

**GÜNEŞ AKTİVİTE İNDİSLERİ İLE foF2 ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

Ayşe İNCE

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ali YEŞİL
OCAK-2013**

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

**GÜNEŞ AKTİVİTE İNDİSLERİ İLE foF2 ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe İNCE

Anabilim Dalı: FİZİK

Programı: Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği

Danışmanı: Doç. Dr. Ali YEŞİL

OCAK- 2013

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ AKTİVİTE İNDİSLERİ İLE foF2 ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe İNCE
(101114105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / / 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : / / 2013

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali YEŞİL (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Sefa KAZANÇ (F.Ü)
Yrd.Doç.Dr.Murat CANYILMAZ (F.Ü)

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın hazırlanması süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr.Ali YEŞİL'e ve aileme teőekkör ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
SEMBOLLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
2. İYONKÜRE BÖLGELERİ	5
2.1 D-Bölgesi.....	5
2.2 E-Bölgesi.....	6
2.3 F Bölgesi.....	6
3. ELEKTRON YOĞUNLUĞUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	8
3.1 Fotokimyasal Süreçler.....	9
3.2 Dinamik Süreçler.....	10
3.2.1 Ambipolar Plazma Difüzyonu.....	10
3.2.2 Nötr Rüzgârlar.....	11
3.2.3 Elektromanyetik Sürüklenme.....	14
3.2.4 Atmosferin Genleşmesi ve Büzülmesi.....	15
3.2.5 Protonküre ile İyonküre arasındaki Difüzyon.....	16
4. F2 BÖLGESİNİN KRİTİK FREKANSI (foF2)	17
5. GÜNEŞ, İYONKÜRESEL VE JEOMANYETİK İNDEKSLER	19
5.1 Güneş İndeksleri.....	19
5.1.1 Güneş Lekesi Sayısı (SSN).....	22

5.1.2	Güneş Akısı İndisi (SFI).....	22
5.2.	İyonküre İndeksleri.....	22
5.3.	Yerin Manyetik Alanına Ait İndeksler	25
5.3.1	K-İndisi	27
5.3.2	a-İndisi	28
5.3.3	A-İndisi	29
5.3.4	Kp-İndisi	29
5.3.5	Ap-İndisi	30
5.3.6	Dst-İndisi (Disturbance Storm Time).....	30
5.3.7	Polar Zirve (PC-Polar Cap) İndisi	31
6.	İSTATİSTİK YÖNTEMLER	32
6.1	Temel Kavramlar.....	32
6.2	Merkezi Eğitim Ölçüsü.....	33
6.2.1	Medyan (Ortanca).....	33
6.3	Zaman Serileri.....	34
6.3.1	Zaman Serisinin Grafikle Gösterimi	34
6.3.2	Zaman Serisini Etkileyen Faktörler.....	35
6.3.3	Trend Bileşeni.....	35
6.4	Seriler Arası İlişkiler	37
6.4.1	Serpilme Diyagramı.....	37
6.4.2	Korelasyon Katsayısı.....	38
6.5	Regresyon Analizi	39
6.5.1	Basit Regresyon.....	40
6.5.2	Çoklu Regresyon.....	42
7.	BULGULAR VE TARTIŞMA	44

KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Atmosfer yapısı.....	4
Şekil 3.1. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunlukları.....	8
Şekil 3.2. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu	9
Şekil 3.3. Nötr rüzgarın düşey hızı	12
Şekil 3.4. Nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi.....	13
Şekil 4.1. 4-6 Haziran tarihleri arasındaki foF2 haritası.....	17
Şekil 6.1. Slough (51.5 ⁰ N, 0.6 ⁰ W) istasyonundan alınan kritik frekans, foF2' nin ... zaman serisi grafiği. (12 00 YZ, 1949 – 2005)	34
Şekil 6.2. Doğrusal trend türleri	35
Şekil 6.3. Eğrisel trend türleri	36
Şekil 6.4. Juliusruh (54.6 ⁰ N, 13.4 ⁰ E) istasyonundan alınan, foF2, kritik frekans değerlerinin trend eğrisi. (12 00 YZ, 1976 – 1996)	36
Şekil 6.5. Juliusruh (54.6 ⁰ N, 13.4 ⁰ E) istasyonundan alınan iyonosferik parametre, foF2, kritik frekans değerleri ile R, güneş lekeleri sayılarına ilişkin serpilme diyagramı (12 00 YZ, Aralık 1964-1996)	38
Şekil 6.6. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu	41
Şekil 7.1 Slough ve Rome istasyonlarına ait konum grafiği.....	44
Şekil 7.2.(a),(b),(c) Güneş Lekesi Sayısının (R) , foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi (Rome) .	48
Şekil 7.2.(d) Standart Sapmanın Güneş Lekesi sayısına (R) göre değişimi (Rome)	48
Şekil 7.3.(a),(b),(c) Güneş Akısının ($F_{10,7}$), foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi (Rome)	49
Şekil 7.3.(d) Standart Sapmanın Güneş Akısının ($F_{10,7}$) göre değişimi (Rome)	49
Şekil 7.4.(a),(b),(c) Güneş Parlaklık indisinin (FI), foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi	

(Rome)	50
Şekil 7.4.(d) Standart Sapmanın Güneş Parlaklık indisine (FI) göre değişimi (Rome) .	50
Şekil 7.5.(a),(b),(c) Güneş Lekesi Sayısının (R), foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi (Slough).	51
Şekil 7.5.(d) Standart Sapmanın Güneş Lekesi sayısına (R) göre değişimi (Slough).....	51
Şekil 7.6.(a),(b),(c) Güneş Akısının ($F_{10,7}$), foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi (Slough)	52
Şekil 7.6.(d) Standart Sapmanın Güneş Akısının ($F_{10,7}$) göre değişimi (Slough)	52
Şekil 7.7.(a),(b),(c) Güneş Parlaklık indisinin (FI), foF2 (MHz) ile mevsimsel ilişkisi (Slough)	53
Şekil 7.7.(d) Standart Sapmanın Güneş Parlaklık indisine (FI) göre değişimi (Slough).	53

SEMBOLLER LİSTESİ

λ	:Dalga boyu birimi
N	:Elektron yoğunluğu
m	: Kütle
v	:Hız
v_H	:Elektronun düşey doğrultudaki hızı
λ	:Dalga boyu
P	:Poynting akısı
Φ	:Akı
γ	:Euler sabiti
B	:Manyetik alan
E	: Elektrik alan
χ	:Zenit açısı
D	:Deklinasyon açısı
e	:Elektron yükü
J	:Elektronun akım yoğunluğu
ω	:Dalğanın açısal frekansı
ω_p	:Elektronun açısal plazma frekansı
ϵ_0	:Boş uzayın dielektrik katsayısı
∇	:Dell operatörü
μ_0	:Manyetik geçirgenlik
β	:Kayıp (Absorbsiyon) katsayısı
q	:Üretim katsayısı
H_p	:Plazma ölçek yüksekliği

I	:Manyetik eğim
U_D	:Doğu yönde esen rüzgar
U_K	:Kuzey yönde esen rüzgar
h	:Plank sabiti
v	:Çarpışma frekansı
Me	:Medyan
R^2	:Determinasyon katsayısı

KISALTMALAR LİSTESİ

- NmF₂** : F₂ Tepesinin maksimum yoğunluğu
h_mF₂ : F₂ Tepesinin maksimum yüksekliği
nm : nanometre
f₀ : Kritik frekans
Ne : Elektron yoğunluğu
YZ : Yerel zaman
TEC : Toplam elektron içeriği
CCIR : Uluslar arası Radyo danışma komitesi
IPS : Avustralya İyonküre Tahmin Servisi
GPS : Evrensel Konum Belirleme Sistemi

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1	Güneş İndeksleri.....	21
Tablo 5.2	İyonküreye ait indeksler.....	24
Tablo 5.3	K indeksi ile a indeksi arasındaki ilişki	25
Tablo 5.3.a	Jeomanyetik indeksler.....	26
Tablo 5.3.b	Jeomanyetik indeksler	27
Tablo 5.4	K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri	28
Tablo 5.5	K-indisinin dereceleri	28
Tablo 5.6	K-indisi ile a-indisi arasındaki dönüşüm	29
Tablo 5.7	A-indisinin dereceleri.....	29
Tablo 5.8	K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri.....	30

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ AKTİVİTE İNDİSLERİ İLE foF2 ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Ayşe İNCE

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

2013, Sayfa: 67

21. Güneş döngüleri için Slough ve Rome üzerindeki foF2 (F2 bölgesinin kiritik frekansı)' nin aylık öğlen medyan değerlerinin değişimleri, farklı güneş aktivite indisleri (güneş parlaklık indisi, güneş lekesi sayısı ve 2800 MHz deki güneş akısı) kullanılarak incelenmiştir. foF2 ile Güneş aktivite indisleri arasındaki ilişkinin mevsimsel değişimini görmek için her bir Güneş döngüsündeki tüm aylar ekinoks (Mart, Nisan, Eylül, Ekim), yaz (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos) ve kış (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) olarak üç mevsime ayrılmıştır. İlişkinin büyüklüğünü ve değişimini incelemek için basit regresyon analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçları kısaca şöyle sıralayabiliriz: (1) Güneş indisleri ile iyonosferik foF2 arasında nitelikli bir ilişki bulunmaktadır ve bu ilişki mevsimler arasında farklılık göstermektedir. (2) foF2 ile Güneş indisleri arasındaki ilişki, ekinoks ve kış aylarında yaz ayına göre daha güçlüdür. (3) İlişkinin büyüklüğü, indeksten indekse, döngüden döngüye ve konumdan konuma değişmektedir.

SUMMARY

In this study, for the 21th solar cycle, the variation of the monthly-noon median values of foF2 on Slough and Rome is investigated by using different solar indices, such as solar brightness, Sun Spot Number and solar flux at 2800 MHz. In order to observe the seasonal relation between solar activity indices, all months in each solar cycle are ordered as equinox periods (March-April, September-October), summer periods (May-June, July-August) and winter periods (November-December, January-February). The importance and the variability of the relation are investigated by using basic regression analysis method. It is observed that there is a qualitative relation between the solar indices and the ionospheric foF2 and the relation changes with respect to the seasons. It is also observed that the relations between the solar indices and the foF2 in equinox and winter periods are stronger than those in summer periods. The size of the relation changes from an index to an index, a cycle to a cycle and a location to a location.

1. GİRİŞ

Atmosfer, Dünya gezegenini çevreleyen bir hava tabakasıdır. Atmosfer, bulutların gezindiği ve meteorolojik olayların olup bittiği yerdir ve canlıları çeşitli dış etkilere karşı korur. Güneşten gelen yüksek enerjili parçacıklar manyetokürede engellenir. Zararlı morötesi (UV) ışınlar, fotokimyasal tepkimeler sırasında soğrulurken, X- ışınları ve morötesi ışınların, atmosfer tarafından emilmesi atmosfer gazlarının iyonlaşmasına neden olur.

Atmosfer sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre çeşitli bölgelere ayrılır. Atmosferin bu özelliklerine göre bölgelere ayrılışı Şekil 1.1 de verilmiştir. 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 yüksekliklerdeki çok karmaşık olayların etkisi altındaki karışmış 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.

Tropoküre, Atmosfer'in 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 olur. Ozon tabakası, doğal olarak UV ışınlarının O₂ moleküllerini etkilemesinden oluşmuştur. Ozon tabakası Dünya üzerindeki canlı yaşam için oldukça büyük önem arz etmektedir. Çünkü bu tabaka gelen zararlı ışınları soğurur.

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.

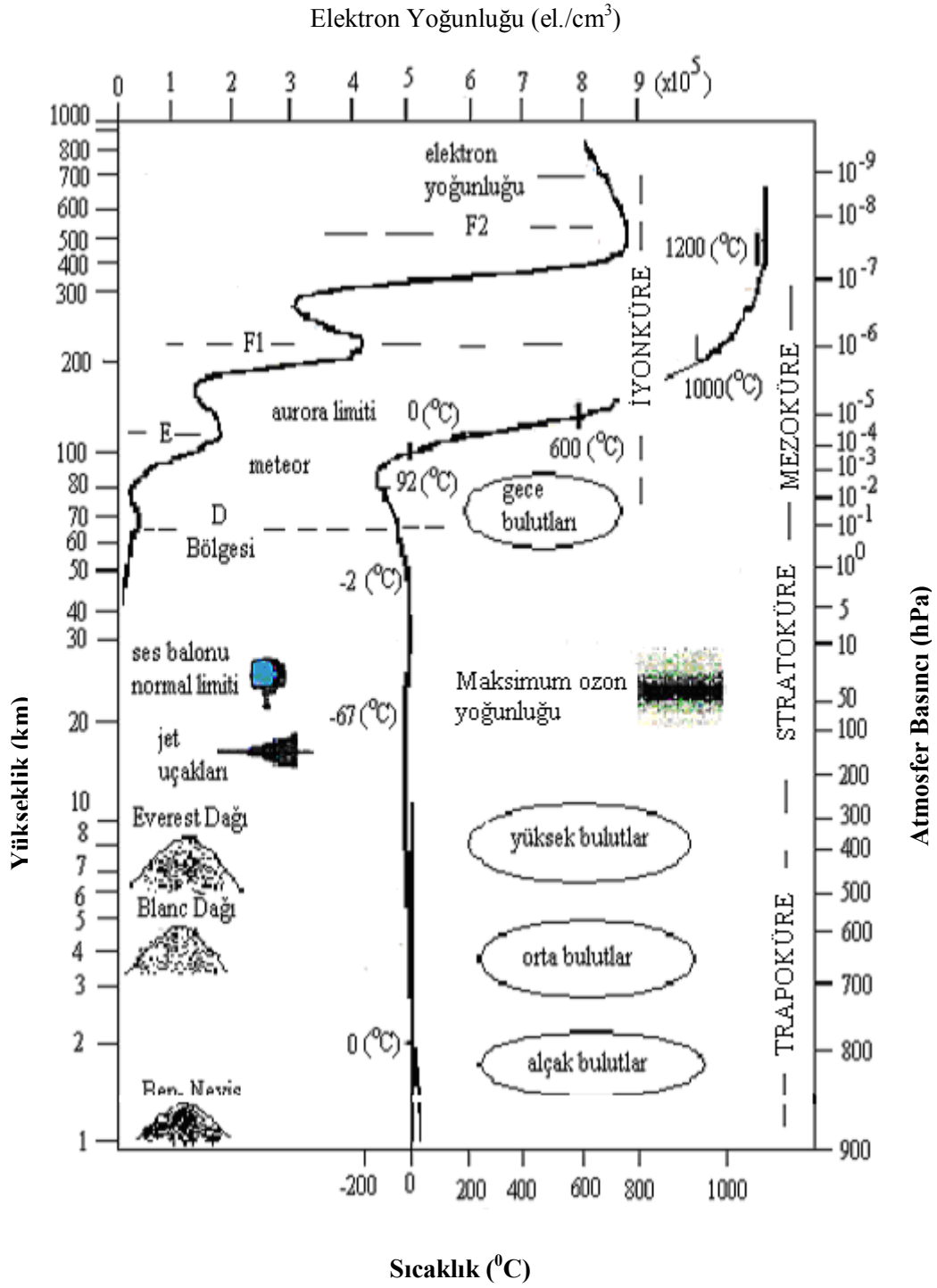
Termoküre, Mezoküre üzerindeki bölgedir. Bu bölgede iyonlaşmanın temel sebebi 175 nm dalga boyundan küçük radyasyonlardır. Yaklaşık 500 km yükseklikteki sıcaklığı 1700 °C'dür.

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

İyonküre, Atmosfer'in Güneş ışınları tarafından oluşturulan bölgesine denir. Genellikle eşit sayıda serbest elektron, pozitif iyon ve nötr bileşenlerden oluşmuştur. Bu nedenle, İyonküre, Atmosfer'in iyonlaşmış kısmıdır ve elektriksel olarak nötrdür. Bu özelliğinden dolayı İyonküre doğal bir plazma olarak kabul edilir. İyonküre'nin 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. İyonküre'de elektron yoğunluğu, yüksekliğe, enleme, mevsime ve yerel zamana göre değişir. İyonküre yaklaşık Yer'den 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 [1, 2].

Atmosferle ilgili olarak yapılan çalışmalarda Marconi'nin 1901'de Trans-Atlantik deneyi bu alanda önemli adımlar atmaya sağlamıştır. Yapılan bu deney sonucunda, dalganın Atlantik'i geçmesi, Dünya düzlemsel yapıda olmadığı için ancak iyonlaşmış tabakalardan yansıtılabileceği sonucuna götürmüştür. Daha sonraki araştırmalarda iyonkürenin yapısı, değişimleri, davranışına etki eden ve şekillendiren fiziksel süreçleri ortaya çıkarılmıştır. Uzak mesafe haberleşmeleri elektromanyetik dalganın iyonküreden yansımaları ve yayılmasıyla yapılır. Radyo haberleşmeleri açısından en önemli bölge, elektron yoğunluğunun en fazla olduğu F2 bölgesidir. Bu bölgenin yüksekliği (hmF2) 200–400 km arasında değişmektedir. Bu bölgedeki elektron yoğunluğunu, plazma difüzyonu, nötr rüzgarlar, termal hareketler ve elektrik alanının sürüklemesi etkiler. İyonküreden dalgaların yansımaları ortamın kırılma indisine ve dalganın frekansına bağlıdır. Yüksek frekanslı radyo dalgaları, üst yüksekliklerden yansımaları gerektirir ancak dalga frekansı çok büyük olduğunda, dalga yansımadan geçebilir. Bununla birlikte, dalgalar iyonkürenin daha alt tabakalarında soğurulurlar. Bu etki düşük frekanslı dalgalar için daha büyüktür [1, 2, 3, 4].

İyonküre çok uzun ve kısa dalgaların yayılmasında yapıcı bir rol oynar. Çok uzun dalgalar için iyonkürenin en alt bölgesi iletken rolünü oynar. Uzun ve orta dalgalar için iyonküre kayıplı bir iletken gibidir. Özellikle uzun dalga yayılımı, çok zayıflamayla denizaltılarda yol göstermek için kullanılır. Çok uzun dalgalar, D tabakasından yansıtılarak yeryüzüne döndürülür. Böylece yeryüzü ile D tabakası arasında çok az zayıflamayla, çok uzaklara ilerlerler. İyonküre gündüz çok kayıplı bir ortam gibi, gece az kayıplı bir ortam gibi davranır. Bu durum, orta ve uzun dalga yayılımında farklar meydana getirerek, dalgaların sönmeye neden olur. D tabakası kısa dalgalarda hem gece hem de gündüz az kayıplı ortam gibi davranır. Böylece kısa dalgalar çok zayıflatma ile daha uzak mesafelere iletilebilir. Orta ve uzun dalgalar, D tabakasına çarparsa, çok kayıplı ortamdan dolayı çok fazla zayıflatılarak söndürülürler [4].



Şekil 1.1. Atmosfer Yapısı [14]

2. İYONKÜRE BÖLGELERİ

Güneşin yaydığı X ve UV(mor ötesi) ışınları atmosferdeki iyonlaşmanın ve elektron üretiminin en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Bu ışınlar 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 $\text{Cos}^{1/2}\chi$ (χ zenit açısı) ile doğru orantılı olduğu Chapman tarafından bulunmuştur. $1/e$ değerinin aldığı yüksekliklere göre 170 km dolaylarındaki iyonlaşmayı, 500-600 Å dalga boyundaki ışınlar yapmaktadır. Yaklaşık 100 km civarındaki O₂ molekülü O atomuna ayrışacağı için bu yükseklikte O atomu fazla görülmektedir. İyonküre tabakalarını oluşturan ışınımları şöyle özetleyebiliriz:

D Bölgesi: 1-10 Å X -ışınımları ve 1216 Å UV

E Bölgesi: 10-200 Å X-ışınımları ve 800-1030 Å UV

F Bölgesi (F bölgesinin alt kısımları): 200-800 Å UV

Güneş ışınlarının inemediği 80 km altındaki bölge kozmik ışınlar ve solar ışınlar tarafından iyonlaştırılır. Bu bölgeye C bölgesi denilmektedir.[8]

2.1. D-Bölgesi

D-bölgesi, İyonküre'nin elektron yoğunluğu yönünden en fakir bölgesidir. Bu bölgedeki iyonlaşmanın en büyük kısmını 1-10 Å arasındaki X ışınları ile 1030 Å dan büyük dalga boylu UV ışınımları sağlamaktadır. Dolayısıyla bu ışınımlar D-bölgesindeki elektron üretimi için en önemli kaynaktırlar. Bu ışınımlardan başka, dalga boyları 1216 Å civarında olan Lyman- α ışınımları D-bölgesine kadar inip NO⁺ iyonunun iyonlaşmasını sağlar. Ayrıca yüksek enerjili kozmik ışınlar yüksek enerjiye sahip olduklarından ancak 70 km den sonra emilebilmekteler. Bu ışınımların 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 kilometrenin altındaki yüksekliklerde elektron yoğunluğu yaklaşık metreküpte 10^8 mertebesine düşmektedir. Gece saatlerinde bu yüksekliklerdeki elektron yoğunluğunun varlığı tamamen kozmik ışınların etkisi ile sağlanmaktadır. D-bölgesindeki temel iyonlar O_2 , N_2^+ ve NO^+ 'dir.

2.2. E- Bölgesi

Genel olarak E-bölgesinin dalga boyları $10-200 \text{ \AA}$ olan X ve dalga boyları $800-1026 \text{ \AA}$ olan UV ışınları tarafından oluşturulduğu kabul edilmektedir. UV ışınları $100-120 \text{ km}$ lerde tamamen emilmekte ve O_2^+ ve N_2^+ molekülünü ise 125 km de maksimum iyonlaştırmaktadır. 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^+ iyonlarına göre çok fazla miktarda bulunmaktadır. E bölgesinde NO^+ ve O_2^+ iyonları O^+ ve N_2^+ iyonlarına göre çok fazla miktarda bulduklarından foto-kimyasal süreçlerle büyük ölçüde elektron kaybı olmaktadır.

E-bölgesindeki elektron yoğunluğu maksimum üretimi 110 km dolaylarında, Güneş'in zenit açısı (χ) ile, $\cos^{1/2}\chi$ şeklinde değişmektedir. Bu bölgedeki elektron yoğunluğu gündüz saatlerinde yaklaşık $10^{11} / \text{m}^3$ mertebesinde iken, gece saatlerinde yaklaşık $10^9 / \text{m}^3$ mertebesine kadar düşmektedir. Elektron yoğunluğundaki büyük değişimin nedeni, E-bölgesinde foto-kimyasal süreçlerin hâkim olmasıdır.

2.3. F- Bölgesi

İyonküre'nin 150 km 'den sonraki bölgesi F bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Üst sınırı kesin olarak belli olmamak beraber H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonuna göre hâkim olmaya başladıkları yükseklik olarak kabul edilmektedir. Kısa dalgaların yayılması bakımından en önemli bölgedir. $200-800 \text{ \AA}$ üstündeki UV ışınları temel iyonlaşma kaynağıdır. Bu dalga boyundaki Güneş ışınları $160-180 \text{ km}$ arasında büyük bir çoğunluğu emilmekte ve O_2^+ , N_2^+ iyonlarını oluşturmaktadır. İyonküre'nin F bölgesi F1 ve F2 olmak üzere iki tabakaya ayrılır.

F1-bölgesi, yaklaşık 150–180 km yüksekliğinde, dalga boyu 200–900 Å arasında bulunan UV ışınımının iyonlaştırılması ile oluşturulur. Elektron yoğunluğu 200–300 km arasında maksimumdur. Bu bölgede NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken ikinciden O^+ ve N^+ iyonları bulunur.

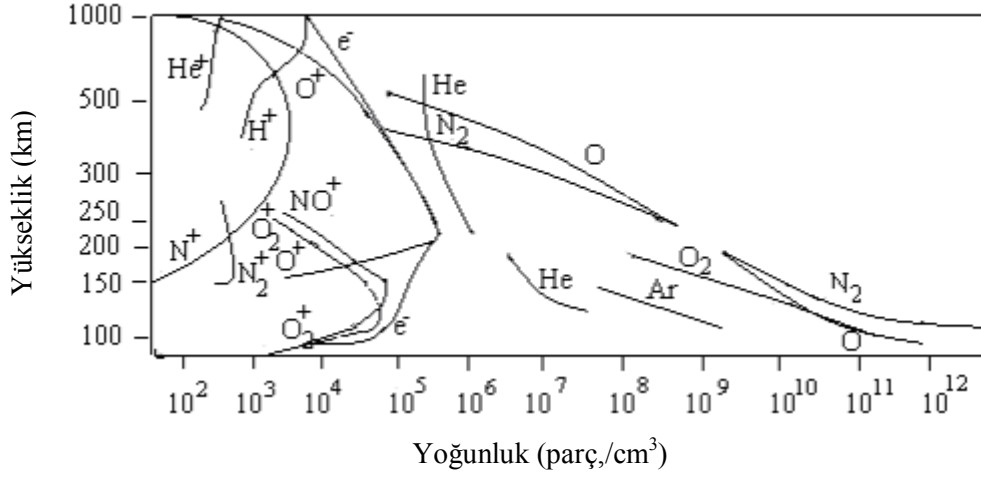
F2-bölgesi, 180–450 km yükseklik civarındadır. Elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Dalga boyu 200–800 Å arasında olan UV ışınımını temel iyonlaşmayı sağlar. Bu bölgenin en önemli özelliği radyo haberleşmesinde oynadığı roldür. Bu bölgede maksimum elektron yoğunluğu 240–450 km arasında görülmektedir [3]. 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_mF2) değerinin yalnızca $\cos^{1/2}\chi$ faktörüne bağlı olmadığı ölçümler sonucu ortaya çıkmıştır. İyonküre plazmasının rüzgârlar tarafından hareket ettirilmesi fotokimyasal süreçler bu bölge üzerinde etkili olmaktadır.

3.ELEKTRON YOĞUNLUĞUNA ETKİ 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 bölge için kayıp olmaktadır. D ve E-bölgeleri için foto kimyasal süreçler en önemli faktördür. F2-bölgesin fotokimyasal süreçlerin yanı sıra dinamik süreçlerde etkili olmaktadır. Bu nedenle F2-bölgesindeki elektron yoğunluğu üzerine etki eden süreçleri foto kimyasal ve dinamik süreçler diye ikiye ayırmak doğru olacaktır.



Şekil 3.1. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi [5]

Fotokimyasal süreçler;

Parçacık taşınması

X ve UV ışınlarının iyonlaştırılması

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

Dinamik süreçler;

Plazma ambipolar difüzyonu

Nötr rüzgârlar

Elektromanyetik sürüklenme

Atmosferin genişleşip büzülmesidir.

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

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q - \beta N - \text{div}(N \cdot \vec{V}) \quad (3.1)$$

ile belirtilebilir[6]. Burada q üretim, β kayıp katsayısı, NV ise dinamik süreçlerini ifade etmektedir.

3.1. Fotokimyasal Süreçler

F-bölgesindeki iyonlaşmanın kaynağını UV ışınimleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte X ışınlarının da iyonlaşmaya katkıları olmaktadır. Parçacık iyonlaşmasının da etkileri tam olarak ölçülmemiştir. F- bölgesi için en önemli kazanç, O atomunun foto kimyasal yolla iyonlaşması, Şekil-3.2’de şematik olarak gösterilmiştir [15].



Şekil 3.2. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu [15]

Güneşten gelen ışınım, bir gaz atomu veya molekülü üzerinde oldukça etkilidir. Bu süreçte, bu 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 ışınım frekansıdır. 3.2-bağıntısı ile ortaya çıkan O^+ iyonu, O_2 ve N_2 molekülleri ile



şeklinde birleşebilir. (3.3) ve (3.4) bağıntıları ile açığa çıkan O^+ ve NO^+ iyonları serbest halde bulunan elektronlarla birleşerek elektron kaybına sebep olmaktadır [7]. Yani,



F bölgesinde N molekülünün



şeklinde iyonlaşması da elektron üretimini sağlamaktadır. Herhangi bir dinamik sürecin olmaması durumunda yaklaşık 200 km ye kadar elektron kazancı kaybına eşittir. Fakat bu eşitlik, Güneşin doğuşu ve batışı esnasında bozulmaktadır. Güneşin doğuşu sırasında bağıntı 3.2 e göre artacaktır. Güneş'in batışı esnasında ise kayıp fazla olmamaktadır.

3.2. 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.

3.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu

İyon ve elektronlar kısmi basınç ve yerçekimi etkisi altında dağılırlar. Bu dağılma gaz molekülleri arasındaki çarpışmadan dolayı engellenmektedir. Bu nedenle dağılma (difüzyon) 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 yükseklere çıkarak iyonlar ise daha alt kısımlarda kalarak dağılmaktadır. Elektron ve iyonlar arasındaki elektrostatik kuvvet elektronları aşağı iyonları ise yukarı çekmektedir. Böylece elektronların ölçek yüksekliği azalırken iyonların ölçek yüksekliği artmaktadır.

Elektronun ölçek yüksekliği iyonun ölçek yüksekliğinin iki katı olduğu zaman iyonlar ve elektronlar, aynı ölçek yüksekliğine göre dağılırlar. Sonuçta iyon ve elektronlar aynı hız ile beraber dağılmaya başlamışlardır. Bu tür dağılmaya, ambipolar dağılma (difüzyon) denir[8].

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

$$V_p = -D \left[\frac{1}{N} \frac{dN}{dh} + \frac{1}{2H_p} \right] \quad (3.9)$$

şeklindedir[8]. Buradaki $D=k(T_e+T_i)/m_i v$ difüzyon sabiti, $H_p=k(T_e+T_i)/m_i g$ plazma ölçek yüksekliği, N ise elektron yoğunluğudur. Bu durumda V_p hızının düşey yöndeki bileşeni

$$W_D = V_p \sin I = -D \left[\frac{1}{N} \frac{\partial N}{\partial h} + \frac{1}{H_p} \right] \sin^2 I \quad (3.10)$$

olur[8]. 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 sahiptir.

3.2.2. Nötr Rüzgârlar

Güneş ışınlarından kaynaklanan günlük ısınma ve soğuma genelde gündüz dünyanın sıcak köşesinden gece daha soğuk köşesine 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 [9].

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

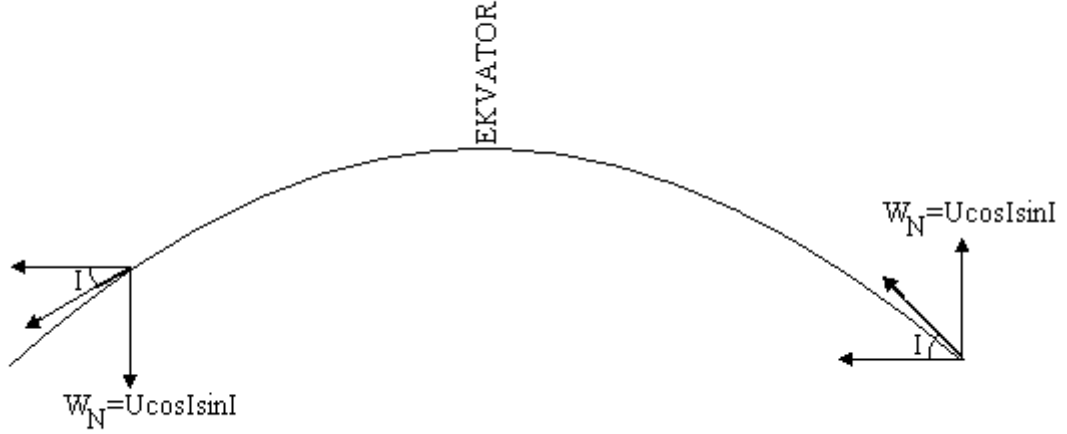
$$V = U \cos(D - \theta) \cos I \quad (3.11)$$

ile verilir[9].

DüŖey bileŖeni ise

$$W_N = -(U_D \sin D + U_K \cos D) \sin I \cos I \quad (3.12)$$

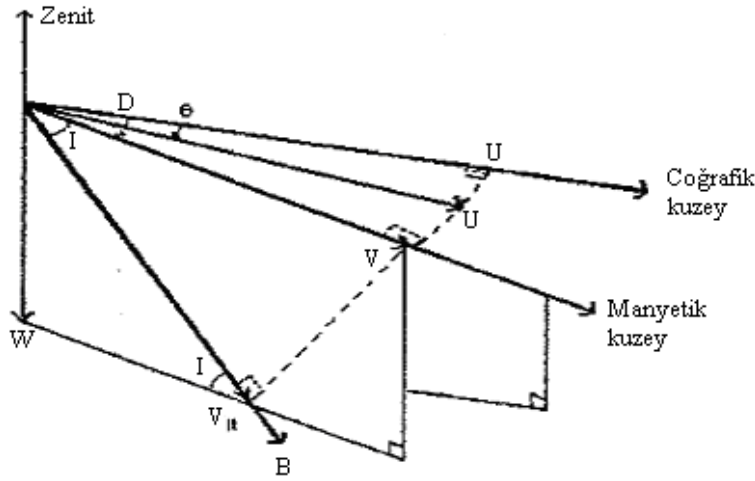
Ŗeklindedir[9].



Ŗekil 3.3 Nötr rüzgârın düŖey hızı [9].

Denklem 3.12’de D ; dik açılık (deklınasyon), I ; manyetik eğim, U_D , U_K ; karŖılıklı olarak doğu ve kuzey yönde esen rüzgârlardır. Ŗekil 3.4’de nötr rüzgârın düŖey hızının geometrisi gösterilmiŖtir. Nötr rüzgârın etkisiyle, elektron yoğunluğunun günlük dağılımına ait eğrilerde bir ısırık görünümünde olduğundan dolayı, buna “bite-out” denilmektedir[9].

Rüzgârların hızı enlemlerle deęiŖir. Abur-Robb (1969), ± 45 enlemlerde rüzgârın hızının bir maksimuma sahip olduğunu ve de ekvator ve kutuplarda gözden kaybolduğunu, ayrıca 45° enlemlerde gündüz saatlerinde kutup bölgesinde nötr rüzgârın hızının küçük olmasına rağmen sabah erken ve akŖam üstü geğ saatlerde ekvatorial anomaliye neden olduğunu bulmuŖtur. Nötr rüzgârın gece ekvatorial F2 bölgesinde devam ettiğini (etkili olduğunu) tespit etmiŖtir.



Şekil 3.4 Nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi [9].

Şekil 3.3'den de görüleceği gibi, nötr rüzgarlar İyon küreyi yukarı ve aşağı taşıyarak hareket ettirirler. Gece ekvator yönünde esen nötr rüzgarlar 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 N_mF2 değerinde öğleden sonra “bite-out” meydana getirir. Gece, İyonkürenin var olmasında da önemli bir faktördür. Gece N_mF2' deki büyük değerlere, foto-iyonlaşmanın olmadığı öğleden sonra ve akşamüstü saatlerde, ekvatorda rüzgârın neden olduğu yukarı doğru sürüklenme sebep olmaktadır [9].

Gece, gün batımından sonra F2 bölgesinde üretim durur ve kayıplar başlar. Gün batımından hemen önce yoğunluk artar ve akşam saatlerinde bir maksimuma ulaşır. Geceleyin F2 bölgesindeki elektron yoğunluğundaki azalma düzensiz bir şekilde olmaktadır. Bu azalma bütün gece boyunca devam etmez. Özellikle kışın yoğunluk, bir azalıp bir artar. Orta enlemlerde elektron yoğunluğu, kış aylarında ve ekinokslarda gece yarısından sonra çok yavaş bir şekilde azalır ve ikincil değişimlerle, gündoğumuna yakın kalır (Taban seviye). Bu taban seviye 10^5 cm^{-3} civarındadır. Yüksek enlemlerde, gece nötr rüzgarlar plazmayı kaybın az olduğu bölgelere, yukarı taşıyarak elektron yoğunluğunun artmasına neden olur. Düşük enlemlerde ise elektromanyetik sürüklenme ile birlikte nötr rüzgarlar, gece F2 bölgesinin devamlılığını sağlamaktadırlar [9].

F2 bölgesinde, elektron sıcaklıklarının iyon sıcaklıklarından daha fazla olduğu, gündüz kadar gecede iyi gözlenir. Geceleyin, plazmayı ısıtan bir enerji kaynağı yoktur. Plazma, soğuduğu zaman, yüksek ısı kapasitesine sahip elektron yoğunluğu, elektron

sıcaklığı ve elektron yoğunluğu arasındaki pozitif bağıntıyı (korelasyonu- $Nm \propto T^{-1/2}$) verir [9]. Gece üretim durur. Bu nedenle gece elektron yoğunluğundaki değişimler, kayba ve taşınma süreçlerine bağlı olacaktır. Elektron yoğunluğunun, gece saatlerindeki, yükseklik ve yerel zamana bağlı değişim verilerinin sayısal analizleriyle kayıp, difüzyon ve sürüklenme hızı değerlerini elde etmek mümkündür [9]. Sabit yükseklikte kayıp ve difüzyon değerlerini, gece gündüzden oldukça küçük bulunmuştur. Bu durum gece anormalliğine cevap sağlamaktadır. Gece ve gündüz arasındaki kayıp oranındaki bu fark, sabit yüksekliklerdeki moleküler yoğunlukta büyük fark yaratan termal genişleme ve büzülmeden ileri gelir. Ayrıca nötr rüzgarlardan dolayı yukarı doğru sürüklenme etkileriyle de açıklanabilir. Fakat bu mekanizmalar, elektron yoğunluğundaki kayıpları tamamen durdurmaz. Risbeth ve Garriot (1967) F2 pikinin (hmF2) gece, gündüzden daha büyük olduğunu buldular.

Bunlardan başka gece elektron yoğunluğunun artmasına önemli etkisi olan süreç, protoküreden gece aşağı doğru olan H^+ iyonu akışıdır. Gece, O^+ iyonu yoğunluğu gündüze göre daha az olduğu için H^+ tabakası (protoküre) aşağıya iner [9].

3.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme

Yer atmosferinde Güneşin ısıtma etkisi, Ay ve Güneşin çekim gücünden dolayı hava Yer'in manyetik çizgileri arasında harekete zorlanır. Bu hareket, $\mathbf{E} = \mathbf{U} \times \mathbf{B}$ kadar bir elektrik alanının oluşmasını sağlar. Bu elektrik alandan kaynaklanan akım, karışık şekilde cereyan eder ve yüklerin kutuplaşmasına etki ederek yeni bir elektrostatik alana neden olur. B manyetik alana dik olan E elektrik alanı, parçacıkları manyetik alana dik olarak hareket ettirir. Bu hız:

$$\mathbf{V}_e = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{B^2} \quad (3.13)$$

ile verilmektedir[9]. Bu hızın düşey bileşeni

$$W_e = \frac{E_y}{B} \cos I \quad (3.14)$$

şeklindedir. Burada gündüz elektrik alanı doğuya doğru olurken W_e hızı yukarı doğru olmakta ve F2-bölgesini yukarı kaldırmakta; gece ise elektrik alanın yönü batıya ve 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. [9]

3.2.4. 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 (2.1)-bağıntısı ile belirlenmektedir. İfadedeki $\text{div}(NV)$ taşımadan dolayı olan değişiklik terimi üzerinde atmosferin genişlemesi ve büzülmesinin de katkısı vardır. Buna göre:

$$\text{div}(N.V) = \frac{\partial}{\partial h}(NV_h) \quad (3.15)$$

şeklini alır[5]. Burada h düşey doğrultuyu V_h ise elektronun düşey doğrultudaki hızını göstermektedir. Gece saatlerindeki üst iyonküre için bağıntı (2.1) denklemindeki $q=0$ ve L yaklaşık olarak sıfırdır. Bu şartlar altında süreklilik bağıntısı

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial \Phi}{\partial h} \quad (3.16)$$

şeklinde yazılabilir. Buradaki $\Phi = -NV_h$ elektron akısıdır [5].

Burada hız ifadesi ise

$$V_h = \frac{dH}{dT} + \frac{H}{N} \frac{dN}{dt} \quad (3.17)$$

şeklinde olur [5]. Bu ifadeye göre elektron yoğunluğu ve ölçek yüksekliğindeki değişimler düşey doğrultuda bir hızın oluşmasına sebep olmaktadır. Güneşin doğuşu ve batışı sırasında, elektron ve iyon sıcaklığındaki ani ve değişiklikler ölçek yüksekliğinde ani değişikliklere sebep olmaktadır. Bunun sonucunda düşey hız artmaktadır. Güneş'in doğuşu sırasında hızın yönü yukarı, batışı esnasında ise aşağı yönlüdür.

3.2.5. 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[5]. Buna karşın H^+ iyonunun yoğunluğu yükseklikle artmaktadır. H^+ atmosfere hakim olduğu bölge protoküre olarak tanımlanır. H^+ iyonunun üretimi veya yok olması dönüşümlü olarak gerçekleşmektedir. Yani;



Bu iyonların yoğunluğu İyonküredeki elektron yoğunluğunu denetlemektedir. Gece saatlerinde O^+ iyonunun yoğunluğu gündüz saatlerinden az olduğu için gece H^+ tabakasını aşağı indirmektedir. Güneşin batışı ile azalmaya başlayan elektron yoğunluğu; Protoküreden gelen H^+ iyonu akısı ile yaklaşık olarak saat 18 00-23 00 YZ arasında tekrar artmaya başlar [5].

4. F2 BÖLGESİNİN KRİTİK FREKANSI (foF2)

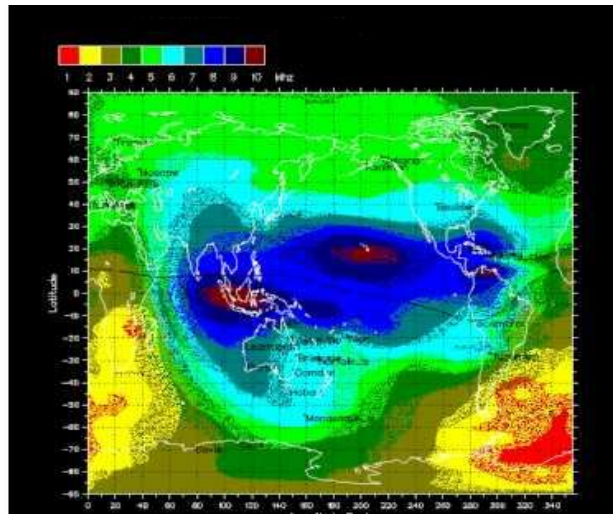
İyonküredeki en önemli parametrelerden biri, F bölgesinin kritik frekansdır. İyonosfer F bölgesinin alabileceği maksimum frekanstır. F bölgesinin kritik frekansı (MHz) yerleştirilmiş dikey İyonsonda ile ölçülür. Bu frekans, İyonkürede dikey olarak ilerleyip geri yansıtılacak olan bir dalganın frekansının en üst değeridir. F2 bölgesinin kritik frekans (foF2) davranışının mevsimlere, Güneş'e ve jeomanyetik etkinliğe ve jeomanyetik enlemlere bağlı olduğunu ilk bulan kişi Matsushita'dır [23].

F2 İyonosferik kritik frekansı, foF2'nin öngörü ve kestirimi, radyo ve telsiz iletişimi frekans planlamasında önemli rol oynamaktadır.

foF2'nin aylık medyan değerlerden sapmaları olan $\Delta foF2$, İyonosferik değişimin ölçüsü olarak kabul edilmekte olup, öngörü ve kestirim algoritmalarının oluşturulmasında da kullanılabilir [21,22].

$$\Delta foF2 = \{[(foF2)_{hourly} - (foF2)_{median}] / [(foF2)_{median}]\} * 100 \quad (4.1)$$

F2 tabakasının kritik frekansı olan foF2'nin saat başı (hourly) ve aylık ortalama frekans davranışları (medyan) F2 tabakasının gözlem veri kayıtları oldukları, yüzdelik sapmanın ($\% \Delta foF2$) bu denklemle analiz edilmektedir.



Şekil 4.1 4-6 Haziran tarihleri arasındaki foF2 haritası

F2 bölgesinde e^- yoğunluğu çok yüksek olduğundan daha yüksek frekansları yansıtabilir. Aynı zamanda f_oF2 ordinary dalgayı sıfır eden frekanstır. İyonkürede bir ordinari dalğanın yansıması dalga frekansına eşit olduğu noktada gerçekleşir.

5. GÜNEŞ, İYONKÜRESEL VE JEOMANYETİK İNDEKSLER

Manyetoküre-İyonküre etkileşimleri, Güneşin aktivitesi tarafından güçlü bir şekilde yönlendirilir. Verilen bir zaman aralığında tüm sistemin fiziksel durumunun ayrıntılı ve özel bilgisini sağlamak için birçok jeofiziksel indeksler kullanılır. Örneğin, elektromanyetik dalga yayılımında iyonküre şartlarını önceden kestirmek için Güneş ve iyonküresel indekslerin değişimlerinden faydalanılır.

5.1 Güneş İndeksleri

Güneş lekeleri yoğunluğunun periyodik olarak değiştiğinin kanıtı, Güneş aktivite devirlerinden görülebilir. Bu devirsel değişikliğin periyodu genel olarak 11 yıldır, ancak bu sürenin 9 ve 14 yıl arasında değiştiği de görülmüştür. Bu değişim simetrik değildir. Güneş lekelerinin minimumdan maksimuma ulaşma zamanı 4,3 yıl, maksimumdan minimuma ulaşma zamanı ise 6,6 yıldır. Maksimum değere ulaşmak için, daha çabuk yükseliş yönelmesinin devirlerine dikkat edilmelidir. Güneş-hava ilişkileri ile ilgili çalışma, 22 yıl devri ya da çift Güneş lekesi döngüsüne dikkat çekti. Güneş aktivitesinin Dünya'ya ait belli olaylar arasındaki ilişkilerle ilgili birkaç çalışma, Güneş'in 11 yıldan çok 22 yılın devirliklerini belirtti. Güneş devri, daha fazla araştırma ve teorinin konusu oldu. Sayısal bir indeksin terimleri ile Güneş devrini sıra ile anlatmak için, işe Güneş lekesi sayısı R ile başlandı. Onun ismi aynı zaman da Wolf sayısı olarak da bilinir. Lekelerin düşük enlemleri daha fazla etkilediği, Güneş devrinin sonunda bu etkinin ekvatora yaklaştığı bilinir bu duruma Sprörer kanunu denir. Lekelerin sadece %10'u 11 günden daha uzun yaşamaktayken, bütün lekelerin yarısının ömrü 2 günden daha azdır. Sadece olağanüstü bir leke 5 Güneş dönüşünden (devrinden) fazla incelenebilir. Lekelerin sayısı olarak artışları Güneş patlamaları olarak bilinen büyük miktarda açığa çıkan enerjinin kaynağıdır. 1700' den önce doğrudan doğruya gözlemler mevcut olduğu halde, incelemelerde 1818'den sonra "iyi" ve 1848'den sonra "güvenilir"lik dikkate alındı. R'den başka diğer iyi bilinen Güneş indeksi 10,7 cm dalga boyunda Güneş radyo gürültüsünün güç akısı $F_{10.7}$ dir. 1947'den 1991'e kadar Ottom (Kanada) yakınında radyo teleskopuyla, her gün olmak üzere, 2800 MHz'lik bir frekansta Güneş diskinden bütün $F_{10.7}$ değerleri kaydedildi. Radyo teleskopunun Penticton (Kanada)'a yerleştirilmesiyle de 1991'den beri $F_{10.7}$ değerleri kaydediliyor. Güneş akısı gözlemleri, sadece 1947'den berisi mevcuttur.

R Güneş lekesi sayısı ile $F_{10.7}$ akısı biri birinden bağımsız olmayan indekslerdir. İyonküre ile ilgili alanda Güneş lekeleriyle iyonküre özelliklerinin, özellikle E ve F tabakalarının kritik frekanslarının, $F_{10.7}$ ile tahmin edilmesi gelenektir. Örneğin, f_0F2 (F2 bölgesinin kritik frekansı) uzun dönem tahminini, Güneş indeksleri R_{12} (12 ay devamlı R Güneş lekesi sayısı)'nın tahminine dayanıyor. R, R_{12} , $F_{10.7}$, EUV Güneş indekslerinin geniş bir açıklaması Tablo 5.1 de verilmiştir. [20]

Tablo 5.1 Güneş İndeksleri [20]

İndeks	Türetilme Metodu	Zaman Aralığı	Dezavantajlar	Geçerlilik
R: Johann Rudolph Wolf tarafından 1848'de Güneş aktivitelerinin ölçülmesiyle araştırılmaya başlanılmıştır.	R şöyle tanımlanır, $R=k(f+10g)$ f: görülen tüm lekelerin sayısı, g: tedirgin edilmiş tabakaların sayısı, k: rasathane için bir sabittir. 1981'den beri "R" Dünya Bilgi Merkezi C'den (Bürüksel'dedir) alınır. Lekeler ve leke gruplarının ortalama bir ağırlığı olarak hesaplanır.	Günlük		Veriler, yıllık ortalamalar olarak 1700' den beri aylık ortalama ve 1951' den beri günlük değer olarak mevcuttur.
R_{12} : Güneş lekesi sayısı R'nin 12 aylık ortalamasıdır.	k-ay için verilirse, R_{12} şöyle tanımlanır: $R_{12} = 1/12 \left[\sum_{n=k-5}^{k+5} R_n + 1/2(R_{k+5} + R_{k-5}) \right]$ k-ay için günlük Güneş lekesi sayılarının ortalaması R_k olduğu yerde, R_{n-6} ve R_{n+6} , k-ay'dan sonra ve önce ki altı aya ilişkin R değerleridir.	Aylık	Güneş lekesi sayısının düşük değerler için foF_2 ile iyi bir doğrusal ilişki gösterir. Fakat yüksek Güneş lekesi sayısında, foF_2 doyum etkileri gösterir	
$F_{10.7}$: Güneş akısıdır. 1947'de Arthur Covington tarafından ilk kez 10,7cm (2800MHz)'de ölçüldü	Eskiden sınırlı bir anten kullanılarak Güneş diski taranmasıyla $F_{10.7}$ ölçülüyordu. 1991'den beri ise Pentincton (Kanada)'da radyo teleskopuyla Güneş diskinin tam yeri saptanarak, $F_{10.7}$ değerleri kaydediliyor.	Günlük	Güneş akısının gözlemleri olarak, sadece 1947'den beri geçerli incelemele yapılıyor	Veriler 1947' den mevcuttur.
EUV(Å): En uçtaki ultraviyole bandındaki Güneş salınım akısıdır	EUV, ultraviyole spektrometresiyle ölçülür.	Günlük	Sınırlı veriler ve onların geçerliliği sadece son yıllarda yapılmıştır. EUV iyonküre tahmini için henüz yeterli değildir.	EUV değerleri, atmosfer keşif uydusu tarafından 77'nin ortasından başlayarak şimdiye kadar mevcuttur.

5.1.1. Güneş Lekesi Sayısı (SSN)

Güneş lekelerinin sayısı, Güneş işlekliliğini tanımlamak için kullanılmış olan en eski parametredir. Güneş lekeleri gruplarının sayısı hesaplanarak Güneş'in lekelerinin sayısı bulunur. Güneş'in lekelerinin toplamı da Güneş Lekesi Sayısı'nı verir ve grup sayısının on katıdır. R Güneş Lekesi İşlekliliğinin günlük bir indisidir. Güneş lekelerinin oluşumu, büyümesi ve kaybolması, 11 yıllık bir döngüde gerçekleşir. S, leke sayısı; g, grup sayısı ve k, gözlem faktörü olmak üzere R Güneş Lekesi Aktivitesi eşitlik 5.1 ile bulunur [20]

$$R=k(10g+s) \quad (5.1)$$

Günümüzde Güneş Lekesi Sayısını bulmak için iki farklı veri seti kullanılmaktadır: Bunlar, Boulder Güneş Lekesi Sayısı ve Uluslararası Güneş Lekesi Sayısı'dır. Her iki veri seti için kullanılan yöntemler aynı, gözlem evleri ise farklıdır.

5.1.2. Güneş Akısı İndisi (SFI)

10,7 cm dalga boyunda (2800 MHz) bant üzerindeki ışınım miktarını ifade eden indistir. Güneş Akısı, Güneş aktivite seviyesini gösteren en yaygın kullanılan parametredir. Bu parametre Penticton (Kanada) gözlemevinde ölçülmektedir ve UV ve X-ışınlarıyla çok yakından ilişkilidir. Yüksek Güneş akısında iyonküre güçlenir, yüksek frekansların kırılmasına olanak sağlar. Güneş akısı görgül olarak Güneş Lekesi Sayısıyla da ilişkilidir

$$SF=63.7+0.727x(SSN)+0.000895x(SSN)^2 \quad (5.2)$$

Birimi sfu ile gösterilir ve $sfu=10^{-22} \text{ Wm}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$ dir . Bu karakteristiğinin iki tanımı vardır, "gözlenmiş" olarak adlandırılan değerler radyo teleskopundan elde edilir ve yeryüzüne ait çalışmalar için kullanılır. "düzeltilmiş" olarak adlandırılan değerler ise Yer'in Güneş'e olan değişken uzaklığına göre düzeltilir ve Güneş araştırmaları için kullanılır. [20]

5.2 İyonküre İndeksleri

İyonküreye ait indeksler, hem Güneş hem iyonküre bilgisinin kullanımını geliştirir. İyonküre'de genellikle iyonküreye ait bilgi, Güneş verilerini sağlamak için kullanılır. İyonküreye ait indeksler, genellikle iyonkürenin Dünya çapında 1 aylık temel

ilkesini yansıtmak ve iyonkürenin ortalama bölgesel durumunu bildirmek için geliştirilir. Bu durum, doğrudan Güneş'le karşılaştırmaya elverişlidir. Bu indekslerden birisi I_{F_2} 'dır ve 1955 yılında Minnis tarafından tanıtılmıştır. I_{F_2} 'nin değerleri, öğle vakti, aylık f_0F_2 'nin orta değerinin 3 ay Güneş lekeli sayısına (R_3) eklenmesiyle bulunur. Ne yazık ki, I_{F_2} indeksi, CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Komitesi) tarafından sağlanan aylık f_0F_2 'nin referans haritasıyla birbirini tutmaz. Çünkü I_{F_2} ve CCIR sistemlerinin gelişmesinde, farklı periyotlardan veriler kullanılır. CCIR evrensel atlas haritaları, 1954-1958 periyot verilerine dayanır. Minis'in indeksi ise, 1942-1947 geçmiş verilerinden hesap edilir. CCIR'nin haritalarıyla bağdaşan yeni bir indeks olan IG, 1983'te Lui ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. f_0F_2 ve IG_{12} (12 ayın devamlı IG ortalamasıdır) arasındaki ilişki, f_0F_2 ve R_{12} arasındaki ilişkiden anlamlı biçimde daha iyidir. Bir diğer önemli ve iyi bilinen indeks, Avustralya İyonküre Tahmin Servisi (IPS) tarafından geliştirilmiştir. Bu indeksin ilk versiyonunun ismi A indeksidir. Bu indeks 1950'lilerin sonunda geliştirilmiş ve ilk olarak R_{12} 'den türetilmiştir. Bu indeks, iyonküreye ait seçilmiş 16 tane istasyonda, f_0F_2 'nin 24 aylık değerlerinin ortalamasıdır. Bu metod, her istasyon için 1 aylık A indeksini verir ve evrensel bir A indeksi, A indekslerinin ortalaması ile elde edilir. A indeksi için izlenen prosedürün bir benzeriyle, 1960'ların ortasında Jack Turner T indeksini geliştirmiştir. T, geçmişte aylık ortalama-indeks olarak verilirken, şimdi aynı zamanda günlük olarak da elde edilebilir. 1970'li yıllarda Amerikan Hava Gücündeki (USAF) İyonküre tahmin keşif grubu Evrensel Hava Merkezinde iyonküreye ait diğer bir indeks SSNe'yi geliştirdi. Bu indekste de, Güneş lekeli sayısının etkili olduğu bilinir. Son zamanlarda Mikhailov , kuzey yarım kürede tasnif edilen iyonküreye ait istasyonlardan MF_2 'yi geliştirdi. MF_2 'nin uzun süreli tahmini, MF_{212} 'nin 12 ay devamlı ortalamalarının tahminine dayandırılır. Tablo 5.2 a, b'deki listelerde I_{F_2} , IG, A, T, SSN, MF_2 gibi iyonküreye ait indeksler tanımlanıyor. [20]

Tablo 5.2. İyonküreye ait indeksler [20]

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlilik
I_{F_2} : F_2 tabakasındaki iyonlaşmaya ve Güneş aktivitesine dayandırılır.	I_{F_2} 'yi hesaplama metodu: R_3 (3 ay R 'nin "devamlı" ortalamasıdır) ve verilen bir istasyonda öğle vakti f_oF_2 'nin aylık ortalamaları arasındaki ilişkiyi tanımlamakla elde edilir.	Aylık	Temel problem, yayınlanan CCIR haritaları ile I_{F_2} 'nin birbirini tutmamasıdır.	Veriler 1938' den beri mevcuttur
IG: I_{F_2} 'ye benzerdir ve CCIR haritalarıyla birbirini tutar.	IG: R_{12} ve f_oF_2 değerlerinin aylık ortalaması arasındaki ilişkiyi temsil eder. Evrensel indeks eldesi, seçilen yerlerde hesaplanan IG değerlerinin ortalaması alınarak bulunur.	Aylık	Temel problem 12 aylık indeks ortalamalarının, indeksin aylık değerlerini tahmin etmedeki becerisidir.	Veriler 1943' den beri mevcuttur
A :Avustralya İyonküre Tahmin Servisi, tarafından 1950'lerin sonunda geliştirilmiştir	A, R_{12} 'ye dayandırılır ve pek çok istasyondan f_oF_2 'nin 24 aylık ortalaması olarak alınır. Her istasyon için, $R_{12} > 100$ değerleri ihmal edilir.	Aylık	İstasyonların çoğunluğu kuzey yarım kürededir. Kuzey ve güney A indeksleri ayrı ayrı hesaplanır. Sonra gezegene ait A'yı elde etmek için bu değerlerin ortalaması alınır.	
T: Jack Turner tarafından 1960'ların ortasında geliştirilmiştir. A indeksinin yerine kullanılmıştır.	T, A indeksi için izlenen prosedürün bir benzeriyle türetilmiştir. İstasyonların çok olduğu bölgelerdeki verilere verilen ağırlığı azaltmak için pek çok bölgedeki istasyonlar gruplandırılmıştır.	Aylık Günlük	Diğer iyonküreye ait indekslerde olduğu gibi, uzun süreli uygulamalar için T'nin aylık değerlerinin tahminindeki kesinlik, temel problemdir.	Aylık değerler 1957' den beri mevcuttur
SSNe:1970'lerde Amerikan Hava Gücü tarafından geliştirilmiştir. Etkili Güneş lekeleri sayısı olarak ta bilinir.	SSNe, yerel zaman ve enleme bağlı faktörlerin, hesaplanan $R=0$, $R=100$ 'e karşılık gelen f_oF_2 değerleriyle belirtilir.	Günlük	Günbegünlük tahmin uygulaması için temel problem, indeksi değerlendirmek için birçok istasyondan gerçek zamana yakın f_oF_2 tahminlerinin elde edilememiş olmasıdır.	Değer periyodu için günlük SSNe haritaları mevcuttur
MF_2 :Mikhailov tarafından aylık indeks olarak tanıtılmıştır.	Güneş zenit açısının cosünüsüne bağlı f_oF_2 göz önünde tutularak, MF_2 türetilir.	Aylık	MF_2 'nin kullanılarak uzun süreli tahminler yapabilmek için, diğer iyonküreye ait indekslere başvurulmalıdır. Uzun süreli tahmin için 12 aylık ortalama gerekir.	

5.3. Yerin Manyetik Alanına Ait İndeksler

Jeomanyetizmada yerin manyetik alanının dış kaynaklı geçici değişikliklerini hesaba katarak yıllardan bağımsız değişik indeksler tanımlanır. Manyetik tedirginlikler ile manyetoküreye ait olay arasındaki ilişkileri anlatmada önemli ilerlemeler olsa bile, verilen bir olayın, manyetik kökenini diğerlerinden ayırmak ya da tanımak her zaman mümkün değildir. İşte bu zorluğu aşmak için jeomanyetik indeksler geliştiriliyor. Bantles ve arkadaşları K indeksini geliştirdiler ve kısa zamanda K indeksi benimsendi. Bu indeks, günlük, mevsimsel ve enlemsel değişikliklerden etkilenir. Bundan başka birkaç gözlemci, K indekslerinin ortalamasını alarak yeni bir indeks önerdiler. Bu indeksin adı K_p'dir. 1932'den bu yana K_p indeksi hakkında veriler toplanır. Yeni bir indeks takımı, Mayaud tarafından her iki yan küredeki istasyonlardan, uygun seçimlere dayandırılarak oluşturulmuştur. Bu indeksler K_n, a_n K_s, a_s dir. AE manyetik indeksi, manyetik alandaki dalgalanmaların, manyetik aktivitelerin yükselmesi süresince orta ve düşük enlemlerde, auroraya ait bölgeyi nitelendirmek için Danis ve Sagiura tarafından geliştirilmiştir. Aktif aurora, yaklaşık olarak bir daire şeklinde gözlemlenir. Jeomanyetizmaya ait aktivitelerin yükselmesi süresince, ekvatora doğru genişler. Aurora elektrojetini AE indeksi temsil eder (DP akımlarına auroralelektrojet denir. D: karışıklık, P: kutup) AE, doğuya doğru ve batıya doğru elektro jetlerin uzunluğunun göstericisi olan, AU ve AL'nin farkından hesaplanır. AE indeksi 70 istasyon verilerinden elde edilir. Sakin günlerin seçimi için bir parametre olarak AE yetersizdir. Yüksek enlem bölgelerinin referansı olan kutup noktası indeksi PC'yi Trachiev tanıttı. Jeomanyetizmaya ait indekslerin, iyonküre şartlarının tahmininde kullanımı yenidir.

a indeksi, yerel jeomanyetik aktivitenin 3-saatlik eşdeğer genlikli değerini içerir. a indeksi ile 3-saatlik K indeksi arasındaki ilişki Tablo5.3 de görülmektedir.[20]

Tablo 5.3. K indeksi ile a indeksi arasındaki ilişki

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

Tablo 5.3.a Jeomanyetik indeksler [20]

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlilik
K: Düzenli ve düzensiz jeomanyetik değişimler arasındaki farklılıkları belirtir. K indeksi, tek bir istasyonu temsil eder.	Tek bir istasyondaki verilerle K indeksinin günlük değişimi çıkarılabilir.	3-saat	İndeksin değerlendirmesindeki problem, günlük değişimlerin düzeltilmesinde, öznel doğruların belirleyici rol oynamasıdır.	İndeks rasathaneye bağlıdır
K _p : Yer'e ait bir indeks değeri vermek için rasathaneden K indekslerinin ortalamasıyla elde edilir(başlangıçta bu sayı 8 idi).	K _p , katkıda bulunan rasathanelerde çıkartılan K indekslerinin ortalamasıyla türetilir. Enlemsel ve mevsimsel özelliklere bağlılık ve günlük değişikliğin etkilerinden bağımsızdır.	3-saat	- Asya boylamlarında istasyon yokluğu - Güney yarım kürede az istasyon oluşu. -Kutup bölgesindeki istasyonların kapalı olması.	1932'den bugüne kadar veriler mevcuttur
A _p (nT): K _p 'den lineer bir indeks elde etmek için tanıtılmıştır.	a _p indeksinin 8 değerinin aritmetik ortalamasından A _p türetilmiştir.	3- saat	- Asya boylamlarında istasyon yokluğu - Güney yarım kürede az istasyon oluşu. Kutup bölgesindeki istasyonların kapalı olması.	1932'den bugüne kadar veriler mevcuttur
Aa a _p indeksine benzerdir.	Taban tabana zıt iki istasyondan (başlangıç, Greenwich ve Melbourne) kaydedilen K değerleri ölçülerek aa indeksi türetilir.	3- saat	- Her iki yan kürelerdeki rasathane sitelerinde pek çok değişiklik yapılması.	1868'den beri veriler mevcuttur
K _m , K _n , K _s , a _m , a _n , a _s İndeksleri iki yan küredeki istasyon ağının seçimine dayandırılmıştır.	Bu indeks seti, K indekslerinin işleyişine uygun olarak türetilmiştir. K indekslerinin boylam karşılığı, indekslerdeki farka karşılık gelmiştir	3 saat	Bu indekslerdeki temel problem iki yarı küredeki manyetik istasyonların azlığıyla ilgilidir.	1950 dan beri veriler mevcuttur

Tablo 5.3.b Jeomanyetik indeksler [20]

İndeks	Türetilme Metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlilik
PC İkinci derece fırtınanın gelişimini belirtmek için geliştirildi.	PC indeksi, iki yüksek enlem istasyonlarında ölçülen jeomanyetik alanın H ve D bileşenleri kullanılarak iki yan küre için ayrı ayrı geliştirilmiştir.	15 dakika	Yaz süresince, IMF'nin (Güneş rüzgârlarıyla taşınan manyetik alan) bileşenlerinin yıl içindeki değişimleri PC değerlerinin doğruluğunu etkiler.	PC verileri ,Thule için 1975'den şimdiye kadar mevcuttur. Vostok'ta (Antartika araştırma enstitüsü, St,Petersburg)1978-1991 arası PC periyotları mevcuttur.
$D_{st}(nT)$ Bombay'da tipik bir jeomanyetik fırtınanın genel davranışını temsil etmek için geliştirildi.	D_{st} , düşük enlem ölçüm istasyonlarında jeomanyetik alanın H bileşeni kullanılarak türetilir. Her istasyon için sakin gün değişimi ihmal edilir.	1 Saatlik	D_{st} 'nin yıllık değişimini tammada kuzey yarımküre daha baskındır. Stening'e göre, her iki yan küredeki değişen rasathane dağılımı bunda etkilidir.	1957'den sonraki yıllar için saatlik veriler,jeomanyetizm için WDC-C2'de türetilmiştir
AE, AL, AU, AO (nT) indeksleri, auroraya ait bölgeyi incelemek için tanıtıldı ve onlara aynı zamanda auroral elektrojet indeksleri de denir.	AO indeksi: $AO=1/2(AU+AL)$ iken, AE indeksi, AU ve AL indeksleri arasındaki farktan türetilir.	1 ya da 2,5 dakika	Şimdiki istasyon ağı, enlem ve boylamda ideal bir dağılımı meydana getirmiyor.	1957-1978 yılları arasında, saatlik AE indeksleri Alaska Jeofiziksel enstitüsü ve Nasa tarafından sağlandı. 1978 ve daha sonraki yıllarda indeksler, Jeomanyetizm (Kyoto,Japonya) için WDC-C2'de üretildi

5.3.1. 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 istasyonda gösterilir. Yerel olan K-indisi, manyetik alandaki 3 saatlik düzensizliklerin ya da bozulmaların büyüklüğünü gösterir (00 00-03 00, 03 00-06 00,..., 21 00-24 00). Her bir istasyon için nT cinsinden manyetik alan ve K-indisi

arasındaki dönüşüm logaritmiktir ve her bir istasyon için farklılık gösterilir . Tablo 5.4'de K-indisi ile manyetik alan arasındaki ilişki verilmiştir . [24]

Tablo 5.4. K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri

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

K-indisi, 0 ile 9 arasında değerler alır. Tablo 5.5'de K-indisinin dereceleri ifade edilmiştir.

Tablo 5.5 K-indisinin dereceleri

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

5.3.2. a-İndisi

Yerel jeomanyetik işleğin 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 Tablo 5.7' de verildiği gibi ölçeklendirilir.

Tablo 5.6. K-indisi ile a-indisi arasındaki dönüşüm [24]

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

5.3.3. A-İndisi

Yerel A-indisi jeomanyetik işleklığın uzun süreli değişimlerini ifade eder. Sekiz a-İndisi'nin 3 saatlik ortalamasına eşit olan günlük jeomanyetik bir indistir. Dinamik indistir ve uç değere sahip değildir. A-indisi'ni, 0-100 ve üstü eğerlerle ifade edilir Tablo 5.7' de A-indisinin dereceleri ifade edilmiştir. [24]

Tablo 5.7. A-indisinin dereceleri

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 işleklık için günlük bir ortalamaya ihtiyaç duyulmasıdır.

5.3.4. Kp-İndisi

Dünyasal Kp-indisi, Dünya üzerine dağılmış 12-13 istasyondan Alman 3 saatlik K-indisi değerlerine dayalı olarak Gottingen/ALMANYA' da oluşturulan jeomanyetik

indistir . K-indisi 44° ile 60° arasındaki güney ya da kuzey enlemlerinde yer alan 13 gözlem evinden elde edilen K-indisinin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ölçeği 0 ile 9 arasında değişir. Güneşten gelen parçacık yayılımının etkilerini ölçmek için elde edilir.

5.3.5. Ap-İndisi

Bir dizi özel istasyondan elde edilmiş A-indisi verilerinin ortalamasıdır. Ap-indisi ile Kp-indisi arasındaki ilişki Tablo 5.8 'de verildiği gibi ölçeklendirilir. [24]

Tablo 5.8. K-indisine karşılık gelen manyetik alan şiddeti değerleri

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

Ap-indisi ve Kp-indisi yerel indisler değil, yerel indislerin ortalamalarıdır.

5.3.6. Dst-İndisi (Disturbance Storm Time)

Ekvatorial akım zincirindeki değişimleri tanımlayan bir jeomanyetik indistir. Saatlik Dst-indisi ekvator bölgesi içindeki manyetometre istasyonlarından elde edilir. Ekvator bölgesini kapsayan düşük enlemlerde H manyetik sarsım bileşeni,

manyetoküredeki akım zincirinden etkilenir. Dst-indisi, bu sarsımın saatlik ortalamasıdır. [24]

5.3.7. Polar Zirve (PC-Polar Cap) İndisi

Polar Zirve-indisi (PC-indisi), kutup bölgelerinde iyonküredeki akımlardan kaynaklanan jeomanyetik bozulmaları ölçmektedir. Her iki yarım kürede de hesaplanmaktadır. PC-indisi, manyetoküresel alan çizgilerinin iletiminden kaynaklanan iyonküresel akım sistemini ölçmek için geliştirildi. Güneş rüzgarıyla ilişkili olduğu düşünülerek PC-indisi, Güneş rüzgârlarından Yer' in manyetoküresine olan enerji girişini ölçmektedir. 1975 yılından beri elde edilmektedir

6. İSTATİSTİK YÖNTEMLERİ

6.1. İstatistiğin Temel Kavramları

İstatistiğin tanımı verilirken istatistiksel verilerin bir olaya dayanması gerekir. İstatistik açısından olaylar, tipik olaylar ve Kolektif olaylar olarak iki kısma ayrılır. Hep aynı şekilde gerçekleşen olaylara tipik olaylar, rastlantı olarak ortaya çıkan ve değişik sonuçlar alan olaylara da kolektif olaylar denir. Anlaşıldığı gibi, tipik olaylar istatistiğin konusu dışında kalırken, kolektif olayların genel karakterini araştırmak, ortaya koymak ise istatistiğin konusudur [25].

Belli bir konudaki gerçeklerin sembolik ifadesine veri adı verilmektedir. Veri, bir gözlem veya faaliyet sonucu ortaya çıkabilir. Aynı konuda ve aynı zaman içinde birden fazla verilerin bizim için ifade ettiği toplam değere Bilgi denir. Örneğin bir sınıftaki öğrencilerin boy ölçüleri elimizde olsun. Bunlar bizim verilerimizdir. Bu verilerden sözlü gelimi sınıfın boy ortalamasını hesaplıyorsak, bulacağımız değer bir bilgidir. Bir başka açıdan, veriye "ham bilgi", bilgiye ise "işlenmiş bilgi" diyebiliriz. İstatistiksel diğer bir kavram da birimdir. Birim, bilgilerin derlendiği temel kaynağa denir. Yukarıdaki öğrenci örneğindeki her bir öğrenci bir birimdir. Bir araştırmaya konu olan bütün birimlerin oluşturduğu topluluğa da yığın denir. Yığın yerine Popülasyon veya Ana Kitle veya Kitle de denilir [25].

Araştırmalarda yığını oluşturan bütün birimlere ulaşmak, ya imkânsız ya da çok masraflı olabilir. Bu durumda yığını iyi temsil edebilen bir alt küme seçilerek incelenir. Seçtiğimiz alt kümeye örneklem adı verilmektedir. Bu alt kümeden hareketle yığın için tahminde bulunuruz. Üniversitemizdeki öğrencilerin boy ortalaması ile ilgilendiğimizi düşünelim. Üniversitemizin bütün öğrencilerinin boylarını ölçmek yerine sabahleyin kampüse giren bir otobüste bulunan bütün öğrencileri bir örnek olarak alıp, bunların boy ölçülerinin ortalamasını yığının boy ortalaması yerine kullanabiliriz.

Birimlerin araştırmaya konu olan her hangi bir özelliğine değişken adı verilmektedir. Birimlerimizi yine öğrenciler alırsak, her bir öğrencinin boy ölçüleri, ağırlıkları birer değişken olur. Değişkenleri, sayısal (nicel, kantitatif) değişkenler; boy, ağırlık, gelir düzeyi gibi, ve sayısal olmayan (nitel, kalitatif) değişkenler; cinsiyet, meslek gibi, olmak üzere ikiye ayırabiliriz [25].

6.2. Merkezi Eğilim Ölçüsü

Betimsel istatistikte temel amacın verileri en iyi şekilde kullanıma sunmak olduğunu söylemiştik. Bunu bir ölçüde çeşitli tablolar ve grafikler ile yapabiliriz. Ancak bazen verilerin sadece tablo ya da grafik ile gösterilmesi yeterli olmayabilir. Özellikle veri gruplarının mukayesesinde, bu verilerin ortalama gibi tek bir değer ile temsil edilmesi gerekir.

İstatistikte, basit aritmetik ortalama dışında kullanılan başka ortalama türleri de mevcuttur. Ortalamalara ve oranlara genel olarak Merkezi Eğilim Ölçüleri ya da Konum ölçüleri denilmektedir. Çünkü ortalama veya oranlar, seri değerlerinin sayı ekseninde hangi merkez nokta etrafında yığılma eğilimine sahip olduğunu veya sayı eksenindeki konumunu temsil eder. Bir serinin merkezi eğilim noktası, fizikte bir cismin ağırlık merkezi kavramına tekabül etmektedir.

6.2.1. Medyan (Ortanca)

Merkezi eğilim ölçülerinden birisi medyandır. Seri terimleri büyüklük sırasına göre dizildiğinde serinin tam orta yerindeki değere Medyan (Ortanca) adı verilir ve Me ile gösterilir. Genel olarak, toplam terim sayısı N tek sayı ise, medyan [25]:

$$Me = X_{(N+1)/2} \quad (6.1)$$

Toplam terim sayısı N, çift sayı ise medyan değeri tam ortada yer alan iki değer aritmetik ortalamasıdır [25].

$$Me = \frac{X_{N/2} + X_{(N/2)+1}}{2} \quad (6.2)$$

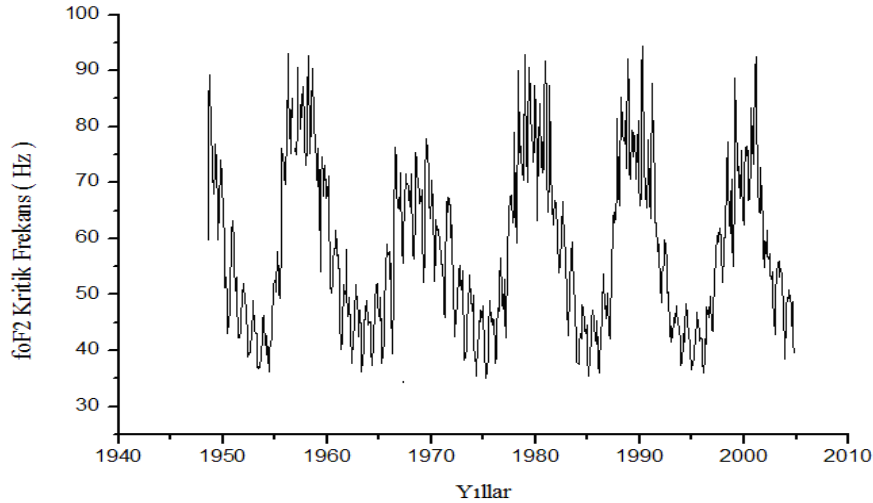
Medyanı diğer merkezsiz eğilim ölçülerinden ayıran en önemli özellik serinin uç değerlerinden etkilenmemesidir. Bundan dolayı medyanın temsil kabiliyeti oldukça yüksektir.

6.3. Zaman Serileri

Zaman değişkeniyle ilişkili bir değişken hakkında, elde edilen gözlem değerlerini zamana göre sıralanmış olarak gösteren serilere, zaman serisi denir. Zaman serilerini konu alan pek çok çalışmada, serilerin gözlem değerlerinin eşit zaman aralıklı zaman noktalarında elde edilmiş olduğu görülmektedir. Eşit aralıklı zaman noktaları, günler, aylar ve yıllar olabilir. Buna göre bir zaman serisi, eşit aralıklı $t = 1, 2, 3, \dots, n$ zaman noktalarında Y değişkeniyle ilgili elde edilen $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_n$ gözlem değerlerini zaman göre sıralanmış olarak gösteren seri olarak tanımlanır [25].

6.3.1. Zaman Serisinin Grafikte Gösterimi

Zaman serileri genel olarak kartezyen koordinatlı bir grafikte gösterilir. Grafiğin apsis ekseninde zaman değişkeninin şıkları, ordinat ekseninde bu şıklar itibariyle Y değişkeninin, aldığı değerler, gözlem değerleri y_t yer alır. 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.



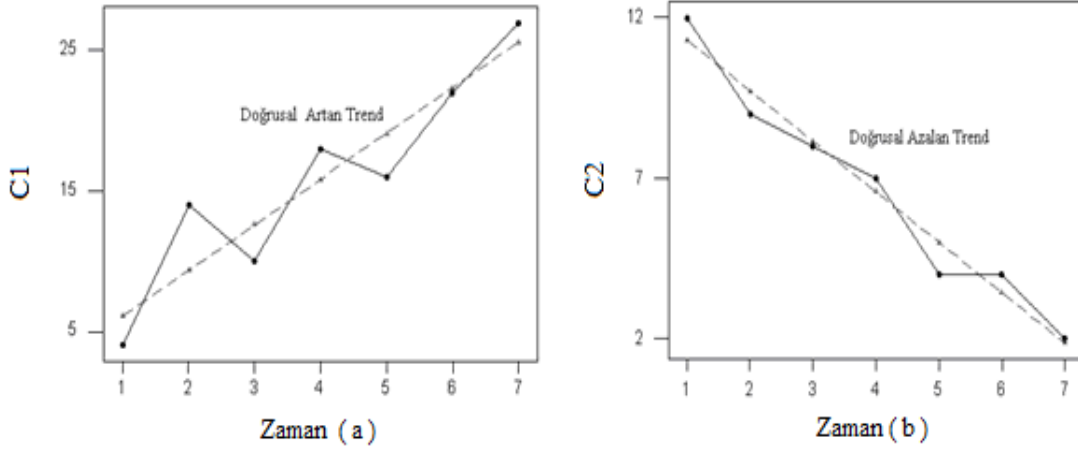
Şekil 6.1. Slough (51.5^0 N, 0.6^0 W) istasyonundan alınan kritik frekans, foF2' nin zaman serisi grafiği. (12 00 YZ, 1949 – 2005) [26].

6.3.2. Zaman Serisini Etkileyen Faktörler

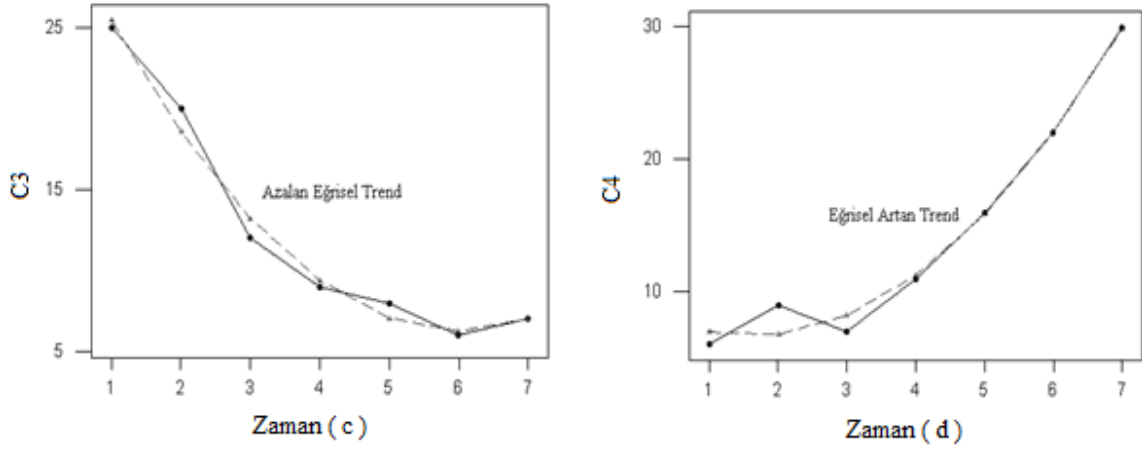
Zaman serilerinin gözlem değerlerinde, zaman içinde azalma ya da artma şeklinde, bazı değişimler gözlenir. Zaman serisi gözlem değerleri üzerindeki, yön ve şiddetin farklı olmasından ileri gelen bu değişimler; Trend, Mevsimsel Değişimler, Konjonktürel (Devresel) Değişimler ve Rassal Değişimler olarak sayılabilir [25]. Biz sadece konumuzla ilgili olan Trend bileşenine değineceğiz.

6.3.3. Trend Bileşeni

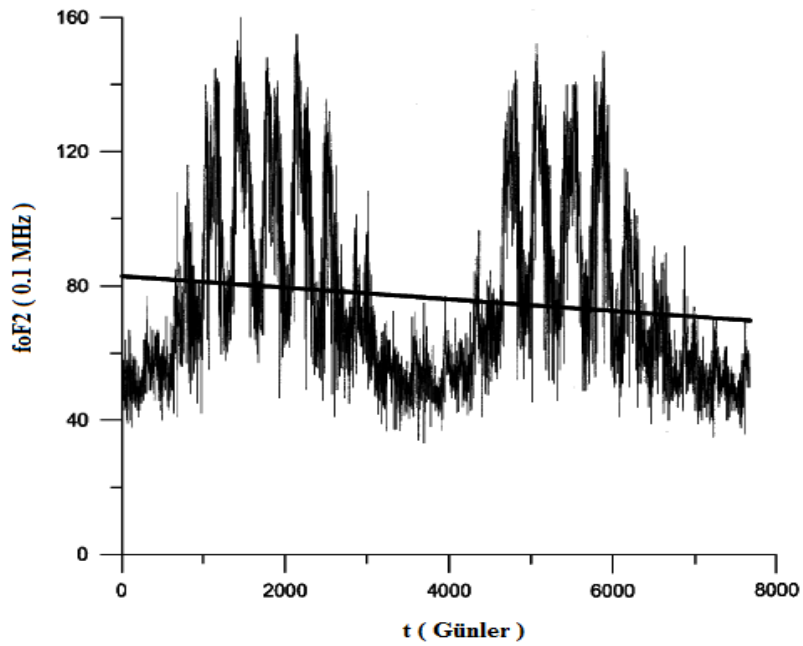
Zaman serisi gözlem değerlerinin uzun zaman döneminde (25 ila 100 yıl) artma ya da azalma yönünde gösterdiği genel eğilime trend adı verilir. Bu eğilimi açıklayan bileşene de Trend bileşeni denir. Bir serinin trendi tespit edildiğinde, bundan yararlanarak zaman serisinin gelecek bir dönemde alacağı değer tespit edilebilir [25,27]. Trend şekil 6.2a, b ve şekil 6.3 c, d' de gösterildiği gibi doğrusal ya da eğrisel olabilir [27]. Zaman içinde artış ya da azalış göstermeyen, neredeyse aynı düzeyde kararlılık gösteren serilerin trendi yoktur.



Şekil 6.2. Doğrusal trend türleri



Şekil 6.3. Eğrisel trend türleri.



Şekil 6.4. Juliusruh (54.6° N, 13.4° E) istasyonundan alınan, foF2, kritik frekans değerlerinin trend eğrisi. (12 00 YZ, 1976 – 1996) [26].

Şekil 6.4'de foF2, değerlerinin azalan doğrusal bir eğilime sahip olduğu görülmektedir.

6.4. Seriler Arası İlişkiler

İstatistiksel olarak iki seri arasındaki ilişkinin hangi yöntemlerle ölçülebileceğine girmeden önce, seriler arasındaki ilişkileri iki temel gruba ayırabiliriz:

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

Deterministik ilişkiler çeşitli fonksiyonel türden ilişkilerdir. Bunlara aşağıdaki birkaç fonksiyonu örnek verebiliriz [25].

- $Y = aX + b$ Doğrusal İlişki
- $Y = aX^2 + bX + c$ Parabolik İlişki
- $Y = e^{aX + b}$ Üstel İlişki
- $Y = a^{bX + c}$ Üssel ilişki

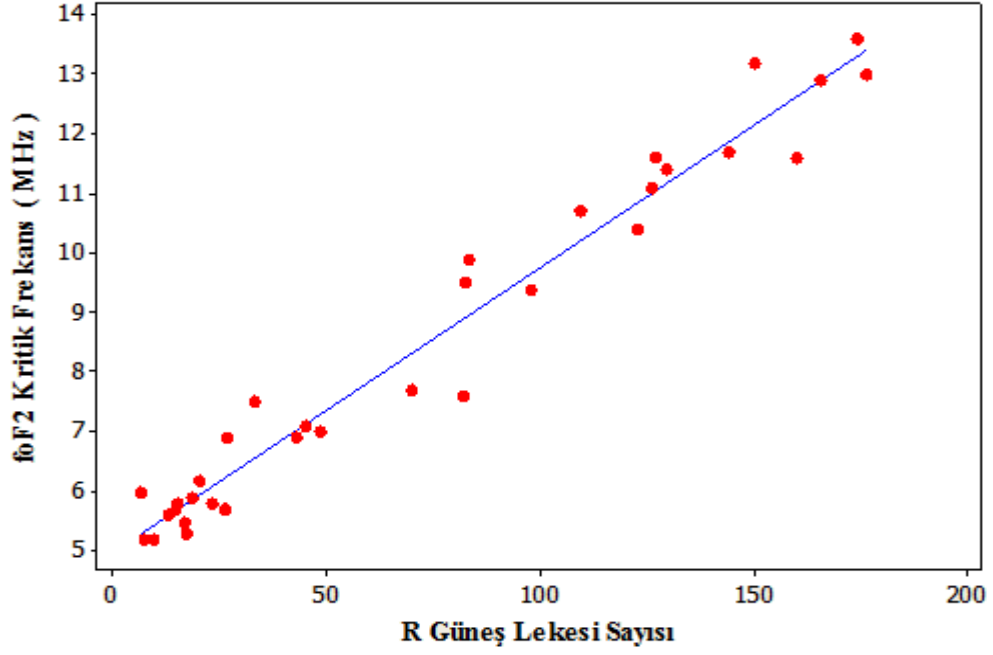
Deterministik ilişkilerde, serilerden birinin aldığı değer bilindiğinde diğer serinin alacağı değer kesin olarak hesaplanabilir.

Stokastik ilişkiler kesin olmayan, önceden hangi değeri alacağı kesin olarak bilinmeyen olaylar arasındaki ilişkilerdir. Daha çok iktisat, işletme gibi davranış bilimlerine konu olan ilişkiler stokastik karakterlidir.

Deterministik ve stokastik ilişkilere ilişkin bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi deterministik ilişkiler daha çok fen bilimleri alanında görülürken stokastik ilişkiler daha çok sosyal bilimlerde, özel olarak davranış bilimlerinde ortaya çıkmaktadır [25].

6.4.1. Serpilme Diyagramı

İki seri arasındaki deterministik veya stokastik ilişkinin derecesini kabaca gözlemlemeye yarayan en basit araç Serpilme Diyagramı adı verilen grafiklerdir. Serpilme diyagramında aralarında ilişki aranan iki serinin karşılıklı gözlem değerlerinin oluşturduğu, (X_i, Y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ ikilileri birer nokta olarak XY koordinat düzleminde işaretlenir. İstatistiğe konu olan seriler genellikle pozitif büyüklükler olduğundan iki seriye ait noktalar ++ bölgesinde yer alır. Deterministik bir ilişkiye sahip iki serinin serpilme diyagramındaki gözlem noktaları doğruya yakın bir serpilme göstermektedir [25].



Şekil 6.5. Juliusruh (54.6⁰ N, 13.4⁰ E) istasyonundan alınan iyonosferik parametre, foF2, kritik frekans değerleri ile R, güneş lekesi sayılarına ilişkin serpilme diyagramı. (12 00 YZ, Aralık 1964-1996) [26].

Şekil 6.5' deki serpilme diyagramını incelediğimizde foF2 kritik frekans ve R güneş lekesi sayısı serilerinin gözlem noktalarının doğruya yakın bir şekilde serpildiği görülmektedir. Bu da iki serinin aralarında deterministik bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir.

6.4.2. Korelasyon Katsayısı

İki seri arasındaki ilişkinin derecesini veren diğer 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 [25]

$$\rho_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_X)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)^2}} \quad (6.3)$$

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,
$\rho = -1$	ise, ters yönlü tam ilişki,
$\rho = 0$	ise, ilişki yok,
$\rho = 1$	ise, doğru yönlü tam ilişki,
$\rho < -0,5$	ise, ters yönlü kuvvetli ilişki,
$\rho > -0,5$	ise, ters yönlü zayıf ilişki,
$\rho > 0,5$	ise, doğru yönlü kuvvetli ilişki,
$\rho < 0,5$	ise, doğru yönlü zayıf ilişki

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

6.5. Regresyon Analizi

Yukarıdaki bölümlerde iki seri arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten başta serpilme diyagramı ve korelasyon katsayısı kavramlarını açıklamıştık. Burada sayılan ölçülerin dışında, verilen iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin fonksiyonel biçimini de belirlemeye yarayan daha ileri bir istatistiksel araç olan Regresyon Analizini anlatacağız. Anımsanacağı gibi X ve Y değişkenleri arasında korelasyon katsayısı hesaplanırken değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken olarak bir ayırıma tabi tutulması hesaplamalar açısından önemli değildi. Regresyonda ise değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken(ler) olarak iki gruba ayrılması zorunluluktur. 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. Bağımsız değişken(ler)in her farklı değer(ler)i için bağımlı değişkenin değeri sabit ise ortada araştırılacak bir problem yoktur [25].

6.5.1. Basit Regresyon

6.5.1.1. Uygun Model Seçimi

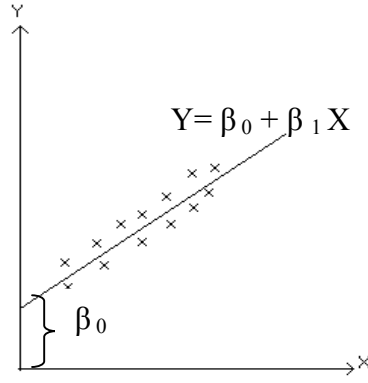
Regresyonda bir bağımlı değişken ve bir ya da daha fazla sayıda bağımsız değişken vardır. Bağımsız değişkenin birden fazla olma durumu 6.5.2. bölümünde detaylı olarak ele alınacaktır. Burada bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişkenin var olduğu basit regresyon modelindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi belirleyecek modelin nasıl olduğunun ortaya çıkartılması açıklanmaya çalışılacaktır. n sayıda birimin her birinden bağımlı değişken (Y) ve bağımsız değişken (X) değerleri saptanmış olsun. Bu durumda $(Y_1, X_1), (Y_2, X_2), \dots, (Y_n, X_n)$ olmak üzere n sayıda gözlem değeri olacaktır.

Acaba Y ve X değişkenleri arasındaki ilişkinin şekli nasıldır? Bu ilişkiyi matematiksel eşitlik olarak ifade edebilir miyiz? Bu soruların yanıtlarını verebilmek için $(Y_i, X_i), i = 1, 2, \dots, n$ gözlem çiftlerini koordinat eksenlerine işaretlemek gerekir. Yukarıdaki bölümde de bahsettiğimiz gibi buna regresyonda serpm diyagramının hazırlanması denir. n sayıda gözlem çiftinin her biri için serpm diyagramda birer nokta oluşacaktır.

Bu noktaların konumuna bakılarak nasıl bir model olduğuna karar verilir. Eğer noktalar bir doğru etrafında toplanıyorsa doğrusal bir model olduğuna karar verilir. Bu regresyon modeline şekil 6.5' deki serpilme diyagramı örnek verilebilir. Şekil 6.5' i incelediğimizde, noktaların bir doğru etrafında toplandığını görebiliriz. Bundan dolayı seçeceğimiz regresyon modeli, doğrusal regresyon modeli olur. Bu modelin regresyon denklemini ise denklem (6.4)' deki şekilde yazabiliriz [25]

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (6.4)$$

Bu modele bir bağımsız değişkenli doğrusal regresyon modeli denir. β_0 ve β_1 modelin bilinmeyen parametreleridir. ϵ hata terimi olup Y ve X gözlenebilen değişken değerleridir. Denklemden görüldüğü gibi, basit regresyonda sayısal değerini bulmamız gereken iki katsayı vardır. β_0 ve β_1 . Şekil 6.6' deki basit doğrusal 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.



Şekil 6.6. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu.

Verilen Y_i ve X_i serilerini kullanarak, β_0 ve β_1 katsayılarının sayısal değerlerini (6.5) ve (6.6) denklemlerini kullanarak bulabiliriz [25].

$$\beta_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (6.5)$$

$$\beta_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (6.6)$$

6.5.1.2. Determinasyon Katsayısı

Tahmin edilen bir regresyonun genel başarısı yüzdellik bir derece olarak determinasyon katsayısı ile ölçülür. R^2 ile gösterilen determinasyon katsayısı, basit regresyon için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki basit korelasyon katsayısının karesinden başka bir şey değildir. Yani,

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x) \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_y))^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_y)^2} \quad (6.7)$$

şeklinde yazılır [25]. 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 [25].

6.5.2. Çoklu Regresyon

Regresyonda birden fazla bağımsız değişken olduğu modele çoklu regresyon denilmektedir. Teorik olarak bağımlı değişkeni açıklayabilecek sonsuz sayıda bağımsız değişken düşünülebilir. Ancak, uygulamada 1 ya da 2, bazen 3, bağımsız değişken bağımlı değişkeni açıklayabilir. Determinasyon katsayısının 0,80 dolayında olması yeterli kabul edilmektedir. k sayıda bağımsız değişkenin olduğu regresyon modeli denklem (6.8)' deki gibi yazılabilir [25].

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (6.8)$$

İki bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon modeli ise denklem (6.9)' da verildiği gibidir [25].

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon \quad (6.9)$$

Denklemdaki β_0 , β_1 ve β_2 regresyon katsayıları, X_1 ve X_2 ise bağımsız değişkenlerimizdir. Verilen Y_i , X_{1i} ve X_{2i} serilerini kullanarak β_0 , β_1 ve β_2 katsayılarını (6.10), (6.11) ve (6.12) denklemlerini kullanarak bulabiliriz [25].

$$\beta_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}) \right)}{\left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2 (X_{2i} - \mu_{2X})^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}) \right)^2} \quad (6.10)$$

$$\beta_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (X_{2i} - \mu_{2X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(Y_i - \mu_Y) \sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}) \right)}{\left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})^2 (X_{2i} - \mu_{2X})^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \mu_{1X})(X_{2i} - \mu_{2X}) \right)^2} \quad (6.11)$$

$$\beta_0 = \mu_Y - \beta_1 \mu_{1X} - \beta_2 \mu_{2X} \quad (6.12)$$

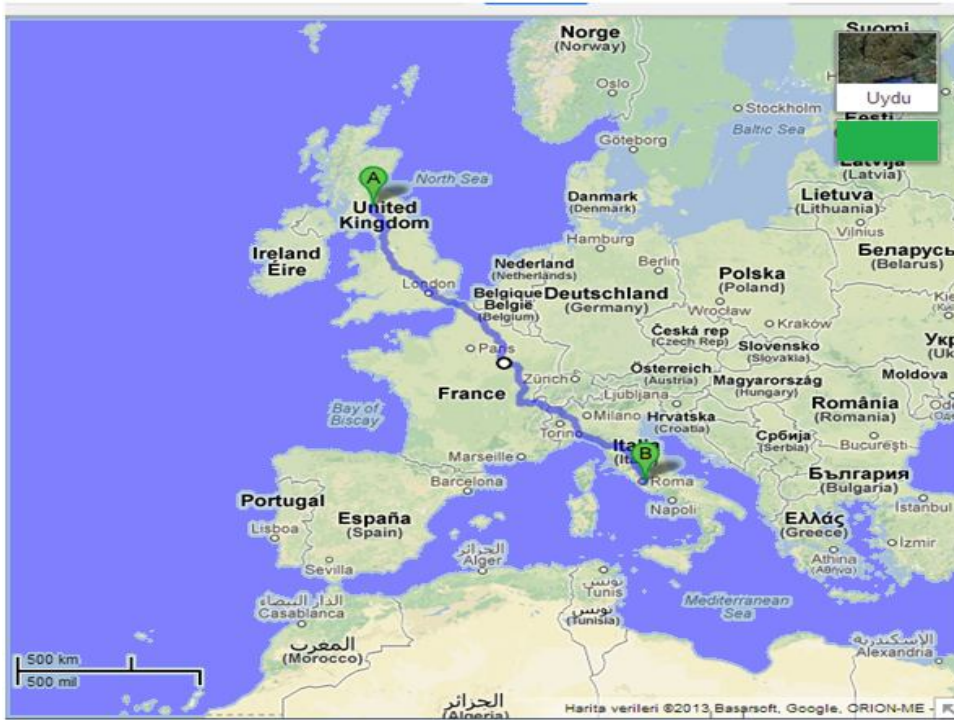
6.5.2.1. Çoklu Determinasyon Katsayısı

Çoklu regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uyumun iyiliğini, yani çoklu regresyonun genel başarısını ölçen araca çoklu determinasyon katsayısı adı verilir [25].

$$R_{Y,X_1,X_2}^2 = \frac{\beta_1 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)(X_{1i} - \mu_{1X}) + \beta_2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)(X_{2i} - \mu_{2X})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \mu_Y)^2} \quad (6.13)$$

7) BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 21.Güneş döngüleri için Slough (51.5⁰N,0.6⁰W) ve Rome (41°54'N, 12°30'E) üzerindeki foF2' nin aylık öğlen medyan değerlerinin değişimleri, farklı güneş aktivite indisleri (güneş parlaklık indisi, güneş lekesi sayısı ve 2800 MHz deki güneş akısı) kullanılarak incelenmiştir. Bu dataların konumları şekil 7.1 de gösterilmiştir. Bu iki data merkezinin seçilmesinin amacı düzenli dataların bulunmasıdır.



Şekil 7.1 Slough (A) ve Rome (B) istasyonlarına ait konum grafiği

foF2 ile Güneş aktivite indisleri arasındaki ilişkinin mevsimsel değişimini görmek için her bir güneş döngüsündeki tüm aylar ekinoks (Mart, Nisan, Eylül, Ekim), yaz (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos) ve kış (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) olarak üç mevsime ayrılmıştır. İlişkinin büyüklüğünü ve değişimini incelemek için basit regresyon analizi kullanılmıştır. Minitab programı kullanılarak grafiklerimiz elde edilmiştir. Elde edilen sonuçları kısaca şöyle sıralayabiliriz: (1) Güneş indisleri ile iyonosferik foF2 arasında nitelikli bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki mevsimler arasında farklılık göstermektedir. (2)

foF2 ile Güneş indisleri arasındaki ilişki, ekinoks ve kış aylarında yaz ayına göre daha güçlüdür. (3) İlişkinin büyüklüğü, indeksten indekse, döngüden döngüye ve konumdan konuma değişmektedir.

Rome istasyonuna ait 21.Güneş döngüsü ölçümlerinin foF2' nin medyan değerleri ile R (Güneş lekesi sayısı) verileri arasındaki ilişki, Şekil 7.2 (a),(b),(c) istatistik yöntemler kullanılarak incelenmiştir, daha sonra foF2' nin Güneş lekesi sayısının medyan değerleri için regresyon ve uzun süreli eğilim modeli elde edilmiştir. Lineer regresyon analizine göre, Güneş lekesi sayısı ile foF2 arasındaki ilişki pozitif çevrimini tamamlarken kış için % 91.6 , yaz için % 88.4 , ekinoks için % 74.6 ' lik güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş lekesi sayısı döngüsünü tamamlarken lineer regresyon analizine göre, negatif çevrimde kış için % 86.5 , ekinoks için % 85.9 , yaz için % 82.6 ' lik güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş lekesi döngüsü pozitif çevrimini tamamlarken kışın yaz dönemine göre, yazın ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Negatif çevrimini tamamlarken kışın ekinoks dönemine göre, ekinoks döneminin yaz dönemine göre daha güçlüdür.

Roma istasyonuna ait değerler Şekil 7.3 (a),(b),(c) foF2' nin medyan değerleri ile $F_{10.7}$ (Güneş akısı indisi) verileri arasındaki ilişki, foF2' nin Güneş akısı indisinin medyan değerleri için regresyon ve uzun süreli eğilim modeli elde edilmiştir. Lineer regresyon analizine göre, Güneş akısı döngüsü ile foF2 arasındaki ilişki pozitif çevrimi tamamlarken yaz için % 93.8 , kış için % 93.0 , ekinoks için %80,1 ' lik güçlü ilişki bulunmaktadır. Lineer regresyon analizine göre, Güneş akısı indisi döngüsünü tamamlarken negatif çevrimde kış için % 88.5 , ekinoks için % 88.1 , yaz için % 83.3 ' lik güçlü bir ilişki görülmüştür. Güneş akısı döngüsü pozitif çevrimini tamamlarken yazın kış dönemine göre , kışın ise ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Negatif çevrimini tamamlarken kışın ekinoks dönemine göre, ekinoks döneminin yaz dönemine göre daha güçlüdür.

Roma istasyonuna ait değerler Şekil 7.4 (a),(b),(c) foF2' nin medyan değerleri ile Güneş parlaklık indisi verileri arasındaki ilişki, foF2' nin parlama indisinin medyan değerleri için regresyon ve uzun süreli eğilim modeli analiz edilmiştir. Lineer regresyon analizine göre, Güneş döngüsüne ait Güneş parlama indisi ile foF2 arasındaki pozitif çevrimi yaz için % 85.0 , kış için % 81.2 , ekinoks için % 66.8 ' lik güçlü bir ilişki bulunur. Güneş parlama indisi döngüsünü tamamlarken lineer regresyon analizine göre negatif çevrimi kış için % 71.3 ,ekinoks için % 69.4 , yaz için % 65.8 ' lik güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş parlama indisi döngüsü, pozitif çevrimini tamamlarken yazın kış dönemine göre , kışın ise ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Negatif çevrimini

tamamlarken kışın ekinoks dönemine göre, ekinoks döneminin yaz dönemine göre daha güçlüdür.

Diğer bir çalışmada Dünya Data Merkezinden aldığımız Slough istasyonuna ait değerler için inceleme yapılmıştır. Şekil 7.5 (a),(b),(c) foF2' nin medyan değerleri ile Güneş lekesi sayısı , Şekil 7.6 (a),(b),(c) Güneş akısı , Şekil 7.6 (a),(b),(c) parlama indisleri verileri arasındaki ilişki, istatistik yöntemler kullanılarak incelenmiştir, daha sonra foF2' nin parlama indisinin medyan değerleri için regresyon ve uzun süreli eğilim modeli elde edilmiştir. Şekil 7.5 (a),(b),(c). Slough istasyonuna ait 21. Güneş döngüsünün Güneş lekesi sayısı ile foF2 arasındaki ilişki pozitif çevrimini tamamlarken lineer regresyon analizine göre, yaz için % 93.4 , kış için % 92.4 , ekinoks için % 71.6' lık güçlü ilişki görülmektedir. Güneş lekesi sayısı döngüsünü tamamlarken lineer regresyon analizine göre negatif çevrimde yaz için % 82.5 , kış için % 79.7 , ekinoks için % 78.1 ' lik güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş lekesi döngüsü pozitif çevrimini tamamlarken yaz döneminin, kış dönemine göre, kışın ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Negatif çevrimini tamamlarken yaz döneminin, kış dönemine göre , kışın ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Şekil 7.6 (a),(b),(c) Slough istasyonuna ait 21. Güneş döngüsü için, lineer regresyon analizine göre, Güneş akısı ile foF2 arasındaki pozitif çevrimini tamamlarken kış için % 95.4 , yaz için % 95.1 , ekinoks için % 78.0 ' lık güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Güneş akısı indisini döngüsünü tamamlarken lineer regresyon analizine göre, negatif çevrimde yaz için % 84.5, kış için % 84.4 , ekinoks için % 76.9 ' luk güçlü ilişki bulunur. Güneş akısı döngüsü pozitif çevrimini tamamlarken kışın, yaz dönemine göre , yazın ise ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. negatif çevrimini tamamlarken yazın, kış dönemine göre, kışın ekinoks dönemine göre, daha güçlüdür.

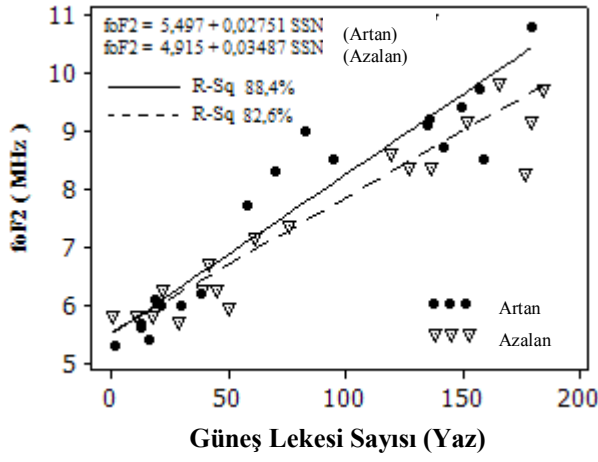
Şekil 7.7 (a),(b),(c) Slough istasyonuna ait 21. döngü için, Güneş döngüsüne ait Güneş parlama indisini ile foF2 arasındaki pozitif çevrimi lineer regresyon analizine göre yaz için % 88.6 , kış için % 81.1 , ekinoks için % 62.9' luk güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş parlama indisini çevrimi döngüsünü tamamlarken negatif çevrimi lineer regresyon analizine göre kış için % 69.3 , yaz için % 65.8 , ekinoks için % 63.9' luk güçlü ilişki bulunmaktadır. Güneş parlama indisini, pozitif çevrimini tamamlarken yazın kış dönemine göre , kışın ise ekinoks dönemine göre daha güçlüdür. Negatif çevrimini tamamlarken kışın yaz dönemine göre, yaz döneminin ekinoks dönemine göre daha güçlüdür.

Genel olarak Slough ve Rome istasyonları için foF2 'nin R, F_{10.7}, parlama indisleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. foF2 (kritik frekans) değeri Güneş

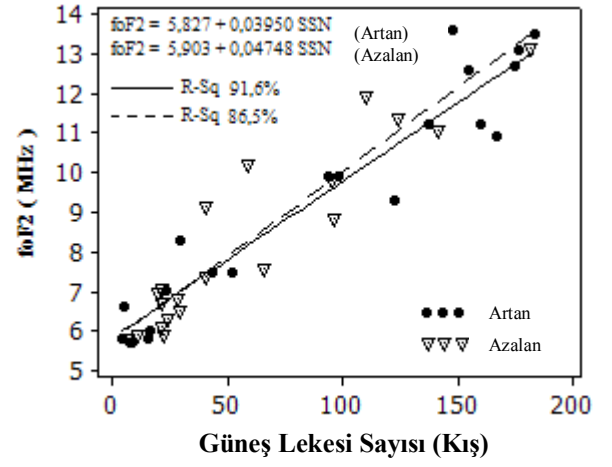
indeksleri ile artarken, foF2 değeri yaz dönemine göre kış ve ekinoks dönemlerinde daha fazla bir artış göstermiştir.

Aynı grafikler farklı istasyon değerleri için yapılmıştır. Lekelerin düşük enlemleri daha fazla etkilediği, Güneş devrinin sonunda bu etkinin ekvatora yaklaştığını gözlemledik.

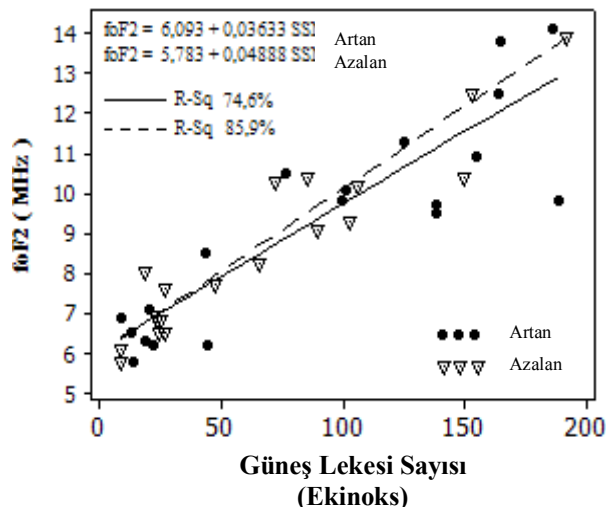
Sonuç olarak; Rome istasyonu için foF2' nin R, F_{10.7}, FI arasındaki ilişki mevsimsel olarak, regresyon ve serpilme diyagramı incelendiğinde foF2' nin R indisi arasındaki ilişki kışın, yaza göre daha güçlü olduğu gözlenmiştir. Slough istasyonu için ise foF2' nin R indisi arasındaki lineer regresyon analizine göre ilişki yazın, kışa göre daha güçlüdür. Rome istasyonu için F_{10.7} indisi arasındaki ilişki incelendiğinde yazın, kışa göre daha güçlü olduğu gözlenmiştir. Slough istasyonu için ise foF2' nin, F_{10.7} indisi arasındaki lineer regresyon analizine göre kışın, yaza göre daha güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Rome istasyonu için foF2' nin, FI indisi arasındaki ilişki yazın, kışa göre daha güçlü bir ilişki bulunurken Slough istasyonunda foF2' nin FI indisi ile yazın kışa göre daha güçlü ilişki bulunmaktadır.



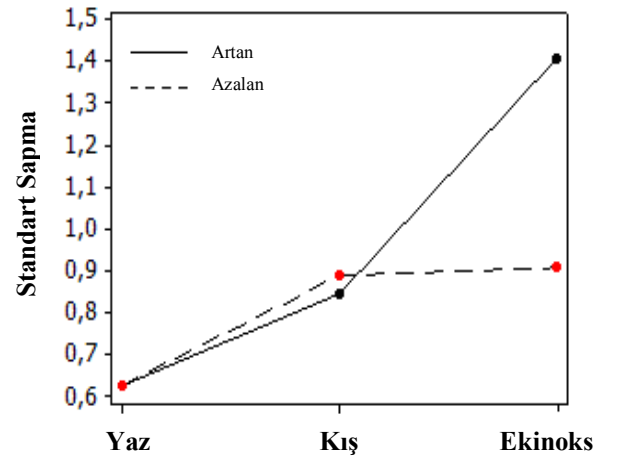
(a)



(b)

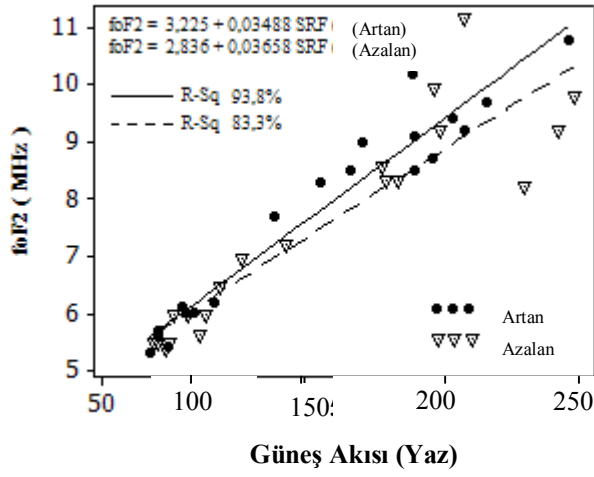


(c)

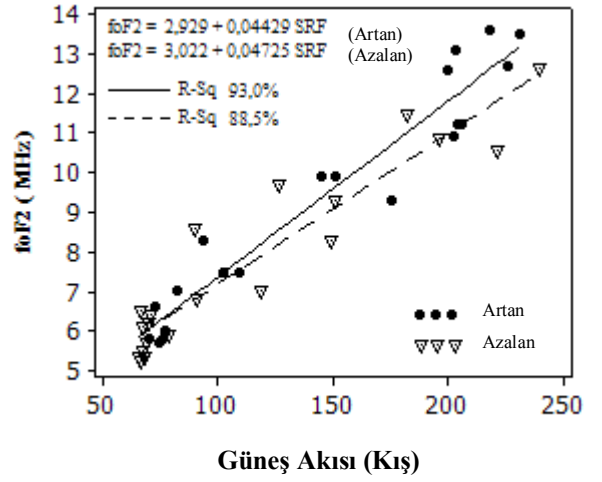


(d)

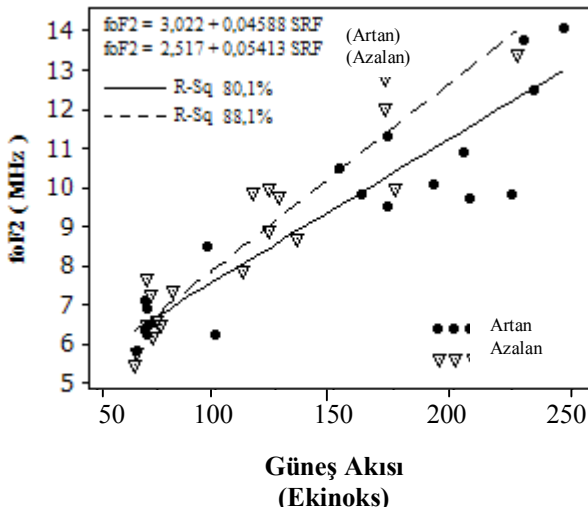
Şekil 7.2 Rome (41°54'N, 12°30'E) istasyonundan alınan Güneş Lekesi Sayısı (R) , foF2 (MHz) verileri ile mevsimsel değişimi (a), foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının yaz mevsimine göre değişimi (b), foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının kış mevsimine göre değişimi (c), foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının ekinoks mevsimine göre değişimi (d). Standart sapmanın, Güneş Lekesi (R) sayısına göre değişimi



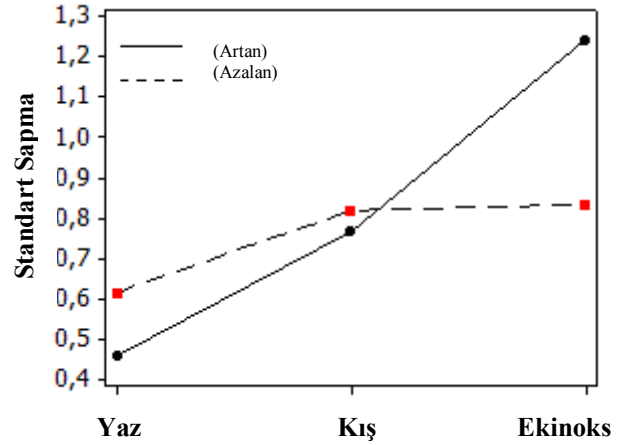
(a)



(b)

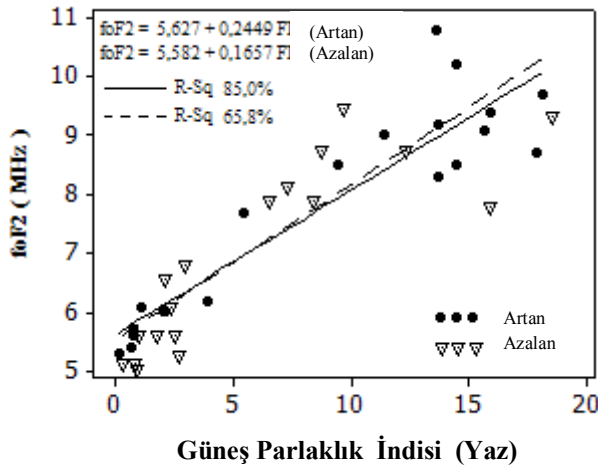


(c)

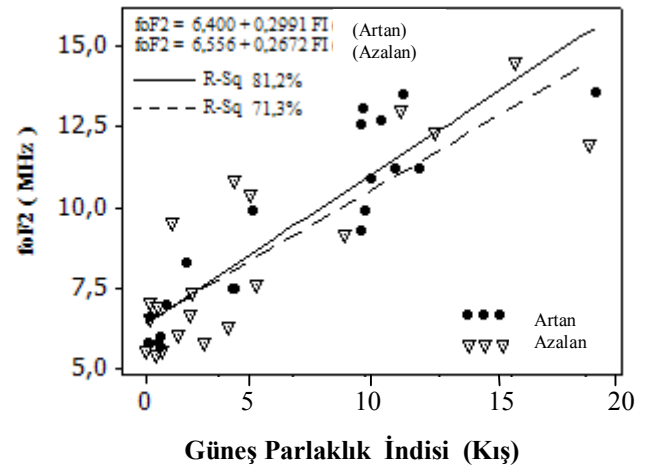


(d)

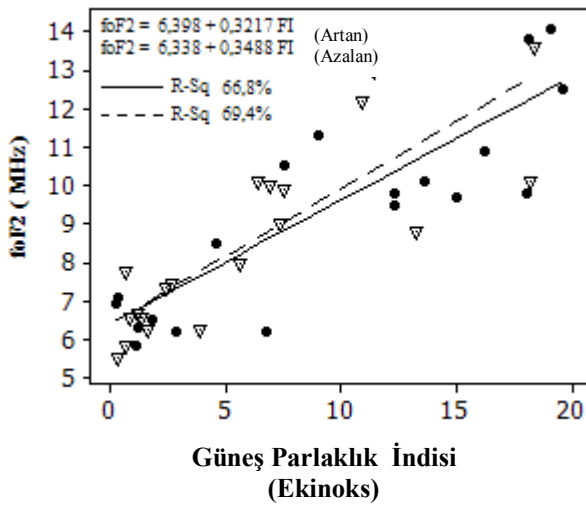
Şekil 7.3 Rome ($41^{\circ}54'N$, $12^{\circ}30'E$) istasyonundan alınan Güneş akısının ($F_{10,7}$), f_oF_2 (MHz) ile mevsimsel değişimi (a). f_oF_2 ile Güneş akısının yaz mevsimine göre değişimi (b). f_oF_2 ile Güneş akısının kış mevsimine göre değişimi (c). f_oF_2 ile Güneş akısının ekinoks mevsimine göre değişimi (d). Standart sapmanın Güneş Akısına göre değişimi



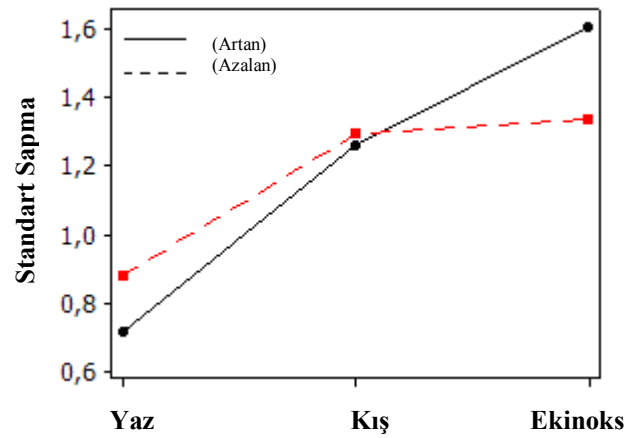
(a)



(b)

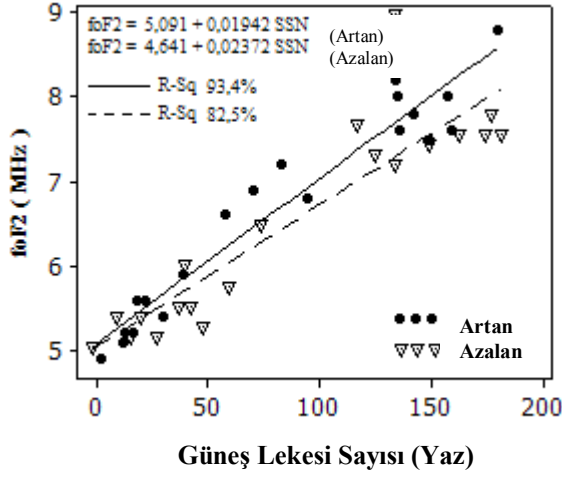


(c)

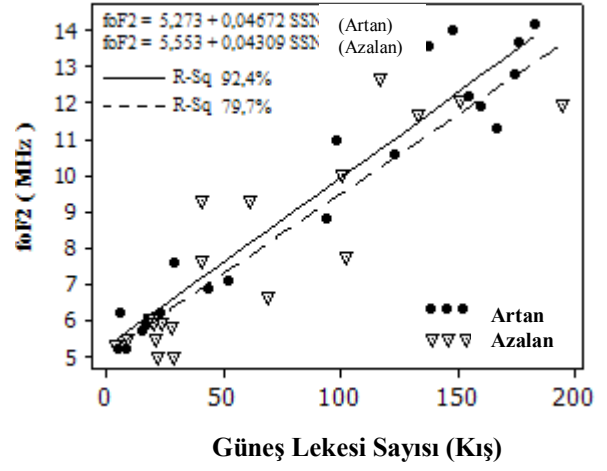


(d)

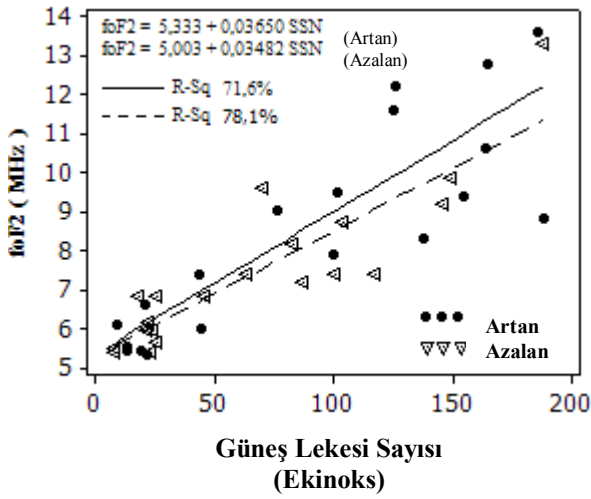
Şekil 7.4 Rome (41°54'N, 12°30'E) istasyonundan alınan Güneş Parlaklık indisinin (FI), f_oF_2 (MHz) ile mevsimsel değişimi **(a)**, f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin yaz mevsimine göre değişimi **(b)**, f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin kış mevsimine göre değişimi **(c)**, f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin ekinoks mevsimine göre değişimi **(d)**. Standart sapmanın Güneş Parlaklık indisinin göre değişimi



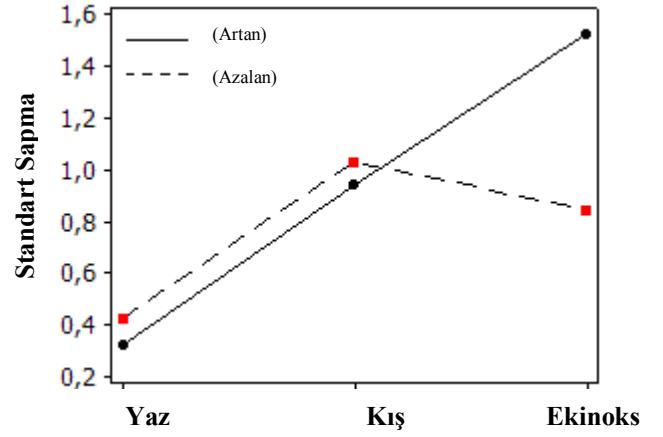
(a)



(b)

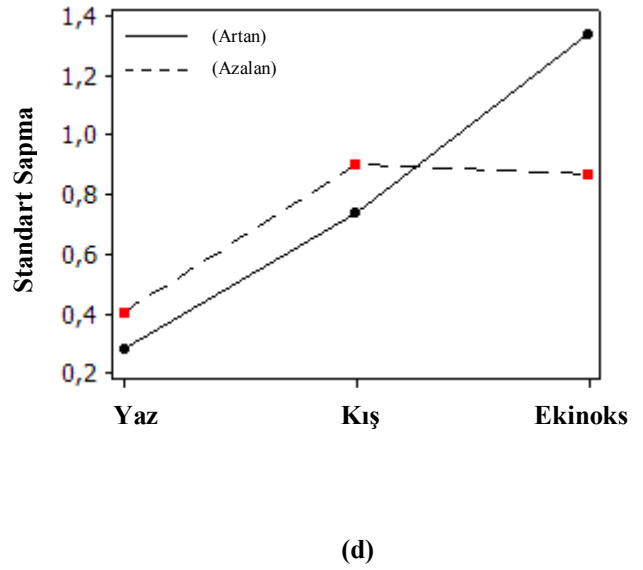
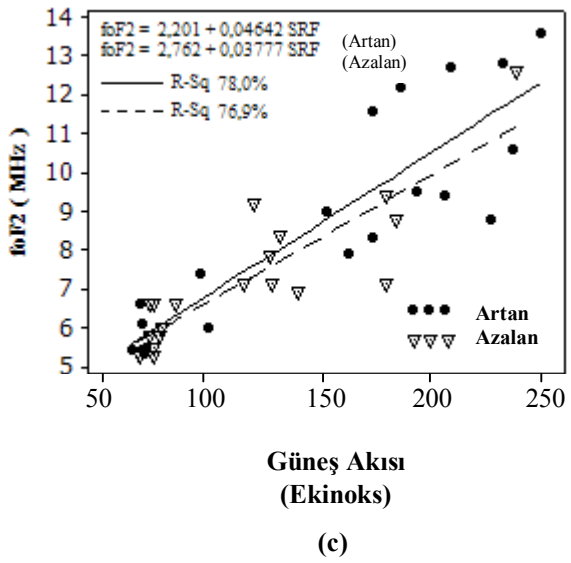
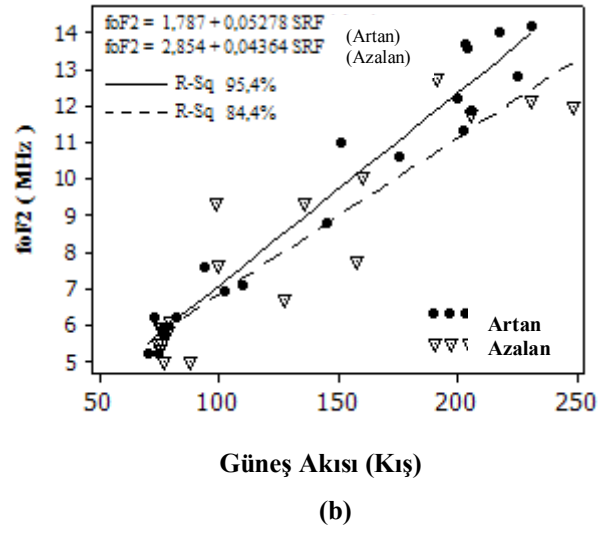
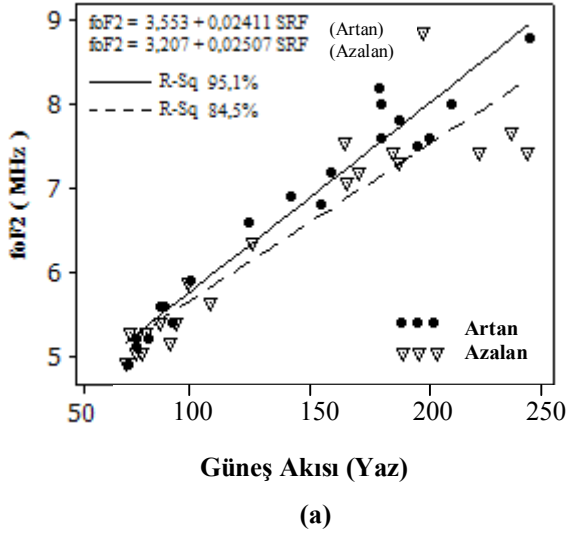


(c)

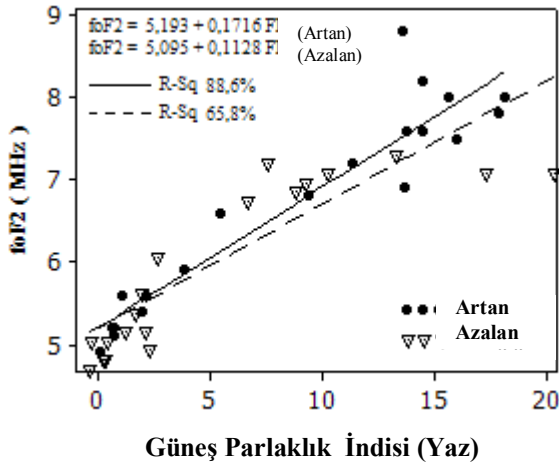


(d)

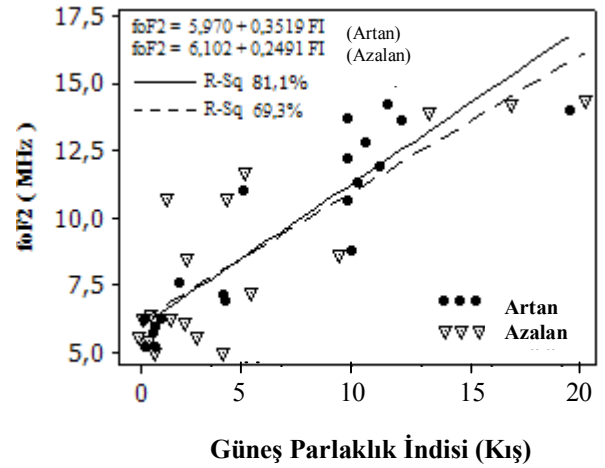
Şekil 7.5 Slough (51.5⁰N,0.6⁰W) istasyonundan alınan Güneş Lekesi Sayısı (R), foF2 (MHz) verileri ile mevsimsel değişimi (a). foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının yaz mevsimine göre değişimi (b). foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının kış mevsimine göre değişimi (c). foF2 ile Güneş Lekesi Sayısının ekinoks mevsimine göre değişimi (d). Standart sapmanın, Güneş Lekesi (R) sayısına göre değişimi



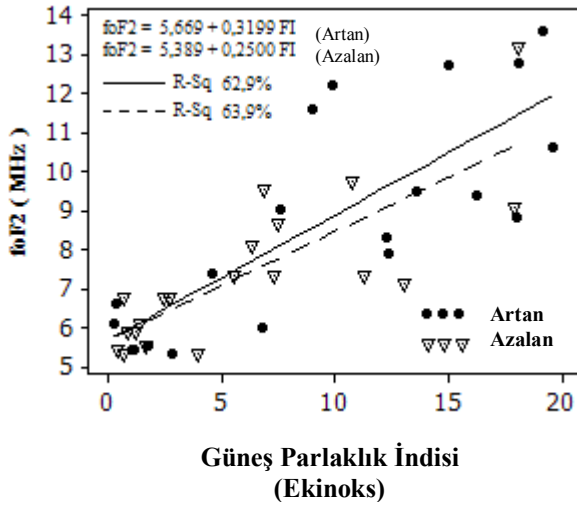
Şekil 7.6 Slough ($51.5^{\circ}N, 0.6^{\circ}W$) istasyonundan alınan Güneş akısının ($F_{10,7}$), f_oF_2 (MHz) ile mevsimsel değişimi (a). f_oF_2 ile Güneş akısının yaz mevsimine göre değişimi (b). f_oF_2 ile Güneş akısının kış mevsimine göre değişimi (c). f_oF_2 ile Güneş akısının ekinoks mevsimine göre değişimi (d). Standart sapmanın Güneş Akısına göre değişimi



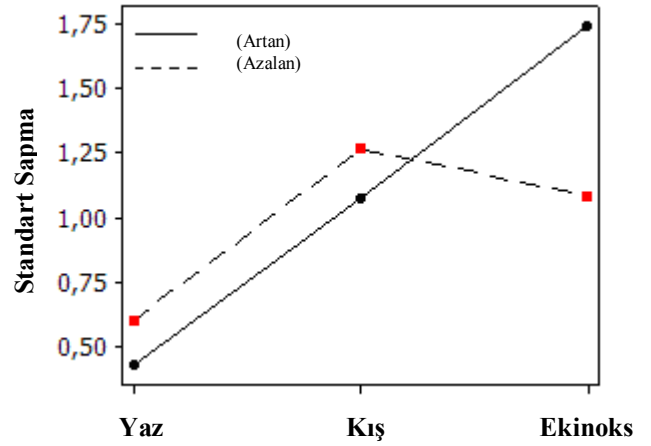
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 7.7 Slough (51.5⁰N,0.6⁰W) istasyonundan alınan Güneş Parlaklık indisinin (FI), f_oF_2 (MHz) ile mevsimsel değişimi (a). f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin yaz mevsimine göre değişimi (b). f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin kış mevsimine göre değişimi (c). f_oF_2 ile Güneş Parlaklık indisinin ekinoks mevsimine göre değişimi (d). Standart sapmanın Güneş Parlaklık indisinin göre değişimi

KAYNAKLAR

1. Hunsucker, R.D. and Hargreaves, J., K., 2003, The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation, **Cambridge University Press**, 1-50
2. Aydoğdu M, Yeşil A, Güzel E, 2003, The Group Refractive Indices of HF Waves in the Ionosphere and Departure From the Magnitude Without Collisions, Elazığ,
3. Özcan, O., Aydoğdu, M., Yeşil, 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
4. Rishbeth, Henry, 1973, Physics and Chemistry of the Ionospheric Contemp, **Phys**, 14,229, 240
5. Akkaya, İ., Antenler ve Propagasyon, Mart, 1997
6. Özcan, O, 1987, Elazığ üzerindeki iyon kürenin incelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 11-15
7. Aydoğdu, M., 1988, Dip Ekvatoru Üzerindeki İyon kürenin F-Bölgesindeki Elektron Kayıp Katsayısının (β) Hesaplanması, **Doğa**, **12**, 14-21
8. Rishbeth, H. ve Garriot, O.K., 1969, *Introduction to Ionospheric Physics*, **Academic Pres, New York**
9. Aydoğdu, M., 1980, Ariel 4 uydusuyla elde edilen elektron yoğunluğu verilerinin 70°-80° D ve 60°-70° B boylamları arasında incelenmesi, **Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakültesi**, İzmir, 10-41
10. Karatay, S., 2005, İyon kürenin Plazmasında Kış Anormalliği, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 10-12
11. Abur-Robb, M. F. K., 1969, Combined World-Wide Neutral Air Wind And Electrodynamic Drift Effects On The F2-Layer, **Planet Space Sci.**, **17**, 1269-1279
12. Bailey, G. J., Su, Y. Z. and Oyama, K.-I., 2000, Yearly Variations In The Low-Latitude Topside Ionosphere, **Ann. Geophysicae**, **18**, 789-798
13. Rishbeth, H., 1967, A Review of Ionospheric F Region Theory, **Proceedings of The Iee**, **55**, 16-35

14. Zhang, S. R., Oliver, W. L., Fukao, S. and Otsuka, Y., 2000, A Study of The Forenoon Ionospheric F2-Layer Behavior Over The Middle And Upper Atmospheric Radar, **Journal of Geophysical Research**, **105**, 15,823-15,833
15. Millward, G. H., Rishbeth, H., Fuller-Rowell, T. J., Aylward, A. D., Quegan, S. and Moffett, R. J., 1996, Ionospheric F2-Layer Seasonal And Semiannual Variations, **Journal of Geophysical Research**, **101**, 5149-5156
16. Rapoport, Z. Ts. and Sinel'nikov, V. M., 1998, Experimental Electron Concentration Profiles Of The Midlatitude Lower Ionosphere And The Winter Anomaly, **International Journal of Geomagnetism and Aeronomy**, **1**, 2-7
17. Bakır, M.A. ve Adın, C., 2006, *İstatistik. Nobel Yayınları* ,Ankara, 115-118s
18. <http://www.ngdc.noaa.gov/>
19. Chien-Chih Lee, Bodo W. Reinisch, Quiet-Condition hmF2, NmF2, and B₀ variations at Jicamarca and comparison with IRI-2001 during solar maximum, **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, **68**, 2138-2146
20. <http://www.secnoaa.gov/info/glossory.html#KINDEX>
21. M. Förster, N. Jakowski, “Geomagnetic storm effects on the topside ionosphere and plasmasphere: a compact tutorial and new results”, *Surv. Geophys.*, 21, 47-87, (2000).
22. H. Agopyan, “Magnetic and Ionospheric Storms in Istanbul: An Observational Review”, *Journal of The Chamber of Geophysical Engineers of Turkiye, Geophysics, Jeofizik*, edited by Ahmet Tuğrul BAŞOKUR, 8 (2), 105-121, ISSN 0259-1472, (1994).
23. S. Matsushita, “A study of the morphology of ionospheric storms”, *J. Geophys. Res.*, 64, 305-321, (1959).
24. <http://www.sec.noaa.gov/info/kindex.html>
25. Karagöz, M., 1999, **İstatistik Yöntemleri**
26. İnternet; USDOC/NOAA/NESDIS/National Geophysical Data Center
<http://www.ngdc.noaa.gov>; (esin tarihi: 18.06.2008)
27. Ünver, Ö., Gamgan, H., 2006, **Uygulamalı Temel İstatistik Yöntemler**

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe İNCE

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 21.07.1987
Doğum Yeri : Elazığ
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekar

Eğitim:

İlköğretim:

1994-1999 Dumlupınar İlköğretim Okulu (Elazığ)

Ortaöğretim:

1999-2002 Dumlupınar İlköğretim Okulu (Elazığ)

Lise:

2002-2005 Mehmet Akif Ersoy Lisesi (Elazığ)

Lisans:

2006-2010 Fırat Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik , Elazığ

Tezsiz Yüksek Lisans:

2010-2011 Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ