

Ekonomi, Fonksiyon ve Sağlık Açısından Optimum Mobil İletişim Sistemi Tasarımı

Prof. Dr. Hasan AMCA ve Hüseyin AŞIK
Doğu Akdeniz Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
hasan.amca@emu.edu.tr, huseyin.asik@emu.edu.tr,
Mağusa - KKTC

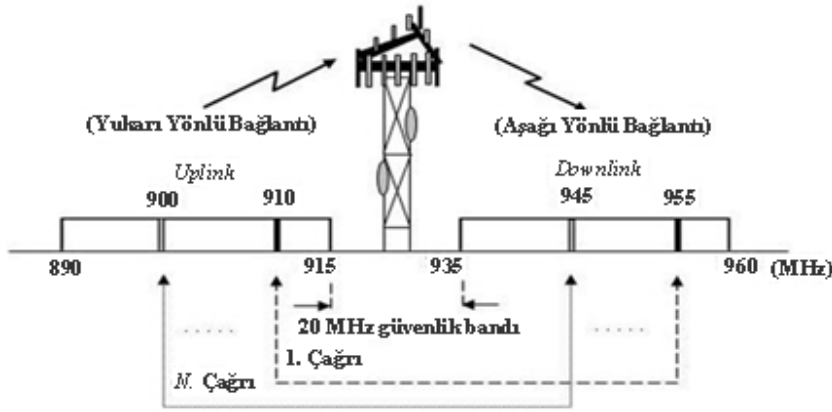
Özet: *Bu araştırma, Baz-İstasyonlarından ve özelde Cep-Telefonları genelde de Mobil İletişim Cihazlarından yayılan elektromanyetik alanların kanser ile ilişkisinin incelenmesi ve olası olumsuz etkilerinin azaltılması konusunda yapılacak önerilerden oluşmaktadır. Yapılan birçok çalışma birbirleri ile çelişmesine rağmen, Dünya Sağlık Örgütü, elektromanyetik alanlar insan sağlığı açısından “bir ihtimal kanserojendir” ibaresini kullanarak kanser açısından 2B gurubuna dahil etmiştir [1]. ICNIRP’nin yayınladığı Baz-İstasyonlarından ve Cep-Telefonlarından kaynaklanan elektromanyetik alanların insan sağlığını etkilediği sınır değerleri hala tartışılmaktadır [2]. Burada esas olarak Baz-İstasyonlarının ve Cep-Telefonlarının mümkün olan en düşük güç seviyesinde çalışabilmesi için Baz-İstasyonlarının yerleşkesinin önemi üzerinde durulmuştur. Yerleşke tasarımı yapılırken halkın sağlığıyla ilgili endişeleri ve servis sağlayıcılarının ekonomi ve fonksiyon açısından hassasiyetleri de dikkate alınmıştır.*

1. Giriş

Günümüzde Mobil İletişim sektöründe meydana gelen teknolojik yenilikler ve gelişmeler, Baz İstasyonlarından yayılmakta olan elektromanyetik alanların olumsuz etkilerini yeniden gündeme getirmiştir. Dünya genelinde bu alanda yapılan pek çok bilimsel araştırma sonucunda ise Baz İstasyonlarından yayılmakta olan elektromanyetik alanların kansere yol açıp açmadığı konusunda bir uzlaşmaya varılabilmiş değildir. Bu da toplumlara, vazgeçilmez bir parçamız haline gelmiş olan iletişim araçları ve insan sağlığı arasında bir tercih yapmak durumunda bırakmıştır. Bu ikilemin ortadan kaldırılması ancak Baz İstasyonlarının doğru miktarda ve düşük kaynak gücünde tasarlanması ile mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu noktada toplum sağlığı ile ilgili çalışmalar yapan Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (UKAA/IARC)’nın Cep Telefonları ile ilgili görüşüne değinilmesi gerekmektedir. Mayıs 2011’de Fransa’nın Lyon şehrinde bir araya gelen 31 bilim insanı, bu güne kadar toplanan verileri değerlendirerek bu konuda bir sonuca varmıştır. DSÖ yayınladığı raporunda, Cep Telefonları için ‘bir ihtimal kanserojendir’ açıklamasını yaparak, Cep Telefonlarını 2B olarak bilinen gruba koymuş ve aslında sanıldığı kadar da olumsuz etkilerinin olmadığını, hatta bir ‘bebek pudrası’, ‘kahve’ veya ‘turşu’ kadar kanserojen olduğunu gözler önüne sermiştir. DSÖ, Cep Telefonu kullanımı sonucunda bir kanser vakasının görülmesinin ise yalnızca çok yüksek dozajda ve uzun süre maruz kalınması sonucunda ortaya çıkabileceğini vurgulamıştır [1]. Diğer bir yandan, ideal bir Mobil İletişim sistemi tasarlanabilmesi için, Baz İstasyonlarının sağlık boyutunun yanı sıra, ekonomik sonuçlarının da değerlendirilmeye tabi tutulması gerekmektedir. Olumlu bir ekonomik sonuç elde edebilmek de Baz İstasyonlarının, seçilmiş olan bölgenin yüz ölçümü ve nüfusunun göz önünde bulundurulması ve bu doğrultuda doğru miktarda, mümkün olan en düşük güç seviyesinde kurulmaları gerekmektedir.

2. Gazimağusa Şehri İçin İdeal Baz İstasyonu Tasarımının Ekonomik, Fonksiyonel ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi ve Değerlendirmede Kullanılacak Olan Verilerin Hata Sinyal Kaybı Modeline Göre Hesaplanması

2.1. Bir Baz İstasyonundan Cep Telefonu İle Aynı Anda Konuşabilecek Maksimum Kişi Sayısının Hesaplanması:



Şekil 1. GSM 900 Baz İstasyonunun frekans band gösterimi

Şekil 1’de de görülebileceği üzere, GSM 900 Baz İstasyonlarına ait frekans bandı; 25MHz Uplink (Mobil Telefonda Baz İstasyonuna doğru iletim yolu), 25 MHz Downlink (Baz İstasyonundan Mobil Telefona doğru iletim yolu) olmak üzere iki frekans bandına ayrılmıştır. Bu iki bandın arasında ise 20 MHz’lik bir koruma bandı bulunmaktadır.

25 MHz’lik frekans bantları aynı zamanda 125 adet 200KHz’lik konuşma bantlarına ayrılmıştır FDMA (25000 kHz / 200 kHz = 125 kanal).

Ülkemizde bulunan iki operatör toplamda 22 MHz’lik olan frekans bantlarını eşit miktarda kullanmaktadır. Bu da 55’er kanal anlamı gelmektedir (11000 kHz / 200 kHz = 55).

GSM Mobil Sistem tasarımının, 1 aboneye ait konuşma bilgisini en iyi şekilde taşıyabileceği bant genişliği 25 KHz olarak bilinmektedir.

Zamanda Çoğullama Teknikleri (TDMA) kullanılarak bir aynı anda bir operatörden maksimum kaç abonenin konuşabileceği hesaplanabilmektedir (200KHz/25KHz= 8 zaman kanalı). Bu da bize aynı anda maksimum 440 abonenin konuşabileceği verisini sağlamaktadır (55*8 = 440 abone) .

2.2 İdeal Baz İstasyonu Sayısının Hesaplanmasında Yüz Ölçümü ve Nüfusun Önemi

Günümüzde Cep Telefonları insanların birbirleri ile iletişim kurabilmeleri açısından oldukça önemli araçlar haline gelmiştir. Bu noktada nüfusun yüzde kaçının aynı anda Cep Telefonu ile konuşabileceğinin hesaplanması, ideal bir Baz İstasyonu tasarlama konusunda öncelikli olarak düşünülmesi gereken durumlardan biri konumuna gelmiştir. Baz İstasyonu tasarımları, tasarlandıkları bölgelerin yüz ölçümü ve nüfus dağılımı göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Baz İstasyonları ancak buldukları yerleşim bölgelerinde yaşamakta olan kişilerin tamamının aynı anda konuşabilmesini sağladıkları takdirde ideal birer tasarım olabilecektir. Bu nedenle, kaç adet ve kaç Watt kaynak gücünde olacaklarını hesaplarken, yerleşim bölgelerindeki nüfusun %100’ü dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda, Baz İstasyonlarının dağılımı yapılırken, yerleşim bölgeleri ve yerleşimin olmadığı ya da daha az olduğu bölgeler de dikkate alınmalıdır. Bu sayede nüfusun tamamının aynı anda konuşabilmesi öngörülmüş ve sağlanmış olurken, Baz İstasyonlarının dağılımı konusunda yerleşim bölgeleri ve yoğunlukları da dikkate alınacağından sağlık açısından daha olumlu bir model tasarlanmış olacaktır.

2.3 Gazimağusa Şehri İçin Maksimum(40 Watt) ve Minimum(2 Watt) Kaynak Güçleri Kullanılarak Bir Baz İstasyonunun Etkin Hücre Yarı Çapının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi:

Bir Baz İstasyonunun etkin hücre yarı çapını hesaplamak için European Telecommunications Standard Institute (ETSI) tarafından referans alınan Hata Sinyal Kaybı Modeli’ni kullanmamız gerekmektedir. [6]

$$L (dB) = P_t - S_r - M \quad (1)$$

$L (dB)$, P_t , S_r , M değişkenlerinin anlamı, L = Sinyal kaybı sınırı (dB), P_t = Baz İstasyonundan iletilen güç (Watt), S_r = Cep Telefonu alıcı hassasiyeti ve M = Güç sınırı, normal ve operasyon güç kaybına göre 1dB ile 3dB arasında değişiklik göstermektedir.

2.3.1 Maksimum Kaynak Gücü (40 Watt)

40 Watt kaynak gücüne sahip bir Baz İstasyonun etkin hücre yarı çapının hesaplanması:

Bu doğrultuda; $P_t = 40$ Watt, $S_r = -102$ dB, $M = -0.6$ dB olduğu düşünülmüştür ve sinyal kaybı L (dB) = 142.6 olarak hesaplanmıştır.

Gazimağusa, Hata Sinyal Kaybı Modeline göre; açık ve kalabalık bir şehir olarak düşünülmüştür. Buna göre aşağıdaki denklem ve bu denklemin açılımları verilmiştir.

$$L \text{ (dB)} = L_u - D \quad (2)$$

$$L_u \text{ (dB)} = 69.55 + 26.16 * \log(f) - 13.82 * \log(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55 * \log(H_b)] * \log(d)$$

$$f = 900 \text{ MHz}, H_m = 1.5 \text{ m ve } H_b = 30 \text{ m}$$

$$a(H_m) = 3.2 * [\log(11.75 * H_m)]^2 - 4.97 = 3.2 * [\log(11.75 * 1.5)]^2 - 4.97 = 9.19 * 10^{-4}$$

$$D = 4.78 * [\log(f)]^2 + 18.33 * \log(f) + 40.94 = 4.78 * [\log(900)]^2 + 18.33 * \log(900) + 40.94 = 28.05641809$$

Etkin hücre yarı çapının hesaplanması için formülde bazı düzenlemeler yapılmıştır ve buna göre denklem 3 kullanılmıştır.

$$\log(d) = \frac{L \text{ (dB)} + D - I}{T} \quad (3)$$

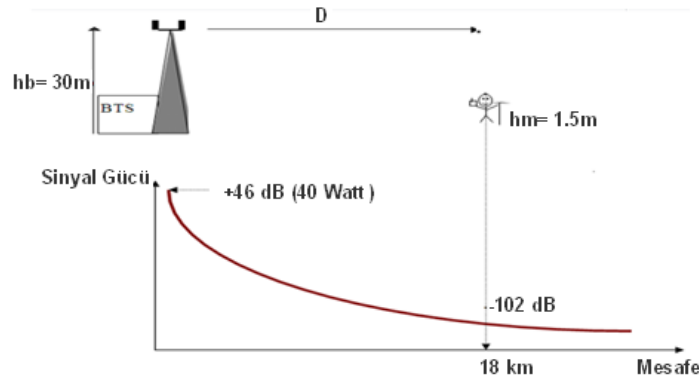
Denklem 3'ün açılımları ve hesaplamaları şu şekilde yapılmıştır;

$$I = 69.55 + 26.16 * \log(f) - 13.82 * \log(H_b) - a(H_m) = 69.55 + 26.16 * \log(900) - 13.2 * \log(30) - (9.19 * 10^{-4}) = 126.4182493$$

$$T = [44.9 - 6.55 * \log(H_b)] = 44.9 - 6.55 * \log(30) = 35.22485578$$

$$\log(d) = \frac{L \text{ (dB)} + D - I}{T} = \frac{142.6 + 28.05641809 - 126.4182493}{35.22485578} = 1.233879345 \text{ ve buradan etkin hücre yarı çapı } 18 \text{ km}$$

hesaplanmıştır. Denklem 3'te yapılan hesaplamalara göre; GSM 900 MHz bandında, yüksekliği 30 m ve kaynak gücü 40 Watt olan Baz İstasyonu ile yüksekliği 1.5 metre ve kaynak gücü 2 Watt olan Mobil Telefonun, Hata Sinyal Kaybı Modeline (Hata Path Loss Model) göre; etkin hücre yarı çapı 18 km olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. 40 Watt kaynak gücü için; etkin hücre yarı çapı mesafesinin gösterimi

Şekil 2'de belirtildiği gibi Mobil Telefon ve Baz İstasyonunun sinyallerinin minimum alışı seviyesi -102 dB'dir. Bu seviyeden daha düşük güçte gelen sinyaller işlenememektedir. Radyo dalgalarının eriştiği bu minimum seviyede, 40 Watt kaynak gücü olan Baz İstasyonunun etkin hücre yarı çapı (effective cell radius) 18 km'dir.

Bu hesaplama göre, 40 Watt kaynak gücüne sahip olan bir Baz İstasyonunun etkin hücre yarı çapı 18 km, bir altın hücrenin alanı ise 750 km^2 ($2.5981 * (17)^2 = 750 \text{ km}^2$)'dir. Bu işleme göre, 997.44 km^2 lik yüz ölçümüne sahip olan Gazimağusa şehri için **1.32 Baz İstasyonu** gerekeceği anlaşılmaktadır ($997.44 \text{ km}^2 / 750 \text{ km}^2 = 1.32$). Bir Baz İstasyonu aynı anda 440 kişinin konuşabilmesini sağlamaktadır. Ancak, 1.32 Baz İstasyonu yalnızca **585** kişinin aynı anda konuşabilmesine olanak sağlayabilecektir ($1.32 * 440 = 585$).

Gazimağusa'nın yüzde 100'ünün aynı anda konuşabilmesi için yaklaşık 159 Baz İstasyonun ideal bir çözüm olacağı düşünülürken, 40 Watt kaynak gücü kullanılarak elde edilecek olan 1.32 Baz İstasyonun kullanılması Gazimağusa için yetersiz olacaktır. Bunun yanı sıra, Gazimağusa'nın yüz ölçümü ele alınırsa, 159 adet, 40 Watt

kaynak gücüne sahip Baz İstasyonları 119250 km²'lik bir bölgeyi kapsayacaktır (159*750 km²= 119250 km²). Gazimağusa'nın yüz ölçümünün 997.44 km² olduğuna göre, yaklaşık olarak 119 katı bir bölgeye kapsama alanı sağlamak ekonomik külfeti ve sağlık için doğuracağı olumsuz etkileri düşünüldüğü zaman sorunlu bir tasarım olduğu görülecektir.

2.3.2 Minimum Kaynak Gücü (2Watt)

2 Watt kaynak gücü olan bir Baz İstasyonunun etkin hücre yarı çapı 1.5 km, bir altıgen hücrenin alanı ise 5.85 km² (2.5981*(1.5)²= 5.85 km²)'dir. Bu işleme göre, 997.44 km²'lik yüz ölçümüne sahip olan Gazimağusa şehrinde yaklaşık **170 adet Baz İstasyonun** bulunacağı görülmektedir (**997.44 km² / 5.85 km² = 170**). Bir Baz İstasyonu sayesinde aynı anda 440 kişi konuşabildiğine göre, 170 Baz İstasyonu **74800** kişinin aynı anda konuşabilmesini sağlamaktadır. Ancak, Gazimağusa'nın yüzde 100'ünün aynı anda konuşabilmesi için yukarıda belirtildiği gibi 159 Baz İstasyonu yeterlidir. Bu çözüm önerisi her ne kadar sağlık açısından ideal olsa da, fazladan 11 adet Baz İstasyonunun servis sağlayıcıları açısından ekonomik külfeti oldukça fazla olan bir durum meydana getireceği düşünülmektedir (170-159= 11).

Yukarıda yapılan hesaplamalardan da anlaşılabilir üzere, maksimum ve minimum kaynak güçleri kullanılması sonucunda tam anlamı ile ekonomik, fonksiyonel ve aynı zamanda sağlık açısından ideal olabilecek bir Baz İstasyonu tasarımı gerçekleştirilmeye mümkün olamayacaktır.

3. Gazimağusa Şehri'nde Mevcut Baz İstasyonu Tasarımının Değerlendirilmesi:

Gazimağusa Şehri'nde mevcut toplam 82 adet Baz İstasyonu bulunmaktadır. Bu da nüfusun yalnızca %52'sinin aynı anda Cep Telefonu ile konuşabilmesine olanak sağlamaktadır (440*82=36.080 kişi, (100*36.080)/96.838=52). Diğer yandan, elde ettiğimiz verilere göre, Gazimağusa Şehri'nde bulunan 82 adet Baz İstasyonunun minimum 10,05 maksimum 40 Watt olmak üzere çeşitli kaynak güçlerinde olduklarını görmekteyiz. Yukarıda hesaplanmış olduğu üzere, 1 adet 40 Watt kaynak gücüne sahip Baz İstasyonu 750 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Mevcut tasarıma bakıldığı zaman Gazimağusa Şehri'nde 2 adet 40 Watt kaynak gücüne sahip Baz İstasyonu olduğu görülmektedir. Yüz ölçümünün 997.44km² olduğunu göz önünde bulundurduğumuz zaman ise 2 adet 40 Watt kaynak gücüne sahip Baz İstasyonun fazladan 502.56km²'lik bir alana gerek olmadığı halde hizmet verdiği görülmektedir (2*750=1500km², 1500-997.44=502.56 km²).

4. Gazimağusa Şehrin'de Ekonomik, Fonksiyonel ve Sağlık Açısından İdeal Baz İstasyonu Tasarım Önerileri:

İdeal bir Baz İstasyonu, nüfusun aynı anda %100'ünün konuşabilmesini sağlarken, aynı zamanda kurulacağı bölgenin yüz ölçümüne göre de ideal bir kaynak gücü sunabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Yukarıda belirtildiği üzere, Gazimağusa Şehri için ideal Baz İstasyonu sayısı 159'dur.

Denklemler 3'e göre ideal kaynak gücünün (P_i) hesaplanması: $P_i = (\log(d)*T)-102.6-D+I$

Log(d)'nin hesaplanması:

Yüz ölçümü 997.44km² olan Gazimağusa Şehri için her bir Baz İstasyonun 6.27km² kapsama alanı vardır (997.44/159=6.27). Buna göre etkin hücre yarıçapı 1.55 km² olarak hesaplanmıştır (x2= 6.27/2.5981, x=1.55).

Bu hesaplamalar sonucunda log(d)=0.19 olarak bulunmuştur. (10^y=1.55, y=0.19)

İdeal kaynak gücü:

$$P_i = (0.19*35.22485578)-102.6-28.05641809+126.4182493 = 2.6$$

Bu hesaplamalara göre Gazimağusa Şehri için ideal kaynak gücünün 2.6 watt olduğu görülmektedir. 2.6 Watt kaynak gücüne sahip Baz İstasyonunun Hata Sinyal Kaybı Modeli hesaplamalarına göre; her bir Baz İstasyonunun etkin hücre yarı çapı 1.58 km, bir altıgen hücrenin alanı ise 6.485 km² (2.5981*(1.58)²= 6.485 km²)'dir. Bu işleme göre ise Gazimağusa için **159 Baz İstasyonu** gerekmektedir (**997.44 km² / 6.485 km² = 159**). Bir Baz İstasyonu 440 kişinin aynı anda konuşabilmesini sağladığına göre, 159 Baz İstasyonu **69.960** kişiye hizmet verebilecektir (159*440= 69.960). Gazimağusa'nın %100'ünün aynı anda konuşabilmesi için 159 Baz İstasyonu gerektiği göz önünde bulundurulursa; 2.6 Watt kaynak gücünün nüfus, ekonomi ve yüz ölçümü açısından mükemmel bir tasarım olacağı görülecektir.

2.6 Watt kaynak gücü kullanılması sonucunda, tüm Cep Telefonları Baz İstasyonlarına yakın mesafelerde olacağından, güç yoğunluğu da reflektör antenler için denklem 4'teki gibi hesaplanacaktır [7]:

$$S_b = 4P/A \quad (4)$$

Bir Cep Telefonunun gücü, Baz İstasyonunun altında 900 kere zayıflayarak 0.0028W veya 2.88mW kalmış olacaktır (2.6/900). Denklem 4'te bulunan insan kafasının kesit alanını (A) 0.045 olarak hesaplanmıştır ($A=\pi r^2=3,14*0,12^2=0,045$ burada $r=12\text{cm}$ alındı). Verilen tüm değerleri denklem 4'e koyduğumuz zaman güç yoğunluğunun $0,256\text{ W/m}^2$ olduğu görülecektir ($S_b=(4*2,6/900)/0,045=0,256\text{ W/m}^2$). Verilen sınır değerlere göre [2] güç yoğunluğunun yaklaşık 18 kat altında olduğu açıkça görülecektir. Söz konusu ideal bir Baz İstasyonu tasarımı olduğu zaman önemle üzerinde durulması gereken bir diğer konu da baz istasyonlarının nüfus yoğunluğuna göre dağılımı olmalıdır. Bu noktada, Baz İstasyonu sayısı ile kaynak gücü arasındaki denge nüfusun yoğunluğuna göre ayarlanarak kusursuz bir Baz İstasyonu tasarımı ortaya çıkarılmış olacaktır. Örneğin, nüfusun yoğun olduğu yerlere daha düşük kaynak gücüne sahip Baz İstasyonları kurulurken, nüfus yoğunluğunun daha az olduğu ya da yerleşimin olmadığı bölgelere daha yüksek kaynak gücüne sahip Baz İstasyonları kurularak denge sağlanmış olabilecektir.

5. Sonuç

Günümüzde, Baz İstasyonlarından yayılmakta olan elektromanyetik alanların olumsuz etkileri üzerine pek çok araştırma yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar bu elektromanyetik alanların olumsuz etkileri ile ilgili olarak kesin bir veri sağlamazken, Dünya Sağlık Örgütü Cep Telefonu kullanımı ile ilgili olarak kesin bir kaniya varmıştır. DSÖ'ye göre Cep Telefonu kullanımının insan sağlığına zararlı olabilmesi yalnızca çok yüksek dozajda ve uzun süre maruz kalınması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu da Baz İstasyonlarının kurulacakları bölgenin yüz ölçümü ve nüfusuna göre tasarlanmaları gerekliliğinin önemini kanıtlar niteliktedir. Bu doğrultuda, Hata Sinyal Kaybı Modeli'ne göre, Gazimağusa'nın yüz ölçümü ve nüfusu ele alındığı zaman 2.6 Watt kaynak gücüne sahip Baz İstasyonunun en uygun tasarım olacağı sonucuna varılmıştır.

6. Kaynaklar

- [1] WHO-IRAC (2011). IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans. France. http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
- [2] ICNIRP Guidelines: Guidelines For Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up To 300 Ghz). <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>
- [3] Bilim, M ve diğerleri. "GSM 900 MHz Frekans Bandındaki Elektromanyetik Yoğunluğunun Günün Farklı Zaman Dilimleri İçin Ölçülmesi Ve Değerlendirilmesi", Uzmanlık Tezi, Erciyes Üniversitesi, 2011.
- [4] Almanya ve Fransa'daki Baz İstasyonu sayısı. <http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/haber.aspx?id=21178763&yazarid=44>
- [5] Gazimağusa'nın yüz ölçümü ve nüfusu. http://tr.wikipedia.org/wiki/Kuzey_K%C4%B1br%C4%B1s_T%C3%BCrk_Cumhuriyeti'nin_il%C3%A7el_eri
- [6] ETSI Guidelines: Guidelines For Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects. http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101362/06.00.01_60/tr_101362v060001p.pdf
- [7] H. AMCA, "Mobil Telefonlar ve Baz İstasyonları Tarafından Yayılan Mikrodalga Sinyallerin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri", Rapor: KKTC Sağlık Bakanlığı, Haziran 1999.