

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RADAR UYGULAMALARINDA HORN ANTENLER İÇİN  
DİELEKTRİK MERCEKLİ LENS TASARIMI**

**Numan Burak ALPAYDIN**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Haberleşme Programı

Danışman  
Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Ekim, 2019

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RADAR UYGULAMALARINDA HORN ANTENLER İÇİN**  
**DIELEKTRİK MERCEKLI LENS TASARIMI**

Numan Burak Alpaydın tarafından hazırlanan tez çalışması 21.10.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Haberleşme Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Filiz Güneş

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Dr. Öğr. Üyesi Peyman MAHOUTI, Üye

İstanbul Arel Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Dr. Öğr. Üyesi Serkan KURT, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Danışmanım Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ sorumluluğunda tarafımda radar uygulamalarında horn antenler için dielektrik mercekli lens tasarımı başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Numan Burak ALPAYDIN

İmza



*Aileme*

## TEŐEKKÜR

---

Konunun tespitinden itibaren gerek bilgi konusunda yardımlarıyla gerekse süreç boyunca moral olarak beni rahatlatmasıyla vakit ayıran değerli danışmanım Prof. Dr. Filiz Güneş hocama, simülasyon programı kullanım konusunda örnekler gösteren ve emeği geçen tüm hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her günümde yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme minnettarım.

Numan Burak ALPAYDIN



# İÇİNDEKİLER

---

<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Giriş</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	2
1.3 Hipotez .....	2
<b>2 Antenler</b>	<b>3</b>
2.1 Antenler ve Özellikleri.....	3
2.2 Mikrodalga Frekans Bandları .....	3
2.3 Horn Antenler.....	6
2.4 Tasarlanılan Horn Antenin Boyutları ve Performans Sonuçları .....	7
<b>3 Dielektrik Lens Tasarım Stratejisi</b>	<b>13</b>
3.1 3D Yazıcı Teknolojisi.....	13
3.2 Baskı şekillendirme yöntemleri.....	14
3.3 Uygun Dielektrik Malzeme Seçimi.....	15
3.4 ABS ve PLA malzemelerin dielektrik özellikleri.....	16
3.5 Lens Tasarımında Hedef Belirleme .....	20

<b>4 Lenslerin Farklı Geometrik Şekillerde Uygulanması</b>	<b>22</b>
4.1 Piramit Tipi Lens .....	23
4.2 Dikdörtgen Prizma Tipi Lens.....	29
4.3 Üçgen Tipi V1 Lens .....	31
4.4 Üçgen Tipi V2 Lens .....	33
<b>5 Sonuç ve Öneriler</b>	<b>36</b>
5.1 Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	36
<b>Kaynakça</b>	<b>37</b>
<b>Tezden Üretilmiş Yayınlar</b>	<b>38</b>



## SİMGE LİSTESİ

---

$\lambda$	Dalga boyu
$f$	Çalışma frekansı
$\Gamma_S$	Kaynaktan görülen yansımaya katsayısı
$\Gamma_L$	Yükten görülen yansımaya katsayısı
$G_A$	Elde edilebilir güç kazancı
$G_p$	Güç kazancı
$G_T$	Dönüştürücü güç kazancı
$P_{AVS}$	Maksimum kaynak gücü
$P_L$	Yüke dağıtılan güç
$P_i$	Giren güç
$P_r$	Yansıyan güç
$\varepsilon$	Dielektrik sabiti
$Z_L$	Yük empedansı
$RL$	Dönüş kaybı
$L$	İletim hattının fiziksel uzunluğu
$\lambda$	Dalga boyu
$f$	Çalışma frekansı



## KISALTIMA LİSTESİ

---

$G_A$	Elde edilebilir güç kazancı
$G_p$	Güç kazancı
$G_T$	Dönüştürücü güç kazancı
$\varepsilon$	Dielektrik sabiti
$Z_0$	İletim hattı karakteristik empedansı
$Z_L$	Yük empedansı
$Z_S$	Kaynak empedansı
$Z_{IN}$	Giriş empedansı
$Z_{OUT}$	Çıkış empedansı
$RL$	Dönüş kaybı

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Alıcı ve verici anten modeli .....	3
Şekil 2.2 Horn anten .....	6
Şekil 2.3 Horn anten ridged görseli .....	6
Şekil 2.4 Horn antene ait dalga kılavuzu gösterimi.....	7
Şekil 2. 5 Horn anten açıklığına ait genişlik ve yükseklik .....	8
Şekil 2. 6 Horn anten tasarımında z ekseninin koordinat sisteminde gösterimi.....	8
Şekil 2. 7 Horn antenin lens uygulanmadan önceki s11 grafiği .....	9
Şekil 2. 8 Horn antenin 20 GHz frekansında yönlülük grafiği.....	10
Şekil 2. 9 Horn antenin 25 GHz frekansında yönlülük grafiği.....	10
Şekil 2. 10 Horn antenin 30 GHz frekansında yönlülük grafiği .....	11
Şekil 2. 11 Horn antenin 35 GHz frekansında yönlülük grafiği.....	11
Şekil 2. 12 Horn antenin 40 GHz frekansında yönlülük grafiği.....	12
Şekil 3.1 FDM şekillendirme yöntemi .....	14
Şekil 3.2 FDM yöntemiyle üretilmiş cisim örneği .....	15
Şekil 3.3 Filament örnekleri .....	15
Şekil 3.4 FDM yöntemiyle üretilmiş ABSplus malzemesinin yüzeyi.....	17
Şekil 3.5 ABSplus malzemesinin dalga kılavuzu örnek tutucusundaki görüntüsü .....	17
Şekil 3.6 ABSplus malzemesinin Ka bandındaki Dielektrik Sabiti [5].....	18
Şekil 3.7 ABSplus Malzemesinin Dielektrik sabiti (E-band: 60 – 90 GHz ) [5] .....	18
Şekil 3.8 ABSplus malzemesinin dielektrik sabiti (200 MHz – 90 GHz) [5] .....	19
Şekil 4.1 Piramit tipi lens .....	23
Şekil 4. 2 Piramit tipi lensin boyutları .....	23
Şekil 4. 3 Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk (a)= 0.1 mm , (b)= 0.5 mm, (c)= 1 mm .....	23
Şekil 4. 4 Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk mesafe değişikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	24
Şekil 4. 5 Piramit tipi lens ve anten boşluk mesafesi gösterimi .....	25
Şekil 4. 6 Piramit tipi lensin X eksenini boyunca lens boyutunda değişiklik (a): X=4 mm, (b): X=5 mm, (c): X=6 mm, (d): X=7 mm .....	25
Şekil 4. 7 Piramit tipi lensin X eksenini boyunca değişikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	25

<b>Şekil 4. 7</b> Piramit tipi lensin X eksenini boyunca değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	25
<b>Şekil 4. 8</b> Piramit tipi lensin Y eksenini boyunca boyut değışikliği (a): Y=10 mm, (b): Y=9 mm, (c): Y=8 mm, (d): Y=5 mm .....	27
<b>Şekil 4. 9</b> Piramit tipi lensin Y eksenini değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi ....	27
<b>Şekil 4. 10</b> Piramit tipi lensin Z eksenini boyunca boyut değışikliği (a): Z=3 mm, (b): Z=5 mm, (c): Z=7 mm .....	28
<b>Şekil 4. 11</b> Piramit tipi lensin Z derinlik değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi	28
<b>Şekil 4.12</b> Dikdörtgen prizma tipi lens .....	29
<b>Şekil 4.13</b> Dikdörtgen prizma tipi lens ve anten boşluk mesafesi gösterimi.....	29
<b>Şekil 4. 14</b> Dikdörtgen prizma tipi lensin Z eksenini boyunca (et kalınlığı) değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi .....	30
<b>Şekil 4.15</b> Üçgen tipi v1 lens.....	31
<b>Şekil 4. 16</b> Üçgen tipi v1 lensin X eksenini değışikliğinin s11 etkisi .....	31
<b>Şekil 4. 17</b> Üçgen tipi v1 lensin Y eksenini değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	32
<b>Şekil 4.18</b> Üçgen tipi v2 lens.....	33
<b>Şekil 4. 19</b> Üçgen tipi v2 lensin Z eksenini boyunca boyut değışikliği .....	33
<b>Şekil 4. 20</b> Üçgen tipi V2 lensin Z derinlik değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	34
<b>Şekil 4. 21</b> Üçgen tipi v2 lensin Y eksenini değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi.....	35

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2. 1</b> Frekans bantları ve kullanım alanları.....	4
<b>Tablo 2. 2</b> Mikrodalga frekans bantları.....	5
<b>Tablo 2. 3</b> Horn antene ait dalga kılavuzu boyutları.....	7
<b>Tablo 2. 4</b> Horn anten açıklık boyutları .....	8
<b>Tablo 2. 5</b> Horn antenin lens uygulanmadan önceki s11 değerleri.....	9
<b>Tablo 2. 6</b> Horn antenin yönlülük terimlerinin anlamları .....	9
<b>Tablo 2. 7</b> Horn antenin 20 - 40 GHz frekans bandında yönlülük değerleri.....	12
<b>Tablo 3. 1</b> 30 GHz frekansında ABS malzemesinin karakteristik özellikleri .....	16
<b>Tablo 3. 2</b> ABS ve PLA malzemelerinin dielektrik özellikleri.....	16
<b>Tablo 4.1</b> Lens Karşılaştırmalarında Kullanılan Parametreler.....	22
<b>Tablo 4. 2</b> Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk mesafesinin yönlülük katsayısına etkisi.....	24
<b>Tablo 4. 3</b> Piramit tipi lensin X eksenini boyunca değışikliğinin yönlülük etkisi .....	26
<b>Tablo 4. 4</b> Piramit tipi lensin Y eksenindeki değışiklik öncesi boyutları .....	26
<b>Tablo 4. 5</b> Piramit tipi lensin Y eksenini boyunca değışikliğinin yönlülük etkisi .....	27
<b>Tablo 4. 6</b> Piramit tipi lensin Z derinlik değışikliğinin yönlülük etkisi .....	28
<b>Tablo 4. 7</b> Dikdörtgen prizma tipi lensin Z eksenini boyunca (et kalınlığı) değışikliğinin yönlülük değerine etkisi.....	30
<b>Tablo 4. 8</b> Üçgen tipi v1 lensin X eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi .....	31
<b>Tablo 4. 9</b> Üçgen tipi v1 lensin Y eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi .....	32
<b>Tablo 4. 10</b> Üçgen tipi V2 lensin Z eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi.....	34
<b>Tablo 4. 11</b> Üçgen tipi v2 lensin X eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi .....	34

## Radar Uygulamalarında Horn Antenler İçin Dielektrik Merceкли Lens Tasarımı

Numan Burak ALPAYDIN

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Bu çalışmada, bir horn antenin Ka bandı frekanslarında kazanç ve yönlülük parametrelerini iyileştirmek için etkili bir yaklaşım sunulmuştur. Çift sırtlı bir horn anten tasarlanmış ve antenin performans sonuçları CST mikrodalga studio programında analiz edilmiştir. Ayrıca antene uygulanmak üzere farklı geometrik şekillerde dielektrik lensler de tasarlanmıştır. Tasarlanılan piramit tipi lens, dikdörtgen prizma tipi lens ve üçgen lensler ayrı ayrı horn antenin açıklığına yerleştirilerek antenin performansı yeniden analiz edilmiştir. Bu analizlerde lenslerin boyut değişikliklerinin sonuçları nasıl etkilediği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Horn anten, 3D yazıcı, dielektrik lens, CST Studio, mikrodalga

## **Design of Dielectric Lens Loaded Horn Antenna for Radar Applications**

Numan Burak ALPAYDIN

Department of Electronics and Communication Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

In this paper, an effective approach to improve gain and directivity of a horn antenna is presented in Ka-band frequencies. A double-ridged horn antenna is designed and its performance result is analyzed in CST microwave studio programme. After that several shapes of dielectric lenses such as pyramid-shaped lens, rectangular prism lens and triangle lenses are designed and placed into the aperture of the horn antenna. The horn antenna with these lenses is reanalyzed. Thus, the effects of lens size changes on antenna performance results are investigated.

**Keywords:** Horn antenna, 3D printer, dielectric lens, CST Studio, microwave

### 1.1 Literatür Özeti

Son yıllarda savunma sanayisinin ilerlemesi ve mikrodalga sistemlerine duyulan ihtiyaç özellikle radar frekans bandında yapılan çalışmaları değerli kılmıştır. Bu alanı geliştirmeye yönelik yapılan tasarımlar oldukça ilgi görmektedir. Ayrıca yeni tasarımların yanı sıra mevcut tasarımın kendine özgü parametrelerini iyileştirmek suretiyle yapılan geliştirmeler ile başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Mikrodalga devrelerinin çoğunluğunda ve elektromanyetik uyumluluk testlerinde sıklıkla kullanılan horn antenler ise ışınım karakteristik özelliklerinde yapılan kolay iyileştirmeler nedeniyle diğer antenlere göre daha ön plana çıkmaktadır. Ayrıca üretilen dielektrik lensler ile horn antenin kazanç ve yönlülük parametrelerinde iyileştirmeler yapılabilmektedir.

Günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi kolay üretim yapma olanağı sunması sebebiyle anten üreticilerinin de dikkatini çekmiştir. 3D yazıcı teknolojisi gerek horn anten tasarımı ve gerekse anten performansını iyileştiren lensler için farklı tasarımları üretime dönüştürme imkânı vermesi açısından tercih edilmektedir. Bu teknolojinin fazla yeni olmamasına rağmen son yıllarda daha revaçta olmasındaki en temel sebep kullanılan malzemelerin ucuz maliyetli ve hızlı üretim olmasından kaynaklanmaktadır.

Teknolojinin sunduğu kolay üretimde farklı malzemeler ve farklı şekillendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Böylelikle bilgisayar ortamında tasarlanan modeller seçilen uygun malzeme ile gerçek cisimlere dönüştürülür ve teknolojinin ilerlemesi için kolay denemeler yapılmasına imkân tanır.

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu tezde Ka frekans bandında çalışabilecek bir horn anten için PLA dielektrik malzeme ile lensler üretilerek horn antenin ışınma paterninde maksimum performans hedeflenmektedir. Üretimde 3D yazıcı kullanılarak farklı geometrik şekillerin oluşturulmasında kolaylık sağlanmış olup, uygulanan lensler ile horn antenin kazanç ve yönlülük parametrelerini geliştirmeye yönelik maksimum performans hedeflenmiştir.

## **1.3 Hipotez**

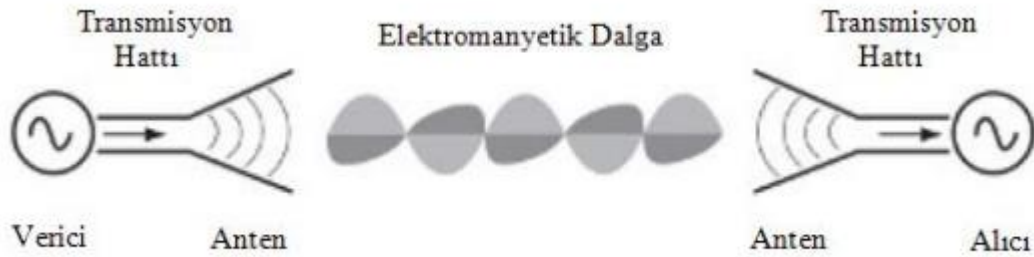
3D yazıcı vasıtasıyla üretilen farklı geometrik şekil ve boyutlardaki dielektrik lens tasarımları gerçekleştirilmiş olup horn antenin performansı geliştirilmiştir. Bu açıdan birkaç tasarım modeli sunulmuş ve tasarlanan dielektrik lenslerin üretiminin kolay olduğu ve birçok geniş bantlı radar uygulamalarında kullanılabileceği gösterilmiştir.



### 2.1 Antenler ve Özellikleri

Antenler temel olarak serbest uzay empedansı ile radyo frekans sisteminin karakteristik empedansı arasında bir dönüştürücü görevi görür. Antenin çalışma frekans bandı üzerindeki empedans uyumu antenler için çok önemli bir parametredir. Empedans uyumu'nun kalitesi çoğunlukla ya geri dönüş kaybı (RL) ile veya gerilim durgun dalga oranı (VSWR) ile ifade edilir. Bu iki terimi basit olarak ifade edecek olursak aynı empedans değerinin farklı formatlarda ifade edilmesidir.

Gerçekleştirmek imkânsız olsa dahi ideal olan durum yansıma olmaksızın bütün gücün antene geri ışmasıdır[1].



Şekil 2.1 Alıcı ve verici anten modeli

### 2.2 Mikrodalga Frekans Bandları

Elektromagnetik dalgaları sınıflandırırken dalga boylarını referans alacak olursak 1 cm ile 1 m arasında farklı uzunluklardaki dalga boyları için mikrodalga ifadesi kullanılır. Dalga boyları ışık hızı formülünden ilgili frekans eşleştirmesi yapıldığında 300 MHz ile 30 GHz arasındaki bölgedir. Elektromagnetik spektrumda frekans bandları tablo ile detaylı gösterilecek olursa aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

**Tablo 2. 1** Frekans bandları ve kullanım alanları

<b>Frekans Bandı</b>	<b>Tanımlama</b>	<b>Kullanıldığı Yer</b>
3 – 30 KHz	Very Low Frequency (VLF)	Navigasyon, Sonar (ses dalgaları ile deniz altı nesnelere belirleme yöntemi)
30 – 300 KHz	Low Frequency (LF)	Radio ile yön bulma, Radio ile seyir, Navigasyonel yardım
300 – 3000 KHz	Medium Frequency (MF)	AM yayını, Deniz radyosu, Sahil güvenlik haberleşmesi, Yön bulma
3 – 30 MHz	High Frequency (HF)	Telefon, Telgraf ve fax, Kırsaldalga, uluslararası radyo yayını, amatör radyo, halk bandı
30 – 300 MHz	Very High Frequency (VHF)	TV, FM yayını, hava trafik kontrolü, polis, taksi mobil haberleşme
300 – 3000 MHz	Ultrahigh Frequency (UHF)	TV, uydu haberleşme, gözetleme radarı, navigasyonel yardım
3 – 30 GHz	Superhigh Frequency (SHF)	Uçak radarı, mikrodalga linkleri, kara-monil haberleşme, uydu haberleşmesi
30 – 300 GHz	Extreme High Frequency (EHF)	Radar, deneysel amaçlar

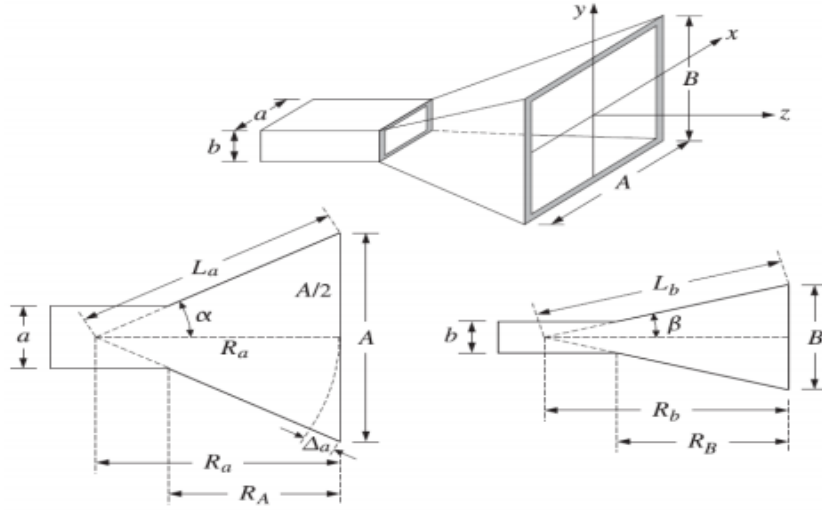
**Tablo 2. 2** Mikrodalga frekans bandları

Frekans	Mikrodalga Band Tanımı Eski	Mikrodalga Band Tanımı Yeni
100-250 MHz	VHF	A
250-500 MHz	VHF	B
500-1000 MHz	VHF	C
1 – 2 GHz	L	D
2 – 3 GHz	S	E
3 – 4 GHz	S	F
4 – 6 GHz	C	G
6 – 8 GHz	C	H
8 – 10 GHz	X	I
10 – 12.4 GHz	X	J
12.4 – 18 GHz	Ku	J
18 – 20 GHz	K	J
20 – 26.5 GHz	K	K
26.5 – 40 GHz	Ka	K
40 – 60 GHz	40 – 300 GHz Milimetrik Dalgalar	L
60 – 100 GHz		M
> 300 GHz	Milimetre Altı Dalgalar	

## 2.3 Horn Antenler

Horn anten, yani ingilizcedeki boynuz anlamına gelen bu anten tam olarak ismini benzediği kelimeden almıştır ve mikrodalga frekanslarında en sık kullanılan antenlerdendir. Tercih edilme sebebi prototip üretiminin kolaylıkla yapılabilmesi ve uygun lensler aracılığıyla da kazanç, yönlülük gibi performans parametrelerinde kayda değer iyileştirmeler elde edilebilmesidir.

Projede kullandığımız horn anten genel özelliği itibarıyla elektromanyetik enerjiyi izotropik antende olduğu gibi homojen olarak dağıtmaz. Bir dalga kılavuzu görevi görerek enerjinin belirli bir yönde dağıtımını yaparak yönlendirdiği alanda ise farklı şiddetlerde ışınlar yapabilmektedir. Kazanç ifadesi ışınma yapılan enerjinin referans aldığı antene göre belirli bir yönde artma durumudur[1].



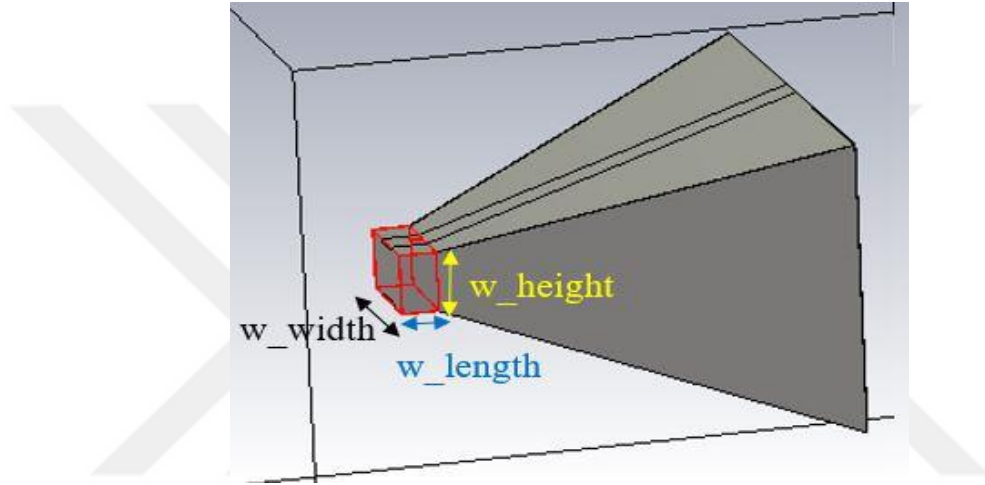
Şekil 2.2 Horn anten



Şekil 2.3 Horn anten ridged görseli

## 2.4 Tasarlanılan Horn Antenin Boyutları ve Performans Sonuçları

Projede kullandığımız horn anten genel özelliği itibarıyla elektromanyetik enerjiyi izotropik antende olduğu gibi homojen olarak dağıtmaz. Bir dalga kılavuzu görevi görerek enerjinin belirli bir yönde dağıtımını yaparak yönlendirdiği alanda ise farklı şiddetlerde ışınlar yapabilmektedir. Kazanç ifadesi ışınla yapılan enerjinin referans aldığımız antene göre belirli bir yönde artma durumudur.

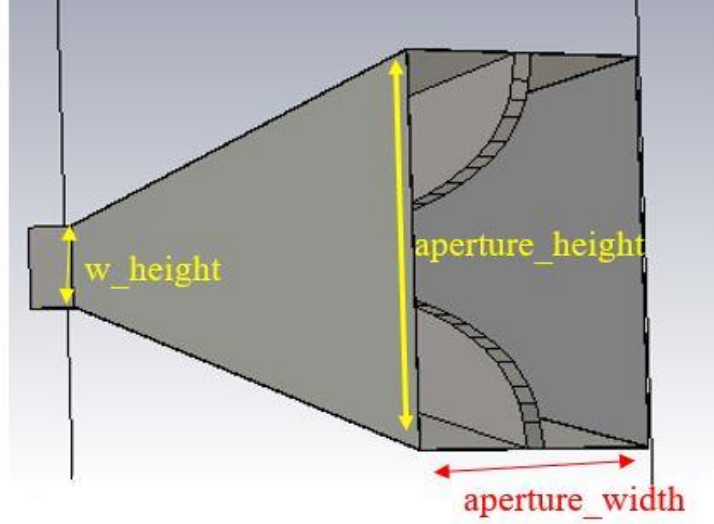


Şekil 2.4 Horn antene ait dalga kılavuzu gösterimi

Dalga kılavuzunun boyutları belirlenirken, x eksenini için yükseklik (height), y eksenini için genişlik (width) ve z eksenini için uzunluk (length) ifadeleri kullanılmaktadır. Tasarımlarda aynı koordinat düzlemi için hep aynı ifadeler kullanılmıştır [2].

Tablo 2.3 Horn antene ait dalga kılavuzu boyutları

Dalga kılavuzu genişliği (w_width)	2.24 mm
Dalga kılavuzu yüksekliği (w_height)	1.42 mm
Dalga kılavuzu uzunluğu (w_length)	0.78 mm

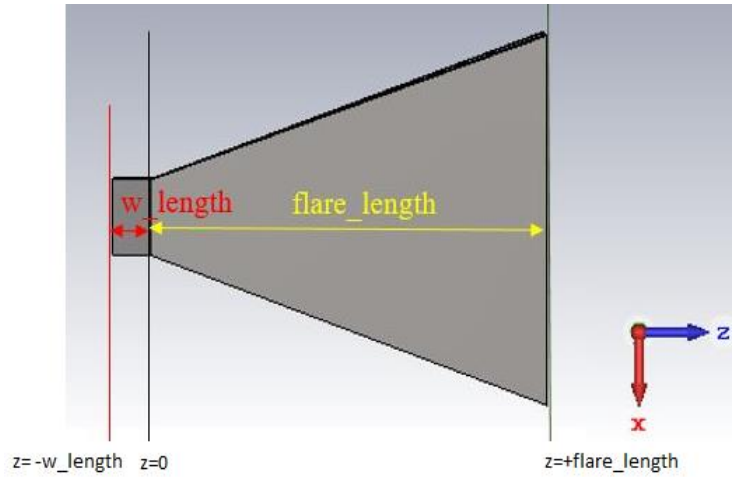


**Şekil 2. 5** Horn anten açıklığına ait genişlik ve yükseklik

Horn anten açıklığına ait yükseklik (height) ve genişlik (width) ifadelerini korumak koşuluyla anten açıklığının ölçüleri aşağıda belirtilmiştir.

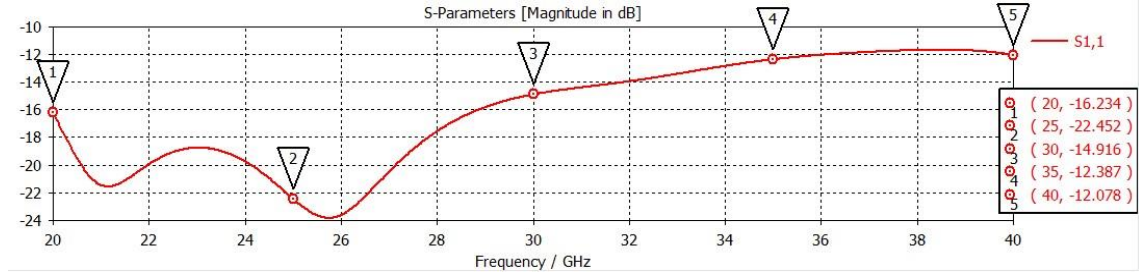
**Tablo 2. 4** Horn anten açıklık boyutları

Anten açıklığına ait genişliği (aperture_width)	10 mm
Anten açıklığına ait yükseklik (aperture_height)	7 mm



**Şekil 2. 6** Horn anten tasarımında z ekseninin koordinat sisteminde gösterimi

Şekil 2. 6’da gösterilen z eksen koordinat sisteminde belirtilen flare\_lenght ifadesinin ölçüsü 8 mm’dir. Horn antenin lens uygulanmadan önceki giriş yansıma katsayısı olan S11 performansını incelediğimizde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



**Şekil 2. 7** Horn antenin lens uygulanmadan önceki s11 grafiği

Şekil 2. 7’de belirtilen grafik değerlerini daha net bir şekilde görebilmek için aşağıdaki gibi tablo düzenlenmiştir.

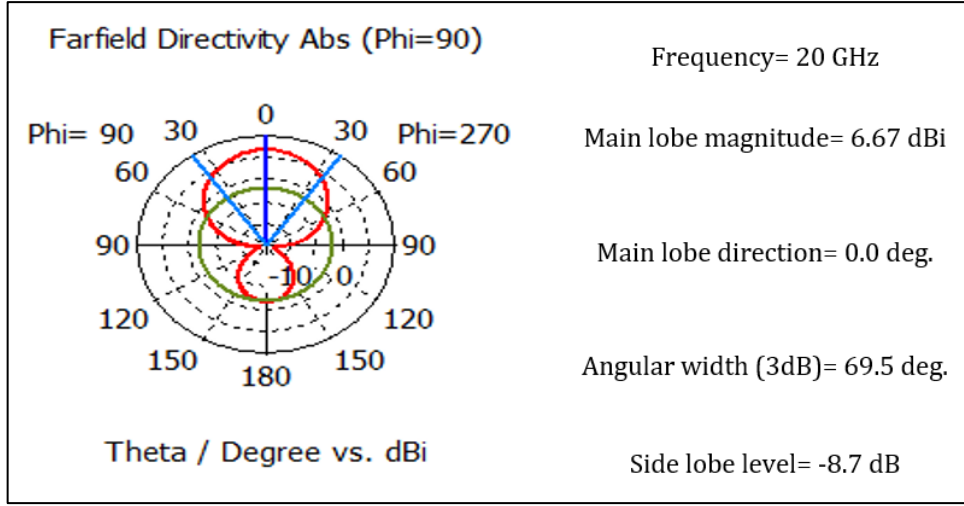
**Tablo 2. 5** Horn antenin lens uygulanmadan önceki s11 değerleri

S11 (dB)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz Horn Anten	-16.23	-22.45	-14.92	-12.39	-12.08

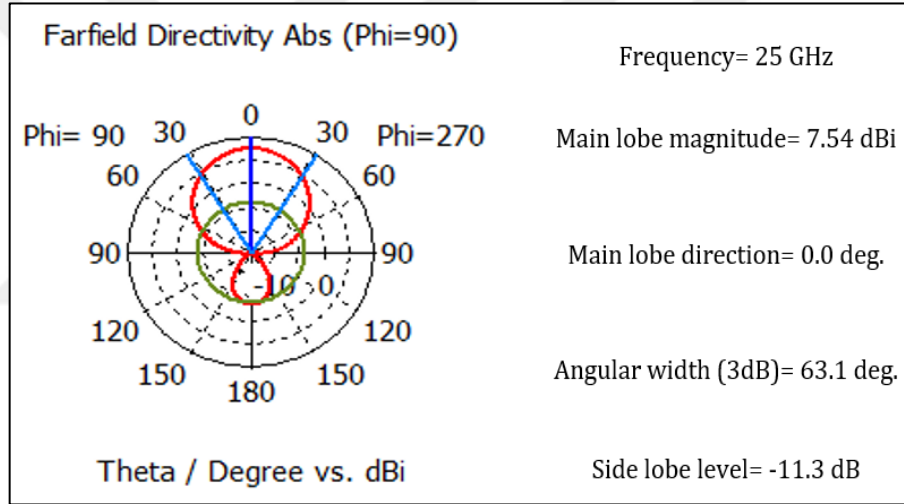
Lenssiz horn antenin yönlülük değerlerini inceleyebilmek için aşağıdaki ifadeler tabloda belirtilmiştir.

**Tablo 2. 6** Horn antenin yönlülük terimlerinin anlamları

Main lobe magnitude	Antenin maksimum ışımaya yaptığı yöndeki genlik
Side lobe level	Maksimum ışımaya yapılan huzme etrafında oluşan istenmeyen seviyeler
Angular width (3dB)	Ana huzmenin gücünün yarıya (3 dB) düştüğü noktalar arasındaki açı

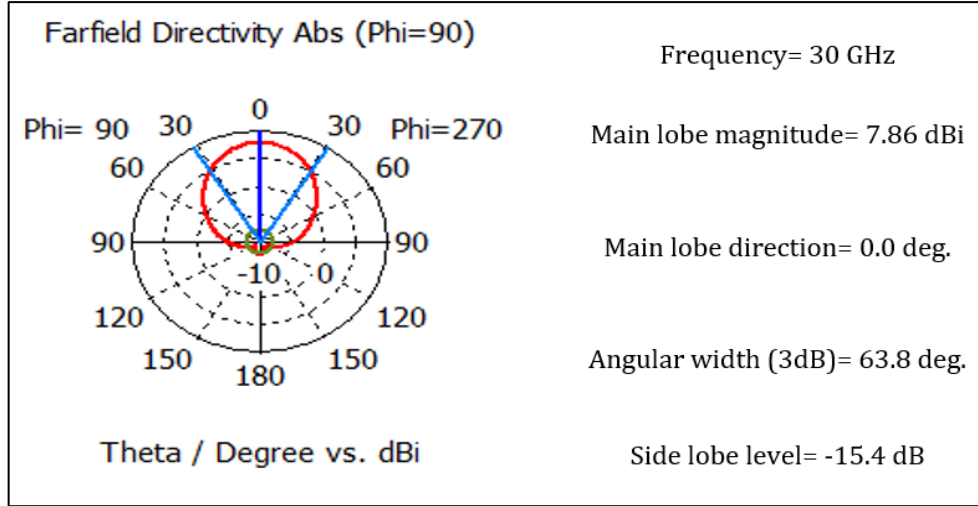


Şekil 2. 8 Horn antenin 20 GHz frekansında yönlülük grafiği

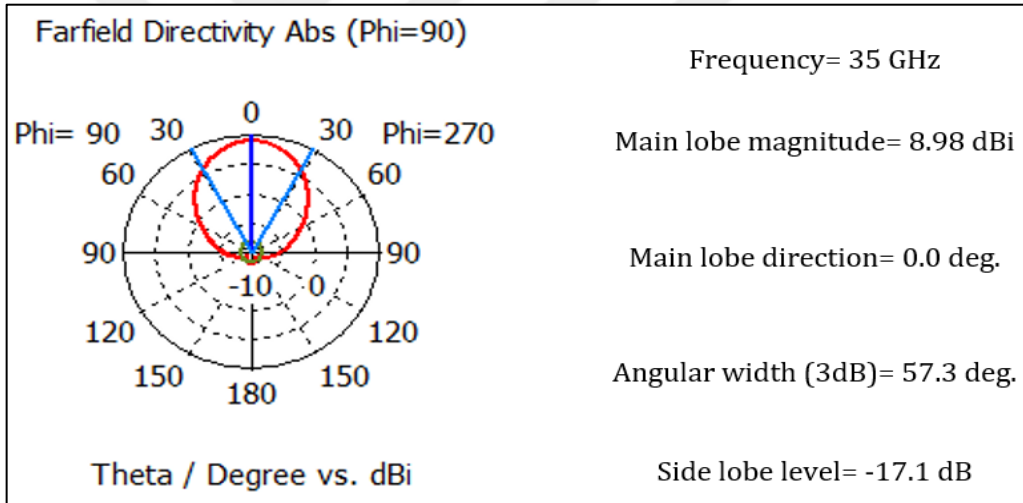


Şekil 2. 9 Horn antenin 25 GHz frekansında yönlülük grafiği

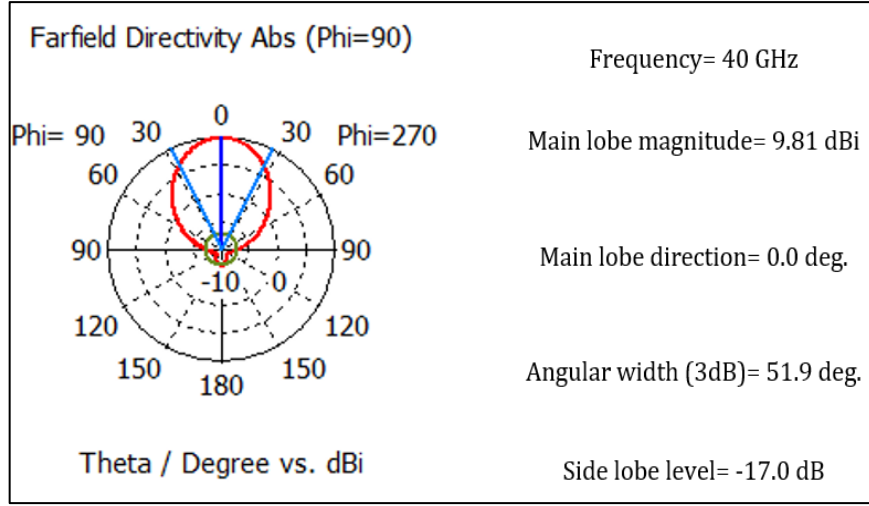




Şekil 2. 10 Horn antenin 30 GHz frekansında yönlülük grafiği



Şekil 2. 11 Horn antenin 35 GHz frekansında yönlülük grafiği



**Şekil 2. 12** Horn antenin 40 GHz frekansında yönlülük grafiği

Lenssiz horn antenin yönlülük değerlerinden antenin maksimum ışıma yaptığı yöndeki genlik (main lobe magnitude) dikkate alınarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur ve bundan sonraki tasarımlarda yönlülük karşılaştırılması yapılırken bu değer dikkate alınmıştır [4].

**Tablo 2. 7** Horn antenin 20 - 40 GHz frekans bandında yönlülük değerleri

Main Lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz Horn Anten	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81

### 3.1 3D Yazıcı Teknolojisi

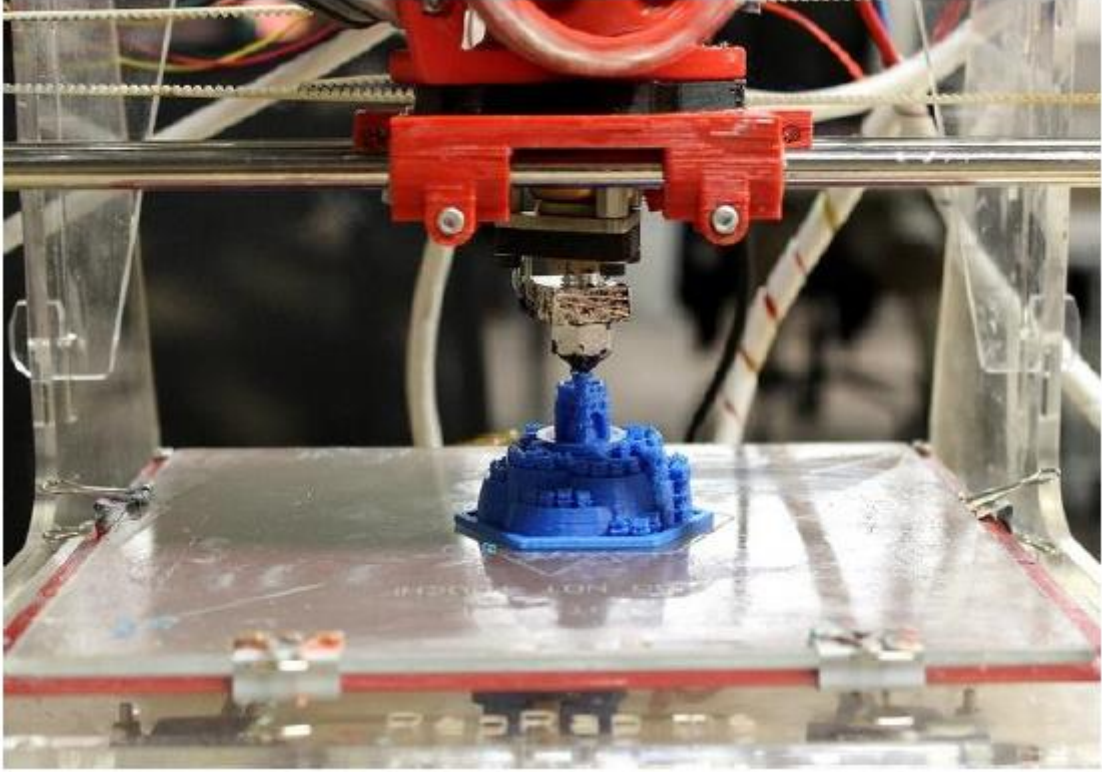
3 boyutlu yazıcının temelde çalışma prensibi var olan bir nesneyi lazer teknolojisi kullanarak taramasıdır. Yapılan işlem basit olarak özetleyecek olursak üretimi yapılacak nesne bilgisayar ortamında taranır ve nesnenin koordinat bilgisi elde edilir. Sonrasında ise kolaylıkla başka bir programa aktarılarak üzerinde birtakım değişiklikler yapılabilmektedir. Değişiklik bitirildikten sonra 3 boyutlu yazıcılarda uygun gerçek nesnelerin üretimi elde edilir.

Yazıcı teknolojisindeki gelişmeler yapılmadan önce el işçiliğiyle uzun zamanlar harcanılarak üretilen nesneler bu teknolojik yazıcılar sayesinde var olan kalıplar taratılarak zahmetsiz ve hızlı bir şekilde üretilmektedir. Belirli malzemeleri her yazıcı üretemeyeceği için üretimi yapılacak malzemenin ve yazıcı ile uyumlu olması oldukça önemlidir. Ayrıca yazıcıların üretim yöntemlerindeki baskı kalitesi de teknolojinin ilerlemesiyle üretimde daha kısa sürede sonuçlar alınmasına olanak tanımaktadır.

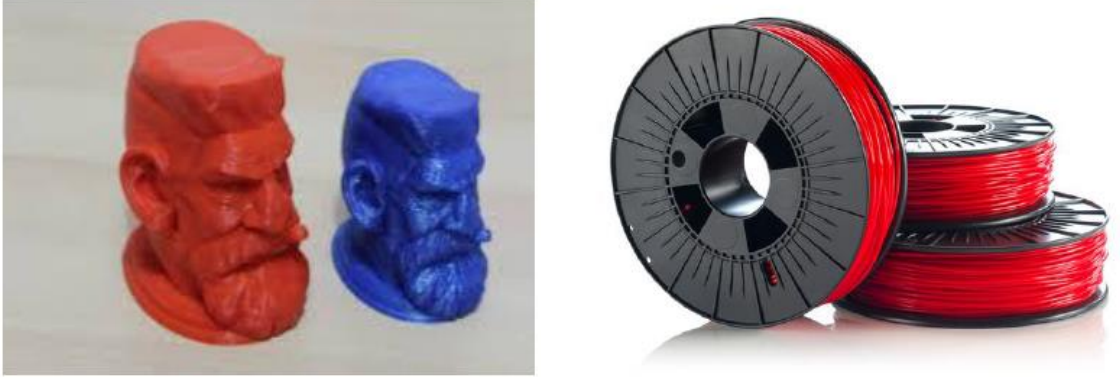
Bu üstün nitelikli yazıcı teknolojisi, son yıllarda kolay üretim yapma olanağı tanınması sebebiyle anten üreticilerinin de dikkatini çekmiştir. Üretim fikri esasen birçok yıldır araştırılıyor idi. Ancak bu teknolojinin son yıllarda daha revaçta olmasındaki temel sebep kullanılan malzemelerin ucuz maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca çok fazla çaba sarf etmeksizin tasarımların kısa sürede gerçek nesnelere dönüştürülmesi bu teknolojinin gelişiminin önünü açmaktadır [6].

### 3.2 Baskı şekillendirme yöntemleri

Üretim için kullanılan malzeme çeşidi ve şekillendirme biçimi bakımından farklı yöntemler bulunmaktadır. Üretim yöntemlerine genel isim verecek olursak hızlı prototipleme denilmektedir. Bu sayede bilgisayar ortamındaki modeller, gerçek nesnelere dönüştürülmüş olur. Hızlı prototipleme yöntemlerinde farklı baskı şekillendirme yöntemleri bulunmaktadır. SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering), LOM (Laminated Object Manufacturing), İnkjet Powder Printing ve FDM (Fused Deposition Modeling) bu yöntemlerden birkaçıdır. Bu yöntemlerin ısıyla uygulanması sırasında maddeler hal değişimine de uğrayabilmektedir. Bu farklı üretim yöntemlerinden FDM (Fused Deposition Modeling) ve Polyjet macun kıvamındaki materyali enjektöre benzeyen bir püskürtme ile art arda biriktirerek üretimi gerçekleştirir.



Şekil 3.1 FDM şekillendirme yöntemi



Şekil 3.2 FDM yöntemiyle üretilmiş cisim örneği

### 3.3 Uygun Dielektrik Malzeme Seçimi

Lens tasarım aşaması ilk olarak tasarıma uygun 3 boyutlu yazıcı ve yazıcıya uyumlu dielektrik malzemenin seçilmesiyle başlar. Daha sonra lensin anten ışımaya yönelik kazanç ve yönlülük kriterlerini belirlemek için aynı dielektrik malzemenin (PTFE) farklı geometrik şekillerle tasarlanması sonucunda performans kıyaslamaları yapılabilir. Uygulanan farklı geometrik şekiller ile antenin en uygun ışımaya performansı elde edilmeye çalışılmıştır [6].



Şekil 3.3 Filament örnekleri

### 3.4 ABS ve PLA malzemelerin dielektrik özellikleri

**Tablo 3. 1** 30 GHz frekansında ABS malzemesinin karakteristik özellikleri

Örnek kalınlığı	$\epsilon_r$	$\tan\delta$
575 um	2.352	0.00668
835 um	2.386	0.00651

**Tablo 3. 2** ABS ve PLA malzemelerinin dielektrik özellikleri

	PLA	ABS
Relative Permittivity ( $\epsilon_r$ )	3.1 (bilinmeyen frekans)	3.3 @ 1 GHz
Loss Tangent ( $\tan\delta$ )	0.009 @ 100 kHz	0.011 @ 1 MHz

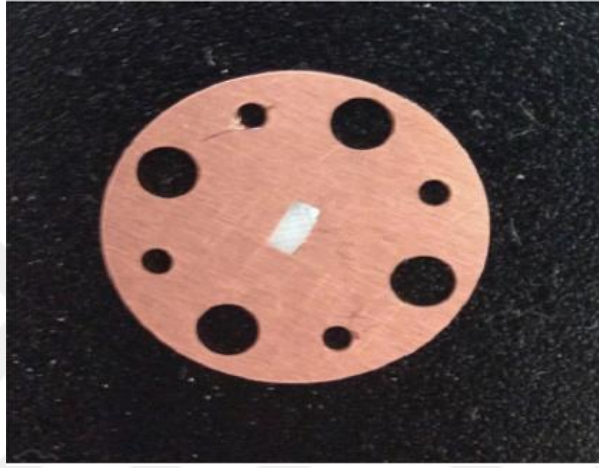
Bağıl geçirgenlik ve kayıp tanjantı frekansa bağlı değişkenlerdir ve değerleri frekans yükseldikçe doğru orantılı olarak yükselmektedir.

Çalışmalar PLA malzemesinin 3.1 bağıl geçirgenliğe sahip olduğunu ve kayıp tanjantının 0.009 olduğunu gösteriyor. ABS malzemesi ise 3.3 bağıl geçirgenliğe ve kayıp tanjantı olarak 0.011 değerine sahiptir.

ABSplus malzemesinin dielektrik özelliklerinin incelendiğinde ABS ve ABSplus malzemeleri farklı kimyasal özellikler göstermektedir [3].



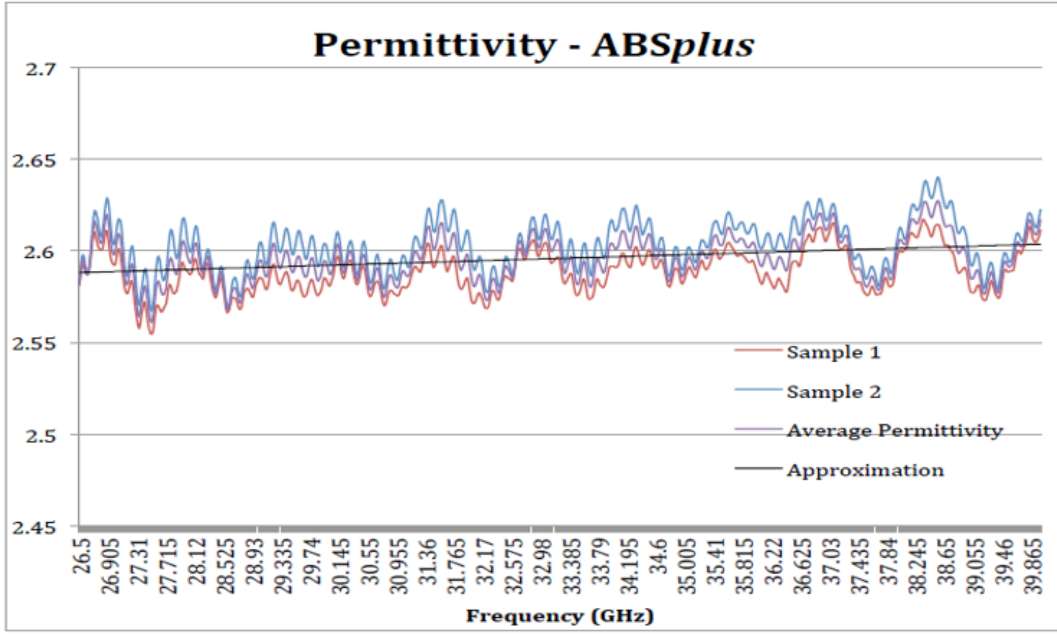
**Şekil 3.4** FDM yöntemiyle üretilmiş ABSplus malzemesinin yüzeyi



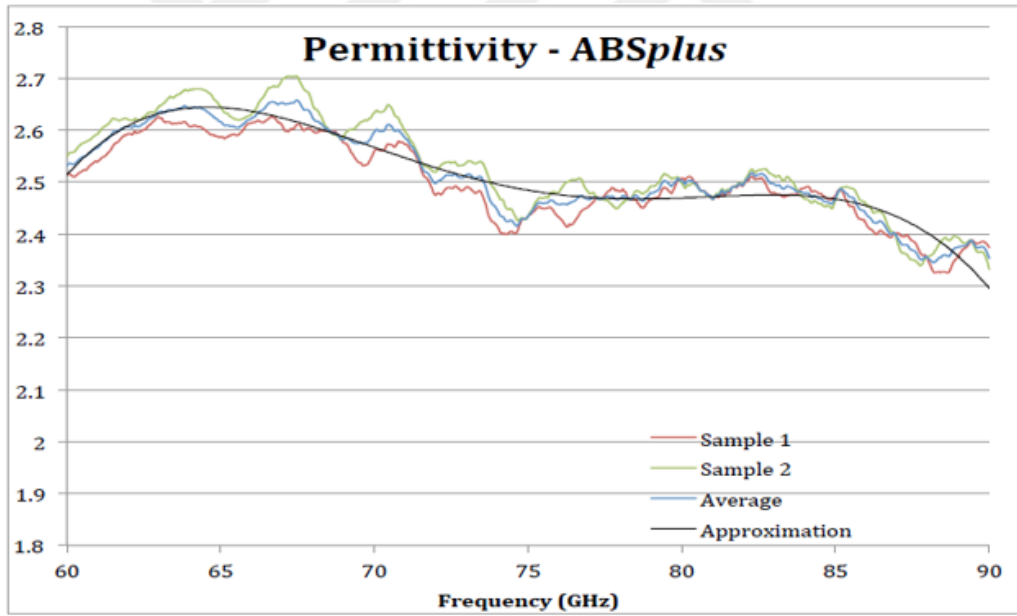
**Şekil 3.5** ABSplus malzemesinin dalga kılavuzu örnek tutucusundaki görüntüsü

Dielektrik probe ile elde edilen sonuçlar grafikte gösterilmiştir. Ölçümlerde malzeme rengi dikkate alınmamıştır. Renkler ile farklılık oluşabilmektedir.

Stratasys teknik dökümanına göre ABSplus dielektrik sabiti 2.3 ve 2.85 arasında değişmektedir ancak bu değerlerde frekanslar belirtilmemiş [5] .

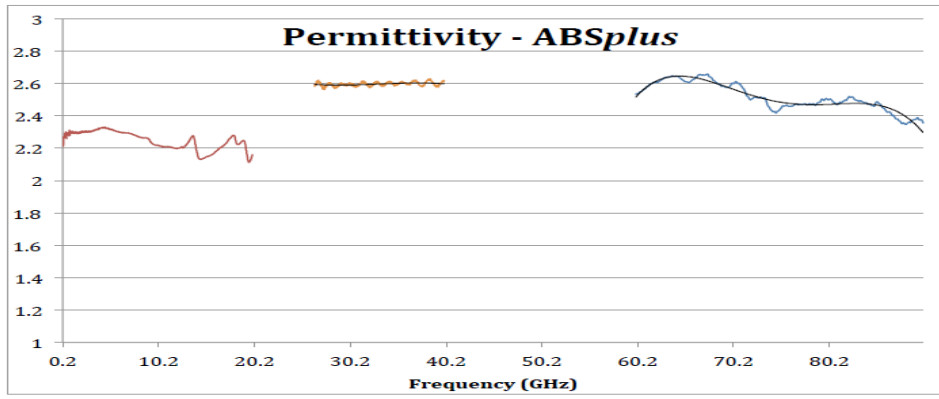


Şekil 3.6 ABSplus malzemesinin Ka bandındaki Dielektrik Sabiti [5]



Şekil 3.7 ABSplus Malzemesinin Dielektrik sabiti (E-band: 60 – 90 GHz ) [5]





Şekil 3.8 ABSplus malzemesinin dielektrik sabiti (200 MHz – 90 GHz) [5]



### 3.5 Lens Tasarımında Hedef Belirleme

Hedef belirlerken, yönlendiricilik ve kazanç olmak üzere iki önemli parametre ortaya çıkmaktadır. Anten yönlendiriciliği aşağıdaki matematiksel ifade ile tanımlanır.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{4\pi F(\theta, \varphi)}{\iint F(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi} \quad (3.1)$$

Doğrultunun belirlenmediği durumlarda en fazla ışımaya yoğunluğunun olduğu ifade aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (3.2)$$

$$D = \text{yönlendiricilik} \quad (3.3)$$

$$D_{max} = \text{maksimum yönlendiricilik} \quad (3.4)$$

$$U_{max} = \text{maksimum ışımaya güç yoğunluğu} \quad (3.5)$$

$$P_{rad} = \text{toplam ışınan güç} \quad (3.6)$$

Herhangi bir antenin enerji kaybına uğramadığını yani kayıpsız olduğunu düşündüğümüzde antenin kazancı ile yönlendiricilik arasında hiçbir fark yoktur. Ancak, anten kayıplı ise kazanç hesabı yapılırken yönlendiricilik değerinden kaybın olmadığı yüzdelik verim birlikte hesaplanmalıdır. Yönlendiricilik matematiksel olarak ifade edilmesine rağmen, kazanç hesaplanırken bir referans antene ihtiyaç duyulmaktadır. Kazancı son derece etkileyen önemli değerlerden biri olan etkin yüzey ise serbest uzay ile anten yüzeyi arasında ne kadar başarılı oranda güç aktarım yapıldığının bir göstergesidir ve aşağıdaki ifade ile gösterilir [1].

$$G(\theta, \varphi) = e D(\theta, \varphi) \quad (3.7)$$

Işıma yoğunluğu ise toplam güce bölüldüğünde antenin mutlak kazancı elde edilebilmektedir.

$$Kazanç = 4\pi \frac{\text{ışırma yoğunluğu}}{\text{toplam alınan güç}} = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \quad (3.8)$$

Göreceli dediğimiz referans alınarak hesaplanan kazanç ise hesaplamak istediğimiz asıl doğrultuda ışırma yapan anten kazancının referans antenin kendi doğrultusundaki güç kazancına bölünmesi demektir. Antenlerin giriş gücü birbirinden farklı olmamalıdır [1].

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \quad (3.9)$$

Geri dönüş kaybı dediğimiz terim ise iletim hattına iletilmek istenen enerjinin gerçek hayatta kayba uğrayarak iletilmesi durumudur ve bu oluşan kaybı sıfırlamak normal koşullarda mümkün olamaz. Bu sıfırlanamayan kayıp, dönüş kaybı ( $RL$ ) olarak nitelendirilir ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$RL = -10 \log \left( \frac{P_r}{P_{in}} \right) = -10 \log |\Gamma_{in}|^2 = -20 \log |\Gamma_{in}| \quad (3.10)$$

Bir hattın uyumsuzluğunu ölçen diğer bir ifade ise gerilim durağan dalga oranı (VSWR)'dir. Bu da:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (3.11)$$

Gerilim Durağan Dalga Oranı,  $1 \leq VSWR \leq \infty$  arasındaki değerleri alabilir.

## Lenslerin Farklı Geometrik Şekillerde Uygulanması

Bu kısımda tasarım için kullanılacak malzeme kararlaştırılmış olup kullanılan lensler için sadece farklı geometrik şekiller tasarlanmıştır. Tasarımda CST Microwave Studio 2017 programı vasıtasıyla simülasyon gerçekleştirilerek grafiklerin karşılaştırmaları yapılmıştır. Tüm geometrik şekiller için kullanılan malzeme PLA olup,  $\epsilon_r$ : dielektrik sabiti: 2,05'dir.

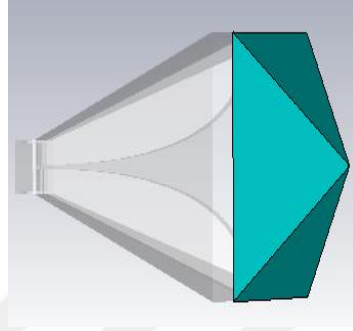
**Tablo 4.1** Lens Karşılaştırmalarında Kullanılan Parametreler

Main lobe magnitude	Antenin maksimum ışınma yaptığı yöndeki genlik
Side lobe level	Maksimum ışınma yapılan huzme etrafında oluşan istenmeyen seviyeler
Angular width (3dB)	Ana huzmenin gücünün yarıya (3 dB) düştüğü noktalar arasındaki açı

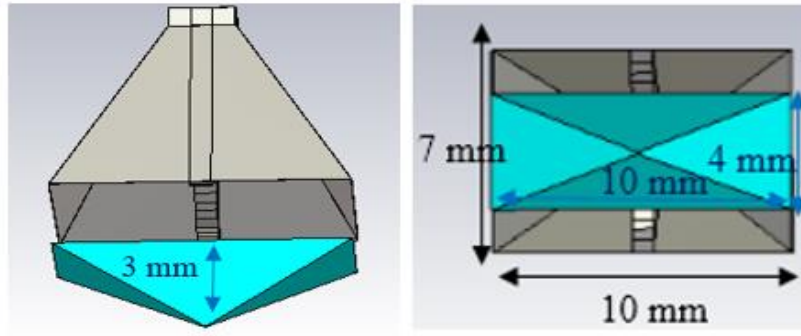
## 4.1 Piramit Tipi Lens

Bir horn anten tasarımına bakıldığında, en önemli faktör antenin yönlülüğüdür. Yönlü olması belirli bir yönde maksimum kazancın elde edilebilmesi için önemlidir.

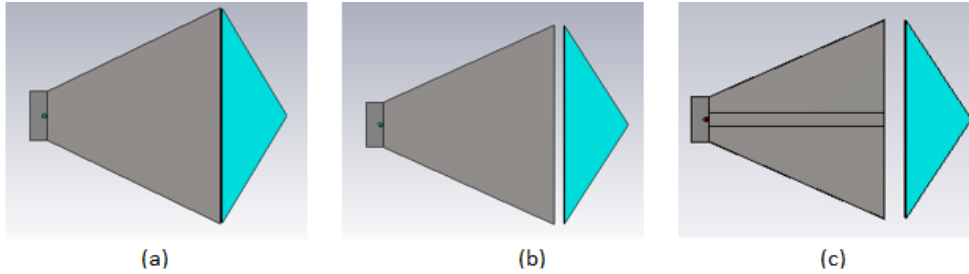
Bu kısımda tasarlanan lenslerin geometrik şekli ve yapılan simülasyon sonucu bulunan grafikler verilmiştir. Lens tasarım denemelerinden ilk olarak piramit tipi lens horn antenin ilgili açıklığına yerleştirilerek performas gelişimi simüle edilmiştir [7].



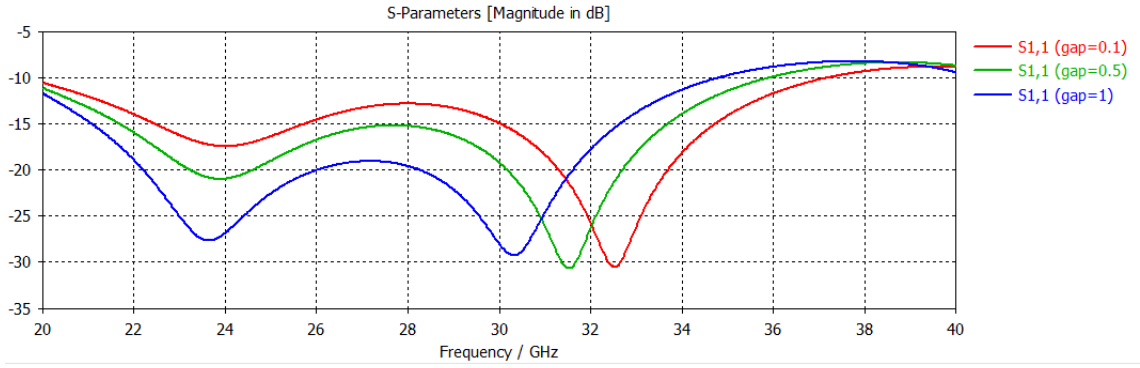
Şekil 4.1 Piramit tipi lens



Şekil 4. 2 Piramit tipi lensin boyutları



Şekil 4. 3 Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk (a)= 0.1 mm , (b)= 0.5 mm, (c)= 1 mm



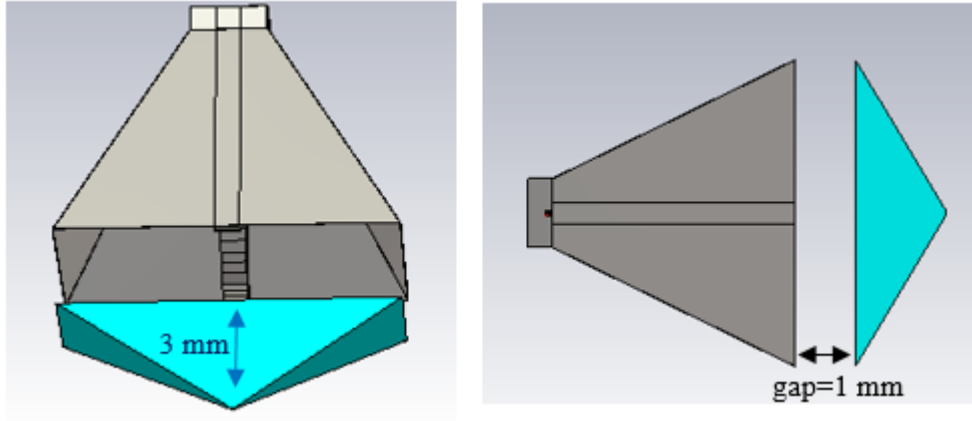
**Şekil 4. 4** Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk mesafe değişikliğinin s<sub>11</sub> yansımaya katsayısına etkisi

Uyguladığımız dielektrik lens ile horn antenin arasındaki mesafe arttıkça, s<sub>11</sub> yansımaya katsayısı ise ilgili bandın özellikle [20-30 GHz] aralığında azalmaktadır. Bu durum ilgili frekanslarda yansımaya azaldığı için daha iyi performans sunmaktadır.

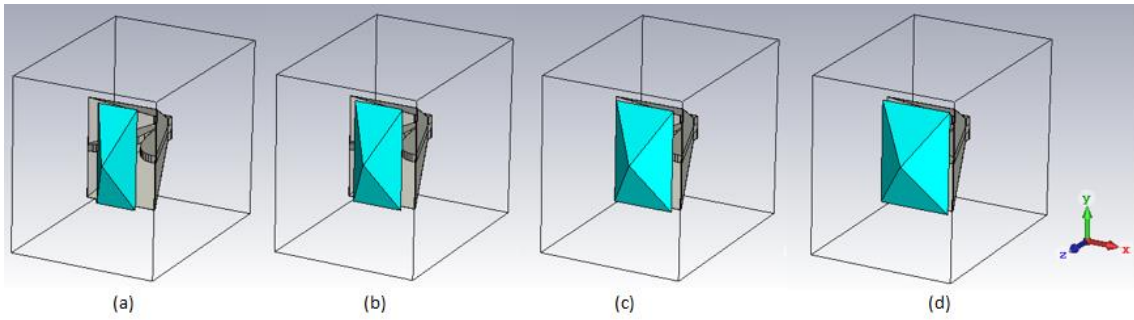
**Tablo 4. 2** Piramit tipi lens ile anten arasındaki boşluk mesafesinin yönlülük katsayısına etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
<b>Lenssiz</b>	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
<b>Boşluk mesafesi= 0.1 mm</b>	6.89	7.98	8.43	9.36	9.61
<b>Boşluk mesafesi= 0.5 mm</b>	6.93	8.01	8.38	9.27	9.57
<b>Boşluk mesafesi= 1 mm</b>	6.95	8.01	8.28	9.16	9.70

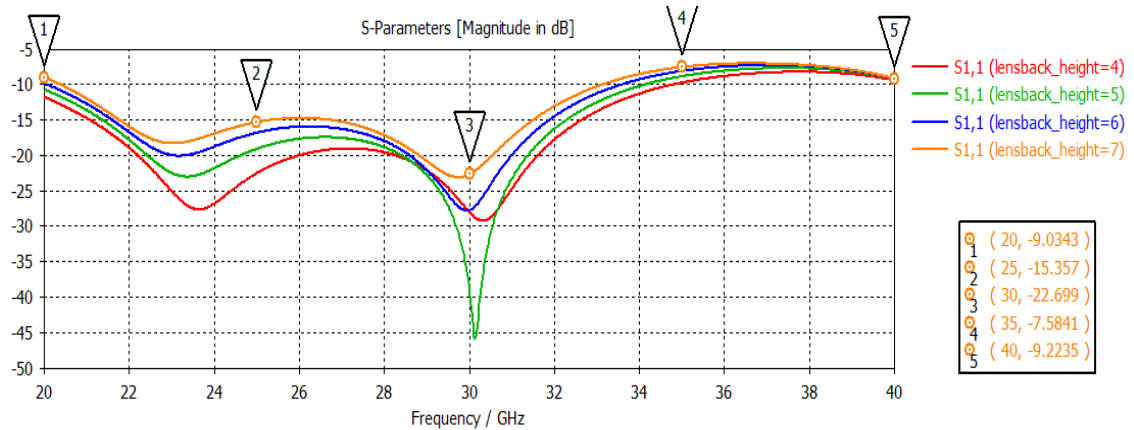
Antenin maksimum ışımaya yaptığı yöndeki genliği incelediğimizde ise mesafe arttıkça, daha iyi performans sunmaktadır.



Şekil 4. 5 Piramit tipi lens ve anten boşluk mesafesi gösterimi



Şekil 4. 6 Piramit tipi lensin X ekseninde lens boyutundaki değişiklik (a): X=4 mm, (b): X=5 mm, (c): X=6 mm, (d): X=7 mm



Şekil 4. 7 Piramit tipi lensin X eksenindeki değişikliğinin s11 yansımaya katsayısına etkisi

**Tablo 4. 3** Piramit tipi lensin X eksenini boyunca değişikliğinin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
X=4 mm	6.95	8.01	8.28	9.16	9.70
X=5 mm	7.00	8.08	8.29	9.11	9.76
X=6 mm	7.03	8.12	8.27	9.05	9.93
X=7 mm	7.05	8.13	8.22	9.02	10.2

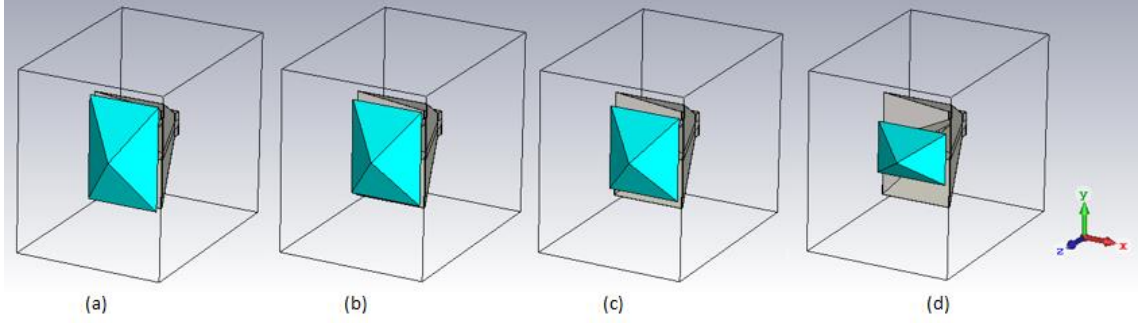
X eksenini koordinatında yapılan değişiklik ile sınıdığımız lens boyutu, eksen boyunca büyüdükçe yönlülük (main lobe magnitude) artarken, s11 yansıma katsayısı az da olsa kötüleşmektedir.

Y ekseninde yapılan değişikliği sınamak için ise X yansıma katsayısındaki kötüleşme oranı yüksek olmadığı için X=7 mm iken Y eksenini boyunca boyut küçültmenin etkileri aşağıda sınanmıştır.

**Tablo 4. 4** Piramit tipi lensin Y eksenindeki değişiklik öncesi boyutları

Piramit tipi lensin X eksenini ölçüsü	7 mm (sabit)
Piramit tipi lensin Y eksenini ölçüsü başlangıç değeri	10 mm (değişken)
Piramit tipi lensin Z eksenini ölçüsü (et kalınlığı)	3 mm (sabit)

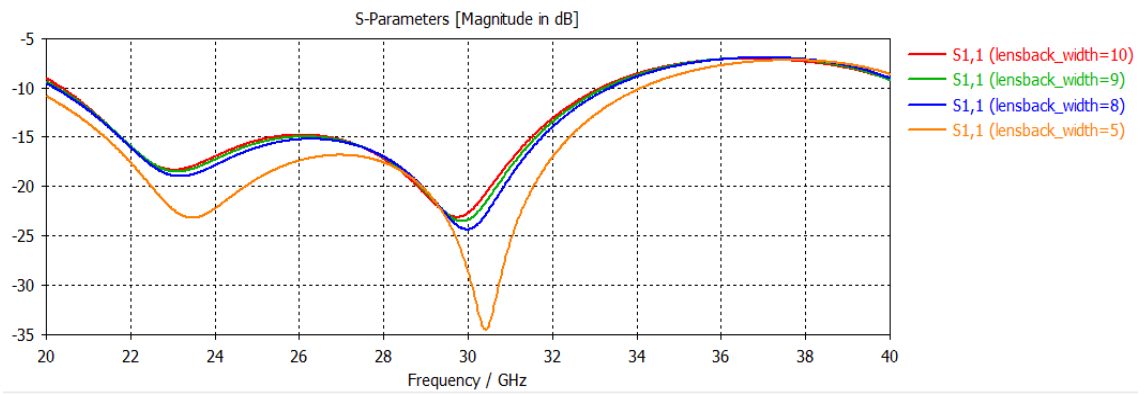




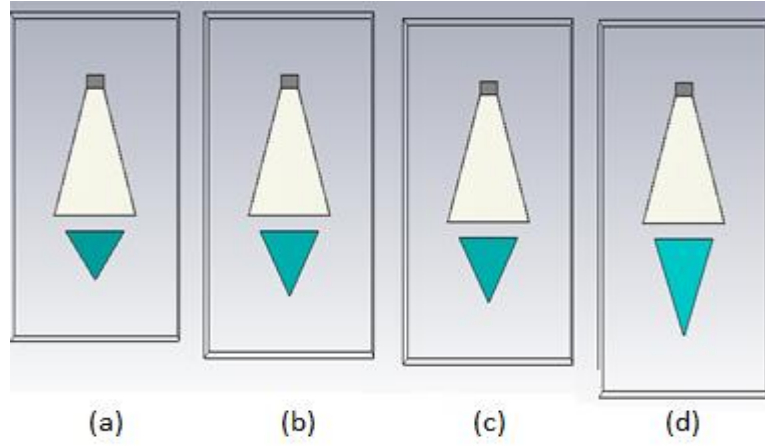
**Şekil 4. 8** Piramit tipi lensin Y eksenı boyunca boyut değışikliği (a): Y=10 mm, (b): Y=9 mm, (c): Y=8 mm, (d): Y=5 mm

**Tablo 4. 5** Piramit tipi lensin Y eksenı boyunca değışikliğin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
<b>Lenssiz</b>	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
<b>Y=10 mm</b>	7.05	8.13	8.22	9.02	10.2
<b>Y=9 mm</b>	7.04	8.11	8.23	9.07	10.2
<b>Y=8 mm</b>	7.01	8.08	8.22	9.1	10.3
<b>Y=5 mm</b>	6.91	7.94	8.14	9.05	10



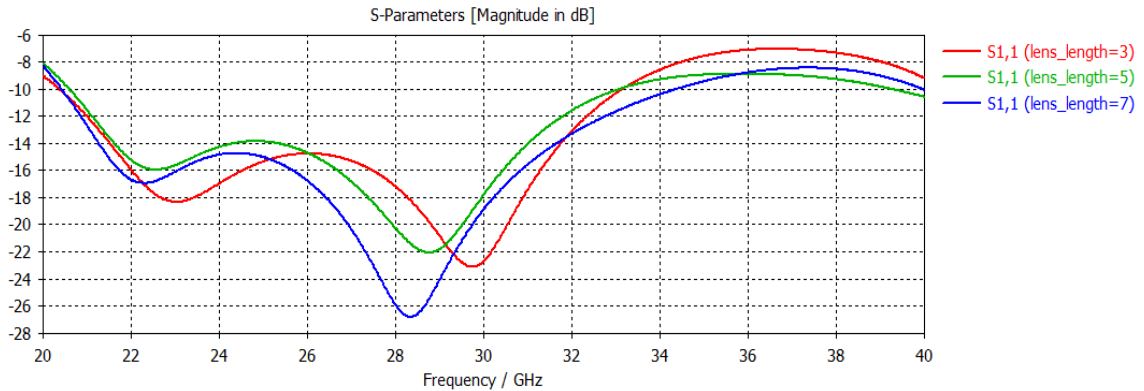
**Şekil 4. 9** Piramit tipi lensin Y eksenı değışikliğinin s11 yansımaya katsayısına etkisi



Şekil 4. 10 Piramit tipi lensin Z eksenini boyunca boyut değışikliği (a):  $Z=3$  mm, (b):  $Z=5$  mm, (c):  $Z=7$  mm

Tablo 4. 6 Piramit tipi lensin Z derinlik değışikliğinin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
Z derinlik = 3 mm	7.05	8.13	8.22	9.02	10.2
Z derinlik = 5 mm	7.23	8.25	8.70	10.3	10.7
Z derinlik = 7 mm	7.37	8.67	9.66	10.6	11.3

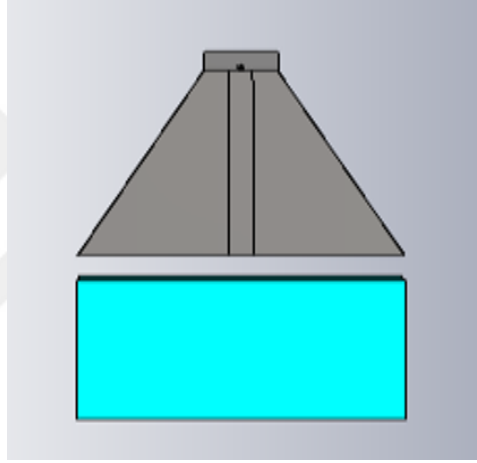


Şekil 4. 11 Piramit tipi lensin Z derinlik değışikliğinin  $s_{11}$  yansıma katsayısına etkisi

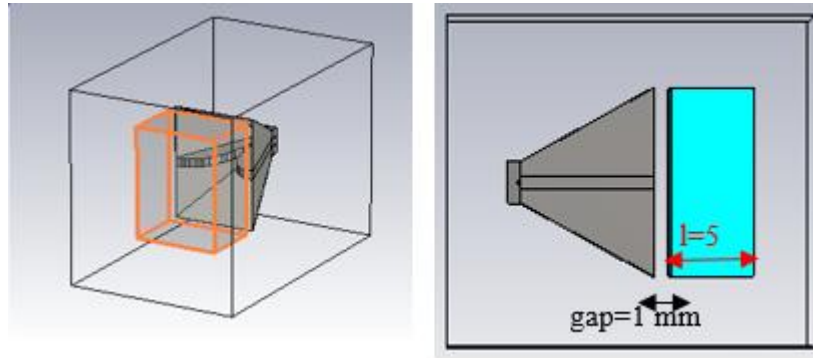
Piramit tipi lensi genel olarak değerlendirdiğimizde X ve Y eksen koordinatında uygun yönlülük elde edebilmek için anten açıklığı boyutlarına kadarki büyümelerde, yönlülüğün arttığı görülmektedir. Bu eksenlerdeki büyümeler s11 yansıma katsayısını az da olsa kötü etkilerken Z eksen boyutundaki büyümelerde hem yönlülük olumlu etkilenmiştir hem de yansıma katsayısı daha da azalarak daha iyi performans sağlanmaktadır.

## 4.2 Dikdörtgen Prizma Tipi Lens

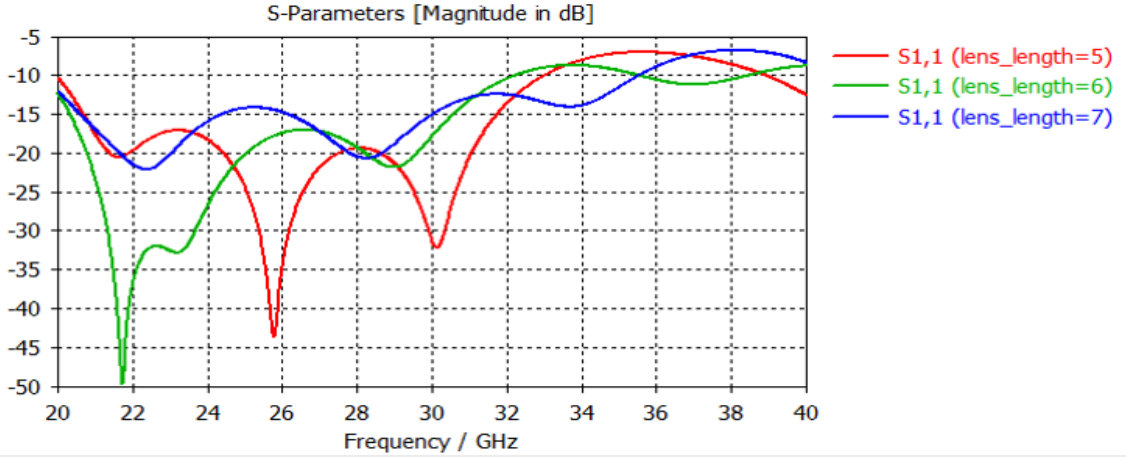
Lens tasarım aşamalarından farklı geometrik şekil denemek üzere dikdörtgen prizma tipi lens yapısı horn antenin ilgili açıklığına yerleştirilerek performans gelişimi simüle edilmiştir.



Şekil 4.12 Dikdörtgen prizma tipi lens



Şekil 4.13 Dikdörtgen prizma tipi lens ve anten boşluk mesafesi gösterimi



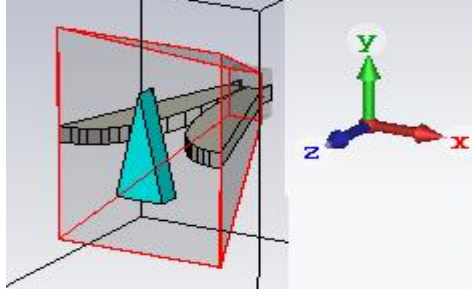
**Şekil 4. 14** Dikdörtgen prizma tipi lensin Z eksenini boyunca (et kalınlığı) değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi

**Tablo 4. 7** Dikdörtgen prizma tipi lensin Z eksenini boyunca (et kalınlığı) değışikliğinin yönlülük değeriine etkisi

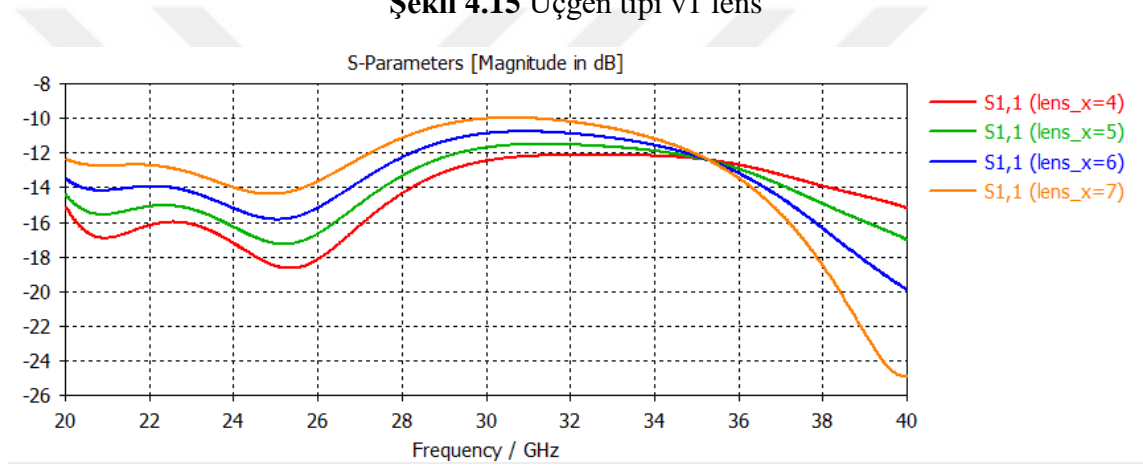
Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
<b>Lenssiz</b>	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
<b>Z derinlik = 5 mm</b>	7.9	9.73	10.7	11.1	12.1
<b>Z derinlik = 6 mm</b>	8.41	10.5	10.7	11.8	13.2
<b>Z derinlik = 7 mm</b>	8.99	10.8	11.1	12.8	13.2

### 4.3 Üçgen Tipi V1 Lens

Lens tasarım aşamalarından bir başka farklı geometrik şekil denenerek tabanı dar üçgen tipi V1 diye adlandırılan lens yapısı horn antenin açıklığına yerleştirilerek performas gelişimi simüle edilmiştir.



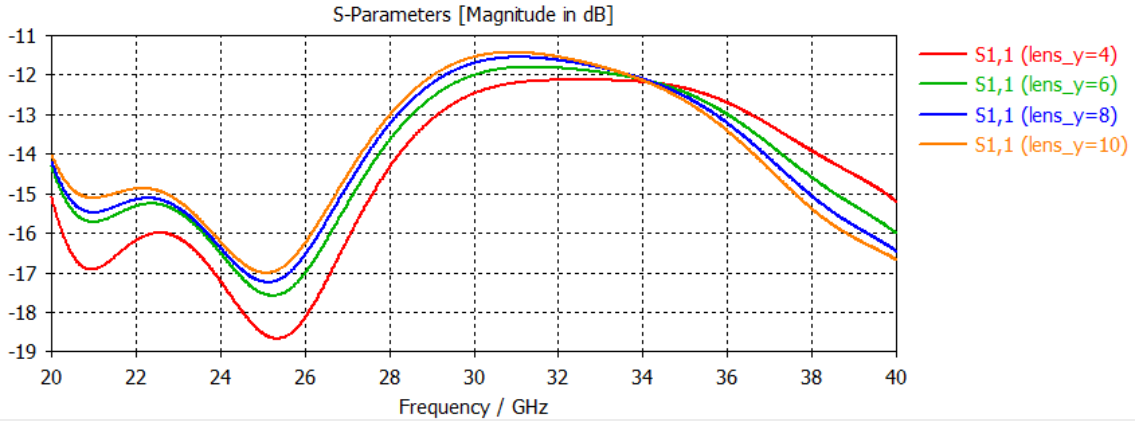
Şekil 4.15 Üçgen tipi v1 lens



Şekil 4. 16 Üçgen tipi v1 lensin X eksenini değışikliğinin s11 etkisi

Tablo 4. 8 Üçgen tipi v1 lensin X eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lensiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
X = 4 mm	6.68	7.56	7.9	9.03	9.9
X = 5 mm	6.68	7.56	7.9	9.02	9.88
X = 6 mm	6.68	7.56	7.89	9.00	9.81
X = 7 mm	6.68	7.54	7.85	8.94	9.68



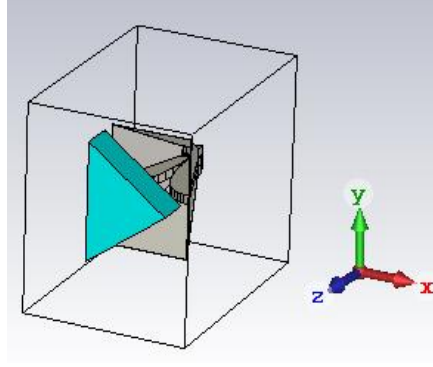
Şekil 4. 17 Üçgen tipi v1 lensin Y eksenini değışikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi

Tablo 4. 9 Üçgen tipi v1 lensin Y eksenini değışikliğinin yönlülük etkisi

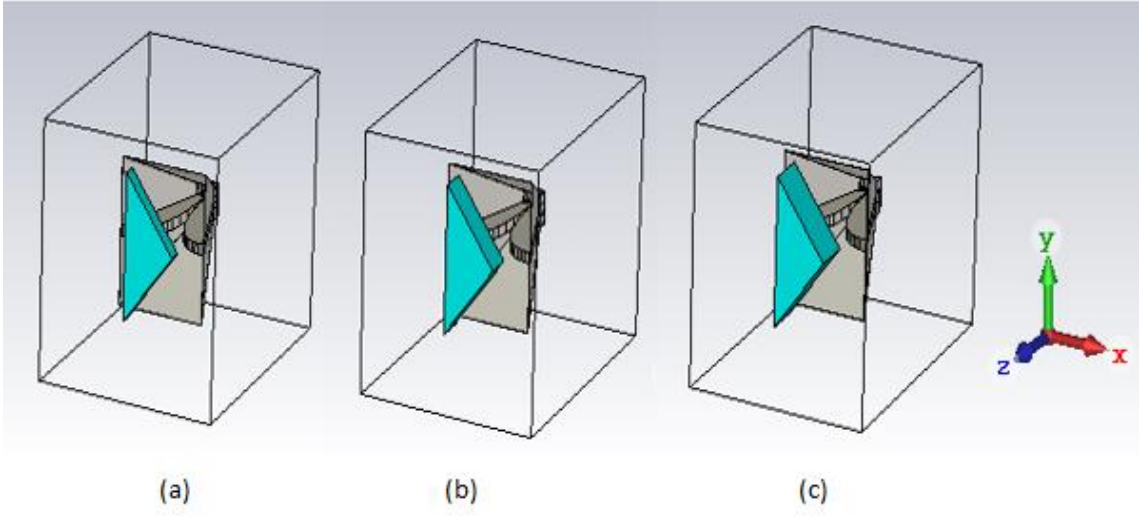
Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
Y = 4 mm	6.68	7.56	7.9	9.03	9.9
Y = 6 mm	6.70	7.57	7.93	9.08	9.98
Y = 8 mm	6.70	7.58	7.95	9.11	10.0
Y = 10 mm	6.70	7.59	7.97	9.14	10.1

#### 4.4 Üçgen Tipi V2 Lens

Lens tasarım aşamalarından bir başka farklı geometrik şekil denenerek üçgen tipi V2 lens yapısı horn antenin açıklığına yerleştirilerek performas gelişimi simüle edilmiştir.



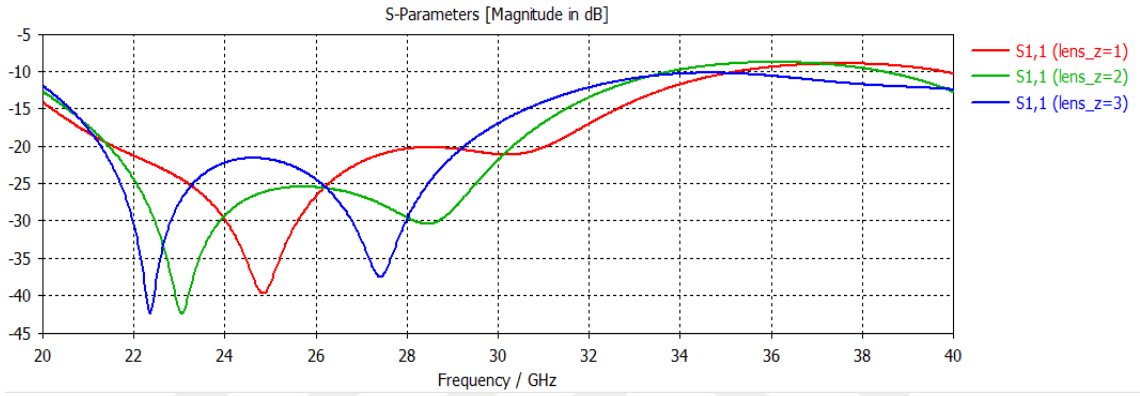
Şekil 4.18 Üçgen tipi v2 lens



Şekil 4. 19 Üçgen tipi v2 lensin Z eksenini boyunca boyut değışikliği

**Tablo 4. 10** Üçgen tipi V2 lensin Z eksenini değişikliğinin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
(a) Z derinlik = 1 mm	6.82	7.83	8.15	8.99	9.6
(b) Z derinlik = 2 mm	6.94	7.96	8.13	9.11	10.4
(c) Z derinlik = 3 mm	7.01	8.04	8.33	9.9	11.3

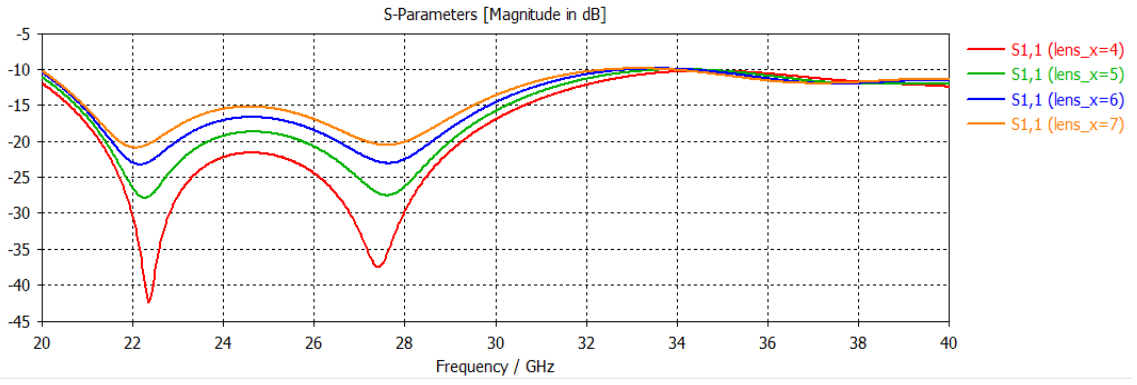


**Şekil 4. 20** Üçgen tipi V2 lensin Z derinlik değişikliğinin s11 yansımaya katsayısına etkisi

**Tablo 4. 11** Üçgen tipi v2 lensin X eksenini değişikliğinin yönlülük etkisi

Main lobe magnitude (dBi)	20 GHz	25 GHz	30 GHz	35 GHz	40 GHz
Lenssiz	6.67	7.54	7.86	8.98	9.81
X = 4 mm	7.01	8.04	8.33	9.9	11.3
X = 5 mm	7.06	8.09	8.39	10.1	11.5
X = 6 mm	7.09	8.09	8.39	10.1	11.5
X = 7 mm	7.18	8.11	8.44	10.4	11.6





Şekil 4. 21 Üçgen tipi v2 lensin Y eksenı değişikliğinin s11 yansıma katsayısına etkisi



### 5.1 Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir horn anten tasarımına bakıldığında, en önemli faktör antenin yönlülüğüdür. Yönlü olması belirli bir yönde maksimum kazancın elde edilebilmesi için önemlidir.

Bütün lensler için genel sonuç antenin yönlülüğünün artırılmasıdır. Ancak yönlülüğün artması aynı oranda olmasa dahi s11 yansıma katsayısında bozulmalara sebep vermektedir. Lenslerin horn anten açıklığına olan mesafesi hem kazancı artırmakta hem de s11 yansıma katsayısında olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Lenslerin z kesitlerinin (et kalınlığı) artırılması ise, kazanca daima olumlu etki sunmuş ve s11 yansıma katsayısında daha düşük frekanslarda daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Durum böyleyken z kesitinin artırılması üretim maliyetini artıran sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Lenslerin x ve y kesitlerinin artırılması, kazanca olumlu yansırken s11 yansıma katsayısında düşey anlamda az da olsa kötüleşmeye sebep olmuştur.

- [1] Alper Çalışkan, “Geniş bantlı tem ve ridged horn anten dizisi tasarımı” Yıldız Teknik Üniversitesi, 2014.
- [2] Qiu, J. H., Y. Suo, and W. Li, “Research and design on ultra- wideband dielectric hemispheric lens loaded quad-ridged horn antenna,” 2007 6th International Conference on Antenna Theory and Techniques, 253-255, 2007.,” 2012.
- [3] Serdar, T. and K. A. Kenan, “Partially dielectric-loaded ridged horn antenna design for ultrawide band gain and radiation performance enhancement,” IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 11, 921-924, 2012.
- [4] Mallahzadeh, A. R., A. A. Dastranj, and H. R. Hassani, “A novel dual-polarized double-ridged horn antenna for wideband applications,” Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 1, 67-80, 2008.
- [5] Katherine Belvin, “Examining 3d Printed Antennas for space based applications,” University of New Mexico, Master Of Science Electrical Engineering Thesis, 2012.
- [6] Shuli Li, “A compressible reconfigurable frequency selective surface,” Master Of Science Electrical Engineering Thesis, 2015.
- [7] Salih Demirel, Alper Çalışkan, Mucahit T. Mersin, Ahmet S. Türk, Mehmet A. Belen, and Peyman Mahouti, “Design of Dielectric Lens Loaded Double Ridged Horn Antenna for Millimetre Wave Application”, 2015.

İletişim Bilgisi: n.burakalpaydin@gmail.com

## Konferans Bildirileri

1. Numan Burak Alpaydın, Peyman Mahouti, Filiz Güneş “Design of Dielectric Lens Loaded Horn Antenna for Radar Applications” 1st International Conference on Innovations in Natural Science and Engineering (ICINSE 2018), 3-6 Jan. 2018, Turkish Republic of Northern Cyprus.

