

**İYONOSFERDEKİ TOPLAM ELEKTRON MİKTARI (TEC) VE KOD YANLILIK
DEĞERLERİNİN (DCB) GNSS ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ**

Samed İNYURT

**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

ZONGULDAK

Ocak 2015

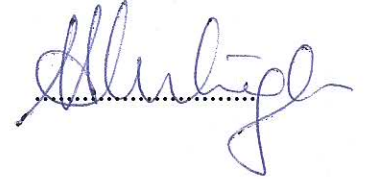
KABUL:

Samed İNYURT tarafından hazırlanan "İYONOSFERDEKİ TOPLAM ELEKTRON MİKTARI (TEC) VE KOD YANLILIK DEĞERLERİNİN (DCB) GNSS ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 16/01/2015

Başkan: Prof. Dr. Shuanggen JIN
Bülent Ecevit Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU
Bülent Ecevit Üniversitesi



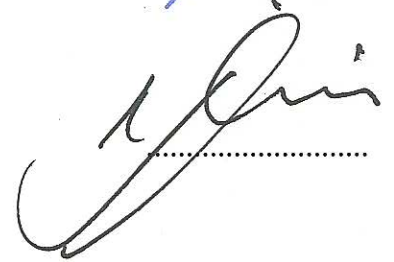
Üye : Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ
Ankara Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Çetin MEKİK
Bülent Ecevit Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Ömer YILDIRIM
Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım. .../.../2015



Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Samed İNYURT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İYONOSFERDEKİ TOPLAM ELEKTRON MİKTARI (TEC) VE KOD YANLILIK DEĞERLERİNİN (DCB) GNSS ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ

Samed İNYURT

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Shuanggen JIN

İkinci Danışman: Doç. Dr. Çetin MEKİK

Ocak 2015, 65 sayfa

İyonosfer tabakası yapısı birçok bilim adamı tarafından çalışılmaktadır. Toplam elektron miktarı (TEC) değeri GNSS ölçülerinden direkt olarak elde edilemez, fakat üretilen kombinasyonlarla kestirilebilir. TEC kestirimi ile ilgili çalışmalarda uydu ve alıcı kaynaklı donanım hatalarının varlığı bulunmuştur. Kod yanlılığı (DCB) olarak adlandırılan bu hata TEC değerinin doğruluğunu etkilemektedir. Dolayısıyla DCB değerinin belirlenmesi TEC kestirimi için oldukça öneme sahiptir.

Bu tez çalışmasında 16 tanesi TUSAGA-Aktif istasyonu olmak üzere EUREF ve IGS istasyonlarının da içinde bulunduğu 41 istasyon değerlendirmeye alınmış, değerlendirme aşamasında İsviçre'nin Bern üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese 5.0 programı kullanılmıştır. Zonguldak'ta bulunan ZONG TUSAGA-Aktif istasyonu için 2014 yılı Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının 8. gününden 15. gününe kadar toplamda her ayın sekiz

ÖZET (devam ediyor)

günü için TEC değerleri ikişer saat aralıklarla bulunmuş, yine aynı günler için kod alıcı yanlılık değerleri günlük olarak elde edilmiştir. Tek Tabaka Modelinin kullanıldığı çalışmada GPS ölçülerinden elde edilen TEC değerleri, Avrupa yörünge belirleme merkezi (CODE) tarafından yayınlanan global iyonosfer haritası (GIM-TEC) ve uluslararası iyonosfer referans modeli programından elde edilen TEC (IRI-2012 TEC) değerleriyle karşılaştırılmış, bunun yanında iyonosferik aktivite hakkında bilgi veren K_p , Dst ve F10.7 ve R indis değerlerinden analiz edilen aylara ilişkin iyonosferik aktivite seviyesine bakılmıştır.

Elde edilen TEC değerlerinin global iyonosfer haritasından alınan GIM TEC değerleri ile yakın olduğu, uluslararası referans iyonosfer modeli (IRI-2012) TEC değerleriyle ise büyük oranda fark içerdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İyonosfer, Toplam elektron miktarı, Kod yanlılığı

Bilim Kodu: 616.01.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF TOTAL ELECTRON IONOSPHERIC CONTENT (TEC) AND DIFFERENTIAL CODE BIASES (DCB) USING GNSS MEASUREMENTS IN IONOSPHERE

Samed İNYURT

**Bulent Ecevit University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Shuanggen JIN
Co-Advisor: Asst. Prof. Çetin MEKİK**

January 2015, 65 pages

Ionosphere has been studied by a number of scientists in recent years. GNSS measurements cannot provide TEC value directly, but it can be estimated from combination of measurements. Early studies concerning the estimation of TEC have indicated the existence of hardware biases produced by satellite transmitter and receiver. Differential code bias referred to as DCB affects accuracy of TEC value directly. Therefore, estimation of DCB value bears an immense importance for improving the accuracy for the TEC in ionosphere.

In this study TEC values derived from GPS measurements are produced with two hours increments from eighth day to fifteenth day in January, April, July and October 2014. Moreover, DCB values are also generated daily for all days. Bernese program developed by Bern University in Sweden has been used in this study. TEC values which are analyzed with

ABSTRACT (continued)

Bernese 5.0 program have been compared with GIM TEC values published by CODE and IRI-2012 TEC values. Furthermore, the level of Ionospheric activity has been examined for four months using K_p , Dst, F10.7, R index values. While TEC values derived from GPS measurements resemble GIM TEC, it is too different from IRI-2012 TEC values.

Key Words: Ionosphere, Total electron content, Differential code biases

Science Code: 616.01.00

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi danışmanlığını üstlenerek, bu çalışmanın tamamlanmasında bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Shuanggen JIN'e ve Sayın Doç. Dr. Çetin MEKİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında destek veren, hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve bilgisiyle yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ömer YILDIRIM'a şükranlarımı sunarım. Çalışmamda bana destek olan Sayın Doç. Dr. Rozsa SZABOLCS'a, teşekkürü bir borç bilirim.

Tez yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Mustafa ÖZENDİ'ye, Arş. Gör. Alihsan ŞEKERTEKİN'e, Arş. Gör. Gökhan GÜRBÜZ'e, Arş. Gör. Çağlar BAYIK'a, Arş. Gör. Nevin Betül AVŞAR'a, Arş. Gör. İlke DENİZ'e teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullanılan Bernese 5.0 programı ile çalışmamı sağlayan İstanbul Teknik Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümüne teşekkür ederim.

Hayatımın anlamı olarak gördüğüm sevgili ailemin üyeleri babam Adem İNYURT'a, annem Zöhre İNYURT'a ve kardeşim Semih İNYURT'a gerek tez aşamasında gerekse bugüne kadar göstermiş oldukları sevgi ve anlayışa sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 TEC HARİTALAMA YÖNTEMLERİ	23
2.1 YEREL TEC MODELİ	25
2.2 KÜRESEL/BÖLGESEL TEC MODELİ	25
2.3 ULUSLARARASI İYONOSFER REFERANS MODELİ (INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE MODEL)	28
BÖLÜM 3 TEC SONUÇLARI	33
BÖLÜM 4 DCB SONUÇLARI	51
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 İyonosfer tabakalarının gösterimi.....	11
1.2 Ocak ayı Dst indisi değerleri.....	15
1.3 Nisan ayı Dst indisi değerleri.....	16
1.4 Temmuz ayı Dst indisi değerleri.....	17
1.5 Ekim ayı Dst indisi değerleri.....	18
1.6 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarına ilişkin Kp indisi değerleri.....	19
1.7 Ocak, Nisan, Temmuz ayları F10.7 solar flux ve R değerleri.....	20
2.1 Tek tabaka modeli.....	23
2.2 İki değişkenli enterpolasyon gösterimi.....	27
2.3 Global iyonosfer haritası.....	27
2.4 IRI-2012 Programı.....	29
3.1 Ağın genel yapısı.....	33
3.2 Ocak Ayının ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması.....	35
3.3 Nisan ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması.....	37
3.4 Temmuz ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması.....	39
3.5 Ekim ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması.....	41
3.6 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının sekizinci günden on beşinci güne kadar ortalama TEC değerinin IRI, GIM değerlerinden elde edilen TEC ortalama değerleri ile karşılaştırılması.....	43
3.7 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ortalama TEC değerleri üzerinden karşılaştırılması.....	44
3.8 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ikişer saatlik ortalama TEC değerlerinin karşılaştırılması.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.9 Farkların RMS değerleri gösterimi.....	46
3.10 Analiz edilen tüm günlerin genel gösterimi.....	47
3.11 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin GIM değeri ile karşılaştırılması.....	48
3.12 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin IRI modeli ile karşılaştırılması.....	49
4.1 ZONG istasyonu 8-15 Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının DCB değerleri gösterimi.....	56
4.2 ZONG istasyonu DCB değerlerinin RMS değerleri gösterimi.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Doğrusal kombinasyonların gösterimi.	6
1.2	Manyetik fırtına ölçeği	14
1.3	1993-2002 yılları arasındaki $M \geq 5.9$ olan depremlerin parametreleri	21
2.1	Farklı lineer kombinasyonlar için DCB düzeltmeleri	30
3.1	Farkların RMS değerleri.	46
3.2	Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin GIM değeri ile karşılaştırılması.	48
3.3	Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin IRI değeri ile karşılaştırılması.	49
4.1	Ocak ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.....	52
4.2	Nisan ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.....	53
4.3	Temmuz ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.....	54
4.4	Ekim ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.....	55
4.5	ZONG istasyonu DCB değerlerinin RMS değerleri.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

c	: Işığın boşluktaki hızı
v	: Elektromanyetik dalganın ortamdaki hızı
n	: Kırılma indisi
f^p	: Plazma Frekansı
f^h	: Gyro frekansı
f	: Elektro manyetik dalganın frekansı
N_e	: Elektron yoğunluğu
e	: Elektron yükü
m_e	: Elektron kütlesi
ϵ_0	: Serbest uzaydaki dielektrik sabiti
ϕ	: Gelen dalganın ilerleme yönü ile manyetik alan arasındaki açı
H_0	: Jeomanyetik alanın genliği
μ_0	: Boşluktaki geçirgenlik
n_f	: Faz ölçüsü kırılma indisi
n_k	: Kod ölçüsü kırılma indisi
Δr	: Grup gecikmesi
$\Delta\phi$: Faz ilerlemesi
T_A	: Sinyalin uydudan çıkış zamanı
T_H	: Sinyalin alıcıya varma zamanı
P	: Kod ölçüsü
Δt^h	: Uydu saati ile GPS zamanı arasındaki fark
Δt_a	: Alıcı saati zamanı ile GPS zamanı arasındaki fark
I_a^h	: İyonosferik etki
T_a^h	: Troposferik etki
P_a^h	: Uydu-alıcı arasında, sinyalin uydudan ayrıldığı ve alıcı tarafından alındığı epoklardaki toposentrik uzunluk

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- d_1^h, d_2^h : uydu donanım hatasından kaynaklanan kod gecikmesi
 $d_{1,a}, d_{2,a}$: alıcı donanım hatasından kaynaklanan kod gecikmesi
 $\varepsilon_{p,1,a}^h, \varepsilon_{p,2,a}^h$: GPS kod ölçüsü artık değeri
 $\varphi_a^h(t)$: Dalga boyu biriminde faz gözlemi
 $\varphi^h(t)$: Alıcı tarafından t zamanında kaydedilen sinyal fazı
 $\varphi_a(t)$: Alıcı tarafından t zamanında üretilen sinyal fazı
 $P_{4,a}^h$: Kod ölçüsü için geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon
 $L_{4,a}^h$: Faz ölçüsü için geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon
 N_a^h : Başlangıç epogunda faz başlangıç bilinmeyi
 $P_{1,a}^h, P_{2,a}^h$: Pseudo-range uzunlukları
 $P_{4,a}^h$: Yumuşatılmış Kod gözlemi
 α : Sabit($40.3m^3s^{-2}$)
 $F_1(z)E_V$: İzdüşüm fonksiyonu
 $E_V(\beta, s)$: β enlemi s güneş sabit boylamının fonksiyonu olan düşey TEC değeri
 R : Güneş lekesi sayısı
 g : Güneş lekesi grupları sayısı
 s_i : Bireysel leke sayısı
 z : Alıcının konumundaki zenit açısı
 z' : İyonosfer geçiş noktasındaki zenit açısı
 R : Yeryuvarının ortalama yarıçapı
 Y : z ve z' açıları arasındaki farkı
 H : Yeryuvarı yüzeyinden tek tabakaya olan uzaklık
 $E(z)$: Eğik toplam serbest elektron sayısı
 E_v : Düşeydeki toplam elektron sayısı
 $\sin z'$: Sinyalin iyonosfer tabakasına geldiği açı ile alıcıya geldiği açı arasındaki ilişki
 n_{\max} ve m_{\max} : Maksimum derece ve mertebe
 E_{nm} : Tylor serisinin bilinmeyenleri
 (β, s) : İyonosfer geçiş noktasının güneş-coğrafi koordinatları
 (β_0, s_0) : Tylor serisi açılım merkezi koordinatları
 $P_{nm}(\sin^2(\beta))$: Normalize edilmiş Legendre Fonksiyonunu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- C_{nm} ve S_{nm} : Bilinmeyen Katsayılar
 β : enlem
 s : güneş sabit boylamı
 p ve q : $0 \leq p, q < 1$ arasında değer alan eksenler
 $\Delta\lambda$ ve $\Delta\beta$: Enlem farkları grid genişlikleri
 λ_0 ve β_0 : Başlangıç enlem ve boylam değerleri
 $E_{0,0}, E_{1,0}, E_{0,1}, E_{1,1}$: Komşu noktalarda bilinen TEC değeri
 E_{int} : Bulunması istenen TEC değeri
 $\varepsilon_1^h, \varepsilon_2^h$: Uyduya ait kod yanlılığı
 $\varepsilon_{1,a}, \varepsilon_{2,a}$: Alıcıya ait kod yanlılığı
 λ_1, λ_2 : Frekanslara ait dalga boyları

KISALTMALAR

- CODE : Center for Orbit Determination in Europe (Avrupa Uydu Yörünge Belirleme Merkezi)
COSPAR : Committee on Space Research (Uzay Araştırma Komitesi)
DCB : Differential Code Bias (Kod Yanlılık Değeri)
Dst : Disturbance Storm Time (Fırtına İndisi)
EPN : EUREF Permanent Network
ESA : European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı)
GNSS : Global Navigation Satellite Systems (Global Uydu Navigasyon Sistemleri)
GPS : Global Positioning System (Küresel konum Belirleme Sistemi)
IGS : International GPS Service (Uluslararası GPS Servisi)
IONEX : Ionosphere map Exchange
IRI : International Reference Ionosphere (Uluslararası İyonosfer Referans Modeli)
 K_p : The Estimated Planetary Index (Jeomanyetik Fırtına İndisi)
JPL : Jet Propulsion Laboratory (Jet Propulsion Laboratuvarı)
RINEX : Receiver Independent Exchange (Alıcıdan Bağımsız GNSS standart veri Formatı)
SLM : Single Layer Model (Tek Tabaka Modeli)
STEC : Slant Total Electron Content (Eğik toplam elektron miktarı)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- TEC : Toplam Elektron Miktarı
- TID : Travel Ionospheric Disturbance (Gezici iyonosferik bozucu etki)
- TUSAGA-AKTİF: Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı
- URSI : The International Union of Radio Science (Uluslararası Radyo Bilimi Birliği)
- UV : Ultraviyole
- VTEC : Vertical Total Electron Content (Düşey toplam elektron miktarı)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İyonosferin genel davranışını ve yapısını ifade etmede kullanılan Toplam Elektron Miktarı (TEC) iyonosonda, evre uyumsuz geri saçılım radarı, TOPEX/Poseidon uydusu ve GNSS (Küresel Uydu Navigasyon Sistemleri) ile belirlenebilmektedir. İyonosonda yüksek frekansta radyo dalgası göndererek kırıcı katmandan yansıma ve dönme arasında geçen zamanı belirler. Bununla birlikte, iyonosferin en yoğun olduğu yere kadar ilerleme imkanı bulur ve buradan yansıyarak yeryüzüne geri döner. Bu da iyonosferin geniş bir aralığa sahip olduğu düşünüldüğünde yeterli olmayacaktır. Evre uyumsuz geri saçılım radarı yer tabanlı bir sistem olup iyonosferin üst noktalarını ölçebilecek kabiliyete sahiptir. Teknik radar temeline dayalı olan bu sistem ülkemizde bulunmamakla birlikte oldukça pahalıdır (Sayın 2008). GPS (Küresel Konumlama Sistemi) alıcısının yerden 20.200 km yukarıda olduğu düşünüldüğünde uydudan gönderilen sinyal iyonosfer tabakasını tamamen geçmekte ve iyonosferin tamamının yapısını anlamada avantaj sağlamaktadır. Diğer bir avantaj ise, GPS uydularının kesintisiz olarak sinyal göndererek iyonosferi sürekli olarak izlemeyi mümkün kılmasıdır.

Uydu bazlı uygulamaların günümüzde giderek yaygınlaşması GNSS'i hayatın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Özellikle, jeodezik çalışmalarda elde edilmek istenen yüksek doğruluk gereksinimi bu sistemin önemini daha da artırmaktadır. GNSS tek yönlü çalışan bir küresel konumlama sistemi olup sinyalin alıcıya vardığı ana kadar çok sayıda etken bu sinyali etkilemektedir. GNSS'te hata kaynaklarının en önemli nedenlerinden biri atmosferik hatalardır. Sinyalin alıcıya gelene kadar izlediği yolda ilk atmosfer katmanı olan iyonosfer tabakasından kaynaklanan hatalar atmosferik hataların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İyonosfer katmanını genel olarak tanımlamak gerekirse, yüksekliği 60 km ile 1.000 km arasında değişen çok sayıda serbest elektron ve pozitif yüklü iyon barındıran katman olarak ifade edilebilir. Bazı kaynaklarda maksimum yüksekliğin 2.000 km ve daha üstü olarak tanımlandığı görülmektedir (Petrie 2011). Tabakanın üst sınırını net olarak tanımlamak zor

olup bunun en büyük nedeni de elektron yoğunluğunun plazmosfere ve önemli ölçüde gezegenler arası plazmaya doğru azalmasıdır (Schaer 1999).

İyonosfer tabakası dünyanın nötr atmosfer ile güneşin tamamen iyonlaştırdığı atmosfer arasındaki bölüm olarak düşünülebilir. Nötr tabaka olan troposferde dalganın yayılımı başlıca basınç, sıcaklık, su buharı miktarı gibi etkenlere bağlıyken iyonosferde dalganın yayılımı sinyalin izlediği yol boyunca serbest halde bulunan elektronların sayısından etkilenmektedir (Schaer 1999). Güneş ışınmasının havada bulunan molekül ve atomlara çarpması sonucu çok sayıda serbest elektron ve iyon ortaya çıkmaktadır. İyonosfer katmanının maksimum ve minimum yüksekliğini belirleyen aslında bu iyonlaşmadır. Uydudan gönderilen elektromanyetik sinyalin alıcı arasındaki hat boyunca bir metre kare tabanlı silindirik içerisindeki elektron miktarı TEC olarak ifade edilmektedir. Bu elektron miktarı güneş lekeleri sayısına (11 yıllık periyot), mevsimsel değişimlere, alıcının konumuna, sinyalin eğim ve azimut açısına, yer kabuğu hareketleri ve gün içerisinde zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Mekik 1999). İyonosfer tabakası radyo ve uydu haberleşme sistemleri için oldukça önemlidir (URL-1 2014). Söz konusu üst katman radyo dalgalarını ve uydudan gelen sinyallerin yayılımını etkilemektedir (Erol ve Tanyer 2002).

Genel anlamda iyonosferin karmaşık yapısı GPS ile konum belirleme çalışmalarında en önemli engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu sinyal uydudan alıcıya varana kadar izlediği yolda elektronlardan etkilenir. Bu etkiye getirilecek düzeltme kışım ve ekinoks aylarında (Mart, Nisan, Eylül, Ekim) maksimum olup yaz aylarında ise minimum değere ulaşmaktadır (Kahveci 1997). Gün içerisinde iyonosferin gece boyunca gösterdiği etki 10 nano saniye (yaklaşık 3m) iken bu sayı gündüz saatlerinde 50 nano saniyeye (yaklaşık 15m) ulaşmaktadır (Klobuchar 1987). İyonosfer tabakası 30 Mhz altında olan frekansları ayna gibi yansıtırken yüksek frekanslı radyo dalgalarını ise etkilemektedir (Klobuchar 1991). Bu sebeple iyonosfer tabakasının kırılma indisi olan n_i değerini belirlemek gerekmektedir. Bu değer troposfer için $n > 1$ iken iyonosfer için $n < 1$ dir. n değeri:

$$n = c/v \quad (1.1)$$

c = ışığın boşluktaki hızı

v = elektromanyetik dalganın ortamdaki hızın ifade etmektedir.

İyonosferin kırılma indisi olan n_i değeri:

$$n_i^2 = 1 - \frac{2X(1-X)}{2(1-X) - Y^2 \sin^4 \phi \mp \sqrt{Y^4 \sin^4 \phi + 4Y^2 \cos^2 \phi (1-X)^2}} \quad (1.2)$$

Bu eşitlikte;

$$X = f^p / f \quad (1.3)$$

$$Y = f^h / f \quad (1.4)$$

$$f^p = \sqrt{\frac{N_e e}{\epsilon_0 m_e 4\pi^2}} = \text{plazma frekansı} \quad (1.5)$$

$$f^h = \frac{\mu_0 e H_0}{2\pi m_e} = \text{Gyro frekansı} \quad (1.6)$$

f: Elektro manyetik dalganın frekansı

N_e : Elektron yoğunluğu

e: Elektron yükü

m_e : Elektron kütlesi

ϵ_0 : Serbest uzaydaki dielektrik sabiti

ϕ : Gelen dalganın ilerleme yönü ile manyetik alan arasındaki açı

H_0 : Jeomanyetik alanın genliği

μ_0 : Boşluktaki geçirgenliği ifade eder

GPS'te kullanılan frekanslar için dünyanın manyetik alanını içeren terimlerin bir kısmı ihmal edildiğinde, faz ölçüleri için kırılma indisi;

$$n_f = 1 - \frac{40.3}{f^2} N_e \text{ elde edilir.} \quad (1.7)$$

Kod ölçüleri için kırılma indisi;

$$n_k = 1 + \frac{40.3}{f^2} N_e \text{ elde edilir.} \quad (1.8)$$

İyonosfer tabakası için kırılma indisi belirlendiğinde grup gecikmesi, faz ilerlemesi, doppler kayıklığı gibi etkiler hesaplanabilir.

Grup gecikmesi mutlak uzaklık veya zaman gecikmesi olarak ifade edilen uzaklık hatalarına sebep olur. Bu grup gecikmesi sadece iyonosferden kaynaklanmaktadır. Tek frekanslı alıcıda meydana gelen grup gecikmesi;

$$\Delta t = \frac{1}{c} \int (1 - n) d_s \quad (1.9)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada c ışık hızını temsil ederken n kırılma indisini ifade etmektedir. Burada grup gecikmesinin birimi metre olup formülasyon düzenlendiğinde;

$$\Delta r = \frac{A}{f^2} \int N d_s \quad (1.10)$$

olarak ifade edilir. Burada $\int N d_s$ değeri uydudan alıcıya kadar olan yol boyunca toplam elektron miktarını ifade ederken, A: $40.28 \text{ m}^3/\text{s}^2$ değerini ifade etmektedir. Taşıyıcı faz ilerlemesi ise bağlı uzaklık hatasıdır. Bu hata;

$$\Delta \phi = -\frac{A}{f^2} \int N d_s \quad (1.11)$$

Olarak ifade edilebilir. Kod gecikmesi ve faz ilerlemesi olarak adlandırılan bu etkilerin şiddeti aynı olup yönleri zıttır (Kahveci ve Yıldız 2012).

Kod gözlemlerinde kod ölçüsü (Pseudorange) sinyalin uydudan çıkış zamanı (T_H) ile alıcıya varması arasında geçen zamanın (T_A) elektromanyetik dalganın boşluktaki yayılma hızı (c) ile çarpımından elde edilir.

$$P = (T_A - T_H) * c \quad (1.12)$$

Yukarda iyonosferik, troposferik etkiler ile alıcı, uydu saat hataları gibi etkiler hesaba katılmadığından ölçülen mesafe gerçek mesafe olmayacaktır. Burada h uydu numarasını a da alıcı numarasını göstermek üzere L1 ve L2 için kod gözlemleri için eşitlik;

$$P_{1,a}^h = P_a^h + c(\Delta t^h - \Delta t_a) + I_{1a}^h + T_a^h + d_1^h + d_{1,a} + \varepsilon_{p,1,a}^h \quad (1.13)$$

$$P_{2,a}^h = P_a^h + c(\Delta t^h - \Delta t_a) + I_{2a}^h + T_a^h + d_2^h + d_{2,a} + \varepsilon_{p,2,a}^h \quad (1.14)$$

Burada:

Δt^h = uydu saat hatası

Δt_a = alıcı saat hatası

I_{1a}^h, I_{2a}^h = iyonosferik etki

T_a^h = troposferik etki

c = ışık hızı

d_1^h, d_2^h = uydu donanım hatasından kaynaklanan kod gecikmesi

$d_{1,a}, d_{2,a}$ = alıcı donanım hatasından kaynaklanan kod gecikmesi

$\varepsilon_{p,1,a}^h, \varepsilon_{p,2,a}^h$ = GPS kod ölçüsü artık değeri

$P_{1,a}^h, P_{2,a}^h$ = Kod gözlemleri

P_a^h = uydu-alıcı arasında, sinyalin uydudan ayrıldığı ve alıcı tarafından alındığı epoklardaki toposentrik uzunluktur (Yıldız ve Kahveci 2001).

Taşıyıcı faz gözleminde uydudan gönderilen sinyalin taşıyıcı fazı ile alıcının kendi içerisinde üretilen fazın karşılaştırılması yapılmaktadır. Alıcının sinyale kilitlendiği andan alıcıya varana kadar geçirdiği mesafede kaç dalgaboyu katettiği bilinmemektedir. Çift frekanslı alıcılarda iki sinyalde de fazın aynı olması gerekmektedir (Erkücüç 1994). Bu sayede, aradaki fark ile tur sayısı bulunabilir. Atmosferik etkiler, alıcı uydu saat hataları, uydu konum bilgisi gibi çok sayıda hata kod ölçülerinde olduğu gibi faz ölçümlerini de etkilemektedir. Diğer yandan ölçüm sırasında meydana gelen faz kesiklikleri/sıçramaları (cycle slip) faz bilinmemesine sebep olur. Bu da bir sonraki epokta ölçüme başlandığı anda hangi tam faz sayısında olduğunun bilinmemesine yol açar. Faz gözlemi için aşağıdaki eşitlikten yararlanılabilir.

$$\varphi_a^h(t) = \varphi^h(t) - \varphi_a(t) + N_a^h \quad (1.15)$$

Burada h ve a uydu ve alıcıyı temsil etmektedir.

$\varphi_a^h(t)$ = dalga boyu biriminde faz gözlemi

$\varphi^h(t)$ = alıcı tarafından t zamanında kaydedilen sinyal fazı

$\varphi_a(t)$ = alıcı tarafından t zamanında üretilen sinyal fazı

N_a^h = başlangıç epoğunda ki faz başlangıç bilinmeyenini ifade etmektedir.

Bu eşitliğe atmosferik etkiler eklendiğinde eşitlik aşağıdaki gibi olur.

$$\varphi_{1,a}^h(t) = \varphi_a^h + c(\Delta t^h - \Delta t_a) - I_{1a}^h + T_a^h - \lambda(b_{1,a}^h + N_{1,a}^h) + \varepsilon_{p,1,a}^h \quad (1.16)$$

$$\varphi_{2,a}^h(t) = \varphi_a^h + c(\Delta t^h - \Delta t_a) - I_{2a}^h + T_a^h - \lambda(b_{2,a}^h + N_{2,a}^h) + \varepsilon_{p,2,a}^h \quad (1.17)$$

$\varphi_{1,a}^h$ ve $\varphi_{2,a}^h$: Faz gözlemleri

φ_a^h : Uydu-alıcı arasındaki uzunluk

I_{1a}^h, I_{2a}^h : İyonosferik etki

T_{1a}^h, T_{2a}^h : Troposferik etki

$b_{1,a}^h, b_{2,a}^h$: Uydu ve alıcı kaynaklı donanım hatasının faz ilerlemesi

$\varepsilon_{p,1,a}^h, \varepsilon_{p,2,a}^h$: GPS ölçüsü artık değerleri

$N_{1,a}^h$ ve $N_{2,a}^h$: Başlangıç faz bilinmeyenlerini ifade etmektedir.

Çizelge 1.1 Doğrusal kombinasyonların gösterimi.

Doğrusal Kombinasyon	Açıklama	λ (Dalga Boyu) m	LC Çarpanı	
			$K_{1,1}$	$K_{1,2}$
L1	L1 orjinal	0.19	1	0
L2	L2 orjinal	0.24	0	1
L3	İyonosferden Bağımsız	-	$\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} = 2.5$	$-\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = -1.5$
L4	Geometriden Bağımsız	-	1	-1
L5	Geniş Aralık	0.86	$\frac{f_1}{f_1 - f_2} = 4.5$	$-\frac{f_2}{f_1 - f_2} = -3.5$
L_{ni} (n_5 ile L3)	Dar Aralık	0.107	$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0.56$	$\frac{f_2}{f_1 + f_2} = 0.44$

Çizelge 1.1’de doğrusal kombinasyonların gösterimi verilmiştir. Doğrusal kombinasyonlardan yararlanarak üretilen kombinasyonlar ile tamsayı faz belirsizliği ve iyonosfer ile ilgili bilgiler sağlanabilir.

Bu çizelgeden yararlanarak üretilen L3 kombinasyonu (iyonosferden bağımsız çözüm) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$L3 = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2} (f_1^2 L1 - f_2^2 L2) \quad (1.18)$$

Uydu ve alıcı için tanımlayıcı indisler göz ardı edilirse;

$$L3 = \rho' + \frac{1}{f_1^2 - f_2^2} (f_1^2 \lambda_1 n_1 - f_2^2 \lambda_2 n_2) \quad (1.19)$$

Eşitliği elde edilir. Burada ρ' uydu-alıcı arasındaki uzunluğu, troposferik gecikmeyi ve uydu ve alıcı saat hatalarını içermektedir(Hugentobler et al. 2001).

Geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon olarak adlandırılan L4 kombinasyonu ile TEC değeri elde edilmektedir. Bu kombinasyon;

$$L4 = L1 - L2 \quad (1.20)$$

olarak ifade edilmektedir.

Eşitlik kod gözlemi için yazılırsa;

$$P_{4,a}^h = P_{1,a}^h - P_{2,a}^h \quad (1.21)$$

$$P_{1,a}^h - P_{2,a}^h = (I_{1,a}^h - I_{2,a}^h) + DCB^h + DCB_a \quad (1.22)$$

$P_{4,a}^h$: Kod ölçüsü için geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon

$P_{1,a}^h, P_{2,a}^h$: Kod gözlemleri

$I_{1,a}^h, I_{2,a}^h$: Her iki frekanstaki iyonosferik gecikmeler

DCB^h : Uydu donanım hatası

DCB_a : Alıcı donanım hatası

Eşitlik faz gözlemi için yazılırsa;

$$L_{4,a}^h = L_{1,a}^h - L_{2,a}^h \quad (1.23)$$

$$L_{1,a}^h - L_{2,a}^h = -(I_{1,a}^h - I_{2,a}^h) - \lambda(b_{1,a}^h + b_{2,a}^h) - \lambda(N_{1,a}^h - N_{2,a}^h) \quad (1.24)$$

$L_{4,a}^h$: Faz gözlemleri farkı

$L_{1,a}^h, L_{2,a}^h$: Faz gözlemleri

$I_{1,a}^h, I_{2,a}^h$: Her iki frekanstaki iyonosferik gecikmeler

$b_{1,a}^h, b_{2,a}^h$: Uydu ve alıcı kaynaklı donanım hatasının faz ilerlemesi

$N_{1,a}^h, N_{2,a}^h$: Başlangıç faz bilinmeyenleri

Kod ölçüleri faz ölçülerine göre çok daha fazla gürültü içerir. Bu gürültü etkisini düşürebilmek için kod ölçüleri faz ölçüleri kullanılarak yumuşatılır ve gürültü etkisi azaltılmış olur (Norsuzila et al. 2010).

L4 kombinasyonu alıcı, uydu saat hataları ve geometriden (yörünge, istasyon koordinatları) gibi değerlerden bağımsızdır. Dolayısıyla oluşturulacak ağda referans olacak koordinatların hassas olması gerekmez.

Yumuşatılmış kod ölçülerinden iyonosferik gecikme hesaplanırken sadece birinci derece iyonosferik etkiyi belirleyen (1.10) denklemi (1.22) denkleminin içine yerleştirilir ve yumuşatılmış kod ölçüsünün gecikmesi (1.25) denklemindeki gibi olur.

$$P_{4,ya}^h = 40.3 \left(\frac{f_2^2 - f_1^2}{f_1^2 f_2^2} \right) STEC_a^h + DCB^h + DCB_a \quad (1.25)$$

$$STEC_a^h = -\frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} (P_{4,ya}^h - cDCB_a - cDCB^h) \quad (1.26)$$

$P_{4,a}^h$: Yumuşatılmış Kod gözlemi

c: Boşluktaki ışık hızı

$STEC_a^h$: Uydu alıcı arası eğik toplam elektron miktarı (Slant Total Electron Content)

DCB^h, DCB_a : Alıcı ve uydu kod yanlışlığı değeri

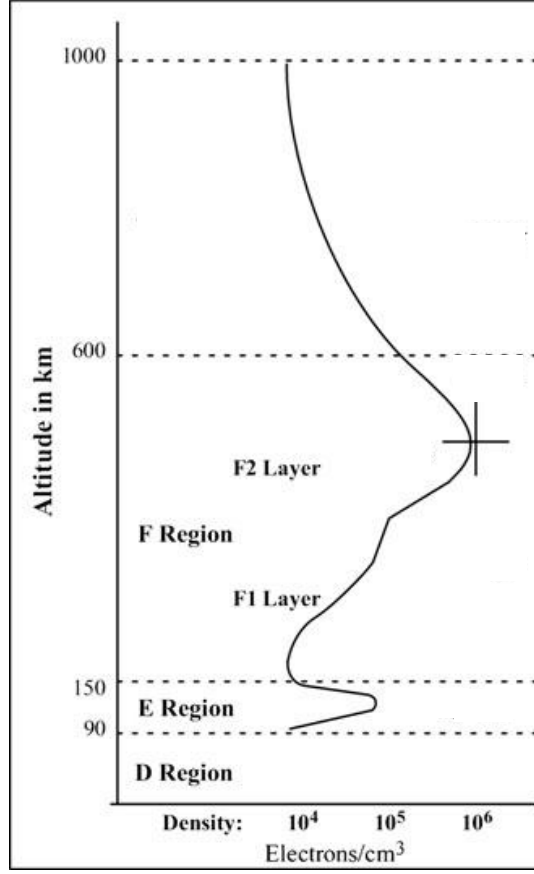
İyonosfer tabakası dünya üzerinde farklı bölgelerde farklı etkiler göstermektedir. 55-90 enlemleri arasında yer alan yüksek enlem bölgesi auroral ve kutup bölgesi olarak ikiye ayrılmaktadır. 67'nci enleme kadar olan bölge auroral bölgeyi temsil etmektedir (Datta-Barua 2008). Gündüz zamanı bu bölgede morötesi (UV) ışınlarının düşük iyonlaşma eğilimi göstermesinden dolayı iyonosferik gecikme düşüktür. Kutup bölgesi ise auroral bölgenin üst enlemlerinde yer almaktadır. Bu enlemlerde 50 km-1000 km uzunluğunda kümeler biçiminde yoğun elektron grupları oluşmaktadır. Bu yoğun elektron kümeleri F_2 tabakasında bulunmakta ve parlamalar (scintillation) bu bölgede meydana gelmektedir. Bu bölgedeki TEC değeri düşüktür fakat meydana gelen ani değişimler TEC'in genel anlamda davranışını belirlemeye engel olmakta ve hem güneş ışınının etkisi hem de parçacıkların birbirine çarpması sonucu iyonlaşma gerçekleşmektedir. Diğer bir bölge olan orta enlem bölgesi Türkiye'nin de içinde bulunduğu bölge olup 20-55 enlemleri arasında yer alan bölge olarak ifade edilebilir. TEC değişiminin en az görüldüğü bölge olması bu bölgedeki elektron miktarı davranışının genel anlamda bilinmesi açısından avantaj oluşturmaktadır. Değişim genellikle X ışını ve morötesi ışınlardan kaynaklanmaktadır. İyonosferik değişimi gözlemleyen alet ve teçhizatların burada bulunmasının sebebi çalışma yapan ülkelerin büyük bir bölümünün orta enlem bölgesinde yer almasıdır (Arslan 2004). Ekvator bölgesi ise toplam elektron miktarı değişiminin en fazla olduğu bölgedir. Özellikle belirli bölümlerindeki değişim orta enlem bölgesine göre 2 kat daha fazladır. Elektron miktarında manyetik fırtınalar, deprem gibi nedenlerden dolayı meydana gelen azalma Appleton anomalisi olarak ifade edilebilir. Bu anomali yerel zamana göre 14:00 de maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Bu bölgede de yüksek enlem bölgesinde olduğu gibi genel bir TEC davranışı belirlemek oldukça güçtür.

İyonosfer tabakası farklı katmanlardan oluşmaktadır. İyonlaşma seviyesi şiddetinin sebep olduğu bu katmanların her biri gün içerisinde farklı davranış sergilemektedir. Bu tabakaların genel anlamda D, E, F_1 , F_2 olarak sınıflandırılması mümkündür. D tabakası 50 km ile 90 km arasında bulunup güçlü X ışınının etkisiyle oluşur. Serbest atomlarla birlikte nötr atomlar da içermektedir (Tileylioğlu 2007). GPS ölçülerine bu tabakanın önemli bir etkisi olduğu

düşünülmemektedir (Petrie et al. 2011). Uzun dalgalar bu tabakadan yansiyarak yeryüzüne geri dönmektedir. 90 km ile 140 km arası E tabakası olarak adlandırılmakta ve zayıf X ışınının etkisiyle oluşmaktadır. Tabakanın GPS ölçülerine olan etkisi az olup sıklıkla kısmi iyonlaşma meydana gelmektedir. Bu olay düzensiz E olarak adlandırılmaktadır. Bu iyonlaşmanın gündüz zamanındaki E tabakasıyla alakalı olduğu düşünülmemektedir. Bu tabakada güneş parçacığı etkisiyle oluşan anomali kutup bölgesinde parlamaya neden olmaktadır (Arslan 2004). Orta ve kısa boylu dalgalar bu tabakadan yansiyarak yeryüzüne geri dönmektedir.

F₁ tabakası yaklaşık olarak 140-210 km kapsayan kısma denilmektedir. E tabakasıyla birleşmiş bu tabakanın GPS sinyallerine olan etkisi %10 civarındadır ve bu tabakadaki yayılımın önemli boyutta olduğu düşünülmemeyip tahmin edilebilir elektron yoğunluğuna sahiptir. F₂ tabakası elektron yoğunluğu bakımından en fazla anomalinin yaşandığı bölge olup GPS ölçülerine olan etkisi oldukça fazladır (Arslan 2004). Yaklaşık 210-1000 km arasını kapsayan F₂ tabakasında elektron yoğunluğunun maksimum olduğu aralık 250-400 km arasında değişiklik göstermektedir. Bu değer manyetik fırtınalar, gece zamanı, ekvatorial bölge gibi etkenler ile farklılık gösterebilir (Petrie et al. 2011). Orta ve kısa boylu dalgalar bu tabakadan yansiyarak yeryüzüne geri dönmektedir. D, E ve F₁ tabakaları iyonosferin orta bölümünü oluştururken F₂ ve daha üstü iyonosferin üst kısmını oluşturmaktadır.

1.000 km ve üstünde iyonize olmuş H⁺ iyonlarının bulunduğu bölge protonosfer olarak adlandırılmaktadır. Aslında bu tabaka şekil olarak küreden ziyade simite benzemektedir (Petrie et al. 2011). Bu bölgenin GPS sinyallerine olan etkisi gündüz vakti % 10' dur. Gündüzleri F₂ tabakasının etkisi % 50'dir. Geceleri ise protonosfer bölgesinin etkisi %50 iken F₂ tabakasının etkisi düşüktür.



Şekil 1.1 İyonosfer tabakalarının gösterimi.

Şekil 1.1 iyonosfer katmanlarını göstermektedir. Yatay eksen elektron yoğunluğunu gösterirken dikey eksen yüksekliği ifade etmektedir. Tabakaların yüksekliği konusunda kesin bir kabul olmayıp genel anlamda bu şekilde sınırlandırılabilir.

Elektron yoğunluğundaki değişimlerin meydana getirdiği tabakalaşma gece ve gündüz vakitlerinde farklılık göstermektedir. Tüm tabakalar gündüzleri geceye göre daha kalın olmaktadır. Gece ise F₁ ve D tabakası neredeyse yok olmaktadır. Bunun en büyük sebebi geceleri güneş ışınının olmamasıdır. Kısaca özetlemek gerekirse, 1.000 km üstü protonosfer tabakasının geceleri etkisi büyük olmasına rağmen genel anlamda F₂ tabakası GPS sinyallerine en fazla etkiyi yapan tabaka olarak göze çarpmaktadır.

İyonosfer küresel elektrik alanının önemli bir parçası olup başlıca jeomanyetik ve güneş aktivitesinden kaynaklı bozulmalara maruz kalmaktadır. Aynı zamanda fırtına, kum fırtınası, radyoaktif kirlenmeler, volkanik patlamalar, deprem, füze fırlatımı gibi birçok faktöre de reaksiyon göstermektedir (Namgaladze et al. 2012). Bu sebeplerden dolayı içerisinde barındırdığı elektron sayısı sürekli değişim göstermektedir. Sinyal yolu üzerinde bulunan

iyonosfer tabakasındaki değişimi düzenli ve düzensiz olarak ikiye ayırmak mümkündür. Düzenli değişime gün içindeki toplam elektron sayısındaki maksimum ve minimum değişim örnek olarak verilebilir (Arslan, 2004). Düzensiz değişimlere ise deprem, jeomanyetik aktiviteler, gezici iyonosferik bozucu etki (Travel Ionospheric Disturbance- TID) gibi etkenler sebep olmaktadır.

TID bir akım değişimi olup değişik hızlarda hareket ederek iyonosfer tabakasını etkilemektedir. Nötr atmosfer ile iyonosfer arasındaki bu iletişim TEC’de değişime yol açmaktadır (Arslan 2003). Elektron yoğunluğundaki bu değişim farklı şekillerde olup genel olarak üçe ayırmak mümkündür. Geniş ölçekli düzensizlikler periyodu otuz dakikadan üç saate kadar olan ve yatay dalga boyu 1.000 km’yi aşan alanda etkili olan düzensizliklerdir (Schaer 1999). Orta ölçekli düzensizlikler, periyodu yaklaşık on dakikadan bir saate kadar olan ve birkaç yüz km’lik alana etki eden düzensizliklerdir. Küçük ölçekli düzensizlikler ise periyodu birkaç dakika, etki alanı 10 km olan düzensizlikler olup parlama etkisine (scintillation effect) ve görüş hattındaki elektron yoğunluğunda ani değişime sebep olmaktadır. İyonosferik parlamalar başlıca ekvatorial ve kutup bölgelerinde ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen parlamalar GPS sinyali üzerinde iki türlü etki yapmaktadır; bunlar, genlik parlaması (Amplitude Scintillation) ve faz parlamasıdır (phase scintillation). Küçük ölçekli düzensizlikler tamsayı faz belirsizliği çözümünde de sorun yaratmaktadır (Başpınar 2012).

Büyük çaptaki iyonosferik olayların haricinde iyonosferik fırtına da meydana gelebilir. Bu fırtına, manyetik fırtınaların ve yoğun güneş patlamalarının etkisiyle oluşmaktadır ve genellikle çok sayıda elektronun açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Pajares et al. 2011). Güçlü enlemsel ve boylamsal asimetrielerin var olduğu yerlerde iyonosferik fırtınanın yapısı bir olaydan diğerine büyük oranda farklılık gösterebilir ki bu da iyonosferik fırtınaların tahminini imkansız kılmaktadır.

İyonosferik düzensizliklerin klimatolojisi hakkında ki bilgi azdır. Gezici iyonosferik bozulmalar genelde orta enlemlerde görölmesine rağmen küresel bir olay olduğu düşünölmektedir (Schaer 1999).

İyonlaşma genellikle güneşten gelen elektromanyetik ve parçacık ışımalarından oluştuğundan dolayı iyonlaşma güneş aktivitesinin bir fonksiyonudur. Güneşin ultraviyole dalgaları ve

enerji üretimi değişkendir. Güneşteki enerji üretimi genelde 11 yılda bir maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Fakat bu sürenin 9 ile 14 yıl arasında değiştiği de görülmüştür. Bu değişim simetrik değildir. Güneşin ultraviyole dalgalarındaki değişimin ölçümü iyonosfer tabakasında yapılmaktadır (Arslan 2004). Bunun nedeni, güneşin bütün dalgaları iyonosfer tabakasında emilmesidir. Güneş lekeleri ilk olarak Theophrastus tarafından yaklaşık M.Ö 325 yılında fark edilmiş olup genellikle karanlıkta ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni yüzey sıcaklığının güneşin yakın yerlerine göre düşük olmasıdır. Güneş lekelerinin ömürleri değişkendir. Bazı lekeler birkaç günde kaybolurken, diğer lekelerin 27 günlük şiddetli güneş döngüsü periyotlarında hala görülebilmektedir (Başpınar 2012).

Güneş lekesi sayısı;

$$R = k(10 \cdot g + s_i) \quad (1.27)$$

ile ifade edilebilir. Burada R güneş lekesi sayısını, k gözlem yapılan yere ve kullanılan alete göre değişen katsayıyı, g güneş lekeli gruplarının sayısını, s_i ise bireysel leke sayısını ifade etmektedir. Formülasyonun içindeki g ve s_i aslında keyfi bir bölünmedir. R sayısının belirlenmesi gözlemciye ve kullanılan alete bağlı olduğundan dolayı subjektiftir. Güneş lekeli sayısı zaman serileri yüzyılı aşkın süredir günlük, aylık ve yıllık değerleri var olduğu için uzun vadeli gösterge anlamında önemlidir.

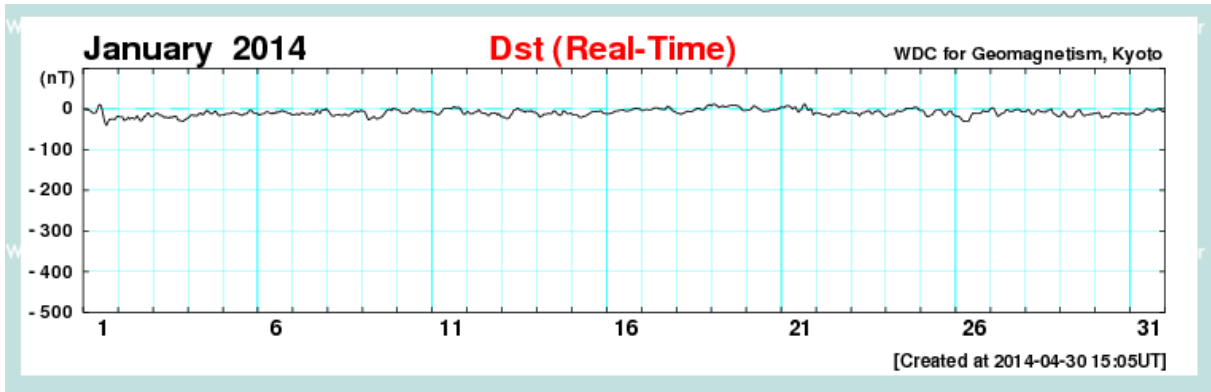
Manyetik fırtınalar dünyada meydana gelen manyetik alandaki değişimlerin sonucunda oluşmaktadır (Arslan 2004). Bir diğer tanımlama ile dünyanın manyetik alanındaki geçici bozukluk olarak adlandırılabilir. Manyetik fırtına esnasında elektron yoğunluğundaki değişim GPS sinyalini olumsuz yönde etkilemektedir. Manyetik fırtınanın şiddeti ve iyonosfer tabakasında yarattığı değişimler, Dst, K_p , güneşin ultraviyole dalgalarındaki değişim (solar flux) ve güneş lekeli sayısını gösteren R değerleri ile ifade edilmektedir. K_p indisi gezegenin manyetik etkilerini belirleyen ve güneş ışınından kaynaklanan jeomanyetik alandaki düzensiz bozulmaların incelenmesinde kullanılan parametreye verilen addır. 1932 senesinden bugüne kadar sürekli olarak üretilmektedir. Bu indis K indisinin ortalaması alınarak elde edilmektedir. Enlem ve mevsimsel özelliklere bağımlı ve günlük değişikliğin etkisinden bağımsızdır. 1957'den sonraki yıllar için saatlik veriler üretilmeye başlanmıştır. K_p indisi 3 saat aralıklarla elde edilirken K_p indisinin veri formatı $0_0, 0_+, 1_-, 1_0, 1_+, 2_-, 2_0, 2_+, \dots, 9_-, 9_0$ şeklindedir. Yani 0'dan 9'a kadar ki her bir değer 3'e bölünmüştür. Örnek vermek gerekirse

$2_0 = 2$, $1_- = 2/3$, $1_+ = 4/3$ değerine karşılık gelmektedir. Her bir + veya - işaretinde $1/3$ ekliyor veya çıkarıyorken, eğer işaret 0 ise sayı aynı değerini koruyor anlamına gelmektedir. $K_p \leq 4$ değerlerinde manyetik fırtına sakindir.

Çizelge 1.2 Manyetik fırtına ölçeği (Arslan 2004).

Manyetik Fırtına	K_p İndisi	Dst İndisi	Fırtına Sayısı
G5 En Büyük	9	Dst<-300	11 yılda 4 gün
G4 Şiddetli	8	-100>Dst>-250	11 yılda 60 gün
G3 Güçlü	7	-50>Dst>-100	11 yılda 130 gün
G2 Orta	6	-20>Dst>-50	11 yılda 360 gün
G1 Küçük	5	Dst>-20	11 yılda 900 gün

Çizelge 1.2 manyetik fırtına ölçeğini göstermektedir. K_p indisi $0 \leq K_p \leq 9$ arasında değer almaktadır. Dst indisi ise jeomanyetik fırtınanın derecesini hakkında bilgi veren parametredir (Masci 2013). Dst indisi düşük enlem ölçüm istasyonlarında jeomanyetik alanın H bileşeni kullanılarak türetilmektedir. Birimi nanotesla (nT) olan bu indis manyetik alanın yatay düzlemdeki bileşeninin ekvatordaki azalmasını ifade eder. Bu indis bir saat aralıklarla elde edilmektedir. Dst indisi ne kadar küçük olursa jeomanyetik aktivite o kadar şiddetli olur. Çizelge 1.2’de manyetik alan şiddetlerine karşılık gelen K_p ve Dst indisleri 11 yıllık periyotta meydana gelen fırtına sayısı ile birlikte gösterilmiştir. Dst ve K_p indislerine ilişkin Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim ayı grafikleri aşağıdaki gibidir. Dst ve K_p indisine ilişkin veriler kaynaklarda belirtilen URL2 ve URL3 adreslerinden alınabilir.

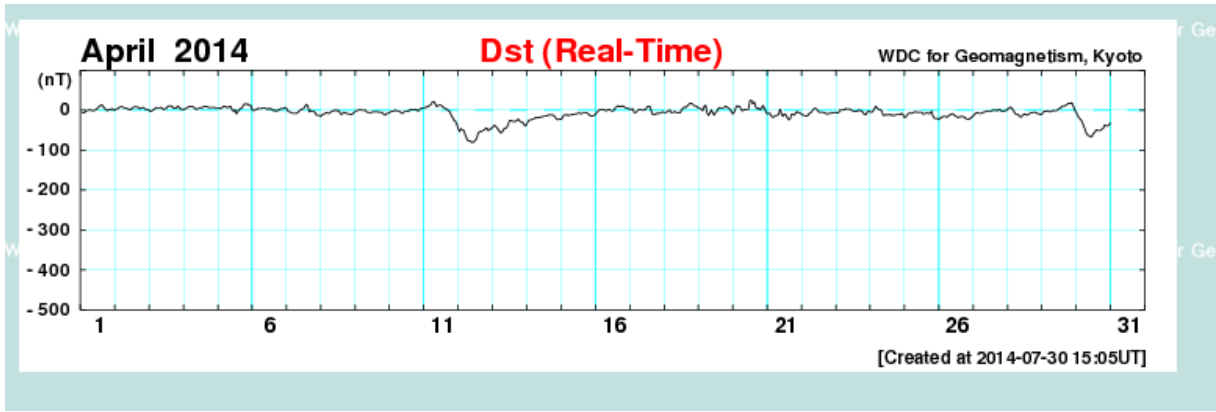


WDC for Geomagnetism, Kyoto
Hourly Equatorial Dst Values (REAL-TIME)

JANUARY 2014

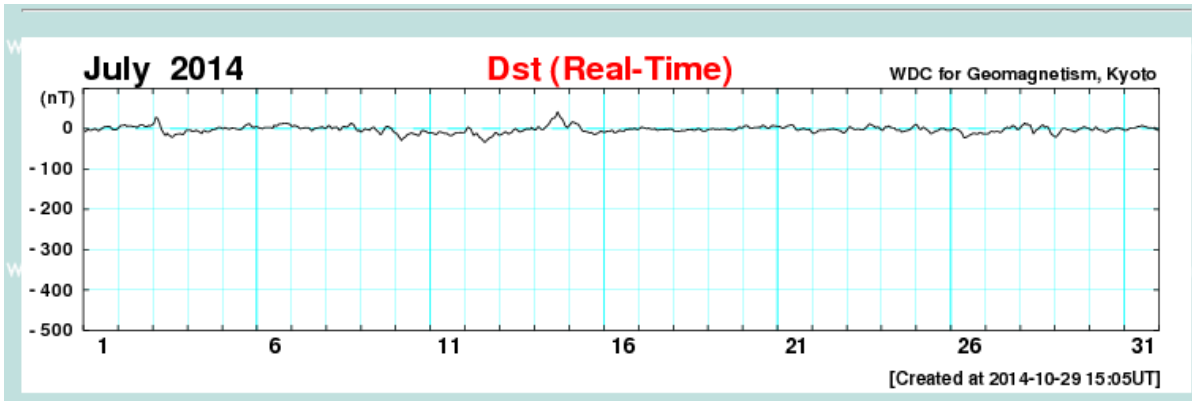
DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-1	-1	-2	-3	-4	-8	-10	-9	-8	3	11	10	-2	-20	-34	-40	-32	-25	-25	-24	-25	-25	-19	-17
2	-19	-19	-19	-28	-27	-24	-20	-25	-21	-21	-24	-23	-16	-22	-28	-29	-24	-17	-17	-10	-10	-16	-18	-17
3	-14	-11	-10	-13	-16	-15	-19	-21	-19	-22	-22	-19	-21	-19	-17	-18	-26	-28	-28	-30	-30	-26	-24	-22
4	-19	-15	-14	-16	-15	-17	-14	-20	-10	-14	-12	-7	-3	-6	-9	-12	-11	-7	-5	-10	-15	-16	-14	-14
5	-15	-12	-12	-12	-11	-10	-7	-9	-10	-11	-12	-14	-16	-14	-11	-12	-10	-4	-3	-4	-9	-10	-10	-12
6	-15	-13	-12	-12	-9	-7	-7	-9	-10	-12	-8	-11	-7	-8	-7	-5	-3	-6	-7	-8	-10	-10	-13	-14
7	-14	-13	-11	-14	-13	-9	-9	-11	-13	-13	-12	-11	-11	-14	-13	-5	-3	-9	-10	-3	-2	-3	1	-2
8	-6	-12	-16	-17	-16	-14	-14	-13	-15	-16	-14	-12	-14	-16	-16	-12	-10	-7	-5	-4	-8	-6	-3	-5
9	-5	-9	-18	-26	-25	-23	-20	-18	-22	-24	-23	-21	-20	-17	-12	-7	-3	-1	-1	-4	2	0	0	-1
10	-2	-5	-9	-10	-8	-11	-10	-7	-6	0	1	-1	-4	-5	-4	-3	-7	-8	-8	-8	-5	-6	-6	-8
11	-8	-10	-13	-14	-12	-8	-4	1	1	1	1	1	1	3	6	4	3	4	3	-3	-10	-13	-11	-6
12	-7	-11	-12	-11	-8	-8	-5	-1	-6	-9	-10	-10	-11	-15	-16	-12	-9	-10	-9	-10	-15	-11	-17	-19
13	-20	-20	-23	-23	-22	-15	-11	-3	-2	0	2	-1	-4	-4	-5	-8	-5	-5	-6	-4	-7	-8	-8	-10
14	-14	-20	-17	-16	-12	-13	-12	-10	-12	-12	-6	-4	-7	-11	-14	-16	-13	-4	-6	-8	-12	-12	-9	-12
15	-14	-14	-14	-15	-19	-20	-20	-17	-17	-16	-14	-11	-9	-7	-7	-7	-6	-6	-5	-4	-8	-11	-11	-12
16	-12	-11	-10	-9	-7	-5	-5	-4	-3	-3	-2	-3	-5	-5	-4	-4	-2	0	1	2	1	1	0	-3
17	-4	-2	-1	-1	-2	-2	-1	1	3	3	3	1	0	0	-1	-1	3	7	5	2	-3	-5	-7	-9
18	-10	-11	-13	-11	-10	-8	-6	-5	-7	-6	-5	-3	-1	1	2	1	-1	-2	-1	3	8	10	11	8
19	11	12	11	8	4	5	7	8	6	5	6	8	9	9	10	10	9	8	7	4	-1	-4	-4	-3
20	-3	-2	-1	3	8	7	5	2	0	-2	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-2	-2	-1	-2	-1	1	2	5
21	-9	-10	-11	-13	-14	-14	-15	-17	-20	-16	-12	-11	-14	-12	-13	-12	-7	-6	-4	-6	-8	-10	-9	-8
22	-8	-10	-10	-10	-14	-17	-11	-9	-9	-7	-5	-4	-6	-11	-12	-7	-6	-4	-4	-6	-10	-14	-17	-18
23	-17	-13	-13	-12	-13	-11	-6	-3	-5	-6	-5	-4	-2	2	1	1	1	1	3	5	4	3	-3	-4
24	-3	-5	-11	-18	-18	-17	-15	-14	-8	-4	-2	-2	-2	-3	-8	-13	-16	-12	-7	-5	-5	-12	-15	-18
25	-17	-18	-20	-25	-29	-30	-29	-29	-30	-22	-14	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-8	-3	-6	-7	-7	-4	0
26	3	3	-3	-11	-18	-16	-13	-10	-10	-6	-1	-2	-5	-6	-5	-4	-2	-1	-1	-2	-5	-7	-7	-7
27	-3	-1	-4	-10	-13	-13	-8	-3	-2	-5	-7	-7	-8	-7	-4	-4	-1	0	-10	-12	-14	-17	-18	-17
28	-14	-6	-8	-13	-18	-19	-20	-19	-18	-11	-6	-4	-2	-5	-12	-16	-16	-14	-14	-13	-12	-13	-10	-11
29	-11	-8	-9	-18	-22	-19	-17	-18	-20	-17	-12	-10	-10	-10	-11	-14	-11	-9	-10	-10	-14	-12	-12	-13
30	-11	-10	-12	-15	-14	-13	-11	-9	-8	-4	1	0	-2	-3	-5	-5	-3	-2	0	1	-2	-5	-7	-7
31	-11	-10	-12	-15	-14	-13	-11	-9	-8	-4	1	0	-2	-3	-5	-5	-3	-2	0	1	-2	-5	-7	-7

Şekil 1.2 Ocak ayı Dst indisi değerleri (URL-2 2014).



DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-7	-7	-5	-1	-1	1	1	-1	-1	0	2	6	9	12	14	9	4	2	-1	2	2	4	1	0
2	3	4	7	9	9	7	6	5	4	2	1	5	8	8	9	8	5	4	7	7	4	2	2	0
3	-3	-1	1	4	7	6	6	7	6	2	3	5	10	11	11	10	5	5	6	10	8	3	3	2
4	3	6	7	10	10	10	8	5	2	4	5	7	6	9	10	10	8	7	7	7	7	7	6	6
5	6	4	7	10	10	8	6	9	10	1	-3	2	-9	-3	2	5	6	14	16	15	16	12	13	2
6	-1	1	2	5	4	4	6	6	6	4	2	4	4	2	-1	0	2	0	1	4	4	5	7	5
7	-2	-4	-5	-6	-8	-8	-8	-5	-1	1	3	5	10	15	10	-4	-1	-2	-2	-6	-12	-13	-13	-16
8	-11	-9	-8	-5	-8	-7	-4	-2	-1	1	-2	0	-3	-10	-9	-5	-6	-8	-9	-9	-11	-9	-6	-3
9	-1	0	1	1	0	0	1	-4	-5	-6	-6	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-10	-12	-8	-8	-6
10	-3	-2	-2	0	-1	-2	-2	-6	-8	-4	-3	-3	-3	0	2	1	1	2	1	-2	2	5	6	6
11	7	8	10	12	14	21	22	16	9	12	13	13	9	7	4	3	0	-3	-11	-17	-24	-27	-34	-45
12	-53	-46	-49	-51	-61	-71	-77	-76	-79	-80	-79	-75	-70	-57	-54	-53	-51	-50	-46	-44	-51	-49	-45	-43
13	-38	-39	-43	-48	-53	-57	-53	-46	-45	-43	-35	-25	-26	-27	-28	-28	-25	-22	-27	-29	-30	-35	-39	-34
14	-27	-24	-24	-21	-21	-18	-19	-18	-18	-16	-16	-15	-14	-14	-12	-12	-12	-12	-13	-18	-23	-23	-21	-23
15	-18	-12	-12	-11	-14	-11	-12	-10	-10	-9	-9	-7	-7	-9	-7	-7	-7	-6	-9	-12	-15	-14	-13	-10
16	-5	-1	1	2	2	1	-1	0	2	1	-1	-2	1	7	10	11	9	10	11	9	6	5	5	2
17	2	4	-5	-6	-3	2	2	1	0	1	2	8	10	10	-1	-10	-11	-9	-8	-7	-8	-5	-4	-6
18	-6	-4	-1	1	-6	-6	-3	-4	-6	-7	-7	0	5	8	7	10	14	18	18	15	11	11	10	5
19	5	3	-1	9	13	-6	-13	-7	1	-6	-12	-5	-2	5	7	6	6	7	10	8	5	3	-3	-9
20	-5	6	11	10	9	0	-1	2	1	2	3	25	25	16	21	8	4	6	1	4	12	5	-2	-9
21	-8	-7	-15	-17	-16	-13	-13	-10	-9	-8	-15	-9	-11	-18	-24	-22	-10	-10	-12	-6	-3	-7	-7	-9
22	-12	-13	-14	-15	-9	-7	-4	0	5	5	1	4	5	-5	-5	-6	-8	-9	-8	-8	-7	-6	-5	-5
23	-7	-5	1	0	1	2	4	3	3	3	0	-2	-2	-3	-2	0	0	-2	-5	-11	-11	-4	-2	-4
24	-5	-2	5	10	5	2	2	-1	-11	-14	-10	-12	-11	-10	-13	-12	-13	-11	-11	-11	-10	-7	-11	-18
25	-16	-11	-8	-6	-8	-6	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-9	-9	-7	-7	-8	-8	-2	-16	-20	-21	-20	-23
26	-20	-17	-15	-15	-16	-17	-13	-11	-9	-9	-13	-15	-17	-17	-16	-15	-16	-17	-21	-22	-23	-20	-17	-14
27	-10	-6	-6	-7	-8	-7	-5	-4	-3	-2	-2	-2	-1	0	0	0	-1	2	1	-3	-3	-1	-1	3
28	5	8	6	0	-6	-10	-10	-13	-17	-15	-11	-9	-11	-12	-9	-7	-7	-5	-5	-6	-8	-9	-11	-10
29	-4	-2	-3	-1	-3	-4	-2	0	-1	-1	1	4	6	10	11	11	13	16	18	17	19	10	1	5
30	-13	-19	-22	-28	-37	-46	-57	-62	-63	-67	-65	-58	-55	-49	-50	-51	-50	-47	-45	-36	-39	-39	-36	-31

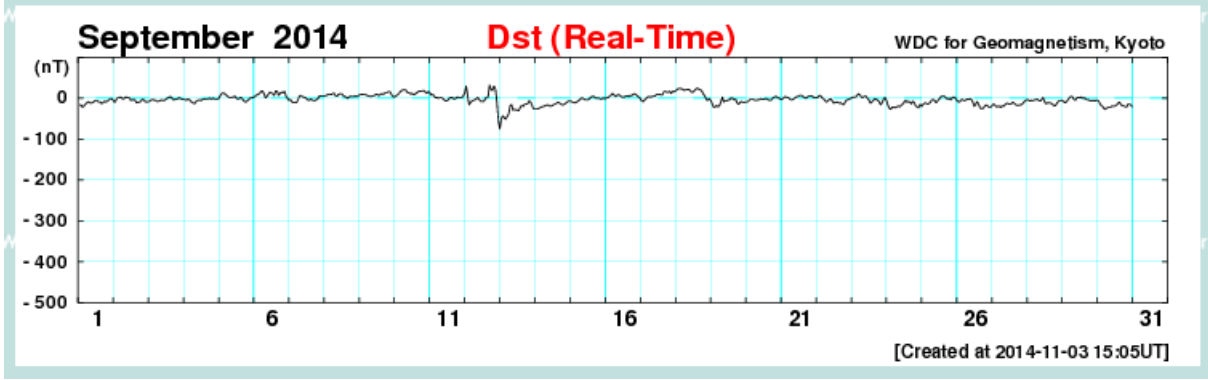
Şekil 1.3 Nisan ayı Dst indisi değerleri (URL-2 2014).



WDC for Geomagnetism, Kyoto
Hourly Equatorial Dst Values (REAL-TIME)

DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-8	-5	-2	-3	-4	-3	-1	0	-1	-5	-4	-1	1	4	5	5	6	6	3	-1	-3	-2	-2	1
2	5	8	8	9	10	6	7	7	7	6	5	5	3	5	9	10	10	7	5	5	8	7	8	11
3	15	28	27	20	10	-2	-7	-15	-16	-11	-16	-17	-21	-20	-16	-14	-13	-13	-12	-14	-14	-10	-4	-4
4	-4	-3	-6	-7	-5	-4	-5	-7	-10	-12	-4	-5	-7	-8	-7	-5	-2	-2	-1	0	3	3	3	1
5	0	3	1	0	-1	1	2	1	1	-1	-1	-2	-1	1	5	8	10	12	12	7	4	3	5	5
6	3	3	1	0	3	3	3	3	3	3	1	9	7	7	11	12	12	13	14	14	13	12	11	6
7	7	8	7	6	3	0	1	1	3	2	3	2	-1	-5	-2	1	2	2	3	3	5	3	1	2
8	6	8	4	0	3	3	4	2	-4	-2	3	6	5	4	6	9	14	12	10	3	-3	-6	-3	-8
9	-6	-2	0	-2	-2	-4	1	3	4	-1	-5	-7	-13	-14	-7	-2	4	6	5	3	1	-5	-8	-12
10	-12	-19	-23	-29	-24	-22	-19	-15	-13	-12	-10	-12	-13	-14	-16	-17	-12	-5	-4	-6	-7	-9	-11	-10
11	-10	-11	-13	-14	-11	-7	-8	-9	-10	-12	-11	-13	-16	-17	-16	-14	-11	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-8
12	-1	4	2	-1	-10	-17	-13	-11	-16	-22	-23	-27	-32	-33	-28	-26	-22	-21	-19	-14	-9	-11	-15	-16
13	-14	-12	-10	-7	-10	-13	-11	-10	-5	-2	0	-3	-6	-8	-6	-5	-3	-1	0	-1	-1	3	0	-3
14	-5	3	5	1	-2	-2	2	5	9	12	19	24	27	27	33	42	34	28	25	19	9	5	3	8
15	12	17	16	15	12	12	8	1	-4	-7	-5	-8	-8	-11	-9	-11	-13	-14	-12	-11	-8	-6	-7	-9
16	-8	-6	-7	-7	-4	-4	-9	-10	-8	-5	-4	-5	-6	-6	-2	-1	-2	0	-1	-1	1	0	-2	-1
17	1	4	3	2	1	0	2	0	-1	-1	0	-1	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-3
18	-7	-7	-7	-6	-6	-4	-5	-5	-3	-2	-3	-2	-2	-4	-4	-2	0	0	-2	-5	-6	-6	-4	-2
19	-1	-1	0	0	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-1	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-2	0	3	4	2	3
20	6	8	8	5	2	1	2	3	3	3	4	3	6	9	7	4	2	1	4	7	8	7	7	6
21	6	5	2	1	0	3	8	3	9	10	8	3	-2	4	3	1	1	0	-1	1	0	-5	9	9
22	-12	-10	-9	-5	-4	-3	-4	-3	-4	-2	-1	-1	-1	0	-2	-2	-3	-5	-5	-5	-9	-11	-8	-4
23	2	5	3	1	-1	-2	-1	-1	-1	-3	-3	-1	2	5	10	12	10	8	6	2	4	4	1	-3
24	-4	2	5	4	7	4	3	2	2	-3	-4	-3	-4	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-1	2	6	9	11
25	7	1	-2	1	4	1	-1	-4	-7	-12	-11	-9	-7	-5	-5	-2	1	0	1	-1	-4	-4	-4	-4
26	-2	2	1	-2	-2	-5	-8	-13	-22	-22	-20	-18	-16	-14	-12	-11	-12	-13	-12	-9	-10	-13	-12	-13
27	-13	-12	-9	-6	-7	-8	-7	-7	-7	-10	-8	-4	0	2	4	2	2	6	8	6	3	-2	-1	2
28	8	9	14	11	12	8	9	-1	-12	-8	-3	-1	2	5	9	9	3	5	5	-1	-10	-15	-17	-20
29	-20	-15	-11	-6	0	1	1	-1	3	-3	-4	-5	-7	8	-5	-3	0	0	3	5	4	2	2	0
30	-3	-4	-1	4	3	-2	-3	-4	-4	-7	-9	-8	-5	-3	0	-1	0	2	3	2	3	0	-1	-4
31	-4	-3	-1	2	2	2	2	3	5	6	6	8	7	5	5	3	2	3	2	2	3	-1	-4	-4

Şekil 1.4 Temmuz ayı Dst indisi değerleri (URL-2 2014).



WDC for Geomagnetism, Kyoto																							
Hourly Equatorial Dst Values (REAL-TIME)																							
OCTOBER 2014																							
WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag	WDC for Geomag
unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT	unit=nT
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-34	-33	-28	-24	-21	-20	-19	-22	-19	-18	-18	-22	-21	-19	-20	-22	-25	-25	-22	-20	-19	-19	-17
2	-16	-16	-14	-13	-12	-17	-16	-15	-11	-7	-2	-6	-12	-9	-10	-9	-9	-10	-10	-10	-15	-20	-25
3	-21	-19	-18	-15	-10	-6	-6	-3	0	-1	-3	-4	-5	-7	-6	-2	0	3	5	4	2	1	1
4	3	8	6	4	1	0	-1	-4	-1	2	4	7	8	7	8	9	8	7	4	1	-1	0	4
5	12	10	13	13	12	12	13	16	16	15	14	12	8	7	5	4	-2	-3	-3	-2	-1	1	1
6	0	-3	0	-6	-6	-2	-1	-2	-4	-1	0	-3	-2	2	5	6	4	1	0	-2	-4	-3	0
7	2	-1	-7	-7	-10	-9	-6	-5	-4	-3	-4	-7	-11	-10	-6	-5	-4	-5	-3	-1	-2	-2	2
8	8	12	12	17	20	20	17	19	18	16	1	-9	-17	-18	-13	-9	-11	-18	-21	-24	-25	-27	-25
9	-22	-22	-24	-25	-28	-31	-42	-46	-45	-34	-27	-24	-33	-33	-26	-20	-18	-19	-20	-17	-20	-18	-16
10	-15	-14	-18	-20	-25	-29	-23	-19	-20	-18	-15	-14	-13	-12	-10	-11	-14	-13	-12	-7	-7	-12	-17
11	-23	-25	-28	-26	-23	-22	-27	-33	-36	-34	-32	-28	-29	-27	-22	-19	-13	-7	-3	0	0	-3	-7
12	-10	-8	-5	-3	-1	-1	0	2	1	2	3	1	2	3	6	4	4	2	5	11	20	22	16
13	12	11	12	12	13	13	14	5	3	3	3	-2	2	3	9	6	3	5	-1	4	4	2	-8
14	-3	-4	-6	-2	5	13	14	14	15	13	16	15	11	8	10	7	19	-29	39	40	30	-28	-42
15	-31	-34	-38	-36	-33	-29	-29	-23	-20	-15	-12	-10	-14	-15	-17	-21	-23	-19	-16	-12	-10	-9	-10
16	-10	-14	-11	-13	-13	-13	-15	-15	-13	-8	-6	-9	-17	-14	-14	-12	-9	-9	-9	-8	-5	-7	-14
17	-14	-12	-10	-16	-21	-16	-11	-10	-13	-12	-9	-6	-6	-6	-5	-6	-7	-10	-11	-11	-11	-14	-15
18	-18	-24	-22	-19	-13	-15	-8	-7	-12	-12	-9	-10	2	4	1	-7	-15	-14	-17	-17	-21	-23	-25
19	-24	-30	-30	-23	-18	-16	-20	-26	-24	-20	-16	-17	-24	-26	-24	-22	-19	-19	-21	-23	-22	-14	-7
20	-10	-11	-11	-9	-10	-19	-27	-29	-27	-20	-19	-22	-35	-43	-39	-33	-43	-46	-45	-43	-34	-30	-31
21	-36	-32	-33	-32	-31	-30	-29	-38	-38	-28	-24	-25	-28	-23	-25	-28	-31	-31	-28	-32	-33	-26	-26
22	-34	-34	-39	-36	-30	-27	-28	-27	-23	-19	-16	-17	-17	-24	-25	-23	-26	-22	-26	-24	-22	-23	-21
23	-18	-18	-19	-20	-16	-15	-16	-17	-21	-25	-25	-19	-18	-21	-19	-12	-13	-13	-15	-15	-13	-7	-10
24	-15	-16	-14	-12	-11	-11	-14	-16	-23	-25	-26	-19	-15	-17	-22	-23	-28	-35	-35	-29	-26	-22	-20
25	-25	-26	-22	-19	-22	-27	-25	-23	-25	-23	-18	-19	-25	-29	-23	-17	-12	-13	-11	-13	-10	-12	-12
26	-18	-18	-23	-21	-15	-16	-22	-33	-29	-23	-21	-19	-20	-26	-31	-32	-30	-27	-23	-21	-14	-10	-10
27	-19	-22	-22	-18	-18	-23	-20	-22	-28	-29	-22	-22	-20	-16	-12	-9	-12	-17	-13	-14	-18	-24	-33
28	-46	-48	-42	-40	-38	-38	-35	-31	-32	-37	-37	-31	-30	-29	-25	-24	-23	-19	-19	-21	-27	-24	-22
29	-24	-30	-33	-32	-26	-22	-24	-28	-30	-30	-27	-24	-21	-19	-18	-19	-22	-24	-23	-22	-19	-16	-17
30	-20	-20	-19	-18	-16	-14	-15	-16	-21	-21	-20	-17	-11	-7	-8	-9	-5	-4	-6	-5	-4	-3	4
31	1	4	3	3	0	1	2	1	4	4	5	5	6	4	6	5	4	1	1	-1	-9	-8	-7

Şekil 1.5 Ekim ayı Dst indisi değerleri (URL-2 2014).

Analiz edilen aylara ilişkin herhangi bir iyonosferik aktivite olup olmadığı Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının tüm günleri için Dst indisi değerleri URL-2 adresinden bir saat çözünürlükle elde edilmiştir (Şekil 1.2, 1.3, 1.4, 1.5). Ocak ayında genel olarak iyonosferik aktivitenin yoğun olmadığı, Nisan ayının ilk on günlük iyonosferik aktivite durumu sakin gözükürken 11 Nisan saat 24:00 den başlayarak orta ve güçlü şiddette iyonosferik aktiviteler 13 Nisan 2014 tarihinin belirli bir bölümüne kadar devam etmiş 30 Nisan haricinde geri kalan tüm günlerin iyonosferik açıdan sakin kaldığı gözlenmiştir. Temmuz ayının neredeyse

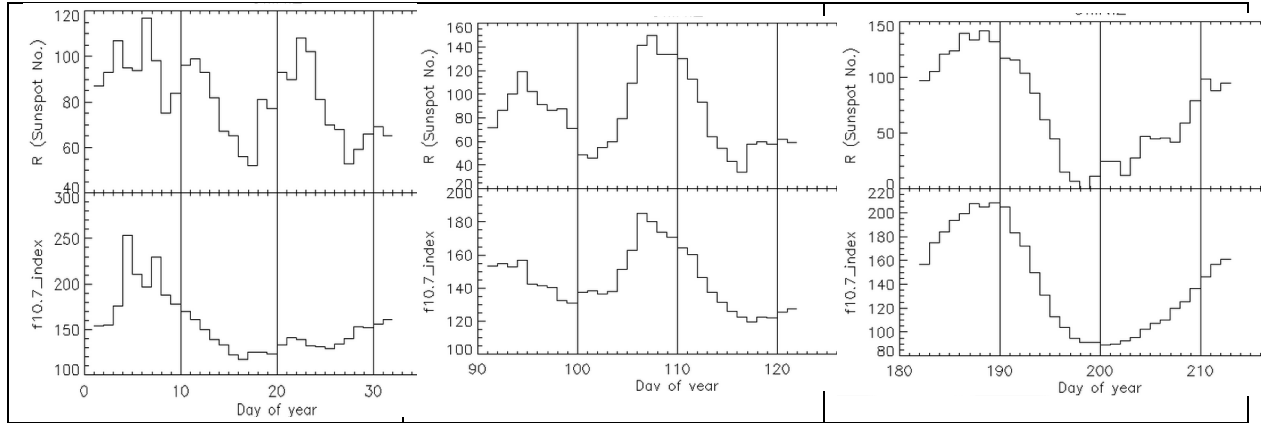
tamamının iyonosferik aktivite açısından sakin geçtiği, Ekim ayının ise büyük bir bölümünde orta düzeyde iyonosferik aktivite meydana geldiği anlaşılmıştır.

YYYYMMDD Kp[8]	Sum ap[8]	Ap	YYYYMMDD Kp[8]	Sum ap[8]	Ap
20140101	1-1+2 2 4-3 3 3 19-	3 5 7 7 22 15 15 11	20140401	0+0+1-0+2 2+1 2+ 9+	2 2 3 2 7 9 4 9 5
20140102	3+4+3+2+3-3+4+2+26	18 32 18 9 12 18 32 9 18	20140402	0+0 0 1-1+1+1+1+ 6+	2 0 0 3 5 5 5 5 3
20140103	2 2-2 2 3 3-3-1 17	7 6 7 7 15 12 12 4 9	20140403	1-2-1 2-2 1+1+1+11	3 6 4 6 7 5 5 5 5
20140104	1-1-1 2 2+2 2 1+12	3 3 4 7 9 7 7 5 6	20140404	0+1 1+1+2-2+1+0+10-	2 4 5 5 6 9 5 2 5
20140105	0+1 1+1-1 1-0 0+ 5+	2 4 5 3 4 3 0 2 3	20140405	1 1-1+4-4-3 2+3 19-	4 3 5 22 22 15 9 15 12
20140106	0 0+1 0+1-1-1+1+ 6-	0 2 4 2 3 3 5 5 3	20140406	2 0 0 0+0+1-0 1 4+	7 0 0 2 2 3 0 4 2
20140107	0+2-0 1-1-3+2+3-12-	2 6 0 3 3 18 9 12 7	20140407	3-2-2 1-3 4 2-2-17+	12 6 7 3 15 27 6 6 10
20140108	3 3+1 1 1-1-1 1+12	15 18 4 4 3 3 4 5 7	20140408	2 1-0 1 2 1 1-0 7+	7 3 0 0 4 7 4 3 0 4
20140109	3 3-1+2-1 1 3-2-15	15 12 5 6 4 4 12 6 8	20140409	0 0+1+1+2-1+1+1- 8	0 2 5 5 6 5 5 3 4
20140110	2 2-1-1-1 2-1-0+ 9-	7 6 3 3 4 6 3 2 4	20140410	0 0 0+0+1-0+1-0+ 3-	0 0 2 2 3 2 3 2 2
20140111	0 0 0 0+1-1-2+2- 6-	0 0 0 2 3 3 9 6 3	20140411	0 1 2 1 1 2 2-4-12+	0 4 7 4 4 7 6 22 7
20140112	1 1-1 1 1+1 3-3+12	4 3 4 4 5 4 12 18 7	20140412	5-4+4+3-3 2-3-2+26-	39 32 32 12 15 6 12 9 20
20140113	2 3 2 1 1 1-0 1 11-	7 15 7 4 4 3 0 4 6	20140413	4-4 3+3 2-2 3 2+23	22 27 18 15 6 7 15 9 15
20140114	3+3-2-1 3+2+1+3-18+	18 12 6 4 18 9 5 12 10	20140414	2-2-3 1 0 1 2+2-12+	6 6 15 4 0 4 9 6 6
20140115	2-1-1 1-0+1 0+0+ 6	6 3 4 3 2 4 2 2 3	20140415	1+2+1+1-1-1-1+1 9+	5 9 5 3 3 3 5 4 5
20140116	0 0 1 1-0+0+0 0+ 3-	0 0 4 3 2 2 0 2 2	20140416	0 0 1-1 1+0+1-2 6	0 0 3 4 5 2 3 7 3
20140117	0 0 0+0 1 1-0+2- 4	0 0 2 0 4 3 2 6 2	20140417	3 3-2-1+3-4-2+1 18+	15 12 6 5 12 22 9 4 11
20140118	1-0 0 0 0+0 1 0 2	3 0 0 0 2 0 4 0 1	20140418	2-2-1-1+2 1+2-3-13	6 6 3 5 7 5 6 12 6
20140119	0 0 0 0 0+0+0 0 1-	0 0 0 0 2 2 0 0 0	20140419	4-3+2+3-3-3 3 1+22	22 18 9 12 12 15 15 5 14
20140120	0 0 1-0+0+1-1-0+ 3	0 0 3 2 2 3 3 2 2	20140420	3 2 1 4-5 4 4+4-27-	15 7 4 22 48 27 32 22 22
20140121	3-1 2-2-2+3-2 2-16-	12 4 6 6 9 12 7 6 8	20140421	4 4 3+4-3-4 2-1 24+	27 27 18 22 12 27 6 4 18
20140122	2 2 3-3+2+2-2-3-18+	7 7 12 18 9 6 6 12 10	20140422	1 2-1-1-0+1+0+1- 7-	4 6 3 3 2 5 2 3 4
20140123	2+2-2 1+1-1+2 2-13	9 6 7 5 3 5 7 6 6	20140423	1-1 1 2-1+2-2 2 11+	3 4 4 6 5 6 7 7 5
20140124	3 2-0 0+1-0+0 0+ 6+	15 6 0 2 3 2 0 2 4	20140424	3+2-3-2 2+3-3-3-20	18 6 12 7 9 12 12 11 11
20140125	2+2-1 0+1 2-2-3 13-	9 6 4 2 4 6 6 15 6	20140425	3+3-1-1+2 2 2 1+15+	18 12 3 5 7 7 7 5 8
20140126	3-3-2-1 0 2-1+1+12+	12 12 6 4 0 6 5 5 6	20140426	1-2+1+1-1 1 1 2-10-	3 9 5 3 4 4 4 6 5
20140127	1-1-0+0+1-1 1-2- 6	3 3 2 2 3 4 3 6 3	20140427	1 0+0 0 1 1-1-2- 5+	4 2 0 0 4 3 3 6 3
20140128	0 0 1-1-1-2-2 2+ 8	0 0 3 2 3 3 6 7 9 4	20140428	1+2+1+1+1-1-0+1+ 9+	5 9 5 5 3 3 2 5 5
20140129	2 2 2-1 2 2 1+1+13+	7 7 7 6 4 7 5 5 6	20140429	1-0+0 0+1-0+1-3+ 6+	3 2 0 2 3 2 3 18 4
20140130	2 2+1-0+0 0 0+0 6-	7 9 3 2 0 0 2 0 3	20140430	3-3+3+3-4 3 3+1 23+	12 18 18 12 27 15 18 4 16
20140131	0 0 0 1-0+0 0 0+ 1+	0 0 0 3 2 0 0 2 1			
YYYYMMDD Kp[8]	Sum ap[8]	Ap	YYYYMMDD Kp[8]	Sum ap[8]	Ap
20140701	1-1+1-0+0+1-0+0+ 5-	3 5 3 2 2 3 2 2 3	20141001	4 2+3-2+2-2+2-2 19	27 9 12 9 6 9 6 7 11
20140702	0 1 1+1 1 2-1-1- 7+	0 4 5 4 4 6 3 3 4	20141002	2 2+2-1+2-2 1+2+15-	7 9 6 5 6 7 5 9 7
20140703	2 2 2 2 2-1-0+0+11	7 7 7 7 6 3 2 2 5	20141003	2+0+1 0+0+1 1-0+ 6+	9 2 4 2 2 4 3 2 4
20140704	1+1 1+1+2-0+0+1- 8	5 4 5 5 6 2 2 3 4	20141004	1+2-2 1 1-0+1 2-10-	5 6 7 4 3 2 4 6 5
20140705	0 0 0+0+0+1-2 1+ 5	0 0 2 2 2 3 7 5 3	20141005	2-2-1+1-2-2-1+1 11	6 6 5 3 6 6 5 4 5
20140706	1-0+0+1+1-1-1-1+ 6	3 2 2 5 3 3 3 5 3	20141006	3-2 0+1-1-0+1 3-10+	12 7 2 3 3 2 4 12 6
20140707	2 1-1-1+2 2 2-1-11	7 3 3 5 7 7 6 3 5	20141007	2 3 0+0+1-1-0+1 8+	7 15 2 2 3 3 2 4 5
20140708	1+1 1 1 2+2-2-2-12-	5 4 4 4 9 6 6 6 6	20141008	1 1+1+3 2 2-2 3-15	4 5 5 15 7 6 7 12 8
20140709	2-1+2-1 1 2-3-3-14-	6 5 6 4 4 4 6 12 12 7	20141009	3+4 4-2+2 2-2 2 21	18 27 22 9 7 6 7 7 13
20140710	3 2+2-1 1+2-1+1+14-	15 9 6 4 5 6 5 5 7	20141010	3-3+1+0+1-1 1+2-12+	12 18 5 2 3 4 5 6 7
20140711	1 1-1+1+1+2-2 1+11-	4 3 5 5 5 5 6 7 5 5	20141011	2-3-3-2+3 1+1-0+15-	6 12 12 9 15 5 3 2 8
20140712	1+2 2 2-2+1 0+0 11-	5 7 7 6 9 4 2 0 5	20141012	0 0 0+1 1+1-1+1- 5+	0 0 2 4 5 3 5 3 3
20140713	1+1+1-2-1-1-1-2 9	5 5 3 6 3 3 3 7 4	20141013	1 0+1+0 1 2 3-3-11	4 2 5 0 4 7 12 12 6
20140714	1-0+1 1+3+3 3-2+15-	3 2 4 5 18 15 12 9 8	20141014	1-1 1-2-3+4+4+5 21	3 4 3 6 18 32 32 48 18
20140715	2-2-2 2+2+1+1 1+14-	6 6 7 9 9 5 4 5 6	20141015	4 3 2 1+2-1 0+1-14	27 15 7 5 6 4 2 3 9
20140716	1-1 1+0+1+1 1+1- 8-	3 4 5 2 5 4 5 3 4	20141016	2-1 1-2-2-2-2-3 13	6 4 3 6 6 6 6 15 6
20140717	0+1 1 0+1-1-2-1 7-	2 4 4 2 3 3 6 4 4	20141017	1+3-1-2-1+1 1+3 13	5 12 3 6 5 4 5 15 7
20140718	1-1-1-1-0+0 0 0+ 3+	3 3 3 3 2 0 0 2 2	20141018	3+3 2+2+3 4 2+3 23+	18 15 9 9 15 27 9 15 15
20140719	0 0+0+1 0+0 0 0 2	0 2 2 4 2 0 0 0 1	20141019	3 3+2+2 2-1-2+1+17-	15 18 9 7 6 3 9 5 9
20140720	1-0+0+0 1+1-0 1- 4	3 2 2 0 5 3 0 3 2	20141020	3 3 4 4-3+5 4 4-30-	15 15 27 22 18 48 27 22 24
20140721	0+0 0 0+1+1+2-2- 7-	2 0 0 2 5 5 6 6 3	20141021	3 2+3 3 3+3 4-2+24-	15 9 15 15 18 15 22 9 15
20140722	2+1-1-1-1+1 0+2- 9-	9 3 3 3 5 4 2 6 4	20141022	4-3 3-2+3-4-2+2-22	22 15 12 9 12 22 9 6 13
20140723	0+0+0+0+0+1 3-2+ 8-	2 2 2 2 2 4 12 9 4	20141023	1+2 2 2 2+2-3+2 17-	5 7 7 7 9 6 18 7 8
20140724	1-1 1+2 2 1 1 1-10-	3 4 5 7 7 4 4 3 5	20141024	3 1-2-2 2 4-2 2-17-	15 3 6 7 7 22 7 6 9
20140725	3-1+2 1+1 1-1-0+10	12 5 7 5 4 3 3 2 5	20141025	3 2+2-2-2 3 2 1 17-	15 9 6 6 7 15 7 4 9
20140726	1+2-2-2-2-2 2 1-13-	5 6 6 6 6 6 7 7 3 6	20141026	3 3-3 3 2+2 2 1 19	15 12 15 15 9 7 7 4 10
20140727	2-1+1+1 1-1-1 1 9-	6 5 5 4 3 3 4 4 4	20141027	3-2+2 3-2 3-2 4 20+	12 9 7 12 7 12 7 27 12
20140728	2-2+3 2-2 3 2 1+17	6 9 15 6 7 15 7 5 9	20141028	4-3-2+3 3-3-2+1 20+	22 12 9 15 12 12 9 4 12
20140729	1-1+0+0+1-1 1 0+ 6-	3 5 2 2 3 4 4 2 3	20141029	3+2+2 2-1 2 2-0 14	18 9 7 6 4 7 6 0 7
20140730	2+1 0+0+1-1-0+0+ 6	9 4 2 2 3 3 2 2 3	20141030	0+1-1-1+1-1 1+2 8	2 3 3 5 3 4 5 7 4
20140731	1 1 1 1 1 1+2-2 10	4 4 4 4 4 5 6 7 5	20141031	1-2 1+1+2 1-2+1+12-	3 7 5 5 7 3 9 5 6

Şekil 1.6 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarına ilişkin Kp indisi değerleri (URL-3 2014)

K_p indisi değerleri analizi yapılan aylar için üç saat çözünürlükle URL-3 adresinden elde edilmiştir. Şekil 1.6 tüm aylar için genel anlamda jeomanyetik aktivitenin sakin olduğunu göstermektedir.

Güneşin ultraviyole dalgalarındaki değişim(solar flux) ölçümü güneş aktivitesinin seviyesini belirleyen ve güneşten alınan radyasyonun seviyesini belirleyen ölçüttür. F10.7 olarak ifade edilen solar flux diğer bir tanımla 10.7 cm'lik dalga boyundaki frekansın barındırdığı gürültü miktarı olarak tanımlanabilir. Solar flux özellikle F_2 tabakasında meydana gelen iyonlaşma ile bağlantılıdır. Birimi SFU olan bu indis 50 ile 300 arasında değişiklik göstermektedir. Özellikle 11 yıllık güneş lekeleri döngüsünde 200 değerini hatta kısa peiyotlarda olsa bile 300 değerini geçtiği görülmüştür. F10.7 v R indisine ait veriler URL4 adresinden elde edilebilir. F10.7 özellikle tek frekanslı alıcıları üzerinde iyonosfer tabakasının etkisini görmek amacıyla geliştirilmiştir. Analiz edilen aylara ilişkin F10.7 indisi ve güneş lekeleri sayısı (R) değerleri Şekil 1.7'de gösterilmektedir. Yazım aşamasında Ekim ayına ait değerler yayınlanmadığı için buraya konulamamıştır.



Şekil 1.7 Ocak, Nisan, Temmuz ayları F10.7 solar flux ve R değerleri (URL-4 2014).

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamı ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem denir (URL-5). Bilindiği üzere deprem çok sayıda can ve mal kaybına yol açmaktadır. Bu kaybın önüne geçmek için son yıllarda deprem tahmini çalışmaları ivme kazanmıştır. Bu çalışmalar genellikle iyonosfer tabakasında deprem anı, öncesi veya sonrasında elektron yoğunluğunda yaşanan kısa süreli değişimlerin belirlenmesi yönündedir. GPS ölçüleri yardımıyla elde edilebilen TEC'de deprem kaynaklı oluşacak değişimin belirlenmesi deprem çalışmaları için büyük önem arz

etmektedir (Zolotov et al. 2012). Son yıllarda bilim adamları 1994-1999 yılları arasında meydana gelen depremlerden birkaç gün önce iyonosferde salınımdan kaynaklı elektron yoğunluğu değişimi gözlemlemişlerdir (Saroso vd. 2008). Saroso ve ekibinin yapmış olduğu çalışmada GPS istasyonlarından yararlanarak elektron miktarı değişimleri incelenmiş ve F_2 tabakasındaki elektron miktarında ciddi bir düşüş yaşandığı sonucuna ulaşmışlardır (Saroso et al. 2008). Yine meydana gelen depremlerle ilgili yapılan çalışmalarda şiddete bağlı olarak deprem öncesi anomalilerin ortaya çıktığı belirtilmiştir (Yao et al. 2012). Deprem anomalisinin en önemli özelliklerinden biri solar ve jeomanyetik nedenlerden dolayı oluşan anomaliler gibi manyetik meridyenler boyunca yayılmamasıdır (Liu et al. 2004). Anomaliler pozitif ve negatif olarak iki şekilde ortaya çıkmaktadır (Liu et al. 2010). Pozitif anomali, elektron yoğunluğunda artmayı ifade ederken negatif anomali düşüşü ifade etmektedir.

Çizelge 1.3 1993-2002 yılları arasındaki $M \geq 5.9$ olan depremlerin parametreleri (Saroso et al. 2008).

Yıl	Ay	Gün	Saat	Dakika	Saniye	Enlem	Boylam	Derinlik(km)	Büyükölük	Öncüler
1993	12	09	04	32	20	0.49	125.99	25	6.9	D3
1995	05	19	21	30	06	-1.21	120.50	26	5.9	D4
1996	01	01	08	05	11	-0.73	119.93	24	7.5	D7, D6, D3
1996	07	16	10	07	37	-1.02	120.25	33	6.6	D5
1996	07	22	14	19	36	1.00	120.45	33	7.0	D4, D3
1997	09	28	01	38	29	-3.78	119.73	33	5.9	D2
1997	11	25	12	14	34	1.24	122.54	24	7.0	D4, D2
1998	05	21	05	34	26	0.21	119.58	33	6.6	D3
2000	05	04	04	21	16	-1.11	123.57	26	7.6	D6, D5, D2
2001	10	19	03	28	44	-4.10	123.90	33	7.5	D7, D5
2002	08	15	05	30	26	-1.19	121.33	10	6.2	D2

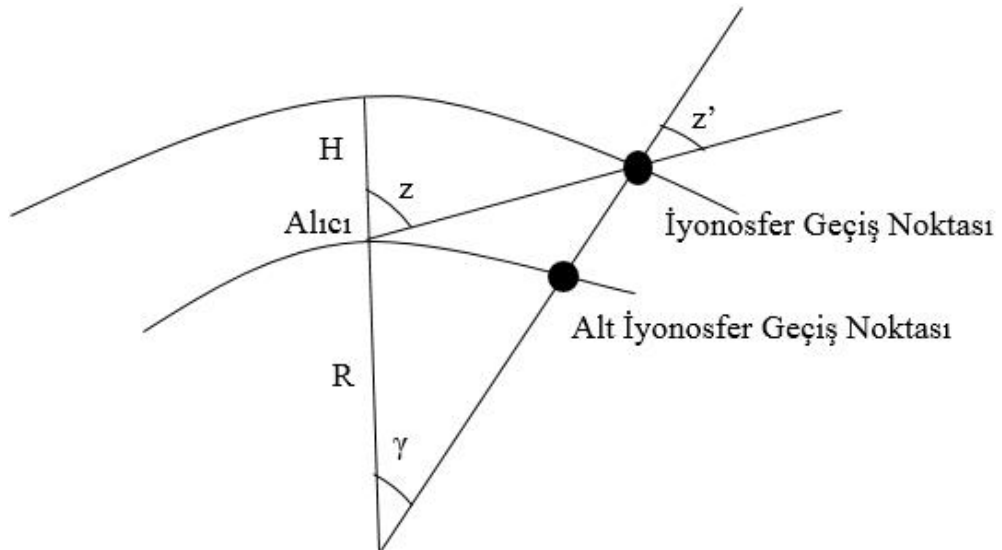
Çizelge 1.3 1993-2002 yılları arasında meydana gelen depremlere ait bilgileri içermektedir. Son sütun olan öncüler (precursor), depremden önce oluşan anomali sayısını ve kaç gün önce gerçekleştiğini ifade etmektedir. Örnek verecek olursak 1996 yılında $M=7.5$ büyüklüğündeki depremden önce 3 tane anomali gerçekleşmiştir (D7, D6, D3). D7 anomalinin depremden 7 gün önce gerçekleştiğini göstermektedir. Her depremden önce en az bir anomali gerçekleşirken $M \geq 7$ olan depremlerde ise 2 yada 3 anomali gerçekleşmiştir. Söz konusu çalışmaya bakıldığında depremin iyonosferde yarattığı değişimin GNSS ölçüleriyle

izlenmesinin mümkün olduğu gör÷lmektedir. İyonosfer karmaşık bir yapıya sahiptir dolayısıyla meydana gelen değişimin deprem kaynaklı olup olmadığını anlamak için değişime sebep olabilecek diğer olası etkenler göz önünde bulundurulmalıdır.

BÖLÜM 2

TEC HARİTALAMA YÖNTEMLERİ

Uydu alıcı arasındaki toplam elektron miktarı STEC olarak ifade edilmektedir (Piras and Agostino 2011). TEC değeri farklı uydulardan farklı yükseklik (eğim) açılarıyla toplanır. Bu da GPS sinyallerinin iyonosferin farklı bölümlerinden alınmasına sebep olur. Farklı yükseklik açılarıyla toplanan bu değerleri karşılaştırmak için eğik olarak toplanan TEC değerinin ortalama bir iyonosferik yükseklikte düşeye çevrilmesi gerekmektedir. Tek tabaka modeli olarak adlandırılan bu model GPS alıcılarından yararlanarak elde edilen toplam elektron miktarının iki boyutlu haritalanması için geliştirilen güçlü bir yöntemdir. Bu modelde uydu alıcı arası yataydaki elektron miktarı değişimi göz ardı edilmektedir. Tek tabaka modeli iyonosferi modelleme ve tahmini için sıklıkla kullanılan bir modeldir. Model, iyonosferde yer alan tüm elektronların dünyadan yaklaşık 300 km ile 450 km arasındaki sonsuz incelikte bir tabakada toplandığını kabul eder (Todorava et al. 2007). Tek Tabaka modeli şekil olarak aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Tek tabaka modeli.

Şekil 2.1' de gösterilen tek tabaka modelinde;

z : Alıcının konumundaki zenit açısı

z' : İyonosfer geçiş noktasındaki zenit açısı

R : Yeryuvarının ortalama yarıçapı

γ : z ve z' açıları arasındaki farkı

H : Yeryuvarı yüzeyinden tek tabakaya olan uzaklığı ifade etmektedir.

Eğik TEC(STEC) değerinin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

STEC ile düşey TEC (VTEC) arasındaki ilişki;

$$F_z = \frac{E(z)}{E_v} \quad (2.1)$$

Formülde verilen F_z tek tabaka izdüşüm fonksiyonunu ifade etmektedir. $E(z)$ eğik toplam serbest elektron sayısını ifade ederken E_v ise düşeydeki toplam elektron sayısını göstermektedir. Burada $E_v = E(0)$ olarak alındığında yeni F_z ;

$$F_z = \frac{1}{\cos z'} \quad (2.2)$$

şeklinde olmaktadır.

Sinyalin iyonosfer tabakasına geldiği açı (z') ile alıcıya geldiği açı (z) arasındaki ilişki ise;

$$\sin z' = \frac{R}{R+H} \cdot \sin z \quad (2.3)$$

olarak ifade edilir.

İyonosferik bilgi, düşey elektron yoğunluğunu temsil eden alt iyonosfer noktasında dönüştürülmektedir (Arslan 2004). Tek tabaka modelinin elektronların ince bir tabakada toplandığı varsayımıyla hareket etmesi bu model açısından dezavantaj olarak görülmektedir (Liu and Gao 2004).

VTEC değerinin STEC cinsinden ifadesi;

$$VTEC = MF(z) \text{ STEC Şeklinde olur. Burada } MF(z); \quad (2.4)$$

$$MF(z) = \cos\left(\arcsin\left(\frac{R}{R+H} \sin(\alpha z)\right)\right) \quad (2.5)$$

Burada z uydu elevasyon açısını, R dünyanın yarıçapını, H tek tabaka yüksekliğini, $\alpha=0.9782$ ifade etmektedir.

2.1 YEREL TEC MODELİ

$E_v(\beta, s)$ düşey toplam elektron miktarını temsil etmek için iki boyutlu Tylor serisine göre açılırsa;

$$E_v(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^{m_{\max}} E_{nm} (\beta - \beta_0)^n (s - s_0)^m \quad (2.6)$$

EŞitliği elde edilir. n_{\max} ve m_{\max} enlem ve boylamdaki 2 boyutlu Taylor serisi açılımının maksimum derecesini, E_{nm} Taylor serisinin bilinmeyenlerini, (β, s) iyonosfer geçiş noktasının güneş-coğrafi koordinatlarını, (β_0, s_0) tylor açılım merkezi koordinatlarını temsil etmektedir. Bu model kullanılarak yapılan çalışmalarda ortaya çıkan TEC değerlerinin, global iyonosfer haritası veya diğer modellerden faydalanılarak belirlenen TEC değerleri ile örtüŐmedięi görülmüştür. Bu sebeple modelin kullanılması tavsiye edilmemektedir.

2.2 KÜRESEL/BÖLGESEL TEC MODELİ

Taylor açılımı ile yapılan TEC temsili küresel anlamda yetersiz kaldığı için küresel TEC temsili için küresel harmonik açılımı ile yapılmaktadır. Küresel harmonik açılımı;

$$E_v(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^n P_{nm}(\sin(\beta)) (C_{nm} \cos(ms) + S_{nm} \sin(ms)) \quad (2.7)$$

Őeklinindedir. Burada;

$E_v(\beta, s)$: Düşey Toplam Elektron Miktarı

$P_{nm}(\sin^2(\beta))$: Normalize edilmiş Legendre Fonksiyonunu

C_{nm} ve S_{nm} : Bilinmeyen Katsayılar

n_{max} : küresel harmonik açılımın maksimum derece ve mertebesi

β : enlemi

s : güneş sabit boylamı ifade etmektedir.

Küresel TEC modelin formülünden anlaşılacağı üzere içerisinde harmonik fonksiyonun derece ve mertebesini barındırmaktadır. Bu değerler çalışma bölgesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tüm dünyayı kapsayacak şekilde yapılan haritalarda derece ve mertebenin 10 ve üzerinde olması uygun iken, diğer taraftan bölgesel anlamda yapılacak çalışmada derece ve mertebenin çalışma bölgesinin yerine göre belirlenmesi uygun olacaktır. JPL(Jet Propulsion Laboratory), CODE (Center for Orbit Determination), ESA (European Space Agency) gibi küresel anlamda iyonosfer haritası üreten pek çok kurum mevcuttur. Global iyonosfer haritası (GIM) IONEX ((IONosphere map EXchange) formatında yayınlanmakta olup TEC değerlerinin konumsal çözünürlüğü $2.5^\circ \times 5^\circ$ zamansal çözünürlüğü ise 2 saattir. IONEX formatında yayınlanan değerler bütün dünyayı kapsayacak biçimde oluşturulmuştur (Dach et al. 2007). Herhangi bir noktaya ilişkin enlem ve boylamda ki TEC değeri o noktayı kapsayan en yakın 4 noktadan iki değişkenli enterpolasyon yardımıyla ilgili noktaya ait TEC değeri hesaplanabilmektedir. İki değişkenli enterpolasyonun formülasyonu aşağıdaki gibidir. Bulunan değer 0.1 ile çarpıldığında ilgili noktaya ait TEC değeri TECU biriminde belirlenmektedir. IONEX formatından yayınlanan TEC değerlerinin doğruluğu 2-8 TECU arasında değişiklik göstermektedir.

$$E_{int}(\lambda_0 + p\Delta\lambda, \beta_0 + q\Delta\beta) = (1-p)(1-q)E_{0,0} + p(1-q)E_{1,0} + q(1-p)E_{0,1} + pqE_{1,1} \quad (2.8)$$

Burada;

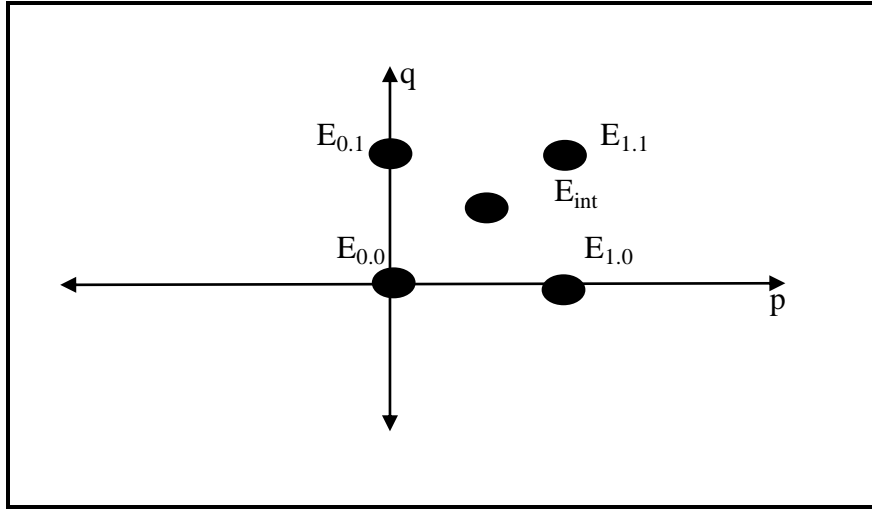
p ve q : $0 \leq p, q < 1$ arasında değer almaktadır.

$\Delta\lambda$ ve $\Delta\beta$: Enlem farkları grid genişliklerini

λ_0 ve β_0 : Başlangıç enlem ve boylam değerlerini

$E_{0,0}$, $E_{1,0}$, $E_{0,1}$, $E_{1,1}$: Komşu noktalarda bilinen TEC değerini

E_{int} : Bulunması istenen TEC değerini göstermektedir.



Şekil 2.2 İki değişkenli enterpolasyon gösterimi.

Örnek global iyonosfer haritası gösterimi ise Şekil 2.3'deki gibidir. Bu harita CODE tarafından üretilmiştir (URL-6 2014).

Web page:	www.aiub.unibe.ch/content/ionosphere/					DESCRIPTION									
Data archive:	ftp.unibe.ch/aiub/CODE/					DESCRIPTION									
	www.aiub.unibe.ch/download/CODE/					DESCRIPTION									
2014	5	20	0	0	0	EPOCH OF FIRST MAP									
2014	5	21	0	0	0	EPOCH OF LAST MAP									
7200						INTERVAL									
13						# OF MAPS IN FILE									
NONE						MAPPING FUNCTION									
10.0						ELEVATION CUTOFF									
One-way carrier phase leveled to code						OBSERVABLES USED									
274						# OF STATIONS									
56						# OF SATELLITES									
6371.0						BASE RADIUS									
2						MAP DIMENSION									
450.0	450.0	0.0				HGT1 / HGT2 / DHGT									
87.5	-87.5	-2.5				LAT1 / LAT2 / DLAT									
-180.0	180.0	5.0				LON1 / LON2 / DLON									
-1						EXPONENT									
TEC/RMS values in 0.1 TECU; 9999, if no value available						COMMENT									
Peak TEC values for the included maps:						COMMENT									
939	932	925	794	827	750	645	664	691	745	895	918	COMMENT			
829												COMMENT			
1												END OF HEADER			
2014	5	20	0	0	0							START OF TEC MAP			
87.5-180.0	180.0	5.0	450.0									EPOCH OF CURRENT MAP			
225	225	226	226	227	227	227	228	228	228	228	228	LAT/LON1/LON2/DLON/H			
225	224	223	222	220	219	217	216	214	213	211	209	208	206	205	203
202	201	200	199	198	197	197	197	197	197	197	198	198	199	199	200
201	202	203	205	206	207	208	209	211	212	213	214	215	216	217	218
219	220	221	221	222	223	223	224	225							
85.0-180.0	180.0	5.0	450.0												
229	230	231	232	233	234	235	237	238	238	239	240	240	240	239	239
237	236	234	232	229	226	223	220	216	212	209	205	201	198	195	192
189	187	185	183	182	181	180	180	180	181	182	183	185	186	188	190
193	195	197	200	202	205	207	209	211	213	215	217	218	220	221	222
223	224	224	225	226	226	227	228	229							
1															
2															
2014	5	20	2	0	0										
87.5-180.0	180.0	5.0	450.0												
215	216	217	217	218	218	218	219	219	219	219	219	219	218	218	217
217	216	215	214	213	212	210	209	208	207	205	204	203	202	201	200
199	198	197	197	196	196	196	195	195	195	196	196	196	196	197	197

Şekil 2.3 Global iyonosfer haritası.

GPS ölçümleri sonucu elde edilen RINEX (Receiver Independent Exchange Format) dosyasının içerisinde doğrudan TEC değerini verecek bilgi bulunmamaktadır, fakat içerisinde barındırdığı gözlemlerden faydalanarak TEC değeri kestirilebilir (Choi et al. 2011). GPS uydularından gönderilen sinyalde iki farklı frekans üzerine modüle edilmiş kod ve faz ölçülerinin bulunduğu bilinmektedir. Kod ölçülerini kullanarak elde edilecek TEC değerinin doğruluğu düşük olacaktır. Bunun en büyük sebebi kod ölçülerinin çok fazla gürültü içermesi ve multipath etkisinin fazla olmasıdır. Diğer taraftan sadece faz ölçüsü kullanıldığında multipath etkisi azdır, ancak tamsayı faz belirsizliğinin çözülmesi gerekmektedir (Arıkan vd. 2003). Diğer yöntem ise kod ölçülerini faz ölçüleri yardımıyla yumuşatarak yani gürültüsü fazla olan kod ölçülerinin faz ölçüleri yardımıyla gürültüsünü azaltarak TEC değeri elde etmektedir. Faz ölçülerinden elde edilen TEC değeri kod ölçülerinden elde edilen değere göre daha hassas olup verilerin değerlendirilmesi daha uzun zaman almaktadır. Buradaki en önemli problem, yukarıda bahsedildiği üzere, tam sayı faz belirsizliği problemidir. Bu sebeple faz ölçüleri ile yapılan TEC kestirimi tavsiye edilmemektedir. Yumuşatılmış kod ölçülerinden elde edilen TEC değeri hassasiyeti daha düşük olmasına karşın elde edilmiş yöntemi daha pratik ve kullanışlıdır.

2.3 ULUSLARARASI İYONOSFER REFERANS MODELİ (INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE MODEL)

International Union of Radio Science (URSI) ve Committee on Space Research (COSPAR) tarafından geliştirilen IRI, iyonosonda istasyonlarından faydalanılarak iyonosferin sıcaklık ve yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan uluslararası bir modeldir. Yerden 50 km ile 2.000 km arasında var olan elektron miktarı uluslararası iyonosfer referans modeli (IRI-2012) programı sayesinde online olarak hesaplanabilmektedir (ilgili bilgiye URL-7 adresinden ulaşılabilir). Model temel anlamda altı farklı parametre üzerinden hesaplama yapmaktadır; bunlar, elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, iyonun içeriği, iyon sıcaklığı, iyon sürüklenmesi ve toplam elektron miktarıdır. Programda toplam elektron miktarı tanımlanan bir iyonosfer tabakası aralığı ile bu aralıkta en fazla elektron miktarının hangi yükseklikte olduğu bilgileri girilerek hesaplama yapılmaktadır.

Virtual Ionosphere, Thermosphere, Mesosphere Observatory (VTIMO)

International Reference Ionosphere - IRI-2012

This page enables the computation and plotting of IRI parameters: electron and ion (O⁺, H⁺, He⁺, O₂⁺, NO⁺) densities, total electron content, electron, ion and neutral (CIRA-86) temperatures, equatorial vertical ion drift

[Go to the IRI description](#)

[Help](#)

Select Date and Time
Year (1958-2017): 2000
Note: If date is outside the Ap index range (1958-2014/06/30), then STORM model will be turned off
Month: January Day (1-31): 01
Time Universal Hour of day (e.g. 1.5): 1.5

Select Coordinates
Coordinates Type: Geographic
Latitude (deg. from -90. to 90.): 50 Longitude (deg. from 0. to 360.): 40
Height (km. from 60. to 2000.): 100

Select a Profile type and its parameters:
Height km [60 - 2000.] Start: 100 Stop: 2000 Stepsize: 50

[Submit](#) [Reset](#)

Optional Input:
Sunspot number, Rz12 (0. - 400.) Ionospheric index, IG12 (-50. - 400.)
F10.7 radio flux, daily (0. - 400.) F10.7 radio flux, S1-day (0. - 400.)
Electron content: Upper boundary (km. from 50. - 2000.)
Ne Topside: NeQuick F peak model: URSI foF2 Storm model: on
Bottomside Thickness: ABT-2009 F1 occurrence probability: Scotto-1997 no L
Auroral boundary: off foE auroral storm model: on Ne D-Region: IRI-95
Te Topside: TBT-2012 Ion Composition: RBV10/TT503

Şekil 2.4 IRI-2012 Programı (URL-7 2014).

Şekil 2.4'te IRI-2012 internet üzerinden TEC hesaplama programı gösterilmiştir. Buradan ilgili güne ait istenilen enlem ve boylam değerine ait TEC değeri hesaplanabilir.

Kod yanlılığı olarak adlandırılan DCB (Differential Code Biases) farklı veya aynı frekanslardan elde edilen iki gözlem arasındaki donanım gecikmesi olarak tanımlanabilir. Bu gecikme, hem uydu hem de alıcı için belirlenebilir. Alıcı kod yanlılığı kendi içerisinde iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi iki farklı frekanstaki gözlemler arasında var olan frekanslar arası gecikme iken diğeri aynı frekanstaki iki gözlem arasında frekans içi donanım gecikmesidir. Bu çalışmada farklı frekansa sahip olan gözlemler arasındaki donanım gecikmesi üzerinde durulmuştur. DCB değeri TEC değerinin belirlenmesinde kullanılan benzer bir yaklaşımla belirlenebilmektedir. Farklı frekanslarda yapılan gözlemler çıkarıldığında iyonosferik gözlemlerin içerisinde bu hata kalır. Bu değer iki veya daha fazla frekansta yapılan ölçüler arasındaki farkı belirler.

Jeodezik GNSS alıcıları C1 olarak adlandırılan C/A kodunun yanında aşağıdaki kod gözlem türlerini de sağlarlar:

- P1
- P2
- X2, (C1+(P2-P1))

Ayrıca Block IIR-M uyduları, ikinci frekans üzerinde C2 (RINEX standardındaki L2C) olarak bilinen sivil bir kod sinyali yayınlarlar.

Alıcılar 3 ana sınıfa ayrılmaktadır.

- P1/P2: C1, P1, P2 kodlarını sağlayan alıcılar
- C1/X2: CC alıcılar olarak bilinen çapraz korelasyonlu alıcılar C1 ve kod gözlemlerinin özel bir kombinasyonunu sağlayan alıcılar
- C1/P2: C1 ve P2 kodlarını sağlayan yeni nesil alıcılar

Genel anlamda ilk sınıftaki alıcılardan gelen C1 kod verisi ihmal edilmektedir. İkinci alıcı sınıfının önde gelen örnekleri Rogue ve eski Trimble modelleridir. Leica, Novatel, Trimble alıcılarının son jenerasyonları üçüncü sınıfa girer. Uzun zamandır başarılı şekilde varlığını sürdüren Astech Z18, Javad, Topcon gibi GPS ve GLONASS bütünleşik alıcılar tipik P1/P2 alıcılarıdır.

Çizelge 2.1 Farklı lineer kombinasyonlar için DCB düzeltmeleri (Dach et al. 2007).

LC	P1/P2	C1/X2=C1+(P2-P1)	C1/P2
L1	$+1.546 * B_{P1-P2}$	$+1.546 * B_{P1-P2} + B_{P1-C1}$	$+1.546 * B_{P1-P2} + B_{P1-C1}$
L2	$+2.546 * B_{P1-P2}$	$+2.546 * B_{P1-P2} + B_{P1-C1}$	$+2.546 * B_{P1-P2}$
L3	0	$+B_{P1-C1}$	$+2.546 B_{P1-C1}$
L4	$-B_{P1-P2}$	$-B_{P1-P2}$	$-B_{P1-P2} + B_{P1-C1}$
L5	$-1.984 * B_{P1-P2}$	$-1.984 * B_{P1-P2} + B_{P1-C1}$	$-1.984 * B_{P1-P2} + 4.529 B_{P1-C1}$
L6	0	$-B_{P1-C1}$	$-0.562 B_{P1-C1}$

Yukardaki çizelge kod gözlemlerinin kombinasyonlarından türetilen altı farklı lineer kombinasyon için gerekli DCB düzeltmelerini göstermektedir. Beklendiği üzere P1/P2 kod verisinin iyonosferden bağımsız kombinasyonu (L3) için herhangi bir DCB düzeltmesine gerek yoktur. C1/X2 veya C1/P2'nin yaygın olarak kullanılan L3 doğrusal kombinasyonunu düzeltmek için yalnızca B_{P1-C1} DCB değeri gereklidir.

DCB bilgileri GNSS ölçmelerinde;

- ❖ Yalnızca C/A kod ölçmelerine dayalı konumlama
- ❖ P1/X2 ve C1/P2 alıcı modelleri dahil olduktan sonra yapılan hassas zaman kestirimleri veya zaman değişimi
- ❖ GNSS kod ölçümlerine dayalı olarak yapılan iyonosfer analizleri
- ❖ İki alıcı modelinin bulunduğu bazlara sahip olduğu takdirde, Melbourne-Wüberra doğrusal kombinasyonu kullanılan belirsizlik çözümünde kullanılmaktadır.

DCB değerlerinin üretilmesi sonucunda getirilecek düzeltmeler Bernese 5.0 yazılımında GPSEST programında otomatik olarak hesaplanıp gözlemlere uygulanmaktadır. P1P2 kod sapmalarının en uygun çözümü geometriden bağımsız doğrusal kombinasyonu (L4) olduğu bilinmektedir. Bernese 5.0 yazılımında P1P2 DCB değerleri iyonosfer parametreleri çözümü esnasında hesaplanmaktadır. P1C1 DCB analizi istasyonun alıcı tipini dikkate alarak onun veri kümesinden ilgili değerleri alarak bu analizi yapar. Diğer bir anlatımla, sapma değeri hangi alıcı sınıfına uygulanacaksa doğrudan o alıcı sınıfının veri kümesinden değerler alınır. Örnek verecek olursak, P1/P2 alıcılarından gelen C1 kod ölçümlerinden faydalanılmaz.

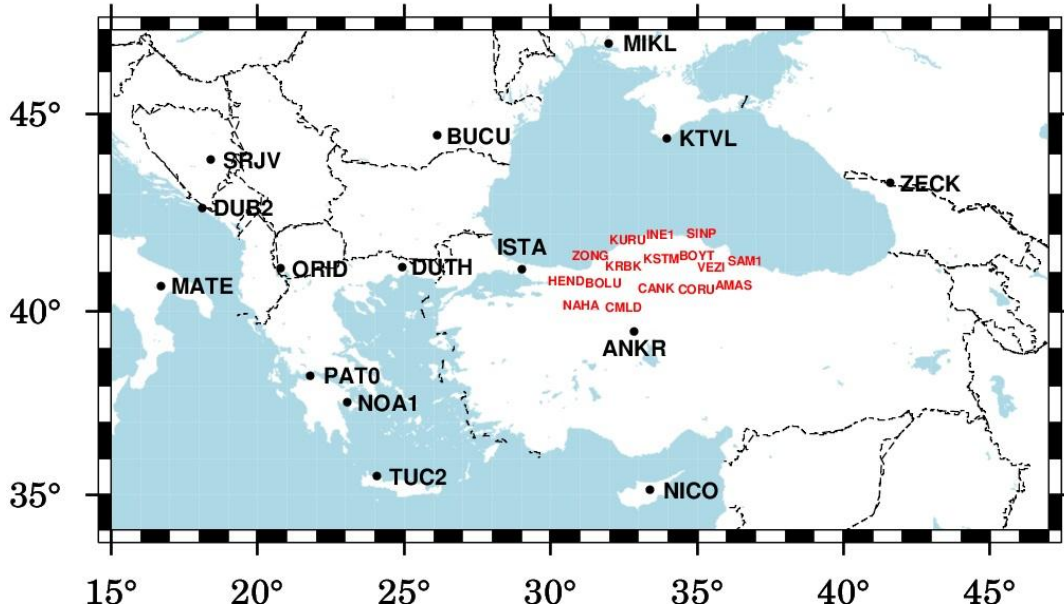
GPS ölçülerinden elde edilen TEC değerleri DCB değerlerinden oldukça etkilenir. Bölgesel anlamda üretilecek TEC değerini hesaplariken DCB değeri hesaba katılmak zorundadır. Eğer alıcı DCB değeri hesaba katılmazsa mutlak TEC değeri belirlenemez (Choi et al. 2011). Diğer yandan alıcı DCB değeri, alıcının cinsine ve donanımın sıcaklığına göre farklılık göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda uydu ve alıcı DCB değerlerinde 10 nano saniyeden daha fazla kadar gecikmeler meydana geldiğini, bunun sonucunda elde edilen TEC değerlerinde yaklaşık 30 TECu hataya sebep olduğu bilinmektedir (Li et al. 2012). L4 frekansında 1 nano saniyelik DCB gecikmesi yaklaşık olarak 2.86 TECU değerine karşılık gelmektedir. L1 frekansında 1 TECU'luk gecikme ise yaklaşık olarak 16 cm uzunluk hatasına sebep olmaktadır (Ciraolo et al. 2007). GPS uyduları fırlatılmadan önce DCB kalibrasyonu yapılmasına rağmen, gönderildikten sonra bu değer her zaman değişiklik gösterebilmektedir. Tüm bu sebepler göz önüne alındığında, hem uydu hem de alıcılar için DCB değerlerinin kestirimi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, sadece alıcılar için DCB değerleri üretilmiştir. Bernese 5.0 yazılımında DCB değerleri, bazı istasyonlar için CODE tarafından yayınlanan aylık DCB değerlerinden faydalanarak istenilen istasyona ait DCB değeri kestirimi günlük yapılmaktadır. Hangi istasyonların DCB değerlerine yayınlanacağına karar

verme sadece üretici kurumun yetkisindedir. Günlük olarak yayınlanmaması her ne kadar düşündürücü gibi görünse de aylık olarak hazırlanan DCB değerleri hem uydu hem de alıcılar için yeterlidir.

BÖLÜM 3

TEC SONUÇLARI

Bu çalışmada Zonguldak'ta bulunan ZONG istasyonunun Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarına ilişkin her ayın 8. gününden başlayarak 15. gününe kadar (toplam 8 günlük) TEC değerleri hesaplanmıştır.

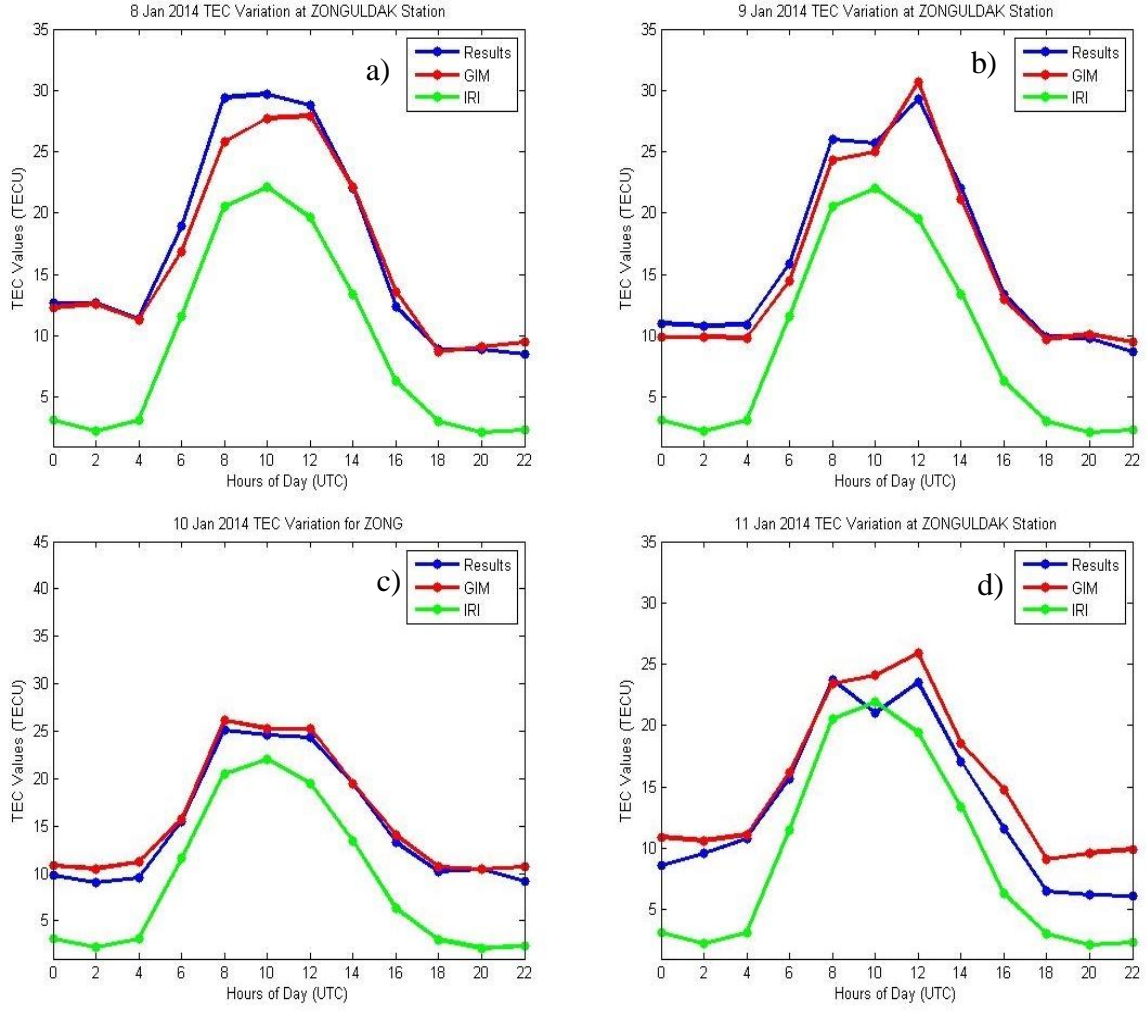


Şekil 3.1 Ağın genel yapısı.

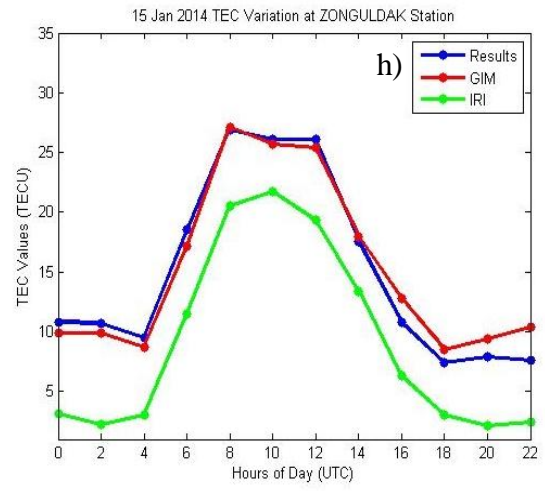
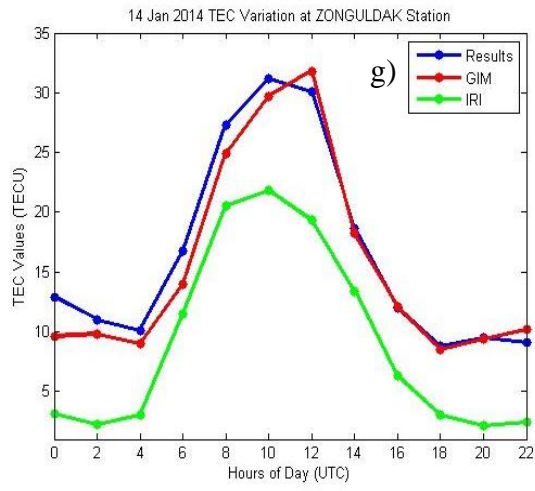
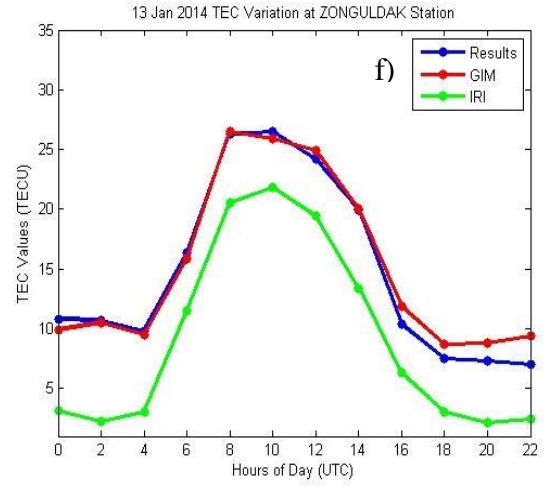
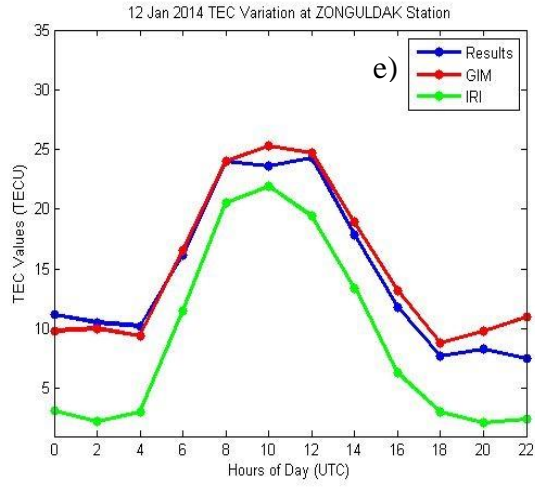
Şekil 3.1'de analizde kullanılan TUSAGA-Aktif, EPN (EUREF Permanent Network) ve IGS (International GNSS Service) istasyonları genel olarak gösterilmiştir. Toplam 41 istasyonun kullanıldığı çalışmada, istasyonların 16 tanesi TUSAGA-Aktif istasyonu olup diğerleri EPN ve IGS istasyonlarıdır. TUSAGA-Aktif istasyonu verileri URL-8, EUREF IGS istasyonlarına ait veriler URL-9 ve URL-10 adreslerinden elde edilmiştir (detaylı bilgi için Mekik vd. 2011a ve b). Bernese 5.0 yazılımından yararlanılarak yapılan değerlendirmelerde bölgesel TEC modeli kullanılmıştır. Tek tabaka modelinin kullanıldığı çalışmada yükseklik 450 km alınmış olup uydu açısı 10 derece, veri kayıt aralığı 30 sn'dir. Üretilen TEC değerlerinin karşılaştırılması amacıyla CODE tarafından üretilen GIM değerleri ve Committee on Space

Research (COSPAR) ve International Union of Radio Science (URSI) tarafından geliştirilen IRI-2012 (International Reference Ionosphere) modeli kullanılmıştır. Elde edilen TEC değerlerin çizimi MATLAB programı ile yapılmıştır. Sonuçlara genel olarak bakıldığında elde edilen değerlerin GIM değerleriyle büyük oranda benzerlik gösterdiği, IRI-2012'den elde edilen TEC değerlerinin bu iki değere nazaran daha düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Diğer yandan elde edilen üç farklı TEC değerinin gün içerisinde benzer davranış gösterdiği, yine her üç değerinde de öğle saatlerine kadar genel anlamda artış gösterdiği daha sonra azalma yönünde eğilim gösterdiği görülmüştür. Bunun en önemli sebeplerinden birinin güneş ışını olduğu düşünülmektedir. Güneş ışınının en etkin olduğu öğle saatlerinde havada bulunan moleküller bu ışının etkisiyle ayrılmakta ve bu da serbest halde bulunan elektron sayısının artmasına sebep olmaktadır.

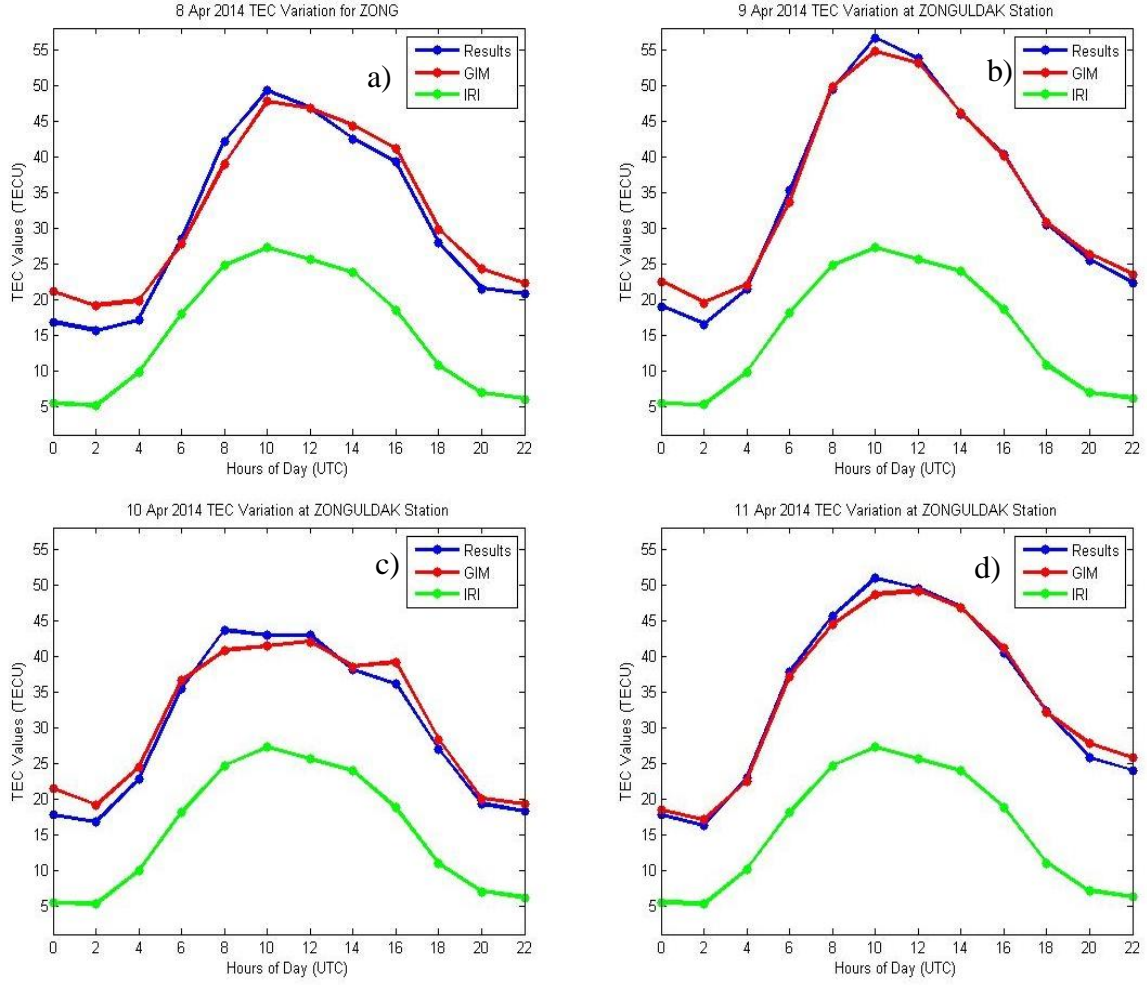
Yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen TEC değerlerine ilişkin Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının 8. gününden 15. gününe kadar yapılan analiz sonucu elde edilen TEC değişiminin, IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırması yapılmış ve sonuçlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5). Sonuçlarda yer alan results lejantı analiz sonucu elde edilen TEC değerlerini ifade etmektedir. Diğer yandan yine Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının bahsedilen günlerde elde edilen TEC değerlerinin ortalama değeri hesaplanmış IRI, GIM ortalama TEC değerleri Şekil 3.6'da karşılaştırılmıştır.



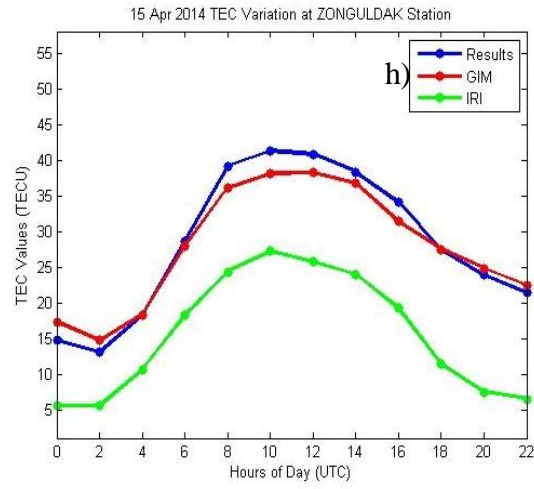
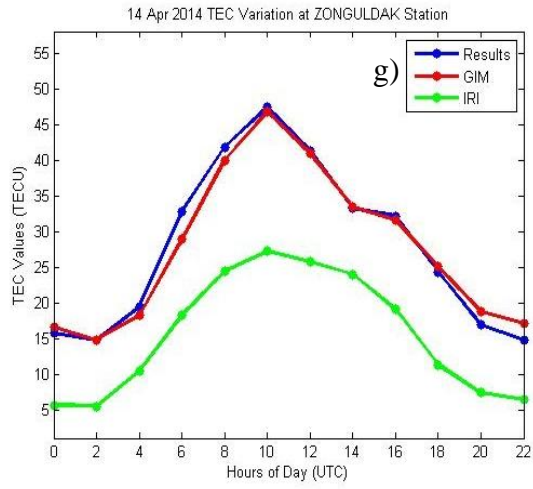
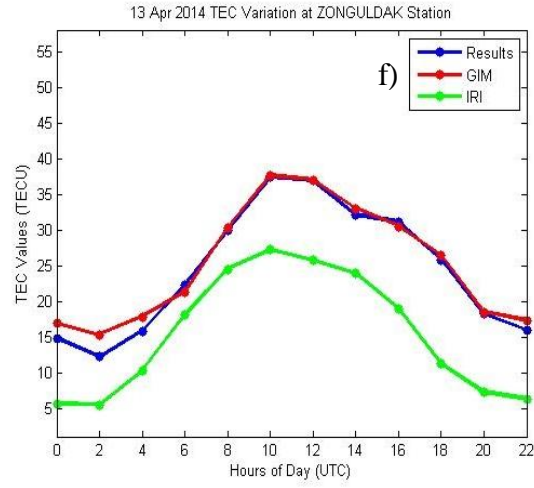
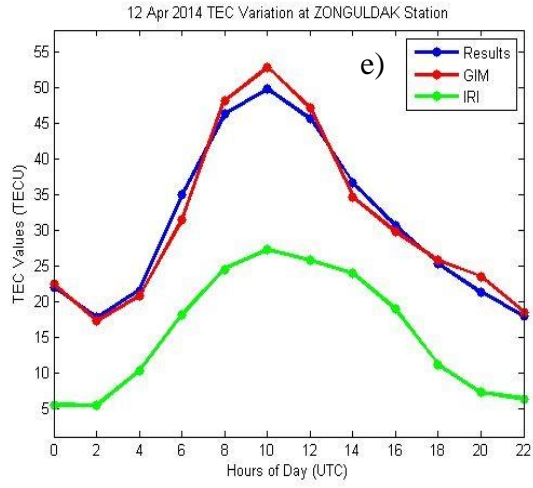
Şekil 3.2 Ocak Ayının ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması, a) sekizinci gün TEC değişimi, b) dokuzuncu gün TEC değişimi, c) onuncu gün TEC değişimi, d) on birinci gün TEC değişimi e) on ikinci gün TEC değişimi f) on üçüncü gün TEC değişimi g) on dördüncü gün TEC değişimi h) on beşinci gün TEC değişimi.



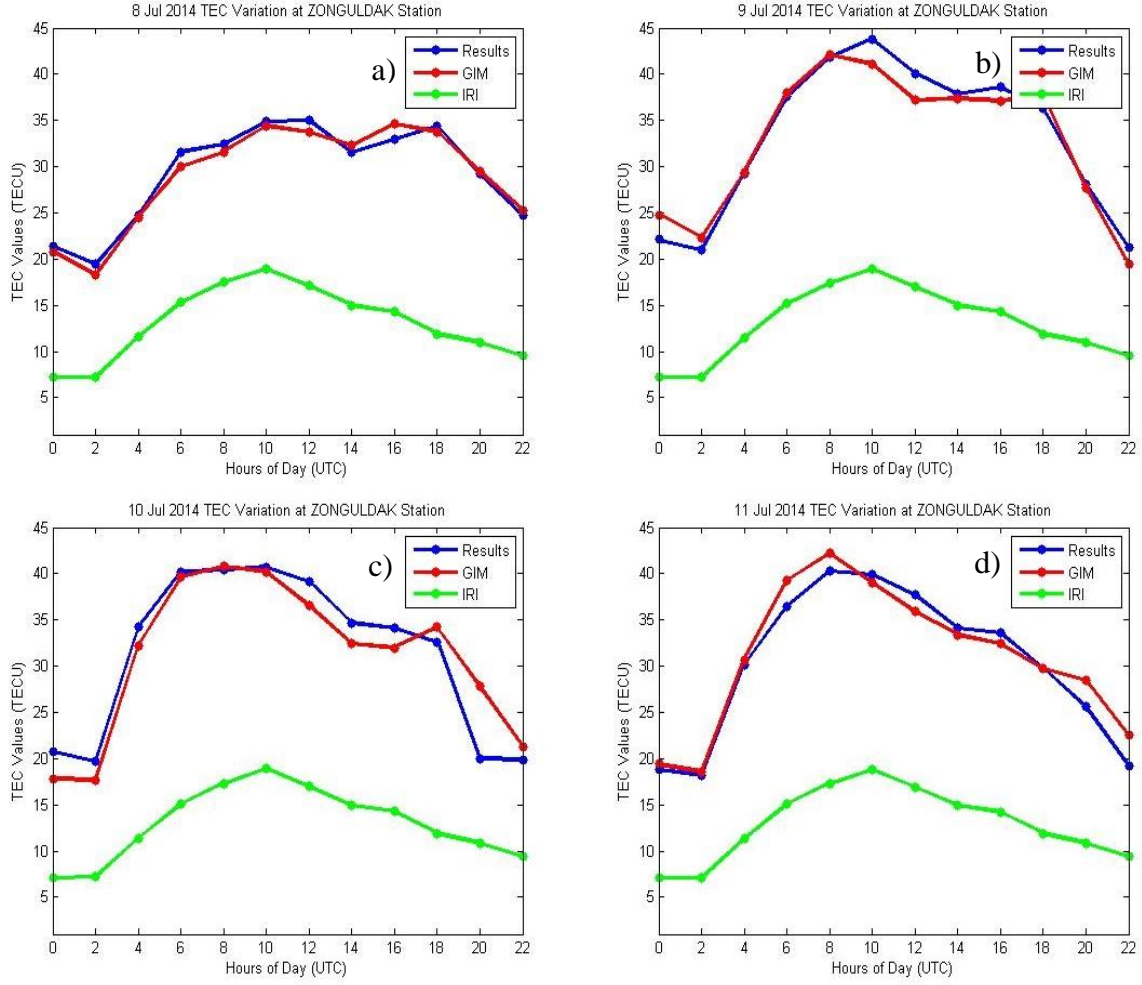
Şekil 3.2 (devam ediyor)



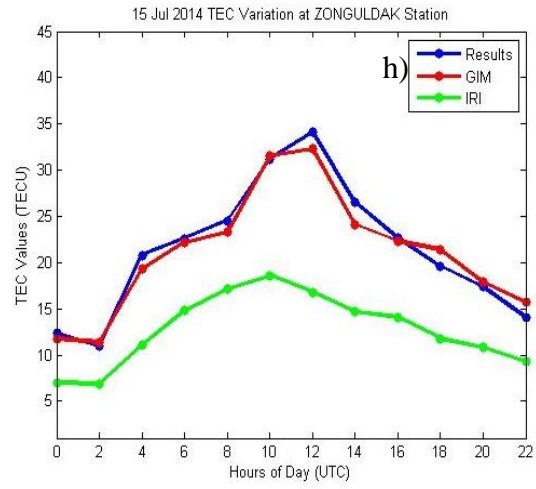
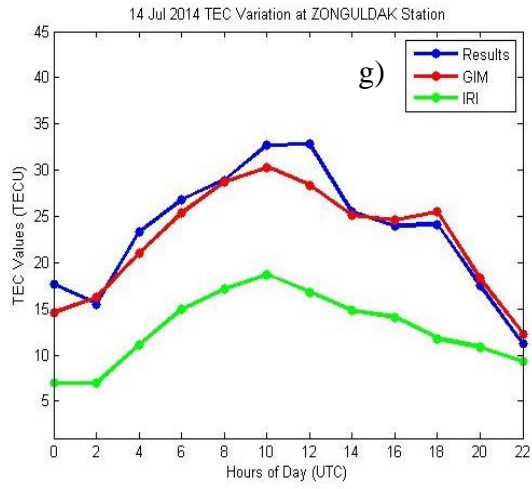
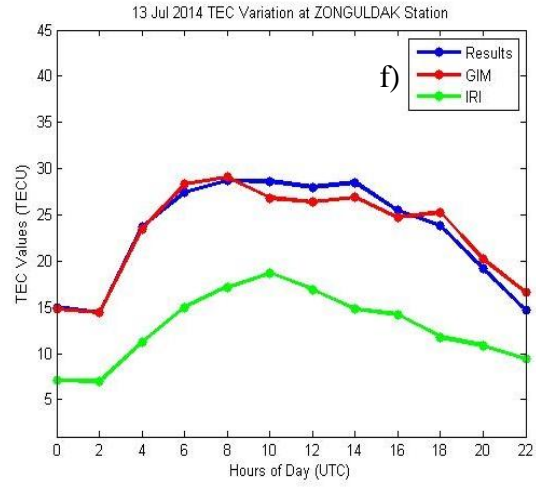
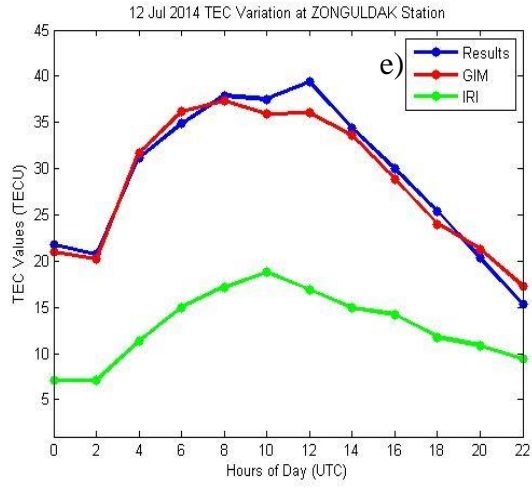
Şekil 3.3 Nisan ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması, a) sekizinci gün TEC değişimi, b) dokuzuncu gün TEC değişimi, c) onuncu gün TEC değişimi, d) on birinci gün TEC değişimi e) on ikinci gün TEC değişimi f) on üçüncü gün TEC değişimi g) on dördüncü gün TEC değişimi h) on beşinci gün TEC değişimi.



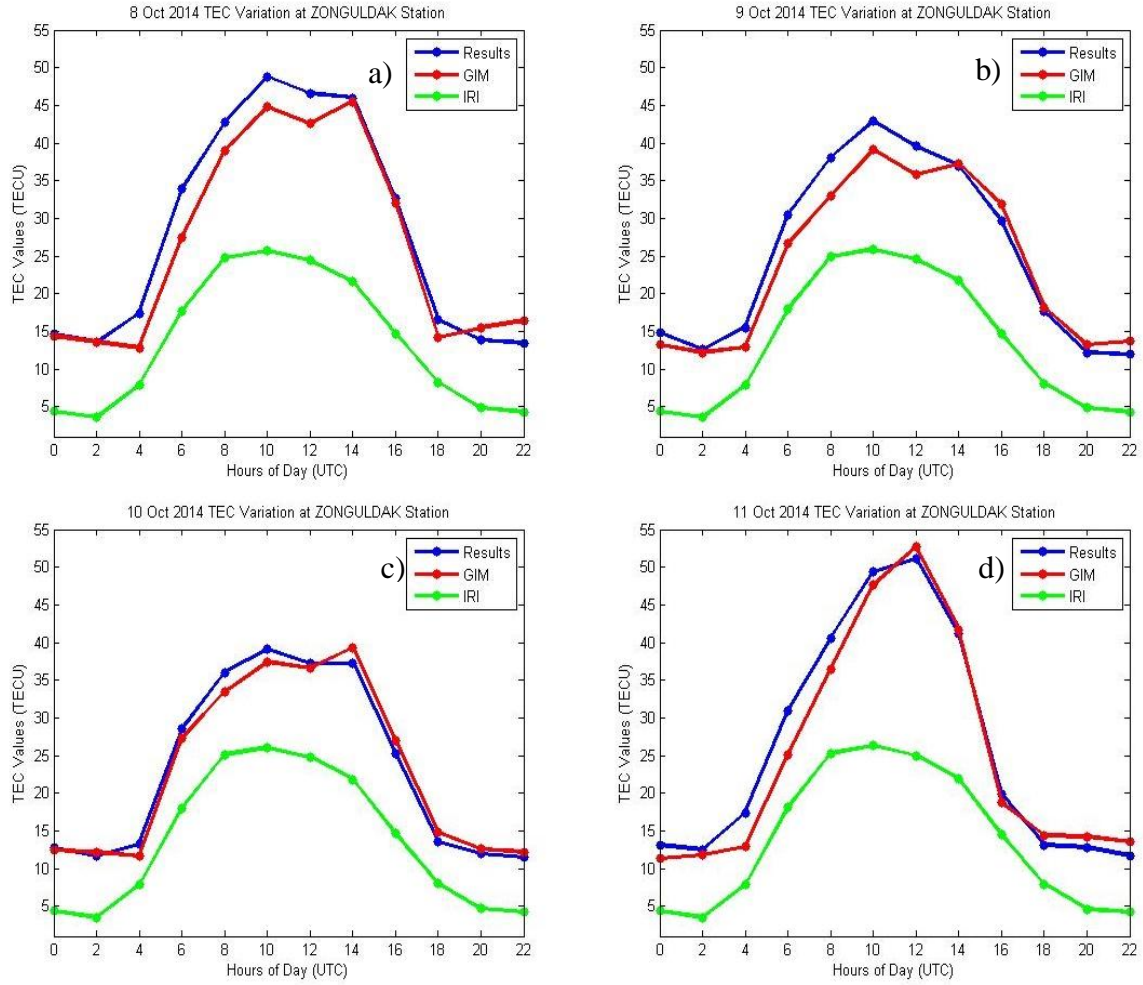
Şekil 3.3 (devam ediyor)



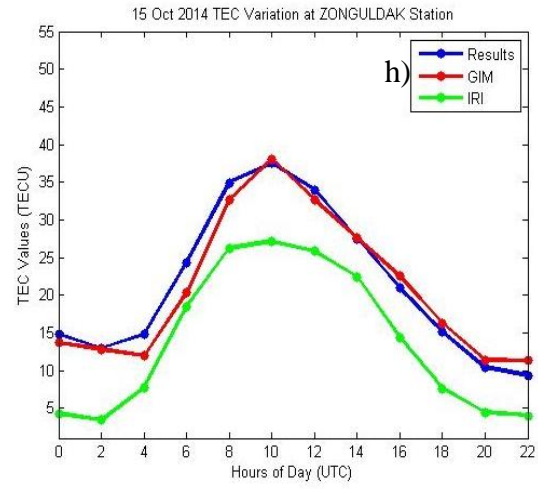
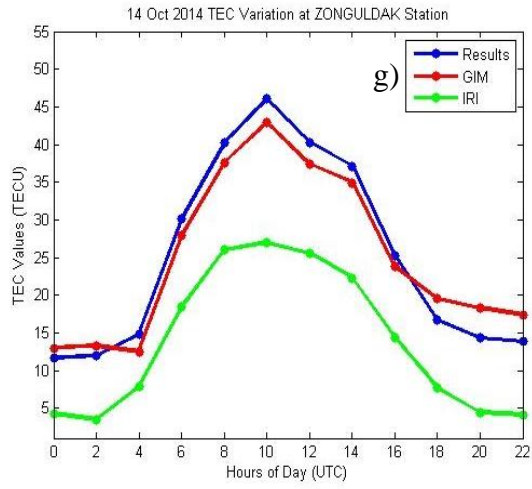
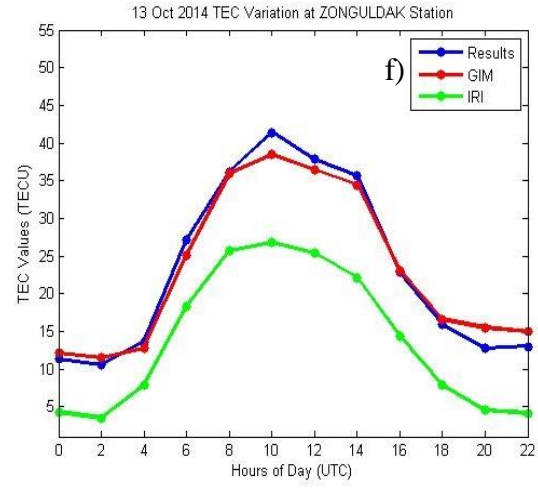
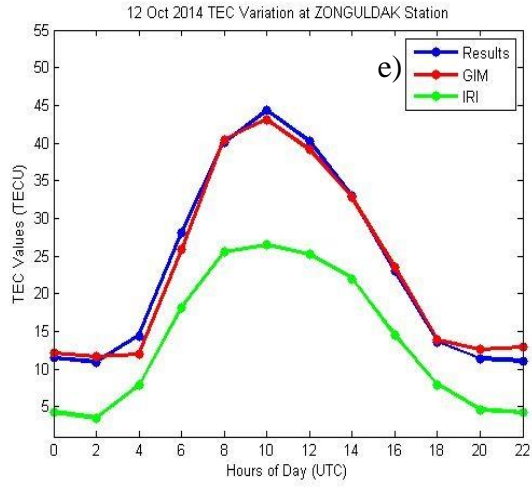
Şekil 3.4 Temmuz ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması a) sekizinci gün TEC değişimi, b) dokuzuncu gün TEC değişimi, c) onuncu gün TEC değişimi, d) on birinci gün TEC değişimi e) on ikinci gün TEC değişimi f) on üçüncü gün TEC değişimi g) on dördüncü gün TEC değişimi h) on beşinci gün TEC değişimi.



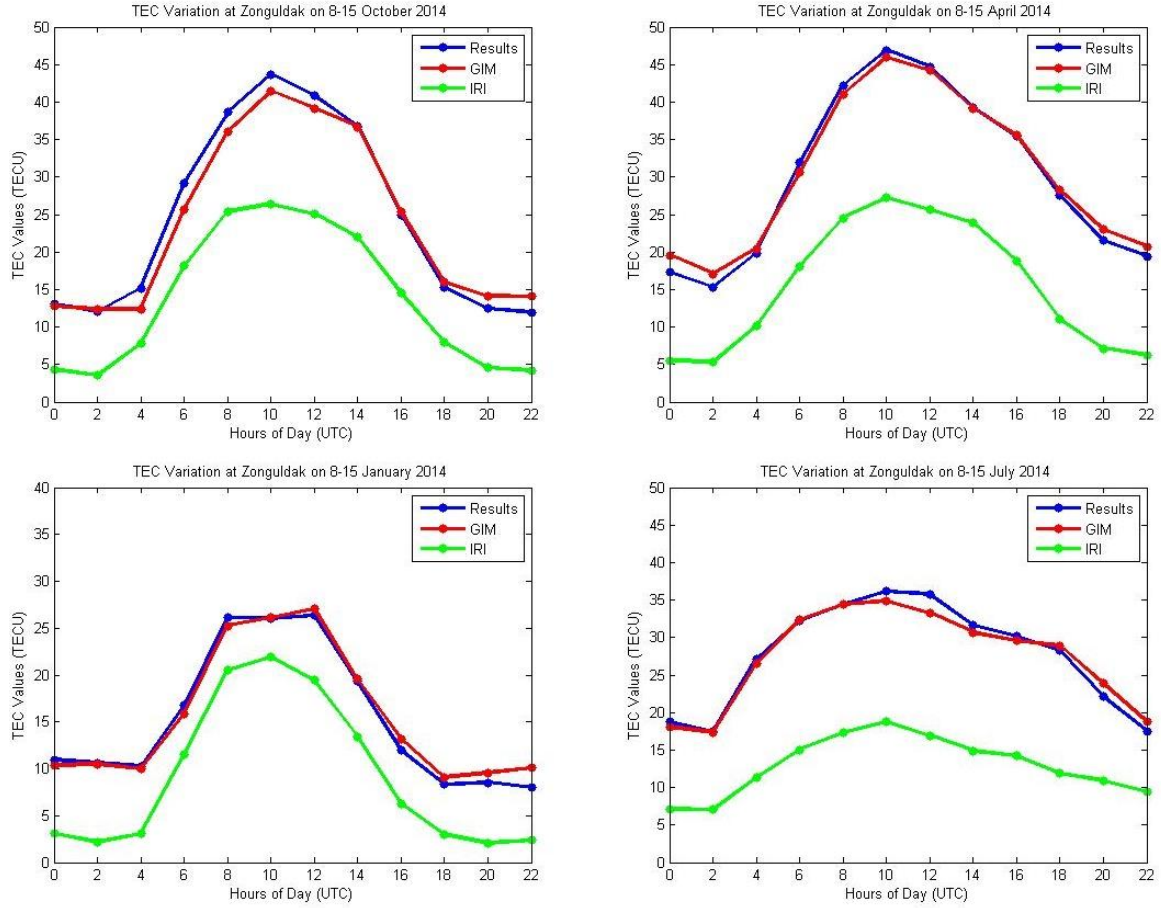
Şekil 3.4 (devam ediyor)



Şekil 3.5 Ekim ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI ve GIM değerleri ile karşılaştırılması a) sekizinci gün TEC değişimi, b) dokuzuncu gün TEC değişimi, c) onuncu gün TEC değişimi, d) on birinci gün TEC değişimi e) on ikinci gün TEC değişimi f) on üçüncü gün TEC değişimi g) on dördüncü gün TEC değişimi h) on beşinci gün TEC değişimi.



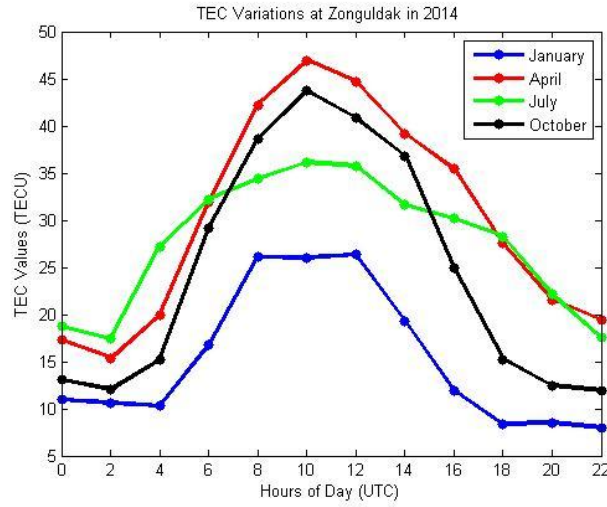
Şekil 3.5 (devam ediyor)



Şekil 3.6 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının sekizinci günden on beşinci güne kadar ortalama TEC değerinin IRI, GIM değerlerinden elde edilen TEC ortalama değerleri ile karşılaştırılması.

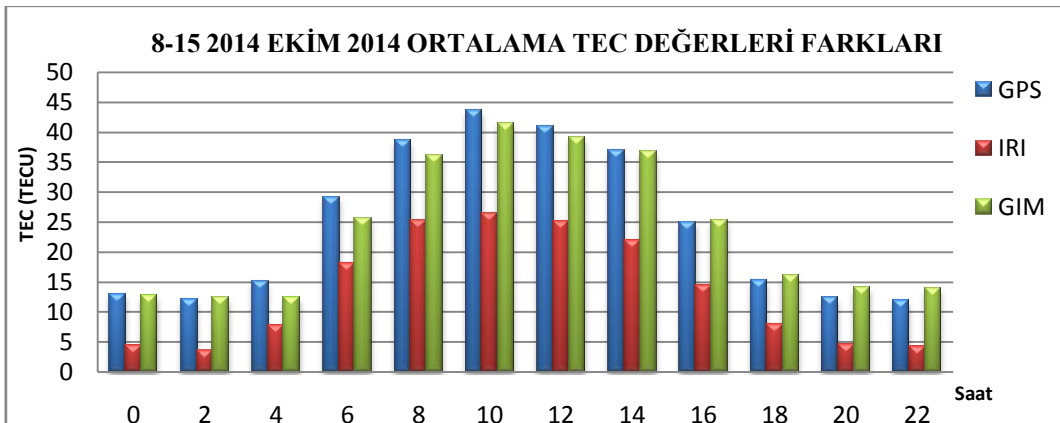
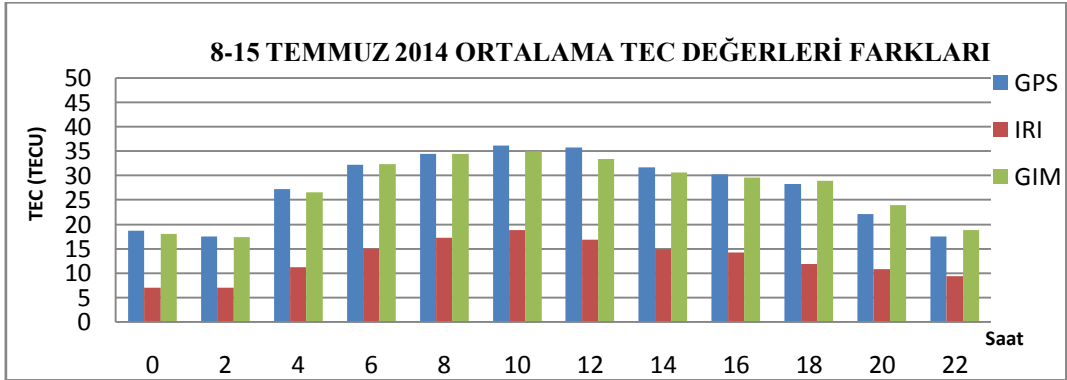
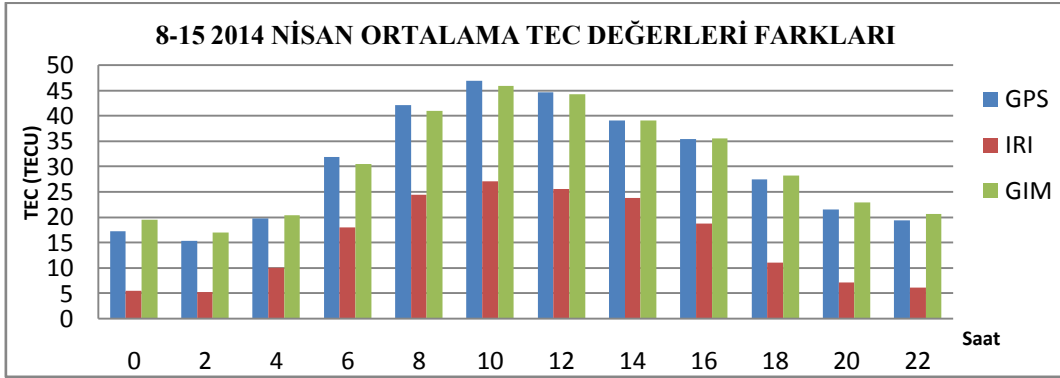
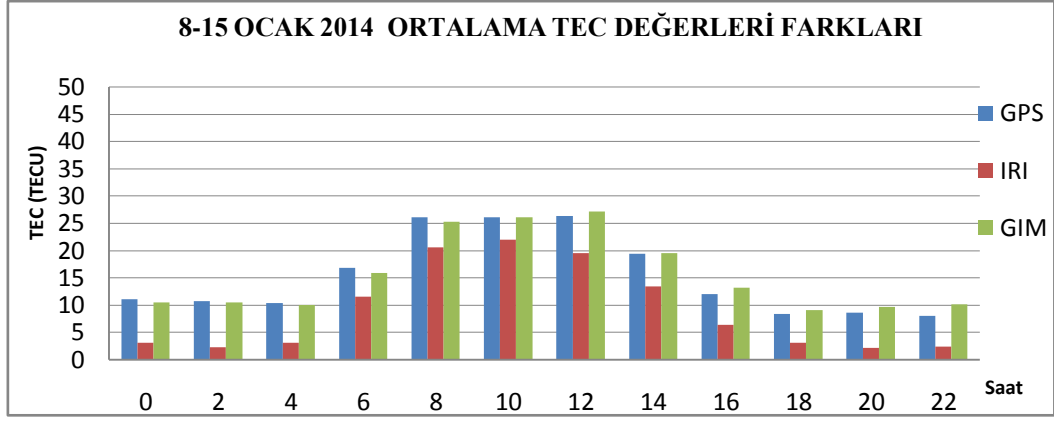
Şekil 3.6' da Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının 8. ile 15. günleri arasındaki verilerin analizi sonucu elde edilen TEC değerlerinden yararlanarak her ay için ikişer saat aralıklarla üretilen ortalama TEC değerleri, GIM ve IRI ortalama TEC değerleri ile karşılaştırılmıştır. Grafikte x eksenini evrensel zamanı saat biriminde gösterirken, y eksenini TEC değerlerini TECU biriminde göstermektedir. Zaman eksenini Türkiye için düşünüldüğünde, 8-15 Ocak 2014 tarihinde kış saati uygulaması olduğu için UTC+2, 8-15 Nisan 2014, 8-15 Temmuz 2014, 8-15 Ekim 2014 tarihlerinde ise yaz uygulaması sebebiyle UTC+3 dikkate alınmalıdır. Lejantta mavi renkte yazılan Results analiz sonucu elde edilen TEC değerlerini gösterirken, kırmızı renkte yazılan GIM ve yeşil renkte yazılan IRI sırasıyla, GIM haritasından elde edilen TEC değerlerini ve IRI modelinden elde edilen TEC değerlerini ifade etmektedir. Sonuçlara bakıldığında üretilen TEC değerleri ile GIM ortalama TEC değerleri arasında büyük oranda benzerlik olduğu, IRI ortalama TEC değerlerinin ise analiz sonucu elde edilen ortalama TEC değerinden düşük kalmıştır. Genel anlamda elde edilen üç TEC değerinin de öğle saatine

kadar arttığı, daha sonra serbest halde bulunan iyonların tekrar birleşmesinden dolayı TEC değerlerinin azaldığı görülmektedir.



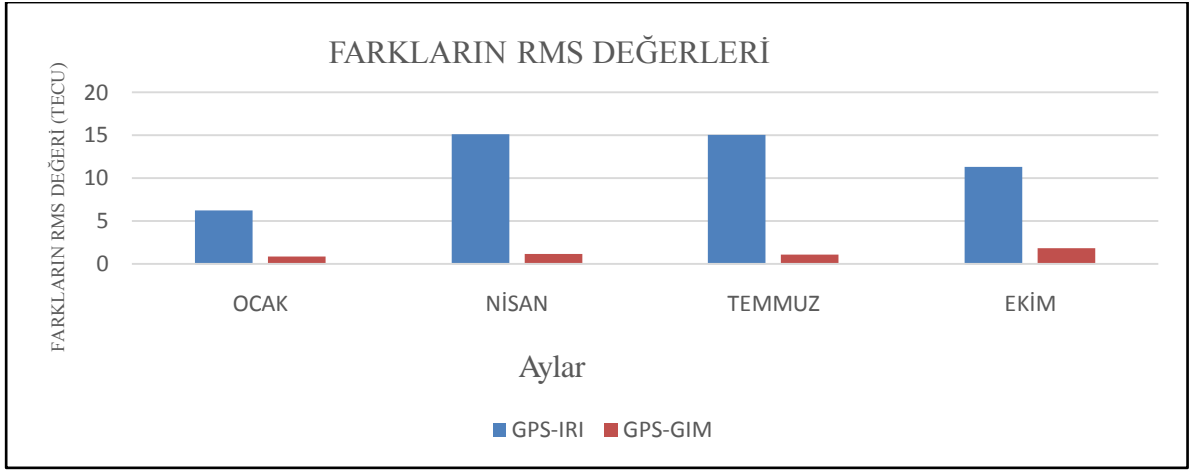
Şekil 3.7 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ortalama TEC değerleri üzerinden karşılaştırılması.

Şekil 3.7’de kestirimi yapılan TEC değerlerinden faydalanarak ortalama TEC üretilmiş, bahsedilen günlerin ait oldukları aya göre üretilen ortalama değerler karşılaştırılmıştır. Grafikte x eksenini evrensel zamanı saat biriminde gösterirken, y eksenini TEC değerlerini TECU biriminde göstermektedir. Sonuçlara bakıldığında Ocak ayı ortalama TEC değerinin diğer aylara göre düşük olduğu, Nisan ayı ortalama TEC değerlerinin ise Temmuz ayı ortalama TEC değerlerinin büyük bir bölümünden yüksek olduğu görülmüştür. Diğer yandan Ekim ayı TEC değerlerinin Temmuz ayı TEC değerlerinden genel anlamda daha düşük, Nisan ayı TEC değerlerinin ise Ekim ayı TEC değerlerinin tamamından daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.8 Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ikişer saatlik ortalama TEC değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 3.8 de Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının analiz edilen günlerinden ikişer saat aralıklarla ortalama TEC değerleri bulunmuş ve karşılaştırması yapılmıştır. Lejantta yer alan GPS analiz sonucu elde edilen değerlerini, IRI ve GIM ise IRI ve GIM metotları kullanılarak ikişer saatlik aralıklarla üretilen ortalama TEC değerlerini göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde GPS ve GIM TEC değerleri sonuçlarının birbirine yakın olduğu, IRI-modelinden elde edilen TEC kestiriminin ise düşük kaldığı gözlemlenmiştir. IRI modelinden elde edilen TEC kestiriminin düşük olmasının en önemli sebebi Türkiye’de ionosonda istasyonunun var olmaması olduğu düşünülmektedir.



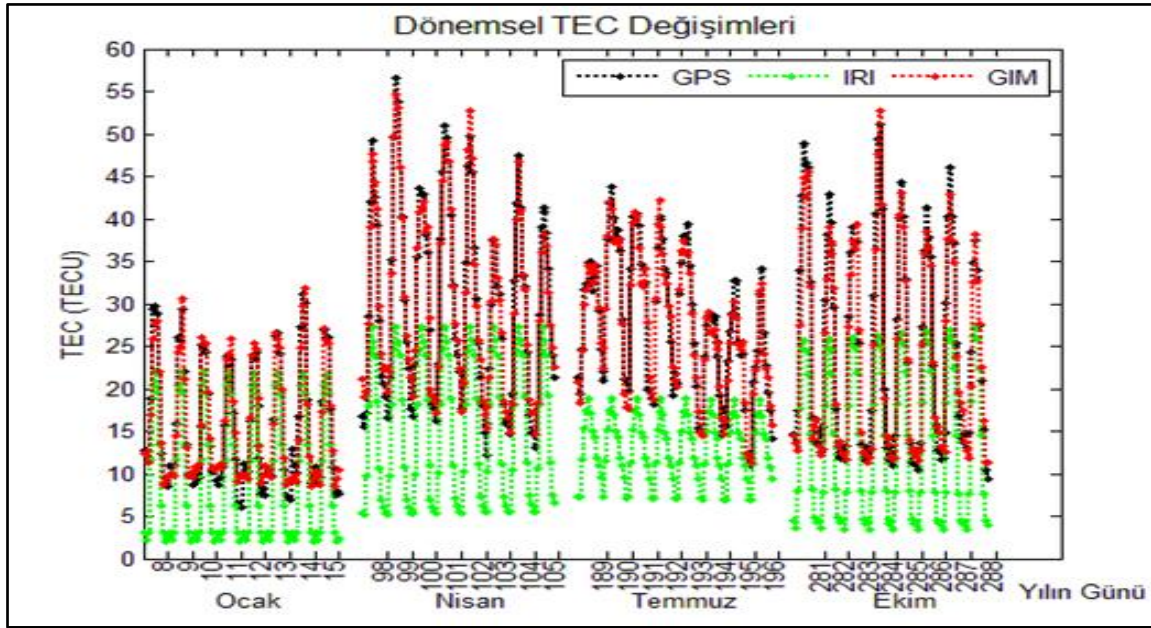
Şekil 3.9 Farkların RMS değerleri gösterimi.

Çizelge 3.1 Farkların RMS değerleri.

AYLAR	GPS-IRI (TECU)	GPS-GIM (TECU)
Ocak	6,30	0,91
Nisan	15,15	1,20
Temmuz	15,10	1,12
Ekim	11,37	1,88

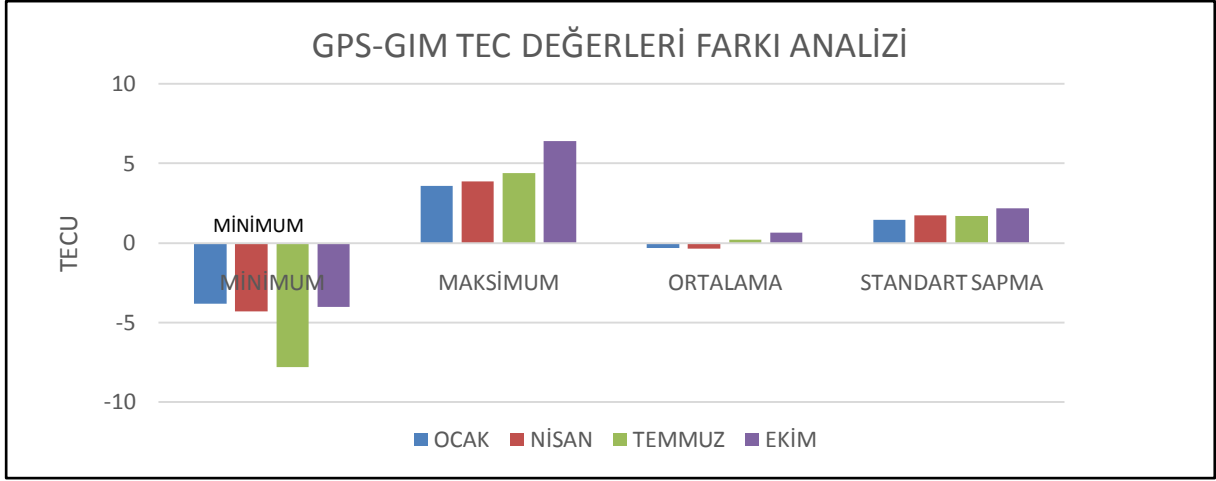
Çizelge 3.1’de analiz sonucu elde edilen TEC değerlerin IRI ve GIM modellerinden elde edilen TEC değerleriyle olan farkı bulunmuş ve buna ilişkin RMS değerleri üretilmiştir. Şekilde 3.9’ da Çizelge 3.1’e ait veriler gösterilmiştir. Her üç yöntemden ikişer saat aralıklarla elde edilen TEC değerlerinin farkı alınarak yapılan hesaplamada GPS sonuçları GIM ile karşılaştırıldığında, en yüksek RMS değeri 1,88 TECU ile Ekim ayında görülürken, en düşük RMS değeri Ocak ayında 0,91 TECU olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan GPS IRI ile

karşılaştırıldığında en yüksek RMS değeri Nisan ayına (15,15 TECU) ait iken, en düşük RMS değeri Ocak ayına (6,30 TECU) aittir.



Şekil 3.10 Analiz edilen tüm günlerin genel gösterimi.

Şekil 3.10, Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının 8-15 günleri için GPS, IRI ve GIM modellerinden elde edilen TEC değerlerinin gösterimi bulunmaktadır. Lejantta yer alan GPS, analiz sonucu üretilen TEC değerlerini gösterirken, GIM ve IRI ise GIM ve IRI modellerinden elde edilen TEC değerlerini göstermektedir. IRI modelinden yararlanarak üretilen TEC değerinin GIM ve GPS ölçülerinden elde edilen TEC değerlerinin altında kaldığı, GIM ve GPS TEC değerlerinin ise büyük oranda benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Bu benzerliğin en önemli sebebi Türkiye’de bulunan IGS istasyonlarının ZONG istasyonuna yakın olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Diğer yandan IRI-2012 TEC kestiriminin düşük kalmasının en önemli nedeni ise Türkiye’de iyonosonda istasyonunun olmamasından dolayı elde edilen TEC kestiriminin düşük seviyede kaldığı savunulabilir.

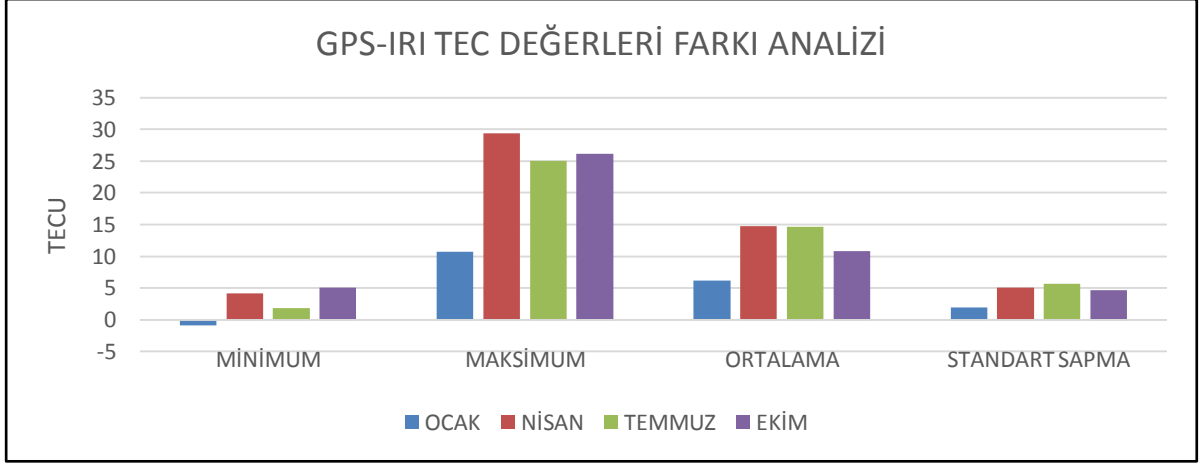


Şekil 3.11 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin GIM değeri ile karşılaştırılması.

Çizelge 3.2 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin GIM değeri ile karşılaştırılması.

GPS-GIM	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STANDART SAPMA
OCAK	-3,80	3,60	-0,28	1,45
NİSAN	-4,30	3,90	-0,35	1,75
TEMMUZ	-7,80	4,40	0,23	1,73
EKİM	-4,00	6,40	0,66	2,21

Şekil 3.11’de Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının 8-15 günleri için ikişer saat aralıklarla üretilen GPS-TEC değerlerinin, GIM haritasından elde edilen TEC değerleri ile karşılaştırması yapılmış, sayısal değerler Çizelge 3.2’de verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında minimum farkın -7,8 TECU ile Temmuz ayında, maksimum farkın ise 6,4 TECU ile Ekim ayında gerçekleştiği görülmüştür. GIM modeli esas alınarak yapılan çalışmada her iki modelden üretilen TEC değerleri farkının ortalaması alındığında, ortalama değerin en yüksek Ekim (0,66 TECU), en düşük ise Temmuz (0,23 TECU) ayında olduğu görülmüştür. Farkın standart sapma değerinin ise en fazla Ekim ayında (2,21 TECU), en az ise Ocak (1,45 TECU) ayında olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.12 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin IRI modeli ile karşılaştırılması.

Çizelge 3.3 Analiz sonucu üretilen TEC değerlerinin IRI değeri ile karşılaştırılması.

GPS-IRI	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STANDART SAPMA
OCAK	-0,90	10,80	6,20	2,01
NİSAN	4,20	29,40	14,82	5,14
TEMMUZ	1,90	25,10	14,74	5,69
EKİM	5,10	26,20	10,84	4,65

Şekil 3.13’de analiz sonucu elde edilen TEC değerlerinin IRI modelinden elde edilen değerleri ile karşılaştırması yapılmış, Çizelge 3.3’de sayısal değerler verilmiştir. Burada GPS analiz sonucu elde edilen TEC değerlerini gösterirken, IRI ise IRI modelinden elde edilen TEC değerlerini ifade etmektedir. IRI modeli esas alınarak yapılan çalışmada GPS ölçülerinden elde edilen TEC değerlerinin IRI modelinden elde edilen TEC değerlerinden farkı alınmış, farkın minimum değeri -0,90 TECU ile Ocak ayında görülmüştür. Farkın maksimum ve ortalama değeri 29,40 TECU ve 14,82 TECU ile Nisan ayında, farkın en yüksek standart sapma değeri 5,69 TECU ile Temmuz ayında görülmüştür.

BÖLÜM 4

DCB SONUÇLARI

İyonosfer tabakasının saçıcı özelliğe sahip olması GPS sinyallerini etkilemekte, konumsal doğruluğun iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda en önemli engel olarak karşımıza çıkmaktadır. İyonosfer kaynaklı bu hatanın modellenmesi veya ortadan kaldırılması için söz konusu etkiye sebep olan TEC ve ona bağlı olarak DCB değeri doğru şekilde belirlenmelidir. Farklı iki veya daha fazla frekanstan elde edilen gözlemler arasındaki donanım gecikmesi olan DCB'nin belirlenmesi TEC tahmini ve konumlama için oldukça önemlidir. DCB değeri göz önünde bulundurulmadan yapılacak konumlama birkaç metre hataya sebep olurken, TEC değerlerinin negatif çıkmasına sebep olabilir (Sardon et al. 1994). Dünya genelinde yaklaşık 150 istasyona ait DCB değerini düzenli olarak yayınlayan CODE bölgesel anlamda yapılacak çalışmada yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla çalışma yapılmak istenen bölgede bulunan GNSS istasyonlarına ait DCB değerlerinin üretilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu kısmında Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim ayları için her ayın 8. gününden başlayarak 15. gününe kadar (toplam 8 gün) analizde yer alan tüm istasyonlara ait DCB değerleri bulunmuştur. Bu tarih aralığı TUSAGA-Aktif istasyonları verilerinin sağlıklı ve sürekli olması sebebiyle seçilmiştir. Bernese 5.0 yazılımı kullanılarak CODE tarafından aylık olarak yayınlanan bazı istasyonların DCB değerinden faydalanılarak TUSAGA-Aktif ve diğer istasyonlara ait günlük DCB kestirimleri nanosaniye biriminde elde edilmiş, Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 'de gösterilmiştir. Sonuçlara genel anlamda bakıldığında Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının sekizinci gününden on beşinci güne kadar elde edilen DCB değerlerine ait RMS değerlerinin bir nanosaniyenin altında kalması, üretilen DCB değerlerinin güvenilir olduğunu göstermektedir (Choi et al. 2013).

Çizelge 4.1 Ocak ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.

İSTASYON ADI	8. GPS GÜNÜ		9. GPS GÜNÜ		10. GPS GÜNÜ		11. GPS GÜNÜ		12. GPS GÜNÜ		13. GPS GÜNÜ		14. GPS GÜNÜ		15. GPS GÜNÜ	
	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS
AMAS	-7.047	0.611	-6.854	0.645	-7.420	0.562	-7.111	0.534	-7.428	0.661	-7.302	0.601	-6.756	0.569	-7.469	0.549
ANKR	-13.502	0.598	-13.250	0.632	-13.725	0.551	-14.475	0.523	-13.964	0.582	-14.162	0.589	-13.331	0.557	-14.279	0.538
BOLU	-6.594	0.606	-6.435	0.640	-6.909	0.557	-7.570	0.530	-7.068	0.589	-6.997	0.596	-6.376	0.564	-6.937	0.546
BOYT	-9.713	0.607	-9.494	0.641	-10.045	0.559	-10.758	0.531	-10.378	0.856	-10.008	0.598	-9.438	0.566	-10.155	0.546
BUCU	10.611	0.606	10.716	0.640	10.175	0.564	9.451	0.531	9.918	0.588	10.158	0.595	10.662	0.565	10.261	0.544
CANK	-8.349	0.631	-8.208	0.652	-8.740	0.565	-9.434	0.533	-8.997	0.863	-8.710	0.600	-8.045	0.579	-8.725	0.552
CMLD	-7.536	0.606	-7.449	0.640	-7.828	0.557	-8.335	0.531	-8.183	0.589	-8.011	0.596	-7.115	0.564	-7.920	0.547
CORU	-7.505	0.608	-7.354	0.653	-7.909	0.559	-8.645	0.531	-8.282	0.852	-7.945	0.598	-7.330	0.566	-8.019	0.546
DUB2	18.345	0.601	18.439	0.635	17.997	0.553	17.475	0.526	17.892	0.585	17.922	0.592	18.441	0.560	18.118	0.541
DUTH	9.983	0.602	10.065	0.637	9.539	0.582	8.980	0.527	9.428	0.587	9.505	0.593	10.142	0.561	9.826	0.541
GLSV	9.369	0.611	9.721	0.645	8.882	0.566	8.420	0.535	8.952	0.595	9.380	0.602	9.748	0.569	9.224	0.549
GRAS	-17.435	0.598	-17.499	0.631	-17.997	0.550	-18.365	0.523	-18.162	0.582	-17.942	0.589	-17.909	0.557	-18.028	0.537
GRAZ	17.973	0.603	18.120	0.636	17.520	0.579	17.027	0.531	17.385	0.586	17.515	0.593	17.914	0.589	17.471	0.578
HEND	-6.900	0.608	-6.763	0.644	-7.316	0.560	-8.012	0.532	-7.502	0.592	-7.445	0.599	-6.793	0.566	-7.369	0.548
INE1	-6.720	0.609	-6.543	0.643	-7.062	0.560	-7.747	0.532	-7.410	0.861	-7.037	0.599	-6.475	0.567	-7.101	0.547
ISTA	-8.962	0.845	-8.854	0.946	-9.318	0.792	-10.017	0.765	-9.487	0.844	-9.443	0.832	-8.716	0.840	-9.340	0.776
JOZE	-10.740	0.617	-10.437	0.653	-11.055	0.572	-11.784	0.539	-11.525	0.600	-11.526	0.615	-11.199	0.574	-11.210	0.556
KHAR	9.607	0.614	9.724	0.649	8.986	0.569	8.507	0.537	9.231	0.598	9.489	0.604	10.020	0.572	9.875	0.553
KRBK	-9.473	0.606	-9.338	0.640	-9.889	0.557	-10.607	0.530	-10.060	0.590	-9.898	0.598	-9.296	0.564	-9.942	0.546
KSTM	-10.258	0.607	-10.086	0.641	-10.647	0.558	-11.367	0.531	-10.976	0.855	-10.623	0.598	-10.013	0.565	-10.681	0.546
KTVL	7.913	0.609	8.170	0.642	7.564	0.560	6.850	0.532	7.353	0.592	7.801	0.599	8.236	0.566	7.702	0.547
KURU	-9.083	0.607	-8.873	0.640	-9.500	0.557	-10.210	0.530	-9.697	0.590	-9.428	0.597	-8.889	0.565	-9.516	0.545
MATE	7.383	0.600	7.394	0.633	6.897	0.552	6.458	0.526	6.762	0.583	7.029	0.590	7.306	0.573	7.012	0.609
MIKL	16.857	0.610	17.107	0.644	16.400	0.568	15.848	0.533	16.359	0.593	16.762	0.600	17.040	0.568	16.607	0.548
NAHA	-6.234	0.605	-6.086	0.639	-6.595	0.556	-7.289	0.529	-6.768	0.589	-6.720	0.596	-6.089	0.564	-6.695	0.544
NICO	28.678	0.609	28.853	0.641	28.229	0.566	27.672	0.532	28.297	0.591	28.262	0.598	28.850	0.567	28.258	0.546
NOA1	11.098	0.603	11.265	0.636	10.729	0.562	10.186	0.528	10.504	0.586	10.736	0.605	11.221	0.561	10.889	0.541
ORID	14.328	0.600	14.408	0.634	13.891	0.553	13.363	0.525	13.783	0.584	13.924	0.592	14.346	0.559	14.025	0.539
PAT0	16.906	0.592	17.041	0.625	16.495	0.546	16.040	0.517	16.362	0.584	16.676	0.591	17.047	0.557	16.743	0.532
PENC	10.738	0.605	10.937	0.639	10.306	0.565	9.792	0.530	10.091	0.589	10.460	0.595	10.754	0.563	10.476	0.543
POLV	27.419	0.612	27.640	0.649	26.851	0.570	26.439	0.535	27.020	0.595	27.345	0.603	27.761	0.570	27.282	0.550
RAMO	2.404	0.616	2.535	0.642	1.848	0.558	1.313	0.533	2.098	0.591	2.024	0.599	2.529	0.566	2.025	0.547
SAM1	-8.499	0.609	-8.364	0.648	-8.877	0.572	-9.493	0.532	-9.206	0.856	-8.808	0.600	-8.177	0.567	-8.920	0.547
SINP	-8.259	0.609	-8.135	0.670	-8.652	0.559	-9.280	0.532	-9.071	0.852	-8.481	0.599	-7.988	0.566	-8.651	0.546
SRJV	-9.386	0.638	-9.363	0.634	-10.259	0.562	-10.338	0.525	-9.909	0.592	-9.994	0.591	-9.522	0.565	-9.926	0.541
TUC2	19.647	0.747	19.850	0.791	19.287	0.687	18.834	0.655	18.906	0.727	19.373	0.737	19.768	0.696	19.533	0.672
VEZI	-7.837	0.609	-7.634	0.643	-8.202	0.561	-8.908	0.533	-8.529	0.853	-8.131	0.600	-7.555	0.567	-8.278	0.556
VILL	5.768	0.598	5.506	0.632	4.972	0.550	5.685	0.523	5.881	0.582	5.105	0.589	5.014	0.557	4.868	0.537
ZECK	10.868	0.605	10.956	0.639	10.334	0.556	10.892	0.529	10.536	0.588	10.917	0.606	11.173	0.563	10.560	0.543
ZIMM	22.915	0.601	22.989	0.634	22.483	0.552	22.990	0.525	22.304	0.584	22.516	0.591	22.700	0.559	22.564	0.540
ZONG	-7.829	0.607	-7.690	0.641	-8.260	0.558	-7.962	0.531	-8.401	0.591	-8.251	0.598	-7.650	0.565	-8.262	0.546

Çizelge 4.2 Nisan ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.

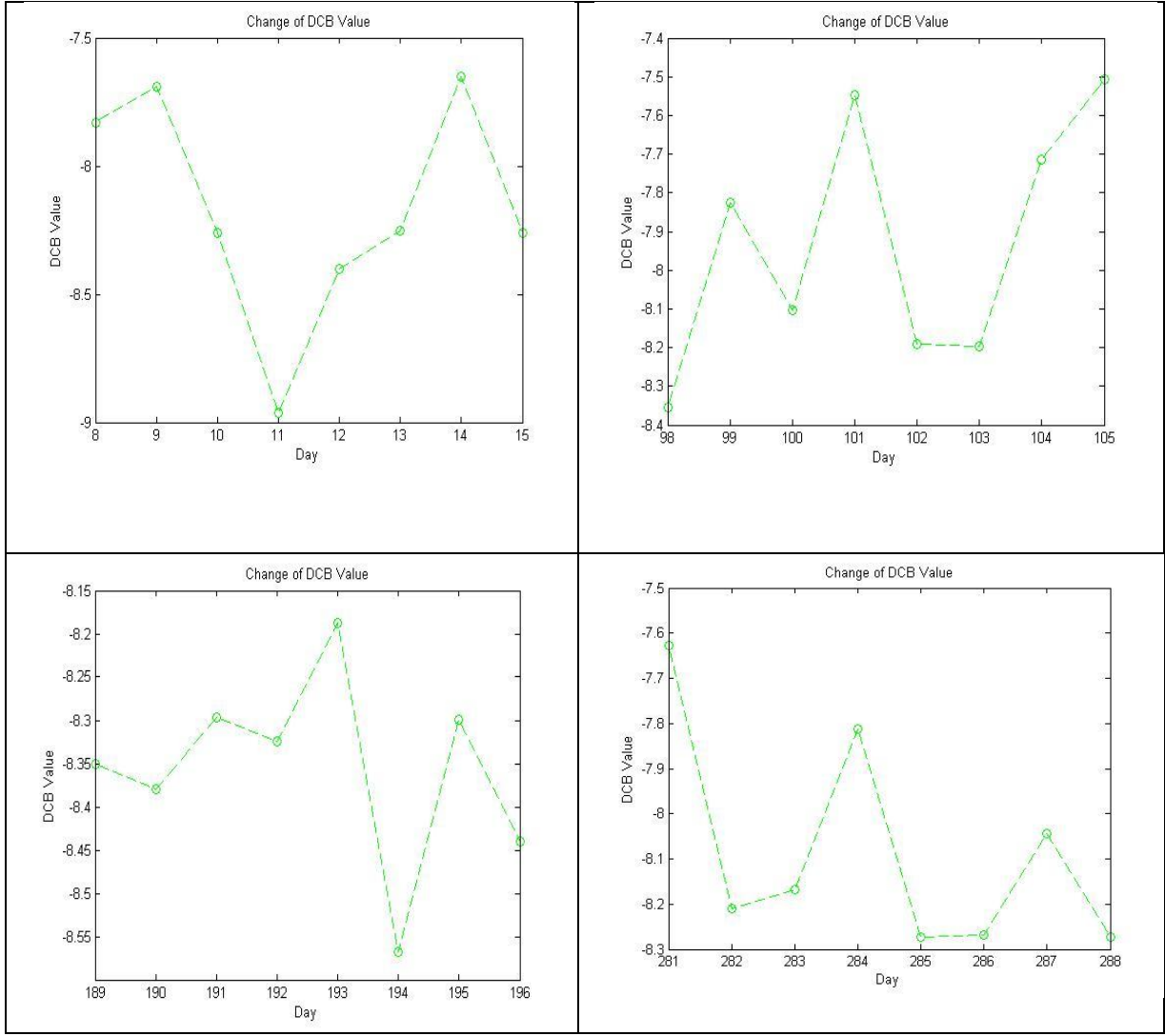
İSTASYON	98. GPS GÜNÜ		99. GPS GÜNÜ		100. GPS GÜNÜ		101. GPS GÜNÜ		102. GPS GÜNÜ		103. GPS GÜNÜ		104. GPS GÜNÜ		105. GPS GÜNÜ	
	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS
AMAS	-7.461	0.726	-6.865	0.755	-7.340	0.745	-6.451	0.805	-7.106	0.900	-7.311	0.653	-6.758	0.708	-6.798	0.643
ANKR	-14.506	0.703	-14.127	0.734	-14.544	0.725	-13.857	0.779	-14.408	0.875	-14.366	0.633	-13.973	0.688	-13.857	0.600
BOLU	-6.851	0.719	-6.383	0.749	-6.669	0.739	-6.160	0.798	-6.906	0.892	-6.787	0.646	-6.350	0.702	-6.105	0.638
BOYT	-10.422	0.743	-9.821	0.762	-10.272	0.751	-9.422	0.800	-10.063	0.895	-10.206	0.650	-9.715	0.704	-9.714	0.641
BUCU	10.152	0.715	10.520	0.748	10.422	0.738	10.686	0.810	10.228	0.891	10.250	0.645	10.701	0.700	10.981	0.613
CANK	-8.826	0.727	-8.255	0.752	-8.629	0.750	-7.927	0.797	-8.627	0.896	-8.629	0.651	-8.257	0.705	-8.080	0.641
CMLD	-7.685	0.719	-7.179	0.844	-7.569	0.739	-6.965	0.795	-8.062	0.894	-7.677	0.646	-7.284	0.702	-7.078	0.638
CORU	-8.061	0.722	-7.461	0.751	-7.920	0.741	-7.140	0.800	-7.820	0.895	-7.988	0.650	-7.441	0.704	-7.387	0.641
DUB2	18.397	0.713	18.845	0.744	18.612	0.733	18.350	0.789	18.300	0.886	18.639	0.641	18.608	0.697	18.957	0.612
DUTH	9.506	0.713	9.982	0.747	9.803	0.736	9.974	0.790	9.498	0.888	9.694	0.643	9.872	0.698	10.437	0.611
GLSV	8.380	0.796	8.966	0.756	9.253	0.746	9.747	0.803	9.561	0.901	8.620	0.652	10.028	0.709	9.426	0.620
GRAS	-16.973	0.696	-16.634	0.727	-17.309	0.717	-18.142	0.771	-17.417	0.866	-17.098	0.627	-17.311	0.682	-17.644	0.594
GRAZ	17.638	0.714	17.914	0.748	17.774	0.737	17.318	0.809	17.470	0.894	17.743	0.644	17.842	0.700	18.243	0.613
HEND	-7.443	0.727	-6.990	0.753	-7.271	0.743	-6.779	0.815	-7.356	0.897	-7.290	0.649	-6.936	0.705	-6.605	0.642
INE1	-7.152	0.724	-6.592	0.753	-6.862	0.743	-6.210	0.803	-6.848	0.897	-6.943	0.653	-6.412	0.706	-6.275	0.642
ISTA	-9.681	0.946	-9.163	0.970	-9.416	0.956	-8.974	0.920	-9.634	0.927	-9.370	0.885	-9.293	0.926	-8.748	0.916
JOZE	-10.321	0.733	-10.443	0.764	-10.120	0.752	-10.290	0.809	-10.480	0.917	-10.803	0.660	-9.766	0.715	-9.864	0.627
KHAR	9.108	0.732	10.022	0.765	9.578	0.751	10.830	0.809	10.559	0.914	9.384	0.657	11.102	0.719	10.398	0.629
KRBK	-9.922	0.719	-9.426	0.749	-9.739	0.743	-9.156	0.823	-9.768	0.893	-9.757	0.646	-9.338	0.703	-9.161	0.638
KSTM	-10.890	0.723	-10.333	0.751	-10.692	0.741	-9.991	0.800	-10.607	0.895	-10.681	0.650	-10.251	0.704	-10.138	0.640
KTVL	7.331	0.720	8.018	0.752	7.621	0.742	8.412	0.805	7.984	0.896	7.531	0.649	8.330	0.705	8.184	0.617
KURU	-9.798	0.719	-9.302	0.751	-9.554	0.740	-8.953	0.800	-9.572	0.893	-9.647	0.646	-9.125	0.704	-8.975	0.642
MATE	7.522	0.696	7.894	0.728	7.460	0.718	7.032	0.772	7.173	0.881	7.390	0.640	7.465	0.682	7.501	0.599
MIKL	15.021	0.722	15.628	0.754	15.551	0.744	16.141	0.818	15.996	0.898	15.359	0.651	16.441	0.707	16.096	0.618
NAHA	-6.630	0.717	-6.235	0.748	-6.456	0.738	-5.931	0.797	-6.604	0.891	-6.606	0.645	-6.216	0.702	-5.892	0.636
NICO	28.134	0.720	28.601	0.752	28.287	0.742	28.683	0.815	28.108	0.895	27.970	0.648	28.402	0.705	28.644	0.615
NOA1	10.673	0.712	11.295	0.746	11.061	0.734	10.966	0.798	10.757	0.887	10.861	0.643	10.957	0.698	11.304	0.610
ORID	13.874	0.711	14.385	0.742	14.123	0.733	13.955	0.799	13.733	0.885	14.060	0.642	14.070	0.697	14.556	0.611
PAT0	16.602	0.711	17.156	0.720	16.920	0.716	16.802	0.776	16.770	0.858	16.986	0.621	16.889	0.675	17.100	0.588
PENC	10.263	0.716	10.562	0.748	10.599	0.739	10.396	0.811	10.380	0.891	10.385	0.645	10.753	0.701	11.091	0.615
POLV	26.338	0.724	27.127	0.758	27.055	0.747	27.722	0.820	27.516	0.901	26.642	0.653	28.177	0.710	27.467	0.620
RAMO	2.376	0.705	2.918	0.739	2.368	0.729	2.753	0.783	2.395	0.878	1.699	0.637	2.555	0.691	2.704	0.603
SAM1	-8.499	0.609	-8.393	0.754	-8.927	0.744	-7.852	0.802	-8.547	0.903	-8.771	0.654	-8.041	0.706	-8.196	0.642
SINP	-8.259	0.609	-8.019	0.760	-8.454	0.742	-7.556	0.801	-8.235	0.896	-8.440	0.650	-7.935	0.705	-8.021	0.641
SRJV	-9.386	0.638	-9.404	0.754	-9.688	0.743	-9.941	0.806	-10.132	0.886	-9.726	0.641	-9.778	0.770	-10.013	0.624
TUC2	19.647	0.747	19.879	0.923	19.585	0.912	19.480	0.979	19.527	0.741	19.271	0.810	19.520	0.866	19.477	0.760
VEZ1	-7.837	0.609	-7.840	0.753	-8.280	0.743	-7.431	0.802	-8.086	0.897	-8.258	0.652	-7.696	0.706	-7.749	0.641
VILL	5.768	0.598	6.189	0.741	4.945	0.731	4.331	0.786	5.925	0.883	6.076	0.639	5.074	0.694	4.209	0.611
ZECK	10.868	0.605	11.378	0.859	10.482	0.708	11.648	0.777	10.843	0.529	9.955	0.445	11.192	0.563	10.796	0.598
ZIMM	22.915	0.601	23.036	0.733	22.468	0.721	21.759	0.775	22.210	0.870	22.554	0.630	22.563	0.685	22.618	0.596
ZONG	-7.829	0.607	-7.826	0.751	-8.103	0.742	-7.549	0.800	-8.190	0.894	-8.198	0.648	-7.714	0.704	-7.508	0.641

Çizelge 4.3 Temmuz ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri.

İSTASYON ADI	189. GPS GÜNÜ		190. GPS GÜNÜ		191. GPS GÜNÜ		192. GPS GÜNÜ		193. GPS GÜNÜ		194. GPS GÜNÜ		195. GPS GÜNÜ		196. GPS GÜNÜ	
	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS
AMAS	-7.350	0.684	-7.338	0.926	-7.248	0.628	-7.201	0.597	-6.959	0.690	-7.454	0.540	-7.194	0.576	-7.434	0.519
ANKR	-14.845	0.660	-15.072	0.766	-14.902	0.623	-14.874	0.574	-14.702	0.605	-14.915	0.524	-14.570	0.566	-14.703	0.497
BOLU	-6.706	0.660	-6.776	0.889	-6.632	0.622	-6.592	0.572	-6.467	0.600	-6.843	0.524	-6.617	0.565	-6.715	0.494
BOYT	-10.384	0.663	-10.428	0.896	-10.261	0.624	-10.291	0.575	-10.087	0.602	-10.484	0.528	-10.279	0.568	-10.452	0.495
BUCU	9.892	0.660	10.097	0.765	10.017	0.623	9.822	0.569	10.068	0.599	9.717	0.522	10.048	0.563	9.865	0.493
CANK	-8.663	0.663	-8.784	0.894	-8.614	0.626	-8.581	0.577	-8.394	0.603	-8.811	0.526	-8.605	0.568	-8.737	0.497
CMLD	-7.770	0.660	-7.905	0.898	-7.745	0.622	-7.737	0.572	-7.630	0.605	-8.010	0.530	-7.724	0.570	-7.874	0.500
CORU	-8.052	0.662	-8.169	0.891	-8.003	0.624	-8.040	0.582	-7.825	0.604	-8.346	0.574	-8.102	0.682	-8.308	0.593
DUB2	18.001	0.654	18.001	0.759	17.864	0.617	17.567	0.567	17.739	0.596	17.415	0.519	17.748	0.560	17.605	0.490
DUTH	9.334	0.657	9.478	0.762	9.451	0.619	9.292	0.568	9.377	0.598	9.029	0.520	9.284	0.562	9.244	0.492
GLSV	8.195	0.666	8.816	0.772	8.684	0.628	8.480	0.576	8.754	0.606	8.498	0.528	8.863	0.569	8.430	0.498
GRAS	-17.722	0.651	-17.721	0.771	-18.033	0.613	-18.374	0.562	-18.265	0.591	-18.685	0.515	-18.111	0.556	-18.389	0.486
GRAZ	17.358	0.657	17.424	0.761	17.193	0.618	16.778	0.568	17.128	0.598	16.707	0.521	17.268	0.577	17.059	0.491
HEND	-7.436	0.674	-7.441	0.893	-7.390	0.625	-7.440	0.582	-7.341	0.604	-7.630	0.526	-7.405	0.569	-7.526	0.496
INE1	-6.650	0.798	-6.421	0.660	-6.633	0.684	-6.590	0.661	-6.482	0.624	-6.924	0.547	-6.631	0.601	-6.723	0.584
ISTA	-9.636	0.939	-9.735	0.801	-9.492	0.922	-9.781	0.820	-9.409	0.799	-9.637	0.711	-9.451	0.837	-9.604	0.654
JOZE	-9.711	0.675	-9.527	0.782	-9.952	0.634	-10.192	0.581	-10.039	0.615	-10.369	0.534	-9.763	0.575	-10.192	0.504
KHAR	11.951	0.811	11.935	0.691	11.727	0.524	11.649	5.544	11.628	0.585	11.693	0.535	11.788	0.567	11.976	0.507
KRBK	-9.811	0.664	-9.861	0.892	-9.695	0.626	-9.742	0.578	-9.559	0.601	-9.960	0.524	-9.694	0.575	-9.833	0.494
KSTM	-10.816	0.661	-10.872	0.891	-10.748	0.624	-10.748	0.575	-10.555	0.602	-10.934	0.525	-10.701	0.568	-10.870	0.495
KTVL	7.326	0.664	7.534	0.769	7.726	0.625	7.523	0.573	7.780	0.607	7.419	0.526	7.647	0.567	7.408	0.496
KURU	-9.521	0.685	-9.512	0.998	-9.480	0.659	-9.428	0.598	-9.242	0.648	-9.628	0.564	-9.408	0.619	-9.566	0.516
MATE	7.082	0.690	7.089	0.787	6.885	0.667	6.623	0.597	6.662	0.630	6.287	0.529	6.573	0.585	6.605	0.488
MIKL	13.921	0.664	14.306	0.770	14.316	0.626	14.066	0.574	14.363	0.604	13.994	0.527	14.285	0.568	13.932	0.497
NAHA	-6.651	0.659	-6.783	0.888	-6.683	0.621	-6.645	0.571	-6.568	0.601	-6.945	0.524	-6.645	0.564	-6.761	0.493
NICO	27.510	0.662	27.430	0.769	27.615	0.627	27.689	0.572	27.593	0.603	9.885	0.520	10.153	0.562	27.599	0.495
NOA1	10.259	0.656	10.316	0.762	10.326	0.619	10.240	0.567	10.171	0.598	12.209	0.519	12.553	0.559	10.129	0.491
ORID	12.630	0.654	12.779	0.758	12.640	0.617	12.506	0.566	12.550	0.595	16.236	0.514	16.555	0.558	12.549	0.489
PAT0	16.515	0.644	16.600	0.746	16.573	0.623	16.459	0.557	16.445	0.593	9.825	0.525	10.346	0.564	16.519	0.480
PENC	10.612	0.659	10.225	0.764	10.475	0.621	9.787	0.570	10.262	0.599	26.940	0.529	27.169	0.571	10.260	0.493
POLV	26.391	0.667	27.017	0.773	27.049	0.629	26.921	0.576	27.241	0.606	1.694	0.519	1.933	0.560	26.787	0.499
RAMO	1.797	0.658	2.308	0.760	2.243	0.618	2.129	0.566	2.117	0.595	-8.677	0.528	-8.341	0.569	1.735	0.490
SAM1	-8.640	0.664	-8.608	0.897	-8.438	0.626	-8.469	0.580	-8.218	0.606	-8.286	0.526	-7.993	0.567	-8.584	0.497
SINP	-8.206	0.663	-8.088	0.892	-8.017	0.625	-8.010	0.576	-7.776	0.603	-10.522	0.518	-10.089	0.559	-8.155	0.498
SRJV	-9.914	0.654	-9.850	0.758	-10.068	0.616	-10.373	0.565	-10.160	0.594	17.791	0.650	18.078	0.701	-10.222	0.489
TUC2	17.996	0.820	17.873	0.954	18.114	0.775	18.144	0.710	18.099	0.747	-8.284	0.526	-8.067	0.568	18.012	0.613
VEZI	-8.214	0.663	-8.242	0.893	-8.111	0.626	-8.116	0.576	-7.881	0.604	3.808	0.515	4.447	0.547	-8.272	0.497
VILL	4.800	0.650	5.467	0.741	4.349	0.603	4.178	0.553	4.109	0.586	10.659	0.519	10.723	1.000	3.764	0.478
ZECK	10.343	0.662	10.615	0.759	10.897	0.629	10.736	0.892	11.063	0.595	21.596	0.518	22.225	0.559	10.363	0.489
ZIMM	22.647	0.655	22.675	0.758	22.326	0.616	21.909	0.565	22.110	0.585	-8.568	0.525	-8.299	0.566	21.892	0.489
ZONG	-8.351	0.662	-8.380	0.894	-8.297	0.624	-8.325	0.573	-8.187	0.602	-7.454	0.540	-7.194	0.576	-8.440	0.496

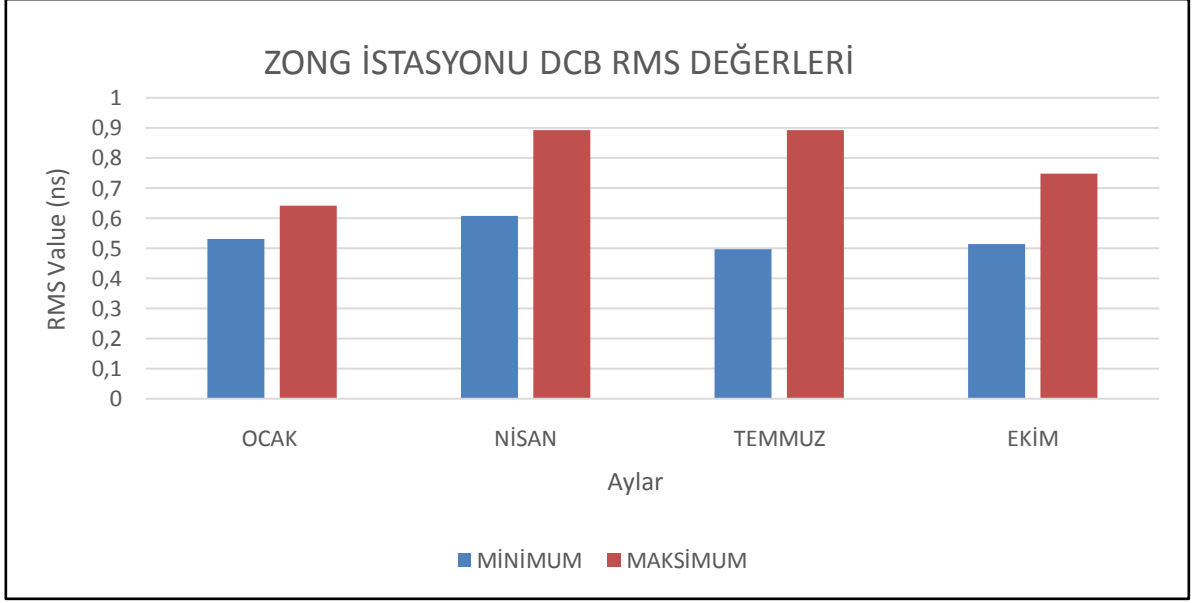
Çizelge 4.4 Ekim ayının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar kırk bir istasyonun DCB ve RMS değerleri

İSTASYON ADI	281. GPS GÜNÜ		282. GPS GÜNÜ		283. GPS GÜNÜ		284. GPS GÜNÜ		285. GPS GÜNÜ		286. GPS GÜNÜ		287. GPS GÜNÜ		288. GPS GÜNÜ	
	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS	DCB	RMS
AMAS	-6.932	0.521	-7.359	0.733	-7.198	0.630	-6.763	0.755	-7.204	0.550	-7.274	0.733	-6.946	0.653	-7.295	0.644
ANKR	-13.819	0.514	-14.435	0.727	-14.324	0.624	-14.042	0.748	-14.267	0.544	-14.283	0.720	-14.075	0.645	-14.249	0.590
BOLU	-6.135	0.512	-6.709	0.727	-6.680	0.628	-6.376	0.747	-6.820	0.544	-6.886	0.723	-6.724	0.647	-6.890	0.630
BOYT	-9.825	0.515	-10.549	0.732	-10.386	0.627	-9.917	0.751	-10.363	0.545	-10.518	0.723	-10.413	0.643	-10.505	0.632
BUCU	10.416	0.512	10.320	0.726	10.180	0.624	10.383	0.747	10.102	0.544	9.977	0.720	10.101	0.645	10.053	0.580
CANK	-8.016	0.517	-8.658	0.730	-8.513	0.631	-8.184	0.750	-8.567	0.546	-8.608	0.724	-8.447	0.665	-8.649	0.633
CMLD	-7.158	0.512	-7.796	0.727	-7.665	0.629	-7.349	0.747	-7.715	0.543	-7.734	0.724	-7.522	0.647	-7.720	0.630
CORU	-7.309	0.515	-8.060	0.730	-7.920	0.627	-7.492	0.749	-7.911	0.547	-7.987	0.723	-7.619	0.551	-7.983	0.632
DUB2	-9.613	0.508	-9.368	0.725	-9.514	0.621	-9.552	0.744	-9.659	0.542	-9.752	0.716	-9.695	0.642	-9.623	0.578
DUTH	9.866	0.507	9.651	0.724	9.587	0.620	9.664	0.744	9.462	0.541	9.499	0.717	9.561	0.642	9.526	0.579
GLSV	9.384	0.523	8.928	0.734	8.926	0.629	9.533	0.755	8.882	0.549	8.439	0.727	9.193	0.651	9.013	0.586
GRAS	-18.108	0.596	-17.438	0.716	-17.675	0.614	-17.643	0.737	-17.886	0.536	-18.120	0.709	-18.170	0.635	-18.247	0.571
GRAZ	17.278	0.514	17.770	0.727	17.865	0.817	16.634	0.796	17.208	0.542	17.061	0.718	16.987	0.643	17.217	0.579
HEND	-6.849	0.518	-7.353	0.730	-7.299	0.633	-7.003	0.751	-7.335	0.546	-7.303	0.728	-7.208	0.650	-7.365	0.637
INE1	-6.140	0.516	-6.777	0.730	-6.645	0.627	-6.232	0.756	-6.674	0.545	-6.798	0.723	-6.426	0.650	-6.770	0.633
ISTA	-8.854	0.565	-9.240	0.938	-9.172	0.892	-9.072	0.724	-9.307	0.725	-9.226	0.980	-9.317	0.898	-9.227	0.856
JOZE	-10.081	0.540	-9.849	0.745	-10.022	0.639	-9.830	0.764	-10.257	0.557	-10.553	0.738	-10.164	0.660	-10.375	0.593
KHAR	8.730	0.527	8.024	0.737	8.298	0.632	9.187	0.757	8.366	0.551	7.957	0.729	8.857	0.551	7.923	0.745
KRBK	-9.151	0.513	-9.777	0.727	-9.700	0.629	-9.346	0.803	-9.785	0.544	-9.791	0.726	-9.574	0.650	-9.819	0.633
KSTM	-10.101	0.515	-10.778	0.729	-10.629	0.627	-10.233	0.749	-10.638	0.545	-10.749	0.725	-10.698	0.654	-10.693	0.632
KTVL	8.210	0.517	7.526	0.730	7.633	0.626	8.137	0.750	7.591	0.546	7.391	0.723	7.945	0.647	7.579	0.582
KURU	-9.262	0.513	-9.858	0.727	-9.818	0.629	-9.343	0.748	-9.750	0.551	-9.845	0.735	-9.559	0.655	-9.907	0.650
MATE	6.985	0.505	7.305	0.727	7.161	0.619	7.222	0.743	7.182	0.540	6.982	0.715	7.023	0.640	6.802	0.576
MIKL	14.023	0.520	13.586	0.732	13.622	0.627	14.128	0.752	13.685	0.547	13.335	0.724	13.902	0.649	13.769	0.584
NAHA	-5.955	0.511	-6.583	0.726	-6.483	0.628	-6.221	0.746	-6.556	0.543	-6.582	0.722	-6.440	0.646	-6.631	0.629
NICO	28.613	0.515	27.804	0.728	10.580	0.621	28.162	0.752	27.972	0.545	28.046	0.722	10.581	0.643	27.910	0.581
NOA1	10.646	0.508	10.532	0.727	12.999	0.619	10.659	0.743	10.532	0.542	10.516	0.718	12.763	0.641	10.425	0.578
ORID	13.016	0.506	13.083	0.722	16.854	0.618	12.996	0.742	12.864	0.540	12.792	0.714	16.651	0.641	12.679	0.577
PAT0	16.627	0.517	16.677	0.745	10.777	0.624	16.799	0.746	16.593	0.539	16.666	0.743	10.369	0.645	16.498	0.574
PENC	10.759	0.513	11.037	0.728	27.239	0.630	10.792	0.748	10.553	0.544	10.368	0.720	27.768	0.652	10.518	0.580
POLV	27.591	0.524	27.036	0.735	2.284	0.622	27.983	0.755	27.317	0.550	26.870	0.727	2.460	0.644	27.576	0.586
RAMO	3.271	0.511	2.329	0.725	-8.504	0.628	2.333	0.747	2.043	0.545	2.249	0.719	-8.098	0.652	1.988	0.578
SAM1	-7.850	0.517	-8.670	0.733	-8.449	0.628	-7.925	0.755	-8.405	0.546	-8.495	0.725	-8.642	0.643	-8.481	0.634
SINP	-7.859	0.517	-8.619	0.733	-9.730	0.619	-7.918	0.754	-8.463	0.603	-8.620	0.731	-10.017	0.641	-8.539	0.633
SRJV	-9.781	0.505	-9.494	0.722	18.609	0.817	-9.720	0.742	-9.845	0.594	-9.979	0.715	18.811	0.842	-10.054	0.576
TUC2	18.258	0.554	18.512	0.943	-8.188	0.628	18.683	0.964	18.533	0.747	18.510	0.930	-7.899	0.650	18.507	0.749
VEZ1	-7.571	0.517	-8.334	0.731	4.952	0.614	-7.729	0.750	-8.134	0.604	-8.260	0.725	4.525	0.635	-8.255	0.634
VILL	4.214	0.518	5.005	0.716	10.560	0.622	5.115	0.735	5.138	0.586	4.624	0.710	10.128	2.044	4.113	0.567
ZECK	11.273	0.511	10.289	0.857	22.634	0.621	11.349	0.748	11.169	0.595	10.670	0.845	22.001	0.642	10.968	0.579
ZIMM	22.244	0.508	22.915	0.724	-8.169	0.630	22.627	0.744	22.285	0.585	22.127	0.717	-8.044	0.648	22.148	0.577
ZONG	-8.227	0.514	-8.211	0.728	-7.198	0.630	-7.813	0.748	-8.272	0.602	-8.269	0.724	-6.946	0.653	-8.273	0.631



Şekil 4.1 ZONG istasyonu 8-15 Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının DCB değerleri gösterimi.

Şekil 4.1’ de ZONG TUSAGA-Aktif istasyonu için Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının sekizinci ile on beşinci gün arasındaki toplam sekiz günlük DCB değerleri gösterilmiştir. Grafikte yatay eksen yılın gününü ifade ederken, dikey eksen DCB değerlerini nanosaniye (ns) biriminde ifade etmektedir. Ocak ayı DCB değerleri -8,92 ns ile -7,69 ns arasında değişirken, Nisan ayı değerleri -8,36 ns ile -7,51 ns arasında değişiklik göstermektedir. Temmuz ayı DCB değerleri -8,57 ns ile -8,19 ns, Ekim ayı DCB değerleri ise -8,27 ns ile -7,63 ns değerleri arasındadır. Burada ZONG istasyonu DCB değerleri değişimi en fazla Nisan ayında gerçekleşirken en az değişim Temmuz ayında gerçekleşmiştir. DCB değerleri (1.25) denkleminde STEC değerleri ile eş zamanlı kestirilmiş, elde edilen değerlerin oldukça tutarlı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2 ZONG istasyonu DCB değerlerinin RMS değerleri gösterimi.

Çizelge 4.5 ZONG istasyonu DCB değerlerinin RMS değerleri.

MONTHS	MİN.	MAX.
Ocak	0,531	0,641
Nisan	0,607	0,894
Temmuz	0,496	0,894
Ekim	0,514	0,748

Şekil 4.2, elde edilen DCB değerlerinin RMS değerleri aylara göre göstermektedir. Yatay eksen ayları gösterirken düşey eksen RMS değerlerini ns biriminde ifade etmektedir. Çizelge 4.5 ise Şekil 4.2' de gösterilen sayısal değerleri ifade etmektedir. Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar tüm RMS değerlerinin minimum ve maksimum değerlerinin tamamı 1 ns altındadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Atmosferin en üst katmanı olan iyonosferin fonksiyonu olan TEC değerini belirleme çalışmaları son yıllarda hız kazanmaktadır. Bu tez çalışmasında Zonguldak'ta bulunan ZONG TUSAGA-Aktif istasyonunun 16 tanesi TUSAGA-Aktif istasyonu olmak üzere EUREF ve IGS istasyonlarının da bulunduğu toplam 41 GPS istasyonundan yararlanılarak TEC ve DCB değerleri elde edilmiştir. GPS ölçülerinin değerlendirilmesi İsviçre'nin Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese 5.0 yazılımı ile yapılmıştır.

2014 yılı Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının 8. gününden 15. gününe kadar TUSAGA-Aktif Zonguldak istasyonuna ait günlük TEC değerleri yumuşatılmış kod ölçüleri yardımıyla üretilmiş olup, yine aynı günlere ilişkin analizde yer alan tüm istasyonlara ait DCB kestirimleri yapılmıştır. Mevcut günler için TEC değerleri ikişer saat aralıklarla hesaplanırken, DCB değerleri günlük olarak üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar, CODE tarafından yayınlanan GIM değerleri ve IRI-2012'den elde edilen TEC değerleri ile günlük ve ortalama değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır (Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7). Günlük değişim her üç sonuç için incelendiğinde gün içerisinde TEC değerlerinin öğle saatlerine kadar arttığı, sonrasında gece saatlerine kadar azaldığı görülmüştür. Analiz sonucu elde edilen GPS-TEC değerleri CODE tarafından yayınlanan GIM değerleriyle Ocak ayında -0,28 TECU, Nisan ayında -0,35 TECU, Temmuz ayında 0,23 TECU ve Ekim ayında 0,66 TECU ortalama fark ile büyük oranda örtüşmüştür. TEC değeri IRI modeliyle yapılan karşılaştırmada ise Ocak ayında 6,20 TECU, Nisan ayında 14,82 TECU, Temmuz ayında 14,74 TECU, Ekim ayında 10,84 TECU ortalama fark görülmüştür. Buradan IRI-2012 modelinin TEC belirleme çalışmalarında Türkiye için uygun olmadığı sonucuna varılabilir. Bunun en önemli sebebi Türkiye'de iyonosonda istasyonunun bulunmayışıdır. Diğer yandan Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarının sekizinci gününden on beşinci gününe kadar ZONG istasyonuna ait DCB değerleri günlük olarak elde edilmiştir. DCB değerlerine ait RMS değerlerinin bir nanosaniyenin altında kalması üretilen değerlerin güvenilirliğini

göstermektedir. Türkiye’de başta TUSAGA-Aktif istasyonları olmak üzere kullanılması planlanan tüm istasyonlar için iyonosferin en önemli fonksiyonu olan TEC değeri değişimini sürekli olarak izleyecek bir sistemin kurulması gerek konum doğruluğunun artması gerekse iyonosferle olan ilişkisinin araştırılmasına yönelik deprem, volkanik patlamalar, füze yerinin belirlenmesi çalışmalarına önemli katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Agostino M D and Piras M** (2011) Earthquake Forecasting: A Possible Solution Considering the GPS Ionospheric Delay, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3263–3273.
- Arıkan F, Erol C and Arıkan O** (2003) Regularized Estimation Of Vertical Total Electron Content From Global Positioning System Data, *J. Geophys Res.*, Vol. 108, No. A12, 1469, Doi: 10.1029/2002JA009605, s: 868-874.
- Arslan N, Aydın C ve Demirel H** (2003) İyonosferdeki Toplam Elektron Yoğunluğu Büyük Depremlerin Kestiriminde Kullanılabilir mi? *YTU Sigma Dergisi*, 2003/, s.1-5.
- Arslan N** (2004) GPS ile İyonosfer Toplam Elektron Yoğunluğu Değişimlerinin Koordinatlara Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aysezen M S** (2008) Türkiye için IONOLAB-TEC Kullanılarak GPS Tabanlı TEİ ve Alıcı Yanlılığı Veri Tabanı Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak s:2-24.
- Başpınar S** (2012) CORS-TR Verileriyle İyonosfer Modellerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s: 52-54
- Choi B K, Cho J H and Lee S J** (2011) Estimation and analysis of GPS receiver differential code biases using KGN in Korean Peninsula, *Advances in Space Research* 47 s: 1590–1599.
- Choi B K, Park J U, Roh K M, and Lee S J** (2013) Comparison Of GPS Receiver DCB Estimation Methods Using A GPS Network, *Earth Planets Space*, 65, 707–711
- Ciraolo L, Azpilicueta F, Brunini C, Meza A and Radicella SM** (2007) Calibration errors on experimental slant total electron content (TEC) determined with GPS. *J Geod* 81(2):111–120. Doi: 10.1007/s00190-006-0093-1
- Dach R, Hugentobler U, Fridez P and Meindl M** (2007) *Bernese GPS Software Version 5.0*, Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland s:279-286.
- Datta-Barua S** (2008) Ionospheric Threats to The Integrity of Airborne GPS Users, The Department Of Aeronautics And Astronautics, PhD Thesis s: 17-28.
- Erküçük G** (1994) Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) ve Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 112 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Erol C ve Tanyer G** (2002) Küresel İyonosferik Haritalar Kullanılarak Günlük Ortanca İyonosferik Toplam Elektron Miktarının Tahmin Edilmesi 1. Ulusal Kongresi, *URSI*, s:1-4.
- Hawarey M ve Ayan T** (2004) Uzay Mekiği Tırmanışı, Deprem ve Füze Fırlatılışından Kaynaklanan TEC Değişimlerinin GPS ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul s:18-31
- Hugentobler U, Schaer S, Pridez F, Beutler G and Bock H** (2001) Bernese GPS Software Version 4.2, Astronomical Institute University of Berne, Switzerland.
- Kahveci M** (1997) Türkiye Koşullarında Yapılan GPS Gözlemlerinde Ortam Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İTÜ, İstanbul.
- Kahveci M ve Yıldız F** (2012) *GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori-Uygulama. Nobel Yayın Dağıtım 5. Basım, s:108-110.*
- Klobuchar J A** (1987) Ionospheric Time Delay Algorithm for Single Frequency GPS Users, in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems*, 23:3.
- Klobuchar J A** (1991) Ionospheric Effects on GPS, *GPS World*, pp.1-4.
- Li Z, Yuan Y, Li H and Ou J** (2012) Two-Step Method for Determination of the Differential Code Biases Of COMPASS Satellites, *J Geod* DOI 10.1007/s00190-012-0565-4.
- Liu J Y, Chen C H, Chen Y I, Yang W H, Oyama K I and Kuo K W** (2010) A Statistical Study Of Ionospheric Earthquake Precursors Monitored By Using Equatorial Ionization Anomaly Of GPS TEC in Taiwan During 2001-2007, *Journal of Asian Earth Sciences* 76–80.
- Liu J Y, Chuo Y J, Shan S J, Tsai Y B, Chen Y I Pulinets S A and Yu S B** (2004) Pre-earthquake Ionospheric anomalies registered by continuous GPS TEC measurements, *Ann. Geophys.*, 22, 1585-1593.
- Liu Z and Gao Y** (2004) Ionospheric TEC Predictions Over A Local Area GPS Reference Network, *GPS Solutions* 8:23–29.
- Masci F** (2013) Brief Communication Further Comments on the Ionospheric Precursor Of the 1999 Hector Mine Earthquake, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 193-196, DOI: 10.5194/nhess-13-193.
- Mekik Ç** (1999) GPS' e Atmosferin Etkileri, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi*, Sayı: 86, s. 14-20
- Mekik C, Yildirim O and Bakici S** (2011) the Turkish RTK CORS Network (TUSAGA-Aktif) Infrastructure, *Scientific Research and Essays*, 6:(19), pp. 3986-3999.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Mekik C, Yildirim O and Bakici S** (2011) “An Overview on RTK Network of Turkish Republic (TUSAGA-Aktif)”, International Global Navigation Satellite Systems (IGNSS) 2011, Session 8A-CORS: Regional to Global, Sydney, (CD-Rom), Avustralya, 15-17 Kasım 2011.
- Namgaladze A A, Zolotov O V, Karpov M I and Romanovskaya Y V** (2012) Manifestations of the Earthquake Preparations in the Ionosphere Total Electron Content Variations, *Natural Science*, Vol.4, No.11, 848-855.
- Norsuzila Y, Abdullah M, Ismail M, Ibrahim M and Zakaria Z** (2010) Total Electron Content (TEC) and Estimation of Positioning Error Using Malaysia Data, Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol I WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K.
- Pajares, M H, Juan J M, Sanz J, Angel A A, Rigo A G, Salazar D and Escudero M** (2011) the Ionosphere: Effects, GPS Modeling and the Benefits for Space Geodetic Techniques *J Geod* DOI 10.1007/s00190-011-0508-5
- Petrie E J, Hernandez-Pajares M, Spalla P, Moore P and King M A** (2011) A Review of Higher Order Ionospheric Refraction Effects on Dual Frequency GPS, *Surv Geophys* 32:197–253.
- Sardon E, Ruis A and Zarraoa N** (1994) Estimation Of The Transmitter And Receiver Differential Biases And The Ionospheric Total Electron Content From Global Positioning System Observations. *Radio Sci* 29(3):577–586.
- Saroso S, Liu J Y, Hattori K and Chen C H** (2008) Ionospheric GPS TEC Anomalies and $M \geq 5.9$ Earthquakes in Indonesia during 1993-2002, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol. 19, No. 5, 481-488.
- Sayın I** (2008) Kriging ve Rassal Alan Öncülü İle Toplam Elektron İçeriği Haritalaması Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Schaer S** (1999) *Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System*, Vol: 59 s: 75-121.
- Tileylioğlu E** (2007) İyonosfer Modelleri ve IRI (International Reference Ionosphere) Kullanım Klavuzu, HU-EE-IR-07- 001, s. 1-15.
- URL-1** (2014) www.surv.ufl.edu/sur4531/chapter6.ppt, (Erişim Tarihi: 05.03.2014).
- URL-2** (2014) <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/>, (Erişim Tarihi: 02.06.2014).
- URL-3** (2014) <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/>, (Erişim Tarihi: 03.09.2014).

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- URL-4** (2014) <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>, (Erişim Tarihi: 07.05.2014).
- URL-5** (2014) <http://tr.wikipedia.org/wiki/Deprem>, (Erişim Tarihi: 27.09.2014).
- URL-6** (2014) <ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/product>, (Erişim Tarihi: 06.08.2014).
- URL-7** (2014) http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2012_vitmo.html, (Erişim Tarihi: 10.10.2014).
- URL-8** (2014) <http://212.156.70.42/>, (Erişim Tarihi: 16.10.2014).
- URL-9** (2014) <ftp://igs.bkg.bund.de/EUREF/obs/>, (Erişim Tarihi: 25.07.2014).
- URL-10** (2014) <ftp://igs.bkg.bund.de/IGS/obs/>, (Erişim Tarihi: 12.10.2014).
- Yao Y B, Chen P, Zhang S, Chen J J, Yan F and Peng W F** (2012) Analysis of the pre-earthquake Ionospheric anomalies before the global M= 7.0+ earthquakes in 2010, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 575–585.
- Yıldız, F ve Kahveci, M** (2001) *Global Konum Belirleme Sistemi, Nobel Yayın Dağıtım, 1.Baskı*, Yayın No:224, Konya, 256 s.
- Zolotov O V, Namgaladze A A and Prokhorov B E** (2012) Total electron content disturbances prior to Great Tohoku March 11, 2011 and October 23, 2011 Turkey Van earthquakes and their physical interpretation, *Proceedings of the MSTU*, Vol. 15, No. 3, 2012, pp.583-594.

ÖZGEÇMİŞ

Samed İNYURT 1987 yılında Eskişehir’de doğdu. İlköğretimin bir kısmını Sivas’ta aldıktan sonra Ankara’ya gelerek burada tamamladı. Lise öğrenimini aynı şehirde bitirdikten sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümüne girdi. 2012 yılında mezun olduktan sonra, ÖYP programı ile Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2013 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümü yüksek lisans eğitimine başlayarak halen araştırma görevlisi olarak yüksek lisans eğitimini almaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : B.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100
İncivez-ZONGULDAK

Tel : 0372 257 4010-(1631)

E-posta : samed_inyurt@hotmail.com