



## ISM 2,45 GHZ CİVARINDA DAİRESEL MİKROŞERİT ANTENLERDE EŞ DÜZLEMSEL ÇERÇEVE YAPININ BAZI ANTEN PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Orhan Armağan<sup>1</sup>, Mesud KAHRİMAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yalvaç Teknik Bilimler MYO, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, ISPARTA

<sup>2</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, ISPARTA

DOI: 10.5712/yalvac.1260328

**Özet:** Bu çalışmada ISM bandı 2,45 GHz çalışma frekanslı mikroşerit dairesel yama anten tasarımı yapılmış ve antenin s11 yansıma katsayısı ile yatay düzlem PHI açısı ve dikey düzlem THETA açısındaki en büyük anten kazancı belirlenmiş, bant genişliği ve yarım güç hüzmeye genişliği (HPBW) değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu dairesel yama etrafına eş düzlemsel çerçeve yapı yerleştirilerek farklı eş düzlemsel yapı genişlikleri için değerler tekrar elde edilmiş ve bu yapının PHI ve THETA açılarındaki en büyük anten kazancı ve HPBW değerlerine etkisi karşılaştırılmıştır. Bu işlemler için Ansoft HFSS simülasyon programı kullanılmıştır. Buna göre 110x112 mm boyutundaki eş düzlemsel çerçeve yapı bulunmayan mikroşerit dairesel yama anten için s11=-14,83 dB, en büyük kazanç değeri -0,31 dB iken bant genişliği 41,90 MHz, HPBW değeri de 63° elde edilmiştir. Antene boyutları değiştirilmeden eş düzlemsel çerçeve yapı eklenerek bu değerler tekrar elde edildiğinde s11=-15,6 dB, en büyük kazanç değeri 0,3034 dB, bant genişliği 42,90 MHz, HPBW değerleri de 64° elde edilmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi antene eş düzlemsel çerçeve yapı eklenmesinin anten parametrelerinden en büyük kazanç ve bant genişliğinde büyüme, s11 yansıma katsayısında küçülme şeklinde olumlu etkiler oluşturduğu ve benzer olumlu etkilerin farklı anten boyutlarında da olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 2.45 GHz, Yansıma katsayısı, Kazanç, ISM, Bant genişliği, Hüzmeye genişliği, Mikroşerit anten, Dairesel yama anten

## THE EFFECTS OF CO-PLANAR FRAME STRUCTURE ON SOME ANTENNA PARAMETERS IN CIRCULAR MICROSTRIP ANTENNAS AROUND ISM 2.45 GHz

**Abstract:** In this study, microstrip circular patch antenna with ISM band operating frequency of 2.45 GHz was designed and the s11 reflection coefficient of the antenna and the maximum antenna gain in PHI and THETA angles were determined, Bandwidth and Half Power Beam With (HPBW) values were calculated. Then, by placing the co-planar frame structure around this patch, the values for different co-planar thicknesses were obtained again. The maximum antenna gain of the co-planar frame structure in  $\phi$  and  $\theta$  angles and its effect on HPBW values were compared. Ansoft HFSS simulation program was used for these processes. According to this, s11=-14.83 dB, Maximum Gain value of -0.31 dB, Bandwidth 41.90 MHz and HPBW value of 63° was obtained for the 110x112 mm size microstrip circular patch antenna without co-planar frame structure. When these values were obtained again by adding co-planar frame structure without changing the antenna dimensions, were observed that s11=-15.6 dB, the maximum gain value of 0.3034 dB, Bandwidth value of 42.90 MHz and HPBW value of 64°. As can be understood from these values, it has been observed that the co-planar structure addition has a positive effect on the antenna parameters by causing an increase in Maximum Gain and Bandwidth and a decrease in s11. A similar effect was observed with different antenna sizes.

**Keywords:** 2.45 GHz, Reflection coefficient, Gain, ISM, Bandwidth, Beamwidth, Microstrip antenna, Circular 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 çok tercih edilmektedir. Mikroşerit antenlerin küçük boyutlu ve hafif olmaları, üretim maliyetlerinin düşük olması, düzlemsel, düşük güç tüketmeleri, iki veya daha fazla frekans uygulamalarında çalışabilme imkânı gibi avantajları bulunurken kazançlarının ve verimliliklerinin düşük olması, düşük bant genişliklerinin bulunması, kayıplarının yüksek olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır [3].

### 1.1. Bazı Temel Anten Parametreleri

#### 1.1.1. Işıma örüntüsü

Anten ışıma örüntüsü, bir anten parametresinin ışıma özelliklerine ait matematiksel fonksiyonun uzay koordinatlarında ifade edilmesi ya da grafikte gösterimi şeklinde tanımlanmaktadır. Çoğunlukla uzak alanda ifade edilir. Işıma; ışıma şiddeti, alan genliği, güç yoğunluğu, yönlülük, faz gibi özellikleri içerir. Sabit yarıçaplı bir yüzeyde anten tarafından yayılan elektromanyetik gücün yoğunluğunun açısal olarak değişimini gösteren üç boyutlu gösterimine güç örüntüsü, elektrik veya manyetik alan izinin gösterimine de alan örüntüsü denir [3]. Güç örüntüsü logaritmik ölçekte ya da daha yaygın tercih edilen desibel (dB) cinsinden oluşturulur [4]. Bir antenin küresel koordinatlarda ışıma örüntüsünde  $r$ ; antenin bulunduğu uzay merkezine olan yarıçap uzunluğu,  $\phi$ ; yatay azimut düzlem açısı ve  $\theta$ ; dikey yükselme düzlemi açısıdır [5].

#### 1.1.2. Anten kazancı

Anten kazancı, önemli performans parametrelerden birisidir. Kazanç; antenin uzaysal koordinatına göre değişiklik gösteren ve yönlülük ile doğrudan ilişkili bir parametredir [3]. Antenin kazancı  $G$  ile ifade edilir ve Eşitlik 1.1'de gösterildiği gibi, herhangi bir yöndeki anten kazancı; ışıma verimliliği ile aynı yöndeki anten yönlülüğünün çarpımıyla hesaplanır [3].

$$G(\theta,\phi) = ecd D(\theta,\phi) = ecd [4\pi U(\theta,\phi)/P_{rad}] \quad (1.1)$$

Burada  $G(\theta,\phi)$ ;  $\theta$  ve  $\phi$  açılarının belirlediği yöndeki kazanç,  $ecd$ ; ışıma verimliliği,  $D(\theta,\phi)$ ;  $\theta$  ve  $\phi$  açılarının belirlediği yöndeki yönlülüğü ifade etmektedir [6].

#### 1.1.3. Geri yansıtma katsayısı

Literatürdeki anten tasarımlarında, bir antenin çalışma yeterliliği için  $S$  parametreleri kullanılmaktadır. Geri yansıtma katsayısı olarak anılan  $s_{11}$  parametresi önemlidir. Bunun için  $s_{11}$  parametresinin değeri sınır olarak -10 dB alınmaktadır [7]. Buna göre bir antenin tasarımı

yapılırken antenin istenilen seviyenin altında yansımaya ile çalışması için  $s_{11}$  değerinin -10 dB'den daha küçük olması istenir [8-9].

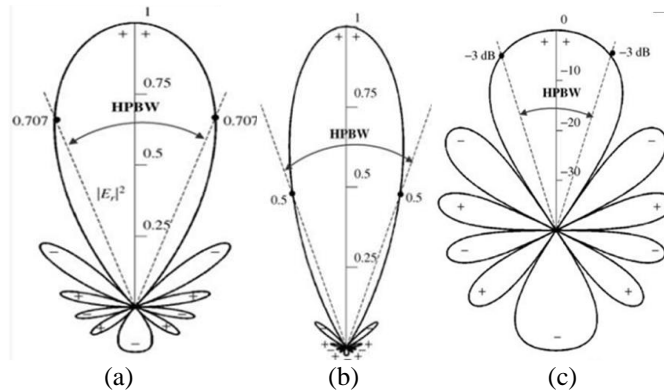
#### 1.1.4. Bant genişliği

Bir antenin bant genişliği; istenilen bir anten parametresi için istenilen düzeyde performans sağladığı frekans aralığı olarak tanımlanır. İstenilen çalışma şartını sağlayan yani  $s_{11}$ 'in -10 dB olduğu en düşük frekans değeri ( $f_{alt}$ ) ile en yüksek frekans ( $f_{üst}$ ) değeri arasındaki fark olarak hesaplanan bant genişliği Eşitlik 1.2'de BG ile ifade edilmiştir [6]. Burada

$$BG = f_{üst} - f_{alt} \quad (1.2)$$

#### 1.1.5. Yarım Güç Hüzme Genişliği (HPBW)

HPBW ölçümü için üç farklı hesaplama yöntemi vardır. Alan örüntüsünde maksimum değerin 0,707 katı olan yerler arasındaki açı değeri (Şekil 1.1-a), doğrusal ölçek Güç örüntüsünde maksimum değerin 0.5 katı olan yerler arasındaki açı değeri (Şekil 1.1-b), desibel ölçek güç örüntüsünde de maksimum değerin 3dB altındaki yerler arasındaki açı değeri (Şekil 1.1-c) olarak alınır [3].



Şekil 1.1 HPBW hesabı için a) Alan örüntüsünde b) Doğrusal ölçek Güç örüntüsünde c) Desibel ölçek güç örüntüsünde gösterimi [3].

## 1.2. Literatür Çalışmaları

Dhara ve arkadaşları CPW (Co-planar Waveguide-Eş düzlemsel dalga kılavuzu) toprak beslemeli G şeklinde tasarladıkları yama antende band genişliğini iyileştirdiklerinden bahsetmişlerdir [10]. Mahajan ve arkadaşları gömülü antenler için yüksek hızlı mikrodalga kanalı olarak kullanılacak kusurlu toprak yapılı Eş düzlemsel dalga kılavuzu iletim hattı önermişler ve bu yapının  $s_{11}$  ve  $s_{21}$  için genellikle daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [11]. Schandy ve arkadaşları SPIDA (The Swedish Institute of Computer Science Parasitic Interference Directional Antenna – İsveç Bilgisayar Bilimleri Enstitüsü Parazitik Girişimli Yönlü Anten) antende çoklu yönlendirme elemanları kullanılmasının, en büyük kazancı artırdığını, daha dar HPBW ve daha düşük  $s_{11}$  parametresi elde edilmesini sağladığını gözlemlemişlerdir [9].

Eş düzlemsel yapıli dizi anten çalışmaları [12] ve eş düzlemsel dalga kılavuzu beslemesi kullanılan [13-15] çalışmaları da mevcuttur. Barrou ve arkadaşları konvansiyonel geometrili mikroşerit yama antenlerin kazanç ve yarım güç hüzmeye genişlikleri üzerine karşılaştırma çalışması yapmışlardır [16]. Dardeer ve arkadaşları GSM / WLAN / WIMAX için basit bir düzlemsel dört bantlı, iki E şekilli dikdörtgen monopol anten tasarımı yapmışlar ve bu antende eş düzlemsel dalga kılavuzu beslemesi kullanmışlardır [17-18].

Farklı çalışma frekanslı ve geometrili mikroşerit anten tasarımları için Ansoft HFSS simülasyon programı kullanılmış farklı çalışmaları mevcuttur [19-21]. HFSS dışında CST Studio Suite simülasyon programı tercih edilen çalışmaları da mevcuttur [22-25]. Bu çalışma “Mikroşerit Antenlerde Eş Düzlemsel Yapı Parametrelerinin Anten Performansına Etkilerinin İncelenmesi” isimli doktora tezi çalışmasında bir bölümden alınmıştır [26].

## 2. DAİRESEL YAMA ANTEN TASARIMI

Balanis'in kitabında dairesel mikroşerit yama anten tasarım işlemi, basitleştirilmiş formülasyona dayanarak pratik tasarımlarını sağlamak için verilmektedir. Tasarım işlemi, eldeki verilerin; taban malzemesinin dielektrik sabiti ( $\epsilon_r$ ), taban yüksekliği (h) ve rezonans frekansı ( $f_r$ ) olduğunu varsaymaktadır. Yani  $\epsilon_r$ ,  $f_r$ , ve h bilinen değişkenleri kullanılarak a yarıçapı bulunabilir [3]. Bunun için; Etkin bir ışılan için, iyi ışımaya verimliliğini verecek pratik dairesel yama genişliği yani yarıçap a için 2.1 ve 2.2 eşitliği kullanılır.

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r F} \left[ \ln \left( \frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad 2.1$$

$$F = \frac{8,791 \cdot 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad 2.2$$

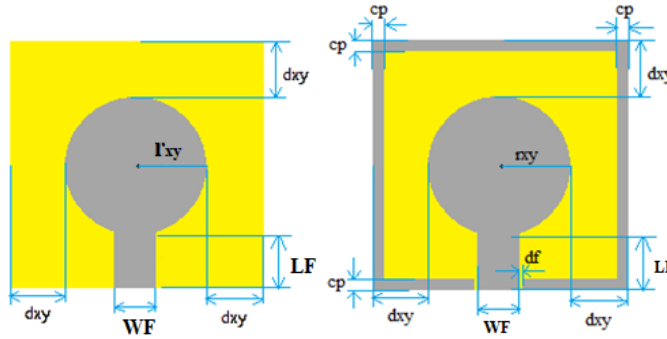
Rezonans frekansı 2,45 GHz, dielektrik sabiti  $\epsilon_r=4,3$  ve h=0,16 cm olan FR4 epoksi taban malzemesi kullanarak dairesel mikroşerit anten tasarımını yapmak için a yarıçapı yukarıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

## 3. MATERYAL METOD

Dairesel mikroşerit yama anten tasarımı için HFSS Simülasyon programı kullanılmış ve 2,45 GHz çalışma frekanslı mikroşerit dairesel yama anten tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım sırasında FR4\_epoksi malzeme ve Şekil 3.1'deki anten geometrileri kullanılmış ve 5 farklı değişkene bağımlı olarak parametrik biçimde boyutlandırılmıştır. Simülasyonda ilk olarak Şekil 3.1-(a)'daki eş düzlemsel çerçeve bulunmayan parametrik dairesel mikroşerit yama anten geometrisinin tasarımı 2,10-2,90 GHz frekans aralığında 10 MHz adımlarla ayırık zamanlı frekans tarama tipinde analiz edilerek s11 yansıma katsayısı parametresinin incelenmesi için veriler elde edilmiştir. Elde edilen s11 değerleri incelenerek -10 dB altında s11 yansıma katsayısı elde edilen rxy, dxy, LF ve WF dairesel mikroşerit yama anten geometrisi boyut değerleri belirlenmiştir [26].

Bu belirleme sonucuna göre  $r_{xy}$ : 28-52mm, LF: 20-27,5 mm, WF: 4-8 mm aralıklarında,  $d_{xy}$ =26 mm ve  $df$ =1mm sabit boyutlarında inceleme yapılmasının yeterli olacağı uygun görülmüştür. Bu belirlenen boyutlara bağlı olarak s11 yansıma katsayısı ve en büyük kazanç değerlerinin analizi HFSS simülasyon programıyla yapılmış ve s11 ile en büyük kazanç değerleri için veri tabanları oluşturulmuştur. Daha sonra belirlenen tüm bu boyutlar için, eş düzlemsel çerçeve yapının eklenmiş hali olan Şekil 3.1-(b)'deki anten geometrisinin Ansoft HFSS simülasyon programındaki tasarım ayarları yapılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen s11 ve en büyük toplam kazanç değerleri veri tabanlarına eklenerek veri tabanları genişletilmiştir.

İki farklı dairesel yama anten boyutu için iki farklı eş düzlemsel yapıdaki cp değişkeni 1 mm aralıklarla parametrik olarak değiştirilerek s11 anten yansıma katsayısı ölçümleri yapılmış, bant genişlikleri hesaplanmış, farklı yönlerdeki en büyük kazanç değerleri ve toplam kazanç değerleri üzerinden hüzmeye genişliği değerleri hesaplanmış ve bu sonuçlar, tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.



Şekil 3.1. a. Mikroşerit dairesel yama anten ve b. Dikdörtgen eş düzlemsel yapı geometrisi

## 4. SİMULASYON SONUÇLARI

### 4.1. Dairesel Yama Anten İçin 1. Parametrik Boyut Analizi

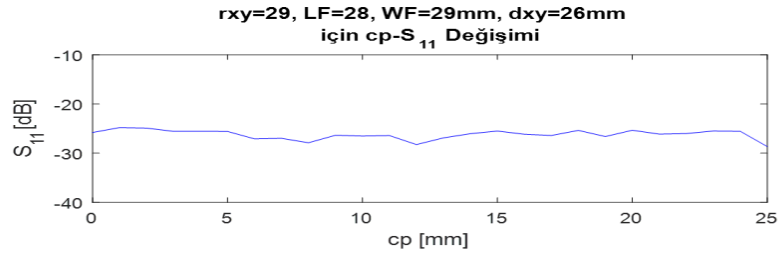
$r_{xy}$ =29, LF=28, WF=29,  $d_{xy}$ =26 mm değerlere sahip Şekil 3.1.a ve Şekil 3.1.b'deki dairesel eş düzlemsel geometri için değişken cp değerlerine göre elde edilen sonuçlar, tablo ve grafikler halinde verilmektedir.

Dairesel antene ait bilgilerin bulunduğu Tablo 4.1 incelendiğinde eş düzlemsel çerçeve yapı kalınlığının; antenin rezonans frekansında, geri yansıma katsayısı s11'de, en büyük kazanç değerlerinde ve bant genişliğinde oluşturduğu etkiler görülebilir. Tablo 4.1'deki ilk satır eş düzlemsel çerçevenin bulunmadığı Şekil 3.1.a'daki anten geometrisinin  $r_{xy}$ =29 mm, LF=28 mm, WF=29 mm,  $d_{xy}$ =26 mm boyutları için elde edilen s11-frekans değişim grafiğinden elde edilen en küçük s11 değeri, bu değerdeki merkez rezonans frekansı ( $f_r$ ), s11'in -10dB değerlerindeki alt ( $f_{alt}$ ) ve üst frekans ( $f_{üst}$ ) değerleri,  $f_{üst}$ - $f_{alt}$  farkı ile hesaplanan bant genişliği (BG) ve en büyük kazanç değerleri gösterilmiştir. Altındaki satırlar ise cp'nin farklı kalınlıkları için elde edilen değerlerdir. cp=0 için elde edilen s11=-25,7955 dB iken cp=12 mm için s11=-28,2477 dB değerine ulaşmıştır. s11'in cp ile değişimini gösteren eğri de Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu eğride ilk başlangıç değeri cp=0 olan değeri göstermekte olup sağa doğru gidildikçe cp nin artan kalınlık değerleri için s11 değerlerini göstermektedir. Dolayısıyla başlangıç değerinin altına düşen s11

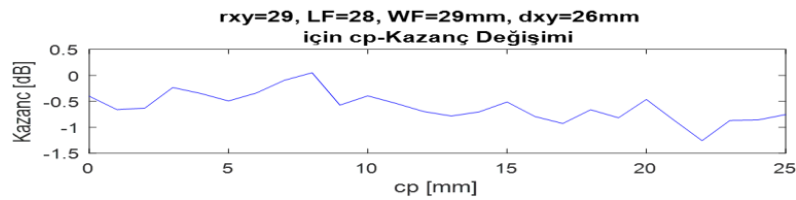
değerleri olumlu durumları göstermektedir.  $C_p=0$  için ölçülen  $-0,4015$  dBi kazanç değeri  $c_p=8$ mm için  $0,0497$  dBi değerine ulaşmıştır. Kazancın  $c_p$  ile değişimini gösteren eğri de Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Bu eğride başlangıç değeri  $c_p=0$  yani eş düzlemsel yapının olmadığı durum için elde edilen kazanç değeridir ve sonraki değerler de artan  $c_p$  kalınlık değerlerine karşılık elde edilen kazanç değerleridir. Bu durumda başlangıç değerinin üstüne çıkılan değerler olumlu kazanç artışı anlamına gelmektedir.

**Tablo 4.1.**  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=29$ ,  $d_{xy}=26$ mm için  $c_p$ 'nin 0-25 mm aralığındaki değişimine karşı gelen  $s_{11}$ , frekans, BG ve en büyük kazanç değerleri

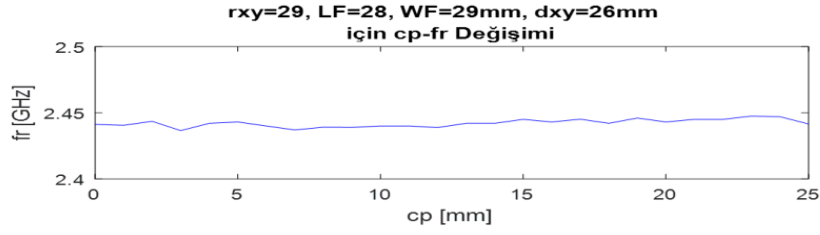
cp [mm]	s11 (EK) [dB]	f_alt [GHz]	f_r [GHz]	f_üst [GHz]	BG [MHz]	Kazanç [dBi]	rxy [mm]	LF [mm]	WF [mm]	dxy [mm]
0	-25,7955	2,4194	2,4412	2,4631	43,70	-0,4015	29	28	29	26
1	-24,8016	2,4193	2,4405	2,4626	43,30	-0,6617	29	28	29	26
2	-24,9086	2,4219	2,4435	2,4655	43,60	-0,6301	29	28	29	26
3	-25,5661	2,4152	2,4365	2,4584	43,20	-0,235	29	28	29	26
4	-25,5609	2,4205	2,4420	2,4640	43,50	-0,3491	29	28	29	26
5	-25,5806	2,4216	2,4430	2,4652	43,60	-0,4943	29	28	29	26
6	-27,0913	2,4189	2,4400	2,4623	43,40	-0,3407	29	28	29	26
7	-26,9810	2,4155	2,4370	2,4587	43,20	-0,0965	29	28	29	26
8	-27,8846	2,4181	2,4391	2,4611	43,00	0,0497	29	28	29	26
9	-26,3626	2,4175	2,4389	2,4607	43,20	-0,5733	29	28	29	26
10	-26,5114	2,4189	2,4400	2,4620	43,10	-0,3955	29	28	29	26
11	-26,4218	2,4187	2,4400	2,4616	42,90	-0,5383	29	28	29	26
12	-28,2477	2,4177	2,4388	2,4601	42,40	-0,696	29	28	29	26
13	-26,8931	2,4209	2,4420	2,4636	42,70	-0,7837	29	28	29	26
14	-26,0384	2,4210	2,4420	2,4638	42,80	-0,703	29	28	29	26
15	-25,5011	2,4233	2,4450	2,4661	42,80	-0,5134	29	28	29	26
16	-26,1581	2,4219	2,4430	2,4645	42,60	-0,7934	29	28	29	26



**Şekil 4.1**  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=29$ ,  $d_{xy}=26$ mm için  $c_p$ - $s_{11}$  değişimi



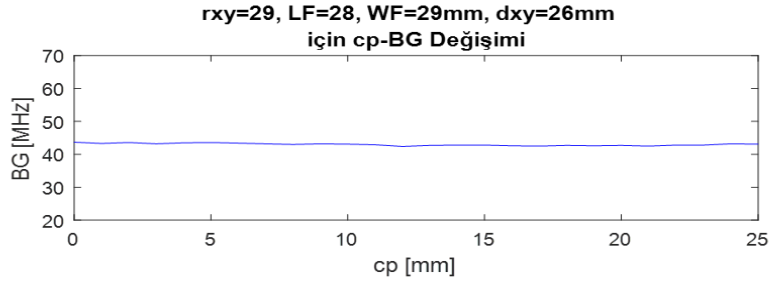
**Şekil 4.2**  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=29$ ,  $d_{xy}=26$  mm için  $c_p$ -kazanç değişimi



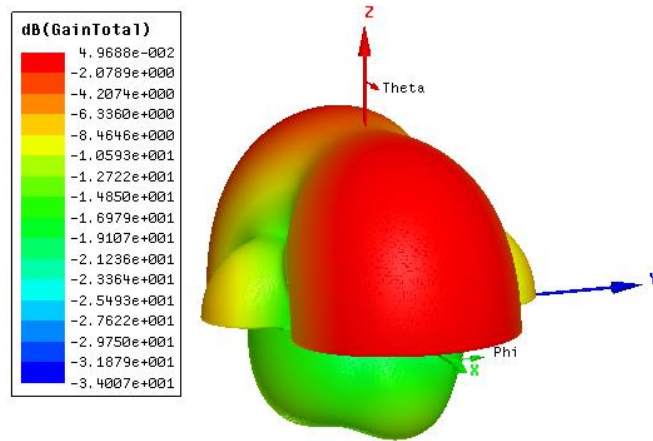
Şekil 4.3 rxy=29, LF=28, WF=29, dxy=26 mm için cp-fr değişimi

Şekil 4.3, tablodaki fr değerinin, yani merkez rezonans frekansının, cp ile olan değişim eğrisini göstermektedir. Burada frekansın 2,45 GHz değerinden uzaklaşmaması önemlidir.

Şekil 4.4’de bant genişliğinin cp ile değişim eğrisi gösterilmiştir. Eş düzlemsel yapının anten bant genişliğini arttırdığı yönünde bir etki gözlenmemiştir. cp=0 için elde edilen 43,7 MHz BG değeri farklı cp kalınlık değerleri için 42,1 MHz ile 43,6 MHz arasında elde edilmiştir.



Şekil 4.4 rxy=29, LF=28, WF=29, dxy=26 mm için cp-BG değişimi



Şekil 4.5. x-y düzlemine yerleşmiş rxy=29, LF=28, WF=29, dxy=26 mm cp=8 mm boyutlarındaki dairesel antenin 3D ışınma örüntüsü

Dairesel mikroserit anten geometrisinde rxy=29, LF=28, WF=29, dxy=26, cp=8 mm boyutları için ışınma diyagramı Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2’de “Kazanç (EB)” sütunu cp değerleri için elde edilen en büyük kazanç değerlerini göstermektedir. İlk satır eş düzlemsel yapının olmadığı yani cp=0 için en büyük kazanç değeri -0,4015 dBi olup bu değer cp=8 mm için 0,0497 dBi değerine yükselmiştir. Tablo 4.2’de  $\theta_1$  ve  $\phi_1$  en büyük kazanç değerinin olduğu yatay düzlem ve dikey düzlem açılarını göstermektedir. HPBW hesaplanırken en büyük kazancın 3dB altında kalan kazançların olduğu iki theta açısı arasındaki farktır.  $\theta_{1\_L}$  en büyük kazanç değerinin 3dB altındaki değere sahip olan kazancın,  $\theta$  açısından küçük olan ve değer tablosunda solda kalan dikey düzlem açısını,  $\theta_{1\_R}$  en büyük kazanç değerinin 3 dB altındaki değere sahip olan kazancın,  $\theta$  açısından büyük olan ve değer tablosunda sağda kalan dikey düzlem açısını göstermektedir. Bu iki açının farkı hüzmeye genişliğidir.

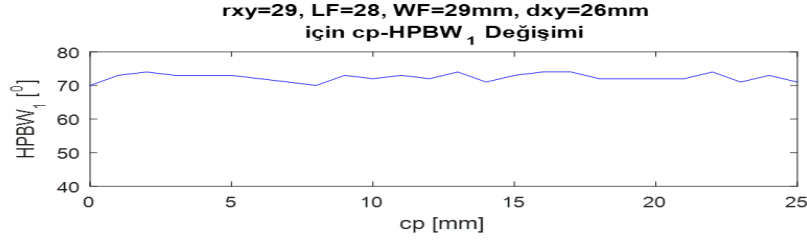
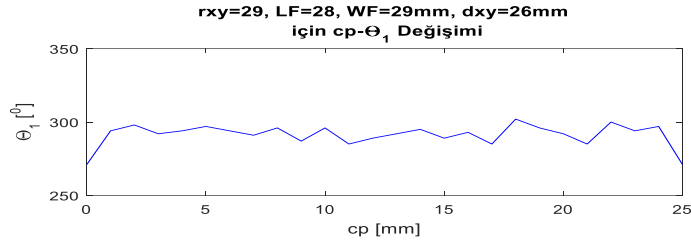
**Tablo 4.2.** rxy=29, LF=28, WF=29, dxy=26 mm için cp’ye göre en büyük kazanç ve hüzmeye genişliği değerleri

cp [mm]	Kazanç(EB) [dBi]	Kazanç (EB) $\theta_1 - \phi_1$		Kazanç(EB) - 3dB $\theta_{1\_L} - \theta_{1\_R}$		Kazanç(EB) $\theta_2 - \phi_2$		Kazanç(EB) - 3dB $\theta_{2\_L} - \theta_{2\_R}$		HPBW
<b>0</b>	<b>-0,4015</b>	<b>271</b>	<b>178</b>	<b>270</b>	<b>340</b>	<b>89</b>	<b>358</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>70</b>
1	-0,6617	294	175	270	343	66	355	17	90	73
2	-0,6301	298	12	270	344	62	182	16	90	74
3	-0,235	292	5	270	343	68	185	17	90	73
4	-0,3491	294	4	270	343	66	184	17	90	73
5	-0,4943	297	3	270	343	63	183	17	90	73
6	-0,3408	294	3	270	342	66	183	18	90	72
7	-0,0965	291	3	270	341	69	183	19	90	71
<b>8</b>	<b>0,0497</b>	<b>296</b>	<b>177</b>	<b>270</b>	<b>340</b>	<b>64</b>	<b>357</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>70</b>
9	-0,5733	287	2	270	343	73	182	17	90	73
10	-0,3955	296	177	270	342	64	357	18	90	72
11	-0,5383	285	3	270	343	75	183	17	90	73
12	-0,696	289	2	270	342	71	182	18	90	72
13	-0,7837	292	5	270	344	68	185	16	90	74
14	-0,703	295	178	270	341	65	358	19	90	71
15	-0,5134	289	3	270	343	71	183	17	90	73
16	-0,7934	293	5	270	344	67	185	16	90	74

Dairesel mikroşerit antende elde edilen en büyük kazanç değerleri sağda ve solda olmak üzere çift olduğu için bir anten için iki tablo oluşturulmuştur. Bu değerler;  $0^\circ$ - $360^\circ$  aralığında  $1^\circ$ ’er derece aralıklarla tüm  $\theta$  ve  $\phi$  açılara karşı elde edilen kazanç değerlerine göre hassas bir şekilde elde edilmiştir. HPBW değeri de  $\theta_{1\_R}$ - $\theta_{1\_L}$  şeklinde hesaplanmıştır.

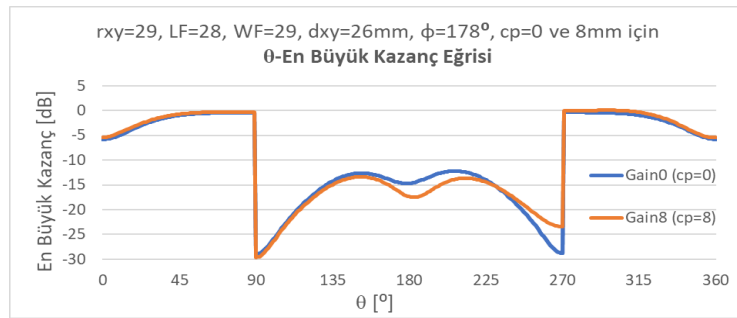
Şekil 4.6, cp’ye göre en büyük kazancın olduğu  $\theta$  açısının değişim eğrisini göstermektedir. Buradan eş düzlemsel yapı yokken oluşan en büyük kazanç  $\theta$  açısı  $271^\circ$  iken eş düzlemsel yapı eklenmesiyle  $302^\circ$  değerine kadar yükselse de en büyük kazanç cp=8 için  $\theta=296^\circ$  ve  $\phi=177^\circ$  açılarında gözlenmiştir.

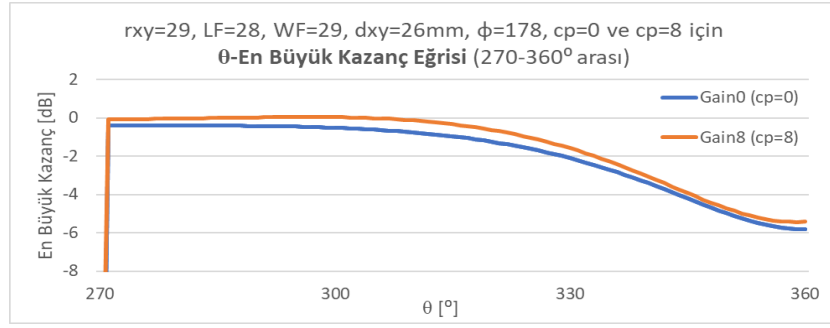




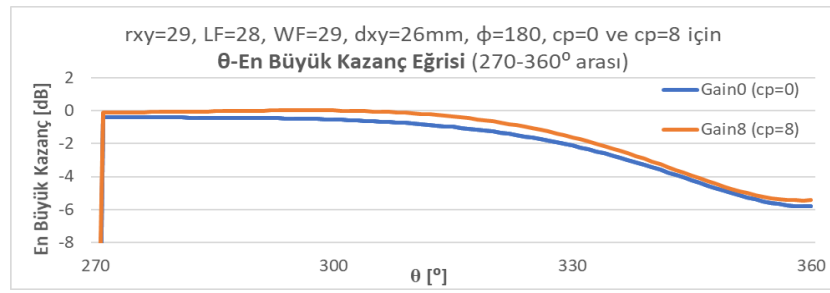
Şekil 4.7’de cp’ye bağlı olarak HPBW değişim eğrisi gösterilmiştir. En büyük kazanç değerleri antenin simetrik yapısından dolayı ışın diyagramında çift bulunup diğer kazanç değerlerinin açıları Tablo 4.2’de  $\theta_2 - \phi_2$  olarak gösterilmiştir.

Şekil 4.8 aynı anten boyutu için cp=0 ve cp=8 mm için eş düzlemsel yapının etkisi görebilmek amacıyla  $\theta$  açısına göre kazanç değeri değişim eğrileri gösterilmiştir. Burada  $\theta$  açısı  $0^\circ$  ile  $360^\circ$  aralığında gösterilirken Şekil 4.9’da  $270^\circ$ - $360^\circ$  aralığında daha yakın görünümü gösterilmiştir. Bu eğrilerden mavi olan eş düzlemsel yapının olmadığı antenin kazanç eğrisini gösterirken kırmızı olan cp=8 mm eş düzlemsel çerçeve yapı eklenmiş dairesel antenin kazanç eğrisidir. Bu iki eğri de en büyük kazancın görüldüğü  $\phi$  açısının  $178^\circ$  olduğu eğrilerdir.



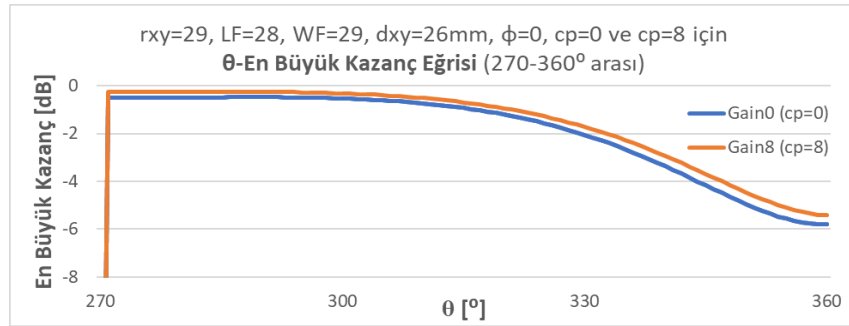


Şekil 4.9. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, dx<sub>y</sub>=26 mm, φ=178°, cp=0 ve cp=8 mm için θ-Kazanç değişim eğrileri (θ: 270°-360° arası)



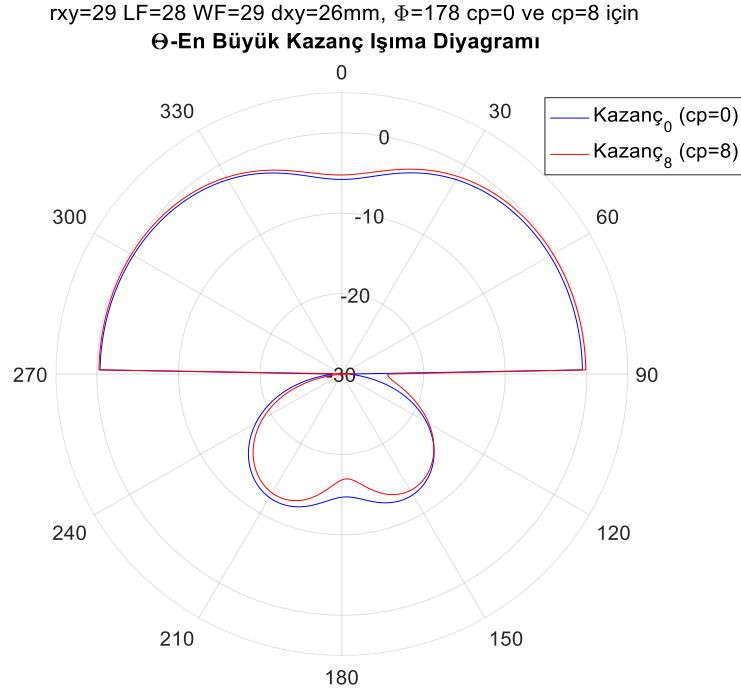
Şekil 4.10. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, dx<sub>y</sub>=26 mm, φ=180°, cp=0 ve cp=8 mm için θ-Kazanç değişim eğrileri (θ: 270°-360° arası)

Şekil 4.10, φ=180°, cp=0 ve cp=8 mm için θ açısına göre kazanç değerleri eğrilerini göstermektedir. Burada da yine eş düzlemsel çerçevenin kazanç iyileştirmesi yaptığı görülmektedir. Şekil 4.11'de φ=0° için aynı eğri tekrar çizdirilmiş ve benzer sonuç burada da gösterilmiştir.

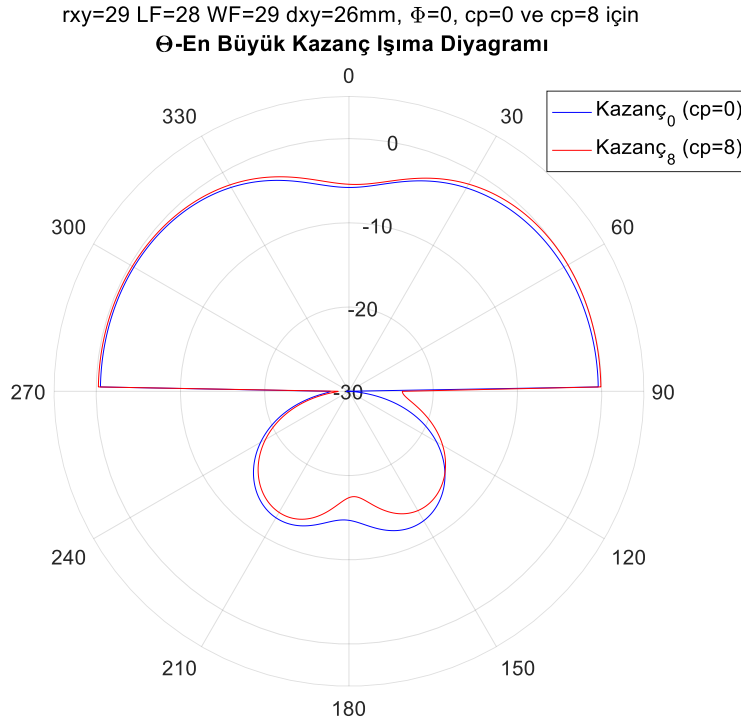


Şekil 4.11. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, dx<sub>y</sub>=26 mm, φ=0°, cp=0 ve cp=8 mm için θ-kazanç değişim eğrileri (θ: 270°-360° arası)

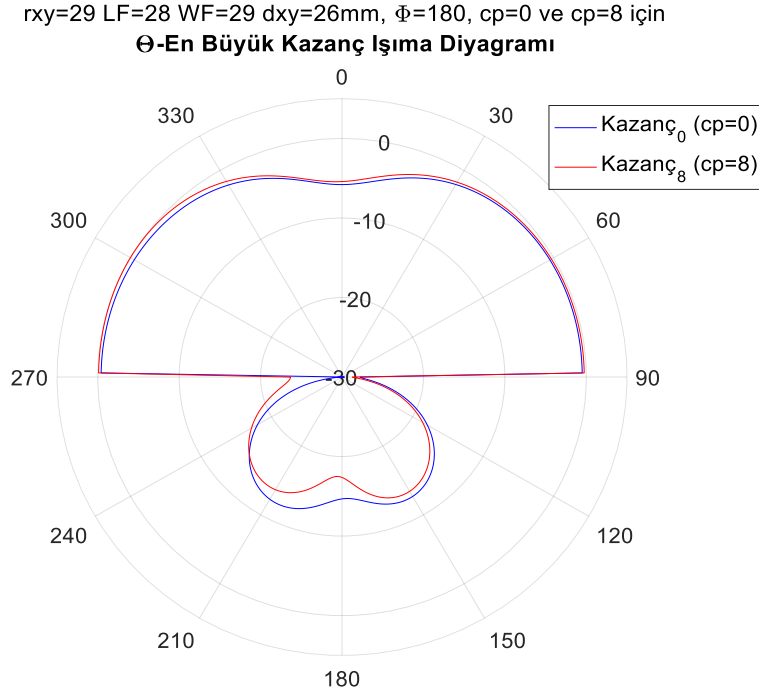
Şekil 4.12'de, Şekil 4.9'da gösterilen eğrinin polar grafik ile gösterimi sunulmuştur. Işıma diyagramı olarak anılan grafikte φ=0°'de mavi renkli eğri cp=0 için, kırmızı renkli eğri cp=8 için olan çizimlerdir. Buradan da eş düzlemsel yapının kazanç üzerinde yaptığı iyileştirme anlaşılmaktadır. Şekil 4.13'te φ=0° ve Şekil 4.14'te φ=180° için çizim tekrarlanmıştır.



Şekil 4.12. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, d<sub>xy</sub>=26 mm,  $\Phi=178^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ -en büyük kazanç ışıma örüntüsü



Şekil 4.13. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, d<sub>xy</sub>=26 mm,  $\Phi=0^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ -en büyük kazanç ışıma örüntüsü



Şekil 4.14. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=29, dxy=26 mm,  $\Phi=180^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ - en büyük kazanç ışıma örüntüsü

#### 4.2. Dairesel Yama Anten İçin 2. Parametrik Boyut Analizi

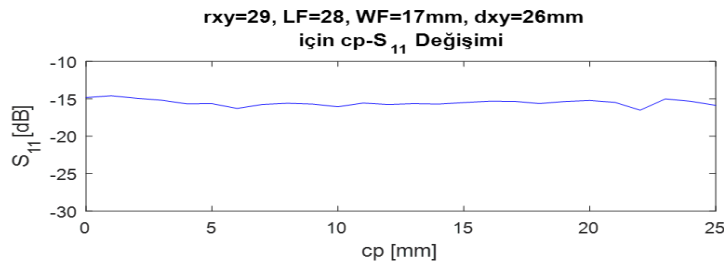
rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=17, dxy=26 mm sabit değerlere sahip Şekil-3.1.a ve Şekil 3.1.b'deki dairesel eş düzlemsel geometri için değişken cp değerlerine göre elde edilen sonuçlar, tablo ve grafikler halinde verilmektedir.

Tablo 4.3. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=17, dxy=26 mm için cp'nin 0-25 mm aralığındaki değişimine karşı gelen fr, s<sub>11</sub>, BG ve en büyük kazanç değerleri

cp [mm]	s <sub>11</sub> (EK) [dB]	f <sub>alt</sub> [GHz]	f <sub>r</sub> [GHz]	f <sub>üst</sub> [GHz]	BG [MHz]	Kazanç [dBi]	rx <sub>y</sub> [mm]	LF [mm]	WF [mm]	dxy [mm]
<b>0</b>	<b>-14,8279</b>	<b>2,424</b>	<b>2,445</b>	<b>2,466</b>	<b>41,90</b>	<b>-0,3099</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>26</b>
1	-14,5901	2,433	2,453	2,474	41,10	-0,4675	29	28	17	26
2	-14,9272	2,427	2,448	2,469	41,80	-0,4093	29	28	17	26
3	-15,1881	2,430	2,451	2,473	43,10	0,1304	29	28	17	26
4	-15,6699	2,429	2,451	2,474	44,50	-0,0684	29	28	17	26
5	-15,6469	2,429	2,450	2,473	44,40	-0,1248	29	28	17	26
6	-16,2859	2,422	2,444	2,468	46,50	0,2119	29	28	17	26
7	-15,7568	2,426	2,447	2,469	43,40	0,1377	29	28	17	26
<b>8</b>	<b>-15,5942</b>	<b>2,423</b>	<b>2,444</b>	<b>2,466</b>	<b>42,90</b>	<b>0,3034</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>26</b>
9	-15,7020	2,426	2,447	2,469	42,40	0,0686	29	28	17	26
10	-16,0590	2,425	2,446	2,467	42,60	0,1588	29	28	17	26
11	-15,5654	2,429	2,450	2,471	42,10	-0,2632	29	28	17	26
12	-15,7613	2,427	2,448	2,469	42,00	-0,4769	29	28	17	26
13	-15,6454	2,427	2,448	2,469	41,60	-0,3445	29	28	17	26
14	-15,7031	2,428	2,448	2,470	41,70	-0,3149	29	28	17	26
15	-15,5008	2,430	2,450	2,471	41,50	-0,3993	29	28	17	26
16	-15,3274	2,429	2,449	2,470	41,30	-0,4304	29	28	17	26

İkinci dairesel antene ait bilgilerin bulunduğu Tablo 4.3 incelendiğinde eş düzlemsel çerçeve yapı kalınlığının; antenin çalışma frekansında, geri yansımaya katsayısı  $s_{11}$ 'de, en büyük kazanç değerlerinde ve bant genişliğinde oluşturduğu etkiler görülebilir.

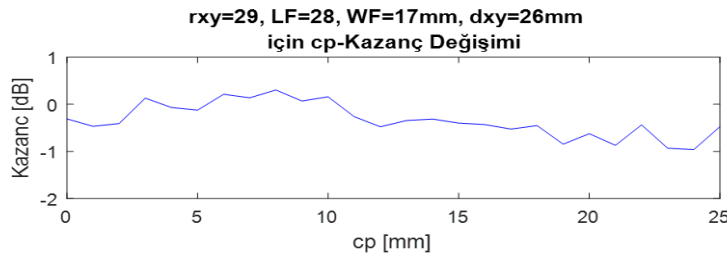
Tablo 4.3'deki ilk satır eş düzlemsel çerçeve yapının bulunmadığı Şekil 3.1.a'daki anten geometrisinin  $r_{xy}=29$  mm,  $LF=28$  mm,  $WF=17$  mm,  $d_{xy}=26$  mm boyutları için elde edilen  $s_{11}$ -fr değişim grafiğinden elde edilen en küçük  $s_{11}$  değeri, bu değerdeki merkez rezonans frekansı ( $f_r$ ), -10dB  $s_{11}$  değerlerindeki alt ( $f_{alt}$ ) ve üst frekans ( $f_{üst}$ ) değerleri,  $f_{üst}-f_{alt}$  ile hesaplanan bant genişliği (BG) ve en büyük kazanç değerleri (Kazanç (EB)) gösterilmiştir. Altta satırlar ise  $cp$ 'nin farklı kalınlıkları için elde edilen değerlerdir.  $cp=0$  için elde edilen  $s_{11}=-14,8279$  dB iken  $cp=22$  mm için  $s_{11}=-16,5231$  dB değerine ulaşmıştır.



Şekil 4.15.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm için cp-en küçük  $s_{11}$  değişimi

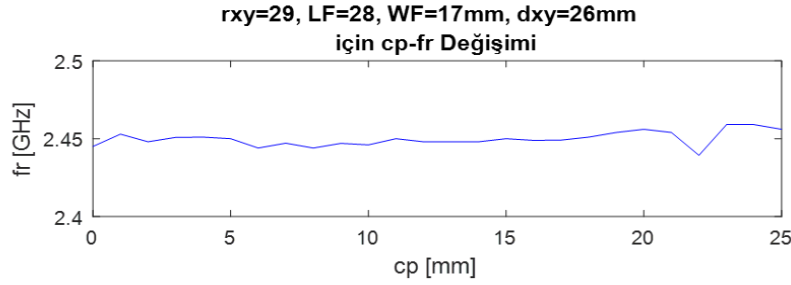
$s_{11}$ 'in cp ile değişimini gösteren eğri de Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Bu eğride ilk başlangıç değeri  $cp=0$  olan değeri göstermekte olup sağa doğru gidildikçe cp nin artan kalınlık değerleri için  $s_{11}$  değerlerini göstermektedir. Dolayısıyla başlangıç değerinin altına düşen  $s_{11}$  değerleri olumlu durumları göstermektedir.  $Cp=0$  için -0,3099 dBi olan kazanç değeri  $cp=8$ mm için 0,3034 dBi değerine ulaşmıştır.

Kazancın cp ile değişimini gösteren eğri de Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Bu eğride başlangıç değeri  $cp=0$  yani eş düzlemsel yapının olmadığı durum için elde edilen kazanç değeridir ve sonraki değerler de artan cp kalınlık değerlerine karşılık elde edilen kazanç değerleridir. Bu durumda başlangıç değerinin üstüne çıkılan değerler olumlu kazanç artışı anlamına gelmektedir.

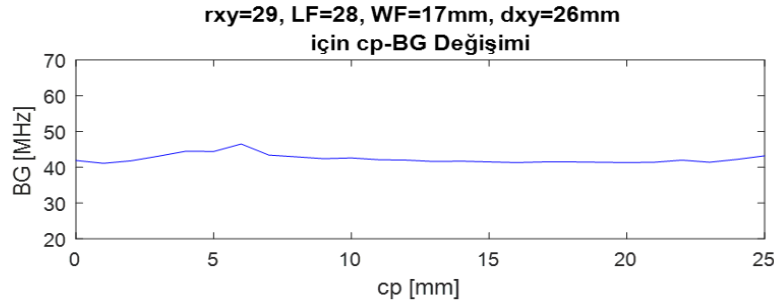


Şekil 4.16.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm için cp-Kazanç değişimi

Şekil 4.17, tablodaki  $f_r$  değerinin, yani merkez rezonans frekansının, cp ile olan değişim eğrisini göstermektedir. Burada frekansın 2,45 GHz değerinden uzaklaşmaması önemlidir.



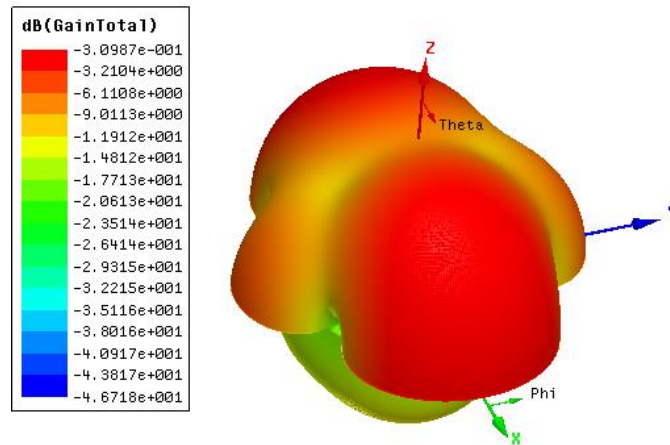
Şekil 4.17. rx=29, LF=28, WF=17, dxy=26 mm için cp-fr değişimi



Şekil 4.18. rx=29, LF=28, WF=17, dxy=26 mm için cp-BG değişimi

Şekil 4.18’de bant genişliğinin cp ile değişim eğrisi gösterilmiştir. Eş düzlemsel yapının anten bant genişliğini arttırdığı durumlar gözlenmiştir. Cp=0 için elde edilen 41,9 MHz BG değeri farklı cp kalınlık değerleri için 41,1 MHz ile 46,5 MHz arasında elde edilmiştir. En büyük bant genişliği cp=6 mm için 46,5 MHz elde edilmiş ve aynı anda kazanç da 0,2119 dBi değerinde çıkmıştır. Bu durum eş düzlemsel yapının aynı anda hem bant genişliğini hem de kazanç iyileştirmesine sebep olabileceğini göstermiştir.

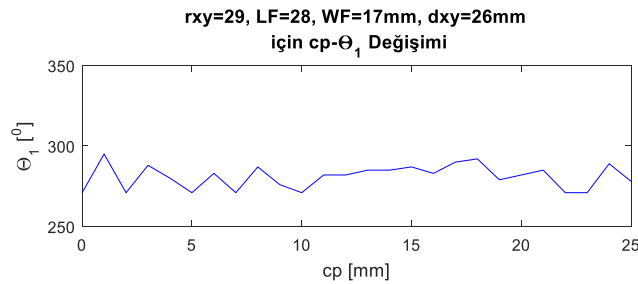
Dairesel mikroşerit anten geometrisinde rx=29, LF=28, WF=17, dxy=26 boyutları için ışıma diyagramı Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



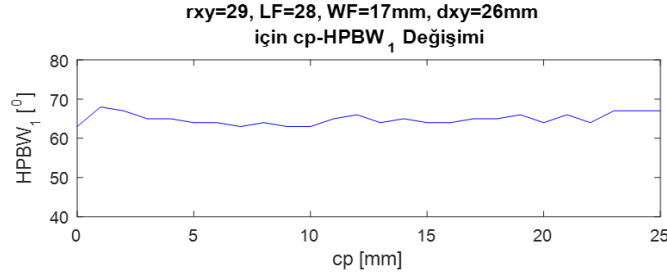
Şekil 4.19. x-y düzlemine yerleşmiş  $r_{xy}=29$  mm,  $LF=28$  mm,  $WF=17$  mm,  $d_{xy}=26$  mm boyutlarındaki dairesel antenin ışınma örüntüsüTablo 4.4.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm için  $c_p$ 'ye göre en büyük kazanç ve hüzmeye genişliği değerleri

$c_p$ (mm)	Kazanç (EB) [dBi]	Kazanç (EB) $\theta_1 - \phi_1$		Kazanç (EB) -3dB $\theta_{1\_L} - \theta_{1\_R}$		Kazanç (EB) $\theta_2 - \phi_2$		Kazanç (EB) -3dB $\theta_{2\_L} - \theta_{2\_R}$		HPBW
0	-0,3149	271	179	270	333	89	359	27	90	63
1	-0,4675	295	3	270	338	65	183	22	90	68
2	-0,4093	271	177	270	337	89	357	23	90	67
3	0,1304	288	2	270	335	72	182	25	90	65
4	-0,0684	280	176	270	335	80	356	25	90	65
5	-0,1248	271	177	270	334	89	357	26	90	64
6	0,2119	283	176	270	334	77	356	26	90	64
7	0,1377	271	3	270	333	89	183	27	90	63
8	0,3034	287	179	270	334	73	359	26	90	64
9	0,0686	276	180	270	333	84	0/360	27	90	63
10	0,1588	271	2	270	333	89	182	27	90	63
11	-0,2632	282	178	270	335	78	358	25	90	65
12	-0,4769	282	4	270	336	78	184	24	90	66
13	-0,3445	285	178	270	334	75	358	26	90	64
14	-0,3149	285	178	270	335	75	358	25	90	65
15	-0,3993	287	2	270	334	73	182	26	90	64
16	-0,4304	283	180	270	334	76	0/360	26	90	64

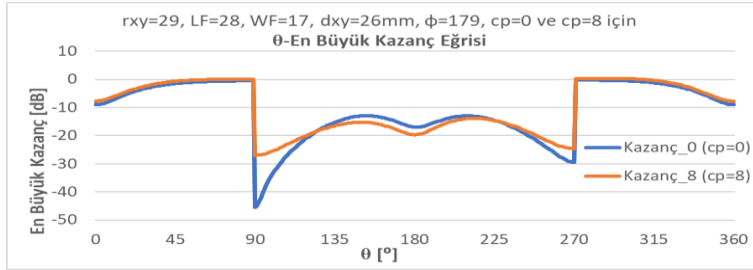
Tablo 4.4'te "Kazanç (EB)" sütunu  $c_p$  değerleri için elde edilen en büyük kazanç değerlerini göstermektedir. İlk satır eş düzlemsel yapının olmadığı yani  $c_p=0$  için en büyük kazanç değeri -0,31489 dBi olup bu değer  $c_p=8$ mm için 0,30340 dBi değerine yükselmiştir. Tabloda  $\theta_1$  ve  $\phi_1$  en büyük kazanç değerinin olduğu yatay düzlem ve dikey düzlem açıları göstermektedir. HPBW hesaplanırken en büyük kazancın 3dB altında kalan kazançların olduğu iki theta açısı arasındaki farktır.  $\theta_{1\_L}$  en büyük kazanç değerinin 3dB altındaki değere sahip olan kazancın,  $\theta$  açısından küçük olan ve değer tablosunda solda kalan dikey düzlem açısını,  $\theta_{1\_R}$  en büyük kazanç değerinin 3dB altındaki değere sahip olan kazancın,  $\theta$  açısından büyük olan ve değer tablosunda sağda kalan dikey düzlem açısını göstermektedir. Bu iki açının farkı hüzmeye genişliğini vermektedir. Dairesel mikroserit antende elde edilen en büyük kazanç değerleri sağda ve solda olmak üzere çift olduğu için bir anten için iki tablo oluşturulmuştur. Bu değerler; 0-360° aralığında 1'er derece aralıklarla tüm  $\theta$  ve  $\phi$  açılara karşı elde edilen kazanç değerlerine göre hassas bir şekilde elde edilmiştir. HPBW değeri de  $\theta_{1\_R}-\theta_{1\_L}$  şeklinde hesaplanmıştır.

Şekil 4.20.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm için  $c_p-\theta_1$  değişimi

Şekil 4.20,  $cp$ 'ye göre ilk en büyük kazançın olduğu  $\theta_1$  açısının değişim eğrisini göstermektedir. Buradan eş düzlemsel yapı yokken oluşan en büyük kazanç  $\theta$  açısı  $271^\circ$  iken eş düzlemsel yapı eklenmesiyle  $295^\circ$  değerine kadar yükselse de en büyük kazanç  $cp=8$  için  $\theta=287^\circ$  ve  $\phi=179^\circ$  açılarında gözlenmiştir. Şekil 4.21'de  $cp$ 'ye bağlı olarak HPBW değişim eğrisi gösterilmiştir.

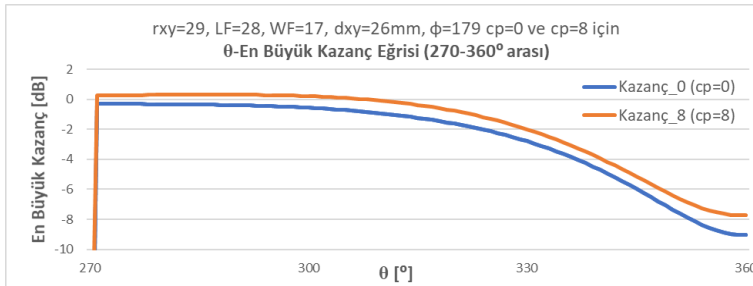


Şekil 4.21.  $rx=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $dxy=26$  mm için  $cp$ -HPBW değişimi



Şekil 4.22.  $rx=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $dxy=26$  mm,  $\phi=179^\circ$ ,  $cp=0$  ve  $cp=8$  mm için  $\theta$ -kazanç değişim eğrileri ( $\theta$ :  $0^\circ$ - $360^\circ$  aralığı)

En büyük kazanç değerleri antenin simetrik yapısından dolayı ışın diyagramında çift bulunup diğer kazanç değerlerinin açıları çizelgede  $\theta_2 - \phi_2$  olarak gösterilmiştir. Bu açılar simetriktir. Şekil 4.22, aynı anten boyutu için  $cp=0$  ve  $8$  mm için eş düzlemsel yapının etkisi görebilmek amacıyla  $\theta$  açısına göre en büyük kazanç değişim eğrileri birlikte gösterilmiştir.

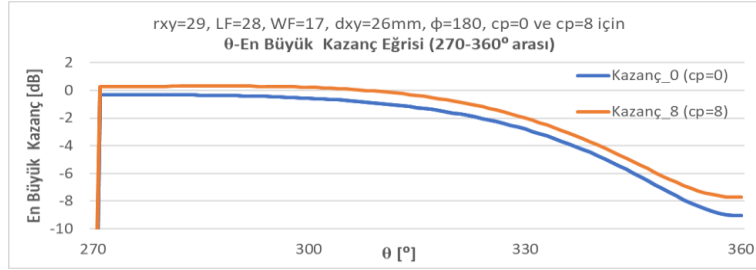


Şekil 4.23.  $rx=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $dxy=26$  mm,  $\phi=179^\circ$ ,  $cp=0$  ve  $cp=8$  mm için  $\theta$ -kazanç değişim eğrileri ( $\theta$ :  $270^\circ$ - $360^\circ$  arası)

Burada  $\theta$  açısı  $0^\circ$ - $360^\circ$  aralığında gösterilirken Şekil 4.23'te  $270^\circ$ - $360^\circ$  aralığında daha yakın görünümü gösterilmiştir. Mavi olan eğri eş düzlemsel yapının olmadığı antenin kazanç eğrisini

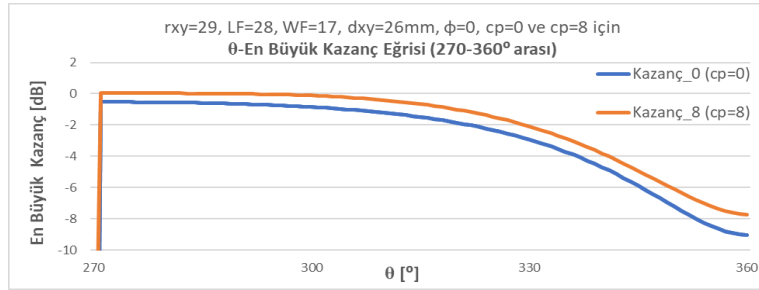


gösterirken kırmızı olan  $cp=8$  mm eş düzlemsel çerçeve eklenmiş dairesel antenin kazanç eğrisidir. Bu iki eğri de  $\phi$  açısının  $179^\circ$  olduğu eğrilerdir.



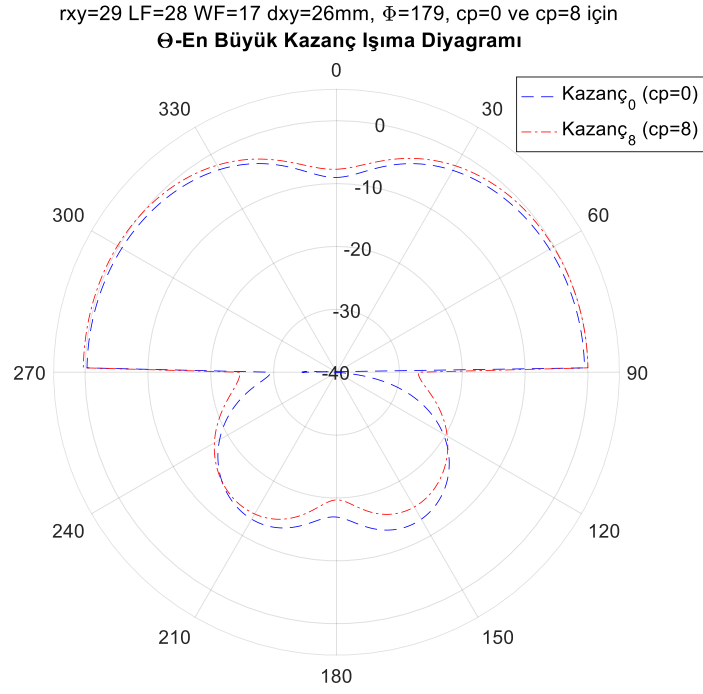
Şekil 4.24.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm,  $\phi=180^\circ$ ,  $cp=0$  ve  $cp=8$  mm için  $\theta$ -kazanç değişim eğrileri ( $\theta$ :  $270^\circ$ - $360^\circ$  arası)

Şekil 4.24,  $\phi=180^\circ$  için  $cp=0$  ve  $cp=8$ 'de  $\theta$  açısına göre kazanç değerleri eğrilerini göstermektedir. Burada da yine eş düzlemsel çerçevenin kazanç iyileştirmesi yaptığı görülmektedir. Şekil 4.25'de  $\phi=0^\circ$  için eğri tekrar çizdirilmiş ve benzer sonuç burada da gösterilmiştir.

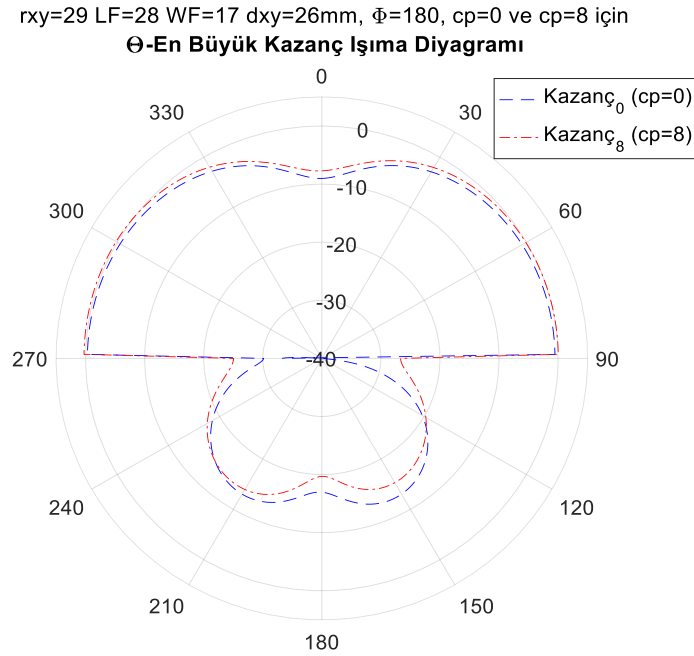


Şekil 4.25.  $r_{xy}=29$ ,  $LF=28$ ,  $WF=17$ ,  $d_{xy}=26$  mm,  $\phi=0^\circ$ ,  $cp=0$  ve  $cp=8$  mm için  $\theta$ -kazanç değişim eğrileri ( $\theta$ :  $270^\circ$ - $360^\circ$  aralığı)

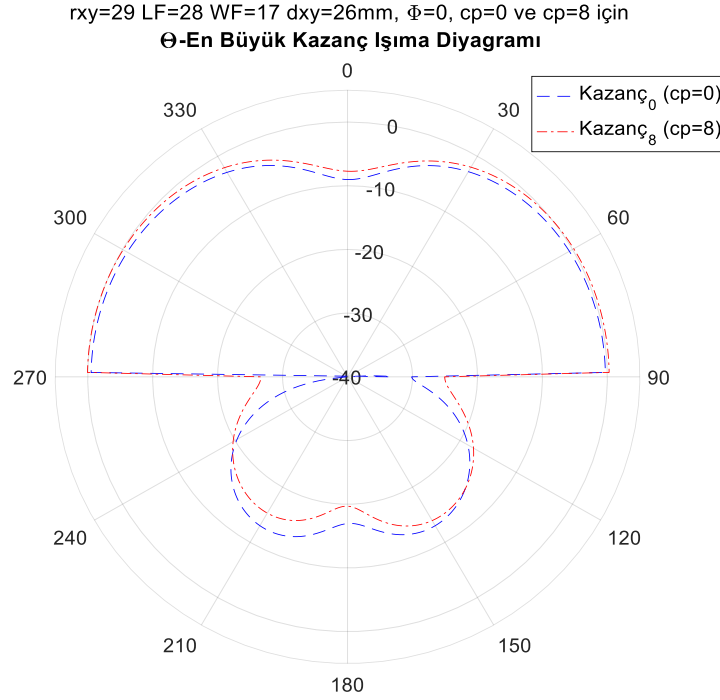
Şekil 4.26'da Şekil 4.22'de gösterilen eğrinin polar grafik ile gösterimi sunulmuştur. Grafikte  $\phi=179^\circ$ 'de mavi renkli eğri  $cp=0$  için, kırmızı renkli eğri  $cp=8$  için olan çizimlerdir. Buradan da eş düzlemsel yapının kazanç üzerinde yaptığı iyileştirme anlaşılacaktır. Şekil 4.27'de  $\phi=180^\circ$  ve Şekil 4.28'de  $\phi=0^\circ$  için gösterilmiştir.



Şekil 4.26. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=17, d<sub>xy</sub>=26 mm,  $\phi=179^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ -kazanç ışıma örüntüsü



Şekil 4.27. rx<sub>y</sub>=29, LF=28, WF=17, d<sub>xy</sub>=26 mm,  $\phi=180^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ -kazanç ışıma örüntüsü



Şekil 4.28. rx=29, LF=28, WF=17, dxy=26 mm,  $\Phi=0^\circ$ , cp=0 ve cp=8 mm için  $\theta$ -kazanç ışıma örüntüsü

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada 2 farklı dairesel yama anten boyutu için cp değişkeni, 1mm aralıklarla parametrik olarak değiştirilerek s<sub>11</sub> yansımaya katsayısı, farklı yönlerdeki en büyük kazanç değerleri, bant genişliği ve yarım güç hüzmeye genişliği değerleri elde edilmiş ve sonuçlar tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; eş düzlemsel yapı 1. antenin kazancını -0,4015dB'den 0,0497dB'ye çıkartarak 0,4512 dB artış, 2. antenin kazancını -0,3099dB'den 0,3034dB'ye çıkartarak 0,6133 dB arttırdığı tespit edilmiştir. Buna göre, eş düzlemsel yapının olmadığı anten kazançları için eş düzlemsel yapı eklendiğinde değerlerde artma şeklinde iyileşmelerin olduğu görülmektedir. Anten boyutlarını değiştirmeden kazanç değerlerinin iyileşmesi önemlidir.

Bunun yanında s<sub>11</sub> yansımaya katsayısı, bant genişliği ve hüzmeye genişliği değerlerinde de iyileşmelerin olduğu tablolarda ve grafiklerde gösterilmiştir. Anten parametreleri için anten boyutunu değiştirmeden iyileştirmeler elde etmek oldukça önemli kazanımlardır. Bu çalışmada anten kazancı artırmaya yönelik eş düzlemsel yapı ekleme yöntemi hakkında basit anten örnekleri gösterilmiş ve farklı mikroşerit anten geometrileri ve tipleri için kazanç artırma, yansımaya katsayısı iyileştirme, bant genişliği artırma amacıyla kullanılabilecek bir yöntem olarak önerilmiştir.

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi antene eş düzlemsel yapı eklenmesinin anten parametrelerinden en büyük kazanç ve s<sub>11</sub> yansımaya katsayısı, bant genişliği ile yarım güç hüzmeye genişliği (HPBW) değerleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu gözlenmiştir. Bu yöntemin kare ve dikdörtgen mikroşerit yama antenlerde de kazanç, s<sub>11</sub> yansımaya katsayısı, bant genişliği

parametreleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu da gözlenmiştir. Bu çalışma “Mikroşerit Antenlerde Eş Düzlemsel Yapı Parametrelerinin Anten Performansına Etkilerinin İncelenmesi” adlı doktora tez çalışmasının bir bölümünden alınmıştır [26].

Bu değerlendirmeler göz önüne alındığında antenin boyutları ve kullanılan malzeme özellikleri değiştirilmeden antende sadece kısmi toprak eş düzlemsel çerçeve yapı 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. KAYNAKÇALAR

- [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] Balanis, C. A. (2015). Antenna theory: analysis and design. John wiley & sons.
- [4] Stutzman, W. L., & Thiele, G. A. (2012). Antenna theory and design: John Wiley & Sons.
- [5] Cheng, D. K. (1993). Fundamentals of engineering electromagnetics.
- [6] Volakis, J. L. (2007). Antenna engineering handbook: McGraw-Hill Education.
- [7] Kumar, G., & Ray, K. P. (2003). Broadband microstrip antennas: Artech house.
- [8] Bougoutaia, T., Khedrouche, D., & Hocini, A. (2016). Bandwidth improvement for compact microstrip patch antenna using metamaterials. Acta Physica Polonica A, 129(4), 538-540.
- [9] Schandy, J., Steinfeld, L., Rodríguez, B., González, J. P., & Silveira, F. (2019). Enhancing parasitic interference directional antennas with multiple director elements. Wireless Communications and Mobile
- [10] Dhara, R., Sarkar, M., Dey, T. K., & Jana, S. K. (2018). A tri-band circularly polarized G-shaped patch antenna for wireless communication application. In 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON) (pp. 992-996). IEEE. interference directional antennas with multiple director elements. Wireless Communications and Mobile Computing.
- [11] Mahajan, R. C., Parashar, V., Vyas, V., & Sutaone, M. (2019). Design and implementation of defected ground surface with modified co-planar waveguide transmission line. SN Applied Sciences, 1, 1-12. Computing, 2019.
- [12] Simons, R., & LEE, R. (1991, September). Coplanar waveguide feeds for phased array antennas. In Conference on Advanced SEI Technologies (p. 3422).
- [13] Chen, H. D. (2003). Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened tuning stub. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 51(8), 1982-1986.
- [14] Zhou, S. W., Li, P. H., Wang, Y., Feng, W. H., & Liu, Z. Q. (2011). A CPW-fed broadband circularly polarized regular-hexagonal slot antenna with L-shape monopole. IEEE antennas and wireless propagation letters, 10, 1182-1185.
- [15] Kan, H. K., Waterhouse, R. B., Abbosh, A. M., & Bialkowski, M. E. (2007). Simple broadband planar CPW-fed quasi-Yagi antenna. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 6, 18-20.
- [16] Barrou, O., El Amri, A., Reha, A., & Hammouch, N. (2018). Performance Comparison between FIT and MoM Based Solvers for Microstrip Patch Array Antennas with Conventional Geometries. International Journal of Computer Engineering and Information Technology, 10(12), 220-226.

- [17] Dardeer, O. M., Elsadek, H., & Abdallah, E. A. (2018, July). CPW-FED multiband antenna for various wireless communications applications. In 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting (pp. 785-786). IEEE.
- [18] Sze, J. Y., Hsu, C. I., Chen, Z. W., & Chang, C. C. (2009). Broadband CPW-fed circularly polarized square slot antenna with lightning-shaped feedline and inverted-L grounded strips. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 58(3), 973-977.
- [19] Armagan, O., & Kahrman, M. (2022). The Effect of the Co-Planar Structure on HPBW and the Directional Gain at the Square Patch Antenna around ISM 2450 MHz. *Tehnički vjesnik*, 29(4), 1120-1125.
- [20] Seyyedrezaei, S. F., Mohammad-Ali-Nezhad, S., Hassani, H., & Farahani, M. (2020). A Novel Small Size CPW-Fed Slot Antenna with Circular Polarization for 5G Application. *Progress In Electromagnetics Research C*, 106(1).
- [21] Zaidi, A., Baghdad, A., Ballouk, A., & Badri, A. (2016, October). Design and optimization of an inset fed circular microstrip patch antenna using DGS structure for applications in the millimeter wave band. In 2016 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM) (pp. 99-103). IEEE.
- [22] 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.
- [23] Gözel, M., Kasar, Ö. and Kahrman, M. (2019). 868 MHz UHF bandında H-şeklinde katlanmış implant mikroşerit dipol anten tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(3), 797-806.
- [24] Ari, O, Coşkun, Ö., & Kaya, A. (2012). "Biyomedikal Uygulamalar İçin Ultra Geniş Bant (UWB) Anten Tasarımı" *Teknik Bilimler Dergisi*, 2(1), 1-4.
- [25] Evran, S. K., & Coskun, O. (2019). "A low profile dual band MIMO antenna design and measurement with AMC reflector", *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications*, 13(January-February 2019), 78-82.
- [26] Armağan, O. (2021) Mikroşerit Antenlerde Eş Düzlemsel Yapı Parametrelerinin Anten Performansına Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Ün. Fen Bilimleri Entitüsü, Isparta.