

# GSM VE UMTS ŞEBEKELERİNDEN OLUŞAN, ELEKTROMANYETİK ALANLARA, MOBİL TELEFON VE VERİ TRAFİĞİNİN ETKİSİ

Mehmet YILDIRIM<sup>1</sup> ve Ahmet ÖZKURT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, İzmir, myildirim@btk.gov.tr

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendislik Fakültesi,  
ahmet.ozkurt@deu.edu.tr

## ÖZET

**Anahtar Kelimeler:** GSM Baz istasyonu, Uzun Süreli İzleme, Değerlendirme

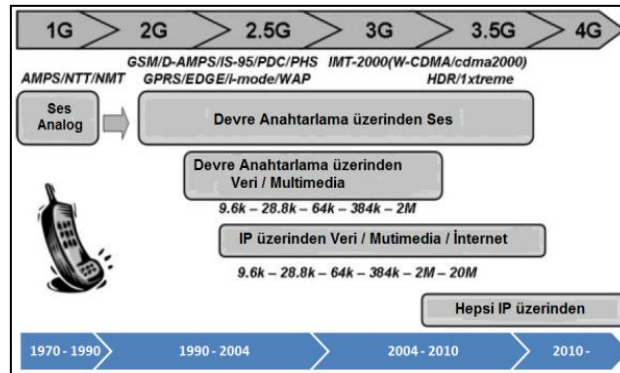
Teknolojinin gelişimi ile Elektromanyetik (EM) dalgaların gün geçtikçe yaşamımızdaki rolünün arttığı görülmektedir. GSM baz istasyonlarının gün içerisinde uzun süreli elektromanyetik alan ölçümleri ve trafik değişimlerine göre ortamdaki elektromanyetik alan değerleri ve değişimlerinin belirlenmesi amacıyla uzun süreli ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada, baz istasyonların kurulu bulunduğu, farklı özelliklere sahip beş bölgede ölçüm noktaları belirlenmiştir. Belirlenen noktalarda frekans seçici özelliği bulunan Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) İzmir Bölge Müdürlüğüne ait SRM-3006 cihazı ile 15 farklı baz istasyonunun elektrik alan seviyeleri 24 saatlik süre ile iki gün boyunca ölçülmüştür. Toplam 247 saat kayıt altına alınan ölçüm sonuçlarında 29.640 veri toplanmıştır. Yürürlükte bulunan ulusal ve uluslararası Yönetmelik ve standartlar ile belirlenen ölçüm yöntemlerine göre birimlerde yapılan ölçüm sonuçları, ilgili GSM operatöründen sağlanan trafik değerleri ile birlikte değerlendirilerek, karşılaştırmalar ve analizler yapılmıştır. Gün içindeki elektromanyetik alan değerleri ve trafik değişikliklerinin elektromanyetik alana etkilerinin varlığı ve ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın nüfusu 7,1 milyarı aşarken, mobil telefon abone sayısının 6,8 milyara ulaştığı, küresel penetrasyon oranının ise % 96 yaklaştığı görülmektedir [1]. Her geçen gün abone sayısının artması, daha fazla baz istasyonu kurulmasına ve hücresel ağların genişlemesine yol açmaktadır. Ayrıca birçok ülkede, aynı coğrafi bölgede faaliyet gösteren, iki veya daha fazla bağımsız hücresel ağ bulunmaktadır. Mobil iletişim sistemleri, bugüne kadar var olan üç farklı kuşakta, geleneksel hava arayüzleri teknolojilerini kullanmakla tanımlanır [2]. Yerleşim alanlarındaki trafik taleplerinin karşılanabilmesi, ancak baz istasyonlarının doğrudan yerleşim alanlarının içine kurulması ile sağlanmaktadır.

## 2. MOBİL İLETİŞİM SİSTEMLERİ

GSM, mobil haberleşme sistemlerinin ikinci nesli (2G) olarak kabul edilen hücresel ve sayısal bir sistemdir. GSM, basit olarak devre anahtarlama santral ile sayısal ve analog veri bağlantısı hizmetleri sunan bir sistemdir. GSM'in 3G boyutundaki devamı olarak görülen UMTS'in çekirdek şebeke yapısı Devre Anahtarlama (CS - Circuit Switched) ve Paket Anahtarlama (PS - Packet Switched) olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Ses çağrıları devre anahtarlama şebeke tarafından, veri iletimi ise paket anahtarlama şebeke tarafından yönetilir. Şekil 1'de mobil iletişim sistemlerinin nesilleri, ulaşım teknolojilerine ve uygulama alanlarına göre gösterilmektedir [2].



Şekil 1. Mobil İletişim sistemlerinin gelişimi [2]

### 2.1. 2G ile 3G'nin Karşılaştırılması

GSM uluslararası standart olarak 1992 yılında yürürlüğe girmiş olup hala daha bugün çalışan birçok mobil sisteminin esasını oluşturmaktadır. GSM sisteminin düşük bant genişliği 9,6 kbps iletim hızı sağlamaktadır. Bu hız ses trafiği için mükemmel olmasına karşılık, veri taşıma için yetersiz bulunmaktadır.

| ÖZELLİKLER              | GSM                    | UMTS            |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| Çoklu Erişim            | TDMA                   | DS-CDMA         |
| Frekans tekniği         | FDD                    | FDD or TDD      |
| Modülasyon              | GMSK                   | QPSK            |
| Taşıyıcı aralığı        | 200 kHz                | 5 MHz           |
| Chip oranı              | Uygulanamaz            | 3.84 Mcps       |
| Frekans bantları        | 900 & 1800 MHz         | 2000 MHz        |
| Frekans farklılık       | Yavaş Frekans Atlamalı | Yayılı spektrum |
| Güç kontrolü            | 2 Hz                   | 1500 Hz         |
| Çerçeve süresi          | 4.615 ms               | 10 ms           |
| Zaman Slotu             | 577 $\mu$ s            | 666 $\mu$ s     |
| Ses kodlama şifre çözme | RPE-LTP or EFR         | ACELP           |
| Paket veri              | GPRS                   | Yüke bağlı      |

Tablo 2.1 GSM ile UMTS'in bazı özelliklerinin karşılaştırılması [3].

Tablo 2,1'de GSM sistemi ile UMTS sistemi arasındaki birbirinden farklı olan bazı özellikleri verilmektedir. GSM ile UMTS arasındaki en önemli farklılık erişim yöntemidir. Bilindiği gibi GSM sistemlerinde 200 KHz bant genişliği olan kanallar TDMA yoluyla sekiz zaman dilimine ayrılmakta ve her bir zaman dilimi ayrı bir konuşmayı taşımaktadır. WCDMA teknolojisinde bütün kullanıcılar aynı anda FDMA'daki gibi frekans bandının tamamını TDMA'daki gibi kullanır. WCDMA'da kullanılan bant genişliği 5 MHz dir. Her bir kullanıcıya bilgiyi, diğer kullanıcılardan ayırt etmesi için kod tahsis edilir. [6].

GSM sistemlerinde frekanslar ayırt edici iken, UMTS sistemlerinde SC<sup>1</sup> (Scrambling Code) ayırt edicidir. Taşınan her bilgi için farklı bir kod fonksiyonu kullanarak kapasite artırılmasına karşın bunun bir sınırı vardır. Çünkü sisteme eklenen her yeni işaret toplam gürültüyü arttırmaktadır [5]. GSM de hücre kapsama alanı değişmez. CDMA 'da bir hücrenin kapsama alanı o anda o hücrede taşınan trafiğe göre değişmektedir. UMTS'de hücre kapsama alanında servis almak isteyen MS sayısı arttıkça, toplam gürültü artacaktır [5].

### 3. ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

#### 3.1. Ölçüm Yönteminin Belirlemesi

<sup>1</sup> Uzun kodlar olarak isimlendirilir. Uplink yönünde UE' leri ( cep telefonları, laptop,vb..) birbirinden ayırır. Uplinkte Scrambling kod sayısı yaklaşık 17 milyondur. Downlink yönünde Düğüm "node" B'leri (3G baz istasyonlarını) birbirinde ayırt etmek için kullanılır. Downlink Scrambling kod sayısı 512 dir.

GSM baz istasyonu sinyal seviyelerinin, uzun süreli izleme yoluyla incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada;

- ✓ Elektrik alan (E-alan) değerinin ölçülmesi ve daha çok veri toplanması esas alınmıştır.
- ✓ Ölçümler polarizasyondan bağımsız olarak yapılmıştır.
- ✓ 27 MHz - 3 GHz aralığındaki sinyali alan, izotropik anten probunun kullanılmıştır
- ✓ Geniş bant frekans aralığında, polarizasyon ve yönden bağımsız ölçüm yapabilen NARDA marka, SRM-3006 model ölçüm cihazı kullanılmıştır.
- ✓ Ölçümler baz istasyonundan Mobil istasyona doğru gönderme (Downlink) frekanslarında yapılmıştır.



Şekil 3.1SRM-3006 Ölçüm cihazı

### 3.2. Ölçüm Yapılacak İstasyon Tiplerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada ölçüm yapılacak baz istasyon tipleri, istasyonun kurulu bulunduğu yerin durumu, Mobil istasyonların hareket yapıları, istasyonun hücresel yapısı ve almış olduğu trafik yoğunluğu göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Ölçüm ve izlemesi yapılan bütün baz istasyonlarının trafik verileri GSM operatörlerinden alınmıştır.

### 3.3. Trafik Kavramı

Bir santralde oluşan her türlü istek çağrılarına trafik denir. Mobil şebekelerde devre anahtarlamalı sistemler konuşma, paket anahtarlamalı sistemler ise veri aktarımında kullanılmaktadır. Bu çalışmada bir saatteki konuşma trafiği Erlang (E), bir saatte indirilen veri miktarı Veri-MB (Megabayt) olarak gösterilmektedir.

**Erlang:** Ses trafiğinin bir ölçü birimidir. Diğer bir ifadeyle belirli bir zaman içerisinde aynı anda meşgul olan devrelerin ortalama sayısıdır. Uygulama bir saatlik toplam trafiğe

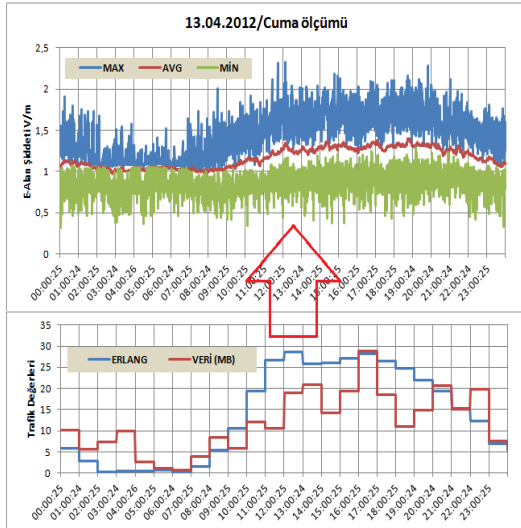
göre hesaplanır. Örneğin; Bir saatlik zaman dilimi içerisinde 30 çağrı gerçekleşen ve her birisi ortalama 5 dakika süren bir santraldeki trafik sayısı = Çağrı sayısı \* Çağrı süresi/saat ( $30 \times 5 / 60 = 2,5$  E) olarak belirlenir [7].

### 3.4. İstasyonlar ve Ölçüm noktası

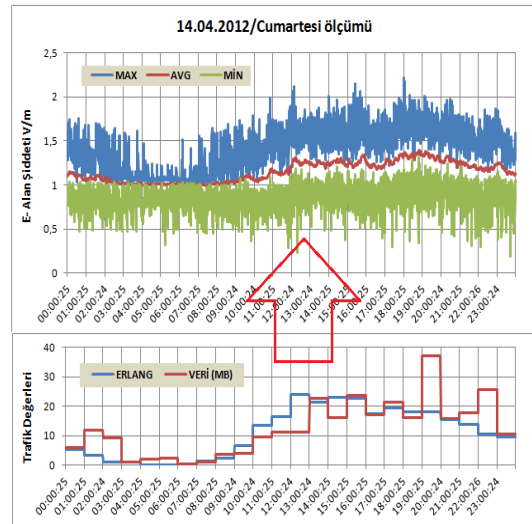
Ölçüm ve izleme çalışmaları için, çok sayıda eğlence yeri ve yerleşim konutunun bulunduğu, Bornova Süvari Caddesinde aynı yerde bulunan GSM ve UMTS baz istasyonları seçilmiştir. İstasyonunun sinyal seviyeleri 65 saat süreyle izlenmiştir. Baz istasyonlarının yerden anten yüksekliği yaklaşık 22 ile 25 metre arası olup, ölçüm noktası olarak kullanılan ev ise yaklaşık 18 metre yükseklikte ve istasyona olan uzaklığı 70 metredir.

#### 3.4.1. GSM900 Baz İstasyonu

İstasyonun çıkış gücü 11,22 W ve anten kazancı 14 dBi olan, GSM baz istasyonunun, 24 saatlik zaman içerisinde, hafta içi ve hafta sonu trafik değerleriyle E-alan seviyesinin değişimleri izlenmiştir.



Şekil 3.2 GSM Hafta içi izleme

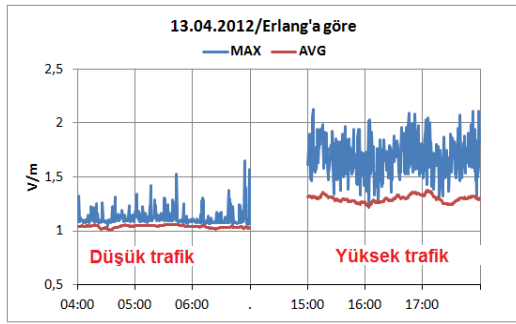


Şekil 3.3 GSM Hafta sonu izleme

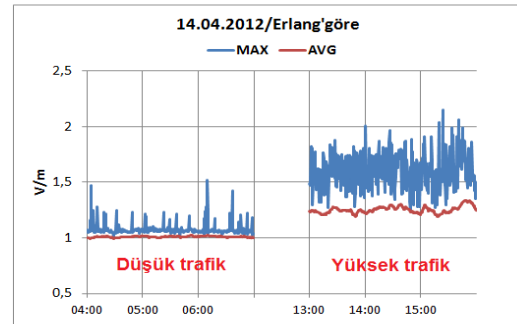
Şekil 3.2 ve 3.3'de GSM operatörlerinden temin edilen hafta içi trafik değerleri ile ölçülen E-alan değerleri gösterilmektedir. Grafiklerde görüldüğü gibi trafik değerlerinin yükselmeye başladığı saatlerde EM alan değerlerinin de yükseldiği görülmektedir.

Şekil 3.2’de içi gün içerisindeki trafik artışlarıyla ortalama E-alan değerinin 0,43 kat arttığı görülmektedir. Şekil 3.3’de yine benzer şekilde ortalama E-alan değerinin 0,42 kat arttığı görülmektedir. Her iki grafikte de görüldüğü gibi hafta içi trafik değerlerinin hafta sonuna göre daha fazla olduğu ve 11.00 - 18.00 saatleri arasında trafik değerleri ile birlikte E-alan değerlerinin de nispeten yüksek olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki görülen grafiklerde, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’deki grafiklerde konuşma trafiği en düşük olan üç saat ile en yüksek olan üç saat seçilerek trafik değişimleriyle birlikte değişen E-alan seviyeleri karşılaştırılmaktadır



Şekil 3.4 Hafta içi Erlang’a Göre E-alan

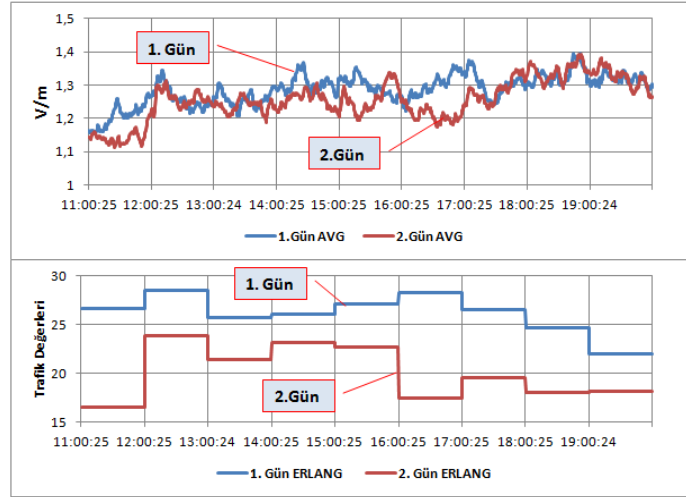


Şekil 3.5 Hafta sonu Erlang’a Göre E-alan

Hafta içi konuşma trafiği 0,18 E’den, en yüksek değer olan 28,53 E’ye ulaştığında, Şekil 3.4’de görüldüğü gibi E-alan seviyeleri, trafiğin düşük olduğu saatlerde ortalama değer % 6 değişirken, trafiğin yoğun olduğu saatlerde ortalama değer 1,22 V/m ile 1,37 V/m arasında %12 değişiklik göstermektedir.

Hafta sonu ise, konuşma trafiği 0,01 E’ den, en yüksek değer olan 23,87 E’ye ulaştığında, Şekil 3.5’te görüldüğü gibi E-alan seviyeleri, trafiğin düşük olduğu saatlerde ortalama değer % 3 değişirken, trafiğin yoğun olduğu saatlerde ortalama değer 1,18 V/m ile 1,33 V/m arasında %13 değişiklik göstermektedir.

Buradan görüldüğü üzere özellikle konuşma trafiğinin bulunmadığı zaman aralıklarında (gece 02.00 – 07.00 arası) EM alan değerlerinin gündüz ortalamasına göre daha düşük olduğudur.

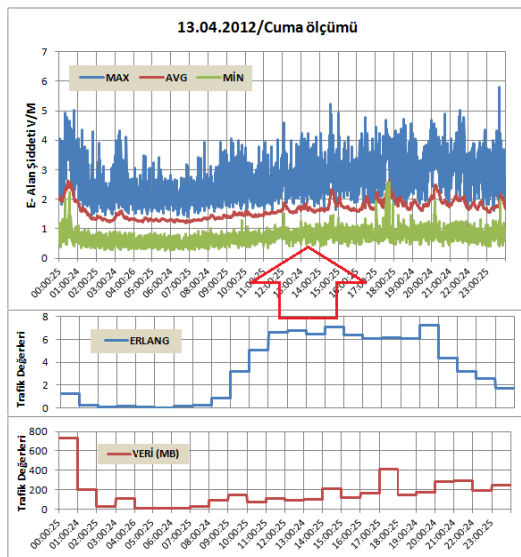


Şekil 3.6 İki Günlük İzleme sonuçlarının Karşılaştırılması

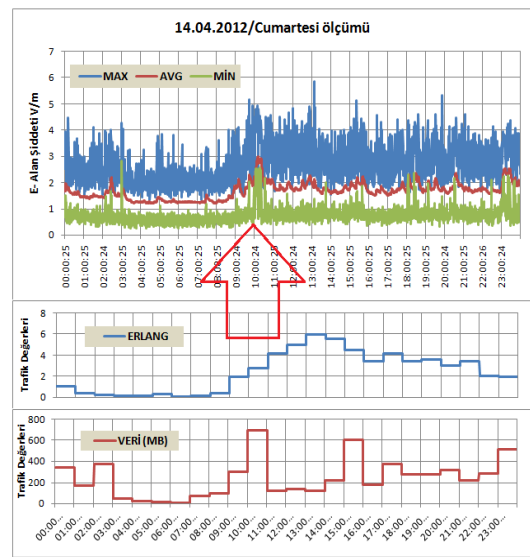
Şekil 3.6'daki grafikte birinci gün hafta içi ve ikinci gün hafta sonu kayıt edilen E-alan değerleri ile iki günlük trafik değerlerinin kendi aralarında karşılaştırılması yapılmaktadır. Grafikte görüldüğü gibi 11.00 - 17.30 saatleri arasında E-alan ile trafik değerleri arasında paralellik olduğu görülmektedir.

### 3.4.2. UMTS Baz İstasyonu

Çıkış gücü 25 W ve anten kazancı 17 dBi olan UMTS baz istasyonunun, 24 saatlik zaman içerisinde, hafta içi ve hafta sonu trafik değerleriyle E-alan seviyesinin değişimleri izlenmiştir.



Şekil 3.7 UMTS Hafta içi İzleme

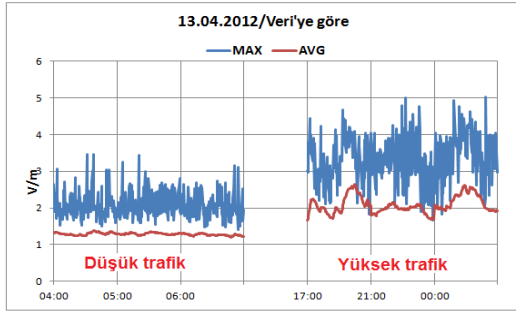


Şekil 3.8 UMTS Hafta sonu İzleme

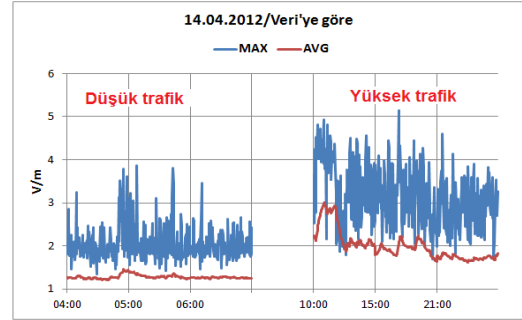
Şekil 3.7 ve 3.8’de GSM operatörlerinden temin edilen hafta içi trafik değerleri ile ölçülen E-alan değerleri görülmektedir. Grafiklerde görüldüğü gibi trafik değerlerinin yükselmeye başladığı saatlerde EM alan değerlerinin de yükseldiği görülmektedir.

Şekil 3.2’de içi gün içerisindeki trafik artışlarıyla ortalama E-alan değerinin 1,19 kat arttığı görülmektedir. Şekil 3.3’de yine benzer şekilde ortalama E-alan değerinin 1,4 kat arttığı görülmektedir. Her iki grafiğe bakıldığında zaman hafta içi trafik değerlerinden konuşma trafiğinin daha yüksek olduğu, hafta sonu ise veri trafiğinin biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca 3G de trafik değerlerinde telefon görüşmelerinin 2G göre daha az indirilen verinin ise daha fazla olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki görülen grafiklerde, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’deki grafiklerde veri trafiği en düşük olan üç saat ile en yüksek olan üç saat seçilerek trafik değişimleriyle birlikte değişen E-alan seviyeleri karşılaştırılmaktadır.



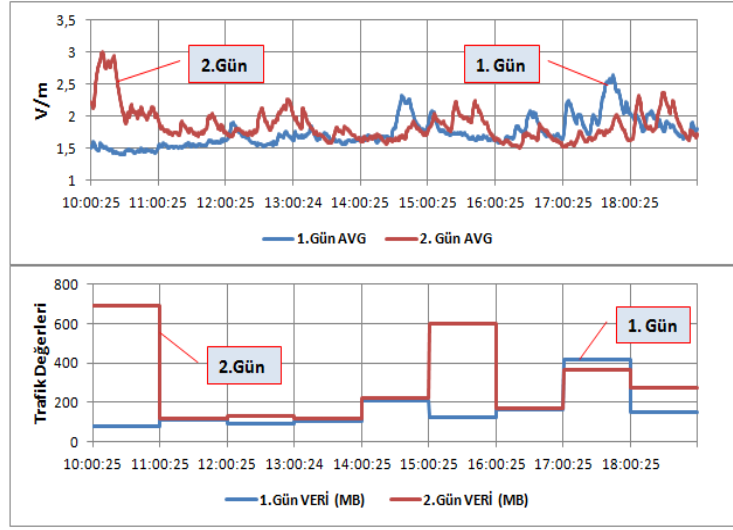
Şekil 3.9 Hafta içi Veri'ye Göre E-alan



Şekil 3.10 Hafta sonu Veri'ye Göre E-alan

Hafta içi veri trafiği 3,99 MB’dan, en yüksek değer olan 414,49 MB’a ulaştığında, Şekil 3.9’da görüldüğü gibi E-alan seviyeleri, trafiğin düşük olduğu saatlerde ortalama değer % 15 değişirken, trafiğin yoğun olduğu saatlerde ortalama değer 1,65 V/m ile 2,63 V/m arasında % 59 değişiklik göstermektedir.

Hafta sonu ise, veri trafiği 1,85 MB’dan, en yüksek değer olan 688,37 MB’a ulaştığında, Şekil 3.10’da görüldüğü gibi E-alan seviyeleri, trafiğin düşük olduğu saatlerde ortalama değer % 20 değişirken, trafiğin yoğun olduğu saatlerde ortalama değer 1,61 V/m ile 3,00 V/m arasında % 86 değişiklik göstermektedir.



Şekil 3.11 İki Günlük İzleme sonuçlarının Karşılaştırılması

Şekil 3.11'deki grafikte birinci gün hafta içi ve ikinci gün hafta sonu kayıt edilen E-alan değerleri ile iki günlük trafik değerlerinin kendi aralarında karşılaştırılması yapılmaktadır. Grafikte görüldüğü gibi E-alan ile indirilen veri değerleri arasında genelde paralellik olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada uzun süreli ölçümler yaparak, GSM ve UMTS baz istasyonlarının gün içerisindeki trafik yoğunluklarına göre, EM alan seviyeleri karşılaştırmaktır. Ölçülen E-alan değerlerine mobil konuşma ve veri trafik değişimlerinin etkileri değerlendirilmiştir. Toplanan veriler ve değerlendirmeler yardımıyla aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- ✓ Trafik değerlerinin baz istasyonun kurulu bulunduğu bölgenin yapısına göre değiştiği,
- ✓ Yapılan çalışma sonucunda, gün içerisindeki trafik değişimlerinin etkisiyle E-alan değerlerinin arttığı, bu artışların aynı oranda olmadığı, trafik değişimlerinin çok yüksek olmasına rağmen, E-alan değişimlerine etkisinin ise daha az olduğu görülmüştür. 15 istasyonda yapılan ölçüm sonuçları ortalamasına göre, trafik değerlerinin en düşük değerden en yüksek değere çıkması sırasında, ortalama E-alan artışlarının, GSM istasyonlarında trafiğin olmadığı gece saatlerine göre (01.00 – 07.00 arası) yaklaşık % 8 - 40 arasında değişim gösterdiği, UMTS

istasyonlarında ise yaklaşık % 11 - 78 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuca göre; UMTS istasyonlarının trafiğe bağlı EM alan değişiminin, GSM istasyonlarından daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

- ✓ Baz istasyonlarında arka arkaya iki gün olarak yapılan ölçüm sonuçlarına göre, birinci ve ikinci günün trafik değerleri ve E-alan değişimleri arasında genelde benzerlik olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

---

- [1] ITU, International Telecommunication Union  
<http://www.itu.int/ITU-D/ict/facts/material/ICTFactsFigures2013.pdf> (06.03.2013)
- [2] ETOH Minoru, 2005, Next Generation Mobile Systems 3G and Beyond, John Wiley & Sons Ltd, England
- [3] VAN BİESEN Leo, 2002, UMTS. 3G Mobile Communication System, Vrije Universiteit Brussel, Dept. ELEC Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium  
[http://www.vub.ac.be/elec/Papers%20on%20web/Papers/LeoVanBiesen/umts\\_summary.pdf](http://www.vub.ac.be/elec/Papers%20on%20web/Papers/LeoVanBiesen/umts_summary.pdf) (24.05.2012)
- [4] ÖZDEMİR Ersoy, DİNÇER Hasan, BURDURLU Hakan, 2002, Üçüncü Nesil Gezin Haberleşme Sistemi, Elektrik Mühendisliği dergisi, sayı 416, EMO yayını, Kasım 2002, Ankara  
[http://www.emo.org.tr/ekler/58bbbdef9415ba5\\_ek.pdf?dergi=341](http://www.emo.org.tr/ekler/58bbbdef9415ba5_ek.pdf?dergi=341) (04.09.2012)
- [5] KAVAS Aktül, 2007, Wlan, Wimax ve Umts Teknolojilerinin Karşılaştırılmalı Analizi, Elektrik Mühendisliği dergisi, sayı 432, EMO yayını, Aralık 2007, Ankara  
[http://www.emo.org.tr/ekler/0e57eb7c5b31448\\_ek.pdf?dergi=493](http://www.emo.org.tr/ekler/0e57eb7c5b31448_ek.pdf?dergi=493) (20.05.2012)
- [6] EBERSPÄCHER Jörg, VÖGEL Hans-Jörg, BETTSTETTER Christl 2001, GSM Switching, Services and Protocols', John Wiley & Sons Ltd, England
- [7] WESTBAY ENGINEERS LIMITED, 2011, What is an Erlang,  
<http://www.erlang.com/whatis.html> (16.11.2012)