
Araştırma Makalesi / Research Article

Üst İyonküredeki 'O⁺ + N₂' Reaktif Çarpışmasına Ait Kayıp Terimlerinin Değişimlerinde Güneş Tutulması Etkisinin İncelenmesi

Mehmet YAŞAR*

*Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Elazığ
(ORCID: 0000-0002-2758-3635)*

Öz

Dünya iyonküresi üzerindeki güneş tutulma etkilerinin incelenmesi tutulma süresince iyonküre yapısındaki ani ve orta ölçekli değişimler ile ilgili oldukça önemli bilgi kaynağı sağlar. Bu çalışmada Kharkov şehrinde (49.6°K, 36.3°D) 29 Mart 2006 tarihinde gözlemlenen güneş tutulmasının 'O⁺ + N₂ → NO⁺ + N' reaktif reaksiyona ait kayıp terimleri üzerindeki etkisi yüksekliğe (252, 303, 353 ve 399 km) ve zamana (evrensel zaman dilimine göre saat 09.00'dan 12.30'a kadar) bağlı olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda kayıp terimlerinin her üç gün içinde (28, 29, 30 Mart) yükseklikle ters orantılı bir şekilde değiştiği görülmüştür. 29 Mart gününde tam tutulmanın meydana geldiği zaman aralığında kayıp teriminin azaldığı görülmüştür. İyonküre üzerindeki güneş tutulma etkisinin tutulmadan sonraki günde önceki güne nazaran daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İyonküre, güneş tutulması, reaksiyon süreçleri.

Investigation of the Solar Eclipse Effect on the Changes of the Loss Terms for 'O⁺ + N₂' Reactive Collision in the Upper Ionosphere

Abstract

The examining the effect of solar eclipses on the earth ionosphere provides a very important source of information about sudden and medium-scale changes in the ionosphere structure during a solar eclipse. In this study, the effect of solar eclipse observed on March 29, 2006 in Kharkov city (49.6° N, 36.3° E) on loss terms of O⁺ + N₂ → NO⁺ + N reactive reaction was investigated depending on the altitude (252, 303, 353 and 399 km) and time (UT from 09.00 to 12.30). As a result of the investigations, it was seen that the loss terms change inversely with the height within every three days (28, 29, 30 March). It was observed that the loss term decreased during the time period when the total eclipse occurred on the March 29. It has been found that the solar eclipse effect on the ionosphere is greater on the day after the eclipse than the day before.

Keywords: Ionosphere, solar eclipse, reaction processes.

1. Giriş

Güneş tutulması özellikle tutulmanın öncesi ve sonrasında meydana gelebilecek ani değişimler ile ilgili iyonküresel süreçlerin araştırılmasında eşsiz fırsatlar sunar [1]. Güneş tutulmasından dolayı iyonkürenin yapısında bozulmalar meydana geldiği için, pek çok araştırmacı iyonkürenin tutulmaya karşı verdiği tepkinin ölçülmesi üzerine çok sayıda model, teori ve gözlemler gerçekleştirmişlerdir. Atmosferik iyonlaşma süreçleri üzerindeki güneş ışınmasının önemi, güneş tutulması süresince iyonküresel değişimler üzerine yapılan teorik araştırmalarla ortaya konmuştur [2,3]. Kharkov şehrinde kurulu olan iyonküre enstitüsüne ait Kharkov Incoherent Scatter Radar'a ait ölçüm verileri iyonküre üzerindeki güneş tutulması etkilerinin gözlemlenmesi amacıyla birçok çalışmada kullanılmıştır [4-9].

Tutulma etkisinin incelenmesi güneş ışınmasının artış ve azalışlarında görülen ani değişimlerinden dolayı iyonküredeki dinamik ve fotoiyonlaşma süreçleri gibi önemli olayların

*Sorumlu yazar: mehmetyasar@firat.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.12.2020, Kabul Tarihi: 21.03.2021

araştırılmasına büyük katkı sağlar. Tutulma süresince iyonküredeki dinamik süreçler zamana, jeofiziksel şartlara ve güneşte görülen değişimlere kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Fotoiyonlaşma ve nötr gaz salınımındaki değişimler iyonkürenin doğal yapısında ani bozulmalara sebep olur. Dahası, tutulma boyunca iyonkürenin yapısında meydana gelen değişmelerin araştırılması ve gözlemlenmesi elektromanyetik dalga yayılımına ilaveten çarpışma, difüzyon, ayrılma, yeniden birleşme, taşınma, kayıp ve kazanç süreçlerinin anlaşılmasına çok büyük katkı sağlar [1].

İyonküre N_2 , O_2 ve O gibi atmosferik gazların iyonlaşmaları ile şekillenir. İyonküredeki net elektron yoğunluğu kayıp ve üretim süreçlerinin göreceli hızlarına bağlıdır. Gerek E gerekse de F bölgesinde elektron ve iyon kayıpları moleküler iyonlar vasıtasıyla meydana gelir. E bölgesinin yeniden birleşme reaksiyonları aşağıdaki gibidir:



F bölgesinde başlıca temel parçacık, yük değişim reaksiyonları tarafından moleküler iyonlara dönüştürülen, O^+ iyonudur [10]. Yük değişim reaksiyonlarına ait taşınma, çarpışma, kazanç ve kayıp süreçlerinin araştırılması ve incelenmesi hem gece F bölgesinin sürekliliğine hem de mevsimsel anormalliklere katkı sağlar.

Bu çalışmada yük değişim reaksiyonlarından biri olan ' $O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$ ' reaksiyonu için Kharkov Incoherent Scatter Radar'dan alınan ölçüm verileri ve NRLMSISE-00 atmosfer modelinden elde edilen nötr yoğunluklar ışığında hesaplanan kayıp süreçleri üzerinde 29 Mart 2006 tarihli güneş tutulmasının etkisi incelenmiştir. Plazma fiziksel (klasik) yöntemler kullanılarak elde edilen tüm sonuçlar 252, 303, 353 ve 399 km'lik yüksekliklere göre ve evrensel zaman dilimi içinde (universal time) saat 09.00 ile 12.30 arasındaki zaman aralıkları referans alınarak hesaplanmıştır. Bu yükseklik ve zaman aralıklarında çalışılma sebebi, tutulma etkisinin elde edilen sonuçlar üzerinde daha net bir şekilde gözlemlenmesinden dolayıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. 29 Mart 2006 Güneş Tutulması

29 Mart 2006 tarihindeki güneş tutulması dünyanın yarısını kat eden dar bir bant içinde gözlemlenmiştir. Ukrayna için 29 Mart 2006 güneş tutulması, güneş diskindeki yaklaşık % 77.4'lük örtülmeden dolayı kısmi bir tutulmadır. Bu çalışmanın konusu olan Ukrayna'nın Kharkov şehrinde gözlemlenen parçalı tutulma evrensel zaman dilimine (UT) göre 10.02'de başlayarak 12.21'e kadar devam etmiştir. Kharkov'daki güneş tutulması süresi toplamda 2 saat 18 dakika sürmüştür. Maksimum örtülme yaklaşık 11.12 ile 11.15 (UT) civarında meydana gelmiştir [6]. 29 Mart 2006 tarihli güneş tutulması % 77.4'lük kısmi bir örtülme orana sahip Ukrayna'nın aksine yerkürenin bazı konumlarında % 100'lük tam bir tutulma olarak gözlemlenmiştir. Tam tutulmanın görüldüğü bir konumun değil de kısmi tutulmanın görüldüğü Ukrayna/Kharkov şehrinin seçilmesi, ölçüme dayalı veriler sunan Kharkov Incoherent Saçılma Radarının bu şehirde bulunmasından dolayıdır.

2.2. Kharkov Incoherent Saçılma Radarı (Kharkov IS Radar)

Kharkov şehrinde 90 km uzaklıkta kurulmuş IS radar Avrupa'nın doğusunda iyonküresel plazma değişimlerini kontrol eden süreç ve parametreler üzerinde oldukça yüksek bir bilgi kaynağı sağlamaktadır. IS radarın coğrafi koordinatları 49.6 kuzey enlemleri ile 36.3 doğu boylamlarıdır. Kharkov IS radarı belirli iyonküresel yükseklik aralıklarında elektron yoğunluğu (N_e), elektron sıcaklığı (T_e), iyon sıcaklığı (T_i) ve yüklü parçacık taşınma hızının dik bileşeni (V_z) gibi önemli iyonküresel parametrelerin ölçümünde oldukça önemli bir ölçüm aracıdır [6].

2.3. Kayıp Süreçleri

Gerek teorik gerekse de deneysel yöntemlerle iyonküre kimyasının analizi ani sinyal kesilmeleri, iyonküresel çarpışma süreçleri, meteor yağmurları, ay ve güneş tutulmaları süresince yoğunluk, sıcaklık ve enerji düzenindeki değişimler gibi çeşitli sayıdaki faktörlerden dolayı büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada güneş tutulması süresince reaktif çarpışmalar için kayıp süreçleri araştırılmıştır. Reaktif çarpışmalar özellikle üst iyonküre için çok önemlidir. Reaktif çarpışmalar oldukça karmaşık süreçlerdir çünkü bu süreçlere ait reaksiyon tesir kesitlerinin hesaplanması hem kuantum mekaniksel hem de plazma fiziksel (klasik) olarak oldukça zordur. Bu bakımdan reaktif çarpışmalar için kayıp süreçlerinin hesaplanması önemlidir [11-14].

F bölgesi kayıp mekanizması baskın iyon olan O^+ ve elektronların (e^-) nötr atmosferle etkileşimleri vasıtasıyla iki aşamalı bir süreç ile meydana gelir. Birinci aşama, bu çalışmanın da temelini oluşturan iyon-atom iç değişim süreci (1) veya yük transfer reaksiyonundan (2) biridir:



Kayıp katsayısı β reaksiyon hız sabiti (k) ile nötr konsantrasyonun çarpımından elde edilir:

$$\beta = k \cdot N \quad (6)$$

Burada k , reaksiyon hız sabitini ve N , yoğunluğu ifade eder [15].

Mendillo ve Forbes'in 1978 yılında ortama hidrojen verilerek yapılan çalışmalarında, kaybın temel kaynağının H_2 ve atomik oksijen arasındaki etkileşimden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Bu durumda kayıp terimi:

$$L = \beta \exp\left(-\frac{h-h_0}{H_0}\right)N \quad (7)$$

Burada H_0 , atmosferik ölçek yüksekliğini, h yüksekliği ve h_0 ölçüme başlanılan yüksekliği ifade eder. Bu sonuçtan hareketle kabaca kayıp terimi yazılacak olunursa;

$$L = \beta \cdot N \quad (8)$$

olarak ifade edilir [16].

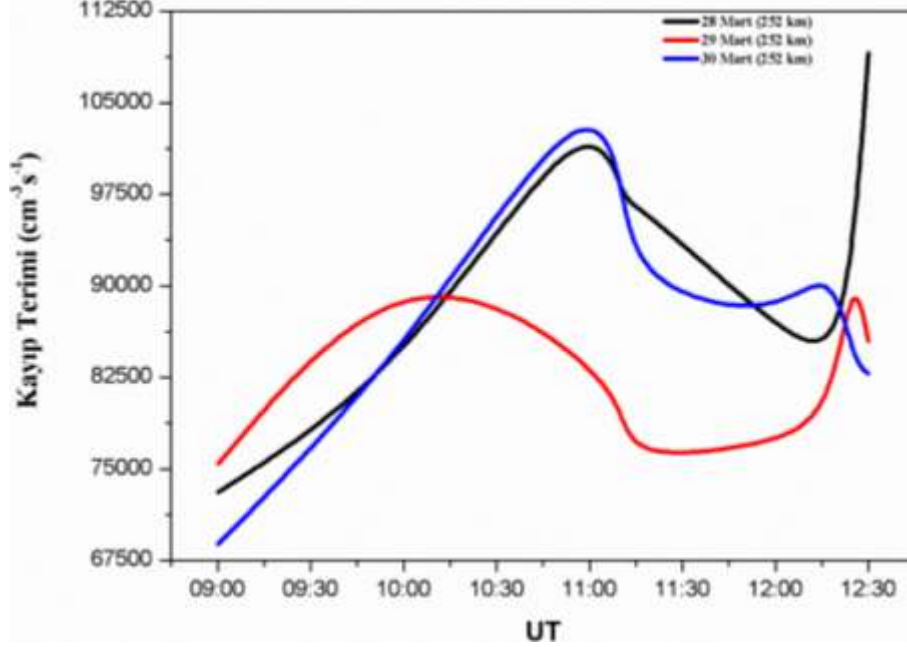
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, 29 Mart 2006 tarihinde Kharkov'da gözlemlenen güneş tutulması etkisinin ' $O^+ + N_2$ ' reaktif çarpışmasına ait kayıp terimleri üzerinde oluşturduğu zamana ve yüksekliğe bağlı değişimleri incelendi. Öncelikle değişen sıcaklıklarda meydana gelen bu reaksiyonun hız sabitlerinin elde edilmesinin ardından denklem (6)'dan kayıp katsayıları bulundu ve bu katsayılar (8) denklemine yerine konularak kayıp terimleri hesaplandı. Kayıp terimleri (KT) 28 (tutulmadan önceki gün), 29 (tutulma günü) ve 30 (tutulmadan sonraki gün) Mart tarihlerinde UT 09.00 dan 13.00'a kadar değişen zaman aralıklarında, 252, 303, 353 ve 399. km'ler için ayrı ayrı hesaplandı.

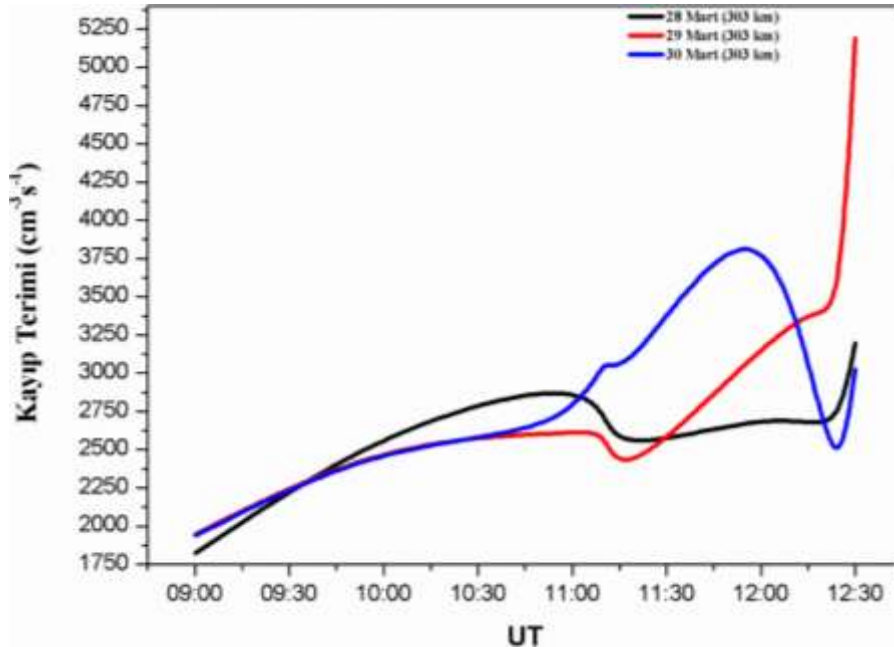
Şekil 1; 252 km'lik yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 günlerindeki kayıp terimlerinin zamana göre değişimlerini göstermektedir. 28 ve 30 Mart tarihlerindeki kayıp terimindeki değişimlerin saat 09.00'dan yaklaşık 12.00'a kadar benzer olduğu ancak UT 12.00'dan itibaren değişimlerin farklılaştığı Şekil 1'den görülmektedir. Tutulma günü olan 29 Mart tarihindeki değişimlere bakıldığında, KT'nin UT 10.15 civarında maksimum değerine ulaştığı ve hemen sonrasında düşüşe geçerek UT 11.15 civarında minimum değerini aldığı görülmüştür. KT saat 12.15 civarında tekrardan artış göstererek ikinci bir maksimuma ulaşmış ve sonrasında azalmıştır.

Şekil 2'de 303 km'lik yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 tarihlerindeki kayıp terimlerinin zamanla değişimleri gösterilmektedir. Üç gün içinde gözleme başlama zamanı olan 09.00'dan 11.00

civarına kadar KT'lerde görülen değişimlerin benzer olduğu ancak saat 11.00'dan itibaren 30 Mart'taki gözlem eğrisinin farklılaşmaya başladığı tespit edilmiştir. Bu farklılaşma ile birlikte KT maksimum değerine saat 11.45 ile 12.00 arasında ulaşmış ve hemen sonrasında düşüşe geçtiği Şekil 2'den görülmektedir. Başlangıç zamanından bitiş zamanına kadar 28 ve 29 Mart'taki KT değişim eğrilerinin benzer oldukları sadece tutulma günündeki değişim şiddetinin tutulmadan önceki güne kıyasla daha fazla olduğu gözlenmiştir. KT, 29 Mart gününde ve tam tutulmanın meydana geldiği 11.00 ile 11.15 zaman aralığında minimuma düşmüştür.



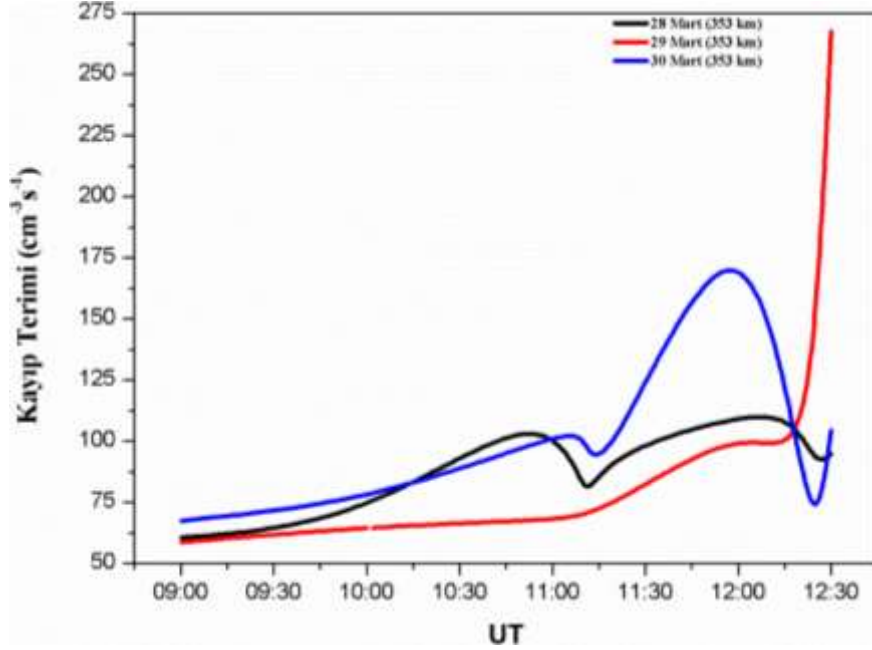
Şekil 1. 252 km yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 günlerindeki kayıp terimlerinin zamana göre değişimi



Şekil 2. 303 km yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 günlerindeki kayıp terimlerinin zamana göre değişimi

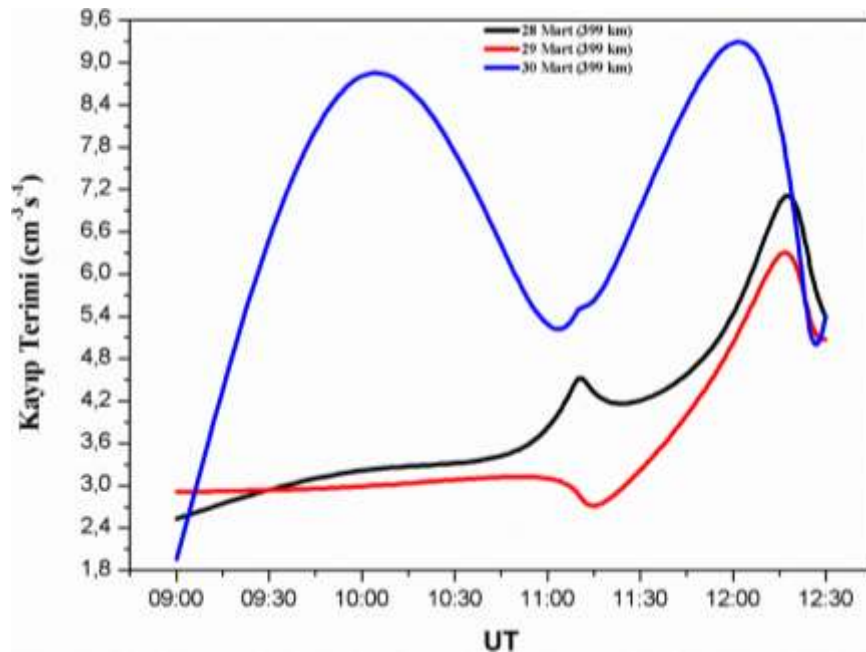
Şekil 3; 28, 29 ve 30 Mart 2006 tarihleri için 353 km yükseklikteki kayıp terimlerinin UT 09.00'dan başlayarak 12.30'a kadar olan değişimlerini göstermektedir. 28 ve 30 Mart günlerinde KT'lerdeki değişimlerin benzer olduğu fakat 30 Mart'taki değişim şiddetinin 28 Mart'a göre daha fazla olduğu Şekil 3'ten tespit edilmiştir. Tutulma günü olan 29 Mart tarihinde KT değişim eğrisinin gözlem

başlangıç zamanından tutulma zamanına kadar sabit bir değişim seyri gösterdiği, tam tutulma zamanı içinde hafif bir düşüş göstererek hemen sonrasında yüksek bir artış trendi içine girdiği Şekil 3'ten tespit edilen bir diğer noktadır.



Şekil 3. 353 km yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 günlerindeki kayıp terimlerinin zamana göre değişimi

Ölçüm ve hesaplama yapılan son yükseklik olan 399 km yükseklikteki kayıp terimlerinin 28, 29 ve 30 Mart'taki değişimleri ise Şekil 4'te gösterilmiştir. Her üç gün içinde gözleme başlanılan zaman olan UT 09.00'dan 12.30'a kadar KT değişim eğrilerinde yer yer benzerlikler yer yer farklılıklar tespit edilmiştir. Özellikle saat 11.15'ten itibaren eğrilerdeki artışın maksimuma ulaşarak sonrasında azalmaya başlaması tespit edilen benzerlikler iken, UT 09.00'dan 11.15'e kadar olan değişimlerde tespit edilen farklılıklardır. 28 ve 30 Mart günlerinde iki maksimum pik görülmüş ancak bu maksimum pikler farklı zaman aralıklarında görülmüştür. Tutulma günü olan 29 Mart gününde saat 09.00'dan tam tutulma anına kadar KT eğrisinin yatay bir şekilde değiştiği ve tam tutulma zaman aralığı içinde minimuma düşmüş sonrasında artış göstermiştir.



Şekil 4. 399 km yükseklik için 28, 29 ve 30 Mart 2006 günlerindeki kayıp terimlerinin zamana göre değişimi

4. Sonuç ve Öneriler

29 Mart 2006 tarihinde meydana gelen güneş tutulmasının iyonküresel kayıp süreçlerinden biri olan kayıp terimi üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada, iyonküresel yükseklik arttıkça kayıp teriminin azaldığı yani kayıp terimi ile yüksekliğin ters orantılı bir şekilde değiştiği görüldü. 29 Mart tarihinde tam örtülmenin UT 11.00 ile 11.15 arasında gerçekleştiği göz önüne alındığında özellikle bu zaman aralığında tüm yüksekliklerde kayıp terimi azalmıştır. İki maksimum noktanın gözlemlendiği 252. km'ye ait ölçüm ve hesaplamalar en fazla dalgalanmanın gözlemlendiği yükseklik olarak tespit edilmiştir. Her dört yükseklik için 28 ve 30 Mart tarihlerindeki maksimum ve minimum noktalarda göz önüne alındığında, 28 Mart'a ait grafik eğrilerinin 30 Mart'a ait eğrilere kıyasla daha yatay bir seyir izlediği ve bu nedenle 30 Mart'taki artış ve azalışların 29 Mart'taki değişimlere daha yakın olduğu tespit edildi. Bu durum güneş tutulmasının önceki güne nazaran sonraki günde iyonküresel değişimler üzerinde daha etkin olduğunu ortaya koymaktadır.

Gerek parçalı tutulma gerekse de tam tutulma etkisinin kayıp terimleri üzerinde en net gözlemlendiği yükseklikler 252 ve 399. km'lerdir. Her iki yüksekliğe ait grafikler dikkatle incelendiğinde 'O⁺ + N₂' çarpışmasına ait kayıp, ölçüm başlangıç zamanı olan saat 09.00'dan parçalı tutulmanın başladığı saat 10.00'a kadar artarken, parçalı tutulma ile tam örtülmenin gerçekleştiği zaman aralığında azaldığı oldukça net bir şekilde gözlenmiştir. Bununla birlikte tam örtülmenin sona ermesiyle kaybın arttığı ve bu artışın parçalı tutulma bitiş zamanı olan UT 12.20 civarına kadar devam ettiği görülmüştür. Parçalı tutulmanın sona ermesiyle de kayıp tekrardan düşüşe geçmiştir. Bu düşüşün sebebi Kharkov şehrinde akşam saatlerine yaklaşıması ve dolayısıyla güneş etkisinin azalmasına bağlanabilir. Yapılan hesaplamalar ışığında bu çalışmada çizilen grafikler, hem parçalı tutulmanın hem tam tutulmanın hem de tutulmanın sona erdiği kısacası güneş etkisinin değişkenlik gösterdiği tüm zaman dilimlerinde iyonküredeki güneş etkisinin gözlemlenmesi noktasında oldukça hassas değişimler göstermişlerdir.

Güneşin atmosfer ve özellikle de iyonküredeki tüm değişimler üzerinde en etkin parametre olduğu göz önüne alındığında güneş tutulmalarının iyonküre üzerindeki etkilerinin dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Bu incelemeler esnasında özellikle direkt ölçüme dayalı verilerin kullanılması yapılacak olan çalışmaların kalitesini ve doğruluğunu artıracaktır. Bu sebeple mevcut çalışmada Kharkov Incoherent Scatter Radar ölçümleri ile yapılan hesaplamalar bu çalışmaya da konu olan iyonküredeki reaksiyon süreçlerinin değişim ve etkilerinin tespitine sağlayacağı katkı göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir.

Teşekkür

Yazar Kharkov Incoherent Scatter Radar çalışanlarına ve nötr yoğunlukların elde edilmesinde kullanılan NRLMSISE-00 atmosfer modeli için modelleme merkezi yönetimine teşekkür eder.

Yazarların Katkısı

Makalede tüm katkı yazara aittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Chukwuma V.U., Adekoya B.J. 2016. The effects of March 20 2015 solar eclipse on the F2 layer in the mid-latitude. *Advances in Space Research*, 58 (9): 1720-1731.
- [2] Rishbeth H. 1968. Solar eclipses and ionospheric theory. *Space Science Reviews*, 8: 543-554.

- [3] Oliver W.L., Bowhill S.A. 1974. The F1 region during a solar eclipse. *Radio Science*, 9 (2): 189-195.
- [4] Taran V.I., Bogovsky V.K., Lysenko V.N., Grigorenko Ye.I., Emelyanov L.Ya. 2001. Investigation of circumterrestrial space by means of incoherent scatter radar. *Space Science and Technology*, 7 (2): 36-41.
- [5] Yemelyanov L.Ya., Dzyubanov D.A. 2007. The peculiarities of mid-latitude ionosphere plasma drift velocity determination. *Telecommunications Radio Engineering*, 66 (14): 1313-1327.
- [6] Grigorenko E.I., Lyashenko M.V., Chernogor L.F. 2008. Effects of solar eclipse of March 29, 2006, in the ionosphere and atmosphere. *Geomagnetism and Aeronomy*, 48 (3): 337-351.
- [7] Chernogor L.F., Grigorenko Ye.I., Lyashenko M.V. 2011. Effects in geospace during partial solar eclipses over Kharkiv. *International Journal of Remote Sensing*, 32 (11): 3219-3229.
- [8] Lyashenko M.V., Chernogor L.F. 2013. Solar eclipse of August 1, 2008, over Kharkov: 3. Calculation results and discussion. *Geomagnetism and Aeronomy*, 53 (3): 367-376.
- [9] Chernogor L.F. 2019. Physical processes in the ionosphere during the solar eclipse on March 20, 2015 over Kharkiv, Ukraine (49.6° N, 36.3° E). *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 182: 1-9.
- [10] Hunsucker R.D., Hargreaves J.K. 2003. *The high-latitude ionosphere and its effects on radio propagation*, Cambridge University Press, New York, 1-613.
- [11] Sağır S., Yaşar M., Atici R. 2019. The Relationship between Dst, IMF-Bz and Collision Parameters for $O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$ Reactive Scattering in the Ionosphere. *Geomagnetism and Aeronomy*, 59 (8): 1003-1008.
- [12] Yaşar M., Canyılmaz M. 2018. Investigations of Chemical Processes of $O^+ + H_2 (V = 0, J = 0)$ Reaction Using Thermal Variation in the Ionospheric Regions. *Thermal Science*, 22 (1): 47-53.
- [13] Yaşar M. 2021. The Change of Diffusion Processes for $O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$ Reaction in the Ionospheric F Region During the Solar Eclipse Over Kharkov. *Thermal Science*, 25 (1): S51-S56.
- [14] Yaşar M. 2017. Kuantum mekaniksel yaklaşım ile iyonküredeki $O^+ + H_2 \rightarrow OH^+ + H$ reaksiyonunun incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [15] Mendillo M., Hawkins G.S., Klobuchar J.A. 1975. A Sudden Vanishing of the Ionospheric F Region Due to the Launch of Skylab. *Journal of Geophysical Research*, 80 (16): 2217-2228.
- [16] Mendillo M., Forbes J.M. 1978. Artificially created holes in the ionosphere. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 83: 151-162.