



**YAYGIN OLARAK KULLANILAN RF ELEKTROMANYETİK  
ALAN KAYNAKLARININ ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK  
ANALİZİ**

**Nihan Merve SARIKAHYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2014**

Nihan Merve SARIKAHYA tarafından hazırlanan “YAYGIN OLARAK KULLANILAN RF ELEKTROMANYETİK ALAN KAYNAKLARININ ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Başkan :** Prof. Dr. Ethem KÖKLÜKAYA

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Üye :** Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE

Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

TezSavunmaTarihi: 28/5/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....

Nihan Merve SARIKAHYA

28/05/2014



YAYGIN OLARAK KULLANILAN RF ELEKTROMANYETİK ALAN  
KAYNAKLARININ ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nihan Merve SARIKAHYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2014

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak artan elektronik cihazlar nedeniyle sürekli olarak elektromanyetik alana maruz kalınmaktadır. Bu tez çalışmasında teorik olarak, elektromanyetik alan ve temel kavramlar, elektromanyetik alan kaynakları, elektromanyetik alanın sağlık etkileri, bu konudaki ulusal ve uluslararası kuruluşlara ait sınır değerler ve elektromanyetik alandan korunma yöntemleri açıklanmıştır. Öncelikle yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar ve WLAN'ın 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye'de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra Ankara'da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar itibariyle bu hassas bölgenin yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğunu tespit edilmiştir.

BilimKodu : 905.1.034  
AnahtarKelimeler : elektromanyetik alan, elektromanyetik alan maruziyeti,  
radyofrekans  
SayfaAdedi : 138  
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM

THE MEASUREMENT OF WIDELY USED RF ELECTROMAGNETIC FIELD  
SOURCES' ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION

(M. Sc. Thesis)

Nihan Merve SARIKAHYA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2014

ABSTRACT

Nowadays, due to developing technology in the world, human is exposed to the electromagnetic fields increasingly by using electrical systems. In this thesis, theoretically, electromagnetic field and basic definitions, electromagnetic fields sources, the health effects of electromagnetic fields, the limit values of national and international institutions and the protection from electromagnetic fields are described. Firstly, widely used mobile phones, microwave ovens, DECT phones and WLAN 's electromagnetic field's amplitude are measured at different distances eg. 1cm, 10 cm, 30 cm, 1m and compared to limit values of electromagnetic field amplitude in Turkey. Then, the amplitude of the electromagnetic field is measured in a school in Ankara and the results of this measurement compared to the limit values in the relevant regulations.

ScienceCode : 905.1.034

KeyWords : electromagnetic field, exposition of electromagnetic fields,  
radiofrequency

PageNumber : 138

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Nursel AKÇAM

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM'a, Yüksek Lisans Öğrenimim boyunca desteğini esirgemeyen değerli tüm hocalarıma, son olarak, beni bugünlere getiren başta rahmetli babam Av. Hasan AKGÜL olmak üzere çok değerli aileme ve bu süreçte her zaman yanımda olan kıymetli eőim Mehmet SARIKAHYA'ya çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE TEMEL KAVRAMLAR ..	3
2.1. Elektrik Alan .....	3
2.2. Manyetik Alan.....	4
2.3. Radyasyon .....	7
2.4. Elektromanyetik Alan .....	8
2.5. Elektromanyetik Spektrum.....	9
2.6. İyonlaştırıcı EM Dalgalar.....	10
2.7. İyonlaştırmayan EM Dalgalar .....	11
2.8. Özgül Soğurma Hızı (Specific Absorption Rate - SAR) .....	12
2.9. Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference - EMI ) .....	13
2.10. Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility - EMC).....	14

	<b>Sayfa</b>
3. EM ALAN KAYNAKLARI .....	17
3.1. GSM Menşeli RF Kaynakları.....	18
3.2. Radyo ve TV Vericileri .....	19
3.3. Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları.....	20
4. ELEKTROMANYETİK ALANIN SAĞLIK ETKİLERİ.....	23
4.1. Epidemiyolojik Çalışmalar.....	23
4.2. Sağlık Etkileri.....	24
4.2.1. EMA'nın göz üzerine etkileri.....	26
4.2.2. EMA ve kanser.....	26
4.2.3. EMA'nın endokrin sistemine etkileri.....	27
4.2.4. EMA'nın dolaşım sistemine olan etkileri .....	27
4.2.5. EMA'nın üreme sistemine olan etkileri .....	27
4.2.6. EMA'nın DNA yapısına etkileri .....	28
4.2.7. EMA'nın sinir sistemine olan etkileri .....	28
4.2.8. Elektromanyetik alanların biyolojik etkileri .....	29
4.2.9. Radyo frekans (RF) alanların etkileri.....	31
4.2.10. Düşük frekanslı (ELF) alanların etkileri .....	34
5. SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR .....	35

	<b>Sayfa</b>
5.1. Türkiye’de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri.....	39
5.2. Elektromanyetik Alan Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşlarına Olan Etkileri ve Dünya Uygulamaları .....	44
5.2.1. Malezya .....	44
5.2.2. Avusturalya .....	45
5.2.3. Amerika Birleşik Devletleri (ABD).....	45
5.2.4. Avrupa Birliği (AB).....	46
5.2.5. Avusturya .....	47
5.2.6. Finlandiya.....	47
5.2.7. Fransa .....	48
5.2.8. Almanya .....	51
5.2.9. İtalya.....	52
5.2.10. Danimarka.....	52
<b>6. ELEKTROMANYETİK ALANDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ</b>	<b>55</b>
<b>7. YAPILAN ELEKTROMANYETİK ALAN ŞİDDETİ ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRMELER .....</b>	<b>59</b>
7.1. Ölçümlerde Kullanılan Cihazın Özellikleri .....	60
7.2. Mesafeye Bağlı Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	61
7.2.1. Telsiz (DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunication) telefonlar	61

	<b>Sayfa</b>
7.2.2. WLAN – kablosuz internet erişim sistemleri.....	63
7.2.3. Cep telefonları.....	67
7.2.4. Üçüncü nesil (3G - 3rd generation).....	72
7.2.5. Mikrodalga fırın .....	73
7.3. Ankara’da Bir Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçümü Sonuçları.....	77
8. TARTIŞMA.....	79
9. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	81
KAYNAKLAR.....	85
EKLER .....	89
EK-1. Telsiz Telefonlar İçin Elektromanyetik Alan Ölçümü .....	90
EK-2. Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri elektromanyetik alan ölçümü değeri.....	93
EK-3. Cep Telefonları (900 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri .....	96
EK-4. Cep Telefonundan (1800 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri.....	99
EK-5. 3G (3rd Generation) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri .....	102
EK-6. Mikrodalga Fırın Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri .....	105
EK-7. Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	138

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Elektrik Alan ile Manyetik alanın karşılaştırılması .....	6
Çizelge 3.1. Bazı elektrikli ev aletlerinin oluşturdukları elektrik alan şiddetleri .....	18
Çizelge 3.2. Hücresel sistem çıkış güçleri .....	19
Çizelge 3.3. Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri.....	20
Çizelge 3.4. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri.....	22
Çizelge 3.5. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri .....	22
Çizelge 4.1. EM dalgaların vücut dokularındaki direnci .....	30
Çizelge 4.2. Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler.....	30
Çizelge 5.1. Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş sınır değerler .....	37
Çizelge 5.2. Sürekli maruziyet durumunda genel halk için türetilmiş sınır değerler ....	37
Çizelge 5.3. Bazı ülkelerin GSM için kabul ettiği sınır değerler.....	38
Çizelge 5.4. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler.....	39
Çizelge 5.5. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler.....	41
Çizelge 5.6. Bazı frekanslar için hazırlanmış limit değerler.....	41
Çizelge 5.7. Türkiye’de geçerli elektromanyetik radyasyon sınır değerleri .....	42
Çizelge 5.8. Elektromanyetik radyasyon için İsviçre’de uygulanan ihtiyati limit değerler.	43
Çizelge 7.1. Telefonların frekans değerleri ve uyku modları .....	62
Çizelge 7.2. Telsiz telefon ölçüm değerleri .....	62

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 7.3. Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları.....	66
Çizelge 7.4. 900 MHz ‘de konuşma anında cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları .....	69
Çizelge 7.5. 1800 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları.....	70
Çizelge 7.6. 3G’li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları ...	73
Çizelge 7.7. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları.....	75
Çizelge 7.8. Ölçüm yapılan okulun bölümlerinde elde edilen ölçüm sonuçları .....	77
Çizelge 9.1. Bir okulda ölçüm yapılan bazı yerlerin Türkiye’de belirlenen limit değerler ile kıyaslanması.....	82

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Pozitif Q yükünün oluşturduğu elektrik alan.....	3
Şekil 2.2. Elektrik alan çizgileri.....	4
Şekil 2.3. Manyetik alan çizgileri .....	5
Şekil 2.4. Elektrik alan bilgisayar ilişkisi .....	7
Şekil 2.5. Alfa, Beta ve Gama ışınları .....	8
Şekil 2.6. Elektromanyetik alan yayılımı.....	8
Şekil 2.7. Elektromanyetik spektrum.....	9
Şekil 4.1. Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri ve uygulanan manyetik alanı yönüne göre etkilenen bölgeler .....	34
Şekil 5.1. ICNRP limit değerleri.....	36
Şekil 7.1. Spectran HF 60105 .....	60
Şekil 7.2. Telefonların tarihsel gelişimi .....	61
Şekil 7.3. Uzaklığa bağlı olarak DECT için elektrik alan değişimi.....	63
Şekil 7.4. Kablosuz ağlar .....	63
Şekil 7.5. Büyüklüklerine göre kablosuz ağlar .....	65
Şekil 7.6. Uzaklığa bağlı olarak WLAN için elektrik alan değişimi .....	66
Şekil 7.7. Cep telefonu elektrik alan ilişkisi .....	67
Şekil 7.8. 900 MHz 'de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçümü	69
Şekil 7.9. Uzaklığa bağlı olarak 900 MHz için elektrik alan değişimi .....	70

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 7.10. Uzaklığa bağlı olarak 1800 MHz için elektrik alan değişimi .....	71
Şekil 7.11. Uzaklığa bağlı olarak 3G'li cep telefonu için elektrik alan değişimi.....	73
Şekil 7.12. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik ölçüm .....	75
Şekil 7.13. Uzaklığa bağlı olarak mikrodalga fırın için elektrik alan değişimi .....	76



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

<b>V</b>	Volt (Gerilim ölçüsü)
<b>A/m</b>	Amper/metre (Manyetik alan ölçüsü)
<b>V/m</b>	Volt/metre(Elektrik alan ölçüsü)

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>BTK</b>	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
<b>CENELEC</b>	Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
<b>DECT</b>	Telsiz Telefon
<b>ELF</b>	Düşük Frekans Elektromanyetik Alan
<b>EMA</b>	Elektromanyetik Alan
<b>EMC</b>	Elektromanyetik Uyumluluk
<b>EMF</b>	Elektromanyetik Alan
<b>EMI</b>	Elektromanyetik Girişim
<b>EMS</b>	Elektromanyetik Spektrum
<b>F</b>	Frekans
<b>IARC</b>	Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü
<b>IEEE</b>	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
<b>ILO</b>	Uluslararası Çalışma Örgütü
<b>NCRP</b>	Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi
<b>RF</b>	Radyo Frekansı
<b>SAR</b>	Özgül Soğurma Hızı
<b>WHO</b>	Dünya Sağlık Örgütü
<b>WLAN</b>	Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri



## 1. GİRİŞ

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak elektrik enerjisinin kullanımı ve elektriğe olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bütün elektrikli cihazlar, gerilim ve akım miktarına bağlı olarak, yani güçleri oranında çeşitli frekans bandlarında elektromanyetik alan meydana getirirler. Günlük hayatta kullanılan birçok cihaz örneğin; televizyon, radyo, elektrikli tıraş makinesi, elektrikli battaniye, bilgisayar monitörü, fotokopi makinesi, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar, mutfak robotu birer elektromanyetik alan kaynağı olarak karşımıza çıkar. Bunun sonucunda insanlar, hayvanlar ve bitkiler kısacası tüm çevre elektromanyetik alanın etkisi altında kalır. Elektromanyetik kirlilik diğer çevre kirliliklerinin aksine gözle görülmez ve etkileri hemen ortaya çıkmaz. Bu nedenle elektromanyetik kirlilik konusuna yeterli önem verilmemekte ve gözardı edilmektedir. Ancak herkes yayılan farklı frekanslardaki elektromanyetik alanlara maruz kalmakta ve bu durum her geçen gün daha da artmaktadır.

Bu tez çalışması insan sağlığını potansiyel bir biçimde olumsuz etkileyen yüksek frekanslarda elektromanyetik alanlarla ilgilidir. Örneğin; hayatı oldukça kolaylaştıran teknolojik gelişmelerin en son ürünlerinden biri olan ve ülkemizde de geniş bir kullanıcı kitlesi bulunan cep telefonları, sürekli elektromanyetik alan yayan araçlardır. Cep telefonları çevreye çıplak gözle göremediğimiz, duyarlarla fark edemediğimiz elektromanyetik kirlilik oluştururlar.

Çevrede oluşan elektromanyetik alanların sınır değerleri araştırılarak bazı güvenlik standartları oluşturulmuştur. ICNRP'nin standartları Türkiye'de kabul edilmiştir. Bu tez kapsamında öncelikle yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, DECT telefonlar ve WLAN'ın 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye'de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra Ankara'da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçların yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğu araştırılarak yorumlanmıştır.

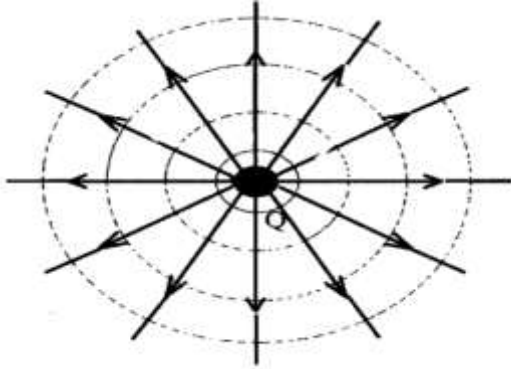


## 2. ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE TEMEL KAVRAMLAR

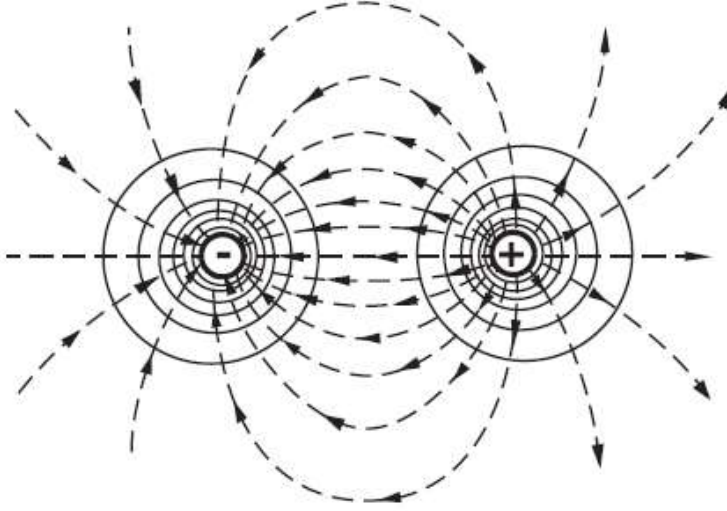
Belirli bir bölgedeki yükler tarafından yüklerin etraflarında oluşan, yüklerin birbirlerine olan etkilerini ve bu etkilerin yönünü açıklamak için ortaya konan kavrama alan denir. Alan, yüklerin hareketine bağlı olarak, yüklerin karakterine ve yükten uzaklığına bağlı olarak değişir. Bir yükün diğer bir yüke etki etmesi için ya fiziksel bir temas olur ya da yükler, alanlarının ortak etkileşimi ile aralarında bir itme ya da çekme kuvveti uygularlar.

### 2.1. Elektrik Alan

Elektrik yüklü bir cismin, elektrik yüklü başka bir cisme uyguladığı çekme veya itme kuvveti uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan azalarak sonsuza kadar devam eder. Dolayısıyla belli bir bölgenin dışında etki ölçülemeyecek kadar az olur. O halde bir yükün etkisini gösterdiği bölgeye o yükün elektrik alanı denir. Elektrik alan büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Elektrik alanı meydana getiren elektrik yüklerinin varlığıdır. Her elektrik yükü bir elektrik alan oluşturur. Bir cihazın beslenme gerilimi yükseldikçe elektrik alan değeri de yükselir. Elektrik alanın birimi  $V/m$ 'dir. Elektrik alan şiddeti, kaynağa olan uzaklıkla ters orantılıdır.



Şekil 2.1. Pozitif Q yükünün oluşturduğu elektrik alan



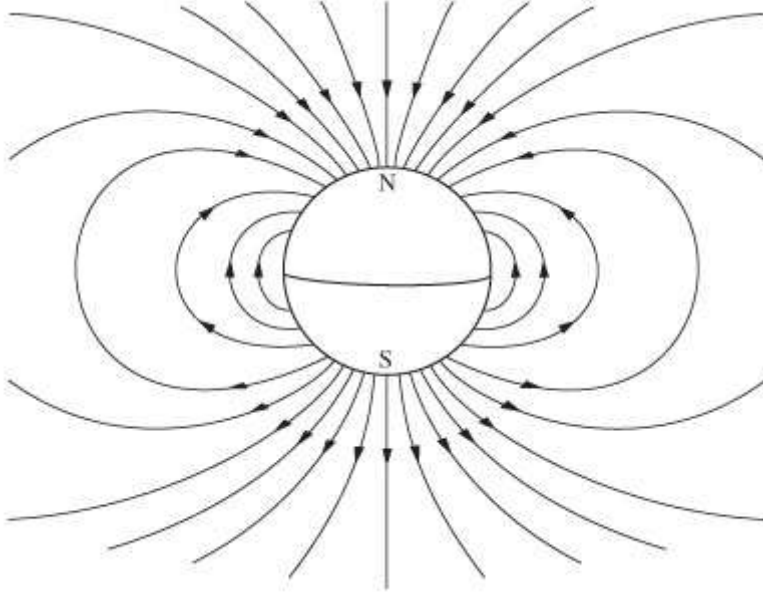
Şekil 2.2. Elektrik alan çizgileri

Pozitif  $Q$  nokta yükünün oluşturduğu elektrik alanın yönü Şekil 2.1’ de gösterildiği gibidir. Yük dağılımlarının uzayın değişik noktalarında oluşturduğu elektrik alanın yönelimini ve yoğunluğunu elektrik alan çizgileri ifade eder. Elektrik alan çizgileri, pozitif yük dağılımında başlayıp negatif bir yük dağılımında son bulurlar. Bir bölgedeki alan yoğunluğu ile alan çizgilerinin birbirine yakınlığı orantılıdır. Herhangi bir noktadaki elektrik alanın yönü, o noktada elektrik alan çizgisine çizilen teğetin doğrultusudur. Uzayda sadece pozitif yük var ise elektrik alan çizgileri sonsuzda son bulur. Eğer negatif yük varsa elektrik alan çizgileri sonsuzda meydana gelir. Uzayda herhangi bir noktadan birden fazla elektrik alan çizgisi geçemez. Dolayısıyla elektrik alan çizgileri kesişmeyen çizgilerdir. Şekil 2.2’ de iki zıt kutuplu yük için elektrik alan çizgileri artıdan çıkıp ekside son bulur.

## 2.2. Manyetik Alan

Elektrik yükleri yer değiştğinde manyetik alan oluşur. Manyetik akı yoğunluğu birimi Tesla (T)’ dir. Manyetik alan ölçü birimi ise Gauss (G)’ tur. Akım ile manyetik alan birbiri ile orantılıdır. Manyetik alan şiddeti mesafe ile azalır. Örneğin, mıknatıslar manyetik alan oluşturur. Manyetik alan çizgileri her zaman kapalıdır ama Şekil 2.3’ de görüldüğü gibi bazı durumlarda manyetik alan çizgilerini sanki S kutuplu bir uçtan çıkan ve N kutuplu bir uca doğru hareket eden çizgiler olarak düşünülebilir.

Çizelge 2.1’de elektrik ve manyetik alanlar özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

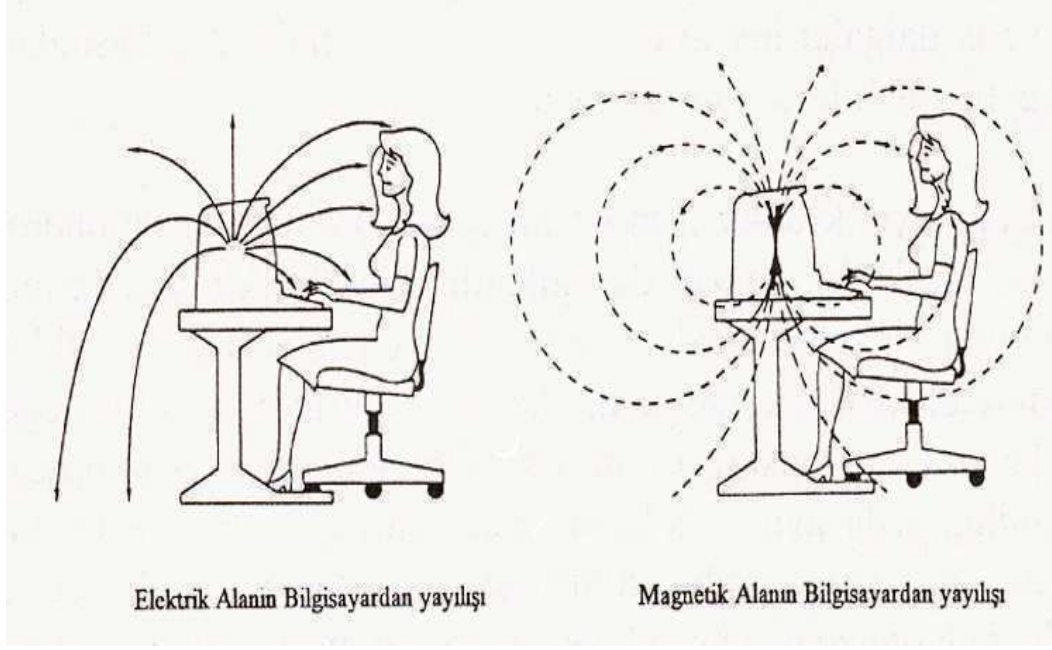


Şekil 2.3. Manyetik alan çizgileri

Çizelge 2.1. Elektrik Alan ile Manyetik alanın karşılaştırılması

ELEKTRİK ALAN	MANYETİK ALAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik alan şiddeti, voltaj ile doğru orantılıdır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alan şiddeti, akım ile doğru orantılıdır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ölçü birimi (V/m)'dir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ölçü birimi (A/m) veya Tesla'dır</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cihazların açma kapama düğmeleri kapalı konumda iken bile elektrik alan oluşur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alan oluşumu için ortamda elektrik akımı oluşması gerekir. Yani cihazın açık konumda olması gereklidir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bina yapı malzemelerinin büyük çoğunluğu elektrik alan için yalıtım etkisi yapabilir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alan şiddetini azaltan malzeme sayısı son derece sınırlıdır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik alanlar duvarlardan geçemez; hatta insan derisinden bile geçerken şiddeti çok düşer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alanlar, özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hemen hiçbir engel tanımaz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik alanlar insan bedeninin yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manyetik alanlar Şekil 2.4'te de görüldüğü gibi bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasına yol açarlar. Gerçekte manyetik alanlar, çevrelerinde bulunan tüm iletkenlerde (insan bedenini de bir iletken olarak düşünebiliriz) akım oluştururlar. Bu akımların yönü manyetik alana diktir.</li> </ul>





Şekil 2.4. Elektrik alan bilgisayar ilişkisi

### 2.3. Radyasyon

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerjinin emisyonu veya aktarımıdır. Bilindiği gibi maddenin temel yapısını atomlar meydana getirir. Atom ise, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ile bunun çevresinde dönmekte olan elektronlardan oluşur. Eğer, herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısına göre oldukça fazla ise bu maddeler kararsız bir yapı gösterir ve çekirdeğindeki nötronlar dönüşerek  $\beta^-$  (negatron) yayarlar. Eğer protonlar, nötronlardan fazla ise protonlar dönüşerek  $\beta^+$  (positron) yayarlar. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi atom çekirdeğinden ayrılan nötronlar ve protonlar kararlı olmayan atom çekirdeği gama ( $\gamma$ ) ışını yayar. Ağır çekirdekler alfa ( $\alpha$ ) ışını (helyum çekirdekleri) yayabilir veya fizyon reaksiyona maruz kalabilirler. Bu tepkimelere maruz kalarak parçalanan maddelere 'radyoaktif madde', çevreye yayılan alfa, beta ve gama gibi ışınlara ise 'radyasyon' adı verilmektedir.



Şekil 2.5. Alfa, Beta ve Gama ışınları

## 2.4. Elektromanyetik Alan

Elektromanyetik alan, elektrik yüklü cisimlerin çevrelerinde yarattıkları ve diğer yüklü cisimler üzerinde kuvvet uygulayan bir etkidir. Elektromanyetik alanlar elektrik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. Frekans yükseldikçe dalga boyu kısalır ve alanda yayılan enerji yükselir.



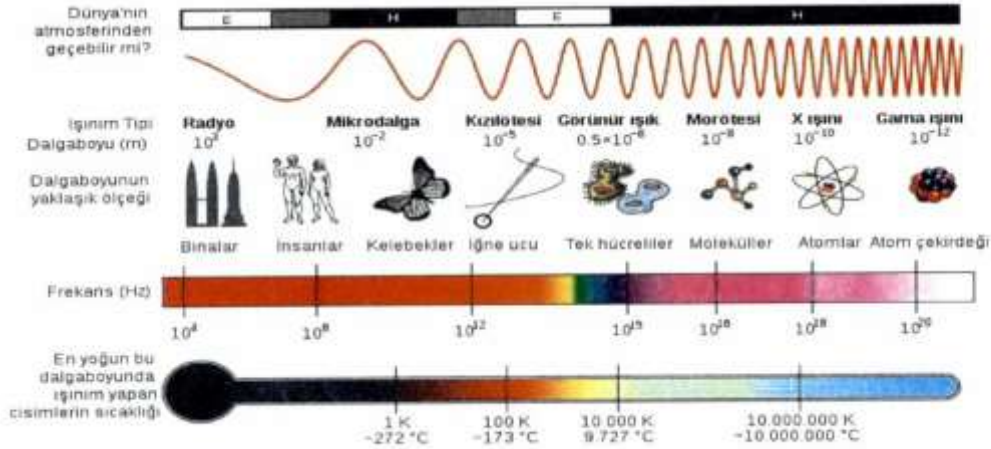
Şekil 2.6. Elektromanyetik alan yayılımı

Elektrik ve elektromanyetik alanlar doğada kendiliğinden ortaya çıkarlar. Doğal elektromanyetik alan, yer küre etrafında kuzey-güney doğrultusunda mevcut olup kuşlar ve balıkların yön bulmalarına yardımcı olan ancak gözle görülemeyen dalgalardan oluşur. Doğal elektrik alan ise atmosferde meydana gelen yıldırım, şimşek oluşumları ile lokal olarak ortaya çıkar. Doğal elektrik ve elektromanyetik alanların yanı sıra insan yapımı kaynaklardan yayılan elektrik ve elektromanyetik alanlar günlük hayatta tüm çevreyi kaplamış durumdadır. İnsan yapısı kaynaklar arasında X ışınlarının kaynağı olan röntgen

cihazları, düşük frekanslı elektromanyetik dalga kaynağı olan elektrik soketleri, yüksek frekanslı radyo dalgaları yayan TV anteni, radyo istasyonu veya mobil telefon istasyonları gibi veri iletim hatları yer alır. Şekil 2.6' da görüldüğü üzere bir iletken üzerinden geçen akım şiddeti ve gerilim seviyesine bağlı olarak, bu iletkenin bulunduğu ortama elektrik alan ve manyetik alan yaymaktadır [1].

## 2.5. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum (EMS), evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu, gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar bütün elektromanyetik dalgaları içeren dizilimdir. Bir cisim tarafından etrafına yayılan karakteristik net elektromanyetik radyasyon, o cismin elektromanyetik spektrumudur. En yüksek frekanslı dalgaların enerjisi en büyüktür.



Şekil 2.7. Elektromanyetik spektrum

Şekil 2.7 ' de yer alan Elektromanyetik Spektrum üzerinde yer alan ışınlarla ait genel tanımlar aşağıda verilmektedir:

**Gama Işınları:** 0,01 nanometreden daha küçük dalga boylu ışınlar olup bir atom çekirdeğinin çapından daha küçük dalga boylu dalgalar içerirler. Elektromanyetik spektrum içinde en yüksek enerjili ve frekanslı bölgede yer alırlar.

*X Işınları:* 0.01 ile 10 nanometre (bir atomun boyu kadar) arasında dalga boyuna sahip ışınlardır.

*Morötesi (UV- Ultraviolet) Radyasyon:* 10 ile 310 nanometre (yaklaşık olarak bir virüs boyutunda) arasında dalga boyuna sahip ışınlardır. A, B ve C olmak üzere üç kısımda incelenirler. Kısa dalga boylu mor ötesi ışınlar zararlı olabilirler.

*Görünür Işık:* 400 ile 700 nanometre (bir molekül ile tek hücreli arası boyda) dalga boyları arasındaki ışınları kapsar. Işık olarak tanımlanmakta olan elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümü insan gözü ile görülebilir. Bu bölümde mor ile başlayan ve kırmızıyla biten renkler vardır.

*Kızılötesi (IR) Radyasyon:* 710 nanometreden 1 milimetre arası (iğne ucu ile küçük bir tohum kadar boyda) dalga boylarına sahip ışınları kapsar.

*Mikrodalga Radyasyonu:* 1 mm ile 1 metre arası dalga boylarına sahip ışınları kapsar. Radarlarda kullanılan çok kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarıdır. Aynı zamanda mikrodalga fırınlarda ve kablo gerektirmeyen uzak mesafe iletişimlerde kullanılır.

*Radyo Dalgaları:* 1 milimetreden uzun dalgalarıdır. En uzun dalga boyuna sahip olduklarından en düşük enerjiye ve sıcaklığa da sahiptirler. Radyo dalgaları her yerde bulunabilir. Bu dalgaların kaynakları elektrik titreşimleridir. Telefon, televizyon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanımı sağlar [1].

## **2.6. İyonlaştırıcı EM Dalgalar**

Hücrelerdeki molekülleri bir arada tutan atomik bağları iyonlaştırmaya yani atomlardaki pozitif ve negatif yükleri bir arada tutan yüksüz nötrona etki ile atomun yapısını bozmaya yetecek foton enerjisine sahip yüksek frekanslı ( $10^{14}$  Hz' den yukarısı) EM dalgalarıdır. Örneğin, Röntgen (X ışını) ve Gama ışınları. Minimum 12 eV'tan başlayan enerji değerlerine sahiptir. Fazla maruz kalmak, canlı hücrelerin hasara uğraması ve DNA zincirinin bozulması gibi tehlikeli durumlara yol açabilmektedir [2].

## 2.7. İyonlaştırmayan EM Dalgalar

Atomik bağları kırmak için gerekli enerjiye sahip olmayan fotonların oluşturduğu EM dalgalarıdır. Bunlar, görünür ışık, kızılötesi, RF (Radyo Frekans), mikrodalga, statik ve manyetik alanlardır. Yani frekans tayfının 1 Hz ‘den başlayarak yaklaşık 1000 GHz’ lik bölümüdür. Ölçülen enerji değeri ise mesela 300 GHz de 0,00125 eV olup, iyonlaştırma yapacak seviyeye göre çok düşük değerdir. Ancak bu alanlar mesafe, güç ve maruz kalma zamanı gibi faktörlere bağlı olarak vücutta ısı etkiye sebep olduğu gibi bazı biyolojik etkilere de sebep olabileceği öne sürülmektedir. Kanserojen etkisi ise henüz ispatlanmamıştır [2].

Bu dalgaların etkisinde kalan canlılarda ısı ve ısı olmayan iki tür etki oluşur. Vücut tarafından emilen elektromanyetik enerji ısıya dönüşür ve vücut sıcaklığını artırır. Elektrik alanlar vücutta bulunan yüklü parçacıklara kuvvet uygulayarak hareket ettirirler. Vücutta bu hareketlere karşı direnç göstererek ısınır. Bu sıcaklık artışı kan dolaşımı, ter vs. ile vücuttan atılarak denge sağlanana kadar devam eder. Isı olmayan etkiler ise kimyasal ve psikolojik riskler olup bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

Elektromanyetik spektrumda;

- 3 Hz - 3 kHz arası çok çok düşük frekans bölgesi
- 3 kHz - 30 kHz arası çok düşük frekans bölgesi
- 30 kHz’den  $10^{12}$  Hz’ lere kadar olan bölge radyo dalgaları diye isimlendirilir.
- $10^{12}$  kHz’den sonrası kızıl ötesi ışınım bölgesidir. Bütün nesnelere bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin; vücut ısının yaklaşık %60’ı kızıl ötesi ışınım ile dışarı atılır. Isıl kamera denen cihaz, kızıl ötesi frekanslara duyarlı bir alıcıdan başka bir şey değildir.
- Görünür ışık frekansları  $10^{14}$ Hz’ lerdir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup mor berisi, x ve gama ışınları bu bölgededir.

İyonlaştıran ve iyonlaştırmayan ayrımının gerisindeki temel yaklaşım; bir atomu iyonlaştırmak için son yörüngesinden bir elektronu kopartacak düzeyde enerji aktarılmasıdır. 12 eV’den daha yüksek enerjili dalgalar atomu iyonlaştıracak enerjiye sahiptir. ODTR (Office of the Director of Telecommunications Regulations in Ireland)

elektromanyetik spektrumda, iyonlaştıran radyasyon kısmını 2,425.1015 Hz'in üzeri olarak kabul etmektedir [1].

## 2.8. Özgül Soğurma Hızı (Specific Absorption Rate - SAR)

Özgül Soğurma Hızı SAR elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Birimi W/kg'dır. Bugüne dek yapılan araştırmalar insan vücudunun bir derecelik sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve sorunlar yarattığını göstermektedir. İnsan vücudunda bir derece sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4W güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında bu değerın 50'de biri olan 0,08 W/kg SAR sınır değeri olarak kabul edilmiştir. Özgül soğurma hızının doğrudan ölçülmesi hemen hemen olanaksızdır. Bundan dolayı, sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen veya gözlemlenebilen parametreler kullanılır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur [3].

Cihazların üzerinde insan sağlığı için önem arz eden SAR değerlerini belirten uyarıcı bir unsur bulunmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organisation) tarafından yürütülen Elektromanyetik Alan Projesi'nde cep telefonu SAR değerleri için en fazla 0.1 W/kg SAR değeri önerilmektedir. Ancak Türkiye'de satılan cep telefonlarının SAR değerleri 0,1 ile 1,1 arasında değişmektedir.

Birçok kuruluş tarafından oluşturulan standartlarda "ortalama insan vücudunda vücut sıcaklığını bir derece artıracak elektromanyetik enerjinin soğurulmasının zararlı olduğu" ifadesinden yola çıkılarak 4W/kg değeri sınır değeri olarak kabul edilmiştir. Avrupa ülkelerinde halk için baş bölgesi SAR limit değeri 2 W/kg iken, Amerika'da 1,6Watt/Kg olarak kabul edilmektedir. Ayrıca kol ve bacak bölgeleri için SAR üst limiti 4 W/kg 'dir. Güvenlik payları esas olarak işyerleri için 10 kat, genel meskûn yerler için 50 kat esas alınmıştır. Buna göre temel limitler işyerleri için 0,4 W/kg ve halka açık genel yerler için ise 0,08 W/kg SAR değeri kabul edilmiştir.

## 2.9. Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference - EMI )

Elektromanyetik girişim, bir cihaz ya da sistemden kaynaklanan ve başka bir cihaz ya da sistemin normal çalışmasına olumsuz yönde etkiyen elektromanyetik yayınımdır. Gerilimin var olduğu, elektrik akımının geçtiği her yerde elektromanyetik gürültü (interference, disturbance, noise) meydana gelir. Bu gürültü, hastanelerde kullanılan medikal cihazlarda olduğu gibi, radyo dalgalarının kullanıldığı cihazlar söz konusu olduğunda elektromanyetik gürültü daha yüksek olur ve daha fazla korunma önlemleri gerektirir. Bir elektromanyetik gürültü diğer elektronik cihazların çalışmasını engelleme riskiyle birlikte hastane içinde bulunan medikal cihazları etkilemekle kalmayıp insan sağlığı için büyük sorun teşkil eder. Radyo, TV gibi tek yönlü haberleşme sistemleri ile telefon, radar gibi iki yönlü sistemler, haber işaretlerinin bir yerden bir başka yere elektromanyetik dalgalarla iletilmesi için kullanılan cihazlar EM açısından sorun teşkil ederler. Haber taşıyan EM işaretlerin başka EM işaretlere karışmasına EM Girişim adı verilir [4].

Günlük hayatta elektromanyetik girişim olaylarına örnek olarak;

- Cep telefonlarına gelen çağrılarda bilgisayar ya da TV ekranının titremesi,
- Ortak şebeke enerji hattı kullanımında gürültü üreten motorların diğer sistemleri etkilemesi,
- Havaalanındaki radar sistemlerinin ve uçakta çalıştırılan taşınabilir bilgisayarların ya da cep telefonlarının ekranını bozması ve karşılıklı olarak uçuş kontrol sisteminin bozularak uçuş güvenliğini tehdit etmesi,
- Yüksek Gerilim Hatları (YGH)'nın yakınından geçerken arabanın radyosunun parazit yapması ya da bozulması,
- Radyo istasyonunun yakınından geçen bir helikopterde kontrolün aniden yok olması,
- Telsizlerin hastane gibi hassas ortamlardaki diğer medikal cihazlarla etkileşmesi gibi olaylarla açıklanabilir.

Bütün bu etkileşimler, EM girişim olarak bilinir ve günlük yaşantımızda ortaya çıkan ve zaman zaman çok tehlikeli olabilen etkileşimlerdir.

## 2.10. Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility - EMC)

Elektromanyetik uyumluluk, bir sistem veya cihazın bulunduğu elektromanyetik bir ortamda amaçlanan performansta çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilme yeteneği olarak tanımlanır.

Eğer bir cihaz, diğer elektronik cihaz ya da sistemlere girişimde bulunmuyor, diğer elektronik sistemler tarafından kaynaklanan girişime bağımsız ya da kendi içinde girişime yol açmıyorsa elektromanyetik uyumlu demektir. Bu nedenle aynı elektromanyetik ortamda bulunan bir televizyon, bir cep telefonu, bir telsiz telefon, bir bilgisayardan kaynaklanan elektromanyetik dalgalar birbirlerine zarar vermeden, yani girişim yapmadan uyum içinde çalışabilecekleri şekilde düzenlenmesi gerekir.

Bir cihaz;

- Kendi içinde girişime yol açmamak (öz uyumluluk),
- Diğer elektronik cihazlarla girişimde bulunmamak,
- Diğer elektronik cihazlardan kaynaklanan girişime karşı bağımsız olmak şartlarını taşıyorsa elektromanyetik uyumludur.

Elektromanyetik uyumluluğun olmadığı ortamlarda gerçekleşen bazı örnek durumlar aşağıda verilmektedir:

- 1967 yılında ABD silahlı kuvvetlerine ait USS Forrestal uçak gemisindeki gemi radarından kaynaklandığı belirlenen anormal bir gürültünün uçaklarda birine takılı MK-32 roketini elektromanyetik girişim nedeniyle büyük bir yangın ve durdurulamayan yangınlar meydana gelmiştir. Bu kazada 134 kişi ölmüş, 21'i tamamen kullanılamaz hale gelen toplamda 27 uçak hasar görmüştür ve yaklaşık 72 Milyon USD zarar meydana gelmiştir.
- 1982 yılında İngiltere Falkland Savaşı'nda haberleşme için kullanılan bir destroyerini kaybeder. Destroyerin radyo sisteminin, geniş anti füze algılama sistemi çalışırken bu iki sistem arasındaki elektromanyetik girişim nedeniyle uygun çalışmadığı ortaya çıkınca bu girişimin önlenmesi için anti füze sistemi geçici olarak kapatılır. Bu sırada



da karşı kuvvetler tarafından fırlatılan bir Exocet füzesi destroyerin batmasına neden olmuştur.

- Almanya'da otoyol yakınında bulunan 100 kW gücünde ve 1,5 MHz frekansında çalışan, 250-300 V/m'lik alan oluşturan bir AM radyo istasyonunun yakınından geçen elektronik ateşlemeli ve enjeksiyonlu modern araçların arızalandıkları görülmüştür.
- Tokyo'daki bir fabrikada elektromanyetik dalgalar robotlarda fonksiyon bozukluğu oluşturduğundan 10 kişinin ölümüne neden olmuştur. Buna benzer birçok insan ölümlerine varan olaylardan kurtulmak için EMC gereklidir.



### 3. EM ALAN KAYNAKLARI

Elektromanyetik alanlar elektrik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle oluşur. Elektromanyetik alan kaynakları; radyo haberleşmesi alanında doğrudan RF sinyalleri üzerinden haberleşme sağlamak için kullanılan cihazlardan yayılan dalgalar ile birlikte, amacı ortama herhangi bir elektromanyetik dalga yaymak olmayan ancak işleyişi için gerekli enerjinin kullanımı nedeniyle oluşan ve cihaz dışına yayılması önlenemeyen istenmeyen dalgaları yayan tüm cihazları içine alan geniş bir tanım olarak karşımıza çıkar [5].

Günlük hayatta elektromanyetik kirlilik, çevrede mevcut olan elektromanyetik dalgaların yoğunluğu ile oluşur. Elektromanyetik kirliliğe:

- TV ve radyo yayınları: AM, FM, TV
- İletişim yayınları: Telekom, uydu, GPS, radar
- Elektrik dağıtımı: Elektrik iletim hatları, elektrikli trenler
- Yüksek gerilim hatları
- Yüksek frekanslı endüstriyel, medikal, araştırma cihazları: X-Ray, ısıtıcılar neden olurlar.

Teknolojinin gelişmesi sonucu EM dalgaların kullanımı her geçen gün biraz daha artmaktadır. Teknolojileri gereği düşük güçlü olup ancak birçok baz istasyonun kurulması sonucu insan sağlığına olan olumsuz etkileri kamuoyunda tartışılmaktadır. Ayrıca elektrik ile çalışan tüm cihazlar çevrelerinde elektromanyetik alan oluştururlar. Alıcılar, vericiler, yayın istasyonları, uydu antenleri, TV ve radyo alıcı ve vericileri, bilgisayar, televizyon, buzdolabı, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, saç kurutma makineleri, su ısıtıcıları ve tüm elektrikli ev aletleri elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Ayrıca insanlarda bazı görünemeyen ışımlar yaparlar. Vücut ısısı sabit tutulurken çok düşük boyutlarda IR ışınlar yayılır. Ancak bu doğal ortam teknolojik gelişmelerle bozulmuştur ve çevre doğal ışıma miktarlarının üzerindeki ışıma miktarlarında bulunur.

Günlük hayatta kullanılan buzdolapları, saç kurutma makineleri, floresan lambalar ve benzeri elektrikli cihazlar ortalama 1-25 miligauss (mG) arasında manyetik alan yayarlar. Bunların içinde saç kurutma makinesi en fazla (25 mG) manyetik alan yayan cihazdır.

WHO verilerine göre evlerde kullanılan bazı elektrikli alet ve elektronik cihazların neden olduğu elektrik alan şiddetleri Çizelge 3.1’de verilmektedir. Elektrik iletim hatlarının hemen altında(10kV/m) yüksek değerlere ulaşan elektrik alan şiddeti evsel kullanım cihazları için 30 cm mesafede çok daha yüksek seviyelere çıkar. Çizelge 3.1 dikkate alındığında günlük hayatta çevrede bulunan pek çok cihazın insan sağlığı üzerinde tehdit oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Bazı elektrikli ev aletlerinin oluşturdukları elektrik alan şiddetleri

Elektrikli cihaz	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
Stereo radyo	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost makinesi	80
Saç kurutma makinası	80
Kahve makinası	60
Renkli TV	60
Elektrikli süpürge	50
Elektrikli fırın	8
Ampul	5

### 3.1. GSM Menşeli RF Kaynakları

Son yıllarda sayıları hızla artan GSM hücreli haberleşme sistemi 900 MHz ve 1800 MHz’de kapsama ve trafik yükü beklentileri bakımından istenen kullanım etkinliğinin sağlanabilmesi bakımından çok sayıda GSM Baz İstasyonu (BaseTransmitting Station - BTS) ile işletilmektedir. Bu da ortamda özellikle de yerleşim alanları içinde yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebep olmaktadır. Baz istasyonları RF olmaları sebebiyle elektromanyetik dalga spektrumun iyonlaştırmayan bölgesinde bulunurlar.

Türkiye’de GSM hücrel haberleşme sistemleri GSM 900, 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekanslarda faaliyet göstermekte olup, cihaz yayılım güçleri ise Çizelge 3.2’ de gösterildiği gibi, kullandıkları bölgelere göre farklılık gösterirler.

Çizelge 3.2. Hücrel sistem çıkış güçleri

Kaynak	Çıkış gücü (w)	Güvenlik mesafesi (m) (GSM 900) (G:1dBi ve E:10,23 V/m)
Baz İstasyon (Kırsal alan)	40-60	3,8 –4,65
Baz İstasyon (Kentsel alan)	5-10	1,34 – 1,9
Bina içi /Mobil İstasyon	0,5 - 3	0,42 - 1
Mobil Telefonlar	0,25-2	0,3 – 0,85

GSM sektöründe gün geçtikçe artan abone talebi ve çeşitlenen hizmetler nedeni ile hücrel sistemler içinde RF yayan nitelikteki birim ve sistemlerin sayıları yerleşim alanları içi ve yakınında her geçen gün artmaktadır. Bunun sonucunda ortamda elektromanyetik alan yoğunluğuna sebep olmaktadır. GSM hücrel sistemde kapsama alanına göre makro, mikro ve piko olmak üzere üç tip BTS donanımı bulunmaktadır. Bu cihazlardan ortama yayılan güç; cihaz çıkış gücü olarak 2-10 Watt arasında değişmekte olup, ana yayılım yönünde ise  $P_{\text{Perp}}=400 \text{ W}$ ’a kadar çıkmaktadır. Kullanıcı sayısı arttıkça çevrede baz istasyonlarının sayısının artması ise kaçınılmazdır [5].

Genel olarak, baz istasyonları 10-30 m yükseklikte bulunan kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede 120°’lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düzeyde tipik olarak 5-6°’lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzmeye yataydan biraz aşağı yöneltilerek kuleye en yakın 50 m’ de yere düşmektedir. Her anten birkaç konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16) sahiptir. Bir kule ile 30-40 km’lik yarıçaplı bir alanın kapsanabilmesi için her kanal ortalama 40-60 W çıkış gücüne ve antenlerde 15-18 dB kazançla sahiptir. 60 W güç ile 10 m yüksekliğindeki bir kuleden 50 m ötede ölçülecek alan şiddeti 4-6 V/m civarında olacaktır. Bu değer çevredeki yakın binalardan ya da balkonlardan yansıma durumunda artabilir [5].

### 3.2. Radyo ve TV Vericileri

Radyo ve TV vericileri RF ile yayın yapması sebebiyle spektrumun iyonlaştırmayan bölgesinde bulunmaktadır. İstasyon tipi, kullanılan anten çeşidi, anten yüksekliği, antene

olan uzaklık ve antene verilen güç radyo ve TV vericilerinin yaymış olduğu enerjiyi etkiler.

Çoğunlukla radyo ve TV verici antenleri yerleşim alanlarından uzak yerlere kurulduğu için yaydıkları elektromanyetik alan değerleri limit değerlerin altında kalır. Ancak büyük şehirlerde hızlı nüfus artışı sebebiyle kaçınılmaz bir şekilde radyo ve TV verici antenleri yerleşim sınırları içerisinde kalmıştır. Bu durumda 100 W ile 50 kW arasındaki çıkış güçlerine sahip olması nedeniyle, uzun süreli maruziyet düşünüldüğünde insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturabilir.

Radyo ve TV vericileri 108 MHz FM bandında, 174 – 230 MHz VHF bandında ve 470 – 854 MHz UHF bandında yayın yaparlar. Çizelge 3.3' te Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri verilmektedir.

Çizelge 3.3. Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri

Kaynak	Çıkış gücü (kW)	Güvenlik Mesafesi (m) (G:1dBi)
UHF (300 – 3000 MHz) TV	30	152 – 70,96
VHF (30 – 300 MHz) Radyo TV	40	175
HF (3 – 30 MHz)	500	343 – 620,79

### 3.3. Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları

Elektrik ile çalışan birçok cihaz ya da sistem kullanıldıkları sürece ortama değişik miktarlarda elektromanyetik enerji yayarlar. EM alan yayan sistem ve cihazlara:

- Enerji Nakil Hatları (ENH) ve trafo istasyonları,
- TV ve bilgisayarlarda kullanılan Katod Işını Tüplü (Cathode Ray Tube – CRT) ekranlar,
- Endüstride kullanılan indüksiyon fırınları ve kaynak makineleri,
- Tedavide kullanılan elektrikli/elektronik tıbbi cihazlar,
- Evlerimizde kullanılan her türlü elektrikli ev aletleri (ütüler, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar, elektrikli battaniyeler, buzdolapları, vs.),
- Sanayide RF frekansında çalışan çeşitli sistemler

- Radar sistemleri (sürekli ve darbeli)
- Uydu iletişim sistemleri
- Telsiz iletişim sistemleri (role, el telsizi, telsiz telefon, wifi, bluetooth, vs.) örnek olarak gösterilebilir.

Yukarıda bahsedilen, elektromanyetik alan oluşturan cihaz ve sistemlerin çevrelerinde oluşturdukları elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları Çizelge 3.4' te ve Çizelge 3.5'te gösterilmiştir [6].

Çizelge 3.4. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri

Cihaz İsmi	Oluşan Max. Elektrik Alan (V/m)
Yıldırım esnasında oluşan doğal elektrik alanı	20 000
380 kV'luk iletim hattı	6000
110 kV'luk iletim hattı	2000
10 kV'luk iletim hattı	500
Elektrikli battaniye	500
Doğal elektrik alanı	500
Elektrik ütüsü	200
Elektrikli tıraş makinesi	100
Saç kurutma makinesi	50
Ev içindeki elektrik kabloları	5

Çizelge 3.5. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri

Cihaz İsmi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlara ve saç kurutma makineleri	2000
Elektrikli tıraş makinesi	1000
Matkap	500
Elektrikli süpürge ve tost makinesi	100
Yer kürenin doğal manyetik alanı (statik)	30
380 kV'luk iletim hattı	30
110 kV'luk iletim hattı	15
10 kV'luk iletim hattı 10	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5



## 4. ELEKTROMANYETİK ALANIN SAĞLIK ETKİLERİ

### 4.1. Epidemiyolojik Çalışmalar

Epidemik çalışma, bir hastalığın ve bunun muhtemel nedeni arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya çıkarmaya çalışır. Ancak bu o kadar da kolay bir iş değildir. Çünkü, hastalık ve nedeni arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için birçok parametre gerekir. Bu parametrelerin tamamını işleme katmak, doğru cevaplar almak, çok sayıda kobay kullanmak gibi birçok zorluk sayılabilir. Dünyada birçok istatistiksel çalışma yapılmış ve hala yapılmaktadır. Ülkemizde ise bu çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları örnek olarak aşağıda verilmiştir.

- 1993 yılında California'daki büyük bir elektrik şirketinin 36.000 çalışanı üzerinde yaptığı bir araştırmaya göre kanserle elektromanyetik alanlar arasında bir ilişki bulunamamıştır. Lösemili çalışan sayısı normalin üzerinde çıkmışsa da bu oran kesin bir sonuç için yeterli bulunmamıştır. Benzer bir araştırma 1994'te Kanada ve Fransa'daki iki elektrik şirketinin toplam 223.000 çalışanı kapsayan bir araştırma yapılmıştır. Bu istatistiksel çalışmada 4.000 kanser hastası saptanmıştır. Bu çalışmada yüksek elektromanyetik alanların etkisinde kalanlarda lösemi 2-3 kat daha fazla iken beyin tümörü 10 kat daha fazla görülmüştür. Tüm bu bulgulara rağmen lösemi ile elektromanyetik alanlar arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklamaya yeterli bulunmamıştır [7].
- 1994 yılında ABD ve Finlandiya'da yapılan araştırmalara göre, elektromanyetik alanların çok sık etkisinde kalan işçilerde Alzheimer hastalığının normal insanlara göre erkeklerde 4.9 kat ve kadınlarda 3.4 kat daha çok görüldüğü tespit edilmiştir [7].
- 1998 de yapılan bir başka araştırmaya göre; radyo operatörleri, endüstriyel donanım işçileri, veri işleme aygıtı tamircileri, telefon hattı işçileri, elektrik santralleri ve trafo merkezlerinde Alzheimer, Parkinson gibi hastalıklarla beraber başka birtakım nörolojik bozuklukların daha çok görüldüğü ortaya çıkmıştır [7].
- Mayıs 1998 tarihinde İsveç'li bilim adamı Dr. Kjell Hansso Mild, ekibiyle birlikte İsveç ve Norveç'te yaşayan 11.000 cep telefonu kullanıcısı üzerinde bir araştırma yapmıştır. Bu araştırma sonucuna göre; cep telefonuyla uzun süre konuşanlarda

yorgunluk, baş ağrısı ve deride yanma hissi ortaya çıkarmıştır. Kulaklı mikrofon seti kullananların %80'inde bu tip sorunların olmadığı gözlenmiştir [7].

- Haziran 1998 de, Almanya'daki Freiburg Üniversitesi Nöroloji kliniğinde yapılan bir araştırmada, cep telefonu ile yüksek tansiyon arasındaki ilişki ortaya konmuştur [7].
- 1999 yılında ABD Ulusal Çevresel Sağlık Bilimleri Enstitüsü' nün 6 yıl süren araştırmasına göre, elektromanyetik alanların tümüyle güvenli oldukları söylenemez. İnsanlar onların etkisinden olabildiğince kaçınmalıdırlar. Ama elektrik hatlarının oluşturduğu elektromanyetik alanların, insanların kanser ya da başka bir hastalığa yakalanma riskini arttırdığına yönelik kanıtlar zayıftır. Bu konudaki araştırmalar sürdürülecektir [7].
- İngiltere'de 11.000 gönüllü kişinin katıldığı bir başka araştırmanın sonuçlarına göre, uzun süre cep telefonuyla konuşarlarda baş ağrıları, dikkat dağılması ve baş dönmesi şikayetleri görülmüştür [7].

#### 4.2. Sağlık Etkileri

EMA'nın sağlık açısından etkileri yıllardan beri araştırılmaktadır. Bu araştırmalar ve sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır:

- İlk kez 1972'de Rusya'da halsizlik, baş ağrısı ile EMA'nın ilişkili olabileceği belirtilmiştir [8].
- 1979'da Epidemiyolog Wertheimer ve Fizikçi Lieper (1979) tarafından lösemi başta olmak üzere çocukluk dönemi kanserlerinin, içinden yüksek elektrik akımı geçen elektrik tellerinin eve yakınlığı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir [9].
- 1982'de ABD'de 1950-1979 yılları arasında ölen işçileri incelemiş, EMA'na maruz kalan 19 işçiden 11'inin ölüm nedeninin lösemi olduğu belirlenmiştir [10].
- 1986'da İsveç'te EMA'na maruz kalan sıçan fetuslarının, maruz kalmayanlara göre daha fazla doğumsal anomaliye sahip olduğu ortaya konmuştur [10].
- 1988'de ABD'de haftada 20 saatten fazla bilgisayar karşısında çalışan kadınlarda düşük riskinin 2 kat arttığı gösterilmiştir [10].
- 1989'da ABD'de kablo döşeme işinde çalışan işçilerde tüm kanser risklerinin arttığı gösterilmiştir [10].

- 1990'da Epidemiyolog Savitz, elektrikli battaniye kullanan gebe kadınların çocuklarında, kullanmayanlara göre kanser riskinde %30 artış olduğunu göstermiştir [10].
- İnsan vücudunun manyetik alanla olan dengesini bozan etkenlerden birisi de kimyasal kirleticiler, haberleşme frekansları, elektrik güç hatlarından gelen sinyallerle çevrenin kirlenmesidir. Bunlar, canlının elektromanyetik dengesini bozmaktadır.
- Cep telefonu zararları üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Kandaki zararlı proteinlerin ve toksinlerin beyne girmesini engelleyen savunma mekanizmasını devre dışı bırakmaya, yorgunluk, baş ağrısı, deride yanma hissi ortaya çıkarmaya, yüksek tansiyon oluşmasına, baş ağrıları, baş dönmesi ve dikkatin dağılmasına sebep olduğuna dair bulguları elde edilmiştir [11].
- Belçikalı bilimciler tarafından özellikle cep telefonlarının kullandığı frekanstaki EM alanın 1993 yılında P53 geninde hasara yol açtığının gösterilmesi, aynı frekansın (2.45 GHz) farelerde beyin lezyonu oluşturduğu, Washington Üniversitesi'nde (1995) gösterilmiştir. WHO, EMF projesi başkanı M. Repacholi'nin cep telefonu frekansının farelerde lenfomaya neden olduğu bulgusunun yayınlanmasının WTR (Wireless Technology Research) tarafından reddetmiştir [11].
- Bir cep telefonu üretici firması adına araştırma yapan ünlü Biyofizikçi Rose Adey'in yaptığı araştırma sonuçlarını kabul etmeyen ilgili firmanın kendisiyle bilimsel çalışmaları durdurmuştur. Bu nedenle Fransa'da son bir yılda her iki cinste de beyin tümörü sayısında %31 artış görülmesi bize sunulan kaynakları sınırsız ve sorumsuz kullanılamayacağına ilişkin önemli göstergelerden biridir [11].
- İngiltere, İsveç ve ABD'de yapılan çalışmalarda, EM alanların akut myeloid lösemi riskini artırdığını rapor etmişlerdir. Günlük yaşamda maruz kalınan manyetik alanların beyin tümörlerini, özellikle erkeklerde lösemi ve akut myeloid lösemiye artırdığı gözlenmiştir. 2mG gibi çok küçük manyetik alanlar lösemi, lenfoma ve yumuşak doku sarkomlarını daha fazla olmak üzere tüm kanser türlerini 1,4 katı artırmaktadır. Elektrik hatlarında çalışanların beyin kanserine yakalanma oranı 7 kat fazla bulunmuştur [11].

#### 4.2.1. EMA'nın göz üzerine etkileri

Çok Yüksek Frekans (Ultra High Frequency – UHF) alanlarında çalışan personel üzerinde önemli oranda göze zararlı etkileri gözlenmesine rağmen RF istasyonlarında çalışanlarda, özellikle radar operatörlerinde, göz zararı saptanmamıştır. Sovyet yazarlar, santimetre başına birkaç mW mertebeli yoğunlukta, kronik ışınma, insan gözünde opacite oluşturmaya yeteceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Bu gibi kimselerde ilk belirti göz yorulması ve göz yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi) duyarlılıkta azalma olarak ortaya çıkar. Santimetrelik basınçta değişme gözlenmektedir. Daha düşük yoğunluklarda merceklerde ve iç duvardaki sıvıda C vitamini miktarında azalma gözlenmiştir [12].

#### 4.2.2. EMA ve kanser

EMA'nın neden olduğu düşünülen sağlık etkileri içerisinde en fazla kanser ile ilgili kanıt bulunmaktadır. EMA kanser ilişkisini inceleyen bir çalışmada lösemi ve sinir sistemi tümörlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir[13].

1998 yılında, ABD'de yayınlanan Ulusal Çevresel Sağlık Bilimleri Enstitüsü raporunda EMA'nın çocukluk lösemisinde (eve yakın elektrik hatları ile 24saat etkilenmenin devam ettiği sürece), kronik lenfositik lösemide, beyin tümöründe, meme kanserinde başlatıcı olabileceği ifade edilmiştir [14].

İsveç'te yapılan bir çalışmada yıllık 4000 yeni kanser olgusundan 100'e yakın bir bölümünün EMA kaynaklı olabileceği belirtilmektedir. Aynı çalışmada elektrik aşırı duyarlılığı olan kişilerde kızarıklık, kaşıntı vb. deri belirtileri ile yorgunluk, baş ağrısı, çarpıntı, terleme ve mide yakınmalarının fazla olduğu ve bu semptomların elektrik hatlarına yaklaştıkça veya kişiler habersizken oluşturulan EMA ile artması önemli bir sonuç olarak görülmektedir [15].

Güvenli sınır konusunda bir fikir birliği olmamasına rağmen, çoğu ülkede 2-2,5 mG sınır değeri olarak kullanılmaktadır [16].

#### **4.2.3. EMA'nın endokrin sistemine etkileri**

EMA'na maruziyet melatonin hormonunun salınımını azaltmaktadır. Melatoninin azalmasına bağlı vücudun biyoritminin bozulduğu, ayrıca melatonin meme kanseri oluşumunda koruyucu role sahip olduğundan EMA'ların hayvan deneylerinde başka bir nedenle başlamış meme kanserinin ortaya çıkmasını hızlandırdığı belirtilmektedir [17].

#### **4.2.4. EMA'nın dolaşım sistemine olan etkileri**

Yüksek yoğunlukla RF alanlarında periyodik olarak maruziyet, kan dolaşımında bozulma özellikle maruziyet süresi ve şiddetiyle orantılı olarak kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi ve kan basıncında değişme oluşturur. Öncelikle kan basıncı hafifçe artar ve sonra düşer. Radar personelinde nabız oranı değişebilir. EKG'de cardiac aktivitede koroner dolaşım sisteminin iletkenliğini azalttığı EKG ile tespit edilmiştir. Dolaşım fonksiyonlarındaki bu değişimler tekrar eski haline dönse bile EKG'deki değişme yine devam eder.

ABD'de yapılan bir çalışmada EMA'nın akut kalp krizi ile ilişkili olabileceği, ancak kronik kalp hastalıkları ile ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir [18].

Yeni yayınlanan bir makalede, EMA'na maruz kalan sağlık çalışanlarında baş dönmesi, bulantı, metalik tat, kan basıncı ve nabızda değişiklik, ektopik astım ve göz-el eşgüdümlü çalışmasında bozulma saptanmıştır [19].

#### **4.2.5. EMA'nın üreme sistemine olan etkileri**

Yapılan çalışmalara göre genital organlarda RF alanlarına karşı oldukça duyarlıdır. Santimetrik dalga bölgesindeki yüksek alan yoğunluklarında başlıca etki üreme organları üzerinde oluşan ısı etkisidir. Bu organlarda sıcaklık artışı, üreme organlarını besleyen kan damarlarının büzülmesi, yumurtalık ya da testislere direkt zarar vermesi gibi muhtemel dejeneratif işlemler doğurur. Histolojik çalışmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini veya durakladığını ortaya koymuştur.

İsveç'te yapılan bir çalışmada babası yüksek voltaj olan ortamlarda çalışan çocuklarda doğumsal anomali daha fazla görülmektedir [20]. Video, bilgisayar ve monitör kullanan kadınlarda düşük yapma oranı artabilmektedir [21]. Elektromanyetik alanların; doğum ve üreme anomalli, davranış değişiklikleri ve nöroendokrin sistemde değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir [22]. EMA daha çok kadın üreme sistemini etkilemekte, en önemli etkiler olarak düşük ve doğumsal anomalli bebek doğumuna yol açmaktadır [23]. ABD'de yapılan bir çalışmada günlük ortalama 16 mG'un üzerinde EMA'na maruz kalmada düşük riskinin arttığı belirlenmiştir [24]. ABD'de ilk trimestırda haftada 20 saatten fazla görüntülü cihazlarda çalışanlarda istemsiz düşük riskinin arttığı gösterilmiştir. Benzer çalışmalar olmakla birlikte, sonuçlar genellikle kadınların beyanına dayalıdır ve karıştırıcı etmenler de çoğunluktadır. Ancak 24 saatlik ölçüm yapılan ve eşik sınır değerini hesaplandığı bir araştırmada istemsiz düşüklerin 1,7 kat arttığı gösterilmiştir, ancak doz-cevap ilişkisi saptanmamıştır [25].

Elektronik endüstrisinde çalışanlarda prematürite, düşük doğum ağırlığı vb sağlık sorunları görüldüğünü bildirmektedir, ancak benzer etkilerin işyerindeki solvent vb. maddeler tarafından da oluşturulabileceğini unutmamak gerekir [26].

#### **4.2.6. EMA'nın DNA yapısına etkileri**

EMA manyetik alanlarının DNA hücrelerinin hepsine olmasa da bazı tiplerine zarar verdiği rapor edilmiştir [27]. 50 Hz frekansta 750-1000  $\mu$ T aralığındaki alana 24 ile 72 saat boyunca maruz kalmak DNA'da hasarlara neden olurken 500  $\mu$ T alana 48 saat maruz kalmak herhangi bir etki yapmaz [28].

#### **4.2.7. EMA'nın sinir sistemine olan etkileri**

RF alanlarında çalışan personelin şikayetleri genellikle sinir sistemi ile ilgili olduğu için bu konuda oldukça fazla çalışma yapılmıştır. RF ve UHF alanlarının merkezi sinir sistemi üzerine etkisini araştırmak üzere yapılan çalışmalarda değişimler saptanmıştır. Düşük şiddetli RF ve UHF alanları asthenic tipte bir sendrom olarak bilinen bazı değişimlere yol açarken, şiddetli UHF ve RF alanlarında daha çok cardiovascular vegetative düzenlemede karşılıklar şeklinde oluşan asthenic sendrom oluşur.

1990 yılında ABD’ de yapılan çalışmalara da mesleki EMA maruziyeti sonucu Alzheimer hastalığının 3-4 kez daha fazla görüldüğü belirtilmektedir. Kalsiyum homeostazının bozulmasına bağlı bağışıklık sistemi hücrelerinin yetersiz kalmasının nöronal dejenerasyonu başlattığı iddia edilmektedir [29]. Ayrıca, alzheimer ile güç kaynakları arasında bir bağ olduğu belirtilmiştir [30]. Mesleği gereği elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalan erkeklerde alzheimer hastalığı görülürken kadınlar için bu durum geçerli değildir [31].

Kamu kuruluşlarında yapılan çalışmaya göre, elektrikle ilgili çalışan erkeklerde güç frekansı alanları ile intihar arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir [32]. 50 Hz frekans altında 100  $\mu$ T manyetik alana maruz kalan insanlar üzerinde yapılan incelemede, tepki zamanlarında bir değişiklik olmamıştır. Ancak hafıza üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirtilmiştir [33].

Ayrıca, yüksek şiddette EMA’na maruz kalmanın Amyotrofik Lateral Skleroza neden olduğu da iddia edilmektedir [34].

2004 yılında yapılan çalışmalarda, EMA’nın serbest radikaller yolu ile DNA kırıklarına neden olduğu ve fare beyinde hasara yol açtığı gösterilmiştir [35]. Bazı çalışmalarda EMA’na karşı aşırı duyarlılık reaksiyonu gelişebileceği ve bunun sonucunda vücut ağrıları, baş ağrısı, depresyon, yorgunluk, uyku bozuklukları vb yakınmaların ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. Bu alandaki çalışmalar halen devam etmektedir [26].

#### **4.2.8. Elektromanyetik alanların biyolojik etkileri**

Elektromanyetik spektrumda EM dalgalar enerjilerine göre iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan dalgalar olmak üzere ikiye ayrılır. EM dalgaların canlılara etkisi olduğu bilinmektedir. Atom ve moleküllerden elektron koparabilen radyasyonlar, iyonlaştıran ışımadır. Elektron koparılabilmesi için bir minimum kuantum enerjisi vardır. Yüksek enerjiye sahip iyonlaştıran EM dalgaları biyolojik dokuda hasara yol açar ve canlıların DNA yapısını etkileyerek moleküler değişikliklere yol açtıkları bilinmektedir. Ancak iyonlaştırmayan dalgalar yani RF dalgalar enerji seviyeleri atom ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde olmadıkları için canlılara zararlı etkileri günümüzde henüz kanıtlanamamıştır. RF enerjisi

iyonlaştırmayan radyasyon kapsamına girer. Ancak kullanılan aletlerde iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan enerji tipi mevcuttur. Bu nedenle RF mühendisleri ve teknisyenleri bu tehlikenin farkında olmalıdır.

Elektromanyetik dalgaların canlılarda oluşturduğu birtakım etkilerin araştırılmasında vücudun her bölgesinde yer alan dokuların elektriksel davranışlarının bilinmesi gerekir. Bu sayede elektromanyetik alana maruz bir canlının yutabileceği toplam enerji belirlenebilir. İnsan vücudu farklı özelliklere sahip doku ve kemik yapısına sahip karmaşık yapıda bir canlıdır. Vücudu kaplayan deri tabakasının içindeki vücut direnci Çizelge 4.1’ de verilmektedir.

Çizelge 4.1. EM dalgaların vücut dokularındaki direnci

Yumuşak dokularda	100 $\Omega$ cm
Kemiklerde	900 $\Omega$ cm
Yağ dokularında	5000 $\Omega$ cm

Bunun yanında kan taşıyan ve tuzlu sıvıları içeren canlı gövdenin direnci yaklaşık olarak 100  $\Omega$ cm olan düzgün bir kütle varsayılabilir. İnsan vücudunu çevreleyen deri ikiye ayrılır; alt deri tabakası (dermis) canlı dokuları kapsar, üst deri tabakası (epidermis) da vücudumuzu çevre etkilerinden korur. Alt deri tabakası elektriksel özellikleri bakımından canlı damarsal dokulara benzer. Üst deri tabakası ise en dış katmandaki ölü hücrelerden dolayı canlı dokulara kıyasla çok farklı elektriksel özellik gösterir. İnsan vücudunun akıma karşı direnci daha ziyade deri üzerinde meydana gelir [12].

Çizelge 4.2. Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler

Kuru deri direnci	10 ile 600 $\Omega$ arasında değişirken
Islak deri direnci	100 $\Omega$
Elden ayağa dahil vücut direnci	400-600 $\Omega$

İnsan vücudunun direncini hesaplamak çok mümkün değildir. Çizelge 4.2’ de yer alan verilerin hepsi istatistiksel verilerdir. İnsan vücudunun direnci üst deri direnci ile damarsal iç



gövde dokularının direncinin toplamıyla ifade edilir. Sonuç olarak, insanlar sonlu bir dirence sahip oldukları için elektrik akımını iletirler.

#### **4.2.9. Radyo frekans (RF) alanların etkileri**

Haberleşme amacıyla kullanılan 300 GHz'in altındaki elektromanyetik dalgaların vücut ısısı artışına neden olduğu kanıtlanmıştır. Isı etkisi, soğurulan RF dalgaların frekans alan şiddetine bağlı olarak hücre moleküllerini titreştirmesi sonucunda ortaya çıkar. Frekans ve alan şiddeti arttıkça molekül titreşimi de artacağından daha fazla ısı ortaya çıkacaktır. Böylece ortamdaki elektrik alan değeri arttıkça soğurulan enerji de artar.

Biyolojik malzemede RF enerji soğrulmasının en iyi bilinen etkisi ısınmaya yol açmasıdır. Vücut ısısı, elektromanyetik alan şiddeti ve bu şiddetteki elektromanyetik ışımaya maruz kalınan süreye yani maruziyetin dozuna göre, RF dalga soğurumu nedeniyle artar.

En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deri üzerinde ortaya çıkar ve yerel yanmalar oluşabilir. Vücudun derinliklerine gidildikçe sıcaklık düşer. Ancak uzun dalga radyasyonuna maruz kalmaların, kaslarda yüksek sıcaklık artışına neden olur. İç organlar ve kan üzerinde de sıcaklık artışı görülür. 40- 100 m W/cm<sup>2</sup> yoğunluklu alanlar uygulandığında kan damarları ciddi zarar görür ve bu nedenle iç organlarda kanamalar oluşur. Bazı organların aşırı ısınmaksızın zarar görmeleri de mümkündür. Bu olay özellikle boyut rezonansı olarak isimlendirilen, organizmanın bazı bölümlerinde açıkça ortaya çıkar. Eğer elektromanyetik ısınmaya maruz kalan organın bazı parçalarının boyutu, dalgaboyu ile mukayese edilebilir büyüklükte ise bu bölgede duran dalga oluşur. Ayrıca vücudun çeşitli bölgelerine ameliyatla yerleştirilmiş metaller, RF enerjinin yoğunlaşmasına neden olur [12].

EM dalgaların canlılar üzerinde ısı ve ısı olmayan olmak üzere iki tür biyolojik etkisinin olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Elektromanyetik dalga enerjisi vücutta soğurularak vücut sıcaklığını artırır. Artan vücut sıcaklığı kan dolaşımı yoluyla atılarak vücut ısısının dengelenmesini sağlar.

Isıl olmayan etkiler kimyasal etkiler olup yüksek dozda maruziyet süresine göre etkilerinin değiştiği görüşü ağır basmaktadır. Manyetik alanın kısa ve uzun vadedeki etkileri aşağıdaki gibidir: [9]

- Kısa vadede etkiler; stres, görüş alanının daralması, kulak bölgesinde ısınma, kalp pilinin bozulma riski, kulak çınlaması, yorgunluk hissi, konsantrasyon bozulması, baş ağrıları, işitmede geçici aksaklıklar, sersemleme
- Uzun vadede etkiler; genetik yapının bozulması, beyin hücrelerinde ölüm ve beyin tümörü, beyaz kan hücresi (lenfoma) kanseri, kan beyin bariyerinin zedelenmesi, kalp rahatsızlıkları, hafıza zayıflaması, kalıcı işitme bozuklukları, embriyo gelişiminin zarar görmesi, düşük riskinin artması, kan hücrelerinin bozulması olarak sıralanabilir.

Günümüzde cep telefonlarından dolayı beyinde 0,1 °C civarında sıcaklık artışı olur. Bu da vücudun normal fonksiyonları tarafından etkisizleştirilir [6].

Günümüzde uzmanlar SAR ile belirlenen ısı etkilerden çok ısı olmayan etkilerin araştırılması gerektiği konusunda hemfikirlidir. Özellikle uzun süreli maruziyet durumunda canlılar üzerinde oluşabilecek moleküler ve kimyasal etkilerin incelenmesi gerekir. Çevre ve özellikle de insan sağlığı açısından ısı olmayan risklerin belirlenmesinde ilgili kurum ve kuruluşların yapacakları çalışmalar önem arz etmektedir. Bugün gelinen noktada EM ışımanın zararları konusunda kesin sınır değerler belirleyecek bir durum sözü konusu değildir. Daha çok belirlenen değerler, şimdiye kadar yapılan bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda elde edilmiş bulgular olup birçoğu tartışmaya ve yoruma açıktır. Çalışmalar; çok yüksek frekanslı (Extremely High Frequency - EHF) (X-ışınları düzeyindeki) bir işaretin EM partiküllerinin, yeterli enerji ile “Kimyasal Bağlarına Ayrılma” (iyonizasyon) özelliğine sahip olduğunu ve X-ışınlarının bu özelliğinin, hücrelerin genetik özelliğine zarar verdiğini, potansiyel olarak kansere ve doğum kusurlarına neden olabildiğini göstermektedir [5].

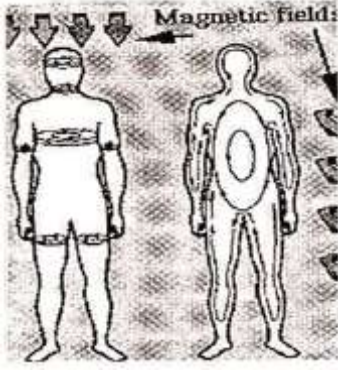
İnsan vücudu, yakınında bulunan enerji hatları ya da elektrik aletleri üzerinden geçen akımların ortaya koyduğu kuvvetlere bir tepki olarak; hareket eden serbest elektrik yükleri ihtiva etmektedir. İnsan vücudundaki bu akımları oluşturan işlemlere elektrik ve manyetik indüksiyon denilir. Elektrik indüksiyonda herhangi bir enerji hattı ya da elektrikli alet

üzerindeki yükler insan vücudu içindeki serbest yükleri ya çeker ya da iterler. Vücut içindeki sıvılar iyi birer iletken olduğu için vücutta bulunan elektrik yükleri de bu elektrik kuvvetinin etkisi ile vücut yüzeyine doğru hareket eder. Enerji hatları üzerindeki elektrik yükü her saniye düzenli olarak değişmekte olduğundan, insan vücudunda oluşan yükler de aynı değişime uğrarlar. İlk anda vücudun üst kısmında oluşan negatif elektrik yükleri bir sonradaki aşamada vücudun alt bölümüne geçerler. Bu nedenle güç-frekanslı elektrik alanları, vücut yüzeyinde oluşturduğu elektrik yükleri gibi vücut içinde de akımlar oluştururlar [5].

Manyetik alanlar ve elektrik alanlar arasındaki ilişki ilk kez 19. yüzyılda fizikçi James Clark Maxwell tarafından açıklanmıştır. Maxwell, değişken manyetik alanların elektrik alanlar oluşturduğunu göstermiştir. Manyetik indüksiyonun yapısı gereği, manyetik alanlar maksimum vücut çevresi yakınında, minimum ise vücut merkezindedir. Manyetik alanların insan sağlığı ile ilişkisini içeren mevcut bilginin azlığı manyetik alan yayan herhangi bir kaynağın oluşturduğu elektromanyetik alanın vücut akımları ile karşılaştırılabilmesi oldukça güçtür.

Manyetik alana maruz bırakılan bir insan vücudunda oluşan alan çevrimleri ve bu alanların alan yönüne göre değişimleri Şekil 4.1' de gösterilmektedir. Herhangi bir elektromanyetik kaynağının oluşturduğu vücudun yüzey elektrik yükleri ve vücut içi akımlarının büyüklüğü;

- Kaynaktaki elektrik yükleri,
- Akımların büyüklüğü,
- Vücudun kaynağa olan uzaklığı,
- Alanı perdeleyen ya da daha yoğunlaştıran diğer objelerin varlığı,
- Vücudun duruş, biçim ve yönü gibi birtakım faktörlere göre değişebilir.



Manyetik Alan Yönü	Vucudun Etkilenen Yeri
Baştan ayak ucuna	Kalp önü
Önden arkaya	Kalp yanı
Yandan	Kalp önü (Karın yukarısındaki sinirler)

Şekil 4.1. Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri ve uygulanan manyetik alanı yönüne göre etkilenen bölgeler

#### 4.2.10. Düşük frekanslı (ELF) alanların etkileri

Enerji nakil hatları ve yüksek gerilim hatları düşük frekanslı manyetik alan kaynaklarıdır. Günümüzde yüksek gerilim hatları yerleşim bölgelerinde bulunmakta ve oluşturdukları elektromanyetik alan nedeniyle çevre ve insan sağlığına olan zararlarının araştırılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Yüksek gerilim hatları kaynağın gücüne ve kaynağa olan mesafeye göre değişik seviyelerde elektromanyetik alan oluşturur. Bilindiği üzere, yağmurlu günlerde yüksek gerilim hatları civarında şemsiye ile dolaşan kimselerde şemsiyenin metalik sapında rahatsızlık etkisi oluşturan seviyelerde akım indüklenmektedir. Yüksek gerilim hatlarının manyetik değerleri 10-40  $\mu$ T arasında değişir. Manyetik alan uzaklıkla ters orantılı olarak değiştiğinden hattan 100 m uzaklıkta manyetik alan 1  $\mu$ T civarındadır.

Endüstriyel çevrelerde oluşan manyetik alanlar yüksek gerilim hatlarına göre 10-100 kat daha büyük değerler taşır. Son yıllarda yerleşim bölgelerinde manyetik alan artışı ile ilgili olarak kanser olaylarındaki artışın paralellik gösterdiği ve bilhassa çocuklarda lösemi hastalığı ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür.

## 5. SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR

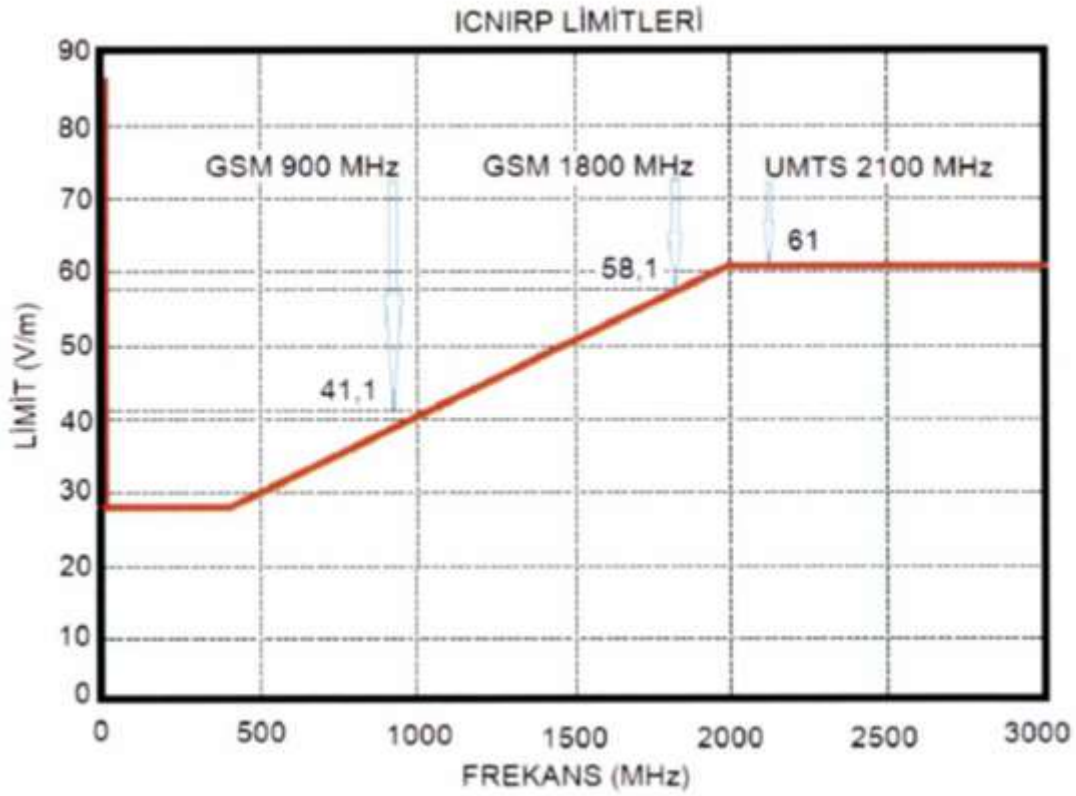
Günlük hayatta elektromanyetik radyasyon (Electromagnetic Radiation - EMR) elektriksel cihazlar, yüksek gerilim hatları veya trafolardan yayılan düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ve baz istasyonları, cep telefonları ve radyo ve TV vericilerinden yayılan radyo dalga frekansları olmak üzere iki ayrı frekans bandından oluşur. Bu iki bandın insan vücuduna etkisi farklı fiziksel mekanizma ile oluşur. Bu konuda birçok ülkede oluşturulan standart ve güvenlik sınır değerleri mevcuttur. Bu kurumlar;

- Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Committee on Non-ionizing Radiation Protection – ICNRP)
- Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü (International Agency For Research On Cancer – IARC)
- Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization – WHO)
- Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE)
- Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection – NCRP)

olarak verilebilir

Uluslararası alanda ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, WHO ve ILO tarafından resmen tanınan bağımsız bir kuruluştur. ICNRP'nin amacı iyonlaştırmayan radyasyon etkisiyle oluşabilecek sağlık risklerinden korunmak amacıyla bu konudaki limit değerleri belirleyerek tavsiyelerde bulunmaktır. ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan çalışmalar üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile işbirliği yapılarak, çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi, epidemiolojist ve ilgili başka bilim adamlarından oluşan bir ekip tarafından yürütülmüştür. 1998 yılında ICNRP, 0 Hz – 300 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik alanların yalnızca ısıl etkilerini göz önüne alınarak tavsiye kararı yayımlamıştır. Bu tarihten sonra da EM alanların sağlık üzerindeki etkilerinin incelendiği birçok çalışma yapılmaktadır.

Elektromanyetik alanın insan sağlığına etkileri ile ilgili temel limitler ve turetilmiş limitler olarak iki tip limit değer belirlenmiştir. Sadece ısıl etkileri dikkate alınarak vucut sıcaklığını 1° C arttıracak EM enerjisinin soğurulmasının zararlı olduğu temel limit olarak kabul edilerek kilogram başına dokuların soğurabileceği en yuşsek guć 4 W olarak benimsenmiştir. Temel limitler 24 saat yaşanan çalışılan işyerleri için 10 kat ve umuma açık ortamlar için 50 kat guvenlik payları alınarak 0,4 W/kg ile 0,08 W/kg SAR olarak kullanılmaktadır. ICNRP tarafından kabul edilen elektrik alan limit değerler şekil 5.1' de verilmiştir.



şekil 5.1. ICNRP limit değerleri

ICNRP tarafından belirlenen işyerleri için turetilmiş sınır değerler izelge 5.1'de, genel halk için turetilmiş sınır değerler ise izelge 5.2'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş sınır değerler

Frekans Aralığı (MHz)	E- Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	H- Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	B- Manyetik akı Yoğunluğu ( $\mu$ T)	S-Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu ( $W/m^2$ )
0,00082 – 0,065	610	24,4	30,7	-
0,065 – 1	610	1,6 /f	2.0/f	-
1 - 10	610/f	1,6 /f	2.0/f	-
10 - 400	61	0,16	0,2	10
400 - 2000	3*f <sup>1/2</sup>	0,008*f <sup>1/2</sup>	0,01*f <sup>1/2</sup>	f/40
2000 - 300000	137	0,36	0,45	50

Çizelge 5.2. Sürekli maruziyet durumunda genel halk için türetilmiş sınır değerler

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu ( $\mu$ T)	S-Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu ( $W/m^2$ )
0,003 – 0,150	87	5	6,25	-
0,15– 1	87	0,73/f	0,92/f	-
1 – 10	87/f <sup>1/2</sup>	0,73 /f	0,92/f	-
10 - 400	28	0,073	0,092	2
400 - 2000	1,375*f <sup>1/2</sup>	0,0037*f <sup>1/2</sup>	0,0046*f <sup>1/2</sup>	f/200
2000 - 300000	61	0,16	0,20	10

SAR değerlerinin ölçülmesinin zor olması nedeni ile kolay ölçülebilen, gözlenebilen parametrelerle birbirine basit katsayılarla bağlı elektrik, manyetik alanlar ve güç yoğunluğu kavramları türetilmiş sınır değerler olarak benimsenmiştir. Yani Elektrik alan (E), Manyetik alan (H) ve güç yoğunluğu (S) değerleri birbirine basit katsayılarla bağlı olduğundan birini ölçmek diğerlerini bulmak anlamına gelir ( $H=E/377$  A/m,  $S=E^2/377$   $W/m^2$ ).

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)) (1995) ve IEEE (1999), ICNRP tarafından oluşturulan sınır değerler kabul edilmiştir. 1999 yılında Avrupa Birliği, elektromanyetik alanlar için ICNRP'nin genel meskun mahal maruziyet sınır değerleri benimsemiş ve Avrupa ülkelerinin çoğunluğu tarafından da bu değerler kabul görmüştür. ICNRP'nin belirlemiş olduğu sınır değerler Almanya, Fransa ve İngiltere tarafından da benimsenmiştir. Ancak İtalya, Polonya, İsviçre, Rusya ve bazı Avrupa ülkeleri bu değerleri yüksek bularak kendi standart değerlerini belirlemişlerdir. Bu ülkeler daha çok toplum

baskısını azaltmak üzere ihtiyati tedbir yaklaşımı çerçevesinde daha düşük değerleri benimsemişlerdir. Örneğin İsviçre, ortam için ICNRP değerini kabul etmekle beraber, cihaz başına elektromanyetik alan şiddeti için bir sınırlama getirmiştir. Çizelge 5.3’ de bazı ülkelerin türetilmiş sınır değerleri bulunmaktadır [6].

Çizelge 5.3. Bazı ülkelerin GSM için kabul ettiği sınır değerler

Kuruluş / Ülke	Frekans	Elektrik Alan Değeri
ICNRP (1998), CENELEC(1995)	900	41
	1800	58
İngiltere	900	46,4
	1800	61,4
Türkiye	900	41 (Tek cihaz için 10)
	1800	58 (Tek cihaz için 14)
Belçika	900	10,2
İtalya	900	6,1
Rusya	900	6,1
Macaristan	900	6,1
Polonya	900	6,1
Bulgaristan	900	6,1
Slovenya 1. Bölge	900	12,9
Slovenya 2. Bölge	900	41
Yunanistan	900	32,9
İsveç	900	4
Lüksemburg	900	4
Çin	900	12
İsviçre	900	4
	1800	6

ABD’de de bu sınır değerler Federal Komünikasyon Komisyonu (Federal Communications Commission – FCC) tarafından belirlenmektedir. Bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE ve ANSI tarafından oluşturulan standart değerler temel olarak alınmaktadır. IEEE/ANSI standartları da sınır değerlerin belirlenmesinde yaygın olarak kabul gören ve temel alınan değerlerdir.

Elektromanyetik alan sınır değerleri frekansa göre değişiklik gösterir. Örneğin, baz istasyonlarının çalışma frekanslarını içine alan 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu’nda yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için  $1,375 \cdot f^{1/2}$  V/m; manyetik alan şiddeti için  $0,0037 \cdot f^{1/2}$  A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için  $f/200$  W/m<sup>2</sup> ‘dir. Bu sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerlerdir.



Bunun yanında IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu üst sınırı 300-1500 MHz frekans aralığında  $f/150 \text{ W/m}^2$ , 1500-100000 MHz frekans aralığında  $10,0 \text{ W/m}^2$  olarak verilmiştir. Bu ifadelerle verilen sınır değerler otuz dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Buna göre genel yaşam alanlarında, GSM 900 ve DCS 1800 sistemleri için kontrolsüz etkilenme için sınır değerler Çizelge 5.4' te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	41,25 V/m (900 MHz)	-
	58,33 V/m (1800 MHz)	
Manyetik Alan Şiddeti	0,111 A/m (900 MHz)	-
	0,157 A/m (1800 MHz)	
Güç Yoğunluğu	4,5 W/m <sup>2</sup> (900 MHz)	6,0 W/m <sup>2</sup> (900 MHz)
	9,0 W/m <sup>2</sup> (1800 MHz)	10,0 W/m <sup>2</sup> (1800 MHz)

### 5.1. Türkiye’de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri

Teknolojinin gelişmesiyle tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de mobil-sabit haberleşme ve iletişim kaynakları hücresel sistemlerin yaygınlaşmasıyla artış göstermiştir. Buna paralel olarak bu kaynakların etrafında oluşan elektromanyetik alan değerlerinde de artış gözlenmektedir. Bu artış halkın büyük bir bölümünde endişe yaratmıştır. Bu endişelerin giderilmesi, insan ve çevre sağlığı açısından bazı kamu kuruluşlarınca bir takım standartlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun üzerine Türkiye’de bu konu ile ilgili aşağıdaki resmi belgeler yayımlanmıştır;

- Nisan 1996’da, Türk Standartları Enstitüsü, TS ENV 501666-2 Sayı ve “İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması – Yüksek Frekanslar (10 kHz- 300 GHz)” isimli bir standart,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 11 Mayıs 2000 tarihli genelgesi,
- 21.04.2011 tarihinde BTK tarafından “ Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” [36],

- Bilgi Teknolojileri Kurumu (BTK) tarafından 12.07.2001 tarihli resmi gazetede yayımlanan “10 kHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik”
- 24.07.2010 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “ İyonlaştırıcı olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Tedbirlere İlişkin Yönetmelik.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan yönetmelik ile Türkiye’de sınır değerleri belirlenmiştir. Burada yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu’nda yer alan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonuna özel ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu’ nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için  $0,341 \cdot f^{1/2}$  V/m, manyetik alan şiddeti için  $0,0009 \cdot f^{1/2}$  A/m ve güç yoğunluğu için  $f/800$  W/m<sup>2</sup> ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilen ortalama değerler içindir. Bu ifadeler kullanılarak Türkiye’de 900 MHz ve 1800 MHz’de uyulması gereken sınır değerler Çizelge 5.5’te verilmiştir. Çizelge 5.7’de Türkiye için belirlenen sınır değerler ve Çizelge 5.6’da ise bazı frekans aralıkları için sınır değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.5. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

Frekans	900 MHz		1800 MHz	
	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri
Elektrik Alan Şiddeti	10,23 V/m	41,25 V/m	14,47 V/m	58,34 V/m
Manyetik Alan Şiddeti	0,027 A/m	0,111 A/m	0,038 A/m	0,157 A/m
Güç Yoğunluğu	0.28 W/m <sup>2</sup>	4,5 W/m <sup>2</sup>	0.56 W/m <sup>2</sup>	9,0 W/m <sup>2</sup>

Çizelge 5.6. Bazı frekanslar için hazırlanmış limit değerler

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)		H- alan şiddeti (A/m)		B- Manyetik Akı yoğunluğu (μT)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	
	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0,010 – 0,15	22	87	1,3	5	1,5	6,25	-	-
0,15 - 1	22	87	0,18/f	0,73/f	0,23/f	0,92/f	-	-
1 - 10	22/f <sup>1/2</sup>	87/f <sup>1/2</sup>	0,18/f	0,73/f	0,23/f	0,92/f	-	-
10-400	7	28	0,02	0,073	0,023	0,092	0,125	2
400 - 2000	0,341* f <sup>1/2</sup>	1,375* f <sup>1/2</sup>	0,0009* f <sup>1/2</sup>	0,0037* f <sup>1/2</sup>	0,001* f <sup>1/2</sup>	0,0046* f <sup>1/2</sup>	f/3200	f/200
2000 – 60000	15	61	0,04	0,16	0,05	0,2	0,625	10

Çizelge 5.7. Türkiye’de geçerli elektromanyetik radyasyon sınır değerleri

GSM Operatörü	Frekans Bandı	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)		Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için	Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için
VODAFONE	900 MHz	10,23	41,25	0,027	0,111
TURKCELL	900 MHz	10,23	41,25	0,027	0,111
AVEA	1800MHz	14,47	58,34	0,038	0,157
3G (Her Üç Operatör)	2100 MHz	15	61	0,04	0,16

Çizelge 5.7’ de görüldüğü gibi frekansı 900 MHz olan sabit bir telekomünikasyon cihazının tek başına yaymakta olduğu elektrik alan şiddetinin 10,23 V/m, manyetik alan şiddetinin ise 0,027 A/m limit değerini aşmaması gerekmektedir. 1800MHz için ise elektromanyetik alan değeri 14,47V/m ve manyetik alan değeri ise 0,038 A/m’dir. Ortamın toplamı için ise, diğer ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler ülkemizde en üst seviyede geçerlidir. Ancak ülkemizde yaklaşık 42 V/m olan bu limitler İtalya’da 6 V/m ve İsviçre’ de ise 5 V/m olarak uygulanmaktadır. ABD ve bazı Avrupa ülkeleri ICNIRP ’ın oluşturduğu sınır değerleri uygulamaktadır. İsviçre, İtalya gibi bazı Avrupa ülkeleri ise sınır değerler olarak ICNIRP güvenlik limitlerinin 1/10’unu uygulamaktadır.

Örneğin; İsviçre’de baz istasyonu kaynaklı EM radyasyonun olası olumsuz etkisi için öncelikli olarak İhtiyat İlkesi’ni benimsemesi dolayısıyla ev, ofis, hastane, okul ve çocuk oyun alanları gibi hassasiyet gösteren sürekli yaşam yerlerinde sınır değer olarak 5 V/m’yi kabul etmektedir (Çizelge 5.8). ICNIRP sınır değerleri elektromanyetik radyasyonu insan üzerinde oluşturacağı biyolojik ve termal etki eşiği nedeni ile oluşturulmasına karşılık İsviçre’de uygulanan ICNIRP’in önerdiği sınır değerlerin 1/10’unu oluşturan seviye bilimsel bulgulara dayanmamaktadır. Ancak halkı psikolojik olarak rahatlatan ve ihtiyat ilkesi’ne dayanarak insanların yaşam kalitesinin bozulmasına engel olmak amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 5.8. Elektromanyetik radyasyon için İsviçre’de uygulanan ihtiyati limit değerler

Elektromanyetik Radyasyon Kaynağı	Sınır Değer
Yüksek Gerilim Hatları	1 $\mu$ T
Radyo TV Vericileri	3 V/m
900 MHz -GSM Haberleşmesi	4 V/m
1800 MHz -GSM Haberleşmesi	6 V/m
2100 MHz (3. Nesil)- GSM Haberleşmesi	6 V/m
Üç GSM Haberleşmesinin de Bulunduğu Nokta	5 V/m

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” [36] ‘te geçen ölçüm yöntemleri aşağıdaki gibidir;

- Ölçümler geniş bantlı cihaz ile yapıldığında yakın alanda elektrik alan ve manyetik alan karmaşık bir yapı gösterdiğinden, elektrik alan veya manyetik alan problemleri ayrı ayrı kullanılarak ölçüm yapılır. Uzak alanda ise ölçümler sadece elektrik alan probu kullanılarak yapılır.
- Bir noktada birden fazla verici bulunması halinde, geniş bantta ölçüm yapan bir cihaz ile ortamda bulunan bütün elektrik alan şiddetinin etkin değeri ölçülecektir. Elektromanyetik alan şiddetinin tek bir cihaz için belirlenen limitten fazla çıkması durumunda ortamdaki bütün vericilerin ayrı ayrı elektrik alan şiddetinin tespiti için, spektrum analizör ve yönlü anten kullanılır.

Ölçümler yapılırken aşağıdaki hususlar dikkate alınır;

- Ölçüm personeli üzerinde bulundurduğu her türlü elektronik cihazı ölçüm sonuçlarını etkilememesi bakımından kapalı tutar.
- Cihazın ilk çalıştırılmasından sonra teknik dokümanında belirtilen süre kadar cihaz kararlı duruma geçene kadar beklenir.
- Her ölçüme başlamadan evvel ölçüm cihazlarının varsa sıfırlama tuşuna basılır.

- Ölçümler, ölçüm yapılacak sistemin çalışır durumda olduğu saatlerde yapılır.
- Ölçümler, verici antenin yayın örüntüsü dikkate alınarak yapılır.

Hücre baz istasyonları ölçümleri için bu maddede açıklanan ölçüm yöntemlerine ek olarak aşağıdaki hususlara da dikkat edilir.

- Ölçümler, antenin yayın yaptığı yönden başlamak üzere yatayda sağa ve sola doğru en az üç değişik noktadan yapılır.
- Hücre baz istasyonları için her ölçüm uluslararası standart dikkate alınarak, 6 dakikalık ortalamaya göre yapılır.
- Ölçümler; antenin yayın örüntüsü dikkate alınarak, yayına doğrudan maruz kalan bölgede en az 3 noktadan yapılır.

Elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ise

- Ortam için, Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Kurulunun belirlediği toplam limit değerlerini,
- Çevre ve insan sağlığı dikkate alınarak; ihtiyati tedbir açısından, tek bir cihaz için Uluslar arası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komisyonunun (ICNIRP) belirlediği limit değerinin dörtte birini aşamaz.

## **5.2. Elektromanyetik Alan Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşlarına Olan Etkileri ve Dünya Uygulamaları**

Dünya ülkeleri genelinde elektromanyetik alandan korunmak için yapılan çalışmalar ve bu konuda alınan tedbirler aşağıdaki gibidir:

### **5.2.1. Malezya**

Malezya, ICNRP ve WHO'nun tavsiye niteliğindeki kararlarını uygulamaktadır. Ayrıca ihtiyati olarak aşağıdaki tedbirleri almıştır;

- Hastanelerde kritik alanlarda cep telefonu kullanımı yasaktır.

- Hastane ve okul gibi hassas bölge olan yerlerin yakınlarında baz istasyonu kurulumuna sınırlama getirilmiştir.
- Elektromanyetik alan kaynaklarına yakın yerlerdeki okullarda ölçümler yapılmış ve ölçüm yapılmayan yerlerle karşılaştırılmıştır.
- Yüksek gerilim hatlarının geçtiği bölgelerde elektromanyetik alan ölçümü yapılmaktadır.

Malezya'da baz istasyonu ölçümleri düzenli olarak yapılmaktadır. Ölçüm sonuçlarına halkın kolayca erişmesi sağlanmaktadır. Hastanelerde yaşam destek ünitelerinde çalıştırılan medikal cihazların bulunduğu yerlerde EM alan ölçümleri yapılmaktadır [38].

### 5.2.2. Avusturalya

1996 yılından beri Avusturalya tarafından yürütülen radyo frekansı elektromanyetik enerji programı ile RF verici kaynakların halk sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması desteklenmektedir. Bu konudaki ilk standart Şubat 1999 yılında yayımlanmış ve 1 Mart 2013 tarihinde yayınlanan standart ile revize edilmiştir. Ancak, Avusturalya EM alanının zararlı etkilerinden halkı korumak amacıyla yaptığı düzenlemelerde EM alan kaynaklarının okul, hastane ve meskenlerden belirli bir uzaklıkta bulunması gerektiği konusunda bir düzenlemeye ihtiyaç duymamıştır. Yine de bazı yerel otoriteler EM alan kaynaklarının okul, hastane ve yerleşim noktalarına belirli bir uzaklıkta bulunması gerektiği hususunda bazı belirleyici tanımlamalar yapmıştır. Mobil telefon düzenlemelerinin okul ve hastane gibi hassas bölgelerin minimum EM alan oluşacak şekilde ve bu bölgelere konulacak baz istasyonlarının yüksek kulelere dikilmesi yönünde düzenlemelerin yapılması konusunda yüksek bir kamuoyu görüşü bulunmaktadır [39].

### 5.2.3. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

ABD, RF vericiler için federal yasalar ICNRP'in tavsiye kararlarını sınır değer olarak kabul etmiştir. 900 MHz'de elektromanyetik alan şiddeti için ICNRP'nin tavsiye kararlarında belirtilen referans seviyenin %18'i sınır değer olarak kullanılmaktadır. ABD'de temel sınırlama uygulamaları yalnızca vücuda yakın bölgede bulunan taşınabilir aygıtlar

için getirilmektedir. Taşınamayan cihazlarda ise maruziyet limit değerleri ICNRP'nin tavsiye kararları referans limit değerleridir [40].

#### 5.2.4. Avrupa Birliği (AB)

AB, 1999 yılında ICNRP'nin 0 Hz – 300 GHz frekans aralığındaki EM alanlar için yayınladığı tavsiye kararlarından türeterek kendi tavsiye kararlarını yayımlamıştır. (1999/519/EC) 2004 yılında ise Avrupa Parlamentosu tarafından iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili elektromanyetik alanlara maruziyet sınırlaması getirilmesi amacıyla birtakım direktifler oluşturulmuştur. (2004/40/EC) Tavsiye kararları bağlayıcı nitelikte olduğu için AB ülkelerinde bu konuda 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır [40].

İlk grupta yer alan AB üyesi ülkeler tavsiye kararlarını kendi ulusal yasalarına geçirerek burada yer alan temel sınırlamaları ve referans seviyelerini aynen uygulamaktadırlar. Bu ülkeler Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Fransa, Macaristan, İrlanda, Malta, Portekiz, Romanya ve İspanya'dır. İspanya'daki Katalonya Bölgesi ise merkezi hükümetten daha sıkı düzenlemeler söz konusudur. Ayrıca Almanya ve Slovakya'da uygulamada referans limit değerler olarak ICNRP maruziyet limit değerlerini kullanmaktadırlar [40].

İkinci grupta yer alan üye ülkelerde ise ulusal limitler ICNRP'nin tavsiyelerine dayandırılmıştır ancak mecburi tutulmamıştır. Avusturya, Danimarka, Letonya, Hollanda, İsveç ve İngiltere'de bulunan telekomünikasyon şirketleri gönüllü olarak tavsiye kararlarını uygulamaktadırlar [40].

Üçüncü grupta yer alan ülkeler ise halk baskısı ya da ihtiyati tedbir amacıyla referans seviyelere çok sıkı temel sınırlamalar vardır. Bu ülkelerde limit servis kalitesini tehlikeye atmayacak şekilde makul olabilen en düşük seviyelere indirilmiştir. Bazı ülkelerde ise açık olmayan ve isteğe bağlı olarak parçalı limitler ve kurallar belirlenmiştir. Örneğin; Yunanistan tavsiye kararlarını referans olarak seçmesine karşın okullarda, yuvalarda, hastanelerde ve yaşlılar bakımevleri gibi hassas bölgelerde 300 m'den daha yakın mesafede kurulacak olan istasyonlara limit değerlerin %60 'ı kadar azaltılması yoluna gitmiştir [40].



### 5.2.5. Avusturya

Avusturya, elektromanyetik alan maruziyetinden korunmak için düşük ve yüksek frekans aralığı olmak üzere iki standart uygulamaktadır. 12 Temmuz 1999 tarihli Konsey Tavsiyesiyle (1999/519/EC) düşürülen limitler uygulanmaktadır. Her ikisindeki limit seviyeleri ICNIRP Klavuz hükümlerini baz alır. Fakat bazı frekans aralıklarında birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Yetkili Federal İdare telsiz cihazlar için bireysel veya genel lisans gerekli olan vericilerde bu standartları kullanmak zorundadır ve yasal olarak bağlayıcıdır. Avusturya, ilave güvenlik parametrelerini uygulamadan önce WHO-EMF projesinin sonucunu beklemektedir. Avusturya’da EMF (Elektromanyetik Frekans) halk maruziyeti korunmasına göre sadece birkaç bölgesel değişiklik vardır. Bunlar federal kanundan dolayı değildir. Ancak bazen Genel Çevre Koruma, Bayındırlık ve Bölgesel Planlama çerçevesinde eyalet kanununa dayanan lisanslarda Bölgesel İdare veya Kurumlar tarafından karar verilir. Uygulanan ölçümlerde, ÖNORM 1119 standardı, 0-30 kHz ve ÖNORM 1120 standardı 30 kHz-3000 GHz alanını kapsamaktadır. Ölçümler yüksek frekanslardaki tüm kaynaklar dikkate alınarak, “elektromanyetik kirlilik” (electro-smog) olarak da adlandırılan çevresel maruziyet seviyelerine göre yapılmaktadır. Özellikle yasal olarak bağlayıcı ışınım limitlerine göre, bazen yerinde yapılan ölçümlerle, EMF maruziyetinin gerçek seviyeleri kontrol edilir. Avusturya, insan sağlığı ve EM alanlarla ilgili konularda araştırmaları geliştirmekte olup, Almanya’daki incelemelerin yayınlanması ile bilimsel yayınlar ve ulusal incelemeleri finanse eder. Termal olmayan etkilerdeki araştırma Avusturya’daki otorite ve ulusal kuruluşlarca desteklenmektedir [41].

### 5.2.6. Finlandiya

Finlandiya’da 1975 yılından itibaren EMA maruziyeti konusunda çalışılmaktadır. İyonize olmayan ışımadan korunmak için ilk olarak 1986 yılında bir yönetmelik yayınlanmıştır. 1988 yılına kadar IRPA/INIRC (değişen adıyla ICNIRP) tavsiyelerini benimsenmiştir. Sağlık ve Sosyal İşler Bakanlığı, Konsey Tavsiyesini uygulamak için en yüksek maruziyet limitlerini düzenleyen bir kararnameyi 2002 yılı Mart ayında yayınlamıştır. Finlandiya’da, kabul edilen EMA maruziyet seviyelerine ilave olarak güvenlik kriteri veya seviyeleri yoktur. Mevzuat uygulanması konusunda bölgesel farklılıklar yoktur. Yukarıdaki

mevzuatta 100 kHz'in üzerindeki frekanslarda mevcut limitler uygulanmaktadır. Mobil telefon baz istasyonu ve Radyo ve TV vericileri bu kapsamdadır. Ancak cep telefonları ve gerilim hatlarında uygulanmamaktadır. Bu limitler ayrı bir mevzuat ile belirlenmiştir. Finlandiya, uygulanan önlemler ile EMA maruziyet seviyelerinin uygunluğunu denetlemektedir. Kararların uygulanmasından sorumlu idare, Radyasyon Korunma Merkezi (The Radiation Protection Centre - RPC)' dir. Verici ölçümleri ve hesaplamalar, kısmen mevcut ticari cihazlarla yapılmakta olup, test-deneme metotlarına dayanmaktadır ve RPC tarafından, metot/prosedür ve ölçüm cihazı geliştirilmektedir. Finlandiya'da üniversiteler ve araştırma kurumları 1975 yılından bu yana ışımanın biyolojik önemi, dozimetri, iyonize olmayan ışımaya maruziyet ve diğer ölçüm prosedürleri konusunda çalışma yapmaktadır. COST, COSTbis, LaVita gibi ulusal araştırma programlarının çoğu EMA ve sağlık konusunda çalışılmak üzere 1994 yılında faaliyete geçmiştir. Çalışmalar, elektrik güç hatları tarafından yayılan alanların sağlık etkisi ve cep telefonları ışımasının test edilmesi metotlarını kapsamaktadır. Radyasyondan Korunma Merkezi, Mesleki Sağlık Kurumları uzmanları ve diğer uzmanlar, EMA ile ilgili güvenlik konuları hakkında halk ve medyaya sürekli bilgi aktarmaktadır. Bu bilgiler İnternette yayınlanmakta olup, ayrıca Bilim Günleri (Tieteen Päivät) Bilimsel Sempozyumu gibikamuya açık konferanslar düzenlenmektedir. Kuopio ve Jyväskylä Üniversiteleri, cep telefonları ve baz istasyonlarından kaynaklanan ışımanın risklerine, halkın dikkatini çekme yollarını araştırmaktadır. Finlandiya EMA alanındaki yeni teknolojilerin geliştirilmesini desteklemektedir. Radyo iletişim teknolojileri konusunda liderlik yapan bir ülkedir. Özellikle cep telefonu endüstrisi tarafından önemli AR-GE çalışmaları yapılmakta olup (Nokia gibi), devlet, aynı zamanda en çok Üniversiteler ve Milli Teknoloji Kurumu (TEKES- National Technology Agency) yoluyla bu çalışmalara çok büyük bir oranda katkı sağlamaktadır. 3. (UMTS) ve 4. nesil cep telefonu ağlarının sürekli geliştirilmesine de önem verilmektedir [41].

### 5.2.7. Fransa

Fransa, halkı EMA maruziyetinden korumak için birkaç aşamada önlem almıştır.

- 25 Haziran 2001 tarihli 2001-670 sayılı Regülasyon, değişen 1999/5/EC Direktifi (Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 9 Mart 1999 yılındaki Telsiz Cihazları ile telekomünikasyon ekipmanlarının uygunluğu ve karşılıklı tanınmasını içeren -L 09,

07/04/1999, p. 0010 – 0028- Resmi Gazete) ve 28 Temmuz 2001 tarihli Resmi Gazete, telekomünikasyon ekipmanları ile ilgili temel gereksinimlerden biri olarak, sağlık korunmasını esas almıştır.

- Halk sağlığının korunması konusunda mobil telefon ağlarını kurmak ve çalıştırmak isteyen operatörlerin yükümlülüğünü belirleyen hükümler 14 Kasım 2001 tarihinde yayınlanan bir yasayla değiştirilmiştir. Bu yasa, 12 Temmuz 1999 tarihli AB Tavsiyesindeki (1999/519/EC) maruziyet limitlerini referans almıştır. Düzenleme, halkın maruz kaldığı telekomünikasyon cihazlarınca yayılan EMF limitlerini belirleyen kararnamenin yayınlanmasını da sağlamıştır. Bu hüküm, Radyo ve TV istasyonlarını içeren tüm RF vericilerinin kapsanmasını sağlamıştır.
- Diğer değişen hüküm, 1999/5/EC Direktifi, kullanıcıların maruziyet limitlerine dayanan, terminallerin uyumluluk değerlendirmesi için gerekli metotlardır.
- Mobil telefon baz istasyonlarının kurulması için teknik gerekleri belirten bakanlık içi sirküler, 16 Ekim 2001 yılında yayınlanmıştır. 1999/519/EC sayılı AB Tavsiyesinde maruziyet limitleri kurulmasına dayanan sirküler, baz istasyonu çevresindeki işaretler ve güvenlik mesafesinin belirlenmesi konusundaki hükümler içerir.
- ELF'da maruziyet limitleri, yeni istasyon kurulması, istasyonun revizyonu ve güç besleme sistemleri için teknik gerekleri belirleyen yasa 12 Temmuz 2001 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Konsey Tavsiyesindeki 50 Hz alternatif akımlar için belirlenen maruziyet limitleri esas alınmıştır.

Bütün hükümler veya kararlar yasal olarak bağlayıcı olup, 16 Ekim 2001 tarihli Sirkülerde belirtildiği üzere, esas olarak halka bilgi sağlanmasını tavsiye etmektedir. Limitler 12 Temmuz 1999 tarihli AB Tavsiyesindeki (1999/519/EC) referans seviyeleri ve temel sınırlamalara (ICNIRP limitleri) uygundur. Mobil telefon baz istasyonlarının çevresinde güvenlik mesafesi ile ilgili yukarıda belirtilen 16 Ekim 2001 tarihli sirkülerde, güvenlik mesafesi, Yapı Endüstrisinde Bilimsel ve Teknik Merkez (Centre scientifique et technique du bâtiment ) tarafından belirlenmektedir. Bu sirkülerde bir baz istasyonundan 100 m' den az mesafedeki binalarda yaşayanların “duyarlı” yani endişeye kapılması nedeniyle yönlü antendeki yayına doğrudan maruz kalmaması tavsiyesi bulunmaktadır. Bu tavsiye başta halk arasında baz istasyonlarının sağlık etkileri hakkında asılsız olduğu görülen bazı korkular olması nedeniyle tasarlanmıştır. Bu amaçla görevlendirilen Dr. Zmirou

başkanlığındaki rapor grubu (Ocak, 2001), İş ve Yardımlaşma Bakanlığı internet sitesinde “duyarlılık” konusundaki halk endişesini desteklemediği konusunda rapor yayınlamıştır.

Fransa’da gereklere uygun olarak EMA’ ya maruziyet limitlerini düzenli olarak kontrol eden bir sistem vardır. AB Konsey Tavsiyesi’ne (1999/519/EC) dayanarak hazırlanan ölçüm protokolü referans metot olarak kullanılmaktadır ve 16 Ekim 2001 tarihli sirkülerle resmileştirilmiştir. 2001 yılında halk maruziyetinde saha sorumluları EMA ölçümleri yapılması için milli bir kampanya başlatmış ve sonuçlar 19 Aralık 2001 tarihinde yayınlanmıştır.

Fransız İdareleri EMA’nın insan sağlığına etkileri konusunda araştırma yapılmasını teşvik etmektedir. Uluslararası alanda, Uluslararası Kanser Araştırma Birliği (IARC) tarafından yönetilen Interphone epidemiyolojik çalışmasında ve WHO tarafından koordine edilen EMF programına katılmaktadır.

Ayrıca, Fransa’da COMOBIO (Mobil Haberleşme ve Biyoloji) araştırma programı 1998 yılında başlamış ve 2002 yılında sonuçlanmıştır. Fransız Hükümeti, bu alanda yapılan ölçümler ve EMF’ nin insan sağlığına etkileri konusunda çeşitli çalışmalar yapmıştır. İlk olarak 1994 yılında Sağlık Genel Müdürlüğü elektrik hatları ve EMF’nin insan sağlığına etkisi konusunda halk için bir bilgi broşürü hazırlamış, 2004 yılından sonra tekrar güncellemiştir. Bundan başka Milli Frekans Kurumu mobil telefon baz istasyonları hakkında bilgi içeren bir kitapçık hazırlamış ve dağıtmıştır. Bu dokümanların kopyaları tüm bölgesel meclis üyelerine ve kamu idarelerine gönderilmiştir. İlâveten internette yayınlanmakta olup, kitap satıcılarında da satılmaktadır. Ayrıca, 7 Şubat 2001 tarihinde bir basın konferansı yapılmıştır.

Fransa, ayrıca 18 Temmuz 2001 tarihinde imzalanan 3.nesil cep telefonu ağlarının çalışmasına ait yetki kararnamele ile, EMA alanındaki yeni teknolojilerin gelişmesini desteklemektedir [4].

### 5.2.8. Almanya

Almanya 306/97 sayılı BMPT (The Federal Ministry of Posts and Telecommunication) Kararnamesi ve 16 Aralık 1996 tarihindeki 26. BImSchV Kirlilik Kontrol Kararnamesi, EMF'nin insanlara maruziyeti konusunda yasal olarak bağlayıcı hükümleri içermektedir. Kararnameler, ICNIRP limitlerine dayandığı gibi, referans seviyeler yani Konsey Tavsiyesi ile belirlenen limitleri de kapsamaktadır. İlave güvenlik parametreleri uygulanmamaktadır. Fakat kalp pillerinin kapanması veya girişim etkisi ihtimaline karşı, 50 kHz–50 MHz frekans aralığında özel korunma sağlanmaktadır.

Uygulamalarda bölgesel farklılıklar yoktur. Önlemler, belirli frekans aralıklarında maruziyet seviyeleri ile

- 306/97 sayılı BMPT Kararnamesi: 3 kHz – 300 GHz,
- 26. BImSchV Kararnamesi: 16 2/3 Hz; 50 Hz; 10 MHz – 300 GHz, alanlarında uygulanmaktadır.

Çevresel maruziyet seviyeleri, 26. BImSchV Kararnamesi altında yürütülmektedir. Alçak [30kHz–300 kHz, (LF)] ve yüksek frekans aralığında limit değerler, diğer frekans vericilerinin dikkate alınması zorunluluğu ile belirlenmiştir. 306/97 sayılı BMPT Kararnamesinde, ilave faktör dikkate alınmaktadır.

Almanya; Federal düzeyde, DIN VDE 0848 ve 306/97 sayılı BMPT Kararnameleri, İller ve araziler düzeyinde ise 26. BImSchV Kararnamesi yoluyla uygulanan önlemlere göre EMF'ye maruziyet limitleri sağlamaktadır. Ölçülen tüm maruziyet seviyeleri Konsey Tavsiyesi ve ICNIRP limitlerinin altındadır.

Alman Hükümeti, cep telefonu alanındaki araştırma faaliyetlerini desteklemekte olup; özel önlem seviyeleri (limitler) ortaya koymaktan kaçınmaktadır ve bunun yerine aşağıdaki faaliyetlerde bulunmaktadır:

- Federal Çevre Bakanlığı, Doğa Koruma ve Reaktör Güvenliği Bölümüne cep telefonlarının etkileri konusundaki araştırmalara 2002–2005 döneminde 8,5 milyon Euro bütçe ödeneği tahsis etmiştir.

- Federal Ekonomik İşler ve Teknoloji Bakanlığı, UMTS ağlarının geliştirilmesi amacıyla yönelik teknik düzenlemelerle ilgili araştırmalara 2002–2005 döneminde 5 milyon Euro sağlamıştır.
- Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığına cep telefonu ağlarında yayılım azaltma teknolojileri konusundaki araştırmalara yine aynı dönemde 7 milyon Euro tahsis edilmiştir.

Cep telefonu operatörleri gönüllü olarak tüketici yararına daha iyi bilgi sağlamayı, tüketici dostu olmak ve ışıma seviyeleriyle ilgili şeffaf veri sağlamak için cep telefonu üreticilerine baskı yapmayı taahhüt etmektedir.

Alman Hükümeti, düşük değerlerde cep telefonu SAR değeri için gönüllü olarak kaliteli yalıtım geliştirmeyi hedefleyen cep telefonu imalatçıları işbirliği yapmaktadır. Ayrıca, EMA'nın sağlık etkileri ve önlem alınması hakkında halkı bilgilendirmek için internette bilgi yayınlamış ve broşürler bastırmıştır [41].

### **5.2.9. İtalya**

İtalya, AB tavsiye kararlarında belirtilen referans maruziyet değerlerini aşmayacak şekilde sınır değerler belirlemiştir. Tavsiye kararlarının aksine 3 MHz ile 3 GHz arasında frekansla değişmeyen sabit bir değer benimsemiştir. İtalya 900 MHz'de tavsiye kararlarında belirtilen manyetik alan şiddeti maruziyet limit değerinin %45'ini temel sınır olarak belirlemiştir. Ev, okul, oyun alanı ve insanların 4 saatten fazla kaldığı yerlerde tavsiye kararlarında verilen manyetik alan şiddeti limit değerlerin %14'ü tedbir amaçlı ikaz değer olarak gösterilmiştir [40].

### **5.2.10. Danimarka**

Danimarka ICNIRP tavsiyelerini uygulamaktadır. EM alanlara karşı halkı korumak için yasal olarak bağlayıcı önlemleri yoktur. Maruziyet değerlendirmesinde, ICNIRP tavsiyelerini İş Müfettişliği (Labour Inspectorate) yürütmektedir. Danimarka, EMA'nın insan sağlığına etkisi konusundaki araştırmaları desteklemektedir. Bu alanda araştırmacılar, kendi çalışmalarında kamu fonlarına da başvurabilmektedir. İlaveten Danimarka Sağlık Bakanlığı mobil telefon sektöründen bu alandaki araştırmaları

desteklemesini istemektedir. Hükümet EMA' nın sağlığa etkisi hakkında kamuoyu bilgilendirmek için önlemleri uygulamaktadır. Ayrıca Tüketici Birlikleri ve Mobil Telefon Sektörü'nün işbirliği ile tüketiciler için mobil telefonlar ve sağlık ile ilgili bilgi kaynakları sunmaktadır. Danimarka, yeni teknolojileri ülkede kullanmak ve pazarlamak amacıyla Avrupa ve küresel standartları destekleyerek bu alanda yeni teknolojilerin gelişmesini teşvik etmektedir. Özellikle bu alandaki teknik özellikler ve standardizasyonun uyumlaştırılmasını desteklemektedir. Gerekli yetkilendirmeler ve hazır bulundurulan frekanslarda imtiyaz sağlamaktadır. GPRS veya UMTS lisanslarında ve Bluetooth teknolojilerinde de uygulanılmaktadır [41].





## 6. ELEKTROMANYETİK ALANDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ

Günümüzde elektromanyetik alana maruziyete karşı alınabilecek önlemler iki durumda olur. Birincisi kişilerin ev ve ofislerinde kullandıkları cihazların oluşturduğu elektromanyetik alana karşı alınabilecek tedbirler, ikincisi ise kamusal alanlarda toplumun ortak yapacağı girişimler olarak sıralanabilir.

Elektromanyetik alandan korunmak için aşağıdaki tedbirler alınabilir:

- Ülkemizde kullanılan cihazların denetlenmesi gerekir. CE'si olmayan ürünlerin kullanılmaması gerekir.
- Özellikle nüfusu fazla olan yerlerde Radyo, TV kanalları ve mobil iletişim için bir güç sınırlaması getirilmelidir.
- Yüksek gerilim hatları yerleşim birimlerinin dışına yerleştirilmelidir. Güvenlik mesafesi 380 kV için en az 60 m, 154 kV için ise en az 40 m'dir.
- Elektromanyetik alanın sürekli olduğu bölgelerde çalışanların korunması için uygun giysiler, kişisel koruyucu donanımlar ve gerekli yalıtım sistemleri sağlandıktan sonra çalışma süreleri radyasyon alımının miktarına ve sürekliliğine göre belirlenmelidir.
- Elektrikli battaniye yatağa girdikten sonra kapatılmalıdır.
- Mümkünse elektrikli radyolu saatler, telesekreterler ve benzeri aletler yatak odasında bulundurulmamalıdır. Eğer kullanımı gerekli ise yataktan en az 1,5 m veya daha uzağa yerleştirilmelidir.
- Özellikle çocukların yatağının başucunun dayandığı duvarda evin elektrik hatlarının geçmemesine özen gösterilmelidir.
- Bilgisayar ekranlarından en az 30 cm uzaklıkta oturulmalıdır. Kullanılmadığı zamanlarda ise bilgisayarlar kapalı tutulmalıdır. Bilgisayarların arkası daha tehlikeli olduğu için bilgisayarların arkasına 1.5 m'den fazla yaklaşılmamalı ve konum olarak bilgisayarların arkası kullanılmayan bir alana yönlendirilmelidir.
- Saç kurutma makinesi, elektrikli traş makinesi, fritöz, kahve makinesi, baş ucu okuma lambası mümkün olduğu kadar az kullanılmasına özen gösterilmelidir
- Televizyon en yakın 2m mesafeden izlenmelidir.
- Mikrodalga fırın çalışırken mümkün olduğunca uzakta durulmalıdır. Özellikle de çocukların mikrodalga fırına yaklaşması engellenmelidir.

- Cep telefonuyla konuşma süreleri kısa tutulmalıdır. Cep telefonunun en çok elektromanyetik alan oluşturduğu zaman telefonun çaldığı ve aranan numaranın bağlandığı andır. Dolayısıyla bu anlarda cep telefonu kulaktan uzak tutulmalıdır. Cep telefonu kullanımı esnasında kulaklık takılmalı ya da handsfree modunda konuşulmalıdır. Cep telefonu kullanım harici ya kapalı ya da eğer açıksa beyin ve göğüs hizasından uzak taşınmalıdır. Cep telefonu satılırken SAR değeri düşük olan makineler tercih edilmelidir. Hamileler acil durumlar dışında cep telefonu kullanmamalıdır. Cep telefonu araba, asansör gibi dar ve kapalı alanlarda veya bodrum gibi erişimin zayıf olduğu noktalarda görüşme yapılmamalıdır. Cep telefonu ile görüşmeler çocuklardan uzak yerlerde yapılmalıdır
- Kullanılmayan her türlü elektrik alet ya da cihazın fişleri çekilmelidir.
- Katot Işınları Tüpü (CRT) yerine LCD monitör kullanılmalıdır.
- İş yerleri veya evde DECT telefonlar yerine standart kablolu telefon kullanılmalıdır.
- Televizyon kanallarının EMA'ların olası etkileri ve korunma yöntemleri hakkında bilgilendirici yayın yapmaları ve bu yayınlarda ebeveynlerin çocuklarının erken yaşta cep telefonu kullanmalarına izin vermemeleri yönünde teşvik edilmelidir [42].
- Ev aletleri, cep telefonu, televizyon, bilgisayar ve diğer elektrikli cihaz üreticilerinin, üretim esnasında ICNRP limitlerini dikkate almalıdır [42].
- Elektrik akımından dolayı oluşan, indüklenen gerilimlerin ortaya çıkmasını engellemek için nesne topraklanmalıdır. Manyetik alan oluşturan her cihazın topraklı hatta çalıştığına dikkat edilmelidir.
- Yüksek değerlerde olan elektromanyetik alanlardan veya söz konusu alan içinde mevcut bulunan özellikle metal cisimlerden uzak durulmalıdır.
- Düşük frekanslı elektromanyetik alanların etkisini azaltmak için metal perdeler (Faraday Kafesi) yerleştirilmeli ya da ekranlama yapılmalıdır.
- Günlük hayatta kullanılan elektrikli cihazlar ülkemizce kabul edilen standart değerlerini taşımalıdır.
- Açma-kapama düğmelerinden tam olarak kapatılan cihazlar elektromanyetik alan oluşturmaz, ancak fişleri takılı olduğu sürece elektrik alanı oluşturmaya devam edebilirler. Bu nedenle elektrikli cihazlar, açma kapama düğmesinden kapatılmalı veya fişinden çekilmelidir.

- Floresan lambalar, yüksek derecede elektromanyetik alan oluştururlar. Dolayısıyla m¼mk¼nse halojen ve floresan gibi ekonomik lambaları kullanmamaya ¼zen g¼sterilmelidir



## 7. YAPILAN ELEKTROMANYETİK ALAN ŞİDDETİ ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu tez çalışmasında öncelikle DECT telefonlar, 3G, WLAN, cep telefonu ve mikrodalga fırın gibi RF kaynakların bireysel olarak mesafeye göre değişen elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Yaklaşık 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca Ankara 'da bulunan bir özel okulda kreş ve anaokulları bölümleri de dahil olmak üzere gündüz ve gece olmak üzere elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Bu özel okulda 21 öğretmen, 158 öğrenci, 10 idari personel ve 10 işçi bulunmaktadır. Okulda RF'te çalışan elektromanyetik alan kaynakları olarak WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, mikrodalga, dizüstü bilgisayarlar, tabletler, tasarruflu ampuller, 3G yayın yapan akıllı telefonlar tespit edilmiştir. Ayrıca fotokopi makinası, hoparlör sistemi, alarm sistemi, kamera sistemi, masaüstü bilgisayarlar, fax makinaları, POS cihazları, akıllı tahta gibi diğer elektromanyetik alan kaynakları da bulunmaktadır. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan "Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik" e göre ölçümler yapılmıştır. Kısa süreli etkilerin azaltılması ve daha sağlıklı değerlendirmelerin yapılabilmesi amacıyla ölçüm noktalarında dört köşede ve ortada en az 6' şar dk'lık ölçümler alınarak kaydedilmiştir. Ölçümler zeminden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Öncelikle ölçüm yapılan yerlerde elektromanyetik alan kaynakları tespit edilmiştir. Tespit edilen kaynakların çalışma frekansları belirlenerek gündüz ve gece olmak üzere 2 farklı zaman aralığında ölçümler yapılmıştır.

## 7.1. Ölçümlerde Kullanılan Cihazın Özellikleri

100 kHz-3 GHz frekans bandındaki RF dalgalarının ortamda oluşturduğu toplam bileşke elektrik alan şiddetinin belirlenebilmesi için, geniş bantta ölçüm yapabilen Şekil 7.1’de yer alan Spectran HF 60105 cihazı kullanılmıştır. Çevredeki elektromanyetik alan kaynaklarını rahatlıkla bulabilir. Maruziyet limit hesaplamasını karışık hesaplamalar yapmak yerine yüksek performans seviyesine sahip DSP’ler sayesinde Spectran HF 60105 otomatik olarak yapmaktadır. Ölçüm yapıldığı esnada bu çeşitli standartlardaki maruziyet seviyeleri cihazın ekranının da ayrıca görülmektedir [43].



Şekil 7.1. Spectran HF 60105

Cihaza ait bazı özellikler:

- Frekans Aralığı: 1MHz – 9,4 GHz
- Giriş Konnektörü: SMA(f) 50 ohms
- Ekran: dBm, V/m, A/m, dBiV, W/m<sup>2</sup>
- Ekranda maruziyet değerleri
- RBW: 200Hz – 50 MHz
- Maksimum Seviye: +40 dBm

## 7.2. Mesafeye Bağlı Yapılan Ölçüm Sonuçları

Günümüzde teknolojinin gelişimine bağlı olarak, çeşitli ve yaygın kullanım alanlarına sahip iletişim araçları da artmaktadır. Yaşamı kolaylaştıran telsiz, cep telefonu, internet gibi teknoloji ürünü cihazların kullanımı da fark edilemeyen riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, DECT telefonlar, kablosuz internet, radyo ve TV 'nin 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki EMA şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye'de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır.

### 7.2.1. Telsiz (DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunication) telefonlar

İlk olarak Avrupa'da üretilen ve tüm dünya tarafından kullanılan Şekil 7.1'de telsiz telefonların 800 milyonu aşkın kullanıcısı bulunmaktadır. Telsiz telefonlar cep telefonları gibi RF bandında darbeli elektromanyetik alan yayarlar. Eski kablosuz telefonlar 50 MHz veya 90 MHz civarında çalışırken, yeni çıkanlar 900 MHz, 1.7 GHz, 1.9 GHz, 2.4 MHz ve hatta 5.8 GHz de çalışırlar. Kapsama alanları yaklaşık 300 m'dir. Cep telefonu ile baz istasyonu arasında bir kez bağlantı kurulduktan sonra telefonun gücü otomatik olarak konuşmaya izin verecek minimum seviyeye iner. (şehir içinde en yüksek 4 mW, ortalama 0,5 mW) Ortalama gücü 10 mW olan telsiz telefonlar ise sürekli (saniyede 100 defa) 250 mW'lık sabit darbelerle çalışır. Yani telsiz telefonlar cep telefonlarının maruziyetinin üzerinde elektromanyetik alan yayarlar.



Şekil 7.2. Telefonların tarihsel gelişimi

Çizelge 7.1. Telefonların frekans değerleri ve uyku modları

Teknoloji	Frekans	Uyku halinde yayılım
Kablolu Telefon	Doğru Akım	Hayır
Analog	400 MHz	Hayır
Dijital	915 MHz	Hayır
ISM Bandı	2.4 GHz	Evet/Hayır
ISM Bandı	5.8 GHz	Evet/Hayır
Telsiz Telefon 6	1.9 GHz	Evet

Hem telefonda hem de baz ünitesinin adaptör tarafından yüksek elektromanyetik alan yayılımı olur. Genellikle başucu, çalışma masası ya da mutfak gibi sürekli kullanılan yerlere konması nedeniyle insanları endişelendirmektedirler. Telsiz telefonlar kullanım esnasında sürekli olarak en yakın baz istasyonundan yüksek güçte radyasyon yayar. Telsiz telefon baz istasyonundan uzaklaştıkça birbiriyle ile iletişim kurmak için daha fazla radyasyon yayarlar. Ayrıca telsizler 24 saat sinyal olarak aktif olmaları nedeniyle daha fazla risk taşırlar (Çizelge 7.1).

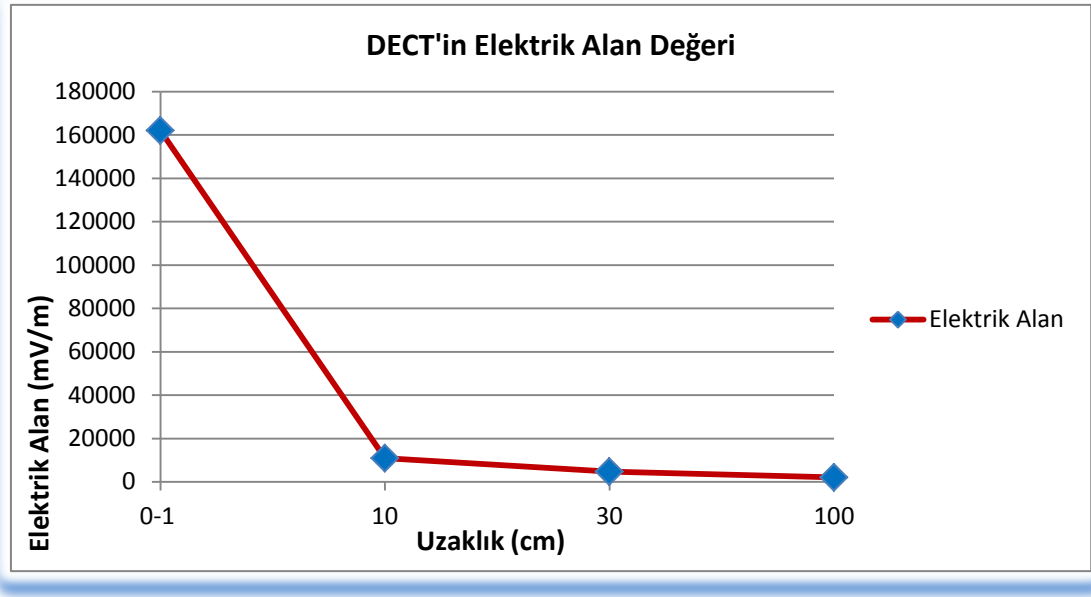
Telsiz telefonlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 7.2'deki gibidir:

Çizelge 7.2. Telsiz telefon ölçüm değerleri

Telsiz Telefona olana uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	348,6 mV/m
10 cm	47,32 mV/m
30 cm	16,84 mV/m
1 m	10,13 mV/m
Uyku modu	7,275 mV/m

Ayrıca ölçülen değerler Ek-1'de ayrıntılı olarak görülmektedir.





Şekil 7.3. Uzaklığa bağlı olarak DECT için elektrik alan değişimi

Şekil 7.3' te görüldüğü üzere telsiz telefonların, ölçüm yapılan mesafesi azaldıkça elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Telsiz telefonlar yerine kablolu telefonlar tercih edilmelidir. Telsiz telefon kullanılması zorunlu ise de telsiz telefonların şarj cihazları sürekli yaşam alanına uzak olmalıdır. Ayrıca telsiz telefonla yapılan görüşmeler maruziyetin azaltılması adına kısa tutulmalıdır. Uyku modu bulunan ve düşük elektromanyetik alan oluşturan telsiz telefonlar tercih edilmelidir.

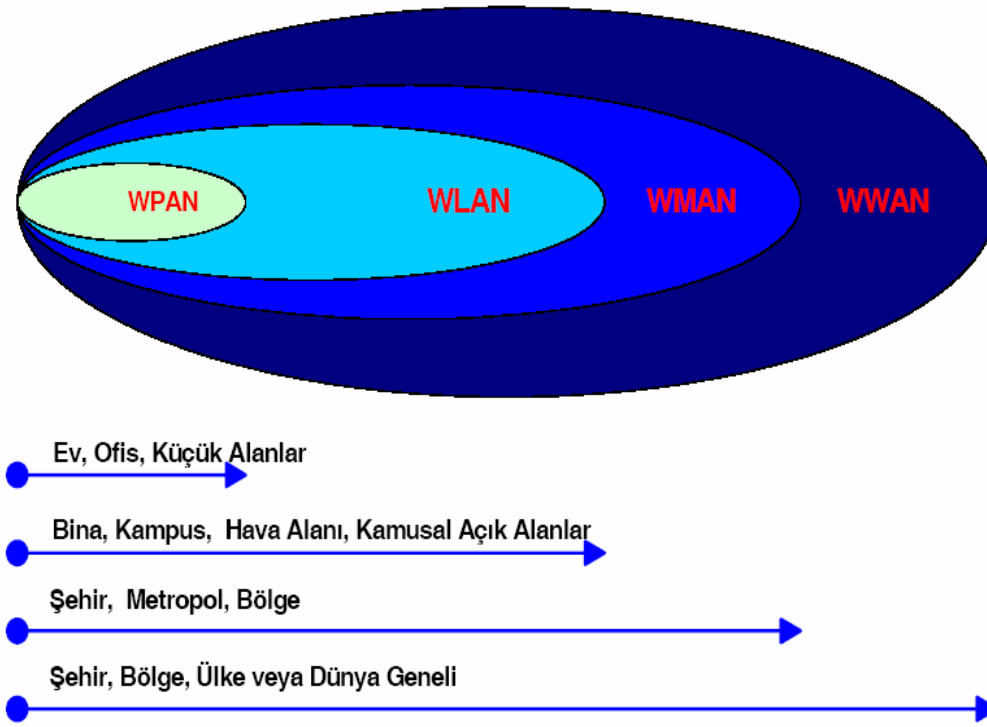
### 7.2.2. WLAN – kablosuz internet erişim sistemleri



Şekil 7.4. Kablosuz ağlar

Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN, Wireless Local Area Networks), iki yönlü genişbant veri iletişimi sağlayan, iletim ortamı olarak fiber optik veya bakır kablo yerine telsiz frekansı (RF, Radio Frequency) veya kızılötesi ışınları kullanan ve salon, bina veya kampüs gibi sınırlı bir alanda çalışan iletişim ağlarıdır. (Şekil 7.4) Kurulum kolaylığı ve hareket serbestliği gibi önemli avantajlar sağlayan WLAN sistemleri kablolu ağların yerini alabilmekte hatta bu ağlara göre daha fazla fonksiyonlar içerebilmektedir. Kablosuz Yerel Alan Ağları Avrupa düzenlemelerinde Telsiz Yerel Alan Ağları, Radio Local Area Networks (Radio LAN) olarak adlandırılmasına karşın başta ABD olmak üzere birçok ülkede Wi-Fi, Wireless Local Area Networks, Wireless LAN, WLAN olarak adlandırılmaktadır. WLAN sistemleri iş adamları, yöneticiler, çalışanlar, küçük işletmeler, orta ölçekli işletmeler ve bireysel kullanıcılar gibi büyük bir kesime internet ve üyesi oldukları kurumsal ağa (intranet) mobil olarak bağlanma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca, WLAN sistemleri kullanıcılara mekandan bağımsız olarak kolay bir kablosuz ağ kurulumu ve geniş bant veri iletimi imkanı sunmaktadır. Kablolu Local Area Networks'ların tüm özelliklerine sahip olan WLAN sistemleri bu ağların devamı ya da alternatifi olarak kullanılmaktadırlar. Kurumsal ve kişisel kullanımın dışında okullar, restoranlar, otobüs terminalleri, oteller, büyük alışveriş merkezleri, tren istasyonları, hava alanları, cadde ve sokaklar gibi kamuya açık alanlarda hotspotlar (erişim alanları) vasıtasıyla verilen kablosuz internet hizmetinin de hızla artmakta olduğu görülmektedir.

Her ne kadar WLAN sistemleri neredeyse günlük yaşamımızın hayatsal bir bölümünü teşkil etse ve sağlığımız üzerinde menfi tesiri olduğuna dair açık bir delil bulunmasa da gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu durum, kendileri ve çocukları için güvenli olup olmadığı konusunda kesin bir kanaate sahip olmayan insanlar için gittikçe artan bir endişe kaynağı teşkil etmektedir [44].



Şekil 7.5. Büyüklüklerine göre kablosuz ağlar

Kablosuz iletişim ağları, büyüklüklerine yani hizmet verdikleri fiziksel alanlara göre Şekil 7.5’ te görüldüğü gibi sınıflandırılabilir. Genel yaklaşıma göre kablosuz iletişim ağları, 4 sınıf altında toplanabilir:

Bunlar;

- Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks, WWAN),
- Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN),
- Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN)
- Kablosuz Kisisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN) olarak sıralanabilir.

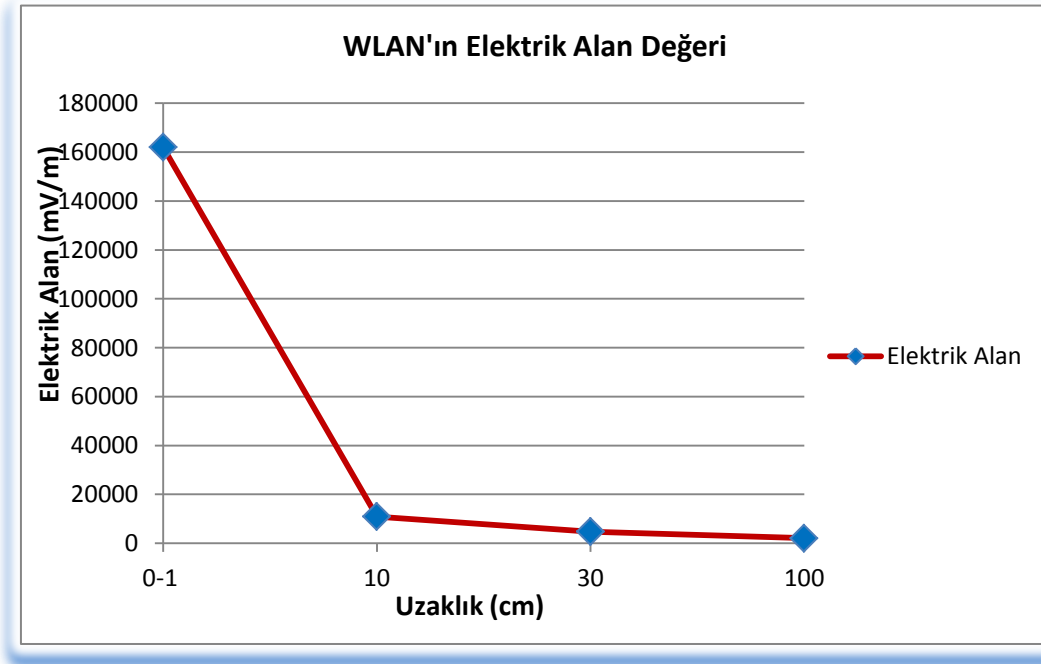
WLAN sistemleri havada yayılan elektromanyetik dalgalarla bir noktadan başka bir noktaya fiziksel bağlantı olmaksızın bilgi iletişimini sağlar. Tipik bir kablosuz yerel ağ konfigürasyonunda, AP olarak isimlendirilen hem alıcı hem verici konumundaki cihaz kablolu ağa bağlanır ve kablolu ağ omurgası ile kablosuz cihazlar arasında veri alışverişi işlemini gerçekleştirir. Bir AP kullanılan ortama bağlı olarak dahili uygulamalarda 25-100 metre, harici kullanımda ise 200 metreye kadar yarıçaplı bir alanı kapsayabilir. WLAN

sistemlerinde kullanılan yüksek frekanslı RF sinyali (2,4 GHz ve 5 GHz) temel özelliği nedeniyle katı cisimlere nüfuz edebilir ve geçebilir. Bu özellik görüş hattının sağlanamadığı bina içi kullanımlarda büyük bir avantaj yaratır. Ancak katı cisimler kullanılan maddeye (tahta, çelik, beton gibi) bağlı olarak sinyal zayıflamasına neden olurlar. Bu da sonuçta erişim mesafesini kısaltır. WLAN sistemlerinde genellikle 13560 kHz, 27120 kHz, 40,6 MHz, 915 MHz, 2450 MHz, 5800 MHz ve 24,125 GHz merkez frekanslarında faaliyet gösterirler [44]. Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 7.3' de verilmektedir.

Çizelge 7.3. Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

WLAN'a olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	12,30 V/m
10 cm	1,030 V/m
30 cm	425,5 mV/m
1 m	192,9 mV/m
Uyku modu	27,23 mV/m

Ayrıca Ek-2'de yapılan ölçümler ayrıntılı olarak verilmektedir.

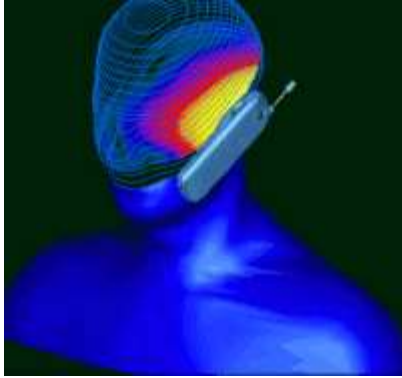


Şekil 7.6. Uzaklığa bağlı olarak WLAN için elektrik alan değişimi

Şekil 7.6' da görüldüğü üzere mesafe azaldıkça kablosuz internetinin oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Dolayısıyla kablosuz internet, yaşama alanı sınırlarından uzak bölgelere kurulmalıdır. İnternet kullanılmadığı takdirde kablosuz internet kapatılmalıdır. Mümkünse kablolu internet kullanılmalıdır.

### 7.2.3. Cep telefonları

Günümüzde hayatın vazgeçilmez bir parçası olan cep telefonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada yaklaşık 5 milyar, Türkiye'de ise 65 milyonun üzerinde aktif cep telefonu vardır. Cep telefonları, RF sinyalleri ile baz istasyonları arasında bilgi alışverişini içeren geniş bir kablosuz ağa dayanır. Dünya çapında 1,4 milyonu aşkın baz istasyonu mevcut olup, bu sayı üçüncü nesil teknolojiye geçiş ile önemli ölçüde artış göstermektedir. Bu artış, gündelik hayatta giderek daha büyük bir öneme sahip olmaya başlayan cep telefonlarının yaydığı RF dalgaların insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda insanları endişelendirmektedir. (Şekil 7.7)



Şekil 7.7. Cep telefonu elektrik alan ilişkisi

GSM (Global System Mobile) gezgin haberleşme sistemidir. Türkiye'de yaklaşık 900 MHz frekansta 50' şer kanal ile servis veren iki şebekenin yanına 1800MHz'de üçüncü şebeke yer almaktadır. Her kanal aynı anda sınırlı sayıda aboneye hizmet verebildiğinden, milyonlarca GSM abonesine hizmet vermenin tek yolu kapsama alanını küçük hücrelere bölmek ve aynı frekansları tekrarlı olarak kullanmaktır. Bu nedenle GSM sistemine hücresel sistem adı verilir.

Cep telefonları sistemi, radyo baz istasyonları şebekesine bağlı olarak çalışmaktadır. Bu istasyonların her biri, hücre denilen belli bir coğrafi alanı kaplar ve içine alır. Sürekli mesaj gönderip alan ana istasyonlar, sabit bir şebekeye kablo ya da radyo dalgaları ile bağlı bulunmaktadır. Sabit şebeke içinde trafiği yönlendiren ve kullanımdaki cep telefonunun şebeke içindeki yerini takip eden karşılıklı dalga alışverişiyle bu bağlantı kurulur. Abonenin cep telefonunu açmasıyla birlikte, en yakın istasyonla temas kurmak üzere telefon sinyaller vermeye başlar. Bu temas kurulduğunda cep telefonu bekleme moduna girer. Bu evrede sadece gerekli durumlarda ya da belli aralıklarda bilgi gönderir. Bundan sonra abone arama yapmayı isterse telefon antenleriyle istasyon arasında karşılıklı bir bağlantı kurulur ve arama belli bir frekanstaki radyo kanalına yönlendirilir. Böylelikle mesaj iletimi belli bir metod içinde gönderilen radyo dalgasının modüle edilmesiyle mümkün olur. GSM sistemlerinde mobil telefonlar ve baz istasyonları arasında karşılıklı iletişim olması gerektiği için baz istasyonu ve mobil telefon arasındaki uzaklık arttıkça iletişimin sağlanabilmesi için, hem kulenin hem de mobil telefonların çıkış güçlerinin artırılması gerekir. İletişimin hücre sel yapı kullanılmadan şehir dışına kurulan bir kule ile sağlanacağı bir yapıda, kuleye yakın mesafede ve kuleye uzak olan telefonlarda çok yüksek elektromanyetik alan seviyeleri oluşur. Mobil telefonlar için 900 MHz’de en yüksek çıkış gücü 2W, 1800 MHz’de ise 1 W’tır.

900 MHz ‘de çalışan cep telefonları açık durumda (konuşma anı) yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 7.4’ teki gibidir:

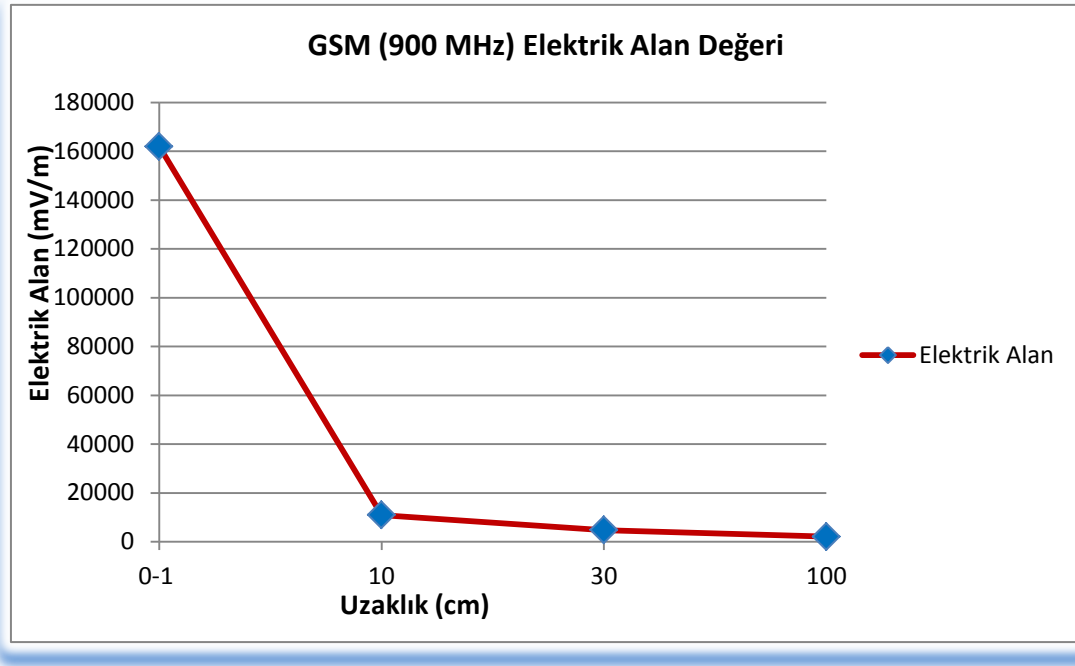


Şekil 7.8. 900 MHz 'de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçümü

Çizelge 7.4. 900 MHz 'de konuşma anında cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Cep telefonuna olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	445,3 mV/m
10 cm	44,20 mV/m
30 cm	20,77 mV/m
1 m	6,151 mV/m
Asansör	2,828 V/m
Uyku modu	3,286 mV/m

Ayrıca Ek-3'te yapılan ölçümler ayrıntılı olarak verilmektedir.



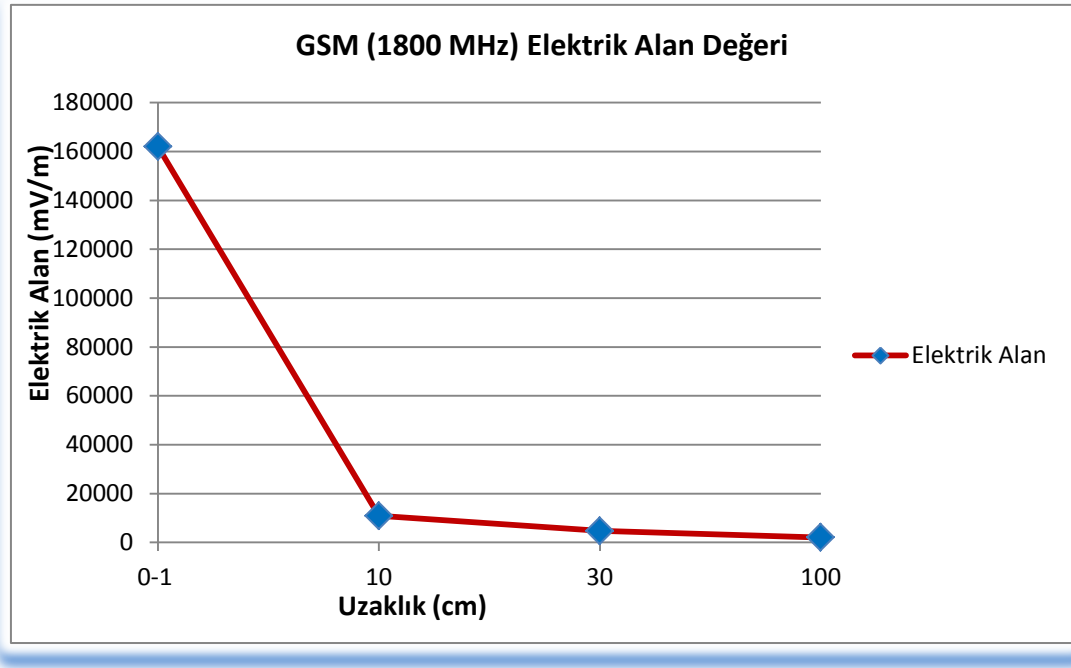
Şekil 7.9. Uzaklığa bağlı olarak 900 MHz için elektrik alan değişimi

Ek-4'te 1800 MHz'de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 7.5. 1800 MHz 'de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Cep telefonuna olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	239,5 mV/m
10 cm	25,40 mV/m
30 cm	10,80 mV/m
1 m	5,077 mV/m
Asansör	646,5 mV/m
Uyku modu	1,623 mV/m





Şekil 7.10. Uzaklığa bağlı olarak 1800 MHz için elektrik alan değeri

Şekil 7.9 ve Şekil 7.10 ' da görüldüğü üzere mesafe azaldıkça cep telefonunun oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır.

Cep telefonunun zararlı etkilerini azaltmak için;

- Cep telefonu kullanan kişiden birkaç metre uzakta durulmalıdır.
- Bağlantı sırasında en yüksek güçle çalışması nedeniyle numarayı tuşladıktan sonra bağlantı kurulurken telefon uzak tutulmalıdır.
- Araba, tren, asansör gibi çekim gücünün zayıf olduğu yerlerde sürekli yeni bir istasyonla bağlantı kurması gerektiği için emisyonu yine yükselmektedir. Bu tür alanlarda konuşma yapılmaması ya da kısa süreli konuşma yapılması gerekmektedir.
- Kapalı alanlarda pencereye yakın konuşulmalıdır.
- Telefonla konuşma modunda değilse kapalı tutulmaya çalışılmalıdır. Çünkü düzenli olarak cep telefonu baz istasyonlarıyla bağlantı kurmaya çalıştığı için elektromanyetik alan yaymaya devam eder.
- Harici antenli modelleri tercih edilmelidir.
- Mümkün olduğu kadar cepte taşınmamalıdır. Ancak taşınması gerekiyorsa anteni dışa gelecek şekilde taşınması gerekir.

- En düşük SAR değerli cep telefonunu tercih edilmelidir.
- Cep telefonu ile konuşurken kulaklık kullanılmalıdır.
- Cep telefonu ile çocuklardan uzak yerlerde konuşulmalıdır.
- Cep telefonlarının arama sırasında baştan ve vücuttan uzak tutulmasını sağlayan "hands free" (eller serbest) özelliğinin aktif hale getirilmeli ve aramaların sayısı ve süresi azaltılmalıdır. Ayrıca hep aynı kulakla konuşulmamalıdır.

#### **7.2.4. Üçüncü nesil (3G - 3rd generation)**

3G iletişim teknolojisinde yeni bir sistemdir ve Avrupa'da UMTS olarak da bilinmektedir. Yaklaşık 1900 ile 2200 MHz frekans aralığında çalışmaktadır. Günümüzde artık cep telefonları sadece ses iletişimi için kullanılmamaktadır. Daha çok video oyunları, elektronik posta ile iletişim, internet araştırması, video konferansı, yüksek hızda veri transferi veya müzik indirme gibi aktiviteler için kullanılmaktadır. Ayrıca 3G, 384Kbits/s 'den 2 Mbits/s 'ye kadar yüksek veri aktarım hızına sahiptir. Global 3G ile kablosuz iletişim standardı olan IMT-2000, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin 3G standardı ile uyumlaştırılmıştır [45].

GSM, mobil haberleşme sistemlerinin ikinci nesli (2G) olarak kabul edilen hücreli 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 [46]. Günümüzde iletişim teknolojisinde internetin gelişimi ile kullanıcıların, gezgin şebekeler üzerinden veri haberleşmesine olan talepleri hızla artmaktadır. Buna karşılık mevcut gezgin şebekelere tahsis edilen spektrum ve veri sıkıştırma teknikleri istenilen talebi tatmin edici şekilde karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Özellikle görüntülü haberleşmenin gelecek haberleşme sistemlerinde önemli bir trafik kaynağı haline gelmektedir. Üçüncü nesil haberleşme şebekeleri yüksek hızda çoklu ortam ve ses iletimi amacıyla tasarlanmıştır. Bu haberleşme şebekelerinin ana hedefleri, yüksek kalitede ses ve görüntü ile küresel kapsamadır. Bu sayede, kullanıcılar dünya üzerinde her

yerde otomatik olarak bir telsiz sistem tarafından algılanarak kesintisiz ve kaliteli haberleşme imkânı bulabileceklerdir.

3G'li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 7.6' daki verilmektedir.

Çizelge 7.6. 3G'li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

3G'li Cep Telefonuna Olan Uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	13,94 V/m
10 cm	1,564 V/m
30 cm	706,80 mV/m
1 m	282,1 mV/m
Kapalı	22,17 mV/m

Ayrıca Ek-5'te yapılan ölçümler ayrıntılı olarak verilmektedir.



Şekil 7.11. Uzaklığa bağlı olarak 3G'li cep telefonu için elektrik alan değişimi

Şekil 7.11' de görüldüğü gibi uzaklık azaldıkça maruziyet artmaktadır. Cep telefonu ile konuşulurken 3G kapalı tutulmalıdır. Ayrıca 3G kullanılmadığı sürece kapalı tutulmalıdır.

### 7.2.5. Mikrodalga fırın

Mikrodalga fırın, Avrupa'da evlerde %90 oranda kullanıldığı gibi Türkiye'de gün geçtikçe büyüyen alıcı bir kitle tarafından keşfedilmektedir. İlk mikrodalga fırın 1947 yılında 1,6 kW gücünde yapılmıştır. Mikrodalga fırınların çoğu 2.450 MHz'de çalışır ancak bazı

ülkelerde 915 MHz'de de kullanılmaktadır. Genel olarak 500 -1100 W arasında değişen yüksek gücünden dolayı mikrodalga fırınlar, potansiyel olarak zararlıdır. Günümüzde mikrodalga fırınlar sıkı uluslararası onaylı ürün standardında belirlenen şartları karşılamak için tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu standartlarda; 5 cm mesafede radyasyon kaçacağını, 50 W/m<sup>2</sup>'nin çok altında olacak şekilde, azaltmak ve kapısı açıldığında mikrodalga güç üretimine engel olmaktır.

Ayrıca kapı açık olduğu zaman, mikrodalga gücü kapatan iki bağımsız emniyet şalterleri ile yapılmaktadır. Kapı kenarlarında kapı tasarımı görünür ağır mekanik hasar oluştuğunda bile aşırı mikrodalga radyasyon sızıntısını önlemektedir.

Fırının içerisinde yer alan magnetron adı verilen bir tüp içinde mikrodalga üretilir. Mikrodalgalar yemeğın piştiği metal iç kısımda yansıtılır. Mikrodalgalar yemeğın içindeki su moleküllerini titreştirerek yemeği pişirir. Bu sebeple taze sebzeler gibi yüksek su içerikli besinler diğer besinlere göre çabuk pişer. Isı doğrudan gıda içerisinde oluşmasına rağmen yemekler dışardan başlayarak olarak ısınmaz. Kalın yemekler pişirildiklerinde öncelikle dış tabaka ısınır. Normal fırınlara göre çok daha kısa sürede ısıtır [47].

Mikrodalgalar ile ışınlamada sıcaklık oluşumunun çok dengesiz bir şekilde olduğu görülmektedir. Bu durumda besinlerin bazı bölgeleri normalin üzerinde enerji absorbederek yüksek bir ısı derecesine ulaşmakta ve hatta bazı yerleri de yanmaktadır. Bu durum 'hot spots' olarak da isimlendirilmektedir. Bunu önlemek için mikrodalga fırınlarda jeneratörden çıkan ışınların fırın içerisinde dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlayan dalga karıştırıcısı veya dağıtıcısı bulunmaktadır [48]. Bütün mikrodalga fırınlarda kapağı açıldığında, acilen mikrodalga yaymayı kesecek bir sistem bulunmaktadır. Ancak çoğu zaman kapak etrafında kaçak oluşmaktadır.

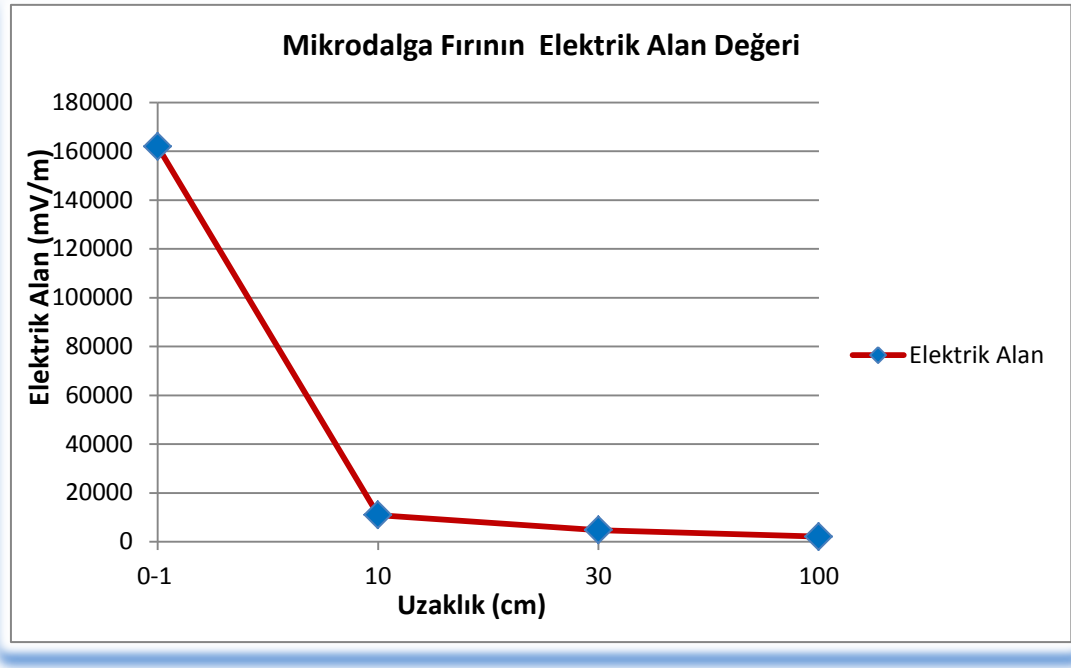


Şekil 7.12. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik ölçüm

Şekil 7.12’de Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik alan ölçümleri görülmekte olup ölçüm sonuçları Çizelge 7.7’ de verilmektedir. Ayrıca Ek-6’da yapılan ölçümler ayrıntılı olarak verilmektedir.

Çizelge 7.7. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Mikrodalga Fırına Olan Uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	162,0 V/m
10 cm	10,92 V/m
30 cm	4,754 V/m
1 m	2,070 V/m
Kapalı	8,548 mV/m



Şekil 7.13. Uzaklığa bağlı olarak mikrodalga fırın için elektrik alan değişimi

Şekil 7.13' te görüldüğü üzere mesafe azaldıkça mikrodalga fırının oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Dolayısıyla;

- Mikrodalga fırın mümkünse kullanılmamalıdır.
- Mikrodalga fırının dış yüzeyi aşınmamış olmalıdır.
- Mikrodalga fırının kapağı tam olarak kapanmalı ve rahatça açılmalıdır.
- Mikrodalga fırının için temiz olmalıdır ve kapağın kenarlarında yanmış yemek ya da diğer maddeler bulunmamalıdır.
- Mikrodalga fırın çalıştığı zaman çocukların baş hizasında olmamalıdır 1.40 cm 'in üzerinde olmalıdır. İnsanların en az geçtiği yere konmalıdır.
- Mikrodalga fırının bulunduğu yerin arka duvarı yatak odası olarak kullanılmamalıdır.
- Her yıl mikrodalga fırınların sızıntıları kontrol edilmelidir.
- Mikrodalga fırın çalıştırıldığında mümkünse mutfaktan çıkılmalıdır.

### 7.3. Ankara’da Bir Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçümü Sonuçları

Bu tez çalışması kapsamında Ankara ‘da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, gündüz ve akşam saatlerinde ayrı ayrı yapılmış olup sonuçlar Çizelge7.8’ de verilmiştir.

Çizelge 7.8. Ölçüm yapılan okulun bölümlerinde elde edilen ölçüm sonuçları

	Ölçüm yapılan yer	Ölçüm sonucu	
		Gündüz	Akşam
1-	Bekleme Odası	159,6mV/m	13,75 mV/m
2-	Bahçe	384,3 mV/m	12,50 mV/m
3-	Elektrik Tesisat Odası	2,103 V/m	13,10 mV/m
4-	Müdür yardımcısı odası	61,63 V/m	455,7 mV/m
5-	Konferans Salonu	14,63 V/m	14,37 mV/m
6-	Kreş	329,1 mV/m	16,56 mV/m
7-	Kreş (5 adet Cep Telefonu aktif iken)	11,66 V/m	15,24 mV/m
8-	Ana sınıfı	615,0 mV/m	13,93 mV/m
9-	1.sınıf	72,65 mV/m	17,35 mV/m
10-	2. sınıf	35,01 mV/m	2,334 mV/m
11-	3. sınıf	16,23 mV/m	12,57 mV/m
12-	4. sınıf	57,99 mV/m	17,43 mV/m
13-	5. sınıf	33,66 mV/m	17,41 mV/m
14-	6. sınıf	193,7 mV/m	14,64 mV/m
15-	7.sınıf	79,70 mV/m	13,17 mV/m
16-	8. sınıf	173,9 mV/m	26,7 mV/m
17-	Tenefüste Öğretmenler Odası	17,31 V/m	49,75 mV/m
18-	Tenefüste Sınıf	18,19 V/m	53,33 mV/m
19-	Yemekhane	4,59 V/m	85,80 mV/m
20-	Müdür Odası	36,37 V/m	361,6 mV/m





## 8. TARTIŞMA

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimi ile birlikte yerkürenin doğal elektromanyetik alanına hızla artan şekilde insanlar tarafından meydana gelen yapay elektromanyetik alanların eklenmesi ile insanlar geçmişe göre çok daha fazla elektromanyetik alana maruz kalmaktadır. Bu maruziyetin sebep olacağı sağlık etkilerinin ise uzun yıllar sonra ortaya çıkması beklenirken, olumsuz sağlık etkilerine ilişkin yapılan çalışmalar ve araştırmaların ortaya çıkardığı kanıtlar da gün geçtikçe artmaktadır. Diğer yandan sınır değerlerin altında olumsuz sağlık etkilerinin olmayacağını gösteren çalışmalar da karışıklığa neden olmaktadır. Ancak elektromanyetik alan maruziyetinin özellikle çocuklardaki kanser riskini arttırdığını ve yetişkinlerde de sağlık sorunlarına yol açabileceğini gösteren çalışmalar da her geçen gün artmaktadır.

Maalesef elektromanyetik alanlar beş duyu organı ile algılanamamakta olup, yapılan ölçümler eşliğinde maruziyet belirlenebilmektedir. Yapılan bu ölçümler ise her ülkenin kendi belirlediği insan sağlığına zarar vermeyeceği düşünülen sınır değerlere göre değerlendirilir. Bu durumda limit değerinin altında çıkan ölçüm sonuçlarının insan sağlığına zarar vermeyeceği kabul edilmektedir. Bu çalışmada da açıklandığı gibi sınır değerler vücut sıcaklığını yaklaşık 1°C arttıran elektromanyetik enerjinin zararlı ve 0,1°C artışın ise zararsız olduğu kabul edilerek belirlenmiştir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere bu sadece ısı etkisini değerlendirmekte, biyolojik, kimyasal ve psikolojik gibi diğer etmenleri göz ardı etmektedir. Bu etkilere yönelik ise henüz bir düzenleme yapılmamıştır. Türkiye’de Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, uluslararası kabul gören ICNRP standartlarının en üst seviyesine göre belirlediği limit değerlerinin baz alındığı 21.04.2011 tarih ve 27312 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarında Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” i uygulamaktadır. Ancak İsveç, İtalya Avusturya gibi ülkeler bu sınır değerleri yüksek görerek çok daha düşük değerleri kendi ülkeleri için benimsemiştir.

Günümüzde sağlık bilimleri ve bu alanda kullanılan teknoloji hızla ilerlemekte, ayrıca bu teknolojinin kullanımı da hızla artmaktadır. Sağlık alanında kullanılan teknoloji hem hizmeti sağlayanları, hem de hizmetten yararlananları etkilemektedir. Elektromanyetik

alanların (EMA), çalışanların sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak, ilgili kişileri ve kurumları konudan haberdar etmek gerekir. Bir üniversite hastanesinin elektromanyetik alan haritasını çıkarmak ve hastanede elektromanyetik alan bulunan yerlerde çalışanların sağlık durumlarını belirlemek amacıyla 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen çalışma bu duruma örnek olarak gösterilebilir (4).

G.S. Şen tarafından ise helikopterlerde sistem içi girişim ve uyumluluğu belirlemek için "Modifikasyon Sonrası Sistem Seviyesi EMC Testleri" gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin esas amacı, platforma yeni entegre edilecek sistemlerin kendi aralarında ve var olan sistemler ile uyumlu çalışması ve uçuş güvenliğini sağlama hususlarında kontrol edilmesidir. Bu amaçla; yeni entegre edilecek sistemlerden helikopter üzerindeki uçuş/güvenlik kritik sistemlere EMI kaynaklı herhangi bir tehdidin bulunmaması, helikopterde var olan sistemlerin, yeni entegre edilecek sistemlerin güvenliğini tehlikeye sokmaması gerekir (42).

Nihat Arslantaş'ın tez çalışması ile Ankara ili Çankaya ilçesi sınırları içerisindeki mevcut Hücresel Sistemler, Radyo-TV Vericileri ve diğer kaynaklardan yayılan EM Dalgaların, bu bölge içerisinde kalan sağlık kuruluşları ile okul öncesi, ilk ve ortaöğretim kurumlarında oluşturduğu EMA şiddeti değerleri belirlenmiştir (6).

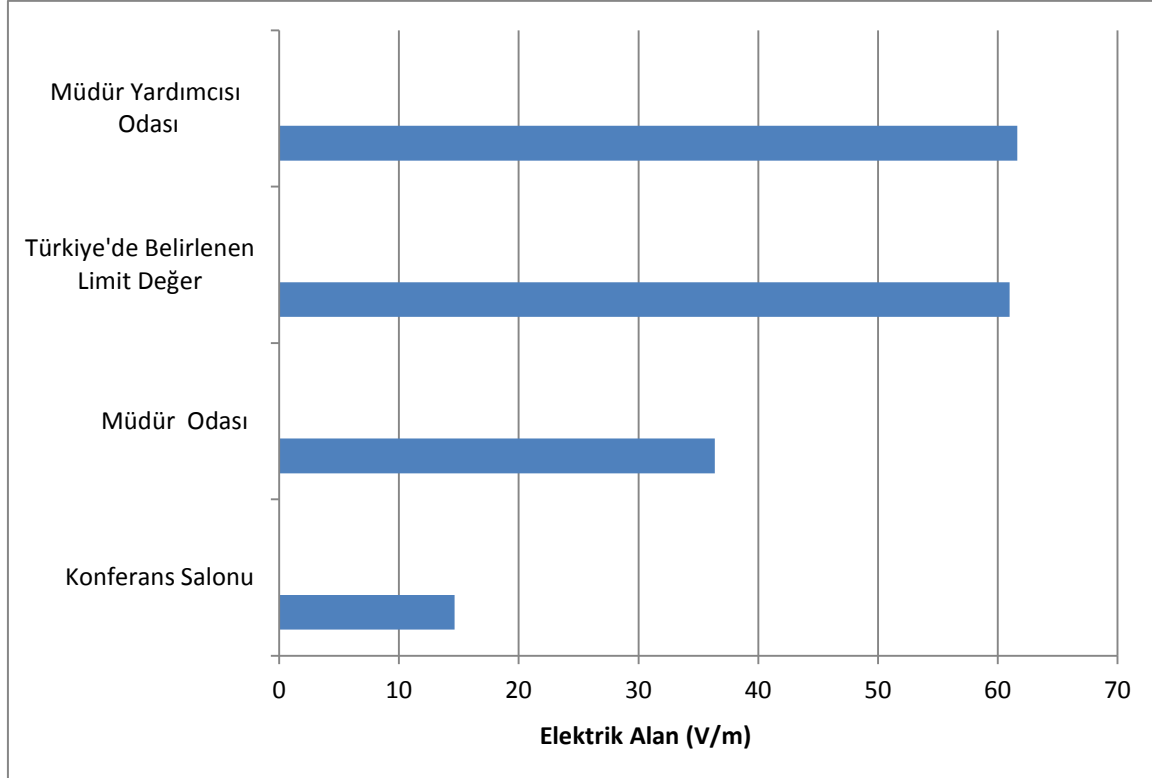
Ankara ilinde radyo ve TV vericileri ile baz istasyonlarının bulunduğu bölgelerde 100 kHz - 3 GHz frekans bölgesinde çalışan EMR 300 cihazıyla ölçümleri ise Tolga İnce tarafından yapılmış ve Ankara ili üzerinde oluşan ortam hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Ölçümler sonucunda radyo ve TV vericilerinin yoğun olarak bulunduğu bölgelerde elektromanyetik alan değerleri normal yaşam alanlarında ölçülen değerlerden yüksek çıkmıştır. Fakat bu alanlarda yaşayan birçok kişinin olması, nasıl bir ortamda yaşadıkları bilgisine sahip olup olmadıkları sorusunu akla getirmektedir. Çevremizdeki elektromanyetik kirlilik hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olan bir program da teze eklenmiştir (5).

Elektromanyetik alan maruziyetinden doğan olumsuz sağlık etkilerini belirlemek ve bu etkinin doğrudan elektromanyetik alanlarla ilgili olduğunu söylemek çok güçtür. Ancak, böyle bir olumsuz etkinin var olabileceği gelecek kuşakları tehdit etmektedir. Geç olmadan önlem ilkesi doğrultusunda elektromanyetik alan maruziyeti konusunda korunma önlemleri acilen alınmalıdır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar ve kablosuz internete farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan ölçümler limit değerlerin altındadır, ancak mikrodalga fırınlarda 0-1 cm mesafede yapılan ölçümde elektromanyetik alan şiddeti 162 V/m çıkmıştır. Türkiye de 2000- 60000 MHz frekans aralığında belirlenen tek bir cihaz başına düşen limit değer 15 V/m’dir. Görüldüğü üzere mikrodalga fırından elde edilen ölçüm değeri limit değerlere kıyasla oldukça yüksektir.

Ankara ‘da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, elde edilen sonuçlar itibariyle bu hassas bölgenin yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğunu tespit edilmiştir. Bekleme odası, bahçe, kreş, ana sınıfı, 1.sınıf, 2. sınıf, 3. sınıf, 4. sınıf, 5.sınıf, 6. sınıf, 7. sınıf, 8. sınıfta yapılan ölçümler mV seviyelerindedir ve sınır değerlerinin altındadır. Tenefüste öğretmenler odası ve sınıfın elektromanyetik alan değerinin yaklaşık 17 V/m olmasının nedeni ise cep telefonu, 3G, WLAN gibi elektromanyetik alan kaynaklarının aktif olarak birçok kişi tarafından kullanılmasıdır. Yemekhanede yapılan elektromanyetik alan ölçüm değerinin 4, 59 V/m çıkmasının nedeni ise mikrodalga fırının çalışması olarak tespit edilmiştir. Konferans salonunda ise yaklaşık 150 kişilik katılımın olduğu bir seminer esnasında ölçüm yapılmıştır. Bu esnada birçok kişinin cep telefonu, 3G gibi bazı elektromanyetik alan kaynakları aktiftir ve konferans salonunun ses ve görüntü sistemleri çalışır vaziyettedir. Ancak Çizelge 9.1’ de görüldüğü gibi müdür yardımcısı odasında ölçülen 61, 63V/m, Türkiye’de ortam için belirlenen limit değerden daha yüksektir. Bunun nedeni, odada bulunan WLAN, DECT, Radyo, TV, 2 adet dizüstü bilgisayar, tablet, tasarruflu ampuller, 3G yayın yapan akıllı telefonlar, fotokopi makinası, hoparlör sistemi, alarm sistemi, kamera sistemi, masaüstü bilgisayar, fax makinaları, POS cihazları gibi elektromanyetik alan kaynaklarıdır.



Çizelge 9.1. Bir okulda ölçüm yapılan bazı yerlerin Türkiye’de belirlenen limit değerler ile kıyaslanması

Günlük yaşamda bulunulan ortamlarda ister istemez çeşitli kaynaklardan dolayı elektromanyetik alan maruziyeti olmaktadır. Bu maruziyette önemli olan tek bir cihazdan kaynaklı maruziyet değil, ortamın toplam elektromanyetik değerinden kaynaklanan maruziyettir. Ortamın toplam maruziyeti birden fazla baz istasyonu, cep telefonu, kablosuz telefon, Bluetooth, kablosuz internet, Wifi, radyo/TV vericileri, radarlar, mikrodalga fırın gibi radyo frekans bandında çalışan elektromanyetik alan yayan sistemler etkisiyle artırılabilir. Türkiye bu konuda ICNRP’nin limit değerlerini kabul etmiştir. Ancak Türkiye’de tek bir cihaz başına düşen sınır değeri düşük olsa da ortamın toplam elektromanyetik limit değeri çoğu gelişmiş ülkeye göre çok yüksektir.

Ayrıca okul binaları içerisinde bulunan 100 kHz ile 3 GHz frekans bandında çalışan RF dalgalarını ortamda oluşturan cihazlar öğretmenler, öğrenciler ve diğer çalışanlar açısından olumsuz sağlık risklerine sebep olabilir. Özellikle çocuklar küçük vücut yapıları nedeniyle çevresel toksinlerden büyüklere göre daha çok etkilenirler. Bu durum ayrıca velileri de endişelendirmektedir. Okullarda bulunan WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, mikrodalga gibi RF frekans bandında çalışan cihazlar elektromanyetik alan kaynaklarıdır.

İsviçre ve İtalya gibi bazı gelişmiş ülkelerde hastane, ev, kreş, oyun parkı, ve okul gibi alanları hassas kullanım mekanları olarak tanımlanmıştır. Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi GSM frekanslı EMR için ayrıca özel limitler uygulamaktadırlar. Örneğin; İtalya' da sokak ve caddeler gibi geçiş noktalarında 20V/m sınır değerini uygularken, hassas kullanım alanlarında ise 6 V/m limitini belirlemiştir. İsviçre'de ise tek bir GSM için 6 V/m, birden fazla GSM için ise daha da düşürülerek 5V/m sınırını uygulamaktadır. ELF frekanslı yüksek gerilim hatları ve trafolardan yayılan elektromanyetik sınır değerleri ise İsviçre'de 1  $\mu$ T olarak uygulanırken Türkiye'de 200  $\mu$ T olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de de en azından okul, hastane, huzurevi gibi yerler hassas bölge olarak tanımlanmalı ve bu alanlarda kabul edilen limit değerler düşürülmelidir. Esas olarak, elektromanyetik alandan korunmanın yolu elektromanyetik alanın kaynağında yok edilmesidir. Ancak bu mümkün değil ise kaynağı sınırlanmalı ya da kaynaktan olabildiğince uzak durulmalıdır.



## KAYNAKLAR

1. Palamutçu, S., Dağ, N. (200). Fonksiyonel Tekstiller 1: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 87-101.
2. Bilgi Teknolojileri Kurumu. (2010). *Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyeti Raporu*. Ankara: Bilgi Teknolojileri Kurumu, 12-13.
3. İnternet: Biltek Tübitak (Haziran, 2001) Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Vol. 1. URL: <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf> , Son Erişim Tarihi: 20.06.2014.
4. Yaman, E. (2011). *Hastane Ortamında Elektromanyetik Alan Etkilerinin Ölçüm Yoluyla Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 19-20.
5. İnce, T. (2007). *Elektromanyetik Kirlilik*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 13-67.
6. Bilgi Teknolojileri Kurumu. (2012). *Elektromanyetik Alan (EA) Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi* Ankara: Bilgi Teknolojileri Kurumu, 9-56.
7. Balıkcı, K., (2004). *Elektromanyetik Dalgaların İnsan Sağlığına Etkilerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılan Deneylerde Kullanılacak Düzenekler İçin Gereksinimler ve Hazırlama Aşamaları*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 23-45.
8. Grunner, O., (1980). Intermittent Electromagnetic Field and Their Effect on Awareness and Headache . *Fysiatr Revmatol Vestn*, 26(3), 25-27.
9. İnternet: World Health Organization (Mayıs 1993) Electromagnetic Fields 300 Hz – 300 GHz, Environmental Health, Vol 3. URL: [http://www.who.int/pehemf/research/health\\_risk\\_assess/en/index2.html](http://www.who.int/pehemf/research/health_risk_assess/en/index2.html) , Son Erişim Tarihi: 15.03.2014.
10. İnternet: World Health Organization (Nisan 2012) Clinical and Consumer Radiation Hazards, Radiation Protection, Vol 8 URL: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/clini/ultraso/indexeng> , Son Erişim Tarihi: 16.02.2014.
11. İnternet: Elektrik Mühendisleri Odası (Ocak 2001) Elektromanyetik Alanın Etkileri, Vol 5 URL: [http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf) , Son Erişim Tarihi: 30.04.2014.
12. Düzgün, S., (2009) *Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 4-12.
13. Washburn, E.P., Orza, M.J., Berlin, J.A., Nicholson, W.J., Todd, A.C., Frumkin, H., Chalmers, T.C. (1994). Residential proximity to electricity transmission and

- distribution equipment and risk of childhood leukemia, childhood lymphoma, and childhood nervous system tumors: systematic review, evaluation, and meta-analysis. *Cancer Causes Control*, 43(8), 299-309.
14. İnternet: National Institute of Environmental Sciences (Kasım 1998) Elektromanyetik Alanın Etkileri, Vol 5 URL: [http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf) , Son Erişim Tarihi: 28.02.2014.
  15. Farm, G. (2006). *The Swedish National Electrical Safety Board Statue Book*.(1).Stockholm/Sweden: Elsak-Fs,24-26.
  16. Prata,S. (1993). *EMF Handbook* (5) Melbourne/Canada: Waite Group, 37-39.
  17. Reiter, R.J. (1993). Static and Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Exposure: *J Cellbiochem*, 6(11), 394-403.
  18. Franco, G., Perduri, R., Murolo, A. (2008). Health effects of occupational exposure to static magnetic fields used in magnetic resonance imaging. *A Review*, 21(2), 16-28.
  19. Kheifets, L., Ahlbom, A., Johansen, C., Feychting, M., Sahl, J., Savitz, D. (2007). Extremely low-frequency magnetic fields and heart disease. *Scand J Work Environ Health*, 8 (5), 5-12 .
  20. Nordström, S., Birke, E., Gustavsson, L. (1983). Reproductive hazards among workers at high voltage substations, *Bioelectromagnetics*, 12(2) 91-101 .
  21. Elhasoğlu, D. (2006). *Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 7-11 .
  22. Frey, A., (1994). On the nature of elektromagnetic field interactions with biological systems *Medical Intelligence Unit*, 5(12). 32.
  23. Frank, A.L., Slesin, N., (1988). Nonionising radiation, Maxcy-Rosenau-Last, Public Health and Preventive Medicine, *Wallace*, 2(4), 526-535.
  24. Li, D.K., Odouli, R., Wi, S., Janevic, T., Golditch, I., Bracken, T.D., Senior, R., Rankin, R., Iriye, R., (2002). A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage, *Epidemiology*, 4(7) 9-20.
  25. Windham, G.C., Osorio, A.M., (2004). Female Reproductive Toxicology, Current Occupational and Environmental Medicine (3), USA *Lange Medical Boks*, 397-413.
  26. World Health Organisation. (2007). *Electromagnetic Fields and Public Health, Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields*. Geneva: World Health Organisation, 322-323.
  27. Ivancsits, S., A Pilger, A., (2005). Cell type-specific genotoxic effects of intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields, *Mut Res*, 4(3), 184-188.

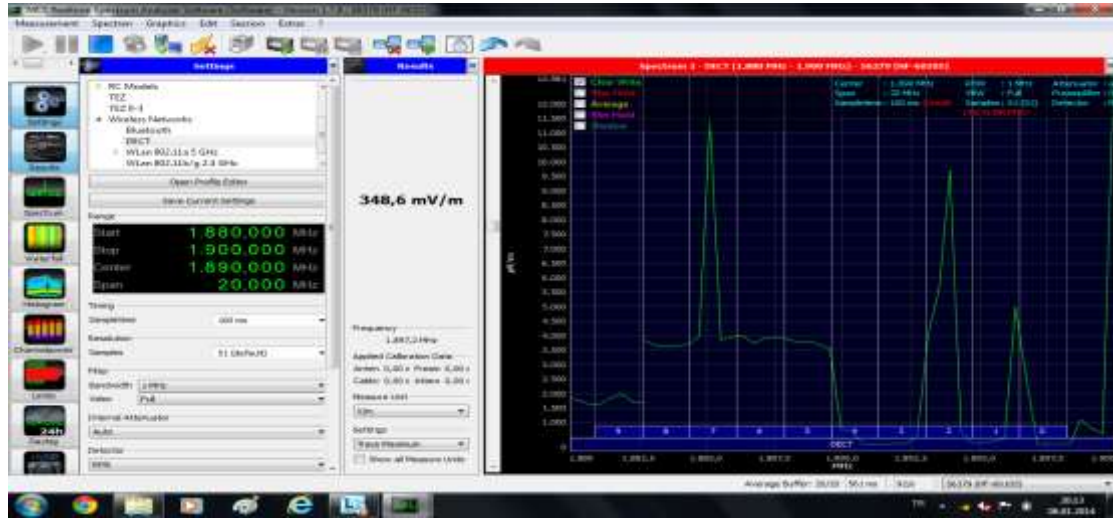


28. Wolf, F., Torsello, A., (2005). 50 Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of are dox mechanism, *Biochim Biophy Acta*, 7(2), 120-129.
29. Sobel, E., Davanipour, Z., Sulkava, R., Erkinjuntti, T., Wikstrom, J.,Henderson, V.W., Buckwalter, G., Bowman, J.D. and Lee, P.J., (1996). Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for Alzheimer's disease, *Neurology*, 47(2) 1477-1481.
30. Hakansson, N., Gustavsoon, (2003). F., Neurodegenerative disease in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields, *Occupational Environment Medicine.*, 59(2), 481-486.
31. Qiu, C., Fratiglioni, L.,(2004). Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease, *Epidemiol*, 4(3), 687-694.
32. Van, Wijngaarden, E., Savitz, D., A., (2000). Exposure to electromagnetic fieldsa nd suicide among electric utility workers: a nested case-control study, *Occupational Environment Medicine*, 57(3), 258-263.
33. Podd, J., Abbott, J., (2002). "Brief exposure to a 50 Hz, 100 mT magnetic field, *Bioelectromagnetic*, 23(1), 189-195.
34. Maccà, I., Scapellato, M.L., Perini, M., Virgili, A., Saia, B., Bartolucci,G.B., (2002). Occupational exposure to electromagnetic fields in physiotherapy departments, *G Ital Med Lav Ergon*, 12(3), 444-446.
35. Lai, H.,Singh, N.P.,(2004). Magnetic field induced DNA strand breaks in brain cells of the rat, *Environ Health Perspect*, 3(4), 687-694.
36. Bilgi Teknolojileri Kurumu. (2011). *Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik*. Ankara: Bilgi Teknolojileri Kurumu, 1-13.
37. Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). *İyonlaştırıcı olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Tedbirlere İlişkin Yönetmelik*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı. 1-21.
38. World Health Organisation. (2012). *Report on EMF activities*. Genewa:World Health Organisation, 124-126.
39. İnternet: Australian communications and media authority, Vol 4 URL: [http://www.acma.gov.au/WEB/STANDARD/pc=PC\\_1786](http://www.acma.gov.au/WEB/STANDARD/pc=PC_1786), Son Erişim Tarihi: 18.03.2014.
40. İnternet: National institute for public health and the environment, Vol 2 URL: [http://ec.europa.eu/health/electromagneti\\_fields/docs/emf\\_comparison\\_policiesen.pdf](http://ec.europa.eu/health/electromagneti_fields/docs/emf_comparison_policiesen.pdf) , Son Erişim Tarihi: 07.02.2014.
41. Bilgi Teknolojileri Kurumu. (2009). *Avrupa ülkelerinde elektromanyetik alanlarla ilgili mevzuatlar ve uygulamalar raporu* Ankara: Bilgi Teknolojileri Kurumu, 22-67.

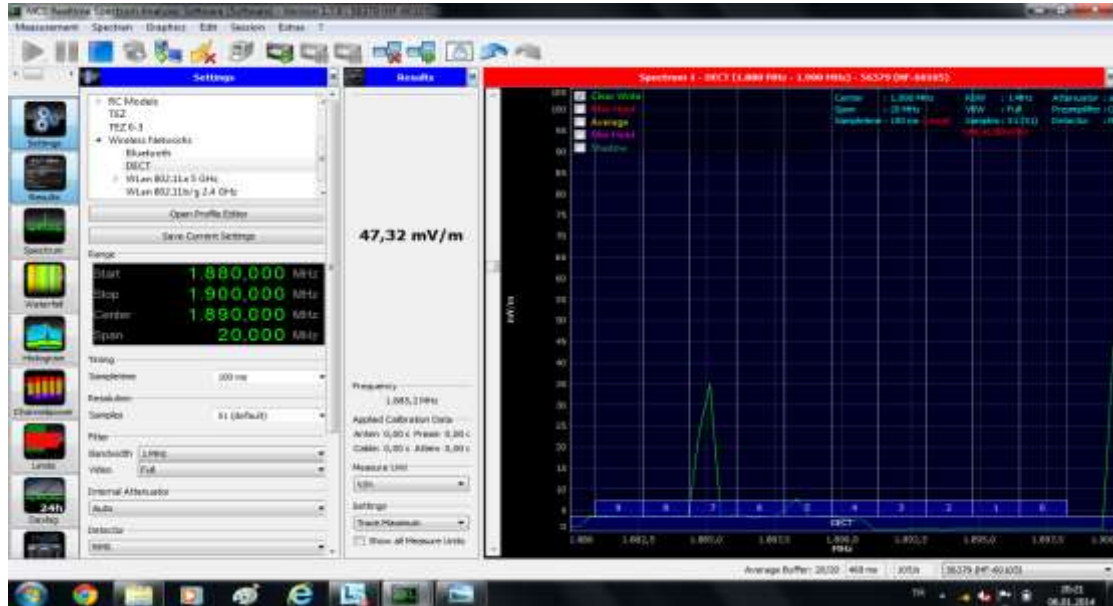
42. Şen, G., S. (2012). *Elektromanyetik Uyumluluk ve Döner Kanatlı Hava Araçları Üzerinde EMC Testleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 45-67.
43. İnternet: Spectran HF 60105, Vol 3 URL: <http://www.spectran.com> , Son Erişim Tarihi: 21.04.2014.
44. Yılmaz, H. (2007). *Kablosuz Yerel Ağlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alanın İşitme Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, 24-28.
45. İnternet: International Commission on Nonionizing Radiation Protection, Vol 5 URL: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf> , Son Erişim Tarihi: 09.03.2014.
46. Willey, S., (2005). Next Generation Mobile Systems 3G and Beyond (3), USA *ETOH Minoru*, 97-113.
47. İnternet: U.S. Food and Drug Administration, Vol 7 URL: <http://www.fda.gov/radiation-emitting-products/resourcesforoyouraditionemittingproducts/ucm252762.htm> , Son Erişim Tarihi: 24.03.2014.
48. Fidancı, U.R., Ayhan, A. (1993). Mikrodalga fırınlar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 50(1), 61-67.

**EKLER**

## EK-1. Telsiz Telefonlar İçin Elektromanyetik Alan Ölçümü

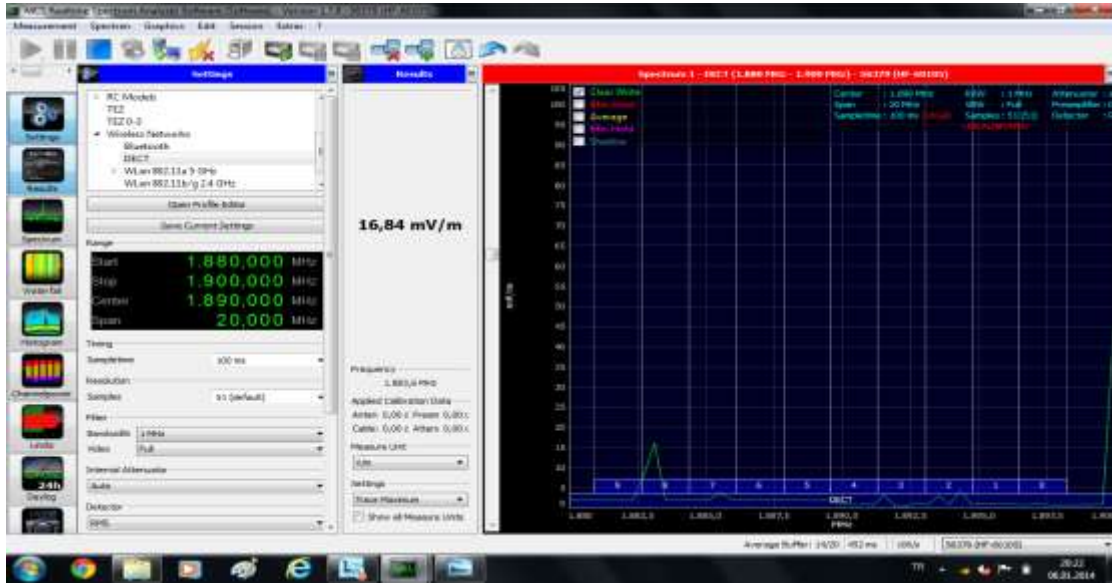


Resim 1.1. Telsiz telefondan 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

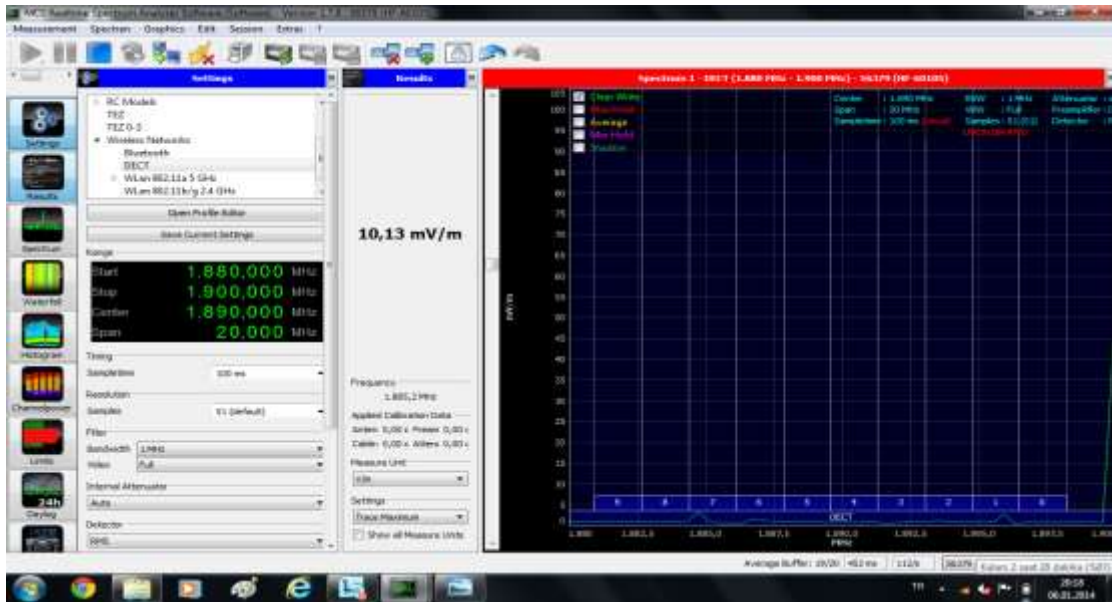


Resim 1.2. Telsiz telefondan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

## EK-1 (devam). Telsiz Telefonlar İçin Elektromanyetik Alan Ölçümü

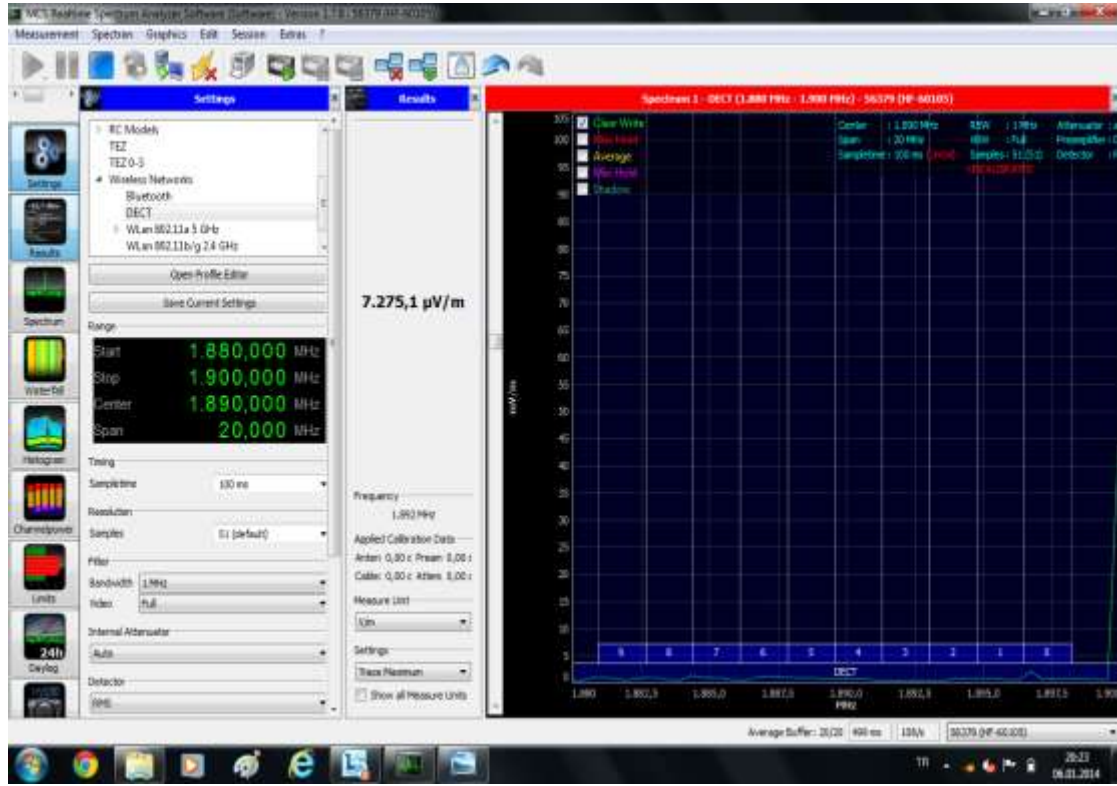


Resim 1.3. Telsiz telefondan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 1.4. Telsiz telefondan 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

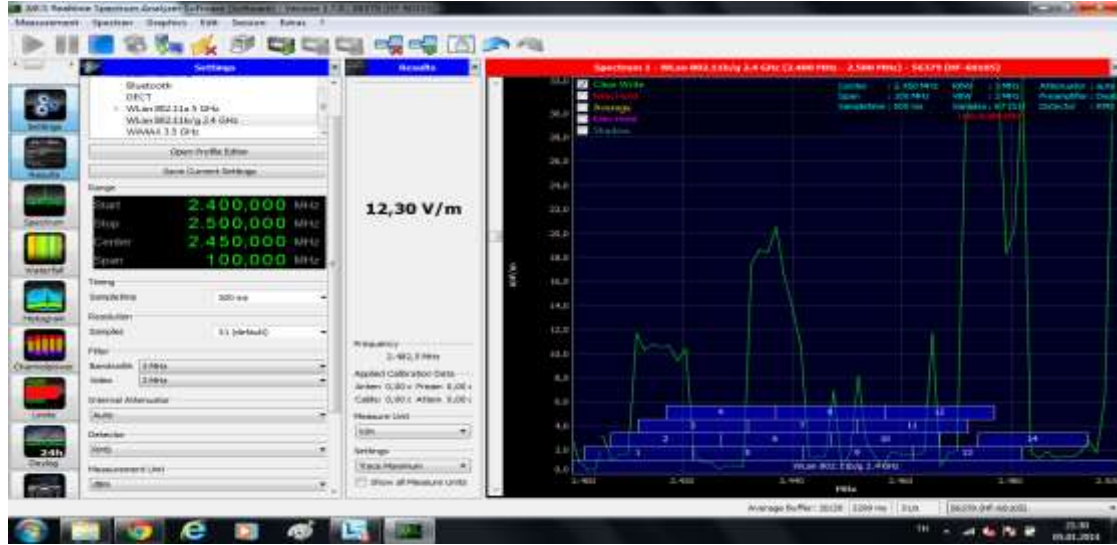
## EK-1 (devam). Telsiz Telefonlar İçin Elektromanyetik Alan Ölçümü



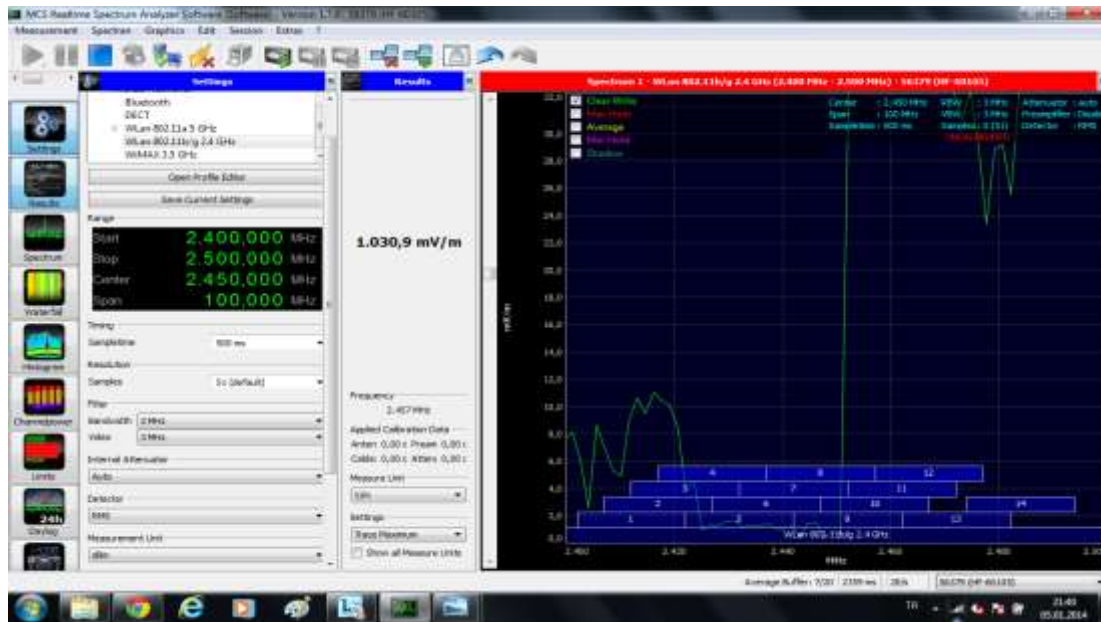
Resim 1.5. Telsiz telefon uyku modunda iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



## EK-2. Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri elektromanyetik alan ölçümü değeri

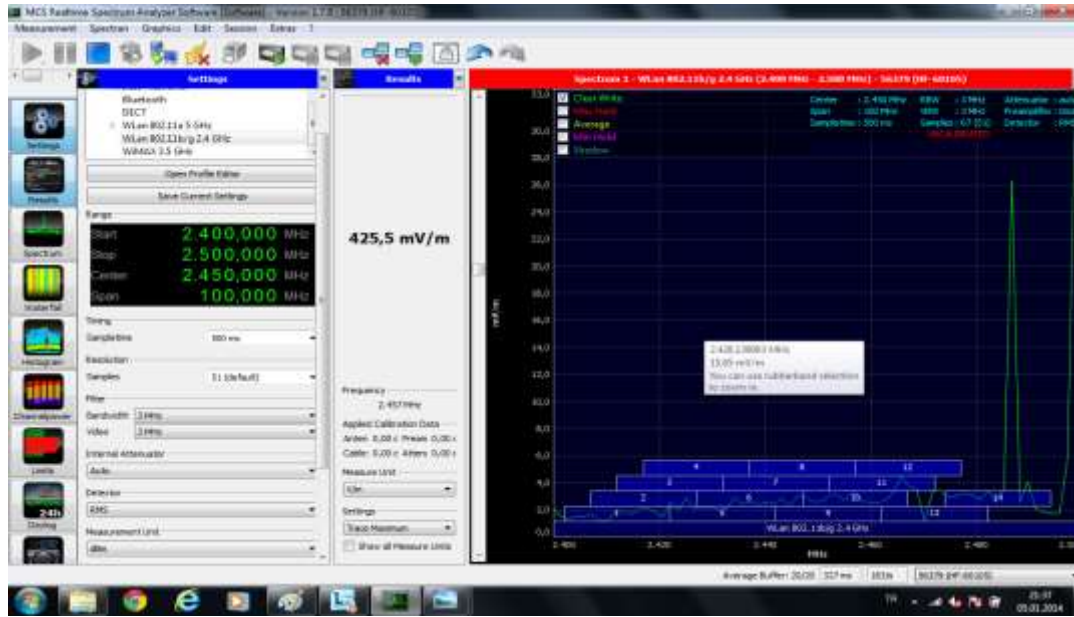


Resim 2.1. WLAN'dan 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

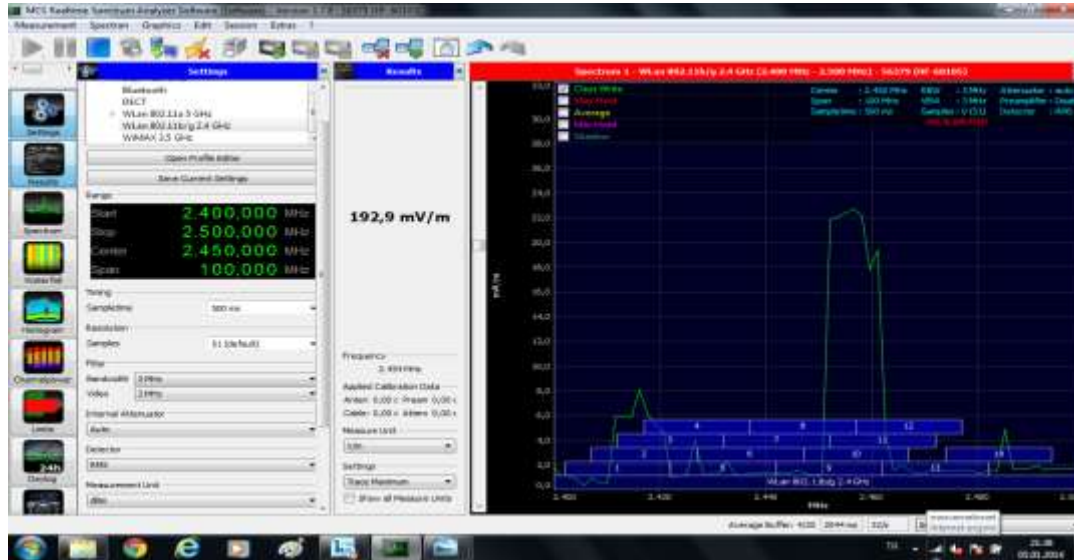


Resim 2.2. WLAN'dan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

EK-2 (devam). Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri elektromanyetik alan ölçümü değeri



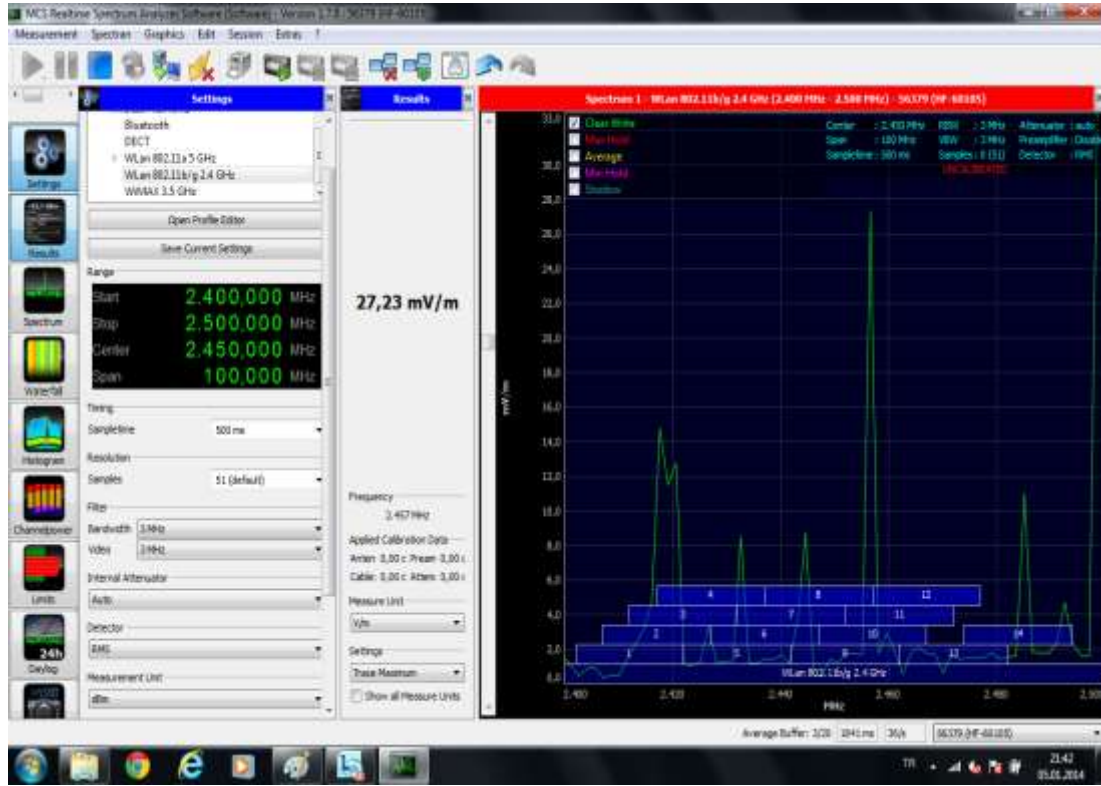
Resim 2.3. WLAN' dan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 2.4. WLAN' dan 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

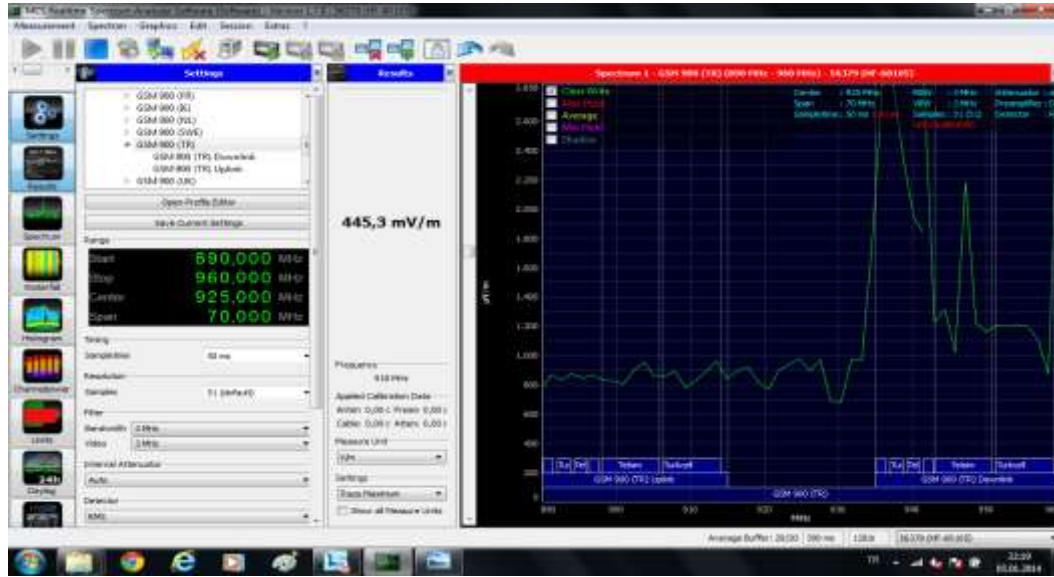


EK 2 (devam). Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri elektromanyetik alan ölçümü değeri

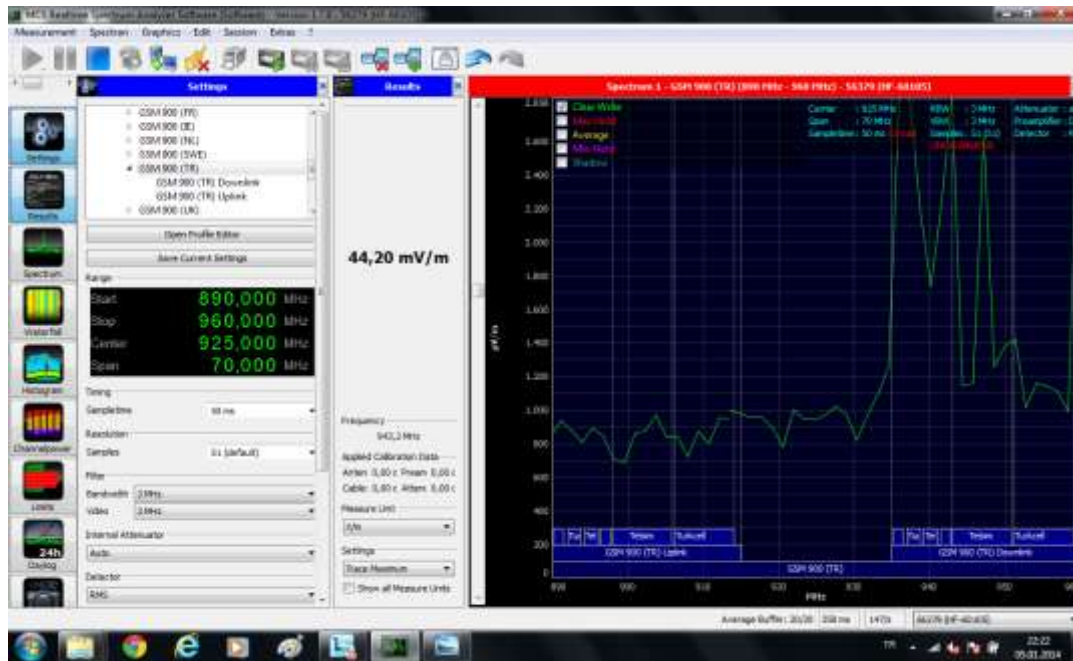


Resim 2.5. WLAN uyku modunda iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

### EK-3. Cep Telefonları (900 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

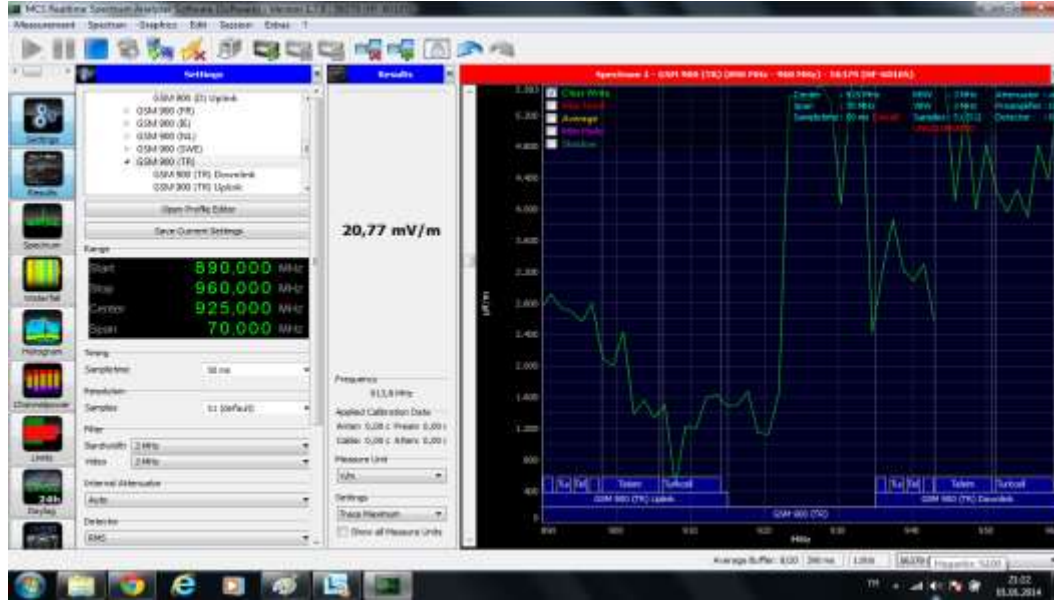


Resim 3.1. Cep telefonundan (900 MHz) 0- 1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

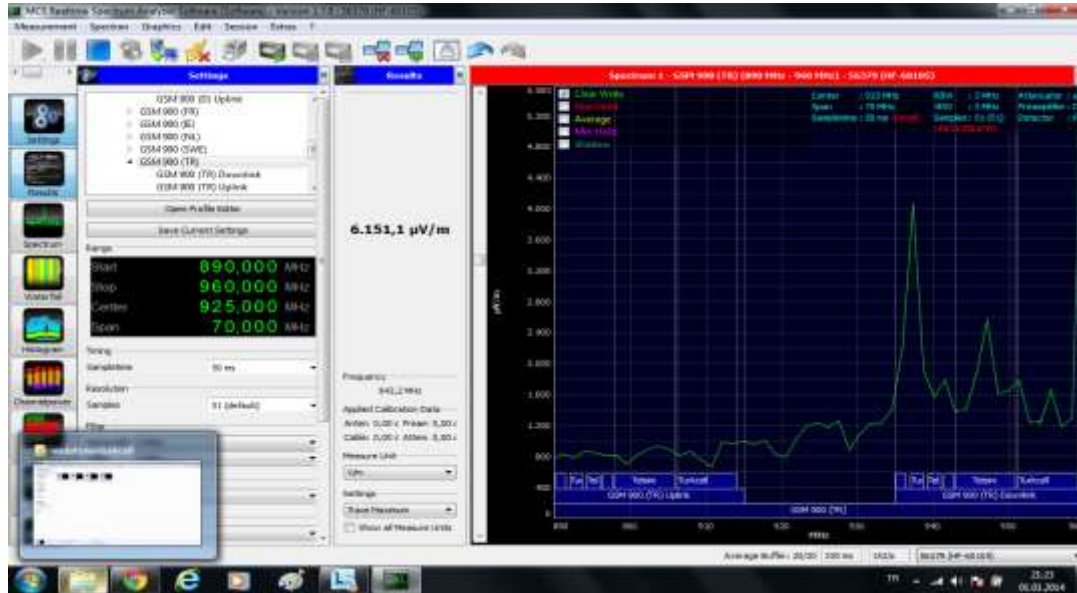


Resim 3.2. Cep telefonundan(900 MHz) 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

### EK 3 (devam). Cep Telefonları (900 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

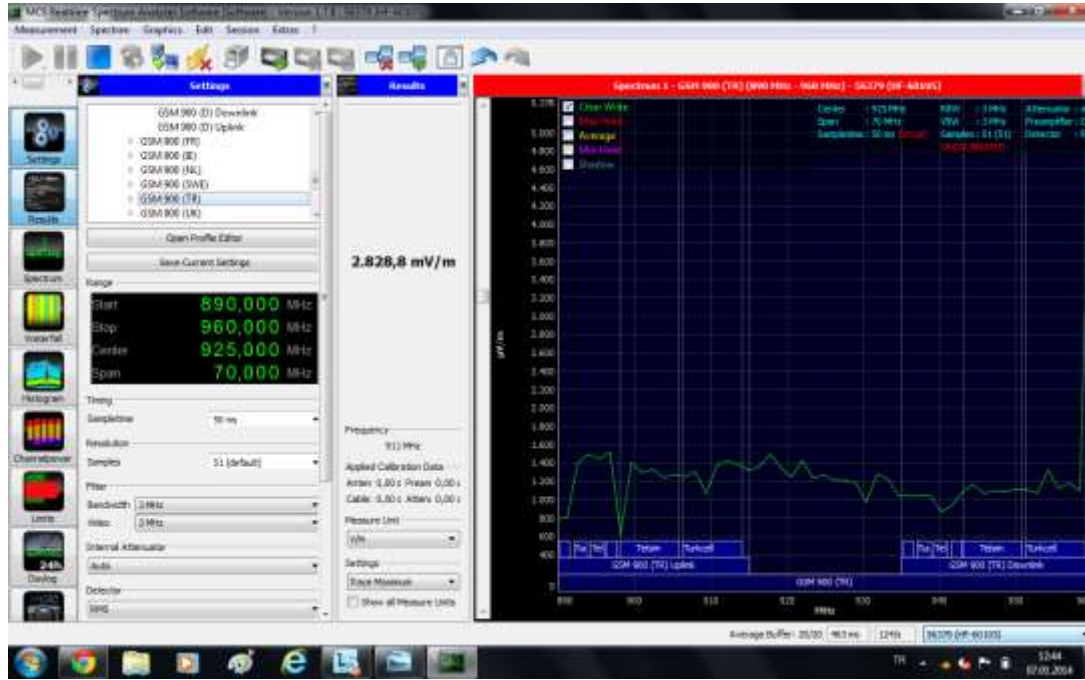


Resim 3.3. Cep telefonundan (900 MHz) 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 3.4. Cep telefonundan (900 MHz) 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

### EK 3 (devam). Cep Telefonları (900 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri



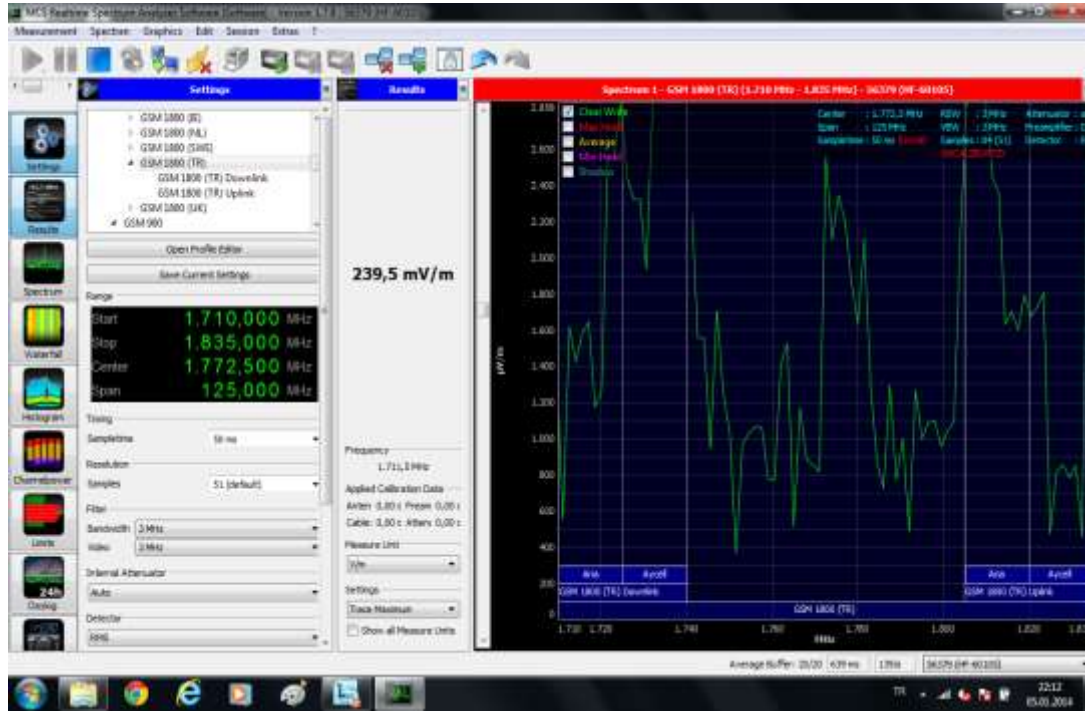
Resim 3.5. Asansörde çalışan cep telefonundan(900 MHz) elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



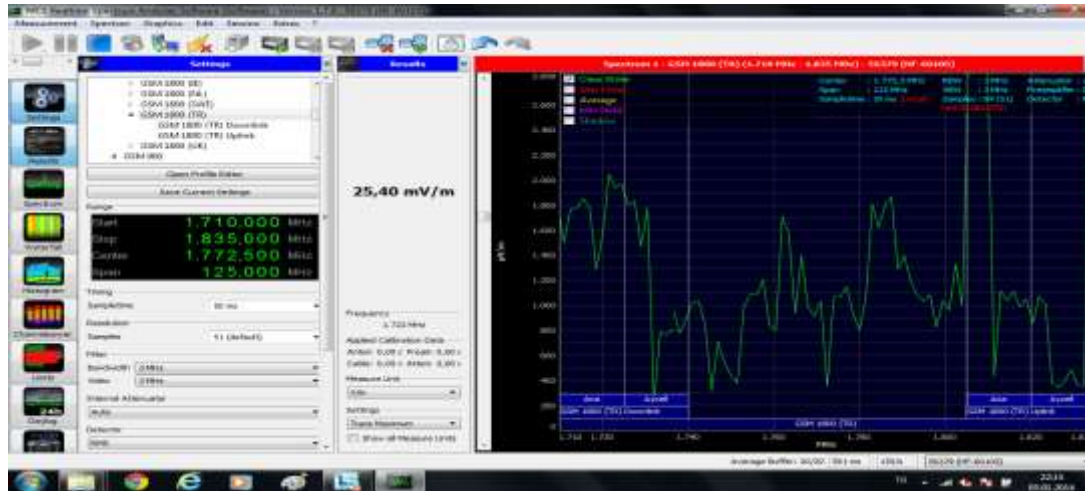
Resim 3.6. Uyku modunda çalışan cep telefonundan(900 MHz) elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



#### EK-4. Cep Telefonundan (1800 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

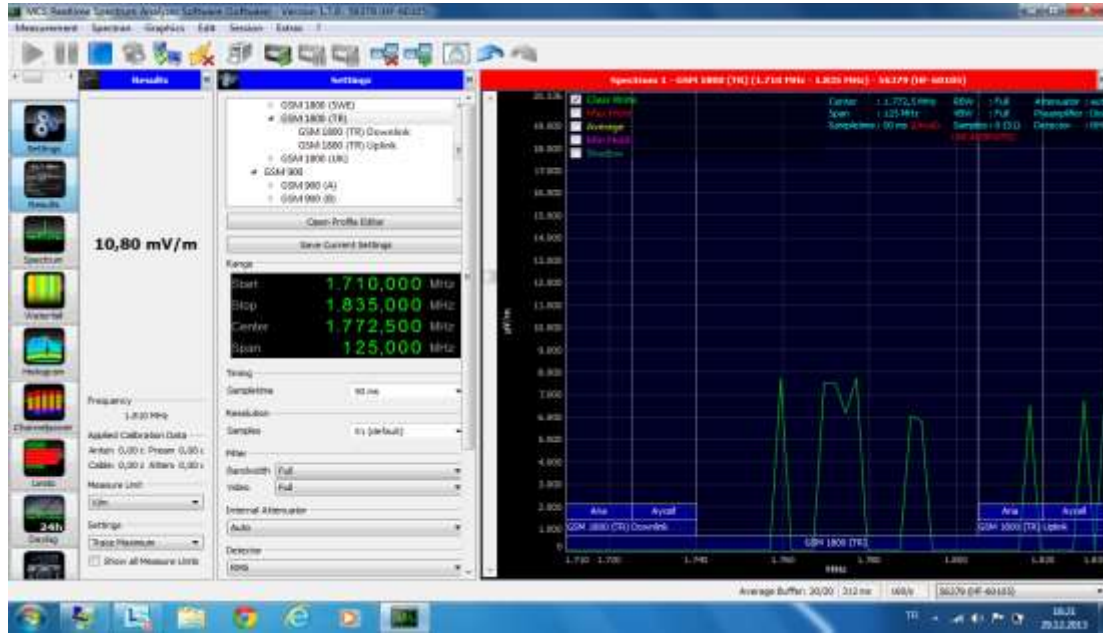


Resim 4.1. Cep telefonundan (1800 MHz) 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

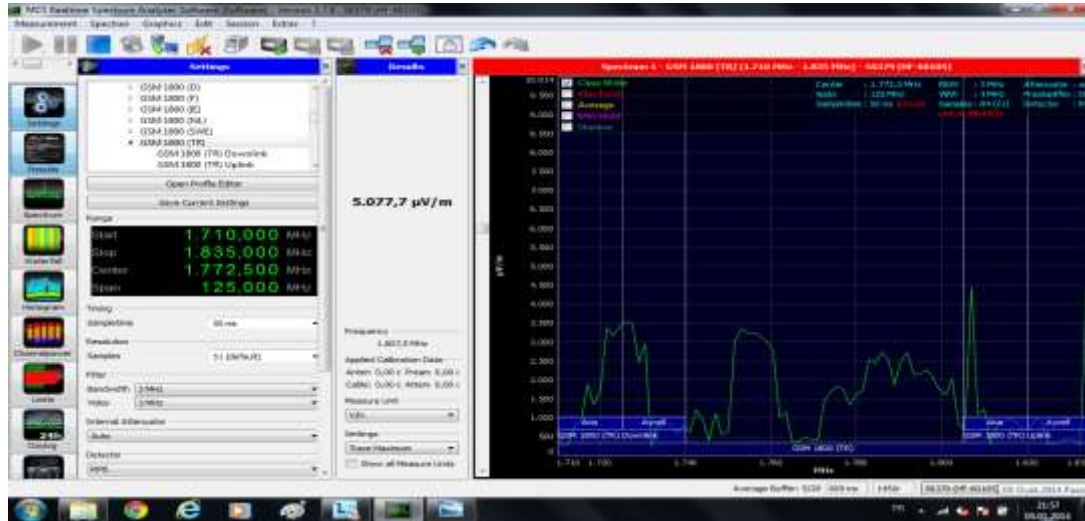


Resim 4.2. Cep telefonundan(1800 MHz) 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

EK-4 (devam). Cep Telefonundan (1800 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

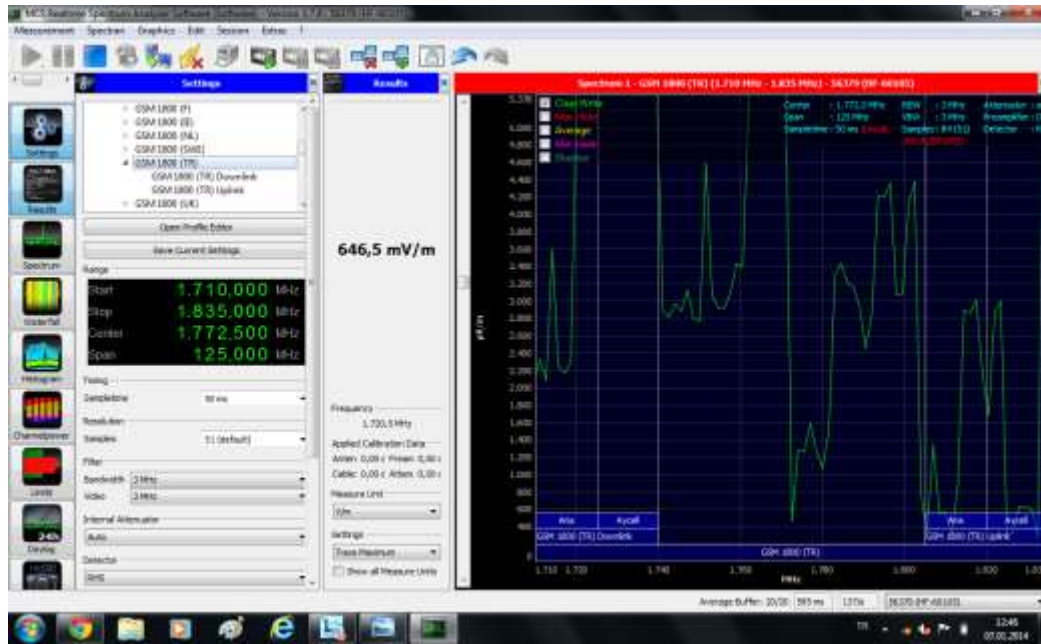


Resim 4.3. Cep telefonundan (1800 MHz) 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

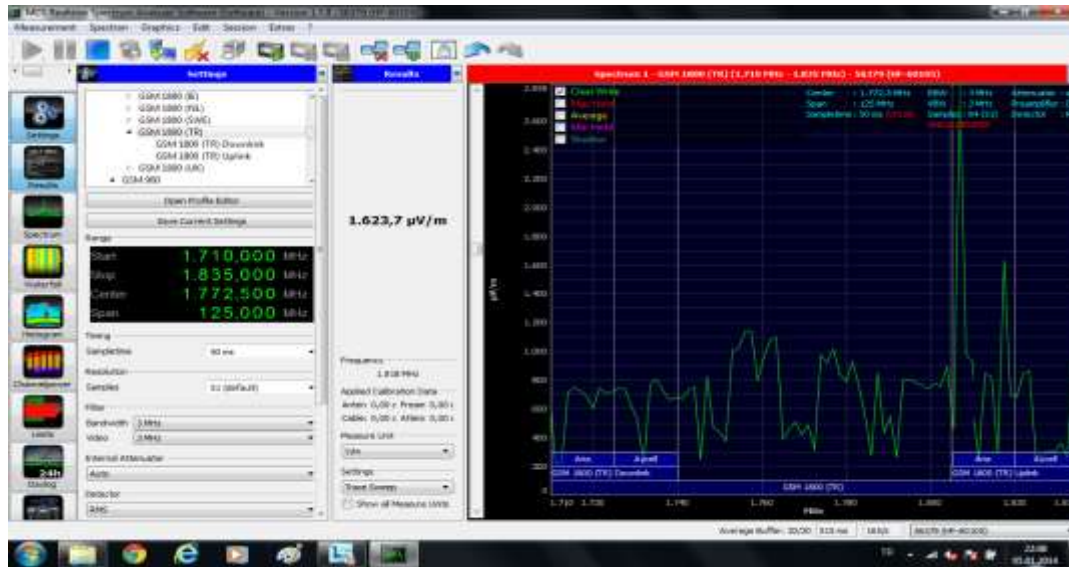


Resim 4.4. Cep telefonundan (1800 MHz) 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

#### EK-4 (devam). Cep Telefonundan(1800 Mhz) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri



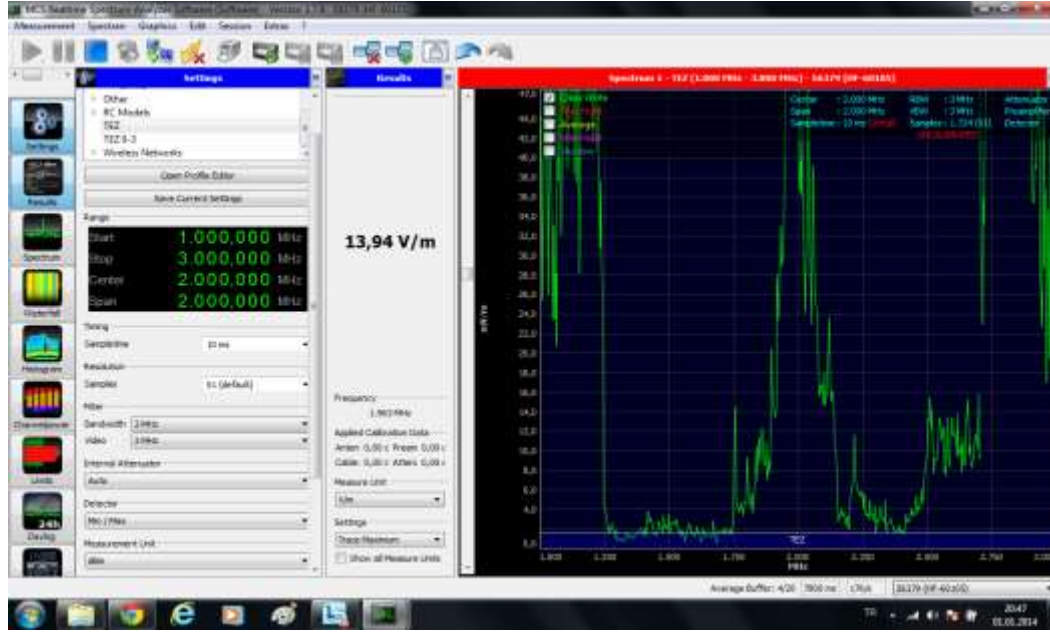
Resim 4.5. Asansörde çalışan cep telefonundan(1800 MHz) elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



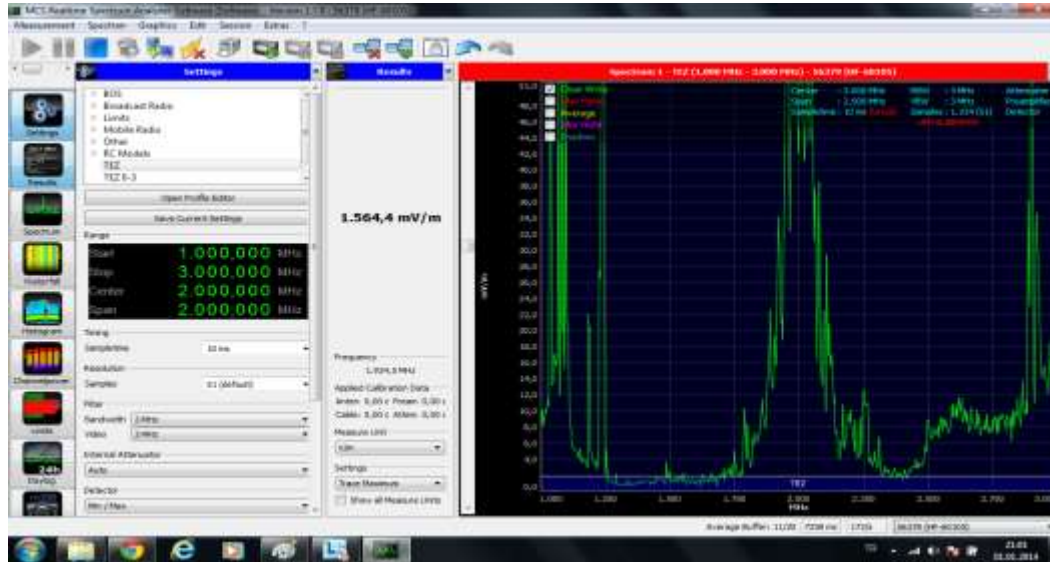
Resim 4.6. Cep telefonu uyku modundayken (1800 MHz) elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



### EK-5. 3G (3rd Generation) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri



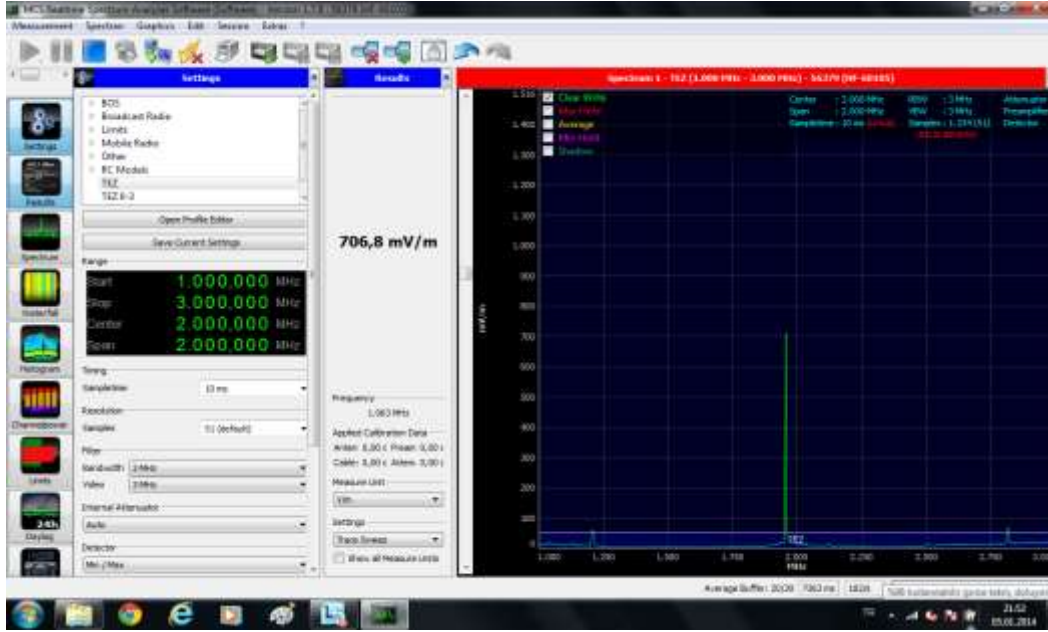
Resim 5.1. 3G'si açık cep telefonlarında 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



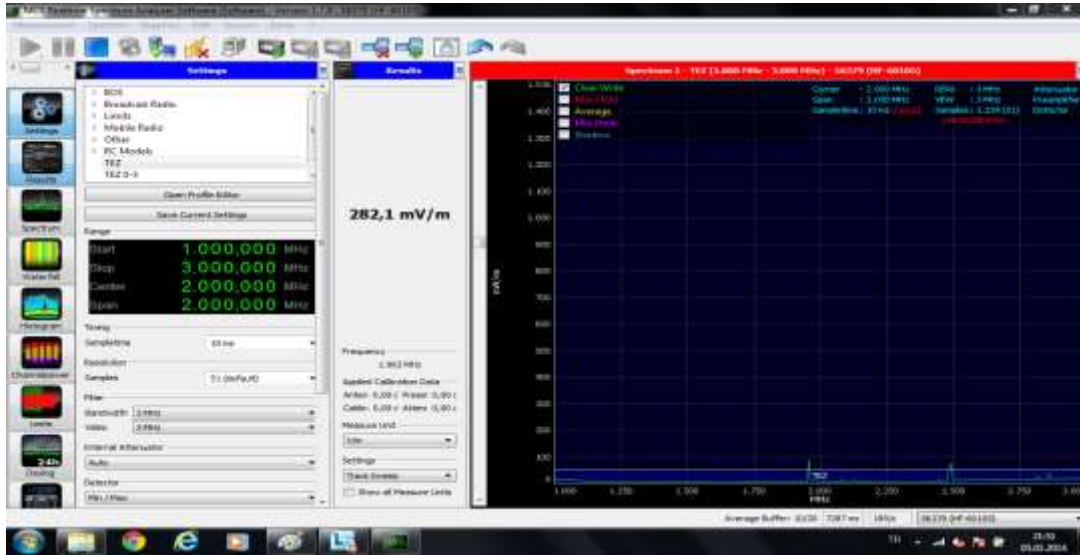
Resim 5.2. 3G'si açık cep telefonlarında 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



## Ek -5 (devam). 3G (3rd Generation) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

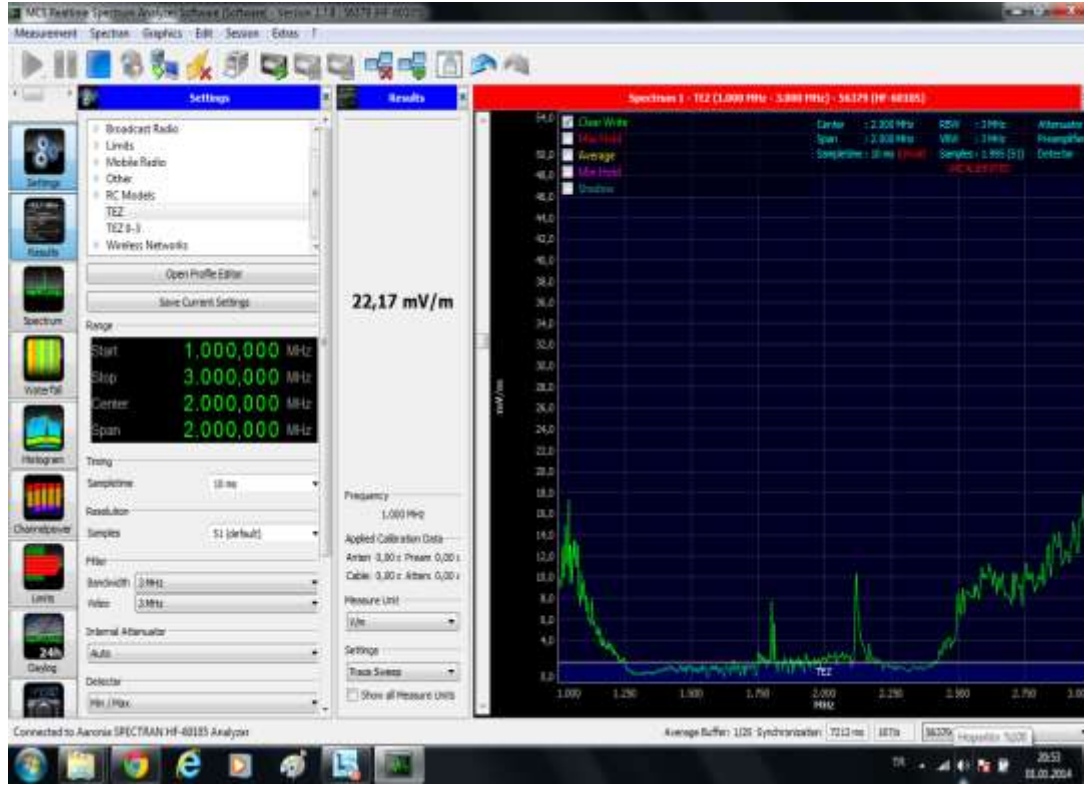


Resim 5.3. 3G'si açık cep telefonlarında 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



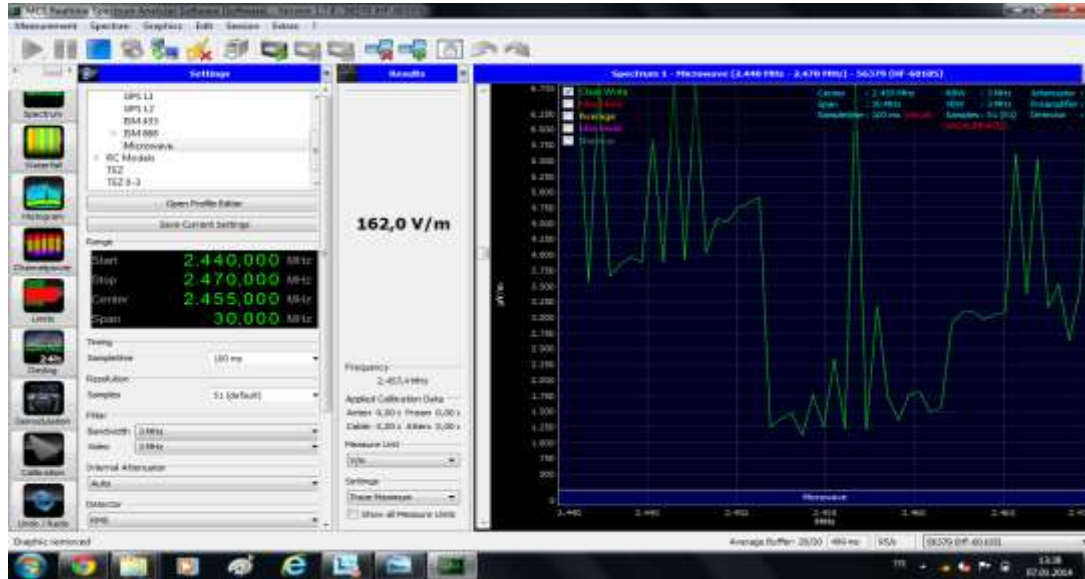
Resim 5.4. 3G'si açık cep telefonlarında 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

## Ek-5 (devam). 3G (3rd Generation) Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

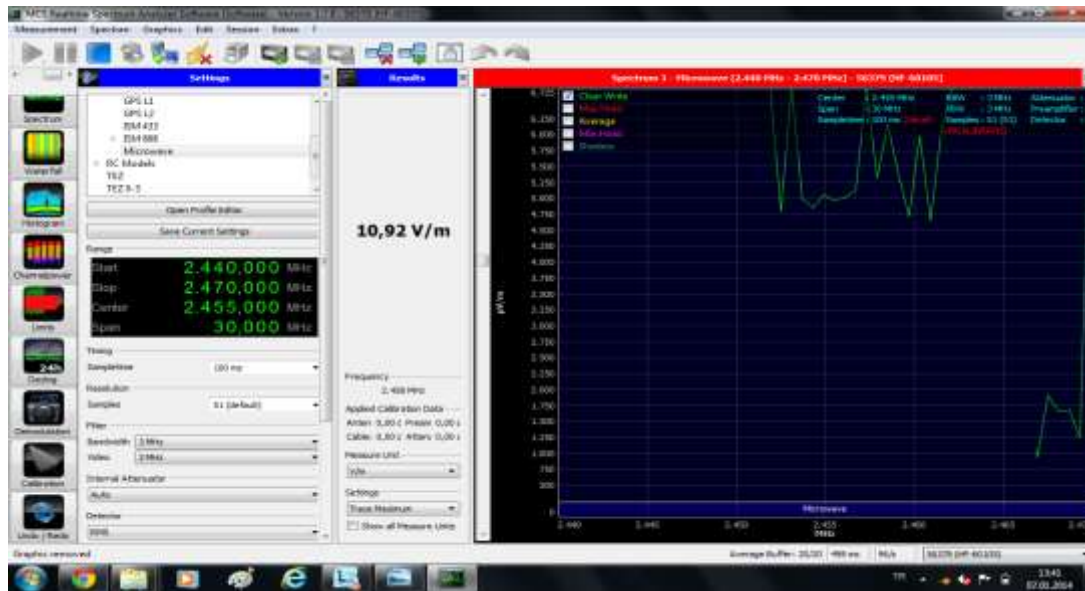


Resim 5.5. 3G'si kapalı cep telefonun bulunduğu ortamda elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

## EK-6. Mikrodalga Fırın Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

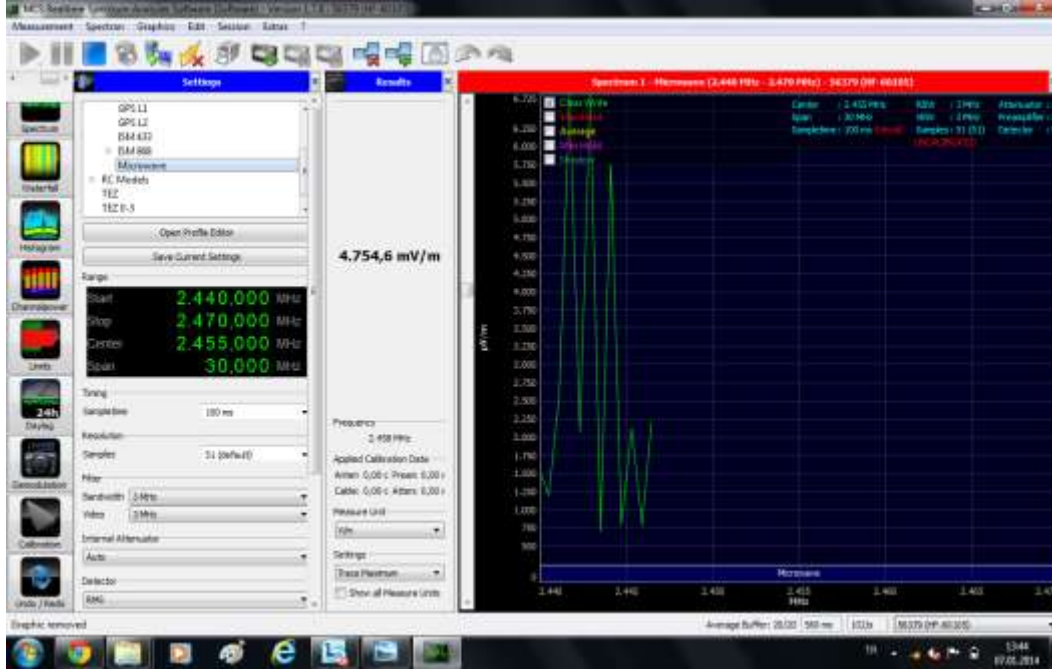


Resim 6.1. Mikrodalga fırından 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

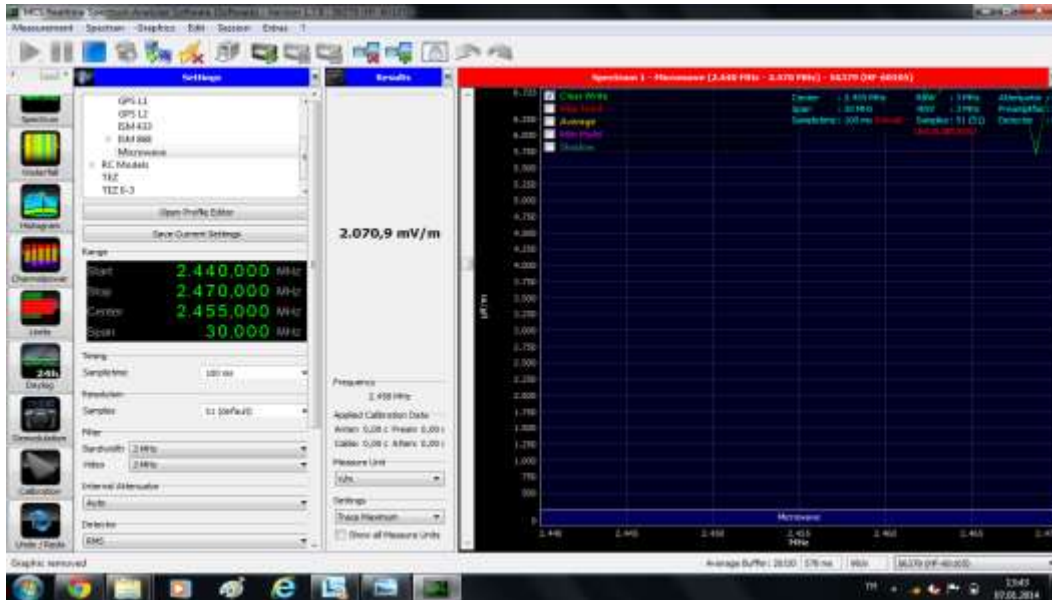


Resim 6.2. Mikrodalga fırından 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

## EK-6 (Devam). Mikrodalga Fırın Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri

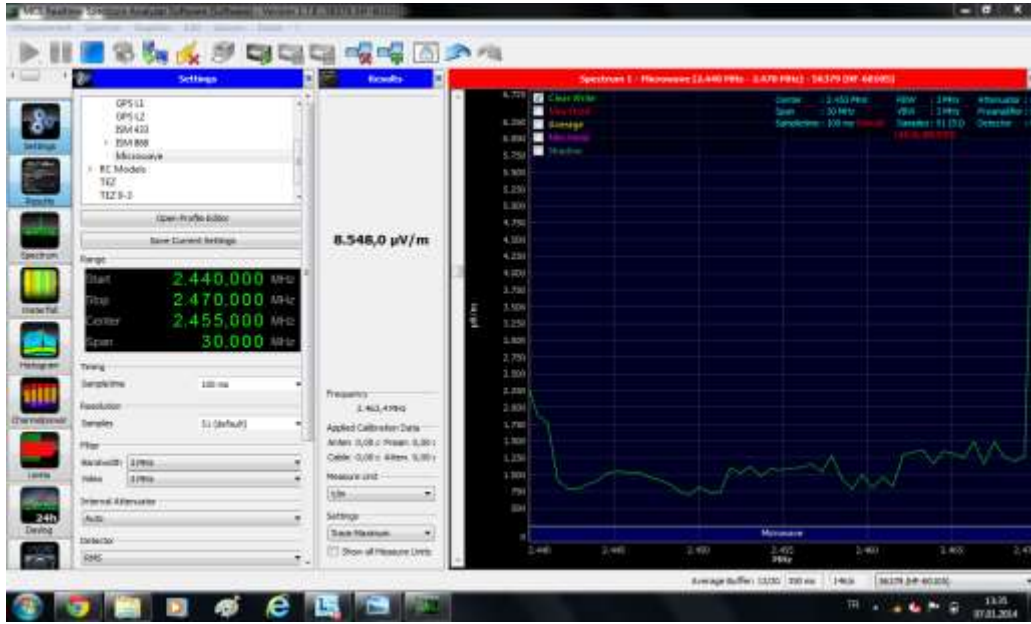


Resim 6.3. Mikrodalga fırından 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 6.4. Mikrodalga fırından 1m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

## EK-6 (devam). Mikrodalga Fırın Elektromanyetik Alan Ölçümü Değeri



Resim 6.5. Mikrodalga fırın kapalı iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

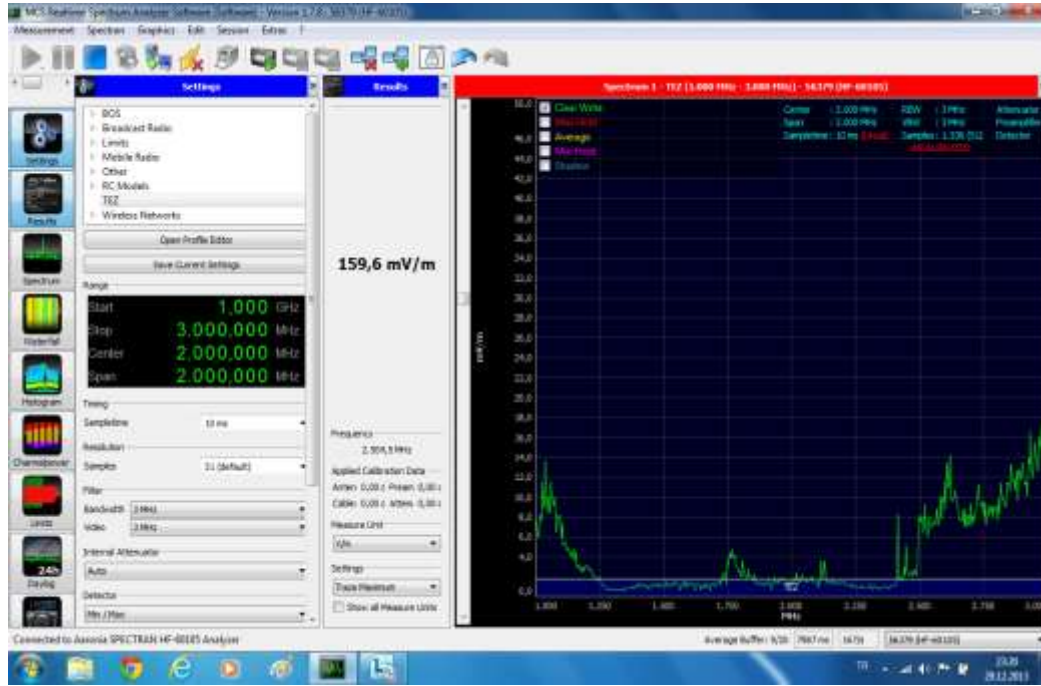


## EK-7. Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

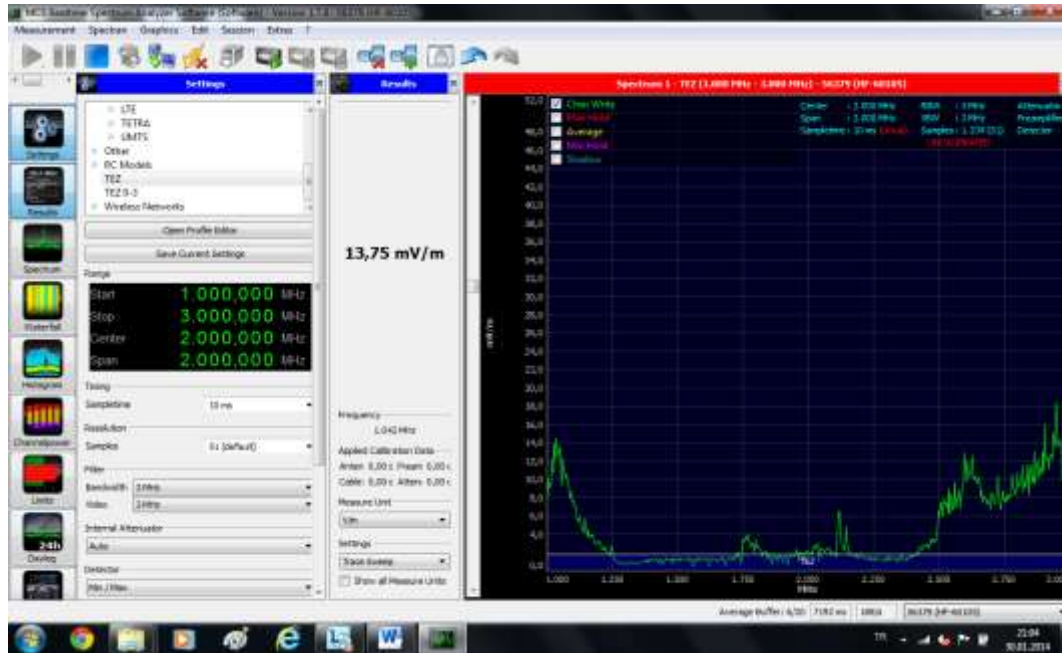


Resim 7.1. Bekleme Odası

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.2. Bekleme Odası Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.3. Bekleme Odası Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

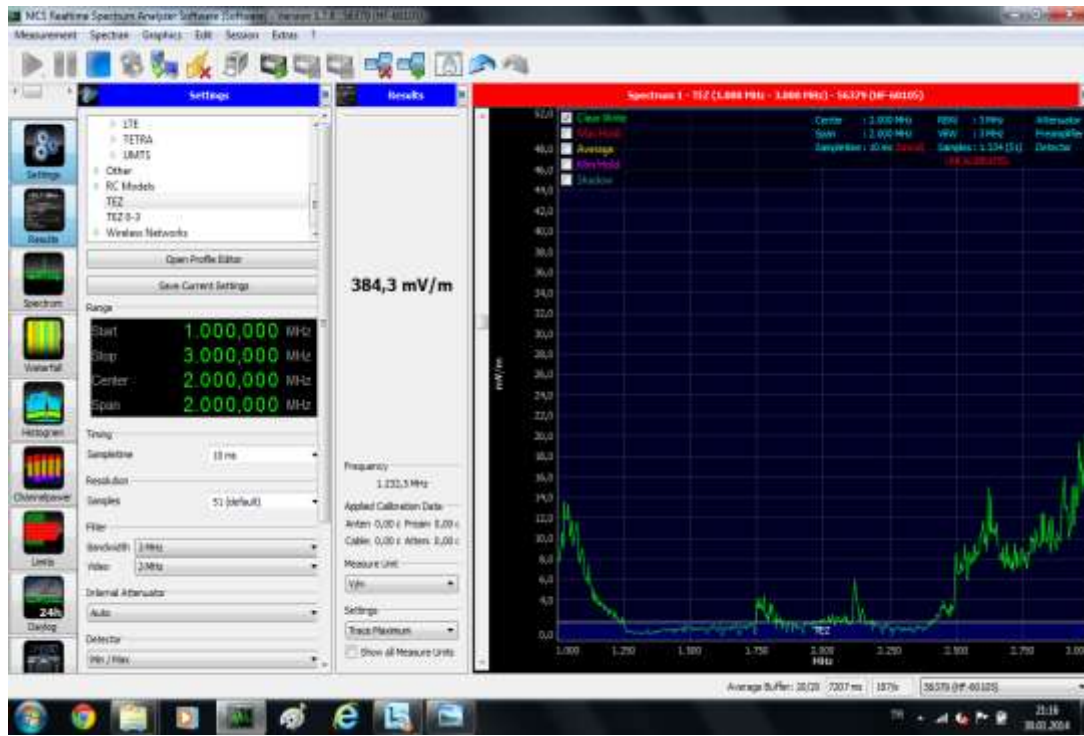
EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



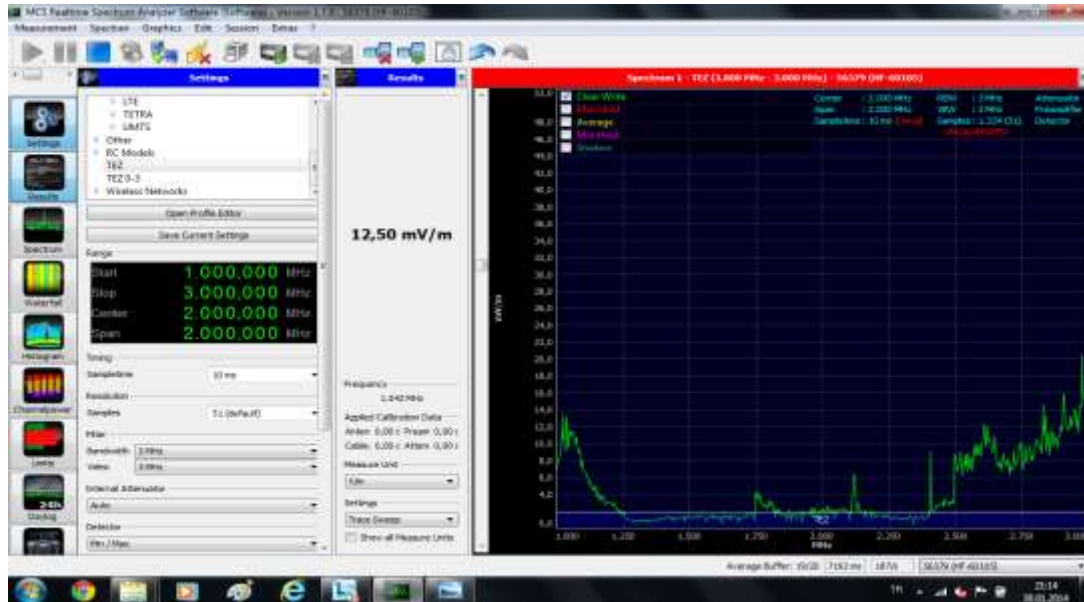
Resim 7.4. Bahçe



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.5. Bahçe Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



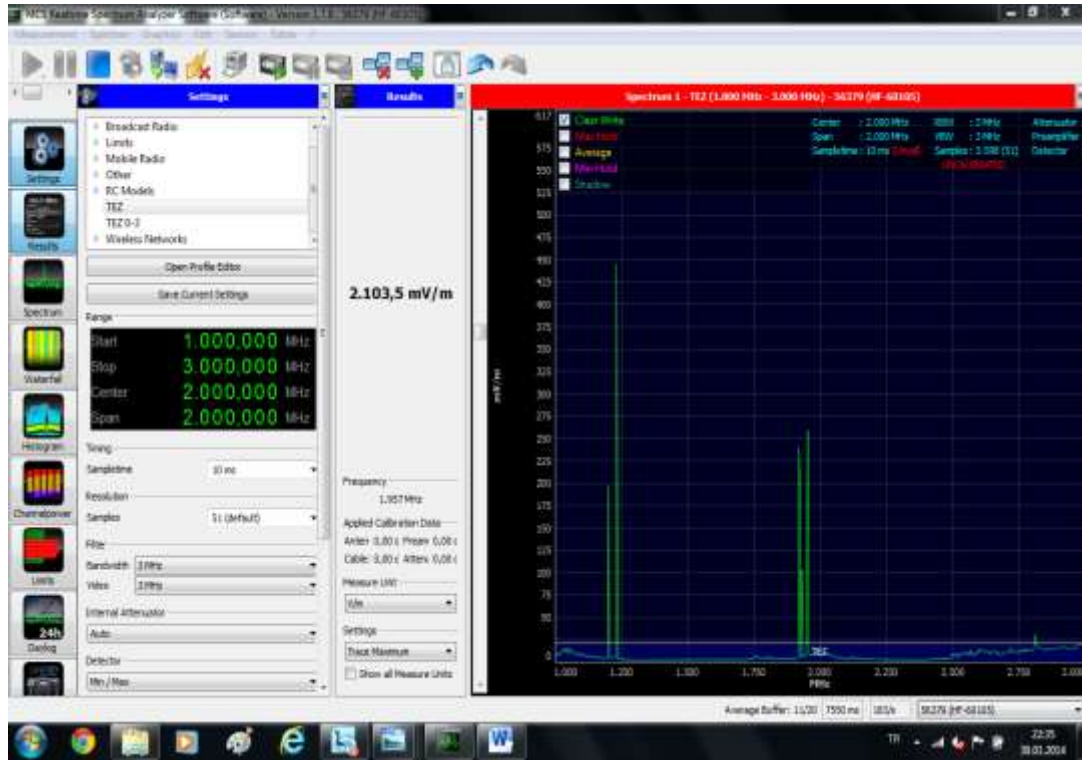
Resim 7.6. Bahçe Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

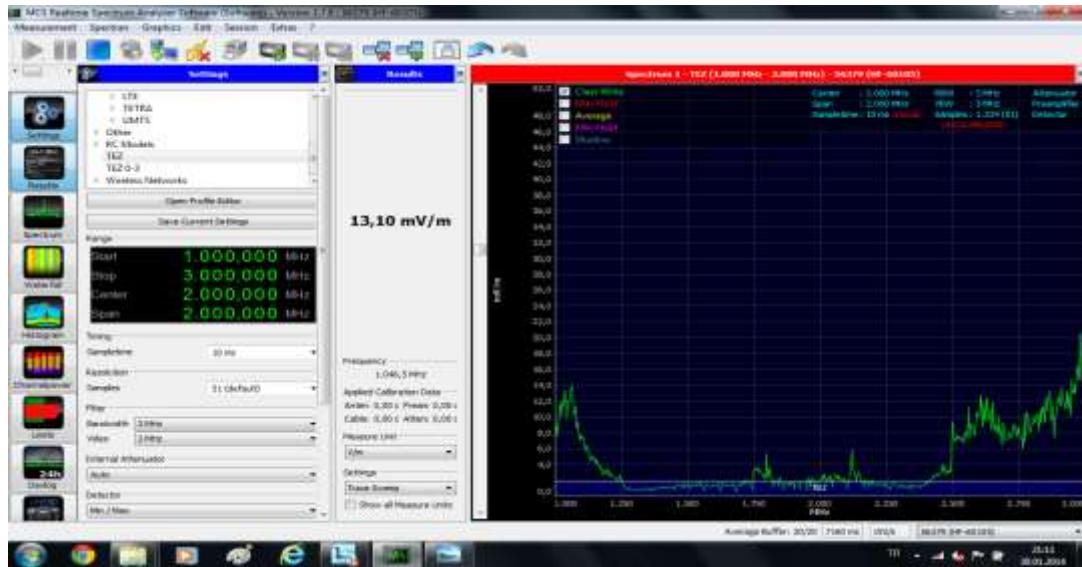


Resim 7.7. Elektrik Tesisat Odası

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.8. Elektrik Tesisat Odası Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.9. Elektrik Tesisat Odası Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

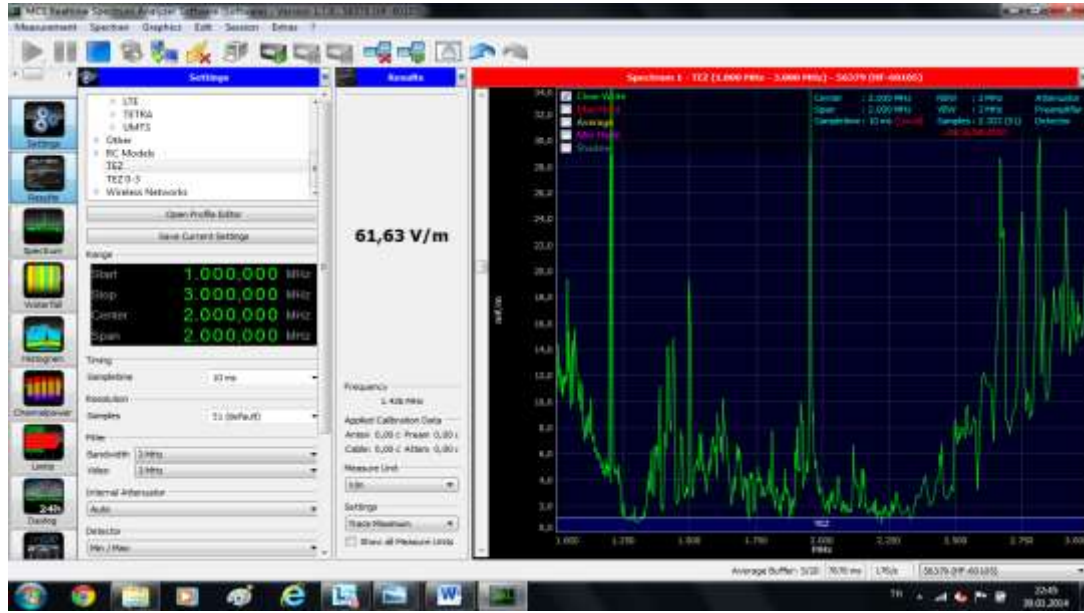
EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



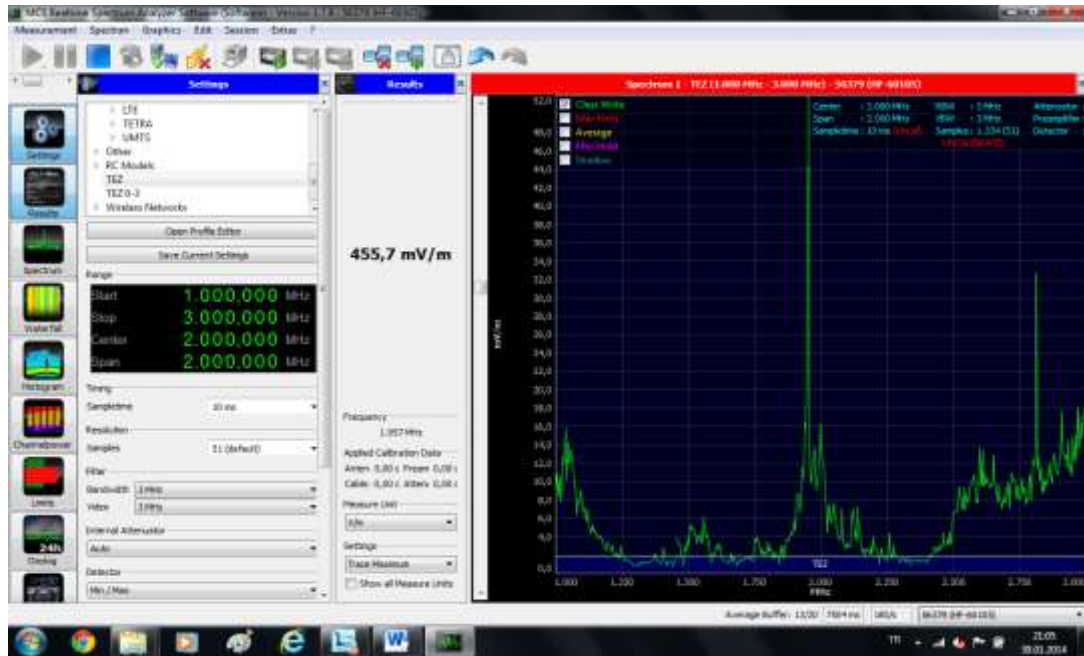
Resim 7.10. Müdür Yardımcısı Odası



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.11. Müdür Yardımcısı Odası Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



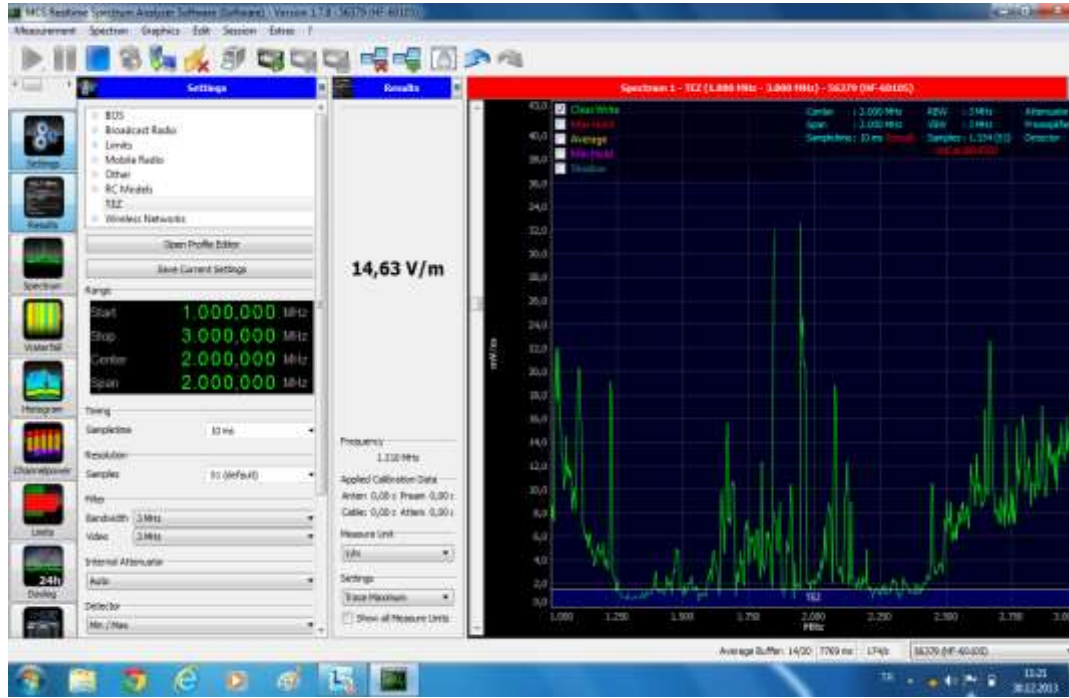
Resim 7.12. Müdür Yardımcısı Odası Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

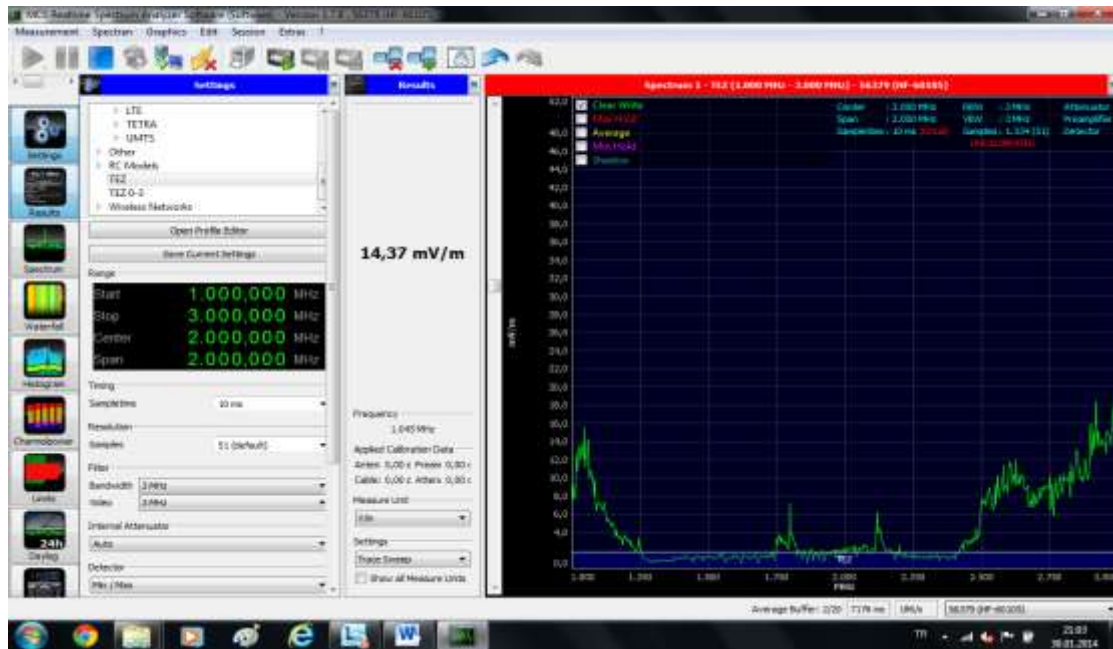


Resim 7.13. Konferans Salonu

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.14. Konferans Salonu Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.15. Konferans Salonu Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

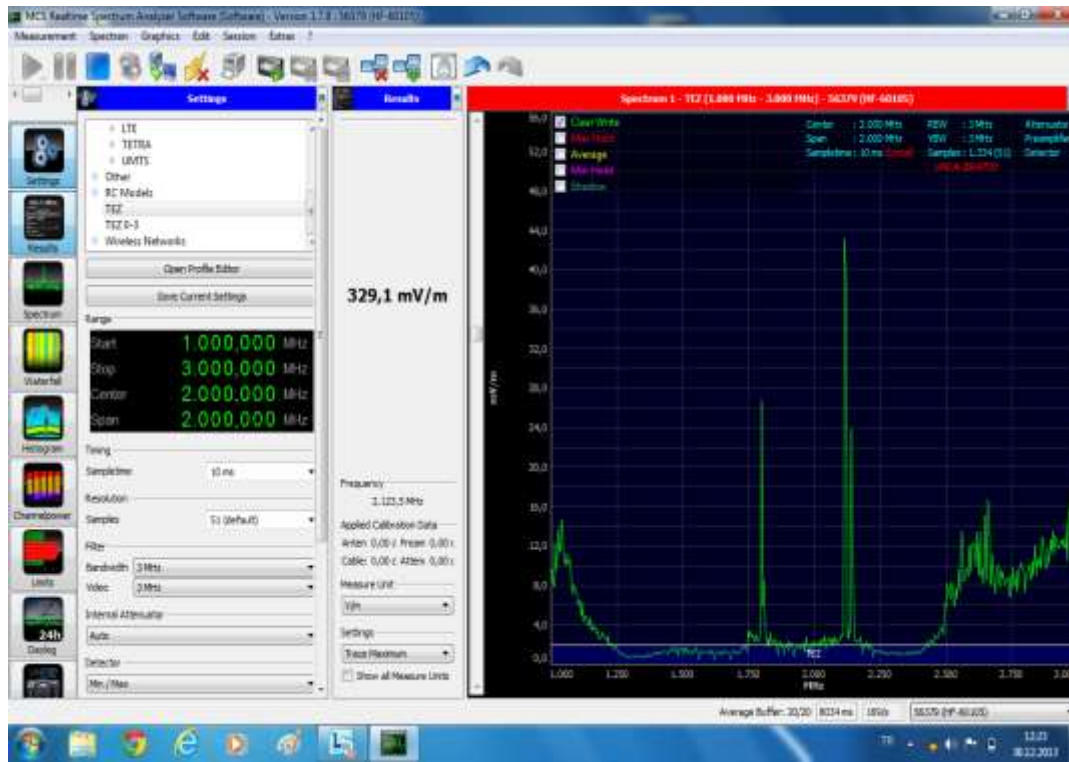
## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



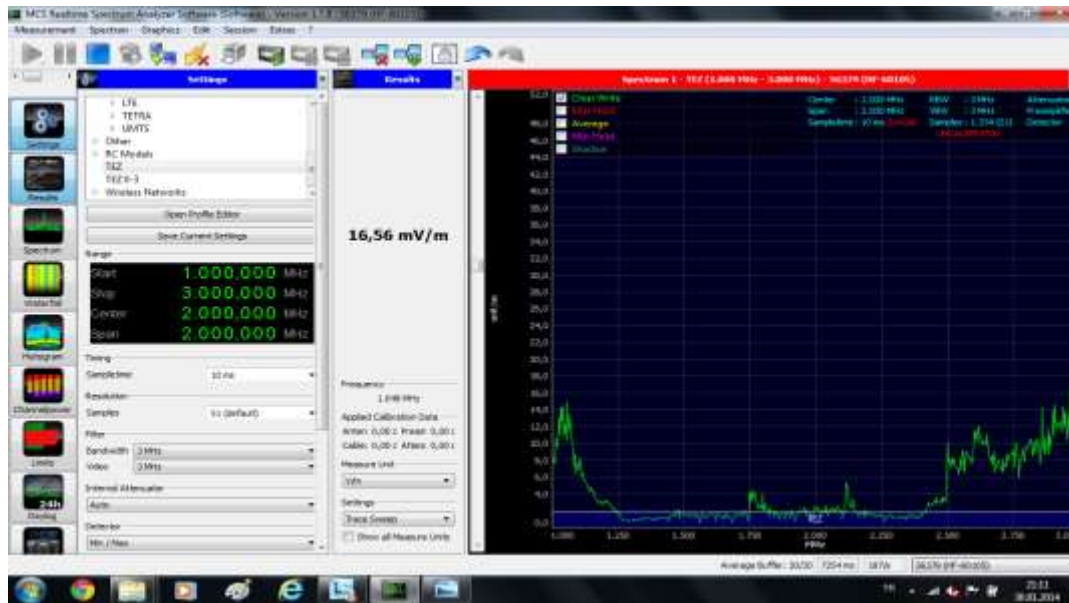
Resim 7.16. Kreş



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

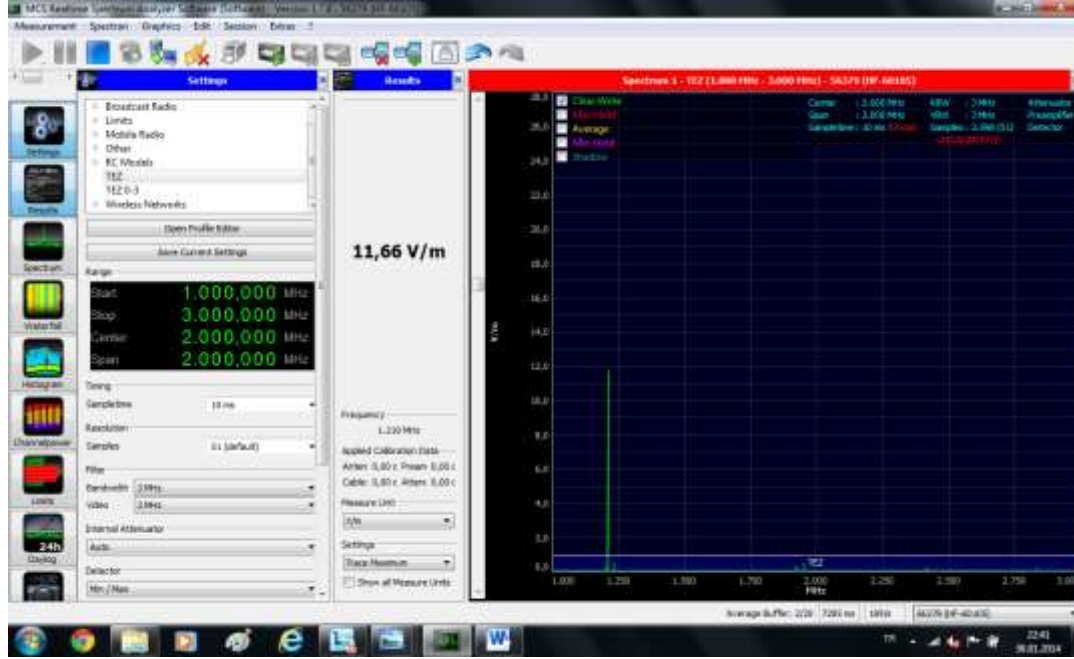


Resim 7.17. Kreş Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

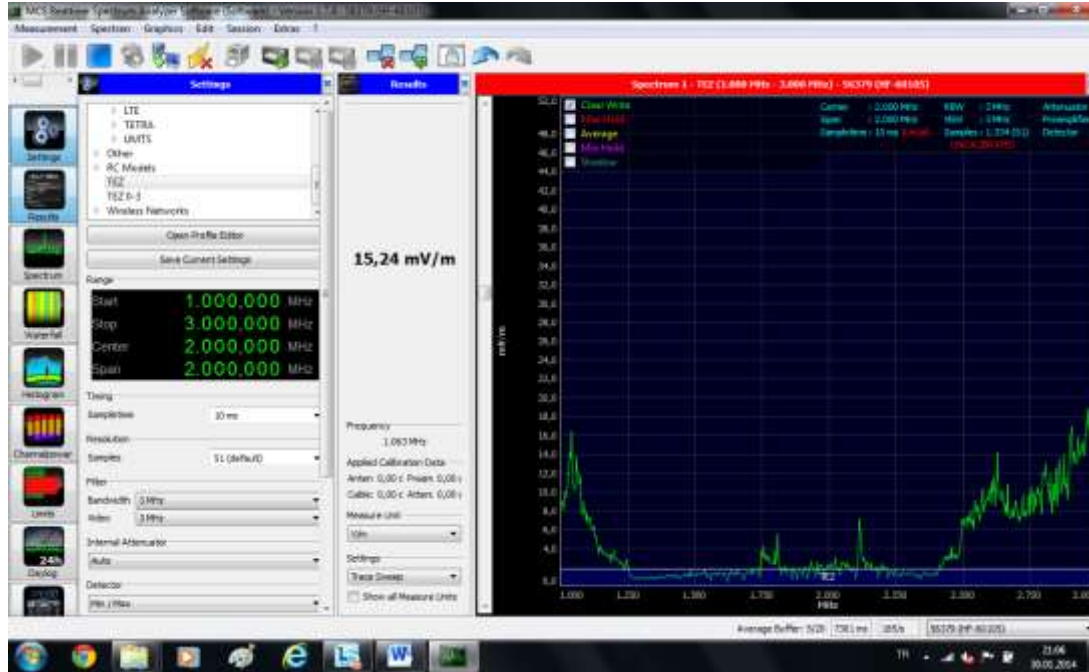


Resim 7.18. Kreş Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

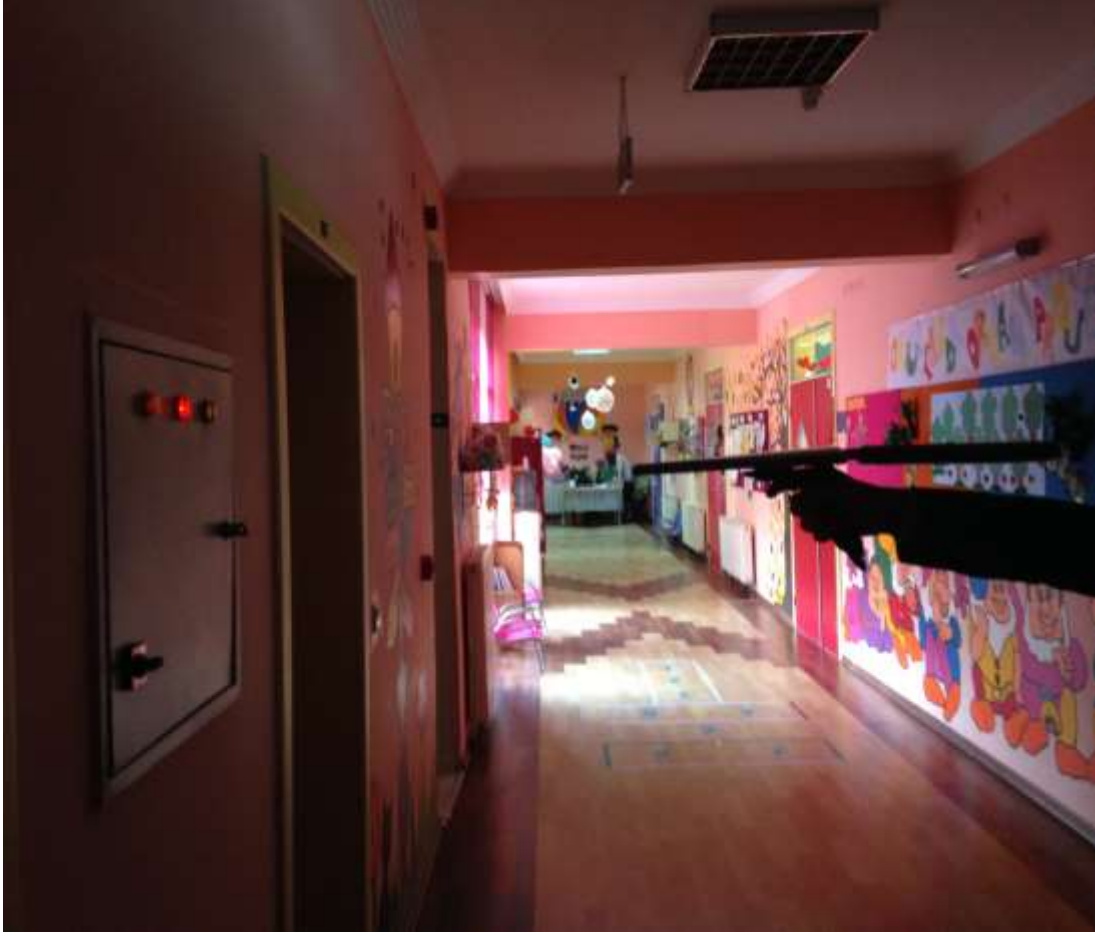


Resim 7.19. Kreşte Cep Telefonu Aktif İken Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



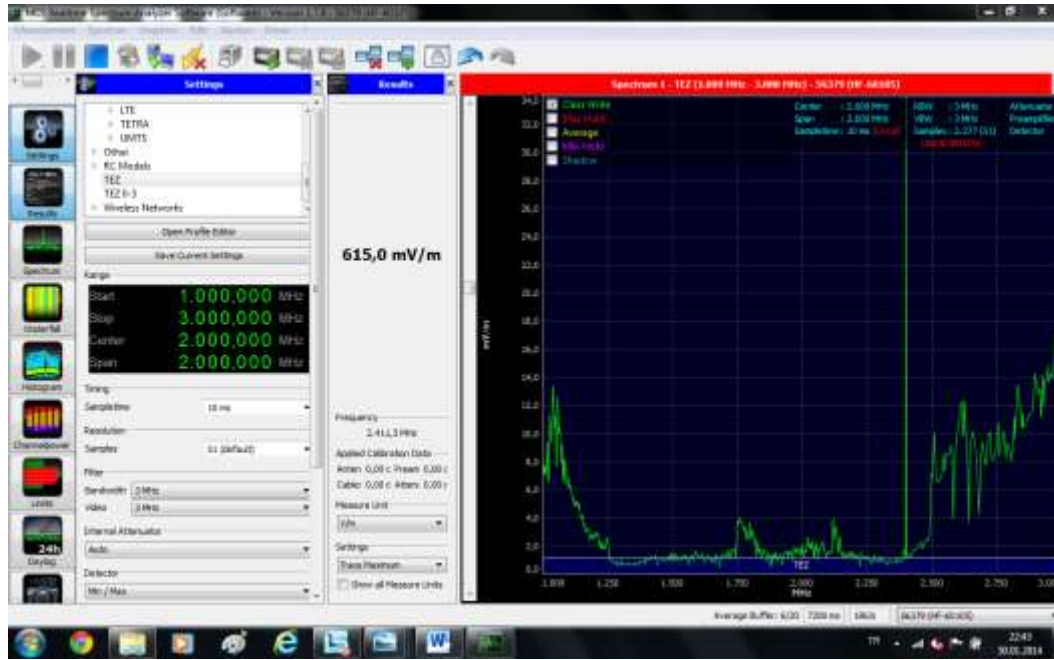
Resim 7.20. Kreşte cep telefonu aktif iken Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

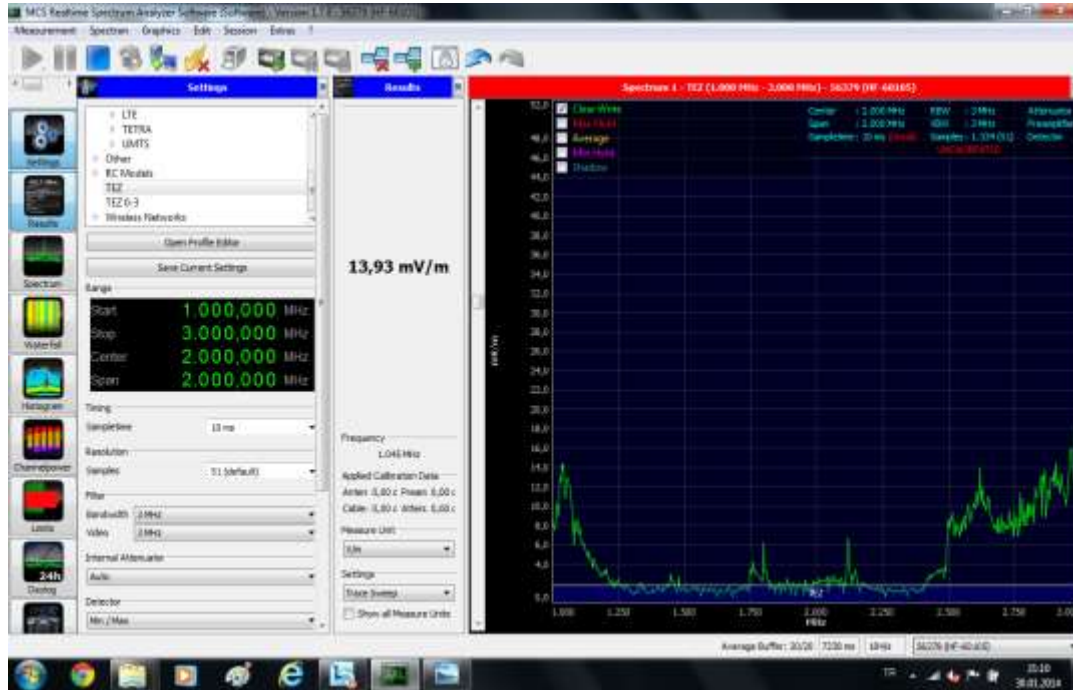


Resim 7.21. Ana sınıfı

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



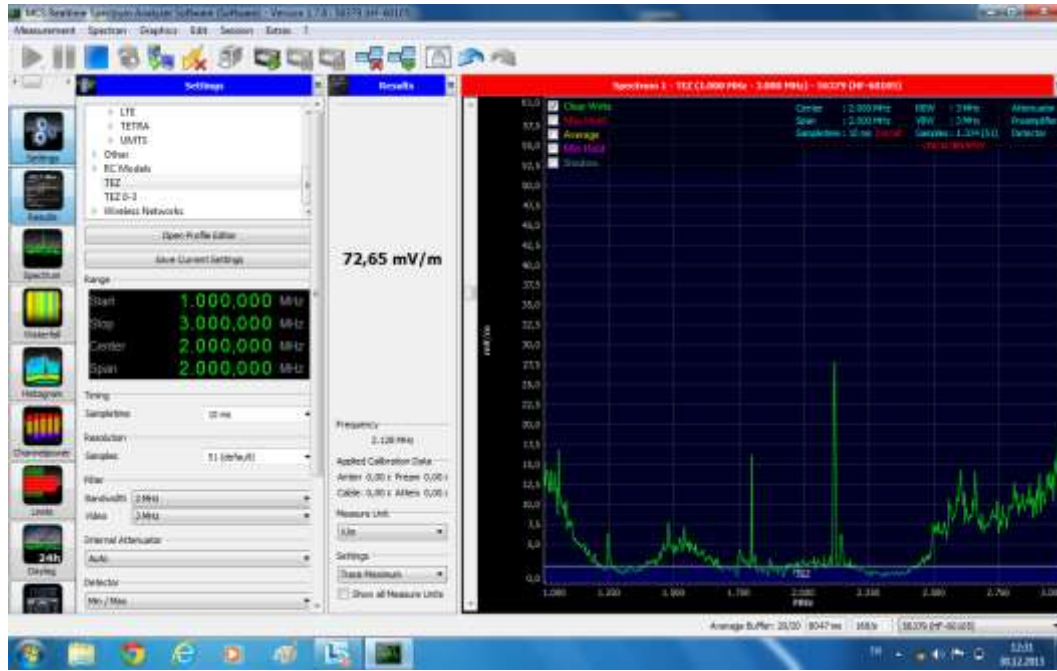
Resim 7.22. Ana Sınıfı Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



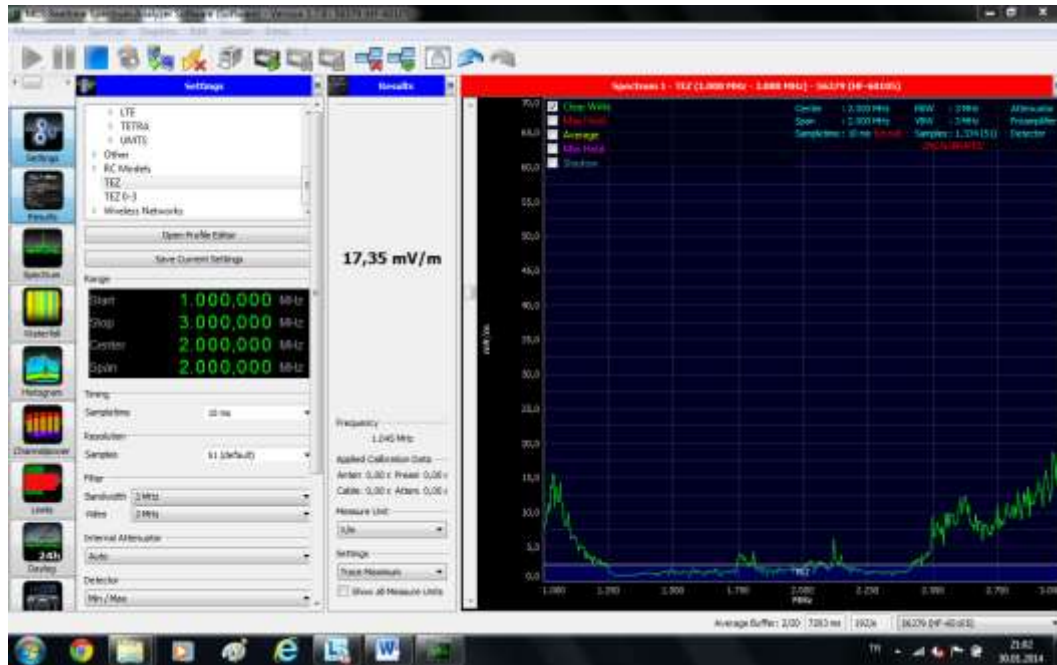
Resim 7.23. Ana Sınıfı Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.24. 1. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



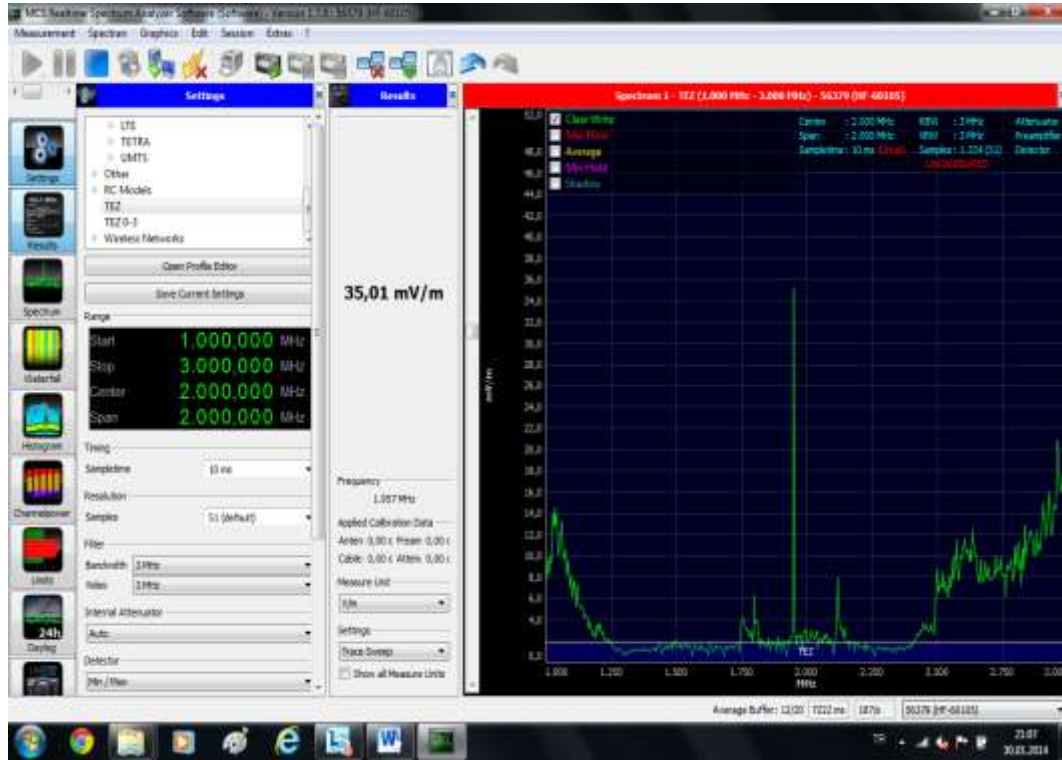
Resim 7.25. 1. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.26. 2. Sınıf

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

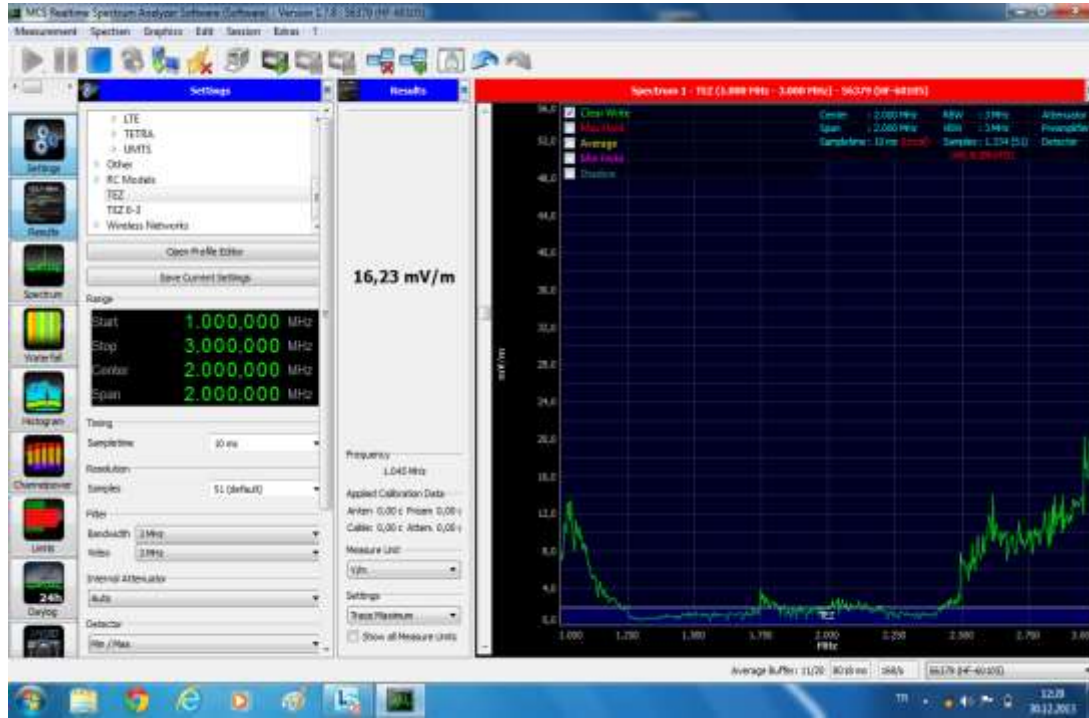


Resim 7.27. 2. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

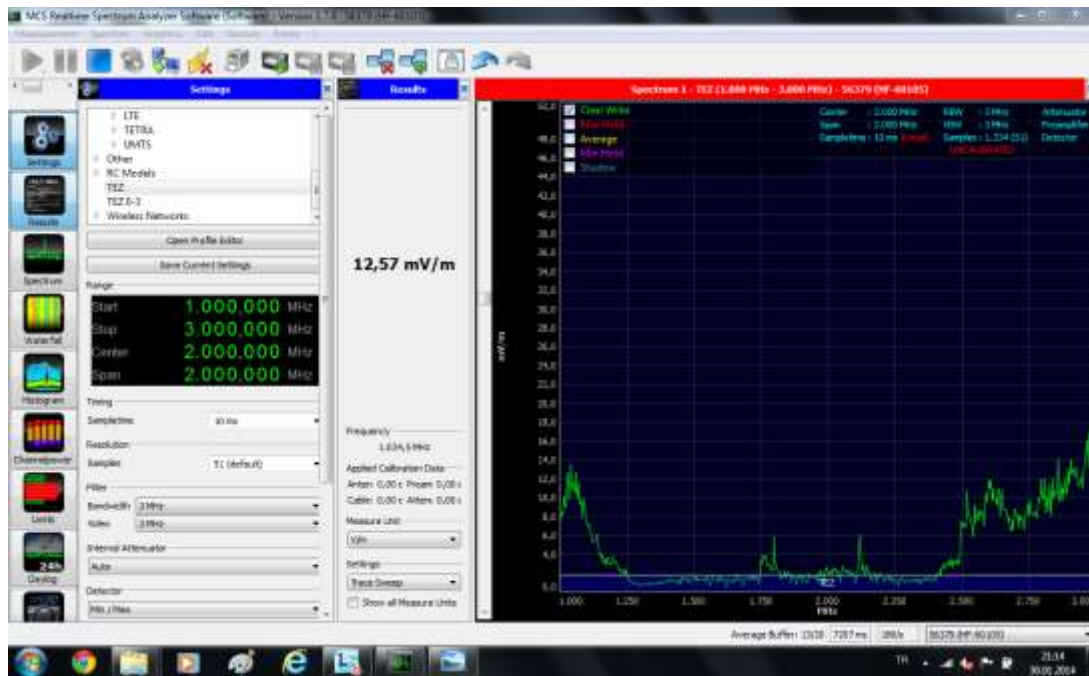


Resim 7.28. 2. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



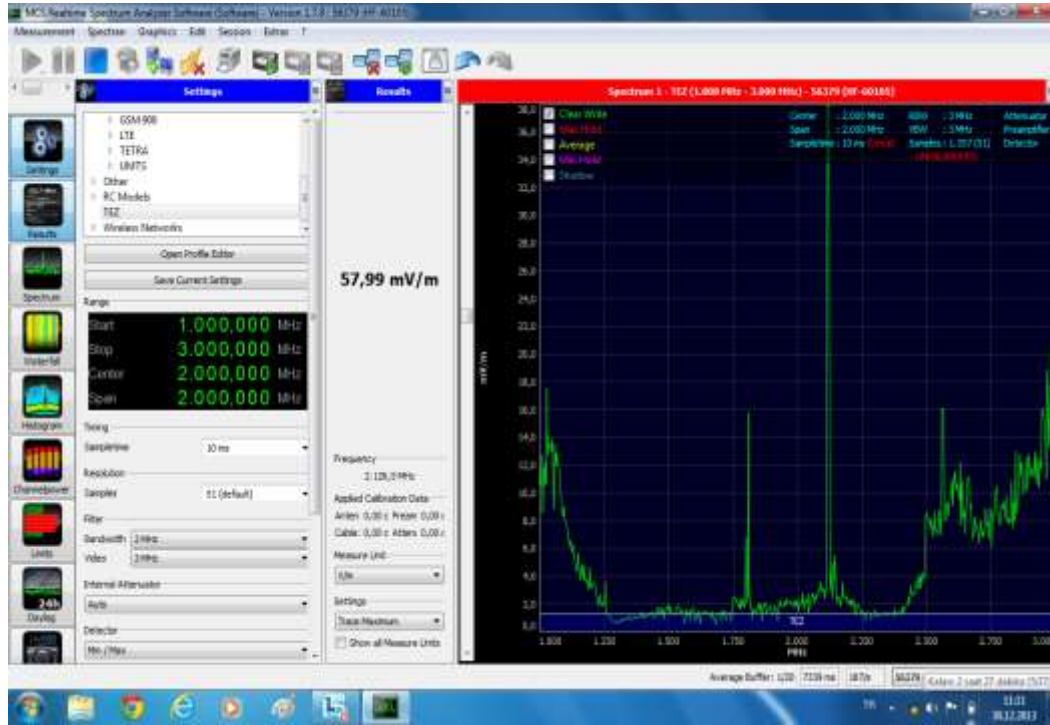
Resim 7.29. 3.sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



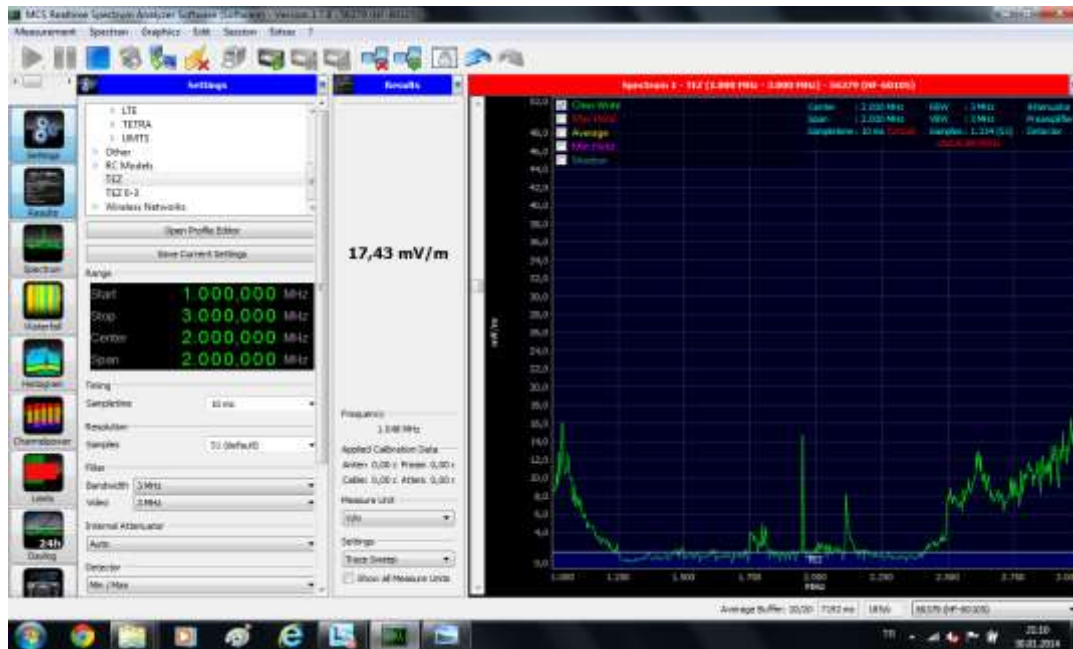
Resim 7.30. 3.sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

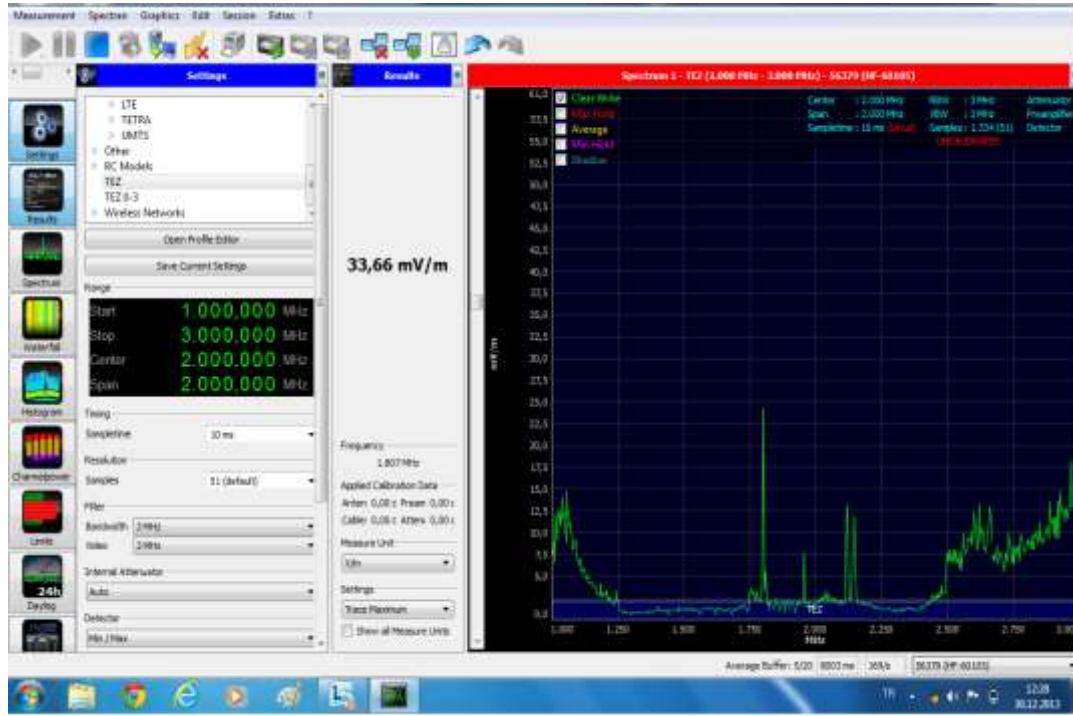


Resim 7.31. 4. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

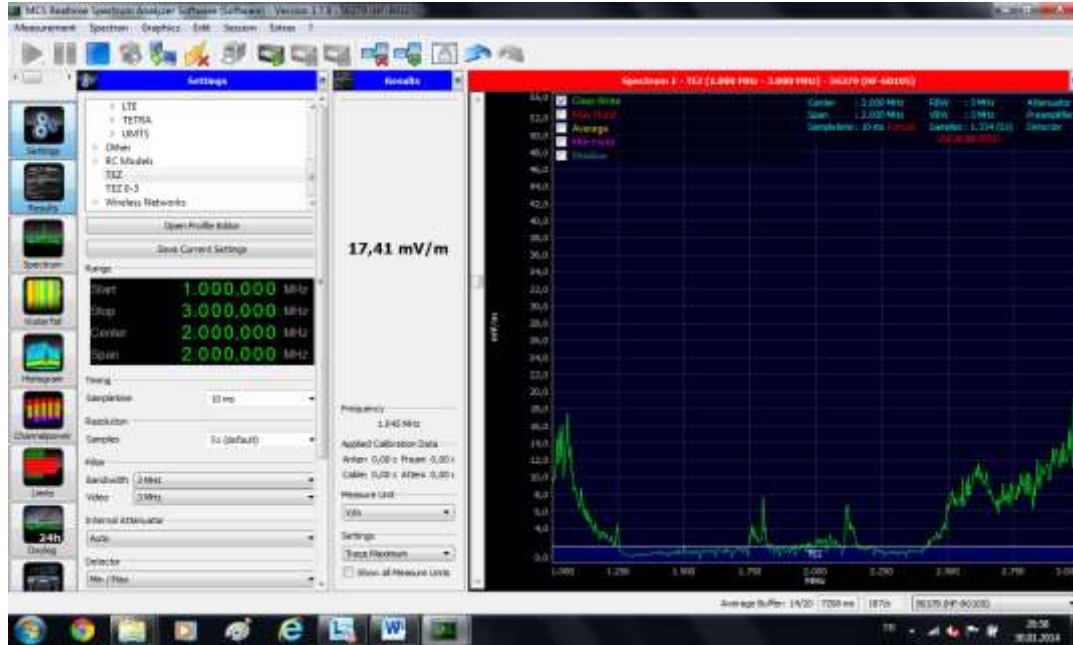


Resim 7.32. 4. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

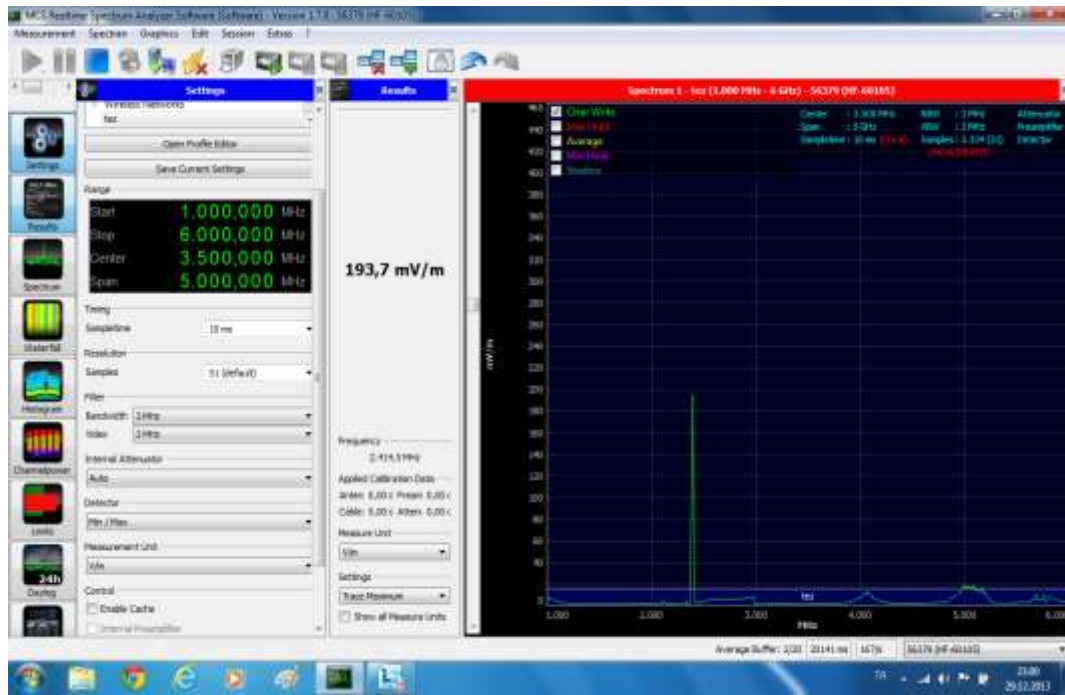


Resim 7.33. 5. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

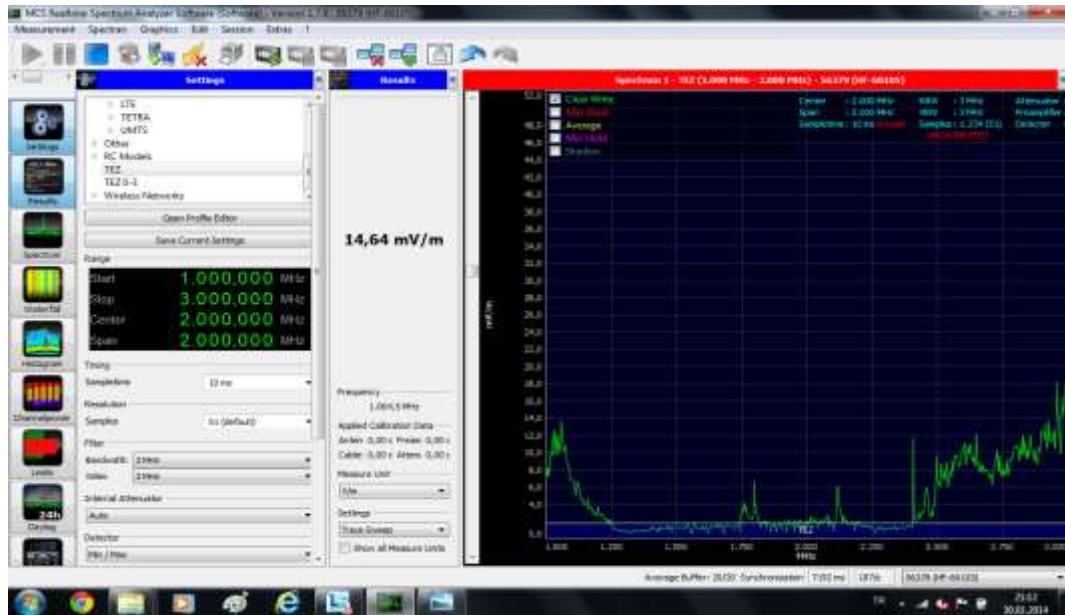


Resim 7.34. 5. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

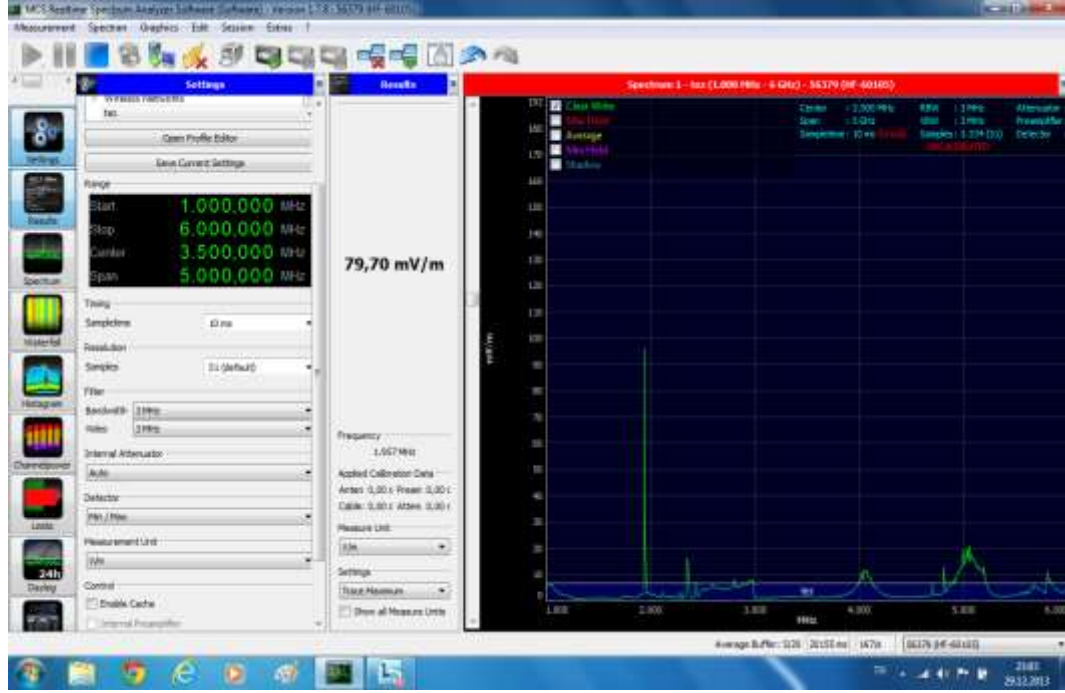


Resim 7.35. 6.sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

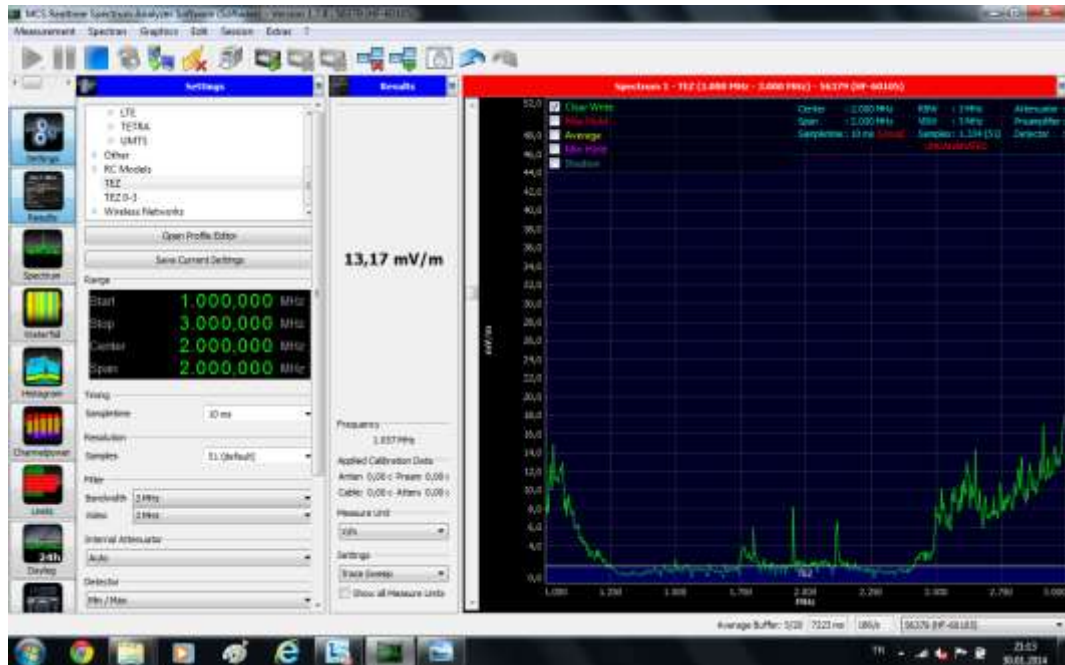


Resim 7.36. 6.sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



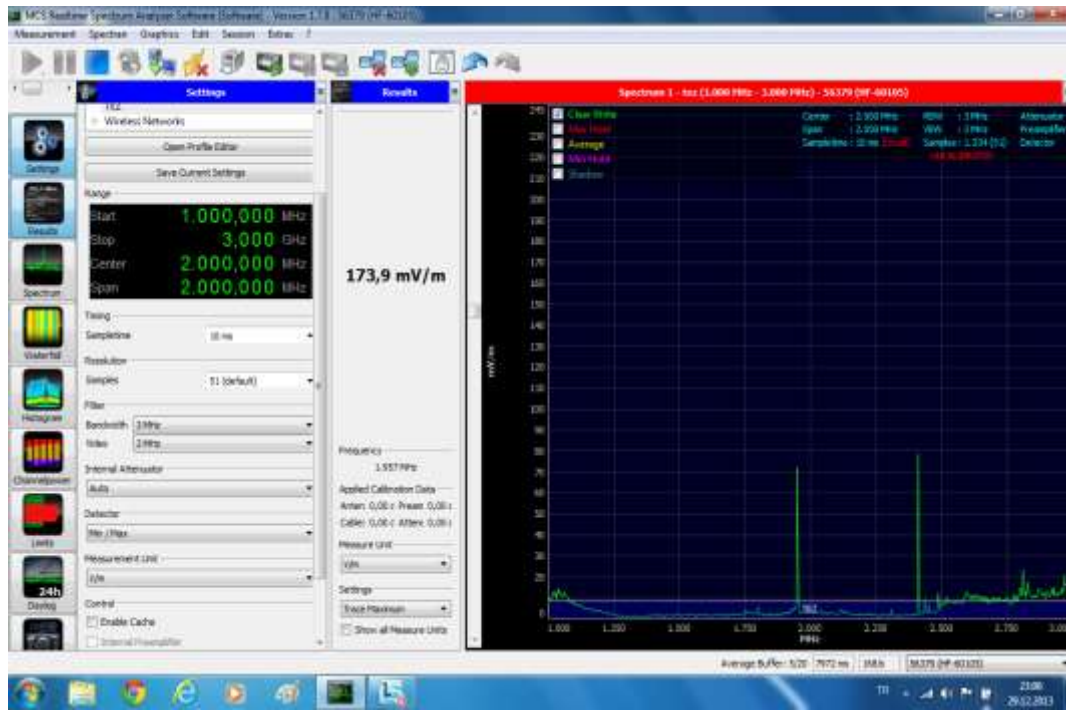
Resim 7.37. 7. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



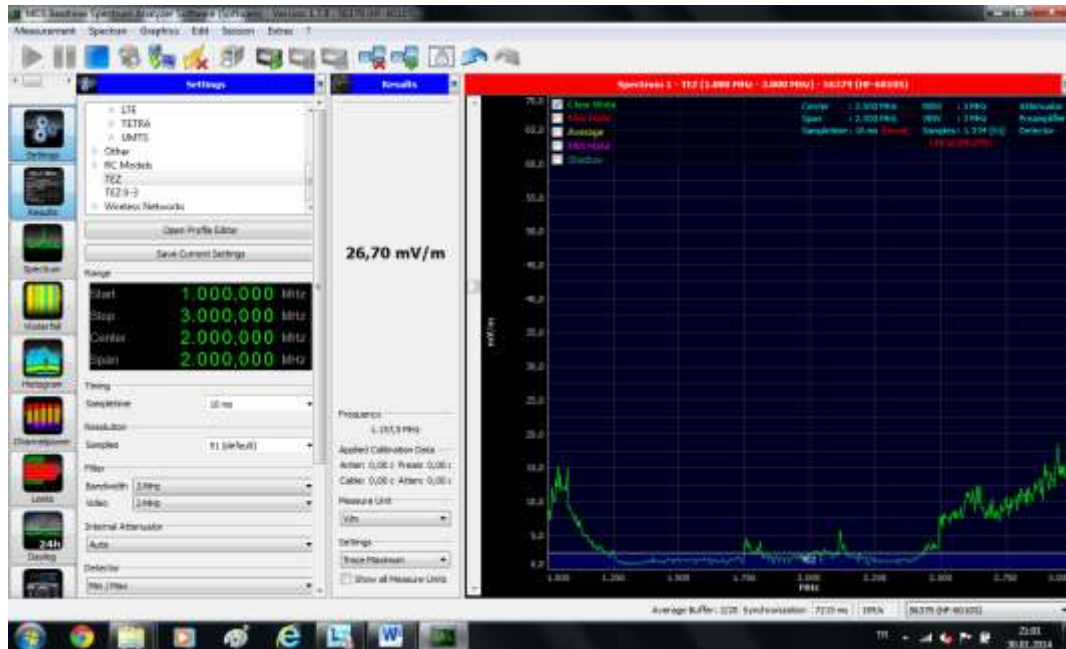
Resim 7.38. 7. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları



## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.39. 8. Sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



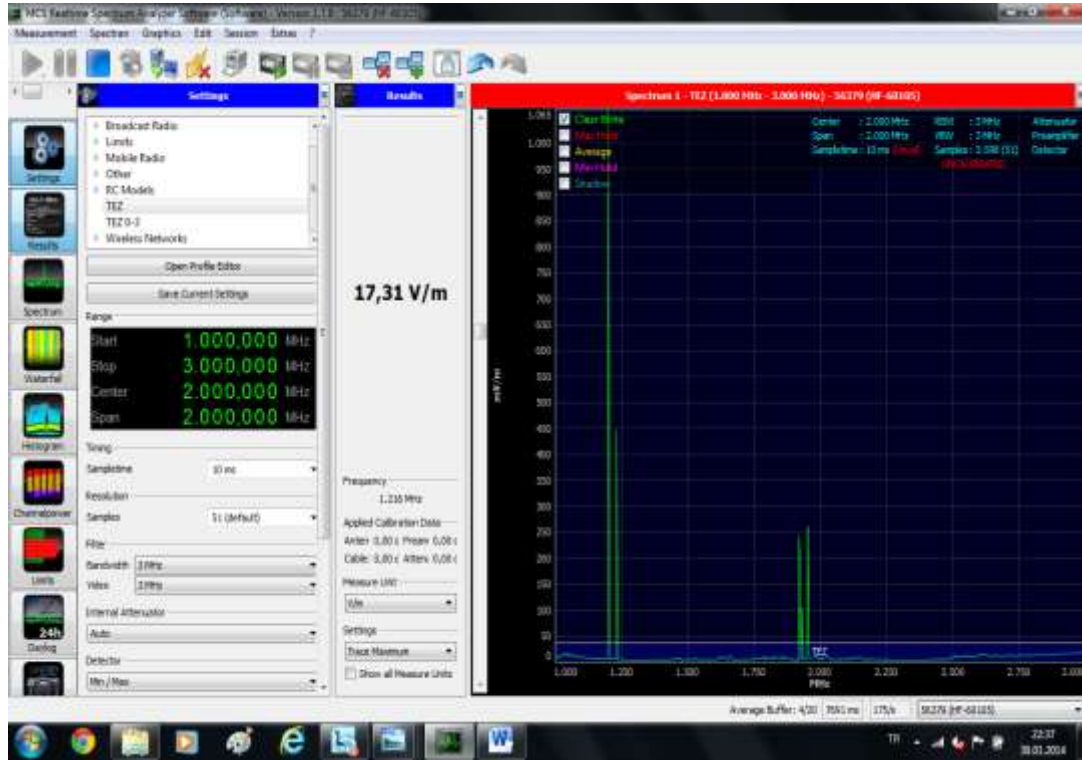
Resim 7.40. 8. Sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

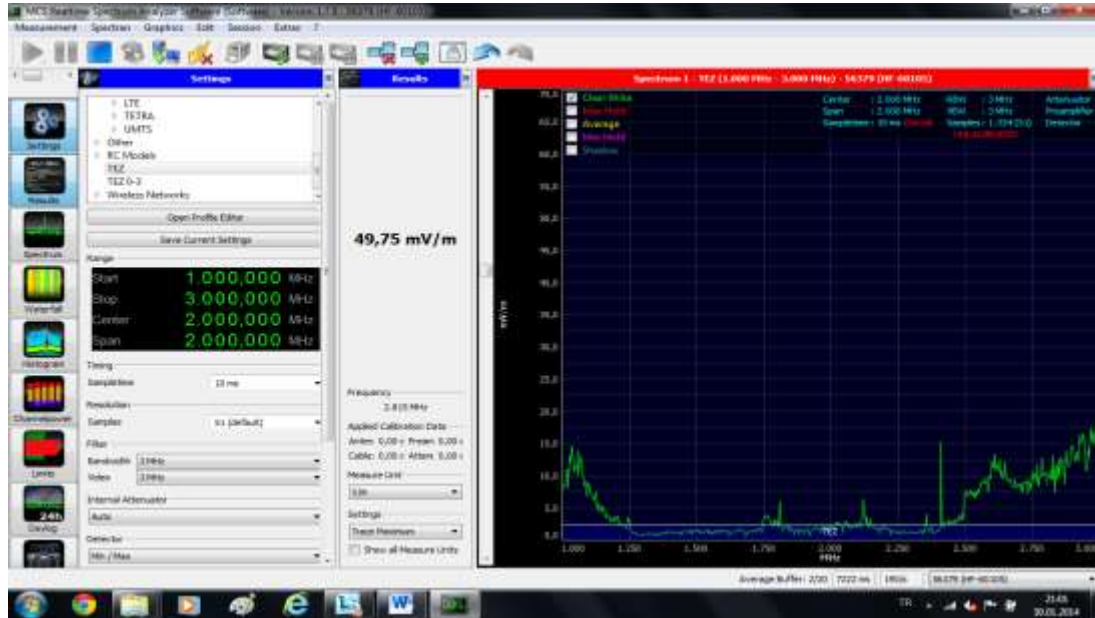


Resim 7.41. Tenefüste Öğretmenler Odası

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

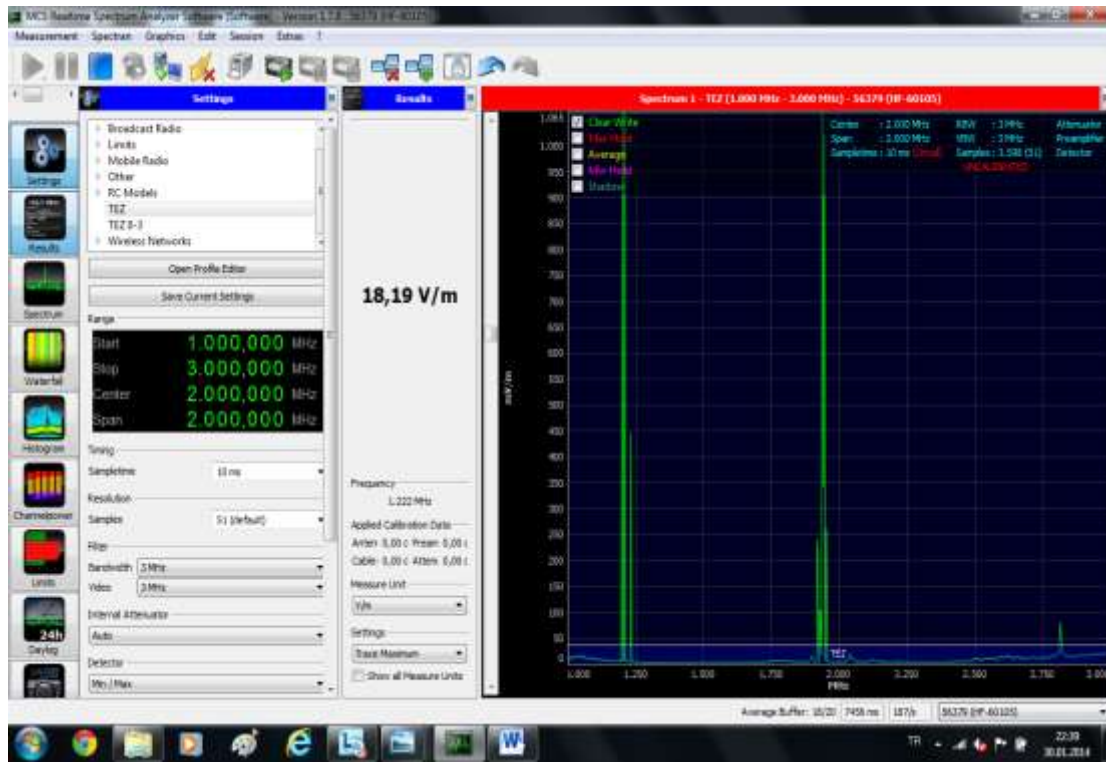


Resim 7.42. Tenefüste Öğretmenler Odası Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

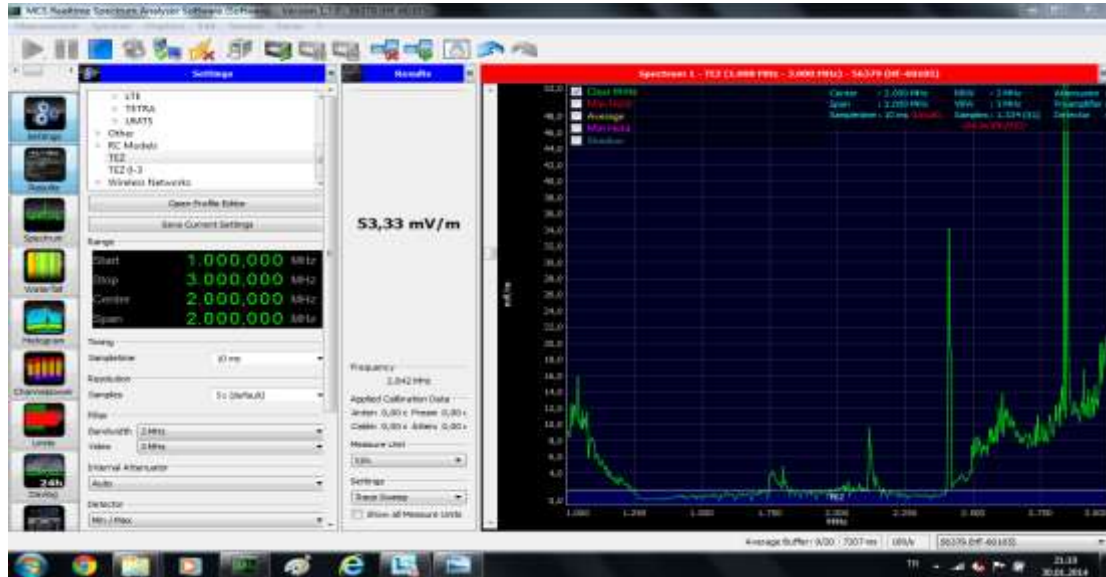


Resim 7.43. Tenefüste Öğretmenler Odası Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.44. Tenefüste sınıf Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.45. Tenefüste sınıf Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

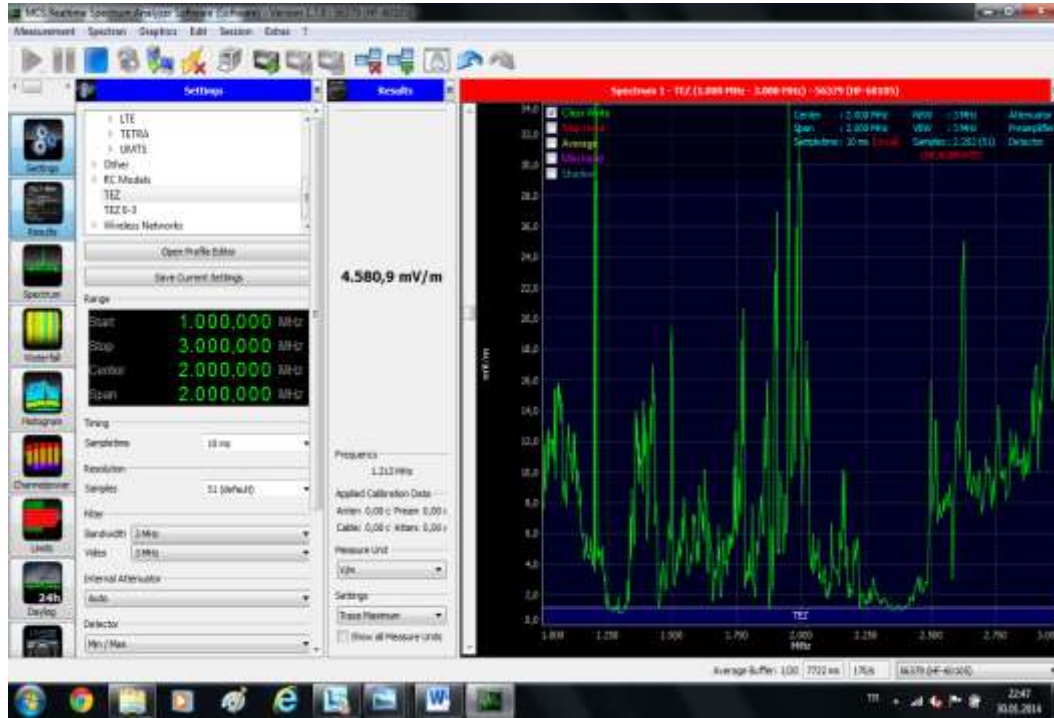


## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

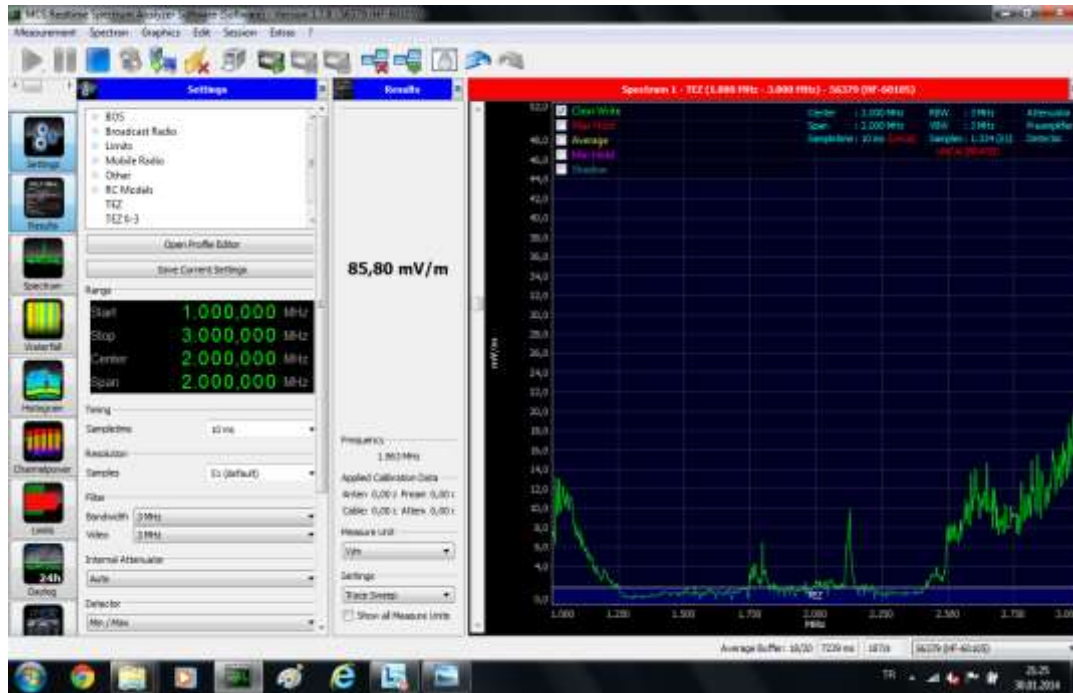


Resim 7.46. Yemekhane

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

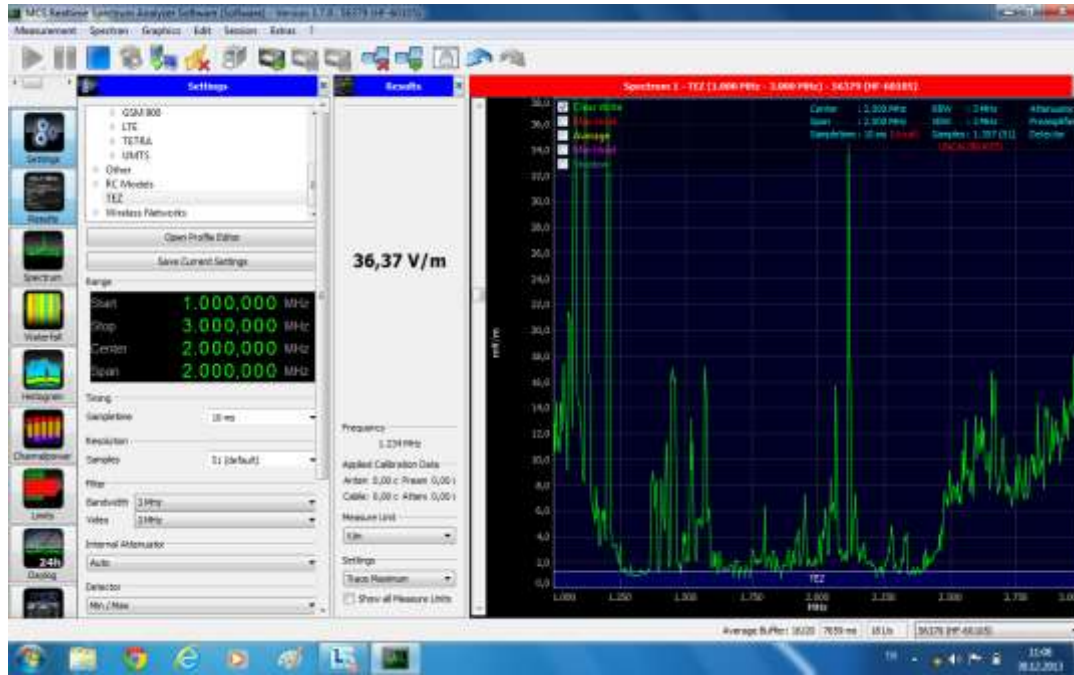


Resim 7.47. Yemekhane Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları

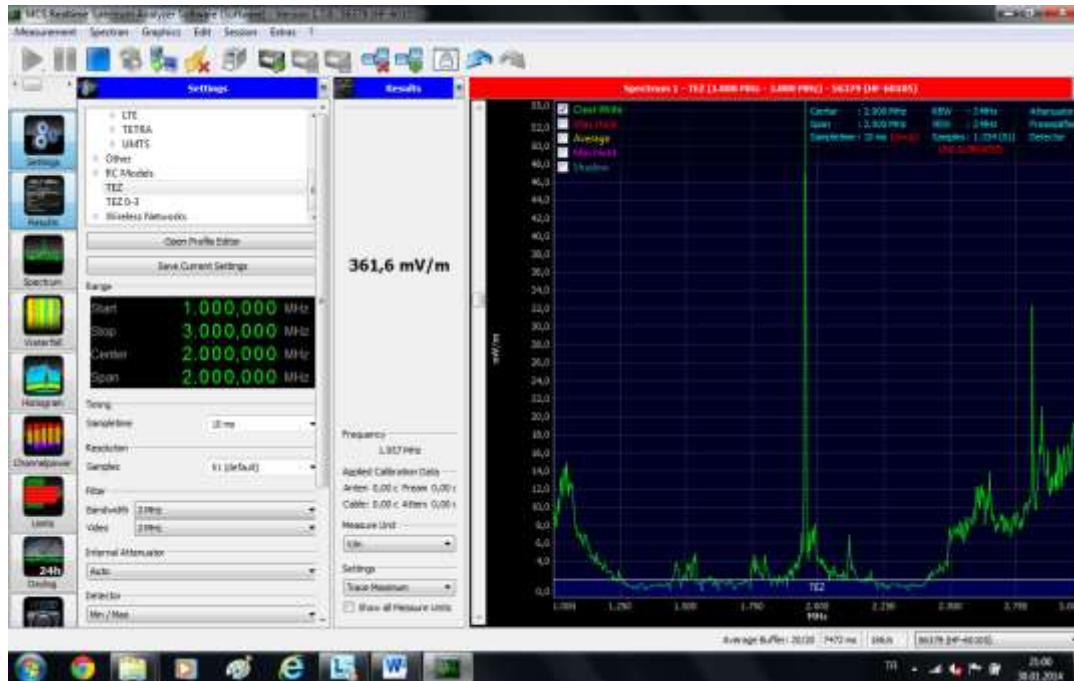


Resim 7.48. Yemekhane Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## EK-7 (devam). Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.49. Müdür Odası Sabah Yapılan Ölçüm Sonuçları



Resim 7.50. Müdür Odası Akşam Yapılan Ölçüm Sonuçları

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı :Nihan Merve, SARIKAHYA  
 Uyruğu :T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri :04.01.1988, Ankara  
 Medeni hali :Evli  
 Telefon :0 (554) 8170530  
 Faks :SARIKAHYA  
 E-Posta :nmakgul@gazi.edu.tr



### Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Elektrik Elektronik	2014
Lisans	Gazi Üniversitesi/Elektrik Elektronik	2010
Lise	Ankara Atatürk Lisesi	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2010-Halen	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İSG Uzm.Yrd

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayımlar

1. Sarikahya, N., M. (2014, 7 Mayıs ). *Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Değerlendirilmesi*. 7. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, İstanbul.

### Hobiler

Tiyatro, Tenis, Yüzmek, Alışveriş



*GAZİ GELECEKTİR..*