



BİR ÜNİVERSİTE YERLEŞKESİNDE UZUN SÜRELİ ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMLERİ VE KİRLİLİK HARİTALARI

LONGTERM ELECTROMAGNETIC FIELD MEASUREMENTS AND POLLUTION MAPS IN A UNIVERSITY CAMPUS

Teoman KARADAĞ^{1*}, Ali Rıza ÖZDEMİR², Teymuraz ABBASOV¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye.

teoman@inonu.edu.tr, teymuraz.abbasov@inonu.edu.tr

²Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara, Türkiye.
arozdemir@btk.gov.tr

Geliş Tarihi/Received: 11.04.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 25.07.2014

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.78941

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

Öz

İnönü Üniversitesi yerleşke alanında bulunan baz istasyonlarının ve kampüs yerleşkesi üzerine etki eden diğer çok yüksek frekanslı elektromanyetik alan kaynaklarının yaydığı elektrik alan şiddetlerinin dönemsel ve uzun süreli ölçümleri yapılmış, yerleşkenin frekans bazlı elektromanyetik alan yoğunluk haritaları çıkarılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre dönemsel değişimler kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. 2011 yılında 27 MHz-3GHz frekans aralığında spektrum analizi yapılarak yerleşke dâhilinde 450'nin üzerinde noktada, farklı frekanslara sahip elektromanyetik dalgaların alan şiddeti değerleri ölçülmüştür. 2013 yılında 100 kHz-8 GHz frekans aralığında anlık ölçümler ile 6700'ün üzerinde noktada elektrik alan şiddeti değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlarla, elektromanyetik alan kirlilik haritaları çizilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın amaçlarından biri iki yıllık periyotta üniversite yerleşkesinde elektrik alan şiddetinin değişiminin belirlenmesidir; bir diğer amacı da ölçüm sonuçlarından elde edilecek verilerle çizilen elektromanyetik kirlilik haritaları ile bu bölgedeki elektrik alan kaynaklarının homojen dağılımının sağlanması ve olası risk bölgelerinin belirlenmesidir.

Anahtar kelimeler: Uzun süreli ölçümler, Yüksek frekans elektromanyetik alan, Elektromanyetik haritalama.

Abstract

Electric field intensity emitted by electromagnetic field sources of the base stations in the campus of Inonu University and other very high frequency electromagnetic field sources' spread which are effect above at campus field were done and the frequency-based electromagnetic intensity maps of the campus were prepared. According to achieved measurement conclusions, the results were evaluated by comparing the periodical changes. The field intensity values of the electromagnetic waves which have different frequencies were measured by making a spectrum analysis over 450 points in the range of 27MHz-3GHz frequency in 2011. Also, in 2013, electric field intensity values were measured with instant measurements over 6700 points in the range of 100kHz-8GHz frequency. The electromagnetic pollution maps were drawn with obtained electric field values and the results were evaluated. One of study aims, it was determined changing electric field intensity along two-year period in campus of university. Another one purpose is provided homogeneous distribution of electric field source at this area with electromagnetic pollution maps which are drawn by obtained datas from results of measurements, and determined possible risk areas.

Keywords: Long term measurements, High frequency electromagnetic field, Electromagnetic mapping.

1 Giriş

Son yıllarda yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar ile çalışan baz istasyonlarının sayısının artışına paralel olarak artan elektromanyetik alan kirliliğinin canlılar üzerindeki etkisi sürekli olarak gündemde tutulmaktadır [1]. Elektromanyetik alanların yayılması, elektromanyetik radyasyon olarak da tanımlanır. İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyon, dalga veya parçacıklar şeklinde yayılan bir enerjidir. Günümüzde elektromanyetik dalgalar çok sayıda düzenek ve kurgulardan oluşarak bir radyasyon kuşatması haline gelmiştir. Elektromanyetik, elektromanyetik spektrum olarak bilinen frekans ve şiddetine göre sınıflandırılır [2]. 30 kHz-300 GHz frekans aralığındaki yüksek frekanslı elektromanyetik alana (HF-EMF) maruz kalındıktan sonra yan etkilerin olup olmadığı hükümetler, kamusal kurumlar ve elbette ki bilimsel çalışmalarla ele alınmakta ve değerlendirilmektedir. Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların oluşturduğu esas kirliliğin baz istasyonları ve mobil telefonlardan kaynaklandığı malumdur. Bu sebeple bu tür bilimsel çalışmalar esasen mobil telefonlar ve baz istasyonlarının canlılar üzerindeki etkilerinin

değerlendirilmesi yönündedir [3]. Günümüzde elektromanyetik kirliliğin biyolojik sistemler üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla da birçok çalışma yapılmakta ve sonuçlar tartışılmaktadır. Bu tartışmaların büyük çoğunluğu, baz istasyonları ve cep telefonlarının olası kanser edici etkileri üzerindedir. Yapılan kimi epidemiyolojik çalışmalar bazı kanser türleriyle baz istasyonlarının artışı ve cep telefonları kullanımı arasında ilişki kurmayı başarmış olsa da aksi sonuçlara ulaşmış çalışmaların sayısı da yeterince fazladır [3]-[11]. Bu yüzden elektromanyetik kirliliğin insan sağlığına etkisi, bu konu üzerinde çalışan bilim adamları tarafından halen tartışılan güncel bir problem olarak ortaya konulmaktadır.

Birçok çalışmada da elektromanyetik kirliliğin yaban hayatı üzerine etkisi rapor edilmiştir. Bu alanda en kapsamlı literatür Alfonso Balmori tarafından yapılmıştır [12]. Bu çalışmada elektromanyetik alanların yaban hayatı üzerinde zararları incelenmiştir.

Yukarıda adı geçen ve literatürde sunulan birçok benzer sonuçların incelenmesi elektromanyetik alanların hem canlılar hem de ortam üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde

uzun süreli ölçümlerin bulunmadığını ve ya yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu nedenle sunulan veriler ve sonuçlarda ciddi fikir ayrılıkları vardır. Bu fikir ayrılıklarının esas nedeni elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerindeki etkilerinin uzun süreli ölçüm ve kontrol yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Özellikle mobil iletişim sistemleri çok sayıda ve farklı güçlere sahip olan baz istasyonları gerektirmektedir. Öte yandan bu istasyonlar coğrafi anlamda farklı hücre dağılımına sahiptirler. Farklı güç yoğunluğu dağılımı ve frekanslarda çalışan bu sistemler yoğun yerleşim alanlarında, hücre yapıları ile kullanıcılar (data ve ses) haberleşme akışını daha hızlı ve sürekli sağlamayı amaçlamaktadır. Bunun için artan güçte ve sayıda, daha yüksek frekanslarda çalışan istasyonlara gereksinim duyulmaktadır. Bu artış kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanmasına paralel olarak süreklilik göstermektedir. Her geçen gün yeni nesil kablosuz haberleşme teknolojileri ile dönüşüm yaşanan dünyada, elektromanyetik kirlilik düzeyleri de bu dönüşüm hızına paralel değişim göstermektedir. Özellikle büyük şehirlerde iletişim trafiği zamana ve yerleşim yerine bağlı, stokastik olarak değişmektedir. Baz istasyonlarının yaydıkları elektromanyetik dalgaların ortamdaki dağılımı birçok parametreye bağlıdır. Örneğin bir şehir için günün farklı saatlerinde, şehrin farklı bölgelerinde değişim gösteren iletişim trafiği, elektromanyetik dalganın ortamda ilerlemesini etkileyen ortamın sıcaklık ve nem değerleri bu tür parametrelere dâhil edilebilir. Bundan başka bazı canlıların fiziksel özelliğine, sağlık durumuna bağlı olarak düşük seviyeli, yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar da ciddi rahatsızlıklar oluşturabilir [12]. Birçok araştırmalarda mikrodalga boyutlu radyasyonların canlıların farklı organlarına etkilerinin yakın mesafelerde daha etkin oldukları gözlenmiştir [13]-[14]. Bazı çalışmaların sonuçlarına göre ise elektromanyetik alan radyasyonunun canlılar üzerindeki etkisi hem dalga boyuna hem de bu dalganın etki süresine bağlıdır [15]-[17]. Başka bir deyişle yeni nesil 3G ve 4G baz istasyonlarının çıkış güçlerinin bir önceki nesillere göre düşük olmasına rağmen, kullanıcı bazlı kullanım süresinin daha uzun olması bu dalgaların canlılar üzerinde birikim etkisinin artmasına neden olur [18]. Yeni nesil iletişim sistemlerinin hızlı gelişimi ve kullanıcı sayısının artışı sonucunda bu sistemlerden kaynaklanan elektromanyetik alan kirliliği de artmaktadır. Gerçekte yüksek frekansa sahip olan herhangi bir elektromanyetik dalganın, canlılar üzerinde en azından etkin bir ısı etkisi oluşturduğu bellidir. Bu nedenle yüksek frekanslı elektromanyetik alanların canlılar üzerinde etkisi bulunmadığını iddia etmek bilimsel açıdan tutarlı değildir. Bu etkilerin mekanizmasının ve sonuçlarının değerlendirilmesi muhakkak gerekmektedir ve tartışmaya açıktır. Bunun için artan elektromanyetik kirliliğin değişim hızının belirlenmesi, yerleşkelerin detaylı elektromanyetik kirlilik haritalarının oluşturulması, bu bölgelerde sürekli elektromanyetik alan seviyesinin ölçümlerinin yapılması ve bu sonuçların kamuoyu ile paylaşılması gerekmektedir. Sunulmuş olan çalışmada İnönü Üniversitesi yerleşkesinde 30000'in üzerinde öğrenci ve 5000'in üzerinde çalışanların maruz kaldığı elektromanyetik alanların seviyesinin ölçülmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilerek, bu yerleşkenin 2 ve 3 boyutlu elektromanyetik alan kirlilik haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu haritaların üzerinde farklı frekanslara sahip olan elektromanyetik alan dağılımları gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üniversite yerleşkesinde mevcut

elektromanyetik alan seviyesinin dağılım şemaları çizilmiş ve ileriye dönük elektromanyetik alanların bu bölgedeki dağılım yoğunluğunun değişim olasılığı değerlendirilmiştir.

2 Materyaller ve Metot

7 milyon m^2 alana sahip İnönü Üniversitesi yerleşkesinde 30000'in üzerinde genç nüfuslu öğrenci, 5000'in üzerinde çalışan, 400'ün üzerinde lojman, kreş, ilköğretim okulları, öğrenci yurtları, araştırma hastanesi, camii, toplu konutlar gibi yaşam alanlarının yer aldığı bir bölgedir. Yapılmış olan çalışmada üniversite yerleşkesindeki 100 MHz altı frekansları, 900 MHz 1800 MHz GSM frekanslarını ve 2100 MHz UMTS frekansını içeren elektromanyetik alan kirlilik haritalarının çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışmalarımız 2011 yılı ekim ayı ve 2013 yılı haziran ayı dönemlerinde yapılmıştır. 2011 yılında 27 MHz-3GHz frekans aralığında Narda SRM-3006 cihazı kullanılarak 5 sn aralıkla, belirtilmiş olan frekans gruplarında ölçümler koordinatları ile alınmıştır. Ölçüm alınan noktada, çalışma için belirlenmiş frekans gruplarında en yüksek elektrik alan şiddeti değeri çalışma için seçilmiştir. Koordinat adresleri ile alınmış olan bu değerler harita üzerine MapInfo programıyla yerleştirilmiştir. Böylece yerleşkenin, belirlenmiş olan frekans gruplarında, maksimum elektrik alan şiddeti değerlerini içeren elektromanyetik alan kirlilik bölgeleri belirlenmiş ve elektromanyetik alan kirlilik haritaları çizilmiştir. 2013 yılında benzer çalışma Wavecontrol SMP EMF Meter ile 100 kHz-8 GHz frekans aralığında, 1 sn aralıklarla alınan ölçümler alınmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen değerlerin elektromanyetik alan kirlilik haritaları çizilmiştir. Bu çizimlerde MapInfo 9.5 programı kullanılmıştır. Gridlerin oluşturulmasında Vertical Mapper sekmesinde Natural Neighbour Interpolasyon Metodu kullanılarak harita çizimler yapılmıştır. Harita üzerinde en düşük elektrik alan şiddeti değerleri mavi renk tonlarıyla, en yüksek elektrik alan şiddeti değerleri ise kırmızı renk tonlarıyla gösterilmiştir. Haritaların çiziminde Longitude/Latitude (WGS84) (EPGS:43:26) iz düşümü kullanılmaktadır. Ölçüm sonuçları, harita üzerine yerleştirildiğinde; ölçümün yapıldığı bölgenin yukarıda verilmiş olan iz düşümü seçilmektedir. Böylece çalışmanın yapıldığı bölgenin, yer şekilleri göz önüne alınarak elektrik alan şiddetinin dağılım haritaları çizilmiştir. Ölçümler çalışmanın yapıldığı yerleşke dahilinde 2011 yılında 5 sn aralıklarla, 2013 yılında 1 sn aralıklarla, yerden 150 cm yükseklikte ortalama bir insanın baş gövde yüksekliğinde alınmıştır. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası standart kuruluşların belirlemiş olduğu limit değerlerine göre değerlendirilmiştir [19]-[21].

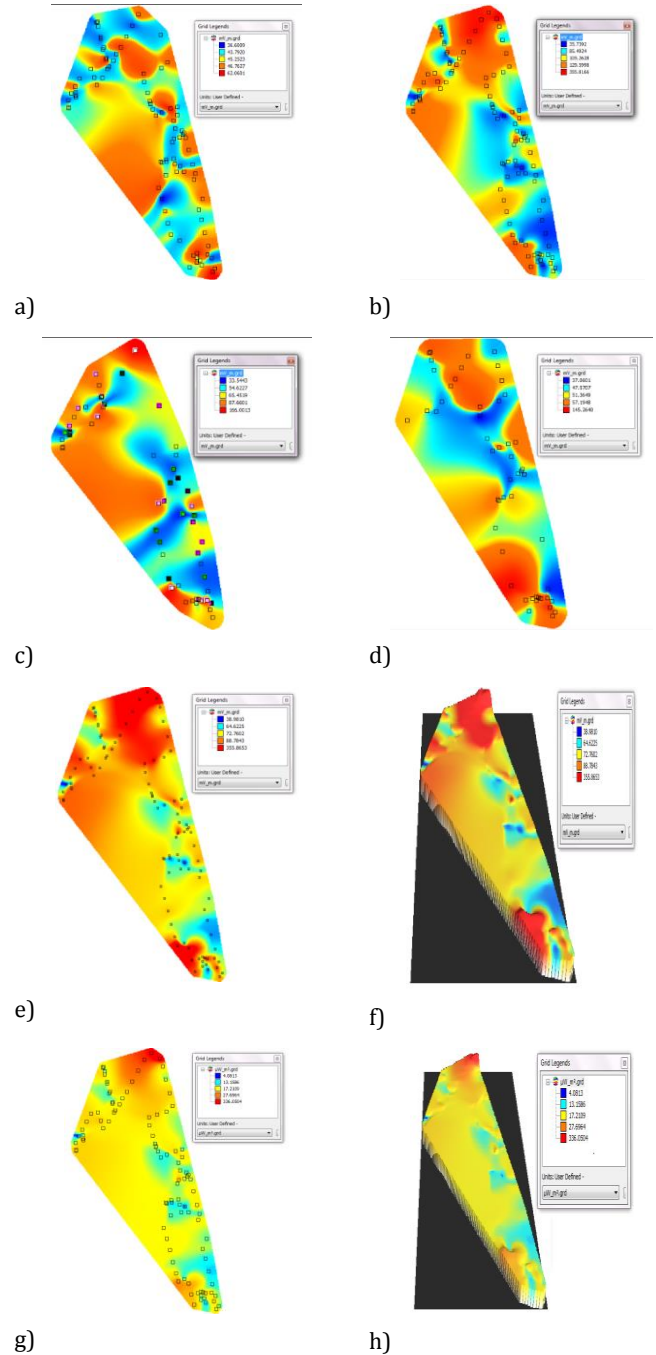
3 Bulgular

İnönü Üniversitesi yerleşkesinde yapılmış ölçümlerin sonuçları aşağıda paylaşılmıştır. Elde edilmiş sonuçlarla çizilmiş elektromanyetik dağılım haritalarını detaylı olarak inceleyecek olursak; İnönü Üniversite yerleşkesinde alınmış olan ölçümlerde radyo ve tv yayıncılığı frekansları, GSM 900 MHz ve 1800 MHz, UMTS 2100 MHz frekanslarında alınmış olan en yüksek elektrik alan şiddeti değerlerine göre çizilmiş elektromanyetik alan dağılım ve güç yoğunluğu haritaları görülmektedir. Şekil 1a'da radyo ve tv yayıncılığı frekans değerlerine ait ölçüm alınan güzergâh ve alınan değerlere göre elektromanyetik alanın dağılım haritası görülmektedir. Şekil 1b'de GSM 900 MHz frekansında alınan değerlere göre elektromanyetik alanın dağılım haritası görülmektedir. Şekil 1c'de GSM 1800 MHz frekansında alınan değerlere göre

elektromanyetik alanın dağılım haritası görülmektedir. Şekil 1d’de UMTS 2100 MHz frekansında alınan değerlere göre elektromanyetik alanın dağılım haritası görülmektedir. Şekil 1 e’de tüm bu frekans değerlerine ait elektrik alan şiddeti değerleri bir araya getirildiğinde, üniversite yerleşkesinde belirtilmiş olan frekans bantlarındaki elektromanyetik alan dağılımı görülmektedir. Şekil 1f’de tüm bu frekans değerlerine ait elektrik alan şiddeti değerleri bir araya getirildiğinde, üniversite yerleşkesinde belirtilmiş olan frekans bantlarındaki elektromanyetik alan dağılımının üç boyutlu haritası görülmektedir. Şekil 1g’de tüm bu frekans değerlerine ait elektrik alan şiddeti değerleri bir araya getirildiğinde üniversite yerleşkesinde belirtilmiş olan frekans bantlarındaki elektromanyetik alan gücü yoğunluğu W/m^2 dağılımı görülmektedir. Şekil 1h’de tüm bu frekans değerlerine ait elektrik alan şiddeti değerleri bir araya getirildiğinde üniversite yerleşkesinde belirtilmiş olan frekans bantlarındaki elektromanyetik alan gücü yoğunluğu dağılımının üç boyutlu haritası görülmektedir.

Radyo ve tv yayıncılığı frekanslarına ait alınmış olan 143 maksimum elektrik alan seviyesine ait elektromanyetik alan kirliliğinin üniversite yerleşkesindeki kapsama alanları yeterince geniş bölgeleri içerdiği görülmektedir Şekil 1a. Yerleşke içerisinde baz istasyonlarının oluşturduğu elektromanyetik kirliliği belirlemek için GSM bantlarındaki GSM 900 MHz-1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekans bantlarındaki elektromanyetik alan sinyallerinin seviyeleri belirlenmiştir. Bu örneklemeye paralel olarak GSM 900 MHz, 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekanslarına ait değerler şöyledir. GSM 900 MHz frekansında 171 maksimum elektrik alan seviyesine ait değerler bir araya getirilerek oluşturulmuş elektromanyetik alan seviyesi dağılımı incelendiğinde kaynağa yakın bölgelerde alan seviyesinin arttığı gözlenmektedir ve elektrik alan şiddetinin en yüksek değerleri bu frekans bandına aittir Şekil 1b. GSM 900 MHz frekansına ait maksimum elektrik alan seviyelerinde alınmış olan elektrik alan değerlerinin sayısının 1800 MHz ve 2100 MHz’de alınmış olan değerlere göre daha fazladır ve kapsama haritasının radyo ve tv yayıncılığı değerlerine göre daha geniş olduğu görülmektedir. GSM 1800 MHz frekansında 76 maksimum elektrik alan seviyesine ait ölçüm değeri alınmıştır ve buna değerlere ait yayılım haritası Şekil 1c’de verilmiştir. UMTS 2100 MHz frekansında 64 maksimum elektrik alan seviyesine ait ölçüm değeri alınmıştır ve değerlere ait yayılım haritası Şekil 1d’de verilmiştir. Radyo ve tv yayıncılığı frekansları, GSM frekansları ve UMTS frekansına ait 454 noktada ölçülmüş maksimum elektrik alan seviyesine ait değerler bir araya getirilerek çizilmiş olan Şekil 1e incelendiğinde bu frekanslarca üniversite yerleşkesinin neredeyse tamamının belirgin bir alan dâhilinde tamamen kapsandığı görülmektedir. Kapsam haritaları detaylı olarak incelendiğinde görülecektir ki 27 MHz–3GHz aralığında alınmış olan ölçüm değerlerine göre yerleşke civarında bulunan GSM 900 MHz ve 1800 MHz frekanslarındaki baz istasyonlarının etkin elektrik alan şiddeti seviyelerinin kapsama alanlarına göre daha geniş olduğu görülmektedir. Şekil 1g incelendiğinde İnönü Üniversitesi yerleşkesinde alınmış olan ölçümler birleştirildiğinde belirtilmiş olan frekans bantlarında 454 noktada ölçülmüş maksimum elektrik alan seviyesine ait değerler bir araya getirilerek çizilmiş güç yoğunluğu dağılımı W/m^2 görülecektir. Metrekare başına düşen güç yoğunluğu

incelendiğinde, görülmektedir ki yerleşke kapsamında güç yoğunluğu dağılımı belirli bir düzeydedir ve bu yoğunluk kaynağa yaklaştıkça artmaktadır. Çalışmanın yapılmış olduğu bölgede, içinde bulundurduğu genç nüfus ile gelişen teknoloji ve bu sistemleri içeren ürünlerin en çok kullanıldığı yerleşke alanlarından biri olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle esas ölçüm bölgeleri olarak daha çok teknolojik donanım ve insan yoğunluğu bulunan noktalar ölçüm için seçilmiştir.

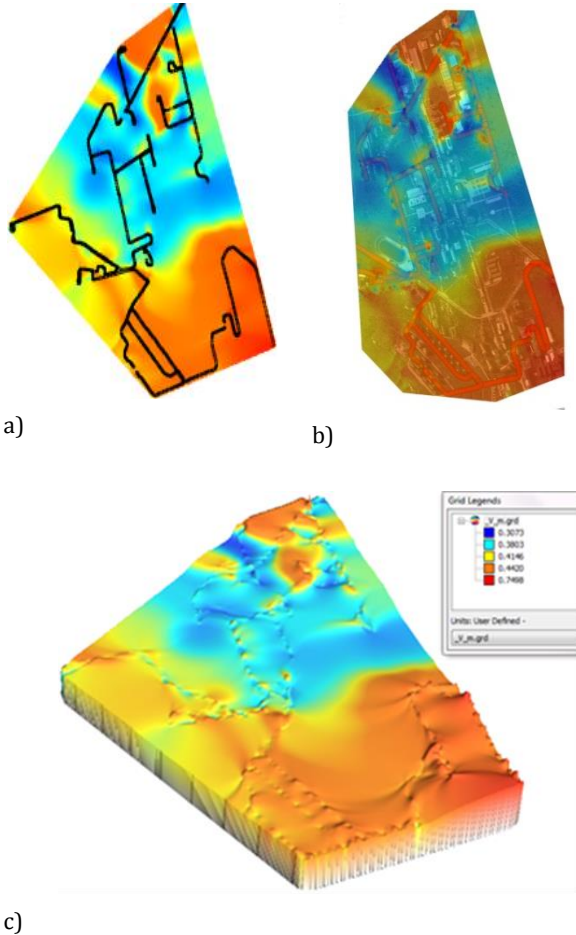


Şekil 1: Üniversite yerleşkesinde GSM, UMTS, Radyo ve Televizyon frekanslarında ölçülmüş olan maksimum elektrik alan seviyeleri ve güç dağılımına ait 2 ve 3 boyutlu haritalar. Yerleşke içerisinde yaşayan canlılar, yukarıda belirlenmiş olduğum birçok kurum ve kuruluşun maruz kaldıkları

elektromanyetik alan seviyesinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Şekil 1b'de GSM 900 MHz frekans bandında olan elektromanyetik dalgaların ölçüm ve dağılımı görülmektedir. 2011 yılı ekim ayı içerisinde yapılmış olan çalışmada ölçüm yapılan bölgede 3G çalışmaları yeni başlamıştır. Bu nedenle Şekil 1d incelendiğinde açıkça görülmektedir ki UMTS 2100 MHz frekansında alınmış ölçüm değeri az ve kapsama alanı diğer GSM bantlarına göre dardır. 454 noktada ölçüm alınmış olan bütün değerlerin, standartların altında olduğu görülmektedir. Uluslararası standart kuruluşların önerdiği limit elektromanyetik alan değerleri göz önünde tutulduğunda, mevcut olan enerji yoğunluğu W/m^2 değerleri ve elektrik alan şiddeti (V/m) değerleri bu standartların çok altındadır.

Tablo 1: ICNIRP tarafından belirlenen limit değerler.

Cep Telefonu Baz İstasyonu Frekansı		
900 MHz	1800 MHz	2100 MHz
Elektrik Alan	Elektrik Alan	Elektrik Alan
41.25 V/m	58.34 V/m	56 V/m



Şekil 2: İnönü Üniversitesi yerleşkesinde 100 kHz-8GHz frekans aralığında alınmış ölçüm sonuçlarına göre. a) Ölçüm alınan güzergâh ve kapsam haritası. b) Ölçüm alınan güzergâh ve elektrik alan kapsama haritasının gerçek harita üzerindeki gösterimi. c) Ölçüm alınmış değerlerce oluşturulmuş 3 boyutlu elektrik alan kapsama haritası.

Dolayısıyla ilk bakışta insan yoğunluğunun yüksek olduğu yerleşelerde bile bu alan yoğunluğunu birkaç kat arttırmak mümkündür. Fakat düşük-orta ve yüksek frekansların uzun süreli maruziyetleri göz önüne alındığında bu düşük alan seviyelerinin canlılar üzerindeki etkileri kaçınılmazdır. Bu ise maruz kalınan elektromanyetik alan yoğunluğu değerleriyle, uluslararası standartların ortaya koymuş olduğu değerler arasında bir zıtlığın olduğunu göstermektedir. Ölçümlerin yapılmış olduğu bölge, barındırdığı insan yoğunluğu göz önüne alındığında çok yoğun bir iletişim trafiği oluşacağı açıkça görülmektedir. Bunlar göz önüne alınacak olursa yayılan elektromanyetik dalgaların en azından çalışma saatleri süresince çok yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğu aşikârdır ve yapılmış olan sürekli elektromanyetik alan ölçümleri ile bu zaman dilimleri belirlenmiştir. 2010 yılında başlanmış olan çalışmaya müteakip, 2011 yılında yapılmış olan çalışmamızı hem sonuçlandırmak hem de süreci değerlendirmek adına 2013 yılı haziran ayında üniversite yerleşkesinde daha detaylı bir çalışma yapılmıştır. Son yapılmış olan çalışmayla Wavecontrol marka SMP EMF Meter elektromanyetik alan ölçüm cihazı ile 100 kHz-8GHz frekans aralığında üniversite yerleşkesi içerisinde GSM telefon trafiğinin en yoğun olduğu gündüz çalışma saatlerinde ve GSM telefon trafiğinin düşüş eğiliminde olduğu akşam saatlerinde toplam 6784 noktada ölçüm alınarak değerlendirmeler yapılmış ve alınmış olan ölçümler sonucu değişimler gözlenmiştir. Üniversite yerleşkesinde bu çalışma öncesinde alınmış olan 24 saatlik sürekli ölçümler sonucu gözlemlenmiştir ki gündüz çalışma saatlerinde elektrik alan seviyeleri yükselmekte iken, akşam saatlerinde aynı bölgede elektrik alan seviyeleri düşmektedir. Yerleşke içerisindeki elektromanyetik alanın değişim ve dağılımını belirlemek amacıyla gece ve gündüz olarak ölçümler tekrarlanmıştır. Alınmış olan elektromanyetik alan değerlerince, gündüz saatlerinde alınmış olan ölçümler sonucu en yüksek elektrik alan şiddeti değeri 1.2482V/m, ortalama elektrik alan şiddeti değeri 0.8315V/m olarak ölçülmüştür. Akşam saatlerinde alınmış olan ölçümler sonucu en yüksek elektrik alan şiddeti değeri 0.7945V/m, ortalama elektrik alan şiddeti değeri 0.4142V/m olarak ölçülmüştür. Buradan açıkça görülmektedir ki üniversite yerleşkesinde gece ile gündüz saatleri arasındaki elektrik alan şiddeti seviyesinde % 50'ye varan bir düşüş söz konusudur. Burada düşüşün esas sebebi yerleşke içerisinde bulunan ve baz istasyonlarına bağlanan abone sayısındaki değişimdir.

4 Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak 2011-2013 yılları süresince üniversite yerleşkesinde alınmış olan elektrik alan seviyelerinde maksimum elektrik alan değeri % 148, minimum elektrik alan değeri % 55 artış göstermiştir. Ölçüm sonuçlarına ve iletişim teknolojisinin üniversite yerleşkesinde kullanım alanının genişletilmesinin tahminine göre yakın gelecekte üniversite öğrencileri, çalışanları ve diğer birimleri ile bulunduğu yerleşke civarında yapılan toplu konut inşaatları ve şehir stadı ile bu bölgeye gelecek her kişi, iletişim trafiğini de beraberinde getireceğinden; bölgenin, yoğun radyasyon kuşatmasına maruz kalacağını söylemek mümkündür. Bu etkilerin tehlikeli boyutlara ulaşmaması için elektromanyetik alan yayan kaynakların artmasıyla doğru orantılı olarak bu etkilerden korunma sistemlerinin ve/veya yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir, bunun için taraflardan yapılan ve ölçüm değerleri gösterilen elektromanyetik alan seviyesi haritalarının önemi daha da artmaktadır. Bölgede bulunan mevcut baz

istasyonlarının kapasite artırımı ile yerleşke dâhilinde elektromanyetik alanın yüksek olan bölgeleri ile düşük olan bölgeleri arasındaki fark giderek artacaktır. Bu haritalar göz önüne alınarak baz istasyonlarının, elektromanyetik alanın yoğunluğunun zayıf olduğu bölgelere kurulması ve bu sistemlerin sebep olduğu elektromanyetik alanının üniversite yerleşkesi üzerinde yaklaşık olarak homojen dağılması sağlanabilir. Yerleşke dâhilinde en yüksek elektromanyetik alan kaynağı ve etki bölgesi olan noktalardan biri de üniversite yerleşkesinde bulunan Turgut Özal Tıp Merkezi Araştırma Hastanesidir. Bu merkezin hem yaydığı elektromanyetik alanların hem de maruz kaldığı elektromanyetik alanların etkilerinin daha net bir şekilde ölçülmesi ve alınan sonuçların haritalanması, ölçümlerin değerlendirilmesi için farklı bölgelerde belirli zaman sürelerinde sürekli ve anlık olarak elektromanyetik alan seviyelerinin ölçülmesi gerekir. Bu merkezin günümüzde yeni nesil birçok kablosuz iletişim sistemleri (wifi, accses point) ile donatılması ve merkezde kullanılan, elektromanyetik alan yayan cihazların etkilerinin daha da artacağı göz önüne alınarak incelemede yarar vardır. İleriye dönük çalışmalarda Turgut Özal Tıp Merkezinin yerleşkesinin bütün bölgelerinde, çevresinde var olan elektromanyetik alan seviyelerini, bu alanların frekans spektrumlarını ve enerji yoğunluğunun yayılım ölçümlerinin yapılması planlanmaktadır.

5 Teşekkür

Çevre ve İnsan Sağlığı için II. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu (EMANET 2013)'na destek veren değerli hocalarımıza ve organizasyonda komitesine, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisine katkı sağlayan editör ve hakemlere teşekkür ederiz.

6 Kaynaklar

- [1] Sorgucu U, Develi I. "Measurements and Analysis of Electromagnetic Pollution Generated by GSM-900 Mobile Phone Networks in Erciyes University, Turkey". *Electromagnetic Biology and Medicine*, 31(4), 404-415, 2012.
- [2] Ulaby FT. *Fundamentals of Applied Electromagnetics*. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice Hall, 2001.
- [3] Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. "Subjective Symptoms, Sleeping Problems, and Cognitive Performance in Subjects Living Near Mobile Phone Base Stations". *Occupational and Environmental Medicine*, 63(5), 307-313, 2006.
- [4] Franke H, Ringelstein EB, Stögbauer F. "Electromagnetic Fields (GSM 1800) Do Not Alter Blood-Brain Barrier Permeability to Sucrose in Models in Vitro with High Barrier Tightness". *Bioelectromagnetics*, 26(7), 529-535, 2005.
- [5] Kuribayashi M, Wang J, Fujiwara O, Doi Y, Nabae K, Tamano S, Ogiso T, Asamoto M, Shirai T. "Lack of Effects of 1439 MHz Electromagnetic Near Field Exposure on the Blood-Brain Barrier in Immature and Young Rats". *Bioelectromagnetics*, 26(7), 578-588, 2005.
- [6] Schüz J, Böhle E, Berg G, Schlehofer B, Hettlinger I, Schlaefer K, Wahrendorf J, Kunna-Grass K, Blettner M. "Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma (Interphone Study Group, Germany)". *American Journal of Epidemiology*, 163(6), 512-520, 2006.
- [7] Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. "Investigation on the Health of People Living Near Mobile

Telephone Relay Stations: I/Incidence According to Distance and Sex". *Pathologie Biologie*, 50(6), 369-373, 2002.

- [8] Navarro AE Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta C. "The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain". *Electromagnetic Biology and Medicine*, 22(2-3), 161-169, 2003.
- [9] Oberfeld G, Navarro AE, Portoles M, Maestu C, Gomez-Perretta C. "The Microwave Syndrome-Further Aspects of a Spanish Study". *3rd International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields*, Kos, Greece, 4-8 October 2004.
- [10] Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M, Salem E. "Neurobehavioral Effects Among Inhabitants Around Mobile Phone Base Stations". *Neurotoxicology*, 28(2), 434-440, 2007.
- [11] Balmori A, "Electromagnetic Pollution from Phone Masts. Effects on Wildlife". *Pathophysiology*, 16(2-3), 191-199, 2009.
- [12] Kositsky NN, Nizhelska AI, Ponezha GV. "Influence of High-Frequency Electromagnetic Radiation at Non-Thermal Intensities on the Human Body". *No Place To Hide - Newsletter of the Cellular Phone Taskforce Inc.*, 3(1), 1-33, 2001.
- [13] Kemerov S, Marinkev M, Getova, D. "Effects of Low-Intensity Electromagnetic Fields on Behavioral Activity of Rats". *Folia Medica*, 41(3), 75-80, 1999.
- [14] Adey R. *Bioeffects of Mobile Communications Fields: Possible Mechanisms for Cumulative Dose*. Editors: Kuster N, Balzano Q, Lin JC. Mobile Communications Safety 95-131, London, England, Chapman & Hall, 1997.
- [15] Lai H. "Biological Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field". *Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering*, 10, 1-8, 2005.
- [16] Galeev AL, "The Effects of Microwave Radiation from Mobile Telephones on Humans and Animals". *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 30(2), 187-194, 2000.
- [17] Persson T, Törnevik C, Larsson LE, Lovén J. "Output Power Distributions of Terminals in a 3G Mobile Communication Network". *Bioelectromagnetics*, 33(4), 320-325, 2012.
- [18] Gajsek P, Ravazzani P, Wiart J, Grellier J, Samaras T, Thuroczy G. "Electromagnetic Field Exposure Assessment in Europe Radiofrequency Fields". *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 25(1), 37-44, 2015.
- [19] European Committee for Electrotechnical Standardization (CELENEC). "Basic Standard to Demonstrate the Compliance of Fixed Equipment for Radio Transmission (110 MHz-40 GHz) Intended for use in Wireless Telecommunication Networks with the Basic Restrictions or the Reference Levels Related to General Public Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, When Put into Service". European Standard, EN 50400, 2006.
- [20] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)". *Healthy Physics Society*, 74(4), 494-522, 1998.
- [21] BTK (Information Technologies and Communications Authority), Turkey. "Limit values for mobile GSM and UMTS frequencies". http://www.tk.gov.tr/tuketici/emd/baz_istasyon_on.pdf (06.12.2013).