

# CEP TELEFONLARINDAN YAYINLANAN ELEKTROMAGNETİK RADYASYON ÖLÇÜMLERİ VE MARUZ KALMA STANDARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Alper Firengiz<sup>1</sup>

Aktül Kavas<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi,34349, Beşiktaş,İstanbul.

<sup>1</sup> e-mail:[alperfirengiz@ieee.org](mailto:alperfirengiz@ieee.org)

<sup>2</sup> e-mail:[kavas@yildiz.edu.tr](mailto:kavas@yildiz.edu.tr)

*Anahtar Sözcükler: GSM, elektromagnetik radyasyon ölçümü, cep telefonu, RF maruziyet standartları,*

## ABSTRACT:

In this study communication with mobile phones in idle mode, call set up mode, active mode, SMS mode and MMS mode is investigated. Electromagnetic radiation measurement of cellular phones in real life conditions realized. Real life measurement results are compared with exposure levels.

## GİRİŞ:

Elektronik endüstrisindeki son gelişmeler, radyo frekansıyla çalışan cihazların elektronik haberleşme, radyo televizyon yayınları, radar uygulamaları, endüstriyel uygulamalar, tıbbi uygulamalar ve cep telefonu, PDA, WLAN gibi son kullanıcı teknolojilerinde yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Haberleşme sistemlerinin gelişmesine paralel ucuzlayarak yaygınlaşması ile sunulan ve sunulmakta olan sistemlerle elektromagnetik kirlilik boyutu daha da artmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesiyle bir yandan modern ve refah içinde bir yaşam kalitesi sağlanırken diğer yandan insan sağlığını etkileyen kirlilik de hızla yaygınlaşmaktadır. Elektromagnetik alanların insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar, radyasyon değerlerinin standartlaştırılması zorunluluğunu gerektirmiştir. [3],[5],[7].

Bu teknolojilerin gelişmesiyle üretilen sistemler ve çalışma frekans aralıkları incelendiğinde,

Radyo Frekans Bandında

- Birinci nesil hücreli telefon sistemleri 150 MHz- 450 MHz frekans aralığında 15 watt'a kadar baz istasyonu çıkış gücü ile çalışmaktadır.
- İkinci nesil sayısal hücreli telefon sistemleri 900MHz ile 1800 MHz frekanslarında 5W-15W aralığında çıkış güçlerinde çalışmaktadır.
- Evlerde kullanılan sayısal kablosuz telefon sistemleri (DECT) 1800 MHz frekansında çalışmaktadır.

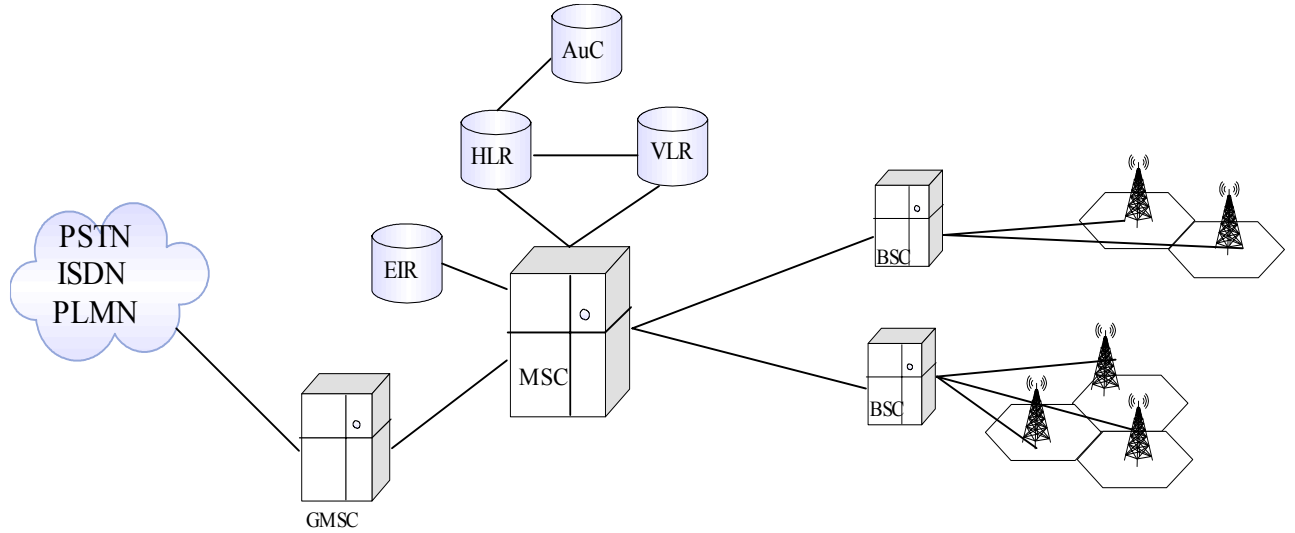
- Üçüncü nesil UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) sistemler çoklu ortam ve internet servisleri için yüksek veri hızlarında haberleşme sağlamaktadır. Frekans bandları 1900MHz - 2025 MHz ve 2110 MHz-2200 MHz aralıklarındadır.
- Yine hareket özgürlüğü ve yüksek hızlarda veri iletimi sağlayan kablosuz ağlar(WLAN) ISM bandında 2.4GHz ve 5GHz frekanslarında çalışmakta, bina içi ve bina dışı konumlarına göre5mW-100mW aralığında çıkış güçlerinde çalıştıkları görülmüştür.

Hücreli haberleşme sisteminde (GSM haberleşmesinde) kullanılan cep telefonları küçük akıllı alıcı ve vericilere sahip olup konuşma sırasında kulağa ve başa dayandırılmaktadır. GSM sinyali iletimi, monopol anten veya bazen telefon üzerine monte edilen dipol anten vasıtasıyla yapılmaktadır. Kullanıcının kafasının kaynağa yakın konumda bulunması, antenle etkileyebileceği dokular arasındaki uzaklığın birkaç cm mertebesinde olması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi GSM Test ve Ölçüm Laboratuvarında bulunan baz istasyonu kullanılarak 900MHz de değişik tip ve modellerdeki cep telefonlarından yayılan radyasyon, cep telefonlarının bekleme, konuşma, SMS ve MMS gönderimi modları için gerçek ortamda ölçülüp irdelenmektedir.

## I. GSM SİSTEM YAPISI

Hücreli haberleşme sistemi, kapsadığı coğrafi alan içerisinde kullanıcılarına, konumlarından bağımsız olarak ses ve veri haberleşmesi hizmetlerini sağlamaktadır. Hücreli sistemler, coğrafi bakımdan geniş alanlarda, büyük kullanıcı sayılarına sınırlı bir frekans bandını kullanarak hizmet vermektedir.



Şekil-1 GSM sistemi blok diyagramı

### 1.1 Baz İstasyonları

Her bir baz istasyonu vericisinin kapsama alanının, hücre adı verilen küçük bir coğrafi alanda sınırlanmasıyla ve kullanılan frekansların tanımlı uzaklıktaki hücrelerde yeniden kullanılmasıyla yüksek kapasiteler sağlanmaktadır.

Hücresel sistem basitçe geniş bir alanı küçük parçalara bölen hücreli bir yapı, her bir hücrede sabit alıcı-verici baz istasyonları ve baz istasyonlarının bağlı olduğu baz istasyonu kontrol merkezi(BSC) ve baz istasyonu kontrol merkezlerinin bağlı bulunduğu, merkezi anahtarlama birimlerinden (MSC) oluşmaktadır.Şekil-1.

Merkezi anahtarlama birimi bünyesinde; Ziyaretçi abone bilgileri veritabanı (VLR), Abone bilgileri veritabanı (HLR), Abone kimlik bilgileri doğrulama merkezi (AuC), MS bilgileri veritabanı (EIR) bulunmaktadır.[1]

GSM servisi sağlayan sistemin geçit santrali (GMSC) , MSC den gelen tüm çağrılarını yol atama fonksiyonlarını destekler, bir başka deyişle hücresel ağı diğer şebekelerle arayüzünü oluşturur.

Baz istasyonları hücresel haberleşme sistemlerinde belirli bir coğrafi alanın RF kapsamının yapılması için kullanılan sistemler olup GSM haberleşmesinin vazgeçilmez elemanlarıdır. Verici ve alıcı birimlere sahip söz konusu istasyonların çıkış güçleri kapsadıkları hücre büyüklüğüyle orantılı olarak değişmektedir. GSM 900/1800/1900 sistemleri baz istasyonları en yüksek çıkış güçleri 40 W mertebelerindedir.

### 1.2 Cep Telefonları

Sistemin kullanıcı tarafından bulunan ve kullanıcının sistemle ve dolayısıyla Dünya ile iletişimini sağlayan kısmı ise cep telefonlarıdır. SIM abone

modülü ile cep telefonu birlikte hareketli aboneyi oluşturmaktadır(MS).

Cep telefonları çalıştıkları frekans ve güçlerine göre Tablo 1 de sınıflandırılmaktadır.[1]

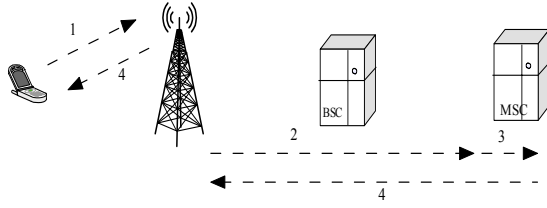
Sistem	MS Güç Sınıfı	Çıkış Gücü
GSM 900	2	39 dBm (8W)
GSM 900	3	37 dBm (5W)
GSM 900	4	33 dBm (2W)
GSM 900	5	29 dBm (0,25 W)
GSM 1800/1900	1	30 dBm (1W)
GSM 1800	2	24 dBm (0,25 W)

Tablo 1 Cep telefonları çıkış güçleri

Sabit cep telefonları araçlar içine kalıcı olarak yerleştirildiklerinde en yüksek 20 W RF çıkış gücüne izin verilmektedir. Çanta telefonları 8W ve elde taşınabilir telefonlar 0,25-2 W RF çıkış güçlerinde çalışmaktadırlar.

### 1.3 GSM Sisteminde Sinyalleşme ve RF Haberleşme:

Hücresel haberleşme sistemlerinde hareketli abone ile sistem arasında, haberleşmenin sağlanması servis sinyalleşmelerinin yapılmasını gerektirmektedir. Sözkonusu sinyalleşmeler, yapıldıkları durumlara göre, a)cihaz açıldıktan arama yapılana / gelene kadarki zamana bekleme durumu(Idle Mode), b)aramanın geldiği / yapıldığı anda çağrının kurulması için gerekli işlemlerin yapıldığı arama/çağrı kurulma durumu(Call Setup Mode) c)abonenin cevap vermesiyle başlayan aktif durum (Active Mode) olmak üzere üç farklı sınıfta değerlendirilmektedir.



Şekil-2 Bekleme Durumu

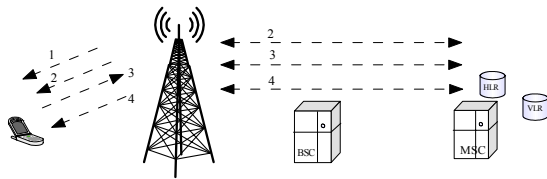
### Bekleme Durumu

- 1) Cep telefonu açıldığında hareketli aboneye ait Uluslar Arası Abone Kimlik bilgisi (IMSI) şebekeye gönderilir. Böylece abonenin cep telefonunun kapalı durumdan açık duruma geçtiği bilgisi şebekeye iletilir.
- 2) Cep telefonunun açılmasından sonra VLR aboneye ait kimlik bilgilerini kontrol eder. Aboneye ait kimlik bilgilerinin VLR'da bulunmaması durumunda söz konusu bilgiler HLR'den temin edilir.
- 3) VLR aboneye ait kimlik bilgilerini bekleme durumu bilgisi olarak günceller.
- 4) Şebeke tarafından aboneye tanındığı bilgisi gönderilir.

Böylece hareketli aboneye ait kimlik bilgisi, abone bilgisi ve konum bilgisi güncellendiğinden hareketli abone hücrel haberleşme sistemi tarafından tanınmış olur.

### Çağrının Kurulması

Cep telefonu ile haberleşmede çağrı kurulmadan önce yapılan tüm sinyalleşme bekleme durumu olarak tanımlanır. Aranabonenin cevap vermesi ile aktif duruma geçilir.



Şekil-3 Çağrının Kurulması

- 1) Cep telefonu haberleşme için baz istasyonuna talepte bulunur.
- 2) BSC, hareketli aboneye sinyalleşme kanalı atar ve bunu hareketli aboneye bildirir.
- 3) Atanan kanal üzerinden çağrı kurmak için gerekli her türlü sinyalleşme yapılır.
- 4) MSC, BSC'ye çağrı için gerekli trafik kanalını atamasını bildirir. BSC söz konusu trafik kanalını MS'e bildirir.
- 5) MSC aranan numarayı PSTN/PLMN santraline gönderir.

6) Aranabone cevap verdiğinde konuşma başlar.

Yapılan çalışmada cep telefonunun açık olduğu konuşmanın yapılmadığı bekleme durumu, çağrının kurulması durumu ve aktif durum olan konuşma sırasında oluşan elektrik alan şiddeti değerleri baz istasyonu ile cep telefonu arasındaki hava arayüzünde GSM Test ve Ölçüm Laboratuvarı ortamında ölçülmüştür.

## 2.LİMİT DEĞERLER VE STANDARTLAR

Radyasyon, maddeyi etkilemesi sırasında maddeyi oluşturan atom ve bileşikleri iyonlaştırması veya iyonlaştırmaması göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. RF haberleşmesinde kullanılan elektromagnetik dalgaların foton enerjileri, atom ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde bulunmamaktadır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun insan sağlığına bilinen en bariz etkisi sıcaklık artışına sebep olarak dokulara zarar vermesidir. Canlı dokunun elektromagnetik enerjiyi soğurma hızı Özgül Soğurma Hızı (SAR Specific Absorption Rate) olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle SAR dokularda yutulan ve ısıya dönüşen güçtür.

İletkenliği  $\sigma$  [S/m], yoğunluğu  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] olan ve V hacmine sahip dokunun, elektrik alan şiddeti E [V/m] olan bir ortamdaki SAR değeri,

$$SAR = \iiint_V \sigma E^2 / \rho \, dV \quad [W/kg]$$

olarak tanımlanmaktadır.[2],[3],[4].

İşyerleri için 10 kat ve genel yaşam alanları için 50 kat güvenlik payları alınarak temel sınırlamalar fabrika, atölye iş yerleri için 0,4 W/kg, mesken mahaller için 0,08W/kg olarak tanımlanmıştır. SAR ölçümünün yapılabilmesi dokunun içindeki elektrik alan şiddetinin ölçülmesini gerektirdiğinden Özgül soğurma hızının doğrudan ölçülmesi pratik olarak olanaksızdır. Bu nedenle limit değerler ölçülebilen büyüklük olan elektrik alan şiddeti, magnetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu terimleri cinsinden tanımlanmaktadır.

### Limit Değerler :

GSM Baz istasyonlarının kuruluşlarına yönelik standartlar uluslararası alanda ETSI (European Telecommunication Standardization Institute), FCC (Federal Communication Commission), ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), ANSI (American National Standard Institute) kuruluşlarınca belirlenmektedir. Ülkemizde ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler esas alınmış olup her bir baz istasyonu için ayrıca sınırlama getirilmiştir.

Elektromagnetik radyasyon sınır değerleri Telekomünikasyon Kurumu ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan tebliğ ve standartlarla tanımlanmıştır.[2],[4],[10]. Genel yaşam alanları için maruziyet değerleri frekansa bağlı olarak Tablo-2 de verilmektedir.

Tip 8 probu 10kHz-3GHz frekans aralığında tanımlı olup bu aralıkta kararlı frekans tepki eğrisi gösteren, tanımlı olduğu frekans sınırları dışında zayıf tepki veren karakteristiğe sahip özelliktedir.

Frekans MHz	Elektrik Alan Şiddeti (V/m) rms	Magnetik Alan Şiddeti (A/m) rms	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Ortalama Zaman (dk)
0,003-1	280	2,19	–	6
1-10	280/f	2,19/f	–	6
10-30	28	2,19/f	–	6
30-300	28	0,073	–	6
300-1500	1,585f <sup>0,5</sup>	0,0042f <sup>0,5</sup>	f/150	6
1500-15000	61,4	0,163	10	6
15000-150000	61,4	0,163	10	616000/f <sup>1,2</sup>
150000-300000	0,158f <sup>0,5</sup>	4,21x10 <sup>-4</sup> f <sup>0,5</sup>	6,67x10 <sup>0,5</sup> f	616000/f <sup>1,2</sup>

Tablo-2 Genel yaşam alanları için elektromagnetik radyasyon limit değerleri

### 3.ÖLÇÜMLERDE KULLANILAN CİHAZLAR, TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE ÖLÇÜM SONUÇLARI

Cep telefonları ölçümleri, GSM Test ve Ölçüm Laboratuvarında yer alan Ericsson RBS 200A baz istasyonu ve Kathrein 800 10 137 tip anten ile bina içi kapsama yapılmış hücrede gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için kullanılan cep telefonlarına ilişkin IMEI numaraları (Uluslararası Mobil Cihaz Kimlik Bilgileri) tabloda verilmektedir.

Cihaz No	IMEI Numarası
Cihaz 1	350016512983182
Cihaz 2	35193200201473522
Cihaz 3	35351200427911
Cihaz 4	352956000117140
Cihaz 5	35195700555385021
Cihaz 6	351529000016827
Cihaz 7	350776103765153
Cihaz 8	351505006461191
Cihaz 9	350673396254419
Cihaz 10	52003461378771206

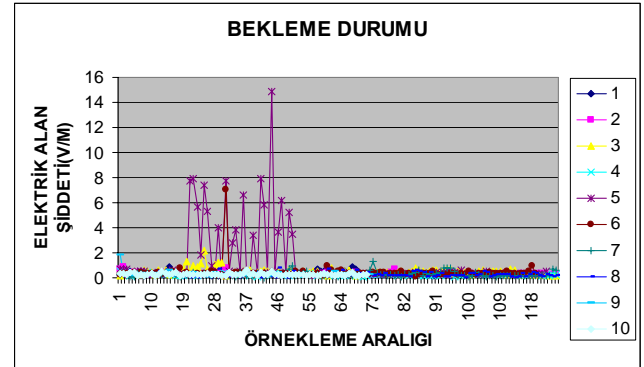
Tablo 3 Cep Telefonu IMEI Numaraları

Elektromagnetik radyasyon ölçümleri; ortalama güç yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>, mW/m<sup>2</sup>), ortalama elektrik alan şiddeti (V/m) ve elektrik alan şiddetinin karesel ortalamasını ölçebilecek EMR 300 Electromagnetic Radiation Field Meter cihazı ve tip 8 probu ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.1ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bekleme durumu

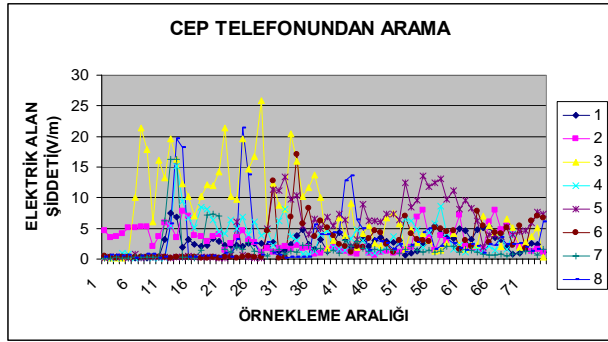
Cep telefonun açılmasıyla çağrı oluşturma moduna kadar olan sinyalleşmelerin meydana getirdiği elektromagnetik alan değerleri 10 farklı cihaz için ölçülmüş olup ortalama 0,41 V/m olmak üzere 14V/m mertebelerine kadar alan değerleri kaydedilmiştir.



Şekil-4 Bekleme durumu için ölçüm değerleri

Arama Durumu:

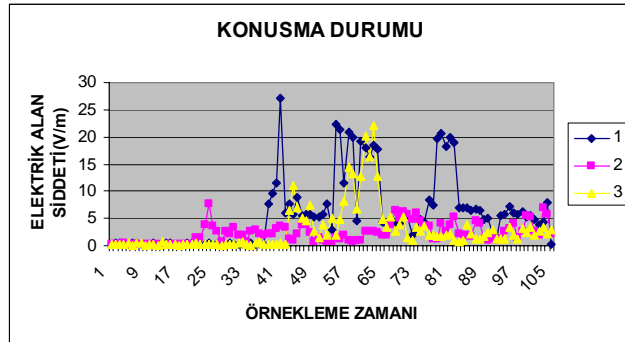
Arama sırasında cep telefonunun yaydığı alan şiddeti ölçümlerinde ortalama alan şiddeti 3,72 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde ani alan şiddeti değerlerinin 5 V/m ile 25 V/m arasında değerler aldığı gözlenmiştir.



Şekil-5 Arama durumu için ölçüm değerleri

#### Konuşma Durumu

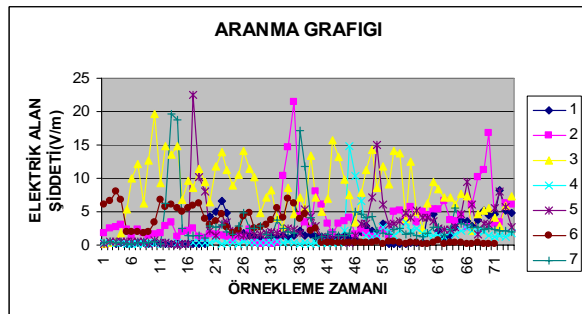
Konuşma sırasında cep telefonunun yaydığı alan şiddeti ölçümlerinde ortalama alan şiddeti 4,35 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde ani alan şiddeti değerlerinin 10 V/m ile 27 V/m arasında değerler aldığı gözlenmiştir.



Şekil-6 Konuşma durumu için ölçüm değerleri

#### Aranma Durumu

Aranma sırasında cep telefonunun yaydığı alan şiddeti ölçümlerinde ortalama alan şiddeti 3,38 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde ani alan şiddeti değerlerinin 5 V/m ile 15 V/m arasında değerler aldığı gözlenmiştir.

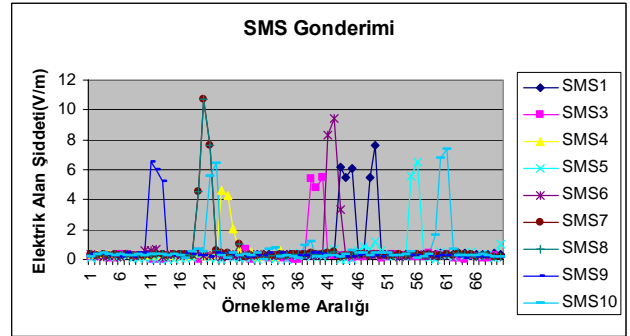


Şekil-7 Aranma durumu için ölçüm değerleri

#### SMS Gönderme Durumu

SMS gönderimi sırasında cep telefonunun yaydığı alan şiddeti ölçümlerinde ortalama alan şiddeti 1,02 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde ani

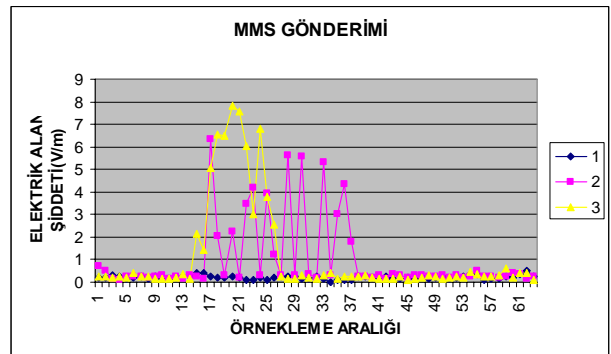
alan şiddeti değerlerinin 6 V/m ile 10 V/m arasında değerler aldığı gözlenmiştir.



Şekil-8 SMS durumu için ölçüm değerleri

#### MMS Gönderme Durumu

MMS gönderimi sırasında cep telefonunun yaydığı alan şiddeti ölçümlerinde ortalama alan şiddeti 1,71 V/m olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde ani alan şiddeti değerlerinin 2 V/m ile 8 V/m arasında değerler aldığı gözlenmiştir.



Şekil-9 MMS durumu için ölçüm değerleri

## 4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapılan çalışmada ölçümler sırasında cep telefonları ile haberleşmenin yapıldığı uzaklıklarda ölçülen elektromagnetik alan şiddetlerinin zaman ortalamalarının ulusal/uluslararası standartlarda verilen değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir. Buna rağmen cihazdan cihaza farklılık göstermesine rağmen oluşan tepe değerlerin verilen sınır değerlerin üzerine sıklıkla çıktığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] GSM System Survey , Ericsson.
- [2] T.C. Telekomünikasyon Kurumu'nun, 12.07.2001 tarih 24460 (Asıl) Sayılı "10kHz-60GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromagnetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi hakkında yönetmelik"
- [3] European Prestandard, ENV 50166-2, "Human Exposure to Electromagnetic Fields-High

- Frequency (10 kHz to 300 GHz)”, European Committee for Electrotechnical Standardization, ECES, Jan. 1995.
- [4] T.C. Resmi Gazete, 04.08.2000, Sayı: 24130 (Asıl), Ulaştırma Bakanlığı tarafından çıkarılan yönetmelik, “Mobil Telekomünikasyon Şebekelerine Ait Baz İstasyonlarının Kuruluş Yeri, Ölçümleri, İşletilmesi ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik”.
- [5] “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)”, ICNIRP Guidelines, The International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), 1998.
- [6] European Telecommunication Standardization Institute (ETSI),
- [7] International Telecommunication Union (ITU), Telecommunication Standardization Sector, Recommendation, 22-26<sup>th</sup> February 1999.
- [8] Official Journal of the European Communities, “Council Recommendation on the limitation of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, 12<sup>th</sup> July 1999.
- [9] Federal Communications Commission (FCC), Office of Engineering and Technology, “Millimeter Wave Propagation: Spectrum Management Implications”, Bulletin No. 70, July 1997.
- [10] Türk Standartları Enstitüsü TSE ENV 501666-2 “İnsanların Elektromagnetik Alanlara Maruz Kalması, Yüksek Frekanslar(10kHz-300GHz)”, Nisan 1996.