

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK FREKANSLI (HF) DALGALARIN
ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ**

N. Kubilay CEYLAN

Tez Yöneticisi:
Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK FREKANSLI (HF) DALGALARIN ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ

N.Kubilay CEYLAN

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Bu tez,.....tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun...../...../.....tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her safhasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, yol göstericiliği ve verdiği değerli fikirler için danışmanım Prof. Dr. Sayın Mehmet AYDOĞDU'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Lisans döneminde aldığım Plazma Fiziği dersi ile Yüksek Enerji ve Plazma Fiziğine ilgi duymamı sağlayan Prof. Dr. Sayın Osman ÖZCAN'a, yine çalışmanın her safhasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Yrd. Doç. Dr. Sayın Esat GÜZEL'e, gerekli kaynaklara ulaşmamda sağladıkları yardımlardan ötürü Uzman Sayın Murat CANYILMAZ'a, iki sene boyunca yapılan bu çalışma için her türlü kolaylığı sağlayan, her an desteğini hissettiğim değerli büyüğüm Mu.Alb. Sayın Serdar Doğusal'a, gerekli ölçümlerin alınması sırasında gösterdikleri gayretli çalışmalardan ötürü 8 nci Kolordu Telsiz parkı personeli M.Ali Baysal ve Mete Sarıbaba'ya çok teşekkür ederim.

Her zaman manevi desteğini yanımda hissettiğim eşim Gülşen CEYLAN'a, en zor anımda beni kolaylıkla güldürebilen biricik oğluma sonsuz sevgilerimi sunarım.

Kubilay CEYLAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ŞEKİLLER LİSTESİ	III
TABLolar LİSTESİ.....	VII
SİMGELER LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XI
1.GİRİŞ.....	1
2.ELEKTROMANYETİK DALGALAR.....	3
3. YÜKSEK FREKANSLI(HF) RADYO DALGALARININ YAYILIMI	5
3.1 YAYILIM ESASLARI.....	5
3.2 KRİTİK FREKANS ve KRİTİK AÇI.....	6
3.3 KULLANILABİLİR FREKANS ARALIĞI.....	8
3.4 YAYILIM MODLARI.....	9
3.5 HAVA KOŞULLARININ YAYILIMA ETKİSİ.....	11
3.6. EMİLİM.....	12
3.6.2 SÖNÜMLEME.....	14
3.6.2.1 ÇOKYOLLU SÖNÜMLEME.....	15
3.6.2.2 KUTUPLANMA SÖNÜMLEMESİ.....	17
3.6.2.3 EMİLİM SÖNÜMLEMESİ.....	18
3.6.2.4 KARIŞTIRMA SÖNÜMLEMESİ.....	19
4. DENEY, ÖLÇÜMLER ve SONUÇLAR.....	21
4.1 DENEY.....	21
4.2 ÖLÇÜMLER.....	22
4.3 SONUÇLAR.....	49
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 (a) İki temel yayılım şekli: Dünya'nın yüzeyi boyunca ilerleyen Yer Dalgası ve atmosfere gönderilip iyonküre tarafından Dünya'ya geri yansıtılan Gök Dalgası (b) Yer dalgalarının 3 bileşeni: Ufuk altı hattında yeri izleyen Yüzey Dalgası, uzaklık arttıkça kuvveti azalan ve doğru bir hat boyunca ilerleyen Direk Dalga ve Yerden Yansıtılmış Dalga.....	5
Şekil 3.2 Radyo sinyalinin çıkış açısının (dolayısıyla giriş açısının) iletim mesafesine etkisi. (a) Büyük giriş açısı ile uzun iletim mesafesinin ve (b) küçük giriş açısı ile daha kısa iletim mesafesinin sağlanması.....	6
Şekil 3.3 Radyo sinyalinin iyonküreye giriş açısının kırılmaya etkisi.....	6
Şekil 3.4 İletim için uygun frekansın seçimi sinyalin iyonküreden yansıyıp Dünya'ya geri dönebilmesi için kritik önem taşır.....	7
Şekil 3.5 Aynı açı ile iyonküreye gönderilen sinyallerin iyonküreye girdikten sonraki davranışları sinyallerin frekansına göre değişiklik gösterir.....	7
Şekil 3.6 Aynı frekanstaki sinyallerin iyonküreye kritik açılardan büyük açılarla gönderilmesi sinyalin uzayda kaybolmasına (6) neden olur. Kritik açıdan küçük açılarda ise sinyalin farklı uzaklıklarda (1-5) Dünya'ya dönmesi mümkündür. 3 numaralı dalga yeryüzüne çarptıktan sonra tekrar iyonküreden yansıtılmış ve alıcıya ulaşmıştır. Bu dalganın yere döndüğü ilk nokta bir gök dalgası ile erişilebilecek en kısa mesafedir (atlama mesafesi).....	8
Şekil 3.7 MUF ve LUF değerleri ve yayılıma etkileri.....	9
Şekil 3.8 Basit yayılım modlarına örnekler. Şekilde gösterilen dalgalar sadece tek bir tabakadan (E veya F) yansımaktadır.....	10
Şekil 3.9 Dalgaların E ve F tabakalarından değişik kombinasyonlarda yansınmasıyla oluşan karışık yayılım modları.....	10
Şekil 3.10 Radyo dalgasının sıcak hava katmanı ile yeryüzeyi arasındaki soğuk hava kanalına sıkışması ile dalga böyle bir kanalın varolmadığı durumda sahip olduğu normal menzilin çok ötesindeki mesafelere iletilebilir.....	12
Şekil 3.11 Gök dalgaları iyonküre şartları ve hava buharı gibi atmosferik şartlar dolayısıyla enerji kaybedip atmosferde kaybolabilir.....	12
Şekil 3.12 Tipik bir gönderme-alma işleminde sinyal X ve A istasyonları arasında XYZFA, XEA ya da XFZFA gibi değişik yollar izleyerek alıcı istasyona değişik zamanlarda ulaşabilir. A'ya ulaşan bu farklı sinyallerin fazlarına göre toplam sinyal periyodik sönümlemelere uğrayabilir.....	15
Şekil 3.13 Çokyollu sönümleme grafiği.....	16

Şekil 3.14 Ordinary dalgaların iyonküreye bölgesine girişini ve ardından extraordinary dalgaların girişini gösterir ; her ikisi de çokyollunun bir parçasıdır	16
Şekil 3.15 Kutuplanmış dalganın iki karşılıklı polarize dalgaya ayrılmasını gösterir	18
Şekil 3.16 Emilim sönümlemesinde ışın hareketleri.....	18
Şekil 3.17 Hareketli iyonküre düzensizlikleri sonucu dalgaların tek bir noktaya odaklanması güçleşir ve sinyal hem enerji kaybeder hem de alıcıya gelen bileşenler genlik, faz ve polarizasyon bakımından farklılık gösterdiği için sönmeye neden olur.....	19
Şekil 3.18 Engebeli ve dalgalı yansımalar.....	20
Şekil 3.19 Karıştırma sönümlemesinin F katmanında izlediği yolu gösterir	20
Şekil 4.1 ITU uyumlu HF alan şiddeti ölçüm sistemi.....	21
Şekil 4.2 21–22 Mart 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	22
Şekil 4.3 21–22 Mart 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	23
Şekil 4.4 22–23 Mart 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	24
Şekil 4.5 22–23 Mart 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	24
Şekil 4.6 23-24 Mart 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	25
Şekil 4.7 23-24 Mart 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	26
Şekil 4.8 24–25 Mart 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi	26
Şekil 4.9 24–25 Mart 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi	27
Şekil 4.10 Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart aylarındaki günlük değişimi.....	28
Şekil 4.11 Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart aylarındaki günlük değişimi.....	28
Şekil 4.12 21–22 Eylül 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi... ..	29
Şekil 4.13 21–22 Eylül 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi.....	30

Şekil 4.14 10–11 Eylül 2003'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	30
Şekil 4.15 10–11 Eylül 2003'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	31
Şekil 4.16 Erciş ve Erzincan gönderilen Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Eylül aylarındaki günlük değişimi.....	32
Şekil 4.17 Erciş ve Erzincan gönderilen Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Eylül aylarındaki günlük değişimi.....	32
Şekil 4.18 Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Mart 2004 ve 21–22 Eylül 2003 için günlük değişimi.	33
Şekil 4.19 Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Mart 2004 ve 21–22 Eylül 2003 için günlük değişimi.....	33
Şekil 4.20 Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 için günlük değişimi.....	34
Şekil 4.21 Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 için günlük değişimi	34
Şekil 4.22 21–22 Haziran 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.....	35
Şekil 4.23 21–22 Haziran 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.....	35
Şekil 4.24 23 24 Haziran 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.....	36
Şekil 4.25 23 24 Haziran 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.....	37
Şekil 4.26 Erciş ve Erzincan'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Haziran aylarındaki günlük değişimi.....	37
Şekil 4.27 Erciş, Erzincan'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Haziran aylarındaki günlük değişimi.....	38
Şekil 4.28 22–23 Aralık 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	38
Şekil 4.29 22–23 Aralık 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	39
Şekil 4.30 20–21 Aralık 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	39

Şekil 4.31 20–21 Aralık 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	40
Şekil 4.32 21–22 Aralık 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	40
Şekil 4.33 21–22 Aralık 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	41
Şekil 4.34 24–25 Aralık 2005'te Erzincan'da gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.....	41
Şekil 4.35 24–25 Aralık 2005'te Erzincan'da gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi	42
Şekil 4.36 Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Aralık ayındaki günlük değişimi.....	43
Şekil 4.37 Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Aralık ayındaki günlük değişimi.....	43
Şekil 4.38 Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi	44
Şekil 4.39 Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi	44
Şekil 4.40 Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi.	45
Şekil 4.41 Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Haziran 2004 ve 21–22 Aralık 2005 için günlük değişimi.....	46
Şekil 4.42 Erciş'ten gönderilen Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi	46
Şekil 4.43 Erciş'ten gönderilen Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi	47
Şekil 4.44 Erzincan'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi	47
Şekil 4.45 Erzincan'dan gönderilen Elazığ'dan alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi	48
Şekil 4.46 21-22 Mart tarihinde Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47MHz ve 7.87 MHz frekansındaki dalgaların günlük değişimi.....	48
Şekil 4.47 23-24 Mart tarihinde Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47MHz ve 7.87 MHz frekansındaki dalgaların günlük değişimi.....	49

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 HF dalgaların sönümleme ve iletim değerleri	15
--	----

SİMGELER LİSTESİ

$\text{\AA}$	:	Angström
dB	:	Desibel
$^{\circ}\text{K}$	:	Derece Kelvin
KHz	:	Kilohertz
$\mu\text{V/m}$	:	Mikro Volt / Metre
MHz	:	Megahertz
THz	:	Terahertz
ω_p	:	Plazma frekansı

KISALTMALAR LİSTESİ

EM	:	Elektromanyetik
HF	:	Yüksek Frekans (High Frequency)
ITU	:	International Telecommunication Union
LUF	:	En Düşük/Minimum Kullanılabilir Frekans (Lowest Usable Frequency)
MUF	:	Maksimum Kullanılabilir Frekans (Maximum Usable Frequency)
SSB	:	Tek Kenar bant (Single side band)
UV	:	Ultraviyole (morötesi)
VHF	:	Çok yüksek frekans (Very High Frequency)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK FREKANSLI (HF) DALGALARIN ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ

N. Kubilay CEYLAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 55

Bu tez çalışmasında, yüksek frekans bandında gök dalgalarının yayılımı incelenmiştir. Yerküreyi çevreleyen atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlere göre çeşitli bölgelere ayrılır. Bu bölgelerden birisi iyonküre bölgesidir. İyonküre, Güneş ışınlamalarının üst atmosferi iyonlaştırması sonucu oluşan bölgeye denir. Bu bölge, Yer atmosferi içinde bulunan büyük bir plazma topluluğunun bulunduğu yerdir. İyonküre, serbest elektronlar, iyonlar ve nötr parçacıklardan meydana gelmiştir. İyonküredeki elektron sayısı ile pozitif iyon sayısı hemen hemen eşittir. Bu bölge, radyo dalgalarının yayılma ve yansımada en önemli rolü oynar. Yüksek frekans (HF) bandı, iyonküre plazmasından yansıyabilecek en yüksek frekans bandıdır. HF bandından kısa ve oldukça uzun mesafelere, tekrarlayıcılara gerek duyulmadan iletişim sağlanabilir.

İyonküre parametrelerindeki değişim HF bandındaki yayılımı etkilemektedir. Bu parametreler elektron yoğunluğu, çarpışma, emilim (absorption), sönümleme (fading), sinyalin iyonküreyi geçip kaçması, ortamdaki ve cihazlardan kaynaklanan gürültü, kırılma indisi ve yıllara göre değişiklik gösteren güneş lekeleri sayısıdır. Yüksek frekans kullanılan bu bantta haberleşmenin verimli olabilmesi için frekans planlaması yapılır. Bu planlama uluslararası düzeyde ITU (International Telecommunication Union) tarafından yapılmaktadır

Bu çalışmada, ITU-uyumlu HF alan şiddeti ölçüm sistemi ile Van-Erciş (39.03 °K, 43.37 °D) , Erzincan (39.43 ° K, 39.28 °D) , Şanlıurfa (37.07 ° K, 38.46 °D) ve Kayseri'den (38.43 ° K, 35.30 °D) gönderilen 5.470 MHz ve 7.870 MHz HF dalgalarının sinyal şiddetleri Elazığ'da (38.7 °K, 39.2 °D) ölçülmüş ve sinyal şiddetlerinin günlük ve mevsimsel değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yansıma, Kırılma, Elektron yoğunluğu, Yayılım, Radyo Dalgaları.

ABSTRACT

Ms. D. Thesis

MEASUREMENT OF THE FIELD STRENGTH OF RADIO WAVES IN HF BAND

N.Kubilay CEYLAN

Firat University

The Institute of Graduate Studies in Science&Engineering

Physics Department

2007, Page: 55

In this thesis, sky wave propagation in HF (High Frequency) band is analyzed and some predictions are made for sound broadcasting. The atmosphere surrounding the Earth is divided into various regions according to temperature, physical activities and chemical components. Among these regions ionosphere is of primary concern for this study and it is the region created by the solar radiation in the upper atmosphere which ionize the molecules and form positively charged ions and free electrons. Since the quantities of positive ions and electrons are almost equal to each other, ionosphere is electrically neutral.

The high frequency band, which extends from 3 to 30 MHz, is the highest frequency band that can be reflected back to Earth by the ionosphere plasma. It is possible to communicate with short and extensively long distances without repeaters, that's why ionosphere is important for radio communication. But the change of ionosphere parameters effect HF propagation. These parameters are density of electrons, collisions, absorption, fading (damping), noise, refractive index, and the number of sun spots. Because of so many parameters, an effective communication frequency arrangements have to be made. At the international base it is performed by ITU (International Telecommunication Union).

In this study, an ITU-compliant HF field measurement system is used in Elazığ (38.7 °N, 39.2 °E) to measure the strength of 5.470 MHz and 7.870 MHz HF radio waves transmitted from Van-Erciş (39.03 °N, 43.37 °E), Kayseri (38.43 °N, 35.30 °E), Erzincan (39.43 °N, 39.28 °E), Şanlıurfa (37.07 °N, 38.46 °E), and the diurnal and seasonal variations in signal strength are investigated.

Keywords: Reflection, Refraction, Electron Density, Propagation, Radio Waves.

1.GİRİŞ

Yerküreyi çevreleyen atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlere göre çeşitli bölgelere ayrılır. Bu bölgelerden birisi iyonküre bölgesidir. İyonküre, Güneş ışınlamalarının üst atmosferi iyonlaştırması sonucu oluşan bölgeye denir. Bu bölge, Yer atmosferi içinde bulunan büyük bir plazma topluluğunun bulunduğu yerdir. 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. 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 [1]. İyonkürede F2 bölgesindeki elektron sayısı öğle saatlerinde m^3 başına yaklaşık 10^{12} dolaylarındadır. Bu bölge radyo dalgalarının yayılma ve yansımada en önemli rolü oynar [2]. Elektromanyetik dalganın teorik olarak tanımlanmasını 1864'te James Clerk Maxwell yapmıştır. Maxwell, elektrik ve manyetizma hakkında bilinenleri denklem haline getirmiştir. Maxwell, denkleminin açıklamasını yaparken elektromanyetik dalganın varlığını ortaya atmış, ışığın bunun özel bir hali olduğunu öne sürmüştür. Hertz 1877'de Maxwell teorisini deneysel olarak ispatlamıştır. 1902'de A. E. Kennelly ve O. Heaviside radyo dalgalarının üst atmosferdeki serbest elektron yükleri tarafından yansıtıldığını ortaya attılar.

Yüksek frekans (HF) bandı, 3 MHz ile 30 MHz frekans aralığını kapsayan ve iyonküre plazmasından yansıyabilecek en yüksek frekans bandıdır. HF bandından kısa ve oldukça uzun mesafelere, tekrarlayıcılara gerek duyulmadan iletişim sağlanabilir [3].

1901'de Marconi'nin Atlantik ötesi gönderilen bir sinyali almasıyla, HF bandındaki yayılım ile ilgili bilimsel çalışmalar başlamıştır [4]. 1930'lu yıllardan itibaren iyonküre plazması ile ilgili daha net bilgiler elde edilmeye başlayınca HF bandındaki iletişim de daha kaliteli hale gelmiş ve II. Dünya Savaşı'yla birlikte bu banttaki çalışmalar iyice artmıştır [5].

İyonküre parametrelerindeki değişim HF bandındaki yayılımı etkilemektedir. Bu parametreler elektron yoğunluğu, çarpışma, emilim (absorption), sönümleme (fading), sinyalin iyonküreyi geçip kaçması, ortamdaki ve cihazlardan kaynaklanan gürültü, kırılma indisi ve yıllara göre değişiklik gösteren güneş lekeleri sayısıdır. Yüksek frekans kullanılan bu bantta haberleşmenin verimli olabilmesi için frekans planlaması yapılır. Bu planlama uluslararası düzeyde ITU (International Telecommunication Union) tarafından yapılmaktadır [6].

Bu çalışmada, ITU-uyumlu HF alan şiddeti ölçüm sistemi ile Van-Erciş (39.03 °K, 43.37 °D) , Erzincan (39.43 ° K, 39.28 °D) , Şanlıurfa (37.07 ° K, 38.46 °D) ve Kayseri'den

(38.43 ° K, 35.30 °D) gönderilen 5.470 MHz ve 7.870 MHz HF dalgalarının sinyal şiddetleri Elazığ'da (38.7 °K, 39.2 °D) ölçülmüş ve sinyal şiddetlerinin günlük ve mevsimsel değişimleri incelenmiştir.

2. ELEKTROMANYETİK DALGALAR

Maxwell denklemleri, $\mathbf{E}(\mathbf{x}, t)$ elektrik ve $\mathbf{B}(\mathbf{x}, t)$ manyetik alanlar arasındaki ve bu alanlar ile kaynaklar arasındaki ilişkileri ifade eder. Boşluktaki Maxwell Denklemleri şu şekilde yazılır:

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad \nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \text{(ii)} \quad \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \text{(iii)} \quad \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\text{(iv)} \quad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \tag{2.2}$$

Üçüncü ve dördüncü Maxwell denklemleri (2.1 ve 2.2) kullanılarak ;

$$\begin{aligned} \nabla \times \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) \\ \nabla \times \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial}{\partial t} \left[\mu_0 \mathbf{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right] \end{aligned} \tag{2.3}$$

ifadesi elde edilebilir.

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad \text{ve} \quad \mathbf{E} = E_0 e^{i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)} \tag{2.4}$$

ifadeleri kullanılarak;

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial x} &= ikE & \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} &= -k^2 E \\ \frac{\partial E}{\partial t} &= i\omega E & \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} &= -\omega^2 E \end{aligned} \tag{2.5}$$

ifadeleri yazılabilir.

(2.5)'teki ifadeleri kullanarak (2.3) denklemini aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$\begin{aligned} \nabla \times \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial}{\partial t} \left[\mu_0 \sigma \mathbf{E} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right] \\ \nabla \times \nabla \times \mathbf{E} &= -\mu_0 \sigma (-i\omega \mathbf{E}) - \epsilon_0 \mu_0 (-\omega^2 \mathbf{E}) \end{aligned}$$

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = i\mu_0 \omega \sigma \mathbf{E} + \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{E} \quad (2.6)$$

Bu takdirde boş uzay için $\nabla^2 \mathbf{E} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$ denklemini elde ederiz.

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{k} &= \mathbf{a}_x k_x + \mathbf{a}_y k_y + \mathbf{a}_z k_z \\ \mathbf{r} &= \mathbf{a}_x x + \mathbf{a}_y y + \mathbf{a}_z z \end{aligned} \right\} \text{ ve } \nabla E = \mathbf{a}_x (ik_x E) + \mathbf{a}_y (ik_y E) + \mathbf{a}_z (ik_z E) \text{ 'den}$$

$$\nabla = i[\mathbf{a}_x k_x + \mathbf{a}_y k_y + \mathbf{a}_z k_z] = i\mathbf{k} \quad \text{olur.} \quad (2.7)$$

Bu ifade denklem (2.6)'da kullanılırsa

$$-\mathbf{k} \times \mathbf{k} \times \mathbf{E} = \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{E} + i\mu_0 \omega \sigma \mathbf{E} \quad (2.8)$$

ifadesi elde edilir . Buradan;

Plazma ortamı için dalga denklemi;

$$k^2 \mathbf{E} - \mathbf{k}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{E}) = \frac{\omega^2}{c^2} \left[I + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0 \omega} \right] \mathbf{E} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (2.9)$$

Kırılma indisi $n = \frac{c}{v}$ ve $v = \text{dalganın faz hızı} = \frac{\omega}{k}$ alınır

$n = \frac{kc}{\omega}$ ya da $k = \frac{n\omega}{c}$ bulunur. Bu ifadeler denklem (2.9) 'da kullanılırsa dalga

denklemi;

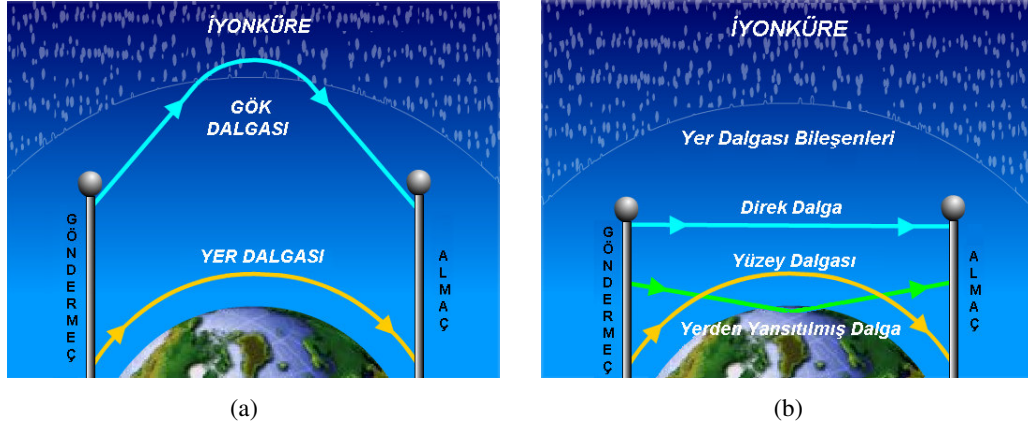
$$n^2 \mathbf{E} - \mathbf{n}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) = \left[I + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0 \omega} \right] \mathbf{E} \quad (2.10)$$

şeklinde kırılma indisine bağlı olarak elde edilir. Bu ifadenin çözümü, kırılma indisi n ya da k ' yı verecektir. Bu değerler denklem (2.4) 'teki düzlem dalga ifadesinde kullanılırsa, elektromanyetik dalganın ortama nasıl bağlı olduğu anlaşılır.

3. YÜKSEK FREKANSLI (HF) RADYO DALGALARININ YAYILIMI

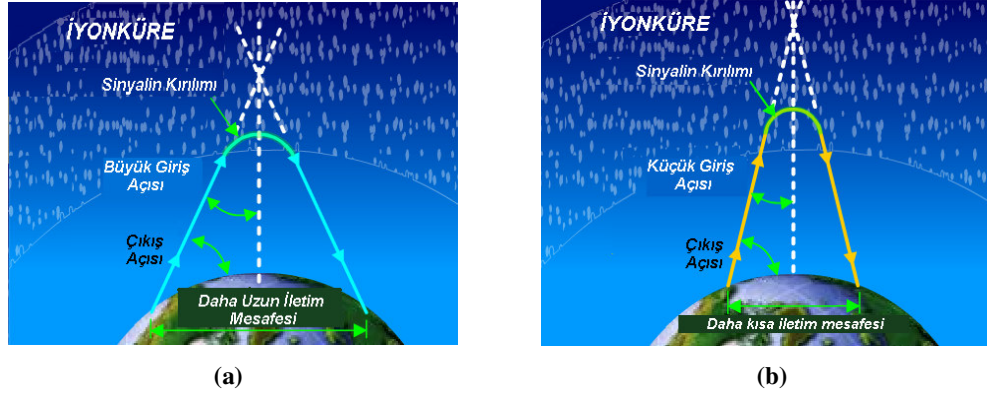
3.1 YAYILIM ESASLARI

Yüksek frekanslı (HF) radyo sinyalleri (3–30 MHz) uzak mesafedeki bir alıcıya kadar temelde 2 değişik şekilde yayılabilirler. Bunlar yer dalgası ve gök dalgası şeklindedir. Yer dalgası yayılımının yüzey dalgası, direk (görüş hattı) dalgası ve yerden yansıtılmış dalga şeklinde 3 farklı bileşeni mevcuttur. (Şekil 3.1).



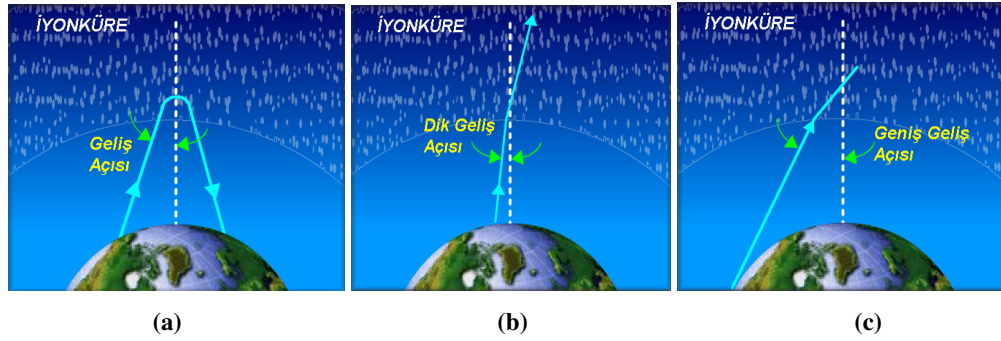
Şekil 3.1, (a) İki temel yayılım şekli: Dünya'nın yüzeyi boyunca ilerleyen Yer Dalgası ve atmosfere gönderilip iyonküre tarafından Dünya'ya geri yansıtılan Gök Dalgası **(b)** Yer dalgalarının 3 bileşeni: Ufuk altı hattında yeri izleyen Yüzey Dalgası, uzaklık arttıkça kuvveti azalan ve doğru bir hat boyunca ilerleyen Direk Dalga ve Yerden Yansıtılmış Dalga.

Gök dalgaları vericiden çıktıktan sonra atmosferde yayılarak iyonküreye girer. Dalganın iyonküreye giriş açısı sinyalin iletim başarısını ve iletim mesafesini etkiler. Radyo sinyalinin anteni terkettiği açıya *çıkış açısı*, iyonküreye girdiği açıya da *giriş açısı* denir (Şekil 3.2 Şekil 3.3a). Bu açı, iletim frekansı ve anten tipine bağlı olarak belirlenir. Radyo dalgası giriş açısına eşit açıyla iyonküreden geri yansır. Bu sebeple, çıkış açısı haberleşme mesafesini belirlemede önemli bir faktördür. Uzak bir istasyonla haberleşmek için çıkış açısının küçük (giriş açısının büyük, Şekil 3.2a), yakın bir istasyonla haberleşmek için ise çıkış açısının büyük (giriş açısının küçük, Şekil 3.2b) olması gerekir [7].



Şekil 3.2, Radyo dalgasının çıkış açısının (dolayısıyla giriş açısının) iletim mesafesine etkisi. (a) Büyük giriş açısı ile uzun iletim mesafesinin, ve (b) küçük giriş açısı ile daha kısa iletim mesafesinin sağlanması.

Radyo dalgasının iyonküreye giriş açısı kritik önem taşır, çünkü eğer çok dik (dar giriş açısı) ise dalga Dünya'ya yansıtılmadan iyonküreyi geçip uzaya çıkar (Şekil 3.3b). Eğer, aksine çok geniş bir açıyla iyonküreye girerse (Şekil 3.3c), dalga, iyonkürenin alt katmanları tarafından daha yoğun iyonlaşmış üst katmanlara ulaşmadan emilerek alıcıya ulaşması engellenir. Bu yüzden, dalganın Dünya'ya geri dönecek kadar büyük, ancak emilime engel olacak kadar küçük olması gerekir.



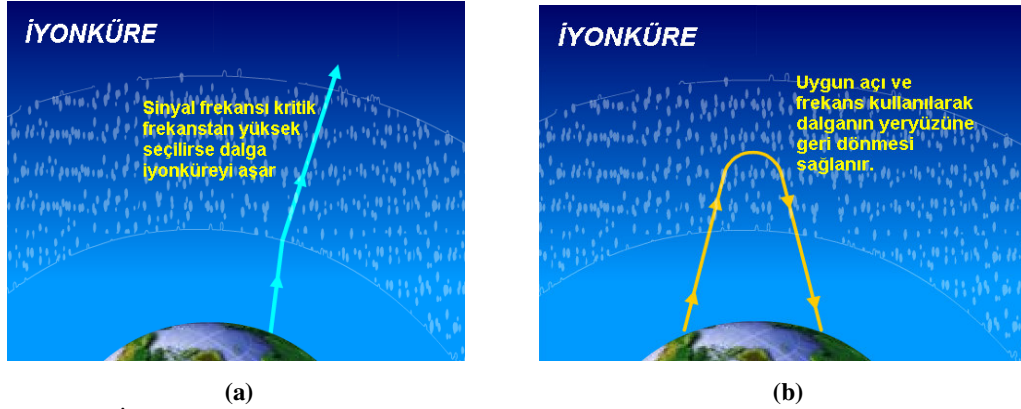
Şekil 3.3, Radyo dalgasının iyonküreye giriş açısının kırılmaya etkisi.

3.2 KRİTİK FREKANS ve KRİTİK AÇI

İyonküre tabakaları kendilerine çarpan Elektromanyetik Dalgaların (EM) kırılıp bükülmesine ve yansımaya neden olur. Yansıma yeter derecede olduğu takdirde EM dalgalar tekrar Dünya'ya dönüp, bir alıcı anteni vasıtasıyla alıcıda duyulabilir. İyonküre tabakalarının iyonlaşma dereceleri yükseldikçe yansıtabilecekleri frekanslar da büyür.

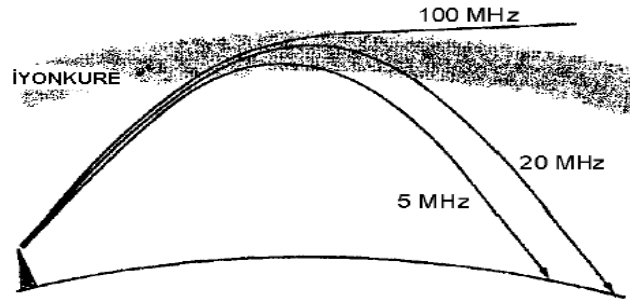
Herhangi bir anda bir iyonküre tabakasının, dikine gönderilen bir EM dalgayı Dünya'ya geri yansıtılabileceği en yüksek frekansa o tabakanın *kritik frekansı* denir. Bu radyo dalgaları

yayılmı ile ilgili herhangi bir tartışmada sıkça duyulan bir terimdir. Belirli bir bölgenin kritik frekansından daha yüksek frekansla gönderilen radyo dalgaları bu tabakayı geçip uzayda kaybolur (Şekil 3.4a). Ancak aynı dalga daha yüksek bir kritik frekansa sahip bir üst bölgeye girerse Dünya'ya doğru geri kırılır (Şekil 3.4b). Kritik frekanstan daha düşük frekanstaki dalgalar da daha alt katmandan yansıtılmazlar ya da tamamen emilime uğrayıp kaybolmazlar ise geri yansıtılırlar.



Şekil 3.4 İletim için uygun frekansın seçimi dalganın iyonküreden yansıyıp Dünya'ya geri dönebilmesi için kritik önem taşır.

Bir dalganın frekansı ne kadar düşükse iyonlaşmış bir katman tarafından o kadar çabuk kırılır. Şekil 3.5 farklı frekanslara sahip 3 ayrı dalganın bir iyonküre katmanına aynı açı ile girişini göstermektedir. 5 MHz'lik dalganın oldukça keskin kırınıma uğradığı görülmektedir. 20 MHz'lik dalga daha yavaş kırılıp daha uzak bir noktada Dünya'ya dönüyor. 100 MHz'lik dalganın frekansı açık bir şekilde kritik frekanstan yüksek ve bu yüzden geri yansıtılmadan uzaya çıkıyor.

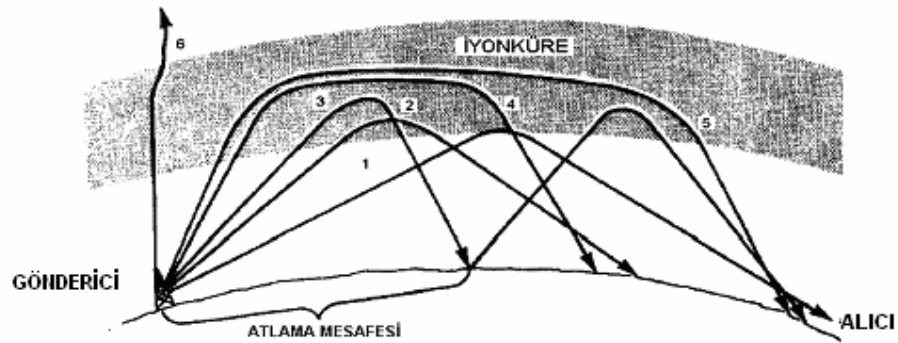


Şekil 3.5, Aynı açı ile iyonküreye gönderilen dalgaların iyonküreye girdikten sonraki davranışları dalgaların frekansına göre değişiklik gösterir.

Kritik frekanstan daha büyük bir frekanstaki EM dalgalar 90° den küçük bir çıkış açısı altında gönderilirlerse, öyle bir açığa erişilir ki, bu açıdan küçük bütün gönderme açılarında o

frekanstaki dalgalar yine Dünya'ya döner. Kritik frekanstan daha büyük bir frekanstaki EM dalgaların Dünya'ya geri dönüş yapabildiği en büyük çıkış (gönderme) açısına, o frekansın *kritik açısı* denir.

Şekil 3.6'da aynı frekansta ancak bir iyonküre katmanına farklı açılarla giren 6 radyo dalgası görülmektedir. 6 numaralı dalganın katmana giriş açısı geri yansıtılamayacak kadar dik açıya yakın olduğu için 6 numaralı dalga bir miktar kırılmasına rağmen katmanı geçip uzayda kaybolmuştur. Açı azaltılarak 5 numaralı dalganın kendi frekansı için kritik açı değerinde gönderilmiştir ve bu yüzden geri yansıtılmıştır. Bu açıdan daha büyük tüm açılarda dalga katmanı aşırıp uzaya çıkacaktır.



Şekil 3.6, Aynı frekanstaki dalgaların iyonküreye kritik açılardan büyük açılarla gönderilmesi dalganın uzayda kaybolmasına (6) neden olur. Kritik açıdan küçük açılarda ise dalganın farklı uzaklıklarda (1–5) Dünya'ya dönmesi mümkündür. 3 numaralı dalga yeryüzüne çarptıktan sonra tekrar iyonküreden yansıtılmış ve alıcıya ulaşmıştır. Bu dalganın yere döndüğü ilk nokta bir gök dalgası ile erişilebilecek en kısa mesafedir (atlama mesafesi).

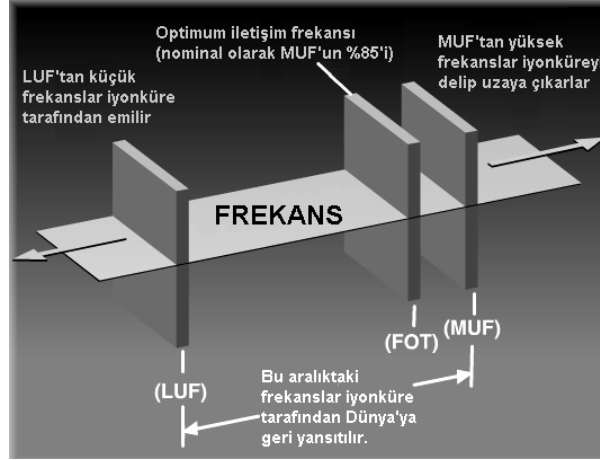
Kritik açı daima 90° 'den küçüktür. Yayınlanan bir EM dalganın frekansı, kritik frekanstan ne kadar büyük olursa kritik açı da o kadar küçük olur. Kritik frekansın kritik açısı 90° dir.

Belirli bir mesafe ile telsiz haberleşmesi yapabilmek için EM dalgaların 90° den küçük bir açı ile gönderilmesi gerekir. O halde telsiz haberleşmesinde kritik frekanstan daha büyük frekanslar da kullanılabilir. Haberleşme mesafesini arttırmak için geliş açısının küçültülmesi gerektiğinden, dalga frekansının o derece büyük olması gerekir.

3.3 KULLANILABİLİR FREKANS ARALIĞI

İyonkürenin içinde bulunduğu durum radyo dalgalarının yayılımını etkilemektedir. Bu sebeple haberleşecek tarafların belirli bir zaman için en uygun haberleşme frekansını seçmesi

gerekir. İyonkürenin belirli bir anda sahip olduğu özellikler sebebiyle o an kullanılabilecek en yüksek frekans Maksimum Kullanılabilir Frekans (MUF) olarak tanımlanır. MUF' dan yüksek frekanslar iyonkürenin o anki şartlarında iyonküre tabakalarını aşıp uzaya çıkarlar ya da o kadar yavaş kırılmaya uğrar ki istenilen noktanın uzağında yeryüzüne dönerler.



Şekil 3.7, MUF ve LUF değerleri ve yayılıma etkileri.

Seçilen sinyal frekansı MUF'un ne kadar altındaysa D tabakası tarafından o kadar fazla emilir. Frekans azaltılmaya devam edilirse belirli bir değerde sinyal tamamen emilir ya da çok çabuk kırıldığı için alıcının önünde bir noktada yeryüzüne iner ve alıcıya ulaşamaz. Bu frekans değerine Minimum Kullanılabilir Frekans (LUF) denmektedir. Bu sebepten, kullanılabilir frekanslar LUF ve MUF sınır değerlerinin arasında kalanlardır [8] (Şekil 3.7).

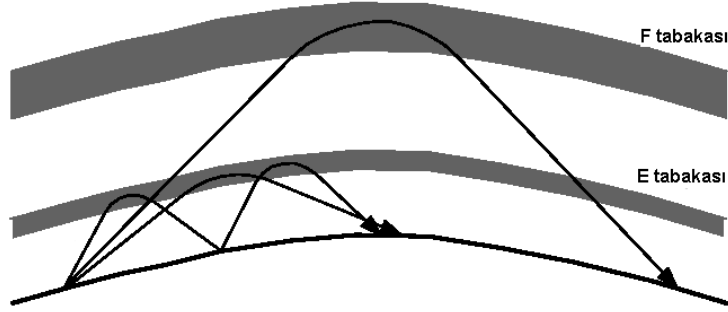
En iyi iletişim için seçilmesi gereken frekans değeri genelde MUF'un %85'i hesaplanarak bulunur. Bu değer genellikle geceleri gündüzden daha düşüktür.

3.4 YAYILIM MODLARI

Bir gök dalgasının vericiden alıcıya ulaşabileceği birçok yol vardır. Belli bir tabakadan, gereken en az sayıda sekme ile ulaşmasına birinci sıra modu denir. Bir sekme daha gerektiren moda ise ikinci sıra modu denir. E bölgesi modları sadece gündüz iletimleri için mümkündür. Sadece bir katmandan, mesela F katmanından, yayılan modlara 'basit modlar' denir (Şekil 3.8). E ve F bölgelerinden kırılan modların bileşkelerinden, kanal (ducting) ve giriş modlardan oluşan daha karmaşık modlar da mümkündür (Şekil 3.9).

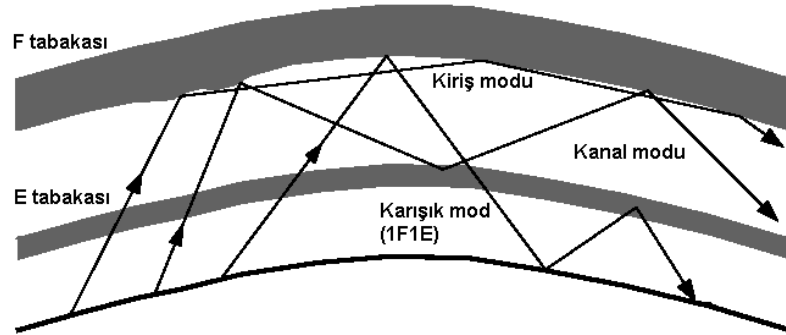
Kanal ve giriş modları Dünya'dan ara yansımalar olmaksızın, iyonküredeki birden çok kırınımı içerir. İyonküre tabakalarının düz ve pürüzsüz olduğunu düşünmeye meyilli olsak da, aslında iyonküre karışık ve hareketlidir. Ayrıca içinden geçen dalgalar da sinyallerin kırınımını

etkileyebilir. İyonküre tabakaları eğilebilir ve bu durumda kanal ve kiriş modları oluşabilir. İyonküre eğilimleri ekvator bölgelerinde, orta enlemlerde ve gün doğum-batım çizgilerinde daha olasıdır. Bu modlar oluştuğunda, dalgalar D katmanını geçmekte daha az zaman harcadıkları ve yer yansımalarından zayıflamadıkları için daha güçlü olabilirler.



Şekil 3.8, Basit yayılım modlarına örnekler. Şekilde gösterilen dalgalar sadece tek bir tabakadan (E veya F) yansımaktadır.

Manyetik 15° enlemlerinde (ekvatorial anomali bölgesi) gündüz iyonküresinin yüksek elektron yoğunluğu sayesinde ekvatoru kat eden dalgalar, yüksek frekanslar kullanabilirler. İyonküredeki herhangi bir eğilme, uzun mesafeye iyi sinyal gücünü ileten kiriş modlarının oluşması ile sonuçlanabilir. Kanal modu ise eğilme sonucu dalganın iki yansıtıcı katman arasında tuzağa düşmesi sonucu gözlenir. Bu durum daha çok ekvatorsal iyonküre, auroral bölge ve orta enlemlere özgüdür. İyonküre gezinmesi gibi olaylar da kanal ve kiriş modlarına benzer yayılımlar olarak sayılabilir.



Şekil 3.9, Dalgaların E ve F tabakalarından değişik kombinasyonlarda yansımalarıyla oluşan karışık yayılım modları.

3.5 HAVA KOŞULLARININ YAYILIMA ETKİSİ

Hava koşulları radyo dalgalarının yayılımını etkileyen ek bir faktördür. Rüzgar, hava sıcaklığı ve atmosferdeki su buharının etkilerinin değişik şekillerde birleşmesi radyo sinyallerinin alışımlı menzillerinin yüzlerce mil ötesinde bile duyulmasına sebep olabilmektedir. Tersine, bu etkilerin farklı bir birleşimi sinyalin aşırı zayıflamasına ve normal menzilin çok altından bile duyulamamasına neden olabilir. Maalesef, hava durumu fazlasıyla karmaşık olduğu ve çabuk değiştiğinden hava şartlarının etkilerini kesin ve hızlı bir şekilde belirlemek için bir kural yoktur. Bu sebepten burada genel olarak bu etkilerden bahsetmekle yetineceğiz.

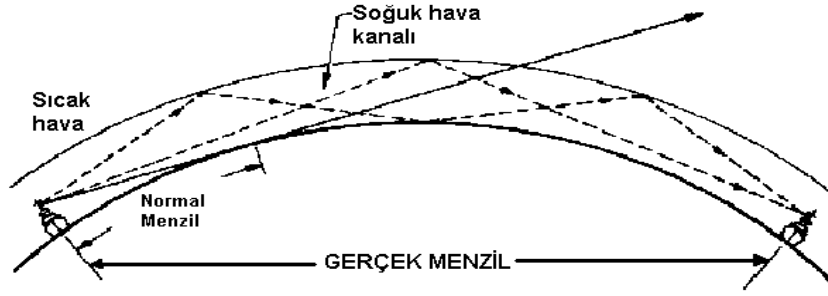
Eğer atmosferde su ya da su buharı olmasaydı havanın yayılma etkilerini hesaplamak çok daha kolay olurdu. Ancak atmosferde her zaman katı, sıvı ya da gaz halinde bir miktar su bulunur ve bu yüzden tüm hesaplamalarda suyun etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle bu etkiler radyo dalgasının frekans ve dalga boyu ile doğru orantılıdır. Örneğin yağmurun mikrodalga frekanslarında çok belirgin bir etkisi varken HF ve altındaki frekanslar için fazla önemli değildir.

Yağmur, suyun yoğunlaşma şekilleri arasında radyo dalgalarını en çok zayıflatandır. Yağmur damlası, radyo dalgasının gücünün bir kısmını emerek ısıya dönüştürür ya da değişik doğrultularda saçılmasına neden olur. 100 MHz'in üstünde saçılma sebepli kayıp emilmeden de fazladır.

Sis yağmurun değişik bir şekli olarak düşünülebilir. Sis sırasında su buharı havada asılı kaldığı için birim hacimdeki su buharı miktarı zayıflatıcı etkide belirleyicidir. Ancak sisin 2 GHz'in altındaki yayılımlarda etkileri küçük olur.

Kar ve dolu suyun diğer yoğunlaşma şekilleridir. Kar tanelerinin düzensiz boyutlarından dolayı karın etkilerini kestirmek güç olsa da, kar yağmurdan 8 kat daha az yoğun olduğu için etkisi de daha azdır.

Normal atmosfer koşullarında yeryüzüne yakın hava daha sıcaktır. Yükseklik arttıkça hava sıcaklığı kademeli olarak düşer. Ancak zaman zaman soğuk havanın bir sıcak hava katmanı ile yeryüzü ya da iki sıcak hava katmanı arasında sıkışması gibi anormal haller de görülmektedir. Bu durumlarda havanın yoğunluğundaki ve kırılma indislerindeki farklılıklardan dolayı dalgalar alışımlı menzillerinin çok ötesine ulaşabilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10, Radyo dalgasının sıcak hava katmanı ile yeryüzeyi arasındaki soğuk hava kanalına sıkışması ile dalga böyle bir kanalın varolmadığı durumda sahip olduğu normal menzilin çok ötesindeki mesafelere iletilebilir.

3.6 EMİLİM

Bir radyo dalgası, gönderici ile alıcı arasında kat ettiği yol boyunca pek çok faktörün etkisi altındadır. Radyo dalgaları üzerinde en fazla olumsuz etkiyi oluşturan faktör **emilim**dir. Emilimin gerçekleşmesi sonucunda radyo dalgası enerji kaybeder ve alınan sinyallerin gücünde azalma ve uzun mesafelerle iletişim yeteneğinde zayıflama oluşur [9] (Şekil 3.11).

Gök dalgalarında, emilim kayıplarının çoğu iyonküresel koşullara bağlı olarak gerçekleşir. Gök dalgalarının emiliminin bir kısmı alt atmosferik katmanlarda oluşabilir. Ne var ki, bu kayıp 10 MHz' in üzerindeki frekanslar için önemlidir. Bunun sebebi su ve su buharıdır. Ancak bu enerji kaybının boyutları büyük olursa sinyal iyonkürede kaybolur.

İyonküresel emiliminin büyük kısmı, iyonküresel yoğunluğun yüksek olduğu alt bölgelerde gerçekleşir. Bir radyo dalgası iyonküreden geçerken, enerjisinin bir kısmını serbest elektron ve iyonlar için harcar [10].



Şekil 3.11, Gök dalgaları iyonküre şartları ve hava buharı gibi atmosferik şartlar dolayısıyla enerji kaybedip atmosferde kaybolabilir.

Eğer bu yüksek enerjili serbest elektron ve iyonlar düşük enerjili gaz molekülleri ile çarpışmazlar ise, radyo dalgasının kaybettiği enerjinin büyük kısmı elektromanyetik enerjiye dönüşür ve dalga yoğunluğu çok fazla değişmeden yayılmaya devam eder. Fakat yüksek enerji yüklü serbest elektron ve iyonlar diğer parçacıklarla çarpıştırlarsa, bu enerjinin büyük kısmı kaybedilir ve dalganın enerjisi emilmiş olur. Enerjinin emilimi parçacıkların çarpışmasına bağlı olduğu için, iyonküre katmanları ne kadar yoğun ise çarpışma ve dolayısıyla emilim ihtimalide o kadar yüksek olur [11].

F bölgesi D ve E bölgesine göre 10 kattan daha fazla elektrona sahip olduğu için F bölgesinin bu elektron etkisiyle çok yüksek frekanslı dalgaları yansıtabilir. D ve E bölgelerinde yüksek frekanslı dalgalar bu elektron etkisiyle zayıflar [12].

Gündüzleri F2 bölgesindeki elektron yoğunluğu çok yüksek olduğundan daha yüksek frekansları yansıtabilir. D ve E bölgelerinde ise bir miktar zayıflama gerçekleşir [13].

Akşamları ise E bölgesinde elektron yoğunluğu azalır ve D bölgesinde yok olur. Bu yüzden düşük HF frekansları bile çok az bir zayıflamaya uğrarlar.

Yukarıda sözü edilenler normal koşullarda uygulanır, fakat yüksek güneş aktivitesinin olduğu yaz aylarında durum değişir. Bu dönemlerde D bölgesinde emilim devam ederken E bölgesi günün herhangi bir zamanında HF dalgalarını yansıtır [14].

Genel olarak HF(Yüksek Frekans) 'ın MF(Orta Frekans) ve VHF(Çok yüksek frekans) ile karşılaştırıldığında avantajı iyonküresel yayımda çok önemsiz bir zayıflamaya uğramasıdır [15].

HF dalgaların emilimi;

İyonküre plazmasının kırılma indisi $n = \alpha + i\beta$ şeklinde kompleks bir kırılma indisidir. Bu durumda iyonküre plazması içinde ilerleyen düzlem elektromanyetik dalga,

$$E = E_0 e^{-(\omega/c) \beta S} \cdot e^{i \omega((\alpha/c) \cdot S - t)} \quad (3.1)$$

şeklinde yazılabilir. Dalga iyonküre içinde S yolu kadar ilerlediği zaman, $e^{-(\omega/c) \beta S}$ kadar sönüme uğrayacaktır. $\kappa = (\omega/c) \beta$ absorpsiyon sabiti olarak tanımlanırsa yansıma sabiti ρ cinsinden elde edilebilir. Alınan dalganın genliğinin, absorpsiyon olmadan alınan dalganın genliğine oranı ρ olarak tanımlanırsa, denklem (3.1) den,

$$\ln p = -\int \kappa ds \quad (3.2)$$

olarak bulunur. Absorpsiyonun L, desibel(dB) cinsinden ifadesi

$$L = 8.68 \int \kappa ds \quad (3.3)$$

dir. Göndericiden çıkan bir dalganın alıcıda alınması halinde yolda uğrayacağı absorpsiyonu denklem (3.3) kullanılarak elde edilir. Bu amaca ulaşmak için iyonküre plazmasının kırılma indisinin sanal kısmı β' 'nin bilinmesi gerekmektedir.

Sonuçta; elektron yoğunluğunun fazla olduğu öğle saatleri ve yaz ayları emilimin en fazla olduğu, yansımaların da en az olduğu dönemlerdir [16].

Yansımanın çok olması kullanılan frekansın büyük olması ile doğru orantılıdır [17]. Özellikle kış aylarında kullanılan frekans plazma frekansından büyük ise, dalgalar yansımadan iyonkürenin üst bölgelerine çıkar ve alıcıya sinyal gelmez [18].

3.6.2 SÖNÜMLEME

Göndericiden çıkan elektromanyetik dalgaların farklı yollar izleyerek alıcıya ulaşması ve alıcıda birbirini zayıflatmasıdır. Radyo sinyallerinin iletimindeki en rahatsız edici sorun sinyal gücündeki değişimlerdir, yani zayıflamadır. İyonküre zamanla sürekli olarak değiştiği için yansıyan sinyal genliği de zamanla değişir. Bunun sebebi, iyonküredeki değişimlerden dolayı alıcıya gelen sinyalin iyonküredeki farklı yansıma noktalarından, dolayısıyla farklı fazdan gelmesidir [19]. Zayıflama terimi dakika, saniye ve hatta saniyenin parçaları gibi belirli zaman aralıklarında meydana gelen, nispeten süratli değişimler için kullanılır. Zayıflama yüksek frekanslarda, düşük frekanslardan daha ani olur. Düşük frekanslarda emilim büyük değerlere ulaşır. Bu yüzden yüksek frekans kullanımı tavsiye edilebilir. Bilhassa sönümleme gün içinde yüksekse tercih edilmelidir. Genel olarak F2 bölgesindeki düzensizlikler manyetik fırtına değişimleri ve yüksek frekanslı dalgaların şartlarındaki değişimler sönümlemeye neden olur [20]. D bölgesinde sönümleme Güneş ile değişir. Gün ışığı maksimum iken sönümleme en yüksek değerine ulaşır. Sinyal sönümlemesi yazın gün ortasında daha fazladır. Sönümleme enlemlerde de değişiklik gösterir. Ekvatora yaklaştıkça artar, kutuplara yaklaştıkça sönümleme azalır.

Sönümleme de gerekli olan göndermeç gücünü, karışmayı önleyebilmek için gerekli koruma oranını, verimli bir farklılaşma veya kodlama sistemini belirlemek için; sönümlemenin yoğunluğunu ve hızını bilmek gerekir. Sönümleme iyonküreye gelen sinyallerin alınmasını zorlaştıran bir etken olduğu için devamlı bir sinyal, zayıf bir sinyal olsa bile gürültü seviyesinin

altında bir anlık sönümlemeye uğrayan ve alıcıya birkaç saniye geç ulaşan sinyalden daha kolay bir çalışma sağlar.

Sönümleme için bazı büyüklük oranları yüksek frekanslı(HF) dalgalar için Tablo 3.1 de verilmiştir.

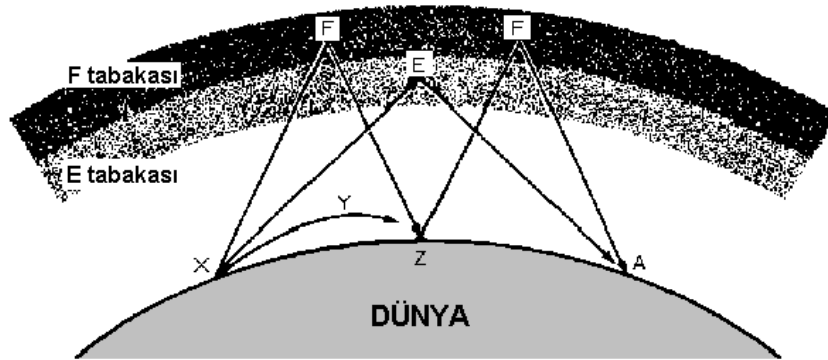
Tablo 3.1, HF dalgaların sönümleme ve iletim değerleri

Frekans:	10 MHz	10MHz
İletim mesafesi(km):	0 – 10,000	3,000
Zamanı:	Gece ve gündüz	Akşam
Sönümleme türü:	Karıştırma	Flutter
Sönümleme derinliği:	% 100	?
Periyodu(sn):	1 – 10	0.1 – 0.01

Sönümlemeye sebep olabilecek pek çok koşul vardır. Sönümleme çeşitleri olarak adlandırılan bu koşullar: Polarizasyon sönümlemesi, emilim sönümlemesi, karıştırma sönümlemesi, çokyollu sönümlemesi olarak sıralanabilir.

3.6.2.1 ÇOKYOLLU SÖNÜMLEME

Emilim sonucunda sinyalin çok zayıflaması için sinyalin çok uzun mesafeler kat etmesi gerekir. Bu sebepten sönmenin asıl sebebi olarak çok yollu yayılım gösterilir [21]. (Şekil 3.12)



Şekil 3.12, Tipik bir gönderme-alma işleminde sinyal X ve A istasyonları arasında XYZFA, XEA ya da XFZFA gibi değişik yollar izleyerek alıcı istasyona değişik zamanlarda ulaşabilir. A'ya ulaşan bu farklı sinyallerin fazlarına göre toplam sinyal periyodik sönümlemelere uğrayabilir.

Çokyollu sönümlemesi çift yansıma yüzünden oluşur; yansıma seviyesi ve sinyalin fazı rasgele değişir. Sinyal gücünün değişimi 20 dB kadar yüksek olabilir ve maksimum 10 'ar saniyelik periyotlardadır. Şekil 3.13'de çok yollu sönümlemenin şekli gösterilmektedir.

Şekil 3.13, Çok yollu sönümlleme grafiği

Şekil 3.14, Ordinary dalgaların iyonküreye bölgesine girişini ve ardından extraordinary dalgaların girişini gösterir; her ikisi de çökyollunun bir parçasıdır.

Bu şekil MUF'un sinyal frekansına ulaşmasına ve ritmik sönümlemenin oluşmasına odaklanmaktadır. Böyle bir sinyale dışa sönümlü (fade out) denir. Derin ritmik sönümleme düzensiz ve uzun süreli bir sönümlemeyle devam eder. Böyle bir sönümlemede maksimum frekanstaki değişimler, sabit iyonküresel koşullardaki mesafe değişimi gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Ordinary dalgaların gelişi sürerken, extraordinary bir dalgalanma oluyor ve ardından sinyaller çok düşük bir seviyeye ulaşıyor. Orijin noktası frekansının altındaki bir frekansta dört dalga arasında karışma şu şekillerde olur :

- i. Yüksek açılı ordinary ve extraordinary
- ii. Düşük açılı ordinary ve extraordinary
- iii. Orijin noktası frekansının üstündeki bir frekansta ise karışma yüksek ve düşük açılı extraordinary dalgalarda olur.

3.6.2.2 KUTUPLANMA SÖNÜMLEMESİ

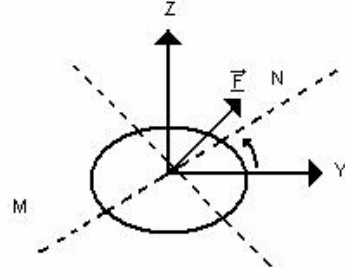
Bir radyo dalgası iyonküre tarafından kırıldığında ya da yer yüzeyinden yansıdığına dalganın kutuplanmasında düzensiz değişimler olabilir. Dikey ve yatay olarak hazırlanmış alıcı antenleri, dikey ve yatay kutuplanmış dalgaları alabilmek için tasarlanmıştır. Bundan dolayı kutuplanmadaki değişimler, alıcı antenin kutuplanma değişimlerini almadaki yetersizliğinden dolayı alınan sinyalin seviyesinde değişimlere sebep olur [23].

Genellikle ordinary ve extraordinary dalgaların davranışları farklıdır. Çünkü D-bölgesi emilimi farklıdır ve bunun sonucunda dalga eliptik olarak kutuplanır. Bu da derin sönümlemeye sebep olur. Saniyedeki sönümleme sayısı aşağıdaki ifade ile verilir.

$$n = (A \cdot d N_t) / f^2 \cdot dt \quad (3.4)$$

Bu ifadede N_t yol boyunca elektron yoğunluğu ve A katsayı çarpanıdır. Bu dalgalanma değişimleri ışın taraması yoluyla elde edilebilir ki bu işlem de ordinary ve extraordinary dalgaların ışın yolları farklı olduğunda oldukça zordur. Kutuplanma sönümlemesi dikey yayılım yoluyla, iki ortogonal yatay anten kullanılarak azaltılabilir.

Şekil 3.15'de Yerkürenin manyetik bölgesine göre lineer kutuplanmış dalga iki karşılıklı kutuplanmış eliptik dalgaya ayrılması ve kutuplanması gösterilmektedir. Bu kutuplanma N_k fazında değişime ve dalgaların zayıflamasına ve sönümlemesine yol açar.



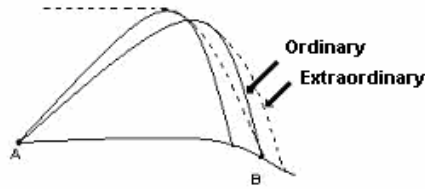
Şekil 3.15, Kutuplanmış dalganın iki karşılıklı dalgaya ayrılmasını gösterir.

Sönümlemenin etkilerini yok etmek için Uzay farklılığı tekniği kullanılır. 10λ aralarında fark olan iki antenin sönümleme sinyalinin çapraz korelasyonu sonucu 2 anten yeteri kadar sönümlemede düşüş sağlar. Eklenen sinyaller sonucu antenlerin birisi mutlaka daha fazla dalgalanmaya sebep olacaktır.

3.6.2.3 EMİLİM SÖNÜMLEMESİ

Emilim sönümlemesi diğer sönümleme çeşitlerine göre daha uzun bir süreye yayılmıştır. Çünkü emilim yavaş bir şekilde gerçekleşir. Burada sönümleme süresi saniyenin küçük bir parçasından aylara kadar ulaşabilen bir değerdedir. Sönümleme, yansıma koşullarındaki (gündüz yüksek, gece düşük yansıma) değişikliklerden ve emilim farklılıklarından kaynaklanabilir [24].

Şekil 3.16'de ayrı olarak yansıyan iki farklı ışının F2 bölgesinde yansıdıktan sonra birleşmesi ve F2 bölgesinde yansıyan ışının iki farklı ışına ayrılması sönümlemeye neden olduğu gösterilmektedir.



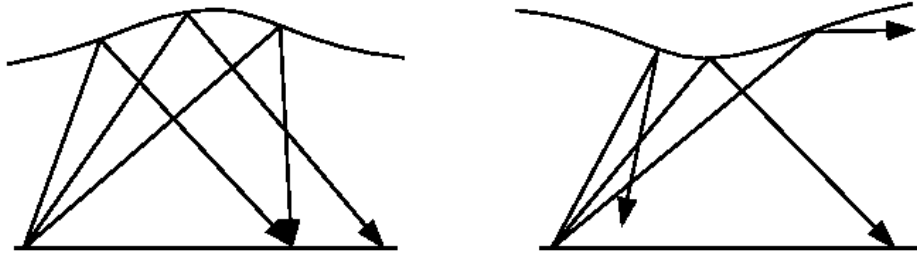
Şekil 3.16, Emilim sönümlemesinde ışın hareketleri.

D-bölgesinde gerçekleşen emilim değişimlerinin neden olduğu sinyal davranışı düzensizlikleri, emilim sönümlemesi olarak adlandırılır. Bu değişimlere örnek olarak, kısa dalga dış sönümlemesi (X ışını dağılımına bağlı olarak ve 1 dakikayla 1 saat arasında değişebilen) verilebilir. Sönümleme aşağıdaki etkiler sonucunda oluşabilir:

- D-bölgesindeki düzensizlik hareketleri
- Solar iyonize radyasyonlarındaki yavaş değişimler,
- Günlük ve 27-günlük emilim değişimleri.

3.6.2.4 KARIŞTIRMA SÖNÜMLEMESİ

Sönmeye neden olan başka bir sebep de iyonküredeki hareketli düzensizliklerdir. Bu düzensizlikler iyonküredeki bazı bölgelerin sınırlarının eğilip bükülmesine ve bu yüzden dalgaların tek bir noktada odaklanamamasına sebep olur. Bu tip durumlarda, aynı sinyalin ikincil yansımalarından sonra 10 dakika gecikme ile alıcıya gelen parçalarına rastlanmıştır. Bu tip hareketli düzensizlikler yine Güneş ya da atmosferik kaynaklı olup yatayda 5–10 km/dak hızla ilerlerler [25] (Şekil 3.17).



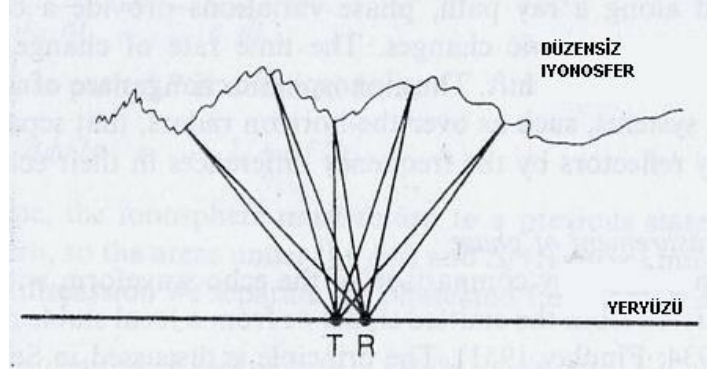
Şekil 3.17, Hareketli iyonküre düzensizlikleri sonucu dalgaların tek bir noktaya odaklanmaması güçleşir ve sinyal hem enerji kaybeder hem de alıcıya gelen bileşenler genlik, faz ve polarizasyon bakımından farklılık gösterdiği için sönmeye neden olur.

İyonküredeki kırılma yüzeylerindeki düzensizliklerin neden olduğu, en çok görülen sönümleme çeşididir. Neden olan etkenler şöyle sıralanabilir:

- i. nötr rüzgarlarla gelen elektron bulutlarının D ve E bölgelerine nüfuzu,
- ii. nötr atmosferdeki akustik-yoğunluk dalga grupları.

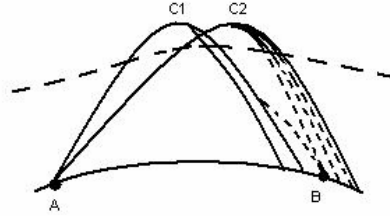
Sabit elektron yoğunluklu bir yüzey, dalgaların tüm yönlerde hareket ettiği bir yüzme havuzu yüzeyine benzer. Engebeli ve dalgalı bir yüzeyden yansıyan sinyal Şekil 3.18’de gösterildiği gibi oldukça geniş bir alana yayılacaktır. Bu alan birkaç metreden yüzlerce hatta

binlerce kilometreye kadar değişebilir ve dalgalar, 50ms^{-1} 'den (E bölgesinde) 1000 ms^{-1} 'e (F bölgesinde) kadar değişen hızlarda hareket edebilir. 200 ms^{-1} 'lik bir hız genellikle F bölgesinde görölür. Bu hız, manyetik etki boyunca yükselir.



Şekil 3.18, Engebeli ve dalgalı yansımalar.

Işınların karışması sonucu oluşan sönümleme yansıma farklılıklarına dayanır. Şekil 3.19'de F2 bölgesindeki değişim hareketleri; bölgenin sönümlenmesi esnasında ya da bölgeler birleşirken yansıtılmış ışın iki farklı yol izleyebileceğini göstermektedir.



Şekil 3.19, Karıştırma sönümlemesinin F tabakasında izlediğı yolu gösterir .

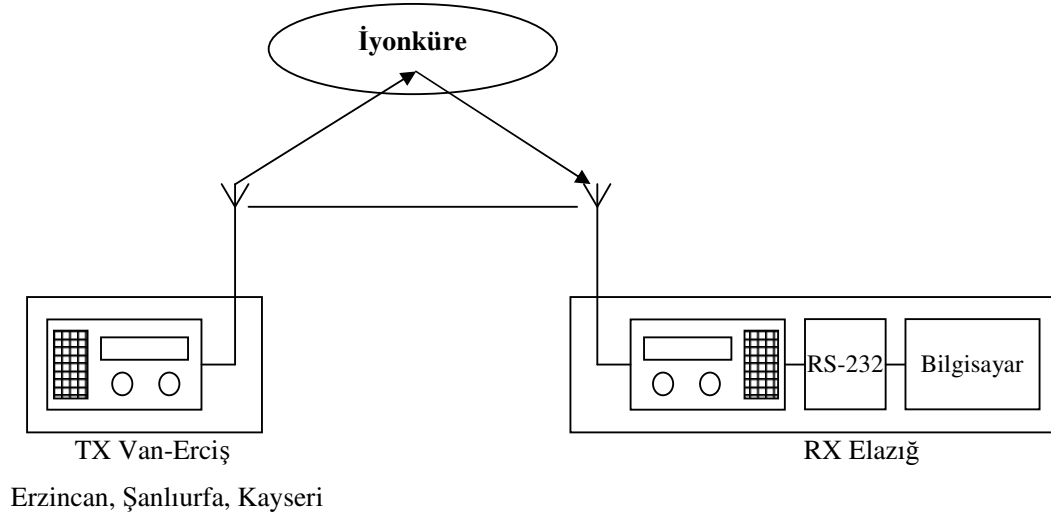
4. DENEY, ÖLÇÜMLER VE SONUÇLAR

4.1 DENEY

Bu çalışmada alıcı olarak Fırat Üniversitesi'nde (38.7° Kuzey – 39.2° Doğu) kurulan ITU uyumlu HF alan şiddeti ölçüm sistemi, verici olarak ise Van-Erciş (39.03° Kuzey – 43.37° Doğu), Kayseri (38.72 Kuzey – 35.50 Doğu), Erzincan (39.72 Kuzey – 39.47 Doğu) ve Şanlıurfa (37.12 Kuzey – 38.77 Doğu)'daki Marconi 100W (HF/SSB) telsizi kullanıldı. Sistemin verici anteni doublet, alıcı anteni ise çubuk antendir (Şekil 4.1). Ölçümler 5.47 MHz ve 7.87 MHz'lik dalgalar için her saat başı 10'ar dakikalık aralıklarla yapıldı. dBµV/m cinsinden ölçülen sinyal şiddetleri;

$$\text{dB}\mu\text{V/m} = 20\log \frac{\text{Çıkış Şiddeti (Mv/m)}}{1 (\mu\text{V/m})} \quad (4.1)$$

ifadesi ile (µV/m)'ye dönüştürüldü [26].

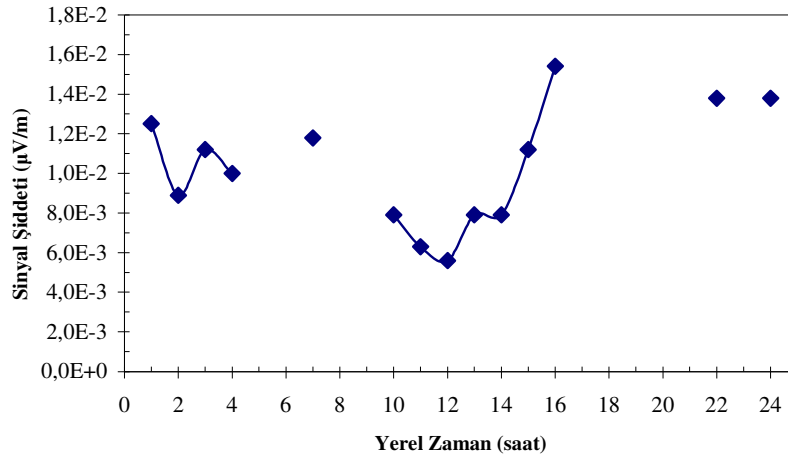


Şekil 4.1, ITU uyumlu HF alan şiddeti ölçüm sistemi.

Denklem (4.1) kullanılarak 5.47 ve 7.87 MHz gönderme frekansları için ölçülen sinyal şiddetinin yerel zamana ve mevsimsel değişimlere göre değerleri bölüm 4.2' de verilmiştir.

4.2 ÖLÇÜMLER

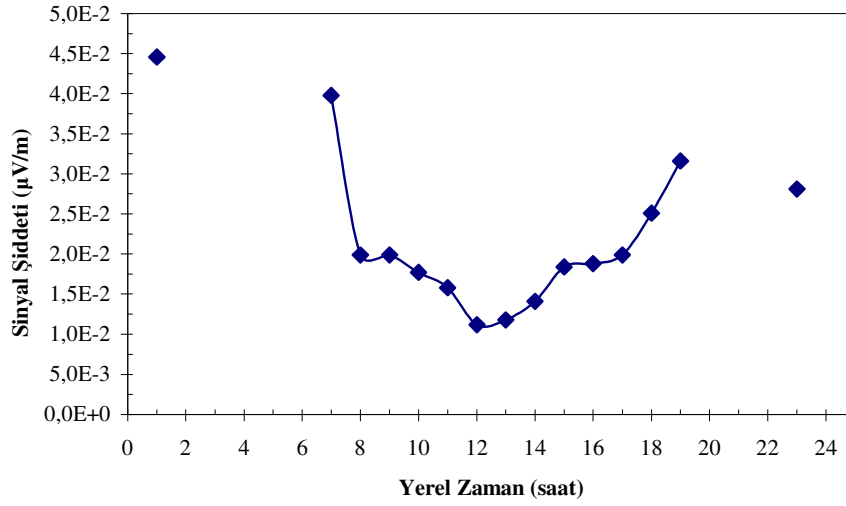
Şekil 4.2, 21–22 Mart 2004 tarihinde Erciş (39.03 N - 43.37 E)’ten–Elazığ (38.68 N – 39.23 E)’a (Mesafe: 362 km) gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilde 01–04 saatleri arasında sinyal şiddetinin azaldığı görülmektedir. Gece iyonkürsünde yüklü parçacık yoğunluğunun çok azalması, sinyalin yansıtılmadan iyonküreyi geçmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı sinyalin giderek azalan bir kısmının yansıtılmış olması azalan bir sinyal şiddetinin alınmasına sebep olmuştur. Sonraki saatlerde 05–10 sinyal hiç alınmamıştır. Saat 10–12 arasında artan yüklü parçacık yoğunluğu alınan sinyal şiddetini azaltmıştır. 13–16 saatleri arasında sinyal şiddeti artmıştır. Bunun sebebi elektron yoğunluğunun artarak plazma frekansını (ω_p) büyütmesi ve iyonküre tabakasının dışına sinyal kaçmamasıdır. 16–24 saatleri arasında sinyal alınmamıştır. Bunun sebebi olarak plazma frekansının ($\omega_p=(ne^2/m\epsilon_0)$) elektron yoğunluğu ile birlikte azalması olarak gösterilebilir.



Şekil 4.2, 21–22 Mart 2004’te Erciş’ten gönderilen ve Elazığ’da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

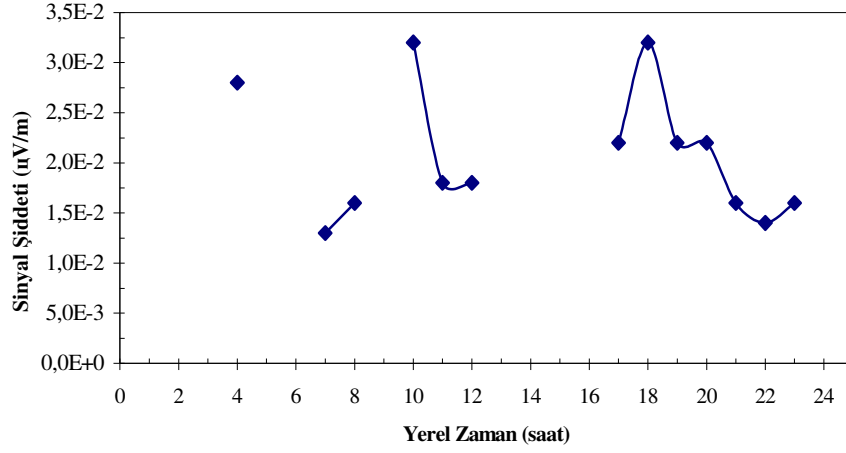
Şekil 4.3, 21–22 Mart 2004 tarihinde Erciş (39.03 N - 43.37 E)’ten –Elazığ (38.68 N – 39.23 E)’a (Mesafe: 362 km) gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilde, sabah saat 6’dan itibaren öğle 12’ye kadar sinyal şiddeti azalmış, iyonküreyi geçip çıkamayan dalga yansıtılmış sinyal olarak alınmıştır. Fakat bu zaman aralığında yüklü parçacık yoğunluğunun sürekli artmasıyla, ortamda daha fazla bir emilme meydana gelmiştir. Bu saatten itibaren sinyal şiddeti artarak devam etmiş. 13-19 saatlerinde sinyal şiddeti sürekli artmıştır. Uzaya çıkamayan dalga elektron yoğunluğunun azalmasıyla daha az emildiği için daha güçlü sinyal alınmıştır. 19’dan itibaren sinyal alınmamıştır. Bu saatten itibaren elektron yoğunluğunun azalması ve kullanılan frekansın büyük olması nedeniyle dalga

iyonküre tabakasını geçmiş bunun sonucunda yansıma olmaması nedeniyle değer alınamadığı görülmüştür.



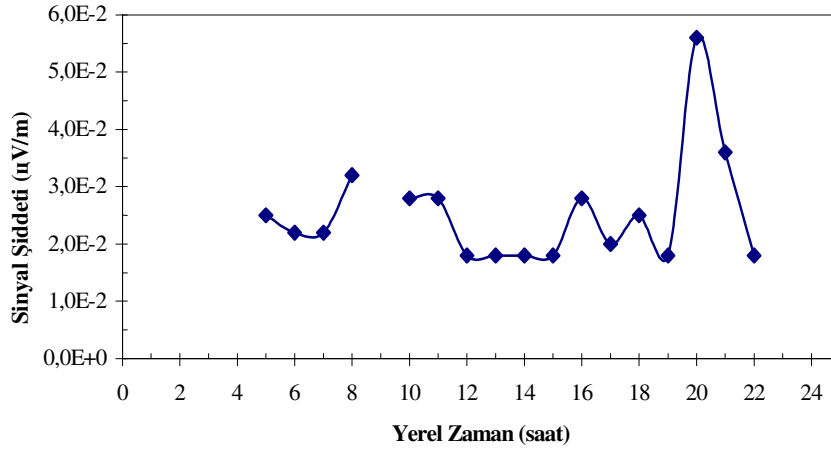
Şekil 4.3, 21-22 Mart 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.4, 22-23 Mart 2005 tarihinde Kayseri (38.72 N – 35.50 E)'den Elazığ (38.68 N – 39.23 E)'a (Mesafe: 340 km) gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilde 01-07 saatleri arasında sinyal alınmadığı, 07-10 saatleri arasında ise artan sinyal şiddeti tespit edilmiştir. Saat 10 dan sonra 12' ye kadar sinyal şiddetinin azaldığı ve 13-16 saatleri arasında sinyal alınmadığı gözlenmiştir. 17-18 saatleri arasında artan sinyal şiddeti tespit edilmiş olup bunu takip eden 18-24 saatleri arasında sinyal şiddetinin giderek azaldığı ölçülmüştür. Bu günlük değişim Şekil 4-2 'de verilen Erciş Elazığ sinyaline benzemektedir. Kayseri ve Erciş'in Elazığ'a olan mesafelerin birbirine yakın ve zamanın aynı olması bu benzerliği sağlamış olabilir. Sinyal şiddetinin bu şekilde değişimi elektron yoğunluğunun azalması ve bununla birlikte plazma frekansının düşmesi ile sinyalin iyonküre tabakasının dışına kaçmasına, bundan dolayı yansıyan sinyal şiddetinin düşmesiyle açıklanabilir.



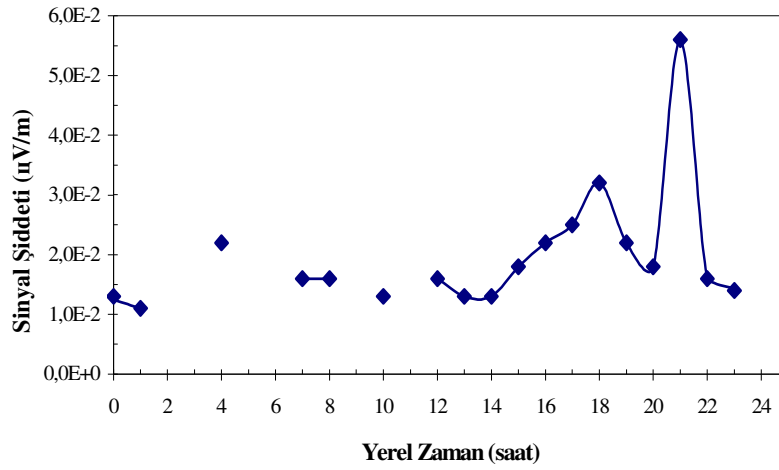
Şekil 4.4, 22–23 Mart 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi

Şekil 4.5, 22–23 Mart 2005 tarihinde Kayseri (38.72 N – 35.50 E)'den Elazığ (38.68 N – 39.23 E)'a (Mesafe: 340 km) gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Bu değerlerin Şekil 4.3'teki sinyal şiddeti değerleriyle büyük benzerlik görülmektedir. Sinyal şiddetleri genellikle elektron yoğunluğunun büyük olduğu saatlerde ölçülmüştür. Fakat 22 -05 saatleri arasında sinyal şiddet değerleri ölçülememiştir. Bu saatler arasında plazma frekansının (ω_p) elektron yoğunluğu ile birlikte azalmasıyla birlikte sinyal iyonküreyi geçip uzaya kaçmıştır. Bu şekilde görüldüğü gibi Erciş'ten ölçülen sinyal şiddet değerleri ile birbirine yakındır.



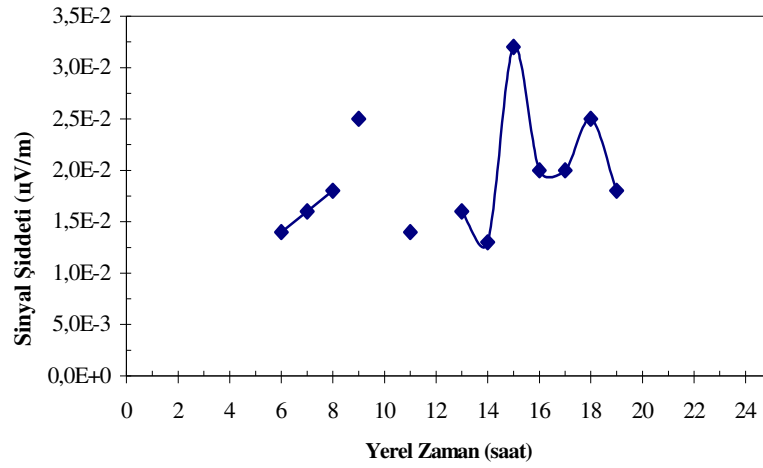
Şekil 4.5, 22–23 Mart 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.6, 23-24 Mart 2005 tarihinde Erzincan (39.72 N–39.47 E)’dan Elazığ (38.68 N–39.23 E)’a (Mesafe:81 km) gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 23–12 saatleri arasında sağlıklı değerler alınamamıştır. Erzincan’ın Elazığ’a olan mesafesinin yakınlığı sebebiyle dalganın yansıması ya hiç olmamış ya da düşük şiddette sinyal değerleri ölçülebilmıştır. 12–21 saatleri arasında plazma frekansının (ω_p) elektron yoğunluğuyla birlikte artması ile daha fazla bir emilim meydana gelmiş ve sinyal iyonküre tabakasının dışına kaçmayarak sinyal şiddeti artmıştır. Bu saatten itibaren elektron yoğunluğunun azalması, frekansın büyük olması ve mesafenin kısa olması nedeniyle sinyal uzaya kaçmış ve şiddeti ölçülememiştir.



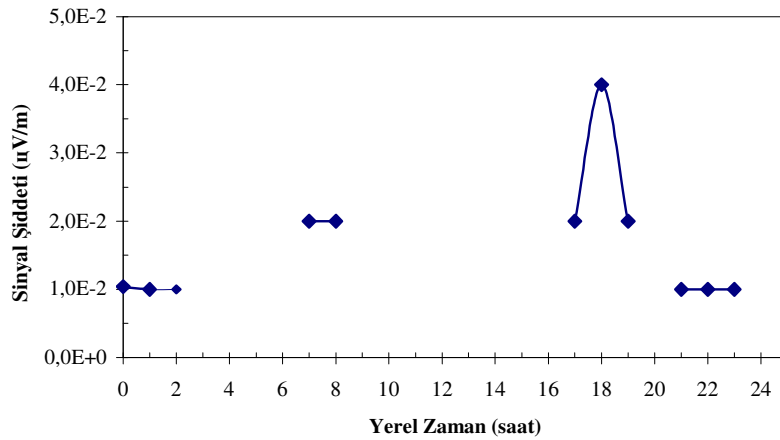
Şekil 4.6, 23-24 Mart 2005’te Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.7, 23–24 Mart 2005 tarihinde Erzincan (39.72 N 39.47 E)’ dan Elazığ (38.68 N 39.23 E)’a (Mesafe:81 km) gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 19–06 saatleri arasında frekansın büyük olması, elektron yoğunluğunun az olması ve mesafenin kısa olması nedeniyle sinyal şiddeti ölçülememiş bu saatler dışında elektron yoğunluğunu artmasıyla birlikte oluşan çarpışmalardan dolayı sinyal iyonküre dışına kaçmamış, 14–19 saatleri arasında sinyal şiddeti artmıştır.



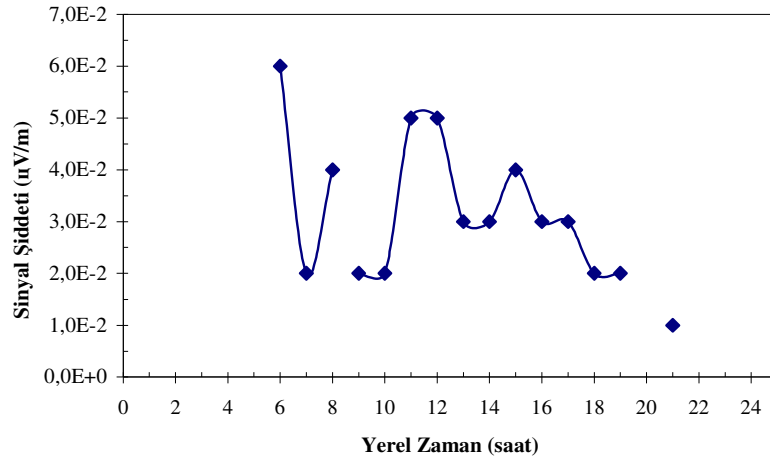
Şekil 4.7, 23–24 Mart 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.8, 24–25 Mart 2005 tarihinde Şanlıurfa (37.12 N – 38.77 E)'dan Elazığ (38.68 N – 39.23 E)'a (Mesafe 192 km) gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi şekil 4.6'da Erzincan'dan gönderilen sinyal değerleriyle büyük benzerlikler göstermekte, fakat bu deneyde Şanlıurfa'dan gönderilen sinyallerin yeterli alınamadığı, burada göndermecin bulunduğu bölgedeki gürültü ile yine Erzincan gibi mesafenin kısa olması nedeniyle sinyal şiddeti sağlıklı ölçülemediği görülmüş, 20–16 saatleri arasında elektron yoğunluğunun azalmasıyla sinyal iyonküreyi geçip uzaya kaçmıştır.



Şekil 4.8, 24–25 Mart 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi.

Şekil 4.9, 24–25 Mart 2005 tarihinde Şanlıurfa (37.12 N – 38.77 E)’dan Elazığ (38.68 N – 39.23 E)’a (Mesafe:192 km) gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 19–06 saatleri arasında frekansın büyük, mesafenin kısa, elektron yoğunluğunun az olması nedeniyle emilim az olmuş sinyal iyonküreyi geçip uzaya çıkmıştır. Güneşten gelen UV ışınımınla birlikte, elektron yoğunluğunun artmasıyla 11–19 saatleri arasında daha fazla bir emilme meydana gelmiş sinyal şiddeti devamlı olarak azalmasına rağmen değerler ölçülebilmektedir.

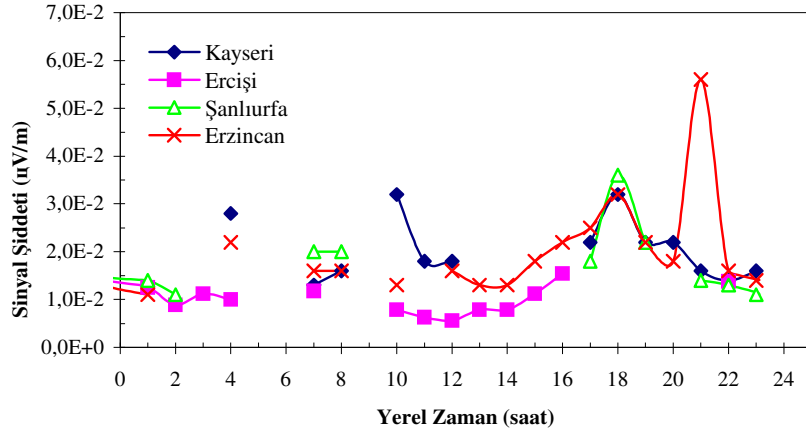


Şekil 4.9, 24–25 Mart 2005’te Şanlıurfa’da gönderilen ve Elazığ’da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi.

5.47 MHz frekansında, Mart ayında yapılan ölçümlerin dört bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde genel olarak sabah 10’a kadar sağlıklı bir değer alınamadığı, özellikle Erzincan’dan alınan sinyal şiddetlerinin düşük olduğu, yine Erzincan ve Şanlıurfa’dan 16 ve 21 saatlerin arasında alınan sinyal şiddetlerinin yükselip bu saatlerden sonra düştüğü görülmektedir. Burada özellikle bu bölgelerin Elazığ’a olan mesafelerinin yakınlığı, gönderilen sinyalin frekansının büyük olması nedeniyle sinyalin iyonküre tabakasını geçmesi ve yansımanın az olması şeklinde açıklanabilir.

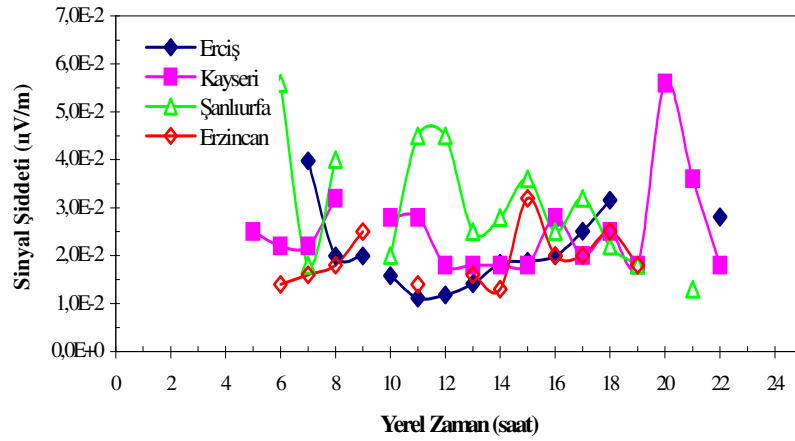
Şekil 4.10’da 5.47 MHz frekansında yapılan yayında veriler, boylamlar baz alınıp incelendiğinde saat 12’den itibaren sinyal şiddet değerlerinin yükselmeye başladığı, elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte plazma frekansının da düşmesiyle özellikle saat 18’den itibaren sinyal şiddetinin düştüğü bununla birlikte Kayseri’den gönderilen sinyal şiddetinin değerinin Erciş’ten gönderilen sinyal şiddet değerlerinden büyük olduğu görülmüş bununla göndermecin bulunduğu bölgedeki gürültü ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Yine aynı şekilde enlemler baz alınıp Erzincan ve Şanlıurfa’ya ait değerler incelendiğinde mesafelerinde

birbirlerine çok yakın olması nedeniyle sinyal şiddetlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 4.10, Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart aylarındaki günlük değişimi.

7.87 MHz frekansında Mart ayında yapılan ölçümlerin dört bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, 5–22 saatleri arasında değer alınabilmiş, bu saatler dışında sinyal alınamamıştır. Gece D ve E tabakaları kaybolduğu için enerji kaybına sebep olan faktörlerde ortadan kalkacağı ve dolayısıyla haberleşmede daha küçük frekanslarda olabileceği için elektron yoğunluğu azalıp plazma frekansı da azalmış böylece 7.87 MHz frekansında gönderilen sinyal iyonküre bölgesinden yansımada geçmiştir ve uzaya çıkmıştır.

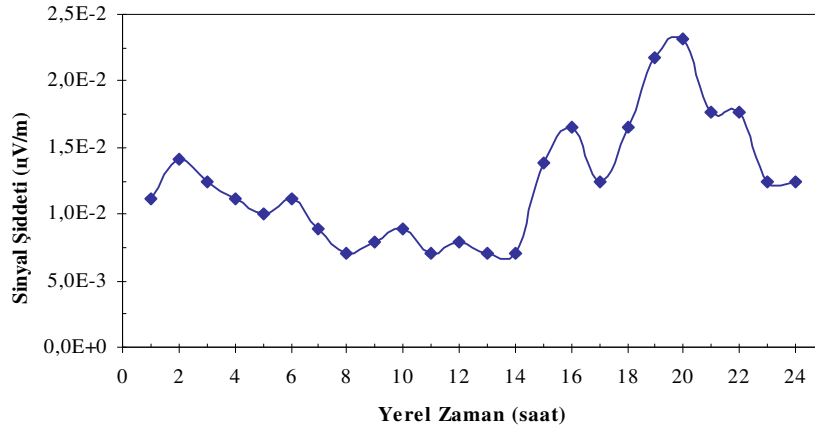


Şekil 4.11, Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart aylarındaki günlük değişimi.

Bu şekilde Erciş ve Kayseri'den alınan sinyal değerlerinin birbirine yakın olduğu fakat frekansın büyümesiyle birlikte sönümlemede azalacağı için özellikle Şanlıurfa'dan alınan

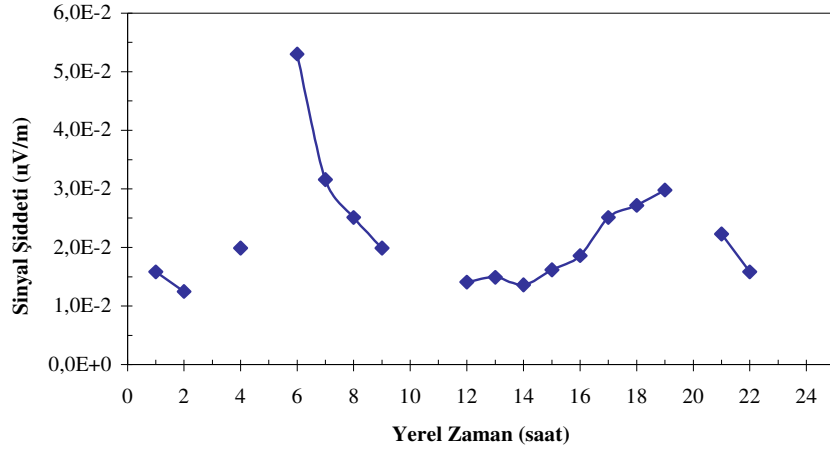
ölçümlerin Erzincan'dan alınan ölçümlere göre değerlerinin biraz daha büyük olduğu görülmüştür.

Şekil 4.12, Eylül 2003 tarihinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Yapılan yayında tüm gün boyunca Erciş'ten gönderilen sinyallere ait ölçümler alınmış bu değerler 14–20 saatleri arasında devamlı yükselmiş, bu saatten itibaren sinyal şiddeti düşmüştür. Bu şeklin Mart ayında gönderilen sinyaller sonucunda ortaya çıkan şekille benzerlik gösterdiği, sadece Eylül ayına ait sinyal şiddetinin biraz daha büyük olduğu görülmektedir. Bu da sonbahar mevsiminde F2 bölgesinde iyonlaşma seviyesi yüksek, D ve E bölgesinde bunun tersi olarak iyonlaşma seviyesi düşük olduğu için güneş ışınları D ve E bölgesinde çok enerji kaybetmeden F tabakasına ulaşır ve en yüksek değerdeki sinyal şiddeti meydana gelir.



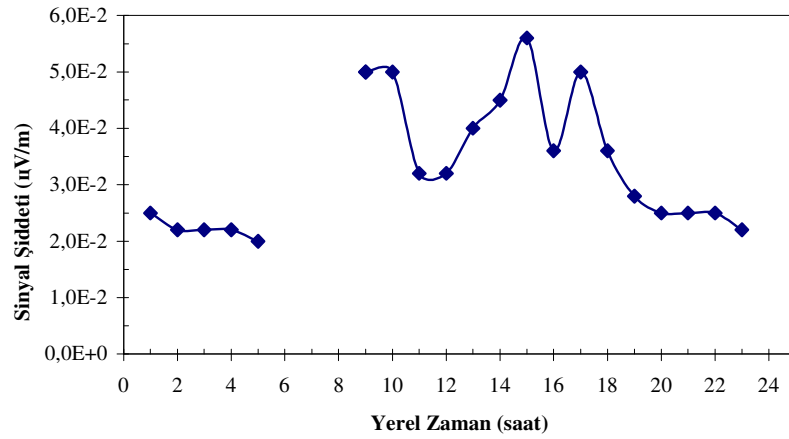
Şekil 4.12, 21–22 Eylül 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.13, 21–22 Eylül 2003 tarihinde Erciş'ten–Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Yine Mart ayına ait Erciş'ten gönderilip Elazığ'da alınan sinyalle oluşan şekille büyük benzerlikler gösterdiği görülüyor. Eylül ayında sinyal şiddetinin biraz daha arttığı, bununla birlikte değerlerin 07–10 saatleri arasında sağlıklı alındığı, 12–19 saatlerinde sinyal şiddeti sürekli artmıştır. Elektron yoğunluğu artmaya başladıkça daha az emildiği için değer büyümüştür. Saat 22'den sonra 7.87 MHz frekansındaki sinyalin emilim olmadığı için iyonküre tabakasını geçip uzaya kaçtığı görülmüştür.



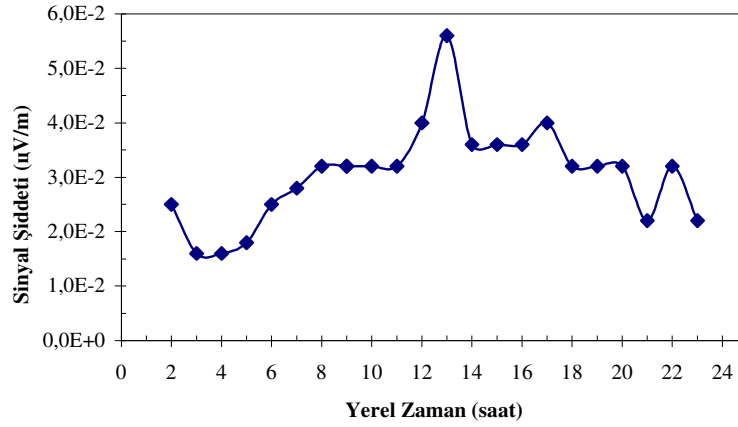
Şekil 4.13, 21–22 Eylül 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi.

Şekil 4.14, 10–11 Eylül 2003 tarihinde Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Erzincan'dan 5.47 MHz frekansında gönderilen sinyaller 08-17 saatleri arasında yükselmiş, bu saatten sonra azalma eğilimi göstermiştir. Yine bu şekil Mart ayına ait şekille karşılaştırıldığında Eylül ayına ait sinyal şiddetlerinin daha büyük olduğu görülmüş, mevsimsel değişimlerden kaynaklanan sebeplerden dolayı dalganın D ve E bölgesinde enerji kaybetmeden F tabakasına ulaştığı sonucuna varılmıştır.



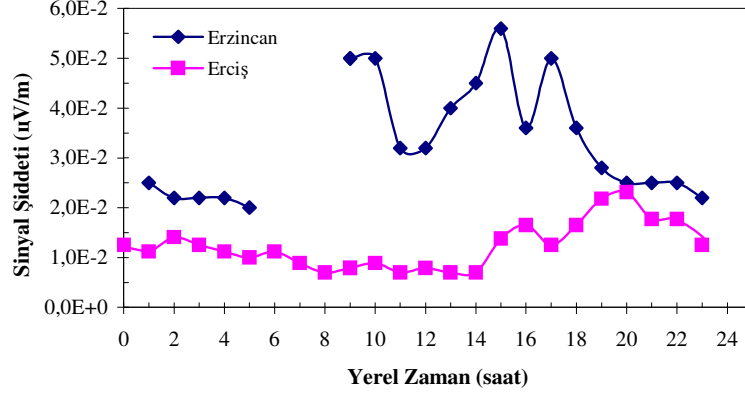
Şekil 4.14, 10–11 Eylül 2003'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.15, 10–11 Eylül 2003 tarihinde Erzincan’dan Elazığ’a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 24–02 saatleri arasında değer alınamayıp diğer saatler arasında değer alınmış, saat 14–23 arasında sinyal şiddeti beklendiği gibi azalarak ölçülebilmştir. En yüksek değere ise güneşten gelen UV ışınımlarının en yüksek olduğu 12–14 saatleri arasında ulaşılmıştır. Mart ayında aynı frekansta yapılan ölçüme göre sinyal şiddet değerlerinin özellikle öğle saatlerinde daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.



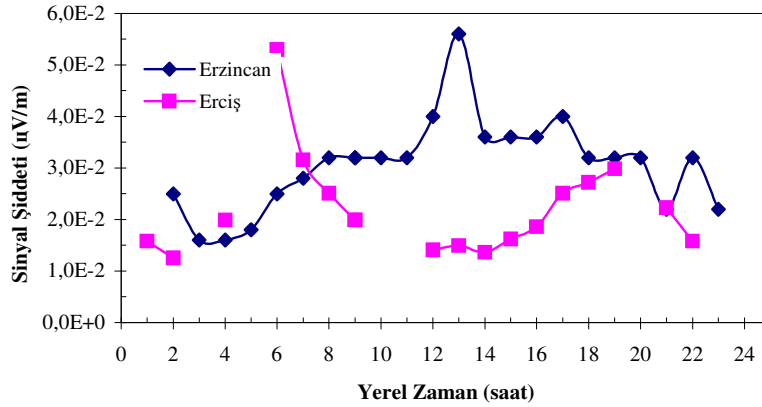
Şekil 4.15, 10–11 Eylül 2003’te Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

5.47 MHz frekansında Eylül ayında yapılan ölçümlerin iki bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, 10-11 Eylül günlerinde Erzincan’dan gönderilen sinyalin, mesafenin yakın olması, frekansın büyük olması nedeniyle sağlıklı olduğu ve düzensiz değişimler gösterdiği, 10–17 saatleri arasında elektron yoğunluğunun artmasıyla sinyal şiddetinin büyüdüğü, bu saatler dışında elektron yoğunluğunun azalmasıyla ve sinyalin daha az enerji kaybetmesi dolayısıyla değerinin düştüğü veya uzaya kaçtığı düşünülmektedir.



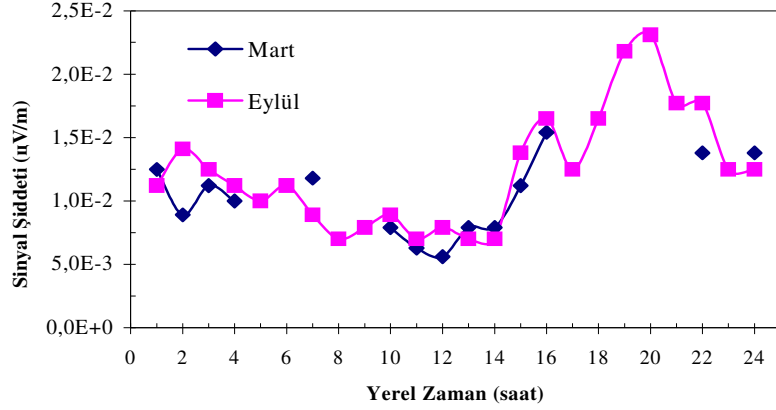
Şekil 4.16, Erciş ve Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Eylül ayındaki günlük değişimi.

7.87 MHz frekansında Eylül ayında yapılan ölçümlerin iki bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, 21–22 Eylül günlerinde Erciş'ten gönderilen sinyalin öğle saatlerine doğru değerinin mesafenin uzak olması nedeniyle azaldığı ve elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte arttığı; 10-11 Eylül günlerinde Erzincan'dan gönderilen sinyalin de bunun tam tersi olarak bu saatlerde şiddetinin arttığı, çünkü elektron yoğunluğunun en fazla bu saatlerde olması nedeniyle sinyal şiddetinin yükseldiği ve bu değerlerin daha önce belirtildiği gibi mesafeler arasında büyük farklılıklar olması sebebiyle Erzincan'dan genel olarak öğle saatlerinde sinyal şiddetinin ölçülebildiği görülmüştür.



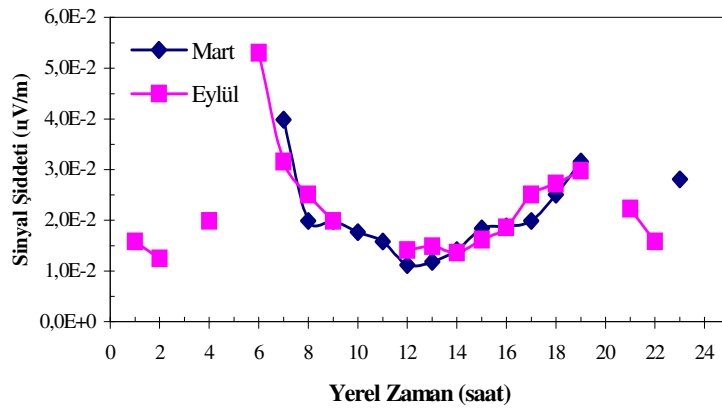
Şekil 4.17, Erciş ve Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Eylül ayındaki günlük değişimi.

Şekil 4.18, 21–22 Eylül 2003 ve 21–22 Mart 2004 tarihlerinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimlerinin karşılaştırılması.



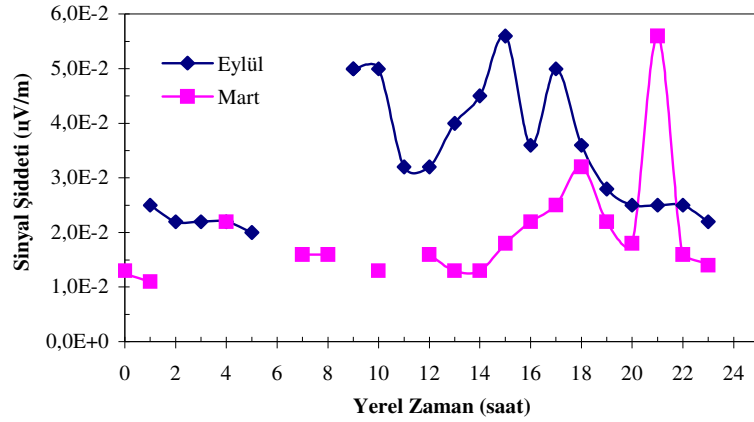
Şekil 4.18, Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Eylül 2003 ve 21–22 Mart 2004 için günlük değişimi.

21–22 Eylül 2003 ve 21–22 Mart 2004 tarihlerinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.18 ve 4.19 incelendiğinde sonbahar mevsiminde F2 bölgesinde iyonlaşma seviyesi en yüksek olduğu, D ve E bölgesinde bunun tersi olarak iyonlaşma seviyesi düşük olduğu için güneş ışınları D ve E bölgesinde fazla enerji kaybetmeden F tabakasına ulaşır ve en yüksek değerdeki sinyal şiddeti meydana gelir. Sonbahar aylarında elektron yoğunluğunun az olması emilimin de az olmasını, dolayısı ile yansımaların çok olmasını gerektirir. 5.47 MHz frekansındaki şekil incelendiğinde sinyal şiddet değerlerinin istikrarlı olduğu görülmekte, 7.87 MHz frekansındaki şekilde ise, yine yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı saat 19-06 arasında sinyal şiddeti ölçülemedi.



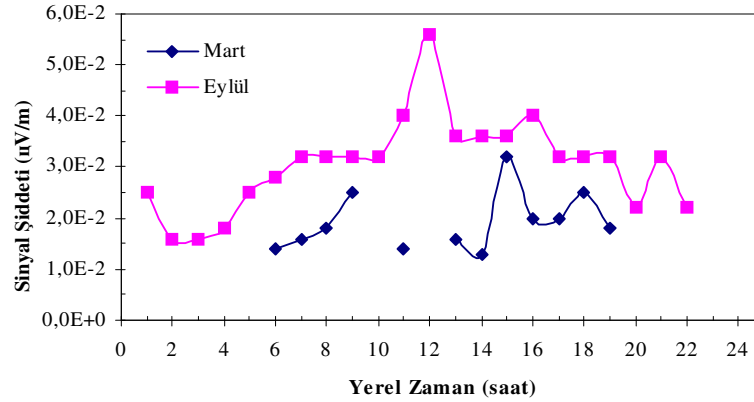
Şekil 4.19, Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Eylül 2003 ve 21–22 Mart 2004 için günlük değişimi.

Şekil 4.20, 23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 tarihlerinde Erzincan’dan Elazığ’a gönderilen 5.47 Mhz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimlerinin karşılaştırılması.



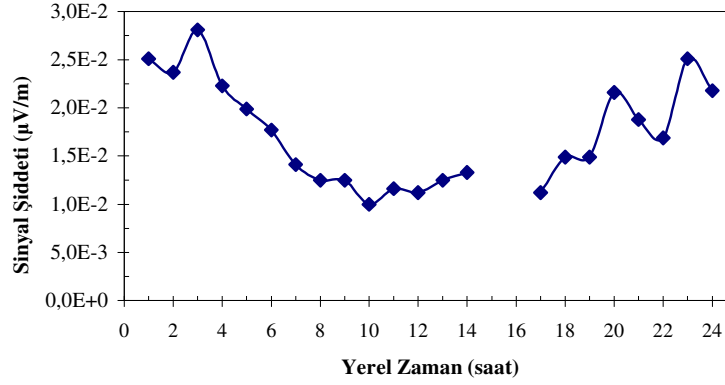
Şekil 4.20, Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 için günlük değişimi.

23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 tarihlerinde Erzincan ’dan Elazığ’a gönderilen 7.87 MHz frekanslı ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.20 ve 4.21 incelendiğinde, Eylül ayına ait değerlerin, Mart ayına ait değerlerden daha büyük olduğu görülmüştür. Bununla daha önce belirtildiği gibi mevsimsel değişimlerden kaynaklanan bölgelerdeki iyonlaşma seviyesiyle ilgili olduğu, sonbahar aylarında elektron yoğunluğunun az olması nedeni ile emilim az olmuş, sinyal şiddet değerleri artmıştır.



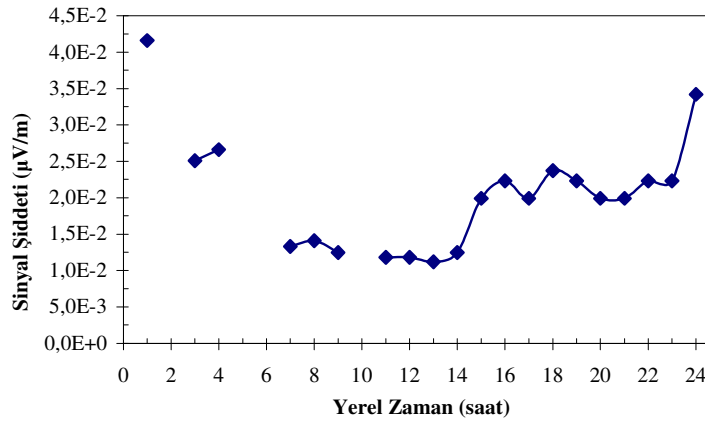
Şekil 4.21, Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 23–24 Mart 2005 ve 10–11 Eylül 2005 için günlük değişimi.

Şekil 4.22, 21–22 Haziran 2004 tarihinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 01–10 saatleri arasında sinyal şiddeti azalarak en küçük değerine düşmüştür. Bu zaman aralığında parçacık yoğunluğunun sürekli artmasıyla ortamda daha fazla bir emilme meydana gelmiş ve sinyal şiddeti devamlı olarak azalmıştır. Saat 17'den itibaren sinyal şiddeti devamlı artma göstermiş, radyo dalgası elektron yoğunluğunun azalmasıyla daha az emildiği için daha güçlü sinyal alınmıştır.



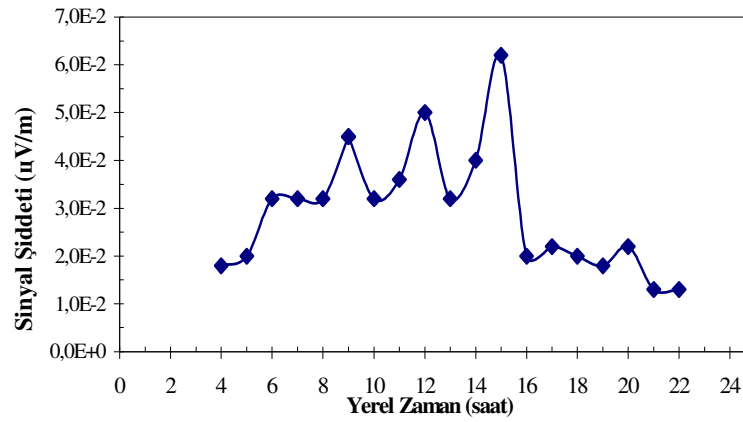
Şekil 4.22, 21–22 Haziran 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.23, 21–22 Haziran 2004 tarihinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 0–7 saatleri arasında 7.87 MHz frekansında düzenli sinyaller alınamamış. 06–24 saatleri arasında sinyal şiddeti devamlı yükselerek en yüksek değerine ulaşmıştır. Güneş ışınlarının dik geldiği saatlerde sinyal şiddetinin ölçülmesi beklenen sonuç olmakla birlikte yaz aylarındaki değerlerin kış ve sonbahar aylarına göre düşük olması deneyi doğrulamaktadır.



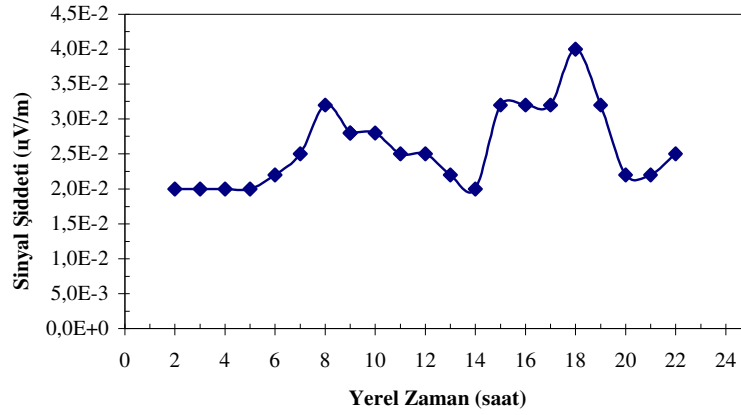
Şekil 4.23, 21–22 Haziran 2004'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin için günlük değişimi.

Şekil 4.24, 23-24 Haziran 2005 tarihinde Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 04–15 saatleri arasında alınan sinyal şiddeti saat 15'te en yüksek değerine ulaşmış saat 22'ye kadar azalarak devam etmiştir. Saat 22–04 arasında değer alınamamıştır. Daha önce belirtildiği gibi Erzincan'ın Elazığ'a olan mesafesinin yakınlığı, Güneş ışını dolayısıyla elektron yoğunluğunun en fazla olduğu zamanlarda sinyal şiddeti artmış bu saatlerden sonra elektron yoğunluğunun azalmasıyla sinyal şiddetinin değeri devamlı olarak düşmüştür. Bu ayda gelen güneş ışığı kış aylarına göre daha fazla olduğu için sinyal şiddet değeri alınmış fakat gece saatleri başladıkça şiddet değeri devamlı olarak azalmıştır.



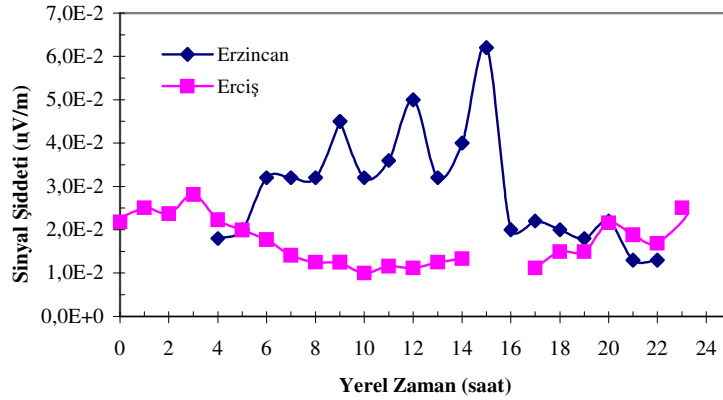
Şekil 4.24, 23 24 Haziran 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.25, 23–24 Haziran 2005 tarihinde Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 02–22 saatleri arasında sinyal şiddeti değerleri ölçülebilmiş, bu saatler haricinde sinyal alınamamıştır. 14–18 saatleri arasında elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte plazma frekansı ve sinyal şiddeti değeri de artmıştır, bu saatten sonra elektron yoğunluğunun azalmasıyla emilim azalmış, frekans da büyük olduğu için sinyal iyonküreyi geçip uzaya çıkmıştır.



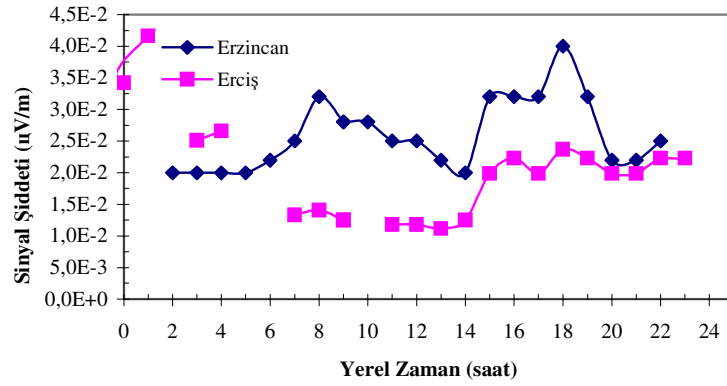
Şekil 4.25, 23–24 Haziran 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

5.47 MHz frekansında Haziran ayında yapılan ölçümlerin iki bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, 21–22 Haziran'da Erciş'ten ve 23–24 Haziran'da Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan dalganın daha önce belirtilen ifadelerle göre Erzincan'dan alınan sinyal şiddet değerleri Erciş'ten alınan sinyal şiddet değerlerinin tersi olarak elektron yoğunluğunun en fazla olduğu öğlen saatlerinde yükselmiştir.



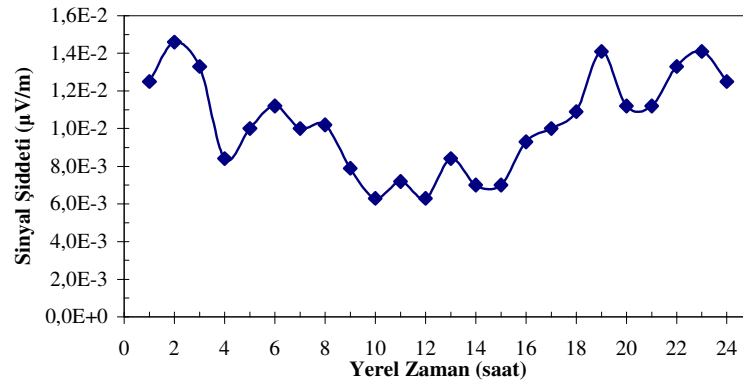
Şekil 4.26, Erciş ve Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Haziran ayındaki günlük değişimi.

7.87 MHz frekansında Haziran ayında yapılan ölçümlerin iki bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, 21–22 Haziran'da Erciş'ten ve 23–24 Haziran'da Erzincan'dan yayılan ve Elazığ'da alınan dalganın yine 5.47 MHz frekansında gönderilen dalganın değerleri ile büyük benzerlikler gösterdiği Erzincan'dan alınan değerlerin Erciş'ten alınan değerlere göre özellikle gündüz saatlerinde daha büyük olduğu görülmektedir.



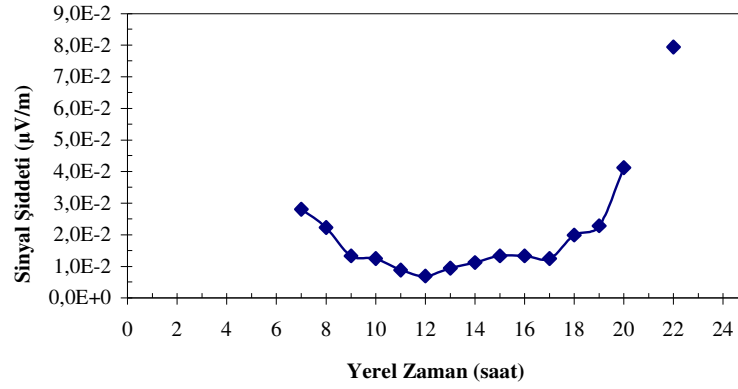
Şekil 4.27, Erciş ve Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Haziran ayındaki günlük değişimi.

Şekil 4.28, 22–23 Aralık 2003 tarihinde Erciş'ten–Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 24–01 saatleri arası hariç sinyal alınmış ve sinyal şiddet değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve Eylül ayındaki şekille karşılaştırıldığında iki şeklin büyük benzerlikler gösterdiği, bununla birlikte Aralık ayına ait sinyal şiddet değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.



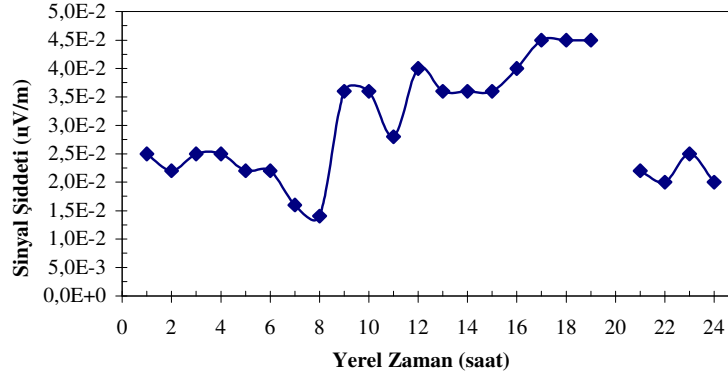
Şekil 4.28, 22–23 Aralık 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.29, 22–23 Aralık 2003 tarihinde Erciş'ten–Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 07–20 saatleri arasında sinyal alınmış, 21–06 saatleri arasında sinyal şiddeti ölçülemediği. 07–12 saatleri arasında ölçülen değerler yüksek parçacık yoğunluğunun artıp bununla birlikte emilimin artmasıyla, azalmış, 12–20 saatleri arasında sinyal şiddeti devamlı olarak artmıştır. Eylül ayına ait Erciş şekliyle benzerlik göstermekte ve bunun yanında sinyal şiddetleri de 5.47 MHz frekansında olduğu gibi Aralık ayında daha düşük değerdedir.



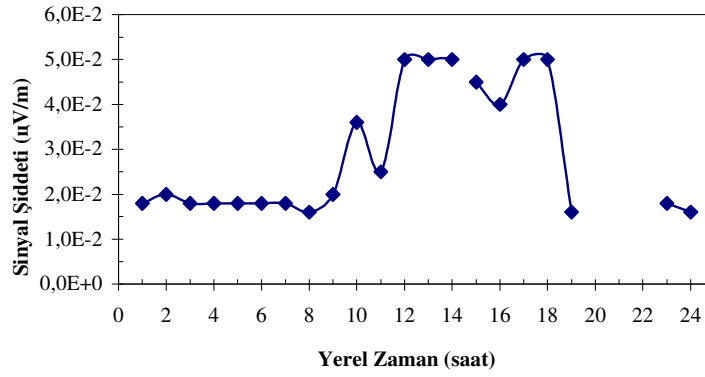
Şekil 4.29, 22–23 Aralık 2003'te Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.30, 20–21 Aralık 2005 tarihinde Şanlıurfa'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şanlıurfa'ya ait değerler incelendiğinde Güneş ışığı olduğu saatlerde, elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte sinyal şiddeti daha yüksek değerde alınmış, saat 19'dan itibaren elektron yoğunluğunun azalmasıyla sinyal şiddeti düşmüştür, mesafenin kısa olması dalganın büyük kısmının iyonküreyi geçip uzaya kaçması sonucunu doğurmuştur.



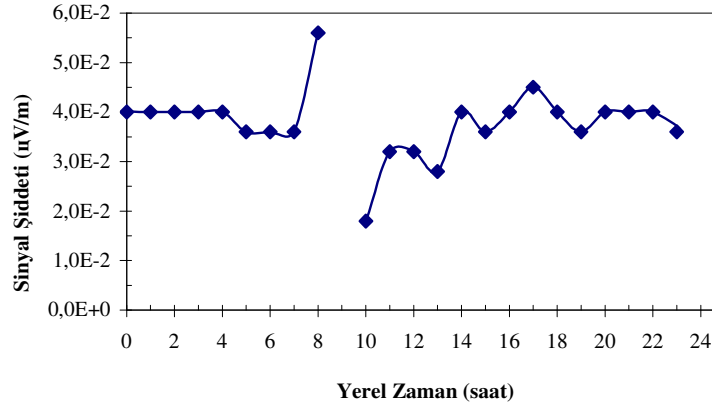
Şekil 4.30, 20–21 Aralık 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.31, 20–21 Aralık 2005 tarihinde Şanlıurfa'dan Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. 19–24 saatleri arasında sinyal şiddeti ölçülemediği saat 10'dan itibaren elektron yoğunluğunun artması ile birlikte sinyal şiddeti artmış, saat 17'den itibaren, elektron yoğunluğunun azalması ve frekansın büyük olması nedeniyle emilim daha az olmuş, sinyal uzaya çıkmış, dolayısıyla yansıyan sinyalin şiddeti azalmıştır.



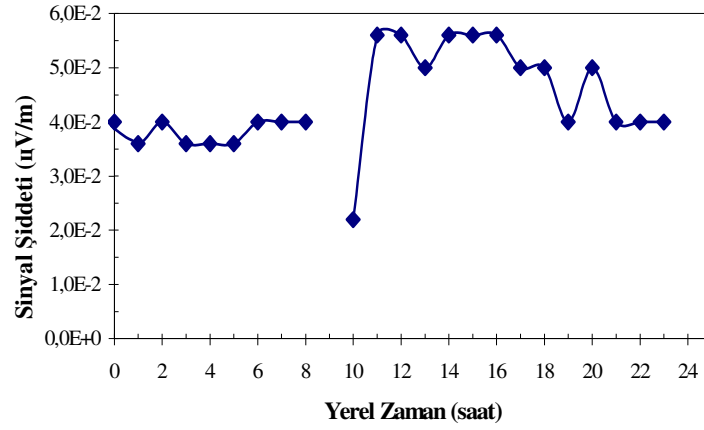
Şekil 4.31, 20–21 Aralık 2005'te Şanlıurfa'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.32, 21–22 Aralık 2005 tarihinde Kayseri'den Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ölçülen sinyal şiddet değerlerinin birbirine yakın olduğu 23–24 saatleri hariç hemen her saatte sinyal şiddeti ölçülebildiği görülmüş, 10–17 saatleri arasında elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte iyonküre tabakasının dışına sinyal kaçmamış ve sinyal şiddet değeri bu saate kadar artmıştır.



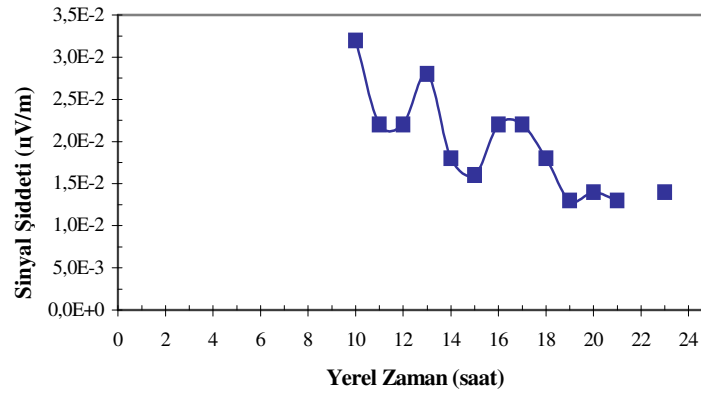
Şekil 4.32, 21–22 Aralık 2005'te Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.33, 21–22 Aralık 2005 tarihinde Kayseri'den Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Sinyal şiddet değeri güneş ışığının dolayısıyla elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte sinyal şiddet değeri artmış, saat 16'dan itibaren 23'e kadar elektron yoğunluğunun azalmasıyla sinyal şiddet değeri azalmaya başlamıştır.



Şekil 4.33, 21–22 Aralık'ta Kayseri'den gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

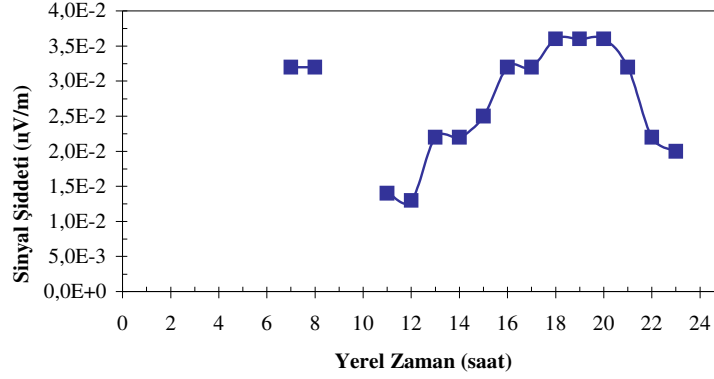
Şekil 4.34, 24–25 Aralık 2005 tarihinde Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şiddet değerleri şekilden de görüldüğü gibi Erzincan'dan gönderilen sinyal saat 10-24 arasında ölçülmüş bu saatler dışında sinyal alınamamıştır. Erzincan'ın Elazığ'a yakın mesafede olması ve kullanılan frekansın büyüklüğü nedeniyle saat 19'dan itibaren elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte emilim azalmış, sinyal enerji kaybetmeden iyonküreyi geçip uzaya çıkmıştır.



Şekil 4.34, 24–25 Aralık 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

Şekil 4.43, 24–25 Aralık 2005 tarihinde Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı dalganın günlük değişimini göstermektedir. Şiddet değerleri şekilden de görüldüğü gibi 11–20 saatleri arasında sinyal şiddetinin artarak alındığı bu saatten itibaren elektron yoğunluğunun artmasıyla birlikte sinyal şiddetinin arttığı 23–11 saatleri arasında yapılan

ölçümlerde ise sinyalin frekansının büyük olması nedeniyle enerji kaybetmeden iyonküreyi geçip uzaya çıktığı düşünülmektedir.

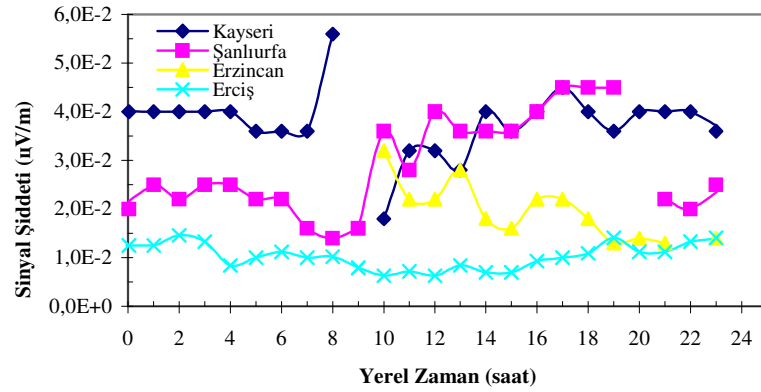


Şekil 4.35, 24–25 Aralık 2005'te Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalga'nın sinyal şiddetinin günlük değişimi.

5.47 MHz frekansındaki Aralık ayında yapılan ölçümlerin dört bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, özellikle Erzincan ve Şanlıurfa'dan alınan sinyallerin düzensiz olduğu, bu iki bölgenin Elazığ'a yakın olması sebebiyle sinyalin daha uzak bölgelere gittiği, yansıdığı ise yine mesafeye bağlı olarak Erciş ve Kayseri'den alınan değerlerden öğle saatlerinde (elektron yoğunluğunun en fazla olduğu) daha büyük olduğu görülmektedir.

Enlemler baz alınarak şekiller incelendiğinde öğle saatlerinde Şanlıurfa'dan ölçülen değerlerin daha büyük olduğu bununda yansımanın çok olması ve Erzincan'dan gönderilen sinyalin mesafenin de yakın olması sebebiyle dalga'nın uzaya kaçıp emilimin az olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte Şanlıurfa ve Erzincan'a ait grafiklerin birbiriyle aynı düzeni gösterdiği görülmektedir.

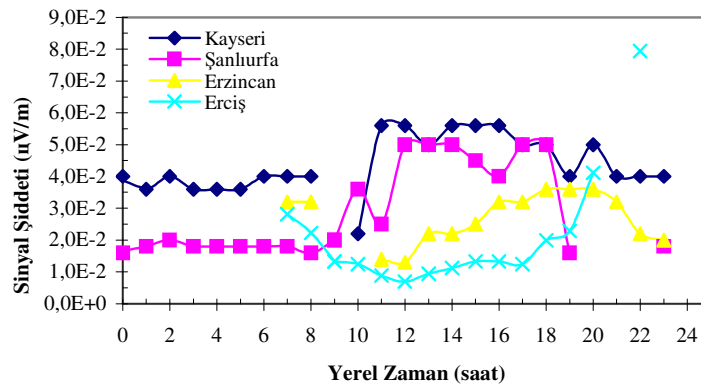
Boylamlar baz alınarak şekil incelendiğinde Erciş'ten alınan değerlerin Kayseri'den alınan değerlere göre düşük olduğu görülmüş bunun da yükseklikle bağlantı kurularak mesafelerin birbirine çok yakın olmasına rağmen Erciş'te Kayseri'ye göre daha çok dalga sönümlemesi olduğu, böylece sinyal şiddet değerinin azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.36, Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Aralık aylarındaki günlük değişimi.

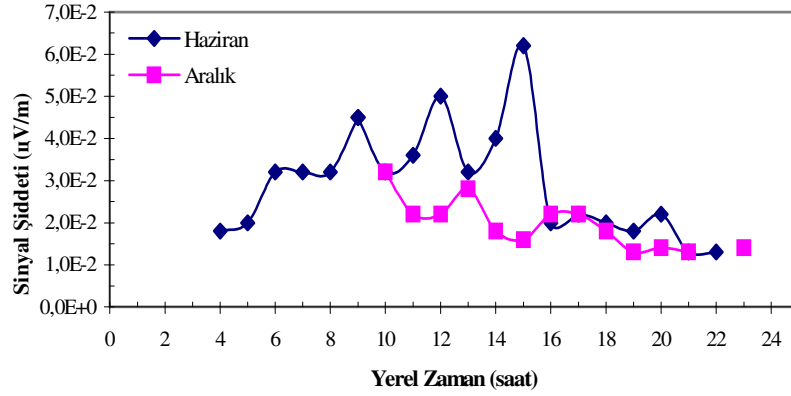
7.87 MHz frekansındaki Aralık ayında yapılan ölçümlerin dört bölgeye ait şekilleri birleştirilip incelendiğinde, saat 10'dan 20'ye sağlıklı değerler alındığı, bu saatler haricinde kullanılan frekansın plazma frekansından çok büyük olduğu için değer alınamadığı, gece saatleri için elektron yoğunluğu olmadığından sinyalin iyonküreyi geçip uzaya çıktığı düşünülmüştür.

Aynı şekilde 5.47 MHz frekansında alınan değerlerde olduğu gibi boylamlar baz alındığında Kayseri'den alınan değerlerin Erciş'ten alınanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Enlemlere göre karşılaştırma yaptığımızda 5.47 MHz frekansındaki benzerlik burada da görülmüş farklı olarak frekansın büyük olması ve Erzincan'ın daha yakın olması sebebiyle özellikle gece saatlerinde elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte sinyal iyonküreyi geçip uzaya çıkmıştır.



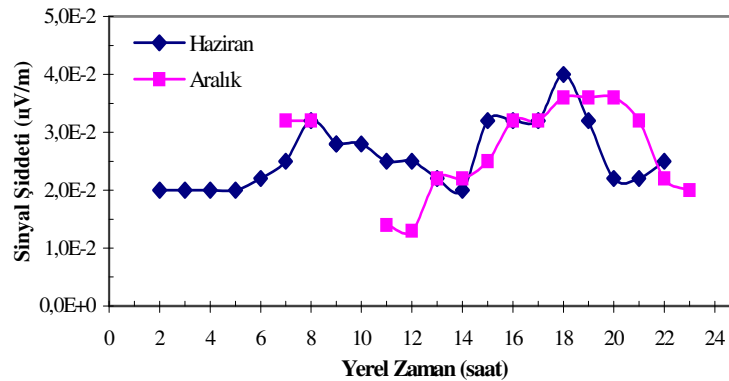
Şekil 4.37, Erciş, Kayseri, Erzincan ve Şanlıurfa'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Aralık aylarındaki günlük değişimi.

Şekil 4.38, 23–24 Haziran 2005 ve 21–22 Aralık 2005 tarihlerinde Erzincan’dan Elazığ’a gönderilen 5.47 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimlerinin karşılaştırılması.



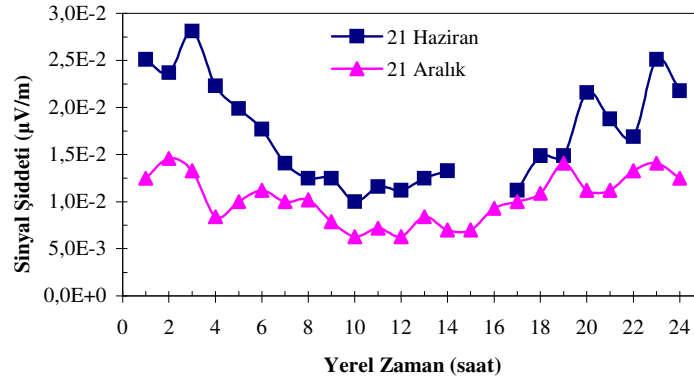
Şekil 4.38, Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalgaın sinyal şiddetinin 23–24 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi.

Şekil 4.39, 23–24 Haziran 2005 ve 21–22 Aralık 2005 tarihlerinde Erzincan’dan Elazığ’a gönderilen 7.87 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. 5.47 MHz ve 7.87 MHz’lik dalgaın günlük değişimleri incelendiğinde Erzincan’ın Elazığ’a mesafesinin yakın olması kış aylarında güneş ışığının daha kısa süreli olması ve dolayısıyla elektron yoğunluğunun az olması nedeniyle bu zamanlarda yapılan ölçümlerde sağlıklı değerler alınamamış ve sinyal iyonküreyi delip uzaya kaçmıştır. Aralık ayında Haziran ayına göre sinyal şiddet değerlerinin daha yüksek olması beklenirken yukarıda belirtilen ifadelerden dolayı daha düşük değerde ortaya çıkmıştır.



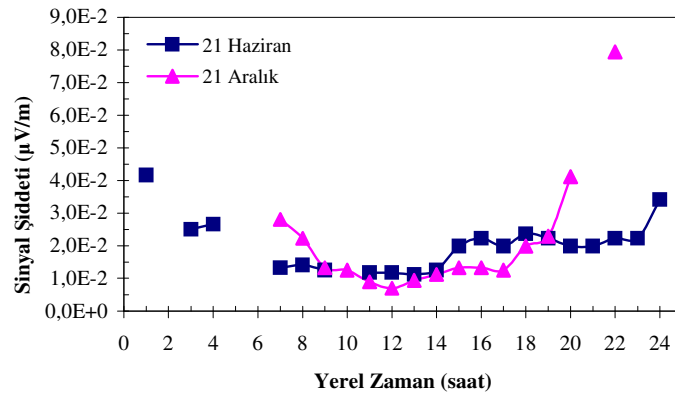
Şekil 4.39, Erzincan’dan gönderilen ve Elazığ’da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalgaın sinyal şiddetinin 23–24 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi.

Şekil 4.40, 21–22 Haziran 2004 ve 21–22 Aralık 2003 tarihlerinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.40, Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi.

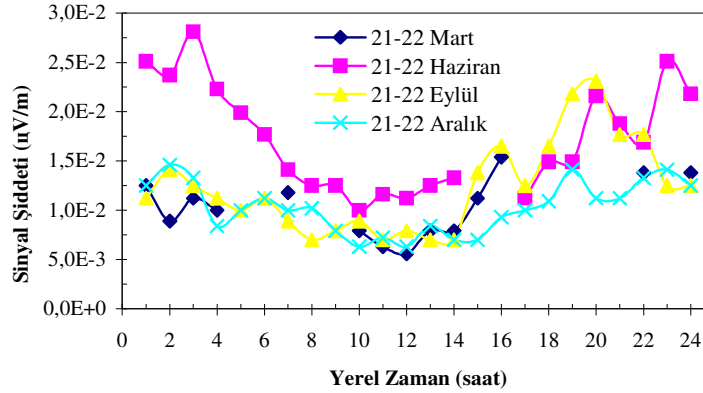
Şekil 4.41, 21–22 Haziran 2004 ve 21–22 Aralık 2003 tarihlerinde Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Aralık ayına ait sinyal şiddetlerinin özellikle gündüz saatlerinde 7.87 MHz frekansında ölçülebildiği gece saatlerinde elektron yoğunluğu az olduğu için sinyalin iyonküreyi geçip uzaya çıktığı bununla birlikte kış aylarında D ve E bölgesinde iyonlaşma seviyesi düşük olduğu için sinyalin çok enerji kaybetmeden F tabakasına ulaşarak yansıdığı görülmüştür.



Şekil 4.41, Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin 21–22 Haziran ve 21–22 Aralık için günlük değişimi.

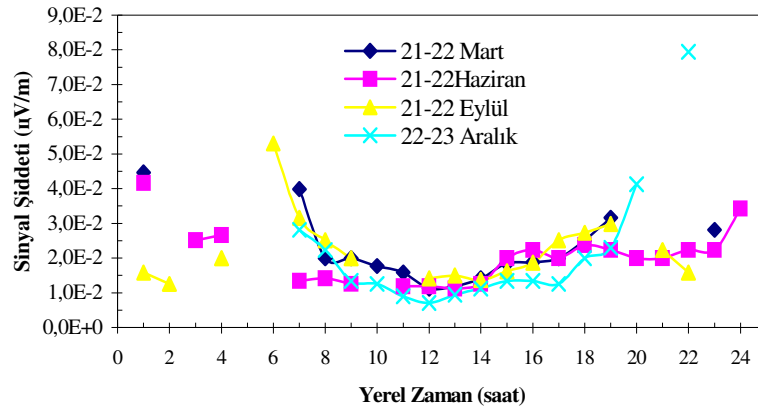
Şekil 4.42, Erciş'ten –Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Mevsimlere göre Erciş'e ait grafikler incelendiğinde en sağlıklı değerlerin Sonbahar ve Kış mevsiminde, Eylül ve Aralık aylarında alındığı görülmüştür. Öğle saatlerinde yüklü parçacık yoğunluğunun artmasıyla emilim artmış ve sinyal

şiddet değerleri düşmüştür. Saat 14'ten itibaren elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte emilim azalmış, mesafenin de uzak olmasından dolayı sinyal şiddet değerleri bu saatten itibaren artmıştır. Sonbahar ve Kış mevsimlerinde F2 bölgesinde iyonlaşma seviyesinin yüksek olması bizi yukarıda belirtilen sonuçlara ulaştırmıştır.



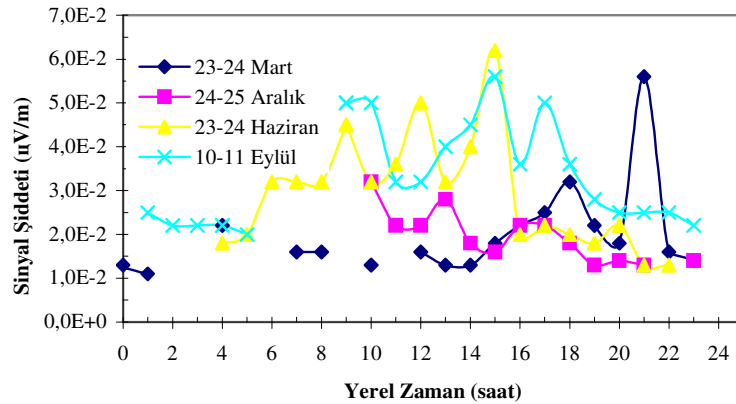
Şekil 4.42, Erciş'ten gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi.

Şekil 4.43, Erciş'ten –Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Sinyal şiddet değerleri incelendiğinde, öğle saatlerinde sinyal şiddet değerlerinin emilimden kaynaklanan sebeple düştüğü bu saatlerden sonra elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte sinyal şiddet değerlerinin yükseldiği, frekansın yüksek olması nedeniyle de özellikle saat 20'den itibaren elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte sinyalin iyonküreyi geçip uzaya çıktığı görülmüştür. Erciş'ten yayılan sinyal şiddet değerleri öğlen saatlerinde aynı doğrusalıkta bulunduğu ve birbirine çok yakın olduğu bununla birlikte Aralık ayına ait sinyal şiddetinin diğer üç aya göre düşük olduğu görülmüş, bu ayda gece saatlerinin gündönümünden dolayı uzun olması nedeniyle elektron yoğunluğunun az, dolayısıyla emilimin de az olması F bölgesinde yansıyan sinyalin şiddetini düşürmüştür.



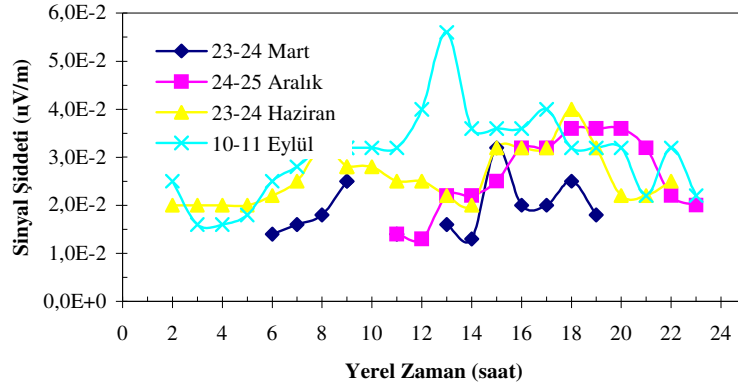
Şekil 4.43, Erciş'ten gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi.

Şekil 4.44, Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Sinyal şiddet değerleri incelendiğinde Eylül ve Aralık aylarına ait sinyal şiddet değerlerinin birbirine yakın ve öğle saatlerinden akşam saat 22'ye kadar sağlıklı ölçüldüğü, elektron yoğunluğunun azalmasıyla birlikte sinyalin iyonküreyi geçip uzaya çıktığı düşünülmüştür. Özellikle Haziran ayında güneşten gelen UV ışınımının bu aylarda daha uzun gelmesi sebebiyle gündüz saatlerinde mesafe kısa olmasına rağmen emilim daha çok olmuş ve sinyal şiddet değeri yükselmiştir.



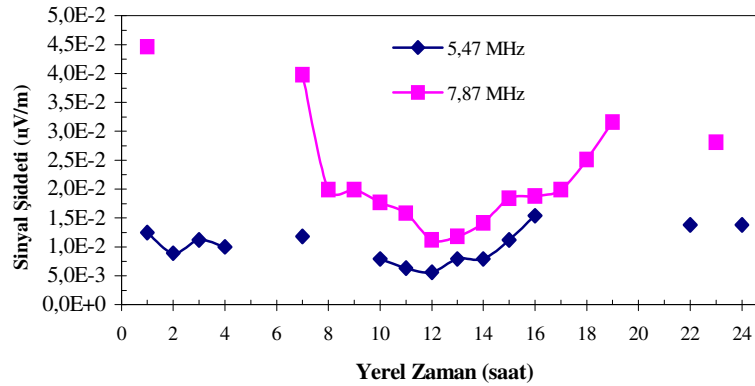
Şekil 4.44, Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 5.47 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi.

Şekil 4.45, Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 7.87 MHz frekanslı sinyale ait ölçümlerin mevsimlik değişimleri karşılaştırılmıştır. Sinyal şiddet değerleri incelendiğinde, özellikle mesafenin çok kısa ve frekansın çok büyük olması sebebiyle Aralık ve bunun devamı olan Mart ayında gece saatlerinde sağlıklı ölçümler alınamamıştır. Haziran ve Eylül aylarında ise diğer iki aya göre, dalganın sinyal şiddet değerleri artmış, özellikle öğle saatlerinden itibaren elektron yoğunluğunun artmasıyla emilim de artmış böylece dalga iyonküreyi geçmeden yansımıştır.



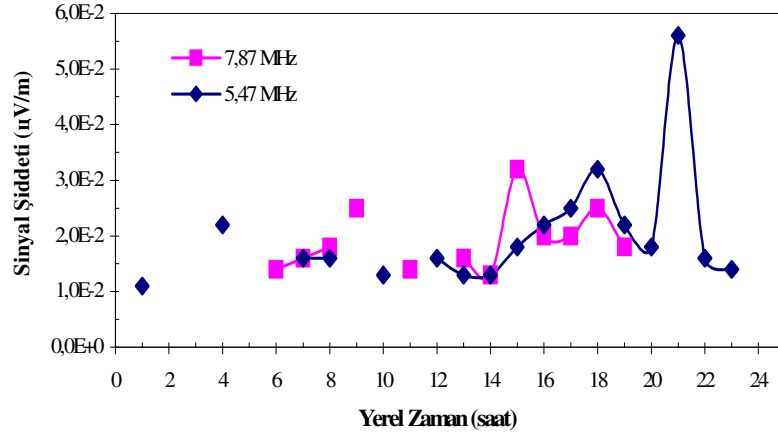
Şekil 4.45, Erzincan'dan gönderilen Elazığ'da alınan 7.87 MHz frekansındaki dalganın sinyal şiddetinin Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında değişimi.

21-22 Mart 2004'te Erciş'ten Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz ve 7.87 MHz frekanslı sinyallere ait ölçümler karşılaştırılmıştır. Öğle saatlerine doğru sinyal şiddet değerlerinin düştüğü, saat 12 den itibaren yükseldiği görülmüştür. Öğle saatlerine doğru yüklü parçacık yoğunluğunun artmasıyla emilim artmış, sinyal şiddeti düşmüştür. 7.87 MHz frekansında alınan değerler mesafenin yeterince uzak, frekansın daha büyük olması nedeniyle şiddetinin daha büyük olduğu görülmüştür. Saat 19-07 arasında elektron yoğunluğunun azalması ile emilim azalmış, özellikle 7.87 MHz frekansında gönderilen dalga iyonüreyi geçip uzaya kaçmıştır.



Şekil 4.46, 21-22 Mart tarihinde Erciş'ten gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47MHz ve 7.87 MHz frekansındaki dalgaların günlük değişimi.

Şekil 4.47, 23-24 Mart 2004'te Erzincan'dan Elazığ'a gönderilen 5.47 MHz ve 7.87 MHz frekanslı sinyallere ait ölçümler karşılaştırılmıştır. Öğle saatlerine doğru sinyal şiddet değerlerinin düştüğü, saat 12 den itibaren yükseldiği görülmüştür. Erzincan'a ait şekillerde mesafenin kısa olması nedeni ile 7.87 MHz frekansındaki dalgaların ölçümü saat 12-19 arasında alınabilmiş, bu saatler haricinde sinyal yansıtılamadan iyonküreyi geçip uzaya kaçmıştır. 5.47 MHz frekansındaki dalganın şiddeti saat (12-23) saatleri arasında ölçülebilmiş ve 7.87 MHz frekansındaki dalganın şiddet değerlerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Mesafenin kısa ve frekansların büyük olması bu sonucu doğurmuştur.



Şekil 4.47, 23-24 Mart tarihinde Erzincan'dan gönderilen ve Elazığ'da alınan 5.47MHz ve 7.87 MHz frekansındaki dalgaların günlük değişimi.

4.3 SONUÇLAR

Bu çalışmada Erciş, Erzincan, Urfa ve Kayseri'den gönderilen, Elazığ'da alınan yüksek frekanslı (HF) elektromanyetik dalganın sinyal şiddeti ölçülmüştür. Bu ölçümler yapılırken gönderici çıkış gücü 100 w olarak sabit tutulmuş, gönderici de yarım dalga DABLET ANTEN, alıcıda çubuk anten kullanılmıştır. Alıcı cihaz olarak MARCONİ HF/SSB kullanılmış ve anten kayıplarının minimum olduğu kabul edilmiştir.

Ölçümlerde 5.47 MHz ve 7.87 MHz frekansları kullanılarak Mart, Haziran, Eylül, Aralık aylarının 21. günlerinde başlanmış, her saat başı beşer dakika, önce 5.47 MHz frekansı sonra 7.87 MHz frekansı kullanılarak 24 saat esasına göre ölçümler tamamlanmıştır. Ölçülen sinyal şiddetleri düzenli olarak kaydedilmiş, bu veriler kullanılarak sinyal şiddetlerinin günlük ve mevsimsel değişimleri incelenmiş, sinyal şiddetlerinin günlük ve mevsimsel değişimler gösterdiği gözlenmiştir.

Ölçümlerin sonuçları incelenirken aşağıda belirtilen parametreler göz önünde tutulmuştur.

- a. Bir dalga'nın frekansı, bir saniye içerisinde oluşan tam devirlerin sayısına eşittir. Bir devir süresi ne kadar uzunsa, dalga boyu o kadar uzun, frekans düşük olur. Bir devir süresi ne kadar kısa ise dalga boyu o kadar kısa ve frekans da o kadar yüksektir.
- b. Yüksek frekans (HF) 3–29.9 MHz arasında olup, Gök dalgası ile 0.5–5 KW güç uyguladığımızda iletim mesafesi 161–12,872 km'dir. Burada gösterilen mesafe ve güç ihtiyaçları normal çalışma koşulları için geçerlidir.
- c. İyonküre bölgeleri elektron yoğunluğuna göre D, E, F1, F2 olarak sınıflandırılır. D bölgesi yalnızca gündüz mevcut olup, yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları yansıtmakta etkisi azdır. E bölgesinde, geceleyin yoğunluk azaldığı için haberleşme için faydalanılmaz hale gelir. F bölgesi en üstte bulunan bölge olup, gece F1 ve F2 bölgeleri birleşerek tek bir bölge haline gelir. En uzun mesafe haberleşme için uygun olan bölgedir.
- d. Geceleri D ve E bölgeleri kaybolduğu için enerji kaybına sebep olan faktörlerde ortadan kalkacak ve haberleşme çok küçük frekanslarda dahi mümkün olacaktır.
- e. İyonküre'nin frekans karakteristikleri; E ve F Bölgeleri daha fazla iyonlaşmış bölgeler oldukları için daha yüksek frekansları yansıtırlar. En az iyonlaşmış olan D Bölgesi yaklaşık 500 KHz üzerindeki frekansları yansıtmaz. Bu bakımdan herhangi bir zamanda ve her bir iyonlaşmış bölge için dikine gönderilen elektromanyetik dalgalarının yeryüzüne geri yansıtıldığı üst frekans sınırı vardır. Bu sınıra Kritik Frekans denir. Kritik frekanstan daha yüksek frekanslarda gönderilen elektromanyetik dalgalar iyonlaşmış bölgeyi geçerek boşluğa yayılır. Kritik frekansın altındaki frekanslarda iyonküreye yöneltilen elektromanyetik dalgalar yeryüzüne geri yansıtılır.
- f. Maksimum kullanılabilir frekans(MUF) ve En düşük kullanılabilir Frekans(LUF); gönderici ile alıcı arasındaki mesafe artırılırsa kullanılabilen en yüksek frekansı artırır. Elektromanyetik dalgaları, belli gönderme frekanslarında enerjilerinin bir kısmını E bölgesinde bir kısmını da D bölgesinde emilmesiyle kaybederler. Daha yüksek frekanslarda MUF seviyesine kadar olan frekanslar kullanılırsa toplam emilme miktarı daha az olduğundan iletim daha tatminkâr olur. Dolayısıyla frekans büyüdükçe iyonizasyon yoğunluğu artar diyebiliriz. Emilme miktarı yaklaşık 500 KHz–2 MHz arasındaki frekanslarda gündüz en yüksek değerdedir. Geceleyin emilme miktarı bütün frekanslar için azalır. Nedeni elektron yoğunluğunun azalmasıdır. Gönderme frekansı, alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru arttırılırsa, alınan sinyalin atmosferik ve diğer gürültü karışmaları seviyesinin hemen hemen üzerine çıktığı bir frekansa ulaşır. Bu frekansa, kullanılabilen en alçak frekans (LUF) denir.

- g. İyonküredeki değişmelerden dolayı, gök dalgasının alınan şiddeti sabit olmayıp zamanla değişir. Bunun sebebi, alıcıya gelen sinyalin iyonküredeki farklı yansıma noktalarından ve dolayısıyla farklı fazlarda gelmesidir. Zayıflama terimi dakika dakika hatta saniye ve saniyenin parçaları gibi belirli zaman aralıklarında meydana gelen, nispeten süratli değişmeler için kullanılır. Genel olarak zayıflama yüksek frekanslarda, düşük frekanslardan daha ani olur.
- h. Yapılan bu çalışmada Fırat Üniversitesinde kurulan alıcının hassasiyeti ve seçiciliği dikkate alınmamıştır. Gönderilen sinyal alma bölgesine ulaştığında, göndericiden ayrıldığı zamanki sinyal gücünden daha düşük bir değerdir. Hassasiyet; bir alıcının verilmiş bir frekansta zayıf bir sinyale ne kadar iyi bir reaksiyon gösterdiğini açıklamak için kullanılan bir terimdir. Yüksek hassasiyetteki bir alıcı, çok zayıf sinyali alıp kullanabilir. Bir çıkış sağlamak üzere yükselterek işleme tabi tutulabilir. Bir alıcının hassasiyetini kısıtlayan veya azaltan esas faktör onun kendi iç devreleri tarafından ve çevreden üretilen gürültüdür. Sonuçta, arzu edilen değerlere ulaşabilmek için alıcının yerinin seçimi de önemli bir faktördür.
- i. Daha önce ifade edildiği gibi 100 W çıkış güçlü Marconi (HF/SSB) göndericiler ve yarım dalga boylu DABLET anten kullanılmıştır. Göndericilerin çıkış güçleri her zaman 100 W'da sabit tutulmuş, cihazın kendisi veya güç katları ile ilgili olabilecek arızaları (uygulanan güç düşerse elektromanyetik dalganın iletim mesafesi azalır) dikkate alınmamıştır. Anten boyları frekanslara göre ayarlanmış, gönderici olarak kullanılan bölgelerde antenin izolatörden çıktığı yer ile göndericiye girdiği mesafe ölçülmemiş, dolayısıyla bu noktalar arasında oluşabilecek anten kayıpları da dikkate alınmamıştır.
- j. Standart bir antenden(DABLET) üretilerek gök dalgası olarak yayılan dalgalar, 100 W güç uygulandığında normal şartlarda 161 km'den daha kısa mesafelerde yeryüzüne dönmez. Özellikle Erzincan bölgesinden 7.87 MHz frekansında ve gece yapılan yayınlarda sinyal şiddetinin ölçülemediği görülmüş, 5.47 MHz frekansta yapılan yayınlarda ise ölçülen sinyal şiddetinin düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Burada Erzincan'ın Elazığ'a çok yakın mesafede olması deneyin sonucunda ortaya çıkan ifadeyi doğrulamıştır.

Mart ayı içerisinde kuzey-güney istikametleri baz alınarak yapılan Erzincan ve Şanlıurfa yayınlarının şekilleri de aynı saatlerde benzer değişimler göstermiş, 5.47 MHz frekansında 17-18 saatleri arasında sinyal şiddeti artıp, bu saatlerden sonra sinyal şiddeti azalma eğilimi göstermiştir. Yine 7.87 MHz frekansında yapılan yayında sabah 07-08 saatleri arasında

sinyal şiddeti artmış, bu saatlerden sonra saat 10'a kadar sinyal şiddeti azalmış 10–12 ve 14–16 saatleri arasında sinyal şiddeti artmıştır. Bu da elektron yoğunluğunun bu saatler arasında artarak plazma frekansını büyütmesi ve iyonküre tabakasının dışına sinyal kaçmaması ile açıklanabilir. Erzincan ve Şanlıurfa'dan 7.87 MHz frekansındaki şekiller incelendiğinde, Erzincan'dan gelen sinyal şiddetinin düşük olduğu görülmektedir. Buradaki farklılık Elazığ–Erzincan arasındaki mesafenin daha kısa ve frekansın yüksek olması sebebiyle elektromanyetik dalganın daha uzak bölgelere gitmesi, alıcı antenine sinyalin zayıflayarak (fading) ulaşması olarak açıklanabilir.

Mart ve Haziran ayına ait şekiller, özellikle güneş ışınlarının dik geldiği saatlerde sinyal şiddetinin diğer zamanlara göre çok düştüğünü gösteriyor. Burada ilkbahar ve yaz aylarında D ve E bölgesinde iyonlaşma seviyesi en yüksek olduğu için emilme daha çok olmakta, sinyal şiddeti düşmekte ve bu değerler 5.47 MHz frekansında yapılan ölçümlerde daha açık görülmektedir.

Aralık ve Eylül ayına ait şekiller incelendiğinde, 7.87 MHz frekansında güneş ışınlarının en yoğun olduğu saatlerde sinyal şiddetinin Mart ve Haziran aylarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Burada sonbahar ve kış aylarında, F2 bölgesinde iyonlaşma seviyesi en yüksek olduğu için D ve E bölgesinde bunun tersi olarak iyonlaşma seviyesi düşük olduğu için güneş ışınları D ve E bölgesinde çok enerji kaybetmeden F tabakasına ulaşır ve en yüksek değerdeki sinyal şiddeti meydana gelir ve daha uzak mesafelerle haberleşme mümkün olur. Şekiller incelendiğinde Mart ayında Erzincan'dan gelen sinyallerin şiddetinin Aralık ayında da diğer bölgelere oranla düşük olduğu görülmektedir. Gönderici ve alıcı anten arasındaki mesafenin yakın olması ve 7.87 MHz frekansın büyük olması alınan sinyalin seviyesini azaltmış, sinyalin daha uzak bölgelere gittiği düşünülmüştür.

Geceleyin D ve E tabakası ortadan kalkar, F1 ve F2 tabakaları birleşerek F tabakasını oluşturur. Bunun sonucunda daha düşük frekanslı elektromanyetik dalga uzak mesafe ile haberleşme yapılabilir. Ölçümlerde 7.87 MHz frekansı kullandığımızda kritik frekansı aşmış olduğumuz için bu dalga iyonküre tabakasını delip geçer ve alıcıya hiçbir sinyal ulaşmaz.

2003 yılında başlanan yayınlarda belirlenen noktalar arasında en uzak olanı Erciş, Elazığ'a 362 km.dir. Şekillerin incelenmesi sonucu ortaya 7.87 MHz frekansında yapılan yayınlarda özellikle hava karardıktan sonra hiçbir değer alınamadığı, elektromanyetik dalganın iyonküreyle delip geçtiği sonuçta seçilen frekansın kritik frekanstan daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. Kesin değerler ve sağlıklı analizler yapmak için ortaya iki alternatif çıkmaktadır. Birincisi aynı frekanslarda daha uzak mesafelere elektromanyetik dalga göndermek, ikincisi daha düşük frekanslar seçmektir.

KAYNAKLAR

1. Tanenbaum, B. S., 1967, Plasma Physics, McGraw–Hill Book Company, New York.
2. Al’pert, Y. L., 1963, Radio Wave Propagation and The Ionosphere, Consultants Bureau Enterprises, New York, 349p.
3. Davies K. , 1965, Ionospheric Radio Propagation. H. S: Government Printing Office, Washington, 470p.
4. Rishbeth, H. , 1973, “Physics and chemistry of the ionosphere”, Contemp. Physics, 14, 229–237.
5. Aydoğdu M., Yeşil A. and Güzel E., 2004, “The group refractive indices of HF waves in the ionosphere and departure from the magnitude without collisions” , J.Atoms. Solar–Terr. Phys., Vol.66 , 343–348.
6. Goodman J. M. , 1992, HF Communication Science and Technology, Van Nostrand Reinhold.
7. Appleton, 1930, Proc. phys. Soc. 42 , 321.
8. Wait, J. R. , 1968, “Electromagnetics and Plasmas” Holt Rinehart & Winston Inc. , N. Y. .
9. Appleton, E. V. and Piggott, W. R. , 1954, “Ionospheric absorption measurements during a sunspot cycle” , J. Atmos. Terr. Phys. , 16 , 37p.
10. Appleton, E. V. and Beynon, W. J. G. , 1947, “The application of ionospheric data to radio communications problems : Part II ” , Proc. Phys. Soc., 58p.
11. Davies, K. , 1969, “Ionospheric radio waves” (Blaisdell Publishing Co. , Waltham , MA). 216p.
12. George, P. L. and Bradley, P. A. , 1974, “A new method of predicting the ionospheric absorption of high frequency waves at oblique incidence ” , Telecom. J. , 41 ,307p.
13. Setty, C. S. G. K. , Jain, A. R. and Vyawahare, M. K. ,1970, “Collision frequency of electron in F region” , Can J. Phys., 653p.
14. Gregory, J. B. and Manson, A. J. , 1969, “Seasonal variations of electron densities below 100 km at mid–latitudes” , J. Atmos. Terr. Phys.,307p.
15. Piggott, W. R. , Beynon, W. J. G. Brown, J. M. , and Little, C. G. , 1957, “the measurement of ionospheric absorption” in Annals of the IGY , Vol III , Part II (Pergamon press London), 173p.
16. Little, C. G. and Leinbach, H. , 1959, “The riometer – a device for the continuous measurement of ionospheric absorption” , Proc. IRE, 315p.

17. Little, C. G. , 1957, “the measurement of ionospheric absorption extra terrestrial radio waves” in Beynon , W. J. G. , Brown, J. M. (Eds) : Annals of the IGY , Vol III , (Pergamon press London), 207p.
18. Piggot, W. R. , 1964, “Studies of ionospheric absorption” Research in Geophysics , Vol. I Sun upper atmosphere and space (The MIT Press , Cambridge , MA), 277p.
19. Martyn, D. F. , 1935, “The propagation of medium radio waves in the ionosphere” Proc. Phys. Soc., 323p.
20. Koster, J. R. , 1963, “Some measurements of sunset fading effect ” J. Geophys. Res., 2571p.
21. Dieminger, W. , 1968, “The propagation of high frequency radio waves in radio wave propagation”. AGARD Lecture series XXIX , Advisory Group for Aerospace Research and Development , NATO, III-I.
22. CCIR, 1986, “Propagation in ionized media . Recommendations and reports of the CCIR , 1986, VI ” , Int. Telecom. Union , Genova.
23. Bennett, J. A. , and Dyson P. L. , 1986, “the effects of small amplitude wave irregularities on radio wave observations of the ionosphere” Radio Sci., 375p.
24. Budden K. G. , 1985, “The Propagation of radio waves” (Cambridge University Press , Cambridge).
25. Feloren, L. B. , 1979, “High frequency Signal propagation and scattering in guiding channels”.
26. Şeker Ş. S. ve Çerezci O. , 2000, “Elektromagnetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi Yayınları”.

ÖZGEÇMİŞ
N.Kubilay CEYLAN

Mustafapaşa mah.
Merkez loj.
Alpaslan Apt. 9 / 13
23100, Elazığ

Tel: 05055476523
E-posta: kgdceylan@yahoo.com

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 11.03.1976
Doğum yeri : Samsun
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Evli

Eğitim:

İlköğretim : 1982-1990, Atatürk İlköğretim Okulu, Samsun
Ortaöğretim : 1990-1994, Maltepe Askeri Lisesi, İzmir
Lisans : 1994-1998, Kara Harp Okulu, Ankara
Lisans (Staj : 1998-1999, Muhabere Elektronik ve Bilgi Sistemleri Okulu, Ankara
Yüksek Lisans : 2003-2007, Fırat Üniversitesi, Elazığ

TEZ: YÜKSEK FREKANSLI (HF) DALGALARIN ALAN ŞİDDETİNİN ÖLÇÜMÜ
DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET AYDOĞDU