

## **Yagi-Uda Dizi Yama Anten Benzetimleri ve Gerçekleştirilmesi**

### **Yagi-Uda Array patch Antenna Simulations and Realization**

Rafettin AYTEKİN<sup>1,\*</sup>, Mustafa TEKBAŞ<sup>1</sup>, Ahmet KAYABAŞI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karaman  
Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

\*Rafettin AYTEKİN: [mhndsrafet@gmail.com](mailto:mhndsrafet@gmail.com)

#### **Öz**

Kablosuz haberleşme sistemlerinde, tekli anten yapıları yerine dizi antenler kullanılarak istenen yönde daha güçlü bir ışımaya elde edilir. Işıma gücünü artırmak için daha büyük anten yapıları kullanılabilir ancak bunun da bir sınırı vardır ve istenmeyen yönlerde de ışımalar oluşur. Bu nedenle, haberleşme sistemlerinde anten dizilerinin önemi giderek artmaktadır. VHF, UHF radyo ve TV yayınları için özel olarak tasarlanmış olan Yagi-Uda antenler en çok bilinen dizi antenlerdir. Daha yüksek frekanslarda çalışan dizi antenler tasarlamak için daha büyük dipol anten yapıları kullanmak gerekir. Bu çalışmada kablosuz sistemler için yaygın olarak kullanılan yama anten teknolojisi ile 2.4 GHz çalışma frekansında çalışan 3 elemanlı Yagi-Uda Dizi Yama Anten (YUDYA) elde edebilmek için farklı sayıda benzetimler CST elektromanyetik programı ile yapılmış ve en iyi ışımaya sahip YUDYA laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. 3 elemanlı YUDYA koaksiyel besleme yöntemi ile beslenmiş, dizi elemanlarının boyutları CST programı üzerinde optimize edilerek anten performansına etkileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dizi antenler, Yama Antenler, Yagi-Uda Yama Antenler, Koaksiyel besleme.

#### **Abstract**

In wireless communication systems, using a series of antennas instead of single antenna structures, a stronger radiation is obtained in the desired direction. Larger antenna structures can be used to increase luminescence, but this has a limit and radiations occur in unwanted directions. Therefore, the importance of antenna arrays is increasing in

communication systems. Designed specifically for VHF, UHF radio and TV broadcasts, Yagi-Uda antennas are the most well-known array antennas. In order to design array antennas operating at higher frequencies, it is necessary to use larger dipole antenna structures. In this study, in order to obtain a 3-member Yagi-Uda Array Patch Antenna (YUDYA) operating at 2.4 GHz operating frequency with patch antenna technology commonly used for wireless systems, different simulations were performed with CST electromagnetic program and carried out in the best radiated YUDYA laboratory environment. The three element YUDYA was fed by coaxial feeding method, the dimensions of the array elements were optimized on CST program and their effects on antenna performance were analyzed comparatively.

**Key words:** Array antennas, patch antennas, Yagi-Uda Patch Antennas, Coaxial Fee

## 1. Giriş

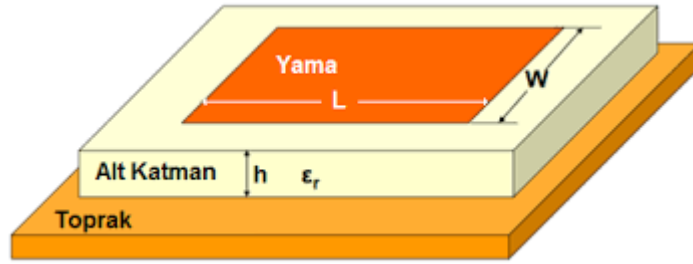
Günümüzde ihtiyaç duyulan elektronik devre kartları için haberleşmenin önemi üst noktadadır. Bu ihtiyaç küçük profilli antenlerin üretimini ve kullanımı önemli oranda arttırmıştır. Küçük profilli bu antenler yama antenler olarak bilinir. Yama antenler küçük profil avantajı yanında geniş bant avantajı sayesinde çokça tercih edilir.

Ancak geniş bant aralığı her zaman istenen bir özellik değildir. Bunun yanında yama antenler için yönlülük oranı istenen değeri karşılayamayabilir bu nedenle yönlülük oranı iyi olan boyuna ışına yapan dizi antenler kullanılması gerekir. Ancak dizi antenler yönlülük avantajı yanında küçük profilli olmayışı uygulanacak sisteme göre dezavantaj doğurur. Bu nedenle dizi anteni yama anten formunda tasarlama fikri akla gelir.

### 1.1. Yama Antenler

Boyut, ağırlık, maliyet, performans, kurulum kolaylığı ve aerodinamik profil kısıtlamaları olan, yüksek performanslı uçak, uzay, uydu ve füze uygulamalarında düşük profilli antenlere ihtiyaç duyulur. Günümüzde gezgin radyo ve kablosuz haberleşme gibi birçok diğer ticari ve devlet uygulamalarında da benzer özellikler vardır. Bu gereksinimleri karşılamak için yama antenler kullanılabilir. [1]

Yama anten fikri 1953 yılında ortaya çıkmış ve 1955'te bir patent alınmış olmasına rağmen ancak 1970'lerden başlayarak ilgi görmeye başlamıştır. Figure 1' de görüldüğü üzere yama antenler toprak düzleminin üzerine çok ince ( $t \ll \lambda_0$  ve  $\lambda_0$  serbest uzay dalga boyunu göstermektedir.) ve dalga boyundan oldukça daha bir yüksekliğe ( $h \ll \lambda_0$ , genellikle  $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.005\lambda_0$ ) metal bir şerit (yama) yerleştirilmesinden ibarettir. Dikdörtgenel yama için eleman uzunluğu  $L$ , genellikle  $\lambda_0/3 \leq L \leq \lambda_0/2$  arasındadır. Yama ve toprak düzlemi Şekil 1' de görüldüğü gibi dielektrik levhayla (alt katman olarak adlandırılır) birbirinden ayrılır.



Şekil 1 : Kare Yama Anten

Yama anten tasarımında kullanılabilen dielektrik sabitleri genellikle  $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$  aralığında olan bir çok alt katman malzemesi vardır. Üst yüzeyde bulunan yama kısmı bakır ya da altın gibi iletken malzemelerden yapılır. Kullanılacak iletkenin geometrik şekli tasarım özelliklerine göre değişebilir. Kare, dikdörtgen, elips, halka vb. şekillerde oluşur. [2]

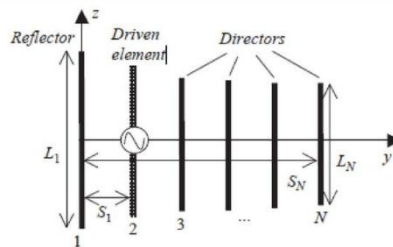
Şekil 1' de gösterilen yama anten sıkça rastlanan kare yama antendir. Şekil 1' de; L yama boyunu, W yama genişliğini, h alt katman yüksekliğini,  $\epsilon_r$  alltaşın elektriksel geçiçenlik katsayısını ifade eder. [3]

## 1.2. Dizi Antenler

Bireysel elemanların boyutlarını değiştirmeksizin artırma zorunluğu olmaksızın antenin elektriksel özelliklerini değiştirmenin diğer yolu, bir elektriksel ve geometrik konfigürasyon içerisinde ışılan elemanların montajını yapmaktır. İki ve daha fazla elemanla oluşturulmuş bu antenlere Dizi Anten denir. [4]

### i) Yagi-Uda Antenler

Yagi ve Uda isimli bilim insanları tarafından 1920' lerde tasarlanmıştır. Genellikle VHF – UHF bantlarında ( 30 MHz – 3 GHz ) kullanılır. Bir kaç doğrusal dipol elemandan meydana gelir. Bunlardan biri besleme (Besleme elemanı) hattında direkt olarak beslenirken diğerleri (yönlendiriciler) ise akımları karşılıklı bağlaşım sayesinde indüklenen parazitik ışılanlar gibi davranırlar. [5] Yagi-Uda antenler Besleme (Driven Element), Yönlendirici (Director), Yansıtıcı (Reflector) olmak üzere 3 elemandan oluşur.

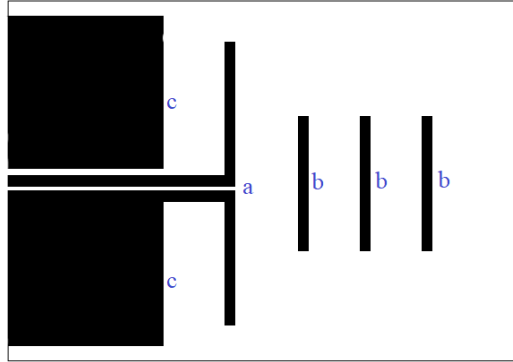


Şekil 2 : Yagi-Uda Anten

Bu elemanlardan yönlendirici elemanın sayısı artırılarak yönlendiricilik adına önemli ilerlemeler başarılabilir. Pratik olarak, çok küçük kazancın ötesinde daha çok uç elemanlardaki indüklenen akımların genliğindeki azalmalardan dolayı daha çok yönlendirici ilavesinin bir sınırı vardır. Yagi-Uda antenler VHF-UHF (30 MHz – 3 GHz) bantlarında kullanılabilen, yönlülük oranı yüksek olması ve kolay üretilme avantajları sebebi ile çokça kullanılan bir anten türüdür. Yagi-Uda dizisi genelde halk arasında bilinmese bile okuyucuların çoğu tarafından bilinebileceği üzere, ev TV anteni olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. [5]

### 1.3. YUDYA (Yagi-Uda Dizi Yama Anten)

Yagi-Uda dizisi genellikle metal çubuklar ( dipoller ) kullanılarak yapılır. Bu tasarım yama anten gibi küçük profilli antenlere kıyasla çok yer kaplayan bir yapıdır. YUDYA hem yama antenin fiziksel özelliklerini taşıyan hem de Yagi-Uda antenin elektriksel özelliklerini taşıyan bir anten tasarımına sahiptir. YUDYA, yönlülük oranının yüksek istenildiği ve devre kartları ile tümleşik çalışması istenen sistemlerde büyük avantaj sağlar.



Şekil 3

Şekil 3' de gösterilen tasarımda a besleme elemanı, b yönlendirici, c ise yansıtıcı kısımları ifade eder. Bu çalışmada Şekil 3' te ki tasarım gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve metodlar

### 2.1. 2.45 GHz' de Çalışan YUDYA

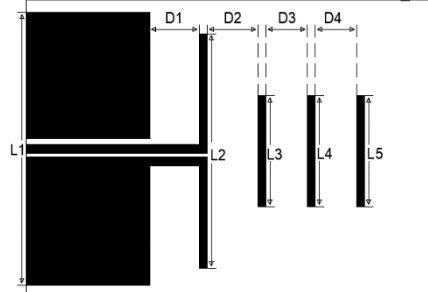
#### i) Tasarım

Bu Çalışmada 2.45 GHz rezonans frekanslı Yagi-Uda Dizi Yama Anten benzetimleri ve tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Tasarıma başlarken ilk olarak dalgaboyu ve efektif dalgaboyu parametrelerinin bulunması gerekir.

$$\text{Dalgaboyu : } (\lambda) : \lambda = \frac{c}{f} = \frac{(3 \times 10^8)}{2.45 \times 10^9} = 0.12244 \text{ m} = 122.44 \text{ mm},$$

Efektif Dalgaboyu :  $(\lambda') : \lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{2 \text{ Dielektrik Katsayısı}}} = \frac{0.12244}{2.0976} = 0.05837 \text{ m} = 58.37 \text{ mm}$  şeklinde hesaplanmıştır.

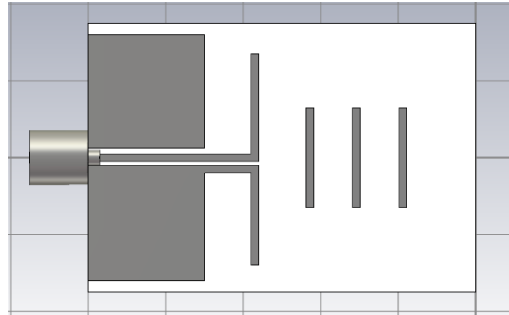


Şekil 4 : YUDYA Parametreleri

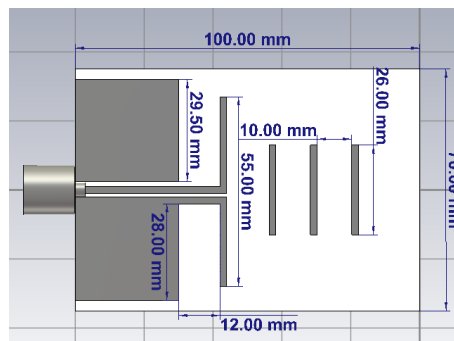
Dalga boyu ve efektif dalga boyu hesaplandıktan sonra Şekil 4' te görülen D1, D2, D3, D4, L1, L2, L3, L4, L5 parametrelerinin hesaplanması gerekir. 3 elemanlı elemanlı Yagi-Uda için bu değerler belirtilen kaynaktaki katsayılar yardımı ile hesaplanmıştır. (D1=12 mm, D2=10 mm, D3=10 mm, L1=60, L2=55 mm, L3=26 mm, L4=26 mm, L5=26 mm) [6]

## ii) Benzetim ve Simülasyon

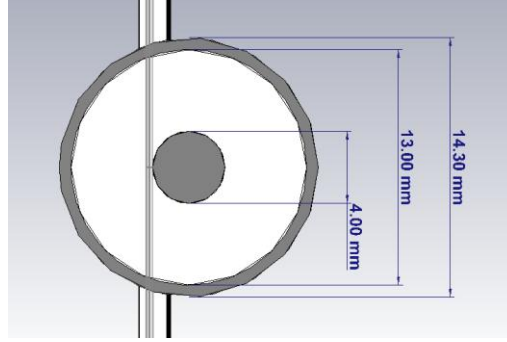
Geometrik tasarım oluşturmak için CST programı kullanılmıştır. Şekil 3' te ki şekil CST programında tasarlanmış ve koaksiyel besleme kullanılmıştır. Şekil 5' te oluşan tasarım verilmiştir.



Şekil 5 : YUDYA



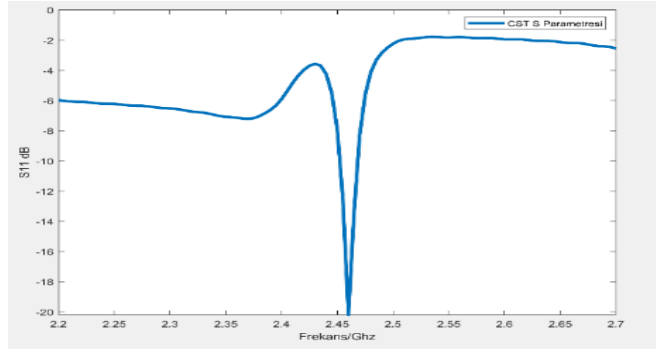
Şekil 6 : YUDYA Ön



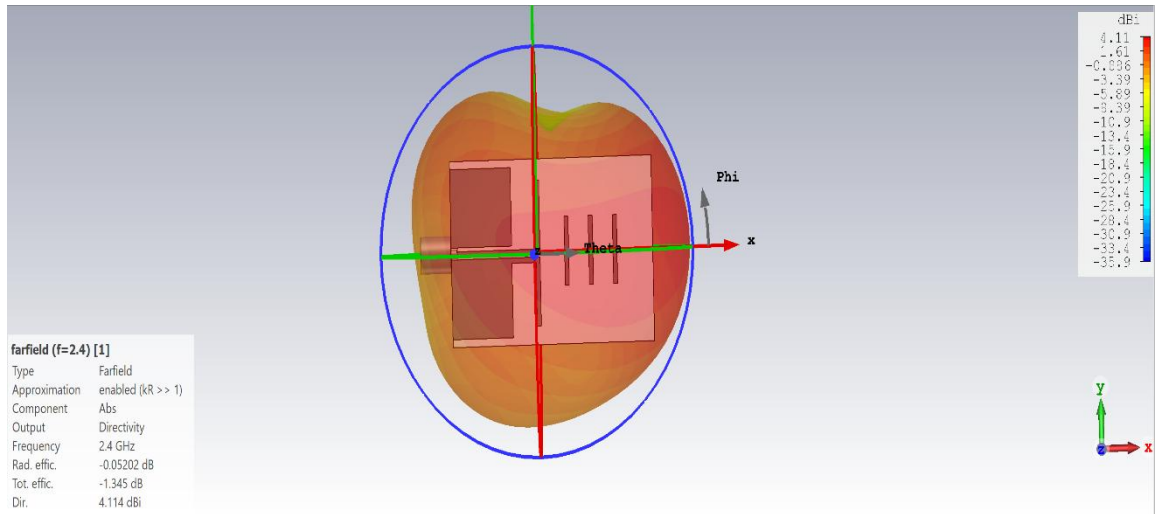
Şekil 7 : Koaksiyel Besleme

Şekil 7' de ki koaksiyel besleme için yarıçap değerleri CST programı ile hesaplanmıştır.

Simülasyon sonucunda oluşan Geri Dönüş Kaybı (S11), Uzak Alan Işıması (FarField Pattern) ve Kazanç değerleri Şekil 8, Şekil 9' da verilmiştir.



Şekil 8 : Geri Dönüş Kaybı (S11)



Şekil 9 : Uzak Alan Işıması ve Verim

Şekil 8’ de verilen S11 2.46 GHz’ de -20 dB olup istenen değer olan 2.45 GHz’ e en yakın benzetim sonucudur. Şekil 9’ da verilen Uzak Alan Işıması beklenen sonucu vermiş olup boyuna ışına için beklenen patterni oluşturmuştur. Şekil 9’ da 4 desibellik kazanç değeri elde edilmiştir ki bu Yağı-Uda anten için beklenen bir değerdir.

### iii) Üretim

Benzetimler sonrasında üretim aşamasına geçilmiştir. Üretim baskı devre metodu ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle CST programından export edilen geometri değerleri CAD uygulamasına import edilmiştir. CAD programında import edilen geometri değeri, hesaplanmış olduğumuz YUDYA parametrelerine uygun olacak şekilde düzenlenmiş ve ayna görüntüsü alınmıştır. Alınan ayna görüntüsü bilgisayar ortamından yağlı kağıt üzerine aktarılmıştır. Yağlı kağıt üzerinde oluşan ayna görüntüsünü bakır levha üzerine Şekil 10’ de gösterilen laminasyon makinesi ile aktarılmıştır.



Şekil 10 : Laminasyon Makinesi

Tasarım bakır levha üzerine aktarıldıktan sonra asit ve perhidrol karışımı olan bileşik ile tepkiye sokulmuştur. Tepkime sonrasında bakır levha alkol ile temizlenmiş ve Şekil 11’ te ki şeklini almıştır.

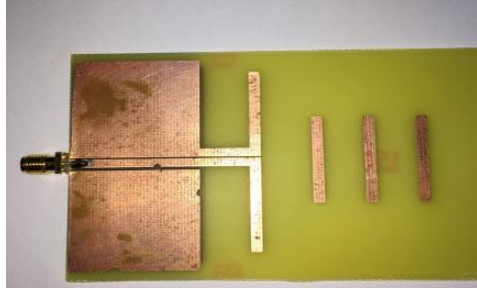


Şekil 11 : YUDYA

Bu işlemden sonra koaksiyel besleme için besleme elemanına koaksiyel konnektör lehimlenmiştir.

Koaksiyel besleme tercih edilme sebebi bu uygulama için maksimum güç transferine en uygun besleme metodu olmasıdır. Koaksiyel konnektör lehimleme işleminden sonra

çalışma Şekil 12’te ki halini almış ve VNA (Vektör Network Analizör) cihazı ile laboratuvar ortamında S11 parametresinin ölçülmesi için hazır hale gelmiştir.

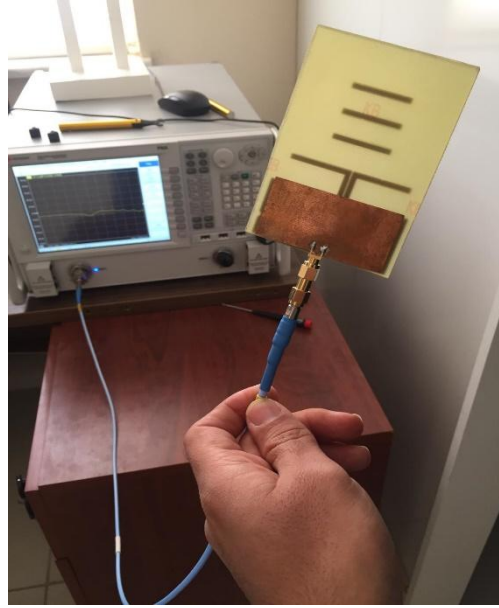


Şekil 12 : Koaksiyel Konnektörlü Yudya

### 3. Bulgular

#### 3.1. Laboratuvar Ortamında VNA Cihazı ile Ölçüm

VNA (Vektör Network Analizör) cihazı antenin gerçek S11 (Geri Dönüş Kaybı) değerini belirlememiz için yardımcı olmuştur.

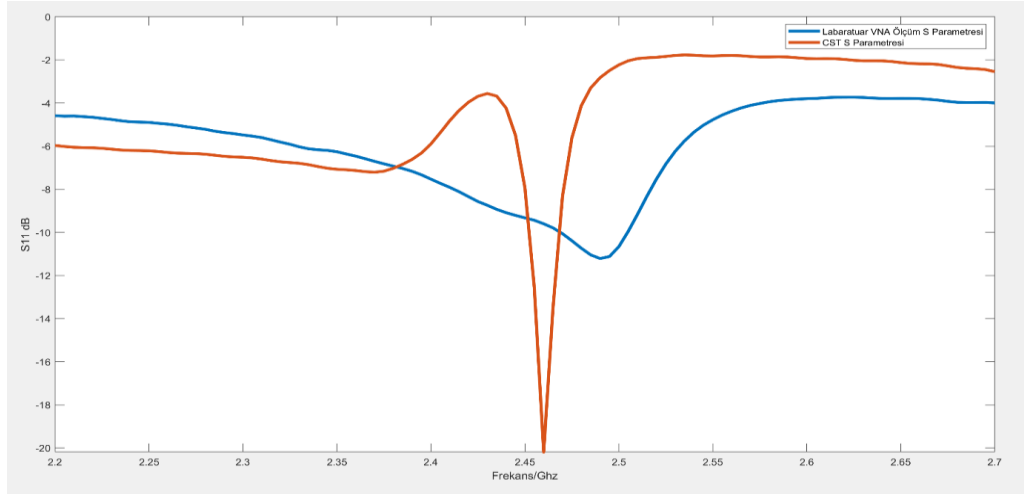


Şekil 13 : VNA Cihazı ile Ölçüm

Şekil 13’ de gösterildiği gibi YUDYA koaksiyel hat ile VNA cihazına bağlanmıştır. S11 değeri için ölçüm yapılmıştır.



### 3.2. CST Benzetimi ile VNA S11 Parametrelerinin Karşılaştırılması



Şekil 14 : S11 Parametrelerinin Karşılaştırılması (CST Benzetim - VNA)

Şekil 14' de verilen grafik matlab yardımı ile çizilmiştir.

Tablo 1 : CST Benzetim ve VNA Ölçüm Sonuçları

Parametreler	CST Benzetim	VNA Ölçüm
S11	-20 dB	-12 dB
Çalışma Bandı	2.45 – 2.47 GHz	2.47 – 2.51 GHz
Band Genişliği	20 MHz	40 MHz

Tablo 1' de benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada oluşturulan yapı için S11 parametresi 2.45 GHz de olması istenmiştir fakat benzetim sonucu 2.46 GHz ve ölçüm sonucu ise 2.49 GHz çıkmıştır. Benzetim CST 2018 programı ile bilgisayar ortamında yapılmıştır.

Benzetim sonucunun istenilen değerden farklı çıkması yapılan analitik hesaplamaların yaklaşım metodları ile yapılması nedeniyle yaklaşık bir sonuç vermesi gerekir. Simülasyon sonucu çıkan S11 değeri istenilen S11 değerine oldukça yakındır. Ayrıca çalışma band aralığı 2.45 GHz' de içine almaktadır.

VNA ölçüm, kayıplı laboratuvar ortamında da gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucunun, kayıplı ortamda ölçüm yapıldığının ve üretim kaynaklı hataların olması sebebiyle, değerler için oluşan farklılık göz ardı edilebilir seviyededir.

**Kaynaklar**

- [1] G. Deschamps, «Microstrip Microwave Antennas,» %1 içinde 3. *USAF Sempozyumu*, 1953.
- [2] D. M. Pozar, «Microstrip Antennas,» *Proc. IEEE*, cilt 80, pp. 79-81, 1992.
- [3] R. Çevik, «elektrikport/teknik-kutuphane/mikroserit-yama-anten-ve-uygulama- alanlari,» 05 01 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/mikroserit-yama-anten-ve-uygulama- alanlari/21949#ad-image-0>. [Erişildi: 21 Kasım 2019].
- [4] S. Uda, «Wireless Beam of Short Electric Waves,» *J. IEE (Japon)*, pp. 273-282, 1926.
- [5] C. A. Balanis, *Anten Teorisi Analiz ve Tasarım*, Nobel, p. 577.
- [6] P. P. Viazbicke, «Yagi Antenna Design,» *NBS Technical Note*, 1976.