

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UMTS UYUMLU CEP TELEFONLARI İÇİN MİKROŞERİT YAMA ANTEN
TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak GÖKÇE**

Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Programı : Telekomünikasyon Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UMTS UYUMLU CEP TELEFONLARI İÇİN MİKROŞERİT YAMA ANTEN
TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak GÖKÇE
(504061310)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Funda AKLEMAN YAPAR (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd.Doç. Dr. Özgür ÖZDEMİR (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Tanju YELKENCİ (MÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

En başta yüksek lisans eğitim boyunca danışmanlığımı yapan Doç. Dr. Funda AKLEMAN YAPAR'a ve anten tasarımı konusundaki tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, bu çalışma süresince de yardımını ve desteğini esirgemeyen Dr. Cahit KARAKUŞ'a sonsuz saygı ve minnettarlığımı sunarım. Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi'nde geçirdiğim sekiz yıllık süre zarfında mükemmel kişiliklerini yakından tanıma fırsatı bulduğum ve desteklerini her zaman arkamda hissettiğim Doç. Dr. Ali YAPAR'a ve Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Mayıs 2009

Burak GÖKÇE

Telekomünikasyon Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Teze Genel Bakış	3
2. 3N TEKNOLOJİSİ	5
2.1 3N Teknolojisinin Genel Özellikleri	5
2.2 Standardizasyon Çalışmaları	6
2.2.1 IMT-2000 Telsiz arayüz standartları.....	6
2.3 UMTS.....	7
2.3.1 UMTS teknolojisinin genel özellikleri.....	8
2.3.2 UMTS servisleri.....	9
3. MİKROŞERİT YAMA ANTENLER.....	11
3.1 Genel Yapısı ve Özellikleri	11
3.1.1 Şekil ve boyut özellikleri	13
3.1.2 Empedans uyumu	15
3.2 Besleme Yöntemleri	16
3.2.1 Mikroşerit besleme.....	16
3.2.2 Koaksiyel besleme	16
3.2.3 Açıklık kuplajlı besleme	17
3.2.4 Yakınlık kuplajlı besleme	17
3.3 Analiz Yöntemleri	18
3.4 Kalite Faktörü, Bant Genişliği ve Verimlilik	18
4. UMTS ANTENİ.....	23
4.1 UMTS Anteninin Genel Özellikleri	23
4.2 UMTS Bandında Çalışan Çeşitli Mikroşerit Yama Anten Yapıları.....	24
5. UMTS ANTEN TASARIMI VE ANALİZİ	33
5.1 Ansoft HFSS Paket Yazılımı.....	33
5.2 Geniş Bantlı Mikroşerit Yama Anten Tasarımı	36
5.2.1 Tasarlanacak mikroşerit anten yapısının sahip olması gereken özellikler	37
5.2.2 Temel anten geometrisi ve tasarım aşamaları	38
5.2.3 UMTS bandında çalışan monopol anten yapısının tasarlanması	40
5.2.4 UMTS bandında çalışan mikroşerit yama anten yapısının tasarlanması ..	48
5.2.4.1 Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit anten tasarımı....	48

5.2.4.2 Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit anten tasarımı....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	91

KISALTMALAR

GSM	: Global System for Mobile communications
1N	: Birinci Nesil
2N	: İkinci Nesil
3N	: Üçüncü Nesil
3G	: Third Generation
ITU	: International Telecommunication Union
IMT-2000	: International Mobile Telecommunications-2000
GSM-MAP	: GSM Mobile Application Part
UMTS	: Universal Mobile Telecommunications System
ANSI-41	: American National Standards Institute-41
CDMA2000	: Code division multiple access
IMT-DS	: International Mobile Telecommunications - Direct Spread
W-CDMA	: Wideband Code Division Multiple Access
ULTRA-FDD	: Ultra-Frequency Division Duplexing
IMT-SC	: International Mobile Telecommunications-Single Carrier
IMT-MC	: International Mobile Telecommunications-Multi Carrier
IMT-TD	: International Mobile Telecommunications-Time Division
TD-CDMA	: Time Division - Code Division Multiple Access
TD-SCDMA	: Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
EDGE	: Enhanced Data Rates for GSM Evolution
IMT-FT	: International Mobile Telecommunications - Frequency Time
DECT	: Digital Enhanced Cordless Telecommunications
HSCSD	: High-Speed Circuit-Switched Data
GPRS	: General Packet Radio Service
GERAN	: GSM/Edge Radio Access Network
CN	: Core Network
UTRAN	: UMTS Terrestrial Radio Access Network
UE	: User Equipment
MS	: Mobile Satellite Application
FDD	: Frequency-Division Duplexing
TDD	: Time-Division Duplexing
MMICs	: Monolithic Microwave Integrated Circuits

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 1.88 GHz .	51
Çizelge 5.2 : Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 2.06 GHz.	56
Çizelge 5.3 : Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 2.05 GHz.....	60
Çizelge 5.4 : 2.05 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri.....	69
Çizelge 5.5 : 2.03 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri.....	70
Çizelge 5.6 : 2.07 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri.....	71
Çizelge 6.1 : Horn antene ilişkin kazanç değerleri.....	86
Çizelge 6.2 : Düzlemsel antene ilişkin kazanç değerleri.....	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : GSM ve UMTS teknolojileri ve destekledikleri veri iletim hızları.....	8
Şekil 2.2 : UMTS frekans bandı dağılımı.....	9
Şekil 3.1 : Dikdörtgen yama anten.....	12
Şekil 3.2 : Işıyan yama anten.....	13
Şekil 3.3 : Çeşitli mikroşerit anten şekilleri.....	14
Şekil 3.4 : Yama üzerindeki gerilim, akım ve empedans değişimleri.....	15
Şekil 3.5 : Bağlantılı besleme yöntemleri.....	16
Şekil 3.6 : Bağlantısız besleme yöntemleri.....	17
Şekil 4.1 : Dairesel mikroşerit yama antenin: (a) Üstten görünüşü, (b) Yandan görünüşü, ve (c) 3-Boyutlu görünüşü.....	25
Şekil 4.2 : Dairesel mikroşerit yama antenin giriş yansıma katsayısı.....	26
Şekil 4.3 : Dairesel mikroşerit yama antenin uzak alan ışıma diyagramları.....	27
Şekil 4.4 : Dikdörtgensel mikroşerit yama antenin: (a) Üstten görünüşü, (b) Alttan görünüşü, ve (c) Mobil cihazın iskeleti üzerine yerleştirilmiş hali.....	28
Şekil 4.5 : Dikdörtgensel mikroşerit yama antenin giriş yansıma katsayıları: (a) d1, (b)d2, (c) d3, (d) h1, (e) r1.....	29
Şekil 4.6 : Dikdörtgensel mikroşerit yama antenin E ve H düzlemlerindeki ışıma diyagramları (a) 1.9 GHz (b) 2.2 GHz.....	31
Şekil 5.1 : Ansoft HFSS kullanıcı arayüzü.....	34
Şekil 5.2 : Anten dizisine sahip konik radar anten yapısı.....	35
Şekil 5.3 : Basit dipol anten	36
Şekil 5.4 : Basit dipol antenin 3-Boyutlu yönlendiricilik diyagramı.....	36
Şekil 5.5 : Tasarlanacak olan mikroşerit anten yapısı.....	38
Şekil 5.6 : Monopol anten yapısı.....	40
Şekil 5.7 : Monopol antenin S11 grafikleri.....	43
Şekil 5.8 : Monopol antenin VSWR grafiği.....	44
Şekil 5.9 : Monopol antenin Zgiriş grafiği.....	45
Şekil 5.10 : Monopol antenin 2.06 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı.....	46
Şekil 5.11 : Monopol antenin 2.06 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	46
Şekil 5.12: Monopol antenin 2.06 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	47
Şekil 5.13: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^\circ$ ve $\theta = 90^\circ$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısal değerleri ile değişimi.....	47
Şekil 5.14: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten yapısı..	49
Şekil 5.15: 1.89 GHz rezonans frekanslı mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	52
Şekil 5.16: $L_p2=54\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	53
Şekil 5.17: $L_p2=54\text{mm}$, $L_2=21\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	54
Şekil 5.18: $L_p2=54\text{mm}$, $L_2 =21\text{mm}$, $H_d=23\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11	

grafiği.....	55
Şekil 5.19: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	56
Şekil 5.20: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm, Wp1=7.2mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	57
Şekil 5.21: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm, Wp1=6.8mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	58
Şekil 5.22: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm, Hb=5.7mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	58
Şekil 5.23: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm, Hb=5.3mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	59
Şekil 5.24: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm, Hk=1.2mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	60
Şekil 5.25: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin S11 grafikleri.....	61
Şekil 5.26: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin VSWR grafiği.....	62
Şekil 5.27: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin Zgiriş grafiği.....	63
Şekil 5.28: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı.....	64
Şekil 5.29: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	64
Şekil 5.30: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	65
Şekil 5.31: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^0$ ve $\theta = 90^0$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısai değerleri ile değişimi.....	66
Şekil 5.32: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama anten yapısı...	67
Şekil 5.33: 2.05 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği.....	69
Şekil 5.34: 2.03 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği.....	70
Şekil 5.35: 2.07 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği.....	71
Şekil 5.36: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin S11 grafiği.....	72
Şekil 5.37: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin VSWR grafiği.....	73
Şekil 5.38: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin Zgiriş grafiği.....	74
Şekil 5.39: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı.....	75
Şekil 5.40: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	75
Şekil 5.41: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi).....	76
Şekil 5.42: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^0$ ve $\theta = 90^0$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısai değerleri ile değişimi.....	77
Şekil 6.1: Kullanılan monopol anten yapısı.....	80
Şekil 6.2: Monopol antene ilişkin ölçülen S11 değerleri.....	81
Şekil 6.3: Monopol antene ilişkin HFSS ortamında elde edilen S11 değerleri.....	81
Şekil 6.4: Monopol antene ilişkin ölçülen VSWR değerleri.....	82

Şekil 6.5: Tasarlanan anten yapısı.....	83
Şekil 6.6: Tasarlanan antene ilişkin ölçülen S11 değerleri.....	83
Şekil 6.7: Tasarlanan antene ilişkin HFSS ortamında elde edilen S11 değerleri.....	84
Şekil 6.8: Tasarlanan antene ilişkin ölçülen VSWR değerleri.....	84
Şekil 6.9: Yatay ve dikey düzlemler için S21 değerleri.....	85
Şekil 6.10: Dikey düzlem için çizdirilen ısıma diyagramları.....	87
Şekil 6.11: Yatay düzlem için çizdirilen ısıma diyagramları.....	87

SEMBOL LİSTESİ

W	: Yama genişliği
L	: Yama uzunluğu
t	: Yama kalınlığı
h	: Mikroşerit yama antenlerde iletkenler arasındaki mesafe
$\epsilon_r, \epsilon_{eff}$	: Dielektrik sabiti, etkin dielektrik sabiti
λ_0, λ_d	: Serbest uzay dalga boyu, dielektrik malzeme içerisindeki dalga boyu
$Q_t, Q_{rad}, Q_c, Q_d, Q_{sw}$	: Toplam kalite faktörü, ısıma (boş uzay) kayıpları kalite faktörü, iletkenlik kayıpları kalite faktörü, dielektrik kayıpları kalite faktörü yüzey dalgaları kalite faktörü
f_0, f_{merkez}	: Merkez frekansı
f_r	: Rezonans frekansı
$f_{üst}, f_{alt}$	: Üst ve alt frekans değerleri
Δf	: Üst ve alt frekans değerleri farkı
λ_r, λ_g	: serbest uzay dalga boyu, dielektrik malzeme içerisindeki dalga boyu
μ	: Manyetik geçirgenlik katsayısı
σ	: İletkenlik katsayısı
$\tan \delta$	: Kayıp tanjantı
G_t/l	: ısıma açıklığının birim uzunluğuna karşılık gelen toplam iletkenlik
TM	: Manyetik alan vektörünün yayılma yönünde bileşenin bulunmadığı hal
$VSWR$	: Voltaj duran dalga oranı
e_{cdsw}	: Verimlilik
$BW, HPBW$	: Bant genişliği, 3dB bant genişliği
c	: Işık hızı
L_0	: Monopol anten uzunluğu
S_{11}	: Giriş yansıma katsayısı
H_{anten}	: Antenin toplam yüksekliği
$Z_{giriş}$	: Giriş empedansı
K	: Kazanç

UMTS UYUMLU CEP TELEFONLARI İÇİN MİKROŞERİT YAMA ANTEN TASARIMI

ÖZET

Son yılların en popüler mobil haberleşme teknolojisi olarak görülen UMTS, üçüncü nesil kullanıcılara yönelik geliştirilen mobil telefonlar vasıtasıyla yüksek kaliteli ses ve veri iletimlerine olanak vermektedir. Bu sayede yeni nesil mobil telefonlar kullanıcılarına sesli ve yazılı görüşmenin yanı sıra görüntülü görüşme, görüntülü mesaj, müzik çalar, video oyunları, internet, veri transferi ve hatta ofis uygulamaları gibi diğer tüm bilgisayar işlevlerini ulaştırabilir. Ancak sağlanan tüm bu servisler yanına bir mobil telefondan beklenen en önemli özellik hafif ve küçük hacimli olmasıdır. Bu nedenle cihazlarda kullanılan elemanlar da bu profili bozmayacak derecede küçük boyutlarda tasarlanmalıdır.

Mobil telefonların boyut özelliklerini etkileyen elemanların başında antenler gelir. Eski modellerde genellikle harici anten yapıları kullanılırken, gelişmiş modellerde anten cihaz içerisine monte edilebilecek şekilde tasarlanır. Bundan dolayı mobil telefonlarda genellikle baskı devre teknolojisi ile istenilen boyutlarda üretilebilen mikroşerit yama antenler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada arzu edilen boyut özelliklerine sahip, 2.05 GHz merkez frekansı civarında rezonansa giren ve 1900-2200 MHz UMTS bandında verimli şekilde çalışabilecek mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan anten yapısında dikdörtgensel iletken yama, bilinen besleme yöntemlerinden farklı olarak, tek başına monopol anten karakteristiği gösteren düzlemsel bir iletken parça aracılığıyla bağlantısız olarak beslenmektedir. Tasarım aracı olarak bir tam dalga elektromanyetik alan benzetim ortamı olan Ansoft HFSS paket programı kullanılmıştır. Tasarım süreci üç aşamada incelenmiştir ve ilk önce besleme olarak kullanılan monopol yapının UMTS bandı içerisindeki davranışı ele alınmıştır. Sonrasında ise monopol yapı üzerine mikroşerit iletken parça yerleştirilerek arzu edilen anten geometrisi tasarlanmış ve boyutlara ilişkin parametrelerin değerleri teker teker değiştirilerek anten, UMTS bandını tamamen kapsayan verimli bir yapıya dönüştürülmüştür. Son olarak da daha önce hava ile doldurulan, toprak zemin ve iletken yama arası boşluğa 8.7mm yüksekliğinde FR4 dielektrik tabaka yerleştirilerek, mikroşerit anten yapısının boyutu 51mm x 19mm x 9.9mm değerine kadar küçültülebilmiştir. Ayrıca bu anten UMTS bandını kapsayacak nitelikte 18.3% (1.88-2.26GHz) empedans bant genişliğine sahip olmuştur.

MICROSTRIP PATCH ANTENNA DESIGN FOR UMTS HANDSETS

SUMMARY

UMTS, known as the most popular mobile communication technology, allows high quality sound and data transmission through mobile phones developed for third generation users. Thus, new generation mobile phones provides vocal and written communication as well as video calls, video messages, music player, video games, internet, data transfer and even other computer functions as office applications for their users. However, besides these services, the most important feature expected from a mobile phone is being light and low profile. For this reason, the components used in these devices must be designed in small sizes in order not to damage this profile.

Antennas are the most important components in the mobile phones that affect dimension features. While external antennas were used in old models, antenna is generally designed as mountable to device in developed models. For this reason, microstrip patch antenna which can be produced in intended dimensions with printed circuit board technology is generally used in mobile phones.

In this research, design of microstrip patch antenna which enters around 2.05 GHz center frequency resonance and works efficient in 1900-2200 MHz band for UMTS is achieved. Unlike other well-known feeding methods, rectangular conductive patch which is designed as antenna structure is fed coupled with the help of planar conductive part which shows characteristics of monopole antenna alone. Ansoft HFSS packaged software which is full-wave electromagnetic field simulation environment is used as design tool. Design process is investigated in three phase and first of all, attitude of monopole structure, which is used as servant, in UMTS band is handled. Then, desirable antenna geometry is designed by placing microstrip conductive part in monopole structure and by changing parameter values related to dimensions one by one, antenna is converted into an effective structure which completely covers UMTS band. Finally, by placing FR4 dielectric layer in the cavity between ground and conductive patch, microstrip antenna structure dimension is reduced to 51 mm x 19 mm x 9.9 mm. Furthermore, this antenna has 18.3 % (1.88-2.26 GHz) impedance bandwidth which has the quality of covering UMTS band.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Modern haberleşmenin telgraf ile başlayan macerası son yıllarda gelişimini daha da hızlandırmış ve gün be gün yönünü kablosuz haberleşme teknikleri üzerine çevirmiştir. Kablosuz haberleşme tekniklerinin gelişmesi de akabinde mobil haberleşme sistemlerinin ortaya çıkmasını ve beraberinde muazzam bir talep yaratılmasını sağlamıştır.

Mobil haberleşme sistemlerindeki teknolojik gelişim süreci günümüzde “nesil” kavramı ile isimlendirilmektedir. 1980’li yıllarda analog yapıda tasarlanan birinci nesil mobil haberleşme sistemleri, sonrasında sayısal tabanlı ikinci nesil mobil sistemlere dönüştürülerek ‘Küresel Mobil Haberleşme Sistemi’ (GSM) olarak isimlendirilmiştir [1]. İkinci nesil kullanıcının ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanan GSM şebekeleri her ne kadar ses bilgisinin iletilmesi hususunda başarılı olsa da, çoklu ortam özelliklerinin kullanımı konusunda yetersiz kalmıştır. İkinci nesil mobil kullanıcıların ihtiyaçlarının zamanla çoklu ortam özelliklerinin kullanımı yönünde genişlemesi, üçüncü nesil mobil kullanıcı profilinin ortaya çıkmasına neden olmuş ve geniş bant hizmet verilmesine olanak sağlayacak ‘Üçüncü Nesil’ (3N) mobil haberleşme sistemlerinin geliştirilmesini beraberinde getirmiştir.

ITU tarafından IMT-2000 standardı kapsamında tanımlanan üçüncü nesil mobil haberleşme ağı, günümüzde kullanılan mobil haberleşme sistemleri arasında en gelişmiş olarak düşünülebilir. Geniş bant haberleşme desteği sayesinde 8kbit/s veri iletim hızından 2Mbit/s veri iletim hızına kadar ulaşabilen 3N sistemler, mobil cihazları çoklu ortam servislerinin kullanımına olanak sağlayan güçlü birer avuç içi bilgisayarlarına dönüştürmeyi başarmıştır. Bu durum son kullanıcılara istedikleri zaman video konferans yapabilme, video servislerinden faydalanabilme ve hatta internet ağı üzerinden ticaret yapabilme olanağı vermiştir [2].

IMT-2000 standardı çerçevesinde evrensel bir standardizasyon çalışması sürdürülmüş olsa da, bölgeler arası siyasi ve teknolojik altyapı farklılıklarında dolayı

GSM-MAP çekirdek şebeke altyapısı üzerine kurulu UMTS (Avrupa, Japonya) ve ANSI-41 mobil altyapısı kullanan CDMA2000 (ABD, Kore) olmak üzere iki farklı teknolojinin geliştirilmesine karşı koyulamamıştır. UMTS teknolojisinin küresel çapta halen yaygın bir kullanımı söz konusu olan GSM altyapısını kullanması, ilgilerin ve dolayısıyla çalışmaların bu teknoloji üzerine yoğunlaşmasını sağlamıştır.

Her ne kadar 3N sistemlere geçişte gözler frekans paylaşımı, şebeke tasarımı ve maliyet hesapları gibi talep odaklı hususlara çevrilse de, yapı içerisine entegre edilmiş her bir ekipmanın, sistem başarımını maksimize edecek ve sistemin bütününe uyumlu olacak şekilde tasarlanmasının, sistemin entegrasyonu ve gelişimi açısından en önemli etkenlerden birisi olduğu gözden kaçmamalıdır. 1N ve 2N mobil haberleşme sistemlerinde olduğu gibi 3N mobil haberleşme sistemlerinde de vaatte bulunulan hizmet kalitesine ulaşmak için, var olan şebeke yapısında ve kullanılan cihazlarda iyileştirmeye gidildiği gibi, üçüncü nesil kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak yeni nesil mobil cihazların geliştirilmesini de beraberinde getirmiştir. Bu cihazlar alışıla gelmiş cep telefonlarından farklı olarak, kullanıcıların yeni nesil hizmetlerden daha hızlı ve güvenilir şekilde faydalanmalarını ve müzik, video, oyun gibi uygulamalara kolayca erişmelerini sağlamaktadır. Tüm bu özellikler, kolayca taşınabilecek ve neredeyse avuç içine sığabilecek boyutlar içerisinde sunulmaktadır. Bu durum mobil kullanıcı sayısındaki hızlı artış ile beraber düşünüldüğünde, yeni nesil mobil telefonlar üzerinde yapılan geliştirme çalışmalarının azımsanmayacak derecede fazla sayıda olacağı ortadadır. Bu geliştirme çalışmalarının belki de en önemlisi mobil telefonlarda kullanılan anten teknolojileri üzerinde yapılmaktadır. Mobil iletişimin özünde var olan kablosuz haberleşme zorunluluğu ile beraber, mobil ve sabit istasyonlar arasında arayüz teşkil eden anten yapılarının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Küçük boyutlarda üretilen mobil cihazlarda kullanılmak üzere tasarlanan anten yapılarında en temel kural, biçim ve ağırlık bakımından mobil cihazın yapısına sadık kalınması gereğidir. Bu nedenle kullanılacak anten, cihaza kolaylıkla monte edilebilecek düşük profilli ve hafif bir yapıda olmalıdır. Bunun yanında çeşitli frekans aralıklarında çalışabilecek ve yüksek veri iletim hızı için geniş bant yeteneğine sahip olabilecek anten yapıları tercih edilmelidir. Tüm bu özellikler göz önünde tutulduğunda, bunlara ek olarak düşük maliyet ve mekanik dayanıklılık

özelliklerine de sahip olan mikroşerit yama antenler, mobil cihazlarda rahatlıkla kullanılabilecek bir profil ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, daha önce de bahsedildiği gibi GSM altyapısını kullanması nedeniyle dünya genelinde yaygın bir kullanıma sahip olan UMTS teknolojisini destekleyen mobil telefonlar için, UMTS bandında verimli şekilde çalışabilecek nitelikte ve bu cihazlara entegre edilebilecek boyut özelliklerine sahip mikroşerit yama anten tasarlanmasıdır. Aynı zamanda tasarım süreci boyunca yapılanların ayrıntılı bir şekilde aktarılması ve benzetim ortamında yapılan çalışmalarda göz önünde bulundurulması gereken noktalardan bahsedilmesi konuları da bu çalışmanın amaçları içerisinde.

Bu konuda tasarlanmış olan bir çok anten yapısının bulunmasına rağmen, anten tasarımı konusundaki serbestliğin fazla olması ve değişik fikirlerin tasarımlara yansıtılmasının getireceği farklılıklar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki en büyük etken olmuştur.

1.2 Teze Genel Bakış

Çalışmaya 2. Bölüm’de anlatılacak olan 3N teknolojisi konusu ile devam edilecektir. Bu bölümde öncelikle 3N teknolojisinin tarihsel gelişim süreci, 2N mobil sistemler üzerine getirdiği yenilikler ve genel özellikleri anlatılacaktır. Sonrasında ise, teknolojik gelişimin yanında, üzerinde en çok çalışılan konulardan birisi olan 3N sistemlerin standardizasyonu hakkında bilgi verilecektir. Son olarak da dünya genelinde yaygın bir kullanıma sahip olan UMTS teknolojisinin genel özelliklerinden ve sağladığı servislerden bahsedilerek bölüm tamamlanacaktır. Bu bölümde amaç, tasarım konusunda sık sık bahsedilecek olan UMTS konusunda temel bilgi sahibi olunmasıdır.

3. Bölüm’de ise bu çalışmada tasarımı gerçekleştirilecek olan mikroşerit yama antenlerin temel özellikleri ele alınacaktır. Bu bağlamda ilk olarak incelenecek olan mikroşerit yama antenlerin temel yapısı ve genel özellikleri ardından mikroşerit anten yapılarında kullanılan temel besleme tekniklerinden bahsedilecektir. Sonrasında ise mikroşerit yama antenlerin analizinde kullanılan yöntemlere kısaca değinilecek ve bu yapıların karakteristiklerini belirleyen bazı parametreler anlatılarak

bölüm bitirilecektir. Bu bölümün amacı tasarımı gerçekleştirilecek olan anten çeşidi hakkında temel bilgilere sahip olunmasıdır.

UMTS ve mikroşerit anten yapıları hakkında önceki bölümlerde verilen temel bilgiler ışığında 4. Bölüm’de UMTS anteninin ne gibi özelliklere sahip olması gerektiği tartışılacak ve bu konuda yapılmış olan çalışmalardan örnekler verilerek bir sonraki bölümün kapsamında yer alan tasarım çalışmasına geçilecektir. Bu bölümün amacı, önceden tasarlanan çeşitli mikroşerit anten yapıları ile bu çalışmada tasarlanacak olan mikroşerit anten yapısının kıyaslanabilmesini sağlamaktır.

Çalışmanın asıl parçasını kapsayan 5. Bölüm’de ise UMTS bandında çalışan mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilecektir. Burada ilk olarak, tasarımın gerçekleştirilecek olduğu Ansoft HFSS benzetim ortamı kısaca anlatılacaktır. Sonrasında ise UMTS spektrumu içerisinde arzu edilen performansta çalışabilecek geniş bantlı mikroşerit yama anten tasarımı üç aşamada gerçekleştirilecektir. Bu aşamaların her biri bölüm içerisinde ayrıntılı bir şekilde aktarılacaktır. Bu bölümün amacı UMTS anten tasarımının gerçekleştirilmesi yanında, tasarım sürecinde yapılanların anlaşılabilirlik düzeyinde aktarılabilmesidir.

Tasarım sonuçları hakkında yapılacak olan yorumlar ve öneriler 6. Bölüm kapsamında tartışılarak çalışma bitirilecektir.

2. 3N TEKNOLOJİSİ

Bu bölümün amacı mobil haberleşme teknolojilerinin tarihsel gelişiminden bahsederek 21. yüzyıl ile ortaya çıkarılan 3N teknolojisini temel hatlarıyla incelemektir. Dolayısıyla ilk bölümde mobil haberleşme sistemlerinin tarihsel gelişiminden ve 3N teknolojisinin temel özelliklerinden bahsedilecektir. Sonraki bölümde ise IMT - 2000 kapsamında yapılan standardizasyon çalışması ve kullanılan telsiz arayüz standartları anlatılacaktır. Son olarak da en popüler 3N teknolojisi olarak görülen UMTS konusu incelenerek bölüm sonlandırılacaktır.

2.1 3N Teknolojisinin Genel Özellikleri

Mobil haberleşme sistemleri 20. yüzyılın sonlarından başlayarak günümüze kadar çok hızlı bir ilerleme kaydetmiştir. Analog radyo teknolojisi kullanımına dayanan birinci nesil (1N) mobil sistemler, 1990'lı yıllarda yerini GSM teknolojisi olarak da bilinen ikinci nesil (2N) sayısal sistemlere bırakmıştır. Analog sistemlerin yerini sayısal sistemlerin alması mobil haberleşme tarihinde devrim sayılabilecek nitelikte olup mobil sistemlerin gelişimini daha da hızlandırmıştır. Bu temel dönüşümün ardından gelişimine hızla devam eden 2N sistemler, günümüze kadar gelmeyi başarmış olsalar da, geniş bant hizmetlerde karşılaşılan sıkıntılardan dolayı 21. yüzyılın başlarında yerlerini üçüncü nesil (3N ya da 3G) mobil sistemlere bırakmaya başlamışlardır [1, 3].

ITU tarafından IMT-2000 standardı çerçevesinde tanımlanan ve yüksek hızlı veri iletimine olanak veren 3N sistemler, kullanıcılara yüksek kaliteli ses iletiminin yanında, mobil internet erişimi, ve oyun, müzik, video gibi eğlence hizmetlerinden de faydalanabilme olanakları vermiştir. 3N sistemlerin genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Her türlü telsiz ortam içerisinde 144 kbit/sn'den, kapsama alanı içerisinde 2 Mbit/sn'ye varan iletim hızlarını destekler,
- Simetrik ve asimetrik veri iletimini destekler,

- Paket anahtarlama veri ve gerçek zamanlı görüntü iletimini destekler,
- Yüksek ses kalitesi sunar,
- Spektrumu daha verimli kullanarak kapasite artışı sağlamıştır,
- Çoklu ortam hizmetleri ve beraberinde aynı anda birden fazla hizmet sağlar,
- 2N mobil sistemlere erişebilir [1].

Birinci nesil sistemlerden ikinci nesil sistemlere geçiş, analog sistemlerden sayısal sistemlere geçiş ile sağlandığından, bu sistemler arasında sunulan teknolojik altyapı ve hizmetler açısından belirgin bir farklılık olduğundan bahsedilebilir. Ancak 2N ve 3N sistemler arasında bu derece keskin bir çizgiden bahsedilemez. 2N sistemler ortaya koyduğu alternatif çözümler sayesinde 3N sistemlerin kapasitesine yaklaşabilmiş fakat daha ileriye götürememiştir. Bu nedenle yerini 3N sistemlere bırakması kaçınılmaz olmuştur.

2.2 Standardizasyon Çalışmaları

1980'lerin ortalarından itibaren ITU, mobil haberleşme şebekelerini bölgesel yapıdan küresel yapıya dönüştürmeyi amaçlayan gelecek nesil mobil radyo standardı üzerinde çalışmalara başladı. Bu çalışma, beraberinde küresel çapta kullanıma uygun olabilecek yeni bir frekans spektrumu belirlenmesini gerekli kıldı. Bu nedenle ITU tarafından, bugünkü bilinen adıyla IMT-2000 standardı için 230 MHz'lik yeni bir spektrum belirlendi. IMT-2000 standardı, tüm 3N mobil haberleşme teknolojilerini kapsamasının yanında, geniş çaplı kurulumlar ve yatırımlar sonucunda geliştirilen 2N sistemlere de evrim ya da devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır [3].

Her ne kadar IMT-2000 standardı ile 3N teknolojisine yönelik evrensel bir çözüm sunma çabasına girişilmişse de, küresel standardı bozacak olan GSM-MAP çekirdek şebeke altyapısı üzerine kurulu UMTS (Avrupa, Japonya) ve ANSI-41 mobil altyapısı kullanan CDMA2000 (ABD, Kore) gibi teknolojilerin ortaya çıkmasına engel olunamamıştır. Bu nedenle IMT-2000 şemsiyesi altında birden fazla standart bulunmaktadır [1, 2].

2.2.1 IMT-2000 Telsiz arayüz standartları

Yukarıda da belirtildiği üzere IMT-2000 ile evrensel bir standardizasyon çalışmasına girişilmişse de, katılımcıların tarihsel, siyasi ya da teknolojik altyapı farklılıklarından

kaynaklanan anlaşmazlıkları, IMT-2000 kapsamında birden fazla telsiz arayüzü belirlenmesini zorunlu hale getirmiştir [1].

Tercih edilen telsiz arayüzünün planlanacak olan mobil şebeke yapısı üzerindeki etkisi büyüktür. Mobil şebekenin kapasitesi yanında, mobil kullanıcıların bir baz istasyonundan diğerine geçişleri, çok yönlü yayılma ve parazit hususları da kullanılacak telsiz arayüzü ile doğrudan ilişkilidir [1].

İlgili telsiz ara yüzleri aşağıda belirtilmiştir:

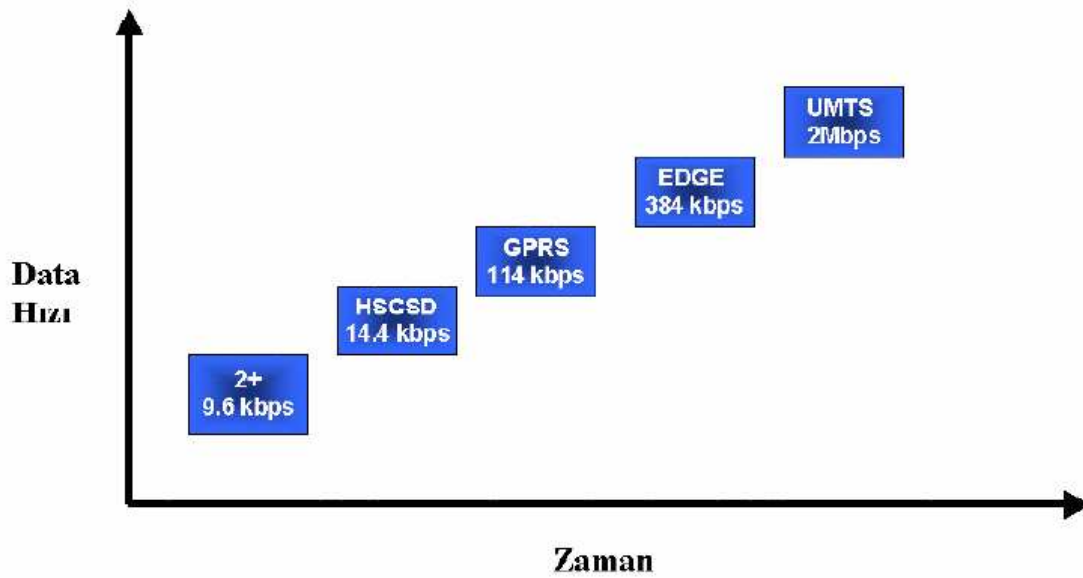
- IMT-DS (Doğrudan Sıralamalı): W-CDMA ya da ULTRA-FDD olarak da bilinir, UMTS teknolojisi tarafından kullanılmaktadır.
- IMT-MC (Çoklu Taşıyıcılı): CDMA2000 olarak da bilinir, 2N CDMA (IS-95) üzerine kurulmuştur.
- IMT-TD (Zaman Bölmeli): TD-CDMA ve TD-SCDMA olmak üzere iki türü vardır. 3GPP tarafından hazırlanan standartlar çerçevesinde UMTS için kullanılmaktadır.
- IMT-SC (Tekli Taşıyıcılı): EDGE olarak da bilinir.
- IMT-FT (Frekans ve Zaman Bölmeli): DECT olarak da bilinir [3].

Daha önce de belirtildiği üzere IMT-2000 standardı çerçevesinde GSM-MAP çekirdek şebeke altyapısı üzerine kurulu UMTS (Avrupa, Japonya) ve ANSI-41 mobil altyapısı kullanan CDMA2000 (ABD, Kore) olmak üzere iki farklı teknoloji geliştirilmiştir. UMTS teknolojisinin küresel çapta halen yaygın bir kullanımı söz konusu olan GSM altyapısını kullanması, ilgilerin ve dolayısıyla çalışmaların bu teknoloji üzerine yoğunlaşmasını sağlamıştır. Bu nedenle UMTS konusunu daha yakından incelemek faydalı olacaktır.

2.3 UMTS

İlk olarak 9.6 kbit/sn veri iletim hızını destekleyen GSM şebekeleri, HSCSD standardının geliştirilmesiyle beraber daha hızlı veri iletilebilmesine olanak vermiştir. Ancak buna rağmen devre anahtarlama teknolojisi üzerine inşa edilen GSM şebekeleri paket anahtarlama teknolojisine dayanan internet benzeri hizmetleri sunmakta yetersiz kalmıştır. Bu eksiklik, akabinde GPRS adında, paket verilerin 160 kbit/sn hız ile mobil şebeke ağı üzerinden iletilebilmesine olanak veren yeni bir standart geliştirilmesini de beraberinde getirmiştir. Daha sonrasında ise çalışmalar

veri iletim hızının artırılması üzerine yoğunlaşmış ve 384 kbit/sn veri iletim hızına olanak veren EDGE standardı ortaya çıkarılmıştır. EDGE standardı gerçekten de GSM şebekeleri açısından önemli bir teknolojik gelişim sağlamıştır ve evrimine 1920 kbit/sn veri iletim hızına olanak sağlayan GERAN standardına öncülük ederek devam etmiştir. EDGE teknolojisinin en önemli özelliği 2N sistemler ve 3N sistemler arasında köprü görevi görmesidir ve bu teknoloji servis sağlayıcılara yüksek maliyetli UMTS altyapısı olmaksızın yüksek hızlarda veri iletebilme olanağı sağlar. Ancak bu yenilik dahi UMTS teknolojisinin GSM teknolojisinin yerini almasına engel olamamıştır [1]. Şekil 1.1’de yukarıda bahsi geçen teknolojilerin kronolojik sıralaması ve destekledikleri veri iletim hızları görülmektedir.



Şekil 2.1: GSM ve UMTS teknolojileri ve destekledikleri veri iletim hızları [1]

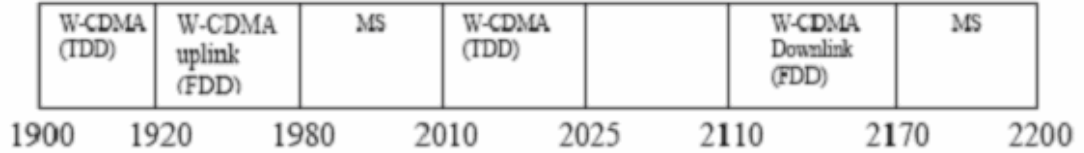
2.3.1 UMTS teknolojisinin genel özellikleri

UMTS şebeke mimarisi temel olarak üç parçadan oluşmaktadır: Çekirdek Şebeke (CN), UMTS Karasal Radyo Erişim Şebekesi (UTRAN) ve Kullanıcı Ekipmanı (UE). Çekirdek şebekeler her ne kadar GPRS standardına sahip GSM şebekeleri üzerine kurulmuş olsa da, tüm cihazlar UMTS tabanlı servisleri desteklemeleri için değiştirilmişlerdir. UMTS WCDMA tabanlı bir sistemdir ve aşağıdaki veri iletim hızlarını destekler [4]:

- Bina içi / düşük mesafelerde bina dışı (hareket hızı) < 10 km/saat : < 2 Mbit/sn
- Şehir içi ve çevresi (hareket hızı) < 150 km/saat: < 384 kbit/sn

- Kırsal bölge (hareket hızı) < 250 km/saat: < 144 kbit/sn

UMTS teknolojisi, 1900–2200 MHz spektrumu dahilinde 4.096 Mc/sn yonga hızında ve 5 MHz bant genişliğinde veri iletimine olanak vermektedir. Ayrıca farklı servis kaliteleri (QoS) sunulabilmesi ve 2 Mbit/sn veri iletim hızına ulaşılabilmesi için Ortogonal Değişken Dağılım Faktörü (OVSF) kullanılmaktadır [2]. UMTS frekans bandı dağılımı Şekil 1.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2: UMTS frekans bandı dağılımı [2]

Şekilden de görüldüğü üzere UMTS teknolojisi, radyo spektrumunun verimli kullanılması için frekans bölmeli (FDD) ve zaman bölmeli (TDD) olmak üzere iki çift yönlü moda sahiptir. FDD, birisi yukarı yönde ve diğeri de aşağı yönde olmak üzere iki farklı frekans bandı kullanmaktadır. Buna karşın TDD, yukarı yönde ve aşağı yönde senkronizasyonu sağlamak için küçük zaman aralıkları kullanmaktadır. Girişim seviyesinin kabul edilebilir seviyede olması durumunda aynı bant genişliği de kullanılabilir. Ayrıca MS ile gösterilen aralık mobil uydu uygulamalarında, boş bırakılan alan ise diğer geniş bantlı kablosuz sistemlerde kullanılmak üzere ayrılmışlardır.

2.3.2 UMTS servisleri

UMTS teknolojisi sayesinde kullanılabilecek servislerin bir kısmı aşağıda belirtilmektedir:

- Eğlence: İnternet, video, kartpostal, fotoğraf, çoklu ortam mesajları,
- İş: Görüntülü konuşma, IP telefon, elektronik ticaret, bilgi paylaşımı, kişisel bilgi yönetimi, günlük, ajanda, not defteri, çift yönlü video konferans, rehber servisleri, seyahat asistanı, çalışma grubu, uzaktan erişim, ftp, sesli posta, renkli faks,
- Medya: gazete, dergi, reklam,
- Alışveriş: internet üzerinden ticaret, hesap kontrolü, kredi kartı, telefon bankacılığı, otomatik işlem, müzayede,

- Otomasyon: ev otomasyonu, cihazdan cihaza haberleşme,
- Seyahat: konuma bilgilendirme ve rehberlik, elektronik tur, elektronik bilet,
- Ek olarak: TV, radyo, PC, uzaktan erişim, MP3 çalar, kamera [4].

3. MİKROŞERİT YAMA ANTENLER

Bu bölümde çalışmanın devamı için temel oluşturacak nitelikte mikroşerit yama antenler hakkında genel bilgiler verilecektir. Bu bağlamda ilk olarak mikroşerit yama antenlerin genel yapısı ve özellikleri, daha sonrasında ise kullanılan belli başlı besleme yöntemleri incelenecektir. Sonraki aşamada ise mikroşerit yama antenlerin analizinde kullanılan yöntemlerden söz edilecek ve önemli bazı anten parametrelerinin incelenmesiyle bölüm bitirilecektir.

3.1 Genel Yapısı ve Özellikleri

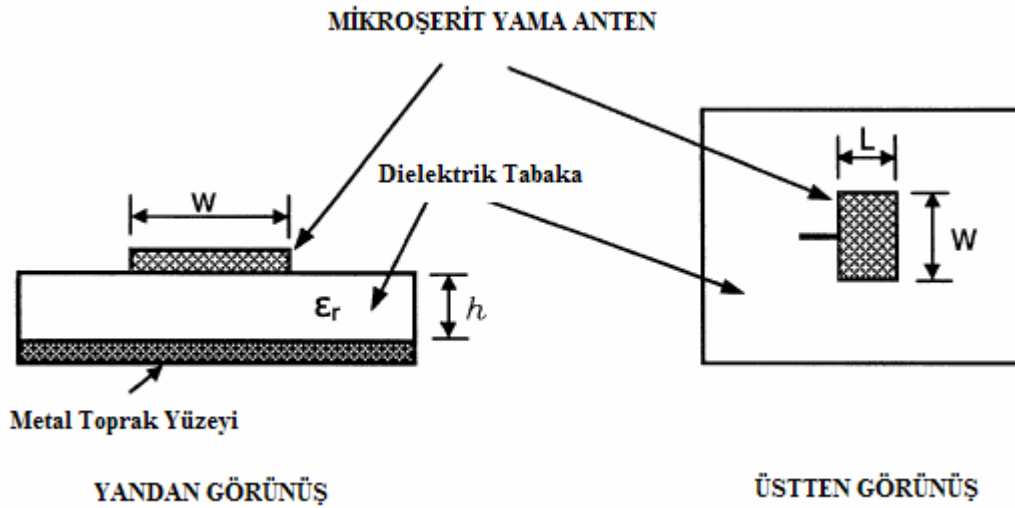
Aerodinamik yapısı itibariyle yüksek performans ihtiyacı duyulan uçak, uzay aracı, uydu ve füze yapılarında, ya da mobil radyo ve kablosuz haberleşme sistemleri gibi ticari uygulamalarda küçük profilli, hafif, maliyeti düşük ve entegrasyonu kolay olan mikroşerit anten yapıları tercih edilmektedir. Bu yapıların avantajlı yönlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Küçük profilli ve basit yapıdadırlar,
- Düzlemsel yüzeyler yanında düzlemsel olmayan yüzeylerle de uyumludurlar,
- Modern baskı devre teknolojisi kullanılarak üretilebilmeleri sayesinde üretim maliyetleri oldukça düşüktür,
- Mekanik olarak sağlamlıklarından dolayı esnek olmayan yüzeylere de monte edilebilirler,
- Tek parça halinde üretilen mikrodalga entegre devrelere (MMICs) de kolayca entegre edilebilirler,
- İstenilen rezonans frekansı, polarizasyon çeşidi, ısıma ve empedans özellikleri gibi temel anten parametreleri rahatlıkla oluşturulabilir [5].

Her ne kadar mikroşerit anten yapıları bir çok hususta kullanım kolaylıkları sunsa da, aşağıda belirtilen özellikler gibi bazı eksiklikleri de beraberinde getirir:

- Düşük verimlilik,
- Düşük kazanç,
- Yüksek kalite faktörü (Q),
- Düşük polarizasyon saflığı,
- Düşük tarama performansı,
- Besleme noktasından istenmeyen ışımlar,
- Dar bant genişliği [5].

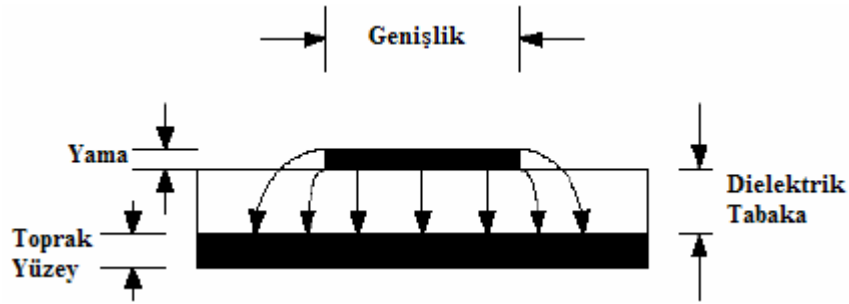
Şekil 3.1’de görüldüğü üzere basit bir mikroşerit yama anten, kapasitör benzeri, iki iletken yüzey arasına yerleştirilmiş dielektrik tabakadan oluşmaktadır. Yapıyı oluşturan iletken yüzeylerden altta olanına toprak yüzeyi, dielektrik tabakanın üzerine yerleştirilenine ise yama denilmektedir. Altta toprak yüzey ideal durumda sonsuz genişlikte kabul edilir. Anten boyutları dalga boyu ile doğrudan ilişkili olduğu için mikroşerit yama antenler rezonans antenler sınıfına girerler ve diğer rezonans anten yapıları gibi dar bantlı karaktere sahiplerdir [6, 7].



Şekil 3.1: Dikdörtgen yama anten [7]

Mikroşerit anten yapılarında yamanın kenarları açıklık gibi davranır ve yapı içerisindeki alan tarafından uyarılır. Bu uyarılma sayesinde yamanın kenarları ve en

alttaki toprak yüzey arasında şekil 3.2’de gösterildiği gibi elektromanyetik dalgalar oluşur ve anten ışıma yapar [5, 8].



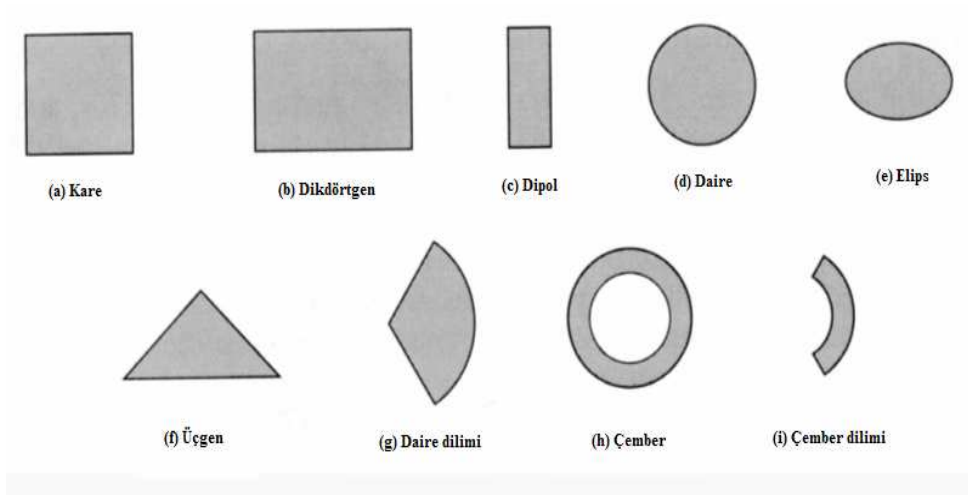
Şekil 3.2: Işıyan yama anten [9]

Normal transmisyon hatlarında ışıyan kenarlar birbirine yakın olduğundan ışıma etkileri birbirini götürür ve sadece köşeler gibi süreksizlik bölgelerinden ışıma gerçekleşir. Bu nedenle mikroşerit anten yapılarında iletken yamanın genişliği normal transmisyon hatlarının genişliğinden büyük seçilir. Yama, uçlar arasındaki kenarlardan ışıma yapar ve yapının rezonansa girmesiyle beraber empedans uyumu sağlanmış olur. Bu sayede anten en üst verimlilik düzeyinde çalışır [8].

Mikroşerit antenler daha önce de bahsedildiği üzere dar bantlı ve düşük verimli yapılardır. Her ne kadar bu özellikler mikroşerit yapıların genel özellikleri olsa da, anten boyutlarında bazı oynamalar yapılarak iyileştirme sağlanabilir. Örneğin kullanılan dielektrik yapının kalınlığı artırılarak verimlilik %90 (yüzey dalgalarını oluşmaması durumunda), bant genişliği ise %35 oranlarında artırılabilir. Ancak bu yükseklik artışı aynı zamanda yüzey dalgalarının oluşmasına neden olarak köşelerden ve süreksizlik noktalarında ışıma gerçekleşmesine ve doğal olarak da güç kaybına, verimliliğin düşmesine, istenilen ışıma ve polarizasyon karakteristiklerinin bozulmasına sebep olur. Bu nedenle verimlilik artışı sağlayacak farklı yöntemler de göz önünde bulundurulmalıdır [5].

3.1.1 Şekil ve boyut özellikleri

Mikroşerit anten yapılarında yamanın genellikle dikdörtgen ya da daire şeklinde seçilmesine karşın Şekil 3.3’de gösterilen yama şekillerine de rastlamak mümkündür.



Şekil 3.3: Çeşitli mikroşerit anten şekilleri [5]

Herhangi bir dikdörtgen yama kullanılan basit bir mikroşerit anten yapısı incelendiğinde λ_0 serbest uzay dalga boyunu göstermek üzere boyutlara ilişkin aşağıdaki eşitsizlikler genellikle sağlanmaktadır:

- t , yama kalınlığı: $t \ll \lambda_0$
- h , iletkenler arasındaki mesafe: $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$
- ϵ_r , dielektrik sabiti: $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$
- L , dikdörtgen yamanın uzunluğu: $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ [5]

Bunun yanında rezonans uzunluğu antenin rezonans frekansını da belirler ve dikdörtgensel bir yama için yaklaşık $\lambda/2$ kadardır. Aslında antenin elektriksel boyutu kenarlardan saçılan alan nedeniyle fiziksel boyutundan büyüktür ve aradaki fark, kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığına ve dielektrik sabitine bağlıdır. Bu durum da göz önüne alındığında λ_d dielektrik tabaka içerisindeki dalga boyunu göstermek üzere rezonans uzunluk ifadesi aşağıdaki şekilde gösterilir [10]:

$$L \approx 0.49\lambda_d = 0.49 \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3.1)$$

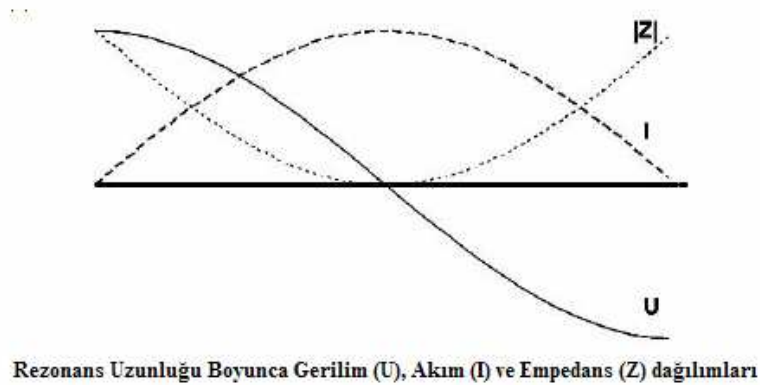
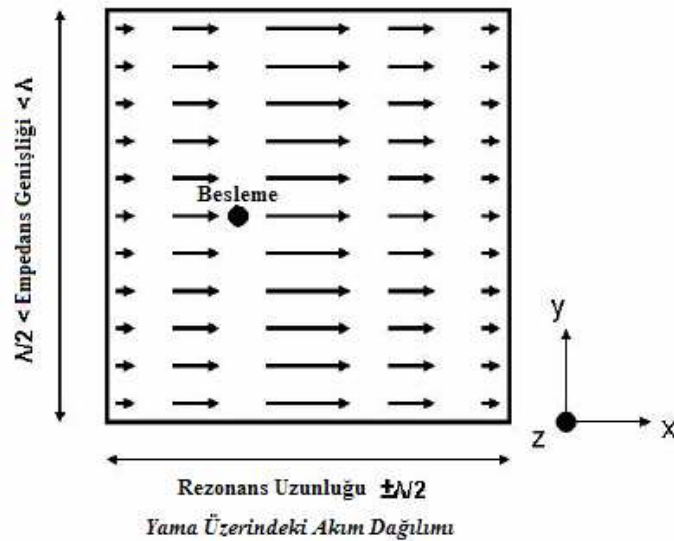
Bunun yanında rezonans frekansını etkileyebilecek diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

- Toprak yüzeyin boyutu

- İletken yamanın kalınlığı
- İletken yamanın genişliği

3.1.2 Empedans uyumu

Şekil 3.4’de gösterildiği gibi akım (manyetik alan) ve gerilim (elektrik alan) değerleri yama boyunca değişim göstermektedirler. Yamanın merkezinde akım değeri maksimum olurken gerilim düzeyi minimum değerine ulaşır. Bunun yanında yamanın kenarlarında ise akım değeri minimum olurken gerilim düzeyi maksimum değerine ulaşır. Empedans değerinin büyüklüğü tipik olarak yamanın merkezinde $0\ \Omega$, kenarlarında ise yaklaşık olarak $200\ \Omega$ olmaktadır. Bu nedenle rezonans uzunluğu üzerinde empedans değerinin $50\ \Omega$ olduğu bir nokta bulmak mümkün olacaktır.



Şekil 3.4: Yama üzerindeki gerilim, akım ve empedans değişimleri [10]

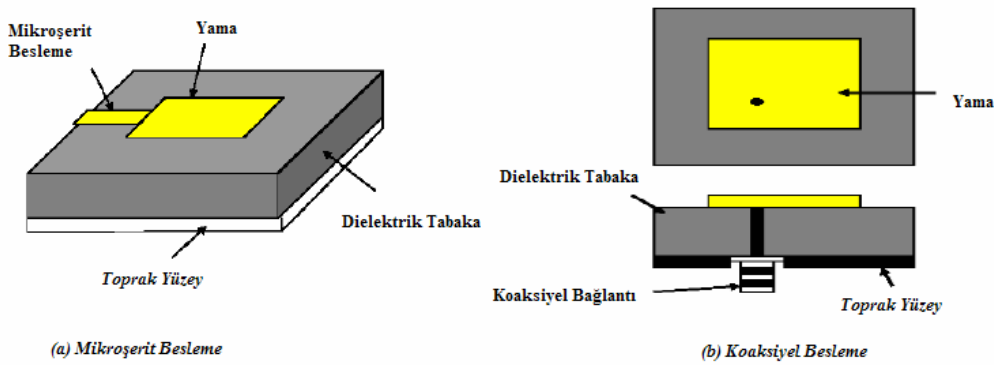
3.2 Besleme Yöntemleri

Mikroşerit yapılar da kullanılan besleme yöntemleri antenin giriş empedansı ve polarizasyonu üzerinde büyük önem taşır. Besleme yöntemleri temel olarak bağlantılı ve bağlantısız olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlantılı olanda güç doğrudan ışıma yapacak olan yamaya iletilir. Diğer durumda ise güç, bağlantılı olmayan mikroşerit hat ve yama arasında oluşan elektromanyetik alan vasıtasıyla taşınır [11].

Mikroşerit yama antenlerin beslenmesinde bir çok yöntem kullanılabilir. Bunların en popülerleri, bağlantılı yöntemlerden mikroşerit ve koaksiyel besleme, bağlantısız yöntemlerden açıklık kuplajlı ve yakınlık kuplajlı besleme yöntemleridir [5].

3.2.1 Mikroşerit besleme

Şekil 3.5 (a)'da görüldüğü üzere bu besleme tekniğinde güç iletimi, yamanınkine kıyasla oldukça küçük bir genişliğe sahip mikroşerit hattın yamanın bir kenarına bağlanmasıyla gerçekleşir. Besleme için kullanılan mikroşerit hat, hattın yama ile aynı tabaka üzerine yerleştirilebilmesi sayesinde üretim kolaylığı, hattın pozisyonunun rahatlıkla değiştirilebilmesi sayesinde de empedans uygunlaştırma kolaylığı sağlar. Buna karşın kalın dielektrik tabaka kullanıldığı durumlarda yüzey dalgaları nedeniyle istenmeyen ışımalara neden olur. Bu nedenle bant genişliği 2-5% aralığında kalmaktadır [5].



Şekil 3.5: Bağlantılı besleme yöntemleri [11]

3.2.2 Koaksiyel besleme

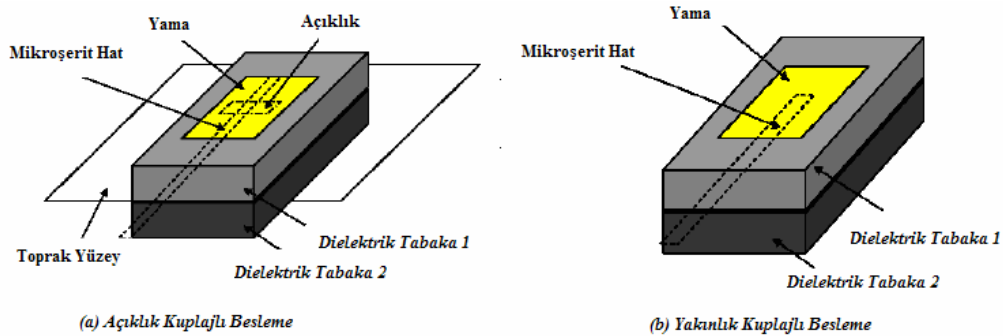
Bu besleme tekniğinde koaksiyel yapı içerisindeki iletken, üst yüzeydeki yamaya temas edecek şekilde yerleştirilirken yapının dış iletken kısmı da bir bacak vasıtasıyla toprak yüzeyine bağlanır. Şekil 3.5 (b)'de gösterilen yapının en önemli

avantajı empedans uyumunun sağlanması açısından iletkenin yamanın herhangi bir noktasına temas ettirilebilmesidir. Buna ek olarak üretimi kolaydır ve mikroşerit yapılarına nazaran istenmeyen ışıma düzeyi de düşüktür. Bunlara karşın dar bantlı ve kalın tabaka kullanıldığında modellemesi zor bir yapı ortaya koyar [5].

Mikroşerit ve koaksiyel besleme çeşitlerinin her ikisi de yapıda asimetriye neden olarak çapraz polarizasyonlu ışıma vererek yüksek dereceden modların oluşmasına sebep olurlar. Bu nedenle bazı durumlarda bu sorunu aşmak için bağlantısız besleme teknikleri kullanmak daha uygun olmaktadır [5].

3.2.3 Açıklık kuplajlı besleme

Bu yapı şekil 3.6 (a)'da görüldüğü gibi toprak yüzeyin mikroşerit hat ve yama arasına yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Mikroşerit hat alttaki dielektrik tabakanın üstüne yerleştirilmiştir ve enerji toprak yüzeyde oluşturulan yarıklar sayesinde yamaya iletebilmektedir. Alttaki dielektrik tabaka genellikle yüksek, üstteki de düşük dielektrik sabitli malzemelerden seçilir. Bu yapıda toprak yüzey besleme hattını ışıma yapan yamadan izole ederek polarizasyon saflığını artırırken, istenmeyen ışımların etkisini de düşürür. Yapının modellenmesi kolay olurken, üretimi bağlantılı besleme tekniklerine nazaran zor olmaktadır. Ayrıca dar bantlı davranış sergiler ve empedans uyumu genel olarak hat genişliğinin ve yarık uzunluklarının değiştirilmesiyle sağlanır [5].



Şekil 3.6: Bağlantısız besleme yöntemleri [11]

3.2.4 Yakınlık kuplajlı besleme

Bu yapının açıklık kuplajlı beslemeden farkı şekil 3.6 (b)'de görüldüğü gibi besleme hattının toprak yüzeyin üstünde kalmasıdır. Bu değişim yapının daha geniş bantlı olmasını sağlar [5].

3.3 Analiz Yöntemleri

Mikroşerit anten yapılarını analiz edebilmek için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en popülerleri iletim hattı (TLM), kavite ve tam dalga modelleridir. İletim hattı modeli içlerindeki en basit yöntem olmakla beraber fiziksel yapının çözümlenmesi konusunda da yeteneklidir. Ancak doğruluk payı diğer yöntemlere kıyasla düşüktür ve kuple yapıları modellemekte yetersizdir [5].

İletim hattı modeline kıyasla kavite modeli daha yüksek doğruluğa sahiptir fakat aynı zamanda karmaşık bir yapısı vardır. Bunun özelliklere ek olarak iletim hattı modeli gibi fiziksel çözümleme konusunda yeteneklidir ancak kuple yapıların modellenmesinde bu yöntem de yetersiz kalmaktadır [5].

Bu modellerin içerisinde en yüksek doğruluk payına sahip olan model tam dalga modelidir. Bu model tak parçalı yapılara uygulanabileceği gibi sonlu ve sonsuz anten dizilerine, gelişigüzel şekillerdeki antenlere ve hatta kuple yapılara uygulanabilir. Ancak bu model oldukça karmaşıktır ve fiziksel çözümleme yeteneği düşüktür [5].

3.4 Kalite Faktörü, Bant Genişliği ve Verimlilik

Tüm anten yapılarında olduğu gibi mikroşerit yama antenlerde de yapının karakteristiği tartışılırken belli başlı anten parametrelerinden bahsedilir. Kalite faktörü, bant genişliği ve verimlilik de bunlardan bazılarıdır. Ancak buradaki sıkıntı bu parametrelerin ayrı ayrı ele alınıp arzu edilen seviyelere çekilmesinin mümkün olmayışdır. Herhangi bir parametre üzerinde yapılacak bir iyileştirme, diğer parametrenin olumsuz etkilenmesine neden olarak anten karakteristiğinin bozulmasına sebep olabilmektedir [5].

Kalite faktörü genel anlamıyla anten kayıplarını temsil eder ve ısıma, iletkenlik, dielektrik ve yüzey dalgası kayıplarının bütünü olarak düşünülebilir. Bu nedenle kalite faktörü Q_t tüm kayıplardan etkilenir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir [5]:

$$\frac{1}{Q_t} = \frac{1}{Q_{rad}} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_{sw}} \quad (3.2)$$

Q_t = toplam kalite faktörü

Q_{rad} = ısıma (boş uzay) kayıpları kalite faktörü

Q_c = iletkenlik kayıpları kalite faktörü

Q_d = dielektrik kayıpları kalite faktörü

Q_{sw} = yüzey dalgaları kalite faktörü

Bahsi geçen kalite faktörlerinin her biri kendine has parametrelere bağlıdır ve bütün yapı düşünüldüğünde en küçük değişikliğin bile kalite faktörünü etkileyeceği gözden kaçmamalıdır. Her ne kadar kalın dielektrik tabaka kullanıldığı zaman yüzey dalgalarının etkisi göz ardı edilemese de, ince dielektrik tabaka kullanıldığı durumda ($h \ll \lambda_0$) bu yüzey dalgalarının etkisi ihmal edilebilir [5].

İnce dielektrik tabaka kullanıldığı durumda diğer üç faktör aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [5]:

$$Q_c = h\sqrt{\pi f \mu \sigma} \quad (3.3)$$

$$Q_d = \frac{1}{\tan \delta} \quad (3.4)$$

$$Q_{rad} = \frac{2\omega \epsilon_r}{hG_t/l} K \quad (3.5)$$

Burada $\tan \delta$ dielektrik malzemenin kayıp tanjantını, σ yapıdaki iletken yama ve toprak yüzeyin iletkenlik katsayısını, G_t/l ise ışıma açıklığının birim uzunluğuna karşılık gelen toplam iletkenliğini göstermektedir. K sabiti aşağıdaki şekilde hesaplanır [5]:

$$K = \frac{\iint_{alan} |E|^2 dA}{\oint_{\text{çevre}} |E|^2 dl} \quad (3.6)$$

Baskın TM_{010}^x modunda çalışan dikdörtgen açıklıklı bir anten için K ve G_t/l aşağıdaki değerleri alır [5]:

$$K = \frac{L}{4} \quad (3.7)$$

$$G_t/l = \frac{G_{rad}}{W} \quad (3.8)$$

Q_{rad} değeri kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığı ile ters orantılıdır ve ince yapılarda baskın faktör olmaktadır [5].

Bant genişliği de Q_t değerinin büyüklüğüyle test orantılıdır ve oransal olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir [5]:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q_t} \quad (3.9)$$

Ancak dikkat edilmelidir ki yukarıdaki ifade anten girişindeki empedans uyumuna dair bilgi içermemektedir. Bu nedenle çalışma frekansında VSWR'nin birim değerde olduğu ve girişte de maksimum değerine eşit ya da bu değerden küçük olduğu düşünülerek aşağıdaki ifadeyi göz önüne almak daha anlamlı olacaktır [5]:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{VSWR - 1}{Q_t \sqrt{VSWR}} \quad (3.10)$$

Yukarıdaki formüllerin yanında, dar bantlı yapılarda frekans bant genişliği üst ve alt frekans değerleri arasındaki farkın merkez frekansına oranı olarak da düşünülebilir. Yani frekans bant genişliği [5]:

$$\text{Frekans Bant Genişliği} = \frac{f_{üst} - f_{alt}}{f_{merkez}} \times 100 \% \quad (3.11)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki merkez frekansı üst ve alt frekans değerlerinin aritmetik ya da geometrik ortalamaları alınarak bulunur [5]:

$$f_{merkez} = \frac{(f_{üst} + f_{alt})}{2}, \text{ ya da } f_{merkez} = \sqrt{f_{üst} f_{alt}} \quad (3.12)$$

Dikdörtgensel mikroşerit anten yapılarında sabit bir rezonans frekansında bant genişliği, mikroşerit yapının hacmiyle doğru orantılıdır ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [5]:

$$BW \sim \text{hacim} = \text{alan} \times \text{yükseklik} = \text{uzunluk} \times \text{genişlik} \times \text{yükseklik} \\ \sim \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\epsilon_r} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3.13)$$

Sonuç olarak bant genişliği dielektrik malzemenin dielektrik sabiti ile test orantılı olmakla beraber normalize yüksekliğinin de bir fonksiyonudur. Bu yükseklik arttıkça bant genişliği de artmaktadır [5].

Mikroşerit anten yapılarında verimlilik ise bizlere, sisteme giren gücün ne kadarının ışıyabildiği bilgisini vermektedir ve kalite faktörleri cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [5]:

$$e_{cdsw} = \frac{1/Q_{rad}}{1/Q_t} = \frac{Q_t}{Q_{rad}} \quad (3.14)$$

4. UMTS ANTENİ

Bu bölümün amacı UMTS bandında kullanılan antenlerin ihtiyaçlar doğrultusunda genel olarak hangi tipte seçildiğinin ve örnek teşkil edecek bazı anten tasarımlarının incelenmesidir. Bu nedenle öncelikle mobil cihazlarda kullanılan UMTS anteninin sahip olması gereken özelliklerden bahsedilecek, ardından UMTS bandında çalışan bazı mikroşerit yama anten yapıları incelenecektir.

4.1 UMTS Anteninin Genel Özellikleri

Gelişen mobil haberleşme teknolojileriyle beraber ihtiyaç duyulan bant genişliği de giderek artmaktadır. Örneğin 3N sistemlerden birisi olan ve çalışmamızın da temelini oluşturan UMTS teknolojisi için kullanılan bant 12.2% (1920-2170MHz) genişliğindedir. Bunun yanı sıra kullanılan mobil cihazlar da gün geçtikçe boyutlarını küçültmekte, doğal olarak da kullanılan UMTS anten yapılarının geniş bant çalışabilen, darbeye dayanıklı, düşük SAR değerlerine sahip, küçük ve hafif yapılar olması zorunlu hale gelmektedir [12]. UMTS anten yapısı konusundaki bu beklentiler Bölüm 3.1’de anlatılan mikroşerit yama antenlerin temel özellikleri ile örtüşmekte olup, bu durum UMTS tabanlı yeni nesil mobil cihazların ihtiyacını karşılayacak olan anten tiplerinin genellikle mikroşerit anten yapılarından seçilmesini sağlamıştır.

Her ne kadar mikroşerit yama anten tasarımları bilinen avantajları sayesinde ön plana çıkmış olsa da, geleneksel mikroşerit anten yapılarda ancak 5% gibi dar bant hizmeti sunulabilmektedir. Bu sorunu aşmak için gerçekleştirilen geniş bant hizmet sunan mobil cihaz anten tasarımlarına ilişkin çalışmalar son zamanlarda büyük önem taşımaya başlamıştır [13].

Mikroşerit yama antenlerin bant genişliğini artırmaya yönelik en bilinen yöntem yapıda kalın ve düşük dielektrik sabitli tabaka kullanmaktır. Ancak bu yöntem bant genişliğini artırmasının yanında istenmeyen besleme bölgesi ışımlarının ve yüzey dalgalarının oluşmasına sebep olur. Bu nedenle tabakanın dielektrik sabiti, kalınlığı

ve arzulanan frekans bant genişliği arasında optimum verimi elde edeceğimiz bir iyileştirme yapılması gerekmektedir [13, 14].

Mikroşerit anten yapılarında kullanılan dielektrik tabakanın kalınlığının artırılması, istenilen bant genişliğinin kapsanmasını sağlayabilecek önemli bir faktör olmasına rağmen, fiziksel boyutları kabul edilebilir düzeyde tutmanın mikroşerit anten tasarımının en önemli parçası olduğu unutulmamalıdır. Günümüzde ilgileri üzerine toplayan çalışmalar anten boyutlarının küçültülmesine yönelik çalışmalardır. Boyutları yanında bir mobil antenden yeterli bant genişliğine sahip olması, yüksek verimlilikte çalışabilmesi, empedans uyumunu sağlaması, her yöne ışıma yapabilmesi ve yakın cisimlerden yüksek oranda etkilenmemesi gibi özellikleri de sağlaması beklenir. Genel olarak mikroşerit anten yapılarının boyutlarının küçültmeye yönelik yapılabilecekler aşağıda sıralanmıştır:

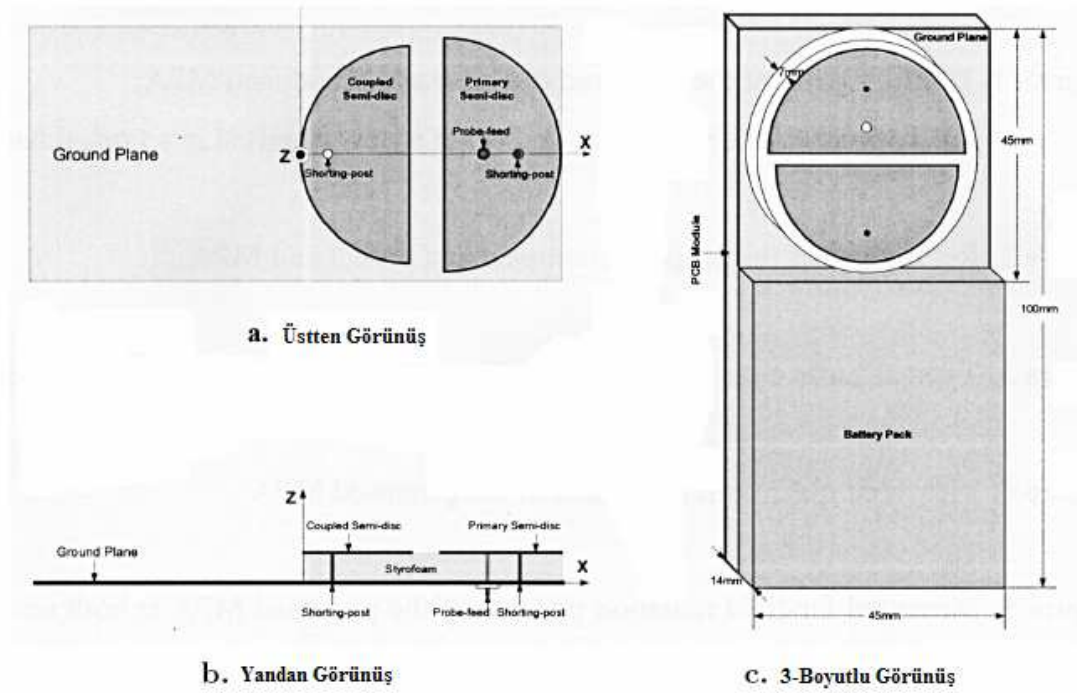
- Dielektrik sabiti yüksek tabaka kullanmak,
- Temel anten şekli üzerinde değişiklikler yapmak,
- Kısa devre elemanları kullanmak,
- E, V, H, U, L gibi şekillerde yamalar kullanarak farklı rezonans frekansları oluşturmak,
- Yama üzerinde açıklıklar oluşturarak farklı rezonans frekansları oluşturmak,
- Yukarıdakileri beraber kullanmak [13, 14].

Sonuç olarak bir UMTS anteni, geniş bant çalışabilen yapıda ve aynı zamanda mobil cihaz ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Bu iki temel özellik birbirlerini kısıtlayıcı niteliktedirler ve çalışmalar antenin bant genişliği ve az önce bahsedilen boyutlarını küçültmeye yönelik yapılabilecekler arasındaki en uygun durumu ortaya çıkarmaya yönelik olarak ilerlemektedir.

4.2 UMTS Bandında Çalışan Çeşitli Mikroşerit Yama Anten Yapıları

Bu bölümde UMTS bandında çalışan iki mikroşerit anten yapısının şekil, boyut ve malzeme gibi özellikleri incelenecektir. Amaç Bölüm 4.1’de bahsedilen anten özelliklerinin sağlanması için ne gibi çalışmalar yapıldığına göz atmaktır.

İlk olarak Şekil 4.1’ de gösterilen anten, UMTS bandında çalışan dairesel mikroşerit yama anten yapılarına örnek olarak incelenecektir. Bu antenin ışıma yapan iletken kısmı, R1 yarıçapında yarı daire ile ona kuple olacak şekilde yerleştirilmiş R2 yarıçaplı ($R_2 < R_1$) yarı daireden oluşmuştur ve her iki parçanın da toprak yüzeye ince direklerle temas etmesi sağlanmıştır. Bu iki yama, kalınlığı 0.1 mm olan bakırdan yapılmıştır ve dielektrik sabiti $\epsilon_r = 1.03$ olan suni köpük üzerine paralel çap kenarları boyunca kuple olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Bu gibi durumlarda dielektrik sabiti $\epsilon_r = 1$ olan havanın, iletken olmayan ayaklarla desteklenmesi gerektiği ve yapının mekanik sağlamlığını düşürdüğü için, yerine suni köpük kullanılmaktadır [14].



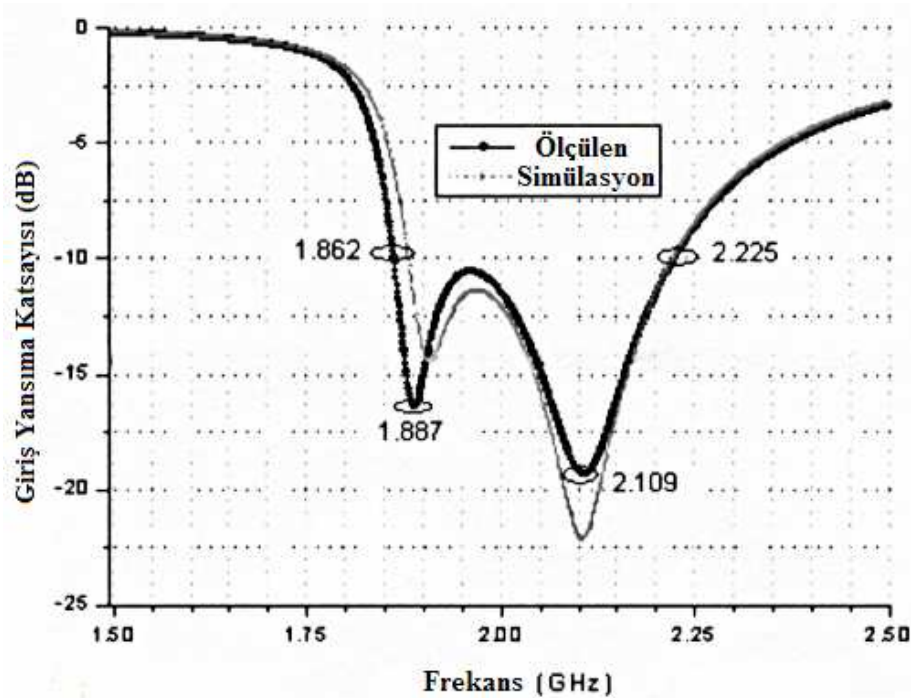
Şekil 4.1: Dairesel mikroşerit yama antenin: (a) Üstten görünüşü, (b) Yandan görünüşü, ve (c) 3-Boyutlu görünüşü [14]

Bu dairesel mikroşerit anten yapısının istenen geniş bant IMT-2000 desteğini verebilmesi için ilgili anten parametreleri en uygun hale getirilerek şu değerler elde edilmiştir: Birincil ve ikincil yamaların yarıçapları sırası ile $R_1 = 18.9mm$ ve $R_2 = 18.2mm$, kuple aralığı $\Delta = 7.3mm$, birinci kısa devre bacağına koordinatları ve yama üzerindeki yarıçapı sırasıyla $(x_{s1}, y_{s1}) = (36.5mm, 0)$ ve $r_{s1} = 0.7mm$, ikinci kısa devre bacağına koordinatları ve yama üzerindeki yarıçapı sırasıyla

$(x_{s2}, y_{s2}) = (4.8mm, 0)$ ve $r_{s2} = 0.82mm$, ve son olarak beslemenin koordinatları da $(x_p, y_p) = (32.1mm, 0)$ [14].

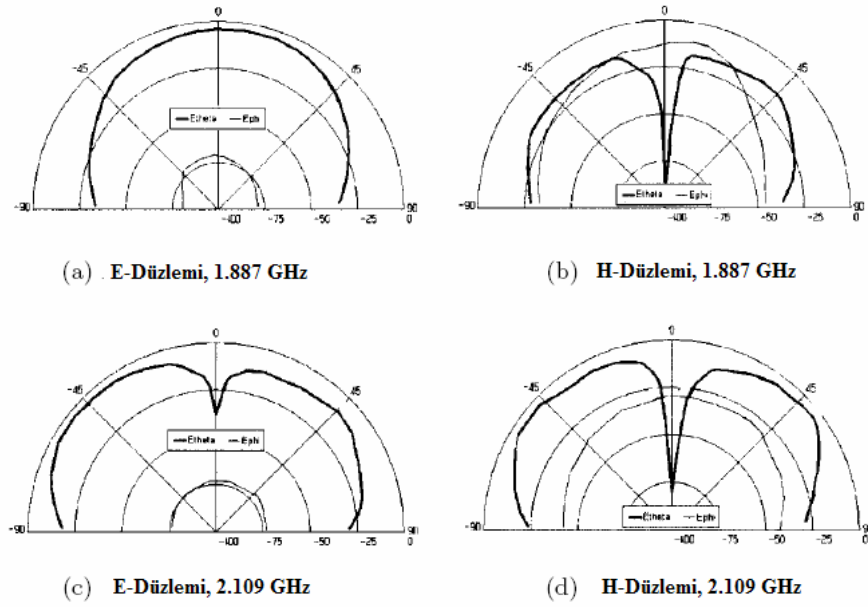
Yapılan analizler sonucunda istenilen bandı kapsayacak şekilde ışıyacak empedans uyumlu bir anten yaratmak için yukarıdaki parametrelerin birbirlerinden bağımsız olmayacak şekilde en uygun değerlerini alması gerektiği görülmüştür. Ayrıca simülasyon sonuçları göstermiştir ki rezonans frekanslarının belirlenmesinde dielektrik tabakanın kalınlığı ve yarı daire yamaların boyutları baskın faktörler olurken, empedans uyumunun sağlanması için kullanılan kısa devre bacalarının ve beslemenin konumları ve yarıçapları etkili olmaktadır. Bununla beraber giriş empedansı üzerindeki etkinin minimuma çekilmesi için yamaların arasındaki kuple aralığı yama kalınlığı ile karşılaştırıldığında yeterli uzunlukta olmalıdır [14].

Şekil 4.2’den de görüleceği üzere bu anten $f_1 = 1.887 \text{ GHz}$ ve $f_2 = 2.109 \text{ GHz}$ olmak üzere iki farklı rezonans frekansında ışıyaktadır ve bunlardan küçük olan f_1 ’in diğerine oranla daha geniş olan R_1 yarıçaplı birincil yarı daire yama parçası tarafından, f_2 ’nin ise R_2 yarıçaplı ikincil yarı daire yama parçası tarafından uyarıldığı söylenebilir [14].



Şekil 4.2: Dairesel mikroşerit yama antenin giriş yansımaya katsayısı [14]

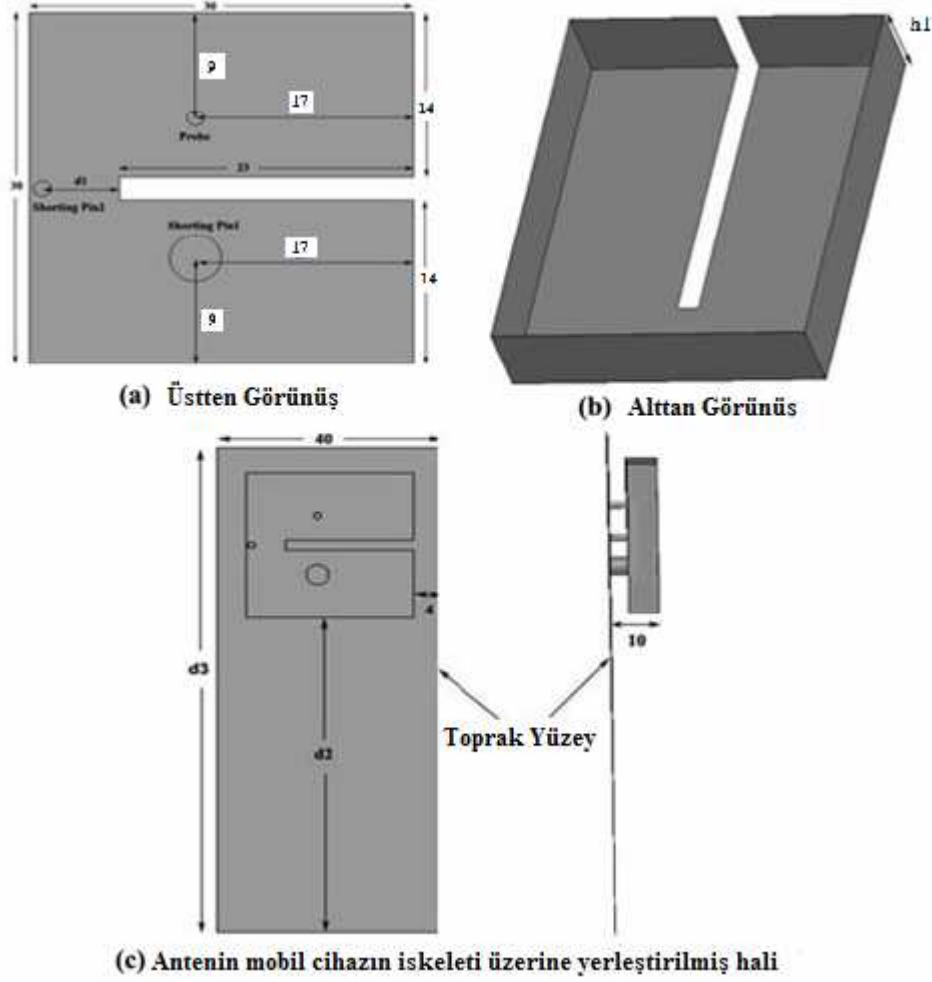
Şekil 4.3’de ise ilgili antenin uzak alan ışıma karakteristikleri her iki rezonans frekansı için E ve H düzlemleri üzerinde incelenmiştir.



Şekil 4.3: Dairesel mikroşerit yama antenin uzak alan ışıma diyagramları [14]

Bu çalışmada bant genişliği (giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$ için) 17.8% olan ve 1.862 - 2.225 GHz aralığında çalışan dairesel mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. Görüldüğü gibi bu frekans aralığı istenilen 1.885-2.200 GHz IMT-2000 spektrumunu kapsamaktadır [14].

İkinci olarak Şekil 4.4’de gösterilen dört kenarı kıvrılmış, açıklıklı ve diğer örnektekine benzer şekilde kısa devre elemanı kullanılmış dikdörtgensel mikroşerit yama anten incelenecektir.

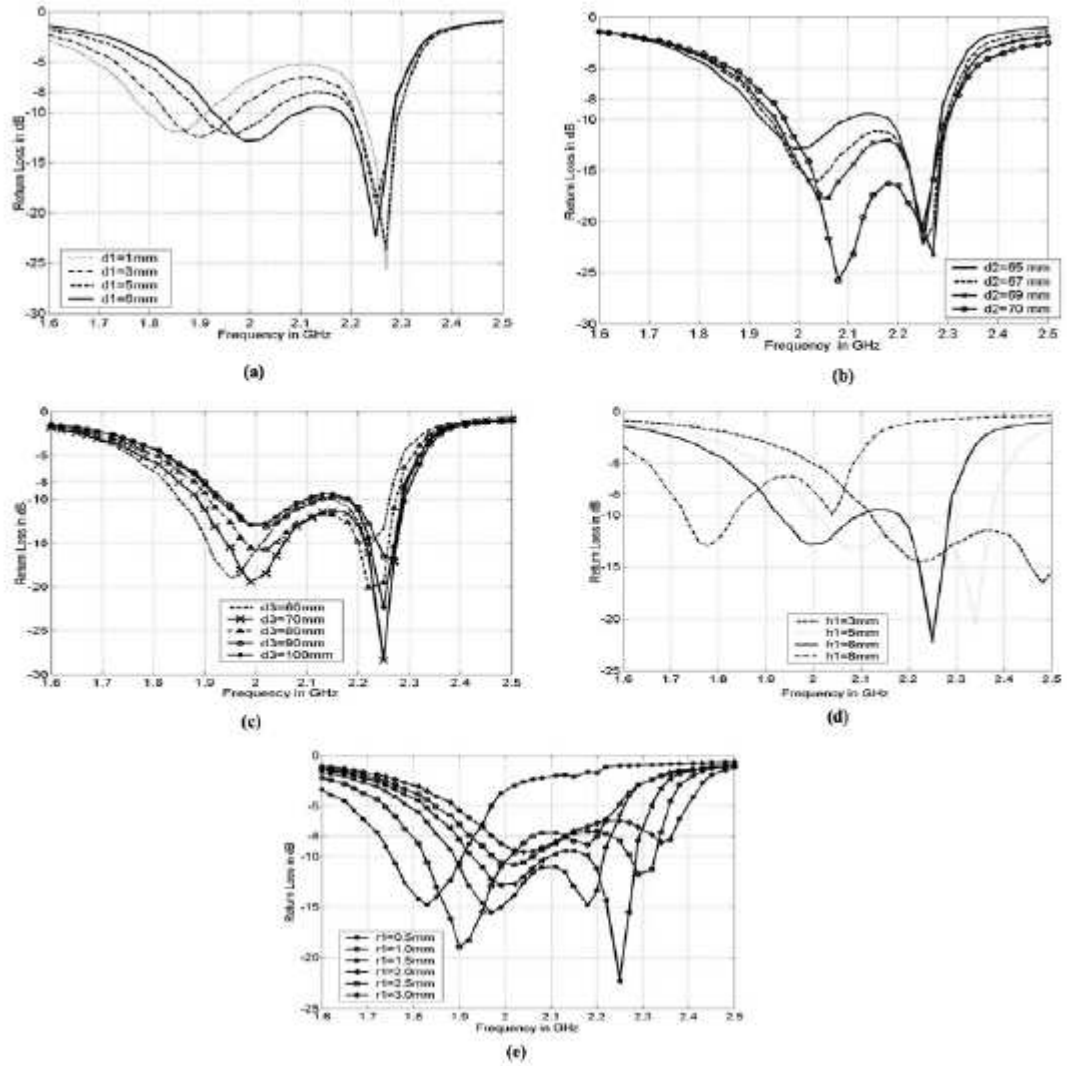


Şekil 4.4: Dikdörtgenel mikroşerit yama antenin: (a) Üstten görünüşü, (b) Alttan görünüşü, ve (c) Mobil cihazın iskeleti üzerine yerleştirilmiş hali [12]

Yapıda kullanılan dikdörtgen yama 30x30mm boyutlarındadır ve 100x40mm ($d_3=100\text{mm}$) boyutlarında toprak yüzey üzerine en uzak kenara Şekil 4.4 (c)'deki gibi 65mm (d_2) uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapının toplam yüksekliği 10mm olmakla beraber her bir kenar 6mm (h_1) aşağı doğru kıvrılmıştır. Yamanın üzerinde Şekil 4.4 (a)'da görüldüğü gibi 2mm genişliğinde, 23mm uzunluğunda bir de açıklık vardır ve yapı, ilkinin yarıçapı 0.65mm (açıklık ile arasındaki mesafe d_1 ile gösterilmiş), diğerinin ise 2mm (r_1) olan iki bacak ile toprak zemine bağlanmıştır. Mikroşerit yapılar da anten boyutları ile empedans bant genişliği arasında doğrudan ilişki olması nedeniyle bu çalışmada tüm kenarlar aşağı bakacak şekilde bükülmüşlerdir [12].

Yukarıda bahsi geçen parametrelerden d_1 , d_2 , d_3 , h_1 ve r_1 , çalışılan frekans bandının belirlenmesinde kritik önem taşımaktadırlar ve ilk değer olarak sırasıyla 25mm,

65mm, 100mm, 6mm ve 2mm değerlerini almışlardır. Bu tasarım çalışmasında diğer tüm parametreler sabit tutulurken tek bir parametrenin değiştirilmesi sonucunda elde edilen anten karakteristikleri incelenmiştir. Her bir parametreye özgü giriş yansıma katsayıları Şekil 4.5’de gösterilmiştir [12].

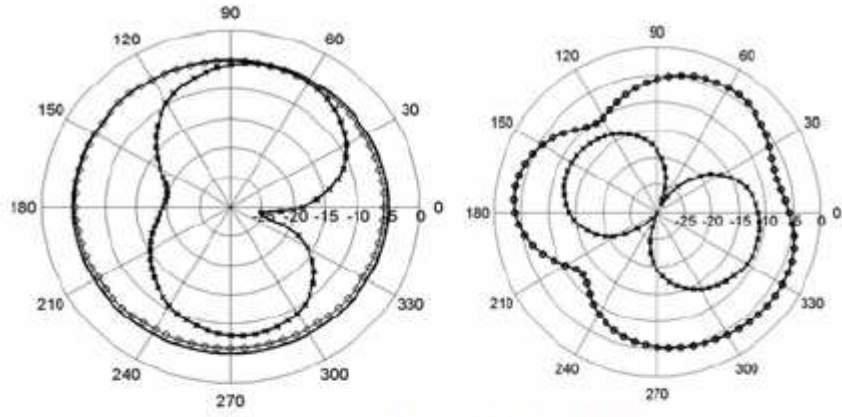


Şekil 4.5: Dikdörtgensel mikroşerit yama antenin giriş yansıma katsayıları: (a) d_1 , (b) d_2 , (c) d_3 , (d) h_1 , (e) r_1 [12]

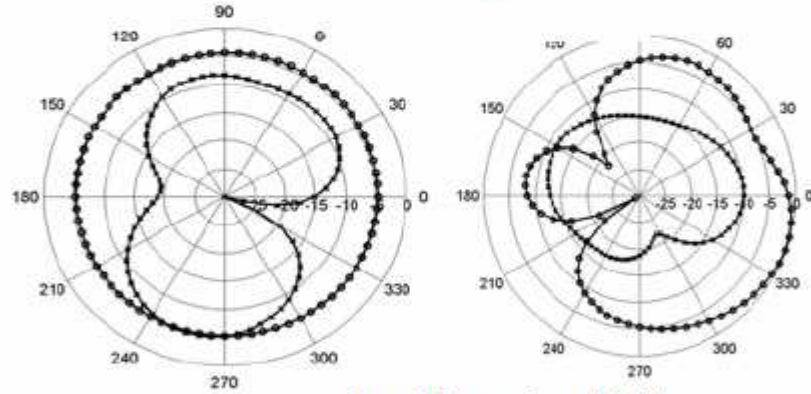
Şekil 4.5 (a)’ya bakılacak olunursa d_1 parametresinin 5mm’den küçük olduğu durumlarda UMTS bandı kapsanamamış ancak bu değer 6mm’ye getirildiği zaman empedans uyumu iyileşmiş ve UMTS bandı kapsanabilmiştir. Şekil 4.5 (b)’de ise d_2 parametresinin etkisi görülmektedir. Burada d_2 değerinin 65mm’den 70mm’ye getirilmesi, yani antenin toprak yüzeyin üst kenarına doğru 5mm yaklaştırılması, empedans bant genişliğinin 19.2% (1.88 - 2.28GHz) değerinden 16.4% (1.95 – 2.3GHz) değerine gerilemesine neden olmuştur. Toprak yüzeyin uzunluğunu temsil

eden d_3 parametresinin 60mm'den 100mm'ye çıkarılması da Şekil 4.5 (c)'de görüldüğü gibi UMTS bandında bir değişikliğe neden olmamasına karşın rezonans frekansının daha aşağılara çekilmesine sebep olmuştur. Şekil 4.5 (d)'deki h_1 değerinin ise 3mm değerinden 6mm değerine yükseltilmesi, frekans bandını 2.07 – 2.65 GHz aralığından 1.9 – 2.3 GHz aralığına çekmiş ve UMTS bandının kapsanmasını sağlamıştır. Bu değer 8mm'ye çekildiğinde ise empedans uyumunun bozularak anten performansının düştüğü görülmektedir. Son olarak da r_1 değerinin değişimi Şekil 4.5 (e)'de gösterilmiştir. Bu değer 0.5mm'den 2mm'ye çekildiği durumda frekans bant genişliği 10.93% (1.73 – 1.93 GHz) değerinden 20.1% (1.88 – 2.3 GHz) değerine yükselmiş ancak 3mm yapıldığında tekrar 18% (1.97 – 2.36 GHz) değerine gerilemiştir [12].

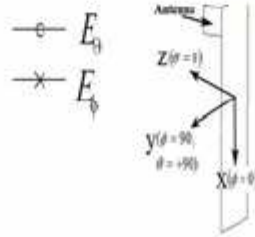
Bu tasarıma ilişkin daha önce belirtilen parametre değerlerinin ($d_1=25$ mm, $d_2 = 67$ mm, $d_3 = 100$ mm, $h_1 = 6$ mm ve $r_1 = 2$ mm; bakır malzeme kalınlığı 0.07 mm) seçimi hususunda izlenen yol yukarıda gösterilmiş ve her bir parametrenin antenin frekans bant genişliğine etkisi incelenmiştir. Bunun yanında antenin E ve H düzlemlerindeki ışıma diyagramları 1.9 GHz ve 2.2 GHz olmak üzere her iki rezonans frekansı için de Şekil 4.6'da gösterilmiştir [12].



(a) Işıma Diyagramları - 1.9 GHz



(b) Işıma Diyagramları - 2.2 GHz



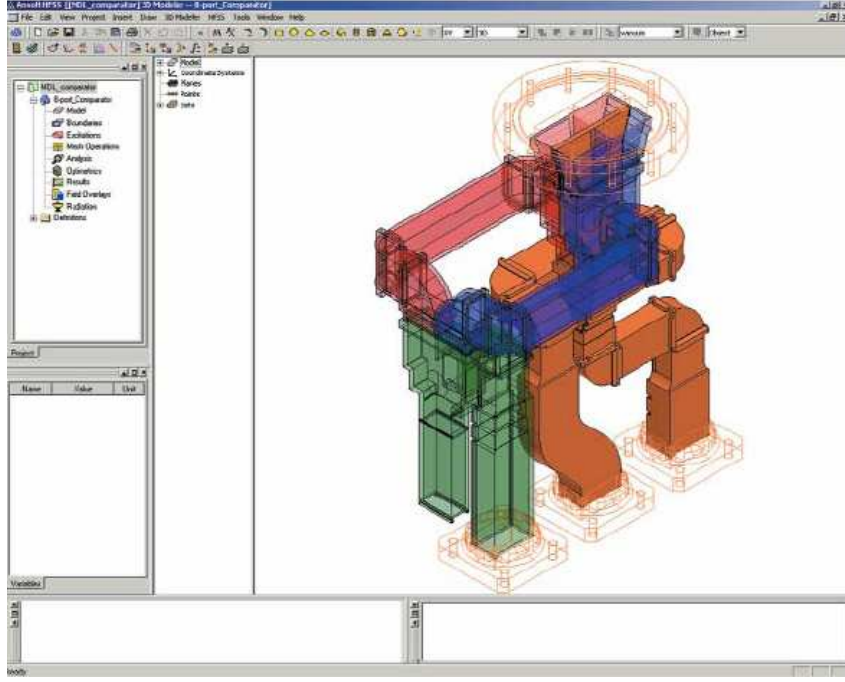
Şekil 4.6: Dikdörtgensel mikroşerit yama antenin E ve H düzlemlerindeki ışıma diyagramları (a) 1.9 GHz (b) 2.2 GHz [12]

5. UMTS ANTEN TASARIMI VE ANALİZİ

Daha önceki bölümlerde sırasıyla 3N teknolojisi ve UMTS, mikroşerit yama antenlerin temel özellikleri ve UMTS anteninin genel özellikleri incelenmiş, sonrasında ise UMTS tabanlı mobil cihazlarda kullanılabilecek çeşitli mikroşerit yama anten yapılarına göz atılmıştır. Bu bölümde ise çalışmanın asıl amacını oluşturan, UMTS spektrumunun tamamını kapsayacak nitelikte, geniş bantlı mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilecektir. Bu tasarıma yönelik ilk olarak bilgisayar ortamında elektromanyetik alan problemlerinin simülasyonunda kullanılan Ansoft HFSS paket yazılımından genel hatlarıyla bahsedilecek, sonrasında ise UMTS anten tasarımı konusuna geçilecektir. Tasarım bölümünde, ortaya çıkarılması planlanan mikroşerit anten yapısının sahip olması gereken özelliklerden ve sonrasında ise anten geometrisi ve tasarım aşamalarından söz edilecektir. Son olarak da oluşturulacak anten yapısına ilişkin bazı önemli anten parametreleri teker teker ele alınarak bu parametrelerin işlevsellikleri tartışılacak, ve beraberinde UMTS spektrumunda elde edilen analiz sonuçları paylaşılacaktır.

5.1 Ansoft HFSS Paket Yazılımı

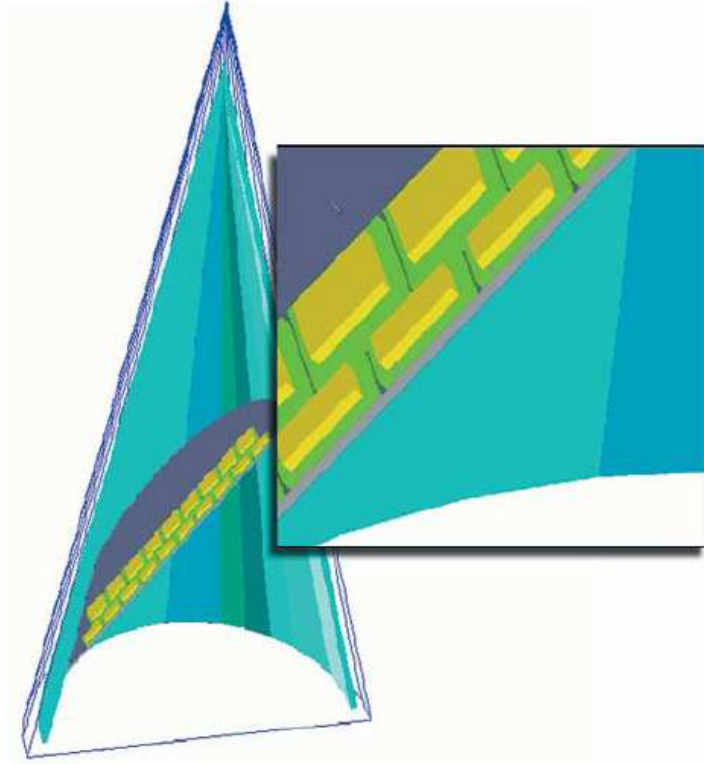
HFSS üç boyutlu pasif cihazların modellenmesinde kullanılan yüksek performanslı tam dalga elektromanyetik (EM) alan benzetim ortamıdır ve Microsoft Windows grafik arayüzünün sağladığı avantajları da kullanmaktadır. Bu program, Şekil 5.1’de gösterildiği gibi kolaylıkla öğrenilebilecek arayüzü sayesinde, üç boyutlu EM problemlerin hızlı ve doğru bir biçimde çözümlenmesini sağlamakta, ve çözüme ilişkin simülasyon, görüntüleme, pratik hal modellemesi ve otomasyon gibi özellikleri de beraberinde sunmaktadır. Ansoft HFSS, analizleri sırasında sonlu elemanlar metodunu (FEM) kullanır ve ileri seviyedeki grafikleri sayesinde kullanıcının üç boyutlu yapı hakkında detaylı bilgiye sahip olmasını sağlar [15].



Şekil 5.1: Ansoft HFSS kullanıcı arayüzü [16]

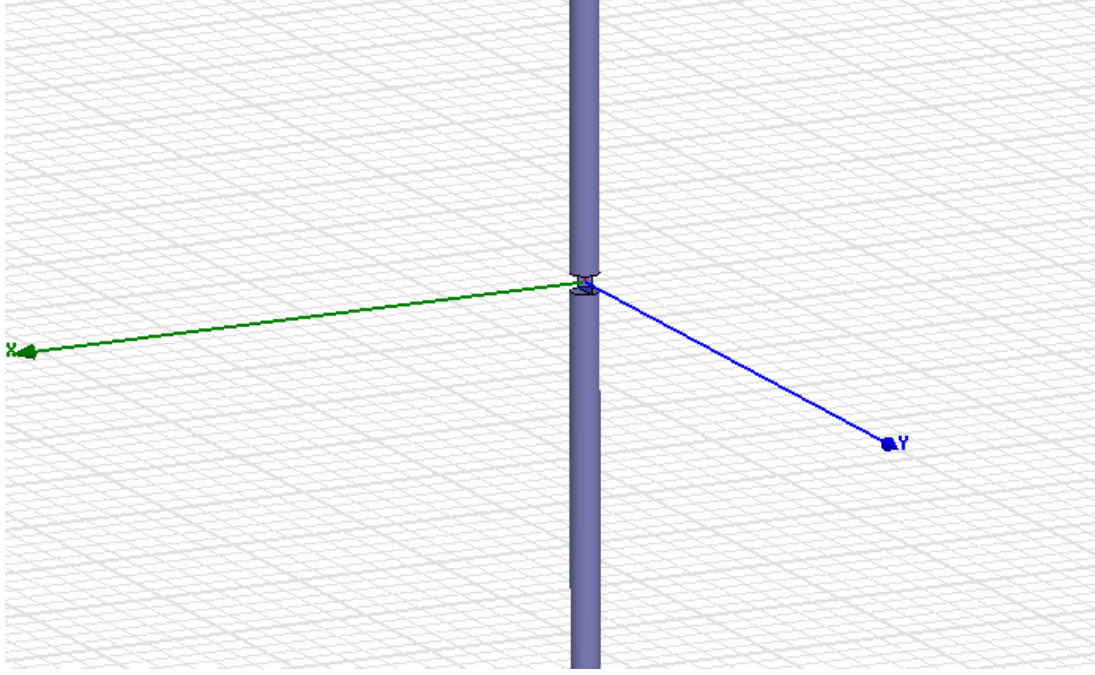
İlk olarak şubat 1990'da tanıtılan HFSS, mikrodalga tasarımlar konusunda yepyeni bir çağ açmıştır. Bu dönemden önce mikrodalga tasarımlar basit analizler ve pratik denemeler üzerine kuruluydu ve HFSS'nin ortaya çıkışıyla beraber bu analizlerin bilgisayar ortamında hızlı bir şekilde yapılması ve üç boyutlu prototiplerinin oluşturulması sağlandı. Bu sayede tasarımcı ilk defa yaratmak istediği cihazın EM özelliklerini ve pratikte nasıl çalışacağını yüksek doğrulukta sanal olarak gözlemledi. Sağladığı tüm bu kolaylıkların yanında HFSS, zaman ve para tasarrufu sağlamasıyla hemen her türden EM cihaz tasarımlarının önünü açmıştır [16].

Örneğin bir sonraki şekilde gösterilen konik radomun, üzerinde 30 elemandan oluşan bir anten dizisi bulundurmasına rağmen analizi Ansoft HFSS benzetim ortamı sayesinde bir saatten kısa bir sürede tamamlanmaktadır [16]. Bu analiz sonucunda antenin ışıma diyagramı, giriş yansıma katsayısı ve empedans uyumu gibi değişken özellikleri hakkında bilgi sahibi olunarak şekil üzerinde yapılabilecek değişiklikler öngörülebilmektedir.

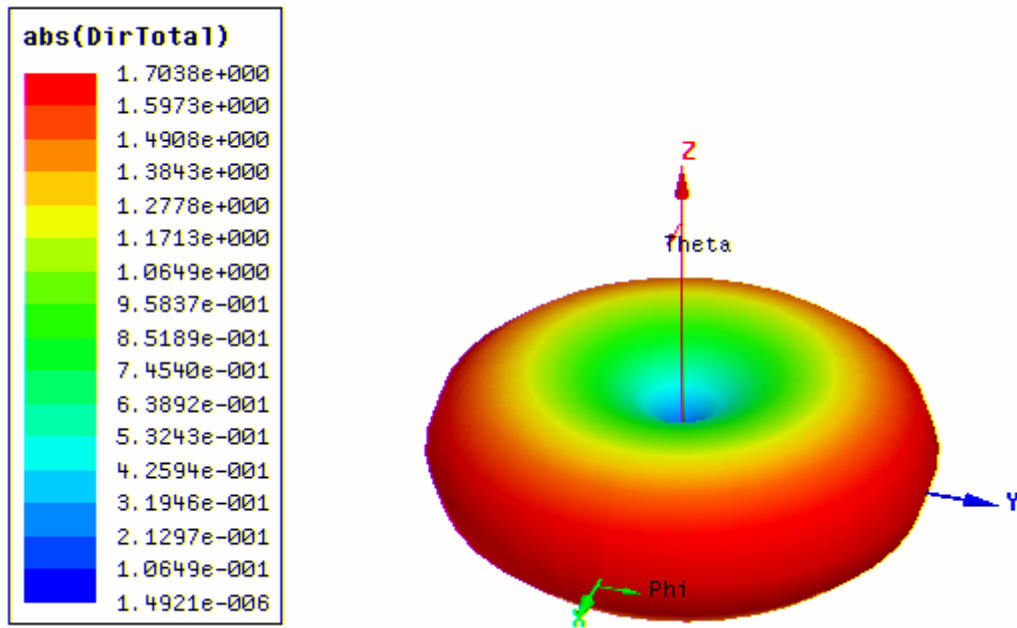


Şekil 5.2: Anten dizisine sahip konik radar anten yapısı [16]

Yukarıda bahsedilen avantajlı yönlerinden dolayı Ansoft HFSS elektromanyetik alan benzetim ortamı, bu çalışmada UMTS anten tasarımı ve analizi için kullanılacaktır. UMTS anten tasarımı aşamasına geçmeden önce HFSS ortamında Şekil 5.3’de gösterildiği biçimde tasarlanmış olan basit bir dipol yapının yönlendiricilik değerinin bilinen kanonik bir çözümle karşılaştırılması doğru görülmektedir. Bu yapının Şekil 5.4’de gösterilen 3-Boyutlu yönlendiricilik diyagramına bakılacak olursa elde edilen $D = 1.704$ maksimum değerinin literatürde hesaplanmış bulunan $D = 1.643$ değerine oldukça yakın olduğu görülür. Burada kanonik çözüm sonsuz incelikte dipol parça için hesaplanmıştır. Ancak HFSS tasarımında kullanılan dipol parçanın yarıçapı $\lambda/1000$ olarak alındığından arada küçük bir fark olması normaldir. Burada besleme direnci literatürde $\lambda/2$ dipol yapılar için belirlenen giriş empedansı değerine yakın olacak şekilde 79Ω olarak seçilmiştir [5].



Şekil 5.3: Basit dipol anten



Şekil 5.4: Basit dipol antenin 3-Boyutlu yönlendiricilik diyagramı

5.2 Geniş Bantlı Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Bu bölümde UMTS spektrumunda çalışacak, geniş bantlı mikroşerit yama anten tasarımı yapılacaktır. Tasarım süreci sistematik olarak ele alınarak her bir aşama elden geldiğince eksiksiz aktarılmaya çalışılacaktır. Bu nedenle ilk olarak tasarlayacağımız mikroşerit yama antenin ne gibi özellikler sağlaması gerektiği

incelenecektir. Bunun için UMTS antenlerinin temel özellikleri hatırlatılacak, ve sonrasında tasarlanacak olan antenin temel geometrisinden ve tasarım sürecinden bahsedilecektir. Bu bölüme ilişkin son kısımda ise tasarım sürecinde yapılması planlanan çalışma gerçekleştirilecektir.

5.2.1 Tasarlanacak mikroşerit anten yapısının sahip olması gereken özellikler

Bölüm 4.1’de incelenen UMTS anteninin genel özellikleri konusu hatırlanacak olursa UMTS antenine ilişkin iki temel özellik vurgulanmıştı:

- UMTS spektrumunu kapsayacak genişlikte bant genişliğine sahip olması gerekliliği,
- Mobil cihaz/telefon boyutlarına uyumlu olması gerekliliği.

Şekil 1.2’de gösterilen UMTS spektrumu temel alınacak olursa, tasarlanacak UMTS anteninin 1900–2200 MHz frekans aralığını kapsaması gerekecektir. Bu nedenle (3.12) kullanılarak bulunan $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ değeri antenimizin çalışma frekansı olarak düşünülebilir. Bu frekans değeri aynı zamanda tasarlanacak olan antenimizin rezonans frekansı olarak da belirlenmiştir. Ayrıca (3.11)’den frekans bant genişliği hesaplanacak olursa (giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$ için) antenimizin bant genişliğinin $BW \sim 15\%$ olması gerektiği söylenebilir. Sonuç olarak ilerleyen bölümlerde UMTS teknolojisi için 15% (1900–2200 MHz) bant genişliğini kapsayan ve merkez frekansı $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ civarında olan mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilecektir.

Bir diğer önemli özellik de mobil cihazların boyutları ile uyumlu olunması gereğidir ve bu zorunluluk antenin çalışması gereken bant genişliği ile beraber düşünüldüğünde tasarımdaki en önemli sorun haline gelmektedir. Bilindiği gibi geleneksel mikroşerit anten yapıları maksimum 5% oranında bant genişliğini desteklediklerinden, Bölüm 4.1’de anlatılan çeşitli yöntemlere başvurularak bant genişliği ve anten boyutları arasında optimizasyon sağlanması gerekmektedir. Bu yöntemlerin en bilineni kullanılacak olan dielektrik malzemenin yüksekliğinin artırılması ile bantın genişletilmesidir. Burada önemli olan husus dielektrik malzeme kalınlığının anten boyutlarında kabul edilebilir düzeyi aşmamasıdır. Bununla beraber yüzey dalgalarının oluşumunu engellemek için, ϵ_r , dielektrik sabitini, c , ışık hızını,

f , çalışma frekansını göstermek üzere, h , dielektrik tabaka kalınlığı aşağıda belirtilen düzeyde kalmalıdır [6]:

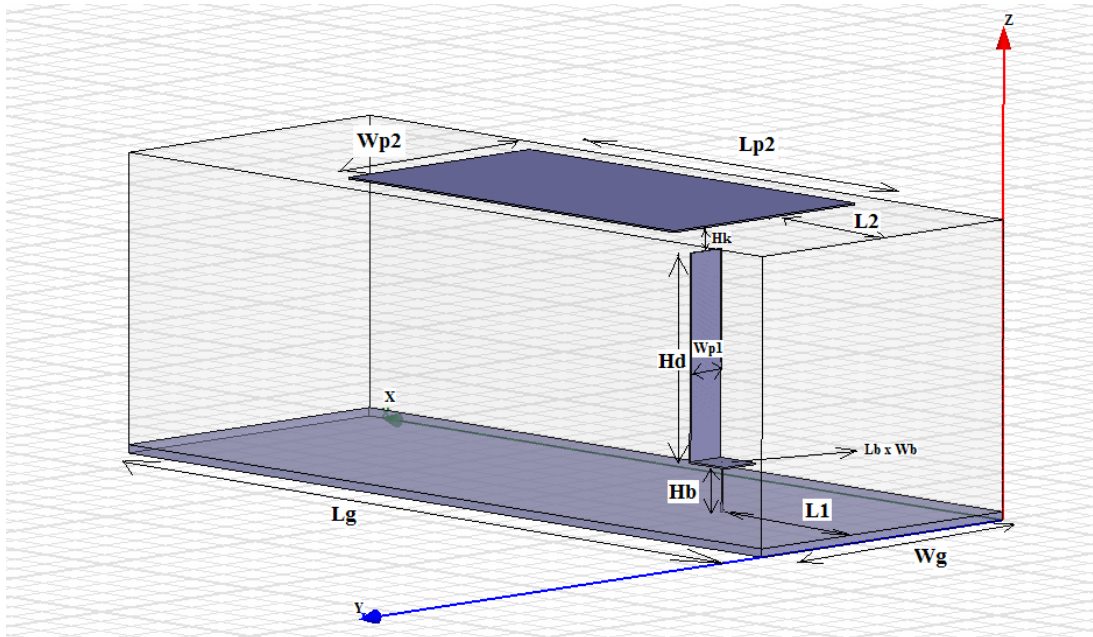
$$h \leq \frac{0.3c}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5.1)$$

Sonuç olarak bu çalışmadan beklenen, kabul edilebilir boyutlarda, en az 15% (1900-2200 MHz) bant genişliğine sahip ve merkez frekansı $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ civarında olan mikroşerit yama anten tasarlanmasıdır.

5.2.2 Temel anten geometrisi ve tasarım aşamaları

Önceki bölümde anlatılanlar ışığında tasarlanacak olan mikroşerit yama antenin sahip olması gereken temel özellikleri belirlenmiştir. Bu tasarımda amaç, geleneksel mikroşerit anten yapılarının bant genişliğini artırmak için kullanılan dielektrik tabaka kalınlığının artırılması yöntemine ek olarak farklı bir yöntem ortaya koymaktır.

Tasarımı gerçekleştirilecek olan mikroşerit antenin temel yapısı, Şekil 5.5’de gösterildiği üzere, koaksiyel bacak ile beslenen basit bir monopol antenin dielektrik yüzey üzerine yerleştirilen iletken yama ile kuplajı şeklindedir. Bölüm 3.2’de bahsedilen besleme yöntemleri hatırlanacak olursa, bu tasarımda kullanılacak olan besleme şekli bağlantılı ve bağlantısız besleme yöntemlerinin birleşiminden oluşacaktır.



Şekil 5.5: Tasarlanacak olan mikroşerit anten yapısı

Tasarım aşamalarına geçmeden önce yukarıdaki şekilde gösterilen parametrelere bir göz atalım:

- L_g, W_g : Kullanılacak olan toprak yüzeyin sırasıyla uzunluğu ve genişliği,
- L_{p2}, W_{p2} : Üst yüzeye yerleştirilecek olan yamanın sırasıyla uzunluğu ve genişliği,
- H_d, W_{p1} : Kullanılacak olan monopollü yapının sırasıyla yüksekliği ve genişliği,
- L_b, W_b : Beslemenin uygulandığı yüzeyin sırasıyla uzunluğu ve genişliği,
- H_b : Toprak yüzeyin üst kısmı ile besleme yüzeyinin üst kısmı arasındaki mesafe,
- H_k : Monopollü yapı ve üst yama arasındaki kuplaj mesafesi,
- L_1 : Beslemenin toprak yüzeyin üst kenarına olan uzaklığı,
- L_2 : Üst yamanın toprak yüzeyin üst kenarına olan uzaklığı.

Bu parametrelerin bir kısmı tasarım sırasında sabit tutulacaktır. Empedans uyumu ve istenilen bant genişliği de diğer parametrelerde yapılacak olan değişiklikler ile sağlanacaktır. Şekilde görünen saydam dikdörtgen prizma, kullanılacak olan dielektrik tabakayı temsil etmektedir.

Yapılacak olan tasarım üç aşamada gerçekleştirilecektir. İlk aşamada üst yama olmaksızın sadece monopollü yapı üzerinde çalışılacaktır. Bu aşamada dielektrik malzeme olarak hava kullanılacak ve 1900-2200 MHz bandında ışıyan monopollü anten yapısı oluşturulduktan sonra üst yama yerleştirilerek ikinci aşamaya geçilecektir.

İkinci aşamada ise daha önce bahsedilen parametrelerin bazıları üzerinde oynamalar yapılarak monopollü ve yama anten yapıları arasında uyum sağlanmaya çalışılacaktır. Bu aşamada da dielektrik malzeme olarak hava kullanılacak ve elde edilen sonuçlar ilk aşamada elde edilenler ile kıyaslanarak üzerlerinde tartışılacaktır.

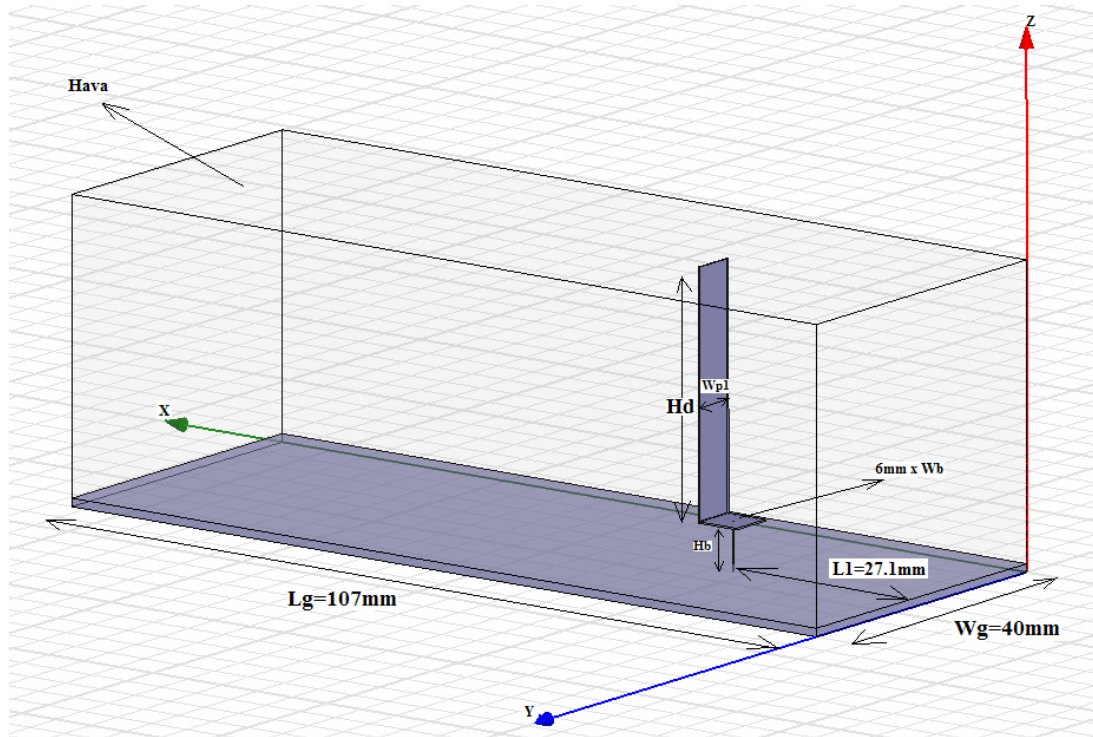
Son aşamada ise elde edilen geniş bantlı anten yapısının karakteristiğini bozmadan boyutları küçültülmeye çalışılacaktır. Bunun için kullanılan dielektrik malzeme dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4.4$ olan FR4 ile değiştirilecek, bu sayede boyut ve bant genişliği arasındaki optimizasyon sağlanmaya çalışılacaktır.

Tüm aşamalar sırasında sonuçlar kadar geometrik parametrelerin anten karakteristiği üzerine etkilerinin incelenmesi de bu çalışmanın kapsamına girmektedir.

5.2.3 UMTS bandında çalışan monopol anten yapısının tasarlanması

Bu bölüm tasarım çalışmamızın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Buradaki amaç sonraki aşamalarda da kullanılacak olan monopol yapının UMTS bandındaki çalışma karakteristiğinin incelenmesidir.

Yapının geometrisinden bahsetmek gerekirse Şekil 5.6’da gösterilen tasarımda kullanılacak toprak zemin $107\text{mm} \times 40\text{mm} \times 1\text{mm}$ (uzunluk $\times$ genişlik $\times$ kalınlık [t_z]) boyutlarında seçilmiştir. Koaksiyel besleme bacağı ise toprak yüzeyin üst kenarından $27.1\text{mm} +x$ yönünde ve x eksenı boyunca uzanan kenarlara eşit uzaklıkta olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu değerler ilk iki aşamada değiştirilmeyecektir.



Şekil 5.6: Monopol anten yapısı

Koaksiyel besleme bacağının diğer ucundaki iletken yüzey $6\text{mm} \times W_b \times 0.2\text{mm}$ boyutunda ve W_b genişliği monopul yapının genişliğine eşit olacak şekilde seçilmiştir ($W_b = W_{p1}$). Besleme ucu bu yüzeyin yaklaşık olarak orta noktasına yani yüzey üzerinde $(3.1\text{mm}, W_b/2)$ konumuna temas ettirilmektedir.

Besleme yüzeyinin +x yönündeki kenarına +z yönünde yükselen, yani (y, z) düzlemi üzerine, $H_d \times W_{p1} \times 0.2\text{mm}$ boyutunda monopol iletken parça yerleştirilmiştir. Yapıda kullanılan dielektrik malzeme daha önce de söylendiği gibi havadır ($\epsilon_r = 1.0006$) ve toprak yüzeyin üzerinden monopol iletken parçanın (en üst noktasının) $H_k = 1\text{mm}$ üzerine kadar uzanır. Sonuç olarak tasarlanacak olan monopol anten yapısının yüksekliği aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$H_{anten} = t_z + H_b + H_d + H_k \quad (5.2)$$

Burada kullanılan koaksiyel beslemenin direnci 50Ω olarak seçilmiştir ve antene maksimum güç aktarımı için giriş empedansı değerimizin bu değere eşit olması gerekmektedir. Bu yapıda beslemenin üst kısmında bulunan $6\text{mm} \times W_b$ boyutundaki yüzey, empedans uyumunun sağlanmasında önemli yere sahiptir. Ayrıca monopol iletken parça bu yüzey üzerinden besleneceği için bu iki yüzeyin genişlikleri eşit alınmıştır ($W_b = W_{p1}$). Toprak zemin üzerinden besleme yüzeyi üzerine kadar olan yükseklik H_b ile gösterilmiştir. Bu tasarımda optimizasyon H_d , W_b ve H_b değerleri üzerinde yapılan değişikliklerle sağlanmaya çalışılacaktır.

Çalışmada kullanılan monopol anten yapısı aslında bir ucundan beslenen tek kutuplu bir davranış sergilemektedir ve bu yapıların uzunlukları (L_0) genellikle aşağıda ifade edildiği gibi $\lambda/4$ olmaktadır [17].

$$L_0 \approx \frac{\lambda_g}{4} = \frac{\lambda_r}{4\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{4\sqrt{\epsilon_{eff}} f_r} \quad (5.3)$$

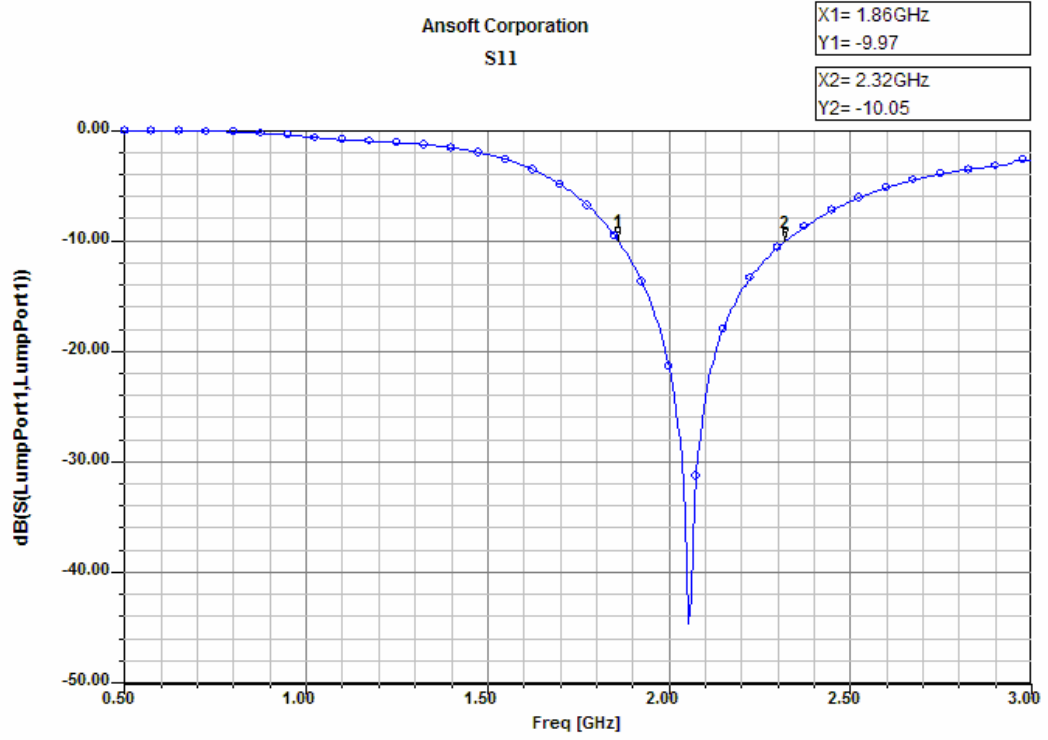
ve

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \quad (5.4)$$

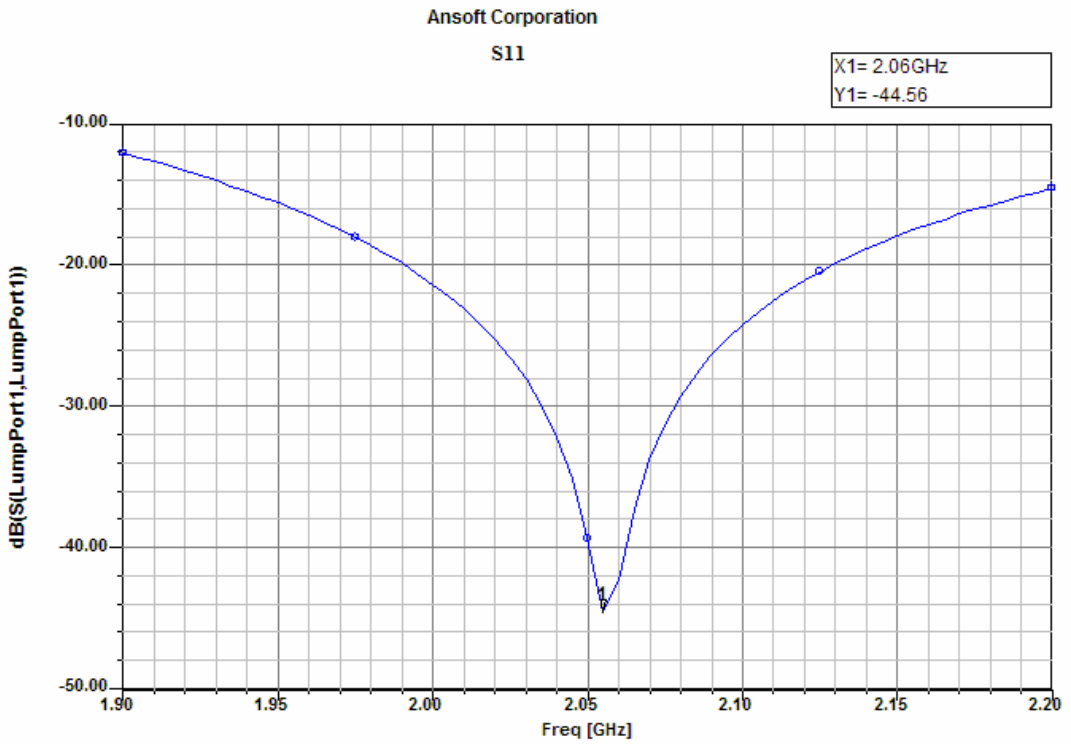
şeklindedir. Burada c ışık hızını, λ_r f_r rezonans frekansında serbest uzay dalga boyunu, ϵ_{eff} etkin dielektrik sabitini, λ_g ise dielektrik malzeme içerisindeki dalga boyunu ifade etmektedir.

$f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ frekansı için düşünülecek olursa $\lambda/4$ değeri yaklaşık olarak 36mm civarında olacaktır. Bu nedenle H_d , $34\text{mm} - 38\text{mm}$ arası değerlerden seçilecektir.

Yapılan alışmalar sonucunda $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ alışma frekansında anteni rezonansa sokmak için kullanılacak olan H_d , W_b ve H_b parametrelerindeki değişimlerin anten karakteristiği üzerindeki etkileri gözlemlenmiş ve $H_d = 37.2\text{mm}$, $W_b = 8\text{mm}$, $H_b = 1\text{mm}$ değerleri için şekil 5.7’de giriş yansıma katsayısı (S_{11}) grafiği gösterilen anten yapısı elde edilmiştir. Burada rezonans frekansını belirleyen parametrenin yukarıda da anlatıldığı üzere baskın şekilde H_d uzunluğu olduğu grlmştir. Diğer iki parametredeki değişimler ise özellikle empedans uydurma işlemi üzerinde etkili olmuşlardır. Aynı şekilde grldėėi üzere anten arzu edilen merkez frekansına çok yakın bir değer olan $f_0 = 2.06 \text{ GHz}$ frekansında rezonansa girmiştir ve S_{11} parametresi bu noktada -44.56 dB değerini almıştır. Antenin empedans bant genişliğine bakılacak olursa giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$ için 22% ($1.86 - 2.32 \text{ GHz}$) değerinin sağlandığı görülür. Bu frekansa bandı istenildiği gibi UMTS bandını ($1900 - 2200\text{MHz}$) kapsamaktadır.



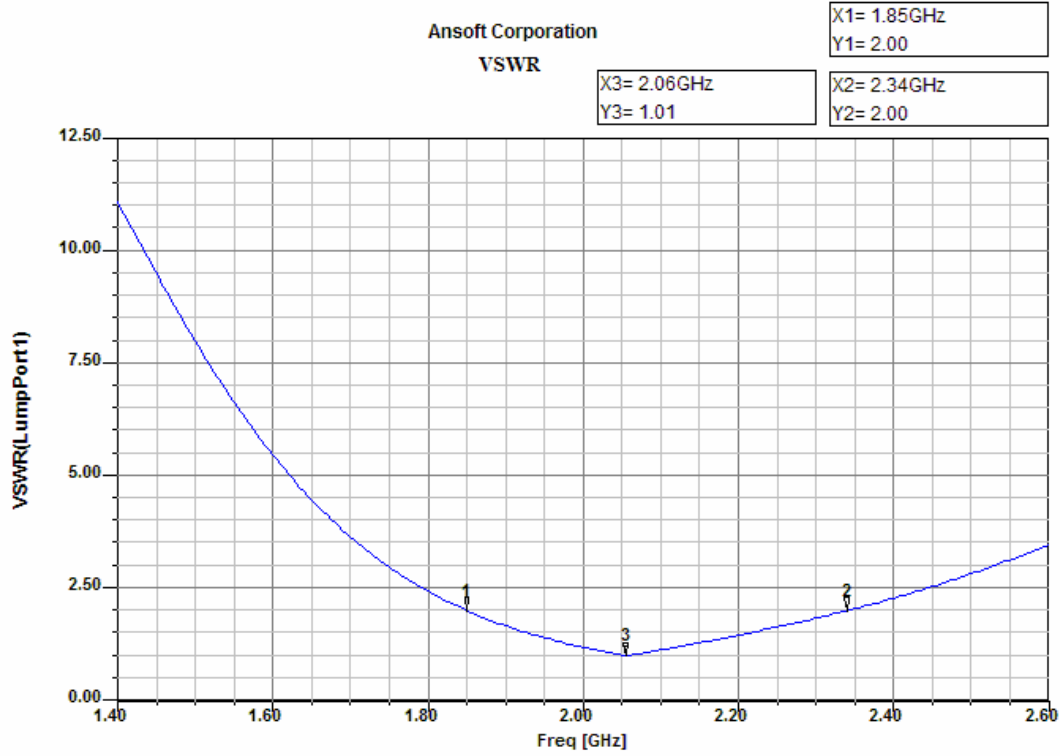
(a) 0.5-3 GHz aralıǵı için S11



(b) 1.9-2.2 GHz aralıǵı için S11

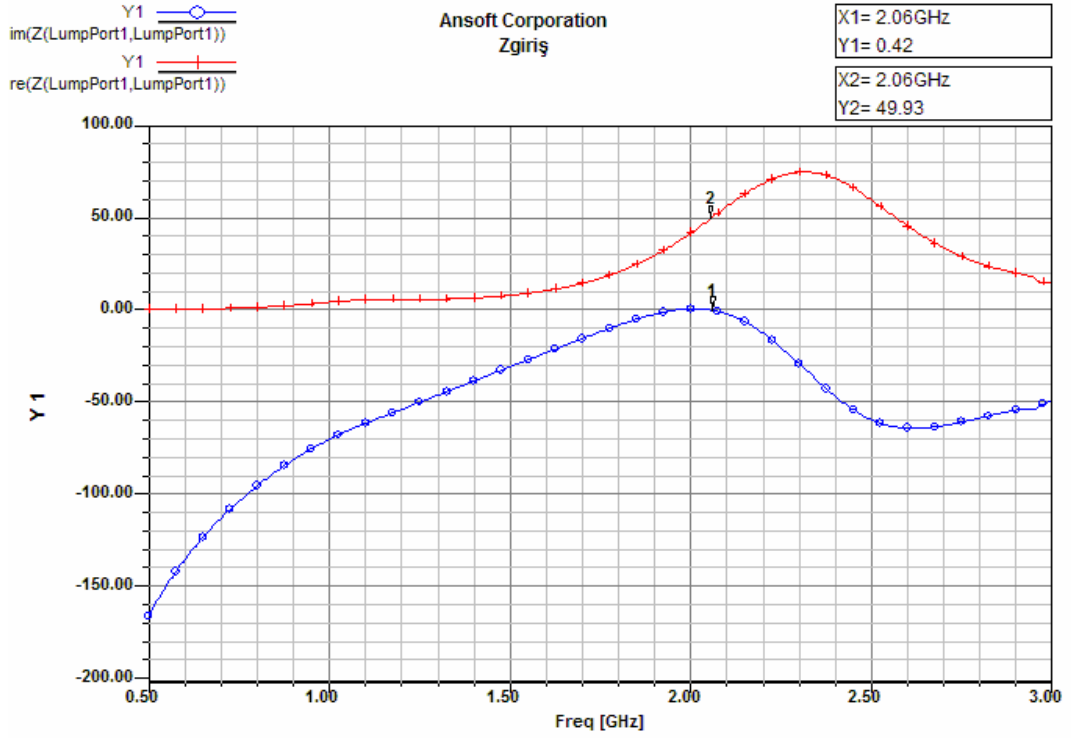
Şekil 5.7: Monopol antenin S11 grafikleri

S11 parametresi yanında duran dalga oranına (VSWR) da bakılacak olursa Şekil 5.8’de görüldüğü gibi 2:1 VSWR bant genişliği 23.4% (1.85 – 2.34 GHz) değerindedir. VSWR değerinin 1’e yakınsaması antenin girişinden yansıyan gücün 0’a yakınsaması anlamına gelmektedir.



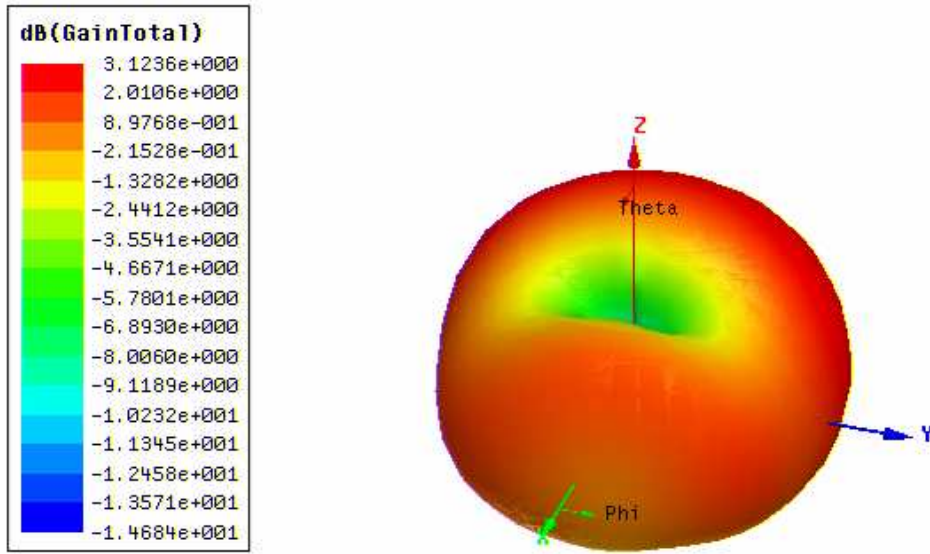
Şekil 5.8: Monopol antenin VSWR grafiği

Yukarıda verilen her iki şekil de görülmektedir ki monopol anten yapısı istenilen frekans bant genişliğini yeterli düzeyde kapsamaktadır. Ayrıca S11 ve VSWR parametrelerinin $f_0 = 2.06 \text{ GHz}$ rezonans frekansında aldığı değerler, besleme ile anten arasında empedans uyumunun sağlandığını göstermektedir. Bu uyum aşağıdaki Şekil 5.9’dan de rahatlıkla görülmektedir. Burada görüldüğü gibi monopol anten yapısının giriş empedans değeri $f_0 = 2.06 \text{ GHz}$ rezonans frekansında $Z_{giriş} = 49.93 - 0.42j$ değerindedir ve bu frekans çevresinde sanal bileşenin değeri ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Kullanılan koaksiyel beslemenin empedans değerinin de 50Ω olduğu düşünülürse, bu değer yaklaşık olarak $\text{Re}(Z_{giriş}) = 49.93 \Omega$ giriş empedans değerine eşit sayılabilir.



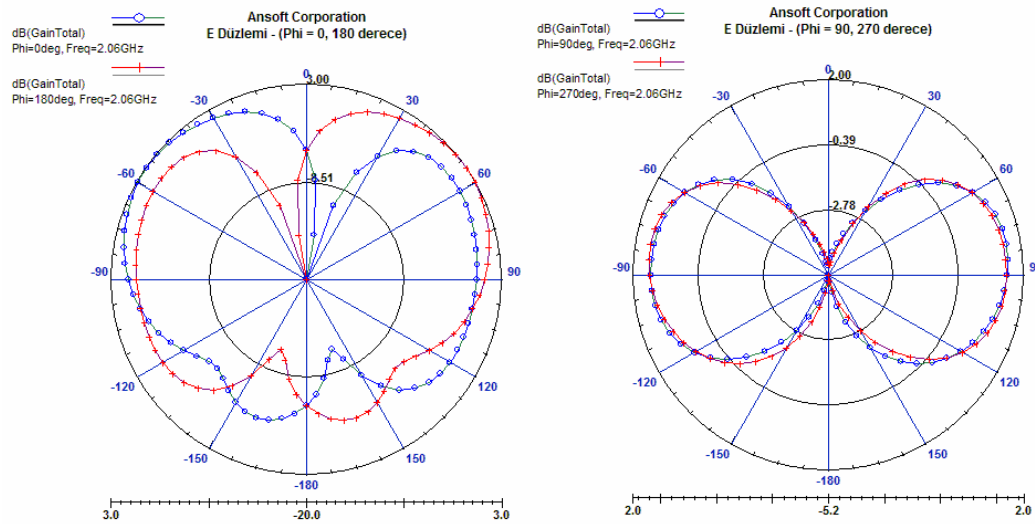
Şekil 5.9: Monopol antenin Zgiriş grafiği

Bu antenin ışıma özelliklerine bakılacak olursa kazanç Şekil 5.10 ile 3-Boyutlu halde gösterildiği gibi z-ekseni boyunca minimum (0'a yakınsamakta), x-y düzleminde ise maksimum değerini almaktadır ($Maks(K)_t = 3.12 \text{ dBi}$). Bu yapıda elde edilen ışıma diyagramı görüldüğü gibi basit monopollarda gözlemlenen ışıma diyagramlarına oldukça benzemektedir.



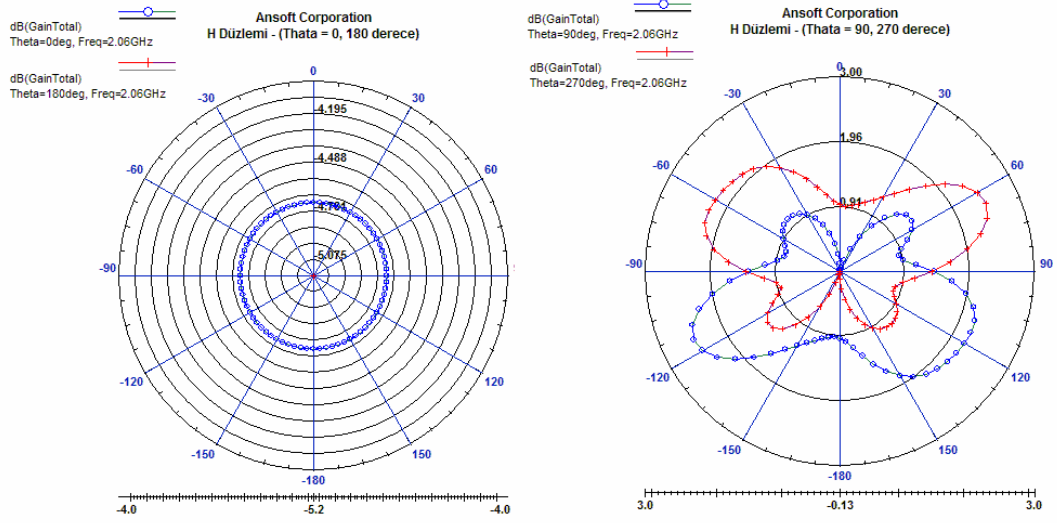
Şekil 5.10: Monopol antenin 2.06 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı

Tasarlanan monopol anten yapısına ilişkin E-Düzlemi ve H-Düzlemi ışıma diyagramları aşağıda sırasıyla Şekil 5.11 ve Şekil 5.12 ile gösterilmişlerdir. Şekil 5.11'deki E-Düzlemi ışıma diyagramları $\varphi = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın θ ile değişimini göstermektedirler.



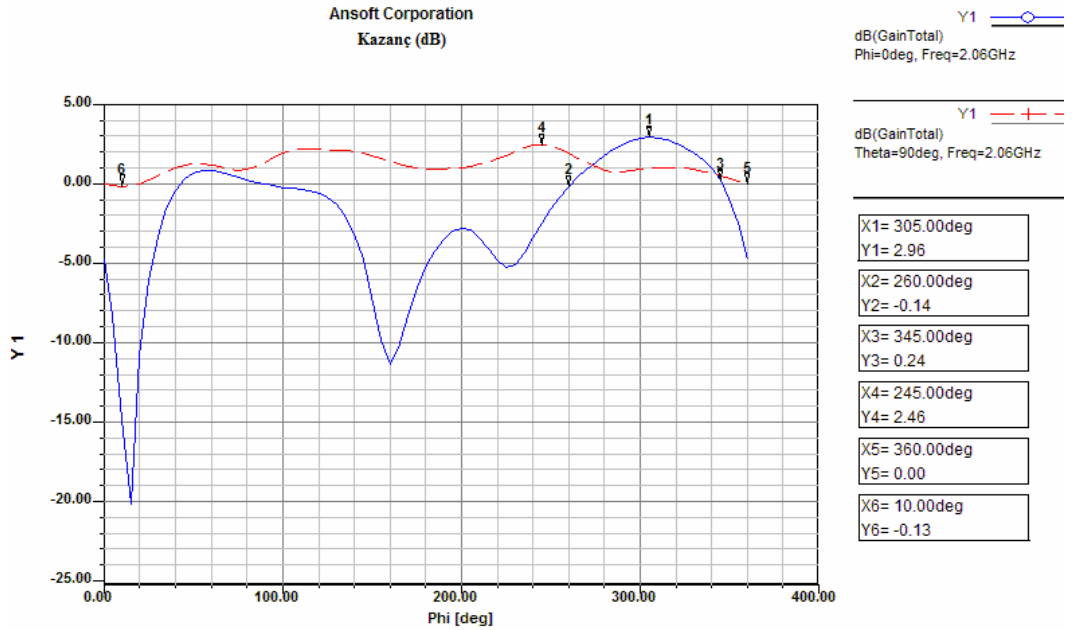
Şekil 5.11: Monopol antenin 2.06 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Şekil 5.12'deki ışıma diyagramları ise $\theta = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın φ değişimini göstermektedirler.



Şekil 5.12: Monopol antenin 2.06 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Aşağıdaki Şekil 5.13 üzerinde ise $\varphi = 0^0$ için E-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW), $\theta = 90^0$ için H-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW) değerleri hesaplanmıştır. Şekil maksimumları içeren 0^0 ve 360^0 aralığında çizdirilmiştir.



Şekil 5.13: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^0$ ve $\theta = 90^0$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısal değerleri ile değişimi

Şekil 5.13 ile gösterilen kazanç değerlerine bakılacak olursa E-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 85^\circ$ olurken ($Maks(K) = 2.96 \text{ dBi}$), H-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 360^\circ$ ($Maks(K) = 2.46 \text{ dBi}$) olmaktadır ($\theta = 90^\circ$ için izotropik davranış sergiliyor).

Yukarıdaki şekillerden anlaşılacağı üzere tasarlanan monopul antenin bant genişliği ve giriş empedans değerleri istenilen seviyelerde olmalarına rağmen antenin ışıma karakteristiği ve boyutları tatmin edici düzeylerde değildir. Monopul anten yapısı geniş bant özelliğini taşımasına rağmen maksimum kazanç değeri toplamda 3.12 dBi seviyelerde kalmıştır. Bunun yanında dikkat edilmesi gereken en önemli özelliklerden birisi olan anten boyutları, toplam yükseklik (5.2) ile hesaplanmak üzere, 107mm x 40mm x 40.2mm olmaktadır. Bu boyutlar göstermektedir ki tasarlanan monopul anten yapısı herhangi bir mobil telefon düzlemine yerleştirilemeyecek kadar büyüktür. Bu nedendendir ki eski nesil mobil telefonlarda kullanılan monopul antenler boyutlarından dolayı bu düzleme paralel yerleştirilmişlerdir.

Bu bölümde amaç UMTS bandında çalışan mobil telefonlara entegre edilecek monopul anten yapısı tasarlamak değil, sonraki bölümlerde tasarlanacak olan mikroşerit anten yapılarında, dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen yama ile kuple şekilde çalışacak monopul yapının rezonans durumunda UMTS frekans bandındaki davranışının incelenmesi olmuştur.

5.2.4 UMTS bandında çalışan mikroşerit yama anten yapısının tasarlanması

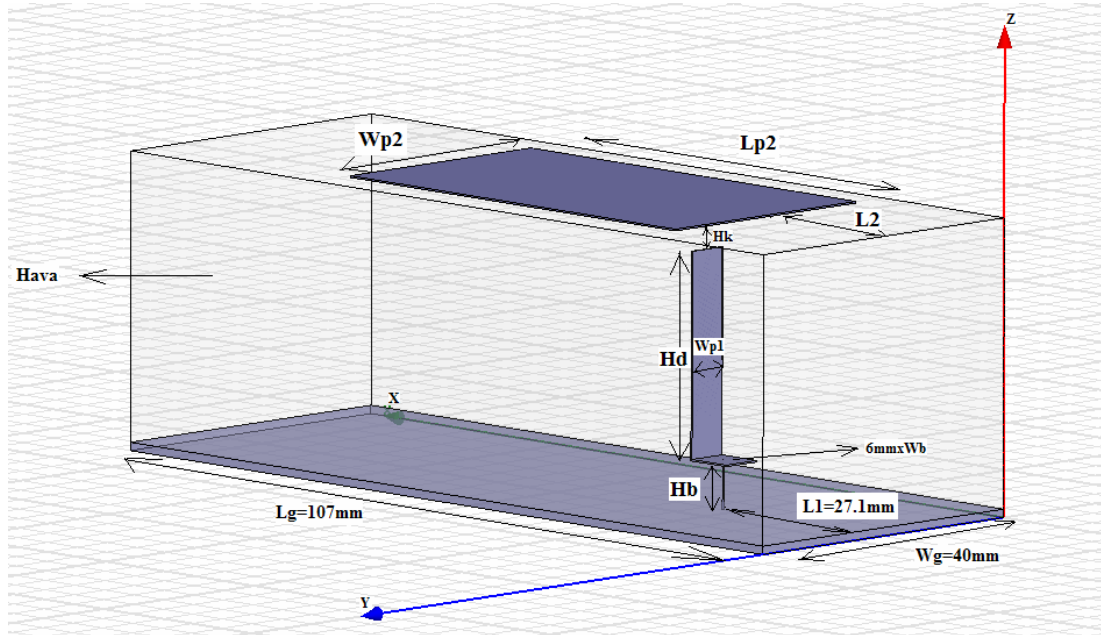
UMTS bandında çalışan mikroşerit yama anten tasarımının ikinci ve üçüncü aşamalarını gerçekleştirmek için ilk olarak yukarıda tasarlanan monopul anten yapısının üzerine bu yapı ile temas etmeyecek şekilde dikdörtgensel iletken yama koyulacaktır. Bu anten yapısında da dielektrik malzeme olarak ilk aşamada olduğu gibi hava kullanılacaktır. Üçüncü aşamada da kullanılan dielektrik tabaka FR4 ile değiştirilerek anten boyutları istenilen düzeye çekilmeye çalışılacaktır.

5.2.4.1 Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit anten tasarımı

Bu bölüm tasarım çalışmasının ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Buradaki amaç, yukarıda da bahsedildiği gibi, önceki aşamada tasarlanan yapıdaki dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen dikdörtgensel iletken yama sayesinde UMTS bandında çalışan mikroşerit yama anten tasarlanmasıdır. Bu tasarım süresince, yeni eklenen iletken

parçanın, daha önceki bölümde monopol yapı için incelenen anten parametrelerine nasıl bir etki yaptığı incelenecektir.

Tasarlanacak olan anten yapısı Şekil 5.14’de gösterildiği gibi ilk tasarımda kullanılan boyutlarda toprak zemin ($107\text{mm} \times 40\text{mm} \times 1\text{mm}$) üzerine oturtulmuştur. $50\ \Omega$ dirence sahip koaksiyel besleme bacağı da aynı şekilde üst kenara 27.1mm mesafede x-ekseni boyunca uzanan kenarlara eşit uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 5.14: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten yapısı

Bu anten geometrisinde de monopol anten yapısında bahsedilen boyut özellikleri geçerlidir. Yani besleme bacağının üstünde bulunan yüzey aynı şekilde $6\text{mm} \times W_b \times 0.2\text{mm}$ boyutunda ve W_b genişliği monopol yapının genişliğine eşit olacak şekilde seçilmiştir ($W_b = W_{p1}$). Besleme ucu bu yüzeyin yaklaşık olarak orta noktasına yani yüzey üzerinde (3.1mm , $W_b/2$) konumuna temas ettirilmektedir.

Dikdörtgensel iletken parça, $H_d \times W_{p1} \times 0.2\text{mm}$ boyutundaki monopol iletken parçanın üst noktasından itibaren $+z$ yönünde H_k yüksekliğine kadar uzanan dielektrik tabaka (hava, $\epsilon_r = 1.0006$) üzerine yerleştirilmiştir. Bu nedenle H_k değeri bu çalışmada monopol anten yapısından farklı olarak değişken parametrelerden birisi olarak alınacaktır. Dikdörtgensel yamanın boyutları ise $L_{p2} \times W_{p2} \times 0.2\text{mm}$ olarak verilmiştir ve x-y düzlemi üzerinde toprak yüzeyin üst kenarından $+x$ yönünde L_2 kadar uzaklığa yerleştirilmiştir. Ayrıca yama, y-ekseni üzerinde besleme noktasına göre simetriktir. Sonuç olarak tasarlanacak olan mikroşerit yama anten yapısının

yüksekliği, (5.2) ile gösterilen monopul anten yapısının yüksekliğine dikdörtgenel yama parçanın kalınlığının ($t_y = 0.2mm$) eklenmesiyle elde edilir:

$$H_{anten} = t_z + H_b + H_d + H_k + t_y \quad (5.5)$$

Bu tasarımda da en önemli noktalardan birisi önceki tasarımda olduğu gibi empedans uyumunun $f_0 = 2.05 GHz$ merkez frekansı civarında sağlanabilmesidir. Bölüm 5.2.2’de de bahsedildiği gibi bu geometride, koaksiyel bacak vasıtasıyla beslenen (bağlantılı besleme) monopul anten yapısı aynı zamanda üst yama için bağlantısız besleme kaynağı olmaktadır. Bu nedenle monopul anten karakteristiğini etkileyen parametreler bu tasarım için aynı zamanda birer empedans uygunlaştırıcı değişkenler haline dönüşmektedirler. Tüm bu bilgiler ışığında bu bölümdeki anten yapısının, H_d , W_b ve H_b parametre değerlerinin yanında, H_k , L_{p2} , W_{p2} ve L_2 parametrelerinin değerleri üzerinde yapılan değişiklikler ile $f_0 = 2.05 GHz$ civarında rezonansa sokulmaya çalışılacağı söylenebilir.

Bilindiği üzere mikroşerit yapılar uzunlukları boyunca ışıma yaparlar ve bu uzunluk değeri Bölüm 3.1.1’de belirtildiği gibi genellikle $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ aralığında olmaktadır. Bu anten yapısı da L_{p2} uzunluğuna $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ eşitsizliğini sağlayacak olan 50mm-60mm aralığında değerler verilerek tasarlanmıştır. W_{p2} genişliği ise daha çok empedans uydurma işlemi yani antenin rezonansa girmesi hususunda etkilidir. Toprak zemin genişliğinin 40mm seçildiği göz önüne alınarak kenar açıklığının yeterli düzeyde olması ve ışıyan kenarların birbirinden etkilenmeyecek uzaklıkta olmaları için W_{p2} genişliği 20mm-30mm aralığında değerler almıştır.

Besleme bacağıının yüksekliği (H_b) ve besleme ile monopul yapı arasındaki bağlantıyı sağlayan besleme yüzeyinin genişliği ($W_b = W_{p1}$) bir önceki tasarımda olduğu gibi empedans uydurma işlemlerinde kullanılan parametreler olmuştur. Monopul yapının yüksekliği (H_d) üzerinde yapılan değişiklikler ise hem empedans uyumu hem de rezonans frekansı konusunda anten karakteristiğini oldukça etkilemektedir. Bu sebeple tasarımı yapılan mikroşerit yama antenin karakteristik özellikleri H_d değerinde yapılan değişikliklere oldukça duyarlıdır.

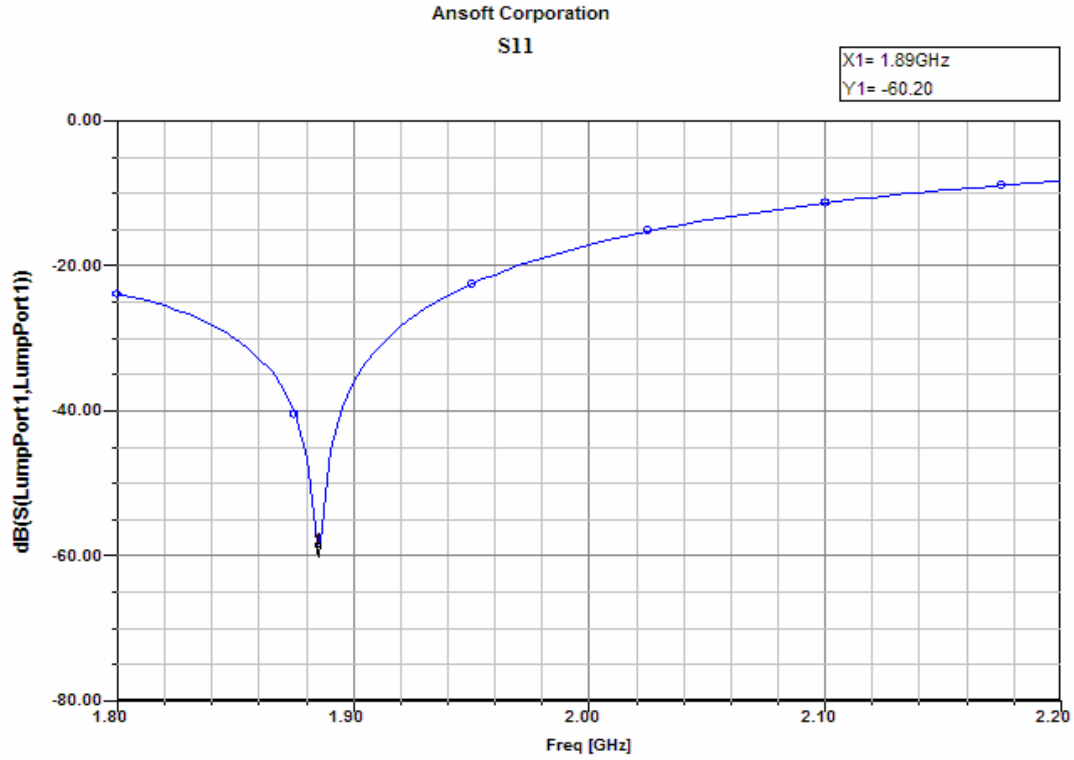
Tasarımda kullanılan diğer önemli parametreler de kuplaj mesafesi (Hk) ve beslemenin toprak yüzeyin üst kenarına olan uzaklığı (L1) değerleridir. Hk değerindeki küçük değişiklikler monopollü yapı ve dikdörtgenel yama arasındaki kuplaj yeteneğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenden dolayı antenin rezonans özelliği ve haliyle ışıma karakteristiği Hk değerinde yapılan değişikliklere de oldukça duyarlıdır.

Tasarımı gerçekleştirilecek olan UMTS anten yapısına gelmeden önce, yukarıda anlatılan değişkenlerin anten karakteristiği üzerindeki etkilerini daha yakından görmek için, çalışmaya ilk olarak $f_0 = 1.89$ GHz rezonans frekansında çalışan ve Çizelge 5.1'deki değişken değerlere sahip mikroşerit yama anten yapısından başlamak daha faydalı olacaktır.

Çizelge 5.1: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 1.88 GHz

Lp2	L2	Hd	Wp2	Wb	Hb	Hk
56	20	26	30	7	5.5	1

Buradaki amaç $f_0 = 1.89$ GHz merkez frekansında çalışan mikroşerit yapıya ait parametre değerlerinin birer birer değiştirilerek, antenin çalışma frekansının $f_0 = 2.05$ GHz civarına çekilmesidir. Gösterilecek olan şekiller $f_0 = 1.89$ GHz frekansını da kapsamı bakımından 1.8-2.2 GHz aralığı için çizdirilmişlerdir. Değişken değerleri yukarıda verilen $f_0 = 1.89$ GHz rezonans frekansına sahip mikroşerit antenin giriş yansıma katsayısı (S11) grafiği Şekil 5.15'de gösterilmiştir.

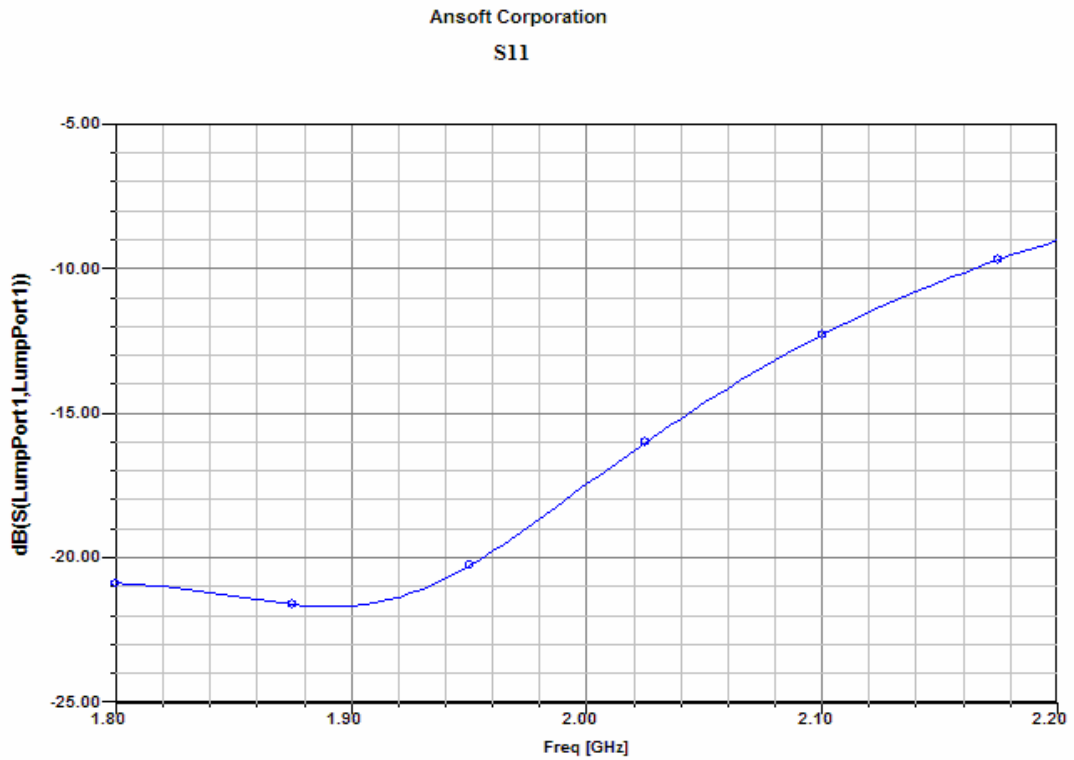


Şekil 5.15: 1.89 GHz rezonans frekanslı mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Bu şekilde görüldüğü gibi mikroşerit anten $f_0 = 1.89$ GHz frekansında rezonansa girmiştir (bu noktada $S_{11} = -60.20$ dB) ve oldukça düşük giriş yansıma katsayısına sahiptir (bu frekans civarında daha iyi rezonansa girmiş anten geometrisinin varlığından söz edilebilir ancak çalışmanın amacı bu değildir). Bu çalışmanın amacı rezonans frekansı $f_0 = 2.05$ GHz civarında olan mikroşerit yama anten tasarımı olduğu için bu antene ilişkin değişkenlerin değerlerinde oynamalar yapılarak rezonans frekansı kaydırılmalıdır.

İlk aşamada rezonans frekansının değeriyle doğrudan ilişkili görülen L_{p2} , L_2 ve H_d parametreleri üzerinde değişiklikler yapılacaktır. Frekanstaki gerekli kaymayı sağlamak için L_{p2} değerinin düşürülmesi gerektiği düşünülebilir. Ancak bunu yaparken aynı anda empedans uyumunun sağlanması da işmanın gerçekleşmesi için zorunluluk taşımaktadır. Bu nedenle rezonans frekansını artırmak için küçük adımlarla ilerlemek gerekmektedir. Bu yüzden ilk olarak L_{p2} parametresinin değeri 56mm'den 54mm'ye düşürülmüştür (yamanın uzunluğu dalga boyu ile doğru, frekans ile ters orantılı değişmektedir).

Şekil 5.16’da görüldüğü gibi Lp2 parametresinin değerinde yapılan 2mm’lik azaltma, empedans uyumunun eski duruma nazaran bozulmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada her ne kadar monopol yapı üzerine sadece tek parça dikdörtgensel iletken yama yerleştirilmiş olsa da, Şekil 5.14’de görüldüğü gibi monopol yapı aslında bu dikdörtgen yapıyı x-düzlemi boyunca soyut olarak iki parçaya ayırmaktadır. Bu nedenle Lp2 değerinde yaptığımız 2mm’lik azaltma aslında sadece monopol yapıdan itibaren +x yönündeki iletken bölümü etkilemiştir. Bu asimetrik durumun anten karakterini bozabileceği şüphesiyle ikinci olarak L2 değeri üzerinde değişiklik yapılacaktır.

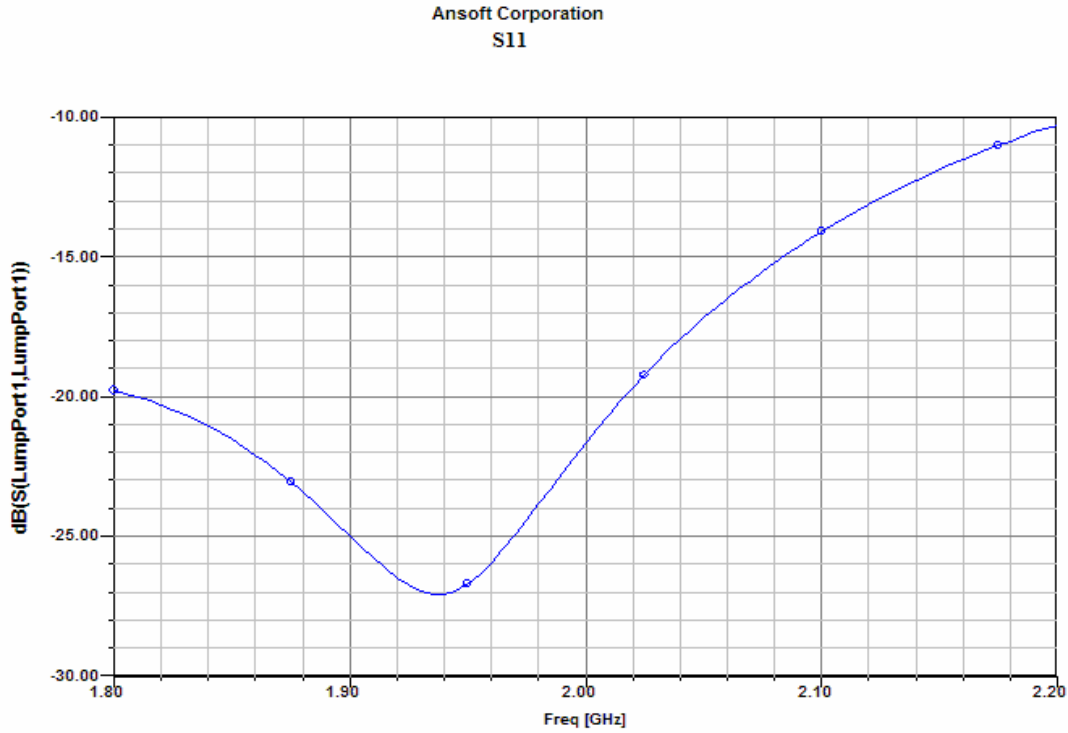


Şekil 5.16: Lp2=54mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Lp2 iletken uzunluğundaki 2mm’lik değişiklik göz önüne alındığında, 20mm – 21mm aralığında L2 değerinde yapılabilecek 0.2mm’lik artışların (bu aralık istenildiği gibi seçilebilir) giriş yansıma katsayısına ne gibi etkilerinin olabileceğini gözlemlemek mantıklı görünmektedir. Bu gibi durumlarda değişim uç değerler civarından başlatılabildiği gibi ve duruma göre aynı ya da zıt yönden devam edilebilir. Bunun yanında küçük aralıklar söz konusu olduğu zaman orta değer civarındaki sonuçlar karşılaştırılarak da istenilen yönde ilerlenebilir. Örneğin ilk olarak L2’nin 21mm ve 20.2mm olduğu durumlar karşılaştırılarak sonraki adımda

20.8mm ile mi yoksa 20.4mm ile mi devam edileceği kararlaştırılabilir, ya da aynı karşılaştırma 20.4mm ve 20.6mm arasında yapılarak devam edilir. L2 değeri için 1mm'lik küçük bir değişim öngörüldüğünden bu değer için yukarıdaki yöntemlere ihtiyaç duyulmayabilir ancak daha geniş aralıklar söz konusu olduğunda değişimin yönüne ve miktarına duruma göre karar verilmesi gerekir.

L2 parametresine 20mm – 21mm aralığında verilen değerler sonucunda elde edilen S11 karakteristikleri karşılaştırıldığında en uygun sonucun Şekil 5.17'de gösterildiği gibi L2 = 21mm için sağlandığı görülmüştür. Bu şekil, Şekil 5.16 ile karşılaştırılacak olursa daha rezonans bir yapı olduğu söylenebilir. Bu noktada tüm ilgili parametreler üzerinde yapılan değişikliklerin amacının anten sistemini daha rezonans hale getiren değerlerin sabitlenerek bir sonraki parametreye geçilmesi olduğu unutulmamalıdır.

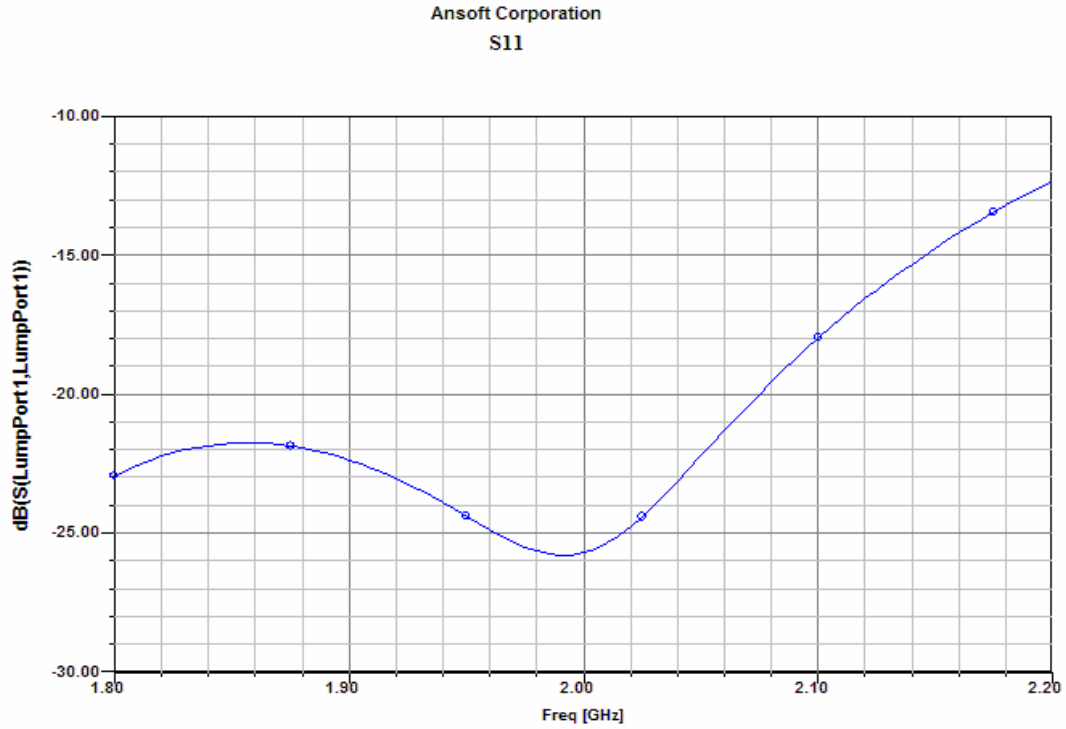


Şekil 5.17: Lp2=54mm, L2=21mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Üçüncü olarak da rezonans frekansının kaydırılmasında etkili bir diğer faktör olan Hd parametresindeki değişim sonuçları incelenecektir. Bölüm 5.2.3'den hatırlanacağı gibi monopol yapının uzunluğu da dikdörtgen yamada olduğu gibi dalga boyu ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle Hd = 26mm değeri 1mm'lik adımlarla azaltılarak (gerekli görüldüğü zaman daha küçük adımlarla tarama gerçekleştirilebilir) rezonans frekansını değerinin artırılmasına, aynı zamanda

monopol ve dikdörtgen iletken parçaların kuple şekilde aynı frekans bölgesinde rezonansa girmesi sağlanmaya çalışılacaktır.

Hd yüksekliğinde yapılan 1mm’lik azaltmalar sonucunda Hd = 23mm için aşağıda Şekil 5.18 ile gösterilen çalışma frekans bölgesi 2 GHz dolaylarına kaymış anten yapısı elde edilmiştir.

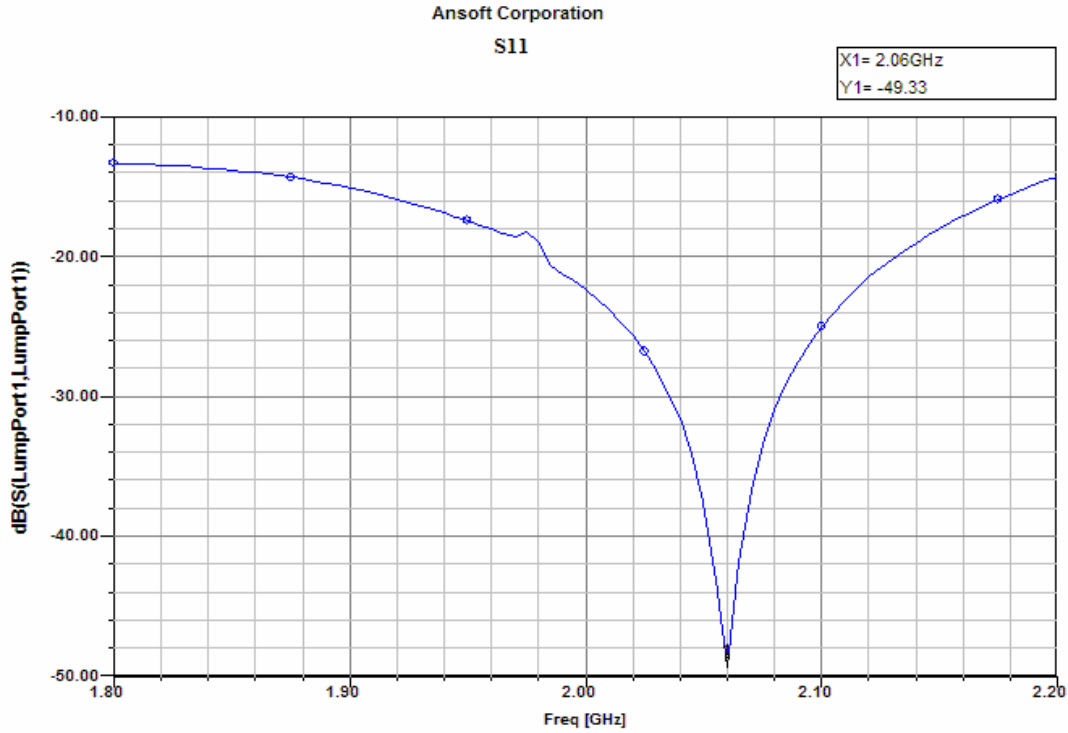


Şekil 5.18: Lp2=54mm, L2 =21mm, Hd=23mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Bu aşamada rezonans frekansı değişimlerinde daha çok etkili olan Lp2, L2, ve Hd parametrelerinin optimum değerlerinin elde edilmiş olduğu düşünülerek diğer dört parametre üzerinde yapılacak olan değişikliklere geçilecektir.

Dikdörtgen iletken parçaya ilişkin bir diğer boyutsal özellik olan Wp2 genişliği ele alınacak olursa, bu bölümün başında da bahsedildiği gibi bu parametrenin 20mm-30mm aralığındaki değerleri için çalışma yapmak uygun görülmektedir. Wp2’nin 20mm – 30mm aralığında aldığı değerler ile yapılan testler sonucunda 26mm için $f_0 = 2.06$ GHz frekansında rezonansa giren anten yapısı elde edilmiştir. Şekil 5.19’a bakılacak olursa Çizelge 5.1’deki değerler ile 1.89 GHz frekansında rezonansa giren mikroşerit anten yapısı, Çizelge 5.2’de gösterilen değerleri aldığı vakit (Hk, Hb, Wb

değerleri değişmemiştir) rezonans frekansını 2.06 GHz ve giriş yansıma katsayısını -49.33 dB değerlerine taşımıştır.



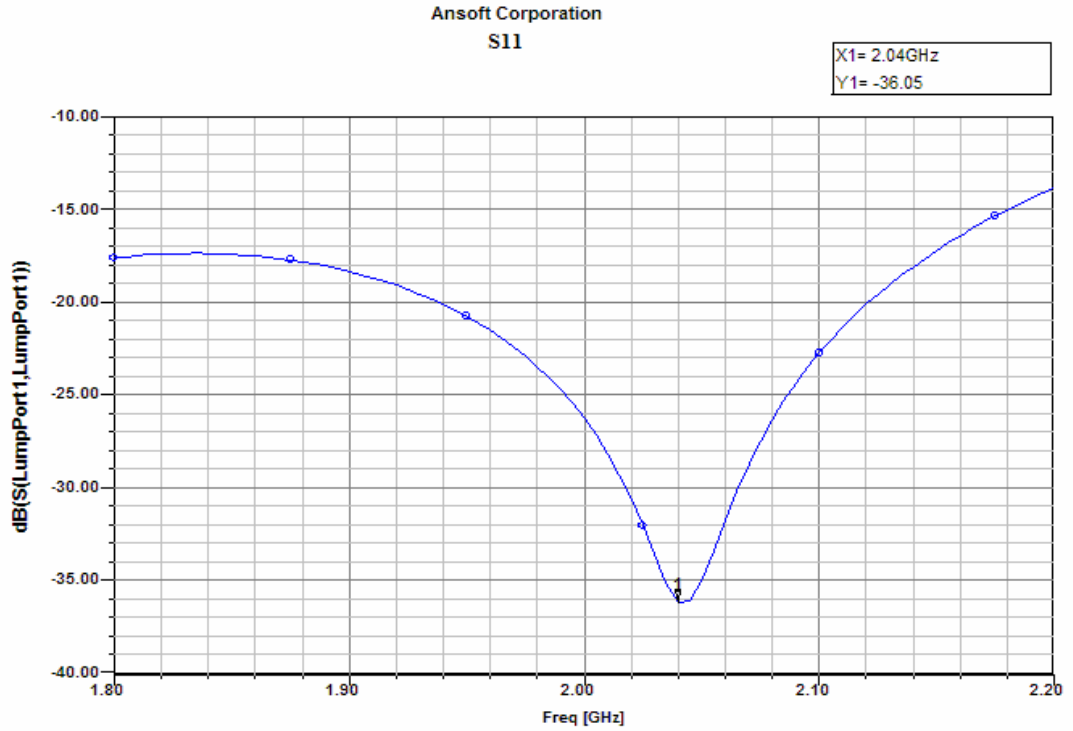
Şekil 5.19: Lp2=54mm, L2=21mm, Hd=23mm, Wp2=26mm için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Çizelge 5.2: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 2.06 GHz

Lp2	L2	Hd	Wp2	Wb	Hb	Hk
54	21	23	26	7	5.5	1

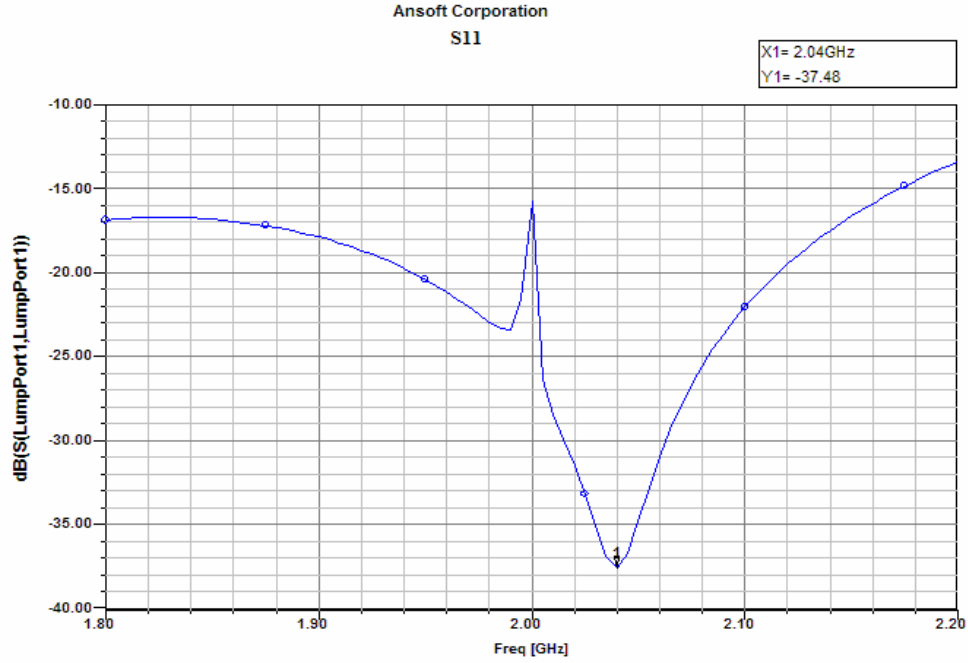
$f_0 = 2.06$ GHz frekansında rezonansa giren yukarıdaki anten yapısı aslında tasarlanmak istenen $f_0 = 2.05$ GHz frekansı civarında rezonans özelliğini taşıyan ve 1900-2200 MHz UMTS bandını kapsayan mikroşerit yama anten karakteristiğine uymaktadır. Ancak empedans uyumu konusunda etkili olabilecek diğer üç parametre üzerinde, yani Hk, Hb ve Wb değerlerinde yapılacak değişikliklerinde incelenmesi, bu parametreler hakkında bilgi sahibi olmak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle her üç parametrenin de değerlerinin 0.2mm gibi küçük oranda değiştirilmesiyle elde edilen S11 grafikleri Şekil 5.19'daki ile karşılaştırılacaklardır.

Aşağıda Şekil 5.20 ile gösterilen S11 grafiği, $Wp1 = 7.2\text{mm}$ için çizdirilmiştir. Görüldüğü gibi 0.2mm 'lik değişim anten karakteristiğini büyük oranda değiştirmemesine rağmen rezonans frekansını 2.04 GHz , giriş yansıma katsayısını da -36.03 değerlerine taşımıştır.



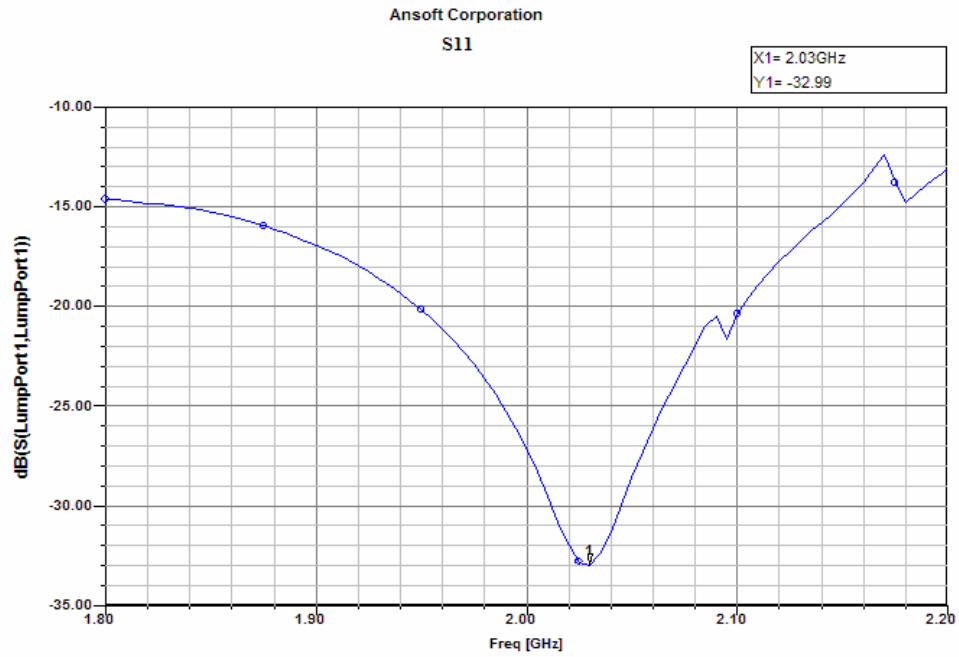
Şekil 5.20: $Lp2=54\text{mm}$, $L2=21\text{mm}$, $Hd=23\text{mm}$, $Wp2=26\text{mm}$, $Wp1=7.2\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

$Wp1 = 6.8\text{mm}$ değeri için çizdirilen S11 grafiğinin gösterildiği Şekil 5.21'e bakılacak olursa, 2.04 GHz rezonans frekansında -37.48dB S11 değerine sahip olunmasına rağmen anten karakteristiğinin bozulmaya başladığı görülmektedir. Bu nedenle $Wp1$ parametresinin değeri bu yapıda 7mm olarak seçilmelidir.



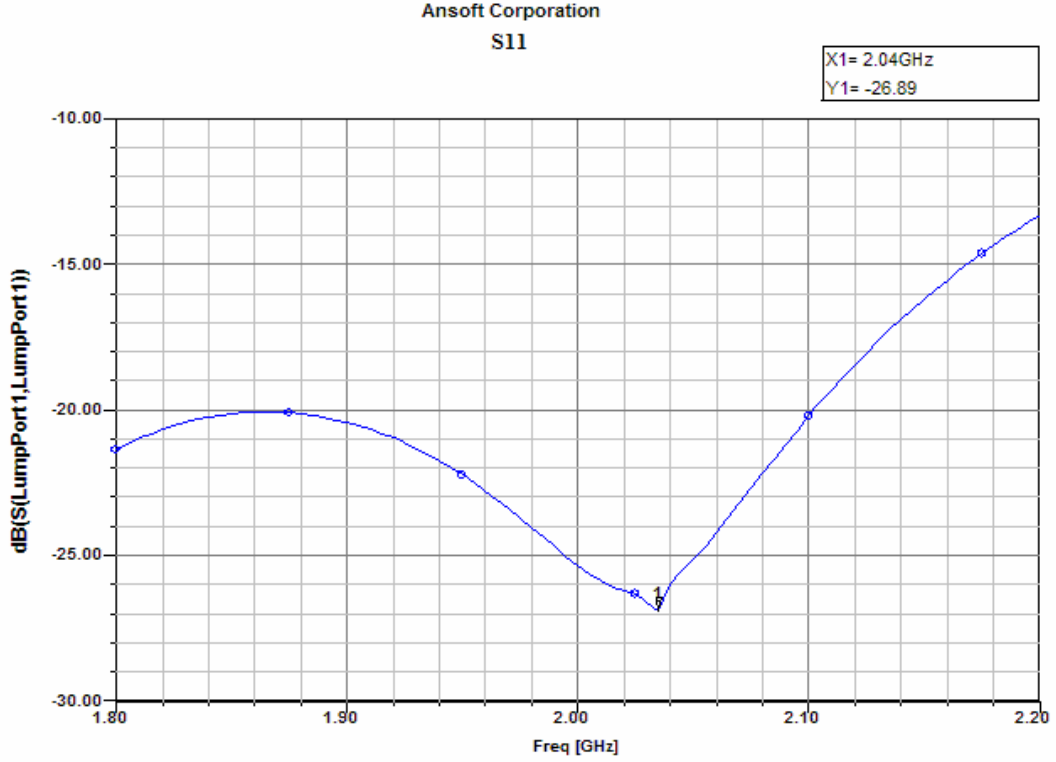
Şekil 5.21: $L_{p2}=54\text{mm}$, $L_2=21\text{mm}$, $H_d=23\text{mm}$, $W_{p2}=26\text{mm}$, $W_{p1}=6.8\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

$H_b=5.7\text{mm}$ için çizdirilen S11 grafiği de aşağıdaki Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere H_b değerinin 5.7mm olarak seçilmesi rezonans frekansını 2.03 GHz değerine taşırken, giriş yansıma katsayısını da -32.99dB değerine çekmiştir.



Şekil 5.22: $L_{p2}=54\text{mm}$, $L_2=21\text{mm}$, $H_d=23\text{mm}$, $W_{p2}=26\text{mm}$, $H_b=5.7\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

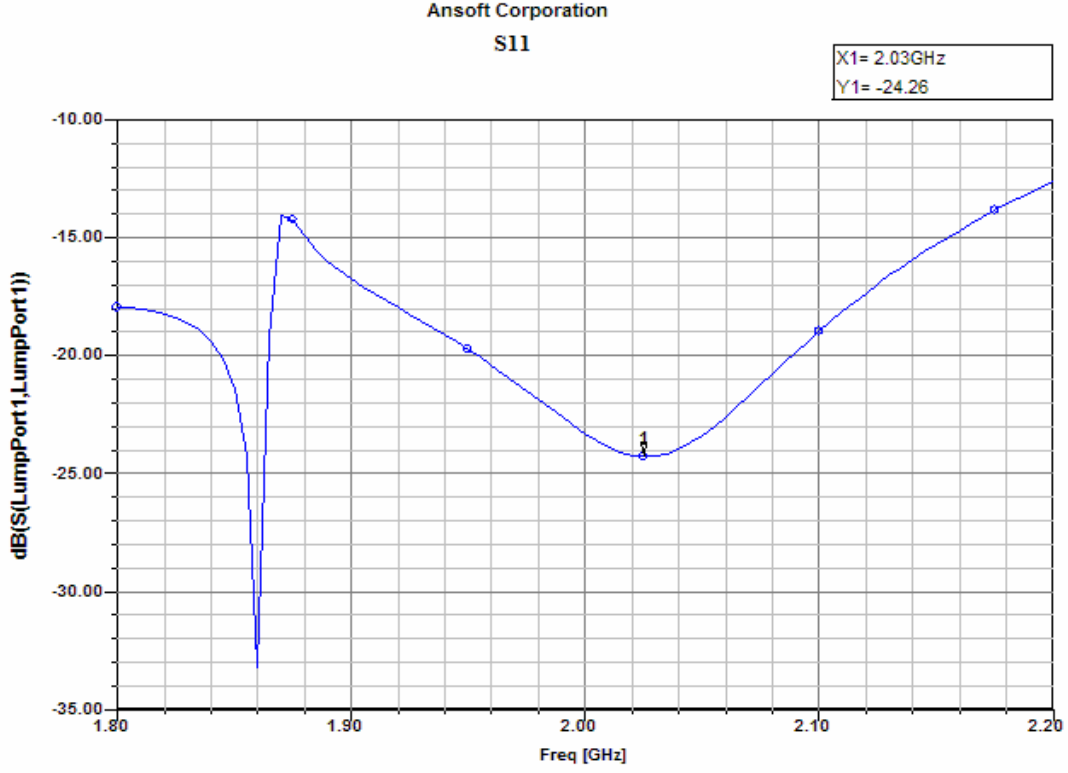
Şekil 5.23’de gösterilen grafikte ise $H_b = 5.7\text{mm}$ olduğu duruma nazaran daha belirgin bir bozulma görülmektedir. Bu nedenle yapıya uygun olan besleme yüksekliğinin değeri $H_b = 5.5\text{mm}$ seçilmelidir.



Şekil 5.23: $L_{p2}=54\text{mm}$, $L_2=21\text{mm}$, $H_d=23\text{mm}$, $W_{p2}=26\text{mm}$, $H_b=5.3\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Gösterilen şekillerden W_{p2} ve H_b parametrelerinin aldığı değerler için çizdirilen S11 grafiklerine bakılacak olursa, bunların benzer özellikler taşıdıkları görülür. Her iki parametre için de artış söz konusu olduğunda sistemin rezonans bölgesinde belirgin bir değişiklik görülmezken, bu değerlerin düşürülmesine karşı gösterilen sistem tepkisi daha belirgin olmuştur. Yani aşağı çekilen değerlerle beraber, anten rezonans durumundan daha hızlı uzaklaşmaktadır.

W_{p2} ve H_b değişkenlerinin yanında birde H_k parametresinde yapılan değişikliklerin sonuçları incelenecek olursa diğerlerinden farklı olarak bu kez H_k değerindeki 0.2mm ’lik artış, sistem karakteristiğini Şekil 5.24’de görüldüğü gibi oldukça belirgin bir şekilde değiştirmiştir.



Şekil 5.24: $L_{p2}=54\text{mm}$, $L_2=21\text{mm}$, $H_d=23\text{mm}$, $W_{p2}=26\text{mm}$, $H_k=1.2\text{mm}$ için mikroşerit yama antenin S11 grafiği

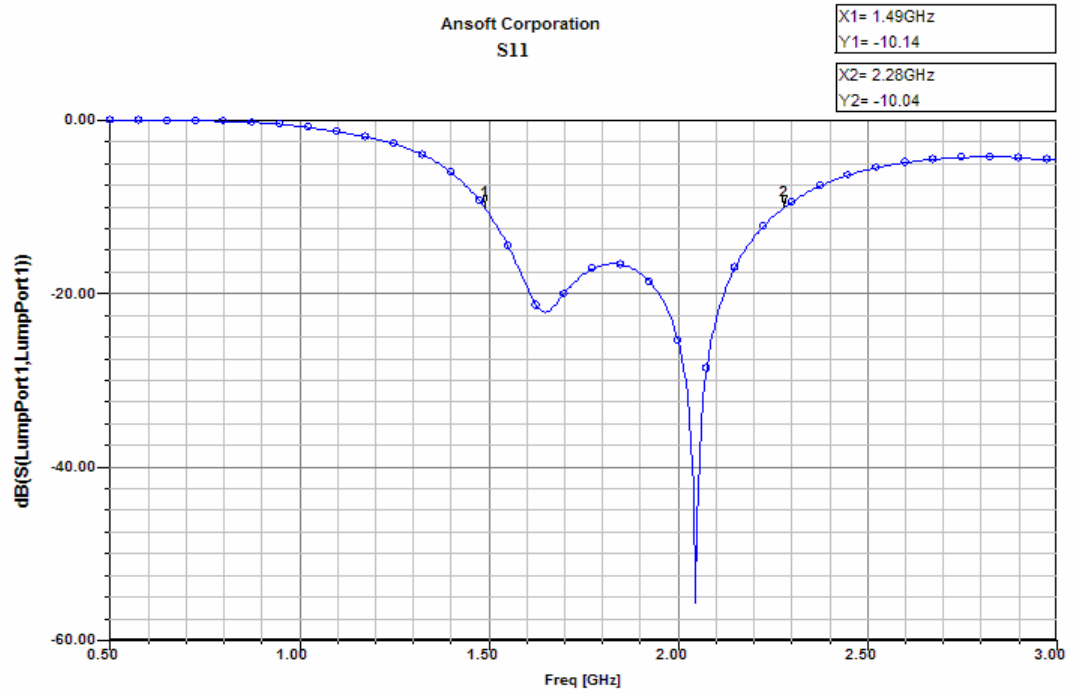
Yukarıdaki davranışların aksine $H_k = 0.8\text{mm}$ seçildiğinde, mikroşerit yama antenin rezonans frekansı $f_0 = 2.05\text{ GHz}$, S11 değeri ise -55.58dB seviyelerine çekilerek anten yapısı Şekil 5.19'dakine kıyasla daha iyi duruma getirilmiştir (Şekil 5.25).

Bu aşamada yukarıda bahsedilen anten parametreleri üzerinde yapılan değişiklikler sonucunda, $f_0 = 2.05\text{ GHz}$ frekans değerinde rezonansa giren ve 1900-2200 MHz UMTS frekans bandını kapsayacak genişlikte çalışma frekans bandına sahip, mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen mikroşerit yapıda kullanılan parametre değerleri aşağıda Çizelge 5.3 ile gösterilmişlerdir.

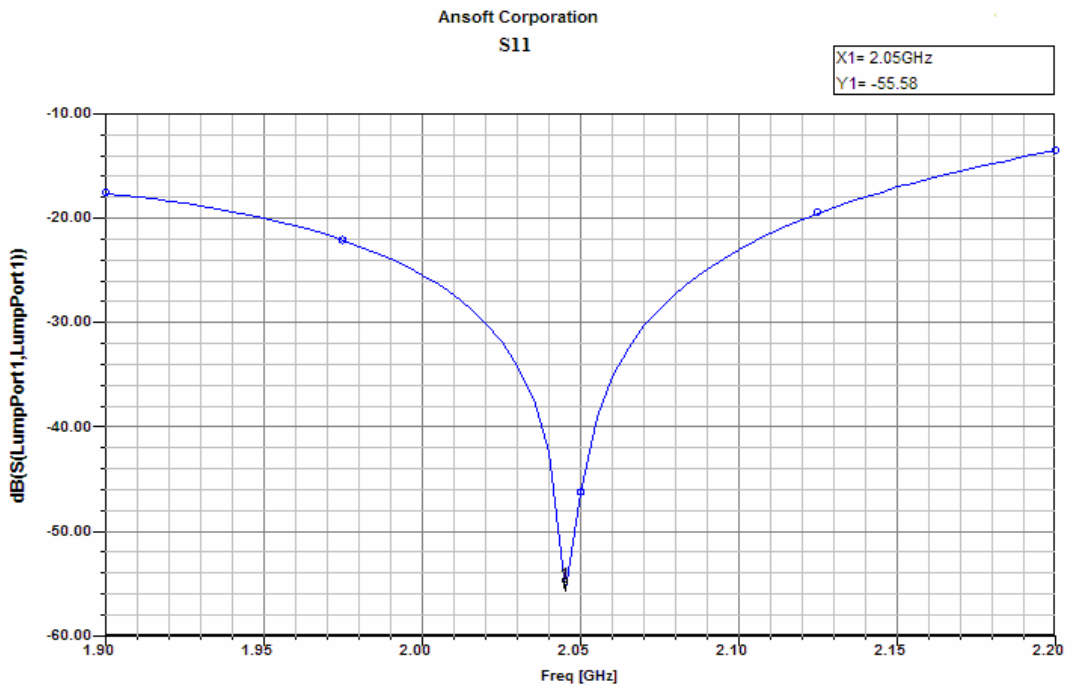
Çizelge 5.3: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin parametre değerleri (mm) – 2.05 GHz

L_{p2}	L_2	H_d	W_{p2}	W_b	H_b	H_k
54	21	23	26	7	5.5	0.8

Bu değerler kullanılarak elde edilen mikroşerit yama anten yapısının giriş yansıma katsayısı (S11) grafikleri Şekil 5.25’de gösterilmiştir.



(a) 0.5-3 GHz aralığı için S11

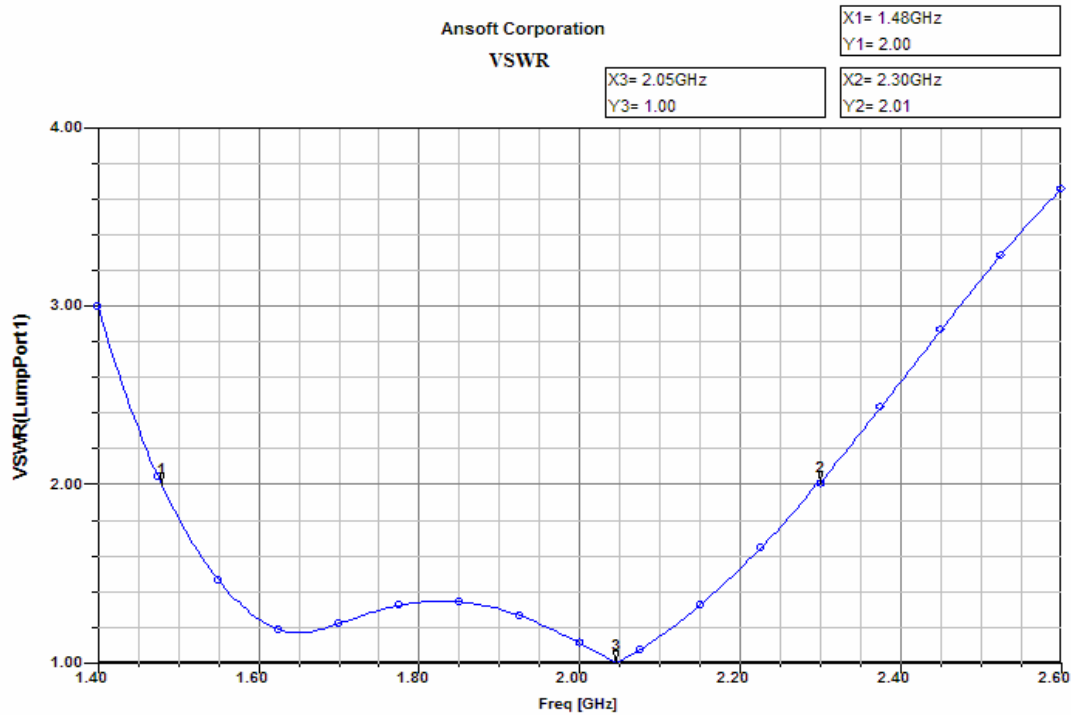


(b) 1.9-2.2 GHz aralığı için S11

Şekil 5.25: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin S11 grafikleri

Tasarım sonucunda elde edilen mikroşerit anten yapısı arzu edilen çalışma frekansı olan $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ değerinde rezonansa girmiştir ve bu noktadaki giriş yansıma katsayısının (S_{11}) değeri Şekil 5.25 (b)'de gösterildiği gibi -55.58 olmuştur. Ayrıca Şekil 5.25 (a)'dan yapının empedans bant genişliğine bakılacak olursa giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$ için 41.9% (1.49-2.28 GHz) değerinin sağlandığı görülür. Bu frekansa bandı istenildiği gibi UMTS bandını (1900-2200 MHz) kapsamaktadır.

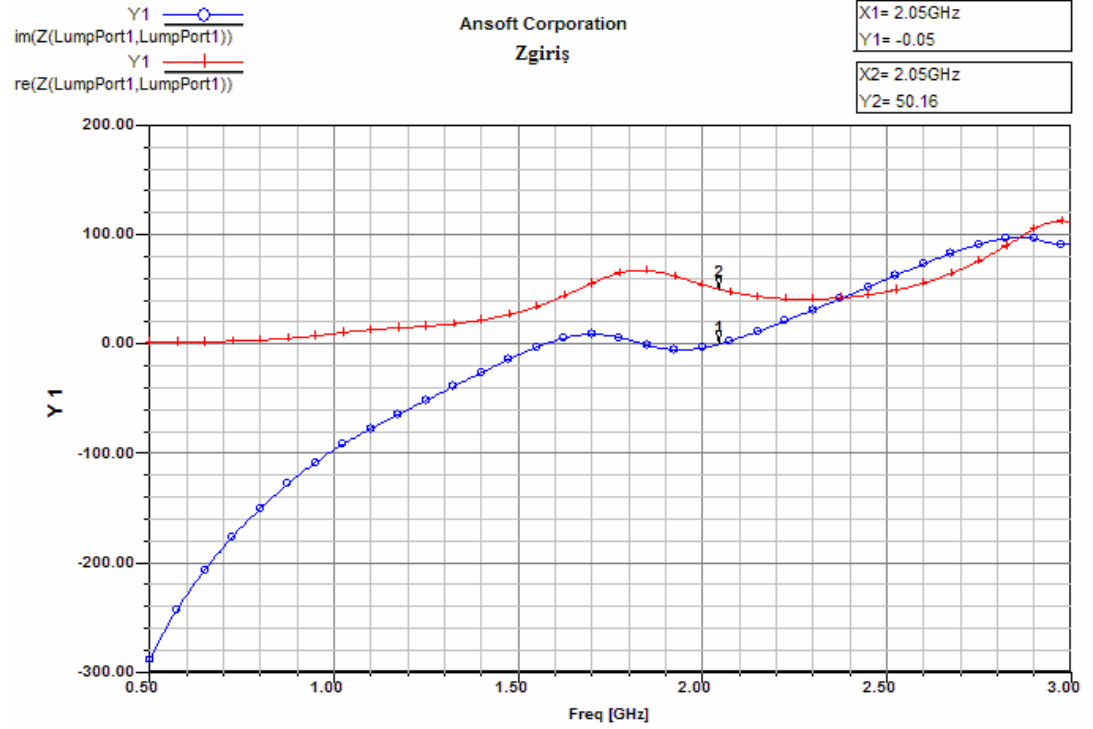
Empedans uyumuna ilişkin bir diğer parametre de S_{11} parametresiyle paralellik gösteren duran dalga oranıdır (VSWR) ve mikroşerit anten yapısının 1.4-2.6 GHz aralığı için VSWR karakteristiği Şekil 5.26 ile gösterilmiştir. Bu şekle bakılacak olursa 2:1 VSWR bant genişliğinin 43.4% (1.48–2.3 GHz) olduğu görülür. Ayrıca dikkat edilirse $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ rezonans frekansında VSWR değeri 1'e eşittir. Bu da empedans uyumunun mükemmel şekilde sağlandığı ve girişten yansıyan gücün 0'a yakınsadığını göstermektedir.



Şekil 5.26: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin VSWR grafiği

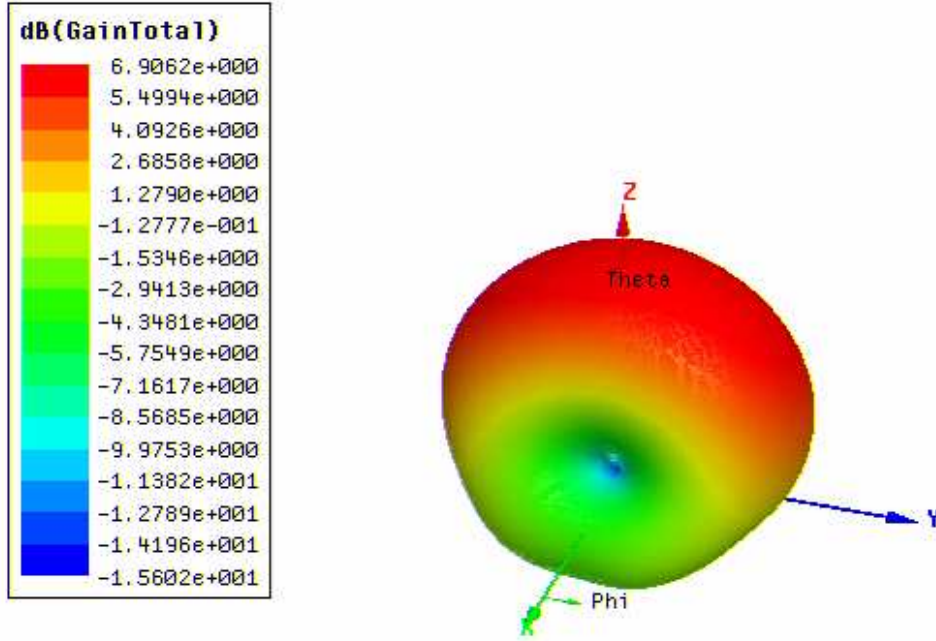
S_{11} ve VSWR değerlerinin frekans ile değişim grafiklerine karşın, empedans uyumunun tam olarak ne düzeyde sağlandığının anlaşılabilmesi için aşağıda Şekil 5.27'de gösterilen Zgiriş grafiğine bakılması gerekmektedir. Şekilden de görüldüğü

gibi monopol anten yapısının giriş empedans değeri $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ rezonans frekansında $Z_{giriş} = 50.16 - 0.05j$ değerindedir ve bu frekans çevresinde sanal bileşenin değeri ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Gerçekten de mikroşerit anten yapısının giriş empedansı $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ frekansında VSWR değerini 1'e eşit gösterecek kadar 50Ω 'luk koaksiyel besleme direncine yakınsamaktadır.



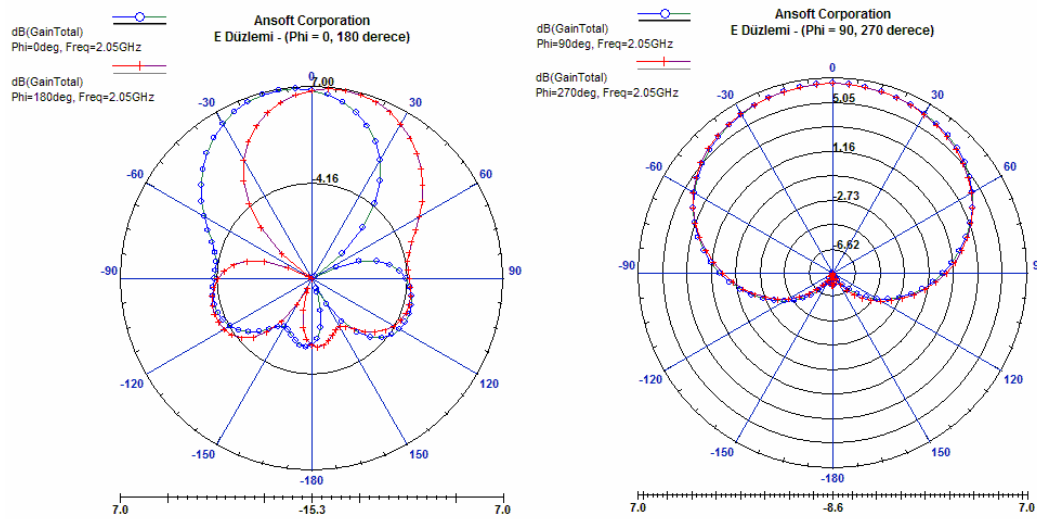
Şekil 5.27: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin $Z_{giriş}$ grafiği

Empedans uyumu ve rezonans frekansına ilişkin çizdirilen grafikler, tasarlanan mikroşerit anten yapısının UMTS frekans bandında rahatlıkla çalışabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ancak anten karakteristiğinin tam olarak anlaşılabilmesi için $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ rezonans frekansındaki antenin ışıma karakteristiğinin de incelenmesi gerekmektedir. Tasarlanan mikroşerit anten yapısına ilişkin 3-Boyutlu kazanç diyagramı aşağıda Şekil 5.28 ile gösterilmiştir. Görüldüğü gibi kazanç değeri z-ekseni üzerinde maksimum değerini alırken ($Maks(K)_t = 6.90 \text{ dBi}$) x-y düzlemi üzerinde minimum değerini almaktadır.



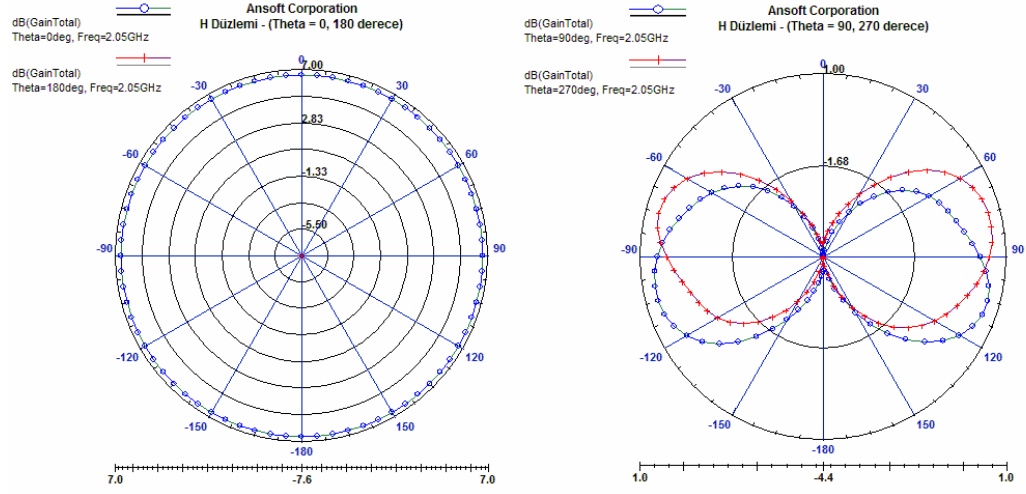
Şekil 5.28: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı

Tasarlanan mikroşerit anten yapısına ilişkin 2-Boyutlu E-Düzlemi ve H-Düzlemi ışıma diyagramları da sırasıyla Şekil 5.29 ve Şekil 5.30 ile gösterilmiştir. Şekil 5.29'daki E-Düzlemi ışıma diyagramları $\varphi = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın θ ile değişimini göstermektedirler.



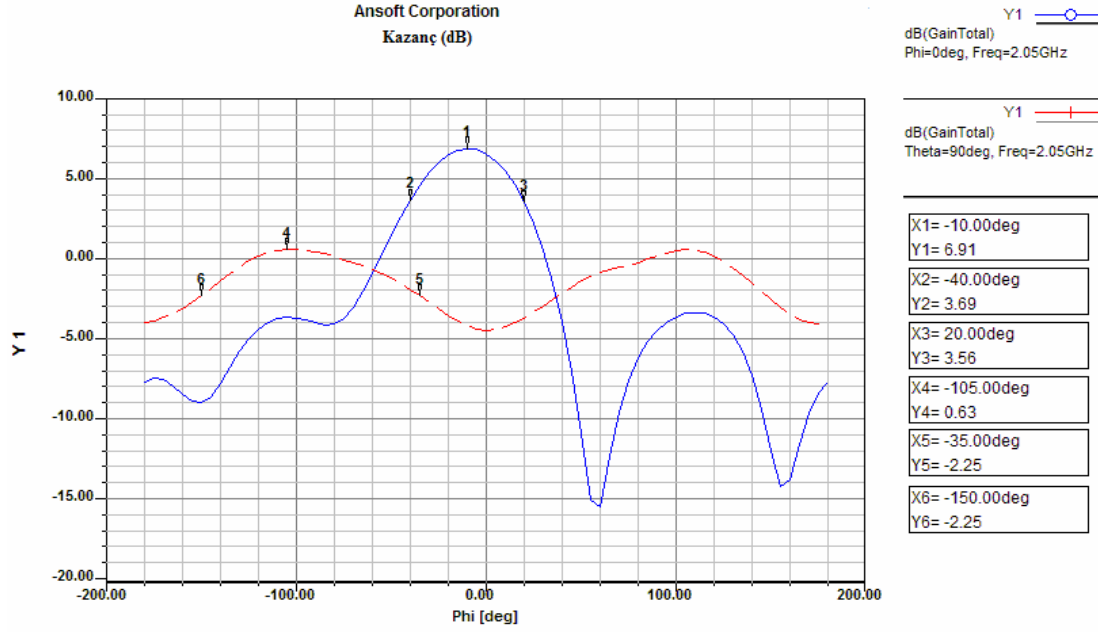
Şekil 5.29: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Şekil 5.30'daki ışıma diyagramları ise $\theta = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın φ ile değişimini göstermektedirler.



Şekil 5.30: Dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Son olarak da maksimum kazanç ve 3dB bant genişliği (HPBW) hesapları için Şekil 5.31 çizdirilmiştir. Şekilde $\varphi = 0^0$ için E-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW), $\theta = 90^0$ için de H-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW) değerleri hesaplanmıştır. Şekil maksimumları içeren -180^0 ve 180^0 aralığında çizdirilmiştir. Burada gösterilen kazanç değerlerine bakılacak olursa E-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 60^0$ olurken ($Maks(K) = 6.91 dBi$), H-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 115^0$ ($Maks(K) = 0.63 dBi$) olmaktadır.



Şekil 5.31: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^\circ$ ve $\theta = 90^\circ$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısal değerleri ile değişimi

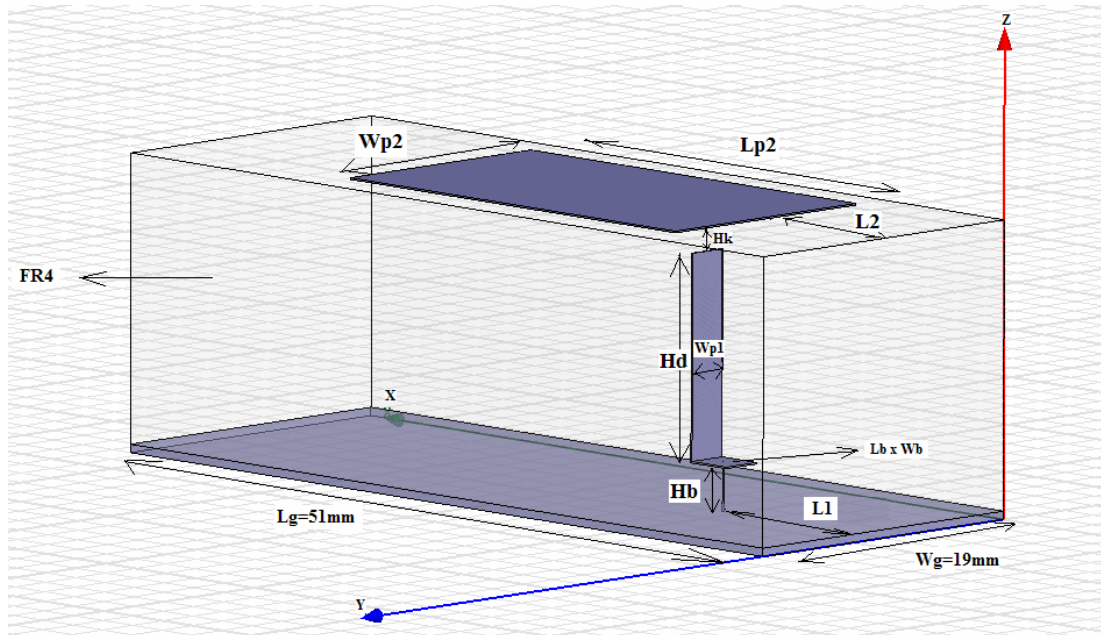
Yukarıda yapılan tasarım çalışması sonucunda tatmin edici seviyede bant genişliğine ve giriş yansıma katsayısı değerlerine sahip, dielektrik tabaka olarak da hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. Bu süreçte değişken olarak kullanılan anten parametrelerinin tasarıma olan etkileri şekiller üzerinde verilen örneklerle anlatılmaya çalışılmıştır. Görüldüğü gibi tek başına ele alındığında monopol anten yapısı olarak davranan iletken parça, yapı üzerine eklenen dikdörtgensel iletken yama ile beraber düşünüldüğünde besleme olarak davranmaktadır. Bunun sonucunda meydana getirilen anten yapısı oldukça geniş banda ve düşük yansıma kayıplarına sahip olmuştur. Ayrıca anten kazancı da monopol yapıya nazaran 6.91 dBi gibi tatmin edici bir düzeydedir. Ancak son olarak yine anten boyutlarının kabul edilebilir düzeylerde olup olmadığı sorgulanmalıdır. Toplam yükseklik (5.5) ile hesaplanacak olursa tasarlanan mikroşerit anten yapısının boyutları 107mm x 40mm x 30.5mm olmaktadır ki bu da UMTS tabanlı mobil telefon cihazları için uygulanabilir bir çözüm değildir.

Bu bölümde amaç UMTS bandında çalışabilecek ve dielektrik malzeme olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarlanması olmuştur. Aynı zamanda tasarımda kullanılan parametreler üzerinde yapılan değişikliklerin anten karakteristiğine etkileri verilen örnekler ile incelenmeye çalışılmış, bu sayede bir sonraki tasarım aşamasında izlenen yol da ana hatlarıyla gösterilmiş olmuştur.

5.2.4.2 Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit anten tasarımı

Bu bölüm tasarım çalışmamızın üçüncü ve son aşamasını oluşturmaktadır. Bu bölümün amacı Bölüm 5.2.4.1’de UMTS bandına çalışabilecek şekilde tasarlanan mikroşerit yama anten yapısında kullanılan dielektrik malzemenin değiştirilerek anten boyutlarının mobil telefonlar için kabul edilebilir düzeye çekilmesini sağlamaktır. Dolayısıyla bir önceki tasarımda dielektrik malzeme olarak kullanılan hava ($\epsilon_r = 1.0006$) yerine bu tasarımda yaygın bir kullanıma sahip ve dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4.4$ olan FR4 kullanılacaktır. Dielektrik sabitindeki bu değişim tabaka içerisindeki dalga boyunu $\lambda_d = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$ değerine düşüreceğinden anten boyutlarında da aynı oranda düşüş sağlanması beklenmektedir [8].

Tasarlanacak olan anten geometrisi Şekil 5.32’de gösterildiği gibi dielektrik malzeme dışında önceki yapıyla aynıdır. Ancak yukarıda da bahsedildiği gibi önceki yapıda kullanılan anten boyutları bu çalışmada geçerli değildir.



Şekil 5.32: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama anten yapısı

Önceki bölümlerdeki gibi tasarım boyunca uzunluk değeri değiştirilmeyecek olan toprak zemin bu yapıda 51mm x 19mm x 1mm boyutunda belirlenmiştir. Koaksiyel besleme bacağıının konumu ise bu kez, üstte bulunan yüzeyin uzunluğuna (Lb) bağlı olarak değişmektedir. Bacağıın üst ucu, bu yüzeyin orta noktasından 0.1mm +x yönünde ve x eksenı boyunca uzanan kenarlara eşit uzaklıkta bulunan noktaya

$((L_b/2)+0.1\text{mm}, W_b/2)$ temas ettirilmiştir. Besleme bacağının üstünde bulunan bu yüzey $L_b \times W_b \times 0.2\text{mm}$ boyutundadır ve burada $L_b=W_b$ olarak seçilmiştir. W_b değeri de önceki tasarımlardaki gibi monopol parçanın genişliğine eşit olarak alındığından bu tasarımda $L_b = W_b = W_{p1}$ eşitliği sağlanmaktadır ve dolayısıyla L_1 uzunluğu da bu parametrelerin değerine bağlı olarak değişmektedir. Burada referans nokta olarak monopol parçanın $+x$ yönündeki yüzeyi alınmıştır ve bu yüzeyin orta noktasının $x-y$ düzlemindeki izdüşümü toprak zemin üzerinde $(14\text{mm}, 9.5\text{mm})$ koordinat noktasına denk gelmektedir.

Bu bölümdeki tasarım, anten geometrisinin boyut özellikleri dışında önceki bölümdekiyle aynı yapıda olmasından dolayı yukarıda bahsedilen parametreler ile ilgili olarak Bölüm 5.2.4.1’de verilen ön bilgiler ve örnekler ışığında gerçekleştirilmiştir. Tasarımda optimizasyon için kullanılacak olan değişkenler önceki gibi L_{p2} , W_{p2} , L_2 , H_k , H_d , W_b ve H_b parametreleridir.

Monopol anten tasarımıyla başlayan süreç, dielektrik tabaka olarak hava kullanılan mikroşerit yama anten tasarımıyla devam etmiştir. İlk aşamada, tasarımı planlanan mikroşerit yapıda hem ışıma yüzeyi hem de besleme olarak davranan monopol yapının UMTS bandındaki davranışı gösterilmiştir. Sonraki aşamada ise asıl anten geometrisi oluşturulmuş ve bu yapının UMTS bandında çalışması için ihtiyaç duyulan boyutsal parametreler ve bu parametrelerin anten karakteristiği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu bölüm kapsamında incelenecek olan son aşamada ise farklı boyutsal parametre değerleri denenerek bulunan ve 2.05 GHz frekansı civarında rezonansa girerek UMTS frekans bandında (1900-2200 GHz) çalışabilen anten davranışları tanıtılacak ve bunlar empedans bant genişlikleri ve giriş yansıma katsayıları göz önünde bulundurularak karşılaştırılacaklardır. Kıyaslama sonucunda içlerinden en uygun bulunan anten yapısı empedans uyumu ve ışıma karakteristikleri açısından daha ayrıntılı incelenerek çalışma sonlandırılacaktır.

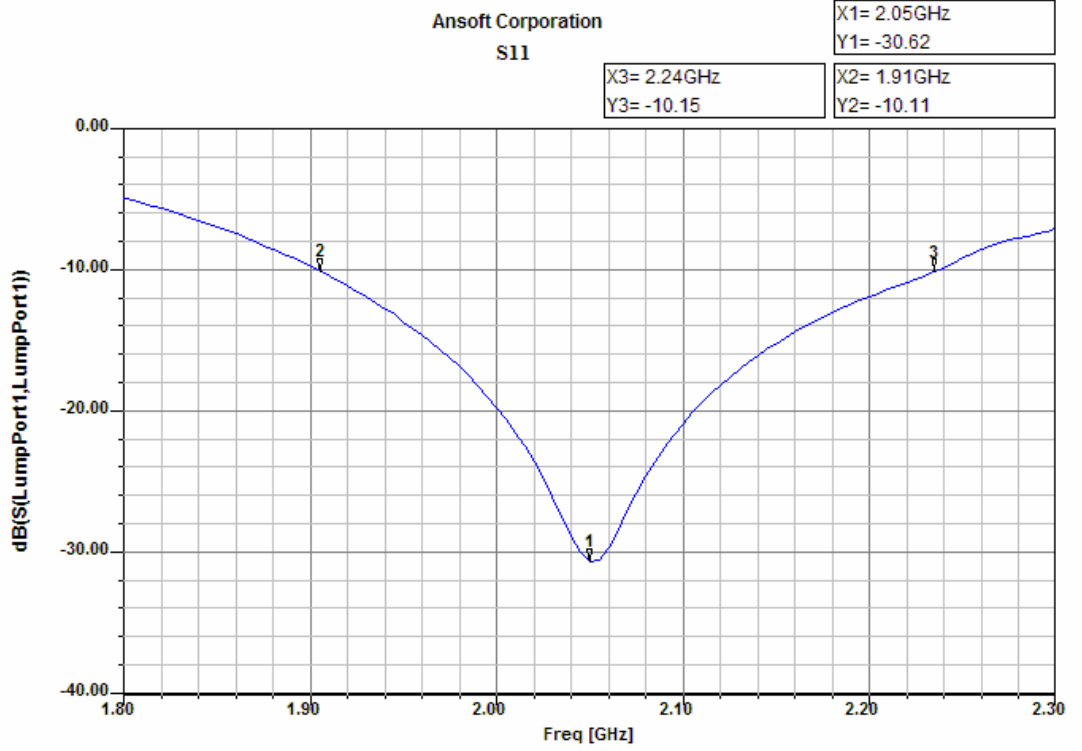
Aşağıda çizelgeler içerisinde gösterilen parametre değerleri önceki bölümde anlatılan yöntem izlenerek bulunmuşlardır ve kıyaslama için gösterilecek olan şekiller bant genişliği farkının ve merkez frekans bölgesinin rahatlıkla görülebilmesi için 1.8-2.3 GHz aralığında çizdirilmişlerdir.

İlk olarak Çizelge 5.4 ile gösterilen parametre değerleri sonucunda elde edilen antenin S_{11} karakteristiği Şekil 5.33’de gösterilmiştir. Bu şekle bakılacak olursa

mikroşerit anten yapısı arzu edilen çalışma frekansı olan $f_0 = 2.05 \text{ GHz}$ değerinde rezonansa girmiştir ve bu noktadaki giriş yansıma katsayısının (S11) değeri -30.62dB olmuştur. Aynı şekilde empedans bant genişliğine bakılacak olursa giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$ için 15.9% (1.91-2.24GHz) değerinin sağlandığı görülür. Bu aralık 1900-2200 MHz UMTS spektrumunu yaklaşık olarak kapsamaktadır.

Çizelge 5.4: 2.05 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri

Lp2	L2	Hd	Wp2	Wb	Hb	Hk
28.2	4.6	5.9	13.5	2.4	2.5	0.2



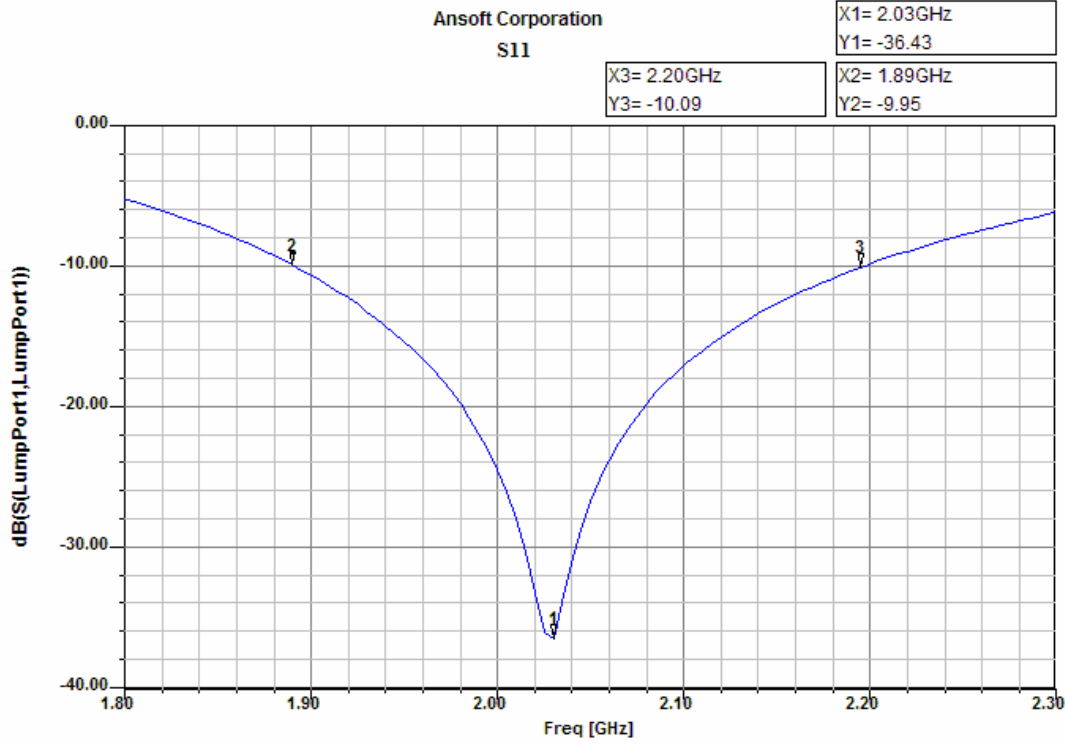
Şekil 5.33: 2.05 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği

Daha sonra Çizelge 5.5'e bakılacak olursa, Çizelge 5.4'de gösterilen Lp2 ve Wb değerleri üzerinde değişiklikler yapılmıştır ve sonuç olarak Şekil 5.34 ile gösterilen S11 grafiği elde edilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi mikroşerit anten yapısı üzerinde yapılan değişiklikler ile merkez frekansı $f_0 = 2.03 \text{ GHz}$ değerine inmiştir ve bu noktadaki giriş yansıma katsayısının (S11) değeri -36.43dB olmuştur. Aynı şekilde empedans bant genişliğine bakılacak olursa giriş yansıma katsayısı $\leq -10\text{dB}$

için 15.1% (1.89-2.20GHz) değerinin sağlandığı görülür. Bu aralık da 1900-2200 MHz UMTS spektrumunu bir önceki örnek gibi yaklaşık olarak kapsamaktadır.

Çizelge 5.5: 2.03 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri

Lp2	L2	Hd	Wp2	Wb	Hb	Hk
28.8	4.6	5.9	13.5	2	2.5	0.2



Şekil 5.34: 2.03 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği

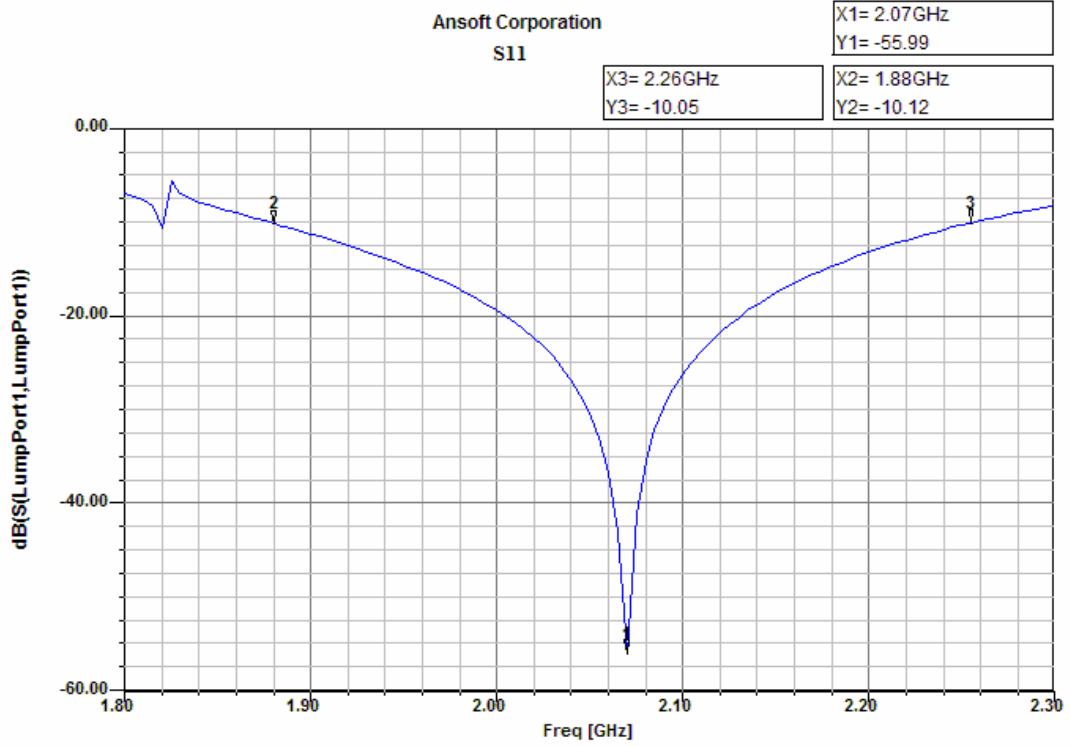
Görüldüğü gibi Şekil 5.34’de gösterilen S11 karakteristiği Şekil 5.33’deki ile karşılaştırıldığında merkez frekansında daha yüksek S11 değerine sahip olmasına karşın daha dar bantlı bir yapıdadır.

Tekrar Çizelge 5.4’e dönülecek olursa bu kez L2, Hd ve Wp2 değerlerinde yapılan değişiklikler ile Çizelge 5.6’da gösterilen değerler elde edilmiştir. Bu çizelgeye ilişkin S11 grafiği ise aşağıda Şekil 5.35’de gösterilmiştir. Bu kez yapılan değişiklikler merkez frekansındaki ($f_0 = 2.07$ GHz) S11 değerini daha da aşağılara çekmekle beraber bant genişliğini de fark edilir derecede artırmıştır. Bu yapıda $f_0 = 2.07$ GHz için S11 değeri -55.99dB olurken bant genişliği de 18.3% (1.88-

2.26GHz) olmuştur. Bu bant genişliği 1900-2200 MHz UMTS spektrumunu ilk iki yapıya nazaran oldukça rahat bir şekilde kapsamaktadır.

Çizelge 5.6: 2.07 GHz rezonans frekansında çalışan antenin boyutsal değerleri

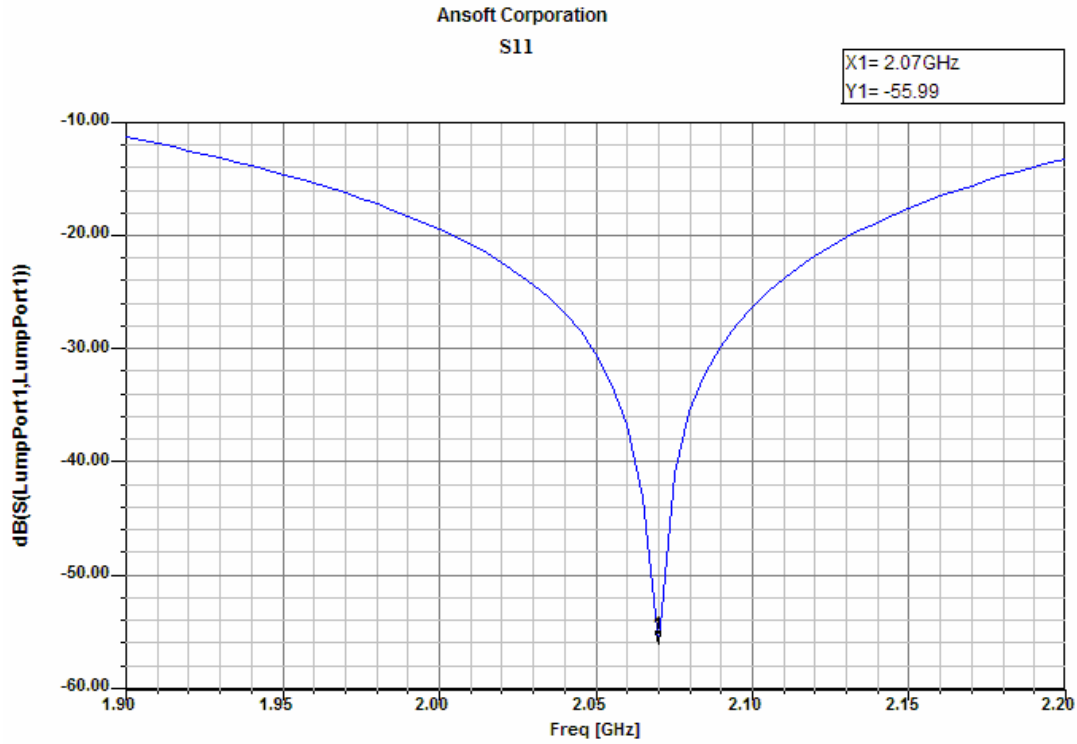
Lp2	L2	Hd	Wp2	Wb	Hb	Hk
28.2	4.8	6	13.3	2.4	2.5	0.2



Şekil 5.35: 2.07 GHz rezonans frekansında çalışan antenin S11 grafiği

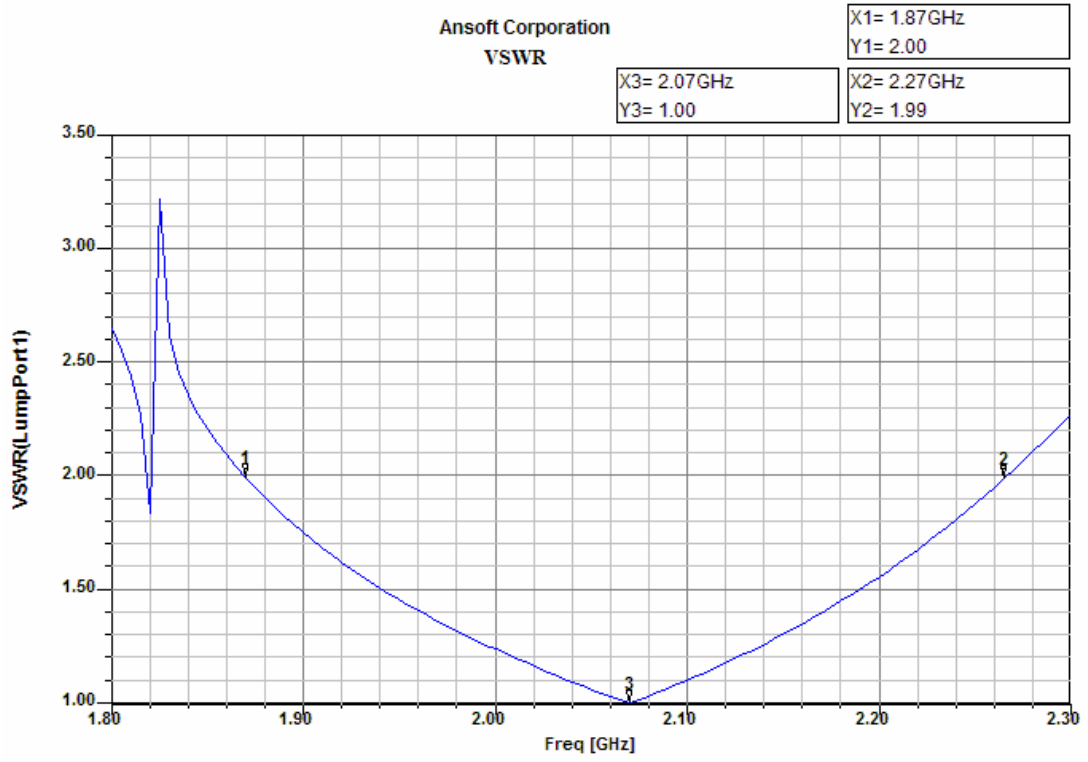
Yukarıda gösterilen S11 grafiklerinden anlaşılabileceği üzere, arzu edilen $f_0 = 2.05$ GHz merkez frekansını sadece Çizelge 5.4 ile belirlenen anten yapısı sağlamıştır. Ancak bu antenin bandı UMTS spektrumunu kıl payı kapsayacak genişliktedir. Çizelge 5.5 ile belirlenen anten yapısı ise bant genişliğini biraz daha daraltmıştır fakat rezonans frekansındaki S11 değerini daha da aşağılara çekmeyi başarmıştır. Buna karşın ikinci anten yapısı da gözle görülür bir fark ortaya koyamamıştır. Çizelge 5.6 ile tanıtilen üçüncü anten yapısı ise hem bant genişliğini, hem de rezonans frekansındaki S11 değerini belirgin bir derecede iyileştirmiştir. Bu nedenlerden dolayı üçüncü anten yapısı diğer anten yapıları ile kıyaslandığında incelenmek için uygun görülmüştür.

Şekil 5.36’da üçüncü anten yapısına ilişkin S11 grafiği UMTS bandı aralığında yeniden çizilmiştir.



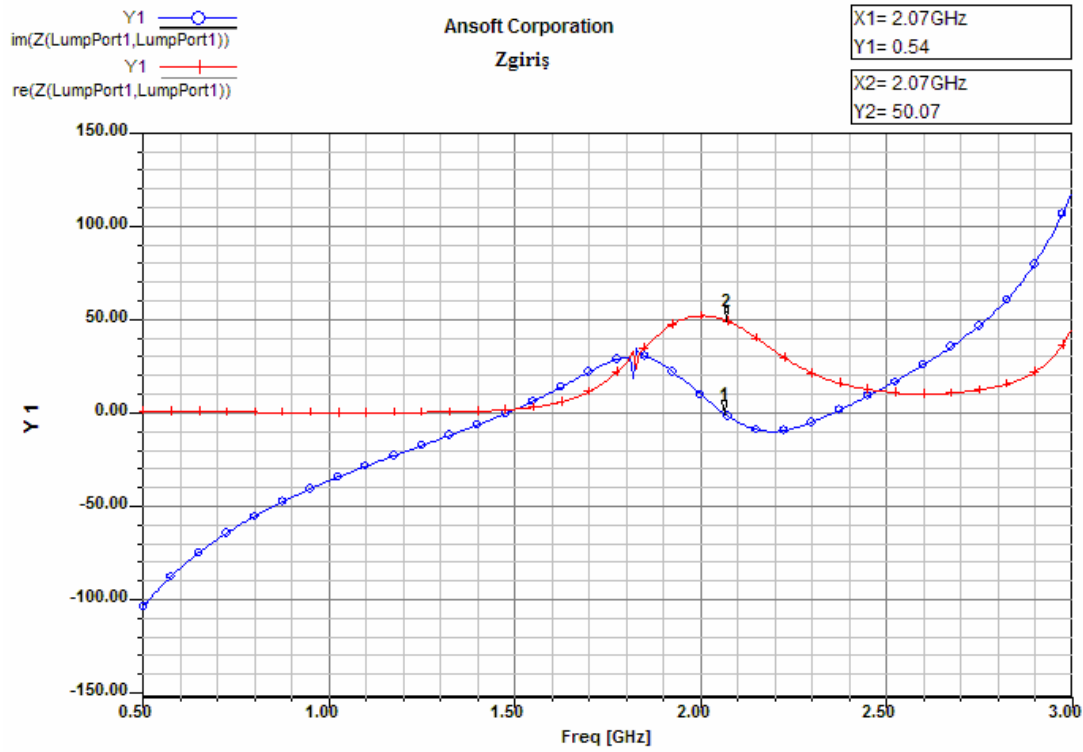
Şekil 5.36: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin S11 grafiği

Şekil 5.37 ile gösterilen aynı antene ait duran dalga oranı (VSWR) grafiğine bakılacak olursa 2:1 VSWR bant genişliğinin 19.3% (1.87–2.27 GHz) olduğu görülür. Ayrıca dikkat edilirse $f_0 = 2.07$ GHz rezonans frekansında VSWR değeri 1’e eşittir. Bu da empedans uyumunun mükemmel şekilde sağlandığı ve girişten yansıyan gücün 0’a yakınsadığını göstermektedir.



Şekil 5.37: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin VSWR grafiği

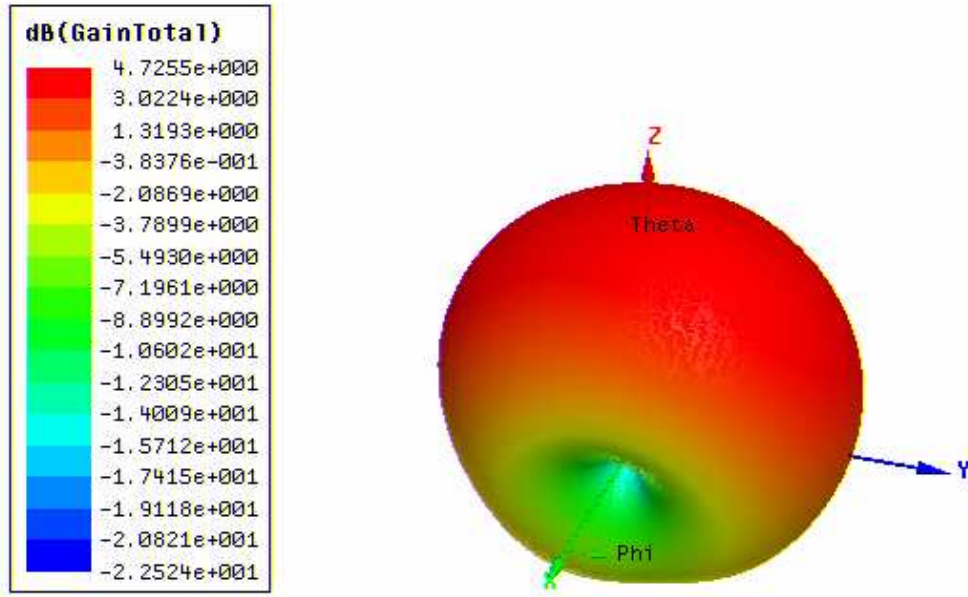
Aşağıdaki Şekil 5.38'den görüldüğü gibi $f_0 = 2.07$ GHz rezonans frekansında $Z_{giriş} = 50.07 - 0.54j$ değerindedir ve bu frekans çevresinde sanal bileşenin değeri ihmal edilebilecek kadar düşüktür.



Şekil 5.38: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin Zgiriş grafiği

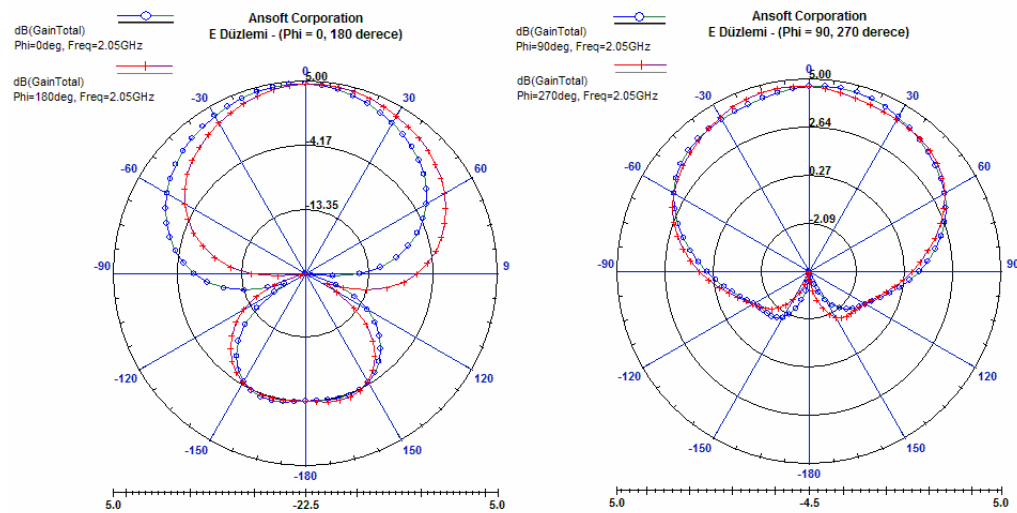
Seçilen antene ilişkin verilen grafiklerde 1.82 GHz frekansı civarındaki bir süreksizlik dikkat çekmektedir. Ancak görüldüğü gibi tasarlanan mikroşerit yama anten UMTS bandı içerisinde beklenen empedans özelliklerini sağladığı için bu süreksizlik göz ardı edilebilir.

Antenin $f_0 = 2.07$ GHz rezonans frekansı civarındaki ışıma özelliklerine bakılacak olursa tasarlanan yapıya ait 3-Boyutlu kazanç diyagramı aşağıda Şekil 5.39’da gösterilmiştir (tüm simülasyonlar 2.05 GHz çözüm frekansında yapıldığından sonuçlar da 2.05 merkez frekansında alınmışlardır). Görüldüğü gibi kazanç değeri z-ekseni üzerinde maksimum değerini alırken ($Maks(K)_t = 4.72$ dBi) x-y düzlemi üzerinde minimum değerini almaktadır.



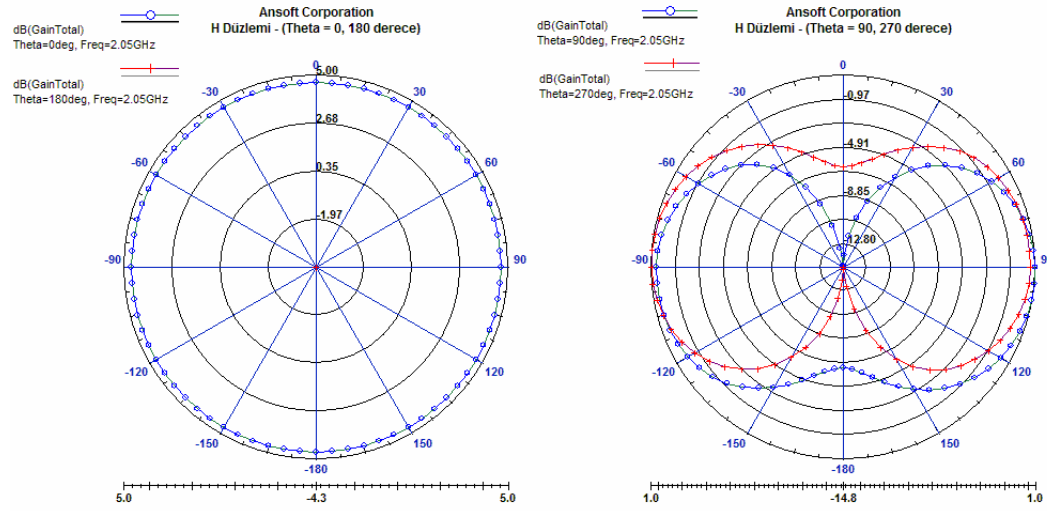
Şekil 5.39: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında 3-Boyutlu ışıma (kazanç) diyagramı

Tasarlanan mikroşerit anten yapısına ilişkin 2-Boyutlu E-Düzlemi ve H-Düzlemi ışıma diyagramları da sırasıyla Şekil 5.40 ve Şekil 5.41 ile gösterilmişlerdir. Şekil 5.40'daki E-Düzlemi ışıma diyagramları $\varphi = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın θ ile değişimini göstermektedirler.



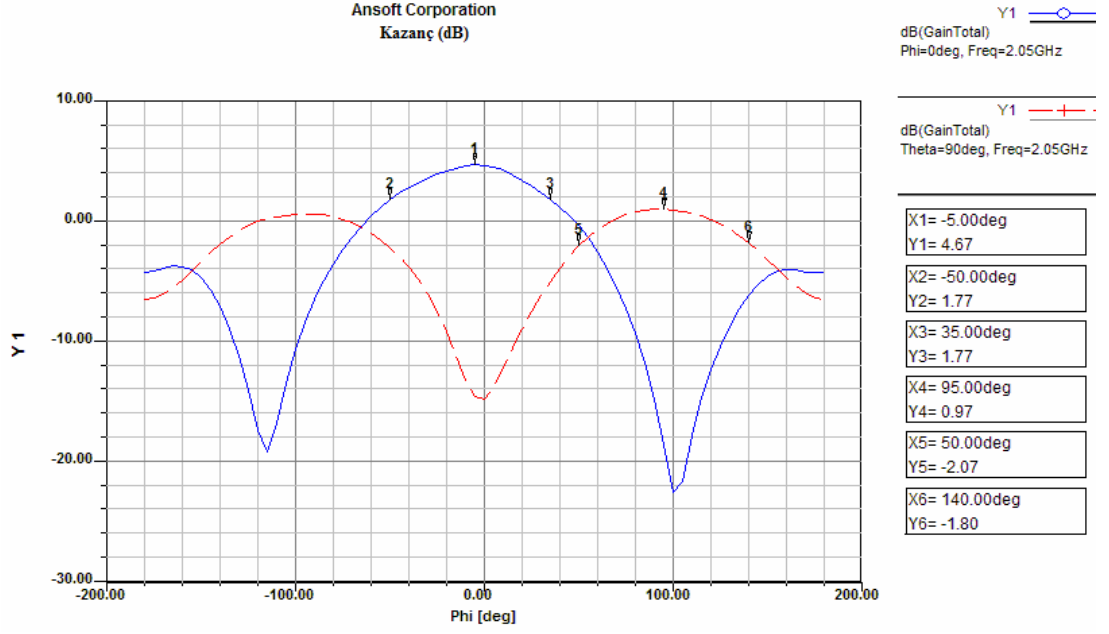
Şekil 5.40: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında E-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Şekil 5.41'deki ışıma diyagramları ise $\theta = 0^0, 90^0, 180^0, 270^0$ sabit değerleri için kazancın φ ile değişimini göstermektedirler.



Şekil 5.41: Dielektrik tabaka olarak FR4 kullanılan mikroşerit yama antenin 2.05 GHz frekansında H-Düzlemi ışıma (kazanç) diyagramları (dBi)

Çalışmada son olarak maksimum kazanç ve 3dB bant genişliği (HPBW) hesapları için Şekil 5.42 çizdirilmiştir. Şekilde $\varphi = 0^0$ için E-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW), $\theta = 90^0$ için de H-Düzlemi üzerinde maksimum kazanç ve 3dB ışıma bant genişliği (HPBW) değerleri hesaplanmıştır. Şekil maksimumları içeren -180^0 ve 180^0 aralığında çizdirilmiştir. Burada gösterilen kazanç değerlerine bakarsak E-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 85^0$ olurken ($Maks(K) = 4.67 \text{ dBi}$), H-Düzlemi üzerinde $HPBW \approx 90^0$ ($Maks(K) = 0.97 \text{ dBi}$) olmaktadır.



Şekil 5.42: E ve H düzlemleri üzerinde $\varphi = 0^\circ$ ve $\theta = 90^\circ$ sabit değerleri için kazancın sırasıyla θ ve φ açısal değerleri ile değişimi

Sonuç olarak bu bölümde, tasarlanmış olan mikroşerit yama anten yapısında dielektrik malzeme olarak hava ($\epsilon_r = 1.0006$) yerine FR4 ($\epsilon_r = 4.4$) kullanılmış ve bu sayede anten yapısının boyutlarının küçültülmesi amaçlanmıştır. FR4 kullanılarak tasarımı değiştirilen antenin yüksekliği de (5.5) ile bulunmuş ve anten boyutları 51mm x 19mm x 9.9mm değerine kadar düşürülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

20. yüzyılın son çeyreğinde kablosuz haberleşme sistemlerine olan eğilimin ve tecrübenin artması sonucunda geliştirilen birinci nesil (1N) mobil haberleşme sistemleri, gelişimine dur durak bilmeksizin devam ederek önce ikinci nesil (2N) mobil haberleşme sistemlerinin, sonra da bu çalışma kapsamında daha ayrıntılı olarak incelenen üçüncü nesil (3N) mobil haberleşme sistemlerinin ortaya çıkarılmasına önayak olmuştur. Temelinde kullanıcıların birbirleri ile her an her yerde coğrafi engellerden bağımsız olarak haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak yatan mobil haberleşme sistemleri, paralelinde gelişen devre teknolojisi ve elektromanyetik dalga teorisi sayesinde yeni nesil teknolojiler üzerinde yapılan çalışmaların odak noktası haline gelmiştir. Bu sistemlerin kullanıcıya sağladığı en önemli özellik anlaşılacağı üzere hareket kabiliyetidir ve bu durum son kullanıcı cihazlarının boyutlarını pazarlama stratejileri açısından en temel talep unsuru haline dönüştürerek, cihaz boyutları üzerinde yapılan çalışmaların akademik düzeye kadar taşınmasını sağlamıştır.

Üçüncü nesil teknolojilere geçişle beraber, mobil haberleşme sistemlerinde ses iletiminin yanında çoklu ortam özelliklerinin de desteklenmeye başlanması, son kullanıcı mobil cihazlarına entegre edilebilecek boyutlarda geniş bantlı çalışabilen anten yapılarının tasarımlarını zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmanın da amacı günümüzde en popüler 3N teknolojisi durumundaki UMTS sistemleri ile uyumlu mobil telefon cihazlarına monte edilebilecek nitelikte mikroşerit yama anten tasarımının gerçekleştirilmesidir.

Mikroşerit yama antenler, boyut özellikleri ve üretim teknikleri göz önünde bulundurulduğunda mobil telefon cihazlarına en kolay entegre edilebilecek yapılar olarak karşımıza çıkarlar. Ancak bu özelliğin yanında geleneksel mikroşerit yapılar dar bantlı karaktere sahiplerdir ve bantın genişletilmesi aynı zamanda anten boyutlarının da büyümesi anlamına gelmektedir.

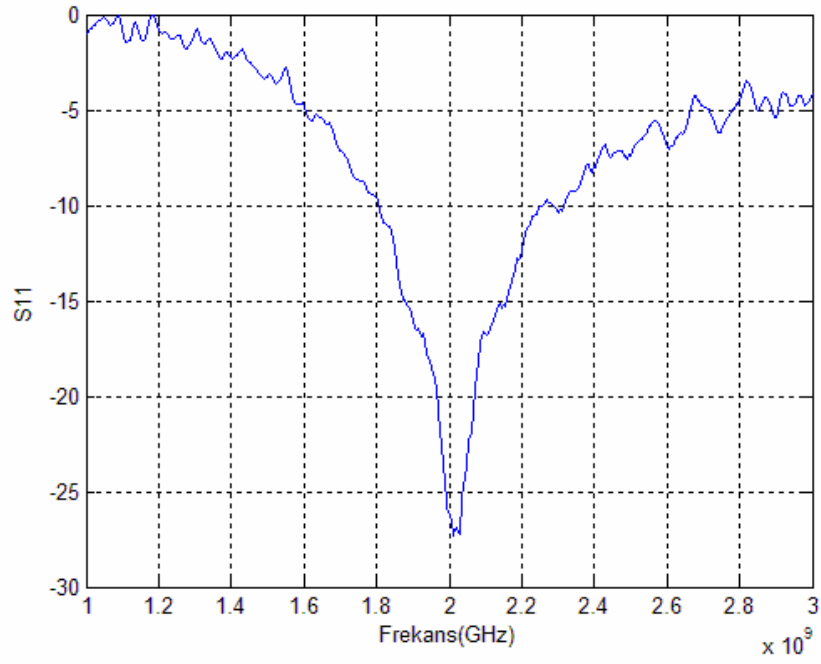
Bu çalışma kapsamında tasarlanmış olan mikroşerit yama anten yapısında, bant genişliği engelinin aşılabilmesi için besleme, tek başına monopol anten davranışı

gösteren düzlemsel iletken parça ile sağlanmıştır. Bu nedenle, üç aşamada ele alınan tasarım sürecinde ilk olarak monopol yapının tek başına UMTS spektrumundaki (1900-2200 MHz) davranışı incelenmiştir. HFSS benzetim ortamında tasarlanan monopol yapının verilen boyutlarda $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için 22% (1.86 – 2.32 GHz) empedans bant genişliği değerini sağlayabildiği görülmüştür. Bu frekansa bandı istenildiği gibi UMTS bandını (1900 - 2200MHz) kapsamaktadır.

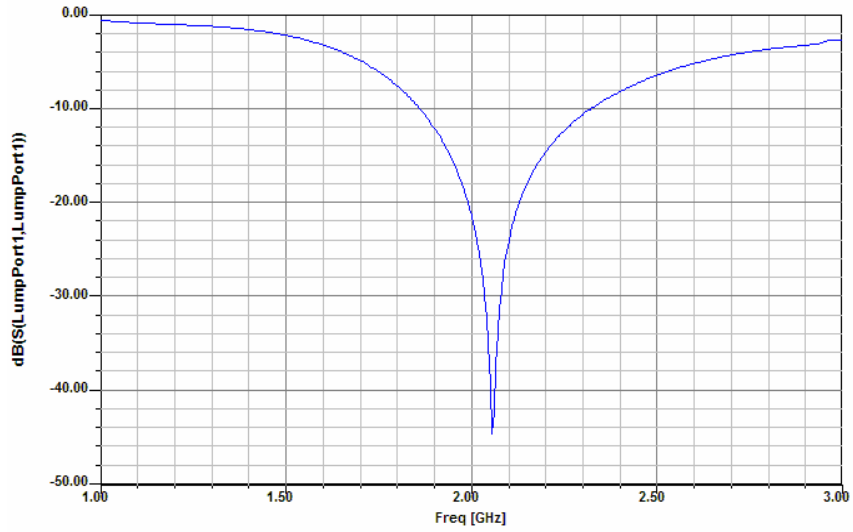
Yapılan laboratuvar çalışması ile bu monopol yapı Şekil 6.1'deki gibi gerçekleştirilmiş ve $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için bant genişliği MATLAB kullanılarak Şekil 6.2'de gösterildiği gibi 24.4% (1.8 – 2.3 GHz) olarak hesaplanmıştır. Bu değer ve elde edilen grafik Şekil 6.3 ile gösterilen HFSS benzetim ortamında elde edilen sonuca oldukça yakındır.



Şekil 6.1: Kullanılan monopol anten yapısı

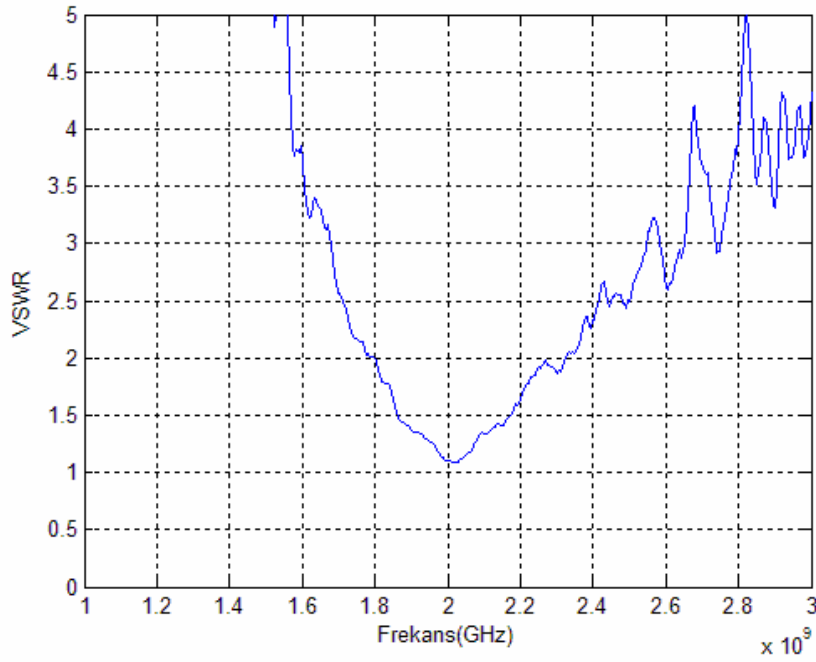


Şekil 6.2: Monopol antene ilişkin ölçülen S11 değerleri



Şekil 6.3: Monopol antene ilişkin HFSS ortamında elde edilen S11 değerleri

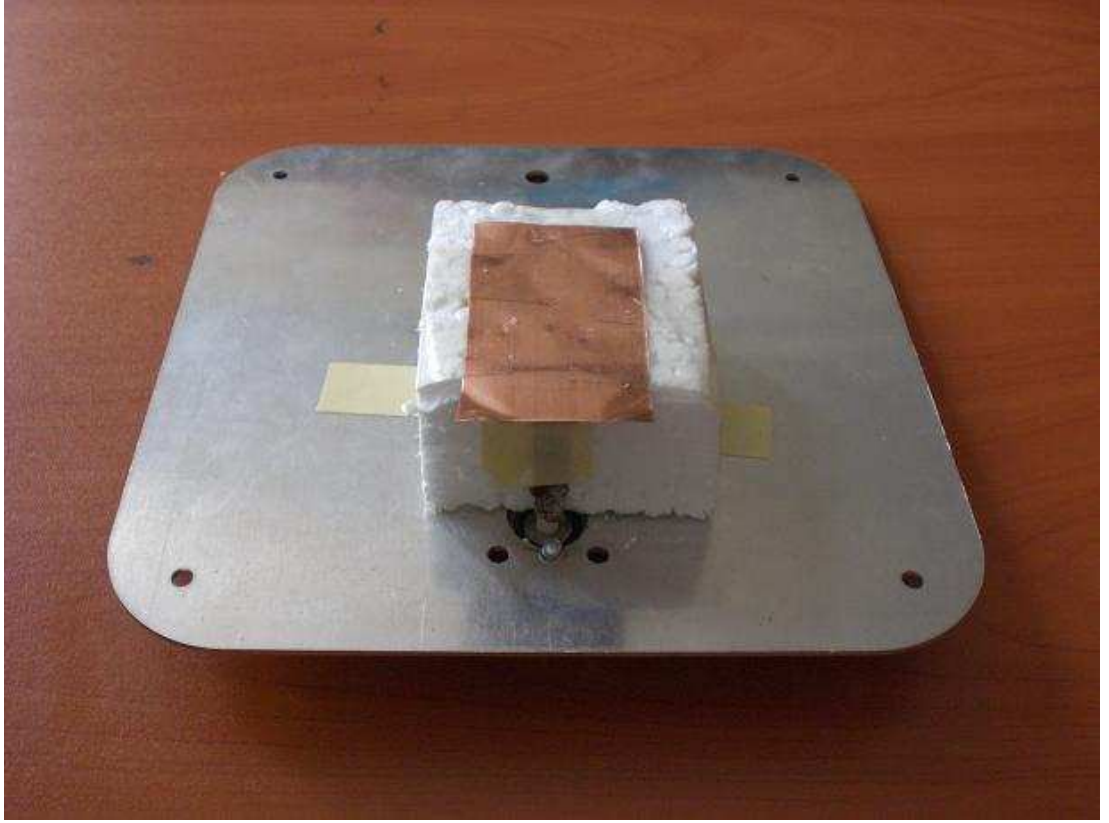
Bu yapıya ilişkin olarak ölçülen duran dalga oranı (VSWR) değişimi de Şekil 6.4’de gösterildiği gibi çizdirilmiştir. Buradan görüleceği üzere 2:1 VSWR bandı $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için ölçülen bant ile tamamen örtüşmektedir.



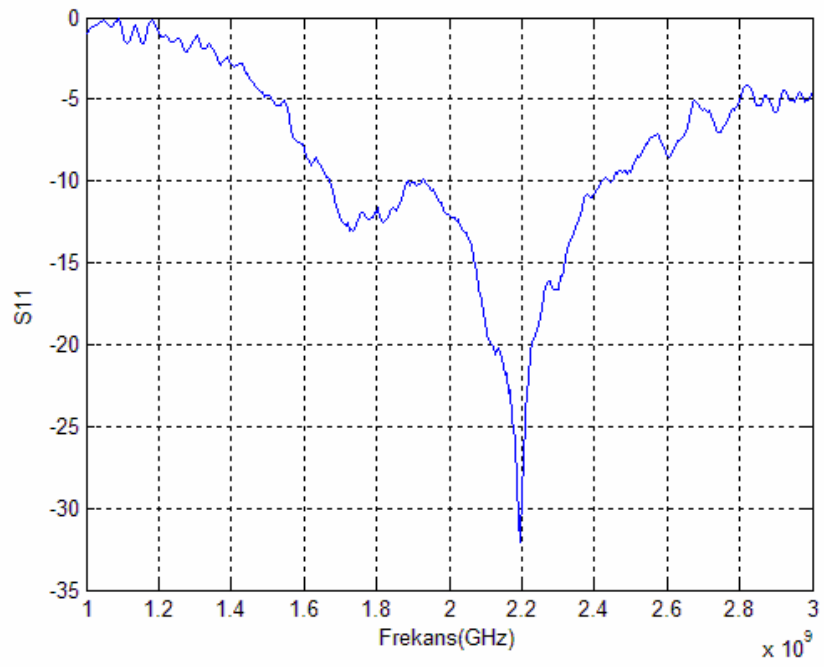
Şekil 6.4: Monopol antene ilişkin ölçülen VSWR değerleri

Sonraki aşamada ise monopol parça üzerine dikdörtgen iletken yüzey yerleştirilerek, bu iki yapının etkileşimi sonucunda ortaya çıkan mikroşerit anten yapısının 2.05 merkez frekansı civarında bant genişliğinin ve boyut özelliklerinin UMTS teknolojisi açısından ihtiyaçları ne derece karşılayabildiği incelenmiştir. HFSS benzetim ortamında tasarlanan ve dielektrik malzeme olarak hava kullanılan bu anten yapısı, $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için 41.9% (1.49-2.28 GHz) empedans bant genişliğine ve 107mm x 40mm x 30.5mm boyut değerlerine sahip olmuştur. Bu süreç içerisinde optimizasyonun sağlanması için kullanılan parametrelerin anten karakteristiği üzerindeki etkileri de örneklerle açıklanmaya çalışılmıştır.

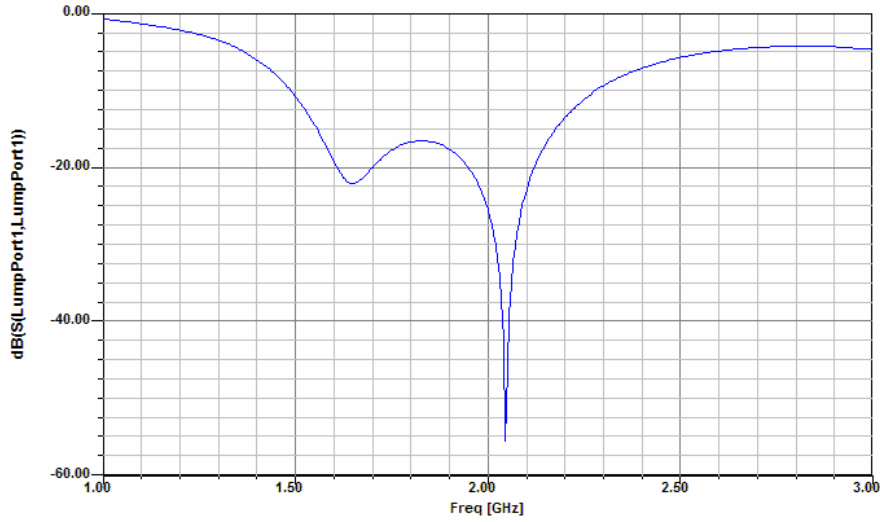
Tasarlanan anten yapısı laboratuvar çalışması sonucunda Şekil 6.5'deki gibi gerçekleşmiş ve $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için bant genişliği MATLAB kullanılarak Şekil 6.6'da gösterildiği gibi 38.5% (1.65 – 2.44 GHz) olarak ölçülmüştür. Şekilden görüleceği üzere ölçüm sonuçları ve elde edilen grafik Şekil 6.7 ile gösterilen benzetim ortamında elde edilen sonuçlara oldukça benzemektedir.



Şekil 6.5: Tasarlanan anten yapısı

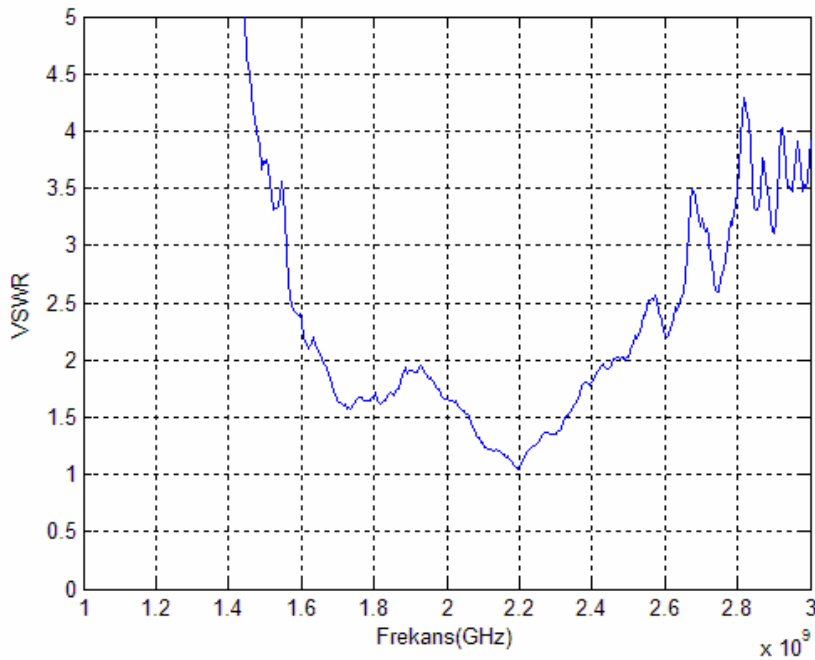


Şekil 6.6: Tasarlanan antene ilişkin ölçülen S11 değerleri



Şekil 6.7: Tasarlanan antene ilişkin HFSS ortamında elde edilen S11 değerleri

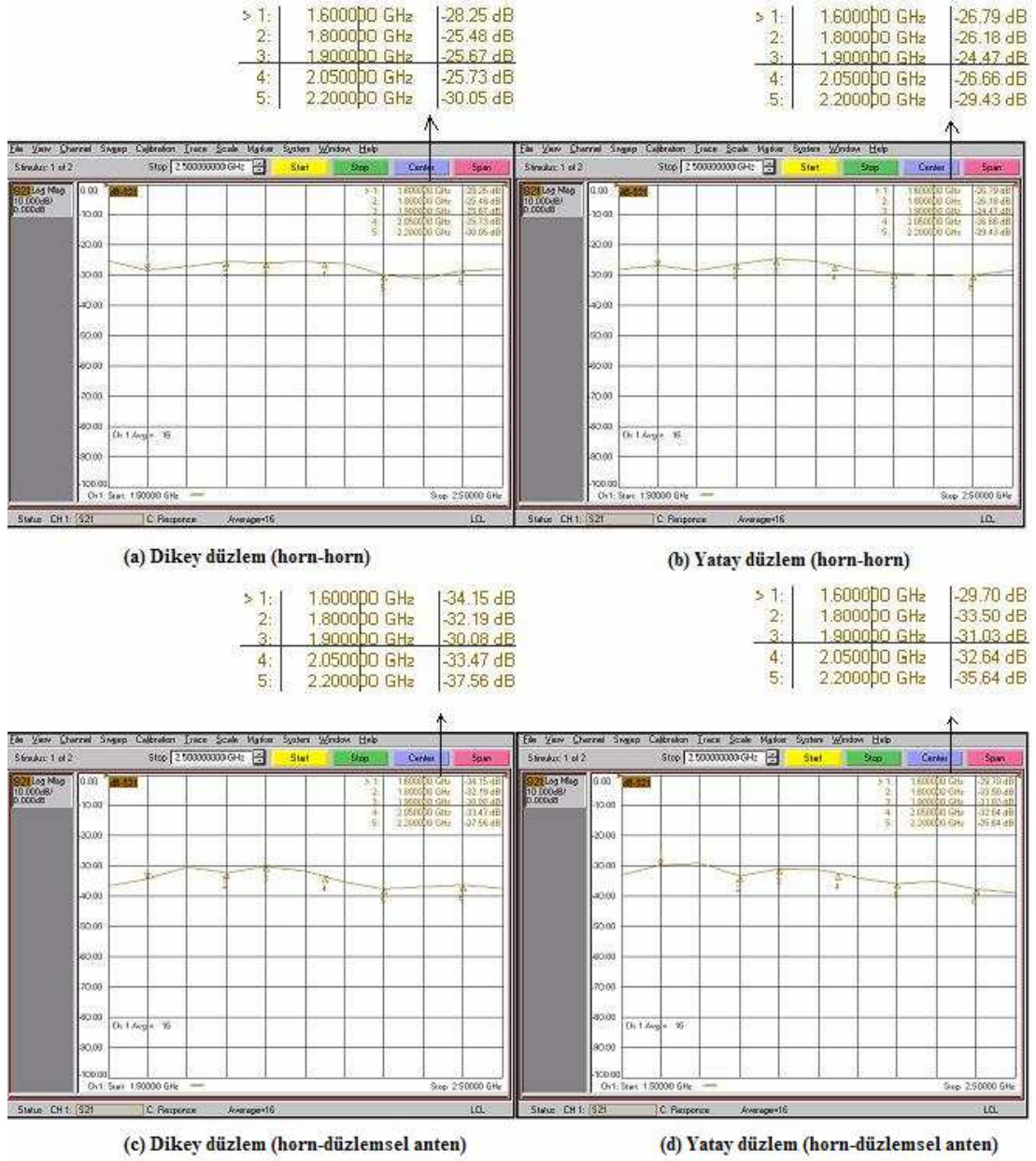
Şekil 6.8’de ise duran dalga oranındaki (VSWR) değişim gösterilmiştir. Buradan görüleceği üzere 2:1 VSWR bandı $S_{11} \leq -10\text{dB}$ için ölçülen bant ile tamamen örtüşmektedir.



Şekil 6.8: Tasarlanan antene ilişkin ölçülen VSWR değerleri

Tasarlanan anten yapısına ilişkin yapılan son ölçümlerde ise kazanç ve ışıma özellikleri incelenmiştir. Bunun için ilk olarak belirli frekanslarda kazanç değerleri bilinen iki horn anten karşılıklı olarak yerleştirilmiş ve yatay ve dikey düzlemler için

Şekil 6.9'da gösterilen S21 değerleri bulunmuştur. Daha sonra ise alıcı horn anten yerine tasarlanan yapı koyulmuş ve bu şekilde elde edilen S21 değerleri horn antene ait değerler ile karşılaştırılarak tasarlanan antenin kazancı bulunmuştur.



Şekil 6.9: Yatay ve dikey düzlemler için S21 değerleri

Horn antene ilişkin Çizelge 6.1'de gösterilen kazanç değerlerinden 2.05GHz'e karşılık gelen 11dBi ele alınarak düzlemsel anten yapısının bu frekanstaki kazanç değeri de kolayca bulunabilir. Horn ve düzlemsel antenlere ilişkin Şekil 6.9'da gösterilen (dikey düzlem – 2.05GHz için) -25.73dB ve -33.47dB S21 değerlerine bakılacak olursa düzlemsel yapı kullanıldığında S21 değerinin 7.74dB düştüğü

görülmektedir. Bu fark horn antenin kazanç değerinden çıkarıldığında ise monopol antenin kazanç değeri elde edilmiş olur (3.26dBi). Bu yapıya ilişkin kazanç değerleri Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1: Horn antene ilişkin kazanç değerleri

Frekans(GHz)	1.6	1.8	1.9	2.05	2.2
Kazanc(dBi)	9.1	10.3	10.5	11	9.5

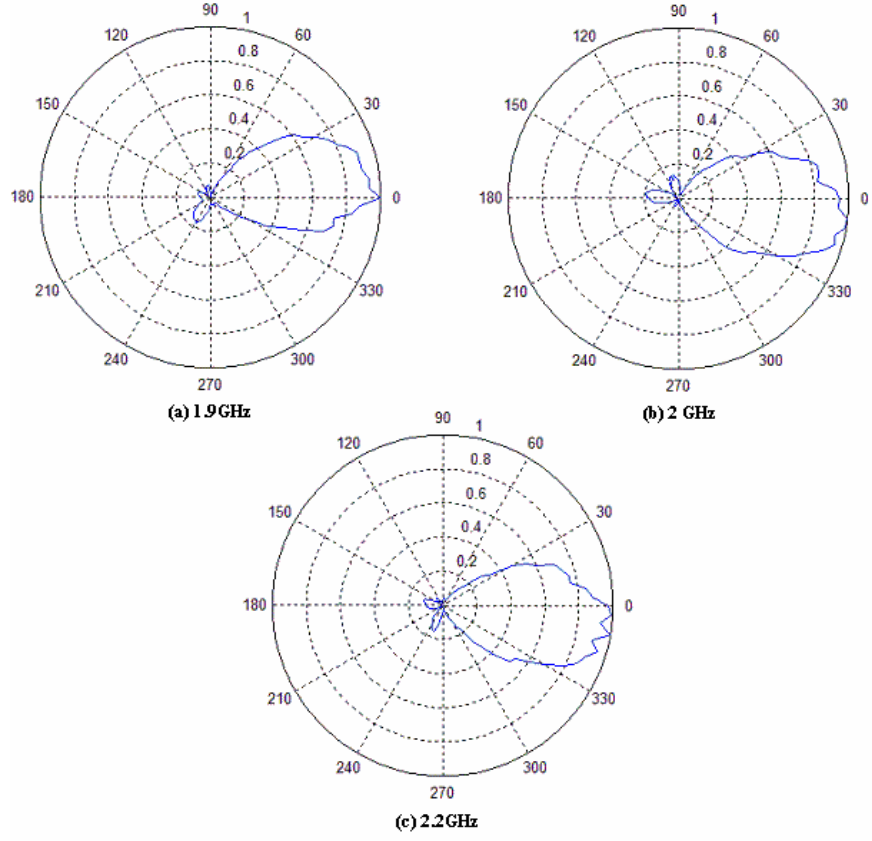
Çizelge 6.2: Düzlemsel antene ilişkin kazanç değerleri

Frekans(GHz)	1.6	1.8	1.9	2.05	2.2
Kazanc(dBi)	3.2	3.59	6.09	3.26	1.99

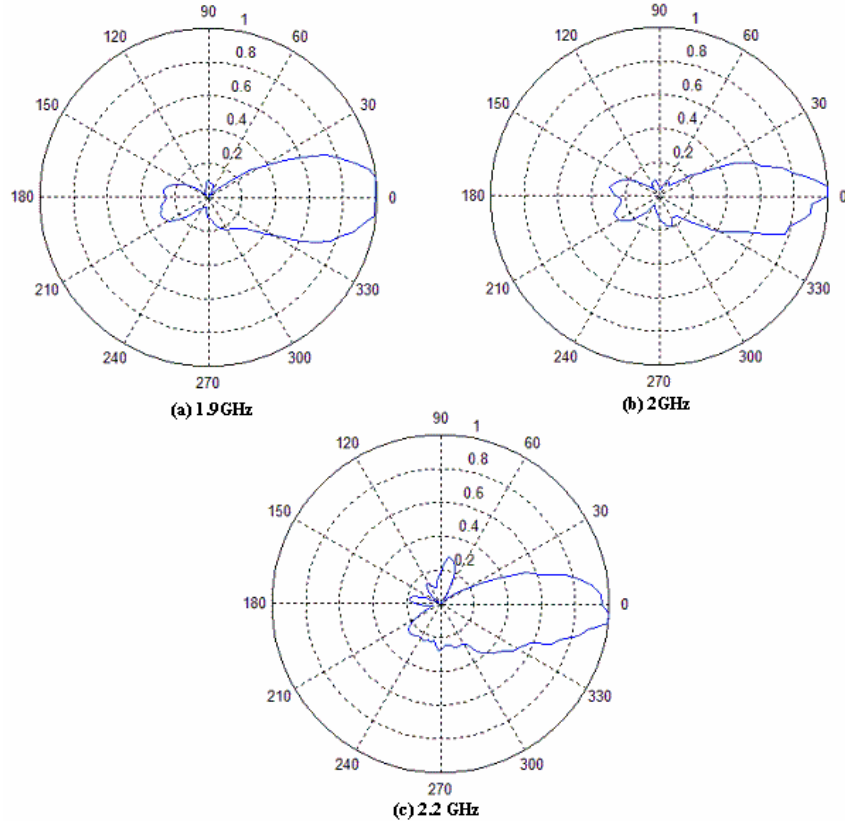
Yukarıda hesaplanan kazanç değerlerinin yanında antenin yönlendiriciliği hakkında daha fazla bilgi veren yönlendiricilik kazancı da aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanabilir [5]:

$$G_0 \simeq \frac{30,000}{\Theta_{1d} \Theta_{1d}} \quad (6.1)$$

Görüldüğü gibi yönlendiricilik kazancının hesaplanabilmesi için antenin dikey ve yatay düzlemlerdeki 3dB bant genişlikleri hesaplanmalıdır. Bu nedenle öncelikle tasarlanan antene ilişkin yatay ve dikey düzlemlere dair ışıma diyagramları çizdirilmeli ve sonrasında da 3dB bant genişlikleri bulunmalıdır. MATLAB kullanılarak çizdirilen ışıma diyagramları sırasıyla Şekil 6.10’da ve Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Burada 2GHz frekansı için yönlendiricilik kazancı 9.41dB olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.10: Dikey düzlem için çizdirilen ışıma diyagramları



Şekil 6.11: Yatay düzlem için çizdirilen ışıma diyagramları

Son aşamada ise önceki yapıda kullanılan hava, dielektrik sabiti 4.4 olan FR4 malzemesi ile değiştirilerek boyutlar kabul edilebilir düzeye çekilmeye çalışılmıştır. Dielektrik sabitindeki bu değişim tabaka içerisindeki dalga boyunu $\lambda_d = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$ değerine düşürdüğünden anten boyutlarında da küçülme sağlanabilmiştir. Son olarak elde edilen 51mm x 19mm x 9.9mm boyutundaki mikroşerit yama anten UMTS bandını kapsayacak nitelikte 18.3% (1.88-2.26GHz) empedans bant genişliğine sahip olmuştur. Görüldüğü gibi çalışma sonucunda elde edilen anten yapısında boyut ve bant genişliği özellikleri mobil telefonlar açısından kabul edilebilir düzeydedir. İleriki çalışmalarda bu yapı üzerinde bant genişliğini artırabilecek farklı yöntemler denenerek anten karakteristiği ve boyutları daha da iyi seviyelere çekilebilir. Burada geleneksel mikroşerit yama antenlerdekinden farklı olarak monopol besleme kullanılmış ve UMTS spektrumu dahilinde anten boyutları kabul edilebilir düzeye çekilebilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **UMTS Ulusal Koordinasyon Kurulu, Alt Çalışma Grubu-1**, 2002. *3G Dünya Tecrübeleri*.
- [2] **Tay, J.Y.C.**, 2003. Multimedia Analysis Over 3G Wireless Interface.
- [3] **Anonim** < <http://www.itu.int> >, alındığı tarih 13.04.2009.
- [4] **Information Society Technologies**, 2005. *Mobility and Collaborative European Vehicle Emergency Networks*.
- [5] **Balanis, C. A.**, 1997. *Antenna Theory: Analysis and Design*, Second Edition, Arizona state University. John Wiley & Sons, Inc.
- [6] **Lagerqvist, J.**, 2002. Design and analysis of an electrically steerable microstrip antenna for ground to air use, *Master's Thesis*, Lulea University of Ttchnology, Sweden.
- [7] **Chang, K.**, 2000. *RF and Microwave Wireless Systems*, John Wiley & Sons Publication, New York.
- [8] **Milligan, T.A.**, 2005. *Modern Antenna Design*, John Wiley & Sons Publication, New Jersey.
- [9] **Haider, S.**, 2003. Microstrip Patch Antennas for Broadband IndoorWireless Systems, The University of Auckland, New Zealand.
- [10] **Moernaut, G. J. K. and Orban, D.** < <http://www.orbanmicrowave.com> >, alındığı tarih 10.04.2009.
- [11] **Harith, Z.**, 2005. Design of a Circular Polarization Microstrip Patch Antenna at 2.4 GHz, Universiti Teknologi Malaysia.
- [12] **See, C.H., Abd-Alhameed and R.A., Excel, P.S.**, Design of Folded and Slotted Internal Antenna for 3G IMT-2000 Mobile Handsets, *Mobile & Satellite Communications Research Centre, Bradford University, Bradford BD7 1DP, UK*.
- [13] **Islam, M.T., Shakib, M.N., Misran and N. and Sun, T.S.**, 2009. Broadband Microstrip Patch Antenna, *European Journal of Scientific Research*. S. 174-180.
- [14] **Wang, Y. J. and Lee, C. K.**, 2004. Compact and Broadband Microstrip Patch Antenna for the 3G IMT-2000 Handsets Applying Styrofoam and

Shoring-Posts, *Progress In Electromagnetics Research, PIER* 47, s. 75–85.

[15] **Ansoft HFSS V9 User's Guide**, 2003. *HFSS*, Ansoft Corporation, Pittsburgh, USA.

[16] **HFSS Software for Next-Generation Design**, *HFSS*, Ansoft Corporation, Pittsburgh, USA.

[17] **Jou, C.F., Wu, J.W. and Wang, C.J.**, 2009. Novel Broadband Monopole Antennas With Dual-Band Circular Polarization, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 57, 4.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Burak GÖKÇE

Doğum Yeri ve Tarihi: Düzce – 06.07.1983

Adres: Meşrutiyet Mah. Kevser Sok. Mutlu Apt. No :78/9 Nişantaşı/İstanbul

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi – Telekomünikasyon Mühendisliği