



**İYONKÜREDE DİKEY YAYILAN DALGANIN
GÜRÜLTÜ ÖZELLİKLERİ**

Alper DEMİRTAŞ

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Murat CANYILMAZ
AĞUSTOS-2017**

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İYONKÜREDE DİKEY YAYILAN DALGANIN
GÜRÜLTÜ ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alper DEMİRTAŞ

(111114101)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25/07/2017
Tezin Savunulduğu Tarih : 11/08/2017**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Murat CANYILMAZ (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali YEŞİL (F.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Ramazan ATICI (M.A.Ü.)**

AĞUSTOS-2017

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat CANYILMAZ, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Sayın Doç. Dr. Esat GÜZEL'e ve arkadaşım Tayfun AKDOĞAN 'a teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde her türlü yardımı koşulsuz olarak sunan değerli anneme ve babama ayrıca teşekkür eder minnet duygularımı sunarım.

Alper DEMİRTAŞ

ELAZIĞ-2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
SEMBOLLER LİSTESİ	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. İYONKÜRE	3
3. GÜRÜLTÜ	6
3.1. Doğal Gürültü	7
3.2. İnsan Kaynaklı Elektromanyetik Gürültü	11
4. DİKEY YAYILAN ELEKTROMANYETİK DALGANIN SÖNÜM KATSAYISI	14
4.1. Dalganın Kırılma İndisi	15
4.2. Sönüm (Absorbsiyon) Katsayısı	16
5. MATERYAL VE METOT.....	18
5.1. Gürültü Faktörü ve Gürültü Sıcaklığı	18
5.2. Uluslararası İyonküre Referans Modeli (International Reference Ionosphere-IRI)	19
5.3. Kütle Spektrometresi Bağımsız Dağılım Modeli (Mass-Spectrometer-Incoherent- Scatter, MSISE-90).....	19
5.4. Matris Laboratuvarı (MATrix LABoratory, MATLAB).....	20
6. BULGULAR.....	21
7. SONUÇLAR.....	30
KAYNAKLAR.....	31
ÖZGEÇMİŞ	34

ÖZET

Gürültü genel olarak bir sinyal veya istenmeyen bir düzensizlik diye tanımlanır. Gürültünün sebebi birçok farklı kaynak olabilir ve genellikle de doğada rastgeledir. Herhangi sinyal iki uç arasında iletilirken gürültü kaynaklarından dolayı sinyale gürültü eklenir. Bir sistemin gürültülülüğü gürültü faktörü ve gürültü sıcaklığı ile ifade edilir.

Bu çalışmada, ilk olarak iyonkürede dikey olarak yayılan elektromanyetik dalganın farklı modları teorik olarak çözümlenmiş ve 2015 yılı ekinoks ve gündönümleri günleri (21 Mart-21 Haziran-23 Eylül-21 Aralık), yerel zaman 12:00 ve 3,4,5,6 MHz frekanslarında dalgaların yansıma yükseklikleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu modlar ve frekanslar için gürültü sıcaklığı değerleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İyonküre, Elektromanyetik Dalga, Gürültü Sıcaklığı

SUMMARY

Noise Features of the Vertically Propagated Wave in the Ionosphere

Noise is generally defined as a signal or an unwanted irregularity. Noise can come from a variety of sources and are generally random in nature. Noise is added to the signal due to noise sources when the signal is transmitted between two ends. The noise of a system is expressed by the noise factor and the noise temperature.

In this study, firstly different modes of the electromagnetic wave propagating vertically in the ionosphere were theoretically solved and the reflection heights of the waves are calculated for the equinox and solstice days of 2015 (21 March-21 June-23 September-21 December), local time 12:00 and frequencies of 3,4,5,6 MHz. The noise temperature values for these modes and frequencies were then calculated and the results compared.

Key Words: Ionosphere, Electromagnetic Wave, Noise Temperature

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Elektron yoğunluğunun yükseklikle tipik değişimi	4
Şekil 2.2.	Atmosferin sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre bölgelere ayrılışı.	5
Şekil 3.1.	Manyetoküre-iyonküre sistemi içinde dünyasal ve insan kaynaklı radyo gürültülerin şematik gösterimi	7
Şekil 3.2.	İnsan yapımı radyo gürültü enerji ve medyan değerlerinin (düz çizgiler) Fam açısından ($T_0 = 288 \text{ 0K}$ ısı gürültü üzerinde dB) olarak ifade edilmiştir. Atmosferik gürültü (kesikli çizgi) ve kozmik arka plan gürültü (noktalı çizgi) insan yapımı gürültü ile karşılaştırma için bildirilmiştir	12
Şekil 3.3.	En yaygın haberleşme sistemlerinin tarafından yayılan güç	13
Şekil 6.1.	Elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi	24
Şekil 6.2.	Elektron sıcaklığının yükseklikle değişimi	24
Şekil 6.3.	Atomik oksijen yoğunluğunu yükseklikle değişimi	24
Şekil 6.4.	Nitrojen yoğunluğunun yükseklikle değişimi	25
Şekil 6.5.	Oksijen yoğunluğunun yükseklikle değişimi	25
Şekil 6.6.	Ordinari dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz	26
Şekil 6.7.	Sağa kutuplu dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz	27
Şekil 6.8.	Sola kutuplu dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz	28
Şekil 6.9.	Ekstraordinari dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz	29

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Frekans Bantları ve Doğal Gürültü Kaynakları	8
Tablo 6.1. Ekinoks günlerinde farklı mod ve frekanslar için yansıma yükseklikleri	23



SEMBOLLER LİSTESİ

H^+	: Hidrojen iyonu
He^+	: Helyum iyonu
O^+	: Oksijen iyonu
N^+	: Azot iyonu
NO^+	: Azot monoksit bileşiği
m_e	: Elektronun kütlesi
V_e	: Elektronun hızı
q_e	: Elektronun yükü
E	: Elektrik alan
B	: Manyetik alan
B_0	: Yer'in manyetik alanı
ν_e	: Elektron çarpışma frekansı
ω	: Dalganın frekansı
ω_{ce}	: Elektronun dönme (siklotron) frekansı
ϵ_0	: Serbest uzayın dielektrik katsayısı
ω_{pe}^2	: Elektron için plazma titreşim frekansı
σ	: İletkenlik tensörü
n	: Ortamın kırılma indisi
J	: Akım yoğunluğu
I	: Birim tensördür
k	: Dalga vektörü
θ	: Gelen dalganın ilerleme yönü ile manyetik alan arasındaki açı
dB	: Desibel
T_e	: Gürültü sıcaklığı
$^{\circ}K$	: Kelvin
A	: Amper
GW	: Cigawatt
J	: Joule
cm^{-3}	: Santimetreküp

KISALTMALAR

KD	: Kısa dalga
SNR	: Sinyal/Gürültü oranı (Signal to Noise Ratio)
mHz	: Milihertz
ULF	: Ultra düşük frekans
Hz	: Hertz
kHz	: Kiloherzt
MHz	: Megahertz
ELF	: Çok çok düşük frekans
VLF	: Çok düşük frekans
LF	: Düşük frekans
MF	: Orta frekans
HF	: Yüksek frekans
VHF	: Çok yüksek frekans
UHF	: Ultra yüksek frekans
SHF	: Süper yüksek frekans
EHF	: Çok çok yüksek frekans
CCIR	: Uluslararası Radyo Danışma Komitesi
MSISE	: Kütle spektrometresi bağımsız dağılım modeli

1. GİRİŞ

Yerküreyi çevreleyen atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlere göre çeşitli bölgelere ayrılır. Bu bölgelerden birisi iyonküre bölgesidir. İyonküre, Güneş ışınımının üst atmosferi iyonlaştırması sonucu oluşan bölgeye denir. Bu bölge, Yer atmosferi içinde bulunan büyük bir plazma topluluğunun bulunduğu yerdir [1]. İyonküre, serbest elektronlar, iyonlar ve nötr parçacıklardan meydana gelmiştir. İyonküredeki elektron sayısı ile pozitif iyon sayısı hemen hemen eşittir. Elektronlarla pozitif iyonların hemen hemen eşit olduğu, elektriksel olarak nötr özellik gösteren topluluğa plazma dendiğine göre, iyonküre bir doğal plazma olarak kabul edilebilir [2]. İyonküre yerden yaklaşık 50 km yükseklikten başlar. Üst sınırı kesin belli olmamakla beraber, H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonu gibi ağır iyonlara göre atmosfere hâkim oldukları yükseklik olarak kabul edilmektedir [3]. İyonküre fiziği deneysel bir konu olarak yaklaşık 50 yıldan fazla bir geçmişe sahiptir. Bununla birlikte iyonküre ile ilgili çalışmaların bir yüzyıla yakın geçmişi vardır. Atmosferin üst bölgelerinde iletken bir tabakanın varlığı, 1860'da Kelvin ve daha önceden 1839'da Gauss tarafından ileri sürülmüştür. 1901'de Marconi tarafından telsiz telgrafın keşfedilmesinden sonra, 1902'de Keneli ve Heaviside tarafından, Yer atmosferinde elektromanyetik dalga için yansımanın meydana geldiği bir bölgenin varlığı öne sürülmüştür [4].

1903'te Taylor bu tabakanın Güneş ultraviyole radyasyonu tarafından üretilen iyonlaşmadan ileri geldiği düşüncesini geliştirmiştir. Daha sonra Thompson elektronu keşfetmiştir [3].

İyonkürenin sağlam bilimsel temellere oturtularak çalışılması, Breith-Tuve ve Appleton-Barnett tarafından 1925'de elektromanyetik dalgayı yansıtan tabakanın yüksekliğinin deneysel olarak tespitiyle başladı. Daha sonra iyonkürenin tabakalar halindeki doğası kolay anlaşılır hale gelmiştir. Sonraki çalışmalarda farklı tabakaların fiziksel yapısının ne olduğu sorusu daha sıklıkla gündeme gelmiştir. Böylece iyonküre D, E, F sembolleri ile ifade edilen bölgelere ayrılmışlardır.

D, E, F sembollerinin kullanımı 1959'da o güne kadar yapılan bilimsel çalışmaların incelenerek, ortak bir fikrin yapılandırılmasıyla şekillenmiştir. Daha sonraki incelemelerde F-bölgesinde farklı iyonlaşmaların olduğu görülmüş bu nedenle bu bölgede kendi içinde F1 ve F2 diye iki alt bölgeye ayrılmıştır [5]. İyonkürede F2 bölgesindeki elektron sayısı

öğle saatlerinde cm^3 başına yaklaşık 10^{15} dolaylarındadır. Bu bölge radyo dalgalarının yayılma ve yansımada en önemli rolü oynar [6].

Doğal elektromanyetik gürültü kaynakları dünyanın varoluşundan beri bulunmaktadır ve yaşam sistemlerinin gelişimini etkilemektedir. Bu gürültünün nasıl oluştuğu, dağıldığı ve yaşayan sistemlerle etkileşimleri yeryüzündeki yaşam hakkındaki bilgilere katkıda bulunabilir [7]

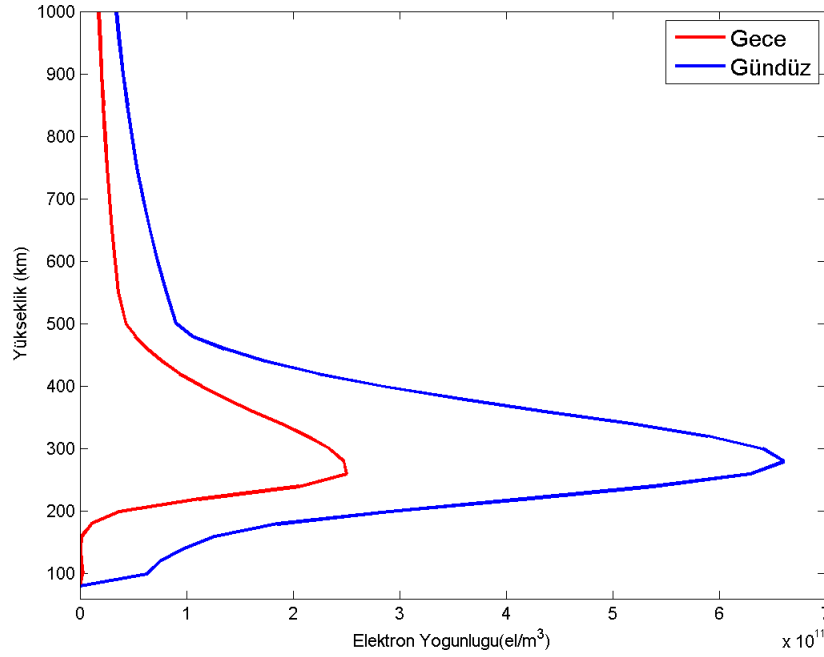
Farklı kaynaklar iyonküre ve manyetokürede farklı frekanslarda doğal gürültüler oluştururlar. Başlıca gürültü kaynağı parçacık etkileşimleri ve dış uzaydan gelen elektromanyetik dalgalarıdır. İyonküredeki diğer bir kaynak ise atmosferde oluşan yıldırım boşalmaları sonucunda ortaya çıkan farklı ve ilginç olaylardır. Yüksek frekanslarda, atmosferde meydana gelen radyo gürültüsü daha az önemlidir ve kozmik gürültü milimetrik dalga boyundadır [7].

Bu çalışmada, iyonkürede dikey olarak yayılan elektromanyetik dalganın farklı modları teorik olarak çözümlenmiş ve 2015 yılı ekinoks ve gündönümü günleri (21 Mart-21 Haziran-23 Eylül-21 Aralık), yerel zaman 12:00 ve 3,4,5,6 MHz frekanslarında dalgaların yansıma yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu modlar ve frekanslar için gürültü sıcaklığı değerleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. İYONKÜRE

İyonküre atmosferin 50. km'sinden başlayarak yaklaşık 1000 km'ye kadar uzanan, pozitif iyonlar, serbest elektronlar ve nötr parçacıklardan oluşmuş yer atmosferinin iletken bir bölgesidir [8]. İyonküre, Kısa Dalga (KD) radyo dalgalarının yayılımı, uydu ve yer istasyonu arasındaki haberleşme, güdüm, seyir ve konumlama sistemleri için büyük bir önem taşımaktadır [9]. İyonküredeki iyon miktarı Güneş, ısınımı ile ilgilidir. Güneş, ısınımı ile iyonküredeki atom ve moleküller iyonlaşarak pozitif yüklü iyonları ve serbest elektronları oluşturmaktadır. Gündüz saatlerinde artmaya başlayan iyonlaşma, gece saatlerinde iyon ve elektronların tekrar birleşmesi nedeniyle azalmaktadır. İyonkürenin fiziksel yapısını belirleyen parametreler zamanda 11 yıllık Güneş çevrimine, yılın mevsimlerine, gece gündüze bağlı olarak değişim göstermektedir. Kuzey yarımküre orta enlem bölgesinde yer alan bir konumda iyonküredeki serbest elektron yoğunluğunun yüksekliğe bağlı olarak, gece ve gündüz vakitlerindeki tipik değişimi Sekil 2.1'de gösterilmiştir. İyonküre karakteristiği konumda enlem boylama bağlı olmakta yüksek enlemler, orta enlemler ve ekvatorial enlemlerde farklılık göstermektedir [10]. İyonkürenin içerdiği atom ve moleküllerin çeşitliliği yükseklikle değiştiği ve bunların ısınları soğurma oranları farklı olduğu için iyonküre D, E, F1 ve F2 katmanlarına ayrılmıştır [11]. Bu katmanlar, farklı yüksekliklerde farklı oranlarda iyonlaşma, bağlanma ve tekrar birleşme süreçleri sonucunda ortaya çıkar [8].

İyonküredeki parçacıkların yoğunluğu $1-10^6/\text{cm}^3$ arasında değişmektedir. Genellikle iyonküre: D (~30–85 km), E (~85–160 km), F (~160 km ve yukarısı) bölgesi olmak üzere üç ana bölgeye ayrılır. Elektron yoğunluğu bakımından en zengin bölge F bölgesidir ve bu bölgede elektron yoğunluğu maksimum değerini 300 km civarında alır [13].



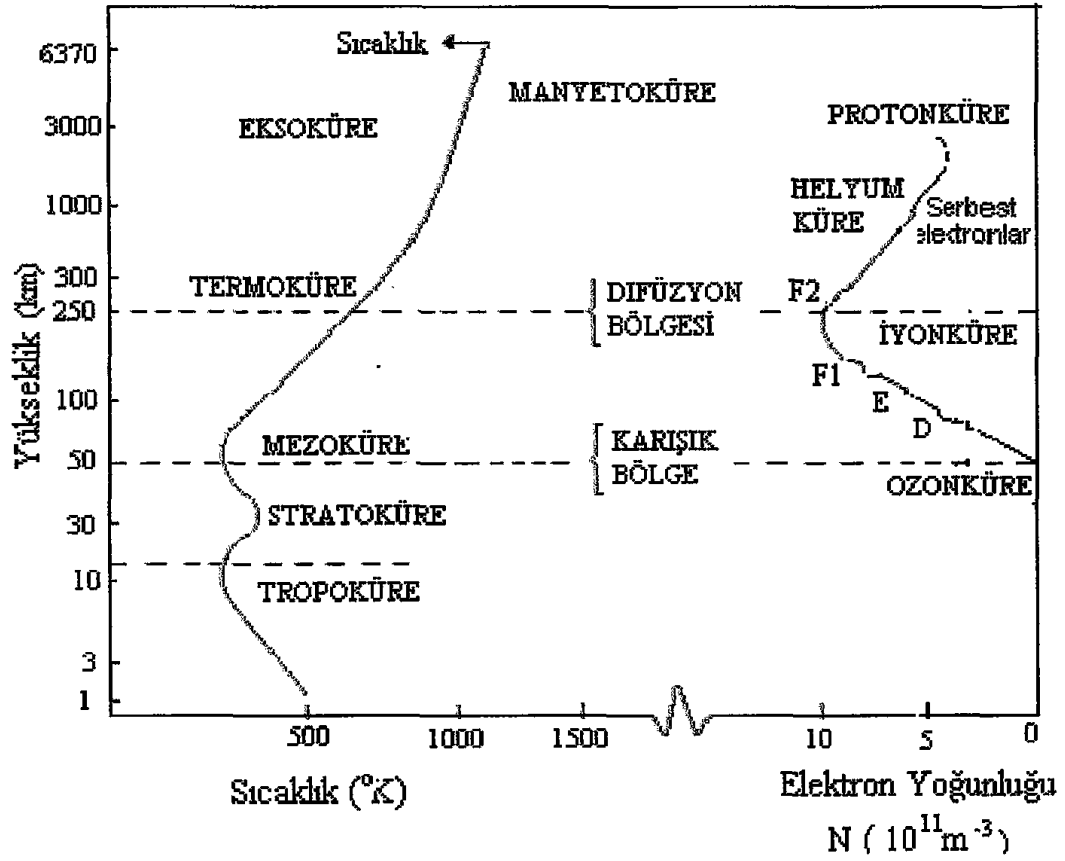
Şekil 2.1: Elektron yoğunluğunun yükseklikle tipik değişimi [12]

İyonkürenin elektron yoğunluğu bakımından en fakir bölgesi D-bölgesidir. Bu bölgede elektron üretimindeki en önemli kaynak X ve mor ötesi ışınımılarıdır. Elektron üretimi Güneşin doğuşundan sonra artmaya başlamaktadır. Güneş ışınları ve kozmik ışınlar yüksek enerjili ($>10^{19}$ eV) olduğu için atmosferde emilmeden D bölgesine inebilmekte ve bu bölgenin alt kısımlarında iyonlaşmaya neden olmaktadır. D bölgesindeki temel iyonlar O_2^+ , N_2^+ ve NO^+ 'dır. Kozmik ışınların iyonlaştırması gece iyonküresi için en önemli kaynaktır. En büyük üretim öğlen saatlerinde olmaktadır. Öğlen saatlerinden sonra elektron üretimi Güneş'in doğuşuna kadar azalır. Gece saatlerinde ~85 km'nin altındaki elektron yoğunluğu yaklaşık $10^2/\text{cm}^3$ mertebesine kadar düşmektedir ve bu yükseklikteki elektron üretimi tamamen kozmik ışınların etkisiyle sağlanmaktadır.

E bölgesinde en çok NO^+ , O_2^+ iyonları ve daha az miktarda O^+ ve N_2^+ iyonları bulunmaktadır. Geceleri $\sim 10^3/\text{cm}^3$ değerinde olan elektron yoğunluğu gündüzleri ortalama olarak $10^5/\text{cm}^3$ değerine çıkmaktadır [14].

F-bölgesini, F1 ve F2-bölgesi olmak üzere ikiye ayırabiliriz. F1 bölgesi iyonlaşmanın, F2 bölgesi ise elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Güneş ışınımı en fazla ~160–180 km arasında emilerek, O_2^+ , N_2^+ , O^+ , He^+ , N^+ iyonlarını oluşturmaktadır. F1 bölgesinde en fazla NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken, ikinci derecede O^+ ve N^+ iyonlarına da rastlanmaktadır. F2 bölgesinde O^+ temel iyonunun yanı sıra, H^+ ,

He^+ ve N^+ iyonları da yer almaktadır [15,16]. Atmosferin ve İyonkürenin yapısıyla ilgili çalışmalar sonucu oluşturulan grafik Şekil 2.2.' de verilmiştir.



Şekil 2.2: Atmosferin sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre bölgelere ayrılışı [8].

3. GÜRÜLTÜ

İnsan ve çevresi üzerindeki etkileri giderek artan gürültü; hoşla gitmeyen ve rahatsız edici duygular uyandıran bir akustik olgu veya beğenilmeyen ve istenmeyen sesler topluluğu olarak tanımlanmaktadır [17].

Bir başka tanıma göre ise gürültü, insanların beden ve ruh sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir parametre veya düzensiz titreşimlerin meydana getirdiği kuvvetli ses olarak da ifade edilebilir. Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde ise gürültünün tanımı şu şekildedir: "Gelişi güzel bir yapısı olan bir ses spektrumudur ki, sübjektif olarak istenmeyen ses biçiminde tanımlanır" [18].

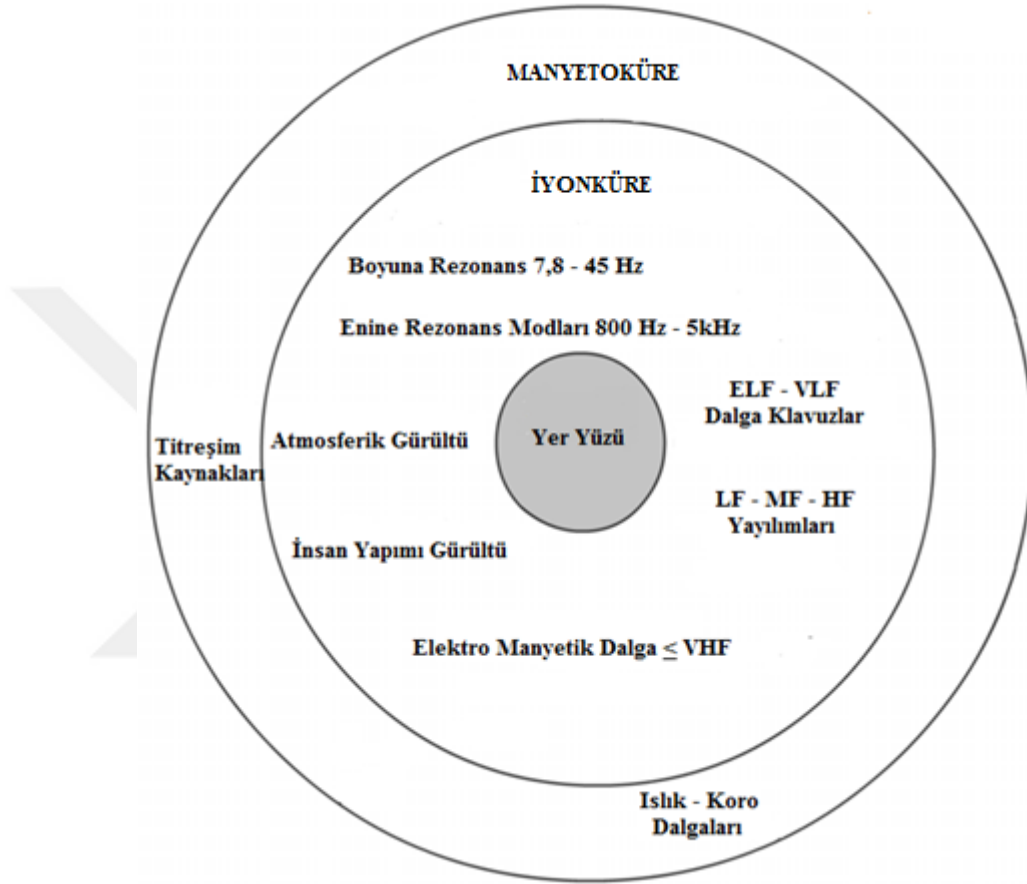
Gürültü, birçok farklı kaynaklardan gelebilir ve genellikle de doğada rastgeledir. Sıcaklık mutlak sıfırın üstünde olduğu sürece, herhangi fiziksel bir sistemde kesinlikle gürültü vardır.

Genelde, gürültü bir sinyal veya istenmeyen bir düzensizlik diye tanımlanır. Gürültü gelen sinyalin üstüne biner ve biz bu iki sinyali birlikte alırız. Genliği sinyal seviyesi ile birlikte aşağı ve yukarı olarak değişebilir. Böyle bir sistemde önemli olan değer Sinyal/Gürültü Oranıdır (Signal to Noise Ratio, SNR). Bu değer bir iletişim sisteminin performansını tanımlar. SNR, sinyal ve gürültünün güçlerinin ortalama kareköklerinin oranı olarak ifade edilir ve desibel (dB) cinsinden verilir [19].

Bu bölümde, doğal ve insan kaynaklı gürültünü her ikisi için iyonkürede ve manyetokürede üretilen en küçük frekanstan başlayarak galaktik gürültüyü kapsayan mikrodalga bandına kadar bütün gürültüler incelenecektir.

Güç iletimi ve iletişim için yapılan teknolojiler insan kaynaklı gürültü olarak bilinmektedir. İletişim ve yayın sistemleri, elektrik enerjisi nakil sistemleri, otomotiv ateşleme sis, endüstriyel ısı süreçler ve tıbbi-bilimsel cihazlardan oluşan insan kaynaklı gürültüler bütün bantlarda fakat eşit olarak dağılmazlar. VLF-HF bandındaki atmosferik gürültü kırsal kesimdeki insan kaynaklı gürültüden on kat daha büyüktür. Fakat iş alanlarında insan kaynaklı gürültü daha fazladır. Genelde insan kaynaklı gürültüler teknolojik uygulamaları ile bağlantılı olarak belirli frekanslarda yoğunlaşmaktadır.

Doğal ve insan kaynaklı gürültülerin her ikisi de iletişim, uzaktan algılama, vb. gibi teknolojik uygulamaları etkileyebilir. Manyetoküre ve iyonkürde oluşan bazı gürültülerin yayılım modlarının adları ve kısaltmaları Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Manyetoküre-iyonküre sistemi içinde doğal ve insan kaynaklı radyo gürültülerinin şematik gösterimi [20].

3.1. Doğal Gürültü

Elektromanyetik dalgaların frekansı mHz ile 300 GHz arasında değişmektedir. Bu frekans bandları, temel doğal gürültü kaynakları ve oluştuğu bölgeler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Frekans Bantları ve Doğal Gürültü Kaynakları [20]

Frekans	Frekans Aralığı	Dalga Boyu (m)	Doğal Gürültü kaynakları	Oluştugu Bölge
ULF (Ultra Düşük Frekans)	1-3000 mHz	$3 \times 10^{11} - 3 \times 10^8$	Manyetokürede oluşan rezonanslar, Güneş'ten gelen parçacıklar ile manyetokürede oluşan basınç ile etkileşimi	Manyetoküre
ELF (Çok Çok Düşük Frekans)	3-3000Hz	$10^8 - 10^5$	İyonküredeki rezonanslar	İyonküre
VLF (Çok Düşük Frekans)	3-30kHz	$10^5 - 10^4$	Atmosferdeki boşalmalar sonucu yayılan enerjinin iyonkürede yayılması	İyonküre
LF (Düşük Frekans)	30-30kHz	$10^4 - 10^3$	Atmosferik gürültü	İyonküre
MF (Orta Frekans)	300-3000kHz	$10^3 - 10^2$	Atmosferik gürültü	İyonküre
HF (Yüksek Frekans)	3-30MHz	$10^2 - 10$	Atmosferik ve kozmik gürültü	İyonküre
VHF (Çok Yüksek Frekans)	30-300MHz	$10 - 1$	Atmosferik ve Kozmik Gürültü	Yer Yüzü (Genellikle iyonküreden geçen kozmik gürültü)
UHF (Ultra Yüksek Frekans)	300-3000MHz	$1 - 10^{-1}$	Kozmik Gürültü	Yer Yüzü (Genellikle iyonküreden geçen kozmik gürültü)
SHF (Süper Yüksek Frekans)	3-30GHz	$10^{-1} - 10^{-2}$	Kozmik Gürültü	Yer Yüzü (Genellikle iyonküreden geçen kozmik gürültü)
EHF (Çok Çok Yüksek Frekans)	30-300GHz	$10^{-2} - 10^{-3}$	Kozmik Gürültü	Yer Yüzü (Genellikle iyonküreden geçen kozmik gürültü)

ULF bandındaki manyetik gürültüler ve elektromanyetik olaylar Dünya'nın manyetik alanının zaman ile değişime bağlıdır. Bunlar günlük, 27 günlük, yıllık ve çok düşük frekanslarda (<1 MHz) oluşan manyetik fırtına tipi değişimlerdir. Bütün bu değişimler « Doğal Manyetik Gürültü » olarak kabul edilebilir. Genlik değişimleri günlük için nT'nin onda biri, kuvvetli manyetik fırtınalarda ise binlerce nT civarındadır [21,22].

Bu bandta jeomanyetik titreşimler vardır. Manyetokürede, jeomanyetik titreşimler en düşük frekanstan çeşitli iyon dönme frekanslarına kadar devam edebilir. Titreşim frekansının ultra düşük frekans olduğu kabul edilir. Jeomanyetik titreşimler ilk olarak 1859

yılında Büyük Aurora Olaylar deneyi sırasında yer tabanlı ölçümler sonucunda gözlemlendi ve daha sonra ayrıntılı incelendi [23].

Manyetokürede oluşan düşük frekanslı titreşimler genellikle Kelvin Helmutz Kararsızlığı ile ilgili olduğu bilinmektedir. Bu kararsızlık manyetoküreyle etkileşen Güneş rüzgârları veya öncü şok bölgesindeki elektromanyetik dalgalar tarafından üretilir [24].

ULF bandındaki diğer elektromanyetik olaylar ise manyetokürenin üzerinde çarpışan parçacıkların sebep olduğu elektromanyetik yayılmaların manyetokürenin içine doğru yayılması sonucunda oluşur. Chorus yayılması ve Auroral Hiss diğer ilgili olaylardır. Chorus yayılmaları dış manyetokürede en yoğun bulunan plazma dalgaları arasında yer alır ve Dünya yüzeyine kadar gelerek genelde orta enlemlerde görülmektedir. Bu yayılımlar duyulabilir ses bantlarında oluşur ve basit bir radyo alıcısı ile bu doğal radyo sinyallerini sese dönüştürebilir. Chorus yayılımları 500 Hz ile 1.2 kHz arasındadır. Auroral Hiss en yaygın elektromanyetik yayılımlardır ve auroral bölgede meydana gelmektedir. Birkaç yüz Hz ile onlarca kHz arasında geniş bir frekans aralığına sahiptirler. Yüksek frekanslarda bu olayın oluşmasının sebebi Whistler (ıslık) mod yayılımının anizotropik karakterinden kaynaklanır [20].

ELF bandındaki temel olay Schumann Rezonanslarıdır. Bu olay 60 Hz altındaki frekansları kapsayan geniş bir elektromanyetik sinyal spektrumuna sahiptir. Schumann Rezonanslarının oluşmasının sebebi Dünya ve iyonkürenin doğal bir dalga klavuzu oluşturmasıdır. Ana rezonans frekansı 7.8 Hz ve üst harmonik bileşenleri ise sırasıyla 15.6, 23.4 ve 31.2 Hz'dir [25-27].

VLF bandında iyonküredeki elektromanyetik gürültünün ana enerji kaynağı yıldırımlardır ve birkaç Hz ile yüzlerce MHz arasında değişen frekans aralığında olabilirler [28,29]. Dünya'da tahminen günlük 2000 fırtına ile birkaç milyon yıldırım oluşmakta ve Dünya yüzeyine her saniyede yaklaşık 100 defa yıldırım düşmektedir. Yıldırım boşalma çok şiddetli olup kolaylıkla 10000 A ulaşabilir. Her boşalma ile salınan enerji miktarı onlarca GJ olabilir. 1 saniyeden az boşalmalarda ortaya çıkan enerji 1-10 GW mertebesinde değişir. Açığa çıkan yıllık toplam enerji 10^{19} J'dür. Eğer bu enerjinin sadece %10 elektromanyetik enerji olarak yayılsaydı 1970 yılında Dünya'daki elektrik güç santralleri tarafından üretilen enerji ile kıyaslanabilirdi [30-32].

VLF radyo dalgaları küçük bir zayıflama oranı ile uzun mesafelerde yayılırlar. Genel olarak Mm başına 2-3 dB ve fazları sabittir. VLF radyo dalgaları küresel dünya yüzeyi ile

elektron yoğunluğuna bağlı olan değişen iyonküre tabakası arasında yansıtılarak yayılırlar. Bu yayılım iyonkürenin en alt tabakası tarafından kontrol edilir. Gündüzleri bu tabaka D-bölgesi geceleri ise E-bölgesidir. VLF yayılımının genliği ve fazı Dünya-İyonküre dalga kılavuzu kullanılarak tanımlanır [12,32]

Bu frekans bandındaki diğer olaylar ise Sferics, Tweeks ve Whistler olaylarıdır. Bunlar radyo atmosferik olaylar diye adlandırılır. Bu sinyal darbeleri yıldırımlar tarafından oluşur ve Dünya-İyonküre dalga kılavuzunda yayılırlar. Bu sinyaller binlerce kilometre gidebilirler. Sferik yayılımı iyonküre parametreleri ile tanımlanır. Bütün AM alıcıları sferikleri anlık tedirginlik olarak algılar. Yıldırım darbelerinin oluşturduğu kıvılcımlar çok düşük frekanslardaki elektromanyetik radyo yayılımının kaynaklarıdır. Radyo gücü genelde VLF bandında 0.1-10 kHz arasındadır. Tweeks'lerin frekans aralığı 1-7 kHz dir. Tweeks'ler normal akşamüzeri güneş battıktan sonra duyulurlar. Whistlers yıldırım deřarđı sonucunda oluşan olağanüstü patlamalardır. Boşalma sonucunda ortaya çıkan enerjinin bir kısmı iyonkreye ait engeli aşıp manyetokre içinde yayılırsa Whistlers radyo alıcılarında azalan bir frekansla ışlık olarak duyulabilir. Frekans bandı 6 kHz ile birkaç yüz Hz aralığındadır. Manyetokürede Whistler dalgaları serbest elektronlarla etkileşirler ve Dünya'nın manyetik alan çizgileri boyunca yayılırlar. Düşük frekanslar yüksek olanlardan 3-6 sn geç gelirler. Bir Whistler dalgasının yayılması mesafeye ve bu mesafenin olduğu ortamın karakteristiklerine bağlıdır [33].

LF / MF / HF frekans aralığındaki doğal elektromanyetik gürültünün kaynağı atmosferik elektrik boşalmalarıdır. Doğal LF / MF / HF gürültü ölçümleri radyo cihazlarının gelişmesiyle birlikte artmıştır. Yıldırım boşalmaları sonucunda oluşan elektromanyetik dalgalar iyonkürenin sınırından kaçamazlar. Bu dalgalar en fazla sönüme uğradıkları iyonkürenin en alt tabakasına frekanslarına bağlı olarak nüfuz ederler. Radyo dalgaları iyonkürenin st tabakalarından yansır. Ayrıca dalga ile arasındaki açıda önemlidir. Yol geometrisine bağlı olarak birkaç yayılım modu belirlenebilir. Ayrıca kozmik gürültünün iyonküre plazma frekansından yüksek frekanslardadır. En düşük kozmik gürültü frekansı iyonküredeki şartlara bağlıdır. En güçlü seviyeler ekvator bölgesinde ve en düşük ise Antartika'da görülmektedir. 1960'larda Uluslararası Radyo Danışma Komitesi (Consultative Committee International Radio, CCIR) tarafından başlatılan bir çalışma ile LF / MF / HF frekans aralığında atmosferik gürültü araştırılmaya

başlandı. Bu amaçla Dünya üzerinde 16 radyometere kuruldu ve sonuçları rapor olarak 1964 ve 1988 yıllarında yayınlandı.

UHF / SHF / EHF frekans aralığında baskın olan gürültü kozmik (galaktik) gürültüdür. Kozmik gürültü birçok açıdan dünyevi doğal gürültüye benzer. Bu sebeple radyo ölçümlerinin başlangıcında bu ikisini birbirinden ayırmak çok zordu. Radyo astronomisinin doğuşuyla birlikte kozmik gürültü keşfedilmiş oldu. 1931 yılında Karl Jansky 20.5 MHz çalışan bir anten inşa etti ve birkaç aylık dikkatli gözlem sonucunda kaydedilen gürültünün Güneş sistemi dışından kaynaklandığını saptadı [34]. 1940 yılında Grote Reber 160 MHz'de ilk Samanyolu galaksisinin ilk radyo haritasını yaptı. Bununla birlikte, Güneş, Jüpiter ve diğer gezegenlerden gelen radyo dalgaları astronomlar tarafından tanımlanmaya başlandı. Bu kaynaklardan bazıları çok güçlü veya özel bir davranış gösterirler.

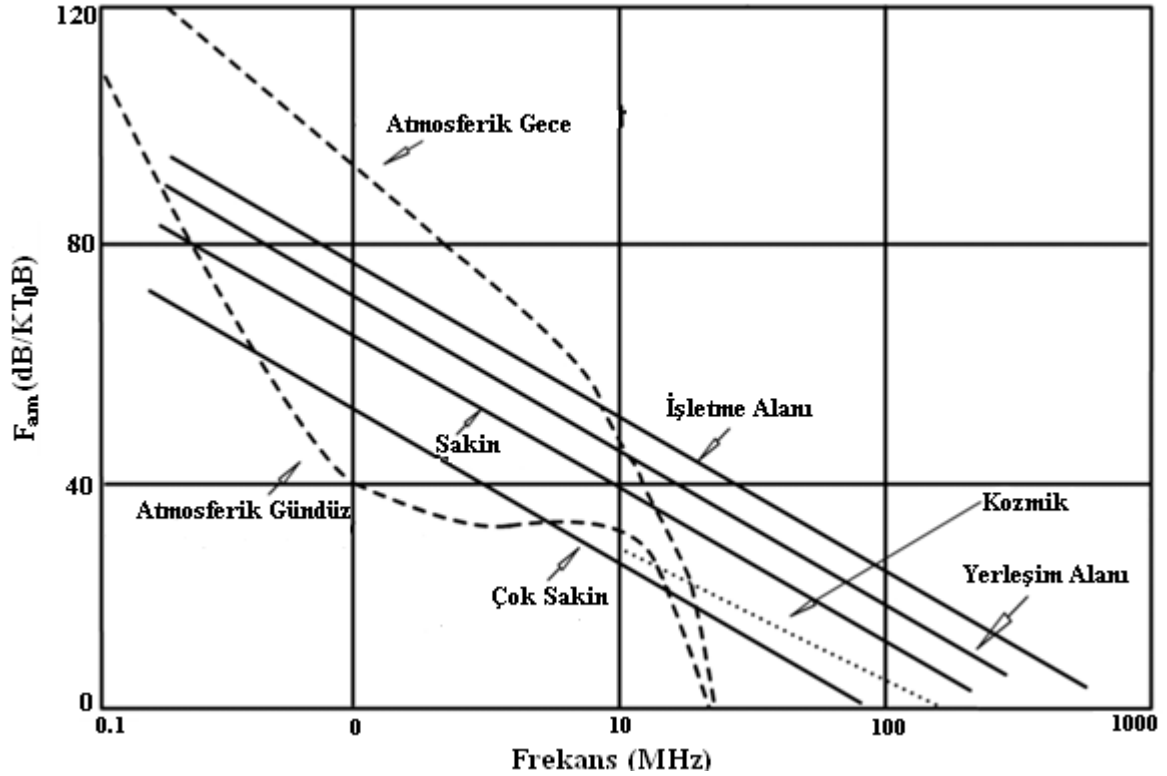
Bundan başka Galaktik ve Yıldız sistemleri kuvvetli ve ortak gürültü kaynakları üretirler. Termal gürültü uzayda elektriksel yüklü parçacıkların rastgele hareketi sonucunda oluşur. Bir dağıtıcı ortamda Termal gürültü elektron ve iyonların hareketleriyle artış gösterir. Diğer kaynaklar ise Bremsstrahlung yayılımı olarak adlandırılır ve temel olarak proton ve elektron çarpışmaları sonucunda ortaya çıkar [20].

Radyo sinyalleri açısından büyük bir çeşitliliğe sahip tek gezegen Dünya değildir. Neredeyse bütün gezegenlerin elektromanyetik geçmişi vardır. Örneğin Venüs Dünya'ya çok benzer ve dört gaz devi Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün HF radyo sinyallerinin doğal vericileridir. Çok büyük atmosferik boşalmalar nedeniyle Jüpiter büyük radyo vericilerinden biridir. Güneş sistemimizdeki en güçlü verici ise Güneş'tir. Manyetik dalgalar, parlamalar ve elektrik yüklü nükleer parçacıklar ve iyonların oluşturduğu fırtınalar Güneş spektrumu olarak bilinen elektromanyetik dalga yayılımına direkt olarak sebep olurlar veya etkilerler [20].

3.2. İnsan Kaynaklı Elektromanyetik Gürültü

İnsan kaynaklı gürültünün temel kaynağı teknolojidir. Genellikle güç hatları, radyo ve TV haberleşme sistemlerine olan uzaklığa, frekansa ve yayılan güce bağlıdır. Güç ve frekansın zamansal ve uzaysal dağılımı insan kaynaklı gürültüleri en iyi tanımlayan niceliklerdir. Diğer önemli karakteristikler ise yayılan dalgaların tipi, modülasyonu ve

dalganın polarizasyonudur. Dünya'daki insan kaynaklı gürültüler genelde iş, endüstri ve yerleşim alanlarında oluşur. Kırsal alanlarda gürültü daha azdır [35]. Frekans bandına bağlı olarak kırsal alanlardaki insan kaynaklı gürültü diğer alanlardan ortalama 20-30 dB daha düşüktür. Bu durum Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Ayrıca 1960'larda uydu iletişiminin başlaması Dünya üzerinde oluşan insan kaynaklı gürültülerin ölçülmesine katkıda bulunmuştur.

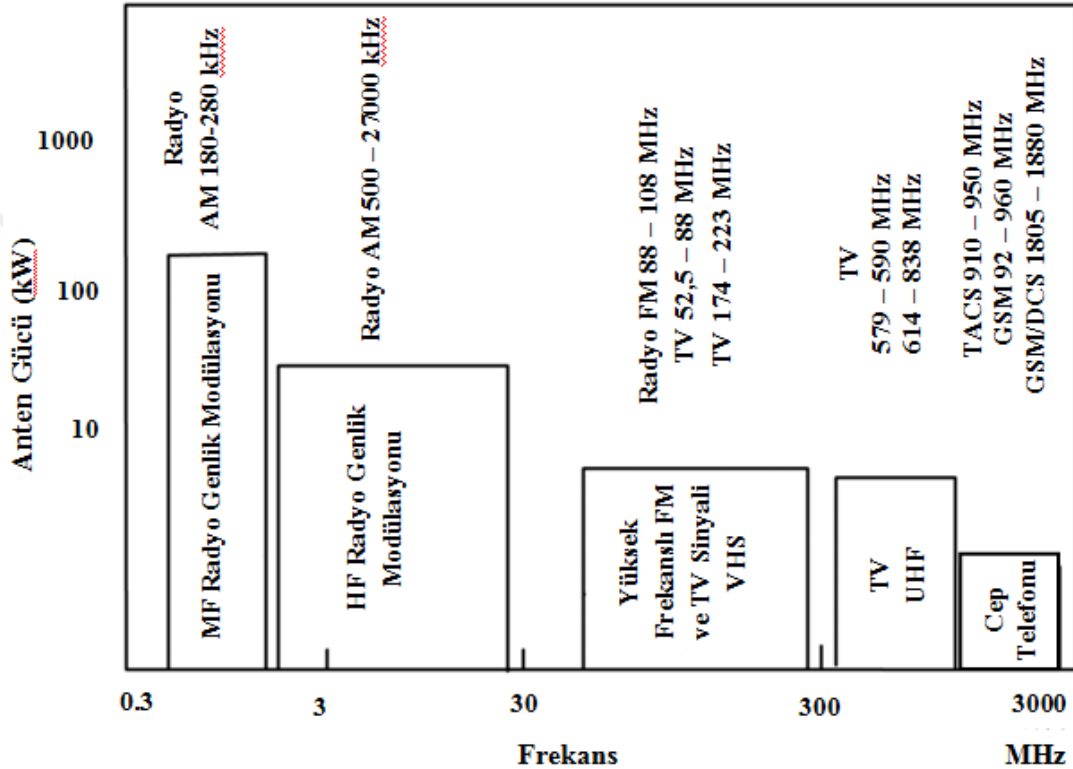


Şekil 3.2. İnsan yapımı radyo gürültü enerji ve medyan değerlerinin (F_{am} açısından ($T_0 = 288^\circ K$ ısı gürültü üzerinde dB) olarak ifade edilmiştir. Atmosferik gürültü (kesikli çizgi) ve kozmik arka plan gürültü (noktalı çizgi) insan yapımı gürültü ile karşılaştırma için bildirilmiştir [20].

ELF bandındaki en önemli insan yapımı gürültü genellikle frekansı 50 Hz (ABD 60 Hz) olan elektrik iletim hatlarıdır. Antarktika dışında Dünya'nın hemen hemen tamamı iletim hatları ile döşendiğinden dolayı bu frekanstaki en büyük gürültü kaynağı bunlardır. Bu frekansta üretilen elektrik ve manyetik alanlar güç hatlarının çok kutuplu şekliinden dolayı ayrışır ve mesafeyle azalır.

VLF-HF bandında insan kaynaklı gürültü yayılımı elektronik elemanlara, endüstriye ve radyo iletişim cihazlarına bağlıdır. Çünkü bunların tamamı elektriksel

osilatörler kullanır ve radyo yayınında istenmeyen gürültüler oluştururlar. Temel yerel kaynaklar AM haberleşmesi ve bazı endüstriyel cihazlardır. İkincisi ise manyetik indüksiyon kullanılan ısıtıcılar ve materyallerdeki dielektrik kayıplardır. Otomobil ateşlemesi gibi sayısız zayıf gürültü kaynakları da vardır. Ayrıca kapalı ortamlarda bulunan elektrikli ev aletleri, bilgisayar monitörleri ve televizyon gibi aletler de gürültü kaynaklarıdır. Şekil 3.3’de en fazla güç yayan iletişim sistemleri tanımlanmıştır.



Şekil 3.3. En yaygın haberleşme sistemlerinin tarafından yayılan güç [20].

VHF-UHF bandındaki elektromanyetik yayılımın temel kaynağı FM radyo haberleşmesi ve mobil telefon iletişimidir. Radar ve uydu sistemleri bu banttaki gürültü seviyesinde o kadar etkili değildir. Kapalı alanlarda bulunan en önemli etkenler kablosuz telefonlar, mikrodalga fırınlar sayılabilir. Ama bunlar dış ortamdaki kadar önemli etki yapmazlar.

SHF-EHF bandı uydu haberleşme sistemlerini, radar sistemlerini, bilimsel ve medikal cihazları kapsar. Bu sebepten dolayı SHF ve EHF bandında insan kaynaklı gürültü çok düşüktür. Bunların fiziksel yayılım süreçleri SHF ve EHF dalgaları için yayılım modlarını gözlem ve ölçümlere bağlıdır.

4. DİKEY YAYILAN ELEKTROMANYETİK DALGANIN SÖNÜM KATSAYISI

Elektron için hareket denklemi aşağıdaki şekildedir.

$$m_e \frac{d\mathbf{V}_e}{dt} = -q_e(\mathbf{E} + \mathbf{V}_e \times (\mathbf{B}_0 + \mathbf{B})) - m_e \nu_e \mathbf{V}_e \quad (4.1)$$

Bu ifadedeki m_e elektronun kütlesi, V_e elektronun hızı, q_e elektronun yükü, $\mathbf{E}$ ve $\mathbf{B}$ iyonküre plazmasına gönderilen elektromanyetik dalganın elektrik ve manyetik alanları, $\mathbf{B}_0$ Yer'in manyetik alanı ve ν_e ise elektron çarpışma frekansıdır. Yüksek frekanslı dalgalar çalışıldığından $\mathbf{V}_e \times \mathbf{B}$ terimi yanında ihmal edilebilir [36]. Hız, elektrik ve manyetik alanın zamanla $e^{-i\omega t}$ şeklinde değiştiği ve $q_e = -e$ olduğu göz önüne alınırsa (4.1) denklemi,

$$i\omega \mathbf{V}_e = \frac{e}{m_e} (\mathbf{E} + \mathbf{V}_e \times \mathbf{B}_0) + \nu_e \mathbf{V}_e \quad (4.2)$$

olarak yazılır. Seçilen kartezyen koordinat sisteminde x-ekseni coğrafik doğuyu y-ekseni coğrafik kuzeyi ve z-ekseni ise düşey doğrultuda yukarı yönü gösterebilir. Buna göre dalganın elektrik alanı $\mathbf{E} = \hat{x}E_x + \hat{y}E_y + \hat{z}E_z$ ve elektron hızı $\mathbf{V}_e = \hat{x}V_{ex} + \hat{y}V_{ey} + \hat{z}V_{ez}$ olur. Yer'in manyetik alanının $\mathbf{B}_0 = \hat{z}B_0$ olduğu kabul edilirse, (4.2) denklemindeki $\mathbf{V}_e \times \mathbf{B}_0$ çarpımı,

$$\mathbf{V}_e \times \mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ V_{ex} & V_{ey} & V_{ez} \\ 0 & 0 & B_0 \end{bmatrix} = \hat{x}V_{ey}B_0 - \hat{y}V_{ex}B_0 \quad (4.3)$$

şeklinde yazılır. $\mathbf{V}_e \times \mathbf{B}_0$ ifadesinin bu değeri (4.2) denkleminde yerine yazılarak elektronun hız bileşenleri, (4.3) denkleminde ise $\mathbf{J} = -eN_e\mathbf{V}_e$ yazılarak akım yoğunluğu bileşenleri aşağıdaki gibi elde edilir [37].

$$J_x = -\frac{\epsilon_0 \omega_{pe}^2 (\nu_e - i\omega)}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]} E_x - \frac{\epsilon_0 \omega_{pe}^2 \omega_{ce}}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]} E_y \quad (4.4)$$

$$J_y = -\frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2 \omega_{ce}}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]} E_x - \frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2 (\nu_e - i\omega)}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]} E_y \quad (4.5)$$

$$J_z = -\frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2}{(\nu_e - i\omega)} E_z \quad (4.6)$$

Bu ifadelerdeki ω dalganın frekansı, $\omega_{ce} = \left(\frac{eB_0}{m_e}\right)$ ise elektronun dönme (siklotron) frekansı, ε_0 serbest uzayın dielektrik katsayısı ve $\omega_{pe}^2 = \left(\frac{e^2 N_e}{m_e \varepsilon_0}\right)$ ise elektron için plazma titreşim frekansıdır. Genelleştirilmiş Ohm kanunu gözönüne alınarak bu ifadeler,

$$\begin{bmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & \sigma_2 & 0 \\ -\sigma_2 & \sigma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

şeklinde yazılır. Buradaki σ iletkenlik tensörü içerisindeki $\sigma_0 = \frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2}{(\nu_e - i\omega)}$, $\sigma_1 = \frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2 (\nu_e - i\omega)}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]}$ ve $\sigma_2 = \frac{\varepsilon_0 \omega_{pe}^2 \omega_{ce}}{[\omega_{ce}^2 + (\nu_e - i\omega)^2]}$ dir ve σ_0 paralel, σ_1 pedersen ve σ_2 Hall iletkenliği olarak isimlendirilir.

4.1.Dalganın Kırılma İndisi

Elektromanyetik dalganın herhangi bir ortamdaki davranışını belirleyen temel nicelik ortamın kırılma indisi n dir. Ortamın kırılma indisi elektromanyetik dalganın davranışını belirleyen Maxwell denklemleri kullanılarak ifade edilen dalganın ayrılım bağıntısından elde edilecektir. Maxwell denklemleri,

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (4.8)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (4.9)$$

(4.8) denkleminin rotansiyeli alınıp iletkenlik tensörü ifadesine bağlı $\mathbf{J}$ akım yoğunluğunun değeri (4.9) denkleminde yerine yazılırsa,

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \omega^2 \left[\mathbf{I} + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0 \omega} \right] \cdot \mathbf{E} \quad (4.10)$$

ifadesi elde edilir. Burada $\mathbf{I}$ birim tensördür. Elektrik alan $e^{i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)}$ şeklinde değiştiğinden $\nabla = i\mathbf{k}$ olarak alınabilir. Bu durumda (4.10) denklemindeki eşitliğin sol tarafı,

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = k^2 \mathbf{E} - \mathbf{k}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{E}) \quad (4.11)$$

olarak ifade edilir. Bu ifadedeki $\mathbf{k}$ dalga vektörü, $\mathbf{n}$ kırılma indisi cinsinden $\mathbf{k} = \frac{\omega}{c} \mathbf{n}$ tanımlanarak 4.10 denklemi yeniden düzenlenirse kırılma indisi cinsinden aşağıdaki gibi olur.

$$n^2 \mathbf{E} - \mathbf{n}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) = \left[\mathbf{I} + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0 \omega} \right] \cdot \mathbf{E} \quad (4.12)$$

Bu ifade elektromanyetik dalganın ayrılım bağlantısı olarak bilinir. Bu ifade düzenlenerek ve eşitliğin her iki tarafını matris formunda yazarak gerekli işlemler yapılırsa, aşağıda ki denklem elde edilir.

$$\begin{bmatrix} n^2 \cos^2 \theta - S & iD & -n^2 \sin \theta \cos \theta \\ -iD & n^2 - S & 0 \\ -n^2 \sin \theta \cos \theta & 0 & n^2 \sin^2 \theta - P \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

$$\text{Bu ifadedeki } P = 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega(\omega + i\vartheta_e)} \quad , \quad S = 1 - \frac{\omega_{pe}^2 (\omega + i\vartheta_e)}{\omega[(\omega + i\vartheta_e)^2 - \omega_{ce}^2]} \quad \text{ve}$$

$$D = - \frac{\omega_{pe}^2 \omega c}{\omega[(\omega + i\vartheta_e)^2 - \omega_{ce}^2]} \quad \text{dir.}$$

4.2.Sönüm (Absorbsiyon) Katsayısı

Yukarıdaki (4.13) denkleminde $\theta = 0$ alınıp çözüm yapılırsa kutuplanmış dalgalar için kırılma indisi elde edilir. Kutuplanmış dalgalar sağa (Right-handed, R) ve sola (Left-

handed, L) olmak üzere ikiye ayrılır. Bu durumda kırılma indisinin reel ve sanal kısma ayrılmış hali aşağıdaki gibidir [38].

$$n_R^2 = 1 - \frac{X(1-Y)}{[(1-Y)^2+Z^2]} + iZ \frac{X}{[(1-Y)^2+Z^2]} \quad (4.14)$$

$$n_L^2 = 1 - \frac{X(1+Y)}{[(1+Y)^2+Z^2]} + iZ \frac{X}{[(1+Y)^2+Z^2]} \quad (4.15)$$

Burada $X = \frac{\omega_{pe}^2}{\omega^2}$, $Y = \frac{\omega_{ce}}{\omega}$ ve $Z = \frac{\vartheta}{\omega}$ dir.

HF dalgası z -doğrultusunda ilerlemesine rağmen jeomanyetik alanın geometrisinden dolayı y -(veya x) doğrultusunda yayılan dalgalar da vardır. (4.13) denkleminde $\theta = \frac{\pi}{2}$ alınırsa bu dalgalar elde edilir. Bunlar ise ordinari (O-wave) ve ekstraordinari (X-wave) dalgalarıdır. Bu farklı modların kırılma indisleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$n_o^2 = 1 - \frac{X}{[1+Z^2]} + iZ \frac{X}{[1+Z^2]} \quad (4.16)$$

$$n_x^2 = 1 - \frac{X[(1-X)(1-X-Y^2)+Z^2]}{[1-X-Y^2-Z^2]^2+Z^2(2-X)^2} + iZ \frac{X[(1-X)^2+Y^2+Z^2]}{[1-X-Y^2-Z^2]^2+Z^2(2-X)^2} \quad (4.17)$$

Bu denklemler kırılma indisi ifadelerinin kompleks olduğunu göstermektedir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak kırılma indisi reel ve sanal kısımlarına ayrılabilir.

$$n^2 = (\alpha + i\beta)^2 = M + iN \quad (4.18)$$

Kırılma indisinin sanal kısmı dalga'nın sönümünü tanımlar [38-40].

$$\beta^2 = \frac{1}{2} \left[(M^2 + N^2)^{\frac{1}{2}} - M \right] \quad (4.19)$$

Dalga'nın sönüm (Absorbsiyon) sabiti ise aşağıdaki ifade ile verilir.

$$\kappa = \frac{\omega}{c} \beta \quad (4.20)$$

İyonosferdeki iki nokta arasındaki Absorbsiyon dB cinsinden aşağıdaki ifade ile verilir[41].

$$L = 8,68 \int \kappa ds \quad (4.21)$$

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Gürültü Faktörü ve Gürültü Sıcaklığı

Yeryüzünde ya da gökyüzünde bulunan tüm nesneler yaydıkları enerjiden dolayı birer gürültü kaynağıdır. Buna bağlı olarak uzun yıllardan beri Dünya'nın farklı bölgelerinde sayısız yerüstü radyo gürültü ölçüm sistemleri bulunmaktadır. Haberleşme sistemlerinde bir işaretin doğru algılanması önemlidir. Ama gürültü, radyo iletişim sistemlerinin performanslarında sınırlayıcı faktör olabilir. Uyduların gelişmesiyle beraber iyonküredeki radyo gürültü ölçümleri uyduların yörüngeleri boyunca yapılmaya başlanmıştır. Bu ölçümler ışığında gürültü spektrumunun galaktik, kozmik ve Güneş kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. Elektromanyetik dalgalar Dünya'nın yüzeyinden uydulara giderken iyonküre tarafından etkilenirler. Elektromanyetik dalgalar iyonküre içerisinde ilerlerken yaydıkları enerjilere karşı iyonküre bir yüksek geçirgen filtre gibi davranır [42].

Filtreler, zayıflatıcılar, amplifikatörler, kablolar, dalga kılavuzları ve optik fiberler iki portlu cihazlardır. Yani giriş ve çıkışları vardır. Sinyal iki uç arasında iletilirken iki uç arasındaki gürültü kaynaklarından dolayı sinyale gürültü eklenir. Bir sistemin gürültülülüğü gürültü faktörü (F) ile tanımlanır. Gürültü faktörü sistemin giriş SNR değerinin çıkış SNR değerine oranıdır. Uydu iletişim sistemlerinde, gürültüyü çoğunlukla bir desibelin onda biri ya da yüzde biri gibi küçük artımlara ayırmak ya da bu artımlar halinde ölçmek gereklidir. Gürültü faktörü ifadesi aşağıdaki şekilde verilir [19].

$$F=L \quad (5.1)$$

Bu ifade kayıplı iki uçun gürültü faktörünün sayısal olarak zayıflama kaybına eşit olduğunu gösterir [19]. Bu denklemden kayıp oranı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\text{Kayıp Oranı} = 10^{\frac{L}{10}} \quad (5.2)$$

Standart biçimiyle gürültü faktörü kesin hesaplamalar için yetersizdir. Dolayısıyla, bir uydu sisteminin performansını değerlendirirken, genelde çevresel sıcaklık (T_0) ve

gürültü sıcaklığı (T_g) kullanılır. Gürültü Sıcaklığı, bir sistemde işarete eklenen gürültünün miktarını göstermek üzere kullanılan sıcaklık olarak ifade edilir. Gürültü sıcaklığı ne kadar az ise eklenen gürültü o kadar azdır. Eğer iki nokta arasındaki bütün bileşenlerin T_0 sıcaklığında olduğu kabul edilirse, gürültü sıcaklığının ifadesi Kelvin cinsinden,

$$\text{Gürültü Sıcaklığı} = (\text{Kayıp Oranı} - 1) \times T_0 \quad (5.3)$$

şeklinde olur.

Örneğin 10 desibellik ($L=10$) bir zayıflama $F=10$ ve $T_e=9T_0$ değerlerine sahip olacaktır ve sinyal-gürültü oranını 10 dB azaltacaktır. 0.05 dB/m bir kayıp oranına sahip 10 metre uzunluğunda ki bir kablonu gürültü faktörü 0,5 dB (kayıp oranı 1,12) ve gürültü sıcaklığı $0,12 \times T_0 = 34,8^\circ\text{K}$ ($T_0 = 290^\circ\text{K}$) olacaktır [19] .

5.2. Uluslararası İyonküre Referans Modeli (International Reference Ionosphere-IRI)

IRI modeli, 1969 yılında kurulduğundan bu yana iyonkürenin karakteristiklerini belirlemek amacıyla Uzay Araştırma Komitesi (COSPAR) ve Uluslararası Radyo Bilimi Birliği (URSI) ortaklığında iyonküre ile ilgili iyonsonda verilerinin işlenmesiyle geliştirilen standart modeldir [43]. IRI belirlenen zaman ve koordinat için iyonkürede yerel dik eksen doğrultusunda saatlik ortalama elektron yoğunluğu, iyon ve elektron sıcaklığı, iyon bileşenlerini (O^+ , H^+ , N^+ , He^+ , O_2^+ , NO^+) ve toplam elektron içeriğini 50 km ile 2.000 km aralığında 50 km çözünürlüğünde hesaplamaktadır [44]. IRI modeli programına sadece NASA'nın internet sitesi üzerinden çevrimiçi olarak erişilmektedir. Ayrıca Fortran kodu da verilmektedir [45].

5.3. Kütle Spektrometresi Bağımsız Dağılım Modeli (Mass-Spectrometer-Incoherent-Scatter, MSISE-90)

MSISE modeli Dünya atmosferinde yeryüzünden termosferik yüksekliklere kadar olan bölgedeki nötr sıcaklık ve yoğunlukları tanımlar. 72.5 km altında model öncelikle MAP el kitabında tanımlanan bölgesel sıcaklık ortalama listelerine ve Barnett ve Corney tarafından aynı zamanda CIRA-86 içinde kullanılan basınç terimlerine dayanmaktadır [46].

20 km altındaki veriler Ulusal Meteoroloji Merkezi'nden alınan ortalamalar ile takviye edilmiştir. Buna ek olarak 1947 den 1972 ye kadar olan pitot tüpü, düşen küre viskozimetresi ve ses roket ölçümleri de dikkate alınmıştır. 72.5 km üzeri için ise MSISE-90 temel olarak MSIS-86 modelinin revize edilmiş hali olup veriler uzay mekiği uçuşlarından elde edilen yeni dağılımlardan elde edilmiştir. MSISE -90 modeli özel olarak troposferik çalışmalar için tasarlanmış bir model değil aynı zamanda birçok atmosferik sınır içinde kullanılan bir modeldir [47,48].

5.4. *Matris Laboratuvarı* (MATrix LABoratory, MATLAB)

MATLAB, temel olarak nümerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. Matlab programının tipik kullanım alanları: Matematik and hesaplama işlemleri / Algoritma geliştirme / Modelleme, simülasyon (benzetim) ve öntipleme / Veri analizi ve görsel efektlerle destekli gösterim / Bilimsel ve mühendislik grafikleri / Uygulama Geliştirme şeklinde özetlenebilir [49]

MATLAB, ilk olarak Fortran Linpack ve Eispack projeleriyle geliştirilen ve bu programlara daha etkin ve kolay erişim sağlamak amacıyla 1970'lerin sonlarında yazılmıştır. İlk başlarda bilim adamlarına problemlerin çözümüne matris temelli teknikleri kullanarak yardımcı olmaktadır [50]. Bugün ise geliştirilen yerleşik kütüphanesi ve uygulama ve programlama özellikleri ile gerek üniversite ortamlarında (başta matematik ve mühendislik olmak üzere tüm bilim dallarında) gerekse sanayi çevresinde yüksek verimli araştırma, geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca işaret işleme, kontrol, fuzzy, sinir ağları, wavelet analiz gibi bir çok alanda ortaya koyduğu Toolbox adı verilen yardımcı alt programlarla da özelleştirilmiş ve kolaylaştırılmış imkânlar sağlamış ve sağlamaya da devam etmektedir [50]

6. BULGULAR

Bu çalışmada, 2015 yılı ekinoks ve gündönümü günleri (21 Mart-21 Haziran-23 Eylül-21 Aralık) ve yerel zaman 12:00 için 3,4,5,6 MHz frekanslarında iyonküredeki gürültü sıcaklığı değerleri hesaplanmıştır. Manyetik alan $B=4 \times 10^{-5}$ T olarak alınmıştır. Bunun hesaplamalar için ilk önce gerekli olan veriler IRI-2012 ve MSIS-E90 modelinden elde edilerek ekinoks ve gündönümü günleri için veri setleri oluşturulmuştur. Toplam çarpışma frekansları aşağıdaki denklemlerden hesaplanmıştır [38].

$$\begin{aligned} \nu_{en} = & 2.33 \times 10^{-17} [N_2] (1 - 1.21 \times 10^{-4} T_e) T_e \\ & + 1.8 \times 10^{-16} [O_2] (1 + 3.6 \times 10^{-2} \sqrt{T_e}) \sqrt{T_e} \\ & + 8.9 \times 10^{-16} [O] (1 + 5.7 \times 10^{-4} T_e) \sqrt{T_e} \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\nu_{ei} = N_e 10^{-6} \left[59 + 4.18 \log \left(\frac{T_e^3}{N_e} \right) \right] T_e^{-3/2} \quad (6.2)$$

$$\nu_e = \nu_{ei} + \nu_{en} \quad (6.3)$$

Bu veri setlerini kullanarak sırasıyla toplam çarpışma frekansı (denklem 6.3), dalganın sönüm sabiti (denklem 4.19,4.20,4.21), kayıp oranı (denklem 5.2) ve gürültü sıcaklığı (denklem 5.3) değerlerinin hepsi matlab da program yazılarak hesaplanmıştır.

Ayrıca dikey yayılan elektromanyetik dalgaların frekanslarına bağlı olarak yansıma yüksekliklerini bulabilmek için ise kırılma indisinin sıfır olduğu değerleri belirlemek gerekir. Bunun için sağa ve sola kutuplanmış dalgalar, ordinari ve ekstraordinari dalgalar için denklem (4.14-4.17) verilen kırılma indislerinin reel kısımları sembolik olarak matlab programı ile çözülmüştür. Bu ifadeler bulunurken çarpışma frekansı plazma salınım frekansı yanında ihmal edilmiştir.

$$\omega_0 = \omega_{pe} \quad (6.4)$$

$$\omega_R = \frac{1}{2}\omega_{ce} + \frac{1}{2}(\omega_{ce}^2 + 4\omega_{pe}^2)^{1/2} \quad (6.5)$$

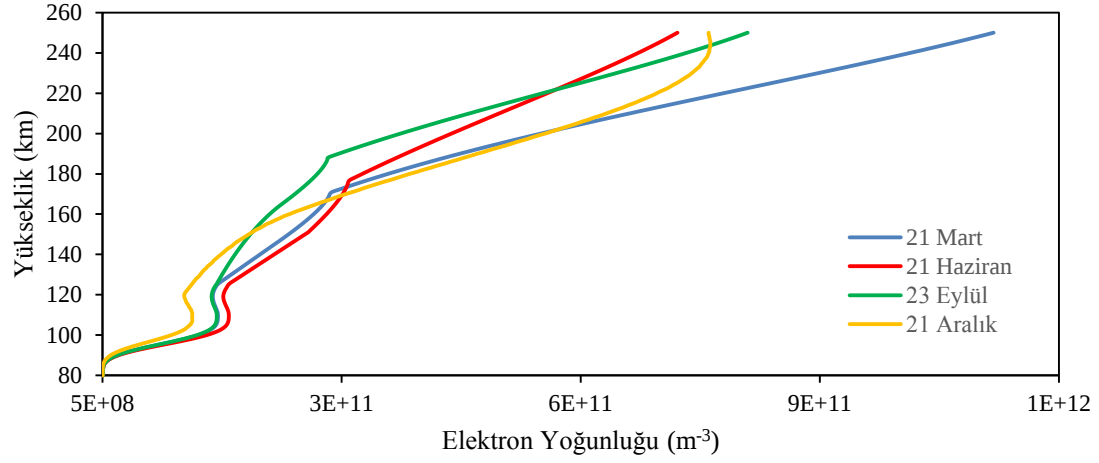
$$\omega_L = -\frac{1}{2}\omega_{ce} + \frac{1}{2}(\omega_{ce}^2 + 4\omega_{pe}^2)^{1/2} \quad (6.6)$$

$$\omega_{EXT} = (\omega_{ce}^2 + \omega_{pe}^2)^{1/2} \quad (6.7)$$

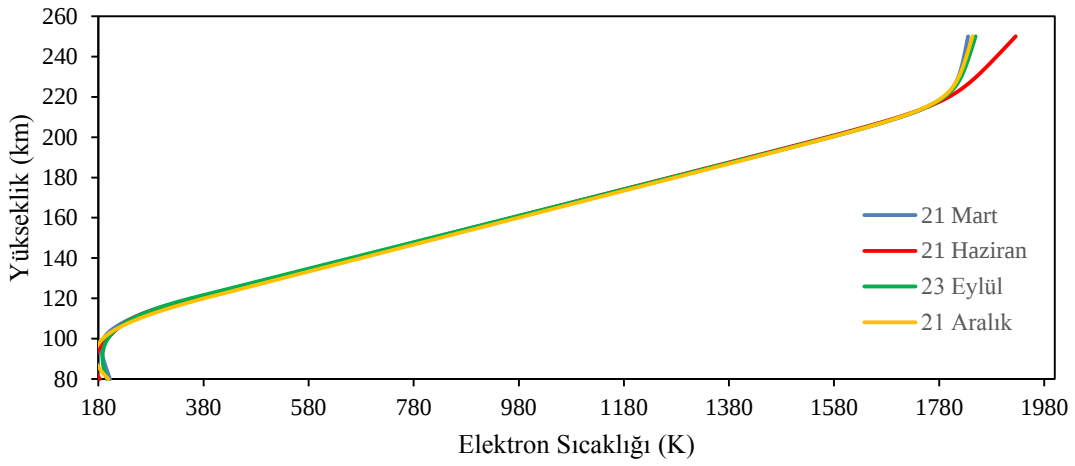
Yukarıda ifade edilen denklemlere bağlı olarak hesaplanan frekansa bağlı ekinoks ve gündönümü günlerine ait yansıma yükseklikleri Tablo 6.1’de verilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada hesaplamalarda kullanılan ve IRI-2012 ve MSISE-90 modellerinde elde edilen elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, atomik oksijen, nitrojen ve oksijen moleküllerinin yoğunlukları sırasıyla Şekil 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5’te verilmiştir.

Tablo 6.1: Ekinoks günlerinde farklı mod ve frekanslar için yansıma yükseklikleri

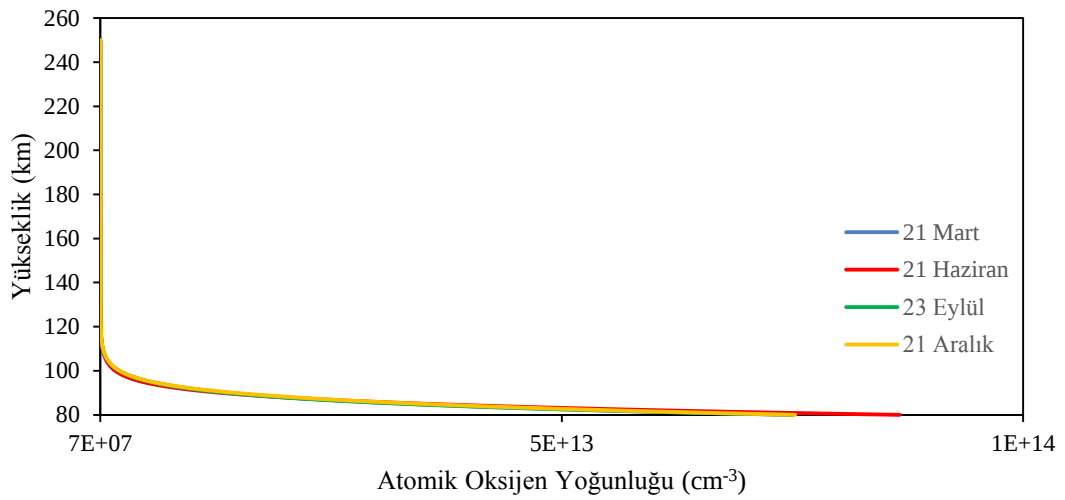
	Yansıma Yükseklikleri (km)															
Ekinoks ve Gündönümü Günleri	21 Mart				21 Haziran				23 Eylül				21 Aralık			
Frekans (MHz)	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
Ordinari	99	140	173	189	98	135	176	201	99	155	191	208	106	153	170	187
Sağa Kutuplu	95	103	150	178	94	100	144	184	95	103	168	197	97	137	160	175
Sola Kutuplu	108	155	181	196	103	149	188	212	108	173	199	215	141	162	178	194
Ekstraordinari	95	105	149	178	94	101	143	183	95	106	167	196	97	136	159	175



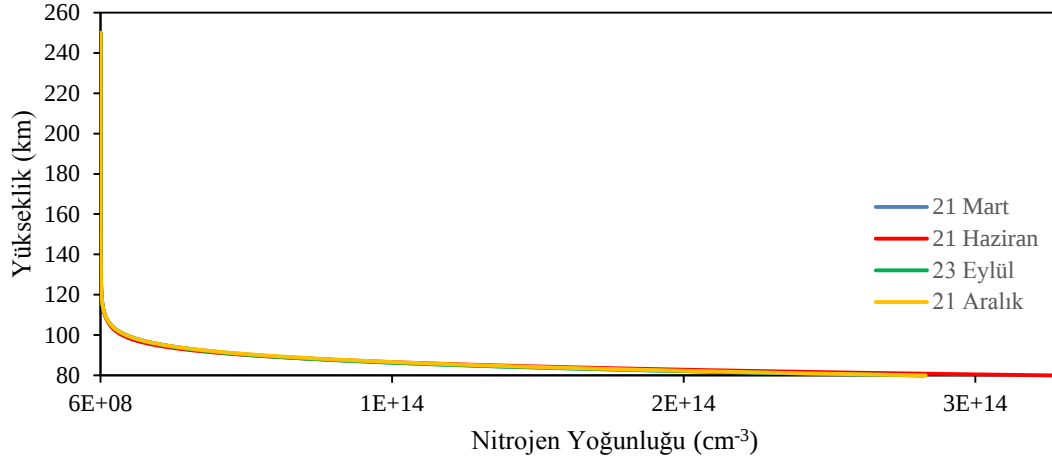
Şekil 6.1: Elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi



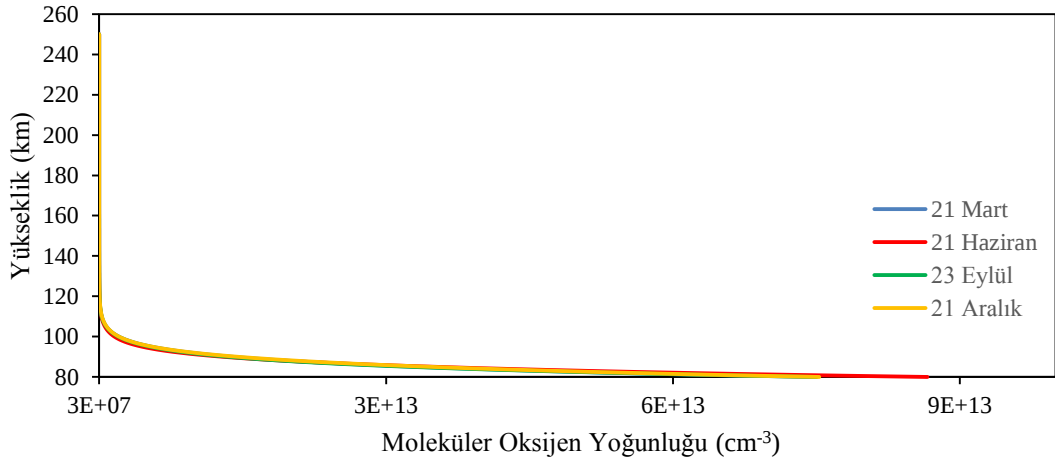
Şekil 6.2: Elektron sıcaklığının yükseklikle değişimi



Şekil 6.3: Atomik oksijen yoğunluğunu yükseklikle değişimi

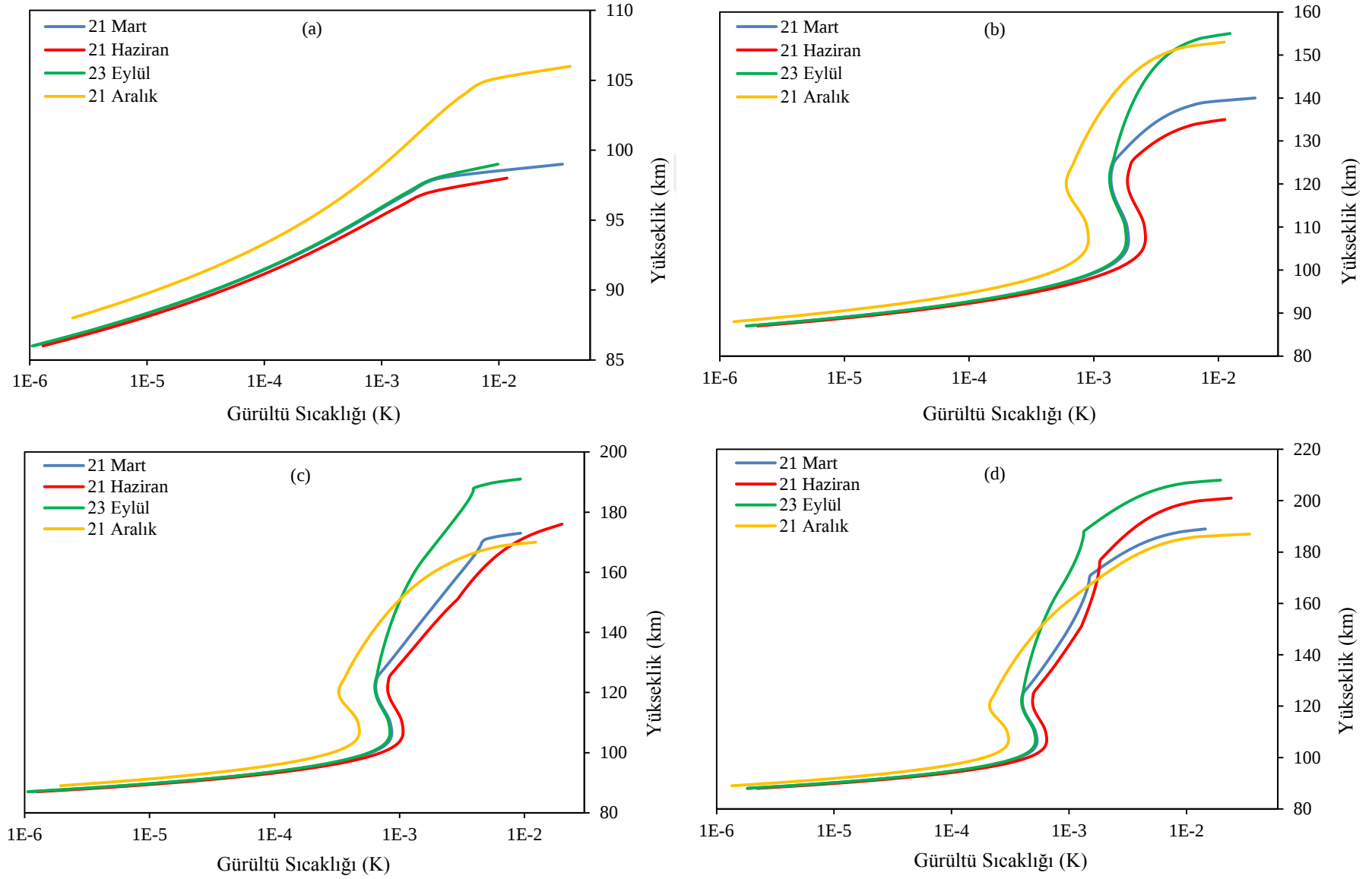


Şekil 6.4: Nitrojen yoğunluğunun yükseklikle değişimi

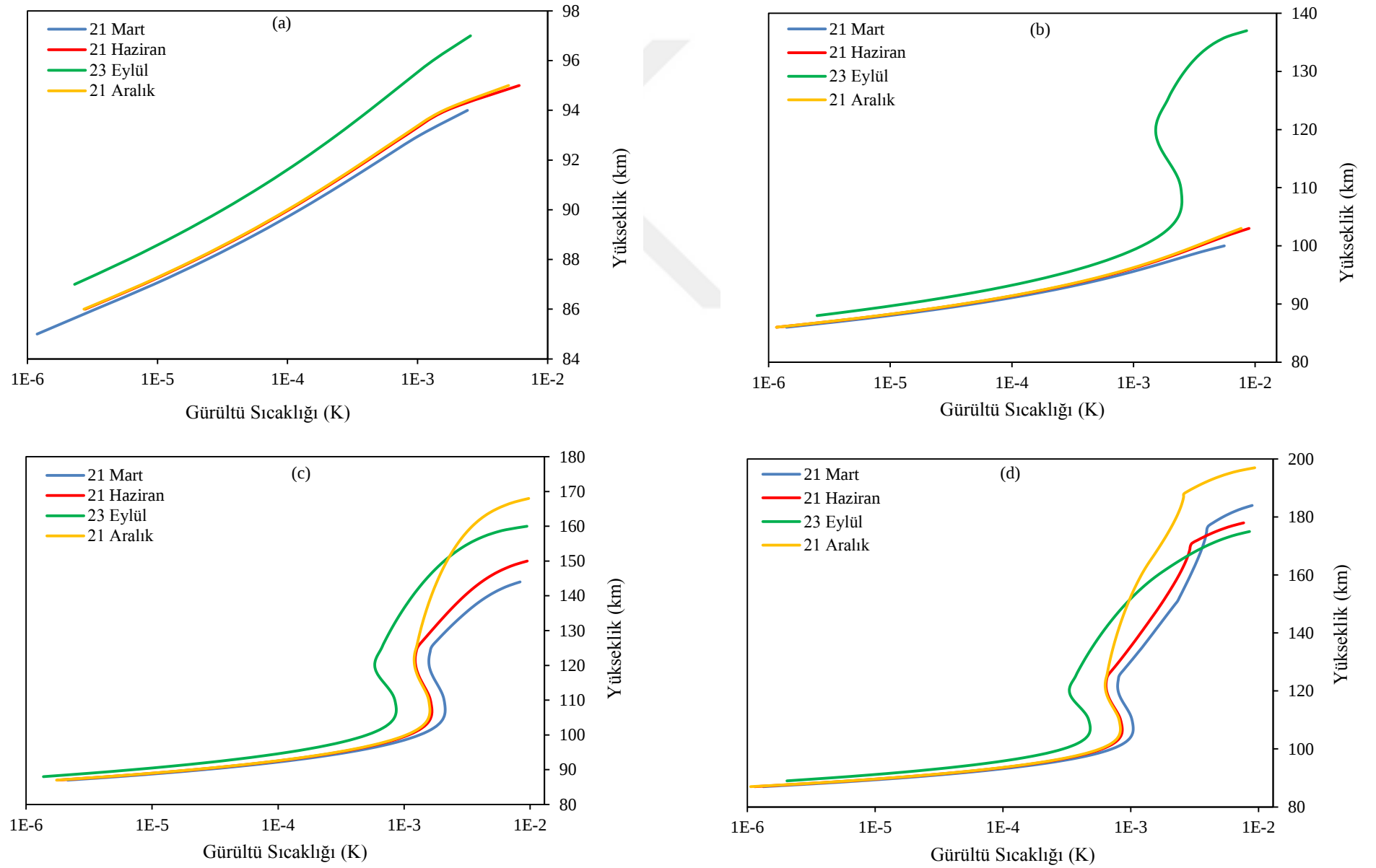


Şekil 6.5: Moleküler Oksijen yoğunluğunun yükseklikle değişimi

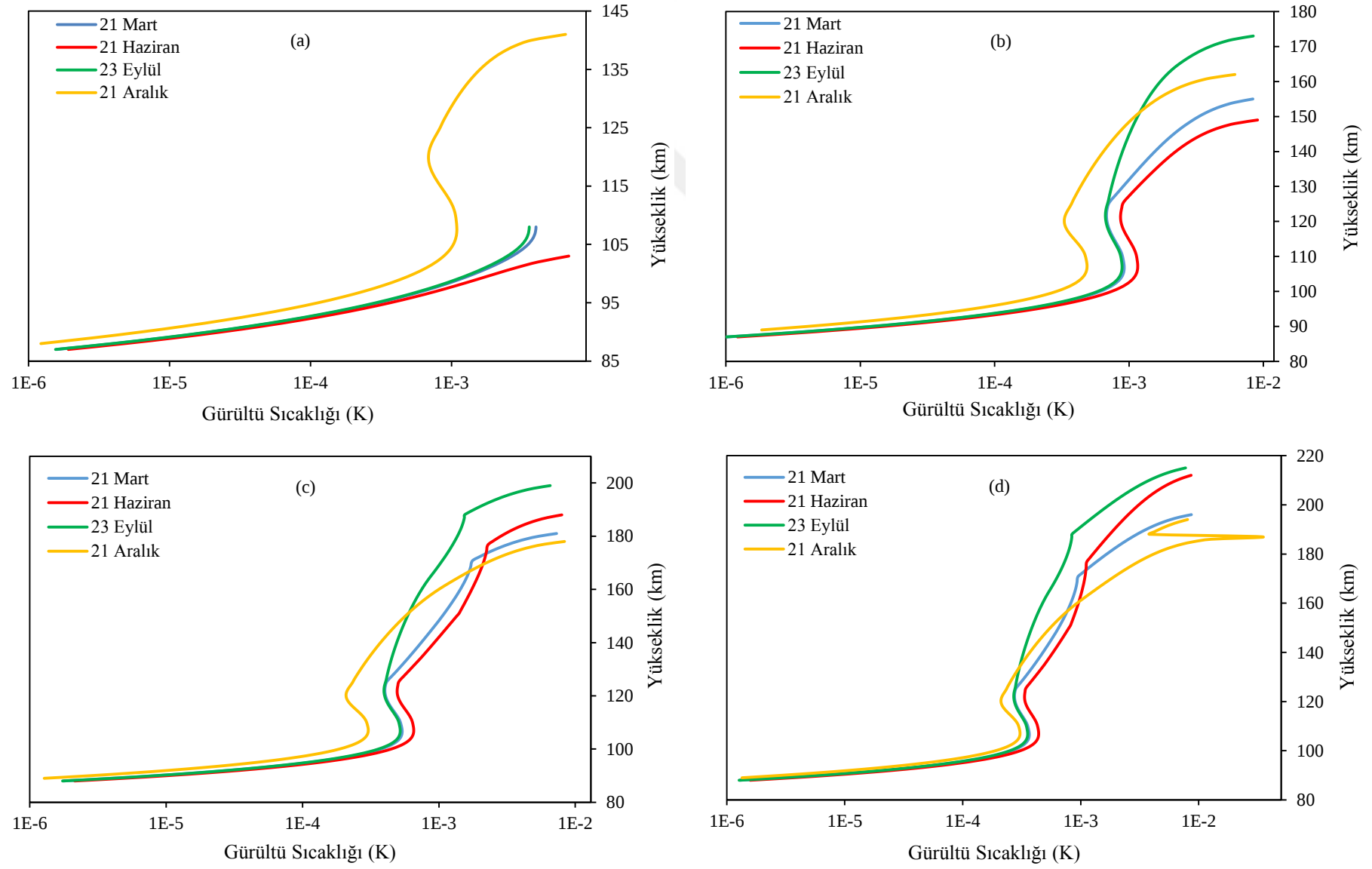
Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen gürültü sıcaklığının ordinari, sağa ve sola kutuplu ve ekstraordinari dalgalar için ekinoks ve gündönümü günlerine ve frekansa bağlı olarak değişimleri sırasıyla Şekil 6.6, 6.7, 6.8, 6.9'da gösterilmiştir.



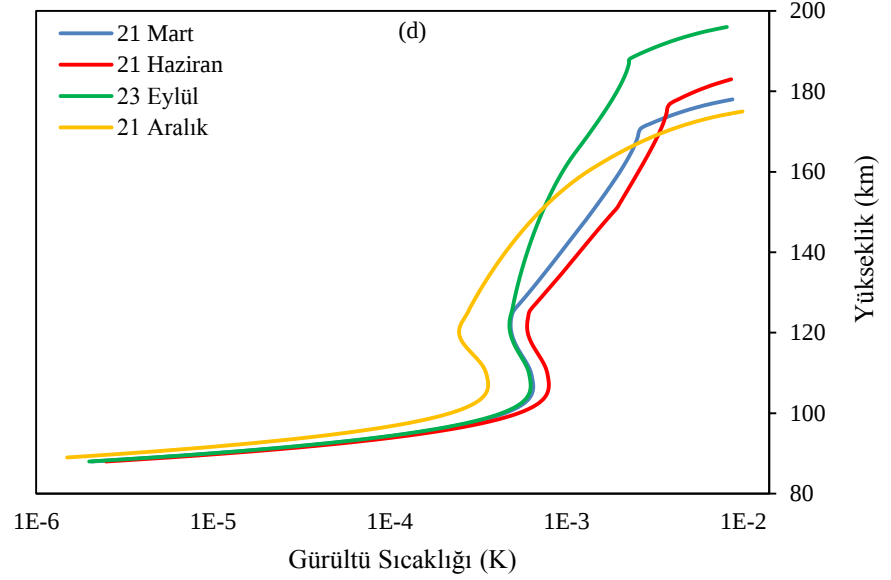
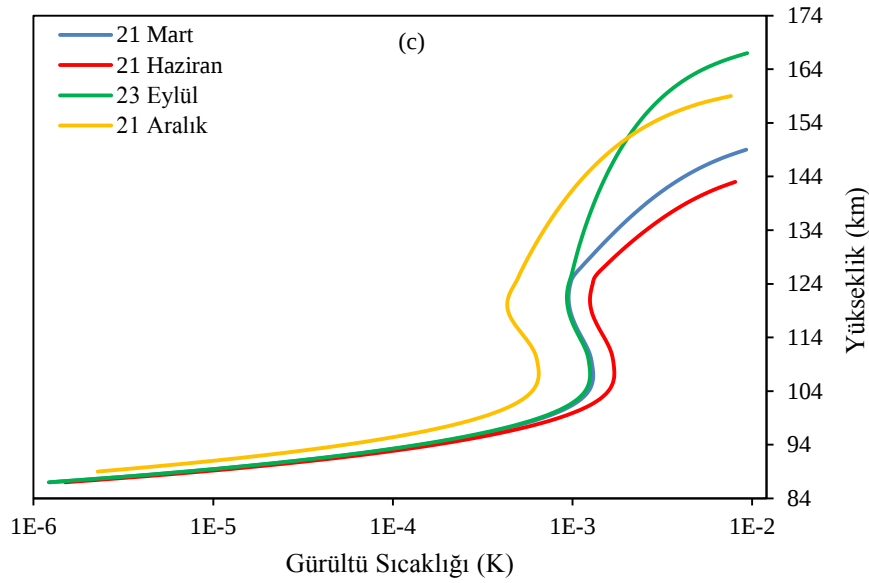
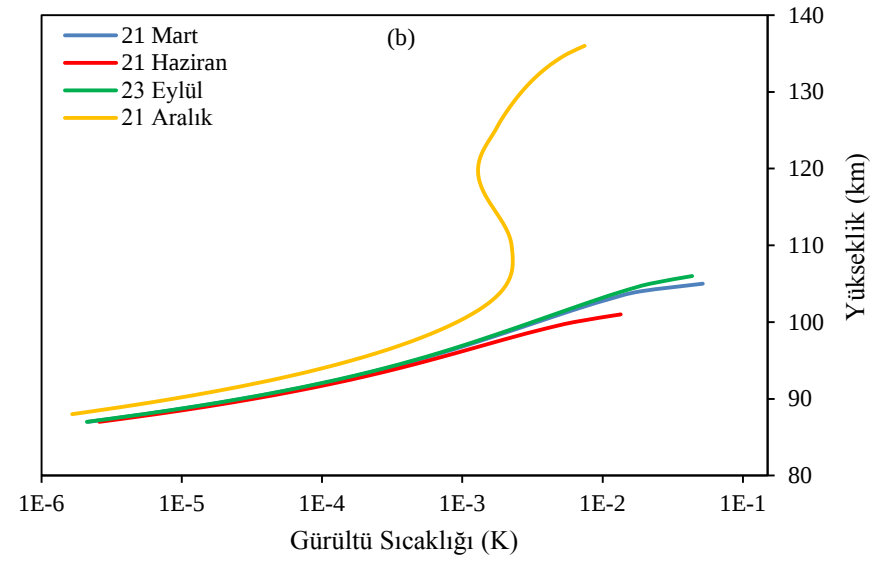
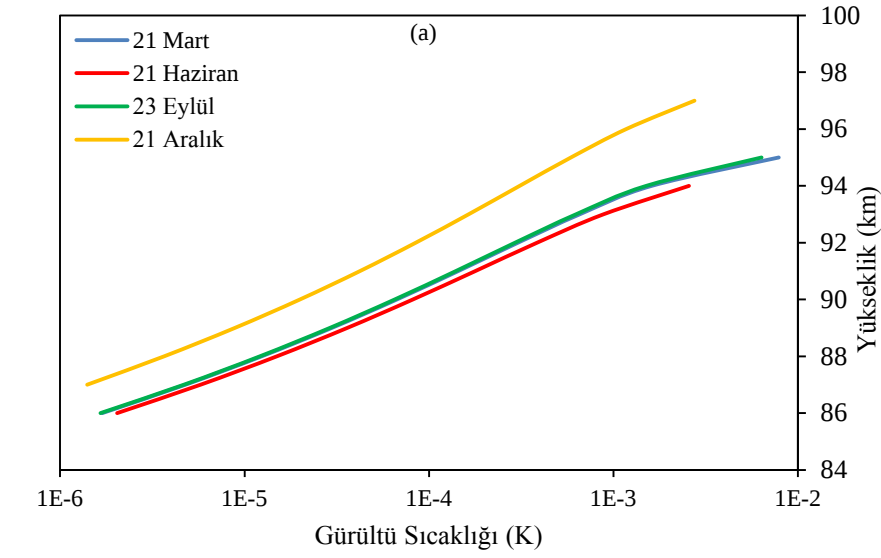
Şekil 6.6. Ordinari dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz.



Şekil 6.7. Sağa kutuplu dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz.



Şekil 6.8. Sola kutuplu dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz.



Şekil 6.9. Ekstraordinari dalga (a) 3 MHz, (b) 4 MHz, (c) 5 MHz, (d) 6 MHz.

7. SONUÇLAR

Bu tezde, 2015 yılı ekinoks ve gündönümü günlerine ait iyonkürede dikey olarak yayılan farklı frekanslarda ve modlardaki elektromanyetik dalgaların gürültü sıcaklığı hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

- Her bir mod ve ekinoks günü için dört farklı frekansın (3,4,5,6 MHz) iyonküredeki yansıma yüksekliklerine kadar gürültü sıcaklıkları hesaplanmıştır.
- Bütün günlerde, frekanslarda ve modlarda gürültü sıcaklığı değerleri 10^{-6} ve 10^{-2} K aralığında değişmektedir.
- Bütün günlerde, frekanslarda ve modlarda gürültü sıcaklığı değerleri genellikle yansıma yüksekliklerine bağlı olarak yükseklikle artmıştır.
- Farklı modlar ve ekinoks günlerinin tamamında 4,5,6 MHz'lik dalgalar için 105 km civarında gürültü sıcaklığı değerlerinde hafif bir azalma ve daha sonra tekrar bir artış görülmektedir. Bunu sebebi çarpışma frekansın ifadesinde kullanılan nitrojen, oksijen ve atomik oksijen değerlerinin bu yükseklikten itibaren çok küçülmesidir.
- 3 MHz'lik dalga, sola kutuplu dalganı 21 Aralık günü hariç 105 km'nin altında yansıdığı için gürültü sıcaklığı değerleri yükseklikle doğrusal olarak artmıştır.
- Ordinari, sola kutuplu ve ekstraordinari modlar için 3 ve 4 MHz'lik dalgalar 21 Aralık'ta diğer günlere göre daha uzun mesafede aynı gürültü sıcaklığı değerlerine ulaşırken 5 ve 6 MHz'lik dalgalar için 23 Eylül tarihinde ulaşmıştır. Sağa kutuplu mod için bu durum tam tersidir.
- Dalganın frekansı arttıkça gürültü sıcaklığı değerleri elektron yoğunluğuna bağlı dönemsel olarak değişmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **Ceylan, G.**, 2005, İyonkürede HF dalgalarının yansıma ve geçme katsayılarının hesaplanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [2] **Tanenbaum, B. S.**, 1967, Plasma Physics, McGraw–Hill Book Company, New York
- [3] **Hunsucker, R.D., Hergreaves, J.K.**, 2003, The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation, Cambridge University Press
- [4] **Rishbeth, H.**, 1973, Physics and Chemistry of the Ionosphere, *Contemp Physics*, **14**, 229-237.
- [5] **Rishbeth, A.**, 1967, A Review of ionospheric F region theory, *Proceedings of the IEE*, **55**, 16-35.
- [6] **Al’pert, Y. L.**, 1963, Radio Wave Propagation and the Ionosphere, Consultants Bureau Enterprises, New York,
- [7] Cesidio Bianchi and Antonio Meloni Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy *ANNALS OF GEOPHYSICS*, VOL. 50, N. 3, June 2007).
- [8]. **Risbeth H., ve Garriot, O.K.**, 1969, İntoduction to İonospheric physics. Academic Press, New York, 1-32
- [9] **Nayir, H.**, Küresel Konumlama Sistemi Kullanılarak Toplam Elektron İçeriği Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007
- [10] . **Tascione, T. F.**, Introduction to the Space Environment, Orbit Book Company, Florida,1988.)
- [11] ICEPAC Technical Manual, by Frank G. Stewart, NTIA/ITS, Boulder. ICEPAC User’s Manual, NTIA/ITS, Boulder.
- [12] **Canyılmaz, M.**, 2008, VLF Yayılımını kullanarak Yıldırımın Alt İyonküre üzerine etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler
- [13] **Akdoğan, T.**, 2013, Vlf Dalga Yayılımına Güneş Aktivitesinin Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler
- [14] **Özcan, O. Ünal, İ, Güzel E.**, 2003, “The integrated layer conductivities of the ionospheric E and F region” *Balkan Physics letters*. Vol:11 No:3,138-145.
- [15] **GLEISSBERG, W.**,1939, A Long-Periodic Fluctuation of the Sun-Spot Numbers , The Observatory, 62, 158-159
- [16] **Millward, G. H., Rishbeth, H., Fuller-Rowell, T. J., Aylward, A. D., Quegan, S. And Moffett, R. J.**, 1996, Ionospheric F2-Layer Seasonal And Semiannual Variations, *Journal of Geophysical Research*, 101, 5149-5156
- [17] **Özulu, İ.S.**, 1991, “Gürültü ve Müzik” İstanbul üniversitesi, sosyal bilimler enstitüsü, yüksek lisans tezi, İstanbul).

- [18] Türkiye çevre sorunları vakfı, 1982, çevre sorunları el kitabı, Ankara
- [19] **Richards, J.A.**, 2008, “Radio wave propagation:an introduction for non-specialist” springer publishers
- [20] **Cesidio Bianchi and Antonio Meloni** Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy ANNALS OF GEOPHYSICS, VOL. 50, N. 3, June 2007
- [21] **KIVELSON, M. and C.T. RUSSELL (1995):** Introduction to Space Physics (Cambridge University Press), pp. 568.
- [22] **MERRILL, R.T., M.W. MCELHINNY and P.L. MCFADDEN (1998):** The Magnetic Field of the Earth (Academic Press), pp. 549).
- [23] **STEWART, B. (1861):** On the great magnetic disturbance which extended from August 28 to September 7, 1859, as recorded by photography at the Kew Observatory, Philos. Trans. R. Soc. London, 151, 423-430
- [24] **LANZEROTTI, L.J., C.G. MACLENNAN and A.C. FRASER-SMITH (1990):**Backg round magnetic spectra: ~10–5 to ~105 Hz, Geophys. Res. Lett., 17, 1593-1596.
- [25] **BLIOKH, P.V., A.P. NIKOLAENKO and Y.F. FILIPPOV (1980):** *Schumann Resonances in the Earth-Ionosphere Cavity* (Peter Peregrinus, London),
- [26] **SENTMAN, D.D. (1987):** Magnetic polarization of Schumann resonances, Radio Sci., 22, 595-606,
- [27]**SENTMAN, D.D. and B.J. FRASER (1991):** Simultaneous observations of Schumann resonances in California and Australia: evidence for intensity modulation by the local height of the D-region, J. Geophys. Res., 96, 15973-15984.
- [28].**CUMMER, S.A. and U.S. INAN (2000):** Modeling ELF radio atmospheric propagation and extracting lightning currents from ELF observations, *Radio Sci.*, 35 (2), 385-394.,
- [29]**MIKA, A., C. HALDOUPIS, R.A. MARSHALL, T. NEUBERT and U.S. INAN (2005):** Subionospheric VLF signatures and their association with sprites observed during EuroSprite- 2003, J. Atmos. Solar Terr. Phys., 67, 1580-1597
- [30] **Uman, M.A.**, 1987 “The lightning discharge “ International geophysics Series Academic press, Orlando
- [31] **Christan h.J.**, 2003, “global lightning activity” proceedings of the 12th international conference on atmospheric electricity, 9-13june, versailles
- [32] **Atıcı R.** 2013 “Yıldırım kaynaklı elektromanyetik dalgaların alt iyonküreyi ısıtma ve iyonlaştırma süreçleri, doktora tezi, fen Bilimleri enstitüsü, firat üniversitesi
- [33] **Helliwell, R.A.**, 1965. “whistlers and related ionospheric phenomena” Stanford university, Stanford university press
- [34] **KRAUS, J.D. (1988):** Antennas (McGraw Hill, N.Y.), pp. 892.

- [35] **CCIR/ITU (1990)**: Man-made radio noise, *Rep. 258-5*, Int. Radio Consultative Comm., Int. Telecommun. Union, Geneva, Switzerland.
- [36] **İnan, U.S. and İnan, A.S.**, 2000, *Electromagnetic Waves*. Prentice Hall Inc., New Jersey, 507 p.
- [37] **ÜNAL, İ.**, 2003, İyonküre İçerisinde Yayılan Yüksek Frekanslı (HF) Elektromanyetik Dalgaların Alan Şiddetinin Hesaplanması ve Ölçülmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler
- [38] **Canyılmaz, M., Atıcı, R., Güzel, E.**, The E_ect of Earth's Magnetic Field on the HF Radio Wave Modes at the Heated ubionosphere, *ACTA PHYSICA POLONICA A* Vol. 123 (2013)
- [39] **Aydoğdu, M., Yeşil, A. ve Güzel, E.**, (2004).The Group Refractive Indices of HF Waves in the Ionosphere and Departure From the Magnitude Wifhout Collisions, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 66, 343-348,
- [40] **Canyılmaz, M., Atıcı, R., Güzel, E.**, Dikey Yayılan Hf Radyo Algasının Farklı Modlarının Alt İyonkürede Elektron Sıcaklığına Etkisi, *e-Journal of New World Sciences Academy* 2011, Volume: 6, Number: 3, Article Number: 3A0037
- [41] **Aydoğdu, M., Güzel, E., Yeşil, A., Özcan, O., Canyılmaz,M.**, Comparison Of The Calculated Absorption and The Measured Field Strength Of HF Waves Reflected From The İonosphere, *IL NUOVO CIMENTO* Vol.30 C,N.3 2007
- [42] **Rush C.M, Rosich R.K., Mellecker C.**, 1980 “HF radio noise in the topside ionosphere” **University of Illinois**
- [43] **Rawer, K., Bilitza D., Ramakrishnan S., Sheikh, M.** 1978. Intentions and buildup of the International Reference Ionosphere, in *Operational Modeling of the Aerospace Propagation Environment*, AGARD Conf. Proc. 238, 6.1 - 6.10.
- [44] **Schaer, S.** 1999. Mapping and Predicting the Earth’s Ionosphere Using the Global Positioning System, Phd Thesis, Astronomical Institute, University of Bern..
- [45] iri.gsfc.nasa.gov
- [46] **K. Labitzke, J. J. Barnett, and B. Edwards (eds.)**, Handbook MAP 16, SCOSTEP, University of Illinois, Urbana, 1985.
- [47] **A. E. Hedin**, Extension of the MSIS Thermospheric Model into the Middle and Lower Atmosphere, *J. Geophys. Res.* 96, 1159, 1991.
- [48] omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/msis_vitmo.html
- [49] <http://www.mathworks.com>
- [50] **Gilat, Amos** (2004). *MATLAB: An Introduction with Applications 2nd Edition*. John Wiley & Sons.

ÖZGEÇMİŞ

Alper DEMİRTAŞ

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 16.05.1987

Doğum Yeri : MADEN

Uyruğu : T.C.

Medeni Hali : Evli

Eğitim:

İlköğretim:

1993–2001 Maden Atatürk İlköğretim Okulu

Lise

2001–2004 Maden Çok Programlı Lisesi

Lisans

2007–2011 Fırat Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik, Elazığ