



## Doğrusal Kutuplu Antenlerle Kemik Kırıklarının Tespit Edilmesi

Yusuf Cihan Yel<sup>1\*</sup>, Oğuzhan Akgöl<sup>2</sup>, Vedat Özkaner<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2015-0295), [yusufyel.mfbel7@iste.edu.tr](mailto:yusufyel.mfbel7@iste.edu.tr)

<sup>2</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1423-1569), [oguzhan.akgol@iste.edu.tr](mailto:oguzhan.akgol@iste.edu.tr)

<sup>3</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8293-0022), [vedat.ozkaner@iste.edu.tr](mailto:vedat.ozkaner@iste.edu.tr)

(2nd International Conference on Access to Recent Advances in Engineering and Digitalization (ARACONF)-10–12 March 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.901417)

**ATIF/REFERENCE:** Yel, Y. C., Akgöl, O. & Özkaner, V. (2021). Doğrusal Kutuplu Antenlerle Kemik Kırıklarının Tespit Edilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 294-301.

### Öz

Bu çalışmada antenlerin medikal görüntüleme alanında kullanılması ve doku altında meydana gelen kemik kırıklarının tespit edilmesi üzerinde çalışılmıştır. Kablosuz haberleşmede vazgeçilmez bir öneme sahip olan antenlerin, birçok farklı disiplinlerde kullanım alanı mevcuttur. Bu alanlardan bir tanesinde medikal alandır. Bu çalışmanın ana konusu antenlerin de medikal alanda kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmada lineer (doğrusal) kutuplu antenler kullanılarak, doku altında yer alan kemik kırıklarının bulunması hedeflenmiştir. İlk olarak kurgulanan sistemi klinik alanda uygulamak ve tıbbi görüntüleme sistemini geliştirmek amacıyla; bağlı oldukları durum içerisinde mikrodalga antenin özelliklerinin bilinmesi gerekir [1]. Çalışmada horn anten ve patch antenler kullanılmış ve bu ikisi arasındaki farklar göz önünde bulundurularak, çalışmada en verimli sonucun hangisinden alındığına karar verilmiştir. Elektromanyetik dalgaların insan vücudu ve dokusu üzerinde yüksek yayılım gösterdiği göz önüne alınırsa [2], bu alanda özel antenlerin seçilmesi çok önemlidir. Seçilen horn ve patch antenler kendi aralarında haberleştirilir, birbirlerine aktarılan enerjiler saçılım parametreleriyle tespit edilir ve haberleşen bu iki anten arasına kemikli doku yerleştirilir. Verici antenin yaydığı elektromanyetik dalgalar doku içinden geçerek, alıcı antene ulaşır ve saçılma parametrelerine göre durum değerlendirilmesi yapılır. Kemik kırığı tespitinde, horn antenler ve patch antenler ayrı ayrı deneyerek çalışmalar saçılım parametreleri açısından kıyaslanır ve kırık olma durumunda oluşan değişimler tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Horn anten, Patch anten, Mikrodalga, Elektromanyetik Dalga, Medikal Görüntüleme, Doku, Kemik

## Detection of Bone Fractures with Linerally Polarized Antennas

### Abstract

In this study, the use of antennas in the medical imaging area and the determination of bone fractures under the tissue were studied. Antennas, which have an important place at the wireless communication point, have also a wide range of uses in many different disciplines. In the same way, working with antennay that provide the opportunity to use in medical field, is the main subject of this current study. It was aimed to detect bone fractures under the tissue by using linearly polarized antennas. In order to obtain accurate results, implement in the clinical field and develop the medical imaging system, it is necessary to know the properties of the microwave antenna used in the system [1]. Horn and patch antennas were used in this study and it was determined that which one had the most efficient result by considering the difference between these two antennas. Considering the fact of electromagnetic waves also have high propagation over the human body and tissue [2], it is very important to choose the specific antenna for this study. The selected horn and patch antennas are communicated with each other, the energy transmission between them was determined through scattering parameters and a bony tissue is placed between the antennas. The electromagnetic waves radiated from the transmitting antenna pass through the tissue and reach to the receiving antenna and the situation is evaluated according to the scattering parameters. In the detection of bone fractures, horn antennas and patch antennas are tested separately, the performed tests are compared and the changes that took place in case of fracture are determined.

**Keywords:** Horn antenna, Patch antenna, Microwave, Electromagnetic Wave, Medical Imaging, Tissue, Bone

\* Sorumlu Yazar: [yusufyel.mfbel7@iste.edu.tr](mailto:yusufyel.mfbel7@iste.edu.tr)

## 1. Giriş

Medikal görüntüleme, tıp alanına getirdiği yeniliklerle büyük bir kolaylık sağlamış ve kullanım alanı hemen hemen vazgeçilmez duruma gelmiştir. Çeşitli alanlarda medikal görüntüleme imkanları varken, mikrodalgalar kullanılarak görüntülenme sağlanması da bu uygulamaların başında gelmektedir. Teknoloji büyük bir hızla ilerlerken, bu ilerlemeyle birlikte medikal görüntüleme cihazları da hızlı bir şekilde gelişmiştir [3]. Antenler de birbirleri arasında elektromanyetik dalgalar yayarak haberleştikleri için, günümüzde kullanım alanları oldukça geniştir. Ancak, bilindiği gibi her alanda aynı tip antenler kullanılmazlar. Tıpkı diğer birçok şey gibi, bu yapıların da kimlikleri vardır ve çeşitli kullanım alanlarına göre sınıflandırılmaları yapılarak kullanılır. Medikal alanda kullanılan çeşitli kimliklere sahip antenler önemli rol oynamaktadır. Örneğin son zamanlarda meme kanserinin teşhis edilmesinde kullanılan antenlerin mikrodalga özellikleri büyük rol oynamaktadır [4]. Bu çalışmada kullanılan antenlerin amacı, verici bir anten ile alıcı bir anten arasında incelenmesi gereken bir yapıyı yerleştirerek verici antenden çıkan elektromanyetik dalgaların alıcı anten tarafından algılanarak, aralarında oluşan elektromanyetik dalga iletişimini sağlamaktır. Mikrodalga görüntülemelerinde uygun anten seçimi önemli bir rol oynar, bunun sebebi daha düşük bir maliyete sahip antenlerin tasarlanması ve daha fazla güvenilirlik sağlarken aynı zamanda daha kolay kullanılabilirlik sağlamasıdır [5].

Horn antenin doğrusal kutuplu, geniş bantlı ve yönlü olması ve buna karşın Patch antenin maliyetinin ucuz, dar bantlı ve ışımalarının çok yönlü olmasından dolayı bu çalışmada bu antenler kullanılmış ve bu açıdan, kıyaslama yöntemiyle bu çalışma için hangi anten yapısının daha uygun olacağına karar vermede yardımcı olmuştur. Farklı frekans aralıklarında farklı kazançlara sahip olan bu antenler, kimlikleriyle ayırt edici özellikler sağlayarak doğru sonuçlara gidilmesini sağlar. Burada kimlikten kastedilen, anteni karakterize eden parametrelerdir. Bu parametrelerin bazıları, geri dönüşüm kaybı, yayılım örüntüsü, kazanç ve ışımaya açıdır. Horn antenler genelde koni ve prizma şeklinde olup, bir dalga kılavuzu şeklinde beslenen antenlerdir. Yönlü antenler kategorisinde yer aldıkları için yönlendirikleri tarafta kuvvetli ışımaya yaparlar. Alıcı anten ile verici anten karşılıklı olarak yerleştirilirse, verici antenden çıkan dalgalar alıcı anten tarafından kuvvetli bir şekilde algılanarak kazancın yüksek olmasını sağlar. Bundan dolayı da bu tip antenlerin kullanım alanları oldukça fazladır. Bu antenden önce geniş bant sorunu çalışmalarda sorun oluşturduğu için, bu probleme çözüm olarak 1960'lı yıllarda dalga kılavuzunun öne sürülmesiyle oluşturulmuşlardır [6]. Bu sayede verimlilikte yüksek kazanç sağlarlar. Hatta doğru kullanımlarda bu kazanç oranı %70-80 oranlarına çıkabilir. Oldukça yüksek bir bant genişliğine sahip oldukları için, kullanım alanları da geniş bir yelpazeye sahiptir. Sahip olduğu dalga kılavuzu sayesinde sinyalin sıkışarak yayılmasını sağladığı için, verimliliği oldukça fazladır. Bu yüzden sadece medikal alanda değil, daha birçok mühendislik uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugüne kadar yapılan anten tasarımların da boyutlar küçültülüp, etkinin artması hedeflenmiştir [7]. Diğer kullandığımız anten olan Mikroşerit Yama (Patch) anten ise minyatürizasyon ve maliyet ön planda tutulduğunda büyük avantajlar sağlayan, nispeten dar bantlı bir anten olup çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu tür antenler çok yönlü antenler kategorisine girerler ve her yöne ışımaya yaparlar. İletken yama, baskının yapılacağı bir düzlem ve aralarında da belirli bir dielektrik sabitine sahip olan alt

katmandan oluşacak şekilde tasarlanırlar. Boyutlarının küçük olması, imalatının kolay olması, devre teknolojilerine uyum sağlamaları nedeniyle üretimde avantaj sağlarlar [8]. Hızın ön planda olduğu, uçak, savunma ve uzay sanayilerinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılırlar [8]. Fakat dezavantaj olarak genel kullanımda %5'in altında bant genişliği sahiptirler [8]. Bu yüzden genel olarak kazançları az, kayıpları fazladır. Anten tasarımcıları açısından favori olarak seçilmesinin sebebi ise kısa sürede geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılmalarındandır [8]. Askeri ekipman, medikal alan, savunma sanayi, kablosuz iletişim ve GPS gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar.

Bu çalışmada yer alan bu iki anten için çalışma farklarının ayırt edilmesi ve çalışmada hangisinden daha yüksek bir verimliliğe ulaşılabileceğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Karşılıklı olarak haberleşen bu antenlerin (Horn – Horn ve Patch – Patch) arasına, analizini yapmak istediğimiz yapının (kemik yapısı) yerleştirilmesi ile üzerinden elektromanyetik dalgaların geçmesi sağlanacaktır. Verici antenden çıkan elektromanyetik dalgalar alıcı antene ulaşırken araya yerleştirilen bu yapının üzerinden geçer. Bilindiği üzere, elektromanyetik alan içine yerleştirilmiş tüm malzemeler elektrik alanına karşı atomik yapılarına bağlı olarak elektriksel geçirgenlik olarak tanımlanan bir direnç gösterirler. Ve bu dirence bağlı olarak, iki antenin bağlantısı karşılıklı portlar arasındaki enerji gönderimini etkileyecektir. Bu amaçla, antenlerin bağlı olduğu iki portlu düzenek üzerinde iletim ve yalıtım düzeylerini gösteren “Saçılma Parametreleri – S Parametreleri” ölçülür. Bu parametreler, yapıda sağlamlık ve bozukluk olduğu durumlara göre tekrar incelenir ve farklar tespit edilerek yapı üzerindeki değişikliklerin bulunması hedeflenecektir. Ayrıca bu iki anten arasında kıyaslama yapılarak hangisinden daha iyi bir sonuç alındığı tespiti yapılacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Araştırma Modeli ve Sayısal Yöntemler

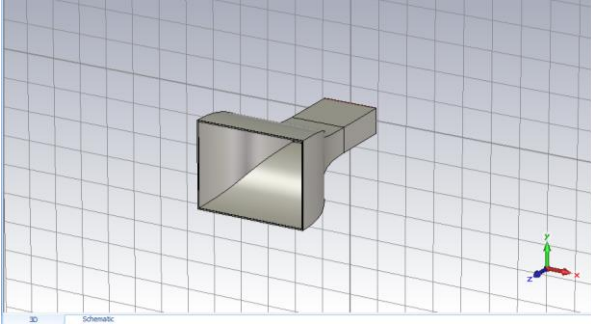
Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, bu uygulama için bir çalışma modeli oluşturulmuştur. Elektromanyetik dalgaların analizi için kullanılan elektromanyetik simülasyon programı ise “CST Studio”dur. Bilgisayarların yaygınlaşması, gelişim göstermesi ve teknolojinin yayılmasıyla birlikte bu tür yöntemlere daha çok ağırlık verilmiştir ve bilgisayar ortamında tasarımlar her alanda olduğu gibi elektromanyetik alanda da giderek artış göstermiştir [9]. Bu yöntemlerin uygulamasında, zaman domaininde ölçümlerin yapılmasına da başvurulur. Aslında, uzun yıllardır sonlu farklar metodu elektromanyetik dalgaların analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır [10]. Bu çalışma yönteminde; birim hücre daha küçük birimlere ayrılarak E (Elektrik Alan) ve H (Manyetik Alan)'larının x, y ve z bileşenleri elde edilir [9]. Daha sonra antenler özelliklerine göre incelenerek sonuçlar değerlendirilir. Zaten antenlerin özellikleri, kazanç, yayılma örüntüsü, elektromanyetik dalga ölçüm alanında oldukça önemli bir yer kaplar [11].

### 2.1. Antenler ve Çalışma Modeli

Giriş kısmında da belirtildiği gibi bu çalışmada Horn Anten ve Mikroşerit Antenler kullanılmıştır. Boyutlandırılmaları ve beslemeleri yapılarak kendilerine has kimlikleri oluşturulan bu antenler, çalışma için uygun duruma getirilmiştir. Çalışma bantlarına uygun olarak seçilen antenler karşılıklı olarak haberleştirilir ve bu duruma ait parametrelerle birlikte, yayılma örüntüsü incelenir. En belirgin özelliğın görüldüğü kısım ise saçılma parametreleridir. Bu parametreler incelenerek iletim ve

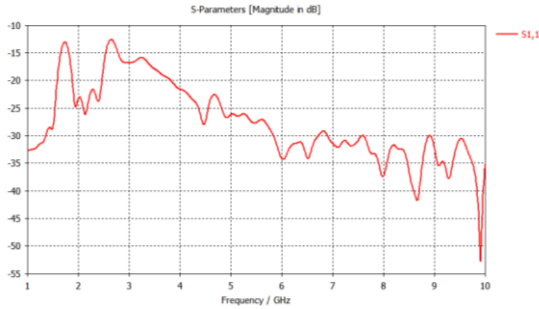
yansıma karakteristikleri hakkında bilgi alınır. Bu parametreler antenlerin kimlik kartları yerine geçerler. Özellikle S11 parametresi antenlerin geri yansıması ve ne kadarlık sinyalin yayılıma gönderildiği hakkında bilgi verdiğinden, bu parametrenin eğrisinden; hangi frekans aralığında iletimin iyi veya kötü, bir başka deyişle geri dönüşüm kaybının hangi aralıklarda daha iyi veya kötü olduğuna karar vermek mümkündür.

Tasarlanan antenler ve özellikleri simülasyon programı çalışma ekranı ve sonuçlar kısmından aşağıdaki şekillerde sırasıyla verilmiştir.



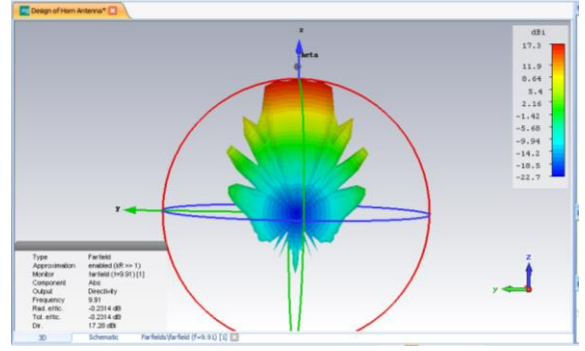
Şekil 2.1.Tasarlanan horn anten

Şekil 2.1'de tasarlanan horn anten görülmektedir. Bu anten ölçüleri ayarlanarak tasarlanmış ve beslemesi yapılmıştır.



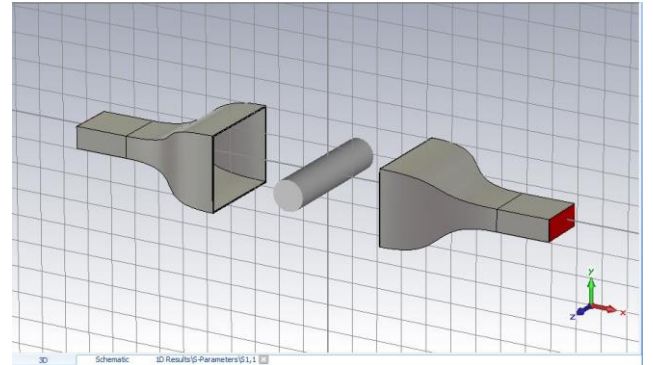
Şekil 2.2.Tasarlanan antene ait S11 parametreleri

Şekil 2.2'de tasarlanan antene ait S11 parametreleri yer almaktadır. Saçılma parametrelerinden S11 parametresi, bize gönderilen sinyalin ne kadarının geri yansıdığı ve ne kadarının yayılıma harcandığı hakkında bilgi verir. Grafik incelendiği zaman, eğrilerden frekans eksenine en yakın olan nokta, o frekansta iletimin en iyi olduğu noktayı gösterir. Parametre grafiği incelendiğinde ise; beklenildiği gibi horn anten oldukça geniş bir bant genişliğine sahip olup incelenen frekans aralığında -10dB'lik (%90 güç aktarımı) bir geri dönüşüm kaybına sahiptir. Aynı şekilde, 9.91 GHz değerinde en iyi iletim olduğu görülebilir. Horn anten, yönlü bir anten olduğu için, bu frekans bantında en iyi ışımayı yapar. Bunun daha iyi görülmesi için, ışımının 3 boyutlu görüntüsüne bakılabilir. Şekilde en düşük geri dönüş kaybının belirlendiği  $f=9.91$  GHz değeri kullanılmıştır.



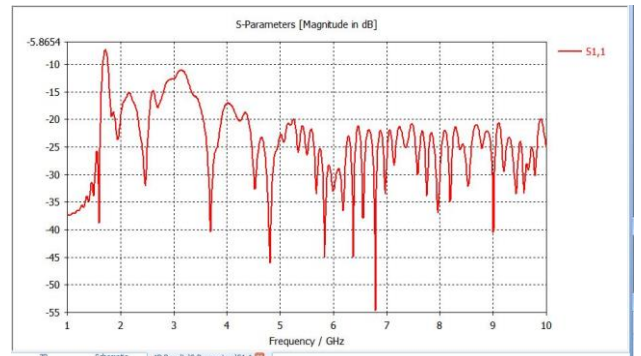
Şekil 2.3.Tasarlanan horn antene ait 9.91 GHz'de 3D ışım görüntüsü

Şekil 2.3'de tasarlanan antene ait 9.91GHz değerinde yaptığı ışım görülmektedir. Aynı zamanda anten z yönünde yönlendirildiği için, en iyi ışım yaptığı bölge de z yönünde olmaktadır. Çünkü horn antenler yönlü antenler kategorisinde yer alırlar ve bu antenler yönlendirildikleri tarafa doğru kuvvetli ışım yaparlar. Z yönünde de maksimum ışımın olduğunu Şekil 2.3'de o yöne ait rengin kırmızı olmasından da anlaşılabilir. Çünkü kırmızı olarak renklendirilen bu bölümler, ışımın en kuvvetli olduğu bölgelerdir. Rengin sarıya doğru dönmesi ışımın azaldığını, yeşile ve maviye doğru dönmesi ise ışımın giderek daha da azaldığını gösterir. Horn antenin tüm kuvvetli ışımını yönlendirildiği tarafa olduğu için, o yöne ait kazanç da bu yüzden fazla olmaktadır. Tasarlanan bu anten, özdeşlikle karşı karşıya getirilip birbirleriyle ışım yapması sağlandığında, aralarına incelenmesi gereken yapı yerleştirilerek çalışmaya ait sonuçların bulunması mümkündür.



Şekil 2.4.Tasarlanan iki özdeş antenin arasına konulan kemik yapısı

Şekil 2.4'de görüldüğü üzere tasarlanan ve özdeş olarak karşılıklı şekilde haberleştirilen antenlerin arasına bir kemik yapı yerleştirilmiştir.

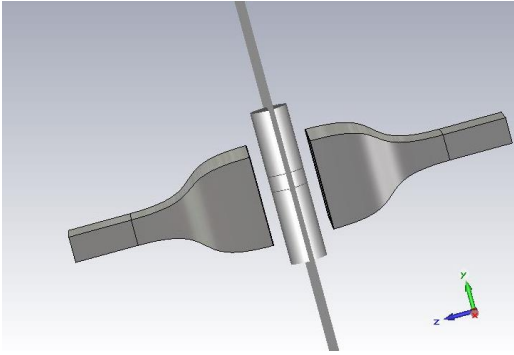


Şekil 2.5.Tasarlanan sisteme ait S11 parametreleri

Şekil 2.5'deki grafikte, Şekil 2.4 için tasarlanan sistemin S11 parametreleri görülmektedir. Parametreler incelendiği takdirde, ışımının en yüksek olduğu frekansın 6.80 GHz, en düşük olduğu frekansın ise 1.46 GHz olduğu görülmektedir.

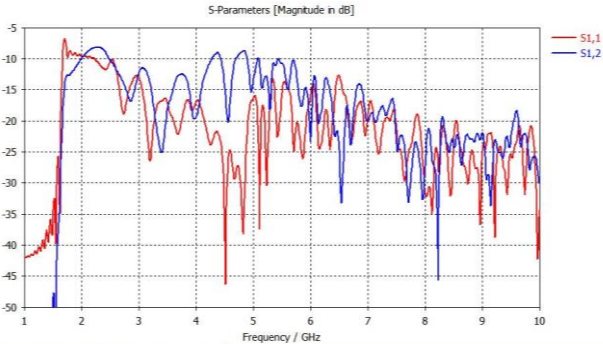
Bu grafikler incelenerek, daha sonra araya yerleştirilecek olan yapıda kırıklar meydana getirilecektir. Böylece parametrelerde olan değişiklikler, bize çalışmanın doğrultusu hakkında bilgi verecektir.

1.46 GHz'de en kötü ışımının olması, aynı zamanda antenin sinyalinin doğrultuğu yönün dışında, farklı taraflara da ışıma yaptığının ve bu yüzden bu frekans noktasındaki yayılımın düşük olduğunu gösterir. Çünkü horn antenler, çok yönlü antenler kategorisinde yer almadıklarından, her yönde kuvvetli ışıma yapamazlar. Aynı şekilde; ışımının en kuvvetli olduğu 6.80 GHz frekansı ise, antenin doğrultuğu yönde yaptığı ışıma frekansını vermektedir.



Şekil 2.6.Kemik yapısında meydana gelen kırık

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi kemik yapısında kırılma meydana gelmiştir ve antenler arasında yerleştirilmiştir. Meydana gelen kırılma, antenlerin haberleştiği doğrultuda ve ışıma yaptığı alan içinde yer almaktadır.



Şekil 2.7.Kırılmalı sisteme ait S11 ve S12 parametreleri

Şekil 2.7' de verilen grafik incelendiğinde, kırmızı renk S11, mavi renk ise S12 parametresini göstermektedir. S11 parametresi iletim parametresi ve S12 parametresi de yalıtım parametresidir. Bu iki parametre birbirinin tamamlayıcısı olarak bilinir. İletimin çok iyi olduğu yerde yalıtım çok azdır. Aynı şekilde yalıtımın çok iyi olduğu yerde de iletim çok azdır.

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi en iyi ışımının olduğu frekans 4.50 GHz'dir. Bu değer, kemikte kırılma meydana gelmeden önce (Şekil 2.5'de) 6.80 GHz değerindedir. Görüldüğü üzere, antende meydana gelen küçük dahi olsa kırılmalar, kemiğin orijinal yapısından yapılan ölçümlere nazaran oldukça farklıdır. Bu da

kullanılan antenin yönlü bir anten olmasından ve kuvvetli bir ışıma yapmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca S12 parametreleri incelendiğinde; en iyi yalıtımın 1 ve 2 GHz aralıklarında olduğu görülmektedir. Bu aralık için S11 parametreleri de incelendiği takdirde; en kötü iletimin yine bu frekans aralıklarında olduğu sonucuna varılır. Çünkü S11 parametresinin en iyi olduğu noktada S12 kötü, S12 parametresinin en iyi olduğu aralıktaysa S11 kötü bir grafik eğilimi gösterir. Bu şekilde iletimin iyi olduğu noktada yalıtımın o oranda azaldığı ve tam tersi durumda; yalıtımın iyi olduğu noktada da iletimin o oranla azaldığının ispatıdır.

Horn anten çalışmasında kullanılan bu kemik yapısının ölçüleri, 250mm uzunluğunda ve 30mm çap boyutuna sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

Horn anten boyutları ise;

Dalga boyu (X eksen) : 93mm

Dalga boyu (Y eksen) : 42mm

Dalga boyu (Z eksen) : 103mm

Ön yüz ölçüleri (X eksen) : 186mm

Ön yüz ölçüleri (Y eksen) : 145mm

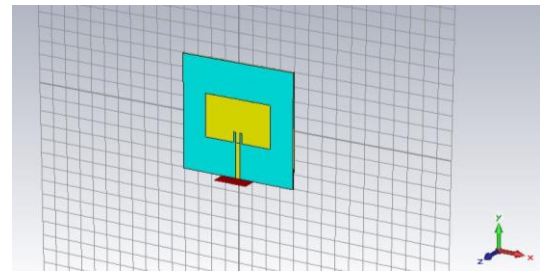
Ön yüz ölçüleri (Z eksen) : 1mm

Smoothness (Düzensizlik oranı) : 0.400000

Dış katman (İncelik) : 2 seçilerek tasarlanmıştır.

Burada oranı verilen smoothness (düzensizlik) oranı, dalga kılavuzuyla ön yüzün birleştirilmesiyle oluşan kavisin oranıdır.

Aynı çalışmanın Patch (Mikroşerit) antenlerle tasarlanmış halleri incelenecek olursa;



Şekil 2.8.Tasarlanan mikroşerit anten

Bu çalışma için tasarlanan mikroşerit anten Şekil 2.8'de verilmiştir. Anten z eksenine yönlendirilmiştir. Tasarlanan anten yönlü değil, çok yönlüdür. Bu antenin bu çalışmada ne kadar başarılı olacağı incelenecektir.

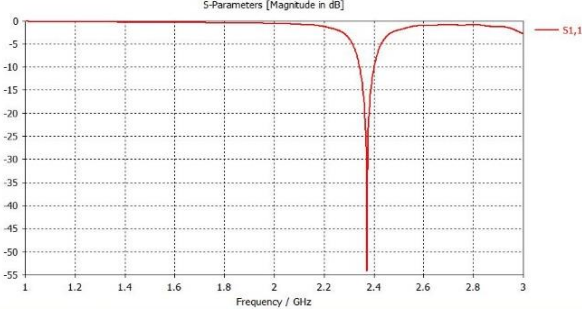
Şekilde görüldüğü gibi turkuaz renkli kısım antenin dielektrik tabakasını göstermektedir. Antenin eni ve boyu (x ve y ekseninde) 160 mm, kalınlığı (z ekseninde) ise 1.5 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Dielektrik tabakanın  $\epsilon=4.08$ ,  $\mu=1$  ve  $\tan(\Delta)=0.015$  olarak alınmıştır. Tavlanmış bakır üzerine anten tasarlanmıştır.

Bu bölümün X eksenindeki ölçüsü 94 mm, Y eksenindeki ölçüsü 60 mm ve Z eksenine belirlenen kalınlığı ise 1.5 mm üzerine 0.035 mm eklenerek 0.035 mm olarak belirlenmiştir.

Bunlara ek aktarım kısmı ise; X ekseninde 5.96 mm, Y ekseninde 24.9 mm ve Z eksenine belirlenen kalınlığı 0.035 mm olarak belirlenmiş ve tasarlanmıştır.

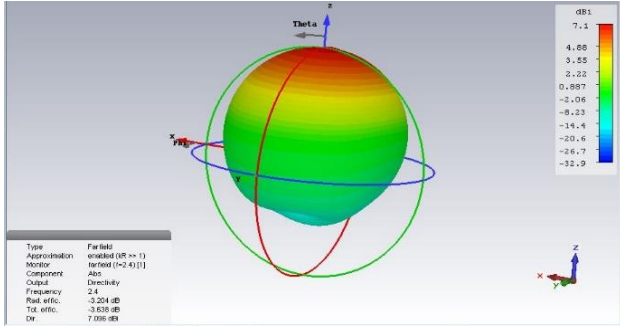
Inset (Ek) kısımları da anten çizimine dâhil edilerek, Şekil 2.8’de de görüldüğü gibi, aktarım kısmından anten kısmına ulaşan bölümün sağ ve sol kısımlarındaki açıklık kısımlarında eklenmiştir

Tasarlanan antenin saçılma parametreleri Şekil 2.9’da ve 3D görüntüleri Şekil 2.10’da verilmiştir.



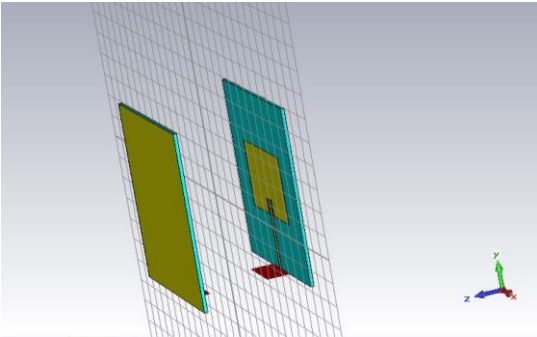
Şekil 2.9. Tasarlanan mikroşerit antene ait S11 parametresi

Şekil 2.9’da verilen grafik incelendiği zaman, tasarlanan antenin 2.4 GHz frekansında en iyi çalıştığı görülmektedir. Bu anten 2.4 GHz frekansında en iyi ışımaya yapmaktadır.



Şekil 2.10. Tasarlanan mikroşerit antene ait 2.4 GHz’de Farfield görüntüsü

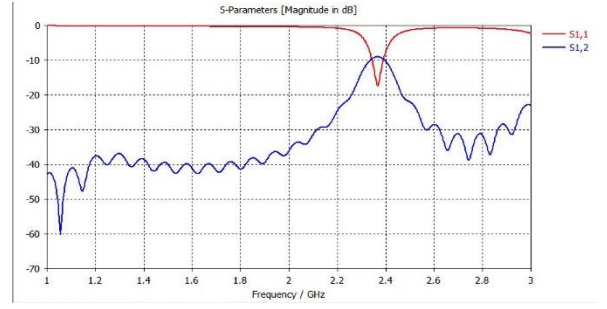
Tasarlanan mikroşerit antenin yaptığı ışımının 3D görüntüsü incelendiği zaman (Şekil 2.10), horn antenin yaptığı ışımaya göre çok farklı olduğu görülmektedir. İki antenin kimlik kategorileri farklı olduğundan dolayı ışımaya örüntüleri de farklıdır. Horn antende bu görüntünün tek yöne olduğu açık iken, mikroşerit antende meydana gelen ışımaya oval şekli almış ve her yöne ışımaya yapmıştır.



Şekil 2.11. Tasarlanan mikroşerit antenlerin karşılıklı olarak haberleşmesi

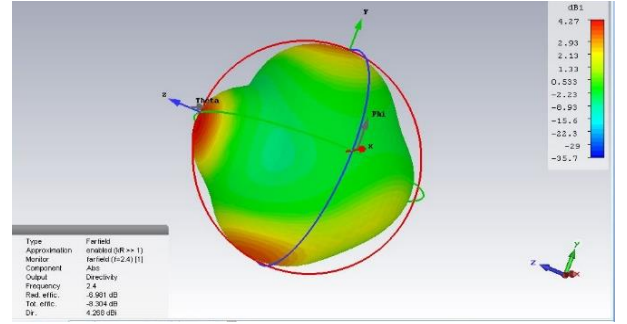
Tasarlanan mikroşerit antenin saçılma ve 3D görüntüleri incelendikten sonra bu mikro şerit antenin aynısından bir tane daha tasarlanmıştır. Tasarlanan bu iki özdeş anten karşılıklı olarak yerleştirilerek ve karşılıklı ışımaya yapmaları sağlanmıştır. Işıma

yaptıkları yön z eksenı yönündedir. Bu ışımaya göre antenlerin S parametreleri Şekil 2.12’deki grafikte verilmiştir.



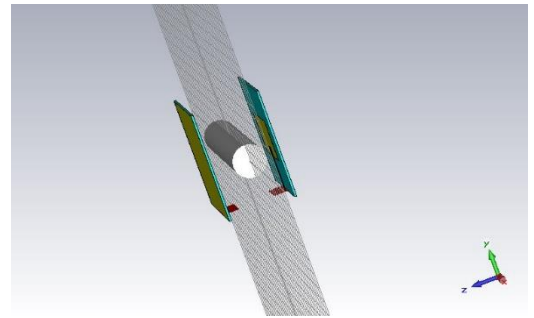
Şekil 2.12. Karşılıklı olarak haberleştirilen mikroşerit antenlere ait S11 ve S12 parametreleri

Grafik incelendiği zaman, en iyi iletimin yaklaşık 2.4 GHz frekansında olduğu görülmektedir. Fakat Şekil 2.9’da verilen grafikte karşılaştırıldığında desibel değerinde düşüş olduğu görülmektedir. Şekil 2.9’da -54 dB değerlerinde olan en iyi iletim, antenler haberleştirildikten sonra -20 dB değerinin altına inmiştir.



Şekil 2.13. Haberleştirilen antenlerin 2.4 GHz noktasındaki Farfield görüntüsü

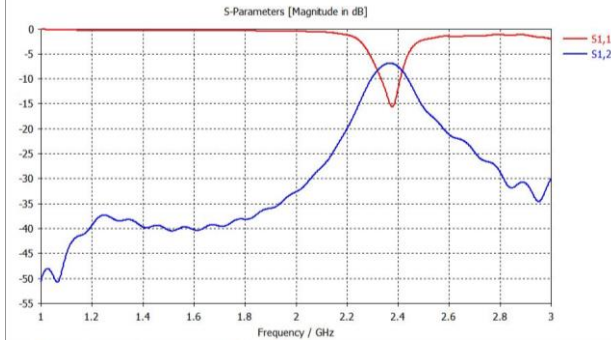
Şekil 2.13’de verilen 3D ışımaya görüntüsü incelendiği zaman, haberleştirilen antenlerin en iyi iletimin olduğu frekans değerinde, yönlendirildikleri taraftan saptıkları ve z yönüyle beraber (+) ve (-) kutuplar olmak üzere y yönüne de ışımaya yaptıkları görülmektedir. Bu durum istenen bir durum değildir, çünkü antenler her yöne ışımaya yaptığı takdirde, yönlendirildikleri ve aynı yön doğrultusunda aralarına yerleştirilen kemik yapısına maksimum derecede ışımaya yapamaması anlamına gelir.



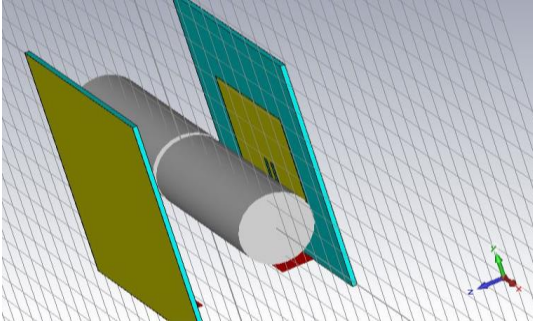
Şekil 2.14. Tasarlanan mikroşerit antenlerin arasına yerleştirilen sağlam kemik yapısı

Bu iki mikroşerit anten arasına sağlam bir kemik yapısının yerleştirildiği yapı Şekil 2.14’de verilmiştir. Şimdi bu iki anten arasında haberleşme yaptırıldığında elde edilen S parametreleri

Şekil 2.15'deki verilen grafikte görülmektedir. Grafik incelendiği zaman yaklaşık olarak 2.4 GHz frekansında en iyi ışınımı yapmaktadır. Fakat genlik değerinin -15 dB'ye düştüğü görülmektedir.

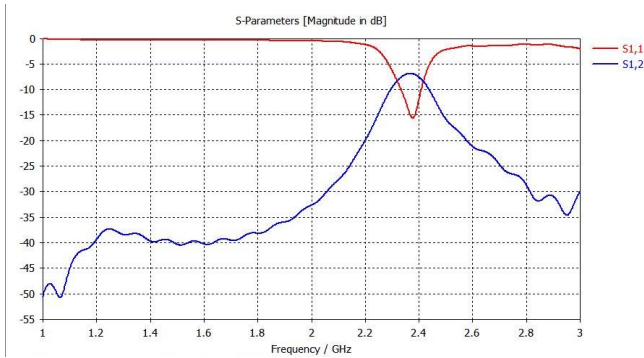


Şekil 2.15. Arada kemik yapısı varken S11 ve S12 parametreleri



Şekil 2.16. Kemik yapısında kırılmanın meydana geldiği durum

Sağlam kemik yapı incelendikten sonra şimdide kırık kemik yapının olduğu durum incelenecektir. Bunun için oluşturulan yapı Şekil 2.16'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi iki mikroserit anten arasına kırık kemik yapı yerleştirilmiştir. Bu iki anten haberleştirildiğinde elde edilen S parametreleri Şekil 2.17'de verilen grafikte verilmiştir.



Şekil 2.17. Kırıklı yapıya ait saçılma parametreleri

Grafik incelendiğinde S11 parametresi yine yaklaşık olarak 2.4 GHz frekansında en iyi ışınımı yapmaktadır. Fakat kemikte kırılma meydana geldiğinde dB değerinde neredeyse yok denecek

kadar az bir değişim meydana gelmiştir. Bu durum kırığı tespit etmek için yeterli bir argüman değildir. Çünkü kemik yapısında kırılmanın olması ve olamaması durumunda parametreler neredeyse aynıdır. Aynı zamanda yatay ekseninde de bir değişim meydana gelmediği için tespit etme gücünün de artmaktadır. Bu durum mikroserit antenlerin çok yönlü antenler kategorisinde yer almasından dolayı gerçekleşir. Şekil 2.10 incelendiği zaman, oval olarak her yöne yayılım yapan ışınım görüntüsü, antenler heberleştirildikten sonra (Şekil 2.13) yönlendirildikleri doğrultunun çok daha başka yönlere doğru kutuplaşmış ve ışınım yaptığı görülmüştür. Kimliği gereği bunu yapan mikroserit anten, bu özelliğinden dolayı çalışma için uygun sonuçları vermemiştir.

Yönlendirildikleri doğrultuda kuvvetli bir ışınım yapan antenlerin bu tarz çalışmalar için daha uygun olduğu görülmektedir. Bu antenler yönlendirildikleri tarafa bir hedef konulduğunda, ışınımını bu hedefe doğru yaparlar. Bu da mikrodalgaların hedef üzerinden geçerek ve tekrar yansımaya bir parametre oluşturmasını sağlar. Yönlü antenlerin bu özelliklerinden dolayı da, sistemde meydana gelen en ufak değişiklik bile, parametrelerde kendini gösterir. Bu da çalışma üzerinde meydana gelecek değişimler açısından, ayırt edici bir özellik sağlamaktadır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular beklenen sonuçlara yakın olarak bulunmuştur. Bu çalışmada lineer kutuplu antenler kullanılarak bunların kendi aralarındaki kimliklerine göre; meydana gelen farkların tespit edilmesini sağlanmıştır. Yapılan analizler antenlerle ilgili bir çalışma yapılırken; hem çalışmanın konusu hem de antenin kimlik seçiminin önemli olduğunu göstermiştir. Çünkü her antenle yapılan her çalışma aynı ve doğru sonucu vermemektedir. Bu çalışmada bu ayırımın verilerle öne çıkarılması bu farkın ispatı niteliğindedir. Ayrıca elde edilen bulgular daha önceki çalışmalarla da paralellik göstermiştir ve medikal görüntüleme sistemlerinde bu ayırımın önemini de göz önüne çıkartmıştır. Elde edilen sonuca göre medikal görüntüleme kullanılan X-Işını görüntüleme, EMAR görüntüleme ve Ultrasound görüntülemenin yanında bunlara ek olarak antenlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda medikal görüntüleme alanında antenlerin kullanılmasının mümkün olacağı gösterilmiştir. Hatta sadece bu alanda değil antenlerin bu özelliğinden faydalanarak diğer tüm çalışmalar için de anahtar ve kaynak niteliğinde olabilir. Böylece mikrodalga sistemlerin hayatı kolaylaştırması açısından kullanım alanları artacak ve sürekli gelişen teknolojiyle birlikte, insan yaşamını kolaylaştıran sistemlerin önünü açacaktır.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada antenlerin medikal görüntüleme için kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Bu alanda kullanılacak antenin kimliğinin oldukça önemli olduğu ve bu ayrıma göre çalışmalarda kullanılıp kullanılmayacağının tespiti yapılmıştır. Çalışma sonucunda antenlerin medikal görüntüleme için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma da doğrusal kutuplu antenler kullanılmıştır. Kullanılan antenlerden birisi "Horn Anten" iken diğeri ise "Mikroşerit Antendir". Bu antenler farklı kategorilerde olmalarına rağmen, aynı çalışmada kullanılmalarının sebebi antenlerin medikal görüntüleme için kullanılıp kullanılmayacağı sorusunu araştırmaktır. Horn antenin yönlü bir anten olduğu ve mikroşerit antenin ise çok yönlü bir anten olduğu gözönüne alarak birçok çalışma ve simülasyon yapılmıştır. Bu çalışmada paket program olarak "CST Studio Suite 3D" elektromanyetik simülasyon programı kullanılmıştır. Bu program sayesinde, hem anten çizimleri gerçekleştirilmiş, hem saçılma parametreleri bulunmuş hem de antenlerin yaptıkları ışımaları; polar, 2 boyutlu ve 3 boyutlu görüntülenmesi sağlanmıştır. Program sayesinde hangi antenin kullanılacağına da karar verilmiştir. Ayrıca tasarlanan antenler ve çalıştırılan simülasyonlarla birlikte, horn antene ve mikroşerit antene ait ışımaya görüntüleri elde edilmiştir. İki antenin farklı yapılarında ışımaya yaptıkları gözlenmiştir.

Bu antenlerin ışımaya görüntülerinin haricinde, antenlerden hangisinin bu çalışma için kullanılacağına, saçılma parametreleri incelenerek karar verilmiştir.

Horn anten çalışmasında, iki anten arasında sağlam kemik varken meydana gelen saçılma parametreleriyle, yine aynı antenler arasında bulunan kemik yapısında kırılma meydana geldiği zaman oluşan saçılma parametreleri arasında gözle görülür bir fark meydana gelmiştir. Bu farkların tespiti, S11 parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. İlk durumda belirli bir frekans değerinde olan iletim parametresi, kırıklı yapıda farklı bir frekans noktasına kaymış ve S11 parametresinde değişiklikler meydana getirmiştir. S11 parametresi değiştiği için buna paralel olarak S12 parametreleri de değişmiş ve bu değişikliklerin durum tespitinin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Horn antenler dalga kılavuzu gibi bir yapıya sahip oldukları için, önce mikrodalgayı sıkıştırıp daha sonra huni hüzmesinden yayarak kuvvetli bir ışımaya yapmaktadır. Karşılıklı olarak haberleşen bu iki anten, kuvvetli bir biçimde alıcı ve verici görevi görürken; aradaki yapıda meydana gelen en küçük değişikliğin tespit edilmesini sağlamıştır.

Mikroşerit anten çalışmasında, iki anten arasında sağlam bir kemik varken meydana gelen saçılma parametreleriyle, iki anten arasında kırıklı yapıdaki kemik varken meydana gelen saçılma parametreleri gözle görülür bir fark meydana getirmemiştir. Çünkü sahip olduğu kimlik gereği, bu tür antenler çok yönlü antenlerdir ve horn anten gibi dalga kılavuzuna sahip değildirler. Herhangi bir sinyal sıkışması olmadığı için, belirli bir yöne değil her yöne ışımaya yaparlar. Doğrultuldukları yönlerde ışımaya yaparken birbirleri arasında herhangi bir nesne girdiği zaman, yaptıkları ışımlar ve yansımalar horn anten kadar kuvvetli olmadığı için, anten ışımaya yönlendirildiği kutbun farklı yerlerine de ışımaya yapar. Bu da aradaki yapı hakkındaki değişimlerin tespit

edilmesini olanaksız kılar. Zaten çalışma boyunca da bu ikisi arasındaki farklar göz önünde bulundurulmuş ve mikroşerit anten bu çalışma formatında ayırt edici bir özellik sağlamadığı gözlemlenmiştir. Mikroşerit antene ait ilk durum ve sonraki durumları incelendiğinde meydana gelen değişim neredeyse gözlemlenememiştir. Bu da mikroşerit antenin bu çalışma için uygun sonuçlar vermediğinin göstergesidir.

Sonuç olarak, bu çalışma için en uygun anten horn antendir. Bu antenin kemik kırığının tespitinde kullanılabilmesi gösterilmiştir. Mikroşerit antenlerin ise bu çalışma alanında uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

## Kaynakça

1. 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.
2. Kenkel, M. and T. Wong. *Characteristics and Usage of the Ram's Horn Antenna*. in *2008 Asia-Pacific Microwave Conference*. 2008.
3. Günay, O., H. Öztürk, and O. Yazar, *İyonize Radyasyon ile Çalışan Tıbbi Görüntüleme Cihazlarının Yapısının Proje Temelli Öğrenimi*. Journal of Health Services and Education, 2019. 3(1): p. 20-27.
4. A. Çelik , M. Kurt ve S. Helhel , "Mikrodalga görüntüleme uygulamaları için bir düzlemsel dikdörtgen monopol anten tasarımı ve optimizasyonu", *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, c. 9, sayı. 1, ss. 1-12, Nis. 2018.
5. Çalışkan, R., et al., *A Microstrip Patch Antenna Design for Breast Cancer Detection*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015. 195: p. 2905-2911.
6. Mehrdadian, A., et al. *Design and implementation of 0.7 to 7 GHz broadband double-ridged horn antenna*. in *7th International Symposium on Telecommunications (IST'2014)*. 2014.
7. Krzysztofik, W.J. *Antenna properties improvement by means of modern technology*. in *2014 20th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications (MIKON)*. 2014.
8. Lee, K. and K. Tong, *Microstrip Patch Antennas—Basic Characteristics and Some Recent Advances*. *Proceedings of the IEEE*, 2012. 100(7): p. 2169-2180.
9. Yavuz Erol ve Hasan H.Balık, *Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu İle Tek Boyutlu Yapılarda Elektromanyetik Dalga Yayılımının Simülasyonu*. UBMK'2001: 1. ULUSAL BİLİŞİM-MULTİMEDYA KONFERANSI, 2001.
10. Fumeaux, C., et al., *Finite-volume time-domain method for electromagnetic modelling: Strengths, limitations and challenges*. *Int. J. Microw. Opt. Technol.*, 2008. 3.
11. Kang, J., et al. *Antenna measurement using S-parameters*. in *2012 Conference on Precision electromagnetic Measurements*. 2012.