

**f_oF₂ FREKANSININ UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMİNİN
YER'İN MANYETİK ALANI İLE İLİŞKİSİ**

Erdinç TİMOÇİN

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali YEŞİL
TEMMUZ-2011**

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

**foF2 FREKANSININ UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMİNİN
YER'İN MANYETİK ALANI İLE İLİŞKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdinç TİMOÇİN

08214101

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Temmuz 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Temmuz 2011**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali YEŞİL (Fırat Üniv.)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Niyazi BULUT (Fırat Üniv.)
Yrd. Doç. Dr. Arif GÜLTEN (Fırat Üniv.)



TEMMUZ-2011

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca, yoğun ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Ali YEŞİL'e teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmaları yürütürken hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve hep destek sunan sevgili eşim Eda ÖZBEK TİMOÇİN'e teşekkür ederim

Erdinç TİMOÇİN
ELAZIĞ-2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İyonkürenin Yapısı ve Tabakaları.....	4
1.1.1. D Bölgesi.....	5
1.1.2. E Bölgesi.....	5
1.1.3. F Bölgesi.....	6
1.2. Elektron Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler.....	7
1.2.1. Fotokimyasal Süreçler.....	8
1.2.2. Dinamik Süreçler.....	9
1.2.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu.....	10
1.2.2.2. Nötr Rüzgârlar.....	11
1.2.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme.....	13
1.2.2.4. Atmosferin Genleşmesi ve Büzülmesi.....	13
1.2.2.5. Protonküre İle İyonküre Arasındaki Difüzyon.....	14
1.3. Dalgaların İyonosferde İlerlemesi.....	15
1.3.1. Dalganın Emilme Süreci (Absorbsiyon).....	15
1.3.2. Dalgaların Yansıma Mekanizması.....	16
1.4. Güneş Aktivitesi ve Jeomanyetik İndisler.....	19
1.4.1. K-İndisi.....	20
1.4.2. a-İndisi.....	21
1.4.3. A-İndisi.....	21

1.4.4.	Kp-İndisi.....	21
1.4.5.	Ap-İndisi.....	22
1.4.6.	Güneş Lekesi Sayısı.....	22
1.4.7.	Güneş Akısı İndisi.....	23
1.4.8.	Dst İndisi.....	24
2.	MATERYAL VE METOT.....	26
2.1.1.	Zaman Serileri.....	26
2.1.2.	Zaman Serisinin Grafikle Gösterimi.....	27
2.1.3.	Zaman Serisini Etkileyen Faktörler.....	27
2.1.3.1.	Trend Bileşeni.....	27
2.1.4.	Seriler Arası İlişkiler.....	28
2.1.5.	Serpilme Diyagramı.....	29
2.1.6.	Korelasyon Katsayısı.....	29
2.1.7.	Regresyon Analizi.....	30
2.1.8.	Basit Regresyon.....	30
2.1.8.2.	Determinasyon Katsayısı.....	32
2.1.8.3.	Çoklu Regresyon.....	32
2.1.8.4.	Çoklu Determinasyon Katsayısı.....	33
2.1.8.5.	Gecikmeli Regresyon.....	33
2.1.8.6.	En Küçük Kareler Yöntemi İle Tahmin.....	34
2.1.8.7.	Granger Nedensellik Testi.....	34
2.1.8.8.	Etki-Tepki Fonksiyonu.....	35
3.	BULGULAR.....	37
3.1.	foF2 ve Dst Datalarının Serpilme Diyagramı.....	37
3.2.	Granger Nedensellik Testi.....	39
3.3.	Etki-Tepki Analizi.....	39
3.4.	foF2 İle Dst'nin Gecikmeli Doğrusal Regresyon Modeli.....	41
3.4.1.	Ekinoks.....	41
3.4.2.	Yaz.....	43
3.4.3.	Kış.....	44
3.5.	foF2 Verilerin Karşılaştırılması.....	45
4.	SONUÇLAR.....	47

KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ÖZET

Yer'in iyonküresi, uzay-havası incelemelerinde önemli bir etkidir ve iyonkürenin değişkenliği, iyonküre fiziği ve radyo haberleşmesi için önemlidir. Günümüz teknolojinin en önemli özelliklerinden biri haberleşme sistemleri yardımıyla bilgi akışını kaliteli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirerek insanlara bilgiye erişmede ve birbirleriyle haberleşmelerinde büyük kolaylık sağlamasıdır. İyonküreyi karakterize eden temel parametreler, yükseklik, enlem, boylam, yerel zaman, jeomanyetik aktivite ve Güneş aktivitesi ile değişimler gösteren elektron yoğunluğu dağılımıdır. Özellikle Güneş'teki manyetik aktiviteler iyonosfer dinamikleri üzerinde çok büyük etkilere sahiptir. Bu da Dünya'nın manyetik alanını etkileyerek iyonosfer kritik frekans değerinin değişmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmada, F2 tabakasının iyonosferik kritik frekans değişimi ile Dünya'nın manyetik alanı arasındaki ilişki incelenmiştir. İyonosferik foF2 verileri, Manila (121.1° D, 14.7° K)'daki iyonsonda istasyonundan alınmıştır. Dst verileri, Dünya Data Merkezinden alınmıştır. Güneş aktivitesinin foF2 üzerine etkisini görebilmek için Güneş'in aktif olduğu (1981) yılı ve Güneş'in aktif olmadığı (1985) yıllı foF2 verileri kullanılmıştır. Mevsimin etkisini tespit etmek için, her yılın tüm günleri, ekinoks (Mart, Nisan, Eylül, Ekim), yaz (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos) ve kış (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) olarak üç mevsime ayrılmıştır. foF2'nin nasıl değiştiğini ve bu değişimin büyüklüğünü incelemek için her bir yerel zaman için lineer regresyon analizi kullanılmıştır Ayrıca manyetik alanın gecikmeli etkisini incelemek için gecikmiş regresyon analizi kullanılmıştır. Özellikle yüksek Güneş aktivitesi döneminde Dst'ye foF2'nin tepkisi açık bir şekilde görülmektedir. Dünya'nın manyetik alanı genellikle, foF2'nin gece azalmasına gündüz artmasına neden olur. Solar döngü, foF2'nin günlük değişimleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Anahtar Kelimeler: foF2, Dünya'nın Manyetik Alanı,
Zaman Gecikmeli Regresyon Analizi

SUMMARY

Relationship Between Long Term Changing of foF2 Frequency and Earth's Magnetic Field

Earth's ionosphere is an important factor in space weather investigations and the variability of the ionosphere is important for the ionospheric physics and radio communications. In today's technology one of the most important characteristic property of the communication systems is the making life easier by helping people to get the latest information in a sense of quality and speed. The characterizing property of the ionosphere is the electron density distribution that shows variation as a function of height, latitude, longitude, local time, geomagnetic activity and solar activity. Especially, the magnetic activities at Sun have huge effects on the ionospheric dynamics. This results in the influence of the Earth's magnetic field by changing the ionospheric critical frequency.

In this study, relationship between ionospheric critical frequency variation of F2 layer and Earth's magnetic field has been investigated. Ionospheric foF2 data were obtained from ionosonde station in Manila (121.1° E, 14.7° N). The Dst index were obtained from World Data Center. In order to investigate the effect on the foF2 of solar activity has been used foF2 data of the high solar activity year (1981) and low solar activity year (1985). In order to investigate the effect of season, in each year all days were divided into three seasons, namely, equinox (March, April, September and October), summer (May, June, July and August) and winter (November, December, January and February). In order to investigate how foF2 varies and the extent of variation, linear regression analysis was used for each local time. Besides lagged regression analysis was used to investigate the lagged effect of magnetic field. Response of foF2 to Dst shows obvious especially in the high solar activity period. Generally, Earth's magnetic field cause foF2 to increase at daytime and decrease at nighttime. Seasonal dependence of the diurnal variations of foF2 is very obvious. The solar cycle has important effect on the diurnal variations of foF2.

Key Words: foF2, Earth's Magnetic Field, Time-Lagged Regression Analysis

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Atmosferin Yapısı.....	3
Şekil 1.2. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi...	7
Şekil 1.3. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu.....	8
Şekil 1.4. Nötr rüzgarın düşey hızı.....	11
Şekil 1.5. Nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi.....	12
Şekil 1.6. Dalganın emilme süreci.....	15
Şekil 1.7. Değişken ortamlarda kırılmanın yapısı.....	16
Şekil 1.8. Dalganın iyonosferden yansıması.....	16
Şekil 1.9. Eğime bağlı olarak farklı yüksekliklerden yansıyan dalgalar.....	18
Şekil 1.10. Yıllara göre Güneş lekesi sayısının değişimi.....	23
Şekil 1.11. Dst indisinin değişim grafiği (Kasım 1981).....	24
Şekil 2.1. Slough (51.5° K, 0.6° B) istasyonundan alınan, foF2' nin zaman serisi grafiği (12 00 YZ, 1949 – 2005).....	27
Şekil 2.2. Juliusruh (54.6° K, 13.4° D) istasyonundan alınan, foF2 değerlerinin trend eğrisi (12 00 YZ, 1976 – 1996).....	28
Şekil 2.3. Juliusruh (54.6° K, 13.4° D) istasyonundan alınan foF2 değerleri ile R arasındaki ilişkin serpilme diyagramı (12 00 YZ, Aralık 1964 – 1996).....	29
Şekil 2.4. Basit lineer regresyon doğrusu.....	31
Şekil 3.1.(a). foF2 ile Dst verilerinin eş zamanlı serpilme diyagramı.....	37
Şekil 3.1.(b). foF2 verileri ile 5 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı.....	37
Şekil 3.1.(c). foF2 verileri ile 15 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı.....	37
Şekil 3.1.(d). foF2 verileri ile 25 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı.....	37
Şekil 3.1.(e). foF2 verileri ile 35 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı.....	38

Şekil 3.1.(f). foF2 verileri ile 50 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı.....	38
Şekil 3.2. Dst'nin foF2 üzerindeki etkisinin zamanla değişimi.....	40
Şekil 3.3. Dst'deki 100 nT'lık bir artışa foF2'nin 24 saatlik tepkisi.....	40
Şekil 3.4. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının ekinoks ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi	42
Şekil 3.4. (b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının ekinoks ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi.....	42
Şekil 3.5. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının yaz ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi.....	43
Şekil 3.5. (b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının yaz ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi.....	43
Şekil 3.6. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının kış ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi.....	44
Şekil 3.6. (b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının kış ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi.....	44
Şekil 3.7. 12-15.04.1981 Dst verileri.....	45
Şekil 3.8. 14-15.04.1981 Manila istasyonundan alınan foF2 verileri.....	46

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. K-indisinin manyetik alan şiddeti.....	20
Çizelge 1.2. K-indisinin dereceleri.....	20
Çizelge 1.3. K-indisi ile a-indisi arasındaki dönüşüm.....	21
Çizelge 1.4. A-indisinin dereceleri.....	21
Çizelge 1.5. K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri.....	22

SEMBOLLER LİSTESİ

B	: Manyetik alan
c	: Işık hızı
D	: Denklinasyon açısı
e	: Elektron yükü
E	: Elektrik alan
h	: Planck sabiti
H_p	: Plazma ölçek yüksekliği
I	: Manyetik eğim
i	: Dalganın geliş açısı
k	: Boltzman sabiti
m	: Kütle
Me	: Medyan
N	: Kırılma indisi
n_i	: Dalganın gönderildiği bölgenin kırılma indisi
n_r	: Yansımanın gerçekleştiği bölgenin kırılma indisi
N	: Elektron yoğunluğu
r	: Dalganın kırılma açısı
R²	: Determinasyon katsayısı
t	: Zaman
T_e	: Elektronun sıcaklığı
T_i	: İyonun sıcaklığı
U	: Nötr rüzgar
U_D, U_K	: Kuzey ve güney yönde esen nötr rüzgar
X_i	: X değişkenlerinin i'inci terimi
ω	: Gelen dalganın frekansı
ω_p	: Plazma Frekansı
W_N	: Nötr rüzgarın düşey bileşeni
q	: Üretim katsayısı
V	: Hız
Y_i	: Y değişkeninin i'inci terimi

β	: Kayıp katsayısı
$\beta_0, \beta_1, \beta_2$	: Regresyon katsayıları
χ	: Zenit açısı
ν	: Frekans
Φ	: Elektron akısı
ε	: Ortamın elektriksel geçirgenliği
ρ	: Korelasyon katsayısı
ν_φ	: Dalganın faz hızı
μ_X, μ_Y	: X ve Y serilerinin ortalamaları

KISALTMALAR LİSTESİ

A⁰	: Dalga boyu birimi
nm	: Nanometre
UV	: Ultraviole
hmF2	: F2-bölgesi maksimum tepe yüksekliği
NmF2	: F2-bölgesi tepe yüksekliğindeki elektron yoğunluğu
foF2	: Ordinari dalganın kritik frekansı
YZ	: Yerel zaman
Dst	: Rahatsız edici fırtına zamanı

1.GİRİŞ

Atmosfer, Dünya gezegenini çevreleyen, bulutların gezindiği ve meteorolojik olayların meydana geldiği bir hava tabakasıdır. Canlıları çok çeşitli dış etkilere karşı korur. Güneş'ten gelen yüksek enerjili parçacıklar manyetoküre tarafından engellenirken, dünyanın dışından gelen kayaç parçaları, üst atmosferde durdurulur ve meteorlar haline gelerek yok olur. Zararlı morötesi (UV) ışınlar, fotokimyasal tepkimeler sırasında soğrulurken, X-ışınları ve morötesi ışınların atmosfer tarafından emilmesi, atmosfer gazlarının iyonlaşmasına neden olur [1, 2].

Atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre çeşitli bölgelere ayrılır. Sıcaklığa göre tropoküre, stratoküre, mezoküre, termoküre ve ekzoküre olmak üzere beş bölgeye ayrılır. Kimyasal bileşenlerine göre ozonküre, iyonküre, helyumküre ve protonküre olmak üzere dört bölgeye ayrılır. Fiziksel özelliklerine göre ise, yerkürenin yakın yüksekliklerinde çok karmaşık olayların etkisi altındaki karmaşık bölge, her gazın kendi ağırlığına göre yerçekiminin etkisi altında ayrı ayrı hareket ettiği difüzyon bölgesi ve yer manyetik alanının yüklü parçacıkları etkisi altına aldığı manyetoküre olmak üzere üç bölgeye ayrılır [3].

Tropoküre, atmosferin en alt tabakasıdır. Atmosferik olayların yoğun yaşandığı yerdir. Bu tabaka, yüzeyden yaklaşık 10 km yüksekliğe kadar uzanır. Su buharı, basınç ve sıcaklık değişkenlikleri nedeniyle, bu ortam homojen değildir. 800 nm dalga boyundan daha büyük ışınlar, temelde H₂O ve CO₂ tarafından soğrulur. Bu tabakada en çok bulunan gazlar oksijen ve azot molekülleridir. Yağmur, kar gibi hava olayları bu bölgede meydana gelir.

Stratoküre, 10 km üzerindeki atmosfer bölgesine denilmektedir. Bu bölgede gazlar yaklaşık olarak 35 km yüksekliğe kadar yoğunluklarını korurlar. Stratoküre içinde yaklaşık 25 km yükseklikte ozon tabakası bulunur. Ozon tabakası, UV ışınların O₂ moleküllerini iyonlaştırması ile meydana gelen bir tabakadır. Ozon tabakası, Güneş'ten gelen zararlı ışınları soğurduğundan dolayı Dünya üzerindeki canlı yaşam için oldukça büyük önem arz etmektedir.

Mezoküre, Stratoküre'den sonra gelen ve üst sınır olarak 85 km'ye kadar uzanan bölgeye denir. Bu bölge atmosferin en soğuk bölgesidir. 175-200 nm dalga boyu arasındaki ışınlar oksijen tarafından soğurularak bu bölgeyi oluşturmuştur.

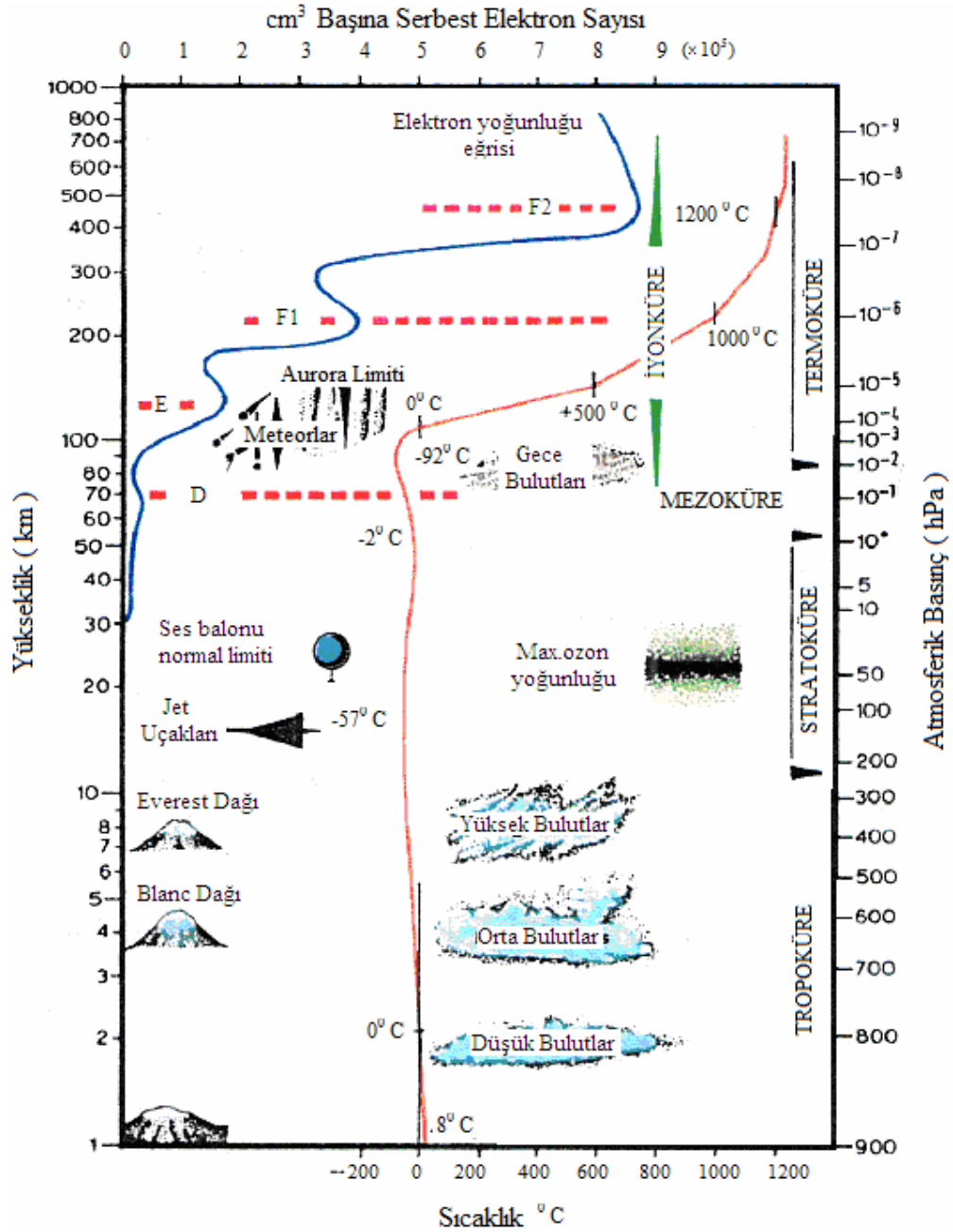
Termoküre, Mezoküre üzerindeki bölgedir. Bu bölgede iyonlaşmanın temel sebebi 175 nm dalga boyundan küçük radyasyonlardır. Yaklaşık 500 km yükseklikteki sıcaklığı 1700 °C'dir.

Egzoküre'de moleküller arasındaki çarpışma çok azdır. Bu bölgede iyonlaşmış parçacıklar manyetik alan tarafından, nötr parçacıklar ise yerçekimi tarafından kısa mesafelerde hareket ettirilebilir.

İyonküre, atmosferin Güneş ışınları tarafından oluşturulan bölgesine denir. Genellikle eşit sayıda serbest elektron, pozitif iyon ve nötr bileşenlerden oluşmuştur. Bu nedenle iyonküre, atmosferin iyonlaşmış kısmıdır ve elektriksel olarak nötrdür. Bu özelliğinden dolayı iyonküre doğal bir plazma olarak kabul edilir. İyonkürenin oluşumunda en büyük etki Güneş tarafından oluşturulmakla birlikte, her bölgenin kimyasal yapısı ve bileşenleri farklı olduğundan, Güneş'ten gelen farklı dalga boyuna sahip ışınlar farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlar [3, 4, 5].

İyonküre de elektron yoğunluğu, yüksekliğe, enleme, mevsime ve yerel zamana göre değişir. İyonküre, Yer'den yaklaşık 50 km yükseklikte başlar ve üst sınırı kesin olarak belli olmamakla birlikte, He^+ ve H^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonu gibi iyonlara baskın olmaya başladığı yükseklikte bittiği kabul edilir. İyonküre, elektron yoğunluğuna göre D, E, F (F1, F2) olmak üzere üç bölgeye ayrılır [6, 7]. Atmosferin bu özelliklerine göre bölgelere ayrılışı şekil 1.1'de verilmiştir.

İyonküre içinde iletken bir tabakanın varlığının anlaşılması yaklaşık bir asır öncesine dayanır. Atmosfer içinde manyetik alan değişimlerinden etkilenen bir iletken tabaka olduğu fikri 1839'da Gauss, 1860'da Kelvin tarafından ileri sürüldü. Marconi'nin 1901'de Cornwall'den yayımlamış olduğu radyo sinyalinin Newfoundland'da alması, Yer iyonküresinin deneysel olarak saptanmasını sağladı. 1902'de Kennelly ve Heaviside, 80 km yükseklikte, yansıtıcı bir iletken katmanın varlığını ileri sürerek olayı açıkladıkları zamandan bugüne iyonküre tabakalarının oluşumunu, fiziksel ve kimyasal yapısını anlamak için bilim adamları iyonküre üzerinde çalışmalar yapmıştır. 1903 yılında Taylor ve 1906 yılında Fleming, bu tabakaların Güneş ışınlarıyla şekillendiğini söylediler. Tam olarak iyonküre kavramı Thomson'un elektronu keşfinden birkaç yıl sonra geliştirildi. 1925'e doğru Appleton ve Hartree, atmosferde radyo dalgalarının yayılması kuralını ortaya attılar. 1931'de Chapman, Güneş ışınımının etkisi altında iyon ve elektronların oluşumunu nicel olarak formülleştirdi. Yeryüzünün birçok bölgesine yerleştirilen düşey iyonküre sondaları, 30 yıl boyunca iyonküre ile ilgili verilerin tek kaynağı olmuştur [8].



Şekil 1.1. Atmosferin yapısı [9].

1960'tan bu güne kadar iyonküre ile ilgili bilgiler, yapay uydulara yerleştirilen ölçü aygıtları yardımı ile geliştirilmiştir. İyonkürede, radyo haberleşmeleri açısından en önemli bölge, elektron yoğunluğunun en fazla olduğu F2 bölgesidir. Bu bölgedeki elektron yoğunluğu, güneş aktivitesi, jeomanyetik aktivite, konum ve yerel zaman ile değişmektedir. Uzun süreli gözlemler, Güneş'teki değişimler ile jeomanyetik aktivite arasında lineer bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Güneş'in aktif olduğu dönemlerde meydana gelen patlamaların oluşturduğu Güneş rüzgârları, Dünya'nın manyetosferi üzerinde büyük kararsızlıklar yaratır ve manyetik fırtınalar oluşturur. Güneş rüzgârlarının oluşturduğu manyetik fırtınalar, Yer'in manyetik alanında bozulmalara neden olur. Yer'in manyetik alanındaki bu bozulmaları ölçeklendirebilmek için birçok indis geliştirilmiştir. Yer'in manyetik alanında meydana gelen değişimler iyonküredeki elektron yoğunluğunu önemli derece değiştiren faktörlerden biridir[10].

Bu çalışmada, Dünya Data Merkezinden alınan Dst indisi ile düşük enlemdeki Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan saatlik foF2 değerleri arasındaki ilişki, istatistiksel olarak incelenmiştir. Analizlerde, güneş aktivitesinin Dst indisi ile foF2 arasındaki ilişkiye etkisini görebilmek için, Güneş'in aktif olduğu 1981 ve aktif olmadığı 1985 yılları kullanılmıştır. Dst indisinin foF2 üzerine etkisinin mevsim ile nasıl değiştiğini görebilmek için, her bir yıldaki günler, yaz (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos), kış (Ocak, Şubat, Kasım, Aralık) ve ekinoks (Mart, Nisan, Eylül, Ekim) olarak üç mevsime ayrılmış ve analizler her bir mevsim için yapılmıştır. Dst ile foF2 arasındaki serpilme diyagramlarına bakılarak seriler için uygun regresyon modeli belirlenmiştir. Granger nedensellik testi ile foF2 ile Dst serileri arasındaki nedenselliğin yönü tespit edilmiştir. Jeomanyetik aktivite ile foF2'nin yerel zaman ile nasıl değiştiğini ve bu değişimin büyüklüğünü görebilmek için, her mevsimdeki farklı yerel zamanlara lineer regresyon analizi yapılmıştır. Jeomanyetik aktivitenin foF2 üzerindeki gecikmeli etkisinin tespitinde ise gecikmeli regresyon analizi kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemlere ve elde edilen bulgulara sırasıyla Bölüm 2'de ve Bölüm 3'de yer verilmiştir.

1.1. İyonkürenin Yapısı ve Tabakaları

Güneş'in yaydığı X ve UV (morötesi) ışınları, atmosferdeki iyonlaşmanın ve elektron üretiminin en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Bu ışımlar atmosfer içinde ilerledikçe emilmeden dolayı şiddetlerini kaybederler. Şiddetleri 1/e değerine düştüğü yükseklikte tamamen emilmekte ve etkilerini kaybetmektedirler. Emilmenin çok olduğu yerde iyonlaşmada çok olacağından maksimum iyonlaşmada bu yükseklikte olmaktadır. Elektron üretiminin $\cos^{1/2} \chi$ (χ zenit açısı) ile doğru orantılı olduğu Chapman tarafından bulunmuştur. 1/e değerinin aldığı yüksekliklere göre 170 km dolaylarındaki iyonlaşmayı, 500-600 Å⁰ dalga boyundaki ışımlar yapmaktadır.

Yaklaşık 100 km civarındaki O_2 molekülü O atomuna ayrışacağı için bu yükseklikte O atomu fazla görülmektedir. İyonküre tabakalarını oluşturan ışıınımları şöyle özetleyebiliriz:

D Bölgesi: 1-10 A^0 X - ışıınımları ve 1216 A^0 UV

E Bölgesi: 10-200 A^0 X- ışıınımları ve 800-1030 A^0 UV

F Bölgesi (F bölgesinin alt kısımları): 200-800 A^0 UV

Güneş ışıınlarının inemediği 80 km altındaki bölge kozmik ışıınlar ve solar ışıınlar tarafından iyonlaştırılır [11, 12].

1.1.1. D Bölgesi

D Bölgesi, iyonkürenin elektron yoğunluğu yönünden en fakir bölgesidir. Bu bölgedeki iyonlaşmanın en büyük kısmını 1-10 A^0 arasındaki X ışıınları ile 1030 A^0 dan büyük dalga boylu UV ışıınımları sağlamaktadır. Dolayısıyla bu ışıınımlar D bölgesindeki elektron üretimi için en önemli kaynaktır. Bu ışıınımlardan başka, dalga boyları 1216 A^0 civarında olan Layman- α ışıınımları D bölgesine kadar inip NO molekülünün iyonlaşmasını sağlar. Ayrıca yüksek enerjili kozmik ışıınlar yüksek enerjiye sahip olduklarından, ancak 70. km den sonra emilebilmektedirler. Bu ışıınımların etkileri, özellikle gece ortaya çıkmaktadır. D bölgesindeki elektron üretimi büyük ölçüde Güneş'in etkisine bağlıdır. Elektron üretimi Güneş'in doğuşundan az sonra artmaya başlamaktadır. Elektron yoğunluğundaki artış Güneş'in zenit açısı (χ) ile ters orantılıdır. En büyük üretim öğlen saatlerinde olmaktadır. Öğlen saatlerinden sonra elektron yoğunluğunda başlayan azalma, Güneş'in doğuşuna kadar devam etmektedir. Gece saatlerinde 85 km nin altındaki yüksekliklerde, elektron yoğunluğu yaklaşık 10^8 mertebesine düşmektedir. Gece saatlerinde bu yüksekliklerdeki elektron yoğunluğunun varlığı tamamen kozmik ışıınların etkisi ile sağlanmaktadır. D bölgesindeki temel iyonlar O_2 , N_2^+ ve NO^+ dir [13, 14].

1.1.2. E Bölgesi

Genel olarak E bölgesinin, dalga boyları 10-200 A^0 olan X ışıınları ve dalga boyları, 800-1026 A^0 olan UV ışıınları tarafından oluşturulduğu kabul edilmektedir. UV ışıınımları 100-120 km civarında tamamen emilmekte ve O_2 ve N_2 moleküllerini ise 125 km de maksimum iyonlaştırmaktadır [15].

İyonlaşma aynı zamanda elektron üretimi demek olduğundan, E bölgesindeki maksimum elektron yoğunluğu da bu yüksekliklerde ölçülmüştür.

E bölgesinde en fazla NO^+ iyonu bulunmaktadır. Daha sonra sıra ile O_2^+ , O^+ ve N_2^+ iyonları çok fazla miktarda bulunmaktadır. E bölgesinde NO^+ ve O_2^+ iyonları, O^+ ve N_2^+ iyonlarına göre çok fazla miktarda bulunduğundan dolayı, foto-kimyasal süreçlerle büyük ölçüde elektron kaybı olmaktadır.

E bölgesindeki elektron yoğunluğunun maksimum üretimi 110 km. dolaylarında, Güneş'in zenit açısı (χ) ile $\text{Cos}^{1/2} \chi$ şeklinde değişmektedir. Bu bölgedeki elektron yoğunluğu gündüz saatlerinde yaklaşık 10^{11} parç./m³ mertebesinde iken, gece saatlerinde yaklaşık 10^9 parç./m³ mertebesine kadar düşmektedir. Elektron yoğunluğundaki bu büyük değişimin nedeni, E bölgesinde foto-kimyasal süreçlerin hâkim olmasıdır [16].

1.1.3. F Bölgesi

İyonkürenin 150 km den sonraki bölgesi F bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Üst sınırı kesin olarak belli olmamakla beraber H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonuna göre hâkim olmaya başladıkları yükseklik olarak kabul edilmektedir. Uzun dalgaların yayılması bakımından en önemli bölgedir. 200-900 Å⁰ arasındaki UV ışınimleri temel iyonlaşma kaynağıdır.

Bu dalga boyundaki güneş ışınımının büyük bir çoğunluğu, 160-180 km arasında emilmekte ve O_2^+ , N_2^+ iyonlarını oluşturmaktadır. İyonkürenin F bölgesi, F1 ve F2 olmak üzere iki tabakaya ayrılır.

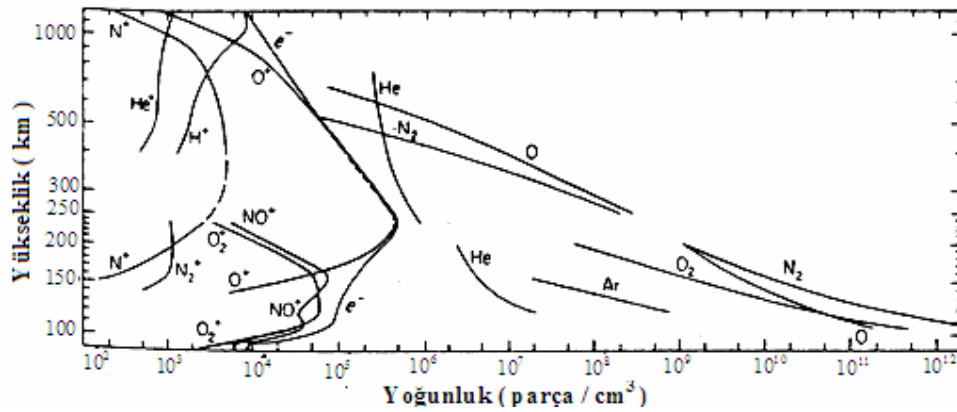
F1-bölgesi yaklaşık 150-180 km yüksekliğinde, dalga boyu 200-900 Å⁰ arasında bulunan UV ışınımının atom ve molekülleri iyonlaştırması ile oluşur. Elektron yoğunluğu 200-300 km arasında maksimumdur. Bu bölgede NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken ikinci dereceden O^+ ve N^+ iyonları bulunur. F2-bölgesi, 180-450 km yükseklik civarındadır. Elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Dalga boyu 200-800 Å⁰ arasında olan UV ışınimleri temel iyonlaşmayı sağlar.

Bu bölgenin en önemli özelliği radyo haberleşmesinde oynadığı roldür. Bu bölgede maksimum elektron yoğunluğu 240-450 km arasında görülmektedir. Bu bölgede O^+ temel iyondur. Bunun yanı sıra, H^+ , He^+ , N^+ iyonları da bulunmaktadır. İyonküre plazması, serbest elektronlar, pozitif iyonlar ve nötr atomlardan oluşur. Plazma içinde en etkin parçacıklar iyonlardır.

F bölgesi maksimum elektron yoğunluğu ($N_m F2$) değerinin yalnızca $\cos^{1/2} \chi$ faktörüne bağlı olmadığı ölçümler sonucu ortaya çıkmıştır. İyonküre plazmasının rüzgârlar tarafından hareket ettirilmesi ve fotokimyasal süreçler bu bölge üzerinde etkili olmaktadır [17].

1.2. Elektron Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler

İyonküredeki elektron yoğunluğu, bir süreçle oluşurken başka bir süreçle kaybolmaktadır. Ayrıca, atmosferdeki dinamik süreçler yoluyla da bir bölgeden diğer bir bölgeye de taşınabilmektedirler. Taşıma işlemleri bir bölge için kazançken diğer bir bölge için kayıp olmaktadır. D ve E bölgeleri için fotokimyasal süreçler en önemli faktördür. F2 bölgesinde fotokimyasal süreçlerin yanı sıra dinamik süreçlerde etkili olmaktadır. Bu nedenle, F2 bölgesindeki elektron yoğunluğu üzerine etki eden süreçleri, fotokimyasal ve dinamik süreçler diye ikiye ayırmak doğru olacaktır.



Şekil 1.2. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi [18].

A. Fotokimyasal süreçler;

Parçacık taşınması

X ve UV ışınımının atom ve molekülleri iyonlaştırılması

Kayıp mekanizmaları, iyon-atom değiş tokuşu, ayrışma ve tekrar birleşme işlemleridir.

B. Dinamik süreçler;

Plazma ambipolar difüzyonu

Nötr rüzgârlar

Elektromanyetik sürüklenme

Atmosferin genleşip büzülmesidir.

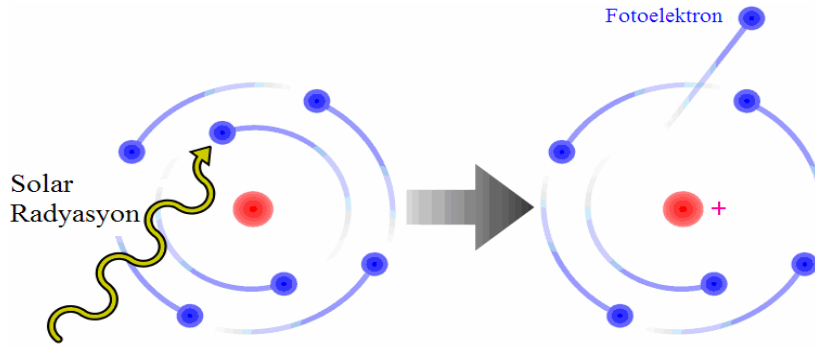
İyonküredeki üretim, kayıp mekanizması ve taşıma süreçlerine bağlı olan, elektron yoğunluğunun zamanla değişimi için süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q - \beta N - \text{div}(N \cdot \mathbf{V}) \quad (1.1)$$

ile belirtilebilir [19]. Burada q üretim, β kayıp katsayısı, NV ise dinamik süreçleri ifade etmektedir.

1.2.1. Fotokimyasal Süreçler

F-bölgesindeki iyonlaşmanın kaynağını UV ışınimleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte X ışınlarının da iyonlaşmaya katkıları olmaktadır. Parçacık iyonlaşmasının da etkileri tam olarak ölçülmüştür. F-bölgesi için en önemli kazanç, O atomunun fotokimyasal yolla iyonlaşması, şekil 1.3’de şematik olarak gösterilmiştir [20].



Şekil 1.3. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu [20].

Güneş’ten gelen ışınım, bir gaz atomu veya molekülü üzerinde oldukça etkilidir. Bu süreçte, ışınımın bir kısmı atom tarafından emilir ve bu şekilde serbest bir elektron ve pozitif bir iyon meydana gelir.



ile sağlanmaktadır. Burada h Planck sabiti, ν gelen ışıının frekansıdır. (1.2) bağıntısı ile ortaya çıkan O^+ iyonu, O_2^+ ve N_2 molekülleri ile,



şeklinde birleşebilir. (1.3) ve (1.4) bağıntıları ile açığa çıkan O_2^+ ve NO^+ iyonları serbest halde bulunan elektronlarla birleşerek elektron kaybına sebep olmaktadır. Yani,



F bölgesinde N molekülünün



şeklinde iyonlaşması da elektron üretimini sağlamaktadır [21]. Herhangi bir dinamik sürecin olmaması durumunda yaklaşık 200 km ye kadar elektron kazancı kaybına eşittir. Fakat bu eşitlik, Güneş'in doğuşu ve batışı esnasında bozulmaktadır. Güneş'in doğuşu sırasında bağıntı (1.2)'e göre elektron yoğunluğu artacaktır. Güneş'in batışı esnasında ise kayıp fazla olmamaktadır.

1.2.2. Dinamik Süreçler

Yaklaşık 200 km ye kadar dinamik süreçlerin elektron yoğunluğu üzerindeki etkileri az olmaktadır. Bu yüksekliğe kadar, elektron yoğunluğu üretim ve kayıp işlemleri belirlenebilmektedir. Fakat yaklaşık hmF2 yüksekliğinden sonra dinamik süreçlerin, elektron yoğunluğu üzerindeki etkileri fotokimyasal süreçten daha fazla olmaktadır.

1.2.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu

İyonlar ve elektronlar, kısmi basınç ve yerçekimi etkisi altında dağılırlar. Bu dağılıma gaz molekülleri arasındaki çarpışmadan dolayı engellenmektedir. Bu nedenle dağılıma hızı gazların yoğunluğuna bağlı olmaktadır.

F2 tepesinden sonraki difüzyon dengesinin hâkim olduğu yüksekliklerde her gaz kendi ölçek yüksekliğine göre dağılmaktadır. Elektronun kütlesi iyonun kütlesinden çok küçük olduğundan, ölçek yüksekliği çok büyük olmaktadır. Bu nedenle, elektronlar daha yüksekliklere çıkarak iyonlar ise daha alt kısımlarda kalarak dağılmaktadır. Elektronlar ve iyonlar arasındaki elektrostatik kuvvet, elektronları aşağı iyonları ise yukarı çekmektedir. Böylece elektronların ölçek yüksekliği azalırken, iyonların ölçek yüksekliği artmaktadır. İyonların ölçek yüksekliği elektronun ölçek yüksekliğinin iki katı olduğu zaman, iyonlar ve elektronlar aynı ölçek yüksekliğine göre dağılırlar. Sonuçta, iyonlar ve elektronlar aynı hız ile beraber dağılmaya başlarlar. Bu tür dağılmaya, ambipolar dağılma (difüzyon) denir [22].

Elektron yoğunluğunun düşey yöndeki değişimi, yatay yöndeki değişiminden çok büyüktür. Bu yüzden yatay yönde difüzyon ihmal edilebilir. Başlangıçta Yer'in manyetik alanının düşey yönde olduğu kabul edilerek difüzyon hızı:

$$v_D = -D \left[\frac{1}{N} \frac{dN}{dh} + \frac{1}{H_p} \right] \quad (1.8)$$

şeklinde yazılır [22]. Burada, $D = k(T_e + T_i) / m_i v_i$ ambipolar difüzyon katsayısı ve $H_p = k(T_e + T_i) / m_i g$ plazma ölçek yüksekliği, N ise elektron yoğunluğudur. Bu durumda, v_D hızının düşey yöndeki bileşeni:

$$W_D = v_D \sin I = -D \left[\frac{1}{N} \frac{\partial N}{\partial h} + \frac{1}{H_p} \right] \sin^2 I \quad (1.9)$$

olur [22]. F2 bölgesinde elektron dağılımına etki eden W_D hızıdır. Aşağı doğru olan W_D hızı, F₂-bölgesini aşağı iter, yukarı doğru olan W_D hızı ise bölgeyi yukarı doğru kaldırır.

Ayrıca manyetik alanın geometrisinden dolayı W_D hızı, manyetik alanın yeryüzüne dik olduğu kutup bölgesinde en fazla etkiye sahip iken, ekvator bölgesinde en düşük, orta enlemlerde ise, I 'nın aldığı dereceye göre değişmektedir.

1.2.2.2. Nötr Rüzgârlar

Güneş ışınlarından kaynaklanan günlük ısınma ve soğuma, genelde gündüz Dünya'nın sıcak bölgesinden gece daha soğuk bölgesine doğru esen yatay rüzgârlara neden olur. Yatay yönlü bu rüzgâr, gündüz ve gece arasındaki sıcaklık farkının sebep olduğu basınç farkından dolayı yüksek basınçtan alçak basınca doğru eser [22].

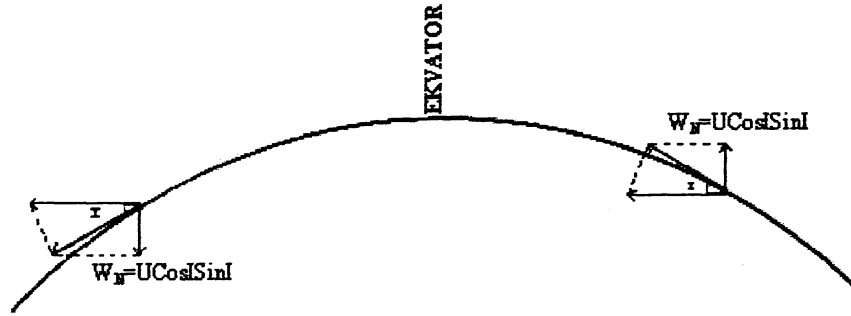
Rüzgârlar yatay yönde esmesine karşın iyon ve elektronlar manyetik alan boyunca harekete zorlanırlar. Yatay rüzgârın manyetik alan boyunca iz düşümü:

$$\vartheta = U \cos(D - \theta) \cos I \quad (1.10)$$

ile verilir. Düşey bileşeni ise,

$$W_N = -(U_D \sin D + U_K \cos D) \sin I \cos I \quad (1.11)$$

şeklindedir [22].

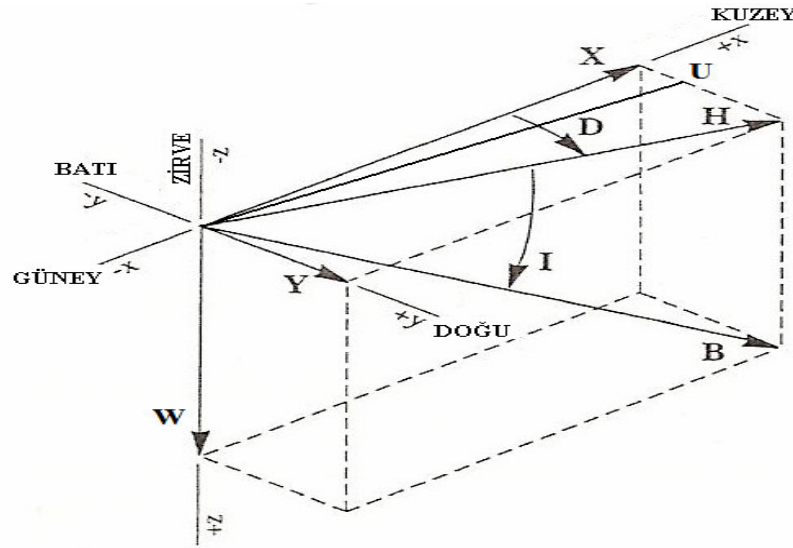


Şekil 1.4. Nötr rüzgarın düşey hızı [22].

Denklem 1.11'de D , dik açıklık (deklinasyon), I ; manyetik eğim, U_D , U_K ; karşılıklı olarak doğu ve kuzey yönde esen rüzgâr hızıdır. Şekil 1.5'de nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi gösterilmiştir.

Nötr rüzgârın etkisiyle, elektron yoğunluğunun günlük dağılımına ait eğriler bir ısırtık görünümünde olduğundan dolayı, buna “bite-out” denilmektedir Rüzgârların hızı enlemle değişir.

Abur-Robb (1969), ± 45 enlemlerde rüzgârın hızının bir maksimuma sahip olduğunu ve de ekvator ve kutuplarda gözden kaybolduğunu, ayrıca 45° enlemde gündüz saatlerinde kutup bölgesinde nötr rüzgârın hızının küçük olmasına rağmen sabah erken ve akşam üstü geç saatlerde ekvatorial anormalliğe neden olduğunu bulmuştur. Nötr rüzgârın gece ekvatorial F2 bölgesinde devam ettiğini tespit etmiştir [22].



Şekil 1.5 Nötr rüzgârın düşey hızının geometrisi [22].

Şekil 1.4’den de görüleceği gibi, nötr rüzgârlar iyonküreyi yukarı ve aşağı taşıyarak hareket ettirirler. Gece ekvator yönünde esen nötr rüzgârlar, hareketsiz bir bölgeyi kaybın daha az olduğu bölgelere, yukarı doğru taşır. Gündüz ise bu sürüklenme, tam tersi etkiyle bölgeyi, kaybın fazla olduğu aşağı bölgelere iter.

Nötr rüzgârlar, gündönümü ve ekinoks ayları boyunca, NmF2 değerinde öğleden sonra “bite-out” meydana getirir. Gece iyonkürenin var olmasında da önemli bir faktördür. Gece NmF2 deki büyük değerlere, foto-iyonlaşmanın olmadığı öğleden sonra ve akşamüstü saatlerde, ekvator da rüzgârın neden olduğu yukarı doğru sürüklenme sebep olmaktadır [22].

1.2.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme

Yer atmosferinde güneşin ısıtma etkisi, Ay ve Güneş'in çekim gücü, havayı Yer'in manyetik çizgileri arasında harekete zorlar.

Bu hareket $\mathbf{E} = \mathbf{U} \times \mathbf{B}$ kadar bir elektrik alan oluşmasını sağlar. Bu elektrik alandan kaynaklanan akım, karmaşık şekilde meydana gelir ve yüklerin kutuplaşmasına etki ederek yeni bir elektrostatik alana neden olur.

$\mathbf{B}$ manyetik alana dik olan $\mathbf{E}$ elektrik alanı, parçacıkları manyetik alana dik olarak hareket ettirir. Bu hız:

$$\mathbf{v}_e = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{B^2} \quad (1.12)$$

ile verilmektedir [22]. Bu hızın düşey bileşeni:

$$\mathbf{W}_e = \frac{\mathbf{E}_y}{B} \cos I \quad (1.13)$$

şeklindedir. Burada gündüz elektrik alan doğuya doğru olurken $\mathbf{W}_e$ hızı yukarı doğru olmakta ve F2-bölgesini yukarı kaldırmakta; gece ise elektrik alanın yönü batıya ve $\mathbf{W}_e$ hızının yönü aşağı doğru olmaktadır. Bu nedenle orta enlemlerde gece aşağı doğru olan elektromanyetik sürüklenme elektron yoğunluğunda çok az bir kayba neden olmaktadır [22].

1.2.2.4. Atmosferin Genleşmesi ve Büzülmesi

Güneş'in doğuşu ve batışı sırasında T_e ve T_i sıcaklıkları ani değişimlere uğramaktadır. Sıcaklıktaki bu değişiklikler atmosferin genişlemesine ve büzülmesine neden olmaktadır.

İyonkürenin F-bölgesindeki fiziksel işlemlerin matematiksel ifadesi (1.1) bağıntısı ile belirlenmektedir. İfadedeki $\nabla(\mathbf{N} \cdot \mathbf{V})$ taşımadan dolayı olan değişiklik terimi üzerinde atmosferin genişlemesi ve büzülmesinin de katkısı vardır.

Buna göre:

$$\nabla(N.V) = \frac{\partial}{\partial h}(NV_h) \quad (1.14)$$

şeklini alır [22]. Burada h düşey doğrultuyu, V_h ise elektronun düşey doğrultudaki hızını göstermektedir. Gece saatlerindeki üst iyonküre için (1.1) denklemindeki q ve L yaklaşık olarak sıfırdır. Bu şartlar altında süreklilik bağıntısı:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial \Phi}{\partial h} \quad (1.15)$$

şeklinde yazılır. Buradaki $\Phi = -N V_h$, elektron akısıdır [22].

Burada hız ifadesi ise:

$$V_h = \frac{dH}{dt} + \frac{H}{N} \frac{dN}{dt} \quad (1.16)$$

şeklinde olur [22]. Bu ifadeye göre, elektron yoğunluğu ve ölçek yüksekliğindeki değişimler, düşey doğrultuda bir hızın oluşmasına sebep olmaktadır. Güneş'in doğuşu ve batışı sırasında, elektron ve iyon sıcaklığındaki ani değişiklikler, ölçek yüksekliğindeki ani değişikliklere sebep olmaktadır. Bunun sonucunda düşey hız artmaktadır. Güneş'in doğuşu sırasında hızın yönü yukarı, batışı sırasında ise aşağı yönlüdür.

1.2.2.5. Protonküre İle İyonküre Arasındaki Difüzyon

F2 bölgesinin üstündeki oksijen iyonlarının yoğunluğu H ölçek yüksekliği ile üstel bir şekilde azalmaktadır. Bu azalma, $N(O^+) \approx e^{\frac{h}{H}}$ şeklinde gösterilebilir [22]. Buna karşın H^+ iyonunun yoğunluğu yükseklikle artmaktadır. H^+ ın atmosfere hâkim olduğu bölge protonküre olarak tanımlanır. H^+ iyonunun üretimi veya yok olması dönüşümlü olarak gerçekleşmektedir. Yani;

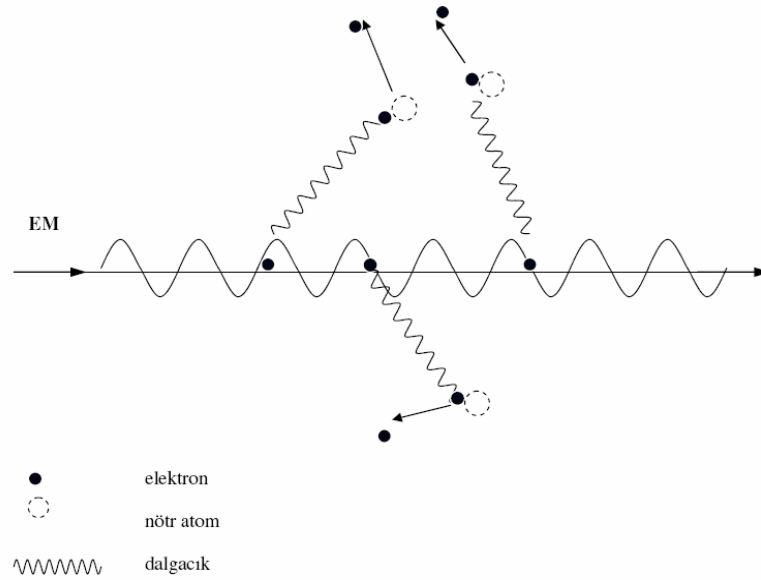


Bu iyonların yoğunluğu, iyonküredeki elektron yoğunluğunu denetlemektedir. Gece saatlerinde O^+ iyonunun yoğunluğu gündüz saatlerinden az olduğu için gece H^+ tabakasını aşağı indirmektedir. Güneş'in batışı ile azalmaya başlayan elektron yoğunluğu; Protonküreden gelen H^+ iyonu akısı ile yaklaşık 18:00-23:00 YZ arasında tekrar artmaya başlar [22].

1.3. Dalgaların İyonosferde İlerlemesi

1.3.1. Dalganın Emilme Süreci (Absorbsiyon)

Dalgalar iyonosfer tabakası içinde ilerlerken, yüklü parçacıklarla çarpışıp enerjilerinin bir kısmını yitirmektedirler. Buna emilme süreci veya absorpsiyon adı verilmektedir.



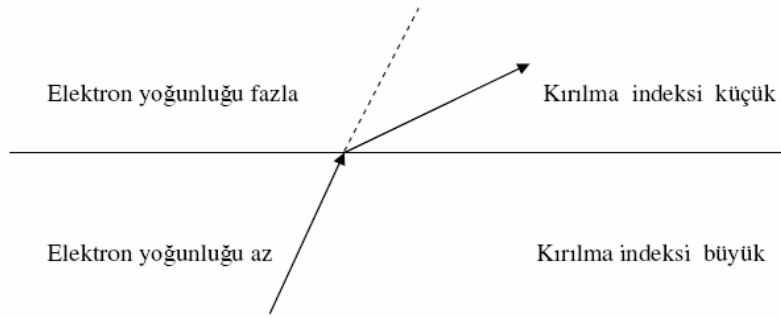
Şekil 1.6. Dalganın emilme süreci [23].

Şekil 1.6, iyonosfer içinde ilerleyen elektromanyetik dalgayı göstermektedir. Ok yönünde ilerleyen ana dalga, elektronlar ile çarpışıp onları salınıma sokar ve küçük dalgacıklar yayınlamalarına sebep olur. Çarpışma sonucunda salınıma giren ve çeşitli yönlerde sıçrayan elektronlar, ortamdaki nötr atomlar veya iyonlar ile çarpışarak düzenli salınımlarını kaybederler. Böylece enerji diğer parçacıklara dağılarak emilir [24].

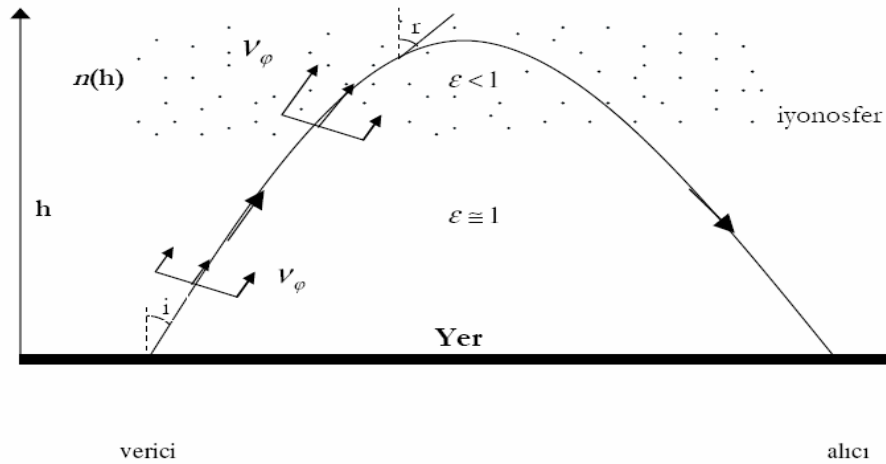
Emilme sürecinin gerçekleştiği kısım genellikle iyonosfer tabakasının D katmanıdır. Bunun nedeni, yerçekiminin etkisinden dolayı kütlesi fazla olan parçacıkların bu bölgede toplanması ve bu ağır parçacıkların yutulma sürecinde büyük rol oynamasıdır.

1.3.2. Dalgaların Yansıma Mekanizması

Herhangi bir dalga, kırılma indisi fazla olan bölgeden kırılma indisi az olan bölgeye geçerken, normal doğrultudan uzaklaşacak şekilde kırılmaya uğrar. Elektron yoğunluğu yükseklikle birlikte artarken, ortamın kırılma indisi ise buna bağlı olarak azalır. Şekil 1.7, kırılma indisleri farklı iki ortam arasında kırılan dalganın yapısını göstermektedir.



Şekil 1.7 Değişken ortamlarda kırılmanın yapısı [24].



Şekil 1.8. Dalganın iyonosferden yansıması [24].

Şekil 1.8, i açısı ile gönderilen dalganın iyonosferden yansımısını göstermektedir. Bu dalga için faz hızı ifadesi:

$$v_{\phi} = \frac{c}{n} \quad (1.18)$$

şeklinde olur [24]. n , kırılma indisi ve c , ışık hızıdır. Kırılma indisi ifadesi:

$$n = \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}} \quad (1.19)$$

şeklinde verilir. ω_p , ortamın doğal frekansı ve ω , gelen dalganın frekansıdır. Elektron yoğunluğu ile ortamın doğal frekansı arasındaki ilişkiyi veren ifade ise:

$$\omega_p^2 = \frac{4\pi N e^2}{m} \quad (1.20)$$

şeklindedir. N , elektron yoğunluğu, e , elektronun yükü, m , elektronun kütlesidir.

Dalga iyonosfer tabakasına ulaştığında, sol üst köşe alt köşeye göre iyonosfer tabakasının daha yüksek bölgesinde yer alacaktır. Bundan dolayı dalganın sol üst kısmın faz hızı alt kısma göre biraz daha fazla olur. Dalganın üst ve alt kısmında oluşacak hız farkı, dalgayı döndürmeye çalışacaktır. Döndürme etkisinde kalan dalga sürekli olarak kırılmaya uğrayacak ve belli bir yüksekliğe ulaştığında dalga tam olarak geri yansıyacaktır [24].

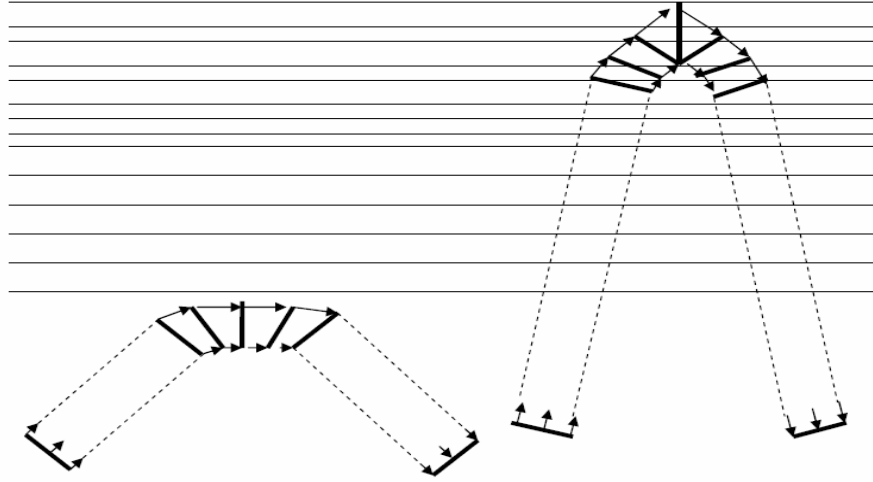
Şekil 1.8'deki dalganın normalle yaptığı geliş açısı (i) ve kırılma açısı olan (r) yi kullanarak Snell yasası, denklem 1.21'deki gibi olur. Burada n_r , yansımanın gerçekleştiği bölgedeki kırılma indisi, n_i , dalganın gönderildiği bölgedeki kırılma indisini göstermektedir.

$$n_r \sin(r) = n_i \sin(i) \quad (1.21)$$

Dalgayı yer seviyesinden gönderdiğimizden $\epsilon_i \cong 1$ dir.

$$n_r \sin(r) = \sin(i) \quad (1.22)$$

Dalganın gönderiliş açısı küçülürse, iyonosfer tabakası içinde ilerlerken oluşacak hız farkı azalır. Bu hız farkının yeterli seviyeye ulaşp yansımanın gerçekleşebilmesi için dalga daha fazla elektron yoğunluğuna ihtiyaç duyar. Bu da dalganın iyonosferin daha üst bölgesinden yansımaya neden olur [24].



Şekil 1.9. Eğime bağlı olarak farklı yüksekliklerden yansıyan dalgalar [24].

Dik konumda gönderilen dalga, yansıyabileceği maksimum yükseklik dolayısıyla da maksimum doğal frekansa ulaşır. $i=0$ için;

$$n_r \sin r = 0 \text{ olur.}$$

Kırılma açısı tam yansımada $\pi / 2$ olmaktadır.

$$r = \frac{\pi}{2} \text{ için, } \sin \frac{\pi}{2} = 1 \text{ olur.}$$

Çarpım değerinin 0'a eşit olması için n_r nin 0 olması gerekmektedir.

$$n_r = 0 \quad \rightarrow \quad \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}} = 0$$

$$\omega_p^2 = \omega^2 \quad \text{Kritik frekans}$$

Buradan elde edilen değer kritik frekans değeridir.

$$\omega = \omega_{kritik}$$

$\omega > \omega_p$ olduğu takdirde iyonosfer dalgayı geçirir.

$\omega \leq \omega_p$ olduğu takdirde iyonosfer dalgayı yansıtır.

Kritik frekans değerlerinin ölçüldüğü istasyonlara iyonosonda istasyonları denmektedir. Bu istasyonlarda her saat için kritik frekans ölçümleri yapılmaktadır. 1950 den bu yana her günün her saatindeki kritik frekans verilerine ulaşmak mümkündür. Kritik frekans değerini bulmak için dalga verici tarafından dik konumda ($i = 0$) iyonosfer tabakasına gönderilir. Gönderilen bu dalga alıcı tarafından geri alındığı takdirde, dalganın frekansı biraz daha arttırılarak tekrar gönderilir.

Dalga alıcıdan geri alındığı sürece bu işlem ard arda devam ettirilir. Dalganın geri alınmadığı frekans değeri bulunur. Bu takdirde iyonosfer tabakasının bu frekanstaki dalgayı geçirdiği anlaşılır. Bu frekans değerinden bir önceki frekans değeri (geri elde edilmiş son frekans değeri) kritik frekans değeri olarak belirlenir. Gönderdiğimiz dalganın hızını biliyorsak ve dalganın vericiden çıkıp alıcıya ulaşması arasında geçen süreyi de biliyorsak dalganın aldığı yolu dolayısıyla ne kadar yüksekte geri yansıtılmış olabileceğini hesaplayabiliriz [24].

1.4. Güneş Aktivitesi ve Jeomanyetik İndisler

İyonküre, Güneş ve Yer'in manyetik alanındaki hareketliliğe bağlı olarak değişim gösterir. İyonküre'yi etkileyen bu karışıklıklar, yoğunluk dağılımında, toplam elektron içeriğinde ve akım sisteminde büyük değişimlere sebep olurlar. İyonküre'de meydana gelen karışıkların birincil kaynağı Güneş lekeleri olarak adlandırılan, Güneş'in yüzeyinde oluşan daha soğuk olan bölgelerde meydana gelen patlamalarda, Yüksek Hızlı Güneş

Rüzgârı Sisteminde (HSSWS) ve Koronal Kütle Boşalımında (CME) şiddeti artan ışınlımlardır. Patlamalar, CME ve HSSWS, Dünya'ya yüklü parçacıklar yollar ve iyonküresel (Jeomanyetik) fırtınalara sebep olurlar. Güneş'te meydana gelen bu değişimler, özellikle akım sisteminde büyük düzensizliklere neden olurlar. Bu karışıklara sebep olan Güneş ve Jeomanyetik aktivite, bazı indisler ile ifade edilir. Manyetik aktivite indisleri adı verilen bu indisler, düzensiz akım sisteminden etkilenen jeomanyetik alandaki değişimleri tanımlamak için kullanılır.

1.4.1. K-İndisi

K-indisi, 13 tane orta-enlem istasyonundan elde edilir. Yer'in manyetik alanının tüm Dünya üzerinden elde edilen değerlerinin ortalamasıdır. Manyetik alanın değeri konuma göre büyük ölçüde değişiklik gösterdiğinden dolayı, manyetik alan ölçümleri K-indisini oluşturmak için her bir istasyondan alınır. Yerel olan K-indisi, manyetik alandaki 3 saatlik düzensizliklerin ya da bozulmaların büyüklüğünü gösterir. Çizelge 1.1'de K-indisi ile manyetik alan arasındaki ilişki verilmiştir [25].

Çizelge 1.1. K-indisinin manyetik alan şiddeti [25].

K	0	1	2	3	4
nT	0-5	5-10	10-20	20-40	40-70
K	5	6	7	8	9
nT	70-120	120-200	200-330	330-500	>500

K-indisi, 0 ile 9 arasında değerler alır. Çizelge 1.2'de K-indisinin dereceleri ifade edilmiştir.

Çizelge 1.2. K-indisinin dereceleri [25].

K0	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Aktif değil	Çok sakın	Sakin	Tedirgin	Aktif	Küçük fırtına	Büyük fırtına	Şiddetli fırtına	Çok Şiddetli fırtına	Uç, Aşırı fırtına

1.4.2. a-İndisi

Yerel jeomanyetik aktivitenin 3 saatlik bir eşdeğer genlik indisidir. Her bir K değeri, eşdeğer 3 saatlik dizi olarak adlandırılan bir lineer ölçek olan a indisine dönüştürülür. a-indisi ile 3 saatlik K-indisi arasındaki ilişki çizelge 1.3’de verildiği gibi ölçeklendirilir [25].

Çizelge 1.3. K-indisi ile a-indisi arasındaki dönüşüm [25].

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	0	3	7	15	27	48	80	140	240	400

1.4.3. A-İndisi

Yerel A-indisi, jeomanyetik aktivitenin uzun süreli değişimlerini ifade eder. Sekiz a-indisinin 3 saatlik ortalamasına eşit olan günlük jeomanyetik bir indistir. Dinamik indistir ve uç değerlere sahip değildir. A-indisi, 0-100 ve üstü değerleri ifade edebilir [25]. Çizelge 1.4’te A-indisinin dereceleri ifade edilmiştir.

Çizelge 1.4. A-indisinin dereceleri [25].

A0-A7	A8-A15	A16-A29	A30-A49	A50-A99	>A100
Sakin	Tedirgin	Aktif	Küçük fırtına	Büyük fırtına	Şiddetli fırtına

A-indisinin türetilmesinin nedeni, jeomanyetik aktivite için günlük bir ortalama ihtiyaç duyulmasıdır.

1.4.4. Kp-İndisi

Kp indisi gezegenin manyetik etkinliğini belirleyen 3’er saatlik dilimler için ölçülen bir ölçüttür. Kp indisi 1949 yılında J. Bartles tarafından tanımlanmış olup Güneş parçacıklarının ışınımından kaynaklanan jeomanyetik alandaki düzensiz bozulmaların incelenmesinde kullanılır.

Kp indisi, iyonosfer içine doğru ilerleyen elektrik akımlarının bir göstergesi olarak tanımlanabilir. Dünya üzerinde değişik enlemlerde yer alan manyetometre istasyonları, bu elektrik akımlarının etkisiyle Dünya yüzeyindeki manyetik alanda meydana gelen normal olmayan değişimleri saptayarak, manyetik etkinlik şiddetine göre 3'er saatlik dilimler halinde ölçülendirmektedirler. Kp indisi, K-indisinin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır [25]. Ölçeği 0 ile 9 arasında değişir.

1.4.5. Ap-İndisi

A-indisi verilerinin ortalamasıdır [25]. Ap-indisi ile Kp-indisi arasındaki ilişki çizelge 1.5'te verildiği gibi ölçeklendirilir.

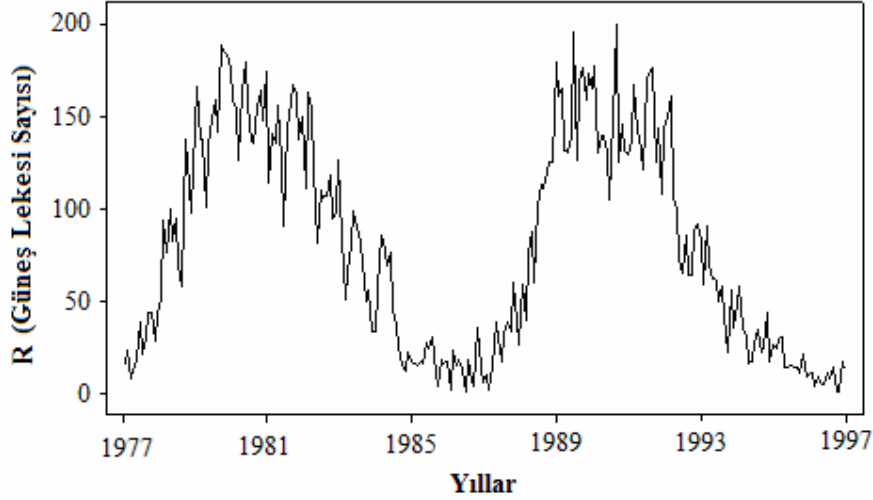
Çizelge 1.5. K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri [25].

Kp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ap	0-2	3-5	6-10	11-20	21-35	36-61	62-102	103-166	167-268	>269

1.4.6. Güneş Lekesi Sayısı

Güneş lekeleri sayısı, Güneş aktivitesini tanımlamak için kullanılan en eski parametredir. Büyüklükleri değişken olmakla birlikte, en büyüklerinin çapı yaklaşık 50.000 km kadardır. Işıkküre üzerinde küçük, karanlık alanlar olmalarının nedeni, gerçekten koyu olmaları değil, üzerinde yer aldıkları ışikküreden daha düşük sıcaklığa sahip olmalıdır. Güneş lekeleri, güçlü manyetik alan bölgelerinde ortaya çıkmaktadır. Bu bölgelerin nispeten diğer bölgelere göre daha soğuk olmasının nedeni, manyetik kuvvetlerin, alt tabakadaki konveksiyon bölgesinde bulunan sıcak gazların yukarıya çıkmasını engellemesidir. Genellikle gruplar halinde ortaya çıkan lekelerin ömrü, birkaç saatten birkaç aya kadar değişmektedir. Güneş lekelerinin belirli bölgelerde ve belirli aralıklarla artıp azalan sayıları, Güneş'in etkin bir dönemde olup olmadığının en büyük ipucudur. Manyetik etkinliğin çok olduğu dönemler, doğal olarak lekelerin de sayılarının arttığı dönemlere karşılık gelmektedir.

Güneş lekelerinin oluşumu, büyümesi ve kaybolması, 11 yıllık bir döngüde gerçekleşmektedir. Şekil 1.10, Güneş lekesi sayısının 1977-1997 arasındaki değişimini göstermektedir.



Şekil 1.10. Yıllara göre Güneş lekesi sayısının değişimi

Günümüzde Güneş Lekesi Sayısı'nı bulmak için iki farklı veri seti kullanılmaktadır. Bunlar, Boulder Güneş Lekesi Sayısı ve Uluslararası Güneş Lekesi Sayısı'dır. Her iki veri seti için kullanılan yöntem aynı, gözlem evleri farklıdır [25].

1.4.7. Güneş Akısı İndisi

10.7 cm dalga boyunda (2800 MHz) bant üzerindeki ışıma miktarını ifade eden indistir. Güneş Akısı, Güneş aktivitesini göstermek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu parametre Pentiction (Kanada) gözleminde ölçülmektedir ve UV, X-ışınlarıyla çok yakından ilişkilidir. Yüksek güneş akısında iyonküre güçlenir, yüksek frekansların kırılmasına olanak sağlar. Güneş akısı göreceli olarak Güneş Lekesi Sayısı ile ilişkilidir.

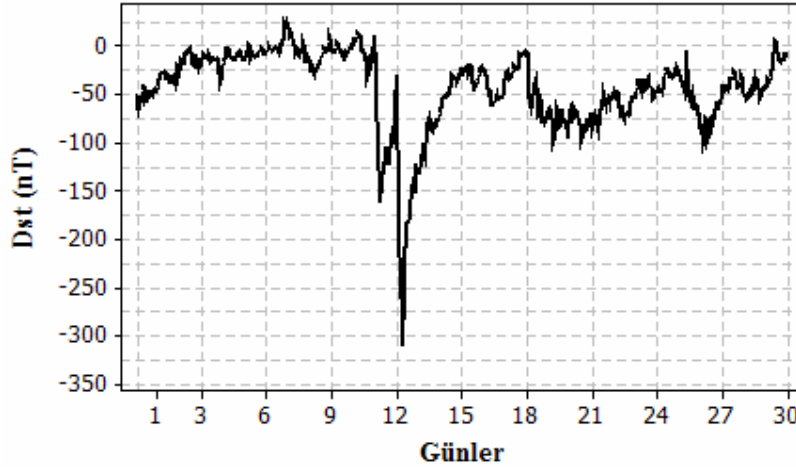
$$GAİ = 63.7 + 0.727 (GLS) + 0.000895 (GLS)^2 \quad (1.23)$$

Birimi sfu ile gösterilir ve $sfu = 10^{-22} \text{ Wm}^{-1}\text{Hz}^{-1}$ dir [25].

1.4.8. Dst İndisi

Dst indisi her saat için ekvator bölgesinde konumlandırılmış istasyonlar tarafından belirlenir. Bu enlemlerde manyetik fırtınanın H bileşeni, çember akım şiddetine bağlı olarak değişir.

Dst indisi bu fırtınanın direkt ölçüsüdür. Büyük negatif değerler, çember akımının şiddetinde meydana gelen ani bir artışın göstergesidir. Bu artışın eski haline dönmesi saatler hatta günler sürebilir. Bu dönem içindeki değişiklik manyetik fırtına olarak adlandırılmaktadır. Dst indisi, manyetik fırtınanın ne kadar şiddetli olduğunun göstergesidir. Dst indisi, Dünya'nın manyetik alanının yatay bileşeni olan H bileşeninin ortalama değeri olarak her saat başı hesaplanmaktadır ve birimi Nano Tesla mertebesindedir.



Şekil 1.11. Dst'nin günlük değişimi (Kasım 1981)

Güneş rüzgârları, Dünya'nın manyetosferi üzerinde büyük kararsızlıklar yarattığı zaman manyetik fırtınalar gelişmektedir. Bir manyetik fırtına durumunda ilk olarak Dst indisi ani bir yükseliş gösterir ve daha sonra keskin bir şekilde azalmaya başlar. Manyetik fırtınanın etkisinin geçmesi ile birlikte Dst indisi tekrar sakin haldeki konumuna geçer. Dst indisinin büyük negatif değerleri göstermesi büyük bir manyetik fırtına olduğu anlamına gelmektedir. Dünya yüzeyindeki manyetik alan şiddeti yaklaşık 50.000 nT kadardır. Bu değer yanında küçük bir sapma olan -100 nT büyük bir manyetik fırtına için yeterli bir değerdir.

Şekil 1.11’de Nisan 1981 yılında meydana gelen ve 3 gün süreyle devam eden bir manyetik fırtına da Dst değeri -311 nT’ ya kadar ulaşmıştır. Bu, sakin durumun yaklaşık 16 katıdır [24].

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, farklı güneş aktiviteleri ve farklı mevsimler için, Dst indisi ile düşük enlemdeki Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan saatlik foF2 değerleri arasındaki ilişki, istatistiksel olarak incelenmiştir.

Analizlerde, güneş aktivitesinin Dst indisi üzerine etkisini görebilmek için, güneş lekesi sayısının büyük olduğu 1981 yılı ve güneş lekesi sayısının düşük olduğu 1985 yılı kullanılmıştır. Yıllar seçilirken dikkat edilen diğer önemli bir durum, verilerin kalitesidir.

Dst indisinin foF2 üzerine etkisinin mevsimsel değişimini görebilmek için her bir yıldaki günler, yaz (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos), kış (Ocak, Şubat, Kasım, Aralık) ve ekinoks (Mart, Nisan, Eylül, Ekim) olarak üç mevsime ayrılmıştır. Dst ile foF2 arasındaki serpilme diyagramlarına bakılarak seriler için uygun regresyon modeli belirlenmiştir. Granger nedensellik testi ile foF2 ile Dst serileri arasındaki nedenselliğin yönü tespit edilmiştir. Jeomanyetik aktivite ile foF2'nin nasıl değiştiğini ve bu değişimin büyüklüğünü görebilmek için, her mevsimdeki farklı yerel zamanlara lineer regresyon analizi yapılmıştır. Jeomanyetik aktivitenin foF2 üzerindeki gecikmeli etkisinin tespitinde ise gecikmeli regresyon analizi kullanılmıştır. Jeomanyetik aktivitenin foF2 üzerindeki gecikme zamanı 72 saat olarak alınmıştır.

foF2 ile Dst arasındaki ilişkiyi tespit etmek için;

$$\text{foF2} = \beta_0 + \beta_1 \text{Dst} \quad (2.1)$$

lineer regresyon modeli kullanılmıştır. Burada β_0 sabittir. β_1 katsayısı, Dst'ye foF2'nin tepkisinin verir.

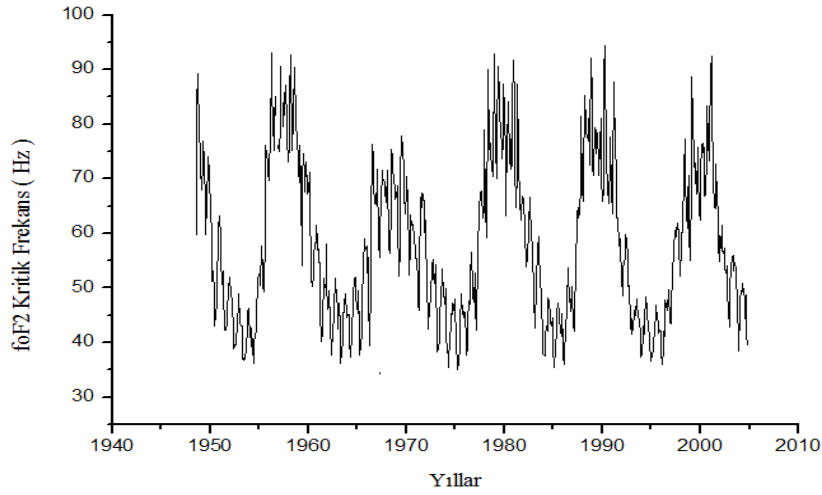
2.1. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

2.1.1. Zaman Serileri

Zaman değişkeniyle ilişkili bir değişken hakkında, elde edilen gözlem değerlerini zamana göre sıralanmış olarak gösteren serilere, zaman serisi denir. Eşit aralıklı zaman noktaları, günler, aylar ve yıllar olabilir [26].

2.1.2 Zaman Serisinin Grafikle Gösterimi

Zaman serileri genel olarak kartezyen koordinatlı bir grafikte gösterilir. Belirlenen eşit aralıklı t zaman noktaları ($t = 1, 2, \dots, n$) ile bu zaman noktalarında zamana bağlı y değişkeninin aldığı $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_n$ gözlem değerlerini eşleştirmek suretiyle kartezyen koordinat sistemi üzerinde işaretlenen noktaların meydana getirdiği şekle kartezyen grafik adı verilir [26].



Şekil 2.1. Slough (51.5° K, 0.6° B) istasyonundan alınan, foF2'nin zaman serisi grafiği (12:00 YZ, 1949 – 2005) [27].

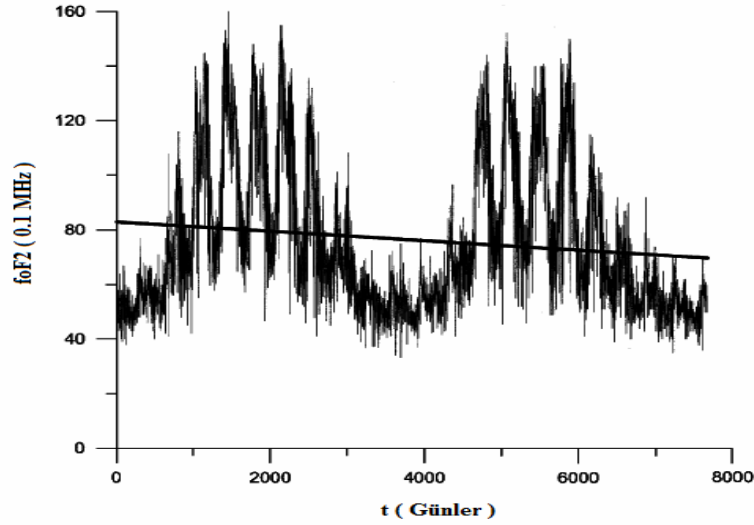
2.1.3. Zaman Serisini Etkileyen Faktörler

Zaman serilerinin gözlem değerlerinde, zaman içinde azalma ya da artma şeklinde, bazı değişimler gözlenir. Zaman serisi gözlem değerleri üzerindeki, yön ve şiddetin farklı olmasından ileri gelen bu değişimler; Trend, Mevsimsel Değişimler, Konjonktürel (Devresel) Değişimler ve Rassal Değişimler olarak sayılabilir [28].

2.1.3.1. Trend Bileşeni

Zaman serisi gözlem değerlerinin uzun zaman döneminde (25 ila 100 yıl) artma ya da azalma yönünde gösterdiği genel eğilime trend adı verilir. Bu eğilimi açıklayan bileşene de Trend bileşeni denir.

Bir serinin trendi tespit edildiğinde, bundan yararlanarak zaman serisinin gelecek bir dönemde alacağı değer tespit edilebilir. Zaman içinde artış ya da azalış göstermeyen, neredeyse aynı düzeyde kararlılık gösteren serilerin trendi yoktur [28].



Şekil 2.2. Juliusruh (54.6° K, 13.4° D) istasyonundan alınan foF2 değerlerinin trend eğrisi (12:00 YZ, 1976 – 1996)

Şekil 2.2’de, foF2 değerlerinin azalan doğrusal bir eğilime sahip olduğu görülmektedir.

2.1.4. Seriler Arası İlişkiler

Seriler arasındaki ilişkiler iki temel gruba ayrılır:

- i. Deterministik (kesin) ilişkiler
- ii. Stokastik (şansa dayalı) ilişkiler

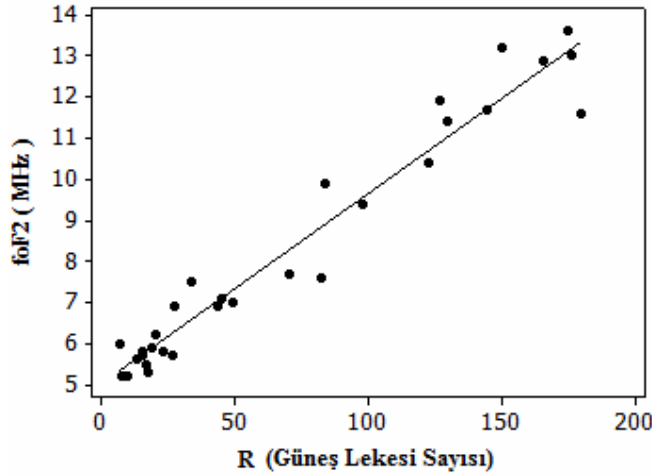
Deterministik ilişkiler çeşitli fonksiyonel türden ilişkilerdir. Bunlara aşağıdaki birkaç fonksiyonu örnek verebiliriz.

- | | |
|-----------------------|------------------|
| • $Y = aX + b$ | Doğrusal İlişki |
| • $Y = aX^2 + bX + c$ | Parabolik İlişki |
| • $Y = e^{aX + b}$ | Üstel İlişki |

Deterministik ilişkilerde, serilerden birinin aldığı değer bilindiğinde diğer serinin alacağı değer kesin olarak hesaplanabilir. Stokastik ilişkiler kesin olmayan, önceden hangi değeri alacağı kesin olarak bilinmeyen olaylar arasındaki ilişkilerdir [29].

2.1.5. Serpilme Diyagramı

İki seri arasındaki deterministik veya stokastik ilişkinin derecesini kabaca gözlemlemeye yarayan en basit araç Serpilme Diyagramı adı verilen grafiklerdir. Deterministik bir ilişkiye sahip iki serinin serpilme diyagramındaki gözlem noktaları doğruya yakın bir serpilme göstermektedir [29].



Şekil 2.3. Juliusruh (54.6° K, 13.4° D) istasyonundan alınan foF2 değerleri ile R arasındaki ilişkin serpilme diyagramı (12:00 YZ, Aralık 1964 – 1996)

Şekil 2.3'deki serpilme diyagramını incelediğimizde foF2 ve R serilerinin gözlem noktalarının doğruya yakın bir şekilde serpilmediği görülmektedir. Bu da iki serinin aralarında deterministik bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir.

2.1.6. Korelasyon Katsayısı

İki seri arasındaki ilişkinin derecesini veren bir yöntem de korelasyon katsayısıdır. Korelasyon katsayısı X ve Y gibi iki seri arasındaki ilişkinin derecesini nispi olarak verir. Korelasyon katsayısı ρ (ro) ile gösterilir ve şöyle tanımlanır:

$$\rho_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)^2}} \quad (2.2)$$

μ_x ve μ_y sırası ile X ve Y serilerinin aritmetik ortalamasıdır. ρ korelasyon katsayısı daima -1 ile 1 arasında değer alır.

Yani, $-1 \leq \rho \leq 1$. X ile Y arasında hesaplanan bir ρ değeri eğer,

$\rho < 0$ ise, negatif (ters yönlü) ilişki,

$\rho > 0$ ise, pozitif (doğru yönlü) ilişki,

$\rho = 0$ ise, ilişki yok,

söz konusudur [30]. Korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki sadece doğrusal ilişkilerin derecesini ölçen bir alettir. Ayrıca, korelasyon katsayısı değişkenlerden hangisinin sebep (bağımsız) hangisinin sonuç (bağımlı) olduğunu belirtmez.

2.1.7. Regresyon Analizi

Verilen iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin fonksiyonel biçimini belirlemeye yarayan istatistiksel araca Regresyon Analizi adı verilir. Regresyon analizinde değişkenler bağımlı değişken ve bağımsız değişken(ler) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bağımlı değişken, bağımsız değişken(ler) tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Regresyonda bağımlı değişken Y ve bağımsız değişken(ler) de X ile gösterilir. Regresyonda, amaçlardan biri, bağımlı değişkenle bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkilerin ortaya çıkartılmasıdır. Diğer bir amaç ise bağımsız değişken(ler)in farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değerleri tahmin etmektir [31].

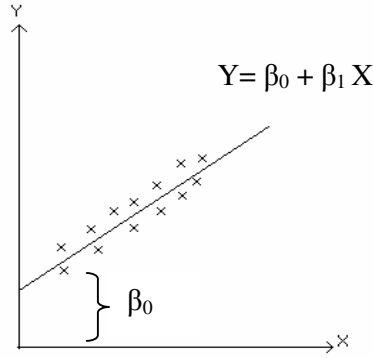
2.1.8. Basit Regresyon

Regresyonda bir bağımlı değişken ve bir ya da daha fazla sayıda bağımsız değişken vardır. n sayıda birimin her birinden bağımlı değişken (Y) ve bağımsız değişken (X) değerleri olduğunda, $(Y_1, X_1), (Y_2, X_2), \dots, (Y_n, X_n)$ olmak üzere n sayıda gözlem değeri olacaktır. Bu gözlem değerlerinin serpilme diyagramına bakılarak regresyonun nasıl bir model olduğuna karar verilir.

Noktalar bir doğru etrafında toplanıyorsa doğrusal bir model kullanılır. Bu regresyon modeline şekil 2.3’ deki serpilme diyagramı örnek verilebilir. Şekil 2.3’ incelediğinde, noktaların bir doğru etrafında toplandığını görebiliriz. Bundan dolayı seçeceğimiz regresyon modeli, doğrusal regresyon modeli olur. Basit doğrusal regresyon modeli:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (2.3)$$

şeklinde olur. β_0 ve β_1 modelin bilinmeyen parametreleridir. ϵ hata terimidir. Şekil 2.4’deki basit lineer regresyon doğrusunda X değişkeni 0 değerini aldığı anda regresyon doğrusu Y eksenini β_0 noktasında keser. Bu yüzden β_0 katsayısına kesme terimi adı verilir. β_1 katsayısı ise regresyon doğrusunun eğimi olduğundan eğim katsayısı adı verilir [31].



Şekil 2.4. Basit lineer regresyon doğrusu [31].

β_0 ve β_1 katsayıları:

$$\beta_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad (2.4)$$

$$\beta_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad (2.5)$$

şeklinde verilir [31].

2.1.8.2. Determinasyon Katsayısı

Tahmin edilen bir regresyonun genel başarısı, yüzdelik bir derece olarak determinasyon katsayısı ile ölçülür. R^2 ile gösterilen determinasyon katsayısı:

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x) \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_y) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_y)^2} \quad (2.6)$$

şeklinde verilir [31]. Determinasyon katsayısı,

$R^2 = 0$	ise iki değişken arasında ilişki yoktur
$R^2 < 0,5$	ise zayıf fonksiyonel ilişki
$R^2 > 0,5$	ise kuvvetli fonksiyonel ilişki
$R^2 = 1$	ise iki değişken arasında tam ilişki vardır [31].

2.1.8.3. Çoklu Regresyon

Regresyonda birden fazla bağımsız değişkenin olduğu modele çoklu regresyon denilmektedir. Teorik olarak bağımlı değişkeni açıklayabilecek sonsuz sayıda bağımsız değişken olabilir.

Ancak, uygulamada 1 ya da 2, bazen 3, bağımsız değişken bağımlı değişkeni açıklayabilir. Determinasyon katsayısının 0,80 dolayında olması yeterli kabul edilmektedir. İki bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon modeli:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon \quad (2.7)$$

şeklinde verilir.

β_0 , β_1 ve β_2 regresyon katsayıları, X_1 ve X_2 ise bağımsız değişkenlerdir. β_0 , β_1 ve β_2 katsayıları:

$$\beta_1 = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})^2) - (\sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}))}{(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2 (X_{2i} - \mu_{2X})^2 - (\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}))^2)} \quad (2.8)$$

$$\beta_2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2) - (\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}))}{(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2 (X_{2i} - \mu_{2X})^2 - (\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}))^2)} \quad (2.9)$$

$$\beta_0 = \mu_Y - \beta_1 \mu_{1X} - \beta_2 \mu_{2X} \quad (2.10)$$

şeklinde verilir [29].

2.1.8.4. Çoklu Determinasyon Katsayısı

Çoklu regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uyumun iyiliğini, yani çoklu regresyonun genel başarısını ölçen araca çoklu determinasyon katsayısı adı verilir [31].

$$R_{Y,X_1,X_2}^2 = \frac{\beta_1 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)(X_{1i} - \mu_{1X}) + \beta_2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)(X_{2i} - \mu_{2X})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)^2} \quad (2.11)$$

2.1.8.5. Gecikmeli Regresyon

Zaman serisi verileri kullanan regresyon modellerinde eğer model açıklayıcı değişkenlerin yalnızca şimdiki değerlerini değil aynı zamanda bağımlı değişkenin bir ya da daha çok gecikmeli (geçmiş) değerini içeriyorsa, buna gecikmeli regresyon modeli denir. Bu modelde bağımlı değişken bağımsız değişkene bir süre sonra tepki gösterir. Geçen bu süreye gecikme denir. n gecikmeli bir regresyon modeli:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_n X_{t-n} \quad (2.12)$$

şeklinde tanımlanır. Burada n gecikme zamanıdır. β_0 , katsayısı, kısa dönem ya da etki çarpanıdır. Çünkü X'teki bir birim değişmeye karşılık Y'nin ortalama değerinde aynı dönemdeki değişmeyi verir.

$$\sum_{i=0}^n \beta_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = \beta \quad (2.13)$$

$$\beta_i^* = \frac{\beta_i}{\sum \beta_i} = \frac{\beta_i}{\beta} \quad (2.14)$$

β , uzun dönem etki çarpanı ve β_i^* , i. dönemde X' teki bir birim değişimin Y üzerindeki toplam etkisinin yüzdesini verir [32].

2.1.8.6. En Küçük Kareler Yöntemi İle Tahmin

Gecikmeli regresyon modeli ve katsayıları, en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebilir. Bunun için;

$$Y_t = f (X_t)$$

$$Y_t = f (X_t, X_{t-1})$$

$$Y_t = f (X_t, X_{t-1}, X_{t-2})$$

$$Y_t = f (X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-n})$$

gibi farklı sayıda gecikmeli değişkene sahip modeller tahmin edilerek; istatistik kriterlere göre en uygun olanı seçilir [33].

2.1.8.7. Granger Nedensellik Testi

Granger nedenselliği; ‘‘Y’nin öngörüsü, X’in geçmiş değerleri kullanıldığında X’in geçmiş değerlerinin kullanılmadığı duruma göre daha başarılı ise X, Y’nin Granger nedenidir’’ şeklinde tanımlanmıştır. Bu ifadenin doğruluğu sınılandıktan sonra ilişki $X \rightarrow Y$ şeklinde gösterilir.

Regresyon çözümlemesi bir değişkenin öbürüne bağıllığı ile ilgilenmekle birlikte bunun nedensellik anlamına gelmeyeceği açıktır. Burada ise iki değişkenin birbirini gecikmeli olarak etkileyip etkilemediği, X'in mi Y'nin nedeni olduğu ($X \rightarrow Y$), Y'nin mi X'in nedeni olduğu ($Y \rightarrow X$) yoksa iki değişken arasında geri besleme mi (hem $X \rightarrow Y$, hem de $Y \rightarrow X$) bulunduğu araştırılmaktadır. Granger testi, X ile Y değişkenlerinin tahminine ilişkin bilginin yalnızca bu değişkenlerin zaman serisi verilerinde bulunduğunu varsayar. Test, denklem (2.15, 2.16) regresyonların tahminini gerektirir.

$$X = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{t-j} + U_{1t} \quad (2.15)$$

$$Y = \sum_{i=1}^m \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^m \delta_j X_{t-j} + U_{2t} \quad (2.16)$$

(2.15) denklemi, bugünkü X'in, geçmiş X değerleri ve Y değerleriyle ilişkili olduğunu, (2.16) ise benzeri bir davranışı Y için öngörür. Daha genel olarak, gelecek geçmişi kestiremeyeceğine göre, eğer X değişkeni Y değişkeninin (Granger) nedeniyse, X'teki değişimler Y'deki değişimlerden önce gelmelidir. Dolayısıyla, Y'nin (kendi geçmiş değerleri de içinde) başka değişkenlere göre regresyonuna X'in geçmiş ya da gecikmeli değişkenleri de eklendiğinde Y'nin kestirimi anlamlı biçimde iyileşiyorsa, o zaman X, Y'nin (Granger) nedenidir diyebiliriz. Benzeri bir tanım, Y, X'in (Granger) nedeniyse de yapılabilir.

% 5 anlamlılık düzeyinde hesaplanan F değeri 3,2 ve olasılık değeri 0,05'dir. Seriler arasında yapılan Granger nedensellik testlerinin sonuçlarından elde edilen F değeri 3,2 ve olasılık değeri 0,05 değerinden küçükse seriler arasında Granger nedenselliği bulunmaktadır. F değeri 3,2'den büyük ve olasılık değeri 0,05 değerinden büyük sonuçlar seriler arasında Granger nedenselliğinin olmadığı anlamına gelir [34].

2.1.8.8. Etki-Tepki Fonksiyonu

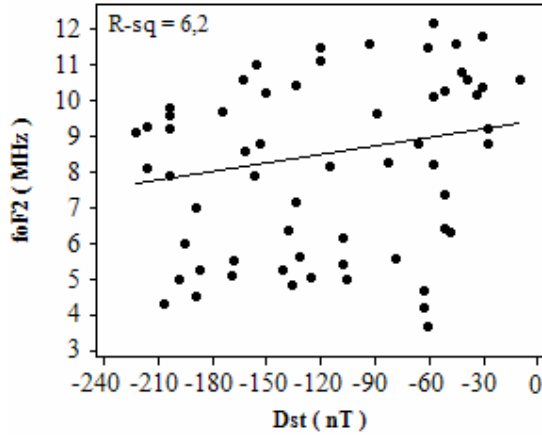
Etki-tepki fonksiyonları, modeldeki değişkenlerin birine bir standart sapmalık şok uygulandığında diğer değişkenlerin şu anda ve gelecekte bu şoka verdiği tepkiyi göstermektedir.

Başka bir ifade ile etki tepki fonksiyonları modeldeki her bir değişkenin, yapısal şoklar ortaya çıktığında bu şoklara karşı dinamik tepkisini gösterir. Değişkenlerin maruz kaldıkları şoklar genellikle iki kategoride toplanır. Bir kısım şoklar kalıcı bir karaktere sahiptir ve değişkenler üzerindeki etkileri uzun süre devam eder. Diğer bir deyişle bu tür bir şok sisteme girdiği anda sadece o döneme değil daha sonraki uzunca bir dönemi de etkileyebilmektedir. Geçici nitelikteki diğer bazı şoklar ise sisteme girdiği anda önemli bir etkiye sahip olmakta ancak bu etki kalıcı bir nitelik arz etmemektedir [34].

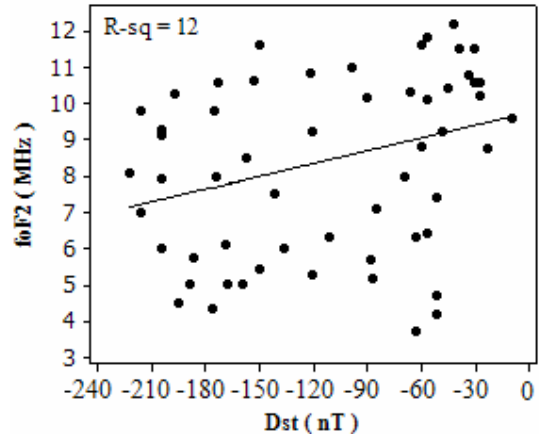
3. BULGULAR

3.1. foF2 ve Dst Datalarının Serpilme Diyagramı

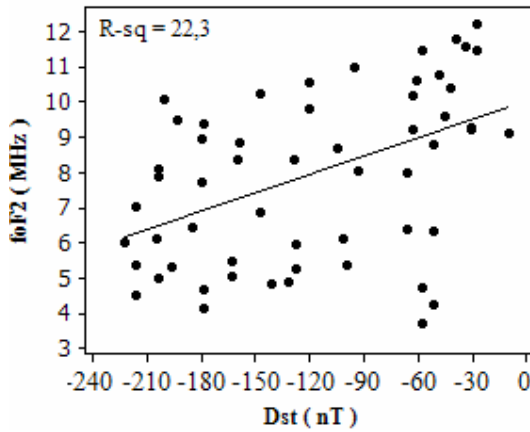
İki seri arasındaki ilişkinin derecesini belirlemenin en kolay yolu, serilerin serpilme diyagramını çizdirmektir. Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan saatlik foF2 verileri ile Dünya Data Merkezinden alınan Dst verilerinin eş zamanlı ve gecikmeli değerlerinin serpilme diyagramları çizdirilerek iki seri arasındaki ilişki ve oluşturulacak regresyon modeli belirlenmiştir.



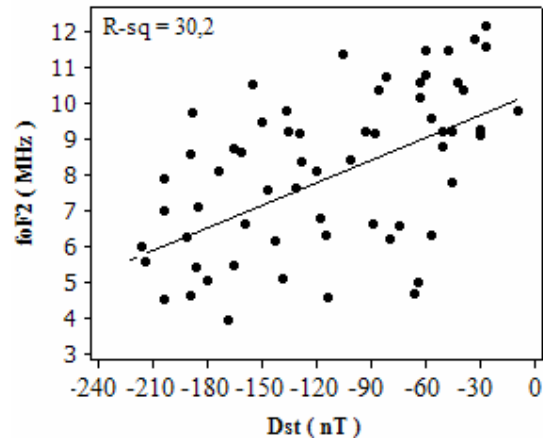
(a)



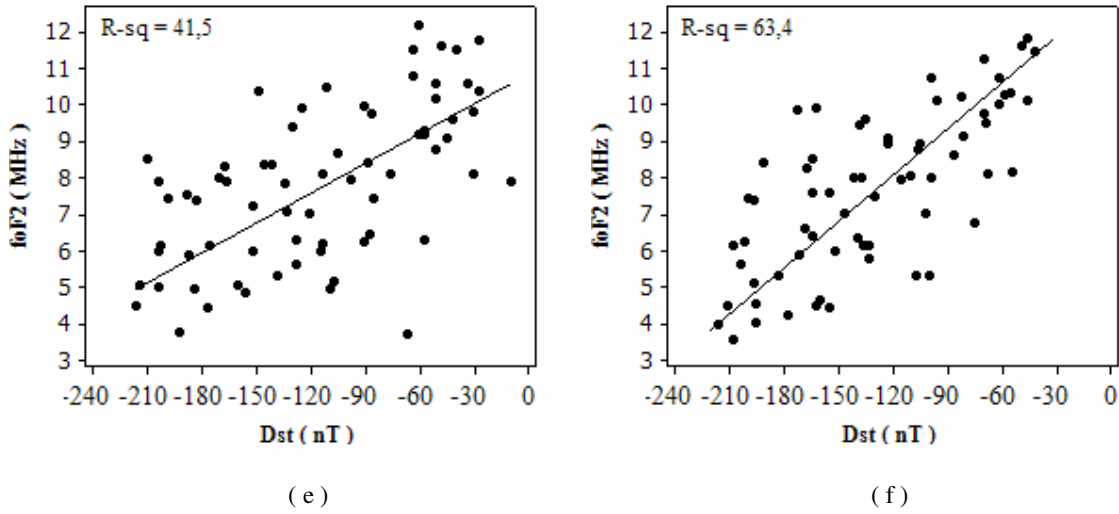
(b)



(c)



(d)



Şekil 3.1. Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan foF2 verileri ile Dünya Data Merkezinden alınan Dst verilerinin serpilme diyagramları (a). foF2 ile Dst verilerinin eş zamanlı serpilme diyagramı (b). foF2 verileri ile 5 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı (c). foF2 verileri ile 15 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı (d). foF2 verileri ile 25 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı. (e). foF2 verileri ile 35 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı (f). foF2 verileri ile 50 saat gecikmeli Dst verilerinin serpilme diyagramı

Şekil 3.1’de Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan foF2 verileri ile Dünya Data Merkezinden alınan Dst verilerinin serpilme diyagramları çizilmiştir. Şekil 3.1.(a), foF2 verileri ile Dst verilerinin eş zamanlı serpilme diyagramını göstermektedir. Şekil 3.1. (b), (c), (d), (e), (f) ise, Dst verilerinin sırasıyla 5, 15, 25, 35 ve 50 saat gecikmeli değerleri ile foF2 arasındaki serpilme diyagramlarını göstermektedir.

Şekil 3.1. (a)’da, foF2 ile Dst verilerinin eş zamanlı serpilme diyagramının doğrusallıktan çok uzak olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu da iki seri arasında eş zamanlı olarak incelenebilecek bir ilişkinin olmadığını göstermektedir.

(b), (c), (d), (e), (f) şekillerini incelediğimizde, Dst’nin geçmiş değerleri ile foF2 arasındaki serpilme diyagramları, gecikme sayısı arttıkça doğrusal bir yapı göstermeye başlamaktadır. Yani Dst’nin geçmiş değerleri ile foF2 arasında incelenebilecek bir ilişki bulunmaktadır.

Serpilme diyagramları, oluşturulacak regresyon modeli hakkında öngörüde bulunmanın en basit yollarında biridir. Dst’nin geçmiş değerleri ile foF2 arasındaki ilişkinin, gecikme sayısı arttıkça doğrusal bir yapı kazanmaya başlamasından dolayı oluşturacağımız regresyon modeli, zaman gecikmeli regresyon modeli olmalıdır.

3.2. Granger Nedensellik Testi

Burada iki değişkenin birbirini gecikmeli olarak etkileyip etkilemediği, foF2'nin mi Dst'nin nedeni olduğu ($foF2 \rightarrow Dst$), Dst'nin mi foF2'nin nedeni olduğu ($Dst \rightarrow foF2$) araştırılmıştır.

Çizelge 3.1. foF2 ile Dst verileri arasındaki Granger nedensellik testi

Gecikme Sayısı: 72

Hipotezler:	F-İstatistiği	Olasılık
foF2'nin nedeni Dst değildir	1,33588	0,03051
Dst'nin nedeni foF2 değildir	6,3214	0,60529

Çizelge 3.1'de foF2 ile Dst verileri arasındaki Granger nedensellik test sonuçları verilmiştir. Testte, % 5 anlamlılık ve 72 saatlik gecikme sayısı için iki hipotezin doğruluk durumu tespit edilmiştir. İlk hipotez foF2'nin nedenin Dst olmadığı, ikinci hipotez ise Dst'nin nedeninin foF2 olmadığıdır.

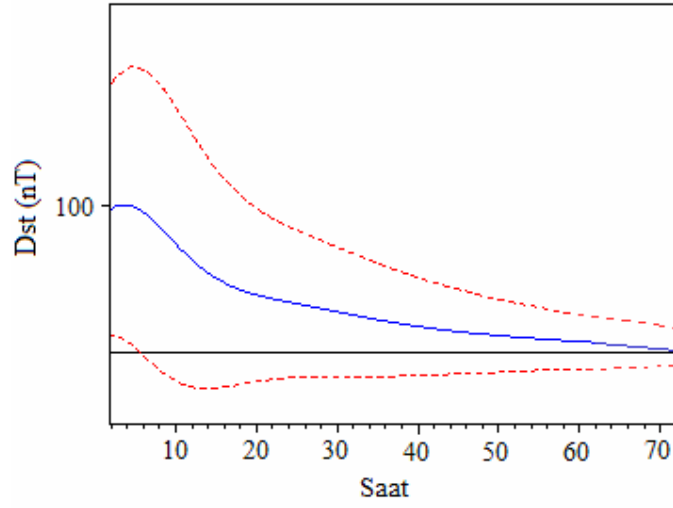
Çizelge 3.1'deki sonuçları incelediğimizde, ilk hipotezin 1,33588 olan F istatistiği değeri, 3,2 den ve 0,03051 olan olasılık değeri 0,05'den küçük olduğu için ilk hipotez reddedilir. İkinci hipotezin 6,3214 olan F-istatistiği değeri, 3,2'den ve 0,60529 olan olasılık değeri 0,05'den büyük olduğu için ikinci hipotez reddedilemez. Bu sonuçlardan;

- foF2 ile Dst arasında bir nedensellik ilişkisi olduğu
- Bu ilişkinin $Dst \rightarrow foF2$ yönünde, foF2'nin nedeninin Dst olduğu
- foF2'nin Dst'nin geçmiş değerlerinden etkilendiği
- Dst'nin foF2 değerlerinde etkilenmediği

belirlenmiştir.

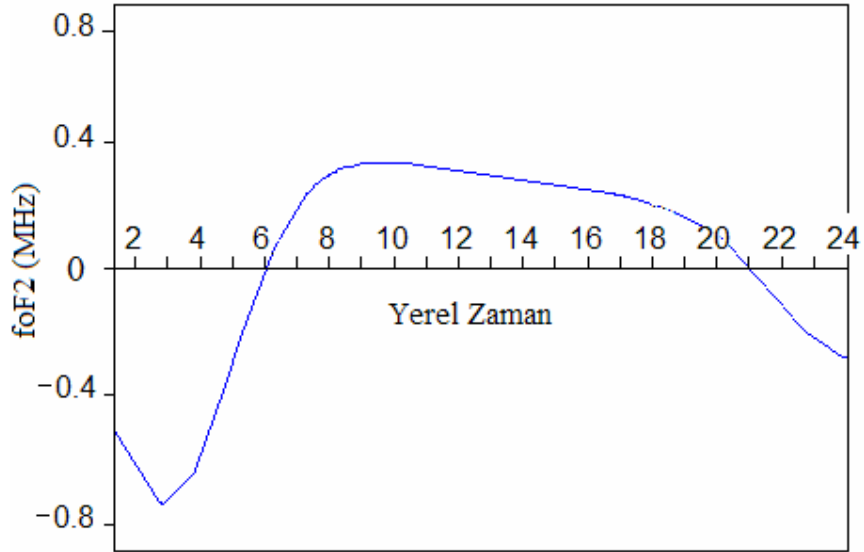
3.3. Etki-Tepki Analizi

Burada değişkenlerden birine bir şok uygulandığında, diğer değişkenin şu anda ve gelecekte bu şoka verdiği dinamik tepki araştırılmıştır.



Şekil 3.2. Dst'nin foF2 üzerindeki etkisinin zamanla değişimi

Şekil 3.2, Dst'nin foF2 üzerindeki etkisinin zamanla değişimini göstermektedir. Dst'de meydana gelen bir şok dalgasının 72 saat sonra etkisinin sıfır olduğu görülmektedir. Sonuç olarak meydana gelen bir şok dalgasının sistem üzerindeki etkisinin 72 saat boyunca devam ettiği yani, Dst'nin uzun süreli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.3. Dst'deki 100 nT'lık bir artışa foF2'nin 24 saatlik tepkisi.

Şekil 3.3, Dst'de meydana gelen 100 nT'lık bir artışın foF2 üzerindeki günlük etkisini göstermektedir. Dst, 01 00 – 06 00 saatleri arasında foF2'yi azaltıcı bir etki meydana getirmektedir. Bu etkinin en büyük olduğu saat yaklaşık 03 00'dür.

Saat 06 00'dan sonra Dst foF2 üzerine arttırıcı bir etki meydana getirir ve bu etki yaklaşık saat 21 00'e kadar devam eder. Bu dönemdeki en büyük artış 09 00 ile 10 00 saatleri arasında meydana gelmektedir.

Saat 21 00'den sonra ise, Dst, foF2 üzerinde azaltıcı bir etki meydana getirmektedir.

Şekil 3.3'ü incelediğimizde Dst'nin, gece foF2 üzerindeki etkisinin gündüze göre daha büyük olduğu görülmektedir.

3.4. foF2 İle Dst'nin Zaman Gecikmeli Regresyon Modeli

Bölüm 3.1, 3.2, 3.3'den elde ettiğimiz sonuçlar, Dst'nin geçmiş değerleri ile foF2 arasında önemli bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bu bulgular, iki değişken arasındaki ilişkiyi açıklamakta kullanılacak olan modelin, zaman gecikmeli regresyon modeli olduğunu göstermektedir.

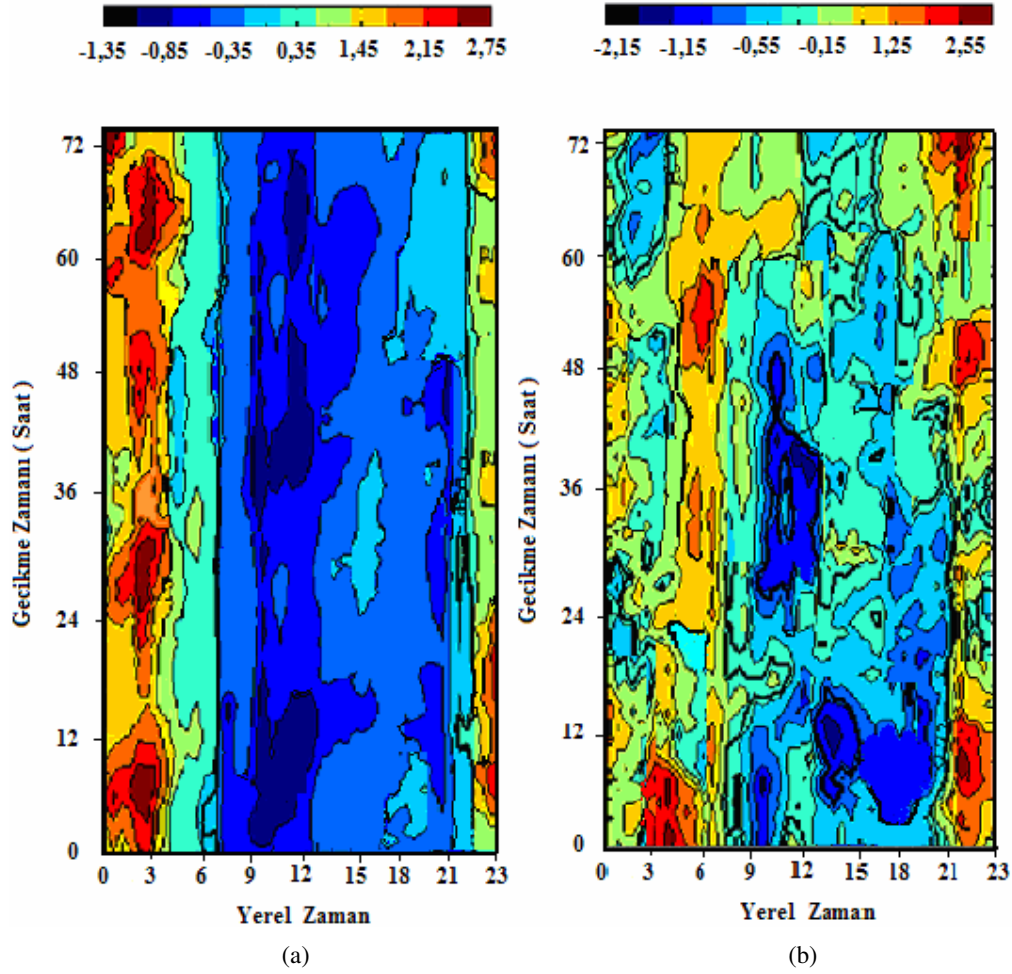
foF2 ile Dst arasında oluşturan gecikmeli doğrusal regresyon modeli denklem (3.1)'deki gibidir.

$$foF2 = \beta_0 Dst_{(t)} + \beta_1 Dst_{(t-1)} + \beta_2 Dst_{(t-2)} + \dots + \beta_{72} Dst_{(t-72)} + \epsilon \quad (3.1)$$

Denklem (3.1) ile gösterilen regresyon modelinde, Dst'nin t anından t-72 saat önceki değeri arasında kalan veriler ile foF2 değeri arasındaki ilişki incelenmiştir. Denklem (3.1)'deki $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{72}$ katsayıları Dst'nin o andaki foF2 üzerine etkisini göstermektedir. ϵ , hata terimidir. Yani, modelin Dst ile foF2'yi açıklayamadığı kısımdır.

3.4.1. Ekinoks

Şekil 3.4 (a), Güneş'in aktif olduğu 1981 yılındaki ekinoks ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir. Şekil 3.4 (b) ise, Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılındaki ekinoks ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir. Bu şekiller regresyon modelinden elde edilen β katsayıları ile oluşturulmuştur.

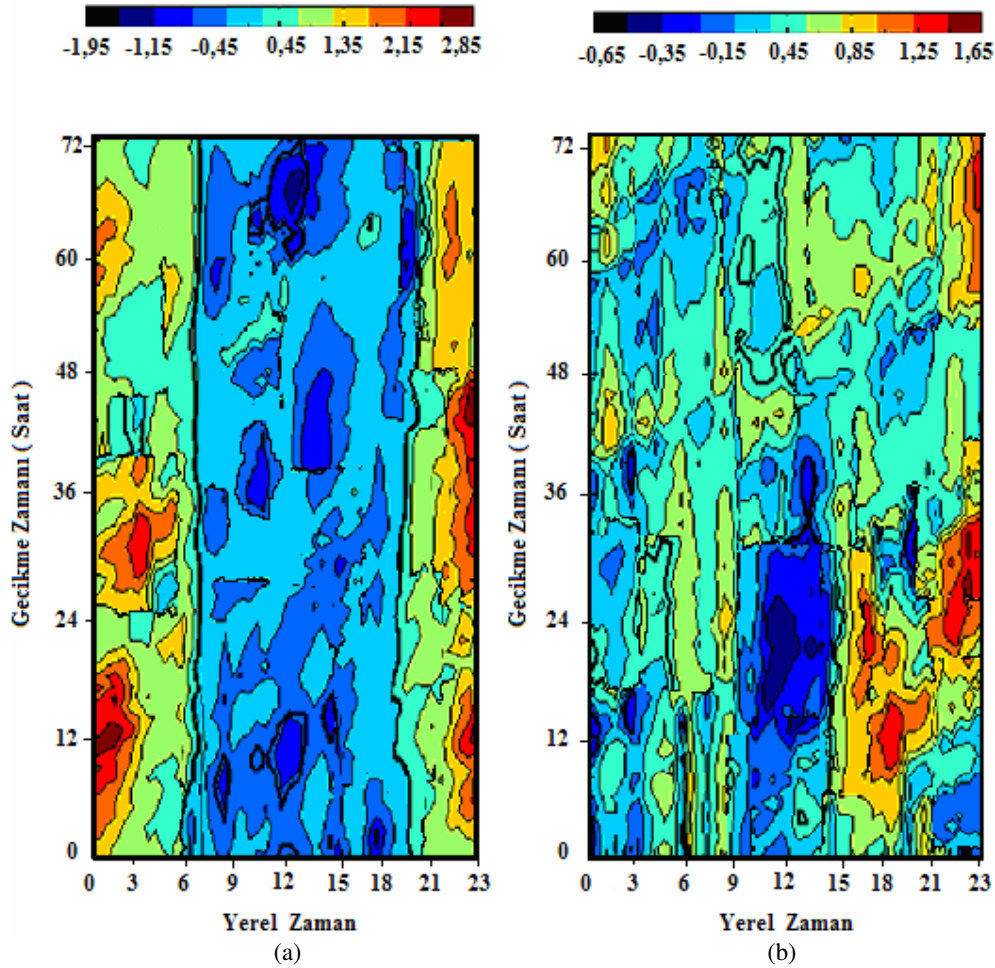


Şekil 3.4. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının ekinoks ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi
 (b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının ekinoks ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi

Şekil 3.4 (a)'yı incelediğimizde Güneş'in aktif olduğu 1981 yılında, Dst'nin foF2 üzerindeki etkisi net bir şekilde görülmektedir. Geceleri β katsayılarının pozitif, gündüzleri ise negatif değer aldığı görülmektedir. Bu, Dst'nin gece foF2'yi azaltıcı bir yönde, gündüz ise foF2'yi artırıcı yönde etki meydana getirdiğini göstermektedir. α katsayıları 00 00 ile 06 00 arasında pozitif değerler almıştır. Yani bu saatler arasında Dst foF2'yi azaltıcı bir yönde etki meydana getirmiştir. Bu dönemdeki en büyük azalış 03-04 civarında meydana gelmiştir. Dst'nin foF2 üzerindeki azaltıcı etkisi yaklaşık 06 00 civarında sıfır olmuştur. β katsayıları 06 00'dan sonra 21 00'e kadar negatif değerler almıştır. Bu, 06 00 ile 21 00 arasında Dst'nin foF2 üzerinde azaltıcı bir etki meydana getirdiğini göstermektedir. Bu dönemdeki en büyük artış yaklaşık 09 00-11 00 arasında meydana gelmiştir.

21 00'den sonra β katsayıları tekrar pozitif değerler olarak, Dst'nin foF2 üzerinde azaltıcı etkisini meydana getirmiştir. Burada Dst'de meydana gelen bir şokun uzun süreli etkisi de açık bir şekilde görülmektedir. Bu sonuçlar, Güneş'in aktif olduğu dönemde, Güneş rüzgârlarının Dünya'nın manyetik alanında meydana getirdiği şokların, foF2 üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 3.4 (b)'yi incelediğimizde, Dst'nin foF2 üzerindeki etkisinin günlük değişimleri net bir şekilde görülememektedir. Bu da Güneş'in aktif olmadığı dönemde, Dst'nin foF2 üzerindeki etkisinin azaldığını göstermektedir. Benzer sonuçlar yaz ve kış dönemler içinde elde edilmiştir. Dönemler arasında tespit edilen en önemli fark foF2'nin tepkisinin büyüklüğü ve tepkinin süresidir.

3.4.2. Yaz

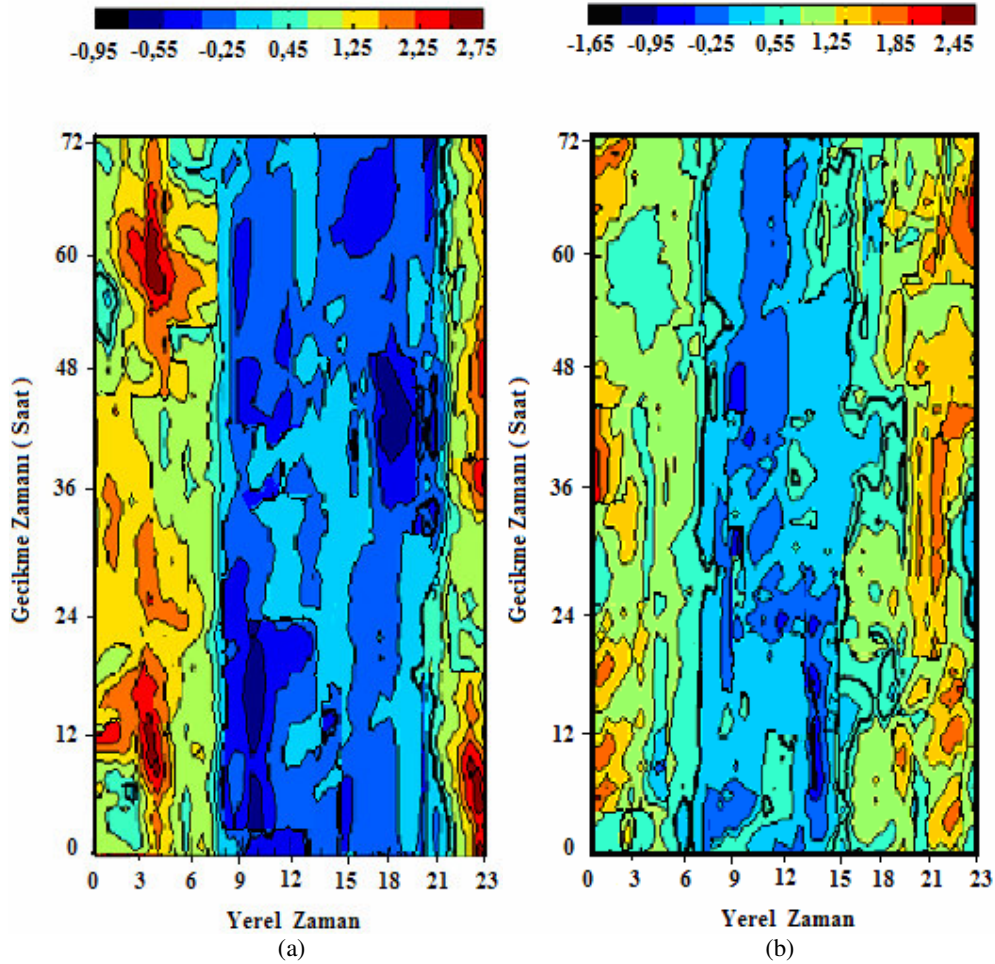


Şekil 3.5. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının yaz ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi
(b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının yaz ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi

Şekil 3.5 (a), Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının yaz ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir. Şekil 3.5 (b) ise, Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının yaz ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir.

Güneş'in aktif olduğu dönemde, yaz ayları ve ekinoks ayları arasında hemen hemen aynı sonuçlar meydana gelmiştir. Fakat yaz aylarında foF2, Dst'ye hem gece hem gündüz ekinoks aylarına göre daha kısa süreli ve daha küçük tepki göstermiştir.

3.4.3. Kış

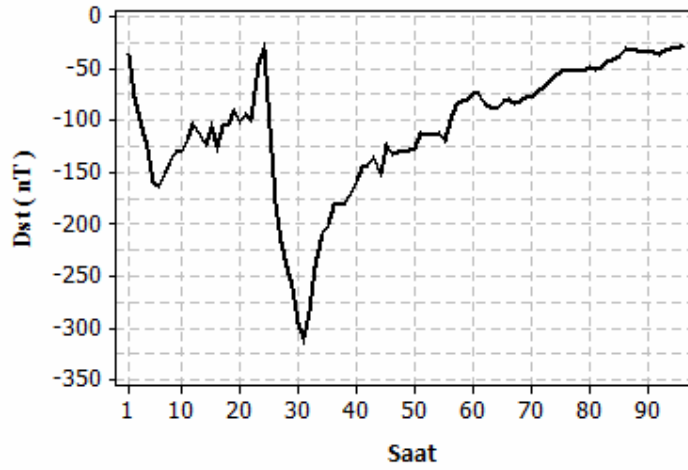


Şekil 3.6. (a). Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının kış ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi
(b). Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının kış ayları için, Dst'ye foF2'nin günlük tepkisi

Şekil 3.6 (a), Güneş'in aktif olduğu 1981 yılının kış ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir. Şekil 3.6 (b) ise, Güneş'in aktif olmadığı 1985 yılının kış ayları için Dst'ye foF2'nin günlük tepkisini göstermektedir.

Şekil 3.6'yı incelediğimizde Güneş'in aktif olduğu dönemde, ekinoks ve yaz ayları için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ekinoks ve yaz ayları ile kış ayları arasında tespit edilen en önemli fark, foF2'nin Dst'ye gösterdiği tepkinin büyüklüğü ve tepkinin süresidir.

3.5. foF2 Verilerinin Karşılaştırılması

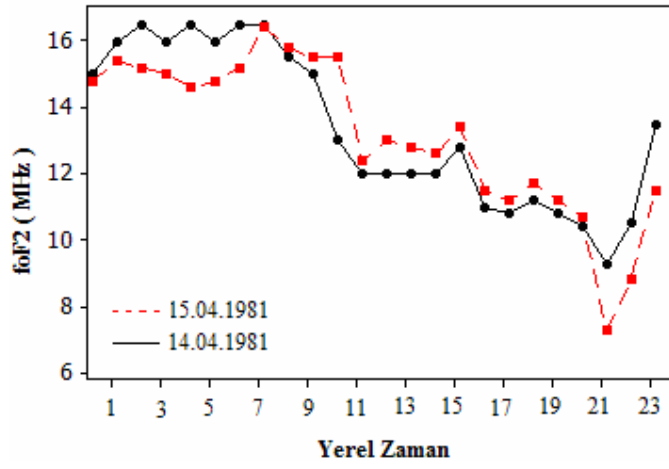


Şekil 3.7. 12-15.04.1981 günleri için Dst verileri

Şekil 3.7, Dst'nin 12-15 Nisan 1981 yılındaki değerlerinin günlük değişimini göstermektedir. Şekli incelediğimizde, Dst'de meydana gelen şokun, normal değerinin çok üstünde bir değere ulaştığını ve etkisini yaklaşık 3 gün boyunca devam ettirdiği görülmektedir.

Şekil 3.8'de siyah ile gösterilen eğri 14.04.1981 tarihinde Manila istasyonundan alınan verileri gösterirken, kırmızı eğri 15.04.1981 tarihinde aynı istasyondan alınan foF2 verilerini göstermektedir.

İki günlük foF2 verilerini incelediğimizde, Dünya'nın manyetik alanında meydana gelen artışın, foF2 üzerinde gece saatleri için azaltıcı bir etki meydana getirdiği, gündüz saatlerinde ise foF2 üzerinde arttırıcı bir etki meydana getirdiği açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.8. Siyah eğri, 14.04.1981 Manila istasyonundan alınan foF2 verileri, Kırmızı eğri, 15.04.1981 Manila istasyondan alınan FoF2 verileri

4. SONUÇLAR

Manila (121.1° D, 14.7° K) istasyonundan alınan saatlik foF2 verileri ile Dünya Data Merkezinden alınan Dst verilerinin eş zamanlı ve gecikmeli değerlerinin serpilme diyagramları çizdirilerek iki seri arasındaki ilişki ve oluşturulacak regresyon modeli belirlenmiştir.

foF2 ile Dst verilerinin eş zamanlı serpilme diyagramı doğrusal bir yapı göstermemektedir. Bu da iki seri arasında eş zamanlı olarak incelenebilecek bir ilişkinin olmadığı anlamına gelir.

Dst'nin geçmiş değerleri ile foF2 arasındaki serpilme diyagramları, gecikme sayısı arttıkça doğrusal bir yapı göstermeye başlamaktadır. Bu da Dst'nin geçmiş değerleri ile foF2 arasında incelenebilecek bir ilişkinin olduğunun göstergesidir.

Dst'nin geçmiş değerleri ile foF2 arasındaki ilişkinin, gecikme sayısı arttıkça doğrusal bir yapı kazanmaya başlamasından dolayı oluşturacağımız regresyon modeli, doğrusal gecikmeli regresyon modeli olmuştur.

foF2 ile Dst arasında bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır ve bu ilişki Dst → foF2 yönündedir. foF2'deki değişimlerin nedeni Dst'dir. Ayrıca foF2 Dst'nin geçmiş değerlerinden etkilenirken, Dst foF2 değerlerinde etkilenmemektedir.

Dst'de meydana gelen bir şok dalgasının etkisi yaklaşık 72 saat sonra etkisini yitirmektedir.

Dst, gece foF2'yi azaltıcı bir etki meydana getirirken, gündüz arttırıcı bir etki meydana getirmektedir.

İncelenen ekinoks, yaz ve kış aylarının hepsinde de Güneş'in aktif olduğu dönemde Dünya'nın manyetik alanındaki artış gece foF2'yi azaltıcı bir yönde etki meydana getirirken, gündüz arttırıcı bir etki meydana getirmektedir. Bu dönemler arasında tespit edilen en önemli fark, Dünya'nın manyetik alanındaki değişime foF2'nin gösterdiği tepkinin büyüklüğü ve süresidir.

Güneş'in aktif olmadığı dönemdeki tüm aylar için Dst'nin foF2 üzerindeki etkisi net bir şekilde ortaya konulamamıştır.

Bu sonuçlardan, Güneş'in aktif olduğu dönemde Dünya'nın manyetik alanında meydana gelen değişimlerin foF2'yi mevsimlere ve yerel zamana göre önemli derecede değiştirdiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1]. Rishbeth, H., 1967, J. Atmosph. Terr. Phys.29,225.
- [2]. Rishbeth, H., 1967,A Review of Ionospheric F Region Theory, Proceedinds of The Ref. Vol. 55, No:1.
- [3]. Rishbeth, H., 1967, J. Atmosph. Terr. Phys.29,220.
- [4]. Rishbeth, H., 1973, *Physics and Chemistry of The Ionospheric Contemp*, Phys,14,229.
- [5]. Rishbeth, H., 1964, J. Atmosph. Terr. Phys., 26, 657.
- [6]. Hunsucker, R.D. and Hargreaves, J., 2003, The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation, **Cambridge University Pres**, 1-50.
- [7]. Özcan, O., Aydoğdu, M., A., Güzel, E., 1996, The Damping of Radio Waves in the Ionospheric Plasma over Elazığ, **F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi**, s. 113-123.
- [8]. Aydoğdu, M., 1980 Ariel 4 Uydusuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Verilerinin 70°-80° D ve 60°-70° B Boyamları Arasında İncelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İzmir.
- [9]. Millward, G. H., Rishbeth, H., Fuller-Rowell, T. J., Aylward, A. D., Quegan, S. and Moffett, R. J., 1996, Ionospheric F2-Layer Seasonal And Semiannual Varations, **Journal of Geophysical Research**, 101, 5149-5156.
- [10]. G. H., Rishbeth. D., Quegan, S. and Moffett, R. J., 1996, Ionospheric F2-Layer Seasonal And Semiannual Varations, **Journal of Geophysical Research**, 101, 5153-5155.
- [11]. Bauer, S. J., 1973, *Physics of Planetary Ionosphere*,Spring-Verlag, Berlin, 16, 653.

- [12]. Rishbeth, H., 1973, Physics. and Chemistry. Of Upper Atmosphere, 14, 229
- [13]. Bates, D. R., 1974, J. Atmosph. Terr. Phys. 36, 2287
- [14]. Thomas, L., 1971, J. Atmosph. Terr. Phys. 33, 157
- [15]. Whitten, R. C. ve Poppoff, I. G., 1971, Fundamentals of Aeronomy John Wiley and Sons, Inc. London.
- [16]. Bauer, S. J., 1973, Physics of Planetary Ionosphere, Spring-Verlag, Berlin.
- [17]. Rishbeth, H., 1967b, J. Atmosph. Terr. Phys. 29, 225
- [18]. Özcan, O, 1987, Elazığ Üzerindeki iyonkürenin incelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 11–15
- [19]. Aydoğdu, M., 1988 Dip Ekvator Üzerindeki İyonkürenin F-Bölgesindeki Elektron Kayıp Katsayısının (β) Hesaplanması, **Doğa**, 12, 14-21
- [20]. İnternet; HAARP Home Page,
<http://www.haarp.alaska.edu>; (esin tarihi: 18.05.2007)
- [21]. Rishbeth, H. ve Garriot, O.K., 1969, Introduction to Ionospheric Physics, **Academic Pres, New York**
- [22]. Karatay, S., 2005, İyonkürenin Plazmasında Kış Anormalliği, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 10-12
- [23]. Ratcliffe, J.A., 1970. Sun, Earth and Radio, World University Library.
- [24]. Sümer, F., 2004, Yapay Sinir Ağları İle foF2 tahmini, **Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul

- [25]. Karatay, S., Depremler İle İyonküredeki Toplam Elektron İçeriği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, **Doktora Tezi, F.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 15-18
- [26]. Çakıcı, M., 1990, Temel İstatistik
- [27]. İnternet; USDOC/NOAA/NESDIS/National Geophysical Data Center
<http://www.ngdc.noaa.gov/>; (esin tarihi: 18.06.2008)
- [28]. Güler, F., 2003, İstatistik Metotları ve Uygulamaları
- [29]. Karagöz, M., 1999, İstatistik Yöntemleri
- [30]. Ünver, Ö., Gamgan, H., 2006, Uygulamalı Temel İstatistik Yöntemler
- [31]. Yıldız, N., Bircan, H., 2000, Uygulamalı İstatistik
- [32]. Gujarati, D., N., 1999, Temel Ekonometri, 585-586
- [33]. Tarı, R., 2005, Ekonometri, 264- 265
- [34]. Öztürk, B., 2008, Makroekonomik Faktörlerin İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Ulusal-100 Endeksi ve Volatilitesi Üzerindeki Etkilerin İncelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Sosyal Bilimler Fakültesi**, İstanbul, 99-100

ÖZGEÇMİŞ

Erdinç TİMOÇİN

Fırat Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü
23169, ELAZIĞ

Tel: (424) 2370000 / 6770
Faks: (424) 2330062
e-post:erdinctimocin@tuik.gov.tr

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 01.06.1980
Doğum Yeri : Malatya
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Evli

Eğitim:

İlkokul:

1987-1992 Hasan Varol İlkokulu (Malatya)

Ortaöğretim:

1992-1994 Hasan Varol Ortaokulu (Malatya)

Lise:

1994-1997 Malatya Lisesi (Malatya)

Lisans:

2000-2005 Mersin Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Mersin

Çalıştığı Kurum:

1. 2005 TÜİK Malatya Bölge Müdürlüğü