



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**DOĞRUSAL KUTUPLU
ANTENLER KULLANILARAK
KEMİK KIRIKLARININ TESPİT
EDİLMESİ**

Yusuf Cihan YEL

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

HAZİRAN 2021





**DOĞRUSAL KUTUPLU ANTENLER KULLANILARAK KEMİK
KIRIKLARININ TESPİT EDİLMESİ**

Yusuf Cihan YEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2021

Yusuf Cihan YEL tarafından hazırlanan "DOĞRUSAL KUTUPLU ANTENLER KULLANILARAK KEMİK KIRIKLARININ TESPİT EDİLMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Oğuzhan AKGÖL

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Başkan: Doç. Dr. Mehmet BAKIR

Bilgisayar Donanımı Ana Bilim Dalı, Yozgat Bozok Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi. Vedat ÖZKANER

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 22/06/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza
Yusuf Cihan YEL
22/06/2021

DOĞRUSAL KUTUPLU ANTENLER KULLANILARAK KEMİK KIRIKLARININ
TESPİT EDİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Yusuf Cihan YEL

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2021

ÖZET

Antenler günümüzde kullanımı oldukça yaygınlaşan ve elektromanyetik dalgalar yayarak haberleşen cihazlardır. Hemen hemen her alanda yaygınlaşarak, hayatın büyük bir alanında kendilerine yer edinmiştir. İletişim, radar veya çeşitli ölçümler gibi birçok uygulamada kullanılan anten türleri vardır [1]. Tüm bunların yanı sıra; artık antenler medikal alanda da kullanılarak tıbbi cihazlar arasında yerini almaktadır. Medikal görüntüleme alanında, doku üzerinde tümör veya hasar gibi birçok olgunun tespit edilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü antenler iletme ve alma birimleri olarak her iki giriş-çıkış sinyalleri modunda görev alarak çalışabilir [2]. Antenlerin hepsi bu mantıkla çalışmış olsa da, kullanım alanlarına göre kimlikleri de farklılık gösterir. Çünkü antenler, kendi içinde özelliklerine ve kategorilerine göre ayrılırlar.

Bu çalışmada da Horn (Huni) anten ve Patch (Mikroşerit) antenler kullanılmıştır. Bu iki anten farklı kategorilerde yer almaktadır. Huni anten, yönlü antenler kategorisinde yer alırken; mikroşerit antenler ise çok yönlü antenler kategorisinde yer almaktadır. Her iki antende kendi özdeşiyle birlikte haberleştirilmiş ve aralarında kemik yapısı yerleştirilmiştir. Parametreler bu şekilde kaydedildikten sonra kemik yapısında kırıklar meydana getirilmiş ve antenler arasına yerleştirilerek antenler yeniden haberleştirilmiştir. Elde edilen parametreler yeniden kaydedilerek ilk duruma göre farkları tespit edilmiştir. Bu ayırım yapıldıktan sonra hangi antenin bu çalışma için kullanılacağına karar verilmiştir. Bu çalışmalar gerçekleştirilirken elektromanyetik simülasyon programı olan “CST Studio Suite” programı kullanılmıştır. Bu program, Sonlu integrasyon temelli bir simülasyon programıdır.

Antenlerin oluşturulması bu program üzerinde gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan antenlerin simülasyonu bu program üzerinde gerçekleştirilmiş ve kaydedilmiştir. Sonuç olarak; her iki anten için de nümerik sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma için uygun olan anten seçilmiştir. Ayrıca, antenler arasına yerleştirilen bu kemik dokusunun; S11 parametresini, antenin yönlülüğünü, kazancını ve buna bağlı olarak da 3 boyutlu ışına görüntüsünü değiştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anten, Elektromanyetik Dalga, Medikal Görüntüleme, Doku, Kemik

Sayfa Adedi: 75

Danışman: Doç. Dr. Oğuzhan AKGÖL

DETECTION OF BONE FRACTURES USING LINEARLY POLARIZED ANTENNAS
(M. Sc. Thesis)

Yusuf Cihan YEL

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

June 2021

ABSTRACT

Antennas are devices that are widely used today and communicate by emitting electromagnetic waves. It has become widespread in almost every field and has taken a place in a large area of life. There are antenna types used in many applications such as communication, radar or various measurements [1]. Besides all these; Now, antennas are also used in the medical field and take their place among medical devices. It has started to be used in the field of medical imaging to detect many cases such as tumor or damage on the tissue. Because antennas can operate in both input-output signal modes as transmitting and receiving units [2]. Although all of the antennas worked with this logic, their identities also differ according to their usage areas. Because antennas are divided according to their characteristics and categories.

In this study, Horn antenna and Patch (Microstrip) antennas were used. These two antennas fall in different categories. While the horn antenna is in the directional antennas category; microstrip antennas are in the category of omnidirectional antennas. Both antennas are communicated together with their identities and the bone structure is placed between them. After the parameters were recorded in this way, fractures were created in the bone structure and the antennas were re-communicated by placing them between the antennas. The obtained parameters were re-recorded and their differences compared to the initial situation were determined. After making this distinction, it was decided which antenna will be used for this study. While carrying out these studies, the electromagnetic simulation program "CST Studio Suite" was used. This program is a finite integration based simulation program.

The creation of the antennas was carried out on this program. The simulation of the created antennas was carried out and recorded on this program. As a result; Numerical results for both antennas are compared with each other. According to the results, the antenna suitable for the study was selected. In addition, this bone tissue placed between the antennae; It was determined that it changed the S11 parameter, the direction and gain of the antenna and accordingly the 3-dimensional radiation image.

Key Words : Antenna, Electromagnetic Wave, Medical Imaging, Tissue, Bone

Paper : 75

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Oğuzhan AKGÖL

TEŞEKKÜR

Gerek ders döneminde, gerekse de tez döneminde sabırla ve umutla bana yardımcı olan, yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde bana bir rehber gibi davranan ve kendisine danıştığımda bana bir danışmandan öte davranan danışman hocam Doç.Dr.Oğuzhan AKGÖL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte yanımda olan arkadaşlarıma ve onların bana verdiği her türlü desteğe minnettarım. Elbette ki en başından beri maddi ve manevi olarak yanımda duran, yorulduğumda bana her anlamda destek veren ve her zaman bunu hissettiren sevgili AİLEM'e de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. ANTENLER	8
3.1. Horn (Huni) Antenler.....	11
3.2. Patch (Mikroşerit Yama) Antenler	14
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER	18
4.1. Sayısal Yöntemler	18
4.2. Zaman Domaininde Sonlu Farklar Metodu.....	18
4.3. Sonlu Farklar Metodu	18
4.4. Sonlu Integrasyon Metodu (FIT).....	19
4.5. Ölçüm Cihazı	20
5. ARAŞTIRMA BULGULARI, TASARIM VE TARTIŞMA	21
5.1. Horn (Huni) Antenin Tasarımı ve Sonuçları	21
5.2. Patch (Mikroşerit Yama) Anten Tasarımı ve Sonuçları	45
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR.....	72

DİZİN75



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Kullanılan huni anten ve kemik yapısında meydana gelen kırıklar için simülasyonparametreleri.....	42
Çizelge 5.2. Tasarlanan huni antenin dalga kılavuzu ölçüleri	43
Çizelge 5.3. Tasarlanan huni antenin ön yüz ölçüleri	43
Çizelge 5.4. Ön yüz ve dalga kılavuzu birleştirilirken ayarlanan düzgünlük oranı	43
Çizelge 5.5. Dış katmanın oluşturulması için iç kısım incelik ölçüsü	43
Çizelge 5.6. Kemikte meydana gelen kırık tipleri, bölgeleri ve kemik boyutu	44
Çizelge 5.7. Mikroşerit yama antenin Ground parçasının oluşturulmasındaki ölçüler (X -Dimension)	64
Çizelge 5.8. Mikroşerit yama antenin dielektrik parçasının ölçüleri	64
Çizelge 5.9. Mikroşerit yama antenin iletken kısmı olan Antenna parçası	65
Çizelge 5.10. Mikroşerit yama anten Transmission bölgesi ölçüleri.....	65
Çizelge 5.11. Mikroşerit yama antenin iletken bölümdeki ek parçaların ölçüleri	65
Çizelge 5.12. Simülasyonda kullanılan kemik yapısı ve hasarlı bölgeler.....	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3. 1.Antenden çıkan bir mikrodalganın yayılım grafiği	10
Şekil 3.2.İzotropik anten	11
Şekil 3.3.Circular (Dairesel Konik) huni anten	13
Şekil 3.4.Piramitsel huni anten	13
Şekil 3.5.Şekillerine göre huni antenlerin adlandırılması.....	14
Şekil 3.6.Mikroşerit antenin yapısı	14
Şekil 3.7.Mikroşerit antende saçaklanma olayının meydana gelmesi	15
Şekil 3.8. Simülasyonda tasarlanmış mikroşerit yama anten örneği	16
Şekil 3.9. Mikroşerit anten ışınma örüntüsü	16
Şekil 3.10. Mikroşerit anten ve uçaklarda kullanımı	17
Şekil 3.11. Mikroşerit antenin askeri uçaklarda ve mühimmatlarda kullanımı	17
Şekil 4.1. Vector Network Analiz cihazı	20
Şekil 5. 1.Tasarlanan huni anten	21
Şekil 5.2.Tasarlanan huni antene ait S11 parametreleri.....	22
Şekil 5.3. İki kapılı devre modeli.....	23
Şekil 5.4. Tasarlanan antenin 8.659 Ghz'deki yayılımı	24
Şekil 5.5. Tasarlanan antenin 9.91 Ghz'deki yayılımı	25
Şekil 5.6. Tasarlanan antenin 8.659 ve 9.91 Ghz'deki polar görünümü	26
Şekil 5.7. İki eş huni antenin karşılıklı olarak simülasyonu	27
Şekil 5.8. Karşılıklı antenlerin birbirleri arasında oluşturduğu S11 ve S12 parametreleri	28
Şekil 5.9. Karşılıklı antenler arasına yerleştirilen sağlam kemik yapısı	29
Şekil 5.10. Kemik yapısı antenlerin arasındayken elde edilen S11 parametreleri.....	29
Şekil 5.11. Kemik yapısı antenlerin arasındayken elde edilen S12 parametreleri.....	30
Şekil 5. 12. Yayılımın en düşük olduğu 1.46 Ghz frekansından-ki Farfield görüntüsü .	31

Şekil	Sayfa
Şekil 5.13. Yayılmının en yüksek odluğu 6.80 Ghz frekansındaki Farfield görüntüsü.....	32
Şekil 5.14. Kemik yapısında kırık meydana gelmesi.....	33
Şekil 5. 15. Antenler arasındaki kemik yapısında kırık varken S11 ve S12 parametreleri	33
Şekil 5.16. Kemik yapısı iki taraftan da kırıkken	34
Şekil 5.17. Kemiğin iki kısmında da kırılma meydana geldiğindeki parametreler	35
Şekil 5.18. Huni antenler arasındaki kemiğin 4 bölgesinde kırık oluşması.....	36
Şekil 5.19. İncelenen duruma göre oluşan saçılma parametreleri	37
Şekil 5.20. Kemik yapısında meydana gelen humerus kırığı.....	39
Şekil 5.21. Humerus kırığına ait saçılma parametreleri.....	40
Şekil 5.22. Humerus kırığı 9.91 Ghz değerindeyken Farfield görüntüsü	41
Şekil 5.23. Humerus kırığı 9.91 Ghz değerindeki polar görüntüsü	41
Şekil 5.24. Tasarlanan Patch anten görüntüsü	45
Şekil 5.25. Tasarlanan patch antenin S11 parametresi	46
Şekil 5.26. En iyi frekans değeri 2.4 Ghz noktasındaki antenin Farfield görüntüsü	47
Şekil 5.27. Işımanın en kötü olduğu frekans bölgesindeki Farfield görüntüsü	47
Şekil 5.28. Eş iki Patch antenin karşılıklı olarak ışımalarının sağlanması	48
Şekil 5.29. Patch antenler karşılıklı ışıma yaparken S11 ve S12 parametreleri	49
Şekil 5.30. Patch antenler karşı karşıyayken 2.4 Ghz'deki Farfield görüntüsü	50
Şekil 5.31. Patch antenler karşılıklıyken en kötü yayılım değeri 1.056 Ghz'deki Farfield görüntüsü.....	51
Şekil 5.32. İki patch anten arasına yerleştirilmiş sağlam kemik yapısı	52
Şekil 5.33. Arada kemik yapısı varken antenlerin S11 ve S12 parametreleri.....	53
Şekil 5.34. Aradaki kemik tek yerden kırıkken patch antenler arasındaki kemik yapısı	54
Şekil 5.35.Oluşturulan yapının S11 ve S12 parametreleri	55

Şekil	Sayfa
Şekil 5.36. Kemik yapısındaki kırık mesafesinin arttırılması.....	55
Şekil 5.37. Sağlanan duruma göre S11 ve S12 parametreleri.....	56
Şekil 5.38. Aradaki kemik yapısı 3 farklı yerden kırıldığı zaman	57
Şekil 5.39. Kemik 3 yerden kırıldığında patch antenler arasındaki S11 ve S12 parametreleri	57
Şekil 5.40. Kemik yapısı 3 yerden kırıldığında 2.4 Ghz'deki Farfield görüntüsü	58
Şekil 5.41. Kemik yapısının belirli bölgelerinde 4 kırık meydana geldiği zaman ki durum	59
Şekil 5.42. Simülasyona ait saçılım parametreleri.....	60
Şekil 5.43. Simülasyona ait 2.4 Ghz'deki Farfield görüntüsü.....	60
Şekil 5.44. Patch antenler arasındaki humerus kırığı.....	61
Şekil 5.45. Humerus kırığı varken saçılım parametreleri	62
Şekil 5.46. Humerus kırığı varken Farfield görüntüsü	62
Şekil 5.47. Hünri antenler arasında meydana gelen humerus kırığı.....	63
Şekil 5.48. Port ataması için patch anten üzerinden seçilen "Transmission" hattı	66
Şekil 5.49. Port atamasının yapılması.....	66
Şekil 5.50. Port hesaplamasının yapılması	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu kısımda kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

B

Manyetik Akı Yoğunluğu

dB

Desibel

E

Elektrik Alan Şiddeti

ϵ

Dielektrik Sabiti

μ

Manyetik Geçirgenlik

S1,1

Yansıma Katsayısı

S2,1

İletim Katsayısı

Tan Δ

Tanjant Kaybı

Kısaltmalar

Açıklamalar

BW

Bant Genişliği

EBG

Elektromanyetik Bant Genişliği

EM

Elektromanyetik

FEM

Sonlu Elemanlar Metodu

FDTD

Zamanda Sonlu Farklar Metodu

FIT

Sonlu İntegrasyon Tekniği

GHZ

Gigahertz

RF

Radyo Frekans

PEC

Mükemmel Elektrik İletken

UWB

Ultra Geniş Bant

1. GİRİŞ

Kablosuz iletişimle alakalı birçok alanda kullanılan antenler, medikal görüntüleme alanında da birçok yöntemle kullanılmaktadır. Bu görüntüleme teknikleri kullanılırken çeşitli antenler kullanılabilir. Klinik alanda uygulamak ve tıbbi görüntüleme sistemi geliştirmek için, bağlı olduğu ortam içinde mikrodalga antenin özelliklerini bilmek gerekir [3]. Böylece kullanılmak istenilen alana göre, kullanılması gereken anten veya antenlerin tasarlanması daha kolay olacaktır. Bu çalışmada kullanılması uygun özelliklere sahip olan antenler; Huni (Huni) anten ve Patch (Yama) anten olarak görülebilir. Çünkü görüntülemenin yapılmasının istendiği alan, medikal görüntüleme olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada yama antenler ve huni antenler kullanılarak, insan vücudu içindeki kemiklerin hasar alıp almadığının tespitini yapmak amaçlanmıştır. Günümüz medikal görüntüleme sistemleri olarak MR cihazları, Ultra-Sound cihazları ve röntgenle görüntüleme yöntemleri kullanılırken, bu çalışma sayesinde elektromanyetik dalgaların özelliklerinden faydalanarak görüntüleme tekniği hedeflenmektedir.

Elektromanyetik dalgalar, mikrodalga ve RF frekans bantlarının geniş yelpazesine bağlı olarak; insan vücudu ve dokuları üzerinde yüksek bir dağılım gösterir [4]. Elbette insan vücudu mükemmel bir iletken değildir fakat antenler arasındaki radyasyon gücü insan bedeni tarafından emilmekte ve böylece dağılım göstermektedir [5]. Bu dağılımı incelemek için kullanılan antenlerin UWB anten olması önceliğimiz olacaktır. Öyle ki UWB antenlerinin son zamanlarda tıbbi uygulamalar için tercih edilmesi de ilginçlik uyandırmıştır, hatta bu tip antenler meme kanseri için mikrodalga görüntülenmesinde kullanılmaktadır [6]. Böylece vücuda saniyeden daha az bir sürede ve düşük güçte kısa mikrodalga darbeleri gönderilerek, sağlık dokuları arasındaki dielektrik kontrastın farklılaşmasını anlamak amacıyla saçılmaları incelenir [7].

Bu çalışma için özellikle mikrodalga uygulamasının seçilmesinin sebebi; hem MR Cihazlarının görüntülenmesine göre potansiyel olarak daha az maliyetli olması [8], hem de X-Işınları ile yapılan röntgen görüntülenmesine göre daha zararsız olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü doku içinde bir zedelenme tespiti yapılırken, aynı bölgeye sürekli X-Işınlarının gönderilmesi; insan vücudu açısından zararlı olacaktır. Fakat vücuda mikrodalga bandında olan elektromanyetik dalgaların gönderilmesi, iki anten arasındaki

etkileşimle gözlemlenebilecek ve dalgaların iletimleri sırasında, vücut içindeki bozuklukları doldurup doldurmadığı, vücudun dielektrik kontrastı farkını saptayıp saptamadığı gözlemlenecektir.

Antenlerin tüm element özellikleri göz önünde bulundurulduğunda (gönderici ve alıcı antenler, gönderilen sinyal, alınan sinyal, iletim parametreleri ve mikrodalgaların gösterdiği yayılım) her birinin ayrı ayrı tetkik ederek, değişimlerini gözlemleyerek ve elde edilen verilerin ne oranda farklılık oluşturduğu üzerinde tespitlerde bulunularak; incelemeler gerçekleştirilir.

Aşamalarıyla birlikte;

- İletici anten geniş bant sinyalini iletir,
- İletilen sinyal alıcı antenle paylaşılır,
- Alınan bu sinyal kaydedilir,
- İletici ve alıcı anten arasındaki sinyallerin yol gecikmeleri üzerinde incelemeler gerçekleştirilir [9].

Giriş kısmında tezin amacı, probleme yönelik çözümü, sağladığı faydalar ve araştırma boyunca yapılacak çalışmalar için nasıl bir yol izleneceğinden bahsedilmiştir.

Bölüm 2’de yer alan önceki çalışmalar kısmı için literatür taraması yapılmış ve bu çalışmalar kaynaklarıyla birlikte belirtilmiştir.

Bölüm 3’de yer alan Materyal ve Yöntemler kısmında ise; bu çalışma yapılırken araştırma boyunca başvurulan yöntemlerden bahsedilmiş ve çalışmanın simülasyon üzerinde nasıl gerçekleştirildiği, tasarlanmak istenen antenlerin nasıl oluşturulduğundan bahsedilmiştir.

Bölüm 4’te yapılan araştırmaya ait bulgulara, uygulanmasına ve tartışma kısmına yer verilmiştir. Burada kullanılan huni ve yama antenler, nasıl tasarlandıkları, simülasyon ortamında çalıştırılmaları ve somut halde uygulamalarına ayrıntılı şekilde yer verilmiştir.

Ek olarak; antenlerin kemikler ve kırıklar üzerindeki etkisinin deneysel ve sayısal olarak gösterilmiş, simülasyon ve deneysel sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Bölüm 5’te Sonuç ve Önerilere yer verilmiş olup; araştırma nihayetinde elde edilmiş olan sonuçlara, çalışma esnasında baz alınan yöntemlere ve buna ilişkim yorumlara yer verilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Huni ve Mikroşerit antenler günümüz teknolojisinde çok yaygın kullanım alanlarına sahiptirler. Maliyetleri daha azdır ve antenlerin her alandaki kullanımını gittikçe arttığı için uygulamalarda kullanımları konusunda herhangi bir güvensizliğe rastlanmamıştır. Elektromanyetik dalgaların, hayatımızı kolaylaştırmak için kullanılması; antenlerle daha kolay sağlanmaktadır. Çünkü elektromanyetik dalgalar, insan vücudunda görüntüleme amacıyla kullanıldığı zaman, etki ettiği alanı bir harita olarak kullanır ve böylece yayılım gösterir. Kısacası bu şekilde yapılan tespit yöntemi için, mikrodalgaların; vücudun elektriksel özelliğinden faydalanarak oluşturduğu dağılım haritasıdır. Aşağıda da antenlerin medikal alanda görüntüleme ve tespit çalışmalarıyla alakalı bazı çalışmalara yer verilmiş ve bu antenlerin özellikleriyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

2013 yılında Saaed Latif ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; özel tıbbi görüntülemeler için huni anten tasarımı yapılmış ve bu tasarımı yapılan anten ile elektromanyetik enerjinin meme dokularına, oldukça verimli bir şekilde bağlanması sağlanarak meme kanseri üzerinde teşhis çalışmaları yapılmıştır. 1,5 Ghz ve 5 Ghz arasında geniş bant aralığına sahip olan bu antenlerin kullanımı, kanola yağına batırılarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamandan bu bant aralığına sahip olan antenler radar tabanlı oldukları için, tıbbi görüntüleme açısından daha verimli oldukları bilinmektedir [10].

2016 yılında Siamak Sarjoghian ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; tıbbi görüntüleme sistemlerinin gerçekleştirilmesi için iki adet piramidel minyatür çift çıkıntılı antenler tasarlanmış ve bu mikrodalga antenlerinin tasarımı, simülasyonu ve analizleri oluşturulmuştur. Öneride buldukları bu antenin, uygulanabilirliği açısından en önemli özelliğinin yönlülük ve yüksek kazanç olduğunu düşündükleri için; 1,25 ve 2,47 Ghz arasında birbirleriye çalışmalarını sağlamışlardır. Bu şekilde belirlenen her iki RF anten 500 Mhz'den daha fazla bant genişliğine sahip olduğu için de UWB anten olarak gösterilebilirler. Bu şekilde tasarlanıp optimize edilen mikrodalga antenler elektromanyetik simülasyon programı olan CST-MWS'le tasarlanmıştır [11].

M.Fernando ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptıkları çalışmanın konusu; mikrodalga alanında ilerleyen tıbbi görüntüleme teknolojisinin standart zorunluluklarını tespit etmek ve bunları gidermek üzerine yapılan çalışmalarda bulunulmuştur. Bu araştırmaya göre;

monopol, vivaldi ve huni anten gibi farklı mikrodalga antenler bu teknoloji için tartışılmıştır. Söz konusu olan problemlere bu anten çeşitlerinin tasarımlarıyla birlikte çözüm önerileri ayrıntılı şekilde sunulmuştur [3].

2008 yılında X.Chen ve arkadaşları yaptıkları araştırmada; tıbbi uygulamalar amacıyla kullanılmak istenen birkaç UWB antenleri incelemişler ve Londra Üniversitesi'nden Queen Mary ve ekibiyle birlikte, elektromanyetikle alakalı konularda antenler üzerinde çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada UWB anten çeşidi olan; papyon ve huni antenler üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada; bu tip antenleri kullanarak kanser görüntüleme hedeflenmiştir [6].

R.Nilavalan ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptıkları çalışmanın amacı; 4-9,5 Ghz aralığında frekansları yaymak için bir patch anten tasarlayıp, bu antenden çıkan elektromanyetik dalgaları insanın meme dokusuna göndererek; meme kanseri tümörünü tespit etmektir. Simülasyonu, pratik ölçümleri, radyasyon düzeni ve geniş bant aralığına sahip olması amacıyla; önerdikleri antenin bu çalışma için uygun olduğu sonucuna da varılmıştır [9].

Amin M.Abbosh'un 2008 yılında yayımladığı makalede medikal görüntüleme için anten kullanılması şu şekilde açıklanmıştır; öncelikle belirlenen anten konik huni anten şeklindedir ve 3,1 Ghz frekans bandında çalışan anten 10,6 Ghz'den daha fazlasına yayılım gösterebilmektedir. 4dBi ve 11dBi arasında ise tepe kazancını barındıran ve yönerge radyasyonuna sahip olan bir antendir. Yapılan çalışmaya göre kullanılan bu anten; çok az yani ihmal edilebilir bir oranda bozulma göstermektedir, bunun da görüntüleme için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. İnsan vücudu çok katmanlı olduğu için, anten dalgalarının meme dokusunda yayılım yapması da incelenmiştir. Anten boş çalışma anında %90 oranında doğruluk faktörüne sahiptir ve sinyal insan vücudunda yayıldıkça, bu faktörün azaldığı gözlemlenmektedir. İnsan vücudu içindeyken bile çok büyük bir faktör oranı elde edilerek %70 oranında belirlenen bir değer ortaya çıkmış ve bu çalışma sonucunda bu sistemin biyomedikal alanlarında görüntüleme için uygun olduğu kanısına varılmıştır [12].

Nasir Ikbal ve arkadaşının 2017 yılında yaptıkları çalışmada mikrodalga görüntüleme amacıyla kullanılacak UWB Mikroşerit anten tasarımı oluşturulmuştur. 38x40 mm² boyutlara sahiptir ve aynı zamandan 1,6 mm kalınlığına sahip olduğu için maliyeti oldukça

düşük bir antendir. Tasarlanan bu anten 2,01 Ghz ile 7,64 Ghz aralığında çalışan bu antenin amacı meme kanserini tespit etmektir ve 9,4 dB’de maksimum kazanç sağladığı için mikrodalga görüntüleme için oldukça uygun bir anten olduğu sonucuna varılmıştır [13].

2019 yılında M.T.Islam ve arkadaşları meme kanserinin kadınlar üzerinde öldürücü etkisi olduğunun üzerinde durmuş ve bu sebeple kanserin ilerlemeden daha öncesinde bu tümörü tespit edecek bir anten geliştirmek istemişlerdir. Bu sebepten dolayı mevcut klinik görüntülemelere nazaran; daha ucuz maliyetli ve daha taşınabilir bir anten tasarlamışlardır. Tasarladıkları bu anten; kompakt, yan taraflarından yarıklı ve konik bir antendir.

Aslında bir Hürni anten çeşidi olduğu da söylenebilir. Mikrodalga görüntüleme için uygun olmasının sebebi; antenin yapısı itibariyle yan loblardan daha az ama ana lobdan ise kazancın yüksek olmasından dolayıdır. Böylece kullanılan anten direktif olarak radyasyon üretir ve verimliliği daha fazla olur. İnsan vücudunun hedef alanına mikrodalgalar gönderilir ve dokulardaki dielektrik özelliklerinin değişiklikleri ortaya çıkarılır. Tümör hücrelerinin dielektrik sabitleri daha yoğun su içerdiğinden dolayı, mikrodalga görüntüleme sayesinde tespit edilebilir. Bu çalışmanın amacı UWB tabanlı antenin kullanılarak mikrodalga görüntüleme yöntemiyle tümör hücrelerini tespit etmek ve hayat kurtarmanın önünü açmaktır [14].

2018 yılında Berenice Borja ve arkadaşları; son yıllarda mikrodalga görüntülemenin yaygınlaştığını gözlemlemiş ve mevcut görüntüleme sistemlerine göre ise birçok avantajı olduğunu öne sürmüştür. Bu çalışmaya göre, insanın biyolojik dokusuna mikrodalga darbeleri göndererek tümör tespiti yapılabilir. Bu yöntem uygulanırken de UWB tipi antenlerin kullanılması, yapıldıkları malzeme ve şekli çok önem göstermektedir. Çünkü çalışmaya göre mikrodalga darbe gönderimi için en ideal malzeme anten olmalıdır. UWB antenlerin yönlülükleri fazla olduğu için çalışmalarda büyük rol oynamaktadır. Tespit yapılırken doku üzerine atış yapan verici ve alıcı antenlerin parametre değişiklikleri, parametre değişiklikleri, yayılımları ve sayısal değerleri gön önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda bu çalışmada UWB yüksek yönlüklü sensörler alanındaki gelişmelere de genel bir bakış açısı sunulmuştur [7].

2018 yılında M.Paranthaman’ın yaptığı araştırma ve çalışmada tıbbi alandaki teşhis ve görüntüleme teknikleri üzerinde durularak, yeni cihazların kullanımlarına değinilmiştir. Bu

çalışma bize kanser hücrelerinin mikrodalga ile tespiti için 1,8 ve 2,50 Ghz frekans aralığında çalışan bir yama anten sunar. Bu yama anten kanser hücrelerinin tespiti için kullanılabilir. Kompakt yapıya sahip olan bu anten düşük profile sahiptir ve görüntüleme için oldukça iyi radyasyon özelliklerine sahip olduğu bu çalışmada gösterilmiştir [15].

2017 yılında Vanaja Selvaraj ve ekip arkadaşlarının yaptığı çalışmada mikrodalga görüntüleme sistemleri için 1,43-8,92 Ghz frekans aralığında ve 2,2-8,4 dBi yöneliminde çalışan mikroşerit yama anten tasarlanmıştır. Farklı frekanslarda kazancı, yönlülüğü, yansıma katsayısı ve radyasyon patern karakteristiğinin analizi yapılmıştır [16].

2014 yılında Radouane Karlı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yumuşak doku tümörlerini tespit etmek için mikrodalga görüntüleme sistemlerinden yararlanmış ve 2,68 Ghz'den 12,06 Ghz'e kadar çalışan Mikroşerit yama anten tasarlamışlardır. Bant aralığı üzerinde durulmuştur aynı zamanda bu anten oldukça iyi UWB özelliklere sahiptir ve yansıma katsayısı tıbbi görüntüleme için uygundur [17].

3. ANTENLER

Antenler günümüz teknolojisinde birçok alanda kullanılır ve kablosuz iletişimin vazgeçilmez oranda yaygınlaştığı bu dönemde oldukça büyük öneme sahiptir. İletişim, radar ölçümleri, elektromanyetik simülasyonlar ve uyumluluk ölçümleri gibi birçok uygulamalar için çeşitli anten çeşitleri mevcuttur [1]. Bugüne kadar olan anten çalışmalarında her zaman; boyutu küçültüp, radyasyonu arttırıcı imalatlar hedeflenmiştir [18]. Çünkü özellikleri keşfedildikçe, gündelik hayatta kullanımlarının da insan hayatını kolaylaştırıldığı görülmektedir. Antenlerin çalışma prensibi; verici antenden çıkan elektronların boşlukta hem elektrik alan hem de manyetik alan oluşturmasıyla alakalıdır. Sürekli değişen bu dalgalar uzay boşluğunda enine doğru yayılan elektromanyetik dalgalar olarak iletilir. Bu şekilde alıcı antene geçiş yapan dalgalar, bağlantıyı böyle sağlamış olur. Aynı zamanda bir antenin verici özelliği ile alıcı özelliği tam olarak aynıdır. Bu durum antenlerin “Karşılıklılık Özelliği” olarak tanımlanır. Yönleri ise; sinyalin antenden çıkış şekline bağlıdır. Vericiden çıkıp alıcıya doğru gelen elektromanyetik dalgalar, alıcı üzerinde bulunan elektronların ileri ve geriye doğru hareket etmesini sağlar, bu durum gitgide hızlanarak titreşim oluşturur ve bu titreşimlerde akımı meydana getirerek alıcı anten içinde yol alınmasını sağlar. Aynı zamanda antenler ve onların ölçümleri için kullanılan parametreler bulunmaktadır. Bunlar (Işıma Örüntüsü, Yönlülük, Hüzme Genişliği, Verimlilik, Kazanç, Kutuplanma, Empedans ve Bant Genişliği) şeklinde sıralanabilir.

Işıma Örüntüsü : Antenin yaydığı elektromanyetik şiddetin (buna antenin gücü de denilebilir), anten sabit bir uzaklıktaki açısal değişiminin gösterildiği grafikdir.

Yönlülük : Antenler ışımaya yaptıkları zaman maksimum ışımaya yaptıkları bir yön bulunmaktadır. Burada maksimum ışımaya yaptığı yöndeki güç yoğunluğunun, onunla aynı güçte olan bir izotropik antenin özdeş uzaklıkta oluşturduğu güç yoğunluğunun oranına yönlülük değeri denir.

Hüzme Genişliği : Eğer bir anten yönlü bir şekilde ışımaya yapıyorsa bu spektrumundaki maksimum ışımaya gücünün yarıya düştüğü yönler arasındaki açı; hüzme genişliği olarak ifade edilir.

Verimlilik : Antenin yaydığı ışığa gücüyle, antene uygulanan elektriksel gücünün birbirine oranına verimlilik denir. Işığa verimliliği olarakta bilinmektedir.

Kazanç : Antenin verimliliği ve yönlülüğünün çarpımı bize o antenin kazancını verir. Eğer anten kayıpsızsa bu antenin kazancıyla, yönlülüğü doğru orantılıdır. Antenlerin kazancı dB (desibel) olarak gösterilebilir eğer dBi şeklinde belirtilmişse bu o antenin izotropik antene göre olduğunu belirtir. Antenin kazancı uygulanan güce bağlı olarak çıkış gücünün artırılmasını sağlamaz. Çıkış gücünün belirli bir yöne doğru yönlendirmesini sağlar. Böylece ışığa gücü bazı yönler doğru azalmışken, tek bir yöne doğru artırılmış olur.

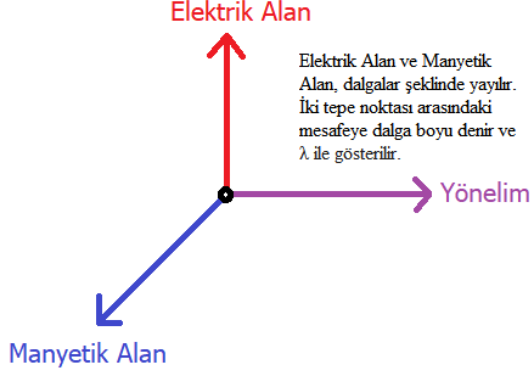
Herhangi bir antenin kazancıyla alakalı o antenin etki ettiği alanda söz konusudur. Buna “Antenin Etki Alanı” denir. Effective Area of an Antenna şeklinde ifade edildikleri için (A_e) kısaltmasıyla gösterilir. Işık hızı (c) ve frekans da (f) ile gösterilmiştir. Formülde yer alan λ (Dalga boyunu) ifade etmektedir. Antenin şekli, dış boyutlarıyla da alakalıdır ve ifade edildiği formül ise şu şekildedir.

$$G = (4\pi A_e)/\lambda^2 = 4\pi[f(A)e]/c^2 \quad (3.1)$$

Kutuplanma: Antenler ışığa yaparken elektrik alanın manyetik alana, manyetik alanında elektrik alana dönüşmesi şeklinde ışığa yaparlar. Elektrik alan vektörünün tipine de göre de 3 çeşit kutuplanma bulunmaktadır.

- a.) Doğrusal Kutuplama: Eğer elektrik alan yataysa; yatay kutuplanma vardır (Horizontal polarization) fakat elektrik alan dikey ise dikey kutuplanma (Vertical polarization) vardır.
- b.) Dairesel Kutuplanma: Bu kutuplanma çeşidi için sağ-el ve sol-el kuralı metodları geçerlidir. Elektrik alan vektörünün dönüş yönüne ve elektromanyetik dalganın gidiş yönüne göre sağ-el ya da sol-el kutuplanma metodu kullanılır. Baş parmak hareket eden vektörün yönünü, diğer parmaklar ise elektrik alan vektörünün dönme yönünü gösterir.
- c.) Eliptik Kutuplanma: Bu kutuplanma şeklinde elektrik alan vektörü elip çizerek hareket eder ve elektromanyetik dalganın yönü de söz konusu olarak yine sağ-el ve sol-el kutuplanma metodu kullanılarak bulunan kutuplanma çeşididir. Kutuplanma türünün ne olduğu fark etmeksizin bu kutuplama çeşidinde elektrik alan ve manyetik alan; elektromanyetik dalganın yayılma yönüne göre dik olarak 90 derecelik açıyla

bulunurlar. Bu ‘‘Düzlem Dalgası (Plane Wave)’’ olarak adlandırılır. Birbirine dik olan bu iki vektör w rad/s açısal hızında dönerler.

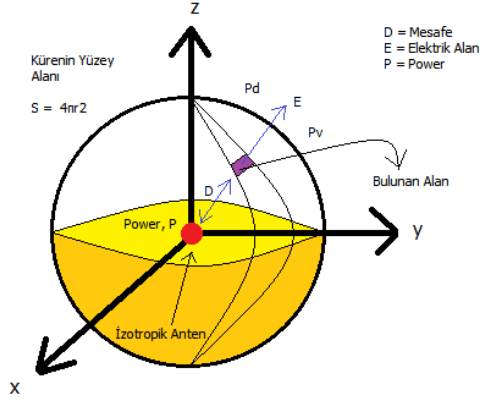


Şekil 3. 1. Antenden çıkan bir mikrodalganın yayılım grafiği

Empedans: Giriş empedansı, antenin besleme uçlarındaki gerilimin akıma oranlanmasıyla elde edilir. ($Z_A = V_A/I_A$). Antenlerde empedans eşleştirme denen durum da söz konusudur. Anten direnci üzerindeki kayıpları minimuma düşürüp, antenin verimliliğini arttırmak amacıyla; anteni besleyen iletim hattının karakteristik empedansı ile, anten empedansının aynı şekilde seçilmesiyle yapılır. Mesela; bir dipol antenin direnci aşağı yukarı 75 ohm'dur. Empedans eşleştirmesini yapmak içinse 75 ohm'luk aynı eksenli bir kuaksiyel kablo ile beslenmesi gerekir. Empedans uyumu bu şekilde sağlanmış olur.

Bant Genişliği: Antenin gerekli olan önemli derecede parametrelerinin kabul edildiği frekans aralığıdır.

Antenler genel olarak ‘‘İzotropik Antenler’’ ve ‘‘Çok Yönlü Antenler’’ ve ‘‘Yönlü Antenler’’ olmak üzere üç grupta incelenebilirler. İzotropik antenler; anten kazançlarının belirlenmesi için referans olarak kullanılan ve elektromanyetik dalga yayan teorik bir nokta kaynağıdır.



Şekil 3.2.İzotropik anten

Çok yönlü antenler; genel olarak keyfi veya yönü belirli olmayan dalgalar için kullanılan anten çeşitleridir. Zayıf veya kuvvetli dalgaları her yöne yaymak amacıyla kullanılırlar. Monopol ve dipol antenler çok yönlü antenlere örnek olarak verilebilirler.

Yönlü antenler ise; bu anten çeşitleri hüzme antenler olarakta bilinirler. Çok güçlü ışınım yapmaları ve almalarıyla bilinirler. Çünkü bu antenler sadece yönlendirildikleri yönler çok kuvvetli yayılım yaparlar, diğer taraflarda ise yayılım düşüktür. Böylece dışardan gelecek olan gürültüler de engellenmiş olur. Sadece sinyal gönderme de değil, yönlendirildikleri yerde sinyal almada da çok güçlüdürler.

Bu çalışmada yer alan Mikroşerit Yama Anten; çok yönlü antenler kategorisinde yer alırken, diğer çalışma ürünümüz olan Huni Anten ise yönlü antenler kategorisinde yer almaktadır.

3.1. Horn (Huni) Antenler

Huni ya da Boynuz anten olarak da bilinirler, tamamen metaldirler. Koni veya piramit şeklinde olup dalga kılavuzuyla beslenen antenlerdir. Huni antenler yönlü antenler kategorisinde yer alırlar ve yöneldikleri yöne doğru kuvvetli ışınım yaptıkları için gürültüden etkilenmezler, bu yüzden yönlendirilmedikleri taraflardaki ışınım güçleri oldukça azdır. Yayıdıkları elektromanyetik dalgalar alıcı anten tarafından da kuvvetli şekilde alınır. Bundan dolayı huni antenlerin kullanım alanları oldukça fazladır. Medikal görüntüleme, radar sistemleri, mikrodalga iletişim sistemleri, uydu iletişimleri, astronomik sistemler ve EMC (Elektromanyetik uyumluluk) ölçümleri gibi birçok alanda huni antenler kullanılmaktadır

[19]. 1960'lı yıllarda geniş bant sorununun karşılanması için dalga kılavuzlarını kullanma fikri öne sürülerek oluşturulmuşlardır [20]. Buldukları günden bu yana huni antenler bu yüzden teknolojide çok önemli bir yer kapmayı sağlamışlardır. Elbette birçok alanda kullanılan bu Huni antenlerin de uzaktan test edilmeleri gerekmektedir [21]. Çünkü kuvvetli ışımaya yaptıklarından ötürü test aşaması huni anten gibi kuvvetli antenler için önem taşımaktadır.

Verimlilik anlamında yüksek kazanç sağlanabilen bu antenlerin geri beslemelerinin geliştirilmiş durumlarında verimleri %75-80 oranına rahatlıkla varabilir.

UWB bandı uygulamalarında kullanılan bu huni antenler 300 Mhz üzerindeki uygulamalar için bile kullanılabilirler. Zaten dar bir hüzmeye sahip olmalarının sebebi de budur. İçeride seyahat eden sinyalleri sıkıştırarak verimliliğin artış göstermesi bu şekilde sağlanır. Çünkü kenarlarındaki oluklar kırınımın azaltılmasını yönünde rol oynamaktadır. Hatta şekli açısından hassasiyeti daha mümkün kıldıkları özelliğine dayanarak astronomik çalışmalarda da kullanılmışlardır. E düzleminde, H düzleminde sektörel huniler ve piramit hunu ve konik huni gibi tasarımlar huni anten için farklı kazanç miktarları oluşturabilirler.

Bant genişlikleri o kadar fazladır ki; mesela 1 Ghz'de çalışmasına izin verilen bant genişliği 20 Ghz'e kadar bile çıkartılabilir. Bu sebepte dolayı da hassasiyetleri çok yüksektir. Hassasiyet oranının yüksek olması ise iletim ve iletilen sinyalinin alımı için çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü huni antenler için ışımaya diyagramına istenilen şekli vermek ve empedans uyumunun sağlanabilmek daha kolaydır. Bu noktada da hassasiyet, verim ve istenilen empedans uyumu; elbette ki kullanılacak olan çalışmada avantajları da beraberinde getirecektir. Bu sebeplere dayanarak bu çalışmada huni antenlerin kullanılmasının uygun olduğu düşünülmüştür.

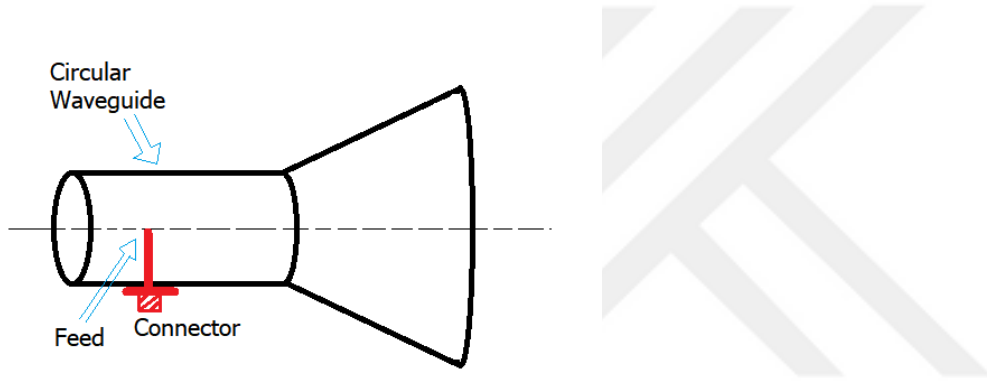
İlk etapta astronomi ve askeri alanlarda kullanılması için üretilen huni antenler, zaman içinde medikal alanlarda da kullanılmaya başlanarak mikrodalga bandındaki tüm sektörlerde iyice yaygınlaşmaya başlamıştır.

Ayrıca huni antenlerin oluşturulmasında ve tasarlanmasında; uzunluk ölçüleri oldukça önem taşımaktadır.

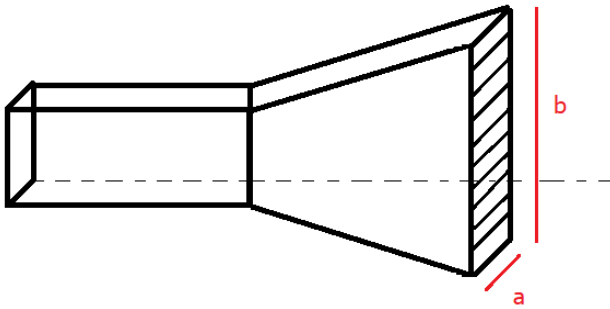
Çünkü konik veya piramitsel bir boynuzun uzunluğu kazancı doğrudan etkilemektedir, hatta bu boy uzunluğunun doğru seçilmemesi yüksek kazançlı oldukları için sorun oluşturabilir, aslında genel olarak konik boynuzlar da piramitsel boynuzlarda hemen hemen aynı kazançları ve özellikleri sergilerler ve kazanç, fiziksel boyutlardan ötürü hesaplanabildikleri için; huni antenler kazanç standartları açısından oldukça yararlıdır [22].

Bu sebepten dolayı bu çalışmada kullanılan anten çeşitlerinden birisi Huni Antendir ve medikal görüntüleme de kullanılan kısımlarına yer verilmiştir.

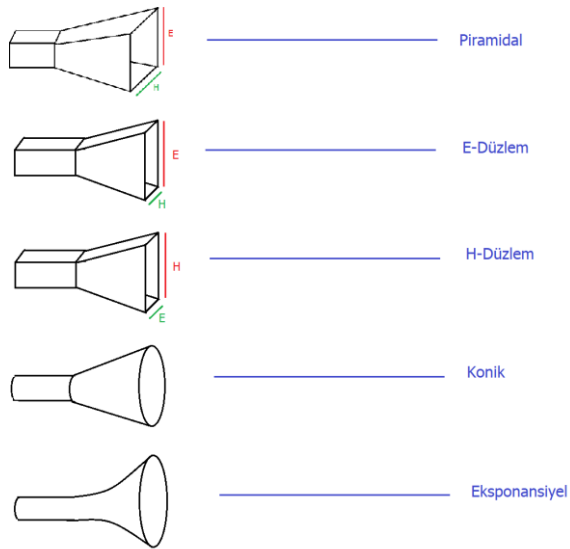
Aşağıda resimlerde huni antenler ve çeşitli dizaynlarla oluşturulmuş hallerine yer verilmiştir.



Şekil 3.3.Dairesel Konik Anten



Şekil 3.4.Piramitsel huni anten

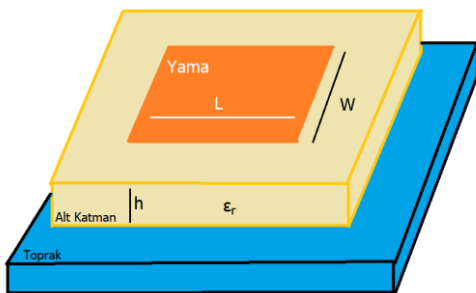


Şekil 3.5.Şekillerine göre huni antenlerin adlandırılması

3.2. Patch (Mikroşerit Yama) Antenler

Bu çalışma için seçilen diğer anten çeşitlerinden biri de Mikroşerit antenlerdir. Bu tip antenler çok yönlü anten tipleri kategorisinde içinde yer alırlar. Bu tip antenlerin kullanım alanları geniştir çünkü mikroşerit antenler küçük boyutlara sahip olup, yüksek ışıma yapmaları sebebiyle tercih edilirler. Buldukları günden bugüne kadar gelişerek gelen bu antenler, günümüzde fotolitografi tekniğiyle üretilmektedir. Bu teknik bir zemin üzerine, baskı yapılması yöntemi olarak bilinir.

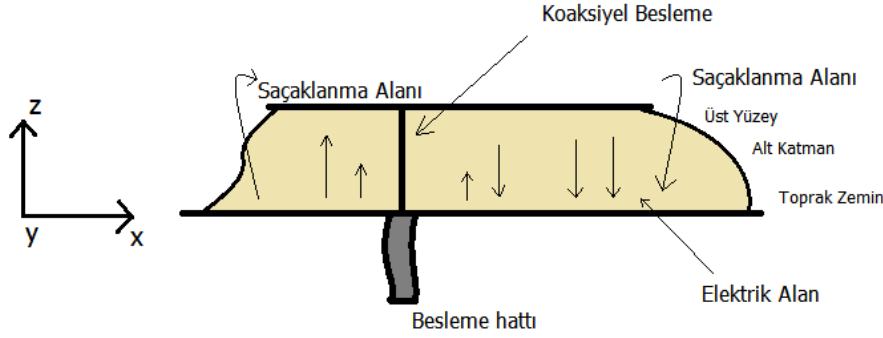
Mikroşerit antenler çok basit şekilde tarif edilecek olunursa; iletken yama, baskının yapılacağı yer düzlemi ve arasında da belirli bir dielektrik sabitine sahip olan alt katmandan oluşur. İletken olarak bahsedilen yama altından veya bakırdan yapılır.



Şekil 3.6. Mikroşerit antenin yapısı

Bu yamanın enerjilenmesi için tasarlanan antenin beslemesinin yapılması gerekir. Bir iletim hattı veya koaksiyel kabloyla besleme tamamlanır ve enerji verildiğinde yama bu şekilde uyarılmış olur. Besleme noktasının konumları ise tasarıma, şekle ve uygun olan pozisyonlara göre değişkenlik gösterebilir.

Mikroşerit anten uyarıldığı zaman, yamalardan yer düzlemine doğru elektromanyetik dalga geçişi olur. Yer düzleminde yansıyan dalgalar ise boşluğa yayılır. İşte yama düzleminin yanlarında meydana gelen bu olaya saçaklanma adı verilir. Bu tip antenlerin ışımaya yapması saçaklanmalarına bağlıdır.



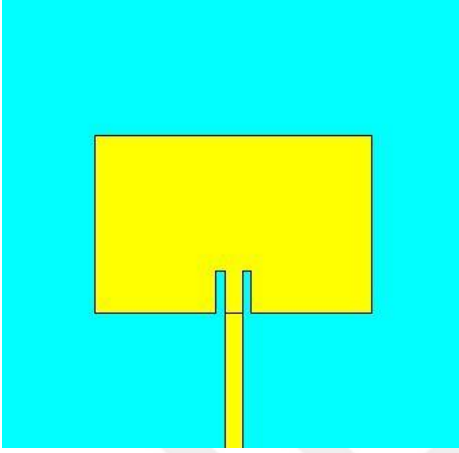
Şekil 3.7. Mikroşerit antende saçaklanma olayının meydana gelmesi

Buradaki ışımaya mantığı aslında şu şekilde gerçekleşir; yama enerjilendiği zaman açık devre gibi davranmaya başlar ve böylece alt katmanın içinden toprak zemine doğru elektromanyetik dalga göndermeye başlar. Köşelerden saçaklanan dalgalar sayesinde de ışımaya gerçekleşmiş olur. Yamaya dik olarak gelen dalgalar sönmümlenir, ışımaya yapmazlar.

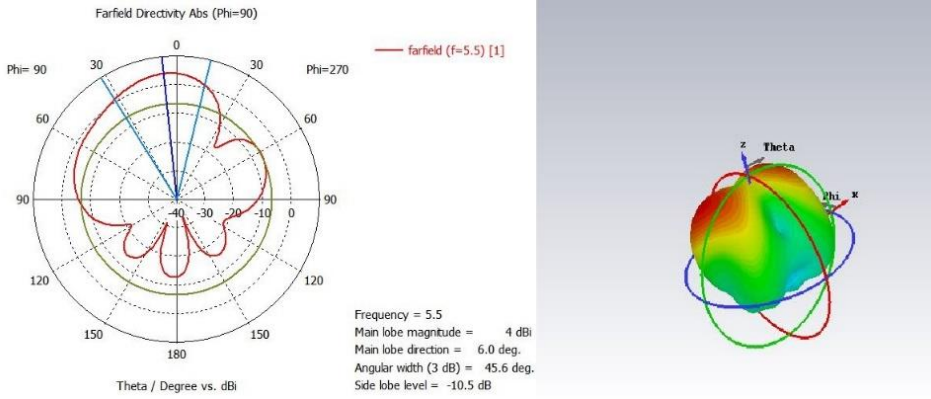
Dielektrik sabitinin ne oranda seçilmesi de ışımaya etkilemektedir. Mesela düşük dielektrikli malzeme seçildiği zaman, yayılan dalgalar daha fazla eğrileşir ve bu sayede anten daha uzağa ışımaya yapar, fakat dielektrik sabiti yükseldikçe, antenin yaptığı ışımaya da o oranda azalmış olur. Bu sebepten dolayı alt katman için seçilecek olan dielektrik sabiti 2,2 ila 12 arasında olacağı belirlenmiştir.

Alt katman için önemli olan diğer bir parametre ise tanjant kaybıdır.

Tanjant kaybı; dielektrik kaybı anlamına gelmektedir ve frekansa bağlı olarak da artış gösterebilmektedir. Daha verimli bir ışıma elde etmek isteniyorsa, tanjant kaybının en az olduğu uygulamaların tercih edilmesi gerekir.



Şekil 3.8. Simülasyonda tasarlanmış mikroşerit yama anten örneği



Şekil 3.9. Mikroşerit anten ışıma örüntüsü

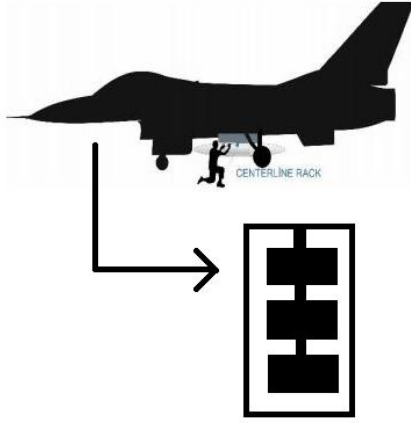
Mikroşerit yama antenler, boyutlarının küçük olması, imalat kolaylığı sağlaması ve entegre devre teknolojisi ile uyumlu olması nedeniyle kullanımı, şekilli yüzeylere uygun hale getirilmesiyle ve üretimlerinde avantaj sağlamaktadır [23].

Roketler, uçaklar ve uzay araçları gibi hızlı hareket eden sistemlerde özellikle kullanılmaktadırlar [23].

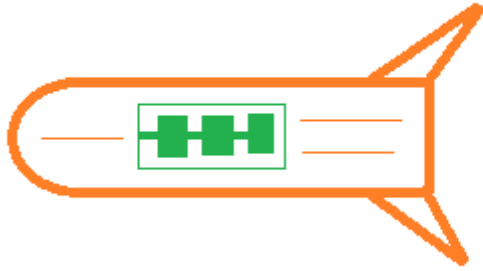
En büyük dezavantajlarından birisi %5'in altında olan bant genişliğidir [23]. Bu sebepten dolayı kazançları düşük ve kayıpları fazladır.

Kısa sürede geniş kapsamlı uygulamalarda kullanıldıkları için de anten tasarımcıları açısından favori hale geldiğini söylemekte doğrudur [23].

Uzay endüstrisinin yanı sıra; telsizlerde, kablosuz haberleşme alanlarında, askeri ekipman sistemlerinde, GPS uygulamalarında ve medikal alanlarda da kullanılmaktadırlar.



Şekil 3.10. Mikroşerit anten ve uçaklarda kullanımı [24]



Şekil 3.11. Mikroşerit antenin askeri uçaklarda ve mühimmatlarda kullanımı

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Sayısal Yöntemler

Elektromanyetik problemlerin çözümleri için birçok yöntem bulunmaktadır. Gerek frekans düzleminde gerekse zaman düzleminde yapılan çözümler mevcuttur. Antenlerde tek bir çözüm yöntemi kullanılmasının sebebi, kullanılan her metodun kendine özgü bir sonuç barındırmasından kaynaklanmaktadır. Analitik yöntemler, sayısal yöntemler ve deneysel yöntemler olarak birçok çözümlene metodu bulunmaktadır, fakat bilgisayarların gelişim göstermesinden sonra analitik yöntemlere daha çok ağırlık verilmiştir [25]. Analitik yöntemlerin yetersiz kaldığı noktalarda ise deneysel ve ölçüme dayalı çözüm metodları üzerinden durulmuş ve bu şekilde gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Elektromanyetik problemlerin çözümü için en yaygın metodlar; Zaman Domaininde Sonlu Farklar Metodu (FTDT), Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ve Sonlu İntegrasyon Tekniği (FIT) metodları kullanılır.

4.2. Zaman Domaininde Sonlu Farklar Metodu

Zaman domaininde sonlu farklar metodu uzun yıllardır EM dalgaları problem çözümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [26].

Bu yönteme için diferansiyel formda bulunan Maxwell denklemlerinin, zaman domaininde çözümü söz konusudur. Büyük alanlar için, çözümlerinde oldukça kolaylık sağlar aynı zamanda gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır. Bu metoda göre birim bir hücre, daha küçük hücrelere ayrılarak, ayrılan her bu küçük hücre için E ve H alanlarının; x,y ve z bileşenleri elde edilir [25]

FTDT ve FEM yöntemlerinin mantığında bir birimin parçalara ayrılarak tek tek türevlerinin alınması ve daha sonra birleştirilerek sonuç elde edilmesi mantığı yatar. İkisi için de çözümler gerçeğe çok yakındır. Fakat FTDT yöntemi için hücresel bölünme söz konusuyken, FEM yöntemi için bölgesel bölünmeler söz konusudur [27].

4.3. Sonlu Elemanlar Metodu

Bu metod ilk defa 1948 yılında Courant tarafından duyurulmuştur [28]. Karmaşık yapıya sahip durumların çözümü için yaygın olarak kullanılabilen bu metod 1968 yılından sonra daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemin amacı; problem uzayını sınırlı sayılarda parçalara bölüp cebirsel denklemler oluşturmak ve denklemleri çözmektir. Dalga kılavuzlarında, yarı iletken teknolojisinde, mikroşerit antenlerde, elektrik makinalarında, biyolojik cisimler tarafından elektromanyetik dalgaların emiliminde (SAR), isotropik ortamların incelenmesinde ve isotropik olmayan nesnelere incelenmesinde bu yöntem kullanılır [29].

Herhangi bir elektromanyetik problem uzayını FEM tekniğiyle çözebilmek için, Sadiku'nun belirttiği şu maddeleri izlemek gerekir [30].

- Çözüm için seçilen bölgenin sınırlı sayıda elemanlara ve alt bölgeye ayrılması gerekir.
- Eşitlikler tek bir eleman için oluşturulmalıdır.
- Seçilen çözüm bölgesindeki tüm elemanlar için oluşturulan bütün denklemler birleştirilmelidir.
- Sonuç olarak elde edilen bu denklem sistemi çözebilmelidir.

4.4. Sonlu İntegrasyon Metodu (FIT)

Günümüze kadar birçok alanda kullanılan bu yöntem, 1977 yılında Thomas Weiland tarafından geliştirilmiştir. Bu yönteme göre; frekans domaininde meydana gelen elektromanyetik problemler, Maxwell Denklemlerinin integral formundan yararlanarak oluşan nümerik olarak çözülebilir. Maxwell denklemlerinin integral formu doğrusal bir denkleme dönüştürülür ve bu şekilde karmaşık yapıların analizi kolaylaştırılmış olur. Bu da daha kesin sonuçların elde edilmesine yardımcı olur. FIT yöntemi; aşağıdaki formüllerden meydana gelmektedir [31].

$$\frac{d}{dt} D(R, t) = -\nabla_x H(R, t) - J_e(R, t) \quad (4.1)$$

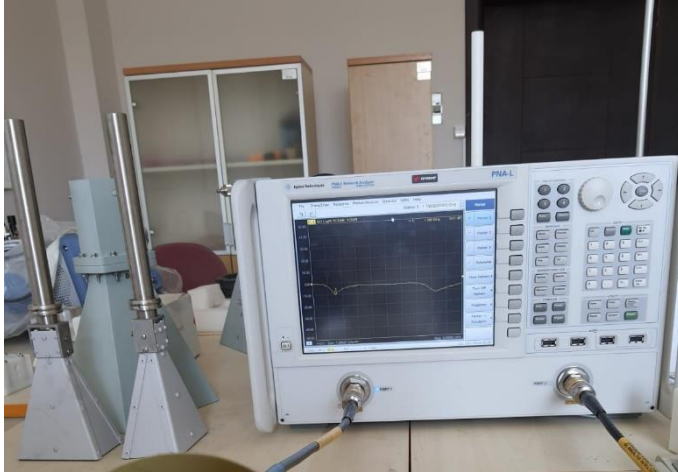
$$D(R, t) = \varepsilon''(R). E(R, t) \quad (4.2)$$

Burada bahsedilen konum vektörü (R), zaman değişkeni (t), elektrik akım yoğunluğu vektörü (J_e) ve dielektrik sabitinin sanal kısmı ise (ε'') ile ifade edilir.

4.5. Ölçüm Cihazı

Kullanılacak olan antenlerin “Yansıma Katsayısı” olarak bilinen S11 Parametreleri Agilent Technologies PNA-L Network Analyzer N5234A cihazıyla ölçülmektedir. Cihaz laboratuvarında yer almaktadır. Bu cihazın ölçüm yapabildiği frekans aralıkları;

- 10 Mhz ile 43,5 Ghz arasındadır.
- Tek dahili kaynaklı ve 2 portludur.
- 110 dB sistem dinamik aralığına sahiptir.
- Yüksek çıkış gücü sağlar (0 dBm)
- Zaman domaininde ölçüm seçeneği sunar.
- Frekans ölçüm seçeneği sunar

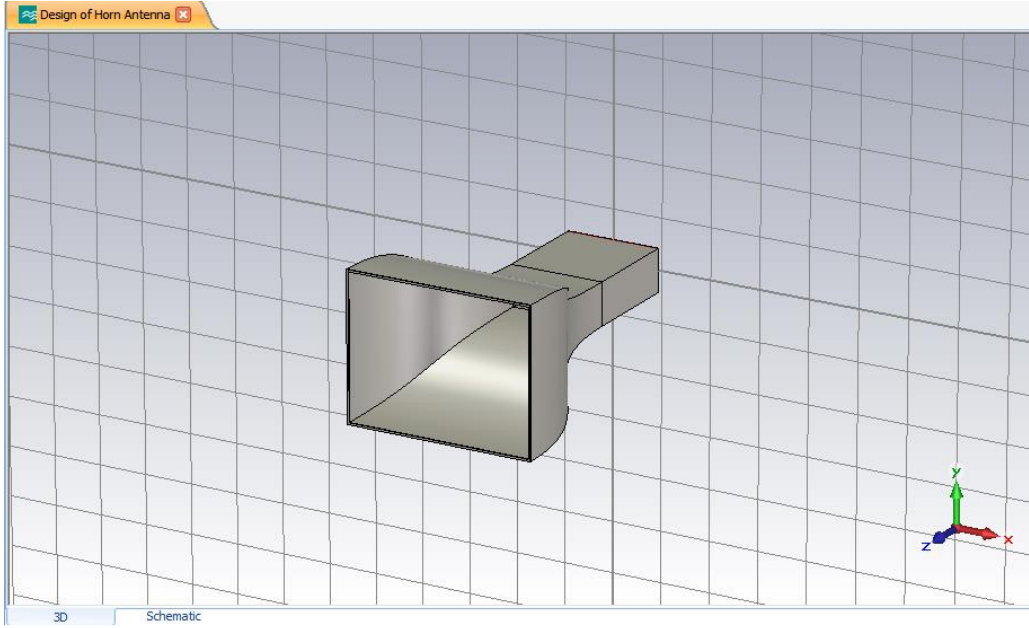


Şekil 4.1. Vector Network Analiz cihazı

5. ARAŞTIRMA BULGULARI, TASARIM VE TARTIŞMA

5.1. Horn (Huni) Antenin Tasarımı ve Sonuçları

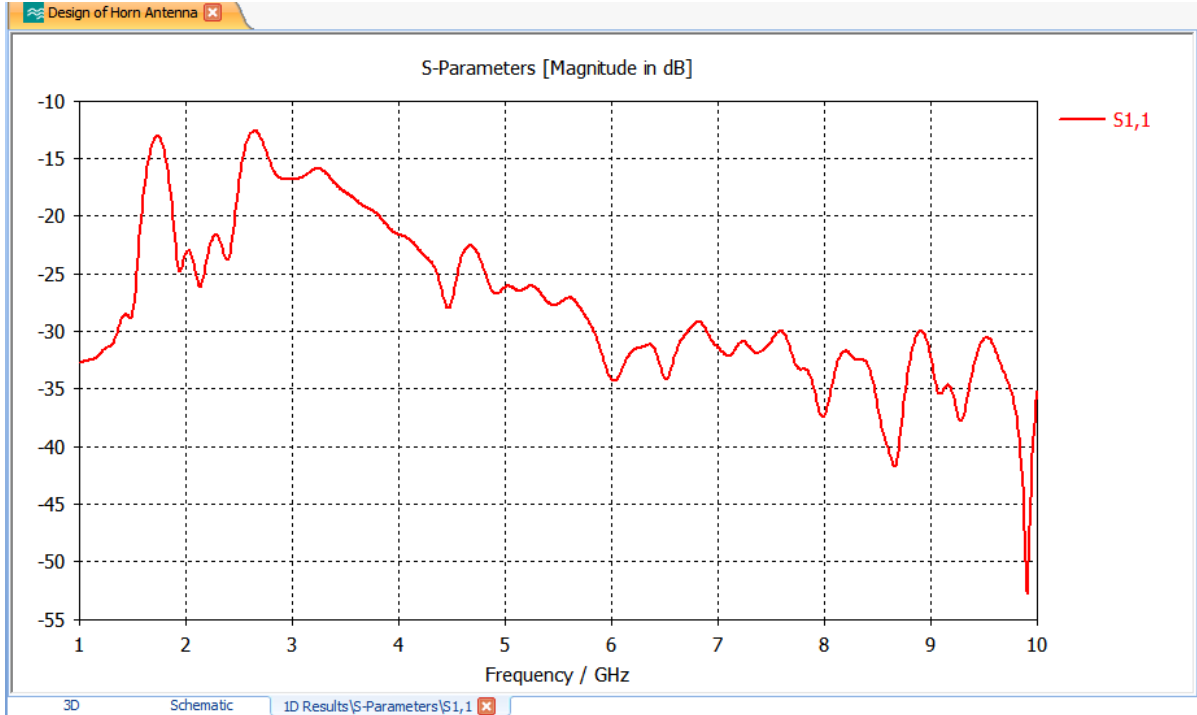
Huni anten diğer antenlere göre daha kazançlı bir antendir çünkü bu anteni diğer antenlerden ayıran bir kategoride yer almaktadır. Yönlü antenler kategorisinde yer alan huni antenler, yönlendirildikleri tarafa doğru daha kuvvetli ışımaya yaparlar, yönlendirilmedikleri kısımlarda ise ışımaya azdır. Bu sebepten dolayı yönlü antenler kategorisinde yer almaktadırlar. Aşağıda CST programında tasarladığımız Huni anten ve boyutları verilmiştir.



Şekil 5. 1.Tasarlanan huni anten

Tasarlanan anten tamamen PEC malzemesi kullanılarak oluşturulmuştur. PEC (Perfect Conductor) yani “Süper İletken” demektir. Tasarlanan bu anten “CST Studio Suite” elektromanyetik simülasyon programında tasarlanmış ve burada analiz edilip simüle sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu program, FIT tabanlı bir yazılım programıdır. Doğal olarak antenimiz analiz edilirken bu simülasyon; sonlu integrasyon yöntemiyle oluşturulmuştur.

Bu antenden 2 adet tasarlanmıştır ve ikisi de eş antenlerdir. Karşı karşıya getirilerek önce S11 Parametreleri (Yansımaya Katsayısı) ve hangi frekansta daha iyi yayılım yaptıkları elde edilecektir. Daha sonra araya kemikli doku yerleştirilerek çalışma aynı şekilde tekrarlanacaktır. Antenlerin karşı karşıya getirilmesinin sebebi; huni tipi antenlerin, yönlü antenler kategorisinde yer almasından dolayıdır. Çünkü yönlü antenler yönlendirildikleri tarafa doğru daha güçlü ışımaya yaparlar.



Şekil 5.2.Tasarlanan huni antene ait S11 parametreleri

Şekil 5.2’de de görüldüğü gibi simülasyon programında tasarlanan antenin Saçılma parametresi şekildeki gibidir.

S-Parametreleri ya da Saçılma parametreleri; sürekli olarak elektrik sinyalleriyle uyarılan doğrusal elektrik devrelerinin davranışlarını, karakterlerini tanımlayan parametrelerdir. Mikrodalga mühendisliği gibi elektromanyetik dalgaların söz konusu olduğu durumlarda, yaygın olarak kullanılmaktadır.

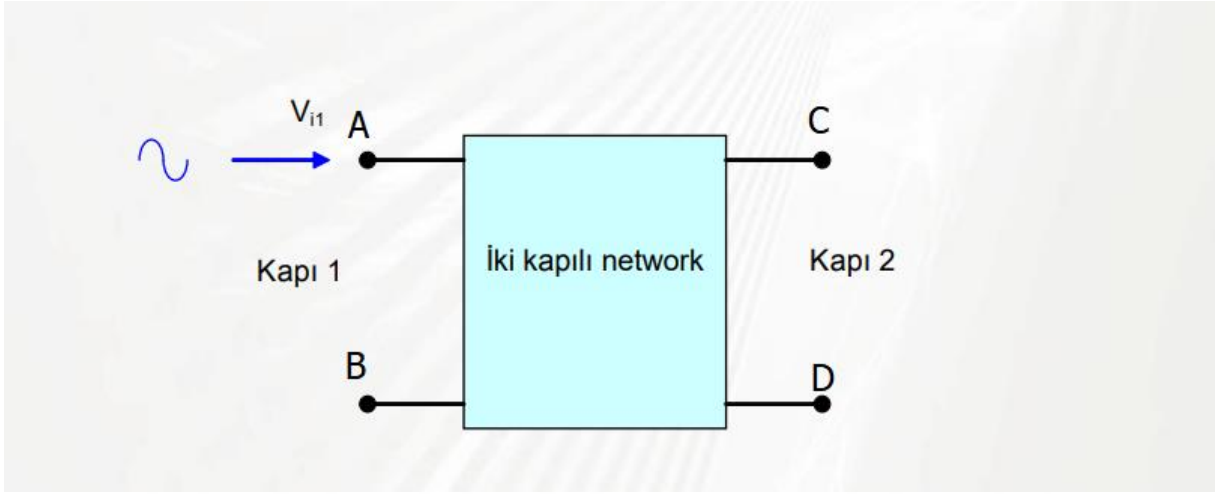
Saçılma parametreleri olarak adlandırılırlar çünkü hareket eden elektromanyetik dalgalar yayılırken bir engelle çarpabilir veya farklı bir dielektrik ortama geçiş yapabilir. Bu durumda bize en iyi bilgiyi Saçılma Parametreleri verir.

Bu değişimin bu parametreler sayesinde izlenebiliyor olması, antenle alakalı belirsizliklerin giderilmesinde büyük katkı sağlar.

Antenlerin özellikleri; antenin kazancı, radyasyon paterni (yayılm örüntüsü), polarizasyon ve elektromanyetik dalga ölçüm biliminde oldukça önemli bir rol oynar [32].

Çünkü bu maddelerle birlikte elektrik devresinin veya antenin davranışlarının karakteristik özelliklerini belirleme de daha kesin bir yol izler. Tüm frekanslarda geçerli olmuş olsa da; sinyalin güç ve enerjisi, gerilim ve akımdan daha kolay hesaplanabildiği için RF (Radyo Frekansı) ve mikrodalga frekansıyla çalışan devrelerde daha çok kullanılır. Anlaşılacağı gibi; S-Parametreleri frekansa bağlı parametrelerdir.

Verici ve alıcı antenin olduğu mikrodalga çalışma sistemlerinde; S_{11}, S_{12}, S_{21} ve S_{22} parametreleri oluşur.



Şekil 5.3. İki kapılı devre modeli

Şekil 5.3'teki devreden yola çıkarak S-Parametreleri yorumlanacak olursa;

S_{11} : A'dan B'ye geçiş olarak gösterilebilir. Birinci kısımdan bağlanan portlarla gönderilen sinyalin ne kadarının geri döndüğünü gösteren parametredir. Birinci porttan geriye yansıyan güç olarak ifade edilebilir.

S_{12} : İkinci porttan birinci porta ne kadar sinyal gönderildiğini gösteren parametredir.

S_{21} : Birinci porttan ikinci porta ne kadar sinyal gönderildiğini gösteren parametredir.

S_{22} : İkinci porttan sinyalin ne kadarının geri döndüğünü gösteren parametredir.

Antenler için S_{11} parametreleri pratikte en çok kullanılan parametrelerdir.

S_{11} parametresi antenden ne kadar güç yansıtıldığını belirttiği için "Yansıma Katsayısı" olarak da bilinir ve "Γ" işaretiyle gösterilir.

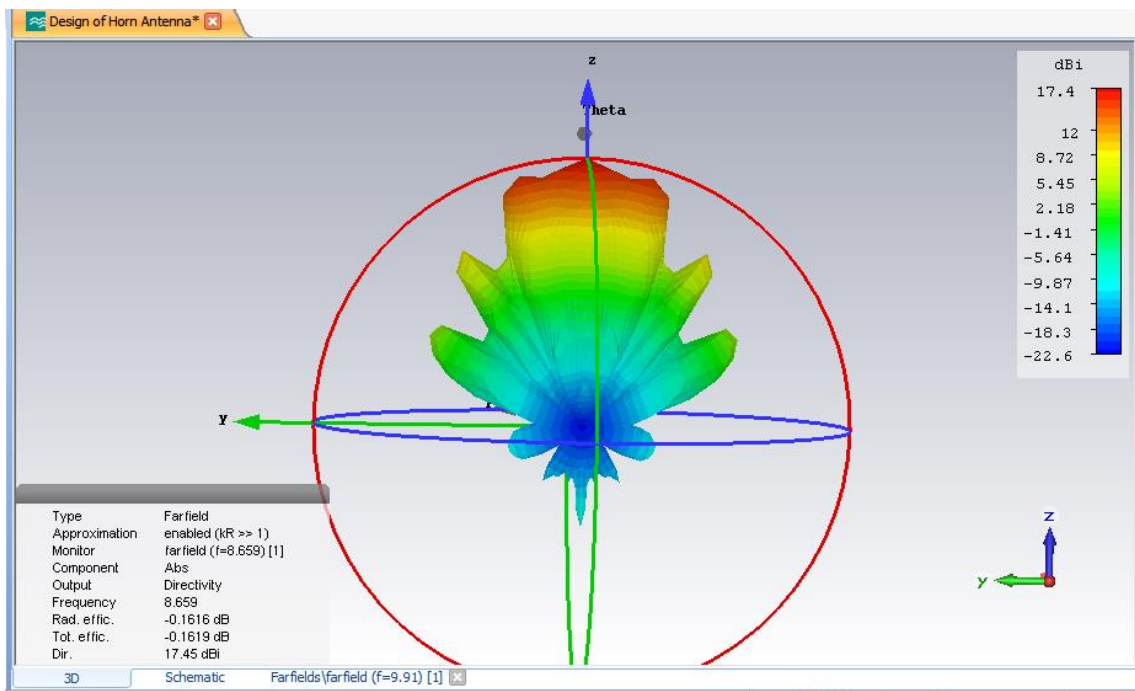
$S_{11}=0$ dB olması demek; tüm gücün antenden yansıtıldığını ve yayılımın olmadığı anlamına gelmektedir. Bütün frekanslar geri döndüğü için, “anten çalışmıyor” yorumu da yapılabilir.

S_{21} : 0 dB olması demek; birinci antene teslim edilen tüm gücün ikinci anten portlarında sona erdiğini gösterir.

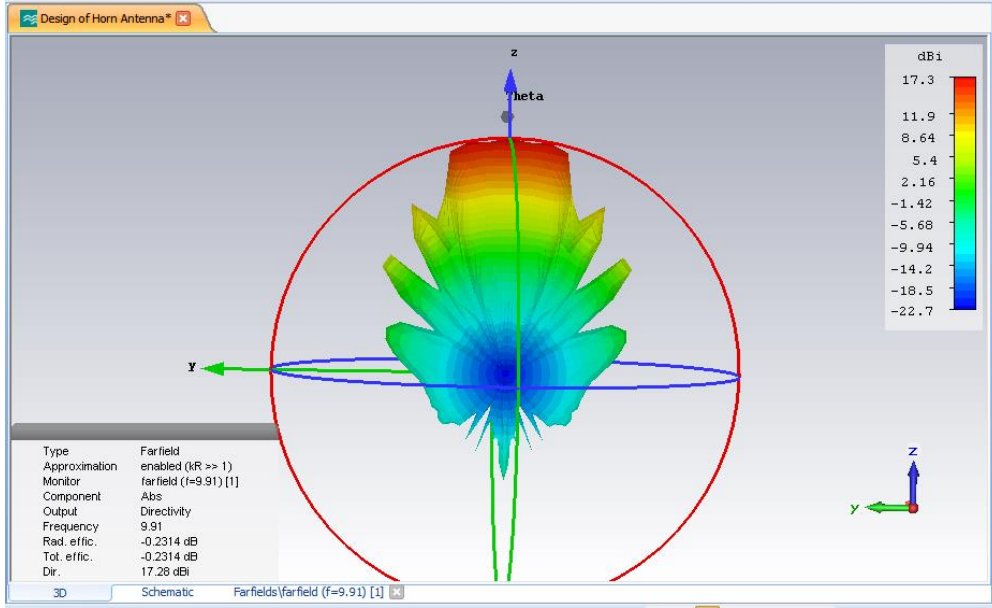
S_{11} parametresi antendeki gücün ne kadar yansıdığına göstergesiyken, S_{12} ve S_{21} parametreleri ise antenin yayılım ışmasını ve izolasyonunu belirlemek amacıyla sıklıkla kullanılır.

S-Parametreleri grafiğinde sinyal, x-eksenine yaklaşıyorsa bu S_{11} için yayılımın iyi olduğu anlamına gelir. S_{12} ve S_{21} parametreleri için ise aynı şey geçerli değildir. Eğer sinyal x-eksenine yaklaşıyorsa izolasyon artıyor demektir, eğer ki sinyal x-eksenine değıyorsa; orada izolasyon maksimumdur. Bu alan dışında kalan bölgeler içinse yayılımın olduğu söylenebilir ve ne durumda ise olduğu grafiğe bakarak yorumlanabilir.

Şekil 5.2’de ki grafik incelendiğinde sinyalin en çok 8,659 Ghz ve 9,91 Ghz’lerde x-eksenine yaklaştığını görmekteyiz.



Şekil 5.4. Tasarlanan antenin 8,659 Ghz'deki yayılımı



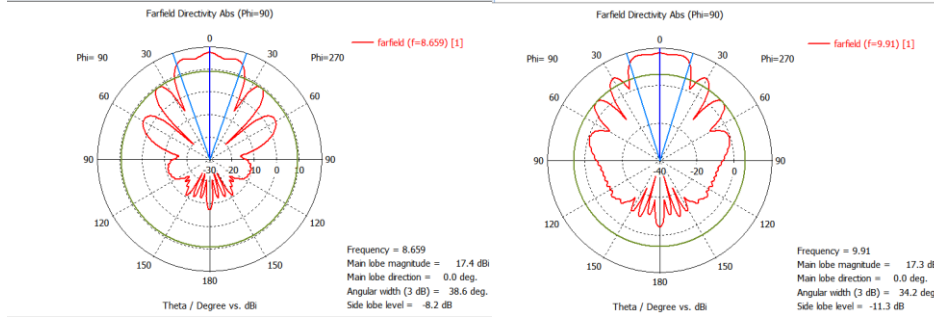
Şekil 5.5. Tasarlanan antenin 9,91 Ghz'deki yayılımı

Şekil 5.4. ve Şekil 5.5'te iki farklı frekans değerindeki anten yayılımları gösterilmiştir.

8,659 Ghz'deki yayılıma bakacak olursak 17,45 dBi olarak hesaplanmış, 9,91 Ghz değerindeki yönlülük değeri ise 17,28 dBi olarak hesaplanmıştır.

“Yönlülüğün 1 olması, antenin her tarafa yönü olduğu ve yayılım yaptığı anlamına gelmektedir.”

Kullanmakta olduğumuz anten “Huni Anten” olduğu için yönlü antenler kategorisinde yer alır ve her tarafa değil, yalnızca yönlendirildiği yöne doğru ışınım yapmaktadır. Bu sebepten dolayı yönlülüğün 1'den büyük bir değer olması bizim için daha avantajlı bir durumdur. O haldeki 8,659 Ghz değerindeki yayılımın, 9,91 Ghz'de meydana gelen yayılıma göre yönlülüğünün daha iyi olduğunu savunulabilir.



Şekil 5.6. Tasarlanan antenin 8,659 ve 9,91 Ghz'deki polar görünümü

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi 8,659 Ghz değerindeki yayılımda ana lob büyüklüğü ve yan lobların büyüklüğü daha avantajlı büyüklüktedir. Çünkü yan lob değeri daha düşüktür. Bu kısım genel olarak istenmeyen yönlerde yapılan yayılımın gözlemlendiği bölümdür ve daha küçük olması bir avantajdır. Çünkü yan lob büyüklük değerleri küçüldükçe, ana lob büyüklüğü artacak ve bu da antenin verimliliği açısından avantaj sağlayacaktır.

Yan lob seviyelerinin yüksek olmasının dezavantajlarında birisi de; gürültü ve parazitlerin burada oluşması ve verimli bir yayılıma engel olmasıdır.

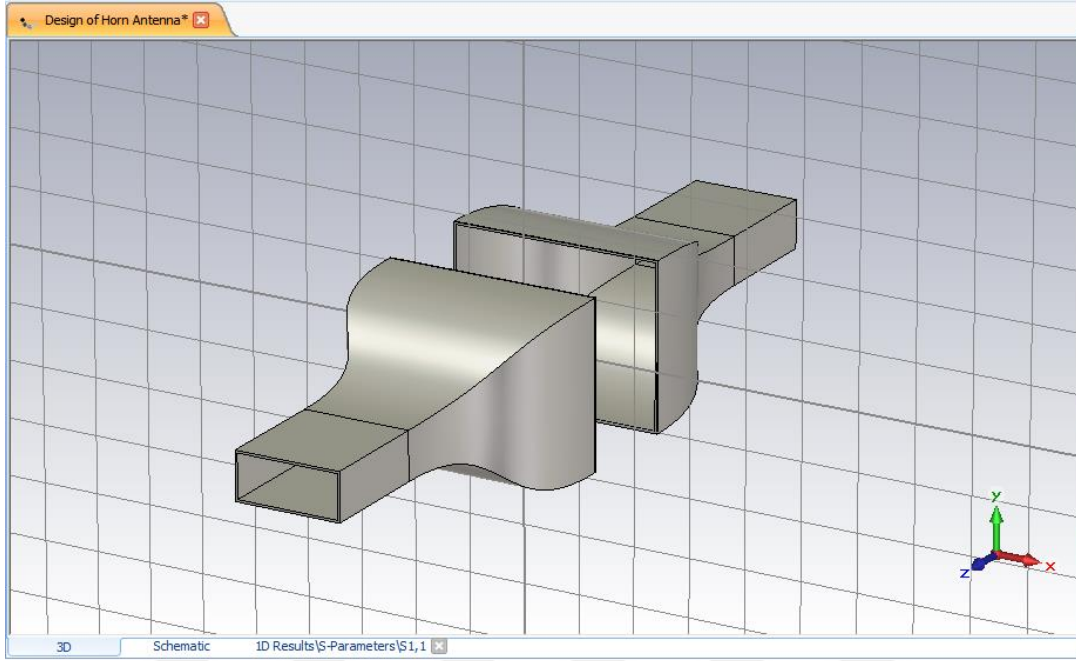
8,859 Ghz'de ki Yan lob seviyesi 8,2 dB iken 9,91 Ghz'de ki 11,3 dB'dir.

8,859 Ghz'de ki Ana lob seviyesi (yönlülük) 17,4 dBi iken 9,91 Ghz'de ki 17,3 dBi'dir.

Grafiğe göre x-eksenine yaklaşan iki farklı frekans değerindeki yayılım karşılaştırmaları bu şekildedir.

8,859 Ghz'de daha iyi bir yayılım olmasının sebebi; sinyaldeki düzenli (beklenen) düşüştür (x-eksenine yaklaşmasından) kaynaklanmaktadır.

Tasarlanan bu anten, kendisiyle eş diğer bir antenle karşı karşıya getirilerek birbirleri arasındaki iletim gözlemlenecek ve diğer parametreler incelenecektir.



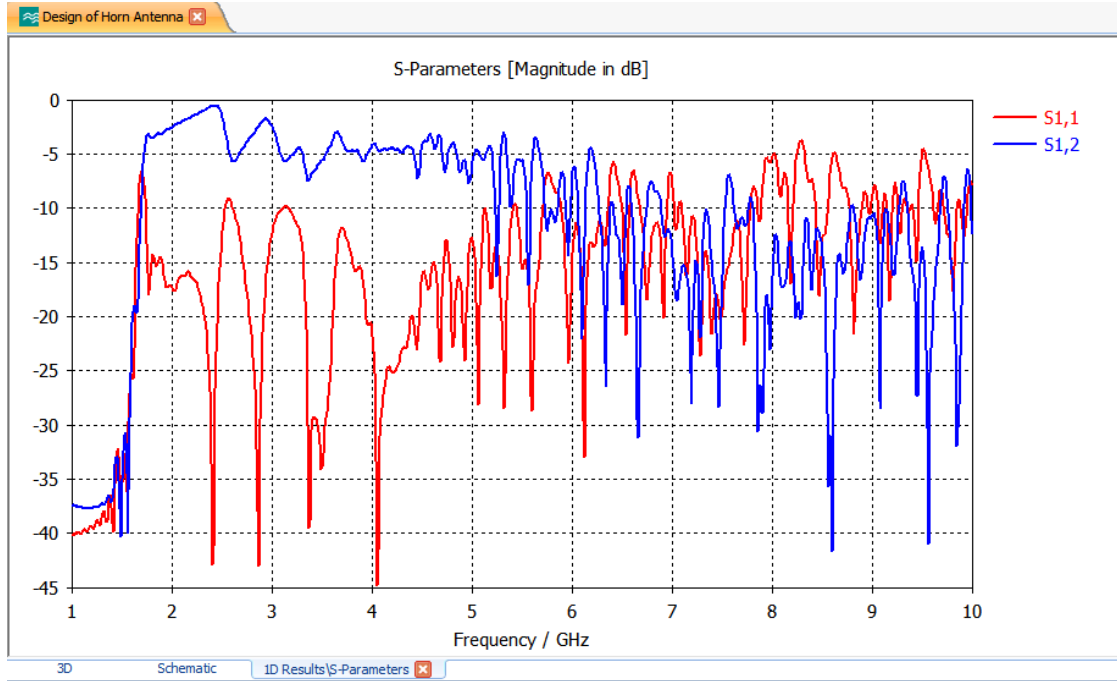
Şekil 5.7. İki eş huni antenin karşılıklı olarak simülasyonu

Bu simülasyonda amaçlanan hedef; iki anten arasındaki iletim ve yayılımın S-Parametreleri sayesinde incelenmesi ve ikisi arasına dokulu kemik yerleştirildiğinde, aynı zamanda bu dokuda kırıklar meydana geldiğinde tekrar bu parametrelerin ve yayılım görüntülerinin nasıl değiştiğini belirlemektir. Böylece parametre değişimiyle birlikte, dokunun yapısı hakkında bilgi sahibi olunacak ve anten kullanılarak bu durumun tespitleri yapılacaktır.

Oluşan S-Parametrelerinde x-eksenine en çok yaklaşan ve uzaklaşan frekans değerleri, yayılımları ve polar görüntüleriyle incelendiklerinde, antenlerin birbirleri arasındaki iletişim daha iyi çözümlenecektir. Yani hem S11, hem de S12 ve S21 gibi tüm parametreler hakkında yorumlar oluşturulacak ve simülasyon üzerinde, çalışma amacıyla farklılıklar oluşturulduğu zaman; bu parametrelerin değişimi, edineceğimiz yorum yelpazesinin daha da genişlemesine fayda sağlayacaktır.

Oluşan değişimlerin mikrodalga bandında ki davranışlara etkisini gözlemlemek, antenlerin bir çok alanda hayatımızda yer aldığı gibi; medikal alanlarda ve görüntüleme kategorisinde de yer alabildiğini görebilmemizi sağlayacak.

Tüm bu adımlar tamamlandığında ise aynı işlemler “Patch Anten” için de uygulandığında; ikisi arasında bir karşılaştırma yapılması gerekecek ve antenlerin kimliklerine göre, kullanım alanları hakkında daha fazla bilgi sahibi olunabilecektir.



Şekil 5.8. Karşılıklı antenlerin birbirleri arasında oluşturduğu S11 ve S12 parametreleri

Grafikte de görüldüğü gibi S11 parametresi incelendiğinde frekans eksenine en çok yaklaşan noktaların yaklaşık olarak, 2 ve 4 Ghz aralığında değiştiğini gözlemlemekteyiz.

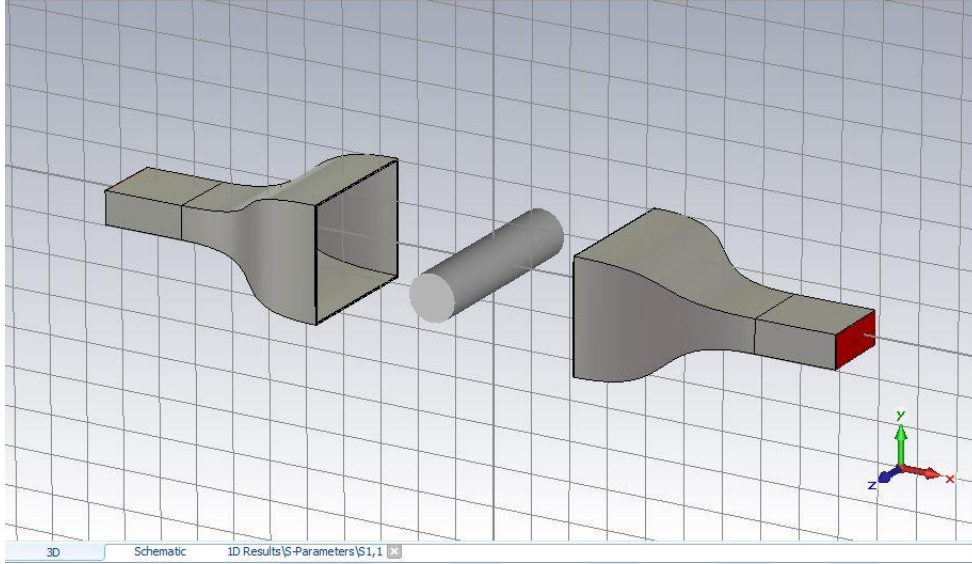
Aynı şekilde S12 parametresi için de; bu noktalar frekans ekseninden uzaklaştığı noktalar olarak grafikte yer almaktadır. Hangi noktalarda yayılım en fazlaysa orada S11 parametresi; frekans eksenine yakinken, S12 ve S21 parametreleri de o derecede uzaktır. Çünkü yayılımın fazla olduğu bölgelerde “izolasyon” az, izolasyonun fazla olduğu bölgelerde ise “yayılım” azdır.

Bu bağlamda parametrelerin inceleniyor olması, antenler arasındaki ortam değişimi hakkında bize bilgi sunacaktır.

Ortam değişimi hakkında verilecek olan bilgi; antenler arasına kemikli doku yerleştirilmesidir. Çünkü kemik ve deri birleşimi farklı dielektrik sabitine sahiptir ve elektromanyetik dalgaların bununla çarpışmasıyla oluşacak olan S-Parametreleri, aynı kemikli dokuda kırıklar oluşup tekrar simülasyonun çalıştırılmasıyla elde edilen S-Parametreleriyle karşılaştırılacaktır.

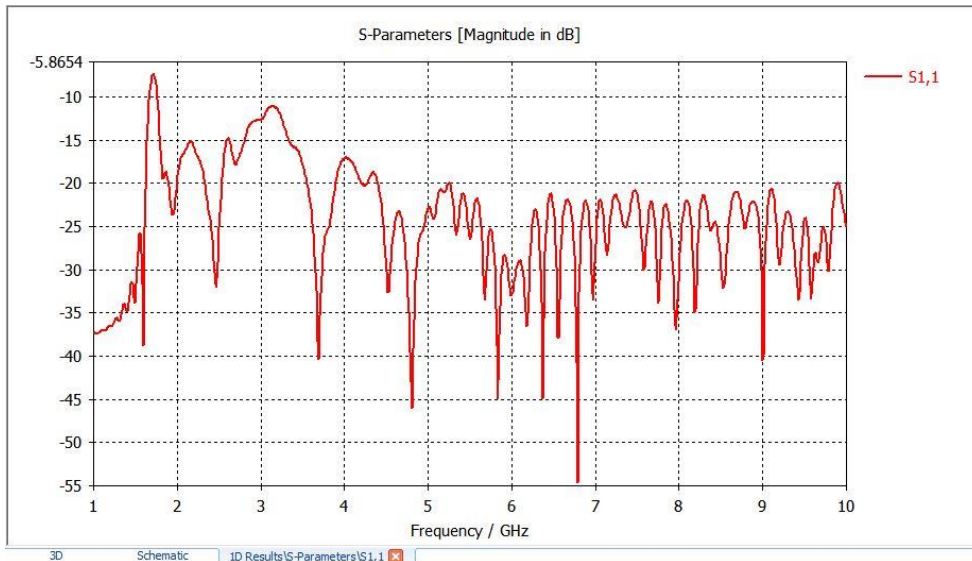
Mikrodalga uygulamalarının bu alandaki farklarını görebilmek için aynı işlemler “Patch antenin” yayılımında ve parametrelerinde de incelenecektir.

Bu iki Huni antenin arasına sağlam bir kemik yerleştirip simülasyon sonuçlarını elde ettiğimiz zaman, değerlendirme ve karşılaştırılması aynı kemikte kırıklar meydana getirip; simüle ederek elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilecektir.



Şekil 5.9. Karşılıklı antenler arasına yerleştirilen sağlam kemik yapısı

Şekil 5.9’da da görüldüğü gibi tasarlanan Huni antenlerin arasına sağlam kemik yapısı yerleştirilmiş ve program simülasyonu başlatılmıştır. Sonuçlar, hem arada kemik yapısı yokken, hem de kemik yapısı olduğunda o yapıda kırıklıklar meydana gelmişken ki sonuçlarla karşılaştırılacak ve bu şekilde toplam bir genel yargı yoluyla; hedeflenen kısma varılacaktır.

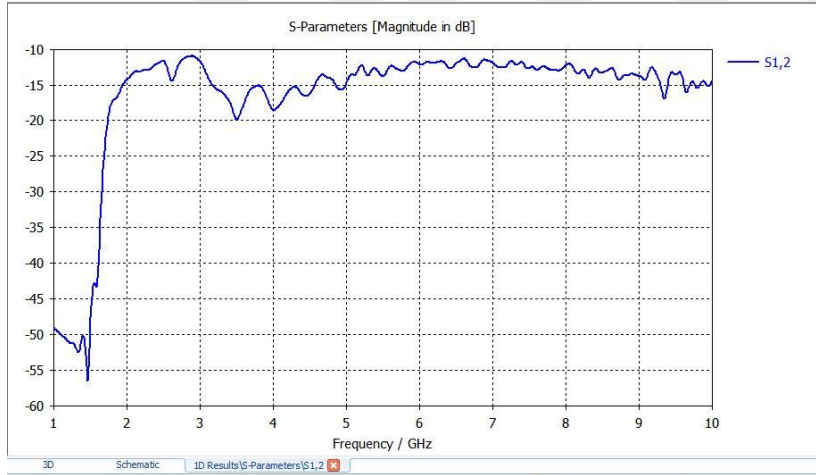


Şekil 5.10. Kemik yapısı antenlerin arasındayken elde edilen S11 parametreleri

S11 Parametrelerinde de görüldüğü gibi; antenler arasında iletimin en fazla olduğu frekans 6,79 Ghz noktasındadır. Bu frekans değerini; çalışmamız için referans değeri olarak alabilir, diğer karşılaştırmaları bu nokta üzerinden yapabiliriz.

Örnek olarak; arada kemik yapısı olmadığı zaman antenin en iyi iletim yaptığı aralık 2-4 Ghz aralıklarındayken; bu yapıyla birlikte neredeyse yalıtımın en iyi olduğu durum konumuna gelmiş ve en iyi iletim bölgesi yerini; 4,80 – 7 Ghz aralığına bırakmıştır.

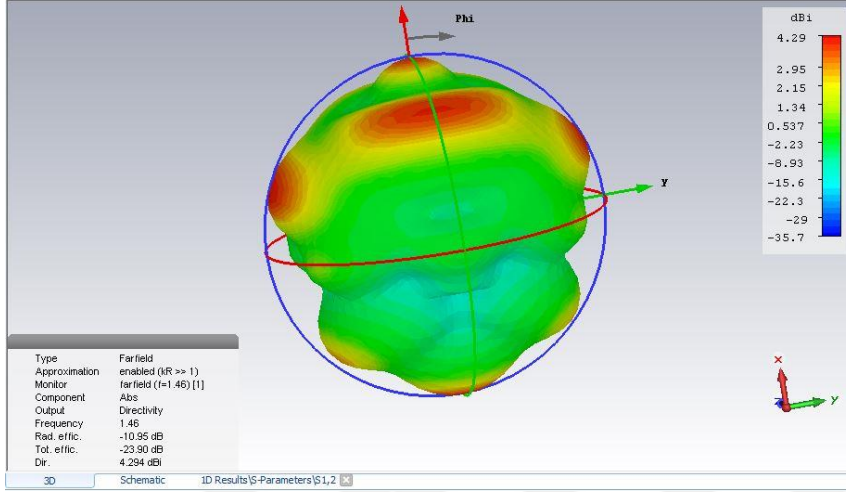
Aynı yapının S12 (Yansıma Parametrelerini) inceleyecek olursak; iletimin iyi olduğu aralıklarda yalıtım grafiğinin en üst seviyelerde olduğunu incelemiş olacağız. Çünkü grafiğin x-ekseninden uzaklaşması; o aralıkta belirtilen iletim ve yalıtımın azaldığını, x-eksenine yaklaştıkça da bu değerlerin arttığının bir göstergesidir.



Şekil 5.11. Kemik yapısı antenlerin arasındayken elde edilen S12 parametreleri

Şekil 5.11’de de görüldüğü gibi; S21 parametreleri yansıma grafiği görülmektedir. Bu grafik izolasyon (antenin yalıtım durumu) hakkında bilgi verir. İzolasyonun en iyi olduğu bölge 1 ve 2 Ghz aralığındayken; Şekil 5.10’da ki S11 parametrelerinde de iletimin en kötü olduğu frekans aralığının bu bölgede olduğu incelenmektedir. S11 parametreleri ve S21 parametreleri bu iki zıtlıktan ötürü birbirini tamamlayan parametrelerdir. Yine aynı şekilde; Şekil 5.10’da ki grafikte iletimin en iyi olduğu bölgenin, 4.80 ile 7 Ghz aralığında olduğunu tespit ettiğimizde, S12 parametrelerinde de bu bölgede yansımanın oldukça kötü olduğu gözlemlenmektedir.

İki grafiğe de bakıldığı zaman en iyi iletimin 6,80 Ghz'de olduğu değerde ve en kötü iletiminse 1,46 Ghz değerde olduğu tespit edilmiştir. Eğer bu iki frekans noktasındaki Farfield değerleri ve görüntüsüne bakacak olursak;



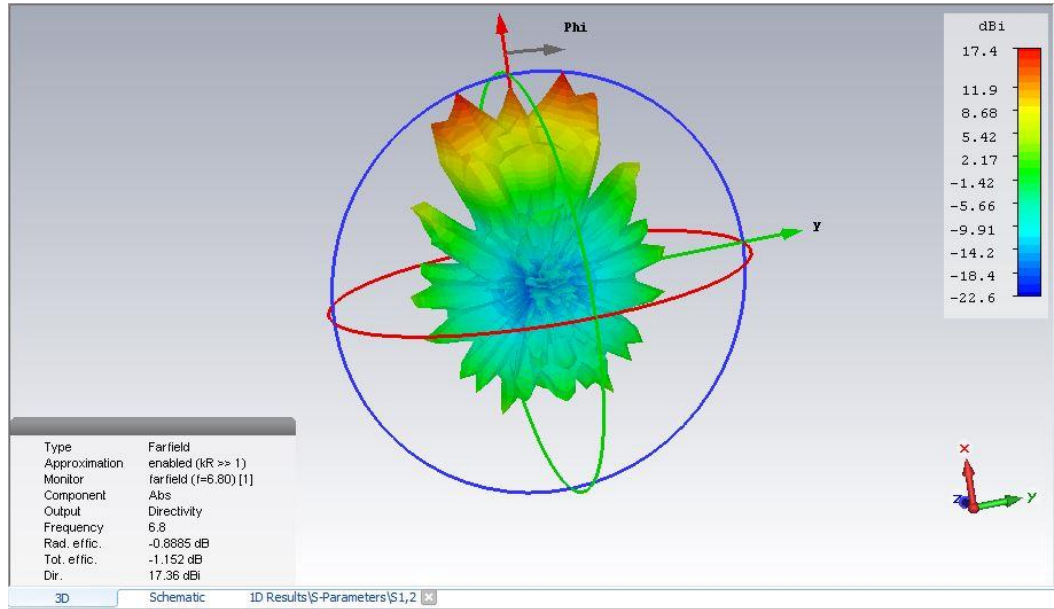
Şekil 5. 12. Yayılmının en düşük olduğu 1,46 Ghz frekansından-ki Farfield görüntüsü

Yukarıdaki şekilde iletimin en düşük olduğu değer olan 1,46 Ghz değerdeki ki Farfield görüntüsü yer almaktadır. Şekle bakıldığında, 3D görüntülü çok yönlü antenlerin Farfield görüntüsüne dönüştüğü görülmektedir. Oysa biz anten olarak “Huni antenle” çalışmaktayız ki; bu anten de çok yönlü bir anten değil, sadece yönlü bir antendir. Yalnızca doğrultulduğu yöne doğru iletim yapabilir. Sadece bu değerdeki Farfield görüntüsü bile, böyle bir frekans değeri için; yayılımın en düşük olduğu Ghz bölgesi diye tanımlamamıza yeterli olabilir.

Mesela yönlülük değerinin 4,29 dBi ile maksimumu görüp bu noktaya kadar sınırlı kalması; yönlendirildiği taraftaki etkiyi düşürüyor. Bu sebepten dolayı da; etki kuvveti düşüyor. Doğal olarak, bu da verimin azalmasına sebep oluyor. Tüm bu değer değişimlerinin aynısını, bu parametre değeri için; iletimin en iyi olduğu frekans değerde de gözlemlemek gerekiyor.

Bu ikisi arasındaki ayırım net bir şekilde ortaya konulduğu zaman; kemik yapısında kırıklıklar meydana getirip, karşılaştırma ve kıyaslamalara bu yolla tekrar devam edilmeli ki, bu şekilde sonuç alabilmeye doğru bir yöntem izlenebilsin.

Tüm bunlar doğrusal kutuplu antenler içinde gerçekleştirilip, huni antenle elde edilen sonuçlarla birlikte değerlendirildiği zaman, net bir sonuca varılmış olacak ve projenin amacı, yöntemi, materyallerinden sonra sonuç kısmına yer verilecektir.



Şekil 5.13. Yayılımın en yüksek odluğu 6,80 Ghz frekansındaki Farfield görüntüsü

Yukarı da ki şekilde; yayılım ve iletimin en iyi değerinde olduğu, 6,80 Ghz değerindeki; Farfield görüntüsü yer almaktadır. Şekil 5.12'ye nazaran, yönlenmenin görüntüsünün tek taraflı olduğu görünmektedir.

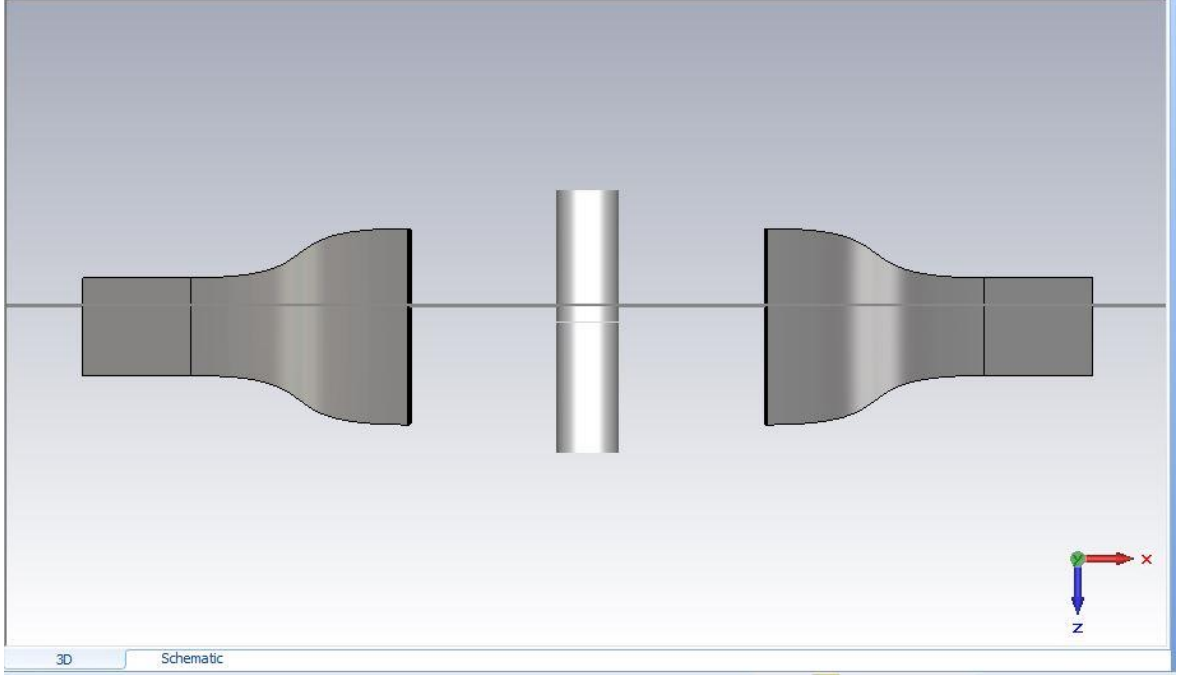
Diğer Farfield değerinde Yönlülük değeri 4,29 dBi iken bu frekans değerinde, görüldüğü gibi 17,36 dBi değerindedir. Çünkü anten tek bir yönde yayılım yapmaktadır ve bu sebepten dolayı doğrultulduğu yönde elde edilen kazanç, diğer antenlere göre daha fazladır. Yönlülüğün en fazla olduğu kısmın “kırmızı” renkli olmasının sebebi; antenin o yöne doğru yönlendirilmiş olmasından ziyade, aynı zamanda da bu frekans değerindeki iletim değerinin en kaliteli olmasından kaynaklanmaktadır.

Aynı zamanda total etkinin 1,46 Ghz değerinde 23,90 dB iken, en kaliteli iletimin olduğu 6,80 Ghz'de 1,152 dB olması; toplamda her alana etkinin değil, yalnızca iki antenin haberleşirken, en odaklı iletimin olduğu yöne etki etmesinden kaynaklanmaktadır.

Eğer bu kemik yapısında bir kırılma meydana getirirsek; aynı frekans değerleri için grafiğin nasıl değiştiğini gözlemleyebiliriz. Farklı frekans değerleri içinde değişimler meydana

gelebilir, bunun yorumu simülasyon tamamlandığında gerçekleştirilecek ve farklar göz önünde bulundurularak bir kıyas söz konusu olacaktır.

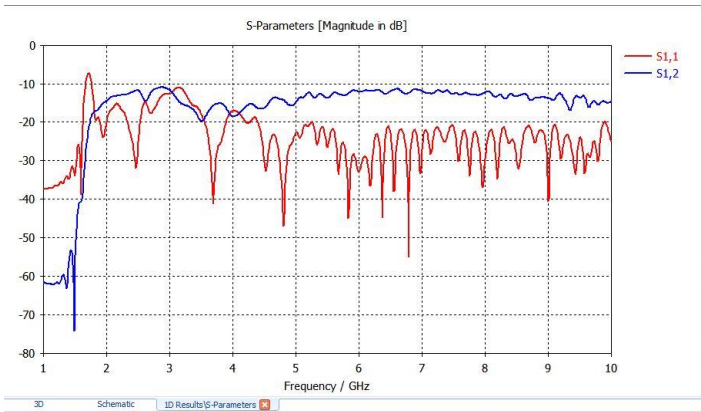
Kemiğin antenin etki ettiği herhangi bir bölgesinde kırık meydana getirecek olursak;



Şekil 5.14. Kemik yapısında kırık meydana gelmesi

Şekil 5.14'de de görüldüğü gibi; kemik yapısında (iki antenin iletim alanı dahilinde) kırık meydana getirilmiştir. Kırık; orijinal kemikte meydana getirilen kırık, normal kemik kırığında meydana gelen kırık mesafesiyle aynıdır.

Kemikte kırık varken Saçılma Parametrelerini inceleyecek olursak;



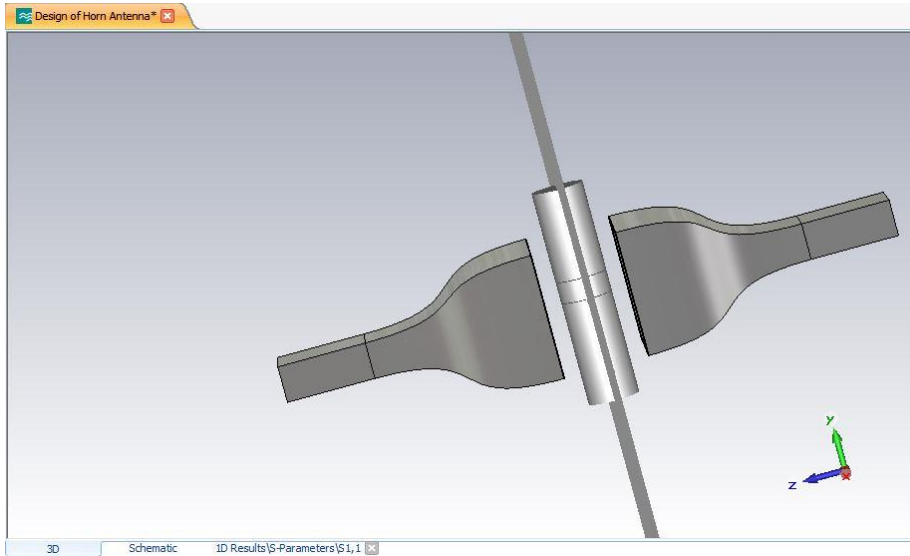
Şekil 5. 15. Antenler arasındaki kemik yapısında kırık varken S11 ve S12 parametreleri

Şekil 5.15’de de görüldüğü gibi; aradaki kemik yapısı kırıldığı zaman meydana gelen saçılma parametreleri bu şekildedir.

Şekil 5.10’daki S11 parametreleri incelendiği zaman, grafikteki eğrilerin doğru kıyaslandığından emin olarak inceleme yapmak gerekmektedir. Mesela 6,80 Ghz için bu grafiğe bakarsak, iletiminin en iyi olduğu frekans noktası olduğunu belirtilmiş ve buna karar verirken de; bu noktada S11 eğrisinin frekans eksenine en yakın olduğu nokta olarak tespit edilmişti.

Yine Şekil 5.15 için bu frekans noktasına baktığımızda, 6,80 Ghz bu eğriler için de yine en iyi iletim noktası olarak görünmektedir, fakat tüm bu iyi iletime rağmen; frekans ekseninden uzaklaşmıştır. Bu da kemikte meydana gelen kırılma aralarından mikrodalgaların karşı tarafa geçti ve verici ile alıcı arasında gidip geldiğini göstermektedir. Sadece bu parametreler incelenerek bile; bu sonuca varılabilmenin mümkün olduğu iki grafiğin kıyaslanmasında görünmektedir.

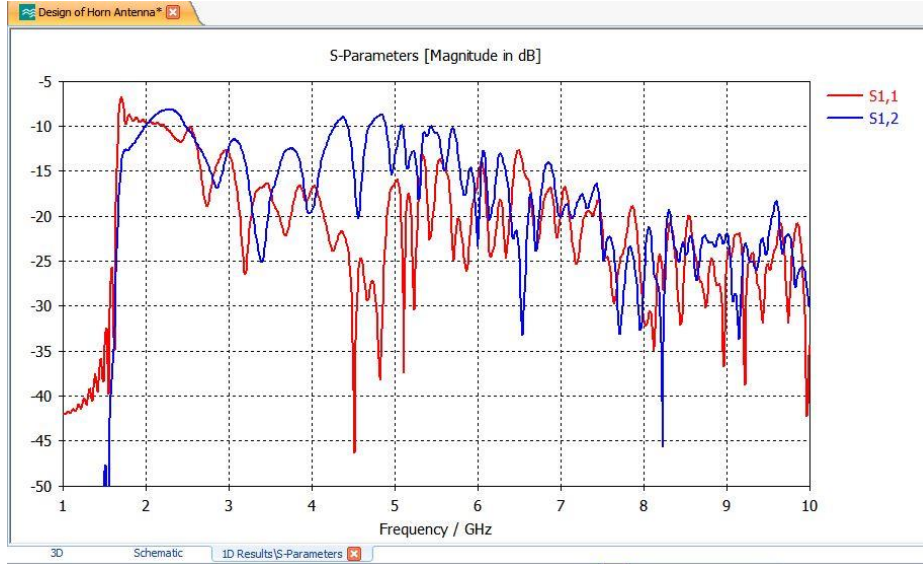
Yine bu iki grafik için S12 Parametrelerini de incelersek; yansıma parametresi grafiklerinin frekans bandına olan uzaklıklarının birbirinden farklı olduğunu görebiliriz. Bunun sağlaması; S11 parametrelerinin eğrilerinin farklı olmasıyla gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.16. Kemik yapısı iki taraftan da kırıkken

Şekil 5.16’da da görüldüğü gibi kemik yapısı iki yerden de kırılmıştır. Boyutları 250mm olarak belirlenen kemik yapısı 120mm’den 121mm ve 145mm’den 146mm’ye boyutuna

kadar kırılmıştır. Bu da kemik yapısının 25cm'ye denk gelmesine ve 0.1cm'lik 2 kırıkla toplamda 0.2cm kırığa denk gelmektedir. Bu yapıya ait S Parametreleri incelenirse;



Şekil 5.17. Kemiğin iki kısmında da kırılma meydana geldiğindeki parametreler

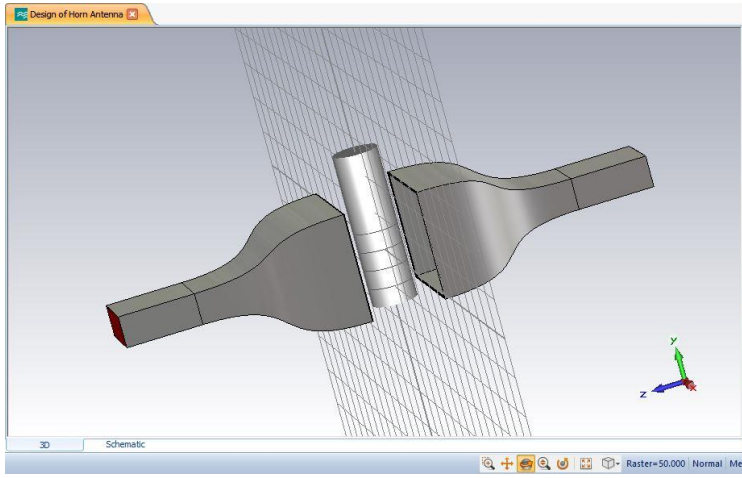
Parametre grafiğinde de görüldüğü gibi; S11 ve S21 yani iletim ve yansıma parametreleri yer almaktadır. Bu parametrelerin ilk grafik değerlerine göre kıyaslanması durumunda; grafiğin değişkenliğinin çok fazla şekilde meydana geldiği görülmektedir. Çünkü en iyi yalıtımın meydana geldiği 6,80 Ghz değerinden, sonuç 4,5 Ghz değerine sapmıştır. Kemiğin hiç kırılmamış haliyle kıyaslandığı zaman; görülebilir şekilde parametre farklılığının meydana geldiği belirlenmiştir.

Yani şu ana kadar yapılan çalışmada, S-Parametrelerinin kontrolü yapılarak; kırık tespitinin yapılması simülasyonda doğru sonuç vermektedir.

Parametreler bakılarak yapılan yorumlar, bazı durumlarda hassaslık ve ince noktalarda değişim gösterebilir. Bu biraz da kemik yapısında meydana gelen kırıkların cinsine bağlı olarak da değişim göstermektedir. Çünkü bu yapıdaki kırıklar ne kadar büyükse; aralıklar o kadar fazladır. Aynı zamanda kırıklar ne kadar küçükse, ayrılmalar da o kadar dar ve çatlamlara yakın mesafelere denk gelmektedir. Her ne kadar elektromanyetik dalgalar karşılıklı olarak bu yapıda kesişim oluştursa da; ince tür veya çatlığa yakın vakalarda bu durum hassas değişimlere sebep olabilir.

Bunun çözümü ise en iyi iletim olan frekans değeri ve en iyi yansımanın olduğu frekans değeri referans alınarak; buna göre bir yorum çıkartılması yönünde olmalıdır. Çünkü genişliğin boyutunun ne olduğundan ziyade, mikrodalganın bu kesişim noktalarından ne oranda geçtiğine bakılarak; bu referans noktalarından oldukça görülebilir bir şekilde çıkarımlar yapılabilir.

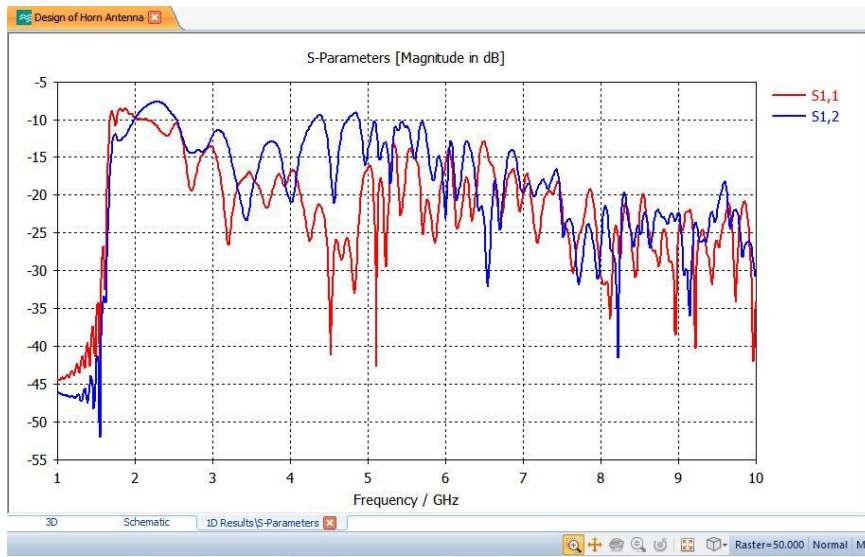
Şimdi bu ayrımı gösterebilmek için; kemik yapısının 4 farklı yerinde kırık (parçalı kırık) meydana geldiğini inceleyelim;



Şekil 5.18. Huni antenler arasındaki kemiğin 4 bölgesinde kırık oluşması

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi; huni anten arasında bulunan kemikte meydana gelen 4 parça kırık bulunmaktadır. Bu çeşit bir kırık, parçalı kırık olarak değerlendirilmektedir. Parçalı kırıklarda kemik belirli bölgelerde ayrı ayrı kırılır ve ayrılmalar meydana gelir. Genelde bu tür kırıklar yaşlı insanlarda meydana gelir. Çünkü ilerleyen yaşlarda insan vücudundaki kemiklerin kalitesi giderek düşmektedir [33].

Şekil 5.18 için parametre değerlerine bakacak olursak;



Şekil 5.19. İncelenen duruma göre oluşan saçılma parametreleri

Şekilde görülen S11 ve S12 parametreleri bir önceki durumun parametre grafiği baz alınarak incelendiği zaman aradaki farklar şu şekildedir.

- Şekil 5.17 grafiğinde 1 ve 2 Ghz frekans aralığı için S11 parametresi -37 dB değerinden başlarken, Şekil 5.19'de bu değer -46 dB değerinden başlamıştır. Aynı zamanda yine bu frekans aralığında; Şekil 5.16'da S12 parametresi frekans bandından başlarken, Şekil 5.19'de bu değer -52 dB değerinde olduğu görülmektedir.
- Şekil 5.17 grafiğinde 4 ve 5 Ghz aralığında simülasyonun en iyi iletim yaptığı bölgeye rastlanmaktadır. Bu bölgede 4,50 Ghz değerinde en iyi iletim yapıldığı görülmektedir ki S11 parametresi bu noktada -48 dB değerinden başlamıştır. Fakat Şekil 5.19 grafiğinde de görüldüğü gibi bu değer -39 dB değerlerine kadar yükselmiş ve en iyi iletim bölgesinden uzaklaşmıştır. Öyle ki grafikte en iyi iletim bölgesinin yeni frekans aralığının 5 ve 6 Ghz arasında olduğu görülmektedir. Bu frekans aralığında yaklaşık olarak -47 dB değerinde olan S11 parametresi, frekans aralığında kayma meydana getirerek ancak bu dB değerine gelebilmiştir.
- Yine Şekil 5.17 incelendiğinde en iyi yalıtım noktası bölgelerinden olan 8-9 Ghz aralığında S12 parametresi -44 dB değerinden başlamıştır. Fakat Şekil 5.19'de görüldüğü gibi 8-9 Ghz aralığındaki S12 parametresi incelendiği zaman; bu parametre değerinin -39 dB değerinde başladığı görülmektedir. Yaklaşık 10 dB'lik

bir düşüfle birlikte bu değerlerde de değişme ve sapma meydana gelmiştir. Yani bu iki grafik değer ve bölge olarak birbiriyle eşleşmemekte ve örtüşmemektedir. Bu da bizim yaptığımız çalışma için; elde etmemiz gereken bir sonuçtur.

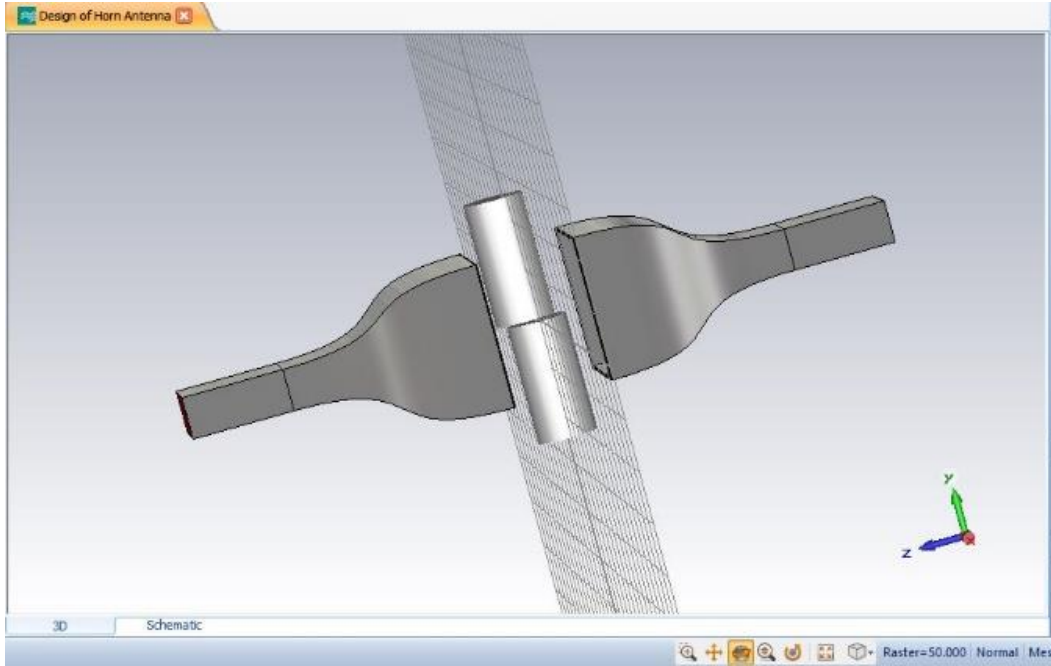
Yukarıdaki maddeler incelendiğinde; parçalı kırıklarda, kemik yapısında meydana gelen kırılmaların artıp azalmasına göre grafiklerin değişim noktalarındaki kıyaslanmalar göz önünde bulundurulmuştur.

Parçalı kırıklar kemik yapısındaki farklı yerlerde meydana geldiği için, sıralı kırıklar olarak da bilinmektedir. Şekil 5.16'ya baktığımızda bu yapıda meydana gelen kırılmalar kemiğin sadece 2 bölgesinde gerçekleşmiştir. Fakat Şekil 5.19 için bu yapıdaki kırılmalar kemiğin 4 bölgesinde gerçekleşmiştir. Bu ikisi arasındaki ayırım ise Saçılma Parametreleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve hedef edinilen sonuca yaklaşıldığı gözlenmiştir.

Tüm bu tek bölge kırıkları, parçalı kırıklar, farklı bölge kırıklarından sonra; bir de humerus kırıkları incelenecektir.

Humerus kırıkları, yaşlı nüfusun artışıyla birlikte artış göstermiş, yaş ilerledikçe meydana gelen kemik kırıkları olarak da bilinmektedir. Aynı zamanda gençlerde de yüksek enerjiden kaynaklanan travmalarda meydana gelerek varlığını gösterebilir [34].

Görüntüleme sistem ve seçeneklerinin artması ve yaygınlaşması, kırık morfolojisi için daha objektif sonuçlar elde etmemiz için büyük bir yardım kaynağıdır. Bu çalışmada da bu yapılarda meydana gelen hasarların radyolojik yöntemlerle değil de, mikrodalga yöntemleriyle birlikte görüntülenmesi söz konusu olduğu için; farklı açılardan doğru sonuçlara ulaşmanın mümkün olduğu amacıyla hazırlanmaktadır.

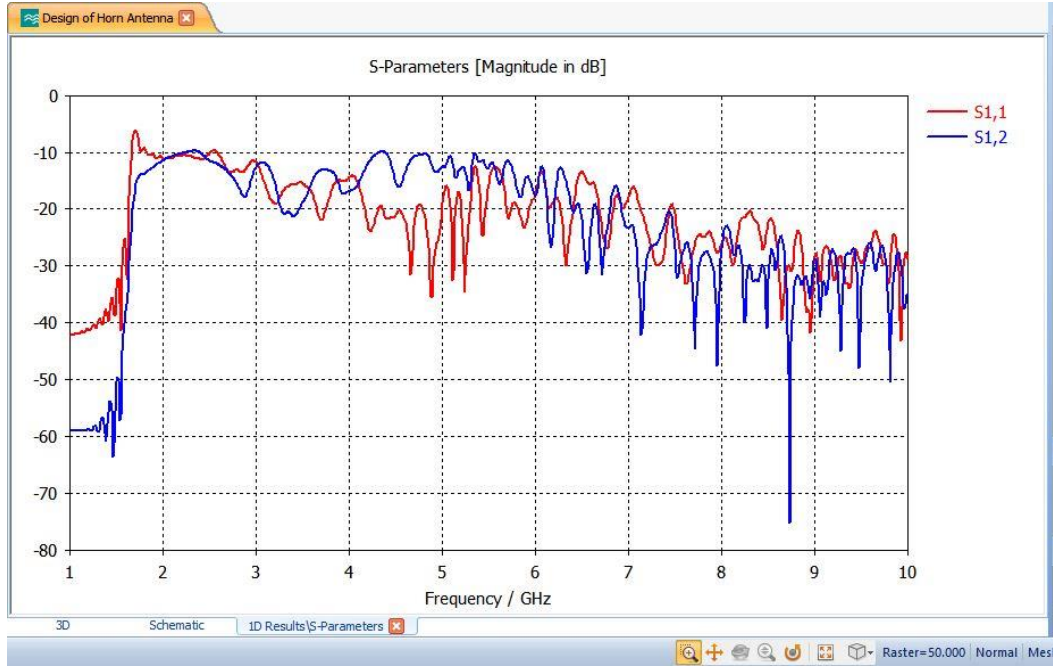


Şekil 5.20. Kemik yapısında meydana gelen humerus kırığı

Şekil 5.20’de de görüldüğü gibi; arada bulunan kemikte humerus kırığı meydana gelmiştir. Bu tür kırık yapıları; tam bir parçadan ayrılarak kaymalar gösterir ve bu şekilde meydana gelir. Görüntülenme yöntemleri röntgenle sağlanır fakat hasta bu konumda çok acı çektiği için bu yöntem daha can yakıcı olabilir. Pozisyon açısından hastanın yön değiştirmesiyle alakalı durumlar meydana gelir. Oysa bizim yaptığımız çalışmada; vakayı geçiren kişi ayakta da kalsa, oturmuş da olsa kol üzerinde sistemimiz gezdirilerek parametre değişkenliğine göre durum tespiti yapılabilir.

Bu tür kırıklarda sağlam yapıda meydana gelen kırık, aynı zamanda da kaymalar oluşturduğu için parametreler diğer elde ettiğimiz sonuçlara oranla çok daha farklı şekilde seyredebilir. Bu da bizim tespit noktamızda daha çok işimizi kolaylaştırabilir ki; hasarın ne olduğu hakkında kesin ve net bir bilgi sahibi olabilmek bu şekilde mümkündür.

Bu yapıya ait vaka için Saçılma Parametrelerini inceleyecek olursak;

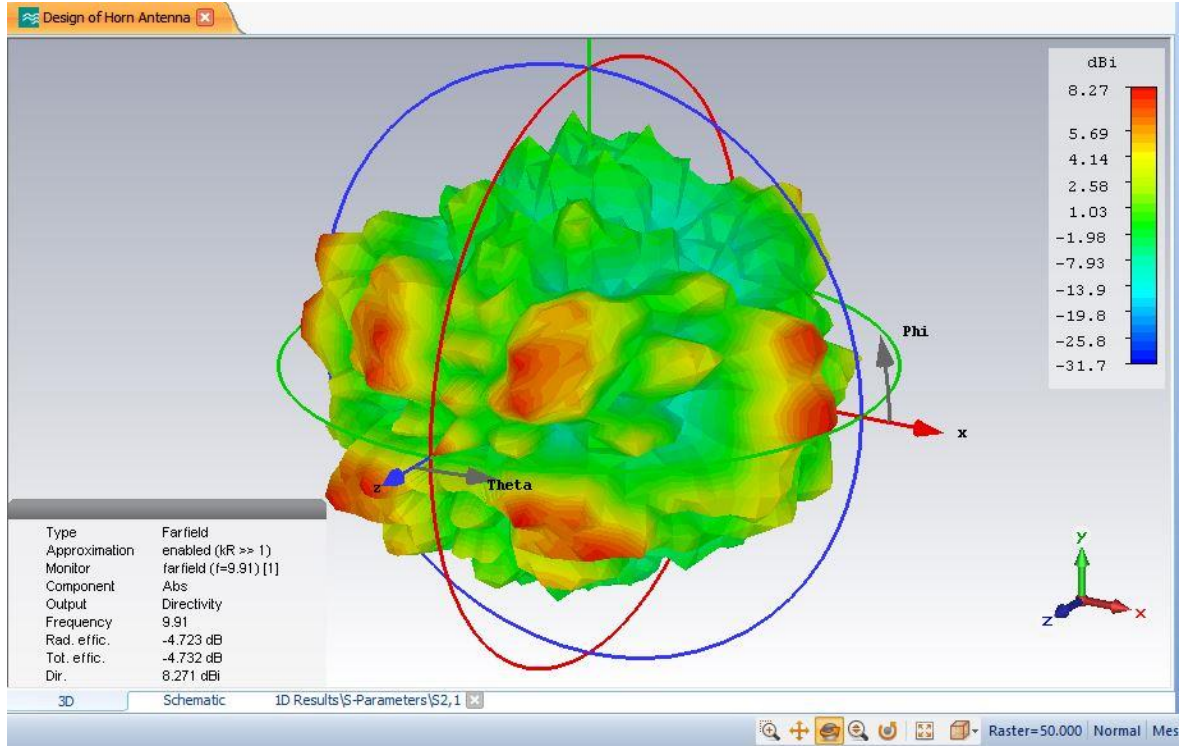


Şekil 5.21. Humerus kırığına ait saçılma parametreleri

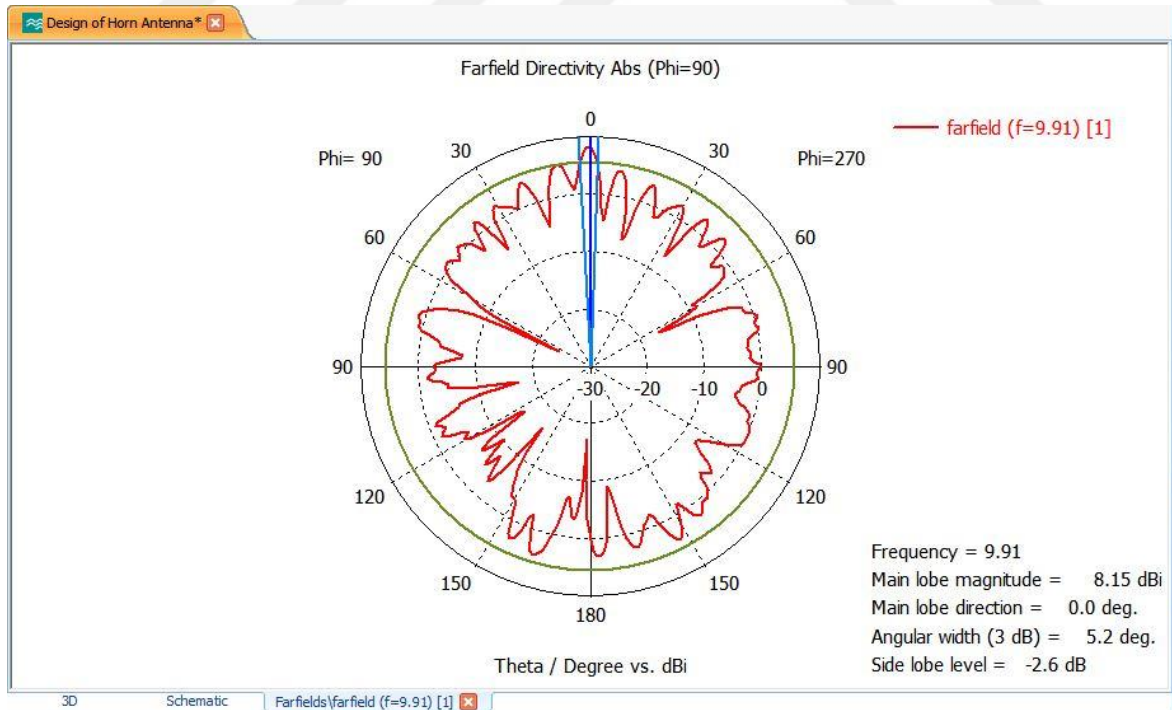
Diğer kırıklarda meydana gelen parametreler incelendiğinde; humerus kırığının anten tespit parametrelerinin çok daha farklı olduğu görülmektedir. Saçılma parametreleri çok fazla değişkenlik göstermiş ve sık frekans değişmelerini, yakın dB değerlerinde oluşturmuştur.

Parametrelere bakıldığında en iyi iletimin 9,90 Ghz etrafında -41 dB değerlerinde olduğu görülmekte, en iyi yalıtımınsa 8 ve 9 Ghz aralığında olduğu görünmektedir.

Humerus kırıklarında bu kadar farklı değerlerde parametre elde edilmesinin sebebi; aradaki kemikte meydana gelen kırığın, kendi sabit noktasının ayrılmasından da kaynaklanmaktadır. Çünkü arada oluşan boşluktan ziyade; yapıda meydana gelen eksen kayması da, antenden yayılan mikrodalgaların elbette ki yönlülüğünde değişiklik oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Bunun ayrımının gözlemlenebilmesi için, en iyi iletim noktası referans alınarak; o frekans değerinde “Farfield” değeri göz önünde bulundurulur. Böylece gözlemlenmekte olan 3D görüntüde ne gibi farklılıkların meydana geldiği bu şekilde belirlenebilir. Zaten Huni Anten yapısının yönlü bir anten (yönlendirildiği tarafa ışımaya yapan) bir anten olduğunu ve Farfield görüntüsüne de sahip olduğumuzdan dolayı, bu faktörlerdeki görüntülerin ayrımı; bize inceleme konusunda bilgiler verecektir. Bu bağlamda 9.90 Ghz değerindeki en iyi iletim değerinin Farfield görüntüsü incelenecek olursa;



Şekil 5.22. Humerus kırığı 9,91 Ghz değerindeyken Farfield görüntüsü



Şekil 5.23. Humerus kırığı 9,91 Ghz değerindeki polar görüntüsü

İlk olarak şekil 5.22'ye baktığımızda; elde edilen yayılım görüntüsünün, Huni antenin yaptığı yayılımdan farklı olduğu gözlenmektedir. Çünkü huni anten yönlü bir antendir ve yönlendirildiği tarafta kuvvetli ışımaya yapar. Kazancın fazla olmasının sebebi de bundan kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.4'e bakıldığında; olması gereken Huni anten yayılım görüntüsü yer almaktayken, humerus kırığındaki bu Farfield görüntüsü, yerini neredeyse çok yönlü antenlerin ışımaya yaparken oluşturduğu oval bir ışımaya görüntüsüne bırakmak üzeredir. Bu da kemik yapısının eksende kaymalı ve boşluklar oluşturan şekilde meydana geldiğinden dolayı kaynaklanmaktadır.

Normalde ışımaya en kuvvetli olduğu bölgenin z yönünde olması gerekirken; bu Farfield görüntüsünde hem z, hem x ve neredeyse y yönünde dahi yayılma meydana gelmeleri; 3D görüntüsünde meydana gelen "kırmızı" renkli bölgelerden belli olmaktadır.

Aynı şekilde Şekil 5.23'de ki polar görüntüsü de incelendiği zaman; daire içinde yayılan kırmızı eğrilerin yüksek ve z eksenine yönünde olması beklenir. Bu polar görüntüsüne göre; Farfield değerinin sadece z yönünde ışımaya yapmadığının da sağlanması yapılmış olur.

Kemik yapısında meydana gelen kırılmalar üzerinde Huni anten kullanılarak bu şekilde tespit edilmekte ve ayrımları sağlanmaktadır. Aynı adım ve gözlemlerinin hepsi "Patch Anten" için de uygulanacak ve bu iki anten çeşidi arasından hangisinin daha bu uygulamada kullanılmasının kazançlı olduğuna; sonuç kısmında yer verilecektir.

Çizelge 5.1. Kullanılan huni anten ve kemik yapısında meydana gelen kırıklar için simülasyon parametreleri

Kırık Tipleri	En İyi İletim Frekansı ve Frekans Aralığı	En İyi Yansıma Frekansı ve Frekans Aralığı
Tek Bölgede	6,80 Ghz	1,50 Ghz
İki Bölgede	4,50 Ghz	1-2 Ghz aralığı ve 8-9 Ghz Aralığı
Parçalı	5-6 Ghz aralığı	1-2 Ghz aralığı
Humerus	9,90 Ghz	8-9 Ghz aralığı

Çizelge 5.1'de de görüldüğü gibi; tasarladığımız antenler ve birbirleri arasındaki iletim durumu baz alınarak; arada bulunan kemik yapısında meydana gelen değişimlerle alakalı

iletim ve yansıma parametrelerinin tablosu bulunmaktadır. Bu tabloya göre; hangi kırık çeşidi için, iletimde ve yalıtımda ne oranda değişimin meydana geldiği çizelgede belirtilmiştir.

Bu bölüm için bir sonuç çizelgesi olarak değerlendirmek mümkündür. Bu parametre değişimlerine bakarak; durum değişimleriyle alakalı çıkarımlar yapılabilir.

Çizelge 5.2. Tasarlanan huni antenin dalga kılavuzu ölçüleri

WAVEGUIDE (DALGA KILAVUZU) ÖLÇÜLERİ	
X	(-) 46,5 mm – 46,5 mm = 93 mm
Y	(-) 21 mm - 21 mm = 42 mm
Z	0 - 103 mm = 103 mm

Çizelge 5.3. Tasarlanan huni antenin ön yüz ölçüleri

ÖN YÜZ ÖLÇÜLERİ	
X	(-) 93 mm - 93 mm = 186 mm
Y	(-) 72,5 mm – 72,5 mm = 145 mm
Z	(-) 310 mm - 311 mm = 1 mm

Çizelge 5.4. Ön yüz ve dalga kılavuzu birleştirilirken ayarlanan düzgünlük oranı

ÖN YÜZ VE ARKA YÜZÜN BİRLEŞTİRİLİP HORN ELDE EDİLMESİ	
SMOOTHNESS (DÜZGÜNLÜK)	0,400000

Çizelge 5.5. Dış katmanın oluşturulması için iç kısım incelik ölçüsü

SHELL (DIŞ KATMAN)	
INSIDE (İÇ KISIM)	THICKNESS (İNCELİK) = 2

Yukarıda verilen çizelgelerde; simülasyon için tasarlanan huni antenin ölçüleri yer almaktadır. Anten bu ölçülerle birebir şekilde ayarlanarak tasarlanmış, zaten beşinci bölümün başında da bu antenin iletimleri ve Farfield yayılımları noktasında gerekli bilgiler verilmiştir.

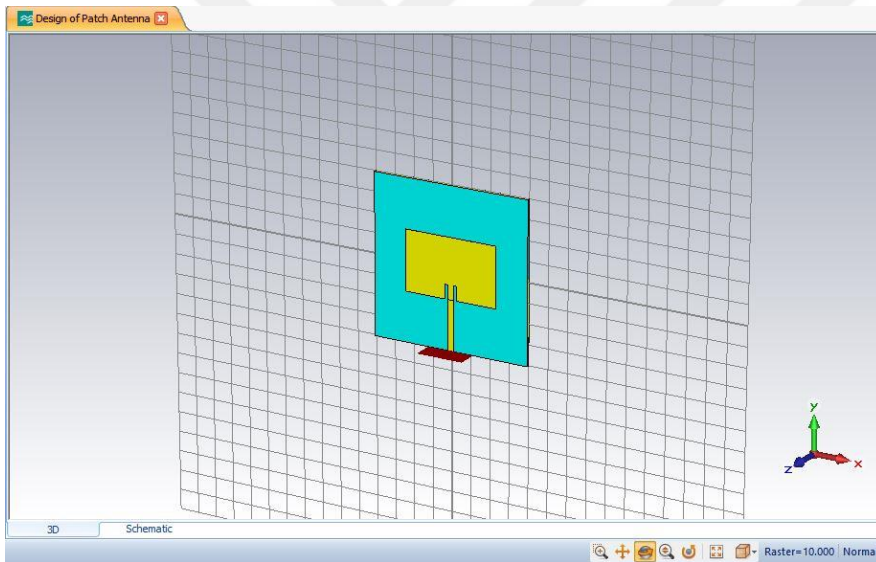
Çizelge 5.6. Kemikte meydana gelen kırık tipleri, bölgeleri ve kemik boyutu

KEMİK YAPISINDA MEYDANA GELEN KIRILMALAR, BÖLGELERİ VE BOYUTLARI			
Kırılma Tipi	Kırılma Yeri	Kemiğin Çapı	Kemiğin Uzunluğu
Tek Bölgede Meydana Gelen Kırık	125mm-126mm arası	30mm (3 cm)	250mm (25cm)
İki Bölgede Meydana Gelen Kırık	120mm-121mm arası ve 145mm-146mm arası	30mm (3 cm)	250mm (25cm)
Parçalı Kırık	120mm-121mm, 145mm-146mm, 168mm-169mm ve 191mm-192mm arası	30mm (3 cm)	250mm (25cm)
Humerus Kırığı	121mm-124mm arasında	30mm (3 cm)	250mm (25cm)

Antenler arasına yerleştirilen kemik yapısı “CST” programı içinde yer alan “Bio Tissue/Bone” materyalinden seçilerek oluşturulmuştur. Materyal olarak seçilen bu yapının ölçüleri, normal bir insanın standart kemik boyu ölçüleri dikkate alarak meydana getirilmiş ve simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir.

5.2. Patch (Mikroşerit Yama) Anten Tasarımı ve Sonuçları

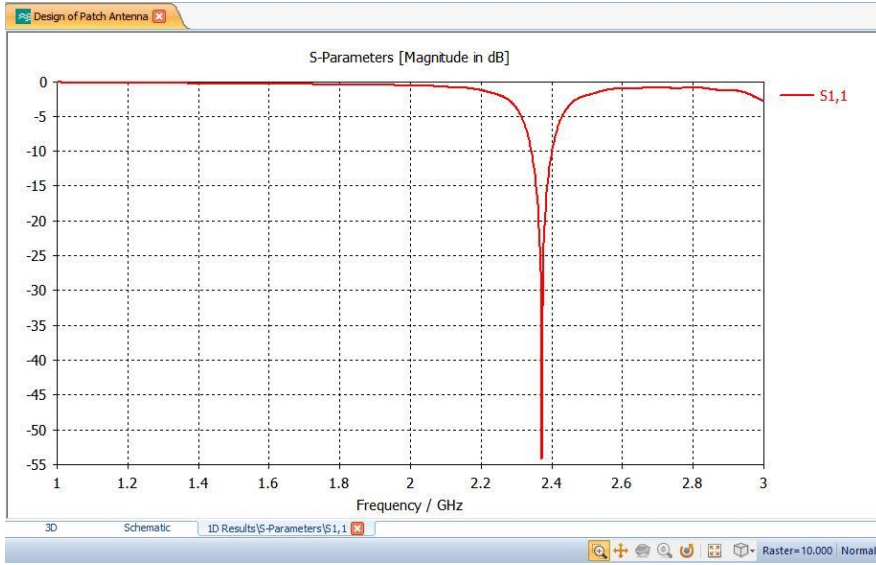
Patch antenler günümüzde oldukça sık kullanılan anten çeşitleri arasında yer almaktadırlar. Bunun sebebiyse; küçük boyutlarda olup, fazla ışıma yapabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Patch antenler; iletken bir yama, yer düzlemi ve bunların arasında belirli bir dielektrik sabitine sahip olan alt katmandan meydana gelir. En basit halleriyle bu yapılar birleştirilerek oluşturulurlar. İletken yama için genel olarak altın ve bakır tercih edilir. Biz de simülasyon programında; bu tip antenlerin oluşumunu sağlayan componentleri bir araya getirerek 2.4 Ghz'de en iyi yayılım yapan bir anten tasarladık. Bu çalışmanın ikinci aşaması için "Patch Antenlerin" seçilmesinin sebebi; huni anten tek yönlü bir antenken, bu antenin çok yönlü bir anten olmasından kaynaklanmaktadır. Bu iki özellik farkı, bize doğru tercihin hangisi olduğu hakkındaki esas bilgiyi verecektir.



Şekil 5.24. Tasarlanan Patch anten görüntüsü

Şekil 5.24'de de görüldüğü gibi simülasyon için tasarlanan patch anten bu şekildedir. Ground zemin, dielektrik ve iletken yama kullanılarak oluşturulmuştur. İletken olarak da sertleştirilmiş bakır tercih edilmiştir. Dielektrik olarak kullanılan malzemenin " ϵ " değeri "4,08", " N_u " değeri "1" ve Tanjant Δ (Delta) değeri ise "0,015" seçilmiştir. Ek olarak tanjant kaybının düşük seçilmesi yüksek verim, dielektrik sabitinin de normalden biraz fazla seçilmesi iletimin çok uzaklaşmaması amacıyla bu şekilde tercih edilmiştir.

Şekilde yer alan antenin S11 parametrelerini inceleyecek olursak;

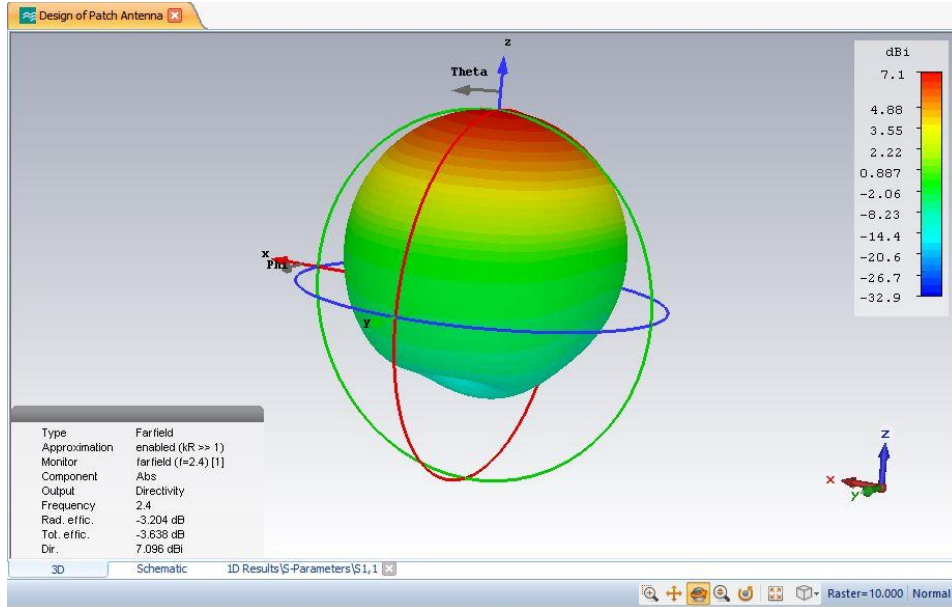


Şekil 5.25. Tasarlanan patch antenin S11 parametresi

Şekilde görülen S11 parametresinde hedeflediğimiz gibi antenimizin en iyi ışıma yaptığı bölge 2,4 Ghz değerlerindedir. Bunun dışında kalan bölgeler antenin yalıtımda olduğu bölgeler olarak kabul edilmektedir. En iyi iletim ve en iyi yalıtım bölgelerinde; antenin oluşturduğu Farfield görüntüleri incelenecek ve olması gereken ile değişim arasındaki fark elde edilecektir.

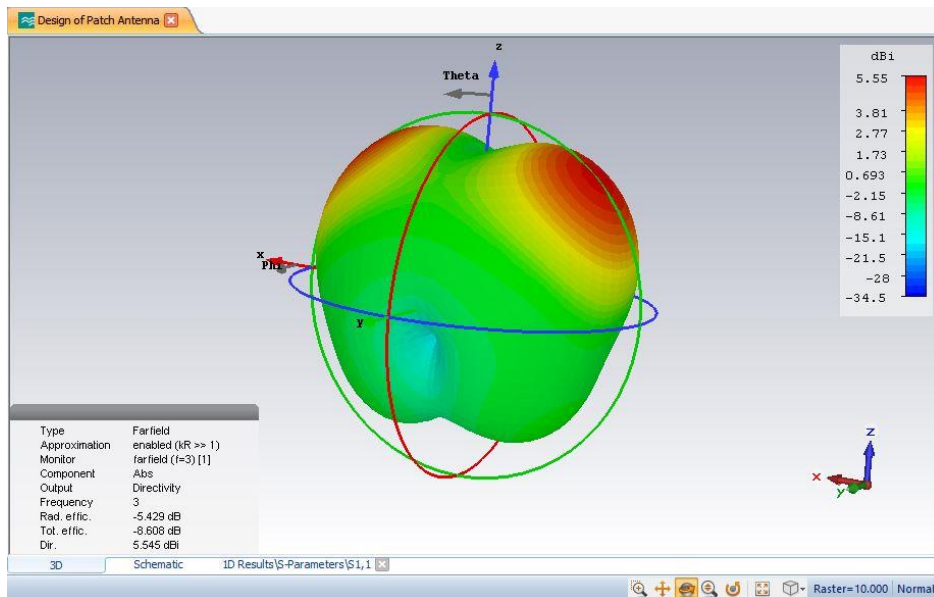
Saçılma parametrelerini baz almak bu yüzden iyi bir referans noktasıdır ki; çalışmada en büyük payı bu parametreler yardımıyla görmek mümkündür.

Patch antenler için seçilen değerlerin bu parametrelerin netlik kazanması ve çalışılan konu dalında muhakkak çok büyük önemi bulunmaktadır. Örneğin; tanjant kaybının az olması bu tür antenler için kazancın artmasına sebep olur. Bu yüzden bu çalışma için tanjant kaybı düşük oranda seçilerek dielektrik özelliklerine girilmiştir. Aynı zamanda dielektrik sabitinin de 2,2 ile 12 arasında olması gerekir. Bu değer ne kadar az ise antenlerden yapılan ışıma o kadar fazladır. Bizim bu değeri çok fazla ve çok az seçmiyoruz oluşumuzun sebebi; zaten karşılıklı olarak antenler arasındaki iletimin çok daha uzak mesafede gerçekleşmiyor olmasından kaynaklanmaktadır. Değer küçüldükçe ışıma mesafesi artarken, değer arttıkça da bu mesafe ters orantılı olarak düşer. Ortalarda bir değerde çalışma yapmak, bu proje için makul bir değerdir. Bu değer bu yüzden 4,08 değerinde seçilmiş ve anten oluşturulmuştur.



Şekil 5.26. En iyi frekans değeri 2,4 Ghz noktasındaki antenin Farfield görüntüsü

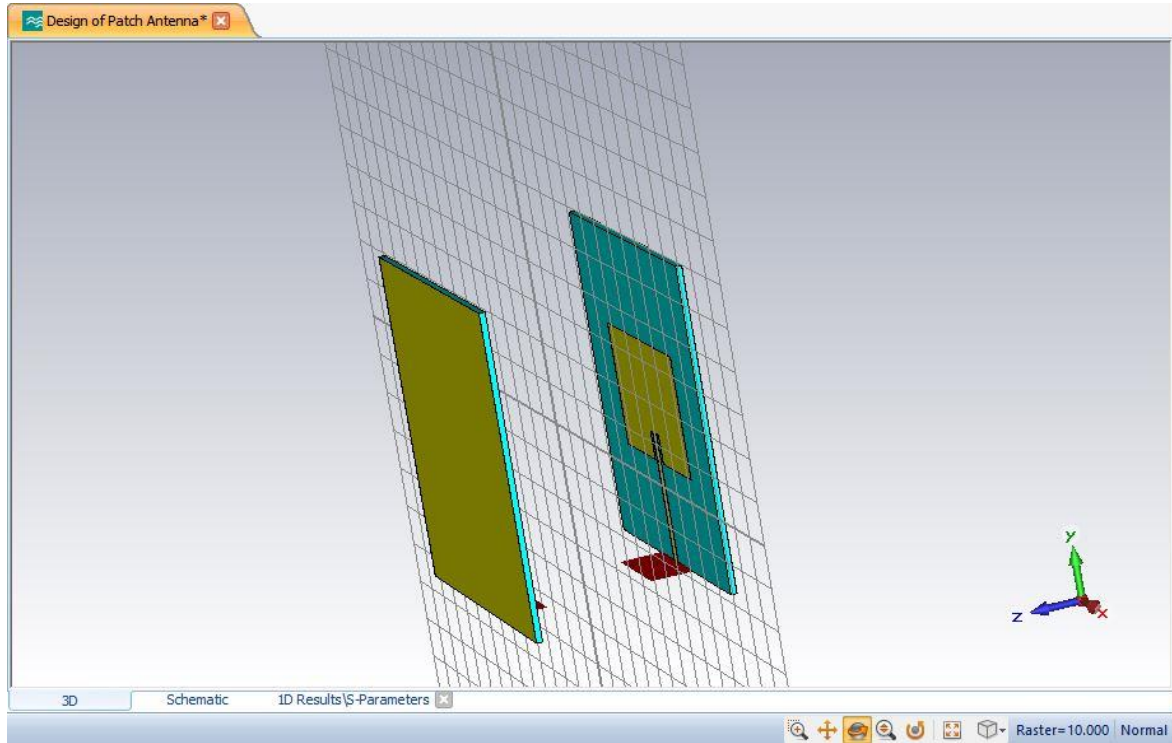
Yukarıda verilen şekilde antenin en iyi iletim yaptığı frekans noktasındaki Farfield görüntüsü yer almaktadır. Anten Farfield görüntüsü, belli olduğu gibi her yöne yayılım yapan bir anten görüntüsündedir. Fakat ışımının en fazla z yönünde olmasının sebebi; dielektrik sabitini ortalara yakın bir değer seçmemizden kaynaklanmaktadır. Eğer ki; bu sabit çok düşük bir sabit seçilmiş olsaydı; Farfield görüntüsünde ışıma her yöne kayma gösterebilirdi. Aynı zamanda en kötü ışımının olduğu aralıklar da incelenecek olursa;



Şekil 5.27. Işımanın en kötü olduğu frekans bölgesindeki Farfield görüntüsü

Şekil 5.27’de ise 3 Ghz değeri; yani ışımının en kötü olduğu bölgeye ait bir Farfield görüntüsü verilmiştir. Görüntüde de belirtildiği gibi; 3D görüntüsü bombelenme göstermiş ve Patch anten ışıma görüntüsünden uzaklaşmıştır.

Tüm bu değerler incelendiğine göre; anten bu çalışma için hazır hale getirilmiştir. Karşılıklı olarak ışıma yapmaları sağlanırsa;



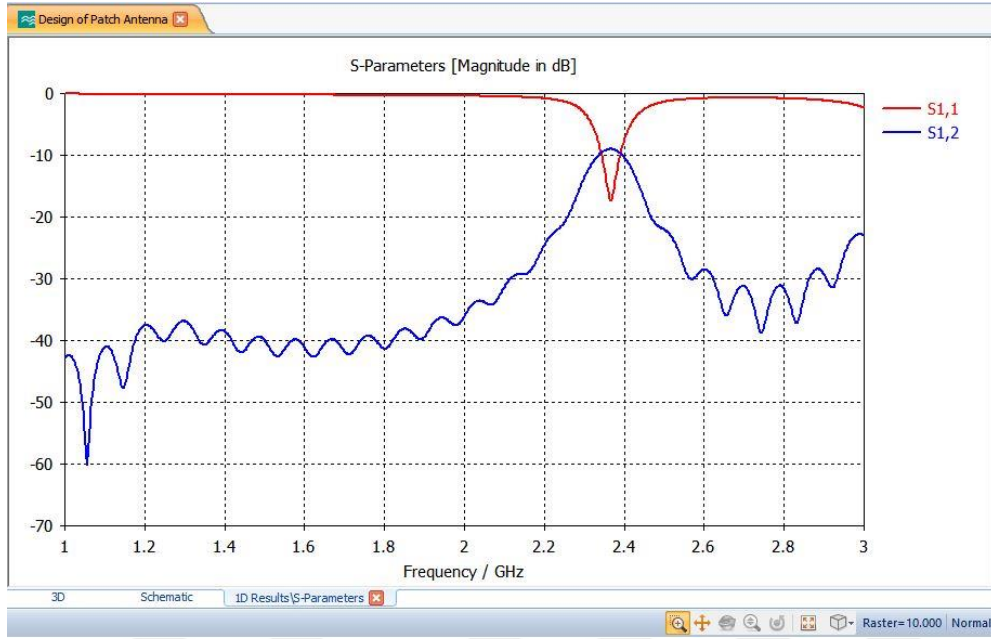
Şekil 5.28. Eş iki Patch antenin karşılıklı olarak ışımalarının sağlanması

Patch antenler karşılıklı olarak yerleştirilmiş ve ışıma yapmaları sağlanmıştır. Port atamaları yapılırken; iletken üzerindeki ince alt yüzey seçilmiş, “macros” sekmesinden port çözümü yapılarak anten için en ideal port oluşturulmuştur.

Port atamaları yapılan iki anten karşılıklı bir şekilde pozisyonlandırılmış ve simülasyon çalıştırılmaya başlanmıştır.

Simülasyon çalışmasının sona ermesiyle birlikte iki anten arasında 4 değerden oluşan Saçılma parametreleri oluşmuş ve Farfield görüntüleri meydana gelmiştir.

Tüm bu bölümlerin değerlendirilmesiyle birlikte araya kemik yapısı yerleştirilecek ve simülasyon tekrar çalıştırılarak kıyas yapılacaktır.

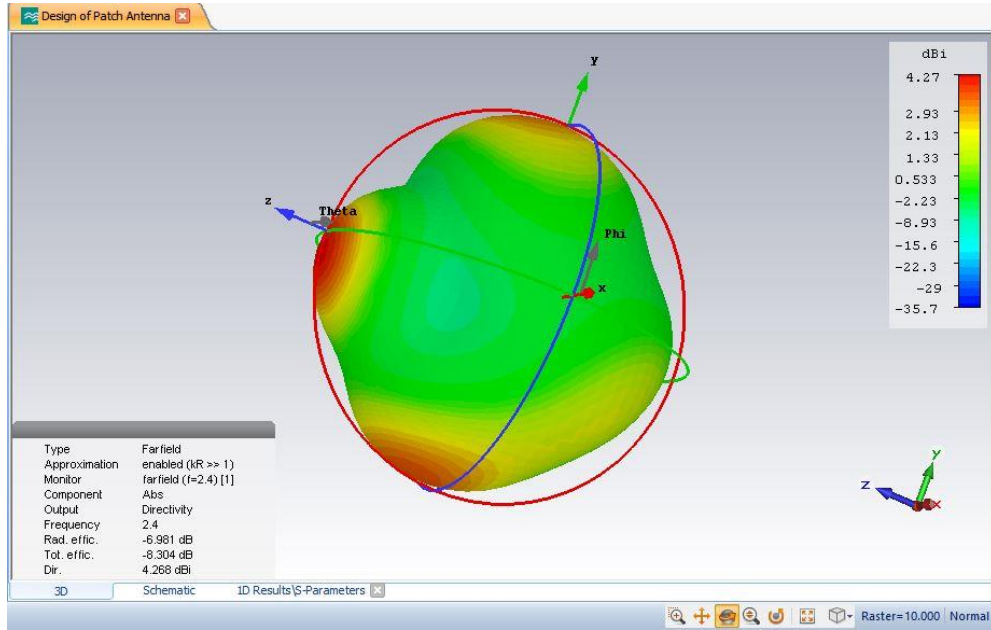


Şekil 5.29. Patch antenler karşılıklı ışıma yaparken S11 ve S12 parametreleri

Şekilde karşılıklı olarak ışıma yapan iki patch antenin saçılma parametreleri görünmektedir. Karşılıklı olarak birbiri arasında iletimde olan bu anten parametreleri için dikkat edilmesi gereken bir husus vardır. Öncelikle; anten tek başınayken saçılma parametreleri içinde sadece S11 parametresi simülasyonda gözükür, fakat iki anten karşılıklı ışıma yaptığı zaman S11 parametresi de dahil olmak üzere, S21,S12 ve S22 parametreleri de oluşur. Bunun sebebi; bir vericinin karşısında bir alıcının olmasından kaynaklanmaktadır. S11 parametreleri ve S12 parametreleri bu bakımdan dolayı bir nevi birbirlerini tamamlarlar. Birinin iyi olduğu yerde diğeri kötü, birinin kötü olduğu yerde ise diğeri iyidir. Işımanın iyi olduğu bölgede S12 parametresinin kötü olması, ışımının kötü (yansımanın yani izolasyonun iyi) olduğu bölgelerde de S11 parametresinin kötü olması bundan kaynaklanmaktadır.

Bu grafiğe de bakıldığı zaman; en iyi iletim noktasının yine 2,4 Ghz'de olduğu görünmektedir. Fakat anten tekken yaptığı yayılımla olan farkı; meydana gelen dB farkıdır. Anten tek başına yayılım yaptığıında; 2,4 Ghz değerinde -55 dB değerlerinde ışıma yaparken; simülasyon alıcı ve vericiyle eşleştirildiği zaman bu frekans değerindeki dB değeri -18 dB değerine geldiği görülmektedir. Çünkü artık iletimle birlikte geri dönen yansılarda bu sistem için mevcuttur.

S12 parametre grafiğine bakıldığında; en kötü yansıma değerinin 2,4 Ghz değerinde, en iyi yansıma değerinin ise 1-1,2 Ghz değerinde olduğu görünmektedir. İletim değeri ise bu aralıkta iyi bir performans sergileyemez.



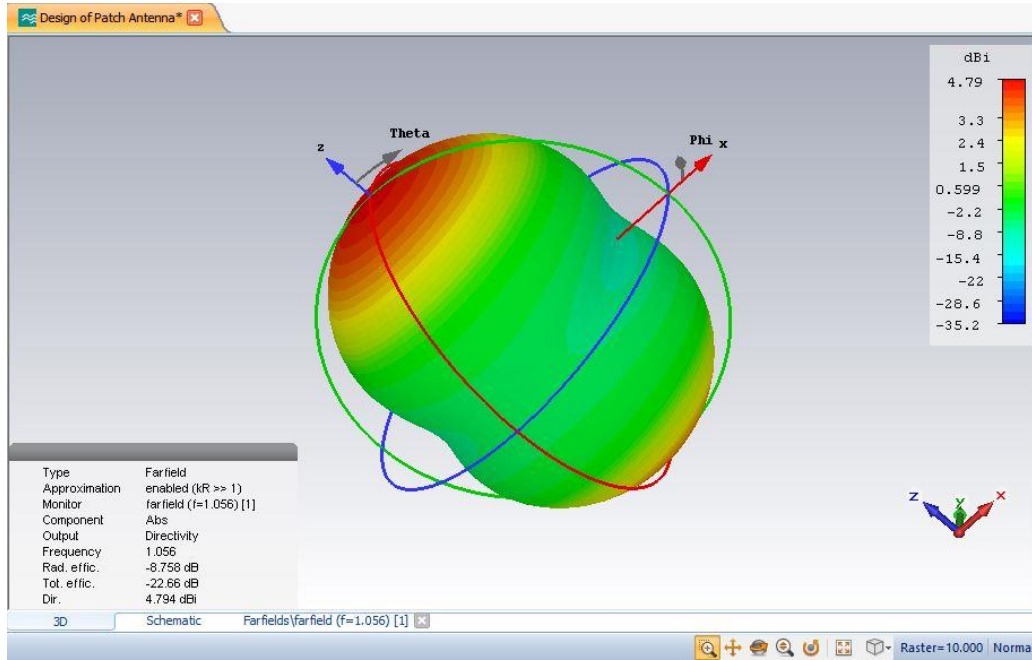
Şekil 5.30. Patch antenler karşı karşıyayken 2,4 Ghz'deki Farfield görüntüsü

Şekilde 2,4 Ghz değerinde birbiri arasında ışıma yapan iki patch antenin Farfield görüntüsü yer almaktadır. Şekil 5.26'ya bakıldığı zaman, tek başına ışıma yapan patch antenin Farfield görüntüsü yer almaktadır. Görüldüğü üzere ilk etapta oluşan Farfield görüntüsü yalnızca z yönünde ışıma yapmaktadır. Üstelik çok yönlü bir anten olmasına rağmen z yönünde ışıma daha fazladır. Bunun da dielektrik sabitinin seçilmesinden kaynaklandığını belirtmiştik. Şimdi Şekil 5.30'a bakıldığında; Farfield görüntüsü değişmiş ve ışıma hem z yönünde hem de y yönünde meydana geldiği görülmektedir. Bunun sebebi ise iki antenin karşılıklı olarak ışıma yaparak birbirleri arasında iletim ve yalıtım meydana getirmesinden kaynaklanmaktadır.

Karşılıklı olarak iletim ve yansıyan geri dalga özelliklerine sahip olan birisi verici, diğeri ise alıcı olan antenlerden çıkan dalgalar iletim sırasında yayılarak y yönünde de ışıma yapmıştır. Bunun sebebi ise Şekil 5.28'e bakıldığı zaman anlaşabilmektedir. Z yönünde karşılıklı olan antenlerin port atamaları ise y yönünün zemininde yapılmıştır. Karşılıklı olarak z yönünde ışıma yapan antenler, mikrodalgaların porttan (beslemeden) gelen enerjiyle yükselmesiyle birlikte de y yönünde ışıma yaparlar.

Aslında karşılıklı ışıma yaparken aynı zamanda farklı yönlerde de ışımanın olması, her ne kadar dielektrik sabiti uzak menzilli ışımaya göre seçilmemiş olsa da, çok yönlü antenlerin yapması gereken bir ışıma ve Farfield görüntüsüdür.

Şimdi bu iki alıcı ve verici arasına kemik yapısı yerleştirildiğinde, parametre ve Farfield değişimleri incelenecek ve kıyaslama sonuçları teze dahil edilecektir.



Şekil 5.31. Patch antenler karşılıklıyken en kötü yayılım değeri 1,056 Ghz'deki Farfield görüntüsü

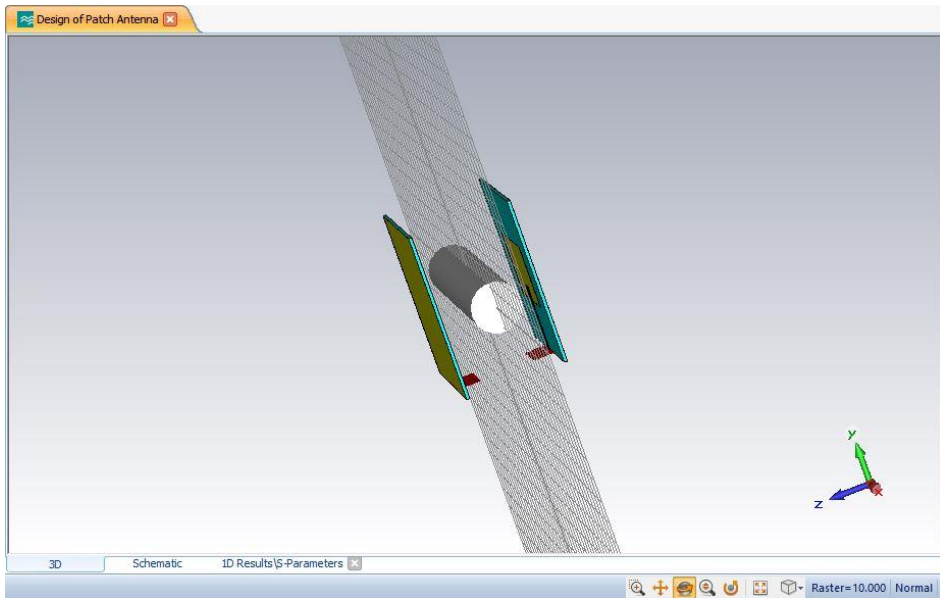
Şekilde patch antenler karşı karşıyayken en kötü ışımanın (en iyi yansımanın) olduğu frekans değeri olan 1,056 Ghz değerindeki Farfield görüntüsü yer almaktadır. Farfield görüntüsünden de görüleceği üzere; z yönünün en pozitif hem de negatif yönünde ışıma bulunmakta ve görülen şekil, çok yönlü antenler için makul görülmeyen bir şekil oluşturmuştur. Parametre değeriyle, Farfield görüntüsü uyuşma sağlamaktadır. Bu değerinde görülmesi için inceleme yapılmıştır.

Uygulamada bu iki anten arasında kemik yapısı yerleştirilecek ve parametrelerdeki değişimler tekrar gözlemlenecektir. Bu durum aslında bize şu konu hakkında net bir bilgi verebilir; parametrelerde herhangi bir frekans değişimi olmasa dahi; dB değişiminden dolayı iletimin şiddeti hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Arada cisim yokken iletim kuvvetlenebilir ve arada bir yapı varken iletim şiddeti elbette düşecektir. Anten dilinde bu parametrelerin

okunması; boyutları ve sabitleri bilinen bir anten için; kendilerinin yapısını görmesek dahi aralarda bir yapı olduğunun göstergesidir. Çünkü parametreleri o antenin datasheeti olarak değerlendirmek doğru olacaktır ki; bu datasheet değerleri değiştiği zaman, kimlikte de bir değişimin olduğu hakkında konuşmak mümkündür. Devamlı olarak bir inceleme söz konusu olduğundaysa; sonuçların değerlendirilmesi için gerekli ortam ve koşullar altında uygulanmış olur.

Bununla ilgili şöyle bir örnek verilecek olursa; solar sistem kullanılarak Ayasofya'daki mezarların üzerinde gezdirilmesi bunun günümüzde de kullandığının ispatıdır. Normal değerleri bilinen bir anten sistemiyle mekanda bulunan bir mezarın taraması yapılmış ve bu sayede o bölgeye mikrodalgalar gönderilmişti. Bunun sonucunda sürekli olarak çıkan parametreler birleştirilerek, dalga parametrelerinin mezarın içinde oturur pozisyonda durumunu sağlamış kemikler olduğu tespit edildi. Yani bu tespit metodu kullanılarak; 800 yıl boyunca mezarın dolu mu veyahut boş mu olduğuyla alakalı efsaneler son bulmuş; mezarın dolu olduğu kesinleşmişti.

Şimdi iki patch anten arasında kemik olduğu durumu inceleyecek olursak;



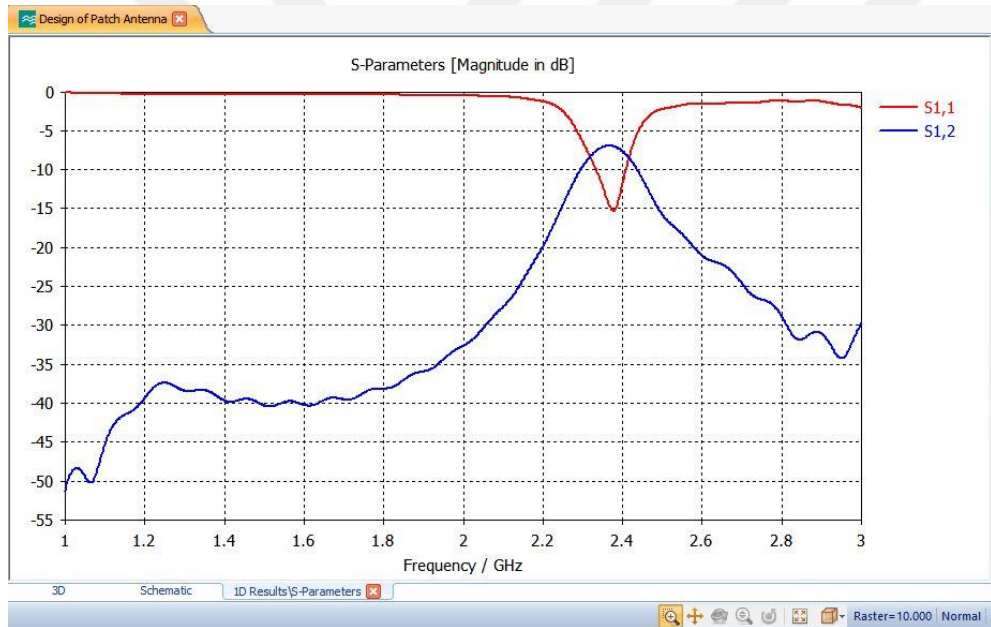
Şekil 5.32. İki patch anten arasına yerleştirilmiş sağlam kemik yapısı

Şekilde de görüldüğü gibi; iki patch anten arasına yerleştirilmiş sağlam bir kemik yapısı bulunmaktadır. Bu yapı arada bulunurken; ışın simülasyonu başlatılacak ve parametre

değişimleri gözlemlenecektir. Bu değişimlerden yola çıkarak çıkarımlarda bulunmak mümkündür.

X eksenini boyunca uzanan kemik; 12mm çapında ve 125mm uzunluğundadır. Kemik yapısına ve anten boyutlarına ilişkin parametreler; bölümün sonunda çizelge şeklinde gösterilecektir.

X eksenini boyunca uzanan kemiğe; z yönünde birbirleri arasında ışınım yapan patch antenler etki etmektedir. Burada mühim olan kemik yapısındaki kırılmaların tespiti olduğu için, bu yapının x yönünde veya y yönünde olduğu herhangi bir fark oluşturmaz. Çünkü kırık aynı pozisyonda ve mesafe aynı olduğu için ışınımın ardından boşluklara yayılan mikrodalgalar yine aynı orandadır.



Şekil 5.33. Arada kemik yapısı varken antenlerin S11 ve S12 parametreleri

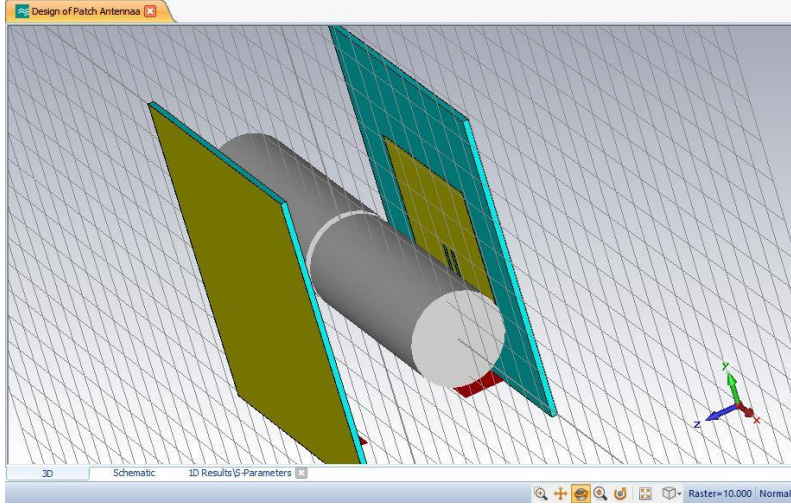
Şekilde de görüldüğü üzere; arada kemik yapısı varken, antenler ışınım yaparak elde edilen saçılma parametreleri görülmektedir. Parametre incelendiği zaman; en iyi ışınımın yine 2,4 Ghz değerinde olduğu görülmekte ve fakat dB değerindeki değişiklik de gözlemlenebilmektedir. Bu frekans değerinde sapma olup olmayacağı en iyi şekilde kırık varken tespit edilebilir.

Şu ana kadar olan tüm patch anten çalışmalarında frekans değerinde bir sapma olmadığı gözlemlenmiş fakat dB değerindeki değişimler de göz önünde bulundurulmuştur. Bu dB değerlerinin şiddeti şu ana kadar bize; bu iki anten arasında bir cisim olduğu hakkında bize

bilgi verebilmekte ve şiddetin azaldığını göstermektedir. Ayasofya örneğinde de verdiğimiz gibi; aslında sistemimiz bu şekilde çalışmakta ve o deneyde de olduğu gibi; aradaki cisim tespiti hakkında gerekli bilgi sağlanmış/sağlanmaktadır.

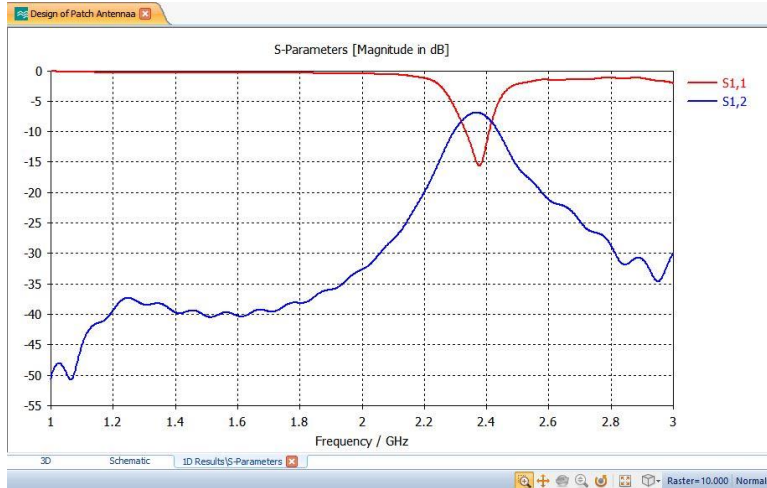
Bu yapıda kırık meydana geldiği; ışımının verdiği tepki bizim asıl aradığımız sorunun cevabı niteliğinde olacaktır.

Meydana gelen değişimin dB değerinde mi, yoksa frekans değerinde mi olacağı, bizim için çalışmanın gerçek konusunu belirlemekte yardımcı olacak ve kıyas tespiti arasında sonuç kısmı için büyük ve önemli yorumlar doğuracaktır. Her alanda kullandığımız mikrodalgaların; hayatımızın bir çok yerinde de kolaylık sağladığını görmek ve bunun kalitelisini üreterek daha net sonuçlar elde etmek; insanlık açısından bir gelişme ve literatür kütüphanesinde de önemli bir çalışma olarak yerini alacaktır.



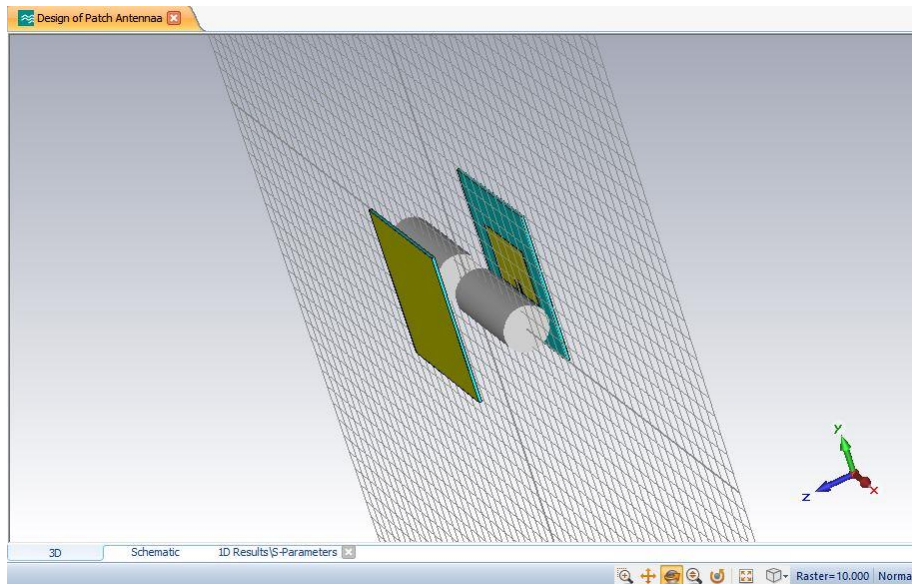
Şekil 5.34. Aradaki kemik tek yerden kırıkken patch antenler arasındaki kemik yapısı

Şekilde de görüldüğü gibi çapı 12mm ve boyu toplamda 125mm olarak belirlenen kemik yapısı üzerinde 2.5mm'lik bir kırık meydana getirilmiş ve simülasyon çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre S11-S12 parametreleri incelendiğinde;



Şekil 5.35.Oluşturulan yapının S11 ve S12 parametreleri

S parametrelerinin görüldüğü grafik incelendiğinde; Şekil 5.33 ile çok benzer olduğu görülmektedir. Sadece en iyi yalıtımın olduğu kısımda frekans kaymasından ziyade; dB değişiminin olduğu görülmektedir. Bu da çok küçük bir değişimdir ki (yaklaşık olarak 1dB) civarında; bu değişim bizim kemik yapısında herhangi bir kırık durumunun meydana gelip gelmediğini ayırt edebilmemiz için yeterli bir değişim değeri değil. Tek yönlü kırığın bu mesafesinde; patch antenin sağlıklı bir sonuç vermediği kanısı, simülasyon sonuçlarına bakıldığında da anlaşılmaktadır.

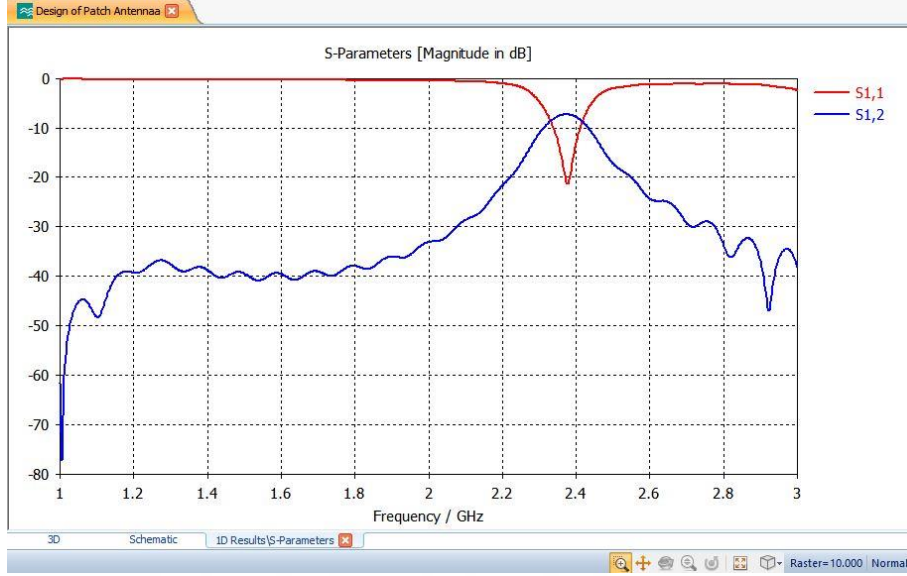


Şekil 5.36. Kemik yapısındaki kırık mesafesinin arttırılması

Şekilde de görüldüğü gibi kemik yapısındaki mesafenin artması sağlanarak, simülasyonun tekrar çalıştırılması hedeflenmiş ve parametre sonuçları yeniden kaydedilmiştir.

Bu sonuçları ışığında, parametre değişimlerinde tekrar gözle görülür bir değişim olmadığı zaman, program kemiğin diğer kısımlarında da kırıklar oluşturarak ve simülasyonu tekrar denemek olacaktır. Bu tür çalışmalar için yönlü antenlerin mi yoksa çok yönlü antenlerin mi avantajlı olduğu kanısına bu kıyas yoluyla varılabilir.

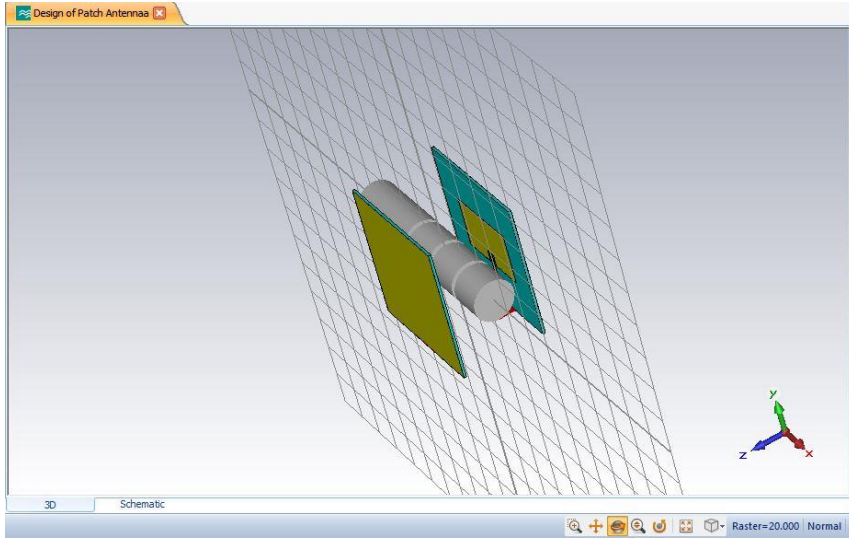
Simülasyonun bu durumuna bakarak Saçılma parametrelerini inceleyecek olursak;



Şekil 5.37. Sağlanan duruma göre S11 ve S12 parametreleri

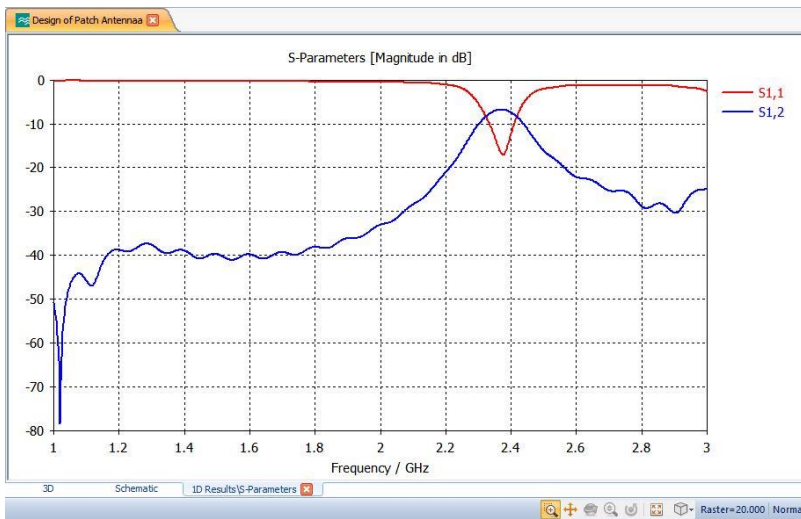
Saçılma parametrelerinde de görüldüğü gibi, anten mesafesinin fazla olmuş olması dahi; frekans ekseninde bir kayma meydana getirmemiş ve 5 dB oranında bir değişim göstermiştir. Diğer tüm kırık çeşitlerine bakarak net bir sonuca varmak mümkündür, fakat kullandığımız anten çok yönlü bir anten olduğu için, karşılaştığımız değişimler de büyük oranda olmamaktadır.

Şimdi kemik yapısının farklı yerlerinde kırık yapısı meydana getirip, parametreleri tekrar inceleyerek;



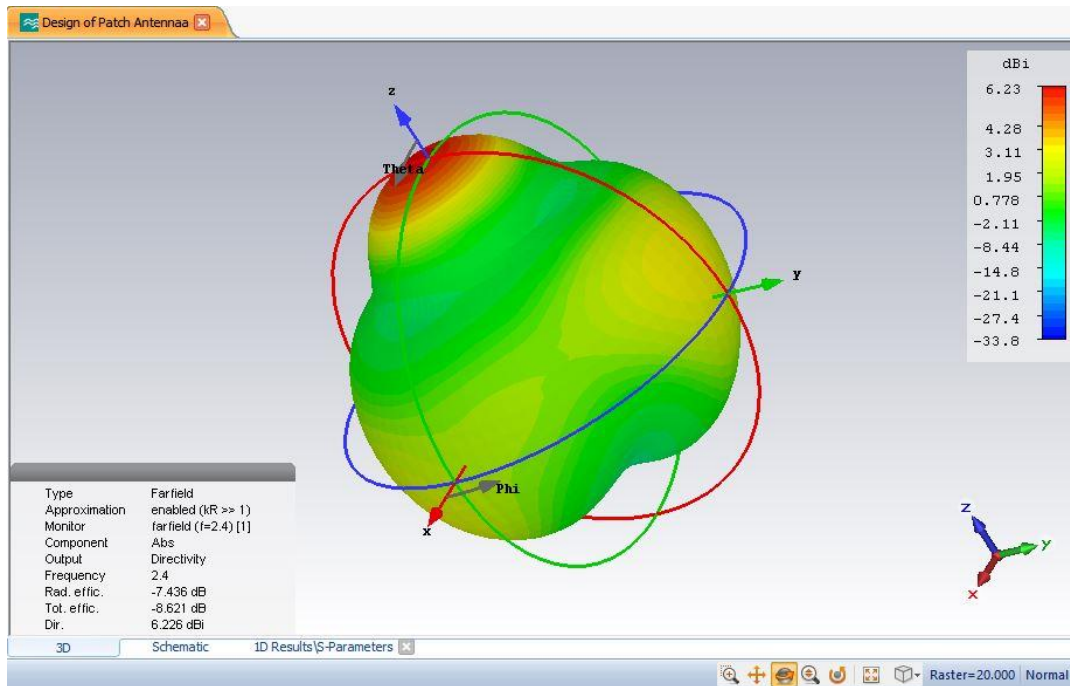
Şekil 5.38. Aradaki kemik yapısı 3 farklı yerden kırıldığı zaman

Şekil 5.38’de kemik yapısının 3 farklı yerden kırıldığı görülmekte ve simülasyonda görüntüsü oluşturulmaktadır. Kemik yapısında bu denli fazla kırıkların meydana gelmesi, karşıya geçen ışımının daha fazla olacağına manasına gelir ki bu da parametrelerde veyahut onların yaptıkları dB şiddetlerinde farklılıklar meydana getirmektedir. Normal olarak bir yapıda kırık ne kadar fazlaysa; haberleştiği antenle de ışımının o kadar iyi olması gerekir. Çünkü aralardan sızan mikrodalga oranları daha fazla ve karşıya geçiş diğer durumlara nazaran daha çoktur. Fakat yönlü antenler için bu böyleyken, çok yönlü antenler için durumun şu ana kadar çok da tespit edilebilir bir durum sağlamadığı söylenebilir. Şu durumda bu program için S parametresi sonuçlarına bakacak olursak;



Şekil 5.39. Kemik 3 yerden kırıldığında patch antenler arasındaki S11 ve S12 parametreleri

Şekildeki parametreler incelendiği zaman değişimin yine dB şiddetinde olduğu görülmektedir. Yapılan tüm denemeler ve değişimler bu zamana kadar sadece dB şiddetinde gözle görülür bir oynama meydana getirmiş ve diğer parametrelerin değişiklikleri tam olarak gözlenememiştir. Bu da antenin çok yönlü olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü ışıma yaptığı zaman; her ne kadar alıcı anten ve verici anten var olsa da anten yapısal olarak çok yönlü olduğu için; mikrodalgalar yönlendirildikleri bölgenin haricinde de ışıma yaparlar. Hatta kemik aralığı artmasına rağmen şiddetin düşmesi de bundan kaynaklanmaktadır. Mikrodalgalar tüm boş alanlardan her tarafa doğru ışıma gösterir ve bir miktarı alıcı ve verici arasında kontak kurabilir. Bunu Farfield görüntülerinde de görmek mümkündür.

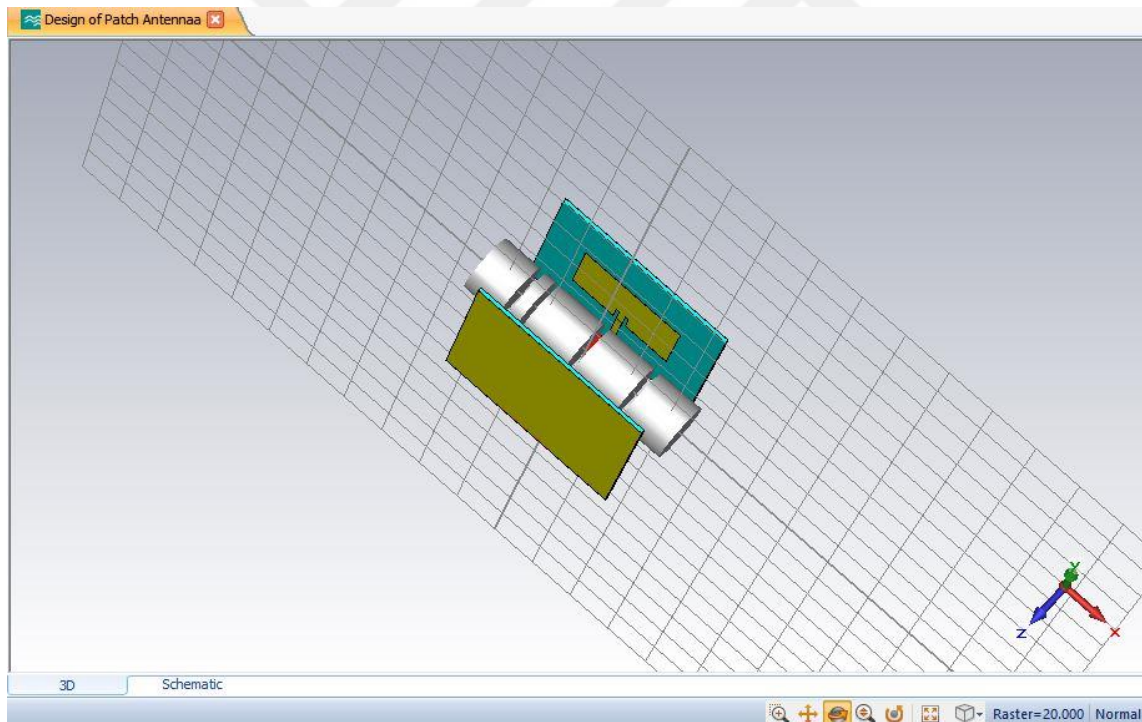


Şekil 5.40. Kemik yapısı 3 yerden kırıldığında 2,4 Ghz'deki Farfield görüntüsü

Mesela Şekil 5.4'te de görüldüğü gibi yukarıdaki parametrelere ait Farfield görüntüsü görülmektedir. Frekans olarak 2,4 Ghz değeri seçilmiştir çünkü antenin en iyi ışıma yaptığı frekans bölgesi bu noktada yer almaktadır. Farfield görüntüsü incelendiği zaman antenlerin birbirlerine doğru yönlendirildikleri taraf (yani z yönü) bombelenmiş ve yayılımın buraya odaklandığı görülmüştür. Fakat her ne kadar burada ışıma yönlendirilmesi yer alsada; anten Farfield görüntüsü bir çok yönlü antene ait görüntüdür ve şekle de bakıldığı zaman hem x hem de y yönlerinde sarı renklerin hakim olduğu, bu da kırmızı bölgelerden sonra en iyi ışımının olduğu bölgeler olarak sınıflandırılmakta ve şekilde de bu şekilde görünmektedir. İşte bahsedilen ışıma sapmasının bu olduğu, bu görüntüyle de ispatlanabilir. Çünkü sadece

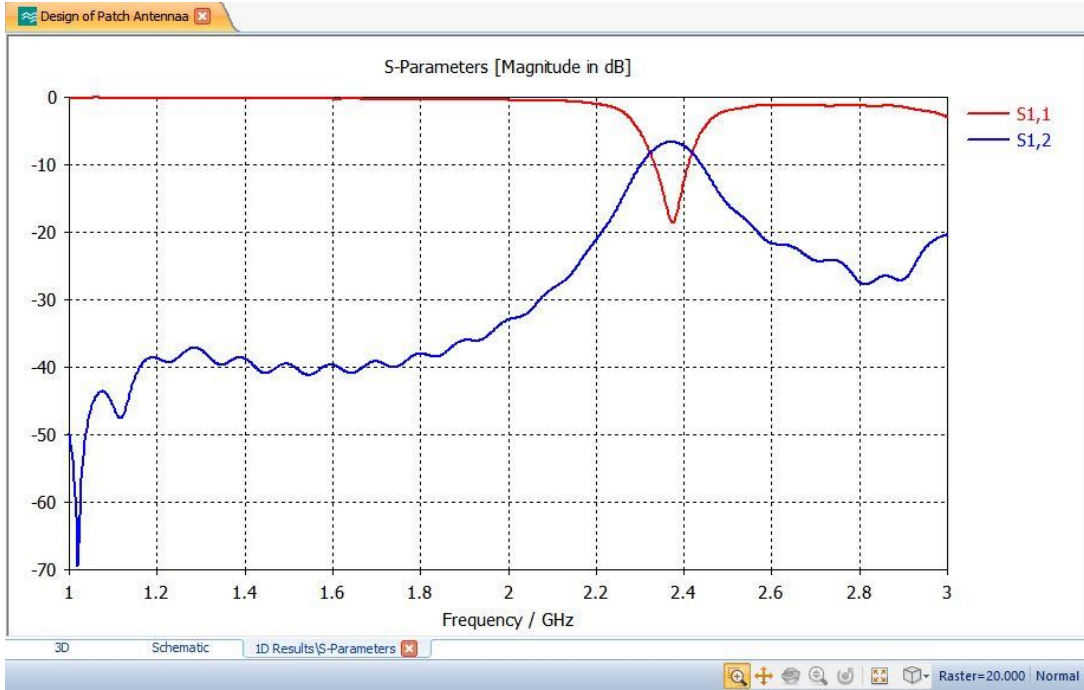
yönlü bir anten için bu renk dağılımının; yönlendirildikleri taraflarda kırmızıdan yeşile doğru dönerek ton değiştirmesi mümkündür. Öyle ki huni antenle yaptığımız çalışmaların çoğunda bu durum böyle gerçekleşmektedir.

Fakat bu patch antenler kullanıldığı zaman bu durum farklılık göstermiş; hem antenin Farfield görüntüsü değişmiş, hem de yayılımın odaklandırıldığı bölgeler dışında da yayılım yaptığı ispat edilmiştir. Bu zamana kadar gerçekleştirilen simülasyonlar için bu durum geçerliliğini hala korumaktadır. Kemik yapısında meydana gelen kırıklar ne kadar fazla veyahut araları ne kadar açık olsa dahi, o bölgelerden yönlendirildikleri tarafın dışına doğru yayılan ışınlar hep gerçekleşmiştir. Fakat humerus kırığı parçalı kırıklardan farklı bir kırıktır çünkü kemik yapısında meydana gelen kırıkların aynı zamanda eksenlerinde de değişiklikler meydana gelmektedir. Çalışmanın o aşamasında; o yapıya ait parametreler ve Farfield görüntüsü tekrar incelenecektir.



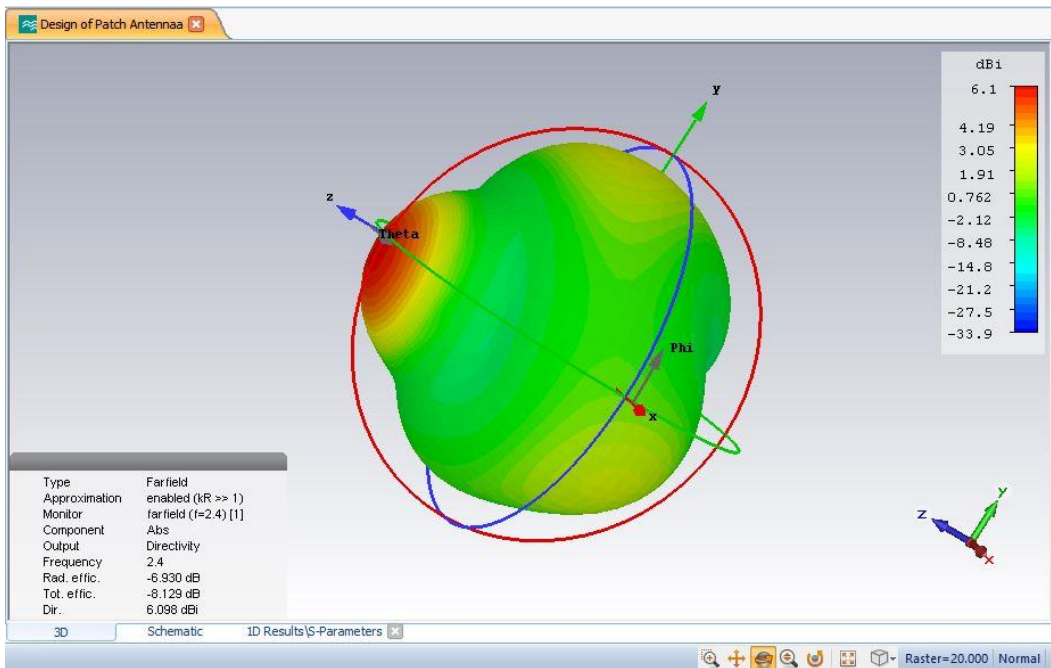
Şekil 5.41. Kemik yapısının belirli bölgelerinde 4 kırık meydana geldiği zaman ki durum

Simülasyon, Şekil 5,41’de ki gibi hazırlanmış ve çalıştırılmıştır. Çalışmaya ait parametreler oluşturulmuştur.



Şekil 5.42. Simülasyona ait saçılım parametreleri

Şekil 5.42'deki parametre grafiği incelendiği zaman; Şekil 5.39'a benzediği görülmektedir ve aralarındaki dB farkı neredeyse 1 dB değerindedir. Kırık ne kadar artarsa veya azalır azalsın sadece dB değerinde küçük oynamalar meydana gelmektedir. Aynı programa ait Farfield görüntüsü incelenecek olursa;



Şekil 5.43. Simülasyona ait 2,4 Ghz'deki Farfield görüntüsü

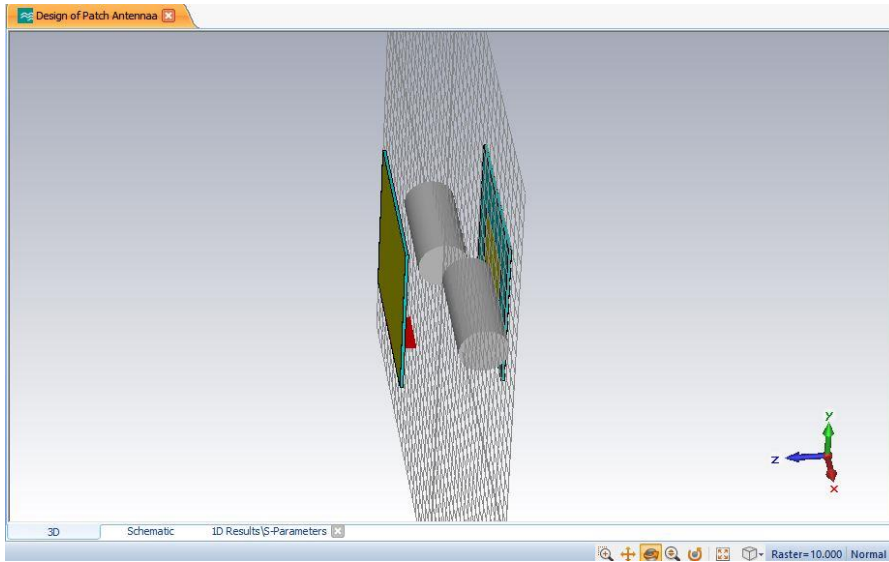
Şekil 5.43'deki Farfield görüntüsü incelendiği zaman, bir önceki çalışmayla hemen hemen aynı Farfield görüntüsüne sahip olduğu görünmektedir. Önceki çalışmaya bu görüntü arasında kıyas yapılacak olursa; yönlülükte az bir miktar değişim ve etkilerin değişimi söz konusudur. Çalışmamız açısından baz alınan nokta antenlerin kimliği, yani saçılma parametreleri olduğu için buralardan çıkarım yapmak, çalışmamız açısından incelenebilir bir durum oluşturmamaktadır.

Fakat saçılma parametreleri her zaman bir antenin kimliği olarak bilindiği için, bu kimlik kartına bakar antenin her türlü durumu hakkında yorum yapılabilir.

Işıma, geri dönen dalga, yansıyan veyahut soğurulan dalgaların her biri bu kimlik kartı üzerinde bulunmakta ve yer almaktadır.

Fakat patch anten çalışmaları arasında; şu ana kadar yapılan simülasyonlar açısından saçılma parametrelerinde kesin olarak gözle görülebilir bir değişim izlenmemektedir. Bu da bahsettiğimiz gibi, antenin yönlü bir anten değil de çok yönlü bir anten olmasından kaynaklanmaktadır.

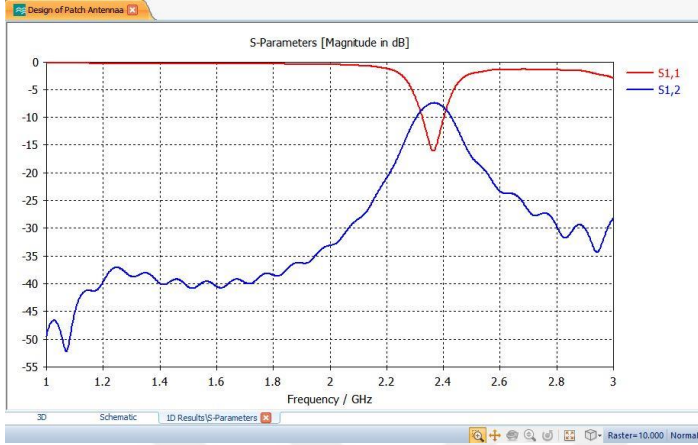
Kemik yapısında humerus kırığı meydana getirip onun parametrelerini inceleyecek olursak;



Şekil 5.44. Patch antenler arasındaki humerus kırığı

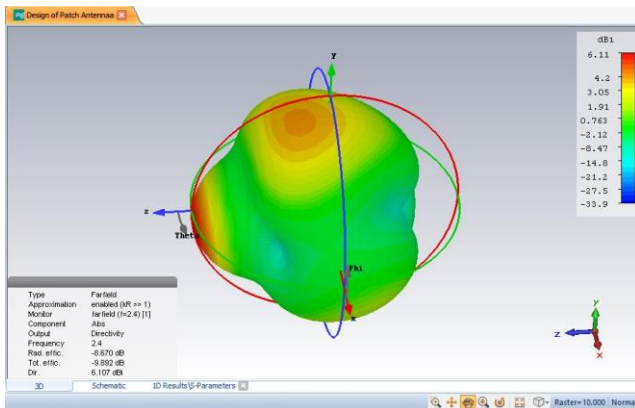
Şekilde de görüldüğü gibi; kemik yapısında humerus kırığı meydana getirilmiş ve simülasyon tekrar oluşturulmuştur. Humerus kırıkları kemik yapısında eksen kaymalarıyla

meydana gelir ve daha deri boşluklar oluşturarak kemikte kırılmalar yapar. Bu yüzden tespit edildiği anda hem tedavi süreci uzun olur, hem de ağrılı bir süreç yaşatır. Bu kırık türünün simülasyonda meydana getirdiği Saçılma parametrelerini inceleyecek olursak;



Şekil 5.45. Humerus kırığı varken saçılım parametreleri

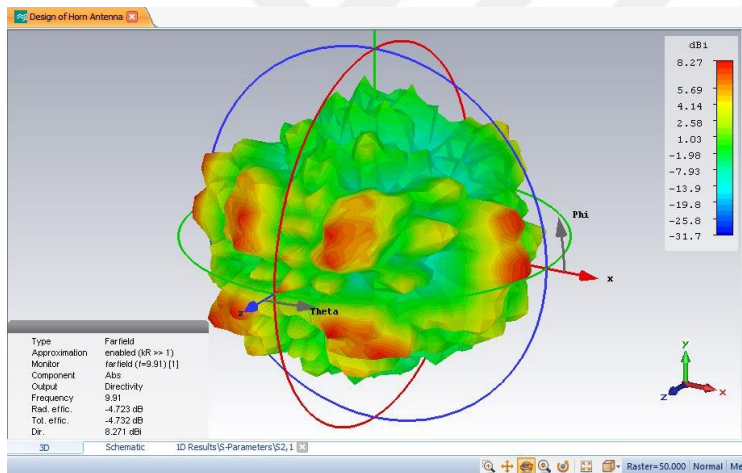
Şekil 5.45’de de görüldüğü üzere patch antenler arasında meydana gelen humerus kırığının grafikleri şekildeki gibidir. Bu grafiğe bakıldığı zaman dB değerindeki düşüş gözle görülür bir şekilde olmuş ve aynı zamanda yansımayı temsil eden S12 parametrelerinin de 1-2.4 Ghz aralığında değişim gösterdiği görülmektedir. Yine de bu tespitler herhangi bir ayırım yapabilmemiz için yeterli görülen sebepler arasında değiller. Mesela kesin ve net bir ayırım yapılabilmesi için saçılma parametrelerinde de gözle görülür bir değişimin olması gerekir ki; bu keskinlik sayesinde ilk duruma göre kıyas yapabilmek mümkün olsun. Bu sebebe dayanarak patch anten çalışmalarının çoğunda söylenen şekilde bir sonuç alınmadığı gösterilmiştir. Antenler arasında bu tip bir kırık şekli varken; Farfield görüntüleri incelenecek olursa;



Şekil 5.46. Humerus kırığı varken Farfield görüntüsü

Şekil 5.46'da kemik yapısında humerus kırığı meydana geldiği zaman 2,4 Ghz değerinde (En iyi ışıma noktası) Farfield görüntüsü görünmektedir. Şekle bakıldığı zaman y yönündeki ışımının arttığı aynı zamanda bu ışımının x yönüne doğru da yansıdığı çıkarılmaktadır. Birbirleri arasındaki yönlendirme zaten z yönünde olduğu için; z yönündeki kırmızılık daha fazladır. Fakat anten bu şekilde ışıma yaptığına yine de kemikte meydana gelen hasarlanmalar görünmemektedir. Bunun da sebebi antenin yönlendirildiği yönden ziyade her yöne ışıma yapabilen bir karaktere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmanın başından beri hemen hemen aynı parametre ve aynı ışıma görüntüsü elde ettiğimizden dolayı, yapılan çalışmalar arasında nasıl bir fark olduğunu tespit etmek kesin ve sağlıklı bir sonuçla mümkün olmamıştır.

Fakat kemik yapısında meydana gelen humerus kırığının huni antenlerde oluşturduğu Farfield görüntüsünü inceleyecek olursak;



Şekil 5.47. Huni antenler arasında meydana gelen humerus kırığı

Şekil 5.47'de huni antenler arasındaki kemikte meydana gelen humerus kırığının en iyi iletim yaptığı 9,91 Ghz değerindeki Farfield görüntüsü yer almaktadır. Yukarı bölümlerde yer alan Şekil 5.13'e bakıldığında; huni antenler arasında sadece sağlam bir kemik yapısı varken; humerus kırığı olduğunda ise şekil 5.47'deki gibi bir Farfield görüntüsü vardır. İncelendiği üzere bu iki görüntü arasında da, bu iki durumun saçılma parametreleri arasında da oldukça büyük farklar bulunmaktadır ki; bu antenin yönlü bir anten karakterine sahip olmasından kaynaklanmakta ve yönlendirildikleri taraflarda kuvvetli ışıma yapmalarından kaynaklanmaktadır. Bu biraz da antenin ışıma yaptığı odak noktasının kolay kolay değişmediği benzetmesine uygun olur. Bu iki çalışma arasında bir kıyas yapıldığında elbette

ki huni antenlerden elde edilen sonucun daha sağlıklı olduğu görülmektedir. Karşılıklı huni antenler arasında bulunan uzuv yapısı ekseninde antenler gezdirilerek sürekli çizilen saçılma parametreleri incelenir ve normal dışında bir frekans sapması veyahut dB sapması olduğu anda bu noktalar tespit edilebilir ve incelenen bölgeye ait bir harita çıkarılarak durum tespiti yapmak mümkün olabilir. Fakat patch antenler için yaptığımız çalışmalarda bunu tespit edebilmenin, söylenen kadar kolay olmadığı da simülasyonlarda yer almakta ve tez konusu için bulunmaktadır.

Simülasyonda da görüldüğü gibi; uygulamada kullanılan tasarlanan anten;

- Ground
- Dielektrik
- Antenna (İletken Bölgeler)
- Transmission (İletim)
- Inset1 ve Inset2 (Ek parçalar)

kısımları bir araya getirilerek oluşturulmuştur. Bu parçalara ait ölçümler incelenecek olursa;

Çizelge 5.7. Mikroşerit yama antenin Ground parçasının oluşturulmasındaki ölçüler (X-Dimension)

GROUND	
Xmin = -80/2	Xmax = 80/2
Ymin = -80/2	Ymax = 80/2
Zmin = -0.035	Zmax = 0
Material = Cooper (Annealed)	

Çizelge 5.8. Mikroşerit yama antenin dielektrik parçasının oluşturulmasındaki ölçüleri

DİELEKTRİK	
Xmin = -80/2	Xmax = 80/2
Ymin = -80/20	Ymax = 80/2
Zmin = 0	Zmax = 1,5
Epsilon (ϵ) = 4,08	
Mü (μ) = 1	
Tanjant Kaybı (Tangent Δ) = 0,015	
Colour = Turkuaz	

Çizelge 5.9. Mikroşerit yama antenin iletken kısmı olan Antenna parçası

ANTENNA	
$X_{min} = -47/2$	$X_{max} = 47/2$
$Y_{min} = -30,2/2$	$Y_{max} = 30,2/2$
$Z_{min} = 1,5$	$Z_{max} = 1,5 + 0,035$
Material = Copper (Annealed)	

Çizelge 5.10. Mikroşerit yama anten Transmission bölgesi ölçüleri

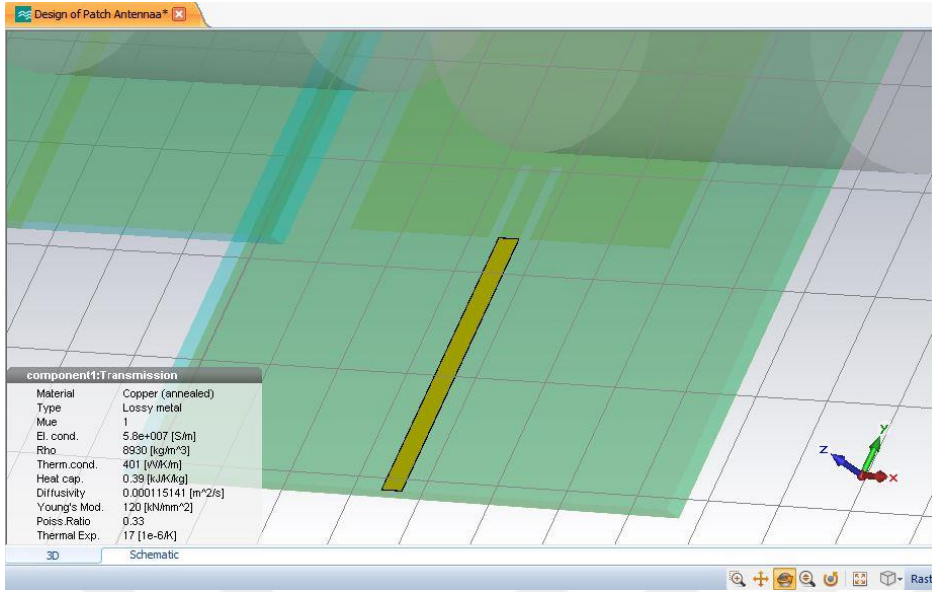
TRANSMISSION (AKTARIM)	
$X_{min} = -2,98/2$	$X_{max} = 2,98 / 2$
$Y_{min} = -80/2$	$Y_{max} = -30,2/2$
$Z_{min} = 1,5$	$Z_{max} = 1,5 + 0,035$
Material = Copper (Annealed)	

Çizelge 5.11. Mikroşerit yama antenin iletken bölümdeki ek parçaların ölçüleri

INSET 1 (EK)	
$X_{min} = 2,98/2$	$X_{max} = 2,98/2 + insx$
$Y_{min} = -30.2/2$	$Y_{max} = -30.2/2 + insy$
$Z_{min} = 1,5$	$Z_{max} = 1,5 + 0,035$
$insx = 1,5$	$insy = 7,16$
INSET 1 (EK)	
Yukarıdaki değerlerin X-eksenine göre mirror (aynalanmış durumu)	

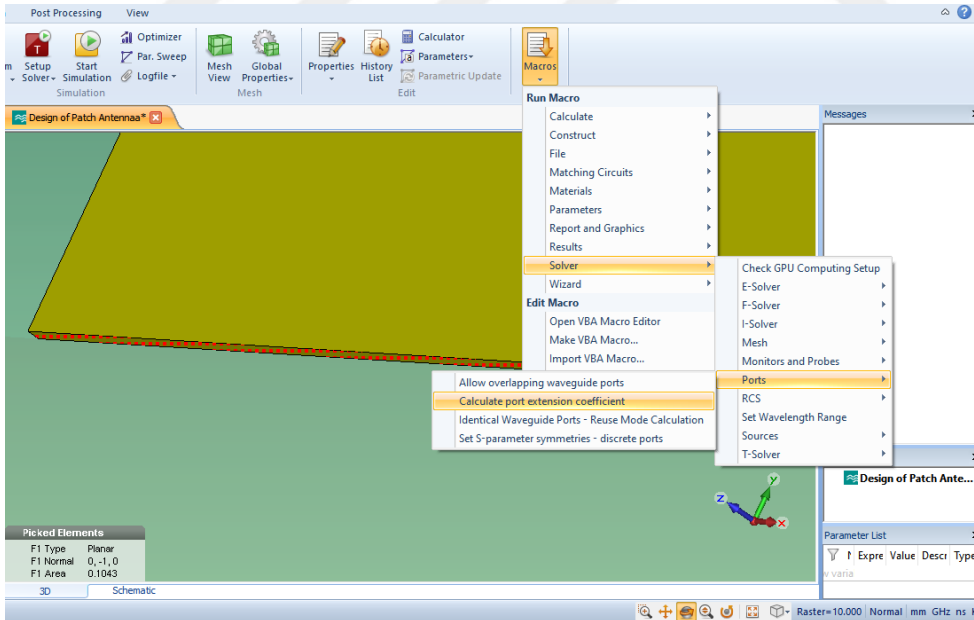
Yukarıdaki çizelgelerde de görüldüğü gibi; kullanılan antenlere ait parçaların ölçüleri bulunmaktadır. Simülasyon bu ölçülere göre hazırlandığı zaman, uygulamada yer alan anten şekli ve parametre bilgileri elde edilecektir. Antene ait tüm değerler yukarıda yer alan 5 çizelgenin tamamında belirtilmiştir.

Port atamasının nasıl yapıldığına gelinecek olursa;



Şekil 5.48. Port ataması için patch anten üzerinden seçilen "Transmission" hattı

Bu şekilde bakıldığında zaman bu hattın en alt kısmına port ataması yapılarak simülasyon başlatılacaktır. Bu atama belirli bir hesaplama ve adımlarla yapılacağı için aşağıda da bu port atamasının nasıl yapılacağı anlatılmıştır.

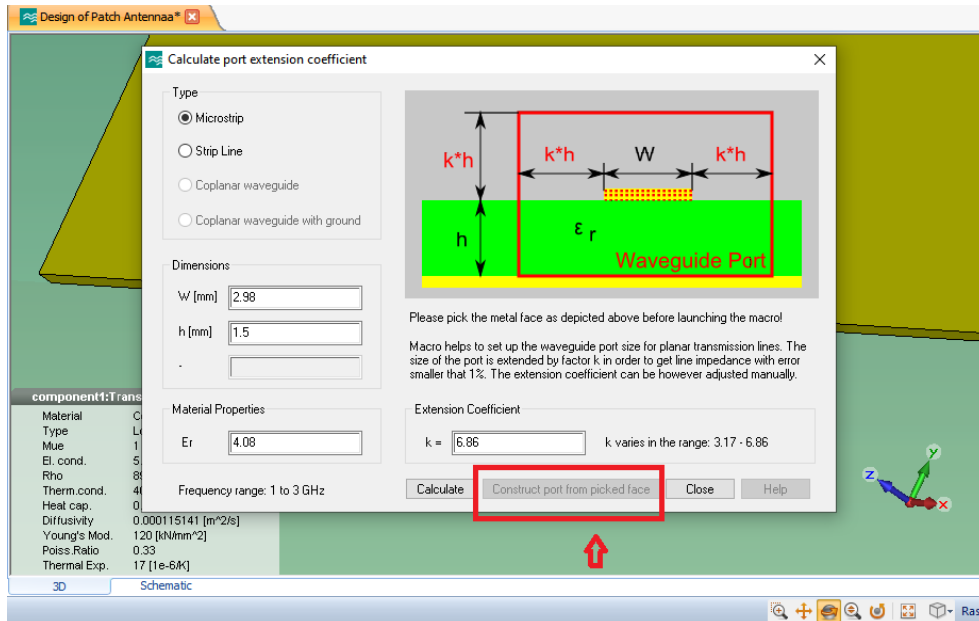


Şekil 5.49. Port atamasının yapılması

Şekilde “pick point” taramasıyla taranan bölgenin port ataması için izlenen adımlar gösterilmektedir. Son adım olarak “Calculate port extension coefficient” seçeneği tıklanarak port hesaplaması yapılır.

Bu sekme; “Bağlantı noktası uzatma katsayısının hesaplanması” olarak geçer ve hesaplama yapıldıktan sonra porta dair bir değer oluşturularak port bağlantısı sağlanmış olur.

Bu hesaplamadan sonra simülasyonu çalıştırmak için istenilen sonuçların elde edilmesi adına gereken ortam hazırlanmış olacaktır.



Şekil 5.50. Port hesaplamasının yapılması

Tüm adımlardan sonra açılan bu sayfada “Calculate” bölümüne tıklayarak antene ait bir “k” değeri belirlenir ki; o değer program tarafından “6,86” olarak hesaplanmıştır.

Hesaplama tamamlandıktan sonra “Constuct port from picked face” bölümü seçilerek port atanmış olur ve anten simülasyona hazır bir hale getirilir. Bu bölüm “Alınan yüzeyden bağlantı noktası oluştur” anlamına gelir ki bu sebepten dolayı da port inşası gerçekleşmiş olur.

Şekil 5.24’de de port ataması oluşturulmuş ve tamamlanmış antenin yapısı gösterilmiştir.

Her antenin kimliğine göre port ataması farklı olur. Mesela şu an çalışılan anten “Patch anten” kimliğine sahip olduğu için port ataması yüzey taraması yapılarak ve port hesaplaması yapılarak atanan ve inşa edilen bir porttur ve bağlantı noktası da bu şekilde oluşturulur.

Fakat projenin başında çalışma yaptığımız “Huni anten” yapısı ise dalga kılavuzu yapısına sahip olduğu için bu tip antenlerde port atamasının yapılacağı yüzey seçilirken “Waveguide port” seçeneği seçilmelidir ki antenlerin kimliklerine göre port bağlantıları yapılabilmiş olsun.

Doğru bir bağlantı noktası yapılan antenler için, daha doğru ve sağlıklı ışımlar elde etmek mümkündür. Bu sebepten dolayı çalışmaların her aşamasında port ataması doğru ve antenlerin kimlik özelliklerine göre yapılarak, düzgün ve olması gereken ışımayı elde etmek hedeflenmiştir.

Çizelge 5.12. Simülasyonda kullanılan kemik yapısı ve hasarlı bölgeler

Patch Anten Arasındaki Kemik Yapısı ve Kırılma Tipleri			
Tek Bölge Kırığı	İki Bölge Kırığı	Parçalı Kırık	Humerus Kırığı
1.Parça (Xmin = -62,2 Xmax = 0)	1.Parça (Xmin = -50 Xmax = 0)	1.Parça (Xmin = -50 Xmax = 0)	1.Parça (Xmin = -50 Xmax = 0)
2.Parça (Xmin = 2.5 Xmax = 5)	2.Parça (Xmin = 3 Xmax = 25)	2.Parça (Xmin = -30 Xmax = -25)	2.Parça (Xmin = 10 Xmax = 65)
	3.Parça (Xmin = 28 Xmax = 50)	3.Parça (Xmin = 3 Xmax = 25)	
		4.Parça (Xmin = 28 Xmax = 50)	
Seçilen Outer Radius = 12 - Toplam Kemik Boyutu = 125			

Çizelge 5.12’de de görüldüğü üzere tasarlanan anten arasındaki kemik yapıları ve kırıkların meydana geldiği bölümler yer almaktadır.

Mikroşerit yama antenler arasına yerleştirilen kemik yapısı “CST” programı içinde yer alan “Bio Tissue/Bone” materyali seçilerek, orijinal kemik değerleriyle bu yapı oluşturulmuştur. Materyal seçildikten sonra boyutları belirlenen yapı, simülasyonda çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında elektromanyetik dalgalar kullanılarak kemik kırıkların tespit edilmesi hedeflenmiş ve bu amaçla çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iki tip anten kullanılmış ve bunlar arasındaki ayrımlar tespit edilerek, hangi antenin bu çalışma açısından uygun olup olmadığına karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan iki tip anten; Horn (Huni) anten ve Patch (Mikroşerit Yama) antenlerdir. Bu antenlerden birisi yönlü, diğeri ise çok yönlü antenler kategorisinde yer alır. Çalışmada gerçekleştirilen adımlar, her iki anten için de gerçekleştirilmiştir ve elde edilen sonuçlara göre kıyas yöntemine başvurulmuştur. Elde edilen parametreler ve sonuçlar ışığında da hangi antenin bu çalışma için uygun olup olmadığına karar verilmiştir.

İlk etapta antenler kategorilerine göre incelenmiş ve daha sonra simülasyon çalışmalarına tabi tutulmuştur. Özel olarak tasarlanan Huni ve Mikroşerit yama antenler, kendi özdeşleriyle birlikte haberleştirilerek ilk etapta elde edilen 3 boyutlu görüntüleri ve saçılım parametreleri kaydedilmiştir. Birbirleri arasında elektromanyetik dalga iletim yoluyla çalışan bu cihazlar, birbirlerine karşı alıcı ve verici olarak davranırlar. Birinden gönderilen dalganın, diğeri tarafından yakalanmasıyla antenler arasında ışıma oluşur ve buna bağlı olarak parametreler, ışıma görüntüsü, kazanç gibi değerler değişim gösterir. Bu durum kimliği birbirinden farklı her anten için farklı görüntü ve parametreler oluşturur. Bu çalışmada da bunun ayrımı gösterilmiş ve ispatlanmıştır. Çalışmada kullanılan antenlerden birisi yönlü antenler kategorisinde yer alırken, diğeri anten ise çok yönlü antenler arasında yer almaktadır. Yönlü antenler doğrultuldukları tarafa kuvvetli ışımlar yaparak, odak noktasında o yönde işler. Çok yönlü antenler ise yalnızca doğrultuldukları yöne değil, diğeri yönlere de ışıma yaparlar. Çalışmada kullanılan huni anten; yönlü antenler kategorisinde yer almaktadır. Çalışmada kullanılan diğeri bir anten çeşidi olan mikroşerit anten ise çok yönlü antenler kategorisinde yer almaktadır. Huni anten, kendisiyle özdeş olan diğeri bir huni antenle karşılıklı olarak yerleştirilip birbirlerine ışıma doğrultacak şekilde haberleştirilmiştir. Mikroşerit yama antenler de kendisiyle özdeş olan diğeri bir mikroşerit yama antenle, aynı şekilde karşılıklı olarak haberleştirilmiştir. Birbirleriyle ışımları simüle edilen bu antenlerin simülasyon sonuçları kaydedilmiş ve daha sonra ilk durumdan farklı olarak; birbirlerinin arasına sağlam kemik dokusu yerleştirilmiştir. Kemik dokusu yerleştirildiğinde simülasyon yeniden başlatılmış ve yeni parametre değerleri tekrardan kaydedilmiştir. Bu adımdan sonraki adımda ise; kemik dokusunda kırıklar meydana

getirilmiştir. Elektromanyetik dalgaların bu kırıklı yapıya olan davranışı gözlemlenmiş ve hangi antenin bu durum hakkında daha net sonuç oluşturduğu incelenmiştir. Kemik yapısı sağlamken elde edilen parametre değerleriyle, kemik yapısında kırık oluşturulduğunda simülasyon sonucunda elde edilen parametre değerleri arasındaki fark; çalışmanın sonucunu belirleyen adım olmuştur. Kemik yapısında meydana gelen kırıklı yapıdan sonra, saçılım parametrelerinde meydana gelen değişimler; bu yapı üzerinde elektromanyetik dalgaların gösterdiği davranışla alakalıdır. Mikrodalgalar iki anten arasında ışıma yaparken, kemik dokusundan geçtiği gibi bu dokuda meydana gelen kırıkların arasından da geçiş yapar ve bu karakteristik özellik elbette ki parametrelerde değişim meydana getirmektedir. Bu değişimlerin analiz edilmesi, çalışmanın sonuçlanmasını sağlamaktadır. Bilindiği üzere saçılım parametreleri bir antenin kimliği ve ışınması hakkında alınabilecek en net bilgileri vermektedir. S11 parametresi iletim hakkında bilgi verirken, S12 parametresi ise yansıma yani izolasyon (yalıtım) hakkında bilgi verir. Antenler çalıştırıldıklarında, dikeyde desibel ve yatayda frekans olmak üzere bu saçılım parametreleri bir grafik oluşturur. Hangi parametrenin incelenmesi yapılmak isteniyorsa, grafik üzerinde yorumlanır ve incelemesi yapılır. S11 parametresi bir grafik oluşturduğu zaman, grafiğin frekans eksenine en yakın olduğu nokta; ışınmanın en iyi olduğu noktayı göstermektedir. S11 parametresinin en iyi olduğu noktada, S12 parametresinin o noktadaki grafik eğrisi frekans eksenine en uzaktır. Çünkü iletimin en iyi olduğu nokta için, izolasyonun en kötü olduğu nokta demek mümkündür. Aynı şekilde S12 parametresi için, frekans eksenine en yakın olduğu nokta izolasyonun en iyi olduğu nokta olarak tanımlanır. Yalıtımın en iyi olduğu noktada da ışınma minimum düzeydedir ve tam bu noktada S11 parametresinin eğrisi, frekans eksenine en uzak noktadadır.

Her iki anten için bu parametreler ve kemik yapısının durumu incelendiği zaman değişimler her kırık durumu için kaydedilmiş ve antenlerin bu yapıya olan davranışları gözlemlenmiştir. Oluşturulan kemik yapısı “CST” programı içinde yer alan “Bio Tissue/Bone” bölümünden seçilerek oluşturulmuştur. Antenler ve durumları incelendiği zaman yönlü antenler kategorisinde yer alan huni antenin, çok yönlü antenler kategorisinde yer alan mikroşerit yama antene göre daha net sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çünkü huni anten, yönlendirildiği kısımda maksimum verimle ışınma yaparken, mikroşerit yama antenler yönlendirildikleri tarafta maksimum verimle ışınma yapmazlar. Çünkü mikroşerit antenler çok yönlü antenler kategorisinde yer aldıkları için yönlendirildikleri tarafın haricinde, diğer eksenlerde de ışınma yapmaktadırlar. Bu da kemik yapısı varken veya kemik yapısında

değişimler meydana gelirken; saçılım parametrelerinde gözle görülür bir değişim tespit edilememiştir. Huni antende ise, maksimum verimle odak noktasına ışınma yapıldığı için, kemik yapısında meydana gelen en küçük bir değişimle; saçılım parametreleri de değişim göstermektedir.

Sonuç olarak; bu çalışma için uygun olarak önerilen anten türü “Horn (Huni) antendir”, mikroşerit antenlerin bu çalışma için uygun olmadığına karar verilmiştir.



KAYNAKLAR

1. Baum, C., *General properties of antennas*. Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on, 2002. **44**: p. 18-24.
2. Saboktakin, S. and B. Kordi. *Application of time-domain antenna techniques in electromagnetic field sensors characterization*. in *2010 14th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics & the American Electromagnetics Conference*. 2010.
3. Fernando, M., et al. *Fundamental issues in antenna design for microwave medical imaging applications*. in *2010 7th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP 2010)*. 2010.
4. Kenkel, M. and T. Wong. *Characteristics and Usage of the Ram's Horn Antenna*. in *2008 Asia-Pacific Microwave Conference*. 2008.
5. Huey-Ru, C. and C. Wen-Tzu, *Computer simulation of the human-body effects on a circular-loop-wire antenna for radio-pager communications at 152, 280, and 400 MHz*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1997. **46**(3): p. 544-559.
6. Chen, X., et al. *Small ultra wideband antennas for medical imaging*. in *2008 Loughborough Antennas and Propagation Conference*. 2008.
7. Borja Benítez, B., J. Tirado-Mendez, and H. Jardon-Aguilar, *An overview of UWB antennas for microwave imaging systems for cancer detection purposes*. Progress In Electromagnetics Research B, 2018. **80**: p. 173-198.
8. Nilavalan, R., G.S. Hilton, and R. Benjamin, *Wideband printed bowtie antenna element development for post reception synthetic focusing surface penetrating radar*. Electronics Letters, 1999. **35**(20): p. 1771-1772.
9. Nilavalan, R., et al., *Wideband microstrip patch antenna design for breast cancer tumour detection*. IET Microwaves, Antennas & Propagation, 2007. **1**(2): p. 277-281.
10. Latif, S., S. Pistorius, and L. Shafai. *A double-ridged horn antenna design in canola oil for medical imaging*. in *2013 2nd International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*. 2013.
11. Sarjoghian, S., Y. Alfadhl, and X. Chen. *Compact ultra-wideband double-ridged horn antennas for medical imaging*. in *2016 Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC)*. 2016.
12. Abbosh, A., *Directive Antenna for Ultrawideband Medical Imaging Systems*. International Journal of Antennas and Propagation, 2008. **2008**.

13. Iqbal, N. and S. Karamzadeh, *UWB Microstrip Antenna Design for Microwave Imaging Systems*. International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronics Engineering, 2017. **7**: p. 1411-1417.
14. Islam, M.T., et al., *A Low Cost and Portable Microwave Imaging System for Breast Tumor Detection Using UWB Directional Antenna array*. Scientific Reports, 2019. **9**(1): p. 15491.
15. Mp, P. and D.-P. Rajan S, *Design of dual band circular patch antenna for medical imaging*. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 2018. **118**: p. 527-529.
16. Selvaraj, V., et al., *Highly Directional Microstrip Ultra Wide Band Antenna for Microwave Imaging System*. ACTA GRAPHICA, 2017. **28**.
17. Karli, R., H. Ammor, and J. Aoufi, *Miniaturized UWB Microstrip Antenna for Microwave Imaging*. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 2014. **11**: p. 122-129.
18. Krzysztofik, W.J. *Antenna properties improvement by means of modern technology*. in *2014 20th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications (MIKON)*. 2014.
19. Duangtang, P., P. Mesawad, and R. Wongsan. *Gain improvement of conical horn antennas by adding wire medium structure*. in *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*. 2016.
20. Mehrdadian, A., et al. *Design and implementation of 0.7 to 7 GHz broadband double-ridged horn antenna*. in *7'th International Symposium on Telecommunications (IST'2014)*. 2014.
21. Drobakhin, O.O. and Y.V. Kondratyev. *Researching horn antenna properties in multifrequency measurements*. in *Proceedings, 6th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering*. 2002.
22. King, A.P., *The Radiation Characteristics of Conical Horn Antennas*. Proceedings of the IRE, 1950. **38**(3): p. 249-251.
23. Lee, K. and K. Tong, *Microstrip Patch Antennas—Basic Characteristics and Some Recent Advances*. Proceedings of the IEEE, 2012. **100**(7): p. 2169-2180.
24. Altuntaş, S , Dereli, T , Yılmaz, M , Ertürk, B , Demirbaş, A . (2017). *HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BAKIM KOLAYLIĞI İÇİN YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ UYGULAMALARI*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi , 19 (55) , 211-228.
25. EROL, H.H.B.a.Y., *Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu İle Tek Boyutlu Yapılarda Elektromanyetik Dalga Yayılımının Simülasyonu*>. UBMK'2001: 1. ULUSAL BİLİŞİM-MULTİMEDYA KONFERANSI, 2001.

26. Fumeaux, C., et al., *Finite-volume time-domain method for electromagnetic modelling: Strengths, limitations and challenges*. Int. J. Microw. Opt. Technol., 2008. **3**.
27. Doğan, E.C. (2019). *Fraktal anten parametrelerinin metamalzemeler yardımıyla iyileştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 14 s, Hatay.*
28. Courant, R., *Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations*. Bulletin of the American Mathematical Society, 1943. **49**(1): p. 1-23.
29. Karaaslan, M. (2009). *Negatif kırılma indisli metamalzemelerin elde edilmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, 128 s, Adana.*
30. Sadiku, M.N.O., *A simple introduction to finite element analysis of electromagnetic problems*. IEEE Transactions on Education, 1989. **32**(2): p. 85-93.
31. Clemens, M. and M. Weiland, *Discrete electromagnetism with the Finite Integration Technique*. Progress In Electromagnetics Research, 2001. **32**: p. 65.
32. Kang, J., et al. *Antenna measurement using S-parameters*. in *2012 Conference on Precision electromagnetic Measurements*. 2012.
33. şahin, E., et al., *Parçalı proksimal humerus kırıklarının tedavisinde çimentolu ile çimentosuz hemiarthroplasti sonuçlarının karşılaştırılması*. Ortadoğu Tıp Dergisi, 2018. **10**.
34. Kocadal, O. and C. Aktekin, *Treatment of Proximal Humeral Fractures: A Current Concept*. Türkiye Klinikleri J Orthop & Traumatol-Special Topics, 2016. **8**: p. 25-32.

DİZİN

A

Anten · I, IV, 4, 8, 22, 23, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 45, 62

B

Bant Genişliği · IX, 6, 8

C

CST Studio Suite · I, II, 18

Ç

Çok Yönlü Antenler · 8

D

dB · IX, 4, 6, 17, 20, 22, 28, 33, 35, 43, 45, 47, 49, 50, 51, 54, 56, 57

dielektrik · 1
Dielektrik Sabiti · IX
Doğrusal Kutuplama · 7
Doku · I

E

elektromanyetik · I
Elektromanyetik · IX
elektromanyetik dalga · I
elektromanyetik dalgalar · 3, 6, 9, 19, 31, 63
Empedans · 6, 8

F

Farfield · VII, VIII, 26, 27, 28, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 51, 52, 54, 56, 57

FDTD · IX

FEM · IX, 15, 16

FIT · IV, IX, 15, 16, 18

G

Ghz · VI, VII, VIII, IX, 3, 4, 5, 9, 17, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 52, 54, 56, 57
Gigahertz · IX

H

Horn anten · I, 1, 5, 18, 37, 61, 63
Hüzme Genişliği · 6

I

ışık görüntüsünü · I
Işık Örüntüsü · 6

i

İletim Katsayısı · IX

K

Kazanç · 6
Kemik · I, VI, VII, VIII, 25, 26, 29, 30, 34, 37, 46, 49, 51, 52, 53, 55, 62, 63
Kutuplanma · 6, 7

M

Medikal görüntüleme · I
Medikal Görüntüleme · I
mikrodalga · 1
Mikroşerit anten · VI, 4, 5, 12, 13, 14
Mükemmel Elektrik İletken · IX

P

Patch (Mikroşerit) anten · I
Patch (Mikroşerit) antenler · 63

R

Radyo Frekans · IX

S

S11 · I, II, VI, VII, VIII, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 40, 43, 47, 48, 50, 51, 64
S11 Parametreleri · 17, 18
S12 · VI, VII, VIII, 19, 20, 23, 24, 26, 29, 30, 33, 43, 47, 48, 50, 51, 56, 64
S12 parametreleri · 24, 26, 29, 33, 43, 47, 48, 50, 51
S21 · 19, 20, 23, 24, 26, 31, 43
S22 · 19, 20, 43
Sonlu Elemanlar Metodu · IV, IX, 15
Sonlu İntegrasyon Tekniği · IX, 15

T

Tanjant Kaybı · IX, 58
Tanjant Δ · 39

U

Ultra Geniş Bant · IX
UWB · IX, 1, 3, 4, 5, 9, 65

V

Verimlilik · 6, 9

Y

Yansıma Katsayısı · IX, 17, 18, 20
Yönlü Antenler · 8
yönlülük · 3
Yönlülük · 6, 28

Z

Zamanda Sonlu Farklar Metodu · IX



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

