

İYONKÜRE TABAKA İLETKENLİKLERİNİN GÜNLÜK VE MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLERİ

Osman ÖZCAN, İbrahim ÜNAL ve Esat GÜZEL

Fırat Üniversitesi

Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü 23119 Elazığ

oozcan@firat.edu.tr , iunal@firat.edu.tr , eguzel@firat.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, iyonkürenin E ve F-bölgelerinin tabaka iletkenlikleri incelenmiştir. Tabaka iletkenliklerinin matematiksel ifadeleri Langevin denklemi çözülerek elde edildi. Elde edilen bu ifadeler kullanılarak tabaka iletkenliklerinin sayısal değerleri hesaplandı. Hesaplamalar için gerekli olan parametreler International Reference Ionosphere (IRI) modelinden elde edildi.

Σ_{xx} , Σ_{xy} ve Σ_{yy} tabaka iletkenliklerinin günlük, mevsimsel ve coğrafik enlemle değişimleri incelendi. İletkenliklerin gündüz saatlerindeki değerleri gece saatlerindeki değerlerinden daha büyüktür.

1. GİRİŞ

İyonküre plazması içindeki elektromanyetik dalganın yayılımı üzerine önemli etkisi olan iletkenlik, iyonkürenin temel parametrelerinden biridir. Marconi'nin 1901 yılındaki radyo yayınından beri bir çok bilim adamı iletkenlik üzerinde çalışmıştır [1-4]. Bu çalışmalarda genellikle iyonkürenin herhangi bir yüksekliğindeki iletkenlikler incelenmiştir. İyonkürenin tabaka iletkenlikleri ise çok az incelenmiştir. Çünkü tabaka iletkenliklerini hesaplamak için hızlı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmadaki amacımız E ve F-bölgeleri için tabaka iletkenliklerinin günlük, mevsimsel ve coğrafik enlem ile değişimlerini incelemektir. Hesaplamalar için gerekli olan iyonküre parametreleri International Reference Ionosphere (IRI) modelinden elde edilecektir. D-bölgesindeki elektron yoğunluğunun gündüz saatlerinde çok düşük, gece saatlerinde ise bu bölgenin yok olması nedeniyle, D-bölgesi için iletkenlikler incelenmemiştir.

2. İYONKÜRE PLAZMASININ İLETKENLİĞİ

İyonküre içindeki yüklü parçacıkların üzerine etki eden kuvvet,

$$m_{\alpha} \frac{d\mathbf{V}_{\alpha}}{dt} = q_{\alpha} (\mathbf{E} + \mathbf{V}_{\alpha} \times \mathbf{B}) - m_{\alpha} \nu_{\alpha} \mathbf{V}_{\alpha} \quad (1)$$

ifadesi ile verilir. Burada α sırasıyla elektron ve iyon için kullanılan e ve i'yi göstermektedir. m küle, \mathbf{V} hız, q parçacığın yükü, \mathbf{E} elektrik alanı, \mathbf{B} manyetik alan ve ν ise çarpışma frekansını göstermektedir.

+z-ekseninin düşey yönde yukarıya doğru, x ve y-eksenlerinin ise coğrafik doğu ve kuzey yönünü gösterdiği bir koordinat sistemi için kuzey yarımküredeki \mathbf{B} manyetik alanı aşağıdaki ifade ile verilir [5].

$$\mathbf{B} = (B \cos I \sin d) \mathbf{a}_x + (B \cos I \cos d) \mathbf{a}_y + (-B \sin I) \mathbf{a}_z \quad (2)$$

Buradaki I manyetik dip açısı, d deklinasyon açısıdır. B manyetik alanının bu değeri, (1) denkleminde yerine yazılıp kararlı hal için çözülürse; akım yoğunlukları bileşenleri cinsinden aşağıdaki şekilde elde edilebilir [6]. (deklinasyon açısı $d=0$ alındı).

$$J_x = \sigma_1 E_x - \sigma_2 \sin I E_y - \sigma_2 \cos I E_z \quad (3)$$

$$J_y = \sigma_2 \sin I E_x + \sigma_1 E_y - (\sigma_0 - \sigma_1) \cos I \sin I E_z \quad (4)$$

$$J_z = \sigma_2 \cos I E_x - (\sigma_0 - \sigma_1) \cos I \sin I E_y + (\sigma_0^2 \sin^2 I + \sigma_1^2 \cos^2 I) E_z \quad (5)$$

Bu ifadelerdeki $\sigma_0 = N e^2 \left[\frac{1}{m_e v_e^2} + \frac{1}{m_i v_i^2} \right]$, $\sigma_1 = N e^2 \left[\frac{v_e}{m_e [\omega_{ce}^2 + v_e^2]} + \frac{v_i}{m_i [\omega_{ci}^2 + v_i^2]} \right]$ ve

$$\sigma_2 = N e^2 \left[-\frac{\omega_{ce}}{m_e [\omega_{ce}^2 + v_e^2]} + \frac{\omega_{ci}}{m_i [\omega_{ci}^2 + v_i^2]} \right]$$
 sırasıyla paralel, dik ve Hall iletkenliklerdir.

İyonküre plazması içinde dinamo hareketiyle oluşturulan elektrik alanının $\sigma \mathbf{E}$ akım yoğunluğu, bir düşey bileşen içerecektir. İletkenliği büyük olan bölgeden iletkenliği daha düşük olan bölgeye akım akmayacağından, elektrik yükleri bölgenin sınırlarında birikecektir [7]. Kutuplanan bu yükler toplam elektrik alanının düşey yöndeki bileşeni sıfır oluncaya kadar alanı değiştirecektir. Bu durumda $J_z = 0$ olduğundan (3)-(5) denklemleri çözülürse yatay doğrultudaki J_x ve J_y akım yoğunlukları,

$$J_x = \left(\sigma_1 + \frac{\sigma_2^2 \cos^2 I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} \right) E_x - \frac{\sigma_0 \sigma_2 \sin I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} E_y \quad (6)$$

$$J_y = \frac{\sigma_0 \sigma_2 \sin I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} E_x + \frac{\sigma_0 \sigma_1}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} E_y \quad (7)$$

olarak elde edilir. $\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E}$ Ohm kanununa göre tabaka iletkenliği tensörü aşağıdaki şekilde olur.

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1 + \frac{\sigma_2^2 \cos^2 I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} & -\frac{\sigma_0 \sigma_2 \sin I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} \\ \frac{\sigma_0 \sigma_2 \sin I}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} & \frac{\sigma_0 \sigma_1}{\sigma_0 \sin^2 I + \sigma_1 \cos^2 I} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Yerin manyetik alanı üzerindeki akımın etkisini toplam tabaka iletkenliğinden hesaplamak daha uygundur [8]. E ve F-bölgelerinin toplam tabaka iletkenlikleri,

$$\Sigma_{xx} = \int \sigma_{xx} dh, \quad \Sigma_{xy} = \int \sigma_{xy} dh \quad \text{ve} \quad \Sigma_{yy} = \int \sigma_{yy} dh \quad (9)$$

olarak yazılabilir.

3. NÜMERİK SONUÇLAR VE TARTIŞMA

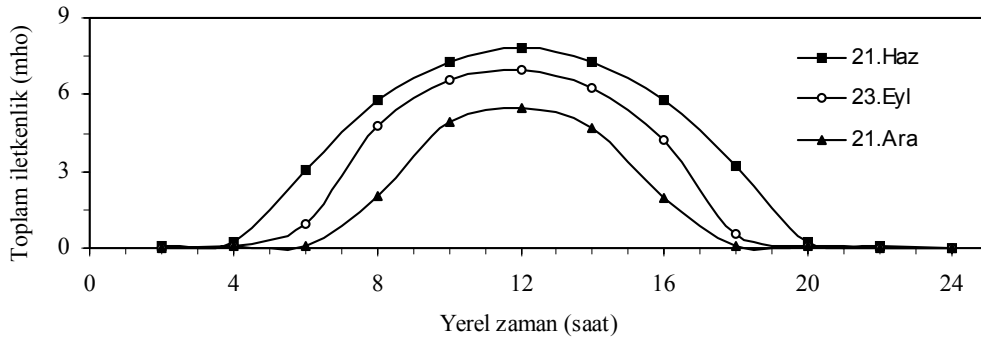
(39° K, 40° D) coğrafik koordinatı için E ve F-bölgelerinin toplam tabaka iletkenlikleri (9) ifadesi ile hesaplandı. Hesaplamalar için gerekli olan parametreler IRI-modelinden elde edildi.

Güneş lekesi sayısının minimum (R=10) olduğu günler için hesaplanan E ve F-bölgelerinin toplam tabaka iletkenliklerinin günlük ve mevsimsel değişimleri Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir. E-bölgesi için gece saatlerindeki iletkenlikler hemen hemen sıfırdır. Toplam iletkenlikler elektron yoğunluğu ile orantılıdır. E-bölgesindeki elektron yoğunluğu gece saatlerinde çok azaldığından, iletkenlikler de sıfıra yaklaşmıştır. E-bölgesi için yaz aylarındaki iletkenlikler diğer aylara göre daha büyük iken, F-bölgesi için mevsimsel değişimler daha düzensizdir. Σ_{xx} ve Σ_{yy} iletkenliklerinin E ve F-bölgelerindeki değerleri birbirine yakın iken, E-bölgesindeki Σ_{xy} F-bölgesindekinden çok daha büyüktür.

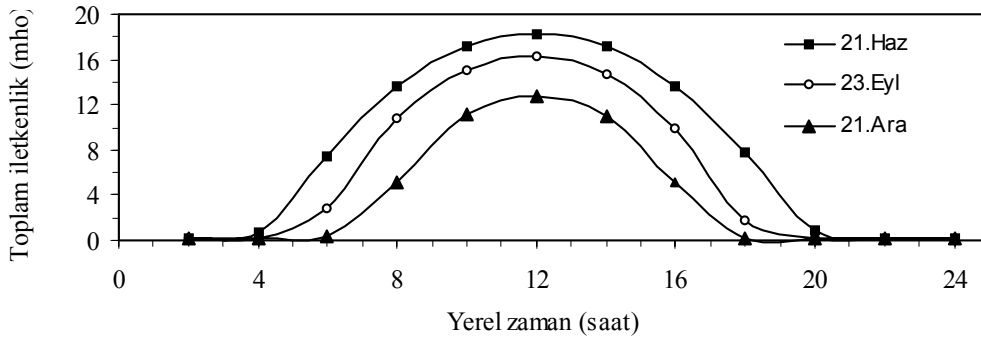
E-bölgesi için toplam tabaka iletkenliklerinin coğrafik enleme değişimleri Şekil 3’de verilmiştir. 10° coğrafik enleminde Σ_{xx} ve Σ_{yy} iletkenlikleri maksimumdur. Bu enleminde deklinasyon açısı yakalaşık olarak sıfırdır, $I=0$

için $\sigma_{xx} = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{\sigma_1}$ ve $\sigma_{yy} = \sigma_0$ olduğundan bu iletkenlikler büyümüştür.

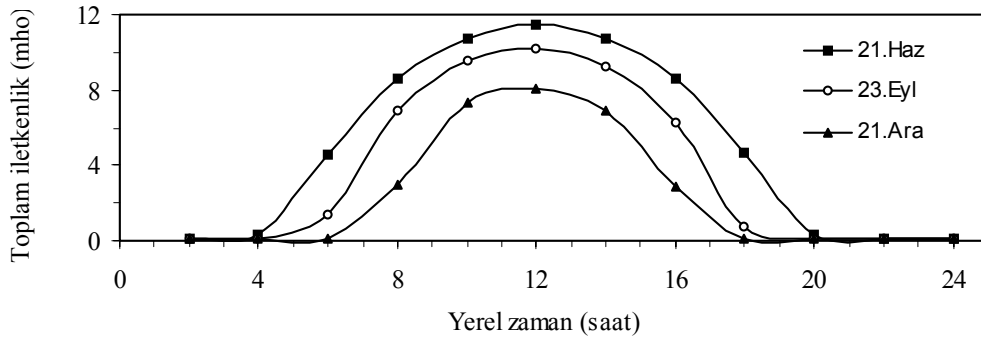
Sonuç olarak gündüz saatleri için E-bölgesinin iletkenlikleri daha büyük iken, gece saatlerinde F-bölgesinin iletkenliği daha önemli hale gelir.



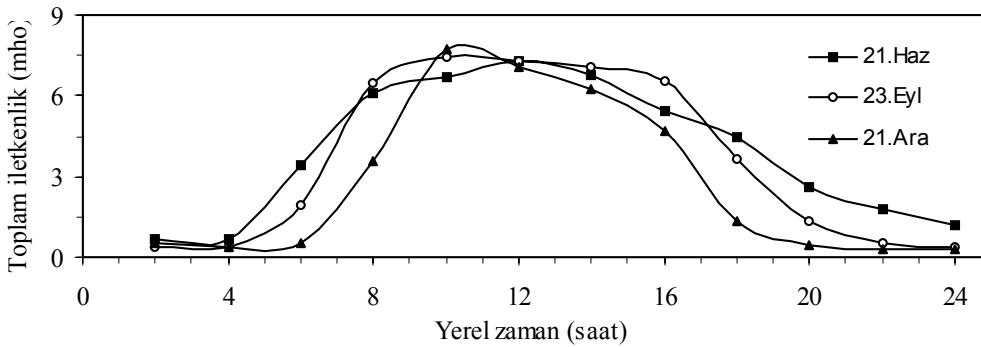
Şekil 1a. E-bölgesi Σ_{xx} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



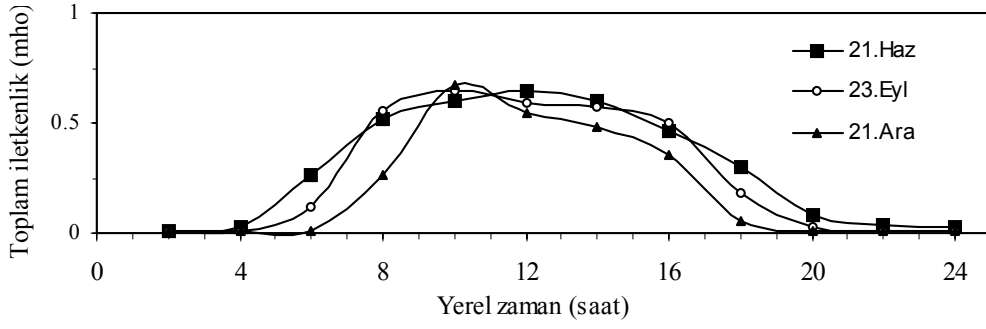
Şekil 1b. E-bölgesi Σ_{xy} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



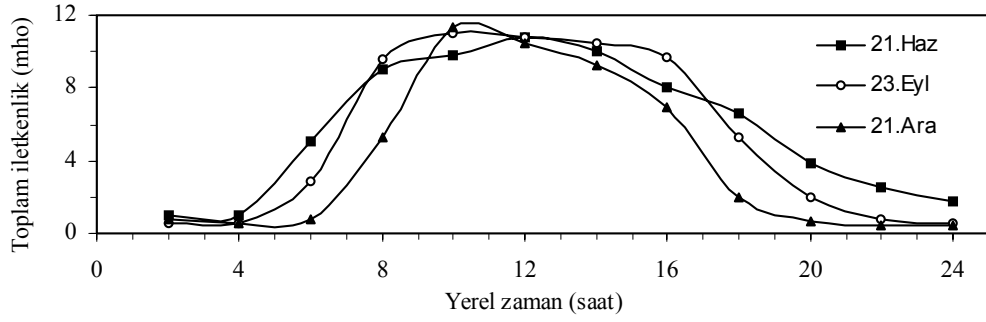
Şekil 1c. E-bölgesi Σ_{yy} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



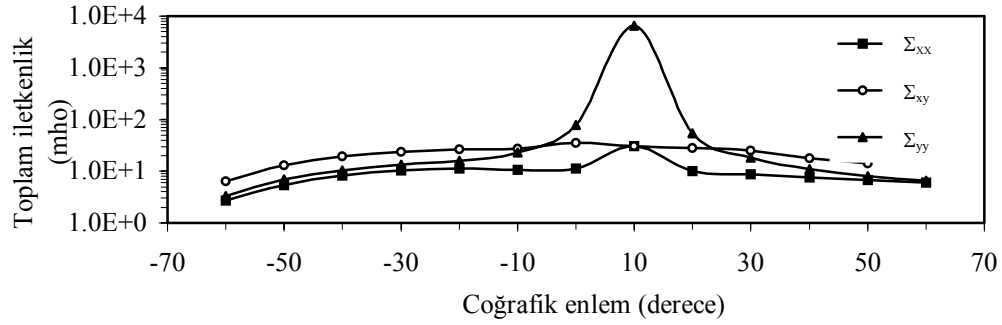
Şekil 2a. F-bölgesi Σ_{xx} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



Şekil 2b. F-bölgesi Σ_{xy} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



Şekil 2c. F-bölgesi Σ_{yy} iletkenliğinin günlük ve mevsimsel değişimi.



Şekil 3. E-bölgesi toplam tabaka iletkenliklerinin coğrafik enlemle değişimi.

4. KAYNAKLAR

- [1] K. Madea, "Conductivity and drifts in the ionosphere", J. Atmos. Terr. Phys. Vol.39, sf.1041-1053, 1977.
- [2] H.C. Zhuang, R.G. Roble, "Electric conductivity in the low thermosphere and low and middle atmosphere and its affection by solar activity", Scientia Sinica (series A), Vol.27, sf.315-327, 1984.
- [3] M. Takeda, T. Araki, "Electric conductivity of the ionosphere and nocturnal currents", J. Atmos. Terr. Phys. Vol.47, sf.601-609, 1985.
- [4] M. Aydođdu, O. Özcan, " Electric conductivities of the topside ionospheric plasma over Turkey", Dođa-Tr. J. of Physics. Vol.15, sf.1-9, 1991.
- [5] H. Rishbeth, "Thermospheric winds and the F-region: A Review", J. Atmos. Terr. Phys. Vol.34, sf.1-47,1972.
- [6] M. Aydođdu, O. Özcan, "Effect of magnetic declination on refractive index and wave polarization coefficients of electromagnetic waves in mid-latitude ionosphere", Indian Journal of Radio & Space Physics, Vol.25, sf.263-270, 1996.
- [7] H. Rishbeth, O.K. Garriot, "Introduction to ionospheric physics" Academic Press, Newyork, 1969.
- [8] H. Rishbeth, "The ionospheric E-layer and F-layer dynamos-a tutorial review", J. Atmos. Terr. Phys. Vol. 59, sf. 1873-1880, 1997.