

EM Alanların ELF ve RF Bölgelerinde İzlenmesi ve Uyarı Sistemi için bir Model

A Model for Monitoring and Warning System of EM fields at the ELF and RF Bands

S. Selim ŞEKER

Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl. İstanbul
seker@boun.edu.tr

Özet

Teknolojinin elektrikle gelişimi sonucu özellikle evlerde ve endüstride, elektriğin kullanımı hızla artmıştır. Elektriğin ve elektrikli cihazlarının daha fazla kullanımı daha fazla elektromanyetik alan emisyonuna ve yutulmasına neden olmuştur. Bundan dolayı insanların sağlığında ve hassas cihazlarda bazı ciddi etkiler ortaya çıkarmıştır. Bu bildiriye amaç, bu konuda yoğunlaşarak dünyada geçerli standartları göz önünde bulundurarak elektromanyetik alan maruziyetini izlemek ve kontrol etmek, insanları ve hassas cihazların daha az zarar görmelerini sağlayacak bir uyarı sistemi oluşturmaktır. Dünyanın her yerinde geliştirilmekte olan veya mevcut pek çok projeler ile dinamik olarak radyasyon seviyeleri izlenmektedir. Bu çalışmalara rağmen hala emisyon kontrolünde eksiklikler vardır. Diğer yandan, pek çok bilimsel çalışmada radyasyon seviyesinin kontrol edilmesi sonucuna varılmıştır. Teknik sistemlerin ve insanların bulunduğu ortamlarda elektromanyetik alanların kontrolünün önemi gelişmekte olan bir konudur.

Abstract

Since the development of technology with electricity, especially in industry and houses, the usage of electricity has increased rapidly. The more electricity and electric appliances have been used, the more electromagnetic field emission and absorption has become a consequence. This consequence has some serious effects on human health and also on sensitive electronic systems. In this paper, it is focused on this issue to create such a system that allows monitoring and controlling electromagnetic field exposure levels on human-being and electronic systems according to worldwide standards and furthermore, take precautions – a warning system - to lessen the harmful effects of electromagnetic field radiation. All around the world, there are many ongoing or developed projects which aim to monitor the radiation levels dynamically. Despite the studies, there is still a lack of control of emission. On the other hand, many scientific researches have concluded by the advice of limit the radiation levels. The importance of controlling the electromagnetic field over the environments with human beings and technical systems is a developing issue.

1. Giriş

Elektrik-Elektronik cihazların yaydığı ELF ve RF bölgesindeki elektromanyetik alanların (EMA) insanlarda biyolojik ve cihazlarda girişim etkileri toplumda giderek artan bir şekilde merak uyandırmaktadır. Bu problemi tartışmaktaki sebebimiz insanları endişelendirmek değil, konunun hassasiyetinden ve aldığımız risklerden toplumu haberdar etmektir. Bu çalışmada EMA kaynakları, sebep olduğu zararlar, radyasyonu kontrol, izleme ve uyarı yöntemleri ve konu ile ilgili standartlar üzerine yoğunlaşılacaktır. Genel olarak insanlar, en son teknolojik ürünlerden risk olmadan yararlanmak isterler. Maalesef, hayatın kendisi risklerin yumağıdır. Risksiz hiçbir şey yoktur ve kesin olan hayatta sadece öleceğimizeyizdir. İnsanlar, her şeyin genel olarak “güvenli” veya “zararlı” olup olmadığını bilmek ister. Kişisel risk-fayda analizi yapmak istemezler. Hükümet ve kanunların onları koruduğuna güvenmek isterler.

İkinci Dünya savaşından sonra başlayan bilimsel araştırmalar, insan organizmasının sadece biyolojik veya biyokimyasal hücre reaksiyonlarıyla fonksiyonlarını, görevlerini yapmadıklarını, insanların bir elektromanyetik varlık olduklarını göstermiştir. Elektromanyetik Alanlar (EMA'lar) olmasa fiziksel dünyamız ve varlığımız sona erer. Daha kuvvetli, güçlü sinyal, daha fazla veya daha ciddi etki demek değildir. Hemen hemen sıfır enerji seviyesi ile gelen bilgi kişinin sağlık durumunda dramatik etki yapabilir. Örneğin doktorun hastasına kanser olmuşsun demesi gibi.

2004'de yayınlanan AB REFLEX araştırma Raporu, AB'nin 7 ülkesinin 12 enstitüsünde 3 milyon Euro'luk fonla yapılmıştır. Bu çalışmaya göre cep telefonlarının ve baz istasyonlarının kullandığı frekans bölgesindeki radyasyon, DNA kırılmalarına, gen değişikliklerine, sebep olabiliyor.

2007'de ABD yayınlanan Bioinitiative Raporunda EMA'nın değişik frekanslardaki biyolojik etkileri, standartların yetersizliği araştırmalar sonucu ortaya koyulmuş ve dünyada yeni bir anlayışın, ısısal olmayan (non-thermal) etkileri gündeme getirmiştir.

2010'da İtalyan the Ramazzini Enstitüsü Raporu ise ısısal olmayan etkileri daha geniş bilimsel verileri uluslararası platformda ortaya koymuştur [1-4].

İyonize etmeyen radyasyonun “ısısal olmayan” bazı etkileri:

1. Kan Beyin Bariyeri (BBB, Blood Brain Barrier) sızıntısı (Alzheimer's, Parkinson hastalığı, ALS; ADD / ADHD ve diğer sinirsel hastalıklar)
2. Nöronların ölümü ve beyin hücrelerinin zarar görmesi
3. Kalsiyum akışı
4. Kalp ritim bozukluğu ve kalp durması
5. Habis ve kötü huylu beyin tümörleri
6. Sperm hücrelerinin zarar görmesi ve ölümü
7. Büyüme etkilemek ve ölüm
8. Kusurlu doğum ve kısırlık
9. Akustik neuroma
10. Bunama
11. Leukemia ve Lymphoma
12. Gelecek nesillere geçen kalıcı genetik etkiler

Cep telefonları, WHO/IARC tarafından 31 Mayıs 2011 tarihinde 208 nolu basın bildiriyle kansere yol açanlar listesinde (yüksek gerilim hatları, ELF alanları zaten listededir) 2B kategorisine (possibly carcinogenic) alınmıştır. Bilgi için <http://hps.org/hpspublications/articles/cellphoneuse.html> internet adresine bakabilirsiniz.

Dünyanın en önemli kanser uzmanlarından biri olarak bilinen Nobel ödüllü Amerikalı Devra Davis'in, 2010 yılında yayınlanan Disconnect (Bağlantıyı Kes) kitabında cep telefonlarının (tümör, kanser gibi) sağlığa olumsuz -kesinleşmiş- etkileri konusunda “küresel bir alarm durumu” ilan edilmesi gerekirken, cep telefonu endüstrisinin büyük çabaları sonucunda bu cihazın zararlarını göstermeye çalışan saygın bilim adamlarının karalandığını, hatta dünyanın bir numaralı sağlık otoritesi Dünya Sağlık Örgütü'nde (WHO) bile cep telefonu zararları konusunda entrikalar döndüğünü yazdı.

Endüstrinin kendi yaptırdığı araştırması cep telefonunun beyin tümörü oluşturduğunu göstermiştir. Dr. George Carlo, dünya çapında bir epidemiologist olup 1993 yılında, 25 milyon dolarlık bütçe ile 6 yıl süren bir araştırma programı için CTIA (Hücrel Telefon Endüstrisi Birliği) tarafından -cep telefonlarının güvenli olduğunu ispat için- görevlendirildi ancak ispatlayamadı. Cep telefonu kullanımının insanlarda çok önemli sağlık riski oluşturduğunu CTIA ile paylaştı ve 2001 yılında bir kitap yazdı. Beyin tümörü ve patolojik değişiklikler gösteren bölgeden dolayı, cerrahlar ameliyatlarında hastanın hangi elle cep telefonu kullandığını rahatça anlayabilmektedir. Bu kadar açık bir ilişki, Dr. Carlo'nun araştırmasından alarm sinyallerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. En önemlisi cep telefonu ve baz istasyonunun kullandığı radyo frekanslardaki radyasyonun, kan hücrelerinde yapısal değişiklikler (micronuclei) oluşturuyor olması ve bunun da genetik bozukluk oluşturup kansere imkân tanması. Kısa süreli maruziyet bir şey yapmaz, fakat devamlı kullanımın oluşturduğu kümülatif stres, vücudun onarım mekanizmasının kırılmasına neden olur.

Düşük seviyede de olsa EM radyasyon yayan cep telefonları insan beyninde, sinir hücrelerinde, mesaj taşıyan kimyasal maddeleri etkiliyor. Bu önemli kimyasal maddeler, elektrik yükleri taşıdığından davranışları EM radyasyon ile normal fonksiyonları önlenemez. EMA'lar moleküllerde, hücrelerde

ve dokularda hareket, çalışma ve yapısal değişikliklere neden olmaktadır.

2. Standartlar

Ülkemizde kullanılan ICNIRP (Uluslararası İyonize Etmeyen Radyasyondan Korunma Birliği) ve IEEE (Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü – ABD) standartlarını kıyasladığımızda; 900 MHz, 1.800 MHz ve 2-300 GHz aralıklarındaki standartlar hariç aynı olduklarını, GSM ve 3G frekanslarında ise 900 MHz'de 68,75 katı fazla 1.800 MHz'de 48,58 katı fazla değerleri ICNIRP standart kabul ettiğini görüyoruz. Dolayısıyla ICNIRP'ın güvenlik değerleri, IEEE değerlerine göre 68,75 ve 45,58 katı daha düşük oluyor. ICNIRP güvenlik değerlerini seçerken öncelikle IEEE'de ve diğer saygın dergilerde yayınlanan araştırmaları baz aldığına göre bu farkı açıklamaları gerekir [2].

ICNIRP değerinin, İsviçre'de 1/10'u, İtalya'da genelinde 1/10'u, hastane ve okullarda 1/30'u, Lüksemburg'da 1/20'si, Litvanya'da 1/100'ü almıyor. Özellikle düşük frekanslarda manyetik alan değerleri, önerilen değerden 250-500 misli düşük olarak benimsemektedirler. 1998'de yayınlanan, 1990'lı araştırma sonuçlarına göre hazırlanmış, cep telefonu ve yeni uygulamaları göz önüne almayan ısısal standartlar Avrupa Parlamentosu'nda 522'ye 16 oyla artık geçerliliklerini yitirdiğinden biyolojik temelli yenilerinin oluşmasını isteyen bir kararına göre, standartlar artık değiştirilmelidir.

ICNIRP değerleri, tepe değerler olup, altındaki değerler ülkelerin tercihine kalmıştır.

3. İşyerlerinde EMA'ların Değerlendirilmesi

Avrupa Komisyonu'nun 2004/40/EC direktifleri elektromanyetik alanların (EMA) istenmeyen etkilerinden işyerlerinde çalışanların güvenlikleri ve sağlıklarını korumak içindir. Buna ulaşmak için yöntem, aletler gibi pek çok gereksinimler uygulama için iş yerlerinden istenmektedir. Bunların yerine getirilmesi EMA'larda yeterli sayıda uzman bulunmamasından dolayı çok zor görülmektedir. 2012 de direktifler Avrupa Birliği'nde işyerlerinde EMA değerlendirilmesini öngörmektedir.

İngiltere'de direktifler en azından 55.000 işyeri ve kuruluşu, 260.000 bölgeyi, 277.000 cihazı, 447.000-713.000 çalışmanı etkileyecektir. Günümüzde ölçümden kullanılan aletler zaman ve uzayda düzgün olmayan alanların ölçümünde doğru sonuçlar vermemektedir. Mevcut analitik ve sayısal analiz yöntemleri kompleks kaynakları modelleyememektedir [5-6].

Avrupa Komisyonunun en son raporunda mevcut ölçüm aletlerinde ve direktiflerin kompleks uygulamalarında yüksek ölçüm belirsizlikleri rapor edilmiştir.

Avrupa Parlamentosunun 28.5.2011 günü yaptığı tavsiyelerinden bazıları:

1. Bütün gerekli önlemler alınarak EMA'lara maruziyeti, bilhassa cep telefonlarının EMA'larını, azaltınız. Beyin tümörü oluşumunda en yüksek risk grubu olan çocuklar ve gençlerin maruziyeti azaltılmalıdır.

2. ICNIRP tarafından yayınlanan günümüzdeki standartlar tekrar gözden geçirilmeli ve elektromanyetik emisyon veya radyasyonun ısısal ve ısısal olmayan etkilerini kapsayan mümkün olan en az (ALARA) prensibi uygulanarak yeni standartlar oluşturulmalıdır.
3. Uzun vadede çocuklarda, gençlerde ve yetişkinlerdeki zararlı biyolojik etkiler ortaya çıkabileceği hakkında bilgilendirme ve kamuoyunu haberdar etme kampanyaları yapılmalıdır.
4. "Electrosensitive" denilen ve EMA'lara karşı alerjisi olan insanları özellikle korumak için kablolu ağı'nın kapsamadığı bölgeler oluşturulmalıdır.
5. Maliyeti azaltmak, enerjiyi ekonomik kullanmak ve çevre ile insan sağlığını korumak için yeni araştırmalar desteklenmelidir. Araştırmalar ile mobil ve DECT tipi iletişimde yeni anten sistemleri geliştirilerek zararlı etkiler azaltılmalıdır.
6. Yeni bütün elektrikli cihazlara lisans vermeden önce risk değerlendirme raporları istenmelidir.
7. Bütün elektrikli cihazların üzerine güçleri, EMA değerleri, SAR değerleri ve sağlık risk durumu belirtmelidir.
8. DECT tipi kablolu telefonlar, bebek monitörleri ve diğer kullanılan devamlı darbe yollayan cihazların sebep oldukları sağlık riskleri anlatılmalıdır. Devamlı darbe sinyali yollamayan kablolu cihazların kullanılması tavsiye edilmelidir.
9. Ülke çapında değişik (eğitim, çevre, sağlık gibi) bakanlıklar tarafından bilgilendirme kampanyalarıyla öğretmenlere, ailelere ve çocuklara cep telefonu ve diğer cihazların yaydıkları radyasyonun sağlık riskleri anlatılmalıdır.
10. Bütün cep telefon, DECT telefon ile Wi-Fi ve WLAN sistemlerini sınıflarda ve okullarda yerel yetkililer, tıbbi kuruluşlar ve sivil toplum kuruluşları desteğiyle yasaklayın.

4. Önerilen Model

WHO'ya göre son 30 yılda iyonize etmeyen radyasyon konusunda yaklaşık 25000 makale biyolojik etki ve tıbbi uygulama sahasında yayınlanmıştır. Dünya çapında RF bandında maruziyet seviyesini izleyen projeler; Portekiz'in MonIT, Yunanistan'ın Hermes, İngiltere ve Kuzey İrlanda'nın Sitefinder, Polonya'nın Radyasyon Koruma Projesi, İtalya'nın Monitoraggio Campi Elettromagnetici, Austuralya'nın Government EMF Monitoring Projesi'dir [7-11].

Önerilen proje: Herhangi bir kapalı alanda bulunan ELF ve RF bandı EMA'ları dinamik olarak ölçüp, dinamik olarak ayarlanan standart değerlere göre değerlendirme, izleme ve kontrol etme özelliğine sahiptir. Böylece ortamdaki insanların ve cihazların etkilenmeleri önenebilir. Projenin iki gayesi vardır. Birincisi insanların korunması, ikincisi elektrik-elektronik sistemlerin korunmasıdır. Bu iki görev için ölçüm cihazları elektromanyetik alanları ölçer. Ölçülen değerler standart değerlerle kıyaslanarak çevrimiçi olarak değerlendirilir ve bilgilendirme istenirse sonuçlar grafiklerle de verilebilir [11-12].

- 1) Önerilen model için ICNIRP standartları:

a) ELF Standardı;
Elektrik alan (genel halk) için $250/f$ V/m (f kHz cinsinden),
Manyetik alan (genel halk) için $4/f$ A/m (f kHz cinsinden)

b) RF Standardı;

Elektrik alan (genel halk) için $1.375\sqrt{f}$ V/m (f MHz cinsinden),

Manyetik alan (genel halk) için $0.0037\sqrt{f}$ A/m (f MHz cinsinden).

ICNIRP'nin standardı eski, yetersiz ve sadece yetişkinler için olduğundan biz kendimiz yetişkinler, bebekler ve yaşlıları da içeren yeni ve daha hassas limitler öneriyoruz. Zira Avrupa Parlamentosu geçenlerde 522'ye 16 oyla maruziyet standartların artık geçerliliklerini yitirdiğinden biyolojik temelli yenilerinin oluşmasını isteyen bir karar almıştır.

Ortalama Ağırlıklar: Bebekler için 10kg, yetişkinler için 70kg, yaşlılar için 65kg kabul edilmiştir. Yeni SAR limit hesapları için formüller: Bebekler için standart değerin yarısını, yaşlılar için $3/4$ 'ünü, yetişkinler için standardın kendisi alınmaktadır.

2) RF bölgesinde elektrik alan hassasiyet prosesi:

$$E \text{ (hassasiyet)} = [A(E/2) + BE + C(E.3/4)] / (A + B + C)$$

$$H \text{ (hassasiyet)} = [A(H/2) + BH + C(H.3/4)] / (A + B + C)$$

$$SAR = \text{İletkenlik} \times E^2 / \text{Doku Yoğunluğu}$$

Bu denklemde E ve H standart limit değerleri, A bebek sayısı, B yetişkin sayısı ve C yaşlı sayısıdır. Bu sayede daha gerçekçi ve hassas kontrol imkanımız vardır.

Ani Yutma Oranı (IAR instantaneous absorbtion rate)

$$IAR = \text{İletkenlik} \times E^2 \text{ (ani değer)} / \text{Doku Yoğunluğu}$$

$$\text{Doku Yoğunluğu} = (10A+70B+65C) / (\text{Alan m}^2)$$

Şayet EMA'nın bir bileşeni E veya H tolerans sınırını (T) aşarsa, yani $E(\text{limit})-E(\text{ani değer}) < T$ $E(\text{limit})$ oluşursa sistem; elektronik posta ile yönetici veya sorumlulara haber verir.

Değişik seviyelerde (%10, 20 40 seviyeleri) ortalama alarm RF ve ELF'ye göre değişik tonda aralıklı veya devamlı çalmaya başlar.

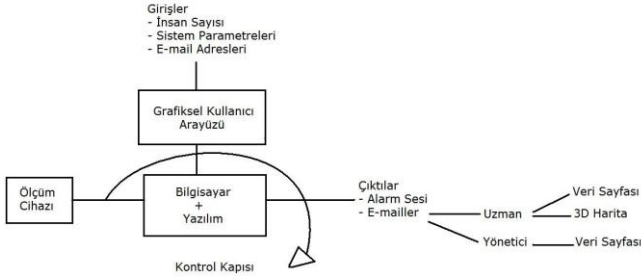
3) Değişik EMA seviyelerde uyarılar RF ve ELF'ye göre değişik E ve H uyarıları.

4) Değişik seviyelerde RF ve ELF'ye göre insan ve cihazların korunması.

Model GİRİŞ Bilgileri: E veya H alan limit değerleri, insan (yetişkin, yaşlı, bebek) sayısı, yönetimin ve uzmanların elektronik posta bilgileri, ortamın fiziksel ölçüleri, geliştirilen sistem ortalama uzaysal dağılım ve seviye haritası için pek çok

giriş bilgileri alabilir. Çevrimiçi bilgi izleme, kontrol ve uyarı yapabilir. Değişken giriş bilgileri için dinamik kontrol sağlar.

Model ÇIKIŞ Bilgileri: Ortam için değişik alarm sesleri, yönetime ve uzmanlara durumu özetleyen elektronik postalar, günlük bilgilerin kayıt edilmeleri, üç boyutlu şekiller. Önerilen modelin blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Önerilen Model'in Blok Yapısı

Benzetim Sonuçları:

Örnek 1: İnsanların Korunması

Giriş Bilgileri:

Çizelge 1: Kuramsal girdiler

Yetişkinlerin Sayısı	1
Bebeklerin Sayısı	1
Yaşlıların Sayısı	1
Elektronik Cihazlar için Elektrik Alan Seviyesi	4000 V/m
Elektronik Cihazlar için Manyetik Alan Seviyesi	92 A/m
Alanın genişliği	3 m
Alanın uzunluğu	4 m
	Kontrol Seviyesi (80%) Tehlike Seviyesi (90%)
İnsanlar için Manyetik Alan Değeri (A/m)	48 54
Sistemler için Manyetik Alan Değeri (A/m)	73.6 82.8

Ortamda ölçülen değerler:

Çizelge 2: Ölçülen Manyetik alanın Değerlendirilmesi

9.236	
6.201	
32.219	
49.219	Kontrol Seviyesi Uyarısı (İnsanlar) Bir Bip Sesi
45.224	
52.252	Kontrol Seviyesi Uyarısı (İnsanlar) Bir Bip Sesi
50.342	Kontrol Seviyesi Uyarısı (İnsanlar) Bir Bip Sesi
47.199	
45.559	
58.122	Tehlike Seviyesi Uyarısı (İnsanlar) Sürekli Alarm ve Elektronik Posta

Çizelge 2'den de görüleceği gibi veriler sadece insanların uyarılmasını sağladığını, cihazlar için sınır değerlerin verilmemesini gösteriyor. Aşağıdaki e-posta ve Şekil 3 otomatik olarak yöneticilere, uzmanlara yollanır.

Örnek 2. Elektronik Sistem Korunması

Giriş Bilgileri:

Çizelge 3: Kuramsal girdiler

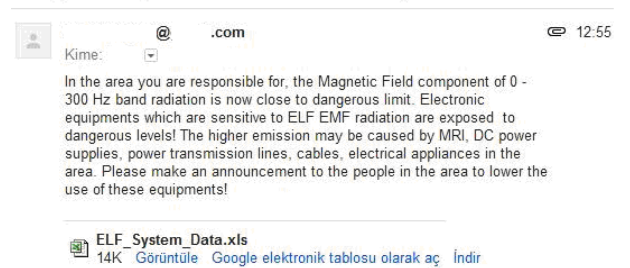
Yetişkinlerin Sayısı	1
Bebeklerin Sayısı	1
Yaşlıların Sayısı	1
Elektronik Cihazlar için Elektrik Alan Seviyesi	3200 V/m
Elektronik Cihazlar için Manyetik Alan Seviyesi	56 A/m
Alanın genişliği	3 m
Alanın uzunluğu	4 m
	Kontrol Seviyesi (80%) Tehlike Seviyesi (90%)
İnsanlar için Manyetik Alan Değeri (A/m)	48 54
Sistemler için Manyetik Alan Değeri (A/m)	44.8 50.4

Çizelge 4: Ölçülen Manyetik alanın Değerlendirilmesi

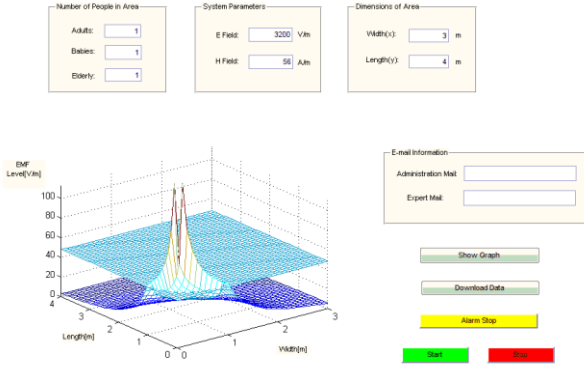
9.236	
6.201	
32.219	
49.219	Kontrol Seviyesi Uyarısı (İnsanlar ve Sistemler) İki kere Bip Sesi
45.224	
52.252	Kontrol Seviyesi Uyarısı (İnsanlar) Bir Bip Sesi Tehlike Seviye Uyarısı (Sistemler) Sürekli Alarm ve Elektronik Posta

Çizelge 4'den de görüleceği gibi verilerin sadece elektronik cihazlar için ilgililerin uyarılmasını, insanlar için sınır değerlere gelinmediğini gösteriyor. Şekil 2'deki e-posta otomatik olarak yöneticilere, uzmanlara yollanır.

Dangerous Exposure Level for Electronic Systems

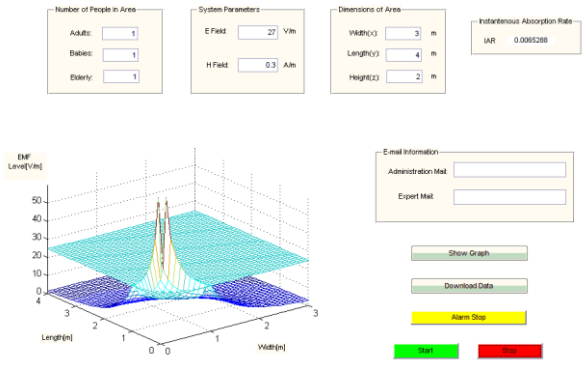


Şekil 2: Gönderilen örnek e-posta mesajı.



Şekil 3: ELF bölgesinde uzmana gönderilecek görüntü

Benzer çalışma RF bölgesi içinde yapıldığında elektrik alan değerlerinin değerlendirilmesi yapılır ve Şekil 4 uzmanlara yollar.



Şekil 4: RF bölgesinde uzmana yollanacak görüntü

5. Sonuç

- 1) Geliştirilen sistem değişik kaynaklardan pek çok veri toplayıp işleyebilir.
- 2) Herhangi bir kapalı alanda değişik kaynaklardan toplanan verilerin sistem ortalamasını alan model daha güvenilir kontrol yapabilir.
- 3) Şayet sisteme doğrudan ölçüm verileri verilirse sistem tamamen çevrimiçi çalışır ve insanlar olmadan RF bandında kontrol görevini yapar.
- 4) Geliştirilmeye açık bir sistemdir.

Gayemiz çevremizdeki mevcut ve artmakta olan elektromanyetik kirlilik ile ilgili kamuoyunu bilgilendirmek, korunma yöntemlerini vermek, gereksiz korkuları gidermektir. EM dalgalara maruziyetin sağlık zararları, eğitime azaltılmalı ve biomedikal temelli standartlar geliştirilmelidir. Gayet fazla yayılmış ufak maruziyetlerin, çok büyük halk sağlığı etkileri oluşturabileceği gerçeği unutulmamalıdır.

Teşekkür: Öğrencilerim C. Sever ve R. O. Sergili'ye yardımlarından dolayı teşekkür etmek istiyorum. Bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu 5698 Proje Kodu ile desteklenmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/bsw_kuster.pdf
- [2] <http://icnirp.de/documents/statgdl.pdf>
- [3] Habash, R. W. Y., *Electromagnetic Fields and Radiation*, Marcel Dekker Pub. Co., 2002.
- [4] Şeker, S., *Cep Tehlikesi*, Boğaziçi Yayınevi, İstanbul, 2009.
- [5] Djafari, M., Leopold, D., Petric, B. ve Neubauer, G., "A New Web Based System to Evaluate Workers Exposure According to Requirements of the Directive 2004/40/EC", The Directive 2004/40/EC of the European Commission.
- [6] Douglas, M., Nadakuduti, J., et al., "A European Initiative to Develop Procedures and Instrumentation for Worker's Electromagnetic Safety(WEMS)", *General Assembly and Scientific Symposium of the Inter. Union of Radio Science*, 2011. Istanbul, Turkey.
- [7] <http://hermes.physics.auth.gr/en/emr>
- [8] The monIT Project: Electromagnetic Radiation Exposure Assessment in Mobile Communications. Carla Oliveira, Daniel Sebastiao, et al. Instituto de Telecomicações / Instituto Superior Technico, Technical University of Lisbon, IEEE Antennas and Prop. Magazine, Vol.49, No:1, February 2007.
- [9] <http://ikaros.teipir.gr/era/era2/fullpap/A21.pdf>
- [10] Sergili, R. C., "Electromagnetic field monitoring, control, warning system of radiation at ELF band", Boğaziçi Univ. Elektrik-Elektronik Müh. Bitirme proje raporu, Haz.2012.
- [11] Sever, C., "Electromagnetic field monitoring, control, warning system of radiation at RF band", Boğaziçi Univ. Elektrik-Elektronik Müh. Bitirme proje raporu, Haziran 2012.
- [12] <http://www.narda-sts.de/products/area-monitor/meters/2600.html>