

WiMAX UYGULAMALARI İÇİN ÜÇ-BANTLI EŞ DÜZLEMSEL HAT BESLEMELİ MİKROŞERİT DİPOL ANTEN TASARIMI

Adnan SONDAŞ^{1*}

¹ Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Başiskele, Kocaeli,
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-4559-3463>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Mikroşerit Anten WiMAX uygulamaları Eş düzlemsel hat besleme</i>	<i>Bu çalışma kapsamında WiMAX uygulamaları için 2,6 GHz, 3,5 GHz ve 5,5 GHz bantlarında çalışan eş düzlemsel hat besleme (CPW-fed) yapısına sahip mikroşerit anten tasarımı tanıtılmaktadır. Anten tasarımında 0,79 mm kalınlığındaki dielektrik malzeme (Arlon DiClad 880) kullanılmıştır. Tasarım 32×40 mm² boyutlarındadır. Analizler sonucunda önerilen tasarımın WiMAX frekans-bantlarını tamamen kapsadığı ve dipol benzeri ışıma örüntülerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen tasarım ilgili bantlarda 2,15 dBi, 2,54 dBi ve 4,37 dBi seviyelerindeki yönlendirme kazançlarına sahiptir. Ayrıca anten performansını etkileyen parametreleri göstermek için bazı analiz sonuçlarına da yer verilmiştir.</i>

TRIPLE-BAND CPW-FEED MICROSTRIP ANTENNA DESIGN FOR WiMAX APPLICATIONS

Keywords	Abstract
<i>Microstrip antenna. WiMAX applications CPW feed</i>	<i>In this study, a microstrip antenna design with a coplanar waveguide feed (CPW-fed) structure operating in 2.6 GHz, 3.5 GHz and 5.5 GHz bands for WiMAX applications is introduced. The analyses at the design stage were carried out using the CST Microwave Studio program. Arlon DiClad 880 with a 0.79 mm thick dielectric material was used in the antenna design. The design has dimensions of 32×40 mm². As a result of the analysis, it has been observed that the proposed design completely covers the WiMAX frequency-bands and has dipole-like radiation patterns. The proposed design has directional gains of 2.15 dBi, 2.54 dBi and 4.37 dBi in the respective bands. In addition, the results of the parametric study for the antenna are also included.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 22.08.2023	Submission Date : 22.08.2023
Kabul Tarihi : 15.08.2024	Accepted Date : 15.08.2024

* Sorumlu yazar: masondas@kocaeli.edu.tr
<https://doi.org/10.31796/ogummf.1348059>

1. Giriş

Kablosuz iletişim teknolojisinin yaygınlaşması ile birlikte dünya çapında uyumun sağlanması için WiMAX frekans bantları (2.5–2.69 / 3.4–3.69 / 5.25–5.825 GHz) (Chen, Yang, Yin, Fan, ve Wu, 2013) tercih edilmektedir. Bunun sonucu olarak ta ilgili cihazlarda geniş-bantlı veya çoklu-bant performanslı antenlerin kullanımına ihtiyaç vardır. Minyatür boyutları, yüzey uyumlulukları, düşük maliyetleri ve üretimlerinin kolay olması nedeni ile mikroşerit antenler ilgili cihaz tasarımlarında oldukça fazla tercih edilmektedirler (Sondaş, 2011, Dogusgen Erbas, 2022). Tasarım üzerinde yapılan küçük oynamalar sayesinde mikroşerit antenlerden doğrusal veya dairesel kutuplanmış ışıma karakteristiği de elde edilebilirken, aynı zamanda çoklu-bant performansı da elde edilebilmektedir (Dogusgen Erbas, 2022).

Çoklu-bant performansı elde edebilmek için besleme hattına veya yer düzlemine çeşitli boyutlarda ve farklı şekillerde yüklemeler bağlanmaktadır. Bu yüklemeler T-şekilli (Kuo ve Wong, 2003, Kshetrimayum, 2009), U-şekilli (Koo, Kim, Ryu, Kim ve Yook, 2011, Lee, Kim, Park ve Kim, 2009), dikdörtgen şekilli (Vasu ve Sreeja, 2023, Alam, Azim, Sobahi, Khan ve Islam, 2022) veya halka şekilli (Yu ve Liu, 2017, Tang, Liu, Yin ve Lian, 2015) olabilir. Literatürde yakın zamanda sunulmuş olan üç-bantlı anten tasarımları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Bu çalışmada, WiMAX uygulamaları için tasarlanmış olan eş düzlemsel hat beslemeli üç-bantlı mikroşerit dipol anten yapısı tanıtılmaktadır.



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

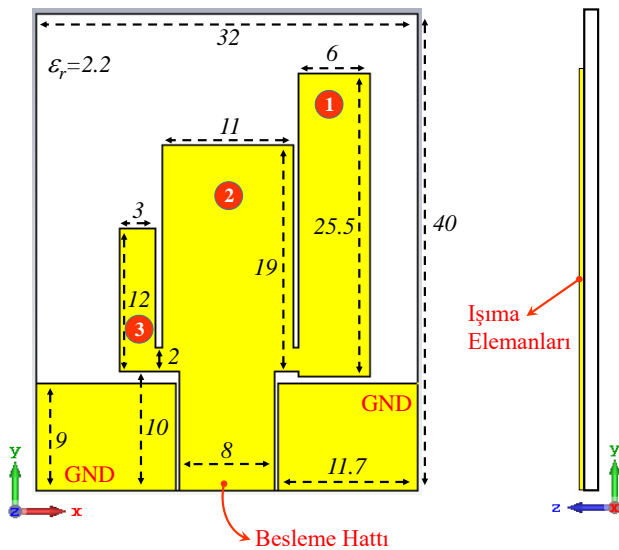
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Tablo 1. Literatürde Sunulmuş Olan Üç-Bantlı Anten Tasarımları Karşılaştırılması

Çalışma	Boyutlar (mm ³)	Dielektrik Malzeme	Çalışma Bandı	Bant Genişliği (MHz)
(Baytore, Gocen, Palandoken, Kaya ve Zoral, 2019)	20×30×0.5	Copper	2.45, 3.5 ve 5.5 GHz	158 & 170 & 1080
(Ye, Zu, Hu, Xin, Guo, Song ve He, 2024)	42×30.5×1.025	Graphene Assembled Film (GAF)	2.4, 3.5 ve 6.1 GHz	280 & 570 & 2240
(Chen ve diğ., 2013)	21×29×1.6	FR4 ($\epsilon_r=4.4$)	2.45, 3. ve 5.5 GHz	120 & 340 & 1450
(Kshetrimayum, 2009)	75×75×1.6	FR4 ($\epsilon_r=4.4$)	2.95, 4.18, 5.05 GHz	520 & 680 & 260
(Koo ve diğ., 2011)	27×39.5×0.8	FR4 ($\epsilon_r=4.4$)	2.55, 3.95, 5.75 GHz	280 & 1000 & 1300
(Vasu ve Sreeja, 2023)	35×45×1.6	FR4 ($\epsilon_r=4.4$)	2.45, 3.45, 5.4 GHz	230 & 190 & 810
Önerilen Anten	32×40×0.79	Arlon DiClad 880 ($\epsilon_r=2.2$)	2.6, 3.5 ve 5.5 GHz	200 & 520 & 4280

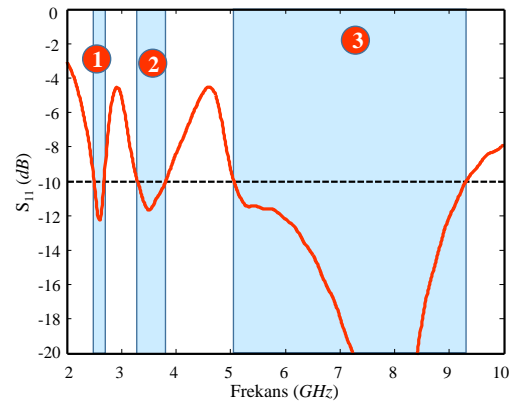
2. Önerilen Mikroşerit Anten Tasarımı

Çalışma kapsamında önerilen mikroşerit anten konfigürasyonu ve tasarıma ait parametrik boyutlar Şekil 1'de verilmektedir. Görüldüğü üzere, önerilen tasarım, eş düzlemsel hat (çoplanar waveguide; CPW) beslemeli mikroşerit anten yapısından oluşmaktadır. Anten tasarımında 50 Ω 'luk besleme hattının ucuna 3 adet farklı uzunluk ve genişliklerdeki mikroşerit dipol elemanları eklenmiştir. İlgili anten tasarımı bilgisayar ortamında (CST Microwave Studio) modellenirken, metalik yapılar için 0,05 mm kalınlığındaki kayıplı bakır ($\sigma=5.8 \times 10^7$ S/m) plakalar kullanılmış ve bu plakalar 0,79 mm yüksekliğindeki, 32×40 mm² boyutlarındaki Arlon DiClad 880 dielektrik malzemesi ($\epsilon_r=2.2$) üzerine yerleştirilmiştir. Dielektrik tabakanın arka yüzeyinde ise toprak düzlemi bulunmamaktadır.



Şekil 1. Önerilen Anten Konfigürasyonunun Önden Ve Yandan Görünüşü (Boyutlar mm)

İlgili anten tasarımının sergilediği geri-dönüş kaybı (S_{11}) karakteristiği Şekil 2'de yer almaktadır. Önerilen tasarım sayesinde üç farklı frekans bandı, dipol elemanların boyutları optimize edilerek bir araya getirilmiş ve böylece WiMAX uygulamaları için kullanılabilir üç-bantlı bir anten performansı elde edilmiştir. Sonuçta, önerilen tasarım 2.49 – 2.69 GHz, 3.29 – 3.81 GHz ve 5.05 – 9.33 GHz frekans bantlarında sırasıyla %8, %14,6 ve %51'lik bant genişliği performansı sergilemektedir.

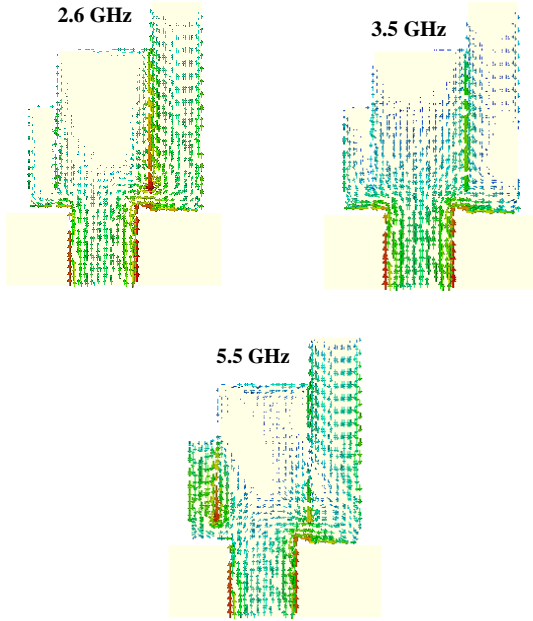


Şekil 2. Anten Tasarımının S_{11} Karakteristiği

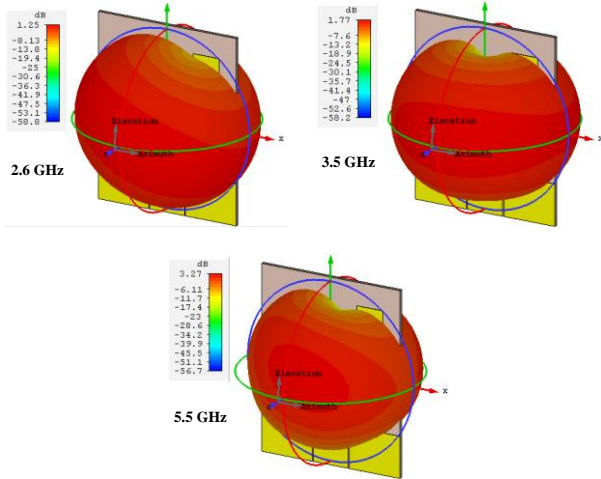
Şekil 3'te ise rezonans frekanslarındaki yüzey akım dağılımları yer almaktadır. Bu yüzey dağılımları göz önüne alındığında, dipol elemanlardan en uzununu (#1) alt-bant performansını belirlerken, orta boyutlu (#2) olan orta-bant performansını, en kısa (#3) olanın ise tasarımın üst-bant performansını belirlediği anlaşılmaktadır. Bu elemanlar arasında ise 0,5 mm'lik boşluklar bırakılmıştır.

Şekil 4'te ise, ilgili tasarımın 2.6 GHz, 3.5 GHz ve 5.5 GHz'deki dipol benzeri ışınma örüntüleri

görülmektedir. Önerilen tasarım ilgili bantlarda 1.25 dBi, 1.77 dBi ve 3.27 dB seviyelerindeki kazançlara sahiptir.



Şekil 3. Rezonans Frekanslarındaki Yüzey Akım Dağılımları



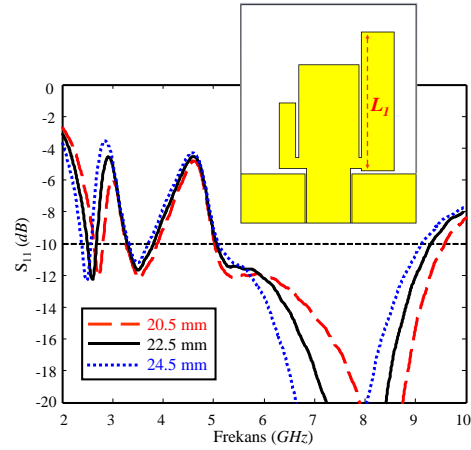
Şekil 4. Anten Tasarımının İlgili Bantlardaki Işıma Örüntüleri

3. Parametrik Çalışmalar

Önerilen tasarımın karakteristiğini etkileyen parametreleri görebilmek için bazı parametrik analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda dipol elemanlardan en uzununun (#1) alt-bant performansını, orta boyutlu (#2) olanın orta-bant performansını ve en kısa (#3) olanın ise tasarımın üst-bant performansını belirlemede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu parametrik çalışmalar ve ilgili değerlendirmeleri aşağıda yer almaktadır.

3.1. #1 Numaralı Dipol Elemanının Etkisi

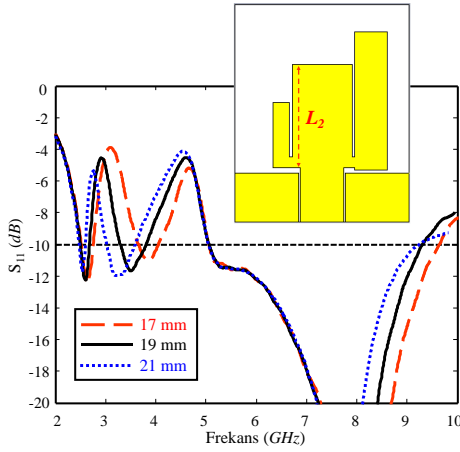
İlgili karakteristik için dipol elemanlarının uzunlukları oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Şekil 5'te #1 numaralı dipol elemanının uzunluğunun anten performansına olan etkisi yer almaktadır. Yapılan analizler sonucunda #1 numaralı dipol elemanının alt banttaki (soldaki) rezonans frekansını belirlediği tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere ilgili dipolün uzunluğu değiştirildiğinde alt bant beklendiği üzere farklı frekanslara doğru kayarken orta ve üst bantların frekanslarında önemli bir değişim meydana gelmemektedir. Boyut ayarlanması sonucunda, önerilen tasarımdan 2,49 – 2,69 GHz frekans bandında %8'lik bant genişliği performansı elde edilebilmektedir. İlgili dipolün genişliğinde değişiklik yapılması anten performansını çok fazla etkilememektedir.



Şekil 5. #1 Numaralı Dipol Elemanının Anten Performansına Etkisi

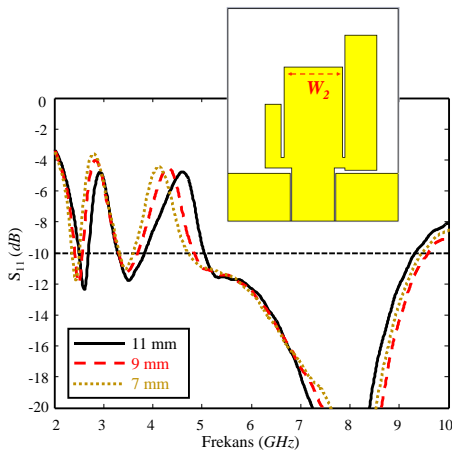
3.2. #2 Numaralı Dipol Elemanının Etkisi

Şekil 6'da #2 numaralı dipol elemanının uzunluğunun anten performansına olan etkisi görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda #2 numaralı dipol elemanının orta banttaki rezonans frekansını belirlediği tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere ilgili dipolün uzunluğu değiştirildiğinde orta bant beklendiği üzere farklı frekanslara doğru kayarken alt ve üst bantların frekanslarında önemli bir değişim meydana gelmemektedir. Boyut ayarlanması sonucunda, önerilen tasarımdan 3,29 – 3,81 GHz frekans bandında %14,6'lık bant genişliği performansı elde edilebilmektedir.



Şekil 6. #2 Numaralı Dipol Elemanının Uzunluğunun Anten Performansına Etkisi

Şekil 7’de ise #2 numaralı dipol elemanının genişliğinin anten performansına olan etkisi yer almaktadır. Görüldüğü üzere bu genişlik daha çok orta bant üzerinde etkili olmakta ve genişlik azaldıkça bant düşük değerlere doğru kaymaktadır. Bu analizler yapılırken diğer elemanların konumlarının değişmemesine sadece dipoller arasındaki mesafenin değiştirilmesine dikkat edilmiştir.

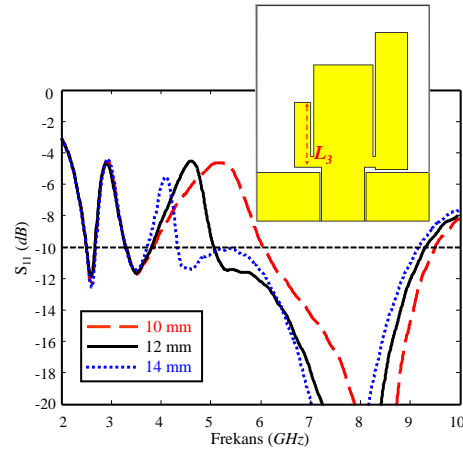


Şekil 7. #2 Numaralı Dipol Elemanının Genişliğinin Anten Performansına Etkisi

3.3. #3 Numaralı Dipol Elemanının Etkisi

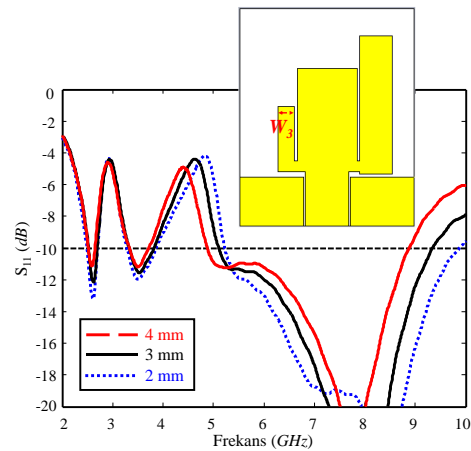
Şekil 8’de #3 numaralı dipol elemanının uzunluğunun anten performansına olan etkisi görülmektedir. Analizler sonucunda #3 numaralı dipol elemanının üst banttaki (sağdaki) rezonans frekansını belirlediği tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere ilgili dipolün uzunluğu değiştirildiğinde üst bant beklendiği üzere farklı frekanslara doğru kayarken alt ve orta bantların frekanslarında önemli bir değişim meydana gelmemektedir. Bu dipolün boyutların ayarlanması sonucunda, önerilen tasarımdan 5,05 – 9,33 GHz frekans

bandında %51’lik bant genişliği performansı elde edilebilmektedir.



Şekil 8. #3 Numaralı Dipol Elemanının Anten Performansına Etkisi

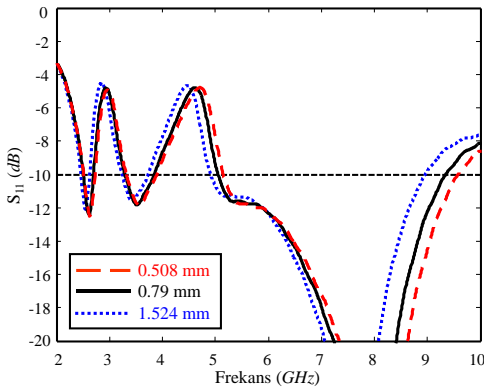
Şekil 9’da ise #3 numaralı dipol elemanının genişliğinin anten performansına olan etkisi yer almaktadır. Görüldüğü üzere bu genişlik daha çok üst bant üzerinde etkili olmakta ve genişlik azaldıkça bant yüksek değerlere doğru kaymaktadır.



Şekil 9. #3 Numaralı Dipol Elemanının Genişliğinin Anten Performansına Etkisi

3.4. Dielektrik Malzemenin Kalınlığının Etkisi

Şekil 8’de anten tasarımında kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığının anten performansına olan etkisi görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda beklenildiği üzere ilgili kalınlığın rezonans frekansını düşük değerlere doğru kaydırmaktadır.



Şekil 10. Dielektrik Malzemenin Kalınlığının Anten Performansına Etkisi

4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında WiMAX uygulamaları için 2,6 GHz, 3,5 GHz ve 5,5 GHz bantlarında çalışan eş düzlemsel hat beslemeli (CPW-fed) mikroşerit anten tasarımı tanıtılmaktadır. Tasarım aşamasındaki analizler CST Microwave Studio programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anten tasarımında 0,79 mm kalınlığındaki dielektrik malzeme (Arlon DiClad 880) kullanılmıştır. Tasarım 32×40 mm² boyutlarındadır. Analizler sonucunda önerilen tasarımın WiMAX frekans-bantlarını tamamen kapsadığı ve dipol benzeri ışıma örüntülerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen tasarım ilgili bantlarda 2.15 dBi, 2.54 dBi ve 4.37 dBi seviyelerindeki yönlendirme kazançlarına sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Alam, M. M., Azim, R., Sobahi, N. M., Khan, A. I., ve Islam, M. T. (2022). A dual-band CPW-fed miniature planar antenna for S-, C-, WiMAX, WLAN, UWB, and X-band applications. *Scientific Reports*, 12(1), 7584. doi:10.1038/s41598-022-11679-7
- Baytore, C., Gocen, C., Palandoken, M., Kaya, A., ve Zoral, E. Y. (2019). Compact metal-plate slotted WLAN-WiMAX antenna design with USB Wi-Fi adapter application. *Turkish Journal Of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(6), 4403-4417. doi:10.3906/elk-1904-122
- Chen, H., Yang, X., Yin, Y. Z., Fan, S. T., ve Wu, J. J. (2013). Triband Planar Monopole Antenna With Compact Radiator for WLAN/WiMAX Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 12, 1440-1443. doi:10.1109/lawp.2013.2287312

Dogusgen Erbas, C. (2022). GSM-1800 ve GPS uygulamaları için çift bantlı ve çift modlu yarıklı halka mikroşerit yama anten. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(1), 547-556. doi:10.17341/gazimmfd.740475

Koo, T. W., Kim, D., Ryu, J. I., Kim, J. C., ve Yook, J.-G. (2011). A coupled dual-u-shaped monopole antenna for WiMAX triple-band operation. *Microwave and Optical Technology Letters*, 53(4), 745-748. doi:10.1002/mop.25842

Kshetrimayum, R. S. (2009). Printed double-T monopole antennas for triband applications. *Microwave and Optical Technology Letters*, 51(7), 1640-1642. doi:10.1002/mop.24446

Kuo, Y.-L., ve Wong, K.-L. (2003). Printed double-T monopole antenna for 2.4/5.2 GHz dual-band WLAN operations. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 51(9), 2187-2192. doi:10.1109/tap.2003.816391

Lee, J. N., Kim, J. H., Park, J. K., ve Kim, J. S. (2009). Design of dual-band antenna with U-shaped open stub for WLAN/UWB applications. *Microwave and Optical Technology Letters*, 51(2), 284-289. doi:10.1002/mop.24033

Sondaş, A. (2011). Metamateryal altyapılı ve halka yüklemeli mikroşerit anten tasarımları ve gerçekleşmesi (Doktora tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Tang, Z., Liu, K., Yin, Y., ve Lian, R. (2015). Design of a compact triband monopole antenna for WLAN and WiMAX applications. *Microwave and Optical Technology Letters*, 57(10), 2298-2303. doi:10.1002/mop.29310

Vasu, A. S., ve Sreeja, T. K. (2023). Magnetodielectric nanocomposite antenna for triple band including 5G. *Wireless Personal Communications*, 129(2), 1161-1173. doi:10.1007/s11277-023-10181-1

Ye, D., Zu, H., Hu, Z., Xin, Y., Guo, J., Song, R., ve He, D. (2024). Flexible and Compact Tri-Band Graphene Antenna for Conformal Wi-Fi/WiMAX/5G Applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems. II, Express Briefs: A Publication of the IEEE Circuits and Systems Society*, 71(3), 1086-1090. doi:10.1109/tcsii.2023.3320177

Yu, K., ve Liu, X. (2017). Design of tri-band antenna with rectangular ring for WLAN and WiMAX application. *2017 Sixth Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)*. IEEE.