

2.47 GHz İÇE GİRİNTİLİ MİKROŞERİT YAMA ANTEN TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

2.47 GHz INSET - FEED MICROSTRIP PATCH ANTENNA DESIGN AND OPTIMIZATION

Meryem AKKAŞ¹, Selçuk Alparslan AVCI¹


¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karabük Üniversitesi

meryemakkas20@gmail.com

 ORCID ID: 0009-0009-3655-4973

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karabük Üniversitesi

selcukavci@karabuk.edu.tr

 ORCID ID: 0000-0003-4918-5272

Özet

Yama antenler en çok kullanılan anten türüdür. Yama antenlerinin tercih edilmesinin sebebi hafifliği, biçimsel yapısı, düşük üretim maliyeti ve kullanım kolaylığı sağlamasıdır. Bu antenler özellikle mobil iletişim ve kablosuz ağ haberleşmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Artan veri trafiğinin ve hızın kritik öneme sahip olması, düşük geri dönüş kaybı, geniş bant ve küçük boyutlarda uygun anten tasarımlarını gerektirmiştir. 2.4 GHz frekansındaki antenler ise bu gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilmiştir. Bu çalışma, 2.47 GHz frekansında geri dönüş kaybı -25.41 dB olan bir mikroşerit yama (MY) anten tasarımını içermektedir. İstenilen amaca uygun olarak optimizasyonlar gerçekleştirilmiş ve antenin analizi yapılmıştır. Önerilen içe girintili antenin tasarım hesaplamaları, simülasyon sonuçları ile uyumlu bir şekilde gözlemlenmektedir. Bu gelişmeler, kablosuz iletişim teknolojilerinde etkili ve güvenilir çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Mikroşerit yama anten, geri dönüş kaybı, içe girintili besleme, optimizasyon.

Abstract

Patch antennas are the most commonly used antenna type. The reason for choosing patch antennas is their light weight, compact design, low production cost, and ease of use. These antennas are especially important in mobile communication and wireless network communications. The critical importance of increased data traffic and speed has led to the need for suitable antenna designs with low return loss, wide bandwidth, and small size. Antennas in the 2.4 GHz frequency range have been developed to meet these requirements. This study includes a microstrip patch antenna design with a return loss of -25.41 dB at a frequency of 2.47 GHz. Optimizations have been carried out to meet the desired goals, and the antenna has been analyzed. The design calculations for the proposed inset-fed antenna have been observed to align with simulation results. These developments aim to provide effective and reliable solutions for wireless communication technologies.

Keywords: Microstrip patch antenna, return loss, inset-feed, optimization.

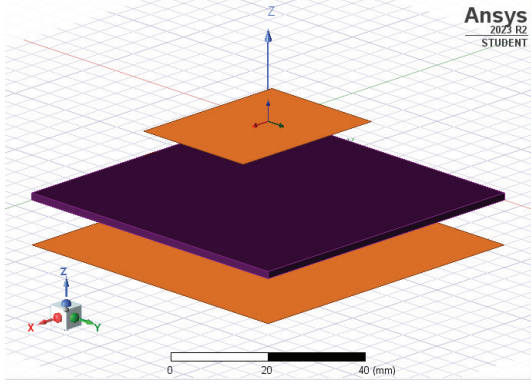
1. Giriş

İletişim teknolojilerindeki hızlı evrim, sinyallerin güvenilir bir şekilde iletilmesi ve alınması için kullanılan anten teknolojilerine olan talebi artırmıştır. Bu bağlamda, kablosuz iletişim sistemlerinde etkili ve verimli çözümler arayışı, mikroşerit antenlerin önemini daha da vurgulamaktadır. 1950'lerde keşfedilen mikroşerit antenler, özellikle 1970'lerden sonra yaygın olarak ilgi görmeye başlamış ve son on beş yılda önemli gelişmeler kaydetmiştir [1].

Çeşitli geometrilerle tasarlanabilen ışına yama kısımları, mikroşerit antenleri diğer anten türlerinden ayıran özelliklerdir. Bu çalışma, mikroşerit yama antenlerin avantajları ve dezavantajlarını kullanarak Ansys HFSS programının da optimizasyon yöntemleriyle uygun tasarım gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Literatürde araştırma yapıldığında mikroşerit yama anten tasarımı üzerine birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma için bazı çalışmalar incelenmiştir [2-6]. Diğer bir çalışmada, belli bir frekans bandını filtreleyen yama anten tasarlanmıştır [7]. Farklı bir çalışmada ise yüksek kazançlı bir yama anten tasarlanmıştır [8].

Yüksek performanslı hava ve uzay araçları, uydu, füze gibi önemli uygulamalarda mikroşerit antenler tercih edilmektedir [9]. Ayrıca, maliyeti düşük, küçük boyutlarda ve işlevsel antenlerin tasarımı, radyo uygulamaları ve haberleşme cihazları için önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Mikroşerit yama antenler, belirli frekanslarda sinyallerin alınması ve iletilmesini sağlayan ve bu amaç ile kullanılan bir anten türüdür.



Şekil 1: Yama, alttaş, toprak gösterimi.

Şekil 1’de görülen mikroşerit yama anteni oluşturan temel parametreler ışınmayı sağlayan iletken yamanın uzunluğu, genişliği, taban malzemesinin kalınlığı ve yalıtkan tabanın dielektrik geçirgenliğidir.

İletken yamanın kalınlığı genellikle hesaplamalarda ihmal edilir, ancak bu çalışmada kalınlıkları 0.1mm olarak değerlendirilerek tasarım yapılmıştır.

2. Önerilen Tasarım

Mikroşerit yama anten tasarımı için iletken hat modeli, mikroşerit yama anten boyutlarını hesaplayabilmek amacıyla kullanılmıştır. Mikroşerit anten tasarımına başlarken ilk adım olarak, antenin çalışması istenen merkez frekansı ve bant aralığı belirlenmektedir. Daha sonrasında, kullanılacak olan taban malzemesi özenle seçilir.

Başlangıçta temel dikdörtgen yama anteni tasarlandıktan sonra, antendeki dikdörtgen yamanın boyutları, besleme hatları ve diğer parametreler en iyi performansı sağlamak üzere optimize edilerek tasarlanmaktadır.

Günümüzde, çeşitli kablosuz iletişim uygulamaları ve cihazlar bazı ortamlarda 2.4 GHz lisanssız ISM frekans bandında çalışmaktadır. 2.47 GHz frekansı, 2.4 GHz bandının içinde yer alır ve bu bant, lisans gerektirmemesi nedeniyle birçok kablosuz iletişim cihazında tercih edilir. İlave olarak taşınabilir elektronik cihazlara ve ev otomasyon sistemlerine etkin bir şekilde entegre edilebilir. Bu frekansın seçimi, mevcut teknolojilerle uyumluluğu ve geniş uygulama alanı nedeniyle tercih edilmiştir.

Antenin çalışma frekansını belirleyen dielektrik sabiti, antenin elektromanyetik alan etkinliği üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu tasarımda dielektrik sabiti olarak 4.4 değeri tercih edilerek antenin hedeflenen frekans bandında en iyi performansı sağlanması amaçlanmıştır.

2.1. Anten Parametreleri

Mikroşerit yama antenin tasarımında, yama uzunluğu ve genişliği gibi temel parametreler, belirlenen frekans ve bant genişliği hedeflenen 2.4 GHz değeri üzerinden seçilmiştir. Bu seçim, antenin istenilen performansı elde etmesi için kritik bir adımdır. Ayrıca, antenin dielektrik malzeme özellikleri, dielektrik sabiti ve kayıp tanjantı değerleri üzerinden seçilerek

antenin çalışma frekansını etkileme potansiyeline sahip olan bu faktörler göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 1: 2.47 GHz için kullanılan bazı anten parametreleri

Frekans	2.47 GHz
Alttaş türü	FR4
Dielektrik sabiti	4.4
Alttaş yüksekliği	1.6mm

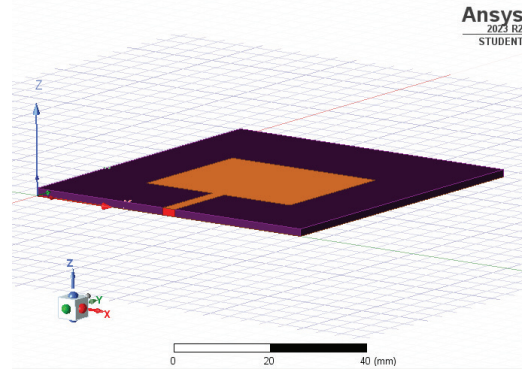
Yama uzunluğu ve genişliği hesaplamaları, klasik formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarım sürecinde, matematiksel programlar ve simülasyon araçları kullanılarak yapılan hesaplamalar, antenin temel özelliklerini belirlemek için önemli bir rol oynamıştır. Bu analitik çalışmalar, tasarım sürecindeki matematiksel temellere dayalı olarak antenin optimize edilmesine ve istenilen performans özelliklerine ulaşmasına yardımcı olmuştur.

3. Simülasyon Tasarımı

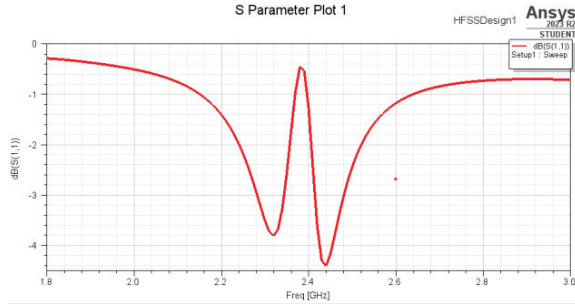
Matematiksel olarak hesaplamaları yapılan antenin, HFSS programı yardımıyla tasarımı yapılmıştır. High-Frequency Structure Simulator (HFSS), elektromanyetik alan simülasyonları yapmak ve RF (Radyo Frekansı) ve mikrodalga uygulamalarındaki elektromanyetik problemleri analiz etmek için kullanılan güçlü bir yazılım paketidir [10]. Anten tasarımında HFSS kullanımı, analitik ve deneysel yöntemlere alternatif olarak, zaman ve maliyet açısından daha verimli sonuçlar elde etmemizi sağlar.

3.1. Çizim Aşaması

Programda çizimi yapılmak istenen antenin öncelikle alttaş çizimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’ de görüldüğü gibi toprak tabakası, alttaşın taban kısmına uygun bir şekilde çizilmiştir. Alttaşın üst kısmına dikdörtgen yama eklenerek formüllere uygun olarak boyutlandırılmıştır. Besleme ölçüleri, yama ölçülerine uygun çizilmiştir. Ayrıca, Şekil 2’ de besleme ölçülerine uygun şekilde alttaşın yan yüzeyine port çizimi yapılmıştır.



Şekil 2: Port çizimi gösterilmiş mikroşerit yama anten.



Şekil 3: Tasarlanan antenin S11 grafiği.

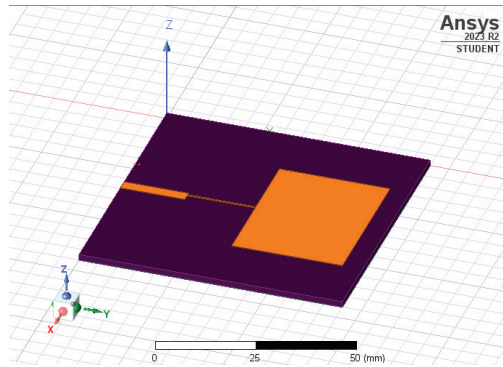
Şekil 3'te görüldüğü üzere S parametresi üzerinden elde edilen değerler, ölçümlerin verimli bir anten tasarımı için uygun olmadığını göstermiştir. Bu durum, anten parametrelerinde gerekli düzeltmelerin yapılmasını gerektirmiştir. Tasarımın optimize edilmesi amacıyla anten parametreleri üzerinde değişiklikler yapılarak, daha etkili bir sonuç elde etme çabası içerisine girilmiştir.

4. Anten Optimizasyonunun Yapılması

Bu bölümde anten yapısına uygulanan çeşitli işlemler ile hedeflenen, antenin bant genişliği, yönlülüğü, verimliliği ve dolayısıyla kazancının istenilen seviyeye çıkarılması amaçlanmaktadır.

4.1. Çeyrek Dalga Dönüştürücü

Çeyrek dalga dönüştürücünün kullanımı, anten sistemlerindeki empedans uyumsuzluklarını gidermekte ve iletim hattındaki yansımaları en az seviyeye indirmektedir. Şekil 4' de çeyrek dalga dönüştürücü eklenmiş mikroşerit yama anten tasarımı görülmektedir.

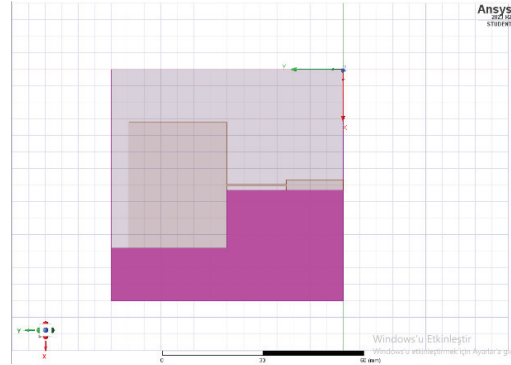


Şekil 4: Çeyrek dalga dönüştürücü mikroşerit yama anten.

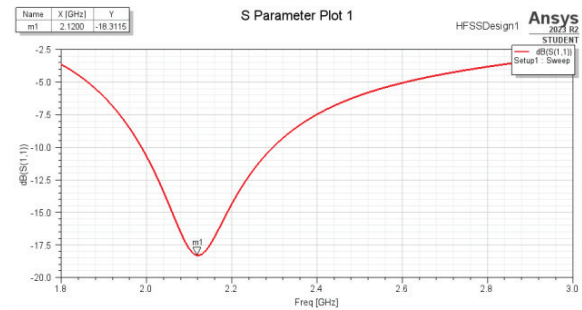
Anten tasarımını optimize etmek adına çeyrek dalga dönüştürücü kullanılmış ve ayrıca yama kısmı, besleme hattı ve toprak kısmına 0.1 mm kalınlık eklenerek tasarımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ancak, S parametresi incelendiğinde, 2.2 GHz frekansında elde edilen sonuç -16.18 dB olarak belirlenmiştir. Bu değer, hedeflenen frekans ve verim seviyelerine ulaşamadığını göstermektedir. Bu nedenle, anten tasarımını daha ileri seviyeye taşımak amacıyla alternatif yöntemlere başvurulmuştur.

4.1.1. L Şekli Verilen Toprak Yüzey

Bu özel geometrik form, antenin yerleşim ve kullanım koşullarına uygun olarak özelleştirilebilmektedir. Bu durum da çeşitli uygulama alanlarında etkili bir şekilde kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Şekil 5'teki L şekilli toprak yüzeyi, anten tasarımlarında başarıyla kullanılan ve yönlülüğü artıran önemli bir tekniktir.



Şekil 5: Dikdörtgen yamalı çeyrek dalga dönüştürücü MY antenin L şekilli toprak yüzeyi.

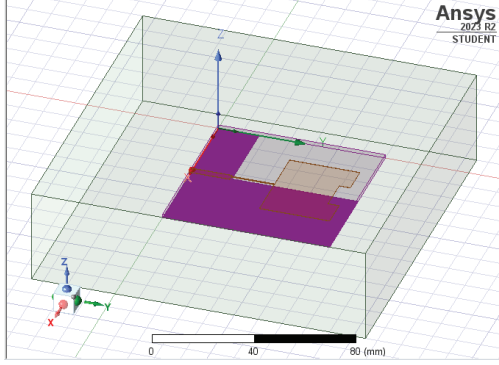


Şekil 6: L şekilli toprak yüzeyi olan dikdörtgen yamalı çeyrek dalga dönüştürücü MY antenin S11 grafiği.

Şekil 6'da görülen S11 grafiği, 2.12 GHz frekansında -18.31 dB geri dönüş kaybı sergilemiştir. Geri dönüş kaybının dB değeri hedeflenen seviyelere yakın olsa da, belirlenen frekans değeri istenilen sonuca ulaşmada yeterli olmamıştır. Bu durum, tasarlanan antenin performansını tam anlamıyla karşılamadığını göstermektedir. Bu nedenle, mevcut anten tasarımı üzerinde farklı yöntemler ve optimize edici stratejiler deneyerek, hedeflenen tasarım parametrelerine ulaşmak istenmektedir.

4.2. Yama Yüzeyinde Yarık (Açıklık) Etkisi

Geri dönüş kaybı değerlerinin -20 dB civarında bulunması, daha etkin bir uyumlandırma için ek işlemlerin gerekliliğini göstermektedir. Dikdörtgen ışıma yamasında farklı geometrik şekillerde uygulanan yarıklar, arızalı rezonans frekanslarının oluşmasını mümkün kılarak uyumluluğu arttırmaktadır. Bu nedenle, daha iyi bir uyum için bu yöntem antenin frekans tepkisinin optimize edilmesine katkı sağlayabilir.



Şekil 7: Dikdörtgen yamadan yarıklar çıkarılarak oluşturulan tasarım.

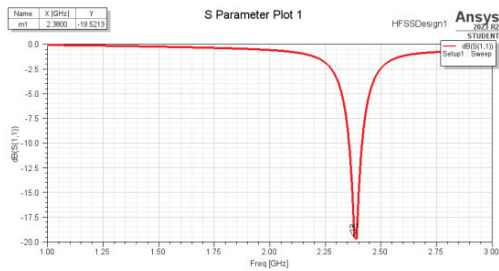
2.45 GHz frekansında -12.87 dB geri dönüş kaybı elde edilmiştir, ancak L şeklindeki toprak yüzeyi ve yama yüzeyinde açıklık oluşturularak gerçekleştirilen anten tasarımı, önceki tasarımlara kıyasla istenilen verimliliği göstermemiştir. Dolayısıyla incelenmiş ve uygulanmış olan bu yöntemler doğrultusunda, tasarımın iyileştirilmesi için uygun yöntem seçebilmek kolaylaşmıştır.

4.3. İçe Girintili Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Bu tasarım, antenin performansını optimize etmeyi hedeflemekte olup, Şekil 7'deki çeyrek dalga dönüşümü ve L toprak modelinin kaldırılmasıyla birlikte içe girinti kullanımının etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Yapılan değişikliklerle elde edilen sonuçlar, antenin istenilen parametrelerine daha yakın bir şekilde ulaşma çabalarını yansıtmaktadır.

Tablo 1: Anten parametreleri

PARAMETRELER	BOYUTLAR (uzunluk x genişlik x kalınlık) (mm)
Alttaş (Substrate)	60 x 60 x 1.6
Toprak (Ground)	60 x 60 x 0.1
Yama (Patch)	29.4 x 38 x 0.1
Besleme (Feed Line)	30 x 03 x 0.1
Açıklık (Slit)	6 x 14 x 0.1
İçe girinti (Cut)	9.5 x 05 x 0.1

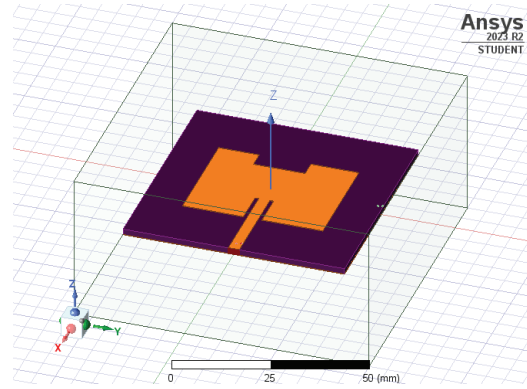


Şekil 8: İçe girintili MY anten tasarımının S11 grafiği.

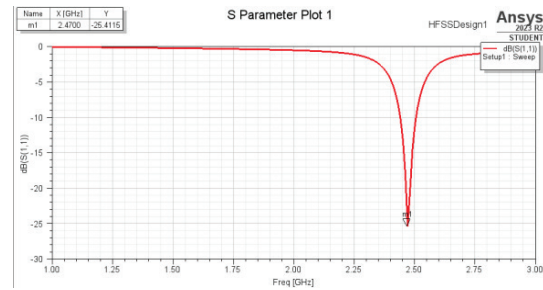
Şekil 8'de gözlemlenen -19.52 dB geri dönüş kaybı değeri, anten tasarımının beklenen başarıya çok yaklaştığını göstermektedir. Frekans ve kazanç değerleri, istenilen hedeflere oldukça yakın bir durumdadır. Ancak, hedeflere ulaşmak adına daha önceki tasarım denemelerinde etkili olan yöntemlerin de dahil edilmesi, antenin potansiyelini daha da artırabilir. Bu sayede, güçlü ve verimli bir anten tasarımı ortaya çıkarmak için yapılan bu çaba, başarıya ulaşma yolunda önemli adımlar atmıştır.

5. Nihai Tasarım

İçe girintili anten tasarımında yama yüzeyinde açıklık oluşturularak geri dönüş kaybının -20 dB altına düşmesi istenmektedir. Bu nedenle daha önceden uygulamış olduğumuz yamada 6 x 14 dikdörtgen oluşturularak subtract komutu ile yamadan çıkarılmıştır. Tasarımın yeni görüntüsü Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9: İçe girintili mikroşerit yama anten de açıklık oluşturulması.

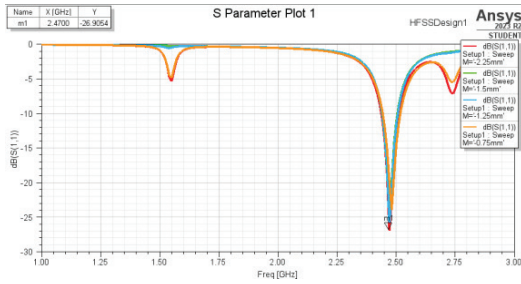


Şekil 10: Açıklık oluşturulmuş içe girintili mikroşerit yama antenin S11 grafiği.

Tablo 1'de belirtilen parametreler kullanılarak gerçekleştirilen tasarımda, içe girintili mikroşerit yama anteni oluşturulmuş ve Şekil 10'da yapının S11 grafiği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, frekans değeri başarılı bir şekilde 2.47 GHz olarak belirlenmiş, bu da tasarlanan antenin istenilen frekansta çalıştığını göstermektedir. Ayrıca, geri dönüş kaybı değeri - 25.41 dB olarak ölçülmüş ve bu verim, tasarımın beklentilere uygun bir performans sergilediğini göstermektedir.

5.1. Nihai Tasarıma Optimizasyon Denemesi

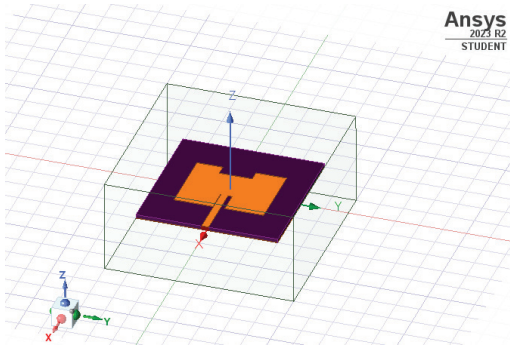
Nihai tasarımı yapılan mikroşerit yama antenin istenilen sonuca ulaştığı görülmüştür. Fakat çeşitli optimizasyon yöntemleriyle daha verimli hale getirilebileceği bilinmektedir. Dolayısıyla Şekil 11’de görüldüğü üzere besleme hattı konumunun HFSS programı aracılığıyla optimizasyon analizi kullanılarak verimi incelenmek istenmiştir.



Şekil 11: Besleme hattı konumu optimizasyon geri dönüş kaybı grafiğı.

Tasarımda besleme hattının y eksenı konumu - 1.5 mm de çizilmiştir. Bu konum değeri -2.25 mm ve -0.75 mm aralıklarında analiz edilmiştir. Analizin geri dönüş kaybı grafiğine bakıldığında kırmızı renkte olan -2.25 mm konumunda 2.47 GHz frekansında -26.90 dB değeri gözlemlenmiştir. Yani geri dönüş kaybı daha iyi sonuç göstermiştir.

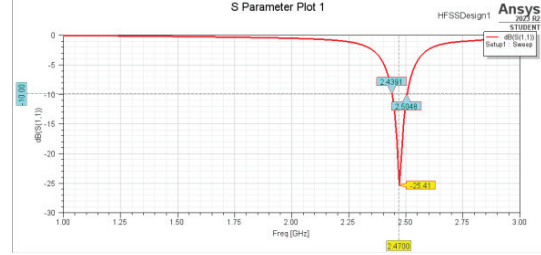
Konumun değıştirilmesiyle Şekil 12’de görüldüğü üzere yama ile besleme hattının ie girinti kısmının mesafesi azalmıştır. Bu durumun antenin üretimini zorlaştıracığı düşünöldüğü için verim de her ne kadar iyi bir sonuca ulaşılmış olsa da bu konum değeri kullanılmayacaktır.



Şekil 12: Antenin besleme hattı konumunun - 2.25 mm getirilmiş tasarımı.

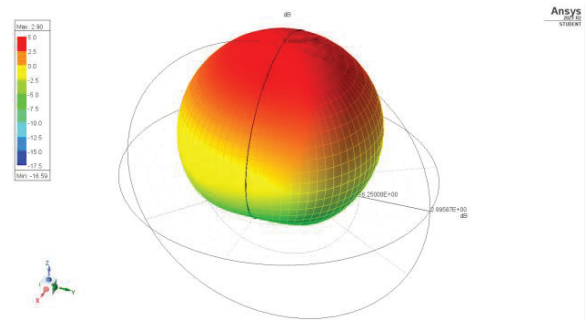
6. Sonuç ve Analiz

Şekil 11’deki geri dönüş kaybı grafiğinde 1.50 GHz ve 2.50 GHz frekanslarında geri dönüş kaybı gözlemlenmiştir. Bu durum, anten performansında belirgin bir zayıflama anlamına gelmektedir. Bu nedenle, en son anten tasarımı olarak Şekil 12’teki tasarımı daha uygun görülmüştür.

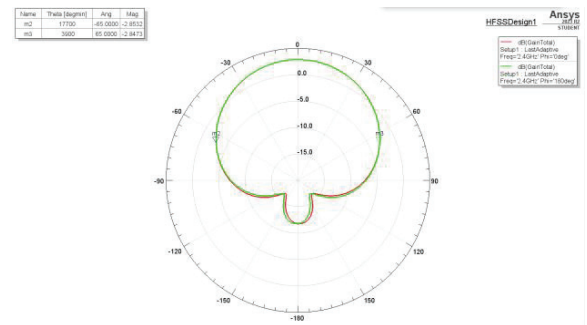


Şekil 13: Nihai anten tasarımının S11 grafiğı.

2.47 GHz’de -25.41 dB geri dönüş kaybı veren anten için Şekil 13 incelendiğinde -10 dB de alt ve üst frekanslar belirlenmiştir. Bu frekanslar 2.5048 GHz ve 2.4391 GHz dir. Bant genişliği hesap edildiğinde 65.7 MHz çıkmıştır. Yüzelik bant genişliği ise % 2.66 olarak bulunur [11].



Şekil 14: Anten ışınma örüntüsü



Şekil 15: Anten hüzme genişliği

Tablo 2: Benzer çalışmaların karşılaştırılması

ÖNCEKİ ÇALIŞMALARLA KARŞILAŞTIRMA	ALTTAŞ (mm)	KAZANÇ (dB)
[12]	120 x 120	1.00
[13]	83 x 50	1.30
[14]	140 x 90	1.68
[15]	100 x 100	2.92
Önerilen Anten	60 x 60	2.90

Şekil 13'te görüldüğü üzere simülasyondaki verilerden çizdirilmiş grafik 2.47 GHz de -25.41 dB sonuç vermiştir. Şekil 14'te görüleceği üzere önerilen antenin kazancı 2.90 dB olarak tespit edilmiştir. Şekil 17'de hüzmeye genişliği yaklaşık olarak 130° olarak gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre geri dönüş kaybı iyi bir anten tasarlanmıştır. Tablo 2'de önceki çalışmalarla karşılaştırılmasında önerilen antenin kazanç bakımından iyi olduğu gözlemlenmiştir.

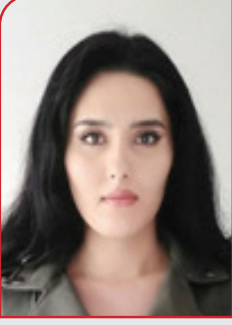
7. Kaynaklar

- [1] R. E. Munson. Single slot cavity antennas assembly, U.S. Patent No.3713162, 1973.
- [2] B. Güngörer, M. Tekbaş ve A. Kayabaşı. 2,4 GHz frekansında çalışan farklı boyut ve besleme yöntemli dikdörtgen mikroşerit anten tasarımları ve gerçekleştirilmesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, cilt 1, sayı 1, ss. 50-58, 2019.
- [3] G. S. Gürsoy ve S. E. B. Keskin. Bant çentik karakteristiği gösteren ultra geniş bant mikroşerit anten tasarımları üzerine bir inceleme. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, cilt 24, ss. 314-320, 2021.
- [4] S. E. B. Keskin. 2,4 GHz geniş bant mikroşerit anten tasarımı. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, cilt 5, sayı 1, ss. 1-14, 2019.
- [5] S. Erdemir ve A. E. Yılmaz. L1 frekansında çalışan e-şekilli mikroşerit GPS anteni tasarımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, cilt 19, sayı 1, ss. 15-26, 2014.
- [6] A. R. Çelik, M. B. Kurt ve S. Helhel. 2.4 GHz'de yüksek kazançlı mikroşerit yama anten tasarım ve gerçekleştirimi, DÜMF Mühendislik Dergisi, cilt 9, sayı 1, ss. 1-12, 2018.
- [7] H. Şimşek, O. Erdoğan ve C. D. Erbaş. Parazitik elemanlar kullanılarak bant filtreleyici düzlemsel anten tasarımı, EMO Bilimsel Dergi, cilt 1, sayı 1, ss. 50-58, 2019.
- [8] C. Chunling. A single-layer single-patch dual-polarized high-gain cross-shaped microstrip patch antenna, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 22(10), pp. 2417-2421, 2019.
- [9] C. A. Balanis. Antenna theory: analysis and design. 3rd ed. New York, NY, USA, Wiley, 1997.
- [10] HFSS. HFSS Software for Next-Generation Design, Ansoft Corporation, Pittsburgh, USA, 2023.
- [11] C. Şeker. UMTS ve WiMAX uygulamaları için c şekilli kompakt mikroşerit anten tasarımı ve

gerçekleştirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi, 2016.

- [12] P. Aflaki, G. Xiao, A. Taeb, T. Ye, C. Py. Printed single-feed circularly polarized UHF reader antenna for RFID applications. In 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, San Diego, California, USA, (2017).
- [13] T. Firmansyah, F. Kurniawan and Y. R. Denny. Multiband microstrip antenna array with slot and array method for GSM, WCDMA, and LTE. In 2017 International Conference on Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP), Jakarta, Indonesia, (2017).
- [14] G. Adriandi, D. Wijoyono, K. D. Pradnyana, K. Devara and F. Y. Zulkifli. Microstrip octagonal patch wideband antenna for mobile communication application. In TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference, Penang, Malaysia, (2017).
- [15] M. Benzaghta, B. Er, G. Bilgin, E. Aydın ve A. Kara. A Miniaturized Multi-layer Microstrip Antenna for Linear Wireless Sensor Network Monitoring Systems. Gazi University Journal of Science, vol. 35(3), pp. 875-884, 2022.

Özgeçmişler



Meryem AKKAŞ, Karabük Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2024 yılında mezun olmuştur. Lisans eğitimi süresince, özellikle bitirme projesi kapsamında anten ve filtre tasarımları üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu projelerde, mikroşerit yama anten tasarımı ve filtre uygulamaları üzerinde yoğunlaşarak, elektromanyetik simülasyon yazılımları ile teorik ve pratik bilgi birikimini geliştirmiştir. Bu alandaki çalışmalarıyla yenilikçi ve uygulamalı çözümler üretmeye yönelik araştırmalarına devam etmektedir.



Dr. Selçuk Alparslan AVCI, 1984 yılında Karabük'te doğdu. Lisans derecesini 2007 yılında Kırıkkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden aldı. Yüksek lisans ve doktora derecelerini Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden sırası ile 2014 ve 2021 yıllarında almıştır. 2022 yılından beri Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Araştırma alanları elektromanyetik alanlar, plazma ortamlar, sayısal yöntemler, anten tasarımı ve yenilenebilir enerji konularıdır.