

**T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİYARBAKIR İL MERKEZİNİN
ELEKTROMANYETİK ALAN HARİTASININ
ÇIKARILMASI VE DURUM
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa CANSIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**DİYARBAKIR
HAZİRAN 2010**

**T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİYARBAKIR İL MERKEZİNİN
ELEKTROMANYETİK ALAN HARİTASININ
ÇIKARILMASI VE DURUM
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa CANSIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN:Yrd.Doç.Dr.M.Bahattin KURT

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**DİYARBAKIR
HAZİRAN 2010**

T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Mustafa CANSIZ tarafından yapılan bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan : Prof. Dr. Süleyman DAŞDAĞ

Üye : Doç. Dr. İbrahim KAYA

Üye : Yrd. Doç. Dr. M.Bahattin KURT

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

...../...../.....

Prof. Dr. Hamdi TEMEL

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

(MÜHÜR)

ÖZET

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hayatımıza çok sayıda elektronik cihazlar girmiştir. Çevremizdeki tüm elektrik ile çalışan cihazların birer elektromanyetik alan kaynağı olduğu unutulmamalıdır. İşte tam bu noktada hayatımızı sarmalayan bu elektromanyetik alanların limitleri var mıdır? Eğer var ise limitleri nelerdir? Bu limitlere uyuluyor mu? gibi çeşitli sorular aklımıza gelmektedir.

Diyarbakır İl Merkezindeki elektromanyetik alan kirliliği hakkında detaylı bilgi edinebilmek için böyle bir çalışma yapılmıştır. Elektromanyetik alan kaynağı olarak yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar ile düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ayrı ayrı incelenmiştir. Zira elektromanyetik alan limitleri frekansa bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçer cihazı ile düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçer cihazı farklı özelliklere sahiptir.

İçinde Türkiye'nin de bulunduğu ve dünyanın birçok ülkesinin referans kabul ettiği Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından hazırlanan elektrik alan ve manyetik alan maruziyet limitleri bu çalışmada kılavuz kabul edilmiştir .

Çalışmada Drive Test Yöntemi ile elde edilen yüksek frekanslı (100 Khz-3 Ghz) ölçüm sonuçları dijital harita üzerinde görsel olarak renklendirilmiştir. Ayrıca düşük frekanslı (50 Hz) elektromanyetik alan ölçümünde bu çalışmada yer almaktadır.

Diyarbakır İl Merkezinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları ICNIRP limitlerine göre karşılaştırılıp detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Diyarbakır, Elektromanyetik Kirlilik, Dijital Harita

ABSTRACT

Many electronic equipments has entered in our life with development of technology . It should not be forgotten that devices powered by electricity are a source of electromagnetic field. At that point are there any limits of those electromagnetic fields surrounding our life? if yes what are the limits of them? Question comes to mind that are they compliance with those limits?

We have made our study based on city center of Diyarbakır to learn detailed information about electromagnetic pollution. Source of electromagnetic field has been investigated individually as high frequency electromagnetic field and low frequency electromagnetic field. Because limits of electromagnetic field depend on frequency. Moreover the devices which measure high frequency electromagnetic field and low frequency electromagnetic field have different properties.

In this study electric field and magnetic field exposure limits which prepared by International Commission On Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) have been accepted as a guide by many countries of the World as well as Turkey.

At the end of this study high frequency (100 Khz-3 Ghz) measurement results obtaining from Drive Test Method have been shown on digital map. Also the measurement of low frequency (50 Hz) electromagnetic field was included in this study.

Measurement results of electromagnetic field that taken from city center of Diyarbakır have been compared and evaluated according to the ICNIRP exposure limits.

Keywords: Diyarbakır, Electromagnetic Pollution, Digital Map

TEŐEKKÖR

Çok değerli katkılarıyla tez alıőmamda bana her zaman destek olan rehber hocam Sayın Yrd.Do.Dr M.Bahattin KURT'a en iten Őükranlarımı sunarım. Her zaman desteğini ve iyi niyetlerini üzerimde hissettiğim hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet AKIN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca fedakarlığı ve hoőgörüsünden dolayı araştırma görevlisi arkadaşım Sayın Hüseyin ACAR'a da çok teşekkür ederim.

Manevi desteklerini her zaman kalbimde hissettiğim sevgili aileme sonsuz Őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER	xi
KISALTMALAR	xii
1.GİRİŞ	1
1.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
2.ELEKTROMANYETİK ALAN İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER VE KILAVUZLAR	5
2.1. TEMEL BİLGİLER	5
2.1.1. Soğurma Özellikleri	10
2.1.2. Penetrasyon ve Frekans Özellikleri	11
2.1.3. Polarizasyon	12
2.2. ICNIRP KILAVUZLARI.....	14
2.2.1. Elektromanyetik Alanlara Maruziyet Limitleri İçin Kılavuzlar (100..... 14 Khz'ye Kadar).....	14
2.2.2. Elektromanyetik Alanlara Maruziyet Limitleri İçin Kılavuzlar (100 Khz-300 Ghz).....	20
2.2.3. EMF Maruziyet Sınırlaması İçin İlkeler	25
2.2.4. Koruyucu Önlemler	35
2.3. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR.....	36
3.ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KULLANILAN EKİPMANLAR VE YÖNTEMLER	38
3.1. KULLANILAN EKİPMANLAR.....	38
3.1.1. Geniş Bandlı Elektromanyetik Alan Ölçer.....	38
3.1.2. Narda EF 0391 E-field 100 Khz-3 Ghz Probe	39
3.1.3. Optik Kablolu USB-RS232 Dönüştürücü	40
3.1.4. GPS.....	41
3.1.5. GPS Alıcısı Arayüz Kablosu.....	42

3.1.6.	EHP-50C Elektrik ve Manyetik Alan Probe'u ve Analizörü	42
3.2.	KULLANILAN YÖNTEMLER	44
3.2.1.	Drive Test Yöntemi	45
3.2.2.	Manuel Ölçüm Alma Yöntemi	49
3.2.3.	Dijital Harita Üzerinde Gösterim	49
4.	BULGULAR.veTARTIŞMA.....	51
4.1.	YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	53
4.1.1.	Drive Test 1 Ölçümü	53
4.1.2.	Drive Test 2 Ölçümü	60
4.1.3.	Manuel Ölçüm Alma Yöntemi İle Ölçümü Alınmış Sanat Sokağı	66
4.1.4.	Manuel Ölçüm Alma Yöntemi İle Ölçümü Alınmış Ekinciler Caddesi	67
4.1.5.	Diyarbakır İl Merkezinin En Yüksek Elektrik Alan Değerlerine Sahip Bölgelerinin Karşılaştırılması	69
4.2.	DÜŞÜK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	81
4.2.1.	Elektrik ve Manyetik Alan Kayıtlarının Değerlendirilmesi	86
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	87
	KAYNAKLAR	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çocuk, kadın ve yetişkin erkekleri içeren dolaylı etkiler için eşik akımları	23
Çizelge 2.2. 10 Ghz'ye kadar frekanslar için zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlar için temel sınırlamalar	28
Çizelge 2.3. 10-300 Ghz arası güç yoğunluğu için temel sınırlamalar	28
Çizelge 2.4. Zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlara mesleki maruziyet referans seviyeleri	32
Çizelge 2.5. Zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlara halk maruziyeti referans seviyeleri.	32
Çizelge 2.6. Zaman değişkenli temas akımı için Referans Seviyeleri	34
Çizelge 2.7. 10-100 Mhz arasındaki frekanslarda kol'daki akımda referans seviyeleri	34
Çizelge 3.1. NBM 520 cihazına ait seri port komutlarının bir kısmı.....	47
Çizelge 3.2. NBM 520 cihazına ait seri port komutları bir kısmı.....	47
Çizelge 3.3. NBM 520 cihazına ait seri port komutlarının bir kısmı.....	48
Çizelge 3.4. Drive Test için örnek şablon.....	48
Çizelge 4.1. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezindeki en yüksek elektromanyetik alan değerine sahip 11 yer.....	51
Çizelge 4.2. Düşük Frekans Ölçüm Sonuçları-1	82
Çizelge 4.3. Düşük Frekans Ölçüm Sonuçları-2.....	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bir TEM dalgasının üç boyutlu değişimi	7
Şekil 2.2. Bir TEM dalgasının, E alanı bileşenin değişimi.....	7
Şekil 2.3 Düzlem dalga için kas dokusunda deri kalınlığı.....	12
Şekil 3.1. Narda 520 NBM	38
Şekil 3.2. Narda 100 Khz-3 Ghz Elektrik alan Probe'u.....	39
Şekil 3.3. Optik kablolu USB-RS232 dönüştürücü	40
Şekil 3.4. Garmin Etrex Legend HCx GPS alıcısı.....	41
Şekil 3.5. GPS alıcısının USB kablosu	42
Şekil 3.6. EHP-50C.....	43
Şekil 3.7. Drive Test Yöntemi ile ölçüm almak için arabaya yerleştirilen düzenek...	46
Şekil 3.8. Elektrik alan değerinin legend olarak gösterimi.....	50
Şekil 4.1. Drive Test Yöntemi ile 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde alınan Drive Test 1 (DR1) ölçüm sonuçlarının gösterimi.....	54
Şekil 4.2. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Bağlar İlçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası	55
Şekil 4.3. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sur İlçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası	57
Şekil 4.4. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Yenişehir İlçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası	58
Şekil 4.5. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Kayapınar İlçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası	59
Şekil 4.6. Drive Test Yöntemi ile 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde alınan Drive Test 2 (DR2) ölçüm sonuçlarının gösterimi.....	61

Şekil 4.7. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Bağlar İlçesinin ikinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası	62
Şekil 4.8. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sur İlçesinin İkinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası	63
Şekil 4.9. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Yenişehir İlçesinin İkinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası.	64
Şekil 4.10. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Kayapınar İlçesinin İkinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası.	65
Şekil 4.11. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sanat Sokağının Manuel Yöntem ile ölçümü alınmış elektromanyetik alan haritası.....	66
Şekil 4.12. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Ekinciler Caddesinde Manuel Yöntem ile ölçümü alınmış elektromanyetik alan haritası.....	68
Şekil 4.13. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 1.bölge Bağlar Dört Yol kavşağı.....	70
Şekil 4.14. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 1.bölge Bağlar Dört Yol kavşağı	70
Şekil 4.15. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 2.bölge Emek Caddesi Üzeri.....	71
Şekil 4.16. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 2.bölge Emek Caddesi Üzeri....	71
Şekil 4.17. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 3.bölge Seyrantepe Batıkent Ana Yolu üzeri.....	72
Şekil 4.18. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 3.bölge Seyrantepe Batıkent Ana Yolu üzeri.....	72
Şekil 4.19. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 4.bölge Nebi Cami Civarı.....	73

Şekil 4.20. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 4.bölge Nebi Cami Civarı	73
Şekil 4.21. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 5.bölge Balıkçılarbaşı Kavşağı.....	74
Şekil 4.22. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 5.bölge Balıkçılarbaşı Kavşağı	74
Şekil 4.23. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 6.bölge Gevran Caddesini ile Elazığ Caddesinin birleştiği kavşak	75
Şekil 4.24. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 6.bölge Gevran Caddesini ile Elazığ Caddesinin birleştiği kavşak	75
Şekil 4.25. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 7.bölge Park Orman girişi Honda Bayi Civarı	76
Şekil 4.26. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 7.bölge Park Orman Girişi Honda Bayi Civarı	76
Şekil 4.27. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 8.bölge Polat Sitesi Kavşağı.....	77
Şekil 4.28. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 8.bölge Polat Sitesi Kavşağı	77
Şekil 4.29. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 9.bölge Girne Caddesi	78
Şekil 4.30. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 9.bölge Girne Caddesi.....	78
Şekil 4.31. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 10.bölge Kervansaray Oteli Civarı.....	79
Şekil 4.32. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 10.bölge Kervansaray Oteli Civarı.....	79
Şekil 4.33. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 11.Bölge Karayolları Bölge Müdürlüğü Önü Anıt Park Civarı	80

Şekil 4.34. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 11.bölge Karayolları Bölge Müdürlüğü önü Anıt Park Civarı	80
Şekil 4.35. Yaşam alanın çok yakınından geçen orta gerilim hattı.....	85
Şekil 4.36. Bir Yüksek Gerilim Hattının 60 dakikalık Elektrik Alan Kaydı	86
Şekil 4.37. Bir Yüksek Gerilim Hattının 60 dakikalık Manyetik Alan Kaydı.....	86

SİMGELER

c	: Işık Hızı ($3 \cdot 10^8$ m/sn)
eV	: Electron Volt
h	: Plank Sabiti (J.s)
B	: Manyetik akı yoğunluğu (Wb/m^2)
E	: Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
G	: Gauss (G)
H	: Manyetik alan şiddeti (A/m)
μ	: Manyetik geçirgenlik katsayısı
μ_0	: Havanın manyetik geçirgenlik katsayısı
η_0	: Boş Uzayın Empedansı (377 ohm)
S	: Güç yoğunluğu (W/m^2)
f	: Frekans (hz)
F	: Elektriksel Kuvvet
λ	: Dalga Boyu (m)
σ	: Ortamın Elektriksel İletkenliği
T	: Tesla (T)
ϵ_r	: Ortamın Dielektirik Katsayısı
q	: Elektrik Yüğü

KISALTMALAR

BTK	: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
CENELEC	: Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi
EM	: Elektromanyetik
ECC	: Avrupa Haberleşme Komisyonu
EMC	: Elektromanyetik Uyumluluk
ELF	: Çok Düşük Frekans
ERP	: Etkin Yayılım Gücü
EMF	: Elektromanyetik Alan
EMR	: Elektromanyetik Radyasyon
FCC	: Federal Haberleşme Komisyonu
FM	: Frekans Modülasyonu
ICNIRP	: Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
NIR	: İyonize Olmayan Radyasyon
NAS	: Ulusal Bilimler Akademisi
RF	: Radyo Frekansı
RFR	: Radyo Frekans Radyasyonu
SAR	: Özgül Soğrulma Oranı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

1. GİRİŞ

Çevremizi saran elektromanyetik alan kirliliği teknolojinin gelişmesi ile birlikte hergeçen gün hızla artmaktadır. Elektromanyetik kirliliğin hangi boyutlarda olduğu ve insan sağlığı üzerine etkileri konusu birçok bilimsel çalışmaya esin kaynağı olmuştur.

Bu çalışmadaki amacımız Diyarbakır İl Merkezindeki elektromanyetik alan kirliliğinin seviyesini farklı teknikler uygulayarak belirlemek ve ölçüm sonuçlarını uluslararası standartlara göre karşılaştırıp değerlendirmektir.

Elektromanyetik alan ölçümleri sırasında Diyarbakır İl Merkezi dört adet merkez ilçeye bölünerek incelenmiştir. Daha sonrada bu ilçeler arasında birebir karşılaştırmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçümünde Narda firmasına ait olan NBM 520 geniş bantlı elektromanyetik alan ölçer cihazı kullanılmıştır. Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümünde ise yine Narda firmasına ait olan EHP-50C elektrik ve manyetik alan ölçer cihazı kullanılmıştır.

Ölçüm yöntemleri ile ilgili olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun belirlemiş olduğu yönetmelik çerçevesinde hareket edilmiştir.

Ayrıca Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından yüksek ve düşük frekanslar için hazırlanmış olduğu iki adet kılavuz yine bu tez çalışmasında yer almaktadır. Elektrik alan ve manyetik alan mesleki ve halk maruziyet limitleri detaylı bir şekilde bu kılavuzlarda yer almaktadır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ICNIRP'nin kabul etmiş olduğu referans limitler ile karşılaştırılıp dijital uydu haritası üzerinde gösterilmiştir.

1.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Luca Paolino ve ark., 2001 yılında İtalya’da GPS destekli görsel yaklaşım ile elektromanyetik alan kirliliğini gözlemlemiştir¹.

M.Bertocco ve ark., 2002 yılında Amerika’da çevredeki elektromanyetik alan şiddetinin hesaplanması için bir ölçüm sistemi kurmuştur. Böylelikle geniş coğrafi alanlardaki elektromanyetik alan kirliliğini hesaplayabilmiştir².

H.Saitoh, 2002 yılında Japonya’da GPS ile senkronize edilmiş ölçüm uygulamaları ile büyük ölçekli güç sistemlerini monitörize etmiştir³.

Chr. Bornkessel ve ark., 2003 yılında GSM ve UMTS baz istasyonları civarındaki elektromanyetik alanların ölçümünü ve hesabını yapmışlardır⁴.

Dusan Radovic ve ark.,2004 yılında Bulgaristan’da GPS desteğiyle otomatik olarak GSM 900 ve GSM 1800 kanallarının sinyal seviyelerini ölçen bir sistem geliştirmişlerdir⁵.

S.I. Henderson ve ark., 2005 yılında Avusturalya’da RF elektromanyetik alanı şiddeti seviyesini gözlemlemiştir. CDMA800, GSM900, GSM1800 ve UMTS sinyalleri 50 ile 500 metre arasında değişen mesafelerde 60 baz istasyonu üzerinde inceleme yapmışlardır. Çıkan değerlerin ICNIRP limitlerinin altında olduğu gözlemlenmiştir⁶.

Ercan ÖNAL, 2005 yılında günlük hayatta EMA’ya (Elektromanyetik Alan) maruz kalma hakkında bilgiler sağlamış ve EMA kaynakları hakkında araştırmalar yapmıştır⁷.

Demet ELHASOĞLU, 2006 yılında elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalan kişilerin sağlık problemlerini saptamak amacı ile 11 soruluk bir anket

hazırlamış ve yüksek gerilim hatlarına 30 metreye kadar yakın oturanlarla daha uzakta oturan kişiler arasında; baş ağrısı, eklem ağrısı, sinirsel rahatsızlıklar, kalp rahatsızlığı, üst solunum yolu enfeksiyonları, tansiyon rahatsızlığı ve uyku bozuklukları arasında farklılık olup olmadığı, yaş ve oturma süresi betimsel değişkenlerine göre değerlendirmiş ve istatistiksel oranları incelemiştir⁸.

Ali İhsan YÜREKLİ, 2006 yılında GTEM (Gigahertz Transverse Electromagnetic) test odasını, 945 MHz'deki baz istasyonu ışımasının serbest uzay şartlarına uygun şekilde üretilmesi için deney ortamı olarak kullanmış ve elektromanyetik alanın genç erişkin erkek Wistar albino sıçanlardaki oksidatif strese etkilerini araştırmıştır⁹.

Yakup TEKİNTANĞAÇ, 2006 yılında cep telefonlarının oluşturduğu elektromanyetik (EM) alanın kobay EKG'si üzerine olan etkilerini araştırmıştır¹⁰.

Tolga İNCE, 2007 yılında Ankara ilinde radyo ve TV vericileri ile baz istasyonlarının bulunduğu bölgelerde 100 kHz-3 GHz frekans bandını ölçen EMR 300 cihazıyla ölçümler yapmış ve Ankara ili üzerinde oluşan elektromanyetik kirlilik hakkında bilgi sahibi olmuştur¹¹.

Prof.Dr. Osman Çerezci ve Doç.Dr. Ahmet Y. TEŞNELİ, 2007 yılında Bursa Nilüfer Belediyesi'nin talebi üzerine, ilçe sınırları içinde yüksek gerilim hatları (YGH), trafolar ve baz istasyonları kaynaklı Elektromanyetik Kirlilik (EMK) seviyesini belirlemek üzere 5-6 Mart 2007 tarihlerinde toplam 74 noktada Sakarya Üniversitesi tarafından yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda bir rapor hazırlamışlardır¹².

Mustafa N. İLHAN, 2008 yılında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi'nin elektromanyetik alan haritasını çıkarmış ve hastanede elektromanyetik alan bulunan yerlerde çalışanların sağlık durumlarını incelemiştir¹³.

Osman UYGUNOL , 2009 yılında CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yardımı ile problem kaynaklarının ortaya konulması, çözüm yollarının üretilmesi ve elektromanyetik kirliliğin haritalar üzerinde gösterilmesini amaçlamıştır¹⁴.

Prof.Dr.Hasan DİNÇER, 2009 yılında RF kaynak makinesinin yaydığı EM Işınımın çalışanlara ve etrafındaki makinelere etkisini incelemiştir¹⁵.

Özgür GENÇ, 2010 yılında 3 GHz'e kadar olan radyo frekans spektrumunda ortamdaki elektromanyetik (EM) kirliliğe GSM bandlarının etkisi incelemiştir. Konu ile ilgili önceki çalışmalardan farklı olarak belirlenen frekans spektrumundaki EM kirliliğe; televizyon vericileri, radyo vericileri ve GSM baz istasyonlarının etkilerini incelemiştir¹⁶.

2. ELEKTROMANYETİK ALAN İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER VE KILAVUZLAR

2.1. TEMEL BİLGİLER

Elektriksel enerjiyle çalışan her türlü sistem, araç ve gereçler; çeşitli elektriksel yöntemlerle insanlığa kullanılabilir faydalı enerji sağlamaktadır. Kullanılabilir faydalı enerjiye dönüştürülen elektriksel enerji insanların daha iyi koşullarda yaşamasına olanak sağlamaktadır. İnsanlığın yaşam koşullarını iyileştiren ve onlara daha iyi imkanlar sunan çeşitli elektriksel olaylar; Elektriksel Alanları oluşturmaktadır. Bu Elektriksel Alanlar; elektrik enerjisi üretildiğinde, enerji iletim hatlarından veya kablolardan veya havadan gönderildiğinde veya dağıtıldığında, veya elektriksel aletlerde kullanıldığında oluşurlar. Elektrik enerjisinin kullanımı; modern yaşantımızın kaçınılmaz bir parçası olduğundan bu alanlar çevremizde her yerde vardır¹⁵. Oluşan elektriksel alanlar çevredeki canlılara (insanlara, hayvanlara ve bitkilere) ve cansızlara (örneğin; elektriksel cihazlara) etki etmektedir. Canlılara ve cansızlara etki eden Elektriksel Alanlar¹⁵;

- a) Elektrik Alanı
- b) Manyetik alan
- c) Elektromanyetik Alan

diye üçe ayrılır.

- a) Elektrik Alanı

Elektrik alanı elektriksel yük olduğunda oluşur. Elektriksel yükler etrafındaki (uzayda) her noktada elektrik alanı meydana getirir. Elektrik alanı $E=(1/q) \times F$ şeklinde tanımlanır. Elektrik alan şiddeti E'nin, birimi V/m (N/C)'dir. Meydana

gelen elektrik alanı, bu alan içerisindeki her elektriksel yüke kuvvet uygular. Elektrik alanı içerisindeki q yüküne uygulanan kuvvet aşağıdaki gibi¹⁵

$$F=qE \quad (1)$$

verilmektedir. Elektriksel iletken malzemelerde canlı doku ve cihazların iletkenlerinde bu F kuvveti elektriksel yüklerin hareketine ve dolayısıyla elektriksel akımın oluşmasına neden olurlar¹⁵.

Oluşan akımın akım yoğunluğu J elektriksel alan ile aşağıdaki gibi orantılıdır.

$$J=\sigma E \quad (2)$$

Burada sabit orantı katsayısı σ 'ya ortamın elektriksel iletkenliği denir.

b) Manyetik Alan

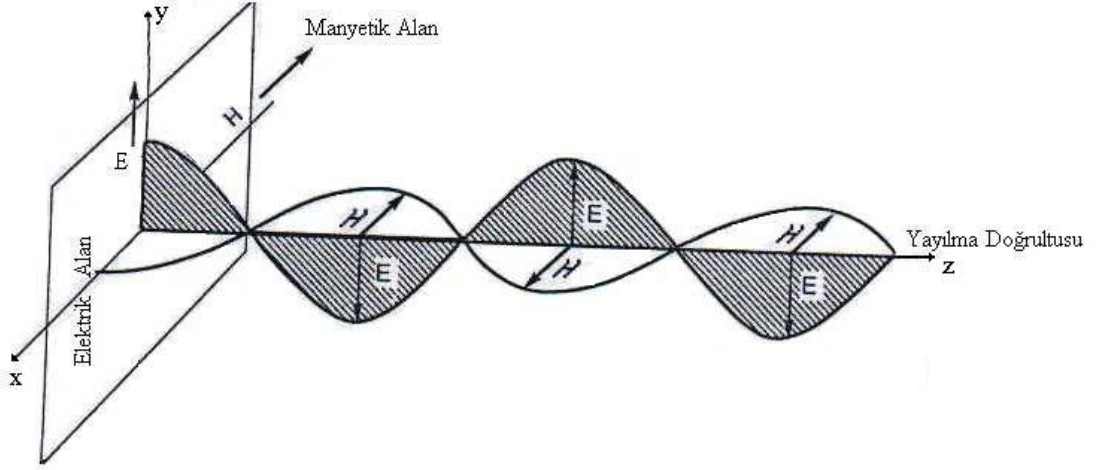
Manyetik alan, hareket halindeki elektriksel yükler tarafından oluşturulur. Oluşan Manyetik alan hareket halindeki elektriksel yüklere aşağıdaki bağıntıdaki gibi kuvvet uygular¹⁵.

$$F=q(v \times B) \quad (3)$$

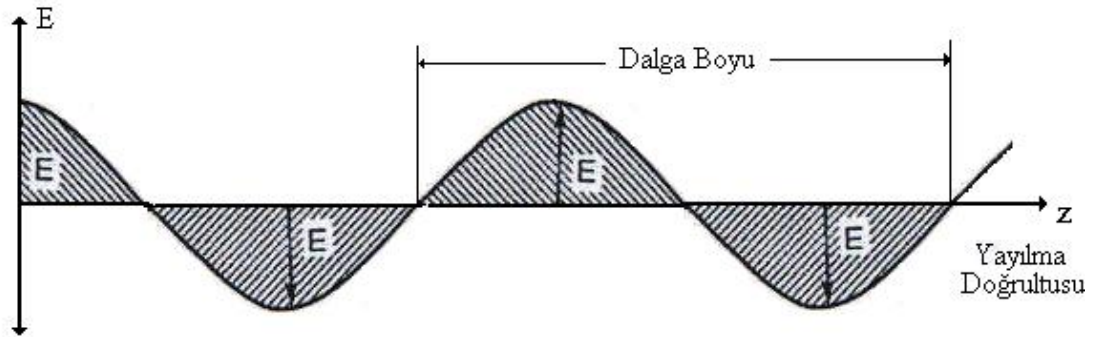
Manyetik alan, manyetik akı yoğunluğu B veya manyetik alan şiddeti H ile iki şekilde belirtilir. Manyetik akı yoğunluğu Tesla (T) veya Gauss (G) birimleri ile ifade edilir. $1T = 10^4 G$ 'dir. Manyetik alan şiddetinin birimi ise A/m'dir. Ayrıca $1\mu T = 10 \text{ mG} = 1 \mu T = 0,8 \text{ A/m}$ 'dir. İletkenden akan akımın meydana getirdiği manyetik alanı açıklamak için manyetik akı yoğunluğu B, manyetik alan şiddeti H'den daha çok kullanılır. $B=\mu H$ 'dir. Manyetik geçirgenlik katsayısı ortamın özelliği tarafından belirlenir. Birçok biyolojik maddede μ havanın manyetik geçirgenlik katsayısı μ_0 'a eşittir¹⁵.

c) Elektromanyetik Alan

Elektriksel kaynaktaki yükler zamana göre değiştiğinden bu yükler tarafından üretilen E ve H alanları dalga halinde bir enerji yayacaktır. Kaynağın boyutları yüklerin hareketlerinin dalga boyu ile aynı mertebede olduğunda yayılan dalga enerji büyüklüğü artacaktır. Bu şekildeki elektriksel enerji yayılımını elektromanyetik (EM) dalga yayılması veya EM ışınımı denir. Havada EM dalga enine dalga (TEM) halinde yayılır. Bir TEM dalgasının (Enine EM dalganın) yayılması Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de verilmiştir¹⁵.



Şekil 2.1. Bir TEM dalgasının üç boyutlu değişimi¹



Şekil 2.2. Bir TEM dalgasının, E alanı bileşenin değişimi¹

TEM dalgasında; yayılma doğrultusu boyunca E, H alan bileşenleri sıfırdır. Yayılma doğrultusuna dik düzlemde E, H alan bileşenleri vardır ve bunlar bu düzlemde birbirine diktirler. E/H oranı sabittir ve dalga empedansı olarak bilinir.

Serbest uzay için $E/H=377 \Omega$ 'dur. Uzak alan bölgesinde E ve H alanları, r uzaklığı ile ters orantılı olarak ($1/r$) değişir. Bir alternatif işaretin birim zamandaki tekrar sayısına o işaretin frekansı denir. Birimi Hz'dir. Hz'nin bir milyon katı MHz, bir milyar katı da GHz'dir. Bir işaretin frekansı ile periyodu aşağıdaki gibi ters orantılıdır¹⁵.

$$f=1/T \text{ [Hz]} \quad (4)$$

Bir periyot boyunca EM dalganın almış olduğu yola o dalganın veya işaretin dalga boyu denir ve aşağıdaki bağıntı ile gösterilir.

$$\lambda = c.T = c/f \text{ [m]} \quad (5)$$

TEM dalgasının yayılım hızı (Enerji Taşıma Hızı);

$$V= c / \sqrt{\epsilon_r} \quad (6)$$

şeklindedir. Burada ϵ_r ortamın dielektrik katsayısını c ise ışık hızını göstermektedir. Boşlukta ve havada ($\epsilon_r \cong 1$) $v \cong c = 3.10^8$ m/sn'dir. Enerji akışı, dalga yayılması veya parçacık akışı şeklinde karşımıza çıkar. Bu da elektromanyetik dalganın "*dalga – parçacık*" ikili davranışı olarak bilinir. Işınım enerjisi Joule cinsinden

$$W = h f \quad (7)$$

bağıntısı ile verilir. Burada h ; planck sabitidir. ($h = 6,626.10^{-34}$ J.s) ve

f hertz cinsinden frekanstır. Elektron-Volt (eV) cinsinden ışınım enerjisi ise

$$W = 4,14125 \cdot 10^{-15} f \text{ [eV]} \quad (8)$$

şeklinde verilebilir. ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

İyonlaşma, elektronun çekirdekten koparılarak serbest hale gelmesidir. En basit atom olan hidrojen atomunda iyonlaşma enerjisi 13,6 eV'dur. İyonlaştırma moleküler yapıda değişime neden olur. Bu değişim biyolojik dokuda, DNA'nın yapısında yani genetik yapıda bozulmalara neden olur. Yüksek enerjili parçacık biyolojik molekülü iyonlaştırıp biyolojik yapıya zarar verebilir. 10 eV'luk bir enerjiden daha büyük enerjiye sahip parçacık biyolojik molekülü iyonlaştırıp, biyolojik bozulmalara neden olabilir. EM alan ışınması aynı zamanda "iyonize yapmayan" ışınım olarak ta bilinir. Çünkü EM dalga, maddeleri iyonize yapacak kadar enerjiye sahip değildir. Maddeleri iyonize edecek kadar enerjisi olmayan bütün elektromanyetik alan ve ışınım iyonize yapmayan ışınım denir. İyonize yapmayan ışınım (IRPA / ICNIRP'nin tanımında), her foton 12 eV' dan daha az enerjiye, 100nm' den daha uzun dalga boyuna ve frekansı 300 THz'den daha düşük frekansa sahiptir. Denk. (8)'den iyonize yapmayan EM dalganın frekansı $W = 10 \text{ eV}$ için $f \leq 2,8968 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ olarak elde edilir¹⁵.

Elektromanyetik alanın E ve H bileşenleri ile bu alanın kaynağı arasındaki ilişkileri tanımlayan Maxwell denklemleri; gelen dalganın frekansı çok düşük ise yani dalga boyu cismin büyüklüğüne göre çok büyük ise, devre teorisi yaklaşımıyla, çok yüksek frekanslarda yani dalga boyu cisme göre çok küçük ise, optik teorisi yaklaşımıyla, eğer dalga boyu cisimle aynı mertebede ise mikrodalga teorisi tekniklerinden faydalanarak çözülür⁴³.

Deneysel metodlar iç elektrik alanın ölçülmesi veya vücut içinde çeşitli noktalarda sıcaklık artışının ölçülmesinden meydana gelir.

2.1.1. Soğurma Özellikleri

Malzeme özellikleri; elektrik alanları vücudu meydana getiren doku malzemeleri üzerinde üç temel prensiple enerjiyi transfer ederler⁴³.

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

2. E alanları atom ve moleküllerdeki elektrik dipollere etki eder.

Polarizasyon olarak isimlendirilen bu olaya ilişkin sürtünme nedeniyle doku malzemelerinde ısı oluşur.

3. E alanları, malzemede daha önce mevcut dipolleri bir araya getirir.

Bununla birlikte oluşan sürtünme malzemeye enerji transfer eder⁴³.

Kayıp mekanizması olarak isimlendirilen bu üç tip enerji transfer işlemi, doku malzemelerinin dielektrik ve iletken özelliklerine bağlı olarak açıklanabilir. Zamanla sinüsoidal olarak değişen EM alanlar dielektriğin kompleks değere sahip olması ve kayıp mekanizmasının anlaşılmasını sağlar⁴³. Kompleks dielektrik,

$$\epsilon = \epsilon_0 (\epsilon' - j\epsilon'') \quad (9)$$

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. ϵ''/ϵ' oranına kayıp tanjantı denir. İletkenlik,

$$\sigma = w \epsilon_0 \epsilon'' \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir. Burada w açısal frekansı gösterir⁴³.

Soğurma 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.

$$\gamma = j\omega\sqrt{(\mu_0 \epsilon'(1 - j(\sigma/\omega \epsilon')))} \quad (11)$$

bu değerlerden faydalanarak tek yönde ilerleyen bir düzlem dalga için ortamın Z empedansı

$$Z = j\omega\mu_0/\gamma \quad (12)$$

ifade edilir⁴³.

2.1.2. 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 ısıtı oluşturur. Dielektriği düşük bir malzemede RF dalgası yüksek dielektrikli malzemeye göre daha fazla derine nüfuz eder. Cidar kalınlığı elektromanyetik alanların yüzeyindeki değerlerin 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 göstermez⁴³.

$$\delta \approx 1/\sqrt{(\pi f \mu \sigma)} \quad (13)$$

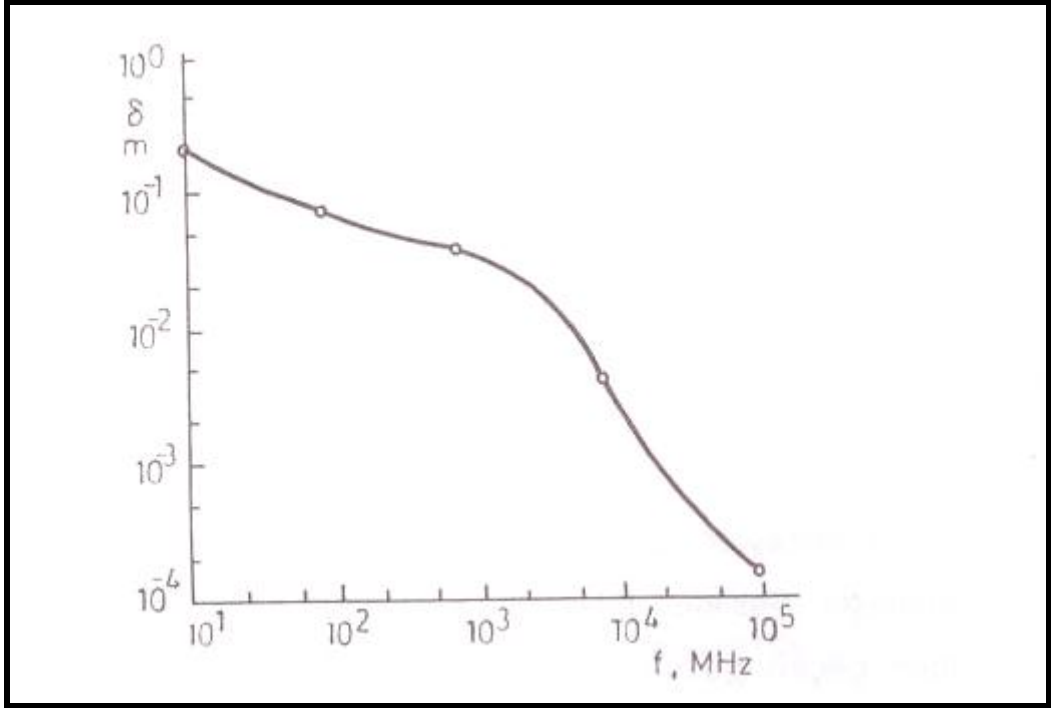
δ : Penetrasyon Derinliği (mm)

f : Frekans (Hz)

μ : Manyetik Geçirgenlik (H/mm)

σ : Elektriksel İletkenlik

Formülden de anlaşılacağı gibi penetrasyon derinliği frekansın karekökü ile ters orantılıdır. Şekil 2.3'te düzlem dalganın kas dokusu içindeki penetrasyon derinliği gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Düzlem dalga için kas dokusunda deri kalınlığı⁴³

2.1.3. 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 tanımlanabilir⁴³.

Doğru akım (DC) ve çok düşük frekans alanlarının (ELF) zamanla değişimleri çok yavaş olması nedeniyle hiç ışı nım yapmadıkları kabul edilir. Bu nedenle DC ve ELF alanları ile ilgili incelemeler non iyonize radyasyondan olduğundakinden farklıdır⁴³.

Yüklerin ivmelenmesi elektromanyetik ışı ma için gerekli şart olduğu için doğru akımda hiçbir çeş it radyasyon oluşmaz. Diğer bir değiş le, düşük frekans alanlarına maruz kalan herhangi bir cisimde genellikle radyasyon etkileri görülmez. Akımın taş ındığı herhangi bir durumda enerji E ve H alanlarında ışı ma yapmaksızın depolanır⁴³.

Canlı organizma statik (DC) alanlara ya da ışı nı lamayan yakın alana maruz kaldığında, bu alanlardan enerji alır. Ancak bu enerjinin geçiş mekanizması daha yüksek frekanslardan çok farklıdır. Radyasyon vasıtasıyla enerji transferi dört maddede incelenir⁴³.

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 olabilir⁴³.
2. Işı ma alanında E/H oranı boşlukta 377 olup sabittir. E(V/m), H(A/m) büyüklüğündedir⁴³.
3. Statik elektrik yükleri, doğru akım veya düşük frekanslı (<1000 Hz) akımlar taş ıyan 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 çeş itli yollarla direk geçmesi söz konusu değildir. Ayrıca dipollerin

yönelmesi, iyon hareketi gibi termal olmayan etkilerdende bahsetmek mümkündür⁴³.

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 çıkar⁴³.

2.2. ICNIRP KILAVUZLARI

Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) bağımsız bir kuruluş olup Türkiye'nin de içinde bulunduğu dünyanın birçok ülkesi tarafından kabul gören maruziyet limitlerini belirleyen ve sürekli bu konularda yoğun çalışmalar yapan uluslararası bir komisyondur.

ICNIRP elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanların biyolojik ve potansiyel sağlık etkilerini incelemek üzere frekans bandını düşük frekans (0-100 Khz) ve yüksek frekans (100 Khz-300 Ghz) bandı olmak üzere ikiye ayırıp ayrı ayrı incelemiş ve farklı kılavuzlar şeklinde yayınlamıştır.

2.2.1. Elektromanyetik Alanlara Maruziyet Limitleri İçin Kılavuzlar (100 Khz'ye Kadar)

Aşağıdaki paragraflar 100 Khz'ye kadar frekanslarda, elektrik ve manyetik alanların biyolojik ve sağlık etkileri ile ilgili literatürün genel bir incelemesi hakkında bilgi vermektedir. Bu etkilemenin belli başlı mekanizması dokulardaki akımların endüksiyonudur. 0-100 Khz arası frekanslar için temel sınırlamalar ve referans seviyeler için biyolojik temel ICNIRP'de (2003) belirtilmiştir¹⁷.

Güç-frekans alanları maruziyetine ilişkin kanser riskinde, epidemiyolojik çalışmalarda birçok incelemeler bulunmaktadır (NRPB, 1992, 1993, 1994b; ORAU

1992; Savitz, 1993; Heath, 1996; Stevens ve Davis 1996; Tenforde, 1996; Nas, 1996). Benzer incelemeler, EMF'ye maruziyetle ilişkilendirilen olumsuz reproduksiyon (üreme ile ilgili, doğum) gibi sonuçlar da yayınlanmıştır. (Chernoff, 1992; Brent, 1993; Shaw ve Croen, 1993; NAS, 1996; Tenforde, 1996).

Hamilelikte epidemiyolojik çalışmaların sonuçları, VDUs (visual display units-bilgisayar ekranı) ile çalışan kadında olumsuz reproduksiyon etkileri içeren istikrarlı olmayan delil elde edilmiştir (Bergqvist 1993; Shawand Croen 1993; NRPB, 1994a; Tenforde, 1996). Örneğin, VDUs kullanmayan kadınlarla, VDUs kullanan kadında çocuk düşürme oranının kıyaslanmasında, müşterek çalışmalarda, şekil bozukluğu veya aşırı olmayan risk ortaya çıkarılmıştır (Shaw ve Croen 1993). Diğer iki çalışma, VDUs tarafından yayılan elektrik ve manyetik alanların ölçümlerine yoğunlaşmış olup; biri ELF manyetik alanlar ve çocuk düşürme arasında bir ilişki veya bağ olduğunu ortaya koymuştur¹⁸. Diğeri tersine böyle bir bağ kuramamıştır¹⁹.

ELF manyetik alanlar ve güç hatlarının evlere yakınlığı ve kanser riski ile çocuk kanserinden kaynaklanan ölüm vakası arasında bir bağı Wertheimer ve Leeper'in (1979) ortaya koymasından bu yana birçok rapor ortaya çıkmıştır. Çocuklardaki kanser artışının ELF'ye bağlanması konusu; güç hatları kadar diğer harici kaynaklarla birlikte çevreyi kuşatan 50/60 Hz'lik manyetik alana bağlayan spesifik çalışmadan sonra ortaya çıkan temel hipotezdir. Yakında bulunan güç hatları tarafından evde ortaya çıkan elektromanyetik alan maruziyeti ve çocuk kanserini araştıran bu güne kadar bir düzineden fazla çalışma vardır¹⁷.

Bu çalışmalar, birçok durumda hattın konfigürasyonu ile ev ve güç hatları arasında mesafe temelinde veya kısa süreli ölçümlerde manyetik alan maruziyetini içermektedir. Ayrıca bazı çalışmalar hattın yükünü de dikkate almıştır.

Lösemiyle bağlantı kuran bulgular en tutarlı olanıdır. 13 çalışma vardır. (Bunlar: Wertheimer and Leeper 1979; Fulton,1980; Myers, 1985; Tomenius, 1986; Savitz, 1988; Coleman, 1989; London, 1991; Feychting and Ahlbom, 1993; Olsen, 1993; Verkasalo, 1993; Michaelis, 1997; Linet, 1997; Tynes and Haldorsen, 1997). Fakat tümünde 1.5 ve 3 mT arasında tahmini beş rölatif risk rapor edilmiştir.

Güç hatlarına yakınlık temelinde doğrudan manyetik alan ölçümleri ve tahminlerin her ikisi de lösemi teşhis edilmeden önce, çeşitli kerelerde yapılan maruziyet ölçümlerinin baştan savma yapılması ve daha çok geçerli tahmine dayanan iki yöntemde açık değildir. Lösemi riski ile bağ kurmada, gerçekten manyetik alanın bir rol oynayabildiğini açıklamalarına rağmen, güç hatlarına yakınlık ve manyetik alan arasında bir korelasyondan dolayı şüphe vardır²⁰.

Norveçte yapılan bir çalışmanın sonuçları rapor edilmiştir (Tynes and Haldorsen 1997). Bu çalışma çocuk kanserlerinin bütün tiplerini (500 durumu) içermiştir. Herbir bireysel maruziyet; iletim hatları yakınında yerleşik olan, üretilen manyetik alanın hesabıyla, tüm bir yılın ortalamasıyla tahmin edilmiştir. Ancak manyetik alanlar ve lösemi riski arasında bir bağ oluşturulamamıştır. Güç hattındaki mesafe, gebe kalma döneminde annenin maruziyeti ve orta düzeyden daha yüksek maruziyet ve bebeğin ilk yılı sırasındaki maruziyet, beyin kanseri ya da lenfoma ve lösemi ile bağ oluşturamamıştır. Ancak maruz kalınma durumun sayısı oldukça azdı¹⁷.

Akut çocuk lymphoblastic lösemisinin olup olmadığını test etmek için geniş bir U.S durum-kontrol çalışması (638 durum ve 620 kontrol), 1997 yılında Linet tarafından yayınlanmış ve 60 Hz'lik manyetik alana maruziyetle ilişkilendirilmiştir. Manyetik alan maruziyetleri çeşitli şekillerde, yatak odasında 24 saat süreli ortalama ölçümler ve bir başka odadaki 30 sn'lik ölçümle yapılmıştır. Ölçümler, kontroller için uygun dönem ya da tanı konulduğu önceki 5 yılın %70'inde yaşamış çocuğun evinde alınmıştır. Tanı öncesi yıllar esnasında konutunu değiştirmeyen durum-kontrol çiftleri sabit ikamet ettiği için tel kodları da değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede çiftlerin sayısı 416 kişiden oluşmaktadır. Orada lösemi ve tel kodu kategorisi arasında bir bağ yoktur. Manyetik alan ölçümlerine gelince, sonuçlar daha fazla merak uyandırmaktadır. 0.2 mikroT kesilim noktası için eşsiz ve eşleştirilmiş (unmatched and matched) analizler, sırasıyla 1.2 ve 1.5 mikroT değerlerde göreceli riskleri vermiştir. 0.3 mikroT kesilim noktası için eşsiz göreceli risk tahmini, 45 maruziyet durumu temelinde 1,7 mikroT'dir. Bu nedenle ölçüm sonuçları, manyetik alanlar ve lösemi riski arasında pozitif bir bağ anlamlıdır. Verinin istatistiksel analizi için katılım oranları ve yöntemleri, kontrol yöntemi önemlidir. Çalışmanın büyüklüğü bu yöntemlere bağlıdır¹⁷.

Kanser ve EMF alan maruziyetinde epidemiyolojik araştırma sonuçları, çocuk lösemisi içermesi ICNIRP'nin görüşüdür. Maruziyet kılavuzu için bir bilimsel temel oluşturmak, deneysel araştırma desteği olmazsa yeterince güçlü değildir. Bu değerlendirme ayrıca son günlerdeki incelemelerle uyumaktadır (NRPB, 1992, 1994b; NAS, 1996; CRP, 1997).

Elektrik işçileri arasında yapılan çok sayıda epidemiyolojik çalışma; kanser riski ve ELF alanlarına maruziyet arasında olası bağları değerlendirmek için

gerçekleştirilmiştir. Bu tipte ilk çalışma²¹, ölümcül kanserde ICNIRP kılavuzları bilgisi, manyetik ve elektromanyetik alanlar ve zaman değişimli elektrik alanlara maruziyet sınırlaması için direktifler ve başlıkların her ikisini içeren bir ölüm sertifikası bilgi kütüğü oluşturulması ile olmuştur. Maruziyet değerlendirmesinde bir ham metod olarak, Milham; elektrik işçileri arasındaki lösemide aşırı risk bulmuş ve tahmin edilen manyetik alan maruziyetine göre başlıkları sınıflandırmıştır. Sonraki çalışmalar (Savitz ve Ahlbom 1994), benzer bilgi kütüğü kullanılarak yapılmıştır. Özellikle kanser alt türleri karakterize edildiklerinde, birçok çalışmada kaydedilen lösemi ve sinirdoku tümörlerinin çeşitli tiplerinde artan riskler (birkaç örnekte, erkek ve dişide göğüs kanseri gibi) ve yüksek oranlarda kanser tipleri rapor edilmiştir (Demers, 1991; Matanoski, 1991; Tynes, 1992; Loomis, 1994). Biraz tutarsız sonuç sağlayan bu çalışmalar, iyi yapılmamış maruziyet değerlendirmesi ve işyerinde benzin çözücüyü maruz kalınması gibi birbiri ile karıştırılan faktörleri ayırt etmeme eksikliğinden dolayı değer kaybetmiştir.

Manyetik alanlara mesleki maruziyet ve Alzheimer hastalığı arasında bir ilişki yakın zamanda açıklanmış²², fakat bu etki tanımlanmamıştır.

Hücreler ve hayvansal sistemler üzerindeki laboratuvar çalışmalarında, 10 mA/m² 'nin altında bir akım yoğunluğu olduğu zaman, ters sağlık etkilerinin belirtisi olan düşük frekans alan etkilerinde görüldüğü gibi bir kanıt olmadığı bulunmuştur. Yüksek seviyelerdeki (10-100 mA/m²) akım yoğunluğunda daha önemli doku etkileri, diğer doku etkileri ve sinir sisteminde fonksiyonel değişimler gibi oluşumlar sürekli olarak gözlemlenmiştir²³.

ELF alanlara maruziyetle ilişkilendirilen kanser riskindeki bilginin, güç hatlarına yakın yaşayan bireyler arasında, özellikle çocuklar arasındaki löseminin

biraz yüksek risk göstermesine dayandığı açıktır. Bu sorunla ilgili son zamanlardaki çalışmalar daha fazla olmasına rağmen, zayıf bir ilişkilendirme önceki çalışmalarda gözlemlenmiştir. Çalışmalar, yine de yetişkin kişideki bir kanser şekli ya da başka tip çocuk kanserine benzer bir risk artışını göstermemiştir. Güç hatlarına yakın yerde oturmak ve çocuk lösemisi arasında varsayıma dayanan bir bağ kurulması halinde; eğer bağlantıda, bilinmeyen risk faktörleri varsa, löseminin, güç hatlarıncı üretilen ELF elektrik ve manyetik alanlarla ilişkisi olduğu bilinemez. Laboratuvar çalışmalarındaki epidemiyolojik veri, maruziyet kılavuzları tahsis edilmesi için yetersizdir. Elektrik işçileri arasında lösemi için sınırlı bir şekilde yayılan göğüs kanseri ve sinir doku tümörleri gibi kesin kanser tipinde bir risk artışı rapor edilmiştir. Birçok çalışmada konu başlıkları, manyetik alan maruziyet varsayım seviyelerine göre konular sınıflandırılmıştır. Son günlerdeki bir kaç çalışma, şüphesiz maruziyet değerinin daha fazla karmaşık yöntemlerini kullanmış; sonuçta bu çalışmalar, beyin tümörleri ya da lösemide bir risk artışı olduğunu ortaya koymuştur. Fakat büyük ölçüde artan riskte kanser tipine göre bir tutarsızlık vardır. Veri, ELF alan maruziyet kılavuzları için bir temel sağlanması konusunda yetersizdir. Çok sayıdaki epidemiyolojik çalışmalar, olumsuz reproduktif etkilerin kanıtları olmadan sağlanmıştır.

Gönüllü kişiler üzerinde ve laboratuvar çalışmalarında biyolojik tepkinin ölçüsü, düşük frekans alanlarında aynı maruziyet seviyelerinde ters etkili küçük belirtiler olarak görülmüştür. 1 Khz'ye kadar frekanslarda 10 mA/m² akım yoğunluğu, sinir sistemi fonksiyonlarında minör etkiler için bir eşik olduğu değerlendirilmiştir.

Gönüllüler arasında maruziyetle oluşan birçok etki, ELF alanlara maruziyetten hemen sonra kalp atım orandaki bir minör azalış olarak veya fosfor ışınımı olması gibi izlenim verir. Fakat uzun vadeli sağlık riskiyle bu geçici etkilerin ilişkilendirilmesi konusunda bir kanıt yoktur. Zayıf ELF elektrik ve manyetik alanlara maruz kalan farelerin takip edilmesi sonucunda vücutta gece oluşan pineal bezdeki melatoninde bir azalma gözlemlenmiştir. Fakat kontrollü durumlar altında ELF alanlara maruz kalan insanlarda rapor edilmiş bir etki mevcut değildir. 20 mikroT'nin altında 60 Hz'lik manyetik alanlara maruziyetleri içeren çalışmalarda; kanda, melatonin seviyelerinde bir etki rapor edilmemiştir¹⁷.

2.2.2. Elektromanyetik Alanlara Maruziyet Limitleri İçin Kılavuzlar (100 Khz-300 Ghz)

Aşağıdaki paragraflar, 100 Khz-300 Ghz arası frekanslarla elektromanyetik alanların biyolojik ve potansiyel sağlık etkilerinde konu ile ilgili literatürün bir genel incelemesini sağlar. Daha detaylı inceleme başka yerde bulunabilir. (NRPB, 1991; UNEP/WHO/IRPA, 1993; McKinlay, 1996; Polk ve Postow 1996; Repacholi, 1998

Sınırlı sayıda çalışmalar, sadece mikrodalga radyasyona maruz kalan bireylerdeki kanser riski ve üreme etkilerinde gerçekleştirilmiştir³⁴. Bulguların bir özeti UNEP/WHO/IRPA (1993) tarafından yayınlanmıştır.

Cenindeki ters etkiler için kanıt olmayan doğum sırasındaki rahim büzülmesinden dolayı oluşan ağrıyı rahatlatmak için mikrodalga diatermiyle (Yüksek frekanslı EM dalgaların derin dokularda ısı oluşturmak için kullanılması. Ç.N) tedavi edilen kadınlarda iki çalışma kapsamlıdır (Daels 1973, 1976). Yine de, doğum esnasında doğum defektinde ve mikrodalga radyasyona maruz kalan meslek işçileri arasındaki doğum sonuçlarındaki yedi çalışma, pozitif ve negatif sonuçların

her ikisini de içermiştir. Kısa dalga diatermi aletlerle çalışan fizik tedavi uzmanı ve plastik kaynakçılar üzerinde daha geniş çaplı epidemiyolojik çalışmaların bir kısmında çocuk düşürme ya da cenine ait şekil bozukluğu oranlarındaki istatistiksel değildir (Kallen, 1982). Zıt olarak, benzer sayıdaki kadın işçiler üzerinde yapılan diğer çalışmalarda, çocuk düşürme ve doğum defektlerinde bir risk artışı görülmüştür (Larsen, 1991; Ouellet-Hellstrom ve Stewart 1993). Erkek radar işçileri ile yapılan ayrı bir çalışmada, üreme hücresinde down sendromu riski ve mikrodalga maruziyet arasında bir ilişki olmadığı ortaya konulmuştur²⁴.

Genelde çok zayıf mikrodalga maruziyetine uğrayan ve üreme ile ilgili çalışmalar çok azdır. Bu çalışmalarda genellikle negatif sonuçlara rağmen, daha net maruziyet değeri ve bireylerin yüksek seviyede maruziyetinde, epidemiyolojik veri olmaksızın üreme riskinde sağlam kanıtlar bulmak zor olacaktır.

Mikrodalga maruziyetinde kanser riski çalışmaları, az ve genellikle nicelden yoksun olan maruziyet değerindedir. U.S Hava Kuvvetlerinde ve uçak endüstrisinde çalışan radar işçileri üzerinde yapılan iki epidemiyolojik çalışma (Barron ve Baraff 1958; Robinette, 1980; UNEP/WHO/IRPA, 1993), herhangi bir sebepten ölümlerle sonuçlanan hastalık oranının artmasında bir kanıt bulamamıştır. Benzer sonuçlar Lillienfeld (1978) tarafından yapılan düşük seviyeli mikrodalga radyasyona kronik olarak maruz kalan Moskova'daki U.S. elçiliğinde çalışan işçiler üzerinde yapılan bir çalışmada gözlemlenmiştir. Ayrıca evlerinin yanında büyük bir mikrodalga vericiden dolayı radyasyona kronik olarak maruz kalan çocuklar arasındaki kanser riskinde bir artış olmadığı Selvin (1992) tarafından rapor edilmiştir. Son zamanlardaki çalışmalar, mikrodalga alanlara maruz kalan askeri personel ve işçiler arasında sinirdoku tümörlerinin önemli artış göstermediği görülmüştür (Beall, 1996;

Grayson,1996). Ayrıca cep telefonu kullanıcıları arasında görünen toplam ölüm fazla değildir²⁵. Fakat ölüm veya kanser hastalığında böyle bir etkiyi gözlemlemek için henüz erkendir.

Chatterjee (1986) tarafından yapılan çalışmalar, yaklaşık olarak 100 Khz'den 10 Mhz'ye kadar olan frekanslarda, yüksek yoğunluktaki elektromanyetik alana maruziyetin baskın etkisinin, sinir ve kas uyarılmasında ısınma değişikliği olduğunu göstermiştir. Başlıca histen birincisi 10 Mhz'de ciltte sıcaklık iken, 100 Khz'de sinir ürpermesidir. Bu frekans menziline, bundan dolayı temel sağlık koruma kriteri, ısınma ve doku ürpermesi etkilerinden kaynaklanan uyarılmadan kaçınmak kadar olacaktır. 10 Mhz'den 300 Ghz'ye kadar frekanslarda ısınma, elektromanyetik enerji emilmesinin belli başlı etkisidir ve 1-2°C'den daha fazla sıcaklık yükselişleri, ısı bitkinliği ve ısı darbesi gibi ters sağlık etkisi yapabilir (ACGIH 1996). Isının yüksek olduğu ortamda çalışan işçiler üzerinde yapılan araştırmada, vücut sıcaklığındaki artışların basit görevlerde bile verimsizlik performansı gösterdiği gözlemlenmiştir²⁶.

Gönüllülerin kol ve bacakları üzerinde uygulanan 100-200 mA civarında yüksek frekanslı akımda, bir sıcaklık hissi rapor edilmiştir. Zararlı sağlık etkilerine sahip olmayan sıcaklık artışının üst limiti olarak görülen eklemli organlarındaki 1°C'den daha fazla lokal sıcaklık artışı (UNEP/WHO/IRPA, 1993) sağlamak için yukarıdaki SAR değeri yetersizdir (Chatterjee, 1986; Chen ve Gandhi, 1988; Hoque ve Gandhi 1988). Fazla ısınma etkisinden kaçınmak suretiyle 100 mA'lık kas akımında (Dimbylow, 1997) bir referans seviye tesbiti için 110 Mhz'ye (FM Yayın bandının üst limiti) kadar frekanslarda²⁷ tarafından ve 50 Mhz'ye kadar frekanslarda Gandhi (1986) tarafından, gönüllülerdeki veriler rapor edilmiştir.

Manyetik rezonans sistemlerinde, gönüllülerin EMF'ye maruziyetine karşı ısı düzenleme tepkileri üzerinde birçok çalışma vardır (Shellock ve Crues, 1987; Magin,1992). Genelde 1°C'den daha az vücut sıcaklığında bir artışa neden olan 4 W/kg'den daha az vücut SAR değeri 30 dakika kadar maruziyetle sağlanmıştır.

100 Khz–110 Mhz frekanslarda, topraklanmış metal nesne ve elektrik yüklü bir fert arasındaki bağlantıdan veya bir alanda şarja ihtiyaç duyan topraklanmamış bir metal nesneye ferdin dokunması, şok ve yanmalarla sonuçlanabilir. Kontak (temas anı) akımı için üst frekans (100 Mhz) not edilmiş, daha yüksek frekansta veri eksikliği olduğu ifade edilmiştir. Şüphesiz, FM yayın bandının üst frekans limiti 110 Mhz'dir. Ağrı algılaması için alan şiddeti ve biyolojik etki mesafesindeki eşik akımları, gönüllülerde denetimli deneylerle ölçülmüştür (Chatterjee, 1986; Tenforde and Kaune, 1987; Bernhardt, 1988); Bunlar Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Genelde, hemen hemen 110 Mhz'ye kadar frekanslarda eşik akımında, önemli ölçüde artış olmayıp, 100 Khz-1 Mhz arası frekansta, değişik şekilde ağrı ve algıyı sağlayan eşik akımları gösterilmiştir. Düşük frekanslar için önceden not edildiği gibi, kadınlar, çocuklar ve erkeklerdeki duyarlılıklar arasında önemli değişiklikler, daha yüksek frekanslarda da mevcuttur. Çizelge 2.1'deki veri, insanlar için kontak akıma olan duyarlılığın farklı seviyelerini ve büyüklüklerin değerinin yüzde 50'sini gösterir.

Çizelge 2.1. Çocuk, kadın ve yetişkin erkekleri içeren dolaylı etkiler için eşik akımları³⁴

Dolaylı etki	Eşik Akımları (mA)	
	100 Khz	1 Mhz
Dokunma algısı	25–40	25–40
Parmak kontağında ağrı hissi	33–55	28–50
Rahatsız edici şok/eşiği geçme	112–224	Belli değil
Kuvvetli şok/güç soluma	160–320	Belli değil

Dinlenme halindeki insanların tüm vücuduna yaklaşık olarak 30 dakika sürede, 1-4 W/kg arasında SAR değeri sağlayan EMF'ye maruziyet halinde, 1°C'den daha az bir vücut sıcaklığı artışı olduğunu gösteren deneysel delil mevcuttur. Hayvansal veride, aynı SAR menziline, davranış tepkisi aynı eşiği gösterir. Daha fazla şiddetli alanlara maruziyet, 4 W/kg'yi aşan SAR değerleri sağlaması, vücutun ısı düzenleme kapasitesini zorlayabilir ve doku ısınması zararlı seviyeye ulaşabilir. Aynı şartlarda fare ve insansız primat modelleri yapılan birçok laboratuvar çalışmalarında, vücutlarının bir kısmında geniş boyutta doku hasarı oluşması veya vücut ısısında 1-2°C'yi aşan ısı yükselişleri sağlamıştır. Çeşitli doku tiplerinin ısı hasarına duyarlılığı oldukça değişiktir. Fakat en hassas dokularda bile değiştirilemez etkiler için eşik, normal çevresel şartlar altında 4 W/kg'den daha büyüktür. Bunların veri formu, nem oranı, fiziksel etkinlik seviyesi veya yüksek ortam sıcaklığı gibi şartlar altında geniş bir boyutta güvenliği sağlayan mesleki maruziyet sınırlaması temeli, 0.4 W/kg'dir.

Isı yoğunluklu çevre, kullanılan ilaçlar veya alkolün vücudun ısı düzenleme kapasitesiyle uyumlu olduğunu, her iki laboratuvar verisi ve sınırlı sayıdaki insan çalışmaları (Michaelson ve Elson, 1996), sonuçları açıkça ortaya koymuştur. Bu şartlar altında belirlenen güvenlik limitleri, bireysel maruziyet için uygun koruma sağlamaktadır. Saptanabilir ısınmayı sağlayan yüksek frekanslı EMF'ye insan davranış tepkileri hakkındaki veri; radar, tıbbi diyatermi cihazı ve ısı mühürleyiciler gibi kaynaklara maruz kalan işçilerdeki epidemiyolojik çalışmalar ile gönüllülerin kontrollü maruziyetiyle elde edilmiştir. Dokuda 1°C'yi aşan sıcaklık artışının neden olabildiği ters biyolojik etkiler hakkındaki laboratuvar çalışmasında elde edilen sonuçlar tam olarak desteklenmiştir. EMF'ye maruz kalan işçiler ve halk üzerinde

yapılan epidemiyolojik çalışmalar, tipik maruziyet çevreleri ile belli başlı sağlık etkileri arasında ilişki olmadığı gösterilmiştir.

Böyle düşük maruziyet seviyeleri gibi, epidemiyolojik çalışmalarda yetersizlikler olmasına rağmen, birçok çalışma; bireysel maruziyette kanser riski artışına veya üreme bozukluğu sonuçlarına kadar götüren tipik maruziyet seviyelerinde ikna edici bir delil olmadığını göstermiştir. Bu husus, yüksek frekanslı EMF'nin ısısal olmayan seviyedeki maruziyetinde ne teratogenik (Gebelik sırasında maruz kalınan bir ilaç veya bileşiğin gelişmekte olan fetüste yapısal bozukluk oluşturması durumu) nede kanser etkileri gösteren hayvan ve hücre modelleriyle yapılan laboratuvar araştırmasının sonuçlarıyla uygundur³⁴.

2.2.3. EMF Maruziyet Sınırlaması İçin İlkeler

Mesleki maruziyete uğrayan kişiler bilinen durumlar altında genellikle maruz kalan yetişkinlerden oluşur. Uygun önlem almak ve potansiyel risk konusunda dikkatli olmak için eğitilidirler. Aksine halk, tüm yaş gruplarında ve farklı sağlık durumundaki bireylerden meydana gelmekte olup, özellikle bireyler veya hassas grupları içerir. Birçok durumda halk, EMF'ye maruziyetten habersizdir. Üstüne üstlük halkın, maruziyetten kaçınmak veya en aza indirmek için önlem alması beklenemez. Mesleki olarak maruz kalan insanlardan, kamu için daha sıkı maruziyet sınırlamaları benimsenmesine temel oluşturan bu hususlardır³⁴.

Maruziyet sınırlamaları, ispatlanan sağlık etkileri temelinde uzun vadeli temel sınırlamalardır. EMF'ye maruziyette temel sınırlamaları belirleyen fiziksel miktarlar, frekansa bağlı olarak akım yoğunluğu, SAR ve güç yoğunluğudur. Ters sağlık etkilere karşı korunulması için bu temel sınırlamaların aşılmaması gerekmektedir²⁸.

Maruziyetin referans seviyeleri fiziksel miktarın ölçülen değeriyle karşılaştırma için verilmiş olup; bu kılavuzlarda verilen tüm referans seviyelere uygunluk, temel sınırlamalara uyum sağlayacaktır. Eğer ölçüm değerleri referans değerlerden daha yüksekse, aşılacak temel sınırların takip edilmesi gerekli değildir. Fakat daha detaylı bir analiz temel sınırlamayla uygunluğu değerlendirmek için gereklidir¹⁹.

İnsanlara ve deney hayvanlarına EMF maruziyetinin biyolojik ve sağlık etkilerinde, bütün frekans değerleri ve tüm frekans modülasyonları için güvenlik faktörleri üstünde sağlam bir temel kurmayı sağlama konusunda eksik bilgi vardır. İlave olarak, uygun güvenlik faktörü ile ilgili kuşku, uygun dozimetri hakkındaki bilginin eksikliğinden meydana gelir¹⁷. Aşağıda yüksek frekanslı alanlar için güvenlik faktörlerinin geliştirilmesinde genel değişkenler belirtilmiştir:

◆ Çevresel durumlar (yüksek ısı, vb) ve/veya yüksek etkinlik seviyeleri altında EMF maruziyeti;

◆ Potansiyel olarak daha yüksek termal duyarlılığı olan belirli insan grupları, zayıf veya yaşlı, çocuk ve ergenler, tehlikeye düşürmeyen ısıya tahammüllü ilaçla tedaviler ya da hastalıklı insanlar.

Aşağıda yüksek frekanslı alanlar için ilave faktörler, referans seviye oluşturulmasında dikkate alınmıştır:

◆ Alana ilişkin farklı büyüklükler ve farklı yönelimli bireyler tarafından elektromanyetik dalga emiliminde farklılıklar; yüksek frekanslı enerjinin lokal bir bölgede emilim artmasıyla sonuçlanabilen yansıma, odaklama ve alandaki saçılma.

Farklı bilimsel temellerde çeşitli frekanslarda temel maruziyet sınırlamaları geliştirilmesinde:

◆ 1 Hz-10 Mhz arasındaki temel sınırlamalarda, sinir sistemi fonksiyonlarındaki etkilerini önlemek için akım yoğunluğu belirlenmiştir.

◆ 100 Khz-10 Mhz arasındaki temel sınırlamalarda, tüm vücut ısınması ve aşırı lokal doku ısınmasını önlemek için; her iki akım yoğunluğu belirlenmiştir.

◆ 10 Mhz-300 Ghz arasındaki sınırlamalarda, vücut yüzeyine yakın dokuda fazla ısınmayı önlemek için güç yoğunluğu belirlenmiştir.

Birkaç Hz'den 1 Khz'ye kadar, 100 mA/m² 'nin üstünde akım yoğunluğuna neden olan seviyelerde eşik değerde, kolay heyecanlanmaya neden olan merkezi sinir sistemindeki akut değişimler ve diğer akut etkiler olabilir, hayal görme gibi bir ters etkiye yol açmaz. Yukarıdaki güvenlik önlemleri dikkate alınarak, 4 Hz-1 Khz arasındaki frekanslarda mesleki maruziyet için, 10 mA/m² 'den daha az akım yoğunluğuna neden olan alanlarla sınırlandırılmış olacağından, 10 misli güvenlik faktörü olması ve halk için ilave faktör 5 misli uygulanması ile 2 mA/m² temel maruziyet sınırlandırmasına karar verilmiştir. Bu temel sınırlama, bu frekans aralığında sinir uyarılması için eşik değerindeki artışa uymaktadır.

10 Mhz'den birkaç Ghz'e kadar frekans alanında biyolojik ve sağlık etkilerin ortaya konulması, 1°C'den daha fazla bir vücut sıcaklığı yükselişine verilen cevapla uyusur. Uygun çevresel şartlar altında bireylerin maruziyetinde ısı artışında bütün vücut SAR değeri, 30 dakikada yaklaşık olarak 4 W/kg'dir. Mesleki maruziyet için uygun korumayı sağlayan bütün vücut SAR ortalaması 0.4 W/kg'dir. İlave olarak, halk maruziyeti için 5 misli bir güvenlik faktörü alınarak, bütün vücut ortalama SAR limiti 0.08 W/kg değeri ortaya çıkarılmıştır.

Halk ve işçi maruziyeti için farklılık gösterebilen sağlık durumu ve yaşları gerçekte hesaba katılarak daha düşük temel kısıtlamalar konulabilir. Düşük frekans

ve kısa süreli akımlarda sağlık etkilerini içeren birkaç veri vardır. ICNIRP bundan dolayı zaman ortalamalı olmayan, anlık değerlerle uyuşan çok kısa dönem pik alanlar ya da geçici akım yoğunluklarına neden olan alanda sınırlamaları tavsiye eder. Çizelge 2.2’de 1 Hz-10 Ghz arasında akım yoğunlukları için, tüm vücut ortalama SAR ve bir bölgedeki SAR değerler gösterilmiştir. 10–300 Ghz arası frekanslar için güç yoğunlukların çizelge 2.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. 10 Ghz’e kadar frekanslar için zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlar için temel sınırlamalar³⁴

Maruziyet Karakteristikleri	Frekans	Güç yoğunluğu (baş ve gövde) (mA/ m ²) (rms)	Tüm vücut (ortalama SAR) (W /kg)	Lokal SAR (baş ve gövde) (W /kg)	Lokal SAR (kol,bacak) (W /kg)
Mesleki maruziyet	1 Hz	40	—	—	—
	1–4 Hz	40/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
	1–100 kHz	f/100	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/100	0.4	10	20
	10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20
Halk maruziyeti	1 Hz	8	—	—	—
	1–4 Hz	8/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
	1–100 kHz	f/500	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/500	0.08	2	4
	10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

Çizelge 2.3 10-300 Ghz arası güç yoğunluğu için temel sınırlamalar³⁴

Maruziyet karakteristikleri	Güç yoğunluğu (W/ m ²)
Mesleki maruziyet	50
Halk maruziyeti	10

Buraya kadar yapılan basitleştirmeler için homojen olmayan dağılım ve elektriksel iletkenliğin değişkenliği ve bu hesaplamalar için diğer doku faktörlerinin önemli olması gibi olağandışı bir sebep gösterilmez. Referans alan seviyelerinin frekansa bağlı olması, alandaki kuplaj ve biyolojik etkilerin her ikisindeki veriyle uyuşur.

Manyetik alan modelleri, vücudun homojen ve izotropik iletkenliğe sahip olduğunu varsayar ve farklı organlar ve vücut bölgelerinde neden olan akımları hesaplamak için basit dairesel iletken ilmek (loop) modelleri uygular. Sinüsoidal alan için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$J = 3.14 * R * f * \sigma * B \quad (14)$$

σ : Ortamın elektriksel iletkenliği

B: Manyetik akı yoğunluğu

R: Akım indiksiyonunda loop çapı

F: Frekans

Daha karmaşık modeller, gövdeyi temsilen elips model veya vücut sathında akım yoğunluklarına neden olan hesaplama kullanılır (Reilly 1989, 1992).

Eğer basitçe, 0.2 S/m'de homojen bir iletkenlik olduğu farzedilirse, vücudun çevresel bölgesindeki 0.2 ve 2 mA/m² arasında 50 Hz manyetik akı yoğunluğunda 100 µT'de akım yoğunluğu üretilir (CRP, 1997). Başka analizlere göre (NAS, 1996), 100 µT'de 60 Hz maruziyet seviyeleri, yaklaşık olarak 2 mA/m² 'de maksimum akım yoğunluklarına ve 0.28 mA/m² 'de ortalama akım yoğunluklarına karşılık gelir. Daha gerçekçi hesaplamalar anatomik ve elektriksel olarak artırılmış modellere (Xi ve Stuchly, 1994) dayanan 60 Hz' de 100 µT alan için 2 mA/m² 'yi

aşan maksimum akım yoğunluğunda yapılır. Şüphesiz, biyolojik hücrelerin varlığı, alan ve akımlara neden olan mekan düzeni, her iki büyüklükte önemli farklılıklar ve analizlerin basitçe tahminiyle akıma neden olan akış şeklinin mukayesesi sonucu etkiler (Stuchly ve Xi, 1994).

Elektrik alan modellerinde, gerçekte güç ve maruziyet şartlarına bağlı olarak alanda maruz kalan vücudun pozisyonu, şekli, büyük ölçüde değişebilen yüzey şarj yoğunluğu, vücudun içindeki akımların değişken ve tekdüze olmayan dağılımla sonuçlanması hesaba katılmalıdır. Yaklaşık 10 Mhz'nin altındaki frekanslarda sinüsoidal elektrik alanlar için vücudun içindeki akım yoğunluğuna neden olan değer, frekansla artar.

Akım yoğunluğuna neden olan dağılım vücudun kesit alanıyla tersine değişir ve boyun ve ayak bileklerinde nisbeten yüksek olabilir. Halk maruziyeti için 5 kV/m maruziyet seviyesi, olumsuz şartlar altında, eğer elektrik alan vektörü vücut eksenine paralel ise vücut gövdesi ve boyunda 2mA/m² civarında akım yoğunluğuna neden olur (ILO 1994; CRP, 1997). Şüphesiz 5kV/m'nin neden olduğu akım yoğunluğu, gerçek olumsuz şartlardaki maruziyet durumları altında temel sınırlamalarla uyuşacaktır.

Temel sınırlamalara uyan deneyin hedefinde, elektrik ve manyetik alanlardaki referans seviyeler ayrı ayrı dikkate alınmalı ve katkı içermemelidir. Bu korunma hedefleri için, elektrik ve manyetik alanlara neden olan akımlar katkı değildir.

100 Khz'ye kadar frekanslardaki mesleki maruziyetin özel durumu için, elektrik yükü yüklü iletkenlerle temas ile olabilecek dolaylı ters etkiler haricindeki durumlarda korunma, 2 misli artabilir.

10 Mhz'nin üstündeki frekanslardaki elektrik ve manyetik alanlarda, deney ve ölçüm verisi kullanılarak tüm vücut temel SAR sınırı elde edilmiştir. En kötü durumda 20 Mhz ve birkaç yüz Mhz arasında enerji kuplajı maksimuma ulaşır. Bu frekanslarda belirlenen referans seviyeler minimum değerlere sahiptir. Manyetik alan üretimi, E ve H arasında uzak alan ilişkisi kullanarak ($E/H= 377 \text{ ohm}$), elektrik alanı şiddeti hesaplanmıştır. Yakın alanda, frekansa bağlı SAR eğrileri geçerli değildir. Bundan başka, elektrik ve manyetik alan bileşenlerinin katkıları ayrı ayrı önemsenmelidir. İhtiyatlı bir yaklaşım için maruziyet seviyeleri, SAR limitlerini aşmayan manyetik ve elektrik alanda enerji kuplajından sonra yakın alan değeri için kullanılabilir. Daha ihtiyatlı değerlendirme için tüm vücut ortalama ve lokal SAR temel sınırlamaları kullanılmalıdır³⁴.

Halkın maruziyeti için referans seviyeler, tüm frekans menziline kapsayan çeşitli faktörler kullanarak, mesleki maruziyet değerleri sağlanmıştır. Bu faktörler, çeşitli frekanslarda özel ve konuyla ilgili olarak tanımlanan etkiler temelinde seçilmiştir. Genel anlatımla, faktörler tüm frekansları kapsayan temel sınırlamalarla ilişkili olup, bu değerler aşağıda tanımlandığı şekilde belirlenen seviyeler ve temel sınırlama miktarları arasında matematiksel ilişkiye uygundur.

◆ 1 Khz'ye kadar frekanslarda elektrik alan halk referans seviyeleri, mesleki maruziyet değerler takımının bir buçuk katıdır. 60 Hz'de 8.3 kV/m veya 50 Hz'de 10 kV/m mesleki maruziyet değeri, tüm olası şartlar altında akım teması halinde uyarma etkilerini engellemek için bir yeterli güvenlik marjını içerir. Bu değerinin yarısı halk referans seviyesi için seçilmiştir. Mesela;

Çizelge 2.4. Zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlara mesleki maruziyet referans seviyeleri³⁴

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	1.63×10^5	2×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$	—
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	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

Çizelge 2.5. Zaman değişimli elektrik ve manyetik alanlara halk maruziyeti referans seviyeleri³⁴.

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
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	$87f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

50 Hz için 5 kV/m ya da 60 Hz için 4.2 kV/m değerleri, bireysel maruziyetin % 90'ından daha fazla dolaylı ters etkileri önlemek içindir,

◆ 100 Khz'ye kadar düşük frekanslarda, manyetik alanlarda genel halk referans seviyeleri mesleki maruziyet değerler takımının altında, 5 misli korumalı belirlenir,

◆ 100 Khz-10 Mhz frekanslar arasında, manyetik alanlar için genel halk referans seviyeleri, 1988'deki IRPA Kılavuzunda verilen limitlere göre artırılmıştır. Kılavuzda, uzak alan etkisi kullanılarak güçlü manyetik alan ve güçlü elektrik alan referans seviyeleri, E ve H arasındaki bağlantıya (formüle) göre hesaplanmıştır. Bu referans seviyeler, 10 Mhz'nin altındaki frekanslarda oluşan alan, önemli ölçüde şok ve yanma riskine neden olmaz ve bu frekanslarda elektrik alanlara mesleki maruziyet sınırlaması çok ihtiyatlıdır.

◆ 10 Mhz-10 Ghz yüksek frekans aralığında, elektrik ve manyetik alanlar için halk referans seviyeleri, mesleki maruziyet için belirlenenden 2.2 kere daha düşüktür. Mesleki maruziyet ve halk maruziyeti için temel sınırlamalar arasındaki güvenlik faktörü, 2.2 faktörü, 5'in kare köküne karşılık gelir. Kare kök "alan şiddeti" ve "güç yoğunluğu" miktarlarına uygun olmalıdır.

◆ 10-300 Ghz yüksek frekans aralığında, temel sınırlamalar halk referans seviyeleri güç yoğunluğuyla belirtilir ve mesleki maruziyet sınırlamalarından 5 kat daha düşüktür.

◆ Darbe alanların maksimum değerleri ve biyolojik etkiler arasındaki ilişki konusunda az bilgi olmasına rağmen, 10 Mhz'i aşan frekanslar için şu önerilir; S_{eq} , darbe genişliği ortalamanın üstünde olduğu zaman referans seviyeler 1000 katı aşmamalı veya alan şiddeti direnci düzeyler. Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'te gösterilen alan şiddeti referans seviyelerini 32 kattan fazla aşmamalıdır. Yaklaşık 0.3 Ghz ve birkaç Ghz arasındaki frekanslarda kafadaki lokal bir maruziyet için, termoelastik (ısındığında eski haline dönüşme) yayılmanın neden olduğu işitme etkilerinden kaçınmak veya sınırlamak için, darbelerdeki özel emilim sınırlanmalıdır. Bu frekans aralığında 30 mikro sn'lik darbelerde, beyindeki 130-520 W/kg arası maksimum

SAR değerlerinde bu etkiyi sağlamak için 4-16 mJ/kg SA (özel emilim) eşiği uygundur. Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'teki alan şiddeti için maksimum değerlerde 100 Khz-10 Mhz arasında, 10 Mhz'de 32 kat tepe değeri, 100 Khz'de 1.5 kat tepe değerinde ara değer bulunmasıyla elde edilmiştir³⁴.

Çizelge 2.6 ve 2.7'de, Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'teki kadar iyi olan halk ve meslek grupları için farklı frekans ara noktaları ortaya çıkmasıyla referans seviyeler elde edilmiştir. Genellikle mesleki ve halk seviyelerinin her ikisi de aynı şekilde frekansa bağlı bulunurken bu husus, halk referans seviyeleri elde etmek için değişik faktörler kullanılmasının bir sonucudur³⁴.

FM radyo iletimi frekans bandını içeren 110 Mhz'ye kadar frekanslarda temas akımı için referans seviyeler, şok ve yanma tehlikelerinden kaçınmak için yapılan uyarı, yukarıda verilmiştir. Temas noktası referans seviyeleri Çizelge 2.6'da gösterilmiştir³⁴.

Çizelge 2.6. Zaman değişkenli temas akımı için Referans Seviyeleri³⁴

Maruziyet Karakteristikleri	Frekans Aralığı	Maksimum Temas Akımı(mA)
Mesleki maruziyet	2.5 KHz'e kadar	1.0
	2.5-100 KHz	0.4 f
	100 kHz-110 MHz	40
Halk Maruziyeti	2.5 KHz'e kadar	0.5
	2.5-100 KHz	0.2 f
	100 kHz-110 MHz	20

Çizelge 2.7. 10-100 Mhz arasındaki frekanslarda kol'daki akımda referans seviyeleri³⁴

Maruziyet Karakteristikleri	Akım (mA)
Mesleki maruziyet	100
Halk maruziyeti	45

Çocuklarda ve yetişkin kadınlarda biyolojik tepkilere neden olan temas akımlar eşiği yaklaşık olarak bir buçuk ve üçte iki katı arasında, yetişkin erkeklerde temas

akımı referans seviyeleri mesleki maruziyet değerinden iki katı kadar düşük belirlenir. 10-110 Mhz arası frekanslarda referans seviyeler, lokal bir bölgedeki SAR değeri, temel sınırlamanın altında olan kol (veya bacak) akımları için belirlenmiştir (Çizelge 2.2.)³⁴.

2.2.4. Koruyucu Önlemler

ICNIRP, elektrik ve manyetik alanlara maruziyete sebep olan endüstrilerin kılavuzlara uymayı sağlama konusunda sorumlu olduğunu not eder³⁴.

İşçileri koruma için önlemler mühendislik ve idari kontrolleri, kişisel koruma programları ve tıbbi gözlemleri içerir. İş yerindeki maruziyet, temel sınırlamaları aştığı zaman uygun koruyucu önlemler uygulanmalıdır. İlk adım olarak, mühendislik kontrolleri, cihazlardaki emisyonların mümkün olduğu kadar kabul edilebilir seviyelere çekilmesiyle işe başlanmalıdır. Böyle kontroller, iyi emniyetli bir dizaynı ve gerekliyse, benzeri sağlık koruma mekanizmalarını veya birbirine bağlı kullanımı içerir³⁴.

İdari kontroller, işitilebilen ve görülebilir uyarılar ile erişimde sınırlamalar olarak mühendislik kontrolleriyle bağlantılı şekilde yapılmalıdır. Kişisel korunma önlemleri giyim önlemi gibi belli durumlarda faydalı olmasına rağmen, işçinin güvenliğinden emin olmak için son seçenek gibi görülmemeli, mümkün olduğu kadar idari ve mühendislik kontrollerine öncelik verilmelidir³⁴.

Bundan başka, yalıtılmış eldivenler gibi önlemler, yüksek frekanstaki şok ve yanmalardan bireyleri korumak için kullanıldığında temel sınırlama aşılmamalıdır. Alanların dolaylı etkilerine karşı yalıtım sadece koruma görevi yapmaktadır.

Koruyucu giyim ve diğer kişisel koruma haricinde aynı ölçüler mümkün olduğu kadar halk referans seviyelerini aşacak şekilde halka uygulanabilir.

Ayrıca;tıbbi elektronik teçhizat ve cihazlara enterferansı (kalp atışlarını kontrol eden cihazlar dahil)

Elektronik patlayıcı cihazlarının patlamasını (detonatörler);

Kıvılcım boşalması veya kontak akımları, alanların oluşmasına neden olan kıvılcımlar tarafından yanabilir maddelerin tutuşmasından kaynaklanan ateşler ve patlamaları önleyecek gerekli kanunların çıkarılması ve uygulanmasıdır.

2.3. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN İNSAN SAĞLIĞI

ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

J. Schüz 2001 yılında Almanya’da yapmış olduğu çalışma sonucunda evdeki manyetik alan maruziyeti (doza bağlı olarak) ile çocukluk çağı lösemileri arasında ilişki olduğunu kanıtlamıştır³⁵.

C. Rivard 2003 yılında Kanada’da 491 kişi üzerinde yapmış olduğu çalışmada gebelik döneminde yüksek şiddette çok düşük frekanslı manyetik alana maruz kalan kadınların çocuklarında çocukluk çağı lösemisinde artış olduğunu bildirmiştir³⁶.

L. Klaeboe 2005 yılında Norveç’te 16 yaş ve üzerinde ve yüksek gerilim hattının yakınında yaşayan insanlar üzerinde yapmış olduğu çalışmada son 5 yılda beyin tümöründe artış olduğunu bildirmiştir³⁷.

PJ. Villeneuve 2002 yılında Kanada’da 543 yetişkin erkek üzerinde yapmış olduğu değerlendirmede mesleki maruziyet sonucunda beyin tümörlerinde özellikle glioblastoma multiforme gelişiminde rol oynadığı tespit etmiştir³⁸.

T. Tynes 2003 yılında Norveç’te 16 yaş ve üzerinde olan, yüksek gerilim hattının yakınında yaşayan ve 10 yıl boyunca 0,05-0,19 microT şiddetinde manyetik

alana maruz kalan 1068 insan üzerinde yapmış olduğu çalışmada hematolojik kanser riskinin artığını bildirmiřtir³⁹.

A. Anders 2001 yılında 77-93 yaşları arasında elektromanyetik alana maruz kalan insanlar üzerinde yapmış olduğu çalışmada Alzheimer hastalığı riskinin artığını bildirmiřtir⁴⁰.

3. ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KULLANILAN EKİPMANLAR VE YÖNTEMLER

3.1. KULLANILAN EKİPMANLAR

Aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde kullanılan cihaz ile düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde kullanılan cihaz farklılık arz etmektedir. Yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde Şekil 3.1’de görüldüğü gibi Narda NBM 520 cihazı kullanılmıştır. Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde ise Şekil 3.6’da görüldüğü gibi yine Narda firmasına ait olan EHP-50C cihazı kullanılmıştır. Bununla birlikte bu çalışmada yardımcı ekipman olarak GPS, GPS alıcısı arayüz kablosu, yüksek ve düşük frekanslı ölçüm cihazlarının bilgisayar ile haberleşmesini sağlayan optik kablo kullanılmıştır.

3.1.1. Geniş Bandlı Elektromanyetik Alan Ölçer



Şekil 3.1. Narda 520 NBM⁴¹

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi NBM 520 100 Khz-60 Ghz frekans bandında izotropik probe’u ile ortamdaki elektrik alan (V/m), manyetik alan (A/m) ve güç akı yoğunluğu (W/m^2) değerlerini veren geniş bantlı elektronik bir cihazdır. NBM 520

elektromanyetik alan değerini ani değer olarak veya belli zaman aralıklarında elektromanyetik alan değerini maksimum, minimum veya ortalama değer şeklinde verebilmektedir. Ayarlanabilir eşik değeri özelliği ve sesli uyarı sistemi sayesinde elektrik alan veya manyetik alan değerleri için herhangi bir limit değeri girilmiş ise sesli bir şekilde kullanıcıyı uyarmaktadır. Yine aynı cihaza frekans bandı değişebilen aynı firmanın farklı probe'ları takılabilmektedir. NBM 520 cihazının iki yılda bir kalibre edilmesi gerekmektedir.

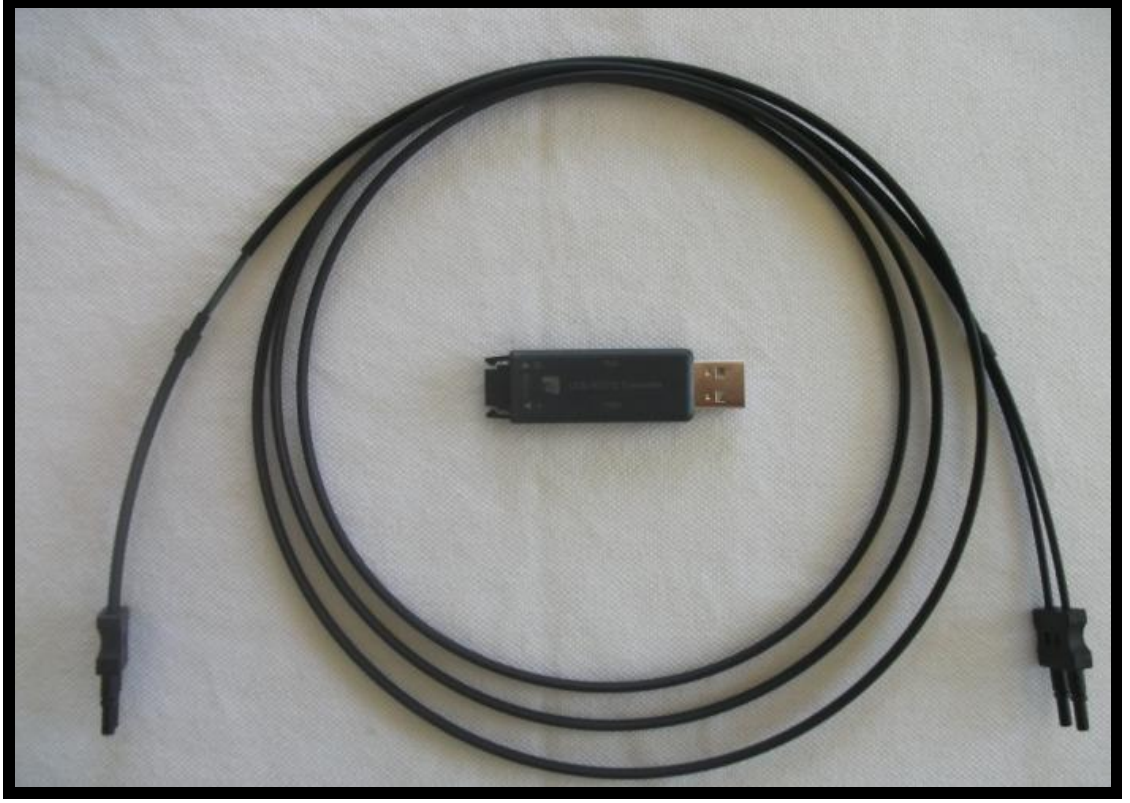
3.1.2. Narda EF 0391 E-field 100 Khz-3 Ghz Probe



şekil 3.2. Narda 100 Khz-3 Ghz Elektrik alan Probe'u⁴¹,

şekil 3.2'de görüldüğü gibi Narda EF 0391 E-field probe'u içerisinde E²PROM barındıran hafif ağırlıklı ve yüksek doğruluklu 100 Khz-3 Ghz frekans bandında ölçüm yapmaya olanak sağlayan bir anten içermektedir. İçerisinde birbirine dik olan X,Y,Z düzleminde 3 adet plaka bulunmaktadır. Dolayısıyla ortamın elektrik alan değerini 3 boyutlu olarak hesaplamaktadır. Narda EF 0391 E-field probe'unun iki yılda bir kalibre edilmesi gerekmektedir.

3.1.3. Optik Kablolu USB-RS232 Dönüştürücü



şekil 3.3. Optik kablolu USB-RS232 dönüřtürücü⁴¹

şekil 3.3'te görüldüğü gibi ortamdaki gürültüden etkilenilmemesi için kullanılan optik kablunun ucuna USB-RS232 dönüştürücüsü takılarak ara bağlantı sorunu giderilir. Böylece Narda NBM 520 cihazının ön ucuna Narda EF 0391 E-field probe'u ve arka ucunada Optik kablolu USB-RS232 dönüştürücü takılarak dizüstü bilgisayar ile Narda NBM 520 arasında data alış verişine uygun zemin hazırlanmış olunur. Optik kablo üzerindeki elektronik devre sayesinde hem USB den RS232'ye hem de RS232'den USB'ye data aktarımına olanak sağlamaktadır. Böylece çift taraflı data alış verişine imkan sağlanmıştır.

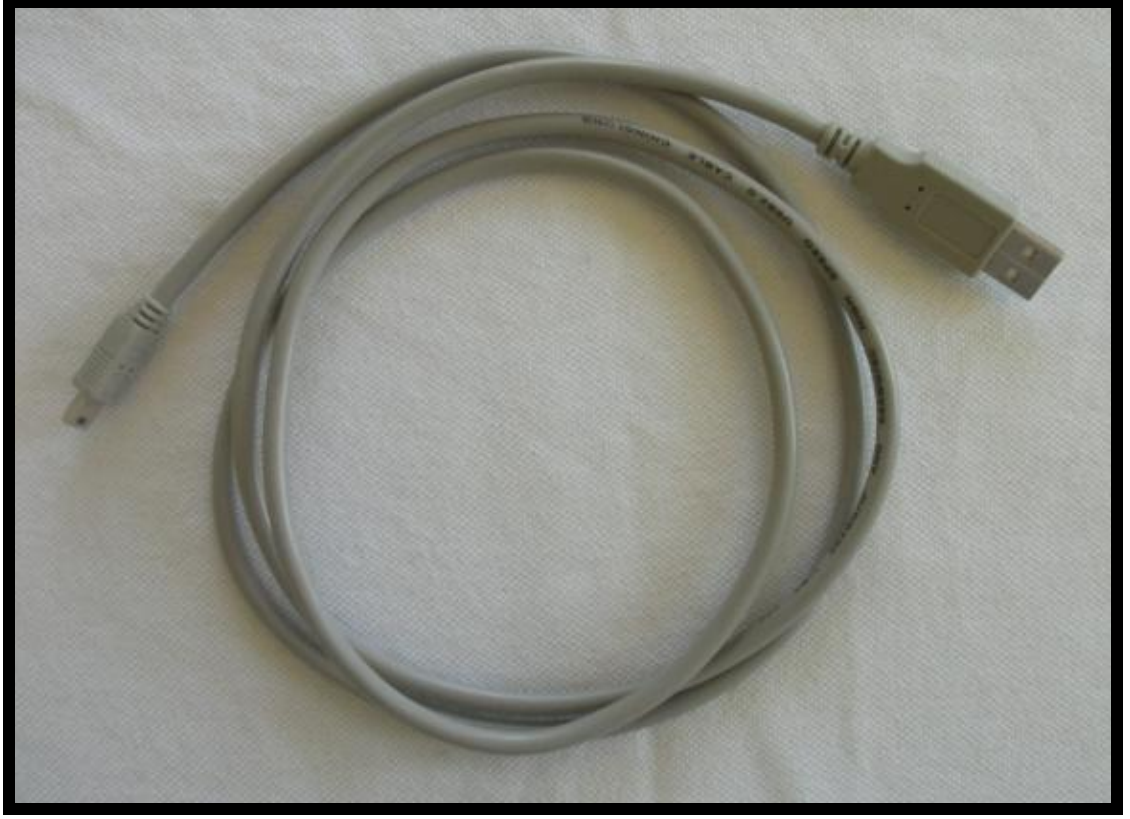
3.1.4.GPS



Şekil 3.4. Garmin Etrex Legend HCx GPS alıcısı⁴²

Şekil 3.4'teki 12 kanallı GPS alıcısı yüksek doğrulukta konum bilgisi vermektedir. Şehir merkezlerindeki yüksek ve birbirine çok yakın yapılar arasında koordinatların doğruluk oranının yüksek olması isteniyorsa GPS alıcısının kanal sayısı da yüksek olmalıdır. Dolayısıyla GPS alıcılarının en zorlu koşullarda dahi çalışması ve maksimum doğrulukta koordinat bilgisi vermesi isteniyorsa çok kanallı ve outdoor antenli GPS alıcılarının tercih edilmesinde fayda vardır. Ölçüm alınacak yerlerde GPS alıcılarının GPS uydularını görecekle şekilde konumlandırılmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde GPS alıcısı herhangi bir koordinat bilgisi veremeyecektir.

3.1.5. GPS Alıcısı Arayüz Kablosu



Şekil 3.5. GPS alıcısının USB kablosu⁴²

Şekil 3.5’te GPS alıcısının USB kablosu görülmektedir. Bu çalışmada GPS alıcısından USB kablosu aracılığıyla haberleşilerek koordinat ve uydu saati bilgileri alınmıştır.

3.1.6. EHP-50C Elektrik ve Manyetik Alan Probe’u ve Analizörü

Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde kullanılan cihaz yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde kullanılan cihazdan teknik olarak farklılık göstermektedir. Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçer olan EHP-50C manyetik alanı ve elektrik alanı aynı anda ölçemez. Dolayısıyla elektrik alan veya

manyetik alan ölçümlerinde cihaz farklı şekilde ayarlanmalıdır. Şekil 3.6’da EHP-50C düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçer cihazı görülmektedir.



Şekil 3.6. EHP-50C⁴¹

EHP-50C içerisinde bulunan güçlü spektrum analizör ile X,Y,Z eksenlerinde 5 Hz-100 Khz aralığında çok düşük frekans ölçümü yapabilen ileri teknoloji ürünüdür. İzotropik probe’ları sayesinde elektrik ve manyetik alan değerlerini ayrı ayrı ölçebilmektedir. EHP-50C 8053-DISPLAY cihazına veya SB04’e veya herhangi bir dizüstü bilgisayara bağlanabilmektedir. Bu çalışma sırasında ölçümler EHP-50C cihazı optik kablo ile dizüstü bilgisayarına bağlanarak alınmıştır.

EHP-50C içindeki E²PROM sayesinde kalibrasyon tarihi, frekans, seviye kalibrasyon tablosu, harici cihazlara bağlanmakta kullanılan dahili optik repeater

bilgilerini saklayabilmektedir. Şekil 3.6’da görüldüğü gibi EHP-50C cihazı hem anten hem de analizör içermektedir.

3.2. KULLANILAN YÖNTEMLER

Elektromanyetik kirlilik haritasının çıkarılması için öncelikle iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntem olarak Drive Test Yöntemi ve ikinci yöntem olarak Manuel (El ile) Ölçüm Alma Yöntemi kullanılmıştır. Drive Test Yöntemi ile Diyarbakır İl Merkezinde alınan ve en yüksek elektrik alan değerlerine sahip yerlerin ölçüm sonuçları daha sonra Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile de alınıp ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Araç trafiğine kapalı olan Sanat Sokağında ve Diyarbakır İl Merkezinin en yoğun ana caddelerden biri olan Ekinciler Caddesinde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümler alınmıştır. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun yayınlamış olduğu en güncel ölçüm yöntemlerine uygun şekilde alınmıştır.

Elektromanyetik alan ölçümü sırasında ölçümü yapan ve aracı kullanan şoför dahil herkes cep telefonlarını kapalı tutmuştur. Arabada klima, radyo, cd-dvd-mp3 çalar v.b. gibi elektronik cihazlar çalıştırılmamıştır. Böylece elektromanyetik alan kaynağı olabilecek tüm cihazlar ölçüm boyunca kapalı tutulmuştur.

Ölçümler Diyarbakır İl Merkezinde insan yoğunluğunun çok olduğu ana caddeler ile ara sokaklarda alınmıştır ve lokal zaman dilimi olarak 15:00-19:00 saatleri arası seçilmiştir.

Bu çalışma baz istasyonları, radyo vericileri, tv vericileri, yüksek, orta ve alçak gerilim hatları, trafo binaları, şalt sahaları v.b. gibi önemli elektromanyetik alan kaynaklarının şehir merkezinde meydana getirmiş oldukları elektromanyetik kirliliğinin boyutlarını gözler önüne sermeyi hedeflemiştir. Bununla birlikte ölçüm

sonuçları ICNIRP'nin belirlemiş olduğu halk maruziyet limitlerine göre karşılaştırılmış ve ölçüm sonuçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

3.2.1. Drive Test Yöntemi

Drive test yönteminde elektrik alan değerini seri port üzerinden veren NBM 520 cihazı ile coğrafi enlem ve boylam bilgisini veren Garmin Etrex Legend HCx GPS'si aracın ön camına en yakın yere yerleştirilmiş . Daha sonra NBM 520 cihazının optik-seriport kablosu ile GPS'nin USB kablosu dizüstü bilgisayarının USB portuna bağlanmıştır. NBM-520, GPS alıcısı ve dizüstü bilgisayarı arabanın çakmaklığına takılan bir inverter ile beslenmiştir. Şekil 3.7'deki gibi bir düzenek araç içerisine konmuştur.



Şekil 3.7. Drive Test Yöntemi ile ölçüm almak için arabaya yerleştirilen düzenek

Dev-C++ programlama dilinde yazılan program sayesinde NBM 520 cihazı ile seri port üzerinden haberleşilmiştir. NBM 520 cihazı ile haberleşmede kullanılan bazı seri port komutları Çizelge 3.1, Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.1. NBM 520 cihazına ait seri port komutlarının bir kısmı⁴¹

Parameters from the measurement settings menu									
Description	Command	S	G	R	P	O	Parameter Name	Format	Unit
Averaging time	AVG_TIME	x				x	Averaging Time	integer	2 s
	AVG_TIME?		x				Averaging Time	integer	2 s
Switch the alarm function on or off	ALARM	x				x	Alarm Function	Enum	
	ALARM?		x				Alarm Function	Enum	
Alarm threshold for normal probes	ALARM_THR_N	x				x	Alarm Limit (Normal)	Integer	
	ALARM_THR_N?		x				Alarm Limit (Normal)	Integer	
Alarm threshold for shaped probes	ALARM_THR_S	x				x	Alarm Limit (Shaped)	Integer	
	ALARM_THR_S?		x				Alarm Limit (Shaped)	Integer	
Time interval for automatic zeroing	AUTO_ZERO	x				x	Auto-Zero Interval	Enum	min
	AUTO_ZERO?		x				Auto-Zero Interval	Enum	min
Time from last key stroke until power off	AUTO_POWER	x				x	Auto Power-Off	Enum	min
	AUTO_POWER?		x				Auto Power-Off	Enum	min
Time from last key stroke until turn off the back light	AUTO_LIGHT	x				x	LCD Backlight	Enum	s
	AUTO_LIGHT?		x				LCD Backlight	Enum	s
Mode of spatial averaging	SPATIAL_MODE	x				x	Spatial AVG Mode	Enum	
	SPATIAL_MODE?		x				Spatial AVG Mode	Enum	

Çizelge 3.2. NBM 520 cihazına ait seri port komutları bir kısmı⁴¹

General functions and data continued									
Description	Command	S	G	R	P	O	Parameter Name	Format	Unit
Battery capacity	BATTERY?		x				Battery Capacity	Integer	%
				x					
Hold Mode	HOLD	x					Hold Mode	Enum	
	HOLD?		x				Hold Mode	Enum	
Get the current measurement value(s)	MEAS?		x				Result 1	Float	x
				x					
Start cyclic measurement output	MEAS_START	x							
Stop cyclic measurement output	MEAS_STOP	x							
General functions and data continued									
Description	Command	S	G	R	P	O	Parameter Name	Format	Unit
Connection type of the probe	PROBE_CT?	x					Probes Connection Type	Enum	
The minimum field strength of the probes part A	E_MIN_A?		x				Emin_A	Float	V/m
				x					
The minimum field strength of the probes part B	E_MIN_B?		x				Emin_B	Float	V/m
				x					
The maximum field strength of the probes part A	E_MAX_A?		x				Emax_A	Float	V/m
				x					
The maximum field strength of the probes part B	E_MAX_B?		x				Emax_B	Float	V/m
				x					
Rate at which measurement values are sampled and calculated	SAMPLE_RATE	x					Sample Rate	Enum	Hz
	SAMPLE_RATE?		x				Sample Rate	Enum	Hz

Çizelge 3.3. NBM 520 cihazına ait seri port komutlarının bir kısmı⁴¹

General functions and data - continued									
Description	Command	S	G	R	P	O	Parameter Name	Format	Unit
Content of the device information screen	DEVICE_INFO?		x				Product Name	String	
				x			Production ID	String	
				x			Serial Number	String	
				x			Device ID	String	
				x			Device Type	Enum	
				x			Firmware Version	Version	
				x			Calibration Date	Date	
				x			Cal. Due Date	Date	
				x			No. of Options		
				x			Options Name		
Content of the probe information screen	PROBE_INFO?		x				Product Name	String	
				x			Production ID	String	
				x			Serial Number	String	
				x			Calibration Date	Date	
				x			Cal. Due Date	Date	
				x			Field Type	Enum	
				x			Lower Frequency Limit A	Float	Hz
				x			Upper Frequency Limit A	Float	Hz
				x			Lower Frequency Limit B	Float	Hz
				x			Upper Frequency Limit B	Float	Hz
				x			Shaped	Enum	
				x			Standard Name	String	

NBM 520 cihazından elektrik alan değeri alınıp txt uzantılı bir dosyanın E-FIELD kolonu altına kaydedilmiştir. Daha sonra GPS alıcısından da aynı şekilde uydu saati, kuzey ve doğu koordinatları alınıp SATELLITE CLOCK, NORTH ve EAST kolonu altına bu bilgiler kaydedilmiştir. Alınan örnekleri saymak amacı ile de INDEX kolonu oluşturulmuştur. Çizelge 3.4'te örnek şablon görülmektedir.

Çizelge 3.4. Drive Test için örnek şablon

E-FIELD	INDEX	SATELLITE CLOCK	NORTH	EAST
1,1670	1	13:17:58	37,863296	40,225604
1,1630	2	13:17:59	37,863296	40,225604
1,1680	3	13:18:00	37,863296	40,225602
1,1680	4	13:18:01	37,863293	40,225599
1,1680	5	13:18:02	37,863281	40,225592
1,1680	6	13:18:03	37,863262	40,225583
1,1680	7	13:18:04	37,863246	40,225566
1,1610	8	13:18:05	37,863226	40,225549
1,1830	9	13:18:06	37,863213	40,225533
1,1830	10	13:18:07	37,863206	40,225519
1,1760	11	13:18:08	37,863203	40,225501
1,1790	12	13:18:09	37,863199	40,225483
1,1770	13	13:18:10	37,863202	40,225459
1,1730	14	13:18:11	37,863198	40,225440
1,1680	15	13:18:12	37,863203	40,225416
1,1600	16	13:18:13	37,863199	40,225391
1,1600	17	13:18:14	37,863197	40,225353
1,1770	18	13:18:15	37,863191	40,225317
1,1590	19	13:18:16	37,863189	40,225275

Drive test ölçümleri boyunca toplanan tüm datalar daha öncede bahsedildiği gibi txt uzantılı dosyaya kaydedilir. Diyarbakır İl Merkezini gösteren dijital uydu haritasına txt uzantılı dosya xls uzantılı dosyaya dönüştürülerek import edilir. Dijital uydu haritası txt uzantısını tanımadığından dolayı txt uzantılı dosya xls uzantılı dosyaya dönüştürülmüştür.

3.2.2.Manuel Ölçüm Alma Yöntemi

Manuel Ölçüm Alma Yöntemi 10 Khz-60 Ghz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri, Denetlenmesi Hakkındaki Yönetmeliğe uygun şekilde yapılmıştır.

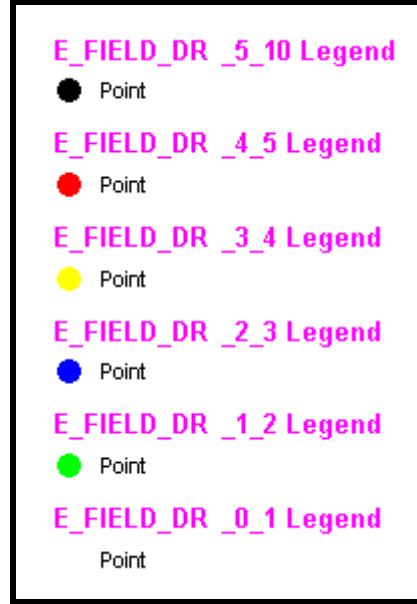
Her manuel ölçüm sırasında 6 dakika boyunca elektrik alan değeri ölçülüp daha sonra bu 6 dakikalık ölçümün ortalama değeri alınmaktadır. Ölçüm sırasında NBM-520 ve probe'u omuz hizasında tutulmuştur. Ayrıca cihazı çevreleyecek veya önünü kapatacak herhangi bir fiziki engele izin verilmemiştir.

Manuel ölçüm sonuçları xls uzantılı dosyaya kaydedilmiştir. Daha sonra bu ölçüm sonuçları yine dijital haritaya xls uzantılı dosya olarak import edilmiştir. Böylelikle Drive Test Yöntemi ile alınan ve dijital haritaya atılan ölçüm sonuçları ile Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ve dijital haritaya atılan ölçüm sonuçları görsel olarak karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

3.2.3.Dijital Harita Üzerinde Gösterim

Drive Test Yöntemi ve Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçları birer daire şeklinde dijital harita üzerinde gösterilmiştir. Dijital harita üzerine yerleştirilen dairelerin birer koordinat bilgileri bulunmakta ve elektrik alan

değerini gösteren sayılar ise bu dairelerin üzerinde yer almaktadır. Elektrik alan değeri 0-10 V/m arasında range'lere ayrılıp farklı renklerde gösterilmiştir. Uydu haritalarının legend kısmında gösterilmiştir. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi



Şekil 3.8. Elektrik alan değerinin legend olarak gösterimi

E_FIELD elektrik alanı değerini simgelemekte ve DR ise Drive Test Yöntemi ile test alındığını göstermektedir.

$0 \leq E_FIELD < 1$ beyaz daire ile gösterilmiş ve 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezindeki en düşük elektromanyetik alan kirlilik değerini göstermektedir.

$1 \leq E_FIELD < 2$ yeşil daire ile gösterilmiştir.

$2 \leq E_FIELD < 3$ mavi daire ile gösterilmiştir.

$3 \leq E_FIELD < 4$ sarı daire ile gösterilmiştir.

$4 \leq E_FIELD < 5$ kırmızı daire ile gösterilmiştir.

$5 \leq E_FIELD < 10$ siyah daire ile gösterilmiş ve 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezindeki en yüksek elektromanyetik alan kirlilik değerini göstermektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde Drive Test Yöntemi ile 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde 2 adet ölçüm yapılmıştır. Birinci ölçüm 8 Ocak 2010 cuma günü lokal saat ile 15:17 ile 19:27 saatleri arasında yapılmıştır. İkinci ölçüm ise 17 Ocak 2010 pazar günü 15:02 ile 18:57 saatleri arasında yapılmıştır.

Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan Sanat Sokağındaki ölçümler 1 Nisan 2010 perşembe günü lokal saat ile 15:35 ile 18:11 saatleri arasında yapılmıştır. Ekinciler Caddesindeki ölçümler ise 2-3 Nisan 2010 cuma ve cumartesi günlerinde lokal saat ile 15:00 ile 18:24 saatleri arasında yapılmıştır.

Drive testler sonucunda çıkan 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezindeki en yüksek elektrik alan değerine sahip 11 yerin ölçüm sonuçları yeniden Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile 23 Nisan 2010 cuma günü lokal saat ile 15:30 ile 18:35 saatleri arasında ölçülmüş ve dijital harita üzerinden karşılaştırılıp değerlendirilmiştir. Çizelge 4.1'de Diyarbakır İl Merkezindeki en yüksek elektromanyetik alan değerine sahip 11 yer gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan Diyarbakır İl Merkezindeki en yüksek elektromanyetik alan değerine sahip 11 yer

POINT	CLOCK	DR TEST	NORTH	EAST	E_FIELD	ADRES	LATITUDE	LONGITUDE
Point_1	15_46	BLACK POINT 1 DR1	N:37° 54' 53,76 "	E:40° 14' 11,65"	2,59	NEBI CAMI CIVARI	37,914933	40,236569
Point_2	16_45	BLACK POINT 2 DR1	N:37° 55' 32,74 "	E:40° 13' 15,52"	4,46	ASKERLIK SUBESI TRAF0 BINASI	37,925761	40,220978
Point_3	18_06	RED POINT 2 DR1	N:37° 55' 02,53 "	E:40° 12' 29,70"	1,53	BAGLAR DORTYOL	37,917369	40,208250
Point_4	17_13	RED POINT 3 DR1	N:37° 56' 07,70 "	E:40° 12' 32,55"	1,27	SEVRANTEPE BATIKENT YOLU	37,935472	40,209042
Point_5	17_25	RED POINT 4 DR1	N:37° 55' 59,11 "	E:40° 11' 35,24"	0,62	PARK ORMAN HONDA BAYI	37,933086	40,193122
Point_6	17_39	RED POINT 5 DR1	N:37° 56' 01,53 "	E:40° 10' 57,58"	0,63	POLAT KAVSAGI	37,933758	40,182661
Point_7	18_21	RED POINT 6 DR1	N:37° 55' 27,25 "	E:40° 12' 28,45"	1,03	EMEK CADDESİ	37,924236	40,207903
Point_8	15_30	BLACK POINT 1 DR2	N:37° 54' 39,60 "	E:40° 14' 12,32"	3,32	GAZİ CADDESİ BALIKÇILARBAŞI KAVŞAĞI	37,911000	40,236756
Point_9	18_35	RED POINT 1 DR2	N:37° 55' 04,83 "	E:40° 12' 21,85"	0,71	GİRNE CADDESİ	37,918008	40,206069
Point_10	16_11	RED POINT 2 DR2	N:37° 54' 24,27 "	E:40° 14' 05,74"	1,97	KERVANSARAY CIVARI	37,906742	40,234928
Point_11	16_39	RED POINT 3 DR2	N:37° 55' 02,28 "	E:40° 13' 29,86"	0,48	KARAYOLLARI ONU ANIT PARK CIVARI	37,917300	40,224961

Diyarbakır İl Merkezindeki yüksek frekanslı en yüksek elektromanyetik alan değerine sahip 11 nokta özellikle baz istasyonları civarında çıkmaktadır. Bu noktalarda Drive Test Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçlarıyla Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçları arasında fark oluşmaktadır. Bu farkın temel olarak Dinamik Power Control Algoritmasından ve Konuşma Trafikinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Baz istasyonu ile cep telefonu kullanıcısı arasında aradaki mesafeden dolayı sürekli olarak güç yayma seviyesinde artırım veya azaltım söz konusudur. Hem cep telefonu hem de baz istasyonu güç değerlerini değiştirmektedirler. Yani cep telefonu kullanıcısı konuşmayı sürdürdüğü baz istasyonundan uzaklaşınca belli bir limite kadar hem cep telefonu hem de baz istasyonu o konuşma kanalı için güçlerini artırmaktadır. Dolayısıyla ortamdaki elektromanyetik alan seviyesi artmış olmaktadır. Aynı şekilde cep telefonu kullanıcısı konuşmayı sürdürdüğü baz istasyonuna yaklaşınca da belli bir limite kadar hem cep telefonu hem de baz istasyonu o konuşma kanalı için güçlerini azaltmaktadırlar. Böylece ortamdaki elektromanyetik alan seviyesi önceki duruma göre azalmaktadır. Bu güç döngüsünü kontrol eden algoritmaya Power Control Algoritması denilmektedir.

Ayrıca her baz istasyonu belli sayıda aboneye hizmet verebilmektedir. Baz istasyonu üzerindeki mevcut tüm konuşma ve data kanalları tam dolu iken ortama maksimum seviyede elektromanyetik alan yaymaktadır. Kullanılmayan konuşma ve data kanalları ortama elektromanyetik alan yaymayacağı için tüm kanalları kullanılan duruma göre ortama daha az elektromanyetik alan yayacaktır.

Dolayısıyla abonelerin sürekli yer değiştirmesi (Power Control Algoritması) ve baz istasyonu kanallarının yoğunluğu (Konuşma Trafik) sürekli değiştiğinden

ortamdaki elektromanyetik alan seviyesi her an değişmektedir. Drive Test Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçlarıyla Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçları arasındaki fark bu nedenlerden dolayı kaynaklanmaktadır. Hatta farklı günlerin aynı saat ve dakikasında alınan ölçüm sonuçları yine farklı değerlere sahip olacaktır.

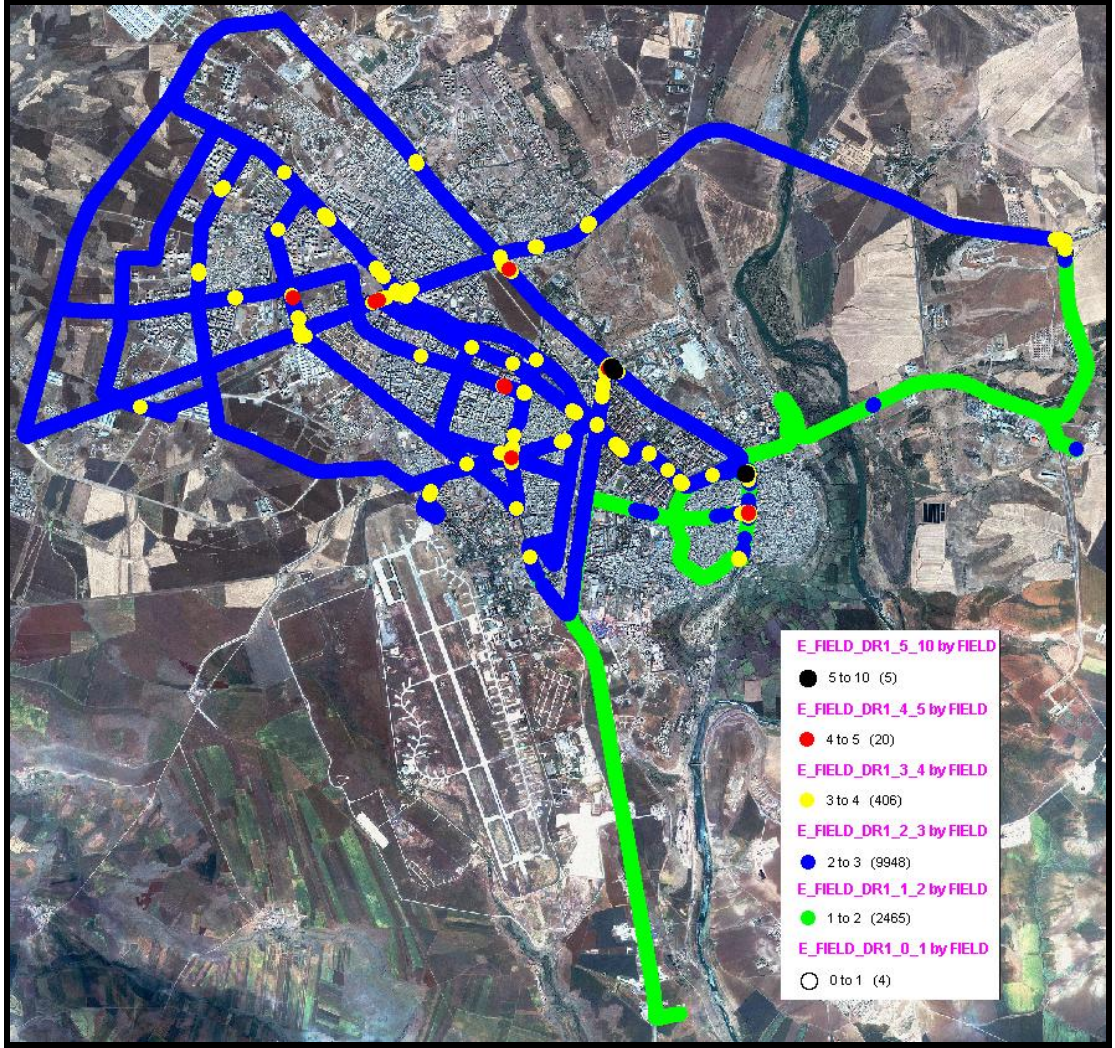
Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümlerinde ise sadece Manuel Ölçüm Alma Yöntemi kullanılmış ve ölçümler 12-17 Haziran 2010 tarihleri arasında yapılmıştır. Ölçüm sonuçları tablo şeklinde düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçüm sonuçları başlığı altında detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

4.1. YÜKSEK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜM SONUÇLARI

Diyarbakır İl Merkezinde alınmış olan yüksek frekanslı elektromanyetik alan ölçüm sonuçları ile düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçüm sonuçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen ölçüm sonuçları ICNIRP'nin belirlemiş olduğu maruziyet limitlerine göre karşılaştırılmıştır. Limit değerlerini aşan ölçüm sonuçlarının nedenleri de ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

4.1.1. Drive Test 1 Ölçümü

8 Ocak 2010 cuma günü 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde Drive Test Yöntemi ile alınan ölçümler daha sonra dijital harita üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere Diyarbakır İl Merkezinde Drive Test Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının üstten görünümü mevcuttur.

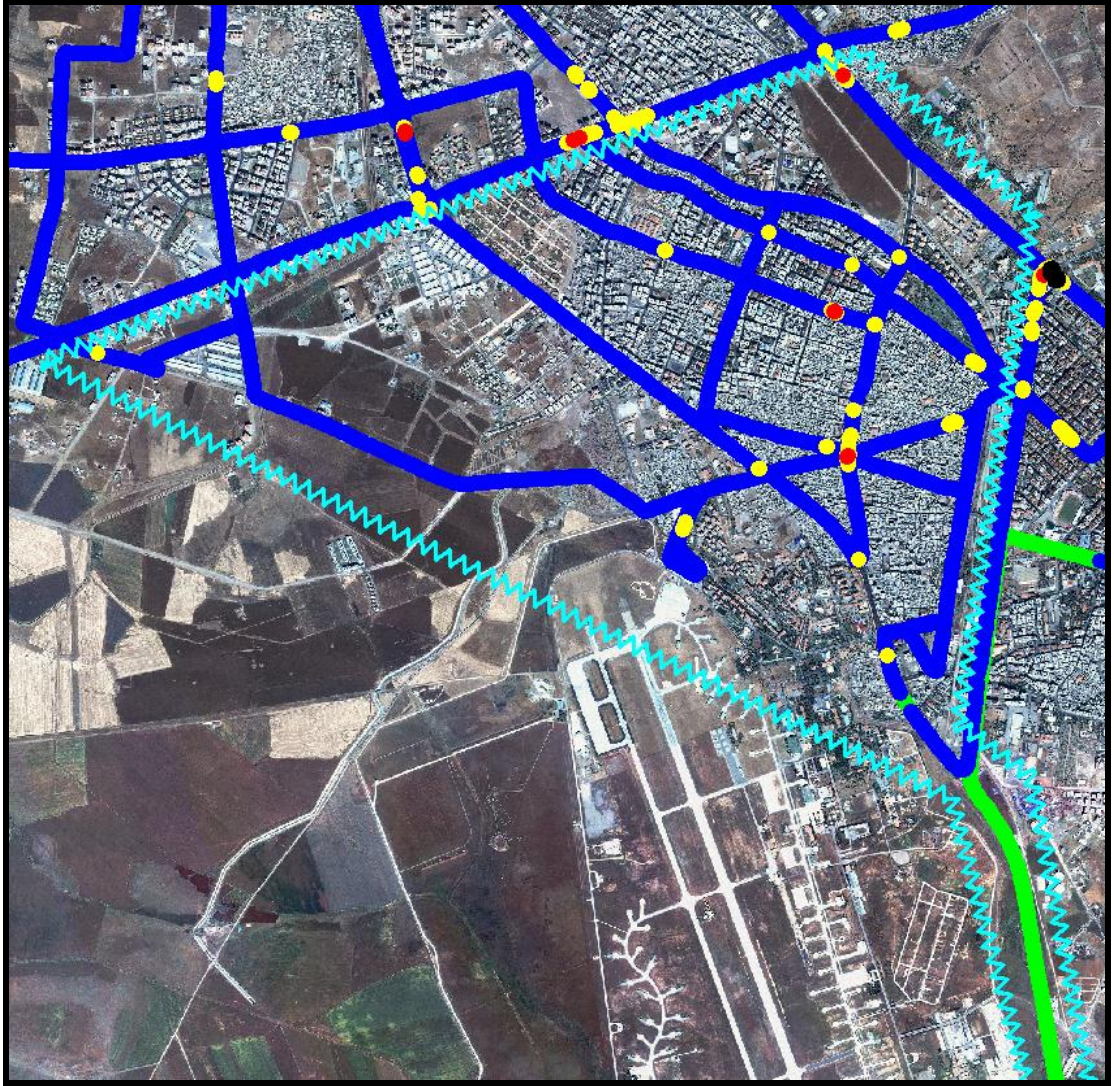


Şekil 4.1 Drive Test Yöntemi ile 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde alınan Drive Test 1 (DR1) ölçüm sonuçlarının gösterimi.

Şekil 4.1’de legend kısmında görüldüğü gibi elektrik alan değeri 5 V/m’den büyük 10 V/m’den küçük 5 adet örnek görülmektedir. Yine aynı şekilde elektrik alan değeri 4 V/m’den büyük 5 V/m’den küçük 20 adet örnek mevcuttur. Harita üzerinde birçok nokta üst üste geldiğinden daireler ancak uygun zoom aralıklarında net görülebilir. Birbirine çok yakın kırmızı noktalar veya siyah noktalar bir bölge olarak alınmıştır. Elektrik alan kirlilik seviyesi en düşük beyaz renk ile gösterilmiş ve en yüksek elektrik alan kirliliği ise siyah renkler ile gösterilmiştir.

Diyarbakır İl Merkezi 4 adet merkez ilçelerden oluşmaktadır: Bağlar, Yenişehir, Sur ve Kayapınar ilçeleri. Alınan ölçümlerde özellikle siyah ve kırmızı dairelerin analizi üzerinde durulmuştur. Merkez İlçeler kabaca turkuaz renkli zikzak çizgiler içerisindeki alanlar olarak gösterilmiştir.

Merkez ilçelerdeki elektromanyetik alan gösterimi aşağıdaki şekilde tek tek analiz edilmiştir.



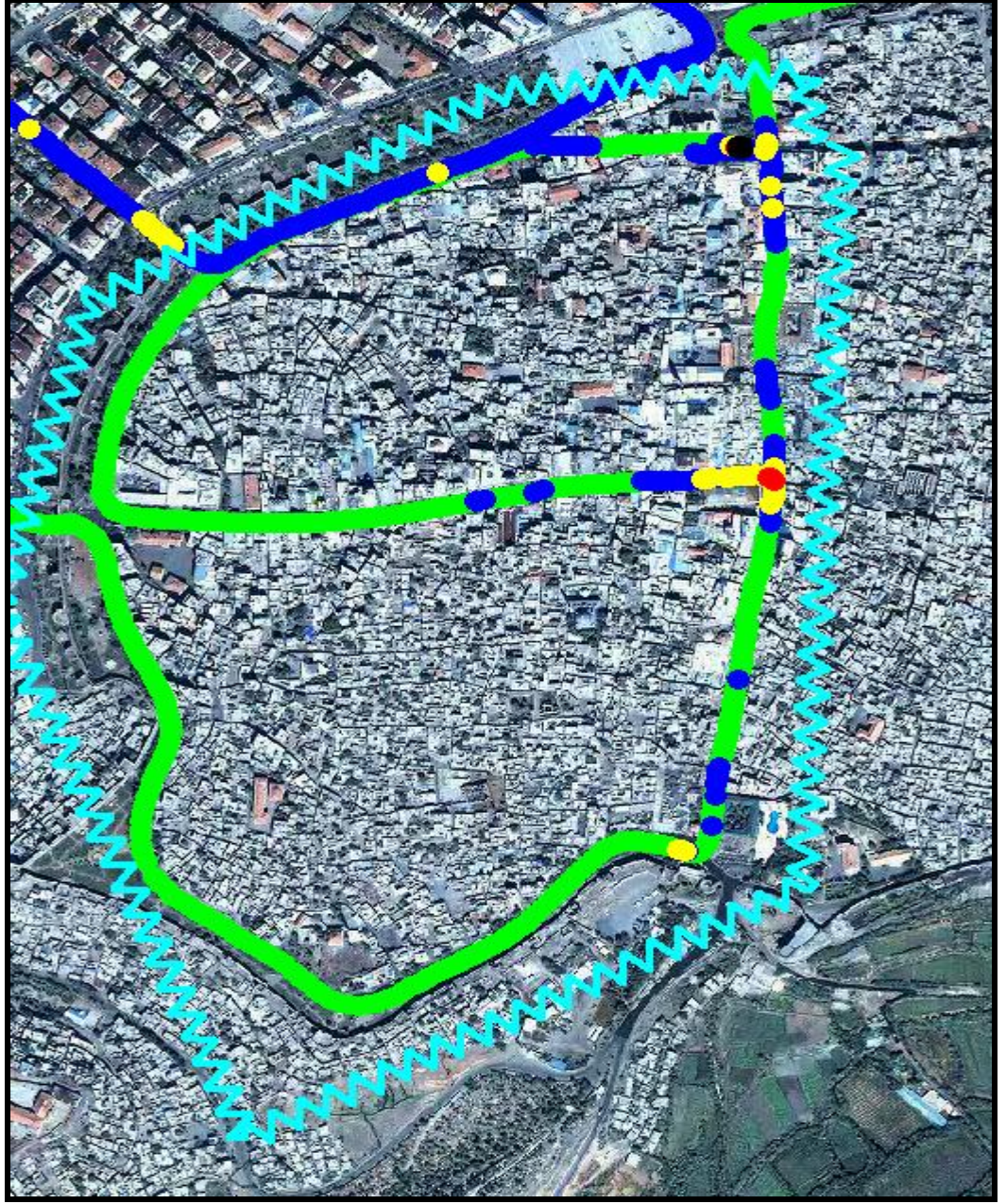
Şekil 4.2 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Bağlar ilçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Bağlar ilçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan birinci ölçümde (DR1) kırmızı dairelerin yoğun olduğu 3 bölge yer almaktadır. Bağlar İlçesine daha çok mavi renk hakimdir.

1.bölge (Şekil 4.2’de en altta yer alan kırmızı nokta) Bağlar Dörtüol kavşağı civarındır. Bağlar TT bu bölgeye çok yakın bulunmaktadır. Bağlar TT üzerinde çok sayıda transmisyon linkleri, operatörlerin baz istasyonları ve telsiz sistemleri ve daha bir çok elektromanyetik alan kaynağı bulunmaktadır. Ayrıca 1. bölgeye yakın bazı operatörlerin 2G (2.Nesil) ve 3G (3.Nesil)’yi destekleyen baz istasyonları yer almaktadır. 2G ve 3G ayrı teknolojiler olduğu için genelde farklı antenler ile yayın yapmaktalar (Nadir olarak ortak anten kullanılmaktadır). Dolayısıyla ortama daha fazla elektromanyetik alan yaymaktadırlar.

2.bölge (Şekil 4.2’de ortada yer alan kırmızı nokta) Emek Caddesi üzerinde yer almaktadır. Yine bu bölgeye yakın 3 operatöründe baz istasyonları bulunmaktadır. Hatta bazı operatörlerin 3G istasyonları da bu bölgeye çok yakın bulunmaktadır.

3.bölge (Şekil 4.2’de en üstte yer alan kırmızı nokta) Seyrantepe Batıkent ana yolu üzerinde yer almaktadır. Bu bölgenin etrafı açık olduğu için bir çok yerden sinyal geldiği ve yine bazı operatörlerin 2G ve 3G baz istasyonlarının yer aldığı ve Tedaş Şalt sahasının da yine bu bölgede yer aldığı göze çarpmıştır.

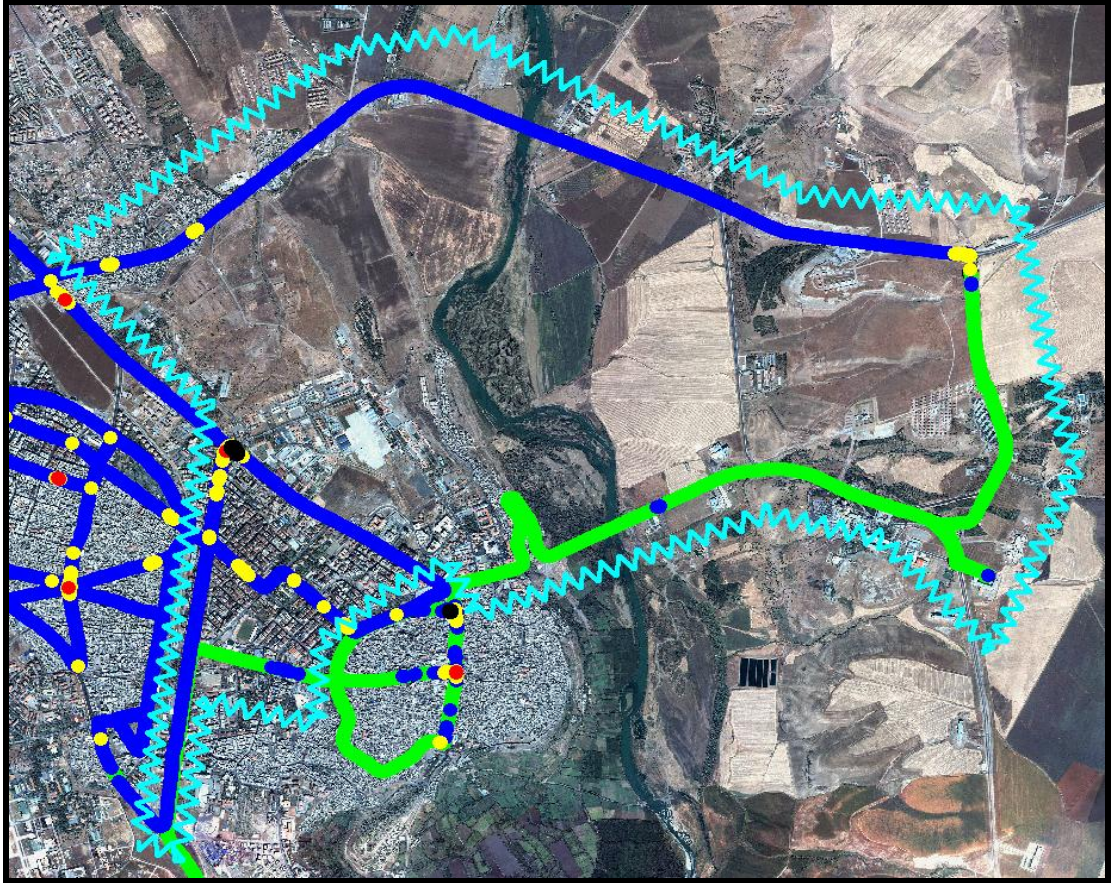


Şekil 4.3 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sur ilçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi Sur İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan birinci ölçümde (DR1) kırmızı dairelerin yoğun olduğu bir bölge ve siyah bölgelerin yoğun olduğu bir bölge yer almaktadır. Sur İlçesine daha çok yeşil renk hakimdir.

4.bölge (Şekil 4.3'te yer alan siyah daire) Nebi Cami civarındır. Buradaki elektrik alan değerinin yüksek olması oradaki tek katlı bir yapının üzerindeki baz istasyonuna bağlanmaktadır. Ayrıca buraya yakın bulunan karakolun üzerinde telsiz yayını yapılmaktadır.

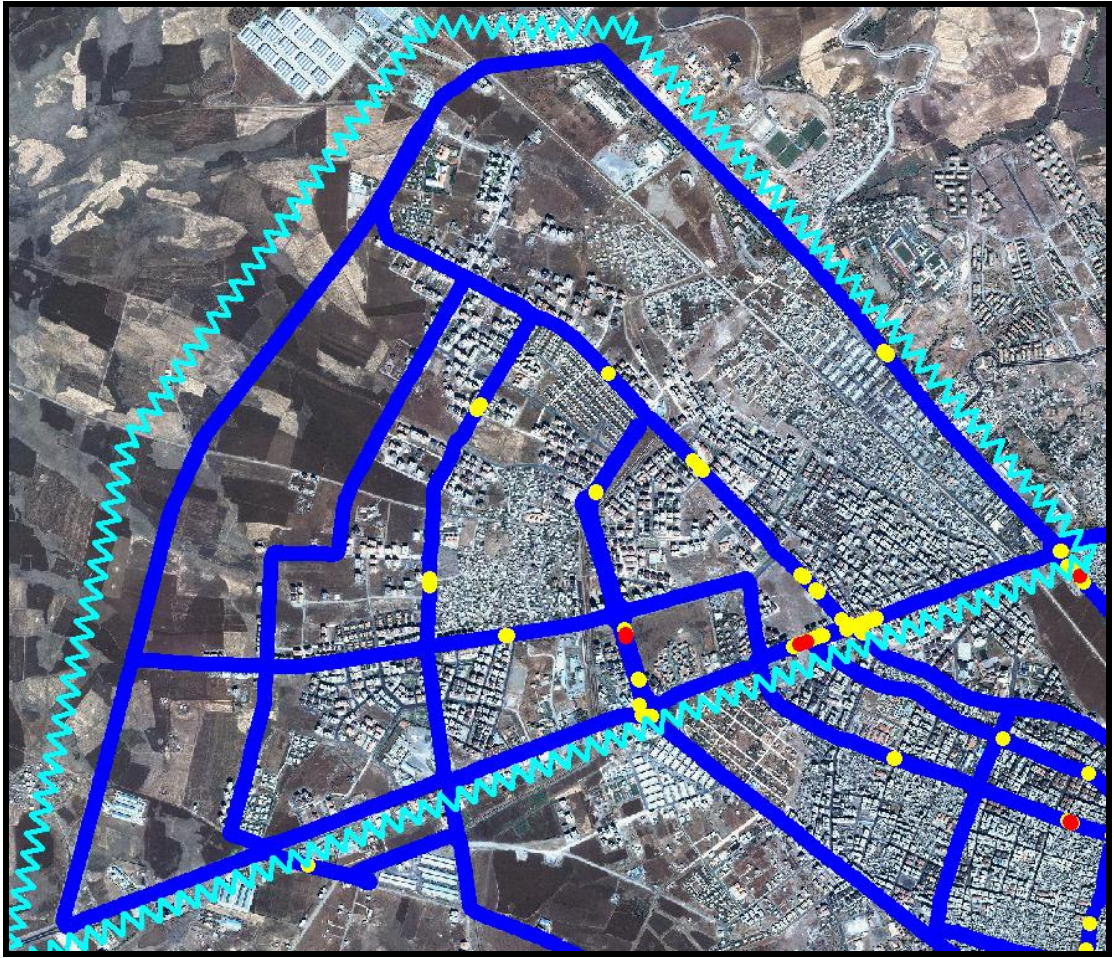
5.bölge (Şekil 4.3'te yer alan kırmızı daire) Gazi Caddesi ile Melik Ahmet Caddesinin birleştiği Balıkçılarbaşı kavşağıdır. Bu bölgeye üç operatöründe hem 2G hem de 3G istasyonları servis vermektedir. Dolayısıyla ölçülen elektromanyetik alan değeri yüksek çıkmaktadır. Ayrıca bölgeye çok yakın bir otel üzerinde telsiz antenleri mevcuttur.



Şekil 4.4 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Yenişehir ilçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi Yenişehir İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan birinci ölçümde (DR1) siyah dairelerin yoğun olduğu bir bölge yer almaktadır. Yenişehir ilçesine daha çok yeşil ve mavi renkler hakimdir.

6.bölge (Şekil 4.4'te yer alan siyah daire) Gevran Caddesini Elazığ Caddesine bağlayan kavşak civarındır. Bu bölgede Tedaş kök binası içerisinde gizlemeli bir baz istasyonu olduğu görülmüştür. Ayrıca büyük bir askeri birliğin bölgeye çok yakın olması akla yayın yapan telsiz istasyonları getirmiştir.



Şekil 4.5 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Kayapınar ilçesinin Birinci Drive Test'teki elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi Kayapınar İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan birinci ölçümde (DR1) kırmızı dairelerin yoğun olduğu iki bölge yer almaktadır. Kayapınar İlçesine daha çok mavi renkler hakimdir.

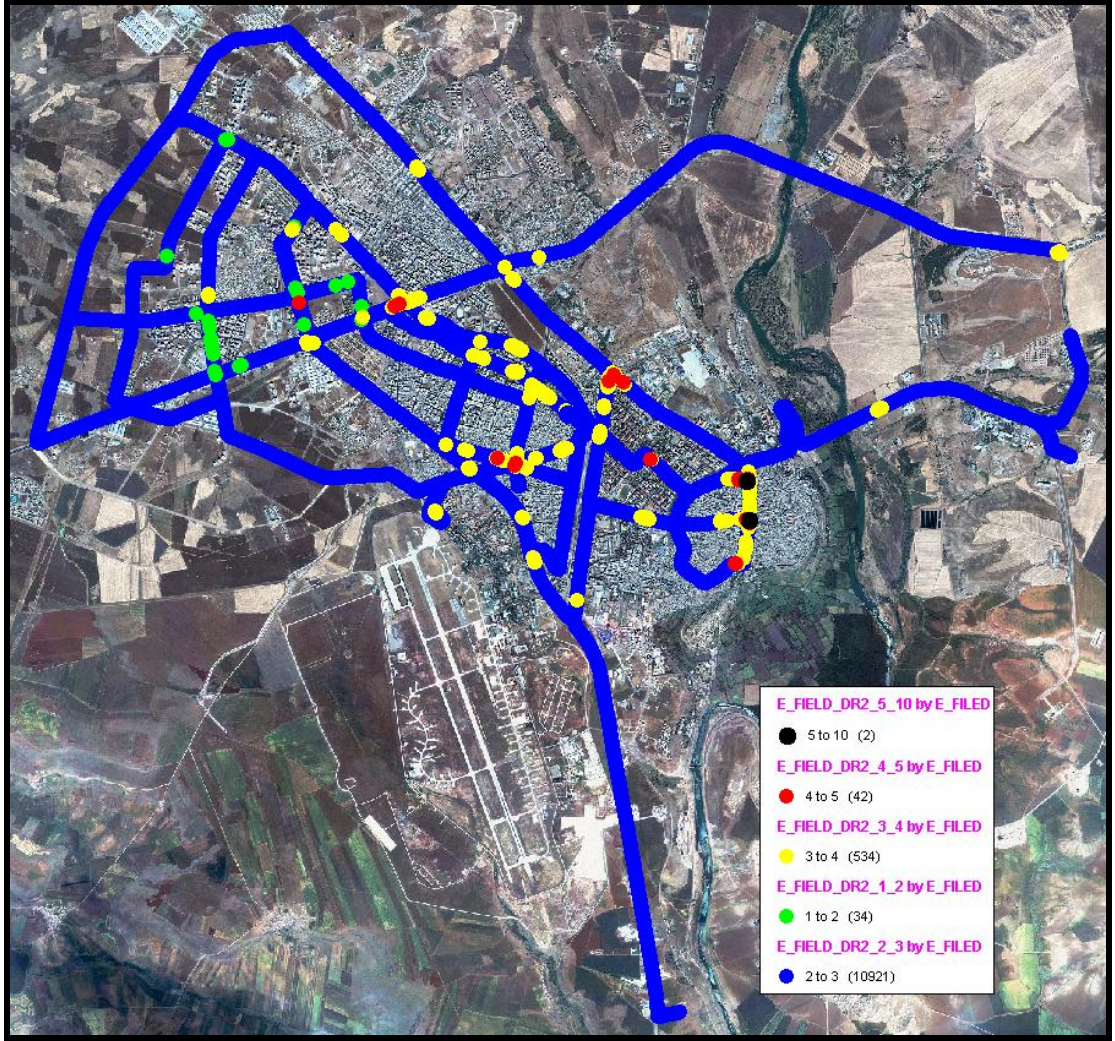
7.bölge (Şekil 4.5'te yer alan en sağdaki bitişik kırmızı daireler) Park Orman girişi tarafı Honda bayisi civarındadır. Bölgeye çok yakın baz istasyonları ile FM yayını yapan radyo istasyonu mevcuttur. Dolayısıyla ölçülen elektromanyetik alan değerinin yüksek çıkması bunlara bağlanmaktadır.

8.bölge (Şekil 4.5'te yer alan en soldaki kırmızı daire) Polat Sitesi kavşağı civarındadır. Yine bu bölgeye çok yakın FM yayını yapan radyo istasyonu ve baz istasyonları mevcuttur.

4.1.2. Drive Test 2 Ölçümü

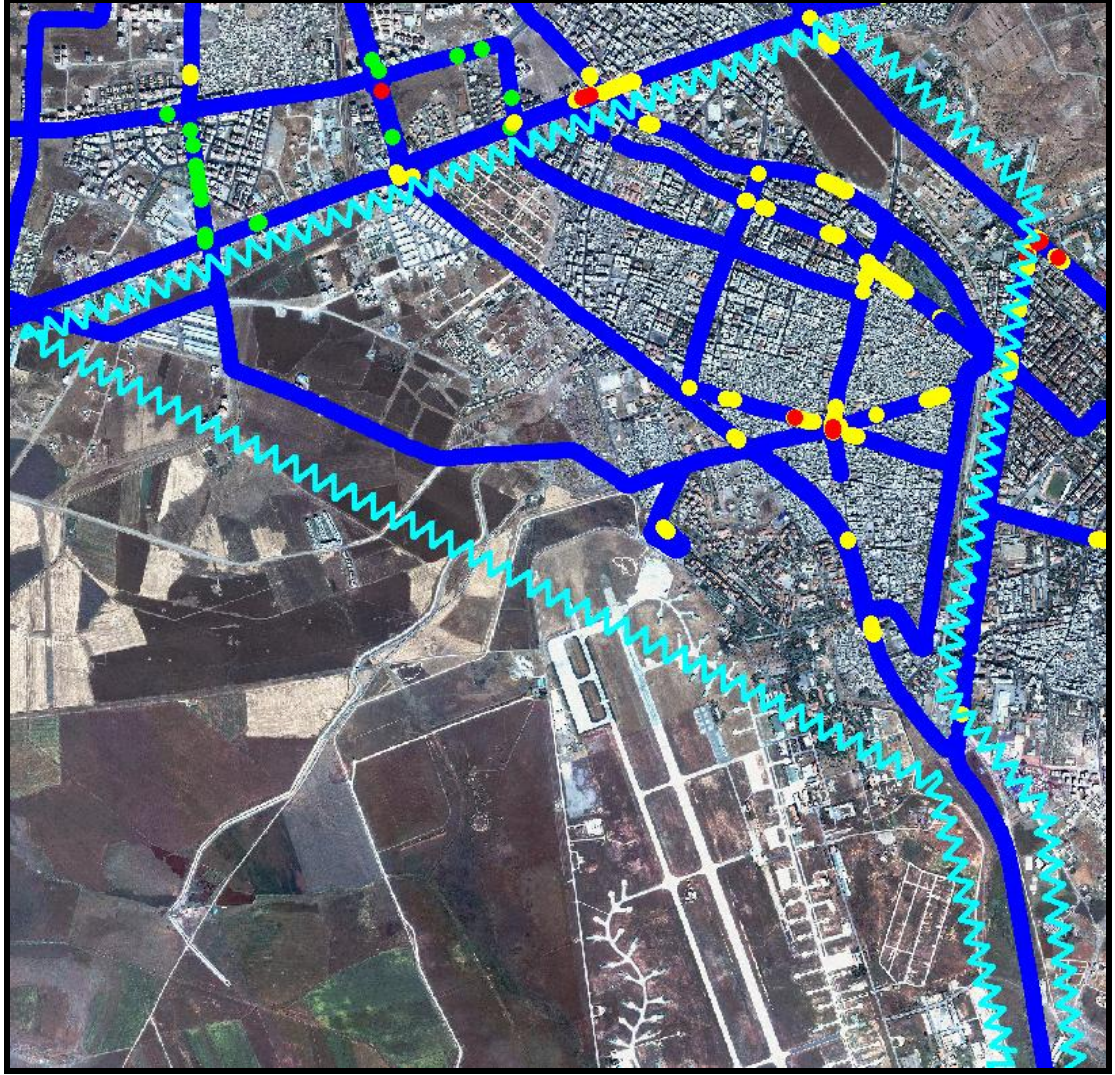
17 Ocak 2010 pazar günü 15:02 ile 18:57 saatleri arasında 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde Drive Test Yöntemi ile alınan ölçümler daha sonra dijital harita üzerinde gösterilmiştir.

Drive Test 2 ölçüm sonuçları ile Drive Test 1 ölçüm sonuçlarının aynı olduğu bölgeler için zaten Drive Test 1'in altında Diyarbakır Merkez İlçeler kısmındaki bölge analizlerine bakılabilir. Drive Test 2 altında sadece Drive Test 1 ile ortak olmayan kırmızı ve siyah bölgeler için analiz yapılmıştır.



Şekil 4.6 Drive Test Yöntemi ile 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Diyarbakır İl Merkezinde alınan Drive Test 2 (DR2) ölçüm sonuçlarının gösterimi.

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere Drive Test 2’de ilk dikkatimizi çeken husus mavi renklerin daha çok hakim olmasıdır. Bu da pazar günü elektromanyetik alan yoğunluğunun daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca beyaz renk örneğinin olmaması dikkat çekicidir. Şekil 4.6’daki gibi Drive Test 2 ölçüm sonuçları Drive Test 1 ölçüm sonuçlarına göre elektrik alan açısından daha kirli çıkmıştır.

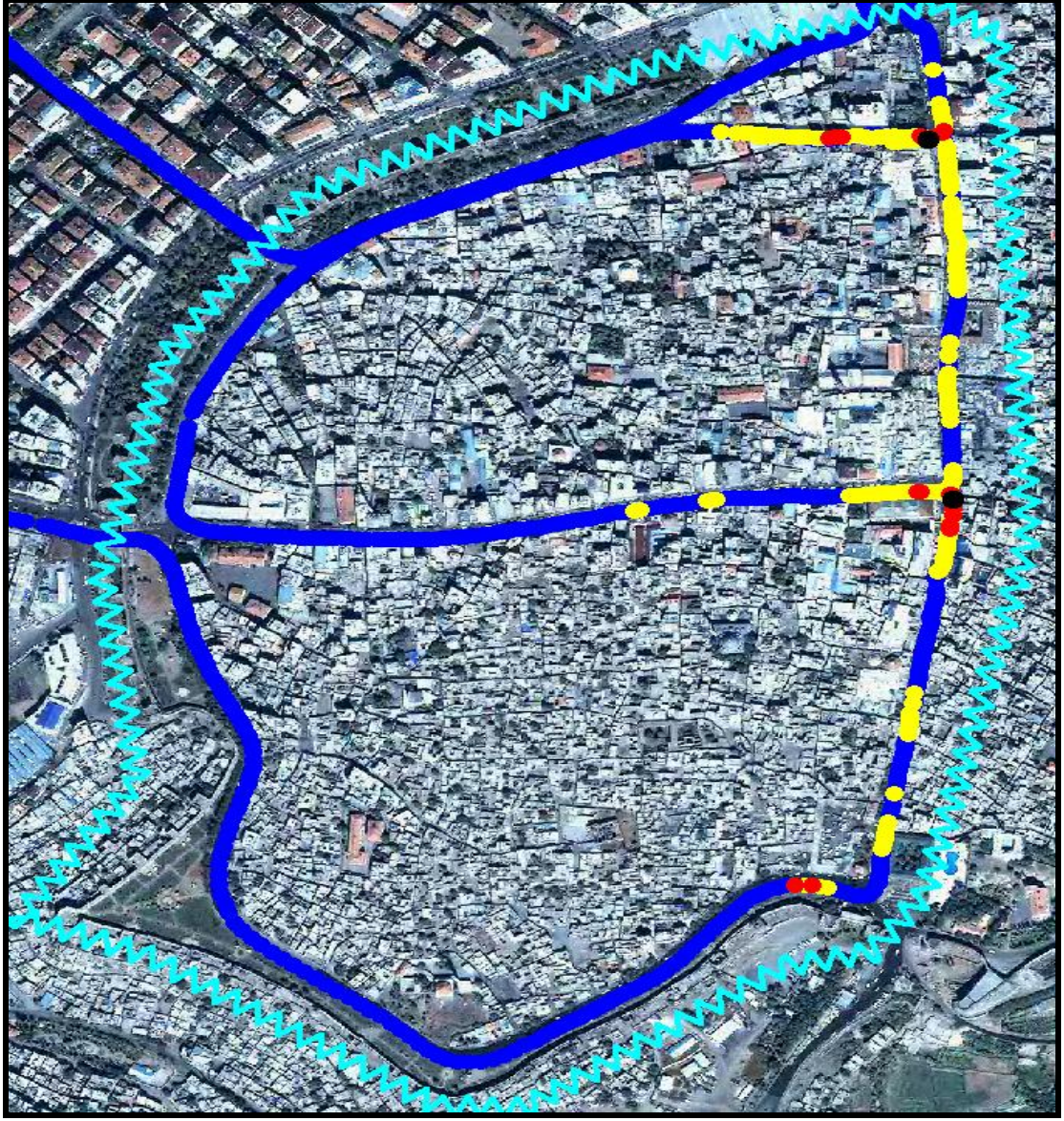


Şekil 4.7. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Bağlar ilçesinin ikinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi Bağlar İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan ikinci ölçümde (DR2) kırmızı dairelerin yoğun olduğu iki bölge yer almaktadır. Bağlar İlçesine daha çok mavi renkler hakimdir.

1.bölge için daha önce detaylı analiz yapılmıştı. Detaylı bilgi için Drive Test 1'in altında Bağlar İlçesinin analizine bakınız.

9.bölge (Şekil 4.7'de yer alan en soldaki kırmızı daire) Girne Caddesi üzerindedir. Bu bölgeye çok yakın bazı operatörlerin baz istasyonları mevcuttur.

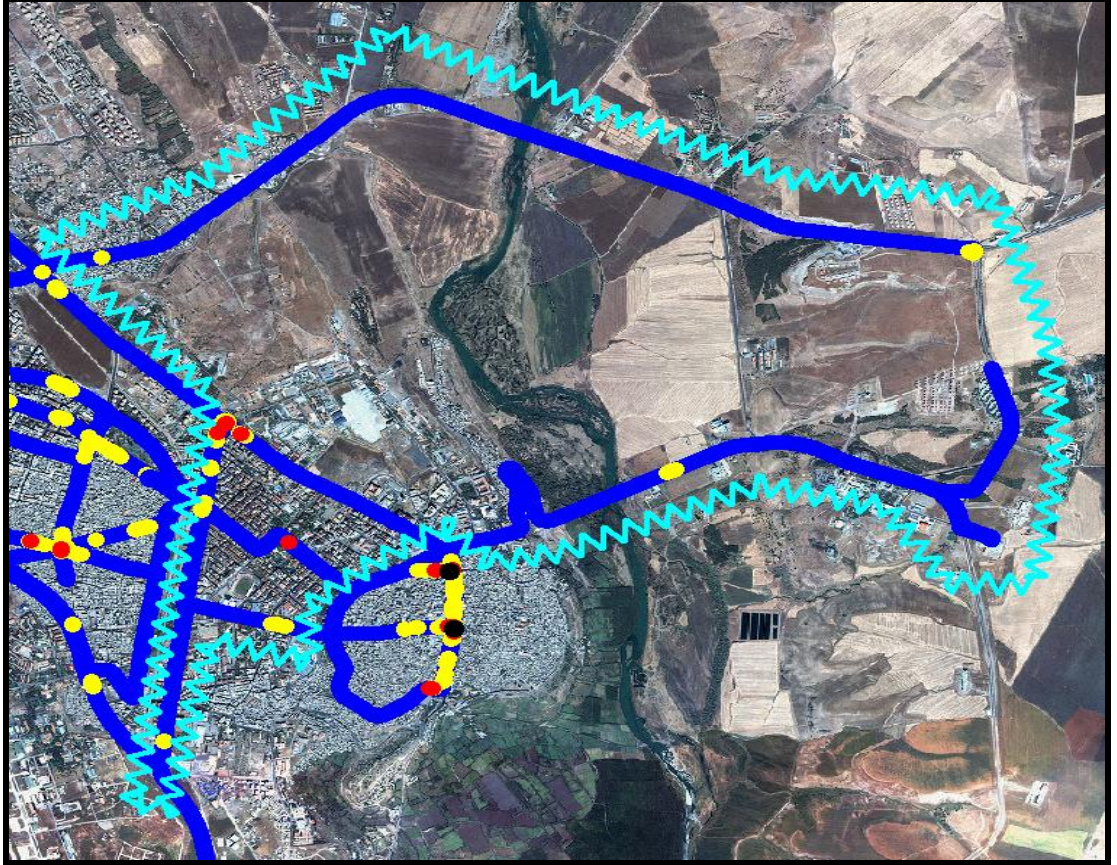


Şekil 4.8 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sur ilçesinin İkinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi Sur İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan ikinci ölçümde (DR2) siyah dairelerin yoğun olduğu iki bölge ve kırmızı dairelerin yoğun olduğu bir bölge yer almaktadır. Sur ilçesine daha çok mavi ve sarı renkler hakimdir.

4. ve 5. bölgeler için daha önce detaylı analiz yapılmıştı. Detaylı bilgi için Drive Test 1 Ölçümü'nün altında Sur İlçesinin analizine bakınız.

10. bölge (Şekil 4.8'de en altta yer alan kırmızı bölge) Kervansaray oteli civarındır. Yine bu bölgede de 3 operetörün baz istasyonları yer almaktadır. Elektromanyetik alan değerinin bu nedenle yüksek olduğu düşünülmektedir.

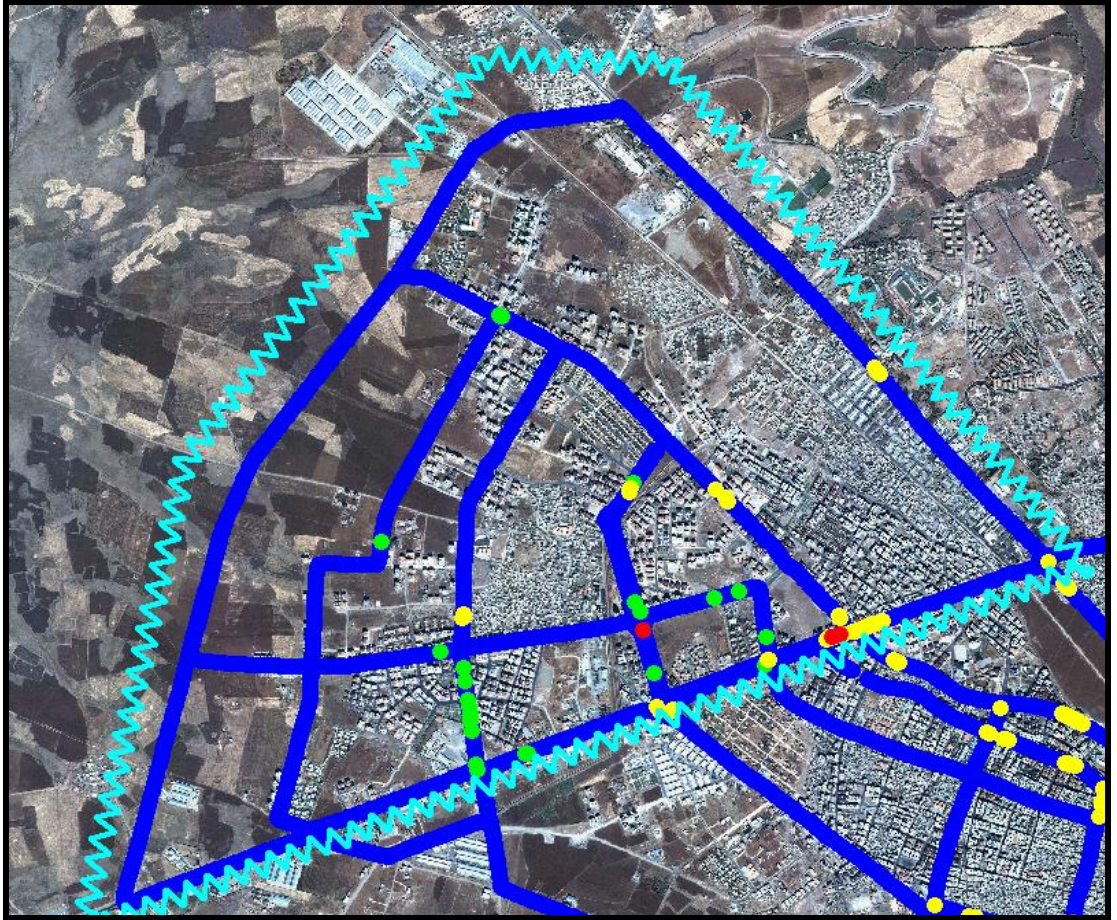


Şekil 4.9. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Yenisehir ilçesinin İkinci Drive Test'teki (DR2) elektromanyetik alan haritası.

Şekil 4.9'da Yenisehir İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan ikinci ölçümde (DR2) kırmızı dairelerin yoğun olduğu iki bölge yer almaktadır. Yenisehir ilçesine daha çok mavi renkler hakimdir.

6. bölge için daha önce detaylı analiz yapılmıştı. Detaylı bilgi için Drive Test 1 in altında Yenişehir ilçesinin analizine bakınız.

11.bölge (Şekil 4.9’da yer alan en alttaki kırmızı bölge) Karayolları Bölge Müdürlüğü önü Anıt Park civarındır. Bu bölgeye çok yakın mikro baz istasyonu bulunmaktadır. Ayrıca Valilik binası üzerinde çok sayıda telsiz anteni mevcuttur. Bu nedenlerden dolayı elektromanyetik alan değerinin yüksek çıktığı düşünülmüştür.



Şekil 4.10. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Kayapınar ilçesinin İkinci Drive Test’teki (DR2) elektromanyetik alan haritası.

Şekil 4.10’da Kayapınar İlçesinde Drive Test Yöntemi ile alınan ikinci ölçümde (DR2) kırmızı dairelerin yoğun olduğu iki bölge yer almaktadır. Kayapınar ilçesine daha çok mavi renkler hakimdir.

7. ve 8. bölgeler için daha önce detaylı analiz yapılmıştı. Detaylı bilgi için Drive Test 1 in altında Kayapınar ilçesinin analizine bakınız. Kayapınar bölgesinde Drive Test 1’den farklı kırmızı veya siyah bölge gözlemlenmemiştir.

4.1.3. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi İle Ölçümü Alınmış Sanat Sokağı

1 Nisan 2010 perşembe günü 15:35 ile 18:11 saatleri arasında 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sanat Sokağında Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçümler Şekil 4.11’deki gibi dijital uydu haritası üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.11. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Sanat Sokağının Manuel Yöntem ile ölçümü alınmış elektromanyetik alan haritası.

Sanat sokağındaki ölçümler her 10 metrede bir 6 dakika NBM 520 geniş bantlı ölçüm cihazı kullanılarak alınmıştır. Elektrik alan değerleri 0 v/m ile 1 v/m arasında olduğu için beyaz renkli daireler ile gösterilmiştir. Sanat Sokağındaki elektrik alan değeri minimum 0,15 V/m ve maksimum ise 0,92 V/m değerini almıştır.

4.1.4. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi İle Ölçümü Alınmış Ekinciler Caddesi

2-3 Nisan 2010 cuma ve cumartesi günleri 15:00 ile 18:24 saatleri arasında 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Ekinciler Caddesinde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçümler daha sonra dijital harita üzerinde gösterilmiştir.

Ekinciler Caddesinde ölçümler her 10 metrede bir 6 dakika NBM 520 geniş bantlı ölçüm cihazı kullanılarak alınmıştır. Elektrik alan değerleri 0 V/m ile 1 V/m ve 1 V/m ile 2 V/m arasında olduğu için beyaz ve yeşil renkli daireler ile gösterilmiştir. Ekinciler Caddesinde elektrik alan değeri minimum 0,66 V/m ve maksimum ise 1,88 V/m değerini almıştır.

Şekil 4.12'de görüldüğü gibi Ekinciler Caddesi Diyarbakır İl Merkezinin en yoğun olduğu caddelerden biridir. Bundan dolayı bu cadde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçülmüş ve ölçüm değerleri dijital uydu haritası üzerinde renklendirilerek gösterilmiştir.



Şekil 4.12. 100 Khz-3 Ghz frekans bandında Ekinciler Caddesinde Manuel Yöntem ile ölçümü alınmış elektromanyetik alan haritası.

4.1.5. Diyarbakır İl Merkezinin En Yüksek Elektrik Alan Değerlerine Sahip Bölgelerinin Karşılaştırılması

Diyarbakır İl Merkezi iki defa farklı tarihlerde Drive Test Yöntemi ile ölçülmüş ve bu ölçümler sonucunda 11 adet kırmızı ve siyah bölgeler tespit edilmiştir. Akabinde bu 11 adet bölge Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile tekrar ölçülmüştür.

Manuel Ölçüm Alma Yöntemi 10 Khz-60 Ghz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri, Denetlenmesi Hakkındaki Yönetmeliğe uygun şekilde yapılmıştır.

Drive Test Yöntemi ile alınan ölçümler ve Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan ölçümler ile (11 bölge) dijital harita üzerinde aşağıdaki şekilde karşılaştırılmıştır.

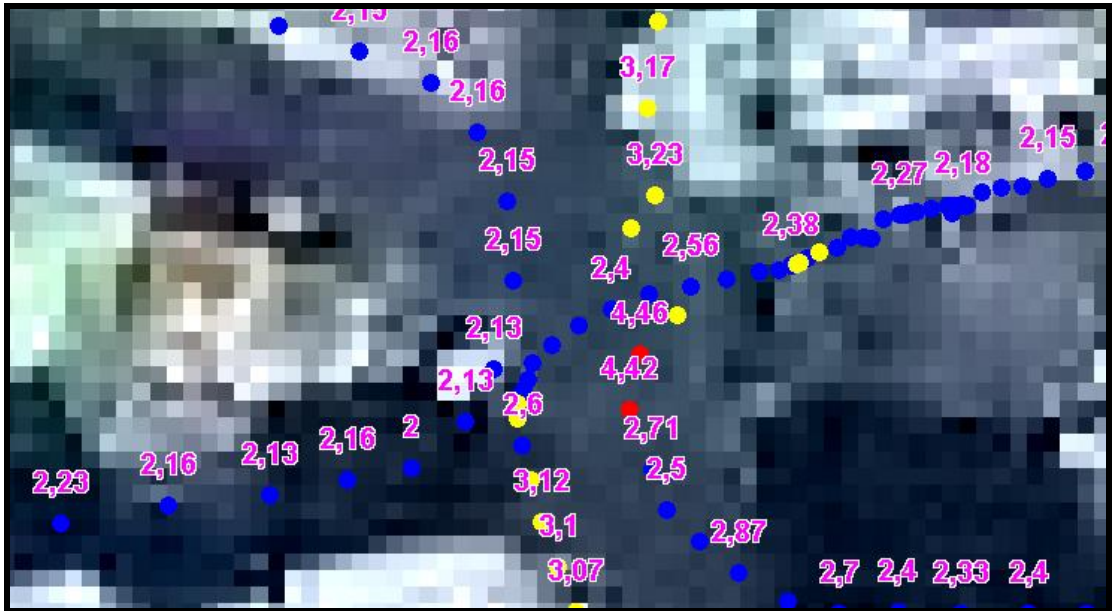
Karşılaştırmalar sırasında Drive Test Yöntemi ile alınan ölçüm sonuçları elektrik alan değerine göre büyükten küçüğe sıralanmıştır. Daha sonra elektrik alan değeri en yüksek olan bölgeler tespit edilmiştir. Bu bölgelerin koordinat bilgisi alınarak aynı yerlerde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile BTK'nın belirlemiş olduğu ölçüm yönetmeliğine uygun şekilde bir daha ölçümler alınmıştır.

Elde edilen Drive Test ölçüm sonuçları ile Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınan sonuçlar dijital uydu haritası üzerinde birebir görsel olarak aşağıdaki şekillerdeki gibi karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.14'te Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.13'te ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 1.bölge karşılaştırılması (Bağlar Dört Yol Kavşağı)



Şekil 4.13. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 1.bölge Bağlar Dört yol kavşağı



Şekil 4.14. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 1.bölge Bağlar Dört yol kavşağı

Şekil 4.16’da Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.15’te ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 2.bölge karşılaştırılması (Emek Caddesi Üzeri)



Şekil 4.15. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 2.bölge Emek Caddesi Üzeri

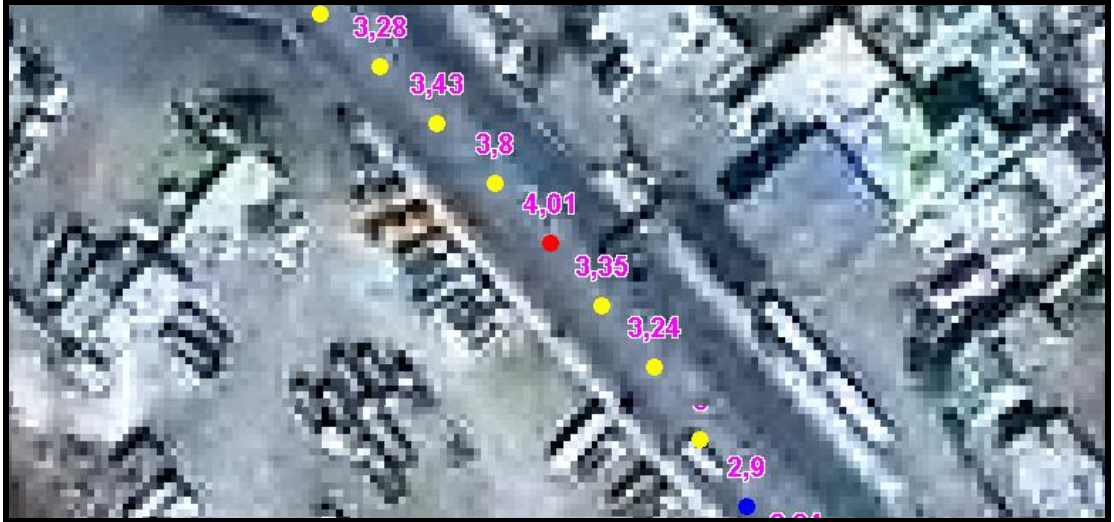


Şekil 4.16. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 2.bölge Emek Caddesi Üzeri

Şekil 4.18’de Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.17’de ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 3.bölge karşılaştırılması (Seyrantepe Batıkent Ana Yolu Üzeri)



Şekil 4.17. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 3.bölge Seyrantepe Batıkent Ana Yolu üzeri

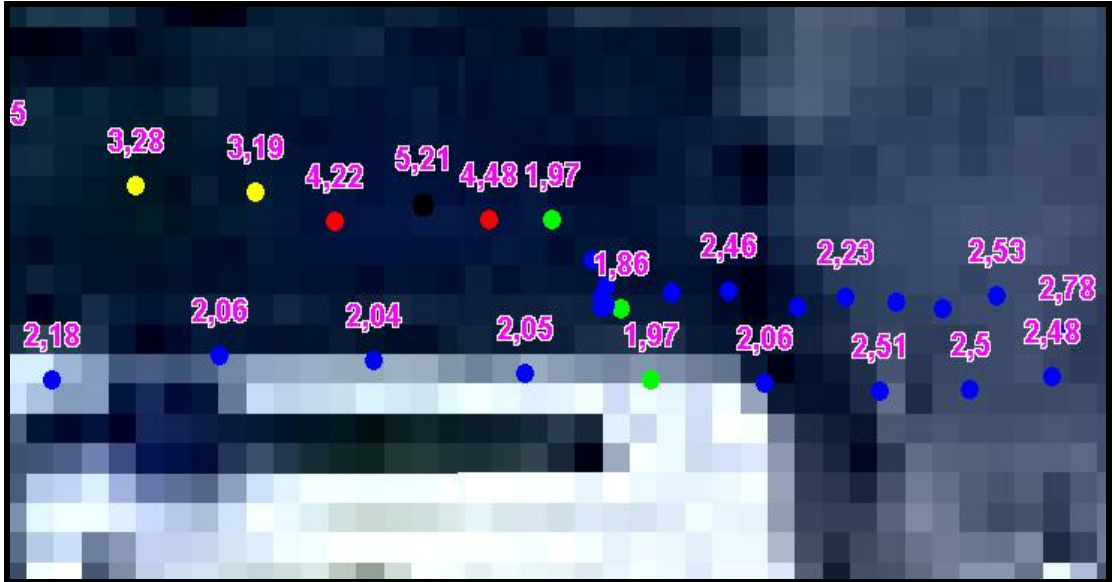


Şekil 4.18. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 3.bölge Seyrantepe Batıkent Ana Yolu üzeri

Şekil 4.20’de Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.19’da ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 4.bölge karşılaştırılması (Nebi Cami Civarı)



Şekil 4.19. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 4.bölge Nebi Cami Civarı



Şekil 4.20. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 4.bölge Nebi Cami Civarı

Şekil 4.22’de Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.21’de ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 5.bölge karşılaştırılması (Balıkçılarbaşı Kavşağı)



Şekil 4.21. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 5.bölge Balıkçılarbaşı Kavşağı

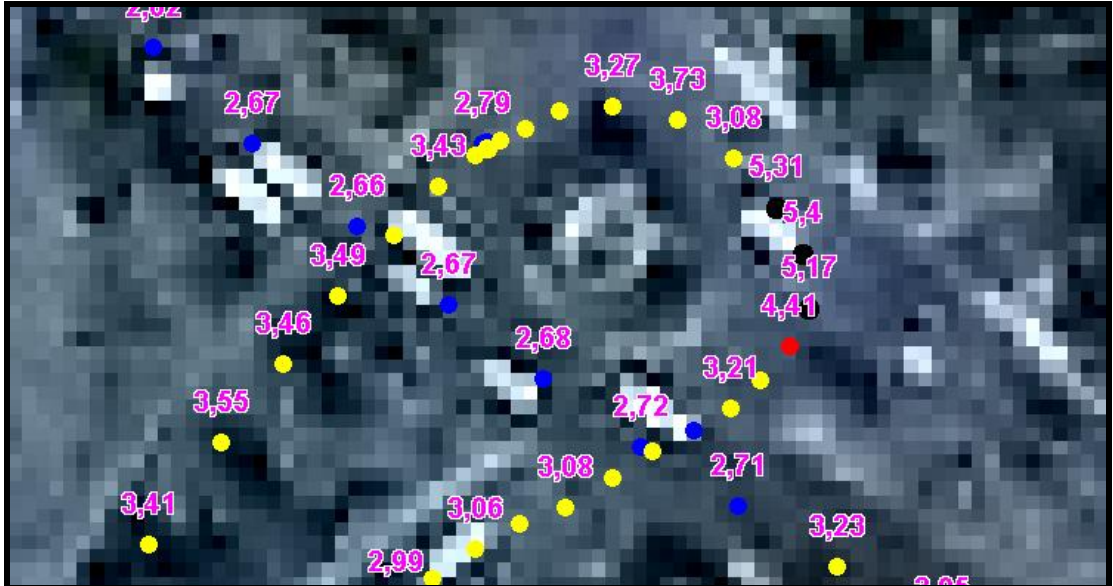


Şekil 4.22.Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 5.bölge Balıkçılarbaşı Kavşağı

Şekil 4.24'te Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.23'te ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 6.bölge karşılaştırılması (Gevran Caddesini ile Elazığ Caddesinin birleştiği kavşak)



Şekil 4.23. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 6.bölge Gevran Caddesini ile Elazığ Caddesinin birleştiği kavşak



Şekil 4.24. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 6.bölge Gevran Caddesini ile Elazığ Caddesinin birleştiği kavşak

Şekil 4.26’da Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.25’de ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 7.bölge karşılaştırılması (Park Orman girişi Honda Bayi Civarı)



Şekil 4.25. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 7.bölge Park Orman girişi Honda Bayi Civarı

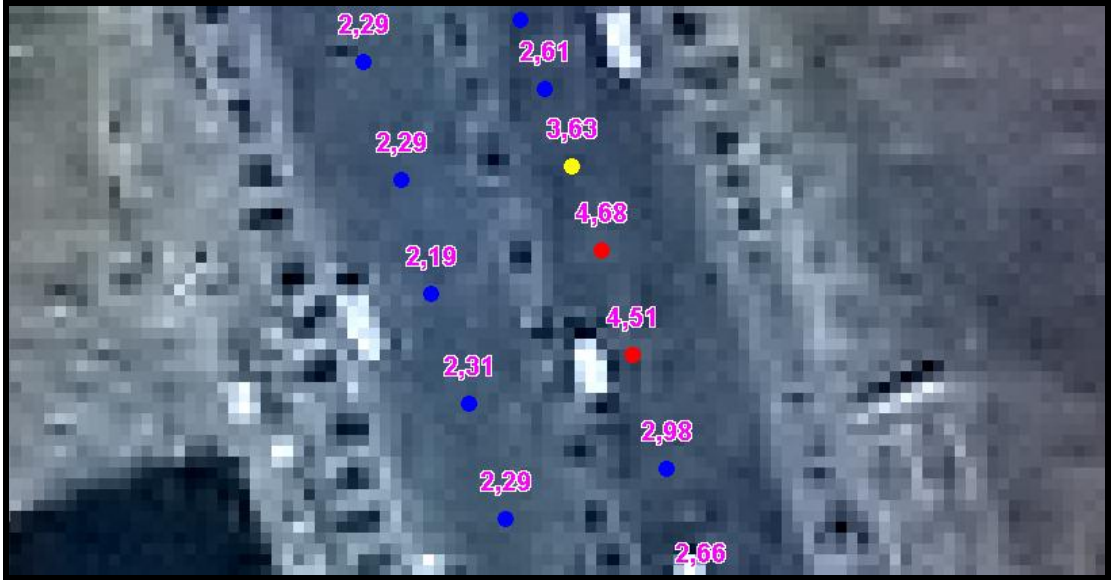


Şekil 4.26. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 7.bölge Park Orman Girişi Honda Bayi Civarı

Şekil 4.28’de Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.27’de ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 8.bölge karşılaştırılması (Polat Sitesi kavşağı)



Şekil 4.27. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 8.bölge Polat Sitesi Kavşağı

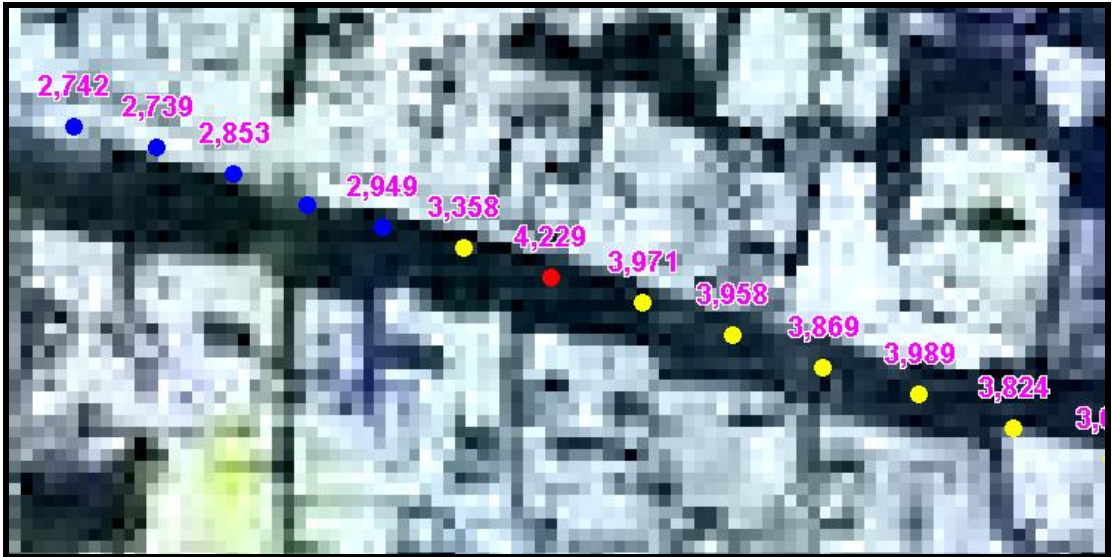


Şekil 4.28. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 8.bölge Polat Sitesi Kavşağı

Şekil 4.30'da Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.29'da ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 9.bölge karşılaştırılması (Girne Caddesi)



Şekil 4.29. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 9.bölge Girne Caddesi

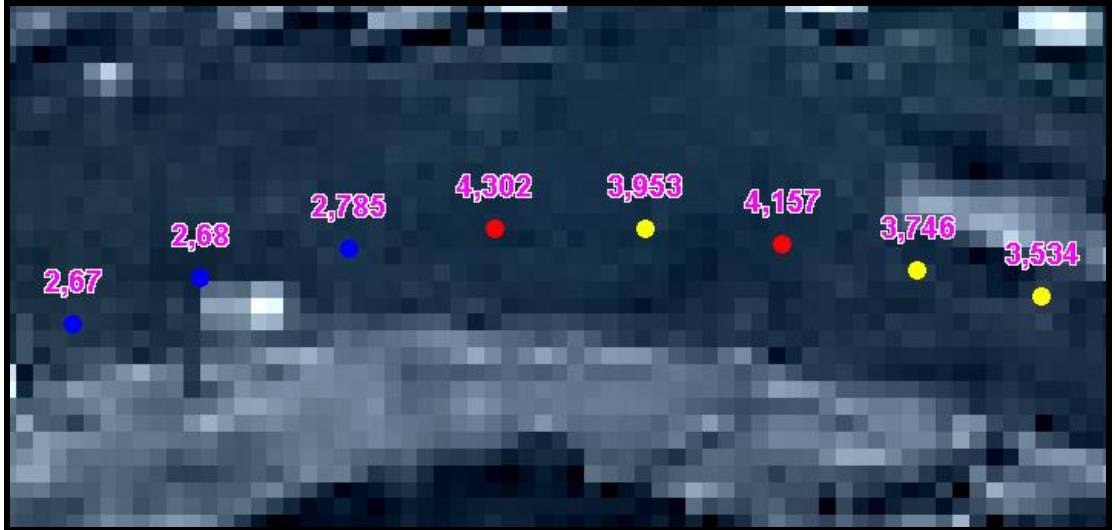


Şekil 4.30. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 9.bölge Girne Caddesi

Şekil 4.32’de Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.31’de ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 10.bölge karşılaştırılması (Kervansaray Oteli Civarı)

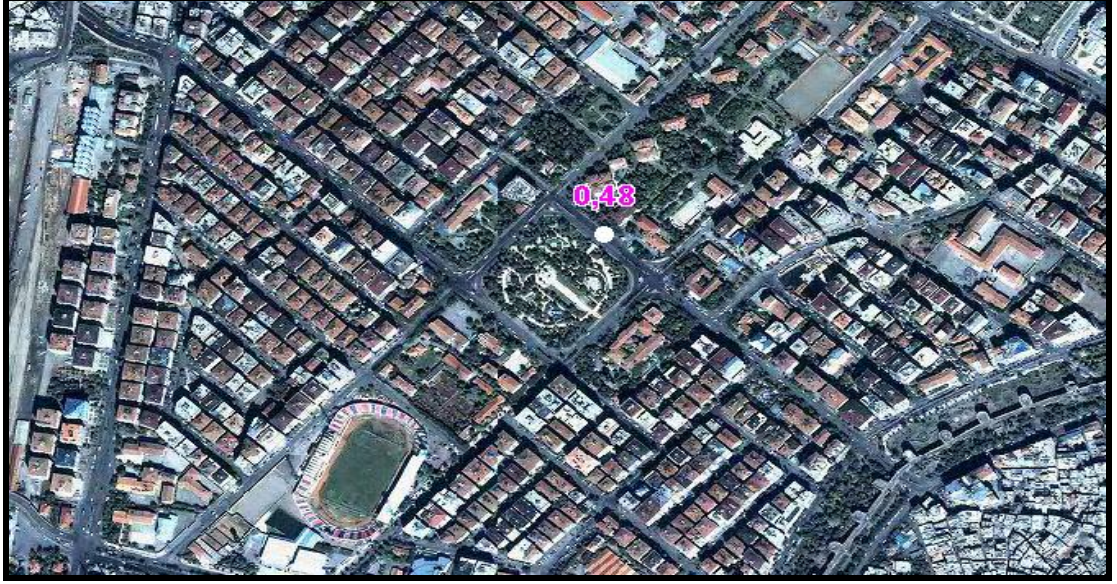


Şekil 4.31. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 10.bölge Kervansaray Oteli Civarı

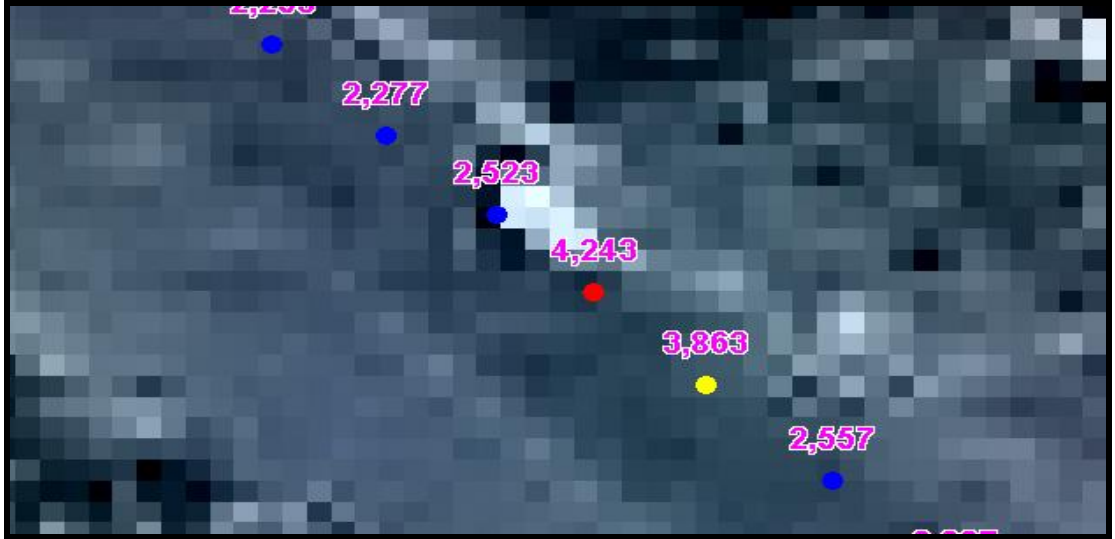


Şekil 4.32. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 10.bölge Kervansaray Oteli Civarı

Şekil 4.34'te Drive Test Yöntemi ile alınmış ve Şekil 4.33'te ise Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile alınmış ölçüm sonuçlarının 11.bölge karşılaştırılması (Karayolları Bölge Müdürlüğü önü Anıt Park Civarı)



Şekil 4.33. Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile ölçümü alınmış 11.Bölge Karayolları Bölge Müdürlüğü Önü Anıt Park Civarı



Şekil 4.34. Drive Test Yöntemi ile ölçümü alınmış 11.bölge Karayolları Bölge Müdürlüğü önü Anıt Park Civarı

4.2. DÜŞÜK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜM SONUÇLARI

Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümleri alınırken EHP-50C cihazı yerden 170 cm yüksekliğe konulmuştur. Her ölçüm sırasında 6 dakikalık zaman dilimi dikkate alınmış olup rms peak değeri ölçüm sonucu olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca 60 cm yüksekliğinde bir destek üzerine EHP-50C yerleştirilerek yüksek gerilim hattının altında 60 dakika boyunca elektrik alan değerleri kaydedilmiştir ve yine aynı şekilde 60 dakika boyunca da manyetik alan değerleri log şeklinde kaydedilmiştir.

Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümleri Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile 12-17 Haziran 2010 tarihleri arasında alınmıştır. Düşük frekanslı elektromanyetik alan ölçümleri Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun yayınlamış olduğu en güncel ölçüm yöntemlerine uygun şekilde yapılmıştır.

Yüksek, orta ve alçak gerilim hatları ölçülürken genellikle elektrik alan değeri ölçülmüştür. Fakat şehir merkezinde insanların yaşam alanlarının çok yakınından geçen orta gerilim hatlarının hem elektrik alan hem de manyetik alan değerleri ölçülmüştür. Havai tip trafoların, yer tipi trafoların, trafo dağıtım merkezlerinin, şalt sahalarının ise manyetik alan değerleri ölçülmüştür. ICNIRP'nin belirlemiş olduğu limit değerleri ile düşük frekanslı ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Halk maruziyet limitlerini aşan ölçüm sonuçları çizelge 4.2 ve çizelge 4.3'teki gibi kalın rakamlar ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Düşük Frekans Ölçüm Sonuçları-1

İndeks	Ölçüm Adresi	Ölçüm Koordinatı	Ölçülen Elektromanyetik Alan Kaynakları	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)
1	ÜÇKUYU TOKİ GİRİŞİ DİYARBAKIR	37°59'25.10"N 40°09'20.90"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI VE ORTA GERİLİM HATTI	3512,5	
2	ÜÇKUYU TOKİ 4. ETAP CG2 BLOK YANI DİYARBAKIR	37°59'30.90"N 40°09'17.90"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI VE ORTA GERİLİM HATTI	6042,5	
3	ÜÇKUYU HAMRAVAT İL KÖĞRETİM OKULU DİYARBAKIR	37°59'36.90"N 40°09'17.90"E	TEDAŞ KÖK BİNASI, YÜKSEK GERİLİM HATTI VE ORTA GERİLİM HATTI		70,9
4	ÜÇKUYU TOKİ İÇİ ANA YOL DİYARBAKIR	37°59'34.00"N 40°09'05.00"E	ORTA GERİLİM HATTI	747,4	
5	DİCLEKENT BULVARI NİL KOLEJİ KÖŞESİ DİYARBAKIR	37°56'31.90"N 40°11'12.10"E	TEDAŞ KÖK BİNASI		2,2
6	DİCLEKENT BULVARI NİL KOLEJİ YANI DİYARBAKIR	37°56'31.31"N 40°11'13.10"E	ORTA GERİLİM HATTI VE ALÇAK GERİLİM HATTI	86,9	
7	DİCLEKENT BULVARI VALİ GÖKHAN AYDINER OKULU DİYARBAKIR	37°56'22.90"N 40°11'22.60"E	TEDAŞ KÖK BİNASI VE HAVAİ TİP TRAFİ		2,6
8	DİCLEKENT BULVARI VALİ GÖKHAN AYDINER OKULU KARSISI DİYARBAKIR	37°56'23.00"N 40°11'24.30"E	HAVAİ TİP TRAFİ		0,9
9	HUZUREVLERİ 43. SOKAK DİYARBAKIR	37°56'17.90"N 40°11'40.00"E	HAVAİ TİP TRAFİ		0,2
10	DR.SITKI GÖRAL CAD 14. SOKAK KAYAPINAR DİYARBAKIR	37°56'13.90"N 40°11'40.60"E	HAVAİ TİP TRAFİ		0,3
11	KAYAPINAR KÜLTÜR MERKEZİ DİYARBAKIR	37°56'9.00"N 40°11'37.20"E	ORTA GERİLİM HATTI VE ALÇAK GERİLİM HATTI	124,6	
12	TEDAŞ TRAFİ DAĞITIM MERKEZİ YANI GÜRDOĞAN MAH 520 SOKAK DİYARBAKIR	37°56'23.00"N 40°13'06.60"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI	801,1	
13	TEDAŞ TRAFİ DAĞITIM MERKEZİ YANI GÜRDOĞAN MAH 509 SOKAK BİR EVİN TERASI DİYARBAKIR	37°56'23.60"N 40°13'8.20"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI	2036	
14	TEDAŞ TRAFİ DAĞITIM MERKEZİ SİLVAN YOLU KESİŞİMİ DİYARBAKIR	37°56'23.60"N 40°13'10.40"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI	5865,7	
15	DİCLE ÜNİVERSİTESİ ELK- ELKTRONİK MÜH. BÖLÜMÜ GİRİŞİ DİYARBAKIR	37°54'57.90"N 40°16'31.60"E	ORTA GERİLİM HATTI	113,4	

Çizelge 4.3. Düşük Frekans Ölçüm Sonuçları-2

İndeks	Ölçüm Adresi	Ölçüm Koordinatı	Ölçülen Elektromanyetik Alan Kaynakları	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)
16	DİCLE ÜNİVERSİTESİ LOJMANLARI KARŞISI DİYARBAKIR	37°55'29.20"N 40°16'42.70"E	HAVAİ TİP TRAFÖ		0,024
17	DİCLE ÜNİVERSİTESİ ZİYA GÖKALP ÖĞRENCİ YURDU ÖNÜ DİYARBAKIR	37°55'39.30"N 40°15'32.20"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI	3925	
18	DİCLE ÜNİVERSİTESİ SİLVAN YOLU GİRİŞİ	37°56'3.70"N 40°16'36.60"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI VE ORTA GERİLİM HATTI	1463,8	
19	SEYRANTEPE TOPLUKONUT 1.CADDE TRAFÖ DAĞITIM MERKEZİ KÖŞESİ DİYARBAKIR	37°56'24.60"N 40°12'56.40"E	TEDAŞ TRAFÖ DAĞITIM MERKEZİ	4543	
20	TEDAŞ TRAFÖ DAĞITIM MERKEZİ YANI TEK KATLI EVİN TERASI	37°56'25.30"N 40°12'57.50"E	TEDAŞ TRAFÖ DAĞITIM MERKEZİ VE YÜKSEK GERİLİM HATTI	9902,5	
21	KAYAPINAR KÜLTÜR MERKEZİ YER TİPİ TRAFÖ DİYARBAKIR	37°56'7.90"N 40°11'36.00"E	YER TİPİ TRAFÖ		1,31
22	GAZİLER HALI SAHA YANI TEDAŞ KÖK BİNASI DİYARBAKIR	37°56'6.70"N 40°10'15.80"E	TEDAŞ KÖK BİNASI		1,67
23	PARK ORMAN YER TİPİ TRAFÖ DİYARBAKIR	37°56'08.50"N 40°11'35.00"E	YER TİPİ TRAFÖ		1,02
24	KAYAPINAR BELEDİYE GARAJI YANI TEDAŞ KÖK BİNASI DİYARBAKIR	37°56'20.00"N 40°10'19.90"E	TEDAŞ KÖK BİNASI		0,3
25	SERİNEVLER SİTESİ YER TİPİ TRAFÖ BAĞLAR DİYARBAKIR	37°55'36.60"N 40°10'24.00"E	YER TİPİ TRAFÖ		0,63
26	SEYRANTEPE TEİAŞ DAĞITIM MERKEZİ ŞALT SAHASI YANI YÜKSEK GERİLİM HATTI ALTI	37°56'23.50"N 40°12'58.10"E	YÜKSEK GERİLİM HATTI	3751,9	
27	SEYRANTEPE TEİAŞ DAĞITIM MERKEZİ LOJMANLARI E BLOK YANI	37°56'22.80"N 40°12'57.70"E	ŞALT SAHASI	69	
28	SEYRANTEPE TEİAŞ DAĞITIM MERKEZİ LOJMANLARI G BLOK YANI	37°56'24.60"N 40°13'00.70"E	ŞALT SAHASI	112	
29	NUKHET COŞKUN CAD. 743.SOK NO=1	37°55'13.04"N 40°12'32.32"E	ORTA GERİLİM HATTI VE ALÇAK GERİLİM HATTI	1846,9	250,82
30	NUKHET COŞKUN CAD. 739.SOK NO=2	37°55'16.60"N 40°12'34.00"E	ORTA GERİLİM HATTI VE ALÇAK GERİLİM HATTI	1753,1	236,83

Çizelge 4.2 ve 4.3'te görüldüğü gibi indeks 1, 4, 6, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 26, 27, 28 nolu noktalarda yapılan düşük frekanslı elektrik alan ölçümlerinde ölçüm sonuçlarının ICNIRP'nin halk maruziyeti için belirlemiş olduğu 5000 V/m limitinin altında olduğu görülmüştür.

Tedaş kök binasının, yer ve havai tip trafoların manyetik alan değerleri ölçülmüştür. Genellikle yer ve havai tip trafoların manyetik alan değerleri birkaç A/m seviyelerinde çıkmıştır. 3 nolu indeks'te ölçülen 70,9 A/m değerinin yüksek çıkmasının nedeni bu noktada hem yüksek gerilim hattının hem de orta gerilim hattının bu yerden geçmesi diye düşünülmektedir.

Trafo dağıtım merkezleri civarında elektrik alan değerleri nispeten yüksek çıkmaktadır. Bu bölgelere yakın yerleşim yerlerinin bulunmaması gerekmektedir.

İndeks 2, 14, 20 nolu noktalarda özellikle yüksek gerilim hatlarının yaşam alanlarına çok yakın geçtiği için bu noktalarda elektrik alan değerleri ICNIRP'nin halk maruziyeti için belirlemiş olduğu 5000 V/m limitinin üzerinde olduğu ölçülmüştür.

Alçak gerilim hatlarında yapılan ölçümlerde ölçüm sonuçlarının limit değerlerin çok altında oldukları gözlemlenmiştir.

Orta gerilim hatlarının ölçümünde elektrik alan değerlerinin limit değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Fakat özellikle Bağlar ilçesinde yerleşim yerlerinin çok yakınından geçen orta gerilim hatlarının manyetik alan değerleri ICNIRP'nin halk maruziyeti için belirlemiş olduğu 80 A/m limitinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.3'te 29 ve 30 nolu indekslerde görüldüğü gibi.

Şekil 4.35'te görüldüğü gibi Bağlar İlçesinde bir evin çok yakınından geçen orta gerilim hattı görülmektedir.

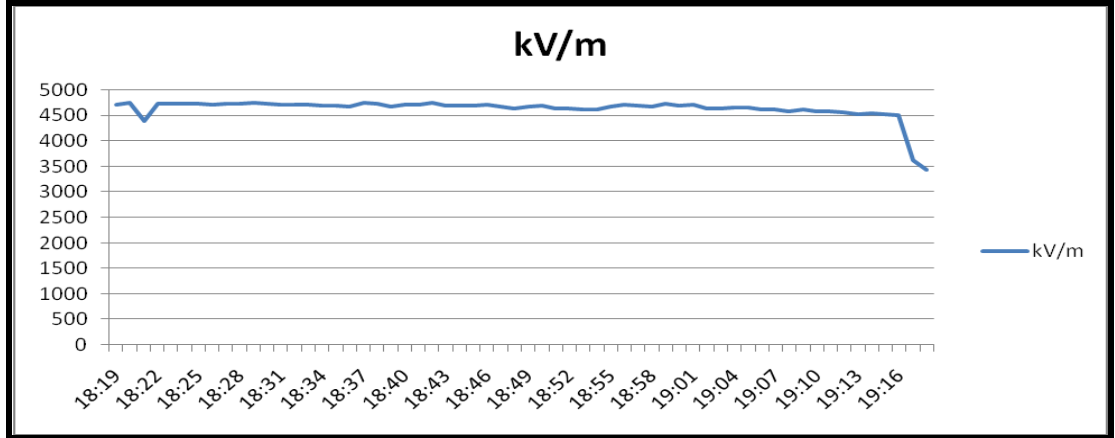


Şekil 4.35. Yaşam alanının çok yakınından geçen orta gerilim hattı

Yüksek gerilim hatlarının mümkün olduğu kadarıyla şehir merkezlerinden geçirilmemesi gerekmektedir. Ayrıca yüksek gerilim hatlarının hemen altında yapılan tapusuz gecekondu yerleşimlerinin ıslah edilmesi gerekmektedir. 20 indeks nolu noktanın tedaş dağıtım merkezine yakınlığı ve yüksek gerilim hattının hemen altında olması nedeniyle limit değerinin çok üzerinde elektrik alan değeri ölçülmüştür. Bu noktanın tapusuz olduğu ve Tedaş'ın istimlak ettiği bölgede olduğu anlaşılmıştır.

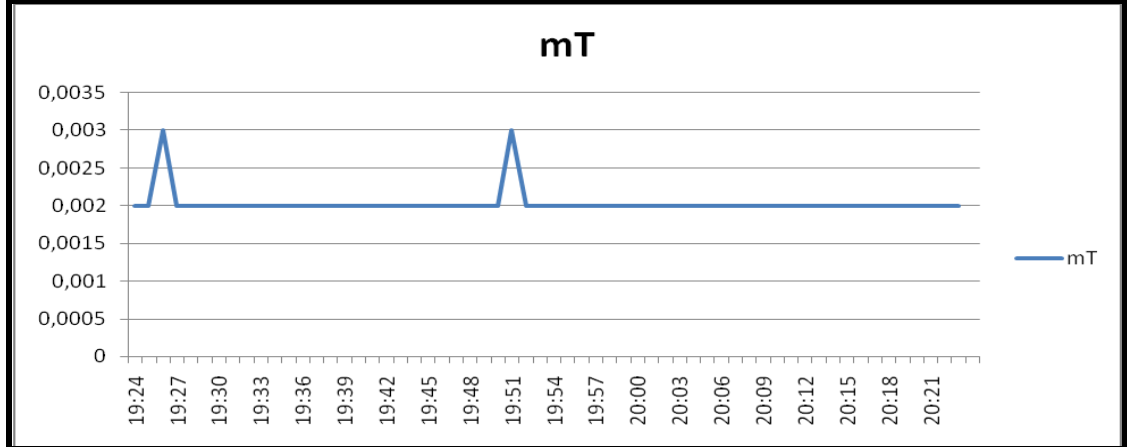
2 ve 14 nolu indeks noktalarının elektrik alan değerleri limit değerlerinin üzerinde ölçülmüştür. Bu yerlerin halka açık noktalar olması nedeniyle sorunun çözümü için tedbir alınması gerekmektedir.

4.2.1. Elektrik ve Manyetik Alan Kayıtlarının Değerlendirilmesi



Şekil 4.36. Bir Yüksek Gerilim Hattının 60 dakikalık Elektrik Alan Kaydı

Şekilde 4.36’da görüldüğü gibi bir yüksek gerilim hattının altında yapılan 60 dakikalık kayıt sonucunda elektrik alan değerleri dakika dakika kaydedilmiştir. Bu kayıtlar sonucunda elektrik alan değerlerinde dalgalanma olduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. Bir Yüksek Gerilim Hattının 60 dakikalık Manyetik Alan Kaydı

Şekil 4.37’de görüldüğü gibi bir yüksek gerilim hattının altında yapılan 60 dakikalık kayıt sonucunda manyetik alan değerleri dakika dakika kaydedilmiştir. Bu kayıtlar sonucunda manyetik alan değerlerinde çok az bir değişim olduğu bunun dışında genel itibari ile değerlerde değişim olmadığı analiz edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Diyarbakır İl Merkezinde yüksek ve düşük frekans kaynaklı elektrik ve manyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Yüksek frekanslı elektrik alan ölçümünde daha önceki çalışmalardan farklı olarak Drive Test Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile herhangi bir yerleşim yerinin elektrik alan değeri kısa sürede hızlı bir şekilde ölçülmekte ve ortamdaki elektromanyetik alan kirliliği hakkında bir fikir edinilmektedir. Elektrik alan değerinin yüksek çıktığı yerlerde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi ile de ölçümler yapılmıştır. Böylece iki farklı ölçüm tekniği ile ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Düşük frekans kaynaklı elektrik ve manyetik alan ölçümlerinde Manuel Ölçüm Alma Yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan ölçüm sonuçlarında yüksek frekans kaynaklı elektrik alan değerlerinin ICNIRP'nin belirlemiş olduğu halk maruziyet limitlerini aşmadığı görülmüştür. Ancak hergeçen gün artan baz istasyonları, tv vericileri, radyo vericileri v.s gibi yüksek frekanslarda elektromanyetik alan yayan cihazların sayısı artmakta ve yaşadığımız ortama daha fazla elektromanyetik kirlilik katmaktadır. Dolayısıyla bu ölçümlerin sürekli yapılması ve limit değerlerinin aşıldığı durumlarda ilgili yerlere bilgi verilmesi gerekmektedir.

Yüksek frekanslı elektrik alan ölçüm sonuçları dijital uydu haritası üzerinde gösterilerek Diyarbakır İl Merkezindeki herhangi bir bölgenin herhangi bir noktasındaki elektromanyetik alan kirliliği görsel olarak değerlendirilmiştir.

Düşük frekans kaynaklı elektromanyetik alan ölçümlerinde ICNIRP'nin belirlemiş olduğu halk maruziyet limit değerlerini aşan yerlerin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle yüksek gerilim hatlarının yaşam alanlarının çok yakınından

geçtiği noktalarda elektrik alan değerinin 9902 V/m kadar yükseldiği ölçülmüştür. Bu yerlerin ivedi bir şekilde düzeltilmesi gerekmektedir. Eğer mümkün ise yüksek gerilim hatlarının geçmiş olduğu halka açık yerlerin değiştirilmesi veya bu yerlerin halka kapalı tutulması gerekmektedir. Özellikle yüksek gerilim hatlarının okul, sağlık ocakları, çocuk esirgeme yurtları gibi yerleşim yerlerinin üzerinden veya çok yakınından geçmemesi gerekmektedir.

Diyarbakır İl Merkezinde yerleşim yerlerinin birbirine çok yakın olduğu noktalarda özellikle Bağlar İlçesinde orta gerilim hatlarının bazı konutlara çok yakın geçtiği görülmüştür. Bu konutların bazılarında yapılan ölçümlerde manyetik alan değerlerinin ICNIRP'nin belirlemiş olduğu halk maruziyet limit değerlerini aştığı ve manyetik alan değerinin 250 A/m kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bununla ilgili olarak orta gerilim hatlarının yer altına alınması önerilmektedir.

İnsanların yaşamış olduğu tüm yerleşim merkezlerinde periyodik olarak elektromanyetik alan ölçümleri yapılmalı ve ölçüm sonuçlarının ICNIRP'nin belirlemiş olduğu maruziyet limitlerini aşmadığından emin olunmalıdır.

Üniversitelerde, okullarda ve tüm eğitim merkezlerinde elektromanyetik alandan korunma yöntemleri ile ilgili konferanslar düzenlenmeli, eğitimler verilmeli ve bu konular ile ilgili güncel çalışmalar hakkında ilgili kişilere doğru bilgiler verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Paolino, L. *Monitoring Electromagnetic Pollution: A GIS-Based Visual Approach*, Italy, **2001**
2. Bertocco, M. *A Measurement System for the Evolution of Environmental Electromagnetic Field*, USA, **2002**
3. Saitoh, H. *GPS Synchronized Measurement Applications in Japan*, Japan, **2002**
4. Bornkessel, Chr. *Measurement and Calculation of General Public Electromagnetic Exposure Around GSM and UMTS Cellular Base Stations*, Germany, **2003**
5. Radovic, D. *System For Automatic Measurement of Signal Level in GSM 900/1800 Channel with GPS Localization*, Bulgaria, **2004**
6. Henderson, S.I. *Survey of RF Exposure Levels from Mobile Telephone Base Stations in Australia* *Survey of RF Exposure Levels from Mobile Telephone Base Stations in Australia*, Australia, **2005**
7. Önal, E. *Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi*, **2005**, Malatya
8. Elhasoğlu, D. *Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri*, **2006**, Adana
9. Yürekli, A.İ. *Biological Effects of Electromagnetic Fields at Mobile Telecommunication Frequencies*, **2006**, İstanbul
10. Tekintanğaç, Y. *Cep Telefonları Tarafından Oluşturulan Elektromanyetik Alanın Kobay EKG'si Üzerine Etkisi*, **2006**, Van
11. İnce, T. *Elektromanyetik Kirlilik*, 2007, Ankara

12. Çerezci, O. *Bursa Nilüfer İlçesi Elektromanyetik Kirlilik Raporu*, **2007**, Adapazarı
13. İlhan, M.N. *Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi*, **2008**, Ankara
14. Uygunol, O. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla GSM Baz İstasyonlarında Elektromanyetik Alan Kirlili Tespiti ve Konya Örneği, **2009**, Konya
15. Dinçer, H. *RF Dielektrik Kaynak Makinesi Ortamında EM Işınım*, *Kocaeli*, **2009**
16. Genç, Ö. *Radyo Frekanslarında Elektromanyetik Kirliliğe GSM Bantlarının Etkisinin İstatistiksel Analizi*, **2010**, Konya
17. ICNIRP – *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100Khz). Bernard JH etal, eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection* ,**2003**, (ICNIRP 13/2003)
18. Lindbohm, M-L. ; Hiatanen, M. ; Kyyrönen, P. et al, *Magnetic Fields of Video Display terminals and Spontaneous Abortion. Am J Epidemiol* , **1992**, 136:1041-51
19. Schnorr, TM.; Grajewski, BA.; Hormung RW., et al, *Video Display Terminals and the Risk of Spontaneous Abortion. N Engl J Med*, **1991**; 324:727-33

20. Feychting, M.; Ahlbom, A, *Magnetic Field, Leukemia and Central Nervous System Tumor in Swedish Adults Residing Near High Voltage Power Lines, Epidemiology* 5, **1996**
21. Milham, S., *Mortality from Leukemia in Workers Exposed to Electrical and Magnetic Fields., N. Eng. J. Med,* **1982**, 307:249
22. Sobel, E.; Davanipour, Z., *Elevated Risk of Alzheimer's Disease Among Workers with likely Electromagnetic Field Exposure, Neurology,* **1996**, 1594:1600
23. Tenforde, T., *Biological Interaction of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields , New York,* **1996**
24. Cohen, B., *Influence of Microwave Radiation on Hematopoietic System, Baltimore Case control study,* **1977**
25. Rothman, KJ., *Overall Mortality of Cellular Telephone Customers., Epidemiology,* **1996**, 7:303-305
26. Ramsey, J.;Kwon, Y., *Simplyfied Decision Rules for Predicting Performance Loss in the Heat,* **1988**
27. Tofani, S., *Wideband Electromagnetic Wave Absorber with Thin Magnetic Layers, Broadcasting,* **1994**, 40:219-222
28. Michaelson, SM., *Thermoregulation in Intense Microwave Fields, Academic Press, New york,* **1983**, 283-295
29. Guy, AW., *Acute Microwave Irradiation and Cataract Formation in Rabbits and Monkeys, HEW publication,* **1975**, 49-60

30. Postow, E.;Swicord, ML., *Modulated Fields and Window effect, FL, 1996,*
535-580
31. Bawin, SM., *Effects of Modulated VHF Fields on the Central Nervous System, Plenum Publishing Corporation, New York, 1974*
32. Repacholi, MH., *Who's International EMF Project and Results So Far, Bioelectromagnetics, 1998*
33. Stuchly, MA.; Xi, W., *Modelling Induced Current in Biological Cells Exposed to Low Frequency Magnetic Fields, LOP Publishing, Canada, 1994*
34. ICNIRP – *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100Khz-300Ghz). Vecchia P. et al, eds. ,International Commission on Non-ionizing Radiation Protection ,2009, ICNIRP 16/2009*
35. Schüz,J. *Residential Magnetic Fields as a Risk Factor for Childhood Acute Leukaemia Results from a German Population-based case-control Study, Int J. Cancer 91:728-735,Germany, 2001*
36. Rivard,C. *Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia, J.E. Epidemiology 14(4):437-441,Canada, 2003*
37. Klæboe,L. *Residential and occupational exposure to 50 Hz magnetic fields and brain tumors in Norway:a population-based study, Int J. Cancer 115;137-141,Norway, 2005*

38. Villeneuve, PJ. *Brain Cancer and Occupational Exposure to Magnetic Fields Among Men:Result From Canadian Population-based case-control Study*, Int J. Epidem 31:210-217, **2002**
39. Tynes, T. *Residential and Occupational Exposure to 50 Hz Magnetic Fields and Hematological Cancers in Norway*, *Cancer Causes Control* Oct:14(8):715-20., Norway, **2003**
40. Anders, A. *Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health*, Environmental Health Perspectives 109(6) Dec., 2001
41. www.narda-sts.de
42. www.garmin.com
43. Şeker, ŞS.; Çerezci, O., *Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri, Güvenlik Standartları ve Koruma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul 1991*

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mustafa CANSIZ

Doğum Yeri: Diyarbakır

Doğum Tarihi: 20.07.1976

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise: Fatih Lisesi (1994) / Diyarbakır

Lisans: Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
(1997–2002) / Trabzon.

Çalıştığı Kurum/ Kurumlar:

Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.

Hücre Planlama ve Optimizasyon Mühendisi (2005–2009) Diyarbakır.

Ematell Telekom Ltd. Şti

Şirket Yöneticisi (2009-)