



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KALP DAMAR TIKANIKLIĞININ TESPİTİ
İÇİN GİYİLEBİLİR MİKROŞERİT ANTEN
TASARIMI

Hakan UYANIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hakan UYANIK tarafından hazırlanan “KALP DAMAR TIKANIKLIĞININ TESPİTİ İÇİN GİYİLEBİLİR MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Hakan AKBAYRAK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Dilek UZER

Üye

Doç. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hakan UYANIK

Tarih:14/07/2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KALP DAMAR TIKANIKLIĞININ TESPİTİ İÇİN GİYİLEBİLİR MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI

Hakan UYANIK

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dilek UZER

2021, 56 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Hakan AKBAYRAK
Dr. Öğr. Üyesi Dilek UZER
Doç. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN**

Türkiye İstatistik Kurumu'nun her yıl düzenli olarak yaptığı ölüm ve ölüm nedeni istatistiklerinde en büyük ölüm oranına sahip neden olarak %36.8 gibi bir değerle dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıklar istatistiklere geçmiştir. Bu %36.8'lik dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıkların içindeki en büyük pay ise %39.1'lik bir oranla kalp rahatsızlıklarına bağlı nedenler yer almaktadır. Bu nedenle kalp rahatsızlıkları önceden tespit edilmesi önem arz etmektedir. Araştırmacı ve bilim insanları bu istatistikleri göz önüne alarak günümüz teknolojisinde kullanılan kalp damar tıkanıklığının tespiti ve teşhisinde kullanılan EKG, MRG ve KAG gibi cihazlara alternatif aramaktadırlar. Bu bağlamda mikroşerit antenler üzerinde çalışmalar başlamıştır ve hala daha devam etmektedir.

Mikroşerit antenler düşük maliyet, ağırlık, küçük boyut, dar ve çok bantlı olması gibi avantajlarının ağır basmasından dolayı birçok alanda kullanılmaktadır. Son zamanlarda popüler hale gelen bir diğer kullanım alanı ise medikal görüntüleme ve teşhis sistemleridir. Kullanılan frekans bandı insan sağlığına zarar vermeyecek ve iyonlaştırıcı radyasyon yaymayacak bölgede olması kalp damar tıkanıklığının tespitinde ve diğer uygulamalarda kullanılabilir olabileceği kanısına varılmıştır.

Tez çalışmasının temelinde de belirtilen bu mikroşerit antenin avantajlarını kalp damar tıkanıklığı tespitinde kullanmak. Yaptığımız çalışmada mikroşerit antenin taban yapısını tekstil tabanlı ürünler seçerek giyilebilir bir hale getirmek istenmiştir. İlk olarak HFSS programında anten tasarımı yapılmış ve gerekli simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Sonuçlar elde edilirken damarın tıkanık ve tıkanık olmama durumları göz önüne alınarak değişen elektrik alan değerlerine göre yorumlar yapılmıştır. Mikroşerit anten tasarımında taban yapılarında değişiklik yaparak farklı anten yapıları denenmiştir. Alınan sonuçlar neticesinde tasarladığımız antenler gerçek bir kalp dokusuna benzetilmek amacıyla literatürden elde edilen kalp, deri, yağ ve kas dokunun fantomları hazırlanarak üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bu fantomlar hazırlanırken literatürden aldığımız dokularının her birinin elektriksel değerlerine bağlı olarak hazırlanmıştır. Yapılan ölçümler Vektör Network Analizör (VNA) cihazı ile yapılmış ve elde edilen veriler simülasyon verilerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Kullanılan ve tasarımları yapılan mikroşerit antenlerden elde ettiğimiz elektrik alan değerleri sonuçlarının tıkanıklık tespiti için mikroşerit antenlerin kullanılabilirliğini gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Damar Tıkanıklığı, Giyilebilir Teknoloji, Kalp, Mikroşerit Tekstil Antenler

ABSTRACT

MS THESIS

WEARABLE MICROSTRIP ANTENNA DESIGN FOR DETECTION OF CARDIOVASCULAR OCCLUSION

Hakan UYANIK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical-Electronics Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Dilek UZER

2021, 56 Pages

Jury

**Asst. Prof. Dr. Hakan AKBAYRAK
Asst. Prof. Dr. Dilek UZER
Assoc. Prof. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN**

Death and cause of death by the Turkish Statistical Institute on a regular basis every year as the cause with the largest mortality rate in statistics, the circulatory system with a value of 36.8% diseases of origin have been transferred to statistics. The largest share of diseases caused by the circulatory system of 36.8% is the causes associated with heart diseases, compared to 39.1%. For this reason, it is important to detect heart diseases in advance. Researchers and scientists are looking for an alternative to devices such as ECG, MRI and KAG used in the detection and diagnosis of cardiovascular obstruction used in today's technology by considering these statistics. In this context, work has started on microstrip antennas and it is still ongoing.

Microstrip antennas are used in many areas due to their advantages such as low cost, weight, small size, narrow and multi-band. Another area of use that has become popular recently is medical imaging and diagnostic systems. It was concluded that the frequency band used would not harm human health and would not emit ionizing radiation, and could be used to detect cardiovascular obstruction and other applications.

This microstrip antenna used in the detection of cardiovascular obstruction. In our study, it was proposed wearable to make the base structure of the microstrip antenna by selecting textile-based products. First, the antenna design was made in the HFSS program and the necessary simulation results were obtained. While obtaining the results, comments were made according to the changing electric field values, taking into account the blockage and non-blockage States of the vessel. In microstrip antenna design, different antenna structures have been tried by making changes on the base structures. As a result, the antennas that we designed were prepared and measured on it by preparing phantoms of heart, skin, fat and novelistic tissue obtained from the literature in order to be likened to real heart tissue. These phantoms were prepared based on the electrical values of each of their tissues, which we received from the literature while preparing. The measurements were made by using the Vector Network Analyzer (VNA) device and the data received were compared with the results of the simulation data.

It has been shown that the results of electric field values obtained from microstrip antennas that used and designed can be used to detect congestion.

Keywords: Atherosclerosis, , Heart, Microstrip Textile Antennas, Wearable Technology

ÖNSÖZ

Yüksek lisans süresince bilgi, birikim ve deneyimlerini aktaran, öğrencilerine her zaman her konuda bir arkadaş gibi davranıp desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Dilek UZER hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte her zaman deneyimiyle yolumuza ışık tutan Sayın Doç. Dr. Seyfettin Sinan GÜLTEKİN hocama, aynı zamanda bana yardımcı olan ve fikirleriyle ilham veren Sayın Arş. Gör. Rabia TOP hocama çok teşekkür ederim.

Çalışmanın en önemli temeli olan motivasyonu, enerjiyi hiç kaybetmememi sağlayan can dostlarım, arkadaşlarım Sayın Hasret OSANMAZ, Sayın Caner ÖZTÜRK, Sayın Resul YAVUZ ve Sayın Mert BELEN'e desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince maddi manevi destekleriyle beni hiçbir şekilde yalnız bırakmayan babam Sayın Mustafa UYANIK, annem Sayın Serpil UYANIK, kardeşim, en iyi arkadaşım, abim Sayın Harun UYANIK ve ailemizin en değerlileri Almira ve İlayda'nın anneleri Nihal UYANIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hakan UYANIK
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Araştırma	2
2. MİKROŞERİT ANTEN	7
2.1. Mikroşerit Antenin Genel Yapısı.....	7
2.2. Giyilebilir Mikroşerit Antenler	11
2.3. Mikroşerit Antenlerde Dielektrik Malzeme Olarak Tekstil Ürünlerinin Kullanılması.....	13
2.3.1. Keçe	15
2.3.2. Kadife.....	16
2.3.3. Kot	17
3. KALP DAMAR TIKANIKLIĞININ TEŞHİSİNDE VE TESPİTİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	18
3.1. Elektrokardiyografi.....	18
3.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme	19
3.3. Koroner Anjiyografi	20
4. HFSS VE ÜÇ BOYUTLU KALP MODELLEMESİ	22
4.1. HFSS Simülasyon Programı	22
4.2. Üç Boyutlu Kalp Modellemesi	24
5. SİMÜLASYON VE UYGULAMA ÇALIŞMALARI	29
5.1. Anten Yapısı	29
5.1.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Anten	33
5.1.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Anten	35
5.1.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Anten.....	36
5.2. Anten Yapısının Simülasyon Sonuçlarına Göre Değerlendirilmesi	38
5.2.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri	38
5.2.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri	40

5.2.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri	42
5.3. Anten Yapısının Uygulama Sonuçlarına Göre Değerlendirilmesi	45
5.3.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S_{11} Değerleri	47
5.3.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S_{11} Değerleri	47
5.3.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S_{11} Değerleri	48
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
6.1 Sonuçlar	50
6.2 Öneriler	51
KAYNAKLAR	52



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ϵ_r/ϵ_r	: Dielektrik Sabiti
W	: Yama Genişliği
L	: Yama Uzunluğu
Ω	: Ohm
h	: Taban Malzeme Kalınlığı
t	: Yama Kalınlığı
Q	: Kalite Faktörü
λ	: Dalga Boyu
E	: Elektrik Alan Őiddeti
H	: Manyetik Alan Őiddeti
Z	: Empedans
R	: Yama Yarıçapı
Lx	: Zemin düzleminin x eksenindeki boyutu
Ly	: Zemin düzleminin y eksenindeki boyutu
Rd	: Damar Yarıçapı
Ld	: Damar Uzunluğu
Fr	: Rezonans Frekansı
λ	: Dalga Boyu

Kısaltmalar

cm	: Santimetre
dB	: Desibel
E, rE	: Elektrik Alan
EKG	: Elektrokardiyografi
EM	: Elektromanyetik
FEM	: Sonlu Elemanlar Yöntemi - Finite Element Method
FR4	: Frame Resistant
GHz	: Giga Hertz
H	: Manyetik Alan
HFSS	: High Frequency Structural Simulator
ISM/SBT	: Industrial, Scientific, Medical/Sınai, Bilimsel, Tıbbi
KAG	: Korener Anjiyografi
kHz	: Kilo Hertz
LCP	: Sıvı Kristal Polimer
mm	: Milimetre
M.A, M.Ő.A.	: Mikroşerit Anten
MIC	: Mikrodalga Tümlęşik Devre
MHz	: Mega Hertz
MRG	: Manyetik rezonans görüntüleme
mV	: Milivolt
PCB	: Printed Circuit Board
RF	: Radio Frequency
S	: Simens
S ₁₁	: Geri Dönüş Kaybı

SAR	: Specific Absorption Rate - Özgöl Emilim Oranı
SY	: Selçuklu Yıldızı
SYMŞA	: Selçuklu Yıldızı Şekilli Mikroşerit Anten
UWB	: Ultra Wide Band
VNA	: Vektör Network Analizör
YSA	: Yapay Sinir Ağları
WLAN	: Wireless Local Area Network
3D	: Üç Boyutlu



1. GİRİŞ

2019' da Türkiye İstatistik Kurumu'nun yaptığı ölüm ve ölüm nedeni istatistikleri araştırmasında 2018' deki araştırmadaki gibi yine en büyük ölüm oranına sahip neden olarak %36.8 gibi bir değerle dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıklar istatistiklere geçmiştir. Bu %36.8' lik dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıkların içindeki en büyük pay ise %39.1' lik bir oranla kalp rahatsızlıklarına bağlı nedenler yer almaktadır. Bu nedenle kalp rahatsızlıkları önceden tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Kalp rahatsızlıklarını tespit etmek için günümüzde anjiyografi, elektrokardiyografi, manyetik rezonans görüntüleme vb. gibi farklı tanı yöntemleri kullanılmaktadır. Belirtilen tanı yöntemlerinin kendi içinde farklı dezavantajları ve zorlukları mevcuttur. Örnekleme gerekirse bu yöntemlerde insan vücudunu yoracak iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmakta ya da invazif operasyonlar nedeniyle zarar görmektedir. Bu gibi zorluklar nedeniyle insanlar bu tanı yöntemlerinden kaçmaktadır. Bu da hastalığı geç tespit edilmesine ve geri dönüşü olmayan yola girmesine sebebiyet vermektedir.

Mikroşerit antenler dezavantajlarının yanında düşük maliyet, ağırlık, küçük boyut, dar ve çok bantlı olması gibi avantajlarının ağır basmasından dolayı birçok alanda kullanılmaktadır. Son zamanlarda popüler hale gelen bir diğer kullanım alanı ise medikal görüntüleme ve teşhis sistemleridir. Kullanılan frekans bandı insan sağlığına zarar vermeyecek ve iyonlaştırıcı radyasyon yaymayacak bölgede olup, kullanımının yaygınlaşması öngörülmektedir.

Kalp rahatsızlıklarının tespit etmek için kullanılan yöntemlerin dezavantajları ve zorluklarıyla birlikte mikroşerit antenlerin avantajlarının yüksek olması ve medikal görüntüleme alanında son zamanlarda çok kullanılması bu tezin konusunu ve amacını oluşturmaktadır.

Yaptığımız çalışmada tekstil tabanlı bir giyilebilir mikroşerit anten tasarımı gerçekleştirdik. Tekstil tabanlarımızı kot ve keçe olarak belirleyerek anten tasarımıımızı ve kalp damar dokusunu benzetim yaparak HFSS (High Frequency Structural Simulator) programı üzerinden 3 boyutlu olarak tasarladık. Yapılan benzetimle kalp damarının içinde tıkanıklık olması ya da olmaması durumu göz önüne alınarak elde edilen elektromanyetik alan değerlerindeki farklılıklar değerlendirilmiştir. Alınan sonuçlar neticesinde tasarladığımız antenler gerçek bir kalp dokusuna benzetilmek amacıyla literatürden elde edilen kalp, deri, yağ ve kas dokunun fantomları hazırlanarak

üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bu fantomlar hazırlanırken dokularının her birinin elektriksel değerlerine bağlı olarak hazırlanmıştır. Yapılan ölçümler Vektör Network Analizör (VNA) cihazı ile yapılmış ve elde edilen veriler simülasyon verilerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış ve derlenmiş olarak aşağıda mevcuttur.

1.1. Kaynak Araştırma

Yapılan kaynak araştırma sonucunda literatürde özellikle son dönemlerde mikroşerit anten yapılarına dair çok sayıda çalışmayı bulmak mümkündür. Mikroşerit antende farklı taban malzemeleri kullanılarak (FR-4, köpük, pamuk, kot, vb.) çeşitli kanser türlerinin ve damar tıkanıklıklarının tespitleri yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmaların bu kadar fazla olmasının sebebini insan hayatındaki bu hastalıkların tespitinin ağrısız ve sancısız bir şekilde yapılabilmesi ve tedaviye hızlı bir şekilde geçilmek istenilmesidir.

2020 yılında yapılan bir çalışmada kardiyovasküler tıkanıklıkların invazif olmayan tespiti için iki farklı yama anteni önerilmektedir. 2.45GHz' de dielektrik sabiti 1.55 ve kalınlığı 0.78 olan kot kumaş üzerine tasarlanmış dairesel ve Selçuklu yıldız şeklinde antenler kullanılmaktadır. Tasarımlar HFSS tarafından simüle edilmektedir. S_{11} ve E-alan sonuçlarından bu yöntemle kardiyovasküler tıkanıklıkların istatistiksel yöntemlerle belirlenip yorumlanabileceği elde edilmiştir (Uyanık ve ark., 2020).

2019 yılında yapılan bir çalışmada mikroşerit anten vasıtasıyla tümörlü bir cilt dokusunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tümör dokusunun normal dokudan ayrılması, bu iki cilt dokusunun farklı dielektrik özelliklerinden dolayı yapılabileceği söylenmiştir. Bu şekilde, normal ve kanserli cilt dokuları arasındaki tümörün varlığı, antenden alınan değerler farklı olacaktır. Bu farklılıklar değerlendirildiğinde tümör varlığı ile ilgili değerlendirmeler yapılabilir. Antenler, 2.45GHz' de çalışmaktadır. Taban malzemesi dielektrik sabiti 4.4 ve 1.6mm kalınlığa sahip FR-4' tür, Tasarımda koaksiyel (prob) besleme yapısı kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda, kanserli cilt dokusu için maksimum elektrik alanı değeri $\theta=170$ derecede 40.5mV, normal cilt dokusu için ise aynı teta açısında maksimum elektrik alanı değeri 50.3mV olduğu belirlenmiştir (Top ve ark., 2019). Yine 2019 yılında yapılan farklı bir çalışmada normal doku ve tümörün iletkenlik ve dielektrik gibi elektriksel özellikleri farklı olduğundan patolojik özellikleri de farklı olduğu söylenmiştir. Meme kanserindeki tümör, meme dokusu üzerine

gönderilen elektromanyetik dalganın yansıyan bileşenlerinin alıcı antende toplanması ve analiz edilmesi ile belirlenmektedir. Bu çalışmada, meme kanseri tümör çapını belirlemek için yeni bir giyilebilir ultra geniş bantlı mikroşerit anten tasarımı yapılmıştır. Geliştirilen antenin çalışma frekans aralığı 1.6GHz ile 11.2GHz arasındadır. Anten dikdörtgen geometri ve dikdörtgen beslemeli bir yapıdadır. Antenin giyilebilir olabilmesi için dolgu malzemesi olarak dielektrik katsayısı 1.6 olan %100 pamuk kullanılmış, antenin yama ve toprak kısmı bakırdan oluşturulmuştur (Alsharif,2019). Yine 2019 yılında yapılan farklı bir çalışmada meme kanserini tespit etmek için esnek mikro şerit anten tasarımı görülmektedir. Taban malzemesi olarak dielektrik katsayısı 1.7 olan kot seçilmiş olup kalınlığı 1mm'dir. 1mm kalınlığındaki kot kumaş göğüs yüzeyine yerleştirilmiştir. Besleme yöntemi olarak eş eksenli besleme yöntemi seçilmiştir. Buna ek olarak, anten 2.4GHz uygulamaları için tasarlanmış giyilebilir bir tekstil türüdür (Srinivasan ve Gopalakrishnan, 2019).

2018 yılında yapılan bir çalışmada dikdörtgen yamalı ve EBG (Elektromanyetik bant aralığı) yapılı bir mikroşerit anten tasarlanarak beyin tümörünün tespiti amaçlanmıştır. Burada EBG yapısı, performansı artırmak için anten yer düzlemine dahil edilmiştir. Taban malzemesi olarak, dielektrik sabiti 3 olan ve sırasıyla 0.75mm ve 31.68mm x 31.02mm kalınlık ve boyutta olan Rogers kullanılmıştır. Anteni beslemek için mikro şerit besleme tekniği kullanılmıştır (Inum ve ark., 2018).

2017 yılında yapılan bir çalışmada ikili anten düzeneği ve farklı anten tasarımları kullanılarak hem benzetim ortamında hem de yapılan basit düzenekler üzerinde tıkalı damar tespiti gerçekleştirilmiştir. Taban malzemesi olarak dielektrik sabiti 4.4 olan FR-4 kullanılmıştır ve kalınlığı 1.56 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, alınan elektrik alan değerleri ve S-parametreleri yorumlanarak tıkalı ve tıkalı olmayan damarların modellendiği sonuçlarda ortaya çıkan farklılıklar ile istenilen ayırım elde edilmiştir (Top, 2017). Yine 2017 yılında yapılan farklı bir çalışmada tasarımı yapılan dikdörtgen yamalı bir mikroşerit antenden alınan elektromanyetik sinyal verilerinden kalp rahatsızlıklarının tespitinin yapılabilmesine yönelik bir modelleme önerilmiştir. Bu modelleme kalp damarının tıkanıklık durumu göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Tasarım için 2.45GHz seçilmiştir. 2.45GHz' deki kalp damarının dielektrik ve iletkenlik değerleri sırasıyla 42.5 ve 1.40' dir. Yağ dokusunun ise 5.25 ve 0.1' dir. Dielektrik ve iletkenlik değerleri kullanılarak damar tıkanıklığının olmadığı ve olduğu hallerdeki elektromanyetik alan simülasyon değerleri ile elde edilmiş ve farklılıkları değerlendirilmiştir. Değerlendirilen sonuçlar, kalp damarında tıkanıklık olması

halindeki alan verilerinin farklı olduğunu bize göstermiştir. Bu durum ise kalple alakalı bozuklukların tespitinde elektromanyetik sinyal verilerinin kullanılabilceği anlamına gelmektedir (Top ve ark., 2017). Farklı bir uygulamada ise Vivaldi bir anten tasarlanarak beyin tümörünün hem tespiti hem de hipetermiya ile tedavisinde kullanılması amaçlanmıştır. Buradaki anten geniş bantlı ve çentiklidir (Alkhaibari ve ark., 2017). 2017’ deki “Giyilebilir Uygulamalar için Vücut Üzeri Yapışan Mikroşerit Anten”, isimli yayında, RT Duroid 5880 dielektrik taban üzerinde tasarlanmış yapışkan bir bandaja benzeyen, yeni düzlemsel, baskılı bir anten sunulmuştur. Daha sonra esnek bir anten tasarlamak adına anten, giyilebilir uygulamalar için kumaşlar gibi esnek alt tabakalar üzerine dizayn edilmiştir. Önerilen anten performansı, dönüş kayıpları, VSWR, ışım deseni, kazanç, yönlülük açısından modifiye edilmiş koaksiyel besleme yapısıyla geliştirilmiş ve SAR (Spesific Absorption Rate - Özgül Emilim Oranı) değerleri, dielektrik kontrastlar arasındaki farktan dolayı her frekansta oluştuğu tespit edilmiştir. Farklı cilt, yağ, kas ve kemikler için penetran (içe nüfus eden) ışımda farklı dağılımlara neden olduğu belirlenmiştir (Akalya ve Nandalal, 2017).

2015 yılında yapılan bir çalışmada dikdörtgen mikroşerit yama anteni kullanılmıştır. Önerilen anten 2.45GHz’ de çalışır. Yapısı ve boyutları yüzey ebatı 65.4mm, 88.99mm ve alt tabaka kalınlığı 1.588mm'dir. Yama boyutu 37.26mm, 28.83mm'dir. İç mesafe ve iç boşluk mesafesi sırasıyla 9.574mm ve 1.518mm’ dir. Besleme uzunluğu 27.958mm ve besleme genişliği 3.036mm’dir. Dielektrik katsayısı 4.4 olan FR-4 taban malzemesi olarak kullanılır. Önerilen anten, göğüs yapısının altına yerleştirilmiştir (Çalışkan ve ark., 2015). Farklı bir uygulamada ise tabanın tekstil yapılı olduğu giyilebilir ve kıvrım tasarımlı bir mikro şerit yama anten tasarımı sunulmuştur. Antenin beslemesi koaksiyel bir beslemedir ve ışım deseni, dönüş kaybı, kazancı gibi performansı ile ilgili parametreleri ve analizi CAD FEKO yazılımı kullanılarak yapılmıştır. U-yarıklı, eliptik, dikdörtgen, parabol, E ve H şeklindeki dikdörtgen yama antenleri gibi farklı şekiller çeşitli kumaşlar kullanılarak analizler yapılmıştır. Sonuçta yıkanmış pamuğun geri dönüş kaybının düşük olduğu ve vücuda giyildiğinde daha az ışımm gösterdiği sonucuna varılmıştır (Singh ve ark., 2015).

Farklı yıllarda yapılan çalışmaları da inceleyecek olursak 2014 yılında yapılan bir çalışmada, dikdörtgen mikroşerit antenin farklı alt tabakalar/tekstiller ile performansı incelenmiştir. Buna ek olarak, antenin boyutunu önemli ölçüde azaltmak için, kısa devre pimleri yöntemi, anten tasarımının bir parçası olarak önerildi. Önerilen yöntemle anten boyutu 47.4mm x 54.06mm’ den 20mm x 41mm’ ye düşürülmüştür. Bu

yazıda sadece dört tekstil malzemesi incelenmiş ve antenler sadece boş alanlarda modellenmiştir. Gelecekte, daha 6 fazla malzeme incelenecek ve bu antenler vücuda takıldığında durum, insan vücudunun anteni nasıl etkilediğini görmek için de dikkate alınmalıdır (Lim ve ark., 2014). 2013 yılında yapılan bir çalışmada 2.45GHz' lik giyilebilir antenlerin insan vücuduna çok yakın olan empedans ve radyasyon özellikleri tartışılmıştır. Çalışmada Flectron anteni, Zelt anteni ve Shieldit anteni gibi üç dairesel mikroşerit anten kullanılmış ve her birinin gövde ve anten arasında 1mm hava boşluğu ile insan gövdesinin yakınına yerleştirildiği varsayılmıştır. İnsan vücudu, 2.45GHz' de insan gövdesine yakın olan, geçirgenlik ve iletkenliğe sahip, kayıplı bir sıvı ortamı olarak modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar, giyilebilir antenin insan vücudunun yakınına yerleştirildiğinde bile gerekli empedans ve radyasyon karakteristikleri sağlayabileceğini göstermiştir (Sankaralingam ve ark., 2013). 2013 yılındaki farklı bir çalışmada, uzaktan interaktif sesli görsel tıbbi hizmetler sağlamak ve daha iyi bir çözüm için giyilebilir bir anten tasarlanmıştır. Anten mikroşerit yagi yama şeklinde ve yapısı HFSS (High Frequency Structural Simulator) ile simüle edilmiştir. Bu simülasyon ile iyi bir geri dönüş kaybı, düşük ön-arka oranı sağlanmıştır. Antende dielektrik sabiti olarak FR-4 epoksi ve piyasada kolaylıkla bulunur (Survase ve Deshmukh, 2013). Yine 2013 yılındaki “Jeotekstil Temelli Meta Malzeme Yüklü Giyilebilir Mikroşerit Yama Anten” isimli yayında, polipropilen esaslı metameteryal yüklü bir jeo-tekstil malzemesi halka açık emniyet bandı uygulamaları için giyilebilir T şeklindeki mikroşerit yama anteni sunulmuştur. Tasarlanan anten, 50MHz bant genişlikli, 6.40dBi kazançlı ve 4.97GHz rezonansındadır. Önerilen giyilebilir antenin elektriksel boyutu $0.369 \lambda \times 0.369 \lambda$ dir. Anten imal edilip test edilmiş ve ölçümleri alınmıştır (Joshi ve ark., 2013). 2012 yılında yayınlanan “Çift Bantlı Kot Kumaş Üzerine Dikdörtgen yama Anten” isimli makalede, 0.9GHz ve 2.4GHz' de çalışan çift bantlı bir dikdörtgen anten, Jeans bezine dayalı olarak tasarlanmış, simüle edilmiş ve üretilmiştir. İki dikdörtgen kesit arasındaki bağlantı birkaç kolla yapılmış ve çeşitli genişlikteki bu kolların sayısı ve karşılık gelen etkileri incelenmiştir. Tasarlanan anten IE3D ortamında simüle edilmiş ve elde edilen sonuçlar tatmin edici olduğu belirlenmiştir. Ancak, 0.9GHz' de rezonansa sokan dış yama için gerçek rezonans frekansı 1.2GHz' e kaymıştır ve dönüş kaybı -7dB' de belirlenmiştir. Optimum sonuçlar, kolların genişliğini ve sayısını değiştirerek denenmiştir (Kannan ve Palanisamy, 2012). 2008 yılında sunulan bir çalışmada, tüm iletkenler için düşük iletkenlikli malzemeler kullanılması durumunda, antenin rezonans, eşleşme ve kazanım özelliklerinde bozulmanın araştırılması ile birlikte 2.4GHz WLAN

dikdörtgen mikro şerit tekstil anten tasarımını sunmuştur. Sonuçlar, rezonans frekansın düşük iletkenliklerde hemen hemen aynı kaldığını ve anten portundan gelen yansımanın bakır iletkenlerden 105S/m düzeyindeki iletkenliklerde daha küçük olduğunu göstermektedir (Yılmaz ve ark., 2008). 2002 yılında yapılan iki çalışmada; Sağlıklı meme dokusu ile tümörlü meme dokusu arasındaki dielektrik sabiti farkı en az 5 kat olarak açıklanmıştır. (Fear ve ark. 2002, Abubakar ve ark. 2002). 1998 yılında yapılan bir çalışmada; 20kHz–100MHz aralığında meme yapısındaki sağlıklı dokuların ϵ_r ve σ değerlerinin ortalama 9 ve 0.4S/m olduğu, tümörlü dokuların ise ϵ_r ve σ değerlerinin ortalama 50 ve 7S/m olduğu açıklanmıştır (Surowiec ve ark. 1998).



2. MİKROŞERİT ANTEN

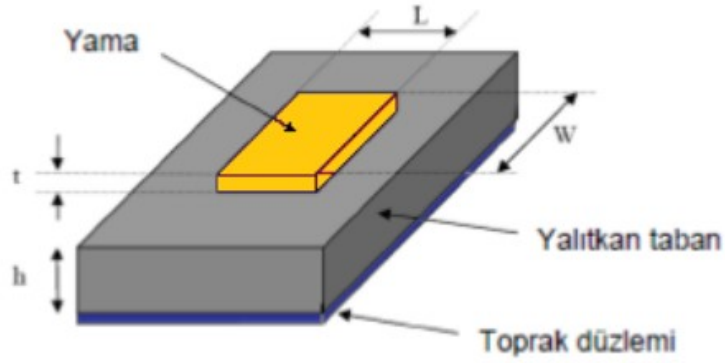
Tarihte ilk defa 1953' te Deschamps tarafından mikroşeritlerin ışımaya yaptığı tespit edilmiş ve 1955' te Gutton ve Baissinot tarafından ilk patenti alınmıştır (Deschamps ve Sichak, 1953). Bu fikrin ardından, mikroşerit konusunda uzun yıllar bir gelişme olmamıştır. 1970' li yıllarda mikroşerit antenler üzerinde çalışmalar artmış, füzeler ve uzay mekikleri için yüzeye yerleştirilebilen mikroşerit antenler yapılmıştır (Gutton ve Baissinot, 1955).

Düşük verimlilik, düşük güç, zayıf kutuplanma saflığı, zayıf tarama performansı, parazit besleme ışınması ve dar bantlı olması mikroşerit antenlerin başlıca dezavantajlarıdır. Bu dezavantajları en aza indirmek adına çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Dar bant genişliği sorunu yama üzerine veya toprak düzlemi üzerine yapılan farklı yarık şekilleri ve parazitik elemanlar sayesinde büyük ölçüde çözülmüştür. Farklı taban malzemeleri kullanarak yüksek kazanç elde edilmeye çalışılmış, matris formunda dizi antenler, elektromanyetik etkileşimli kümelenmiş antenler gibi tasarımı ve üretimi oldukça karmaşık olan antenler tasarlanmıştır (Mak ve ark., 2005).

2.1. Mikroşerit Antenin Genel Yapısı

Üretilen mikroşerit antenler, Şekil 2.1' de gösterildiği gibi yalıtkan (dielektrik) malzeme üzerine yerleştirilen yama olarak tabir ettiğimiz iletken ışımaya elemanlarından ve yalıtkan malzemenin altında toprak düzlemi olarak görev yapan metal katmandan meydana gelmektedir. Işımanın gerçekleştiği yama düşük kayıplı metalik (bakır) malzemelerden ya da tekstil tabanlı (keçe, kot, kadife) malzemelerden seçilmektedir. Yama boyutları ve kalınlığı (W , L , t), yalıtkan taban olarak kullanılan malzemenin kalınlığı (h) ve dielektrik sabiti (ϵ_r) anten performansını etkileyen en önemli temel özelliklerdir.

Işımanın gerçekleştiği yama " $0 < t < 0,1\text{mm}$ " aralığında değerler alırken, toprak düzlemi bakır, alüminyum gibi malzemelerden, yalıtkan tabaka ise seramik, teflon, hava, epoksi tekstil gibi farklı dielektrik sabiti ve tanjant kayıplarına sahip malzemelerden seçilebilir. Yalıtkan malzeme kalınlığı (h) $0.003\lambda \leq h \leq 0.05\lambda$ aralığında, dielektrik sabit $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ aralığında seçilebilmektedir (Balanis, 2005).



Şekil 2.1. Mikroşerit anten geometrisi

Dielektriğin malzemesi anten performansı, bant genişliği, geri dönüş kaybı ve kazanç gibi birçok parametre için önemlidir. Yalıtkan malzemenin dielektrik değerinin küçük olması ve yüksekliğinin fazla olması, antende ideal ışımanın sağlanmasıyla beraber bant genişliğini de arttırmaktadır. Malzeme kalınlığının artması ile yüzey dalgalarının meydana gelmesi anten veriminde azalmaya ve ışıma deseninde bozulmaya sebep olabilir (D. M. Pozar & Schaubert, 1995).

M.A.' ların diğer anten modellerine göre avantajlarından bazıları aşağıda verilmiştir:

- Geometrik yapılarından dolayı tasarım kolaylığı,
- Küçük hacimli ve hafif olması,
- Fabrikasyon kolaylığı ve üretimdeki düşük maliyet,
- Düzlemsel yapısından dolayı ortama uyumlu olması,
- Anahtarlar, modülatörler, karıştırıcılar, osilatorler, yükselteçler gibi devre düzenekleri ile aynı taban malzemesi üzerinde geliştirilebilir olması,
- Besleme noktasındaki değişiklikler ile doğrusal ve dairesel kutuplaşmış ışımlar yapabilmesi,
- Yüzeye uyumlu olmalarından dolayı füze, uydu ve uçak gibi hassasiyet gerektiren cihazların aerodinamik yapılarını bozmadan kolaylıkla bağlanabilmesi,
- Mikrodalga tümleşik devre (MIC) ile kolayca entegre edilebilir olmasıdır.

M.A.' lar diğer antenlere kıyasla daha fazla dezavantaja sahiptirler. Başlıca dezavantajlar aşağıda verilmiştir:

- Dar bant genişliğine sahip olması,
- Kazanç faktörünün zayıf olması
- Düşük güç taşıma kapasitesi
- İstenilmeyen kaçak ışımlar
- Besleme yapısından dolayı yarı düzlemde ışıma
- Yüzey dalgalarda dış uyarmalara açık olması.

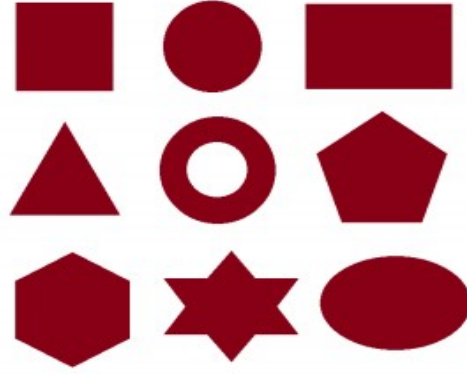
Teknolojinin gelişmesi ile birlikte M.A.' ların uygulama alanları artmıştır, başlıcaları:

- Gezgin haberleşme,
- Doppler ve diğer radarlar,
- Uydu haberleşmesi,
- Gdümlü füzeler,
- Biyomedikal ölçümler,
- Nesnelerin interneti (IoT), vb.

şeklinde sıralanabilir (Balanis, 2005).

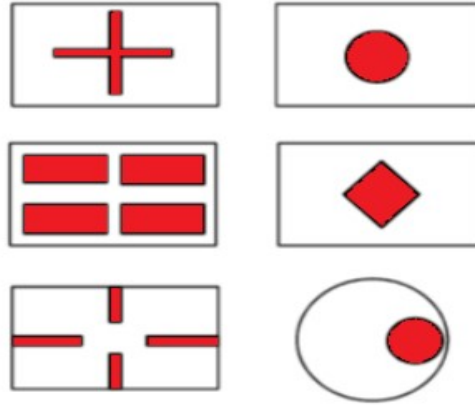
Mikroşerit antenler yüksek kalite faktörüne (Q) sahiptirler. Kalite faktörü kayıpları temsil eder ve yüksek Q değeri, bant genişliğinin darlığına ve düşük verime karşılık gelmektedir. Kalite faktörü yalıtkan tabakanın kalınlığının artırılması ile düşürülür. Yalnız kalınlığın artması aynı zamanda istenmeyen güç kayıplarına neden olacağından anten karakteristiklerinin bozulmasına sebep olur (Garg, 2001).

Mikroşerit yama antenler belirlenen yama şekillerinin yalıtkan düzlem üzerine yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Işımayı sağlayan yama geometrileri düzlemsel veya düzlemsel olmayan geometriler olabilmektedir. Sıklıkla kullanılan geometriler arasında dikdörtgen, kare, üçgen ve daire bulunmaktadır. Ayrıca, H ve E şekilli farklı geometrik yapılarda bulunmaktadır. Yama boyutları ile çalıştıkları frekans ters orantılıdır. Şekil 2.2' de kaynaklarda sıklıkla kullanılan bazı mikroşerit yama anten geometrileri verilmiştir.



Şekil 2.2. Mikroşerit anten yama geometrileri

Yama geometrilerinin ve analizlerinin kolay olmasından dolayı çoğunlukla dikdörtgen ve dairesel mikroşerit antenler üzerinde yoğunlaşmıştır. Ampirik formüllerinden yola çıkılarak rezonans frekansı, bant genişliği ve kazançlar için anten yapıları tasarlanmaktadır. Bununla birlikte, geometrik yapılardaki yarı ve çentik gibi değişikliklerle tasarlanan anten yapılarının bant genişliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Şekil 2.3' te yayınlanmış bazı yarı modelleri gösterilmektedir. Antenlerde istenilen ışımaya deseni ve kazançlar geliştirilebilmektedir.



Şekil 2.3. Mikroşerit antenleri için bazı yarı modelleri

Mikroşerit antenlerde ışımaya deseni sıklıkla iletim hattı, boşluk ve moment metodu olarak bilinen integral denklemlerini içeren tam dalga metodları kullanılarak elde edilir (Carver ve Mink, 1981; James, 1989). İletim hattı modeli bu yöntemler içerisinde en çok tercih edilenidir. Bu metodun dezavantajı ise diğer yöntemlere göre daha az doğrulukla analiz gerçekleştirmesidir. Boşluk yönteminde ise iletim hattı modeline göre daha fazla doğruluk sağlamasına karşın karmaşık bir analiz sunmaktadır (Malkomes, 1982; Penard ve Daniel, 1982).

2.2. Giyilebilir Mikroşerit Antenler

Mikroşerit antenlerin taban yapıları değiştirilip tekstil ürünler (kot, keten, keçe vb.) kullanılarak “Giyilebilir Mikroşerit Antenler” elde edilir. Giyilebilir mikroşerit anten, algılama ve işleme amacıyla, kullanıcıların güvenliğini ve rahatlığını artıracak şekilde giysilere entegre edilir. Bu tip antenler, kişinin biyo sinyallerini izleyerek ve ileterek, kişinin sağlık durumu hakkında sürekli bilgi sağlar.

Giyilebilir mikroşerit antenlere günlük hayatta karşımıza çıkacak örnekler arasında akıllı saatler, gözlükler (Google Glass gibi), GoPro hareketli kameralar (Wifi ve Bluetooth antenlerine sahip olan) sayılabilir.



Şekil 2.4. Günlük Giyilebilir Antenler (<https://www.antenna-theory.com/>)

Bir giyilebilir anten, vücuda giyilirken özel olarak tasarlanmış bir antendir. Giyilebilir kumaş/tekstil anteni, vücut merkezli iletişim için baskın araştırma konularından biridir. Şimdiye kadar pamuk, köpük, naylon, polyester, yalıtılmış tel, iletken boya, Sıvı Kristal Polimer (LCP) vb. tekstil üzerine entegre birçok giyilebilir anten önerilmiştir. Basit bir mikroşerit yama anteni, dielektrik tabanın bir yüzünde yayılan yama ve diğer yanda bir zemin düzleminden oluşur. Vücuda takılan uygulamalar için uygundur. Çünkü ışına, düzlemsel yapıya dikey bir şekilde yayılır ve zemin düzlemi vücut dokularını etkin bir şekilde korur. Düşük hacimli, düşük profilli düzlemsel bir konfigürasyonda, düşük maliyet, hafiflik ve neredeyse bakım gerektirmeyen kurulumu ile ve çeşitli avantajları nedeniyle kıyafet içine entegrasyona en uygun, ancak dar bant genişliği sağlanabilen bir yapıdadır (Albairraqdar, 2018).

Giyilebilir anten için çok yönlü ışına modeli istenir. Bu durum mobil cihazlar ve sık rahat giysiler için de uygundur. Çok yönlü modelde önemli olan, insan vücuduna zarar veren çok az veya hiç yan lob içermemesidir. Tekstil anten tasarımında ayrıca, tekstil malzemesinin geçirgenlik ve tanjant kaybı gibi elektromanyetik özelliklerle ilgili

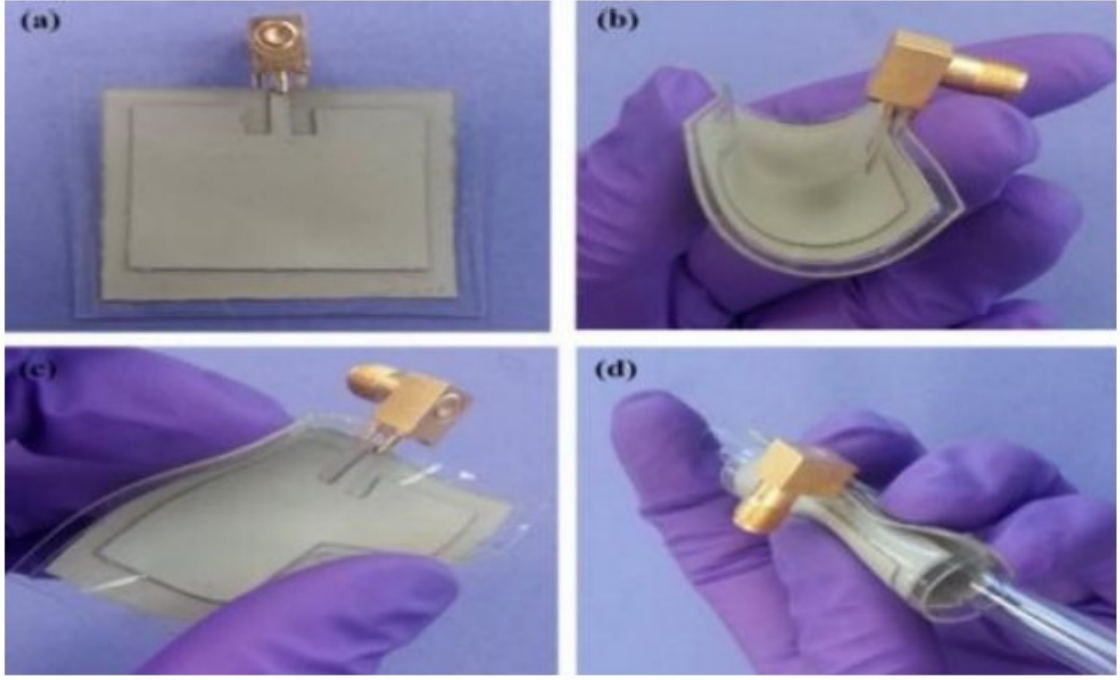
bilgi gerektirir. İletken tekstiller (Zelt, Flektron ve saf Bakır) ışımaya elemanı olarak kullanılırken, iletken olmayan tekstiller (ipek, filo ve polar) alt tabaka olarak kullanılmaktadır. Bir giyilebilir anten uygulaması için rahat ve dayanıklı bir kumaş, kablosuz iletişim içinde iletişimi sağlamak için uygulanabileceği ve kolayca entegre edilebileceği araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (Şekil 2.5) (Albarraqdar, 2018).



Şekil 2.5. İnsan vücudu üzerinde giyilebilir anten (Albarraqdar, 2018).

Bilindiği gibi iletilmek istenen bir enerjinin maksimum biçimde iletilebilmesi için kullanılan iletim hattının empedans uyumluluğu önemlidir. Mikroşerit antenlerin beslemesi için de farklı besleme teknikleri kullanılarak, besleme hattı ile yama arasında uyumlu bir empedans eşleşmesi sağlanabilir. Üretimde en kolay besleme yöntemlerinden biri, mikroşerit hat besleme tekniğidir. Bu teknik, içe beslemeyi kontrol eden ve anteni eşleştirmenin kolay olduğu yama genişletme veya kenar besleme olarak ifade edilebilir. Empedans eşleştirmesinin performansını artırmak için normal olarak yamanın kenarında bir kesim yapılır. Bununla birlikte, daha kalın alt tabaka için, kenar beslemesi, antenin bant genişliğini etkileyecek radyasyona maruz kalır. Bu radyasyon, besleme hattından kaynaklanır ve antenin bant genişliğini artırır. Besleme hattının genişliği, 50Ω empedans hesaba katılarak belirlenebilir. Bu yöntem simülasyon araçları kullanılarak veya etkin dielektrik sabitinin denklemi kullanılarak kullanılabilir (Albarraqdar, 2018).

Bir giyilebilir anten, vücuda giyilirken özel olarak tasarlanmış bir antendir (Şekil 2.6). Giyilebilir kumaş/tekstil anteni, vücut merkezli iletişim için günümüz oldukça yoğun araştırma konularından biridir.



Şekil 2.6. Uyumlu giyilebilir anten (Albaraqdar, 2018)

Mikroşerit antenler hafif yapısı, küçük boyutta olmaları, istenilen geometrik şekillerde tasarlanabilmeleri ve istenilen ışımaya desenini verebilmeleri gibi özelliklerinden dolayı günümüz kablosuz haberleşme cihazlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Giyilebilir antenlerde ve cihazlarda aranan temel özellikler, küçük ve kompakt yapıda olması, estetik görünmesi, düşük güç tüketimi, yerleştirildiği yapıya elektromanyetik olarak zarar vermemesi ve maliyetinin nispeten düşük olmasıdır. Bu özellikleri karşılamak adına anten tasarımları esnek olan, giysilerin bir parçası gibi imalat aşamasında kompakt olarak eklenebilen ve gizlenebilen tasarımların yine giyilebilir, kumaş malzemeler üzerine tasarlanması tercih edilmektedir. Taban malzemesi olarak kullanılacak kumaşların seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir parametre de kumaşın dielektrik sabiti değeridir (Albaraqdar, 2018).

2.3. Mikroşerit Antenlerde Dielektrik Malzeme Olarak Tekstil Ürünlerinin Kullanılması

Dokuma kumaşlar çok değişik özelliklerde ve çok çeşitli kullanım alanları vardır. Bu kadar farklı özelliğe ve kullanım alanına hitap eden dokuma kumaşların yapıları da birbirinden farklıdır. Kumaş yapısı, hem kumaşın özelliklerini etkilemesi

açısından hem de kumaşın yüzey görünümünü belirlemesi açısından son derece önemlidir (Özden, 1989).



Şekil 2.7. Dokuma Kumaşlar (Albараqdar, 2018)

Bir dokuma kumaşın temel yapısal özellikleri, kullanılan hammadde cinsi, iplik özellikleri, örgüsü, kalınlığı, gramajı, sıklığı ve kumaş boyutlarıdır. Bu temel özellikler kumaşın kullanım (performans) özelliklerini belirler. Kumaştaki ısı geçirgenliği, nem tutma, sağlamlık ve yumuşaklık gibi performans özellikleri kullanılan hammadde türü tarafından etkilenir. İpliğin lif özelliklerinden etkilenen yapısal ve mekanik özellikleri de kumaşın fiziksel ve performans özelliklerinden çoğunu ve kullanım yerini belirler. Kumaş örgüsü dokunan kumaşın yüzey görünümünü, dokusunu ve içyapısını, dolayısıyla mekanik özelliklerini belirler. Kumaşın fiziksel tasarımında etkili olabilecek parametreler; hammadde, iplik, özellikler, sıklık, örgü ve kumaş örtme faktörü arasındaki ilişkiler, kumaşın yüzey özelliği, kumaşın yüzey özelliği, dokuma kumaşların estetik tasarımı, tekrar, uygunluk, zıtlık, koram, egemenlik, denge, birlik, yön, biçim, doku, ve renktir (Meriç, 1988; Yakartepe & Yakartepe, 1995).

Araştırmalar sonucunda giyilebilir mikroşerit antenlerde yalıtkan madde olarak kullanılan kot, kadife ve keçenin dielektrik ve kalınlık değerleri aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Kot, kadife ve keçe tabanlı antenlerin dielektrik ve kalınlık değerleri

Dielektrik Kumaş	ϵ_r	h (cm)
Kot	1.55	0.064
Kadife	2.00	0.093
Keçe	1.45	0.330

2.3.1. Keçe

Keçe bir koyunun, devenin, alpakanın, tiftik keçisinin veya angora tavşanının tüylerinden oluşan bir çeşit kumaştır. Dokuma, dikme yapılmadan, örgü ve iplik kullanmadan elde edilir. Hayvan tüyü iç içe geçmiş büyük bir düğüm gibidir. Tüyün yüzeyinde kozalak gibi pulları vardır. Sıcak su ile ıslanınca bu pullar açılır ve böylece öbür tüylerin pulları ile tutuşurlar. Bu tüyler hareket edince iyice birbirine karışıp açamayacağımız bir düğüm oluşur. Kısaca keçe yapabilmek için sıcak su ve hareket gerekir (Fişekçi, 2011, s. 10).



Şekil 2.8. Dielektrik taban olarak kullanılabilen keçe (Albaraqdar, 2018)

Sanayide kullanılan keçeler genellikle sert ve preslidir. Bunlar; mazot filtre keçesi, yağ keçeleri, nikelaj parlatma keçeleri, yalıtım keçeleri (araba karoserlerinde, bina yalıtımlarında), fişek ve top mermisinde tapa keçeleri, çeşitli makinelerde silindir keçeleri (dokuma sanayi, matbaa), kamyon keçeleri (meyve ve sebze naklinde kullanılır), halı tabanlarında kullanılan zımbalı keçeler, rulmanlı yatak contalarında ve diğer makinelerde conta olarak kullanılan keçeler, kağıt sanayinde taşıma ve kurutmada kullanılan keçeler, giyim sanayinde kullanılan yumuşak keçelerdir (Seyirci ve Topbaş, 1982, s. 262).

Mikroşerit antenlerde kullanılmak üzere keçe üzerinde yapılan ölçümlerde kalınlığı 0.33cm ve permitivitesi yani dielektrik sabiti 1.45 olarak hesaplanmıştır.

2.3.2. Kadife

Kadife kumaşlar hav yüksekliğinin farklılığına göre isimlendirilirler. Kısa havlı (2 mm) olanlarına “Kadife” daha uzun havlılarına (2 mm den fazla) “Pelüş” adı verilir. Kadifeler dokuma tekniğine göre çözümlü kadifeler ve atkı kadifeler olmak üzere 2 gruba ayrılırlar. Çözümlü kadifelerdeki ilmekler (hav tabakası) 2 çözümlü 1 atkı sistemi ile çözümlü ipliği tarafından oluşturulurken; atkı kadifelerde ilmeler (hav tabakası) 1 çözümlü ve 2 atkı sistemi ile atkı ipliği tarafından oluşturulurlar (İmer, 1989).

Kadife Dokunurken ham madde liflerinin dokuma yüzeyini belirli uzunlukta kaplayacak şekilde bırakılması ile yumuşak kumaş bir kumaştır. Kumaş naylon, yün, pamuk rayon veya ipekle dokunur (Albairaqdar, 2018).



Şekil 2.9. Dielektrik taban olarak kullanılabilen kadife (Albairaqdar, 2018)

Kadife, temel dokumadaki atkı veya çözümlü ipliklerine, gevşek durumda ilave bir atkı ya da çözümlü eklenip daha sonra kesilerek havlı (tüylü) bir yüzey kazandırılan dokumalardır (Albairaqdar, 2018).

Mikroşerit antenlerde kullanılmak üzere kadife üzerinde yapılan ölçümlerde kalınlığı 0.093cm ve permitivitesi yani dielektrik sabiti 2 olarak hesaplanmıştır.

2.3.3. Kot

Kot kumaş, çoğunlukla %100 pamuk ipliğinden üretilmektedir. Günümüzde pamuk lifi dışında polyester, keten, bambu, viskon da üretimde kullanılmaktadır. Ayrıca elastomerli iplikler, elastik kot kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılmaya başlanmış ve gittikçe yaygınlaşmıştır. Bunlar dışında: Modal (doğal, yaş ve kuru mukavemeti yüksek lif) veya Lyocell (selülozik esaslı elyaf) karışımı ipliklerde kot kumaş üretiminde kullanılmaktadır (Şahin, 2017).



Şekil 2.10. Dokuma kot kumaş (Albarraqdar, 2018)

Genellikle bir kot kumaş üretimi için; sırasıyla iplik üretimi, çözümlü hazırlama (boyama şekline göre), haşılama, tahar, dokuma ve terbiye işlemleri gibi işlem basamaklarından oluşmaktadır. Çözgü iplikleri çözgü hazırlama işlemlerinden geçmektedir. Çözgü hazırlama basamağında çözgü iplikleri; açık en boyama, halat boyama veya loop boyama yöntemlerinden hangisiyle boyanacaksa ona göre hazırlanarak haşıllamaya sevk edilirler. Haşılama işlemi biten kot kumaşlar ise bir sonraki basamak olan dokuma bölümüne gönderilirler. Dokuma işleminden sonra ise istenilen kullanım özelliklerini geliştirmek için terbiye işlemine geçilir (Sefer, 2009).

Mikroşerit antenlerde kullanılmak üzere kot kumaş üzerinde yapılan ölçümlerde kalınlığı 0.064cm ve permitivitesi yani dielektrik sabiti 1.55 olarak hesaplanmıştır.

3. KALP DAMAR TIKANIKLIĞININ TEŞHİSİNDE VE TESPİTİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Kalp ve damar rahatsızlıkları teşhisinde; Elektrokardiyografi, manyetik rezonans görüntüleme ve koroner anjiyografi gibi temel yöntemler kullanılmaktadır.

3.1. Elektrokardiyografi

Elektrokardiyografi (EKG) kalbin elektriksel aktivitesinin cilt üzerine koyulan elektrotlar aracılığıyla kaydedilmesi ve bu kayıtların analiz edilmesidir. EKG özellikle kardiyovasküler hastalıkların değerlendirilmesi ve tanısında kullanılan invazif olmayan, düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir bir testidir (Huitema, 2014). EKG yorumlaması anamnez ve fizik muayene bulguları ile birlikte yapılırsa doğru tanı koymada çok yardımcı olur (Gleason, 2017).

Elektrokardiyografi çekimi için kollara, bacaklara ve göğüs duvarı üzerinde yer alan belli alanlara metal elektrotlar yerleştirilerek yapılır. Bu elektrotlar kablolar ile EKG cihazına bağlı bir şekildedir. EKG aletinde bulunan hareketli metal iğne (stile) elektriksel potansiyel değişikliklerini ısıya duyarlı ve dönen bir kağıda kaydetmektedir (Ağçal, 2013).



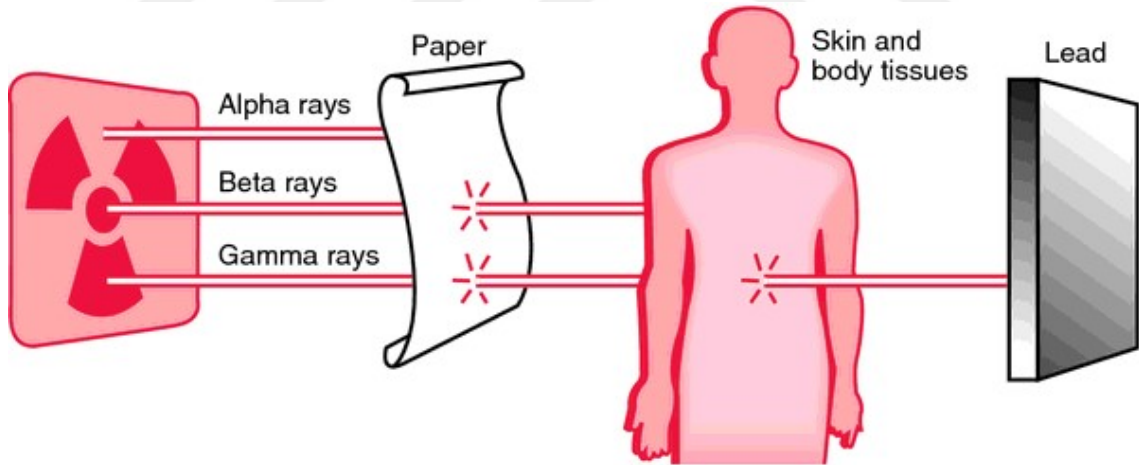
Şekil 3.1. Elektrokardiyografi (EKG) (<https://www.ceyrekmuhendis.com/elektrokardiyografi/>)

EKG; basit olması, hasta açısından zahmetsiz olması, her yerde uygulanabilir ve ucuz olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak EKG tek başına tanıda yararlı olmayabilir. Toplam işlem süresi 1-2 dakikadır. Ancak, özellikle ritim probleminin olduğu durumlarda süre uzamaktadır. Özellikle kalp damar hastalıklarında

mutlaka hastanın şikayeti, muayene bulguları ve gerekirse diğer laboratuvar yöntemleri ile birlikte değerlendirmek gerekir (Alpman).

3.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) dokuların ve organların detaylı incelenmesini sağlayan bir tıbbi görüntüleme tekniğidir. MRG' de hasta güçlü bir manyetik alan oluşturan büyük bir mıknatıs içerisine yerleştirilir ve incelenecek vücut bölgesine radyo frekans (RF) dalgaları gönderilir. Radyofrekans dalgaları vücuttaki hidrojen atomunun protonlarını uyarır. Uyarılan protonların ortaya çıkardığı sinyaller özel antenler yardımıyla toplanır ve yüksek kapasiteli bilgisayarlarda işlenerek vücudun kesitsel görüntüleri oluşturulur. MRG tetkikleri taranan alanın boyutuna ve çekilen görüntü sayısına bağlı olarak 10 ila 60 dakika arasında sürebilir. MRG radyasyon içermez. MRG' nin canlı organizma üzerinde şu ana kadar kanıtlanmış herhangi bir zararı yoktur. MRG yumuşak doku çözünürlüğü en yüksek görüntüleme yöntemi olması nedeniyle özellikle yumuşak dokuların görüntülenmesinde kullanılır (Erol, 2020).



Şekil 3.2. MRG'de kullanılan ışınlar

İyonize X ışınlarının (radyasyon) kullanılmaması, hastanın pozisyonunu değiştirmeden istenilen her düzlemde görüntü alınabilmesi, yumuşak doku ayırt etme gücünün yüksek olması, kemiğe komşu yapıların çok iyi incelenmesi (kafa tabanı, beyin sapı, omurilik, eklemler), kan akımının kontrast madde kullanılmadan görüntülenebilmesi, MRG ile organların anatomik yapılarının yanında fonksiyonlarının

da değerlendirilebilmesi ve kullanılan kontrast maddenin iyotlu kontrast maddelerden daha emniyetli olması MRG' nin başlıca üstün özellikleridir (Erol, 2020).

MRG' de tetkik süresi uzundur ve özellikle hasta uyumu sağlanamadığı durumlarda net görüntülerin elde edilmesi zorlaşır. Diğer görüntüleme yöntemlerine göre nispeten daha pahalı bir görüntüleme yöntemidir. Dar ve kapalı bir yerde uzun süre kalma gerekliliği nedeniyle kloströfobisi (dar ve kapalı alanda kalma korkusu) olan hastaların incelenmesi zordur. MRG güvenli bir görüntüleme yöntemidir; ancak gebe ve fetüs için ne kadar güvenli olduğu konusunda yeteri kadar bilgi olmadığından, gebeliğin ilk 12 haftasında tıbbi endikasyon yok ise önerilmez. MRG' de yüksek manyetik alan bulunduğu için, bazı durumlarda yapılması uygun değildir (Erol, 2020).



Şekil 3.3. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) (<https://www.bilimseldunya.com/mr-manyetik-rezonans/>)

3.3. Koroner Anjiyografi

Koroner Anjiyografi, kalbi besleyen atardamarların görüntülenerek var olabilecek hastalıkların tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Koroner anjiyografi ile damar sertliği neden ile koroner arterlerin hangi bölgesinin ne kadar daraldığını veya tıkanıldığını saptamak amacıyla yapılır. Damar darlık veya tıkanıklıklarını tespit ederek tedavinin gerektiği gibi yönlendirilmesini sağlar. Koroner anjiyografi de kalbi besleyen atardamarların hangi bölgesinin ne kadar daraldığını ya da tıkanıldığını tespit eder. Kalp damarlarındaki darlık veya tıkanıklıkları belirleyerek, tedavinin gerektiği gibi yönlendirilmesini sağlar. Koroner anjiyografide girişim yeri olarak kasık ya da kol atardamarları kullanılır. Girişim yerindeki atardamara önce kılıf yerleştirilir, bu kılıf

vasıtasıyla farklı kateterler kullanılarak, kalp damarlarının başlangıç kısmına verilen opak madde (boyalı madde) ile damar yapısı görüntülenir. Kasık veya kol atardamarından yerleştirilen kateter vasıtasıyla, daha ince ve içi boş plastik yapıda kanüller ve teller kullanılarak kalp damarlarının ağız kısmına kadar ilerlenir ve buradan boyalı madde verilirken damarların filmi çekilir. Damarın baştan aşağıya filmi çekildiğinden sadece daralmalar değil damardaki genişlemeler, tıkanıklıklar, şekil bozuklukları, doğuştan veya sonradan oluşan genişlemeler de saptanmış olur. İşlem bittikten sonra girişim yerindeki atardamara yerleştirilen kılıf çıkarılır. Koroner anjiyografi için hastanın hastaneye yatışı gereklidir. Bazı durumlarda kılıf çekildikten sonra dikiş sistemi kullanılabilir. Bu hastalar daha erken ayağa kaldırılarak, taburcu edilebilirler (Erdem, 2019).



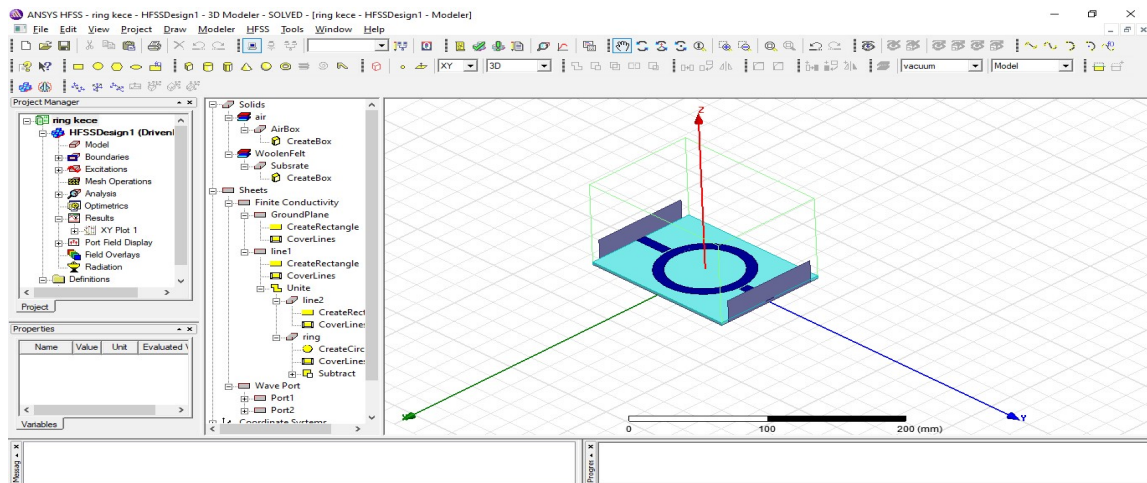
Şekil 3.4. Korener Anjiyografi (KAG) (<http://www.medikent.com.tr/tr/tibbi-birimlerimiz/anjiyo-54>)

4. HFSS VE ÜÇ BOYUTLU KALP MODELLEMESİ

Yaptığımız çalışmada, ilk olarak kalp rahatsızlığına dair parametreleri tespit etmek amacıyla, kalp ve kalbe ait damar dokusunu HFSS isimli program üzerinde modellemesi yapılmıştır. Modellemesi yapılmış kalp damarının belirli noktalarına tıkanıklıklar eklenerek tasarlanmış olduğumuz giyilebilir mikroşerit anten ile elektromanyetik performansları tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen elektromanyetik değerler ile damarda tıkanıklık olma ya da olmama durumu değerlendirilmiştir.

4.1. HFSS Simülasyon Programı

HFSS, üç boyutlu pasif cihazların modellenmesi için yüksek performanslı bir (Sonlu Elemanlar Yöntemi - Finite Element Method) FEM tabanlı tam dalga elektromanyetik (EM) yazılım paketidir. Standart doğruluğu, gelişmiş çözücü ve hesaplama teknolojisi, onu yüksek frekanslı ve yüksek hızlı elektronik bileşenler tasarlayan mühendisler için kullanışlı ve tercih edilen bir araç haline getirir. HFSS simülasyon, görselleştirme, katı modelleme ve üç boyutlu elektromanyetik problemleri kabul edilebilir doğrulukta çözenin yanı sıra bütünlük sağlayıp birleştirir. Ayrıca karmaşık yapılarda istenilen uygun çözüm elde etmek için parametrik ve optimizasyon işlemlerini sergiler (Ansoft Corporation). Şekil 4.1' de HFSS kullanıcı ara yüzü gösterilmiştir. HFSS'de modellenen bir yapının S parametreleri, rezonans frekansları, ışına düzenleri ve alanları yazılım tarafından hesaplanır ve parlak grafikleri ile görselleştirilir (Ataş, 2019).



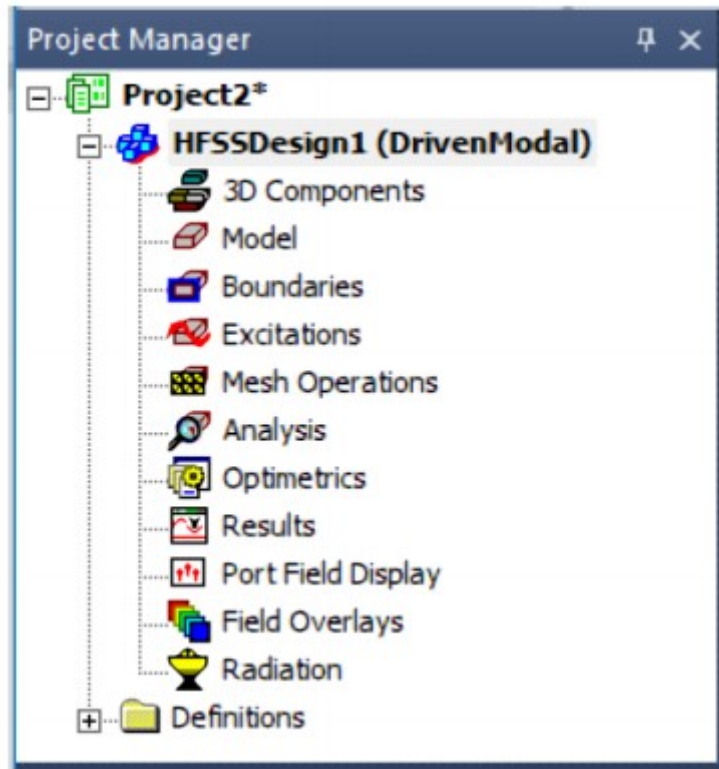
Şekil 4.1. HFSS kullanıcı ara yüzü

ANSYS HFSS editöründe görünen mevcut paneller aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

- Proje yöneticisi
- Mesaj yöneticisi penceresi
- İşlemlerin yürütüldüğü pencere
- 3 boyutlu modelleme penceresi

HFSS ile proje aşamalarını gösteren proje yönetici paneli Şekil 4.2' de gösterilmiştir. HFSS ile anten simülasyonları genel anlamda yedi aşamaya ayrılabilir:

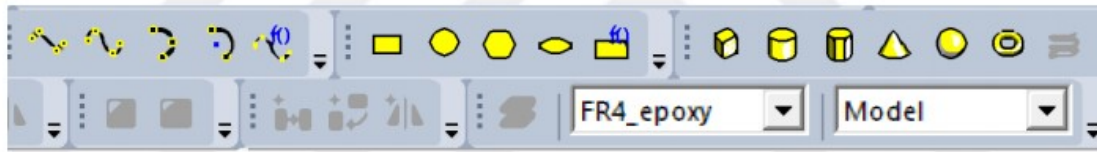
- Çözüm tipinin belirlenmesi,
- Yalıtkan malzeme seçimi,
- Anten yapısının modellenmesi,
- Portların uyarılması,
- Sınır şartlarının oluşturma,
- Çözüm parametrelerinin ayarlanması,
- Analiz sonuçların alınıp değerlendirilmesi.



Şekil 4.2. Proje yöneticisi penceresi (Ataş, 2019)

Mod tabanlı S parametrelerinin hesaplanmasında; kaynak ve hesaplama olay düzlemi dalga saçılması ile sürülen yapılarda tahrikli modal çözüm tipi kullanılır. Koaksiyel kablo gibi çok iletkenli iletim hattı portları kaynak olarak kullanıldığında, tahrikli terminal çözüm tipi kullanılır. Tasarlanacak antenin yapısı iki boyutlu, üç boyutlu veya bunların birleşimi şeklinde modellenebilir (Bozdağ, 2014).

HFSS bir, iki veya üç boyutlu çizime izin verir. Nesnelere doğrudan veya denklem tabanlı çizilebilir. Düz çizgi, yaylı çizgi vb. gibi poliller adı verilen bir boyutlu nesnelere açık nesnelere. Boyları vardır ancak yüzey veya hacim yoktur. Bu nesnelere genellikle iki boyutlu nesnelere oluşturmak için kullanılır. Dikdörtgenler, daireler, bağlı poliller vb. gibi yüzeyler, hacmi olmayan bir bölgeyi çevreleyen iki boyutlu ve kapalı tabaka nesnesidir. Kutular, silindireler, koniler vb. gibi üç boyutlu nesnelere doğrudan çizilebilir veya iki boyutlu nesnelere manipüle edilmesiyle meydana getirilebilir (Bozdağ, 2014). HFSS kullanıcı ara yüzünde üst araç kutularından yararlanılarak farklı anten modelleri tasarlanabilir. Şekil 4.3' te HFSS çizim araç kutuları gösterilmiştir.



Şekil 4.3. HFSS çizim araç kutuları (Ataş, 2019)

HFSS ile modellemenin son adımı, işlem sonrası sonuçları elde etmektir. Program bir çözüm üretirken veya tamamlandığında yakınsama bilgileri, hesaplama kaynakları, ağ istatistikleri, S parametreleri, empedanslar ve ışınma örüntüleri görüntülenebilir, çizilebilir ve dışarı aktarılabilir (Ataş, 2019).

4.2. Üç Boyutlu Kalp Modellemesi

İnsan vücudunda her bir dokunun birbirinden farklı elektriksel özellikleri vardır. Bu modelleme yapılırken bu farklı elektriksel özellikler göz önüne alınarak çalışmalar yapılacaktır. Yani tezde uygulaması yapılacak olan deri, yağ, kas, kalp ve kalp damarı dokuları farklı elektriksel özelliklere sahiptir. Literatürde 1978 yılında yapılan bir çalışma ile dokuların farklı frekans değerlerindeki dielektrik ve iletkenlik değerlerine ulaşmak mümkündür (Gabriel, 1996). Aynı zamanda bu dielektrik değerlerine bazı

temel ve basit malzemelerle, un, sıvı yağ, şeker ve tuz gibi, yapılabilen reçetelerle de hazırlamak mümkündür. Bu çalışmada bu değerlerden yararlanılacaktır (Kumar ve Shanmugantham, 2014; Yılmaz ve ark., 2014). Çizelge 4.1 ve 4.2’ de uygulaması yapılacak olan değerler verilmektedir.

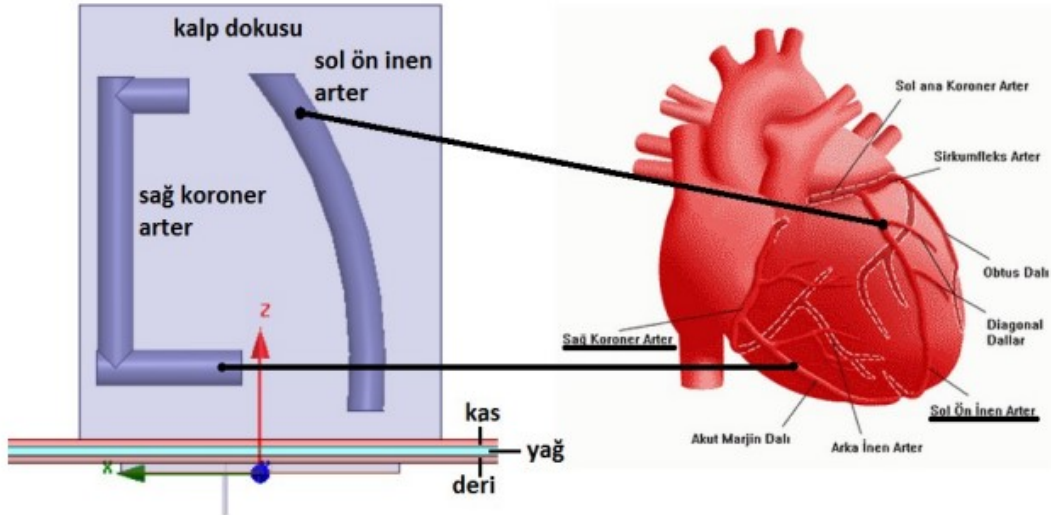
Çizelge 4.1. Farklı biyolojik dokuların dielektrik değerleri (2.45 GHz için)

Doku Adı	ϵ_r
Deri	38.00
Yağ	5.28
Kas	52.73
Kalp	54.80
Kalp Damarı	42.50

Çizelge 4.2. Farklı biyolojik dokuların dielektrik değerlerinin benzetimi için oranlar (2.45 GHz için)

Malzeme	Deri(%)	Yağ(%)	Kas(%)	Kalp(%)	Kalp damarı
Saf su	50	2.9	59.5	53.6	-
Tuz	-	0.1	0.5	1.4	-
Şeker	50	-	40.0	45.0	-
Un	-	67.0	-	-	-
Sıvı yağ	-	30.0	-	-	-

Başlangıç olarak üç boyutlu (3D) kalp damar modellenmesi yapılmıştır. Bu modelleme yapılırken insan kalp damar yapısından esinlenilmiştir. Tıpkı bir insanda olduğu gibi deri, yağ ve kas öncelikle HFSS adlı programa tanımlanmıştır. Yukarıdaki Çizelge 4.1’ de verilen değer programın içine eklenerek modelleme gerçekleştirilmiştir. Deri, yağ ve kas dokusunun kalınlıkları 1 mm, genişlik ve alanları ise 100x100mm² olarak seçilmiştir. Kas dokusundan sonra kalp dokusu 50x50x60mm³’lük bir boyutlandırma ile modellenmiştir. Bu yapılırken bir insanın kalbine yaklaşık olarak eşit olabileceği düşünülerek esinlenilmiştir. Şekil 4.4’ te modellenen 3D kalp dokusu gösterilmektedir (Top, 2017).



Şekil 4.4. 3D modellenmiş kalp dokusunun normal kalp ile benzetim (Top, 2017)

Modellenen kalp yapısının içindeki mavi kısımlar sağ koroner arter ve sol koroner arter olarak şekillendirilmiştir. Şekil 3.1’de verilen gerçek bir kalp resminden yola çıkılarak bu şekilde modellemenin uygun olacağına karar verilmiştir. Bu damarlar içine farklı noktalara yerleştirilen tıkanıklıkların antenlerin elektromanyetik ışınım değerlerine bakılarak kalp damarlarında bulunan damar tıkanıklığı problemine çözüm üretilmeye çalışılması amaçlanmaktadır (Top, 2017).

Peki, neden sağ koroner arter ve sol ana koroner arter? Kalpte beslenme ve oksijen ihtiyaçlarını karşılayan damarlar birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Aort ve pulmoner arter gibi damarlar kalpte oksijenlenme ihtiyacını karşılamaktadır. Koroner arterler ise kalbi besleyen ve çalışmasını sağlayan damarlardır. Kalp damar tıkanıklığı problemleri söz konusu olduğunda koroner damarlardaki tıkanıklıklar akla gelmelidir (Kınikoğlu, 2012).

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere kalbi besleyen 3 adet damar olduğu varsayılmaktadır. Bunlar;

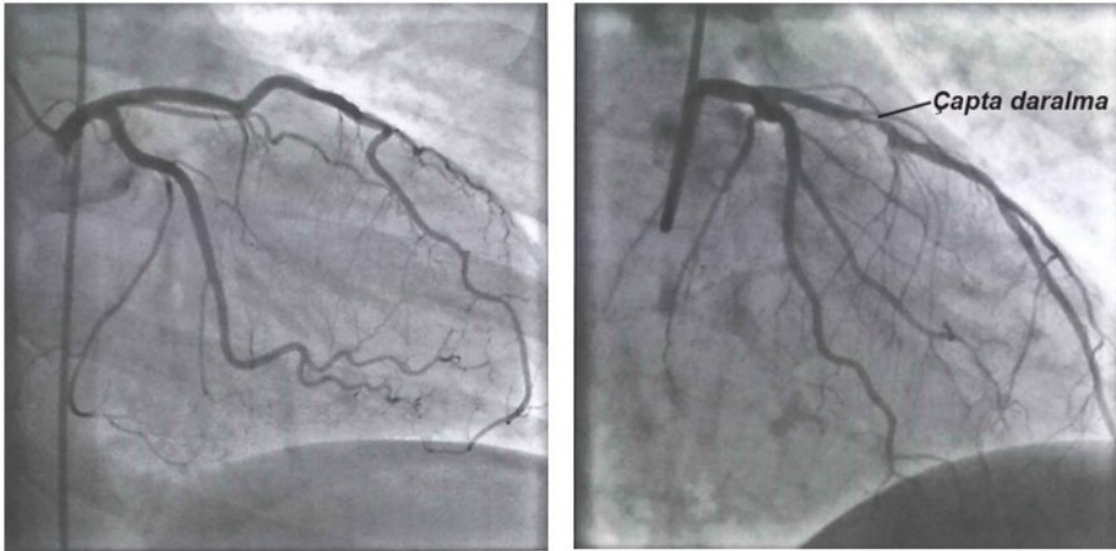
1. Kalbin arka yüzünü ve sağ karıncığı besleyen sağ koroner arter,
2. Kalbin ön yüzünü ve sol karıncığı besleyen sol ön inen arter (LAD),
3. Kalbin sol yanını ve arkasını besleyen sirkumflex arter (Cx).

Bu damarlar içinde en önemli olanı kalbin yaklaşık üçte ikisini beslemesinden dolayı sol ön inen arterdir. Dolayısıyla tıkanması durumunda zarar verme oranı da yüksektir.

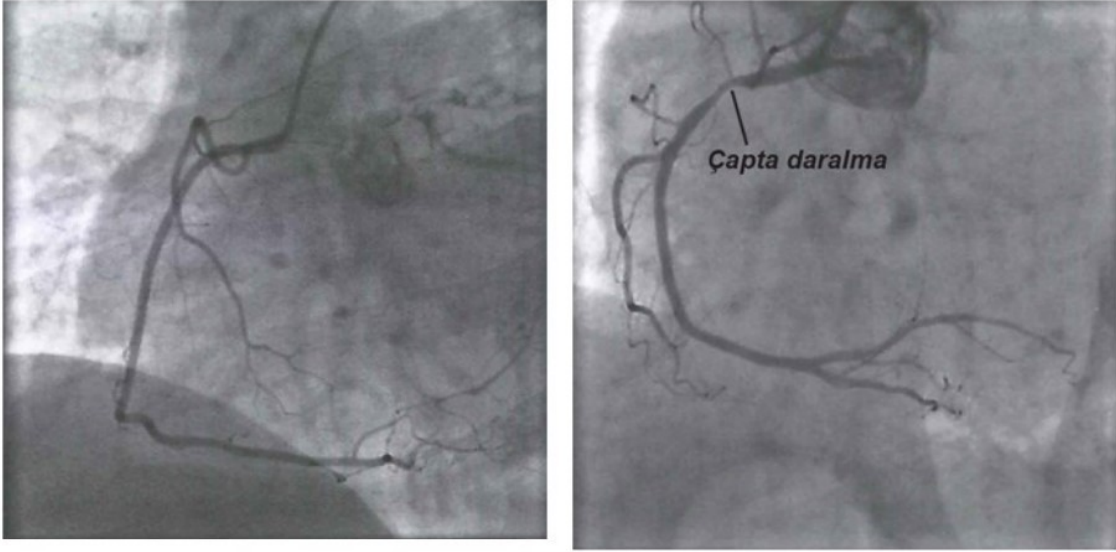
Sağ koroner arter ise kalbin elektrik trafosu olarak da adlandırılan sinüs düğümüne kan verdiği için önemlidir. Bu damar tıkanığında kalbin durması ve ritim

bozukluklarının oluşmasının sebebi sinüs düğümüne kan gitmemesindedir (Top, 2017).

Kalbi besleyen koroner arter damarların tıkanması sonucu çeşitli rahatsızlıklar insan sağlığı için problemler oluşturmakta ve hatta ölümlere neden olmaktadır. Bu damarlar özellikle yanlış beslenme, hipertansiyon, şeker hastalığı, alkol, sigara, stres, genetik yatkınlık ve yoğun çalışma temposu gibi nedenlerden dolayı tıkanmaktadır. Yukarıda anlatıldığı gibi bu tıkanıklıklar ani kalp krizi, ritim bozukluğu ve diğer kalple ilgili rahatsızlıklarda önemli olmaktadır. Kısacası damar tıkanıklığı problemleri insan hayatı için önemli bir rol oynamaktadır. Bu tıkanıklıklar, damarlara stent takılarak veya by-pass gibi geniş çaplı ameliyatlara tedavisi yapılmaktadır. Bu işlemlerin tamamı ise insan için rahatsız edici ve ağrılıdır. Tüm bunlardan önce damar tıkanıklığı başlangıç seviyesinde iken ya da ani gelişen belirtiler olmadan damar tıkanıklığı tespit edilebilirse yaşam şartlarını iyileştirerek kalp krizi gibi ani ölümlerin ve rahatsızlıkların önüne geçilebilmektedir. Elbette damar tıkanıklığını gösteren metotlar vardır. Yalnız bunlar damar içine ilaç verilerek anlık elde edilen görüntülerden olmaktadır. Bunlara çeşitli örnekler aşağıdaki şekillerde verilmektedir. Şekil 4.5’ te normal ve tıkanıklık olan sol ön inen arter bulunmaktadır. Şekil 4.6’da ise normal ve tıkanıklık olan sağ koroner arter gösterilmektedir (Civelek).



Şekil 4.5. Normal(sol) ve tıkanıklık olan(sağ) sol ön inen arter (Top, 2017)



Şekil 4.6. Normal(sol) ve tıkanıklık olan(sağ) sağ koroner arter (Top, 2017)

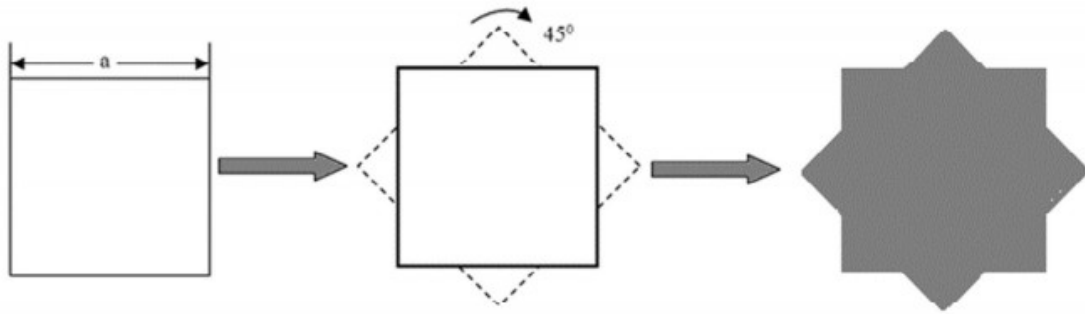
HFSS programında yukarıda anlatıldığı üzere modellenen kalp damarlarının çapı 5mm olarak kullanılmıştır (Dodge ve ark., 1992). Uygulamada kullanılacak olan damarlar ise plastik pipetlerden yapılmıştır.

5. SİMÜLASYON VE UYGULAMA ÇALIŞMALARI

5.1. Anten Yapısı

Yaptığımız çalışmada iletken yama olarak farklı bir motif olan Selçuklu Yıldızı motifi işlenmiştir. Giyilebilir teknolojilere uyumlu olması bakımından yalıtkan malzeme olarak tekstil tabanlı (esnek PCB, kot, keçe, kadife gibi) malzemeler kullanılmıştır. Bu motif ve taban malzemeler ile Selçuk Yıldızı şekilli mikroşerit anten (SYMŞA) tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Selçuklu yıldızı (SY); Selçuklu kültürünün temel simgelerinden biri olup, Arapça'da Rab El Hizb adıyla da anılır (Yetkin 1965, Mulayim 1992, Oney ve Erginsoy 1992, Büyükcanga 2008). Bu yıldız sekiz köşeye sahiptir ve eşit boyutlu iki karenin birbirine göre 45° farkla yerleştirilmesiyle kolayca elde edilebilir. Yine bu şeklin yüzey alanı, açılan, kenar uzunlukları vb. özellikleri geometrik yöntemlerle kolaylıkla bulunabilir (Uzer, 2016).



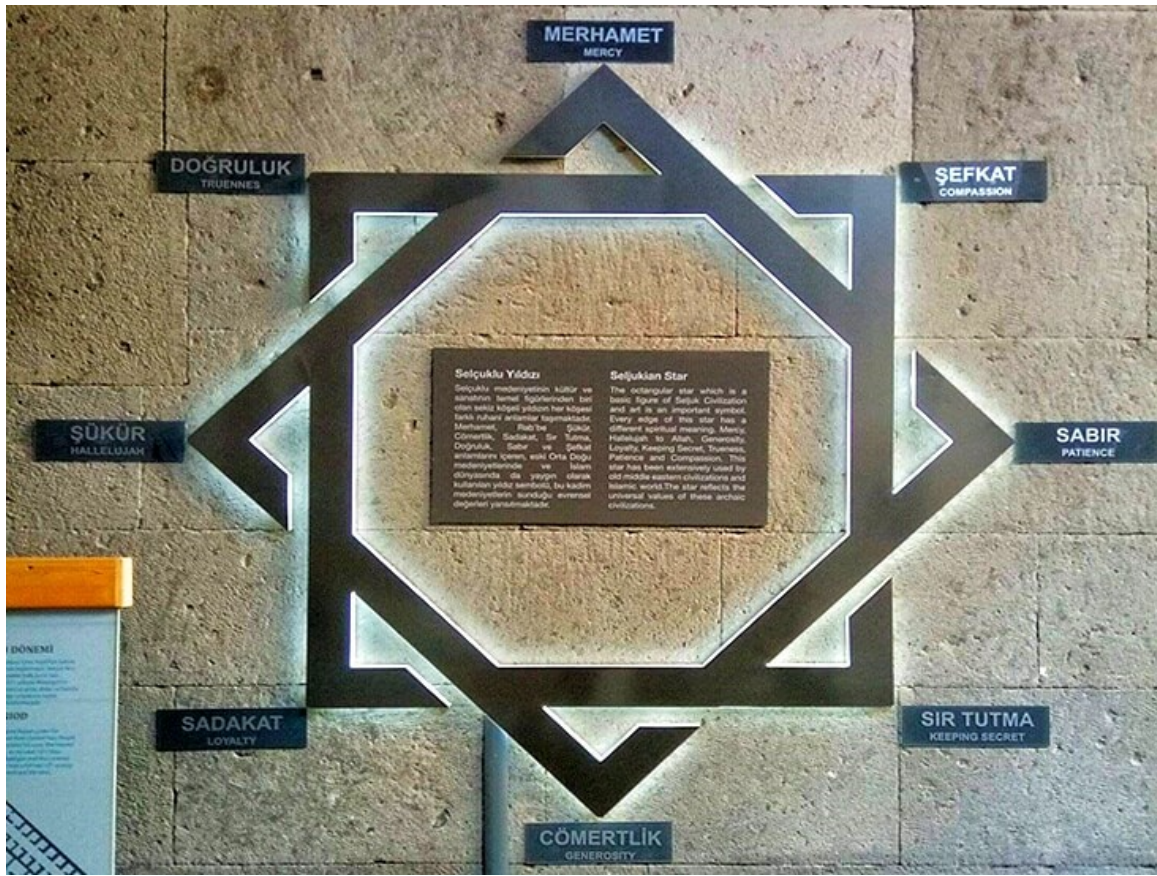
Şekil 5.1. Selçuklu yıldızı şeklinin oluşturulması (Uzer, 2016)

Selçuklu yıldızı Türk tarihi açısından önemli bir yere sahiptir. Hepimizin bildiği klasik bir tabirle Malazgirt Savaşı ile Anadolu' nun kapılarını Türklere açan Selçuklular, Anadolu' ya Türklerin girişini daha da hızlandırmanın yanı sıra bıraktığı eserlerle bir anlamda Anadolu' nun Türk yurdu olmasını sağladı (Özcan, 2019).

Selçuklular da Anadolu'da inşa ettikleri anıt niteliğindeki eserlerle Anadolu'nun Türkleşmesi için çok sağlam ve başarılı bir temel attılar. Özellikle mimari, kültür ve sanat alanlarında bırakılan bu eserler Anadolu'nun Türk Tarihi açısından temelini oluşturdu. Selçukluların inşa ettiği medrese, cami, türbe, kervansaray gibi birçok yapıda özellikle taş malzemeyi kullanmayı tercih ettiler ve bunların üzerine de geometrik motifler işlediler. Bunlarda kazayağı gibi eski Türklerin yaşamını yansıtan

Şamanizm kökenli birçok süslemenin yanı sıra hepimizin bildiği sekiz köşeli iç içe geçmiş iki kareden oluşan Selçuklu Yıldızı çok önemli bir yere sahiptir (Özcan, 2019).

Anadolu’da biz bunu Selçuklu Yıldızı olarak bilirken, Orta Asya’da Türkistan Yıldızı olarak bilinir. İslamiyet’ te ise 8 cennetin olduğu ve 8 köşeli yıldızın da 8 cennet kapısını simgelediği söylenir. İç içe geçen iki kareden oluşan Selçuklu yıldızının her bir ucu bir erdemi simgeler. Bunlar sırasıyla; Merhamet, Şefkat, Sabretmek, Doğruluk, Sır Tutmak, Sadakat, Cömertlik ve Rabbine Şükretmektir (Özcan, 2019).



Şekil 5.2. Selçuklu yıldızı anlamı (Özcan, 2019)

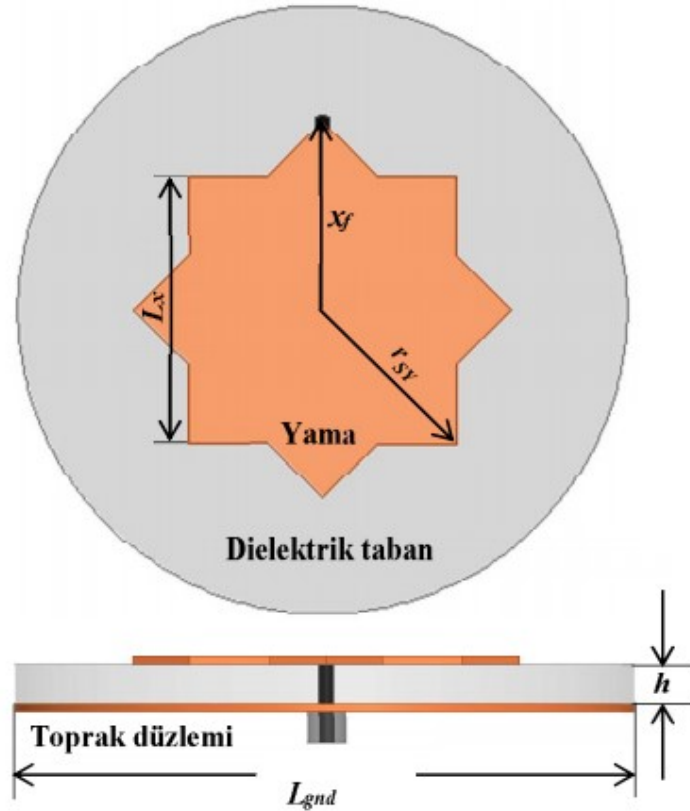
Bu Selçuklu yıldızının kültürel anlamda ne kadar kıymetli ve süreklilik arz eden bir sembol olduğunun en önemli göstergelerinden biridir. Tabii şunu da belirtmek lazım Türkiye Cumhuriyeti’ nin kurucusu Gazi Mustafa Kemal Atatürk’ ün kabrinin etrafında bulunan mermer de sekizgendir (Özcan, 2019).



Şekil 5.3. Selçuklu yıldızı (Özcan, 2019)

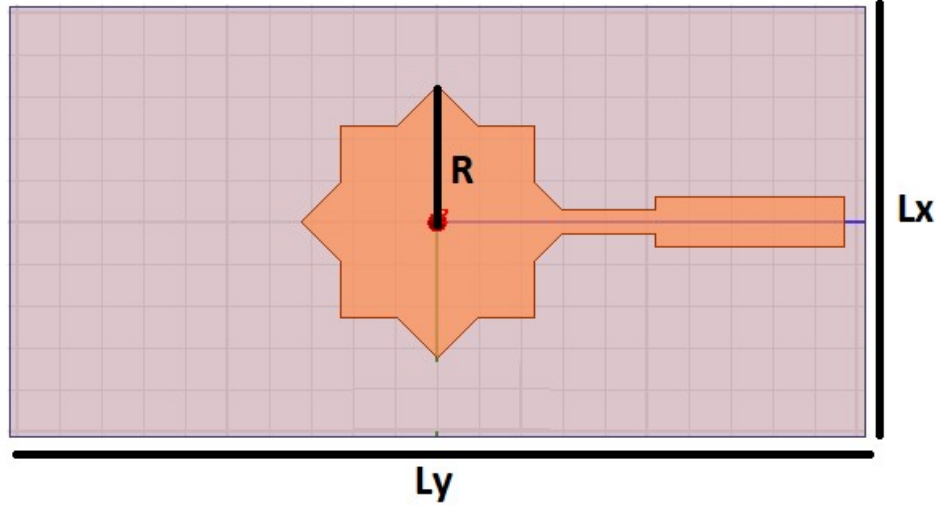
Günümüzde Türk Dünyasının en önemli sembollerinden birisi diyebileceğimiz bu yıldızı Türmenistan Devlet Armasında ve Bayrağında, Azerbaycan Devlet Armasında ve Bayrağında, T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü armasında ve daha birçok yerde görebiliyoruz. Selçuklu yıldızı demek Türk demektir (Özcan, 2019).

Mikroşerit yama anten tasarımında tüm geometrik özelliklerinin kolayca hesaplanması bu şekil kullanımını avantajlı hale getirmektedir. Literatürde çeşitli şekillerde yıldız şeklindeki yama tasarımları bulunmasına rağmen, sekiz köşe yıldızı daha önce kullanılmamıştır (Uzer, 2016).



Şekil 5.4. SYMŞA' inn üstten ve yandan görünüşü (Uzer 2016)


Tüm mikroşerit yama anten tasarımlarında temel olan, antenin tasarlanacağı rezonans frekansı (f_r) ile antenin gerçekleştirileceği malzeme seçimidir. Buna göre malzemeye ait dielektrik katsayısı (ϵ_r) ile kalınlık (h) belirlenir (Uzer 2016).



Şekil 5.5. Tasarladığımız Selçuklu Yıldızı şekilli mikroşerit anten

Yaptığımız çalışmamızda taban malzemesi olarak dielektrik sabiti 1.55 ve kalınlığı 0.64mm olan kot kumaş, dielektrik sabiti 1.45 ve kalınlığı 3mm olan keçe ve dielektrik sabiti 2 ve kalınlığı 0.93mm olan kadife kumaş kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kot ve kadife 2 kat olarak kullanıldığından dolayı sırasıyla kalınlıkları 1.28mm, 1.86mm olarak hesaplama yapılmıştır. Kullanılan SYMŞA' nın diğer parametre değerleri Çizelge 5.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Selçuklu yıldızı yama için anten parametreleri

	$h(mm)$	ϵ_r	$R(mm)$	$Lx(mm)$	$Ly(mm)$
Kot	1.28	1.55	32.5	102.7	194
Kadife	1.86	2.00	32.5	80.0	194
Keçe	3.00	1.45	32.5	102.7	146

h : Dielektrik malzemenin kalınlığı

ϵ_r : Malzemenin dielektrik sabiti

R : Yama yarıçapı

L_x : Zemin düzleminin x eksenindeki boyutu

L_y : Zemin düzleminin y eksenindeki boyutu

olarak belirlenmiştir.

Anten tasarımının üzerine kalp damar dokusunu benzetmek amaçlı HFSS programı üzerinde damar ve bu damar içerisinde tıkanıklık oluşturacak bir yağ tabakasının benzetimi yapılmıştır. Yapılan bu benzetimin parametrik değerleri Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Damar ve tıkanma parametreleri

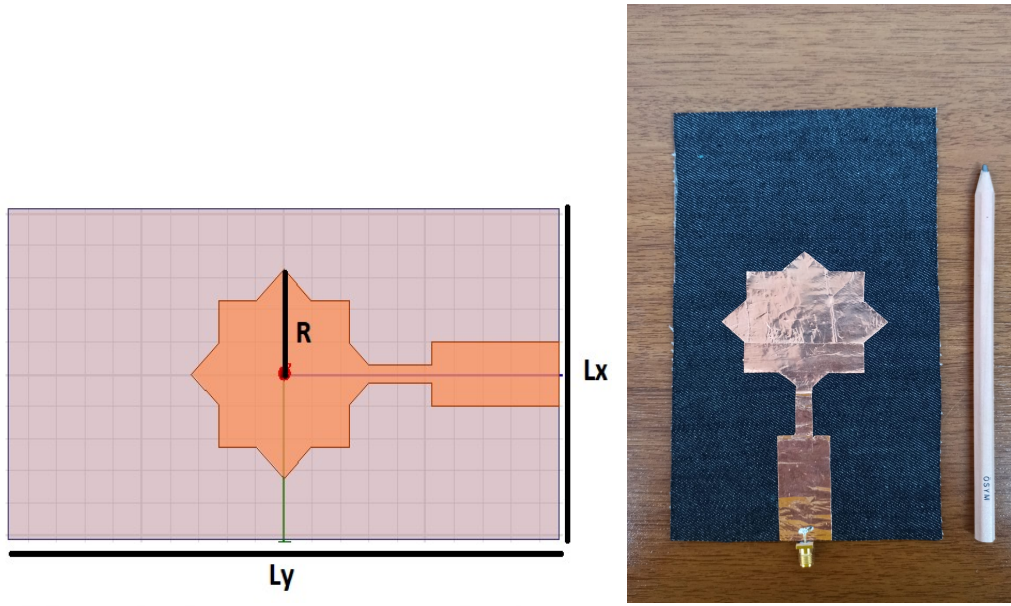
Parametreler			
	ϵ_r	R_v (mm)	L (mm)
Damar	42.50	5.0	50
Tıkanıklık	5.28	5.0	25

Verilen parametre değerleri göz önüne alındığında farklı taban malzemesi ve boyutlar üzerine tasarlanan Selçuklu yıldızı şekilli yama yarıçapı 32.5mm olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken çalışma frekansı olarak ISM bandında yer alan 2.4GHz seçilmiştir. Bu seçimler sonucunda 3 farklı taban malzemesine (kot, keçe, kadife) sahip anten üretilmiştir.

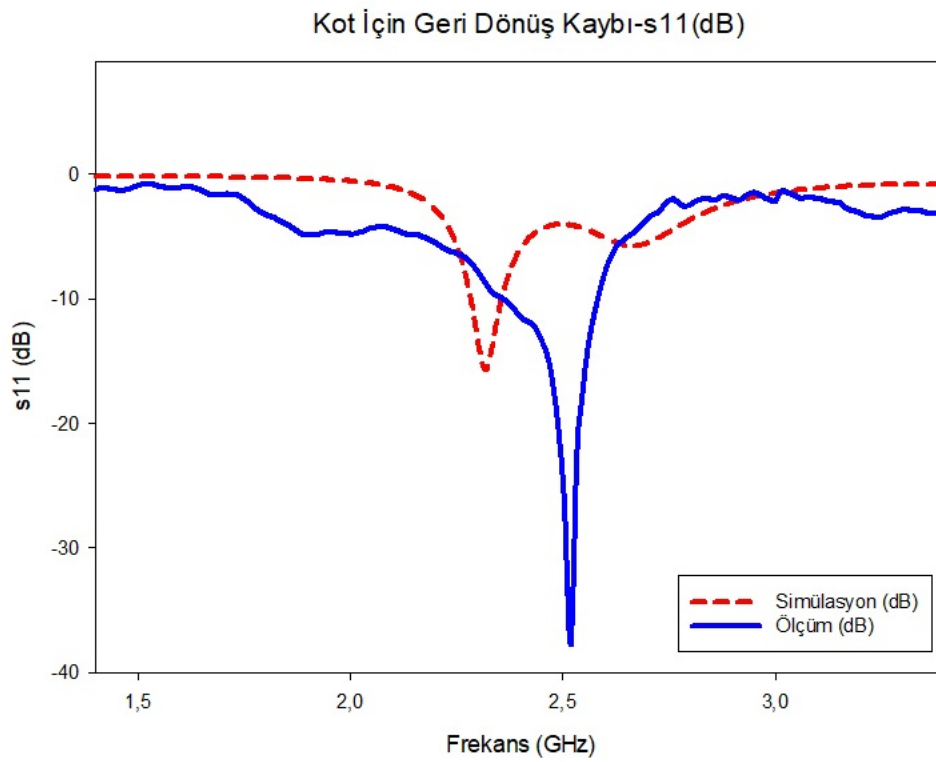
5.1.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Anten

Kot tabanlı antenin boyutları Şekil 5.6' da verilmiştir. 102.7x194mm boyutlara sahip olan taban malzemesi üzerine 32.5mm yarıçapına sahip Selçuklu Yıldızı şekilli yama yerleştirilmiştir. Yerleştirilen Selçuklu yıldızı antenin yaklaşık olarak 2.4GHz ışıma yapması sağlanmıştır.

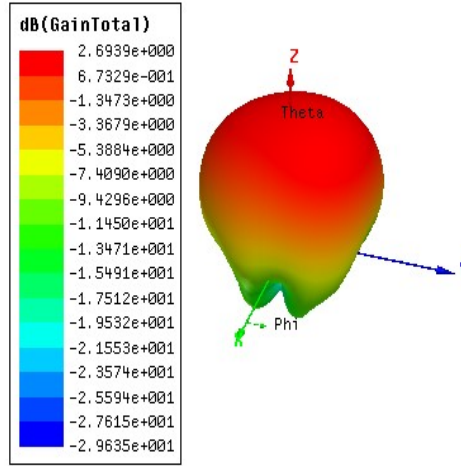
Antenin simülasyon ve ölçüm sonuçlarına göre Şekil 5.7' de S_{11} değerleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre ise kazanç değeri 2.69dB olarak bulunmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.6. Kot tabanlı anten yapısının boyutları ve program çıktısı(sol), üretilen anten(sağ)



Şekil 5.7. Kot tabanlı anten yapısının geri dönüş kaybının grafiği

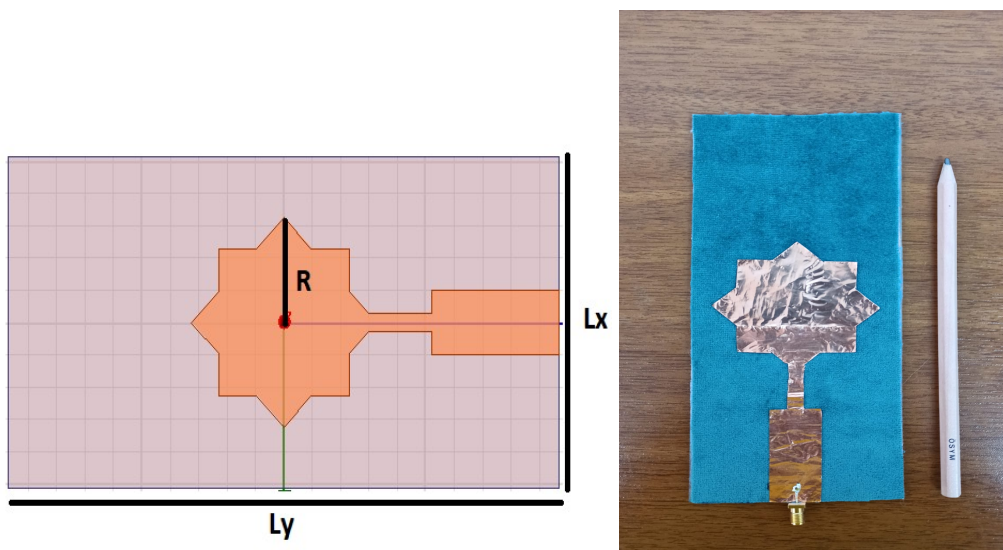


Şekil 5.8. 2.45GHz’de antenin kazanç sonucu

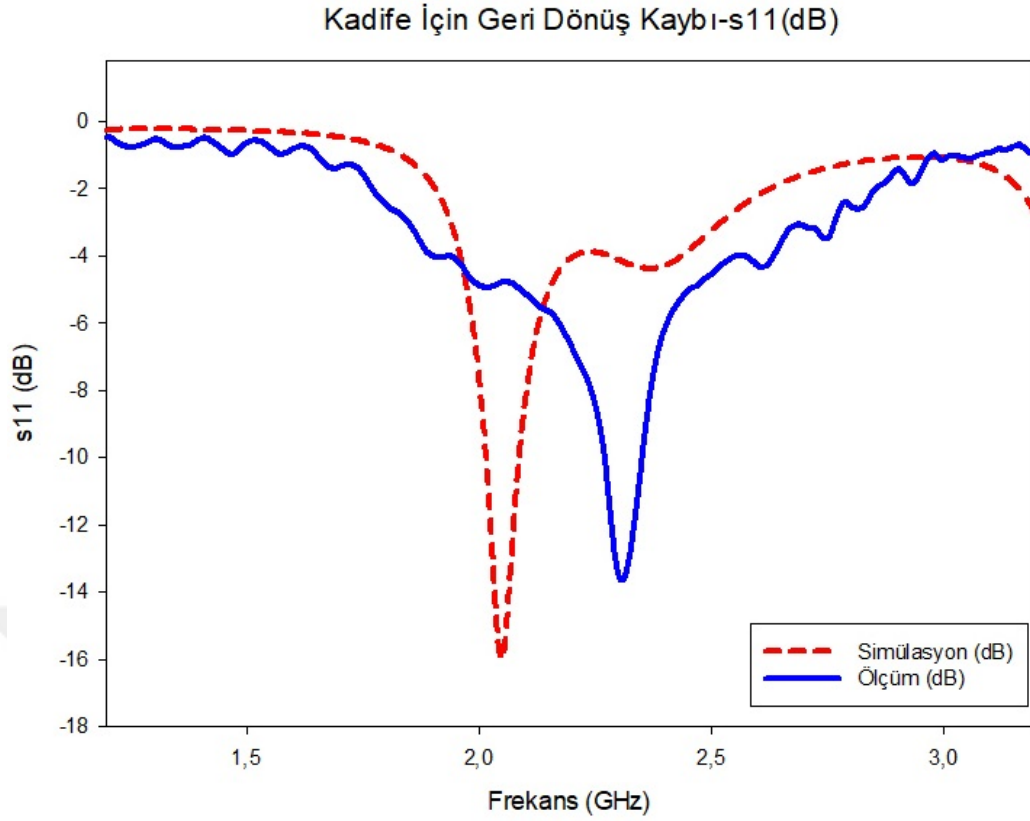
5.1.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Anten

Kadife tabanlı antenin boyutları Şekil 5.9’ da verilmiştir. 80x194mm boyutlara sahip olan taban malzemesi üzerine 32.5mm yarıçapına sahip Selçuklu Yıldızı şekilli yama yerleştirilmiştir. Yerleştirilen Selçuklu yıldızı antenin yaklaşık olarak 2.4GHz ışına yapması sağlanmıştır.

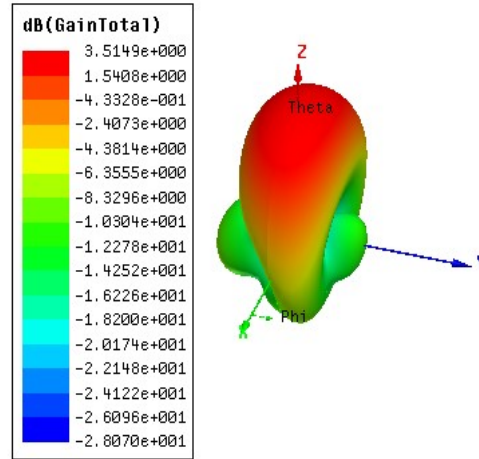
Antenin simülasyon ve ölçüm sonuçlarına göre Şekil 5.10’da S_{11} değerleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre ise kazanç değeri 3.51dB olarak bulunmaktadır (Şekil 5.11).



Şekil 5.9. 2.45GHz’de anten yapısının boyutları ve program çıktısı(sol), üretilen anten(sağ)



Şekil 5.10. Kadife tabanlı anten yapısının geri dönüş kaybının grafiği



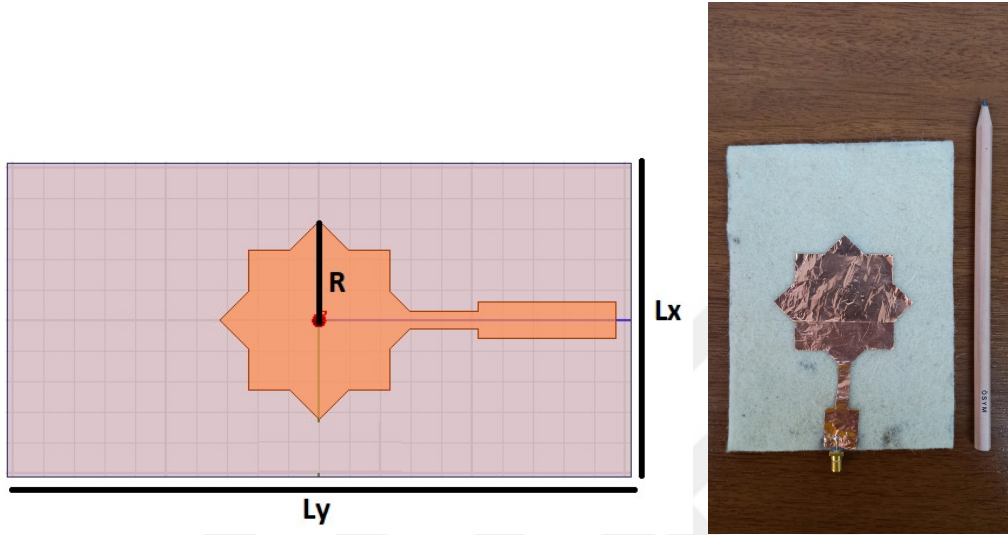
Şekil 5.11. 2.45GHz' de antenin kazanç sonucu

5.1.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Anten

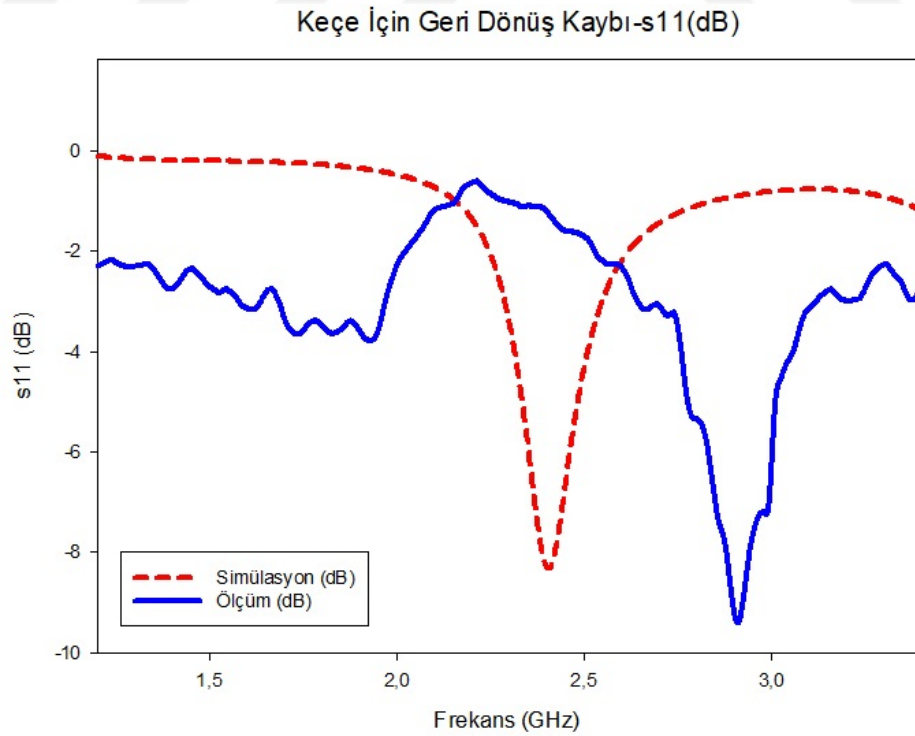
Keçe tabanlı antenin boyutları Şekil 5.12' de verilmiştir. 102.7x146mm boyutlara sahip olan taban malzemesi üzerine 32.5mm yarıçapına sahip Selçuklu Yıldızı

şekilli yama yerleştirilmiştir. Yerleştirilen Selçuklu yıldızı antenin yaklaşık olarak 2.4GHz ışına yapması sağlanmıştır.

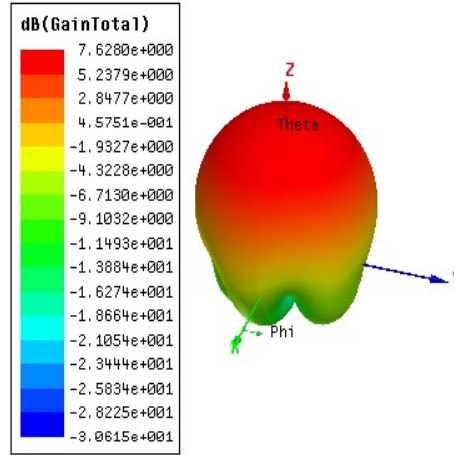
Antenin simülasyon ve ölçüm sonuçlarına göre Şekil 5.13' te S_{11} değerleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre ise kazanç değeri 7.62dB olarak bulunmaktadır (Şekil 5.14).



Şekil 5.12. 2.45GHz'de anten yapısının boyutları ve program çıktısı(sol), üretilen anten(sağ)



Şekil 5.13. Keçe tabanlı anten yapısının geri dönüş kaybının grafiği



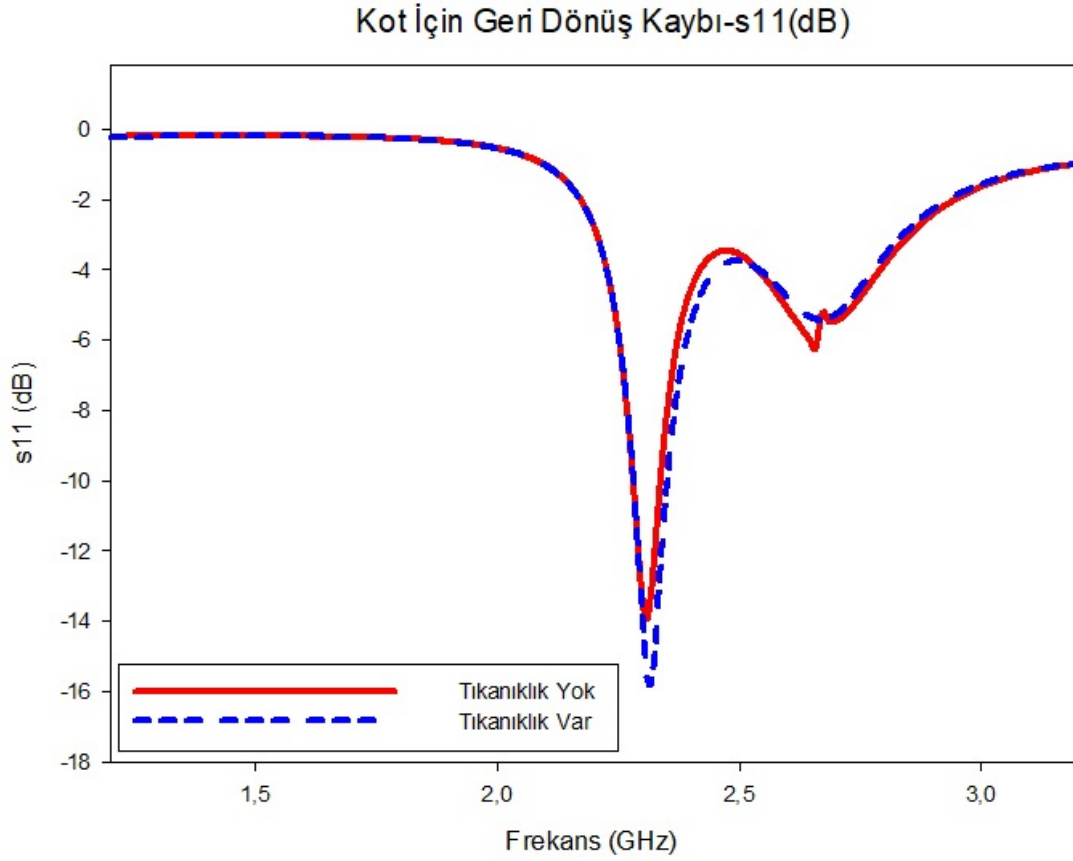
Şekil 5.14. 2.45GHz' de antenin kazanç sonucu

5.2. Anten Yapısının Simülasyon Sonuçlarına Göre Değerlendirilmesi

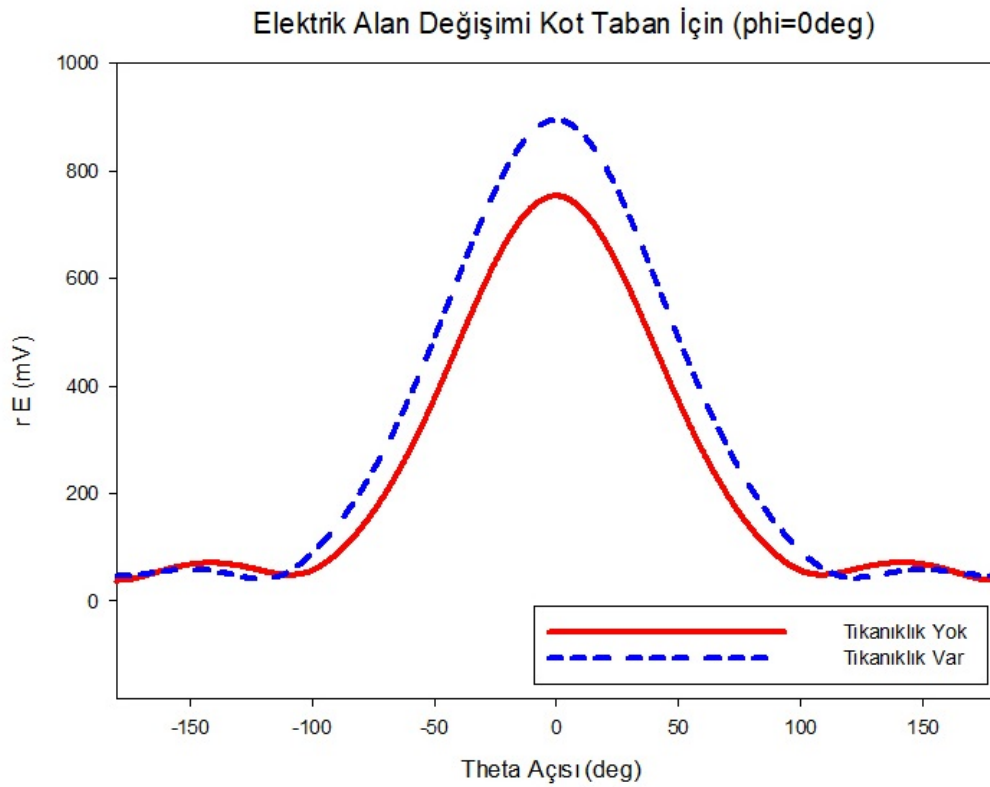
HFSS programı üzerinde tasarlanan Selçuklu Yıldızı yama şekilli mikroşerit anten üzerine kalp damarını temsil eden ve içerisinde yağ dokusu tarafından tıkanıklık oluşmuş bir anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Simülasyon ortamında damar içerisinde tıkanıklık olma ve olmama durumları incelenmiş, buna bağlı olarak S_{11} ve elektrik alan değerleri $\phi=0$, $\phi=90$ için değerlendirme ve yorumlamalar yapılmıştır.

5.2.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldızı Şekilli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri

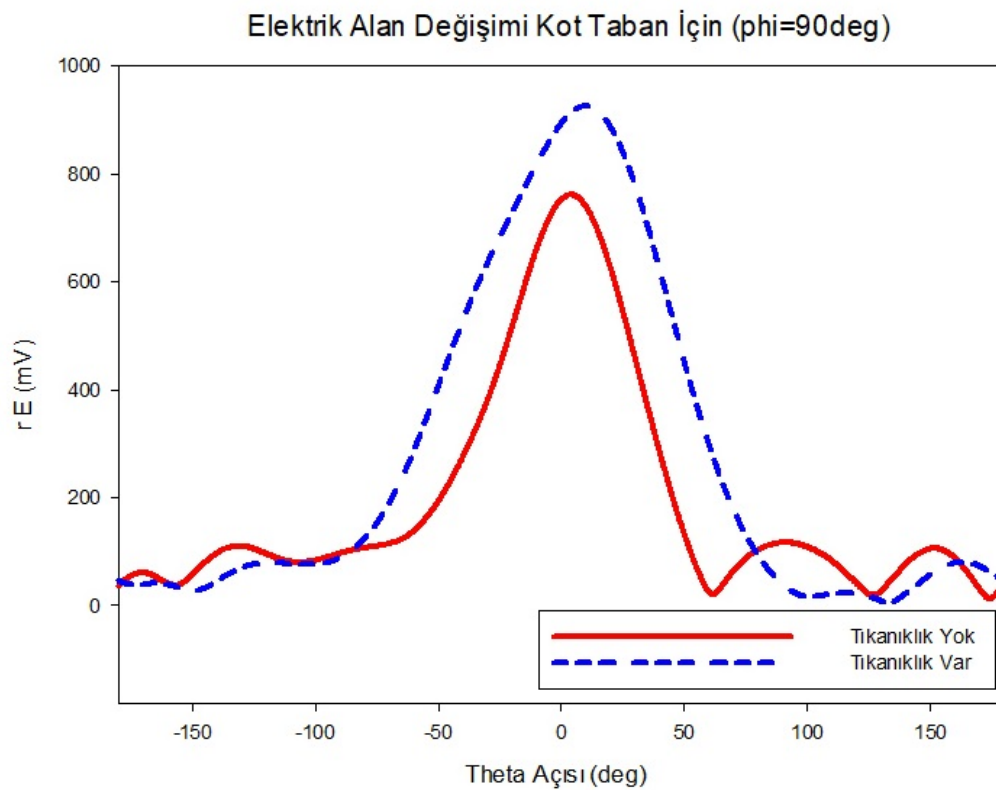
Kot tabanlı Selçuklu yıldızı şekilli antenin S_{11} ve theta açısına bağlı olarak elektrik alan değerleri $\phi=0$ ve $\phi=90$ için sonuçlar alınmıştır. Alınan sonuçlar neticesinde ve grafiklerden anlaşılacağı gibi bu kot tabanlı anten tıkanıklık olma ve olmama durumlarının belirlenmesinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.15. Kot tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S_{11} grafiği



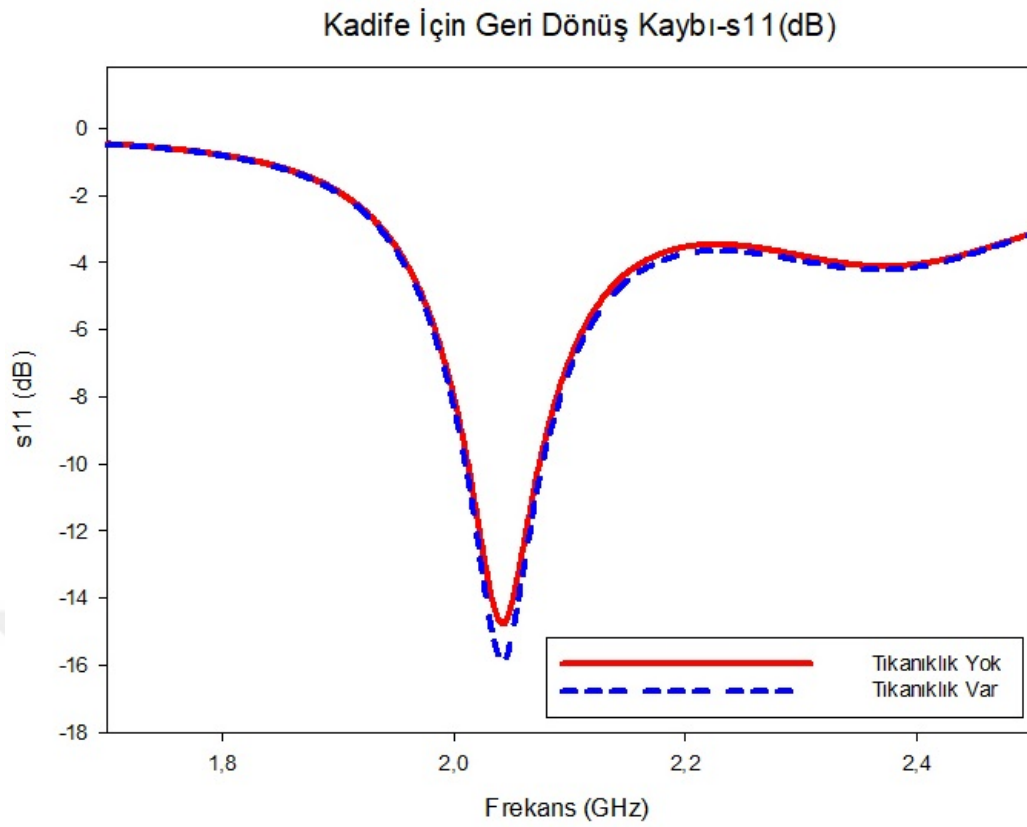
Şekil 5.16. Kot tabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=0$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri



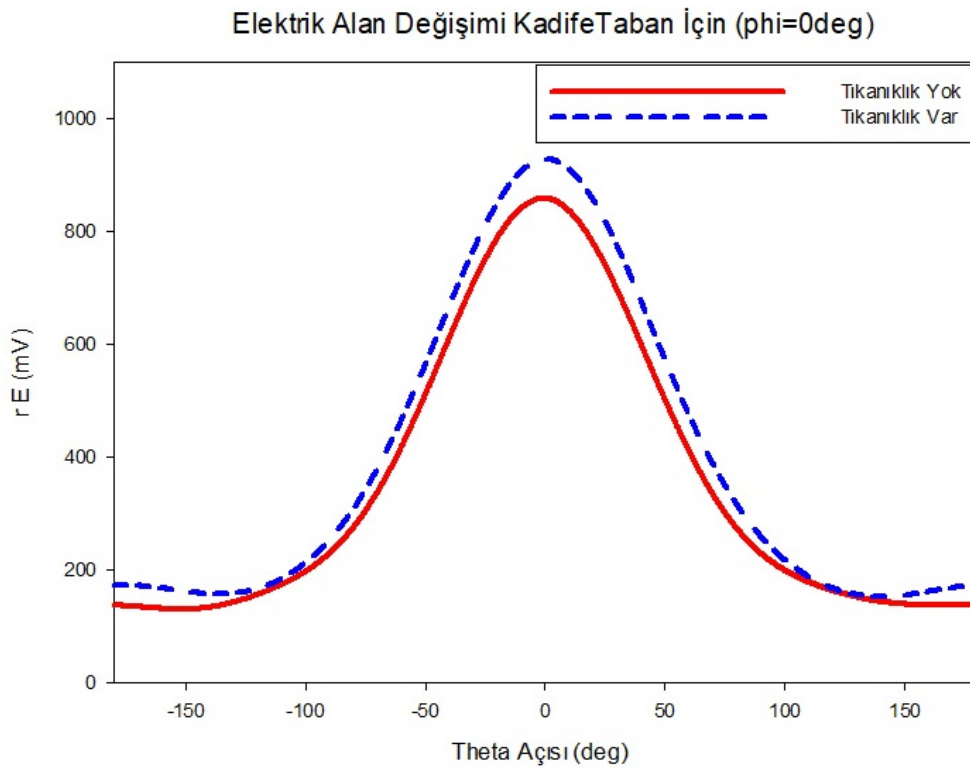
Şekil 5.17. Kot tabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=90$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri

5.2.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekilli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri

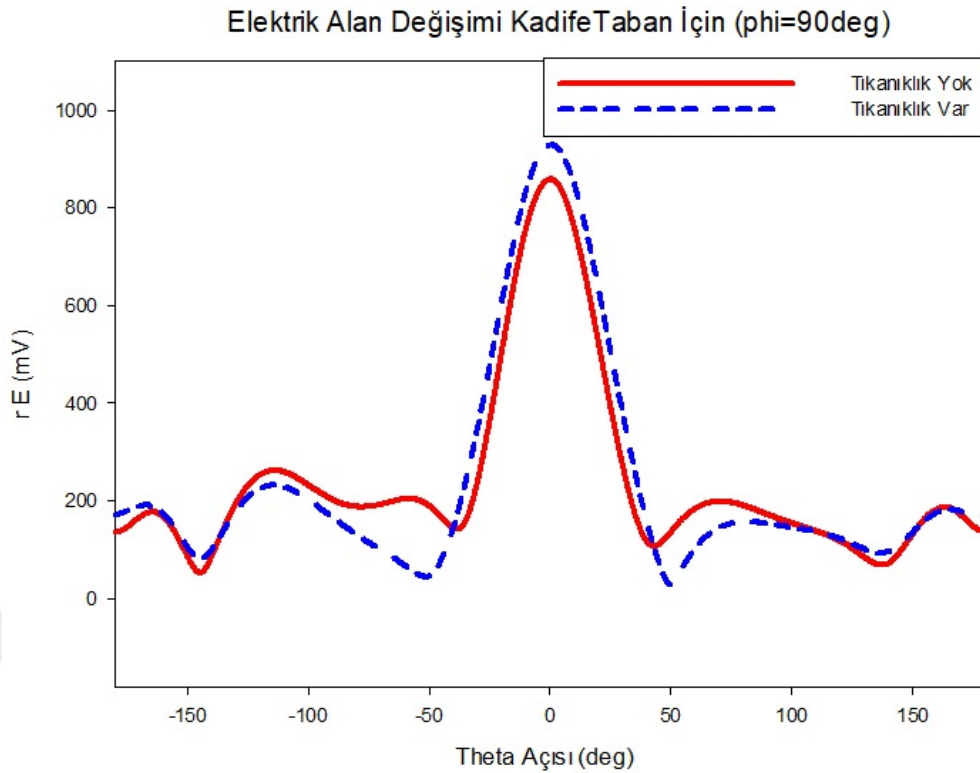
Kadife tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin S_{11} ve theta açısına bağlı olarak elektrik alan değerleri $\phi=0$ ve $\phi=90$ için sonuçlar alınmıştır. Alınan sonuçlar neticesinde ve grafiklerden anlaşılacağı gibi bu kadife tabanlı anten tıkanıklık olma ve olmama durumlarının belirlemede kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.18. Kadife tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S_{11} grafiği



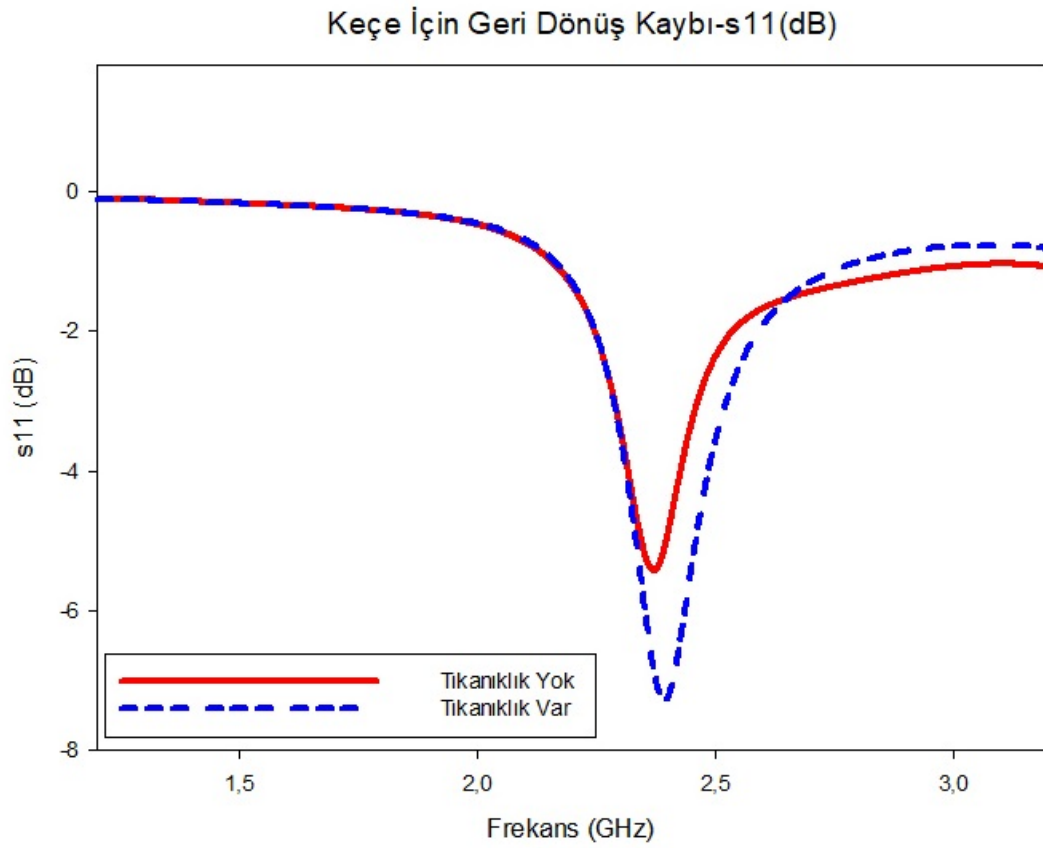
Şekil 5.19. Kadife tabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=0$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri



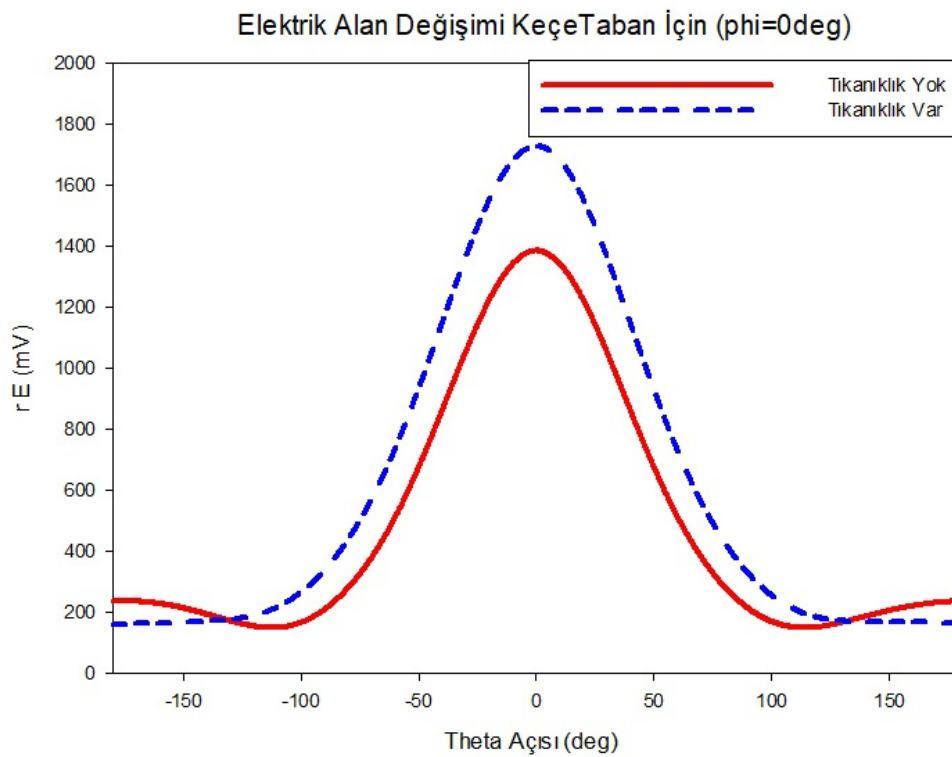
Şekil 5.20. Kadife tabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=90$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri

5.2.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekilli Antenin Simülasyon Sonuçlarına Göre Elektrik Alan ve S_{11} Değerleri

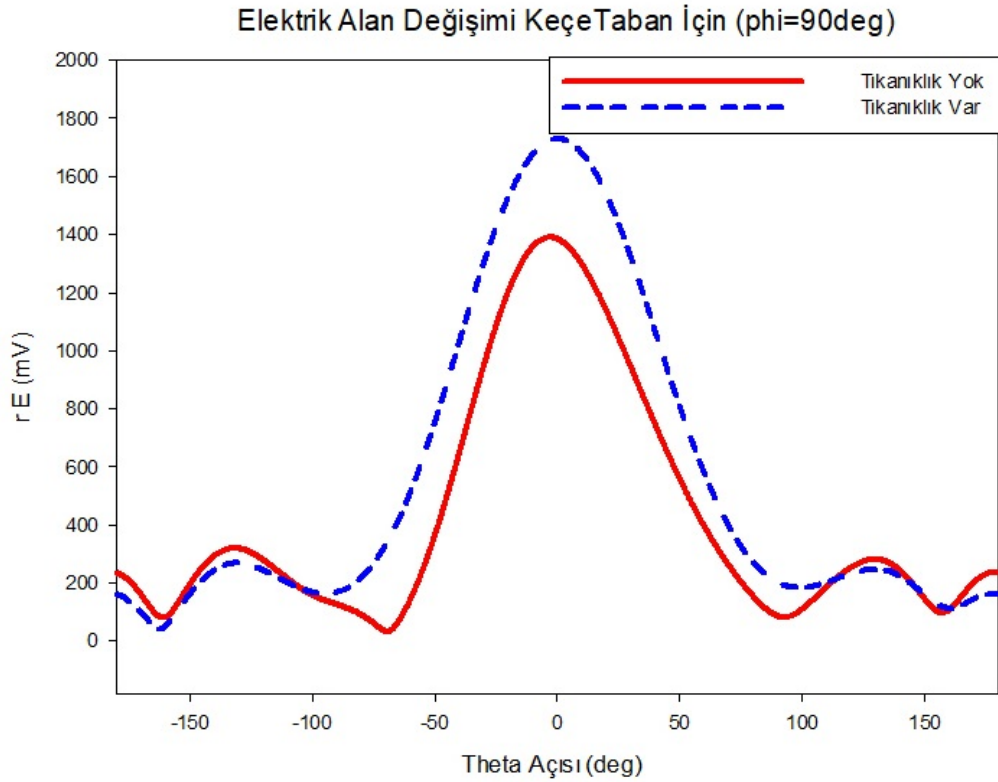
Keçe tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin S_{11} ve theta açısına bağlı olarak elektrik alan değerleri $\phi=0$ ve $\phi=90$ için sonuçlar alınmıştır. Alınan sonuçlar neticesinde ve grafiklerden anlaşılacağı gibi bu keçe tabanlı anten tıkanıklık olma ve olmama durumlarının belirlenmesinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.21. Keçe tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S_{11} grafiği



Şekil 5.22. Keçetabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=0$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri



Şekil 5.23. Keçe tabanlı antenin theta açısına bağlı olarak $\phi=90$ için tıkanıklık durumuna göre elektrik alan değerleri

Çizelge 5.3. Antenlerin tıkanıklık olma ya da olmama durumlarına göre S_{11} değerleri arasındaki fark

	Kot	Kadife	Keçe
Tıkanıklık Var	-15.5118	-15.9307	-7.5560
Tıkanıklık Yok	-14.9807	-14.7320	-5.4254
Farklar	<i>-0.5311</i>	<i>-1.1987</i>	<i>-2.1306</i>

Çizelge 5.4. Antenlerin $\phi=0$ ve $\phi=90$ açılarındaki tıkanıklık olma ya da olmama durumlarına göre elektrik alan değerleri arasındaki fark

	Phi=0 derece için		Phi=90 derece için	
	<i>Theta Açısı (derece)</i>	<i>Elektrik Alan Farkı (mV)</i>	<i>Theta Açısı (derece)</i>	<i>Elektrik Alan Farkı (mV)</i>
Kot	16	156.3836	40	339.0205
Kadife	30	78.2617	-54	152.9979
Keçe	2	343.1950	20	400.9409

Yapılan simülasyon sonuçlarına göre Selçuklu yıldız şekilli mikroşerit antenin elektrik alan ve S_{11} değerleri arasındaki farklar Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4’ te verilmiştir. Elektrik alan ve S_{11} sonuçlarındaki farklılıklar göz önüne alınarak kalp damar tıkanıklığını yapılan bu tekstil tabanlı antenler yardımıyla tespit edilebilir olduğu gözlemlenmiştir ve uygulama yapmak için uygun olduğu belirlenmiştir.

5.3. Anten Yapısının Uygulama Sonuçlarına Göre Değerlendirilmesi

HFSS programı üzerinden yaptığımız benzetim sayesinde alınan sonuçları değerlendirmek ve karşılaştırmak adına gerçek bir kalp dokusuna benzetilmek amacıyla literatürden elde edilen ve Çizelge 4.2’ de verilen malzemeler kullanılarak kalp, deri, yağ ve kas dokularının fantomları hazırlanarak üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bu fantomlar hazırlanırken Çizelge 4.1’ de verilen dokuların her birinin elektriksel değerlerine bağlı kalınarak hazırlanmıştır. Yapılan ölçümler Vektör Network Analizör (VNA) cihazıyla gerçekleştirilmiştir. VNA tarafından ölçtüğümüz S_{11} değerlerinin karşılaştırılması yapılmış ve gerekli bilgiler sunulmuştur.

Fantomlar için ilk olarak gerekli malzemeler olan saf su, şeker, un, tuz, sıvı yağ temin edilmiş ve literatürden alınan bilgiler neticesinde deri dokusu, yağ dokusu, kas dokusu, kalp dokusu fantomları hazırlanmıştır. Kalp damarları ise 5mm’ lik pipet ile birlikte oluşturulmuştur. Şekil 5.24’ te gösterilen fantomlar sırasıyla deri, yağ, kas dokuları üst üste konulmuştur. Sıvı olmalarından dolayı karışmaması için her birinin arasına streç film yerleştirilmiştir. Fantomların son hali Şekil 5.2’ te gösterilmiştir.



Şekil 5.24. Deri, yağ, kas ve kalp dokuları



Şekil 5.25. Ölçüm için hazırlanmış fantomlar

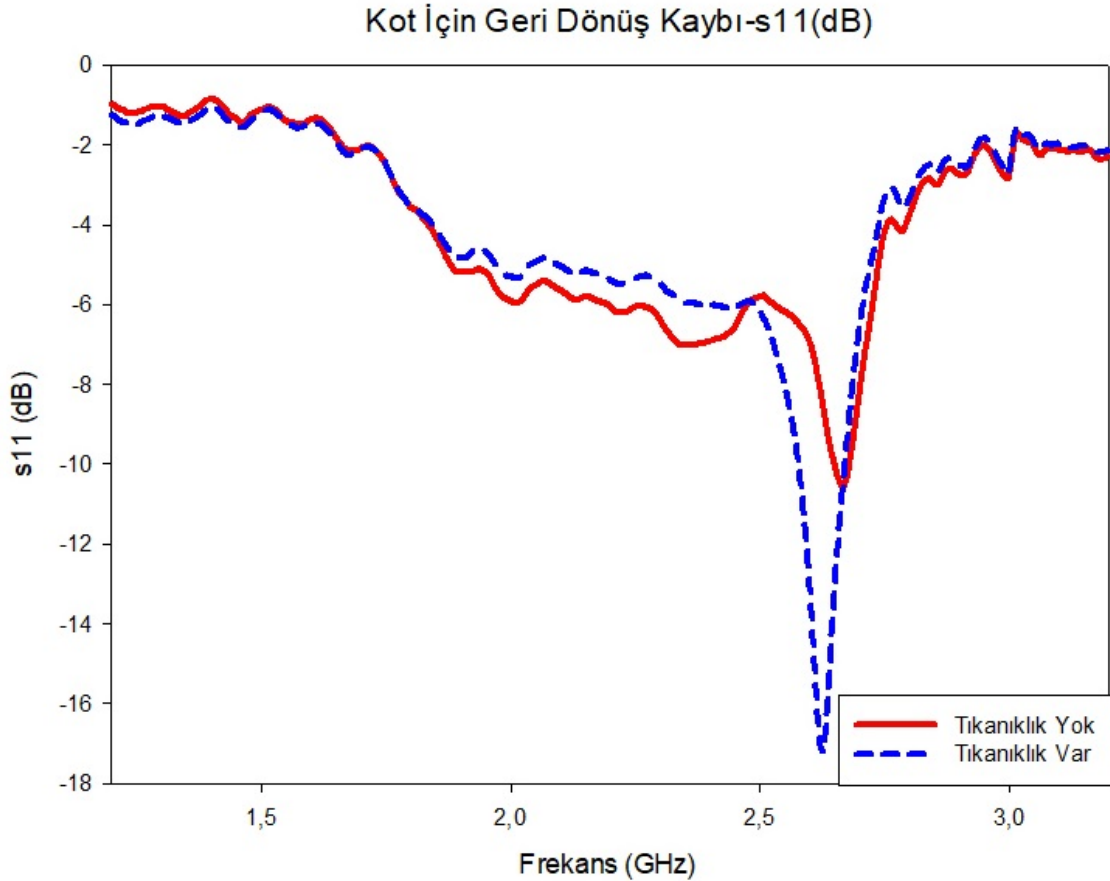
Ölçüm için hazır hale gelmiş fantomlar sırasıyla ilk olarak tıkanıklık olmama durumu göz önüne alınarak ölçüm yapılmıştır daha sonra tıkanıklık olma durumu incelenmiştir. VNA ile sadece S parametreleri ölçülebildiğinden sadece S parametreleri üzerinden yorumlamalar yapılmıştır.



Şekil 5.26. Vektör Network Analizör (VNA) cihazı

5.3.1. Kot Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S_{11} Değerleri

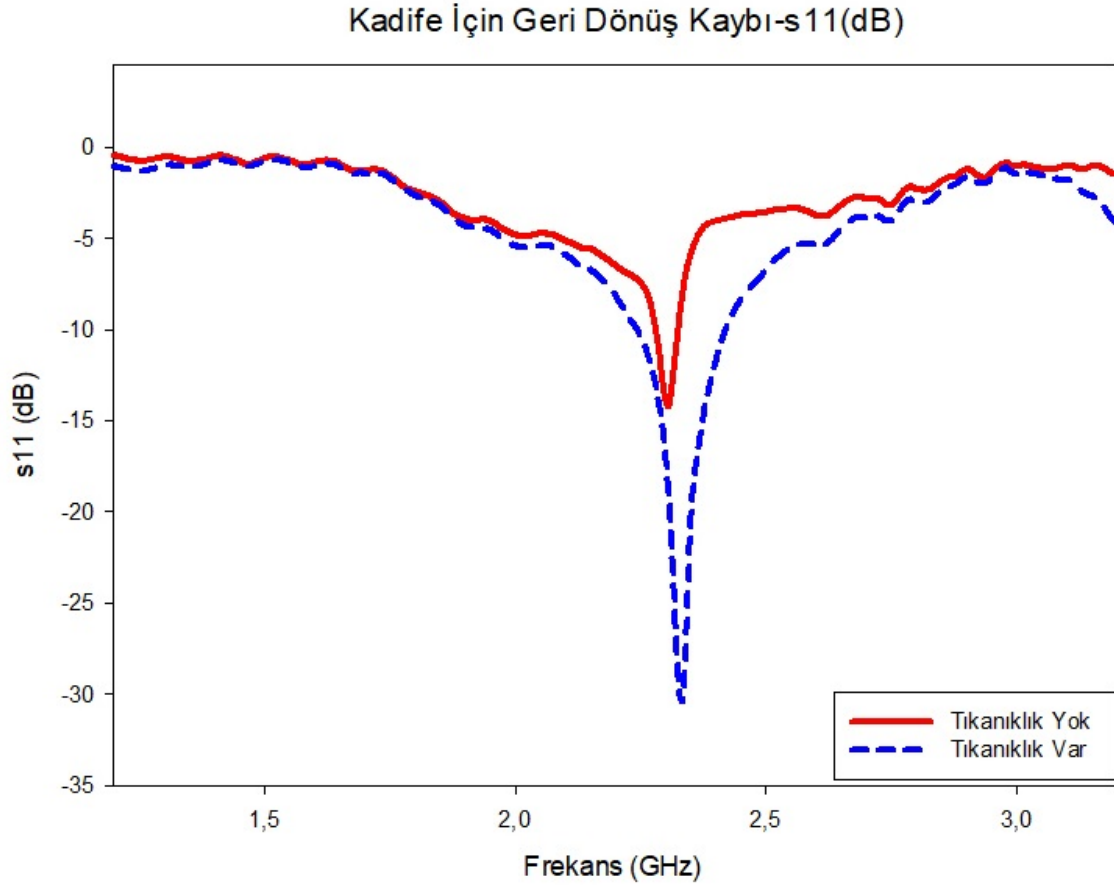
Kot tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin ölçüm sonuçlarına göre S_{11} parametrelerindeki değişimler aşağıdaki grafik de gösterilmiştir. İstenilen frekansa yakın değerlerde rezonansa girmesi ve bariz farklılıkların olması kot tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin yapılan çalışma için uygun bir anten olduğu görülmüştür.



Şekil 5.27. Uygulama sonucu için kot tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S_{11} grafiği

5.3.2. Kadife Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S_{11} Değerleri

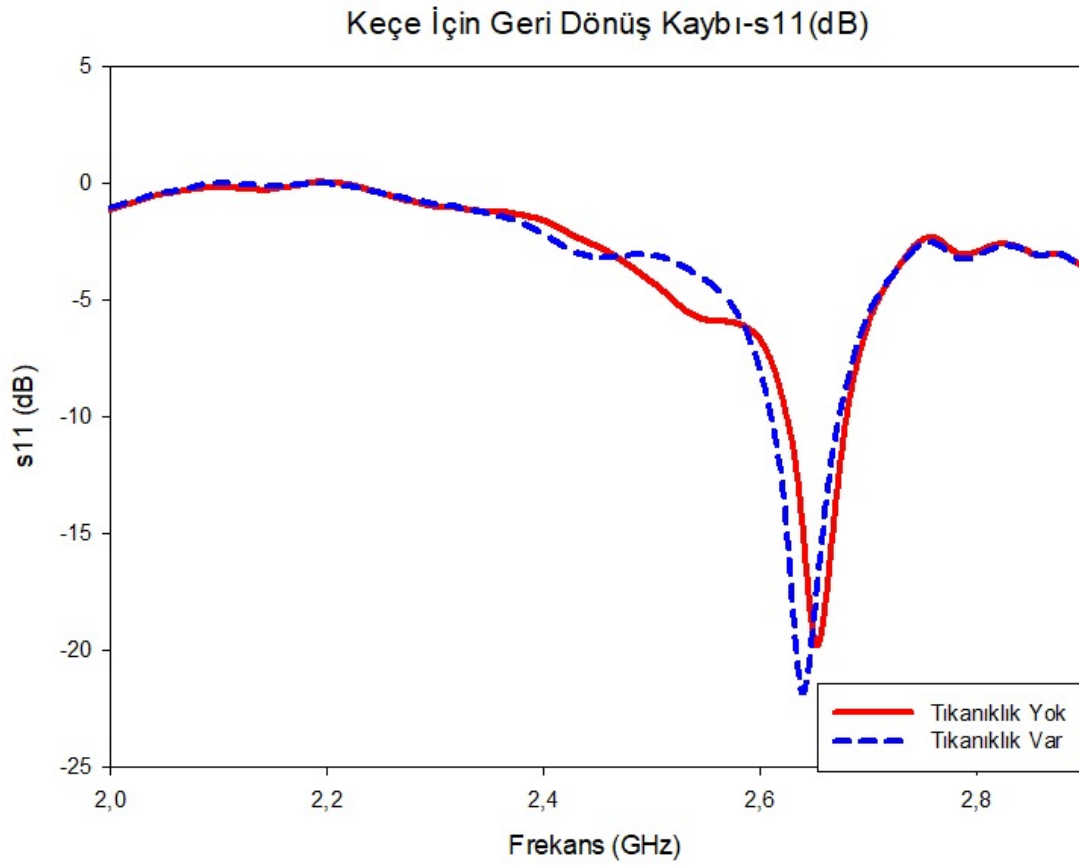
Kadife tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin ölçüm sonuçlarına göre S_{11} parametrelerindeki değişimler aşağıdaki grafik de gösterilmiştir. Tam olarak istenilen frekansta rezonansa girmesi ve aynı zamanda bariz farklılığın olması kadife tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin yapılan çalışma için uygun bir anten olduğu net bir şekilde görülmüştür.



Şekil 5.28. Uygulama sonucu için kadife tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S₁₁ grafiği

5.3.3. Keçe Tabanlı Selçuklu Yıldız Şekilli Antenin Uygulama Sonuçlarına Göre S₁₁ Değerleri

Keçe tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin ölçüm sonuçlarına göre S₁₁ parametrelerindeki değişimler aşağıdaki grafik de gösterilmiştir. İstenilen frekansa yakın değerde rezonansa girmektedir fakat kot, kadife tabanlı antenlere göre bariz farklılıkların olmaması keçe tabanlı Selçuklu yıldız şekilli antenin yapılan çalışma için uygun olduğu fakat kot ve kadife tabanlı antenlere göre iyi bir sonuç vermediği görülmüştür.



Şekil 5.29. Uygulama sonucu için keçe tabanlı antenin tıkanıklık durumuna göre S_{11} grafiği

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerine göre en büyük ölüm oranına sahip neden olarak dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıklar olduğu belirlenmiştir. Bu dolaşım sisteminden kaynaklı hastalıkların içindeki en büyük pay ise kalp rahatsızlıklarına bağlı nedenler yer almaktadır. Bu nedenle kalp rahatsızlıkları önceden tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu istatistikleri göz önüne aldığımızda günümüz teknolojisinde kullanılan kalp damar tıkanıklığının tespitinde kullanılan EKG, MRG ve KAG gibi cihazlara alternatif aramaktadırlar. Bu bağlamda düşük maliyetli, hafif, boyut olarak ufak olması gibi avantajlarından dolayı mikroşerit antenler üzerinde çalışmalar başlamıştır ve hala daha devam etmektedir.

Alternatif aramalar bizim çalışmamızın temeli oluşturmaktadır. Bizde çalışmamızda, kalp damar tıkanıklığını tespit edebilmek adına tekstil tabanlı giyilebilir Selçuklu yıldızlı antenler önerilmektedir. Tekstil taban olarak kot, kadife, keçe kumaş üzerine tasarlanmış Selçuklu yıldız şekilli mikroşerit antenlerin simülasyonu ve üretimi yapılmıştır. Çalışmamızı Selçuklu Devletine başkentlik yapmış olan Konya ilinde gerçekleştirdiğimizden dolayı atıf ve bunu belirtmek için yama olarak 8 köşeli Selçuklu yıldızı kullanılmıştır.

Antenlerin tasarımları ve kalp damarının tıkanıklık durumları HFSS programı üzerinden simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon ortamında tasarlanan antenlerin damarın tıkanık olma ya da olmama durumları incelenmiş ve S_{11} , elektrik alan, kazanç değerleri elde edilip sonuçları değerlendirilmiştir. Simülasyon ortamında elde edilen değerlerin tıkanıklık olma ve olmama durumlarındaki farklılıkların olması bu antenlerin tasarımını yapılabileceği ve simülasyon sonuçlarına göre kalp damar tıkanıklığını tespit edilebilir olduğu belirlenmiştir.

Üretimini yaptığımız antenlerin simülasyonda yaptığımız gibi gerçek ölçümler yaparken de bir kalp dokusu benzetimi yapılmıştır. Kalp dokusunu benzetimini yaparken literatürden elde ettiğimiz deri, yağ, kas ve kalp dokusunun dielektrik değerini elde etmek için gerekli fantomlar hazırlanmıştır. Bu fantomlar daha sonra birbirlerine karışmayacak şekilde aralarında streç film konularak birleştirilmiştir ve ölçüme hazır hale gelmiştir. Ölçümler sırasında her bir antenin ayrı ayrı VNA yardımıyla boştaiken, tıkanıklık yokken ve tıkanıklık varken S_{11} parametreleri ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır.

S_{11} parametrelerindeki tıkanıklık olması ve olmaması durumunda farklılık olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, simülasyon ortamında tasarlanan ve üretilen giyilebilir antenlerin ölçülen parametre değerleri göz önüne alındığında kalp damar tıkanıklığının tespit etmek için kullanılabilir olduğu gözlenmiştir.

6.2 Öneriler

Yapılan çalışmada önerilen giyilebilir antenlerin tıkanıklığı tespit etmesi normal temiz bir damar ile tıkanıklık oluşmuş damar arasındaki dielektrik değerlerinin farklı olma prensibine dayanmaktadır. Çalışmada sağlıklı ve tıkanıklık bulunan damarın ölçülen elektrik alan değerleri arasında fark olursa antenimiz iyi bir şekilde çalıştığını söyleyebiliriz.

Farklılıkları daha net ortaya koymak adına farklı taban malzemeleri üzerinde çalışmalar ya da farklı tip yamalar kullanılabilir. Ölçüm yapılan yerlerin yalıtılmış ve elektromanyetik girişimden uzak olması gerekmektedir bunun için girişimler en aza indirilmelidir. Aynı zamanda kazanç ve yönlülük ile ilgili anten performansları geliştirilebilir ya da anten tasarımlarında ilave olarak YSA kullanılabilir.

Çalışmaya elektrik alan değeri ve S_{11} değerlerine ek olarak manyetik alan değerleride ölçülüp gerekli yorumlamalar yapılabilir. Ölçüm sırasında hazırlanan fantomların çok fazla sıvı olması ölçümü zorlaştırdığından dolayı, literatürden farklı fantom teknikleri araştırılması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abubakar, A., Van den Berg, P.M., Mallorqui, J.J. (2002). Imaging of biomedical data using a multiplicative regularized contrast source inversion method. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 50: 1761–1771
- Ağçal C, Tanrıverdi H. *Kardiyoloji Uygulamaları*. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri; 2003:1-11.
- Akalya, C., & Nandalal, V. (2017). On-Body Adhesive Microstrip Antenna for Wearable Application. *International Journal of Communications*, 2.
- Albarraqdar, O. H. M., *Giyilebilir Uygulamalar İçin Eşit Yama Alanına (EYA) Sahip Tekstil Dielektrik Malzeme Tabanlı Mikroşerit Antenlerin 2.4, 3 ve 5.8 Ghz Frekanslarındaki Performansları*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2018.
- Alkhaibari, A., Sheta, A. F. ve Elshafiey, I., 2017, Notched anti-podal Vivaldi antenna for biomedical applications, Modeling, Simulation, and Applied Optimization (ICMSAO), 2017 7th International Conference on, 1-4.
- Alpman, A., *Elektrokardiyogram (EKG)*, <https://ahmetalpman.com/elektrokardiyogram-ekg/> [Ziyaret Tarihi: 26 Mayıs 2021]
- Alsharif, F.A.F. (2019). Determination Of The Breast Cancer Tumor Diameter Using Wearable Ultra Wide Band Microstrip Antenna, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, SAMSUN
- Ataş, İ. (2019). Yüksek Kazançlı Mikroşerit Antenlerin HFSS İle Modellenmesi Ve Tasarımı (Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Balanis, C. A., 2005, *Antenna Theory*, Hoboken, *New Jersey: John Wiley & Sons, Inc*, 8, 21-31.
- Bozdağ, G., *Novel Microstrip Antennas for Multiband and Wideband Applications*, M.S. Thesis, Electronics and Communication Engineering, İzmir Institute of Technology, July 2014
- Civelek, A., *Koroner Arter Hastalığı*, <http://www.alicivelek.com/koroner-arter-hastaligi-ve-koroner-baypas-cerrahisi>:
- Çalışkan, R., Gültekin, S.S., Uzer, D., Dünder, Ö. (2015). A Microstrip Patch Antenna Design for Breast Cancer Detection . 195, 2905 – 2911.
- Demir, Ö. (2013). Koroner Anjiyografi ve Perkütan Transluminel Koroner Angioplasti İşlemi Öncesi Uygulanan Progresif Kas Gevşeme ve Müzik Dinlemenin Bireylerin Anksiyete Düzeylerine Olan Etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

- Deschamps, G. A. ve Sichak, W., 1953, Microstrip microwave antennas, *3rd USAF Symposium on Antennas*, 103-105.
- Dodge, J. T., Brown, B. G., Bolson, E. L. ve Dodge, H. T., 1992, Lumen diameter of normal human coronary arteries. Influence of age, sex, anatomic variation, and left ventricular hypertrophy or dilation, *Circulation*, 86 (1), 232-246.
- Erdem, A., Korener Anjiyografi (KAG), 2019, <https://www.alimerdem.com.tr/kardiyolojidetay.aspx?id=11&idkat=1> [Ziyaret Tarihi: 29 Mayıs 2021]
- Erol, C., Emar Hakkında Merak Edilenler, 2020, <https://www.medipol.com.tr/bilgi-kosesi/roportajlar> [Ziyaret Tarihi: 26 Mayıs 2021]
- Fear, E.C., Hagness, S.C., Okoniewski, P.M., Stuchly, M. (2002). Enhancing breast tumor detection with near-field imaging. *IEEE Microwave Magazine*, 3 (1), 48–56.
- Fişekçi, D. (2011). Keçe. İstanbul: İnkılâp Yayınları.
- Gabriel, C., 1996, Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies, KING'S COLL LONDON (UNITED KINGDOM) DEPT OF PHYSICS.
- Garg, R., 2001, Microstrip antenna design handbook, Artech house, p.
- Gleason KT, Davidson PM, Tanner EK, Baptiste D, Rushton C, Day J, et al. Defining the critical role of nurses in diagnostic error prevention: a conceptual framework and a call to action. *Diagnosis* 2017;4(4):201-10.
- Gutton, H. ve Baissinot, G., 1955, Flat aerial for ultra high frequencies, *French patent*, 703113.
- Huitema AA, Zhu T, Alemayehu M, Lavi S. Diagnostic accuracy of ST-segment elevation myocardial infarction by various healthcare providers. *Int J Cardiol* 2014;177(3):825-29.
- Introduction to Optimetrics (ANSYS HFSS for Antenna Design), 2015.0 Release, Ansoft Corporation, Pittsburgh, 15219, USA.
- Inum, R., Rana, M., Shushama, K.N., Quader, A. (2018). EBG Based Microstrip Patch Antenna for Brain Tumor Detection via Scattering Parameters in Microwave Imaging System. Volume 2018, Article ID 8241438, 12 pages
- İmer, Z. (1989). Dokuma Tekniği II. Ankara: Sistem Ofset Ltd. Şti.
- Joshi, J., Pattnaik, S. S., & Devi, S. (2013). Geo-textile based metamaterial loaded wearable microstrip patch antenna. *International Journal of Microwave and Optical Technology*, 8(1), 25-33.

- Kannan, P. M., & Palanisamy, V. (2012). Dual band rectangular patch wearable antenna on jeans material. *International Journal of Engineering and Technology*, 3(6), 442-446.
- Kınkoğlu, M., 2012, Kalp damarları hangileridir?, <http://www.doktormurat.net/makale/950/kalp-damarlari-hangileridir>: [Ziyaret Tarihi: 29.05.2021].
- Kumar, S. A. ve Shanmuganatham, T., 2014, Design of implantable CPW fed monopole H-slot antenna for 2.45 GHz ISM band applications, *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 68 (7), 661-666.
- Lim, E. G., Wang, Z., Leach, M., Zhou, R., Man, K. L., & Zhang, N. (2014). Compact size of textile wearable antenna. Paper presented at the Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists
- Mak, C.-L., Wong, H. ve Luk, K.-M., 2005, High-gain and wide-band single-layer patch antenna for wireless communications, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 54 (1), 33-40.
- Malkomes, M., 1982, Mutual coupling between microstrip patch antennas, *Electronics letters*, 18 (12), 520-522
- Meriç, B. (1988). Teknolojik Gelişme Sürecinde Fonksiyonel-Estetik İlişki Açısından Dokuma Kumaşların Tasarımı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 27-75 s.
- Özcan, İ., 2019, Sekiz Köşeli Selçuklu Yıldızı'nın Anlamı Nedir?, <https://www.rehbername.com/rehberce/sekiz-koseli-selcuklu-yildizinin-anlami-nedir> [Ziyaret Tarihi: 05.07.2021].
- Özden, M. (1989). Dokuma Kumaşlarının Kullanım Amacına Uygun Tasarımında Kullanılacak Bir Bilgisayar Program Paketinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi (Development of a Computer Package Program for the Design of Woven Fabrics According to Purpose of use, M. Sc. Thesis), Ege Üniversitesi, İzmir.
- Penard, E. ve Daniel, J.-P., 1982, Mutual coupling between microstrip antennas, *Electronics letters*, 18 (14), 605-607.
- Pozar, D. M. ve Schaubert, D. H., 1995, *Microstrip antennas: the analysis and design of microstrip antennas and arrays*, John Wiley & Sons, p.
- Sankaralingam, S., Dhar, S., Gupta, B., Osman, L., Zeouga, K., & Gharsallah, A. (2013). Performance of Electro-Textile Wearable Circular Patch Antennas in the Vicinity of Human Body at 2.45 GHz. *Procedia Engineering*, 64, 179-184.
- Sefer, O., 2009. Çevre Dostu Organik Denim Terbiyesinin Klasik Denim Terbiyesiyle Karşılaştırılması, Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 200 s.

- Seyirci, M. ve Topbaş, A. (1982). Keçecilik ve Batı Anadolu'daki Bazı Keçe Merkezleri. 2. Ulusal El Sanatları Sempozyumu Bildirileri - 18-20 Kasım 1982. İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Singh, N., Singh, A. K., & Singh, V. K. (2015). Design and performance of wearable ultrawide band textile antenna for medical applications. *Microwave and optical technology Letters*, 57(7), 1553-1557.
- Srinivasan, D., Gopalakrishnan, M. J (2019). Breast Cancer Detection Using Adaptable Textile Antenna Design. 43: 177. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1314-5>
- Surowiec, A.J., Stuchly, S.S., Barr, J.R., Swarup, A. (1998). Dielectric properties of breast carcinoma and the surrounding tissues. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 35: 257–263.
- Survase, S. C., & Deshmukh, V. V. (2013). Simulation and Design of Wearable Antenna for Telemedicine Application. *Simulation*, 2(5).
- Şahin, B., 2017. Kot kumaş üretimi & kalite, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Ortak Programı, Kahramanmaraş.
- Top, R. (2017). Kalp Rahatsızlığı Parametrelerinin Tespitine Yönelik Bir Verici Mikroşerit Anten Tasarımı Ve Uygulaması (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Top, R., Gültekin, S.S., Uzer, D. (2017). Modeling Congestion of Vessel on Rectangular Microstrip Antenna and Evaluating Electromagnetic Signals . 25th Signal Processing and Communications Applications Conference,(SIU).
- Top, R., Ünlü, Y., Gültekin, S.S., Uzer, D. (2019). Microstrip Antenna Design with Circular Patch for Skin Cancer Detection, *Advanced Electromagnetics*, 8(2), 71-76.
- TUİK, “Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri” 2019, <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33710#>
- Uyanık, H., Uzer, D., Top, R., Gültekin, S. S., & 2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). (October 22, 2020). Determination of Cardiovascular Occlusion with Microstrip Antennas. 1-4.
- Uzer, D. (2016). Geniş Band Mikro Şerit Yama Anten Tasarımları İçin Uygun Yöntemlerin Araştırılması (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yakartepe, M., & Yakartepe, Z. (1995). Tekstil teknolojisi: elyaf'tan kumaş'a: TKAM.
- Yılmaz, E., Kasilingam, D. P., & Notaros, B. M. (2008). Performance analysis of wearable microstrip antennas with low-conductivity materials. Paper presented at

the Antennas and Propagation Society International Symposium, 2008. AP-S 2008. IEEE.

Yilmaz, T., Foster, R. ve Hao, Y., 2014, Broadband tissue mimicking phantoms and a patch resonator for evaluating noninvasive monitoring of blood glucose levels, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 62 (6), 3064-3075.

