

Araştırma Makalesi

Elektrik alan seviyeleri ve halk sağlığı açısından değerlendirilmesi: Samsun şehir merkezi örneği

Begüm Korunur Engiz^a

^a Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun
Geliş tarihi: 12.12.2017, Kabul tarihi: 17.06.2018


Özet

Amaç: Teknolojik gelişmelere bağlı olarak hayatımızda giderek daha fazla yer almaya başlayan radyo/televizyon vericileri, baz istasyonları, yüksek gerilim hatları, trafolar, elektrikli ev aletleri ve tıbbi cihazlar çevremizde elektromanyetik alana (EMA) neden olmaktadır. Kablosuz sistemlere olan talepteki hızlı artış maruz kalınan EMA seviyelerinin daha da artmasına yol açmıştır. Bu nedenle maruz kalınan elektromanyetik alan seviyelerinin belirlenmesi ve yaratabileceği olası sağlık sorunlarının izlenmesi önemli hale gelmiştir. **Yöntem:** Bu çalışmada Samsun ili İlkadım, Canik ve Atakum merkez ilçelerinde, 152 farklı konumda, 2017 yılı Nisan, Mayıs ve Eylül aylarında PMM 8053 EMA ölçer kullanılarak, kısa süreli elektrik alan şiddeti (E) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. E seviyesinin gün içindeki değişimini belirlemek üzere en yüksek ortalama elektrik alan şiddetinin (E_{ort}) kaydedildiği konumda bir gün boyunca (24 saat) E ölçümü yapılmıştır. **Bulgular:** E ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde maksimum elektrik alan şiddetinin (E_{max}) 4.75 V/m, E_{ort} 'un ise 3.35 V/m olduğu görülmüştür. Her üç ilçede kaydedilen E_{max} ve E_{ort} değerleri arasındaki farkın %95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı olduğu, İlkadım ilçesinde ölçülen E_{max} değerlerinin daha geniş bir aralıkta dağıldığı belirlenmiştir. Ölçüm yapılan 152 konumun sadece %2'sinde ölçülen E_{ort} değerinin 2V/m ile 4V/m arasında olduğu tespit edilmiştir. 24 saat süreli E ölçümü sonuçlarına göre; en yüksek E değeri baz istasyonunun en aktif biçimde kullanıldığı 12:00 ile 17:59 saatleri arasında kaydedilmiştir. Öğlen saatlerinde ölçülen ortalama E değerinin ise gece saatlerinde ölçülen değerden %58 fazla olduğu belirlenmiştir. **Sonuç:** Her ne kadar ölçülen E değerleri ICNIRP ve BTK tarafından belirlenen limitlerin altında olsa da; daha düşük limitlerin uygulandığı İsviçre, İtalya gibi ülkeler için yüksek sayılabilir. Bu nedenle maruz kalınan E seviyelerinin düzenli aralıklarla ölçülmesi, izlenmesi ve halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerde tutulması önerilir.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik alan, elektrik alan şiddeti, baz istasyonu, limit değerler, halk sağlığı

Sorumlu Yazar: Begüm Korunur Engiz, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun E-mail: bkengiz@omu.edu.tr, Tel: (362) 312-1919-1070

Copyright holder Turkish Journal of Public Health

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.  This is an open Access article which can be used if cited properly.

Electric field levels and its evaluation from the view of public health: Samsun city center example

Abstract

Objective: In parallel with technological developments, radio/TV transmitters, base stations, power lines, transformers, electrical household appliances and medical equipments have begun to take up more space in our daily lives, causing an increase in the electromagnetic fields (EMF) in our environments. Increasing demand for wireless systems has further led to more exposure to EMFs. Therefore, a more comprehensive understanding of the potential health consequences of electromagnetic field exposure has become ever more crucial. **Method:** In this study, short term electric field strength (E) measurements were taken in the İlkadım, Canik and Atakum districts of Samsun province, at 152 different locations in the months of April, May and September in 2017. The measurements were taken using a PMM 8053 EMF meter. In order to determine the change in E levels within a day, a 24 hour long measurement was conducted at the location where the highest average electric field strength (E_{avg}) was recorded. **Results:** The evaluation of E measurement results showed that the highest maximum electric field strength (E_{max}) was 4.75 V/m, and E_{avg} was 3.35 V/m. The differences between all E_{max} and E_{avg} values recorded in the three districts were statistically significant at a 95% confidence level. E_{max} recorded in İlkadım district showed larger variability than the other districts. It was determined that at only 2% of the 152 measurement locations, E_{avg} levels were between 2V/m and 4V/m. The assessment of the 24 hour E measurements demonstrated that the highest E value was recorded between 12:00 and 17:59; when the base station was the most active. Furthermore, the mean E value measured during noon hours was 58% higher than the value measured during night hours. **Conclusions:** Although the recorded E levels were below the limits determined by the ICNIRP and ICTA; it can be considered as high for countries like Switzerland and Italy where lower limits are enforced. Therefore, regular monitoring of E level exposure and keeping E levels within safe limits is recommended in order to protect public health.

Key words: Electromagnetic field, electric field strength, base station, limit values, public health

Giriş

Elektromanyetik (EM) dalgalar doğal ve insan yapımı birçok kaynak tarafından yayılmakta ve etrafımızda elektromanyetik alana (EMA) neden olmaktadır. Yaşam alanlarımızda bulunan radyo/televizyon vericileri, baz istasyonları, yüksek gerilim hatları, trafolar, elektrikli ev aletleri ve tıbbi cihazların tümü EMA üreten insan yapımı kaynaklardır. Cep telefonları ve diğer kablosuz cihazların çalışması radyofrekansı (RF) veya mikrodalga radyasyonu (yayımlı) prensibine dayanır. Radyofrekans ve mikrodalga biçiminde maruz kalınan EMA seviyeleri kullanım yoğunluğuna bağlı

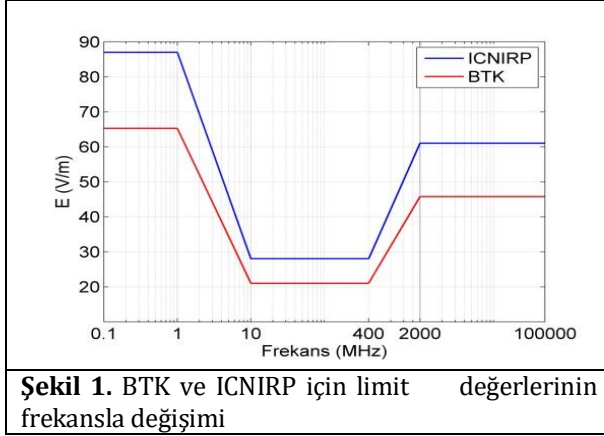
olarak artmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte kablosuz sistemler hayatımızın her noktasında her geçen gün daha fazla yer almaktadır. İstatistikler ve öngörüler dünyadaki toplam cep telefonu kullanıcı sayısının 2017 yılı itibariyle 4.8 milyara ulaşacağını, 2019 yılı itibari ile de 5 milyarı bulacağını göstermektedir.¹ Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı (International Agency for Research on Cancer, IARC) RF ve mikrodalga radyasyonu "olası kanserojen" olarak sınıflandırmıştır.² Bu sınıflandırmanın yapılması ile birlikte insanların RF radyasyona maruz kalma oranlarının ve bunun yaratabileceği olası sağlık sorunlarının belirlenmesi daha

önemli hale gelmiş ve DSÖ RF radyasyondan etkilenme seviyelerinin doku üzerine etkilerinin araştırılmasını önermiştir.³ Ayrıca Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi'nin (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, ICNIRP) Daimi Epidemiyoloji Komitesi (Standing Committee on Epidemiology) cep telefonu kullanımının kullanıcılarda gliyom ve akustik nöroma olma riskini arttırdığını belirtmiştir.⁴ Amerikan Federal İletişim Komisyonu (Federal Communications Commission, FCC), şu ana kadar kablosuz cihaz kullanımı ile kanser veya başka hastalığa yakalanma riski arasında doğrudan bir ilişki kanıtlanamamış olsa bile cep telefonları nedeniyle maruz kalınan RF enerjisini düşürmek üzere önlem alınmasını önermiştir.⁵ Ayrıca, American Gıda ve İlaç Dairesi (US Federal Food and Drug Administration, FDA) cep telefonları kaynaklı RF radyasyona maruz kalma riski var ise; bu potansiyel riskin cep telefonu kullanım süresinin azaltılması, hoparlör veya kulaklık kullanılması gibi basit tedbirler ile düşürülmesini önermiştir.⁶ Bazı çalışmalar ise 10 yıldan uzun süre, ortalama veya yoğun bir biçimde cep telefonu kullanan kişilerde ipsilateral tümörlerin görülme riskinin kayda değer oranda arttığını belgelemiştir.⁷ Cep telefonu kullanmaya 20 yaşından önce başlayanlarda ise bu risk belirgin derecede artmaktadır.⁸ Baz istasyonlarına 500 m mesafe içinde yaşayan insanlarda tümör oluşma veya çeşitli tipteki tümörler nedeniyle hayatını kaybetme riskinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.⁹

Elektromanyetik alanların sağlık üzerine olan etkileri ısı ve ısı olmayan etkiler olarak ikiye ayrılır. Isıl olmayan etkiler biyolojik, genetik veya psikolojik etkilerdir. Isıl etkileri belirlemek için ise Özgül Soğurma Oranı (Specific Absorption Rate, SAR [W/kg]) kullanılır. Bugüne dek yapılan araştırmalar insan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışının sorunlar yarattığını göstermiştir. Bu bir derecelik sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4W güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında bu değerlerin 50'de biri olan 0,08 W/kg SAR limit

değer olarak kabul edilmiştir. Avrupa ülkeleri, Japonya ve Çin için SAR limiti 10 gr doku için 2 W/kg iken, bu değer Amerika ve Kanada'da 1 gr doku başına 1.6 W/kg olarak belirlenmiştir. Özgül soğurma oranının doğrudan ölçülmesi kolay değildir. Özel laboratuvarlarda eşdeğer modellerin veya benzetimlerin kullanımı ile belirlenebilir. Bu nedenle, limit değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen veya gözlemlenebilen parametreler (elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddeti (H) ve güç yoğunluğu (S)) kullanılmaktadır. Bu nedenle EMA ölçümleri bu parametreler cinsinden yapılmakta ve belirlenen limit değerler ile karşılaştırılarak denetlenmektedir.

Elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerinde olası olumsuz etkileri üzerine birçok araştırma yapılmış ve halen de yapılmakta olup bu konuda uluslararası standartlar ve güvenlik amaçlı limit değerler mevcuttur. Bu limit değerler DSÖ tarafından da tanınan ICNIRP tarafından genel halk sağlığı için günde 24 saat maruz kaldığı kabulüyle belirlenmiştir.¹⁰ Elektromanyetik radyasyon konusunda her ülke kendi standartlarına göre limit değerler belirlemiştir. Türkiye'de elektromanyetik radyasyon üzerine yasal düzenlemeler Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yapılmakta olup BTK, ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerin %75'ini esas alarak gerekli yönetmelikleri oluşturmaktadır.¹¹ ICNIRP ve BTK'da yer alan ortamın toplam elektrik alan şiddeti için olan limit değerler Şekil 1'de verilmiştir. BTK'ya göre limit değerler GSM 900 MHz ile çalışan baz istasyonları için 30.9 (V/m), 1800 MHz ile çalışan baz istasyonları için 43.7 (V/m), 3G (2100 MHz), 4G (2600 MHz) ve Wi-Fi cihazlar (2.45 GHz) için ise 45.75 (V/m)'dir.



Şekil 1. BTK ve ICNIRP için limit değerlerinin frekansla değişimi

EMA seviyelerinin günden güne artmaya devam etmesi ve EMA'nın yaratabileceği olası sağlık sorunlarının önceden belirlenebilmesi için baz istasyonlarının yoğun kullanıldığı nüfusun fazla olduğu bölgelerde EMA'nın ölçülmesi ve değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle baz istasyonları kaynaklı EMA'nın ölçülmesi ve değerlendirmesi üzerine literatürde yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Basel (İsviçre), Gent ve Brüksel'de (Belçika) 2011-2012 yılları arasında FM(88 MHz)'den WLAN (2.5 GHz)'e kadar 11 farklı frekans bandında EMA ölçümleri yapılmış, Brüksel'de 0.84 V/m, Gent'de 0.72 V/m ve Basel'de 0.59 V/m'lik ortalama E'ler kaydedilmiştir.¹² İsviçre'de 51 farklı bina dışı ortamda vücutta taşınabilen EMA ölçer kullanılarak yapılan ölçümlerde ortalama E değeri 0.36 V/m olarak belirlenmiştir.¹³ Samsun'da bulunan bir alışveriş merkezinde 2016 yılında bir hafta süresince 100kHz - 3GHz arasında yapılan E ölçümlerinde en yüksek E 7.88 V/m, ortalama E 0.59 V/m olarak ölçülmüştür.¹⁴ Yapılan istatistiksel analizler sonucunda E'nin gün içindeki değerinin gece ölçülen değerine göre %55'e varan oranda arttığı belirlenmiştir.¹⁴ Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüsü ve Üniversite Hastanesi'nde 2013-2015 yılları arasında yapılan E ölçümlerinde kampüs içinde ortalama E değeri 0.633 V/m iken hastane içerisinde bu değer 0.574 V/m'dir.¹⁵ Ordu ili Ünye ilçesinde 2015-2016 yılları arasında 47 farklı konumda ve dört farklı zamanda yapılan E ölçümlerinde kaydedilen en yüksek E değeri 4.52 V/m, ortalama E değeri ise 0.61 V/m'dir.¹⁶ Baz istasyonlarının olası sağlık etkilerini

incelemek adına 2012 yılında yapılan derleme makalesinde 22 orijinal makale taranmış ve bunların 15'inde EMA ve farklı sağlık göstergeleri arasında ilişkinin olduğu gösterilmiştir. Uzun süreli maruz kalma durumunda sağlık sorunları oluşabileceğinden ileriye dönük izlem çalışmaları yapılması ve toplum sağlığını koruyacak yaklaşımların benimsenmesi önerilmiştir.¹⁷ Bu çalışmada Samsun ili İlkadım, Canik ve Atakum ilçelerinde EMA düzeylerinin belirlenmesi ve limit değerlerle karşılaştırılması amacıyla kısa süreli ve seçilen bir konumda uzun süreli elektrik alan şiddeti (E) ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının istatistiksel özellikleri belirlenmiş, limit değerler ile karşılaştırılmış ve görsel olarak değerlendirme yapılabilmesine olanak tanımak amacıyla renkli seviye haritalarına aktarılmıştır.

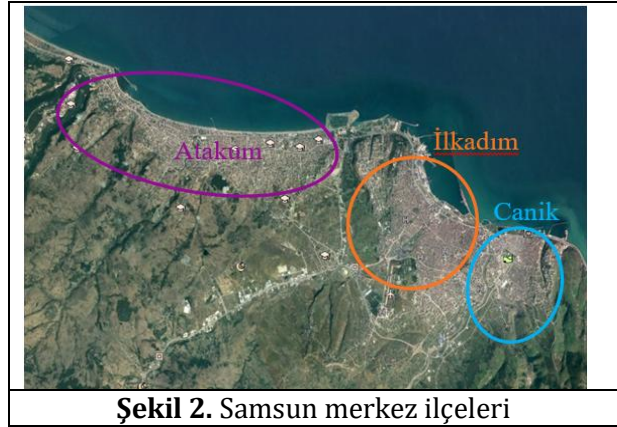
Gereç ve Yöntem

Bu araştırmada Samsun şehir merkezindeki EMA seviyelerini belirlemek üzere İlkadım ilçesinde 67, Canik ilçesinde 39, Atakum ilçesinde ise 46 olmak üzere toplam 152 farklı konumda kısa süreli E ölçümleri yapılmıştır. Merkez ilçelerin harita üzerindeki yerleşimi Şekil 2'de, her bir ilçe için ölçüm konumları ise Şekil 3.a, b ve c'de gösterilmiştir. Tüm kısa süreli E ölçümleri bina dışı ortamda, baz istasyonlarının sıklıkla yerleştirildiği caddeler üzerinde yaklaşık 100 m aralıklarla ve kavşak noktalarında yerden yaklaşık 2 m yükseklikte alınmıştır. Ölçüm konumları GPS (Garmin Etrex 10) ile kaydedilmiş ve haritaya aktarılmıştır. İlkadım ilçesine ait E ölçümleri 10 Nisan 2017'de, Canik ilçesine ait ölçümler 18 Eylül 2017'de ve Atakum ilçesine ait ölçümler ise 15 Mayıs 2017'de alınmıştır. Ölçümler, baz istasyonlarının kullanım yoğunluğu, baz istasyonlarına olan uzaklık ve baz istasyonlarını doğrudan görme gibi etkenler göz önünde bulundurularak en yoğun veri trafiğinin yaşandığı saatlerde PMM 8053 EMA ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Her bir ilçedeki ölçümlere sabah 10.00'da başlanmış ICNIRP ve BTK'nın yönetmelikleri gereğince her bir konumda 6 dakika süreyle kalınmıştır.

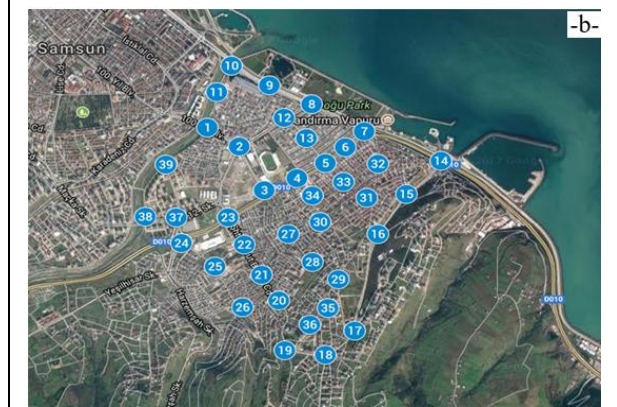
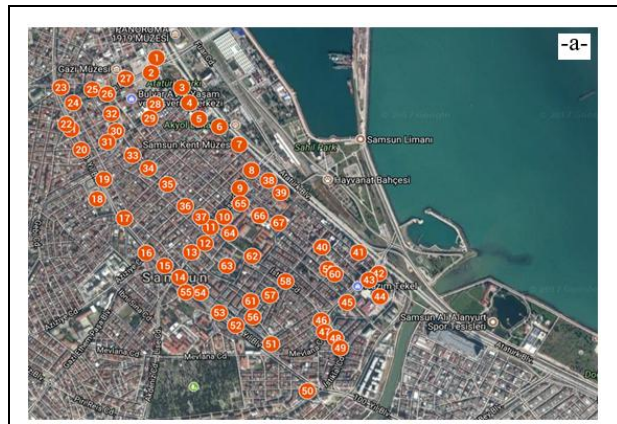
İlkadım ilçesindeki ölçümler akşam 19.00'da, Canik ilçesindeki ölçümler 15.00'da ve Atakum ilçesindeki ölçümler ise 17.00'da tamamlanmıştır. Ölçüm yapılan günlerde hava açık olup herhangi bir yağış yoktur. Ölçümler esnasında ölçüm yapan kişinin üzerinde herhangi bir elektronik cihaz (cep telefon, akıllı saat vb.) bulunmamaktadır. Çalışmada alınan ölçümler ve yapılan değerlendirmeler için etik kurul onayı gerekmemektedir. Ayrıca çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmayıp herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

PMM 8053, EP-330 izotropik elektrik alan probu ile 100kHz -3GHz arasındaki frekans bandındaki toplam E'yi ölçebilmektedir.¹⁸ Algılayıcı ölçüm aralığı 0.3 V/m-300 V/m olup, elektrik alan şiddeti (V/m), manyetik alan şiddeti (A/m), güç akı yoğunluğu (W/m^2), bunların zamansal ve konumsal ortalaması, maksimum ve minimum değerleri ölçülebilir. PMM 8053 ile 152 farklı konumda gerçekleştirilen 6 dakikalık kısa süreli ölçümlerde maksimum elektrik alan şiddeti (E_{max}) ve ortalama elektrik alan şiddeti (E_{ort}) kaydedilmiştir.

E seviyesinin gün içindeki değişimini belirlemek üzere gerçekleştirilen uzun süreli ölçümde ise PMM 8053'ün örnekleme periyodu 5 saniye olarak ayarlanmış, kısa süreli ölçümlerde en yüksek E_{ort} değerinin kaydedildiği İlkadım ilçesinde yer alan 50 numaralı konumda (K50) baz istasyonlarını doğrudan gören bir noktadan 24 saat süresince E ölçümü yapılmıştır. Ölçüm konumu olarak baz istasyonlarının karşısında ve yaklaşık aynı seviyede olan apartman dairesi; ev sahibinin bilgilendirilmesi neticesinde onayı alınarak seçilmiştir. Ölçümün gerçekleştirildiği ev İstiklal Caddesi üzerinde yer alan 8 katlı bir apartmanın 8. katında olup konuma ait görsel Şekil 4'de verilmiştir. Baz istasyonlarını doğrudan görmesi nedeniyle evin balkonunda gerçekleştirilen ölçüm 19 Eylül 2017 sabah 06.00'da başlatılmış ve 20 Eylül 2017 sabah 06.00'da sonlandırılmıştır. Ölçüm cihazı ile baz istasyonları arasındaki mesafe BTK tarafından belirlenen güvenlik mesafesinin dışında olup yaklaşık 15m'dir.



Şekil 2. Samsun merkez ilçeleri



Şekil 3. E ölçüm konumları
a) İlkadım b) Canik c) Atakum



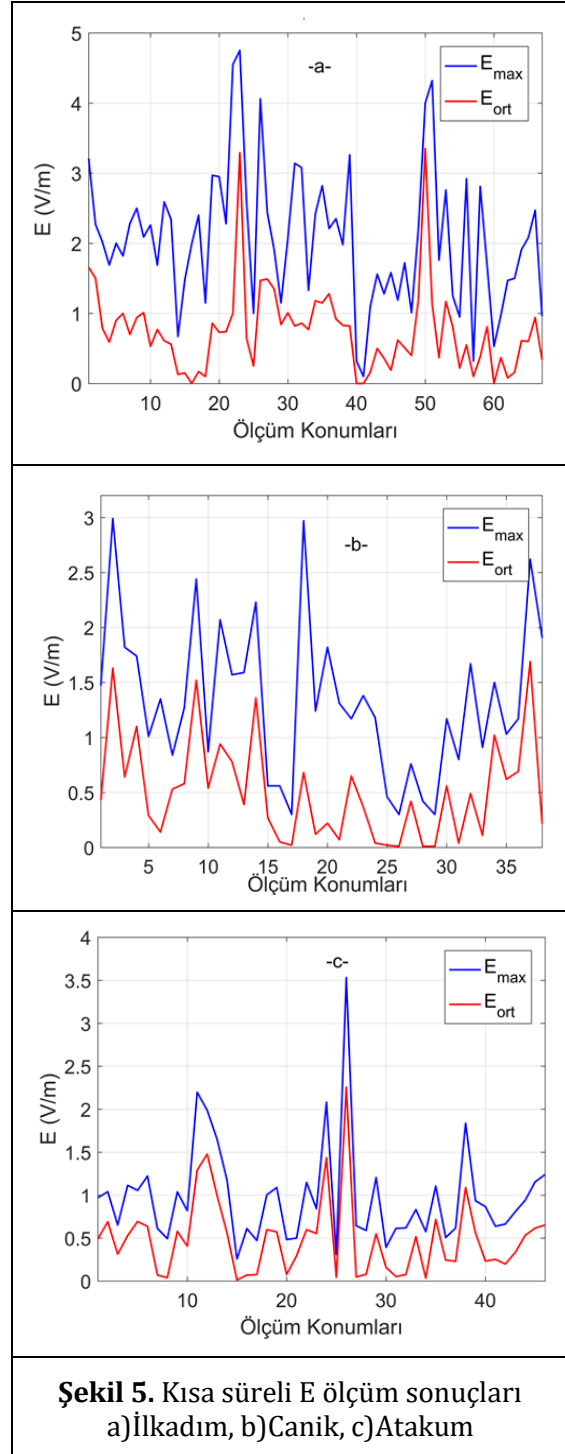
Şekil 4. Uzun süreli E ölçümünün gerçekleştirildiği konuma ait bir görsel

Bulgular

Çalışmanın ilk aşamasında Samsun ili merkez ilçelerindeki EMA seviyelerini belirlemek üzere 152 farklı konumda E ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu konumlarda kaydedilen E_{max} ve E_{ort} değerleri İlkadım, Canik ve Atakum ilçeleri için sırasıyla Şekil 5 a, b ve c'de verilmiştir.

Şekillerden de görüldüğü gibi İlkadım ilçesinde en yüksek E_{max} değeri 4.75 V/m olarak 23 numaralı konumda (K23), en yüksek E_{ort} değeri ise 3.35 V/m olarak K50'de kaydedilmiştir. Canik ilçesinde ise bu değerler 2.99 V/m ve 1.69 V/m olup sırasıyla K2 ve K37'de gözlenmiştir. Atakum ilçesi için ise en yüksek E_{max} ve E_{ort} değerleri 3.53 V/m ve 2.25 V/m olarak K26'da kaydedilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi İlkadım ilçesinde kaydedilen E_{max} 'ların ortalaması Canik ve Atakum'da kaydedilenlere oranla belirgin derecede yüksektir. Ortalama E_{ort} 'lar kıyaslandığında ise İlkadım ilçesinde kaydedilen E_{ort} 'ların ortalaması Atakum ilçesine göre %53 daha yüksektir. En yüksek standart sapma ise yine İlkadım ilçesinde yapılan ölçüm sonuçlarına dayanarak E_{max} ve E_{ort} için sırasıyla 0.99 V/m ve 0.62 V/m olarak hesaplanmıştır.

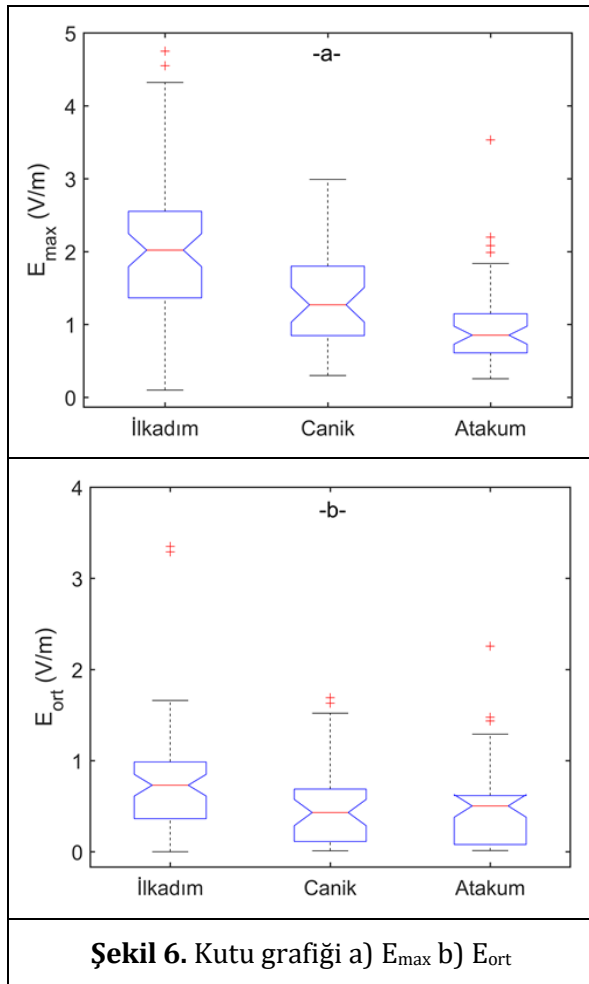


Şekil 5. Kısa süreli E ölçüm sonuçları a) İlkadım, b) Canik, c) Atakum

Tablo 1. Kısa süreli E ölçüm sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri

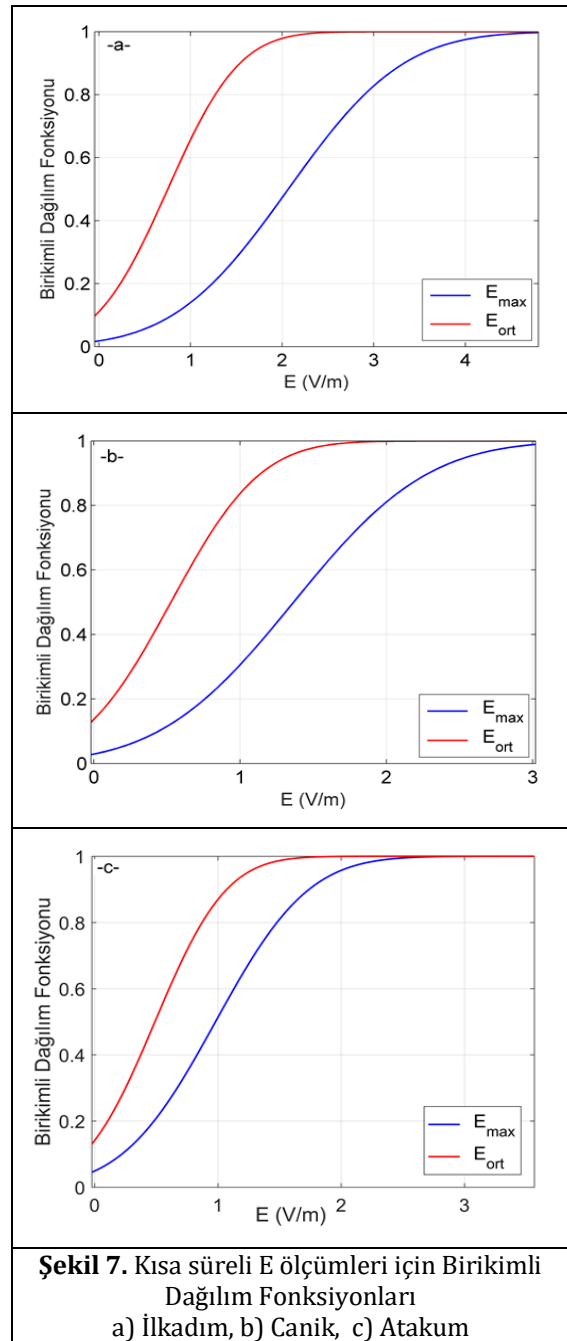
İlçeler	E (V/m) Ortalama	
	E_{max}	E_{ort}
İlkadım	2.07 ± 0.99	0.75 ± 0.62
Canik	1.37 ± 0.72	0.53 ± 0.48
Atakum	0.98 ± 0.59	0.49 ± 0.46

Her bir ilçede ölçülen E_{max} ve E_{ort} değerlerinin ortalamaları arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak normal dağılıma uygun olduğu belirlenen verilere %5'lik anlamlılık düzeyinde tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. E_{max} için hesaplanan test istatistiği $F=25.45$, kritik değerden ($p=3.112 \times 10^{-10}$) büyük olduğu için E_{max} 'ların ortalamaları arasındaki farkın %95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar verilebilir. E_{ort} 'lar için aynı değerlendirmeler yapıldığında $F=3.93$, kritik değerden ($p=0.022$) büyüktür ve aynı şekilde gruplar arasındaki fark %95 güvenle önemlidir.



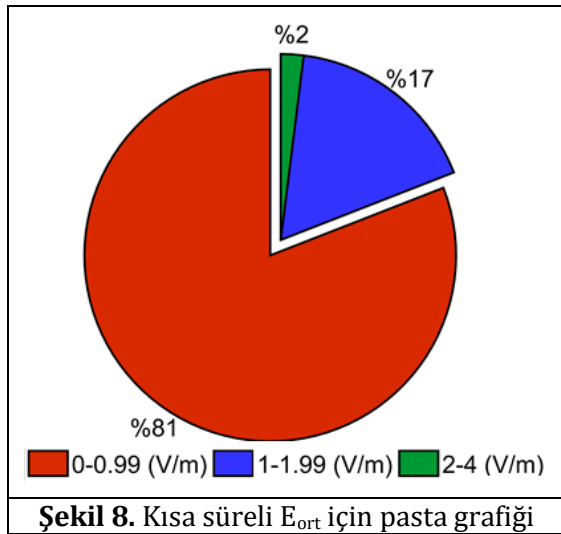
E_{max} 'lar ve E_{ort} 'lar için saplı kutu grafikleri sırasıyla Şekil 6. a ve b'de verilmiştir. Şekil 6. a'dan İlçadım ilçesinde ölçülen E_{max} değerlerinin daha geniş bir aralıkta dağıldığı, Atakum ilçesinde ölçülenlerin ise daha dar bir aralıkta dağıldığı, üç ilçenin ortancalarının sırasıyla

2.02, 1.27 ve 0.85 V/m olduğu görülmektedir. İlçadım ilçesinde ölçülen uç olmayan en büyük değer 4.32 V/m iken diğer ilçeler için bu değerler sırasıyla 2.99 V/m ve 1.84 V/m'dir. İlçadım ve Atakum ölçümleri için aykırı değerler gözlenirken, Canik ilçesinde kaydedilen E_{max} değerlerinde aykırı değerler yoktur. Şekil 6 b'den ise E_{ort} 'ların dağılım aralıklarının birbirine yakın, ortancalarının üç ilçe için sırasıyla 0.73, 0.43 ve 0.50 V/m, Atakum'da kaydedilen değerlerde ise sola çarpıklık ve tüm ilçelerde kaydedilen E_{ort} 'larda aykırı değerler olduğu görülmektedir.



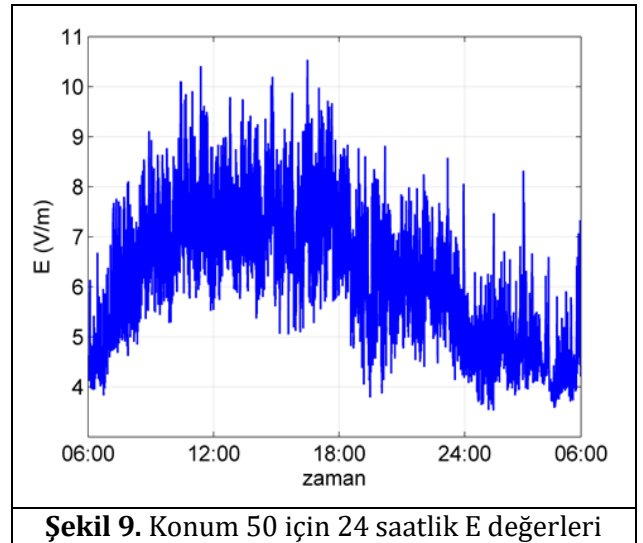
Üç ilçede gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarını daha ayrıntılı değerlendirebilmek amacıyla birikimli dağılım fonksiyonları (cumulative distribution function, CDF) çizdirilmiş ve Şekil 7'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi İlkadım ilçesinde ölçüm konumlarının %90'ın da kaydedilen E_{max} değeri 3.33 V/m'den, E_{ort} değeri ise 1.57 V/m'den küçüktür. Canik ve Atakum ilçeleri için benzer değerlendirmeler yapıldığında; ölçüm konumlarının %90'ında E_{max} ve E_{ort} değerleri sırasıyla 2.28 V/m, 1.75 V/m, 1.15 V/m ve 1.07 V/m'den küçüktür.

İlkadım, Canik ve Atakum ilçelerinde yapılan tüm kısa süreli E ölçüm sonuçları için pasta grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 8'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ölçüm yapılan konumların sadece %2'sinde ölçülen E değeri 2V/m ile 4V/m arasındadır. %81'i ise 0.99 V/m'nin altındadır.



Günlük maruz kalma seviyesini belirlemek için 50 numaralı konumda 24 saat süresince gerçekleştirilen E ölçümünün sonucu Şekil 9'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi baz istasyonunun kullanımına bağlı olarak ölçülen E değeri gün içinde değişmektedir. Ölçümlerde en yüksek E değeri 10.54 V/m, tüm ölçümün ortalaması 6.13 V/m, standart sapması ise 1.34 V/m'dir. Bu konumda E değerinin kısa süreli ölçüm sonuçlarına oranla yüksek olmasının temel nedeni; kısa süreli ölçümlerin cadde üzerinde ve baz

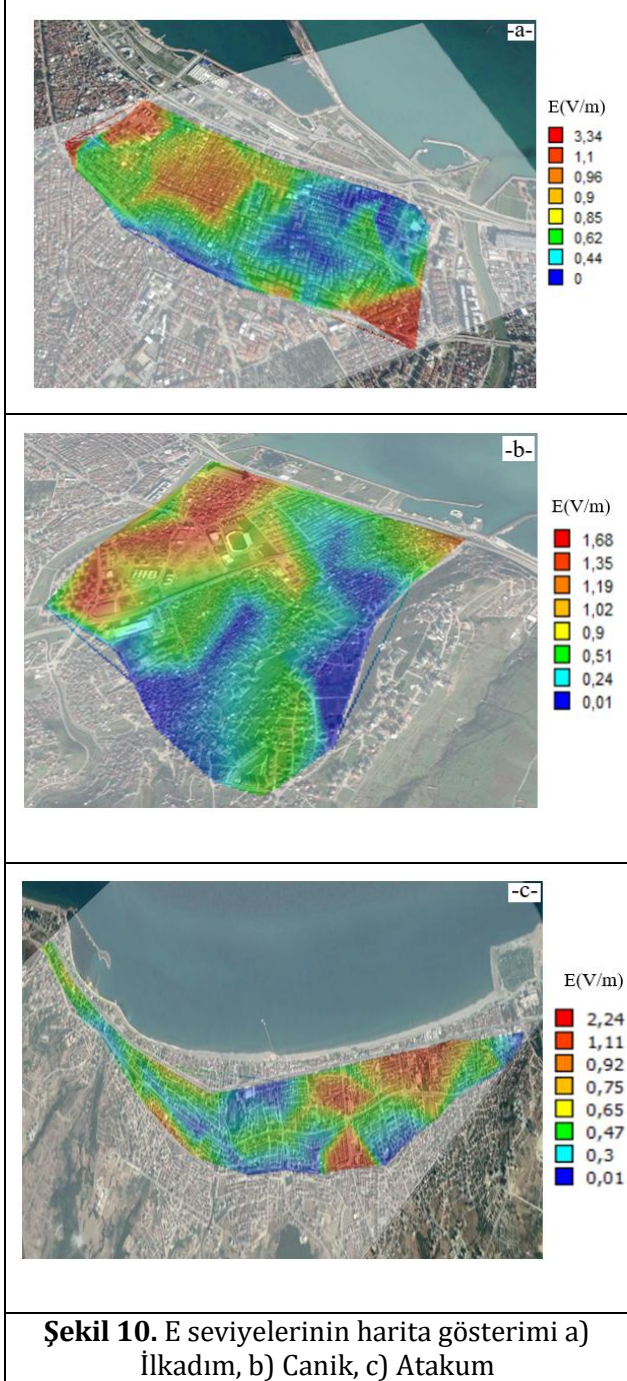
istasyonundan uzak bir mesafeden alınması, 24 saatlik ölçümün ise baz istasyonunu doğrudan gören daha yakın bir noktadan (ev içerisinden ve baz istasyonuna yaklaşık 15 m mesafeden) yapılmasıdır. Şekilden de görüldüğü gibi baz istasyonunun aktif olarak kullanıldığı 12:00-17:59 saatleri arasında kaydedilen E değerleri gece 24:00-05:59 arasında kaydedilenlere göre oldukça yüksektir. 24 saatlik E ölçümü daha detaylı incelenmek üzere 4 farklı zaman diliminde (sabah, öğlen, akşam, gece) değerlendirilmiş, en yüksek ve en düşük değerler arasındaki yüzdelik değişim hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi öğlen saatlerinde ölçülen ortalama E değeri gece saatleri ile karşılaştırıldığında %58 gibi yüksek bir artış söz konusudur.



Tablo 2. Belirli zaman aralıkları için ortalama E değerleri

	E (V/m)				Değişim
	Sabah 06:00 11:59	Öğlen 12:00 17:59	Akşam 18:00 23:59	Gece 24:00 05:59	
Maks.	10.41	10.54	8.84	8.32	%27
Ort.	6.36	7.25	6.20	4.60	%58
Std.	1.24	0.93	0.91	0.63	%97

Çalışmanın son aşamasında ise tüm E_{ort} 'lar MapInfo programı yardımıyla ölçekli renk haritasına aktarılmış ve Şekil 10'da verilmiştir. Bu haritalar herhangi birinin rahatça okuyabilmesi ve anlayabilmesi için E seviyelerine göre renklendirilmiştir. Haritalardan da görüldüğü gibi en yüksek E seviyeleri İlkadım ilçesinin en işlek caddelerinde, en düşük E seviyeleri ise Atakum ve Canik ilçelerinin kırsal bölgelerindedir.



Şekil 10. E seviyelerinin harita gösterimi a) İlkadım, b) Canik, c) Atakum

Tartışma

Modern toplumlarda maruz kalınan elektromanyetik alan seviyeleri gün geçtikçe artmaktadır. Bu elektromanyetik alanlara maruz kalmaktan kaçınmak ise mümkün olmamaktadır. Bu nedenle düşük seviyede de olsa bu alanlara uzun süreli maruz kalmanın sağlık üzerinde yaratabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesi eskisinden çok daha önemli hale gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada Samsun ilinde EMA seviyesini belirlemek üzere şehrin en kalabalık merkez ilçelerinden olan İlkadım, Canik ve Atakum'da 152 farklı konumda kısa süreli ve seçilen bir konumda uzun süreli E ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlardan İlkadım ilçesinin E seviyesinin diğer iki ilçeden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna neden olarak İlkadım ilçesinin Samsun ilinin en kalabalık ilçesi olması, ayrıca okullar, iş yerleri ve hastanelerin çoğunlukla bu ilçede bulunması gösterilebilir. En düşük E seviyeleri ise Atakum ilçesinde kaydedilmiştir. Ölçümler sonucunda ortalama E_{max} ve E_{ort} değerlerinin İlkadım ilçesi için 2.07 V/m ve 0.75 V/m, Canik ve Atakum ilçeleri için ise sırasıyla 1.37 V/m, 0.53 V/m, 0.98 V/m ve 0.49 V/m olduğu görülmüştür. Tüm ilçelerde kaydedilen ölçüm sonuçlarının sadece %2'sinin 2V/m - 4V/m arasında; %81'inin ise 0.99 V/m'nin altında olduğu belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda¹²⁻¹⁶ kaydedilen E değerleri ile tüm ilçelerde kaydedilen ortalama E değerlerinin uyumlu olduğu, Brüksel şehrinde kaydedilen 0.84 V/m'lik ortalama E'nin ise diğerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek E_{ort} 'un kaydedildiği İlkadım ilçesinde baz istasyonunu doğrudan gören konumda gerçekleştirilen 24 saatlik E ölçümünde ise gün içerisinde maruz kalınan E seviyesinin değişimi belirlenmiştir. Buna göre maruz kalınan en yüksek seviye 12:00-17:59 saatlerinde ortalama 7.25 V/m'dir. Her ne kadar ölçülen tüm değerler ICNIRP'nin ve BTK'nın belirlediği sınırların altında olsa da daha düşük limitlerin uygulandığı İsviçre, İtalya (örn. 6V/m) gibi ülkeler için yüksek sayılabilir. Renkli E haritalarının kullanımıyla E seviyesini limit değerlerin altında tutmak için öncelikle önlem alınması gereken konumlar kolaylıkla

belirlenebilir ve E seviyelerinin gelecekte alabileceği değerler için öngörü yapılabilir.

Çalışmanın güçlü yanları kapsamlı E ölçümlerine dayanarak Samsun merkez ilçelerini kapsayan ayrıntılı E haritalarının oluşturulması ve bu haritaların sonraki çalışmalara referans teşkil edecek olmasıdır.

Çalışmanın temel sınırlılıkları ise ölçümlerin belirlenen caddeler ve kavşaklar üzerinde belli aralıklarla, bina dışı ortamlarda ve sadece bir gün içerisinde yapılmış olmasıdır. Toplum sağlığını koruyucu önlemlerin alınması adına Samsun'un tüm ilçelerini kapsayacak şekilde daha kapsamlı E ölçümlerinin yapılması önerilir. Ayrıca gelecekte yapılacak benzer çalışmalar tüm Türkiye için benzer değerlendirmelerin yapılmasına olanak tanıyacaktır.

Kaynaklar

1. Statista. Forecast of mobile phone users worldwide from 2013 to 2019. [online]. Available at: www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/. Accessed October 10, 2017.
2. WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol* 2011; 12(7): 624-626.
3. Van Deventer E, Van Rongen E, Saunders R. WHO research agenda for radiofrequency fields. *Bioelectromagnetics* 2011;32(5):417-421.
4. Lin JC. Are radio frequency or mobile phone electromagnetic fields possibly carcinogenic to humans?. *URSI Radioscience Bulletin* 2010;340:53-54.
5. FCC. Wireless devices and health concerns. [online]. Available at: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/wireless-devices-and-health-concerns/>. Accessed October 10, 2017.
6. FDA. Reducing Exposure: Hands-free kits and other accessories. [online]. Available at: <https://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/HomeBusinessandEntertainment/CellPhones/ucm116293.htm>. Accessed October 10, 2017.
7. Prasad M, Kathuria P, Nair P, Kumar A, Prasad K. Mobile phone use and risk of brain tumours: a systematic review of association between study quality, source of funding, and research outcomes. *Neurol. Sci* 2017; 1-14.
8. Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Epidemiological evidence for an association between use of wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology* 2009; 16: 113-122.
9. Dode AC, Leão MM, Tejo Fde A, et al. Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. *Sci. Total Environ* 2011; 409: 3649-3665.
10. ICNIRP Guidelines, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics 1998. p.494-522.
11. Information and Communication Technologies Authority of Turkey, "Ordinance change on By-Law on Determination, Control and Inspection of the Limit Values of Electromagnetic Field Force from The Electronic Communication Devices According to International Standards", Law no.29497, 9 October 2015.
12. Urbinello D, Joseph W, Verloock L, Martens L, Rösli M. Temporal trends of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure in everyday environments across European cities. *Environ. Res* 2014;134:134-142.
13. Sagar S, Struchen B, Finta V, Eeftens M, Rösli M. Use of portable exposimeters to monitor radio frequency

- electromagnetic field exposure in the everyday environment. *Environ. Res* 2016;150:289-298.
14. Engiz B. K, Kurnaz Ç. Long-term electromagnetic field measurement and assessment for a shopping mall. *Radiat. Prot. Dosim* 2017;175(3):321-329.
 15. Kurnaz Ç. An emprical modelling of electromagnetic pollution on an university campus. *App. Comput. Elctromagn. Soc. Express J* 2016; 1(2):76-79.
 16. Kurnaz Ç, Bozkurt MC. Measurement and evaluation of electromagnetic pollution levels in Ünye district of Ordu. *Journal of New Res. Sci* 2016;5(12):149-158.
 17. Hassoy H, Durusoy R, Karababa A.O. Baz istasyonlarının olası sağlık etkilerine ilişkin bir güncelleme. *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi* 2012;10(3).
 18. www.pmm.eu/includes/sendfile.asp?no_mep=Field_Probe. Accessed October 10, 2017.