

**KARAMAN İLİ ŞEHİR MERKEZİ VE
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
YUNUS EMRE YERLEŞKESİ'NİN
ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK HARİTASININ
ÇIKARILMASI**

ABDURRAHMAN ÖZGÜR POLAT

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
TEMMUZ – 2013**

**KARAMAN İLİ ŞEHİR MERKEZİ VE
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
YUNUS EMRE YERLEŞKESİ'NİN
ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK HARİTASININ
ÇIKARILMASI**

ABDURRAHMAN ÖZGÜR POLAT

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Doç. Dr. Ali AKDAĞLI**

**MERSİN
TEMMUZ – 2013**

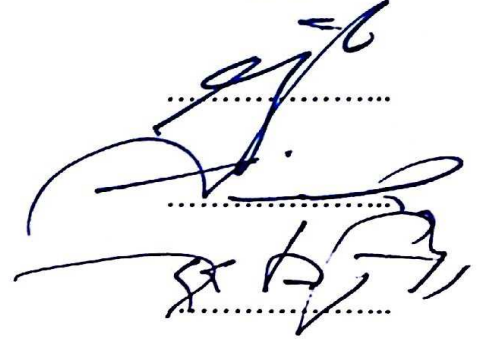
Abdurrahman Özgür POLAT tarafından Doç. Dr. Ali AKDAĞLI danışmanlığında hazırlanan “Karaman İli Şehir Merkezi ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR

Doç. Dr. İbrahim DEVELİ

Doç. Dr. Ali AKDAĞLI

İmza



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20/08/2013 tarih ve 2013.15/...453... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

KARAMAN İLİ ŞEHİR MERKEZİ VE KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ YUNUS EMRE YERLEŞKESİ'NİN ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK HARİTASININ ÇIKARILMASI

ABDURRAHMAN ÖZGÜR POLAT

ÖZ

Elektromanyetik kirlilik günümüzde her geçen gün daha fazla dikkat çeken bir konudur. Dünyada ve ülkemizde bu konudaki çalışmalar hızla artmaktadır. Günlük hayatta kullandığımız bu cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik alanların canlı yapılar üzerindeki uzun vadede etkilerinin araştırılabilmesi için kaynak ihtiyacı vardır. Bu çalışmada, Karaman İli Merkez ilçesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi ve Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi'nde ölçüm sonuçlarına dayanan sayısal elektromanyetik kirlilik haritası çıkartılmıştır. Elektromanyetik alan ölçümü AM, FM, VHF, UHF, WLAN, GSM ve 3G uygulamalarının kullandığı 100 KHz ile 3 GHz frekans aralığında yapılmıştır. Ölçümler Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu onaylı cihazlar ile ilgili yönergelere uygun olarak Drive Test yöntemi ile yapılmıştır. Alınan ölçüm değerleri kullanılarak iki boyutlu ve üç boyutlu tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu tematik haritalar kamuoyunun anlayabileceği şekilde renklendirilmiş ve isimlendirilmiştir. Haritalar kamuoyunun bilgisine sunulmak üzere internet üzerinden paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Kirlilik, Sayısal Harita, Karaman, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.

Danışman: Doç. Dr. Ali AKDAĞLI, Mersin Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Ana Bilim Dalı

OBTAINING THE ELECTROMAGNETIC POLLUTION MAP OF KARAMAN CITY AND KARAMANOĞLU MEHMETBEY UNIVERSITY YUNUS EMRE CAMPUS

ABDURRAHMAN ÖZGÜR POLAT

ABSTRACT

Electromagnetic pollution is the more remarkable subject daily. In our country and world, studies of this subject are rapidly increased. There is a resource needs to research the long term effects of electromagnetic fields generated by daily used devices. In this study, the electromagnetic maps of Karaman City Capital and Karamanoglu Mehmetbey University Yunus Emre Campus was obtained by the measurements values. Electromagnetic field strength measurements consist of AM, FM, VHF, UHF, WLAN, GSM and 3G applications frequency bandwidth between 100 KHz and 3 GHz. Measurements were got by devices confirmed by Information and Communication Technologies Authority and instructions of Drive Test Technique. 2D and 3D thematic maps were created by the measurements values. These thematic maps were colored and named as easy as public use. Maps were shared on internet to public opinion.

Key Words: Electromagnetic pollution, Digital mapping, Karaman, Karamanoglu Mehmetbey University.

Adviser: Doç. Dr. Ali AKDAĞLI, Mersin University, Electrical-Electronic Department

TEŞEKKÜR

“Karaman İli Şehir Merkezi ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinin Elektromanyetik Kirlilik Haritasının Çıkarılması” konulu tez çalışmamın seçilmesinde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi ve manevi destek veren değerli hocam sayın Doç. Dr. Ali AKDAĞLI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımı yürütmemde idare izin vererek çalışmalarımın hızlı bir şekilde ilerlemesini sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ahmet YILDIRIM ve Dekan Yardımcısı Yrd. Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN'a teşekkür ederim.

Sayısal Elektromanyetik Kirlilik Haritasının oluşturulması için gerekli olan elektrik alan şiddet değerleri ve kordinat bilgilerinin alınmasında destek veren Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu personeli sayın Halil YILMAZ'a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında benden desteklerini esirgemeyen başta babam Fahri POLAT, annem Meral POLAT ve kardeşim Özlem POLAT olmak üzere POLAT ailesine, maddi manevi destek olan kuzenim Kadir ÖZGÜR'e, tez çalışması boyunca bana verdiği manevi destek ve anlayışından dolayı değerli arkadaşım Ümran YALÇIN'a teşekkür ederim.

Abdurrahman Özgür POLAT
Mersin, Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	8
3.1.1. Elektrik Alan	8
3.1.2. Manyetik Alan.....	11
3.1.3. Elektromanyetik Alan	12
3.1.4. Doğal Elektromanyetik Alanlar	13
3.1.5. Yapay Elektromanyetik Alanlar.....	13
3.2. ELEKTROMANYETİK RADYASYON	13
3.2.1. İyonlaştırıcı Radyasyon.....	16
3.2.2. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon	18
3.2.3. Soğurma Özellikleri	18
3.2.4. Penetrasyon ve Frekans Özellikleri.....	20
3.2.4. Polarizasyon	20
3.3. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN ETKİLERİ.....	25
3.3.1. Elektromanyetik Alanın Faydalı Kullanımı	25
3.3.2. Elektromanyetik Alanların Zararları	26
3.4. STANDARTLAR VE SINIR DEĞERLERİ	29
3.4.1. İnsan Sağlığı Açısından Uluslararası Standartlar ve Sınır Değerler	29
3.4.2. İnsan Sağlığı Açısından Ulusal Standartlar ve Sınır Değerler	31
3.5. KABLOSUZ HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLERE DAİR GENEL BİLGİLER.....	33
3.5.1. Mobil İletişim Teknolojileri.....	34
3.5.2. Kablosuz Genişbant WiMax Teknolojisi.....	35
3.5.3. Bluetooth Teknolojisi.....	35

3.5.4. IEEE 802.11 Teknolojisi.....	35
3.5.5. ZigBee Teknolojisi.....	36
3.5.6. Kızılötesi İletişim Teknolojisi.....	36
3.5.7. Kablosuz USB (Wireless USB).....	37
3.5.8. Yakın Alan İletişim Teknolojisi (NFC).....	37
3.6. ÇALIŞMA ALANI.....	37
3.6.1. Karaman İli Şehir Merkezi.....	39
3.6.2. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi.....	40
3.7. ÖLÇÜM YÖNTEMİ.....	41
3.7.1. Kullanılan Ekipmanlar.....	41
3.7.1.1. Elektrik Alan Ölçüm Cihazı.....	41
3.7.1.2 GPS Cihazı.....	43
3.7.1.3 Ölçüm Düzeneği.....	45
3.7.2. Ölçüm Yöntemi.....	46
3.7.2.1. Drive Test Yöntemi.....	47
3.7.3 Sayısal Harita Gösterimi.....	48
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
4.1. Karaman İli Şehir Merkezi.....	51
4.2. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi.....	56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Elektromanyetik tayfın frekans sınıfına göre dalgaboyu ve enerji değerleri	14
Çizelge 3.2. 0 Hz - 10 kHz ve 60 GHz - 300 GHz Frekans bantlarındaki; elektrik ve manyetik alanların kamusal alanlarla ilgili sınır değerleri.....	22
Çizelge 3.3. Bazı vücut dokularının 433 MHz,900 MHz ve 1800 MHz frekansında dielektrik ve iletkenlik değerleri	23
Çizelge 3.4 13.56 MHz – 2450 MHz frekans bandında farklı sıcaklıklarda kas dokusunun dielektik sabiti ve iletkenlik değeri.....	23
Çizelge 3.5 Çok düşük frekansta 1 kV/m yatay elektrik alanına ve dokunmayla 1 mA akıma maruz kaldığı farz edilen insanın güç soğurması (Watt) dağılımı (f = 0.06 kHz).....	24
Çizelge 3.6. 1 kV/m yatay elektrik alanına ve dokunmayla 1 mA akıma maruz kaldığı farz edilen insanın güç soğurması dağılımı (f = 3000 kHz).....	24
Çizelge 3.7 ICNIRP tarafından mesleki maruziyet için belirlenen elektromanyetik limit değerleri	30
Çizelge 3.8. ICNIRP tarafından halk sağlığı elektromanyetik maruziyet sınır değerleri	30
Çizelge 3.9. BTK tarafından ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler	32
Çizelge 3.10. 0 Hz - 300 GHz frekans bantlarındaki elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar için sınır değerler.....	33
Çizelge 3.11. IEEE 802.11 ailesi iletişim kuralları, frekans ve veri hızı değerleri	36
Çizelge 3.12. Ölçümlerde kullanılan Narda EMR-300 ölçüm cihazının tip 18C probu ile kullanıldığında teknik özellikleri	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Orbitofrontal korteks seviyesinde yatay beyin glikoz metabolizması görüntüsü.....	7
Şekil 3.1. Elektrik Alana bırakılan artı yüklü ve eksi yüklü parçacıkların hareketi	9
Şekil 3.2. a) Eksi yüklü cismin elektrik alan çizgileri b)artı yüklü cismin elektrik alan çizgileri c) aynı yüklü cisimlerin elektrik alan çizgileri d) farklı yüklü cisimlerin elektrik alan çizgileri.....	10
Şekil 3.3. Pasif durumdaki bir elektrikli cihazın yaydığı elektrik alan.....	10
Şekil 3.4. Sağ el kuralı ile manyetik alan yönünün bulunması	11
Şekil 3.5. Elektromanyetik Tayf	15
Şekil 3.6. Elektromanyetik Tayf'da atmosferden geçebilen ve geçemeyen dalgaların frekans ve dalga boyuna göre gösterilmesi	16
Şekil 3.7. Gama Işınımı.....	17
Şekil 3.8. Alfa (α), beta (β) parçacıkları ve gama (γ) ışınının insan bedenine nüfuz etme oranları	17
Şekil 3.9. Karaman ili şehir merkezi çalışma alanı uydu görüntüsü.....	39
Şekil 3.10. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi çalışma alanı uydu görüntüsü.....	40
Şekil 3.11. Narda marka 100KHz - 3GHz frekans aralığına uygun probe takılmış EMR-300 ölçüm cihazı	42
Şekil 3.12. Ölçümde kullanılan Piranha harizon Navigasyon cihazı	43
Şekil 3.13. Ölçümde kullanılan Garmin marka GPS cihazı.....	44
Şekil 3.14. Ölçümde kullanılan Piranha ve Garmin Marka GPS cihazları	44
Şekil 3.15. Elektrik alan ölçüm düzeneği.....	45
Şekil 3.16. Ölçümde kullanılan EMR bilgisayar programının değer alırken alınan ekran görüntüsü.....	46
Şekil 3.17. Mapinfo yazılımında sayısal harita oluşturmak için tablo dosyasından veri alınması	49
Şekil 3.18. Tablo dosyasından alınan kordinat ve elektrik alan değerlerinden noktasal harita oluşturma.....	49
Şekil 3.19. Mapinfo'da oluşturulan noktasal harita	50
Şekil 3.20. Mapinfo yazılımı ile tematik harita oluşturma.....	50
Şekil 4.1. Karaman ili şehir merkezinde ölçüm yapılan noktaların Google Haritalar üzerinde gösterimi.....	51
Şekil 4.2. Karaman ili şehir merkezinde yapılan ölçümlerin mor (değeri 1 V/m'den küçük), mavi (değeri 1-2 V/m arasında), sarı (değeri 2-3 V/m arasında), kırmızı (değeri 3-4 V/m arasında) renkleri ile gösterimi.....	52
Şekil 4.3. Karaman ili şehir merkezinde yapılan ölçümlerin silindirik grafik biçimde gösterimi.....	52
Şekil 4.4. Karamanoğlu İli Şehir Merkezinin Elektromanyetik Kirlilik Haritası ..	53
Şekil 4.5. Karamanoğlu İli Şehir Merkezinin Elektromanyetik Üç Boyutlu Kirlilik Haritası	54
Şekil 4.6. Elektrik alan şiddeti 4 V/m'yi aşan Siyahser İlköğretim okuluna yakın olan nokta.....	55
Şekil 4.7. Ölçümlerde elektrik alan şiddeti 4 V/m'yi aşan on nokta biri.....	55

Şekil 4.8. Karaman ili şehir merkezinin Google Haritalar'da yayımlanmış elektromanyetik kirlilik haritası	56
Şekil 4.9. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde yapılan ölçümlerin yeşil (değeri 1 V/m'den küçük), mavi (değeri 1-2 V/m arasında) ve kırmızı (değeri 2-3 V/m arasında) renkler kullanılarak pasta grafikte gösterimi...	57
Şekil 4.10. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde yapılan ölçümlerin silindirik grafik biçimde gösterimi.....	57
Şekil 4.11. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesin Elektromanyetik Kirlilik Haritası.....	58
Şekil 4.12. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesin Üç Boyutlu Elektromanyetik Kirlilik Haritası.....	58
Şekil 4.13. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nin Google Haritalar'da yayımlanmış elektromanyetik kirlilik haritası	59

KISALTMALAR VE SİMGELER

Sembol	Anlamı	Birimi
ANSI	American National Standards Institute	
BBB	Blood-Brain Barrier	
BM	Birleşmiş Milletler	
c	Işık Hızı	($3 \cdot 10^8$ m/s)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi	
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	
DNA	Deoksiribonükleik asit	
EEG	Elektroensefalografi	
EKG	Elektrokardiyogram	
ELF	Extremely Low Frequency	
EMA	Elektromanyetik Alan	
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk	
EMD	Elektromanyetik Dalga	
EMR	Elektromanyetik Radyasyon	
eV	Elektronvolt	
f	Frekans	(s^{-1} , Hz)
FCC	Federal Haberleşme Komisyonu	
FDTD	Zaman Ekseninde Sonlu Farklar	
Gy	Gray	
h	Plank Sabiti	
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers	
GPS	Global Positioning System	
GSM	Global System for Mobile	
ICNIPR	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	

ICRP	Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu	
ILO	International Labour Organization	
IrCOMM	Infrared Communications Protocol	
IrLAN	Infrared Local Area Networks	
IrLAP	Infrared Link Access Protocol	
IrOBEX	Infrared Object Exchange	
IRLMP	Infrared Link Management Protocol	
IrPHY	Infrared Physical Layer Specification	
R	Röntgen	
Rad	Radyasyon Emilim Dozu	
RF	Radyo Frekans	
RFR	Radyo Frekans Radyasyonu	
S	Güç Yoğunluğu	(W/m ²)
SAR	Specific Absorption Rate	(W/Kg)
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	
Wb	Weber	
WHO	World Health Organization	
σ	Elektriksel İletkenlik	(C ² /Nm ²)
ϵ	Bağıl Elektriksel Geçirgenlik	
λ	Dalga Boyu	(m)
μ	Ortamın Manyetik Geçirgenliği	

1. GİRİŞ

İlerleyen bilim ve gelişen teknoloji sayesinde elektrikle çalışan yüksek teknoloji cihazlar her geçen gün hayatımızda daha çok yer kaplamaya başlamıştır. Bu yüksek teknoloji ürünler hayatımızı kolaylaştırırken beraberinde yan etkileri konusunda merak uyandırmıştır. Bu yan etkileri inceleme amacıyla Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission) 1933 yılında Paris'te yapılan toplantıda Uluslararası Radyo Girişim Tayf Komitesi (International Spectral Committee on Radio Interference)'ni oluşturarak elektromanyetik girişim üzerinde çalışmalara başlamıştır. 1979 yılında elektronik cihazlardan yayılan elektromanyetik uyumluluğa (EMC) ilişkin ilgili standartlar oluşturulmuştur. Bu standartlar bizim ülkemizde olduğu gibi diğer dünya ülkelerinin ithalat yönetmeliklerinde önemli bir yer tutmaktadır. Elektromanyetik uyumluluk (EMC) çalışmaları gün geçtikçe dünyada ve Türkiye'de daha fazla yer bulmaktadır [1-3].

Bilim ve teknoloji, gelişimi ile insanoğluna yeni cihazlar sunmaktadır. Bu yüksek teknoloji ürünü cihazların büyük bir kısmı elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Elektrik enerjisi ile çalışan cihazların çevrelerinde elektromanyetik alanlar oluşturduğu bilinmektedir [4]. Günlük hayatımızda kullandığımız bu teknolojik ürünlerin oluşturduğu elektromanyetik alanların canlılar üzerinde oluşabilecek olası tehlikelerine karşı bazı önlemler alma gereksinimi duyulmuştur. Bundan dolayı elektromanyetik uyumluluk konularını düzenlemek üzere 24.10.2007 tarih ve 26680 sayılı Resmi Gazetede Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği yayımlanmıştır.

Ateş insanoğlunun gelişiminde büyük yer tutmuş en büyük buluşlardan biridir. Ateşi daha kolay elde etmek için birçok icat yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi de kibrittir. Birçok bilim insanı benzer kimyasallar kullanarak kibrit icat etmiştir [5]. Ancak icat edilen bu ilk kibritlerde kullanılan kimyasalların insan sağlığını tehlikeye attığı ortaya çıkmış ve bunun için önlemler alınmıştır. Bu deneyime sahip olan insanoğlu günlük hayatta kullandığımız elektrikli cihazların canlı doku üzerinde bir zararı olup olmadığı konusuna merak salmıştır. Elektrik enerjisiyle çalışan her cihaz çevresinde bir elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Bu elektromanyetik alan içerisinde kalan diğer elektromanyetik kaynaklar bundan olumlu veya olumsuz etkilenebilmektedir. İnsan vücudu da bunlardan bir tanesidir. İnsan vücudu ortalama

50000 km uzunluğu olan ve yaklaşık 25 milyar nörondan oluşan elektriksel iletim yapan bir sinir ağına sahiptir. Bilginin iletilmesi, saklanması, etkinin ve tepkinin organlar arasında taşınması bu sistem aracılığıyla olur. Bu elektrikli sisteminde kendine has bir elektromanyetik yapısı vardır. Dolayısıyla bu sistemin dıştan gelen elektromanyetik alanlardan olumlu veya olumsuz etkilenebileceği ihmal edilemez. Elektromanyetik alanların biyolojik sistemler üzerinde etkilerini incelemek amacıyla Tıbbi Bilişim ve İstatistik Ana Bilim Dalı, Biyomedikal Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Biyofizik Ana Bilim Dalı ve Biyoelektromanyetik Ana Bilim Dalı gibi farklı disiplinler bir araya gelerek bu etkileri incelemektedir [6].

Elektromanyetik alanların insanlar üzerinde zararlı olduğu düşüncesine sahip olmak gibi zararlı olmadığı düşüncesine sahip olmakta hatalıdır. Zira yapılan bazı çalışmalarda cep telefonlarınca oluşturulan 900 MHz frekansa sahip bir elektromanyetik alanın kalbin sinirsel ağına zarar verip vermediği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda alınan EKG bilgilerinde herhangi bir etki tespit edilmemiştir [7]. Ancak 900 Mhz elektromanyetik alan EKG üzerinde bilenen bir etkisi olmasa da bazı hormonlar üzerinde etkileri ortaya çıkmıştır [8].

Elektromanyetik alanların sürekli etkisi elektromanyetik kirlilik kavramının tanımlanmasıdır. Elektromanyetik alanların canlılar üzerindeki uzun vadede etkileri tam olarak bilinmemektedir, bu sebeple araştırmalar devam etmektedir. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi'nde yapılan çalışmada, hastanenin elektromanyetik kirlilik haritası çıkartılmış ve bu haritaya göre çalışanların sağlık durumu incelenmiştir [9]. Başka bir çalışmada Cansız, Diyarbakır İl Merkezinin elektromanyetik alan haritasını çıkartmış ve durum değerlendirmesi yapmıştır [10].

Bu tez çalışmasında, elektromanyetik kirlilik haritasının çıkartılması için Karaman İli şehir merkezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi ve Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi kullanılmıştır.

Karaman ili 1989 yılında Türkiye Cumhuriyeti'nin yetmişinci ili olmuştur. Karaman ili, şehir merkezinde bulunan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi'nin de katkılarıyla her geçen gün gelişen ve kendini yenileyen bir ilimizdir. Karaman ili şehir merkezinin elektromanyetik kirlilik haritasının çıkartılması, şehrin tanıtımında

ve şehir merkezinde yaşayan halkın yaşam alanlarındaki elektromanyetik kirlilik konusunda bilgilendirmede önemli bir yer tutmaktadır.

Bu tez çalışmasında 100 KHz – 3 Ghz frekans aralığındaki elektromanyetik dalgaların elektrik alan ölçümü değerleri ile elektromanyetik kirlilik haritası oluşturulmuştur. Bu ölçümler 3 gün süresinde şehir merkezinde ve üniversite içerisinde toplam 181 km yol kat edilerek drive test yöntemi [11] ile 16000 değer alınmıştır. Bu alınan değerler ile elektromanyetik kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Bu haritada, düşük elektrik alan değerleri mavi renkte, yüksek elektrik alan değerleri kırmızı renkte gösterilmiştir. Böylece tematik bir harita oluşturularak kamuoyu tarafından anlaşılabilmesi kolaylaştırılmıştır. Haritalar GoogleMap üzerinde, Nisan 2013 Karaman Elektromanyetik Kirlilik Haritası, Nisan 2013 Karamanoğlu Mehmetbey Yunus Emre Yerleşkesi Elektromanyetik Kirlilik Haritası ve Haziran 2013 Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi Elektromanyetik Kirlilik Haritası isimleri ile kamuoyunun bilgisine sunulmuştur.

Elektromanyetik kirlilik haritalarının oluşturulması ve incelenmesinden önce, elektrik alan, manyetik alan, elektromanyetik alan, iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon konularında temel tanımlamalar verilmiştir.

Doğada farklı frekanslarda birçok elektromanyetik alan mevcuttur. Bu tez çalışmasında ise genel olarak haberleşme sistemlerinden kaynaklı oluşan 100 KHz – 3 GHz frekans aralığına sahip olan elektromanyetik kirlilik incelenmiştir. 100 KHz – 3 GHz frekans aralığında elektromanyetik alan oluşturan cihazlardan örnekler verilmiş ve özgül emilim oranı (SAR) hakkında bilgi verilmiştir. Günlük hayatta kullanılan bazı cihazların SAR değerlerinden bahsedilmiştir. 100 KHz – 3 GHz frekans aralığı dışında elektromanyetik alan kaynaklarına değinilmiştir. elektromanyetik alanların biyolojik sistemler üzerinde araştırılmış etkilerinden ve tedbir amaçlı alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir.

Son bölümde elektromanyetik alanların olası zararlı etkilerine karşı kurum, kuruluş ve bireysel olarak alınabilecek önlemler tavsiye niteliğinde sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Elektromanyetik alanların canlı yapılar üzerindeki etkileri birçok araştırmaya konu olmuştur. Türkiye’de ve dünyada bazı bölgelerin elektromanyetik kirlilik haritaları çıkartılmıştır. Günümüzde elektromanyetik alanların muhtemel etkileri çeşitli yöntemler ile araştırılmaya devam edilmektedir. Bunlara, deneysel çalışmalar, yapay doku çalışmaları, bilgisayar simülasyonları, anket çalışmaları ve gönüllü deney çalışmaları örnek verilebilmektedir [12].

Bilgisayar simülasyonlarında özgül soğurma hesaplamaları, elektromanyetik dalgaların yayılım etkilerini ve bilinen etkilerinin güvenilir bir seviyede kalması için matematiksel modelleme çalışmaları yapılmıştır [13].

Paolino ve arkadaşları 2001 yılında Coğrafik Bilgi Sistemi (GIS) kullanımı ile İtalya’da elektromanyetik kirliliğin gözlemlenmesi çalışmasını yapmıştır [14].

Elektromanyetik kirlilik, etkileri ve korunma yöntemlerini kapsayan bir çalışma, Paksoy [15] tarafından sunulmuştur. Elektromanyetik alanların biyolojik etkilerini, elektrikli ve elektronik cihazlar üzerindeki etkilerini incelemiş ve bunların en aza indirme yollarını sorgulamıştır. Elektromanyetik radyasyonun olumsuz etkilerinden korunmak için alınması gereken bazı tedbirler önerilmiştir.

Elektromanyetik alanların sadece ısı etkisinin olmadığı bunun yanısıra yüksek frekanslı dalgaların doku ve hücreleri üzerinde titreşim olarak bir etkisinin de olduğu yönünde araştırmalar devam etmektedir [16].

Yapay doku çalışmalarında, insan dokularına yakın dokular laboratuvar ortamın oluşturularak elektromanyetik alanların etkileri araştırılmaktadır. Cep telefonlarının kafa ve beyin üzerindeki ısı artışındaki etkilerini araştırma amaçlı çalışmalar yapılmıştır [17].

Elektromanyetik alanlara maruz kalmanın canlılara etkisi yönünde kaygıları ve belirsizlikleri anlamada katkı sağlama amaçlı bir çalışma Önal tarafından yapılmıştır [18].

Henderson ve Bangay, CDMA800, CDMA900, CDMA1800 ve 3G (UMTS) sinyallerini farklı uzaklıklardan ölçmüşlerdir. Ölçüm değerlerini ICNRP standartları ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma ile Avusturya'nın beş şehrinde baz istasyonu kaynaklı elektromanyetik yayılım değerlerini incelemişlerdir [19].

3 GHz'e kadar olan radyo frekans tayfında ortamdaki elektromanyetik kirliliğin GSM haberleşmesine etkileri Genç tarafından yapılan çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak belirlenen frekans tayfında elektromanyetik kirliliğe, televizyon vericileri, radyo vericileri ve cep telefonu baz istasyonunun etkilerini araştırmıştır [20].

2008 yılında İlhan tarafından Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi'nde yapılan çalışmada, hastanenin elektromanyetik kirlilik haritası çıkartılmış ve bu haritaya göre çalışanların sağlık durumu incelenmiştir [9].

Zonguldak kent merkezi için Özgümüş ve arkadaşları iyonlaştırıcı olmayan 100 KHz – 3 GHz RF bölgesinde elektromanyetik kirliliği araştırılması amacıyla ölçüm çalışması yapmıştır [21]. Bu çalışmada, elektromanyetik alan şiddeti değerlerini elde etmek için; elektromanyetik radyasyon (EMR - Electromagnetic Radiation) ölçüm cihazı, Global konumlama sistemi (GPS - Global Positioning System) cihazı ve taşınabilir bilgisayar sisteminden oluşturulan ölçüm düzeneğini bir araca kurarak, planlanan yol güzergâhında hareket halindeyken ölçümler almışlardır. EMR ölçüm cihazından alınan zamana bağlı elektrik alan şiddeti (V/m) ve GPS cihazından alınan zamana bağlı konumu gösteren koordinat değerleri, zaman izleri eşleştirilerek birleştirilmiştir. Elde edilen değerler, harita üzerinde ölçeklendirilerek sunulmuştur. Bu şekilde Zonguldak kent merkezi için elektromanyetik kirlilik haritasını oluşturmuşlardır. Elde ettikleri değerleri, ulusal ve uluslararası EMR maruziyet limit değerleri ile kıyaslamışlardır.

Çerezci ve Şeker [22], 2010 yılında Bursa İli Nilüfer İlçe Belediyesi ile yaptıkları ortak bir proje çerçevesinde belde sınırları içindeki 150 adet baz istasyonu ve yüksek gerilim hatları kaynaklı elektromanyetik radyasyon ölçümlerini yapmıştır. Baz antenlerinin sektörleri ile karşı karşıya olan en yakın yaşam alanlarının ortam toplam değeri için ölçüm değerleri elde etmişlerdir. EMR ölçüm değerlerini tablolar

ve eğriler halinde sunmuşlardır. Çalışma sonucu bugün ve gelecek itibariyle güvenlik limitlerinin ne derece güvenli olduğu ve halkın istem dışı maruz kaldığı EMR seviyelerinin düşürülmesi için alınacak tedbirleri önermişlerdir. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun (BTK) ülkemizde uyguladığı mevcut EMR limit değerlerinin çok daha altında örnek bir EMR sınır modeli öne sürmüşlerdir.

Konya bölgesinde, Durduran ve Uygunol tarafından GSM baz istasyonlarının CBS ile Elektromanyetik Alan kirliliği haritasının oluşturulmuştur [23].

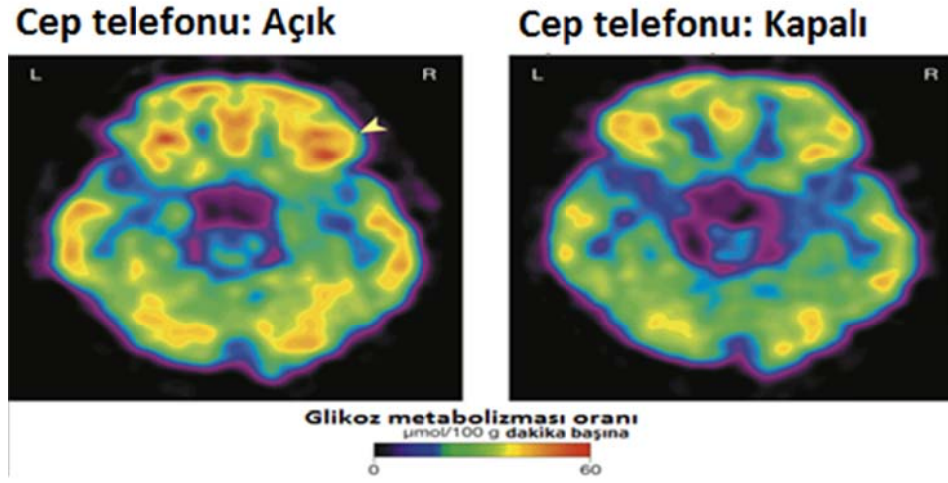
Diyarbakır İl merkezinin elektromanyetik alan haritasının çıkarılması ve durum değerlendirilmesi çalışması 2010 yılında Cansız tarafından gerçekleştirilmiştir [24].

Sorgucu, tez çalışmasında Erciyes Üniversitesi'nin merkez yerleşkesinde GSM900 ve GSM1800 şebekelerinin oluşturduğu elektromanyetik kirliliğin ölçülmesi ve değerlendirmesini yapmıştır [25].

Deneysel çalışmalarda elektromanyetik alanın büyüklüğü, frekansı, dalga boyu, modülasyon tipi ve maruz kalma süreleri vb. etkenleri değiştirilerek nedensellik araştırması yapılmaktadır. Bilim ve arkadaşlarının kablosuz haberleşme sistemleri araştırma laboratuvarında yaptıkları elektromanyetik enerji ile SAR değeri arasındaki ilişkinin doğrulanması çalışması, deneysel çalışmaya örnek verilebilir [26].

Bilim ve arkadaşları [27] 2011 yılında yaptıkları diğer bir çalışmada GSM 900 MHz frekans bandı yoğunluğunun günün farklı zaman dilimleri içerisinde gösterdiği değişimi detaylı olarak incelemiştir. Bu değişimi belirleyebilmek için RF spektrum analizörü olarak Spectran® HF-6065 marka portatif analizörden faydalanmışlardır. Ölçümler gün içerisinde GSM 900 frekans bandı yoğunluğunun en çok ve en az olduğu zaman dilimlerini kapsayacak şekilde gerçekleştirmişlerdir. Ölçüm sonuçlarına göre GSM kullanımının olduğu bir bölgede, yukarı yönlü bağlantıya ait frekans bandındaki elektromanyetik yoğunluğun, gece saatlerine kıyasla gündüz saatlerinde daha belirgin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Cep telefonu kullanımındaki hızlı artış, beyne ulaşan radyo sinyallerinin olası olumsuz etkileri konusunda endişelere sebep olmuştur. Cep telefonu radyasyonu maruziyetinin insan beyni üzerindeki etkileri açık değildir. Nora ve arkadaşları cep telefonu maruziyetinin beyin glikoz metabolizması üzerindeki etkisini beyin aktivitelerini gözlemleyerek bulmayı amaçlamıştır [28]. Çalışmada 57 gönüllünün sağ ve sol kulak hizasına iki cep telefonu koyulmuş, gönüllü deneklere beyin glikoz miktarını ölçmek için fluorodeksiglukoz aşılanmıştır. Birinci safhada 50 dakika süreyle bir cep telefonu, ikinci safhada ise her iki cep telefonu aktif duruma getirilerek ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Orbitofrontal korteks seviyesinde yatay beyin glikoz metabolizması görüntüsü [28].

Şekil 3.1'de sol resimdeki yani cep telefonuna aktif maruz kalan deneğin beyin glikoz metabolizması, cep telefonu pasif olan duruma durumuna göre hareketlilik göstermektedir. Sonuç kısmında bu etkilerin zararlı olup olmadığı konusunda daha çok araştırma yapılması gerekliliğinden bahsedilmiştir.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'ndan Arslantaş tarafından Elektromanyetik alan şiddetinin okul ve sağlık kuruluşları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla bir tez çalışması yapılmıştır [29].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

1752'de uçurtma deneyi ile başlayan elektrik deneyimi, teknolojinin ve sanayinin hızla gelişmesi ile tüm hayatımızı sarmıştır [30]. Günlük hayatta cep telefonu, mikrodalga fırın vb. yüksek teknoloji ürünü cihazları daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar ise elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Priz takılı bir cihaz kapalı iken elektrik alan yaymaktadır, cihaz açılması ile elektrik akımı başlamakta böylece manyetik alan oluşturmaktadır. Bu iki kavram elektromanyetik olarak tanımlanmaktadır. Günlük kullandığımız bütün elektrikli cihazlar belli frekanslarda elektromanyetik dalga yayarlar. Günümüz teknolojilerinden AM-FM radyolar, TV yayınları, kablosuz modemler – fareler – klavyeler, elektrikli aletler, sürekli hayatımızda olan cep telefonları, fırınlar, mikserler kısaca elektrik enerjisiyle çalışan bütün cihazların oluşturduğu elektromanyetik alanlar, Elektromanyetik kirlilik olarak tasvir edilmiştir.

3.1.1. Elektrik Alan

Joseph Priestley'in elektrik üzerine çalışmaları geliştiren Charles Coulomb; elektriksel iki yük arasındaki bir kuvvet oluştuğunu, bu kuvvetin yüklerin büyüklüklerinin çarpımıyla doğru orantılı ve yüklerin aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılı olduğu keşfetmiştir [31]. Bu ilişkiyi

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} N \quad (1.1)$$

denklemi ile ifade etmiştir. q_1 ve q_2 yüklü parçacıkları, r yükler arasındaki mesafeyi ve " k " Coulomb sabitini ifade eder. Coulomb sabiti 1.2 denklemiyle bulunur.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.9875 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \quad (1.2)$$

ϵ_0 uzayın elektrik geçirgenliği veya dielektrik sabitidir. Boşluk veya uzay için geçirgenlik sabirinin değeri $8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$ 'dir.

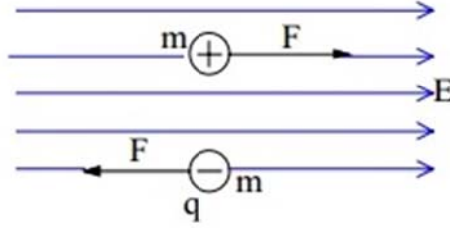
Bir noktaya konulmuş pozitif veya negatif yüklü bir cismi etkileyen elektriksel bir kuvvet var ise bu noktada elektrik alan var denilir. Elektrik alan büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir değerdir. Elektrik alan şiddetinin birimi

volt/metre (V/m) olarak ifade edilir. Bu alandaki elektrik alan büyüklüğünü bulurken denklem 1.3'ten yararlanır.

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1.3)$$

q_0 pozitif deneme yükünü, F deneme yükü üzerine etkiyen kuvveti ve E elektrik alan vektörünü temsil eder.

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi elektrik alana bırakılan pozitif yüklü parçacık elektrik alanı ile aynı yönde hareket eder iken negatif yönlü parçacık ters yönde bir hareket izler.



Şekil 3.1. Elektrik Alana bırakılan artı yüklü ve eksi yüklü parçacıkların hareketi.

Kapalı bir yüzeyin dışına akan elektriksel akı ile yüzey içerisinde kalan elektriksel yük arasındaki bağıntı diferansiyel formda Gauss yasası denklem 1.4 ile tanımlanır [32].

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1.4)$$

Elektrik alan ile ortamın dielektrik sabitinin çarpımı ile elektrik akı yoğunluğu hesaplanır. Bu bağıntı denklem 1.5'te verilmiştir.

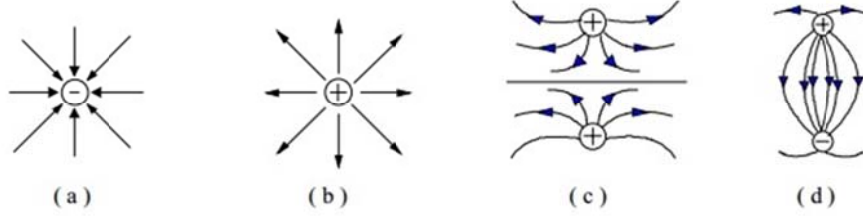
$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \frac{C}{m^2} \quad (1.5)$$

Elektriksel alanda bulunan iletken malzemelerde canlı doku veya cihazlarda elektriksel alan kuvvetinden kaynaklı olarak bir akım oluşur. Bu akım denlem 1.6'da gösterilen eşitlik ile bulunur.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (1.6)$$

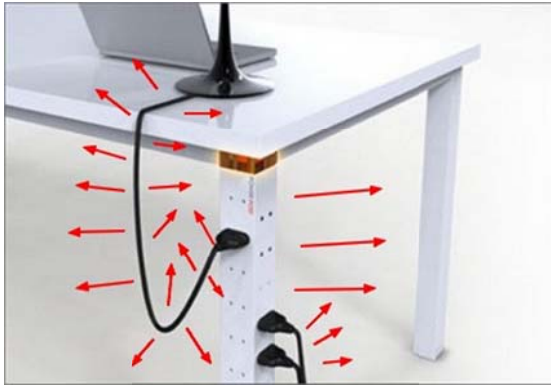
Burada \vec{J} akım yoğunluğunu, σ ortamın elektriksel iletkenliğini göstermektedir.

Elektrik alan çizgileri artı yüklü cisimlerden eksi yüklü cisimlere doğru olmaktadır. Tek başına bir eksi yüklü cisim için elektrik alan çizgileri çizerken sonsuzdan gelen ve eksi yüklü cisme yönelen oklar ile temsil edilmektedir. Tek başına artı yüklü bir cisim için elektrik alan çizgilerini oluştururken cisimden başlayarak sonsuza giden ışınlar kullanılmaktadır [33]. Şekil 3.2'de bazı elektrik alan çizimleri verilmiştir.



Şekil 3.2. a) Eksi yüklü cismin elektrik alan çizgileri b) artı yüklü cismin elektrik alan çizgileri c) aynı yüklü cisimlerin elektrik alan çizgileri d) farklı yüklü cisimlerin elektrik alan çizgileri

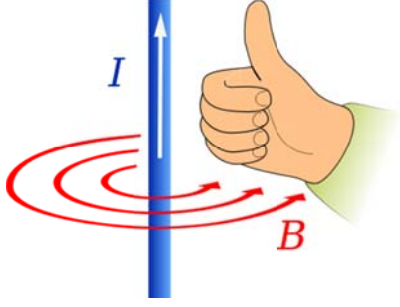
Üzerinde yük barındıran cisimler elektrik alan yayırlar. Buna örnek olarak prize bağlı ancak çalışmayan elektrikli cihazlar çevrelerinde Şekil 3.3'de gösterildiği gibi elektrik alan oluştururlar.



Şekil 3.3. Pasif durumdaki bir elektrikli cihazın yaydığı elektrik alan.

3.1.2. Manyetik Alan

Manyetik alan, hareket eden elektrik yükleri tarafından meydana getirilir. Manyetik alan, elektrik alan gibi vektörel bir büyüklüktür. Akım taşıyan bir iletkenin etrafında oluşturduğu manyetik alan Şekil 3.4'te gösterildiği gibi sağ el kuralı ile bulunur.



Şekil 3.4. Sağ el kuralı ile manyetik alan yönünün bulunması

1826 yılında Andre-Marie Ampere tarafından kapalı bir eğri üzerinden integrali alanmış bir manyetik alan ile o eğri üzerindeki elektrik akımı arasındaki ilişkiyi 1.7'deki denklem ile açıklamıştır [34].

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} \quad (1.7)$$

\oint kapalı C eğrisi üzerinden alınan çizgi integralini, B manyetik akı yoğunluğunu, $d\vec{l}$ sonsuz küçüklükteki elemanı, μ_0 manyetik sabitini ve I_{enc} eğri ile kapatılan alandan geçen akımı göstermektedir.

\vec{v} hızı ile hareket eden, q birim yüklü parçacığın B manyetik akı yoğunluğunda üzerinde oluşan manyetik kuvvet denklem 1.8 ile gösterilmiştir.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (1.8)$$

Manyetik akı yoğunluğu Weber/m², Gauss veya Tesla birimleri ile ölçeklenmektedir. Bu büyüklüklerin birbirine denkliği 1.9 'daki denklemle belirtilmiştir.

$$10^4 \text{ Gauss} = 1 \text{ Tesla} = 1 \text{ Weber/m}^2 \quad (1.9)$$

Manyetik akı yoğunluğunun (B), manyetik alan şiddeti (H) ile bulunması denklem 1.10'da verilmiştir.

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \text{ Weber/m}^2 \quad (1.10)$$

Burada μ manyetik geçirgenlik katsayısıdır. Bir çok biyolojik maddede manyetik geçirgenlik katsayısı havanın manyetik geçirgenlik katsayısı μ_0 'a eşittir.

3.1.3. Elektromanyetik Alan

Elektrik ve manyetik alanları arasındaki ilişkiyi Maxwell Denklemleri olarak bilinen 4 yalın denklem ile açıklanmıştır. Bu dört denklem elektromanyetik dalgaların tüm özelliklerini eksiksiz olarak açıklar. Maxwell denklemleri de şu iki temel kurala dayanmaktadır [35].

1. Zamana göre değişen manyetik alan bir elektrik alanı yaratmaktadır.
2. Zamana göre değişen elektrik alanı bir manyetik alan yaratmaktadır.

Maxwell dalga denklemleri, elektromanyetik dalganın iki bileşeni olan E elektriksel alanı ve H alanı manyetik arasındaki bağıntıları şöyle göstermektedir:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1.11)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (1.12)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1.13)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (1.14)$$

Zaman göre değişen kaynakların oluşturduğu bu elektrik ve manyetik alanlar dalga halinde belirli bir enerji yaymaktadır. Bu şekilde yayılan elektriksel enerjiye elektromanyetik dalga yayılması veya elektromanyetik ışımaya denmektedir.

3.1.4. Doğal Elektromanyetik Alanlar

İnsan etkisi bulunmadan doğada bulunan elektromanyetik alanlar doğal elektromanyetik alanlar olarak tanımlanır [36]. Güneş, bazı uzak yıldızlar ve atmosferik deşarj (yıldırım) iyonlaştırıcı olmayan doğal elektromanyetik alanlardır. Güneşten çıkarak atmosferi geçebilen ve yeryüzüne ulaşan elektromanyetik dalgalara görülebilen dalga boyundaki güneş ışığını örnek verilebilir. Uzak yıldızların patlamaları veya çökmeleri sonucu ortaya çıkan ve yeryüzüne ulaşabilen diğer bir doğal elektromanyetik dalga örneğidir. Atmosfer olaylarından yük boşalması olarak gerçekleşen yıldırım hadisesi bir başka doğal elektromanyetik dalga kaynağı sayılmaktadır [37].

Güneşte veya uzak yıldızlarda oluşan x-ışınları veya gama ışınları gibi iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalar dünyayı saran atmosfer tabakasını geçemeyerek yeryüzüne ulaşamamaktadır [38].

3.1.5. Yapay Elektromanyetik Alanlar

İnsan etkisi ile oluşan elektromanyetik alanlar, yapay elektromanyetik alanlar olarak tanımlanır. Elektrik enerjisi ile çalışan veya elektrik enerjisini aktaran cihazlar yapay elektromanyetik alan kaynağı sayılmaktadır. Elektrik enerjisi taşıyan yer altı ve yer üstü kabloları, TV ve bilgisayar ekranları, elektrikli ev aletleri (elektrikli süpürge, saç kurutma makinesi, traş makinesi vb.), mikro dalga fırınlar, radyo ve TV vericileri, telsiz haberleşme sistemleri, hücreli haberleşme sistemleri ve gün içerisinde sürekli yanımızda bulduğumuz cep telefonları günlük hayatta maruz kaldığımız elektromanyetik dalgaların başlıca kaynaklarıdır [39].

3.2. ELEKTROMANYETİK RADYASYON

Elektromanyetik ışınım, elektromanyetik dalga ya da elektromıknatısal ışın bir vakum veya maddede kendi kendine yayılan dalgalar formunu alan bir olgudur [40]. Elektromanyetik radyasyon, elektromanyetik enerjinin yayılımını ifade eder. Elektromanyetik radyasyon ikiye ayrılarak; madde içine nüfuz ettikten sonra iyonlaştırıcı olan ve iyonlaştırıcı olmayan olarak tanımlanmıştır [41].

Dalga boylarına bağlı olarak elektromanyetik alanların ışınım özellikleri değişmektedir. Elektromanyetik alanların dalga boyları ile frekansları arasındaki ilişki 1.15'de sunulmuştur. Frekans arttıkça dalga boyu küçülmektedir.

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m)} \quad (1.15)$$

Belirli bir dalgaboyundaki elektromanyetik enerjinin bu dalga boyu ile orantılı bir frekansı ve foton enerjisi bulunmaktadır. Bu bağıntı 1.16 numaralı denklem ile gösterilmiştir.

$$E = \frac{hc}{\lambda} \text{ (eV)} \quad (1.16)$$

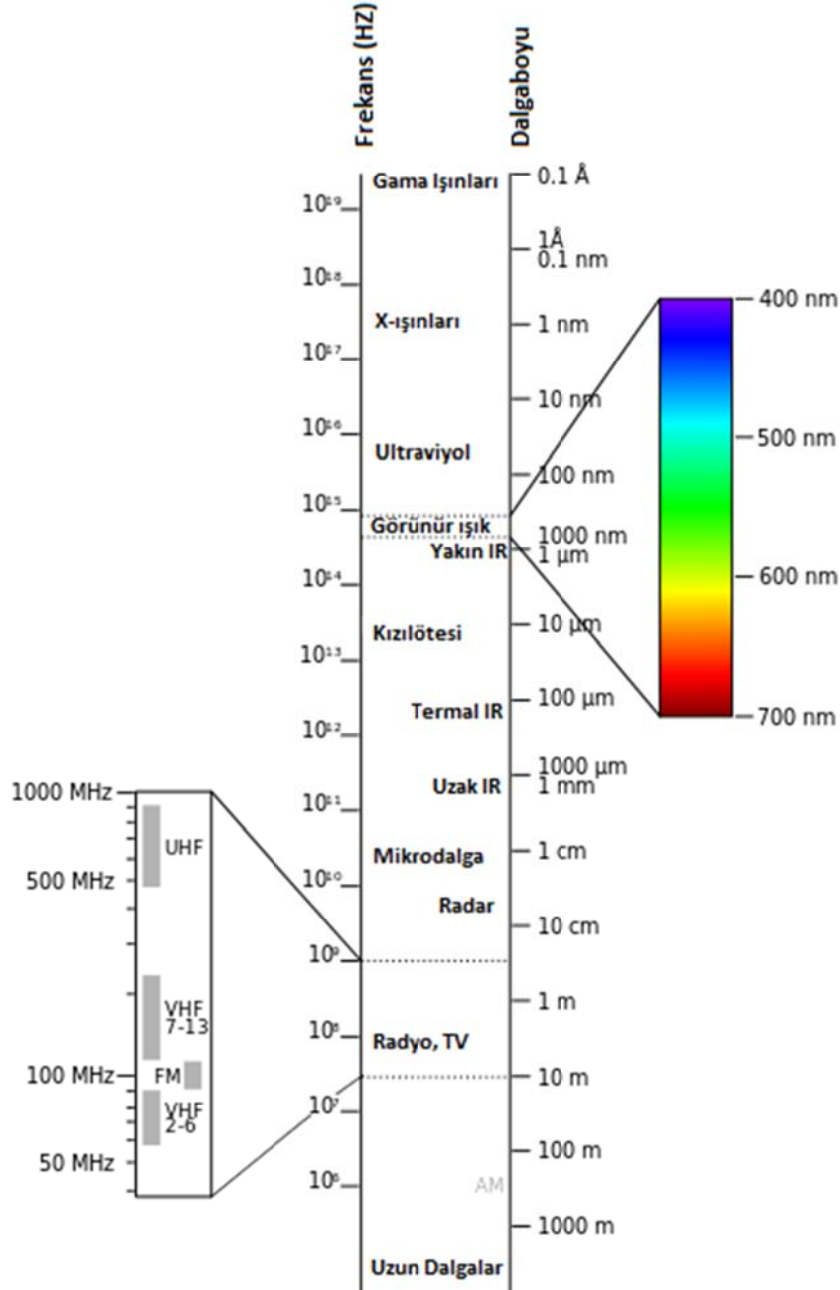
Burada h , yaklaşık değeri 6.62607×10^{-34} olan planck sabitidir ve c değeri 299792458 m/s olan ışık hızını göstermektedir.

Bağıntı 1.16'ya göre kısa dalga boyuna sahip dalgalar yüksek frekans ve yüksek enerjiye, uzun dalga boyuna sahip dalgalar düşük frekans ve düşük enerjiye sahiptirler. Bu bağıntıdan faydalanarak elektromanyetik tayfta isimlendirilen dalgalar Çizelge 3.1'de sınıf, frekans, dalgaboyu ve enerji seviyesine göre sunulmuştur [42].

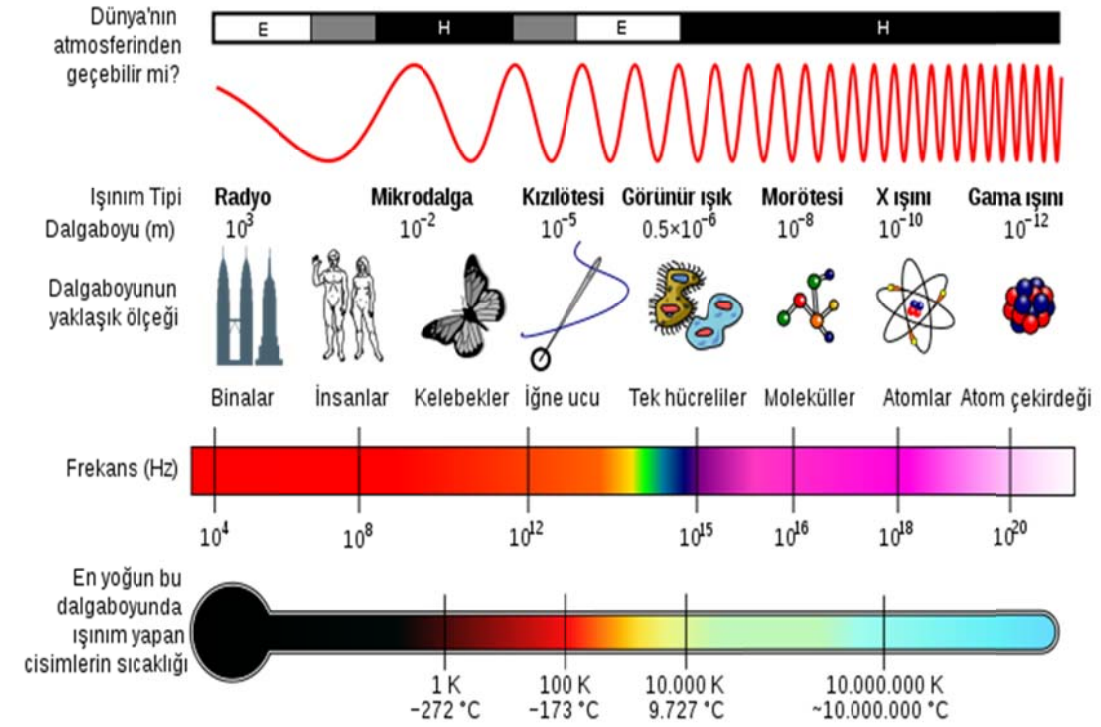
Çizelge 3.1. Elektromanyetik tayfin frekans sınıfına göre dalgaboyu ve enerji değerleri [43]

Sınıf	Frekans (f)	Dalgaboyu (λ)	Enerji (E)	Açıklama
Y	300 EHz - 30 EHz	1 pm - 10 pm	1.24 MeV - 124 keV	Gama ışınları
HX	30 EHz - 3 EHz	10 pm - 100 pm	124 keV - 12.4 keV	Sert X-ışınları
SX	3 EHz - 30 PHz	100 pm - 10 nm	12.4 keV - 124 eV	Yumuşak X-ışınları
EUV	30 PHz - 3 PHz	10 nm - 100 nm	124 eV - 12.4 eV	Uzak morötesi
NUV	3 PHz - 300 THz	100 nm - 1 μ m	12.4 eV - 1.24 eV	Yakın morötesi
VIS				Görünür ışık
NIR	300 THz - 30 THz	1 μ m - 10 μ m	1.24 eV - 124 meV	Yakın kızılötesi
MIR	30 THz - 3 THz	10 μ m - 100 μ m	124 meV - 12.4 meV	Orta kızılötesi
FIR	3 THz - 300 GHz	100 μ m - 1 mm	12.4 meV - 1.24 meV	Uzak kızılötesi
EHF	300 GHz - 30 GHz	1 mm - 1 cm	1.24 meV - 124 μ eV	Aşırı yüksek frekans
SHF	30 GHz - 3 GHz	1 cm - 1 dm	124 μ eV - 12.4 μ eV	Süper yüksek frekans
UHF	3 GHz - 300 MHz	1 dm - 1 m	12.4 μ eV - 1.24 μ eV	Ultra yüksek frekans
VHF	300 MHz - 30 MHz	1 m - 10 m	1.24 μ eV - 124 neV	Çok yüksek frekans
HF	30 MHz - 3 MHz	10 m - 100 m	124 neV - 12.4 neV	Yüksek frekans
MF	3 MHz - 300 kHz	100 m - 1 km	12.4 neV - 1.24 neV	Orta frekans
LF	300 kHz - 30 kHz	1 km - 10 km	1.24 neV - 124 peV	Alçak frekans
VLf	30 kHz - 3 kHz	10 km - 100 km	124 peV - 12.4 peV	Çok alçak frekans
VF/ULF	3 kHz - 300 Hz	100 km - 1 Mm	12.4 peV - 1.24 peV	Ses frekansı
SLF	300 Hz - 30 Hz	1 Mm - 10 Mm	1.24 peV - 124 feV	Süper alçak frekans
ELF	30 Hz - 3 Hz	10 Mm - 100 Mm	1.24 feV - 12.4 feV	Aşırı alçak frekans

Elektromanyetik dalgalar, frekanslarına göre sınıflandırılmakta ve bölgelerine göre özel isimlerle tanımlanmaktadır. Bu sınıflandırma elektromanyetik tayf olarak adlandırılır ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Elektromanyetik tayfta bulunan dalga boylarının yaklaşık büyüklüğü Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5. Elektromanyetik tayf [43].



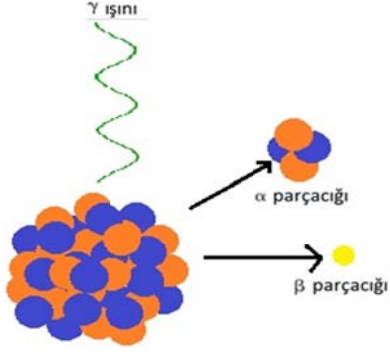
Şekil 3.6. Elektromanyetik tayf'ta atmosferden geçebilen ve geçemeyen dalgaların frekans ve dalga boyuna göre gösterilmesi [44].

3.2.1. İyonlaştırıcı Radyasyon

Bir atom veya molekülün elektron alarak veya vererek, artı veya eksi iyonla dönüşme sürecine iyonlaşma denir. Atomdaki elektronu, onu kısıtlayan elektriksel gerilimden kurtulmasını sağlayacak enerjiyi sağlayan elektromanyetik dış kaynağı iyonlaştırıcı radyasyon olarak tanımlanır [45]. İyonlaştırıcı radyasyon, iyonlaşabilen atomlardan veya iyonlaşabilen moleküllerden elektron koparmak için yeterli enerji taşıyan bir elektromanyetik radyasyon türüdür.

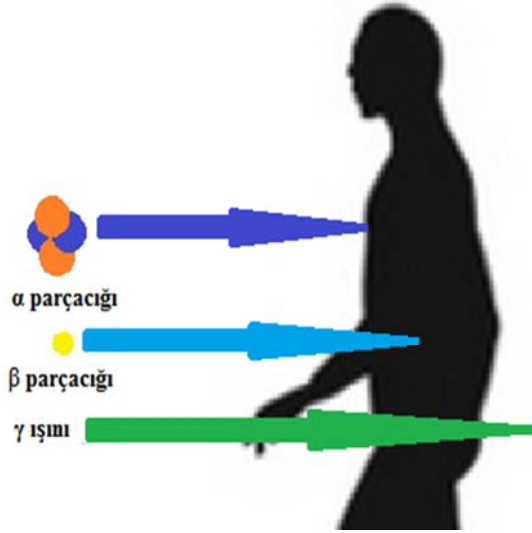
Elektromanyetik tayfta X-ışınları ve Gama ışınları iyonlaştırıcı radyasyon olarak sınıflanmıştır. Dalga boyları 10 nm'dan daha küçük elektromanyetik dalgalar yüksek seviyede enerji taşımaktadır. 10 nm – 10 pm arası dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar X-ışınları olarak isimlendirilmiştir [46]. Bu yüksek enerjili dalgalar nüfus ettikleri herhangi bir canlı veya cansız yapıdan iyon koparabilirler bu sebeple iyonlaştırıcı radyasyon olarak isimlendirmişlerdir.

Elektromanyetik tayfta sınıflandırılmış diğer elektromanyetik dalgalar ise 1pm – 10 pm dalga boyuna sahip gama ışınlarıdır. Gama ışınları, Şekil 3.7'de gösterildiği gibi ortaya çıkmaktadır ve 10^3 eV'lardan 10^6 eV'lara kadar enerji taşıyabilmektedir.



Şekil 3.7. Gama ışınımı

Şekil 3.8'de iyonlaştırıcı radyasyon sınıfında yer alan gama ışını, alfa ve beta parçacıklarının insan bedenine nüfuz etme miktarı gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Alfa (α), beta (β) parçacıkları ve gama (γ) ışınının insan bedenine nüfuz etme oranları.

Radyasyon etkisi altında kalan maddenin birim kütlesi başına düşen emilen enerji radyasyon emilim dozu olarak tanımlanır. Bu emilim miktarı radyasyon yolu ile gelen enerjinin maddeye verdiği zarar ile hesaplanır. Bu zarar, maddenin

1 kilogramını 1 coulomb yük ile şarj etmek için gerekli miktardır ve SI birim sisteminde C/kg olarak ölçeklenir.

İyonlaştırıcı radyasyon canlı dokulara, taşıyarak aktardığı enerji ile zarar vermektedir. Bu hasara sebep olan enerjiye absorpsiyon (emilim) dozu denmektedir. Enerji emilim dozu birimi olarak SI birim sisteminde Gray (Gy) kullanılır ve maddenin bir kilogramının enerjisini bir joule arttıran büyüklük olarak tanımlanır.

Uluslararası Radyoloji Korunma komisyonu (ICRP – International Commission on Radiological Protection) iyonlaştırıcı radyasyon altınca çalışanlar için haftalık en fazla alınabilecek emilim miktarını 100 mGy olarak belirtmiştir [47].

İyonlaştırıcı radyasyonun canlı yapılar için en büyük tehlikesi DNA (Deoksirionükleik asit) yapısı parçalaması veya değiştirmesidir.

3.2.2. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon

Taşıdığı enerji madde veya dokudan elektron koparmaya yetmeyecek kadar düşük olan elektromanyetik dalgalar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak sınıflandırılmıştır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon elektromanyetik tayfta dalga boyu 100 nm'den daha uzun, enerjisi 12 eV'dan daha düşük ve 300 THz'den daha düşük frekansa sahip elektromanyetik dalgalardır [48].

100 kHz – 10 GHz frekans aralığında bulunan iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun canlı dokular üzerindeki ısı etkileri özgül emilim oranı (SAR - specific absorption rate) ile değerlendirilmektedir [49]. Birimi doku başına emilen güç miktarı olarak tanımlanmıştır ve SI birim sisteminde W/kg olarak ölçeklenmiştir.

3.2.3. Soğurma Özellikleri

Malzeme özellikleri; elektrik alanları vücudu meydana getiren doku malzemeleri üzerinde üç temel prensiple enerjiyi transfer ederler [10].

1. Elektrik alanları herhangi bir atomun serbest elektronlarına kinetik enerji verir.

2. Elektrik alanları atom ve moleküllerdeki elektrik dipollere etki eder. Polarizasyon olarak isimlendirilen bu olaya ilişkin sürtünme nedeniyle doku malzemelerinde ısı oluşur.

3. Elektrik alanları, malzemede daha önce mevcut dipolleri bir araya getirir. Bununla birlikte oluşan sürtünme malzemeye enerji transfer eder.

Kayıp mekanizması olarak isimlendirilen bu üç tip enerji transfer işlemi, doku malzemelerinin dielektrik ve iletken özelliklerine bağlı olarak açıklanabilir. Zamanla sinüzoidal olarak değişen elektromanyetik alanlar dielektriğin kompleks değere sahip olması ve kayıp mekanizmasının anlaşılmasını sağlar [10]. Kompleks dielektrik,

$$\varepsilon = \varepsilon_0(\varepsilon' - \varepsilon'') \quad (1.17)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada ε_0 boşluğun dielektrik sabiti, ε' bağıl dielektrik sabitinin reel kısmı, ε'' de sanal kısmı ve $j=(-1)^{1/2}$ dir. $\varepsilon''/\varepsilon$ oranına kayıp tanjantı denir. İletkenlik,

$$\sigma = \omega \varepsilon_0 \varepsilon'' \quad (1.18)$$

Eşitliği ile ifade edilir. Burada ω açısal frekansı gösterir [10].

Soğrulma probleminin çözümünde verilen ortamın karakteristik empedansının, bilinen elektriksel parametreler cinsinden tanımlanması önemli bir başlangıç oluşturur. Vücut izotropik ve homojen olarak düşünüldüğünde vücut içindeki propagasyon sabiti ($\gamma = \alpha + j\beta$)'nin, faz sabiti β ve zayıflama sabiti; α aşağıdaki bağıntıdan bulunur [10].

$$\gamma = j\omega \sqrt{\mu_0 \varepsilon' \left(1 - j \left(\frac{\sigma}{\omega \varepsilon'}\right)\right)} \quad (1.19)$$

Bu değerlerden faydalanarak tek yönde ilerleyen bir düzlem dalga için ortamın Z empedansı 1.20'de verilen denklem ile ifade edilir [10].

$$Z = \frac{j\omega\mu_0}{\gamma} \quad (1.20)$$

3.2.4. Penetrasyon ve Frekans Özellikleri

Soğurulmanın frekansa bağlı olması dozimetrede önemli bir özelliktir. Kayıplı bir ortamda RFR'nin penetrasyon kalınlığı, frekansa ve dielektrik sabitinin çok önemli bir fonksiyonudur. Düşük frekanslı radyasyon, yüksek frekanslı radyasyona daha fazla nüfus eder. Dolayısıyla yüksek frekans radyasyonu sadece yüzey ısıyı oluşturur. Dielektriği düşük bir malzemede RF dalgası yüksek dielektrikli malzemeye göre daha fazla derine nüfuz eder. Cidar kalınlığı elektromanyetik alanların yüzeyindeki değerin e^{-1} (0,368) katına düşmesine karşı gelen kalınlık olarak tanımlanır. Bu değer soğrulan gücün yüzeydeki değerinin e^{-2} (0,135) katına düşmesine karşı gelir. Cidar kalınlığı ϵ' ve ϵ'' ye bağlı olduğu ve de frekans azaldıkça artması nedeniyle, frekans azaldıkça cidar kalınlığı (eğer dielektrik sabiti frekansa bağlı değilse) hızlı bir artış göstermez [10].

$$\delta \approx \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (1.21)$$

δ : Penetrasyon Derinliği (mm)

f : Frekans (Hz)

μ : Manyetik Geçirgenlik (H/mm)

σ : Elektriksel iletkenlik (C^2/Nm^2)

Denklemden de anlaşılacağı gibi penetrasyon derinliği frekansın karekökü ile ters orantılıdır [10].

3.2.5. Polarizasyon

Dozimetrede elektromanyetik alan vektörlerin vücuda göre yönelmelerini gösteren polarizasyon önemli bir parametredir. Düzlem dalga alanlar için polarizasyon E, H, k vektörlerinin vücudun uzun eksenine paralel olması ile tanımlanır. Burada k yayılma yönündeki vektörü gösterir. Eğer gelen dalganın E elektrik alanı vücut eksenine paralel ise E polarizasyonu oluşur. Benzer şekilde H ve k polarizasyonlar vücut eksenine paralel kalmaları durumları dikkate alınarak tanımlanabilir [10].

Doğru akım (DC) ve çok düşük frekans alanlarının (extremely low frequency - ELF) zamanla değişimleri çok yavaş olması nedeniyle hiç ısıtım yapmadıkları kabul edilir. Bu nedenle DC ve ELF alanları ile ilgili incelemeler non iyonize radyasyondan olduğundakinden farklıdır. Yüklerin ivmelenmesi elektromanyetik ışıma için gerekli şart olduğu için doğru akımda hiçbir çeşit radyasyon oluşmaz. Diğer bir deyişle, düşük frekans alanlarına maruz kalan herhangi bir cisimde genellikle radyasyon etkileri görülmez. Akımın taşındığı herhangi bir durumda enerji E ve H alanlarında ışıma yapmaksızın depolanır. Canlı organizma statik (DC) alanlara ya da ısıtılamayan yakın alana maruz kaldığında, bu alanlardan enerji alır. Ancak bu enerjinin geçiş mekanizması daha yüksek frekanslardan çok farklıdır. Radyasyon vasıtasıyla enerji transferi dört maddede incelenir [10].

1. E ve H yakın alan büyüklükleri; elektrik sistemlerinden uzaklığın, akım veya yük dağılımının bir fonksiyonudur. E alanı, H'den çok daha büyük olabilir veya terside olabilir.

2. Işıma alanında E/H oranı boşlukta 377 olup sabittir. E(V/m), H(A/m) büyüklüğündedir.

3. Statik elektrik yükleri, doğru akım veya düşük frekanslı (<1000 Hz) akımlar taşıyan cihaz ve sistemlerin civarında E ve H alanları belli istisnalar haricinde canlı organizma içinde bazı durumlarda ısınmaya neden olacak büyüklükte olabilir. Burada canlı organizmaya akımın çeşitli yollarla direk geçmesi söz konusu değildir. Ayrıca dipollerin yönelmesi, iyon hareketi gibi termal olmayan etkilerden bahsetmek mümkündür.

4. Yayınlanmış güç ile canlı vücudunda ısı oluşturmak; cihaz ve sistemlere göre daha kolaydır. RF frekansta yayınlanmış gücün, tüm biyolojik etkileri özellikle sıcaklık artışından ortaya çıkar.

Özgül emilim oranı elektrik alan kullanılarak 1.14'de verilen bağıntı ile tüm beden üzerinde veya bir kısmı üzerinden hesaplanır.

$$SAR = \int \frac{\sigma(r)|E(r)|^2}{\rho(r)} dr \quad (1.14)$$

Burada σ örneğin elektriksel iletkenliği, E elektrik alanı ve ρ örneğin yoğunluğunu göstermektedir. Bu bağıntıdan; 100 kHz – 10 Ghz frekans aralığına sahip elektromanyetik dalgadan dolayı maruz kalınan enerji miktarında vücut şeklinin, kaynağa göre konumun ve kaynak şeklinin büyük önemi olduğu çıkmaktadır [50].

Günlük hayatta maruz kaldığımız elektromanyetik dalgalara karşı dikkat tavsiye edilen eşik değerleri Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyonlardan Korunma Komisyonu (ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından belirlenmektedir.

Çizelge 3.2. 0 Hz - 10 kHz ve 60 GHz - 300 GHz Frekans bantlarındaki; elektrik ve manyetik alanların kamusal alanlarla ilgili sınır değerleri [51]

Frekans Aralığı (MHz)	E-Alan Şiddeti (V/m)		H-Alan Şiddeti (A/m)		B-Manyetik Akı Yoğunluğu (μ T)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu (W/m^2)	
	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	$0.73/f^{1/2}$	$87/f^{1/2}$	$0.18/f$	$0.73/f$	$0.23/f$	$0.92/f$		
10-400	7	28	0.02	0.073	0.023	0.092	0.125	2
400-2000	$0.341 \cdot f^{1/2}$	$1.375 \cdot f^{1/2}$	$0.0009 \cdot f^{1/2}$	$0.0037 \cdot f^{1/2}$	$0.001 \cdot f^{1/2}$	$0.0046 \cdot f^{1/2}$	$f/3200$	$f/200$
2000-6000	15	61	0.04	0.16	0.05	0.2	0.625	10

Çalışmalarda mevzu bahis olan insan vücudu hakkında daha fazla bilgi edinmek için insan vücudunun elektriksel özelliklerini bilmek gerekmektedir. Bu konu da elektromanyetik enerjinin biyolojik dokular üzerinde Stuchly'lerin yaptığı çalışmalar [52] yanında bilgisayarlı modelleme verileri de kullanılmaktadır. Dozimetre araştırmalarında Gabriel tarafından oluşturulmuş radyo dalgaları dozimetre tabloları kullanılmaktadır [53]. Çizelge 3.3'de bazı vücut dokularının telsiz haberleşmesinde kullanılan 433 MHz ve GSM haberleşmesinde kullanılan 900 MHz ve 1800 MHz frekanslarındaki bağlı dielektrik ve iletkenlik değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Bazı vücut dokularının 433 MHz, 900 MHz ve 1800 MHz frekansında dielektrik ve iletkenlik değerleri [53]

Doku	433 MHz		900 MHz		1800 MHz	
	Dielektrik sabiti	İletkenlik (S/m)	Dielektrik sabiti	İletkenlik (S/m)	Dielektrik sabiti	İletkenlik (S/m)
Hava	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
Kemik	5.1	1.72	20.8	0.34	19.3	0.59
Deri	-	-	43.7	0.68	41.4	1.21
Kan	57.3	1.72	61.4	1.54	59.37	2.04
Göz	57.69	1.01	70.0	1.9	68.6	2.03
Beyin	52.9	0.91	45.8	0.77	43.5	1.14
Kas	64.21	0.96	57.4	0.82	53.5	1.34

Çizelge 3.4'de Chou [54]'nin oluşturduğu kas dokusunun akıllı telefonlarda yaygınlaşan yakın alan iletişim (NFC) teknolojisinin kullandığı 13.56 MHz frekansından, evlerde – işyerlerinde kullanılan kablosuz modemlerin kullandığı 2450 MHz frekansa kadar ki band genişliğinde farklı sıcaklıklarda bağıl dielektrik sabiti ve iletkenlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. 13.56 MHz – 2450 MHz frekans bandında farklı sıcaklıklarda kas dokusunun dielektrik sabiti ve iletkenlik değeri [54]

Frekans (MHz)	15 ± 1° C		22 ± 1° C		30 ± 1° C	
	Dielektrik Sabiti	İletkenlik (S/m)	Dielektrik Sabiti	İletkenlik (S/m)	Dielektrik Sabiti	İletkenlik (S/m)
2450	49.3 ± 1.3	2.09 ± 0.02	47.0 ± 0.9	2.17 ± 0.08	46.0 ± 0.3	2.43 ± 0.02
915	53.1 ± 0.7	1.10 ± 0.02	51.1 ± 0.6	1.27 ± 0.02	46.0 ± 0.3	2.43 ± 0.02
750	53.6 ± 0.6	1.09 ± 0.04	52.5 ± 0.6	1.26 ± 0.04	50.7 ± 1.0	1.43 ± 0.03
433	54.9 ± 0.7	1.07 ± 0.03	53.5 ± 0.5	1.21 ± 0.01	51.3 ± 0.8	1.38 ± 0.03
300	56.9 ± 0.6	1.06 ± 0.01	54.8 ± 0.7	1.17 ± 0.01	52.4 ± 0.7	1.36 ± 0.04
200	59.8 ± 0.6	0.91 ± 0.02	56.7 ± 0.7	1.06 ± 0.02	54.8 ± 1.0	1.21 ± 0.04
100	80.2 ± 1.2	0.76 ± 0.01	71.5 ± 1.1	0.89 ± 0.01	67.3 ± 1.3	1.03 ± 0.02
70	88.1 ± 0.7	0.67 ± 0.01	84.7 ± 0.5	0.76 ± 0.01	80.7 ± 2.8	0.92 ± 0.02
40.68	106.0 ± 2.0	0.60 ± 0.04	97.9 ± 3.8	0.70 ± 0.02	88.6 ± 4.7	0.84 ± 0.04
27.12	118.0 ± 5.0	0.51 ± 0.01	113.0 ± 3.0	0.62 ± 0.02	109.0 ± 1.0	0.72 ± 0.01
13.56	167.0 ± 4.0	0.52 ± 0.02	149.0 ± 3.0	0.62 ± 0.03	141.0 ± 2.0	0.77 ± 0.02

Çizelge 3.4.'de görüldüğü üzere elektromanyetik dalganın frekansı veya sıcaklık arttıkça kas dokusunun iletkenliği artmaktadır.

Guy ve Chou yaptıkları bir başka çalışmada farklı frekanslarda, farklı uzuvların güç emilimlerini araştırmışlardır. Bu çalışma Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Çok düşük frekansta 1 kV/m yatay elektrik alanına ve dokunmayla 1 mA akıma maruz kaldığı farz edilen insanın güç soğurması (Watt) dağılımı (f = 0.06 kHz) [54]

Uzuv	Ayaklar Topraklı	Boşluk	Eller Topraklı	Kafa Teması
Alt Ayak	$3.28 \cdot 10^{-08}$	$4.33 \cdot 10^{-09}$	$3.44 \cdot 10^{-11}$	$1.23 \cdot 10^{-04}$
Üstü Ayak	$7.09 \cdot 10^{-09}$	$165 \cdot 10^{-09}$	$6.80 \cdot 10^{-11}$	$3.05 \cdot 10^{-05}$
Orta Gövde	$4.29 \cdot 10^{-09}$	$1.06 \cdot 10^{-09}$	$2.95 \cdot 10^{-10}$	$2.24 \cdot 10^{-05}$
Üst Gövde	$1.41 \cdot 10^{-09}$	$2.91 \cdot 10^{-10}$	$4.73 \cdot 10^{-10}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$
Boyun	$6.60 \cdot 10^{-10}$	$2.80 \cdot 10^{-10}$	$6.73 \cdot 10^{-10}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$
Kafa	$4.76 \cdot 10^{-10}$	$2.30 \cdot 10^{-10}$	$5.80 \cdot 10^{-10}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$
Alt Kol	$4.53 \cdot 10^{-10}$	$946 \cdot 10^{-11}$	$6.47 \cdot 10^{-08}$	$2.00 \cdot 10^{-04}$
Üst Kol	$1.06 \cdot 10^{-09}$	$2.21 \cdot 10^{-10}$	$3.81 \cdot 10^{-08}$	$1.18 \cdot 10^{-04}$
Tüm Vücut	$5.09 \cdot 10^{-08}$	$8.91 \cdot 10^{-09}$	$1.05 \cdot 10^{-07}$	$5.06 \cdot 10^{-04}$
Ortalama SAR	$6.41 \cdot 10^{-10}$	$1.12 \cdot 10^{-10}$	$1.32 \cdot 10^{-09}$	$6.38 \cdot 10^{-06}$

Çizelge 3.6. 1 kV/m yatay elektrik alanına ve dokunmayla 1 mA akıma maruz kaldığı farz edilen insanın güç soğurması dağılımı (f = 3000 kHz) [54]

Uzuv	Ayaklar Topraklı	Boşluk	Eller Topraklı	Kafa Teması
Alt Ayak	$5.12 \cdot 10^{+01}$	$6.75 \cdot 10^{+00}$	$5.36 \cdot 10^{-02}$	$7.66 \cdot 10^{-05}$
Üst Ayak	$1.02 \cdot 10^{+01}$	$2.38 \cdot 10^{+00}$	$9.68 \cdot 10^{-02}$	$1.76 \cdot 10^{-05}$
Orta Gövde	$4.48 \cdot 10^{+00}$	$1.11 \cdot 10^{+00}$	$3.08 \cdot 10^{-01}$	$9.36 \cdot 10^{-06}$
Üst Gövde	$2.09 \cdot 10^{+00}$	$4.28 \cdot 10^{-01}$	$7.44 \cdot 10^{-01}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$

Devam ediyor

Boyun	$1.38 \cdot 10^{+00}$	$5.89 \cdot 10^{-01}$	$1.42 \cdot 10^{+00}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$
Kafa	$5.86 \cdot 10^{-01}$	$2.85 \cdot 10^{-01}$	$7.06 \cdot 10^{-01}$	$0.00 \cdot 10^{-01}$
Alt Kol	$6.91 \cdot 10^{-01}$	$1.44 \cdot 10^{-01}$	$1.01 \cdot 10^{+02}$	$1.24 \cdot 10^{-04}$
Üst Kol	$1.50 \cdot 10^{+00}$	$3.14 \cdot 10^{-01}$	$5.42 \cdot 10^{+01}$	$6.70 \cdot 10^{-05}$
Tüm Vücut	$7.51 \cdot 10^{+01}$	$1.28 \cdot 10^{+01}$	$1.58 \cdot 10^{+02}$	$3.01 \cdot 10^{-04}$
Ortalama SAR	$9.46 \cdot 10^{-01}$	$1.62 \cdot 10^{-01}$	$1.99 \cdot 10^{+00}$	$3.79 \cdot 10^{-06}$

Çizelge 3.5 ve 3.6'da görüldüğü üzere elektromanyetik dalganın frekansı arttıkça soğrulma miktarı artmaktadır.

3.3. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN ETKİLERİ

Elektromanyetik alanların etkilerine dair literatürde sunulmuş çalışmalar inceledikten sonra bu çalışmaları faydalı kullanımı ve zararları olarak iki bölümde sunulması uygun bulunmuştur.

3.3.1. Elektromanyetik Alanların Faydalı Kullanımı

Bu bölümde elektromanyetik alanların farklı frekanslarda, farklı sürelerde ve farklı dokularda etkileri araştırılmış ve olumlu sonuçlara sebep olduğu savunulmuştur.

Ziskin, milimetre dalga terapisinin, hastalıkların alternatif tedavisinde düşük yoğunluklu milimetre dalgaboyu elektromanyetik dalga uygulaması olduğundan bahsetmiştir. Bu tedavi için genelde 42.2 GHz, 53 GHz ve 61.2 GHz frekanstaki dalga boyları kullanılmıştır. İyonize olmayan bu milimetre dalgaboyuna sahip elektromanyetik dalgaların belirli bir bölge için belirli bir süre düşük yoğunlukta uygulanmasıyla tedavinin gerçekleştiğini savunmuştur. Bu tedavinin kardiyovasküler, diabet, gastrointestinal hastalıklarda, yara iyileştirmelerinde, acı yardımlarında ve toksik madde uzaklaştırılmasında kullanıldığını belirtmiştir [55].

195 hasta üzerinde omuz için kronik kalsifiye tendinit için uygulanan şok tedavisinin enerji bağımlı başarı sağladığı raporlanmıştır. Loew ve arkadaşları, şok tedavisinin konservatif tedaviye direnen kalsifiye tendinit tedavilerinde kronik acı için düşünülebileceğini önermiştir [56].

Kanser tedavisinde, tümör hücrelerinin diğer organlara yayılmasını engellemek için doğal hücre öldürme aktivitesini baskılanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada Logani 42.2 GHz frekansta milimetre dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar kullanmıştır. Deney grubunu 10'ar hayvandan oluşan 5 gruba bölmüştür. Bu gruplardan siklofosfamid verilerek elektromanyetik dalga uygulanan hayvanlarda tümör yayılmasının azaldığını gözlemlemiştir [57].

Kronik eklem ağrıları için Usichenko bir seri pilot çalışma yapmıştır [58]. Bu çalışmada kronik eklem ağrılarını tedavi etmek için 2.5 mW/cm² güç yoğunluğunda ve 54-78 GHz frekans aralığında milimetre elektromanyetik dalga kullanmıştır. Tedavi sonrası kısa süreli olarak ağrıların yoğunluğunda ve tedavi ihtiyacında azalma görülmüş ancak sadece 1 hastada 6 ay sonunda kabul edilebilir bir değişiklik görülmediğinden bahsetmiştir.

Elektromanyetik dalgaların deri melanomalarında, gırtlak, burun ve kulak kanserleri, aktif akciğer tüberkülozu, peptik ülser, koroner anadamar hastalıkları, hipertansiyon vb. rahatsızlıkların tedavilerinde kullanıldığı araştırmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda genel olarak 40-70 GHz frekans aralığı kullanıldığı görülmüştür. Bu frekans aralığındaki elektromanyetik dalganın kısa sürelerle ve düşük güç yoğunluğunda uygulanarak olumlu sonuçlar alındığı sunulmuştur [49]. Bu çalışmaların çoğunlukla Rusya literatüründe bulunması dikkat çekicidir.

3.3.2. Elektromanyetik Alanların Olası Zararları

Elektromanyetik alanların günlük veya iş hayatında maruz kalınan süre ve yoğunluğuna bağlı olarak olası zararları konusunda araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda olası zararlarına ihtiyati tedbir amaçlı önlem alınması gerektiği aktarılmıştır. Çalışmalar elektromanyetik tayfta belli bir bölgenin belli bir doku üzerindeki süre ve güç yoğunluğuna bağlı olarak etkilerini araştırmıştır.

Önal [59] yüksek lisans tez çalışmasında dünyanın oluşturduğu manyetik alanın insan üzerindeki etkisinden bahsetmiştir. Uzaya gönderilen ilk astronotların ilk başlarda anlaşılmayan ancak elektromanyetik odalar ile tedavi edilen rahatsızlığına değinmiştir. Bu durumun insan vücudunun belli bir manyetik alan

içerisinde yer alması gereksinimini göstermiştir. Bu gereksinim manyetik alanın frekans, yön ve büyüklüğü konularında hassas olduğunu ortaya çıkarmıştır.

İnsan vücudunda doku ve hücrelerin kendi içlerinde ve aralarında elektriksel olarak iletişim kurduğu dolayısıyla vücudun elektriksel bir dengeye sahip olduğu bilinmektedir. Elektromanyetik alanların bu dengeyi bozabileceği, sinir sistemi başta olmak üzere, bağışıklık sistemi, kalp damar sistemi ve bağışıklık sisteminde bozulmalara sebebiyet verebileceği düşünülmektedir. Özellikle sinir sistemine bağlı olarak baş ağrılarının ve baş dönmelerinin artması elektromanyetik alanlardan kaynaklı olduğunu öne süren çalışmalar literatürde mevcuttur [60].

Helmholt bobinleri kullanılarak oluşturulan 50Hz-1mT manyetik alanın izole sıçan siyatik siniri üzerindeki etkisini, Çoşkun tez çalışmasında incelemiştir [61]. Hücre dışı izole kayıt yöntemi kullanılarak maksimum genlik, minimum genlik farkı, ileti zaman farkı, ortalama kutuplamadan kurtulma süresi, ortalama tekrardan kutuplanma süresi ve ortalama hiper kutuplanma süreleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda manyetik alana maruz bırakılan sinir hücrelerinin maksimum genlik farklarında (mV) ve ortalama hiper kutuplanma sürelerinde (ms) düşüş olduğu görülmüştür.

900 MHz GSM iletişim bandındaki elektromanyetik dalgalarının uyku üzerindeki etkisi araştırılmıştır [62]. Bu çalışmada Borbely SAR değeri 1W/kg olan darbeli elektromanyetik alanı sağlıklı deneklere 15 dakika uygulayıp 15 dakika ara vermiştir. Bu uygulama tüm gece devam etmiş ve uykudaki hızlı olmayan göz hareketleri esnasında EEG'nin alfa dalga bantlarında artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Alfa dalga bantlarındaki değişikliklerin mide bulantısı, endişe duygusu, terleme ve baş dönmesi gibi fizyolojik ve psikolojik değişimlere sebep olabileceği bilinmektedir.

Denver bölgesinde evlerin zemininden geçen sıhhi tesisat boruları üzerinden akan topraklama akımının çocukluk çağı kanseri ile bir ilgisi olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada sıhhi tesisat borularının metal gövdelerinin üzerinden akan akımın oluşturduğu manyetik alanın etkisi gözlemlenmiştir. 347 toprak hattı akım taşıyan ev ile 277 toprak hattı aktif olmayan ev çalışma grubu olarak alınmıştır.

Çalışma sonucunda toprak hattı aktif olan evlerdeki çocuklarda kanser riskinde önemli değerler elde edilmiştir. Evlerin zemininden akan akımın büyüklüğü ile kanser riski arasındaki ilişkiye vurgu yapılmıştır [63].

Cep telefonlarının ejaküle insan spermi üzerindeki etkileri Agarwal tarafından laboratuvar ortamında incelenmiştir. Hastane ortamında yapılan deneyde sağlıklı 23 ve kısır 9 kişi olmak üzere 32 denek kullanılmıştır. Deneklerden alınan sağlıklı örnekler iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup örnekler konuşma modunda bir saatlik radyasyona maruz bırakılmış ve diğer örnekler aynı ortamda muhafaza edilmiş ancak radyasyona maruz bırakılmamıştır. Örnekler, sperm parametreleri motilite ve viabilite, reaktif oksijen türü (ROS), toplam antioksidan kapasitesi (TAC) ve sperm DNA hasarı bakımından incelenmiştir. Çalışma sonucunda elektromanyetik radyasyona maruz kalan spermlerin motilitesinde ve viabilitesinde düşüşler olduğu, ROS seviyesinin arttığı ve ROSTAC puanının düştüğü rapor edilmiştir. Radyasyona maruz bırakılmayan grup örneklerine göre TAC seviyesinde ve DNA hasarında kayda değer bir farklılık gözlemlenmediği belirtilmiştir. Cep telefonlarının konuşma modunda pantolon cebinde tutma konusunda sperm ve dölleme konusunda olumsuz etkilerin olduğunu tahmin ettikleri görülmüştür [64].

954 MHz GSM baz istasyonu şebekesi anten yayınlarına maruz kalan kan hücrelerinin incelendiği bir çalışmada, mesleğinden ötürü bu antenlere yakın olmak zorunda kalan bakım onarım çalışanlarının kan örnekleri de incelenmiştir. Çalışma sonucunda laboratuvar ortamında elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan kan hücreleri ve mesleğinden ötürü bu tür antenlere yakın olmak zorunda olan deneklerden alınan kan hücrelerinin bazılarında sitogenetik bozulmalara rastlanmış olsa da tüm toplumu zararları konusunda ikna etmenin zor olduğundan bahsetmiştir [65]. Bu araştırma GSM sektöründe baz istasyonu bakım, onarım ve kurulum safhalarında çalışan insanların tehlike altında olduğunu göstermektedir.

Maes, 2450 MHz frekansında elektromanyetik dalgaya, 30 ve 120 dakikalık sürelerle maruz bıraktığı periferik insan kan lenfositleri üzerinde sitogenetik analizler yapmıştır. Bu çalışmanın sonucunda kromozom sapması ve mikronükleik frekansında artışlar tespit edilmiştir. Bunun yanında 2450 MHz frekanstaki

elektromanyetik maruziyetin hücre kinetiğini etkileyen veya eş kromotid değişimini etkilemediğini belirtmiştir [66].

3.4. STANDARTLAR VE SINIR DEĞERLERİ

Elektromanyetik alanların belli frekans ve belli güç yoğunluğunda bazı zararları olduğu belirlenmiş olup bu frekans ve güç yoğunlukları için standartlar oluşturulmuş ve önlemler açıklanmıştır. Bu frekans ve güç yoğunlukların dışında kalan elektromanyetik alanların zararları konusunda kesin sonuçlar bulunmamakla riskli olarak değerlendirilmiştir. Birleşmiş Milletlerin (BM) sorumlu kişi ve kurumların riskli durumlarda alınması gerekli tedbirin yükümlülüğünden bahsettiği ihtiyatlılık ilkesi ve anayasamızın 56. Maddesi “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşam hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir” gereğince ulusal ve uluslar arası birçok kurum ve kuruluş sınır değerler belirlemiştir [67].

3.4.1 İnsan Sağlığı Açısından Uluslararası Standartlar ve Sınır Değerler

Elektromanyetik alanlardan ihtiyati tedbir amaçlı önlem için farklı kuruluşlarca disiplinler arası bilim ekipleri oluşturularak standartlar ve sınır değerleri belirlenmiştir. Bu kuruluşlardan Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers-IEEE) ve Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute-ANSI) Amerika kıtasının çoğu ülkesi tarafından kullanılan Federal İletişim Komisyonu (Federal Communications Commission-FCC) standartlarına referans olmaktadır. Çoğu Avrupa ülkesi ise Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunication Standardization Institute-ETSI) tarafından oluşturulan standartları kullanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization-ILO) gibi dünyada önemli bir yere sahip organizasyonlar Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection-ICNIRP) kurumu tarafından oluşturulan standartları kullanmaktadır [51].

ICNIRP tarafından hazırlanan raporda elektromanyetik kirliliğin zararlı olduğu bu nedenle sınır değerlerin belirlenmesinin mecburiyetinden bahsetmiştir. Bu sebeple halk sağlığı için ve zorunlu maruziyet yani meslek maruziyeti için sınır değerleri belirlenmiştir. Bu sınır değerlerinden meslek maruziyet için değerler Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. ICNIRP tarafından mesleki maruziyet için belirlenen elektromanyetik limit değerleri [51]

Frekans Aralığı	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu (µT)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
1 Hz'e kadar	-	$1.63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-
1 Hz- 8 Hz	20 000	$1.63 \cdot 10^5 / f^2$	$2 \cdot 10^5 / f^2$	-
8 Hz- 25 Hz	20 000	$2 \cdot 10^4 / f$	$2.5 \cdot 10^4 / f$	-
0.025- 0.82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	-
0.82-65 kHz	610	24.4	30.7	-
0.065-1 MHz	610	$1.6 / f$	$2 / f$	-
1-10 MHz	$610 / f$	$1.6 / f$	$2 / f$	-
10-400 MHz	61	0.16	0.2	10
400- 2000 MHz	$3 \cdot f^{1/2}$	$0.008 \cdot f^{1/2}$	$0.01 \cdot f^{1/2}$	$f / 40$
2- 300 GHz	137	0.36	0.45	50

ICNIRP mecburi maruziyet yani mesleki maruziyet sınırlarını katılaştırarak halk sağlığı değerlerini oluşturmuştur. Bu değerler Çizelge 3.6.'da sunulmuştur.

Çizelge 3.8. ICNIRP tarafından halk sağlığı elektromanyetik maruziyet sınır değerleri [51].

Frekans Aralığı	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu (µT)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
1 Hz'e kadar		$3.2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1 Hz- 8 Hz	10 000	$3.2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	-
8 Hz- 25 Hz	10 000	$4 \cdot 10^3 / f$	$5000 / f$	-

Devam ediyor

0.025- 0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8- 3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	-
400- 2000 MHz	$1.375 \cdot f^{1/2}$	$0.0037 \cdot f^{1/2}$	$0.0046 \cdot f^{1/2}$	$f/200$
2- 300 GHz	61	0.16	0.20	10

3.4.2 İnsan Sağlığı Açısından Ulusal Standartlar ve Sınır Değerler

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de halk sağlığını korumaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların amacı elektromanyetik alanların olası zararlarına karşı önlem almaktır.

Telekomünikasyon Kurumu tarafından resmi gazetenin 12.07.2001 tarihli sayısında ”10 kHz- 60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” yayımlanmıştır.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nca resmi gazetenin 24.10.2007 tarihli sayısında “Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği” yayımlanarak donanımın elektromanyetik uyumluluğunu düzenlemeyi ve donanımın yeterli bir elektromanyetik uyumluluk seviyesine uyacak şekilde iç pazarın işleyişini sağlamayı amaçlamıştır [68].

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından hazırlanan ve Sağlık Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Üniversiteler ile çok sayıda kamu kurum ve kuruluşunun uygun görüşü alınarak ICNIRP’nın standartları göz önünde tutularak 21.04.2011 tarihli resmi gazetede “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, yerleşim alanı içinde kalan ve gücü 5

Watt'ın üzerinde olan sabit iletişim verici sistemleri ile her türlü mobil iletişim cihazı bileşenleri ile ilgili olarak; 10 kHz – 60 GHz frekans aralığında ihtiyati tedbir olarak başvurulacak elektromanyetik maruziyet sınır değerlerini tanımlamaktadır [69]. Bu sınır değerleri Çizelge 3.9 'de sunulmuştur

Çizelge 3.9. BTK tarafından ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler [68]

Frekans Aralığı (MHZ)	E- Alan Şiddeti (V/m)		H- Alan Şiddeti (A/m)		B- Manyetik Akı Yoğunluğu (µT)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu	
	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin Limit Değeri	Ortamın Toplam Limit Değeri	Tek Bir Cihaz İçin 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	$22/f^{1/2}$	$87/f^{1/2}$	$0.18/f$	$0.73/f$	$0.23/f$	$0.92/f$		
10 - 400	7	28	0.02	0.073	0.023	0.092	0.125	2
400 - 2000	$0.341 \cdot f^{1/2}$	$1.375 \cdot f^{1/2}$	$0.001 \cdot f^{1/2}$	$0.0037 \cdot f^{1/2}$	$0.001 \cdot f^{1/2}$	$0.0046 \cdot f^{1/2}$	$f/3.200$	$f/200$
2000 - 60000	15	61	0.04	0.16	0.05	0.2	0.625	10

Bilgi Teknolojileri Kurumunca belirlenen sınır değerleri elektromanyetik tayfın iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bölgesinin tamamını kapsamamaktadır. Bu sebeple Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 24.07.2010 tarihli resmi gazetede “İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun yayılımı sonucu oluşan elektromanyetik alanların, insan sağlığı ve çevre üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerinin bilimsel olarak araştırılmasını sağlamayı, bu olumsuz etkilerin azaltılmasına esas olacak kriterleri belirlemeyi ve olumsuz etkileri konusunda halkın bilgilendirilmesini sağlamayı amaçlamıştır [69]. Yönetmelikte belirtilen sınır değerler Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

Çizelge 3.10. 0 Hz - 300 GHz frekans bantlarındaki elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar için sınır değerler [69]

Frekans Aralığı	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu (µT)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
1 Hz'e kadar		3.2·10 ⁴	4·10 ⁴	-
1 Hz - 8 Hz	10 000	3.2·10 ⁴ /f ²	4·10 ⁴ /f ²	-
8 Hz - 25 Hz	10 000	4·10 ³ /f	5000/f	-
0.025 - 0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0.8 - 3 kHz	250/f	5	6.25	-
3 - 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1 - 10 MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	-
400 - 2000 MHz	1.375·f ^{1/2}	0.0037·f ^{1/2}	0.0046·f ^{1/2}	f/200
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

24.03.2000 tarihli resmi gazetede yayımlanan “Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği” yönetmeliği ile iyonlaştırıcı radyasyon ışımlarına karşı kişilerin ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamak amaçlanmıştır. Bu yönetmelik nükleer tesisler, nükleer yakıtlar, nükleer yakıtlardan çıkan radyoaktif atıklar ve nükleer maddelere ilişkin faaliyetleri kapsamamaktadır.

3.5. KABLOSUZ HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLERE DAİR GENEL BİLGİLER

Motorola'nın 1930'larda geliştirdiği 18 kg ağırlığında olan el telsizleri ile başlayan kablosuz iletişim teknolojileri günümüzde kullanılan 13.56 MHz frekansından 10 GHz frekansa kadar çalışan kablosuz iletişim cihazları teknolojisi geliştirmiş ve bu hızla devam etmektedir. Bu başlıkta, kullandığımız kablosuz iletişim teknolojilerinden bahsederek günlük hayatta kullanılan kablosuz cihazların elektromanyetik kirlilikte yeri işaret edilmektedir.

3.5.1. Mobil İletişim Teknolojileri

Motorola'nın öncülük ettiği teknoloji radyo mobil telefonlar ile başlamış bugün 4G teknolojisine geçiş aşamasındadır.

Modern hücreli mobil telefon teknolojisinin öncüsü 0G – Radyo mobil telefon teknolojisidir. 1946 yılında Motorola tarafından ilk mobil telefon şirketi kurulmuştur. 454 MHz ve 459 MHz frekans bandını kullanmış analog bir sistemdir.

1G – 1. Nesil mobil telefon teknolojisi 1980 yılında kullanılmaya başlayan analog bir sistemdir. 450 MHz frekans bandını kullanmıştır.

Dijital sistemlere sahip 2G (2. Nesil mobil telefon) teknolojisi 1991 yılında tanıtılmış ve kullandığı çoklu erişim teknolojisine göre 450 MHz, 900 MHz veya 1500 MHz frekans bandını kullanmıştır. Türkiye bu teknoloji ile mobil telefon teknolojiyle tanışmıştır.

İkinci nesil mobil telefon teknolojileri ile aynı frekans bandını kullanan 2.5G (2.5 nesil) teknolojisi, devre anahtarlamalı sistemlere ek paket anahtarlamalı sistemler kullanmıştır. Paket anahtarlamalı sistemler ile veri hızı artmış ve cep telefonları ile internet erişimi mümkün hale gelmiştir.

2.75G teknolojisi, 2.5'inci nesil sistemler gibi ikinci nesil sistemlerin frekans bandını kullanmaktadır. 2003 yılı öncesi nesile göre farklılığı çoklamlı teknolojisinin gelişerek daha yüksek veri hızlarına ulaşmıştır.

3G teknolojisi, bölgelere göre farklı çoklamlı, frekans bandı ve kanal teknolojisi kullanmaktadır. UMTS sistemler 2100 MHz frekans bandını kullanmaktadır. Çok yüksek veri aktarım hızı sağlamıştır. Yüksek veri hızı kapasitesi mobil TV, görüntülü konuşma, görüntülü konferans, telemedikal, mevki tabanlı servisler, küresel konumlama sistemi ve daha birçok uygulamaya ortam sağlamıştır. Günlük hayatta cep telefonları artık sadece telefon görüşmesi yapmak için değil adres bulmak, görüntülü konuşma yapmak, video izlemek ve benzeri uygulamalar için kullanılmaya başlandı.

Tamamen sayısal sistemlerden oluşan 4G teknolojisi 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz frekans bantlarını kullanabilmektedir. Ortogonal frekans bölme çoklu erişim (OFDMA), çoklu giriş ve çoklu çıkış (MIMO) ve tek taşıyıcı frekans bölme çoklu erişim (SC-FDMA) radyo teknolojilerini kullanarak 21 Mbit/s hızlardan 672 Mbit/s veri hızlarına ulaşabilmektedir.

5G teknolojisinin çoklu kullanıcı MIMO teknolojisine sahip olacağı öne sürülmektedir. Beşinci nesil mobil teknolojileri konusunda araştırma ve çalışmalar devam etmektedir.

3.5.2. Kablosuz Genişbant WiMax Teknolojisi

Worldwide Interoperability for Microwave Access kelimelerinin kısaltması olan WiMAX teknolojisi sabit, taşınabilir ve mobil erişimleri destekleyen bir genişbant kablosuz erişim teknolojisidir. Başlangıç sürümü 10–66 GHz arasında çok sayıda çalışan kablosuz genişbant erişim sistemlerin yayılım ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirilmiştir. Sonraki sürümlerin 2–11 GHz ve bunun ardından da 2-6 GHz arasında çalışan sistemler standartlaştırılmıştır [70].

3.5.3. Bluetooth Teknolojisi

Bluetooth kısa mesafe radyo frekansı teknolojilerinden birisidir. Bluetooth bilgisayar, çevre birimleri ve diğer cihazların birbirleri ile kablo bağlantısı olmadan görüş doğrultusu dışında bile olsalar haberleşmelerine olanak sağlamaktadır. Bluetooth teknolojisi, bir çok ülkede kablosuz iletişim için lisans gerektirmeden belirli güç sınırlamasına uyarak yayın yapılabilen 2.4 GHz ISM (Industrial Scientific Medical - Endüstriyel Bilimsel Tıbbi) frekans bandında çalışmakta olup, ses ve veri iletimi yapabilmektedir [71].

3.5.4. IEEE 802.11 Teknolojisi

IEEE 802.11, bilgisayar haberleşmesinde bir dizi Telsiz Yerel Ağ (TYA / WLAN) standardına verilen isimdir. Bu standart 1997 senesinden beri, uluslararası bir sivil toplum örgütü olan, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) tarafından geliştirilmektedir. IEEE

802.11x terimi, bu standartta yapılan değişiklikleri temsil etmektedir. Bu yapılan değişikliklere rağmen 802.11 ailesi aynı temel iletişim kurallarını kullanmaktadır [70]. 802.11 ailesi Çizelge 3.11.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.11. IEEE 802.11 ailesi iletişim kuralları, frekans, veri hızı değerleri [72]

İletişim Kuralları	Frekans (GHz)	Veri Hızı (Azami)	Erim (İç Mekân)	Erim (Dış Mekân)
Legacy	2.4 - 2.5	2 Mbit/s	~Duvar Yapısına Göre Değişir	~75 metre
802.11a	5.15 - 5.25 5.25 - 5.35 5.49 - 5.71 5.745 - 5.825	54 Mbit/s	~13 metre	~100 metre
802.11b	2.4 - 2.5	11 Mbit/s	~35 metre	~110 metre
802.11g	2.4 - 2.5	54 Mbit/s	~35 metre	~110 metre
802.11n	2.4 - 5	248 Mbit/s	~70 metre	~250 metre
802.11y	3.7	54 Mbit/s	~500 metre	~5000 metre

3.5.5. ZigBee Teknolojisi

ZigBee, kişisel alan ağları için kullanılan bir IEEE 802 standardına göre küçük, düşük güçlü dijital radyolar kullanılarak oluşturulan yüksek düzeyde iletişim protokollerinin özelleştirilmesidir. ZigBee endüstriyel, bilimsel ve tıbbi radyo bantlarında çalışır; Avrupa'da 868 Mhz, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya 915 Mhz frekans bandında ve dünyanın çapında 2.4 GHz frekans bandında çalışmaktadır [73].

3.5.6. Kızılötesi İletişim Teknolojisi

Infrared Data Association (Kızılötesi Veri Derneği) kısa adıyla IrDA, bir çeşit kızılötesi iletişim teknolojisidir. IrDA teknik özellikleri arasında IrPHY(Kızılötesi fiziksel katman özellikleri), IrLAP (Kızılötesi bağlantı erişim protokolü), IrLMP (Kızılötesi bağlantı yönetimi protokolü), IrCOMM (Kızılötesi iletişim protokolü), Tiny TP, IrOBEX (Kızılötesi nesne değişimi), ve IrLAN (Kızılötesi yerel alan ağları) bulunmaktadır [74].

3.5.7 Kablosuz USB (Wireless USB)

Wireless USB Promoter Group tarafından üretilen kısa mesafe yüksek bant genişliğine sahip kablosuz iletişim protokolüdür. 3.1 Ghz ve 10.6 GHz frekans aralığında çalışmaktadır [75].

3.5.8 Yakın Alan İletişim Teknolojisi (Near Field Communication - NFC)

NFC teknolojisi temelde, NFC standartlarına uyumlu elektronik cihazlar arasında 10 cm'den daha yakın mesafede haberleşmeyi sağlamaktadır. Merkez frekansı 13.56 MHz genlik kaydırmalı anahtarlama yöntemi kullanmakta ve 1.5 A/m – 7.5 A/m büyüklüğünde manyetik alan oluşturarak iletişim kurmaktadır [76].

3.4. ÇALIŞMA ALANI

Elektromanyetik alanların duyu organları vasıtasıyla algılanması mümkün değildir, bundan dolayı elektromanyetik kirliliği diğer hava veya gürültü kirliliği gibi çevre kirlilikleri gibi direk algılayamayız. Ancak uygun ekipmanlar yardımı ile algılayabilir ve ölçülebilir. İnsan vücudundaki ısı artışı veya diğer elektrikli cihazların çalışma düzenlerindeki bozulmalar da elektromanyetik alanların varlığına işaret edebilir. Elektromanyetik alanların canlı ve cansız dokular üzerindeki etkilerini inceleyen bilim adamları, tespit ettikleri zararlı etkilerinden dolayı elektromanyetik kirlilik olgusunu gündem de ön sıralara taşımıştır. Dünya sağlık örgütü (WHO), ICNIRP, Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi ve Gazi Non-İyonizan Radyasyondan Korunma Merkezi gibi ulusal ve uluslar arası kuruluşların elektromanyetik kirlilik konusunda yaptığı çalışma, yayınlar ve yayınladığı ihtiyati tedbir değerleri, elektromanyetik dalgaların insan hayatı için bir risk faktörü olduğu konusunda halkı uyarmakta ve bilgilendirme faaliyetlerinde bulunmaktadır. Elektromanyetik kirlilik olgusuna bu kadar ilgi duyulması işin ciddiyetini göstermektedir.

Elektromanyetik alanlarda maruziyet başlıklı 5000'e yakın araştırma, makale ve derleme türü yazılarda çok kesin bir ilişki kurulamasa da 1990 sonrasında yüksek frekanslı elektromanyetik alan yayan cep telefonlarının yaygınlaşmasıyla

başta beyin tümörü olmak üzere özellikle sinir hücrelerinin zarar görmesinden kaynaklı hastalıkları araştıran çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmaların hepsinin sonunda da “Bu hastalıklarla elektromanyetik alanların bir ilişkisi var gibi görünmektedir; ama bu konuda çok daha ayrıntılı, çok daha kesin sonuç verici çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır” denilerek bu konudaki araştırma ihtiyacına değinilmektedir [77].

Elektromanyetik kirliliğin hastalıklar ile ilişkilendirme araştırmalarında, oluşturulan bölgesel elektromanyetik kirlilik haritalar ile bu bölgelerdeki hastalıkların haritalarının karşılaştırma çalışması yardımcı olabilir. Farklı bölgelere ait elektromanyetik kirlilik haritaları karşılaştırması ile belirli bir hastalığın görülme sıklığı kıyaslanabilir.

Elektromanyetik kirlilik haritalarının oluşturulması ile kamuoyunun günlük hayatta maruz kaldıkları elektromanyetik kirlilik miktarı konusunda bilgilenebilir. Risk altında yaşayan halkın bu riskten haberdar olması ve bunun için önlem alması sağlanabilir. Gerekli kamu kurum ve kuruluşları tespit edilen risk bölgeleri hakkında bilgilendirilebilir.

Bu tez çalışmasında Bilgi Teknolojileri Kurumu'ndan (BTK) elektrik alan ölçümü konusunda yetkin bir personelin denetimi ile Karaman ili Şehir merkezinde 16000 ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde 2000 noktada elektrik alan değer ve koordinat bilgilerine göre kayıt altına alınmıştır. Ölçümler Drive Test yöntemi ile yapılmıştır. Elektrik alan ölçüm değerleri ve koordinat bilgilerinden faydalanılarak Karaman ili şehir merkezinin ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinin. Bu haritalar kamuoyu ile paylaşılabilmesi için kamuoyunun anlayabileceği şekilde renklendirilmiş ve ölçeklendirilmiştir. Kamuoyunun bu haritalara rahatça ulaşabilmesi için tüm kamuoyunun erişimine açık olan Google Haritalarına yüklenmiştir.

Çalışma alanı iki bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Bu bölgeler, gelişmekte olan Karaman ili şehir merkezi ve bu ilde bulunan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nden oluşmaktadır.

3.4.1. Karaman İli Şehir Merkezi

Şehir Merkezi Nüfusu 165564 kişi olan Karaman ili 4256 km² alan üzerine kurulmuştur. 15 Haziran 1989 tarihinde çıkarılan 3578 sayılı Kanun ile Türkiye'nin 70. ili olmuş ve her geçen gün gelişmekte olan bir ilimizdir. Şekil 3.9'da uydu görüntüsü verilmiştir. Şekil 3.9'da verilen haritada okullar, camiler, hastaneler, müzeler, belediye binası, adliye sarayı ve postane özel imgelerle gösterilmiştir.

İl merkezinde 211 ilköğretim okulu bulunmaktadır. İl merkezinde Kamu Hastaneleri Birliği Genel Sekreterliğine bağlı, 411 yatak kapasiteli Karaman Devlet Hastanesi (Karaman Devlet Hastanesi Doğum ve Çocuk Hastalıkları Ek Binası dahil), 1 Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi ve yapım aşamasında olan 300 yatak kapasiteli yeni bir Karaman Devlet Hastanesi mevcuttur.



Şekil 3.9. Karaman ili şehir merkezi çalışma alanı uydu görüntüsü.

Halk Sağlığı Müdürlüğüne bağlı, 1 Kanser Erken Teşhis Tarama Merkezi (KETEM), 1 Verem Savaş Dispanseri, 1 Halk Sağlığı Laboratuvarı, 1 Toplum Sağlığı Merkezi bulunmaktadır.

İl Sağlık Müdürlüğüne bağlı, 39 yatak kapasiteli Özel Mümine Hatun Hastanesi, 36 yatak kapasiteli Özel Karaman Selçuklu Hastanesi, 7 adet Özel Tıp Merkezi ve Özel Diyaliz Merkezi, 1 İl Ambulans Servisi Komuta Kontrol Merkezi, 11 Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonu bulunmaktadır.

3.4.1. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi

29 Mayıs 2007 yılında Devlet Üniversitesi olarak kurulan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi bünyesinde 6 fakülte, 2 yüksek okul, 5 Meslek Yüksekokulu ve 2 Enstitü barındırmaktadır. 01.11.2012 tarihi itibariyle 353 akademik personel, 201 idari personel ile 8846 öğrencisine hizmet vermektedir. Şekil 3.10'da Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nin uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.10. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi çalışma alanı uydu görüntüsü.

	: Rektörlük Binası		: Edebiyat Fakültesi
	: Kütüphane		: Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
	: Mühendislik Fakültesi		: Kredi ve Yurtlar Kurumu öğrenci yurtları
	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi		: Spor kompleksi
	: Kamil Özdağ Fen Fakültesi		: Üniversite çarşısı

3.7. ÖLÇÜM YÖNTEMİ

Ölçümler, 12.07.2001 tarihli resmi gazetede yayınlanan, 10 KHz – 60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik'e uygun olarak Drive Test Yöntemi ile yapılmıştır.

3.7.1. Kullanılan Ekipmanlar

Sayısal kirlilik haritasının oluşturulabilmesi için elektrin alan büyüklüğü ve konum bilgisi gerekmektedir. Bu bilgilerin doğru alınabilmesi için elektrik alan ölçer, ölçüm değerlerini dizüstü bilgisayara aktaracak kablo, ölçüm değerlerini sisteminde kurulu ölçüm programı ile kaydedecek bir bilgisayar, ölçüm koordinatlarını belirleyecek GPS cihazından oluşan bir sistem gerekmektedir. Bu sistemin doğruluğunun kabul edilebilmesi için gerekli özellikler aşağıda belirtilmiştir.

Ölçüm yönteminde kullanılan alıcı sistemin özellikleri,

- Çok yönlü anten kullanımı (omnidirectional)
- +/- 1.5 dB doğrulukta ve tekrar üretilebilir ölçümler
- Yüksek dinamik aralık
- Hızlı tarama veya hızlı genişbant örnekleme
- GPS konum kayıtları
- Otomatik, bilgisayar kontrollü operasyon

Ölçüm yönteminde kullanılan veri toplama özellikleri,

- Planlı rota ile haritalanacak bölgenin homojen taranması
- Ortalama için en az 50 örnek

3.7.1.1. Elektrik Alan Ölçüm Cihazı

Elektrik alan değeri BTK onaylı, kalibrasyonu yeni yapılmış NARDA marka EMR-300 cihazı ile alınmıştır. Cihaz uygun probe kullanılarak 8 Hz - 60 GHz frekans aralığında ölçüm yapabilmektedir. Bu tez çalışmasında kablosuz iletişim

cihazlarının kullandığı frekans bandını mercek altına alabilmek için Şekil 3.11'de gösterildiği gibi 18C 2244/90.73 tipli probe modeli kullanılmıştır. Bu probe ile 100 kHz – 3GHz frekans aralığı ölçülebilmektedir. Cihazın özellikleri arasında hafızasında 3000 değere kadar bilgi saklayabilmektedir. Ancak ölçüm çalışmasında veri sayısının yüksek olmasından dolayı BTK tarafından sağlanan EMR-TS yazılımı ile bilgisayara aktarma tercih edilmiştir.

Cihazın ölçüm frekans bandının geniş olması sayesinde WLAN, WiFi, bluetooth, radyo ve TV, UMTS, GSM, radarlar ve mikrodalga fırınlar gibi birçok cihazın kullandığı frekans değerini ölçülebilmektedir.



Şekil 3.11. Narda marka 100KHz - 3GHz frekans aralığına uygun probe takılmış EMR-300 ölçüm cihazı [78].

Narda marka EMR-300 ölçüm cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Ölçümlerde kullanılan Narda EMR-300 ölçüm cihazının tip 18C probu ile kullanıldığında teknik özellikleri [78]

Ekran Özellikleri			
Ekran Tipi		4 ½ basamak LCD	
Ekran Yenileme Oranı		400 msn, tipik	
Çözünürlük		0.01 V/m, 0.0001 A/m	
Durultma Süresi		1 sn (0'dan %90 ölçülmüş değer)	
Probe Modeli	Frekans Aralığı	Ölçüm aralığı	Frekans Hassasiyeti
Type 18C	100 kHz'den	0.2 'den	±1.2 dB (100kHz - 100 MHz)
2244/90.73	3 GHz'e	320 V/m'ye	±1.5 dB (1.2 GHz - 2.5 GHz) -3dB (3 Ghz)

Çizelge 3.12 doğrultusunda Narda marka EMR-300 ölçüm cihazının uygunluğuna karar verilmiştir.

3.7.1.2 GPS Cihazı

Sayısal kirlilik haritası oluşturabilmek için ölçülen elektrik alan değerlerinin koordinat bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Koordinat değerlerinin hesaplanması için GPS cihazları kullanılmaktadır. Bu çalışmada koordinat değerlerinin bulunması için iki farklı marka GPS cihazı kullanılmıştır. Tez çalışmasında, Şekil 3.12'de gösterilen Piranha ve Şekil 3.13'de gösterilen Garmin marka iki farklı GPS cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.12. Ölçümde kullanılan Piranha harizon navigasyon cihazı.



Şekil 3.13. Ölçümde kullanılan Garmin marka GPS cihazı.

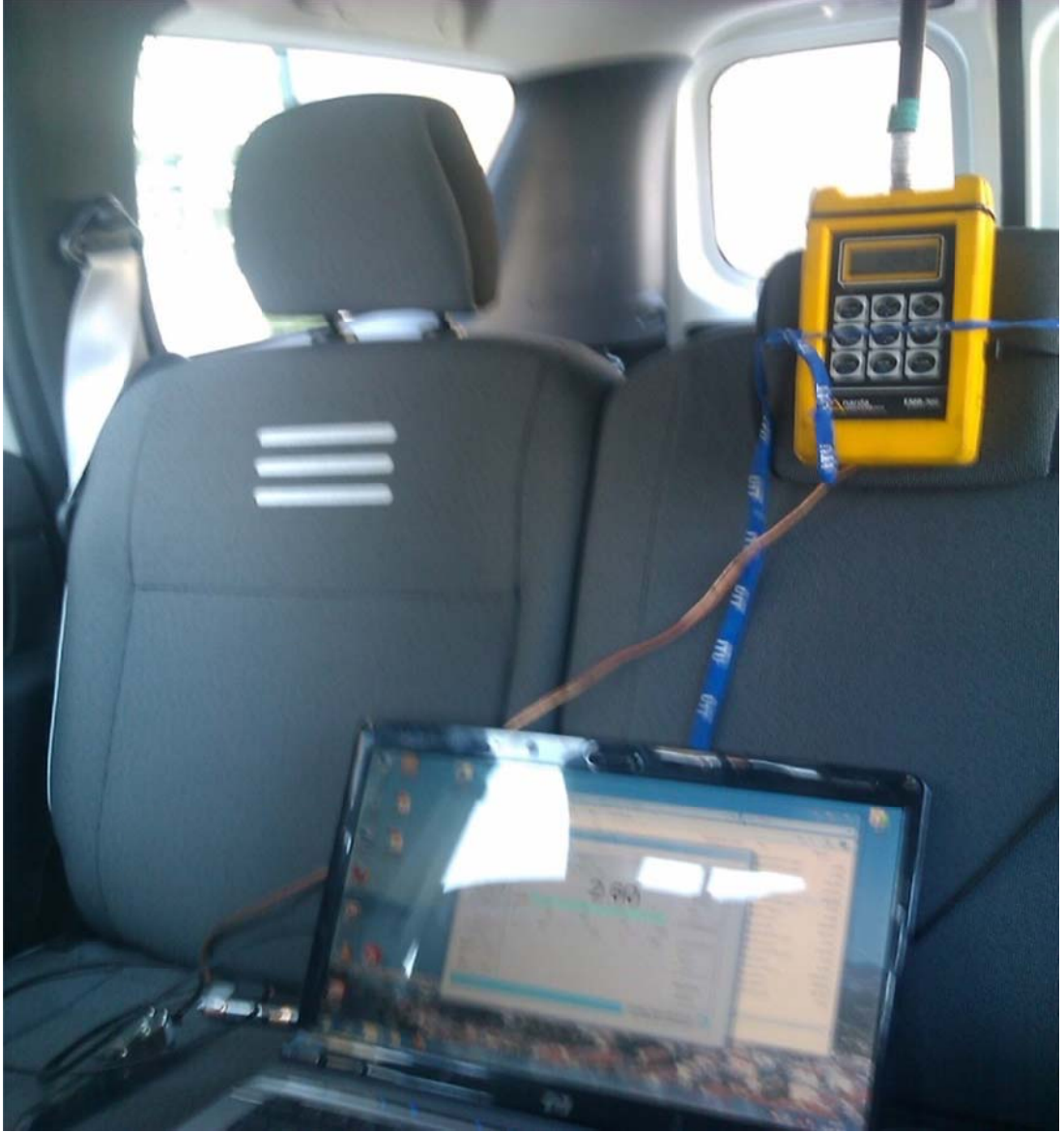
GPS cihazları Şekil 3.14'de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. İki cihaz kullanılarak alınan koordinat bilgileri karşılaştırma yapılarak hata olup olmadığı kontrol edilmiştir.



Şekil 3.14. Ölçümde kullanılan Piranha ve Garmin marka GPS cihazları.

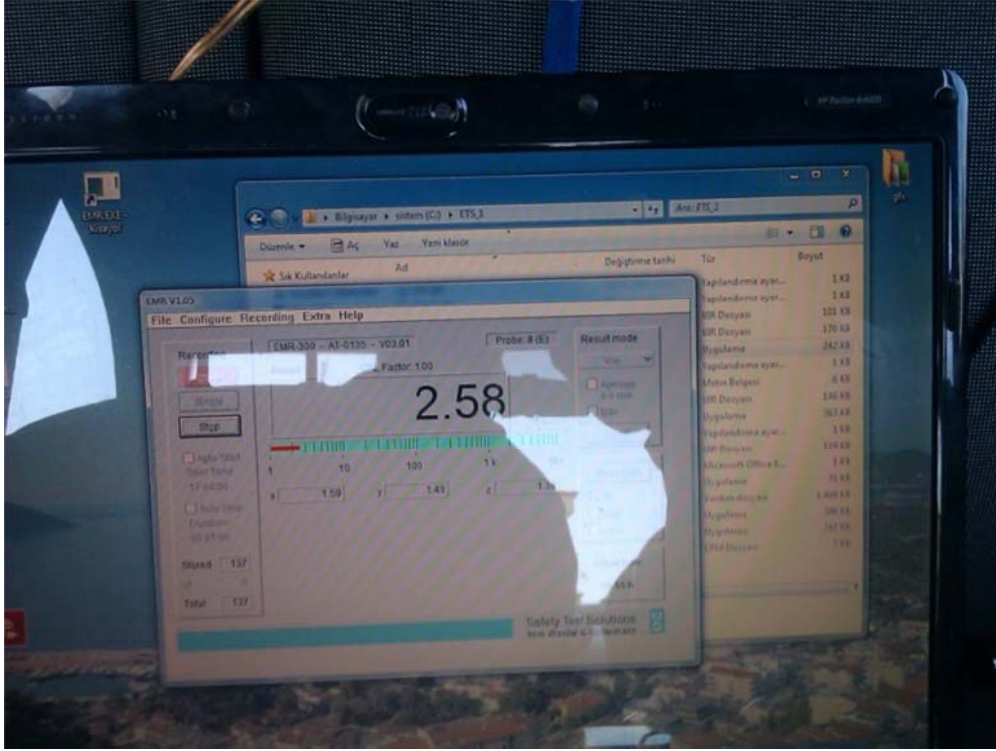
3.7.1.3 Ölçüm Düzenegi

Ölçümler, Şekil 3.15'de gösterilen düzenek ile yapılmıştır. EMR-300 cihazı ile alınan bu veriler Şekil 3.15'de gösterildiği gibi optik kablo yardımı ile dizüstü bilgisayara aktarılmıştır. Optik kablo bir adaptör yardımı ile RS232 girişine bağlanmıştır.



Şekil 3.15. Elektrik alan ölçüm düzenegi.

RS232 üzerinden alınan veriler ve Şekil 3.16'da ekran görüntüsü verilen EMR-TS yazılımı ile okunarak tablo halinde kaydedilmiştir.



Şekil 3.16. Ölçümde kullanılan EMR bilgisayar programının değer alırken alınan ekran görüntüsü.

3.7.2. Ölçüm Yöntemi

Sayısal elektromanyetik kirlilik haritasının oluşturulabilmesi için gerekli elektrik alan değerleri ölçülür iken Drive Test yöntemi kullanılmıştır.

Ölçüm esnasında ölçüm cihazının etkilenmemesi için araç içerisinde bulunan cep telefonları, radyolar vb. kablosuz iletişim teknolojilerine sahip cihazlar kapatılmıştır. Bu şekilde araç içerisindeki ölçüm cihazının daha doğru ölçüm yapması hedeflenmiştir.

Ölçümler Karaman ili şehir merkezinde ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi'nde saat 10:00 ve 15:00 arasında iki gün süreyle yapılmıştır.

Bu çalışmada şehir merkezinde iş yoğunluğunun olduğu bölgelerde ve mahalle aralarında, 100 kHz ile 3GHz frekans aralığında yayın yapan elektromanyetik alan kaynaklarının etkilerini ölçerek elektromanyetik kirlilik seviyesini belirlemektir. Ölçülen değerler uluslararası halk maruziyet limitleri ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

3.7.2.1. Drive Test Yöntemi

Drive Test yöntemi cep telefonu şebekelerinde, servis kalitesin (QoS), kapsama ve kapasite değerlerinin ölçümünde ve değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntem, verilen coğrafi alanda mobil ağ hava arayüzü ölçme ekipmanı taşıyan bir araçla ölçülür ve kaydedilmektedir.

Drive Test alan ölçümleri esnasına alınan veriler aşağıdaki gibi;

- Sinyal kalitesini
- Sinyal yoğunluğunu
- Girişimi
- Düşen aramaları
- Engellenen aramaları
- Arama istatistikleri servis seviye istatistikleri
- QoS bilgileri
- Aktarma bilgileri
- Komşu hücre bilgileri
- GPS konum koordinatları

gibi bilgileri içermektedir [79].

Bu çalışmada sayısal elektromanyetik kirlilik haritası çıkartılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Drive Test yönteminden sinyal yoğunluğu ve GPS konum koordinat bilgilerinin kullanılması uygun görülmüştür. Ölçüm yapılır iken ortalama değerlerinin her örnek için 50 değer kuralına uygun olmasına dikkat edilmiştir. Ölçüm yapılacak alanlar olabildiğince düzgün bölünmüş ızgaralar halinde

dolaşmıştır. Bu sayede daha homojen bir yapı oluşturulmuştur. Ölçüm toplam 8 saat sürmüş ve 181 km yol kat edilmiştir. Ortalama iki nokta arası mesafe 7 metredir. Bu değerler sayısal harita üzerinde değerlendirilmiştir.

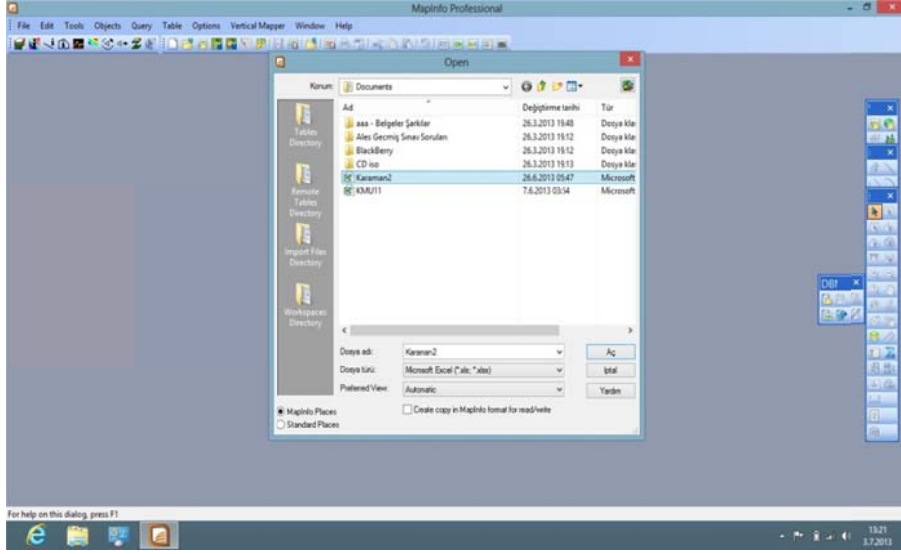
3.7.3. Sayısal Harita Gösterimi

Harita, yeryüzünün dar ya da geniş bir bölümünün coğrafi, jeolojik ve politik özelliklerini, bir ölçeğe bağlı olarak grafik yolla gösterimidir [80]. Harita Mühendisliği Kartografya Ana Bilim Dalı, coğrafi mekânsal verilerin işlenmesi, analizi, sunumu ve harita oluşturulması üzerinde çalışmaktadır. Tematik kartografya ve coğrafi bilgi sistemi Kartografya Ana Bilim Dalı'nın çalışma alanına girmektedir.

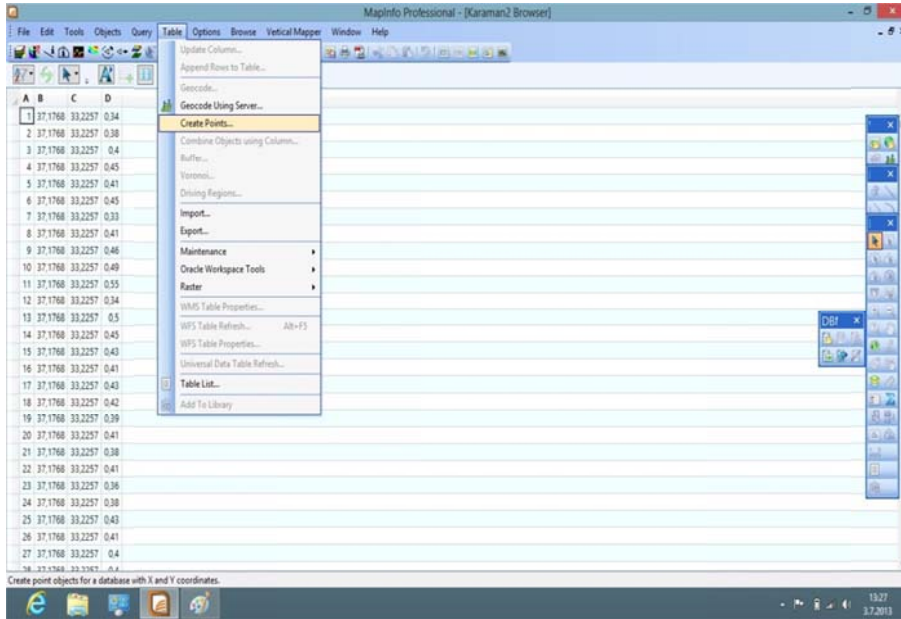
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik mekâna/konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntem bütünüdür [81].

Bilgilerin konumsal bağımlılığına dikkat ederek işlenmesi tematik kartoğrafi olarak tanımlanmıştır [82]. Bu çalışmada elektrik alan ölçümleri alınarak koordinat bilgileri doğrultusunda oluşturulmuş sayısal elektromanyetik kirlilik haritası tematik bir harita özelliği taşımaktadır. Bu çalışmada yer alan sayısal elektromanyetik kirlilik haritasının, Orman Bilgi Sistemi, Karayolları Bilgi Sistemi, Trafik Bilgi Sistemi vb. CBS uygulamaları gibi Elektromanyetik Kirlilik Bilgi Sistemi oluşturulmasında işlevsellik kazanması amaçlanmıştır.

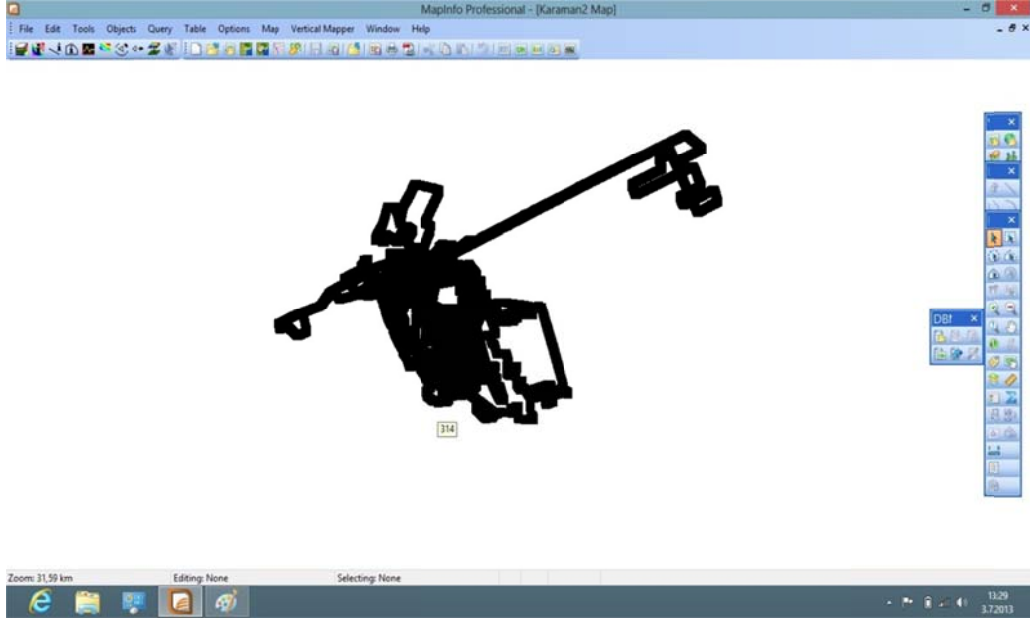
Bu çalışmada oluşturulan sayısal harita MapInfoProfessional yazılımı ile oluşturulmuştur [83]. Şekil 3.17'de gösterildiği gibi tablo olarak kaydedilen koordinat ve elektrik alan değerleri, Şekil 3.18'de gösterildiği gibi noktalardan harita oluşturmak için kullanılmıştır. Oluşturulan harita Mapinfo dosya biçiminde olup tab uzantılıdır. Çalışmalar bu dosya türü ile devam ettirilmiştir. Oluşturulan tab dosyası Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.17. Mapinfo yazılımında sayısal harita oluşturmak için tablo dosyasından veri alınması.



Şekil 3.18. Tablo dosyasından alınan koordinat ve elektrik alan değerlerinden noktasal harita oluşturma.



Şekil 3.19. Mapinfo’da oluşturulan noktasal harita

Noktasal harita oluşturulduktan sonra mesafe ağırlıklı interpolasyon (Distance Waighted Interpolation – IDW) yöntemi kullanılarak Şekil 3.20’de gösterildiği gibi tematik harita oluşturulmuştur [83].



Şekil 3.20. Mapinfo yazılımı ile tematik harita oluşturma.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Elektromanyetik kirlilik haritasının oluşturulması için Karaman ili şehir merkezinde ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde iki gün süreyle 8 saat ve 181 km boyunca Drive Test yöntemiyle ölçüm yapılmıştır.

Ölçümler 100 kHz – 3 GHz frekans aralığında SAR değeri hesaplamasında kullanılan elektrik alan değerlerinden oluşmaktadır.

Karaman ili şehir merkezi için 16000 noktada değer alınmıştır. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi içerisinde 2000 noktada değer alınmıştır. Alınan bu değerler MapInfo programı yardımı ile tematik haritalara dönüştürülmüştür. Bulgular ölçüm yapılan mevkilere göre değerlendirmeye alınmaya karar verilmiş ve iki bölümde incelenmiştir.

4.1. Karaman İli Şehir Merkezi

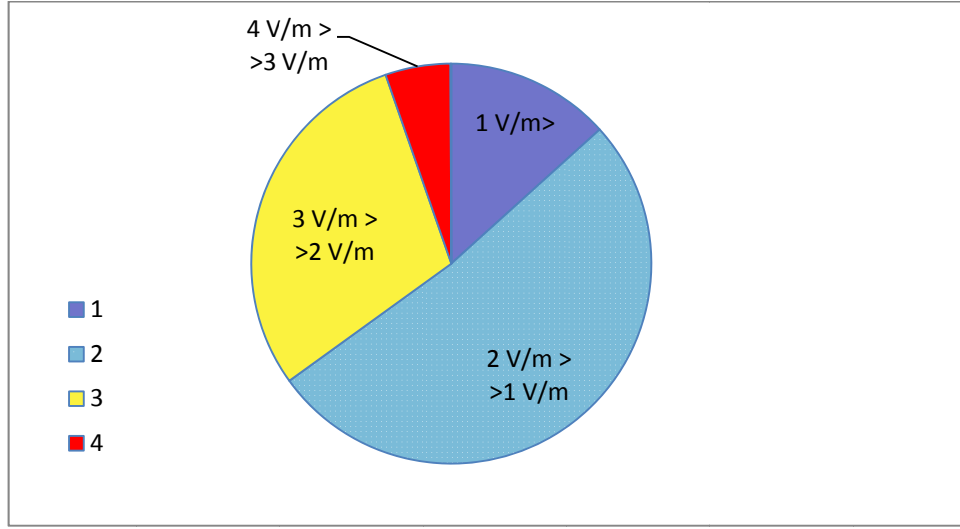
Karaman ili gelişmekte olan bir ilimizdir. Bu ilimizde yaşayan kamuoyunu maruz kaldıkları elektromanyetik kirlilik seviyesi konusunda bilgilendirmek amaçlanmıştır. Ölçüm değerleri, uluslararası halk sağlığı maruziyet değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır.



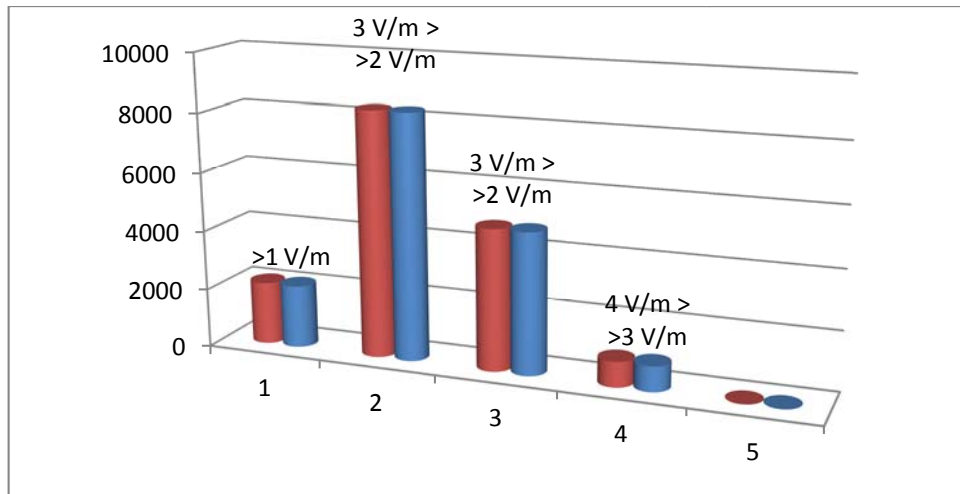
Şekil 4.1. Karaman ili şehir merkezinde ölçüm yapılan noktaların Google Haritalar üzerinde gösterimi.

Karaman ili şehir merkezinde üniversite yerleşkesi dahil olmak üzere 16067 noktada değer alınmıştır. Bu değerlerin dağılımı Şekil 4.2'de pasta grafik olarak verilmiştir. Pasta grafikte görüldüğü üzere ölçüm noktalarının %51,73 (8313)'si 1-2 V/m elektrik alan değerine sahiptir. Bu oranı %29,63 (4761) ile 2-3 V/m elektrik alan değeri takip etmiştir.

Ölçülen değerlerden sadece 10 tanesi 4 V/m'nin üzerindedir.

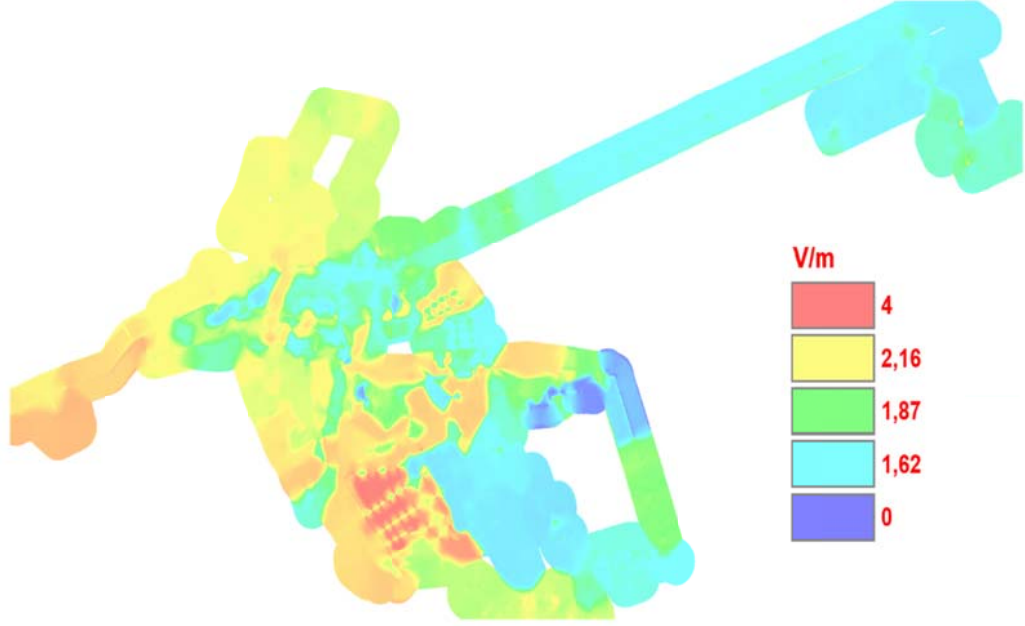


Şekil 4.2. Karaman ili şehir merkezinde yapılan ölçümlerin mor (değeri 1 V/m'den küçük), mavi (değeri 1-2 V/m arasında), sarı (değeri 2-3 V/m arasında), kırmızı (değeri 3-4 V/m arasında) renkleri ile gösterimi.



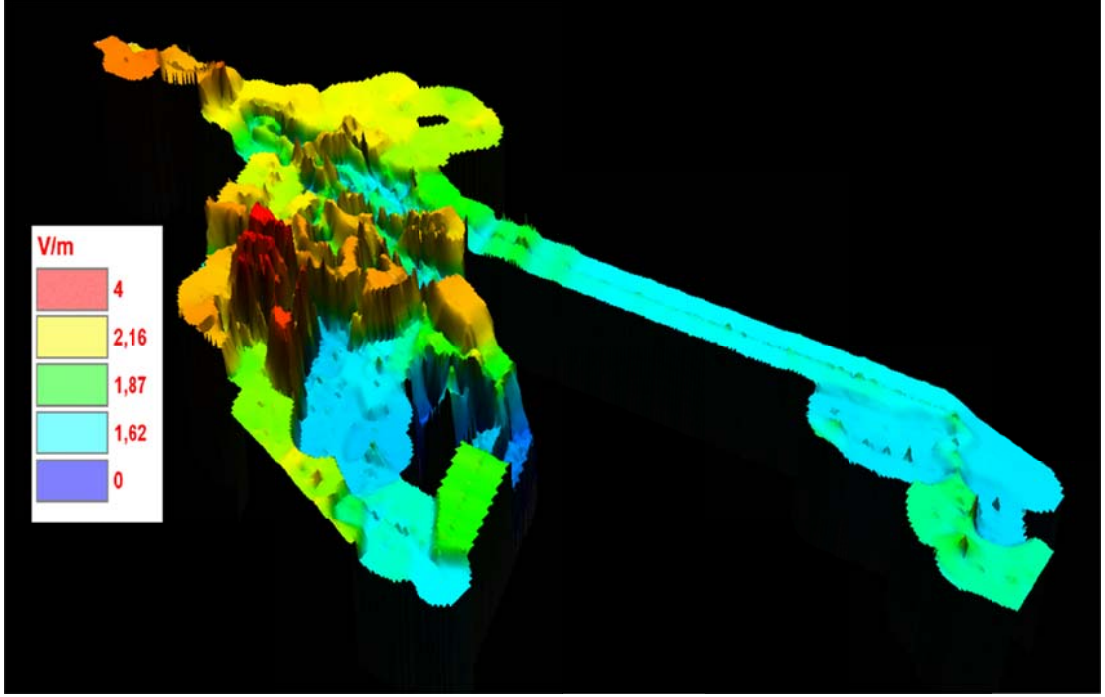
Şekil 4.3. Karaman ili şehir merkezinde yapılan ölçüm değerlerinin silindirik grafik biçimde gösterimi.

Bu değerler MapInfo programı ile tematik haritaya dönüştürülmüş ve Şekil 4.4'de sunulmuştur.



Şekil 4.4. Karamanoğlu İli Şehir Merkezinin elektromanyetik kirlilik haritası.

Şekil 4.4'de görüldüğü üzere Karaman ili şehir merkezinde en yüksek elektrik alan değeri 4 V/m'dir. Şekil 4.4'de verilen haritada en tehlikeli yer kırmızı renkler ile gösterilen Beyazken Mahallesi, Karde Kooperatifi, Doğanevler Kooperatifi ve Demirciler Sitesi mevkiileri olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen değerler ulusal ve uluslararası halk maruziyet sınırlarını geçmemektedir. Ancak şehrin geneline bakıldığı zaman en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.5'de sunulan Karaman ili şehir merkezinin üç boyutlu haritası üzerinde Beyazken Mahallesi mevkiisindeki elektrik alan farkı bariz bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



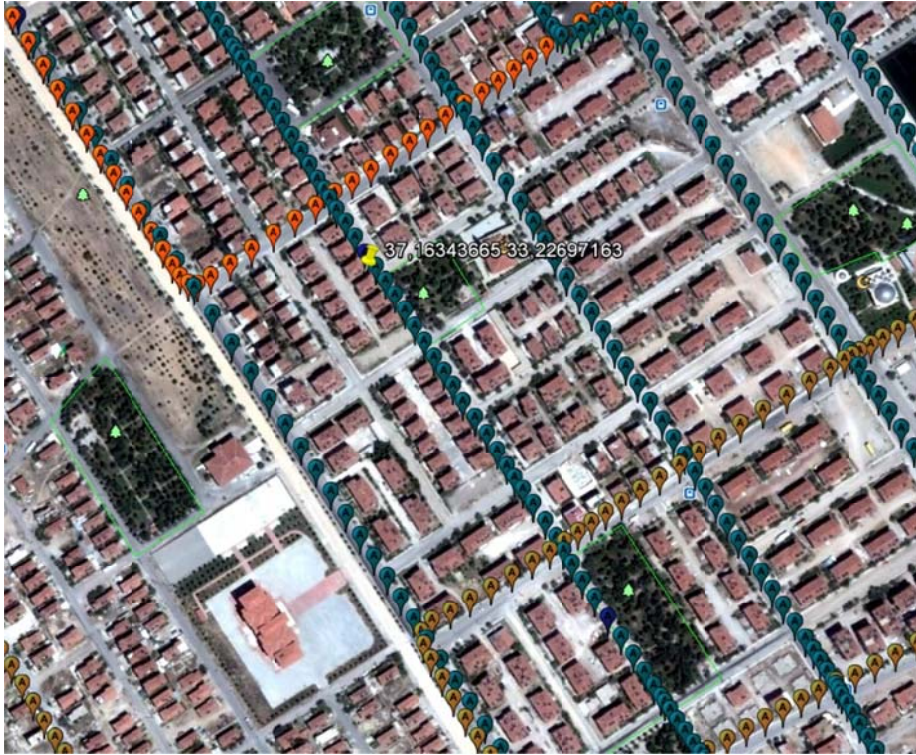
Şekil 4.5. Karamanoğlu İli Şehir Merkezinin elektromanyetik üç boyutlu kirlilik haritası.

Ölçümler sonucunda elektrik alan değeri 4 V/m'nin üzerinde çıkan noktalar araştırılmıştır. Bu noktalardan iki tanesi seçilerek incelenmiştir.

Elektrik alan değeri 4 V/m'den büyük ve 37,16661823K 33,22298825D koordinat bilgisine sahip nokta Şekil 4.6'da Google Haritalarından alınan uydu görüntüsü ile sunulmuştur. Bu nokta incelendiğinde, Siyahser İlköğretim Okulunun ve Karaman Sanayi Odasının ortasında kaldığı belirlenmiştir. Sayısal elektromanyetik kirlilik haritasını oluşturmak için ızgara düzeni tamamlanır iken aynı konumdan bir kez daha geçilmiş ve 4 V/m'nin altında bir ölçüm yapılmıştır. Ölçümdeki farklılığın çevredeki baz istasyonlarının otomatik güç ayarlama tekniklerinden kaynaklandığını düşünülmektedir. Bu otomatik güç ayarlamada kısa süreli yüksek güç yayılabildiği bilinmektedir.

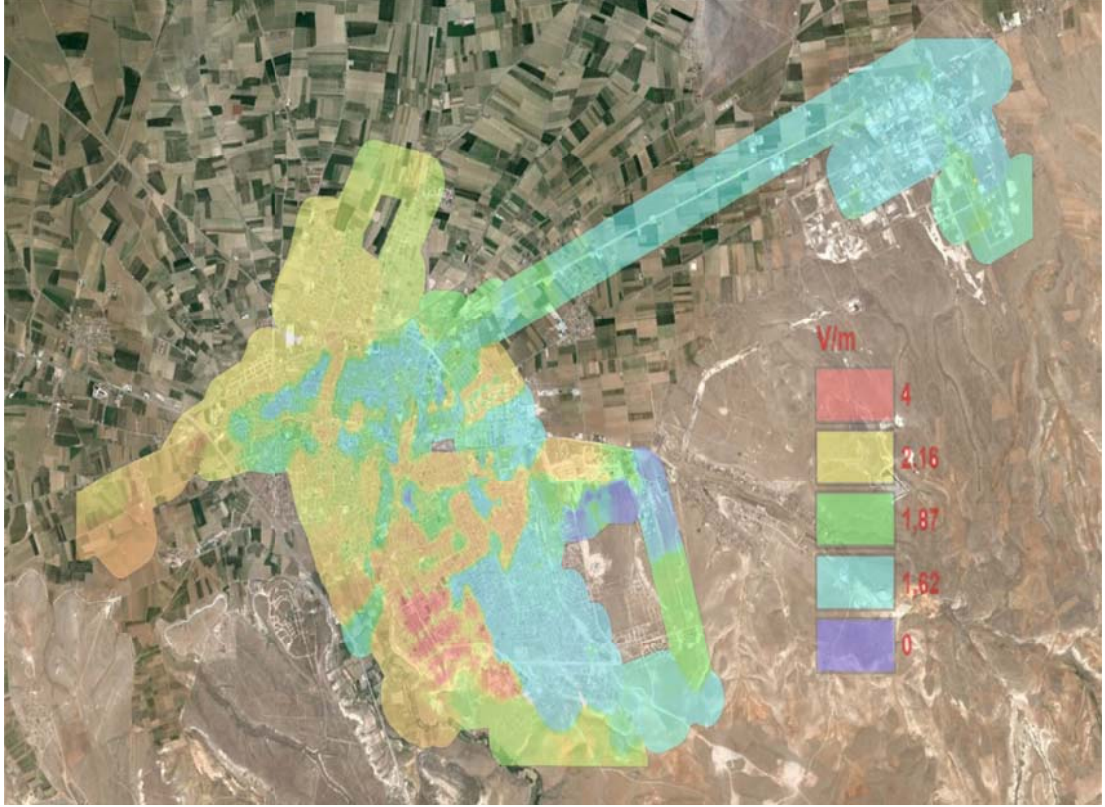


Şekil 4.6. Elektrik alan şiddeti 4 V/m'yi aşan Siyahser İlköğretim okuluna yakın olan nokta.



Şekil 4.7. Ölçümlerde elektrik alan şiddeti 4 V/m'yi aşan on noktadan biri

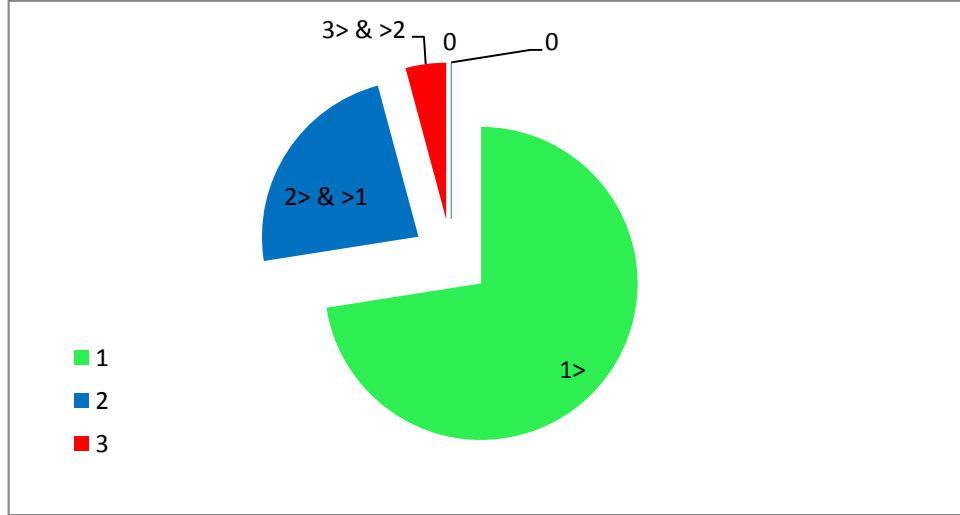
Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin kamuoyu ile paylaşılabilmesi için Şekil 4.8'de sunulduğu şekilde renklendirilerek Google Haritalar'da yayınlanmıştır. Bu amaçla şehirde yaşayan halkın ortalama maruz kaldıkları elektrik alan şiddeti konusunda bilgilendirilmiştir.



Şekil 4.8. Karaman ili şehir merkezinin Google Haritalar'da yayınlanmış elektromanyetik kirlilik haritası.

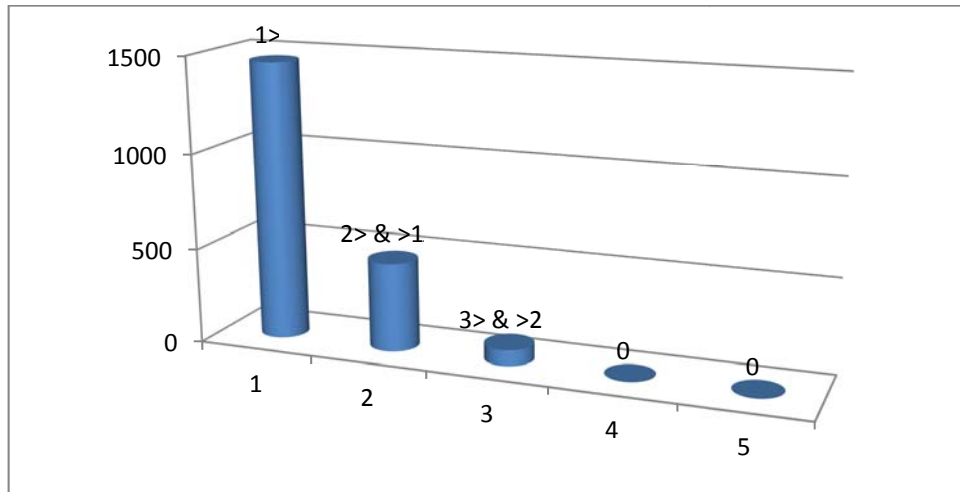
4.2. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde yapılan ölçümler sonu renklendirilerek Şekil 4.9'da pasta grafikte sunulmuştur. Pasta Grafikte görüldüğü üzere yerleşke içerisinde en yüksek değer 3 V/m'dir. Bu yüksek değerler, yerleşke içerisinde bulunan Kredi ve Yurtlar Kurumuna bağlı yurt bölgesinde ölçülmüştür. Bu yüksek değerlerin, yurt bölgesinde yayınlanan kablosuz internet ağı sinyalleri ve bölgede yaşayan öğrencilerin yoğun olarak kullandıkları cep telefonu sinyallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde yapılan ölçümlerin yeşil (değeri 1 V/m'den küçük), mavi (değeri 1-2 V/m arasında) ve kırmızı (değeri 2-3 V/m arasında) renkler kullanılarak pasta grafikte gösterimi.

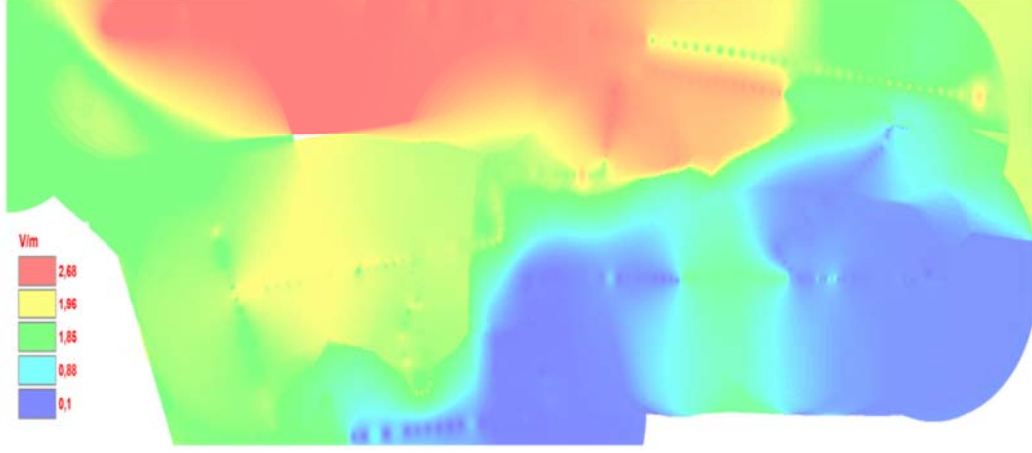
Şekil 4.10'da gösterilen grafikte alınan 2000 veriden, 1400 değerinin 1 V/m'nin altında olması sevindirici bir göstergedir.



Şekil 4.10. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesinde yapılan ölçümlerin silindirik grafik biçiminde gösterimi.

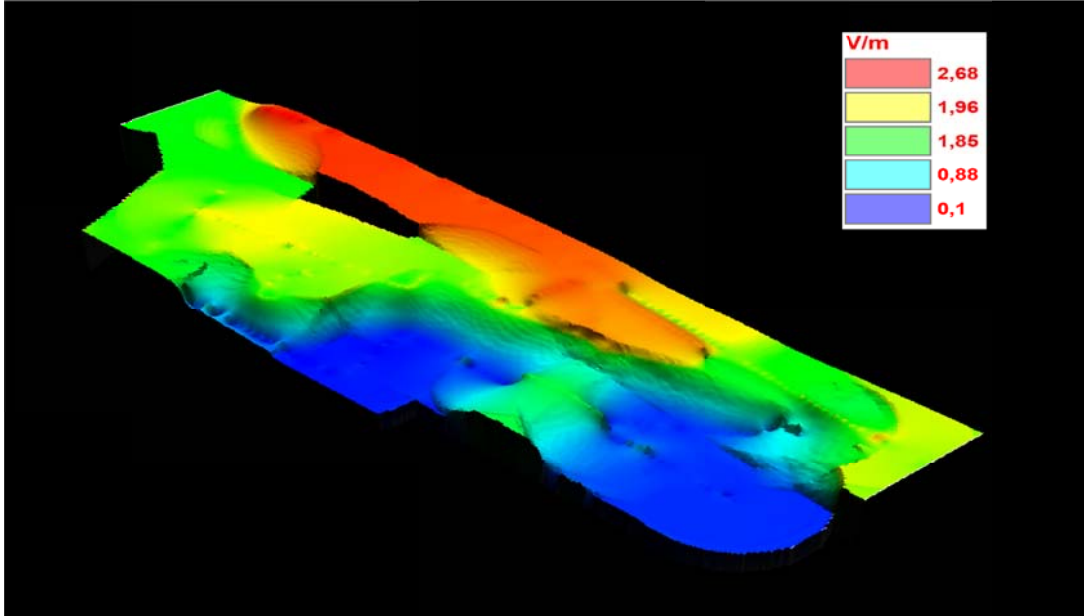
Yunus Emre Yerleşkesi içerisinde yapılan ölçümler, MapInfo programı ile Şekil 4.11'de sunulan tematik haritaya dönüştürülmüştür. Haritanın lejantı harita içerisinde verilmiştir. Haritada kırmızı renkli bölgeler yurtlar bölgesini

göstermektedir. Kırmızı renk ile gösterilmiş olsa da ölçüm değerleri uluslararası sınır değerleri geçmemektedir.



Şekil 4.11. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesin elektromanyetik kirlilik haritası.

Şekil 4.11'de sunulan iki boyutlu elektromanyetik kirlilik haritası Şekil 4.12'de üç boyutlu bir görsel haline getirilerek kamuoyunun hizmetine sunulmuştur.



Şekil 4.12. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesin Üç Boyutlu Elektromanyetik Kirlilik Haritası

Son olarak, bölgede yaşayan halkın bilinçlenmesi amacıyla iki boyutlu sayısal elektromanyetik kirlilik haritası Şekil 4.13'de sunulduğu gibi Google Haritalarında yayınlanmıştır.



Şekil 4.13. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesin Google Haritalar'da yayınlanmış elektromanyetik kirlilik haritası.

	: Rektörlük Binası		: Edebiyat Fakültesi
	: Kütüphane		: Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
	: Mühendislik Fakültesi		: Kredi ve Yurtlar Kurumu öğrenci yurtları
	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi		: Spor kompleksi
	: Kamil Özdağ Fen Fakültesi		: Üniversite çarşısı

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Karaman ili şehir Merkezi ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Yunus Emre Yerleşkesi 100 KHz – 3 GHz frekans aralığında elektrik alan ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre sayısal elektromanyetik kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Bu tematik haritalar kamuoyunun bilgilenebilmesi amacıyla kamuoyunun hizmetine sunulmuştur.

Ölçüm sonuçları içerisinde 4 V/m'nin üzerinde 10 ölçüm olması, bu değerlerin de uluslararası ve ulusal sınır değerleri geçmiyor olması mutluluk verici bir durumdur.

Ancak Beyazkent Mahallesi mevkinde yapılan ölçümlerin yüksek çıkması insanı şüpheye düşürmüştür. Mahalle sakinlerinin bu konuda uyarılması gerekmektedir.

Öneriler devlet kurumları ve bireysel olmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

Devlet kuruluşları düzeyinde alınması gereken tedbirler;

a. Uygulanan standartlar ve sınır değerler katılaştırılmalı.

b. Toplumsal kaygıları giderecek sunum ve bildirimlerin sayısı artırılmalı.

c. Baz istasyonlarının saklanması yerine üzerinde SAR ve güç değerlerini belirten levhalar ile uyarıcı levhalar eklenmeli.

d. Baz istasyonları geniş alanlara kurmak yerinde, daha sık ancak daha az güçte olacak şekilde bir ağ yapısı oluşturması teşvik edilmelidir.

e. Cep telefonların, modem, telsiz telefon vb. kablosuz iletişim teknolojisi kullanan cihazların paketleri üzerine SAR değerleri ekletilmelidir.

f. 15 yaşından küçüklere cep telefonu satışı yasaklanmalıdır.

Bireysel anlamda alınması gereken tedbirler;

a. Cep telefonu ile konuşma süresi kısa tutulmalı ve mümkün mertebe kulaklık ile konuşmalar yapılmalıdır.

b. Kullanılan elektrikli cihazların işi bittiği zaman elektrik bağlantısı kesilmelidir.

c. Kullanılan kablosuz iletişim cihazların en düşük SAR değerlerine sahip olanı tercih edilmelidir.

d. Uyuyor iken evdeki kablosuz modemler ve yönlendiriciler kapatılmalıdır. Kablosuz modemlerin uyku kalitesini zayıflattığı yönünde çalışmalar bulunmaktadır.

e. Çocuklardan cep telefonu v.b. cihazlar mutlaka uzak tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Liu, S. L., Chen G., Yong, M. S., “EMC characterization and process study for electronics packaging”, *Thin Solid Films*, 462: 454-458, (2004).
- [2] Department for Business Enterprise & Regulatory Reform, “Guide To The Electromagnetic Compatibility Emc”, *Regulations*, (2006)
- [3] The European Commission, “The Electromagnetic Compatibility”, *Official Journal of the European Union*, 321s., (2012).
- [4] Kazancı, M., “Elektromanyetik Uyumluluk Testleri Ve Örnek Bir Uygulama”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 114 s., (2010).
- [5] The Museum of Everyday Life, “A History of the Match”, <http://museumofeverydaylife.org/exhibitions-collections/current-exhibitions/history-of-the-match>, (26.04.2013).
- [6] Hossmann, K., Hermann, D.M., “Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system”, *Bioelectromagnetics*, 24(1):49-62, (2003).
- [7] Tekintağaç, Y., “Cep Telefonları Tarafından Oluşturulan Elektromanyetik Alanın Kobay EKG'si Üzerine Etkisi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 48 s., (2006).
- [8] Cesur, G., “900 MHz Dalga Frekanslı Elektromanyetik Alanın Ratlarda Oluşturduğu Hormonal Değişiklikler”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 45 s., (2004).
- [9] İlhan, M.N., “Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi”, *Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 68 s., (2008).
- [10] Cansız, M., “Diyarbakır İl Merkezinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması Ve Durum Değerlendirilmesi”, *Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 94 s., (2010).

- [11] Pericle, “Drive Test Guidelines”,
<http://www.pericle.com/papers/DriveTestGuidelines100105.pdf> (2013).
- [12] Hardell, L., Sage, C., “Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 62(2):104-109, (2008).
- [13] Sullivan, D. M., “Electromagnetic Simulation Using the FDTD Method”, IEEE Press, NewYork, 176 s., (2000).
- [14] Paolino, L., Sebillio, M., Tortora, G., ve Vitiello, G., “Monitoring Electromagnetic Pollution: A GIS-Based Visual Approach”, MDIC 2001 (Editör: Tucci, M.), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 90-101, (2001).
- [15] Paksoy K.,” Elektromanyetik kirlilik, etkileri, korunma ve yararlanma yöntemleri”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104 s., (2001).
- [16] Fedorov, Popova, S.S. ve Pisarchik A.N., “Dynamic Effects of Submillimeter Wave Radiation on Biological Objects of Various Levels Of Organization”, *International Journal of Infrared and Milimeter Waves*, 24(8):1235 – 1254, (2003).
- [17] Özen, Ş., Onural, A. Ş., Çömlekçi, S., Çerezci, O., “Experimental Determination of Heat Rise and Sar Occurred by 900 MHz Em Radiation on Human Brain by Using Brain Phantom Model”, *G.Ü. Fen bilimleri dergisi*, 17 (3): 127-132, (2004).
- [18] Önal, E., “Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi” İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 169s., (2005).
- [19] Henderson, S.I., Bangay, M. J., “Survey of RF exposure levels from mobile telephone base stations in Australia”, *Bioelectromagnetics*, 27(1): 73-76, (2006).
- [20] Genç Ö. ve Bayrak M., "100 kHz - 3 GHz Frekans Spektrumunda Ortamdaki Elektromanyetik Kirliliğe GSM Bandlarının Etkileri", *Haberleşme Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu HABTEKUS07*, İstanbul, 133-139, (2007).

- [21] Özgümiş B., Görmüş K. S., Saraç Z. ve Özer M., "Zonguldak Kent Merkezinin 100 kHz - 3 GHz Frekans Bandında Elektromanyetik Kirliliğin Araştırılması", ELECO, Bursa, 454-458, (2010).
- [22] Çerezci O. ve Şeker S., "Bursa Nilüfer İlçesinde Elektromanyetik Kirliliğin Belirlenmesi ve Alt Seviyelere Çekilmesi İçin Örnek Bir Model Oluşturulması", ELECO, Bursa, 1-5, (2010).
- [23] Uygunol O. ve Durduran S.S., "Elektromanyetik Kirlilik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı ile Oluşturulması: Konya Örneği", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, sayı 102, (2010).
- [24] Cansız, M., "Diyarbakır İl Merkezinin Elektromanyetik Alan Haritasının Çıkarılması Ve Durum Değerlendirilmesi çalışması", Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109 s., (2010).
- [25] Sorgucu, U. "Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Gsm900 Ve Gsm1800 Şebekelerinin Oluşturduğu Elektromanyetik Kirliliğin Ölçülmesi Ve Değerlendirilmesi", Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90 s., (2011).
- [26] Bilim, Kapucu, Kabalcı ve Develi, "Cep Telefonlarından Yayılan Elektromanyetik Enerji ile SAR Değeri Arasındaki İlişkinin Deneysel Olarak Doğrulanması", Elektromanyetik Alanlar Ve Etkileri Sempozyumu, İstanbul, 191-195, (2011).
- [27] Bilim M., Develi İ. ve Kabalcı Y., " GSM 900 MHZ Frekans Bandındaki Elektromanyetik Yoğunluğun Günün Farklı Zaman Dilimleri için Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Elazığ, 195-199, (2011).
- [28] Nora, D. V., Dardo, T., Wang, G., Vaska, P., "Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism", The Journal of American Medical Association, 305(8):808-813, (2011).

- [29] Arslantaş, N., “Elektromanyetik Alan (EA) Şiddetinin Okul Ve Sağlık Kuruluşları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Teknik Uzmanlık Tezi, 116s., (2012).
- [30] Jernegan, M. W., “ Benjamin Franklin’s “Electrical Kite” and lightning rod”, The New England Quarterly, 1(2):180-196, (1928).
- [31] Smythe, W. R., “Static and Dynamic Electricity” McGraww-Hill, New York, (1950).
- [32] Cheng, D. K., “ Field and Wave Electromagnetics”, Wesley, (1989).
- [33] Mozer F.S., ” Electric field mapping in the ionosphere at the equatorial plane”, Planetary and Space Science, 18(2):259-263, (1970).
- [34] Ampere, A., “Théorie des phénomènes électro-dynamiques: uniquement déduite de l'expérience”, A Paris, Paris, (1986).
- [35] Weiland, T., “A discretization model for the solution of Maxwell's equations for six-component fields”, Archiv fuer Elektronik und Uebertragungstechnik, Almanya, 31: 116-120, (1977).
- [36] Sher, L., “The effects of natural and man-made electromagnetic fields on mood and behavior: the role of sleep disturbances”, Medical Hypotheses, 54(4): 630-633, (2000).
- [37] Conti, P., Gigante, G. E., Cifone, M. G., “Biological Effects and Dosimetry of Static and ELF Electromagnetic Fields”, Springer, New York, 338s. (1985).
- [38] Christie, M., “The Ozone Layer”, Cambridge University Press, 294s., (2001).
- [39] Chou1, C.K., Bassen, H., “Radio frequency electromagnetic exposure: Tutorial review on experimental dosimetry”, Bioelectromagnetics, 17(3):195-208., (1996).
- [40] Wilford, N., “Electric Fields Produced by the Propagation of Plane Coherent Electromagnetic Radiation in a Stratified Medium”, JOSA, 58(3):380-388, (1968).

[41] Knave B., “Radiation, Non-Ionizing In: Stellman J. M., McCann M., Warshaw, L., Brabant, C.”, Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Geneva, 491-499 s., Geneva, (1996).

[42] White, L. J., “Communications Deregulation and FCC Reform: Finishing the Job 'Propertyzing' The Electromagnetic Spectrum: Why It's important, and how to begin”, Springer, New York, 235s., (2001).

[43] Wikipedia, “Elektromanyetik Tayf”,
http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektromanyetik_tayf (2013).

[44] Eğitim Kütüphanesi,” Tayf Nedir?”, <http://www.egitimkutuphanesi.com/fizik-tayf-nedir-renk-tayfi-dalga-tayfi-elektromanyetik-tayf-tayf-turleri> (2013).

[45] Ma, T.P., “Ionizing radiation effects in MOS devices and circuits”, John Wiley and Sons Inc., New York, 587s., (2008).

[46] Dormand E. L., Banwell P. E., “Timothy EE Goodacre Radiotherapy and wound healing”, International Wound Journal, 2 (2): 112–127, (2005).

[47] Sievert, R.M., Failla, G., “Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, Health Physics(England), 2:1-2, (1959).

[48] Kavas, A., “Elektromanyetik Kirlilik ve Standartlar”, İstanbul Sanayi Odası Çevre Yayınları, İstanbul, 8 s., (2002).

[49] Mason, P.A, “Effects of frequency, permittivity, and voxel size on predicted specific absorption rate values in biological tissue during electromagnetic-field exposure”, Microwave Theory and Techniques, 48(11): 2050-2058, (2000).

[50] Mat, D. A. A., Kho, W. T., Joseph, A., Kipli, K., Lias, K., Marzuki, A. S. W., Sahrani, S., “Electromagnetic Radiation Towards Adult Human Head from Handheld Mobile Phones”, International Journal of Network and Mobile Technologies, 1(2):60- 66., (2010).

[51] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), “Guidelines for Limiting exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and

Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)", Health Physics Society, 74(4):494-522, (1999).

[52] Stuchly, M. A., Stuchly, S.S., "Electrical properties of biological substances in Gandhi Op. (ed) 75-112, Biological effects and medical applications of electromagnetic energy Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, New Jersey, (1990).

[53] Gabriel, C., "Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF and microwave frequencies, Brooks air force technical report AL/OE-TR-1996-0037", Armstrong Laboratory, Brooks Air Force Base, 255 s., (1996).

[54] Chou, Chung-Kwang, " Phantoms for Elektromagnetic Heating Studies", Springer Netherlands, California, 294-318s., (1987).

[55] Ziskin, M. C., "Physiological Mechanisms Underlying Millimeter Wave Therapy", Springer, California, 241-251s., (2006).

[56] Loew, M., Daecke, W., Kusnierczak, D., "Shock-wave therapy is effective for chronic calcifying tendinitis of the shoulder", British Editorial Society of Bone and Joint Surgery, 81(5): 863-867, (1999).

[57] Logani, M. K., "Effect of millimeter wave irradiation on tumor metastasis", Bioelectromagnetics, 27(4):258–264, (2006).

[58] Usichenko, T., Herget, A. F., "Treatment of chronic pain with millimetre wave therapy (MWT) in patients with diffuse connective tissue diseases: a pilot case series study", European Journal of Pain 7(3):289-294, (2003).

[59] Önal, E., "Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi", İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 151s., (2005).

[60] Sorgucu, U., Özdemir, N., Develi İ., "Haberleşme Uygulamalarının Yol açtığı Elektromanyetik Kirliliğin Biyolojik Sistemler Üzerindeki Etkisi", Çankaya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi III. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, Ankara, 296-303, (2010).

[61] Coşkun, Ö., Çömlekçi, S., Nazıroğlu, M., Özkorucuklu, S., “Manyetik Alanın Sıçanlardaki Sinir İleti Parametrelerine Etkileri”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13 (2): 186-192, (2009).

[62] Borbely A., Huber R., Graf T., Fuchs B., Gallmann E., Chermann P., “Pulsed high frequency electromagnetic field effects Human Sleep and Sleep EEG”, *Neuroscience Letters* , 275: 207-210, (1999).

[63] Wertheimer, N., Savitz, D. A., Leeper, E., “Childhood Cancer In Relation To Indicators Of Magnetic Fields From Ground Current Sources” *Bioelectromagnetics*, (16): 86–96, (1995).

[64] Agarwal, A., Desai, N.R., Makker, K., Varghese, A., Mouradi, R., Sabanegh, E., Sharma, R.,” Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study”, *Fertility and Sterility*, 92(4): 1318-1325, (2009).

[65] Maes, A., Collier, M., Slaets, D., Verschaeve, L., “Cytogenetic Effects of Microwaves from Mobile Communication Frequencies (954 Mhz)”, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 14(2):91-98, (1995).

[66] Maes, A., Verschaeve, L., Arroyo1, A., Wagter, C., Vercruyssen, L., “In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes”, *Bioelectromagnetics*, 14(6):495-501, (1993).

[67] Gerçek, N., “GSM Baz İstasyonlarının Sökülmesine Devam Ediliyor”, *Elektrik Mühendisleri Odası*, 437: 25-27, (2009).

[68] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik”, http://www.tk.gov.tr/basin_bultenleri/26042011_baz_yonetmelik.pdf (06.05.2013)

[69] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken

Tedbirlere İlişkin Yönetmelik”,

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14134&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=iyonla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1c%C4%B1> (06.05.2013).

[70] IEEE, “Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems”, <http://www.techstreet.com/ieee/products/1820566> (06.05.2013).

[71] IEEE, “Bluetooth Core Specification”, <http://www.techstreet.com/ieee/products/886121> (08.05.2013)

[72] IEEE, “Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks”, <http://www.techstreet.com/ieee/products/1779352> (08.05.2013)

[73] Zigbee Alliance, “ZigBee Standards”, <http://www.zigbee.org/Standards/Overview.aspx> (08.05.2013)

[74] Infrared Data Association, “What is infrared?”, <http://irdajp.info/what.html>, (08.05.2013).

[75] Universal Serial Bus, “Wireless USB from the USB-IF”, <http://www.usb.org/developers/wusb> (08.05.2013)

[76] ECMA International, “Near Field Communication - Interface and Protocol (NFCIP-1)”, Ecma International, (2013).

[77] Gönen T., “Elektromanyetik Alanlar Ve Etkileri Sempozyumu”, Çevre Ve Halk Sağlığı İçin Emanet 2011 Paneller ve Bildiriler Kitabı, İstanbul, 7-11, (2011).

[78] Narda, “EMR-300 Ölçüm Cihazı”, http://www.narda-sts.us/pdf_files/DataSheets/EMR300_DataSheet_Discontinued.pdf (2013).

[79] Riffenburgh, B., “Antik Dönemden Günümüze Haritacılar”, İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul, 96s., (2012).

[80] Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., Howard, H.H., “Thematic Cartography and Geovisualization”, Pearson Prentice Hall, Londra, 546s., (2008).

[81] Vikipedi Ansiklopedi, “Coğrafi bilgi sistemi”,

http://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Fraf%C4%B1_Bilgi_Sistemleri (2013).

[82] Mapinfo, “MapInfoProfessional”, <http://www.mapinfo.com> (2013).

[83] Mapinfo, “MapInfo Professional11.0 User Guide”, Pitney Bowes, New York, 578s., (2011).

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Abdurrahman Özgür POLAT

Doğum Tarihi: 13/05/1983

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Mersin Fen Lisesi	1999-2002
Lisans	Elektrik-Elektronik Müh.	Gaziantep Üniversitesi	2002-2009
Yüksek Lisans	Elektrik-Elektronik Müh.	Mersin Üniversitesi	2011-

Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Arş. Gör.	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Elektronik Ana Bilim Dalı	2011-