

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**IRI-2001 MODELİ İLE ELDE EDİLEN F2-BÖLGESİNİN
MAKSİMUM ELEKTRON YOĞUNLUĞUNUN İNCELENMESİ**

Selçuk SAĞIR

Danışman
Prof. Dr. Osman ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**IRI-2001 MODELİ İLE ELDE EDİLEN F2-BÖLGESİNİN
MAKSİMUM ELEKTRON YOĞUNLUĞUNUN İNCELENMESİ**

Selçuk SAĞIR

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Bu tez 05/08/2008 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof.Dr. Osman ÖZCAN

Üye: Prof.Dr.Mehmet AYDOĞDU

Üye:Doç.Dr. İbrahim TÜRKOĞLU

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

TEŞEKKÜR

Bu tezimin hazırlanması süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman ÖZCAN' a ve anabilim dalımızdaki herkesin hocası olan sayın Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU' ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca desteklerinden dolayı hocam Yrd. Doç. Dr. Ali Yeşil, arkadaşlarım Seçil KARATAY ve Kadri KURT' a teşekkür ederim.

Selçuk SAĞIR

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	II
ÇİZELGELER LİSTESİ	IV
SİMGELER LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
2. İYONKÜRE BÖLGELERİ	4
2.1. D- Bölgesi	4
2.2. E- Bölgesi	5
2.3. F- Bölgesi	5
3. ELEKTRON YOĞUNLUĞUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	7
3.1. Fotokimyasal Süreçler	8
3.2. Dinamik Süreçler	
3.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu	9
3.2.2. Nötr Rüzgarları	10
3.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme	13
3.2.4. Atmosferin Genleşmesi ve Büzülmesi	13
3.2.5. Protoküre ile İyonküre Arasındaki Difüzyon	14
4. F2 BÖLGESİ ELEKTRON YOĞUNLUĞU ANORMALLİKLERİ	15
4.1. Günlük Değişmeler	15
4.2. Mevsimsel Anormallik ve Yarıyılık- Yıllık Değişmeleri	16
4.3. Ekvatorial Anormallik	18
4.4. Gece F2Bölgesi	20
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
5.1. Elektron Yoğunluğunun Mevsimsel Olarak Karşılaştırılması	23
5.2. Elektron Yoğunluğunun Mart ve Eylül Ayları İçin Karşılaştırılması	27
5.3. Elektron Yoğunluğunun Haziran ve Aralık Ayları İçin Karşılaştırılması	35
5.4. Ölçülen ve Hesaplanan Maksimum Elektron Yoğunluğu Değerleri Arasındaki Korelasyon Katsayısının Hesaplanması	43
6. SONUÇ	46
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Atmosfer kompozisyonu	3
Şekil 3.1. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi	7
Şekil 3.2. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu	8
Şekil 3.3. Nötr rüzgarın düşey hızı.....	11
Şekil 3.4 Nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi	11
Şekil 4.1. Elektron yoğunluğunda öğle ve akşamüstü saatlerde meydana gelen minimum ve maksimum.....	15
Şekil 4.2. Öğle saatlerinde gözlenen mevsimsel anormallik.....	17
Şekil 4.3.. Kuzey ve güney yarımkürelerde ekvatorial çukur ve tepeler	19
Şekil 4.4. Nötr rüzgarların gece F-bölgesine katkısı.....	21
Şekil 5.1. Maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Mart).....	23
Şekil 5.2. Güneş lekesi sayısının yıllık değişimi.....	24
Şekil 5.3. Güneş patlamalarının 1995-2005 yılları arasındaki değişimi.....	24
Şekil 5.4. Maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Haziran)	25
Şekil 5.5. Maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Eylül)	26
Şekil 5.6 Maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi(Aralık)	26
Şekil 5.7. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1995).....	27
Şekil 5.8. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1996).....	28
Şekil 5.9. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1997).....	29
Şekil 5.10. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1998).....	29
Şekil 5.11. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1999).....	30
Şekil 5.12. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2000).....	31
Şekil 5.13. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2001).....	31
Şekil 5.14. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2002).....	32

Şekil 5.15. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2003)	33
Şekil 5.16. Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2004)	34
Şekil 5.17 Maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2005)	34
Şekil 5.18. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1995)	35
Şekil 5.19. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1996)	36
Şekil 5.20. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1997)	37
Şekil 5.21. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1998)	37
Şekil 5.22. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1999)	38
Şekil 5.23. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2000)	39
Şekil 5.24. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2001)	40
Şekil 5.25. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2002)	40
Şekil 5.26. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2003)	41
Şekil 5.27. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2004)	42
Şekil 5.28. Maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2005)	43
Şekil 5.29. Hesaplanan ve ölçülen elektron yoğunluğu değerleri için kolerasyon katsayısının yıllık değişimi.	45

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 5.1. Kolerasyon katsayının yıllara göre mevsimsel olarak değişimi

44

SİMGELER LİSTESİ

λ_0	: Dalga boyu birimi
k	: Boltzman sabiti
m	: Kütle
V	: Hız
T_e	: Elektron sıcaklığı
T_i	: İyon sıcaklığı
$\mathcal{G}$	: Çarpışma frekansı
I	: Dip açısı
D	: Deklinasyon açısı
χ	: Zenit açısı
N	: Elektron yoğunluğu
E	: Elektron yükü
W_D	: Rüzgâr hızının düşey bileşeni
H_p	: Plazma ölçek yüksekliği
h	: Planck sabiti
q	: Üretim
β	: Kayıp katsayısı
r	: korelasyon katsayısı
X_i	: X değişkeninin i' inci terimi
Y_i	: Y değişkeninin i' inci terimi
$\overline{X}$	: X değişkenlerinin ortalaması
$\overline{Y}$	: Y değişkeninin ortalaması

KISALTMALAR LİSTESİ

nm	: Nanometre
UV	: Ultraviole
hmF ₂	: F2-bölgesi maksimum tepe yüksekliği
N _m F ₂	: F2-bölgesi tepe yüksekliğindeki maksimum elektron yoğunluğu
YZ	: Yerel zaman

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

IRI-2001 MODELİ İLE ELDE EDİLEN F2-BÖLGESİNİN MAKSİMUM ELEKTRON YOĞUNLUĞUNUN İNCELENMESİ

Selçuk SAĞIR

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

2008, Sayfa:48

İyonküre plazmasının en önemli parametresi F2 Bölgesinin maksimum elektron yoğunluğu (N_mF2) dir. Maksimum elektron yoğunluğu iyonkürenin kendi iç dinamikleri ve dış etkenlere bağlıdır. Bu parametrelere bağlı olarak elektron yoğunluğu yüksekliğe, enleme, mevsime ve yerel zamana bağlı olarak değişir. İyonkürenin maksimum elektron yoğunluğu deneysel olarak ölçüldüğü gibi teorik olarakda elde edildiği modeller vardır.

Bu çalışmada, (51,70 °K; 2, 33 °B) coğrafik koordinatında (Chilton istasyonunda) ölçülen N_mF2 değerleri ile aynı coğrafik koordinatlarda IRI-2001 (International Reference Inosphere) modeli kullanılarak hesaplanan N_mF2 değerleri mevsimsel ve yıllık olarak incelenmiştir.

Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunlukları farklı yıl, mevsim ve günler için karşılaştırılmıştır. IRI-2001 programı ile hesaplanan F2 Bölgesi maksimum elektron yoğunluğu ile ölçüm sonuçları arasında genel olarak bir uyumun olduğu görülmüştür. Bu durum korelasyon katsayısı ile verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elektron yoğunluğu, Kritik frekans, İyonküre

ABSTRACT
MASTER THESIS

THE INVESTIGATION OF MAXIMUM ELEKTRON DENSITY OF THE F2 REGION
OBTAINED WITH IRI-2001 MODEL

Selçuk SAĞIR

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

2008, Page:48

The most important parameter at F2-region of ionosphere is the maximum electron density (N_mF2). The maximum electron density depends on both the internal dynamics of ionosphere and external factors in the ionospheric plasma. The maximum electron density as depending on these parameters varies with respect to altitude, latitude, seasonal and local time in ionospheric plasma. As the maximum electron density measures as experimental, there are various models to calculate the maximum electron density.

In this study, the measured and calculated of the N_mF2 values using IRI-2001 model at geographic coordinates (51,70 °K; 2, 33 °B) over Chilton Station have been investigated as seasonal and annual. The N_mF2 values were calculated by using IRI-2001 model for same coordinates. The values of measured and calculated were compared for different years and seasonal.

The changes of measured and calculated maximum electron density have also been investigated as seasonal and annual. There is an exact harmony between the results of calculated maximum electron density with IRI-2001 model and measured at F2-region in ionospheric plasma. The harmony has been given by correlation coefficients.

Keywords: Electron density, Critical frequency, Ionosphere

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 soğurulur. 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 oluşturmıştır.

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.

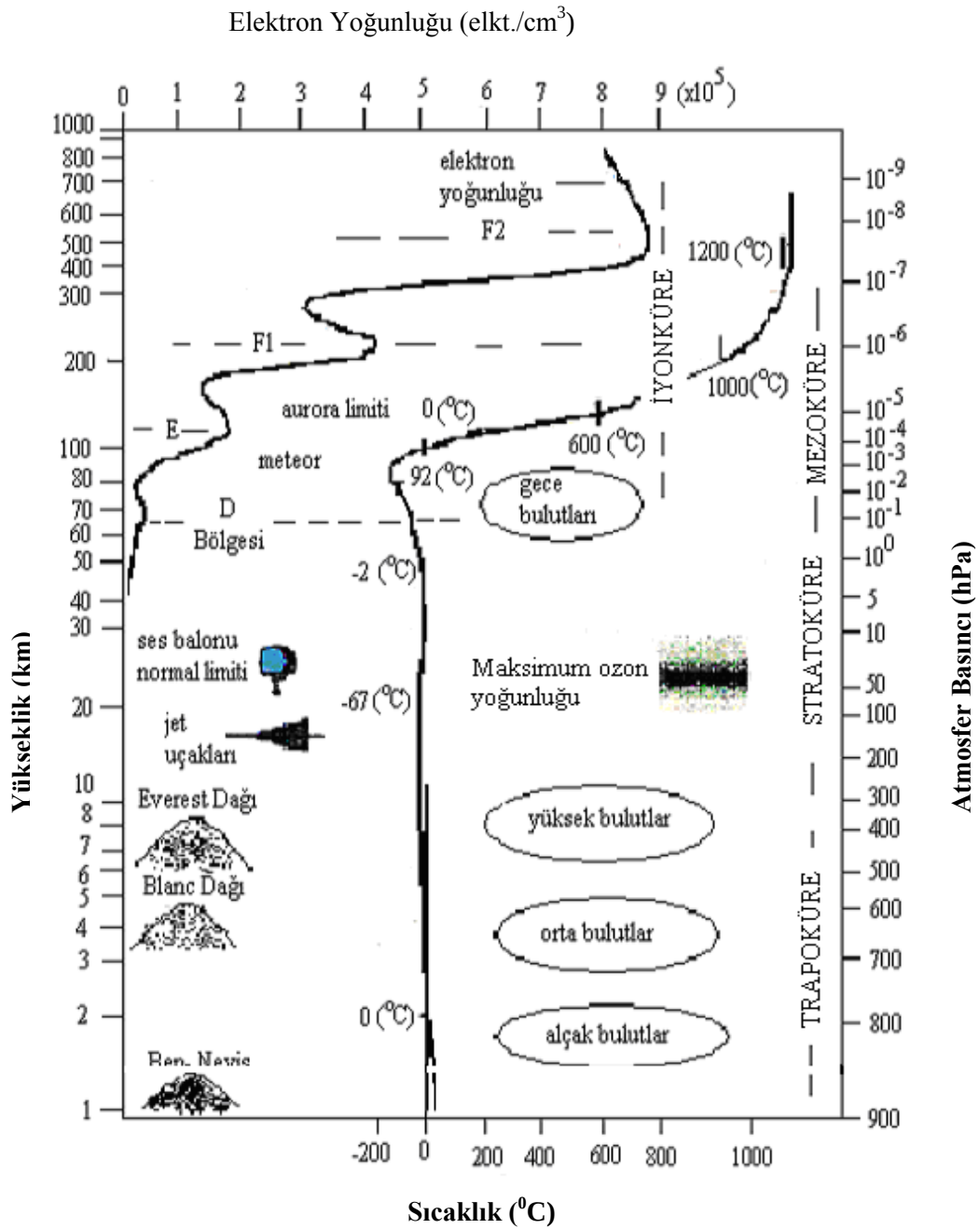
İyonküre, Atmosfer'in Güneş ışınları tarafından oluşturulan bölgesine denir. Genellikle eşit sayıda serbest elektron, pozitif iyon ve nötr bileşenlerden oluşmuştur. Bu nedenle, İyonküre, Atmosfer'in iyonlaşmış kısmıdır ve elektriksel olarak nötrdür. Bu özelliğinden dolayı İyonküre doğal bir plazma olarak 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 atmayı 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 (h_mF_2) 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 sönmesine 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 iletebilir. Orta ve

uzun dalgalar, D tabakasına çarparsa, çok kayıplı ortamdan dolayı çok fazla zayıflatılarak söndürülürler[4].

Bu çalışmada amaç IRI-2001 modeli kullanılarak maksimum elektron yoğunluğunu incelemektir. Bu nedenle elektron yoğunluğuna etki eden parametreler üçüncü bölümde, elektron yoğunluğunda oluşabilecek anormallikler dördüncü bölümde ele alınmıştır. Bulgular ve tartışma bölümünde ise (51,70 °K; 2, 33 °B) coğrafik koordinatında (Chilton istasyonunda) ölçülen f_oF2 verileri ile aynı coğrafik koordinatta IRI-2001 (International Reference Inosphere) modeli kullanılarak hesaplan N_mF2 değerlerinin mevsimsel ve yıllık değişimleri incelenmiştir.



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 ışımlar atmosfer içinde ilerledikçe emilmeden dolayı şiddetlerini kaybederler. Şiddetleri $1/e$ değerine düştüğü yükseklikte tamamen emilmekte ve etkilerini kaybetmektedirler. Emilmenin çok olduğu yerde iyonlaşmada çok olacağından maksimum iyonlaşmada bu yükseklikte olmaktadır. Elektron üretiminin $\cos^{1/2}\chi$ (χ zenit açısı) ile doğru orantılı olduğu Chapman tarafından bulunmuştur. $1/e$ değerinin aldığı yüksekliklere göre 170 km dolaylarındaki iyonlaşmayı, 500-600 Å dalga boyundaki ışımlar yapmaktadır. Yaklaşık 100 km civarındaki O₂ molekülü O atomuna ayrışacağı için bu yükseklikte O atomu fazla görülmektedir. İyonküre tabakalarını oluşturan ışımları şöyle özetleyebiliriz:

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

E Bölgesi: 10-200 Å X-ışımları 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 ışımları sağlamaktadır. Dolayısıyla bu ışımlar D-bölgesindeki elektron üretimi için en önemli kaynaktırlar. Bu ışımlardan başka, dalga boyları 1216 Å civarında olan Layman- α ışımları D-bölgesine kadar inip NO⁺ iyonunun iyonlaşmasını sağlar. Ayrıca yüksek enerjili kozmik ışınların yüksek enerjiye sahip olduklarından ancak 70. km den sonra emilebilmekteler. Bu ışımların 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^+ 'dır.

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 ışınımları $100-120 \text{ km}$ 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 bulunduklarından 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 ışınımları temel iyonlaşma kaynağıdır. Bu dalga boyundaki Güneş ışınımları $160-180 \text{ km}$ arasında büyük bir yoğunluğu emilmekte ve O_2^+ , N_2^+ iyonlarını oluşturmaktadır. İyonküre'nin F bölgesi F1 ve F2 olmak üzere iki tabakaya ayrılır.

F1-bölgesi, yaklaşık $150-180 \text{ km}$ yüksekliğinde, dalga boyu $200-900 \text{ \AA}$ arasında bulunan UV ışınımlarının iyonlaştırılması ile oluşturulur. Elektron yoğunluğu $200-300 \text{ km}$

arasında maksimumdur. Bu bölgede NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken ikinci dereceden O^+ ve N^+ iyonları bulunur.

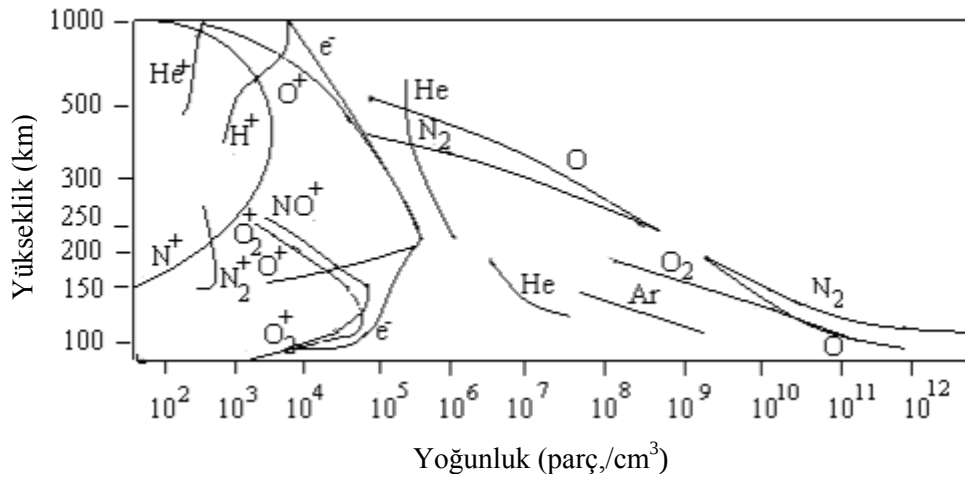
F2-bölgesi, 180–450 km yükseklik civarındadır. Elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Dalga boyu 200–800 Å arasında olan UV ışınimleri temel iyonlaşmayı sağlar bu bölgenin en önemli özelliği radyo haberleşmesinde oynadığı roldür bu bölgede maksimum elektron yoğunluğu 240–450 km arasında görülmektedir [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 ($N_m F2$) 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[5].

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 rüzgarlar

Elektromanyetik sürüklenme

Atmosferin genişip büzülmesidir.

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

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

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 ışınımının 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 yükseklerle 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 iyonları 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_D 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].

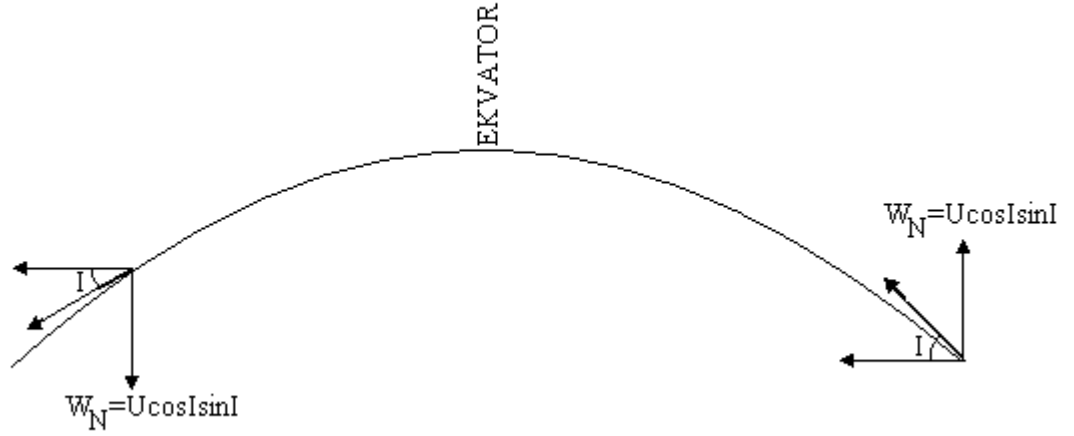
Rüzgârlar yatay yönde esmesine karşın iyon ve elektronlar manyetik alan boyunca harekete zorlanırlar. Yatay rüzgârın manyetik alan boyunca iz düşümü:

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

ile verilir[9]. Düşey bileşeni ise

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

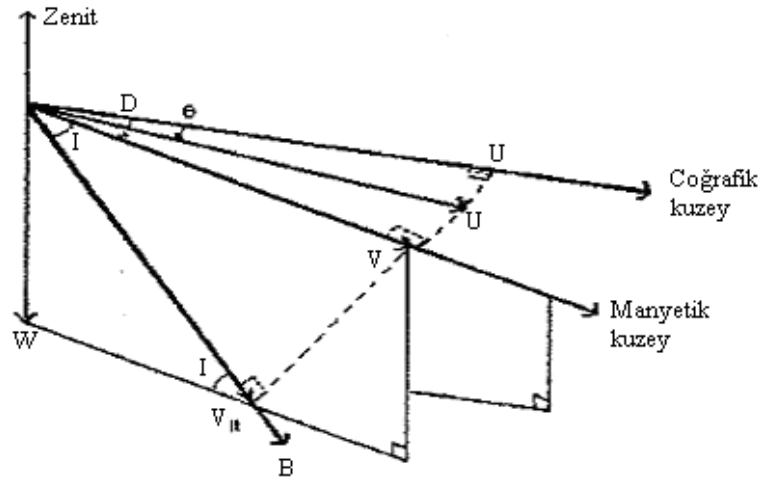
şeklindedir[9].



Şekil 3.3 Nötr rüzgarın düşey hızı [9].

Denklem 3.12’de D ; dik açıklık (deklınasyon), I ; manyetik eğim, U_D , U_K ; karşılıklı olarak doğu ve kuzey yönde esen rüzgarlardır. Şekil 3.4’de nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi gösterilmiştir. Nötr rüzgârın etkisiyle, elektron yoğunluğunun günlük dağılımına ait eğrilerde bir ısıruk görünümünde olduğundan dolayı, buna “bite-out” denilmektedir[9].

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



Şekil 3.4 Nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi [9].

Şekil 3.3’den de görüleceği gibi, nötr rüzgarlar İyonküreyi 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 $N_m F2$ değerinde öğleden sonra “bite-out” meydana getirir. Gece, İyonkürenin var olmasında da önemli bir faktördür. Gece $N_m F2$ ’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- $N_m \propto T^{-1/2}$) 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 genleşme 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 ($h_m F2$) 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:

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

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 alanının 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 genişmesi 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 (3.1)-bağıntısı ile belirlenmektedir. İfadedeki $\text{div}(\mathbf{N}\mathbf{V})$ taşımadan dolayı olan değişiklik terimi üzerinde atmosferin genişlemesi ve büzülmesinin de katkısı vardır. Buna göre:

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

şeklini alır[5]. Burada h düşey doğrultuyu V_h ise elektronun düşey doğrultudaki hızını göstermektedir. Gece saatlerindeki üst iyonküre için bağıntı (3.1) 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. Protoküre 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;



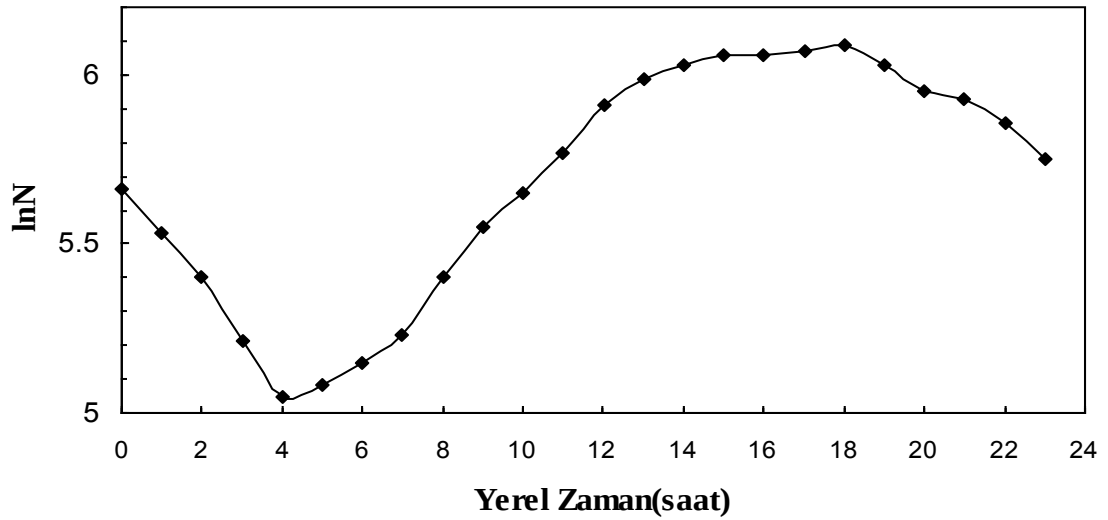
Bu iyonların yoğunluğu İyonküredeki elektron yoğunluğunu denetlemektedir. Gece saatlerinde O^+ iyonunun yoğunluğu gündüz saatlerinden az olduğu için gece H^+ tabakasını aşağı indirmektedir. Güneşin batışı ile azalmaya başlayan elektron yoğunluğu; Protoküreden gelen H^+ iyonu akısı ile yaklaşık olarak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

4.F-BÖLGESİ ELEKTRON YOĞUNLUĞU ANORMALLİKLERİ

4.1. Günlük Değişimler

Günlük değişimlerde, Güneş'in aktif ve sakin günlerine ait N_mF2 ve $hmF2$ değişimleri önemlidir. Bunlar belirttiğimiz bazı anormallikleri göstermektedirler. N_mF2 , kışın öğle saatlerinde oldukça belirgindir. Diğer mevsimlerde oldukça düzensizdir.

Bölgenin en sıcak olduğu zaman, öğle saatlerinde elektron yoğunluğunda küçük bir azalma vardır ve maksimumlar sabah ve akşamüstü meydana gelir. Şekil-4.1'den görüleceği gibi, 04 00 YZ civarında bir minimum ve 18 00 YZ civarında da bir maksimum görmekteyiz. Yine 04 00 YZ' den sonra elektron yoğunluğunun arttığını ve 07 00 YZ' den sonra bu artış tekrar görülmektedir.



Şekil 4.1. Elektron yoğunluğunda gün içinde beklenmeyen durumlar[9].

Eğer difüzyon ihmal edilirse oldukça benzer $N(t)$ eğrileri elde edilir. Elektron yoğunluğunun öğle saatlerindeki düşüşünün tamamen farklı bir nedeni nötr rüzgarlar olabilir.

Genellikle rüzgârlar gündüz kutup doğrultusundadır ve elektron yoğunluğunun değerini düşüren aşağı yönlü bir sürüklenme meydana getirir [14]. Sabah ve akşam üstü maksimumları, basit üretim-kayıp-difüzyon modeliyle birlikte sabit değildir. Fakat maksimumlar sıcaklık değişimlerine bağlı olabilir. Bunun yanı sıra β eğer güçlü olarak elektron sıcaklığına bağlıysa bu tanımın uygun olduğu, buna rağmen akşam üstü maksimumunun elektron sıcaklığını düşürdüğü tespit edilmiştir [7]. Çünkü T_e , alan çizgileri boyunca ısı iletiminden çok fazla etkilenir. Değişimleri sadece yerel Güneş ışınımına bağlı değildir.

Bazı araştırmacılar, N_mF2 'nin sabah ve akşam maksimumlarının tamamen farklı bir tanımını, rüzgarlardan dolayı oluşan düşey sürüklenmeye bağlamışlardır. Orta enlemlerde 300 km'deki rüzgarlar, aşağı yönde bir sürüklenmeye neden olur ve N_mF2 'nin azalmasına sebep olan 09 00-18 00 YZ saatleri arasında kutup doğrultusunda bileşeni vardır. Akşam üstü herhangi bir sonraki düzelme rüzgarların zamanla değişime bağlıdır. F2-bölgesindeki elektron yoğunluğunun günlük değişimine etki eden rüzgarlar ve termal genişlemenin önemi çok fazladır.

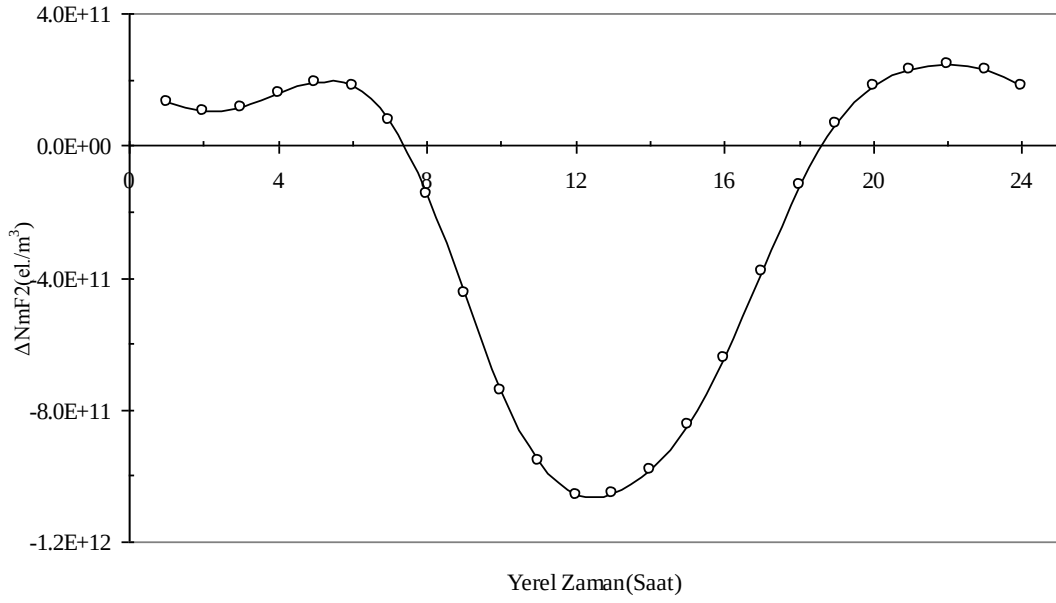
Atmosferdeki ısınma ve soğuma h_mF2 'nin oluştuğu yüksekliği değiştirir. h_mF2 'nin öğlen ve gece arasındaki farkı, gündüz-gece sıcaklık değişimleri hesaba katıldığında büyük olur. Meridyen rüzgarları da bu farka neden olabilir. Çünkü bu rüzgarlar geceleyin güçlü bir yukarı yönlü sürüklenme ve gündüz ise güçlü bir aşağı yönlü sürüklenme meydana getirirler. Düşük enlemlerde gündüz-gece farkı azdır. Değişimler ekvator civarında ortaya çıkar.

4.2. Mevsimsel Anormallik ve Yarıyılık-Yıllık Değişimler

İyonkürenin F2-bölgesinin anormallikler sergilediği uzun süredir bilinmektedir. Öğle saatlerinde N_mF2 değerindeki mevsimsel değişime ait bir çok anormallik kaydedilmiştir ve bu gözlemlerde N_mF2 'nin kış değerlerinin yaz değerlerinden öğle saatlerinde çok daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu durum, iyon ve elektron üretiminin kışın çok küçük olmasının beklenmesine ters bir durumdur. Bu duruma genellikle “mevsimsel anomali” veya “kış anormalliği” denilmektedir.

$$\Delta N_mF2 = \text{ort}(N_mF2)_{(\text{haz., tem., agus.})} - \text{ort}(N_mF2)_{(\text{ara., ocak., şub.})} \quad (4.1)$$

4.1 denkleminle çizmiş olduğumuz Şekil-4.2'de bunun bir örneği görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, 08 00-17 00 YZ arasında kışın elektron yoğunluğunun, yazdan çok daha büyük bir değerde olduğunu görürüz. Buda bize beklenenin tam aksi bir durum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. Öğle saatlerinde gözlenen mevsimsel anormallik

İkinci olarak eğer yarımküreler üzerinde bir ortalama alınırsa $N_m F_2$, aralık ayında haziran ayından daha büyük olur. Bu da “yıllık anomali” olarak bilinir [14, 7]. Üçüncü olarak gündönümlerinde $N_m F_2$ ’deki minimumlarla birlikte ekinokslarda maksimum gözlenir. Bu ise “yarıyıllık anomali” olarak bilinir. Bu anormalliğe düşük enlemlerde çok rastlanır. Günlük değişimlerde öğle saatlerinde, elektron yoğunluğunda küçük bir azalma olur ve minimumlar sabah ve akşamüstü meydana gelir. N_e değerinin akşam saatlerindeki değişiminin, özellikle gün batımındaki elektron sıcaklığındaki hızlı düşüslere bağlı olduğu önerilir [12].

Kış anormalliği minimum güneş lekesinde genellikle az görülür; elektron yoğunluğundaki artışın başlaması kışın yazdan daha büyük bir χ zenith açısıyla olur. Bu açı kışın $\approx 97^\circ$, yazın $\approx 93^\circ$ dir [7]. Yarıyıllık ve mevsimsel anormalliğin her ikisinin de atmosferin bileşimindeki değişimlere çok sıkı bağlı olduğu bulunmuştur. Anormal olarak kışın yüksek $N_m F_2$ değeri, $[O]/[N_2]$ oranından etkilenir [14]. $[O]/[N_2]$ oranı kışın yazdan büyüktür. Nötr yoğunluktaki bu fark, $N_m F_2$ ’nin öğle zamanı kışın yazdan daha büyük olmasına neden olur. $N_m F_2$ değeri gündeğumundan sonra kışın, yazdan daha hızlı bir şekilde artar [13]. Eğer $[O]/[N_2]$ oranı küçük olursa O^+ iyonu yoğunluğunun zamanla değişimi de küçük olur [13]. Orta enlemlerde alt iyonkürede kışın, elektron yoğunluğundaki artış, solar Lyman- α radyasyonu tarafından oluşan nitrik oksit yoğunluğundaki artıştan kaynaklanır. Nitrik oksit, yakın olarak atmosferin uzun ömürlü ikincil ögesidir ve NO yoğunluğundaki artış, dinamik süreçlere bağlıdır [16]. Moleküler gazlar ve atomik gazlar, plazmanın kayıp ve üretim oranlarını kontrol ettiğinden dolayı düşük bir atomik veya moleküler oran, iyonküredeki düşük elektron

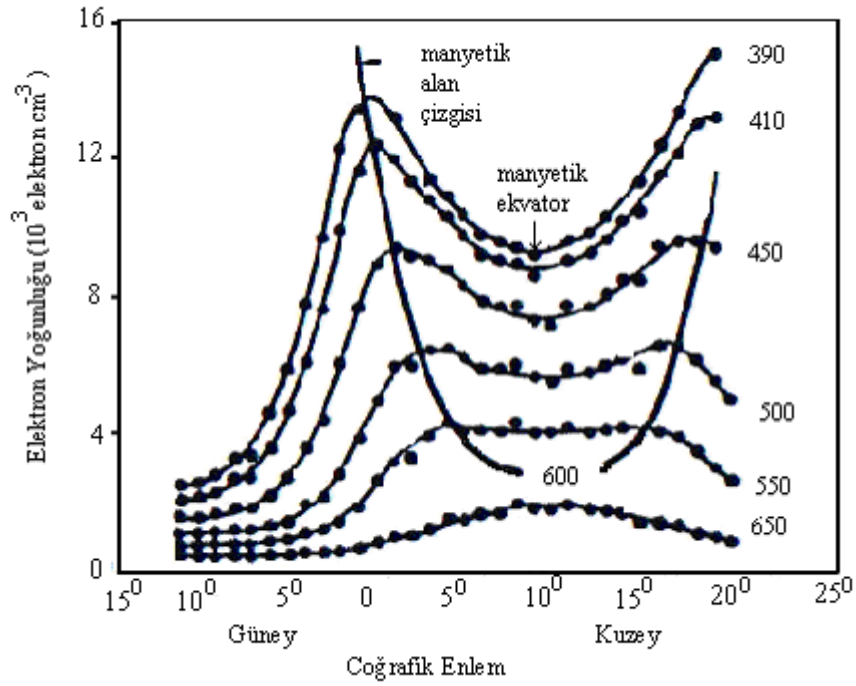
yoğunluğundaki artışı verir [11]. Diğer yandan kışın, sabah saatlerindeki hem güneş maksimumunda hem de güneş minimumunda foto-kimyasal süreç, taşınma süreçlerinden etkilidir ve bunun etkisiyle elektron yoğunluğu artmaktadır.

Düşük enlemlerde, ekvatorial anormalliğin nedeni elektromanyetik sürüklenmedir. Elektron yoğunluğundaki artışlar veya azalmalar, elektrik alanda meydana gelen değişimlerden kaynaklanmaktadır. Elektromanyetik sürüklenme, ambipolar difüzyona etki ederek yoğunluğun başka bölgelere kaymasına neden olur. Orta enlemlerde ise, en etkili taşınma süreci nötr rüzgarlardır. Nötr rüzgarlar, plazmayı aşağı ve yukarı hareket ettirerek elektron yoğunluğundaki değişime etki eder. Bu açıdan süreklilik denklemindeki β kayıp katsayısına taşınma süreçlerinin etkisi önemlidir.

4.3. Ekvatorial Anormallik

Düşük enlemlerdeki F2 bölgesinin davranışları çok farklıdır. Bazı zamanlarda elektron yoğunluğu, gece yarısı, öğle saatlerinden daha büyük olmaktadır. Burada düşey difüzyon ihmal edilir. Çünkü, iyonlaşma, jeomanyetik alan çizgilerinin bir tarafından öbür tarafına doğru dağılmaz; alan çizgileri boyunca dağılır. Bu dağılım iyonlaşmanın enlemsel dağılımına etki edebilir. Bunun yanı sıra elektromanyetik sürüklenme de elektron yoğunluğunun günlük değişimine büyük ölçüde etki eder.

Şekil-4.3'den de görüleceği gibi, enlemin bir fonksiyonu olarak N_mF2 'nin gece saatlerindeki değerleri, kuzey ve güney yarımkürede 15° - 20° enlemlerde “tepelerle” birlikte manyetik dip ekvator üzerinde merkezlenmiş “çukur” denilen bir durum sergiler. Çukur, F2-pikinin aşağısındaki ve yukarısındaki sabit yükseklikteki elektron yoğunluğuna ait eğrilerden elde edilir.



Şekil 4.3. Kuzey ve güney yarımkürelerde ekvatorial çukur ve tepeler [7]

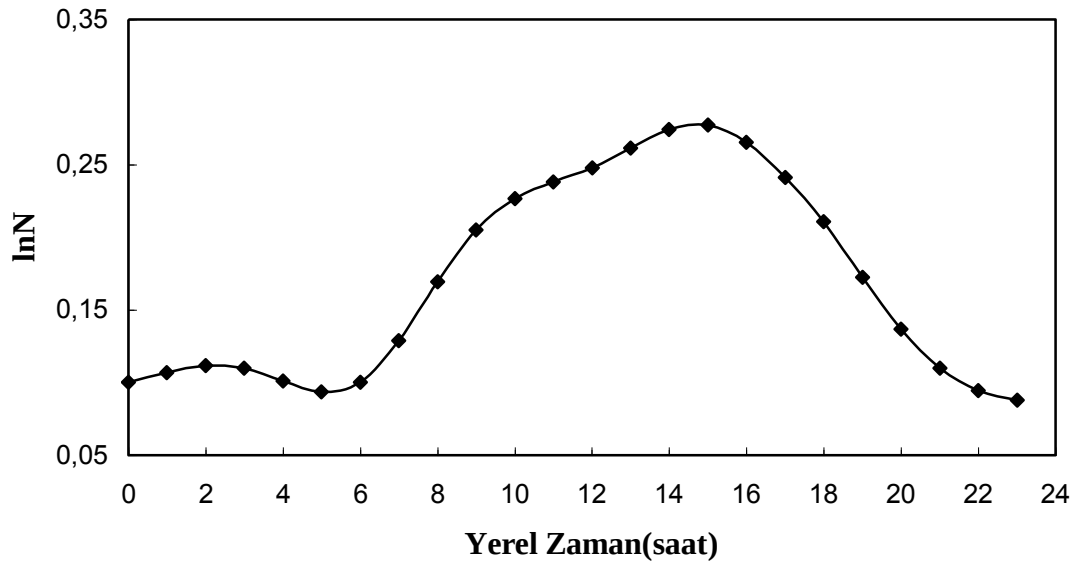
Burada ekvatorial çukura ait iki temel teori bulunmaktadır. İlk teori, jeomanyetik alan çizgilerinden aşağıda, yerçekimi altındaki plazmanın difüzyonuna bağlıdır. Bu durum, plazmanın boşalmasına ve kuzeyde ve güneydeki yoğunluğa etki eder. Anormalliğin, iyonlaşmanın ekvator bölgesinden dağılmasından kaynaklandığını, kuzey ve güney yarımkürede elektronların birikmesine neden olduğu ileri sürülmüştür [7]. İkinci teoride ise, manyetik alan boyunca gündüz plazmayı yukarı yönlü hareket ettiren sürüklenmeler kullanılır. Süreklilik denkleminin difüzyon ve sürüklenmeyi içeren denge çözümleri, bu mekanizmanın çok kolay gözlenen bir çukur meydana getireceğini ifade etmektedir [12]. Bu önerme, manyetik alanın geometrisi hesaba katılarak, difüzyon denklemi kullanılarak elde edilir. Bununla birlikte elektromanyetik sürüklenme hesaba katılır. Bu teoride, doğuya doğru olan elektrik alanlar, gün boyunca yukarı yönlü bir plazma sürüklenmesi meydana getirir. Plazma bu yolla yukarı doğru kaldırılır, ekvatordan uzaklaşarak manyetik alan çizgilerinden aşağıda dağılır. Elektromanyetik sürüklenme ($\perp \mathbf{B}$) ve difüzyon ($\parallel \mathbf{B}$) birleşerek plazma hareketinde “fiskiye” gibi yukarı doğru artmaya neden olur. Böylece anormallik tepeleri ekvator üzerinde yüksek bölgelerden difüzyon yoluyla beslenir. Burada üretim oranı çok düşüktür. Fakat plazma, üretim oranının daha büyük olduğu F2-piki civarında, daha düşük seviyelerden çekilir. Difüzyon ve elektromanyetik sürüklenme birleşimi, alt iyonkürde bir dinamo hareketi meydana getirir.

Elektron yoğunluğunun günlük dağılımındaki anormallik günün çoğunda meydana gelir. Çoğunlukla gün batımında oluşur ve gece yarısından sonra gözden kaybolur. Yine anormallik, farklı boylamlarda ve farklı güneş döngüsünde, farklı özellikler gösterir. Ekinoks dönemlerindeki periyotlar hariç, çoğu zamanlarda ekvatorial çukur, ekvator üzerinde asimetrik olarak gözlenir [8]. Genel olarak ekvator bölgesinde, elektron yoğunluğundaki anormalliğe neden olan en etkili süreç elektromanyetik sürüklenmedir.

4.4. Gece F2-Bölgesi

Gece, gün batımından sonra F2-bölgesinde üretim durur ve kayıp 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 de 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, sabit bir seviyede (taban seviye) kalır [12]. 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 sürüklenmeyle birlikte nötr rüzgarlar, gece F2-bölgesinin devamlılığını sağlamaktadırlar. Nötr rüzgarların gece saatlerinde F2-bölgesine katkılarını, Şekil-4.4'de görebiliriz. Şekil-4.4'e bakıldığında, 00 YZ de elektron yoğunluğunda bir artma gözlenir. Bu artış, 03 00 YZ'e kadar devam etmektedir.

F2-bölgesinde, elektron sıcaklıklarının iyon sıcaklıklarından daha fazla olduğu, gündüz kadar gece de 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- $N_m \propto T^{-1/2}$) verir. Gece elektron yoğunluğundaki değişimler, kayba ve taşınma süreçlerine bağlıdır [11].



Şekil 4.4. Nötr rüzgarların gece F-bölgesine katkısı

Elektron yoğunluğunun yükseklik ve yerel zamana bağlı değişim verilerinin sayısal analizleriyle kayıp, difüzyon ve sürüklenme hızı değerlerini elde etmek mümkündür. Rishbeth (1967), sabit yükseklikte kayıp ve difüzyon değerlerini, gece gündüzden oldukça küçük bulmuştur. Bu durum, gece kış 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 durduramaz. Nötr rüzgarlar bazı açıklamalar sağlar. Çünkü bu rüzgarlar, gece ekvator yönünde eser. Bu durum h_mF2 değerini arttıran ve N_mF2 değerinin kayıp oranını yavaşlatan yukarı doğru bir sürüklenmeye neden olur. Rishbeth ve Garriot (1967), F2-pikinin (h_mF2) gece, gündüzden daha büyük olduğunu buldular. Bunlardan başka gece elektron yoğunluğunun artmasına önemli etkisi olan süreç, protonküreden gece aşağı doğru olan H^+ iyonu akışıdır. Gece, O^+ iyonu yoğunluğu gündüze göre daha az olduğu için, H^+ tabakası (protonküre) aşağıya iner [8]. H^+ iyonunun üretimi veya kaybı daha önce verdiğimiz (3.18)-denklemine göre olmaktadır. Güneşin batışından sonra düşen elektron yoğunluğu, protonküreden gelen H^+ akışıyla 18 00-23 00 YZ saatleri arasında tekrar artmaya başlamaktadır[8]. Şekil-4.4'den de bu görülmektedir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

İyonküre fiziği aeronominin bir dalı olarak kabul edilir. İyonküre, elektron yoğunluğuna ve sıcaklığa göre farklı kısımlardan oluşur. İyonkürenin elektron yoğunluğu bakımından en zengin bölgesi F bölgesidir. Bu bölge 150 km den başlar yaklaşık 600 km'ye kadar devam eder. Bu bölge kendi arasında F1 ve F2 olarak iki tabakaya ayrılır. F1 tabakası iyonlaşmanın en büyük olduğu, F2 tabakası ise elektron yoğunluğun en büyük olduğu tabakadır. Bu bölgede elektron yoğunluğu mevsimlere, yüksekliğe, enleme ve boylama iyonküre plazmasının içindeki dinamik süreçlere bağlı olarak değişmektedir[10].

Bu çalışmada, (51,70 °K; 2, 33 °B) coğrafik koordinatında (Chilton istasyonunda) ölçülen f_oF2 verileri ile aynı coğrafik koordinatta IRI-2001 (International Reference Inosphere) modeli kullanılarak hesaplan N_mF2 değerlerinin mevsimsel ve yıllık değişimleri incelenmiştir.

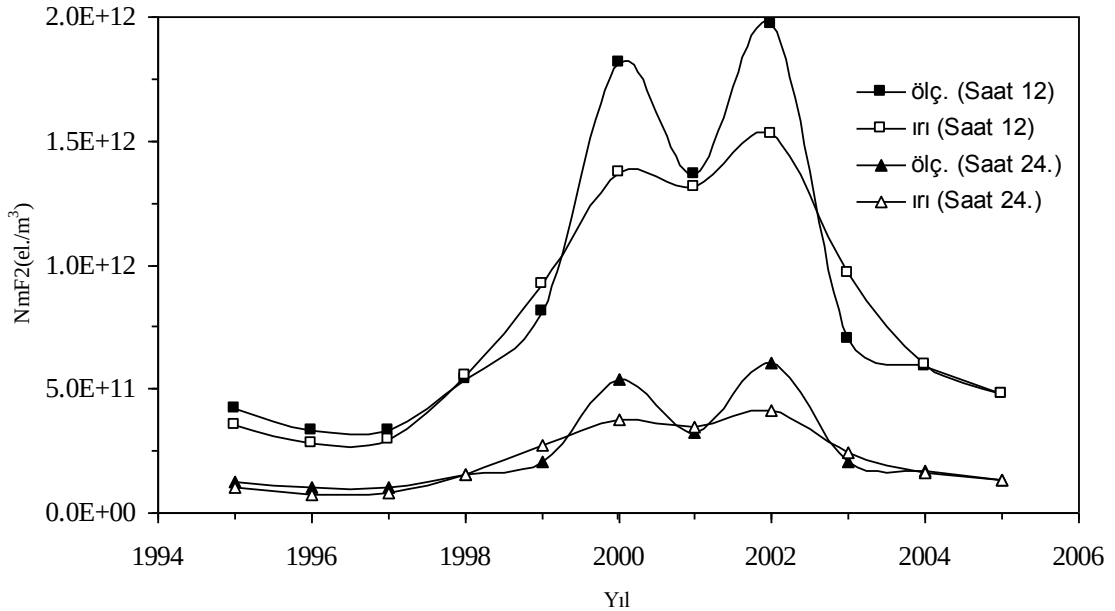
Veri ölçme istasyonu bu koordinatta doğrudan düşey ionosonda prensibine göre çalışmaktadır. Bu koordinatta iyonküreye dikey olarak gönderilen bir elektromanyetik dalga, o koordinatta iyonkürenin elektron yoğunluğunun maksimum olduğu yani kabaca o nokta kırılma indisinin sıfır olduğu noktada tekrar yansır. Dolayısıyla düşey ionosonda doğrudan kritik frekans değerlerini ölçer. Dalganın yansıdığı noktada kritik frekans ile o noktanın elektron yoğunluğu arasındaki ilişki;

$$N_mF2 = \frac{f_o^2}{80.6} \quad (5.1)$$

ile verilir. Burada f_o gönderilen dalganın frekansıdır. Ölçülen kritik frekans değerleri kullanılarak (5.1) ifadesi ile elektron yoğunlukları hesaplanmıştır. Hesaplanan ve ölçülen elektron yoğunlukları yıllık, mevsimsel ve günlük olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonuçları aşağıdaki bölümlerde detaylı şekillerde incelenmiştir.

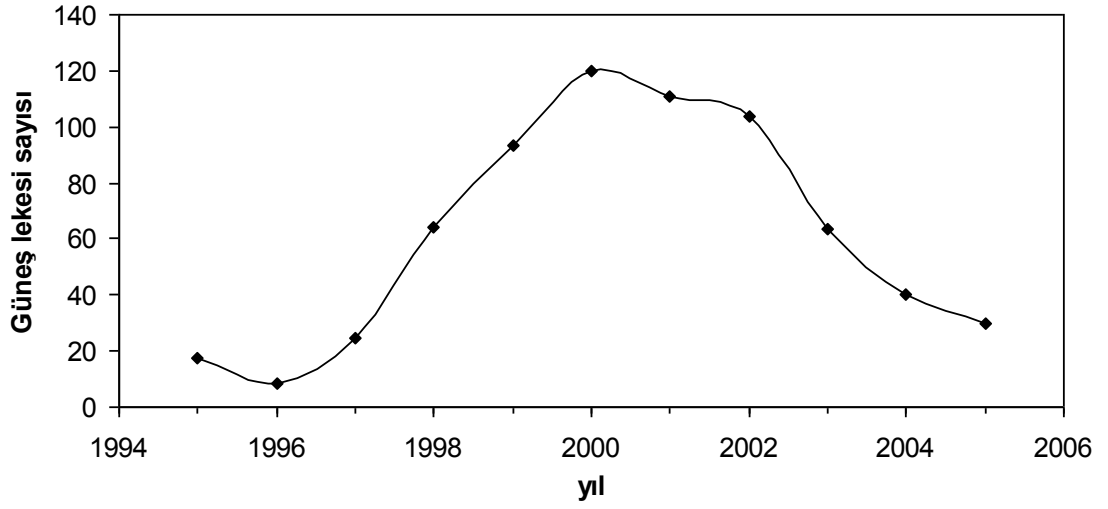
5.1. Ölçülen ve Hesaplanan Maksimum Elektron Yoğunluğunun Yıllara Göre Değişimi

Şekil 5.1’ de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ayı için yıllara göre değişimi verilmiştir. Elektron yoğunluğu 1996-1997 yılları arasında minimum değerin alırken, 1997 yılından sonra bir artış göstermektedir. Genellikle ölçülen ve hesaplanan elektron yoğunlukları arasında çok iyi bir uyum gözlenmektedir. Ancak 2000 ve 2002 yıllarında gündüz ve gece saatlerinde ölçülen elektron yoğunluklarının, IRI modeli ile hesaplanan elektron yoğunluklarından daha büyük olduğu görülmüştür. Ölçülen elektron yoğunluğu değerlerindeki bu sapmanın, IRI Modelinde öngörülme-yen jeomanyetik aktiviteler ve güneş patlamalarından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.3 de görüldüğü gibi, 2000 yılı Mart ayındaki güneş patlamalarında bir artış gözlenmiştir.



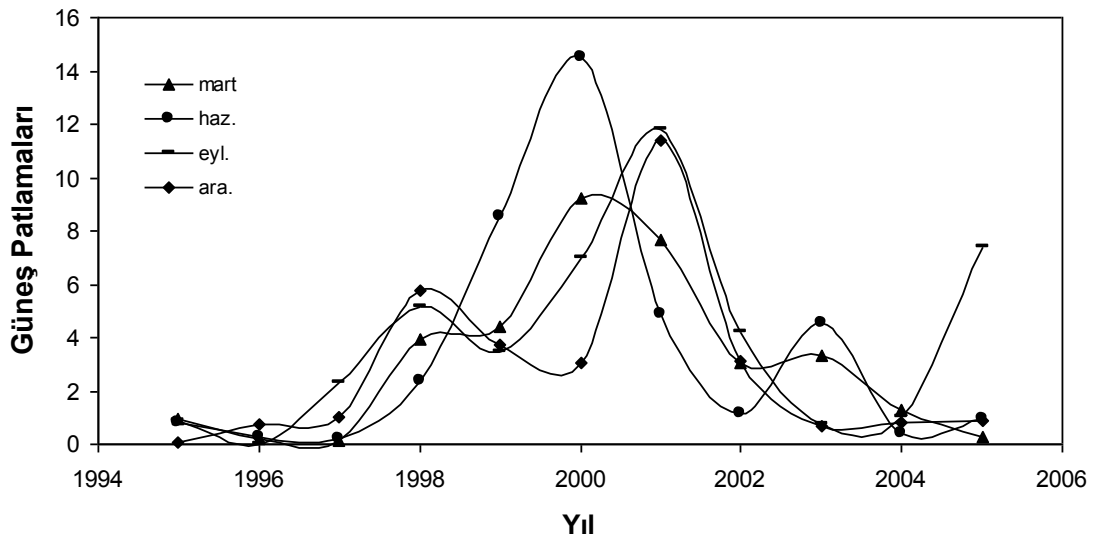
Şekil 5.1. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Mart)

Elektron yoğunluklarının yıllık değişimleri güneş lekesi sayısının yıllık değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Şekil 5.2’ de güneş lekesi sayısının 1995-2005 yılları arasındaki değişimi verilmiştir. Güneş lekesi sayısı 1996 yılında minimum değerini almaktadır. 1996 yılından itibaren bir artma göstererek 2000 yılında maksimum değerine ulaşmıştır. 2000 yılından itibaren bir azalma sürecine girdiği görülmektedir. Bu süreç 2002 yılında bir artış eğilimi sergilemiştir.



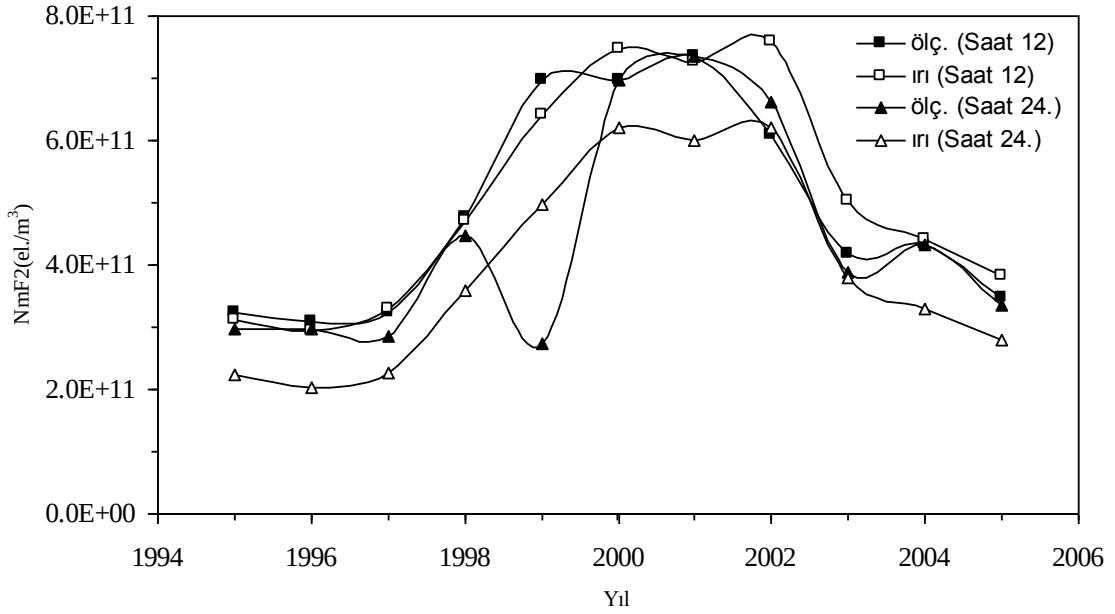
Şekil 5.2. Güneş lekesi sayılarının yıllık değişimi[18].

Şekil 5.3' de güneş patlamalarının 1995-2005 yılları arasındaki değişimi verilmiştir. Güneş patlamalarının 1997 yılından itibaren bir artış sürecine girdiği görülmektedir. Bu artış mart, eylül ve aralık aylarında maksimum değere ulaşmıştır. 1999 yılında haziran ayı için artış devam ederken eylül ayında bir minimum gözlenmektedir. 2000 yılında mart ve haziran ayları için maksimum oluşmaktadır. Ayrıca haziran ayı için oluşan bu maksimum bu on yıllık süreçteki en yüksek değer olarak göze çarpmaktadır. 2001 yılında eylül ve aralık aylarında güneş patlamaları birer maksimum oluştururken mart ve eylül aylarında bir azalma görülmektedir. 2003 yılında mart ve haziran aylarında maksimumlar gözlenmektedir. 2004 yılında bütün değerler birbirine yakındır.



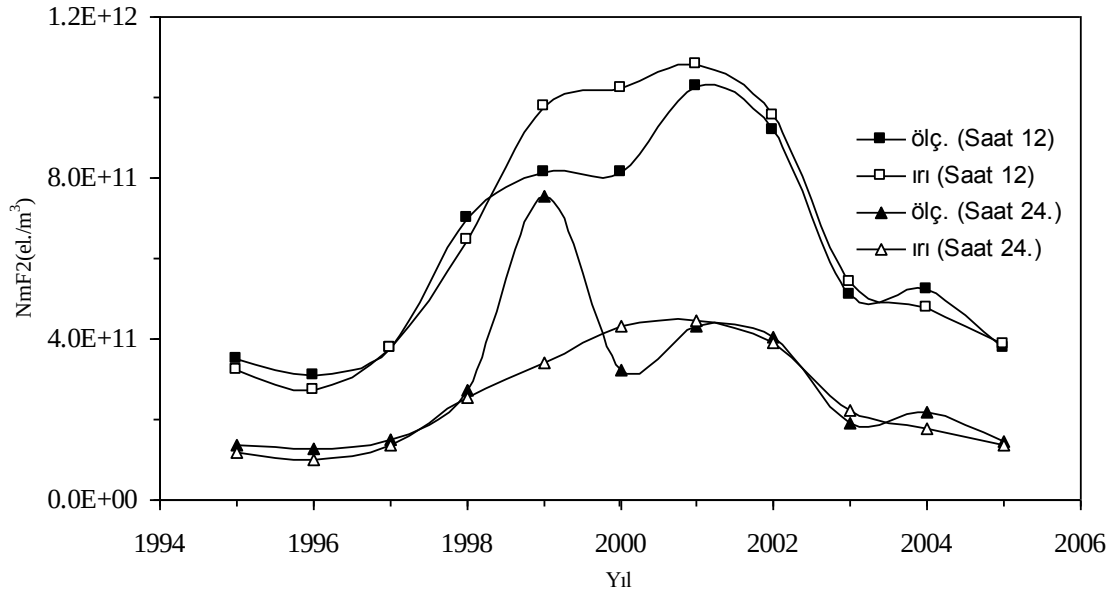
Şekil 5.3. Güneş patlamalarının 1995-2005 yılları arasındaki değişimi. [18]

Şekil 5.4’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ayı için yıllara göre değişim grafiği verilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi elektron yoğunluğu genel olarak 1997 yılından başlayarak bir artış göstermekte ve 2002 yılında ise bir azalma süreci sergilemektedir. 12 00 YZ değerlerinin sürekli bir birilerini keserek aynı değerleri aldıkları görülmektedir. 24 00 YZ değerleri için yapılan ölçüm sonucu 1999 yılında bir minimum oluşturmaktadır. Ayrıca 12 00 YZ ve 24 00 YZ değerlerinin birbirine çok yakın olduğu da görülmektedir.



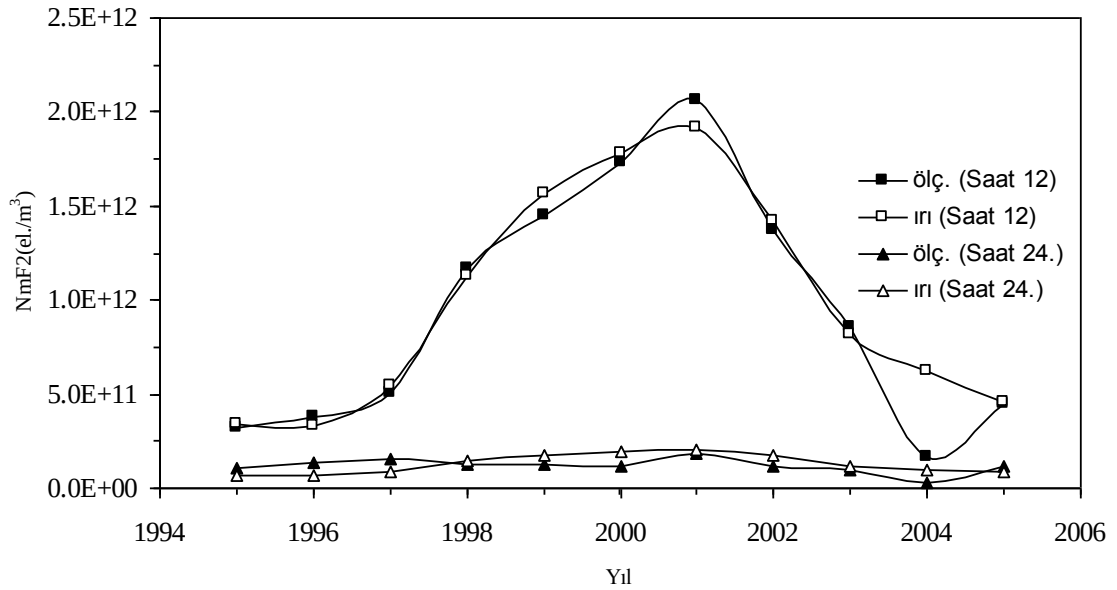
Şekil 5.4. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi(Haziran)

Şekil 5.5’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun eylül ayı için yıllara göre değişimi verilmiştir. Saat 12 00 YZ ve 24 00 YZ değerleri arasında elektron yoğunluğunda bir farklılık gözlenmektedir. 12 00 YZ için ölçülen ve hesaplanan sonuçların 1999 ve 2000 yılları dışında aynı değerleri aldıkları söylenebilir. 24 00 YZ de ise 1999 yılı hariç diğer yıllarda hem ölçülen hem de hesaplanan değerler birbirine yakındır. Saat 24 00 YZ nin 1999 yılı için ölçüm değeri bir maksimum oluşturmaktadır. Ayrıca 12 00 YZ ve 24 00 YZ saatleri için elektron yoğunluğu 1997 yılından itibaren bir artış göstererek 2002 yılından sonra azalmaktadır.



Şekil 5.5. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Eylül)

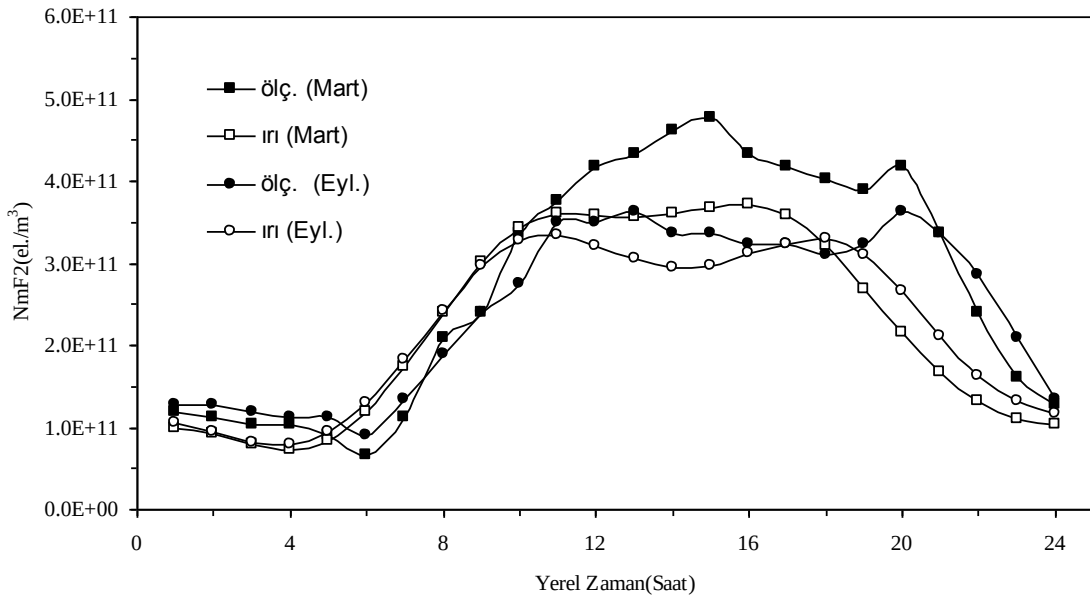
Şekil 5.6 da ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun aralık ayı için yıllara göre değişim eğrisi verilmiştir. 24 00 YZ için ölçülen ve hesaplanan değerler çok az bir değişim gösterdiği ve 2004 yılında minimum değerlerini aldığı gözlenmektedir. Ancak 12 00 YZ için aynı durum söz konusu değildir. 2004 yılı hariç geri kalan yıllarda ölçüm ve hesaplanan değerler bir paralellik sergilemektedir. Bu paralellik 1995 yılından itibaren artarken, 2001 yılından sonraki yıllarda düşüş göstererek 2001 yılında maksimum değerini almaktadır. Yine 12 00 YZ için ölçüm değeri 2004 yılında minimum oluşturmaktadır.



Şekil 5.6. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yıllara göre değişimi (Aralık)

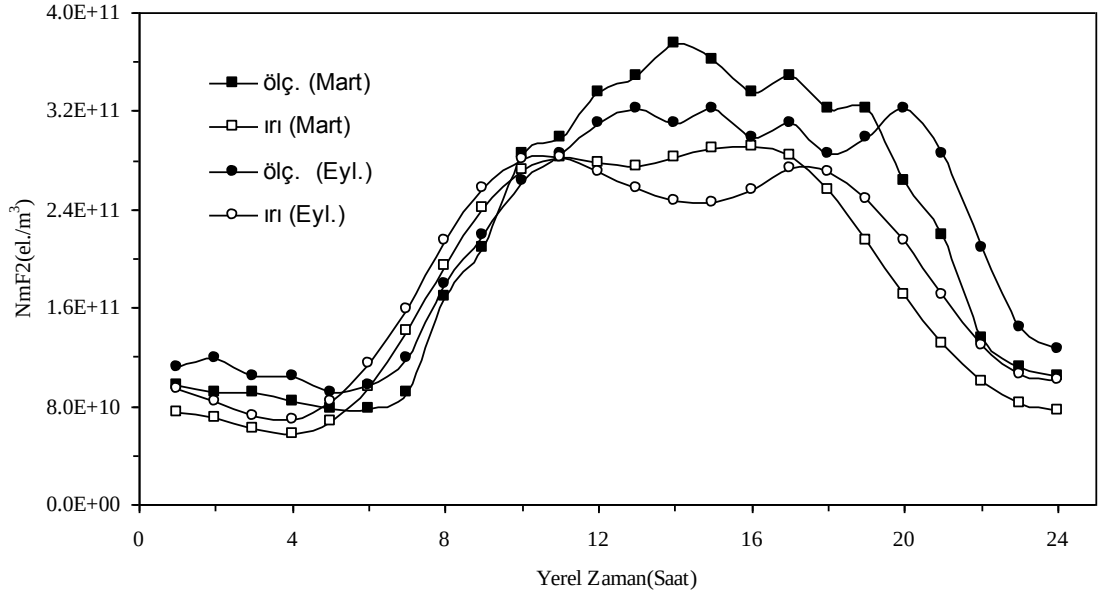
5.2. Ölçülen ve Hesaplanan Maksimum Elektron Yoğunluğu Değerlerinin Mart ve Eylül Ayları İçin Karşılaştırılması

Şekil 5.7’de 1995 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Mart ayı ölçüm değeri 06 00 YZ de minimum, 14 00 YZ de maksimum olurken, hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 16 00 YZ de maksimum değere ulaşmaktadır. Eylül ayı ölçüm değeri 06 00 YZ de minimum 13 00 YZ de maksimum değere ulaşırken, hesaplanan değer 10 00 YZ ve 16 00 YZ de maksimuma ulaşmaktadır. Ayrıca her iki ay için yapılan ölçüm değeri 20 00 YZ de birer maksimuma sahiptir.



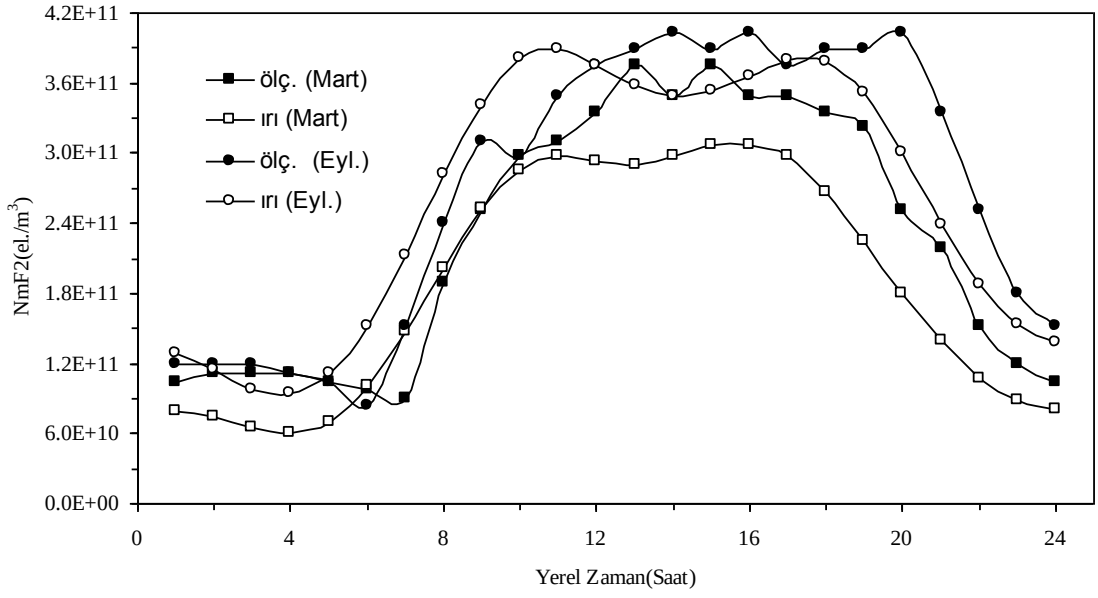
Şekil 5.7. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1995)

Şekil 5.8’de 1996 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Hesaplanan değer 04 00 YZ de minimuma ulaşırken ölçüm değerleri 06 00 YZ ye yakın zamanlarda minimum değerine ulaşmaktadır. Mart ayı için hesaplanan değer 11 00 YZ ve 16 00 YZ de maksimum değerini alırken ölçülen değer 14 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Mart ve eylül aylarının her ikisi için de ölçülen değerler hesaplanan değerlerden 06 00 YZ ile 10 00 YZ saatleri arasındaki saatler dışında tüm zamanlarda büyüktür. Bunun nedeni gün içinde solar radyasyona ek olarak çok yükseklerde küçük kimyasal kayıpların göz önünde bulundurulmamasıdır.[19]



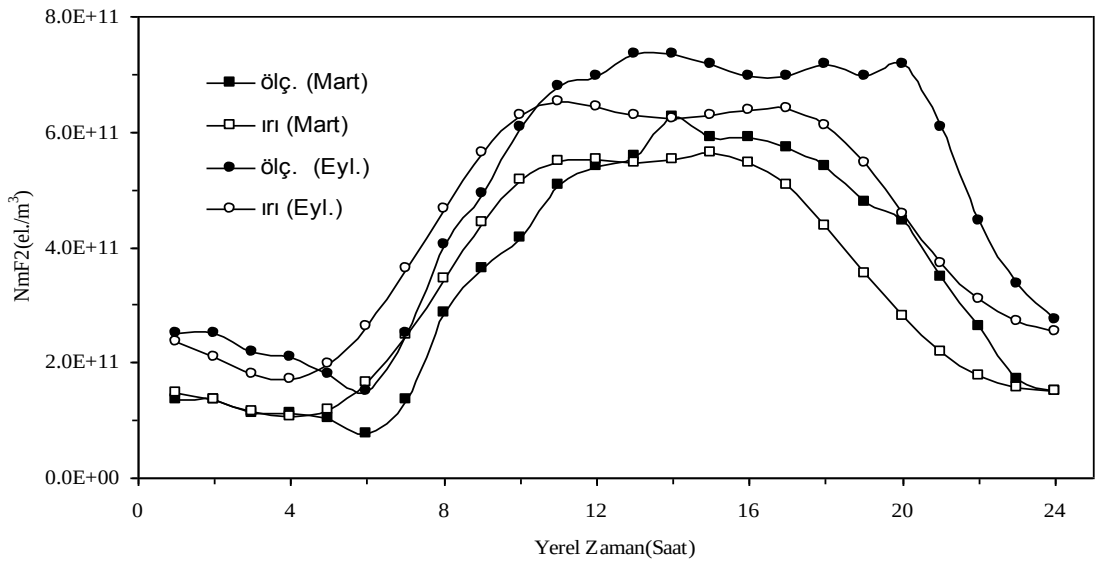
Şekil 5.8. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1996)

Şekil 5.9’da 1997 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Her iki ay için hesaplanan yoğunluk değerleri 04 00 YZ de minimum değerini alırken 11 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Ölçülen değerlerde ise mart ayı için 06 00 YZ de minimum 14 00 YZ de ise maksimum değerini alırken eylül ayı için 07 00 YZ de minimum değerini, 14 00 YZ, 16 00 YZ ve 21 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Her iki ay için hesaplanan ve ölçülen yoğunluk değerleri 07 00 YZ ve 11 00 YZ arasında artarken 20 00 YZ ile 06 00 YZ arasında azalmaktadır. Bunun nedeni hmF2 nin değerinin giderek azalması ve düşük hmF2 değerlerinde nötr yoğunluk ve kimyasal kayıplar daha büyüktür. N_mF2 ve B_o parametrelerinin her ikisi de gece boyunca artmaktadır. [19]



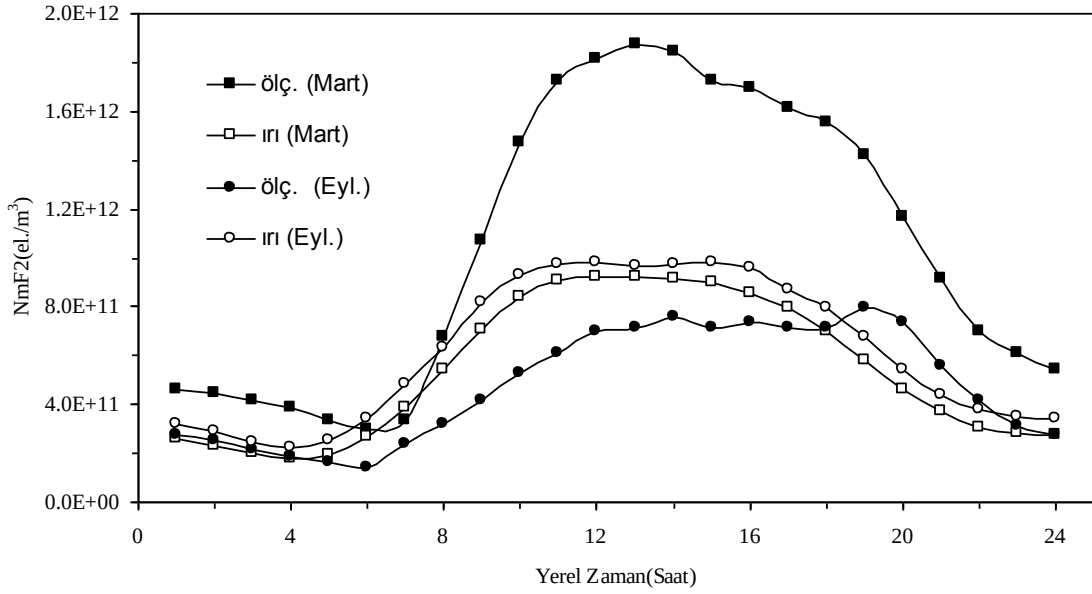
Şekil 5.9. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1997)

Şekil 5.10' da 1998 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Eylül ayı için 05 00 YZ ile 11 00 YZ arasındaki zamanlar dışında kalan tüm zamanlarda ölçülen yoğunluk değeri hesaplanan yoğunluk değerinden büyüktür. Mart ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum değerini alırken ölçülen değer 06 00 YZ de minimum değerini almaktadır. Her iki ay için hesaplanan ve ölçülen değerler 06 00 YZ ile 11 00 YZ arasında artarken 16 00 YZ den sonra bir azalmaktadır. Eylül ayında ölçülen değer 14 00 YZ de bir maksimum oluşturduğu da görülmektedir.



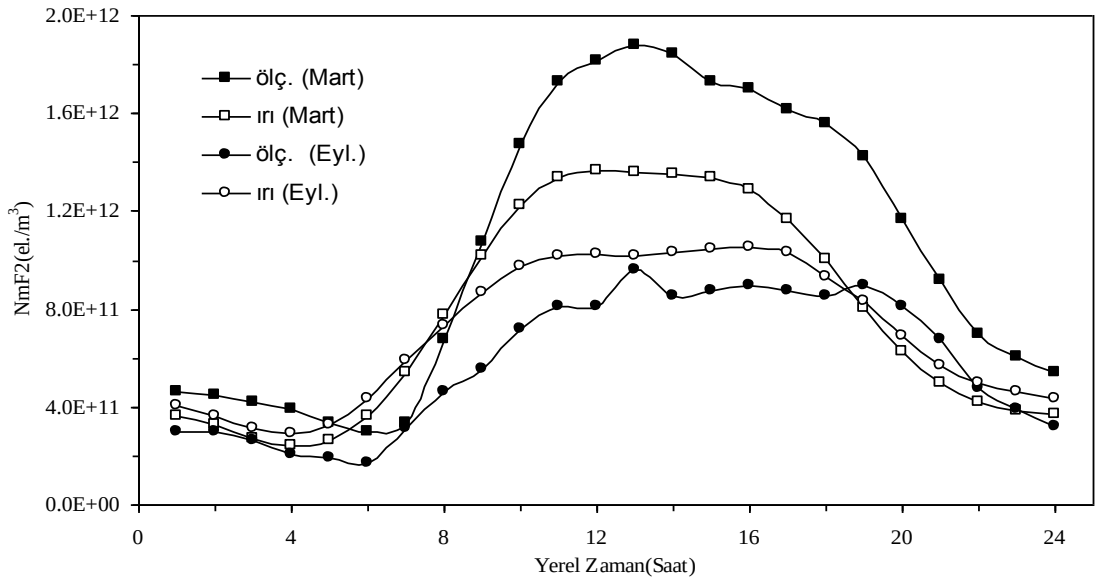
Şekil 5.10. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1998)

Şekil 5.11’ de 1999 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Mart ve eylül ayları için hesaplanan değerlerin birbirine yakın olduğu görülürken, aynı durum ölçülen değerler için söz konusu değildir. Ölçülen değerler büyük farklılıklar göstermektedir. Mart ayı için ölçülen değer 07 00 YZ de minimum 13 00 YZ de maksimum değerini alırken hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum 11 00 YZ ile 16 00 YZ arasında maksimum değerini almaktadır.



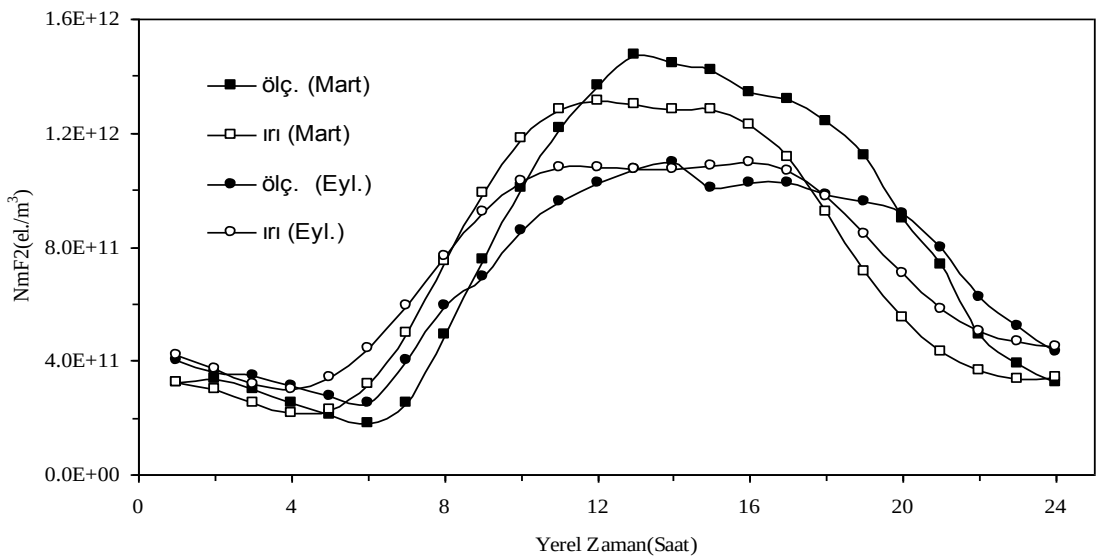
Şekil 5.11. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (1999)

Şekil 5.12’ de 2000 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi gösterilmiştir. Mart ayı içinde 06 00 YZ ile 10 00 YZ arasındaki saatler dışında kalan tüm saatler için ölçülen değerler hesaplanan değerlerden büyüktür. Eylül ayında ise 18 00 YZ ile 22 00 YZ arasındaki saatler dışında kalan tüm saatlerde ölçülen değerler hesaplanan değerden küçüktür. Hesaplanan değerler her iki ay için 04 00 YZ de minimum olurken ölçülen değerler mart ayı için 06 00 YZ de eylül ayı için 07 00 YZ sıralarında minimum sergilemektedir.



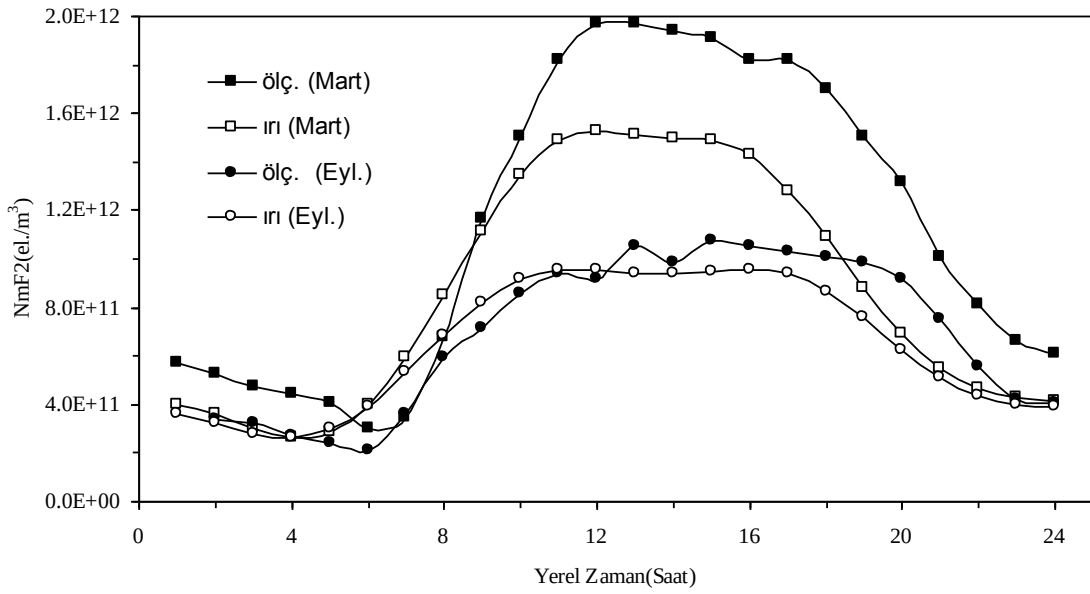
Şekil 5.12. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2000)

Şekil 5.13' de 2001 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi gösterilmiştir. Mart ve eylül ayları için hesaplanan maksimum elektron yoğunluğu değerleri 06 00 YZ de minimum değerini 12 30 YZ de ise maksimum değerini almaktadırlar. Buna karşın hesaplanan değerler 04 00 YZ de minimum değeri alırken 12 00 YZ de maksimum değerlerini almaktadırlar. Her iki ay için 06 00 YZ ile 10 00 YZ arasındaki zamanda hesaplanan değerlerin ölçülen değerlerden büyük olduğu, 18 00 YZ ile 24 00 YZ arasında ise ölçülen değerlerin hesaplanan değerlerden daha büyük olduğu görülmektedir.



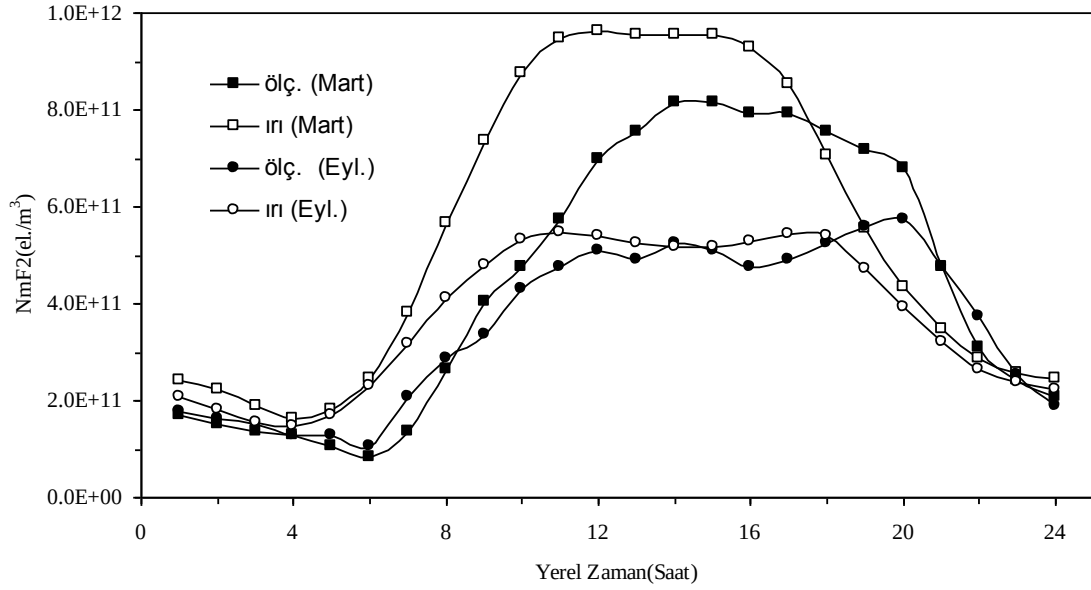
Şekil 5.13. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2001)

Şekil 5.14’de 2002 yılı için mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Şekil 5.14’e göre hesaplanan ve ölçülen değerler için mart ayı değerleri eylül ayı değerlerinden büyüktür. Eylül ayı ölçülen değerlerinde 06 00 YZ de minimum gözlenirken mart ayı için minimum değere sahip olduğu zaman 07 00 YZ dir. Hesaplanan değer 01 00 YZ ile 07 00 YZ arasında ve 20 00 YZ ile 24 00 YZ arasında çıkışan değerlere sahiptir. Mart ayı hesaplanan ve ölçülen yoğunluk değerlerinin her ikisi de öğlen saat 12 00 YZ civarında maksimum sergilemektedir.



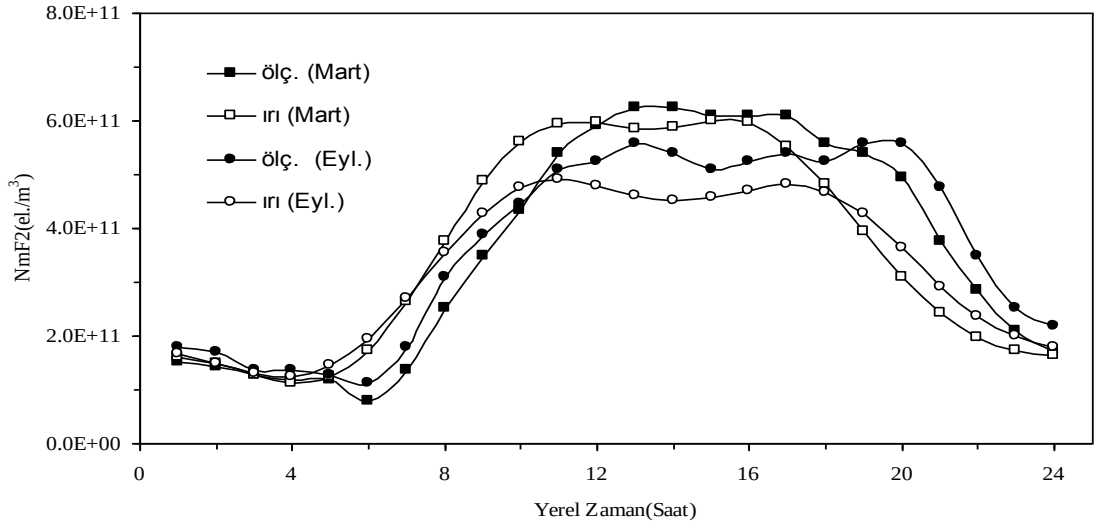
Şekil 5.14. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2002)

Şekil 5.15’de 2003 yılında mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun yerel zamanla değişim grafiği verilmiştir. Ölçülen değer 06 00 YZ de minimum değerini alıp bu değerden sonra 11 00 YZ ye kadar bir artış göstermekte 20 00 YZ den sonra azalma sergilemektedir. Buna karşın hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum olup 17 00 YZ den sonra sürekli bir azalma göstermektedir. Her iki ay için 01 00 YZ ile 17 00 YZ arası hesaplanan değer ölçülen değerden büyük olduğu görülürken 17 00 YZ ile 22 00 YZ arasında ölçülen değer hesaplanan değerden daha büyük değerler aldığı görülmektedir.



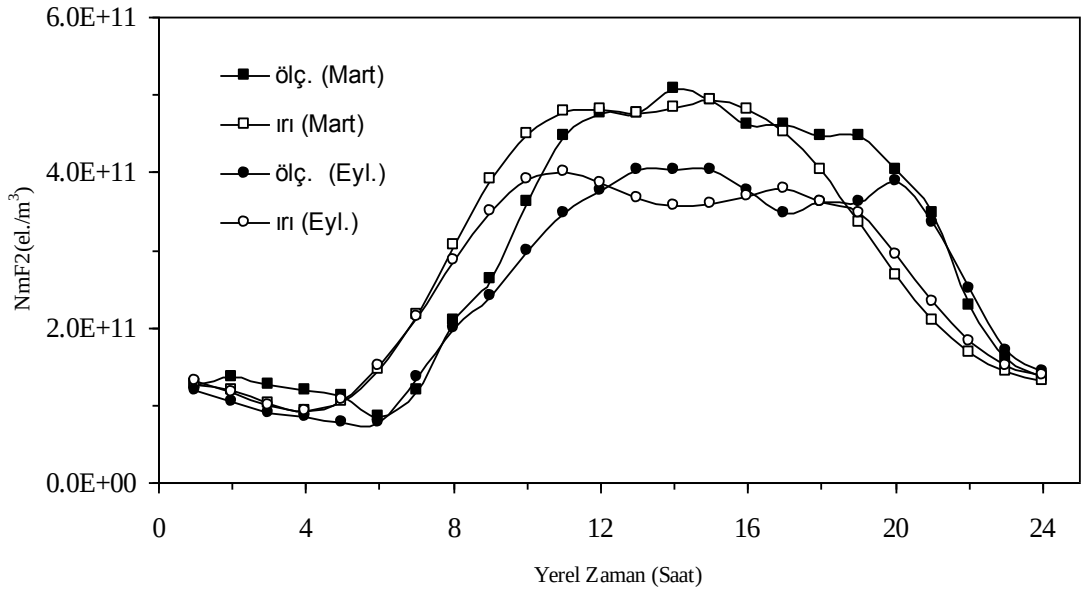
Şekil 5.15. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2003)

Şekil 5.16’da 2004 yılına ait mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Her iki ay için ölçülen yoğunluk 06 00 YZ de minimum değere sahipken yaklaşık 12 30 YZ sıralarında maksimum değere sahip olmaktadır. Buna karşın hesaplanan yoğunluk değerleri 04 00 YZ de minimum değerine sahiptir. Ayrıca Şekil 5.7’te olduğu gibi hesaplan yoğunluk değerleri 06 00 YZ ile 11 00 YZ arasında ölçülen yoğunluk değerlerinden büyük değerlerde olurken 17 00 YZ ile 24 00 YZ arasında hesaplan yoğunluk değerleri ölçülen yoğunluk değerlerinden küçük değerlerde olmaktadır. Elektron yoğunluğu her iki ay için 06 00 YZ den başlayıp 11 00 YZ arsında artarken 17 00 YZ den sonra azalmaktadır.



Şekil 5.16. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2004)

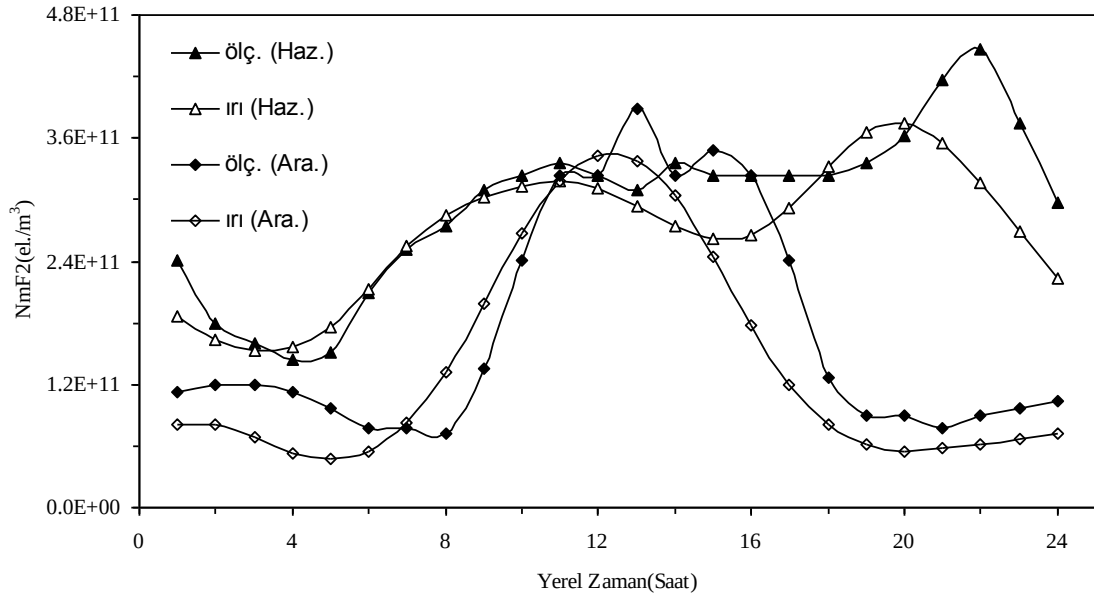
Şekil 5.17’de 2005 yılına ait mart ve eylül aylarında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğun yerel zamanla değişimi verilmiştir. Mart ayı için elektron yoğunluğunun saat 06 00 YZ sıralarında minimum değere 14 00 YZ da ise maksimum değere sahip olduğu görülmektedir. Her iki ay için elektron yoğunluğu ölçülen değerleri 06 00 YZ de minimum olmaktadır. Buna karşın hesaplanan değerlerin 04 00 YZ de minimum olmaktadır. Ayrıca 06 00 YZ ile 11 00 YZ arasında hesaplanan sonuçlar büyük değerlerde olurken 19 00 YZ ile 24 00 YZ arasında ölçülen sonuçlar daha büyük değerlerdedir.



Şekil 5.17. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun mart ve eylül ayları için yerel zamanla değişimi (2005)

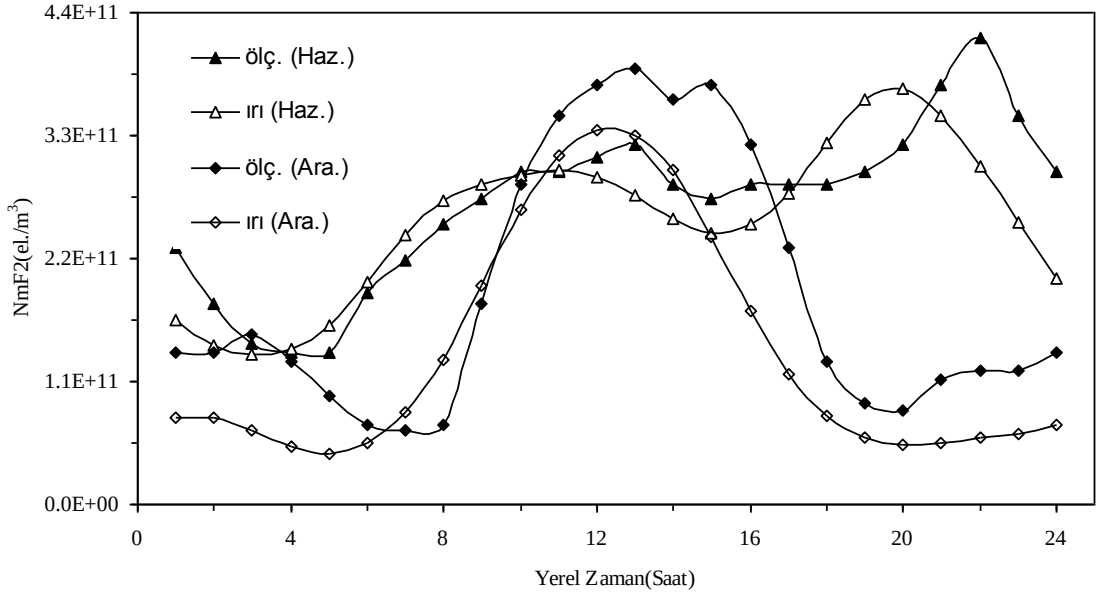
5.3. Ölçülen ve Hesaplanan Maksimum Elektron Yoğunluğu Değerlerinin Haziran ve Aralık Ayları İçin Karşılaştırılması

Şekil 5.18’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 1995 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayında hesaplanan ve ölçülen yoğunluk değerleri minimum değerini 04 00 YZ de alırken maksimum değerlerini farklı zamanlarda almaktadır. Ölçülen değerler saat 22 00 YZ de, hesaplanan değerler ise 20 00 YZ de bir maksimuma sahiptir. Aralık ayı hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum değerini aldıktan sonra artarken 13 00 YZ de maksimum değerini alarak azalma sergilemektedir. Ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum değeri alıp 13 00 YZ de bir maksimum değere ulaşmaktadır.



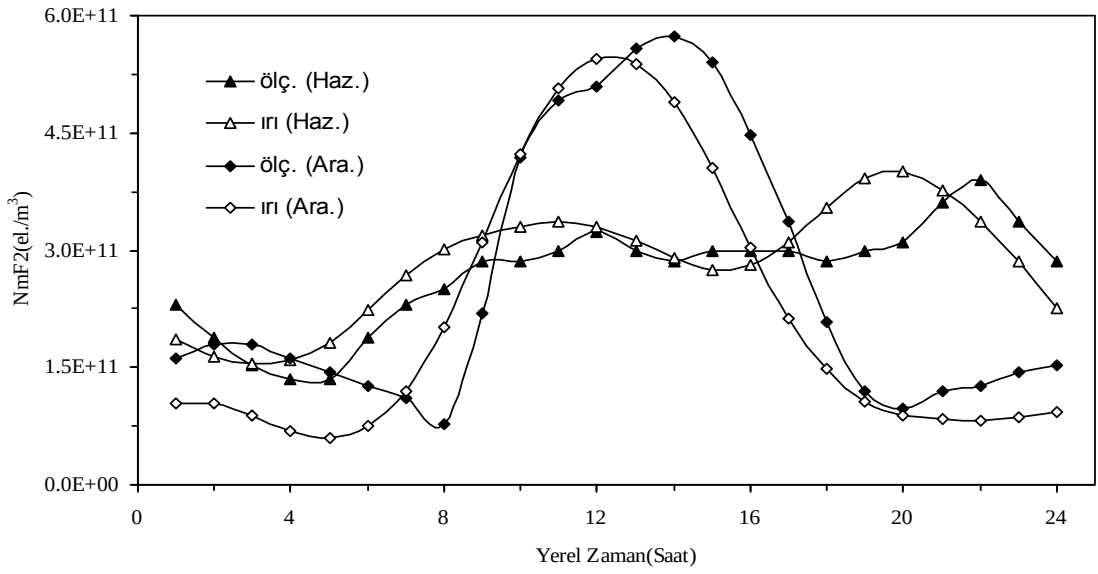
Şekil 5.18. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1995)

Şekil 5.19’da ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 1996 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için ölçülen ve hesaplanan değer 02 00 YZ, 04 00 YZ, 06 00 YZ, 09 00 YZ, 10 00 YZ, 13 00 YZ, 17 00 YZ ve 21 00 YZ de aynı değerlere sahiptir. Aralık ayında hesaplanan ve ölçülen yoğunluk değerleri 07 00 YZ ve 09 00 YZ de aynı değerlerdedir. Yoğunluk, hesaplanan değerler için 05 00 YZ de minimum olurken ölçülen değer için 08 00 YZ de minimum olmaktadır.



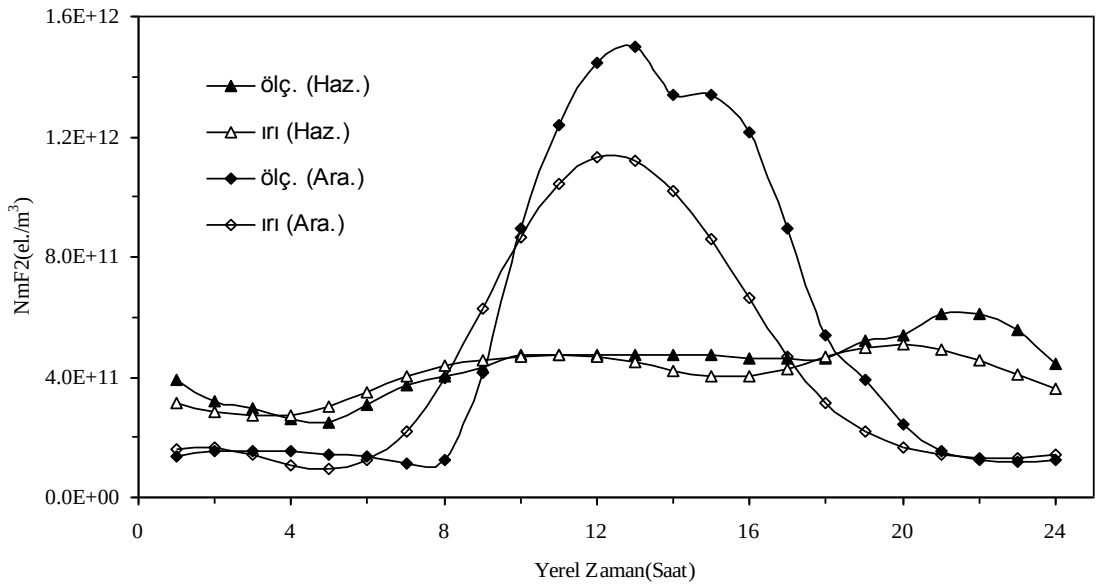
Şekil 5.19. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1996)

Şekil 5.20’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 1997 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 04 00 YZ de minimum 20 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum 22 00 YZ de ise maksimum değerini almaktadır. Bunun yanı sıra ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğu değerleri 01 00 YZ, 12 00 YZ, 14 00 YZ, 17 00 YZ ve 21 00 YZ de aynı değerlere sahip olduğu gözlenmektedir. Aralık ayı hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum 12 00 YZ de maksimum değerini alırken ölçülen değer 08 00 YZ de minimum 14 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Ayrıca her iki sonuçta 07 00 YZ, 10 00 YZ, 13 00 YZ ve 19 00 YZ de aynı değerlere sahip olduğu Şekil 5.18’den görülmektedir.



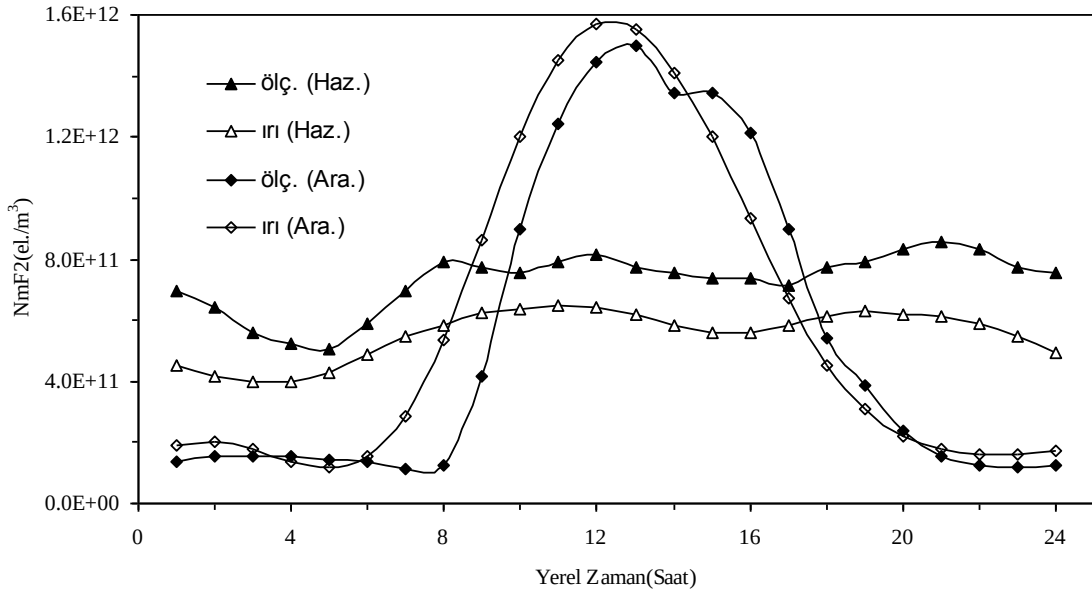
Şekil 5.20. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1997)

Şekil 5.21'de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 1998 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı hesaplanan ve ölçülen yoğunluk değerleri birbirine çok yakın olarak ortaya çıkmış ve günün birçok bölümünde de aynı değerleri almıştır. Aralık ayı hesaplanan değeri 0500 YZ'de minimum, 1200 YZ'de maksimum değeri alırken, ölçülen yoğunluk değeri 0800 YZ'de minimum, 1300 YZ'de maksimum değerine sahiptir. Haziran ayı yoğunluk değerleri gün içinde çok az değişim gösterirken, Aralık ayları değerleri gün içinde çok büyük değişimler göstermiştir.



Şekil 5.21. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1998)

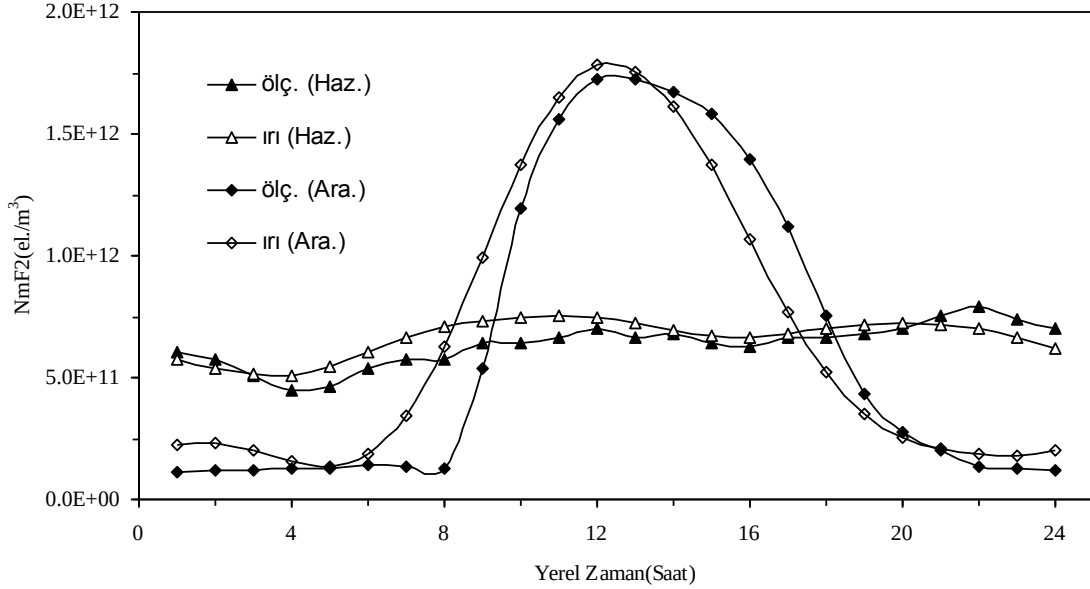
Şekil 5.22’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 1999 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 05 00 YZ de minimum 21 00 YZ de maksimum değerini almıştır. Bu ay için gün içinde elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi küçüktür. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 13 00 YZ de maksimum değerine ulaşmıştır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi büyüktür. Bu ay için ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri 08 00 YZ ile 12 00 YZ arsında bir artış gösterirken 14 00 YZ ile 24 00 YZ arasında azalmıştır.



Şekil 5.22. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (1999)

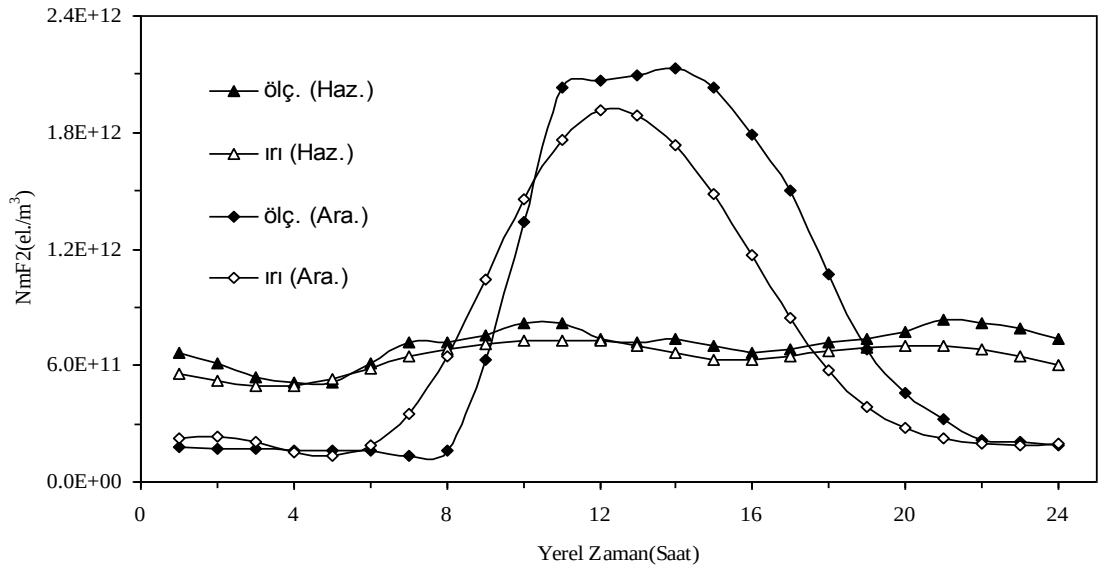
Şekil 5.23’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2000 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 04 00 YZ de minimum, 22 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Bu ay için, elektron yoğunluğu değerinde gün içindeki değişim küçüktür. Ay içinde 03 00 YZ ile 21 00 YZ arası hesaplanan değer, ölçülen değerden büyük olurken günün geri kalan bölümünde ölçülen değer, hesaplanan değerden daha büyüktür. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki

değişimi büyüktür. Bu ay için ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri 08 00 YZ ile 12 00 YZ arasında bir artış gösterirken 14 00 YZ ile 24 00 YZ arasında bir azalma sergilemektedir.



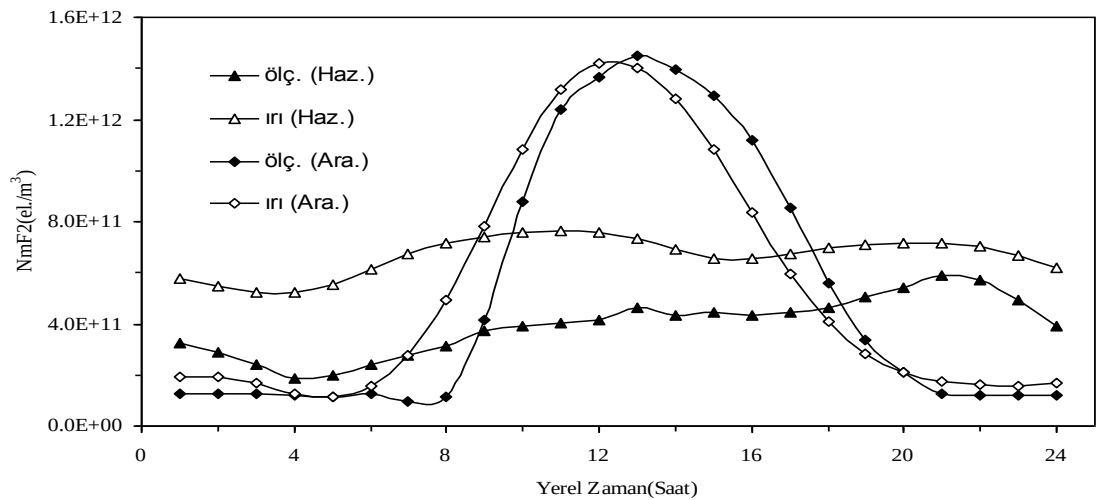
Şekil 5.23. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2000)

Şekil 5.24’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2001 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer ve ölçülen değer 04 00 YZ de minimum değerlerini almışlardır. Hesaplanan yoğunluk değeri 12 00 YZ de maksimum değerini alırken ölçülen yoğunluk değeri 22 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi küçüktür. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 14 00 YZ de maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi büyüktür. Bu ay için ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri 08 00 YZ ile 12 00 YZ arasında bir artış gösterirken 14 00 YZ ile 24 00 YZ arasında bir azalma sergilemektedir. Hesaplanan değer, 06 00 YZ ile 10 00 YZ arasında ölçülen değerden daha büyük değerlerde iken günün geri kalan saatlerinde ölçülen değer hesaplanan değerlerden daha büyüktür.



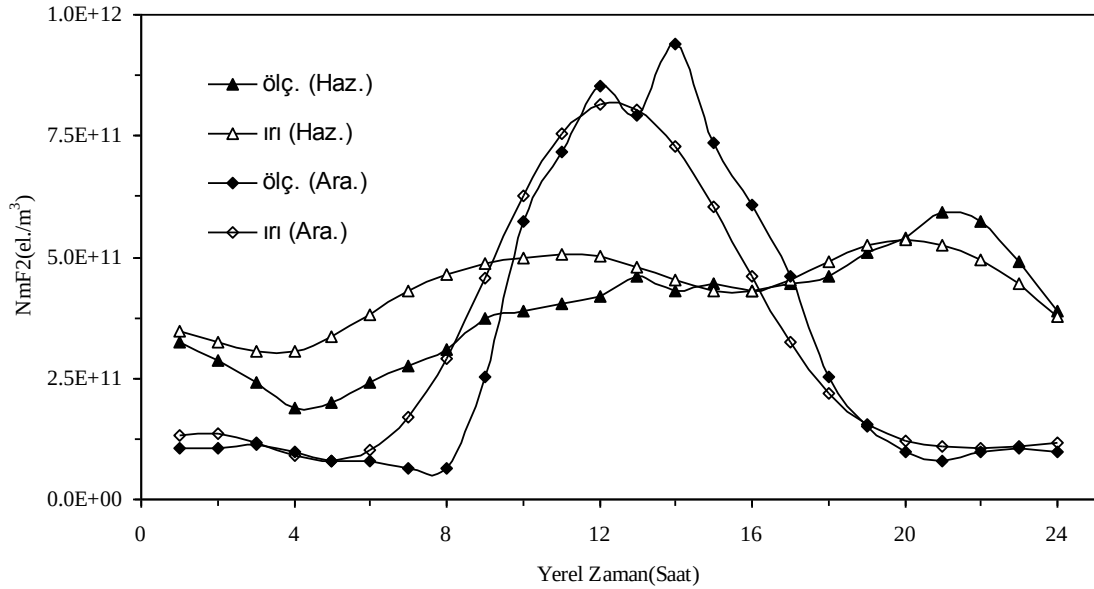
Şekil 5.24. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2001)

Şekil 5.25’de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2002 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 04 00 YZ de minimum, 22 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Ölçülen değer 04 00 YZ ile 22 00 YZ arasında düzenli bir artış gösterirken hesaplanan değer için aynı şey söylenemez. Ay içinde tüm saatler için hesaplanan değer ölçülen değerden büyüktür. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 04 00 YZ ile 06 00 YZ arası minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 13 00 YZ de maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi büyüktür.



Şekil 5.25. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2002)

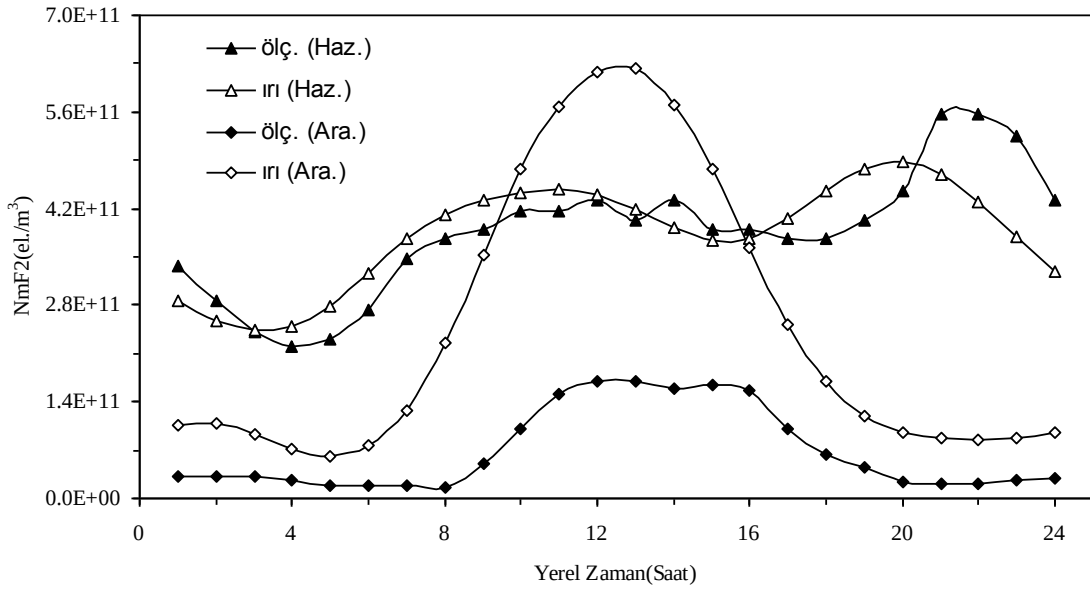
Şekil 5.26 da ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2003 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 04 00 YZ de minimum, 22 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Ay içinde 01 00 YZ ile 21 00 YZ arasında hesaplanan değer ölçülen değerden büyükken, günün geri kalan saatlerinde ölçülen değer, hesaplanan değerden daha büyüktür. 14 00 YZ ile 20 00 YZ arasında iki değer birbirlerine çok yakındır. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum 14 00 YZ de maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi büyüktür. Bu ay için ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri 08 00 YZ ile 12 00 YZ arasında bir artış gösterirken 14 00 YZ ile 21 00 YZ arasında bir azalmaktadır. Ayrıca ölçülen değer 12 00 YZ ve 14 00 YZ de birer maksimum oluşturmaktadır.



Şekil 5.26. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2003)

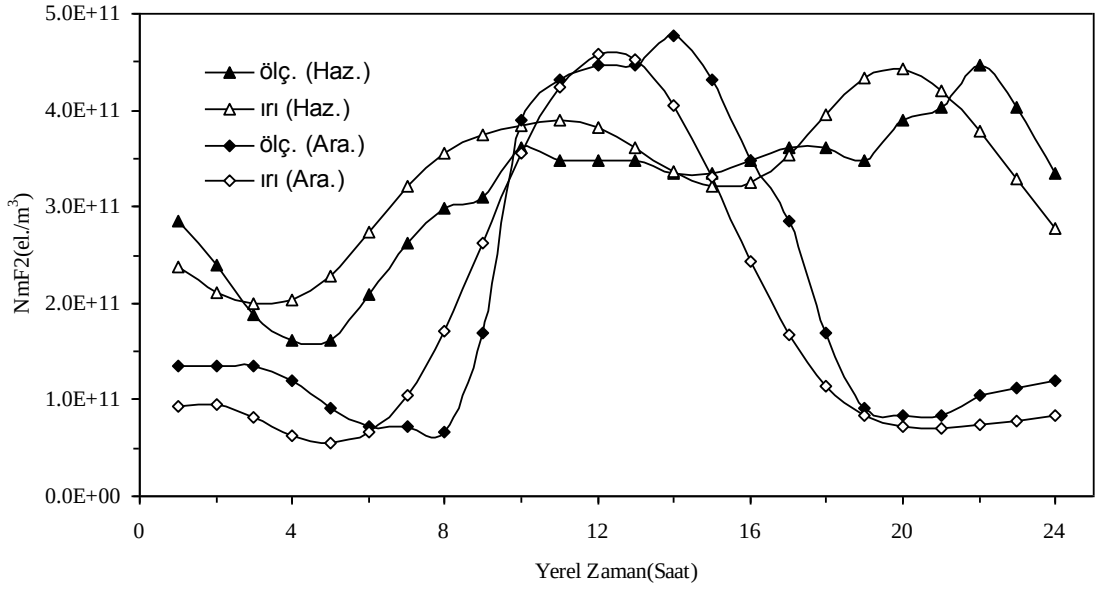
Şekil 5.27 de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2004 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 20 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 04 00 YZ de minimum, 21 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Ay genelinde ölçülen elektron yoğunluğu değerleri ile hesaplanan yoğunluk değerleri birbirine çok yakındır. 21 00 YZ ile 24 00 YZ arasında bir farklılık görülmektedir. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi küçüktür. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 08 00 YZ de minimum, 12 00 YZ

de maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu ay için elektron yoğunluğunun gün içindeki değişimi büyüktür. Bu ay için, ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri arasında da büyük fark göze çarpmaktadır. Ölçülen yoğunluklar, 01 00 YZ ile 08 00 YZ ve 20 00 YZ ile 24 00 YZ arasında çok küçük değerler almıştır.



Şekil 5.27 Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2004)

Şekil 5.28 de ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun 2005 yılı haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi verilmiştir. Haziran ayı için hesaplanan değer 04 00 YZ de minimum, 20 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen değer 05 00 YZ de minimum, 22 00 YZ de maksimum değerini almaktadır. Aralık ayı için hesaplanan yoğunluk değeri 05 00 YZ de minimum, 12 00 YZ de maksimum değerini alırken, ölçülen yoğunluk değeri 0800 YZ de minimum 14 00 YZ de maksimum değerine ulaşmaktadır. Aralık ayı için ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri 08 00 YZ ile 12 00 YZ arasında artış gösterirken 14 00 YZ ile 20 00 YZ arasında azalmaktadır.



Şekil 5.28. Ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğunun haziran ve aralık ayları için yerel zamanla değişimi (2005)

5.4. Ölçülen ve Hesaplanan Maksimum Elektron Yoğunluğu Değerleri Arasında

Korelasyon Katsayısının Hesaplanması

Korelasyon iki ya da daha fazla değişken arasında bir ilişkinin olup olmadığını gösteren istatistiksel bir niceliktir. İlişkinin miktarı bir sayı ile belirtilir. Bu sayıya korelasyon katsayısı ya da ilişki katsayısı denir. Gerek bilimsel çalışmalarımızda gerekse günlük sorunlarla uğraşırken “İki ya da daha fazla değişken arasında ilişki vardır.” demenin ötesinde söz konusu ilişkiyi en iyi açıklayacak matematiksel eşitliği de bulmak isteriz. Değişkenler arasındaki ilişkiyi saptamak, aslında bu ilişkiyi gösteren matematiksel eşitliği saptamaktır. Söz konusu matematiksel eşitlik saptanırken kural olarak, bağımsız değişkene bağlı olarak bağımlı değişken üzerindeki ortalama değişmeyi gösteren eşitlik aranır. İlişkiyi gösterecek eşitliği önemi değişkenin durumuna, sayısına ve aralarındaki ilişkinin biçimine bağlıdır.

Pearson korelasyon katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right]}} \quad (5.2)$$

Bu ifadedeki $r_{x,y}$ korelasyon katsayısı, X_i X değişkeninin i 'inci terimi, Y_i Y değişkeninin i 'inci terimi, $\bar{X}$ X değişkenlerinin ortalaması, $\bar{Y}$ değişkenlerinin

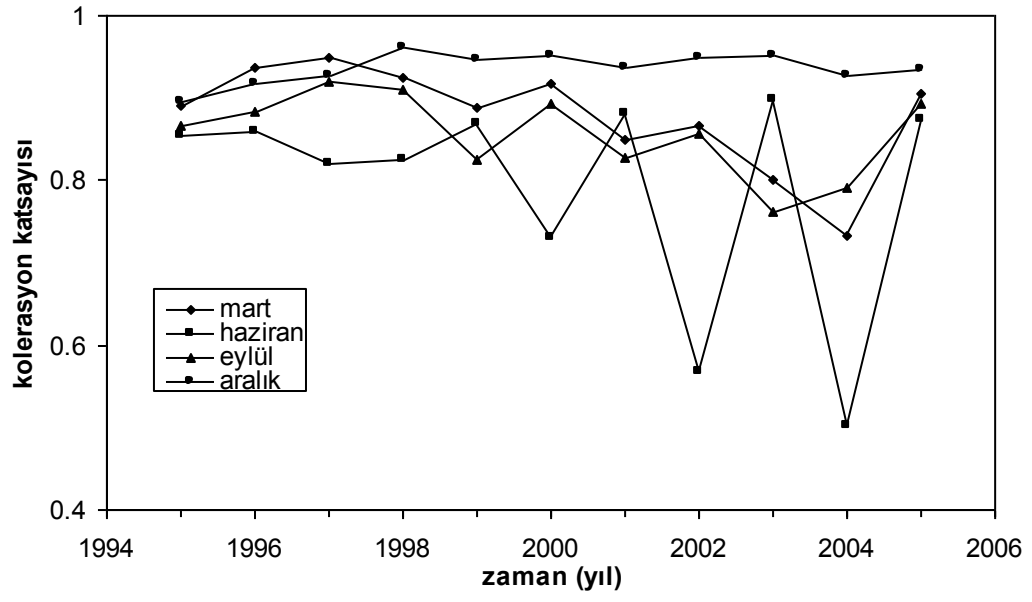
ortalamasıdır. Sürekli iki değişken arasındaki doğrusal ilişki miktarını gösteren Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı +1.00 ile -1.00 arasında değişen değerler alabilir. Değişkenlerin ikisi de aynı yönde değişme gösterirse, aralarındaki ilişki pozitifdir; korelasyon katsayısının işareti de (+) dır. Değişkenlerin biri bir yönde değişirken diğeri ters yönde değişme gösterirse (biri azalırken diğeri çoğalırsa) bu durumda ilişki negatiftir; korelasyon katsayısının işareti de (-) dir. Değişkenler arasında ne pozitif ne de negatif yönde bir değişme yoksa, bu durumda korelasyon katsayısı sıfırdır. Yani korelasyon katsayısının sıfır oluşu da değişkenler arasında hiçbir ilişki olmadığını gösterir[17].

Bu ifadelerden yola çıkarak hmF2 deki ölçülen N_mF2 değeri ve IRI-2001 (International Reference Inosphere) programıyla hesaplanan N_mF2 değerleri arasındaki korelasyon katsayı tablosu aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ölçülen ve Hesaplanan maksimum elektron yoğunluğu değerleri için korelasyon katsayının yıllara göre mevsimsel olarak değişimi

	$r_{x;y}$ (mart)	$r_{x;y}$ (haziran)	$r_{x;y}$ (eylül)	$r_{x;y}$ (aralık)
2005	0.905966	0.874311	0.892003	0.935627
2004	0.732062	0.502985	0.790239	0.92806
2003	0.800549	0.899096	0.762335	0.950747
2002	0.865241	0.568222	0.855549	0.950188
2001	0.8492	0.88217	0.82675	0.937553
2000	0.916668	0.729576	0.89381	0.952331
1999	0.888606	0.868518	0.823899	0.947221
1998	0.924381	0.825365	0.910118	0.961924
1997	0.949852	0.820814	0.920321	0.927882
1996	0.937745	0.859546	0.883883	0.917215
1995	0.889577	0.854342	0.865651	0.895963

Çizelge 5.1’den yararlanarak Şekil 5.29’de mart, haziran, eylül ve aralık ayları için korelasyon eğrisinin yıllık değişimi çizilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi bütün değerler +1 değerine yakındır. Bu da bu değişkenler arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki olduğunu gösterir. Haziran ayı değerleri 2000, 2002 ve 2004 yıllarında en zayıf ilişkiyi gösterirken aralık ayı değerlerinin 1996 yılında itibaren artarak +1 değerine (yani pozitif ilişki) yaklaşmaktadır. Mart ayı 1997,2000 ve 2005 yıllarında +1 değerine en yakın olduğu yıllardır. Eylül ayı katsayı değeri ise 1997 ve 1998 yılları +1 değerine en yakın olduğu yıllardır.



Şekil 5.29. Hesaplanan ve ölçülen maksimum elektron yoğunluğu değerleri için korelasyon katsayısının yıllık değişimi.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, (51,70 °K-2,33 °B) coğrafik koordinatlarında ölçülen f_oF2 verilerinin meydanları ile aynı coğrafik koordinatta IRI-2001 (International Reference Inosphere) modeli kullanılarak hesaplanan N_mF2 değerlerinin mevsimsel ve yıllık olarak incelenmiştir.

Ölçülen ve IRI-2001 modeli kullanılarak hesaplanan N_mF2 değerleri arasında yıllık olarak yapılan incelemelerde 1999, 2000, 2002 ve 2004 yıllarında bir farklılık görülmüştür. Bu farklılıkların nedeni IRI Modelinde öngörülmejen jeomanyetik aktiviteler ve güneş patlamalarından kaynaklanmaktadır.

Mart ve Eylül ayları için yapılan karşılaştırmada genel bir uyumun olduğu ancak genelde 06 00 YZ ile 10 00 YZ arasında ölçülen değerlerin IRI Modeli ile hesaplanan N_mF2 değerlerinden büyük çıktığı görülmüştür. Bu durum gün içinde solar radyasyona ek olarak çok yükseklerde küçük kimyasal kayıpların göz önünde bulundurulmamasının sonucudur.

Aynı koordinatlar için ölçülen ve hesaplanan N_mF2 değerleri arasındaki ilişki Çizelge 5.1 de verilmiştir. Buna göre maksimum elektron yoğunlukları arasında güçlü bir ilişkinin var olduğu, yani ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunlukları arasında hemen hemen %100 e yakın bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Ancak 2002 Haziran ayında ölçülen ve hesaplanan maksimum elektron yoğunluğu değerleri arasındaki ilişki uyumludur fakat diğer yıllara göre daha zayıftır.

Sonuç olarak, ölçülen ve hesaplan maksimum elektron yoğunluğu (N_mF2) arasında kuvvetli bir ilişkinin var olduğu korelasyon katsayı göstermektedir. Bu sonuç, önceden kestirilemeyen jeomanyetik aktivite ve güneş patlamalarındaki anormal durumlar dışında IRI-modelinin güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir.

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. 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
3. Rishbeth, Henry, 1973, Physics and Chemistry of the Ionospheric Contemp, Phys, 14,229, 240
4. Akkaya, İ., Antenler ve Propagasyon, Mart, 1997
5. Özcan, O, 1987, Elazığ üzerindeki iyonkürenin incelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 11-15
6. Aydoğdu, M., 1988, Dip Ekvatoru Üzerindeki İyonkürenin F-Bölgesindeki Elektron Kayıp Katsayısının (β) Hesaplanması, **Doğa**, 12, 14-21
7. Rishbeth, H. ve Garriot, O.K., 1969, *Introduction to Ionospheric Physics*, **Academic Pres, New York**
8. 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
9. Karatay, S., 2005, İyonkürenin Plazmasında Kış Anormalliği, **Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 10-12
10. M. Aydoğdu, 1988, North-South asymmetry in the ionospheric equatorial anomaly in the African and the west Asian regions produced by the asymmetrical thermospheric winds, **J. Atmos. Terr. Phys**, 50, 623-627,
11. Bailey, G. J., Su, Y. Z. and Oyama, K.-I., 2000, Yearly Variations In The Low-Latitude Topside Ionosphere, **Ann. Geophysicae**, 18, 789-798

12. Rishbeth, H., 1967, A Review of Ionospheric F Region Theory, **Proceedings of The Iee**, 55, 16-35
13. 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
14. 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
15. İnternet; HAARP Home Page, <http://www.haarp.alaska.edu>;(esin tarihi: 18.05.2007)
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. İnternet; USDOC/NOAA/NESDIS/National Geophysical Data Center
<http://www.ngdc.noaa.gov/>;(esin tarihi: 18.06.2008)
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

ÖZGEÇMİŞ

Selçuk SAĞIR

Fırat Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü
23169, ELAZIĞ

Tel: (424) 2370000 / 6770
Faks: (424) 2330062
e-posta: sagirselcuk@hotmail.com

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 10.06.1983
Doğum Yeri : PALU
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : BEKAR

Eğitim:

İlköğretim:

1989-1994 Pınartepe İlköğretim Okulu (ELAZIĞ)

Ortaöğretim:

1994-1997 Mimar Sinan İlköğretim Okulu (ELAZIĞ)

Lise:

1997-2000 Kovancılar Lisesi (ELAZIĞ)

Lisans:

2001-2005 Fırat Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, ELAZIĞ

Yüksek Lisans:

2005-2007 Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

Seminer IRI-2001 Modeli ile Elde Edilen F2-Bölgesinin Maksimum Elektron Yoğunluğunun İncelenmesi

Danışman: Prof. Dr. Osman ÖZCAN

Çalıştığı Kurumlar:

1. 2005-2006 Okçular İlköğretim Okulu, Elazığ, Fen Bilgisi Öğretmeni
2. 2006-2007 Pınartepe İlköğretim Okulu, Elazığ, Sınıf Öğretmeni
3. 2007-2008 Y.Karagedik İlköğretim Okulu, Elazığ, Sınıf Öğretmeni