

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CEP TELEFONLARI ve ELEKTROMAGNETİK ETKİLERİ

Elektrik Müh. Pınar KOCABEY

F.B.E Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Harlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nurettin UMURKAN

Pınar Kocabey

Nurettin Umurkan

Pınar Kocabey

İSTANBUL, 2001

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. CEP TELEFONLARININ GÜNÜMÜZDEKİ ve GELECEKTEKİ KULLANIMI	2
3. MOBİL HABERLEŞME TEKNOLOJİSİNİN YARARLARI.....	6
4. MOBİL TELEFON TEKNOLOJİSİNİN ÜRETTİĞİ RADYOFREKANS ALANLARI.....	7
4.1 Radyofrekans Radyasyonunun Kullanımı	7
4.2 Radyo İletişim	8
5. HÜCRESEL MOBİL TELEFON TEKNOLOJİSİ.....	10
5.1 Hücresele Radyofrekans Networkleri.....	10
5.2 Hücresele Telefon Teknolojileri.....	12
5.2.1 TACS (Analog)	12
5.2.2 GSM (Dijital)	12
5.2.2.1 GSM' in kronolojik tarihi.....	14
5.2.2.2 GSM' in bazı genel özellikleri ve avantajları.....	16
5.2.2.2.1 Yüksek kapasite.....	16
5.2.2.2.2 Ses kalitesi.....	18
5.2.2.2.3 Kullanıcı hizmetleri	18
5.2.2.3 GSM frekansları	18
5.2.2.4 GSM şebekesinin temel elemanları ve fonksiyonları	19
5.2.2.5 MS' ten MS' e arama (aynı PLMN içerisinde)	21
5.2.2.6 MS' ten MS' e arama (aynı ülkedeki farklı PLMN aboneleri)	22
5.2.2.7 MS' ten MS' e arama (farklı ülke PLMN' i kullanıcıları için)	22
5.2.3 UMTS / IMT - 2000 (Dijital)	23
5.2.4 DECT (Dijital).....	24
5.2.5 TETRA (Dijital)	24
5.2.6 Diğer radyo sistemleri.....	25
6. ELEKTRİK ve MAGNETİK ALANLAR	26
7. MOBİL TELEFON SİSTEMLERİNİN ÜRETTİĞİ ALANLAR.....	28

7.1	Cep Telefonlarının Ürettiği Alanlar	28
7.2	Baz İstasyonlarının Ürettiği Alanlar	29
7.3	SAR Hesabı	31
8.	RF RADYASYONUNA MARUZ KALMA KONUSUNDAKİ SINIR DEĞERLER ve ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER.....	34
8.1	RF Radyasyonu İçin Çeşitli Kuruluşlar Tarafından Tavsiye Edilen Sınır Değerler	34
8.2	Baz İstasyonlarının Sağlığa Etkileri ve Alınması Gereken Tedbirler	39
8.2.1	Baz istasyonlarının ulusal kaydı	40
8.2.2	Boşaltılması gereken bölgeler	40
8.2.3	Baz istasyonlarının denetimi	41
8.2.4	Planlama işlemi	41
8.2.5	Okul çevrelerindeki baz istasyonları	42
8.2.6	Kırsal bölgelerdeki gelişmeler	43
8.3	Cep Telefonları	43
8.3.1	Kullanıcılar için bilgiler	44
8.3.2	Kılıflar	44
8.3.3	Kulaklıklar	45
8.3.4	Cep telefonlarının çocuklar tarafından kullanımı	46
8.3.5	Hastanelerde cep telefonlarının kullanımı	46
8.3.6	Araba kullanırken cep telefonlarının kullanımı	46
8.3.7	Elektronik aletlerle etkileşim	47
8.3.7.1	Kalp pili	48
8.3.7.2	İşitme cihazları	48
9.	YAPILAN ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ ...	49
10.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	57
	KAYNAKLAR.....	60
	ÖZGEÇMİŞ	61

KISALTIMA LİSTESİ

ANSI	American National Standards Institute
EKES	Elektromagnetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu
FCC	Federal Communications Commission
ICNIRP	International Commission on Non-Ionising Radiation Protection
IEGMP	Independent Expert Group on Mobile Phones
NRPB	National Radiological Protection Board



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	GSM abonelerinin coğrafi bölgelere göre dağılımı (IEGMP, 2000).....2
Şekil 2.2	GSM networklerinin dünyadaki artış grafiği (IEGMP, 2000).....3
Şekil 2.3	Batı Avrupa ülkelerinde 1996 ve 1998 yılları arasındaki pazar payında artış (IEGMP, 2000).....4
Şekil 2.4	Bütün dünyada GSM abonelerinin sayısında beklenen artış ve farklı sistemlerde kullanılan farklı GSM frekansları (IEGMP, 2000)..... 4
Şekil 4.1	Elektromagnetik alan yelpazesi..... 8
Şekil 4.2	Bir taşıyıcı dalganın genlik modülasyonu..... 9
Şekil 5.1	Altıgen hücrelerin merkezindeki baz istasyonları..... 11
Şekil 5.2	Analog ve dijital sinyaller..... 17
Şekil 5.3	Frekans tekrar kullanımı.....17
Şekil 5.4	Aynı PLMN' deki iki MS' in birbirine yaptığı arama..... 21
Şekil 5.5	Aynı ülkede bulunan farklı PLMN kullanıcıları arasındaki görüşme.....22
Şekil 5.6	Farklı ülke PLMN' leri arasında yapılan arama..... 23
Şekil 6.1	Bir m ² lik bölgeden geçen elektromagnetik dalga..... 26
Şekil 6.2	Elektromagnetik enerji akışının çoğunun yönünü gösteren çift kutuplu elektrik anteni.....27
Şekil 7.1	Direğe monte edilmiş bir antenden yayılan ana ışın..... 29

ÇİZELGELİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 5.1 En yaygın olarak kullanılan cep telefonu sistemleri (Ericsson, 1997).....	14
Çizelge 5.2 Radyo dalgalarının farklı kaynakları.....	25
Çizelge 7.1 Bir baş modeli için doku özellikleri ve 900 MHz'de tanımlı σ ve ϵ_r değerleri (EKES, 1999).....	32
Çizelge 8.1 10 MHz ile 10GHz frekansları arasında NRPB'nin verdiği temel sınırlar (IEGMP, 2000)	34
Çizelge 8.2 Mobil haberleşme frekanslarında, maruziyet için araştırma seviyeleri (IEGMP, 2000).....	35
Çizelge 8.3 ICNIRP' nin, mesleki maruziyet ve genel halk (parantez içindeki değerler) maruziyeti için belirlediği 10MHz ile 0GHz arasındaki frekanslardaki sınırlar (IEGMP, 2000).....	36
Çizelge 8.4 ICNIRP' nin mobil haberleşme frekanslarında halk için verdiği referans seviyeleri (IEGMP, 2000).....	37
Çizelge 8.5 ANSI 1982 radyo frekans koruma kılavuzu (EKES, 1999).....	38
Çizelge 8.6 Mesleki maruz kalma için izin verilen en büyük FCC sınırları (EKES, 1999).....	38
Çizelge 8.7 Halk maruziyeti için izin verilen en büyük FCC sınırları (EKES, 1999).....	39
Çizelge 8.8 FCC'nin verdiği SAR sınırları (EKES, 1999).....	39

ÖZET

Cep telefonu kullanımı, günümüzde oldukça yaygındır ve hızlı bir şekilde artmaya da devam etmektedir. Ancak bu durum, cep telefonlarının ve baz istasyonlarının sağlık üzerindeki etkileri hakkında birçok soru işareti yaratmakta ve bu konudaki belirsizlik insanları tedirgin etmektedir.

Bu çalışmada, çeşitli kuruluşlar tarafından yayınlanan en son bilimsel veriler incelenerek cep telefonlarının ve baz istasyonlarının ürettiği magnetik alan değerleri, maruz kalma için verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Kesin bir kanıt bulunamamasına rağmen, bunların insan sağlığına zarar verebilecek olası etkilerine karşı dikkat edilmesi gereken hususlar ve alınabilecek ön tedbirler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca mobil haberleşme sisteminin çalışma prensibi ve hücresel telefon teknolojileri de incelenmiştir. Özellikle en yaygın olarak kullanılan GSM sisteminin teknik özellikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.



ABSTRACT

In the view of today use of mobile phones is very common and it will continue to become even more common. However this wide use of new technology raises the question of whether there are any harmful effects on human health. Unknowns about this matter make people worried.

In this study, taking the latest scientific data published by various research groups into consideration, electromagnetic field values generated by mobile phones and base stations were compared with the exposure guidelines. Although a certain evidence have not been found yet, important points and precautions against the possible adverse effects of mobile phones and base stations on human health were studied in detail. Also operation principle of mobile telecommunication systems and cellular telephone technologies were presented. Especially detailed information were given about technical properties of GSM, which is the most common system all over the world.



1. GİRİŞ

Telekomünikasyon endüstrisi global olarak büyük bir gelişme göstermektedir. Bu gelişmeler beraberinde yeni teknolojilerin uygulanmasını ve ekonomik etkinliklerin artışı getirmiştir. Bu sektör içinde en büyük gelişme cep telefonlarında yani kablosuz haberleşmede olmuştur.

1990'lı yılların başlarında dijital networklerin ve ek servis sağlayıcılarının pazara girmesiyle abonelerin sayısında artış olmuştur.

Cep telefonları, internet erişimi ve telefon teknolojisinde en çok kullanılan teknoloji olacaktır. Bu yeni teknolojinin yaygın biçimde kullanımı, bunların insan sağlığına etkileri konusunda birçok soru akla getirmektedir.

İnsan sağlığına etkileri konusunda birbiri ile çatışan raporlar çelişki oluşturmaktadır. Bu konuya önem veren İngiliz Sağlık Bakanlığı ile Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, cep telefonu ile haberleşme teknolojisinin güvenliği konusunda bağımsız bir grubun fikrine başvurmayı kararlaştırmış ve Uluslararası Radyolojik Korunma Kurumu'na (National Radiological Protection Board, NRPB) cep telefonları konusunda araştırma yapacak bağımsız bir grubun kurulması önerisini vermiştir. (Independent Expert Group on Mobile Phones, IEGMP)

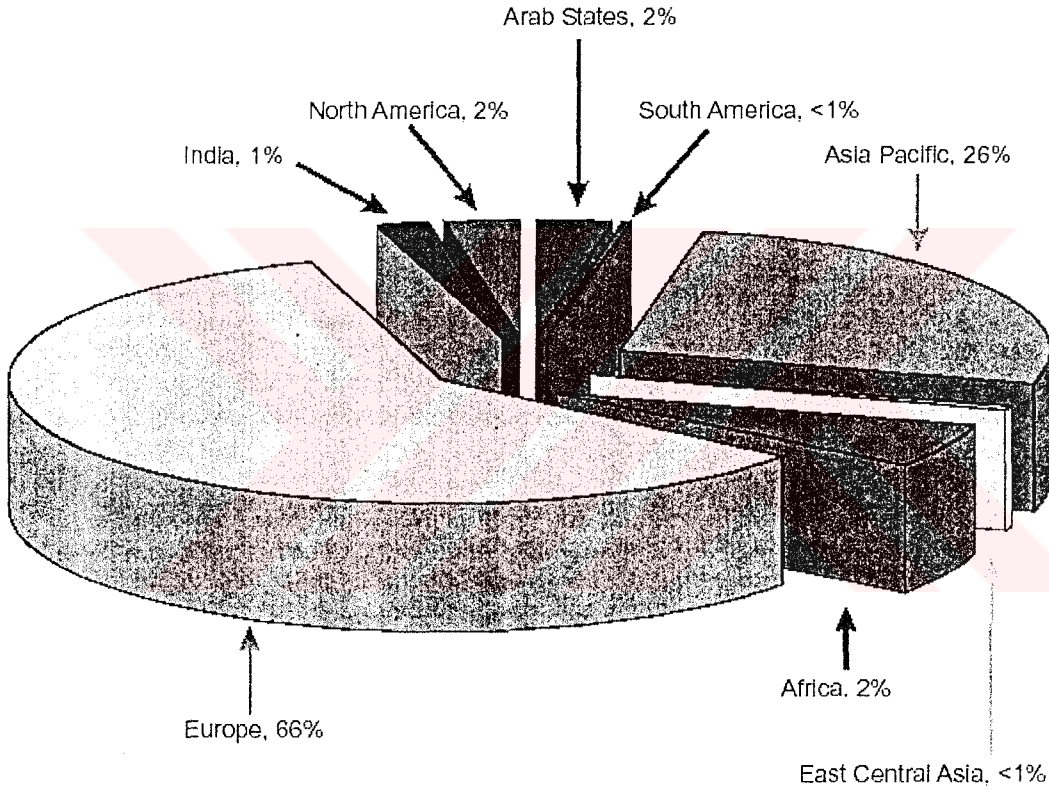
Bu grup Sir William Stewart başkanlığında kuruldu. Bu grubun görevi; Cep telefonlarının, baz istasyonlarının ve alıcıların kullanımından doğabilecek insan sağlığına zararlı etkileri göz önünde bulundurarak yapılan araştırmaları ciddi bir şekilde değerlendirmek ve varolan bilgilere dayanarak fikir beyan etmek, bundan sonraki çalışmalarda daha iyi öneriler sunulması için tavsiyelerde bulunmaktır.

Uzman grup ilk toplantısını Eylül 1999'da yaptı ve bu toplantıya daha çok katılımın olması gerektiğine karar verdiler. Sonuç olarak milli gazetelere ilanlar verildi. Özel gazeteler, bireyleri ve organizasyonları bu düşünce için kanıt bulmaya davet etti. Belfast, Edinburgh, Liverpool ve Londra'da halk toplantıları düzenlendi.

Bu çalışmada, bu grubun raporlarından büyük ölçüde faydalanılmış, mobil haberleşme teknolojisinin yaşam kalitesine katkılarının yanısıra, insan sağlığına etkileri ve alınması gereken tedbirler konusunda geniş çaplı bir araştırma sunulmuştur.

2. CEP TELEFONLARININ GÜNÜMÜZDEKİ ve GELECEKTEKİ KULLANIMI

1980'lerin sonunda bütün Avrupa'da abonelere daha iyi servis sağlamak amacıyla 2. jenerasyon mobil haberleşme için standartlar belirlenmiş ve bu, dijital teknolojiyi kullanan Global System for Mobile Telecommunications (GSM) olarak adlandırılan yeni bir standart geliştirilmesiyle başarılmıştır. Bu sistem, şimdi 137 ülkede 340 network için çalışma prensibidir. GSM sistemi bütün dünyada kullanılmasına rağmen Avrupa'da diğer bölgelerden daha çok abone vardır. Bununla birlikte Asya Pasifik bölgesi gibi diğer bölgelerde de yaygın biçimde kabul edilmiştir (Şekil 2.1).



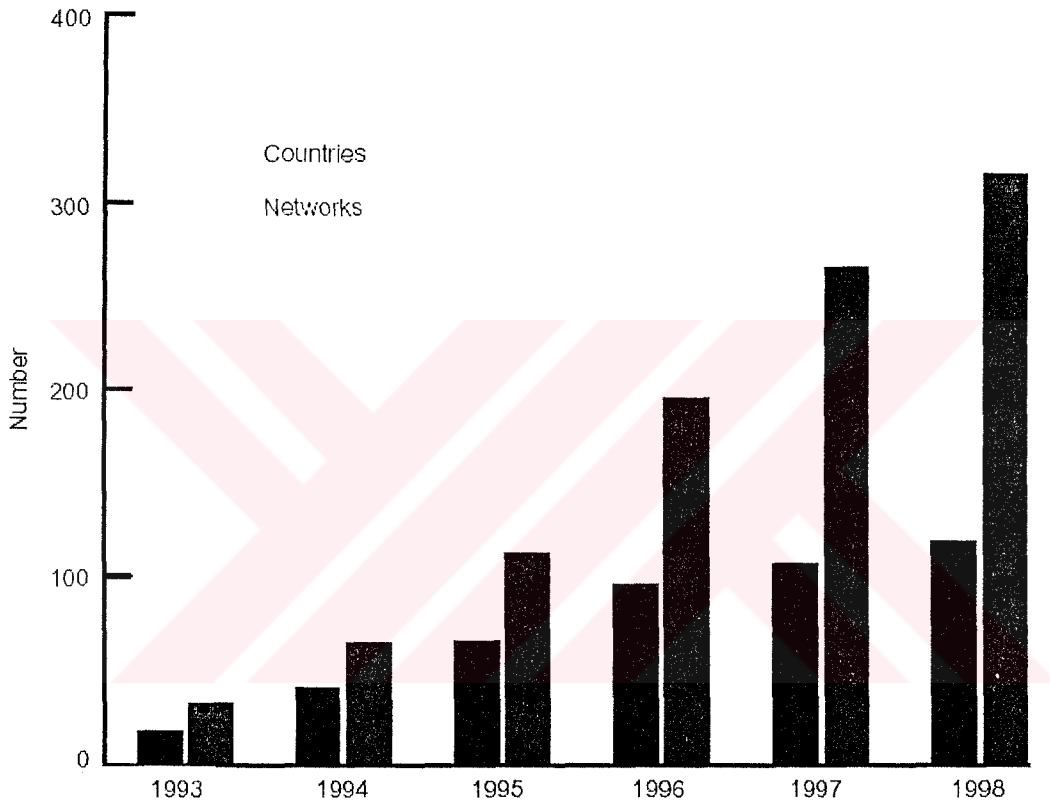
Şekil 2.1 GSM aboneilerinin coğrafi bölgelere göre dağılımı (IEGMP, 2000)

Operasyonel networklü ülke sayısında ve mobil telefon operatörlerinin sayısında tüm dünyada hızlı bir gelişme görülmektedir (Şekil 2.2). Halen sadece GSM sistemi için kuruluş aşamasında olan 39 'dan fazla network bulunmaktadır.

GSM teknolojisinin gelişmesiyle ve piyasada rekabetin artmasıyla beraber 1990'lı yıllarda aboneinin sayısında sürekli bir artış olmuştur. Şu an İngiltere'de yaklaşık 25 milyon, Amerika'da 80 milyon, Türkiye'de ise yaklaşık 20 milyon cep telefonu kullanıcısı vardır.

Dünya çapında ki abone sayısı ise 500 milyon civarındadır. Bu sayının 2003 yılına kadar 700 milyonu bulacağı tahmin edilmektedir.

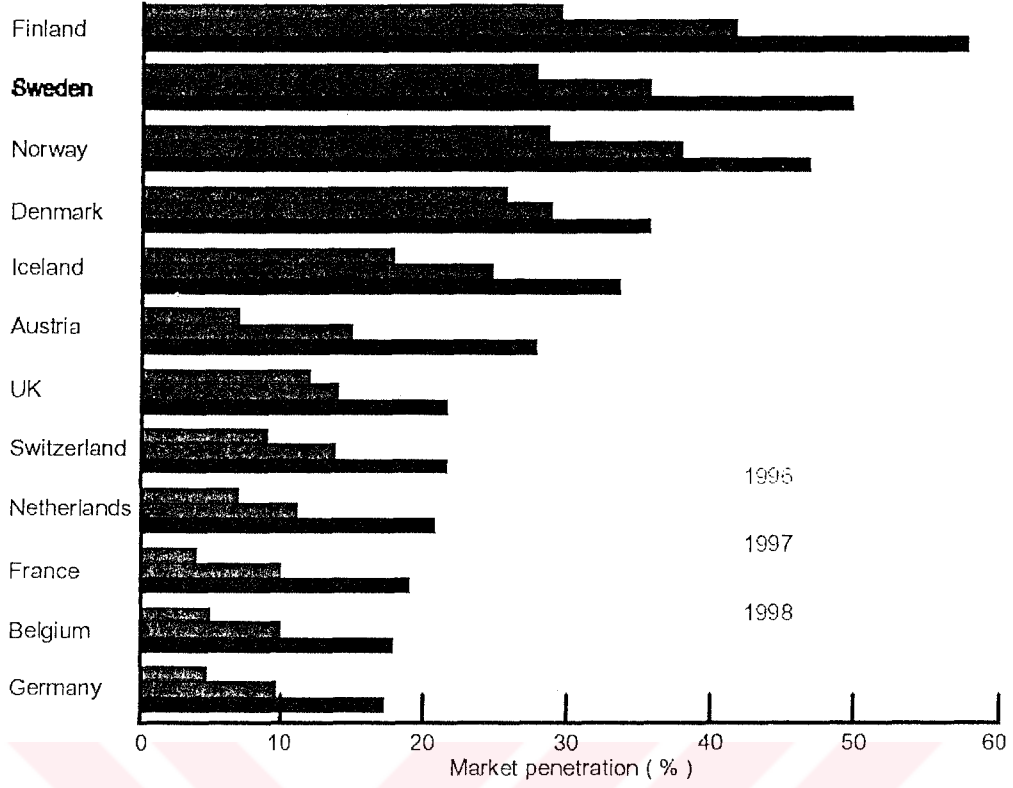
Önümüzdeki 3 yıl içinde 3. jenerasyon cep telefonları piyasaya girecektir. Bu ise Universal Telecommunication System (UMTS) denilen yeni bir çalışma standartının kullanımını getirecektir. Bu sistemle operatörler multimedya servislerinin tamamını verebilecektir. Bu yeni servislerin tanıtımı ek RF spektrumuna girişi getirecektir.



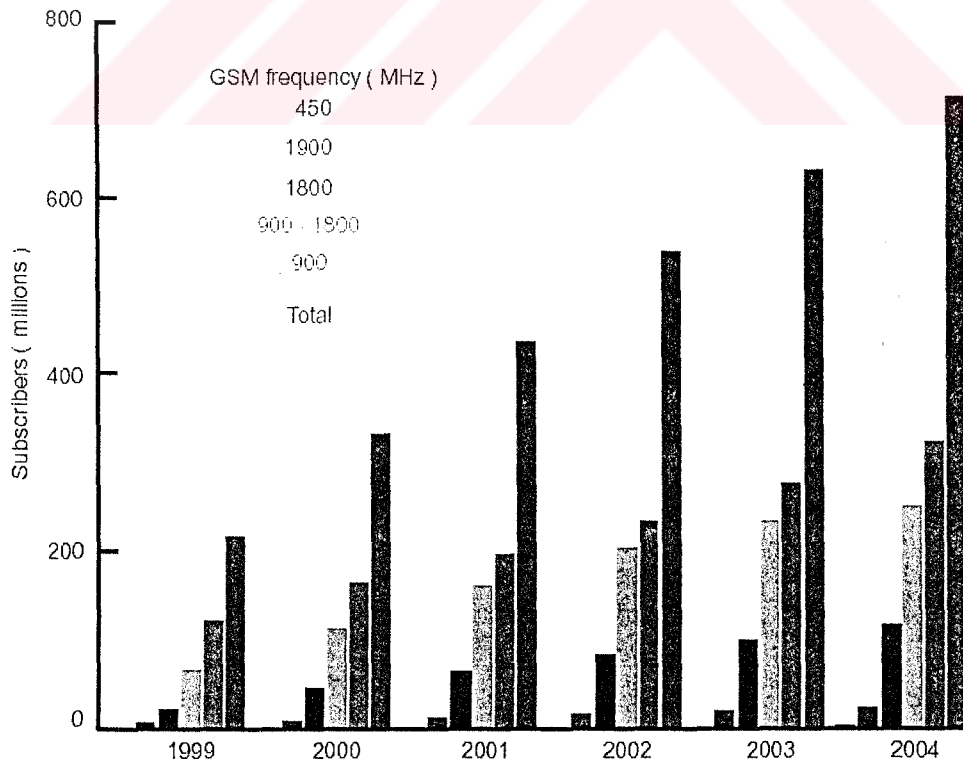
Şekil 2.2 GSM networklerinin dünyadaki artış grafiği (IEGMP, 2000)

Avrupa'da en büyük pazar payı %60 ile Finlandiya ve İskandinav ülkelerindedir (Şekil 2.3). Bununla birlikte geçtiğimiz yıllarda bütün batı Avrupa ülkeleri cep telefonu kullanımında hızlı bir gelişme kaydetmiştir.

Cep telefonu teknolojisinin kullanımındaki son trendlerle önümüzdeki 3 veya 5 yıl içerisinde GSM aboneilerinin sayısının bütün dünyada artacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3 Batı Avrupa ülkelerinde 1996 ve 1998 yılları arasındaki pazar payında artış (IEGMP, 2000)



Şekil 2.4 Bütün dünyada GSM abonelerinin sayısında beklenen artış ve farklı sistemlerde kullanılan farklı GSM frekansları (IEGMP, 2000)

Cep telefonları baz istasyonu adı verilen tesislerle iletişim kurarak çalışırlar. Bunların bir sınır değeri vardır ve cep telefonu operatörleri geniş bir kapsama alanında faaliyet gösterebilmek için ulusal baz istasyonu networklerini kurmak zorundadırlar. Ülkeler arasında tam yada yeterli kapsama alanını sağlayacak bir network kurmak uzun yıllar almaktadır. Bununla birlikte, operatörler network kurmak ve lisans almak için büyük bir yatırım yaptıklarından, verimli bir haberleşme sistemi için mümkün olduğunca çabuk, potansiyel abonelere ihtiyaç duyarlar. Üstelik çalışma lisanslarına göre belli bir zaman aralığında belirli seviyede kapsama alanı sağlamak zorundadırlar. Çoğunlukla, birçok abonenin bir tane baz istasyonuna girişine izin verecek şekilde çalışma networkleri dizayn edilmiştir. Böyle bir networkün ilk kuruluş aşaması, nüfusun yoğun olduğu büyük şehirlerde ve otoban gibi önemli ulaşım yolları boyunca baz istasyonlarının kurulmasını içerir. Bu basit networkler daha sonra kırsal bölgelerde kapsama alanını sağlamak ve şehirlerde kapasiteyi arttırmak için genişletilir. Bu şekilde networkleri geliştirmekle, nüfusun büyük çoğunluğuna fonksiyonel bir sistemin hizmetini verebilirler.

Baz istasyonları boyutlarına ve güç akışlarına göre macrocells, microcells, picocells olmak üzere 3 kategoriye ayrılır. Türkiye’de sadece 2000 yılında 3000 kadar baz istasyonu kurulmuştur ve üçüncü şebekenin devreye girmesiyle kurulmaya devam etmektedir (EMO, 2000). Operatörler kapasitelerini arttırmak ve coğrafik kapsama alanlarını tamamlamak istediklerinden macrocellerin sayısı artmaya devam etmektedir. Herhangi bir zamanda her baz istasyonu sınırlı sayıda bağlantıyı sağlayabildiğinden operatörler, yoğun nüfuslu bölgelerde artan talebi karşılamak amacıyla daha fazla baz istasyonu kurmaya ihtiyaç duyarlar. Bunların microcells ve picocells olacağı düşünülmektedir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde bütün baz istasyonlarının sayısı yaklaşık olarak ikiye katlanacaktır.

3. MOBİL HABERLEŞME TEKNOLOJİSİNİN YARARLARI

Acil durumlarda cep telefonlarının çok yararlı olduğu bilinen bir gerçektir. Örneğin trafik kazası gibi yada başka türlü tehlikeli durumlarda, cep telefonları ambulans çağrılması sırasında zaman kazandırır. Dağcılık ve kayak kazaları esnasında kurtarma servislerini mobil telefon kullanarak arayan kişilerin sayısı çoktur. Cep telefonları daha acil durumlar içinde yararlı olabilir. Örneğin, Japonya'daki Kobe depreminde enkaz altındaki birçok kişinin cep telefonlarını kullanarak yardım ekiplerini çağırdığı ve bu sayede kurtuldukları düşünülmektedir. Ülkemizde de 17 Ağustos Marmara depreminde aynı durumun yaşandığı bilinmektedir.

Haberleşme sektörünün ülkelere iş hacmi ve parasal bakımdan ekonomik yararlar sağladığı açıktır. Network şirketlerinin yanı sıra, mobil telefon cihazının üretimi ise ayrıca bir uluslararası endüstridir ve birkaç büyük çok uluslu şirketin elindedir. Nokia, Motorola, Ericson araştırma geliştirme ve üretim çalışmalarında önemli bir varlık göstermektedirler.

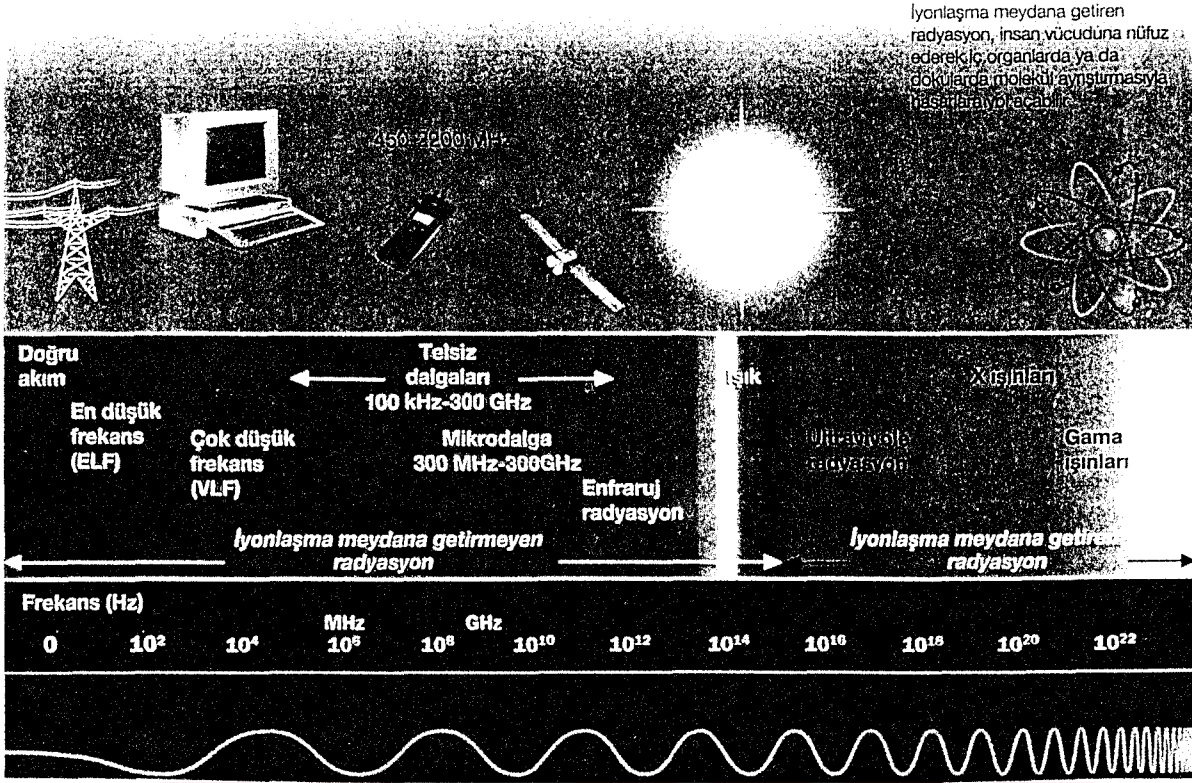
Üretim sektörü, Hawlett Packard ve Racal gibi test cihazları üreten ikinci bir imalat sektörü geliştirmiştir. Buna ek olarak Filtronic Ltd. gibi imalat parçaları üreten şirketler de vardır. Üretim sermayesindeki son bilgiler 1997'de telekomünikasyon sektörünü 3.5 milyar £ olarak değerlendirmiştir. Ancak sektör hızla büyümeye devam etmektedir ve mobil haberleşme bu sektörün önemli ve artan bir elemanıdır.

4.MOBİL TELEFON TEKNOLOJİSİNİN ÜRETTİĞİ RADYOFREKANS ALANLARI

4.1 Radyofrekans Radyasyonunun Kullanımı

Mobil telefonlar ve baz istasyonları, elektromagnetik dalgalarla (Elektromagnetik radyasyon veya alanları, radyo dalgaları) sinyal alışverişi yaparlar. Hayatımızın önemli bir parçası olan elektromagnetik radyasyonlar, birçok doğal yada yapay kaynak tarafından üretilir. Güneşten yada bir elektrik ısıtıcısından yayılan radyasyonla ısınırız ve gözlerimizin yakalayabildiği elektromagnetik spektrumların bir kısmını kullanarak görürüz. Bütün elektromagnetik radyasyonlar elektrik osilasyonundan, magnetik alanlardan ve frekanstan oluşur. Frekans birimi Hertz (Hz) dir. Saniyedeki bir salınım 1 Hz'tir. 1kHz 1000Hz, 1MHz 1000 000Hz, 1GHz 10⁹ Hz'dir. 30kHz ile 300GHz arası frekanslar , radyo ve televizyon yayınlarını içeren telekomünikasyon için kullanılır.

Hücrel mobil telefon servisleri 872-960 MHz ve 1710-1875 MHz arasında çalışırlar. RF bölgesindeki yüksek frekanslı dalgalar (Mikrodalga olarak bilinen ve geniş bir kullanım alanı olan dalgalar) 60 GHz civarına çıkabilir. Bunlar radarları, telekomünikasyon linklerini, uydu iletişimini, hava gözlemlerini ve mikrodalga fırınlarda kullanılan 2.45 GHz'lik güçlü mikrodalga kaynakları kapsar. Daha yüksek frekanslarda da radyasyon enfraruj formunu alır, sonra ultraviyole ışını, x- ışını ve son olarak radyoaktif malzeme tarafından yayılan γ ışını şekline gelir. Elektromagnetik radyasyon, dalga hızına eşit olan (Işık hızı) dalga boyuyla da (λ) karakterize edilmiştir.



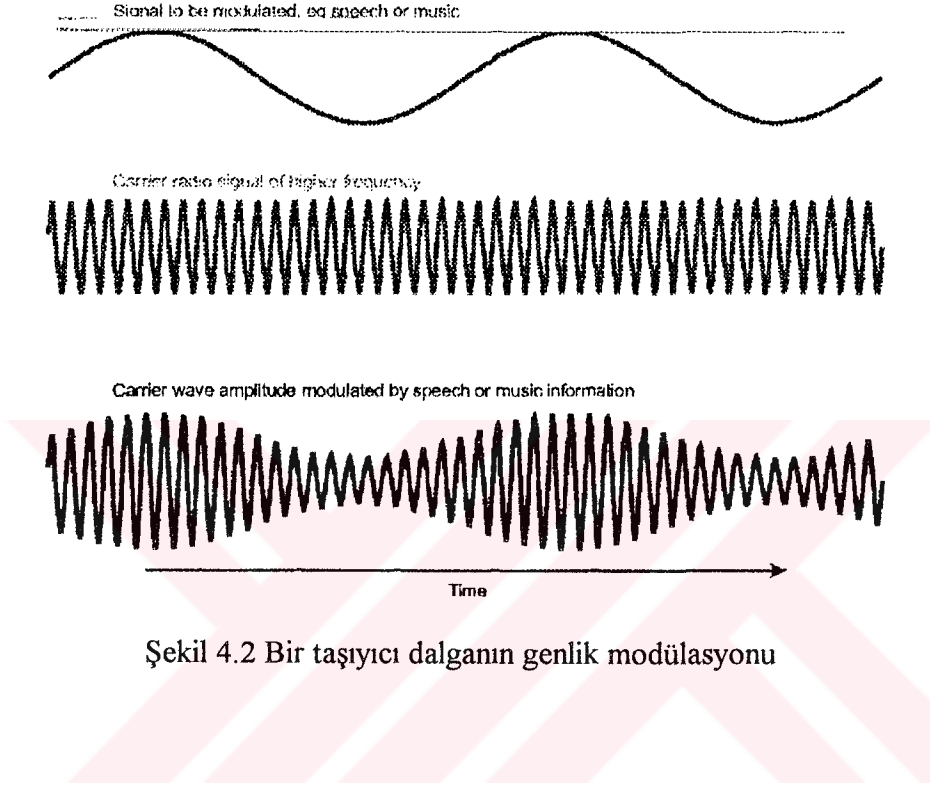
Şekil 4.1 Elektromagnetik alan yelpazesi

4.2 Radyo İletişim

Radyo iletişim için kullanılan RF dalgası taşıyıcı bir dalgadır. Konuşma, bilgisayar verisi v.b taşınan bilgi, taşıyıcı dalgaya bir şekilde eklenmelidir ki; bu işleme modülasyon denir. Bilgi analog yada dijital formda verilebilir. Örneğin, bir mikrofondan alınan ve konuşma yada müzik tarafından üretilen bir elektrik sinyali, 15 kHz civarında analog bir siyaldir. Bu yüzden sinyal birkaç mikrosaniyelik zaman dilimi içinde büyük ölçüde değişir. Bu nedenle sinyal analog vericiyle gönderilirse, taşıyıcı RF dalgasının herhangi bir andaki büyüklüğü yada genliği, elektriksel modülasyon sinyalinin herhangi bir andaki büyüklüğüyle orantılıdır (Bu genlik modülasyonu olarak adlandırılır ve modülasyonun diğer formlarında kullanılabilir). (Şekil 4.2).

Taşıyıcı dalganın sinyalden çok daha hızlı bir şekilde değişmesi nedeniyle modülasyon, taşıyıcı dalganın genliği içerisinde daha yavaş bir osilasyon üretir. Bilgi dijital formda da verilebilir. Bu olayda az sayıda sembol kullanılır. Alfabe sembollerini kullanan baskı dili dijital bilgiye bir örnektir. Morse kodu bir diğeridir ve sadece nokta ve çizgiden oluşan iki sembol kullanılır ve binary sistem olarak adlandırılır. Analog sinyaller genellikle tamsayı olmayan bir sayıyla belirlenir ve ilk olarak bu en yakın tamsayıya çevrilir. Örneğin, bir mikrofondan alınan elektriksel sinyalin belli bir andaki gerilimi 12793.56 μ V ise, 12793.56

sayısı 12794 olarak alınır. Bu, 0'lerden ve 1'lerden oluşan binary sistemde de yazılabilir ve bunlar, sinyali 12794 μV 'a çeviren bir alıcıya dijital olarak verilebilir. Genellikle binary olan dijital iletişim analog iletişim sistemlerine göre birçok teknik avantaj sağlar. Örneğin parazitler tarafından oluşturulan bozulmalara ve elektriksel gürültüye karşı daha az duyarlıdır.



Şekil 4.2 Bir taşıyıcı dalganın genlik modülasyonu

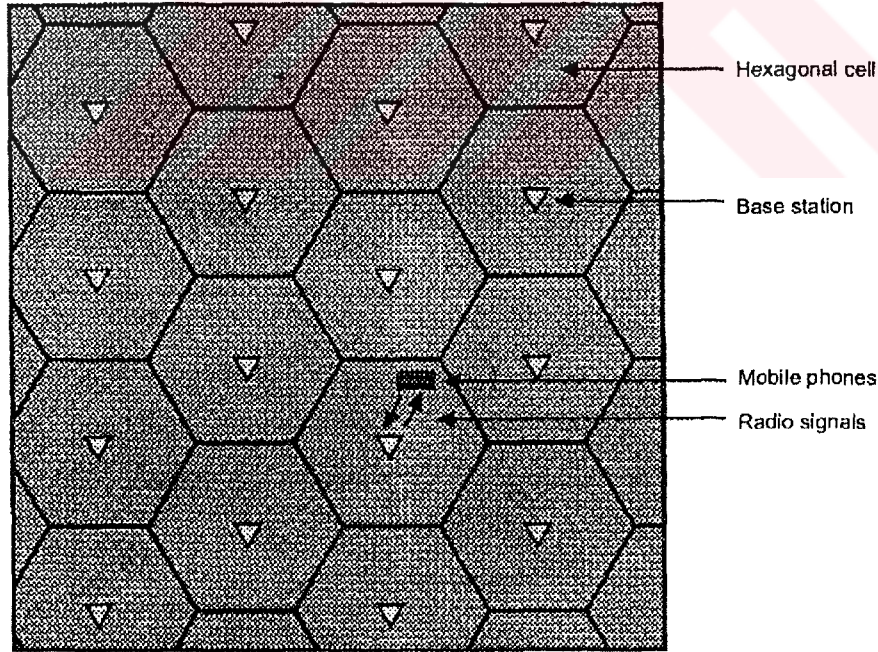
5. HÜCRESEL MOBİL TELEFON TEKNOLOJİSİ

5.1 Hücresel Radyofrekans Networkleri

Mobil telefonlar bilgileri (sesli mesaj, faks, bilgisayar verisi vb.), radyo iletişimle iletir ve alırlar. Abonenin cep telefonunu açmasıyla birlikte, en yakın baz istasyonuyla temas kurmak üzere telefon sinyaller vermeye başlar. Baz istasyonuna gelen bu radyofrekans sinyalleri, baz istasyonundan telefona çok az değişmiş bir frekansta gönderilir. Temas kurulduktan sonra cep telefonu bekleme moduna geçer. Bu evrede sadece gerekli durumlarda yada belli aralıklarla bilgi gönderir. Daha sonra abone arama yapmak isterse ana telefon networküyle bağlantı kurulur. Bu bağlantı baz istasyonuna ulaşan sinyalin ana telefon networküne verilmesiyle sağlanır. Bu işlem ise, telefon kabloları ve yüksek frekanslı radyo linkleriyle (13, 23 yada 38GHz gibi) yapılır. Bu radyo linkleri, baz istasyonunda ve ana telefon networküne bağlı bir terminalde bulunan antenler arasındadır. Arama belli bir frekanstaki boş radyo kanalına yönlendirilir. Sesli yada herhangi başka bir mesaj iletimi, belli bir metot içinde gönderilen radyo dalgasının modüle edilmesiyle mümkün olur. Mikrodalga radyo linkleri, oldukça düşük güçte ve dar bir ışınla çalıştıkları için, bunlardan yayılan her radyasyon, cep telefonlarına verilen düşük frekanslı radyasyonlardan daha az bir şiddete sahiptir.

Cep telefonlarına gelen ve giden sinyaller genellikle görüş hattının biraz ötesindeki uzaklıklara kadar sınırlandırılmıştır. Bu sinyaller, radyasyonun köşelere girmesine izin veren yansıma ve kırınım gibi çeşitli olaylarla binalara ve köşelerine ulaşabilirler. Fakat bir baz istasyonunun kapsama alanı, o istasyonun anten yüzeyine olan uzaklığıyla belirlenir. Bugünkü GSM sisteminde, cep telefonlarının kullanılabileceği maksimum uzaklık 35 km civarındadır (22 mil). Bu nedenlerden dolayı, baz istasyonlarının network genişliğinin tüm ülkeyi kapsadığından emin olunmalıdır. İdeal bir network birbirine yapışık altıgen hücrelerden oluşturulabilir ve her hücrenin ortasında bir baz istasyonu bulunur (Şekil 5.1). Ancak gerçekte her hücrenin kapsama alanı, bölgenin topografisine ve baz istasyonları için elverişli olup olmadığına bağlı olduğundan, uygulamada bu durumdan sapılabilir. Yükselteler, binalar ve verimi düşüren diğer yüzeysel özellikler sebebiyle, hücrelerin genişlikleri genellikle 35 km'den azdır. Mesafenin antenden uzaklığı arttıkça, radyo dalgalarının yoğunluğunu kaybetme özelliği, hareketli bir şebeke için yararlı bir özelliktir. Bir hücreden belli bir mesafedeki bir frekans, bu hücredeki radyo trafiğini etkilemeden, diğer hücrede tekrar kullanılabilir. Bu tekrar kullanma, hareketli şebekenin kısıtlı bir frekans yelpazesıyla sınırlı olması nedeniyle ayrıca önemlidir. Bir networkün kapasitesi; frekans spektrumunun

uzunluğuna, hücre çapına ve sistemin diğer hücrelerden gelen etkilere karşı çalışabilme yeteneğine bağlıdır. Ses kalitesi, kısmen, aramayı ileten radyo sinyallerinin yeterli derecede güçlü olup olmamasına ve çevrede aynı yada yakın frekanslarda radyo dalgalarının bulunmamasına bağlıdır. Yani, cep telefonlarıyla ana istasyonlar uygun güç çıkışı kullanmalıdır. Kullanıcılara daha iyi bir hizmet vermek için, hücre boyutları geliştirilerek küçültülmelidir. (Örneğin; baz istasyonlarında düşük güçte ve düşük yükseklikte antenler kullanarak). Böylece frekanslar daha çok yeniden kullanılabilir. GSM hücresel sisteminde kapsama alanına göre üç tip hücre vardır; makro (Makrocell), mini (Microcell), mikro (Picocell) hücreler. Makro hücreler yerleşimin seyrek olduğu (taşra) bölgelerinde 25-35 km çapında bir alana hizmet verebilir. Ancak yerleşimin yoğun olduğu (Örneğin İstanbul' da Kadıköy, Beşiktaş v.b) bölgelerde makro hücrelerle aynı anda bütün abonelere hizmet vermek mümkün değildir. Yoğun yerleşim bölgelerinde daha küçük hücrelerle kapsama alanı sağlanmak zorundadır. Mini hücrelerde hücre çapları bir iki bin metreye, mikro hücrelerde ise birkaç yüz metreye inmek zorunda kalabilmektedir. Örneğin, tren istasyonları (Mini hücre) gibi kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu yerlere küçük baz istasyonları yerleştirilmektedir. Bu ise bina çatılarına, iş ve alışveriş merkezleri cephelerine baz istasyonu anteni kurmak anlamına gelir.



Şekil 5.1 Altıgen hücrelerin merkezindeki baz istasyonları

Hücresel sistemler, bir araç içerisindeki kullanıcı tarafından kullanılan frekans kanallarının araç bir hücreden diğerine geçtiğinde otomatik olarak değişmesini sağlayan teknolojiyi de kullanmaktadır.

5.2 Hücresel Telefon Teknolojileri

5.2.1 TACS (Analog)

İlk hücresel telefon sistemi İngiltere'de kullanılmıştır. Bu sistem, nominal çıkışı 0.63 W olan telefonlar için kullanılan analog TACS (Total Access Communication System) sistemidir. Bu sistem, kullandığı 900 MHz civarındaki frekans kanallarının daha güncel sistemlere uyarlanabileceği düşünülerek devre dışı bırakılmaya başlanmıştır. Analog TACS sistemi, taşıyıcı dalganın genliğinde sadece çok küçük ve gelişigüzel değişikliklere yol açan frekans modülasyonunu* kullanır.

5.2.2 GSM (Dijital)

Tamamen olmasa da, TACS standartını kullanan sistemlerin büyük bir kısmı, açılımı Global System for Mobile Communications olan, Avrupa dijital telefon standardı GSM'i kullanmaya başlamıştır. Çoğunlukla 900 MHz'de de, 1800 MHz'de de çalışır. Bu standart, şu an dünyanın birçok bölgesinde kullanılmaktadır. GSM sisteminde faz modülasyonu** kullanılır ve bu da taşıyıcı dalganın genliğinde sadece çok küçük ve gelişigüzel değişikliklere yol açar.

GSM sisteminde her bir kullanıcı için 200 kHz bant genişliğinde bir frekans kanalına gerek vardır. Bu nedenle 900 MHz'lik bandın 35 MHz bant genişliği içinde maksimum 174 kanal, 1800 MHz'lik bandın 75 MHz bant genişliği içinde maksimum 374 kanal vardır. Kanallar, komşu hücrelerin değişik frekanslarda çalışmasına izin verecek ve hücrelerin birbirini etkilemesini önleyecek şekilde hücrelere dağıtılır. Hücreler çoğunlukla, her biri için değişik frekanslarla 3 adet 120°'lik dilimlere ayrılır. Bu durumda, bir dilimdeki kullanıcılar için uygun olan frekans kanallarının sayısı sınırlıdır. 900 MHz'deki dalga boyu 1800 MHz'dekinden iki kat daha uzun olduğu için, kırınımın bir sonucu olarak bunlar binaların arkasındaki ekranlanmış bölgelere vb. ulaşmakta daha iyidirler. Bu nedenle aynı kapsama

* Frekans modülasyonunda, taşıyıcının frekansı modülasyon sinyalinin büyüklüğüyle orantılı olarak değişir. Taşıyıcı dalganın genliği değişmez.

** İki elektromagnetik dalga tam olarak aynı frekansa sahip fakat faz dışı olabilir. Örneğin biri maksimum pozitif değerindeyken diğeri maksimum negatif değerindedir. Bir dalgaya faz modülasyonu uygulandığında, verilen her dijital taşıyıcı dalga da bir faz değişimi yapar ve 1 tarafından üretilen değişim, 0 tarafından üretilen değişimden farklıdır.

alanını elde etmek için 1800 MHz' de 900 MHz' den daha çok baz istasyonuna dolayısıyla daha çok kanala ihtiyaç vardır.

Bir baz istasyonu ile aynı anda iletişim kurabilen kullanıcıların sayısını arttırmak için TDMA (Time Division Multiple Access) adı verilen bir teknik kullanılmaktadır. Böylece her kanal sekiz adet telefon tarafından kullanılabilir. Bu, bilginin her 4.6 ms.lık kısmı 0.58 ms'ye sıkıştırılarak yapılır. Böylece telefonlar ve baz istasyonları 217 Hz.lik darbe modülasyonuna* sebep olan 0.58 ms'yi iletirler. ($217 \text{ Hz} = 1/4.6 \text{ ms}$). Teknik nedenlerden dolayı gerçekte, ilave veri sıkıştırılması, telefonların ve baz istasyonlarının 26 ve daha sonrasının ihmal edildiği 25 puls göndermesine neden olur. Bu, 8.34 Hz' lik ($217\text{Hz}/26$) düşük frekanstaki çıkış gücünde daha fazla bir darbe (pulse) modülasyonu üretir. Bununla beraber, özel dijitlerin (0 ve 1) gönderildiği 271 kHz' lik (Her 4 μs) frekansta genlik modülasyonuna rastlanmamıştır. Daha öncede belirtildiği gibi, bu, genlikte önemli bir değişime neden olmaz.

Bugünkü standartlarla GSM mobil telefonlar için izin verilen maksimum güçler 2W (900 Hz) ve 1 W (1800 MHz)** dir. Bununla beraber, TDMA kullanıldığı için, bir telefon tarafından gönderilen ortalama güç, bu maksimum değerlerin (sırasıyla 0.25 W ve 0.125 W) 1/8'inden fazla olamaz ve adapte güç kontrolü ve süreksiz iletim etkilerine bağlı olarak büyük miktarda azaltılır. Tablo 5.1'de diğer bazı sistemlerin kullandıkları ülkeler ve maksimum ortalama çıkış güçleri gösterilmiştir. APC (Adaptive Power Control), telefonun, gönderdiği gücü sürekli olarak, baz istasyonunun net bir sinyal alabilmesi için gereken minimum güce ayarlaması demektir. Bu güç, telefon baz istasyonunun yanındaysa bine kadar çıkan bir faktör kadar tepe gücünden daha az olabilir. Ancak birçok durumda bu değerden fazladır. DTX (Discontinuous Transmission, süreksiz iletim), cep telefonunun sadece iletilecek bir veri veya ses varken aktif olmasını, dolayısıyla enerji harcanmamasını sağlar. Yani, kullanıcı karşı taraftaki kişiyi dinlerken ve konuşmuyorken güç harcanmaz. Eğer bir kişi telefonla konuşurken, sohbet süresinin yarısı boyunca konuşmuşsa, bu durumda o kişi telefonda

* Bazı frekanslarda darbe modülasyonu genlik modülasyonuna eşittir. 217 Hz.deki darbe modülasyonu; 217 Hz (%23.4), 434 Hz (%21.6), 651 Hz (%18.9) vb.deki genlik modülasyonuna eşittir. Burada parantez içindeki değerler, modülasyon darbesiyle karşılaştırılan modülasyon genliğini göstermektedir. 8.34 Hz.de frekanslar ve genlik modülasyonunun büyüklüğü 8.34 Hz (%1), 16.68 Hz (%1), 25.02 Hz (%1) vb.

** Telefonların üretimi sırasında meydana gelen, performanstaki küçük değişimlere izin vermek için, standartlara göre bu güçler $\pm \%78$ içinde olmalıdır. ($\pm 2.5 \text{ dB}$, güç P_1 'den P_2 'ye geçerken oluşan değişim $10 \log(P_2/P_1)$ olarak ifade edilebilir.) Bu standartların konulmasından bu yana, imalat teknolojisindeki gelişmelerle performanstaki değişimler oldukça azaltılmıştır ve son yıllarda üretilen telefonların, standartların koyduğu üst limitlere ulaşmayacağı görülmektedir. Özellikle, üreticilerin en önemli amaçlarından biride batarya ömrünü uzatmaktır. Bu da, mümkün olduğu kadar küçük güç kullanmayı gerektirir. Bununla beraber, çıkış güçleri 3.56 W (900 MHz) 1.78 (1800 MHz) olan bazı eski tip telefonların kullanımda olması olasıdır.

yayılan elektromagnetik alanlara sohbet süresinin yarısı boyunca maruz kalmış demektir. Özet olarak, cep telefonu, baz istasyonundan çok uzakta yada binalarla çevrili yerlerde kullanıldığı zaman en büyük çıkışı verir. Bu durumda tepe güçleri 2W (900 MHz) ve 1 W(1800 MHz)' a, ortalama güçler 0.25 W (900 MHz) ve 0.125 W (1800 MHz)' a yaklaşabilir.

Çizelge 5.1 En yaygın olarak kullanılan cep telefonu sistemleri (Ericsson, 1997)

Sistem	Kullanıldığı Ülke	Türü	Frekans (MHz)	Maksimum Çıkış Gücü (Watt)
NMT	İskandinavya	Analog	900	1
ETACS	İngiltere, Asya	Analog	900	0,6
AMPS	Amerika, Asya, Avus.	Analog	800	0,6
D-AMPS	Amerika, Asya	Dijital	800/1900	0,2
GSM	Avrupa, Asya, Avus.	Dijital	900	0,25
PDC	Japonya	Dijital	800/1500	0,2
GSM1800	Avrupa, Asya	Dijital	1800	0,125
GSM1900	Kuzey Amerika	Dijital	1900	0,125
DECT	Avrupa, Asya	Dijital	1900	0,01

5.2.2.1 GSM' in kronolojik tarihi

GSM (Global System for Mobile Communication), sayısal mobil telefon şebekeleri için öngörülen bir dizi tavsiye ve özelliklerden oluşur ve yerel şebekeye bağlı mobil şebeke (PLMN-Public Land Mobile Network) olarak tanımlanır.

Bu tavsiyeler, hem farklı GSM üreticilerinin ürünleri arasındaki uyumluluğu hem de farklı yönetime sahip şebekeler arasında uluslararası sınırlarda geçişliliği ve bağlantıyı sağlamak amacıyla öngörülmüştür.

▪ Hücresel sistemler için frekans bandı rezervasyonu (1979)

Avrupa' da radyo haberleşmesinin kullanımındaki hızlı artış, frekans spektrumunda sıkışıklığa ve yığılmalara neden oldu. Avrupa genelinde, geniş bir hücresel sistemin hayata geçirilmesi ihtimaline karşı, bir frekans band genişliğinin belirlenmesi gerekiyordu.

1979 yılında yapılan Dünya İdari Radyo Konferansı' nda (WARC- World Administrative Radio Conference), kullanılacak frekans bandı hakkında görüş birliğine varıldı. Bu tarihten

sonra Avrupa’ da birçok analog sistemler kuruldu. (Örneğin; 1981’ de İsveç’ te, 1985’ de İngiltere’ de)

- “GROUPE SPECIALE MOBILE”, CEPT bünyesinde kuruldu (1982)

1982’ de, Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdaresi CEPT (Conference of European Posts and Telecommunication), “GSM (Groupe Speciale Mobile) adlı bir komite kurdu. Komite, Avrupa genelinde tek bir radyo haberleşme sistemini belirlemek üzere kuruldu ve sisteme de GSM denildi. GSM sisteminin çeşitli bölümlerine ait özelliklerin belirlenmesi amacıyla, dört farklı çalışma grubu oluşturuldu.

- Kalıcı çekirdek oluşturuldu (1986)

GSM komitesi düzenli olarak toplandı ve son olarak kalıcı bir iskeletin gerekliliği kabul edildi. 1986’ da Paris’ te, tüm mesailerini bu işe harcayan küçük bir grup oluşturuldu. Bu ekibin amacı, çalışma grupları arasındaki koordinasyonu sağlamak ve GSM’ in ortaya çıkan özelliklerinin versiyonlarının yönetimi ve güncellenmesiydi. (Artık varolan 130 tavsiye/kural, 12 seriye ayrıldı.)

- ETSI, GSM’ i bünyesine aldı (1988)

1988’ de Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI-European Telecommunication Standart Institute) kuruldu. Bu enstitü, CEPT tarafından yürütülen ve GSM’ ide kapsayan, teknik standardizasyon aktivitelerinin çoğunu üstlendi. ETSI’ nın kurulması ile, şebeke hizmeti sağlayıcıları ve telekomünikasyon ekipmanları üreticilerini de GSM’ in özelliklerinin belirlenmesinde söz sahibi yaptı. Aynı yıl, GSM ekipmanlarının üretimi için ilk teklifler yapıldı.

- GSM Faz-1 kuralları donduruldu (1990)

GSM’ in ilk fazına ait kurallar, 1990 yılında, ilk GSM sistemlerinin geliştirilmesi amacıyla sabitlendi.

- GSM, SMG olarak isim değiştirdi (1991/1992)

1991 Ocak ayında, DCS 1800’ ün ilk fazı, ETSI-GSM tarafından onaylandı. 1991’ in sonunda, GSM komitesine yeni nesil haberleşme cihazlarıyla ilgili sorumluluklar verildi.

GSM ile GSM Komitesi arasında, geniş sorumluluk alanları da düşünülerek, isim benzerliğinin bir karmaşaya yol açmaması için komitenin ismi, “Special Group Mobile-SMG”

olarak 1992' de değiştirildi. Artık SMG Komitesi, GSM, DCS 1800 (Digital Communication System 1800) ve UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)' den sorumlu oldu.

Yine aynı yıl içerisinde GSM' in Groupe Speciale Mobile olan ismi, Global System for Mobile Communication olarak değiştirildi. Yeni isim, sistemin ve ürünlerinin sadece Avrupa' da değil, tüm dünya piyasalarında kabul görmesi için seçildi.

- GSM hayata geçti (1992)

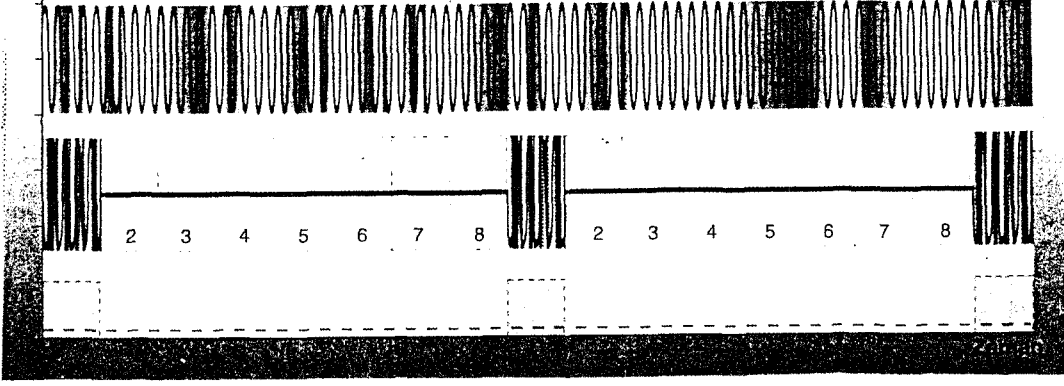
1992' de, önemli büyük şehirlerde GSM ticari olarak hizmet vermeye başladı ve faz 2' nin teknik özellikleri de 1993' te donduruldu.

5.2.2.2 GSM' in bazı genel özellikleri ve avantajları

GSM' in avantajları ETSI (European Telecommunication Standart Institue) ve GSM (Group Special Mobile) tarafından belirlenen özelliklerinde ortaya çıkar. Analog şebeke ile karşılaştırıldığında GSM şebekesinin sayısal olması, yüksek kapasite ve düşük hata oranları, ilk akla gelen avantajlarıdır. GSM, ISDN' nin (Integrated Services Digital Networks) bir uzantısıdır ve hücreli şebeke ile mobil kullanıcı cihazı arasında sayısal bir radyo ara birimi kullanmaktadır.

5.2.2.2.1 Yüksek kapasite

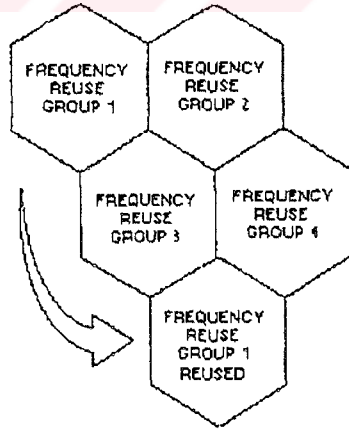
Analog sistemlerle karşılaştırıldığında GSM' in çok daha yüksek bir kullanıcı kapasitesine sahip olduğu görülür. Analog sistemlerde, yakın mesafelerde bulunan birkaç kişi telefonlarını aynı anda kullanabilir, çünkü her telefon farklı frekanslarda gönderim yapar. Analog telefonlardan gelen radyo sinyalleri sürekli dir. Yani, telefon aramayı iletirken kesintisiz bir sinyal gönderimi yapar. GSM gibi dijital sistemlerde ise birkaç kişi tek ve aynı frekansı paylaşır ve GSM bir kullanıcı için 25 kHz band genişliği tahsis eder. Böylelikle, 200 kHz band genişlikli kanal çiftlerinde, eş zamanlı 8 farklı görüşme yapılabilir. (Bir kanal çiftinden kasıt, alış veriş için kullanılan frekans gruplarında, birbirine denk düşen iki frekans kanalıdır.) Bunun için dijital bilgi kısa sürelerle sıkıştırılır ve farklı zamanlarda çeşitli telefonlardan birbirine gidip gelen nabız atışları şeklinde gönderilir. Şekil 5.2' deki çizimin üst kısmında analog sistemin sürekli ve kesintisiz sinyalleri görülmektedir. Altta, dijital sinyaller (GSM) görülmektedir. Burada bilgi aralıklı gönderimlere sıkıştırılmıştır ve sekiz kadar abone bir tek frekans üzerinde paylaşılan zaman dilimleri içinde görüşme yapılabilir. En altta, sekmelerin maksimum gücünün ortalama güçle kıyaslanması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Analog ve dijital sinyaller

GSM’ de GMSK (GMSK; Gaussian Minimum Phase Shift Keying) kullanılır. Sayısal kanal kodlaması ve kullanılan modülasyon türü, aynı işareti kullanan hücreler arasında meydana gelebilecek girişime karşı (co-channel interference) dayanıklı kılar.

Bu sayede 9dB’ lik bir taşıyıcı/girişim oranı (Carrier to Interference Ratio (C/I)) elde edilmiştir. Bu da frekansların coğrafi olarak çok daha fazla tekrar kullanımına imkan tanır. GSM’ de mobil kullanıcı, vericiden en fazla birkaç kilometre uzaklıkta bulunur. Bu sebeple GSM’ de hücre boyutları genellikle küçük olur ve buda çok sayıda frekans çiftine ihtiyaç var demektir. Böylece; frekans çiftleri biri alışıta diğeri verişte kullanılmak üzere tekrar kullanım grupları olarak adlandırılırlar.



Şekil 5.3 Frekans tekrar kullanımı

5.2.2.2.2 Ses kalitesi

GSM, konuşmanın sayısal olarak transferi ve yüksek performanslı sayısal işaret işleyici işlemciler sayesinde oldukça iyi bir konuşma iletim kapasitesine sahiptir. Analog ile karşılaştırıldığında, girişimin ve gürültünün mevcut olduğu ortamlarda konuşma kalitesi hissedilebilir derecede iyidir. Gürültü ve girişim sebebiyle yok olan konuşma çerçevelerine (Speech Frame) rastlandığında hata düzeltme işlemi yapılır, kaybolan bilgi çok fazla ise sayısal bir ekstrapolasyon algoritması yardımı ile bu boşluk doldurulur.

5.2.2.2.3 Kullanıcı hizmetleri

GSM şebekesinin sağladığı kullanıcı hizmetleri, karasal bir ISDN şebekesinin sağladığı hizmetlere benzerdir. Mobil istasyonlar için kontrol kanalları sağlanmıştır. Bu kanallar, ISDN' deki D kanalına benzer ve sayısallaştırılmış ses veya data taşımak için, ISDN' deki B kanalına benzer trafik kanalları kullanır. Hem ses hem de data, radyo arabirimde sayısal olarak taşınır ve bu şekilde bir uçtan öbür uca sayısal bağlantı ve iletişim sağlanmış olur (Nokia, 1999).

5.2.2.3 GSM frekansları

GSM 900 sistemi, 890 ile 915 MHz arasındaki frekansları alışı için, 935 ile 960 MHz arasındaki frekansları da veri için kullanmaktadır. RF taşıyıcıları 200 kHz' de bir yer alırlar; bu da 124 taşıyıcının kullanılmasına imkan tanır. 917 MHz ile 935 MHz arasındaki frekanslar, GSM dışındaki hücreli sistemler tarafından kullanılır. 2 MHz' lik bir koruma bandı 915 ile 917 MHz arasında bırakılmıştır ve alışı ve veri frekansları arasında meydana gelebilecek bir girişimi önleme amacını taşımaktadır. Alışı ve veri frekansları, birbirlerinden 45 MHz mesafededir. Bu sabit frekans boşluğu, girişim ihtimalini düşürmektedir.

EGSM (Extended GSM); Bu sistemin GSM 900' den farkı ise hem alışı hem veriye sağladığı ekstra 10 MHz' lik band genişliğidir.

DCS 1800; Bu sistem, 1710-1785 MHz arasındaki frekansları alışı ve 1805-1880 MHz arasındaki frekansları da veri için kullanır. RF taşıyıcıları 200 kHz aralıklarla kullanılmaktadır ve 374 taşıyıcıya imkan vermektedir. 1785-1805 MHz frekansları arasındaki 20 MHz' lik koruma bandı, alışı ve veri frekanslarının birbirine girişimini engellemek amacıyla kullanılmıştır.

Alış ve veriş, frekansta birbiriden her zaman için 95 MHz mesafededirler. Bu sabit aralık da girişim ihtimalini düşürmektedir.

5.2.2.4 GSM şebekesinin temel elemanları ve fonksiyonları

- NMC (Network Management Center)

Şebeke yönetim merkezi, şebeke sayesinde tüm hücreşel şebekenin yönetim, bakım ve işletme faaliyetlerini yürütür.

- NMC arayüzü

NMC şebeke yönetim merkezi ile OMC arasında kullanılan arayüz. GSM tarafından tanımlanmıştır ve 64 kbps hızında sayısal bir link üzerinden yapılmaktadır.

- OMC (Operations and Maintenance Center)

İşletme bakım merkezi bölgesel olarak organize olmuş, o bölgedeki birimleri kontrol eden, günlük operasyon ile ilgilenen, alarm ve olayları takip eden ve hizmet kalitesinin takibini yapan bir birimdir.

- OMC arayüzü

OMC işletme bakım merkezine veri aktarmak için diğer şebeke elemanları ile arasında yer alan arayüzde kullanılan arayüz.

- MSC (Mobile Services Switching Center)

Mobil hizmetler santral merkezi, belli bir coğrafi bölgede başlayan veya sonlanan aramaların kontrol edildiği bir telefon santralidir. MSC, aynı zamanda GSM şebekesi ile yerel yerleşik telefon şebekesi (PSTN) arasında geçiş arabirimi görevini de üstlenir ve böylece GSM şebekesinin, yerleşik telefon şebekesinin bir uzantısı olarak çalışmasını sağlar. Ayrıca yerel şebekeye bağlı bir mobil telefon şebekesinin diğer yerel şebeke ile bağlantılı olan mobil telefon şebekeleri arasında arabirim olarak görev yapar.

- IWF (Inter Working Function)

Ortak çalışma fonksiyonu (IWF), veri iletimi esnasında GSM hücreşel sistemi ile yerleşik veya yerleşik olmayan şebekeler arasında hız ayarlamasını sağlar. Ayrıca kullanılan bir PSTN modem veya başka bir data haberleşmesi için gerekli işlemleri gerçekleştirir.

- AUC (Authentication Center)

Kullanıcılara ait bilgileri baz alarak, otorizasyon parametrelerini üretir ve saklar.

- EC (Echo Cancellor)

Yankı giderici, tüm ses devreleri için yankı bastırma işlemini yapar. Temel kullanımı, yerleşik şebeke ile PLMN arasındaki yankıları gidermektir.

PLMN ile PSTN arasında yapılan bir arama esnasında, PLMN devresini yerel şebekedeki 2 kablolu devrelere dönüştürmek zorundadır. Dönüşüm esnasında GSM tarafından bir gecikmeye sebebiyet verilir; bu gecikme tahminen 180 ms' dir ve eğer giderilmez ise PLMN kullanıcısı tarafından işitilebilir ve rahatsız edici bir etki olarak ortaya çıkar.

- Bölgesel değişkenler (Location Registers)

MSC bünyesinde 3 adet bölgesel değişken bulunur. Bunlar, veri tabanı merkezli işlemler olup, kullanıcı verisini işlerler ve şebeke içinde hareket eden kullanıcının bölgesel pozisyonunu saklarlar.

- EIR (Equipment Identity Register)

Bu veri tabanı, uluslararası mobil istasyon araç kimlik bilgisini (IMEI- Internation Mobile Station Equipment Identity) saklar.

- HLR (Home Location Register)

Ana bölgesel değişken. Bu, bir kullanıcının PLMN' deki ana veri tabanında AUC ile ortaklaşa çalışır. Abone bilgilerinin kaydedildiği databasedir.

- VLR (Visited Location Register)

Bulunan bölge değişkeni. Bu veri tabanı, o an için, o VLR' nin kontrolü altında bulunan kullanıcılara ait bilgileri sağlar.

- BSS (Base Station Subsystem)

BSS, belirli bir bölgede çalışan mobil kullanıcıları ile MSC arasındaki radya arabirimi sağlar. BSS' yi bir hücre veya hücreler grubu olarak tanımlayabiliriz. Bir PLMN' deki BSS aşağıdakileri kapsar:

- BSC (Base Station Controller)

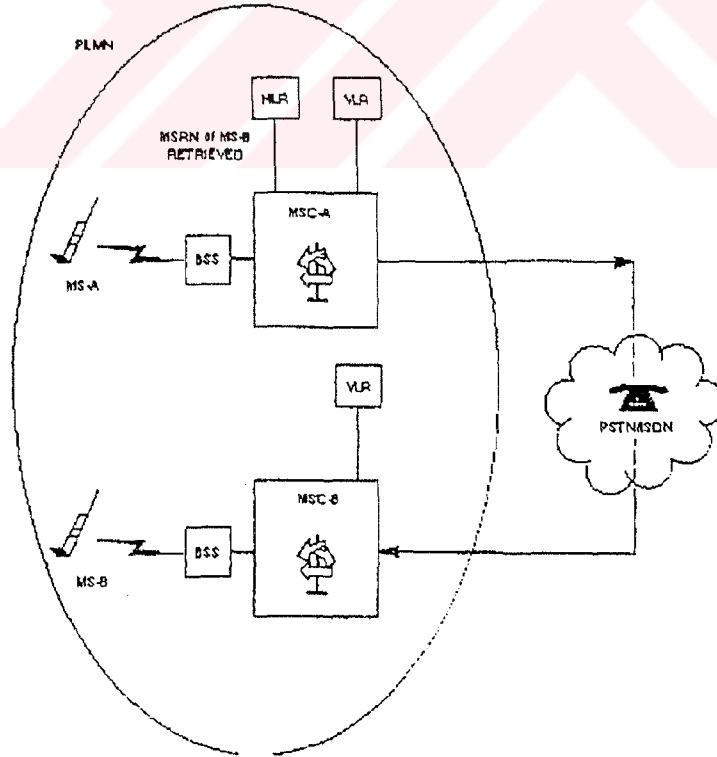
BSC' ler bir yada daha fazla BTS' i kontrol ederler ve BTS ile MSC arasındaki sayısal işlem arayüzü olarak davranırlar.

- XCRD (Speech Transcoder)

XCDR bir sayısal işaret işlemcisidir ve GSM tarafından kodlama ve kod çözme işlemlerini gerçekleştirir.

5.2.2.5 MS' ten MS' e arama (aynı PLMN içerisinde)

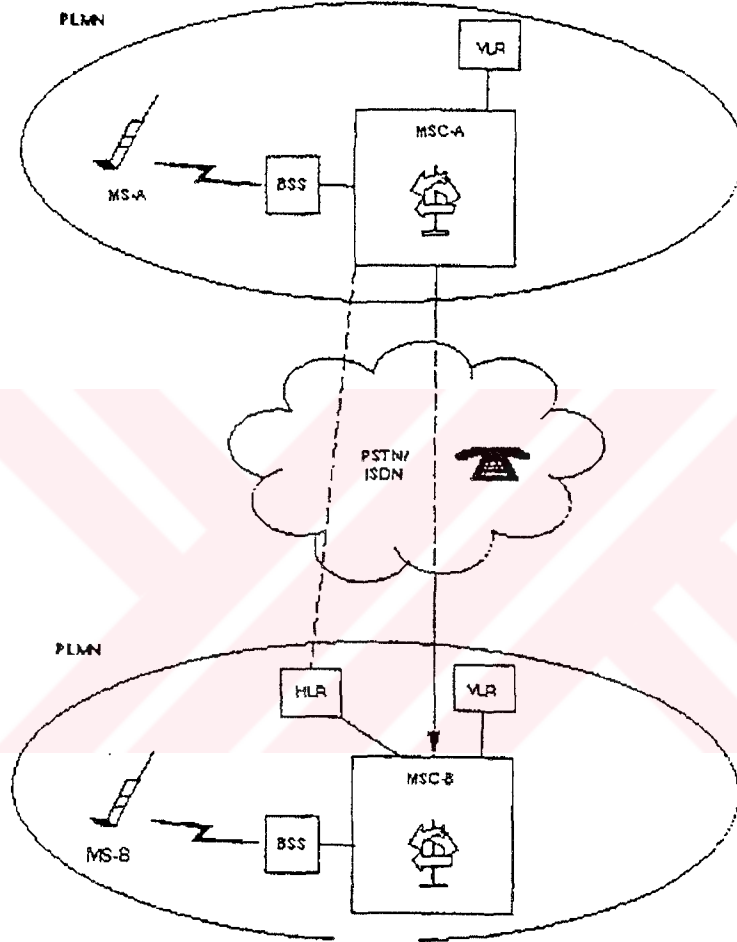
Şekilde aynı PLMN olan iki MS' in birbirine yaptığı arama şematize edilmiştir. MSC-A, aranan numarayı analiz eder ve VLR' ında sorgular. Eğer kullanıcı farklı bir MSC altında çalışıyorsa, HLR' ı, MSRN' i (Mobile Station Roaming Number- MSC tarafından atanan ve o MSC' de ziyaretçi konumunda bulunan bir MS' e hizmet vermek ve hareketlerini izlemek için atanan numara) bulması için sorgular ve aramayı, MSC-B' ye yönlendirir, böylece arama başlatılır. İki MSC arasındaki bağlantı, ulusal PSTN/ISDN şebeke tarafından bir veya birkaç transit santral tarafından sağlanır (Nokia, 1999).



Şekil 5.4 Aynı PLMN' deki iki MS' in birbirine yaptığı arama

5.2.2.6 MS'ten MS' e arama (aynı ülkedeki farklı PLMN aboneleri)

Şekilde aynı ülkede bulunan bir PLMN kullanıcısı (MS-A) ile başka bir PLMN kullanıcısı (MS-B) arasındaki arama şematize edilmiştir. MSC-A, aranan numarayı analiz eder, MSRN' i almak amacıyla diğer PLMN' in HLR' ını sorgular ve aramayı ona yönlendirir. MSC-B dahili bir arama gibi işlem yapar ve aramayı başlatır (Nokia, 1999).

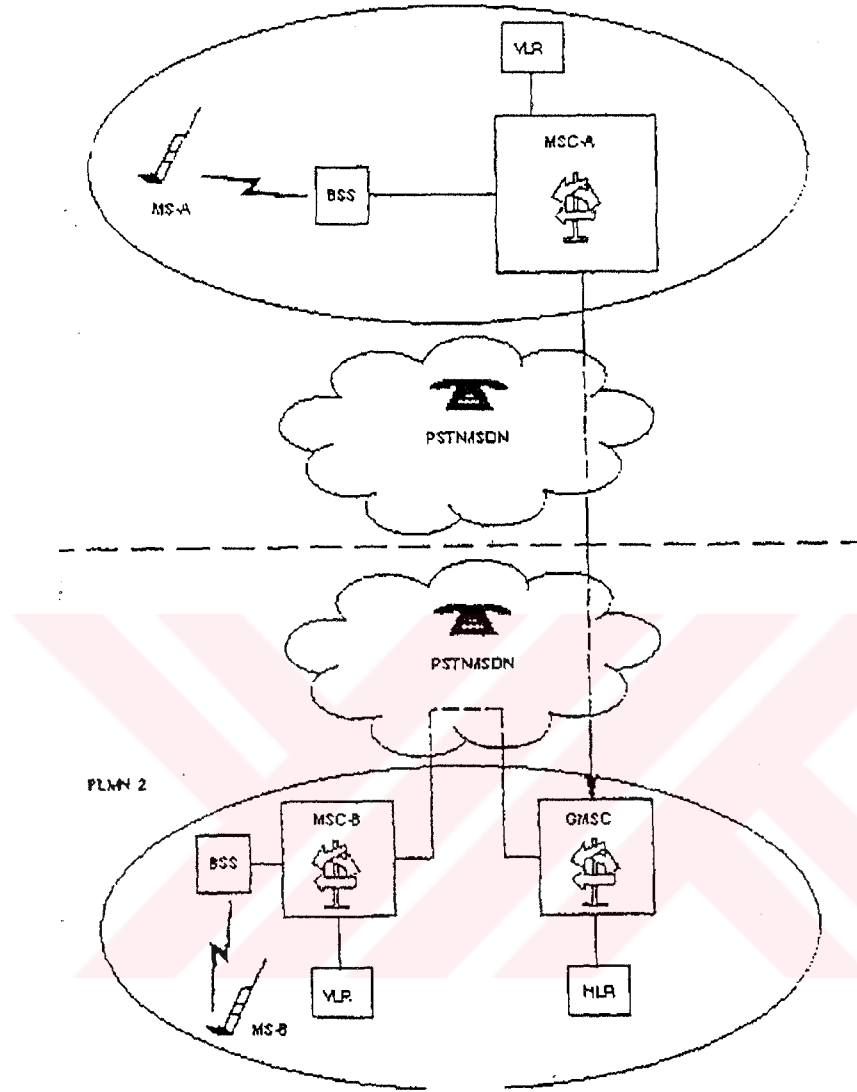


Şekil 5.5 Aynı ülkede bulunan farklı PLMN kullanıcıları arasındaki görüşme

5.2.2.7 MS' ten MS' e arama (farklı ülke PLMN' i kullanıcıları için)

Şekilde farklı ülkelerde bulunan PLMN' lerin kullanıcısı olan MS-A ile MS-B arasındaki görüşme şematize edilmiştir. MSC-A aranan numaranın başındaki ülke kodundan, aramanın uluslararası bir arama olduğunu anlar fakat hedef MS' in bölgesini anlayamaz. Bunun için MSC-A, aramayı diğer ülkedeki PLMN' in GMSC' sine yönlendirir ve HLR' ından servis aldığı MSC' nin MSC-B olduğunu öğrenir. HLR, MSRN' i geri gönderir ve aramayı sadece

giren arama olarak algılar ve başlatır. Bağlantı bir veya birçok ulusal ve uluslararası ISDN/PSTN şebekeden geçerek kurulur (Nokia, 1999).



Şekil 5.6 Farklı ülke PLMN' leri arasında yapılan arama

5.2.3 UMTS / IMT - 2000 (Dijital)

Bu 3.kuşak mobil telefon teknolojisi oluşturulmuş olup, önümüzdeki birkaç yıl içinde uygulamaya konulacaktır. Bu sistem Avrupa'da UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) olarak adlandırılır, dünya çapında ise IMT - 2000 (International Mobile Telecommunications - 2000) olarak bilinir. Bu sistem için belirlenen frekans bantları 1885 - 2010 MHz ve 2110 - 2200 MHz'dir. Kullanılacak modülasyon konusunda birkaç seçenek vardır fakat büyük ihtimalle CDMA (Code Division Multiple Access) tercih edilecektir. Frekans kanalları 5 MHz bant genişliğinde olacak ve GSM'de olduğu gibi her kanal aynı anda birçok kişi tarafından kullanılabilir. Bununla beraber, CDMA'daki bir

iletim her kullanıcı için farklı olan bir kodlama planıyla tanımlanır. Bütün iletimler aynı anda olduğu için, taşıyıcı dalganın genliğindeki değişimler gelişigüzedir.

İki tip CDMA uygulanabilir. İki yön için (cep telefonuna gelen ve giden) farklı 5 MHz'lik kanalların kullanıldığı yerde FDD (Frequency Division Duplex), değişik zaman aralıkları içinde aynı kanalların kullanıldığı yerde ise TDD (Time Division Duplex) uygulanır. Her iki tipte de darbe modülasyonu vardır. Çünkü, güç seviyesini değiştirmek için baz istasyonundan düzenli komutların gönderilmesi gerekir. FDD'de darbe frekansı 1600 Hz'dir. TDD'de ise 100 Hz ile 800 Hz arasında değişebilir (Pederson ve Anderson, 1999).

Macrocell ve microcelleri kullanacak olan konuşma, veri ve internet servisleri ile çeşitli durumlarda kısa menzilli picocelleri kullanan mobilite ve geniş bant genişlikli servisler için UMTS'nin tercih edilmesi beklenmektedir. Örneğin ofis çevresinde.

5.2.4 DECT (Dijital)

Kablosuz telefonlar, ofislerdeki yada evlerdeki telefon prizi çıkışına kurulan baz istasyonu ile kablosuz telefon seti arasındaki kısa menzillerde kullanılır. İlk kablosuz telefonlarda analog teknoloji kullanılmıştır. Ancak bu, yerini dijital bir teknoloji olan ve etkilenmelere karşı gizlilik ve koruma açısından avantajlara sahip olan DECT'e (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) bırakmıştır. DECT şu an yaygın ve artan bir kullanıma sahiptir ve hücresel mobil telefonlara benzer frekanslarda çalışır (1850 MHz civarı). 1725 MHz aralıkla 10 tane kanal vardır. Her kanalda, 10 ms'lik bir frame içerisinde 24 tane zaman aralığı (time slot-konuşma kanalı) vardır. Bir zaman aralığı içerisindeki iletim, bir frekans modülasyonu formu kullanır. Bu yüzden, zaman aralıklarının biri esnasında tek bir telefon her 10 ms'de (100 Hz) bir darbe gönderir. Yayılan maksimum güç 250 mW olduğunda, yayılan ortalama güç 10 mW'tır. DECT, UMTS sisteminin bir parçası olarak kabul edilebilir.

5.2.5 TETRA (Dijital)

Yeni TETRA (Terrestrial Enhanced Trunk Radio System) teknolojisi telefon networküyle bağlantılı olan halkın kullandığı sistemler için tasarlanmamıştır. Bu sistem kapalı gruplar için tasarlanmış olup (Örneğin, bir şirket yada organizasyon içindeki iletişimde), acil servislerde ve bazı ticari uygulamalarda kullanılmaktadır. Frekans bantları 400 MHz ve 900 MHz civarındadır. Modülasyon metodu karmaşıktır. Ana özellikleri 25 kHz'lik bir bandın 4 tane frekans kanalına ayrılması ve 56.7 ms'lik framelere ayrılan her kanalın 4 tane konuşma kanalı içermesidir. Bu yüzden iletim darbesi 17.6 Hz (1/56.7 ms)'dir.

5.2.6 Diğer radyo sistemleri

Modern bir çevre birçok tipte radyo vericisi içerir. Radyo ve televizyon vericileri cep telefonlarının baz istasyonlarından daha yüksek güce sahiptirler. Çünkü geniş bölgelere hizmet vermek amacıyla tasarlanmışlardır. Aynı sebepten dolayı, bunların antenleri halka biraz uzak olan yüksek bölgelere uzun direkler üstünde yerleştirilirler. Diğer yüksek güçlü vericiler genellikle darbe modülasyonunu kullanan gözetim radarı ve hava trafik kontrolü için kullanılır. Çok daha düşük güçteki vericiler (Aşağı yukarı mobil haberleşmede kullanılan macrocell baz istasyonu vericileriyle karşılaştırılabilir) acil servisler, amatör radyo operatörleri, yardım servisleri, güvenlik personeli, yerel yönetim gibi diğer iletişim amaçları için kullanılır. Vericiler, ihtiyaç duyulan kapsama alanı tipine göre değişirler. Fakat vericilerin çoğuna, nispeten düşük güçlü çıkışları nedeniyle servislerin büyük bir kısmı tarafından ihtiyaç duyulur. Bu yüzden, mobil telefon baz istasyonlarının verdiği etkinin, insanların maruz kaldığı toplam RF etkisinin sadece bir bileşeni olduğunu anlamak önemlidir. Yüksek çıkış güçlü radyo ve televizyon vericilerine yakın yerlerde yaşayan insanlar, cep telefonu baz istasyonlarına yakın oturan insanlardan çok daha fazla etkiye maruz kalırlar. Ancak bu etki cep telefonlarının yaptığı etkiden daha azdır. Aşağıdaki tabloda radyo dalgalarının farklı kaynakları ve güçleri verilmiştir.

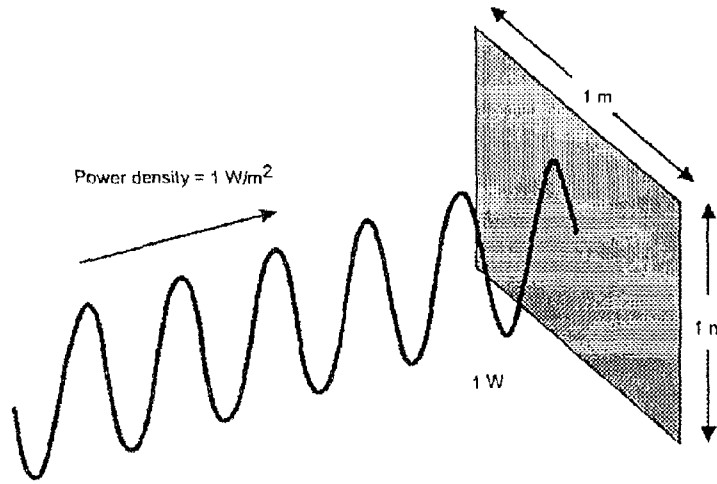
Çizelge 5.2 Radyo dalgalarının farklı kaynakları

TV İleticileri (UHF)	40.000 Watt
TV/ Radyo İleticileri (VHF)	2.000 Watt
Baz İstasyon (Kırsal alan)	40 Watt
Baz İstasyon (Kentsel alan)	10 Watt
Bina İçi Mobil İstasyon	0.5 Watt
Bina İçi Antenler	0.08Watt

Kablosuz hırsız alarmları, oyuncaklar, mikrofonlar, oto alarmları gibi düşük güçlü verici aygıtlarda insanları radyasyona maruz bırakabilir. Radyasyon yayması tasarlanmamış işler için kullanılan RF amplifikatörleri de vardır. Bunlar; RF ısıtma (Örneğin plastik endüstrisinde) psikoterapi, mikrodalga fırınlardaki mikrodalga ısı geçirgenliği.

6. ELEKTRİK ve MAGNETİK ALANLAR

Bir elektromagnetik dalga, tepe değerleriyle sıfır arasında salınan elektrik ve magnetik alanlardan meydana gelir. Bir alanın büyüklüğü, tepe değeriyle de ortalama değeriyle de gösterilebilir. Alan, zamanın yarısı boyunca pozitif diğer yarısı boyunca negatif ise, değeri sıfırdır. Bu yüzden, tepe gücünün $1.4 (\sqrt{2})$ ile bölünmesinden elde edilen rms değeri kullanılır. Elektrik alan (E) volt başına metre (V/m) olarak, magnetik alan (B) tesla (T) olarak ölçülür ve genellikle mT (Teslanın binde biri) yada μT (Teslanın milyonda biri) kullanılır. (Magnetik H alanı amper başına metre, A/m olarak ölçülür ve bazen B alanı yerine bu kullanılır. 1A/m^2 lik H alanı, $1.3 \mu\text{T}$ lik B alanına eşittir.) Pil yada iyon (Bir veya daha fazla elektron kaybetmiş yada almış atom yada atom grubu) gibi elektrik yüklü bir nesne elektrik alana maruz kalırsa, alanla orantılı olarak bir kuvvet oluşur. Ancak, magnetik alana maruz kalma durumunda bir kuvvetin oluşması için, cismin alana bir açı yapacak şekilde hareket etmesi gerekir. Kuvvet alanla ve cismin hareket ettiği hızla orantılıdır. Magnetik alanlar, demir gibi magnetik malzemelerle de güçlü bir etkileşim kurabilirler. Bir elektromagnetik dalganın şiddeti (I) yada güç yoğunluğu, 1m^2 lik bir bölgeden geçerken oluşan güçtür (Şekil 6.1). Güç genellikle watt (W), miliwatt (mW) yada mikrowatt (μW) olarak ölçülür. $1\text{W}=1.000\text{mW}=1.000.000\mu\text{W}$ tır ve şiddet metrekare başına watt olarak (W/m^2) yada mW/m^2 , $\mu\text{W}/\text{m}^2$ olarak ölçülür. Küresel bir bölge bir kaynak tarafından çevrelendiği zaman yarıçapının karesi kadar artar, ideal durumda ise (Toprak dahil yakınında hiçbir cisim olmadığı zaman) şiddet $1/(\text{uzaklık})^2$ kadar düşer (Ters kare kanunu).



Şekil 6.1 Bir m^2 lik bölgeden geçen elektromagnetik dalga

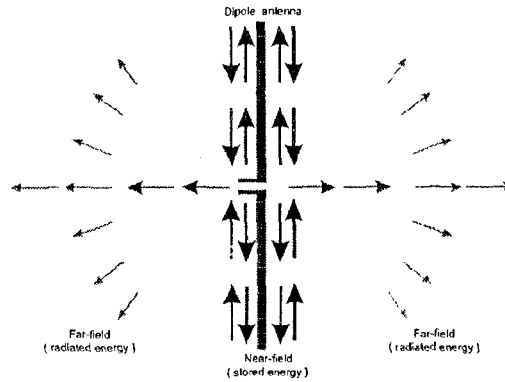
Elektromagnetik dalgaların özellikleri kaynaktan uzaklaştıkça değişir. Birkaç dalga boyu uzaklıkta en basit haldedirler (Burada bahsedilen frekanslarda 1m yada daha fazla) ve bu bölge uzak alan bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgedeki bir elektromagnetik dalga, dalga gücünün hareket ettiği yön ile (Şiddetin yönü) ve birbirleriyle dik açı yapacak şekilde salınan elektrik alan E ve magnetik alan B' den oluşur. E' nin en büyük olduğu nokta B' nin en büyük olduğu noktayla aynı anda oluşur ve alanların değerleri, I (W/m²) şiddetiyle bağlantılı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$E=19\sqrt{I} \text{ V/m} \quad (6.1)$$

$$B=0.06\sqrt{I} \mu\text{T} \quad (6.2)$$

Yakın alan bölgesinde ise durum daha karmaşıktır. Dışa doğru yayılan gücün miktarı uzak alan bölgesindekiyle aynıdır fakat antenin yanında büyük miktarda bir elektromagnetik enerji depo edilir. Dışarı doğru akan yayılan net enerji kadar, giden ve gelen ilave bir salınan enerji daha vardır. Bu salınan akışlar, antenden dışarı doğru olan yöne dik ve anten boyuncadır. Bu yüzden, net enerji akışının yönü dışa doğru eğiktir. E ve B yine birbirine ve enerjinin taşındığı yöne diktir fakat daha fazla fazda kalmazlar ve değerleri, uzak alan bölgesine uygulanan basit ifadelerden farklıdır.

Enerji akışının çoğunun yönünü gösteren Şekil 6.2'de çift kutuplu bir antenin yanında ve uzağında, bu özelliklerdeki fark görülmektedir. (Elektrik alan yönleri kağıt düzleminde ve enerjinin aktığı yönlere diktir, magnetik alan yönleri ise kağıda diktir.) Antenden uzakta enerji dışa doğru akar. Antenin yakınında ise, enerjinin çoğu antenin çevresinde depo edilir ve anten boyunca gidiş geliş yönünde akarlar, sadece küçük bir miktar dışarı doğru yayılır.



Şekil 6.2 Elektromagnetik enerji akışının çoğunun yönünü gösteren çift kutuplu elektrik anteni

7. MOBİL TELEFON SİSTEMLERİNİN ÜRETTİĞİ ALANLAR

Bu bölümdeki açıklamalar dünyada yaygın olarak kullanılan GSM mobil telefonları ve baz istasyonu antenleri tarafından üretilen alanları kapsamaktadır.

7.1 Cep Telefonlarının Ürettiği Alanlar

Bir telefondan RF gücü, anten ve telefondaki devre elemanlarıyla birlikte verilir. Anten, genellikle telefonun üst kısmında bulunan birkaç cm uzunluğunda metal bir çubuk yada metal bir helezondur. Antenden 2.2 cm uzaklıktaki noktalarda elektrik alanının maksimum değeri 900 MHz ve 2W'lık bir telefon için 400 V/m, 1800 MHz ve 1W'lık bir telefon için 200 V/m ve her iki telefon için maksimum magnetik alan 1 μ T olarak hesaplanmıştır*. Yine her iki telefon için antenden 2.2 cm uzaktaki maksimum şiddet kabaca 200W/m²' dir. (Bir telefonun yayınım frekansı 1 milyon defa ya da daha fazla küçük olmasına rağmen, bu değer yaz mevsimindeki güneş ışını şiddetinin 1/4'ü kadardır.) Bunlar, anten baştan ve vücuttan uzak olduğu zaman ölçülen alanlar ve şiddetlerdir. Anten vücuda yakın olduğu zaman, radyasyon vücudun içine girer fakat içerideki alanlar dışarıda ölçülen değerlerden çok küçüktür. Örneğin, anten baştan 1.4 cm uzaklıktayken baş içerisindeki en büyük maksimum alanların yukarıda verilen edgerlerden 3 kere daha küçük olduğu hesaplanmıştır. (Ortalama alan değerlerinin hepsi daha önce açıklanan sebeplerden dolayı bu maksimum değerlerden küçüktür.) 8.34 Hz ve 217 Hz'de darbelendirilen RF alanları gibi, telefonun yanında da aynı frekanslarda salınan ve birkaç μ T büyüklüğünde magnetik alanlar vardır. Bunlar, pilden akar ve TDMA'nın bir sonucu olarak, bu frekanslarda kesilen ve akan akımlar tarafından üretilirler (IEGMP, 2000).

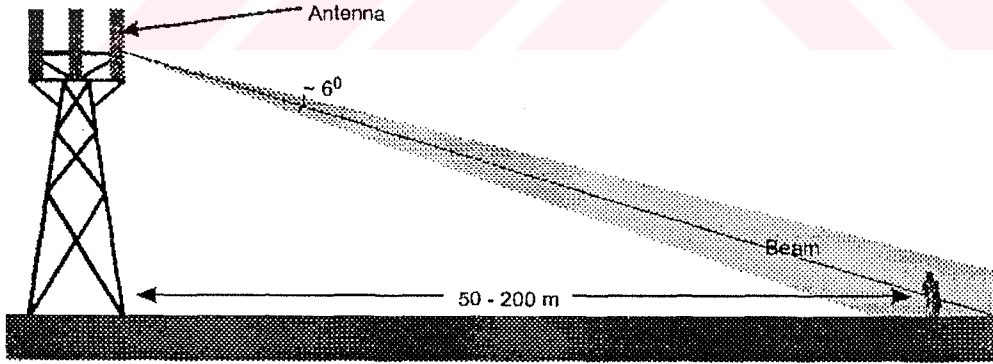
Salınan bu alanlar yaklaşık olarak, yeryüzü statik magnetik alanının (50 μ T) 1/10'u kadar yada daha azdır. Salınan elektrik alanların vücut dışındaki maksimum değerleri, yeryüzünün statik yüküne bağlı olarak oluşan dünya yüzeyindeki elektrik alandan birkaç kere daha büyüktür. Statik yükün yönü toprağa doğrudur ve iyi bir gündeki sabit değeri 100 V/m civarındadır.

* Daha öncede belirtildiği gibi, elektrik ve magnetik alanlar bir antenden radyasyonun dalga boyu λ 'ya göre küçük olan uzaklıklarda (33.3 cm 900 MHz'de, 16.7 cm 1800 MHz'de) oldukça karmaşık şekillerde değişirler. Bu yüzden bir telefonun yanındaki alanlar ve şiddetler için doğru değerler elde etmede detaylı hesaplamalara ihtiyaç vardır. Burada verilen yaklaşık değerler, bu alanların büyüklüğünü göstermek amacıyla verilmiştir. Yukarıda verilen alan değerleri, anten baştan veya vücuttan çok uzak olduğu zaman belli bir anten için hesaplanan değerlerden alınmıştır (Dimbylow ve Mann, 1994). Yüzei antenden 1.4 cm uzakta bulunan bir baş içerisindeki elektrik alan E'ninde en büyük değerleri hesaplanmış ve 2W yayan 900 MHz'lik bir anten için yaklaşık 120 V/m, 1 W yayan 1800 MHz'lik bir anten için yaklaşık 70 V/m olarak bulunmuştur. Şiddet değeri, $l = \lambda/4$ kabul edilerek elde edilmiştir. Yayılan bütün güç (P), $2\pi r$ 'lik silindirik bir bölgeden geçmek zorundadır. Bu yüzden antenden r kadar uzaklıkta ortalama değer yaklaşık olarak $P/2\pi r$ 'ye eşittir. P/l her ikisinde de aynı olduğundan, 900 ve 1800 MHz'lik GSM telefonlar için şiddetler eşittir.

7.2 Baz İstasyonlarının Ürettiği Alanlar

Macrocell olarak servis veren baz istasyonu antenleri; 10-30m yüksekliğindeki direklere, binaların üzerindeki kısa direklere ve binaların yanlarına yerleştirilebilirler. Her direkte 3 anten bulunur ve aralarındaki açı 120° 'dir. Gücün büyük bir kısmı, yaklaşık olarak yatay olan ve dikey yönde de 6° lik genişliği olan bir ışına odaklanır. Geri kalanı ise ana ışının her iki tarafına, zayıf ışın serilerine (yan loblar olarak adlandırılır) girer. Ana ışın aşağıya doğru hafifçe eğilir (Şekil 7.1). Fakat direkten uzaklık en az 50 m olana kadar (Genellikle 50-200 m) toprak seviyesine ulaşmaz.

Baz istasyonu antenlerinin gönderdiği güç, telefonların gönderdiği güçten çok daha büyüktür. Bu gücün sınırı RF parazitinden kaçınma gereğine göre konulmuş Radyokomünikasyon kurumunun verdiği izne göre belirlenmiştir. Bu, direk olarak toplam gücü sınırlandırmaz fakat dolaylı olarak bir antenin ana ışına verebileceği maksimum yoğunluğu belirler. Bu ise verilebilecek maksimum EIRP'nin (Equivalent Isotropically Radiated Power) tanımlanmasıyla yapılır. EIRP, belirli bir şiddeti üretmek için bütün yönlerde eşit şekilde yayılan güçtür. Gerçekte, daha öncede belirtildiği gibi, kullanılan antenler izotropik (eş yönlü) olmaktan çok uzaktır (Ana ışına yayılan gücün büyük bir kısmı ile) ve EIRP'nin toplam çıkış gücüne oranı antenin kazancı olarak adlandırılır. 120° lik bir bölgenin anteni için kazanç genellikle 40 ile 60 arasındadır.



Şekil 7.1 Direğe monte edilmiş bir antenden yayılan ana ışın

Verilen izne göre, maksimum EIRP her frekans kanalı için 1500 W'ta sınırlandırılmıştır. Bu da, her kanaldaki 30 W'lık yayılan toplam maksimum güce eşittir. (= EIRP / Kazanç). Her antendeki kanalların sayısı da 1800 MHz için 16, 900 MHz için 10 olarak sınırlandırılmıştır. Bununla beraber uygulamada kanalların sayısı 1800 MHz için 4'ten az, 900 MHz için ise 2 ile 4 arasındadır. Kanallardaki güç, 120 W'tan az olan maksimum yayılan güce eşittir ve sırasıyla 60 W ve 120 W' tır. Benzer şekilde bir anten tarafından yayılan toplam güç, cihazın

karakteristikleriyle sınırlandırılmıştır ve 70 W'ın biraz altındadır. Kullanılan kanalların sayısının ve dolayısıyla yayılan toplam gücün, resmi gerekliliklerinden çok (Gerçekte, çok daha büyük bir gücün yayılmasına izin verir) teknik nedenlerle sınırlandırıldığı gözönünde bulundurulması gerekir. Telefonu kullanırken zaman zaman maksimuma çıkmasına rağmen baz istasyonu tarafından verilen ortalama güç, maksimum güçten küçüktür. 120°'lik bir bölüme 60 W güç veren bir anteni taşıyan 10 m uzunluğundaki bir direktten 50 m uzaklıktaki bir noktada, ana ışının içerisindeki maksimum şiddet yaklaşık 100 mW/m^2 'dir.* Bu da, 5 V/m ve $0.02 \mu\text{T}$ olan elektrik ve magnetik alanlara eşittir ve yaklaşık olarak telefon anteninden 2.2 cm uzaklıktaki alanlardan 50-100 kere daha küçüktür.

Yan loblara yayılan güç nedeniyle, ana ışın dışında toprak üstündeki RF şiddeti sıfır değildir. Değeri antenin tasarımına bağlıdır fakat ana ışın içerisindeki değerinden çok fazla olamaz. Bu yüzden, yukarıda verilen değerlerin, bir baz istasyonu etrafındaki toprakta bulunan alanların ve maksimum şiddetin kabul edilebilir göstergeler olması gerekir. Ancak, örneğin işçiler bakım için antene yaklaştığı zaman şiddet büyük ölçüde artacaktır.

Son yıllarda İngiliz NRPB kuruluşu tarafından baz istasyonları etrafındaki ortalama şiddetlerle ilgili kontroller yapılmaktadır. Bu baz istasyonlarından 8'i okulların çatısında, 4'ü direklerde, 5'i ve diğer binalara monte edilmiştir. Ölçümler, binaların içindeki değişik yerlerde, toprak seviyesinde ve halkın bulunduğu diğer yerleşim yerlerinde yapılmıştır. Ölçülen şiddetler 0.01 ve 1 mW/m^2 arasında çıkmış ve maksimum değerinin 10 mW/m^2 'yi geçmediği saptanmıştır. Ölçümlerin çoğunun, direklerin yalnızca tek bir operatör tarafından kullanıldığı durumlar için yapıldığı da belirtilmelidir. Bir direğin birden fazla network operatörü tarafından kullanılması durumunda, ortalama şiddetlerin daha büyük olacağı düşünülmektedir.

Baz istasyonundan uzaklaştıkça şiddetin nasıl değiştiği konusunda USA'da çeşitli çalışmalar vardır. Fakat bu tip çalışmalara başka ülkelerde rastlayamıyoruz. Daha önce bahsettiğimiz NRPB'nin yaptığı çalışmada, radyo ve TV vericilerine bağlı olarak oluşan şiddetlerin ölçümüne de yer verilmiştir. Ancak tekrar belirtmek gerekir ki, mobil telefon vericilerinin ve

* P gücü bütün yönler eşit olarak yayılırsa, r kadar uzaklıktaki alan şiddeti $P / 4\pi r^2$ 'dir. (Güç $4\pi r^2$ 'lik küresel bir bölgeden geçer). $P = 60 \text{ W}$ yayan 10 m 'lik bir direktten 50 m uzaklıktaki toprak üzerinde yaklaşık 2 mW/m^2 'dir. Kazancı 50 olan 120° 'lik bir bölge anteni için, ışının merkezindeki şiddet 100 mW/m^2 ye çıkar. Bununla beraber, belirli bir uzaklıktaki şiddetin değeri ışının merkezinde en büyük olsa da, antenden uzaklık az olduğu için toprak üstündeki şiddetin değeri merkezden birazcık uzaklıktaki açılarda biraz daha büyüktür. (Şekil 7.1) Şiddetin en büyük olduğu bölge, ana ışının merkezinin toprağa değdiği nokta ile ışının en yakın kenarının toprağa değdiği nokta arasındaki bölgedir.

diğer RF kaynaklarının insanları etkileme derecesini sağlıklı bir şekilde karşılaştırabileceğimiz sistematik bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tip araştırmalar, USA'da henüz birkaç yıldan beri yapılmaktadır fakat hızlı bir şekilde gelişen kablosuz telefon teknolojisine ayak uyduramamaktadır. Aslında bu, şu an halen kullanımda olan RF kaynaklarındaki büyük değişiklikler nedeniyle oluşan karmaşık bir problemdir.

Mobil telefonlar ve baz istasyonları tarafından yayılan elektromagnetik dalgaların diğer iki özelliği de frekans spektrumları ve evre uyumluluk zamanlarıdır. Cep telefonundan yayınım bir frekansta olur, baz istasyonunda ise birkaç özel frekansta olur. Her iki durumda da, dalgalar 4µs civarında nispeten daha uzun evre uyumluluk zamanına (Coherence Time) sahiptirler. (Coherence time, faz modülasyonun sonucu olarak ortaya çıkan gelişigüzel faz değişiklikleri arasındaki ortalama zamandır). Bu özelliklerin her ikisi de, 100-1000 arası bir faktör kadar daha kısa evre uyumluluk zamanlarına sahip olan elektromagnetik dalgalardan ve geniş bir frekans spektrumundan oluşan Güneş'in yaydığı radyasyondan çok farklıdır.

7.3 SAR Hesabı

Radyofrekans alanları, artan frekansla azalarak vücudun içine girerler. Bunun biyolojik dokular üzerinde oluşturabileceği etkiyi anlamak için alanların, vücudun değişik bölümlerindeki büyüklüklerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için farklı tipteki dokuların elektriksel özellikleri bilinmelidir. Örneğin; mobil telefonlar gibi bir radyasyon kaynağı tarafından oluşturulan E ve B'nin vücudun bütün bölgelerindeki değerini hesaplamak mümkündür. Radyasyonun dokuda oluşturabileceği zarar, onun enerjisine, doku ile yaptığı etkileşmenin türüne, enerjinin ne kadarının soğurulduğuna ve uygulama süresine bağlıdır. Bu şekilde dokunun birim kütleinde soğurulan enerjiyi doz olarak tanımlıyoruz (EKES, 1999). Özellikle canlı dokularda soğurulan enerji miktarından çok, enerjinin soğurulma hızı önemli olabilir. Bu durumu içeren bir "Bağıl Soğurulma Hızı" (Specific Absorption Rate) birimi,

$$SAR = \text{Enerji} / (\text{Kütle} \times \text{Zaman}) = \text{Joule} / (\text{Kg} \times \text{s}) = \text{Watt} / \text{Kg} \quad (7.1)$$

olarak tanımlanmıştır.

Belirli bir doku topluluğu tarafından soğurulan enerjinin değeri $m\sigma E^2/\rho$ 'dir. Burada ρ dokunun yoğunluğu (kg/m^3), σ dokunun iletkenliği (S/m), E ise elektrik alanın rms değeridir. $\sigma E^2/\rho$ değeri SAR (Specific Energy Absorption Rate) olarak adlandırılır ve kg başına watt olarak ölçülür (W/kg). Belirli emme hızı olarakta tanımlanan bu ölçüm, hesaplamaların

anahtarlarıdır. Soğurulan güç canlının boyu, hacmi, gelen alanın frekans ve kutuplanması ile doğrudan orantılıdır. Soğurulan güç miktarı ile canlının ısı artmaktadır. Soğurulan elektromagnetik enerjinin insan bedeninin yüzeyi ve derinliklerine nüfuz etmesi şiddeti ve frekansı ile orantılıdır. Bedenin derinliklerine nüfuz etmesi sonucunda ortaya çıkan ısı artışının ihmal edilmesi problem yaratabilir. Elektrik alan pozisyonla değiştiği için ve farklı tipteki dokularda iletkenlik değişik olduğu için, SAR vücutta noktadan noktaya değişir. Soğurulan güç hesabı için insan vücudu küçük kübik hacimlere ayrılır ve her hacim için ayrı dielektrik katsayısı hesabı yapılarak toplam SAR hesaplanabilir. Aşağıda baş modeli için yapılmış bir Çizelge görülmektedir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1 Bir baş modeli için doku özellikleri ve 900 MHz'de tanımlı σ ve ϵ_r değerleri (EKES, 1999)

No	Doku	σ (S/m)	ϵ_r	ρ (g/cm ³)
1	Cilt	0.82	43.7	1.00
2	Yağ	0.11	6.2	1.00
3	Kas	1.38	53.5	1.05
4	Kemik	0.10	7.3	1.20
5	Kiriş	0.10	7.3	1.03
6	Kıkırdak	0.10	7.3	1.00
7	Kan	1.32	63.3	1.00
8	CSF	1.67	62.5	1.02
9	Gri madde	0.67	47.4	1.05
10	Beyaz madde	0.48	39.4	1.00
11	Humor	1.90	70.0	1.00
12	Göz merceği	0.75	45.0	1.05

900 MHz'deki iletkenliğin ve vücut dokusu yoğunluğunun ortalama değerleri sırasıyla; 1 S/m ve 0.001 kg/m³ olduğundan, 1 W/kg'lık bir SAR üretmek için gerekli olan elektrik alanın değeri yaklaşık 30 V/m'dir. (1800 MHz'de ortalama iletkenlik değeri biraz daha yüksektir. Bu yüzden daha düşük elektrik alanlara, 25 V/m civarı, ihtiyaç duyulur.) Belli bir değerdeki elektrik alan tarafından üretilen SAR, çocuklarda yetişkinlere oranla biraz daha büyüktür. Çünkü çocukların dokuları çok fazla sayıda iyon içerir ve dolayısıyla yüksek bir iletkenliğe sahiptir (EKES, 1999; IEGMP, 2000).

Bu elektrik alanların vücudun içindeki alanlar olduğunu vurgulamak gerekir. Bu iç alanlara eş olan vücudun dışındaki alanlar yaklaşık 3 kere daha büyüktür.

Bir atomdan yada molekülden bir elektron koparmak için gereken enerji 1 elektron voltur (eV)* (Bir eV, bir e yükünün elektronunu, topraklanmış bir levhadan -1 voltluk levhaya hareket ettirmek için gereken enerjidir). Bu yüzden, enerji kuantumu 1 eV' tan küçük olursa, iyonlaşmanın meydana gelmesi mümkün değildir**. RF radyasyonunun enerji kuantumu 1eV' tan binlerce kere daha küçüktür. Bu nedenle atomlara veya moleküllere iyonlaşamaz ve iyonlaşma meydana getirmeyen radyasyon (NIR: Non-Ionising Radiation) olarak tarif edilir. Diğer taraftan X ve ultraviyole ışınları gibi daha yüksek frekanslı ışınlar 1 eV' tan büyük enerji kuantasına sahiptirler ve kolaylıkla atomlara ve moleküllere iyonlaşabilirler. Böylece çok düşük şiddetlerde bile, biyolojik dokulara zarar verirler. Bu iyonlaşan radyasyondur. Şiddet, saniyede vücuda gelen kuantaların sayısını belirler. Bu sayı, düşük şiddetlerde az olmasına rağmen, her kuantumun iyonlaşma ve dolayısıyla DNA gibi biyolojik moleküllere zarar verme ihtimali vardır. İyonlaşmayan elektromagnetik radyasyonlar yüksek şiddetlerde zarar verebilirler fakat düşük şiddetlerde zararsız olduklarına inanılmaktadır. Örneğin, uygun şiddetteki ışık aydınlanan nesnelere görebiliriz. Yani yararlı etkileri vardır. Fakat yüksek şiddetteki ışık gözlere ciddi şekilde zarar verebilir. Yüksek ısı üreten mikrodalga fırınlarında olduğu gibi çok yüksek şiddetteki RF radyasyonu da zarar verebilir. Bu yüzden, radyasyonun hangi şiddette zarar vermeye başladığını bilmemiz gerekir. Ancak bunun biyolojik etkilerin gözlenebildiği yüksek seviyelerdeki şiddetlerde başladığı düşünülmektedir.

* Biyolojik maddelerdeki iyonlaşan ve iyonlaşmayan radyasyon arasındaki sınır 10 eV civarında olmasına rağmen, iyonlaşma enerjisi birkaç eV alınmaktadır. Bu da, mevcut atomların ortalamadan daha büyük iyonlaşma enerjisine sahip olduklarını göstermektedir.

** Aynı anda iki yada daha fazla kuantanın absorbe edilmesi mümkündür. Ancak bu olasılık, kuantaların sayısıyla hızlı bir şekilde azalmakta ve aynı anda binlerce kuantaya absorbe edilirse çok aza inmektedir.

8. RF RADYASYONUNA MARUZ KALMA KONUSUNDAKİ SINIR DEĞERLER ve ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER

8.1 RF Radyasyonu İçin Çeşitli Kuruluşlar Tarafından Tavsiye Edilen Sınır Değerler

Radyo dalgalarının su içeren biyolojik maddeler tarafından emilerek ısıya dönüştüğü bilinen bir gerçektir. Radyo dalgalarının bu ısınma etkisinden korunmak için, bu ortamlara maruz kalma limitleri belirlenmiştir. İlk olarak vereceğimiz sınır değerler NRPB' nin değerleridir ve İngiltere'de halen uygulanmaktadır.

NRPB, yapılan epidemolojik çalışmalardan herhangi bir sonuç elde edememiş ve bu çalışmalar maruziyet için tavsiye edilecek değerler belirlemede yeterli bir başlangıç noktası sağlayamamıştır. Bu yüzden, tavsiye edilen bu sınır değerler, ısınan vücut dokularında çeşitli hastalık ve yaralanmalara neden olan potansiyel RF radyasyonuna göre ayarlanmıştır.

NRPB, SAR için de birtakım temel sınırlamalar getirmiştir. Cep telefonları için 10MHz ile 10GHz arasındaki sınırlar aşağıda ki Çizelge 8.1'de verilmiştir. Bir kişinin RF radyasyonundan zarar görmediğini söylemek için, bu dört temel sınırında aşılmadığının gösterilmesi gerekir. SAR limiti ; maruz kalma zamanına, doku kütlesine ve doku bölgesine göre verilmiştir.

Çizelge 8.1 10 MHz ile 10GHz frekansları arasında NRPB'nin verdiği temel sınırlar (IEGMP, 2000)

Doku Bölgesi	SAR Limti(W/kg)	Ortalama Parametreler	
		Kütle(g)	Zaman(Dakika)
Tüm Vücut	0.4	-	15
Baş,Anne Karnındaki Bebek	10	10	6
Boyun, Gövde	10	100	6
Dış organlar	20	100	6

Yaşayan insanlar üzerindeki SAR değerleri kolaylıkla ölçülemediği için, tüm vücuttaki SAR'ın temel sınırı aşmadığı durumlarda, NRPB, elektromagnetik alan şiddetleri için araştırma seviyelerini de belirlemiştir. Bir araştırma seviyesi aşılmışsa, bileşke SAR'ın değeri

detaylı araştırması gösterilir. Çocuklarda, tüm vücut için araştırma seviyeleri daha aşağıya çekilmiştir. Çünkü, belli RF frekanslarının üstünde, küçük çocuklar dış elektromagnetik alanlardan gelen enerjiyi yetişkinlere göre daha çok soğururlar. Aşağıdaki Çizelge 8.2' de cep telefonlarında kullanılan frekanslar için araştırma seviyeleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.2 Mobil haberleşme frekanslarında, maruziyet için araştırma seviyeleri (IEGMP, 2000)

Frekans(MHz)	Elektrik Alan Şiddeti(V/m)	Magnetik Alan Şiddeti(A/m)	Güç Yoğunluğu(W/m ²)
400-800	100	0.26	26
800-1550	125f	0.33f	41f ²
1550-3000	194	0.52	100

f: GHz cinsinden frekans

Bu tabloda gösterilen üç araştırma seviyesi değeri birbiriyle bağlantılıdır ve sadece birine bakmak yeterlidir. Ancak uygunluğu araştırmak için, genellikle elektrik ve magnetik alan şiddetlerinin ikisinde ölçülür.

Günümüzde kullanımda olan cep telefonları ve bunların baz istasyonları için, 800-900 MHz arasındaki frekanslarda araştırma seviyeleri 26'dan 33W/m²'ye kadar, 1800-1900 MHz'de ise 100W/m²' dir.

International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP)'da RF radyasyonuna maruziyetle ilgili tavsiye değerler yayınlamıştır. NRPB'nin verdiği değerlere benzer şekilde bunlarda, ısınma etkilerine bağlı olarak ortaya çıkan hastalık ve yaralanmaların önlenmesi gereğine göre tasarlanmıştır. Komisyonun başlangıç noktası, deneye tabi tutulan hayvanların vücut sıcaklıklarının 1°C 'tan fazla artmasına neden olan RF radyasyonu seviyelerinde hayvanlarda görülen davranış değişiklikleri olmuştur. Bu değişikliklerin oluşması için 1-4W/kg'lık yada daha yüksek bir SAR'a ihtiyaç vardır. (Hayvanlar sıcaklık, nem gibi kötü hava etkilerine maruz kaldıkları zaman 1W/kg, normal çevre şartları altında ise 4W/kg). ICNIRP, RF radyasyonunun düşük seviyelerinin sağlığa zarar verdiğine dair kuvvetli bir kanıtın olmadığını da gözönünde bulundurmıştır.

NRPB' nin verdiği değerlerin tersine, ICNIRP' nin verdiği değerler iki aşamalıdır. Genel halk için konulan maruziyet sınırları, mesleki maruziyet için konulan sınırlardan düşüktür. Mesleki maruziyet için SAR temel sınırları, 6 dakikalık ortalama zaman ve 10g'lık kütle için olan hariç NRPB'ninkilerle aynıdır. Ancak, genel halk için belirlenen değerler, mesleki maruziyet

için belirlenen değerlerden 5 defa daha küçüktür. Bu fark aşağıdaki durumların ortaya çıkmasına izin verir.

Çizelge 8.3 ICNIRP' nin, mesleki maruziyet ve genel halk (parantez içindeki değerler) maruziyeti için belirlediği 10MHz ile 10GHz arasındaki frekanslardaki sınırlar (IEGMP, 2000)

Doku Bölgesi	SAR Sınırı (W/kg)	Ortalama Parametreler	
		Kütle(g)	Zaman(Dakika)
Bütün Vücut	0.4(0.08)	-	6
Baş, Gövde	10(2)	10	6
Dış Organlar	20(4)	10	6

- Aşırı çevre şartları altındaki maruziyet: Yüksek sıcaklık, yüksek nem, az hava hareketi ve yüksek aktivite RF maruziyetinden dolayı oluşan termal yükü artırır.
- Yaşlılar, çocuklar, bebekler, hasta veya termal toleransın tehlikeye düştüğü tedavi gören kişiler gibi insan gruplarındaki yüksek termal duyarlılık.

Daha öncede, halkın RF radyasyonuna maruz kalmasının azaltılmasını destekleyen aşağıdaki açıklamalar yapılmıştır.

- Normal olarak işçiler kontrol edilen şartlar altında bu alanlara maruz kalan sağlıklı kişilerdir. Potansiyel riskler konusunda eğitilmişlerdir ve gereksiz bir maruziyetten kaçınmak için önlem alabilirler. Fakat halkın aynı önlemleri alabilmesi beklenemez.
- İşçiler sadece çalışma süreleri boyunca RF' ye maruz kalırlar. (Genelde günde 8 saat). Fakat halk günde 24 saat maruz kalabilir. (Haftalık toplam maruziyet süresi halk için işçilere göre yaklaşık 5 kat daha fazladır. Halk için önerilen sınır değerlerin 5 kat daha düşük olması bundan kaynaklanmaktadır.)
- Genelde çocuklar ve bebekler fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlere karşı daha hassastırlar. Yüksek frekanslarda, çocuklar dış elektromagnetik alanlardan gelen enerjiyi yetişkinlere göre daha çok emerler.

ICNIRP' nin verdiği tavsiye değerler, NRPB'nin verdiği araştırma seviyelerine benzer olan referans seviyeleriyle birlikte verilmiştir. Bunlar, halk ve mesleki maruz kalma için konulan temel sınırlar arasındaki 5 katlık farkı da yansıtmaktadır. Genelde, mobil telefonlarda kullanılan frekans aralığının üzerinde, ICNIRP' nin halk için verdiği referans seviyesi, NRPB' nin araştırma seviyesinden 6.5 ile 11 arası bir faktör kadar daha azdır (Güç yoğunluğu

bakımından). Çizelge 8.4'te, ICNIRP' nin mobil telefonlar tarafından kullanılan frekanslardaki halk için belirlenen referans seviyeleri gösterilmiştir. 800-1000MHz arasında, mobil haberleşme için referans seviyeleri $4W/m^2$ den $5W/m^2$ 'ye, 1800-1900MHz arasında $9W/m^2$ den $9.5W/m^2$ ye kadardır.

Çizelge 8.4 ICNIRP' nin mobil haberleşme frekanslarında halk için verdiği referans seviyeleri (IEGMP, 2000)

Frekans(MHz)	Elektrik Alan Şiddeti(V/m)	Magnetik Alan Şiddeti(A/m)	Güç Yoğunluğu(W/m^2)
400-2000	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$f/200$
2000-3000	61	0.16	10

f:MHz cinsinden frekans

NRPB ve ICNIRP' nin verdiği tavsiye değerler karşılaştırıldıktan ve risk değerlendirmesi yapıldıktan sonra, the National Radiological Protection Board şu açıklamayı yapmıştır.

“Board, ICNIRP' nin mesleki maruziyet için verdiği sınır değerlerin NRPB' nin belirlediği sınırlardan çok farklı olmadığını düşünmektedir. ICNIRP, halk için belirlediği sınır değerlerde 300GHz' e kadar olan frekanslarda azaltım faktörü 5' i kullanmıştır. Bununla beraber, bu ek azaltım faktörlerini destekleyecek bilimsel bir kanıt yoktur. Board, halk maruziyeti için NRPB tarafından konulmuş varolan limitlerin direkt ve dolaylı etkilerden yeterli derecede korunmayı sağladığına inanmaktadır. NRPB' nin halk için verdiği limitleri değiştirmeyi gerektirecek bilimsel bir kanıtın olmadığı görülmektedir. Ancak, halkın maruziyetiyle ilgili genel olarak kabul edilen limitlerin konulmasında devletin diğer faktörleri gözönünde bulundurabileceği kabul edilmektedir.”

Board bilimsel verileri yeniden incelemiş ve daha sonra şu açıklamayı yapmıştır: “ Bilimsel verilerin yeniden incelenmesiyle, ısı iletkenlerinden korunmanın maruz kalma değerlerinin belirlenmesinde temel teşkil ettiği anlaşılmış ve ICNIRP tarafından benimsenen yaklaşımın NRPB' ye göre daha tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Halk içerisinde RF radyasyonunun ısınma etkilerine karşı insanları çok hassaslaştıran hastalıklara sahip kişiler olabilir. Bu da, mesleki maruziyete göre halk için yüksek bir azaltım faktörünün kullanılması gerektiğini göstermektedir.”

ICNIRP' nin halk için verdiği tavsiye değerler, İngiltere'nin de içinde bulunduğu Avrupa Birliği ülkeleriyle prensipte anlaşma içinde olan, European Council Recommendation

tarafından benimsenmiştir. Türkiye, ABD' nin de kabul ettiği bu ICNIRP değerlerini hem Çevre Bakanlığı Genelgesi hem de Ulaştırma Bakanlığı Yönetmeliği ile kabul etmiştir.

Bu verilen sınırların altında ki değerlerde de biyolojik etkiler oluşabilir. Ancak bu bir rahatsızlığa yol açacak demek değildir.

Olası sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde gözönünde bulundurulması gereken ek faktörler vardır. Toplumlar bütün olarak homojen bir yapıya sahip değildirler. İnsanların çevresel tehlikelere karşı duyarlılığı değişebilir. Genetik yatkınlığın bazı hastalıklara karşı hassasiyeti etkilediği iyi örnekler vardır. Bu yaşa da bağlı olabilir.

Tek başına ICNIRP' nin tavsiye değerlerinin benimsenmesi, şu anki bilimsel bilgideki boşluğun ve özellikle düşük seviyelerdeki maruziyette oluşacak termal ve nontermal etkilerin hesaba katılmaması demektir. Maruziyet değerlerinin elde edilmesinde yüksek bir değerlendirme faktörü uygulamak ta bu belirsizliği hesaba katmak demektir. Ancak, herhangi bir artış ölçüsü koymak için güvenilir bir bilimsel temel yoktur.

Bu tip standartların en çok bilinenlerinden birisi de Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) tarafından hazırlanan, "3KHz-300GHz'de RF Elektromagnetik Alana Maruz Kalan İnsanlarda Güvenlik Sınırları" isimli ANSI/IEEE C95.1-1992 standardıdır. ANSI ve FCC (Federal Communications Commission) değerleri aşağıda ki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 8.5 ANSI 1982 radyo frekans koruma kılavuzu (EKES, 1999)

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V^2/m^2)	Magnetik Alan Şiddeti (A^2/m^2)	Güç Yoğunluğu (mW/cm^2)
300-1500	4000	$0.025(f/300)$	$f/300$
1500-100 000	20 000	0.125	5.0

Çizelge 8.6 Mesleki maruz kalma için izin verilen en büyük FCC sınırları (EKES, 1999)

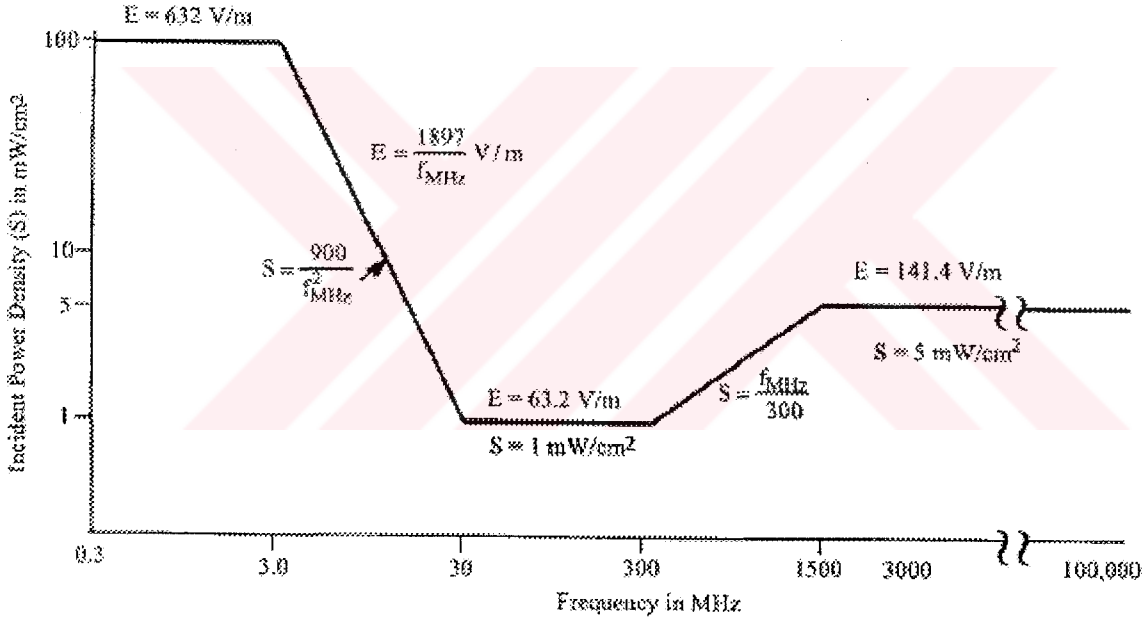
Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Magnetik Alan Şiddeti (A/m)	Güç Yoğunluğu (mW/cm^2)	Ortalama Süre (Dakika)
300-1500	-	-	-	6
1500-100 000	-	-	-	6

Çizelge 8.7 Halk maruziyeti için izin verilen en büyük FCC sınırları (EKES, 1999)

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Magnetik Alan Şiddeti (A/m)	Güç Yoğunluğu (mW/cm ²)	Ortalama Süre (Dakika)
300-1500	-	-	$f/1500$	30
1500-100 000	-	-	1.0	30

Çizelge 8.8 FCC'nin verdiği SAR sınırları (EKES, 1999)

	Tüm vücut	Bölgesel vücut	Eller, ayaklar, ayak bilekleri
Yoğun yerleşimde sınırlar Mesleki maruziyet (W/kg)	0.4	8.0	20.0
Genel dağılımda sınırlar Halk maruziyeti (W/kg)	0.08	1.6	4.0



Şekil 8.1 ANSI C95.1-1982 RF elektromagnetik alanlarına maruz kalma güvenlik sınırları

8.2 Baz İstasyonlarının Sağlığa Etkileri ve Alınması Gereken Tedbirler

Baz istasyonlarının yeri ve bunlara izin verilmesi aşaması, bir halk meselesi haline gelen mobil telefon teknolojisinin bir parçası gibi görünmektedir. Türkiye' de baz istasyonu kurabilmek için sadece bildirim şartı vardır. Eksik bilgi ve belge bulunması halinde istasyonun faaliyeti durdurulmaktadır (EMO, 2000).

Baz istasyonlarından yayılan düşük seviyelerdeki RF radyasyonu sağlık üzerinde önemli bir ters etki yaratmıyormuş gibi görünse de, maruziyetten kaynaklanan zarar verme ihtimalinin dokularda büyük bir ısınmaya sebep olmak için yetersiz olduğu henüz güvenilir bir şekilde ortaya çıkarılamamıştır. Dahası, bu belirsizlik gözardı edildiği zaman bazı insanlar bundan kaygı duyabilir ve ruhsal olarak etkilenebilir.

Baz istasyonlarının planlanması aşamasındaki diğer bir kısım da memnuniyetsizliktir. Çünkü, baz istasyonlarına ve özellikle direklere yakın yerlerde oturan bazı insanlar, bunların kendilerine zarar verdiğini ve mülklerinin değer kaybettiğini düşünmektedirler. Şu an devrede olan sistemlerin planlanmasıyla, insanların isteklerinin gözardı edildiği açıktır. Sonuç olarak, bu durum insanların fiziksel ve ruhsal sağlığını etkileyecektir.

Buradan, baz istasyonlarının düzenlenmesi konusunda değişiklikler yapılması gerektiğini söyleyebiliriz.

8.2.1 Baz istasyonlarının ulusal kaydı

Burada gerekli olan ilk şey, tüm baz istasyonlarının yeri ve karakteristikleri hakkında güvenilir ve açık bir şekilde elde edilebilir bilgilerin olmasıdır. Bu tip bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmesi, insanların kafasındaki güvensizliğin azalmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca bu veriler, kurulması düşünülen yeni baz istasyonları ve epidemolojik araştırmalar için de yararlı olacaktır.

Bütün baz istasyonları ve yayınımları hakkında detaylı bilgilerin verildiği ulusal bir veri tabanının devlet tarafından kurulması gerekir. Bu bilgiler; şirketin adı, antenin toprak seviyesinden yüksekliği, iletimin başladığı tarih, frekans aralığı, iletim sinyalinin karakteristikleri ve maksimum çıkış gücünü içermelidir. Ayrıca bu bilgilere halk tarafından kolayca ulaşılabilmesi ve herkesin anlayabileceği formda olmalıdır. Örneğin bir coğrafi bölgedeki tüm baz istasyonları ve her birinin ait olduğu network operatörleri.

8.2.2 Boşaltılması gereken bölgeler

Baz istasyonlarından yayılan RF radyasyonunun, sınır değerlerden az olduğu bilinse de, işçilerin ve halkın bu sınır değerlerin aşılabileceği bölgelerden uzak tutulması gerekir. Bu yüzden, baz istasyonlarının etrafındaki bazı bölgelerin boşaltılması gerekir.

Maruziyet sınırlarının aşılacağı baz istasyonu antenlerinin etrafındaki boşaltılması gereken bölgeler (Hariç tutulması gereken) belirlenmeli ve her bölge fiziki bir bariyerle çevrilerek, ulusal olarak belirlenmiş bir logoyla işaretlenmelidir. Böylece işçiler ve halk, bu bölge içerisinde RF yayınının sınır değerleri aşabileceğini anlayabilecektir.

8.2.3 Baz istasyonlarının denetimi

Baz istasyonlarının, onay verildiği zaman belirlenen parametreler içerisinde çalıştığından emin olunmalıdır.

Hariç bırakılan bölgelerin dışında sınır değerlerin aşılmadığından emin olmak için, tüm baz istasyonlarının, bağımsız ve sürekli olarak denetiminin yapılması gerekir. Baz istasyonları kendileri için belirlenen şartlara uygun olmalıdır. Baz istasyonlarının yayınının sınır değerleri aştığı yada koyulan parametrelerden büyük bir sapma olduğu belirlenirse, o baz istasyonunun uygunluğu gösterilene kadar çalışması durdurulmalıdır. Okulların yakınındaki veya diğer hassas bölgelerdeki baz istasyonlarının denetimine özel bir önem verilmelidir. Bu denetim, baz istasyonlarının çalışma parametrelerine uyup uymadığının ve hariç tutulan bölgelerin belirlenip belirlenmediğinin kontrolünü içermelidir.

8.2.4 Planlama işlemi

Baz istasyonlarının inşasında, inşaat projeleri için uygulanan prosedürler uygulanmamaktadır. Halka danışılmaması, baz istasyonlarından rahatsızlık duyan insanlarda şikayetlere yol açmaktadır ve bu durum kabul edilemez.

Baz istasyonlarının kurulması konusunda network operatörlerine verilen bu geniş imtiyazlar iptal edilmeli ve yeni baz istasyonlarına normal planlama işlemi uygulanmalıdır. Varolan bir baz istasyonunun çıkış gücünde artışa neden olan bir değişiklik olduğu zamanda bu planlama işlemi uygulanmalıdır.

Devlet, planlama işleminin bildirilmesinde kullanılacak bir protokol hazırlamalı ve bu protokol, baz istasyonunun kurulması için izin verilmeden önce dikkatli bir şekilde takip edilmelidir.

Protokol aşağıdaki konuları kapsamalıdır:

- Bütün telekomünikasyon network operatörleri kuracakları baz istasyonlarını yerel yönetimlere bildirmek zorundadırlar. Bu; macrocell, microcell ve picocellerin kurulmasını kapsar.

- Yerel yönetim, halk için de uygun olan, bugüne kadar yapılmış olan bu tür başvuruların listesini tutmalıdır.
- Operatörler, yerel otoritelere şebeke frekansı, antenin toprak seviyesinden yüksekliği, sinyal ve frekans karakteristikleri ve maksimum çıkış gücünün detaylarını vermelidir.
- Baz istasyonunun boyutunun yada yayılan toplam gücün artmasına neden olan her değişim yeni bir gelişmeymiş gibi normal planlama işlemine tabi tutulmalıdır.

8.2.5 Okul çevrelerindeki baz istasyonları

Okul çevrelerindeki yada binalarındaki macrocell baz istasyonları halk arasında tartışılan konulardandır. Öğrenciler bu baz istasyonlarının kira gelirlerinden dolayı olarak faydalanabilirler. Bilimsel verilere göre genel olarak, maruziyet değerlerinin sınır değerlerden küçük olduğu baz istasyonlarına yakın yerlerde yaşayan insanlarda herhangi bir sağlık riskinin olmadığını söyleyebiliriz. Bununla beraber, çocuklar RF radyasyonuna karşı zayıftırlar. Çocukların dış elektromagnetik alanlardan gelen enerjiyi yetişkinlere göre daha çok soğurduğunu gösteren kanıtlar bulunmaktadır. Bir yaşındaki bir çocuk yetişkinlere göre 2 kat daha fazla, beş yaşındaki bir çocuk ise %60 daha fazla enerji soğurur. Ayrıca çocuklar ve gençler küçük yaştan itibaren radyasyona maruz kaldıkları için, yaşamları boyunca büyüklere göre daha çok enerji almış olacaklardır.

Bunun belirlenmesiyle, bazı ülkelerde okul gibi hassas bölgelere macrocell baz istasyonlarının kurulması yasaklanmıştır. Fakat bu tür politikalar her zaman istenilen etkiyi yaratmayabilir. Örneğin, bir okul yakınına kurulmuş macrocell baz istasyonu etrafa yaydığı ışınlar nedeniyle çocuklara, okulun çatısına kurulmuş olan baz istasyonundan daha çok zarar verebilir.

Okul arazisi içinde kurulu olan bir macrocell baz istasyonundan, velilerin ve okul yöneticilerinin izni olmadan okul binasına veya arazisine yüksek şiddette bir RF radyasyonunun temas etmesine müsaade edilmemelidir. Ayrıca, bu izin istenirken konu hakkında yeterli bilgi verilmelidir. Örneğin, antenden hangi uzaklıkta radyasyonun hangi şiddette olduğu belirtilmelidir. Bu, özellikle geniş bir araziye sahip olan okullar için geçerlidir. Önceden kurulmuş olan baz istasyonları içinde yeniden ayarlamalar yapılabilir.

Benzer düşünceler okul arazisinin dışında olup fakat yakınında bulunan macrocell baz istasyonlarına da uygulanmalıdır. Bu durumda, okul yöneticileri ve veliler talep ederlerse, yüksek şiddette bir radyasyonun okul binasına yada arazisine ulaşp ulaşmadığı konusunda

network operatörleri bilgi vermelidirler. Eğer bu doğrudur, network operatörü, radyasyonun nereye geldiğini ve antenden bu noktalara olan en yakın uzaklığı bildirmelidir. Ayrıca RF radyasyonunun şiddeti konusunda da yeterli bilgi verilmelidir. Velilerden ve okul yöneticilerinden bir şikayet olursa, network operatörlerinin antenler üzerinde ayarlamalar yapmaları gerekebilir.

Yukarıda belirtilen gereksinimlerin yerine getirilip getirilmediği yerel yönetimler tarafından kontrol edilmelidir.

8.2.6 Kırsal bölgelerdeki gelişmeler

Kentsel çevrelerde, ana yollarda ve tren yollarında telefon kullanımındaki artışa bağlı olarak yeni baz istasyonlarına olan ihtiyaç artacaktır. Fakat kırsal bölgelerde network operatörlerinin büyümek istemelerinin nedeni, coğrafi olarak daha geniş bir kapsama alanına sahip olmaktır. Bu durumda, operatörler arasında direk paylaşımı konusunda yapılan anlaşmalarla, gerekli olan direk sayısı azaltılabilir.

8.3 Cep Telefonları

Cep telefonu kullanımı antene temas eden dokuları, baz istasyonlarının yaydığı RF radyasyonundan bin kere daha büyük bir RF radyasyonuna maruz bırakabilir. Bugünkü verilere göre cep telefonlarının kullanıcıların sağlığı üzerinde herhangi bir ters etkisi gözlenmemiştir. Fakat bu değerlendirme için deneysel destekler sınırlıdır ve bazı gözlemler dikkatli olunması gerektiğini tavsiye etmektedir.

Son zamanlarda insanlar üzerinde yapılan çalışmalara göre, cep telefonu kullanımı beyin fonksiyonlarında küçük etkiler yaratabilmektedir (Preece vd, 1999; Kavisto vd, 2000; Krause vd, 2000). Bu durum başka araştırmalarla da onaylansa da, bu etkiler hastalık meydana getirmek için yeterli değildir. Başka bir çalışmada ki gözlemlere göre ise, RF radyasyonu tümörlerin gelişimini hızlandırabilmektedir (Repacholi vd, 1997). Bu bulgular tarafsız bir doğrulama gerektirmektedir. Bugün elimizde bulunan veriler henüz güvenilir bir temele dayanmamaktadır. Ancak cep telefonlarının zararlı etkiler yaratması olasılığı azaltılabilir.

Bu belirsizlikler pek problem değildir. Çünkü; insanlar cep telefonu kullanıp kullanmama konusunda kendi seçimlerini yapabilirler. Yalnız, bu seçimi yaparken yeterli bilgiye sahip olmaları önemlidir ve isterlerse maruziyeti azaltmanın yolları konusunda bilgilendirilmelidirler.

8.3.1 Kullanıcılar için bilgiler

İnsanlar cep telefonu seçimi yaparken yeterli bilgiye sahip olmalıdırlar. Bugünkü verilere göre aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır:

- Bugünkü verilere göre, cep telefonları tarafından üretilen RF radyasyonu halkın sağlığı üzerinde direkt olarak kötü bir etki yapmamaktadır.
- Bununla birlikte, bu konuda hala bazı belirsizlikler vardır. Bu yüzden bireyler radyasyona maruz kalma durumunu minimuma indirmek isteyebilirler.
- Bu çeşitli şekillerde yapılabilir. Örneğin, az ve kısa konuşma yapmak.
- Bu şartlarda maruziyetle ilgili ölçüm, SAR (Specific Absorption Rate) değerleridir.
- Maruziyeti azaltmanın bir diğer yolu da kulaklık kullanmaktır.

SAR değerleri için uluslararası bir standart belirlenmesi gündemdedir. Cep telefonlarının SAR değerlerine tüketiciler kolaylıkla ulaşabilmelidirler. Bu aşağıdaki şekillerde yapılabilir:

- Satış noktalarında, telefonun kutusu üzerinde bilgi olarak bulunması
- Değişik cep telefonlarının karşılaştırılmasının yapılması, açıklamalı bilgilerin verilmesi ve bunların kullanım klavuzlarında bulunması
- Telefonun ekranında menü seçeneği olarak, telefonun üzerinde ise etiket olarak bulunması
- Değişik tipteki cep telefonlarının SAR değerlerinin listelendiği ulusal bir web sitesinin bulunması

SAR değerlerinin tüketiciler tarafından yorumlanabilmesi için ölçümün ve uygulamasının açıklamalı olarak verilmesi gerekir. Bu tip bilgiler bazı cep telefonu üreticileri tarafından verilmektedir. Ancak bu işe devlet el atarsa daha etkili olacaktır.

8.3.2 Kılıflar

Kılıflar cep telefonu kullanıcılarının maruz kaldığı RF radyasyonunu azaltmak için kullanılırlar ve bu amaçla değişik tiplerde cihazlar üretilmektedir. Bunların birçoğu için (Örneğin, seramik soğurma cihazları) iddia edilen etkiyi oluşturduklarına dair belirgin bir fiziksel temel ve maruziyeti azalttıklarını doğrulayan ikna edici test sonuçları yoktur.

Cihazlardan biri fiziksel temele sahiptir. Telefonun üzerine monte edilen bir kılıftan oluşur. Kılıfın içinde metalik yada metalik ağ şeklinde bir ekran ve anten için bir koruyucu vardır. Bunlar birlikte telefon tarafından yayılan radyasyonu kısmen süzerler.

Değişik laboratuvarlarda yapılan ve Nisan 2000' de yayınlanan testlerde, cep telefonu sabit güç üretmek için kurulduğu zaman yayılan radyasyon üzerinde bu cihazın etkisi ölçülmüştür. Cihaz, kullanıcıların ayarlayabileceği bir oranda radyasyonu azaltmaktadır.

Normalde bu kılıf radyasyonu bu dereceye kadar azaltmaz. Çünkü bu azaltım uyarlanabilir güç kontrolü nedeniyle (Adaptive Power Control) otomatik olarak yapılır. Cep telefonu zaten maksimum gücünde yada ona yakın bir güçte çalışıyorsa farklı bir durum oluşacaktır. Çünkü baz istasyonundan uzaklık fazladır yada kişi bina içindedir. Bu durumda, baz istasyonundaki sinyal koruyucu tarafından zayıflatılacak ve iletişim kesintiye uğrayacaktır.

Bazı çalışmalar göstermiştir ki; baş hizasındayken radyasyon daha çok azaltılabilir. Öyleyse, kullanıcılar başlarını baz istasyonuna doğru uygun tarafa çevirerek maruz kalmayı azaltabilirler. Fakat bu, ancak kişi baz istasyonunu görebiliyorsa yapılabilir ki, buda olağan bir durum değildir. Testlere göre baş diğer yönlerde ise azaltım çok küçük olacaktır.

Sonuç olarak, pratikte, bu tip bir kılıf kullanan bir kullanıcının maruz kalacağı radyasyondaki azalma çok küçük olacaktır ve eğer kişi baz istasyonundan uzakta ise yada bina içinde, arabada v.s ise sinyaller zayıflayacak ve iletişimde kopmalar meydana gelecektir. Kılıf kullanımı yaygın hale gelirse, çevre üzerinde de birtakım olumsuz etkiler yaratabilir. Çünkü, bu durumda haberleşmedeki kaliteyi sürdürmek için baz istasyonu sayısının artırılması gerekir.

8.3.3 Kulaklıklar

Bir cep telefonundan yayılan RF radyasyonuna maruz kalma, telefon vücuttan uzaklaştırılarak azaltılabilir. Uygun şekilde tasarlanmış kulaklıklarla bu gerçekleştirilebilir. Az yada hiç avantaj elde edilemeyebilir. Telefon baştan bele doğru hareket ettirilirse, bu seferde diğer organlar aynı radyasyona maruz kalabilirler.

Kulaklık sayesinde cep telefonu vücuttan uzak tutulsa bile, radyasyona maruz kalma azalmayabilir. Çünkü telefondan kulağa gelen kablolar radyo sinyallerini kulağa taşıyabilirler veya kendi kendilerine yayabilirler. Kulaklıkların asıl amacı konuşma yapılırken iki elinde kullanılabilmesine izin vermek olduğu için, bunların hepsi düşünüldüğü gibi radyasyona

maruz kalmayı azaltmak için tasarlanmamış olabilir. Nisan 2000 tarihinde yayınlanan rapora göre, test edilen kulaklıklar kullanıcının daha fazla radyasyona maruz kalmasına sebep olabilir. Bunu yanında, büyük ölçüde bir azalmanın olduğunu iddia eden testlerde vardır. Her iki durumda da, net bir şey söyleyebilmek için, ölçüm metodları konusunda yayınlanmış yeterli bilgi bulunmamaktadır. Fakat, doğru kullanıldığı zaman maruziyeti büyük ölçüde azaltacak kulaklıkların tasarlanabileceği düşünülmektedir.

Kılıfların ve kulaklıkların etkileri tam olarak bir netliğe kavuşmamıştır ve halka verilebilecek tek bilgi, bunların üreticileri tarafından verilen bilgilerdir. Devletin, bu cihazların bağımsız bir şekilde test edilmesini ve güvenilirlikleri konusunda tam bir bilgi verilmesini sağlayan ulusal bir sistem kurması gerekir.

8.3.4 Cep telefonlarının çocuklar tarafından kullanımı

Baz istasyonlarının okulların yakınına kurulmasıyla çocukların nasıl etkileneceğinden bahsetmiştik. Cep telefonlarında aynı etki çok daha fazla oluşur.

Çocuklar gelişmekte olan sinir sistemleri nedeniyle daha hassastırlar ve baş dokuları daha fazla enerji soğurur. Ayrıca küçük yaşlardan itibaren cep telefonu ile tanıştıkları için, yaşamları boyunca daha uzun bir süre RF radyasyonuna maruz kalmış olacaklardır. Bu yüzden, cep telefonlarının çocuklar tarafından gereksiz olarak kullanımına engel olunmalı ve çocuklar cep telefonu reklamlarında oynatılmamalıdır.

8.3.5 Hastanelerde cep telefonlarının kullanımı

Daha öncede belirtildiği gibi, hastanelerde ve hassas elektromagnetik cihazların etkilenebileceği yerlerde cep telefonlarının kullanılması tehlikelidir. Hem cep telefonu üreticilerinin hem de hastanelerin insanları bu konuda uymaları yerinde bir tutumdur. Bütün hastanelerde bunun uygulandığından emin olunmalı ve binaların girişine, göze çarpacak şekilde cep telefonlarının kapatılması gerektiğini gösteren uyarıcı levhalar asılmalıdır.

8.3.6 Araba kullanırken cep telefonlarının kullanımı

Araba sürerken cep telefonu kullanmak kaza riskini büyük ölçüde artırmaktadır. Özellikle el ile kullanılan telefonların, seyir esnasında sürücüler tarafından kullanılması yasaklanmalıdır.

Aslında el ile kullanılsın yada kullanılsın, sürücüler araba kullanırken telefonla konuşmamalıdır. Çünkü, kişinin dikkati dağılabilir ve istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir.

8.3.7 Elektronik aletlerle etkileşim

Genel olarak elektronik aletler için elektromagnetik alanlara maruz kalma (Electromagnetic Interference, EMI) sorunu mevcuttur. Tüm elektrikli aletler, çevresinde belli bir mesafede bir elektromagnetik alan oluşturur ve bu, cep telefonlarıyla baz istasyonları için de geçerlidir. Bu aletler belli teknik özelliklerde elektromagnetik dalgalar yayarlar.

Bilinçli yada bilinçsiz bir şekilde oluşan elektromagnetik alan, yakın çevresindeki elektronik aletleri etkileyebilir. Elektromagnetik etkileşim ve düzeyinin riskleri mesafe kadar göndericinin gücü, dalga frekansları ve radyo kaynağından gelen modülasyon türüne bağlıdır. Bütün bunlar elektronik aletlerin etkileşim bağışıklığı içindedir.

Elektronik aletlerin etkileşim bağışıklığını tanımlayan ve aynı zamanda yaydıkları maksimum elektromagnetik gücü belirleyen standartlar vardır. Bunlara elektromagnetik alanların uyum standartları (Electromagnetic Compatibility, EMC) denir.

Bazı şirketler kendi ürettikleri cep telefonlarının ve baz istasyonlarının bu standartları karşıladığını belirtirler de, bir etkileşimin olabileceğini kabul etmektedirler. Örneğin, bazı elektronik aletler EMC standartlarına uyumlu da olsa, yakınındaki bir cep telefonunun elektromagnetik alanından etkilenebilir. Bundan da öte, bazı elektronik aletlerin zaten EMC standartlarına uyumlu olmadığı da bir gerçektir.

Bu etkileşimi yok etmek yada minimuma indirmek için, EMC standartlarının sağlanması şarttır ve çeşitli elektronik alet üreticileriyle cep telefonu üreticilerinin işbirliği gerekir. Bu soruna genel çözüm getirecek ilk yanıt budur. Ayrıca, cep telefonu kullanan kişilerin hastane, uçak gibi yerlerdeki talimatlara uyması gerekir. Bu tür ortamlarda hassas bazı elektronik aletleri elektromagnetik alan etkileşiminden korumak güçtür.

Elektromagnetik alan etkileşimine özellikle konu olan iki alet, kalp pili ve işitme cihazlarıdır (Ericsson, 1997).

8.3.7.1 Kalp pili

Zayıflayan bir kalbin düzenli bir hız kazanması için elektrik uyarılar gönderen bu alet, genellikle kalbin durumuna göre gerekli anlarda takviye yapmak üzere çalışır. Güçlü elektromagnetik alanların bu aleti etkileyebileceği saptanmıştır.

Cep telefonu şebekesindeki baz istasyonları çevresinde oluşan elektromagnetik alanların gücü, bu tür bir aleti etkilemeyecek kadar küçüktür. Ancak bir kısmı cep telefonu üreticileri tarafından başlatılmış uluslararası araştırmalar, cep telefonu anteninin hastanın vücudunda pilin bulunduğu bölgenin tam üstüne doğru tutulması halinde pilin etkilenebileceğini göstermiştir. Ancak bu etkileşimden pilin önemli ölçüde etkilenmediği görülmüştür. Bunlar bilimsel çalışmalardır, şu ana kadar böyle bir vakaya rastlanmamıştır. Bu konudaki kısa dönemli çözüm, toplumu bu konuda uyarmaktır. Önlem olarak kalbinde pil olan bir kişinin kullanım sırasında cep telefonunu pilden en az 15cm uzakta tutması, ve örneğin, göğüs cebinde cep telefonunu taşımaması tavsiye edilmektedir (Ericsson, 1997).

8.3.7.2 İşitme cihazları

İşitme cihazı kullanan kişiler çeşitli elektronik aletlerden dolayı elektromagnetik alan etkileşimini hissetmektedir. Bu cihazların dijital cep telefonları tarafından da etkilendiği bilinmektedir. Dijital cep telefonunun hızlı radyo sinyalleri, yakınındaki bir işitme cihazında bir takım parazit cızırtılara yada uğultulara neden olmaktadır.

Bu tür bir etkileşimin boyutları çeşitli üreticiler ve bağımsız araştırma kuruluşları tarafından incelenmiş ve her tür dijital telefonun işitme cihazını etkilediği görülmüştür. Etkileşimin boyutu işitme cihazının elektromagnetik alanlara karşı bağışıklığına bağlıdır. Kulağın içine yerleştirilen küçük cihazların, kulağın arka kısmına yerleştirilen daha büyük örneklerine kıyasla daha yüksek bir bağışıklığı olduğu anlaşılmıştır.

Araştırma sonuçları, işitme cihazı olan bir kişinin yakın çevresinde dijital bir cep telefonu kullanmasından etkilenme riskinin az olduğunu göstermiştir. Ancak işitme cihazı kullanan kişinin kendisi, tam gücüyle çalışan bir dijital cep telefonunu işitme cihazının takılı bulunduğu kulağına koyarak kullanması halinde, cihazın kesinlikle etkileneceği muhakkaktır. Bugün üretilmekte olan işitme cihazlarının çoğunda bu etkileşim söz konusudur. Bu yüzden, işitme cihazının takılı olduğu kulağa dijital bir cep telefonu yaklaştırılmamalı, ilave bir ekipman yada analog sistemli telefon kullanılmalıdır (Ericsson, 1997).

9. YAPILAN ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Lennart Hardell ve arkadaşlarının 2000 yılında İsviçre’de, radyolojik çalışmaların, x-ışınlarının ve cep telefonlarının beyin tümörünün oluşumu üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada, cep telefonlarının aşırı derecede kullanılarak yüksek bir maruziyet oluşması durumunda beyin tümörü riskini arttırdığı belirtilmiştir.

1999’da Amerikan Sağlık Vakfı’nda Muscat ve arkadaşları beyin tümörlerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Buna göre, henüz beyin kanseri teşhisi konulmuş 465 hasta ve yaş gruplarına göre ayrılmış 421 kişi gözlem altına alınmıştır. Çalışmada, konuşma süresi, kullanım frekansı, kullanım süresi ve toplam frekans (Frekansxsüre) dikkate alınmıştır. Sonuçta, beyin kanseri riskiyle cep telefonu kullanımı arasında bir ilişki gözlenmemiştir. Yapılan histolojik analiz göstermiştir ki; ganlioneuromas / ganglioneuroblastomaslı (Beyin tümörü) 34 hasta için böyle bir bağlantı vardır. Bu 34 hastadan 14’ü cep telefonu kullanıcısıdır. Frekansla veya süre değişkenleriyle ilgisi yoktur.

1999 yılında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Ana Bilim Dalı Biyoelektromagnetik Laboratuvarı’nda deney hayvanları ile gerçekleştirilen ve magnetik alanların biyolojik etkilerinin araştırılması konusunda yapılan çalışmalar sonucunda, magnetik alana (50 Hz) maruz bırakılan kobayların NK sitotoksik aktivitelerinde kontrollere göre istatistiksel anlamlı azalma saptanmıştır. Magnetik alanın Ca^{++} , Mg^{++} ve Na^{+} konsantrasyonlarını arttırdığı, Zn^{++} ve K^{++} konsantrasyonlarını azalttığı belirlenmiştir. Cu^{++} konsantrasyonu ise magnetik alandan etkilenmemiştir. Magnetik alanın beyin dokusunda Cu^{++} ve Mg^{++} konsantrasyonlarını daha fazla olmak üzere Cu^{++} , Zn^{++} , Ca^{++} ve Mg^{++} konsantrasyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir. Magnetik epileptik ataklara etkisi araştırılması sonucunda ise, Magnetik alanın ortalama epileptik atak sayısına, atak süresine, toplam atak süresine ve ölüm oranına istatistiksel anlamda etkili olmadığı saptanmıştır (EKES, 1999).

1998 yılında Flipo ve arkadaşları tarafından Kanada’da yapılan araştırmada, immunocompetent hücrelerinin hücresel fonksiyonlarındaki değişimi gözlemlemek amacıyla, farelerin murine macrophages, dalak lenfositleri ve thymic hücreleri 24 saat süreyle 250-1500 GHz arasında değişen statik magnetik alanlara maruz bırakılmıştır. Araştırma sonucu macrophage fagositozda azalma, lenfosit miyogenik cevapta çekiniklik ve thymocyteslerin apoptotik ölümünde artış gözlenmiştir.

Malyapa ve arkadaşları tarafından DNA'daki tek zincir bozulmalarını incelemek amacıyla 1998'de Amerika'da yapılan çalışmada, sıçanların beyin hücreleri 2450 MHz'de 2 saat boyunca 1.2 W/kg'a maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda, gruplar arasında hücrelerin comet uzunluğu ve comet momenti açısından büyük bir fark gözlenmemiştir.

1998'de Harris ve arkadaşlarının Avustralya'da yaptığı çalışmada, fareler 18 ay boyunca 50 Hz'lik alana maruz bırakılarak, kötü huylu lenfoma endüksiyonu incelenmiş ve tümör oluşturucu herhangi bir etkiye rastlanmamıştır.

1998 yılında Imaida ve arkadaşlarının Japonya'da yaptığı çalışmada karaciğer kanseri araştırılmıştır. Bu amaçla sıçanlar, 6 hafta süreyle TDMA tarafından üretilen 929.2 MHz'de 0.8-0.58 W/kg'a maruz bırakılarak incelemeler yapılmış ve sıçanlarda karaciğer kanserine yol açıcı önemli bir etki tespit edilememiştir. Yine aynı çalışmada, sıçanlar bu kez TDMA'nın ürettiği 1.5GHz ve 0.68-0.453W/kg'a maruz bırakılarak tekrar aynı sonuçlar elde edilmiştir.

1998'de Amerika'da Bruisck ve arkadaşları, 800-3000 MHz arasında RF'nin genotoksikliğini araştırmak için, daha önce yapılmış olan çalışmaları incelemişlerdir. 100'den fazla çalışmanın değerlendirilmesiyle, RF'nin direk olarak mutagenik (Genlerde mutasyon yaratan) olmadığı, ters etkilerin daha çok hipotermada kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Verschaeve ve Maes'in 1998'de Belçika'da yaptığı başka bir çalışmada ise, RF'nin mobil telefon frekanslarındaki genetik toksikliğini araştırmak amacıyla, daha önceki çalışmalar incelenmiştir. Bu araştırmaların çoğuna göre, bu tip bir maruziyet genetik etki üretmemekte ve kansere sebep oluyor gibi de görünmemektedir. Ancak bu konuda daha fazla araştırma yapılmalıdır.

Mild ve arkadaşları 1998'de, GSM ve NMT 900 cep telefonlarını kullanan 9114 İsveçli ve 3200 Norveçli üzerinde; baş ağrısı, yorgunluk, kulaklarda ısınma ve deride yanma gibi etkileri incelemişlerdir. Çalışma sırasında cinsiyet, yaş ve insanların psikososyolojik durumları da dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda, İsveç'te ki GSM kullanıcıları arasında baş ağrısı ve yorgunluk daha az görülmesine karşın, Norveçli kullanıcılarda her iki sistem için (GSM ve NMT) bu şikayetlerin görülme oranı benzerlik göstermiştir. Her iki ülkede de, kulaklardaki ısınma şikayeti NMT kullanıcılarında daha sık görülmüştür. İki sistem için de, bu belirtilerin görülme oranıyla, bir günde yapılan konuşma sayısı ve süresi arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Wagner ve arkadaşları 1998'de, GSM mobil telefon sisteminin kullanılması halinde uykunun nasıl etkilendiğini incelemek amacıyla, 22 Alman erkek üzerinde bir araştırma yapmışlardır.

(Maruziyet şartları; 900 MHz, 217 Hz ile darbeli, 40 cm uzaklıktaki ortalama güç yoğunluğu $0.2W/m^2$). RF'ye maruziyetle birlikte, ilk REM olayının oluşması uzama eğilimindeyken, uyku başlangıcının gecikmesi ve REM uykusu süresi azalma eğilimine girmiştir. Ancak bu değişikliklerin hiçbiri önemli derecede değildir.

1998'de Fransa'da De Seze ve arkadaşları, GSM hücreli telefonlarının (890-900 MHz, maksimum güç 2W), balgam salgılayan hormonlar (Adrenokortikotropik hormonu, tiroid uyarıcı hormon-TSH, prolaktin, lütein hormonu) üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırma esnasında; yaş, mevsimsel değişimler, sigara içip içmeme durumu ve maruz kalma zamanı gibi faktörlerde gözönünde bulundurulmuş ve 18 adet erkek kullanılmıştır. Sonuç olarak, bu hormonların salgılarında sürekli yada artan bir değişime rastlanmamıştır. Sadece TSH konsantrasyonunda %21'lik bir azalma olmuştur. Bu da, psikolojik değişim sınırları içinde kalan bir değişimdir ve maruziyet sonrası periyotta tamamen düzelmiştir.

Rothman ve arkadaşlarının 1998'de Amerika'da 496.460 cep telefonu kullanıcısı üzerinde yaptığı çalışmada ölüme sebebiyet verebilecek olan risk faktörleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, en büyük artışın trafik kazalarında olduğu görülmüştür. Beyin kanserinden kaynaklanan ölümler beklenenden daha çok olmuştur. Fakat bu durumda olan sadece 2 vaka bulunmuştur. Bu da net bir sonuç belirlemek için çok küçük bir sayıdır.

Freude ve arkadaşları 1998'de Almanya'da insanların yavaş beyin potansiyellerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla, GSM (916.2 MHz, ortalama güç 350mW) kullanan 16 erkek üzerinde yapılan incelemede, elektromotor kuvvetine maruz kalmanın, beyinin ön bölgesi hariç, orta ve temporo-parietooccipital bölgelerinde yavaş beyin potansiyelinde büyük bir azalma yarattığı anlaşılmıştır.

1998 yılında Frei ve arkadaşlarının Amerika'da yaptığı çalışmada, kansere yatkın fareler 18 ay boyunca 2450 MHz'de $0.3W/kg$ 'a maruz bırakılıp, hayvan ömrü, meme tümörünün gelişimi, miktarı ve oluşumu açısından incelemeye alınmış ve sonuçta; belirtilen maruziyet şartlarının, tümörün miktarında, gizli tümör başlangıcında, tümör gelişim oranında ve hayvan ömründe önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Aynı çalışma $1W/kg$ için de tekrarlanmış ve yine aynı sonuç elde edilmiştir.

1997'de Toler ve arkadaşları da yine aynı amaçla, kansere eğilimli fareleri 21 ay boyunca 435 MHz'de $0.32 W/kg$ 'a maruz bırakmış ve yine bir sonuç elde edilememiştir.

1997'de Amerika'da Vijayalaxmi ve arkadaşları yine kansere eğilimli fareleri kullanarak, bu kez polikromatik eritrositlerdeki (PCEs) mikroçekirdeklerin miktarını gözlemlemek amacıyla

fareleri, 18 ay boyunca 2450 MHz 'de 1 W/kg'a maruz bırakılmışlardır. RF'ye maruz kalan ve kalmayan farelerin PCEs'lerindeki mikro çekirdeklerin miktarının birbirinden çok farklı olmadığı görülmüştür.

1997'de Lai ve Singh, sıçanların beyin hücrelerini 60 Hz'lik ve akı yoğunlukları 0.1, 0.25 ve 0.5 mT olan alanlara 2 saat boyunca maruz bırakarak, DNA'nın tek zincir bozulmalarını incelemişlerdir. Beyin hücrelerindeki tek ve çift DNA zincir bozulmalarında doza bağlı bir artış gözlenmiştir.

1997 yılında Ivaschuk ve arkadaşları tarafından c-jun ve c-fos genleri (Kanser genleri) üzerindeki etkileri gözlemek için Amerika'da yapılan çalışma da, sıçanları pheochromocytoma hücreleri, TDMA tarafından üretilen 836.55 MHz'e 60 dakika süreyle maruz bırakılmıştır. c-fos seviyelerinde bir değişiklik gözlenmemiş, c-jun seviyeleri ise, 20 dakika süre ile 9mW/cm²'ye maruz bırakıldıktan sonra değişmiştir.

Maes ve arkadaşlarının 1997 yılında Belçika'da yaptığı çalışmada, insan kan hücrelerinin tümü CDMA (Code Division Multiple Access) 'nın ürettiği 935.2 MHz (GSM) ve 0.3-0.4 W/kg'a 2 saat boyunca maruz bırakılmıştır. Kromozomal sapmaları, kromozom parçalarının değiş tokuşunu ve DNA'nın tek zincir kırılmalarını gözlemek için yapılan araştırmada, doğrudan sistojenik bir etki bulunmamıştır.

Vijayalaxmi ve arkadaşlarının kromozomal sapmaların miktarını ve mikro çekirdekleri gözlemek için 1997'de Amerika'da yaptığı çalışmada, insan kanı lenfositleri 2450 MHz'de 12.46 W/kg'a 90 dakika boyunca maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak; mitotik standartlar, kromozomal hasarları gösteren hücrelerin miktarı, değişim sapmaları, çift çekirdekli lenfositler ve mikroçekirdekler konusunda, gerçek ve suni RF'ye maruz kalan lenfositler arasında büyük bir fark gözlenmemiştir.

Antonopoulos ve arkadaşlarının 1997'de Almanya'da yaptığı çalışmada, hücre çevrim gelişimini ve kromozom parçalarının değişim sıklığını gözlemek amacıyla insanların dış lenfositleri, 380 MHz'de 0.08 W/kg'a, 900 MHz'de 0.208 W/kg'a ve 1800 MHz'de 1.7 W/kg'a maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda, tedavi edilen ve kontrol edilen kültürler arasında bir fark gözlenmemiştir.

Stagg ve arkadaşları tarafından 1997 yılında Amerika'da yapılan araştırmada, sıçanların glioma hücreleri, TDMA'nın ürettiği frekans olan 836.55 MHz'de 0.15-59 µW/g'a 24 saat boyunca maruz bırakılmıştır. DNA sentez oranlarının gözlemlendiği bu çalışmada, hücre çoğalma hızında herhangi bir artış saptanmamıştır.

Cain ve arkadaşlarının 1997'de Amerika'da, hücreler arası iletişimdeki zararı tespit etmek için yaptığı çalışmada, 10T I/L ve 10e hücreleri TDMA'nın ürettiği 836.55 MHz'de 0.15, 1.5 ve 15 $\mu\text{W/g}$ 'a 28 gün süre ile maruz bırakılmış ve tümör artışı üzerinde herhangi bir etki gözlenmemiştir.

Malyap ve arkadaşlarının 1997'de Amerika'da yaptığı araştırmada, insanların glioblastoma ve fare hücreleri, 24 saat süreyle 2450 MHz'de 0.7 ve 1.9 W/kg'a maruz bırakılarak, alkalik comet analiziyle DNA'daki hasarlar ölçülmüştür. Ancak memeli hücrelerinde herhangi bir DNA hasarına rastlanmamıştır.

Malyap ve arkadaşlarının aynı yıl yaptığı başka bir çalışmada, yine aynı hücreler bu kez, FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)'nin ürettiği 847.74 MHz'de 0.6 W/kg'a 24 saat maruz bırakılmış ve yapılan alkalik comet analiziyle yine DNA'da bir hasara rastlanmamıştır.

Reepocholi ve arkadaşlarının 1997'de Avustralya'da transgenik fareler üzerinde yaptığı çalışmada, fareler 18 ay boyunca 900 MHz ve 0.3-1.4 W/kg'a maruz bırakılarak lenfoma araştırılmış ve maruz kalan gruplarda bu riskin çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir. (Odds Ratio= 2.4).

Vollrath ve arkadaşlarının 1997'de Almanya'da yaptığı çalışmada, sıçanlar 6 saat boyunca 900 MHz'de 0.06-0.36 W/kg'a, hamsterler ise 0.04 W/kg'a maruz bırakılarak pineal melatonin sentezi araştırılmış ve pineal melatonin sentezi üzerinde kayda değer kısa dönemli bir etki saptanmamıştır.

Yine 1997'de Almanya'da, Fritze ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, sıçanlar 4 saat boyunca 900 MHz'de 0.3'ten 7.5 W/kg'a kadar maruz bırakılmış ve sonuçta, kan-beyin bariyeri geçirgenliğinde patolojik olarak büyük değişimlere rastlanmamıştır.

Hermann ve Hossmann'ın 1997'de Almanya'da yaptığı çalışmada, mikrodalgaların nörolojik etkileri hakkındaki araştırmalar incelenmiş ve sonuçta, mikrodalgalara maruz kalmanın beyinde hastalık yaratma riskini yükselttiğine dair bir kanıt rastlanmamıştır.

Mann ve arkadaşlarının 1997'de 22 sağlıklı kişi üzerinde Almanya'da yaptığı çalışmada, GSM sistemi kullanılması durumunda (900 MHz, 217 Hz ile darbelendirilen ve 40 cm uzaklıkta ortalama güç yoğunluğunun 0.02 mW/cm² olduğu durumda), melatonin, lütein hormonu, kortizol ve büyüme hormonunun gece profilleri izlenmiş ve kortizol üretiminde küçük ve geçici bir artış tespit edilmiş, bundan başka da büyük bir etkiye rastlanmamıştır.

Garaj-Vrhovac ve arkadaşlarının 1996 yılında Hırvatistan'da yaptığı çalışmada, mikro çekirdeklerin sıklığını belirlemek üzere insan kanı lenfositleri, 30 dakika boyunca 415 MHz'e maruz bırakılmıştır. Bu süre sonunda mikro çekirdeklerin sıklığında artma görülmüştür.

Cleary ve arkadaşları tarafından 1996'da Amerika'da yapılan çalışmada, sitolitik T lenfositleri 2450 MHz'de 5-10 W/kg'a 2 saat boyunca maruz bırakılmıştır. Lenfosit çoğalma hızının gözlemlendiği bu deneyde, çoğalma hızında bir değişim ve ısınma olmadığı zaman RF'nin zar sinyal iletimini etkileyebileceği anlaşılmıştır.

Wolke ve arkadaşlarının 1996'da Almanya'da yaptığı çalışmada, izole edilmiş ventriküler kalp miyositlerinin kalsiyum homeostasisini gözlemlemek amacıyla, kobayların kalp miyositleri, 500 saniye süreyle 900 MHz, 1300 MHz ve 1800 MHz'e maruz bırakılmıştır. Sonuçta ise, yüksek frekanslı alanlara maruz kalan hücrelerle diğerleri arasında bir fark bulunamamıştır.

Singh ve Bate'nin 1996'da Kanada'da domuzlar üzerinde yaptığı çalışmada, PIM (Pulmonary Intravascular Macrophage) cevabı incelenmiştir. Bu amaçla domuzlar 24 saat boyunca 915 MHz'e (Enfraruj, düşük ve yüksek mikrodalgalar) maruz bırakılarak, düşük mikrodalgada PIM'deki aktivitede artma, yüksek mikrodalgada ise solunum interstitiumda bazı hasarlar olduğu tespit edilmiştir.

Balode'nin 1996'da Letonya'da, Skrunda radyo yerleşim istasyonu radyasyon bölgesinde yaşayan inekler üzerinde, dış eritrositlerdeki mikroçekirdeklerin oranını araştırdığı çalışmasında (154-162 MHz'lik RF'ye en az 2 yıl maruz kalmış hayvanlar üzerinde), dış eritrositlerdeki mikroçekirdeklerin sıklık dağılımında, kontrol edilen gruplarla maruz kalan gruplar arasında büyük farklılıklar görülmüştür.

Rothman ve arkadaşları Amerika'da 1996 yılında cep telefonu kullanan 250.000 kişi arasında, toplam ölüm oranını araştırmışlar ve ölüm yaşlarının benzerlik gösterdiğini, ayrıca ölüm oranının uzun vadedeki artışıyla RF'ye maruz kalmanın bağlantılı olmadığını belirlemişlerdir.

Lai ve Singh'in 1995'te Amerika'da, DNA'daki tek zincir kopmalarını araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, sıçanların beyin hücreleri 2 saat süreyle 2450 MHz ve 1.2 W/kg'da bırakılmıştır. Çalışma sonucunda, tek ve çift zincir kopmalarında bir artış olduğu gözlenmiştir.

ILS ve SRI laboratuvarlarında, aynı tipteki bakteriyel kültürlerde ters mutasyon oluşumu araştırılmıştır. Bu amaçla kültürler, ilk önce 3 saat boyunca analog sistemde 837 MHz,

CDMA ve TDMA modlarında 1, 2.5, 5, 10 W/kg'a daha sonra PCS modunda 1909.8 MHz'de 1, 1.5, 2.5, 3.3, 5, 5.1, 9.6 ve 10 W/kg'a maruz bırakılarak yapılan gözlemler sonucunda genlerde herhangi bir mutasyona rastlanmamıştır.

Yine aynı laboratuvarların yaptığı başka bir deneyde ise, memeli hücre kültürleri (Farelerin lenfoma hücreleri) aynı maruziyet şartlarına bırakılarak, bozulmalar ve nokta mutasyonu oluşumu incelenmiş ve yine genlerde mutasyon bulunamamıştır.

Kromozomal sapmaları belirlemek için yaptıkları çalışmalarda, insan kanı lenfositleri 837 MHz, analog sistemde, TDMA ve CDMA modunda 3 saat boyunca 1, 2.5, 5, 10 W/kg ve 21 saat boyunca 10.2 W/kg'a, 1909.8 MHz, PCS modunda 3 saat boyunca 1.2, 2.9, 5, 10.1 W/kg ve 21 saat boyunca 10.2 W/kg'a, 837 MHz'de analog modda 3 saat boyunca 1, 2.5, 5, 10 W/kg'a ve 21 saat boyunca 10 W/kg'a maruz bırakılmıştır. Sonucun klastojenik olmadığı görülmüştür.

Ökoryot hücrelerdeki DNA hasarını tespit etmek için ILS laboratuvarında yapılan çalışmada, insan kanı akyuvarları 837 MHz'de analog ve TDMA modunda 3 saat süreyle 1, 2.5, 5, 10 W/kg ve 10 W/kg'da 10 saat tutulmuş ve DNA'larda hasar gözlenmemiştir. Maruziyet şartları CDMA moduna göre ayarlandığı zaman ise, ILS ara raporunda, 3 saatlik maruziyet için DNA göçünde şüpheli bir artış olduğu ve ilave bir test yapılması gerektiği, 24 saatlik maruziyette ise DNA'da herhangi bir hasar oluşmadığı bildirilmiştir. Aynı deney maruziyet şartlarının PCS modunda 1909.8 MHz ve 3 saat süreli 1.6, 2.9, 5.1, 10.3 W/kg ve 24 saat süreli 10.1 W/kg olması durumu için tekrarlanmış ve yine DNA'da hasar tespit edilmemiştir.

Yine ILS laboratuvarında yapısal ve sayısal açıdan DNA hasarları ve mikroçekirdek oluşumu incelenmiştir. Bu amaçla insan kanı lenfositlerindeki çift çekirdekli mikroçekirdek hücreleri, 837 MHz analog, TDMA modunda 3 saat 1, 2.5, 5, 10 W/kg'a ve 24 saat 5, 10 W/kg'a maruz bırakılmıştır. 3 saatlik maruziyette lenfosit oranında bir artış olmamıştır. 24 saatlik maruziyette ise lenfosit oranında büyük bir artış olmuştur ki; bu da genetik toksikliğe yol açan bir durumdur. Maruz kalma şartlarının; CDMA modunda 837 MHz, 1, 2.5, 5, 10 W/kg için 3 saat ve tekrar 10 W/kg'da 24 saat, 1909.8 MHz'de ise PCS modunda 3 saat 1.6, 2.9, 5.1, 10.1 W/kg ve 10.3 W/kg'da 24 saat olması halinde aynı deney tekrar edilmiştir. ILS'nin bu deneyler için yayınladığı raporda, öbür deneydeki sonuçların aynısının elde edildiği ve ilave testlere ihtiyaç olduğu belirtilmektedir.

ILS ve UW laboratuvarları prokoryot hücrelerdeki DNA hasarlarının araştırmak için, bu kez sıçanların beyin hücrelerini 3 saat boyunca 837 MHz analog modda 1, 5, 10 W/kg'a maruz

bırakarak deneyi gerçekleştirmişlerdir. ILS'nin yayınladığı sonuç raporunda DNA göçünde büyük bir artışa rastlanmadığı, UW raporunda ise, sonuca varmadan önce daha büyük bir numune ile ilave testlerin yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Yapılan çalışmaların incelenmesiyle elde edilen verilere göre, cep telefonlarının kullanıldığı frekanslarda ki alanlara maruz bırakılan canlı hücrelerin %25'inin fonksiyonlarında değişim gözlenmiştir. Ancak gözlenen bu değişimlerin çoğu çok küçük mertebededir ve cep telefonlarının insan sağlığı üzerinde kesin olarak zararlı etkisi olduğunu söyleyebilmemiz için çok yetersizdir.



10. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Telekomünikasyon endüstrisi global olarak büyük bir gelişme göstermektedir. Bu gelişmeler beraberinde yeni teknolojilerin uygulanmasını ve ekonomik etkinliklerin artışı getirmiştir. Bu sektör içinde en büyük gelişme cep telefonlarında yani kablosuz haberleşmede olmuştur.

1980'lerin sonunda bütün Avrupa'da abonelere daha iyi servis sağlamak amacıyla 2. jenerasyon mobil haberleşme için standartlar belirlenmiş ve bu, dijital teknolojiyi kullanan Global System for Mobile Telecommunications (GSM) olarak adlandırılan yeni bir standart geliştirilmesiyle başarılmıştır. Bu sistem, şimdi 137 ülkede 340 network için çalışma prensibidir. GSM sistemi bütün dünyada kullanılmasına rağmen Avrupa'da diğer bölgelerden daha çok abone vardır. Bununla birlikte Asya Pasifik bölgesi gibi diğer bölgelerde de yaygın biçimde kabul edilmiştir (Şekil 2.1).

Avrupa'da en büyük pazar payı %60 ile Finlandiya ve İskandinav ülkelerindedir (Şekil 2.3). Bununla birlikte geçtiğimiz yıllarda bütün batı Avrupa ülkeleri cep telefonu kullanımında hızlı bir gelişme kaydetmiştir

GSM teknolojisinin gelişmesiyle ve piyasada rekabetin artmasıyla beraber 1990'lı yıllarda abonelerin sayısında sürekli bir artış olmuştur. Şu an İngiltere'de yaklaşık 25 milyon, Amerika'da 80 milyon cep telefonu kullanıcısı vardır. Türkiye'de bu sayı 20 milyon civarındadır ve nüfusun üçte birine karşılık gelmektedir. Dünya çapında ki abone sayısı ise 500 milyon civarındadır. Bu sayının 2003 yılına kadar 700 milyonu bulacağı tahmin edilmektedir.

Cep telefonu teknolojisinin kullanımındaki son trendlerle önümüzdeki 3 veya 5 yıl içerisinde GSM abonelerinin sayısının bütün dünyada artacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2.4).

Önümüzdeki 3 yıl içinde 3. jenerasyon cep telefonları piyasaya girecektir. Bu ise Universal Telecommunication System (UMTS) denilen yeni bir çalışma standartının kullanımını getirecektir. Böylece operatörler multimedya servislerinin tamamını verebilecektir.

Bu yeni teknolojinin yaygın biçimde kullanımı, bunların insan sağlığına etkileri konusunda birçok soru akla getirmektedir.

Bu konuda yapılan deneysel çalışmaların incelenmesinden elde edilen verilere göre, cep telefonlarının kullanıldığı frekağı frekana maruz bırakılan canlı hücrelerin %25'inin fonksiyonlarında değişim gözlenmiştir. Ancak gözlenen bu değişimlerin çoğu çok küçük

mertebededir ve cep telefonlarının insan sağlığı üzerinde kesin olarak zararlı etkisi olduğunu söyleyebilmemiz için çok yetersizdir. Ancak ileride böyle bir zararın kanıtlanabileceği ihtimali gözönünde bulundurularak önlem almak ve konuya duyarlı yaklaşmak gerekmektedir.

Cep telefonlarından yayılan elektromagnetik alanlara maruz kalma konusunda, temel alınacak sınır değerler, SAR (Specific Absorption Rate) değerleridir. SAR, dokunun iletkenliğine, yoğunluğuna ve elektrik alana bağlıdır. Farklı tipteki dokuların iletkenliği farklı olduğu için, SAR vücutta bölgeden bölgeye değişir. Tüm vücut için, ölkemiz dahil birçok ölkede kabul edilen SAR sınır değerleri, halk maruziyeti için 0.08W/kg, mesleki maruziyet için 0.4W/kg'dır (ICNIRP'nin verdiği değerler).

Çocukların yetişkinlere göre iki kat daha fazla enerji soğurdukları bilimsel olarak kanıtlanmış bir gerçektir. Çocukların dokuları fazla iyon içerir ve dolayısıyla doku iletkenliği yüksektir. Bu da SAR değerlerinin daha yüksek olması anlamına gelir. Bu nedenle cep telefonlarının çocuklar tarafından gereksiz yere kullanılması önlenmeli ve gereken bilgiler verilmelidir. Yetişkinler ise, konuşma süresini mümkün olduğunca kısa tutarak cep telefonlarından yayılan radyasyona maruziyeti azaltabilirler. Ayrıca hastanelerde, uçaklarda ve araba sürerken cep telefonları kullanılmamalıdır.

Kalp pilinin elektromagnetik alanlardan etkilendiği gerçektir. Cep telefonu şebekesindeki baz istasyonları çevresinde oluşan elektromagnetik alanların gücü, bu tür bir aleti etkilemeyecek kadar küçüktür. Ancak bir kısmı cep telefonu üreticileri tarafından başlatılmış uluslararası araştırmalar, cep telefonu anteninin hastanın vücudunda pilin bulunduğu bölgenin tam üstüne doğru tutulması halinde pilin etkilenebileceğini göstermiştir. Önlem olarak kalbinde pil olan bir kişinin kullanım sırasında cep telefonunu pilden en az 15cm uzakta tutması ve göğüs cebinde cep telefonunu taşımaması tavsiye edilmektedir.

Telefonların SAR değerleri satış noktalarında tüketicilere sunulmalı ve telefon ekranında da menü seçeneği olarak bulunmalıdır. Ayrıca devlet tarafından değişik tipteki cep telefonlarının SAR değerlerinin bulunduğu ulusal bir web sitesi kurulmalıdır.

120°'lik bir bölüme 60 W güç veren bir anteni taşıyan 10 m uzunluğundaki bir direktten 50 m uzaklıktaki bir noktada, ana ışının içerisindeki maksimum şiddet yaklaşık 100 mW/m^2 dir. Bu da, 5 V/m ve 0.02 μ T olan elektrik ve magnetik alanlara eşittir ve yaklaşık olarak telefon anteninden 2.2 cm uzaklıktaki alanlardan 50-100 kere daha küçüktür. Baz istasyonlarından yayılan düşük seviyelerdeki RF radyasyonu sağlık üzerinde önemli bir ters etki

yaratmıyormuş gibi görünse de, maruziyetten kaynaklanan zarar verme ihtimalinin dokularda büyük bir ısınmaya sebep olmak için yetersiz olduğu henüz güvenilir bir şekilde ortaya çıkarılamamıştır. Dahası, bu belirsizlik gözardı edildiği zaman bazı insanlar bundan kaygı duyabilir ve ruhsal olarak etkilenebilir.

Baz istasyonlarının kurulması konusunda network operatörlerine verilen geniş imtiyazlar iptal edilmeli ve bu konu birtakım kurallara bağlanmalıdır. Bir bölgeye baz istasyonu kurulurken, orada oturan insanların kesinlikle rızası alınmalıdır. Aksi takdirde bu durum, insanları tedirgin edebilir. Baz istasyonları için çalışma parametreleri belirlenmeli ve bu parametrelere uyulup uyulmadığı yerel yönetimler tarafından kontrol edilmelidir. Uymayan baz istasyonlarının çalışması derhal durdurulmalıdır. Baz istasyonlarının etrafındaki bölgelerde gerekli ölçümler yapılarak, maruziyet sınırlarını aşan yada çok yaklaşan yerler boşaltılmalı ve uyarıcı levhalarla çevrilmelidir. Okul çevrelerine kurulan baz istasyonları için okul yönetimlerinden ve velilerden izin alınmalı, talep ederlerse, ilgili network operatörü tarafından her türlü bilgi verilmelidir. Yerel yönetimlerce, kurulan baz istasyonlarının kayıtları tutulmalı ve devlet tarafından ülkedeki tüm baz istasyonlarına ait bilgilerin (Örneğin, hangi coğrafi bölgede oldukları, çıkış güçleri, ait oldukları network operatörleri, ilettime başladıkları tarih, frekans aralığı v.b) bulunduğu ulusal bir veri tabanı kurulmalı ve bu bilgiler herkesin anlayabileceği formda olmalıdır.

TRC YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.
DONDURULMUŞ HESAPLAR

KAYNAKLAR

Canseven, A.G. ve Atalay, N.S., (1999), "Magnetik Alanların Dokuya Etkisi", Bilişim Toplumuna Giderken Elektromagnetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu, 11 Kasım 1999, Ankara.

Dimbloy, P.J. ve Mann, S.M. (1994), "SAR Calculations an Anatomically Realistic Model of the Head for Mobile Communication Transceivers at 900 MHz and 1.8 GHz", Phys Med Biol, 39:1537.

Ericsson, (1997), Cep Telefonu Kullanımında İnsan Sağlığı ve Güvenlik, Stockholm.

IEGMP, (2000), Report- Mobile Phones and Health, Independent Expert Group on Mobile Phones. ([http:// www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm](http://www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm))

Krause, C.M., Sillanmaki, L., Kavisto, M., Haggqvist, A., Saarela, C., Revonsuo, A., Laine, M.ve Hamalainen, H. (2000), "Effects of Electromagnetic Field Emmited by Cellular Phones on the EEG during a Memory Task", Neuroreport, 11:761.

Nokia, (1999), Eğitim Notları, Nokia Training Service.

Pederson, G.F. ve Anderson, J.B. (1999), "RF and ELF Exposure from Cellular Phone Handsets: TDMA and CDMA systems", Radiat Prot Dosim, 83:131.

Preece, A.W., Iwi, G., Davies, A., Wesnes, K., Butler, S., Lim, E. ve Varey, A. (1999), "Effect of a 915 MHz Simulated Mobile Phone Signal on Cognitive Funtion in mann", Radiat Biol, 75:447.

Repacholi, M.H. ve Cardis, E. (1997), "Criteria for EMF Health Risk Assessment", Radiat Prot Dosim, 72:305.

Sanalan, Y., (1999), "Nükleer Olmayan Radyasyon da Var", Bilişim Toplumuna Giderken Elektromagnetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu,11 Kasım 1999, Ankara.

Sevgi, L. (2000), "Elektromagnetik Kirlilik, Cep Telefonları ve Baz İstasyonları", Elektrik Mühendisleri Odası, 40(406):8-10-11.

Turgut, G. ve Yazgan, E., (1999), "Canlılar ve Haberleşme Sistemlerinde Elektromagnetik Kirlilik ve İlgili Standartlar", Bilişim Toplumuna Giderken Elektromagnetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu, 11 Kasım 1999, Ankara.

[http:// www.medscape.com / medscape / GeneralMedicine / Journal / 2000 / v02.n04 / mgm0731.carl / tab-mgm0731.carl.html](http://www.medscape.com/medscape/GeneralMedicine/Journal/2000/v02.n04/mgm0731.carl/tab-mgm0731.carl.html).

[http: // www.medscape.com / medscape / GeneralMedicine / Journal / 2000 / v02.n03 / mgm0504.hard / pnt-mgm0504.hard.html](http://www.medscape.com/medscape/GeneralMedicine/Journal/2000/v02.n03/mgm0504.hard/pnt-mgm0504.hard.html).

[http: // ee.tamu.edu / eml / AP. S / comar / ANSI standar1.pdf](http://ee.tamu.edu/eml/AP.S/comar/ANSIstandar1.pdf).

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	19.03.1977	
Doğum yeri	Sivas	
Lise	1991-1994	Sakarya Ali Dilmen Lisesi
Lisans	1994-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fak. Elektrik Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Anabilim Dalı
Çalıştığı kurum	2001-Devam ediyor	Donanma/Gölcük

