

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTROMAGNETİK ALANLARIN SİNİR HÜCRELERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN
SAYISAL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

FAHRİ KERÇEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. AHMET KIZILAY**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMAGNETİK ALANLARIN SİNİR HÜCRELERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN
SAYISAL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Fahri KERÇEK tarafından hazırlanan tez çalışması 14.01.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç.Dr. Ahmet KIZILAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Ahmet KIZILAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Nurettin ARIKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç.Dr. Salih DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Öncelikle hem bu çalışmamda verdiği destek ve danışmanlığı hem de yüksek lisans eğitimim hayatım boyunca Elektromagnetik Alanlar ve Dalgalar konusunu detaylarıyla kavramama yardımcı olan Doç.Dr. Ahmet KIZILAY'a teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma sürecim boyunca bana desteğini ve yardımlarını esirgemeyen aileme ayrıca minnettarım. Son olarak da her türlü destekleriyle yanımda olan arkadaşlarıma ve çok değerli dostum Erhan İNANÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2012

Fahri KERÇEK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	1
BÖLÜM 2	
SİNİR HÜCRESİ.....	3
2.1 Sinir Hücresinin Yapısı ve Türleri.....	3
2.2 Sinir Hücreleri Arası İletim	5
BÖLÜM 3	
ELEKTROMAGNETİK ALANLAR VE DALGALAR.....	10
3.1 Genel Bilgi	10
3.2 Elektromagnetik Dalgaların İnsan Sağlığına Etkileri.....	14
3.3 Elektromagnetik Silahlar ve Beyin Kontrolü	18
BÖLÜM 4	
ANTENLER	29
4.1 Genel Tanımlamalar	29
4.2 Anten Karakteristikleri	30
4.2.1 Giriş Empedansı	30

4.2.2	Işıma Gücü ve Direnci	31
4.2.3	Duran Dalga Oranı ve Yansıma Katsayısı	32
4.2.4	Anten Verimi	32
4.2.5	Yakın ve Uzak Alan	33
4.2.6	Işıma Diagramları	33
4.2.7	Yönlendiricilik ve Kazanç.....	33
4.2.8	Anten Etkin Yüzeyi	34
4.3	Anten Çeşitleri.....	34
BÖLÜM 5		
İKİ DENTRİT VE TEK AKSONLU (Y) ÇİZGİSEL ANTEN ANALİZİ.....		35
5.1	Anten Analizi için Elektrik Alan Denkleminin Bulunuşu.....	35
5.2	Moment Metodu	38
5.3	Anten Analizi için Anten Formülünün Çıkarılması	39
5.4	Antenin Bilgisayar Analizi.....	48
BÖLÜM 6		
ELEKTROMAGNETİK ALANLAR İLE SİNİR HÜCRESİ ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ.....		49
6.1	Sinir Hücresi Modelinin Tanımı.....	49
6.2	Miyelin Kılıflı İki Ardışık Sinir Hücresinin Modellenmesi.....	51
6.3	Miyelin Kılıfsız İki Ardışık Sinir Hücresinin Modellenmesi	61
6.4	Dört Sinir Hücresinden Oluşan Sinir Ağı Modellenmesi	63
6.5	Silindirik Yapıdaki Derinin İçerisindeki Sinir Hücresinin Modellenmesi.	66
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER		70
KAYNAKLAR		72
ÖZGEÇMİŞ		74

SİMGE LİSTESİ

λ	Dalga Boyu
ϵ	Dielektrik Katsayısı
μ	Permeabilite
ρ	Yük Yoğunluğu
ρ_ϵ	Elektriksel Yük Yoğunluğu
ρ_m	Manyetik Yük Yoğunluğu
Γ	Yansıma Katsayısı
J_s	Yüzey Akım Yoğunluğu
E	Elektrik Alan
H	Manyetik Alan
V	Potansiyel
A	Manyetik Vektör Potansiyeli
Σ	Toplam İfadesi

KISALTMA LİSTESİ

WHO	World Health Organization
SAR	Specific Absorption Rate
EEG	Electro Encephal Graphy
MRI	Magnetic Resonance Imaging
LGN	Lateral Geniculate Nucleus
ADS	Active Denial System
DNA	Deoksiribonükleik Asit
PEC	Perfect Electrical Conductor
SWR	Standing Wave Ratio
GSM	Global System for Mobile Communications
EMA	Elektromagnetik Alan
ULF	Aşırı Düşük Frekans
ELF	Fazla Düşük Frekans
SOD	Süperoksit Dismutaz
GSH	Glutatyon
BF	Başlatma Faktörü
NFKB	Nükleer Faktör Kappa B
ATP	Adenozintrifosfat

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Sinir Hücresi	4
Şekil 2.2	Sinir Hücresinin Örnekleri	5
Şekil 2.4	Vücudumuzdaki Hücre Çeşitleri	8
Şekil 2.5	Sinir Hücreleri ve bağlantı kurduğu üç farklı hücre grubu	9
Şekil 3.1	Elektromagnetik Spektrum	12
Şekil 3.2	Elektromagnetik Dalganın Yayılım Doğrultusu	13
Şekil 3.3	Elektrot ile Beyin Kontrolü	21
Şekil 3.4	Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek1	26
Şekil 3.5	Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek 2	27
Şekil 3.6	Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek 3	27
Şekil 5.1	İki Dentritli Tek Aksonlu Çizgisel Anten Modeli	40
Şekil 5.2	Darbe test ve Üçgen Kaynak Fonksiyonlarının Gösterimi	45
Şekil 5.3	R2 Uzaklığının Bulunuşu	45
Şekil 5.4	N=50 ve $L=\lambda$ iken Anten Analizi	48
Şekil 6.1	CATIA Programı ile Oluşturulan Sinir Hücresi Modeli	50
Şekil 6.2	Model1 : Miyelin Kılıflı İki Ardışık Sinir Hücresinin Modeli	52
Şekil 6.2	Nöron1 Üzerindeki Port1'in Özellikleri	53
Şekil 6.3	Nöron2 Üzerindeki Port2'nin Özellikleri	53
Şekil 6.4	Model1, Çalışma Frekans Aralığı (1-8GHz)	54
Şekil 6.5	Model1, Mesh Özelliklerinin Seçimi	55
Şekil 6.6	Model1, 8GHz'de güç akışı	55
Şekil 6.7	1.8 GHz'de Manyetik Enerji Yoğunluğu	56
Şekil 6.8	1-8GHz arası S21 DB Değerleri	57
Şekil 6.9	1.8GHz Nöron1 Üzerindeki Örnek Akım davranışı	58
Şekil 6.10	4GHz'de Nöron1 Üzerindeki Örnek Akım davranışı	58
Şekil 6.11	1.8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı	59
Şekil 6.12	4 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı	60
Şekil 6.13	8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı	60
Şekil 6.14	Miyelin Kılıfsız Nöron1 ve Nöron2	61
Şekil 6.15	Model2 için 1-8GHz aralığındaki S21 dB değerleri	62
Şekil 6.16	8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı	63
Şekil 6.17	Nörondan Oluşan Nöron Ağı Modellemesi	64
Şekil 6.18	S21 1-8GHz aralığındaki sonuçları	64

Şekil 6.19	8GHz'deki Yüzey Akım Dağılımı	65
Şekil 6.20	Silindirik Yapıdaki Deri İçerisindeki Nöron.....	66
Şekil 6.21	Port2'nin Tanımlanması.....	67
Şekil 6.22	Silindirik Yapıdaki Derinin Özellikleri	67
Şekil 6.23	1-8GHz aralığında S21 dB değerleri	68
Şekil 6.24	1-8GHz aralığında S12 dB değerleri	68
Şekil 6.25	Nöron üzerindeki yüzey akım dağılımı.....	69

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Farklı frekanslarda yapılan örnek çalışmalar ve sonuçları18

ELEKTROMAGNETİK ALANLARIN SİNİR HÜCRELERİ İLE ETKİLEŞİMİNİN SAYISAL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Fahri KERÇEK

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet KIZILAY

Günümüzde kablosuz teknoloji, kablolu teknolojiden çok daha önemli hale gelmiştir. Yaşadığımız her metrekaare’de cep telefonlarından, radyo’lardan, TV’lerde, kişisel bilgisayarlarımızdan, kapalı devre güvenlik sistemlerinden, kablosuz internetten, uydu teknolojisinde ve baz istasyonlarında kullanılan cihazlardan yayılan elektromagnetik alanlarla doludur. Yaşamımızın vazgeçilmezi haline gelen bu teknolojinin bir yandan günlük hayata yarar sağlayıcı özellikleri geliştirilirken, öte yandan da zararlarıyla gündemdedir. Özellikle insan sağlığı konusunda literatürde birçok bildiri, araştırma ve makale mevcut. Bunun yanı sıra sağlık sektöründe tanı ve tedavi amaçlı geliştirilen ya da araştırma aşamasında olan örnekler gündeme gelmektedir. Çünkü tıptan askeri sistemlere kadar, Elektromagnetik Alanlar Teorisi limitsiz bir uygulama alanına sahiptir. Tüm bunların yanı sıra elektromagnetik yöntemlerle beyin kontrolü ve kitleleri kontrol altına alabilme üzerine Aktif İnkâr Teknolojisi çalışmaları da bilinmektedir.

İnsan vücudunun temel sinirsel haberleşme birimlerinden olan sinir hücreleri bahsettiğimiz tüm bu gelişmelerde başrol oyunculuğu üstlenmektedir. Gerek sağlık sektöründe, gerekse elektromagnetik beyin kontrolü ve kitle kontrollü silah ve düzeneklerde sinir hücresi büyük önem taşımaktadır. Çünkü vücudumuz sinirsel

haberleşme yapısının temel ögesidir. Tüm bunları göz önünde bulundurarak bu çalışmamızda elektromagnetik dalgaların sinir hücreleri ile etkileşimini inceleyecek, ayrıca sinir hücrelerini anten benzeri modelleyecek ve sinir hücrelerinin davranışlarının nasıl olduğunu gözlemleyerek ve sonuçları yorumlamaya çalışacağız.

Anahtar Kelimeler: Elektromagnetik Alanlar ve Dalgalar, Sinir Hücreleri, Antenler, Kitle İmha Silahlar, Beyin Kontrol Cihazları

**RESEARCH OF INTERACTION BETWEEN NEURONS AND
ELECTROMAGNETIC FIELDS BY USING NUMERICAL METHODS**

Fahri KERÇEK

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc.Prof. Dr. Ahmet KIZILAY

Today, wireless technology has become much more important than the wire technology. Every part of our daily life, every square meter is full of with electromagnetic fields that are created by mobile phones, wireless internet modems, satellite communication systems and base stations. Although, this indispensable technology presents many facilities, it also has some drawbacks. There are many researches especially about human health issues. On the other hand, in medicine, this technology has many examples that are being used or on research process. From medicine to military systems, Elektromagnetic Fields Theory has limitless range of information. Also there are countless researches in many different areas about this technology. For instance, there are (confidential or not) researches about mind controlling and Active Denial Systems that defuse crowds.

Neurons which are so important for human body's neural communication are the leading actors of these technologies that are mentioned above. For both medicine and mind controlling or ADS examples, neurons are extremely important. In this research, we examine the interaction between electromagnetic fields and neurons and also we

will examine neuron as an example of an antenna. According to the results, it's aimed to understand, observe and interpret the interaction precisely.

Keywords: Electromagnetic Fields and waves, neurons, active denial systems, antenna, mind controllers

1.1 Literatür Özeti

Elektromanyetik alanlar ve insan sağlığı konusunda literatürde birçok çalışma ve araştırma mevcuttur. Gerek hücresel haberleşmenin getirileri gerekse yüksek mikrodalga frekanslarının zararları veya elektromanyetik alanlar yönteminin biyomedikal uygulamaları literatürde geniş yer kaplamaktadır. Fakat bu çalışma hazırlanırken direk insan sinir hücrelerini bu çalışmamızda modellediğimiz benzeri bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmalar daha çok insan beyni üzerine olup direk sinir hücrelerinin davranışına odaklı bir literatür kaynağı bulunamamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yaptığımız bu çalışmada elektromagnetik alanların sinir hücreleri ile etkileşimini incelemeyi amaçlamaktayız. Sinir hücreleri bilindiği gibi beynimizin temel öğeleri olmakla birlikte vücudumuzun sinirsel haberleşme sisteminin de temel yapıtaşlarıdır. Bu çalışmamızda günümüzde ön planda olan elektromagnetik alanlar ve insan sağlığı, elektromagnetik yöntemlerle beyin kontrolü ve ek olarak insan vücudu üzerinde kullanılan elektromagnetik silahların temel çalışma prensiplerini daha iyi yorumlayabilmek adına sinir hücresi penceresinden davranışını yorumlayabilmeyi ve literatüre farklı bir bakış açısı katabilmeyi amaçlıyoruz.

1.3 Hipotez

Sinir hücreleri, çevredeki elektromagnetik alanlardan etkileşim halindedir. Çevredeki yüksek frekanstaki elektromagnetik kaynaklar sinir hücresi üzerinde belirli bir düzeyde

akım oluşturabilir. Tüm bunlara ek olarak sinir hücresi, antenvari bir fizyolojik yapıya sahiptir.

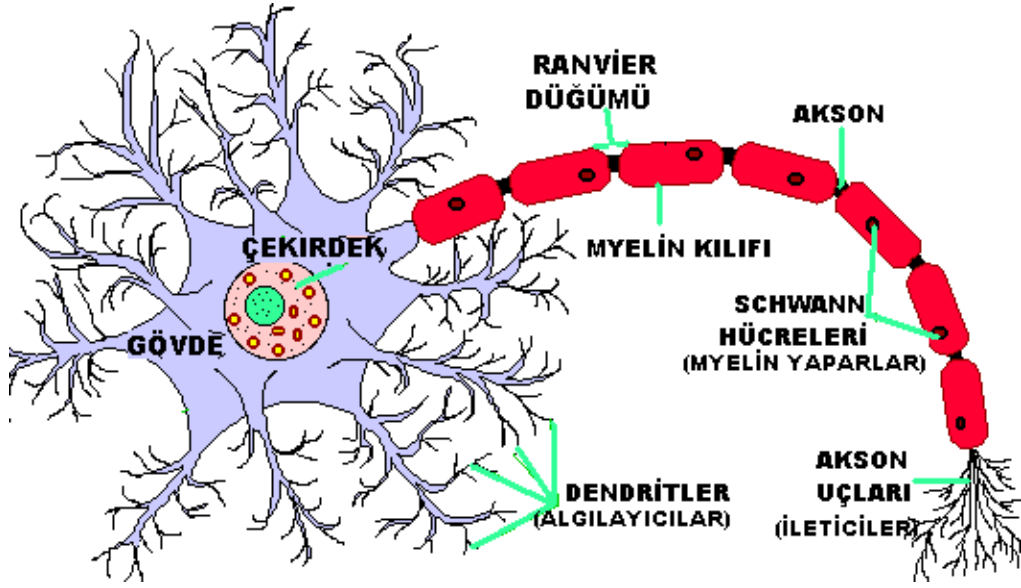
BÖLÜM 2

SİNİR HÜCRESİ

Sinir Sistemi'nin temel fonksiyonel birimi sinir hücreleridir ve sinir hücrelerine aynı zamanda nöron denir. Nöronlar, sinir sistemindeki uyarıların elektriksel ve kimyasal yollarla iletilmesini sağlarlar. Nöronlar, vücudun içinden ve dışından gelen uyarıları merkezi sinir sistemine ve merkezi sinir sisteminden gelen cevapları da vücuda yayan hücrelerdir.

2.1 Sinir Hücresinin Yapısı ve Türleri

Nöronlar hücre gövdesi ve nörit adı verilen uzantılardan oluşurlar. Nücleus yani çekirdek, sitoplâzma ve hücre organellerini içeren hücre gövdesinin bir diğer ifadesi Soma'dır. Nöritler ise hücre gövdesinden çıkan sitoplâzma ile kaplı ve hücrezarı ile çevrili olan uzantılardır. İkiye ayrılırlar; dendritler ve akson. Dendritler, dışarıdan gelen uyarıyı hücre gövdesine doğru taşıyan nöritlerdir. Akson ise uyarıyı hücre gövdesinden alıp iletilecek yere doğru uzaklaştıran nörittir. Dendritler ve Soma impulsun doğduğu yer, akson ise iletildiği yer olmaktadır. Dendritler bir ve birden fazla sayıda olabilirken her sinir hücresinin bir adet aksonu bulunmaktadır.



Şekil 2.1 Sinir Hücresi[1]

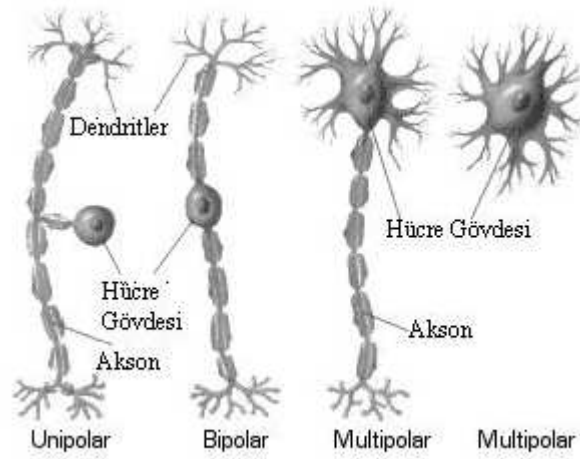
Sinir hücreleri boyut olarak değişken olmalarına rağmen hemen hemen hepsi benzer yapısal özelliklere sahiptir. Şekil 2.1’de gösterilen sinir hücresinin gövde kısmının boyutları oldukça değişiklik göstermektedir. Örneğin bir nöronun soma kısmının çapı 4 mikrometre olduğu nöronlar da vardır, 100 mikrometre olan nöronlar da vardır[2].

Yapısal olarak baktığımız aksonların uzunlukları daha geniş bir farklılık göstermektedir. Bir aksonun uzunluğu birkaç mikrondan 1 metreye kadar değişebilmektedir[3].

Sinir hücrelerinin çoğunun aksonu miyelin kılıf adı verilen ve glia hücrelerinden oluşmuş bir kılıfla örtülüdür. Akson üzerinde bulunan miyelin kılıfın üzerinde boğumlar bulunmaktadır. Bu boğumların her birine ise ranvier boğumu adı verilmektedir. Miyelin kılıf, sinir hücreleri için oldukça önemli bir yapıdır. Öncelikli görevi akson potansiyelinin akson boyunca hızlı bir şekilde iletimini sağlamaktır. İkinci ve çok özel bir diğer göreviyse yalıtkanlık sağlamasıdır. Yani aksonun diğer sinir hücrelerinin uyarılarından etkilenmesini ve ayrıca iletim boyunca veri kaybını engeller. Bunlara ek olarak miyelin kılıf, aksonlarda izolasyonu sağlayarak uyarı iletim hızını artırır. Miyelin kılıfa sahip olmayan nöronlar da vardır. Bu tip nöronların genelinde aksonlar, schwann hücreleri ile örtülüdür. Merkezi sinir sisteminin bazı hücreleri ve otonom sisteminin postganglionik nöronları miyelinsiz yapıdadır. Nöronun aksonu üzerindeki miyelin, yalıtım görevi gördüğü için impulsun iletimi ranvier boğumları arasında sıçramalarla gerçekleşmektedir ve bu da ileti hızını artırıcı etki gösterir. Dolayısıyla, nöronlarda

enerji tasarrufu sağlanmış olur. Miyelinli yapıya sahip olan nöronlar genel olarak somatik sinirler, merkezi sinir sisteminin bazı hücreleri ve otonom sinir sisteminin sinir hücreleridir. Şekil 2.1’de sinir hücresinin yapısı detaylı şekilde gösterilmektedir.

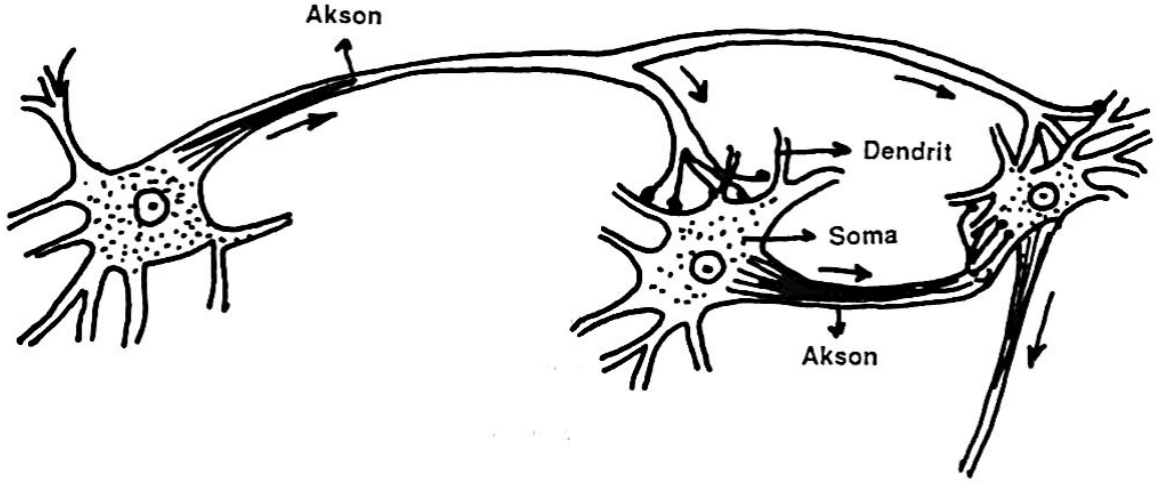
Sinir hücreleri çeşitlerine göre üçe ayrılır; duyu, motor ve ara nöronlar. Duyu nöronları reseptör ile merkezi sinir sistemi arasında görev alan nöronlardır. Reseptörlerden aldıkları uyarıları merkezi sinir sistemine iletirler. Motor nöronlar ise merkezi sinir sistemi ile efektör organ arasında iletimi sağlayan nöron çeşitleridir. Ara nöronlar ise merkezi sinir sisteminde duyu ve motor nöronlar arası haberleşmeyi sağlayan nöronlara denir. Tüm bu çeşitlenmelere ek olarak sinir hücreleri unipolar, bipolar ve multipolar yapıda olabilmektedirler. Büyük çoğunlukla multipolar olarak vücudumuzda yer alırlar. Unipolar olanlara genelde duyu nöronlarının bazılarında rastlanmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2.2’de bu üç tip nöronu görebilirsiniz.



Şekil 2.2 Sinir Hücresinin Örnekleri[4]

2.2 Sinir Hücreleri Arası İletim

Sinaps, bir nöronun aksonunun (presinaptik) diğer bir nöronun (postsinaptik) hücre gövdesi, dendritleri veya aksonu ile yaptığı özel bağlantı bölgeleridir. Bir postsinaptik nöronun hücre gövdesi veya dendritlerinde birçok sinaptik bağlantı bulunabilmektedir. Ayrıca bir presinaptik sinir hücresinin aksonu tek bir adet sinir hücresinde sonlanabileceği gibi çok sayıda sinir hücresiyle de sinaptik bağlantılara sahip olabilir. Şekil 2.3’de nöronlar arası bağlantı mevcuttur.



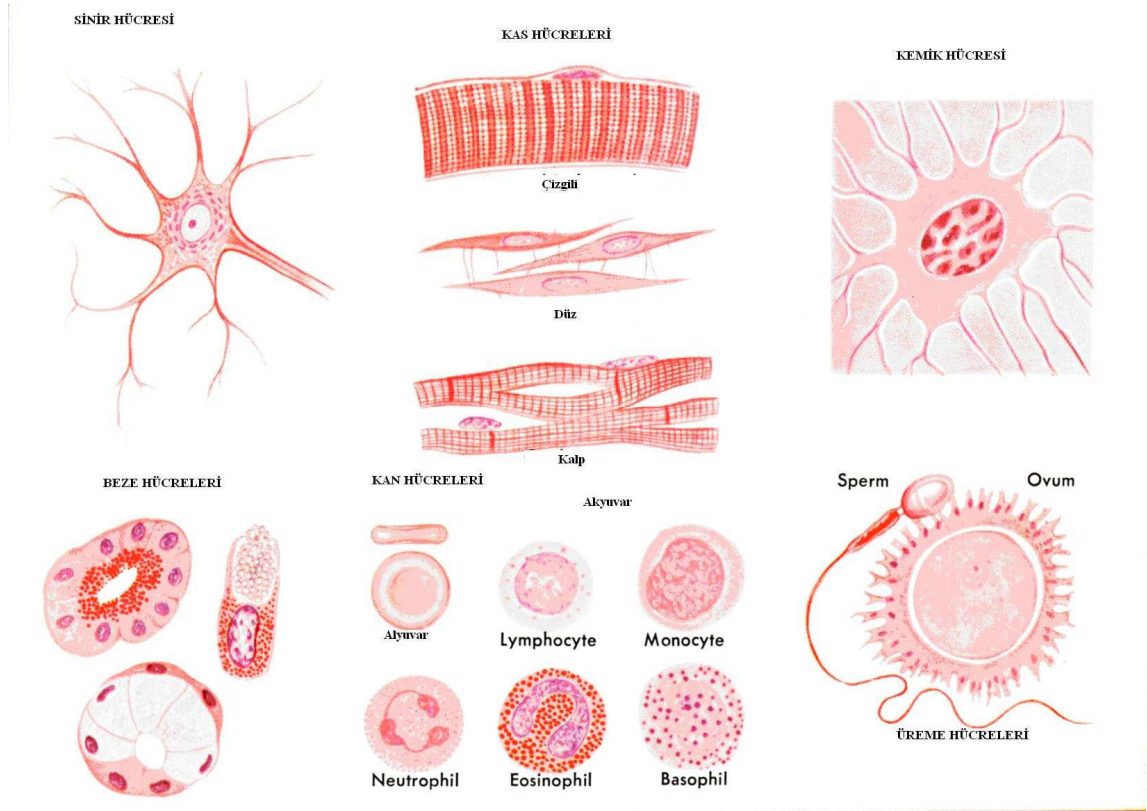
Şekil 2.3 Sinir Hücreleri Arası Bağlantı[3]

Nöronlar, fiziksel olarak birbirlerine bağlı değildir. İki nöron arasındaki sinaps bölgesi ortalama 20-30nm açıklığa sahiptir. Bu açıklığa sinaptik kleft denilmektedir. İki sinir hücresi arasındaki iletimden kısaca bahsedelim. Sinir Hücresi uyarıldığında (bir başka deyişle bir İmpuls oluştuğunda), oksijen, glikoz, karbondioksit tüketimi ve ısı miktarı artmaktadır. Bu sırada da sodyum iyonları hücre içerisine alınmaya başlanır ve ATP tüketimi artar. Bununla birlikte sinir hücresinin içerisindeki potasyum iyonları da hücre dışına çıkarılmaya başlanır. Böylece uyarılan sinir hücresinde elektriksel polarizasyonda değişimler gerçekleşir ve iletim sağlanır. Bu aşamalar esnasında, sinir telinden geçen impuls sayısı, uyarının ne kadar kuvvetli olduğuna, uyarının şiddetine, uyarının tekrarlanma sıklığına ve tabii ki uyarının uygulanma süresine bağlıdır. İmpulsun iletim hızıysa aşağıdakilere bağlıdır :

- Aksonun miyelinli olup olmaması (Miyelinli sinirlerde daha hızlı)
- Ranvier boğum sayısı (Sayı azaldıkça hız artar) (Arasındaki mesafe arttıkça hız artar.)
- Akson çapı (Çap büyüdükçe hız artar.)

İmpuls iletimi sırasındaki en önemli nokta uyarının eşik değerin altında ya da üstüne olup olmamasıdır. Altındaki uyarılar, sinirde herhangi bir tepki oluşturmaz. Eşik şiddetindeki uyarı, sinirde bir veya birkaç impuls oluşturur. Bu impulslar sinir boyunca ilerler. Fakat ilerleyen bu impulslar sinapsları geçse bile üretilecek olan bu tepki zayıf ve ancak bölgesel olabilir. Eşik şiddetinden fazla olan uyarıysa sinir hücresinde impuls sayısının ve dolayısıyla sinapstan geçecek impuls sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu da tepki şiddetini arttırıcı niteliktedir. Bir başka deyişle daha fazla efektörle cevap

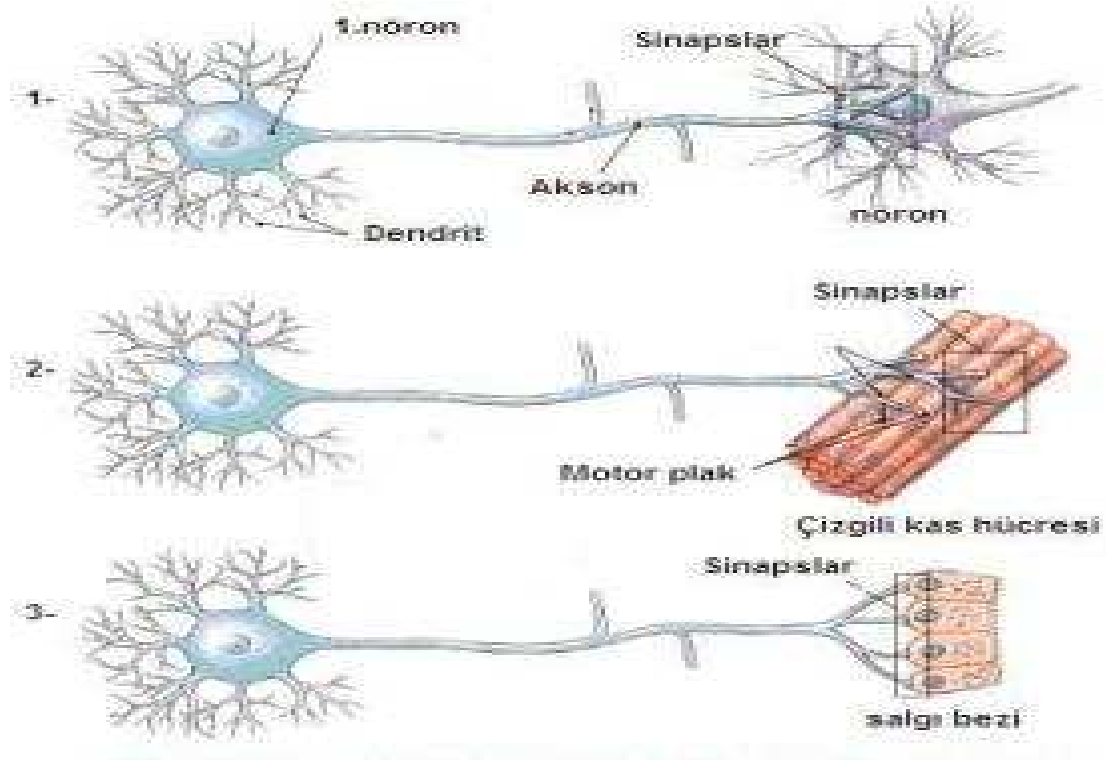
verilmesine neden olur. Fakat unutulmaması gereken uyarının şiddeti, impulsun hızını ve etkisini değiştirmez. Bu değer, oluşan impuls sayısıyla doğru orantılıdır. Genel akış bu şekildedir. Biz bu çalışmamızda bu temel iletimi değil; bu hücrelerin elektromagnetik davranışını irdeleneceğiz. Peki neden sinir hücresini inceliyoruz? Sinir hücresinin yapısal olarak farklılıkları diğer hücrelere göre nasıl değişiyor? Bu yapı elektromagnetik alanlar ve dalgalar teorisiyle nasıl etkileşime sahip olabilir? Öncelikle şekil 2.1'de de gördüğümüz gibi sinir hücresi yapısal olarak iletim ve dağıtım amacına yatkın bir şekile sahip. Sanki bir anten misali gelen sinyali alıp alıcı noktalara iletiyor. Diğer hücrelerin yapısına baktığımızda açık farklılıklar görmekteyiz. Aşağıdaki şekil 2.4'te hücrelerin yapısal görünümü bulunmaktadır. Sadece kemik hücresi içerik olmasa da yapısal olarak sinir hücresinin soma ve dendritlerden oluşan kısmına az da olsa benziyor. Fakat diğer hücreler, sinir hücrelerinden oldukça farklı yapıda. Bütün diğer hücrelerin yapısal olarak halleri bu çalışmamızda anlatmaya çalışacağımız anten yapısına da nöronlara nazaran çok daha uzak benzerlikler göstermektedir. Sinir hücrelerinin gerek alıcı özellikteki dendritleri gerekse çok hızlı iletimi sağladığı aksonu ve boylu boyunca uzanan sinir sisteminin yapısal özellikleri vücudumuzda uyarının iletiminin neden bu kadar başarılı ve hızlı yapıldığı hakkında yeterli fikri ve merakı uyandıracak niteliktedir. Bu alışmamızda bu iletimin bir başka ifadeyle haberleşmenin bu kadar başarılı yapıldığı bu sistemin en temel öğesi üzerine odaklanıyor olacağız. Bu öğeyi elektromagnetik alanlara maruz kaldığı durumları inceleyeceğiz. Tüm bunlara geçmeden önce nöronun biyolojik ve fizyolojik özelliklerinden biraz daha bahsetmekte fayda var.



Şekil 2.4 Vücudumuzdaki Hücre Çeşitleri[5]

Sinir hücreleri gerek yapısal gerekse fizyolojik özellikleri açısından vücudumuzun haberleşme sistemi gibidirler ve iletim oldukça hızlıdır. Bir nöronda gerçekleşen iletimin yanısıra nöronlar arası iletim de önemlidir. Bu iletim yöntemine sinaptik ileti adı verilir. Presinaptik nörondaki aksiyon potansiyeli, akson boyunca ilerleyip aksonun en uç kısmındaki sinaptik yumrulara ulaştığı zaman, hücre vezikülleri denilen yapıların içindeki nörotransmitter maddeler, ekzositoz ile sinaptik aralığa boşalır, ardından buradaki nörotransmitter yapılar, postsinaptik nöronun zarında bulunan özel reseptörlere bağlanarak, postsinaptik nöronu ya uyarırlar ya da uyarmazlar (inhibisyon). Postsinaptik nöronu uyardıkları vakit, aksiyon potansiyeli postsinaptik nöronun aksonu boyunca taşınmaya devam eder. Fakat bu durumda, inhibisyon söz konusu ise postsinaptik nöron uyarılmayacaktır ve sinirsel ileti bu noktada kesilecektir. Postsinaptik nöronun uyarılması veya inhibe edilmesi presinaptik nörondan salınacak olan nörotransmittere bağlıdır. Sinaptik ileti nöronlar arası iletimde başrolü oynayan iletidir. Sinaptik iletide görev yapan birçok kimyasal madde bulunmaktadır. Bunları bulmak adına hala daha birçok deney ve çalışmalar yapılmaktadır. Bunların en başta

gelenleri Asetilkolin, noradrenalin, adrenalin, dopamin, serotonin, GABA (gama amino butirik asit) glisin, histamin vb..



Şekil 2.5 Sinir Hücreleri ve bağlantı kurduğu üç farklı hücre grubu[6]

Yukarıdaki Şekil 2.5’de sinir hücrelerinin akson sonrası iletimi nerelere göndereceğine dair bağlantı kurabileceği farklı hücre türlerini görebilmekteyiz. Bunlar, bir başka sinir hücresi de olabileceği gibi bir kas hücresi ya da bir salgı bezi olabilmektedir. Vücudumuzdaki yeri ve görevine göre değişim gösteren bu bağlantılar bize iletimin amacı hakkında da fikir verirler.

ELEKTROMAGNETİK ALANLAR VE DALGALAR

3.1 Genel Bilgi

Günümüzde Elektromagnetik Alanlar Teorisi bütün gündelik yaşamımızı kaplamış durumdadır. Kullandığımız cep telefonu, televizyon, radyo, kablosuz internet ve birçok teknolojiye bu teorinin getirilerini görmekteyiz. Özellikle kablosuz haberleşme teknolojisinin hızla gelişmesi ve bu konuda hem bilimsel çalışmalar hem de son teknoloji ürünlerin hızla üretilmesi yeryüzündeki elektromagnetik kirliliğin de oluşmasında elbetteki rol oynamaktadır. Tüm bunları daha detaylı incelemeden önce Maxwell'in dört temel denkleminde bahsedelim. Bunlar, Gauss Yasası, Faraday Yasası, Ampere Yasası ve monopolün yokluğuna dair aşağıdaki gibi ifade ettiğimiz denklemlerdir. Bu denklemler:

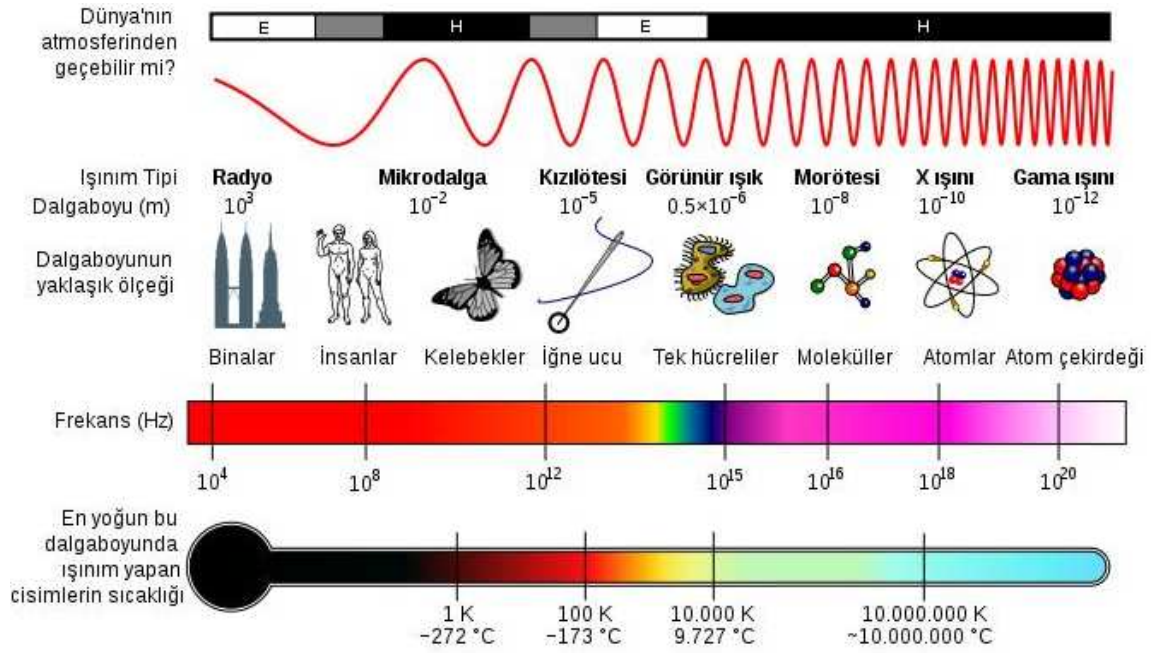
$$\oint H \cdot dl = \int_s (J + \frac{\partial D}{\partial t}) \cdot dS \quad (\text{Ampere Yasası}) \quad (3.1)$$

$$\oint E \cdot dl = \int_s (-\frac{\partial B}{\partial t}) \cdot dS \quad (\text{Faraday Yasası}) \quad (3.2)$$

$$\oint_s D \cdot dS = \int_v \rho dV \quad (\text{Gauss Yasası}) \quad (3.3)$$

$$\oint_s B \cdot dS = 0 \quad (\text{Monopolün Yokluğu}) \quad (3.4)$$

James Clerk Maxwell'in teorik çalışmalarından sonra deneysel tarihçe, 1888 yılında Hertz' in radyo dalgalarını keşfetmesi ile başladı. Tüm bunların sonrasında Nikola Tesla'nın çalışmaları bugünkü elektromagnetik dünyanın temellerini oluşturacak niteliğindedir. Nicola Tesla (d. 1856, Hırvatistan – ö. 1943, ABD) Sırp asıllı fizikçi, mucit, makine mühendisi ve elektrik mühendisidir[7]. 19. ve 20. yüzyılın en ilginç buluşçularından birisi olan Tesla, çağının çok ilerisinde buluşlara imza atmış ve uygulamalar yapmıştır. En önemli icadı olarak da alternatif akım makineleri gösterilir. Radyo dalgaları yayınları, vericileri, hidroelektrik santraller, radar gibi buluşlar onundur. Zaman makinesiyle ilgili araştırmalar yaptığı iddia edilir. Tesla'nın çalışmalarına daha sonra tekrar değineceğiz. 1923 yılında John Logie Baird ilk televizyonu icat etti, 1937' de yine Tesla' nın öngörülerıyla Manyetik Rezonans Görüntüleme(MR) icat edildi. Daha sonra ise günlük hayatta kimi insanın olmazsa olmaz olarak gördüğü cep telefonu 1973 yılında Martin Cooper tarafından icat edildi [8]. Bilimsel anlamda elektromagnetik konusunun gelişimi hiç hız kesmeden halen günümüzde son sürat devam etmektedir. Hepimizin bildiği gibi artık cep telefonlarından, radio ve TV'lere, kişisel bilgisayarlarımızdan kapalı devre güvenlik sistemlerine, kablosuz internetten sağlık sektörüne kadar birçok alanda bu teknolojinin ürünleriyle karşı karşıyayız. Elektromanyetizm konusunun tüm bunlara ek olarak da askeri sektördeki yeri tartışılmayacak derece önemlidir. Bu çalışmamızın en önemli araştırma yönlerinden biri de elektromagnetik dalgaların tüm bu sektörlerdeki kullanımları sonucu sinir hücresi modelimiz üzerinde etkilerini ve davranışlarını incelemek olacaktır. Bu kısma gelmeden önce aşağıdaki Şekil 3.1'de gösterilen Elektromagnetik Spektrum'dan bahsetmek istiyorum. Çünkü bu spektrum değerlerindeki frekanslara göre hücre modelimizin davranışlarını daha detaylı inceleyeceğiz.



Şekil 3.1 Elektromagnetik Spektrum[8]

Elektromagnetik Spektrum yukarıdaki Şekil 3.1'de görüldüğü gibi ışınımaların davranışları ve özellikleri hakkında detaylı bir özettir. Bir ışının dalga boyu arttıkça ters orantıdan dolayı frekansı azalır, frekansın azalması ise enerjinin azalmasına neden olur. Dalga boyu görüldüğü gibi soldan sağa doğru azalmaktadır. Frekansın azaldığı ve dalga boyunun küçüldüğü Gama ışınları en yük enerjili ışınımı gösterecektir. Işık, ısı dalgaları, X ışınları, radyo dalgaları, gamma ışınları, ultraviyole ışın, enfrarüj ışınların hepsi birer elektromagnetik dalgadan ibarettir. Elektromagnetik dalgaların karakteristikleri normal harmonik dalgalarda olduğu gibidir. Üç önemli karakteristikleri vardır. Frekans, periyod ve dalga boyu. Radyasyon bir diğer ifadeyle ışınım, enerjinin bir ortamda dalga veya tanecik halinde yayılması olarak tanımlanmaktadır. Elektromagnetik radyasyonsa, elektromagnetik dalganın herhangi bir ortamda yayılmasıdır. Elektromagnetik yayınım spektrumu; Radyo Dalgalar, Mikro Dalgalar, Kızıl ötesi, Görünen Işık, Mor Ötesi, X-Işınları, Gamma Işınları olarak düşük frekanstan yüksek frekansa göre sıralanır. İyonize radyasyon, elektromagnetik yayınım spektrumunda X ve Gamma ışınlarından başlayan, elektromagnetik dalgalarıdır. İyonize radyasyon, insan hücrelerinin değişimine neden olduğu, kanser oluşturduğu ve kromozomları değiştirdiği için tehlikelidir. İyonize olmayan dalgalar ise Ses dalgaları,

Radyo dalgaları, Mikrodalga, Kızıl ötesi ışık, Görünen ışık, ve Morötesi ışık olarak sıralanır.[9]

Haberleşmede, sınırsız bir ortamda kullanılan dalgalar genelde enine dalga şeklindedir. Dalgada elektro (E), manyetik (H) alan bileşenleri yayılma doğrultusu daha önce de belirttiğim gibi E ve H'ye dik olacak yöndedir. Elektromagnetik dalgaların saniyede yaptığı salınım sayısına bir başka deyişle kendilerini tekrarlama yoğunluğuna frekans adı verilir. Frekansın birimi Hertz (Hz)'dir. 1 Hz saniyede bir salınım; 1 kHz ya da kilohertz saniyede 1000 Hz; 1 MHz ya da megahertz saniyede bir milyon Hz; 1 GHz ya da gigahertz saniyede bir milyar Hz dir. Elektromagnetik dalgaların bir salınımda aldıkları yola dalga boyu diyoruz. Dalga boyunun birimi mesafe birimleridir. Frekans (f) ile periyodu (T) ters işaretlidir.

$$f = 1/T \text{ [Hz]} \quad (3.5)$$

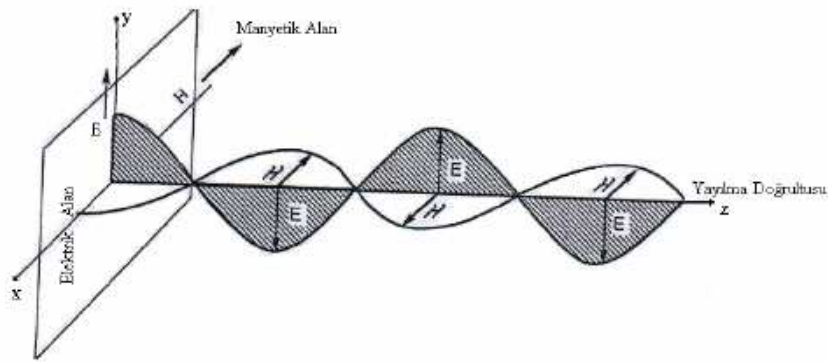
Dalga boyu:

$$\lambda = c.T = c / f \text{ [m]} \quad (3.6)$$

Dalga'nın yayılım (bir başka deyişle enerji taşıma) hızı:

$$v = c / \sqrt{\epsilon} \quad (3.7)$$

Burada c ışık hızını, ϵ ise ortamın dielektrik katsayısını ifade etmektedir.



Şekil 3.2 Elektromagnetik Dalga'nın Yayılım Doğrultusu

Günümüzde kullanılan radyo, televizyon, radar ve çeşitli uzaklıktan haberleşme cihazlarının hepsi, elektromagnetik dalgaların en uzun dalga boyulu olan radyo

dalgalarıyla çalışır. Vericinin ürettiği dalgalar alıcının anteninde bir elektrik akımı doğurur. Bu akım yükseltilerek dalganın taşıdığı sinyal istenen hale getirilir. Dalga boyu 1 milimetreden daha küçük olan radyo dalgalarına mikrodalga denir. Aslında enfraruj dalgalarının da dalga boyu 1 milimetreden küçüktür. Yani mikrodalgalarla aynı karakteri taşırlar. Her iki dalga arasındaki temel fark, mikrodalgaların elektronik yolla, enfraruj dalgalarının ise ısı olarak meydana gelmesidir.

3.2 Elektromagnetik Dalgaların İnsan Sağlığına Etkileri

Elektromagnetik Dalgaların özellikle sinir hücresi üzerindeki etkilerini ve dolayısıyla beyne olan sonuçlarını ve beynin bu dalgalar yöntemiyle kontrol edilebilirliğini yorumlayabilmek adına sinir hücremizi anten gibi modellediğimiz bu çalışmamızda elektromagnetik silahlara geçmeden önce insan sağlığına genel etkilerinden bahsetmekte fayda var. Elektromagnetik kirlilik ve beyin sağlığımız bugün birçok çevre tarafından ele alınan ve irdelenen bir konu haline gelmiştir. Bunun yanı sıra elektronik savaşta elektromagnetik unsurlar, önemli ölçüde kullanılmaktadır ve kullanılmaya devam edeceği aşikardır. Yeni buluşlar ve araştırmalar da bu yönde ilerlemektedir. Elektromagnetik radyasyon, bütün evreni kuşatan bir enerjidir. Ek olarak insan gözüne çeşitli renkler halinde görünen ışık da elektromagnetik radyasyonun bir parçasıdır. Konunun örneklerine girmeden önce detaylı şekilde bilimsel kısımlarından bahsetmekte fayda var. Elektrik alanın şiddeti metre başına düşen gerilim (Volt/metre) ile ölçülür, manyetik alanın ölçü birimi ise Tesla'dır. Elektrik ve manyetik alanların özellikleri birbirinden farklıdır. Dolayısıyla canlıların biyolojik yapıları üzerindeki etkileri birbirinden farklılık gösterir. Bu alanların insanları nasıl etkilediği henüz tam olarak anlaşılmış olmamakla birlikte bu konularda yapılan araştırmalar, manyetik alanların, elektrik alanlara göre daha etkili olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca bildiğimiz gibi manyetik alanlar, özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hiçbir engel tanımaz. Elektrik alanlar, insan bedeninin yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur. Manyetik alanlar da bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasına yol açarlar. Gerçekte değişken manyetik alanlar, çevrelerinde bulunan tüm iletkenlerde (insan bedenini dahil) akım oluştururlar. Günümüzde kablolu teknoloji tamamiyle yerini kablosuz cihazlara bırakmaktadır. Yaşadığımız her metre kare'de cep telefonlarından, radyo'lardan, TV'lere, kişisel bilgisayarlarımızdan kapalı devre güvenlik sistemlerine,

kablosuz internetten uydu teknolojisine ve baz istasyonlarına kadar elektromagnetik dalgalarla doludur. Dedığımız gibi günlük hayatımızı inanılmaz ölçüde kolaylaştırıyor olsa da sağlığımız açısından da götürüleri oldukça fazladır. Daha önce elektromagnetik spektrum konusunda bahsettiğimiz gibi günlük hayatta bu dalgalar bize iki şekilde zarar verebilmektedir. Bunlar iyonize olanlar ve iyonize olmayanlardır. RF elektromagnetik dalgalarının foton enerjileri, atom ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde değildirler. Ortamda RF elektromagnetik dalgalara maruz kalan bir canlı, ısı ve ısı olmayan etkilere maruz kalabilirken, RF dalgalarının foton enerjilerinden dolayı iyonlaştırıcı düzeyde zarar görmez. Isıl etkileri, vücudun absorbe ettiği elektromagnetik enerjinin ısıya dönüşmesi sonucu vücut sıcaklığının artması olarak özetleyebiliriz. Bu artış, vücudumuzun bu ısıyı kan dolaşımı yoluyla atana kadar dengelenmesi devam eder. Isıl olmayan etkiler ise başta beyin aktivitelerinde değişiklikler olmak üzere, uyku bozuklukları, dikkat dağınıklığı ve baş ağrılarına sebep olabilir. Ancak bu sonuçlar çok yüksek deneysel dozlar ve uygulama süreleri sonucunda olabilir. Bugüne kadar bu konularda başta Dünya Sağlık Örgütü (WHO) olmak üzere çeşitli kurumlar çalışmalar yapmaktadır; ancak henüz yapılan çalışmaların insan sağlığı üzerinde kanser vb zararlarının olup olmadığına dair kesin sonuçlar elde edilememiştir. İyonlaşmanın olduğu yayınımların dış dökülmesine, kan kanserine ve sakat doğumlara neden olduğunu iddia eden tezler günümüzde kesinlik kazanmamış olsa da mevcuttur. Tüm bunların tam aksine X ışınları veya Radyum gibi iyonlaşmanın olduğu radyasyonlarsa bugün kanser tedavisinde özellikle kanserli hücreleri öldürmek amaçlı kullanılmaktadır. Bu ışınları uzaktan yönetmek ve yönlendirmek şu an mümkün olmamaktadır. İyonize olmayan dalgalarsa girdikleri dokulara enerjilerini aktararak ısını arttırır ya da hücre zarlarının çalışma biçimini değiştirirler. Elektromagnetik dalgalar kullanılarak insanların nasıl yönlendirileceği konusundaki çalışmalar, hücre zarlarının verdiği tepkiler üzerine yoğunlaşmıştır.

Radyo frekanslarındaki (RF) elektromagnetik alana maruz kalan vücudun emdiği enerji oranının ölçülmesinde spesifik soğurma oranı (SAR) kullanılır. 70kg ağırlığında bir kişi hareketsiz durumda 80W eşdeğer enerji tüketir. Güç yoğunluğu= $80/70=1,2W/Kg$. Spor ya da bedensel işlerde bu oran 3 ile 4 kat artmaktadır. Bu mertebelerde elektromagnetik dalgaya maruz kalan organ ve dokuların normal işlevleri ile bu enerjiyi

giderebilecekleri ve hasar oluşturmayaacağı düşünülmektedir. Standartlar 30 dakika boyunca Elektromagnetik dalgalara maruz kalan doku ve organların sıcaklığının 1 derece artmasını risk olarak belirtmektedir. Bu da 4W/Kg a karşı düşer. Bu neden ile SAR limitlerinin 10gram dokudaki ortalama değeri 2W/kg olarak kabul edilir. 10GHz in üzerindeki elektromagnetik alanlarda ise mW/cm^2 kullanılır. Elektromagnetik güç yoğunluğuna 6 dakikadan fazla kalınan ortamlarda maruz kalınabilecek güç yoğunluğunun çalışma ortamları için $5mW/cm^2$ ve genel ortamlar için $1mW/cm^2$ den küçük olması standartlarca önerilmektedir. Genel kabul mikrodalga ışımanın vücut organlarında emilen enerji ile ilgili olduğudur. Duyarlı organlar; Göz, Beyindir ve genital bölgedir. Mikrodalga frekanslarında çalışanların baş ağrısı, göz yorgunluğu, aşırı halsizlik, bitkinlik ve uykusuzluktan şikayet ettikleri raporlanmıştır. Mikrodalğanın vücudun sinir sistemini etkilemesi nedeniyle bu rahatsızlıkların oluştuğu söylenebilir. Yüksek gerilim hatları, radar, radyo ve TV vericileri, mobil baz istasyonları gibi telsiz sistemleri elektromagnetik yayılım yaparlar. Bu sistemlerin yaydığı elektromagnetik alana maruz kalan doğal yaşamdaki bitkiler ve hayvanlar elektromagnetik yayınımlardan olumsuz etkilenmektedir. Elektromagnetik dalgaların doğadaki canlıların doğal bağışıklık sistemlerinin zayıflamasına, sağlıklarının bozulmasına, üreme problemlerine sebep olduğu iddia edilmektedir. Arılar, yerin manyetik alanını ve yüzeyin günlük manyetik değişimlerini kullanarak, bulundukları konumları tespit eder ve birbirileriyle haberleşirler. Elektromagnetik radyasyon nedeniyle yok olan arı kolonileri, yolunu şaşırarak kuşlar ile ilgili haberleri sık, sık duyulmaktadır[9]. Teknoloji bu konuda ilerledikçe ve elektromagnetik konusu günlük hayatımıza girdikçe bu konuda sayısız araştırmalar, incelemeler yapılıyor. Örneğin dünyaca ünlü Zürih Üniversitesi Uyku Laboratuvarı'nda sürdürülmekte olan deneylerde, cep telefonu ile konuşmanın beyin fonksiyonlarını etkilediği yönünde güçlü bulguların gözlendiği ünlü NeuroReport dergisinin 20 Ekim 2000 tarihli sayısında yayınlanmıştır[10]. Bunun dışında aşağıdaki Tablo 1'de hücresel anlamda birkaç örnek inceleme görülmektedir. Bu incelemeler sonucu uygulanan farklı frekanslardaki elektromagnetik etkilerin hücresel ve DNA yapısı açısından sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3.1 Farklı frekanslarda yapılan örnek çalışmalar ve sonuçları[11]

Yazar	Yıl	Çalışılan Konu	Frekanslar	Sonuçlar
Goodman	1983	RNA Transkripsiyonu	Puls EMA	mRNA aktivitesinde artış
Takashi	1986	DNA Sentezi	10-100 Hz	DNA sentezi engellenmedi
Godman ve Henderson	1988	Tükürük bezi hücreleri	1,5-72 HZ ULF	Polipeptid sentezinde tahriyat
Maes	1997	Periferel Kan Hücreleri ve Mitomisin C	935.2 MHz	birleşik deneme zayıf etki gösterdi
Malyapa RS.	1997	İnsan Blastema hücreleri	835,62 ve 847,74	DNA zararı görülmedi
Malyapa	1997	Kültüre alınmış memeli hücreleri	Sürekli 2450 MHz	DNA zararı görülmedi
Brusick	1998	Nükleik asitler	800-3000 MHz	Doğrudan mutajenik değil, çoğunlukla hipertemi
Vijayalaxmi	2000	Periferel kan hücreleri	Puls 2450 MHz	DNA zararı görülmedi
Milani	2001	İnsan lenfositleri	EMA	Metabolik aktivitede sapma
Tian	2002	Apoptozis	ADF ve X-ray	Apoptoziste baskılanma
Zyrmec, Jerman, Lahajnal	2002	E. Coli ATP sentezi	100 Hz, değişken	ATP sentezini teşvik etti
Tice	2002	Lökositler	837 ve 1909,8 MHz	DNA zararı görülmedi
Wolf	2005	NfκB ve Hücre yıkımı	50 Hz, 0.5-1 mT ULF-EMA	Hücre çoğalmasında etki ve DNA zararı
Giladi	2008	Hücre büyümesi	10 MHz	BF'nin hücre büyümesini durdurması
Kirson ED	2009	İnsan karsinoma hücre dizileri	TT alanları + kemo	Kemo etkinliğinde artış

Çizelge 3.1 Farklı frekanslarda yapılan örnek çalışmalar ve sonuçları[11] (devamı)

Atasoy	2009	Periferal mononükleer hücreler	450.900.1784 MHz	Hücre yaşamına etki yok, fonksiyonel kapasite etkisi
Coşkun S.	2009	Domuzun karaciğer plazması ve beyin örnekleri	50 Hz, 1,5 mT EMA	Aralıklı EMA plazma lipid peroksidasyonunda etkili
Akan	2010	Monosit türevi makrofaj	50 Hz, 1 mT ADF-EMA	Caspase 9 aktivitesinde baskılanma
Martinez-Samano J	2010	Karaciğer ve böbrek plazması	60 Hz, 2,4 mT	SOD ve GSH'ı düşürdü

Yukarıdaki Çizelge 3.1’de bulunan NF-kappa B (NF-κB, Nucleer Faktör kappa B), tüm hücre tiplerinde bulunan bir transkripsiyon faktörüdür. Sitoplazma içinde inaktif halde bulunur. Aktive olduğunda çekirdeğe taşınır.5 tipi bulunmaktadır. Bunlar; NF-κB1, NF-κB2, RelA (p65), RelB ve c-Rel ‘dir[11].

3.3 Elektromagnetik Silahlar ve Beyin Kontrolü

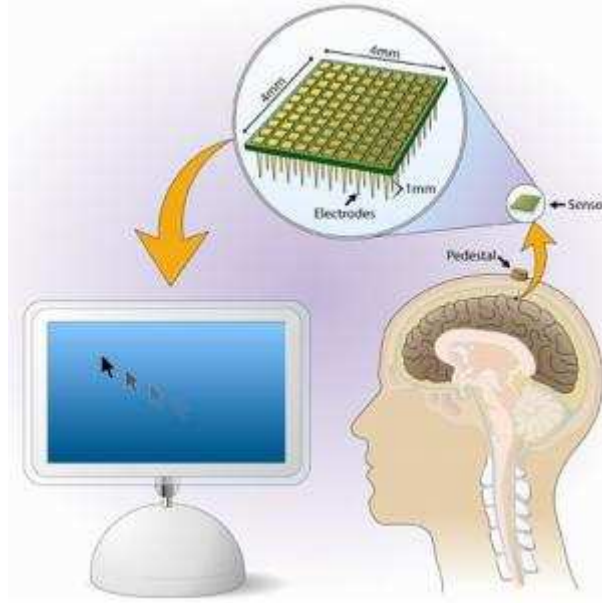
Sinir hücresi, bir nevi vücudumuzun haberleşme kanalıdır. Beynise tüm vücudun kontrol merkezidir. Beynimiz, insanı insan yapan, bütün yetilerimizi yöneten, robotluktan ayıran yegane organımızdır. Beynin temeli de sinir hücresidir. Bu çalışmamızın ilham kaynağı olan kişi elbetteki Nicolas Tesla ve yaptığı birbirinden heyecanlı buluşları ve çalışmalarıdır. Bildiğimiz gibi Tesla, alternatif akım ile çalışan sistemlerin ilk mucididir. Yüksek gerilim ve yüksek frekanslı elektrik iletimi konusundaki araştırmalar, Nicola Tesla'nın ilk alanlarından biri olmuştur. Bu konuda en önemli çalışmalarından biri, Colorado Springs yakınlarında bulunan bir tepenin üzerine dünyanın en güçlü radyo vericisini kurması ve üzerine yaptığı birçok geliştirmedir. 60 metrelik direğin etrafında, 22,5 metre çapında, hava çekirdekli transformatörü üretmiştir[9]. Böylece Tesla, ilk insan yapımı şimşegi oluşturmuştu. Bir direğin tepesindeki 1 metre çaplı bakır küreden, 30 metre uzunluğunda, kulakları sağır eden şimşekler çıktı. Fakat bunların dışında Tesla yapay depremler yapabilecek ölüm

ışınından ve kimsenin geçemeyeceği manyetik bir kalkandan bahsetmiştir (Tesla Kalkanı). Elektromagnetik dalgalarla kontrol edilemeyecek neredeyse hiçbir şeyin olmadığını savunmuş ve hatta dünyayı bir elma gibi ikiye bölebilecek güçte silahlar yapılabileceğini bile söylediği anlatılmaktadır[9]. Bunlar ilk bakışta çok da kabul edilemeyen hatta gerçekçi bulunmayan savlar gibi görünmektedir. Oysa bugün gelinen teknoloji ve elektromagnetik cihazların kullanımının gittikçe daha bilimsel ve geniş bir alana yayılmasını düşünürsek Tesla'nın savlarını yadırgamak çok da doğru olmayacaktır.

Konumuza geri dönelim. Beyin, çok yönlü bir kontrol merkezidir. Tüm vücut işlevlerini yönetir ve aralarında işbirliği sağlar. Bütün zihinsel durumlar, düşünceler, duygular, fiziksel duyular ve hareketler ayrı ayrı frekans değerlerine sahip durumlardır. Bunlar EEG testleri ve MRI taramaları ile görüntülenebilen elektromagnetik işaretlerdir. (EEG: Electro Encephal Graphy – Elektro Beyin Grafisi, MRI: Magnetic Resonance Imaging – Manyetik Rezonans (yankılanma) Görüntüleme)[12]

Beynimiz farklı anlarda farklı frekansa sahip dalgalar da yayar. Bunları özetle sınıflandıracak olursak; derin uyku sırasında 1-3Hz Delta dalgaları, yorgunluk veya hafif uyku sırasında 5-7 hertz Teta dalgaları, Alarm veya herhangi bir uyarılma sırasında 8-12 hertz Alfa dalgaları, çok meşgul olduğumuzda 14-30 hertz Beta dalgaları yayılır. Normal işlerimiz esnasındaysa yayılan dalgalar ortalama 10 hertz civarındadır[5]. Beş duyu organımızla algıladığımız her şey, belirli bir beyin faaliyeti meydana getirir. Tüm hastalıklar kendi dalga şekillerine sahiptir. Her kelime ve düşünce beynimizde kendi frekans dalgasını meydana getirir. Dolayısıyla tüm hareketler, düşünceler, duygular ve algılamalar kendi frekans işaretlerine sahiptir. İnsanların ruh hali dış dünyaya verdiği tepkide kendini ifade eder. Bizlerin davranışlarını kontrol eden ve dengeleyen beynin fonksiyonel yapısının normal yaşamda nasıl oluştuğu, kendini nasıl kontrol ettiği ve ne gibi durumlarda kontrolünü yitirdiği, ikna edilebilmesinde neleri önemseyip ve neleri önemsemediği de bilinmesi ve değerlendirilmesi gereken önemli kriterlerdir. Herhangi bir sorgulama yapmaksızın bilgiyi kabullenme, baştan beyin kontrolünü başkalarına teslim etmektir. Hâlbuki beyin aldığı kararları ve sonuçlarını kendi içinde sahip olduğu kriterlere bakarak bir bilgisayar yazılımına sahipmiş gibi eler ve değerlendirir. Bugün bu konu üzerine gizli ya da bilinen birçok biyolojik, programlama, kimyasal ya da elektromagnetik konuları içeren çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların en temelinde

insan beyninin dışarıdan kontrol edilebilirliğini araştırmak, bu kontrolün boyutlarını çıkartabilmek ve sonuca ulaşabilmektir. Çünkü asıl amaç bir bireyin ya da kitlenin, sorgulama ve mukayeseye dayalı yukarıda bahsettiğimiz savunma ve değerlendirme mekanizmasını ortadan kaldırarak tamamıyla savunmasız ve istenilen herşeyi yapacak her komutu dinleyecek robot haline getirebilmektir. Bugün birçok teknolojik ürünün sonucu olarak bir canlının beyin faaliyetleri, bilgisayar ekranında resmedilebilir ve bunların tem tersi alınabilir. Yani bilgisayar herhangi bir beyin faaliyetini çözümleyebilir ve bunu aynı yoldan tam tersi şeklinde geri iletebilir. Geçmişte bu verilere ulaşmak için insanların kafalarına elektrotlar yerleştirilerek çalışmalar yapıldığını biliyoruz. Ama artık günümüzde her şeyi kablosuz olarak yapmak mümkündür. Beyinlerimizin uzaktan idare edilebilmesi, uçsuz bucaksız bir çalışma alanıdır. Unutulmaması gereken bir diğer mevzu da her beyin kendine özgüdür. Beynin taraması, tanımlanması, uydudan takibi, incelenmesi, gözetlenmesi için kablosuz haberleşme sektörü mükemmel bir çözümdür. Süper bilgisayarlar kullanılarak beyin davranışları, tüm yönleriyle, tanımlanır, bir nevi yazılım kütüphanesi gibi oluşturulacak beyin davranış-dalga ve frekans üçlemesinin kütüphanesi ile elektromagnetik dalgalar sayesinde bu yönetim uzaktan idare edilebilir. Her insanın beyne ait parmak izleri vardır. Daha doğrusu bu izler, bilindik nesnelerin tanınmasıyla alakalı olan beyin kısmında bulunur. Beyne ait bu parmak izlerinin tespiti %100 bir isabet oranına sahip olduğu düşünülmektedir. Örneğin birinin herhangi bir olay sonucu, o olayın olduğu zamanda suç mahallinde bulunup bulunmadığını belirlemek, bu izlerin kontrolü ile mümkündür. Bunun yanı sıra bir kişinin beynine hiç yaşamadığı yani gerçekten sahip olmadığı hatıraları yerleştirmek de mümkündür. Bugünkü bilinen son çalışmalardan bir örnek verecek olursa bilim adamları bir kedinin gözünden tanımlanabilen bir görüntüyü bilgisayar ekranına yansıtmayı başarmıştır. Yani, gözlerimizle gördüğümüz bir görüntüyü apayrı bir yerdeki bilgisayar ekranına yansıtmanız mümkündür. Bu işlem, vücudumuzun thalamusundaki, gözle görülenlerin yönetildiği ve yorumlandığı LGNleri (Lateral Geniculate Nucleus) bölgesini hafifçe uyarılmasıyla gerçekleştirilir. Bunun yanında retina nakli ve kör birine tekrar görme yeteneği verebilen nakiller yapılmaktadır. Yapay (takma) organlara sahip insanlar, beyinlerine yerleştirilen BrainGate çipleri sayesinde robot kolları ve bacakları hareket ettirebilmektedir.



Şekil 3.3 Elektrot ile Beyin Kontrolü[13]

Sibernetik, bir insanın ya da otomatik bir makinenin, modern tekniklerin sahip oldukları çerçevesinde herhangi bir işi gerçekleştirmesi, yönetmesi ya da belli bir amaca ulaşmasını sağlayan bilim dalıdır. Sibernetik nöroteknolojik ise iki beyin yarıküresi arasında bağlantının ve bilgi akışının, uzaktan uyarımın, kaydın, ölçümün, beynin elektronik haritasının çıkarılmasını sağlar. Özellikle kablosuz beyin uyarımları bu uygulamanın sağladıkları sonrası gerçekleştirilebilmektedir. Örnek verecek olursak, bir tuz tanesi büyüklüğündeki mikroçip, insan beynine yerleştirilebilir ve bu, o kişiyi uzaktan yönetmek için yeterlidir. Çünkü bu mikroçip sayesinde daha önce bahsettiğimiz kütüphane mantığını da birleştirirsek elektromagnetik özellikle mikrodalgalar ile davranış yönetimi söz konusu olur. Yalnız sadece mikroçiple değil; uzaktan mikrodalga ve sayısal dalga gönderimi de o kişinin beyninin yönetilmesini sağlayabilir. Dediğimiz gibi burada kablosuz haberleşme sektörü oldukça kilit nokta özelliğindedir. Bu yönetim elbetteki birden çok aşama içerecektir. Öncelikle bireylerin acı, endişe, korku, öfke, küçümseme, ümitsizlik, dehşet, sıkıntı, kıskançlık, uyku, yorgunluk ve terör gibi durumlarda yaydığı frekansların tespit edilmesi ve bunların kütüphane gibi derlenmesi ve ardından istenilen bir anda bu frekansta beyne gönderilecek elektromagnetik sinyallerle beyin istenilen şekilde davranmasının sağlanması. Bu frekanslar kişiden kişiye değişiklik gösteriyor ise her bireye farklı kütüphane demek olacaktır. Çünkü frekansın farklılık göstermesi demek uzaktan bu

duyguları oluşturan sinyallerin beyne gönderilmesiyle, beyinde farklı duyguların oluşması anlamına gelebilir. İnsanların çevreyi ne şekilde algılayıp ne gibi tepkilerle cevap verdikleri, nasıl iletişim kurdukları ve davranışlarını nasıl oluşturdıkları üzerine yapılan araştırmalar algısal davranış programlama Neuro Linguistic Programming olarak adlandırılmaktadır. Yukarıda araştırmacıların, beynimizin hipotalamus bölgesine elektrotlar yerleştirerek hastalarda korku, heyecan, halüsinasyon oluşturma üzerine deneyler yaptıklarından bahsetmiştik. Belirli frekanstaki sinyalleri alabilen ve nakledebilen beynin, uzaktan uyarılması insanların robot gibi tuşlarla kontrol edilebilmesi, çok tehlikeli bir gelişmedir. Düşünün belirli kimliklere sahip elektrotların yerleştirildiği insanların yaşadığı dünya nasıl bir şey olurdu? Bu şekilde bütün fikir, hipnotik tetiklemeler ve beyin programlamalarını insan aklına sokmanız mümkün hale gelir. Söylentilere göre 1995 yılında Oklohoma'daki Alfred Murrah Federal binasını bombalayan Timothy McVeigh'in uzaktan idare edildiği ve gerçekleştirmiş olduğu suikast için programlandığı iddia edilir. Bu ve bunun gibi örnekler küresel olarak tüm dünya genelinde mevcut. Bunların beyin yönetimi sayesinde yapılıp yapılmadığını bilemeyiz. Fakat yapılan araştırmalar istenilen sonuçları verirse bu yöntemin gerçekleştireceği aşikar.

Elektromagnetik dalgaların vücudun diğer noktalarındaki sinir sistemi hücrelerine etkisinden bahsetmeden önce bazı frekans örneklerini verelim. Örneğin yukarıda bahsettiğimiz beyin dalgalarının paralelinde 6.6 Hz depresyona yol açabilir, 7.83 Hz (Schumann Rezonansı denmektedir, daha geniş ifadeyle yeryüzünün doğal titreşimidir) kendini iyi hissettirir. 10.80 Hz panik hali oluşturur. 16-25 Hz'lik ölümcül ELF ise hayata kasteder. (ELF: Fazladan Düşük Frekans, ULF: Aşırı Düşük Frekans)[6]. Bunların yanısıra mikrodalgaların titreşimini hafifletilmiş hale getirilmesi doğal beyin frekanslarını taklidi demektir. Mesela frekans dalga boylarına maruz bırakarak uyuşturucu kullanmayan bir kişiye ketamin bir başka ifadeyle narkoz kullanmış etkisi verilebilir. Bu tip özellikleri düşünüldüğünde bunlar insanların yaşamlarında yarar sağlayabilecek çalışmalardır. Örneğin engelli insanların beyin dalgalarını, sinir sistemindeki sinirleri ve kas hareketlerini hisseden algılayıcılar geliştirilmiştir. Bu algılayıcılar sayesinde engelli insanların sinirsel iletim eksikliği olan bölgelerinde tedaviye odaklı bilimsel çalışmalar

yapılabilir ve bu çalışmalar sayesinde beyin- sinir sistemi ve tüm insane vücudu çlemesinde insane sağlığı açısından birçok mutlu edici olumlu sonuçlar elde edilebilir.

Elektromagnetik ışmanın beyinde melatonin hormonunu azalttığına yönelik bilimsel kuşkular vardır. Melaton denilen hormone, beynin salgıladığı zihin işlevleri, bilgi işleme, hafıza, cinsellik, stress ve uyku esnasındaki beyin onarımı gibi işlevleri yerine getiren önemli bir hormonumuzdur. Alzheimer hastalığının dünyada artması ile elektromagnetik kirlilik arasında sebep-sonuç ilişkisi ciddi boyutlardadır. Eğer elektromagnetik ışmanın melatoninin salgılamasını azalttığı yapılan çalışmalar sonucu kesinleşirse, alzheimer hastalığında mikrodalga yayınının etkisi açığa ık mış olacaktır.

Beyin rneklerimize birkaç tane daha verecek olursak, beynimizdeki oksijen oranını düştüğünde nelerin olabileceğini hepimiz az çok biliyoruz. Kişinin yorgunluk ve bitkinlik gibi belirli hisleri hissetmesi sağlanabilir veya herkesi uyutabilirsiniz. Bunun yanısıra, akustik işaretleyicilerle bir hedef seçip istenilen davranışı yapmasını sağlayabilirsiniz. Bu tip uyuşturucu etkilere ya da yukarıda bahsettiğimiz etkilere neden olanlar silahlar öldürücü olmayan silahlardır. Ancak, hepimizinde bildiği gibi seviyeleri yükseltildiğinde öldürücü olma olasılıkları vardır. Elektromagnetik enerji ile bir kişiyi uzaktan telkin altına alabileceğimizi söylemiştik. Bunun yanısıra istenilen ışınım ile o kişiyi sakatlayabilir ya da ldrebilmek mümkün de olabilir. Her ne kadar kesin nedeni bilinmese de birçok önemli davada, sanığın, davalının ya da şahitlerin birden düşüp ölmesine bir açıklama getirilemediği için yasal süreç askıya alın mış veya dava kapatılmıştır.

Elektromagnetik konusu Tesla'nın da dile getirdiği gibi uçsuz bucaksız bir leb-i derya niteliğindedir. Yukarıda bahsettiklerimizin yanı sıra, direk beyin değil, vücudun herhangi bir bölgesinin maruz kaldığı bir elektromagnetik dalganın tüm vücutta etkisi, yayılımı ve beynin bunun sonucunda davranışı elbette ki önemlidir. Hatta konu kitlelerin kontrolüne geldiğinde ise özellikle savaşlarda, eylemlerde, çete ayaklanmalarında ya da terrorist faaliyetlerde kullanılacak birçok elektromagnetik silah türü mevcuttur. Bunlardanen bilineni elektromagnetik darbeleri atış etkisi denilen ve havada patlatılan nükleer silahların denenmesi esnasında farkedilen ve gözlemlenen bir olgudur. Açığa çıkan enerji darbesi etki alanın içerisinde elektromagnetik alan oluşturmaktadır ve bu alana maruz kalan iletkenler, elektronik cihazlar vb.. nesneler

üzerinde kısa süreli ama binlerce voltluk bir gerilim oluştur. Bu kadar büyük bir gerilimin özellikle elektronik ekipmanlarda geri dönüşü olmayan zararlara da sebep olabileceği aşıkardır. Dolayısıyla böyle bir silah ülkelerin gözdelelerinden biri haline gelecek yegane üründür. Bu silah sadece santraller, barajlar, askeri üsler, silah depoları, önemli binaların yanı sıra insanlar üzerinde de etkisi büyük olabilecek tehlikeli bir saldırı mekanizması olabilir. Bu çalışmamızda sinir hücrelerini modellerken elbetteki bu tip silahların bu hücreye etkilerini ve canlı vücudundaki sonuçları hakkında da fikir sahibi olabileceğimizi amaçlıyoruz. Çünkü elektromagnetik saldırı, karşı tarafın savaşma gücünün büyük bir çoğunluğunu hatta belki de tamamını yok edebilecek bir mekanizma olabilir. Bu konuda gelişmiş ülkelerde gerek akademik düzeyde gerekse gizli olarak askeri düzeyde birçok çalışma yapılmakta ve bizlerin bildiği veya bilmediği sayısız cihaz tasarlanıp denenmektedir. Bu cihazlar amaca yönelik olarak radyo frekansı ya da mikrodalga frekanslarında ve hatta çok daha yüksek frekanslarda olabilir. Ve insana yeterince zarar verecek güçte olması mümkündür. Bu zararın boyutu birçok parametreye göre değişkenlik gösterebilir. Ölümcül olmayan yönlendirilmiş mikrodalga enerji, kalabalıkların kontrolü ve toplumsal olaylara etkin bir şekilde müdahale edilebilmesi için geliştirilmiş yeni bir teknolojidir. Bu mekanizmayı özetleyecek olursak, hedef insanın derisindeki suyu ısıtan ve dayanılmaz acıya neden olan bir mikrodalga kaynağıdır. Oldukça şiddetli ağrıya neden olmanın yanı sıra hiçbir kalıcı hasar bırakmaması amaçlı üretilmektedir. Fakat, bazı bilimadamlarınca, geri dönüşümü olmayan ciddi hasarlara neden olabilecek bir silahtır olduğu düşünülmektedir. Bugün birçok bilimsel makale ve çalışmalar yapıılıyor olsa da bu konuda mikrodalga ışınına maruz kalanların uzun vadeli hasarlar ve yan etkileri için henüz yeterli testler ve sonuçlar mevcut değildir. Ülkeler için bu tip silahlar kontrol edilemeyen isyanları bastırmada, küçük-büyük çetelere yönelik operasyonlarda, anarşik ayaklanmalarda, rehineleri kurtarmada, terörizm ile mücadelede kullanılması planlanmaktadır. Bu arada amaç herhangi bir can ve mal kaybına maruz kalmadan direk mikrodalga kaynağını uzaktan istenilen bir hedefe yönelterek insan davranışını kontrol etmektir. Bu konudaki çalışmalara hayvanlar üzerinde deneyler yapılarak devam edilmektedir. Mikrodalga kaynağın frekansının artmasına doğru orantılı olarak dokuya derinlemesine nüfuzu da artmaktadır. Derinlemesine ilerleyiş canlının en küçük noktasına kadar ilerlemek demektir ki bu da hücrenin en detaylı kısımlarını dahi içerir. Bilimsel netliği

kesinleştirilmemiş olmakla beraber mikrodalga ışıma etkisindeki dokuları oluşturan hücre zarlarının normal işlevini bozan ısı olmayan etkiler de gözlenmiştir. Bir başka deyişle hücrenin zarı işlevleri dahil birçok vücut faaliyetlerinin kontrolü söz konusudur. Hücre zar işlevlerinin mikrodalgalar ile kontrol edilmesi demek aslında sadece beyni kontrol etmede değil; tüm organları kontrol edebilmek demektir. Elektromagnetik ışımanın yoğun olduğu çevrede oturanlarda sinirlilik, huzursuzluk, depresyona girme belirtileri, uyku bozuklukları ortak yakınmalardır.

Elektromagnetik saldırılar ile uzaktan davranış kontrolü çalışmaları, radyo dalgaları ile beyinlerde elektronik hipnoz yapmayı amaçlamaktadır. Elektromagnetik enerjinin tedavide kullanımı yeni gelişmelerdendir. Beynin ön bölgesine elektromagnetik uyarı vererek depresyonu tedavi etme projesi, elektroşok tedavisine alternatif olarak işe yarayacak gibi görünmektedir. Bu proje ile kişiye istemediği şeyleri yaptırmanın mümkün hale geleceği iddia edilmektedir. Körfez Savaşından sonra Amerikalı askerlerde görülen ve Körfez Sendromu diye adlandırılan psikolojik sorunların, Irak da denendiği iddia edilen elektromagnetik silahlardan kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Düşman tarafın moralini bozan ve dikkatsizliğini arttıran elektromagnetik silahlardan etkilendiklerine yönelik teoriler ortaya atılmıştır. Elektromagnetik ritmik vuruşlar, kişiye başını elektrikli matkapla oyulduğu hissi uyandırmaktadır. Çok düşük frekanslardaki elektromagnetik yayınlar ile baş ağrısı, kulakta çınlama, sinirlilik hali, depresif durumlar, hafıza kaybı hatta panik duygusu oluşturulabilmektedir.

Temelde sağlık anlamında radyo ve mikrodalga frekansındaki dalgaların yararlarından sonra bu dalgaların insan vücuduna, beynine etkisi, beyin kontrolü, kitlesel silah halinde kullanılmasından bahsettik. Bunlara bazı örnekler vermek istiyorum. Bu konularda en bilindik araştırmalar Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılanlardır. Öncelikle beyin kontrolü konusu ilk olarak 1959 yılında US Üniversitesi Profesörü olan Saul B. Sells tarafından CIA işbirliği ile yapılması düşünülen beyin kontrol makinesidir. Bu makine insanın ne düşündüğünü, ne hissettiğini yalan söyleyip söylemediğini ve birçok detayı analiz edebilecek özellikte olması amaçlanmaktaydı. Bu projenin ismi MKULTRA olarak adlandırıldı. Ardından 1965 yılında Bizarre Projesi açığa çıktı. Bu proje, gönderdiği kompleks mikrodalga sinyallerini kayıt ve analiz eden ve sonuçlarının da değerlendirildiği bir proje olarak nitelendirildi. Sovyet Rusya'sındaki Amerikan

Büyükelçiliği personeli üzerinde denendiği söylenmektedir. Büyükelçilik binasının karşı binasından uygulanan project Bizarre, birçok konuda gizli tutulan bir projedir. Ama bilinen bir diğer gerçek ise Amerika'nın büyükelçilik binasındaki personelinin DNA'sında bozulmalar olup olmadığını incelediğidir. Çünkü yukarıda da bahsettiğimiz gibi frekansın artması hücresel ve DNA seviyesinde bozulmalara gebe olabildiği düşünülmektedir. Bunun yanısıra bu bölümde daha önce bahsettiğimiz elektromagnetik kitle silahlarına bir diğer örnek de Mart 2001'de Marine Corps tarafından açıklanan ve öldürücü olmayan olarak sınıflandırılan "Aktif İnkâr Teknolojisi(Active Denial Technology(ADT)" olarak adlandırılan teknolojidir. Bu silah, insanın derisindeki su moleküllerini kaynatma hissi vererek deriye zarar vermeden hedefi etkisiz hale getirmektedir. Bu konu üzerinde New Scientist dergisinde de makaleler yayımlanmıştır. Hatta yapılan açıklamalara göre ADS, 95Ghz civarında çalışmalar da yapıldığı dile getirilmiştir[14].

Aşağıda bu tip silahlara ait örnek tanımlamalar mevcuttur. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 için hala daha prototip ya da konsept aşamasında dense de Irak Savaşı'nda ABD'nin bu tip silahlar kullandığına dair duyumları hepimiz biliyoruz. Bunlar ADT denilen Aktif İnkâr Teknolojisi silahlarına örnek niteliktedir. Özellikle Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 aynı cihazı tanıtırken Şekil 3.4 daha uzun menzilli olarak çalışması düşünülen JNLWD kaynaklı bir silahtır.

	Sistem 1	Durumu: Prototip aşamasında Öncü Ajans: JNLWD
	Sistem 2	Hedef Tipi: Personel
		Hedefte Beklenen Tepki: Bireylerin bir bölgeye girmelerini veya oradan çıkmalarını engellemek, bir bölgeye hareket ettirmek veya baskılamak
		Tanımlama: Uzun menzilli, doğrultulmuş enerji, küçük silahların menziline ötesine elektromanyetik milimetrik dalgalı enerji demeti yayan araca montajlı sistem
Görev Tanımı: Askeri koruma, kontrol noktalarına giriş ve diğer taarruz ve savunma operasyonları		
Kabiliyet Etkisi: Yayınının dışına çıkmak için istem dışı harekete neden olan sıcaklık hissi		

Şekil 3.4 Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek1[15]



Durumu: Konsept Aşamasında
Öncü Ajans: JNLWD

Hedef Tipi: Personel

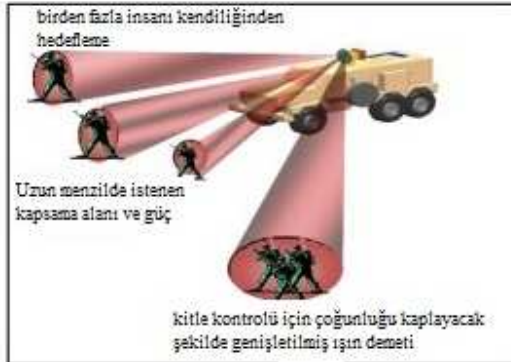
Hedefte Beklenen Tepki: Bireylerin bir bölgeye girmelerini veya oradan çıkmalarını engellemek, bir bölgeye hareket ettirmek veya baskılamak

Tanımlama: Boyut, ağırlık ve maliyetleri önemli ölçüde düşürecek ve hareket esnasında dönüş ve atış imkanı sağlayan yeni nesil bir kitle baskılama sistemi

Görev Tanımı: Askeri koruma, kalabalık kontrolü, devriye/konvoy görevleri ve diğer savunma ve taarruz operasyonları

Kabiliyet Etkisi: Yayınının dışına çıkmak için istem dışı harekete neden olan sıcaklık hissi

Şekil 3.5 Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek 2 [15]



Durumu: Konsept aşamasında
Öncü Ajans: ABD

Hedef Tipi: Personel

Hedefte Beklenen Tepki: Bireylerin bir bölgeye girmelerini veya oradan çıkmalarını engellemek, bir bölgeye hareket ettirmek veya baskılamak

Tanımlama: Mevcut, elektromanyetik dalga üretici, anten, alt-yansıtıcı ve ebatları, ağırlığı ve maliyeti önemli ölçüde düşürecek ışın demetinin fonksiyonlarını tek birimde kombine edecek transistörlü sistem

Görev Tanımı: Askeri koruma kalabalık kontrolü, tutuklu operasyonları, devriye/konvoy görevleri, bina güvenliği sağlama ve savunma-taarruz operasyonları

Kabiliyet Etkisi: Yayınının dışına çıkmak için istem dışı harekete neden olan sıcaklık hissi

Şekil 3.6 Kitle Etkisiz Hale Getirme Cihazı Örnek 3 [15]

Tüm bu örneklerde de görüldüğü gibi elektromagnetik dalgalarla insan vücudu ve insan beyni oldukça etkileşim halindedir. Bu konuda ülkeler yıllardır iyi ya da kötü amaçlı silah, ilaç ya da çözüm üretme amacındadır. Bu çalışmamızın temel niteliklerinden biri de farklı frekans aralıklarında insan sinir hücresinin nasıl etkilendiği, anten olarak

modellenip modellenemeyeceğini araştıracğız. Çünkü insan sinir hücresi insane beynini beyin yapan unsurdur ve tüm bu çalışmaların, silahların ve de araştırmaların en kilit ve temel noktası niteliğindedir. Sinir hücremizi modellemeden önce antenler ve çalışma prensiplerinden bir sonraki bölümde kısaca bahsedeceğiz.

BÖLÜM 4

ANTENLER

4.1 Genel Tanımlamalar

Elektrik sinyallerini (voltaj ya da akım) elektromagnetik dalgalara ya da elektromagnetik dalgaları elektrik sinyallerine dönüştürmek için kullanılan antenleri kısaca “radyo dalgalarını yayan ya da alan metal çubuk ya da telden oluşmuş araç” olarak tanımlayabiliriz. Transmisyon hattı boyunca yayılan elektromagnetik dalgayı havada yayılan dalgalara çeviren antenler bu özellikleriyle radyo haberleşme zincirinin en önemli parçaları olarak nitelendirebilirler.

Antenleri temel olarak iki sınıfa ayırabiliriz: Verici antenler ve alıcı antenler. Radyo dalgalarını yaymak için kullanılan verici anten radyo, TV, radar gibi bir vericiden çıkan elektrik sinyallerini, elektro-magnetik dalgaya çevirir ve yayar. Boşluğa (havaya) yayılan bu radyo dalgalarını toplamak için kullanılan alıcı anten ise bu dalgayı yakalayıp elektrik uyarımlarına dönüştürür ve radyo, TV ya da radar gibi alıcılara gönderir. Alıcı ve verici antenleri, fiziki özellikleri göz önüne alındığında, farksızdırlar. Hatta, bir anten aynı anda hem alıcı hem de verici vazifesi görebilir[16]. Verici olarak kullanıldığında besleme noktalarına uygulanan Volt büyüklüğündeki gerilimi Volt/metre büyüklüğündeki elektrik alanına dönüştüren antenler, alıcı olarak kullanıldığında ise ortamda bulunan elektromagnetik dalgalardan kaptığı Volt/metre büyüklüğündeki elektrik alan enerjisini, Volt büyüklüğünde bir gerilim farkı olarak dönüştürmektedir. Antenler bulundukları sistemlere transmisyon hattı ile bağlıdır. Kılavuzluk eden araç ya da transmisyon hattı, koaksiyel hat ya da dalga kılavuzu (içi

boş boru) olabilir. Transmisyon hattının enerjiyi minimum zayıflama ve minimum enerji kaybı ile iletmesi istenir.

4.2 Anten Karakteristikleri

Yapılacak haberleşmenin karakteristiğini belirleyecek en önemli eleman antenlerdir. Dolayısıyla antenlerin davranışlarını daha iyi kavrayarak daha verimli bir haberleşme sağlayabilmek adına antenlerin özellikleri etraflıca incelenmelidir. Bu analizlerin yapılarak daha verimli bir haberleşme sağlanabilecektir.

Anten karakteristiklerini şu başlıklar altında toplayabiliriz:

- Giriş Empedansı
- Işıma Direnci
- Girişteki Duran Dalga Oranı
- Giriş Gücü
- Işıma Gücü
- Verim
- Yatay ve Düşey Işıma Paternleri
- Polarizasyon
- Etkin Yüzey
- Yöneltililik
- Kazanç
- Yakın ve Uzak Alan Işımaları
- Anten Boyutları

4.2.1 Giriş Empedansı

Bir anten, besleme noktasında iki kapılı bir devrenin giriş kapısı gibi davranır. Bu noktada, besleme gerilim kaynağının bağlanacağı uçlar arasında bir empedans değeri gösterir. Bu değere giriş empedansı denir. Giriş empedansı kaynaktan çekilecek ve

antene aktarılabacak güçler için önemlidir. Verimli bir iletim gerçekleştirebilmemiz için giriş empedansı bağlayacağımız iletim hattı kablosu olan koaksiyel kabloya da uyumlu olmalıdır. Kablo empedansı ve giriş empedansı değerlerini yaklaştırmak için empedans uydurma işlemi yapılır[17].

4.2.2 Işıma Gücü ve Direnci

Işıma direnci anten gücü ile üzerinden akan akımı birbirine bağlayan sanal bir dirençtir. Işıma gücü antenin uzaya aktardığı güç olarak isimlendirilebilir ve ortalama poynting vektörünün tüm uzay üzerinden integrali ile bulunabilir. Işıma direnci ise, yaptığımız ışıma sonucu anten çıkışında elde edilen dirençtir. Işıma direnci de, ışıma gücünün akımın karesine bölümünden bulunabilir[17].

Işıma Gücü :

$$W = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} K(\theta, \phi) d\Omega \quad (4.1)$$

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\phi \quad (4.2)$$

Şeklinde ışıma yoğunluğunun fonksiyonu olarak gösterilebilir. Ayrıca Işıma gücünü Poynting vektörü cinsinden yazacak olursak :

$$W = \lim_{r \rightarrow \infty} \int_S \hat{n} \cdot \langle \vec{P} \rangle ds \quad (4.3)$$

$$ds = r^2 \sin \theta d\theta d\phi \quad (4.4)$$

Poynting vektörü de :

$$\langle \vec{P} \rangle = \frac{1}{2} \text{Re} \{ \vec{E} \times \vec{H}^* \} \quad (4.5)$$

4.2.3 Duran Dalga Oranı ve Yansıma Katsayısı

Anten giriş empedansı genelde uçlarına bağlanan besleme kaynağının empedansından farklı olduğundan kaynak, iletim hattı ve anten arasında bir empedans uyumsuzluğu söz konusu olmaktadır. Bu farkın belirlediği oranda antene gelen gücün bir kısmı ise geri yansımaktadır. Aynı şekilde kaynak ucunda da bir uyumsuzluk söz konusu olduğundan burada da bir güç yansıması olmaktadır. Anten girişinde yansıyan ve giden gerilim dalgalarının oluşturduğu maksimum gerilimin minimum gerilime oranı duran dalga oranı (DDO) olarak isimlendirilir. SWR ile gösterilir. DDO, anten girişinde geri yansıyan gücü belirten bir parametredir. Yansıma katsayısı ($\Gamma(z)$) karakteristik hat empedansı ve sonlandırma yaptığımız yük direncine bağlıdır. Eğer, hattımız karakteristik hat empedansı ile aynı değere sahip bir empedans ile sonlandırılmazsa tam güç aktarımı sağlanamaz ve gücün bir kısmı geri yansır[17]. Yansıma katsayısı :

$$\Gamma(z = l) = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (4.6)$$

$$SWR = \frac{1 - \Gamma_L}{1 + \Gamma_L} \quad (4.7)$$

4.2.4 Anten Verimi

Antenin kaynaktan çektiği gücün bir kısmı ısı kayıp olarak antende harcanır. Işıma gücü ve ısı kayıpların toplamı kaynaktan çekilen güce eşittir. Anten verimi ışıma gücünün kaynaktan çekilen güce oranı olarak tanımlanmaktadır. Isıl kayıplar ne kadar az ise verim o kadar yüksek olur. Anten verimi :

$$E = \frac{W}{W + W_i} \quad (4.8)$$

Burada

W ışıma gücünü,

W_i ise hat boyunca resistif etkenlerden dolayı kaybolan gücü ifade eder.

4.2.5 Yakın ve Uzak Alan

Antenlerin maksimum ışıma doğrultuları, kazançları fiziksel yapılarına bağlı olarak frekansla değişim gösterirler. Antenin elektrik alan ve magnetik alan ışımalarının düzlem dalga karakteristiği gösterdiği alana uzak alan, düzlem dalga karakteristiği gösteremediği alanlar ise yakın alan olarak nitelendirilir[17].

Elektrik alan :

$$\vec{E}(\theta, \phi) = -\frac{jw\mu e^{-jkr}}{4\pi r} (\hat{\theta} \vec{N}_\theta + \phi \vec{N}_\phi) \quad (4.9)$$

Manyetik alan :

$$\vec{H}(\theta, \phi) = -\frac{jke^{-jkr}}{4\pi r} (\hat{\theta} \vec{N}_\phi - \phi \vec{N}_\theta) \quad (4.10)$$

4.2.6 Işıma Diagramları

Antenin ışıma diyagramları, uzak alanda değişmeyen bir uzaklık için, her doğrultuda elektrik alan veya gücün değişimini gösteren diyagramlardır. Antenlerin hangi yöne ne kadar güç yaydığını gösteren ışıma diyagramı her hangi bir düzlemde söz konusu olsa da, genelde, yatayda yada düşeydeki diyagramlarla ilgilenilir. Işıma diyagramı ve yöneltmiş antenlerde kullanılan tanımlar şunlardır:

- Ana ışıma kulakçığı : Antenin en fazla ışıma yaptığı yöndeki demetlerdir.
- Yan kulakçıklar: Ana kulakçık etrafında oluşan istenmeyen kulakçıklardır.
- Arka kulakçık: Antenin gerisinde oluşan kulakçıktır.
- Ön-Arka bastırma oranı: Ana kulakçık – arka kulakçık güç oranıdır.
- Ön- yan bastırma oranı: Ana kulakçık – yan kulakçık güç oranıdır.
- Işıma demeti: Ana kulakçık gücünün yarıya (3 dB) düştüğü noktalar arasındaki açıdır.

4.2.7 Yönlendiricilik ve Kazanç

Anten yönlendiriciliği ve kazancı bir referans antene göre tanımlana büyüklüklerdir. Noktasal kaynaklar her yöne eşit ışıma yaparlar. Bu yüzden referans olarak noktasal

kaynaklar kullanılmaktadırlar. Yönlendiriciliği, antenin ışıyan gücü verilen yönde konsantre edebilme yeteneğine denir. Yönlendiricilik $D(\theta, \phi)$ ile gösterilir. Anten kazancı kayıpsız antenlerde yönlendiriciliğe eşittir. Kayıplı antenlerde ise, yönlendiricilik ile verimin çarpımıdır. [17]

4.2.8 Anten Etkin Yüzeyi

Ortam kayıplı (yani ortamın iletkenliği sıfırdan farklı) ise elektromagnetik dalgalar yayıldıkça ortam tarafından yutulacak ve zayıflayacaktır. Bu durumda enerji korunumu kapalı bir yüzeyde yayılan güç ve yutulan gücün toplamı anten ışıma gücünü verecek şekilde olur. Anten, etrafındaki güç yoğunluğundan güç çektiğine göre çekilen güç, var olan güç yoğunluğu çarpı metrekare boyutunda bir yüzey şeklinde hesaplanmalıdır. İşte bu metrekare büyüklüğündeki parametreye etkin yüzey denmektedir. Parabolik ve horn benzeri antenlerde etkin yüzey anten yüzeyi ile ilişkili iken, örneğin çubuk antenlerde böyle bir ilişki söz konusu değildir.

4.3 Anten Çeşitleri

- Çizgisel Antenler
- Loop Anten
- Yagi-Uda Anten Dizileri
- Horn Anten
- Dikdörtgen (rectangular) Antenler
- Microstrip Antenler
- Yama (Patch) Antenler
- Slot antenler
- Sarmal (helix) Antenler [17]

Bu çalışmamızın ilk bölümünde çizgisel anten benzeri bir modelleme yapacağız.

İKİ DENTRİT VE TEK AKSONLU (Y) ÇİZGİSEL ANTEN ANALİZİ

Bu çalışmamızda MOM metodu yöntemini kullanarak Y şeklinde iki adet dendrite ve aksone sahip bir sinir hücresi gibi düşüneceğimiz çizgisel antenimizin analizini gerçekleyeceğiz. Önce anten analizimizde kullanacağımız genel formülü nasıl elde ettiğimizi anlattıktan sonra kullanacağımız darbe ve test fonksiyonlarından bahsedecek ve uyarlamasını göstereceğiz. Son olarak da MATHCAD ile yazdığımız kodlarımızın sonucunda elde ettiğimiz akımın dağılımını göstereceğiz.

5.1 Anten Analizi için Elektrik Alan Denkleminin Bulunuşu

İlk olarak Maxwell denklemlerini frekans domeninde belirtecek olursak :

$$\nabla \times \vec{E} = -j\omega\mu\vec{H} - \vec{M} \quad (5.1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = -j\omega\epsilon\vec{E} - \vec{J} \quad (5.2)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_\epsilon}{\epsilon} \quad (5.3)$$

$$\nabla \cdot \vec{H} = \frac{\rho_m}{\mu} \quad (5.4)$$

Frekans domeninde süreklilik denklemlerini de yazacak olursak

$$\nabla \cdot \vec{J} = -j\omega\rho_\epsilon \quad (5.5)$$

$$\nabla \cdot \vec{M} = -j\omega\rho_m \quad (5.6)$$

Yukarıdaki denklemlerimizde $\vec{E}$ ve $\vec{H}$ elektrik ve manyetik alanları ifade ederken $\vec{J}$ ve $\vec{M}$ de elektriksel akım ile magnetik akım yoğunluklarını ifade eder. ρ_e ve ρ_m de elektriksel ve manyetik yük yoğunluklarını belirtmektedir. (5.1) ve (5.2)'deki denklemler için elektrik ve manyetik sınır koşullarını yazarsak

$$\hat{n} \times (\vec{H}_2 - \vec{H}_1) = \vec{J}_s \quad (5.7)$$

$$\hat{n} \times (\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \vec{M}_s \quad (5.8)$$

Denklem (5.7) ve (5.8) sınır koşullarını ifade eder. Burada birinci bölge ikinci bölgenin içinde bulunan bir bölge olsun. Dolayısıyla $\vec{E}_1$ ve $\vec{H}_1$ birinci bölgenin elektrik ve manyetik alanları, $\vec{E}_2$ ve $\vec{H}_2$ ikinci bölgenin elektrik ve manyetik alanlarını ifade etmektedir. Eğer 1. Bölge PEC yani mükemmel iletken bir bölge ise yüzey içindeki alanlar sıfır olacaktır. ($\vec{E}_1 = \vec{H}_1 = 0$) Bu durumda

$$\hat{n} \times \vec{E}_2 = 0 \quad (5.9)$$

Yüzeyin dışındaki elektrik alan $\vec{E}_2$, saçılan elektrik alan $\vec{E}_s$ ve kaynak elektrik alan $\vec{E}_i$ 'in toplamından oluşacaktır. Yani

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_i + \vec{E}_s \quad (5.10)$$

Dolayısıyla kaynak elektrik alan yüzey akımı olan $\vec{J}_s$ 'i oluşturacaktır. Ve o da saçılan elektrik alan $\vec{E}_s$ 'i oluşturur. $\vec{H}$ manyetik alanının diverjansı ρ_m sıfır olduğunda sıfır olacaktır. Dolayısıyla,

$$\nabla \times \vec{A} = \vec{B} \quad (5.11)$$

Burada $\vec{A}$ manyetik vector potansiyelini ifade etmektedir. (5.11)'de elde edilen bu ifadeyi (5.1)'de yerine koyacak olursak;

$$-\nabla V = \vec{E} + j\omega\vec{A} \quad (5.12)$$

(5.12)'deki ifadede V potansiyeldir. (5.11) ve (5.12) ifadelerini (5.2)'ye yerleştirdiğimizde;

$$\nabla \cdot \vec{A} + j\omega\mu\epsilon V = 0 \quad (5.13)$$

bulunur. Dolayısıyla dalga denkleminde

$$\nabla^2 \vec{A} + k^2 \vec{A} = -\mu \vec{J} \quad (5.14)$$

şeklinde olacaktır.

Manyetik vektör potansiyelini serbest uzayda çözerek $\vec{J}_s$ akımını elde edelim.

$$\vec{A}(r) = \iiint_s \vec{J}_s(r') G(R) ds' \quad (5.15)$$

$G(R)$ serbest uzayda Green fonksiyonunu temsil etmektedir. Bu fonksiyonu şu şekilde tanımlayabiliriz :

$$G(R) = \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} \quad (5.16)$$

$$R = |\vec{r} - \vec{r}'| \quad (5.17)$$

Yukarıdaki denklemlerimizde $\vec{r}'$ vektörü kaynak koordinatlarını tanımlarken, $\vec{r}$ vektörü de gözlem koordinatlarını tanımlamaktadır. (5.12) ve (5.13) ifadelerini birleştirerek saçılan elektrik alan ifadesini yazarsak :

$$\vec{E}_s = -j\omega\vec{A} - \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) \frac{j\omega}{k^2} \quad (5.18)$$

ifadesini elde ederiz. Bunu düzenlediğimizdeyse;

$$\vec{E}_s = -\frac{j\omega}{k^2} [\nabla(\nabla \cdot \vec{A}) + k^2 \vec{A}] \quad (5.19)$$

$-(\hat{n} \times \vec{E}_s) = \hat{n} \times \vec{E}_i$ sınır koşulunu kullanırsak;

$$\hat{n} \times \left(\frac{j\omega}{k^2} [\nabla(\nabla \cdot \vec{A}) + k^2 \vec{A}] \right) = \hat{n} \times \vec{E}_i \quad (5.20)$$

şeklinde yazmak mümkün hale gelecektir. $\vec{A}$ yerine de (5.15)'de elde ettiğimiz denklemi yerleştirelim.

$$\hat{n} \times \left(\frac{j\omega}{k^2} \right) \left[\iint_s k^2 \bar{J}_s(r') G(R) ds' + \nabla (\nabla \cdot \iint_s k^2 \bar{J}_s(r') G(R) ds') \right] = \hat{n} \times \bar{E}_i \quad (5.21)$$

Gerekli düzenlemelerle aşağıdaki son halini alacaktır.

$$\hat{n} \times \left[\left(\frac{j\omega}{k^2} \right) \iint_s k^2 \bar{J}_s(r') G(R) + \nabla' \cdot \bar{J}_s(r') \nabla G(R) \right] ds' = \hat{n} \times \bar{E}_i \quad (5.22)$$

Burada ∇' operatörü kaynak koordinatları boyunca çalışacak olan türev operatörümüzdür. Sonuç olarak (5.22)'de elde edilen bu denklemi iki dendritli ve aksonlu sinir çizgisel anten çalışmamızda kullanacağız.

5.2 Moment Metodu

Moment Metodu Rogers F. Harrington tarafından 1960'ların sonuna doğru geliştirilmiş bir yöntemdir. Günümüzde bu elektromagnetikte kullanılmakta olan en önemli ve kullanışlı sayısal analiz yöntemlerinin başında yer almaktadır.[11]

Moment Metodu özellikle antenlerin analiz yöntemlerinde oldukça işimize yaramaktadır. Bu çalışmamızdaki kullanımına geçmeden önce bu metod hakkında kısaca bilgi verelim. Aşağıdaki (5.23)'deki denklem, moment metodu ile çözülecek denklemimiz olsun.

$$Kt = f \quad (5.23)$$

Şeklinde tanımlansın çözeceğimiz bu denklem. K doğrusal bir operatörü temsil ederken m de çözümü istenen fonksiyonu ve f de değeri bilinen başka bir fonksiyonu temsil etmektedir. Matris denkleminde t'nin $(t_1, t_2, t_3, t_4, \dots)$ gibi fonksiyonlar kümesinin doğrusal birleşimi olarak yazılabiliyorsa,

$$t = \sum_n a_n t_n \quad (5.24)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Burada a değerleri bulunması gereken sabitlerdir ve t_n fonksiyonları ise kaynak fonksiyonları olarak adlandırılmaktadırlar. Sayısal çözümlerlerde (5.24)'deki toplam sonludur. K'nin doğrusallık özelliklerinden faydalanarak;

$$\sum_n a_n K t_n = f \quad (5.25)$$

Oluşturacağımız matris denklemi için f fonksiyonunun eşitliğini aşağıdaki (5.26)'teki gibi w_m test fonksiyonlarını da kullanarak yazacak olursak

$$\sum_n a_n \langle w_m K t_n \rangle = \langle w_m, f \rangle \quad (5.26)$$

şeklinde gösterilecektir. Burada m ve n indislerinin genelde son değerleri aynıdır. Bu denklem setlerini kullanarak matrisimizi aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$[K][a] = [f] \quad (5.27)$$

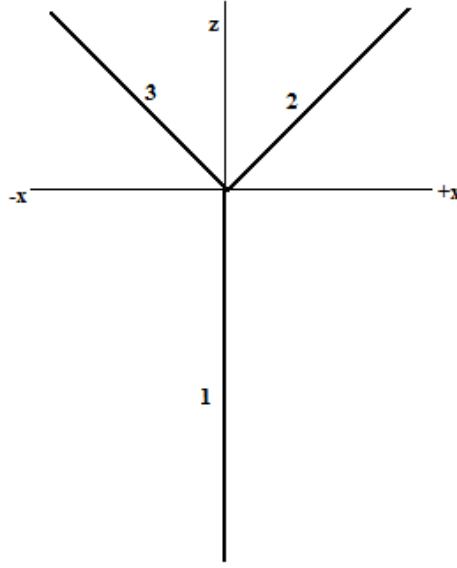
L matrisi tekil değilse a katsayılarımızı L'nin tersini alarak belirleyebiliriz.

$$[a] = [K]^{-1} [f] \quad (5.28)$$

Burada a katsayılarını kullanarak ayrıca test ve kaynak fonksiyonlarımızın değerlerini belirleyerek bilgisayar yardımıyla istediğimiz sonuçları elde etmemiz mümkün hale gelmektedir. Özellikle kaynak ve test fonksiyonları çözüme yaklaşımda önem taşımaktadır.

5.3 Anten Analizi için Anten Formülünün Çıkarılması

Antenimiz başlıkta da belirtildiği gibi Y şekildedir. Z aksisi boyunca yükselecek olan bu antenimizin birleşme noktasından sonraki sağ ve sol yanları z-x ekseninde ilerlemektedir. Şekil 5.1'de gösterildiği üzere L uzunluğu, α x eksiniyle yaptığı açığı, a da antenin kalınlığını ifade etmektedir. Antenimiz tanımlarken üç ayrı bölge olarak değerlendirelim. Yani sadece z ekseni üzerindeki kaynak ve test fonksiyonları, +x ve z bölgesindeki kaynak ve test fonksiyonları ve son olarak -x ve z bölgesindeki kaynak ve test fonksiyonları olmak üzere. Herbir kaynak noktası test noktası da olacağı için 9 ayrı kaynak-gözlem arası uzaklık tanımlayacağız. Bunlara geçmeden önce antenimizin formülünü çıkaralım.



Şekil 5.1 İki Dentritli Tek Aksonlu Çizgisel Anten Modeli

Bölüm 5.1’de bulduğumuz (5.22) nolu denklemi hatırlayalım. Biz de bu denklemdeki elektrik alanın integral ifadesini antenimizin analizini yaparken kullanacağız.

$$\hat{n} \times \left[\left(\frac{j\omega}{k^2} \right) \iint_s k^2 \bar{J}_s(r') G(R) + \nabla' \cdot \bar{J}_s(r') \nabla G(R) \right] ds' = \hat{n} \times \bar{E}_i \quad (5.22)$$

Antenimizde ince tel kullandığımızdan yüzey akımı olan $\bar{J}_s(r')$ tel akımı $I(l')\hat{l}'$ olarak yazılabilecektir. $\hat{l}'$ kaynak noktalarını takip eder. ∇' operatörü de $\hat{l}' \frac{\partial}{\partial l'}$ haliyle denkleme yazılırsa

$$\hat{l}' \cdot \frac{j\omega}{k^2} \int_{l'} \left[\hat{l}' k^2 I(l') G(R) + \left(\frac{\partial}{\partial l'} I(l') \right) \nabla G(R) \right] = \hat{l}' \cdot \bar{E}_i \quad (5.29)$$

$\hat{n}$ vektörel çarpımını da Stokes teoremine dayanarak skaler çarpımına çevrilir. R de l ve l' lerin fonksiyonu olarak kaynak ve gözlem noktaları arasındaki mesafe olacaktır.

I akımımızı x_n ve y_n fonksiyonları cinsinden tanımlayacağız.

$$I_n(l') = \sum_n a_n x_n(l') + a_{n+1} y_n(l') \quad (5.30)$$

kaynak ve test fonksiyonlarımızı (5.29)'deki denklemimizde yerine koyacak olursak;

$$\begin{aligned} & \frac{jw}{k^2} \sum_n \left[a_n \left[k^2 \int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') x_n(l') G(R) dl' dl \right] + a_{n+1} \left[k^2 \int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') y_n(l') G(R) dl' dl \right] + \right. \\ & \left. a_n \left[\int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \nabla G(R)) \frac{\partial}{\partial l'} x_n(l') dl' dl \right] + \left[a_{n+1} \int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \nabla G(R)) \frac{\partial}{\partial l'} y_n(l') dl' dl \right] \right] = \int_l w_m(l) \hat{l} \cdot \vec{E}_i dl \end{aligned} \quad (5.31)$$

Yukarıdaki denklemimizde $\hat{l} \cdot \nabla G(R)$ yerine $\frac{\partial}{\partial l} G(R)$ yazarsak;

$$\begin{aligned} & \frac{jw}{k^2} \sum_n \left[a_n \left[k^2 \int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') x_n(l') G(R) dl' dl \right] + a_{n+1} \left[k^2 \int_l w_m(l) \int_{l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') y_n(l') G(R) dl' dl \right] + \right. \\ & \left. a_n \left[\int_l w_m(l) \frac{\partial}{\partial l} \int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} x_n(l') dl' dl \right] + \left[a_{n+1} \int_l w_m(l) \frac{\partial}{\partial l} \int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} y_n(l') dl' dl \right] \right] = \int_l w_m(l) \hat{l} \cdot \vec{E}_i dl \end{aligned} \quad (5.32)$$

haline gelecektir. Daha sonra l ve l' değerlerine bağlı olan bu formülümüzü l tanımlayarak genişleteceğiz. Kaynak fonksiyonumuzu üçgen bir fonksiyon olarak x_n ve y_n olarak tanımlayalım;

$$x_n = \begin{cases} -\frac{1}{\Delta} (l' - l_{n+1}), & -\Delta < l' - n\Delta < 0 \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (5.33)$$

$$y_n = \begin{cases} \frac{1}{\Delta} (l' - l_n), & -\Delta < l' - n\Delta < 0 \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (5.34)$$

Δ değeri burada segment uzunluğunu ifade etmektedir. Darbe fonksiyonlarımızı da iki segment boyu uzunluğunda olacak şekilde kaynak fonksiyonlarımızın kesim noktasından atayalım. Darbe test fonksiyonumuzu tanımlayacak olursak;

$$w_m = \begin{cases} 1, & |l' - m\Delta| < \Delta \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (5.35)$$

Bütün kaynak ve test fonksiyonlarımızı (5.32)'teki formülümüze yerleştirecek olursak;

$$\begin{aligned} & \frac{j\omega}{k^2} \sum_n \left[a_n \left[k^2 \iint_{l, l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') x_n(l') G(R) dl' dl \right] + a_{n+1} \left[k^2 \iint_{l, l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') y_n(l') G(R) dl' dl \right] + \right. \\ & \left. a_n \left[\int_l \frac{\partial}{\partial l} \int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} x_n(l') dl' dl \right] + \left[a_{n+1} \int_l \frac{\partial}{\partial l} \int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} y_n(l') dl' dl \right] \right] = \int_l \hat{l} \cdot \vec{E}_i dl \end{aligned} \quad (5.36)$$

Bu integrallerde l darbe test fonksiyonları üzerinden olan integrallerimizi ve l' üçgen kaynak fonksiyonlarımız üzerinden olan integrallerimizi temsil ediyor. Bu noktadan sonra da türevli ifademizi sadeleştirecek olursak;

$$\int_a^b \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) dx = f(x, y) \Big|_a^b \quad (5.37)$$

eşitliğini kullanırsak;

$$\begin{aligned} & \frac{j\omega}{k^2} \sum_n \left[a_n \left[k^2 \iint_{l, l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') x_n(l') G(R) dl' dl \right] + a_{n+1} \left[k^2 \iint_{l, l'} (\hat{l} \cdot \hat{l}') y_n(l') G(R) dl' dl \right] + \right. \\ & \left. a_n \left[\int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} x_n(l') dl' \right]_{l_m^-}^{l_m^+} + \left[a_{n+1} \int_{l'} G(R) \frac{\partial}{\partial l'} y_n(l') dl' \right]_{l_m^-}^{l_m^+} \right] = \int_l \hat{l} \cdot \vec{E}_i dl \end{aligned} \quad (5.38)$$

elde edilecektir. x_n ve y_n fonksiyonlarının türevlerini de sırasıyla $-\frac{1}{\Delta}$ ve $\frac{1}{\Delta}$ olarak yazıp ardından da sınırlarımızı belirleyerek ifademizde yerine koyacak olursak;

$$\begin{aligned} & \frac{j\omega}{k^2} \sum_n \left[\int_{l_m}^{l_{m+1}} \int_{l_n}^{l_{n+1}} k^2 (a_n x_n(l') + a_{n+1} y_n(l')) (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dn dm + \right. \\ & \left. \int_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} k^2 (a_{n+1} x_{n+1}(l') + a_{n+2} y_{n+1}(l')) (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dn dm + \right. \\ & \left. \int_{l_n}^{l_{n+1}} G(R) \left|_{l_m}^{l_{m+1}} \left(-\frac{a_n}{\Delta} + \frac{a_{n+1}}{\Delta} \right) dn + \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} G(R) \left|_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \left(-\frac{a_{n+1}}{\Delta} + \frac{a_{n+2}}{\Delta} \right) dn \right. \right] = \int_{l_m}^V \frac{V}{\Delta} \delta(l - s_m) dm \end{aligned} \quad (5.39)$$

Burada V m inci kaynağı ve s_m de bu kaynağın yerini ifade etmektedir. Bulduğumuz bu denklemi a_n , a_{n+1} ve a_{n+2} parantezinde birleştirerek matrisimizi oluşturacak olursak;

$a_n \cdot A_{m,n} + a_{n+1} \cdot B_{m,n} + a_{n+2} \cdot C_{m,n} = b_m$ olacak şekilde ifade etmemiz gerekiyor. Dolayısıyla

$$\begin{aligned} & \frac{j\omega}{k^2} \sum_n a_n \left[\int_{l_m}^{l_{m+1}} \int_{l_n}^{l_{n+1}} k^2 x_n(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm - \int_{l_n}^{l_{n+1}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_m}^{l_{m+1}} dn \right] + \\ & \frac{j\omega}{k^2} \sum_n a_{n+1} \left[\int_{l_m}^{l_{m+1}} \int_{l_n}^{l_{n+1}} k^2 y_n(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} k^2 x_{n+1}(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_n}^{l_{n+1}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_m}^{l_{m+1}} dn - \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} dn \right] \\ & + \frac{j\omega}{k^2} \sum_n a_{n+2} \left[\int_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} k^2 y_{n+1}(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} dn \right] = b_m \end{aligned} \quad (5.40)$$

elde etmiş oluruz. Buradan da $A_{m,n}$, $B_{m,n}$ ve $C_{m,n}$ tanımlayacak olursak;

$$A_{m,n} = \int_{l_m}^{l_{m+1}} \int_{l_n}^{l_{n+1}} k^2 x_n(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm - \int_{l_n}^{l_{n+1}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_m}^{l_{m+1}} dn \quad (5.41)$$

$$B_{m,n} = \left[\int_{l_m}^{l_{m+1}} \int_{l_n}^{l_{n+1}} k^2 y_n(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} k^2 x_{n+1}(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_n}^{l_{n+1}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_m}^{l_{m+1}} dn - \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} dn \right] \quad (5.42)$$

$$C_{m,n} = \int_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} k^2 y_{n+1}(l') (\hat{l} \cdot \hat{l}') G(R) dndm + \int_{l_{n+1}}^{l_{n+2}} \frac{G(R)}{\Delta} \Big|_{l_{m+1}}^{l_{m+2}} dn \quad (5.43)$$

Bu ifadelerde $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ iç çarpımı her bir bölge için farklı olacaktır ve aynı şekilde R vektörümüz de farklı olacaktır. Bu değerler antenimizin boş uzayda herhangi bir ek parçanın(farklı yapıdaki bir tel, iletken yansıtıcı vb..) etkisinde olmadığı kabul edilerek hesaplanmıştır. Antenimizin analizinde kullanacağımız formülleri tamamlamış durumdayız. Matrisimizin nasıl oluştuğuna dair örnekle anlatırsak; $m=8, n=8$ olsun. Buna göre elde edilecek matris 6x6 lık olacaktır. Çünkü ilk ve son değerlerimiz sıfırdır. Örneğin $m=1$ için yazacak olursak;

$$\begin{aligned} & A_{11} \cdot a_1 + A_{12} \cdot a_2 + A_{13} \cdot a_3 + A_{14} \cdot a_4 + A_{15} \cdot a_5 + A_{16} \cdot a_6 + B_{11} \cdot a_2 + B_{12} \cdot a_3 + \\ & B_{13} \cdot a_4 + B_{14} \cdot a_5 + B_{15} \cdot a_6 + B_{16} \cdot a_7 + C_{11} \cdot a_3 + C_{12} \cdot a_4 + C_{13} \cdot a_5 + C_{14} \cdot a_6 + \\ & C_{15} \cdot a_7 + C_{16} \cdot a_8 = b_1 \end{aligned} \quad (5.44)$$

İndislerimize göre gruplarsak;

$$a_2(A_{12} + B_{11}) + a_3(A_{13} + B_{12} + C_{11}) + a_4(A_{14} + B_{13} + C_{12}) + a_5(A_{15} + B_{14} + C_{13}) + a_6(A_{16} + B_{15} + C_{14}) + a_7(A_{17} + B_{16} + C_{15}) = b_1 \quad (5.45)$$

Sınır koşullarından dolayı $a_1 = 0, a_8 = 0$ (yani hattımızdaki telin ilk ve son noktalar) Örnek matrisi yazarsak;

$$\begin{pmatrix} A_{12} + B_{11} & A_{13} + B_{12} + C_{11} & A_{14} + B_{13} + C_{12} & A_{15} + B_{14} + C_{13} & A_{16} + B_{15} + C_{14} & B_{16} + C_{15} \\ A_{22} + B_{21} & A_{23} + B_{22} + C_{21} & A_{24} + B_{23} + C_{22} & A_{25} + B_{24} + C_{23} & A_{26} + B_{25} + C_{24} & B_{26} + C_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{62} + B_{61} & A_{63} + B_{62} + C_{61} & A_{64} + B_{63} + C_{62} & A_{65} + B_{64} + C_{63} & A_{66} + B_{65} + C_{64} & B_{66} + C_{65} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{pmatrix} \quad (5.46)$$

olur. Bu ifadeyi genelleyecek olursak;

$$a_{n+1} \cdot A_{m,n+1} + a_{n+2} \cdot A_{m,n+2} + a_{n+3} \cdot A_{m,n+3} + a_{n+1} \cdot B_{m,n} + a_{n+2} \cdot B_{m,n+1} + a_{n+3} \cdot B_{m,n+2} + a_{n+4} \cdot B_{m,n+3} + a_{n+2} \cdot C_{m,n} + a_{n+3} \cdot C_{m,n+1} + a_{n+4} \cdot C_{m,n+2} = b_m \quad (5.47)$$

Yani;

$$\begin{pmatrix} A_{12} + B_{11} & A_{13} + B_{12} + C_{11} & \cdots & B_{1,N-2} + C_{1,N-3} \\ A_{22} + B_{21} & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A_{N-2,2} + B_{N-2,1} & A_{N-2,3} + B_{N-2,2} + C_{N-2,1} & \cdots & B_{N-2,N-2} + C_{N-2,N-3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{N-2} \end{pmatrix} \quad (5.48)$$

halinde olmalıdır. Bu bizim genel matrisimizdir. Bu matrisin tüm nümerik değerlerini MATHCAD programında yazdığım programla elde etmiş olacağız. Aşağıdaki Şekil 5.2’de üçgen kaynak ve darbe test fonksiyonlarımızın gösterimi mevcuttur. Nasıl ilerlediği Şekil 5.2’ten rahatça anlaşılabilmektedir.

$\hat{l}$ vektörümüz yine $\bar{a}_z$ ancak $\hat{l}'$ vektörümüz bu sefer $\hat{l}' = \hat{a}_x \cos \alpha + \hat{a}_z \sin \alpha$ olacaktır. Dolayısıyla $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ değerimiz $\sin \alpha$ olacaktır. Ayrıca

$$xm' = xm + a \cdot \sin \alpha \quad (5.50)$$

$$\text{ve } xm = \frac{zm}{\tan \alpha} \quad (5.51)$$

olduğundan oluşacak R2 değerimiz

$$R2 = \sqrt{\left(\frac{zm}{\tan \alpha} + a \cdot \sin \alpha\right)^2 + (zm - a \cdot \cos \alpha - zn)^2} \quad (5.52)$$

olur.

Bu mantıkla her bir kaynak ve gözlem noktasına göre dokuz adet $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ ve dokuz adet R değerlerini bulduk. Bu değerleri aşağıda görebilirsiniz.

$$R3(zm3, zn1) := \sqrt{\left[\left[\frac{-(zm3)}{\tan(\alpha)}\right] - a \cdot \sin(\alpha)\right]^2 + (zm3 - a \cdot \cos(\alpha) - zn1)^2} \quad (5.53)$$

iken $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ değeri $\sin \alpha$

$$R4(zm1, zn2) := \sqrt{\left[\left(\frac{zn2}{\tan(\alpha)}\right) - a\right]^2 + (zn2 - zm1)^2} \quad (5.54)$$

iken $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ değeri $\sin \alpha$

$$R5(zm2, zn2) := \sqrt{\left(\frac{zm2}{\tan(\alpha)} + a \cdot \sin(\alpha) - \frac{zn2}{\tan(\alpha)}\right)^2 + (zm2 - a \cdot \cos(\alpha) - zn2)^2} \quad (5.55)$$

iken $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ değeri $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$

$$R6(zm3, zn2) := \sqrt{\left[\left(-\frac{zm3}{\tan(\alpha)}\right) - a \cdot \sin(\alpha) - \frac{zn2}{\tan(\alpha)}\right]^2 + (zm3 - a \cdot \cos(\alpha) - zn2)^2} \quad (5.56)$$

iken $(\hat{l} \cdot \hat{l}')$ değeri $-\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha$

$$R7(zm1, zn3) := \sqrt{\left[\frac{-(zn3)}{\tan(\alpha)} + a\right]^2 + (zn3 - zm1)^2} \quad (5.57)$$

iken $(\hat{l}, \hat{l}')$ değeri $\sin \alpha$

$$R8(zm2, zn3) := \sqrt{\left(\frac{zm2}{\tan(\alpha)} + a \cdot \sin(\alpha) + \frac{zn3}{\tan(\alpha)}\right)^2 + (zm2 - a \cdot \cos(\alpha) - zn3)^2} \quad (5.58)$$

iken $(\hat{l}, \hat{l}')$ değeri $-\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha$

$$R9(zm3, zn3) := \sqrt{\left[-\left(\frac{zm3}{\tan(\alpha)}\right) - a \cdot \sin(\alpha) + \frac{zn3}{\tan(\alpha)}\right]^2 + [zm3 - a \cdot \cos(\alpha) - (zn3)]^2} \quad (5.59)$$

iken $(\hat{l}, \hat{l}')$ değeri $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ olacaktır. Bulduğumuz her bir uzaklık değeri için ayrı Green Fonksiyonumuz olacaktır. Her bir uzaklık ifademiz için Green Fonksiyonlarımız da aşağıdakilerdir.

$$G1(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R1(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R1(zm, zn)} \quad (5.60)$$

$$G2(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R2(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R2(zm, zn)} \quad (5.61)$$

$$G3(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R3(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R3(zm, zn)} \quad (5.62)$$

$$G4(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R4(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R4(zm, zn)} \quad (5.63)$$

$$G5(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R5(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R5(zm, zn)} \quad (5.64)$$

$$G6(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R6(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R6(zm, zn)} \quad (5.65)$$

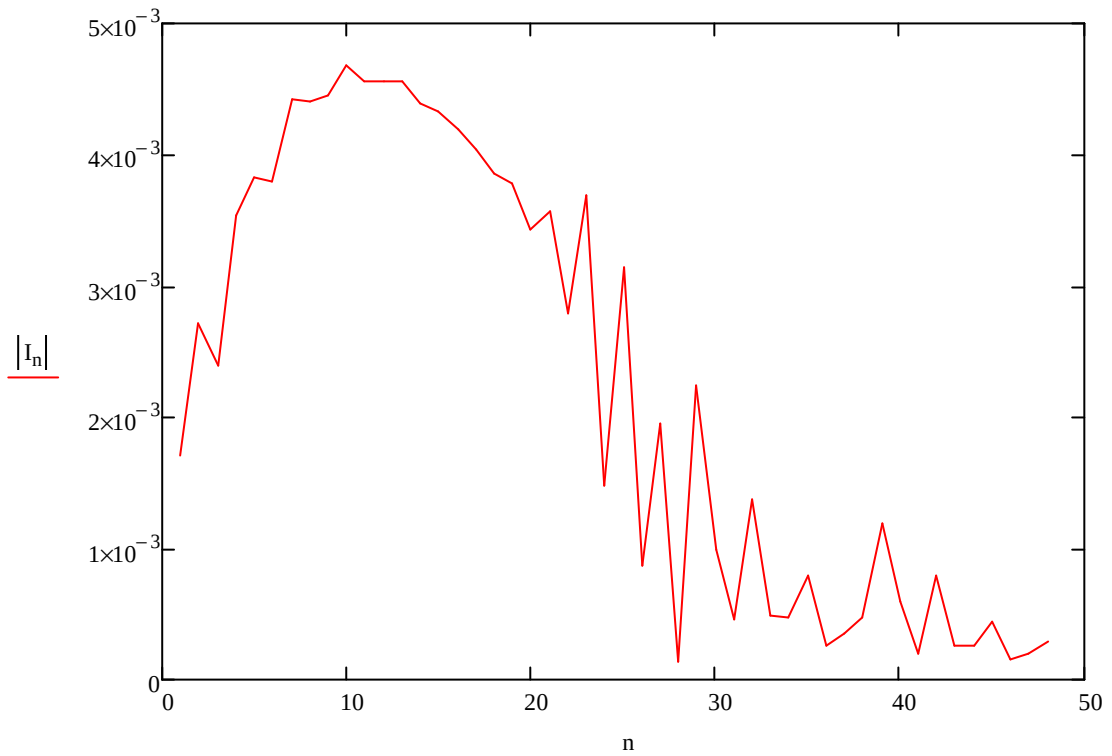
$$G7(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R7(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R7(zm, zn)} \quad (5.66)$$

$$G8(zm, zn) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R8(zm, zn)}}{4 \cdot \pi \cdot R8(zm, zn)} \quad (5.67)$$

$$G_9(z_m, z_n) := \frac{e^{-i \cdot k \cdot R_9(z_m, z_n)}}{4 \cdot \pi \cdot R_9(z_m, z_n)} \quad (5.68)$$

5.4 Antenin Bilgisayar Analizi

5.1, 5.2 ve 5.3’de anlattığımız formülasyonları MATHCAD ile yazdığımız kodlarımızla gerçekledik. Akson üzerindeki noktadan beslediğimiz devremizdeki akımın değeri aşağıdaki Şekil 5.4’de görülmektedir.



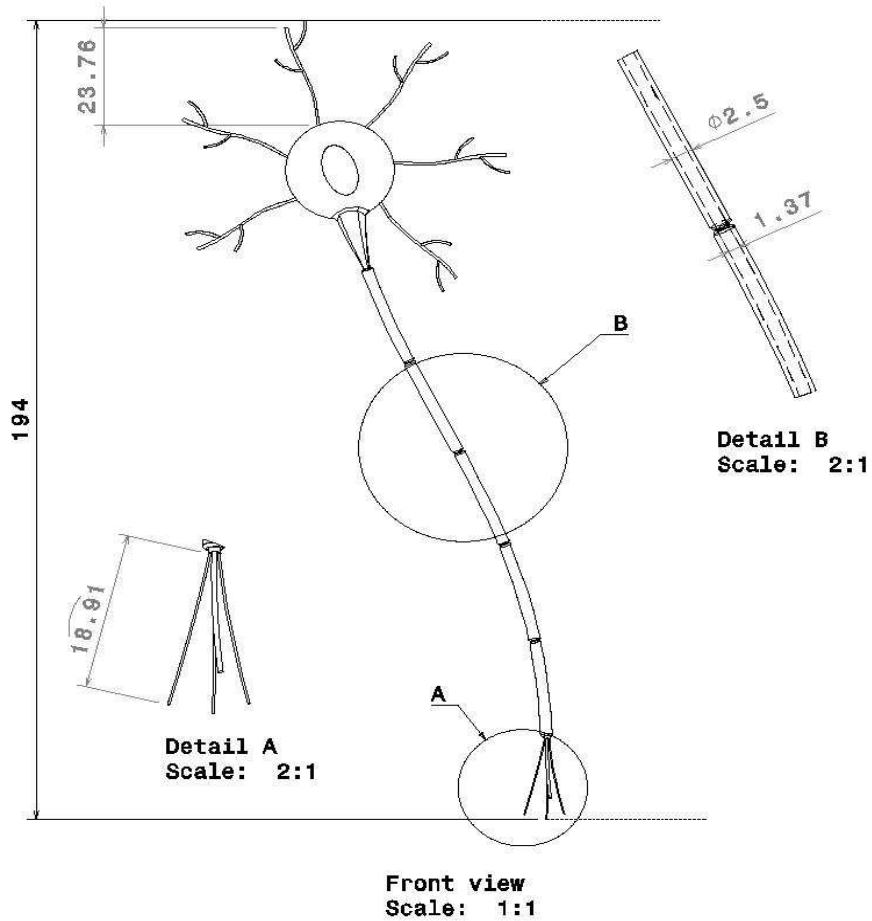
Şekil 5.4 N=50 ve L=λ iken Anten Analizi

ELEKTROMAGNETİK ALANLAR İLE SİNİR HÜCRESİ ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

6.1 Sinir Hücresi Modelinin Tanımı

Sinir hücresinin vücudun haberleşmesindeki öneminden Bölüm 2 'de bahsetmiştik. Bölüm 3'deyse elektromagnetik alan ve dalga uygulamalarının nasıl arttığı, insan beyninin kontrolünde ve kitlesel amaçlı kullanılan silahlarda ne kadar önemli olduğuna örneklerle açıklayarak değindik. Ek olarak elektromagnetik teknolojisi kullanılarak sağlık sekröründe insan vücudu üzerindeki hastalıkların tanı ve tedavisinde ne gibi roller aldığını da söyledik. Dediğimiz gibi tüm bu çalışma ve araştırmaların temelinde aslında vücudumuzun temel haberleşme birimi olan sinir hücresinin rolü çok büyüktür. Dolayısıyla tüm bu çalışmaları anlayabilmek, yorumlayabilmek ve geliştirebilmek için bu temel yapının davranışını incelemeyi, onun maruz kalacağı elektromagnetik dalgaların sonucunda nasıl davrandığını yorumlayabilmeyi hedefliyoruz. Bölüm 2'de sinir hücresi çeşitlerinden bahsetmiştik. Bu çalışmamızda vücudumuzda en çok bulunan örneği olan multipolar modelimizin üzerinden analizlerimizi yapıyor olacağız. Multipolar nöron'umuzu CATIA programını kullanarak sıfırdan ürettik. Şekil 6.1'de detaylı şekilde göreceğiniz nöronumuz, ortalama değerler dikkate alınarak, uzunlukları aşağıdaki gibi olduğu kabul edilmiş bir örnektir. Modelimiz, gövdeden ayrılan ve kendi içlerinde de dallanan 8 adet dendritten, uzunca bir aksondan ve uçlarından, miyelin kılıf ve tabii ki hücre gövdesinden oluşmaktadır. Boyu yaklaşık 200 birim olan hücremizin akson çapı 1.37 birimken miyelin kılıfın da dahil olduğu çapı 2.5 birim olarak alınmıştır. Akson

uçları da 18.91 birim olarak belirlediğimiz hücremizin çekirdek ve ayrıca sitoplazma sıvısını da içeren tüm kısımlarının maximum iki ucu arası uzaklığı yaklaşık 22 birimdir. Tüm bunlara ek olarak her bir dendritin uzunluğu ise yaklaşık 24 birimdir. Tabi bu ölçümler birimsel olarak ifade edilmektedir. Analizimizi yaparken bunlar ölçüm ve yapacağımız ekleme çıkarmalara göre değişecektir. Bu tip durumlardaki detaylı bilgileri her bir modellememizin açıklama kısmında bahsediyor olacağız. Şekil 6.1’de modelimizin CATIA’dan alınmış ölçüm değerlerini detaylı şekilde görebilmektesiniz.



Şekil 6.1 CATIA Programı ile Oluşturulan Sinir Hücresi Modeli

CATIA programı kullanarak ürettiğimiz bu nöron modelini CST programında oluşturacağımız elektromagnetik ortamlarda inceleyeceğiz. Yapacağımız incelemeler

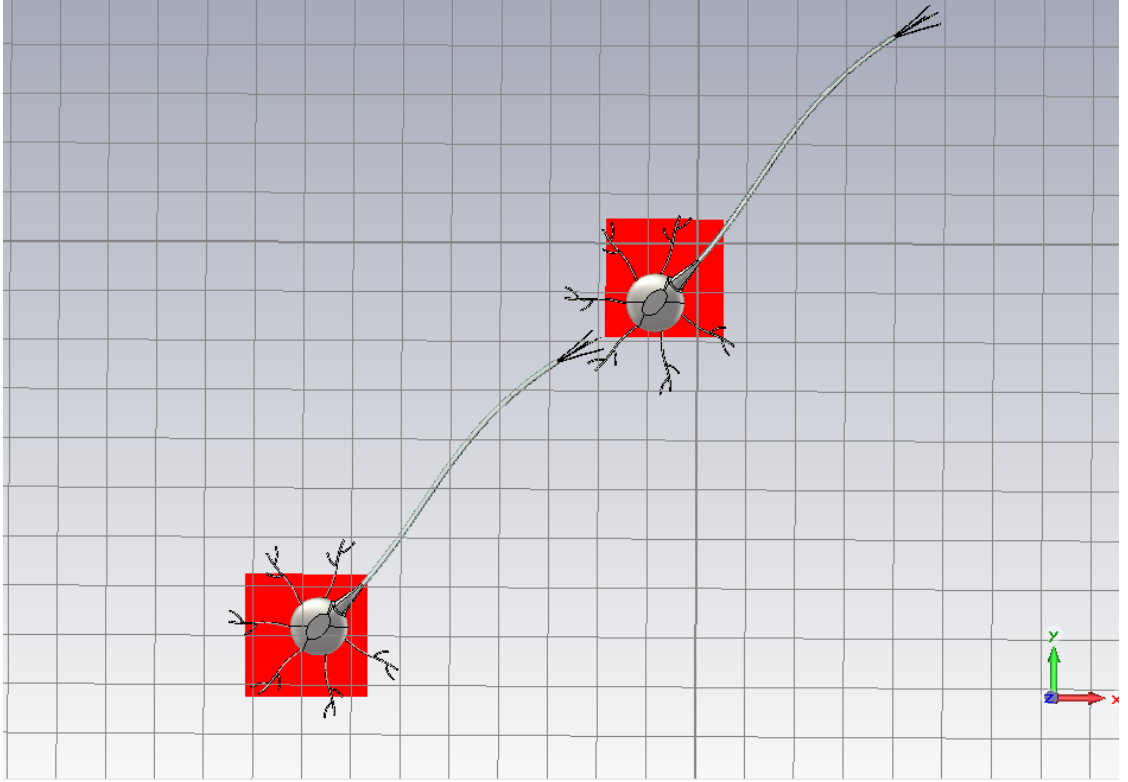
Bölüm 3’de bahsettiğimiz araştırma ve çalışmaların paralelinde yorumlar yapabilmemize olanak sağlayacaktır düşüncesindeyiz. Yani özellikle bizlere fikir vermesini istediğimiz konular temel alınarak ölçüm ve modellemelerimiz gerçekleştirilmiştir. Bunları dört ana başlıkta toplayacak olursak;

- 1) İki ardışık nöronun davranışlarının modellenmesi
- 2) İki ardışık nöronun miyelinsiz nöronlar olması durumu ve sonuçları
- 3) Dört Nöronlu Nöron Ağı Modellemesi
- 4) Silindir Şeklinde insan derisi içine yerleştirilmiş nöronun modellenmesi

Tüm bu modellemelerimizde amaç hücrenin aldığı sinyalin ne kadarını ilettiği, yani bir anten olarak çalışıp çalışmadığı ve üzerindeki akımın nasıl değiştiğini incelemektir. Çünkü bugüne kadar yapılan çalışmalar gösteriyor ki sinir hücreleri ve beynimiz elektromagnetik dalgalar kullanılarak davranışları değiştirilebiliyor, bu dalgaların etkisinde kalındığında kontrolsüz hale getirilebiliyor. Bu konular hakkındaki yorumlarımızı modellerimizi incelerken daha detaylı dile getireceğiz.

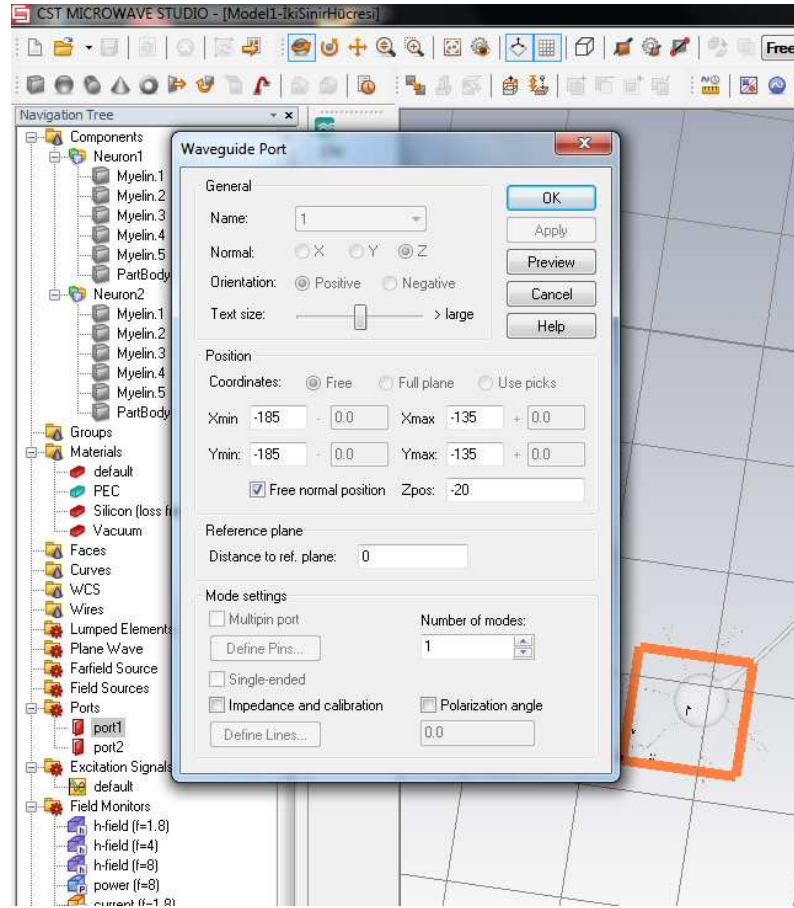
6.2 Miyelin Kılıflı İki Ardışık Sinir Hücresinin Modellenmesi

CATIA programı ile oluşturduğumuz nöronumuzu ilk modelimiz Model1 için CST programında ardışık iki nöron olarak Şekil 6.2’deki gibi düzenledik. İki nöron modelimizin x,y,z koordinat düzlemi üzerindeki durumunu göstermekteyiz. Nöron1 ve Nöron2, beşer adet miyelin parçası, sekizer adet dendrit ve aynı uzunluktaki aksonlardan oluşmaktadır. Her iki nöron da birbirinin aynısıdır. Hücre modellemesinde materyal olarak PartBody dediğimiz yani tüm nöritler ve hücre gövdesinden oluşan kısmı PEC olarak beliredik. Miyelin kılıf yalıtımı sağladığı için de onu silikon olarak seçilmiştir. Modellerimiz, gerçekte olduğu gibi birbirlerine değmemektedirler.

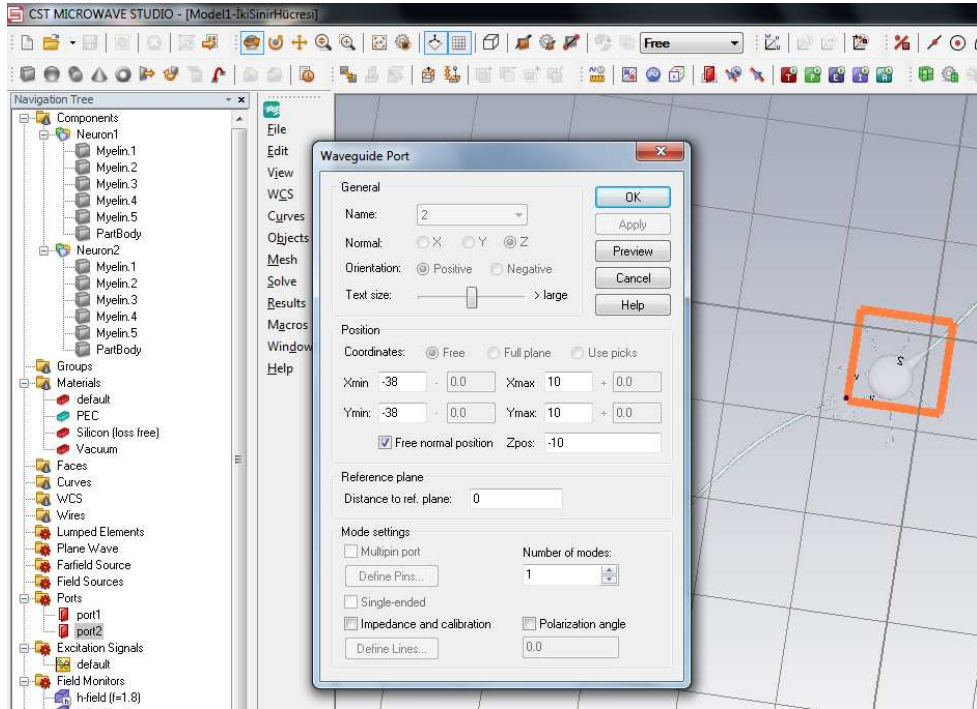


Şekil 6.2 Model1 : Miyelin Kılıflı İki Ardışık Sinir Hücresinin Modeli

Elektromagnetik dalga kaynağı olarak iki adet tek modlu Waveguide portumuzu kullanacağız. Bunlar düzlem dalga üreten kaynaklarımızdır. Dalgayı nöronun gövde kısmına doğru gönderiyor olacaklar. Bunlardan Port1 ilk nöronun hücre gövdesine doğru ikincisi de Nöron2 'nin gövdesine doğru aşağıdaki koordinatlardaki gibi yerleştirilmiştir. Bu modellememizdeki asıl amaç Nöron1'in aldığı sinyali Nöron2'ye ne kadarını ilettiği ve Nöron1 ve Nöron2'nin üzerlerinde oluşacak olan akımın incelenmesi olacaktır. Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de bu portların özellikleri gösterilmektedir.

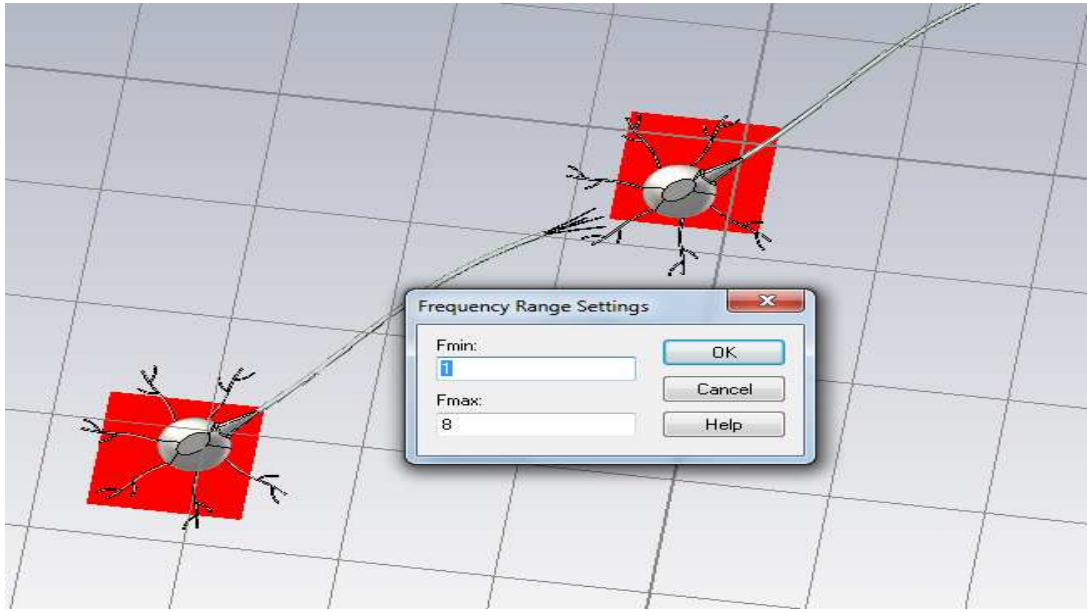


Şekil 6.2 Nöron1 Üzerindeki Port1'in Özellikleri

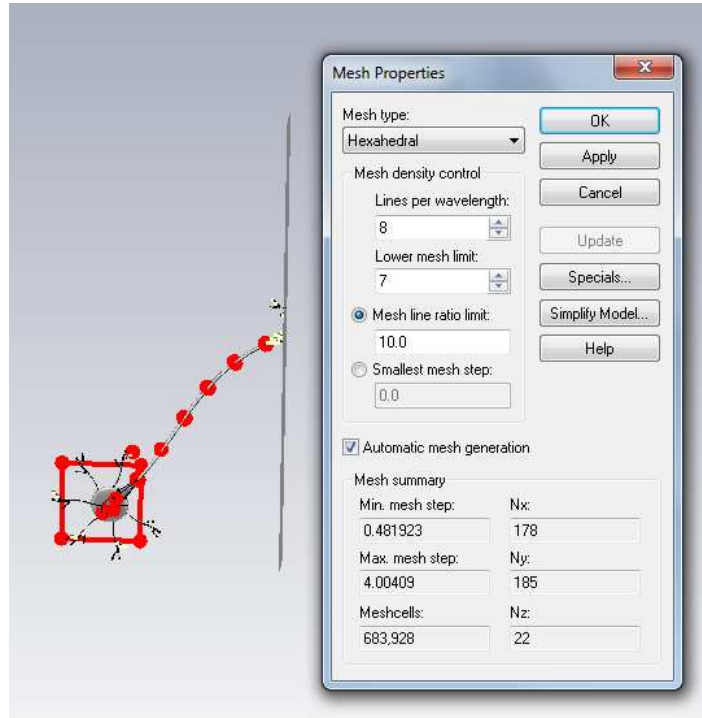


Şekil 6.3 Nöron2 Üzerindeki Port2'nin Özellikleri

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi amaç Nöron1'in Port1 kaynağından maruz kaldığı elektromagnetik dalga sonucu Nöron2 üzerindeki etkileri görmeyi de istiyoruz. Bu yüzden S21 değerimiz bize bu konuda gereken yorumu yapmamız için yeterli olacaktır. Bunun yanı sıra 1-8 GHz miktrodalga frekansında çalışacağız. 1.8Ghz GSM frekansında, askeri radarlara ayrılan S bandının sonuna yani 4 GHz'e ve X bandına yani 8GHz'teki akım değerlerine ve hücreler üzerindeki dağılımını inceleyeceğiz. Ölçülerimizin birimi milimetre seviyesinde olacaktır ve frekans birimimiz de GHz olacaktır. Şekil 6.4'te de frekans aralığımızın seçimi gösterilmektedir. Mesh yöntemimiz hexahedral olup detayları Şekil 6.5'te gösterilmektedir.

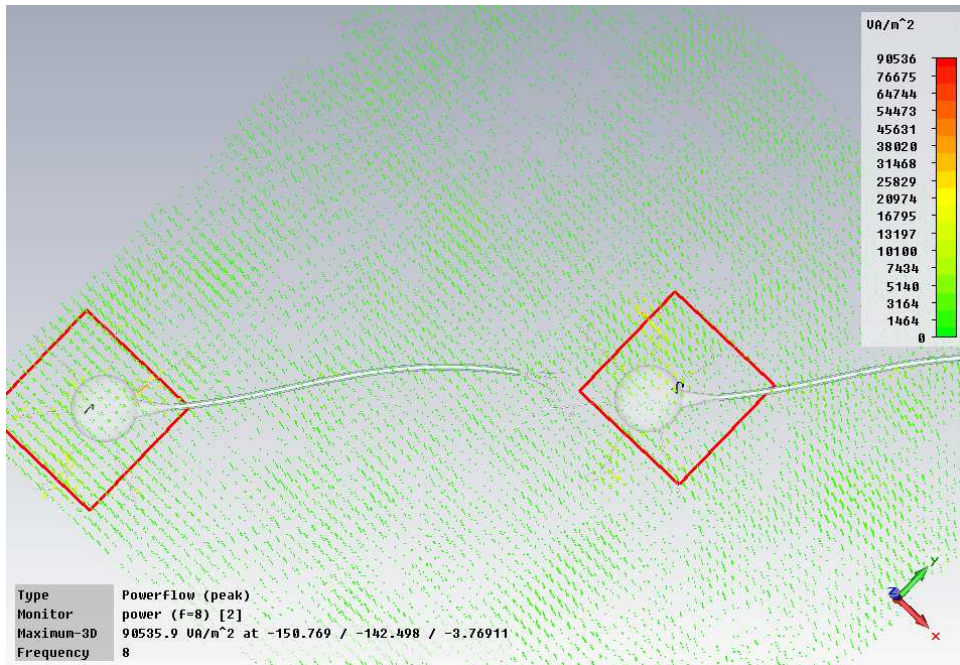


Şekil 6.4 Model1, Çalışma Frekans Aralığı (1-8GHz)



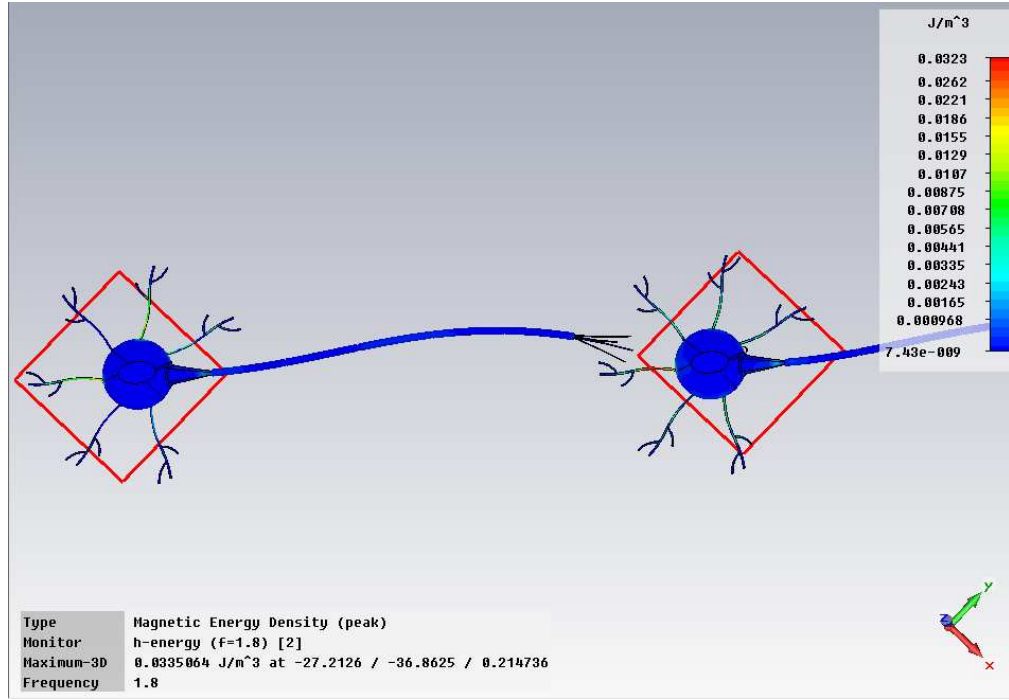
Şekil 6.5 Model1, Mesh Özelliklerinin Seçimi

Bütün ön kabul ve tanımlamaları yaptıktan sonra Transient Solver yöntemi denilen zaman domeninde sabit zaman örneklemeleriyle çözümlememiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.



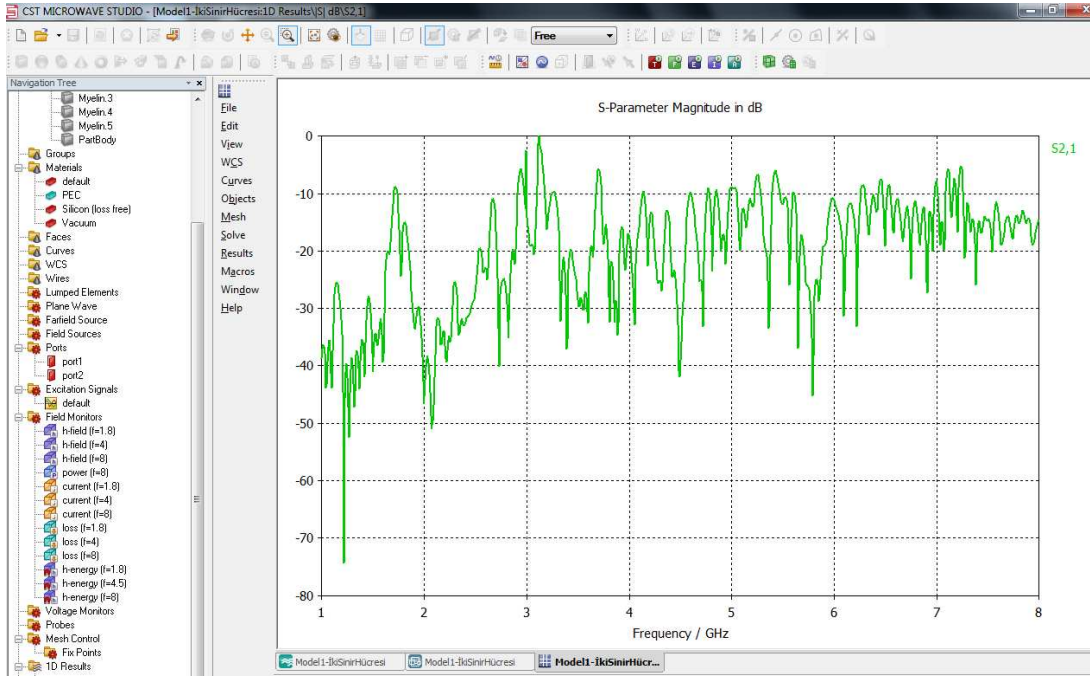
Şekil 6.6 Model1, 8GHz'de güç akışı

Şekil 6.6'da ortamımızdaki 8GHz'deki güç akışının nasıl dağıldığını görmekteyiz. Özellikle portlar üzerinde güç akışı en fazlayken nöronlar ve etrafındaki değer 3164-5100 VA/m² arasında değiştiği görülmektedir. Unutulmamalıdır ki bizim ölçülerimiz milimetriktr.



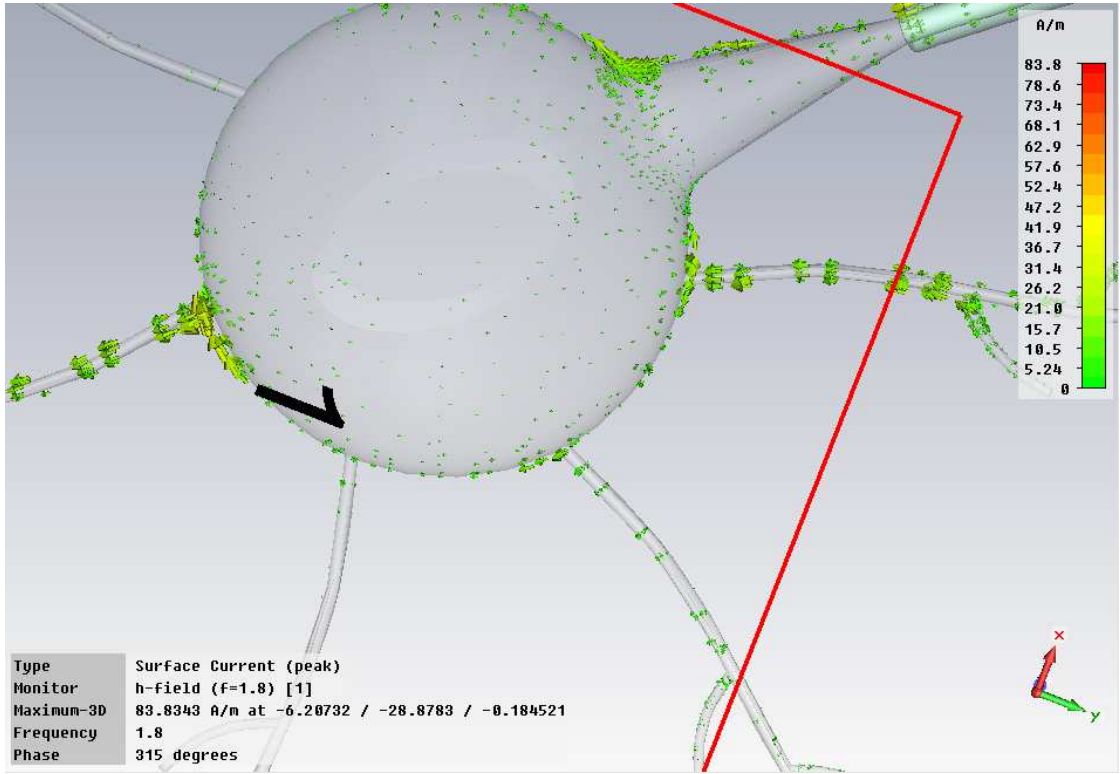
Şekil 6.7 1.8 GHz'de Manyetik Enerji Yoğunluğu

Şekil 6.7'de ortamda 1.8GHz'deki manyetik enerji yoğunluğunu görüyoruz. Nöronlarımız üzerindeki değerler yaklaşık 0.00165 J/m³ civarında olduğu görülmektedir.

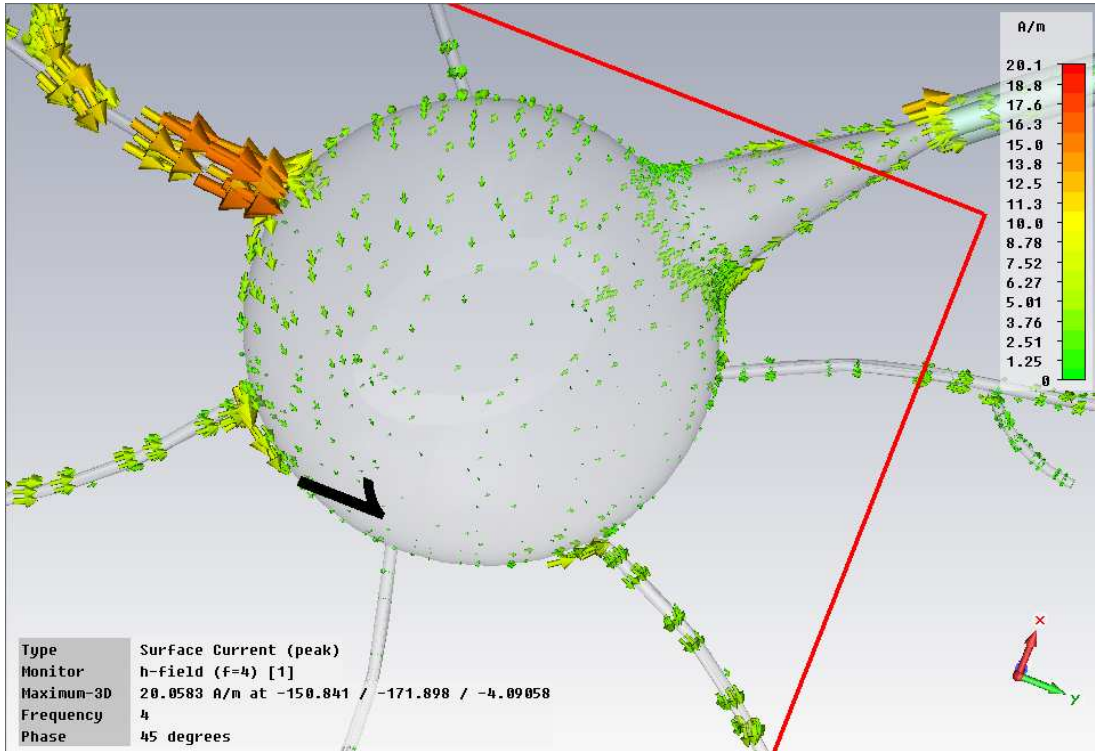


Şekil 6.8 1-8GHz arası S21 DB Değerleri

Bu maddemiz için en önemli sonucumuz S21 değerlerimizdir. Şekil 6.8’den de görüldüğü gibi S21 değerleri oldukça değişken; fakat 1.8GHz ‘de -10dB ve özellikle 3GHz civarında neredeyse 0dB değerlerini görmekteyiz. Yani bu değerlerde Nöron1 aldığının hemen hemen hepsini iletmektedir. Bu da bizlere nöronun biçimsel özelliklerinin elektromagnetik dünyayla uyumluluğunu göstermektedir. Genel seyre baktığımızda -10dB civarındır. Bu da hiç de hafife alınmayacak sonuçları göstermektedir. Daha yüksek frekanslarda ve özellikle elektromagnetik silahlarla beyin kontrolünün yapılabileceğinin söylendiği frekans değerlerinde ki bu 95-100GHz’den başlıyor, bu grafiğin daha yüksek sonuçlar vereceğini düşünüyoruz. 1-8GHz arasında çalışmamızın bir diğer nedeni de sinir hücre modelimizin mesh analizinde bundan daha yüksek frekanslarda sıkıntılara sebep oluyor olması. Gönderilen sinyali ileten bir insan hücresi diyebilmemiz için elimizde %100 bilginiz mevcut değil. Ancak yukarıdaki sonuçtan yorumlayabileceğimiz özellikle bazı frekans aralıkları sinir hücresi Nöron1 modelimiz sinyalin büyük birçoğunu anten vari bir şekilde Nöron2’ye iletiyor. Bu sonuç, vücudumuzun haberleşmesinde temel görevi neden üstlendiğini temelde yorumlamamızı sağlıyor.

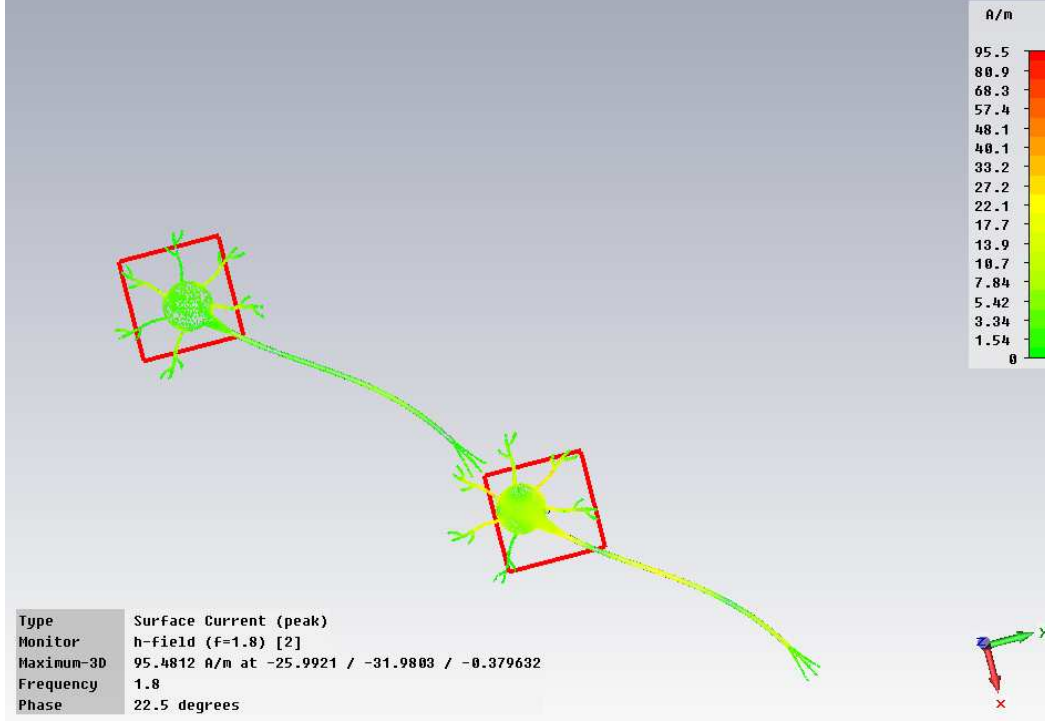


Şekil 6.9 1.8GHz Nöron1 Üzerindeki Örnek Akım davranışı



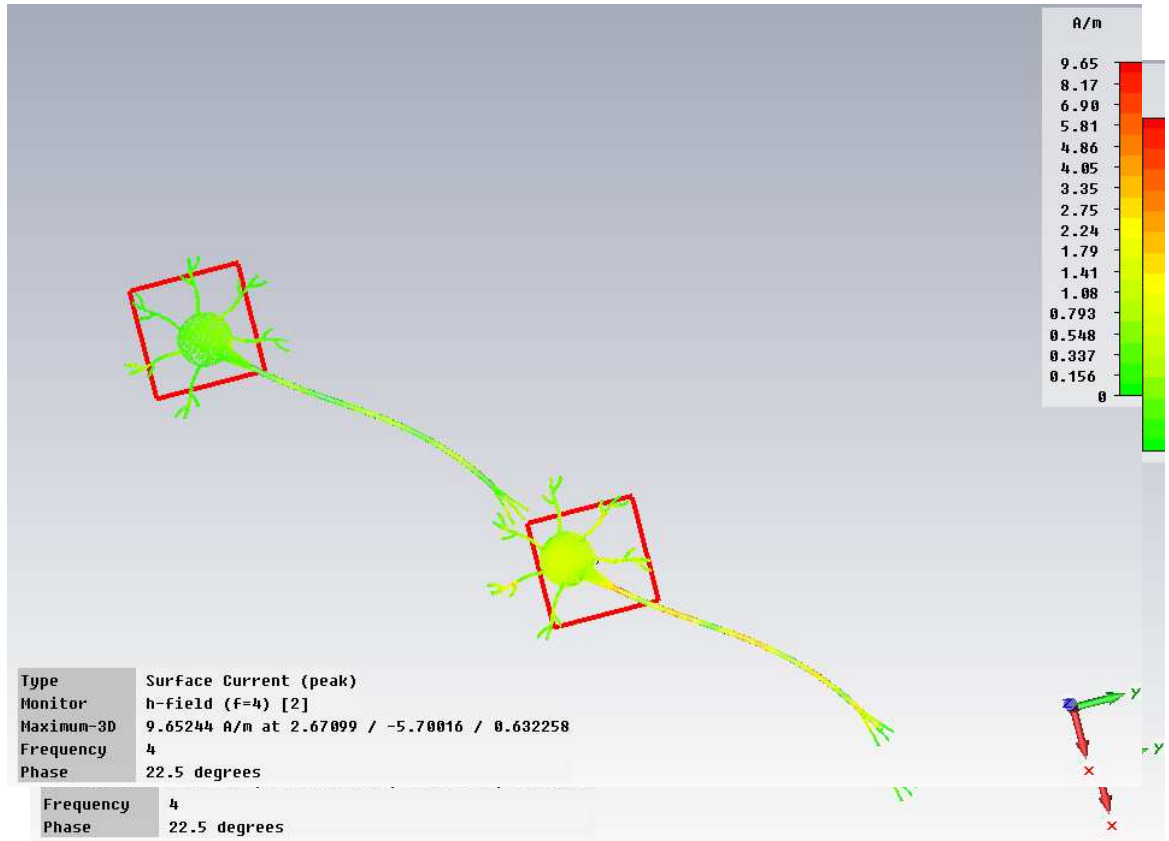
Şekil 6.10 4GHz'de Nöron1 Üzerindeki Örnek Akım davranışı

Şekil 6.10 ve şekil 6.11, 1.8GHz ve 4GHz'deki akım davranışlarının belirli bir faz açısında ne yönde ilerlediğine dair örnek olarak gösterilmek için koyulmuştur. Akımı asıl aşağıdaki şekiller üzerinden detaylı yorumlacayağız.

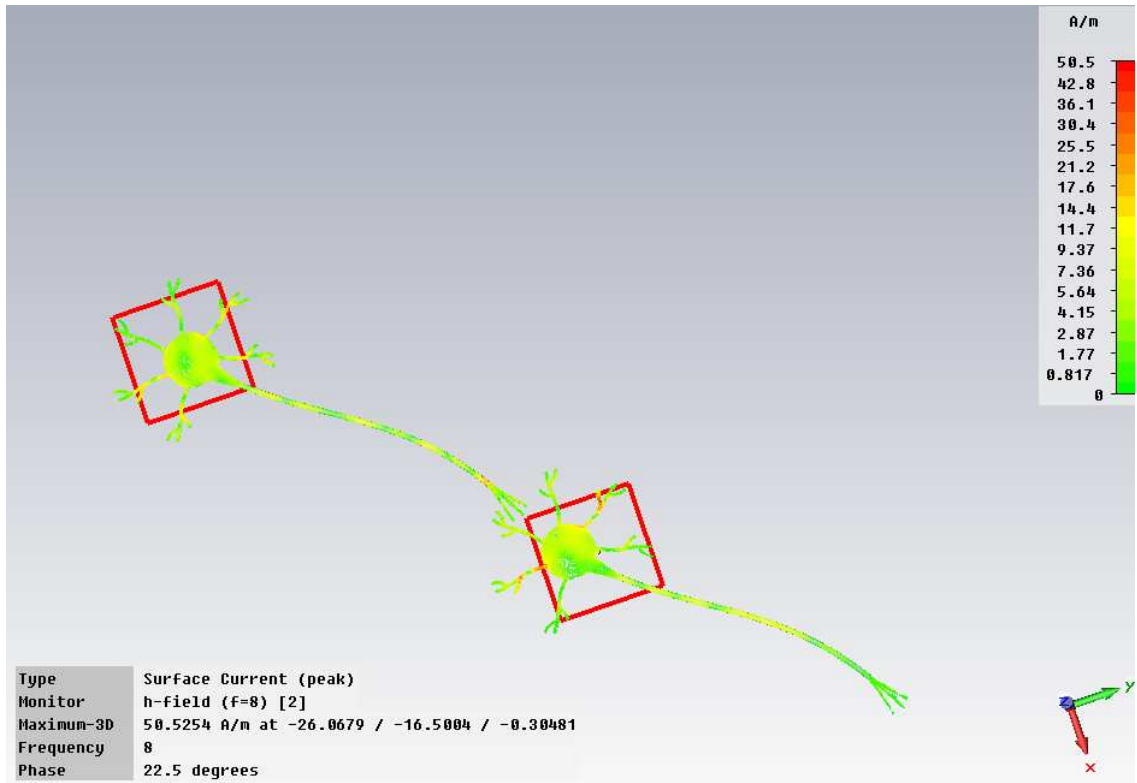


Şekil 6.11 1.8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı

Yukarıdaki Şekil 6.11'de 1.8GHz'deki yüzey akımlarını görmekteyiz. Akımın en yüksek olduğu nokta elbetteki portlar üzerinde olacaktır. Bu da yaklaşık 95 A/m civarındadır.. Gördüğümüz gibi Nöron2'nin üzerindeki yüzey akım yoğunluğu Nöron1'den daha fazladır. Bunun nedeni hem Port2'den gelen hem de Port1'in gönderdiğini Nöron1 vasıtasıyla alması sonucu oluşan akım yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu akım değerlerinin değişimini 4GHz'deki Şekil 6.12'de ve 8 GHz'deki Şekil 6.13'te görmekteyiz. Şekil 6.12'te bu değer S21'e bağlı olarak daha az olurken, Şekil 6.13'te daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ama akım Nöron2 üzerindeki yüzey akım yoğunluğunun sayısal olarak en çok olduğu frekans 1.8GHz olarak görülmektedir. Bunun etkilerinden biri de, S21 değeri bu noktada 4GHz ve 8GHz'den daha yüksektir.



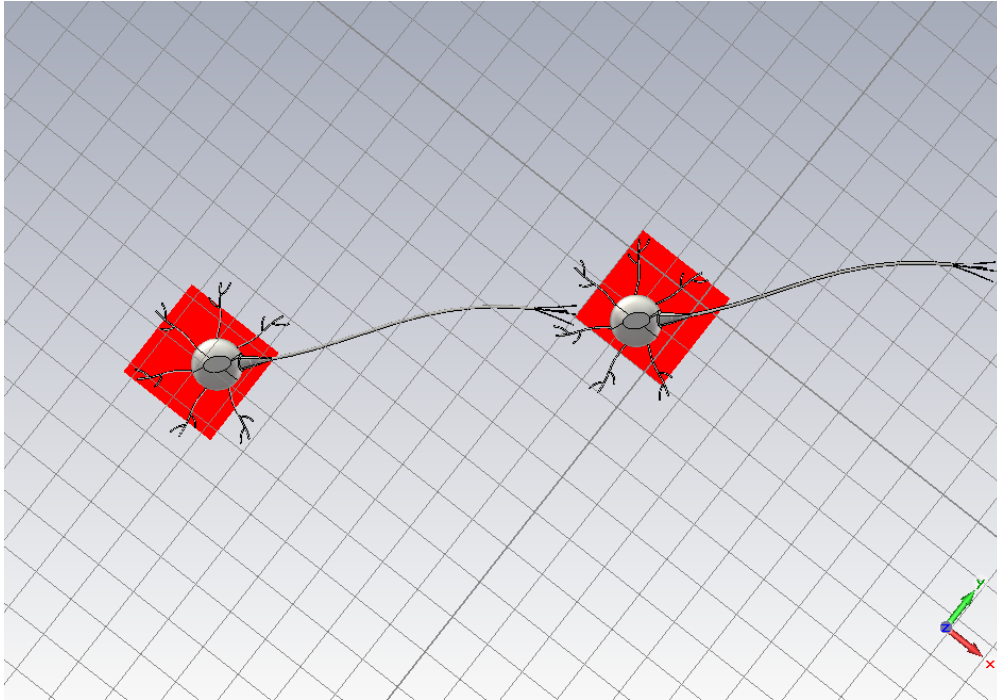
Şekil 6.12 4 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı



Şekil 6.13 8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı

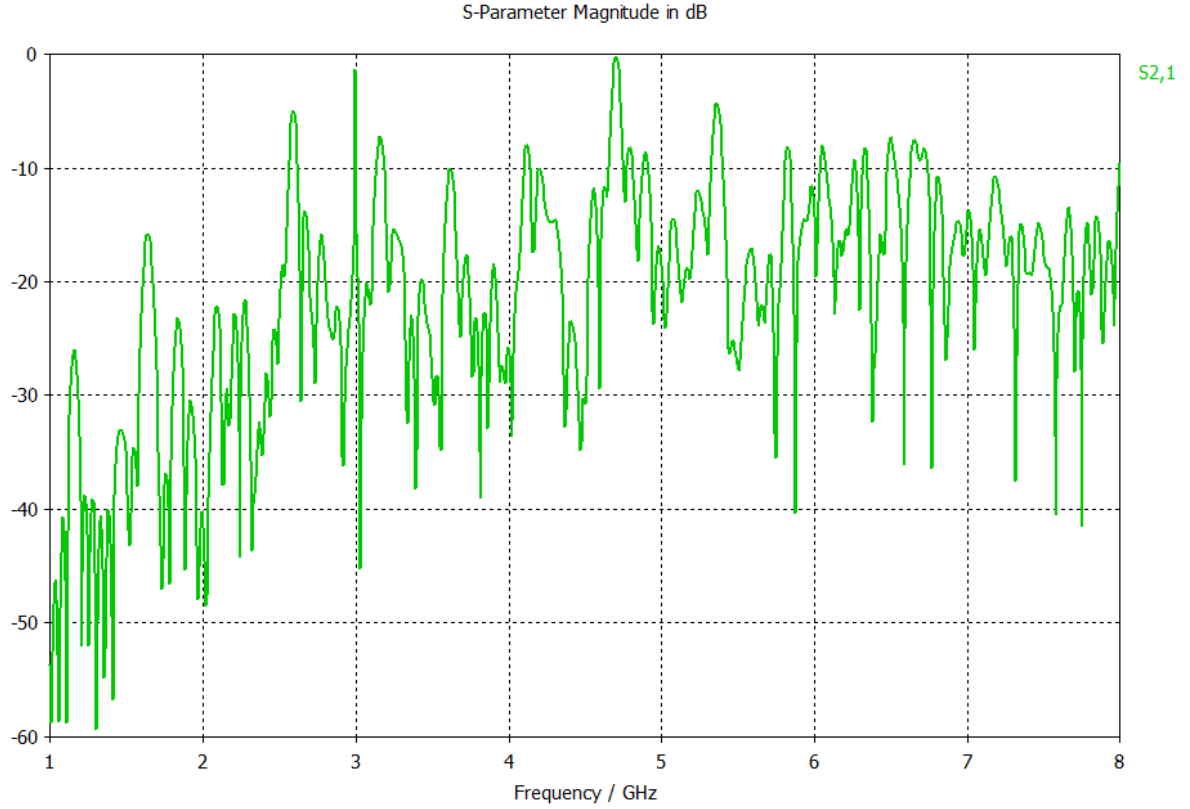
6.3 Miyelin Kılıfsız İki Ardışık Sinir Hücresinin Modellenmesi

Bir önceki modelimizde multipolar bir nöronun anten olarak davranışını incelemiştik. Her iki nöronumuz da yalıtkanlığı sağlayan silikon miyelin kılıflara sahiptiler. Bu bölümdeyse miyelin kılıfsız nöronları modelleyerek elektromagnetik açıdan miyelin kılıfın sinir hücresindeki iletimi nasıl etkilediğini, ne gibi yarar ve zararlara sebep olduğunu yorumlamaya çalışacağız. Öncelikle Model2 diye adlandırdığımız bu çalışmada Model1 olarak adlandırdığımız bir önceki çalışmanın özelliklerinin neredeyse tümü aynı. Nöron1 ve Nöron2, Port1 ve Port2 olarak adlandırdığımız düzlem dalga kaynağı olarak çalışan portlarımızdan alıyorlar. Mesh değerlerimiz de Bölüm 6.2'deki Model1 ile aynı şekilde aldık ki sonuçlarda farklı bir etkiye sebep olmasın. Aşağıdaki Şekil 6.14'de modelimizin ekran görüntüsü mevcut.



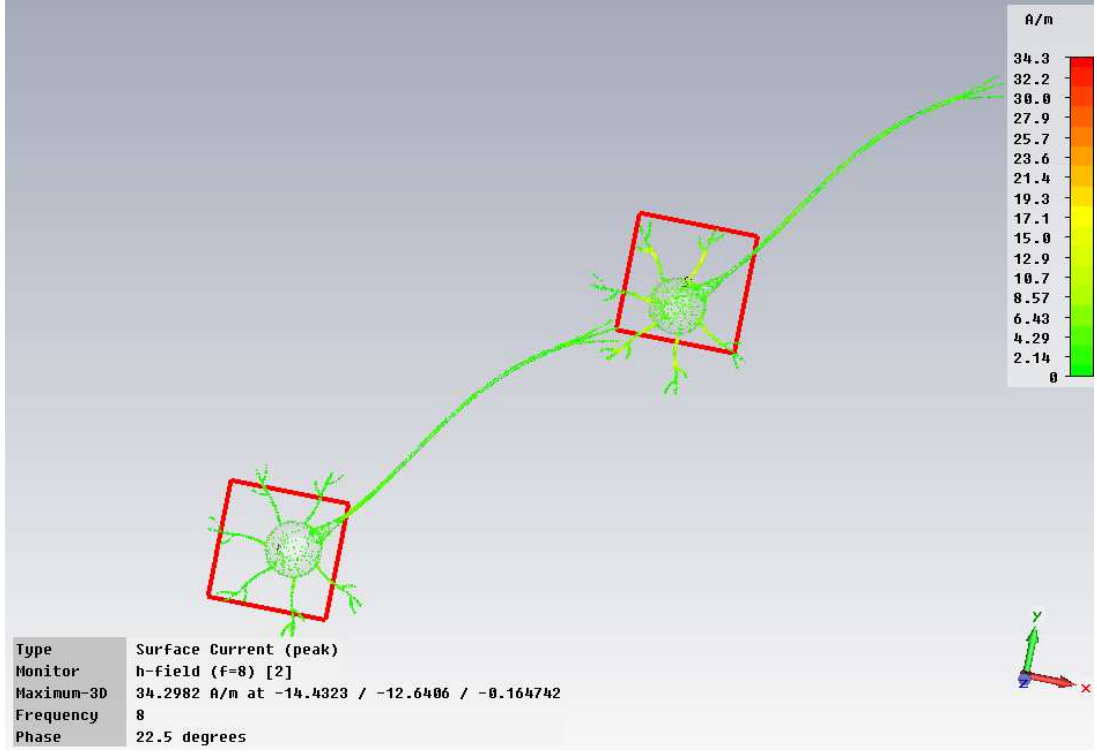
Şekil 6.14 Miyelin Kılıfsız Nöron1 ve Nöron2

Model2 adlı bu çalışmamızda, aksonlarımızın üzerinde Şekil 5.16'dan da görüldüğü gibi yalıtkanlığı sağlayan miyelin parçaları olmayacak. Burada da 1-8 GHz frekans aralığında incelemelerimizi gerçektireceğiz. Model1 'de olduğu gibi zaman domenini kullanan Transient Solver yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdadır.



Şekil 6.15 Model2 için 1-8GHz aralığındaki S21 dB değerleri

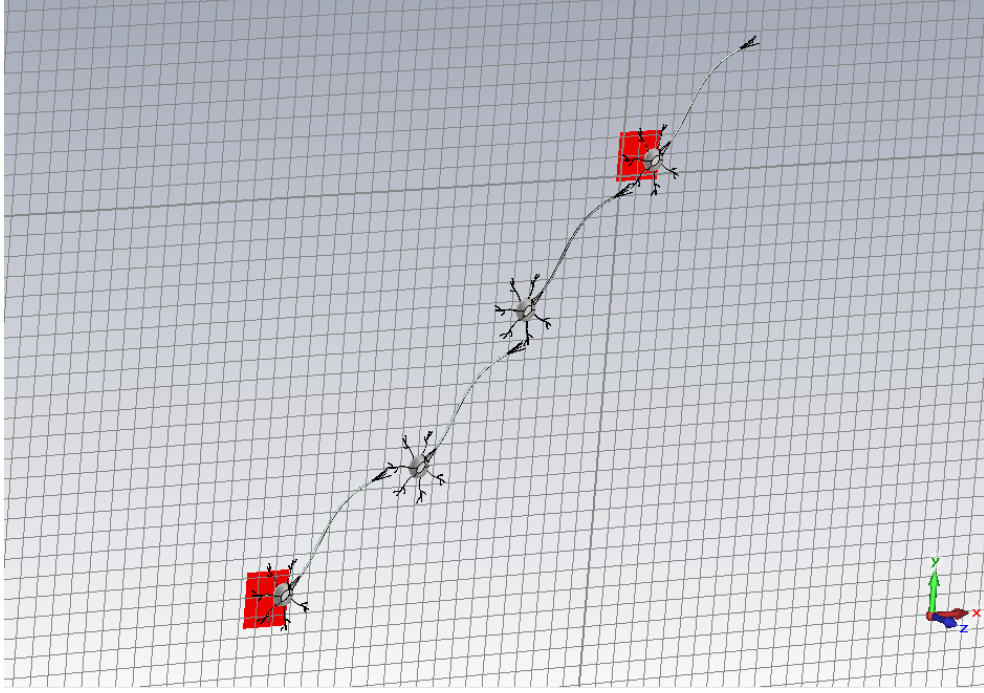
Miyelin kılıfsız modellediğimizde S21'in 1-2GHz ve 5-8GHz aralığında az da olsa miyelin kılıflı haline nazaran düştüğünü görüyoruz. Bu da bugüne kadar yapılan çalışmalarda bahsedilen miyelin kılıfın sağladığı yalıtkan konusunun elektromagnetik açıdan da doğru olma olasılığını arttırıyor. Açıkçası CST programında güvenemediğimiz bir nokta neden 4.6GHz'de bu kadar yüksek çıktıdır. Burada modelimizin bu frekans değerine göre maximum uyumluluğumu söz konusu yani gerçekten bu frekansta silikon kaplı olmayan bu yapı bu şekilde çalışıyor mu ki çalışıyorsa neden sadece bu frekansta bu şekilde tetikleniyor yoksa CST programının yetersiz kaldığı bir noktaya mı maruz kalıyoruz. Karşılaştıracığımız diğer sonuçsa yüzey akımı olacaktır. S21 değerine göre en net görebileceğimiz frekans 8GHz'deki yüzey akım yoğunluğu olacaktır. Bu değere detaylı şekilde aşağıdaki Şekil 6.16'da görebilirsiniz. Akım yoğunluğunun maksimum olduğu nokta port üzerindedir. Özellikle Nöron2'nin dendritlerinin üzerindeki yoğunluğun daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun da S21'de 8GHz'deki değerlerin doğrultusunda arttığını yorumlamamızı sağlamaktadır.



Şekil 6.16 8 GHz'de Nöron1 ve Nöron2 üzerindeki yüzey akım dağılımı

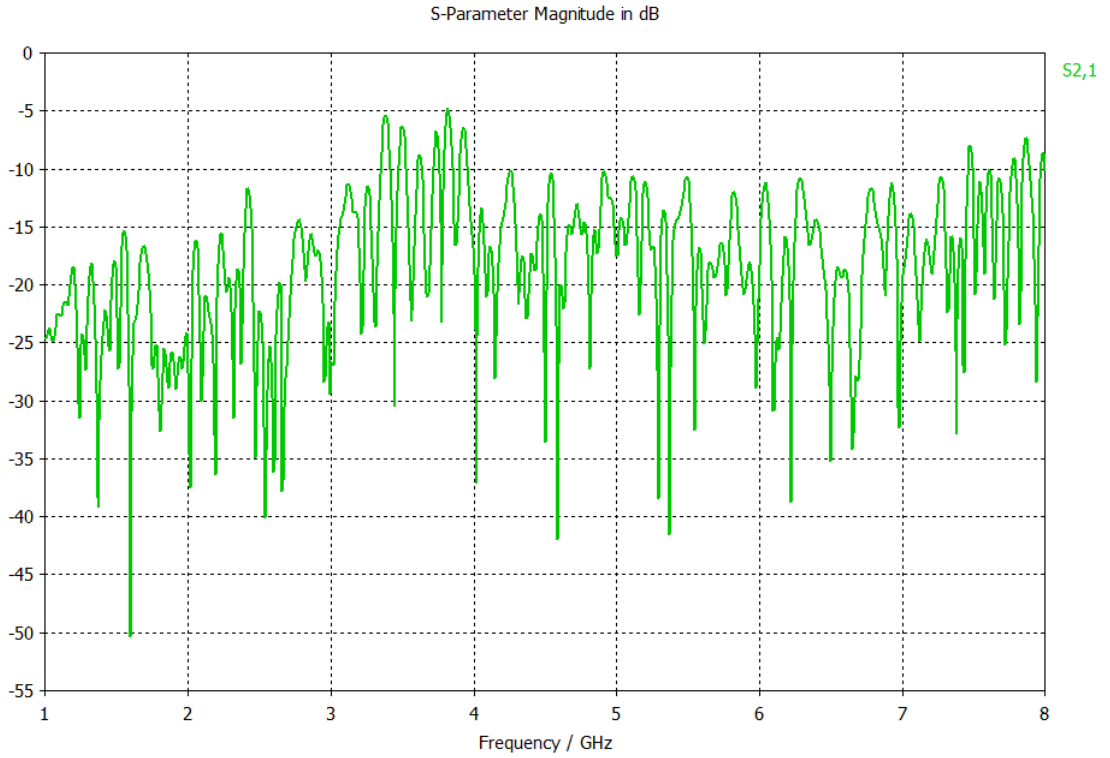
6.4 Dört Sinir Hücresinden Oluşan Sinir Ağı Modellenmesi

Model3 olarak adlandırdığımız bu çalışmamızda daha önceki çalışmalarımıza ek olarak sinir hücre sayımızı iki katına çıkarttık. Biliyorsunuz ki insan beyinde bütün nöronlar etkileşim halinde ve bu etkileşim devamlı olan bir sirkülasyon oluşturmaktadır. Bu modellemede amacımız gönderilen bir sinyalin son noktaya iletilirken ne kadarının kaybolacağını nöron sayısını arttırarak görebilmek olacaktır. Bütün nöronlarımızın miyelin kılıfa sahip şekilde seçtik. Çalışma frekansımız ve analiz yöntemimiz Model1 ve Model2 ile aynı seçtik. Burada görmeyi hedeflediğimiz sonuç kaydadeğer bir S21 grafiği olacaktır. Şekil 6.17'de Model3'ü detaylı şekilde görmekteyiz.



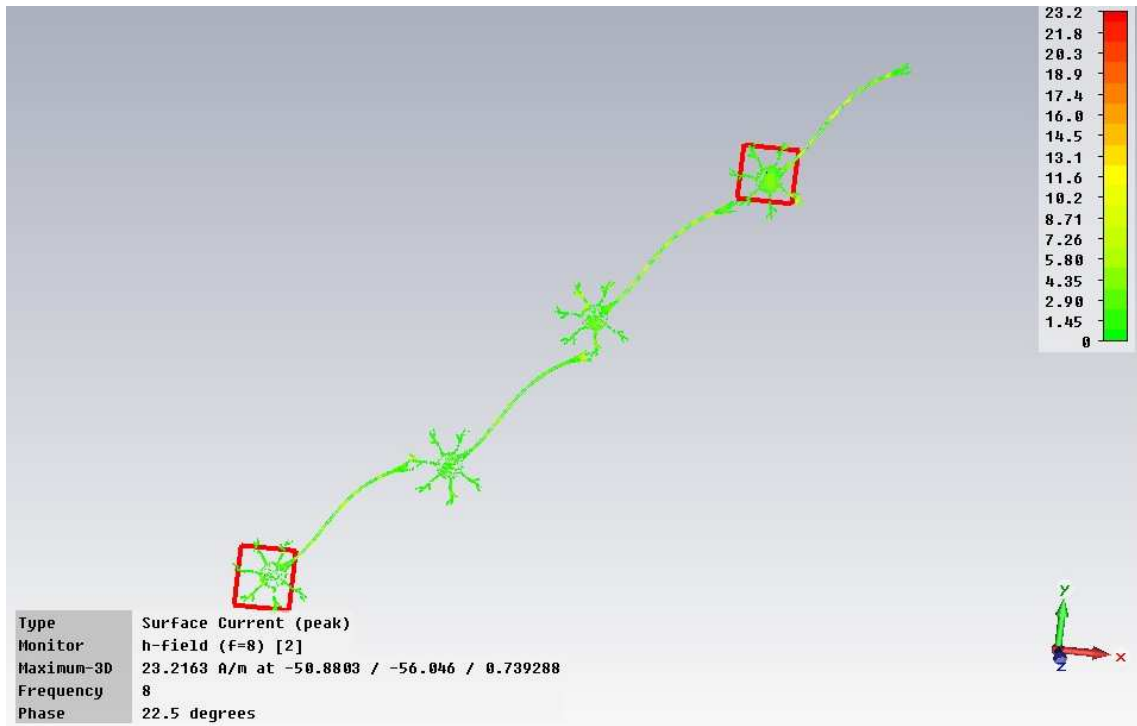
Şekil 6.17 Dört Nörondan Oluşan Nöron Ağı Modellemesi

Analizimizi yaparken yine zaman domeninde çalışarak çözüm üreten Transient solver yöntemiyle gerçekleştirdik. Analizimizin sonuçları aşağıdadır.



Şekil 6.18 S21 1-8GHz aralığındaki sonuçları

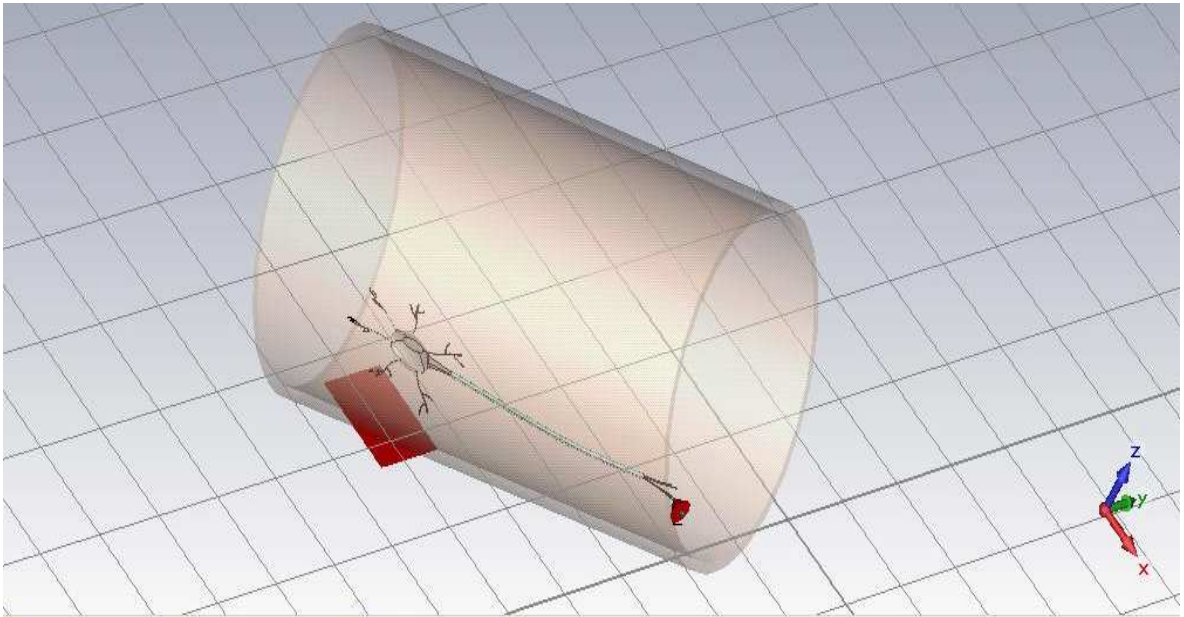
Şekil 6.18’de gösterilen 1-8GHz aralığındaki S21 sonuçlarına göre sinir hücrelerinde artış meydana geldiğinde (Model1 ve Model2ye kıyasla), S21 değeri düşmektedir. Fakat bu sefer gönderdiğimiz sinyalin çoğu olmasa da belirli bir kısmı yine de iletildiğini görmekteyiz. Özellikle 3-4 GHz aralığındaki frekans değerlerimizde bu kayıp oldukça azalmaktadır. Dört adet nörondan oluşmuş bir sinir ağında iletimdeki kayıplar hakkında yorum yapmamıza olanak sağlayan Şekil 6.18’e göre belirli 1-8GHz mikrodalga frekans aralığında sinyali ilk alan Nöron1,sinyalin bir kısmını (frekansa bağlı olarak) Nöron4’e iletilmektedir.Böyle bir durumun beyinde birbirine çok yakın olan nöronlar için gerçekleştirdiğini varsayarsak bir nöronun maruz kaldığı elektromagnetik alandan diğer nöronlar da nasibini almaktadır. Elbetteki bunun değerleri ortam koşullarına göre farklılık gösterecek, frekans büyüklüğüne küçüklüğüne göre farklı davranış sergileyebilecektir. Ancak sonuçta elektromagnetik alana maruz kalmış nöronlar arası iletimin varlığını Şekil 6.18 daha iyi yorumlayabilmemizi sağlamaktadır. Aşağıdaki Şekil 6.19’de nöron ağımız üzerindeki yüzey akım dağılımını görmekteyiz.



Şekil 6.19 8GHz’deki Yüzey Akım Dağılımı

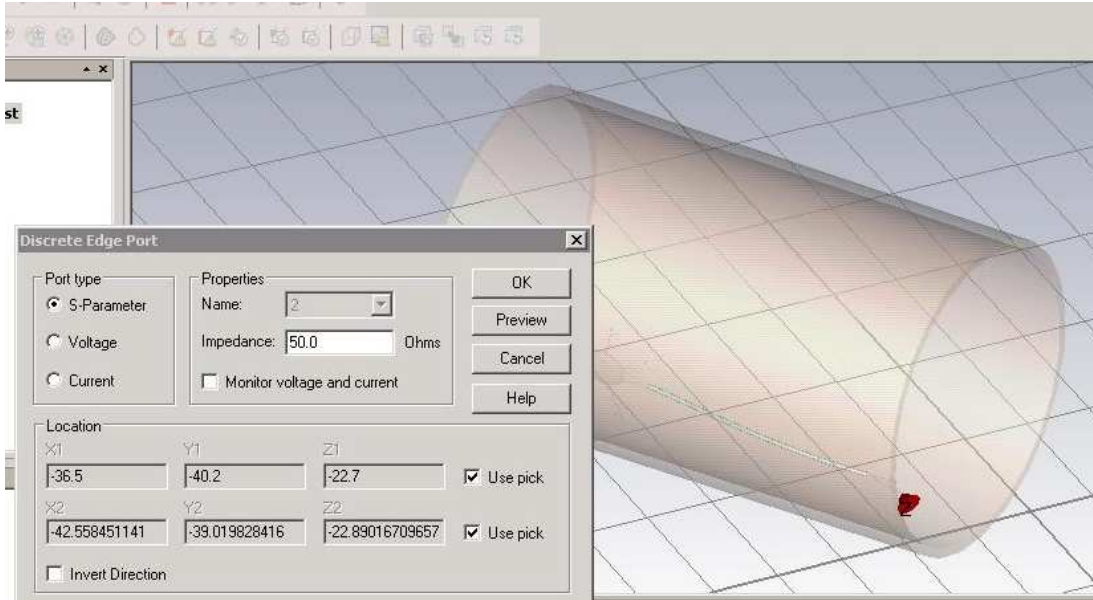
6.5 Silindirik Yapıdaki Derinin İçerisindeki Sinir Hücresinin Modellenmesi

Daha önceki modellemelerimizde sinir hücresini tek başına modellemiş ve davranışlarını gözlemlemeyi amaçlamıştık. Bölüm3’de bahsettiğimiz beyin kontrolü, nöronların da aktif olarak sonuca etkisinin olduğu kitlesel elektromagnetik silahlar hakkında daha iyi yorumlar yapabilmek adına CST programının izin verdiği ölçüde Model4 olarak adlandırdığımız çalışmamıza geçiyoruz. Bu çalışmamızda, silindirik yapıdaki deri içerisine nöron modelimizi yerleştirdik. Bu sefer düzlem dalga kaynağı olarak kullanacağımız Port1 derinin dış kısmında nöronumuzun dendrit ve gövde kısmının tam üzerine hizalanmış vaziyettedir. Nöronumuzun aksonun ucunun bir tanesine de kaynak niteliğinde başka bir port yerleştirdik. Bu modellemeyle amacımız nörona deri dışından göndereceğimiz sinyalin ne kadarının nöron ucuna iletiildiği ve aynı şekilde deri içerisinden nörona gönderdiğimiz sinyalin en kadarının deri dışındaki bir porta iletiildiğini yorumlamaya çalışacağız. Böylece beynin içerisine yerleştirilmiş bir port olarak düşünebileceğimiz uygulamalar hakkında bizlere fikir verecektir. Aşağıdaki Şekil 6.20’de modelimizi detaylı şekilde görebilmekteyiz.



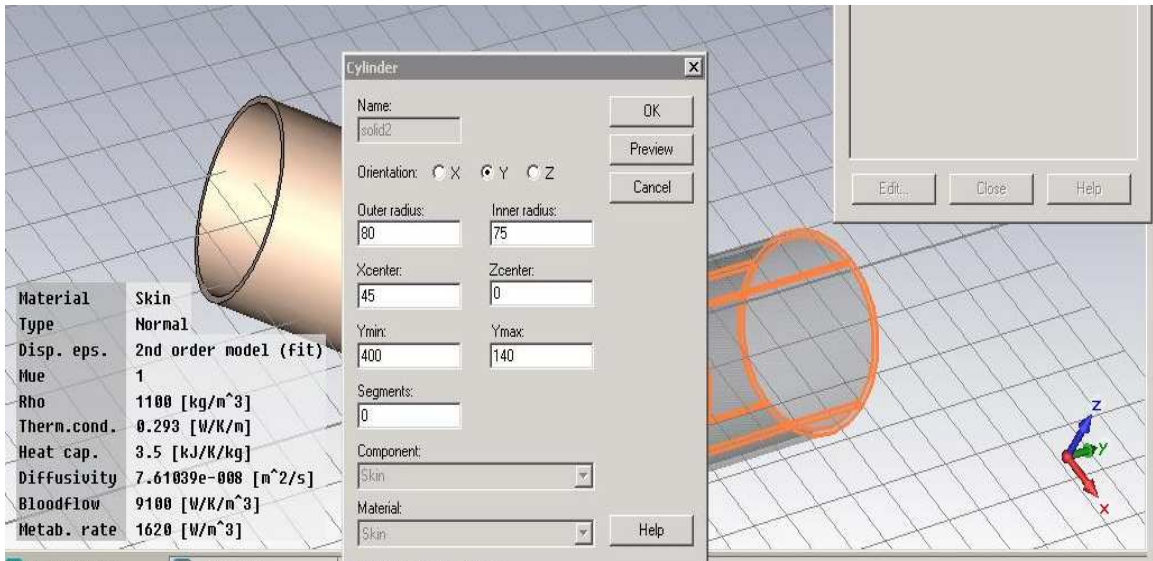
Şekil 6.20 Silindirik Yapıdaki Deri İçerisindeki Nöron

Model4 olarak adlandırdığımız bu çalışmada Port1'in özellikleri daha önce kullandığımız tek modlu düzlem dalgaklavuzu kaynağı niteliğindedir. Burada ayrıca kullandığımız bir diğer portta aksonumuzun bir ucundan tanımladığımız sabit portumuzdur. Port2'nin özelliklerine Şekil 6.21'de görebilirsiniz.



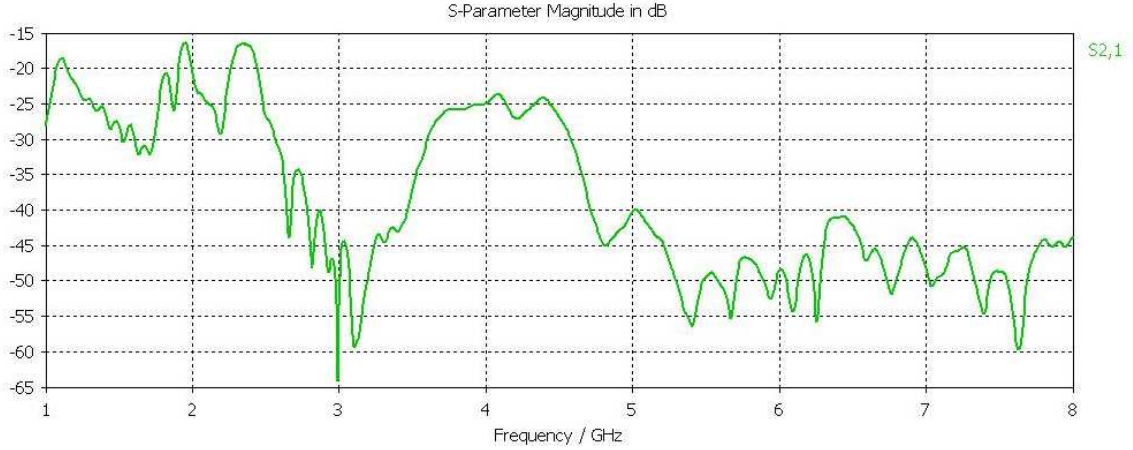
Şekil 6.21 Port2'nin Tanımlanması

Ek olarak Modelimizde silindiri tanımlamak ve özelliklerini seçmek gerekti. Aşağıdaki Şekil 6.22'de silindirik yapıdaki derinin bütün tanımlamalarına ve değerleri görülmektedir.



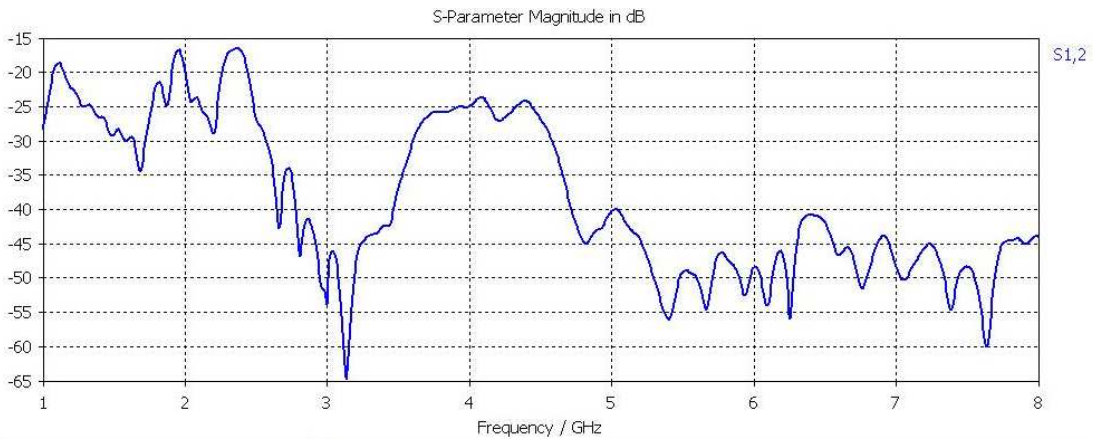
Şekil 6.22 Silindirik Yapıdaki Derinin Özellikleri

Analiz yöntemine geçerse çalışmamızı 1-8GHz aralığında yaptık. Özellikle görmek istediğimiz sonuç S_{21} ve S_{12} değerleri olacak. Çünkü iki port arasındaki sinir hücresinin ve silindirik derinin varlığının bu parametreleri nasıl etkilediği, gerçekten derinin dışına ne kadar kayıpsız gönderim yapabileceğizi görebilmek istiyoruz. Analiz yöntemimiz zaman domeninde sabit örneklemeler yöntemini kullanan Transient Solver olacaktır. Elde ettiğimiz sonuçlar ise aşağıdadır.



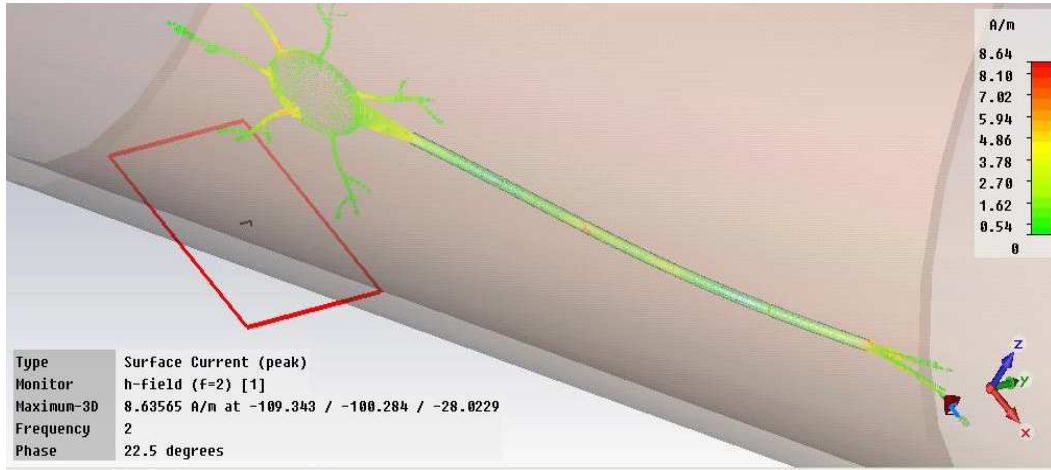
Şekil 6.23 1-8GHz aralığında S_{21} dB değerleri

Şekil 6.23’den de görüldüğü gibi S_{21} değerlerimiz diğerlerine (Model1, Model2, Model3) göre düşüş göstermektedir. Fakat, özellikle 1.8GHz GSM frekans civarında ve 2-2.5GHz aralığında bu değer neredeyse -15dB’ye kadar çıkmaktadır. Her ne kadar kayıp daha çok olsa da Bölüm 3’de bahsettiğimiz kitle silahlarından çok daha düşük frekansta olan çalışmamızda bile deri içine iletim sonrası nöronun aldığı bu sinyali kayıplı da olsa diğer porta ilettiğini görüyoruz.



Şekil 6.24 1-8GHz aralığında S_{12} dB değerleri

Şekil 6.24’de de S12 değeri görülmektedir. CST programı her noktayı resiprokal olarak tanımladığı için S12 değerimiz de S21 ile aynı olmaktadır. Bu da bizlere nöronun ucuna takılan bir kaynaktan ne kadarının nöron tarafından deri dışına çıkarıldığına dair fikir vermektedir. Böyle bir durum beyin hücrelerinin tepkileri, davranışları, his, korku vb. durumlarda Bölüm 2’de belirttiğimiz teknolojik gelişmeler adına ölçüm yapabilmek, yorumlabilmek ve her insan da farklı da olsa belirli davranış-frekans kütüphanesi oluşturabilmek adına yeterli fikri veremese de bu konuda yapılan çalışmaların hangi temellere dayandırılması gerektiği hakkında bizlere yorum yapma bilgisi sağlayabilecek niteliktedir. Son olarak silindirik yapıdaki derinin içindeki nöronumuzun üzerindeki akım dağılımına bakacak olursak, aşağıdaki Şekil 6.25 bu konuda bizleri güzel bir şekilde aydınlatmaktadır.



Şekil 6.25 Nöron üzerindeki yüzey akım dağılımı

SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektromagnetik Alanlar Teorisi çalışmamızın hemen her bölümünde bahsettiğimiz gibi çok geniş yelpazelere yelken açabilecek çok zengin bir konudur. Bu çalışmamızda sinir hücrelerini elektromagnetik açıdan hem MOM metodunu kullanarak hem de paket program vasıtasıyla zaman domeninde örneklemeler yöntemini kullanan analiz yöntemiyle sayısal olarak modelledik. Aldığımız sonuçlara göre sinir hücresi gerçektenden de yapısal olarak antenvari fizyolojik özellikler taşımaktadır. Özellikle sinir hücresi modelimizde elektromagnetik açıdan davranışı tatminkar bir ölçüdedir. Öncelikle MOM metodu kullanarak yaptığımız analizde amaç akım dağılımını üçgen kaynak fonksiyonları yardımı ile belirleyebilmek olmuştur. Ardından her bir modelleme başlığımızın altında literatürde bahsi geçen biyomedikal, askeri ve akademik uygulamaları açısından daha iyi yorumlayabilmek adına tek tek farklı durumlarını analiz ettik. Bunlardan ilki alıcı-verici anten mantığında nasıl çalışacağını gelen sinyalin ne kadarını bir sonraki sinir hücresine ileteceğini incelemek oldu. İkincisi yalıtkanlığı sağlayan miyelin kılıfın elektromagnetik açıdan hücre modelimize katkısının olup olmadığını incelemektir. Üçüncü olarak oluşturduğumuz sinir ağında sinyalin ne kadar kayıpla ilerlediğini belirlemeyi amaçladık. Son olarak da CST programının ve elimizdeki bilgisayar özelliklerimizin izin verdiği ölçüde silindirik yapıdaki insan derisi içerisindeki sinir hücresine uyguladığımız elektromagnetik alanın ne kadarının hücreye nüfus ettiği ve hücrenin bu sinyali ne ölçüde taşıdığını incelemeyi amaçladık. Her bir çalışma sonuçları açısından sinir hücresinin elektromagnetik davranışının analizi için ayrı bir önem taşımaktadır. Görülmektedir ki bir sinir hücresi mantıksal olarak anten gibi

davranabilmektedir. Ayrıca elektromagnetik açıdan da miyelin kılıfın yalıtkanlık sağladığını da yaptığımız ikinci modelimizle gösterebildik. Belirli frekanslarda daha başarılı sonuçlar aldığımız denemelerimizde özellikle daha yüksek frekanslarda çalışan askeri silahlarda daha başarılı sonuçlar elde edileceğini düşünmekteyiz. Bu çalışmamızda elektromagnetik açıdan modellediğimiz ve sonuçlarının literatür uygulamalarının yorumuna destek sağladığı bu çalışmamızın devamı olarak doktora herhangi bir paket program kullanmadan beyin içerisindeki elektromagnetik alana maruz kalmış sinir hücresinin matematiksel ifadesini ve kodunu kendimiz yazmayı ve doktora çalışmamızda bu yapının nasıl çalıştığını, literatüre neler katacağını herhangi bir paket programının kısıtlamasına maruz kalmadan uygulamaların olduğu daha yüksek frekanslarda detaylı şekilde incelemeyi planlamaktayız.

KAYNAKLAR

- [1] Bilim ve Sağlık, <http://www.bilimvesaglik.com/files/noron1.gif>, 9 Kasım 2012
- [2] Wikipedia, Neuron, <http://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>, 10 Kasım 2012
- [3] Anadolu Üniversitesi, Sinir Sistemi, <http://w2.anadolu.edu.tr/aos/kitap/EHSM/1211/unite03.pdf>, 14 Kasım 2012
- [4] The Big View, <http://www.thebigview.com/mind/brain-neuron-types.gif>, 11 Kasım 2012
- [5] Facinating Amazing Animals, <http://facinatingamazinganimals.files.wordpress.com/2012/04/cell-types.gif>, 13 Kasım 2012
- [6] Lise Biyoloji, [http://www.lisebiyoloji.com/resim/lisebiyoloji-sinir%20\(2\).jpg](http://www.lisebiyoloji.com/resim/lisebiyoloji-sinir%20(2).jpg), 9 Kasım 2012
- [7] Wikipedia, Nikola Tesla, http://tr.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla, 12 Kasım 2012
- [8] Fizikist, Elektromanyetik Dalgalar, <http://www.fizikist.com/icerik-elektromanyetik-dalgalar-1087.html>, 12 Kasım 2012
- [9] Cahit Karakuş, Birey ya da Kitlenin Davranışını Değiştirme, <http://www.ylt44.com/yayin/uzaktan%20kontrol.pdf>, 14 Kasım 2012
- [10] Sevgi L, (2006), Tasarımdan Üretime Elektromanyetik Uyumluluk, Eksen Yayıncılık, İstanbul
- [11] Intech, Electromagnetic Waves and Human Health, <http://www.intechopen.com/books/electromagnetic-waves/electromagnetic-waves-and-human-health>, 13 Kasım 2012
- [12] Zihin Kontrol Blok, Zihin Kontrolü ve Silahların Geleceği, <http://zihinkontrol.blogcu.com/zihin-kontrolu-ve-silahlarin-gelecegi/2404619>, 15 Kasım 2012
- [13] Regmedia, Brain Gate Interface, http://regmedia.co.uk/2009/06/11/brain_gate_interface_plug.jpg, 16 Kasım 2012

- [14] Institute of Science in Society, Bio-electromagnetic Weapons,
<http://www.i-sis.org.uk/BW.php>, 15 Kasım 2012
- [15] Bluebox, Elektromanyetik Silahlar,
<http://www.bluebox.bbs.tr/elektromanyetik-silahlar-emp-haarp-a>,
20 Kasım 2012
- [16] Milli Eğitim Bakanlığı, Yerel Anten Yapımı,
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0149.pdf,
20 Kasım 2012
- [17] Doç. Dr. Ahmet KIZILAY, Anten Ders Notları

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fahri KERÇEK
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.03.1986 İZMİR
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : fkercek35@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektrik-Elektronik	Çukurova Üniversitesi	2008
Lise	Fen Bilimleri	Suphi Koyuncuoğlu Anadolu L.	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009-	Netaş	Yazılım Mimarı

