



**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Demet ELHASOĞLU

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞİN ZARARLI ETKİLERİ

FİZİK ANABİLİM DALI

EYLÜL, 2006

ADANA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞİN ZARARLI ETKİLERİ

Demet ELHASOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

**Bu Tez 21/09/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

İmza.....

İmza.....

Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ Prof. Dr. Bekir ÖZÇELİK Prof. Dr. Osman SERİNDAĞ

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİĞİN ZARARLI ETKİLERİ

Demet ELHASOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ

Yıl 2006, Sayfa:122

Jüri : Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ

Jüri: Prof. Dr. Bekir ÖZÇELİK

Jüri: Prof. Dr. Osman SERİNDAĞ

Günümüzde elektromanyetik alanların hücre ve doku sistemleri üzerindeki biyolojik etki mekanizmasını incelemek üzere pek çok çalışma yapılmaktadır. 50-60 Hz'de kuvvetli alanlar içerisinde uzunca bir süre yaşamak zorunda olan insan, hayvan ve bitkilerdeki olası fizyolojik ve biyolojik etkileri belirlemek amacı ile hem deneysel hem de epidemiyolojik çalışmalar yapılmaktadır.

Biz bu çalışmamızda, elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalan kişilerin sağlık problemlerini saptamak amacı ile 11 soruluk bir anket hazırladık. Yüksek gerilim hatlarına yakın ve uzak oturan 93 aileden 265 kişiye anketimizi uyguladık. Anketlere verilen yanıtlar SPSS paket programı ile değerlendirildi. 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 değerlendirilerek istatistiksel oranlar incelenmiştir. Analizler sonucunda bazı rahatsızlıkların oluşumunda yüksek gerilim hatlarından yayılan EMA'nın etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan, insan sağlığı, anket tekniği

ABSTRACT

Msc THESIS

HAZARDS OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION

Demet ELHASOĞLU

DEPARTMENT OF PHYSICS

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ

Year, 2006, Page:122

Jury: Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ

Jury: Prof. Dr. Bekir ÖZÇELİK

Jury: Prof. Dr. Osman SERİNDAĞ

Currently, there are many studies to understand how the electromagnetic fields effect cells and tissues of biological systems. There are a lot of experimental and epidemiological studies about possible physiologic and biologic effects of 50-60 Hz power frequency fields on the human, animal and plants that are exposed to those fields, for a long time.

In our study, we developed a questionnaire which include 11 questions, to explore the health problems of the people who are exposed to electromagnetic fields for along time. The questionnaire have been applied to 93 families who live close (up to 30 meters) to or far from the high voltage power lines. In every family, there have been more than one person hence, our work includes 265 questioned people. The answers have been analysed by using SPSS program for age and living time variables. After that, the results have been statistically evaluated about headache, articulation ache, neurological problems, hearth problems, upper respiratory infections, blood pressures, sleep problems, with special attention on the age and duration of living in a specific house. The results of the analysis showed us that, some of the health problems could be ocured because of the EMR radiated by high power lines.

Key Words: Electromagnetic fields, human health, questionnaire technique

TEŞEKKÜR

Danışmanım sayın Prof. Dr. Kerim KIYMAÇ Bey'e, yıllar sonra tekrar, beni öğrencisi olarak kabul ettiği ve çalışmanın gelişmesinde bana rehberlik ettiği için teşekkür ederim. Ayrıca Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Sn. İlker ÜNAL'a sonuçların analizinde yaptığı yardımlardan ötürü minnet ve teşekkürlerimi arz ederim. Anketlerin uygulanması sırasında, fedakarlık gösterip, bana eşlik eden sevgili arkadaşım Emel BAYGÜNDÜZ'e teşekkür ederim. Son olarak tez çalışmama başlamamda bana cesaret veren eşim Aziz ELHASOĞLU'na ve çalışmalarım boyunca yaşının üzerinde olgunluk gösteren oğlum Arca ELHASOĞLU'na çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER.....	VII
ŞEKİLLER.....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	X
1-GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3.MATERYAL VE METOD.....	11
3.1.Elektromanyetik Alanların Genel Özellikleri	11
3.1.1. Çevre Elektromanyetik Alanları.....	12
3.1.1.1. Doğal Alanlar.....	12
3.1.1.2.Yapay Alanlar.....	13
3.1.1.2.(1). Elektrikli Ev Aletlerinden Kaynaklanan Alanlar	13
3.1.1.2.(2). Yüksek Gerilim Hatları ve Oluşturdukları Alanlar.....	15
3.2. Bilimsel Temel.....	16
3.2.1. Coulomb Yasası.....	17
3.2.2 Gauss Yasası.....	20
3.2.3Akım Taşıyan İletken Üzerindeki Kuvvet.....	21
3.2.4. Yüklerin Elektromanyetik Alanlarda Hareketi.....	22
3.2.5. Manyetik Alan ve Akım Halkası.....	23
3.2.6. Amper Yasası.....	24
3.2.7. Manyetizmanın Gauss Yasası.....	25
3.2.8. Faraday Yasası.....	26
3.2.9. Maxwell Denklemleri.....	27
3.2.10. Radyasyon Basıncı.....	28

3.2.11. Elektrik Akımının Çeşitleri.....	30
3.2.12. Elektromanyetik Alanlarda Sınır Koşulları.....	31
3.2.13. Farklı Ortam ve Malzemelerde Sınır Koşulları.....	36
3.2.14. Elektromanyetik Alanların Bir Düzlemden Yansıması ve Kırılması:	40
3.3. Elektromanyetik Dalgaların Yayılması.....	41
3.3.1. EM Radyasyon ile EM Alanlar Arasındaki Fark.....	42
3.4. EM Kaynakların Biyolojik Etkileri.....	42
3.4.1. Elektromanyetik Alan İçerisinde Doku.....	45
3.4.1.1. Dokunun Elektriksel Özelliği.....	45
3.4.1.2. Fiziksel Etkileşim Mekanizması.....	47
3.4.1.3. Elektromanyetik Alanlarda Güç Soğurma.....	50
3.5. Cep Telefonlarının İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	61
3.6. Metod.....	69
3.6.1. Araştırmanın Tanımı.....	69
3.6.2. Varsayımlar.....	70
3.6.3. Kapsam.....	70
3.6.4. Yöntem.....	70
3.6.5. Değerlendirme.....	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	73
4.1. Giriş.....	73
4.2. İstatistiksel Bulgular.....	73
4.2.1. Rahatsızlıkların Yaşa Göre Değerlendirilmesi.....	73
4.2.1.1. Baş Ağrısı Yönünden Bulgular.....	74
4.2.1.2. Eklem Ağrıları Yönünden Bulgular.....	77
4.2.1.3. Sinir Bozukluğu Yönünden Bulgular.....	79
4.2.1.4. Kalp Rahatsızlığı Yönünden Bulgular.....	81
4.2.1.5. Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları Yönünden Bulgular.....	84
4.2.1.6. Tansiyon Rahatsızlığı Yönünden Bulgular.....	86
4.2.1.7. Uyku Bozukluğu Yönünden Bulgular.....	88
4.2.2. Rahatsızlıkların Oturma Süresine Göre Değerlendirilmesi.....	90
4.2.2.1. Baş Ağrısı Yönünden Bulgular.....	90

4.2.2.2. Eklem Ağrıları Yönünden Bulgular.....	92
4.2.2.3. Sinir Bozukluğu Yönünden Bulgular.....	93
4.2.2.4. Kalp Rahatsızlığı Yönünden Bulgular.....	94
4.2.2.5. Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları Yönünden Bulgular.....	96
4.2.2.6. Tansiyon Rahatsızlığı Yönünden Bulgular.....	97
4.2.2.7. Uyku Bozukluğu Yönünden Bulgular.....	99
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	114
EKLER.....	115

ÇİZELGELER

SAYFA

Çizelge 3.1. Kas dokusuna ait elektriksel özellikler.....	50
Çizelge 3.2. Kemik ve yağ dokularına ait elektriksel özellikler.....	50
Çizelge 3.3. ELF’de çeşitli doku örneklerinin elektriksel iletkenlikleri.....	51
Çizelge.3.4. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler.....	58
Çizelge.3.5. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler.....	59
Çizelge.3.6. Kontrollü etkilenme için sınır değerler.....	60
Çizelge.3.7. GSM şebekeleri için önerilen limit değerler.....	60
Çizelge 4.1. Yaş gruplarının yakınlık ve uzaklığa göre dağılımı.....	69
Çizelge 4.2. Baş ağrısı sorununun yaş gruplarına göre dağılımı.....	70
Çizelge 4.3. “Baş ağrısı- yaş- yakınlık” analizinin Ki-kare testi sonuçları.....	71
Çizelge 4.4. Eklem ağrısı sorununun yaş gruplarına göre dağılımı.....	72
Çizelge 4.5. “Eklem ağrıları - yaş- yakınlık” analizinin Ki-kare testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.6. Sinir bozukluğu sorununun yaş gruplarına göre dağılımı.....	75
Çizelge 4.7. “Sinir bozukluğu - yaş- yakınlık” analizinin Ki-kare testi sonuçları....	76
Çizelge 4.8. Kalp rahatsızlığı sorununun yaş gruplarına göre dağılımı.....	77
Çizelge 4.9. “Kalp rahatsızlığı - yaş- yakınlık” analizinin Ki-kare testi sonuçları....	78
Çizelge 4.10.Üst solunum yolu enfeksiyonlarının yaş gruplarına göre dağılımı....	79
Çizelge 4.11.“Üst solunum yolu enfeksiyonları-yaş-yakınlık” analizi	80
Çizelge 4.12. Tansiyon rahatsızlığının yaş gruplarına göre dağılımı.....	82
Çizelge 4.13.“Tansiyon rahatsızlığı - yaş- yakınlık” analizi Ki-kare test sonuçları...82	
Çizelge 4.14. Uyku bozuklukları sorununun yaş gruplarına göre dağılımı.....	83
Çizelge 4.15. “Uyku bozuklukları - yaş- yakınlık” analizi Ki-kare test sonuçları....84	
Çizelge 4.16. Oturma süresinin yakınlık ve uzaklığa göre dağılımı.....	85
Çizelge 4.17. Baş ağrısı sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	86
Çizelge 4.18. “Baş ağrısı – oturma süresi- yakınlık” analizi Ki-kare test sonuçları..86	
Çizelge 4.19. Eklem ağrısı sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	87
Çizelge 4.20.“Eklem ağrısı–oturma süresi-yakınlık” analizi Ki-kare test sonuçları..88	
Çizelge 4.21. Sinir bozukluğu sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	88
Çizelge 4.22.“Sinir bozukluğu–oturma süresi-yakınlık” analizi Ki-kare sonuçları...89	

Çizelge 4.23. Kalp rahatsızlığı sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	90
Çizelge 4.24. “Kalp rahatsızlığı–oturma süresi- yakınlık” analizi Ki-kare sonucu.....	90
Çizelge 4.25. Üst solunum yolu enfeksiyonu-oturma süresi dağılımı.....	91
Çizelge 4.26. “Üst solunum yolu enfeksiyonu– oturma süresi- yakınlık” analizi.....	92
Çizelge 4.27. Tansiyon rahatsızlığı sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	93
Çizelge 4.28. “Tansiyon– oturma süresi- yakınlık” analizi Ki-kare sonuçları.....	93
Çizelge 4.29. Uyku bozukluğu sorununun oturma süresine göre dağılımı.....	94
Çizelge 4.30. “Uyku bozukluğu–oturma süresi-yakınlık” Ki-kare sonuçları.....	94
Çizelge 5.1. Hedef Rahatsızlıklar- Yüksek Gerilim Hatları ilişkisi.....	96

ŞEKİLLER

SAYFA

Şekil.3.1. Yüklü parçacığın oluşturduğu elektrik alan.....	18
Şekil.3.2. Düzgün elektrik alan içerisinde yüklü parçacığın yörüngesi.....	19
Şekil.3.3 Küresel gauss yüzeyinde noktasal yükün oluşturduğu alanın akısı.....	20
Şekil.3.4 Akım taşıyan iletken üzerindeki kuvvet.....	21
Şekil.3.5 Akım taşıyan düz bir telin etrafında oluşan manyetik alan halkaları.....	23
Şekil.3.6. Elektromanyetik dalga.....	25
Şekil.3.7 İki farklı ortamın arakesitinde alan vektörleri.....	29
Şekil.3.8 Düzlemsel bir yüzeyde yansıma ve geçme.....	37
Şekil.3.9 İki değişik malzemede elektrik alanları.....	47
Şekil 3.10. İnsan dokusunun öz direncinin frekans ile değişimi.....	52
Şekil 3.11. Yağ dokusunun dielektrik sabitinin su oranı ile değişimi.....	53
Şekil 3.12. Yağ dokusunda iletkenliğin su oranıyla değişimi.....	53
Şekil.3.13. ICNIRP sınır değerlerinin frekansla değişimi.....	62
Şekil 4.1. Baş ağrısı- yakınlık sütun grafiği.....	70
Şekil 4.2. Eklem ağrısı.- yakınlık sütun grafiği.....	72
Şekil 4.3. Sinir bozukluğu- yakınlık sütun grafiği.....	74
Şekil 4.4. Kalp rahatsızlığı- yakınlık sütun grafiği.....	77
Şekil 4.5. Üst solunum yolu enfeksiyonları- yakınlık sütun grafiği.....	79
Şekil 4.6. Tansiyon rahatsızlığı - yakınlık sütun grafiği.....	81
Şekil 4.7. Uyku bozukluğu - yakınlık sütun grafiği.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

h	:Karakteristik Empedans
l	:EMD'nin Dalga Boyu
w	:Açısal Frekans
e^t	:Bağıl Dielektriğin Reel Kısmı
e''	: Bağıl Dielektriğin Sanal Kısmı
e_r	:Bağıl Dielektrik
E_i	:Biyolojik Sistemin Herhangi Bir Noktasındaki İç Alan (Volt/m)
h_0	:Boş Uzayın Empedansı (377 ohm)
e_0	:Boşluğun Elektriksel Geçirgenliği
u_e	:Elektrik Alana Ait Ani Enerji Yoğunluğu
e	:Elektriksel Geçirgenlik ($C^2/Nm^2 - F/m - A^2s^4/kgm^3$)
\hat{k}	:EMA'nın Yayılma Yönündeki Vektör
b	:EMD'nin Yayılma (Propagasyon) Sabiti
a	:EMD'nin Zayıflama Sabiti
s	:İletkenlik Katsayısı
m_j	:İyon Hareketliliği
u_m	:Manyetik Alana Ait Ani Enerji Yoğunluğu
m	:Manyetik Geçirgenlik Katsayısı
\hat{m}	:Manyetik Moment
g	:Ortamin Yayılma (Propagasyon) Faktörü
m_0	:Serbest Uzayın Manyetik Geçirgenliği
u	:Toplam Anlık Enerji Yoğunluğu
r_s	:Yüzeysel Yük Yoğunluğu
EMA	:Elektromanyetik Alan
EMD	:Elektromanyetik Dalga

SAR :Radyasyona Maruz Kalan Vücutun, Birim Kütle Başına Soğurmuş Olduğu Güç, Özgül Soğurma Oranı (Specific Absorbtion Ratio) (watt/kg)

WHO :Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organizations)

RF :Radyo Frekansı

RFR :Radyo Frekans Radyasyonu

ICNIRP: Uluslar arası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

FCC :Federal Komünikasyon Komisyonu (Federal Communications Commission)

IEEE :Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

ANSI :Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standarts Institute)

TSE :Türk Standartları Enstitüsü

1.GİRİŞ

Elektromanyetik Radyasyonlar (EMR), dalga özellikli radyasyonlar olarak tanımlanır. Elektromanyetik radyasyonlar boşlukta yayılma özelliğine sahiptir. Bu tür dalgalar, dalga boyları ve frekansları ile tanımlanır. Tüm elektromanyetik dalgalar, boşlukta ışık hızına (3×10^8 m/s) eşit bir hızla yayılır. Dalga boyu son derece küçüldüğünde EMR, madde ile karşılaştığında, dalga olmaktan çok, bir enerji kümesi gibi davranır. Bu enerji kümelerine “kuantum” veya “ foton” denir. Bu tipteki EMR’ler, X ve gamma ışınlarıdır. Enerjileri çok yükselen bu ışınlar moleküllere çarptıklarında onları iyonlaştırarak, molekül yapısını, yani yaşamsal fonksiyonlarını bozar. Bu nedenle bu ışınlar “İyonlaştırıcı Elektromanyetik Radyasyon” şeklinde ifade edilir.

İyonlaştırabilen elektromanyetik ışınlar, hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımaktadır. DNA'nın zarar görmesi ise hücreleri öldürmektedir. Bunun sonucunda doku zarar görür. DNA'da çok az bir zedelenme, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olur.

Bir diğer EMR grubu ise iyonlaştırmayan elektromanyetik radyasyonlardır. Bu gruba giren dalga özellikli EMR’lar, az enerjiliden yüksek enerjiliye doğru, Radyo dalgaları, Mikro dalgalar, İnfrared radyasyon, Görünür ışınlar ve Lazer ışınları, Ultraviyole ışınları olmak üzere sıralanırlar. Dalga boyu olarak, insan vücut kalınlığı içine düşen mikro dalgalar ve altındaki ışınların (İnfrared radyasyon, görünür ışınlar ve lazer ışınları, Ultraviyole ışınları) insan vücuduna verdiği zararlar yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. Mikro dalgaların pişirme özelliği, İnfrared ışınlarının göz merceğine, Görünür ışınların göz dibine, Ultraviyole ışınlarının deriye verdiği zararlar artık kesinlikle bilinmektedir.

Bu gün üzerinde tartışılan konu, Radyo dalgalarının yarattığı zararlardır. Cep telefonlarının kullanım frekanslarının yükseltilmesi ve Dalga uzunluklarının (yaklaşık 15 cm), mikro dalga özelliği göstermesi, halkın bu tipteki radyasyonlar hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması rahatsızlıklar oluşturmuş; ülkemizde, cep telefonu pazarlayan şirket sayısının artması, çevrede kurulan baz istasyonlarının

sayısındaki artışlar ve düzensiz olarak her yere konuşlandırılması, denetimsizlik, bu tedirginliği giderek daha da arttırmıştır.

Cep telefonlarının ve baz istasyonlarının yaydığı radyasyonun insan dokularında oluşturduğu zararları, ısı etkisini, ifade etmek üzere ilgili kuruluşlar tarafından, “SAR (Spesifik soğurma hızı) değeri” kavramı ortaya atılmış ve yine aynı kuruluşlar tarafından standartlar belirtilmiştir. Temel standart olarak “ortalama insan vücut sıcaklığını 1°C arttıran EM enerji yutulmasının zararlı olduğu” kabul edilmiştir.

Diğer taraftan alternatif akımla çalışan bütün cihazların civarında veya üzerinden alternatif akım geçen yüksek gerilim hatlarının etrafında bir Elektromanyetik alan oluşmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar, EM alana maruz kalan deney hayvanlarında her türlü olumsuz etkiyi belirlemiştir. Ayrıca EM alana maruz kalan meslek grupları üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar, bu gruplarda Lösemi ve beyin kanseri ölümlerinin normal halktan anlamlı biçimde yüksek olduğunu göstermiştir. Burada ifade edilen manyetik alanlar, 50.000 Volt üzerinde alternatif akım taşıyan havai hatlar veya indirme merkezlerinde yapılan çalışmalardır. Daha düşük seviyeli etkilenmeler, örneğin saç kurutma makinesi veya cep telefonları EM alanının etkileri gibi, henüz epidemiyolojik araştırmalarla kesin olarak kanıtlanmamıştır.

Atmosferde; güneşin ve ayın günlük değişimlerinden kaynaklanan iyonosferik akımların oluşturduğu ve güneşin yoğun aktivitesinden kaynaklanan doğal kaynaklı manyetik alanlar mevcuttur. Zamana göre değişimi elektromanyetik spektrumda oldukça düşük frekans (ELF-Extremly Low Frequency:<300 Hz) aralığına giren bu manyetik alanların yanı sıra yüksek gerilim hatları, haberleşme istasyonları ve akım taşıyan kablolar içeren ev aletleri günlük yaşamda maruz kaldığımız, çevre yönünden önemli manyetik alan kaynaklarıdır.

Canlı doku karşılaştığı manyetik alanla doğrudan temas eder. Vücut içinde ve yüzeyinde bu alan etkisiyle akım oluşur. Akım yoğunluğu vücut yüzeyinde en fazla, vücut içinde ise en azdır. Vücut doğal manyetik alanı (abdomen, beyin, kalp kası vs.) 10^{-8} Gauss- 10^{-6} Gauss (AC) arasında seyrederken jeomanyetik alan 0.5 Gauss (DC) ; 3×10^{-5} Gauss (AC) mertebesinde dir. Doğa, vücut manyetik alanları

arasında mükemmel bir uyum sergilerken, bu uyumu “teknoloji”nin getirdiği elektrikli donanım bozmaktadır.

Teknolojideki çok hızlı gelişmeler sonucu üretilen TV, radyo, bilgisayar, cep telefonları ve baz istasyonları, fırın, elektrikli battaniye ve röntgen, tomografi vb. tıbbi cihazlar gibi elektronik cihazların yaygınlaşması ile etrafa yayılan EM ışınımın, elektromanyetik kirliliğe yol açtığı anlaşılmıştır.

Elektrik ve manyetik alanların özellikleri farklıdır. Dolayısı ile bu alanların canlıların biyolojik yapıları üzerindeki etkileri de değişik olur. Bu alanların insanları nasıl etkilediği henüz tam olarak anlaşılmış değildir. Ama yapılan çalışmalar, manyetik alanların, elektrik alanlara göre daha etkili olduğunu düşündürmektedir. Örneğin; elektrik alan duvarlardan geçemez, hatta insan derisinden bile geçerken şiddeti çok düşer. Öte yandan manyetik alanlar, özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hemen hiçbir engel tanımaz. Elektrik alanlar insan vücudunun yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur; manyetik alan ise bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasını yol açarlar.

50 Hz frekanslı kuvvetli alanlar içinde uzunca süre kalmak ve yaşamak zorunda olan canlılardaki olası etkilenmeleri belirlemek amacı ile son yıllarda önemli araştırmalar yapılmaktadır. Ancak henüz sağlıklı sonuçlara ulaşılamamıştır. Hala bir yandan bu manyetik alanların zararlarından söz edilirken; bir yandan da bu iddialarla çelişen tezler ileri sürülmektedir.

Bizim bu tezdeki amacımız; uzun süre EMA (Elektro Manyetik Alan)’a maruz kalan kişilerin ne tür sağlık sorunları ile karşılaşabileceklerini incelemektir. Gaziantep’te 8 Şubat mahallesinde yaptığımız bu çalışmada; yüksek gerilim hatlarına yakın ve uzak yerlerde yaşayan 93 aileden 265 kişiye 11 soruluk bir anket uyguladık. Yüksek gerilim hatlarına 30 metreye kadar yakın mesafede 3 yıldan uzun süredir yaşayan 143 kişi test grubu olarak seçilmiştir. Geri kalan 122 kişi ise bu hatlara 250 metre ve daha uzak mesafede yaşayanlardan oluşmaktadır ve bu grup kontrol grubu olarak adlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, SPSS paket programı kullanılarak, istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. ELF' nin Kanserojen Etkileri

Yetişkin kanserleri ile elektrik hatları arasındaki bağı inceleyen bütün çalışmalar iki istisna dışında olumsuz sonuçlanmıştır. Bunlardan Wertheimer (1982); elektrik hatları beyin kanseri yapar ancak lösemiye neden olmaz derken Li (1997) bunun tam tersini iddia ederek lösemiye sebep olur fakat göğüs veya beyin kanseri oluşumuna neden olmaz demiştir.

Çocukluk çağı kanserlerini inceleyen bir çalışmada, yüksek gerilim hatlarından, 50 metre uzaklığa kadar olan alanlar içerisinde yaşayan çocuklar incelenmiş ve lösemi oranında artış gözlenmiştir (Feychting ve Ahlbom, 1993).

Elektrik hatlarında çalışanların beyin kanserine yakalanma oranı 7 kat fazla bulunmuştur (Şeker, 1993).

Bilim ve teknolojinin hızla geliştiği ve bunun sonucu olarak canlıların daha çok elektromanyetik alana maruz kaldığı günümüzde, yapılan epidemiyolojik çalışmalar yüksek gerilim hatları ve elektrikli ev aletlerinin kanser riskini arttırdığını göstermektedir (Markov, 1994).

Günlük yaşamda maruz kalınan EM alanların beyin tümörlerini, özellikle erkeklerde, lösemi ve akut myeloid lösemiye arttırdığı rapor edilmiştir (Frey, 1994).

Yüksek gerilim hatlarına 100 metrelik mesafe içerisinde yaşayan yetişkinlerde yapılan incelemede, lösemide artış bulunmuştur (Li, 1997).

2 yıl boyunca 500-5000 microT'lık 50 Hz alanlara maruz bırakılan dişi ve erkek sıçanlarda kanser oluşumu veya ölümle ilgili herhangi bir artış olmadığı gözlenmiştir. Genel kanser oluşmadığı gibi, lösemi, lenfoma, beyin ve göğüs kanseri oranlarında da herhangi bir artış gözlenmemiştir (Yasui, 1997).

Hayatı boyunca 1420 microT alana maruz kalan farelerde beyin tümörü oluşumuna rastlanmamıştır (Babbitt ve Kharazi, 1999).

ELF alanlara mesleki olarak maruz kalmanın sonucunda, hem erkek hem de kadınlarda, akciğer kanserinde artma olduğu tespit edilmiştir (Floderus ve Stenlund, 1999).

Yapılan çalışmaların büyük bir bölümünde, çocukluk çağı lösemileri ve beyin kanseri ile elektrik hatları arasında kesin bir bağ kurulamamışken Kanada’da yapılan bir çalışma istisna oluşturmaktadır. Bu çalışmaya göre çocukluk çağı lösemileri ile elektrik alana maruz kalınması arasında ilişki olduğu görülmüştür (Green ve Miller, 1999a, 1999b).

Elektrik hatlarına 50 metrelik mesafe içerisinde yaşayan çocuklarda, elektrik alana maruz kalmayla kanser arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (UKCCSIC, 2000).

Hayatı boyunca 1420 microT alana maruz kalan farelerde lenfoma oluşumuna rastlanmadı. Ayrıca bu çalışmayla, iyonize radyasyon tarafından indüklenen bu alanın lenfoma üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı da gösterilmiştir (Kharazi ve Babbitt, 2000).

Ahlbom tarafından yayınlanan rapora göre; ortalama 0.4 microT veya daha yüksek manyetik alana 24-48 saat süresince maruz kalan çocuklarda, eğer toplanan manyetik alanın uzun süreli ölçümleri yapılırsa, istatistiksel olarak lösemi ve manyetik alan arasında kayda değer bir etkileşim olduğunun görüleceği belirtilmiştir (Ahlbom, 2000).

15-22 hafta boyunca 15 microT’da 50 Hz alana maruz bırakılan farelerde lösemiye yakalanma oranlarında kayda değer artışlar olmuştur (Vallejo ve Sanz, 2001).

72 saat boyunca 60 Hz’de, 1000-2000 microT alana maruz kalan insanlarda lenf bezinin, önemsiz miktarda, büyüdüğü tespit edildi (Heredia ve Rojas, 2001).

ELF alanlara maruz kalma ile akciğer kanseri arasında herhangi bir bağ olmadığı rapor edildi (Hakansson ve Floderus, 2002).

Bu konudaki bir diğer çalışmada da, üzerinde çalışılan elektrik alanlarda, ne lösemi ne de diğer çocukluk çağı kanserleri ile bu alanlar arasında bağ olduğuna dair herhangi bir bulgu elde edilememiştir (Skinner ve Mee, 2002).

Elektrikli battaniye kullanan Afrikalı ve Amerikalı kadınlar üzerinde yapılan araştırmada, battaniyeden yayılan manyetik alanın göğüs kanserinin oluşmasında etkili olduğu belirlenmiştir (Zhu, 2003). Ancak Gammon (1998), Laden (2000), Mc

Elroy (2001) ve Kabat (2003) yaptıkları çalışmalarda böyle bir etkileşim bulgusuna ulaşamamışlardır.

Norveçli kadınlar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, elektrik hatlarından yayılan manyetik alana sürekli maruz kalmanın göğüs kanserini arttırdığı ancak mesleki maruz kalmanın bir artışa neden olmadığı kaydedilmiştir (Kliukiene, 2004).

ELF hatlarına 0-600 metre aralığında oturanlarda, lösemi oranında artış vardır (Draper, 2005).

2.2. ELF'nin Deri Tümörü Üzerindeki Etkileri

Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmada, 2000 microT alana 52 hafta boyunca haftada 30 saat süreyle maruz kalınmasının deri tümörüne neden olduğu bildirilmiştir (McLean,1995).

65 hafta boyunca 2-2000 microT alanlara maruz kalan sıçanlarda beyin kanseri oluşmadığı rapor edilmiştir (Mandeville ve Franco, 2000).

1-130 microT 'lık alanlara ömür boyu maruz kalan farelerde, X-ışını tarafından indüklenen deri kanserinde herhangi bir artış olmamıştır (Heikkinen ve Kosma, 2001).

2.3. ELF'nin Alzheimer Hastalığına Etkileri

Terziler ve dikiş diken kişiler üzerinde yapılan araştırmada, dikiş makinelerinden yayılan alanların bu kişilerde Alzheimer oranını arttırdığı rapor edilmiştir. Fakat bu çalışmada diğer elektrikli araçlar için aynı sonuçlar elde edilememiştir (Sobel, 1996).

Mesleği gereği, güç kaynaklarından kaynaklanan alanlara maruz kalanlarda Alzheimer hastalığına rastlanmamıştır (Savitz, 1998; Graves, 1999).

Alzheimer ile güç kaynakları arasında bir bağ olduğu rapor edilmiştir (Feychting, 2003; Hakansson, 2003b; Harmancı ve Emre, 2003).

Mesleği gereği elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalan erkeklerde Alzheimer hastalığı görülürken kadınlar için bu durum geçerli değildir (Qiu, 2004).

2.4. ELF'nin Üreme Sistemine Etkileri

Video, bilgisayar ve monitör kullanan kadınlarda düşük yapma oranı artabilmektedir (Şeker, 1993).

Elektromanyetik alanların; doğum ve üreme anomalileri, davranış değişiklikleri ve nöroendokrin sistemde değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir (Frey, 1994).

1999-2000 arasında fareler üzerinde yapılan çalışmada 2000 veya 10.000 microT'lık ELF kaynaklarının oluşturduğu alanların doğum veya üremede verimlilik düşmesi konularında bir etkisi olmadığını göstermiştir (Ryan ve Symanski, 1999). Yine aynı grup daha sonra harmonikleri ekleyerek deneylerini tekrarlamışlar ve üreme sistemi toksinlerinin oluşmadığını kaydetmişlerdir (Ryan ve Polen, 2000).

Yüksek gerilim hatları ile düşük doğum yapma arasında yükselen bir risk ilişkisi bulunmuştur (Li, 2002 ve Lee, 2002).

2.5. ELF'nin Bağışıklık Sistemine Etkileri

10 microT alana maruz bırakılan gönüllülerle yapılan çalışmada, deneklerin bağışıklık sistemleri ile alana maruz kalma arasında bir bağ olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Selmaoui, 1996).

50 veya 60 Hz frekans altında, 2-500 microT'lık alanlara 72 saatten fazla maruz kalan insanlarda yapılan incelemede, insanların bağışıklık sistemleri üzerinde bu alanların etkisinin olmadığı rapor edildi (Ikeda ve Shinmura, 2003).

2.6. ELF'nin DNA Yapısına Etkileri

Yapılan çalışmada, fareler 3 gün boyunca 24 saat veya 10 gün boyunca günde 8 saat, 2000 microT alana maruz bırakılmışlardır. Sonuç olarak farelerde, tohum hücre kromozomlarında alandan kaynaklanan hasar oluşmadığı görülmüştür (Heredia ve Rojas, 2004).

ELF manyetik alanlarının DNA hücrelerinin hepsine olmasa da bazı tiplerine zarar verdiğini rapor etmişlerdir (Ivancsist ve Pilger, 2005).

50 Hz frekansta 750-1000 microT aralığındaki alana 24 ile 72 saat boyunca maruz kalmak DNA'da hasarlara neden olurken 500 microT alana 48 saat maruz kalmak herhangi bir etki yapmaz (Wolf, 2005).

2.7. ELF'nin Kalp Üzerine Etkileri

Gönüllülerle yapılan çalışma sonucunda, ELF manyetik alanının kalp oranlarını değiştirdiği bildirilmişti (Sastre, 1998). Fakat; Graham, Sastre ve meslektaşlarının hazırladıkları raporda (2000a); 1998 yılında yapmış oldukları çalışmayı daha yüksek gerilimlerin oluşturduğu alanlarla denemelerine rağmen aynı sonuçları elde edemediklerini belirtmişlerdir.

Gönüllülerle yapılan bir çalışma sonucunda 15 microT'lık ELF'nin oluşturduğu alanların kalp ritminde küçük düşüslere neden olduğu rapor edilmiştir (Sait, 1999).

Kamu kuruluşlarında, elektrik ile ilgili alanlarda çalışanlar arasında yapılan iki büyük çalışma sonucunda ELF'nin oluşturduğu elektrik alan ile kalp ritminin bozulması arasında bir ilişki bulunamamıştır (Johansen, 2002; Sahl, 2002).

Mesleğinden dolayı, 50 Hz manyetik alana maruz kalanlarda ölüm riski olan akut kalp spazmı (akut myocardial inferction) arasında zayıf bir bağ olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu durum diğer kalp rahatsızlıkları için geçerli değildir (Hakansson, 2003a).

20-100 microT'da 50-1000 Hz manyetik alana 2 dakika ile 12 saat arası maruz bırakılan gönüllülerde, bu alanın kalp oranları üzerinde etkisinin olmadığı sonucuna ulaşıldı (Kurukawa ve Nitta, 2003).

ELF'ye mesleki maruz kalmalar ile kalp spazmı riskinin artması arasında bir bağ olmadığı rapor edilmiştir (Ahlbom ve Feychting, 2004).

2.8. ELF'nin Sinir Sistemine Etkileri

Gönüllülerle yapılan çalışmada, denekler 60 Hz frekansa sahip 14 veya 28 microT aralığında alanlara maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda sinir bozukluklarının oluşmadığı ve hatta gönüllülerin bu alanı hissettiklerine dair hiçbir kanıt olmadığı rapor edilmiştir (Graham, 1999a).

60 Hz frekansta 28 microT'lık alanlara maruz kalmak uyku bozukluklarına neden olur. Ancak alana sürekli maruz kalındığında bu sorun kesinlikle ortadan kalkar (Graham ve Cook, 1999b).

Kamu kuruluşlarında elektrikle ilgili bir alanda çalışan erkeklerde güç-frekansı alanları ile intihar arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (Van Wijngaarden, 2000).

50 Hz frekans altında 100 microT manyetik alana maruz kalan insanlar üzerinde yapılan incelemede, tepki zamanlarında bir değişiklik olmadığı ancak hafıza üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirtilmiştir (Podd, 2002).

Sıçanlar üzerinde yapılan araştırma sonunda, 200 microT manyetik alana maruz kalan deneklerde hafıza zayıflığı gözlenmiştir (Mostafa, 2002).

Sağlıklı genç insanlardan seçtiği gönüllülerle yapılan çalışmada, 50 Hz frekans altında, 20-400 microT manyetik alana 65 dakika süreyle maruz kalan deneklere kavrama fonksiyon testleri (dikkat, hafıza, zamanı algılama) uygulanmış ve herhangi bir olumsuz etkileşim bulgusu elde edilememiştir (Delhez, 2004).

2.9. Diğer Etkileri

ABD ve Danimarka'da yapılan çalışmalar cep telefonu kullanımının beyin tümörü oluşturma riskini arttırmadığını ortaya koymuştur (Muscat, 2000; Johansen, 2001).

Günlük yaşamda maruz kalınan RF sinyallerinin baş ağrısı, uykusuzluk gibi sorunlara yol açtığı kesin olarak gösterilememiştir (Moulder, 2000).

ICNIRP'nin belirlediği sınır değerlerinin altında mobil telefon sinyallerinin beyin elektriksel aktivitelerinde ve algılama fonksiyonlarında (dikkat, hatırlama,

tepki verme gibi) kısa süreli değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. Fakat bu değişimlerin insan sağlığı üzerine etkileri bilinmemektedir (Stewart, 2000).

İlk olarak 1980'lerde Norveç'te bilgisayar kullananlarda ortaya çıkan "elektrik hassaslığı (electro sensitivity)" rahatsızlığı, merkezi sinir sistemi, solunum yolları, kardiyovaskular ve sindirim sistemi semptomlarını içermektedir. 2005'te Rubin daha önce bu konuda yapılmış olan çalışmaları, zayıf EM'ye aşırı hassas olduğunu ileri süren 725 katılımcı ile 31 farklı çalışmayla, tekrarlayarak aynı sonuçların çıkıp çıkmayacağını kontrol etmek istedi. Fakat sonuç olarak katılımcılar arasında EM alanlara karşı aşırı hassasiyet durumu tespit edilemedi (Rubin, 2005).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Elektromanyetik Alanların Genel Özellikleri

Elektrik yükleri çevrelerinde elektrik alanları oluşturur. Bu yükler hareket ettiklerinde ise manyetik alanlar da oluşur. Atomların manyetik momenti, ondaki elektronların hareketi ve yönelimleri ile ilgilidir. Kısaca elektromanyetik alanların elektrik yüklerinin hareketi ile ilgili olduğunu söyleyebiliriz.

Devreden akım geçtiğinde hem elektriksel hem de manyetik alanlar ortaya çıkmaktadır. Elektrik alanların gücü veya şiddeti akım gücüyle orantılıdır. Manyetik alan ise akım şiddetiyle orantılıdır. Gerek elektrik gerekse manyetik alan şiddeti güç kaynaklarından uzaklaştıkça düşer. Voltaj elektrik alanlarının şiddetini belirlediği için, yüksek gerilim hatları, hem mesleki hem de evsel kullanımdan kaynaklanan etkileşimde temel kaynağı oluşturmaktadır. Manyetik alan akımın olduğu yerde olmaktadır. Kaynakçılık gibi iş kollarında, ev aletlerinin etkisinde kalmaya bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Pratikte ölçüm yapmak oldukça zordur. Çünkü maddeyi, değişik kaynaklardan, jeotermal alanlar gibi, ortaya çıkan akımlar, birlikte etkilemektedir. Elektriksel alanlar genellikle topraklama ile bloke edilebilirken manyetik alanlar dokular dahil birçok dokuya kolayca girebilmektedir. Bu nedenle manyetik alan- kanser ilişkisi daha yoğun araştırılmaktadır (Heah, 1996).

TV izlediğimizde, radyo dinlediğimizde, mikrodalgada yemek pişirdiğimizde elektromanyetik dalgayı kullanmışız demektir. Radyo dalgaları, mikro dalga, TV dalgaları elektromanyetik dalganın birer türüdür. Bunlar yalnızca dalga boyları ile birbirlerinden ayrılırlar.

Elektriğin kablolardan hareket etmesi ile elektrik ve manyetik alanlar oluşmaktadır. Elektrik alan ortamda bulunan diğer bir yüke uygulanan kuvvet olarak tanımlanırken manyetik alan ortamdaki hareketli yüklere kuvvet uygular. Elektrik ve manyetik alanların hem şiddeti hem de yönü söz konusudur, yani vektörel büyüklüklerdir.

Yüksek gerilim hatlarının canlı sağlığı üzerindeki etkileri hakkında çelişkili görüşler bulunmaktadır. Bu tip etkileşimlerin kansere neden olabileceği

savunulmakla birlikte yeterli çalışmalar olmadığı için hiçbirisi kesinlik kazanmamıştır (Tacher, 1992). Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak evlerimizde kullandığımız yüksek frekanslı, iyonize olmayan radyasyon (NIR) yayan araçların hızla artması bu konuya ilginin artmasını da birlikte getirmiştir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar düşük manyetik alan etkisiyle değişik kanser risklerinin artışı arasında zayıf bir bağ kurmaktadır. Kızartma makineleri, elektrikli battaniyeler, yüksek gerilim hatlarınınkine yakın manyetik alanlar oluşturmaktadır (Harley, 1990). Kanser ve EM alanlar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda, potansiyel etkileşim riski olanlarda lösemi ile bağlantı kurulabileceği ileri sürülmüştür (Milham, 1982; Wertheimer, 1979). Ancak yapılan çalışmaların büyük bir bölümü gerçek bir etkileşimi gösterebilecek boyutta olamamıştır. Buna rağmen EM alanların bağışıklık sistemini, iç salgı sistemini, büyüme düzenleyici mekanizmayı etkilediği bilinmektedir (Heah,1996; Harley,1990).

3.1.1. Çevre Elektromanyetik Alanları

Günlük yaşamda hepimiz, yeryüzünün sahip olduğu doğal alanlara, çevremizdeki yüksek gerilim hatlarından, akım taşıyan kablolar içeren ev aletlerinden kaynaklanan yapay alanlara maruz kalmaktayız. Canlı organizmanın sahip olduğu elektrik ve manyetik alanların maruz kalınan manyetik alanlarla etkileşim içinde olduğu artık bilinen bir gerçektir. Bu etkileşim mekanizmasının çözülmesi ve canlı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için yapılan pek çok önemli araştırma vardır.

3.1.1.1. Doğal Alanlar

Yeryüzü, elektrik yüklerinin varlığından ve atmosfer ile yerkürenin belli bir mesafe ile birbirinden ayrılmış olmasından kaynaklanan doğal bir elektrik alana sahiptir (Canseven, 1995). Şimşekli ve yıldırım fırtınalarda yeryüzü ile atmosferin üst tabakaları arasındaki yük transferinden dolayı ortaya çıkan elektrik yük miktarındaki değişimler bu doğal alanda değişimler yaratır. Elektrik alanın, statik

(DC) ve zamana göre değişen (AC) bileşenleri vardır. Doğal statik alan 120-150 V/m (Volt/metre) arasındadır. Fırtınalı havalarda bu alanın 10 000 V/m'ye kadar ulaştığı (Sheppard,1977) ve 50-60 Hz frekans aralığında AC alanların DC alanlardan daha küçük şiddette olduğu belirtilmiştir (ELF Fields, 1984).

Yeryüzünün iç kaynaklı (internal) manyetik alan şiddeti bölgesel değişimler gösterir. Ekvator ve kutuplarda farklı değerlere sahiptir ve zamana göre değişen bir alan şiddetine sahiptir (ELF Fields, 1984). Yeryüzünün DC manyetik alanı 0.5 Gauss;0.1-100 Hz arasında, AC manyetik alanı ise 3×10^{-5} Gauss seviyesindedir (Sheppard, 1977). Doğal manyetik alanın çok küçük frekans (ELF; Extremely Low Frequency: 0-300Hz) aralığındaki değişimleri öncelikle güneşin aktivitesinden kaynaklanırken (ELF Fields,1984) atmosferik değişimler, şimşekli fırtınalar ve havanın iyonize olması diğer değişim nedenlerindedir.

- Normal havada statik (DC) elektrik alan değeri 120-150 V/m,
- Yağmurlu ve şimşekli havalarda elektrik alan değeri 10.000 V/m'ye kadar çıkabilir.

3.1.1.2.Yapay Alanlar

3.1.1.2.(1). Elektrikli Ev Aletlerinden Kaynaklanan Alanlar

Elektrikli ev aletleri (60 Hz frekanslı) 30 cm mesafeden 2-250 V/m arasında elektrik alana sahiptir (Sheppard,1977, Şeker, 1993).

- Elektrik ampulünden 30cm uzakta elektrik alanı 2V/m,
- Buzdolabı yanında 60 V/m,
- Elektrikli kahve makinası yakınında 100 V/m,
- Elektrikli battaniyeden 30 cm uzakta 250 V/m,
- Saç kurutma makinası: 40 V/m,
- Mikser : 50 V/m,
- Elektrikli tren : 60V/m,

Evde kullanılan bazı elektrikli aletlerin, birkaç cm uzaklıktaki, manyetik alanları şöyledir.

- Buzdolabı yakınında: 0.01 G(Gauss),
- Renkli TV& Bilgisayar monitörü:1G,
- Elektrikli battaniye :50-100 mG,
- Saç kurutma makinası: 10-25 G
- Mikser: 1-5 G,
- Elektrikli tren: 10-100 mG,
- Elektrikli traş makinası: 200-400 mG,
- Televizyon seti (110 cm uzaklığa kadar): en az 1mG,
- Tavanda 20 Watt gücündeki florasan lamba (oturan kişinin başında): en az 1 mG (10Watt'lık florasan lambanın manyetik alanı; 60 Wattlık akkor telli lambanın manyetik alanından 20 kat daha büyüktür.)
- Elektrikli ısıtıcılar;
 - a) 15.3 cm uzakta: 23mG
 - b) 61 cm uzakta: 8 mG
 - c) Tavana monte edilen ısıtıcı:10 mG
 - d) Elektrikli fırın (20.32 cm uzakta): 50 mG

Canlı organizmanın hücre, organ veya sistemlerinin oluşturduğu elektrik ve manyetik alanlar; çevredeki tüm doğal ve yapay elektrik ve manyetik alanlardan etkilenir. İnsan vücudunun DC ve AC manyetik alanlarını da inceleyecek olursak (Swithenby, 1987):

DC Manyetik Alan

Zedeli kalp kası: $3 \times 10^{-7} \text{G}$

Abdominal bölge: 10^{-6}G

Ciğerlerdeki magnetit/asbestos: $3 \times 10^{-5} \text{G}$

AC Manyetik Alan

Beyin dalgaları (α ritmi): 10^{-8}G

Normal beyin (uykuda): $5 \times 10^{-8} \text{G}$

İskelet kası (1-100 Hz): 10^{-7} G

Kalp kası (0.1-40 Hz): 2×10^{-6} G

Yerkürenin doğal alanları ile (DC Geomanyetik Alan:0.5 G, AC Geomanyetik Alan: 3×10^{-5} G) insan vücudunun değerleri karşılaştırıldığında değerlerin uyumu dikkat çekicidir. Doğa birbiriyle uyum sergilerken teknolojinin getirdiği elektrikli donanım bunu bozmaktadır. Bu alanlara hepimizden çok maruz kalanlar ise yüksek gerilim hatlarında çalışanlardır.

3.1.1.2.(2). Yüksek Gerilim Hatları ve Oluşturdukları Alanlar

Üretilen elektrik enerjisi, üretildiği yerlerden kullanıcılara enerji nakil hatları ile iletilmektedir. Bu ileti genellikle AC (Alternatif akım) 3 fazlı yüksek gerilim hatları ile yapılmaktadır. Bu hatlar yüksek gerilim altındaki 3 iletken hat ve bu hattı herhangi bir aşırı yüklenmeden korumak için kullanılan topraklama hattından oluşmaktadır.

Yüksek gerilim hatları çevrelerinde elektrik alanı oluşturmaktadır. Yüksek gerilim hattı altındaki toprakta oluşan elektrik alanının frekansı hattaki enerjinin frekansı ile aynıdır. Bu hatların ve dağıtım istasyonlarının etrafında oluşan elektrik alanının şiddeti ise çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.

Yüksek gerilime sahip (115-765 kV) elektrik hatları üzerindeki alanlar 10 microT ve 10.000 V/m civarındadır. Hattın kenarlarına doğru bu alan değerleri, 0.1-1.0 microT ve 100-1.000 V/m değerine düşer.12 kV'luk dağıtım hattından 10 metre uzakta alan değerleri; 0.2-1.0 microT ve 2-20V/m olur. Aktif manyetik alanlar; uzaklığa, voltaja, pozisyona ve akıma bağlıyken aktif elektrik alanlar yalnızca voltaj, uzaklık ve pozisyondan etkilenir. Yani akıma bağlı değildir (Kaune, 1993). Maksimum alanın oluştuğu yerde (en dıştaki iletkenin hemen altında) ayakta duran orta boylu bir insan üzerinde yarattığı hissedilmeyen elektrik alan şiddetinin yaklaşık olarak 10 kV/m seviyesinde olduğu saptanmıştır (ELF Fields,1984).

Elektrik alan şiddetinin büyüklüğü, yüksek gerilim hattından yanlara doğru gidildikçe, uzaklığın fonksiyonu olarak azalmaktadır (ELF Fields, 1984).

Yüksek gerilim hattı yakınındaki binaların içindeki manyetik alan şiddeti de binanın yapısına ve yapımında kullanılan malzemeye bağlı olarak yukarıda söz edilen alanlardan 10-100 kat daha küçüktür(ELF Fields, 1984).

Yüksek gerilim hatlarından kaynaklanan manyetik alanın toprakta yaratacağı maksimum şiddet hattın yüksekliğine bağlı olarak 0.01-0.05 mT (0.1-0.5 Gauss) arasında bulunmuş, alan yoğunluğunun da iletkene olan uzaklık ile hemen hemen doğru orantılı olarak azaldığı rapor edilmiştir (ELF Fields,1984).

Elektrik alandan farklı olarak manyetik alan nüfuz edicidir ve insan vücudu da bu alana karşı geçirgendir. Vücut içinde ve yüzeyinde bu alan etkisiyle akım oluşur. Akım yoğunluğu vücut yüzeyinde en fazla, vücut içinde ise en azdır. Yüksek gerilim hatları yakınında oluşan manyetik alan yaklaşık 0.028 mT ise bu alandan dolayı vücut içinde akım oluşumuna neden olan potansiyel farkın 1 mV'a kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (ELF Fields, 1984).

3.2. Bilimsel Temel

Herhangi bir elektromanyetik olay, Maxwell denklemlerini sağlayan vektörel \vec{E} , \vec{D} , \vec{H} ve \vec{B} alanları ile belirlenir. Bunlar sırasıyla; elektrik alan, elektrik yer değişim vektörü, manyetik alan ve manyetik indüksiyondur. Bunlar birbirlerine;

$$\vec{D} = e\vec{E}$$

$$\vec{B} = m\vec{H}$$

$$\vec{J} = s\vec{E} + J_v$$

denklemleri ile bağlıdır. Burada; e elektriksel geçirgenlik, m manyetik geçirgenlik, s iletkenlik katsayısıdır. Aynı zamanda pozitif sabit değerlerdir. J_v ise konveksiyon akımıdır (Idemen, 1995).

Elektromanyetik alanları daha iyi anlayabilmek için bazı temel fizik kanunlarını gözden geçirmekte fayda var:

3.2.1. Coulomb Yasası

Elektrostatikğin tümü, birbirlerine göre duran iki yüklü cisim arasındaki kuvvetin nicel ifadesini veren Coulomb yasasından çıkmaktadır. Coulomb, yaptığı deneyler sonucunda, hava içerisinde kendi boyutlarına göre birbirinden çok uzakta bulunan yüklü iki küçük cisim arasındaki kuvvetin;

- Her yükün büyüklüğüyle doğru orantılı olduğunu,
- Aradaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değiştiğini,
- Yükleri birleştiren çizgi boyunca yöneldiğini ve
- Cisimler zıt yükle yüklüyse çekici, aynı yükle yüklüyse itici

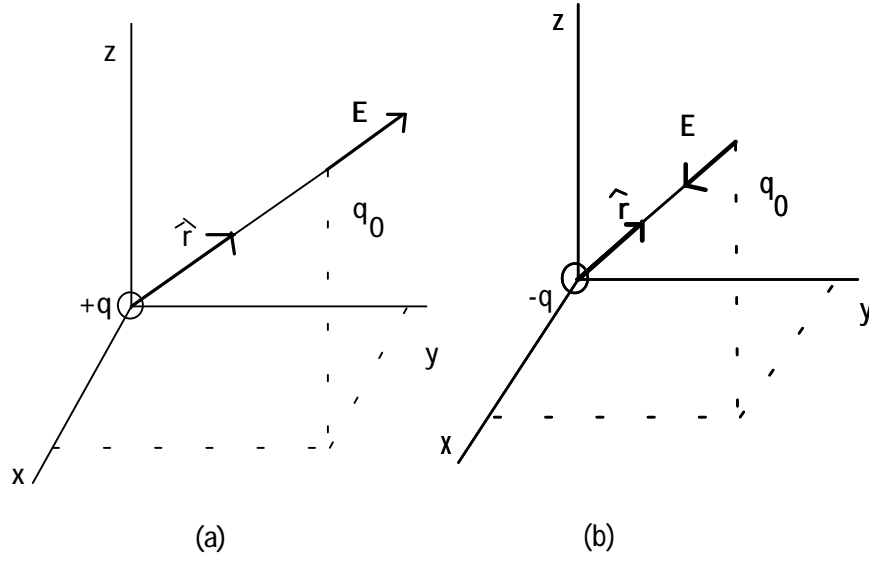
olduğunu göstermiştir. Yukarıda verilen ifadeleri sembollere dönüştürecek olursak coulomb kuvvetinin;

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (3.1)$$

olduğunu görürüz. Yine deneylerin sonucundan yola çıkarak, yüklü bir cisim üzerine, dolayında bulunan diğer yüklü cisimlerin uyguladıkları toplam kuvvet her çift arasındaki coulomb kuvvetlerinin vektörel toplamına eşittir. Kesin olarak söylemek gerekirse, coulomb sonuçları, boşluktaki veya geçirgenliği önemsenmeyen ortamlardaki yüklere uygulanır.

Herhangi bir P noktasındaki elektrik alan, o noktadaki q_0 deneme yüküne etkileyen \vec{F} kuvvetinin, q_0 deneme yüküne bölümü ile bulunur.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (3.2)$$



Şekil.3.1. Merkezeye yerleştirilmiş yüklü parçacığın oluşturduğu elektrik alan.(a) q , pozitif yüklü ise. (b) q , negatif yüklü ise

Yüklü parçacıkların oluşturdukları elektrik alanı incelersek; orijine yerleştirilmiş bir q yükü ile oluşturulmuş bir alan düşünelim. kendisinden r kadar uzakta bulunan q_0 deneme yükü üzerinde oluşturduğu coulomb kuvveti;

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \hat{r} \quad (3.3)$$

olur. Bu eşitliği q_0 'a bölersek elektrik alanı elde ederiz (Şekil.3.1.).

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (3.4)$$

Elektrik alan \vec{E} , merkeze yerleştirilen q yükü pozitif işaretli ise dışarıya doğru (Şekil.3.1a), negatif işaretli ise içeriye doğru (Şekil.3.1b) yönelir.

Birden fazla yükün oluşturduğu elektrik alan,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad (3.5)$$

şeklinde olur. Burada q_i yüklü parçacıkları, r_i P noktasına olan uzaklığı, \hat{r}_i birim vektörü ifade etmektedir. Yüklerin sürekli olduğunu düşünerek bu denklemin integralini alırsak;

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq \hat{r}}{r^2} \quad (3.6)$$

buluruz. İntegralin limitleri yük dağılımı boyuncadır.

Şimdi de düzgün bir elektrik alan içerisinde yüklü bir parçacığın hareketini inceleyelim. Denklem (3.6)'da çeşitli yükler tarafından oluşturulan elektrik alanı hesaplamıştık. Newton'un 2. yasası $\vec{F} = ma$ ile $\vec{F} = q\vec{E}$ denklemlerini kullanarak elektrik alanının parçacık üzerindeki etkilerini bulabiliriz. Buradan alan içerisindeki yüklü bir parçacığın ivmesinin;

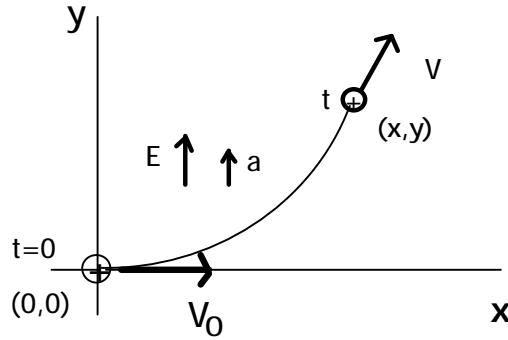
$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \quad (3.7)$$

şeklinde olduğu görülür. Burada iki durum ortaya çıkar.

1. Parçacığın başlangıçta alan içerisine durgun bırakılması
2. Parçacığın alan içerisine \vec{v}_0 ilk hızı ile atılması.

Birinci durumda elektrik alan içerisine durgun halde bırakılan cisim \vec{E} 'ye paralel doğrultuda, sabit bir ivme ile hareket eder. Bu durumu serbest bırakılan bir taşın g yerçekimi ivmesinin etkisiyle yere düşmesine benzetebiliriz.

İkinci durumda ise, \vec{v}_0 hızıyla ve \vec{v}_0 , \vec{E} 'ye dik olacak şekilde giren bir parçacık düşünelim. Bu parçacığın hareketini de yatay olarak fırlatılan bir taşın hareketine benzetebiliriz. Hareket xy düzleminde gerçekleşir ve parabolik bir yörünge çizer (Şekil3.2).



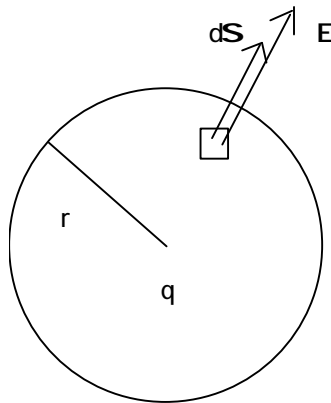
Şekil.3.2. Düzgün elektrik alan içerisinde yüklü bir parçacık parabolik bir yörünge çizer. Burada pozitif yüklü bir parçacık gösterilmiştir.

3.2.2 Gauss Yasası

Herhangi bir kapalı yüzeyden geçen net elektrik akısı Φ , bu yüzeyin içerisindeki yüklerin cebirsel toplamının ϵ_0 'a bölünmesi ile bulunur.

$$\Phi_E = \sum \frac{q}{\epsilon_0} \quad \text{veya} \quad \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \sum \frac{q}{\epsilon_0} \quad (3.8)$$

burada $\sum q$ gauss yüzeyi içerisindeki net yük miktarını ifade eder.



Şekil.3.3 Küresel gauss yüzeyinin merkezine yerleştirilmiş noktasal yükün oluşturduğu alanın akısı

Yarıçapı r olan küresel gauss yüzeyini inceleyelim (Şekil3.3). Kürenin merkezinde q yükü bulunsun. $\Phi = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$ integralini kullanalım. Simetriden dolayı \mathbf{E} q 'dan yarıçap kadar uzaktadır. Başka bir deyişle \mathbf{E} kürenin yüzeyinin her noktasında $d\mathbf{s}$ yüzey elemanı ile paraleldir. Ayrıca, yine simetriden dolayı, \mathbf{E} 'nin yalnızca q 'dan uzaklığa bağlı olduğu görülür. \mathbf{E} küre üzerinde her noktada aynı değere sahiptir.

$$\Phi_E = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = E \oint ds = E(4\pi r^2) \quad (3.9)$$

Burada toplam yükümüz q olduğu için,

$$E(4\pi r^2) = \frac{q}{\epsilon_0} \text{ veya } \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \hat{r} \quad (3.10)$$

olarak bulunur. Buradan, noktasal parçacığın oluşturduğu alanlar için, Gauss yasasının Coulomb yasası ile uyum içinde olduğunu görmüş olduk.

3.2.3. Akım Taşıyan İletken Üzerindeki Kuvvet

\vec{B} manyetik alanı içerisinde; ℓ uzunluğunda, kesit alanı A olan ve I akımı taşıyan bir teli düşünelim. Tel üzerindeki toplam manyetik kuvvet, yüklerin ortalama hızı \vec{V}_d kullanılarak hesaplanır. ℓ uzunluğunda taşınan yük miktarı $N=n.A\ell$ bağıntısı ile bulunur. Burada n ; birim hacimde taşınan yük miktarıdır. $A\ell$ ise iletkenin hacmidir. Her bir yükü q olarak alırsak toplam yük Nq kadar olur ve manyetik kuvvet;

$$\vec{F} = Nq\vec{V}_d \times \vec{B} = nA\ell q\vec{V}_d \times \vec{B} \quad (3.11)$$

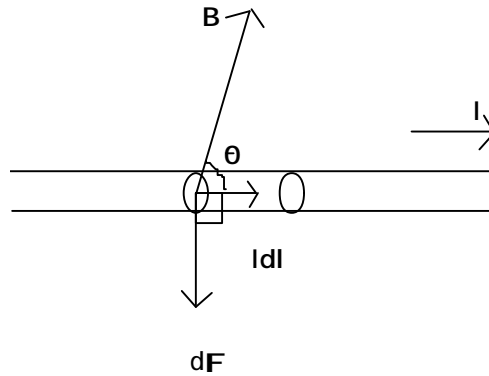
şeklinde olur. Akım yoğunluğu $\vec{j} = nq\vec{V}_d$ ve akım $\vec{I} = \vec{j}A = nq\vec{V}_dA$ bağıntıları yukarıdaki denklemde yerine konulursa ℓ uzunluğundaki, I akımı taşıyan ve düzgün \vec{B} dış manyetik alanı içerisinde bulunan düz bir iletken tele etkiyen manyetik kuvvet,

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B} \quad (3.12)$$

şeklini alır. Manyetik kuvvetin yönü, $\vec{\ell} \times \vec{B}$ doğrultusundadır ve $\vec{\ell}$ ve \vec{B} 'ye diktir (Şekil 3.4). Kuvvetin büyüklüğü;

$$F = I\ell B \sin\theta \quad (3.13)$$

olur. Burada θ , ℓ ve \vec{B} arasındaki açıdır.



Şekil.3.4 Manyetik alan akım elemanı üzerinde bir kuvvet oluşturur. Kuvvet $I dl$ ve B 'nin bulunduğu düzleme diktir.

3.2.4. Yüklerin Elektromanyetik Alanlarda Hareketi

Yeni icatları ve endüstrideki gelişmeleri daha iyi anlamak için elektronların, protonların ve diğer iyonların elektrik ve manyetik alanlar içerisindeki hareketlerini incelememiz gerekir. Elektromanyetik kuvvetler yüklü parçacıkların hareketlerini

atomik düzeyde etkiler. Eğer bir ortamda hem elektrik alan \vec{E} hem de manyetik alan \vec{B} bulunuyorsa, yükü q ve hızı \vec{v} olan parçacığa etkiyen kuvvet,

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (3.14)$$

şeklinde olup buna Lorentz kuvveti denir.

3.2.5. Manyetik Alan ve Akım Halkası

I akımı taşıyan a yarıçaplı çembersel halkanın oluşturduğu bir manyetik alan düşünelim. Halkanın herhangi bir noktasında akım elementi $I d\vec{l}$ ve birim vektör \hat{r} birbirine diktir. Eksen üzerindeki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü,

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (3.15)$$

şeklinde olur. Burada μ_0 serbest uzayın geçirgenliğidir. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ sabit değerine sahiptir. R , çemberin yarıçapı x ise merkezden itibaren eksen üzerindeki P noktasına olan uzaklıktır.

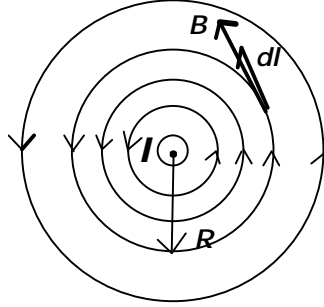
ℓ uzunluğundaki doğrusal çok uzun bir telin kendisinden R kadar uzaktaki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alan ise,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2pR} \quad (3.16)$$

bağıntısı ile verilir. Bu bağıntılar Biot-Savart yasası olarak bilinen yasadandır. Bu yasa elektrostatikteki Coulomb yasası ile benzer özelliklere sahiptir.

3.2.6. Amper Yasası

Kağıt düzlemine dik oldukça uzun ve doğrusal bir telden I akımı geçtiğini varsayalım. Akım taşıyan tel ve etrafında oluşan manyetik alan ilişkisi Amper yasası ile incelenir.



Şekil.3.5 Akım taşıyan uzun düz bir telin etrafında oluşan manyetik alan halkaları. Dairesel yolun her noktasında \vec{B} ve $d\vec{l}$ birbirine paraleldir.

Şekil.3.5'te görüldüğü gibi, $d\vec{l}$, kağıt düzlemindeki kapalı yol üzerinde, herhangi bir çok küçük yer değiştirmeyi ifade etsin. Her noktada $d\vec{l}$ ve manyetik alan \vec{B} birbirine paraleldir. Manyetik alan R yarıçaplı çember üzerinde her noktada aynı değere sahiptir. O nedenle integral dışına alınabilir. $\vec{B} \cdot d\vec{l} = B dl$ olduğundan;

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint dl = B \cdot (2\pi R) \quad (3.17)$$

olarak bulunur. Uzun bir telin etrafında oluşan manyetik alanı daha önceden,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad (3.18)$$

şeklinde bulmuştuk. Bu iki denklemi birleştirirsek;

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (3.19)$$

eşitliğini elde ederiz.

3.2.7. Manyetizmanın Gauss Yasası

Elektrik alan için Gauss yasasının, kapalı bir yüzeyden geçen elektrik akısının yüzeyin içindeki yüke bağlı olduğunu, ifade ettiğini daha önce incelemiştik.

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \sum \frac{q}{\epsilon_0} \quad (3.20)$$

Herhangi bir kapalı yüzeyin manyetik akısı,

$$\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (3.21)$$

şeklindedir. Gauss yasası bize herhangi bir kapalı yüzeyden geçen net manyetik akının sıfır olduğunu söyler.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (3.22)$$

Bu eşitliğin yalnızca kapalı yüzeyler için geçerli olduğunu unutmamak gerekir. Herhangi bir açık yüzeyde manyetik akı herhangi bir değeri alabilir.

Zamanla değişen elektrik akısında bir yer değiştirme akımı oluşur.

$$I_d = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (3.23)$$

Bu ifadeyi Maxwell tarafından geliştirilen Amper yasasını oluşturmak için kullanırsak,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (\sum i + I_d) \quad (3.24)$$

elde ederiz. Burada $\sum i$, kapalı yoldan geçen toplam iletim akımıdır.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(\sum i + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad (3.25)$$

şeklini alır.

3.2.8. Faraday Yasası

İndüklenmiş elektromotor kuvveti (emk), manyetik akının zamana göre değişimi ile orantılıdır. İndüklenmiş emk,

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{ve} \quad \oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (3.26)$$

şeklindedir. Burada ϵ elektromotor kuvveti ifade eder. Eğer devre N sarımdan oluşuyorsa, indüklenmiş emk;

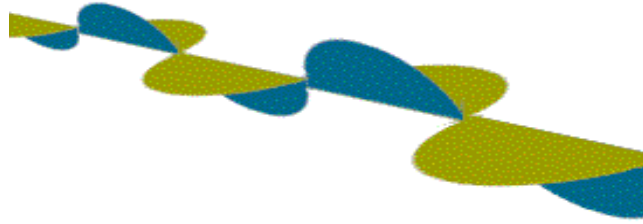
$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.27)$$

olur. Denklemdaki eksi işareti Lenz yasasından kaynaklanmaktadır. Lenz yasasına göre iletken üzerindeki indüklenmiş akım ve indüklenmiş emk kendilerini meydana getiren manyetik akı değişimine karşı koyacak şekilde davranırlar.

3.2.9. Maxwell Denklemleri

1864 yılında James Clerk Maxwell ışığın elektromanyetik dalgalardan oluştuğunu fark etti. Işığın değişen bir elektrik alanı (\vec{E}) ve yine değişen ve elektrik alana dik olan bir manyetik alan (\vec{B})'den oluştuğu önermesinde bulundu. \vec{E} ve \vec{B} 'nin oranı her noktada aynı idi. Ancak elektromanyetik dalgalar bildiğimiz su dalgasına, ses dalgasına veya ip üzerindeki dalgaya hiç benzemiyorlardı. Çünkü bunların ilerlemeleri için bir ortama ihtiyaçları yoktu. Bu da bize uzayda astronotların haberleşmek için niçin radyo dalgalarını kullandıklarını açıklar.

Maxwell elektromanyetik dalgaların uzay boşluğunda 2.998×10^8 m/s'lik ışık hızına eşit bir hızla hareket ettiğini göstermiştir. Her dalga gibi elektromanyetik dalgalar da devamlı dalgalardı.



Şekil.3.6. Elektromanyetik dalga

Burada açık renk manyetik alanı ve yönünü, koyu renk elektrik alanı ve yönünü göstermektedir. Elektrik ve manyetik alanlar birbirlerine diktirler ve birlikte hareket ederler. Elektromanyetik dalga eksen çizgisi üzerinde tek bir yönde ve ışık hızıyla hareket eder.

Elektromanyetik alanlarla ilgilenen elektromanyetizmanın temel denklemleri Maxwell denklemleridir. 19. yy fizikçilerinden Clerk Maxwell, Gauss, Amper, Faraday kanunlarını kullanarak, elektromanyetizmanın bu temel denklemlerini yazmıştır. Elektromanyetizmada gauss kanunu elektrik veya manyetik alanların toplam akısıyla ilgilidir. Amper kanunu manyetik dolanım, faraday kanunu ise elektrik dolanım ile ilgilidir. Maxwell bu kanunları tüm elektromanyetik alanları içerecek şekilde genişletmiştir. Maxwell denklemleri aşağıda verilmiştir:

$$1. \text{ Elektrik Gauss Yasası} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \sum \frac{q}{\epsilon_0} \quad (3.28)$$

$$2. \text{ Manyetik Gauss Yasası} \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (3.29)$$

$$3. \text{ Faraday Yasası} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (3.30)$$

$$4. \text{ Genelleştirilmiş Amper Yasası} \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum i + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (3.31)$$

3.2.10. Radyasyon Basıncı

Buraya kadar EM dalgaların boşlukta ilerleyişini inceledik. Peki bir madde ile etkileştikleri zaman ne olur?

EM dalgalar bir madde tarafından emildiği zaman dalganın enerjisi madde içindeki yüklü parçacıklara aktarılır. Normalde bir madde üzerindeki yüklü parçacıklar sabittirler ve madde içinde hareket edemezler. Ancak madde radyasyona maruz kaldığı zaman, elektrik alan parçacıkları yerlerinden hareket ettirebilir. Yalnız bu hareket geçicidir ve elektrik alan sıfır olduğu zaman parçacıklar tekrar eski hallerine dönerler. Manyetik alan ise parçacık üzerinde iş yapmaz. Çünkü manyetik kuvvet parçacığın hızına diktir. Manyetik alan hızın doğrultusunu değiştirebilir ancak büyüklüğünü etkilemez.

Bir yüzeye etkiyen basınç ile Emilme yoğunluğu arasında;

$$P = \frac{S}{c} \quad (3.32)$$

bağıntısı vardır. Burada S emilim yoğunluğudur ve Poynting vektör olarak adlandırılır, yüzeye diktir. P ise yüzeye etkiyen basınçtır. Bu radyasyon basıncı nedeniyle, nesne üzerinde oluşan kuvvet, o nesnenin momentumunu değiştirir. Momentumun korunumu yasasına göre nesneye aktarılan momentum dalgadan gelmek zorundadır. EM dalgalar enerjii aktardıkları gibi momentumu da iyi bir

şekilde nesnelere aktarabilirler. Yani EM dalgalar madde ile etkileştikleri zaman momentumlarını da aktarırlar.

Maddeler radyasyonu emdikleri gibi yansıtabilirlerde. Momentumun korunumundan yararlanarak, tam yansıtıcı bir yüzeye etkiyen radyasyon basıncının;

$$P = \frac{2S}{c} \quad (3.33)$$

şeklinde olduğunu kolayca söyleyebiliriz. Kısaca radyasyon basıncı, yüzey tarafından yansıtılan ışık oranına bağlıdır ve $\frac{S}{c} \langle P \rangle \langle \frac{2S}{c} \rangle$ aralığında bir değere sahiptir.

EM dalgalar enerji taşırlar ve uzayda yayılırken karşılaştıkları cisimlerle etkileşip onlara enerji aktarırlar. Bir EM dalgalarındaki enerji akış hızı Poynting vektörü (\vec{S}) olarak adlandırılır ve;

$$\vec{S} = \frac{1}{m_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \quad (3.34)$$

şeklinde ifade edilir. Birimi $\frac{joule}{s.m^2} = \frac{W}{m^2}$, dir. Poynting vektörünün büyüklüğü akış

yönüne dik olan birim yüzeyden geçen enerjinin akış hızını ifade etmektedir. \vec{S} ' nin yönü, dalganın yayılma doğrultusu boyuncadır. S, birim yüzey başına gücü ifade eder. Birim yüzey, dalganın yayılma doğrultusuna diktir. Bir düzlem EMD için,

$$\left| \vec{E} \times \vec{B} \right| = E.B \text{ olup buradan } S;$$

$$S = \frac{E.B}{m_0} \quad (3.35)$$

olarak bulunur.

Direnci R , yarıçapı a ve uzunluğu L olan doğrusal uzun bir telin sabit I akımı taşıdığını düşünelim. Tel boyunca elektrik alan $E=V/L=IR/L$, telin yüzeyindeki manyetik alan $B = m_0 I / 2pa$ 'dır. Bu tel için Poynting vektörünü hesaplırsak, \vec{E} ve \vec{B} vektörleri birbirine diktir ve buradan $\left| \vec{E} \times \vec{B} \right| = E.B$ olur. Böylece \vec{S} Poynting vektörü radyal olarak içe yönelir ve büyüklüğü;

$$S = \frac{E.B}{m_0} = \frac{I}{m_0} \frac{IR}{L} \frac{m_0 I}{2paL} = \frac{I^2 R}{2paL} = \frac{I^2 R}{A} \quad (3.36)$$

olur. Burada A telin yanal yüzeyi olup, S 'nin geçtiği toplam yüzey alanıdır. Buradan;

$$SA = I^2 R = IV \quad (3.37)$$

elde edilir. SA 'nın birimi volt x amper = Watt'tır. Yani SA burada iletkende harcanan güce ya da joule ısısına eşittir.

3.2.11. Elektrik Akımının Çeşitleri

Elektriksel akımlar kaynaklarına göre sınıflandırılırlar ve üç grupta incelenirler.

a) Konveksiyon Akımı

Konveksiyon akımı, elektromanyetik etki altında hareket eden serbest yüklerin bir dış kaynak tarafından hareket ettirilmesi ile oluşur.

b) İletim Akımı

İletken madde, bir dış EMA etkisi altında hareket eden serbest yüklere sahip ortamdır. Yük hareketi, diğer yüklerle etkileşim aralığını oluşturan kısa bir mesafede gerçekleşir. Bu yüzden, yük hareketi bir göçten ibarettir. Bu yük göçüne iletim hareketi denir.

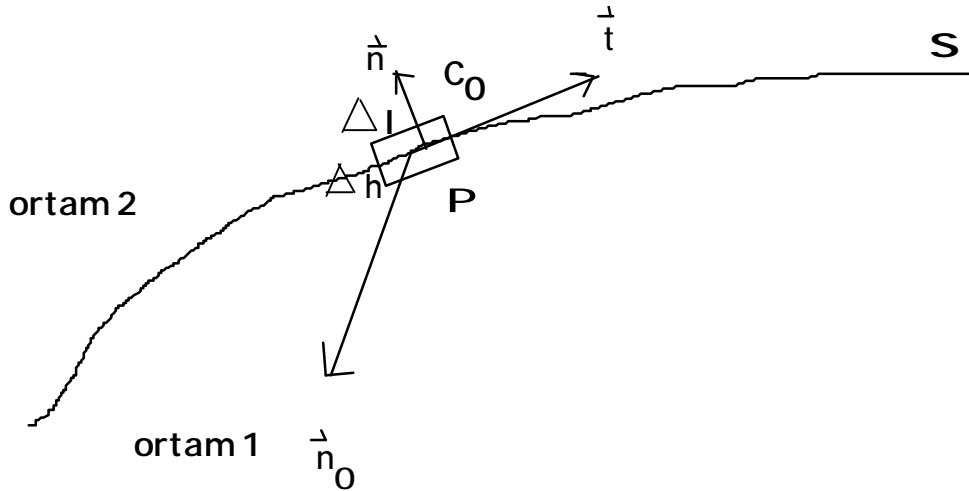
c) Yer Değiştirme Akımı

Yer değiştirme akımı, bağlı yüklerin sınırlı hareketine dayanır. Saf dielektrik bir malzemede elektronlar, kuvvetli atomik bağlarla bağlı olup, bu bağın kopması yani iletkenler gibi serbest elektron hareketinin başlayabilmesi için, bu elektronların şiddetli elektrik alana maruz kalması gerekir. Dielektrik malzemede yerdeğiştirme ve kutuplanma akımı azda olsa her zaman vardır ve bağlı pozitif ve negatif yüklerin bağlı hareketlerinden dolayı ortaya çıkar. Herhangi bir elektrik alan, pozitif yükler üzerine bir kuvvet uyguladığında, negatif yükler üzerinde de ters yönde bir kuvvet oluşur. Dielektrik malzemede, karışık yüklerin birbirine bağlı olması nedeniyle, statik elektrik alanının uygulandığı anda oluşan ilk geçici hareketten başka bir yük hareketi oluşmaz. Bu hareket pozitif yükün negatif yüke göre bir yer değiştirmesi şeklinde olabilir.

3.2.12. Elektromanyetik Alanlarda Sınır Koşulları

Uzayın farklı özelliklere sahip ortamlardan oluşması durumunda elektriksel (\vec{E}, \vec{D}) ve manyetik (\vec{B}, \vec{H}) kökenli vektör alanları, bu ortamları ayıran ara kesit yüzeylerinde sürekli olmayabilir. Bu değerler Maxwell denklemleri ile hesaplanabilir. Bu durumu 4 farklı durum için incelemek gerekir (Şeker, 1994).

a) Elektrik alanların yüzeye teğet bileşenleri sürekli dir:



Şekil 3.7 İki farklı ortamın arakesitinde alan vektörleri

Şekil 3.7.de de görüldüğü gibi S yüzeyi, 1 ve 2 ortamlarını ayıran bir sınır yüzeyi olsun. S üzerinde alınan bir P noktasında, 1. ortamdaki 2. ortama doğru yönelmiş, yüzeye dik birim vektör \hat{n} ve P noktasında S yüzeyine teğet vektör \hat{t} olsun. P noktası civarında, kenarları \hat{n} ve \hat{t} 'ye paralel bir C_0 çerçevesi alalım. S yüzeyindeki yüzeysel yük yoğunluğu r_s (C/m²) olsun. Bu yüzeye dağılmış yüklerden kaynaklanan bir akım varsayalım ve Maxwell denklemlerini uygulayalım.

Üçüncü Maxwell bağıntısı Şekil 3.7 için uygulanırsa, C_0 dikdörtgen penceresi tarafından çevrelenen yüzey S_0 ise;

$$\oint_{C_0} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \oint_{S_0} \mathbf{B} \cdot \hat{n}_0 \cdot d\mathbf{s} \quad (3.38)$$

olur (Şeker, 1994). Burada $\hat{n}_0 = \hat{t} \times \hat{n}$ manyetik alanın yönü olup, S_0 yüzeyine dik birim vektörü göstermektedir. C_0 çerçevesi P noktası civarında gittikçe küçülürse, S_0 limit durumunda sıfıra gider ve (3.38) denkleminde sağ taraf sıfır olur. Bu durumda denklem (3.38)'den

$$E_{t_1} \Delta l - E_{t_2} \Delta l = 0 \quad (3.39)$$

bulunur. Burada \hat{E}_{t_1} ve \hat{E}_{t_2} 1 ve 2 bölgelerindeki \hat{E} elektrik alanının teğetsel bileşenini göstermektedir. Eğer Δl çok küçük fakat sıfır değilse, ifadenin her iki tarafını Δl ile bölebiliriz. Bu durumda ;

$$E_{t_1} - E_{t_2} = 0 \text{ veya } \hat{n} \times (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) = 0 \quad (3.40)$$

Yani arakesit yüzeyinde elektrik alanının teğetsel bileşeni süreklidir.

b) Manyetik alan H'nin dik bileşenleri yüzeydeki akımla ilişkilidir:

Yukarıdaki yaklaşımı sınır yüzeyinde \dot{H} 'nin teğetsel bileşeni için de uygulayabiliriz. Bunun için Ampere-Maxwell Yasası,

$$\oint_{C_0} \dot{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_{S_0} \mathbf{J} \cdot \mathbf{n}_0 ds + \frac{d}{dt} \int_{S_0} \mathbf{D} \cdot \mathbf{n}_0 ds \quad (3.41)$$

şeklinde ifade edilir ve P noktası civarında C_0 çerçevesinin Δh eni sifıra yaklaşırken limit durumunda sağdaki en son terim sifır olur. Bu durumda;

$$\dot{t} \cdot (\dot{H}_1 - \dot{H}_2) = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta h} \int_{S_0} \mathbf{J} \cdot \mathbf{n}_0 ds \quad (3.42)$$

olur. Bu denklemin sağ tarafı incelendiğinde \mathbf{n}_0 yönünde \dot{K} yüzeysel akım yoğunluğuna eşit olduğu görülür. S_0 yüzeyine dik düzlem üzerindeki yüzeysel akımın \dot{H} 'nin teğetsel bileşeni ile ilişkisi;

$$\mathbf{n}_0 \cdot (\dot{H}_2 - \dot{H}_1) = \dot{K} \quad (3.43)$$

şeklini alır. Bu bağıntı, sınır yüzeyinde \dot{H} vektörünün teğetsel bileşenlerinin, yüzey üzerinde söz konusu P noktasındaki çizgisel akım yoğunluğu kadar süreksizlik oluşturacağını gösterir. Bu bağıntı, \dot{K} 'nın yönünün süreksizlik yüzeyindeki manyetik alan şiddetinin yönüne bağlı olduğunu ortaya çıkarır.

c) Manyetik indüksiyon B'nin dik bileşenleri bir arayüzde süreklidir:

Farklı elektriksel özelliklere sahip iki ortamdan birincisinin bir iletken olduğunu kabul edersek, bu ortamın içerisinde $\dot{E}_1 = 0$ olur ve üçüncü Maxwell Denkleminden yararlanarak;

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \dot{B}_1}{\partial t} = 0 \quad (3.44)$$

olması nedeniyle bu denklemin sağlanabilmesi ancak $\dot{B}_1 = 0$ koşuluna bağlıdır. Buradan;

$$\mathbf{\hat{n}} \times \dot{\mathbf{H}}_2 = \dot{\mathbf{K}}_1 \quad s_1 \rightarrow \infty \quad (3.45)$$

sonucu elde edilir. Pratikte $s_1 \rightarrow \infty$ durumu yüksek frekanslar için geçerlidir. Bu son ifade, mükemmel iletken yüzeyden akan akım ile, mükemmel iletken yüzeyin dışındaki manyetik alan arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Eğer 1. ortam mükemmel iletken değilse, akım yüzey üzeri ile sınırlanamaz. Bu durumda;

$$\mathbf{\hat{n}} \times (\dot{\mathbf{H}}_2 - \dot{\mathbf{H}}_1) = 0 \quad s_1, s_2 \text{ sonlu} \quad (3.46)$$

bulunur. Bu ifadeden, sınır yüzeyinin alt ve üstündeki yüzeylerden birisi mükemmel iletken olmadığı sürece, $\dot{\mathbf{H}}$ 'nin arakesit yüzeyindeki teğetsel bileşenlerinin sürekli olduğu sonucu çıkar. C_0 çerçevesinin \hat{n} birim vektörü etrafında tam bir tur döndüğünde oluşacak silindirin yüzeyini Σ ile gösterirsek manyetizmada Gauss yasasından faydalanarak (2. Maxwell Denklemi);

$$\oint_{\Sigma} \dot{\mathbf{B}} \cdot \mathbf{\hat{n}} ds = 0 \quad (3.47)$$

yazılabilir. Burada integral sınırları silindirin tüm yüzeyleri üzerinden alınır. $\Delta h \rightarrow 0$ limit durumunda silindirin yan yüzeyinin integrale katkısı giderek azalır ve sıfır olur. Bu durumda;

$$(\dot{B}_{n_2} - \dot{B}_{n_1}) \cdot \Delta s = 0 \quad (3.48)$$

bulunur. Burada Δa , silindirin taban veya üst alanıdır. Bu ifadelerdeki negatif işaret 1. ortamdan dışa dönük birim vektörün özelliğinden gelmektedir. Böylece $\Delta h \rightarrow 0$ için ;

$$\mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{\hat{B}}_2 - \mathbf{\hat{B}}_1) = 0 \quad (3.49)$$

bulunur. Dolayısıyla, iki farklı ortamın arakesitinde, $\mathbf{\hat{B}}$ 'nin dik bileşeninin sürekli olduğu sonucuna varılır.

d) Yerdeğiştirme vektörü $\mathbf{\hat{D}}$ 'nin arayüz üzerindeki dik bileşenleri, yüzeydeki elektrik yükleri ile ilişkilidir:

Kapalı S yüzeyi boyunca, $\mathbf{\hat{D}}$ elektriksel alan yoğunluğu için,

$$\oint_{\Sigma} \mathbf{\hat{D}} \cdot \mathbf{\hat{n}} \cdot d\mathbf{s} = \int_V \rho \, dv \quad (3.50)$$

denklemden faydalanarak silindirin hacminin gittikçe küçülmesi durumunda, yani $\Delta h \rightarrow 0$ iken, silindirin yan yüzeylerinin sol taraftaki integrale katkısı sıfır olur ve sonuç olarak

$$\lim_{\Delta h \rightarrow 0} \oint_S \mathbf{\hat{D}} \cdot \mathbf{\hat{n}} \cdot d\mathbf{s} = (D_{n_2} - D_{n_1}) \Delta s \quad (3.51)$$

bulunur. Burada Δa taban alanını göstermektedir. Herhangi bir yüzey için ise; r_s yüzeyel yük yoğunluğunu göstermek üzere;

$$\lim_{\Delta h \rightarrow 0} \oint_V \rho \, dv = r_s \Delta s \quad (3.52)$$

olur. Bu son iki bağıntıdan;

$$D_{n_2} - D_{n_1} = r_s \quad \text{veya} \quad \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) = r_s \quad (3.53)$$

bulunur. Bu ifadelerden de anlaşılacağı gibi $\mathbf{\hat{D}}$ 'nin sınır yüzeyindeki dik bileşeni; iki ortamın ara kesitindeki yüzeysel yük yoğunluğu kadar süreksizlik oluşturur.

Kısaca özetlenecek olursa; elektromanyetik alanların, farklı elektriksel özelliklere sahip bir ortamdan diğer bir ortama geçişinde dört durum geçerlidir. Bunlar aşağıdaki bağıntılarla ifade edilir.

$$\begin{aligned} \mathbf{\hat{n}} \times (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) &= 0 \\ \mathbf{\hat{n}} \times (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) &= \mathbf{K} \\ \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{B}_2 - \mathbf{B}_1) &= 0 \\ \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) &= r_s \end{aligned} \quad (3.54)$$

$\mathbf{\hat{D}}$ ve $\mathbf{\hat{B}}$ vektörlerinin, $\mathbf{\hat{P}}$ ve $\mathbf{\hat{M}}$ polarizasyon vektörleri cinsinden ifade edilmeleri durumunda ise;

$$\begin{aligned} \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) &= \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{M}_1 - \mathbf{M}_2) \\ \mathbf{\hat{n}} \cdot \mathbf{e}_0 (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) &= r_s + \mathbf{\hat{n}} \cdot (\mathbf{P}_1 - \mathbf{P}_2) \end{aligned} \quad (3.55)$$

elde edilir (Şeker, 1994).

3.2.13. Farklı Ortam ve Malzemelerde Sınır Koşulları

Bazen iyi bir iletken bazen de dielektrik gibi davranan canlı hücresinin elektrik alan içerisinde iken neler olduğunu daha iyi anlamak için bu malzemelerin özelliklerini incelemekte fayda vardır.

a) İletkenler

Bir malzeme eğer $\left(\frac{s}{we}\right)^2 \gg 1$ şartını sağlıyorsa “iyi iletken” olarak tanımlanır (Şeker,1994). Burada w , elektromanyetik alanın açısal frekansıdır. Görüldüğü gibi bu tanım iletkenlikle frekans arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Çoğu metalik iletkenler 10^{10} Hz’in altındaki frekanslarda iyi iletkenlerdir. Bu nedenle iyi iletkenler için;

$$a \approx b \approx \sqrt{\frac{wms}{2}} \approx w\sqrt{me} \quad (3.56)$$

$$h \approx \sqrt{\frac{jwm}{s}} = \sqrt{\frac{wm}{s}} \perp 45^\circ \quad (3.57)$$

bağıntıları elde edilir. Bu bağıntılardan da anlaşılacağı üzere, zayıflama çok hızlı gerçekleşir. Bu durumda faz hızı, kayıpsız ortamla karşılaştırıldığında çok düşük olur ve \vec{E} alan vektörü, \vec{H} alan vektörüne göre 45° önde olur.

İyi iletken malzemeler için d , etkin yüzey kalınlığı (deri, cidar kalınlığı), dalga genliğinin başlangıçtaki değerinin $1/e$ katına düşmesi için katedilmesi gereken yol olarak tanımlanır. Çeşitli işlemler yapıldıktan sonra;

$$d = \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2}{wms}} \quad (3.58)$$

olduğu görülebilir. Yüksek frekanslarda iyi iletkenler için cidar kalınlığı çok düşüktür.

Bakır için bu durumu inceleyecek olursak $f=60$ Hz’ de $d=0.85$ cm iken $f=10^6$ Hz’de $d=0.07$ cm olur. Kayıplı ortamda dalga a zayıflama sabitinin belirlediği oranda zayıflar. Bu da ortamın iletkenliği tarafından belirlenir. İletkenlik arttıkça zayıflama da artar. Limit durumunda ($s \rightarrow \infty$), zayıflama sabiti sonsuz büyür ve propagasyon sona erer. Başka bir ifade ile ‘mükemmel’ bir iletkenin içinde hiçbir

dalga ilerleyemez. Ancak iletkeni çevreleyen bölgede ilerleyebilir. Yani iletken dalgaya kılavuzluk eder. İletkenin yüzeyinde oluşan akım, akım yoğunluğunun yönüne dik olarak ilerler ve kayıplardan ötürü zayıflatılarak yok edilir.

Şimdi de iyi bir iletkendeki hız ve dalgaboyu bağıntılarını elde edelim:

$$a = b = \frac{1}{d} = \sqrt{p f m s} \quad \text{ve} \quad b = \frac{2p}{l} \text{ olduğundan,}$$

$$w = 2p f \quad \text{ve} \quad v = \frac{w}{b} = wd \quad (3.59)$$

olur. Örneğin; $f=60$ Hz'de bakır için $l = 5,36$ cm ve $v = 3,22$ m/s dir. Bu değerler serbest yüzey için 60 Hz'de $l = 5.10^6$ m ve $v = 3.10^8$ m/s olur.

EM alanların elektrik ve manyetik alan bileşenleri deri kalınlığı cinsinden,

$$E_x = E_{x0} e^{-\frac{z}{d}} \cos\left(\omega t - \frac{z}{d}\right) \quad (3.60)$$

$$H_y = \frac{sdE_{x0}}{\sqrt{2}} e^{-\frac{z}{d}} \cos\left(\omega t - \frac{z}{d} - \frac{p}{4}\right) \quad (3.61)$$

bağıntıları ile verilebilir (Hayt, 1989).

Poyinting vektörünün zaman ortalaması;

$$P_{z,or} = \frac{1}{4} sdE_{x0}^2 e^{-\frac{2z}{d}} \quad (3.62)$$

görüldüğü gibi bir deri kalınlığı kadar derinlikte, güç yoğunluğu yüzeydeki değerinin $e^{-2} = 0,135$ katına düşmektedir.

Elektromanyetik alan e^{-az} gibi bir sönüm terimi taşırken, elektromanyetik dalganın gücü e^{-2az} gibi bir üstele göre azalmaktadır. Yani güç çok küçük mesafelerde sıfıra yaklaşır. Bu da bize yüksek frekanslı EM dalgaların daha az zararlı olduğunu ifade eder.

b) Dielektrikler

Bir malzeme $\left(\frac{s}{we}\right)^2 = 1$ şartını sağlıyorsa iyi bir dielektrik malzeme olarak tanımlanır. Bu durumda a ve b ifadesi için Binom açılımı yapılırsa, ilk terimlerden faydalanarak;

$$a \approx \frac{s}{2} \sqrt{\frac{m}{e}} \quad (3.63)$$

$$b \approx w \sqrt{me} \quad (3.64)$$

$$h \approx \sqrt{\frac{m}{e}} \quad (3.65)$$

yaklaşımları elde edilir (Şeker, 1994). $\bar{E}_{xs} = E_{x0} \cdot e^{-gz} = E_{x0} \cdot e^{-(a+jb)z}$ olduğundan, dielektrik malzemede dalga çok yavaş zayıflamakta ve faz hızı hemen hemen kayıpsız ortamdaki faz hızına eşit olmaktadır. \dot{E} alanı vektörü ile \dot{H} alanı vektörü hemen hemen aynı fazdadır.

$$E_x = R_e \left[\bar{E}_{xs} \cdot e^{j\omega t} \right] = R_e \left[E_{x0} \cdot e^{j(\omega t - bz)} \right] = E_{x0} \cos(\omega t - bz) \quad (3.66)$$

z yönünde ilerleyen bu dalganın grup hızı aşağıdaki gibi olur.

$$v = \frac{\omega}{b} = \frac{1}{\sqrt{me}} \quad (3.67)$$

3.2.14. Elektromanyetik Alanların Bir Düzlemden Yansıması ve Kırılması:

Elektromanyetik alana karşılaşılan bir biyolojik sistemde, havayı birinci fiziksel ortam insan derisini de ikinci fiziksel ortam olarak kabul edersek elektromanyetik dalgaların deriden yansıması veya geçmesi durumunu inceleyelim.

Gelme ve kırılma açıları arasındaki ilişki Snell yasası ile;

$$\frac{\sin q_i}{\sin q_r} = \frac{v_i}{v_r} = \frac{k_2}{k_1} \quad (3.68)$$

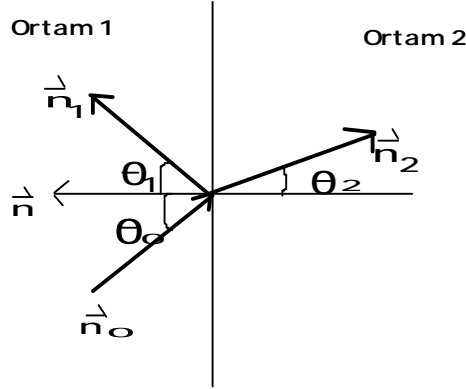
şeklinde ifade edilir. Burada v_i ve v_r sırasıyla, dalganın geldiği ve içine girerek kırıldığı ortamlara ait dalga hızlarıdır. Yani; $v_i = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_1}}$ ve $v_r = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_2}}$, k_1 ve k_2 sırasıyla 1. ve 2. ortamın kırılma indisleridir. Doğrusal polarizeli düzlem dalga,

$$\underline{\mathbf{E}} = \underline{\mathbf{E}}_0 \cdot e^{-g \cdot \underline{\mathbf{n}}_0 \cdot \underline{\mathbf{r}}} \quad (3.69)$$

olarak yazılabilir (Şeker, 1994). Burada $\underline{\mathbf{n}}_0$ propagasyon yönündeki birim vektörü göstermekte ve $g = j\omega\mu(s + j\omega\epsilon)$ olup, ortamın propagasyon faktörünü, $\underline{\mathbf{E}}_0$ ise $\underline{\mathbf{E}}$ kompleks vektörünün genliğini göstermektedir. Düzlemsel elektromanyetik dalgaların özellikleri gereği olarak, manyetik alan şiddeti için,

$$\underline{\mathbf{H}} = \frac{\underline{\mathbf{n}}_0 \times \underline{\mathbf{E}}_0}{h} \cdot e^{-g \cdot \underline{\mathbf{n}}_0 \cdot \underline{\mathbf{r}}} \quad (3.70)$$

yazılabilir.



Şekil.3.8 Düzlemsel bir yüzeyde yansıma ve geçme

Şekil 3.8’de \hat{n}_0 yönünde ilerleyen bir dalganın 1 ve 2 yüzeylerini ayıran S arakesit yüzeyinden yansıma ve geçmesi gösterilmiştir. Burada \hat{n} vektörü, S yüzeyinin birim normalidir. Bu durumda, \hat{E}_i ve \hat{H}_i , \hat{E}_r ve \hat{H}_r , \hat{E}_t ve \hat{H}_t çiftleri, sırasıyla; gelen, yansıyan ve geçen bileşenleri temsil etmektedir. Bu bileşenler;

$$\begin{aligned}
 \hat{E}_i &= \hat{E}_0 e^{-g_1 \cdot \hat{n}_0 \cdot \mathbf{r}} & \hat{H}_i &= \frac{1}{h_i} \mathbf{r} \times \hat{E}_0 e^{-g_1 \cdot \hat{n}_0 \cdot \mathbf{r}} \\
 \hat{E}_r &= \hat{E}_1 e^{-g_1 \cdot \hat{n}_1 \cdot \mathbf{r}} & \hat{H}_r &= \frac{1}{h_1} \mathbf{r} \times \hat{E}_1 e^{-g_1 \cdot \hat{n}_1 \cdot \mathbf{r}} \\
 \hat{E}_t &= \hat{E}_2 e^{-g_2 \cdot \hat{n}_2 \cdot \mathbf{r}} & \hat{H}_t &= \frac{1}{h_2} \mathbf{r} \times \hat{E}_2 e^{-g_2 \cdot \hat{n}_2 \cdot \mathbf{r}}
 \end{aligned} \tag{3.71}$$

şeklinde ifade edilir. Burada, h ; karakteristik empedans olup birimi ohm’dur.

3.3. Elektromanyetik Dalgaların Yayılması

Zamana göre değişen manyetik alanlar elektrik alanları, zamana göre değişen elektrik alanlar da manyetik alanları indükler. Maxwell denklemlerine göre zamana göre değişen alanlardan birisinin bulunması diğerinin de bulunması anlamına

gelmektedir. Hareket etmeyen ve durgun yük dağılımına sahip maddelerin durgun bir elektrik alanı, düzgün akım taşıyan bir telin de durgun manyetik alan oluşturduğunu biliyoruz. Bu yüzden durgun yükler veya sabit hızla hareket eden yükler zamana bağlı dalga alanları oluşturmazlar. Dalga alanlarının oluşması için yükün ivmelenmesi gerekir. İvmelenen yük veya yükler sistemi EM dalgaları oluşturur.

3.3.1. EM Radyasyon ile EM Alanlar Arasındaki Fark

Genelde, EM kaynaklar, radyant enerji (radyasyon) ile radyant olmayan alanları birlikte oluşturur. Radyasyon kaynaktan uzağa gidebilir ve kaynak kapatılsa bile varlığını korur. Buna karşın bazı elektrik ve manyetik alanlar EM kaynağın yakınında oluşur ve kaynak kapatıldığında bu alanlarda sona erer (Moulder, 2005).

Aslında ELF etki alanları 50-60 Hz frekansındaki dalga boyundan daha kısa mesafedeki bölgelerde oluşur. Bu önemli bir noktadır. Çünkü bazı durumlarda (alan yakınında), elektrik ve manyetik alanlar birbirinden bağımsız hareket eder. Bu yönüyle EM alan, elektrik ve manyetik alanları birlikte hareket eden EM radyasyondan ayrılır (Moulder, 2005).

Peki elektrik hatları veya antenler EM radyasyon yayar mı?

Bir antenin etkili bir radyasyon kaynağı olabilmesi için antenin boyunun dalga boyu ile kıyaslanabilecek ölçülerde olması gerekir. ELF kaynaklarının, yayılan radyasyonun dalga boyuna (5000 km) oranla çok küçük oldukları kolaylıkla görülebilir. Hesaplamalara göre, tipik bir elektrik telinin yayacağı maksimum güç; $0.0001 \text{ microwatt/cm}^2$ 'den daha küçüktür. Ay'ın açık bir gecede dünya üzerinde oluşturduğu gücün; $0.2 \text{ microwatt/cm}^2$ olduğu düşünülecek olursa elektrik telinden kaynaklanan gücün ne kadar küçük olduğu görülebilir (Moulder, 2005).

3.4. EM Kaynakların Biyolojik Etkileri

Günlük hayatta her fert, çeşitli şekillerde elektromanyetik alanlara maruz kalır. Radyasyon alanı söz konusu bölgede herhangi bir cisim yokken ölçülen ve o bölgeye yerleştirilecek cismi etkisi altına alacak olan alan olarak tanımlanır.

Biyolojik sistem RF radyasyonuna uğradığında, sistem içinde iç alan oluşur. Bu iç alanın hesaplanması ve ölçülmesine “dozimetri” denir.

Elektromanyetik spektrumda dalgalar binalar büyüklüğündeki çok uzun radyo dalgalarından bir atomun çekirdeğinin boyutundan daha kısa gama dalgalarına kadar değişir.

Elektromanyetik spektrumun en uzun dalga boyundan en kısa dalga boyuna sıralanışı şu şekildedir:

- Radyo dalgaları
- Mikro dalgalar
- İnfrared dalgalar (IR)
- Optik dalgalar
- Ultraviole dalgalar (UV)
- X-ışını dalgaları
- Gama dalgaları

Biyolojik sistemlerle EM kaynakların etkileşmesi kaynağın frekansına bağlıdır. EM spektrumdan söz ederken genellikle enerji tarafından meydana getirilen dalgalar olarak düşünürüz. Ancak bazen, özellikle yüksek frekanslarda, EM enerji bir dalga gibi değil de bir tanecik (foton) gibi davranır. EM enerjinin yapısı önemlidir. Çünkü her taneciğin nasıl bir biyolojik etki yapacağı fotonun taşıdığı enerjiye bağlıdır (Moulder, 1998).

Çok yüksek frekanslarda, UV ve X-ışını, EM foton kimyasal bağları kırarak kadar enerjiye sahiptir. Bağların kırılması olayı iyonlaşma olarak adlandırılır. EM spektrumun bu bölümüne de “iyonize bölüm” adı verilir. İyonize bölümde yer alan X-ışınlarının en iyi bilinen biyolojik etkisi molekülleri iyonlaştırmasıdır. Daha düşük frekanslarda, görünür ışık ve radyo dalgaları, fotonun enerjisi kimyasal bağları etkileyemeyecek kadar küçüktür. EM spektrumun bu bölümüne de “iyonize olmayan” adı verilir. İyonize olmayan EM enerjinin kimyasal bağları koparamaması dolayısıyla iyonize ve iyonize olmayan EM enerjiler arasında bir benzerlik yoktur (Moulder, 1998).

İyonize olmayan EM kaynaklar da biyolojik etkiler yapabilir. UV, görünür ışık ve IR frekansların pek çok biyolojik etkisi fotonun enerjisine bağlıdır. Ancak

bunlar iyonlaşmadan daha çok elektronik uyarım yaparlar. Bu durum IR'nin (3×10^{11} Hz) altındaki frekanslarda gerçekleşmez. RF ve microdalga kaynakları dokuyu, elektrik akımını indükleyerek etkileyebilirler. Bu da ısıya neden olur. EM kaynağın enerjisine göre, elektrik akımının ve oluşan ısının değeri, kaynağın frekansına, ısıtılan maddenin boyutuna ve ısınma özelliğine bağlı olarak değişir. AM radyo (yaklaşık 10^6 Hz) frekansının altındaki frekanslarda EM kaynaklar insan ve hayvan vücutları üzerinde iki kat daha zayıftır. Bu yüzden de elektrik akımı oluşturma veya ısı etkisi oluşturma konusunda çok etkisizdirler (Moulder, 1998).

EM dalgalar biyolojik sistemler üzerinde iki türlü etki yapabilir; biyolojik etki, önemli sağlık etkisi (advers health effect). Biyolojik etki; biyolojik sistem içinde EM dalgalara maruz kalmaktan kaynaklanan basit araştırmalarla veya gözlemler sonucunda belirlenebilecek fizyolojik değişiklikler meydana gelmesidir. Önemli sağlık etkisi ise, EM dalgalardan kaynaklanan biyolojik etkiler vücudun telafi edebileceği normal sınırların dışında ise gerçekleşir ve bazı ciddi sağlık sorunları oluşturabilir.

Elektromanyetik dalgalar sadece dalga boyları ile değil frekans ve enerjileri ile de ifade edilir. EM spektrumun biyolojik etkileri 4 bölümde incelenebilir (Moulder, 2005).

1. İyonize radyasyon bölümü; doğrudan hasar oluşturabilir ("Vakum", X-ışınları, UV,)
2. İyonize olmayan bölümü kendi içerisinde 3 bölümde incelersek;
 - Optik radyasyon bölümü, elektron hareketlenmesi oluşabilir (UV, görünür ışık, IR).
 - Dalga boyu vücuttan daha kısa olanlar; indüklenen akımlarla ısı etkisi oluşabilir (mikrodalga, yüksek frekanslı RF enerjisi).
 - Dalga boyu vücuttan çok daha büyük olanlar; indüklenen akımlarla nadiren ısınma oluşur (Düşük frekanslı RF enerjisi, ELF ve Durgun alanlar).

WHO, uluslar arası EMF projesinde, RF, mikrodalga alanlarına, ELF'ye ve durgun elektrik ve manyetik alanlara maruz kalma oranlarının artmasının çeşitli sağlık sorunları oluşturmaları hakkındaki endişeye değinmiştir.

RF alanlarının ısınma sonucunda çeşitli sağlık sorunları oluşturduğu bilinmektedir. RF alanları, 1MHz'in üzerindeki frekanslardaki primer etkisi bulunduğu ortamda iyonları ve su moleküllerini ortaya doğru hareket ettirerek ısınmaya neden olur. RF'nin çok küçük değerlerinde bile az miktarda ısı oluşur. Ancak bu ısı kişi fark etmeden vücudun normal ısı düzenleyici mekanizması tarafından uzaklaştırılır. 1 MHz'in altındaki frekanslardaki RF alanların primer etkisi sinir ve kas dokularındaki hücreleri uyaran elektrik yüklerini ve akımlarını oluşturmaktır. Elektrik akımı yaşam için gerekli kimyasal reaksiyonların bir parçası olarak vücut içinde zaten vardır. Eğer RF alanları, vücudun normal seviyesinden daha yüksek oranda akım oluştururlarsa bunun sonucunda önemli sağlık sorunları oluşabilir (WHO, 1998).

Durgun (statik) elektrik ve manyetik alanların biyolojik sistemler üzerindeki primer etkisi, elektrik yükleri ve akımları oluşturmalarıdır. Diğer etkileri, sadece çok yüksek alan genliklerinde, önemli sağlık sorunları oluşturma potansiyeline sahip olmalarıdır (WHO, 1998).

Durgun elektrik alanı vücuda giremez ama deride kıl hareketi gibi hissedilebilir. Güçlü durgun elektrik alanlarından kaynaklanan elektriksel yük boşaltma dışında dikkate değer sağlık etkileri yoktur (WHO, 1998).

Durgun manyetik alanlar, vücudun içinde ve dışında aynı değere sahiptir. Çok yoğun durgun manyetik alanlar kan akışını veya normal sinir iletilerini değiştirebilir. Fakat günlük yaşantımızda böyle büyük alanlar yoktur. Buna rağmen çalışma ortamlarındaki manyetik alan seviyelerine uzun süre maruz kalmanın ne gibi sağlık sorunları oluşturacağı konusunda yeterli bilgi yoktur (WHO; 1998).

3.4.1. Elektromanyetik Alan İçerisinde Doku

3.4.1.1. Dokunun Elektriksel Özelliği

İnsan dokuları geçirgenliklerine göre karakterize edilir. Doku malzemelerinin dielektrik ve iletkenlik özelliklerine bağlı olarak kayıp mekanizması açıklanabilir. Buradaki dielektrik, kompleks değere sahiptir ve

$$e = e_0(e' - je'') \quad (3.72)$$

şeklinde ifade edilir. Burada

e_0 , boşluğun elektriksel geçirgenliği

e' , bağıl elektriksel geçirgenliğin reel kısmı

e'' , bağıl elektriksel geçirgenliğin sanal kısmı

e''/e' , kayıp tanjantı (soğurulma miktarı ile ilgili)

Madde içinde depolanan enerjiyi ve maddenin iletkenliğine ve dielektrik gevşemesine bağlı olarak, enerji kaybını ifade eder (Foster ve Schvan, 1996). Her iki bileşen de frekans ve dokunun cinsine bağlı olarak değişir. Biyolojik dokular manyetik değıllerdir ve geçirgenlikleri havanınki ile aynıdır. Manyetik alan ve manyetik akı yoğunluğu arasında $B = mH$ bağıntısı vardır. Boş uzayda, havada ve canlı dokularda $m = m_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Herry/m) olarak alınır.

İletkenlik;

$$s = we_0e'' \quad (3.73)$$

şeklinde ifade edilir. Burada w açısal frekanstır ve birimi rad/s'dir.

Vücut içindeki propagasyon sabiti;

$$g = jw \sqrt{m_0 e' \left(1 - j \frac{s}{we'} \right)} \quad (3.74)$$

şeklindedir. Burada m_0 boşluğun manyetik geçirgenliğidir ve birimi H/m'dir. Aynı zamanda iletkenler için propagasyon sabiti;

$$g \cong \sqrt{jwm_0s} = (1+j) \sqrt{\frac{wm_0s}{2}} \quad (3.75)$$

veya

$$g = a + jb \quad (3.76)$$

şeklindedir. Burada a zayıflama sabiti, b faz sabitidir. Bu değerlerden yararlanarak tek yönde ilerleyen bir düzlem dalga için ortamın Z empedansı;

$$Z = j\omega m_0 / g \quad (3.77)$$

olarak ifade edilir.

3.4.1.2. Fiziksel Etkileşim Mekanizması

Dış alanlar, insanlar ve diğer canlılar üzerinde alanların ve akımların oluşmasına neden olurlar. Elektrik enerjisi evlerimize 50 Hz frekanslı AC alanlar şeklinde ulaştırılır. Zamanla değişen elektromanyetik alanlara maruz kalma vücutta dokular tarafından enerji yutulmasına ve vücut içi akımların akmasına neden olur. Dokularda akan akım yoğunluğu ile oluşan elektrik alan arasında, s doku iletkenliği olmak üzere; $J = sE$ (A/m^2) ilişkisi vardır.

ELF altında, dokuda oluşan manyetik alan maruz kalınan alanla aynıdır. Ancak RF altında dokuda oluşan elektrik ve manyetik alanların her ikisi de değişir. İç alanlar insan vücudu içerisinde her noktada aynı değildir. Vücut içerisindeki alanların, büyüklüğü ve uzaysal dağılımı, vücut anatomisine (büyüklük ve şekil), başta frekans olmak üzere, maruz kalınan alanın çeşitli parametrelerine ve vücudun çevreye uyumuna bağlı olarak değişir (Stuchly, 2000).

ELF altında insan vücudu dış elektrik alanı önemli ölçüde etkiler. Bunun aksine, insan dokusunun geçirgenliğinin serbest uzayınki ile aynı olması ve alanların quasi-statik yapısı nedeniyle manyetik alan değişmez. RF altında ise elektrik ve manyetik alanlar bir çift oluştururlar ve insan vücudu veya diğer maddeler EM alanı etkilerler (Stuchly, 2000).

ELF'de elektrik ve manyetik alanların, 50-60 Hz, sinir, kas ve kalp dokularını etkiledikleri bilinmektedir. Doku içerisinde önce elektrik alan eşik değeri aşar. Zar

potansiyeli eşik değerine ulaştığı zaman sinir ve kas hücrelerinin etrafındaki zar uyarılabilir. Eşik değeri hücrenin tipine, boyutuna ve gönderilen dalganın frekans ve dalga formuna bağlıdır. Bir sinir hücresi için uyarma eşiği, sinir hücresi boyunca elektrik alanın türevi alınarak bulunur. Bu yüzden de doku içerisinde düzenli dağılmış olan bir elektrik alan bile, şekline bağlı olarak, sinir hücresini uyarabilir. Retinadaki nöronların uyarılması gözde fosfen oluşumuna neden olmaktadır (Stuchly, 2000).

RF'de indüklenmiş elektrik alan doku ısınmasına neden olur. Bu ısınma doku içindeki elektrik alanın karesiyle ve dokunun iletkenliği ile orantılıdır. Dosimetrik ölçümler sonucu özel emilim oranı (specific absorption rate, SAR), verilen kütle yoğunluğundaki (r) hacim elemanı (dV) içerisinde, emilen enerji artışının zamana göre türevi (dW) veya kütle artışına dağılımı (dm) olarak ifade edilir.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{r(dV)} \right] \quad (3.78)$$

Bu denklem harmonik değişim gösteren EM alanlarda şöyle ifade edilir.

$$SAR = \frac{s}{2r} |E_i|^2 = \frac{we_0e''}{2r} |E_i|^2 \quad (3.79)$$

Burada s doku iletkenliği S/m, e_0 serbest uzayın dielektrik sabiti ($e_0=8.85 \times 10^{-12}$ F/m), e'' kayıp faktörü, $w = 2pf$ radyasyon frekansı, f frekans (Hz), E_i iç elektrik alanının en üst değeri (V/m). SAR birimi ise (W/kg)'dır. Ortalama SAR, alana maruz kalan vücutta emilen toplam gücün, kütlesine oranı olarak tanımlanır.

(3.79) bağıntısından da görüleceği gibi SAR, e'' ve s ile doğru orantılıdır. e'' ve s su oranı yüksek malzemelerde yüksek, su oranı düşük malzemelerde küçük değerlere sahiptir. Örneğin e'' , kuru kağıt için çok düşük, ıslak kağıt için nispeten daha yüksektir. Biyolojik malzemelerden kemik ve yağ, kan kadar kayıplı değildir (Şeker, 1991).

Soğurulan gücün teorik dozimetresinin hesabı için geliştirilmiş modeller arasında, insan vücudunu çevreleyen deri, kan ve kas gibi dokuların temsil edildiği tabaka modeli, küresel modeller, yumurtamsı modeller, silindirel modeller ve insan vücudunu simule eden küçük hücrelerden oluşmuş blok modeller sayılabilir. Bu modellerin hiçbirisi tek başına insan vücudunu temsil etmek için uygun değildir. Bu yüzden son zamanlarda pek çok laboratuarda insan vücudunun anatomik yapısının ve birçok dokusunun belirtildiği heterojen modeller geliştirilmeye başlandı. Bu modeller manyetik rezonans resimlerinin (MRI- magnetic resonance imaging) bilgisayarda simülasyonu ile gerçekleştirilmiş ve uygun doku tipine göre yerleştirilmiştir. Tüm bu modellerde kullanılan genel yol, soğurulan enerjiyi bulmaktır.

İlke olarak SAR, ısı ve ısı olmayan dosimetrik ölçümlerin her ikisini de dikkate alır. Isıl biyolojik etkiler, elektrik alanın gücüne bağlıdır ve SAR başka bir yolla da hesaplanabilir. Sıcaklığın yükselmesi SAR ile direk olarak orantılıdır ve;

$$\frac{dT}{dt} = \frac{SAR}{C} \quad (3.80)$$

burada T sıcaklık, t zaman ve C ısı kapasitesidir.

Isıl etkiler, vücut tarafından yutulan EM enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını attırması olarak tanımlanır. Bu sıcaklık artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine kadar sürer. Genellikle bir RF kaynağından oluşan sıcaklık artışı çok düşüktür ve vücut tarafından kolayca etkisiz hale getirilebilir. Örneğin bir cep telefonunun beyinde oluşturacağı sıcaklık artışı ortalama 0.1°C civarındadır (Van Leeuvey, 1999). Bu güne kadar yapılan araştırmalar, insan vücudunun 1°C'lik sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve vücutta sorunlar oluşturduğunu göstermektedir. İnsan vücudundaki 1°C'lik sıcaklık artışı için 1 kilogram doku başına 4 Watt güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında, bu değerlerin ellide biri (50 kat güvenlik payı ile) olan 0.08W/kg SAR sınır değeri olarak bulunur.

SAR'ın doğrudan ölçülmesi hemen hemen olanaksızdır. Bundan dolayı sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen veya gözlemlenebilen parametreler

kullanılmaktadır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur (TÜBİTAK, 2001).

Penetrasyon ve frekans özellikleri:

Soğurulmanın frekansa bağlı olması dozimetride önemli bir özelliktir. Kayıplı bir ortamda RF radyasyonunun penetrasyon kalınlığı, frekans ve elektriksel geçirgenliğin çok önemli bir fonksiyonudur. (3.79) bağıntısı gereğince düşük frekanslı radyasyonun soğurulma oranı da düşük olacağından, düşük frekanslı radyasyon, yüksek frekanslı radyasyona göre daha fazla nüfuz eder. Dolayısıyla yüksek frekans radyasyonu sadece yüzey ısıyı oluşturur. Aynı şekilde, elektriksel geçirgenliği düşük olan malzemede RF dalgası, geçirgenliği yüksek olan malzemeye göre daha derine nüfuz eder.

Polarizasyon:

Dozimetride EMA vektörlerinin vücuda göre yönelmelerini gösteren polarizasyon önemli bir faktördür. Düzlem dalga için polarizasyon $\vec{E}, \vec{H}, \vec{k}$ vektörlerinin vücudun uzun eksenine paralel olması ile tanımlanır. Burada \vec{k} , yayılma yönündeki vektörü gösterir.

Doğru akım (DC) ve ELF'lerin zamana bağlı olarak değişimlerinin çok yavaş olması nedeniyle, hiç ışıınım vermedikleri kabul edilir. Bu nedenle DC ve ELF alanları ile ilgili incelemeler 'noniyonize radyasyon' daki incelemelerden farklıdır.

3.4.1.3. Elektromanyetik Alanlarda Güç Soğurma

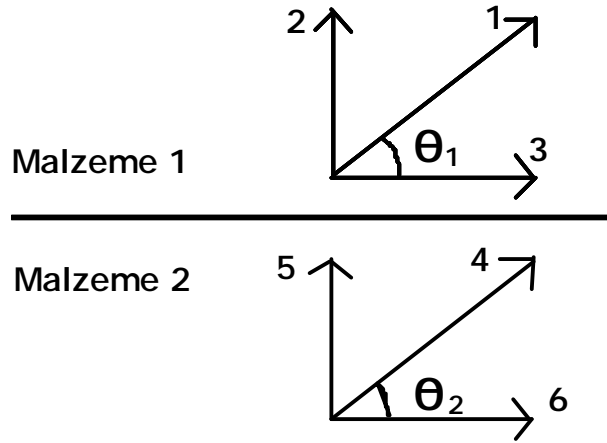
Düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlardan kaynaklanan, dokulardaki güç soğurulması, genelde ihmal edilecek kadar azdır. Bu nedenle vücut sıcaklığında kayda değer bir artış yapmaz. Ancak 100 kHz'in üzerindeki frekanslarda durum değişir ve güç soğurulması anlamlı oranlara ulaşır. Genelde, düzlem elektromanyetik

alanlar altında bulunan vücuttaki güç soğurulması dokudan dokuya farklılıklar gösterir. Bu anlamda dört farklı frekans bölgesi ve etkileşimden söz edilebilir:

- 100 kHz ile 20 MHz arasında güç soğurulması daha çok boyun ve ayaklarda görülür.
- 20 MHz ile 300 MHz arasında hem vücudun tümünde hem de kısmi bölgelerde, rezonans etkisi nedeniyle, anlamlı güç soğurulmaları olabilir.
- 300 MHz ile birkaç GHz arasında yerel ve farklı güç soğurulmaları ile karşılaşılabilir.
- 10 GHz'in üzerinde ise vücudun yüzeye yakın olan kısımlarında güç soğurulması söz konusudur.

Çok düşük frekanslarda:

İki değişik malzemeden oluşan ortamlardaki davranışlar incelersek; bu malzemelerin iletkenlikleri s_1, s_2 ve elektriksel geçirgenlikleri e_1, e_2 olsun. \vec{E} elektrik alanının yüzeye paralel ve dik bileşenleri E_p, E_{\perp} olsun (Şeker,1991).



Şekil.3.9 İki değişik malzemede elektrik alanları

- | | |
|------------------|------------------|
| 1: \vec{E}_1 | 4: \vec{E}_2 |
| 2: $E_{\perp 1}$ | 5: $E_{\perp 2}$ |

$$3: E_{\mathbf{p}_1} \quad 6: E_{\mathbf{p}_2}$$

Statik ve zamanla değişen alanlar için

$$E_{\mathbf{p}_1} = E_{\mathbf{p}_2} \quad (3.81)$$

ve statik (DC) alanlar için akım sürekliliğinden dolayı

$$s E_{\perp 1} = s E_{\perp 2} \quad (3.82)$$

olur. 1 ve 2 ortamlarının toplam alan yönelmesi, alan ile sınır çizgisi arasındaki q açıları cinsinden ifade edildiğinden,

$$\begin{aligned} \tan q_1 &= E_{\perp 1} / E_{\mathbf{p}_1} \\ \tan q_2 &= E_{\perp 2} / E_{\mathbf{p}_2} \end{aligned} \quad (3.83)$$

olur. Bu denklemlerden;

$$\tan q_1 = \frac{s_2}{s_1} \tan q_2 \quad (3.84)$$

bulunur.

Eğer 1. ortamı hava, $s_1 = 10^{-13}$ s/m ve 2. ortamı canlı bir doku tabakası $s_2 = 10^{-1}$ s/m olarak kabul edersek $\tan q_1 = 10^{12} \cdot \tan q_2$ olarak buluruz. Bu yüzden 2. ortamdaki iç alan $q_2 = 0,5^\circ$ veya $\tan q_2 = 1/100$ olması dolayısıyla, hemen hemen sınır yüzeyine paraleldir ve $\tan q_1 = 10^{10}$ olacağından canlı doku ve hava sınırında hava ortamındaki elektrostatik alan yüzeye diktir. Bu durum ELF'de de aşağı yukarı aynıdır. Sadece denklemler biraz değişir.

$$\begin{aligned} s_1 \cdot E_{\perp 1} - s_2 \cdot E_{\perp 2} &= -jwr \\ e_1 \cdot E_{\perp 1} - e_2 \cdot E_{\perp 2} &= r_s \end{aligned} \quad (3.85)$$

burada r_s yüzeysel yük yoğunluğunu ifade eder. ELF'de canlı bir dokunun bağlı dielektriği 10^6 değerinde olabilmektedir. Yani $e_2 = 10^6 e_0$ 'dır. Eğer $s_2 = 10^{-1}$ s/m , $s_1 = 10^{-13}$ s/m, $e_2 = 10^{-5}$ F/m, $e_1 = 10^{-11}$ F/m alınırsa, 60 Hz için (3.85) denkleminde;

$$E_{\perp 1} = -j(2,5)10^7 \cdot E_{\perp 2} \quad (3.86)$$

bulunur. Bu sonuç, havadaki elektrik alanının canlı organizma sınırında pratik olarak dik olduğunu ($\tan q_1 = 2,5 \cdot 10^7 \cdot \tan q_2$) gösterir.

Doğru Akım ve Manyetik Alanlar:

ELF değişken H alanları, iletken cisimlerde elektrik akımları indükler. Zamanla değişen E alanlarının canlı malzeme ile etkileşmesi zamanla değişen H alanları ile tetiklenir. Zamanla değişen manyetik akı, elektriksel potansiyel farkı ve eddy akımlarını doğuran E alanlarını indükler. Denklem (3.86)'den de görüldüğü gibi, çok küçük $E_{iç}$ alanları oluşturmak için çok büyük ELF elektrik alanlarına ihtiyaç vardır.

Kapalı bir eğri boyunca V indüklenmiş gerilim Faraday yasasına göre;

$$V = \oint_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \iint \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} \quad (3.87)$$

şeklindedir. Burada $\dot{\mathbf{E}}$ indüklenmiş alanı ifade etmektedir. $\dot{\mathbf{E}} \cdot d\mathbf{s}$ integrali iletken C ilmeği boyunca alınmakta olup, $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$ 'nin ilmekten geçirdiği akı değişimi $\dot{\mathbf{E}}$ alanını

indükler. r yarıçaplı dairesel bir çevrim düşünelim. $B = B_0 e^{j\omega t}$ şeklinde alınırsa (3.87) denkleminde faydalanarak \vec{E} alanının büyüklüğü;

$$E = \frac{wBr}{2} \quad (3.88)$$

şeklinde ifade edilir. Elektrik akım yoğunluğu J (A/m^2)'nin büyüklüğü ise;

$$J = sE = s \frac{wBr}{2} \quad (3.89)$$

olur. w açısal frekans arttıkça, biyolojik malzemelerdeki e_2 elektriksel geçirgenliğinin frekansla hızlı azalmasından dolayı, dış alanın dik bileşeninin, iç alana sınırdaki oranı frekans arttıkça azalır. Ancak düşük frekanslarda sınır içindeki toplam alan, sınırdaki dik alandan çok büyük olup, alanın sınırdan uzaklıkla değişimi enerji dağılımına bağlı değildir. Diğer yönden RF'de gelen EMD'lerin E ve H alanları sınırdaki yansıdıktan sonra enerji dağılımı nedeniyle daha fazla azalır. E ve H alanlarının her ikisi de sınır yüzeyinden içe doğru uzaklıkla üstel olarak azalır. Herhangi bir z uzaklığındaki $g(z)$ alanı, A ; sınırdan içeri girebilen alan genliğini göstermek üzere;

$$g(z) = A.e^{-\frac{z}{d}} \quad (3.90)$$

şeklinde verilir. Burada d deri kalınlığıdır.

Bir organizma yüzeyindeki yansıma kaybı, hava ve doku tabakasının elektriksel özelliklerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Biyolojik sistemlerin elektriksel geçirgenlikleri ve iletkenlik katsayısı frekansla değişir. RF'lerde zar dışında, biyolojik malzemelerin çoğu ya iyi bir iletken yada çok iyi bir yalıtkandır. Hücre zarı RF'de iyi bir dielektrik, ELF'de ise iletken veya dielektrik gibi davranır.

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 sırasıyla kas dokusu ve düşük su içeren kemik ve yağ gibi organik maddelerin elektriksel özellikleri gösterilmiştir.

Çok düşük frekanslı elektrik alanların dokular üzerindeki etkisi, elektrik alanı–akım yoğunluğu ilişkisi, birbirine komşu farklı ortamların elektrik alanları arasındaki ilişkisi ve dokuların makroskobik özelliklerinin bilinmesi ile anlaşılır (Şeker, 1991).

Çizelge 3.1. Kas dokusuna ait elektriksel özellikler

f (MHz)	s	e_r
1	0,40	2000
10	0,63	160
100	0,89	72
10^3	1,65	50
10^4	10,3	40
10^5	80	6

Çizelge 3.2. Kemik ve yağ dokularına ait elektriksel özellikler

f (MHz)	s	e_r
10^2	0,048	7,5
10^3	0,101	5,6
10^4	0,437	4,5

Makroskobik parametreler:

Çok düşük frekanslarda iletkenlikler hemen hemen frekanstan bağımsızdır. Elektriksel iletkenlik ise mühendislikte kullanılan malzemelere göre çok büyüktür.

Çizelge 3.3.Çok düşük frekanslarda (50Hz) çeşitli doku örneklerinin elektriksel iletkenlikleri

Doku ismi	İletkenlik	
	Gerçel	Sanal
Kan	0,7	<0,001
Kas	0,1	0,004
Karaciğer	0,1	0,004
Akciğer	0,1	0,003
Yağ	0,03	0,0003
Kemik	0,01	0,0001

Çizelge 3.3'ten de görüldüğü gibi, güç frekanslarında biyolojik dokuların kompleks iletkenliği yalnız reel kısmı ile gösterilebilir. Havanın iletkenliğinin reel kısmı 10^{-13} S/m olduğunu dikkate alırsak bu durum havaya göre tamamen zıt bir durum oluşturmaktadır. Havanın 60 Hz frekansta sanal iletkenliği $3,3 \cdot 10^{-9}$ S/m'dir. Saf sanal iletkenliğe sahip olması nedeniyle hava tam bir yalıtıcı gibi düşünülebilir. Alan-akım yoğunluğu ilişkisinin anlaşılmasında, iletkenliğin sanal, reel yada kompleks olması önemlidir (Şeker, 1991).

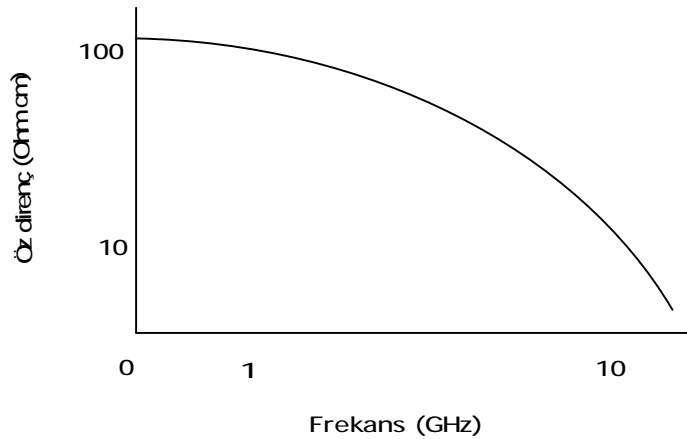
Kan dokusundaki iletkenlik, suspanse olmuş hücre konsantrasyonunda çok az bir yüzde ile değişir. Bu çeşit iletkenlik değişmesi, kas ve salgı bezi dokularında %10, akciğer dokularında %2-3'lük değerdedir. Yağ dokularında iletkenlik çoğunlukla su oranına bağlıdır ve %2-3'lük bir değişme gösterebilmektedir. Gözenekli kemiğin iletkenliği, katı kortikal kemiğe göre daha fazladır. Kas ve kemik gibi dokular 100 Hz'in altında anizotropik özellikler gösterir. 60 Hz frekansının biraz üstündeki frekanslarda deri iletkenliğinin yağ dokusuyla karşılaştırılacak bir değerde olduğu gözlenmiştir. Derinin en dış yüzeyi akım geçişine karşı yüksek bir direnç gösterir. Bu direncin büyüklüğü deri yüzeyinin nem miktarına bağlıdır.

Tüm dokular, hücre ve hücre dışı sıvılardan oluşmuştur. Hücreler elektriksel bakımdan iki farklı elemandan oluşmuştur. Bunlar dışta yalıtkan özellikli zar ve içte hücrenin dışındaki sıvı gibi yüksek iletkenlikli olan stoplazma ve çekirdektir. Hücre

zarının varlığından dolayı hücre yalıtılmış durundadır ve 50 Hz'lik dış alanın doku içine indüklediği tüm akım hücreler arasında akar.

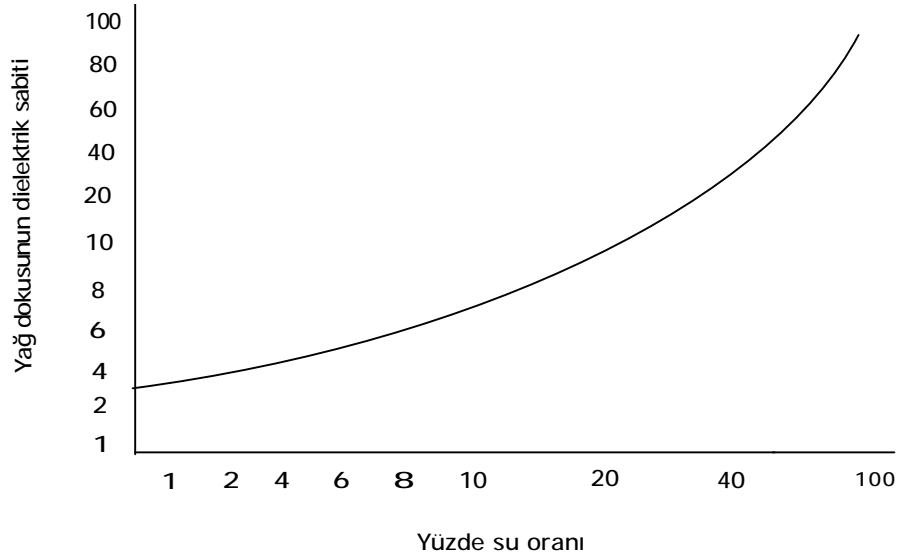
Hücre zarının yalıtkan kısmının kalınlığının 10 nm'den daha az olması dolayısıyla kapasitesi çok büyüktür. Biyolojik dokuların tüm hücre zarlarında kapasite yaklaşık $0,01 \text{ F/m}^2$ civarındadır. Çok düşük frekanslarda, zar empedansı hücre özünden çok büyük olup, stoplazma direnci ile seri bağlı devre elemanı gibi davranarak oluşturdukları kombinasyon hücreyi çevreleyen sıvının direncinden daha büyük olur. Kas, beyin ve bez dokuları gibi yüksek oranda su bulunduran dokularda ise hücre etrafındaki sıvının direnç değeri düşük, iletkenlik büyüktür. Deri ve yağ gibi yapısında düşük oranda su bulunduran dokularda ise hücre etrafındaki sıvının direnci yüksek, doku iletkenlikleri düşüktür. Yağ dokusunun hücre dışı su oranı çok değişken olmasına rağmen iletkenliği; kas, beyin ve bez dokularını iletkenliklerine oranla daha düşük olacak şekilde bir davranış gösterir.

Hücre zarı, hücre çapına göre çok az bir yer kaplar. Bu nedenle hücre zarını kapasitesi $C_m = e_m / t$ bağıntısından dolayı çok büyük olur. Burada e_m , hücre zarı malzemesinin elektriksel geçirgenliği, t ise zar kalınlığını temsil etmektedir. Dokuların homojen olmayan yapıları, hücre zarının indüklenmiş güç frekans alanlarının büyümesine yol açar. Zar empedansı stoplazma direncinden çok büyük olduğu için hücre boyunca potansiyel düşmelerin tamamı zar içinde olur. Zar içindeki alan, zar potansiyelinin kalınlığa bölümüyle bulunur. Bu nedenle zarın yalıtkan tabakasında indüklenen alan, makroskobik indüklenen alandan yaklaşık d/t oranı kadar büyük olur. Bu oran vücut hücrelerinde 1000'e eşit olabilmektedir.

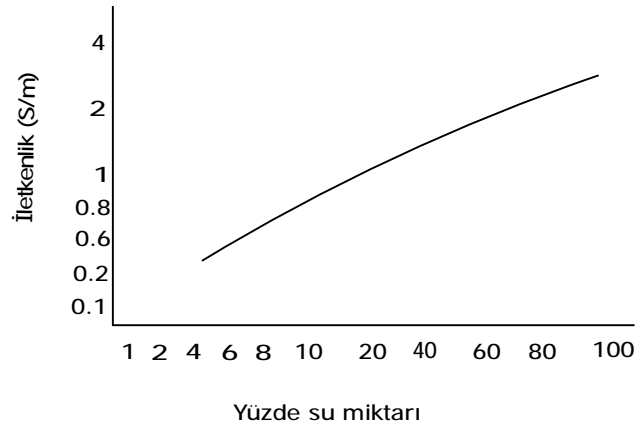


Şekil 3.10. İnsan dokusunun öz direncinin frekans ile değişimi

Şekil 3.10’da insan dokusunun öz direncinin frekansla değişimi gösterilmiştir. Yüksek oranda su bulunduran dokuların öz dirençleri düşük frekanslarda çok az değişir. 1 GHz’i aşan frekanslarda ise hızlı değişim gösterir. Bu hızlı değişim, suyun iletkenliğinin yüksek frekanslarda çok fazla değişim göstermesinden kaynaklanır. Yağ dokusu çok az miktarda su içermektedir. 900 MHz ve 25⁰C için yağ dokusunun dielektrik sabitinin su oranına bağlı olarak değişimi Şekil 3.11’de görülmektedir. Su yüksek yağ ise düşük dielektriğe sahiptir. Deri altındaki yağ dokusunun su oranı değiştiği için yağın dielektrik sabitinde de bir değişim görülür. Aynı özellikler iletkenlik için de geçerlidir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Yağ dokusunun dielektrik sabitinin su oranı ile değişimi



Şekil 3.12. Yağ dokusunda iletkenliğin su oranıyla değişimi (900 MHz ve 25⁰C)

Su içeriği yüksek olan dokularda yüksek frekanslardaki dielektrik sabitindeki azalma ve iletkenliğindeki artış hücre zarları boyunca görülen ara yüzey polarizasyonu sebebiyledir. Yaklaşık 1 mF/cm^2 kapasiteli yüzey zarları akımın sadece hücre dışı ortamda akmasına sağlayarak bir yalıtkan tabakası gibi davranır. Bu da bize yüksek frekanslarda iletkenliğin azalmasını açıklar.

Düşük su içeren dokuların dielektrik davranışı da niceliksel olarak yüksek su içeren dokularinkine benzer. Fakat dielektrik sabitinin ve iletkenliğinin değerleri bir mertebe daha düşüktür. Su yağa göre yüksek bir dielektrik sabite ve iletkenliğe sahip olduğundan, net doku dielektrik sabiti ve iletkenliği su içeriğindeki küçük değişimlerle birlikte önemli ölçüde değişir.

Bir elektrik alanında bulunan bir homojen sıvı içindeki elektrik akım yoğunluğu;

$$J = \sum_j q_j m_j c_j E \quad (3.91)$$

bağıntısı ile verilir. Burada;

$$q_j = \text{iyon yükü}$$

$$m_j = \text{iyon hareketliliği}$$

$$c_j = \text{iyon konsantrasyonudur.}$$

Biyolojik sıvıların iletkenliği $\sigma = 0,4 \text{ S/m}$ civarındadır. Sıvı kanalları ince ise, sıvılar iyi iletken olduklarından dolayı, karşılıklı gerilimlerle kısa devre oluşmasına neden olur. Aksi halde iletkenlikleri bin kat daha küçük değere sahip hücre zarları boyunca kısa devre oluşur.

Dokularda dielektrik dağılımı

İletkenliği σ olan bir malzeme içinde E şiddetinde bir RMS elektrik alanı tarafından oluşturulan ısı $\sigma.E^2$ 'dir. 100 MHz'in üzerindeki dielektrik kayıp nedeniyle iletkenlik önemli oranda artış gösterirken, düşük frekanslarda, hücre dışı ve hücre içi sıvılar arasından geçip giden iyonik iletim, iletkenliğe en önemli etkiyi yapar. Burada çeşitli frekans aralıkları incelenecektir.

a) Düşük frekanslar (< 0,1 MHz):

Hücre zarlarının yüklenme zamanı RC'den daha büyük olduğu için bir hücrenin etkin iletkenliği ihmal edilebilir ve hariç tutulan süspansiyon hacmi hücrelerin toplam hacmine eşit olur. Doku içinde hücre dışı sıvı oranı 0,1 S_a iletkenliği 2 S/m düşünülmüştür. Etkin iletken olmayan hücrelerin DC iletkenliği 0,14 S/m'dir. Bu değer düşük frekanslarda, yüksek su içerikli dokularda gözlenmiş ortalama değerlerden biraz daha küçüldür.

b) 30-300 MHz frekansları arasında:

Beta gevşemesi frekansının üstündeki bu frekanslarda hücre zarları kısa devredir. Bu frekans aralığında birçok dokunun iletkenliği hemen hemen frekanstan bağımsızdır. Frekanstan bağımsız iyonik iletkenlikle ilgili gevşeme işlemlerinin önem kazandığı 100 MHz'in üstünde iletkenlik frekansla tekrar yükselir.

c) UHF ve Mikro dalga frekansları (>100 MHz):

Bu frekanslarda iletkenliğe gevşeme etkilerinden çok katkı gelir. 300 MHz civarında gevşeme frekansı ile birlikte iletkenlikte metre başına birkaç yüz mili Siemens ($\frac{1}{\Omega}$)'luk artışlar olur. Proteinlerin üstündeki polar yan zincirlerin elektriksel geçirgenliği, düşük MHz frekans aralığında gevşer. Ancak tek amino asit moleküllerinin polar yan zincirleri daha küçük olmaları nedeniyle daha yüksek frekanslarda dielektrik gevşemeye uğrarlar. Saf su 25⁰'de 20GHz gevşeme frekansına karşılık gelen 8 ps'lik dielektrik gevşeme gösterir. Daha sonra iletkenliği, gevşeme frekansının altına düşen frekanslarda, frekansın karesiyle artan değişim gösterir.

3.5.Cep Telefonlarının İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Günümüzde cep telefonu kullanımının hızla artması, cep telefonlarının ve baz istasyonlarının, insan sağlığını nasıl ve ne şekilde etkilediği konusundaki soruları da birlikte getirmiştir.

Nükleer radyasyon, yüksek enerjili fotonların yol açtığı iyonlaştırıcı radyasyondur. Baz istasyonlarının neden olduğu ışınım ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyon sınıfında olup nükleer radyasyona neden olmazlar. İyonlaştırıcı radyasyon bölgesindeki dalgaların frekansları baz istasyonlarının çalışma frekanslarından milyon kere daha büyüktür (TÜBİTAK, 2001).

Türkiye’de kullanılan hücresel haberleşme sistemleri GSM900 ve DCS1800’dür. GSM900’ün çalışma frekans bandı 880-960 MHz, DCS1800’ün çalışma frekans bandı ise 1710-1880 MHz’dir. Ayrıca, araç telefonlarında kullanılan NMT de hücresel bir haberleşme sistemidir ve çalışma frekansı 450 MHz’dir.

İyonlaştırıcı radyasyonun hücrelerin genetik malzemesi olan DNA’yı etkileyerek mutasyon ve kansere neden olduğu bilinmekle birlikte, RF dalgalarının benzer etkiler yaptığı kanıtlanamamıştır. Son yıllarda cep telefonları ile beyin tümörü arasında bir bağ olup olmadığı incelenmiş fakat bu güne kadar yapılan çalışmalar sonucunda böyle bir bulguya ulaşılamamıştır. Son olarak ABD ve Danimarka’da yapılan ayrıntılı çalışmalar cep telefonu kullanımının beyin tümörünü arttırmadığını ortaya koymuştur (Leeuwev, 1999; Johansen, 2001). Öte yandan yapılan çalışmalar cep telefonu kullanımı ile kanser arasında kesinlikle hiçbir ilişki yoktur demek için yetersizdir (Stewart, 2000). Yapılan kapsamlı çalışmaların sonuçlarının önümüzdeki yıllarda alınması beklenmektedir.

Günlük yaşamda maruz kalınan RF seviyelerinin baş ağrısı, uykusuzluk gibi sorunlara yol açtığı kesin olarak gösterilememiştir (Moulder, 2000). Ancak yapılan çalışmalar sonucunda, ICNIRP’nin belirlediği sınır değerler altında cep telefonu sinyallerinin beynin elektriksel aktivitelerinde ve algılama fonksiyonlarında (dikkat, hatırlama, tepki verme gibi) kısa süreli değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. Fakat bu değişimlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri henüz bilinmemektedir (Stewart, 2000).

Bütün vücudun ısınmasına yol açacak derecede RF dalgalarına maruz kalmak düşük doğum ve sakat doğuma neden olabilir. Ancak cep telefonları ve baz istasyonlarının yaydığı güç, bu tür bir ısınmaya neden olmak için çok düşüktür. Cep telefonlarından veya baz istasyonu antenlerinden yayılan RF dalgalarının düşük veya sakat doğuma yol açtığına dair herhangi bir laboratuvar ve epidemiyolojik kanıt yoktur (Moulder, 2000).

ANSI(American National Standarts Institute- Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) standartlarında kontrolsüz etkilenme için belirlenen seviyeler korunduğu sürece vücut içine konulmuş tıbbi elektronik cihazların cep telefonu veya baz istasyonlarından yayılan RF dalgalarından etkilendiğini gösteren bir kanıt bulunamamıştır (Moulder, 2000). Ancak cep telefonu anteni doğrudan kalp pili üzerine konulursa bir etkileşim olması muhtemeldir ve bu yüzden de cep telefonunun göğüs cebinde taşınmaması önerilmektedir.

EM radyasyonun ısıtma yönünden insan vücudunda en etkili olduğu bölgeler, fazla ısıyı dağıtacak kan akışı olmamasından dolayı, gözler ve testislerdir (FCC, 1999). Ancak cep telefonları ve baz istasyonlarının yaydıkları güç bu tür bir ısınmaya neden olmayacak denli küçüktür.

3.5.1.Uluslararası Standartlar ve Sınır Değerler

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda birçok ülkede oluşturulan standart ve sınır değerlerin yanı sıra uluslararası standartlar ve sınır değerler de vardır. Temel sınır değer olarak insan vücudunda bir derecelik sıcaklık artışına neden olan elektromanyetik güç yutulmasından yola çıkılmaktadır. Eğer vücut sıcaklığı bir derece artar ve bu durum birkaç gün sürerse, insan vücudu bunu düzenlemekte zorlanıyor ve kısa dönemli olumsuz etkiler ortaya çıkıyor. İşte bu sınır olarak kabul ediliyor.

Uluslararası alanda ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- Uluslar arası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, Dünya Sağlık

Örgütü (WHO) ve Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından resmen tanınan bağımsız bir araştırma kuruluşudur.

Amerika Birleşik Devletleri'nde bu sınır değerler FCC (Federal Communications Commission- Federal Komünikasyon Komisyonu) tarafından belirlenmekte ve bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers- Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ve ANSI (American National Standards Institute- Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) tarafından oluşturulan standart değerler temel olarak alınmaktadır.

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda oluşturulan sınır değerler frekansa göre değişiklik gösterir. Örneğin 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için $1,375f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)); manyetik alan şiddeti için $0,0037f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için $f/200$ W/m² ifadeleri ile verilmiştir. Bu ifadelerle verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Bunun yanında IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu üst sınırı 300-1500 MHz frekans aralığında $f/150$ W/m², 1500-100.000 MHz frekans aralığında 10,0 W/m² olarak verilmiş olup, bu ifadelerde verilen sınır değerler otuz dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir.

Mesleği nedeni ile elektromanyetik enerjiye maruz kalanlar (kontrollü etkilenme) ve istemleri yada kontrolleri dışında etkilenenler için (kontrolsüz etkilenme- genel yaşam alanları) farklı sınır değer vardır.

GSM900 ve DCS1800 sistemleri için kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge.3.4. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

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

Telekomünikasyon Kurumu tarafından 12.07.2001 tarihli resmi gazetede yayınlanan “10 KHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” ile Türkiye’de geçerli olan sınır değerleri belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan sınır değerlerinin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu’nda yer alan sınır değerler esas alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonu için ayrıca sınırlama getirilmiştir. Türkiye’de 900 MHz ve 1800 MHz’de kontrolsüz etkilenme için uyulması gereken sınır değerler Çizelge.3.5’de verilmiştir.

Çizelge.3.5. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

Frekans	900 MHz		1800 MHz	
	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri
Elektrik Alan Şiddeti	10,23 V/m	41,25 V/m	14,47 V/m	58,34 V/m
Manyetik Alan Şid.	0,027 A/m	0,111 A/m	0,038 A/m	0,157 A/m
Güç Yoğunluğu	0,28 W/m ²	4,5W/m ²	0,56 W/m ²	9,0 W/m ²

Bilimsel çalışmalar sonucunda insan vücut sıcaklığını 1°C arttırabilecek alt değerler belirlenmiş ve mesleği gereği bu tür alanlara maruz kalanlar için bu değerlerin güç yoğunluğu cinsinden 1/10’unun, genel insan yaşam alanları için ise 5 kat daha ek koruma faktörü eklenerek 1/50’sinin sınır değerler olarak alınması kabul edilmiştir (ICNIRP, 1998; TSE, 1996). Kontrollü ve kontrolsüz etkilenme için sınır değerler belirlenirken mesleği gereği elektromanyetik alanlara maruz kalanların konu hakkında bilgilendirilmiş ve gerekli önlemleri almış olabilecekleri varsayımı yapılmış ve genel yaşam alanlarında insanların kendi bilgi ve kontrolleri dışındaki etkilenmeleri düşünülerek kontrolsüz alanlar için sınır değerlere ek olarak 5 kat koruma faktörü eklenmiştir.

GSM900 ve DCS1800 sistemleri için kontrollü etkilenme sınır değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge.3.6. Kontrollü etkilenme için sınır değerler

Frekans	900 MHz		1800 MHz	
	ICNIRP	IEEE/FCC	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	90,0 V/m	-	127,28 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0,24 A/m	-	0,34 A/m	-
Güç Yoğunluğu	22,5 W/m ²	30,0 W/m ²	45,0 W/m ²	50,0 W/m ²

GSM şebekeleri için verilen sınır değerler incelendiğinde, Türkiye’de uygulanan standartların Avrupa Birliği ile uyum sağladığı görülmektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge.3.7. GSM şebekeleri için önerilen limit değerler

Ülkeler	Elektrik Alan (V/m)		Güç Yoğunluğu (mW/cm ²)	
	900MHz	1800MHz	900MHz	1800MHz
Türkiye	42	57	450	900
Avrupa Birliği	41	58	450	900
Rusya	6	6	10	10
İtalya	6	6	10	10
2010 yılı (önerilen)	0,15	0,06	0,005	0,001

Elektromanyetik seviyeler

ICNIRP, iyonlaştırmayan radyasyon konusunda kılavuzlar oluşturma çalışmaları doğrultusunda, yapılan çalışmaları inceleyerek çeşitli istatistikler hazırladı. Elektromanyetik kirliliğin doğrudan ve dolaylı sağlık etkileri üzerinde araştırmaları destekledi, izledi ve veri tabanları oluşturdu. Bunların sonunda insan sağlığı için zararlı olabilecek sınır değerler belirlenerek kılavuzlar oluşturuldu. ICNIRP kılavuzlarında iki sınıftan söz edilir:

Temel sınırlamalar: Doğrudan sağlık etkileri yaratan ve zamanla değişen elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar. Temel sınırlamalar için kullanılan parametreler frekansa göre;

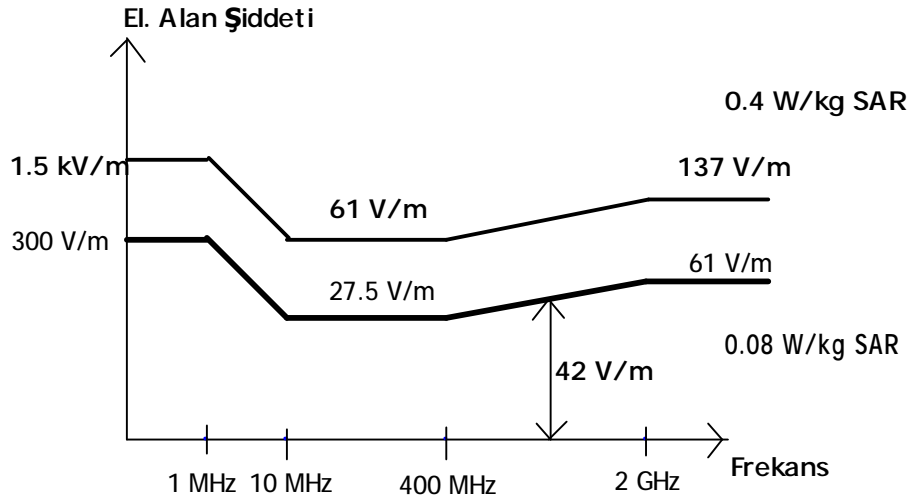
- Akım yoğunluğu (J) $[A/m^2]$
- Özgül soğurma oranı (SAR) $[W/kg]$

- Güç yoğunluğu (S) $[W/m^2]$

şeklindedir. Bunlardan sadece ortamda bulunan (insan vücudunun dışındaki) güç yoğunluğu kolayca ölçülebilir.

Referans seviyeler: bu seviyeler temel sınırlamaların sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesine yarayan ölçülebilir büyüklüklerdir. Bu seviyeler yapılan test ve ölçülerden olduğu kadar bilgisayar simülasyonu ile de elde edilebilir. Türetilmiş referans seviyelerinde kullanılan büyüklükler elektrik alanı (E), manyetik alan (H), güç yoğunluğu (S) ve kablardan akan akım (I_a)'dır. Ayrıca kontak akımı (I_k) ve darbesel işaretler için özgül soğurma (SA) da kullanılır. Elektromanyetik kirlilik durumunda bu parametrelerin birisi ölçülür veya hesaplanır ve belirtilen referans seviye değeri ile karşılaştırılır. Referans seviyelerinin sağlanması temel sınırlamaların da sağlanması anlamına gelir. Ölçülen veya hesaplanan değer referans seviyeden yüksek çıkması doğrudan temel sınırlamaların aşılması anlamına gelmeyebilir. Ancak bu gibi durumlarda doğrudan temel sınırlamaların sağlanıp sağlanmadığı test edilmelidir.

Şekil 3.1'de sınır değerlerin frekansla değişimi görülmekte. Üstteki eğri çalışanlar için sınır değerleri gösterirken alttaki eğri genel halkı göstermektedir. DC'den 1 MHz'e kadar, örneğin genel halk için, 300 V/m sınır değer olurken, bu değer cep telefonları için ayrılan 900 MHz frekansında 42 V/m değerine düşmektedir. Burada, bu sınır değerlerin onlarca kat güvenlik payı bırakılarak oluşturulduklarını belirtmekte yarar var.



Şekil.3.13. ICNIRP sınır değerlerinin frekansla değişimi

ICNIRP kılavuzları doğrudan cihazların sağlaması gereken elektromanyetik sızıntı seviyelerini belirlemez. Yani kullanılan cihazların limitleri ile ilgilenmez. Yine ICNIRP kılavuzları kalp pilleri, işitme cihazları gibi özel cihazlara etkileri konusunu içermez. Normal koşullarda ortalama insana göre sınır ve limit değerlerden söz edilir. Süreç içerisinde zamanla değişen elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanların etkileri daha da belirginleştikçe kılavuzlarda yer alan değerler gözden geçirilmektedir.

İzin verilen sınır değerlerin aşılp aşılmadığı yapılan ölçümlerle belirlenmektedir. Örneğin baz istasyonları civarındaki ölçümler başta GSM firmaları olmak üzere üniversiteler ve TÜBİTAK tarafından yapılmaktadır. İnsanlar sıkça “ karşı apartmanın çatısına baz istasyonu kuruldu, acaba evimde elektromanyetik alan değeri nedir?” gibi sorular sormaktadır. Mutlaka ölçüm yapılması gerekir ancak bazı basit hesaplamalarla yaklaşık olarak elektromanyetik alan seviyeleri bulunabilir. Bunun için bazı parametrelerin bilinmesi gerekir. Bunlar:

$$P_v = \text{Verici gücü (Watt)}$$

$$P_a = \text{Alıcı gücü (Watt)}$$

$$S = \text{Güç yoğunluğu (W/m}^2\text{)}$$

$$G_v, G_a = \text{Verici ve alıcı anten kazançları}$$

$$R = \text{Verici – alıcı uzaklığı (m)}$$

l = Dalga boyu (m)

f = frekans (Hz)

şeklindedir.

Gücü P_v olan bir vericiden R kadar ötede güç yoğunluğu;

$$S = \frac{P_v}{4pR^2} \quad (\text{W/m}^2) \quad (3.92)$$

dir. Verici anten, genelde, kazancı G olan, yani belli doğrultuda istenen ışımasını yapan yöneltili karaktere sahiptir. Bu durumda ışımanın en fazla olduğu doğrultuda güç yoğunluğu;

$$S = \frac{P_v G_v}{4pR^2} \quad (\text{W/m}^2) \quad (3.93)$$

olur. Vericiden R kadar uzakta bu güç yoğunluğundan yönsüz bir anten ile çekilecek güç;

$$S = \frac{P_v G_v}{4pR^2} \cdot A_e \quad (\text{W}), \quad A_e = \frac{l^2}{4p} G_a \quad (\text{m}^2) \quad (3.94)$$

olacaktır. Yönsüz bir antenin kazancı $G=1$ (0 dB) olarak alınırsa alıcıdaki güç;

$$P_a = \frac{P_v G_v G_a}{4pR^2} \cdot \frac{l^2}{4p} \quad (\text{W}) \quad (3.95)$$

denklemlerle hesaplanır. Alıcının olduğu noktadaki güç yoğunluğu verici gücü ve kazancının kullanıldığı (3.93) denklemden hesaplanabileceği gibi;

$$S = \frac{E^2}{120p} \quad (\text{W/m}^2) \quad (3.96)$$

denkleminde de hesaplanabilir. (3.93) ve (3.96) denklemleri birleştirilirse alıcı noktasındaki elektrik alan;

$$E = \frac{\sqrt{30P_v G_v}}{R} \quad (\text{V/m}) \quad (3.97)$$

olarak hesaplanır.

Örneğin, verici gücü 10 Watt ve anten kazancı 18 dB olan bir baz istasyonu anteni yerden 20 metre yüksek bir kulenin tepesine yerleştirilirse kuleden 100 metre ötede güç yoğunluğu ne olur?

Verici anten ile ölçü noktası arasındaki direk uzaklık $R = \sqrt{h^2 + d^2}$ denkleminde $R = 102$ m bulunur. Anten kazancının sayısal değeri $10^{(18/10)} = 63$ olduğundan istenen noktadaki güç yoğunluğu (3.93) denkleminde $4,8 \text{ mW/m}^2 = 480 \text{ mW/cm}^2$ yazılabilir. Elektrik alan değeri ise (3.97) denkleminde $1,3 \text{ V/m}$ olarak bulunur.

3.6. Metod

3.6.1. Araştırmanın Tanımı

Yüksek gerilim hatlarına yakın yaşayanlarda, bu hatların yarattığı elektromanyetik alanların etkileri sonucunda, ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarını belirleyebilmek amacı ile bu koşullar altında yaşayan kişilere bir anket uygulaması yapılması planlanmış ve uygulanmıştır. Aynı anket soruları bu hatlara uzak bölgelerde yaşayan kişilere de uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak istatistiksel değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.6.2. Varsayımlar

Yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalmak insan vücudunun sağlığını olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür. Bu etkilerin, hemen hemen aynı sosyo-ekonomik koşullara sahip insan gruplarında, soru-cevap yöntemli bir anket uygulanması ile belirlenebileceği varsayımından yola çıkarak, hatlara yakın ve uzak yaşayan iki grup üzerinde yapılan çalışmanın istatistiksel olarak karşılaştırılması sonucunda önemli bulgulara ulaşılabileceği düşünülmüştür.

Elektromanyetik alanların etkileri konusunda yapılmış olan çalışmalar incelenerek ve tıp doktorları ile görüşülerek rahatsızlıkların belirlenmesine çalışılmıştır. Cinsiyet, yaş, o bölgede yaşam süresi, evinin hatlara uzaklığı gibi etmenlerin de rahatsızlıkların yaşanması ile bağlantılı olduğu düşünüldüğü için bunlar da ankete dahil edilmiştir.

3.6.3. Kapsam

Çalışmamızı Gaziantep ilinde gerçekleştirdik. Gaziantep'te yüksek gerilim hatlarının altında yaşayanların büyük bir bölümünü göç yoluyla bu bölgeye gelmiş ve gelir seviyesi düşük insan grupları oluşturmaktadır. Daha iyi semtlerde bu hatların altında, hat boyunca, park düzenlemeleri yapılmıştır ve böylece etkileşimin azaltılması hedeflenmiştir. Anket uygulamasını Gaziantep ili, Şehitkamil ilçesi 8 Şubat Mahallesiinde yaptık. Hatlara yakın mesafede oturan ve Test Grubu olarak seçilen 48 aileden 143 kişiye anket uygulaması yapılmıştır. Kontrol amacı ile uzak mesafede oturan 45 aileden 122 kişiye de aynı anket uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.6.4. Yöntem

11 sorulu anket formu (Ek 1) seçilen bölgelerde rasgele belirlenen deneklere uygulanmıştır. Bir ailedeki bütün fertlere aynı sorular yöneltilmiş ve alınan cevaplar titizlikle kaydedilmiştir.

Sağlıklı bir araştırma yapabilmek için öncelikle, çalışmaya ön yargısız olarak başlamak gerekir. Çalışılacak bölgelerdeki deneklerin eğitim durumları göz önünde tutularak, soruların onlar tarafından anlaşılabilir olmasına dikkat edilmelidir. Deneklerin sorulara samimi ve dürüst yanıtlar vermesi güvenilirliği arttıran bir etmendir. Soru cümlelerinin kısa ve anlaşılır olması, özel terimlerin herkes tarafından anlaşılır hale getirilmesi gerekmektedir. Sorular deneği yönlendirmeden sorulmalıdır. Deneğin kafasının karışmaması ve sıkılarak gerçekçi olmayan cevaplar vermemesi için soru sayısı mümkün olduğunca az olmalıdır (Sümbüloğlu, 1978).

Bu ilkelerden yola çıkarak oluşturulan anketin uygulanması 15 Eylül- 7 Kasım 2005 tarihleri arasında tarafımdan uygulanmıştır. Uygulama sırasında anlaşılmayan sorularla ilgili, tarafsız açıklamalarda bulunulmuştur. Anketler uygulanırken acele edilmemiş ve soruların sohbet ortamı içinde sıkılmadan yapılmasına çalışılmıştır. Test grubunun uygulamaları bittikten sonra kontrol grubunun uygulaması yapılmış ve daha sonra değerlendirme aşamasına geçilmiştir.

3.6.5. Değerlendirme

Anket sorularına, deneklerin verdikleri yanıtlar SPSS paket istatistik programında değerlendirilmek üzere veri girişi yapılmıştır. Aynı soruları cevaplayan Test ve Kontrol grubunda elde edilen yüzdelik ve frekans dağılımları ile ilgili özellikler karşılaştırılarak bunların istatistiki anlamlarının belirlenmesi için Ki-Kare (Chi- Square Test X^2) testi uygulanarak çizelge ve grafikler oluşturulmuştur.

Ki-Kare (Chi- Square Test X^2) testi

Bu teknik iki sınıflamalı (kategorik) değişken arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını test eder. İki değişken arasında anlamlı ilişki olması, bir değişkenin düzeylerindeki cevapların, diğer değişkenin düzeylerinde farklılaştığını gösterir. Analiz, biri sınıflamalı, diğeri sıralamalı olan iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını test etmek için de kullanılır (Büyüköztürk, 2002).

Ki-Kare testi, gerçekte, iki sınıflamalı değişkenin düzeylerine (sıra sayısı X sütun sayısı) göre oluşan gözeneklerde gözlenen değerlerle, beklenen değerlerin birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini test eder. Buna göre bu iki değer arasındaki fark arttıkça değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlı çıkma olasılığı artar. Analiz süreci, “X ve Y gibi iki değişken birbirinden bağımsızdır” şeklinde yazılabilen bir null hipotezinin testini temel aldığından bu teste, “Bağımsızlık Testi” de denir.

Kay-kare testinde $sd=1$ olan 2×2 veya $sd>1$ olan $A \times B$ şeklinde bir çapraz tablo söz konusu olabilir. Serbestlik derecesi = (Sütun sayısı-1) x (Sıra sayısı- 1) eşitliği ile bulunur.

Serbestlik derecesinin birden büyük ($sd>1$) olduğu durumlarda, beklenen değeri 5'ten küçük gözenek sayısı %20'yi aşıyorsa ve araştırmacının denek sayısını arttırma imkanı yoksa, çözüm için üç farklı seçenek vardır. Bunlar:

1. İlgili sıra veya sütunun düzeylerinde (beklenen değerin düşük olduğu sıra/ sütun) mantıklı ise birleştirme yapılır. Bu birleştirme ile gözeneklerdeki gözlem sayısı arttırılır ve bunun sonucu olarak da beklenen değerler artabilir.
2. Beklenen değerin 5'ten küçük olduğu gözenekleri azaltmak amacıyla, sıra veya sütunun ilgili düzeyleri analiz dışı bırakılabilir.
3. İlk iki çözümde uygun değilse, yorumlar çapraz tablo üzerinden sadece frekans ve yüzdeler kullanılarak yapılabilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu bölümde anket uygulaması sonucunda elde edilen bulguların istatistiksel değerlendirmesi yapılacaktır. İncelenen 7 rahatsızlığın her biri için, bulunan sonuçlar üzerinde Ki- kare testi uygulanarak, yüksek gerilim hattına 30 metre kadar yakınlıkta 3 yıldan uzun süredir oturan 143 kişilik test grubu ile 250 metre ve daha uzakta oturan 122 kişilik kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olup olmadığı tek tek ele alınacaktır. Rahatsızlıkların yaş gruplarına ve oturma sürelerine göre nasıl bir dağılım gösterdiği incelenecektir.

4.2. İstatistiksel Bulgular

Anketimizde yer alan ve aralarında anlamlı fark olup olmadığı incelenecek olan 7 rahatsızlık şunlardır:

1. Baş ağrısı
2. Eklem Ağrıları
3. Sinirsel Rahatsızlıklar
4. Kalp Rahatsızlığı
5. Solunum Yolu Enfeksiyonları
6. Tansiyon Bozuklukları
7. Uyku Bozukluğu

Anket sonuçları, yaş ve oturma süresi betimsel değişkenlerine göre ayrı ayrı değerlendirilerek, yakın ve uzak oturan gruplar arasında anlamlı fark olup olmadığı incelenecektir.

4.2.1. Rahatsızlıkların Yaşa Göre Değerlendirilmesi

Bu bölümde amacımız, yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik radyasyonun değişik yaş grupları üzerinde nasıl etkiler yaptığını ve aynı yaş

grubundaki kişilerin, bu hatlara, yakın veya uzak yaşıyor olmalarının fark yaratıp yaratmadığını incelemektir. Tablolarda verilen değerler, yakın ve uzak yaşayan gruplarda, belirtilen yaş aralıklarında, rahatsızlıkları yaşayan kişi sayısıdır. Yüzdeler ise yakın ve uzak gruplarda, belirtilen yaş aralıklarında, toplam içindeki yüzdelerdir.

Ele alınacak yaş grupları önce 10'ar yaş aralıklı olarak belirlenmiştir ancak daha sonra bu aralıkların Ki-kare testinin uygulanması için uygun olmadığı görüldüğünden, aralıklar değiştirilmiş ve 1-20, 21-40, 41+ olarak üç grupta incelenmiştir.

Bu gruplardan hangi yaş grubunda kaç kişinin olduğu Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yaş gruplarının yakınlık ve uzaklığa göre dağılımı

	Yaş Dağılımı			
	1-20	21-40	41+	Toplam
Yakın	44	55	44	143
Uzak	33	32	57	122

Bütün analizler için ortak hipotezimiz “yakın veya uzak oturmanın rahatsızlıkların oluşmasında etkisi yoktur” şeklindedir.

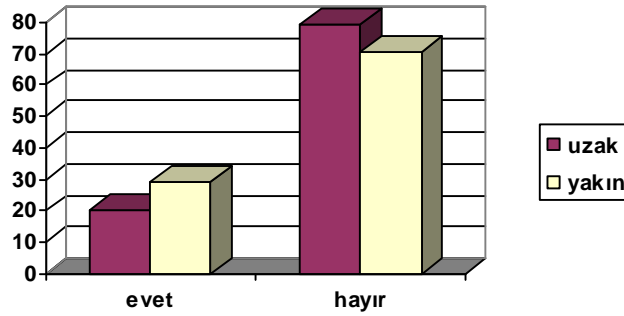
Analizler sonucunda elde edilen “p” değerleri “0,05” değeri ile kıyaslanacaktır.

Eğer; $p < 0,05$ ise hipotez reddedilecek ve yakın oturmanın rahatsızlığın oluşmasında etkili olduğu sonucuna ulaşılır.

Eğer; $p > 0,05$ ise hipotez kabul edilecek ve yakın oturmanın rahatsızlığın oluşmasında etkili olmadığı sonucuna ulaşılır.

4.2.1.1. Baş Ağrısı Yönünden Bulgular

Yakın ve uzak gruplar içerisindeki kişilerden baş ağrısı sorunu yaşayanlar sırasıyla, kendi gruplarının %29,4'ünü ve %20,5'ini oluşturmaktadır (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Yakın ve uzak gruplar içinde baş ağrısı sorunu yaşayanlar.

Çizelge 4.2’de anket uygulanan deneklerin verdikleri yanıtlar, doğrultusunda yaş gruplarına göre, baş ağrısı sorunu yaşayanların oranları, Çizelge 4.3’te de yapılan Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge4.2. Yakınlık-baş ağrısı-yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Baş	Evet	8	2	18	7	16	16
	%	%18,2	%6,1	%32,7	%21,9	%36,4	%28,1
	Hayır	36	31	37	25	28	41
	%	%81,8	%93,9	%67,3	%78,1	%63,6	%71,9

1-20 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturan grup içerisindekilerin %18,2’si, uzak oturanların ise %6,1’i baş ağrısı sorunu yaşadıklarını belirtmişlerdir. Her iki grup içerisinde de baş ağrısı sorunu yaşamadığını belirtenlerin oranı oldukça yüksektir. Yakın veya uzak oturmak ile baş ağrısının ilişkisinin olup olmadığı, yaş gruplarına göre yapılan analiz sonucunda elde edilen “p” değerine bakılarak karar verilir. $p=0,174>0,05$ olduğu için hipotez reddedilir. Yakın veya uzak oturanlar arasında, bu yaş grubu için, baş ağrısı yönünden, anlamlı fark yoktur.

21-40 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %32,7’si, uzak oturanların %21,9’u baş ağrısından şikayet etmektedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen “p” değerine bakacak olursak; $p=0,333>0,05$ ’tir. Yani hipotez reddedilir.

Bu yaş aralığı için, yakın ve uzak oturan gruplar arasında baş ağrısı yönünden anlamlı fark yoktur.

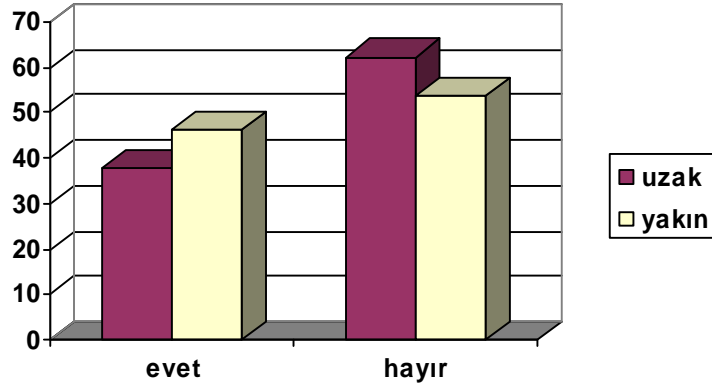
41+ yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %36,4'ü, uzak oturanların %28,1'i başı ağrıdığını belirtmiştir. Analiz sonucunda $p=0,396>0,05$ olarak bulunmuştur. Yani hipotez reddedilir. Yakın ve uzak oturan gruplar arasında baş ağrısı yönünden anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 4.3. Yaşa göre baş ağrısının Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp. "p"	Exact "p"
1-20	Pearson Chi-square	2,452	1	0,117	0,174
	Continuity Correction	1,496	1	0,221	
	Likelihood Ratio	2,652	1	0,103	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	2,420	1	0,120	
	N of valid Cases	77			
21-40	Pearson Chi-square	1,163	1	0,281	0,333
	Continuity Correction	0,694	1	0,405	
	Likelihood Ratio	1,194	1	0,275	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	1,150	1	0,284	
	N of valid Cases	87			
41+	Pearson Chi-square	0,789	1	0,374	0,396
	Continuity Correction	0,452	1	0,501	
	Likelihood Ratio	0,786	1	0,375	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,781	1	0,377	
	N of valid Cases	101			

4.2.1.2. Eklem Ağrıları Yönünden Bulgular

Kol, bacak, omuz vb. ağrı şikayetleri bu grup içinde toplanmıştır. Yakın oturanların %46,2'si eklem ağrılarında şikayet ederken uzak oturanların %37,7'si bu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yakın ve uzak gruplar içinde eklem ağrısı sorunu yaşayanlar

Çizelge 4.4'te yakın ve uzak oturan gruplar ile eklem ağrılarının yaş gruplarına göre dağılımı, Çizelge 4.5'te de yapılan Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yakınlık-eklem ağrısı-yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Eklem	Evet	11	5	26	8	29	33
	%	%25,0	%15,2	%47,3	%25,0	%65,9	%57,
	Hayır	33	28	29	24	15	24
	%	%75,0	%84,8	%52,7	%75,0	%34,1	%42,

1-20 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %25,0'ı, uzak oturanların %15,2'si eklem ağrılarında şikayet etmektedir. Yakın ve uzak gruptan, bu yaş aralığında bulunanların, eklem ağrısı yönünden, anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığını anlamak için yapılan analizin "p" değeri; $p=0,397>0,05$ olarak

bulunur. Bu da bize yakın ve uzak oturan gruplar arasında anlamlı fark olmadığını gösterir.

Çizelge 4.5 Yaşa göre eklem ağrısının Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp.”p”	Exact “p”
1-20	Pearson Chi-square	1,111	1	0,292	0,397
	Coinuity Correction	0,593	1	0,441	
	Likelihood Ratio	1,139	1	0,286	
	Fisher’ exact test				
	Linear- by-Linear Association	1,097	1	0,295	
	N of valid Cases	77			
21-40	Pearson Chi-square	4,215	1	0,040	0,044
	Coinuity Correction	3,332	1	0,068	
	Likelihood Ratio	4,353	1	0,037	
	Fisher’ exact test				
	Linear- by-Linear Association	4,167	1	0,041	
	N of valid Cases	87			
41+	Pearson Chi-square	0,673	1	0,412	0,537
	Coinuity Correction	0,377	1	0,539	
	Likelihood Ratio	0,676	1	0,411	
	Fisher’ exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,666	1	0,414	
	N of valid Cases	101			

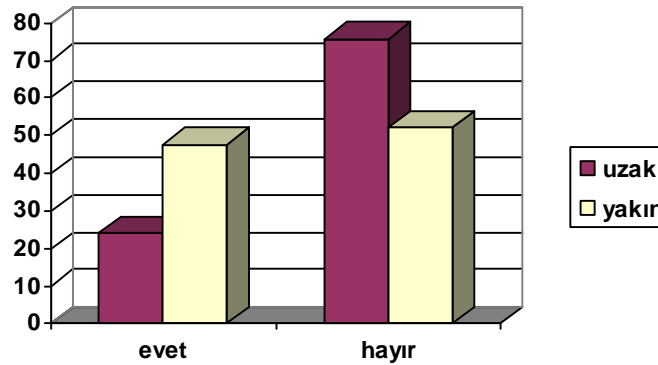
21-40 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %47,3’ü, uzak oturanların %25,0’ı eklem ağrılarında şikayet etmektedir. Yakın ve uzak gruptan, bu yaş aralığında bulunanların, eklem ağrısı yönünden, anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığını anlamak için yapılan analizin “p” değeri; $p=0,044 < 0,05$ olarak

bulunur. Yani bu gruplar arasında anlamlı fark vardır. Ancak bulunan “p” değerinin 0,05 değerine çok yakın olması nedeniyle kesin bir yorumda bulunamayız.

41+ yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %65,9’u, uzak oturanların %57,9’u eklem ağrılarında şikayet etmektedir. Yakın ve uzak gruptan, bu yaş aralığında bulunanların, eklem ağrısı yönünden, anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığını anlamak için yapılan analizin “p” değeri; $p=0,537>0,05$ olarak bulunur. Yani bu gruplar arasında eklem ağrısı yönünden yakın veya uzak oturmaya bağlı olarak anlamlı bir fark yoktur.

4.2.1.3. Sinir Bozukluğu Yönünden Bulgular

Anketlere verilen yanıtlar incelendiğinde; yakın oturanların %47,7’si sinirsel rahatsızlıklardan şikayet ederken uzak oturanların %24,2’si bu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yakın ve uzak gruplar içinde sinirsel problemler yaşayanlar

Çizelge 4.6’de anket uygulanan deneklerin verdikleri yanıtlar, doğrultusunda yaş gruplarına göre, sinirsel ve psikolojik sorunlar yaşayanların oranları, Çizelge.4.7’de de yapılan Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yakınlık- sinirsel problemler -yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Sinir	Evet	21	8	38	14	29	24
	%	%47,7	%24,2	%69,1	%43,8	%65,9	%42,1
	Hayır	23	25	17	18	15	33
	%	%52,3	%75,8	%30,9	%56,3	%34,1	%57,9

1-20 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanlar grubundakilerin %47,7'si, uzak oturanlar grubundakilerin ise %24,2'si sinirsel veya psikolojik sorunlar yaşadıklarından şikayet etmektedirler. Bu iki grubun analiz sonucundan elde edilen “p” değerine bakacak olursak $p=0,056>0,05$ olduğu görülür ki aslında bu sınırdadır. Yani bu durumda söz konusu yaş aralığı için, yakın veya uzakta oturmak, sinir bozukluğu yapar ya da yapmaz diye kesin bir ifade kullanmak çok zordur.

21-40 yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanlar grubunun %69,1'i uzak oturanlar grubunun %43,8'i sinirsel veya psikolojik rahatsızlıklardan şikayet etmektedir. Analiz sonucunda elde edilen “p” değerimize bakarsak; $p=0,025<0,05$ olduğunu ve bu yaş aralığındaki kişiler için yakın oturmakla uzak oturmak arasında anlamlı bir fark bulunduğunu görürüz.

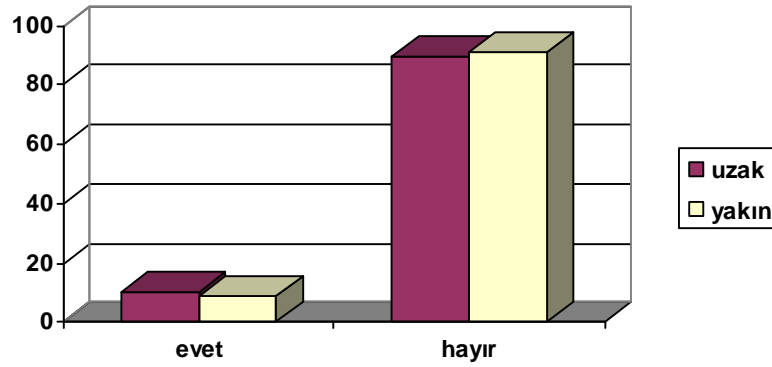
41+ yaş aralığında bulunanlardan, yakın oturanların %65,9'u, uzak oturanların %42,1'i sinirsel veya psikolojik rahatsızlıklardan şikayet etmektedir. Bu yaş aralığında bulunan kişiler için, rahatsızlığı yaşayanlar ve yaşamayanların, yakın ve uzak olmaları durumuna göre yapılan analiz sonucunda elde edilen “p” değeri $p=0,027<0,05$ olduğu için yakın ve uzak gruplar arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.7.Yaşa göre sinirsel problemlerin Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp. "p"	Exact "p"	
1-20	Pearson Chi-square	4,430	1	0,035	0,056	
	Coinuity Correction	3,486	1	0,062		
	Likelihood Ratio	4,547	1	0,033		
	Fisher' exact test					
	Linear- by-Linear Association	4,372	1	0,037		
	N of valid Cases	77				
21-40	Pearson Chi-square	5,403	1	0,020	0,025	
	Coinuity Correction	4,400	1	0,036		
	Likelihood Ratio	5,383	1	0,020		
	Fisher' exact test					
	Linear- by-Linear Association	5,341	1	0,021		
	N of valid Cases	87				
41+	Pearson Chi-square	5,642	1	0,018	0,027	
	Coinuity Correction	4,727	1	0,030		
	Likelihood Ratio	5,712	1	0,017		
	Fisher' exact test					
	Linear- by-Linear Association	5,586	1	0,018		
	N of valid Cases	101				

4.2.1.4. Kalp Rahatsızlığı Yönünden Bulgular

Anketlere verilen yanıtlar incelendiğinde; yakın oturanların %9,1'i kalp rahatsızlıklarından şikayet ederken uzak oturanların %10,7'si bu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yakın ve uzak gruplar içinde kalp rahatsızlığı yaşayanlar

Çizelge 4.8’de anket uygulanan deneklerin verdikleri yanıtlar, doğrultusunda yaş gruplarına göre, kalp rahatsızlığı sorunu yaşayanların oranları verilmiştir. Çizelge 4.9’da da yapılan Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yakınlık- kalp rahatsızlığı -yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Kalp	Evet	2	0	4	2	7	11
	%	%4,5	%0,00	%7,3	%6,3	%15,9	%19,
	Hayır	42	33	51	30	37	45
	%	%95,5	%100,0	%92,7	%93,8	%84,1	%80,4

1-20 yaş aralığında, yakın grupta bulunanlardan %4,5’i kalp rahatsızlığı şikayeti olduğunu belirtirlerken uzak grup içerisinde, böyle bir şikayeti, bulunan yoktur. Yalnız bu oran bize anlamlı fark olduğunu ifade etmez. Çünkü $p=0,504 > 0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark yoktur deriz.

21-40 yaş aralığında bulunanlar arasında yakın grupta bulunanların %7,3’ü, uzak grupta bulunanların %6,3’ü bu rahatsızlıktan şikayet etmektedir. Oranlara bakarak da iki grup arasında anlamlı fark olmadığı kolayca görülebilir. Bu grup için $p=1,000 > 0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark yoktur denir.

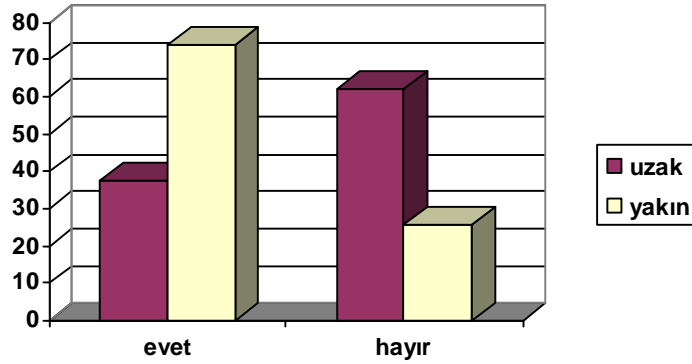
41+ yaş aralığı için yakın oturanlardan %15,9'u, uzak oturanlardan %19,6'sı kalp rahatsızlığından şikayet etmektedir. Bu yaş aralığı içinde yine $p=0,794>0,05$ olduğundan dolayı yakı ve uzak oturan gruplar arasında kalp rahatsızlığı yönünden anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 4.9. Yaşa göre kalp rahatsızlığı Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp."p"	Exact "p"
1-20	Pearson Chi-square	1,540	1	0,215	0,504
	Continuity Correction	0,267	1	0,605	
	Likelihood Ratio	2,278	1	0,131	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	1,520	1	0,218	
	N of valid Cases	77			
21-40	Pearson Chi-square	0,033	1	0,856	1,000
	Continuity Correction	0,000	1	1,000	
	Likelihood Ratio	0,033	1	0,855	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,033	1	0,857	
	N of valid Cases	87			
41+	Pearson Chi-square	0,233	1	0,630	0,794
	Continuity Correction	0,049	1	0,826	
	Likelihood Ratio	0,235	1	0,628	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,230	1	0,631	
	N of valid Cases	100			

4.2.1.5. Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları Yönünden Bulgular

Anketlere verilen yanıtlar incelendiğinde; yakın oturanların %74,1'i üst solunum yolu enfeksiyonlarından şikayet ederken uzak oturanların %37,7'si bu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yakın ve uzak gruplar içinde üst solunum yolu enfeksiyonu sorunu yaşayanlar

Çizelge 4.10'da Yakınlık- üst solunum yolu enfeksiyonu -yaş dağılımı, Çizelge 4.11'de de analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Yakınlık- üst solunum yolu enfeksiyonu -yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
ÜSYE	Evet	31	15	44	12	31	19
	%	%70,5	%45,5	%80,0	%37,5	%70,5	%33,3
	Hayır	13	18	11	20	13	38
	%	%29,5	%54,5	%20,0	%62,5	%29,5	%66,7

1-20 yaş aralığındakilerden, üst solunum yolu enfeksiyonu sorununu yakın grubun %70,5'i, uzak grubun %45,5'i yaşamaktadır. Ki-Kare analiz sonucuna göre; bu yaş aralığı için $p=0,035 < 0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.11. Yaşa göre üst solunum yolu enfeksiyonu Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp. "p"	Exact "p"
1-20	Pearson Chi-square	4,900	1	0,027	0,035
	Continuity Correction	3,916	1	0,048	
	Likelihood Ratio	4,916	1	0,027	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	4,837	1	0,028	
	N of valid Cases	77			
21-40	Pearson Chi-square	15,932	1	0,000	0,000
	Continuity Correction	14,132	1	0,000	
	Likelihood Ratio	15,937	1	0,000	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	15,749	1	0,000	
	N of valid Cases	87			
41+	Pearson Chi-square	13,688	1	0,000	0,000
	Continuity Correction	12,244	1	0,000	
	Likelihood Ratio	14,030	1	0,000	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	13,553	1	0,000	
	N of valid Cases	101			

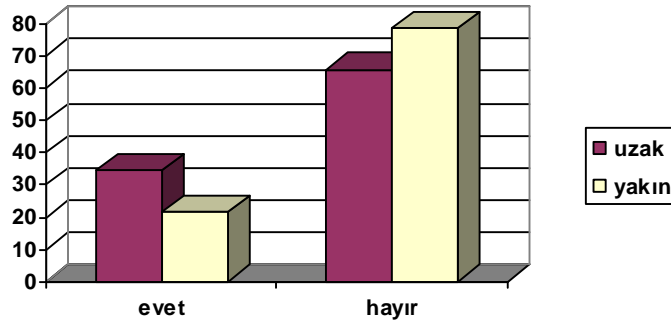
21-40 yaş aralığında bulunanlar arasında yakın grupta bulunanların %80,0'i, uzak grupta bulunanların %20,0'si bu rahatsızlıktan şikayet etmektedir. Oranlara bakarak da iki grup arasında anlamlı fark olduğu kolayca görülebilir. Bu yaş aralığı için $p=0,000<0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark vardır.

41+ yaş aralığı için yakın oturanlardan %70,5'i, uzak oturanlardan %33,3'ü üst solunum yolu enfeksiyonundan şikayet etmektedir. Bu yaş aralığı içinde yine

$p=0,000<0,05$ olduğundan dolayı yakın ve uzak oturan gruplar arasında üst solunum yolu enfeksiyonu yönünden anlamlı fark vardır.

4.2.1.6. Tansiyon Rahatsızlığı Yönünden Bulgular

Tansiyon rahatsızlığı için yaş grupları üç yerine ikiye düşürülmüştür. Bunun nedeni bu rahatsızlığın daha çok ilerleyen yaşlarda ortaya çıkmasından dolayı, değerlendirme 40 yaş altı ve 40 yaş üstü olarak iki grupta yapılmıştır. Böylece analiz sonucunun daha güvenilir olması sağlanması amaçlanmıştır. Anketlere verilen yanıtlar incelendiğinde; yakın oturanların %21,6'sı tansiyon sorunundan şikayet ederken uzak oturanların %34,4'i bu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.6). Tansiyon sorunu başlığı altında yüksek ve düşük tansiyon bulguları bir arada bulunmaktadır.



Şekil 4.6. Yakın ve uzak gruplar içinde tansiyon sorunu yaşayanlar

Çizelge 4.12'de anket uygulanan deneklerin verdikleri yanıtlar, doğrultusunda yaş gruplarına göre, tansiyon sorunu yaşayanların oranları, Çizelge 4.12'de de analiz sonuçları verilmiştir.

1-40 yaş aralığındakilerden, tansiyon sorununu yakın grubun %12,1'i, uzak grubun %21,5'i yaşamaktadır. Ki-Kare analiz sonucuna göre; bu yaş aralığı için $p=0,128>0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark yoktur.

41+ yaş aralığı için yakın oturanlardan %43,2'si, uzak oturanlardan %49,1'i tansiyon sorunundan şikayet etmektedir. Bu yaş aralığı içinde yine $p=0,688>0,05$

olduğundan dolayı yakın ve uzak oturan gruplar arasında tansiyon rahatsızlığı yönünden anlamlı fark yoktur.

Çizelge 4.12. Yakınlık- tansiyon -yaş dağılımı

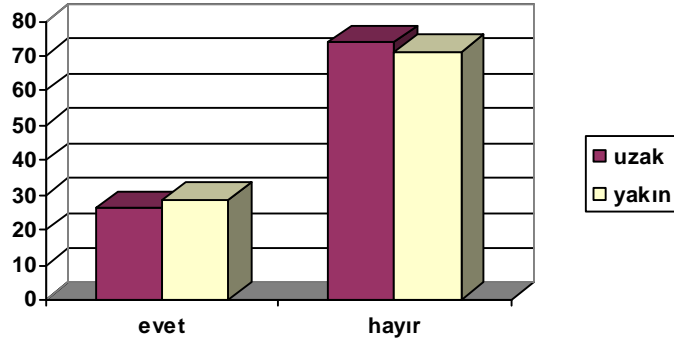
Yaş		1-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Tans.	Evet	12	14	19	28
	%	%12,1	%21,5	%43,2	%49,1
	Hayır	87	51	25	29
	%	%87,9	%78,5	%56,8	%50,9

Çizelge 4.13. Yaş- tansiyon Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp."p"	Exact "p"
1-40	Pearson Chi-square	2,608	1	0,106	0,128
	Coynuity Correction	1,950	1	0,163	
	Likelihood Ratio	2,555	1	0,110	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	2,593	1	0,107	
	N of valid Cases	77			
	41+	Pearson Chi-square	0,352	1	
Coynuity Correction		0,154	1	0,695	
Likelihood Ratio		0,353	1	0,553	
Fisher' exact test					
Linear- by-Linear Association		0,349	1	0,555	
N of valid Cases		101			

4.2.1.7. Uyku Bozukluğu Yönünden Bulgular

Uyku bozukluğu başlığı altında çok uyuma ve uyuyamama sorunları değerlendirilmiştir. Yakın oturan grubun %28,7'si, uzak oturan grubun %26,2'si uyku bozukluğu sorunu yaşamaktadır (Şekil 4.7)



Şekil 4.7. Yakın ve uzak gruplar içinde uyku bozukluğu sorunu yaşayanlar

Çizelge 4.14'de anket uygulanan deneklerin verdikleri yanıtlar, doğrultusunda yaş gruplarına göre, uyku bozukluğu sorunu yaşayanların oranları, Çizelge 4.15'de de analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.14. Yakınlık- uyku bozukluğu -yaş dağılımı

Yaş		1-20		21-40		41+	
		Yakın	Uzak	Yakın	Uzak	Yakın	Uzak
Uyku	Evet	5	6	14	8	22	18
	%	%11,4	%18,2	%25,5	%25,0	%50,0	%31,6
	Hayır	39	27	41	24	22	39
	%	%88,6	%81,8	%74,5	%75,0	%50,0	%68,4

Çizelge 4.15. Yaş- uyku bozukluğu Ki-Kare analiz sonuçları

Yaş		Value	sd	Asymp. "p"	Exact "p"
1-20	Pearson Chi-square	0,716	1	0,397	0,515
	Continuity Correction	0,267	1	0,605	
	Likelihood Ratio	0,708	1	0,400	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,707	1	0,401	
	N of valid Cases	77			
21-40	Pearson Chi-square	0,002	1	0,962	1,000
	Continuity Correction	0,000	1	1,000	
	Likelihood Ratio	0,002	1	0,962	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	0,002	1	0,963	
	N of valid Cases	87			
41+	Pearson Chi-square	3,523	1	0,061	0,068
	Continuity Correction	2,795	1	0,095	
	Likelihood Ratio	3,524	1	0,060	
	Fisher' exact test				
	Linear- by-Linear Association	3,488	1	0,062	
	N of valid Cases	101			

1-20 yaş aralığındakilerden, uyku bozukluğu sorununu yakın grubun %11,4'ü, uzak grubun %18,2'si yaşamaktadır. Ki-Kare analiz sonucuna göre; bu yaş aralığı için $p=0,515 > 0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark yoktur..

21-40 yaş aralığında bulunanlar arasında yakın grupta bulunanların %25,5'i, uzak grupta bulunanların %25,0'i bu rahatsızlıktan şikayet etmektedir. Oranlara bakarak da iki grup arasında anlamlı fark olmadığı kolayca görülebilir. Bu yaş aralığı için $p=1,000 > 0,05$ olduğu için iki grup arasında anlamlı fark yoktur.

41+ yaş aralığı için yakın oturanlardan %50,0'si, uzak oturanlardan %31,6'sı uyku sorunundan şikayet etmektedir. Bu yaş aralığı içinde yine $p=0,068>0,05$ olduğundan dolayı yakın ve uzak oturan gruplar arasında uyku sorunundan yönünden anlamlı fark yoktur.

4.2.2. Rahatsızlıkların Oturma Süresine Göre Değerlendirilmesi

Bu bölümde amacımız, yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik radyasyona daha uzun süre maruz kalanlarda, rahatsızlık oranlarının artıp artmadığını incelemektir. Tablolarda verilen değerler, yakın ve uzak yaşayan gruplarda, belirtilen oturma sürelerinde, rahatsızlıkları yaşayan kişi sayısıdır. Yüzdeler ise rahatsızlığı yaşayanların toplam içindeki yüzdelik değeridir.

Oturma süreleri ise 3-5, 6-10, 11-15 ve 16+ olarak belirlenmiştir. Bu gruplama yine Kay-kare testi analiz sonuçlarının anlamlı çıkması göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Oturma sürelerine göre yakın ve uzak gruplarda kaç kişi olduğu Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Tüm rahatsızlıklar için ortak hipotezimiz “oturma süresine bağlı olarak, yakın ve uzak yaşayan gruplarla, rahatsızlıkların oluşması arasında anlamlı ilişki yoktur.” şeklindedir. Ki-Kare analizi sonucunda elde edilen “p” değeri 0,05 ile kıyaslanarak gruplar arasında anlamlı ilişki olup olmadığına bakılacaktır.

Çizelge 4.16. Oturma süresinin yakınlık ve uzaklığa göre dağılımı

	Oturma Süresi		
	3-10	11+	Toplam
Yakın	89	54	143
Uzak	94	28	122

4.2.2.1. Baş Ağrısı Yönünden Bulgular

Çizelge 4.17'de oturma süresi- baş ağrısı-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.18'de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.17.Oturma süresi-baş ağrısı-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Baş Ağrısı		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	28	61	89
	% yakınlık	%31,5	%68,5	%100,0
	Uzak	20	74	94
	% yakınlık	%21,3	%78,7	%100,0
11+ yıl	Yakın	14	40	54
	% yakınlık	%25,9	%74,1	%100,0
	Uzak	5	23	28
	% yakınlık	%17,9	%82,1	%100,0

Çizelge 4.18.Oturma süresi-baş ağrısı Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. "p"	Exact."p"
3-10 Pearson Chi Square	2,450	1	0,117	0,132
Continuity Correction	1,952	1	0,162	
Likelihood Ratio	2,457	1	0,117	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	2,437	1	0,119	
N of Valid Cases	183			
11+ Pearson Chi Square	0,674	1	0,412	0,582
Continuity Correction	0,297	1	0,586	
Likelihood Ratio	0,696	1	0,404	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	0,666	1	0,414	
N of Valid Cases	82			

3-10 yıl aralığında, yakın gruptakilerin %31,5'i, uzaktakilerin ise %21,3'ü

baş ağrısı sorunu yaşamaktadır. Gruplar arasında anlamlı fark olup olmadığını anlamak için “p” değerine bakarız. $p=0,132>0,05$ olduğu için gruplar arasında yakın veya uzak oturmaya bağlı, anlamlı fark yoktur.

11+ yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %25,9’u, uzaktakilerin %17,9’u bu sorunu yaşamaktadır. “p” değerine bakarsak; $p=0,582>0,05$ olduğundan dolayı gruplar arasında anlamlı fark yoktur.

4.2.2.2. Eklem Ağrıları Yönünden Bulgular

Çizelge 4.19’de oturma süresi- eklem ağrısı-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.20’de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.19.Oturma süresi-eklem ağrısı-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Eklem Ağrısı		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	36	53	89
	% yakınlık	%40,4	%59,6	%100,0
	Uzak	38	56	94
	% yakınlık	%40,4	%59,6	%100,0
11+ yıl	Yakın	30	24	54
	% yakınlık	%55,6	%44,4	%100,0
	Uzak	8	20	28
	% yakınlık	%28,6	%71,4	%100,0

3-10 yıl aralığında oturanlardan, hem yakın hem de uzak grupta bulunanların %40,4’ü, eklem ağrısı sorunu yaşadığını belirtmiştir. Oranlardan da açıkça görüleceği gibi iki grup arasında fark yoktur. Çünkü $p=1,000>0,05$ ’tir.

11+ yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %55,6’sı, uzak gruptakilerin 28,6’sı eklem ağrısı sorunu yaşamaktadır. İki grup arasında anlamlı fark vardır. Çünkü $p=0,035<0,05$ ’tir.

Çizelge 4.20.Oturma süresi-eklem ağrısı-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp."p"	Exact."p"
3-10 Pearson Chi-Square	0,000	1	0,997	1,000
Continuity Correction	0,000	1	1,000	
Likelihood Ratio	0,000	1	0,997	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	0,000	1	0,997	
N of Valid Cases	183			
11+ Pearson Chi Square	5,399	1	0,020	
Continuity Correction	4,369	1	0,037	
Likelihood Ratio	5,542	1	0,019	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	5,334	1	0,021	
N of Valid Cases	82			

4.2.2.3. Sınır Bozukluğu Yönünden Bulgular

Çizelge 4.21'de oturma süresi- sınır bozukluğu-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.22'de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir

Çizelge 4.21.Oturma süresi-sınır bozukluğu-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Sınır Bozukluğu		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	58	31	89
	% yakınlık	%65,2	%34,8	%100,0
	Uzak	39	55	94
	% yakınlık	%41,5	%58,5	%100,0
11+ yıl	Yakın	30	24	54
	% yakınlık	%55,6	%44,4	%100,0
	Uzak	7	21	28
	% yakınlık	%25,0	%75,0	%100,0

3-10 yıldır oturanlar arasında, yakın gruptakilerin %65,2'si, uzak grupta bulunanların %41,5'i sinirsel problemler yaşadıklarını belirtmişlerdir. Yakın ve uzak gruplar arasında anlamlı fark olduğu, hem oranlardan hem de hesaplanan " $p=0,002<0,05$ " değerinden açıkça görülmektedir.

11+ yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %55,6'sı, uzak gruptakilerin %25,0'ı sinirsel problemler yaşamaktadır. $p=0,010<0,05$ olması nedeniyle iki grup arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.22.Oturma süresi-sinir bozukluğu-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. "p"	Exact."p"
3-10 Pearson Chi Square	10,290	1	0,001	0,002
Continuity Correction	9,362	1	0,002	
Likelihood Ratio	10,397	1	0,001	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	10,234	1	0,001	
N of Valid Cases	183			
11+ Pearson Chi Square	6,952	1	0,008	0,010
Continuity Correction	5,773	1	0,016	
Likelihood Ratio	7,212	1	0,007	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	6,868	1	0,009	
N of Valid Cases	82			

4.2.2.4. Kalp Rahatsızlığı Yönünden Bulgular

Çizelge 4.23'de oturma süresi- kalp rahatsızlığı-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.24'de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir

Çizelge 4.23.Oturma süresi-kalp rahatsızlığı-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Kalp Rahatsızlığı		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	7	82	89
	% yakınlık	%7,9	%92,1	% 100,0
	Uzak	10	83	94
	% yakınlık	% 10,8	%89,2	% 100,0
11+ yıl	Yakın	6	48	54
	% yakınlık	% 11,1	%88,9	% 100,0
	Uzak	3	25	28
	% yakınlık	% 10,7	%89,3	% 100,0

Çizelge 4.24. Oturma süresi-kalp rahatsızlığı-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. "p"	Exact."p"
3-10 Pearson Chi Square	0,448	1	0,503	0,613
Continuity Correction	0,172	1	0,679	
Likelihood Ratio	0,450	1	0,502	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	0,445	1	0,505	
N of Valid Cases	183			
11+ Pearson Chi Square	0,003	1	0,957	1,000
Continuity Correction	0,000	1	1,000	
Likelihood Ratio	0,003	1	0,956	
Fisher's Exact Test				
Linear-by-Linear Association	0,003	1	0,957	
N of Valid Cases	82			

3-10 yıldır oturanlar arasında, yakın oturanların %7,9'u, uzak oturanların % 10,8'i kalp rahatsızlığından şikayet etmektedir. $p=0,613>0,05$ olduğu için, iki grup arasında anlamlı fark yoktur.

11+ yıldır oturanlarda, yakın gruptakilerin %11,1'i uzak gruptakilerin %10,7'si bu rahatsızlığı yaşamaktadır. Analiz sonucunda $p=1,000>0,05$ bulunur. Bu da gruplar arasında anlamlı fark olmadığını ifade eder.

4.2.2.5. Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları Yönünden Bulgular

Çizelge 4.25'de oturma süresi- üst solunum yolu enfeksiyonları sorunu-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.26'da ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir

Çizelge 4.25.Oturma süresi-ÜSYE-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	71	18	89
	% yakınlık	%79,8	%20,2	%100,0
	Uzak	38	56	94
	% yakınlık	%40,4	%59,6	%100,0
11+ yıl	Yakın	35	19	54
	% yakınlık	%64,8	%35,2	%100,0
	Uzak	8	20	28
	% yakınlık	%28,6	%71,4	%100,0

3-10 yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %79,8'i uzaktakilerin %40,4'ü bu sorunu yaşamaktadır. analiz sonucunda hesaplanan $p=0,000<0,05$ olduğu için gruplar arasında anlamlı fark vardır.

11+ yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %64,8'i, uzaktakilerin %28,6'sı üst solunum yolu enfeksiyonlarından şikayet etmektedir. Hem oranlardan hem de $p=0,002<0,05$ değerinden anlaşılacağı üzere gruplar arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.26. Oturma süresi-ÜSYE-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. "p"	Exact."p"	
3-10	Pearson Chi Square	29,390	1	0,000	0,000
	Continuity Correction	27,779	1	0,000	
	Likelihood Ratio	30,490	1	0,000	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	29,229	1	0,000	
	N of Valid Cases	183			
11+	Pearson Chi Square	9,712	1	0,002	
	Continuity Correction	8,313	1	0,004	
	Likelihood Ratio	9,931	1	0,002	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	9,593	1	0,002	
	N of Valid Cases	82			

4.2.2.6. Tansiyon Rahatsızlığı Yönünden Bulgular

3-10 yıldır oturanlardan, yakındakilerin %18,0'ı, uzaktakilerin %36,2 si tansiyon rahatsızlığından şikayet etmektedir. Analiz sonucunda $p=0,008<0,05$ bulunmuştur. Yani gruplar arasında anlamlı fark vardır. Ancak burada bir çelişki hemen dikkati çekmektedir. Oranlara bakıldığı zaman, uzak oturanların tansiyon rahatsızlığını, yakın olanlara nazaran daha yüksek yaşadığı görülmektedir. Bu çelişki, büyük olasılıkla, bu aralıkta yer alan deneklerin yaşları arasındaki orantısızlıktan kaynaklanmıştır.

11+ yıldır oturanlardan, yakındakilerin %27,8'i, uzaktakilerin %28,6'sı tansiyon rahatsızlığı yaşamaktadır. $p=1,000>0,05$ olduğu için gruplar arasında anlamlı fark yoktur.

Çizelge 4.27'de oturma süresi- tansiyon-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.28'de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.27.Oturma süresi-tansiyon-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Tansiyon Rahatsızlığı		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	16	73	89
	% yakınlık	%18,0	%82,0	%100,0
	Uzak	34	60	94
	% yakınlık	%36,2	%63,8	%100,0
11+ yıl	Yakın	15	39	54
	% yakınlık	%27,8	%72,2	%100,0
	Uzak	8	20	28
	% yakınlık	%28,6	%71,4	%100,0

Çizelge 4.28.Oturma süresi-tansiyon-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact.Sig. (2-sided)	
3-10	Pearson Chi Square	7,620	1	0,006	0,008
	Continuity Correction	6,731	1	0,009	
	Likelihood Ratio	7,764	1	0,005	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	7,578	1	0,006	
	N of Valid Cases	183			
11+	Pearson Chi Square	0,006	1	0,940	1,000
	Continuity Correction	0,000	1	1,000	
	Likelihood Ratio	0,006	1	0,940	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	0,006	1	0,940	
	N of Valid Cases	82			

4.2.2.7. Uyku Bozukluğu Yönünden Bulgular

Çizelge 4.29’da oturma süresi- uyku bozukluğu-yakınlık dağılımı, Çizelge 4.30’de ise Ki-Kare analizinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.29.Oturma süresi-uyku bozukluğu-yakınlık dağılımı

Oturma Süresi		Uyku Bozukluğu		
		Evet	Hayır	Toplam
3-10 yıl	Yakın	24	65	89
	% yakınlık	%27,0	%73,0	%100,0
	Uzak	26	68	94
11+ yıl	% yakınlık	%27,7	%72,3	%100,0
	Yakın	17	37	54
	% yakınlık	%31,5	%68,5	%100,0
	Uzak	6	22	28
	% yakınlık	%21,4	%78,6	%100,0

Çizelge 4.30.Oturma süresi-uyku bozukluğu-yakınlık Ki-Kare analizi

Oturma	Value	sd	Asymp. "p"	Exact."p"	
3-10	Pearson Chi Square	0,011	1	0,916	1,000
	Continuity Correction	0,000	1	1,000	
	Likelihood Ratio	0,011	1	0,916	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	0,011	1	0,916	
	N of Valid Cases	183			
11+	Pearson Chi Square	0,923	1	0,337	0,440
	Continuity Correction	0,492	1	0,483	
	Likelihood Ratio	0,950	1	0,330	
	Fisher's Exact Test				
	Linear-by-Linear Association	0,912	1	0,340	
	N of Valid Cases	82			

3-10 yıldır oturanlardan, yakın gruptakilerin %27,0'ı, uzak gruptakilerin %27,7'si uyku bozukluğu problemi yaşamaktadır. Oranlardan ve analiz sonucunda elde edilen $p=1,000<0,05$ değerinden gruplar arasında anlamlı fark olmadığı kolayca görülebilir.

11+ yıldır oturanlardan, yakındakilerin %31,5'i, uzak gruptakilerin %21,4'ü bu sorunu yaşamaktadır. Analiz sonucunda elde edilen $p=0,440>0,05$ değeri bize gruplar arasında anlamlı fark olmadığını ifade eder.

Tartışma: Yaptığımız çalışma, içeriği gereği, insanların bizlere verdikleri yanıtlar doğrultusunda şekillenmiştir. Her ne kadar soruların açık olmasına özen gösterilmiş olsa da anket uygulanan çevrenin sosyo-ekonomik durumu göz önüne alındığında deneklerin bazıları tarafından soruların yeterince anlaşılmamış olması veya sorulara, maalesef, samimi yanıtlar verilmemiş olması ihtimali bulunmaktadır. Tüm bu ihtimallere karşın yapılan analizler, yaşa ve oturma süresine bağlı olarak, yaşanan bazı sorunların yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik radyasyona maruz kalmayla orantılı olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gaziantep ilinde gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda, 93 aile ile görüşülmüş ve toplam 265 kişiye anket uygulanmıştır. Yapılan anket sonuçları, yaş ve oturma sürelerine göre değerlendirilmiş ve çalışmamıza başlarken hedef aldığımız rahatsızlıklarla yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik radyasyonun ilişkisi incelenmiştir.

Yaş gruplarına göre yapılan analizler sonucunda, hedef rahatsızlıklardan, yalnızca, eklem ağrısı sinirsel rahatsızlıklar ve üst solunum yolu enfeksiyonları ile YGH'larına, 30 metreye kadar, yakın yaşamak arasında anlamlı ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Oturma sürelerine göre yapılan analizler sonucunda, hedef rahatsızlıklardan, eklem ağrısı, sinir bozukluğu, üst solunum yolu enfeksiyonları ile YGH'larına, yakın yaşamak arasında anlamlı ilişki olduğu sonucu elde edilmiştir.

Yaş ve oturma sürelerine göre yapılan analiz sonucunda yüksek gerilim hatlarının hangi hastalıkların oluşmasında etkin olduğu Çizelge5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Hedef Rahatsızlıklar- Yüksek Gerilim Hatları ilişkisi

Rahatsızlıklar	Betimsel Değişkenler					
	Yaş Gruplarına Göre			Oturma Süresine Göre		
	1-20 yaş	21-40 yaş	41+ yaş	3-10 yıl	11+ yıl	
Baş Ağrısı	-	-	-	-	-	
Eklem Ağrısı	-	+	(S)	-	+	
Sinir Bozukluğu	-	(S)	+	(G)	+	(G)
Kalp Rahatsızlığı	-	-	-	-	-	
Üst Solunum Yolu Enfek.	+	(G)	+	(G)	+	(G)
Tansiyon Rahatsızlığı	-	-	-	-	-	
Uyku Bozukluğu	-	-	-	(S)	-	

Tabloda yer alan “G ve S” ifadeleri sırasıyla güçlü ve zayıf etkiyi işaret etmektedir.

Yaş gruplarına göre yapılan analizlerin sonuçlarına göre, EMA'nın olumsuz etkisi, eklem ağrıları için yalnızca 21-40 yaş aralığında bulunan kişilerde sınırdan bir değerde bulunmuştur. Bu da bizim, EMA, bu yaş grubu için eklem ağrısına neden olur veya olmaz şeklinde kesin bir yorum yapmamızı engellemektedir.

Aynı durum sinirsel rahatsızlıklar ve uyku bozuklukları için de geçerlidir. “p” değerinin sınır değeri olan 0,05'e çok yakın olmasından dolayı EMA 1-20 yaş aralığında bulunanlar üzerinde sinirsel rahatsızlıklara veya 41+ yaş aralığında bulunanlar üzerinde uyku sorunlarına neden olmaz demek oldukça zordur.

Buna rağmen, analizler sonucunda elde edilen “p” değerinin 0,05 değerinden oldukça küçük çıkmış olması dolayısıyla, 21-40 ve 41+ yaşlar için sinirsel sorunlar ve tüm yaş grupları için üst solunum yolu enfeksiyonları üzerinde EMA'nın güçlü etkisi vardır diyebiliriz.

Oturma süreleri dikkate alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen “p” değerinin 0,05'e kıyasla oldukça küçük olmasından dolayı, sinirsel rahatsızlıkları ve üst solunum yolu enfeksiyonları üzerinde EMA'nın güçlü etkisi vardır.

Yaptığımız araştırma sonucunda elektromanyetik alanların bazı hastalıkların oluşmasında etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlar bize elektromanyetik alana maruz kalma süresinin, yaş gruplarına da bağlı olarak, sağlık sorunlarının oluşumundaki önemini göstermektedir.

Günümüzde EMA'nın canlı hücreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği pek çok çalışma yapılmasına karşın henüz birbiri ile tutarlı sonuçlar alınmamıştır. Dolayısıyla da insanların kafasında bazı istasyonlarının veya yüksek gerilim hatlarının sağlığa zararları konusunda soru işaretleri mevcuttur. Burada bize düşen, zararları hakkında net verilere sahip olmadığımız bu alanlarla karşı daha dikkatli davranarak uzun süreli etkileşimden kaçınmaktır.

Sağlık sorunlarının anlaşılmasında yapılan epidemiolojik çalışmaların önemli bir yeri vardır. Çünkü hayvanlar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmakla birlikte insanlar üzerinde yapılan çalışmalar daha çok gözleme dayalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmamızda, hedef rahatsızlıkların büyük bölümünde yüksek gerilim

hatlarının etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmış olması bu hatlardan yayılan EMR'nun tamamen masum olduğunu ispatlamaz. Bu tür araştırmaların daha geniş kapsamlı hazırlanarak, değişik sosyo-ekonomik çevrelere, coğrafi koşullara ve yaşam şartlarına sahip gruplar üzerinde uygulanması konunun daha detaylı olarak anlaşılmasını sağlayacağını düşünmekteyiz.

Elektromanyetik alanların sağlık üzerindeki etkileri konusunda, dünyada olduğu gibi ülkemizde de çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Ancak bu çalışmaların daha geniş yelpazede hem deneysel hem de gözleme dayalı olarak yapılması konunun daha net anlaşılmasında etkili olacaktır. Yapılacak çalışmanın Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik dalıyla işbirliği halinde yürütülmesi hem hedeflerin daha doğru belirlenebilmesi hem de çalışmanın daha sistematik yürütülmesini sağlayacağına inanmaktayız. Çalışma yapılan alanlarda, elektrik ve manyetik alan ölçüm cihazları kullanılarak, yaşam alanlarındaki elektrik ve manyetik alan değerlerinin bulunması ve değerlendirmelerin bu çerçevede yapılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Ayrıca seçilen bir grup üzerinde, sağlık sorunlarının belirli periyotlarla sorgulanması ve ilgili kuruluşlarda gerekli tetkiklerin yapılması şeklinde sürdürülen çalışmalardan daha anlamlı sonuçlar elde edilebileceğini düşünmekteyiz. Bu da ancak hem klinik hem de anket çalışmalarının birlikte yürütüleceği grup çalışmaları ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACGIH, 1994. Sub-radiofrequency (30 kHz and below) magnetic fields, In: Documentation of the threshold limit values, pp. 55-64.
- ADAIR, RK., 1991. Constraints on biological effects of weak extremely-low-frequency electromagnetic fields, *Phys Rev A* 43:1039-1048.
- AHLBOM, A., FEYCHTING, M., 2004. Occupational magnetic field exposure and myocardial infarction incidence. *Epidemiol* 15:403-408.
- AHLBOM, A., DAY, N., 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *Brit J Cancer* 83:692-698.
- AL-AKHRAS, M., ELBETIEHA, A., 2001. Effects of extremely low frequency magnetic field on fertility of adult male and female rats. *Bioelectromag* 22:340-344.
- BABBITT, JT., KHARAZI, AI., 2000. Hematopoietic neoplasia in C57BL/6 mice exposed to split-dose ionizing radiation and circularly polarized 60 Hz magnetic fields. *Carcinogenesis* 21:1379-1389.
- BAILEY, WH., 2002. Health effects relevant to the setting of EMF exposure limits. *Health Physics* 83:376-386.
- BÜYÜKÖZTÜRK, Ş., 2002. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi Elkitabı, Pegem Yayıncılık, Ankara, 142-149.
- CANSEVEN, A., ATALAY SEYHAN, N., 1995. Elektromanyetik Kirlenme ve Biyolojik Boyutları, *EMO Dergisi*, 39, 394, 87-91.
- CHOW, KC., TUNG, WL., 2000. Magnetic field exposure enhances DNA repair through the induction of DnaK/J synthesis. *FEBS Lett* 478:133-136.
- COOGAN, PF., 1998. Exposure to power- magnetic fields and risk of breast cancer in the Upper Cape Cod cancer incidence study. *Arch Environ Health* 53:359-367.
- DAVIS, S., MIRICK, DK., 2002. Residential magnetic fields and the risk of breast cancer. *American Journal of Epidemiology* 155:446-454.

- DELHEZ, M., LEGROS, JJ.,2004. No influence of 20 and 400 microT, 50 Hz magnetic field exposure on cognitive function in humans. *Bioelectromag* 25:592-598.
- DRAPER, G., ve VİNCENT, T., 2005. Childhood cancer in relation to distance from high voltage Power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ*:1290-1293.
- ELBETİEHA, A ., AL-AKHRAS, MA., 2002. Long-term exposure of male and female mice to 50 Hz magnetic field: Effects on fertility. *Bioelectromag* 23:168-172.
- ELF (Extremely Low Frequency) Fields, 1984. World Health Organization, Environmental Health Criteria 35, Geneva.
- ENDÜSTRİ ve OTOMASYON DERGİSİ, Şubat 2005. Çevremizdeki Elektrik ve Manyetik Alanlar. <http://www.endustriotomasyon.com>
- FEDROWITZ, M., KAMINO, K., 2004. Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats. *Cancer Res* 64:243-251.
- FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION OFFICE of ENGINEERING & TECHNOLOGY, OET Bulletin 56, Fourth Edition, Ağustos 1999. "Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields".
- FEYCHTING, M., JONSSON, F.,2003. Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease. *Epidem* 14:413-419.
- FEYCHTING, M., AHLBOM, A., 1993. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage Power Lines. *Am J Epidem* 7:467-481.
- FLODERUS, B., STENLUND, C., 1999. Occupational magnetic field exposure and site-specific cancer incidence: a Swedish cohort study. *Cancer Causes Control* 10:323-3
- FOSTER, K., SCHWAN, H.,1996 "Dielectric properties of tissues", Chapter 1, in *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*, 2nd ed., C. Polk and E. Postow, EDS., CRC Press, New York, NY.

- FREY, A., 1994. On the Nature of Elektromagnetic Field Interactions with Biological Systems, Medical Intelligence Unit, R.G. Landes Company, Austin, USA.32.
- GAMMON, MD., 1998. Electric blankets use and breast cancer risk among younger women. *Amer J Epidem* 148:556-563.
- GRAHAM, C., SASTRE A., 2000a.Heart rate variability and physiological arousal in men exposed to 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromag* 21:480-482.
- _____, _____, 2000b. Exposure to strong ELF magnetic fields does not alter cardiac autonomic control mechanisms. *Bioelectromag* 21:413-421.
- GRAHAM, C., COOK, MR., 1999a. Human exposure to 60-Hz magnetic fields: neurophysiological effects, *Int J Psychophysiol* 33:169-175.
- _____, _____, 1999b. Human sleep in 60 Hz magnetic fields, *Bioelectromag* 0:277-283.
- GRAVES, AB., ve ROSNER, D., 1999. Occupational exposure to electromagnetic fields and Alzheimer Disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 13:165-170.
- GREENLAND, S., SHEPPARD, AR., 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wirecodes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 11:624-634.
- GREENLAND, S., 2004. Interval estimation by simulation as an alternative to and extension of confidence intervals. *Int J Epidem* 33:1389-1397.
- GREEN, LM.,ve MILLER, AB.,1999a. A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences. *Int J Cancer* 82:161-170.
- _____, _____,1999b. Childhood leukemia and personal monitoring of residential Exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes Control* 10:233-243.
- HAKANSSON, N., FLODERUS, B., 2002. Cancer incidence and magnetic field exposure in industries using resistance welding in Sweden. *Occup Environ Med* 59:481-486.
- HAKANSSON, N., GUSTAVSOON, P., 2003a. Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease. *Am J Epidem* 158:534-542.

- _____, _____, 2003b. Neurodegenerative disease in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Epidem* 14:420-426.
- HARMANCI, H., ve EMRE, M., 2003. Risk factor of Alzheimer disease: a population-based case-control study in İstanbul, Turkey. *Alzheimer Dis Assoc Disort* 17:139-145.
- HARLEY, N. H., HARLEY, J.H., Sep/Oct 1990. Potential Lung Cancer Risk From Indoor Radon Exposure, Ca, *A Cancer Journal for Clinician*, 40, 5, 265-275.
- HEAH, C., 1996. Electromagnetic Field Exposure and Cancer: A Review of Epidemiological Evidence, CA-A Cancer Journal For Clinications, 46, 1, Jan-Feb, 29-44.
- HEIKKINEN, P ., KOSMA, VM., 2001. Effects of 50-Hz magnetic fields on cancer induced by ionizing radiation in mice. *Int J Radiat Biol* 77:483-495.
- HEREDIA-ROJAS, JA., CABELLERO-HERNANDEZ, DE., 2004. Lack of alterations on meiotic chromosomes and morphological characteristics of male germ cells in mice exposed to a 60 Hz and 2.0 mT magnetic field. *Bioelectromag* 25:63-68.
- HEREDIA-ROJAS, AJ., RODRIGUEZ-De la FUENTE, AO., 2001. Cytological effects of 60 Hz magnetic fields on human lymphocytes in vitro: sister-chromatid exchanges, cell kinetics and mitotic rate. *Bioelectromag* 22:145-149.
- IDEMAN, M., 1995. Elektromanyetik Dalgaların Temelleri. Motif Basım San. Lim. Şti., İstanbul, 145s.
- IKEDA, K., SHINMURA, Y., 2003. No effects of extremely low frequency magnetic fields found on cytotoxic activities and cytokine production of human peripheral blood mononuclear cells in vitro. *Bioelectromag* 24:21-31.
- ICNIRP 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74:494-522.
- IVANCSITS, S., A PILGER, A., 2005. Cell type-specific genotoxic effects of intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mut Res* 583:184-188.

- JOHANSEN, C., KOCH-HENRIKSEN, N., 1999. Multiple sclerosis among utility workers. *Neurology* 52:1279-1282.
- JOHANSEN, C., FEYCHTING, M., 2002. Risk of severe cardiac arrhythmia in male utility workers: A nationwide Danish cohort study. *Amer J Epidem* 156:857-861.
- JOHANSEN, C., BOISE, J. D., Jr, McLAUGHLIN J. K., OLSAN J.H., 2001. "Cellular telephones and cancer – a nationwide cohort study in Denmark, *J Natl Cancer Inst.*, 93:203-207.
- KAUNE, WT., 1993. Assessing human exposure to power-frequency electric and magnetic fields. *Environ Res* 101 (Suppl 4):121-133.
- KABAT, GC., ve O'LEARY, ES., 2003. Electric blankets use and breast cancer on Long Island. *Epidemiology* 14:514-520.
- KHARAZI, A., BABBITT, JT., 1999. Primary brain tumor incidence in mice exposed to split-dose ionizing radiation and circularly polarized 60 Hz magnetic fields. *Cancer Letters* 147:149-156.
- KLÛKIENE, J., ve TYNES, T., 2004. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women. A population on-based study. *American Journal of Epidemiology* 159:852-861.
- KUROKAWA, Y., NITTA, H., 2003. Can extremely low frequency alternating magnetic fields modulate heart rate or its variability in humans? *Auton Neurosci-Basic Clin* 105:53-61.
- LADEN, F., ve NEAS, LM., 2000. Electric blanket use and breast cancer in the nurses' health study. *Amer J Epidem* 152:41-49.
- LEE, GM., NEUTRA, RR., 2002. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidem* 13:21-31.
- LI, CY., 1997. Residential exposure to 60- Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan. *Epidemiology* 8:25-30.
- LI, DK., ODOULI, R., 2002. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidem* 13:9-20.

- LIDEN, S., 1999. "Sensitivity to electricity" - a new environmental epidemic. *Allergy* 51:519-524.
- LONDON, S.J., 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am J Epidemiol* 134:923-937.
- MANDEVILLE, R., FRANCO, E., 2000. Evaluation of the potential promoting effect of 60 Hz magnetic fields on N-ethyl-N-nitrosourea induced neurogenic tumors in female F344 rats. *Bioelectromag* 21:84-93.
- MARKOV, M., 1994. Physics and Engineering Approaches Toward Environmental Importance of Electromagnetic Fields, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Rio de Janeiro Brazil, Physics in Medicine & Biology, Vol.39.a Part I, 46.
- McLEAN, J., 1995. A 60-Hz magnetic field increases the incidence of squamous cell carcinomas in mice previously exposed to chemical carcinogens. *Cancer Letters* 92:121-125.
- McELROY, J.A., ve NEWCOMB, P.A., 2001. Electric blankets or mattress cover use and breast cancer incidence in women 50-79 years of age. *Epidemiology* 12:613-617.
- MILHAM, S. Jr., 1982. Mortality from Leukemia in Workers Exposed to Electrical and Magnetic Fields, *N. Engl. J. Med*, 307, 249.
- MOULDER, J.E., Eylül 2000. "Cellular Phone Antennas (Base Stations) and Human Health, Version 2.6.2", <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>.
- _____, 1998. Power-frequency fields and cancer. *Crit Rev Biomed Eng* 26:1-116.
- _____, 2005, Power Lines and Cancer FAQs. Version: 10.0.5. Wisc., U.S.A.
- MOSTAFA, R.M., MOSTAFA, Y.M., 2002. Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats. *Physiol Behav* 76:589-595.
- MUSCAT, J.E., MALKIN, M. G., THOMPSON, S., SHORE, R. E., STELLMAN, S. D., McREED, 2000 "Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer", *JAMA*, 284:3001-3007.

- NAKASONO, S., LARAMEE, C., 2003. Effect of power-frequency magnetic fields on genome-scale gene expression in *Saccharomyces cerevisiae*. *Rad Res* 160:25-37.
- PODD, J., ABBOTT, J., 2002. Brief exposure to a 50 Hz, 100 mT magnetic field: Effects on reaction time, accuracy, and recognition memory. *Bioelectromag* 23:189-195.
- QIU, C., FRATIGLIONI, L., 2004. Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiol* 15:687-694.
- RUBIN, GJ., DAS MUNSKI, J., 2005. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 67:224-232.
- RYAN, BM., SYMANSKI, RR., 1999. Multi-generation reproductive toxicity assessment of 60-Hz magnetic fields using a continuous breeding protocol in rats. *Teratology* 59:156-162.
- RYAN, BM., POLEN, M., 2000. Evaluation of the development toxicity of 60 Hz magnetic fields and harmonic frequencies in Sprague-Dawley rats. *Radiat.Res.* 153:637-641.
- SAHL, J., 2002. Occupational magnetic field exposure and cardiovascular mortality in a cohort of electric utility workers. *Amer J Epidem* 156:913-918.
- SAÏT, ML., ve WOOD, AW., 1999. Human heart rate changes in response to 50 Hz sinusoidal and square waveform magnetic fields: a follow up study, In: "Electricity and Magnetism in Medicine and Biology", F Bersani, ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp.517-520.
- SAVITZ, DA., 1990. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Amer J Epidem* 131:763-773.
- _____, 1998. Magnetic field exposure and neurodegenerative disease mortality among electric utility workers. *Epidemiology* 9:398-404.
- SASTRE, A., COOR, MR., 1998. Nocturnal exposure to intermittent 60 Hz magnetic fields alters human cardiac rhythm. *Bioelectromag* 19:98-106.
- SELMAOUI, B., 1996. Acute exposure to 50 Hz magnetic field does not affect hematologic or immunologic functions in healthy young men: A circadian study. *Bioelectromag* 17:364-372.

- SHEPPARD, AR., KAVET, R., 2002. Exposure guidelines for low-frequency electric and magnetic fields: Health Physics 83:324-332.
- SHEPPARD, A., EISENBUD, M., 1977. Biological Effects of Electric and Magnetic Fields of Extremely Low Frequency, New York University Pres, Ch-2 and Ch-8.
- SINLY, J., 1999. Electrical hypersensitivity in humans - Fact or fiction? Zbl Hyg Umweltmed 202:219-233.
- SKINNER, J., MEE, TJ., 2002. Exposure to power frequency electric fields and the risk of childhood cancer in the UK. Brit J Cancer 87:1257-1266.
- SOBEL, E., 1996. Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. Neurology 47:1477-1481.
- STEWART, W., 2000. "Mobile Phones and Health", *IEGMP*. STUCHLY, M.A., DAWSON, T.W., 2000. "Interaction of low-frequency electric and magnetic fields with human body" Proceedings IEEE, vol.88(5), pp.643-664.
- SÜMBÜLOĞLU, K., 1978. Sağlık Bilimlerinde Araştırma Teknikleri ve İstatistik, Çağ Matbaası, Ankara, 416s.
- SVEDENSTAL, BM., JOHANSON, KJ., 1999. DNA damage induced in brain cells of CBA mice exposed to magnetic fields. In Vivo. 551-552.
- SWITHEBY, S. J., 1987. Biomagnetizm and Bomagnetic Inverse Problem, Phys. Med. Biol., Vol.32, No.1, 3-4.
- ŞEKER, Ş.S., ÇEREZCİ, O., 1994. Elektromanyetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İst., 416s.
- _____, _____, 1991. Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri. Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İst., 236s.
- _____, _____, 1993. Elektromanyetik Enerjinin Kullanımında Risk Analizi, Elektrik Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, Trabzon. Cilt 2, pp:386-391.
- TACHER, A.B., 1992. Principles and Paracüce of Environmental Medicine, Penum Medical Book Company, New York and London.
- TÜBİTAK, 2001. Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı, Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları.

- TSE, Nisan 1996. "İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması-Yüksek Frekanslar (10 kHz-300 GHz)".
- TYNES, T., 1997. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high- voltage power lines. *Amer J Epidem* 145:219-226.
- UK Childhood Cancer Study Investigators, 2000: Childhood cancer and residential proximity to power lines. *Brit J Cancer* 83:1573-1580.
- VAN LEEUWEV, G.M., LAGENDIJK, J.J, VAN LEERSUM, B.J., ZWAMBORN A.P., HORNSLETH S.N.,KOTTE A.N., 1999. "Calculation of change in braintemperatures due to exposure to a mobile phone", *Phys. Med. Biol.*, 44: 2367-2379.
- VALLEJO, D., SANZ, P., 2001. A hematological study in mice for evaluation of leukemogenesis by extremely low frequency magnetic fields. *Electro Magnetobio* 20:281-298.
- VALBERG, PA., 1997. Can low-level 50/60-Hz electric and magnetic fields cause biological effects. *Rad Res* 148:2-21.
- VAN WIJNGAARDEN, E., SAVITZ, D., A., 2000. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study, *Occup Environ Med* 57:258-263, 2000.
- WERTHEIMER, N., ve LEEPER, E.,1982. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int J Epidem* 11:345-355.
- _____, _____, 1979. Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer, *Am J Epidemiol* 109, 273-284.
- WHO, May-1998. Electromagnetic Fields and Puplic Health. Fact Sheet N 182. magnetic fields with the human body," *Proceedings IEEE*, vol. 88(5), pp. 643-664.
- WIJNGAARDEN, ve E., SAVITZ, DA.,2000. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study, *Occup Environ Med* 57:258-263.
- WOLF, FI., TORSELLO, A., 2005. 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism. *Biochim Biophy Acta* 1743:120-129.

- YASUI, M., 1997. Carcinogenicity test of 50 Hz sinusoidal magnetic field in rats. *Bioelectromag* 18:531-540.
- ZHENG, T., ve HOLFORD, TR.,2000. Exposure to electro magnetic fields from use of electric blankets and other in-home electrical appliances and breast cancer risk. *Am J Epidem* 151:1103-1111.
- ZHU, K.,ve HUNTER, S., 2003. Use of electric bedding devices and risk of breast cancer in African-American women. *Amer J Epidem* 158:798-806.
- ZISKIN, MC., 2002. Electromagnetic hypersensitivity. *IEEE Engineer Med Biol* 21(Sep/Oct):173-175

ÖZGEÇMİŞ

1975' te Kadirli' de doğdum. İlk, orta, lise eğitimimi burada tamamladım. 1992' de Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'ne kayıt oldum. Eylül 1997 yılında Fizik bölümünde yüksek lisans programına başladım. Mart 1998 yılında Gaziantep ilinde sınıf öğretmeni olarak göreve başladım. 2001 yılında evlendim. 2002 yılında oğlum Arca dünyaya geldi. Tez aşamasında, çeşitli nedenlerden tamamlamadığım çalışmama 2005 yılında çıkartılan aftan yararlanarak tekrar başladım. 2006 Ağustos ayında açılan Anadolu Lisesi Öğretmen Seçme Sınavına katılarak, Anadolu Lisesi Fizik Öğretmenliği kadrosuna geçmeye hak kazandım.

EKLER

EK-1: Deneklere Sorulan Anket Soruları

1. Yüksek gerilim hatlarına ne kadar yakınsınız?
2. Kaç yıldır burada oturuyorsunuz?
3. Cinsiyetiniz?
4. Yaşınız?
5. Sürekli evde mi oturuyorsunuz?
6. Ağrı, sızı gibi şikayetleriniz var mı?
Var ise; a) Nereleriniz ağrır?
b) Hangi sıklıkla ağrır?
7. Sinirsel veya psikolojik şikayetleriniz var mı?
Var ise; a) Çevreyi rahatsız edecek derecede mi?
b) Doktor tedavisi gördünüz mü?
8. Kalbinizle ilgili rahatsızlıklarınız var mı?
9. Solunum yolu enfeksiyonu ile ilgili şikayetleriniz oluyor mu?
Var ise; ne kadar sık?
10. Tansiyon ile ilgili şikayetleriniz var mı?
11. Uyku düzensizlikleri yaşıyor musunuz?

EK-2: Anket Sorularına Verilen Yanıtlar

Yapılan ankete deneklerin verdikleri yanıtlar Excel'de tablo haline getirilmiştir. Tabloda:

- Y : Yüksek gerilim hatlarına 30 metreye kadar yakın oturanlar,
U : Yüksek gerilim hatlarına 250 metre ve daha uzak mesafede oturanlar,
B : Bayan denekler,
E : Erkek denekler,
Yaş : Deneklerin yaşı,

Sürekli evde oturma durumu,baş ağrısı, eklem ağrısı, sinir bozuklukları, kalp rahatsızlığı, üst solunum yolu enfeksiyonları, tansiyon, uyku bozuklukları rahatsızlıklarının her biri için;

Evet : 1

Hayır : 0

olarak kodlanmıştır.

Aile no : Yakın ve uzak gruplar için ayrı ayrı numaralanmıştır.

Mesafe	Ot. Yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No
Y	15	B	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Y	12	B	45	1	1	0	1	0	1	0	0	2
Y	12	E	45	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Y	12	E	18	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Y	12	B	21	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Y	10	B	40	1	0	1	1	1	1	1	0	3
Y	10	E	45	0	0	1	1	0	1	0	1	3
Y	10	E	22	0	0	0	1	0	1	0	0	3
Y	10	B	21	0	0	0	1	0	1	0	0	3
Y	10	E	18	0	1	0	1	0	1	0	0	3
Y	19	B	45	1	0	1	0	1	1	1	1	4
Y	19	E	53	0	0	1	0	0	1	0	0	4
Y	19	E	22	0	0	1	0	0	1	0	0	4
Y	19	B	19	1	1	0	1	0	1	0	0	4
Y	12	B	33	1	0	1	1	0	1	0	0	5
Y	12	E	35	0	0	0	1	0	0	0	0	5
Y	12	B	9	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Y	12	B	7	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Y	18	B	55	1	1	1	1	0	0	1	1	6
Y	18	B	21	1	1	0	1	0	0	0	1	6
Y	18	B	18	1	0	1	1	0	0	0	1	6
Y	18	B	18	1	0	0	1	1	1	0	0	7
Y	18	B	41	1	0	1	1	0	0	1	0	7
Y	18	E	42	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Y	18	B	17	1	0	0	0	0	1	1	0	7
Y	4	B	29	1	0	0	0	0	0	0	0	8
Y	4	E	30	0	0	0	1	0	1	0	0	8
Y	4	E	7	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Y	8	B	40	1	0	0	0	0	1	0	0	9
Y	8	E	40	0	0	0	0	0	1	0	0	9
Y	8	E	19	0	0	0	0	0	1	0	0	9
Y	8	E	18	0	0	0	0	0	1	0	0	9
Y	7	B	23	1	1	1	1	0	1	0	0	10
Y	7	E	31	0	0	1	1	0	1	0	0	10
Y	7	E	5	1	0	0	1	0	1	0	0	10
Y	7	B	6	1	0	0	1	0	1	0	0	10
Y	10	B	32	1	0	1	1	0	0	0	0	11
Y	10	E	32	0	0	0	1	0	0	0	1	11
Y	10	B	8	0	0	0	0	0	1	0	0	11
Y	10	E	6	1	0	0	0	0	1	0	0	11
Y	20	B	53	1	1	1	0	0	0	1	1	12
Y	6	B	24	1	1	1	1	0	1	0	0	13
Y	6	E	30	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Y	6	B	7	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Y	18	B	47	1	1	0	1	0	1	1	1	14
Y	18	E	49	1	0	1	1	0	1	0	1	14
Y	18	E	22	0	1	0	1	0	1	0	1	14
Y	25	B	53	1	1	1	1	1	0	1	0	15
Y	25	E	61	1	0	0	0	1	0	1	0	15
Y	25	E	18	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Y	30	B	46	1	0	1	0	1	0	1	1	16
Y	30	E	65	0	1	1	0	0	0	0	1	16

Mesafe	Ot.Yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No.
Y	30	B	19	1	0	1	1	0	1	0	0	16
Y	30	B	11	0	0	1	0	0	0	0	0	16
Y	7	B	30	1	0	1	0	0	0	0	0	17
Y	7	E	28	0	0	1	0	0	0	0	0	17
Y	30	B	70	1	0	0	1	0	0	1	1	18
Y	30	E	65	1	0	1	1	0	1	0	0	18
Y	3	B	53	1	1	1	1	0	1	1	1	19
Y	3	E	55	0	1	0	0	0	1	0	1	19
Y	3	E	23	0	0	1	1	0	1	0	0	19
Y	4	B	45	1	0	1	0	0	0	1	1	20
Y	4	E	7	0	0	1	0	0	1	0	0	20
Y	4	B	17	0	1	1	0	0	1	0	0	20
Y	4	B	24	0	0	0	0	0	1	0	0	20
Y	11	B	46	1	0	1	1	0	1	1	1	21
Y	11	E	55	1	0	1	0	0	1	0	0	21
Y	11	E	27	0	0	0	1	0	1	0	0	21
Y	11	B	24	1	0	1	0	0	1	0	1	21
Y	4	B	28	1	1	1	1	0	1	0	1	22
Y	4	E	38	0	1	0	1	0	1	0	0	22
Y	4	B	7	1	0	0	1	0	0	0	0	22
Y	7	B	22	1	1	1	1	0	1	0	0	23
Y	7	E	25	0	1	1	1	0	1	0	0	23
Y	7	B	6	1	0	0	0	0	1	0	0	23
Y	15	B	53	1	1	1	1	0	0	1	0	24
Y	15	E	43	0	0	1	1	1	0	0	0	24
Y	3	B	22	1	1	1	1	0	1	0	0	25
Y	3	E	22	0	0	1	1	0	1	0	1	25
Y	9	B	27	1	0	1	1	0	1	0	1	26
Y	9	E	30	0	1	1	1	0	1	0	1	26
Y	9	B	8	0	0	1	1	0	1	0	0	26
Y	9	E	6	1	0	1	1	0	1	0	0	26
Y	15	B	49	1	1	1	1	0	1	0	1	27
Y	15	B	15	1	1	0	1	0	1	0	0	27
Y	15	E	13	1	1	1	1	0	1	0	0	27
Y	18	B	40	1	1	1	0	0	1	1	1	28
Y	18	E	41	0	0	0	0	0	1	0	0	28
Y	18	B	16	0	0	0	1	0	0	0	0	28
Y	3	B	19	1	0	0	0	0	1	0	1	29
Y	3	B	46	1	0	1	1	0	1	0	0	29
Y	3	E	56	0	0	0	1	1	1	0	1	29
Y	8	B	19	1	0	0	0	0	1	0	0	30
Y	8	B	52	1	1	0	0	0	1	0	1	30
Y	8	E	52	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Y	8	B	17	1	0	0	0	0	0	0	0	30
Y	6	B	25	1	1	0	1	0	1	0	0	31
Y	6	E	30	0	0	0	0	0	1	0	0	31
Y	15	E	42	0	0	0	0	0	1	0	0	32
Y	15	B	42	1	0	1	1	0	1	0	0	32
Y	15	E	12	0	0	1	0	0	1	0	0	32
Y	17	B	51	1	0	1	1	0	1	0	1	33
Y	17	E	53	0	0	1	1	0	1	0	1	33
Y	17	B	19	1	0	1	1	0	1	0	0	33

Mesafe	Ot. Yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No.
Y	3	B	27	1	0	0	1	0	1	0	1	34
Y	3	E	24	0	0	0	1	0	1	0	0	34
Y	6	B	25	1	0	0	0	0	1	0	0	35
Y	6	E	26	0	0	0	1	1	0	0	0	35
Y	3	E	18	0	0	1	1	0	1	0	1	36
Y	3	E	40	1	1	0	1	0	0	0	1	36
Y	3	B	42	1	1	0	1	0	1	1	0	36
Y	3	B	55	1	0	1	1	0	1	1	1	37
Y	3	B	26	1	1	1	1	0	1	0	0	37
Y	3	E	28	0	1	1	0	1	1	0	0	37
Y	17	B	48	1	0	1	1	0	1	0	0	38
Y	17	E	55	0	0	1	0	0	1	0	0	38
Y	17	B	19	1	0	1	1	0	1	0	0	38
Y	3	B	31	1	0	1	0	0	1	0	0	39
Y	3	E	29	0	0	0	1	0	1	0	0	39
Y	8	B	35	1	0	0	1	0	1	1	0	40
Y	8	E	42	0	1	0	1	0	1	0	0	40
Y	8	E	15	0	0	0	0	0	0	0	0	40
Y	10	E	48	1	0	1	1	0	1	0	0	41
Y	10	B	40	1	1	0	1	0	1	0	1	41
Y	10	E	18	1	1	0	1	0	1	0	1	41
Y	7	E	39	0	1	1	1	0	1	0	0	42
Y	7	B	37	1	1	1	1	0	1	1	0	42
Y	7	B	11	1	0	0	1	0	1	0	0	42
Y	5	B	23	1	0	0	0	0	1	0	0	43
Y	5	B	50	1	0	1	1	0	0	0	0	43
Y	4	B	23	1	1	0	1	0	1	1	0	44
Y	4	E	24	0	1	0	1	0	1	0	0	44
Y	3	B	19	1	0	0	0	0	1	0	0	45
Y	3	E	23	0	0	0	0	0	1	0	0	45
Y	8	E	41	0	0	1	1	0	1	0	0	46
Y	8	B	42	1	1	0	1	0	1	1	1	46
Y	8	E	10	1	0	0	1	0	1	0	0	46
Y	7	E	55	1	1	1	1	1	1	1	0	47
Y	7	B	55	1	1	1	1	1	1	1	1	47
Y	7	B	19	1	1	1	1	0	1	0	0	47
Y	9	E	39	0	0	1	1	0	0	0	0	48
Y	9	B	38	1	1	1	1	1	1	1	1	48
Y	9	E	6	1	0	0	1	0	1	0	0	48
TOPLAM					44	69	88	13	107	25	38	
U	7	E	64	0	0	0	0	0	0	1	0	1
U	7	B	64	1	1	1	1	0	1	0	1	1
U	3	B	53	0	1	1	1	0	1	0	1	2
U	8	E	20	0	0	0	0	0	0	0	0	3
U	9	E	53	1	1	0	0	1	0	1	0	4
U	9	B	52	1	0	1	0	0	0	1	0	4
U	9	K	27	0	0	0	0	0	0	0	0	4
U	11	B	72	1	0	1	1	0	1	1	1	5
U	11	E	72	1	0	0	1	1	0	1	1	5
U	3	B	33	1	0	0	0	0	0	0	1	6
U	3	E	36	0	0	0	0	0	1	0	0	6
U	3	K	12	0	0	0	0	0	1	0	0	6

Mesafe	Ot. yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No.
U	4	B	58	1	0	1	0	0	0	1	0	7
U	4	E	67	1	1	0	0	0	0	0	0	7
U	4	E	68	0	0	0	0	0	0	1	0	8
U	4	B	62	0	0	1	0	0	0	1	0	8
U	8	B	54	1	0	1	1	0	0	0	1	9
U	8	E	55	1	1	1	1	0	0	1	0	9
U	8	E	68	0	0	1	1	1	1	0	1	10
U	8	B	61	1	0	1	0	0	0	1	1	10
U	10	B	65	0	0	1	0	0	0	0	1	11
U	10	E	75	1	1	1	0	1	0	0	0	11
U	8	E	16	1	1	1	1	0	0	0	1	12
U	8	E	48	0	0	1	1	0	0	0	0	12
U	8	B	44	1	1	1	1	0	0	1	0	12
U	18	B	68	1	0	1	0	0	0	1	0	13
U	10	B	43	1	1	1	0	0	1	1	0	14
U	10	E	45	0	0	0	1	1	0	0	0	14
U	10	E	17	0	0	0	1	0	0	0	0	14
U	4	B	27	0	0	0	1	0	0	0	0	15
U	4	E	56	0	0	0	0	0	0	0	0	15
U	4	B	49	1	1	1	0	0	0	0	1	15
U	12	B	10	0	0	0	0	0	1	0	0	16
U	12	E	34	0	0	0	1	1	0	0	0	16
U	12	B	30	1	1	0	0	0	0	0	0	16
U	4	B	7	0	0	0	0	0	0	0	0	17
U	4	E	6	0	0	0	0	0	0	0	0	17
U	4	E	33	0	0	1	1	0	0	0	0	17
U	4	B	32	1	0	0	0	0	0	0	0	17
U	10	E	15	0	0	0	0	0	0	0	0	18
U	7	B	36	0	0	0	1	0	0	0	0	19
U	7	E	45	0	0	0	0	0	0	0	0	19
U	7	E	8	0	0	0	0	0	0	0	0	19
U	7	E	5	0	0	0	1	0	0	0	0	19
U	6	E	6	0	0	0	0	0	1	0	0	20
U	6	E	4	0	0	0	0	0	1	0	0	20
U	6	B	30	1	1	0	1	0	0	0	0	20
U	6	E	38	0	1	1	1	1	0	0	0	20
U	4	E	55	0	0	1	1	0	0	0	0	21
U	4	B	51	1	1	1	1	0	0	1	1	21
U	3	B	44	0	1	1	1	0	1	0	1	22
U	3	B	13	0	0	1	1	0	1	0	0	22
U	3	B	8	0	0	1	0	0	1	0	0	22
U	2	B	70	1	1	1	1	0	0	1	0	23
U	3	E	47	0	0	1	1	0	0	0	0	24
U	3	B	72	1	1	1	1	0	1	1	0	24
U	3	B	35	1	0	1	1	0	1	1	0	24
U	3	B	7	0	0	0	1	0	0	0	0	24
U	3	E	13	0	0	0	0	0	1	0	0	24
U	10	B	50	1	1	1	1	1	1	0	0	25
U	10	E	54	0	0	1	1	0	0	1	1	25
U	10	B	55	1	0	1	1	0	0	1	1	26
U	10	B	22	1	0	0	0	0	1	0	1	26
U	10	E	64	0	0	1	1	1	0	1	1	26

Mesafe	Ot. Yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No.
U	12	B	50	1	0	0	0	0	1	0	0	27
U	12	E	49	1	0	0	1	0	1	0	0	27
U	12	B	12	0	0	0	0	0	0	0	0	27
U	12	E	17	0	0	0	1	0	0	0	0	27
U	10	B	30	1	1	0	1	0	0	0	1	28
U	10	E	42	0	1	0	1	0	0	0	1	28
U	10	B	10	0	0	0	0	0	1	0	0	28
U	10	B	3	1	0	0	0	0	0	0	0	28
U	16	B	62	1	1	0	0	0	0	1	0	29
U	20	B	40	1	1	1	1	0	0	0	0	30
U	20	B	66	1	0	1	0	1	0	1	0	30
U	15	B	25	1	0	0	0	0	1	0	0	31
U	15	B	46	1	0	0	0	0	0	0	0	31
U	15	E	54	0	0	0	0	0	0	0	0	31
U	5	B	35	1	0	0	1	0	0	0	0	32
U	5	E	39	0	0	0	1	0	0	0	0	32
U	5	E	10	0	0	0	1	0	1	0	0	32
U	9	B	33	1	0	0	1	0	1	1	1	33
U	9	E	40	0	0	0	1	0	0	0	0	33
U	9	E	5	1	0	0	0	0	1	0	0	33
U	9	E	11	0	0	0	1	0	0	0	0	33
U	8	B	45	1	1	0	1	0	1	0	1	34
U	8	E	57	0	0	0	1	1	0	0	0	34
U	8	E	17	0	0	1	0	0	1	0	0	34
U	8	B	50	1	0	1	0	0	0	1	0	35
U	8	E	50	0	0	0	1	0	1	0	0	35
U	8	B	39	1	1	0	0	0	1	0	0	36
U	8	E	47	0	0	0	1	0	0	0	0	36
U	8	E	17	0	0	0	0	0	0	0	0	36
U	7	B	27	1	1	1	0	0	0	0	0	37
U	7	E	35	0	0	0	1	0	1	0	1	37
U	7	E	6	0	0	0	0	0	1	0	1	37
U	8	B	60	1	0	0	0	0	0	0	0	38
U	8	E	67	0	0	0	0	0	1	0	0	38
U	8	B	55	1	0	1	1	0	0	0	1	39
U	8	B	25	0	0	0	0	0	1	1	1	39
U	8	E	67	1	0	1	0	1	1	1	1	39
U	8	B	28	0	0	0	0	0	0	1	0	40
U	8	E	55	0	0	0	0	1	1	1	0	40
U	3	E	13	0	0	0	0	0	0	0	0	40
U	3	E	40	0	0	0	0	0	1	0	0	40
U	3	B	30	1	0	0	0	0	0	0	0	40
U	9	E	48	0	0	1	0	0	1	0	0	41
U	9	B	42	1	0	1	0	0	1	0	1	41
U	9	E	20	0	0	1	0	0	1	0	0	41
U	9	B	14	0	0	0	0	0	1	0	0	41
U	15	B	38	1	0	0	0	0	0	1	0	42
U	15	E	46	0	0	0	0	0	0	0	1	42
U	15	B	12	0	0	0	0	0	0	0	0	42
U	15	E	13	0	0	0	1	0	0	0	0	42
U	15	E	17	0	0	0	0	0	1	0	0	42
U	15	B	24	1	0	0	0	0	0	0	1	43

Mesafe	Ot. Yılı	Cinsiyet	Yaş	Evde	Baş Ağr.	Eklemler Ağr.	Sinir Boz.	Kalp Rah.	ÜSYE	Tans.	Uyku Boz.	Aile No.
U	15	E	32	0	0	1	0	0	0	0	1	43
U	11	B	36	1	0	1	0	0	1	0	0	44
U	11	E	46	0	0	0	0	0	0	0	0	44
U	11	B	18	0	0	0	0	0	0	1	1	44
U	16	B	58	1	1	1	0	1	1	1	1	45
U	16	E	63	0	1	1	0	0	1	1	0	45
TOPLAM												
					27	47	50	14	44	32	32	