

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROŞERİT YAMA ANTENLERDE ÖN ARKA LOB
ORANININ ARTIRILMASI

ERDEM ÇETİNTÜRK

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROŞERİT YAMA ANTENLERDE ÖN ARKA LOB
ORANININ ARTIRILMASI

ERDEM ÇETİNTÜRK

Prof.Dr. Gonca ÇAKIR

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Doç.Dr. Sibel ÇİMEN

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr.Öğr. Üyesi Sibel ÜNALDI

Jüri Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 02.09.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans tez çalışması süresince bilgi ve tecrübesi ise bana her zaman yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Gonca ÇAKIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun iş temposuna rağmen yüksek lisans ve tez çalışmalarında beni destekleyen ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum yöneticim Sezgin PARMAKSIZ'a ve Arçelik A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman güvenen, destekleyen ve verdiğim her kararın arkasında duran sevgili eşim Mehtap ÇETİNTÜRK'e sonsuz teşekkürler.

Eylül – 2020

Erdem ÇETİNTÜRK

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER..... | i |
| İÇİNDEKİLER | ii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | iii |
| TABLolar DİZİNİ | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | vii |
| ÖZET..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| GİRİŞ | 1 |
| 1. TEMEL MİKROŞERİT ANTENLER..... | 4 |
| 1.1. Mikroşerit Yama Antenlerin Özellikleri..... | 4 |
| 1.2. Mikroşerit Yama Antenlerin Besleme Teknikleri..... | 5 |
| 1.2.1. Mikroşerit hat besleme..... | 5 |
| 1.2.2. Koaksiyel besleme | 6 |
| 1.2.3. Açıklık kuplajlı besleme | 7 |
| 1.2.4. Yakınlık kuplajlı besleme | 8 |
| 1.3. Avantajları ve Dezavantajları | 9 |
| 1.3.1. Mikroşerit antenlerin avantajları..... | 9 |
| 1.3.2. Mikroşerit antenlerin dezavantajları | 9 |
| 2. MİKROŞERİT YAMA ANTENLERDE ÖN ARKA LOB ORANI..... | 11 |
| 2.1. Mikroşerit Yama Antenlerde Ön Arka Lob Oranı Artırma Teknikleri..... | 11 |
| 2.1.1. İzole yumuşak yüzey yapıları | 11 |
| 2.1.2. Elektromanyetik bant aralığı..... | 12 |
| 2.1.3. Toprak yüzey kenar şekillendirme yöntemi..... | 12 |
| 2.1.4. Eş düzlemlı parazit çubuk kullanımı..... | 13 |
| 3. ÖN ARKA LOB ORANI ARTIRILMIŞ ANTEN TASARIMI VE SİMÜLASYONU | 14 |
| 3.1. Mikroşerit Yama Anten Tasarımı | 14 |
| 3.2. İletken Plakalar Kullanılarak Ön Arka Lob Oranı Artırma | 18 |
| 3.3. Yarıklı Toprak Yapısı Kullanılarak Ön Arka Lob Oranı Artırma | 36 |
| 4. PRATİK GERÇEKLEME VE ÖLÇÜMLER..... | 49 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 52 |
| KAYNAKLAR | 53 |
| KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER | 55 |
| ÖZGEÇMİŞ | 56 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Mikroşerit yama anten yapısı..... | 4 |
| Şekil 1.2. Yan görünüş | 4 |
| Şekil 1.3. Mikroşerit antenlerde kullanılan yama şekilleri | 5 |
| Şekil 1.4. Mikroşerit hat besleme..... | 5 |
| Şekil 1.5. Mikroşerit besleme eşdeğer devresi..... | 6 |
| Şekil 1.6. Koaksiyel besleme | 6 |
| Şekil 1.7. Koaksiyel besleme eşdeğer devresi | 7 |
| Şekil 1.8. Açıklık kuplajlı besleme | 7 |
| Şekil 1.9. Açıklık kuplajlı besleme eşdeğer devresi | 8 |
| Şekil 1.10. Yakınlık kuplajlı besleme | 8 |
| Şekil 1.11. Açıklık kuplajlı besleme eşdeğer devresi | 9 |
| Şekil 2.1. İzole yumuşak yüzey yapısı uygulamaları..... | 12 |
| Şekil 2.2. Elektromanyetik bant aralığı..... | 12 |
| Şekil 2.3. Toprak yüzey kenar şekillendirme yöntemi..... | 13 |
| Şekil 2.4. Eş düzlemlili parazit çubuklar..... | 13 |
| Şekil 3.1. Temel mikroşerit yama anten ölçeklendirme..... | 15 |
| Şekil 3.2. İlk anten yansıma katsayısı | 16 |
| Şekil 3.3. Optimize (Düz çizgi) & İlk anten (Kesikli çizgi) yansıma katsayısı..... | 16 |
| Şekil 3.4. İlk tasarım mikroşerit yama anten 3-boyutlu uzak alan yönlendiricilik (ışınım) deseni..... | 17 |
| Şekil 3.5. İlk tasarım mikroşerit antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışınım diyagramları | 17 |
| Şekil 3.6. İlk tasarım mikroşerit yama antenin ön-arka lob oranı | 18 |
| Şekil 3.7. 30mm yüksekliğindeki üst plaka eklenmiş mikroşerit anten..... | 19 |
| Şekil 3.8. 30mm yüksekliğindeki üst plaka eklenen mikroşerit antenin S11 grafiği | 19 |
| Şekil 3.9. 30mm üst plaka eklenen mikroşerit yama antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışınım diyagramları..... | 20 |
| Şekil 3.10. 30mm üst plaka eklenen mikroşerit yama antenin ön-arka lob oranı..... | 20 |
| Şekil 3.11. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu..... | 21 |
| Şekil 3.12. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S ₁₁ grafiği | 21 |
| Şekil 3.13. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışınım diyagramları | 22 |
| Şekil 3.14. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 23 |

| | |
|---|----|
| Şekil 3.15. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu..... | 23 |
| Şekil 3.16. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği | 24 |
| Şekil 3.17. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları | 25 |
| Şekil 3.18. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 25 |
| Şekil 3.19. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu..... | 26 |
| Şekil 3.20. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği | 26 |
| Şekil 3.21. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları | 27 |
| Şekil 3.22. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 28 |
| Şekil 3.23. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu..... | 28 |
| Şekil 3.24. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği..... | 29 |
| Şekil 3.25. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları | 30 |
| Şekil 3.26. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 30 |
| Şekil 3.27. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu..... | 31 |
| Şekil 3.28. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği..... | 31 |
| Şekil 3.29. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları | 32 |
| Şekil 3.30. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 33 |
| Şekil 3.31. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu | 34 |
| Şekil 3.32. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği | 34 |
| Şekil 3.33. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları..... | 35 |
| Şekil 3.34. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı..... | 36 |
| Şekil 3.35. Yarık toprak yapısı örnekleri: (a) Eşmerkezli halka, (b) Açık halka rezonatör, (c) U yapısı, (d) Dambıl yapısı | 36 |
| Şekil 3.36. Yarık toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 1), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarık ölçüleri | 37 |
| Şekil 3.37. Model 1 antenin S_{11} grafiği..... | 38 |
| Şekil 3.38. Model 1 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları | 39 |
| Şekil 3.39. Model 1 anten ön arka lob oranı | 39 |

| | |
|--|----|
| Şekil 3.40. Yarıkli toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 2), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri | 40 |
| Şekil 3.41. Model 2 antenin S_{11} grafiği..... | 41 |
| Şekil 3.42. Model 2 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları | 41 |
| Şekil 3.43. Model 2 anten ön arka lob oranı | 42 |
| Şekil 3.44. Yarıkli toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 3), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri | 43 |
| Şekil 3.45. Model 3 antenin S_{11} grafiği | 44 |
| Şekil 3.46. Model 3 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları | 44 |
| Şekil 3.47. Model 3 anten ön arka lob oranı | 44 |
| Şekil 3.48. Yarıkli toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 4), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri | 45 |
| Şekil 3.49. Model 4 antenin S_{11} grafiği | 46 |
| Şekil 3.50. Model 4 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları | 47 |
| Şekil 3.51. Model 4 anten ön arka lob oranı | 48 |
| Şekil 4.1. Network analizör..... | 49 |
| Şekil 4.2. 2.4GHz Yarıkli toprak yapısı anten | 49 |
| Şekil 4.3. Anten ölçüm açıları..... | 50 |
| Şekil 4.4. Son tasarım anten CST sümülasyonu yansıma katsayısı grafiği | 50 |
| Şekil 4.5. Son tasarım anten laboratuvar ölçümü yansıma katsayısı grafiği | 51 |
| Şekil 4.6. İlk durum ve son tasarım antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları..... | 51 |

TABLULAR DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Tablo 3.1. Temel mikroşerit yama anten boyutları (mm) | 15 |
| Tablo 3.2. Optimize edilen mikroşerit yama anten boyutları (mm)..... | 16 |
| Tablo 3.3. İlk tasarım mikroşerit antenin 2.4GHz için parametrik sonuçları | 17 |
| Tablo 3.4. 30mm üst iletken plaka 2.4GHz parametrik sonuçları | 20 |
| Tablo 3.5. 2.4GHz’de iletken plaka 5mm konfigürasyonu parametrik sonuçları | 22 |
| Tablo 3.6. 2.4GHz’de iletken plaka 10mm konfigürasyonu parametrik sonuçları | 24 |
| Tablo 3.7. 2.4GHz’de iletken plaka 15mm konfigürasyonu parametrik sonuçları | 27 |
| Tablo 3.8. 2.4GHz’de iletken plaka yüksekliği 15mm ve 10mm mesafe konfigürasyonu parametrik sonuçları..... | 30 |
| Tablo 3.9. 2.4GHz’de iletken plaka yüksekliği 45mm ve 10mm mesafe konfigürasyonu parametrik sonuçları..... | 32 |
| Tablo 3.10. 2.4GHz’de üst ve yan iletken plaka konfigürasyonu parametrik sonuçları..... | 35 |
| Tablo 3.11. Model 1 anten ölçüleri (mm) | 38 |
| Tablo 3.12. Model 1 anten parametrik sonuçları | 39 |
| Tablo 3.13. Model 2 anten ölçüleri (mm) | 40 |
| Tablo 3.14. Model 2 anten parametrik sonuçları | 41 |
| Tablo 3.15. Model 3 anten parametrik sonuçları | 43 |
| Tablo 3.16. Model 3 anten ölçüleri (mm) | 43 |
| Tablo 3.17. Model 4 anten ölçüleri (mm) | 46 |
| Tablo 3.18. Model 4 anten parametrik sonuçları | 47 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------------------|---|
| ϵ_r | : Bağlı elektriksel geçirgenlik sabiti |
| λ_0 | : Boş uzay dalga boyu |
| λ_d | : Klavuz dalga boyu |
| f_0 | : Merkez frekans (GHz) |
| f | : Rezonans frekansı (GHz) |
| c | : Işık hızı (m/sn) |
| S_{11} | : Yansıma katsayısı |
| Θ | : Küresel koordinat sistemi enlem açısı |
| Q | : Kalite faktörü |
| F | : Ön tarafa yayılan enerji |
| B | : Arka tarafa yayılan enerji |
| h_1 | : Dielektrik tabaka kalınlığı (mm) |
| h_2 | : Toprak tabaka kalınlığı (mm) |
| L_d | : Dielektrik tabaka uzunluğu (mm) |
| W_d | : Dielektrik tabaka genişliği (mm) |
| L_p | : Yama uzunluğu (mm) |
| W_p | : Yama genişliği (mm) |
| W_b | : Besleme hattı genişliği (mm) |
| W_g | : Empedans dönüştürme yarığının genişliği (mm) |
| L_g | : Empedans dönüştürme yarığının uzunluğu (mm) |
| h_{tw} | : Üst iletken plaka yüksekliği (mm) |
| W_{tw} | : Üst iletken plaka genişliği (mm) |
| D_g | : İletken plaka ile dielektrik malzeme arasındaki mesafe (mm) |
| L_{sw} | : Sağ ve sol iletken plaka uzunluğu (mm) |
| h_{sw} | : Sağ ve sol iletken plaka yüksekliği (mm) |
| S_1, S_2, S_3, \dots | : Toprak plaka üzerindeki yarıkların ölçüleri (mm) |

Kısaltmalar

| | |
|------|---|
| EBG | : Electromagnetic Band Gap (Elektromanyetik Bant Aralığı) |
| FBA | : Fotonik Bant Aralığı |
| ÖALO | : Ön Arka Lob Oranı |
| ÖSO | : Özgül Soğurma Oranı |
| WSVR | : Wave Stable Voltage Ratio (Voltaj Duran Dalga Oranı) |
| YTY | : Yarıklı Toprak Yapısı |

MİKROŞERİT YAMA ANTENLERDE ÖN ARKA LOB ORANININ ARTIRILMASI

ÖZET

Arkası iletken toprak tabakası kaplı olan mikroşerit yama antenler, iletken yamanın bulunduğu ön düzleme dik doğrultuda ışımaya yaparlar. Bazı uygulamalarda, örneğin cep telefonlarında özgül soğurma oranını (ÖSO) düşük tutmak için, tek yönlü ışımaya yapan ve ön-arka lob oranının düşük olduğu mikroşerit antenler tercih edilir. Her ne kadar mikroşerit antenlerin yamanın bulunduğu düzleme dik doğrultuda ışımaya yaptığı ifade edilse de istenmeyen geriye doğru ışımaya da meydana gelmektedir, bu da ön-arka lob oranını (ÖALO) azaltmaktadır. Bu çalışmada, yarıklı toprak yapısı (YTY) kullanılarak ön-arka lob oranı artırılmış dikdörtgen bir mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. 2.4 GHz çalışma frekansında tasarlanan mikroşerit yama anten, 80x80x0.035 mm³ bakır toprak ile desteklenen ve dielektrik sabiti 4.08 olan FR4 alt katmandan oluşmaktadır.

Geriye doğru ışımaları azaltmak için yarıklı toprak yapısı olarak farklı uzunluklardaki tekil yarıklar, toprak tabakası üzerinden kazınarak modellenmiştir. Toprak yapısında kullanılan yarıklar ile yama antenin ön-arka lob oranı önemli ölçüde artırılmıştır. CST Microwave Studio kullanılarak elde edilen simülasyon sonuçları ön-arka lob oranının 18.23'ten 33.87'e artırılabilceğini göstermektedir. Laboratuvar ölçümleri ile simülasyon sonuçları doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anten Kazancı, Anten Simülasyonu Mikroşerit Yama Anten, Ön-Arka Lob Oranının Artırılması, Yarıklı Toprak Yapısı.

FRONT-TO-BACK-RATIO ENHANCEMENT FOR MICROSTRIP PATCH ANTENNA

ABSTRACT

The microstrip patch antennas whose back layer is covered with a conductive ground layer radiate perpendicularly to the plane where the conductive patch is. Unidirectional microstrip antennas whose Front-To-Back Ratio (FTBR) is low are preferred to reduce the Specific Absorption Rate (SAR) in some applications such as mobile phones, Although microstrip antennas are said to radiate perpendicularly to the plane where the conductive patch is, the radiation in the backward direction occurs and this decreases the FTBR. In this paper, a rectangular microstrip antenna with Defected Ground Structure (DGS) is developed to improve the Front-To-Back Ratio (FTBR). The proposed microstrip patch antenna was designed at 2.4 GHz operating frequency and it consist of FR4-Lossy substrate with 4.08 relative permittivity, backed by 80x80x0.035 mm³ copper ground plane. To reduce the radiation in the backward direction, as DGS, single slot with several lengths is modeled by etching off shape on the ground plane.

By using slots within the bare ground surface, the front-to-back ratio of a patch antenna significantly increased. The simulation results obtained, by using CST Microwave Studio 2016, Show that the front to back ratio can be increased from 18.23 to 33.87. The results of simulation have been verified with measurements in laboratory.

Keywords: Antenna Gain, Antenna Simulation Microstrip Patch antenna, Front-To-Back Raito Enhancement, Defected Ground Structure.

GİRİŞ

Mikroşerit antenler, arkası iletken toprak tabakası ile kaplı olan ve dielektrik alt katman üzerinde farklı geometrik yapılara sahip iletken yamadan oluşmaktadır.

Mikroşerit antenler literatürdeki yerini 1953 yılında G. A. Deschamps ile almış ve daha sonra 1955 yılında Gutton ve Baissinot ile ilk mikroşerit anten patenti [1] alınmasına rağmen ancak uzun bir süre uygulamaya geçmemiştir. Mikroşerit antenler uzay araçları, uçaklar, radarlar, uydu haberleşmesi, güdümlü mermi gibi birçok askeri alanda kolaylıkla kullanılabilir olması nedeniyle 1970'li yıllarda çok popüler hale gelmiş ve mikrodalga antenleri içinde başlı başına bir konu halini almıştır.

Mikroşerit antenler, düşük maliyetleri, geometrik yapılarının sağladığı montaj kolaylığı, kolay üretilebilir ve hafif olmaları nedeniyle modern haberleşme sistemlerinde geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ancak mikroşerit antenlerin birçok avantajının yanında, düşük verim, düşük güç, düşük frekans bant genişlikleri ile yama doğrudan beslendiğinde yüzey dalgaları ve geriye doğru ışımların oluşması gibi dezavantajlara sahiptirler.

Literatürde ön arka lob oranını artırmak için farklı yapılar kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de elektromanyetik bant aralığı, EBA (Electromagnetic Band Gap-EBG) yapısıdır. Dikdörtgen mikroşerit yama antene uygulanan bu yöntemde, silindirik delikler yama iletkeninin üzerinde farklı yarıçaplı iki elipsin çevresine periyodik olarak dağılmış ve bir tam dalga yöntemi kullanılarak yeni anten performansı ile aynı frekansta çalışan geleneksel mikroşerit anten performansı karşılaştırılmıştır [2].

İzole yumuşak yüzey yapısı (Isolated Soft Surface Structure), yüzey dalga yayılmalarını bastırmak ve ön arka lob oranını artırmak için kullanılan diğer bir yöntemdir. Bu uygulamalarda iletken hücreler, mikroşerit yama anten ya da toprak zemin etrafına belirli mesafe ve şekillerde yerleştirilmektedir. Anten beslemeleri ise genellikle antenin orta kısmından yapılmaktadır. Simülasyon sonuçlarındaki ön arka

lob oranlarına göre hücreler arasındaki mesafe ya da boyutları değişiklik göstermektedir [3-5].

Yarıklı toprak yapıları, YTY (Defected Ground Structure-DGS) yama antenin arka yüzeyindeki toprak tabakasında çeşitli geometrik şekiller kazınarak oluşturulmaktadır. Bu yöntem çok bantlı anten tasarlamak, rezonans frekansını daha düşük frekanslara indirmek, geniş bantlı anten oluşturmak ya da cep telefonu ve laptoplar için geniş bant antenlerin minyatürleştirilmesi için kullanılmaktadır [6-11].

Arkası iletken toprak tabakası kaplı olan mikroşerit yama antenler, iletken yamanın bulunduğu ön düzleme dik doğrultuda ışın yaparlar. Bazı uygulamalarda, örneğin cep telefonlarında özgül soğurma oranını, ÖSO (Specific Absorption Rate-SAR) düşük tutmak için, tek yönlü ışın yapan ve ön-arka lob oranının düşük olduğu mikroşerit antenler tercih edilir. Geri yönde ışın ya da parazit istenmediğinde ön arka lob oranı önemli bir parametre olarak kabul edilebilir ve ileri yöndeki kazancın kabul edilebilir seviyede azalması ile geliştirilebilmektedir [12].

Ön Arka Lob Oranı, ÖALO (Front-to-Back Ratio-FTBR) ön tarafa yayılan enerjinin, arka tarafa yayılan enerjiye oranını ölçmek için kullanılan bir parametredir.

Bu çalışmada, 2.4GHz rezonans frekansında ön arka lob oranını artırmak amacıyla mikroşerit yama anten tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan antenin rezonans karakteristiği ve arka lob seviyelerindeki değişimleri gözlemlemek için toprak tabakasındaki yarıklı yapılar üzerinde çalışılmıştır. Yarıkların genişliği ile antenin ön arka lob oranı arasında ters orantı bulunmaktadır. Tasarım aşamasında antenin ÖALO, anten performansı, geri dönüş kaybı gibi anten parametrelerinin analizleri için CST simülasyon programı kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları literatürde özellikle minyatürleştirme, çok bantlı anten vb. tasarımı için kullanılan bu yöntemin geleneksel mikroşerit antene kıyasla ön arka lob oranını 15.64dB artırıldığını göstermektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde temel mikroşerit yama antenlerin özellikleri, besleme teknikleri, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilecektir. Üçüncü bölümde literatürde mikroşerit yama antenlerin ön arka lob oranının artırılması için kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde mikroşerit yama anten tasarımı yapılmış, iletken plaka ve yarıklı toprak yapıları ile farklı tasarımlar gerçekleştirilerek

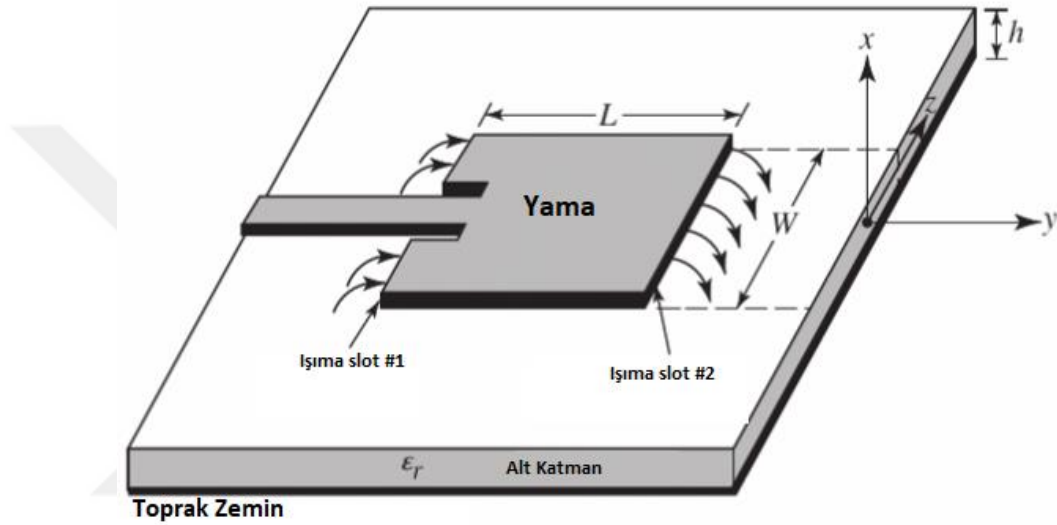
antenin ÖALO üzerindeki etkileri incelenmiştir. Son bölümde ise pratik gerçekleştirme ve ölçüm sonuçları yer almaktadır.



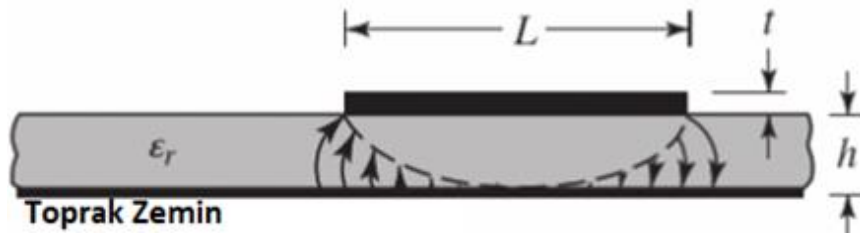
1. TEMEL MİKROŞERİT ANTENLER

1.1. Mikroşerit Yama Antenlerin Özellikleri

Temel mikroşerit antenler Şekil 1.1’de görüldüğü gibi arkası iletken toprak tabakası kaplıdır ve iletken yamanın bulunduğu ön düzleme dik doğrultuda ışıma yaparlar.

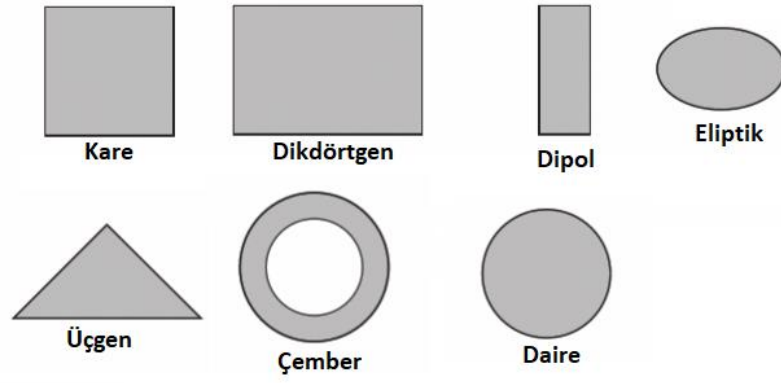


Şekil 1.1. Mikroşerit yama anten yapısı



Şekil 1.2. Yan görünüş

Mikroşerit antenler, yama anten olarak da adlandırılmaktadır. Işıma elemanın (yama) boyutları ve geometrisi antenin elektriksel performansını doğrudan etkileyen başlıca parametrelerdendir. Genellikle anten performans analizini kolaylaştıracak düzgün geometrik şekiller tercih edilir. Yamalar dikdörtgen, kare, dairesel ve eliptik şekillerde olabilmektedir. Şekil 1.3’te yaygın olarak kullanılan yamalar görülmektedir. Mikroşerit anten tasarımında bağıl dielektrik sabiti $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ aralığında olan birçok alt katman kullanılabilir.



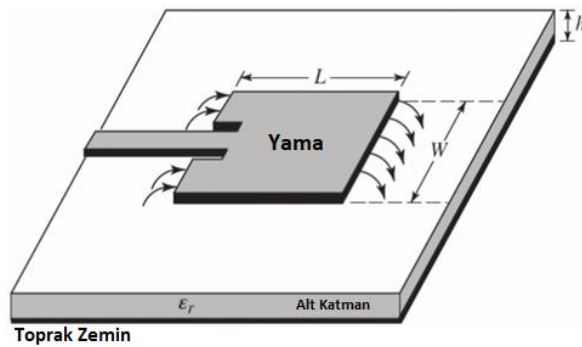
Şekil 1.3. Mikroşerit antenlerde kullanılan yama şekilleri

1.2. Mikroşerit Yama Antenlerin Besleme Teknikleri

Mikroşerit yama antenleri beslemek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu bölümde en yaygın kullanılan yöntemlerden bahsedilecektir. Bu yöntemler, mikroşerit hat besleme, koaksiyel besleme ve temassız beslemelerdir [1]. Besleme teknikleri temaslı ve temassız olarak iki kısma ayrılmaktadır. Temaslı besleme tekniklerinde, mikroşerit hat ve koaksiyel beslemede olduğu gibi besleme hattı doğrudan yamaya bağlanmaktadır. Temassız besleme yönteminde ise enerji, besleme hattı ve yama arasında elektromanyetik kuplaj ile iletilmektedir. Açıklık ve yakınlık kuplajlı beslemeler temassız besleme tekniklerine örnektir. Kullanılacak besleme yönteminin antenin yapısına, kullanım amacına ve empedans uyumu sağlayacak şekilde seçilmesi önemlidir.

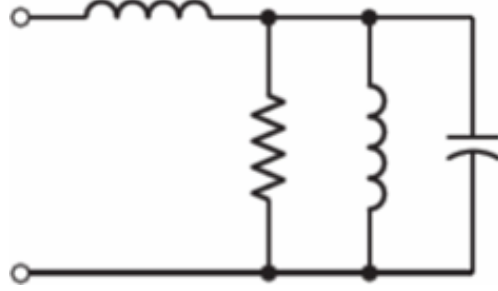
1.2.1. Mikroşerit hat besleme

Mikroşerit hat ile yamanın aynı katmanda olması sebebiyle düzlemsel yapı korunmaktadır [13].



Şekil 1.4. Mikroşerit hat besleme

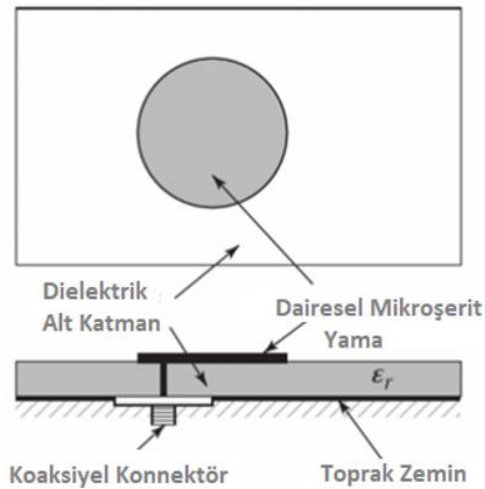
Diğer besleme tekniklerine göre tasarlanması, üretilmesi ve empedans uyumlaması daha kolaydır. Temel mikroşerit hat besleme yapısı Şekil 1.4'te ve eşdeğer devresi ise Şekil 1.5'te görülmektedir. Besleme hattının genişliği ışıma yapan yamadan daha küçüktür.



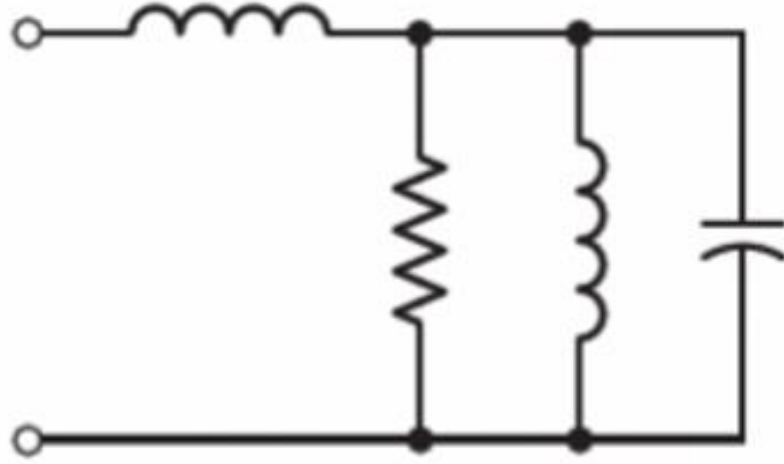
Şekil 1.5. Mikroşerit besleme eşdeğer devresi

1.2.2. Koaksiyel besleme

Bu besleme tekniğinde, koaksiyel kablunun içindeki iletken yamaya, dış yüzeyindeki iletken ise toprağa bağlanır. Bu yapıyı oluşturmak için dielektrik alt katman ve toprak yüzeyde delik açılır. Koaksiyel kablunun içerisindeki iletken bu delikten geçirilerek yamaya bağlanmakta, dış iletken ise delikten geçirilmeden direkt olarak toprağa bağlanmaktadır [14]. Bu yöntemin üretimi ve empedans uyumlanması kolay ve istenmeyen ışımaların seviyesi de düşüktür. Ancak dar bant genişliğine sahip ve kalın dielektrik malzeme kullanımında daha zor modellenmektedir ($h > 0.02\lambda_0$) [1]. Temel koaksiyel prob beslemesi Şekil 1.6 ve eşdeğer devresi de Şekil 1.7'de gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Koaksiyel besleme

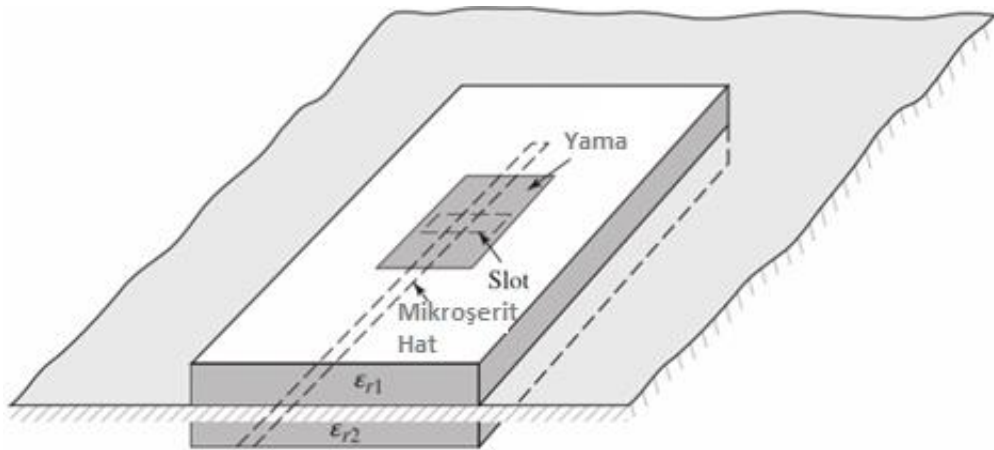


Şekil 1.7. Koaksiyel besleme eşdeğer devresi

1.2.3. Açıklık kuplajlı besleme

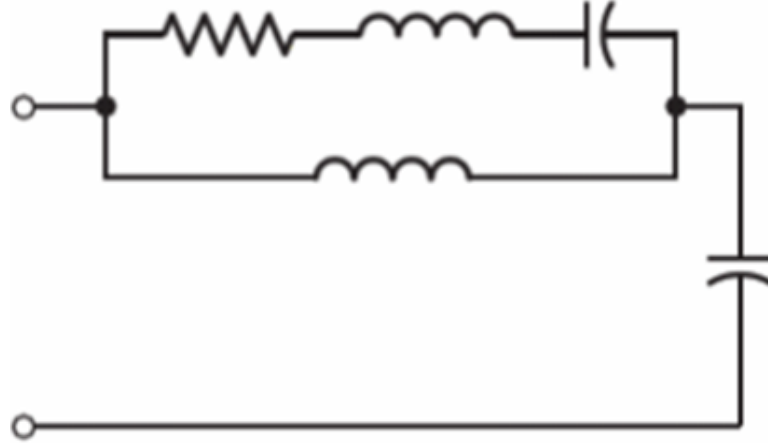
Bu yöntemde, besleme hattı ve zemin düzlemi Şekil 1.8’de görüldüğü gibi iki dielektrik katman arasında bulunmaktadır. Yama dielektrik katman üzerine yerleştirilir. Toprak zeminde bir açıklık kullanılır. Besleme hattının enerjisi bu açıklıktan yamaya bağlanır. Yama ve besleme hattı toprak düzlem ile ayrılmasıyla istenmeyen ışımlar en aza indirilmektedir.

Yamanın ışımasını optimize etmek için yüksek dielektrik katsayısına sahip katman alt tarafta, düşük dielektrik katsayılı katman ise üst tarafta kullanılır. Bu teknikte çoklu katmanlar anten kalınlığını artırmakta ve tasarımı zorlaştırmaktadır.



Şekil 1.8. Açıklık kuplajlı besleme

Şekil 1.9’da açıklık kuplajlı besleme eşdeğer devresi görülmektedir.

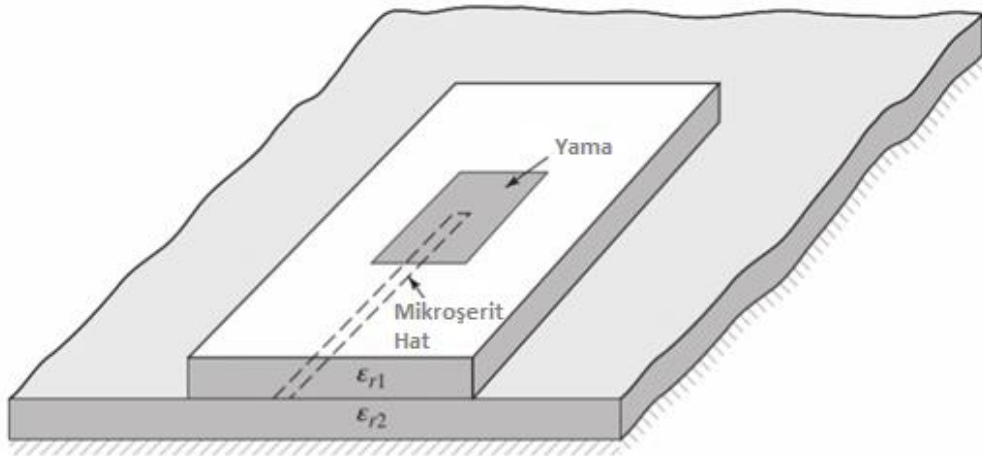


Şekil 1.9. Açıklık kuplajlı besleme eşdeğer devresi

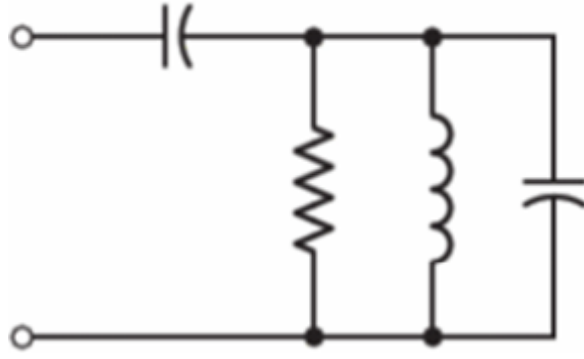
1.2.4. Yakınlık kuplajlı besleme

Yakınlık kuplajlı besleme yöntemi elektromanyetik birleştirme şeması olarak da bilinir. Bu yöntemde besleme hattı Şekil 2.10'da görüldüğü gibi iki dielektrik katman arasına yerleştirilir. Işıma yapacak yama, üst taraftaki dielektrik katman üzerinde yer alırken toprak ise alt taraftaki dielektrik katmanda bulunmaktadır. Geri yönde istenmeyen ışımaların en aza indirilmesi için yama ve besleme hattı dielektrik katman ile ayrılmaktadır.

İki dielektrik katmanın uygun şekilde birleştirilmesi önemlidir. Bu tip beslemeye sahip olan antenler, en yüksek bant genişliğine ve en az sahte radyasyona sahip mikroşerit yama antenler olmakla birlikte, bu antenlerin tasarımı ve üretimi diğerlerine göre genel olarak daha zordur [15]. Açıklık kuplajlı eşdeğer devresi Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Yakınlık kuplajlı besleme



Şekil 1.11. Açıklık kuplajlı besleme eşdeğer devresi

1.3. Avantajları ve Dezavantajları

1.3.1. Mikroşerit antenlerin avantajları

Diğer mikrodalga antenler ile karşılaştırıldığında mikroşerit antenlerin çeşitli avantajları bulunmaktadır. Mikroşerit antenlerin avantajları aşağıda listelenmiştir [13].

- Düşük üretim maliyetleri
- Hafif ve ince yapıda tasarlanabilmeleri
- Çoklu frekans bantlarında kullanılabilir olmaları
- Çeşitli yamaların kolayca uygulanabilmesi
- Mobil haberleşme için uygun olmaları
- Mikrodalga entegre devrelere (MIC) rahatça entegre edilmeleri

1.3.2. Mikroşerit antenlerin dezavantajları

Mikroşerit antenlerin başlıca dezavantajları;

- Dar bant genişliği
- Düşük kazanç
- Düşük verimlilik
- Düşük güç kapasitesi

Mikroşerit yama antenler, yüksek kalite faktörüne (Q) sahiptirler. Q, antenin birleşim noktalarındaki kayıpları temsil eder. Q değerinin büyük olması, antenin dar bant genişliği ve düşük verimlilik performansına sahip olmasına neden olmaktadır. Q değeri

dielektrik alt katman malzemesinin yüksekliđi artırılarak dűşürűlebilir. Dielektrik malzemenin kalınlıđının arttırılması, kaynaktan iletilen toplam gűcűn yűksek oranlarda yűzey dalgalarına dűnűşmesine neden olur. Yűzey dalgaları ise, geri yűnde istenmeyen saçaklanmalara, anten karakteristiklerinde bozulmalara, istenmeyen gűç kayıplarına ve bant geniřliđinin daralmasına neden olmaktadır. Dűşűk bađıl dielektrik katsayılı (ϵ_r) ve optimum kalınlıkta bir dielektrik tabaka seçildiđinde anten verimi %90 oranında arttırılabilmektedir [16].



2. MİKROŞERİT YAMA ANTENLERDE ÖN ARKA LOB ORANI

Mikroşerit antenlerde ÖALO, Denklem 2.1’de görüldüğü gibi ön tarafa yayılan enerjinin, arka tarafa yayılan enerjiye oranı ile elde edilen bir parametredir. Geri yönde istenmeyen ışıma ve parazitleri azaltarak ya da yüzey dalgalarını bastırarak ön arka lob oranı artırılabilir.

$$\frac{F}{B} = \frac{\text{Ön tarafa yayılan enerji}}{\text{Arka tarafa yayılan enerji}} \quad (2.1)$$

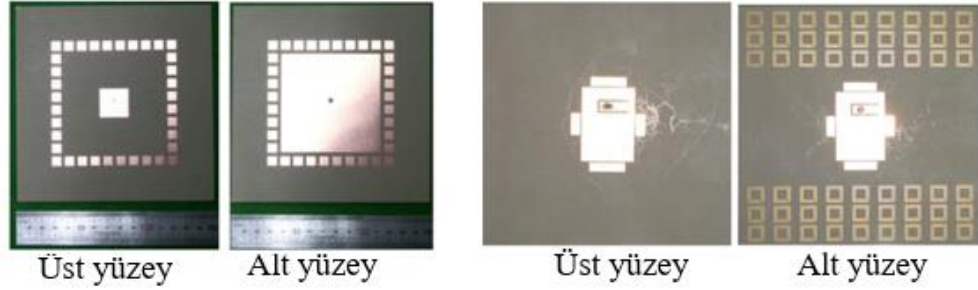
2.1. Mikroşerit Yama Antenlerde Ön Arka Lob Oranı Artırma Teknikleri

Dielektrik katman üzerinde oluşan yüzey dalgaları nedeniyle üretilen yama antenlerde ışıma performansında kayıplar görülmektedir. Yüzey dalgaları, sonlu toprak zeminin köşelerinde kırılıp ya da geri yansıyana kadar yayılmaktadır. Özellikle kalın ve dielektrik sabiti yüksek malzeme kullanıldığında ön arka lob oranı önemli ölçüde etkilenmektedir. Mikroşerit yama antenlerde yüzey dalgalarının bastırılması, geri yöndeki istenmeyen kaçakların engellenmesi ve ileri yöndeki kazancın kabul edilebilir bir seviyede azalması ile ön arka lob oranı artırılabilir. Yüzey dalgalarını bastırmak için Fotonik Bant Aralığı, FBA (Photonic Band Gap-PBG), elektromanyetik bant aralığı ve izole yumuşak yüzey yapıları gibi çeşitli çözümler bulunmaktadır.

2.1.1. İzole yumuşak yüzey yapıları

İzole yumuşak yüzey yapılarının, elektromanyetik bant boşluk yapılarından farkı yalnızca bir yönde bant aralıkları göstermesidir. Pratik mikroşerit anten tasarımında toprak yüzeyinin boyutu sınırlıdır. Bu yöntemde yamanın toprak yüzeyini paylaşmayan izole yumuşak yüzey yapıları kullanılmaktadır. Yamanın bulunduğu katmandaki toprak yüzey boşaltılarak bu bölgede yumuşak yüzey yapıları oluşturulur. Benzer şekilde toprak düzlemin köşelerindeki iletken plaka boşaltılır ve bu yüzeyde de topraktan izole bir şekilde yumuşak yüzey yapıları oluşturulmaktadır. Simülasyon sonuçlarında ön arka lob oranlarına göre hücreler arasındaki mesafe ya da boyutları değişiklik göstermektedir [3-5].

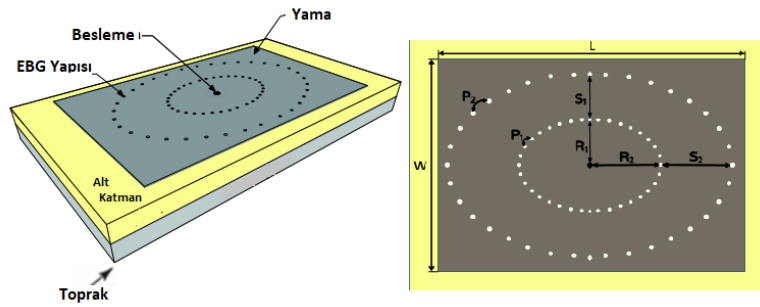
Bu yapılarda beslemeler genellikle yamanın orta kısmından yapılmaktadır. Literatür incelemelerinde bu yöntemle ön arka lob oranlarında 3dB ile 10dB arasında iyileşme sağlandığı görülmüştür. Şekil 2.1’de temel yumuşak yüzey yapıları görülmektedir.



Şekil 2.1. İzole yumuşak yüzey yapıları uygulamaları

2.1.2. Elektromanyetik bant aralığı

Yüzey dalgalarını bastırmak için kullanılan bir diğer yöntemde elektromanyetik bant aralığıdır. Bu yapı Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, elektromanyetik dalgaların belirli frekans aralığında yayılmasını önleyen ve maksimum yarıçapı yama uzunluğundan daha az olan iki elipsin çevresine periyodik olarak dağılmış silindirik hücrelerden oluşmaktadır [2]. Bir tam dalga yöntemi kullanılarak tasarlanan anten ile mevcut anten performansları karşılaştırılır. Anten kazancı ve ön arka lob oranında önemli ölçüde iyileşme sağlanmaktadır.

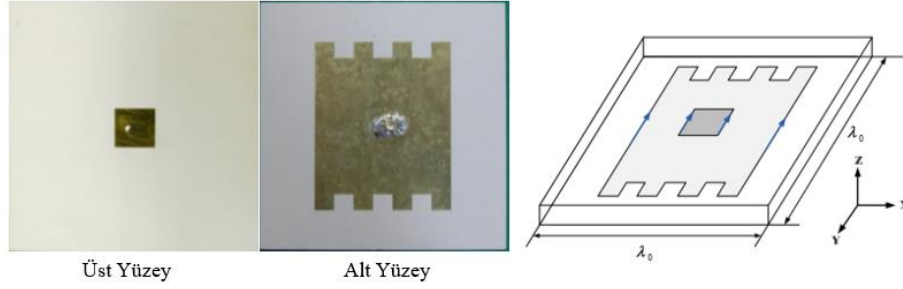


Şekil 2.2. Elektromanyetik bant aralığı

2.1.3. Toprak yüzey kenar şekillendirme yöntemi

Toprak zemin dielektrik malzeme ile aynı boyutlarda olduğunda, yüzey dalgaları nedeniyle anten performansının düştüğü görülmektedir. Toprak yüzey alanı azaltıldığında anten kazancı azalmasına rağmen arka lob seviyesi artırılabilir ancak

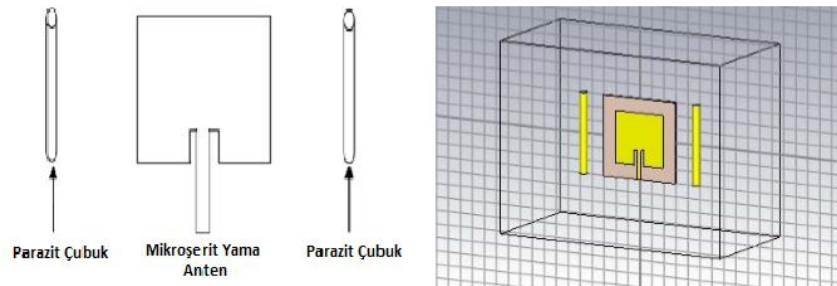
bu durumda da yüzey kenarlarındaki artan akım dağılımını ön arka lob oranını olumsuz etkileyebilmektedir. Literatürde kenar akımlarını azaltmak ve ön arka lob oranını artırmak amacıyla toprak düzlemine farklı şekiller uygulanmıştır [17]. Şekil 2.3'te temel toprak yüzey şekillendirme yöntemi (Ground Plane Edge Shaping) görülmektedir.



Şekil 2.3. Toprak yüzey kenar şekillendirme yöntemi

2.1.4. Eş düzlemlı parazit çubuk kullanımı

Bu yöntemde Şekil 2.4'te görüldüğü gibi “parazit çubuk” diye isimlendirdiğimiz iki adet çubuk şeklindeki iletken malzeme mikroşerit antenin iki tarafına yerleştirilir. Toprak tabakası ile dielektrik tabaka aynı boyutlarda olduğunda daha fazla geri yönde ışıma olmaktadır. Toprak yüzeyi kenarından kırılan enerjiyi engellemek için parazit elemanların boyutu toprak zemin ile aynı yapılmaktadır. Çubukların yarıçapları değiştirilerek ve için boş çubuklar kullanılarak ön arka lob oranı üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. İletken çubuklar tarafından yansıtılan alan, yama antenin arka yüzeyindeki anten alanını engellemek için ikinci bir alan oluşturur. İçi boş çubukların ön arka lob oranını daha fazla arttırdığı görülmektedir [12].



Şekil 2.4. Eş düzlemlı parazit çubuklar

3. ÖN ARKA LOB ORANI ARTIRILMIŞ ANTEN TASARIMI VE SİMÜLASYONU

3.1. Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

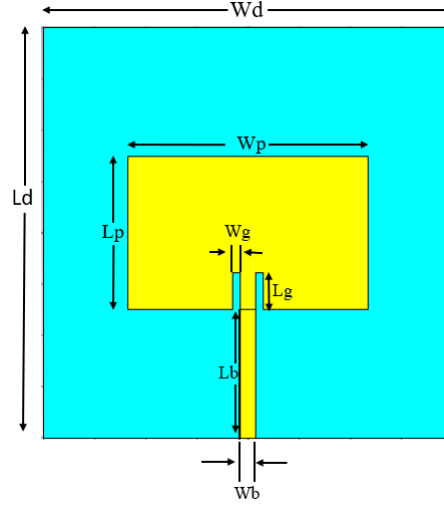
Mikroşerit yama anten tasarımında öncelikle rezonans frekansı, dielektrik sabiti ve dielektrik alt katman malzemesinin yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar anten performansını etkileyen başlıca parametrelerdir.

Alt katmanın bağıl dielektrik sabitleri genellikle $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ aralığında olmaktadır. Anten boyutunu küçülmek amacıyla dielektrik sabiti değeri yüksek seçilebilir ancak anten tasarımlarında yüksek verim ve bant genişliği elde etmek için genellikle düşük dielektrik sabiti tercih edilmektedir.

Dielektrik katmanın kalınlığı genellikle $h \ll \lambda_0$ olmak üzere $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$ (λ_0 : boş uzay dalga boyu). Alt katmanın kalınlığı artırıldığında yüzey dalgaları da artmakta, geri yönde istenmeyen kaçaklar meydana gelmekte ve bu nedenle antenin bant genişliği düşmektedir [1].

Bu çalışmada 2.4 GHz rezonans frekansına sahip mikroşerit antenin ön arka lob oranını artırmak amaçlanmıştır. İlk olarak basit dikdörtgen mikroşerit anten tasarlanmıştır. Sonraki denemelerde antenin üst ve yan yüzeylerine yerleştirilen iletken plakaların antenin ön arka lob üzerindeki etkileri incelenmiş ve son olarak da yarıklı toprak yapıları kullanılarak anten tasarımı tamamlanmıştır. Bu araştırmada bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r=4.08$, alt katman yüksekliği $h_1=1,5\text{mm}$ ve kayıp tanjant= $0,015$ olan dielektrik alt katman malzeme seçilmiştir. Toprak zemin dielektrik malzeme ile aynı boyutlarda olup, uzunluğu $L_d= 80\text{mm}$ ve genişliği $W_d=80\text{mm}$ ve yüksekliği $h_2=0,035\text{mm}$ olan bakır malzemedir. Şekil 3.1’de temel mikroşerit anten yapısı görülmektedir.

Mikroşerit antenlerde anten boyutları, sonuçları etkileyen ana parçalardır. Yama antenin uzunluğu, antenin rezonans frekansını belirlemektedir ve dalga boyunun yaklaşık yarısı uzunluğundadır [3].



Şekil 3.1. Temel mikroşerit yama anten ölçeklendirme

Yama antenin uzunluğu Denklem 3.1, genişliği ise Denklem 3.2 ile hesaplanmıştır. $L_p=29,79\text{mm}$ ve $W_p=38,37\text{mm}$ olarak elde edilmiştir. Anten ölçüleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

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

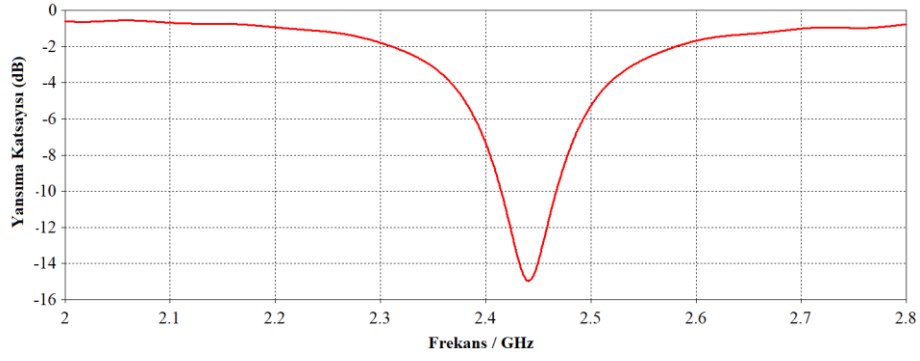
$$W_p = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3.2)$$

Tablo 3.1. Temel mikroşerit yama anten boyutları (mm)

| | |
|----|-------|
| Wd | 80 |
| Ld | 80 |
| Wp | 38,37 |
| Lp | 29,79 |
| Wg | 1,5 |
| Lg | 7,16 |
| Lb | 25 |
| Wb | 2,98 |

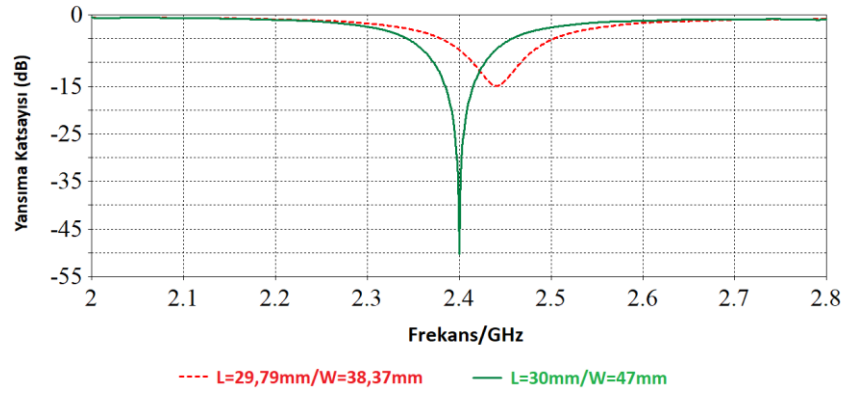
Anten simülasyonları CST Microwave Studio programı ile gerçekleştirilmiştir. Yansıma katsayı değişimlerini gözlemek için 2-2.8GHz aralığı alınmıştır.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ilk hesaplanan yama anten boyutları ile yapılan analizde rezonans frekansı 2.44GHz ve geri dönüş kaybı ise -15dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.2. İlk anten yansımaya katsayısı

2.44GHz ölçülen rezonans frekansını, tasarım için hedeflenen 2.4GHz frekansına kaydırmak için farklı yama boyutları ile analizler tekrarlanmıştır. Analizler sonrasında en iyi sonuç Tablo 3.2’de gösterildiği gibi $W_p=47\text{mm}$ ve $L_p=30\text{mm}$ yama ölçüleri ile elde edilmiştir. Anten rezonans frekansının hedeflendiği şekilde 2.4GHz ve rezonans frekansında geri dönüş kaybı ise -45.85dB olarak ölçülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Optimize (Düz çizgi) & İlk anten (Kesikli çizgi) yansımaya katsayısı

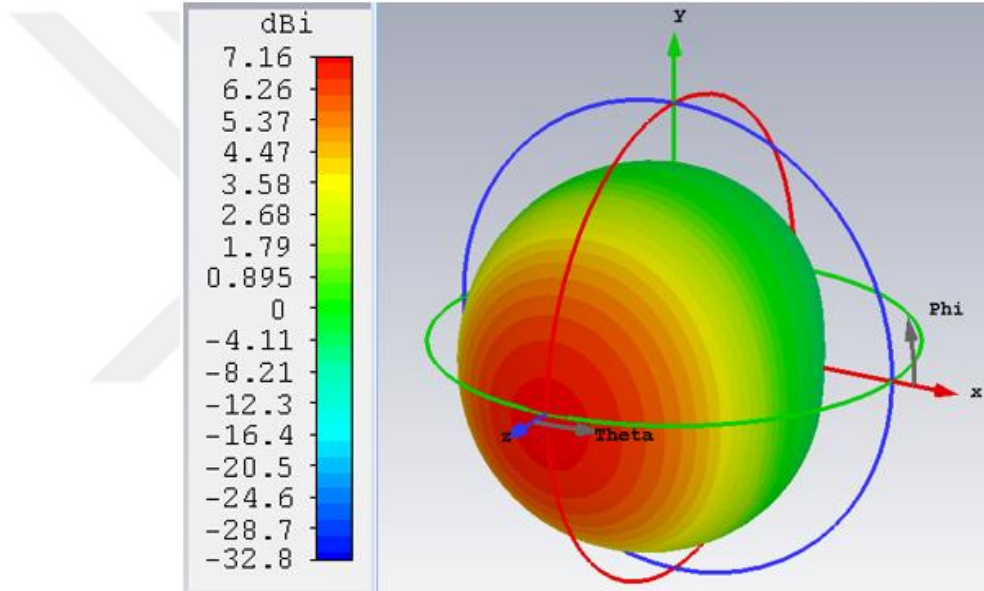
Tablo 3.2. Optimize edilen mikroşerit yama anten boyutları (mm)

| | |
|-------|------|
| W_d | 80 |
| L_d | 80 |
| W_p | 47 |
| L_p | 30 |
| W_g | 1,5 |
| L_g | 7,16 |
| L_b | 25 |
| W_b | 2,98 |

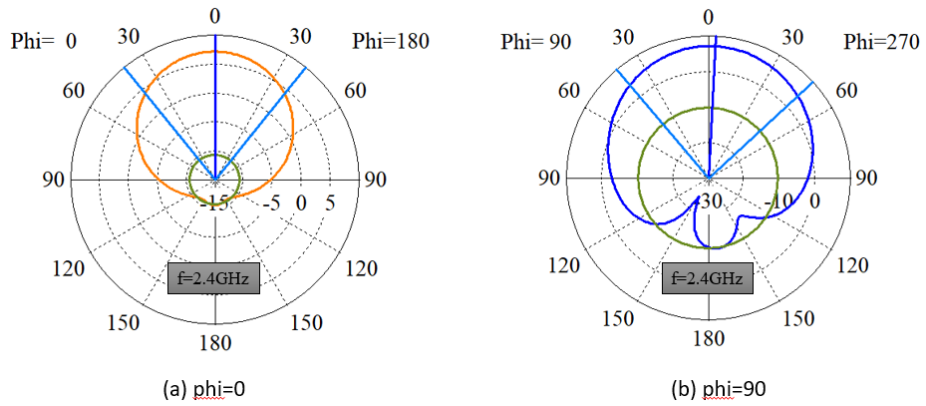
Şekil 3.4'te 2.4 merkez frekansı için uzak alan ışıma deseni yer almaktadır. Antenin z eksenine doğrultusunda 7.16dBi yönlendiricilik özelliği bulunmaktadır. Arka lob seviyesi Phi 0° = -17.8dB ve Phi 90° = -17.3dB değerindedir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. İlk tasarım mikroşerit antenin 2.4GHz için parametrik sonuçları

| Anten Durum | Phi 0° | | Phi 90° | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |



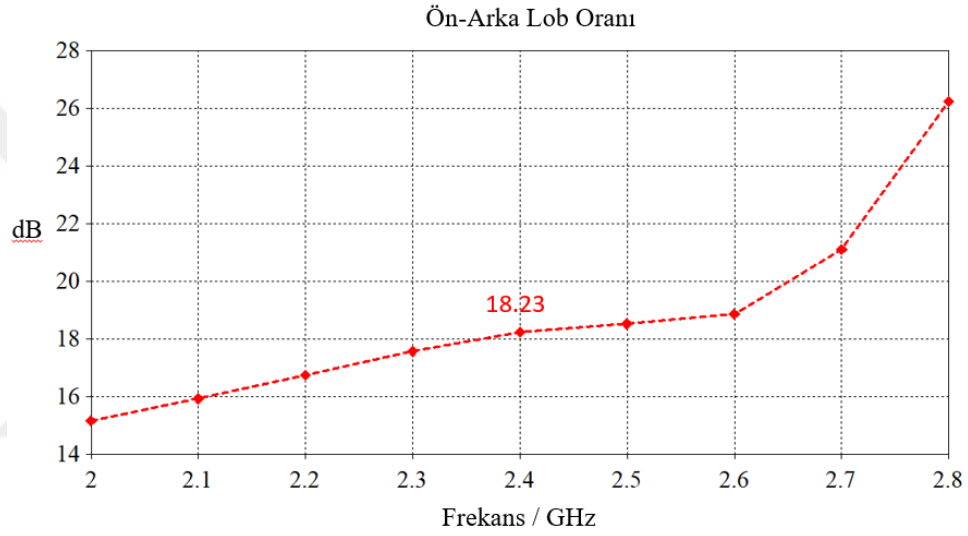
Şekil 3.4. İlk tasarım mikroşerit yama anten 3-boyutlu uzak alan yönlendiricilik (ışıma) deseni



Şekil 3.5. İlk tasarım mikroşerit antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışıma diyagramları

Şekil 3.5’te ilk tasarım mikroşerit yama antenin 2.4 GHz frekansında θ açısına bağlı ($\Phi = 0^\circ$ ve $\Phi = 90^\circ$) ışım diyagramları görülmektedir. Bundan sonra yapılacak ön arka lob oranı artırma çalışmalarında ışım desenleri ilk durum ile karşılaştırılarak iyileştirme seviyeleri gözlemlenecektir.

Yönlendiriciliği 7.15dBi ve arka lob seviyesi -17dB olan ilk tasarım antenin ön-arka lob oranının 18.23dB olduğu görülmektedir (Şekil 3.6). Sonraki bölümlerde ÖALO iyileştirme çalışmalarında elde edilen simülasyon sonuçları, mevcut durum ile karşılaştırılacak değerlendirilecektir.

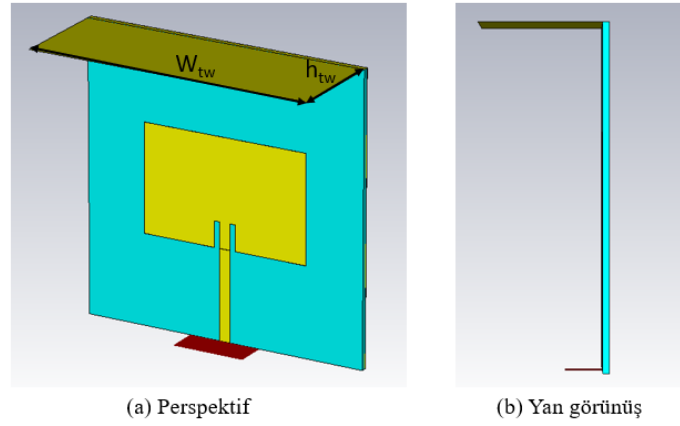


Şekil 3.6. İlk tasarım mikroşerit yama antenin ön-arka lob oranı

3.2. İletken Plakalar Kullanılarak Ön Arka Lob Oranı Artırma

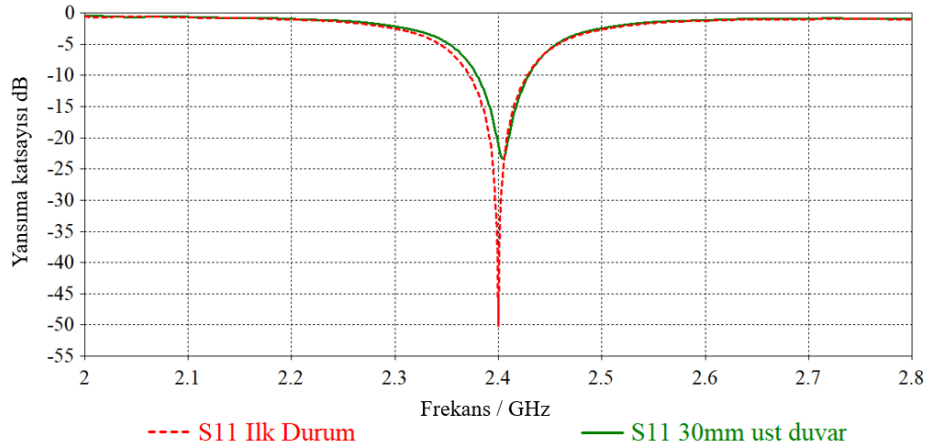
Bu bölümde ön arka lob oranını artırmak amacıyla ilk olarak mikroşerit antenin üst ve yan yüzeylerine anten toprağı ile bağlı olmayan iletken plakalar eklenecektir. İletken plakanın mikroşerit anten ile arasındaki mesafe değiştirilerek anten parametreleri analiz edilecektir.

İlk olarak üst plaka yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ ve genişliği $W_{tw}=80\text{mm}$ bakır malzemedendir oluşmaktadır. Üst plaka, antenin toprak zemini ile bağlı olmadan dielektrik malzeme ile arasında boşluk olmayacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.7). Bu yöntem ile antenin üst yüzeyinde oluşabilecek geri yöndeki kaçakların engellenmesi ve ÖALO üzerindeki etkileri incelenmiştir.



Şekil 3.7. 30mm yüksekliğindeki üst plaka eklenmiş mikroşerit anten

Şekil 3.8’de üst plaka eklenen mikroşerit yama antenin yansımaya katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir. Yansımaya katsayısı grafiği analiz edilirken geri dönüş kaybının $S_{11} \leq -9.5$ dB olması hedeflenmektedir. Üst plaka eklendikten sonra antenin rezonans frekansı 2.4GHz’dir. Geri dönüş kaybının (S_{11}) ise mevcut antene göre azaldığı ve -23.30dB olduğu görülmektedir.

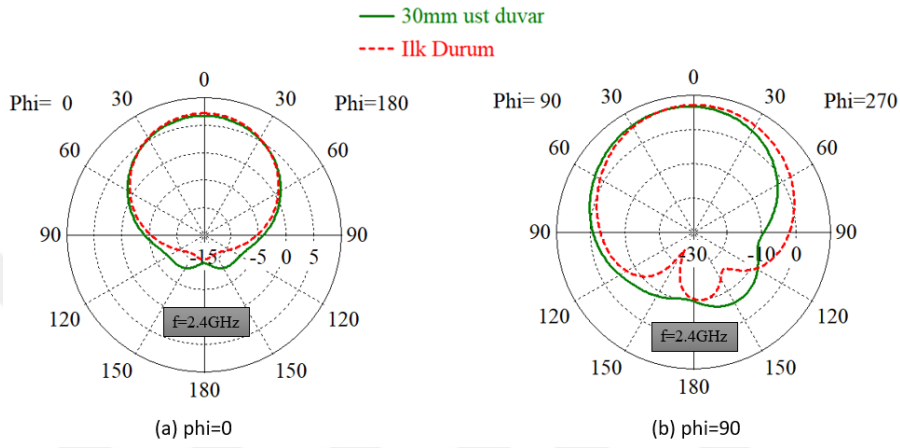


Şekil 3.8. 30mm yüksekliğindeki üst plaka eklenen mikroşerit antenin S11 grafiği

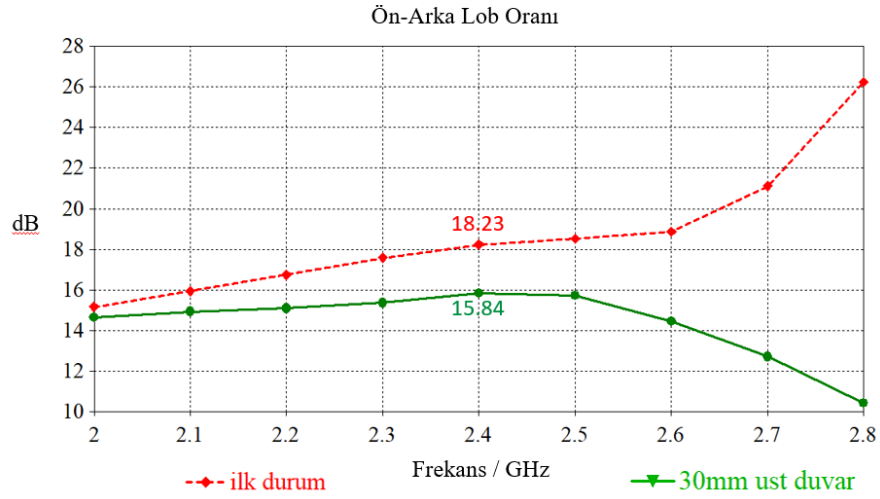
Şekil 3.9’da 30mm üst plaka eklenen ve ilk tasarlanan mikroşerit antenin yönlendiricilik ve kazanç deseni ($\Phi 0^\circ$ - $\Phi 90^\circ$) görülmektedir. İlk durumdaki 7.15dBi anten kazancı, üst plaka eklendikten sonra anten kazancı $\Phi 0^\circ = 6.71$ dB ve $\Phi 90^\circ = 6.77$ dB’dir (Tablo 3.4). Üst iletken plaka eklendikten sonra arka lob seviyesinde mevcut antene göre iyileşme sağlanmadığı görülmektedir.

Tablo 3.4. 30mm üst iletken plaka 2.4GHz parametrik sonuçları

| Anten | Phi 0° | | Phi 90° | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar (h _{tw} =30mm) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |



Şekil 3.9. 30mm üst plaka eklenen mikroşerit yama antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışım diyagramları

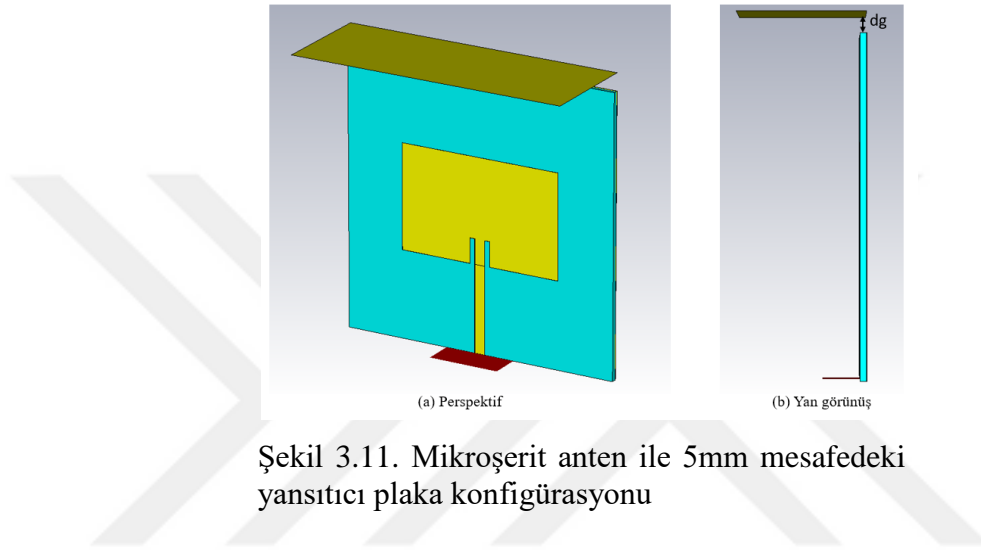


Şekil 3.10. 30mm üst plaka eklenen mikroşerit yama antenin ön-arka lob oranı

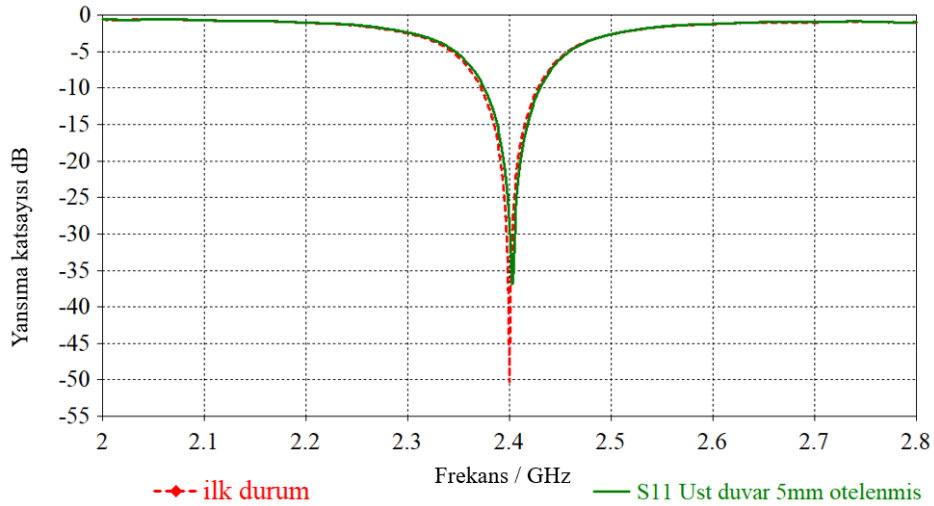
Şekil 3.10'da 2.4GHz rezonans frekansında üst yansıtıcı plaka eklendikten sonra ön arka lob oranınının 15.84dB olduğu ve mevcut antene göre 2.39dB azaldığı görülmektedir.

İlk çalışmada yapılan analizlerde ön arka lob oranında iyileşme sağlanmadığı görülmüştür. Bu çalışmada anten ile plaka arasında mesafe artırılacaktır. Antenin rezonans frekansı 2.4GHz’de sabit tutularak geri yönde istenmeyen saçaklanmaların azaltılması hedeflenmektedir.

Üst yansıtıcı plaka, yüksekliği değiştirilmeden ($h_{tw}=30\text{mm}$) mikroşerit anten ile arasında $d_g = 5\text{mm}$ mesafe olacak şekilde yerleştirilmiş ve analizler tekrarlanmıştır.



Şekil 3.11. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu



Şekil 3.12. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği

Üst yansıtıcı plaka ile antenin arasındaki mesafe 5mm yapıldığında rezonans frekansı mevcut anten ile aynı ve 2.4GHz'dir. Geri dönüş kaybı (S_{11}), üst plakanın antene bitişik olduğu ilk duruma göre daha iyi seviyede olup -34.9dB'dir ancak mevcut antene göre halen düşük seviyededir (Şekil 3.12).

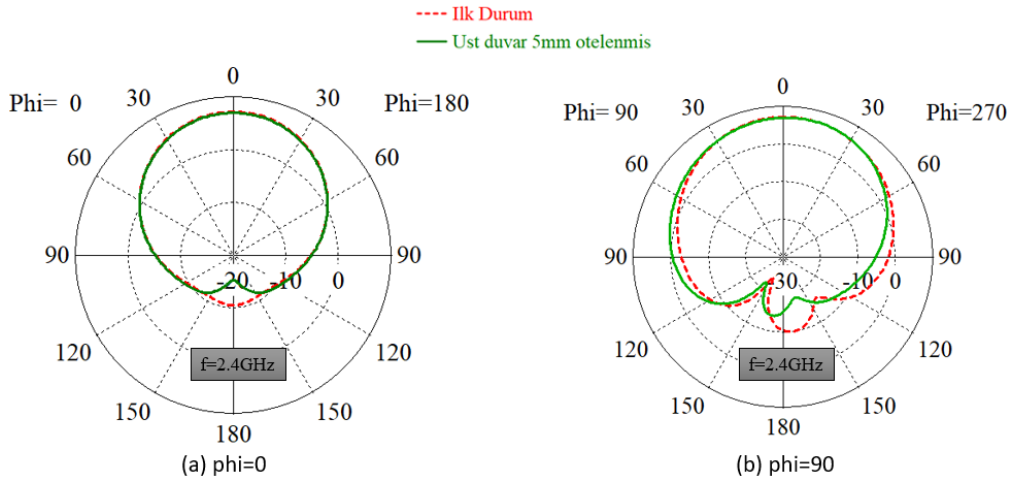
Tablo 3.5’de görüleceği gibi iletken plaka mikroşerit antenden 5mm uzaklığı konumlandırıldığında anten kazancı mevcut antene göre 0.14dBi azalmaktadır.

Tablo 3.5. 2.4GHz’de iletken plaka 5mm konfigürasyonu parametrik sonuçları

| Anten (mm) | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=0) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=5) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -34,9 | 21.40 |

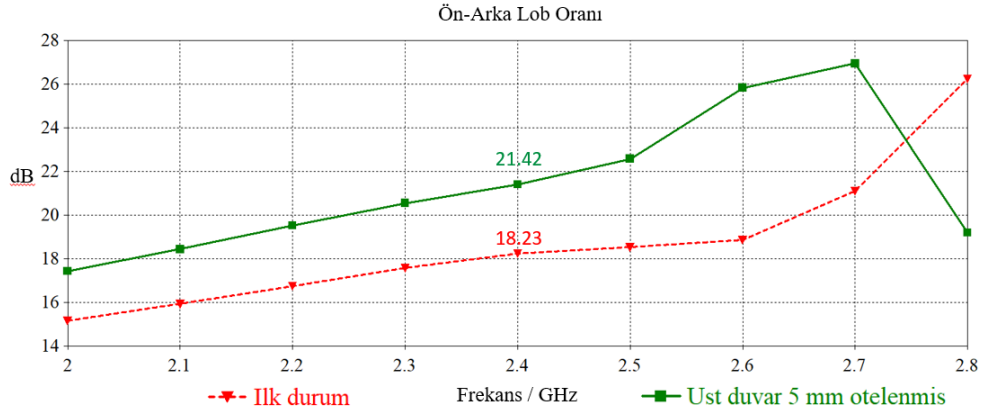
Şekil 3.13’te iletken plakanın mikroşerit antenin üst yüzeyine 5mm uzaklığa konumlandırıldığı konfigürasyonun yönlendiricilik ve kazanç desenleri görülmektedir.

Işıma paternlerini 2.4 GHz’de Phi0 ve Phi90 açılarında analiz edilmiştir. Arka lob seviyesi ilk duruma göre 4dB daha yüksek değere sahiptir.



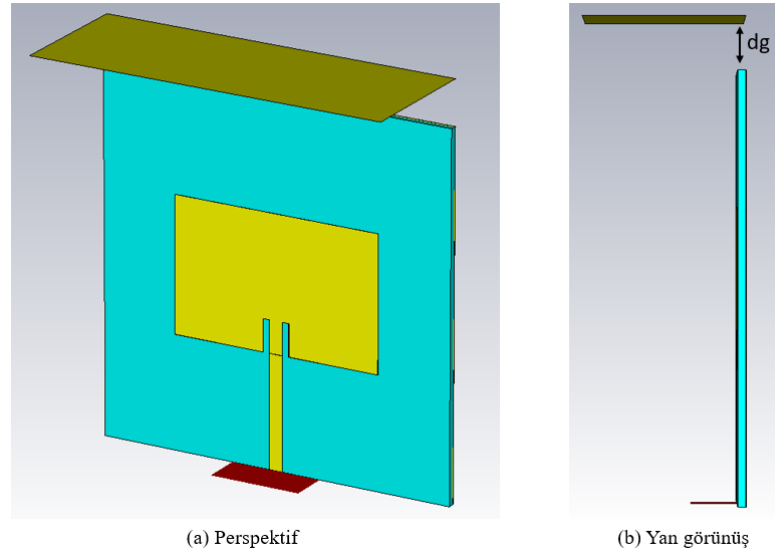
Şekil 3.13. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışım diyagramları

Mikroşerit antenin arka lob seviyesindeki 4dB iyileşme, arka lob oranının artmasını sağlamaktadır. 2.4GHz’de ön arka lob oranı 3.19dB artmış ve 21.42dB seviyesine ulaşmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Mikroşerit anten ile 5mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

İletken üst plakanın mikroşerit antenin üst yüzeyinde ve dielektrik malzemeye bitişik konumlandırıldığı durumda analiz edilen anten parametrelerinde mevcut antene göre herhangi bir iyileşme sağlanmamasına rağmen iletken plaka, antenden 5mm uzaklığa konulup tekrar analiz edildiğinde arka lob seviyesi ve ön arka lob oranında iyileşme olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçla iletken plakanın mikroşerit anten ile arasındaki mesafeler artırılarak çalışmalara devam edilecektir.

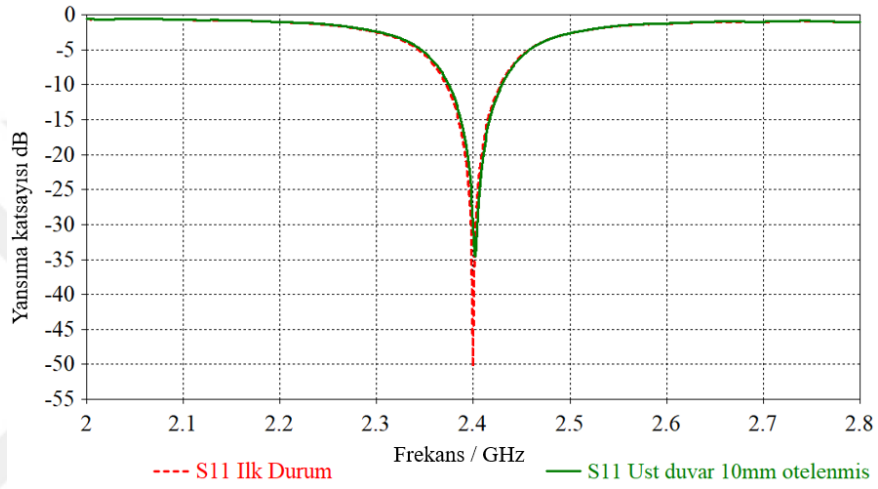


Şekil 3.15. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu

Bu çalışmada üst iletken plakanın boyutlarında (yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ ve genişliği $W_{tw}=80\text{mm}$) değişiklik yapılmayıp plaka ve anten arasında mesafe $d_g = 10\text{mm}$ olarak değiştirilip anten parametreleri analiz edilecektir (Şekil 3.15).

Şekil 3.16’da Mikroşerit antenden 10mm uzaklığa yerleştirilen üst iletken plakanın yansımaya katsayıları grafiği görülmektedir. Yansımaya katsayısı grafiği analiz edilirken antenin ışınması için gerekli olan, geri dönüş kaybı $S_{11} \leq -9.5$ dB koşulunun sağlanması hedeflenmektedir. Antenin çalışma frekansında bir değişiklik olmamış ve 2.4GHz’dir. Rezonans frekansında geri dönüş kaybının (S_{11}) -34.5dB olduğu görülmektedir.

Arka lob seviyesinin mevcut antene göre 2.9dB arttığı ancak iletken plakanın 5mm mesafede olduğu duruma göre 1.1dB azaldığı görülmektedir (Tablo 3.6).



Şekil 3.16. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği

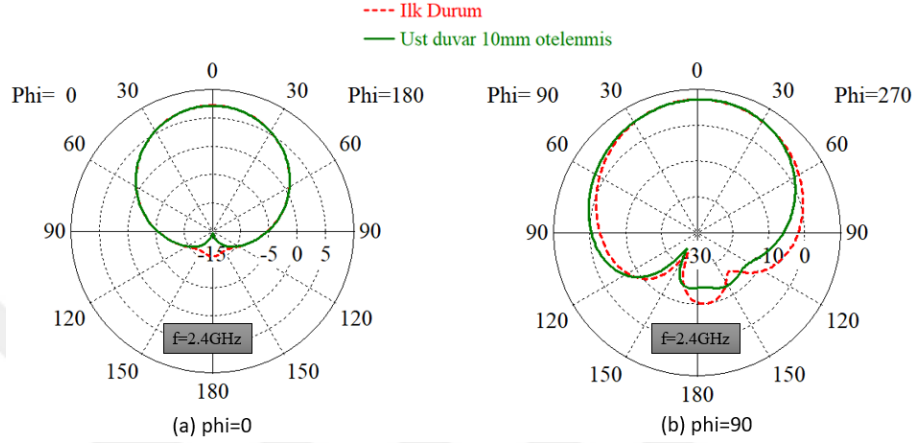
Tablo 3.6. 2.4GHz’de iletken plaka 10mm konfigürasyonu parametrik sonuçları

| Anten (mm) | Phi 0° | | Phi 90° | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=0) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=5) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -36,85 | 21.40 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=10) | 7,13 | | 7,19 | -20,2 | -34,5 | 21.69 |

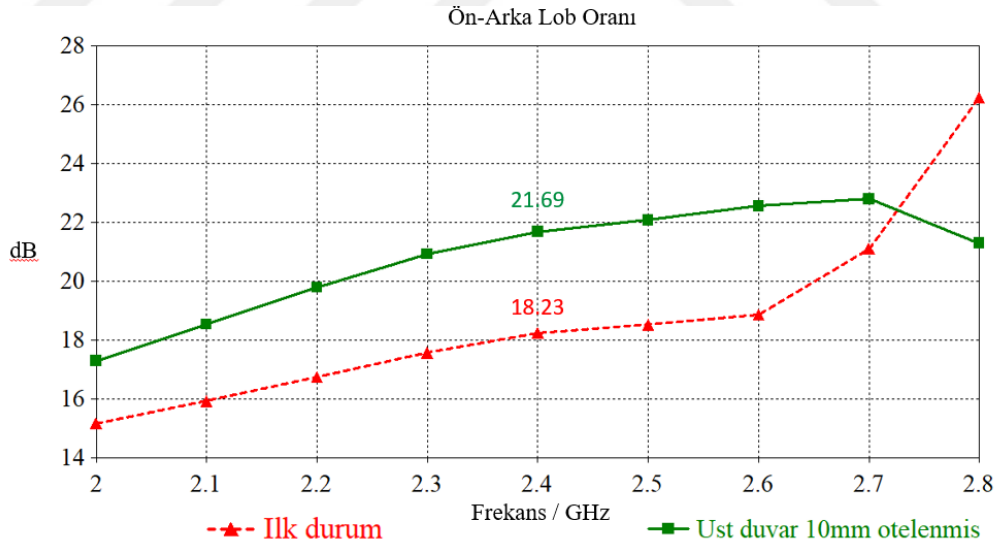
Şekil 3.17’de iletken plakanın mikroşerit antenin üst yüzeyine 10mm uzaklıkta olduğu durumdaki yönlendiricilik desenleri görülmektedir. 2.4 GHz frekansına göre çizilen

ışırma desenleri incelendiğinde anten yönlendiriciliği $\Phi=0^\circ$ doğrultusunda 7.13dBi iken $\Phi=90^\circ$ doğrultusunda 7.19dBi değerini sahiptir.

Ön arka lob oranı değişimleri 2-2.8GHz frekanslarında analiz edildiğinde ön arka lob oranında mevcut antene göre 3.46dB ve iletken plakanın 5mm mesafede olduğu duruma göre de 0.22dB artış sağlandığı görölmektedir (Şekil 3.18).



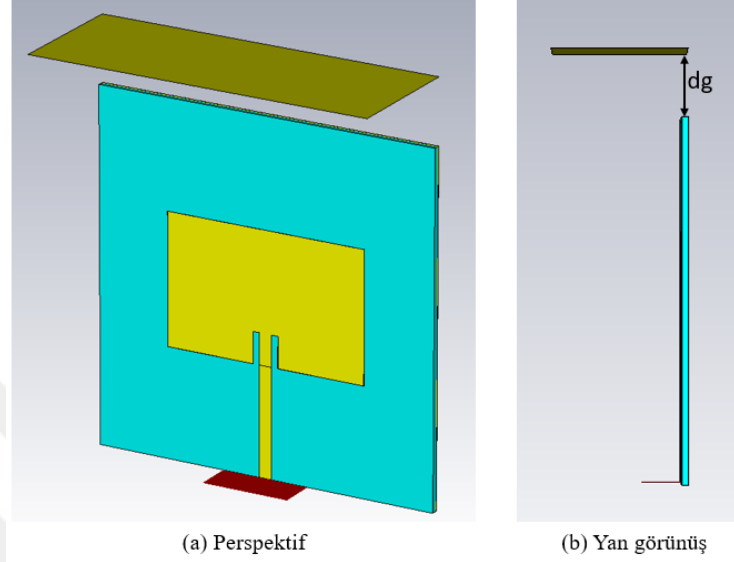
Şekil 3.17. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışıma diyagramları



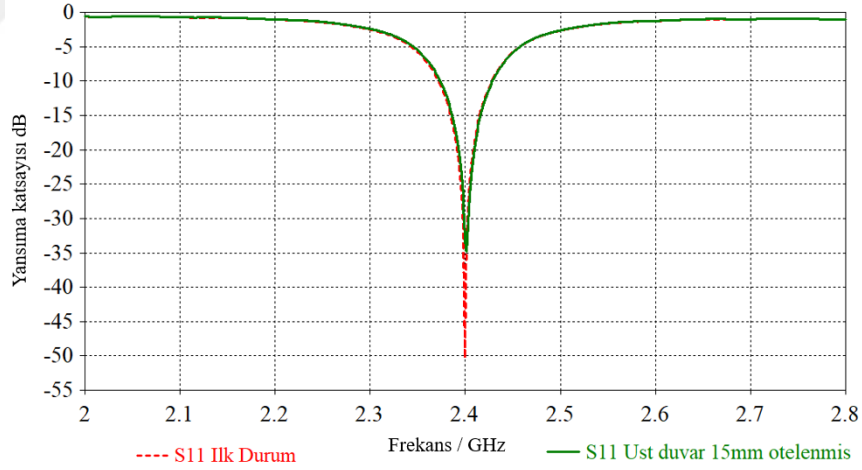
Şekil 3.18. Mikroşerit anten ile 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

İletken plakanın mikroşerit antenin üst yüzeyinden uzaklaştırıldığıça ÖALO'nun arttığı gözlemlenmektedir. ÖALO'nun maksimum olduğu noktayı belirleyebilmek amacıyla iletken plaka ile anten arasındaki mesafe artırılarak simülasyon çalışmalarına devam edilecektir.

Mikroşerit antenin üst yüzeyine yerleştirilen iletken plakanın boyutlarında (yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ ve genişliği $W_{tw}=80\text{mm}$) değişiklik yapılmayıp plaka ve anten arasında mesafe $d_g = 15\text{mm}$ 'ye çıkarılarak anten parametreleri analiz edilecektir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu



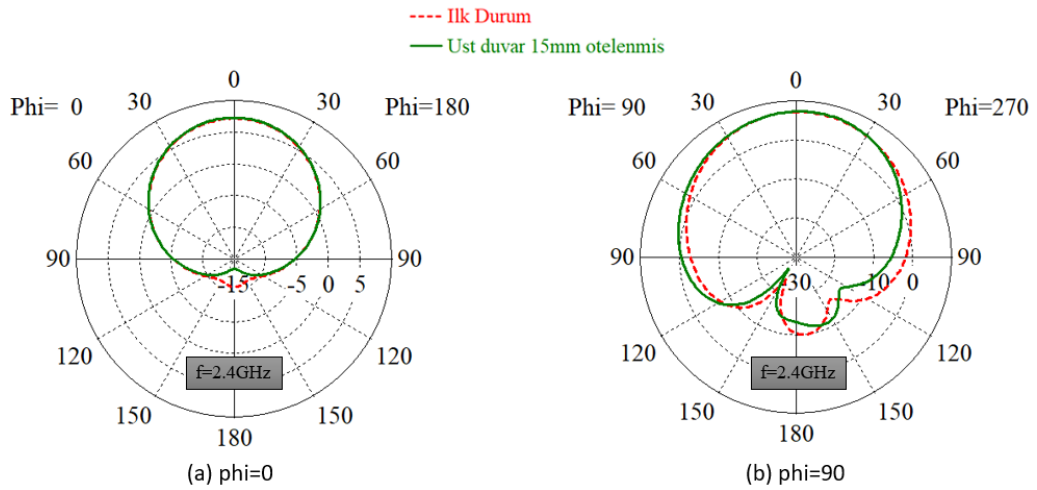
Şekil 3.20. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği

Şekil 3.20'de Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun yansıma katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir. Üst iletken plaka uzaklığı 15mm olduğunda da antenin rezonans frekansı değişmemekte ve 2.4GHz olmaktadır. Geri dönüş kaybı (S_{11}) ise mevcut antene göre azalmakta ve -34.6dB olmaktadır.

Tablo 3.7’de iletken plakanın 15mm konfigürasyonu ile diğer antenlerin parametrik sonuçları görülmektedir. Arka lob seviyesinin mevcut antene göre 1.5dB arttığı ancak iletken plakanın 5mm mesafede olduğu duruma göre 2.5dB azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.7. 2.4GHz’de iletken plaka 15mm konfigürasyonu parametrik sonuçları

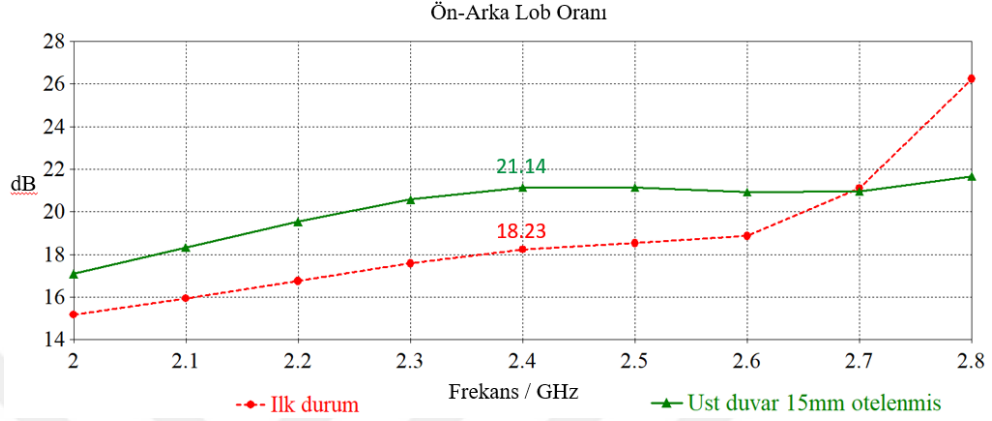
| Anten (mm) | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar (h _{tw} =30) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=5) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -36,85 | 21.40 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=10) | 7,13 | | 7,19 | -20,2 | -34,5 | 21.69 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, dg=15) | 7,27 | | 7,33 | -18,8 | -34,6 | 21.14 |



Şekil 3.21. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

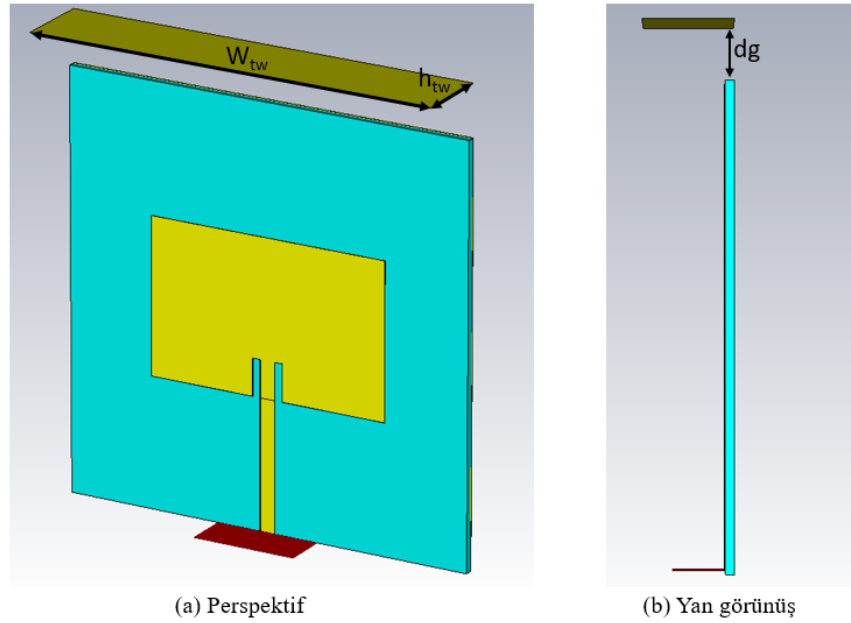
Şekil 3.21’de iletken plakanın mikroşerit antenin üst yüzeyine 15mm uzaklıkta olduğu durumda 2.4 GHz frekansında θ açısına bağlı olarak çizilen ışımaya diyagramları görülmektedir. Işıma diyagramları analiz edildiğinde her iki θ açısında da anten kazancının mevcut antene göre daha yüksek olduğu görülmektedir ($\text{Phi}0^\circ = 7.27\text{dBi}$ ve $\text{Phi}90^\circ = 7.33\text{dBi}$).

Şekil 3.22’de gösterilen ön arka lob oranı incelendiğinde iletken plakanın antenin üst yüzeyine (y eksenine)15mm mesafeye yerleştirildiğinde ÖALO oranının ilk tasarıma göre 2,91dBi arttığı görülmektedir. Ön arka lob oranının iletken plakanın y ekseninde antenden 10mm uzaklıktaki duruma göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.22. Mikroşerit anten ile 15mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

Bu çalışmada anten ile plaka arasında mesafe $d_g=10\text{mm}$ ve genişlik $W_{tw}=80\text{mm}$ olarak sabit tutulup, üst iletken plaka yüksekliği $h_{tw}=15\text{mm}$ 'ye düşürülerek antenin kazanç, arka lob seviyeleri ve ÖALO parametreleri analiz edilecektir (Şekil 3.23).

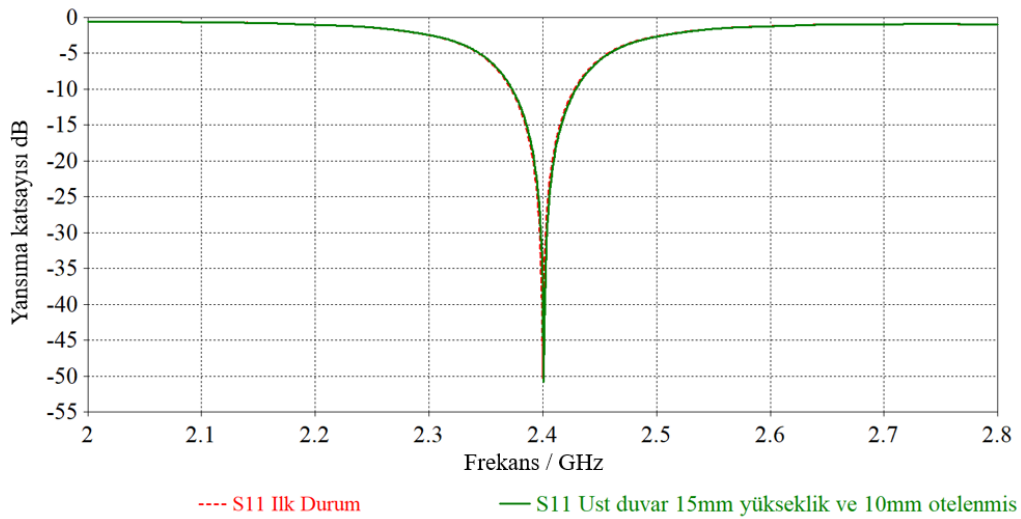


Şekil 3.23. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu

İletken plakanın boyutlarında (yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ ve genişliği $W_{tw}=80\text{mm}$) değişiklik yapılmadan iletken plaka, antenin üst yüzeyine y eksenini boyunca 0mm – 5mm-10mm-15mm olacak şekilde yerleştirilerek anten parametreleri analiz edilmiş ve ÖALO'nun en yüksek olduğu mesafenin 10mm olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak sonraki çalışmalarda anten ile plaka arasındaki mesafe değiştirilmeden ($d_g=10\text{mm}$), yansıtıcı plakanın yüksekliği değiştirilerek sonuçlar tekrar analiz edilecektir.

Şekil 3.24'te 2-2.8GHz aralığında iletken plaka konfigürasyonunun S_{11} değişimi yer almaktadır. Antenin ışınması için geçerli koşul $VSWR \leq 2$ ve geri dönüş kaybı $S_{11} \leq -9.5$ dB koşulunun sağlanması hedeflenmektedir. Antenin çalışma frekansı 2.4GHz'dir. Geri dönüş kaybı (S_{11}) ise -41.02dB ve ilk tasarım antene oldukça yakındır.



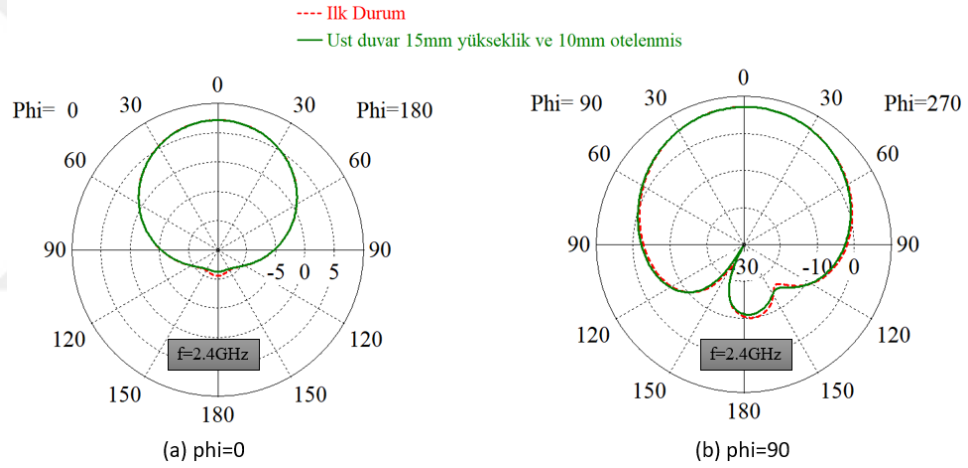
Şekil 3.24. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S11 grafiği

Tablo 3.8'de görüldüğü gibi iletken plakanın yüksekliği azaldığında anten kazancı, arka lob seviyeleri ve ÖALO plakanın yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ 'ye göre azalmıştır.

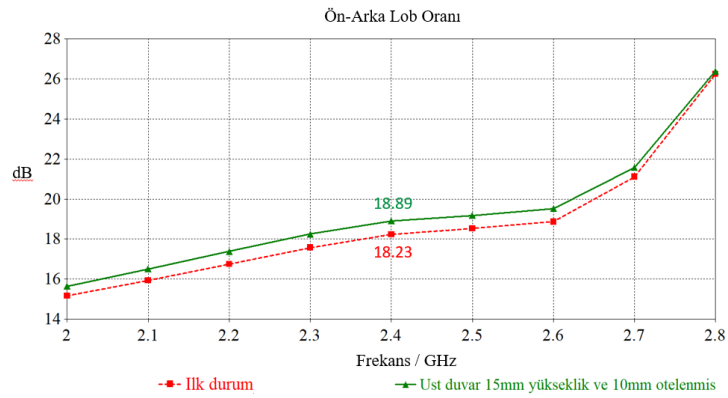
2.4 GHz frekansında θ açısına bağlı olarak çizilen ışınma diyagramlarında Φ_{i0° ve Φ_{i90° 'de ilk duruma göre iyileşme olduğu görülmektedir. Anten kazançları $\Phi_{i0^\circ} = 7,12\text{dBi}$ ve $\Phi_{i90^\circ} = 7,14\text{dBi}$ 'dir (Şekil 3.25).

Tablo 3.8. 2.4GHz’de iletken plaka yüksekliği 15mm ve 10mm mesafe konfigürasyonu parametrik sonuçları

| Anten (mm) | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18,23 |
| Üst duvar (h _{rw} =30) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15,84 |
| Üst duvar (h _{rw} =30, dg=5) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -36,85 | 21,40 |
| Üst duvar (h _{rw} =30, dg=10) | 7,13 | | 7,19 | -20,2 | -34,5 | 21,69 |
| Üst duvar (h _{rw} =30, dg=15) | 7,27 | | 7,33 | -18,8 | -34,6 | 21,14 |
| Üst duvar (h _{rw} =15, dg=10) | 7,12 | -18,4 | 7,14 | -18,2 | -41,02 | 18,89 |



Şekil 3.25. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

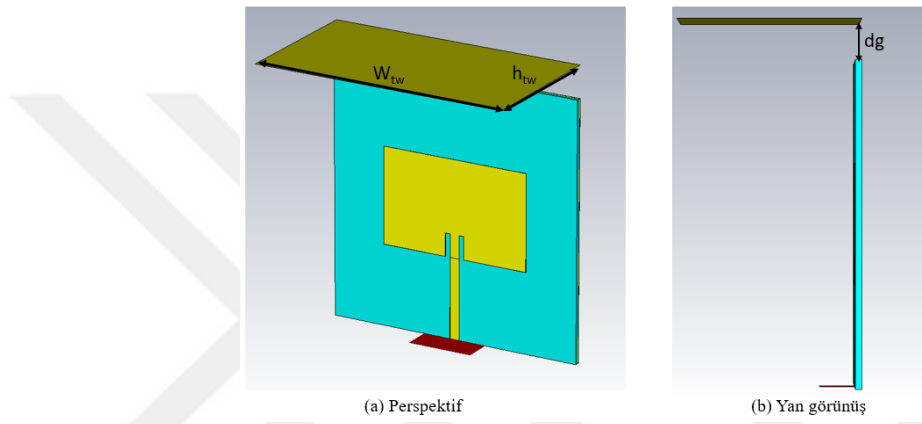


Şekil 3.26. 15mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

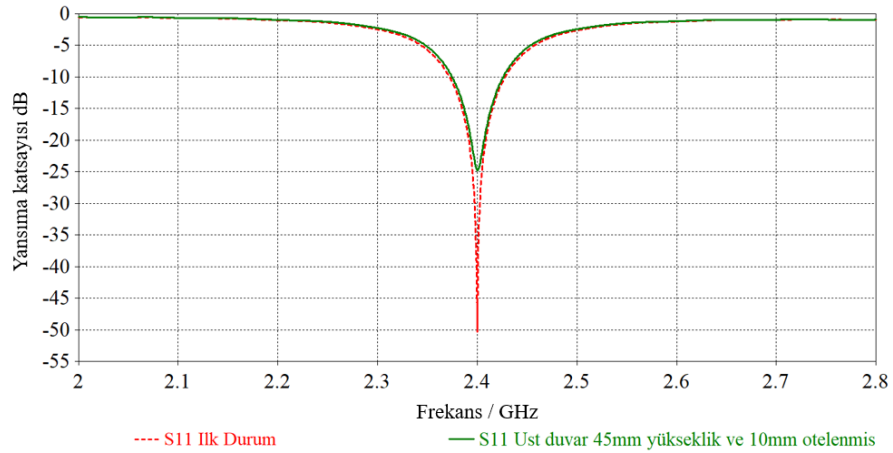
İletken plaka yüksekliği azalınca ÖALO ilk durum' a göre 0,66dB artmış ve grafiği ilk durum ile paraleldir (Şekil 3.26).

Yansıtıcı plakanın yüksekliği azaltılarak yapılan modelin analizinde anten parametrelerinde mevcut duruma göre istenilen iyileşmenin olmadığı görülmüştür.

Aşağıdaki çalışmada anten ile plaka arasında mesafe $d_g=10\text{mm}$ ve genişlik $W_{tw}=80\text{mm}$ olarak sabit tutulup, üst iletken plaka yüksekliği $h_{tw}=45\text{mm}$ 'ye çıkarılarak anten parametreleri analiz edilecektir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu



Şekil 3.28. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu S11 grafiği

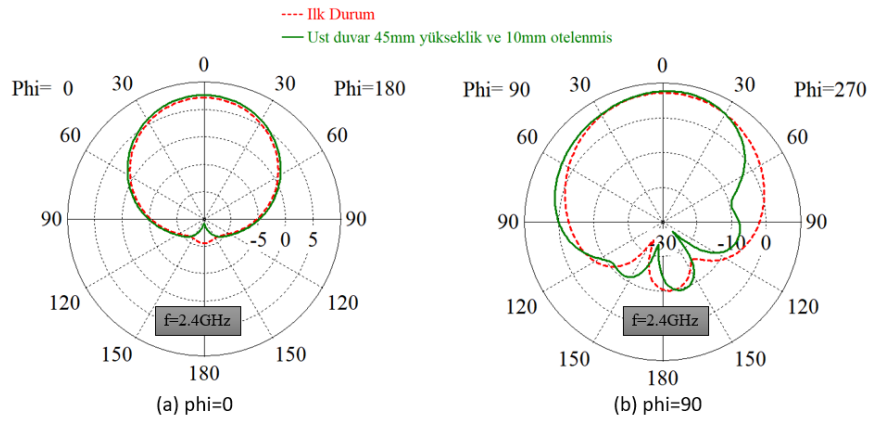
2-2.8GHz'de analiz edilen 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun S₁₁ grafiği Şekil 3.28'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Başlangıçta -45,85dB olan geri dönüş kaybı (S_{11}) -24,8dB'ye düşmektedir. Antenin çalışma frekansı 2.4GHz'dir ve herhangi bir kayma olmamıştır.

Tablo 3.9'da tüm anten modellerinin parametreleri yer almaktadır. Antenin üst yüzeyine konumlandırılan 45mm yüksekliğindeki iletken plakanın parametrik sonuçları incelendiğinde arka lob seviyesi Phi 90°'de -15,3dB olmasına rağmen anten kazancı ve ÖALO oranı en yüksek değere sahiptir.

Tablo 3.9. 2.4GHz'de iletken plaka yüksekliği 45mm ve 10mm mesafe konfigürasyonu parametrik sonuçları

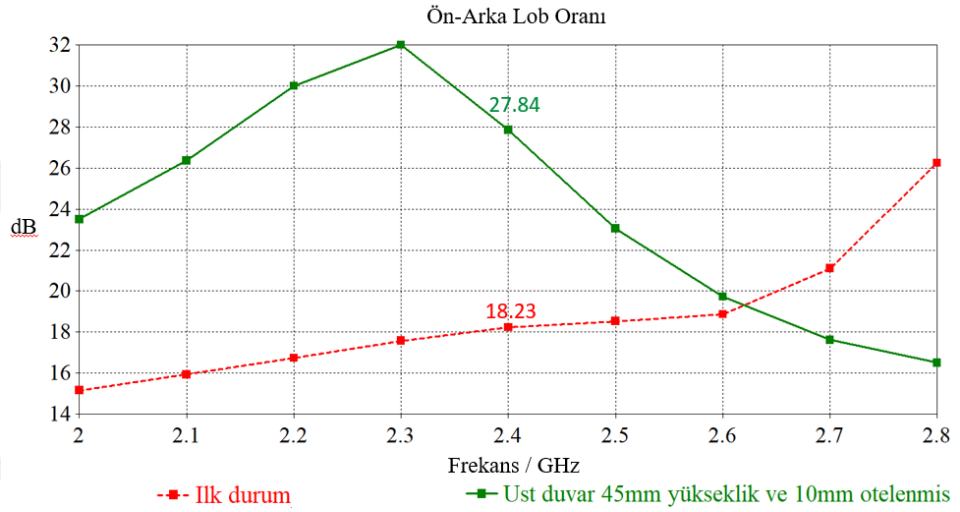
| Anten (mm) | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar ($h_{tw}=30$) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |
| Üst duvar ($h_{tw}=30, dg=5$) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -36,85 | 21.40 |
| Üst duvar ($h_{tw}=30, dg=10$) | 7,13 | | 7,19 | -20,2 | -34,5 | 21.69 |
| Üst duvar ($h_{tw}=30, dg=15$) | 7,27 | | 7,33 | -18,8 | -34,6 | 21.14 |
| Üst duvar ($h_{tw}=15, dg=10$) | 7,12 | -18,4 | 7,14 | -18,2 | -41,02 | 18,89 |
| Üst duvar ($h_{tw}=45, dg=10$) | 7,61 | | 7,72 | -15,3 | -24,8 | 27,84 |



Şekil 3.29. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

Şekil 3.29’da 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka modelinin 2.4 GHz frekansında θ açısına bağlı olarak çizilen ışın diyagramları görülmektedir. Anten kazançları her iki θ açısında da en yüksek değere sahiptir ($\Phi_{0^\circ} = 7,61\text{dBi}$ ve $\Phi_{90^\circ} = 7,72\text{dBi}$).

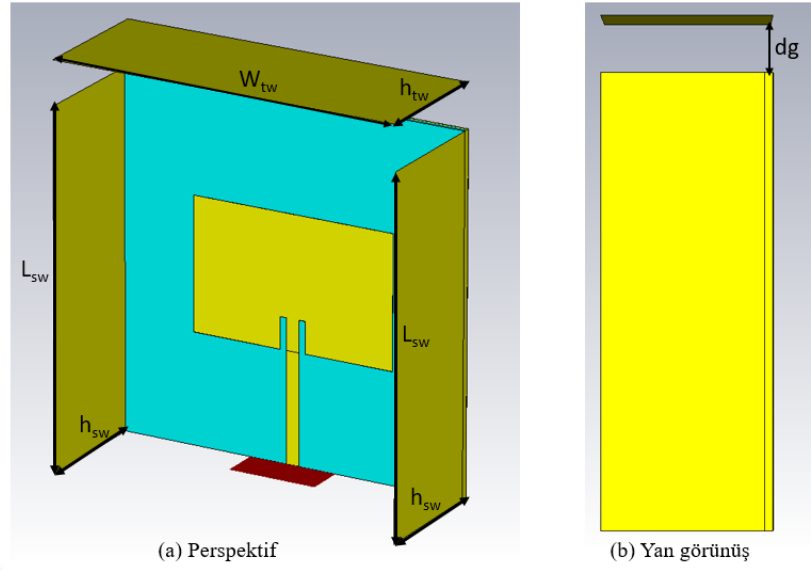
Şekil 3.30’da 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. 2.3GHz bandında 32dB seviyelerinde olan ÖALO, antenin çalışma frekansı olan 2.4 GHz’de mevcut antene göre 9.61dB artarak 27.84dB olmuştur.



Şekil 3.30. 45mm yükseklik ve 10mm mesafedeki yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

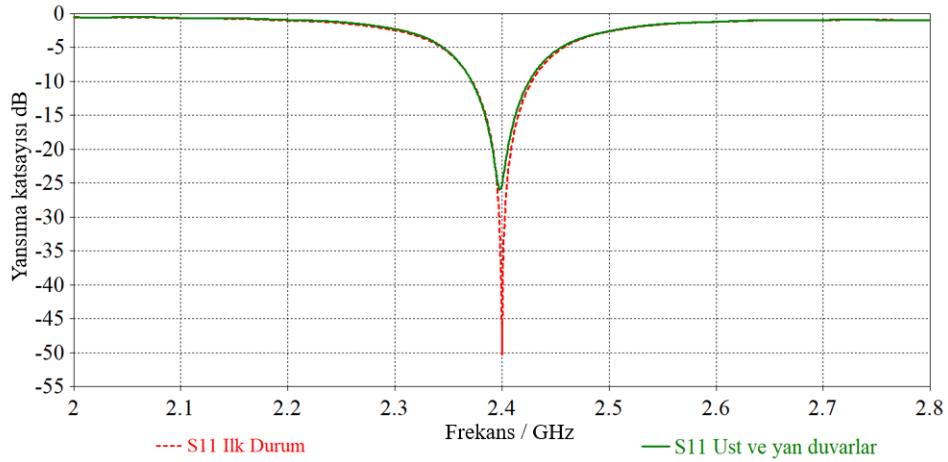
İletken üst plakanın yüksekliği ve anten ile arasındaki mesafeler değiştirilerek yapılan analizlerde duvar yüksekliği ile ön arka lob oranının doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Mikroşerit anten ÖALO üst duvar ile anten arasındaki mesafe ile doğru orantılı iken ($dg = 10\text{mm}$ 'ye kadar), daha uzak mesafede ön arka lob oranının azaldığı görülmüştür.

Bu çalışmada üst duvar ile anten arasındaki mesafe, daha önce yapılan analizlerde en yüksek ön arka lob oranının elde edildiği $dg = 10\text{mm}$ olarak ayarlanmıştır. Üst iletken plaka yüksekliği $h_{tw}=30\text{mm}$ 'dir. Mikroşerit antenin sağ ve sol taraflarına antenin alt yüzeyindeki toprak tabakasından bağımsız, uzunluğu $L_{sw} = 30\text{mm}$ ve yüksekliği $h_{sw} = 30\text{mm}$ olan simetrik iki iletken plaka, dielektrik malzemeye bitişik olacak şekilde konumlandırılmış ve anten parametreleri analiz edilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu

2-2.8GHz frekans aralığında analiz edilen üst ve yan iletken yansıtıcı plakaların eklendiği konfigürasyonun S_{11} grafiği Şekil 4.32’de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Antenin çalışma frekansı 2.4GHz’dir ve herhangi bir kayma olmamıştır. Geri dönüş kaybı (S_{11}) -25.21dB olmaktadır (Tablo 3.10).

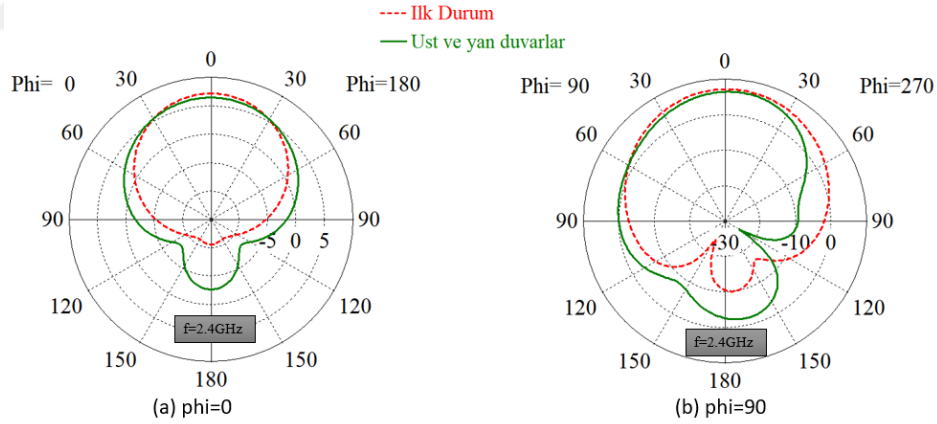


Şekil 3.32. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu S_{11} grafiği

Şekil 3.33’te üst ve yan iletken plakaların eklendiği anten modelinin 2.4 GHz frekansında θ açısına bağlı olarak çizilen ışınma diyagramları görülmektedir. İlk tasarım anten ile yapılan karşılaştırmada her iki θ açısında da ($\Phi 0^\circ$ ve $\Phi 90^\circ$) geri yöndeki istenmeyen ışınların arttığı görülmektedir. Anten kazançları her iki θ açısında da en düşük değeri almaktadır ($\Phi 0^\circ = 6,41\text{dB}$ ve $\Phi 90^\circ = 6,47\text{dB}$).

Tablo 3.10. 2.4GHz’de üst ve yan iletken plaka konfigürasyonu parametrik sonuçları

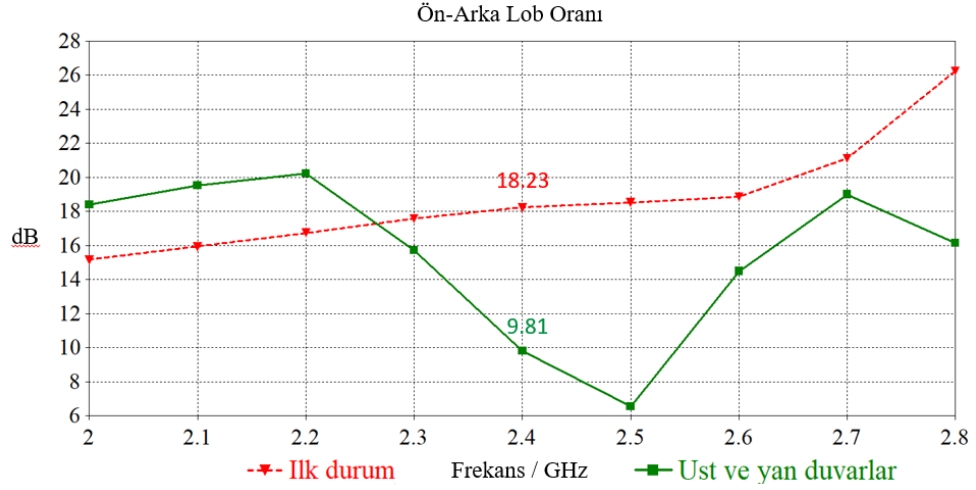
| Anten (mm) | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|---|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Üst duvar (h _{tw} =30) | 6,71 | | 6,77 | -13 | -23,3 | 15.84 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, d _g =5) | 6,95 | | 7,02 | -21,3 | -36,85 | 21.40 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, d _g =10) | 7,13 | | 7,19 | -20,2 | -34,5 | 21.69 |
| Üst duvar (h _{tw} =30, d _g =15) | 7,27 | | 7,33 | -18,8 | -34,6 | 21.14 |
| Üst duvar (h _{tw} =15, d _g =10) | 7,12 | -18,4 | 7,14 | -18,2 | -41,02 | 18,89 |
| Üst duvar (h _{tw} =45, d _g =10) | 7,61 | | 7,72 | -15,3 | -24,8 | 27,84 |
| Üst ve yan duvarlar | 6,41 | -9,2 | 6,47 | -8,5 | -25,21 | 9,81 |



Şekil 3.33. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonunun 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışım diyagramları

ÖALO ön tarafa yayılan enerjinin, arka tarafa yayılan enerjiye oranını ölçmek için kullanılan bir parametredir. Geri yönde ışım ya da parazitlerin artmasıyla ÖALO azalmaktadır. Bu çalışmada arka lob seviyeleri oldukça azalmış ve $\Phi=0^\circ = -9.2\text{dB}$ ve $\Phi=90^\circ = -8.5\text{dB}$ değerini almıştır.

Şekil 3.34'te 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. ÖALO antenin çalışma frekansı olan 2.4 GHz'de mevcut antene göre 8.42dB azalmış ve 9.81dB olmuştur.

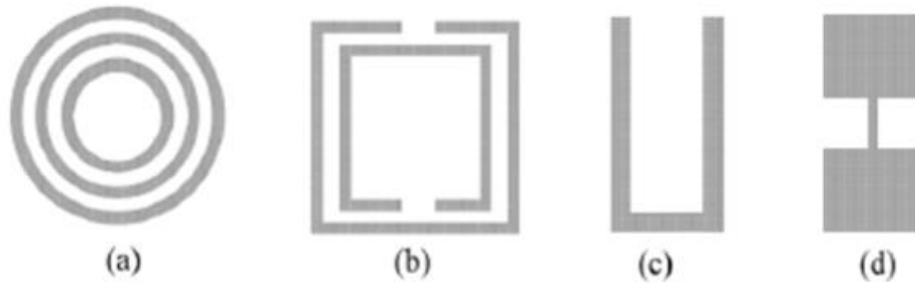


Şekil 3.34. Üst ve yan yansıtıcı plaka konfigürasyonu ön arka lob oranı

3.3. Yarıkli Toprak Yapısı Kullanılarak Ön Arka Lob Oranı Artırma

Yarıkli toprak yapıları, dielektrik katmanın yüzeyindeki toprak tabakası üzerinde çeşitli geometrik şekillerin kazınarak oluşturulması yöntemidir. Bu yöntem çok bantlı antenlerin tasarlaması, antenin çalışma frekansını daha düşük frekanslara indirmek, geniş bantlı anten oluşturmak ya da cep telefonu ve laptoplar için geniş bant antenlerin minyatürleştirilmesi için kullanılmaktadır.

Şekil 3.35'te yarıkli toprak yapılarında kullanılan çeşitli geometrik şekiller görülmektedir.



Şekil 3.35. Yarıkli toprak yapısı örnekleri: (a) Eşmerkezli halka, (b) Açık halka rezonatör, (c) U yapısı, (d) Dambıl yapısı

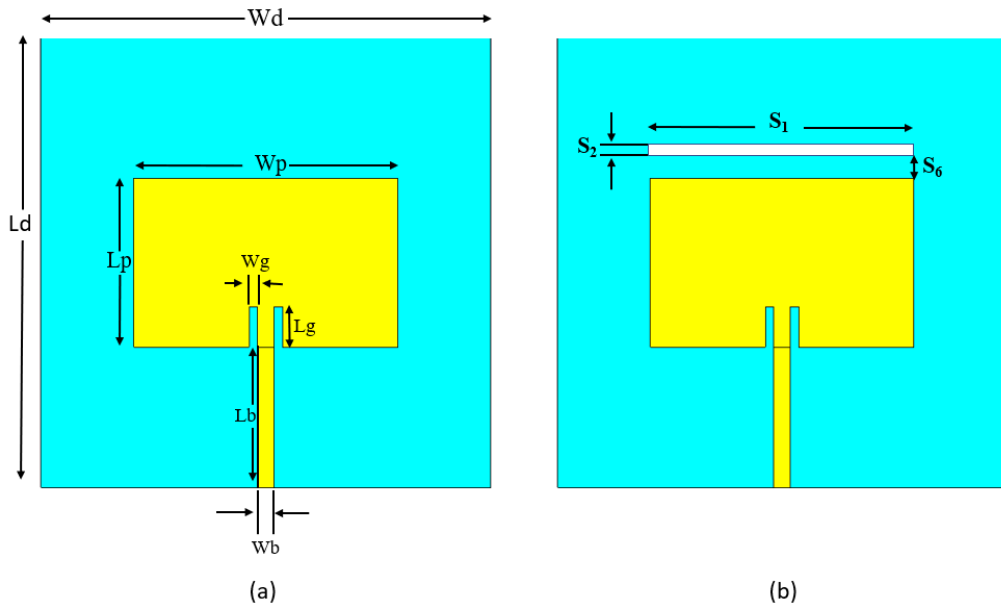
Bu çalışmada, literatürde çok bantlı anten tasarımı, mikroşerit antenlerin minyatürleştirilmesi ve geniş bantlı anten tasarımı için kullanılan yarıklı toprak yapılarının, tasarlanan antenin rezonans karakteristiği, arka lob ve ön arka lob oranı seviyeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Mikroşerit antenlerin düşük maliyetleri, geometrik yapılarının sağladığı montaj kolaylığı ve kolay üretilebilir olmaları göz önünde bulundurulduğunda yarıklı toprak yapılarının iletken plaka yöntemine göre daha avantajlı olacağı düşünülmektedir.

İletken plaka kullanılarak yapılan ön arka lob oranı artırma çalışmalarında en yüksek ÖALO 27,84dB olarak gözlemlenmiştir. ÖALO artmasında özellikle antenin üst yüzeyine yerleştirilen iletken plakanın boyutu ve antene olan mesafesinin etkili olduğu görülmüştür bu nedenle yarıklı toprak yapılarında ilk olarak yama antenin üst yüzeyine yarık eklenerek anten parametreleri analiz edilmiştir (Şekil 3.36).

İlk tasarlanan antenin dielektrik alt katman, yama ve toprak yüzey boyutlarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Yama antenin üst yüzeyine gelecek şekilde toprak tabakasında x-y eksenı boyunca uzunluğu $S_1 = 47\text{mm}$ ve genişliği $S_2 = 1\text{mm}$ ve yama antene $S_6=5\text{mm}$ uzaklıkta olan slot kazınarak anten parametreleri analiz edilmiştir.

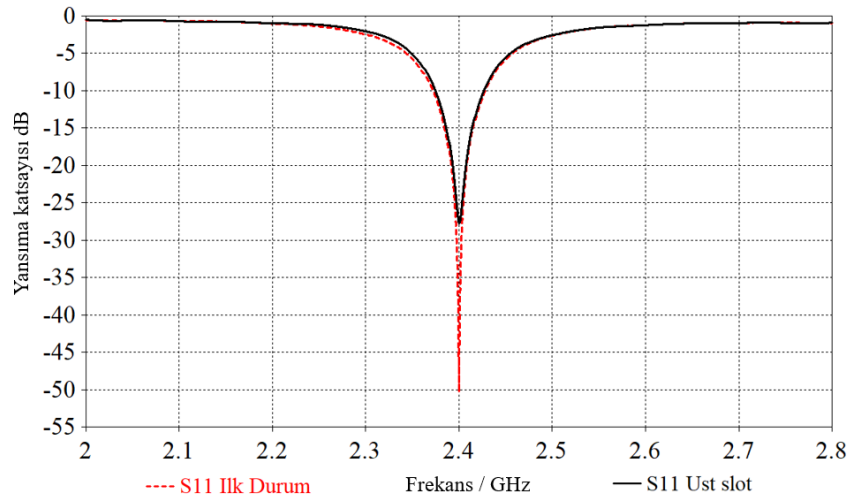


Şekil 3.36. Yarıklı toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 1), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarık ölçüleri

Tablo 3.11. Model 1 anten ölçüleri (mm)

| | |
|----------------|------|
| Wd | 80 |
| Ld | 80 |
| Wp | 47 |
| Lp | 30 |
| Wg | 1,5 |
| Lg | 7,16 |
| Lb | 25 |
| Wb | 2,98 |
| S ₁ | 47 |
| S ₂ | 1 |
| S ₆ | 5 |

Şekil 3.37’de yama antenin üst yüzeyine gelecek şekilde toprak tabakasına kazınan çubuk şeklindeki yarığın yansımaya katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir. Yansımaya katsayısı grafiği analiz edilirken geri dönüş kaybının $S_{11} \leq -9.5$ dB olması hedeflenmektedir. Yapılan analizde 2.4GHz’deki geri dönüş kaybı -30.62dB değerini almaktadır.

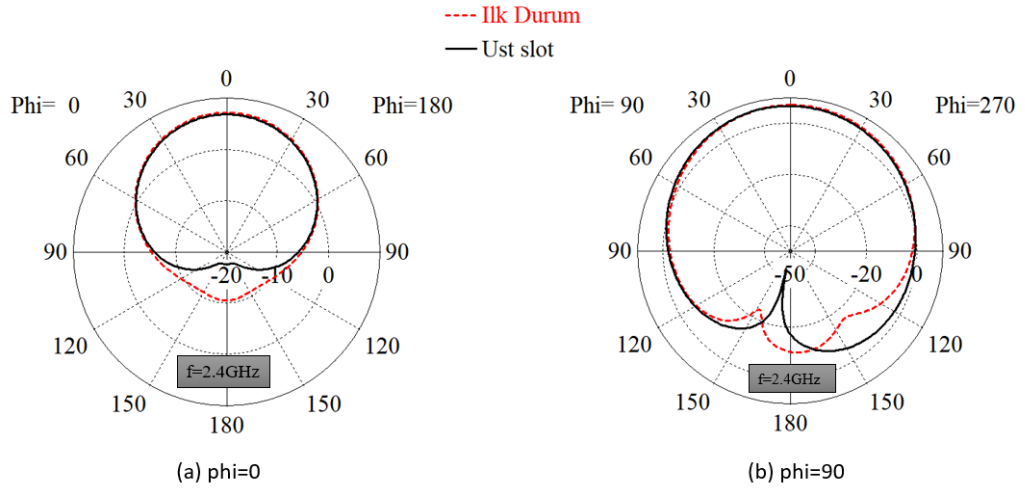


Şekil 3.37. Model 1 antenin S₁₁ grafiği

Şekil 3.38’de Üst slot eklenmiş mikroşerit antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışınma diyagramları görülmektedir. İlk durumda 7.15dBi olan anten kazancı, YTY sonrasında $\text{Phi}0^\circ = 6.81\text{dB}$ ve $\text{Phi}90^\circ = 6.82\text{dB}$ olduğu görülmektedir. Arka lob seviyesi ise mevcut duruma göre iyileşmekte ve -24.4dB değerini almaktadır (Tablo 3.12).

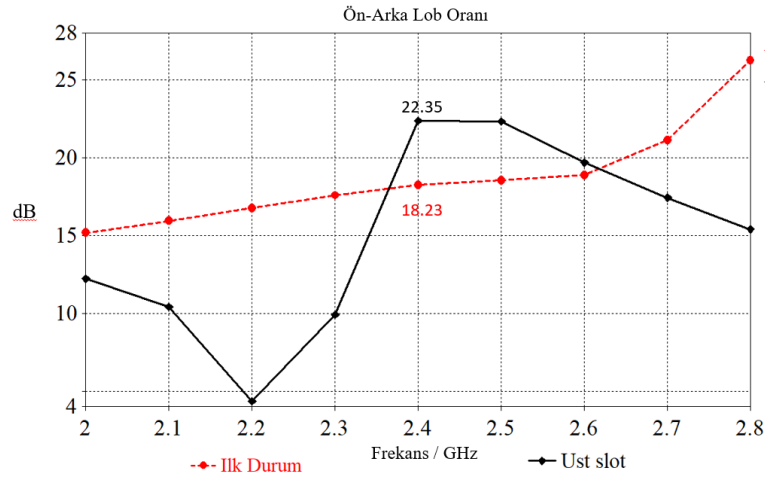
Tablo 3.12. Model 1 anten parametrik sonuçları

| Anten | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-----------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Model 1 | 6,81 | -24,4 | 6,82 | | -30,62 | 22,35 |



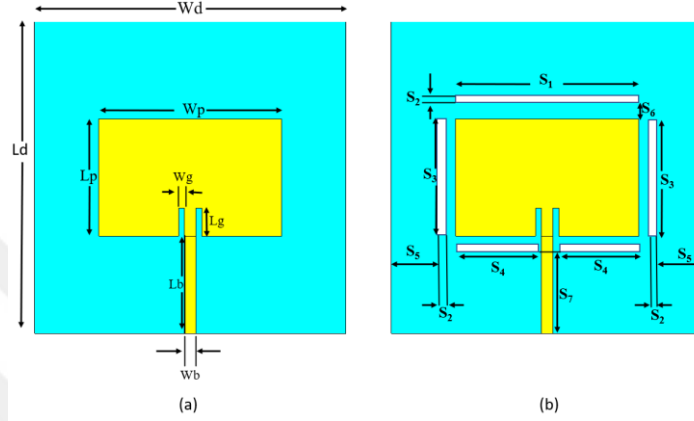
Şekil 3.38. Model 1 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

Şekil 3.39'da 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. ÖALO antenin çalışma frekansı olan 2.4 GHz'de mevcut antene göre 4.12dB artmış ve 22.35dB olmuştur.



Şekil 3.39. Model 1 anten ön arka lob oranı

Yarıklı toprak yapısı ile modellenen ilk çalışmada ön arka lob oranında oldukça iyileşme sağlanmıştır. Bu çalışmada ise bir önceki modelimizdeki üst yarığın boyutları ve yama antene olan mesafesini değiştirilmeden, üst yarık ile aynı genişlikte $S_2 = 1\text{mm}$ ve farklı uzunlukta olan yarıklar yama antenin etrafında simetrik olarak konumlandırılmıştır. Yarıkların boyutları ve toprak yapısı üzerindeki konumlarının ölçüleri Tablo 3.13'te verilmiştir.



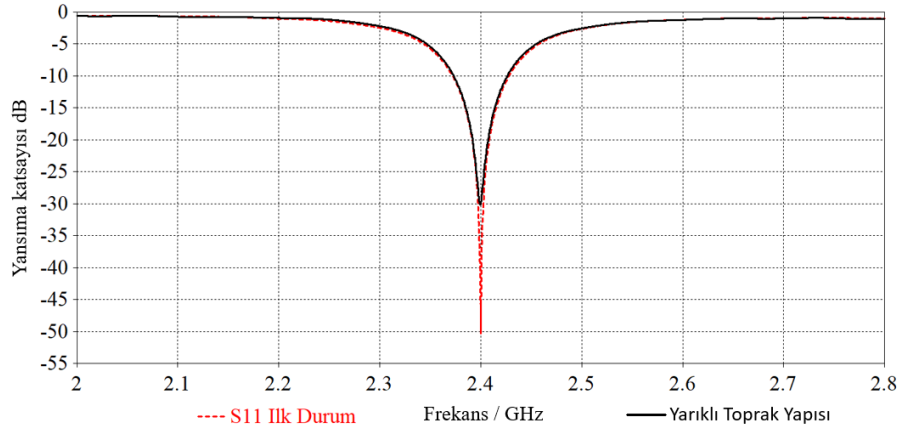
Şekil 3.40. Yarıklı toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 2), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri

Tablo 3.13. Model 2 anten ölçüleri (mm)

| | | | |
|----|------|----------------|------|
| Wd | 80 | S ₁ | 47 |
| Ld | 80 | S ₂ | 1 |
| Wp | 47 | S ₃ | 30 |
| Lp | 30 | S ₄ | 20,5 |
| Wg | 1,5 | S ₅ | 13,5 |
| Lg | 7,16 | S ₆ | 5 |
| Lb | 25 | S ₇ | 19 |
| Wb | 2,98 | | |

Şekil 3.41'de Toprak tabakasına kazınan ve yamayı çevreleyen çubuk şeklindeki yarıkların yansımaya katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir.

Yansımaya katsayısı grafiği analiz edilirken geri dönüş kaybının $S_{11} \leq -9.5\text{ dB}$ olması hedeflenmektedir. Yapılan analizde 2.4GHz'deki geri dönüş kaybı -30.31dB değerini almaktadır (Tablo 3.14).

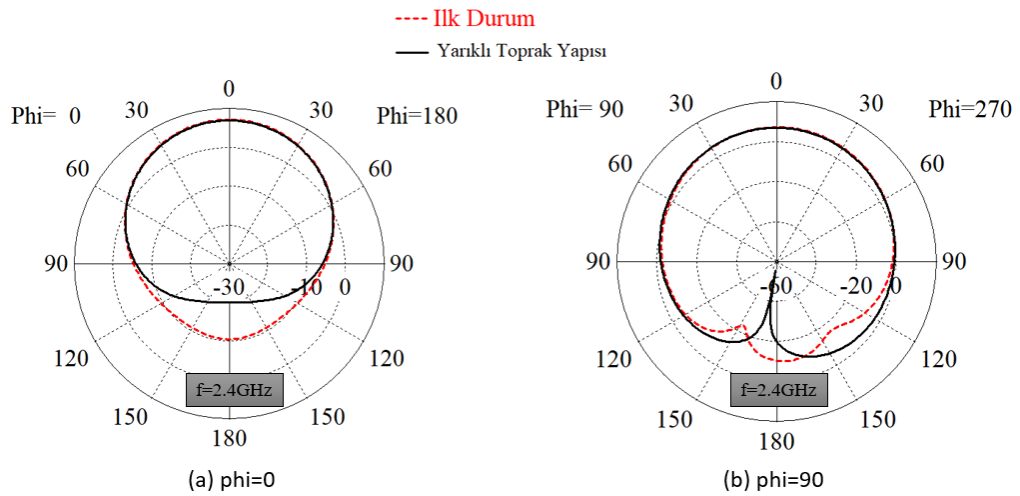


Şekil 3.41. Model 2 antenin S₁₁ grafiği

Tablo 3.14. Model 2 anten parametrik sonuçları

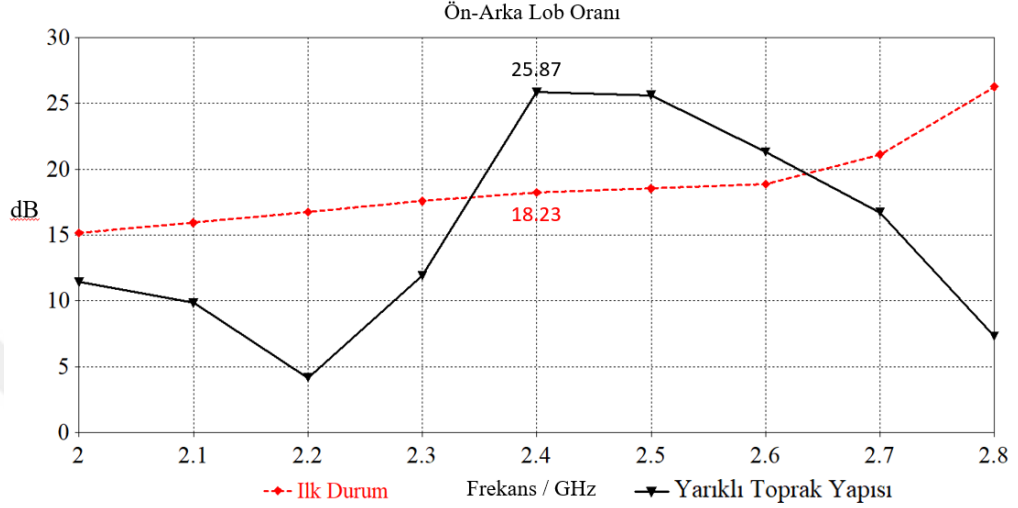
| Anten | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-----------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18.23 |
| Model 1 | 6,81 | -24,4 | 6,82 | | -30,62 | 22,35 |
| Model 2 | 6,86 | | 6,86 | | -30,09 | 25.87 |

Şekil 3.42’de yarıklı toprak yapısının 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları görülmektedir. İlk durumda 7.15dBi olan anten kazancı, YTY sonrasında $\text{Phi}0^\circ = 6.86\text{dB}$ ve $\text{Phi}90^\circ = 6.86\text{dB}$ olduğu görülmektedir.



Şekil 3.42. Model 2 antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

Şekil 3.43'te yarıklı toprak yapısı uygulanan antenin 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. ÖALO antenin çalışma frekansı olan 2.4 GHz'de mevcut antene göre 7.64dB artmış ve 25.87dB olmuştur. ÖALO yarıklı toprak yapısının uygulandığı ilk anten çalışmasına göre de 3.52dB'lik artış sağlanmıştır.



Şekil 3.43. Model 2 anten ön arka lob oranı

Ön arka lob oranının en yüksek değeri ilk çalışmalarda 1mm genişliğindeki üst yarığın yama antene 5mm uzaklıkta olması ile elde edilmiştir.

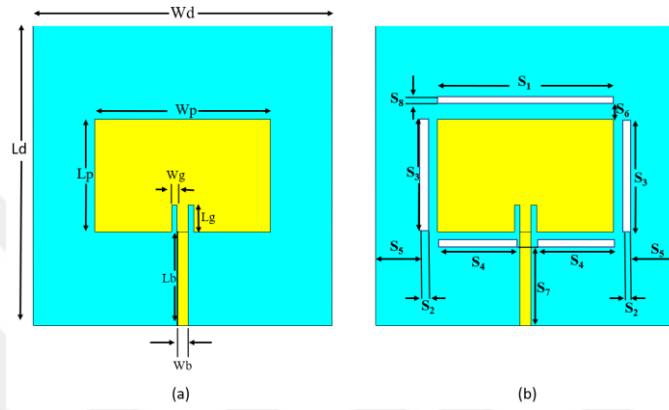
Üst yarığın yama antene olan uzaklığının optimize edilmesi için üst yarığın yama antene $S_6 = 1\text{mm}$ mesafeye konumlandırılmış ve yapılan analizlerde istenmeyen geriye doğru ışımaların arttığı ve ön arka lob oranının 2.4GHz'de 2.52dB olduğu görülmüştür. Anten rezonans frekansının 2.42GHz ve geri dönüş kaybı -28,02dB değerini almaktadır.

Yarığın genişliği $S_2 = 1\text{mm}$ ve yama anten ile yarığın arasındaki mesafe $S_6 = 3\text{mm}$ olduğunda ön arka lob oranı 2.4GHz'de 18.11dB, 2.5GHz frekansında ise 33.76dB olmaktadır. Yarığın genişliği $S_2 = 0,5\text{mm}$ yapılarak 2.5GHz'deki ÖALO 2.4GHz'e kaydırılmaya çalışılacaktır.

Üst yarığın yama antene 1mm mesafede olduğunda istenmeyen geriye doğru ışımaların artması ve ön arka lob oranının azalması nedeniyle Şekil 3.44'te görüldüğü gibi üst yarığın genişliği $S_8 = 0.5\text{mm}$ ve yama antene olan uzaklığı $S_6 = 3\text{mm}$ olarak değiştirilmiş ve diğer tüm ölçüler sabit tutularak anten parametreleri analiz edilmiştir.

Tablo 3.15. Model 3 anten parametrik sonuçları

| Anten | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-----------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18,23 |
| Model 1 | 6,81 | -24,4 | 6,82 | | -30,62 | 22,35 |
| Model 2 | 6,86 | | 6,86 | | -30,09 | 25,87 |
| Model 3 | 6,86 | | 6,9 | | -25,55 | 28,71 |



Şekil 3.44. Yarıklı toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 3), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri

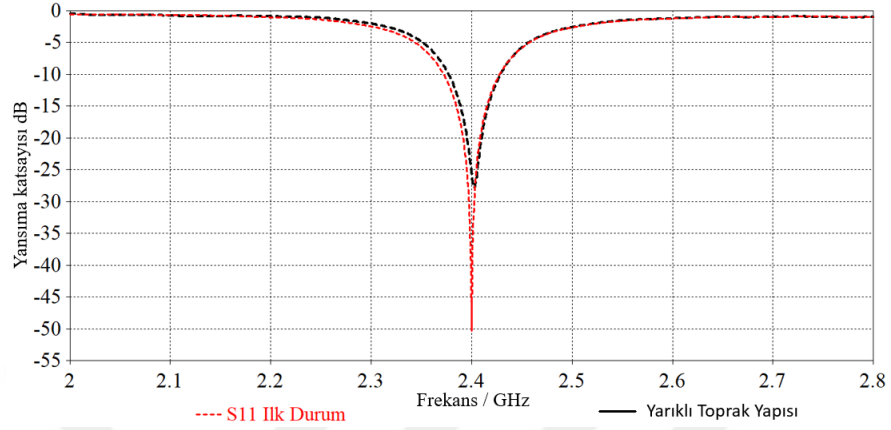
Tablo 3.16. Model 3 anten ölçüleri (mm)

| | | | |
|----|------|----------------|------|
| Wd | 80 | S ₁ | 47 |
| Ld | 80 | S ₂ | 1 |
| Wp | 47 | S ₃ | 30 |
| Lp | 30 | S ₄ | 20,5 |
| Wg | 1,5 | S ₅ | 13,5 |
| Lg | 7,16 | S ₆ | 5 |
| Lb | 25 | S ₇ | 19 |
| Wb | 2,98 | S ₈ | 0,5 |

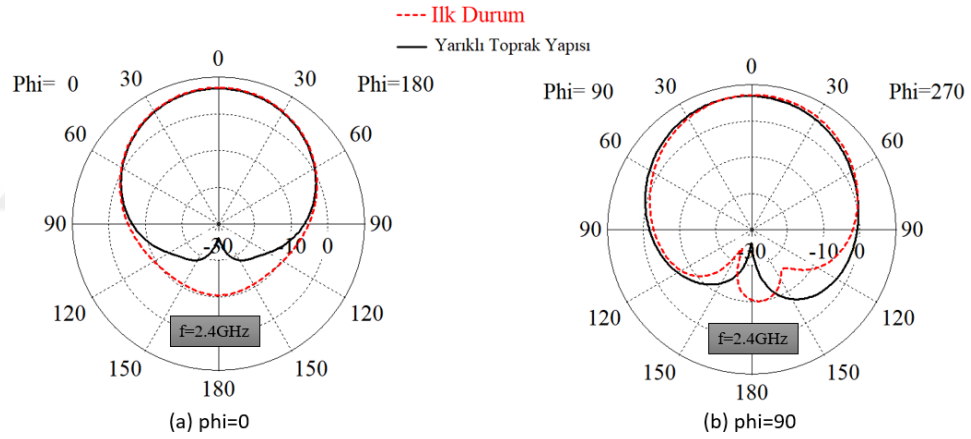
Şekil 3.45’de Model 3 mikroşerit antenin yansıma katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir. Yapılan analizde 2.4GHz’deki geri dönüş kaybı -25.55dB değerini almaktadır.

Şekil 3.46’de Model 3 mikroşerit antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışıma diyagramları görülmektedir. İlk durumda 7.15dBi olan anten kazancı, YTY sonrasında

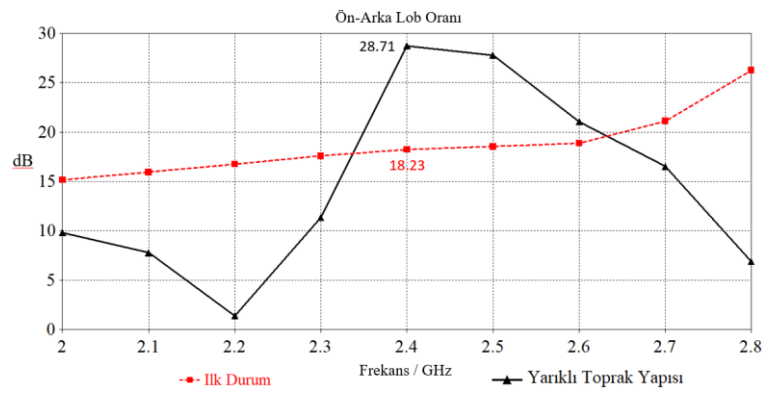
$\Phi_{0^\circ} = 6.86\text{dB}$ ve $\Phi_{90^\circ} = 6.9\text{dB}$ olduğu görülmektedir. Işıma diyagramları incelendiğinde özellikle Φ_0 açısında arka lob seviyesinin mevcut duruma göre çok daha iyi seviyede olduğu görülmektedir.



Şekil 3.45. Model 3 antenin S11 grafiği



Şekil 3.46. Model 3 antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışırma diyagramları

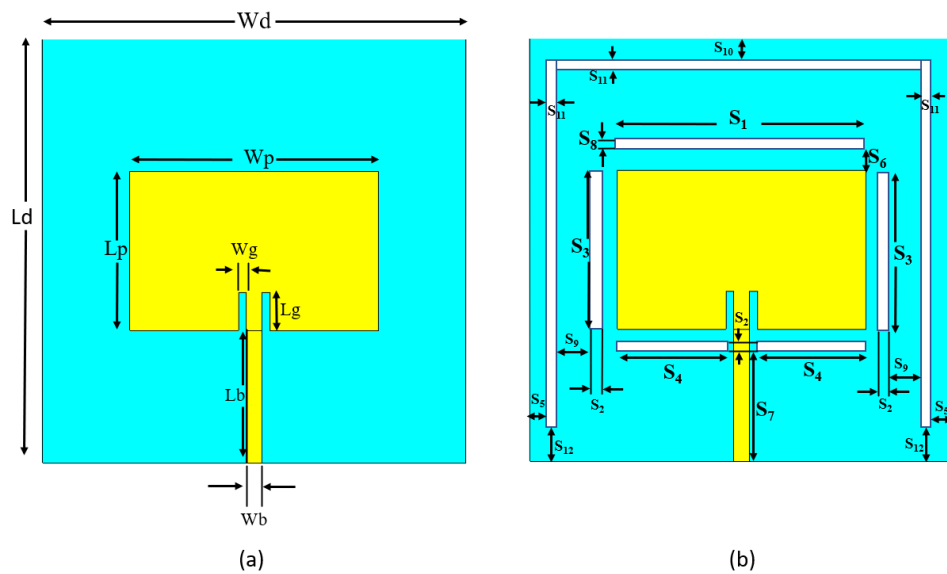


Şekil 3.47. Model 3 anten ön arka lob oranı

Şekil 3.47’de Model 3 mikroşerit antenin 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. Yarık genişliği $S_2 = 1\text{mm}$ ve yama anten ile yarık arasındaki mesafe $S_6 = 3\text{mm}$ olduğunda 2.5GHz’de daha yüksek olan ön arka lob oranını 2.4GHz’e düşürmek için yarık genişliği $S_2 = 0,5\text{mm}$ yapılmıştır. Hedeflendiği gibi 2.4 GHz çalışma frekansındaki ÖALO, mevcut antene göre 10.48dB artarak 28.71dB seviyesine ulaşmıştır. Model 1 antene göre de 6.36dB’lik artış sağlanmıştır.

Yarıklı toprak yapısı ile yapılan anten modellerinde üst yarığın genişliği ve yama ile mesafesi ÖALO üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Üst yarığın yama ile arasındaki mesafe değiştirilerek yapılan analizler sonucunda mesafe $S_6 = 3\text{mm}$ olarak optimize edilmiştir. Ayrıca $S_6 = 3\text{mm}$ olarak sabitlenip üst yarığın genişliği azaltıldığında da ön arka lob oranında artış sağlanırken yarık genişliği artırıldığında ise ÖALO düşmektedir.

Tasarım için en uygun üst yarık genişliğini belirlemek için Model 3 anteni üzerinde $S_2 = 0,5\text{mm}$ ’den daha küçük yarık genişliği denemeleri yapılmıştır. Yarık genişliği $S_2 = 0,2\text{mm}$ ’ye düşürüldükten sonra yapılan simülasyonlarda antenin rezonans frekansı mevcut duruma göre değişmemiş ve 2.4GHz olarak ölçülmüştür. Arka lob seviyesinin $S_2 = 0,5\text{mm}$ genişliğindeki yarığa göre daha iyi seviyede olduğu ve ön arka lob oranının da 2.4GHz’de 30.70dB değerine yükseldiği görülmüştür. Yarık genişliği $S_2 = 0,1\text{mm}$ olduğu durumda ÖALO 19.33dB’ye düşmektedir.



Şekil 3.48. Yarıkli toprak yapısı uygulanmış mikroşerit anten (Model 4), (a) Mevcut anten ölçüleri, (b) Yarıkların ölçüleri

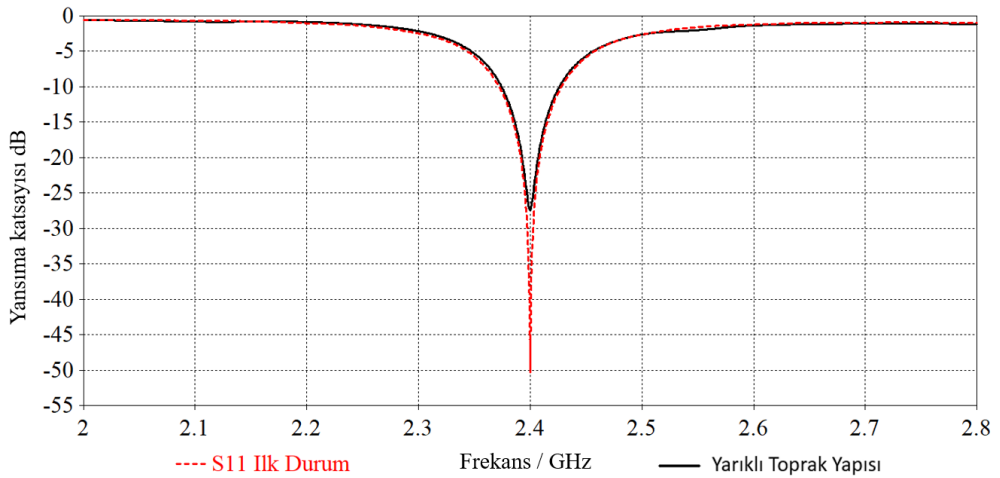
Final tasarımda üst yarık genişliği $S_8 = 0,2\text{mm}$ ve yama antene olan mesafesi $S_6 = 3\text{mm}$ olacak şekilde optimize edilmiştir (Tablo 3.17).

Yamanın sağ ve sol kısımlarına yerleştirilen ve yama ile aynı uzunluğu sahip yarıklar ile yama besleme hattının sağ ve sol kısımlarına simetrik olarak yerleştirilen yarıkların genişlikleri $S_2 = 1\text{mm}$ 'den $S_2 = 1,5\text{mm}$ 'ye çıkarılmıştır. Ayrıca yarıklı toprak yapılarında kullanılan "U tipi" yapı Şekil 3.49'da görüldüğü gibi toprak tabakaya kazınarak anten parametreleri analiz edilmiştir.

Tablo 3.17. Model 4 anten ölçüleri (mm)

| | | | | | |
|----|------|----------------|------|-----------------|------|
| Wd | 80 | S ₁ | 47 | S ₇ | 18,5 |
| Ld | 80 | S ₂ | 1,5 | S ₈ | 0,2 |
| Wp | 47 | S ₃ | 30 | S ₉ | 7 |
| Lp | 30 | S ₄ | 20,5 | S ₁₀ | 4 |
| Wg | 1,5 | S ₅ | 5 | S ₁₁ | 1 |
| Lg | 7,16 | S ₆ | 3 | S ₁₂ | 5 |
| Lb | 25 | | | | |
| Wb | 2,98 | | | | |

Şekil 3.50'de mikroşerit yama anten final tasarımının yansımaya katsayıları grafiği görülmektedir. Değişimler 2-2.8GHz aralığında incelenmiştir. Yansımaya katsayısı grafiği analiz edilirken geri dönüş kaybının $S_{11} \leq -9.5\text{dB}$ olması hedeflenmektedir. Yapılan analizde 2.4GHz'deki geri dönüş kaybı -27.5dB değerini almaktadır.



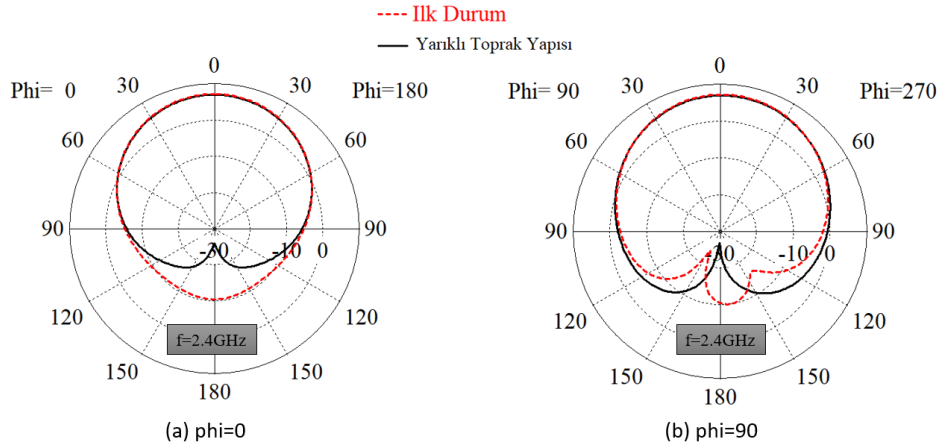
Şekil 3.49. Model 4 antenin S11 grafiği

Şekil 3.51’de yarıklı toprak yapısının 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları görülmektedir. Mikroşerit antenlerin ön arka lob oranı, geri yönde ışımaya ya da parazitler istenmediğinde ileri yöndeki kazancın kabul edilebilir seviyede azalması ile artırılabilir.

Tablo 3.18. Model 4 anten parametrik sonuçları

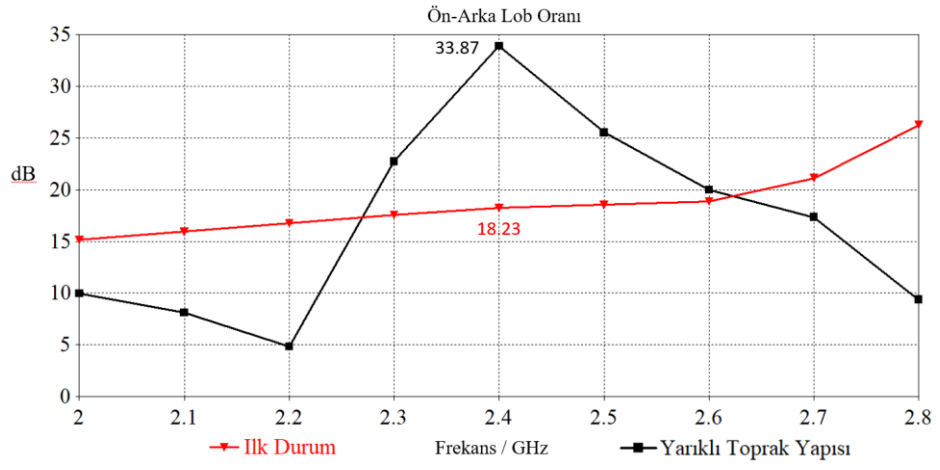
| Anten | Phi 0 | | Phi 90 | | S11 (dB) | ÖALO (dB) |
|-----------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------|-----------|
| | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | Anten Kazancı (dBi) | Arka Lob Seviyesi (dB) | | |
| İlk Durum | 7,15 | -17,8 | 7,16 | -17,3 | -45,85 | 18,23 |
| Model 1 | 6,81 | -24,4 | 6,82 | | -30,62 | 22,35 |
| Model 2 | 6,86 | | 6,86 | | -30,09 | 25,87 |
| Model 3 | 6,86 | | 6,9 | | -25,55 | 28,71 |
| Model 4 | 6,91 | | 6,93 | | -27,5 | 33,87 |

İlk durumda 7.15dBi olan anten kazancı, yarıklı toprak yapısı sonrasında $\text{Phi}0^\circ = 6.91\text{dB}$ ve $\text{Phi}90^\circ = 6.93\text{dB}$ olduğu görülmektedir. Bu çalışmada $\text{Phi}0^\circ$ ’de anten kazancının ilk duruma göre 0,24dB azaldığı ancak ışımaya diyagramları incelendiğinde özellikle $\text{Phi}0$ açısında arka lob seviyesinin mevcut duruma göre daha iyi seviyede olduğu görülmektedir.



Şekil 3.50. Model 4 antenin 2.4GHz’de θ açısına bağlı ışımaya diyagramları

Şekil 3.51’de Model 4 mikroşerit antenin 2-2.8GHz aralığında analiz edilen ÖALO oranı görülmektedir. 2.4 GHz çalışma frekansındaki ÖALO, mevcut antene göre 15.64dB artarak 33.87dB seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 3.51. Model 4 anten ön arka lob oranı

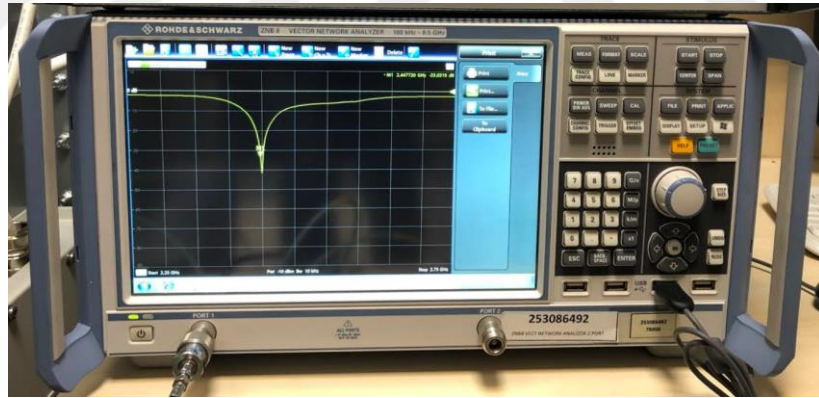


4. PRATİK GERÇEKLEME VE ÖLÇÜMLER

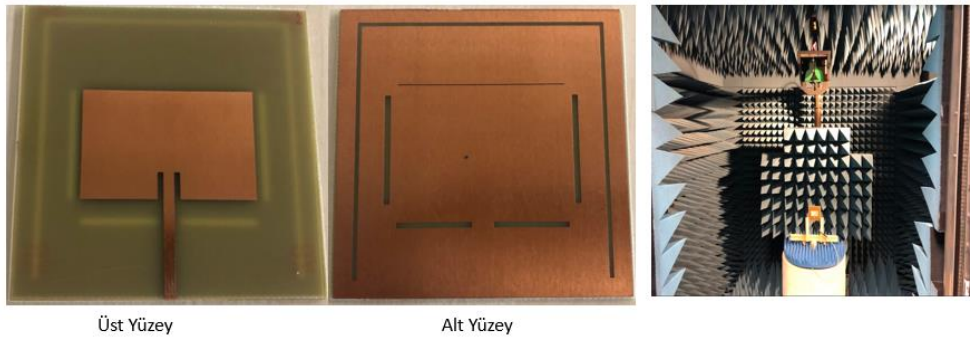
Bu bölümde tez çalışması boyunca ön arka lob oranı artırma denemelerinde en iyi sonucu elde ettiğimiz yarıklı toprak yapısı uygulanmış Model 4 mikroşerit yama antenin pratik çalışması yapılacaktır.

Ölçümü yapılacak mikroşerit anten, dielektrik sabiti $\epsilon_r=4.08$, alt katman yüksekliği $h_1=1,5\text{mm}$ ve kayıp tanjant= $0,015$ olan dielektrik alt katman malzemenen oluşmaktadır. Toprak zemin, dielektrik malzeme ile aynı boyutlarda olup, uzunluğu $L_d=80\text{mm}$ ve genişliği $W_d=80\text{mm}$ ve yüksekliği $h_2=0,035\text{mm}$ olan bakır malzemedir.

Ölçümler Arçelik Çamaşır Makinesi İşletmesi Merkez Ar-Ge Test&Onay Anten Laboratuvarında bulunan tam yansısız odada ve Şekil 4.1’de Rohde Schwarz ZNB8 model network analizör yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Network analizör

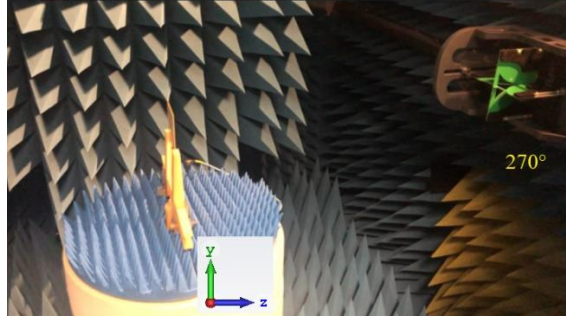


Üst Yüzey

Alt Yüzey

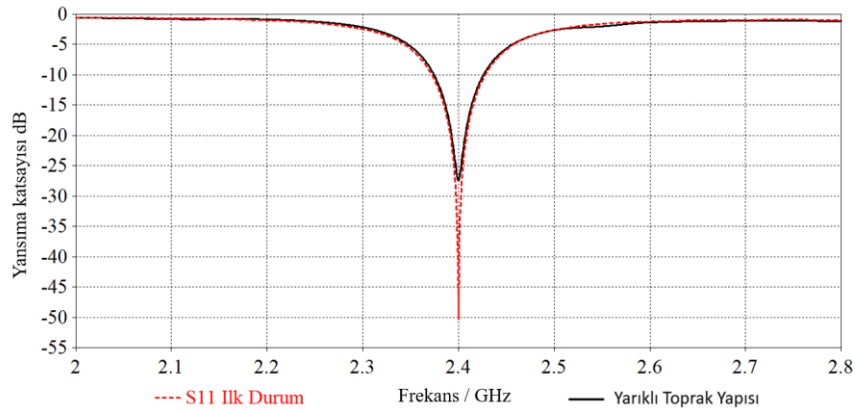
Şekil 4.2. 2.4GHz Yarıklı toprak yapısı anten

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te son tasarım olan yarıklı toprak yapısı antenin tam yansımaz odadaki konumu görülmektedir.



Şekil 4.3. Anten ölçüm açıları

Şekil 4.4'te CST simülasyonu ve Şekil 5.5'te Laboratuvar da alınan yansıma katsayıları grafikleri görülmektedir. CST simülasyonlarında 2.4GHz'deki geri dönüş kaybı -27.5dB değerini almaktadır. Laboratuvar ölçümlerinde de rezonans frekansı 2.44GHz ve geri dönüş kaybı -33.03dB olarak simülasyon ile oldukça yakın değerler ölçülmüştür.

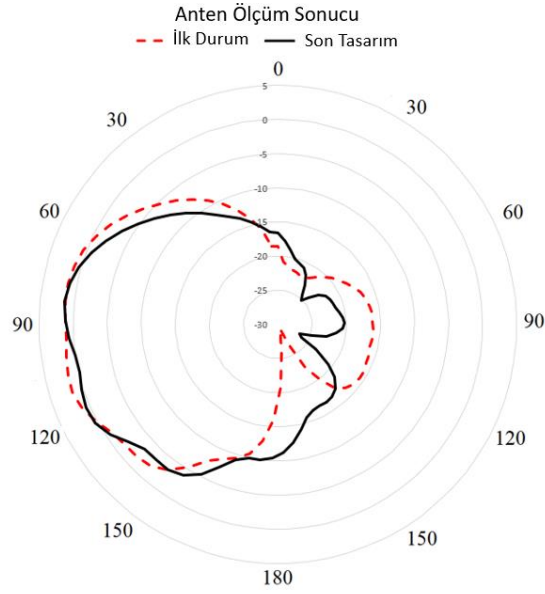


Şekil 4.4. Son tasarım anten CST simülasyonu yansıma katsayısı grafiği

Şekil 4.5'te ön arka lob oranının en yüksek değerde elde edildiği Model 4 mikroşerit yama antenin yansıma katsayısı ölçüm sonuçları verilmiştir. Mikroşerit antenin Şekil 4.3'te görülen yerleşiminde alıcı anten konumuna göre yama antenin bulunduğu dönел platform açısı 270° olduğunda en yüksek ışıma değeri elde edilmektedir. Laboratuvar ölçüm sonuçları incelendiğinde yarıklı toprak yapısı ile yüzey dalgalarının bastırıldığı görülmektedir.



Şekil 4.5. Son tasarım anten laboratuvar ölçümü yansımaya katsayısı grafiği



Şekil 4.6. İlk durum ve son tasarım antenin 2.4GHz'de θ açısına bağlı ışıma diyagramları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, öncelikli olarak EBA, İzole Yumuşak Yüzey Yapısı, iletken plaka ve YTY yöntemlerinin dikdörtgen yapıda ve mikroşerit beslemeli yama antenin yüzey dalgalarının bastırılması ve ön arka lob oranı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analizler, ilk olarak iletken plakaların konumları, yama antene olan uzaklığı ve boyutları değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. İletken üst plakanın yüksekliği ve anten ile arasındaki mesafeler değiştirilerek yapılan analizlerde duvar yüksekliği ile ön arka lob oranının doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Mikroşerit anten ÖLAO üst duvar ile anten arasındaki mesafe ile doğru orantılı iken, iletken plakanın antene 10mm'den daha uzak olduğu durumlarda ön arka lob oranının azalmaktadır. Bu yöntem ile yapılan analizlerde en yüksek ÖALO 27,84dB'dir.

Ayrıca bu tez çalışması kapsamında tasarlanan antenin rezonans karakteristiği ve arka lob seviyelerindeki değişimleri gözlemlemek için toprak tabakasındaki yarıklı yapılar üzerinde çalışılmıştır. Yarıklı toprak yapılarının, tasarlanan antenin rezonans karakteristiği, arka lob ve ön arka lob oranı seviyeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yarıkların genişliği ile antenin ön arka lob oranı arasında ters orantı bulunmaktadır. Ayrıca yarıkların yama anten ile uzaklığı da ÖALO etkilemektedir. Tasarım aşamasında antenin ÖALO, anten performansı, geri dönüş kaybı gibi anten parametrelerinin analizleri için CST simülasyon programı kullanılmıştır. Final tasarım yarıklı toprak yapısı uygulanan antenin 2.4GHz çalışma frekansında yapılan analizlerinde ön arka lob oranının 33.87dB olarak elde edilmiş ve bu sonuç, geleneksel mikroşerit antene kıyasla ön arka lob oranının 15.64dB iyileştirildiğini göstermektedir.

Laboratuvarda gerçekleştirilen uygulamalı anten ölçümlerinde yarıklı toprak yapısının yüzey dalgalarını ve arka lobları bastırdığı doğrulanmıştır.

Yukarıda özetlenen bu tez çalışmasının literatürde çok bantlı anten tasarımı, mikroşerit antenlerin minyatürleştirilmesi ve geniş bantlı anten tasarımı için kullanılan yarıklı toprak yapısının ÖALO oranını artırmada bilimsel katkısı olduğu ispatlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Balanis C. A., *Antenna Theory*, 3rd ed., John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2005.
- [2] Zoubiri B., Mayouf A., Mayouf F., Abdelkebir S., Devers T., Enhancement of Front-to-Back Ratio and Gain of Rectangular Microstrip Antenna Using Novel Elliptical EBG Structure, *Microsystem Technologies: Micro and Nanosystems Information Storage and Processing Systems*, 2018, **24**(8), 3241-3244
- [3] Kim J. H., Lee H. M., Backward Wave Reduction of a Microstrip Patch Antenna Using Dual-Band Isolated Soft Surface Structures, *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Toronto, Canada, 11-17 July 2010.
- [4] Thai T. T., DeJean G. R., Tentzeris M. M., Design and Development of a Novel Compact Soft-Surface Structure for the Front-to-Back Ratio Improvement and Size Reduction of a Microstrip Yagi Array Antenna, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2008, **7**, 369-373.
- [5] Lee H., Kim J., Front-to-Back Ratio Improvement of a Microstrip Patch Antenna Using an Isolated Soft Surface Structure, *European Microwave Conference (EuMC)*, Rome, Italy, 29 September-1 October 2009.
- [6] Er-rebyiy R., Zbitou J., Tajmouati A., Latrach M., Errkik A., El Abdellaoui L., A New Design of a Miniature Microstrip Patch Antenna Using Defected Ground Structure DGS, *International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems (WITS)*, Morocco, Fez 19-20 April 2017. 2017.
- [7] Ammai L., Anwar R., Nurmantris D. A., Analysis on Multi Rings Defected Ground Structure for Microstrip Antenna Miniaturization, *International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 18-20 September 2017.
- [8] Marotkar D. S., Zade P., Bandwidth Enhancement of Microstrip Patch Antenna Using Defected Ground Structure, *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, Chennai, India, 3-5 March 2016.
- [9] Hussain Shah S. I., Bashir S., Altaf A., Hussain Shah S. D., Compact Multiband Microstrip Patch Antenna Using Defected Ground Structure (DGS), *International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED)*, Tbilisi, Georgia, 22-25 September 2014.

- [10] Ripin N., Saidy W. M. A. W., Sulaiman A. A., Rashid N. E. A., Hussin, M. F., Miniaturization of Microstrip Patch Antenna through Metamaterial Approach, *Student Conference on Research and Development, Research and Development (SCORED)*, Putrajaya, Malaysia, 16-17 December 2013.
- [11] Wulandari I. Y., Alaydrus M., Observation of Multiband Characteristics of Microstrip Antenna Using Defected Ground Structure, *International Conference on Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*, Jakarta, Indonesia, 21-23 November 2017.
- [12] Ananthi S., Dhanasekaran S., Front-to-Back Ratio Improvement of a Microstrip Patch Antenna by Using Co-Planar Rod Parasitic Elements for 1.8 GHz Wireless Applications, *International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, Chennai, India, 1-2 August 2017.
- [13] Kumar G., Ray K.P., *Broadband Microstrip Antennas*, Artech House, 2003.
- [14] Bisht S., Saini S., Prakash V., Nautiyal B., Study The Various Feeding Techniques of Microstrip Antenna Using Design and Simulation Using CST Microwave Studio, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2014, **4**(9), 318-324.
- [15] Özdemir D., Genişbant Gsm-umts Mikroşerit Yama Anten Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 245322
- [16] Singh S., Agarwal N., Nitin N., Jaiswal A.K., Design Consideration of Microstrip Patch Antenna, *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, 2013, **2**(1), 306–316.
- [17] Cho T. J., Lee, H. M., Front-to-Back Ratio Improvement of a Microstrip Patch Antenna by Ground Plane Edge Shaping, *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Toronto, Canada, 11-17 July 2010.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Çetintürk E., Çakır G.,** Mikroşerit Yama Antenlerde Yarıklı Toprak Yapısı (YTY) Kullanılarak Ön-Arka Lob Oranının (ÖALO) Arttırılması, *ICAR*, Bolu, Türkiye,17-19 Şubat 2020.



ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Kadıköy/İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli 'de tamamladı. 2003 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Elektronik Öğretmenliği Bölümü'nden 2008 yılında mezun oldu. 2013 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. 2017 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans mezun durumunda öğrenimine devam etmektedir. 2010 yılından bu yana Arçelik Çamaşır Makinesi İşletmesinde çalışmaktadır.

