



DİKDÖRTGEN MİKROŞERİT YAMA ANTENDE KISMİ TOPRAK DÜZLEM YAPININ BANT GENİŞLİĞİ VE ANTEN KAZANCINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Orhan Armağan¹

¹ Yalvaç Teknik Bilimler MYO, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, ISPARTA

ÖZET

Bu çalışmada 2,45GHz çalışma frekansına sahip yarıklı dikdörtgen mikroşerit yama anten tasarımı yapılmıştır. Anten tasarımında 66x101x1,6mm boyutlarında FR4 alttaş malzeme kullanılmış ve antenin yansıma katsayısı, toplam kazanç ve Bant Genişliği değerleri hesaplanmıştır. Antenin toprak düzleminin üç taraftan parametrik olarak indirgenmesiyle oluşturulan kısmi toprak düzlemlerinin antenlerin yansıma katsayısı S11, Toplam Kazanç ve Bant Genişliği değerlerine etkileri incelenmiş ve ilk durumlarla karşılaştırılmıştır. Bu işlemler için Ansoft HFSS ve CST Microwave Studio simülasyon programları kullanılmıştır. HFSS programında 2.45GHz çalışma frekansında yansıma katsayısı -21,43dB değerinden -30,6dB'ye, bant genişliği değeri 41,1MHz'den 290MHz'e ve kazanç değeri de 2.15dB'den 3,56dB'e kadar iyileşmeler gözlenmiştir. CST programında ise 2.45GHz çalışma frekansında yansıma katsayısı -19,85dB'den -35,7dB'ye, bant genişliği 43,1MHz'den 229,8MHz'e ve kazanç değeri 6,98dB'den 7,27dB'ye kadar iyileşmeler gözlenmiştir. Benzer olumlu etkiler farklı anten boyutları için gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 2,45GHz, yansıma katsayısı, kazanç, ISM, bant genişliği, mikroşerit anten, yama anten

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON BANDWIDTH AND ANTENNA GAIN OF PARTIAL GROUND PLANE STRUCTURE ON RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ANTENNA

ABSTRACT

In this study, a slotted rectangular microstrip patch antenna with an operating frequency of 2.45GHz was designed. In the design of the antenna, FR4 substrate material with dimensions of 66x101x1.6mm was used and the reflection coefficient, total gain and Bandwidth of the antenna were calculated. The effects of partial ground planes created by reducing the antenna's ground plane from three sides parametrically on the reflection coefficient S11, Total Gain and Bandwidth values of the antennas were examined and compared with the first cases. Ansoft HFSS and CST Microwave Studio simulation programs were used for these processes. In the HFSS program, improvements were observed in the reflection coefficient from -21.43dB to -30.6dB, the bandwidth value from 41.1MHz to 290MHz, and the gain value from 2.15dB to 3.56dB at 2.45GHz operating frequency. In the CST program, improvements were observed in the reflection coefficient from -19.85dB to -35.7dB, the bandwidth from 43.1MHz to 229.8MHz, and the gain value from 6.98dB to 7.27dB at 2.45GHz operating frequency. Similar positive effects were observed for different antenna sizes.

Keywords: 2,45GHz, reflection coefficient, gain, ISM, bandwidth, microstrip antenna, patch antenna

1. GİRİŞ

Mikroşerit yama antenler, ilk defa 1953 yılında keşfedilmesine [1] ve 1955 yılında patenti alınmasına rağmen [2], 1970'li yıllarda dikkat çekerek popüler olmaya başlamış ve ilk mikroşerit anten tasarımı bu yıllarda yapılmıştır. Küçük yapıları, yüksek frekanslarda çalışabilmesi, tasarımının kolay yapılması ve de maliyetinin düşük olması nedeniyle mikroşerit antenler çok tercih edilmektedir.

Karli ve Ammor, dar bant genişliğine sahip mikroşerit yama antende kısmi toprak düzlemi kullanarak bant genişliğini arttırdıklarını bildirmişlerdir [3].

Kurt 2022 yılında yapmış olduğu yüksek kazançlı dikdörtgen mikroşerit anten tasarımında 2,4 ve 2,5 GHz frekansları için sırasıyla -16,64dB ve -18dB s11 değerleri ile 3,45dBi ve 3,58dBi kazanç değerlerini elde etmiştir [4].

Farklı çalışma frekanslı mikroşerit implant anten tasarımları için CST Microwave Studio programı kullanılmış farklı çalışmalar mevcuttur [5, 6]. Keskin ve Güler çalışmalarında CST programı ile mikroşerit anten tasarımında kısmi toprak düzlem kullanmışlar ve bant genişliği ve kazanç değerleri hesaplamışlardır [7, 8].

2. DİKDÖRTGEN YAMA ANTEN TASARIMI

Balanis kitabında tasarım işlemi, basitleştirilmiş formülasyona dayanarak dikdörtgensel mikroşerit antenlerin pratik tasarımlarını sağlamaya yönelik verilmektedir. Tasarım işlemi, eldeki verilerin; taban malzemesinin dielektrik sabiti (ϵ_r), taban yüksekliği (h) ve rezonans frekansı (fr) olduğunu varsaymaktadır. Yani ϵ_r , f_r , ve h bilinen değişkenleri kullanılarak W genişliği ve L uzunluğu bulunabilir [9]. Bunun için; Etkin bir ışıyan için, iyi ışımaya verimliliğini verecek pratik bir genişlik için 2.1 eşitliği kullanılır.

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} = \frac{v_0}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} \quad 2.1$$

Burada v_0 boşluktaki ışık hızıdır. 2.2 eşitliği kullanılarak mikroşerit antenin etkin dielektrik sabiti belirlenir.

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12\frac{h}{W}\right]^{-1/2} \quad 2.2$$

Eşitlik 2.1 kullanılarak W bulunduktan sonra eşitlik 1.3 kullanılarak ek uzunluk ΔL bulunur.

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon+0,3)\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon-0,258)\left(\frac{W}{h}+0,8\right)} \quad 2.3$$

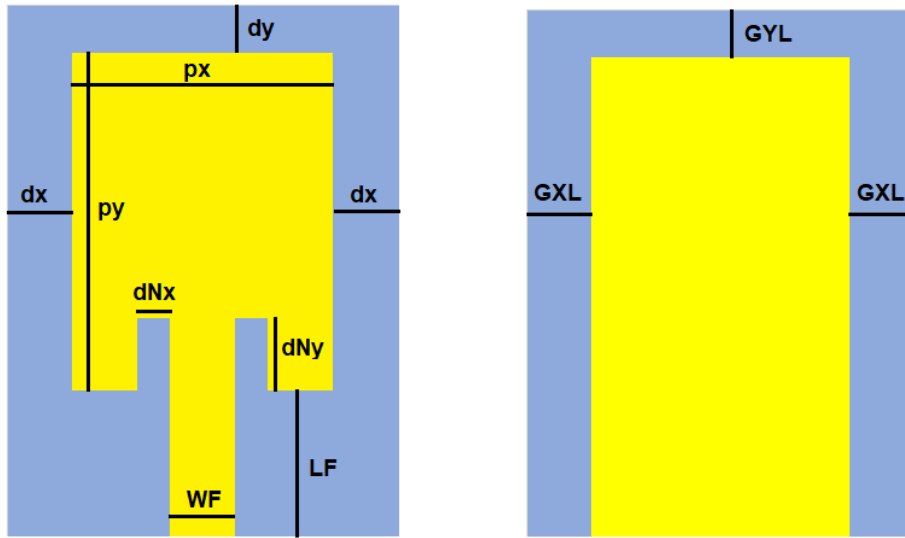
Yamanın gerçek uzunluğu L için eşitlik 2.4 kullanılarak bulunabilir.

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L \quad 2.4$$

Rezonans frekansı 2,45GHz, dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4,3$ ve $h=0,16\text{cm}$ olan FR4 epoxy taban malzemesi kullanarak dikdörtgenel mikroşerit anten tasarımını yapmak için W ve L yukarıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

3. MATERYAL METOD

Dikdörtgen mikroşerit yama anten tasarımı için Ansoft HFSS ve CST Microwave Studio Simulasyon programları kullanılmıştır. Ansoft HFSS ile 2.45GHz çalışma frekanslı dikdörtgen mikroşerit yama anten tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım sırasında FR4 epoxy malzeme ile Şekil 2.1.a'daki anten geometrisi kullanılarak 8 farklı değişkenle parametrik şekilde boyutlandırılmıştır. Parametrik değişkenlere bağlı olarak ISM Bandı 2,45GHz civarı çalışma frekansı için -10dB altında S11 anten yansıma katsayısı değeri elde edilen anten geometrisi parametre değerleri için toplam kazanç simülasyon değerleri kontrol edilmiştir. Bu elde edilen değerlerden optimum s11, bant genişliği ve kazanç değerleri için değişken boyutları belirlenmiştir. Buna göre kullanılan anten boyutu $66 \times 101 \times 1,6\text{mm}$ olmuştur. Daha sonra bu anten boyutları değiştirilmeden Şekil 2.1.b'de görülen GXL ve GYL değişkenlerine göre parametrik kısmi toprak düzlemler oluşturulmuştur. Bu anten için GXL ve GYL değişkenlerinin parametrik değerlerine karşılık S11 anten yansıma katsayısı ve toplam anten kazancı değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Burada optimum s11, bant genişliği ve toplam kazanç değerlerinin elde edildiği GXL ve GYL kısmi toprak düzlem parametrelerin anten bant genişliği ve kazanç değerleri üzerine etkisi hem Ansoft HFSS hem de CST Microwave Studio programları ile simüle edilerek incelenmiştir. Bu ölçüm sonuçlarının tamamı 3. Bölümde açıklanarak tablo ve grafiklerle sunulmuştur.



Şekil 2.1 a.) Dikdörtgen mikroşerit yama anten ön yüzü b.) arka yüzü (toprak düzlemi)

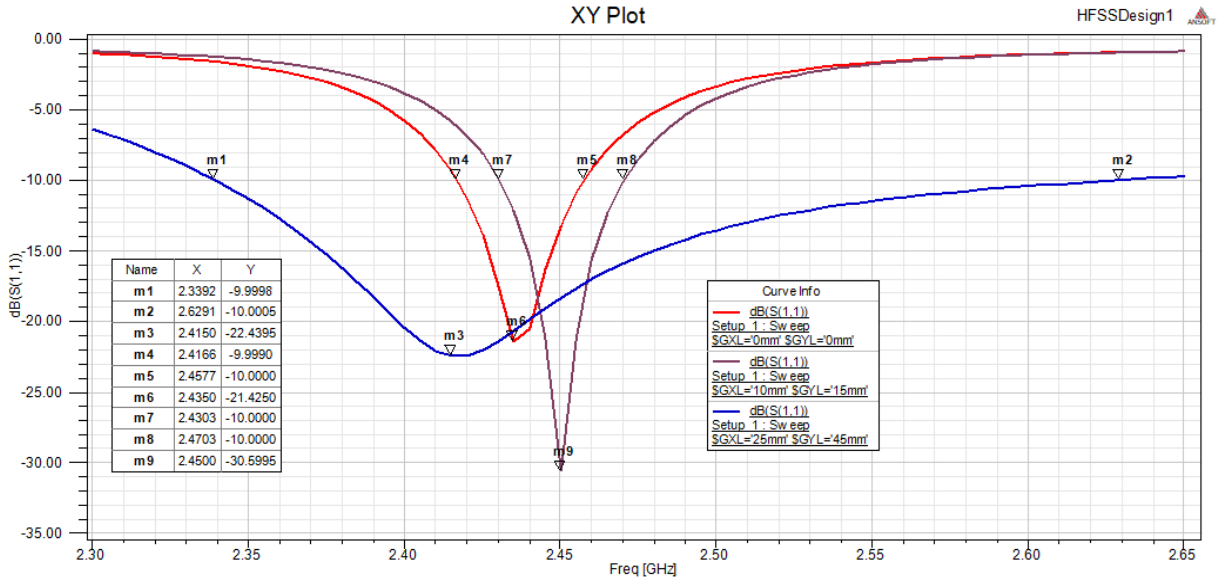
4. SİMULASYON SONUÇLARI

Şekil 2.1’de geometrisi gösterilen anten hem Ansoft HFSS hem de CST Microwave Studio simülasyon programlarıyla tasarlanmış ve 66x101x1,6mm boyutlarındaki yarıklı dikdörtgenel mikroşerit yama anten FR-4_epoxy malzeme kullanılarak tasarlanmıştır. Bu antenin 2 boyutlu toprak düzlemi üzerinde kenarlardan dikey boyutta mm. biriminde GXL değişkeni kadar, yatay boyutta da sadece üst taraftan yine mm biriminde GYL değişkeni kadar parametrik olarak küçültülerek kısmi toprak zeminli dikdörtgen mikroşerit yama antenler oluşturulmuştur. Oluşturulan antenler için s11 değerinin -10dB altında olmasına ve çalışma frekanslarının 2,45GHz civarında olmasına özen gösterilmiştir. Bu duruma uygun antenler için Tablo-1’de HFSS ile elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tabloda GXL=0 ve GYL=0 satırı ilk oluşturulan tam toprak düzlemlilik dikdörtgen mikroşerit yama antene ait 2.15dB kazanç değeri, -21.42dB en küçük yansımaya katsayısı s11 değeri ve -10dB bant genişliği sınırları S11_üst ve S11_alt değerleri ile S11_üst – S11_alt ile hesaplanan bant genişliği değeri yer almaktadır. En büyük kazanç değeri GXL=0 ve GYL=45mm ile 3,56dB, en küçük yansımaya katsayısı değeri GXL=10mm ve GYL=15mm’de S11=-30,6dB, en büyük bant genişliği de GXL=25mm ve GYL=45mm’de BG=290MHz elde edilmiştir.

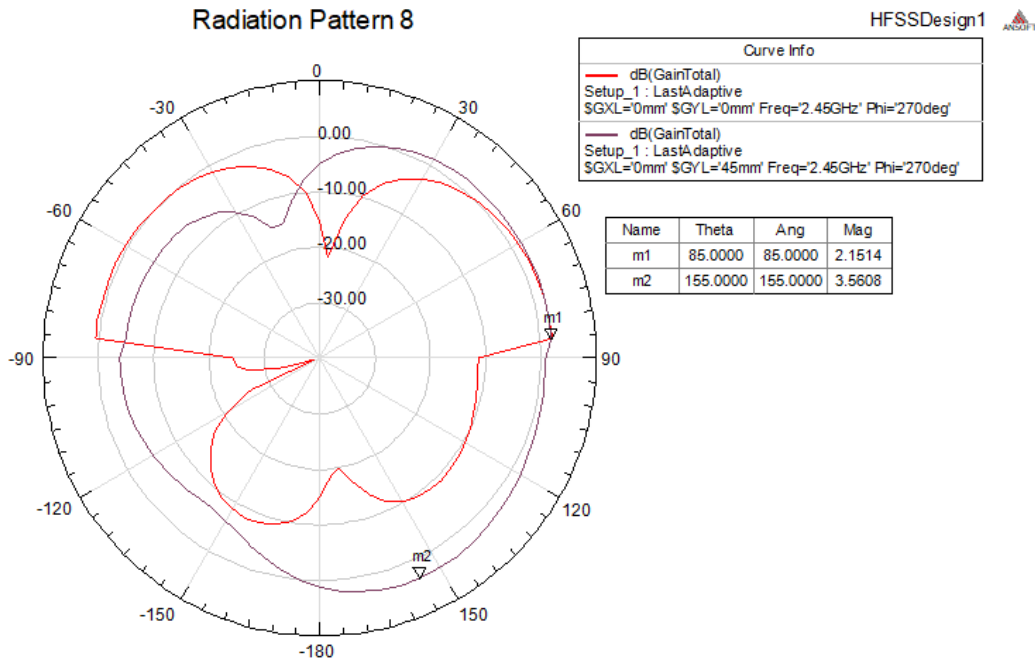
Tablo 1. Px=36mm, py=61mm, LF=25mm, WF=5mm, dx=15mm dy=15mm, dNx=1,5mm, dNy=7.16mm için Ansoft HFSS programı ile elde edilen yansımaya katsayısı, anten kazancı ve band genişliği değerlerinin GXL ve GYL’ye göre değişimleri

Ansoft HFSS						
GXL [mm]	GYL [mm]	S11 Alt (-10dB)	S11 üst (-10dB)	Gain[dB]	min S11 [dB]	BG [MHz]
0	0	2,4166	2,4577	2,15	-21,425	41,1
0	10	2,423	2,463	0,793	-24,92	40
0	45	2,27	2,353	3,56	-14,81	83
5	15	2,4315	2,471	-1,117	-29,06	39,5
5	45	2,2691	2,351	3,185	-18,05	81,9
10	0	2,407	2,444	2,882	-13,84	37
10	15	2,4303	2,4703	-0,805	-30,6	40,1
25	45	2,339	2,629	2,739	-22,44	290
30	35	2,305	2,511	3,025	-12,01	206
30	40	2,323	2,565	3,119	-12	242

Şekil 3.1’de GX, GYL için tam toprak düzlem, en küçük yansımaya katsayısı ve en büyük bant genişliği veren değerler için frekans-S11 değişim grafikleri gösterilmiştir. Şekil 3.2’de tam toprak düzlemlilik anten kazancı ile en büyük kazanç değerine sahip antenlerin HFSS programındaki ışınma örüntüleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



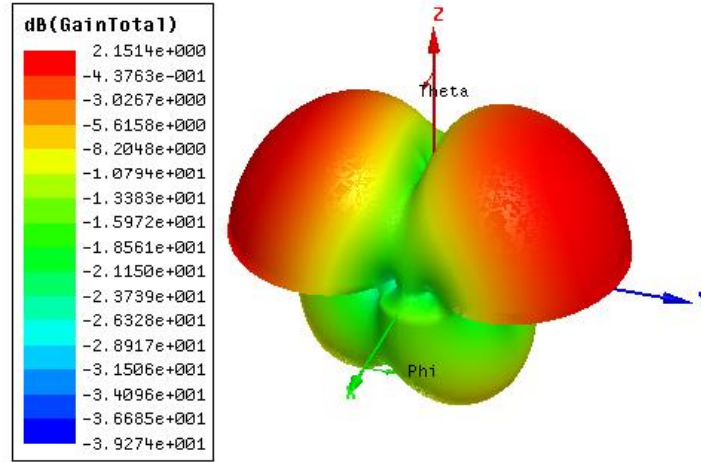
Şekil 3.1 En iyi yansıma katsayısı ve en büyük band genişliği ve tam toprak düzlem s11 sonuçlarının frekansa göre değişim grafiklerinin HFSS'de karşılaştırılması



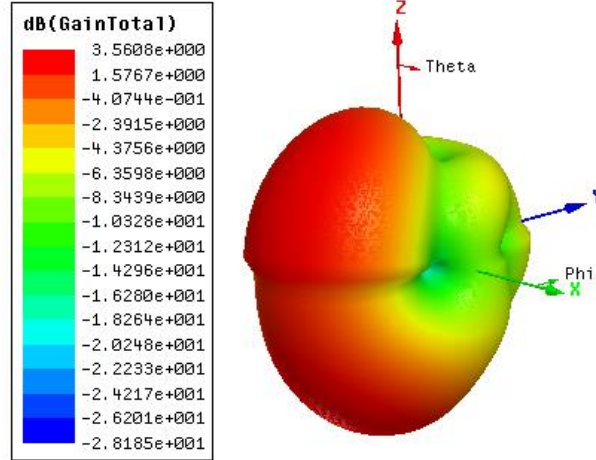
Şekil 3.2 En büyük kazanç ve tam toprak düzlem sonuçlarının HFSS ışıma örüntüsü ile karşılaştırması

Şekil 3.3'te tam toprak düzlemlı anten için HFSS programı üç boyutlu polar ışımaya diyagramı görüntüsü sunulmuştur. Burada kazanç değeri 2,15dB görülmektedir.

Şekil 3.4'te $GXL=0$, $GYL=45mm$ için elde edilen HFSS üç boyutlu polar ışımaya diyagramı sunulmuştur. Burada, elde edilen 3,56dB en büyük kazanç değeri görülmektedir.



Şekil 3.3 Tam toprak düzlemlı antenin HFSS'de 3 boyut polar ışımaya diyagramı

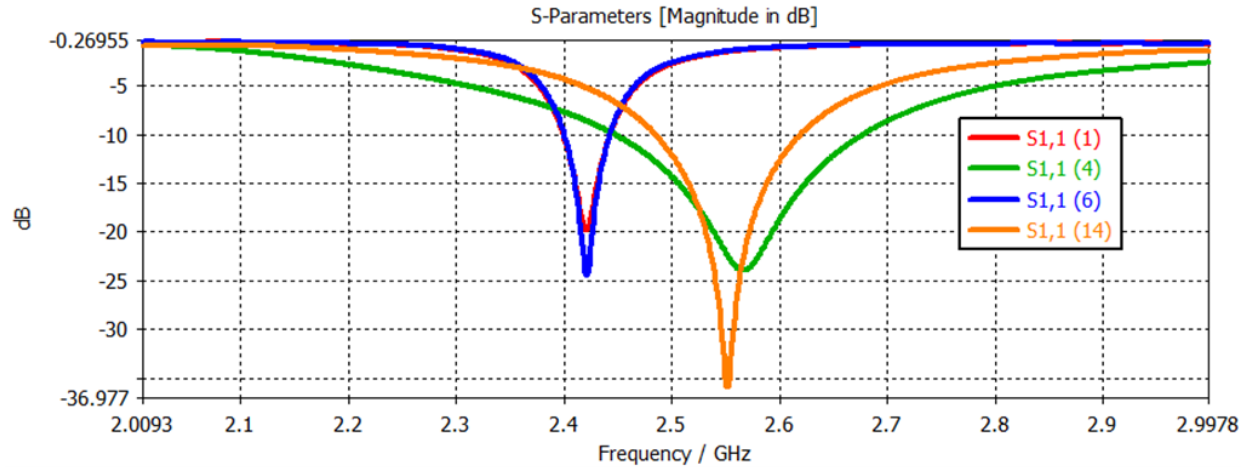


Şekil 3.4 Tam toprak düzlemlı antenin HFSS'te 3 boyut polar ışımaya diyagramı

Tablo-2'de CST programı ile elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tabloda $GXL=0$ ve $GYL=0$ satırı, CST ile ilk oluşturulan tam toprak düzlemlı dikdörtgen mikroşerit yama antene ait 6,98dB kazanç değeri, -21.42dB en küçük yansıma katsayısı s_{11} değeri ve -10dB bant genişliği sınırları $S_{11_üst}$ ve S_{11_alt} değerleri ile $S_{11_üst} - S_{11_alt}$ ile hesaplanan bant genişliği değeri yer almaktadır. En büyük kazanç değeri $GXL=0$ ve $GYL=10mm$ ile 7,27dB, en küçük yansıma katsayısı değeri $GXL=25mm$ ve $GYL=5mm$ 'de $S_{11}=-35,87dB$, en büyük bant genişliği de $GXL=25mm$ ve $GYL=45mm$ 'de $BG=290MHz$ elde edilmiştir.

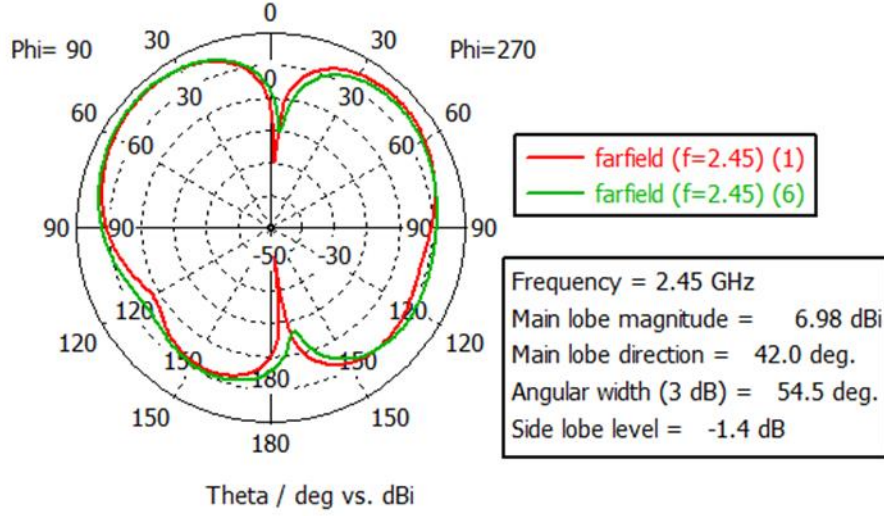
Tablo 2. Px=36mm, py=61mm, LF=25mm, WF=5mm, dx=15mm dy=15mm, dNx=1,5mm, dNy=7,16mm için CST Microwave Studio programı ile elde edilen yansıma katsayısı, anten kazancı ve band genişliği değerlerinin GXL ve GYL'ye göre değişimleri

CST Microwave Studio						
GXL [mm]	GYL [mm]	S11 Alt (-10dB)	S11 üst (-10dB)	Gain[dBi]	min S11 [dB]	BG [MHz]
0	0	2,3994	2,4425	6,98	-19,85	43,1
0	10	2,4002	2,4424	7,27	-24,4365	42,2
5	15	2,4182	2,4592	7,11	-28,86	41
25	5	2,4851	2,6194	4,75	-35,87	134,3
25	10	2,4869	2,6173	5,2	-35,7	130,4
25	15	2,5232	2,6355	5,75	-20,565	112,3
25	20	2,7129	2,8065	5,11	-16,11	93,6
25	45	2,4472	2,677	4,38	-23,96	229,8

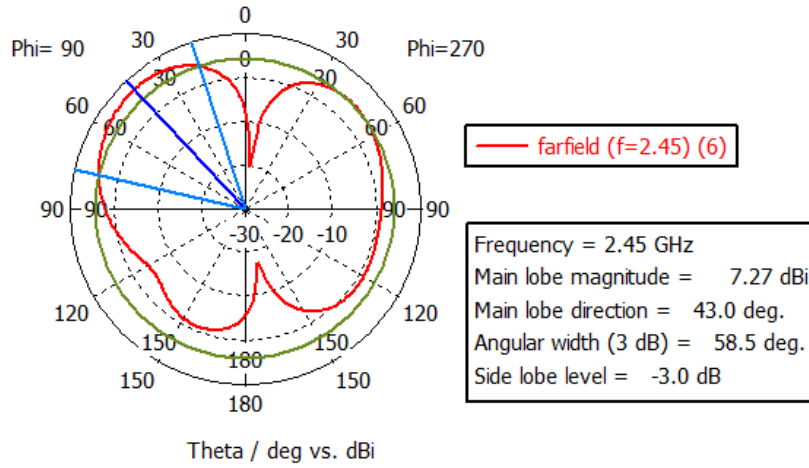


Şekil 3.5 En iyi yansıma katsayısı, en büyük band genişliği ve en iyi kazancın olduğu s11 ile tam toprak düzlem s11 sonuçlarının frekansa göre değişim grafiklerinin CST'de karşılaştırılması

Şekil 3.5'te GX=0, GYL=0 için tam toprak düzlem, en küçük yansıma katsayısı, en büyük bant genişliği ve en büyük kazanç değerinin elde edildiği değerler için frekans-S11 değişim grafikleri gösterilmiştir. Şekil 3.6'da tam toprak düzlemlen anten kazancı ile en büyük kazanç değerine sahip antenlerin CST Microwave Studio programındaki ışınma örüntüleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Şekil 3.7'de de en büyük kazanç değerine sahip antenin CST Microwave Studio programındaki ışınma örüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.6 En büyük kazanç ve tam toprak düzlem sonuçlarının CST ışıma örüntüsü ile karşılaştırması



Şekil 3.7 En büyük kazanç ışıma örüntüsünün CST ile görüntüsü

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada 101x66x1,6mm boyutlarındaki, arkası tamamen toprak düzlem olan dikdörtgen mikroşerit yama antenin HFSS programında $f=2.45\text{GHz}$ çalışma frekansı civarında, yansımaya katsayısı $s_{11}=-21,43\text{dB}$, Band Genişliği $BG=41,1\text{MHz}$ ve Toplam anten kazancı 2,15dB elde edilmiştir. Antenin mikroşerit yama boyutları değiştirilmeden kısmi toprak düzlem yapı parametrik olarak değiştirilmiş 2,45GHz frekansı için en küçük yansımaya $s_{11}=-30,6\text{dB}$, en büyük band genişliği $BG=290\text{MHz}$ ve en büyük Toplam Kazanç= $3,56\text{dB}$ değerleri görülmüştür. Benzer şekilde aynı boyutlardaki arka yüzeyin tamamı toprak düzlemli dikdörtgen mikroşerit yama anten için CST Suit programında $f=2.45\text{GHz}$ çalışma frekansında, $s_{11}=-19,85\text{dB}$ yansımaya katsayısı, $BG=43,1\text{MHz}$ Band Genişliği ve 6,98dB Toplam kazanç elde edilmiştir. Antenin mikroşerit yama boyutları değiştirilmeden kısmi toprak düzlem yapı parametrik olarak uygulanmış 2.45GHz frekansı için en küçük $s_{11}=-35,87\text{dB}$, en büyük $BG=229,8\text{MHz}$ ve en büyük Toplam Kazanç= $7,27\text{dB}$ değerleri

görülmüştür. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi kısmi toprak düzlem yapının s11, band genişliği ve kazanç üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Benzer olumlu etki farklı anten boyutu için de görülmüştür.

Tasarlanmış olan bir antene, boyutları değiştirilmeden kısmi toprak düzlem oluşturularak S11 yansıma katsayısı, maksimum kazanç, Bant Genişliği gibi parametrelerden istediğinizin iyileştirilmesinin mümkün olabileceği iki ayrı simülasyon programı sonuçlarıyla gösterilmiştir. Bu değerlendirmeler göz önüne alındığında antenin boyutları ve kullanılan malzeme özellikleri değiştirilmeden antende sadece kısmi toprak düzlem oluşturularak antenin kazancında, s11 değerinde veya bant genişliği değerinde iyileşme sağlanabildiği için, bu çalışmanın literatüre anlamlı katkı sağlayacaktır. Benzer çalışmalar farklı çalışma frekanslarına, farklı alttaş malzemeler, farklı anten geometrileri kullanılarak genişletilebilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Deschamps, G. A. (1953). Microstrip microwave antennas. In Proceedings of the Third Symposium on the USAF Antenna Research and Development Program, Oct (pp. 18-22).
- [2] Gutton, H., & Baissinot, G. (1955). Flat aerial for ultra high frequencies. French patent, 703113.
- [3] Karli, R., & Ammor, H. (2015). Rectangular patch antenna for dual-band RFID and WLAN applications. *Wireless Personal Communications*, 83(2), 995-1007.
- [4] H. Kurt, (2022). High-Gain Rectangular Patch Microstrip Antenna for IEEE 802.11 b/g Applications. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 34, pp. 657-660.
- [5] Alper, F. and Coşkun, Ö. (2020). ISM 2.45 GHz Mikroşerit İmplant Anten Tasarımı Ve Doku İçi Ölçümleri. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 541-551.
- [6] Gözel, M., Kasar, Ö. and Kahrıman, M. (2019). 868 MHz UHF bandında H-şeklinde katlanmış implant mikroşerit dipol anten tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(3), 797-806.
- [7] Keskin, S. E. B., & Güler, C. (2021). Design Of Circular Slotted Rectangular Microstrip Patch Antenna With Dual-Resonance For Wlan/Wimax Applications. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1296-1301.
- [8] Keskin, S. E. B. (2019). 2.4 Ghz Geniş Bant Mikroşerit Anten Tasarımı. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-14.
- [9] Balanis, C. A. (2005). *Antenna theory: analysis and design*. John wiley & sons.