





Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

5G Uygulamaları için Eliptik Mikroşerit Anten Tasarımı

 Mustafa MUTLU^{a,*},  Çetin KURNAZ^b

^a Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Ordu Üniversitesi, Ordu, TÜRKİYE

^b Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: mustafamutlu@odu.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.1093225

Öz

Bu çalışmada 5G uygulamalarında kullanılmak üzere dielektrik malzemesi PF-4 ($\epsilon_r:1,06$, $\tan\delta:0,0001$, $h:2$ mm), toprak ve yama kısmı yapışkan bakır banttan oluşan, toplam 42,453 GHz bant genişliğinde çalışan yüksek kazançlı bir eliptik mikroşerit anten tasarlanmıştır. Tasarlanan anten 5G uygulamalar için Orta bant I, Orta bant II ve Yüksek bantta yer alan 6 farklı frekans aralığında çalışabilmektedir. Antenin çalışma frekans aralıkları 3,46-3,69 GHz; 11,61-12,34 GHz; 13,22-20,29 GHz; 21,43-21,92 GHz; 24,44-25,14 GHz ve 26,77-60 GHz'dir. Bu frekans aralıklarında en düşük anten kazancı 8,28 dBi iken en yüksek anten kazancı ise 30,35 dBi'dir. Antenin yüksek bantta, 47,7 GHz frekansındaki verimi % 96,721'dir. Tasarlanan yüksek kazançlı anten, 5G uygulamalarında anten dizisi kullanılmadan geniş bir frekans bandı ve birden fazla frekans aralığında kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Beşinci nesil, Eliptik mikroşerit anten, Bant genişliği, CST.

Elliptical Microstrip Antenna Design for 5G Applications

ABSTRACT

In this study, a high-gain elliptical microstrip antenna, consisting of dielectric material PF-4 ($\epsilon_r:1.06$, $\tan\delta:0.0001$, $h:2$ mm), ground, and patched adhesive copper tape, operating in a total bandwidth of 42.453 GHz, was designed for use in 5G applications. The designed antenna can operate in 6 different frequency bands in the Mid bant I, Mid bant II and High bant for 5G applications. The operating frequency ranges of the antenna are 3.46-3.69 GHz, 11.61-12.34 GHz, 13.22-20.29 GHz, 21.43-21.92 GHz, 24.44-25.14 GHz, 26.77-60 GHz. In these frequency ranges, the lowest antenna gain is 8.28 dBi, while the highest antenna gain is 30.35 dBi. The efficiency of the antenna in the high band, at the frequency of 47.7 GHz, is 96.721 %. The designed high-gain antenna can be used in a wide frequency band and multiple frequencies ranges without using antenna arrays in 5G applications.

Keywords: Fifth generation, Elliptical microstrip antenna, Bandwidth, CST.

I. GİRİŞ

Toplumların haberleşmeyle ilgili talepleri, teknolojik gelişmelere hız kazandırmıştır. Özellikle cep telefonu üzerinden kurgulanmış bir dünyada mevcut olan (2G, 3G, 4G) sistemlerin yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu yüzden mevcut olan bu eski sistemlerin yerine bu sistemlerin sağlayamadığı veya daha yavaş sağladığı hizmetleri, daha hızlı yerine getirecek beşinci nesil (Fifth Generation, 5G) sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, kablosuz internet teknolojisini çok daha hızlı ve daha az bir gecikmeyle sağlamaktadır. 5G’de ağ dilimlemesi (Network Slicing, NS) yöntemiyle; bir bağlantının o anda internet erişimi sağladığı sistem ve cihazların farklı ihtiyaçlarına bağlı bölümlenmesini gerçekleştirerek tüm cihazlara ve taleplere optimal düzeyde internet bağlantısı sunabilmektedir. Yine bu yöntemle sistemin ihtiyaç duyduğu farklı bağlantı tiplerini sağlayarak bağlantı kalitesi ve verim artırılabilir. Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi, güvenliği yüksek bir noktaya taşımaktadır. Dokunsal geri besleme (Haptic Feedback, HF) yöntemiyle birden çok yenilik ortaya çıkmıştır. Yine 5G ile, insansız taşıtlar, ev eşyaları veya akıllı evlerin uzaktan kontrolü sağlanabilecektir. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality, VR) yöntemiyle sağlık hizmetleri alanında uzaktan muayene ve ameliyatlar yapılabilmektedir [1].

Her yeni teknoloji beraberinde yeni bir frekans tahsisini zorunlu hale getirmektedir. 5G mobil ağlar için yaklaşık 1 GHz’den 100 GHz’e kadar frekans bantları tahsis edilmiş olup bu bantlardan bazıları için lisans izni alınmıştır. Tablo 1’de 5G için kullanılan frekans bantları gösterilmiştir [2].

Tablo 1. 5G frekans bantları

Bantlar	Frekans aralığı (GHz)
Düşük bant	(0,79-0,86) 1 GHz <
Orta bant I	1-2,6 GHz
Orta bant II	3,5-6 GHz
Yüksek bant	24,25-52,6 GHz

5G ve uygulamalarıyla ilgili birçok araştırma yapılmış ve bu çalışmaların yakın gelecekte de devam edeceği gözükmektedir. Temmuz 2016’da Samsung, Çin Mobil Araştırma Enstitüsü (China Mobile Research Institute, CMRI) ile birlikte yaptığı çalışmalar sonucunda 5G’nin prototip denemesini gerçekleştirmiştir [3]. Ocak 2019’da Çin’de Dr. Ling Zhipei 5G teknolojisi kullanarak üç bin kilometre uzaklıkta bulunan bir Parkinson hastasının beynine üç saat süren bir operasyonla bir nörostimülâtör yerleştirilerek ilk beyin ameliyatını gerçekleştirmiştir. Cerrah, Pekin merkezli PLAGH hastanesinde bulunan araçları üç bin kilometre uzaklıkta bulunan güney Hainan’daki klinikten idare etmiştir [4].

Bu alanda yapılmış bazı bilimsel çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir: Gelecek nesil 5G mobil haberleşme cihazlarına yönelik 3 farklı mimari kullanılarak toplamda sekiz log-periyodik yama anten tasarımı yapılmıştır [5]. Bu antenler için yapılan çalışmanın birincisinde 6 GHz altı 5G uygulamalarına yönelik 3,3-4,2 GHz frekans aralığı için log-periyodik benzeri lineer azalan monopol bir yama anten yapısı tasarlanmıştır. İkinci ve üçüncü anten çalışmasında, ilk tasarlanan logaritmik-periyodik monopol anten (Logarithmic Periodic Monopole Antenna, LPMA) kanal kapasitesini artırmak için sırasıyla 4 ve 8 elemanlı Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (Multiple Input Multiple Output, MIMO) mimarileri uygulanmıştır. 5G mobil teknolojisine uygun olarak 28 GHz frekansında çalışan dikdörtgen yama mikroşerit antenler, farklı yama (gümüş ve tantal) malzemeleri için bilgisayar benzetim teknoloji programı (Computer Simulation Technology, CST) ile tasarlanmış ve tasarlanan antenlerin performansları karşılaştırılmıştır [6]. 5G için 28 ve 60 GHz frekansında çalışacak şekilde iki anten üretmiştir [7]. 38 ve 54 GHz de (5G) çalışan ve sırasıyla bant genişlikleri 1,94 GHz ve 2 GHz olan mikroşerit anten tasarlamıştır [8]. 5G uygulamalarında kullanılmak üzere 28 ve 38 GHz frekansında çalışan mikroşerit anten tasarlamıştır [9]. 5G uygulamaları için 60 GHz’de çalışacak şekilde alt yapısı üç farklı yalıtkan (Rogers RO4350B, FR-

4 ve Arlon AD255C) kullanılarak hangi alt yapı (yalıtkan)'nın daha uygun olduğu testi yapılmıştır [10]. 5G ve uzay uygulamalarında kullanılmak üzere üç farklı bantta (23,9 GHz; 35,5 GHz ve 70,9 GHz) çalışan mikroşerit anten tasarlamıştır [11]. 5G yüksek bant (28 GHz) ta 14 dBi kazancına sahip 2x2 dikdörtgen yamalı anten dizisinden oluşan mikroşerit anten tasarlamıştır [12]. 5G ve uzun vadeli evrim (Long Term Evolution, LTE) uygulamalarında kullanılmak üzere üç farklı frekans bandında (f_1 [790-860 MHz], f_2 (LTE) [1,6-2,3 GHz], ve f_3 (5G alt bant) [3,3-3,8 GHz]) çalışacak şekilde anten tasarlamıştır [13]. 5G üst bantta (45 GHz) çalışacak şekilde üç dikdörtgen yamalı anten dizisi tasarlamıştır [14]. Birinci anten 4x1, ikinci anten 8x1 ve üçüncü anten ise 16x1 boyutundadır. 5G üst bantta (27-29,5 GHz) çalışan üç farklı çoklu saplamalı anten dizisi tasarlamıştır [15]. 5G uygulamalarında çalışmak üzere dört tane dikdörtgen yamalı, bir tanede eliptik anten üretmiştir [16]. Dikdörtgen antenlerin bant genişliği 7,16 GHz (7,76 GHz-14,92 GHz) arasında, kazançları ise (G:5,2-7,17 dBi) arasında değişmekte olup, anahtarlama işlemi pin diyotları ile sağlanmıştır. 5G orta bant için (6 GHz) çalışan çift bantlı antenlerin literatür taraması yapılmıştır [17]. 5G iletişiminin 6 GHz altı bantlar için üç rezonans (1,506; 2,527 ve 3,546 GHz) frekansında çalışan dairesel anten üretmiştir [18]. 5G'nin üst bandında (26 GHz) çalışan dikdörtgen anten dizisi üretmiştir [19]. 5G'nin alt bandında çalışan (3,15 GHz) yaması göz şeklinde bant genişliği 27,32 GHz (2,68-30 GHz), kazancı G:2,35-7,81 dBi arasında değişen dört farklı anten üretmiştir [20]. 5G'nin taşınabilir iletişim cihazları kablosuz bağlantı [(wireless local area network, WLAN), Dünya çapında mikrodalga erişimi (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMAX), LTE, endüstriyel bilimsel tıp (Industrial Scientific Medical, ISM) (2,3-2,7 GHz, 3,4-3,6 GHz ve 5-6 GHz)] için anten tasarımı yapmıştır [21]. 5G'nin üst bandında (29 GHz ve 38 GHz) çalışan ve kazancı 12,5 dBi olan 2x2 dikdörtgen dizi anten üretmiştir [22]. 5G alanında yapılmış farklı antenler gözden geçirilmiştir. Tasarım ilkeleri, kazanımları ve performansları analiz edilmiştir [23]. 5G orta bantta (3-7,8 GHz) çalışan beş kollu yelpaze şeklinde anten üretmiştir [24]. 21-40 GHz frekans bandında çalışan dikdörtgen mikroşerit anten üretmiştir [25]. Pin diyodu anahtarlama yöntemiyle çift frekansta çalışabilen anten üretmiştir [26]. 5G uygulamaları için (25,08-25,44 GHz) frekansında çalışan ve kazancı 12,03 dBi olan bir anten dizisi tasarlamıştır [27]. 5G kablosuz büyük ölçekli çok girişli çok çıkışlı (Massive Multiple-Input Multiple-Output, mMIMO) sistemi irdelemiştir [28]. 25,66-39,01 GHz frekans bandında çalışan ve tepe kazancı 19 dBi olan anten üretmiştir [29]. (2,25 GHz; 5,5 GHz; 6,5 GHz; 8,2 GHz ve 9,5 GHz) beş farklı frekansta çalışabilen altıgen mikroşerit anten tasarlamıştır [30]. 2,4 GHz; 5,5 GHz ve 7,5 GHz frekansında çalışabilen dikdörtgen yamalı mikroşerit anten tasarlamış ve üretmiştir [31]. Tablo 2'de literatürde kaynak olarak gösterilen çalışmaların (yalıtkan malzemenin türü, yüksekliği, dielektrik sabiti, kayıp tanjantı, yama türü, çalışma frekansı, bant genişliği, anten verimi, kazanç veya yönlülük) gibi birçok kritere bağlı değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 2. Literatürde yapılan çalışmalara ait değerlendirmeler

Referans	Yalıtkan/h/tanδ/yama tipi	ϵ_r	f_r (GHz)	Bw (GHz)	G/D (dB)
[5]	FR4, h:1,6 mm, tanδ=0,019 (kayıp tanjant), 4 ve 8 elemanlı log-periyodik monopol, üretilmiştir	4,3	6	0,9	7,8
[6]	FR4, h:1,6 mm, tanδ=0,019, dikdörtgen anten	4,3	28	1	6,94
[7]	Dikdörtgen şekilli anten	2,43	28; 60	0,75	
[8]	Rogers RT5880 tanδ=0,0013 h:0,508 mm	2,2	38; 54	1,94; 2	12
[9]	FR4, h:1,6 mm, tanδ=0,019	4,3	28; 38	3,34;0,395	3,75; 5,06
[10]	Rogers RO4350B, FR-4, Arlon AD255C, yarım üç formunda		60	1,8; 3,8; 1,4	7,05; 8,22; 8,35

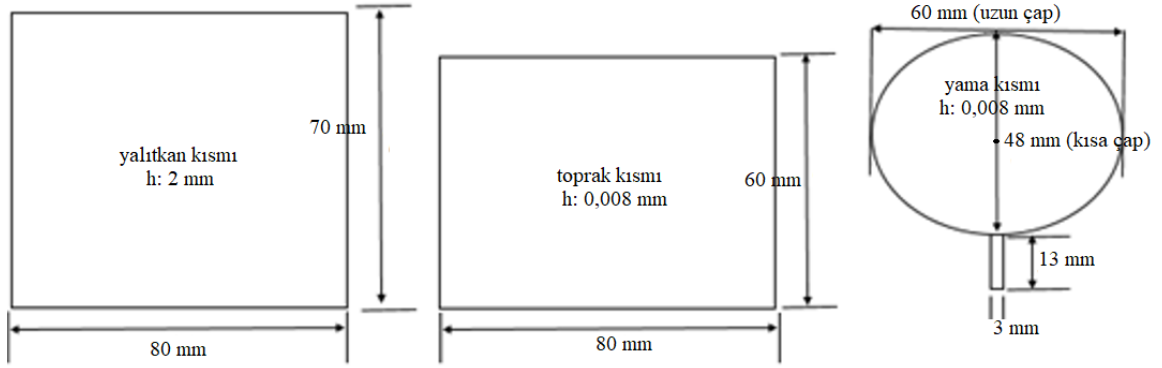
Tablo 2 (devam). Literatürde yapılan çalışmalara ait değerlendirmeler

[11]	FR4, h:1,6 mm, $\tan\delta=0,019$, dikdörtgen anten	4,3	23,9; 35,5; 70,9	1,1; 2,5; 4,2	4,435; 0,6602; 5,6402
[12]	Rogers RTDuroid 5880LZ 2*2 dikdörtgen anten	1,96	28	1,14	14
[13]	U şeklinde anten		2,3; 3,5	0,1; 0,5	
[14]	$\tan\delta = 0,0007$, h: 0,127-0,787 mm, 4*1, 8*1 ve 16*1 anten	2	45	1,51-6,8	Anten verimi %81-%92
[15]	Rogers RT/Duroid 5880, h: 0,38 mm, $\tan\delta=0,0009$ üç farklı çoklu saplamalı anten dizisi	2,2	27-29,5	2,5; 2,5; 2,5	12,85; 14,6; 12,2
[16]	Roger-RT5880, h: 0,1 mm, $\tan\delta=0,0009$ 4 tane dikdörtgen yamalı bir tanede eliptik anten	2,2		7,16	5,2-7,17
[18]	Rogers 6010 dairesel anten	10,2	1,506; 2,527; 3,546	0,1; 0,15,	
[20]	FR4, h:1,6 mm, $\tan\delta=0,019$, 4 farklı anten	4,3	3,15; 6,36	27,32	2,35-7,81
[22]	RT Duroid 5880, h: 1,575 mm. 2*2 dikdörtgen dizi anten	2,2	29; 38	4,5; 3,75	12,5
[24]	Rogers RO3004, $\tan\delta = 0,0013$, beş kollu yelpaze şeklinde anten üretilmiştir	3,55	3,1	3-7,8	1,8
[25]	FR4, h:1,6 mm, $\tan\delta=0,019$, dikdörtgen mikroşerit anten	4,3	28; 37; 39	0,85; 1,6; 1,4	0,5; 1; 1,1
[26]	FR4, h:1,6 mm, $\tan\delta=0,019$, Pin diyodu anahtarlamalı, çift frekanslı anten	4,3	10; 18		15; 13
[27]	Rogers TC350, h: 0,76 mm dikdörtgen anten dizisi	3,5	25,3	25,08-25,44	12,03
[29]	Rogers 5880, $\tan\delta=0,0009$, h=1,575 mm, F4BME220, $\tan\delta=0,0009$ 4*4 anten dizisi	2,2 2,2	30	25,66-39,01	19
Önerilen anten	PF-4, h:2mm, $\tan\delta=0,0001$, eliptik mikroşerit anten tasarladık	1,06	47,7	33,23	9,99-13,63

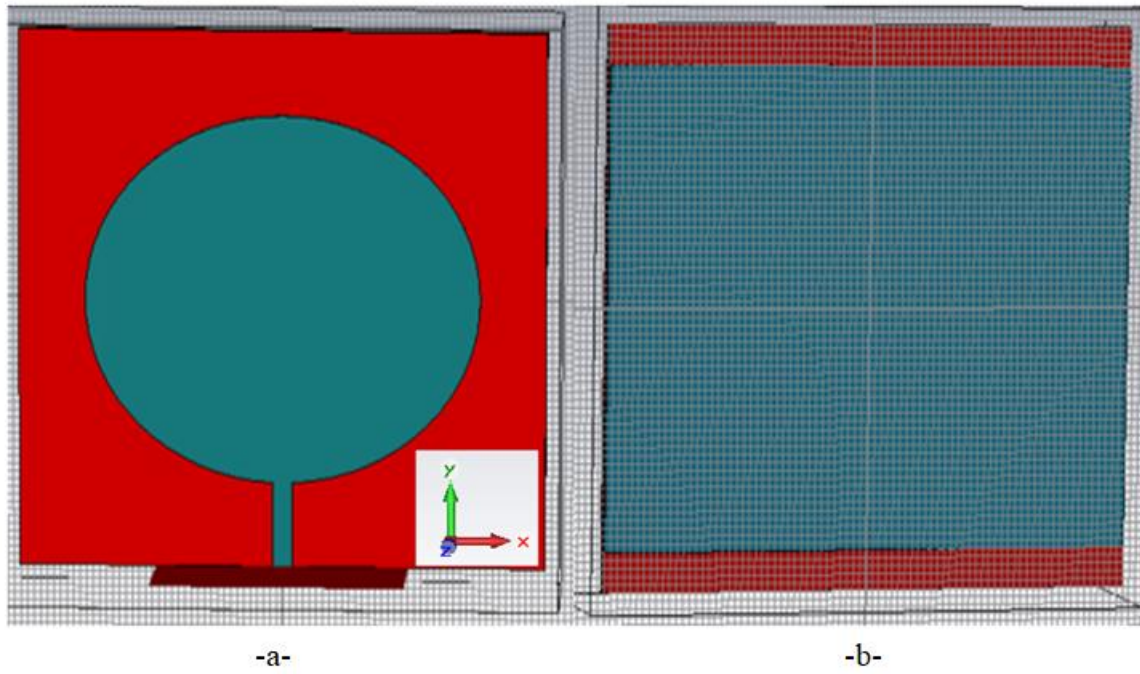
II. MATERYAL VE METOT

Eliptik mikroşerit antenler yama, yalıtkan ve toprak olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Mikroşerit anten tasarımında sadece dikdörtgen ve dairesel antenin bağıntıları mevcut olduğundan, eliptik antenin yarıçaplarını veren bağıntılar olmadığından, dairesel antenin bağıntıları kullanılarak dairesel antenin yama kısmının yarıçapı bulunur, daha sonrada bu yarıçap değeri yatayda ve düşeyde farklı alınarak eliptik antene uydurulur. Bu yüzden ebatları belirlenen antenin (Şekil 1, Şekil 2), önce

antenin dairesel olduğu düşünülerek yama kısmının yarıçapı (a), bilinen değerler (ϵ_r , f_r ve h) kullanılarak (1) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanır [32].



Şekil 1. Tasarlanan eliptik antenin ebatları



Şekil 2. CST ortamında tasarlanan eliptik antenin -a- önden, -b- arkadan görüntüsü

$$a = \frac{F}{\sqrt{\left\{1 + \frac{2xh}{\pi x F x \epsilon_r} \left[\ln \left(\frac{\pi x F}{2xh} \right) + 1.7726 \right] \right\}}} \quad (1)$$

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Baskın mod TM_{110} için rezonans frekansı (f_{r110}) (3) eşitliği ile hesaplanır.

$$(f_r)_{110} = \frac{1.8412 \times c}{2 \times \pi \times a_e \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

Burada;

c ışığın boşluktaki hızını (m/s),

h dielektrik kısmın yüksekliğini (mm),

ϵ_r anten için kullanılan dielektrik malzemenin dielektrik sabitini göstermektedir. Antenin yarı-büyük (yatay yarı çap) eksen uzunluğu 30 mm ve yarı-küçük (düşey yarı çap) eksen uzunluğu ise 24 mm'dir. Bu çalışmada yalıtkan olarak, tek parça halinde bulunan ve kayıp tanjantı düşük PF-4 malzemesi kullanılmıştır [33]. Yalıtkan malzeme, kırılğan bir yapıya sahip olduğu için kalınlığı (2 mm) alınmıştır. Tablo 3'te PF-4'e ait özellikler verilmiştir.

Tablo 3. Yalıtkan malzemenin özellikleri

Yalıtkan malzemenin türü	Dielektrik katsayısı (ϵ_r)	Kayıp tanjantı ($\tan\delta$)	Kalınlık h (mm)
PF-4	1,06	0,0001	2

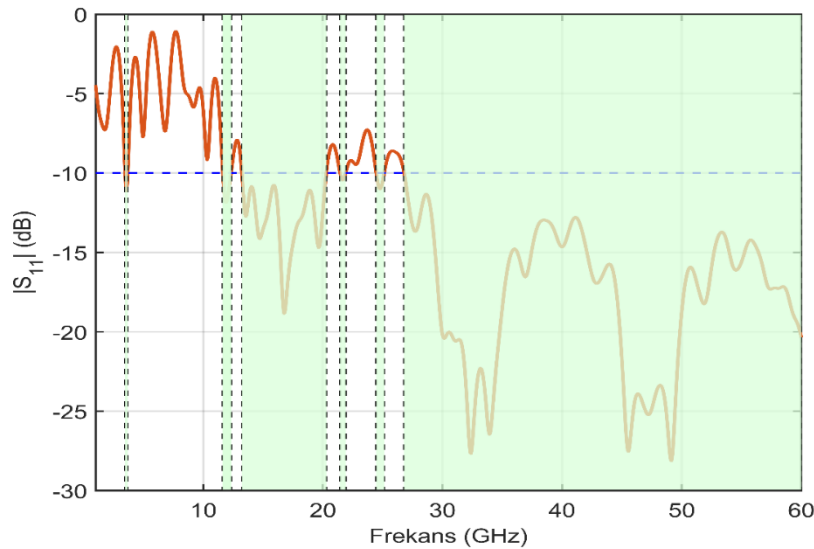
Antenin iletken (yama ve toprak) kısmı için yalıtkan malzemenin üzerine yapıştırılacak şekilde bir tarafı yapışkan bakır bant seçilerek antenin üretimi için kolaylık sağlanmıştır. Tablo 4'te yama ve toprak kısmı için seçilen iletkenin özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 4. Yama ve toprak kısmı için kullanılan bir tarafı yapışkan bakır bantın özellikleri

İletkenin (yama ve toprak kısmı) türü	Elektriksel iletkenlik (σ) (MS/m)	Kalınlık h (mm)
Bir tarafı yapışkan bakır bant	58	0,08

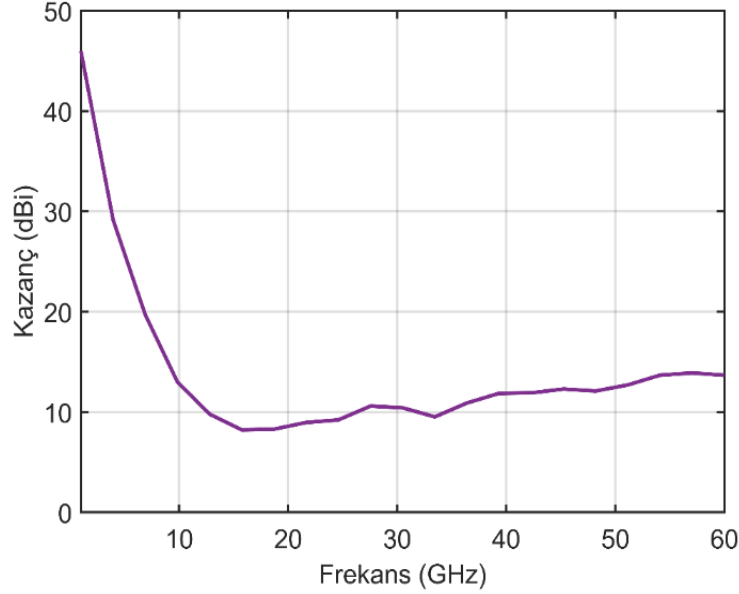
III. BENZETİM SONUÇLARI

Geri dönüş kaybı (Return Loss, RL), antene gelen işaretin ne kadarlık kısmının antenden gönderildiğinin (ışınma) ve ne kadarının ise antenden yayılmayıp geriye yansıdığını gösteren bir kavramdır. Antenin çalışma bölgesi olarak, yansıma katsayısının (S_{11}) -10 dB ve bu değerden aşağıda olduğu kısımlar dikkate alınır. S_{11} değeri -10 dB'den ne kadar aşağıda olursa, o bölgede antenin daha iyi çalışacağı anlamına gelir. S_{11} 'in çalışma bölgesi içinde en küçük olduğu frekanslar antenin çalışma (kritik) frekanslarıdır. CST ortamında tasarlanan antenin için S_{11} değeri Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi tasarlanan eliptik mikroşerit antenin S_{11} değerinin -10 dB'den aşağıda olduğu altı farklı çalışma bölgesi bulunmaktadır. Bu frekans bölgeleri; 3,46-3,69 GHz; 11,61-12,34 GHz; 13,22-20,29 GHz; 21,43-21,92 GHz; 24,44-25,14 GHz; 26,77-60 GHz frekans aralıklarıdır.



Şekil 3. Tasarlanan eliptik anten için S_{11} değeri

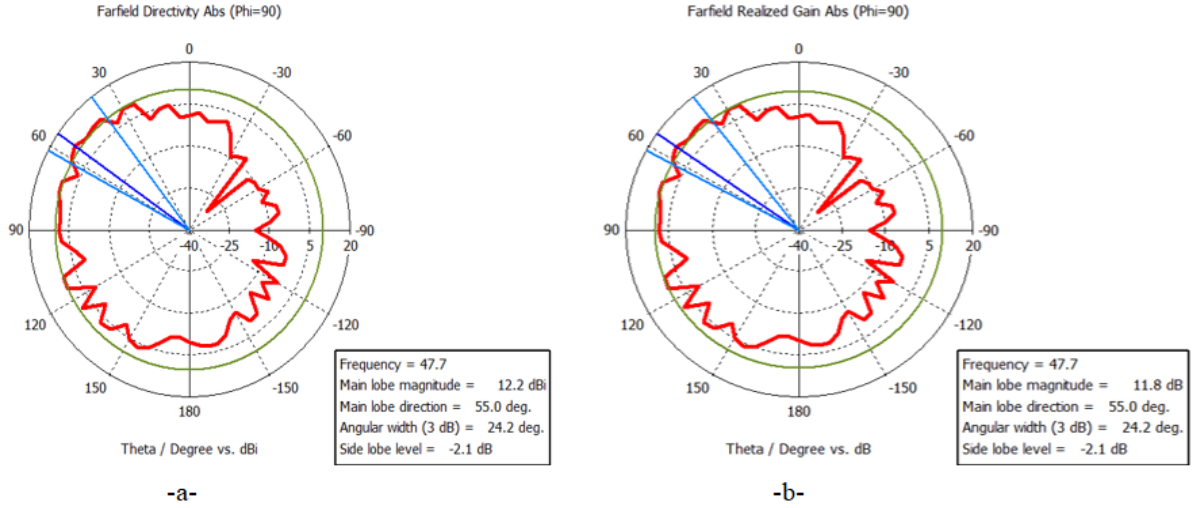
Antenden gönderilen elektromanyetik dalga, antenin kazancıyla çarpıldığı için antenin kazancı, antenin yeterli ışınım yapması için önemli bir parametredir. Şekil 4'te tasarlanan eliptik anten için kazancın frekansla değişimi gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi özellikle 5G yüksek frekans bandı için (24,25-52,6 GHz) anten kazancı 13,63 dBi gibi yüksek bir değerde olabilmektedir. Literatüre bakıldığında hem bu kadar geniş bir band genişliği (42,453 GHz), hem bu kadar farklı bantta (Orta1, Orta 2 ve yüksek bant), hem de anten dizisi kullanmadan bu kadar yüksek bir kazanç (13,63 dBi) elde etmek oldukça zordur.



Şekil 4. Kazancın frekansla değişimi.

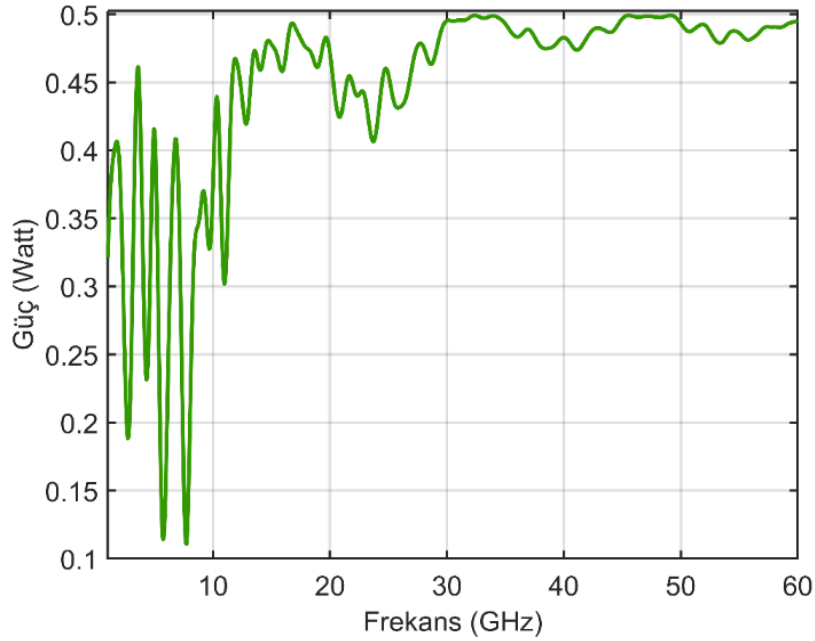
Antenin yönlülüğünün tek boyutlu değişimi, uzak alanın 3 dB açıklığını, hangi açılar arasında (antenin kapsaması) ışınımın yapıldığını, hedef veya alıcı antenin hangi bölgede konumlanması gerektiği bilgisini içermektedir. Tasarlanan anten için yönlülük değerinin tek boyutlu değişimi Şekil 5-a'da verilmiştir. 47,7 GHz için ana ışınım yönünün 55° de bulunduğu, yarı güç demet genişliğinin (3dB) ise $24,2^\circ$ olduğu görülmektedir. Antenin 3dB demet genişliğinin $24,2^\circ$ gibi dar bir açı olması gücün ne kadar iyi dar bir alana aktarıldığını, dolayısıyla da yönlülüğün ne kadar iyi olduğunu gösterir. Yönlülük ve kazanç için için 47,7 GHz frekansının seçilmesi, ABD'de kullanılan 5G üst bandı için belirlenen çalışma bandında 47,2 GHz-48,2 GHz içinde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5 -a- ve -b-'ye bakıldığında 47,7 GHz için sırasıyla yönlülüğün 12,2 dBi ve kazancın ise 11,8 dBi olduğu görülmektedir. Bu iki değerden 47,7 GHz frekansında antenin verimini yüzde olarak aşağıdaki bağıntıyla bulmak mümkündür.

$$\eta (\text{verim})(\%) = \frac{G}{D} 100 = \frac{11,8}{12,2} 100 = \% 96,721 \quad (4)$$



Şekil 5. Yönlülüğün ve kazancın tek boyutlu değişimi

Şekil 6’da antenden yayılan gücün frekansla değişimi gösterilmiştir. Şekilden de çalışma frekansında gücün yaklaşık maksimum olduğu (0,5 W) görülmektedir. Aynı zamanda antenden gönderilen gücün hangi frekanslarda nasıl değiştiği, bize çalışma frekansının seçileceği bölgenin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 6. Gücün frekansla değişimi

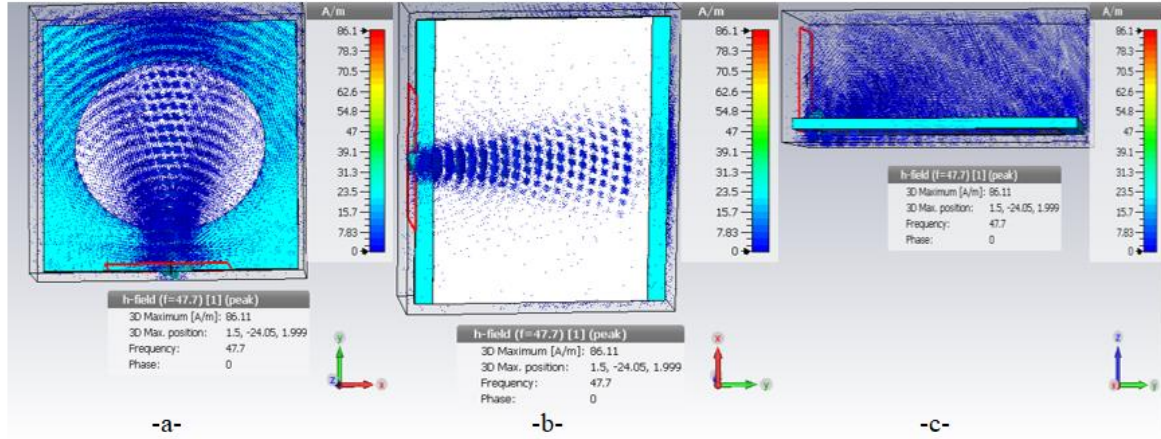
Tablo 5’te tasarlanan eliptik antenin S_{11} değeri dikkate alınarak; bu değer -10 dB’den aşağı düştüğü frekans değerleri, çalışma aralığındaki en küçük S_{11} değerleri, antenin kritik frekansları, bu çalışma bantlarına ait kazancın değişimi ve en alt satırda belirlenen frekanstaki yönlülüğü ve antenin verimi verilmiştir. Tablodan çalışma frekansında (47,7 GHz) 26,77-60 GHz aralığında S_{11} (-28,065 dB)’in tüm çalışma alanı içindeki S_{11} ’in minimumu olması, seçilen çalışma frekansının doğru seçildiğini göstermektedir.

Tablo 5. Tasarlanan eliptik antene ait genel değerlendirme

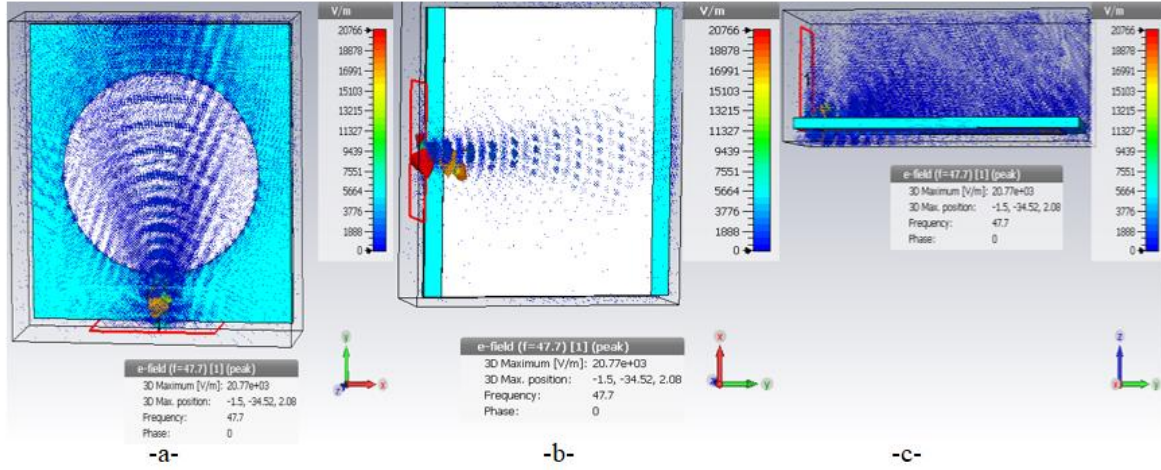
Frekans aralığı (GHz)	S ₁₁ (dB)	Bant genişliği (GHz)	Kazanç (dBi)	Yönlülük (dBi)	Verim (%)
3,464-3,691	-11,087	0,227	30,35-29,82		
11,615-12,34	-11,679	0,725	9,33-9,97		
13,222-20,295	-18,641	7,075	8,28-8,83		
21,43-21,926	-10,415	0,496	8,5-8,57		
24,441-25,141	-10,976	0,7	8,81-9,1		
26,77-60	-28,065	33,23	9,99-13,63		
47,7 GHz	-26,31		11,8	12,2	96,721

Toplam bant genişliği: 42,453 GHz

Şekil 7’de 47,7 GHz frekansına ait manyetik alanın, Şekil 8’de elektrik alanın anten üzerindeki dağılımının üstten, antenin arkasından ve antenin yan tarafındaki görüntüsü verilmiştir. Bu şekiller anten üzerinde manyetik/elektrik alanın hangi bölgelerde daha yoğun olduğunu göstermesi açısından, anten verici olarak kullanılacaksa belirlenen hedefin doğru konumlanmasında yardımcı olmaktadır. Anten alıcı olarak kullanılacaksa da alıcı antenin en uygun konumunu belirlemekte önemli bilgiler vermektedir.

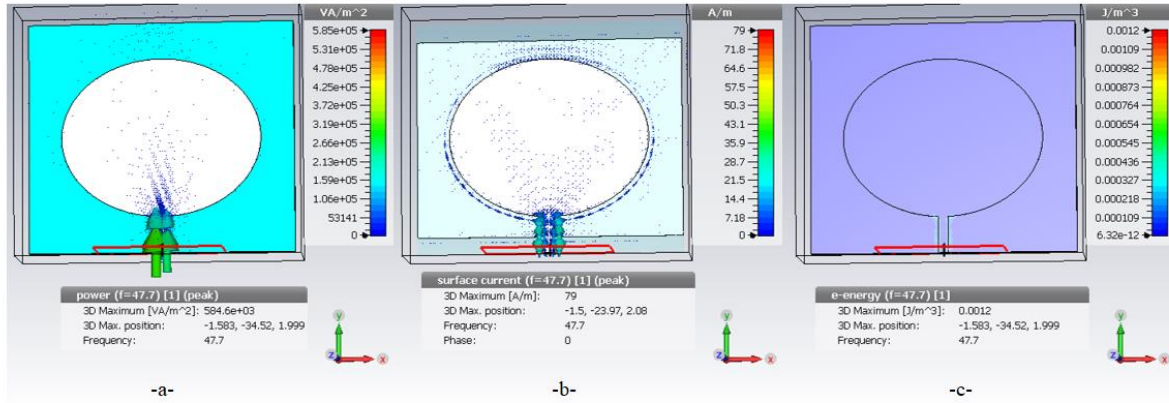


Şekil 7. Anten üzerindeki manyetik alanın değişiminin -a- üstten, -b-alttan ve -c-yandan görüntümü



Şekil 8. Anten üzerindeki elektrik alanının değişiminin -a- üstten, -b- alttan ve -c- yandan görünümü

Şekil 9’da 47,7 GHz frekansına ait anten üzerindeki güç yoğunluğu, yüzey akımı ve enerjinin hacimsel değişiminin üstten görünümü verilmiştir. Bu şekillerden anten üzerindeki güç, akım ve enerjinin dağılımının yoğunlaştığı bölgeyi, bunun da antenin veya hedefin yerleştirileceği yeri göstermesi açısından önem arz etmektedir.



Şekil 9. Anten üzerindeki -a-görünür güç yoğunluğu, -b-yüzey akımı ve -c-enerjinin hacimsel değişiminin üstten görünümü

IV. SONUÇ

Bu çalışmada 5G uygulamalarında kullanılmak üzere (hem orta bant I-II hem de yüksek bantta) bir eliptik mikroşerit anten tasarlanmıştır. 80×70×2 mm ebatlarında tasarlanan mikroşerit antenin dielektrik malzemesi PF-4, toprak ve yama kısmı yapışkan bakır banttandır. Tasarlanan antenin S_{11} değeri 3,46-3,69 GHz; 11,61-12,34 GHz; 13,22-20,29 GHz; 21,43-21,92 GHz; 24,44-25,14 GHz ve 26,77-60 GHz frekans aralıklarında -10 dB’den daha düşüktür. Tasarlanan antenin toplam bant genişliği 42,453 GHz olup bu frekans aralıklarında en düşük kazancı 8,28 dBi iken en yüksek kazancı ise 30,35 dBi’dir. Antenin 3 dB demet açıklığının 24,2° olması yönlülüğün ne kadar iyi olduğunu gösterir. Antenin 47,7 GHz frekansında veriminin % 96,721 gibi büyük bir değer olmasının birinci sebebi empedans uyumunun iyi sağlanmasından, ikinci sebebi ise seçilen yalıtkan (PF-4)’ın kayıp tanjantının çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak önerilen eliptik mikroşerit anten, hem yalıtkan malzemesinin hafif tek parça ve kaybının düşük olması hem iletken kısmının bir tarafı yapışkan elastik bakır bant olması hem de kazancının ve veriminin yüksek olması dolayısıyla anten dizileri kullanılmadan 5G uygulamaları için geniş çalışma frekans bantlarında (üç farklı bantta) kolaylıkla kullanılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] Karel (2022, 10 Ocak). *5g-nedir-5g-teknolojisi-neler-sagliyor* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.karel.com.tr/blog/5g-nedir-5g-teknolojisi-neler-sagliyor>.
- [2] Society of Cable Telecommunication Engineers, Broadband Library, by Ronan McLaughlin (2022, 5 Ocak). 5G Low Latency Requirements [Çevrimiçi]. Erişim: <https://broadbandlibrary.com/5g-low-latency-requirements/>
- [3] Samsung (2022, 10 Ocak). Samsung Successfully Conducts 5G Prototype Trial with China Mobile Communication Corporation [Çevrimiçi]. Erişim: <https://news.samsung.com/global/samsung-successfully-conducts-5g-prototype-trial-with-china-mobile-communication-corporation>
- [4] Chinadaily (2022, 10 Ocak). China performs first 5G-based remote surgery on human brain [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201903/18/WS5c8f0528a3106c65c34ef2b6.html>
- [5] M. Yerlikaya “5G mobil terminaller için yüksek kazançlı ve çoklu bant frekans seçici anten sistemi tasarımı”, Doktora Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2021.
- [6] B. Hiçdurmaz ve Ö. Faruk, Design and Analysis of 28 GHz Microstrip Patch Antenna for Different Type FR4 Claddings, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 265-288, 2019. RESEARCH DOI: 10.17482/uumfd.548410.
- [7] D. A. Outerelo, A. V. Alejos, M. G. Sanchez, and M. V. Isasa, “Microstrip Antenna for 5G Broadband Communications: Overview of Design Issues,” 2015 *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2015. DOI:10.1109/APS.2015.7305610, 2015.
- [8] D. Imran, M. Farooqi, “Millimeter-Wave Microstrip Patch Antenna for 5G Mobile Communication,” Conference: 2018 *International Conference on Engineering and Emerging Technologies* (ICEET), 2018. DOI:10.1109/ICEET1.2018.8338623
- [9] W. Ahmad and W. T. Khan, “Small form factor dual bant (28/38 GHz) PIFA antenna for 5G applications,” *IEEE MTT-S International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility* (ICMIM),2017. DOI:10.1109/ICMIM.2017.7918846.
- [10] B. Tütüncü, “Microstrip Antenna for 5G Communication: Design and Performance Analysis,” HORA- International Congress on Human-Computer Interaction, *Optimization and Robotic Applications* Ankara/Turkey, 2020.
- [11] S. Punith, S. K. Praveenkumar, A. J. Abhinandan, and M.R. Ahmed, “A Novel Multiband Microstrip Patch Antenna for 5G Communications,” Third International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet’19), *Procedia Computer Science* vol. 171, pp. 2080–2086, 2020.
- [12] M. Nabil and M. M. A. Faisal, “Design, Simulation, and Analysis of a High Gain Small Size Array Antenna for 5G Wireless Communication,” *Wireless Personal Communications* vol. 116 pp:2761–2776, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07819-9>.
- [13] R. Kumar and M. Madhavan, “Hybrid Fabric Wearable Antenna Design and Evaluation for High Speed 5G Applications,” *Wireless Personal Communications*, <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08702-x13>.

- [14] M. Shakir, S. Aslam, U. Sarwar, M. Adnan, and M. R. Khan, "Performance evaluation and design of 5g communication-based millimeter wave antenna," *Wireless Com Network*, 2021. <https://doi.org/10.1186/s13638-021-02052-9>.
- [15] A. Lak, Z. Adelpour, H. Oraizi and N.Parhizgar, "Design and SAR Assessment of Three Compact 5G Antenna Arrays," *Scientific Reports*, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00679-8>.
- [16] M. K. Shereen, M.I. Khattak, and j. Nebhen, "A review of achieving frequency reconfiguration through switching in microstrip patch antennas for future 5G applications," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, Issue. 1, pp. 29–40, 2022. www.elsevier.com/locate/aej.
- [17] K. Jain and V. S. Kushwah, "Design and development of dual bant antenna for sub-6 frequency bant," *Materials Today: Proceedings* vol: 47, pp. 6795–6798, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.133>.
- [18] K. K. Kazemi, E. Hosseini, S. Hu, R. Narang, S. Li, M. Arjmand and M. H. Zarifi, "MXene membrane in planar microwave resonant structures for 5G applications," *Applied Materials Today* vol. Vol: 26, 2022, 101294, <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2021.101294>.
- [19] R. Song, Z. Wang, H. Zu, Q. Chen, B. Mao, Z. P. Wu and D. He, "Wideband and low sidelobe graphene antenna array for 5G applications," *Science Bulletin*, Vol. 66, Issue 2, pp. 103-106, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.09.028>.
- [20] H. T. Sediq, J. Nourinia, C. Ghobadi, and B. Mohammadi, "A Novel eye-shaped monopole antenna for wideband and 5g applications," *IETE Journal of Research*, 2021, DOI: 10.1080/03772063.2020.1859959, 2021.
- [21] A. T. Abed, M. S. Jit Singh, V. Thiruchelvam, S. Duraikannan, O. A. Tawfeeq, B. A. Tawfeeq, and M. T. Islam, "Challenges and limits of fractal and slot antennas for WLAN, LTE, ISM, and 5G communication: a review paper," *Annals of Telecommunications* vol 76 pp. 547–557, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12243-020-00828-6>.
- [22] A. Firdausi, L. Damayanti, G. P. N. Hakim, and M. Alaydrus, "Design of A Dual-Bant Microstrip Antenna for 5G Communication," *Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)* Vol. 1, No. 1, pp. 65-72 March 2021. <http://doi.org/10.51662/jiae.v1i1.15>.
- [23] P. K. Malik and P. Tewari, "Design of UWB Antenna for the 5G Mobile Communication Applications: A Review 2020," *International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM)*, 2020 DOI: 10.1109/ICCAKM46823.2020.9051556.
- [24] D. N. Elsheakh, "Reconfigurable Frequency and Steerable Beam of Monopole Antenna Based on Graphene Pads," *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, DOI: 10.1002/mmce.22156, 2019.
- [25] D. Elsheakh and H. Shawkey, "5G Wideband on-chip dipole antenna for WSN soil moisture monitoring," *International Journal of Rf and Microwave Computer-aided Engineering*. DOI: 10.1002/mmce.22556, 2021.
- [26] M. K. Shereen, M. I. Khattak and G. Witjaksono, "A brief review of frequency, radiation pattern, polarization, and compound reconfigurable antennas for 5G applications," *Journal of Computational Electronics* 18: pp. 1065–1102, <https://doi.org/10.1007/s10825-019-01336-0>, 2019.
- [27] A. R. Gutiérrez, A. Reyna, L.I. Balderas, M. A. Panduro and A. L. Méndez, "Non-Uniform Antenna Array with Non-Symmetric Feeding Network for 5G Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, pp.346-350, DOI 10.1109/LAWP.2021.3131437, 2022.

- [28] N. Shaik and P. K. Malik, "A comprehensive survey 5G wireless communication systems: open issues, research challenges, channel estimation, multi carrier modulation and 5G applications," *Multimedia Tools and Applications* 80, pp. 28789–28827, <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11128-z>, 2021.
- [29] Y. Cheng and Y. Dong, "Wideband circularly polarized planar antenna array for 5g millimeter-wave applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 69, no. 5, pp. 2615-2627, 2021.
- [30] F.B. Shiddanagouda, S. P. Teja, D. P. Saritha and A. Kumar, "Hexagonal Microstrip Patch Antenna for Bio-medical Applications," *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, Vol. No.5, Issue No.3 March 2017.
- [31] B. Hossain and F. Hossain, "Design of a Triple Band Rectangular Slot Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications," *2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)*, DOI:10.1109/TENSYP50017.2020.9230997, 2020.
- [32] C. A. Balanis "Antenna Theory Analysis and Design," Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Publication Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey USA. Published Simultaneously in Canada, 2005, pp. 846–847.
- [33] P. Srinivas, K. R. Kiran, D.S. Bidichandani, S.R. Guntupalli and K.N.V.S Kishore, "Improving the Bandwidth in the Design of Phased Array Antenna". *International Journal of Recent Scientific Research*, vol. 4, Issue, 3, pp. 304 -307, March, ISSN: 0976-3031, 2013.