

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERDE GPS KONUM DOĞRULUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI**

MELİK ULUDAĞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. UĞUR DOĞAN**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERDE GPS KONUM DOĞRULUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI**

Melik ULUDAĞ tarafından hazırlanan tez çalışması 19/09/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Y. Doç. Dr. M. Tevfik ÖZLÜDEMİR
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada; Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı, yüksek lisans bitirme tezi çalışması olarak; farklı aylarda elde edilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile mevsimsel değişimin GPS konum doğruluğu üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Öncelikle, bu çalışmayı yöneten ve aynı zamanda bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Uğur DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgilerini ve tavsiyelerini esirgemeyen Arş. Gör. Harita Yüksek Mühendisi Deniz ÖZ'e (YTÜ) katkılarından dolayı sonsuz teşekkürler.

Bu çalışmam boyunca benden desteklerini esirgemeyen, her türlü sabrı ve hoşgörüyü gösteren sevgili babam Saffet ULUDAĞ'a , annem Nefise ULUDAĞ'a ve kardeşim Mansur ULUDAĞ'a maddi manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Yardımlarını esirgemeyen ve destekleyen okul arkadaşlarıma, iş arkadaşlarıma ve şantiye şefimiz Sayın Cem CEYLAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca üniversite hayatım boyunca üzerimde emeği geçen bütün hocalarıma, Doç. Dr. Uğur DOĞAN'a, Yrd. Doç. Niyazi ARSLAN'a, Doç. Dr. Cüneyt AYDIN'a, Arş. Gör. Harita Yüksek Mühendisi Deniz ÖZ'e teşekkür ederim.

Temmuz, 2012

Melik Uludağ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS).....	5
2.1 GPS	5
2.2 SİNYAL YAPISI	5
2.3 GPS ÖLÇÜLERİ	8
BÖLÜM 3	
GPS HATA KAYNAKLARI	11
3.1 Yörünge Hataları	11
3.1.1 Saat hataları	12

3.1.2	Uydu Geometrisi	13
3.2	Anten Yüksekliği Hatası	15
3.3	Anten Faz Merkezi Hatası	16
3.4	Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) ve Faz Kesikliği (Cycle Slip)	17
3.5	Yansıma Hatası	19
3.6	Troposfer Gecikme Hatası	19
3.7	İyonosfer Hatası	22
BÖLÜM 4		
GPS ÖLÇÜLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ		26
4.1	Değerlendirme Stratejisi.....	29
4.1.1	Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması ve Parametre Testi	40
4.2	Doğruluk Analizi	42
4.2.1	Baz Uzunluğuna ve Zamana Bağlı Doğruluk Analizi	58
4.2.2	Baz Uzunluğuna Bağlı Doğruluk Analizi	66
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		70
KAYNAKLAR		73
EK-A		
BAZ UZUNLUĞU VE OTURUM SÜRESİNE BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN PARAMETRELER VE ST. SAPMA DEĞERLERİ		77
EK-B		
BAZ UZUNLUĞU BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN PARAMETRELER VE ST. SAPMA DEĞERLERİ.....		86
EK-C		
GPS İSTASYONLARI ZAMAN SERİSİ GRAFİKLERİ		90
ÖZGEÇMİŞ		97

SİMGE LİSTESİ

$\Delta \varrho_k^i$	k istasyonu ile i uydusu arasındaki troposfer yolu gecikmesi
z_k^i, A_k^i	k istasyonu tarafından gözlenen i uydusunun azimut ve zeniti
$\Delta \varrho_{apr,k}(z_k^i)$	Birincil modele göre eğik gecikme
$\Delta^h \varrho_k(t) f(z_k^i)$	Zamana bağlı zenit yolu gecikmesi ve onun projeksiyon fonksiyonu
$\Delta^n \varrho_k(t), \Delta^e \varrho_k(t)$	Zamana bağlı kuzey-güney ve doğu-batı troposfer gradyan Parametreleri
n_ϕ	Faz gözlemlerini iyonosferin kırıcı etkisi
n_p	Pseudo gözlemlerini iyonosferin kırıcı etkisi
d_{ion}	Faz gözlemleri için iyonosferik etki
$\psi_{Fk}^i(t)$	t zamanındaki ve F frekansındaki faz ölçümü
$\phi_{Fk}^i(t)$	t sinyal alım zamanında alıcı osilatörü tarafından üretilen faz
n_{Fk}^i	Dalgaların tamsayı bilinmeyen (faz başlangıç belirsizliği)
t	Sinyal alım zamanı
τ	Sinyalin uydudan alıcıya ulaşma süresi
t_k	Sinyalin gelişinin alıcı saati tarafından okunması
δ_k	t zamanındaki alıcı saat hatası
$\hat{t}$	Test değeri
λ	Dalga boyu
α	Güven aralığı
f	Serbestlik derecesi
S_{K-G}	Kuzey-Güney bileşeni standart sapma değeri
S_{D-B}	Doğu-Batı bileşeni standart sapma değeri
S_Y	Yükseklik bileşeni standart sapma değeri
T	Oturum Süresi
L	Baz uzunluğu

KISALTMA LİSTESİ

GPS	Global Positioning System
ITRF	The International Terrestrial Reference Frame
GNSS	Global Navigation Satellite System
IGS	International GNSS Service
MAGNET	Marmara GPS Network
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
EUREF	European Terrestrial Reference Frame
TEC	Total Electron Content
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
St. sapma	Standart Sapma
RINEX	Receiver Independent Exchange
QIF	Quasi Ionosphere Exchange
K-G	Kuzey-Güney
D-B	Doğu-Batı
Y	Yükseklik

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1	İsveç Sürekli GPS Ağına ait 21 istasyonun (a) baz uzunluğu ve (b) baz vektörünün düşey bileşen standart sapmasının doğrusal trendi [9].....	2
Şekil 2. 1	GPS sinyal yapısı [16]	6
Şekil 3. 1	Uydu geometrisi [32]	14
Şekil 3. 2	ISTA 187. GPS günü DOP grafiği [33]	15
Şekil 3. 3	ISTA 342. GPS günü DOP grafiği [33]	15
Şekil 3. 4	Pilye ve sehpa üzerinde anten yüksekliği ölçümü.....	16
Şekil 3. 5	GPS uydularında Anten Faz Merkezi Ötelemesi [34]	16
Şekil 3. 6	Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) [38].....	18
Şekil 3. 7	Sinyal Yansıma Hatası [40]	19
Şekil 3. 8	Atmosferdeki Sinyal Gecikmesi [40].....	20
Şekil 3. 9	1998 – 2011 yılları arası TUBİ istasyonu aylık ortalama zenit yolu gecikmesi grafiği [45]	22
Şekil 3. 10	Temmuz ayında atmosferdeki sinyal gecikmesi [46]	23
Şekil 3. 11	Aralık ayında atmosferdeki sinyal gecikmesi [46]	23
Şekil 3. 12	2001-2012 Yılları Arası Güneş Lekesi Aktivite Sayısı [47]	24
Şekil 4. 1	GPS istasyonları	26
Şekil 4. 2	Bernese 5.0 programı akış diyagramı [51]	30
Şekil 4. 3	Faz başlangıç belirsizliği çözümü için model uygulaması [16].	32
Şekil 4. 4	DUM2 (66 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları ..	33
Şekil 4. 5	ERDT(129 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları ..	34
Şekil 4. 6	TYF1 (228 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları ..	34
Şekil 4. 7	DUM2(66 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	35
Şekil 4. 8	ERDT (129 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	36
Şekil 4. 9	TYF1(237 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	36
Şekil 4. 10	Ocak-Haziran ayları st. sapma değerleri.....	38
Şekil 4. 11	Temmuz-Aralık ayları st. sapma değerleri	39
Şekil 4. 12	Aralık-Şubat ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	45
Şekil 4. 13	Mart-Mayıs ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	46
Şekil 4. 14	Haziran-Ağustos ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	47
Şekil 4. 15	Eylül-Kasım ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	48
Şekil 4. 16	Aralık-Şubat ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	51
Şekil 4. 17	Mart-Mayıs ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	52
Şekil 4. 18	Haziran-Ağustos ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	53

Şekil 4. 19	Eylül-Kasım ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri	54
Şekil 4. 20	KANT (6 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri	55
Şekil 4. 21	KANT (6 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri	55
Şekil 4. 22	KANT (6 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri	56
Şekil 4. 23	DUM2 (66 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri	56
Şekil 4. 24	DUM2 (66 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri	56
Şekil 4. 25	DUM2 (66 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri.....	57
Şekil 4. 26	KART (110 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri	57
Şekil 4. 27	KART (110 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri	57
Şekil 4. 28	KART (110 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri.....	58
Şekil 4. 29	12 aylık K-G bileşeni st. sapma değerleri.....	62
Şekil 4. 30	12 aylık D-B bileşeni st. sapma değerleri.....	62
Şekil 4. 31	12 aylık Y bileşeni st. sapma değerleri	63
Şekil 4. 32	12 aya ait D-B bileşeni st. sapma değerleri	68

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	GPS sinyal yapısı ve elemanları [13].....7
Çizelge 2. 2	GPS sinyal yapısı ve elemanları [16], [17], [18].....8
Çizelge 3. 1	IGS yörünge bilgilerinin doğruluğu [28].....12
Çizelge 3. 2	IGS uydu saat bilgilerinin doğruluğu [28]12
Çizelge 3. 3	Troposferik Gecikmenin Fonksiyonel Etkisi [16]21
Çizelge 4. 1	GPS istasyonlarına ilişkin alıcı ve anten bilgileri.....27
Çizelge 4. 2	GPS istasyonlarına ilişkin gözlem tarihleri28
Çizelge 4. 3	Faz başlangıç belirsizliği çözüm stratejileri [16][52]33
Çizelge 4. 4	Baz uzunlukları42
Çizelge 4. 5	Değerlendirme oturum süreleri42
Çizelge 4. 6	Haziran ayı eşitlik (4.6) ile kestirilen parametreler59
Çizelge 4. 7	12 aya ait eşitlik (4.6) ile tekrar kestirilen parametreler60
Çizelge 4. 8	Temmuz ayı ort. st.sapma değerleri.....61
Çizelge 4. 9	Aralık ayı ort. st.sapma değerleri61
Çizelge 4. 10	12 ay eşitlik (4.6) ile kestirilen parametreler63
Çizelge 4. 11	12 ay ort. st. sapma değerleri64
Çizelge 4. 12	Haziran, Aralık ve 12 aylık parametreler ile oturum süresine ve baz uzunluğuna bağlı hesaplanan st. sapma değerleri.....65
Çizelge 4. 13	Tüm aylarda kestirilen parametreler.....67
Çizelge 4. 14	12 ay eşitlik (4.7) ile kestirilen parametreler68
Çizelge 4. 15	12 ay eşitlik (4.7) ile kestirilen parametreler69
Çizelge 4. 16	Haziran, Aralık ve 12 aylık parametreler ile baz uzunluğuna bağlı hesaplanan st. sapma değerleri69

**MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERDE GPS KONUM DOĞRULUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI**

Melik ULUDAĞ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Uğur DOĞAN

Bu çalışmada, farklı mevsimlerde gerçekleştirilen GPS ölçüleri ile belirlenen nokta konum doğruluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Nokta konum doğruluğu baz uzunluğuna ve oturum süresine bağlı olarak modellendirilmiş ve elde edilen sonuçların mevsimsel değişimi ile olan ilişkisi belirlenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda uygulama için Marmara Sürekli GPS Ağı'na (MAGNET) ait 12 GPS istasyonu ile IGS (International GNSS Service) ağına bulunan TUBİ ve İSTA istasyonlarına ilişkin 2009 yılının her bir ayına ait 3 günlük GPS ölçüleri kullanılmıştır. ITRF 2005 koordinat sisteminde 6 ile 238 km aralığında değişen baz uzunluklarına ilişkin 24 saatlik GPS ölçüleri 12, 8, 6 ve 4 saatlik dilimlere bölünerek ayrı ayrı Bernese 5.0 akademik GPS yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Değerlendirmeler sonucu elde edilen günlük dengeleme sonuçları birleştirilerek elde edilen standart sapma değerleri, faz başlangıç belirsizliği istatistikleri, korelasyon istatistikleri ile mevsimsel etkiler, baz uzunluğunun ve oturum süresinin elde edilen konum doğruluğu üzerine olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler:GPS, doğruluk analizi, mevsimsel değişim, oturum süresi, baz uzunluğu

**INVESTIGATION OF GPS POSITIONING ACCURACY DURING THE
SEASONAL VARIATIONS**

Melik ULUDAĞ

Department of Survey Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Uğur Doğan

The aim of this study is to investigate the accuracy of GPS (Global Positioning System) positioning that determined by GPS measurements carried out during the seasonal variations. The observations have been analysed to determine how the accuracy of derived relative positions of GPS stations depends on the baseline length, the duration of observing session during the seasonal variations.

For this purpose, GPS data sets of 12 MAGNET (Marmara Continuous GPS Network) stations, ISTA and TUBI IGS (International GNSS Service) stations were selected three days of each months in 2009. GPS observations were constrained by fixing the ITRF 2005 reference frame and were selected to form 13 baselines varying from 6 to 238 km. Each days of 24h GPS data were subdivided into mutually non-overlapping 12h, 8h, 6h and 4h sessions and were processed using the Bernese 5.0 GPS software.

The RMS values was obtained combining with the results of the repeability values of the days' adjustments, ambiguity statistics, correlation statistics , seasonal effects duration effects on the accuracy of coordinate components were analyzed.

Keywords: GPS, accuracy analysis, seasonal effect, session, duration, baseline length

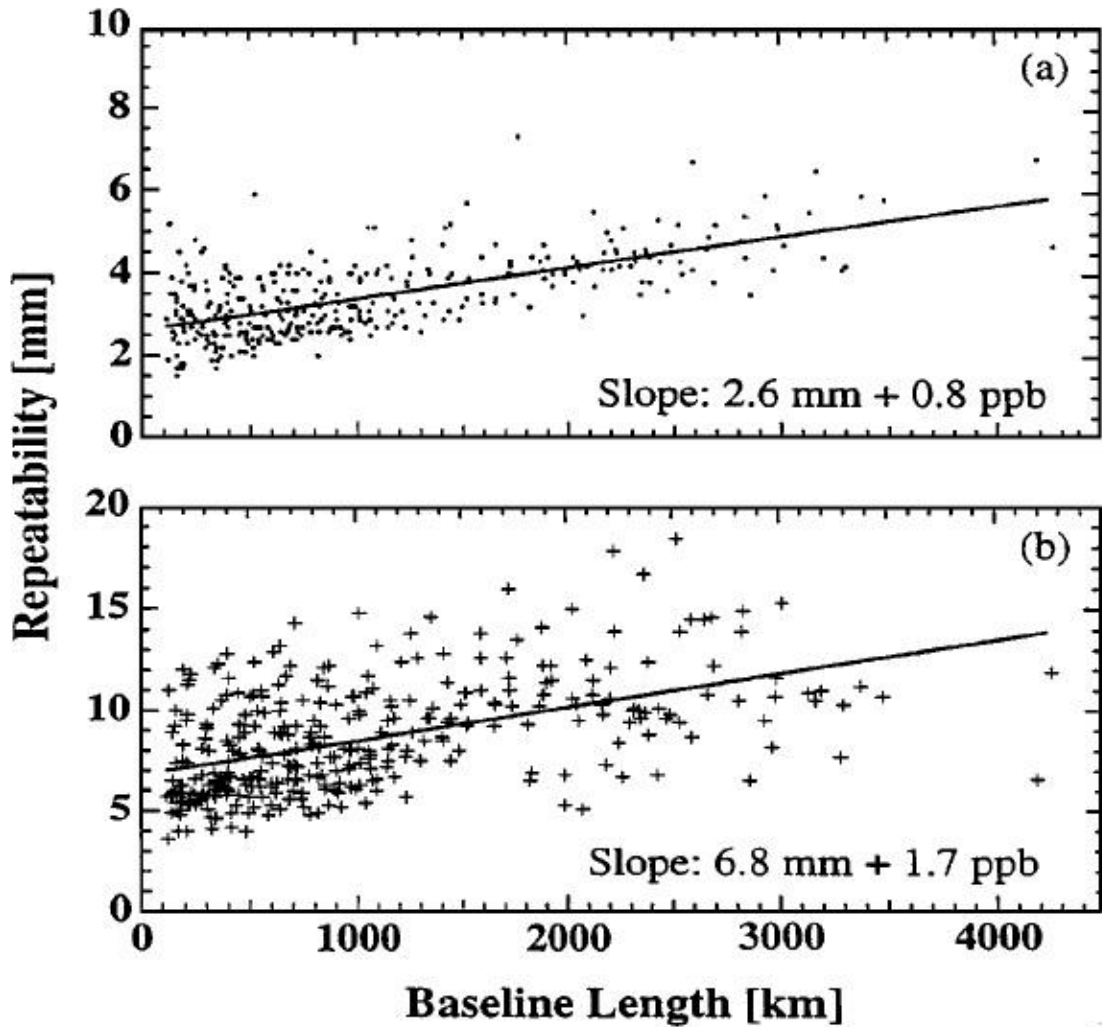
1.1 Literatür Özeti

Son birkaç yıldır, çeşitli araştırmacılar küresel konumlama sistemini (GPS – Global Positioning System) kullanarak hem bölgesel ölçekte, hem de küresel ölçekte santimetrenin altındaki hassasiyetle çalışmalar yapmışlardır [1]. Buna bağlı olarak tarihsel süreçte GPS ölçülerine etki eden iyonosferik kırılma, yörünge doğruluğu, anten faz merkezi hatası, multipath etkisi ve troposferik gecikme gibi ana hata kaynaklarının etkileri önemli ölçüde azaltılmıştır [2], [3], [4], [5]. Kullanıcılar ise bir kontrol noktasından yüzlerce kilometre uzağa yerleştirilmiş yeni bir nokta için yüksek doğrulukta 3 boyutlu koordinatlar belirleyebilmişlerdir. Bunun sonucunda günümüzde GPS'nin doğruluğunun belirlenmesine ilişkin birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Heflin vd., (1992) [7] ağırlıklandırılmış ortalama üzerine, üç haftalık kısa bir dönem için baz uzunluğuna (L) bağlı standart sapma “ $\sigma = a + bL$ ” değerlerini analiz etmiş ve bu değerlendirme sonuçları baz uzunluğuna bağlı olarak lineer şekilde değişiklik göstermiştir. Analiz sonucunda kuzey yarım küredeki bazlar için $a = 2$ mm ve $b = 4$ (ppb) belirlenmiş ve $L < 12,000$ km olarak seçilmiştir.

Jaldehyag [8] İsveç sürekli GPS ağında 4000 km'ye kadar uzunluğu olan bazlar için uzun dönemli (2 yıllık) tekrarlıklar yayınladı ve yatayda $a = 2.6$ mm ve $b = 0.8$ ppb, düşeyde $a = 6.8$ mm ve $b = 1.7$ ppb olarak parametreleri saptamıştır (Şekil 1.1). Ayrıca Segall ve Davis [9]'da bölgesel ölçekteki GPS ölçümlerinde yatay bileşenlerde doğruluğu

~2 – 5 mm civarında ve yükseklik bileşeninde doğruluğu yatay bileşenlere göre 3 kat daha büyük olarak belirlemiştir.



Şekil 1. 1 İsveç Sürekli GPS Ağına ait 21 istasyonun (a) baz uzunluğu ve (b) baz vektörünün düşey bileşen standart sapmasının doğrusal trendi [9]

Eckl vd., (2001) yılında yayımlamış oldukları çalışmada [6] Ulusal Cors ağına bulunan noktalarla 1998 yılına ait verileriyle 11 baz olacak şekilde oluşturulan bir veri setini, GPS'nin 3 boyutlu konum doğruluğunu, baz uzunluğuna (L) ve oturum süresine (T) bağlı olarak araştırmak için değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada baz uzunluğunu 26 km ile 300 km arasında, oturum sürelerini ise 4 saat ve 24 saat aralığında sınırlamışlardır. Veriler PAGES programında IGS tarafından yayınlanan duyarlı (final) uydu yörünge bilgilerini kullanarak, mümkün olduğu zaman başlangıç tam sayı belirsizliğini çözerek, nötr doğal atmosfer gecikme parametrelerini kestirerek değerlendirmişlerdir. Bu

koşullar sağlandığında doğruluk oturum süresine bağlı yani T 'nin bir fonksiyonu olarak analiz edilebileceği açıklanmıştır.

Wang ve Liou (2004) yılında sunmuş olduğu çalışması [2]'de ise, Tayvan'daki farklı ağlara ait sürekli ölçüm yapan GPS istasyonlarından Temmuz 2003 ve Aralık 2003 aylarına ait verilerle iklim değişikliği ile GPS'nin yükseklik bileşeni arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmanın sonucunda GPS yükseklik değerleri, aylık ortalamalarında temmuz değerleri aralık değerlerinden daha yüksek ve fark 2 cm'ye ulaşmakta, günlük ortalamalarda ise 6 cm'ye ulaştığını göstermişlerdir. Ayrıca ani hava değişimleri, yükseklik değerlerinde dalgalanmalara neden olmuş ve standart sapma değerlerinde ise aralık ayında daha az değişim gözlenmiştir. Bu durum su buharının GPS'in konum doğruluğuna olan etkisini göstermiş fakat yükseklik bileşeninin dolaylı olarak hava sıcaklığındaki değişimlere daha hassas olduğunu belirtmiştir.

Doğan (2007) çalışmasında [10] Marmara GPS ağında bulunan 7 adet istasyon ve IGS ağında olan 2 adet noktanın 2002 yılındaki verilerini kullanarak GPS'in doğruluk analizini araştırmıştır. Çalışmasında baz uzunlukları 6 km ile 340 km arasında, oturum sürelerini ise 4 saat ile 24 saat arasında oluşturmuş ve verileri ITRF 2000 sisteminde BERNESE 4.2 programı ile değerlendirmiştir. Baz uzunluğuna ve oturum süresine göre yapılan kestirimlerde %95 güven aralığında doğruluğun baz uzunluğuna (L) ve oturum süresine (T)'ye bağlılığı anlamlı çıkmış, baza bağlı olarak yapılan kestirimlerde ise istatistiksel olarak L' ye bağlılığı anlamlı çıkmıştır.

Şanlı ve Kurumahmut [11] (2008) çalışmasında GPS konum doğruluğunu oturum süresine ve GPS istasyonlar arasındaki yükseklik farkına bağlı olarak analiz etmiştir. Bu çalışmada Kaliforniya'da yer alan 10 km ile 15 km arasında değişen 26 adet baz oluşturacak şekilde, 47 adet sürekli ölçüm yapan GPS istasyonunun verileri kullanılmıştır. GPS istasyonların yükseklikleri 50 m ile 1500 m arasında değişmektedir. Verileri NASA'nın GIPSY OASIS II programında değerlendirmiştir. Yapılan kestirimler sonucunda istasyonlar arasındaki yükseklik farkının ve oturum süresinin doğruluk analizine bağlı olduğu gösterilmiştir. Örneğin 3 saatlik oturum süresinde 1500 m yükseklik farkında standart sapma yaklaşık 4 cm fark etmekte ve dağlık alanda oturum süresinin 12 saate uzatılması tavsiye edilmiştir.

Şanlı ve Öztürk [12] (2011) çalışmasında ise EUREF ve IGS ağına ait 32 adet GPS istasyonu ile 3 km'den 3000 km uzunluğuna kadar 28 adet baz oluşturulmuştur. Veriler 24, 12, 8 ve 6 saatlik setler halinde bölünerek GIPSY OASIS II programında PPP metoduyla değerlendirilmiştir. Bu çalışmada tek bir model üzerinden GPS statik konum doğruluğunun tahmin edilmeye çalışmış ve RMS değerleri gözlem oturum süresinin ve baz uzunluğu üzerindeki bağılılığı gösterilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı farklı aylarda elde edilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile mevsimsel değişimin GPS konum doğruluğu üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bunun için Marmara sürekli GPS ağına (MAGNET) ait 12 adet sürekli ölçüm yapan GPS istasyonu ile Uluslararası GNSS (Global Navigation Satellite System) Servisi'ne (IGS) ait ISTA ve TUBI istasyonlarının verileri kullanılmıştır. GPS verileri Bernese 5.0 programı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları analiz edilerek, baz uzunluğuna, oturum süresine ve mevsimsel etki altındaki konum doğruluğuna ilişkin sonuçlar sunulmuştur.

1.3 Hipotez

GPS'nin konum doğruluğu üzerinde çeşitli faktörlerden kaynaklanan olumsuz etkiler vardır. Bu etkilerin bazıları oturum süresinin arttırılmasıyla, çevresel faktörlerin iyileştirilmesi ile, analizlerde sürekli ölçüm yapan GPS istasyonlarının kullanılması gibi uygulamalarla elemine edilebilmektedir. Fakat en optimize koşulların sağlanmış olmasına rağmen ölçüm zamanının, kurulan ağdaki baz uzunluğunun ve değerlendirmeye alınan oturum süresinin uzunluğu, değerlendirme sonucunda istenen doğruluğu olumlu yada olumsuz olarak etkilediği öngörülmektedir.

GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS)

2.1 GPS

Günümüzün konum belirlemeye yönelik en gelişmiş uydu tekniği olan GPS, başlangıçta belirlenen askeri amaçlarla sınırlı hedefleri aşarak hızla sivil yaşama girmiş; başka birçok alanda olduğu gibi haritacılıkta da klasik ölçme tekniklerinin yerini almıştır [13].

Pratik amaçlı konum belirlemedeki bu üstünlüklere karşılık yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, deformasyon analizi gibi özel amaçlı mühendislik uygulamalarında çok uzun bazların 0.01 ppm'den daha yüksek duyarlılıklarla belirlenmesi gerekmektedir. Bu düzeyde bir duyarlılığa ulaşabilmek için GPS ölçümlerindeki etmenlerin neler oldukları ve konum belirlemede hangi düzeyde hataya neden oldukları çok iyi bilinmeli ve bu hataların en aza indirilmesi için en uygun ölçme ve hesaplama modelleri belirlenmelidir [13].

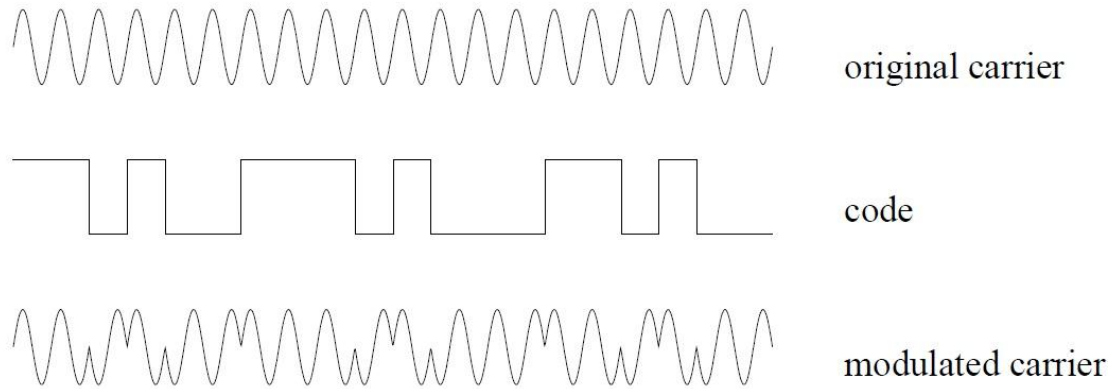
2.2 SİNYAL YAPISI

GPS tek yönlü bir ölçme sistemidir. Temel ölçü, sinyalin uydu ile alıcı antenleri arasında yol alma süresidir. Sinyal yol alma zamanı, sinyal yayılma hızı kullanılarak mesafe ölçümüne dönüştürülür. Uyduda okunan saat ile alıcı saatinin eş zamanlı olmamasından dolayı sinyal seyahat zamanı sistematik eşzamanlılık hatası (time bias) içerir. Bu nedenle Pseudo uzaklık olarak adlandırılan P kod gözlemi, sinyalin alıcıda algılandığı " t_k " zamanı ile sinyalin uydudan çıktığı " t^i " zamanı arasındaki farkın, ışığın boşluktaki gerçek hızı " c " ile çarpılarak elde edilir [14], [15].

$$P = c * \Delta t \quad (2.1)$$

GPS ölçme esaslarının temeli Pseudo uzaklıkların hesaplanması olarak kabul edilebilir. Uzayda bir noktanın koordinatlarını belirlemek için eşzamanlı ölçülmüş üç uzunluk gerekmektedir. Dördüncü uzunluk ise saat eşzamanlılık hatasını belirlemek için kullanılır. Ayrıca uydu koordinatları ve uydu zamanının da belirlenmesi zorunludur [15].

Uydu osilatöründen sinyaller f_0 temel frekansından türetilir ve dalga boyları sırasıyla $\lambda_1 \approx 19$ cm ve $\lambda_2 \approx 24$ cm olan sinüzoidal L_1 ve L_2 taşıyıcı sinyalleri üretir [13]. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği ve Amerika Birleşik Devletlerinin radyo düzenleme kolu L bandına uydu bazlı konumlu sistemleri için özel alt bandlar ayarlamıştır ve L_1 ve L_2 bandında bu alt bandlarda yer alır [14]. Bu iki farklı frekansın üretilmesindeki temel amaç iyonosferin sinyallere göstereceği farklı tepkilerden yola çıkarak etkinin modellenenebilmesi veya yok edilebilmesidir. L_1 ve L_2 taşıyıcı sinyalleri üzerine uydu yörünge, saat ve meteoroloji bilgileri gibi bilgiler modüle edilir. Böylece Coarse/Acquisition Code (C/A kod) ve diğeri Precision (veya Protected) Code (P kod) olmak üzere iki farklı navigasyon bilgisi üretirler. C/A kod ve P kod L_1 ve L_2 taşıyıcıları zaman bakımından senkronize edilmiştir. P koda ilişkin bilgiler L_1 ve L_2 taşıyıcısı üzerine +1 ve -1 faz modülasyon durumları şeklinde yüklenir (Şekil 2.1) [13].



Şekil 2. 1 GPS sinyal yapısı [16]

C/A kod her 1/1000 saniyede tekrarlanır, dalga boyu 300 metredir ve her bir uydu için ayrı kod atanır. Daha iyi hassasiyet kısa dalga boyları ile elde edilir ve bunun için GPS uyduları P kodu yayınlamalıdır. P kodun dalga boyu 30 m'dir ve 266 günde bir tekrarlanır. P

kodda her bir uydu için ayrı ayrı atanır ve cumartesiye pazara bağlayan gece her hafta yeniden yüklenir [14].

Uydu ile alıcı arasındaki ölçülen mesafeyi konum bilgisine dönüştürebilmek için alıcıların uyduların konum bilgisini alması gerekmektedir. Bu işlemi gerçek zamanlı olarak kolayca yapabilmek için uyduların yayın bilgisi gerekmektedir [14]. Buna göre L_1 ve L_2 taşıyıcılarına C/A ve P kodlarından başka üçüncü tip bir yayın, saniyede 50 Hz frekansındaki navigasyon mesajı yerleştirilir. Toplam 1500 bit uzunluğunda ve 5 alt bölümden oluşan mesajın birinci alt bölümünde uydu saat hataları için polinom katsayıları, iki ve üçüncü alt bölümde uydu (yayın) efemeris bilgileri yer alır. Dört ve beşinci alt bölümdeki bilgiler her mesajda değişir ve 12.5 dakikada yayınlanır. İyonosfer ve uydu almanak bilgileri de bu alt bölümlerde yer alır. Taşıyıcı, kod ve navigasyon mesajlarına ait genel bir özet Çizelge 2.1’de verilmektedir [13].

Çizelge 2. 1 GPS sinyal yapısı ve elemanları [13]

Sinyal	Yapısı	Frekans	Dalga Boyu	Hata
Temel Frekans	f_0	10.23 Mhz	30 m	0.3 m
L_1 taşıyıcısı	$154 f_0$	1575.42 Mhz	19 cm	1.9 mm
L_2 taşıyıcısı	$120 f_0$	1227.60 Mhz	24 cm	2.4 mm
P-Kodu	f_0	10.23 Mhz	30 cm	0.3 mm
C/A Kodu	$f_0/10$	1.023 Mhz	300 m	3 m
Navigasyon M.	$f_0/204600$	50 Mhz		

GPS taşıyıcı faz ve kod gözlemleri kullanılarak bunlardan türetilen çeşitli kombinasyonlar üretilmektedir. Çizelge 2.2’de doğrusal kombinasyonlar verilmiştir. Doğrusal kombinasyonlar çözümde kullanılan algoritmaya bağlı olarak farkı alınmamış ya da ikili fark, kod ya da faz gözlem denklemlerinin herhangi biri için oluşturulabilir. Bu bölümde verilen doğrusal kombinasyonlar farkı alınmamış uzunluk birimindeki faz gözlemleri için oluşturulmuştur. Doğrusal kombinasyonlar, tam sayı belirsizliği çözümleri ya da iyonosferle ilgili bilgilerin elde edilmesinde kullanılmaktadır [15], [17].

Çizelge 2. 2 GPS sinyal yapısı ve elemanları [16], [17], [18]

Doğrusal Kombinasyon (LC)	Açıklama	λ (m) Dalga Boyu	LC Çarpanı	
			$\kappa_{1,1}$	$\kappa_{1,2}$
L_1	L_1 orijinal	0,19	1	0
L_2	L_2 orijinal	0,24	0	1
L_3	İyonosferden Bağımsız	-	$\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} = 2.5$	$-\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = -1.5$
L_4	Geometriden Bağımsız	-	1	-1
L_5	Geniş Aralık	0,86	$\frac{f_1}{f_1 - f_2} = 4.5$	$-\frac{f_2}{f_1 - f_2} = -3.5$
L_{ln} (L_5 ile L_3)	Dar Aralık	0,107	$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0.56$	$\frac{f_2}{f_1 + f_2} = 0.44$

2.3 GPS ÖLÇÜLERİ

Kavramsal olarak GPS ölçmeleri, alınan ve alıcıda türetilen sinyallerin karşılaştırılmasına bağlı olarak, ölçülen zaman ve faz farklılıklarından elde edilen uzunluklardır [19]. GPS sinyalleri üzerinde yapılabilecek iki ana ölçme türü kod ve taşıyıcı faz ölçmeleridir. Kod ölçmeleri PRN kodlarına dayalıdır ve bazen “kod uzunluk” ya da “kod faz” olarak da adlandırılabilir. Taşıyıcı faz ölçmeleri kod ölçmelerinden daha hassastır, ancak kodlara göre çok daha fazla belirsizlik (ambiguity) derecesine sahiptir [20]. Yüksek performanslı alıcıların bir çoğu hem kod, hem de taşıyıcı faz ölçüsü yapabilirler [21].

Bir alıcıdan yapılan ölçü “pseudorange” olarak adlandırılır. “Pseudo” öneki hem alıcı hem de uydu saat hatalarından kaynaklanan saat hatasından ileri gelir. Uydu saat hataları uydu mesajından elde edilebilen saat düzeltmelerinin kullanıldığı varsayımıyla 3 metreden daha azdır [22]. Alıcı saat hataları alıcı saatinin kalitesine bağlı olarak 10-

100 metre arasında değişmektedir [23]. Saat hatalarının yanı sıra çeşitli küçük hata bileşenlerini içeren uzunluk ölçmesi aşağıdaki gibi verilebilir [14], [21], [24].

$$P = \rho + d_p + c(d_t - d_r) + d_{ion} + d_{trop} + d_e + \varepsilon_P + \varepsilon_{Mp} \quad (2.2)$$

Burada,

P , ölçülen kod uzunluğu (m),

ρ , uydu ve alıcı anteni arasındaki geometrik uzunluk (m),

d_p , yörünge hatası (m),

c , boşlukta ışığın yayılma hızı (m/s),

d_t , uydu saat hatası (s),

d_r , alıcı saat hatası (s),

d_{ion} , iyonosferik gecikme hatası (m),

d_{trop} , troposferik gecikme hatası (m),

d_e , uydu ve alıcı donanım noise değeri (m),

ε_P , alıcı kod noise değeri (m) ve

ε_{Mp} , kod multipath hatası (m)

olarak ifade edilmiştir [21].

Taşıyıcı faz, alınan uydu taşıyıcısının GPS alıcısında yaratılan sabit frekanslı bir sinyalle karşılaştırılması yoluyla ölçülür [19]. Taşıyıcı faz ölçmeleri için, tamsayı çevrim belirsizliğine dikkat edilmelidir. Bir alıcı, taşıyıcı faz vuruşunun yalnızca ondalık bölümünü ölçebildiği için, her faz ölçmesindeki dalga boylarının tamsayısı bilinmemektedir. Bu nedenle bilinmeyen tamsayı, tamsayı çevrim belirsizliği olarak adlandırılır. Tamsayı çevrim belirsizlik değerleri alıcılar veya farklı uydular arasındaki ölçmeler için bağımsızdır. Ancak faz sıçraması gerçekleşmediği sürece, belirsizlik değerleri farklı epoklarda yapılan ardışık ölçmeler için sabittir. Başlangıç tamsayı çevrim belirsizliği güvenilir olarak çözüldükten sonra taşıyıcı faz ölçmesi diferansiyel modda oldukça hassas konum sağlayacaktır. Bir alıcıdan yapılan faz ölçmesi eşitlik (2.3) ile ifade edilebilir [14], [21], [24].

$$\phi = \rho + d_\rho + c(d_t - d_\tau) + \lambda N - d_{ion} + d_{trop} + d_e + \varepsilon_\phi + \varepsilon_{M\phi} \quad (2.3)$$

Burada,

ϕ , ölçülen taşıyıcı faz (m),

λ , taşıyıcı dalga boyu (m),

N , tamsayı çevrim belirsizliği (çevrim),

ε_ϕ , alıcı taşıyıcı noise değeri ve

$\varepsilon_{M\phi}$, taşıyıcı faz yansıma hatası (m)

olarak ifade edilmiştir [21].

Her iki ölçme eşitliği karşılaştırıldığında farklı olarak taşıyıcı faz ölçmeleri tamsayı çevrim belirsizliğini ifade eden ek bir parametre içermekte ve faz gözlemleri iyonosferde hızlanarak geçtiği, kod gözlemleri ise yavaşlayarak geçtiği için iyonosferik gecikme parametreleri ters işaretlidir. Yansıma hatası ve noise değerleri ise kod ve taşıyıcı değerleri almaktadır. GPS hata kaynaklarına ilişkin bilgiler Bölüm 3'te detaylı olarak verilmiştir.

BÖLÜM 3

GPS HATA KAYNAKLARI

Çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere yapılan GPS ölçümlerinde toplanan sinyaller farklı nedenlerden dolayı hatalı bilgiler içerebilmektedir. Uzun süreli yapılan ölçümlerde (ölçüm süresi > 24 saat) sisteme dahil olan hatalar bir takım analizlerle elemine edilebilmekte, fakat kısa süreli ölçümlerde ise bu hatalar konum doğruluğu üzerindeki etkisini net bir şekilde göstermektedir.

Tarihsel olarak baktığımızda giderek azaltılmış veya elemine edilmiş de olan ana hata kaynakları iyonosferik kırılma, yörünge doğruluğu, anten faz merkezi modelleme, sinyal yansıma hatası, çevresel nedenlerden sinyal saçılması ve troposferik kırılma [3].

3.1 Yörünge Hataları

Uydular bulundukları konumda Güneş, Ay, Dünya ve diğer gezegenlerin farklı çekim etkileri ve farklı kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Bulundukları bu etkilerden dolayı bulundukları konum bilgisi ile bilinen konum bilgisi arasında fark bulunmaktadır. Bu farka uydu yörünge hatası denmektedir [25], [26].

GPS uydu yörünge hataları, IGS'nin (Uluslararası GNSS Servisi) yörüngeleri yüksek doğrulukla belirlemesi nedeniyle günümüzde hata kaynağı olarak görülmemektedir. [16], [17]. Günümüzde IGS hassas yörüngeleri 2.5 cm standart sapma ile elde edilebilmektedir [27]. IGS yörünge bilgilerinin doğruluğuna ilişkin bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 IGS yörünge bilgilerinin doğruluğu [28]

GPS Uydu Efemerisleri		Doğruluk	Örnekleme Aralığı
Broadcast		100 cm	Günlük
IGS Ultra Rapid	Kestirilmiş	5 cm	15 dak
	Dengelenmiş	3 cm	15 dak
IGS Rapid		2.5 cm	15 dak
IGS Final		2.5 cm	15 dak

3.1.1 Saat hataları

GPS uydu saat hataları, saat hatası, saat sapması olarak da tarif edilir ve GPS zamanı ile arasındaki uyumsuzluktan, yeni sinyalin alıcıya ulaşma süresinin doğru tespit edilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu hataları en aza indirmek için uydularda yükseklik hassasiyetli atomik saatler kullanılmaktadır. Uydu saat hatası ise kullanıcılara navigasyon mesajında iletilmektedir [26]. Çizelge 3.2’de IGS uydu saat bilgilerinin doğruluğu verilmiştir.

Çizelge 3. 2 IGS uydu saat bilgilerinin doğruluğu [28]

GPS Uydu & İstasyon Saatleri		Doğruluk	Örnekleme Aralığı
Broadcast		5 ns	Günlük
IGS Ultra Rapid	Kestirilmiş	3 ns	15 dak
	Dengelenmiş	150 ps	15 dak
IGS Rapid		75 ps	5 dak
IGS Final		75 ps	Sat: 30 s

GPS alıcılarına genellikle quars kristal osilatörler yerleştirilmiştir. Bu parçalar küçük, az enerji harcar ve pahalı değildirler [26]. Alıcı saat hatası ise alıcı saati ve GPS sistem saati arasındaki farktır [17], [29].

3.1.2 Uydu Geometrisi

Nokta konum doğruluğunda gerekli aralığa ulaşmak için alıcı ve uydular arasında uygun bir geometrinin (DOP: dilution of precision) oluşması gerekmektedir. Bu aranan doğruluğun sağlanabilmesi için öncelikli şart alıcının en az dört uydu görmesi gerekliliğidir (Şekil 3.1) [30]. DOP, alıcı ile uyduların birbirine göre, göreceli konumlarına bağlı olarak tanımlanan ve ölçü noktasına ait konum parametrelerinin Pseudorange hataları (UERE (User Equivalent Range Error), URE (User Range Error)) ile ilişkisini kuran doğruluk sınırlayıcı geometri faktörleri olarak da ifade edilebilmektedir [15]:

$$\text{DOP: } \sigma/\sigma_0 \quad (3.1)$$

Burada,

σ : doğruluğu aranan büyüklüğün standart sapması,

σ_0 : pseudo uzaklık ölçümlerinin standart sapmasıdır.

DOP faktörleri genel olarak dengeleme sonrası elde edilen kofaktör veya varyans – kovaryans matrisinin köşegen elamanlarının fonksiyonu olarak elde edilmektedir. DOP faktörleri, bilinmeyenler gözlem noktasının x, y, z koordinatlarıyla alıcı saat hatası olduğundan bilinmeyenlere göre aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- GDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan nokta koordinatlarına ve alıcı saati bilinmeyenine toplam etkisi,

$$\text{GDOP} = (Q_{xx} + Q_{yy} + Q_{zz} + Q_{tt})^{1/2} \quad (3.2)$$

- PDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey koordinatlara etkisi,

$$\text{PDOP} = (Q_{xx} + Q_{yy} + Q_{zz})^{1/2} \quad (3.3)$$

- HDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay koordinatlara etkisi, (enlem, boylam)

$$\text{HDOP} = (Q_{nn} + Q_{ee}) \quad (3.4)$$

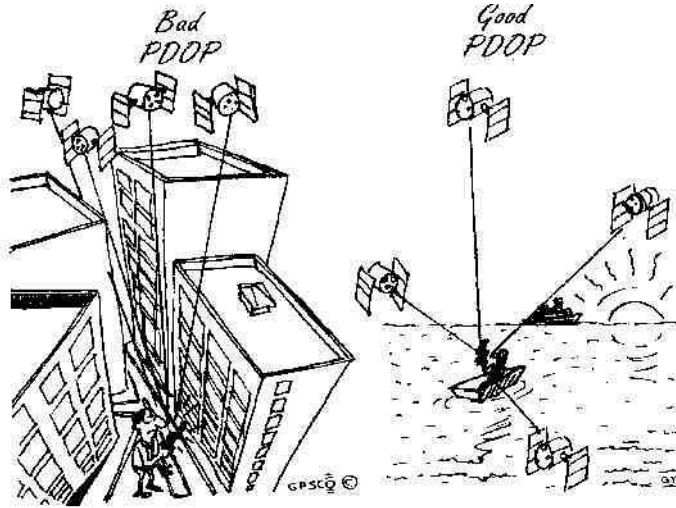
- VDOP: Uydu geometrinin hesaplanan nokta yüksekliğine etkisi,

$$VDOP = (Q_{uu})^{1/2} \quad (3.5)$$

- TDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan zaman bilgisine etkisidir [15], [31].

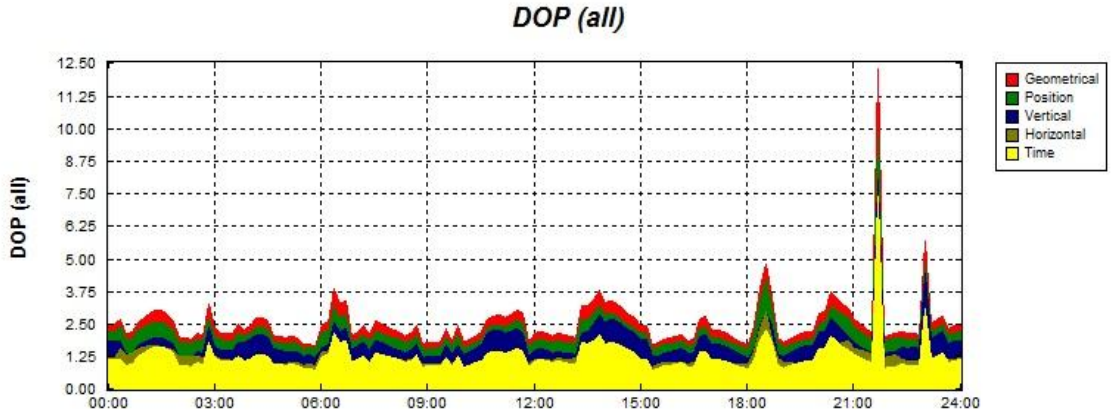
$$TDOP = (Q_{tt})^{1/2} \quad (3.6)$$

Görsel olarak uydu geometrisine bağlı konum doğruluğu, uydulardan alıcıya oluşturulan uzaysal kirişlerle meydana gelen çok kenarlı cismin (Polyhedron) hacmi olarak düşünülebilir. Buna göre daha büyük hacimli bir geometrinin daha iyi konum doğruluğu vereceği söylenebilir.

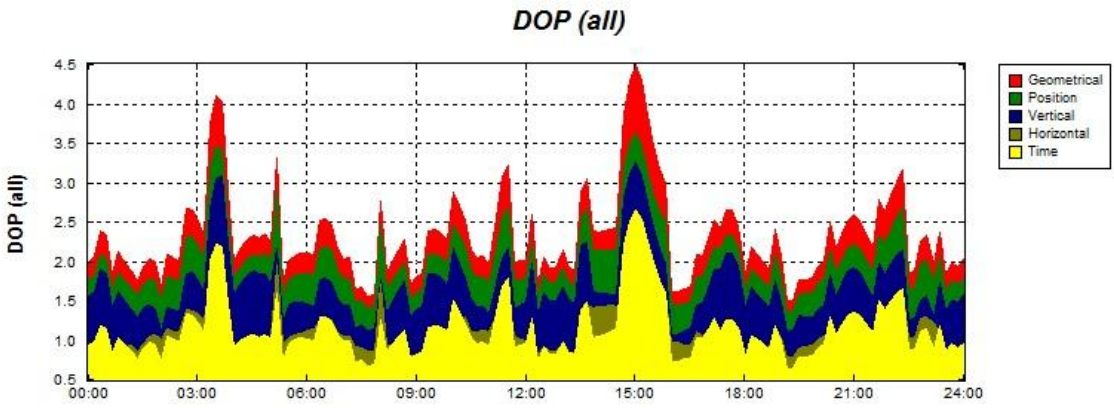


Şekil 3. 1 Uydu geometrisi [32]

Şehir içlerinde yapılan ölçümlerde genellikle alıcının görüş açısındaki darlıktan dolayı gökyüzündeki uydular ile kötü bir geometri ile bağlantı kurulmakta ve istenilen doğruluk değerini yakalamak çok zor olmaktadır. ISTA noktasının 187. GPS günü (temmuz ayı) ve 342. GPS günü (aralık ayı) DOP grafikleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 ISTA 187. GPS günü DOP grafiği [33]

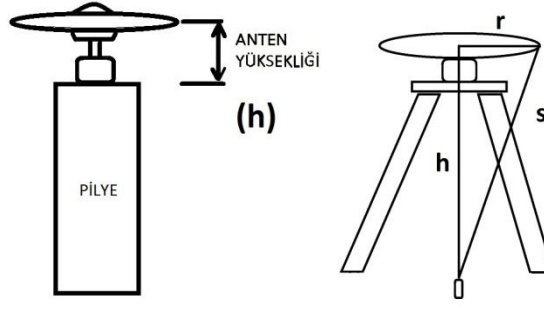


Şekil 3. 3 ISTA 342. GPS günü DOP grafiği [33]

3.2 Anten Yüksekliği Hatası

Uygulamada yanlış ölçülen anten yüksekliği ölçülen noktanın konum bilgisine direkt etki etmektedir. Anten yüksekliği hatası genel olarak uygulama esnasında operatörün yanlış ölçümünden kaynaklanmaktadır. Hatayı önlemek veya en aza indirmek için anten yüksekliği tekrarlı ölçüler ile kontrol edilmelidir. Alet sehpası kullanılan ölçümlerde ise kontrol amaçlı anten dış çevre kenarından noktaya olan dik yükseklik ölçülmeli (h), anten çapının (r) karesi ve dik yüksekliğin (h) karesi toplanıp anten yüksekliği eğik mesafe ölçülerek (s) veya eşitlik (3.7)'deki gibi (h) yüksekliğinin kontrolü yapılmalıdır (Şekil 3.4).

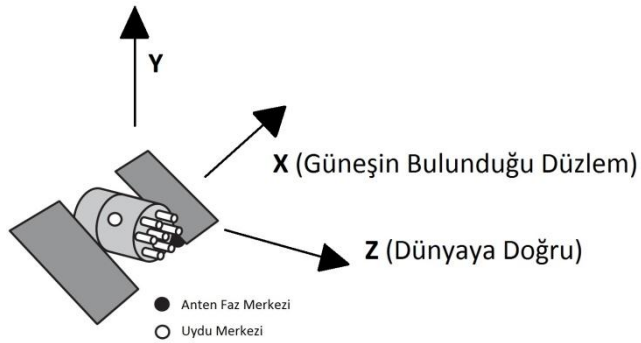
$$h = \sqrt{s^2 - r^2} \quad (3.7)$$



Şekil 3. 4 Pilye ve sehpa üzerinde anten yüksekliği ölçümü

3.3 Anten Faz Merkezi Hatası

GPS uydu anteninin faz merkezi uydu merkezine göre ötelenmiş yerdir. Bütün GPS ölçümleri ve yayın efemerisleri anten faz merkezine göredir. Diğer bir taraftan IGS hassas efemerisi ise uydu kütle merkezine göredir. Bu aradaki fark GPS değerlendirme algoritmalarının içine yerleştirilmiş olmalıdır. Bununla birlikte gerçekte uydulardaki güneş panelleri kendi yüzlerini güneşe doğru döndürdüklerinden dolayı fark vektörlerinin dönüklükleri de değişir. Fark vektörünün yönündeki değişim güneş ve uydunun konumun bir fonksiyonudur ve dünya merkezli ve dünyanın sabit olduğu bir referans çerçevesi ile matematiksel olarak modellenenebilir (Şekil 3.5) [34].



Şekil 3. 5 GPS uydularında Anten Faz Merkezi Ötelemesi [34]

GPS alıcılarında anten faz merkezi uydudan gelen sinyalin antene ulaştığı nokta olan antenin elektronik merkezi, geometrik olarak işaretlenen yer ise alıcı anteninin geometrik merkezidir [35]. Bu iki merkez arasındaki sapmaya ise faz merkezi kayıklığı denir. Anten faz merkezi konumu sinyallerin uydudan çeşitli yön ve açılarda gelmesi sonucu değişmektedir [16], [17].

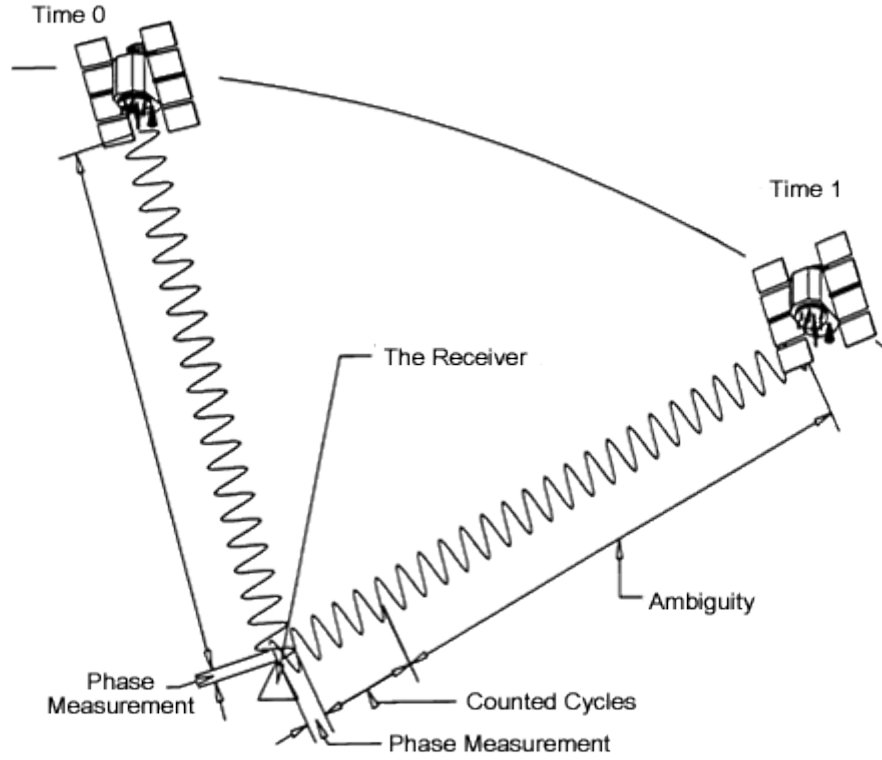
Pratikte bu hatanın elemine edilebilmesi için ölçümlerde aynı tip antenlerin kullanılması, antenlerin aynı yöne (kuzeye) yönlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılan anten tipleri aynı ise anten faz merkezi değişiminin etkisi en çok 0.015 ppm ölçek faktörü biçimindedir ve bu etki baz uzunluğuna bağlı olarak antenlerin uyduları farklı açılardan görmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer farklı anten tipleri kullanıldıysa ve uygun modelleme yapılmadıysa bağlı yükseklik hatası 10 cm'ye ulaşabilmekte ve bu hata baz uzunluğuna bağlı değildir [17], [36].

3.4 Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) ve Faz Kesikliği (Cycle Slip)

GPS alıcısı ölçü anında yalnızca uydu sinyali ile alıcı arasındaki faz farkını ($0 - 2\pi$ radyan veya $0 - 1$ dalga boyu biriminde) ölçer (Şekil 3.6). Alıcının açıldığı anda devreye giren bir sayaç, uydu alıcı faz farkı $2\pi - 0$ arasında değiştiğinde +1 veya -1 tamsayı artar veya azalır. Böylece ilk ölçü epokundan itibaren fazdaki tamsayı değişimleri belirlenmiş olur. Bununla beraber ilk (başlangıç) anı için uydu – alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç adet tam dalga içerdiği bilinmemektedir (Şekil 3.6) [13].

Genelde N ile gösterilen başlangıç faz belirsizliği, uydu ile alıcı arasında sinyal kesikliği olmadığı sürece sabit kalacaktır. Ancak kısa ya da uzun süreli bir kesiklik, sayaçtaki tamsayı değerinde (kesiklik süresine bağlı olarak) bir ya da çok sayıda tamsayı hatasına (kayıklığına, sıçramasına) neden olur. Bu olaya faz kesikliği (kayıklığı) (cycle slip) adı verilir [13].

Bu tez çalışmasında tamsayı belirsizliği çözümü için Bernese 5.0 GPS yazılımında tanımlı QIF “quasi-ionosphere free” stratejisi seçilmiştir. QIF stratejisinde sadece faz ölçüleri kullanılmaktadır. QIF stratejisi, iyonosfer hatalarını büyük ölçüde gidermesine karşına iyonosferde meydana gelen düzensiz değişimlere duyarlıdır. Çok yaygın kullanılan iki aşamalı dar – geniş aralık kombinasyon çözümü yerine QIF’te, tek aşamalı çözüm yapılmaktadır [17], [37].



Şekil 3. 6 Başlangıç Faz Belirsizliği (Ambiguity) [38]

GPS alıcıları gözlenen her uyduya hiçbir ölçü kesiti olmadan gözlemlerini sürdürmelidir. Gözlemlerde sinyal kesikliği olmadığı sürece N sabit olacaktır. Öte yandan GPS gözlemleri devam ederken uydu ile alıcı arasına bir cisim girmesi ile uydu sinyalinin alınmasında meydana gelecek sinyal kesikliğinin olduğu andan sonraki gözlemlere kadar oluşan kayma miktarı kadar düzeltilmelidir. Sinyal kesikliklerinin genel nedenleri;

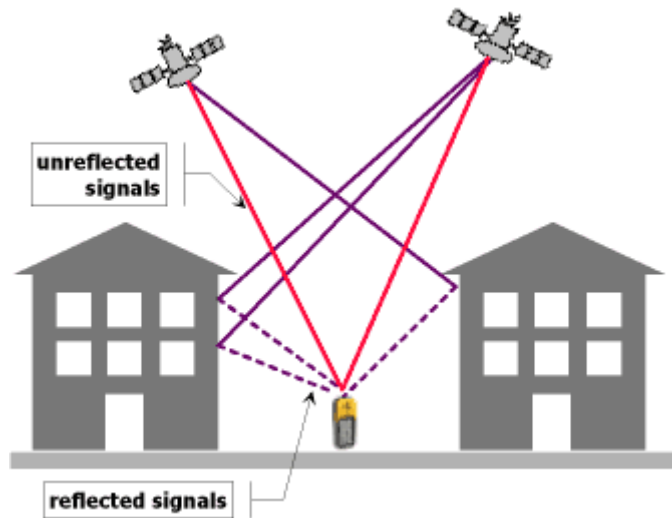
- Ölçü noktası çevresinde ağaç, bina, köprü v.s. uydu sinyalinin alıcıya ulaşmasını engelleyen nesneler,
- Kötü iyonosferik koşullar nedeni ile sinyal gürültüsü (S/N) oranının düşük olması,
- Sinyal yansıma etkisi (Multipath),
- Alıcı yazılımında oluşabilecek arızalar,

olarak sıralanabilir. Pratik konum belirlemede 20 km altındaki bazlarda faz belirsizliği ve sinyal kesikliği GPS yazılımlarında otomatik olarak giderilmektedir ve faz gözlemlerinin

yüksek doğrulukla elde edilebilmesi için faz belirsizliği çözebilecek kadar ölçü toplanmalıdır [15].

3.5 Yansıma Hatası

Uydudan gelen sinyalin GPS alıcı antenine iki yada daha fazla yoldan kırılma ve yansıma gibi nedenlerle ulaşmasından yansıma hatası (multipath) meydana gelir. Yansıma etkisi anten çevresindeki faktörlerin kırma özelliğine bağlıdır ve çoğunlukla binalar gibi büyük engeller nedeni ile ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.7) [17], [39]. Taşıyıcı faz yansıma hatası L_1 ve L_2 sinyalleri için çeyrek dalga boyunu aşmamakla birlikte yaklaşık 5-6 cm'dir [26].



Şekil 3. 7 Sinyal Yansıma Hatası [40]

Yansıma hatasının azaltmak için; yansıtıcı çevrenin olmadığı bir yer seçimi yapılmalı, yer düzlem anteni veya “choke-ring” anten kullanılmalı, dijital olarak yansıyan sinyal etkisini filtre eden alıcılar kullanılmalı, gözlem düzlemine göre düşük yükseklikte kalan uydular yansıma hatasına yatkın olduğundan gözlenmemelidir [26].

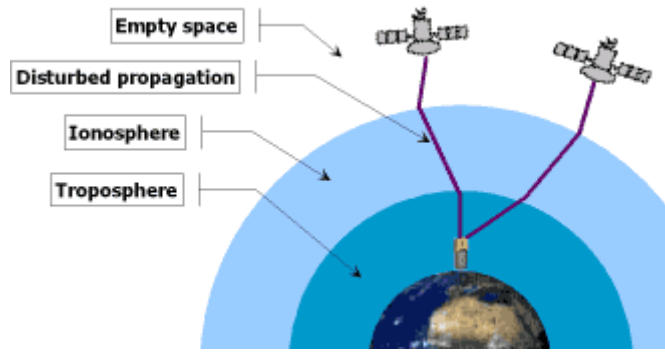
3.6 Troposfer Gecikme Hatası

Troposfer GPS taşıyıcı faz sinyallerini geciktiren dağıtıcı olmayan bir ortamdır (Şekil 3.8). Bundan dolayı GPS alıcısı ile uydu arasında ölçülen mesafe gerçek mesafeden daha uzun ölçülür [34]. 15 Ghz'e kadar olan frekanslarda nötr atmosfer diye adlandırılan troposfer tabakası saçıcı olmayan bir ortamdır. Bundan dolayı frekans bağımlı değildir. İyonosfer tabakasındaki etkileri gidermede kullanılan L_1 ve L_2

frekanslarının kombinasyonu ile bu etki giderilmez. Bu nedenle troposferden kaynaklanan hatalar modellenerek giderilir [17], [41]. Troposferik kırılmayı (N^{trop}) kuru (N_d^{trop}) ve ıslak (N_w^{trop}) olarak iki kısma ayrılır [16], [42] :

$$N^{\text{trop}} = N_d^{\text{trop}} + N_w^{\text{trop}} \quad (3.8)$$

Kuru bileşenden kaynaklanan gecikme 2 m kadardır ve bu troposferik gecikmenin %90'ıdır. Kuru bileşen yüzey basıncına bağlı olarak değiştiğinden ıslak bileşene oranla daha kolay modellenir. Atmosferdeki su buharı ıslak bileşendir ve etkisi 10 m civarındadır [1], [17].



Şekil 3. 8 Atmosferdeki Sinyal Gecikmesi [40]

Bundan dolayı ıslak bileşende gecikme daha çok değişkenlik göstermektedir [16], [43].

Essen ve Froome [44] (1951)'e göre:

$$N_{d,0}^{\text{trop}} = 77.64 \frac{p}{T} \left[\frac{\text{K}}{\text{mb}} \right] \quad (3.9)$$

$$N_{w,0}^{\text{trop}} = -12.96 \frac{e}{T} \left[\frac{\text{K}}{\text{mb}} \right] + 3.718 * 10^5 \frac{e}{T^2} \left[\frac{\text{K}^2}{\text{mb}} \right] \quad (3.10)$$

Burada p milibar cinsinden atmosfer basıncını, T Kelvin cinsinden haca sıcaklığını ve e ise milibar cinsinden kısmi su buhar basıncını göstermektedir.

Bir troposferik model genellikle dolaylı olarak bir nokta konumuna ve yılın ölçüm yapılan gününe bağlı bir projeksiyon fonksiyonu içerir. Eğer yüksek doğruluk amaçlanıyorsa ek parametrelerin kestirimi için basınç, sıcaklık ve nemlilik gibi yer meteorolojik bilgilerini de içeren birincil model de kullanılmalıdır. Çizelge 3.3'te örnek bir tablo verilmiştir.

Çizelge 3. 3 Troposferik Gecikmenin Fonksiyonel Etkisi [16]

T	P	H	$\left \frac{\partial \Delta \varrho}{\partial T} \right $	$\left \frac{\partial \Delta \varrho}{\partial P} \right $	$\left \frac{\partial \Delta \varrho}{\partial H} \right $
°C	mbar	%	mm/°C	mm/mbar	mm/%
0°	1000	50	3	2	0.6
30°	1000	50	14	2	4
0°	1000	100	5	2	0.6
30°	1000	100	27	2	4

Bernese 5.0 programında troposfer parametrelerini kestiriminde kullanılan model aşağıda verilmiştir:

$$\Delta \varrho_k^i(t, A, z) = \underbrace{\Delta \varrho_{\text{apr},k}(z_k^i)}_{\text{birincil model}} + \underbrace{\Delta^h \varrho_k(t) f(z_k^i)}_{\text{Zenit Gecikmesi}} + \underbrace{\Delta^n \varrho_k(t) \frac{\partial f}{\partial z} \cos A_k^i + \Delta^e \varrho_k(t) \frac{\partial f}{\partial z} \sin A_k^i}_{\text{yatay gradyan}} \quad (3.11)$$

Burada;

$\Delta \varrho_k^i$: k istasyonu ile i uydusu arasındaki troposfer yolu gecikmesi,

t: gözlem zamanı,

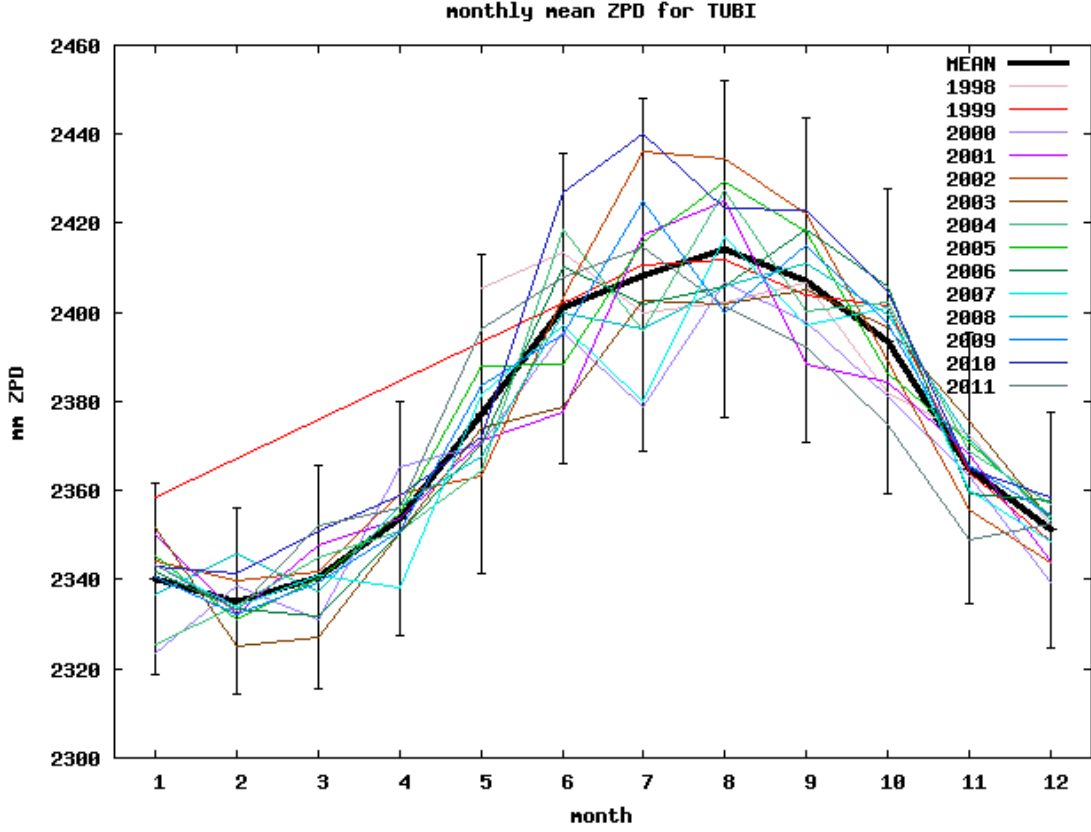
z_k^i, A_k^i : k istasyonu tarafından gözlenen i uydusunun azimut ve zeniti,

$\Delta \varrho_{\text{apr},k}(z_k^i)$: birincil modele göre eğik gecikme,

$\Delta^h \varrho_k(t) f(z_k^i)$: zaman bağlı zenit yolu gecikmesi ve onun projeksiyon fonksiyonu,

$\Delta^n \varrho_k(t), \Delta^e \varrho_k(t)$: zamana bağlı kuzey-güney ve doğu-batı troposfer gradyan parametreleridir.

Troposfer tabakasındaki kuru gazlar ve su buharından dolayı sinyallerde gecikme olmaktadır ve buda sinyalin troposferdeki yayılma süresini arttırmaktadır. Troposferde olan bu etkilere troposferik kırılma, troposfer yolu gecikmesi veya basitçe troposferik gecikme denmektedir [19]. 1998 – 2011 yılları arasındaki TUBİ GPS istasyonuna ait aylık ortalama zenit yolu gecikmesi değerleri Şekil 3.9’da verilmektedir. Yaz aylarında gecikme değerlerinin maksimum kış aylarında ise minimum seviyelerde olduğu gözlenmektedir.



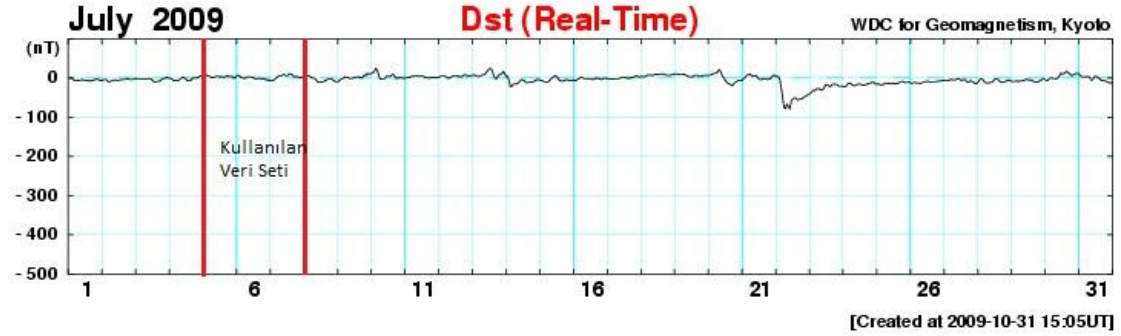
Şekil 3. 9 1998 – 2011 yılları arası TUBI istasyonu aylık ortalama zenit yolu gecikmesi grafiği [45]

3.7 İyonosfer Hatası

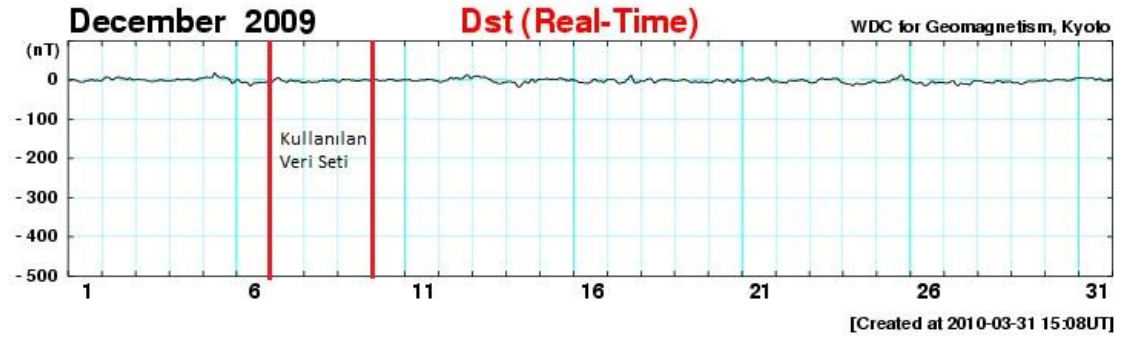
İyonosfer dünya yüzeyinden 50 ile 1000 kilometre aralığında yukarıda atmosfer içindeki bir katmandır. Bu tabakada güneşin ultraviyole ışınları gaz moleküllerini iyonize eder ve bir elektron koparır. İyonosferdeki bu serbest elektronlar mikrodalga sinyallerin yayılmasını yani hızını, yönünü ve kutuplaşmasını etkiler. En büyük etki ise sinyallerin hızında olur ve bu da birincil olarak ölçülen mesafeyi etkiler [26].

İyonizasyonun derecesi, jeomanyetik etkilerin büyük rol oynadığı güneş aktiviteleriyle korelasyonlu olan büyük değişimleri gösterir [46]. İyonosferik fırtına olarak da ifade edilen bu jeomanyetik etkileri veya manyetik fırtınaları Dst indisi gibi bir parametre ile izlemek mümkündür [17]. Manyetik fırtınalar, özellikle yüksek enlem ve ekvator bölgelerinde GPS sinyallerini etkilemektedir. Stokastik özellikteki manyetik fırtına kaynaklı iyonosferik düzensizlikler, sinyal fazında hızlı ani değişimler meydana getirmektedir. Bunun yanı sıra sinyal gücü azalması da oluşmaktadır. Bu durumda GPS

alıcısının, GPS uydularını izleme performansı azalmaktadır [14], [17]. Bu çalışmada jeomanyetik etkinin en az olduğu günler seçilmeye dikkat edilmiştir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da temmuz ve aralık aylarına ait jeomanyetik etki yani ionosferik fırtına değerleri grafikler üzerinde gösterilmiştir. Seçilen günlerde iyonizasyon etkisinin minimum olduğu, fakat temmuz ayında aralık ayına göre daha fazla olduğu gözlenmektedir [46].

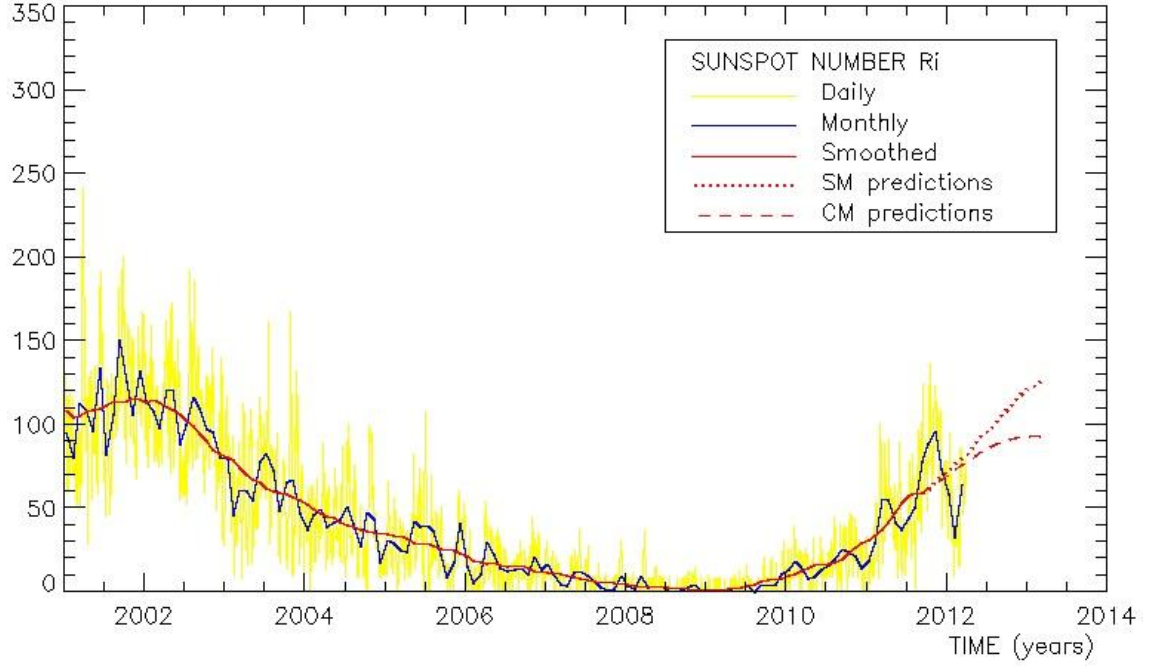


Şekil 3. 10 Temmuz ayında atmosferdeki sinyal gecikmesi [46]



Şekil 3. 11 Aralık ayında atmosferdeki sinyal gecikmesi [46]

Güneş aktiviteleri, örneğin 11 yıllık periyotlar ve bunun yanında 80-100 yıllık büyük periyotlarla gözlenen güneş lekeleri sayısı ile sınıflandırılabilir. Şekil 3.11'de 2001-2012 yılları arasındaki günlük, aylık ve yıllık yumuşatılmış güneş lekeleri sayısı verilmektedir. Bu çalışmada verilerin alındığı 2009 yılında da güneş lekeleri aktivitesinin minimum seviyelerde olduğu gözlenmektedir [16].



Şekil 3. 12 2001-2012 Yılları Arası Güneş Lekesi Aktivite Sayısı [47]

Bir elektromanyetik dalga yayılırken, taşıdığı elektrik yükünün, ortamın elektrik yükü ile etkileşmesi sonucunda ortamın yani iyonosferin saçıcı etkisinden dolayı hızında ve yayılmasında değişikliğe neden olur [13]. İyonosferin radyo dalgaları için saçıcı etkisi, eşitlikte serbest elektron yoğunluğu ile birlikte, frekansın fonksiyonu olarak kırıcı indisi ile ifade edilir. Taşıyıcı faz gözlemlerinde iyonosferin kırıcı etkisi;

$$n_{\phi} = 1 - \frac{\alpha N_e}{f^2} \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilirken pseudo gözlemlerindeki iyonosferin kırıcı etkisi

$$n_p = 1 + \frac{\alpha N_e}{f^2} \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilir. Burada α sabit sayı (40.28), N_e her m^{-3} 'teki elektron sayısı, f ise Hz cinsinden frekans olarak ifade edilir. n_{ϕ} ve n_p kırılma indislerinin radyo sinyal yolu boyunca integrali alınır

$$\rho_{\phi} = \int_S \left(1 - \frac{\alpha N_e}{f^2} \right) dS = \rho - d_{ion} \quad (3.14)$$

ve

$$\rho_p = \int_S \left(1 + \frac{\alpha N_e}{f^2}\right) dS = \rho + d_{ion} \quad (3.15)$$

olur ve burada ρ geometrik uzaklık ve d_{ion} iyonosfer mesafe hatasıdır. d_{ion} ise aşağıdaki şekilde ifade edilir [14], [17]:

$$d_{ion} = \alpha TEC / f^2 \quad (3.16)$$

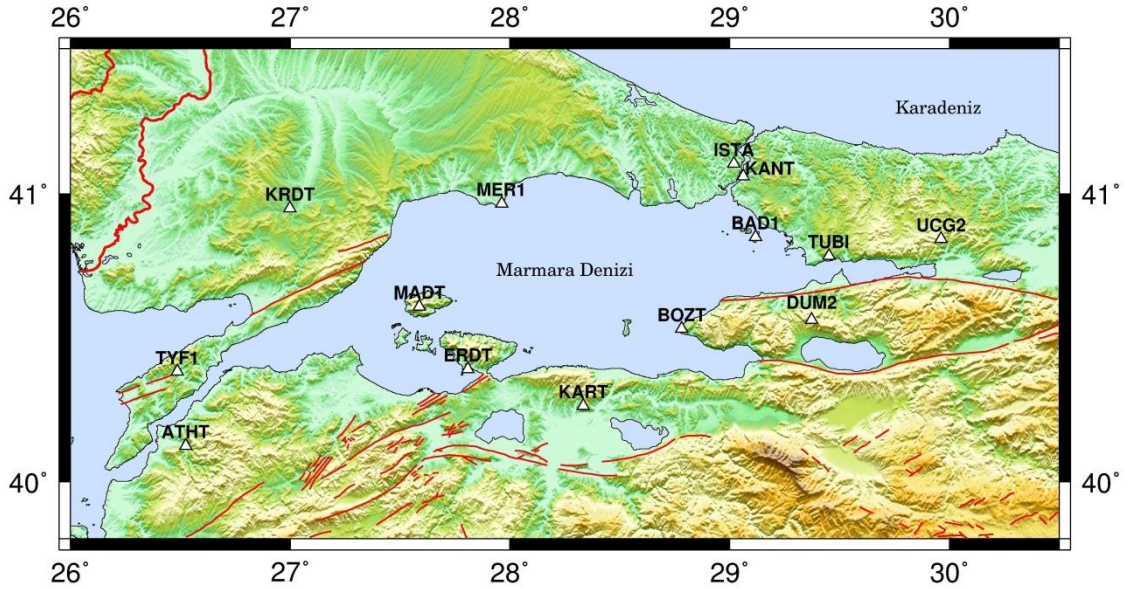
TEC toplam elektron yoğunluğu 10^6 elektron/m² birimindedir. TEC, Güneş ışınlarına bağlı uzun ve kısa periyotlu iyon değişimleri, dünyanın manyetik alanı, mevsim, zaman (gün ve saat), alıcı ve uydunun konumu gibi pek çok nedene bağlı olarak değişmektedir [13], [48], [49]. Örneğin dünyanın her yerinde yerel zamanla 14:00'te TEC maksimum değere ulaşır. Kuzey yarım kürede kışın ve ekinoks aylarında maksimum, yaz aylarında ise minimum değerdedir [13]. Çift frekanslı konumlama sistemlerinin avantajı iyonosferin doğal olan saçıcı etkisini düzeltebilmesidir [14], [17]. Bu nedenden dolayı GPS uyduları 1.57542 Ghz frekansında L_1 sinyali, 1.22760 Ghz frekansında L_2 sinyali yayını yapmaktadır [49]. Bu durumda örneğin L_1 ve L_2 pseudo ölçümlerinin lineer kombinasyonlarıyla ve aynı şekilde faz ölçümleriyle iyonosferik etki kestirilebilir veya büyük oranda çıkartılabilir. Örnek olarak faz gözlemleri için iyonosferik etki

$$d_{ion} = \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} [P_1 - P_2] + e \quad (3.17)$$

şeklinde ifade edilir. Burada f_1 ve f_2 sırasıyla L_1 ve L_2 sinyallerinin frekansları, P_1 ve P_2 sırasıyla L_1 ve L_2 pseudo ölçümleri ve e indisi ise rasgele hata veya modellenemeyen hatayı ifade etmektedir [49].

GPS ÖLÇÜLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada baz uzunluğuna ve ölçüm süresine bağlı olarak nokta konum doğruluğunun mevsimsel değişimden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla TÜBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından işletilen Marmara bölgesindeki Marmara sürekli GPS ağına (MAGNET) ait sürekli ölçüm yapan 12 adet noktanın ve IGS (International GNSS Service) ağına ait ISTA ve TUBİ noktalarının verileri kullanıldı. GPS istasyonlarının konumları Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1 GPS istasyonları

Bu 12 adet noktanın 2009 yılında olmak üzere 12 aya ait 3'er günlük verisi TÜBİTAK Marmara Araştırmaları Merkezinden, İSTA ve TUBİ noktalarının verileri SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) web sitesinden elde edildi [50]. GPS istasyonlarına ait alıcı ve anten bilgileri Çizelge 4.1'de, GPS istasyonlarının gözlem tarihleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Gözlem tarihleri her bir ayın yaklaşık aynı döneminde ve iyonosfer etkisinin en az olduğu günler dikkate alınarak belirlenmiştir [46].

Çizelge 4. 1 GPS istasyonlarına ilişkin alıcı ve anten bilgileri

Nokta	Alıcı Tipi		Anten Tipi
DUM2	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
İSTA	ASHTech	Z-XII3	ASH700936D_M
KANT	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
KART	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
MADT	TRIMBLE	5700	TRM29659.00
MER1	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
TUBİ	TRIMBLE	4700	TRM29659.00
UCG2	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
BAD1	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
ATHT	TRIMBLE	4000SSI	TRM14532.00
TYF1	TRIMBLE	5700	TRM29659.00
KRDT	TRIMBLE	4000SSI	TRM14532.00
BOZT	TRIMBLE	4000	TRM29659.00
ERDT	TRIMBLE	5700	TRM29659.00

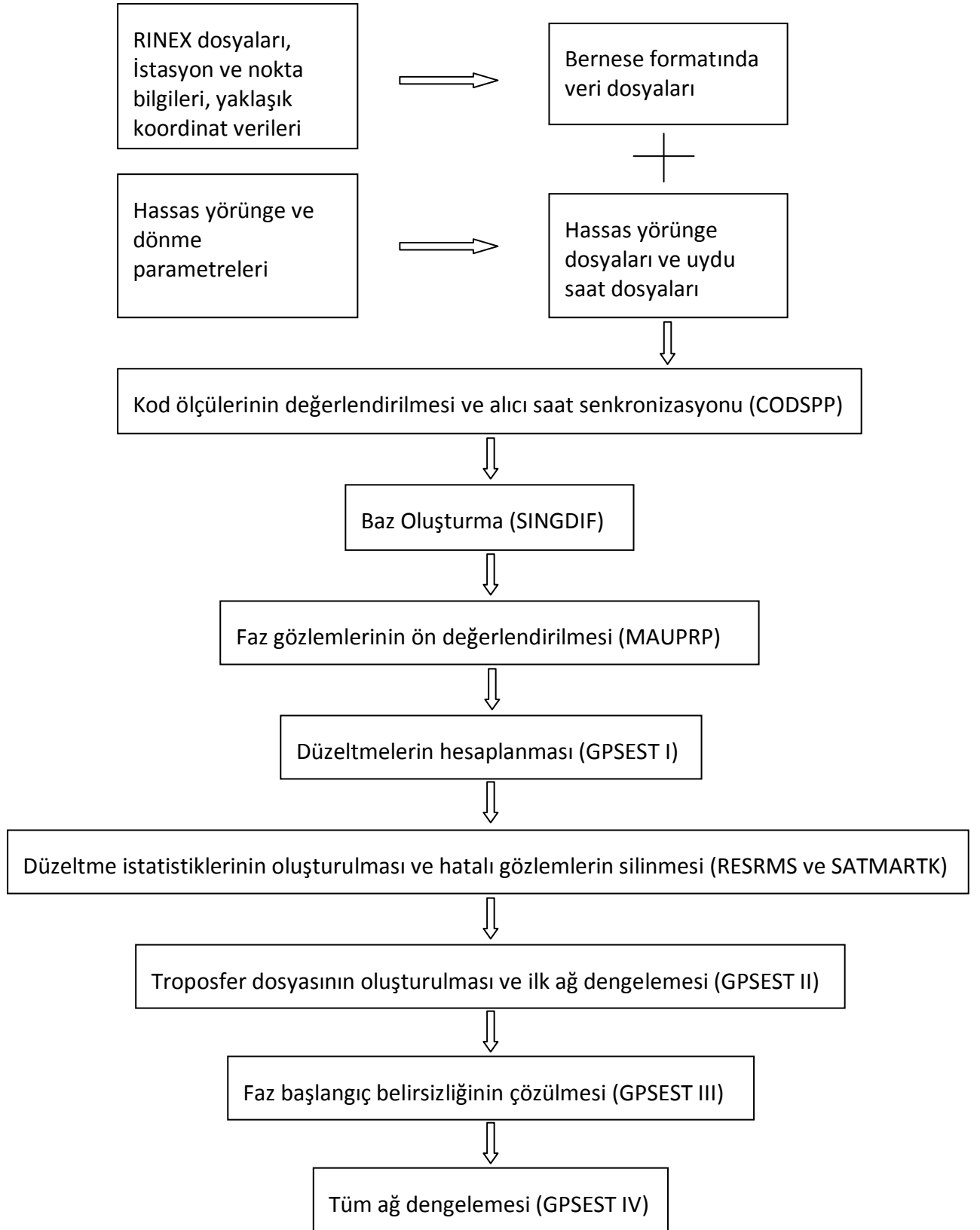
Çizelge 4. 2 GPS istasyonlarına ilişkin gözlem tarihleri

GPS Günü																																					
Nokta	6	7	8	36	37	38	65	66	67	96	97	98	126	127	128	160	161	162	186	187	188	223	224	226	247	248	249	279	280	281	310	311	312	341	342	344	
ATHT	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
BAD1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
BOZT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
DUM2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ERDT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
KANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
KART	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
KRDT				*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	
MADT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MER1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TUBI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TYF1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
UCG2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ULUT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ISTA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Ocak	Şubat			Mart			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			Aralık					

4.1 Değerlendirme Stratejisi

Bu aşamada verilerin değerlendirme öncesi yapılan hazırlıklar, değerlendirme sırasını ve uygulanan strateji, değerlendirme sonrası elde edilen analiz sonuçlarına ilişkin bilgiler verilecektir.

GPS ölçüleri İsviçre Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese 5.0 akademik değerlendirme yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bernese 5.0 yazılımında verilerin değerlendirilmesi için öncelikle SOPAC'tan indirilen ISTA ve TUBI noktalarına ait hatanaka formatındaki GPS ölçüleri RINEX formatına dönüştürülmüştür. Noktalarda ölçüm yapılan GPS alıcılarının tipi, anten tipi ve anten yüksekliği gibi nokta bilgilerinin bulunduğu .STA uzantılı dosyalar, noktaların seçilmiş olan epoktaki yaklaşık koordinatları bulunan .CRD uzantılı dosyalar, Bernese 5.0'da bazı aşamalarda kullanılacak olan nokta kısaltmalarının bulunduğu .ABB uzantılı dosyalar her GPS günü için hazırlanmıştır. Ayrıca Bernese formatına uygun olduğu için Bernese akademik yazılımının sitesinden içinde yeryüzü dönme parametrelerinin bulunduğu .ERP uzantılı dosya ve hassas yörünge bilgilerinin (final orbit) bulunduğu .igs verileri IGS'nin (International GNSS Service) sitesinden elde edilmiştir. Hazırlık aşamasından sonra GPS ölçülerinin değerlendirme aşamasına geçilmiş ve Şekil 4.2'de verilen strateji kullanılmıştır.



Şekil 4. 2 Bernese 5.0 programı akış diyagramı [51]

Tablolanmış Yörünge Saat Bilgisi Oluşturma (PRETAB):

PRETAB programı Earth-fixed sistemdeki uydu konumlarını J2000.0 insersiyal sistemine dönüştürür ve hassas tablolanmış yörünge saat bilgisi türetir [16].

Standart Yörünge Oluşturma (ORBGEN):

ORBGEN programı tablolanmış yörünge dosyasındaki uydu konumlarını kullanarak en küçük kareler dengelemesi için standart yörünge bilgilerini oluşturur.

Kod ölçülerinin değerlendirilmesi (CODSPP):

CODSPP programı ile hassas yörünge dosyasından alınan verileri ve tablolanmış yörünge saat bilgilerinden gelen veriler ile birlikte kod gözlemleri değerlendirilerek alıcı saat düzeltmeleri hesaplanır.

Baz oluşturma (SINGDIF):

SNGDIF programı ile faz gözlemlerinden tekli farklar oluşturulmuş, bu tekli farklar bir dosyada depolanmıştır [16]. Tekli farklar oluşturulurken “STAR” modeli kullanılmış, referans noktası olarak ise IGS istasyonu olan ISTA noktası seçilmiştir.

Faz Gözlemlerinin Ön Değerlendirilmesi (MAUPRP):

MAUPRP programı ile faz kesiklikleri tespit edilmesi için referans olacak epok farkları hesaplanır ve faz kesiklikleri düzeltilir. Düşük yükseklikteki uydulardan yapılan gözlemler, kısa süreli gözlemler ve sinyal ile eşleştirelemeyen gözlemler işaretlenir. Uyuşumsuz ölçüleri tanımlayabilmek için parametrik olmayan kısımlar ayrılır. Tüm gözlemler kontrol edilir ve faz kesiklikleri olan zaman aralıkları bulunur [16].

Parametre Kestirimi 1 (GPSEST I) (Düzeltilmelerin Hesaplanması):

GPSEST I programının amacı en küçük kareler dengelemesidir fakat ilk aşamada iyonosferden bağımsız (L_3) oturumdaki düzeltmeler hesaplanır. Bu aşamada oturuma ait herhangi bir sonuç dosyası beklenmez verilerin kalitesi kontrol edilir. Düzeltmelerin hesaplanması aşamasında ISTA noktası referans noktası kabul edildi ve 1 mm önsel standart sapma ön görülerek sıkı koşul uygulanmıştır.

Düzeltilme İstatistiklerinin Analizi (RESRMS):

RESRMS programı ile noktalara ait yada bazlara ait düzeltmeler için istatistiksel bilgiler oluşturulur.

Gözlem Dosyaların işaretlenmesi ve/veya Silinmesi (SATMRK):

SATMRK programı ile RESRMS programı ile belirlenen istatistiksel değerlerden kabul edilebilir olmayanlar gözlem dosyalarından silinir.

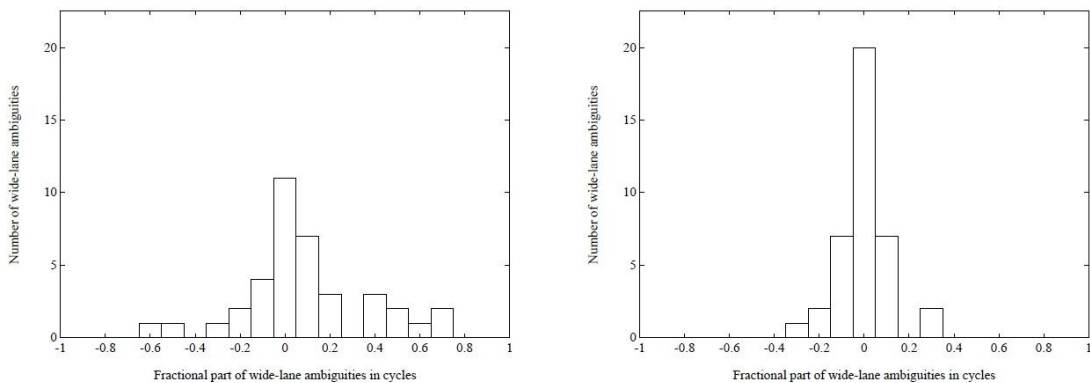
Parametre Kestirimi 2 (GPSEST II) (Atmosfer Dosyalarının Oluşturulması):

GPSEST programı ikinci kez çalıştırılarak faz başlangıç belirsizliği çözümlerinden önce atmosfer dosyası oluşturulur. İyonosfer dosyası Bernese arşivinden elde edildiği için atmosfer dosyası olarak sadece troposfer dosyası oluşturulmuştur.

Parametre Kestirimi 3 (GPSEST III) (Faz Başlangıç Belirsizliği Çözümü):

Faz başlangıç belirsizliği, uydudan alıcıya gelen sinyalde ne kadar tam dalga sayısının taşındığının bilinmiyor oluşu durumudur. Gözlemler içindeki faz başlangıç belirsizliği parametreleri tam sayılardır fakat bu parametreler net bir şekilde ayıramayan doğrusal terimler içerir. Bu terimler alıcı ve uydu saat düzeltmeleri, donanımsal gecikmeler ve alıcı ve uydu arasındaki ilk faz kesrini içerir [16].

Faz başlangıç belirsizliği çözümü için uygun bir algoritma seçmek gerekmektedir ve örnek olarak Şekil 4.3 (a)'da model uygulanmadan, Şekil 4.3 (b)'de model uygulanarak çözülen faz başlangıç belirsizlikleri istatistiksel olarak ifade edilmiştir [16].



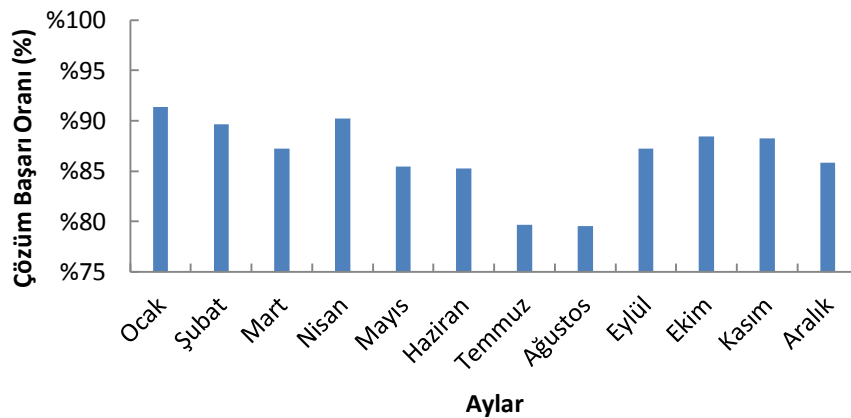
Şekil 4. 3 Faz başlangıç belirsizliği çözümü için model uygulaması [16].

Bernese 5.0 GPS değerlendirme yazılımında kullanılan faz başlangıç belirsizliği çözümüne ilişkin stratejiler Çizelge 4.3’de verilmektedir.

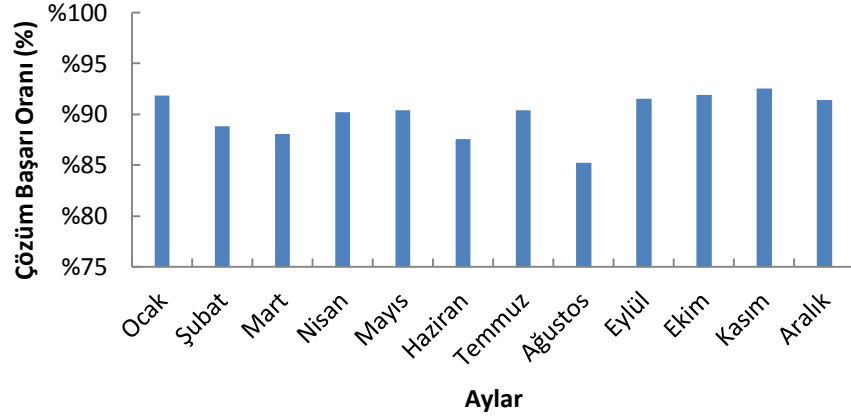
Çizelge 4. 3 Faz başlangıç belirsizliği çözüm stratejileri [16][52]

	Baz Uzunluğu		
	kısa < 10 km	orta 10 – 100 km	uzun 100-2000 km
Kısa Oturum	SEARCH	SEARCH	-
Uzun Oturum	QIF veya SIGMA L_1 & L_2	QIF	QIF veya SIGMA Wuebb

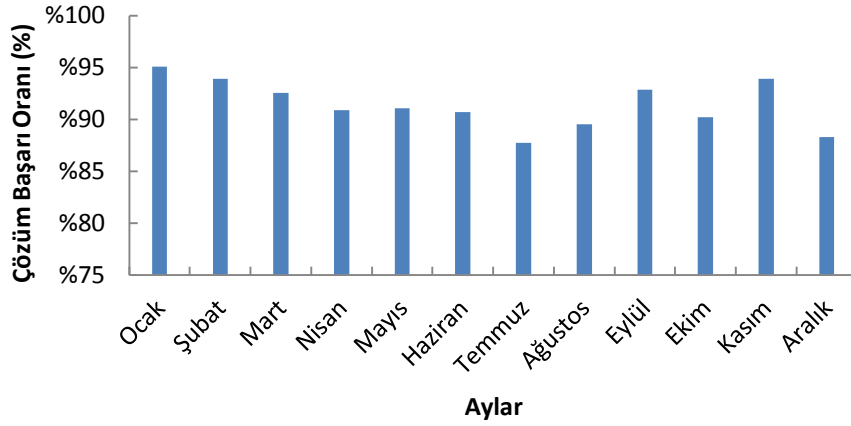
Faz başlangıç belirsizliği çözümü için GPSEST II aşamasında elde edilen troposfer dosyası ve koordinat dosyası kullanılmış, L1 ve L2 frekanslarında her bir baz için ayrı çözüm yapılmıştır. Bu çalışmada çözüm algoritması olarak seçilen baz uzunluklarına ve stratejiye en uygun olan QIF algoritması kullanılmıştır. Böylece her bir baz için ayrı ayrı çözüm sonuçları elde edilmiş ve istatistiksel olarak uygun olmayan baz çözümlerini son dengelemeye dahil edilmemiştir. Değerlendirme sonuçlarından örnek olarak Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da DUM2, ERDT ve TYF1 noktalarına ait 24 saatlik verilerin QIF algoritması ile çözüm başarı oranları 12 aylık olarak verilmiştir. Şekil 4.4’te DUM2 noktası için başarı oranı %95 ile %80 aralığında Şekil 4.5’te ERDT noktası için başarı oranı %95 ile % 85 aralığında, Şekil 4.6’da ise TYF1 noktası için başarı oranı %95 ile %85 aralığında gözlenmiştir.



Şekil 4. 4 DUM2 (66 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları



Şekil 4. 5 ERDT(129 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları



Şekil 4. 6 TYF1 (228 km) noktasının faz başlangıç belirsizliği çözüm başarı oranları

Parametre Kestirimi 4 (GPSEST IV) (Tüm Ağ Dengelemesi):

Oluşturulmuş olan bazların tümünün teker teker faz başlangıç belirsizlikleri çözüldükten sonra GPSEST programı tekrar kullanılarak gün bazında tüm ağın dengelenmesi yapılır.

GPS verilerinin dengelenmesi aşamasında aşağıdaki strateji uygulanmıştır:

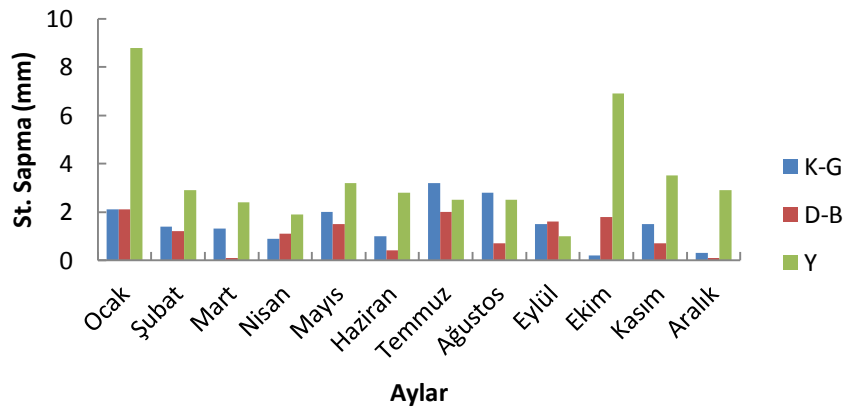
- Dengelemeye bütün bazlar dahil edilmiş
- GPSEST II programında elde edilen yaklaşık koordinatlar kullanılmış
- Troposfer model NIELL kullanılmış
- Korelasyon stratejisi olarak bütün ağ seçilmiş

- ISTA noktasının SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) sitesinden ITRF2005 sistem 2009.00 epogundaki koordinatina sıkı koşul uygulanmıştır. Tüm nokta koordinatları için 1 mm standart sapma öngörölmüştür [51].

Günlük Tekrarlılıklar (COMPAR):

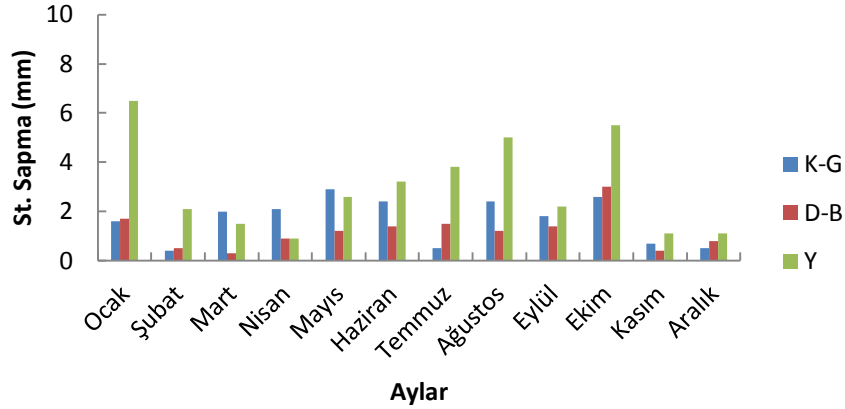
Compar programı ile ağ dengelemesi sonucu elde edilen koordinat dosyası ve kovaryans matrisi kullanılarak her aya ait 3 günlük sonuçlar birleştirilerek tek bir koordinat ve kovaryans dosyası elde edildi. Bu işlem her bir oturum süresi için ayrı ayrı gerçekleştirildi. Sonuç koordinat dosyasında noktalara ait kuzey-güney bileşeni, doğu-batı bileşeni ve yükseklik bileşen değeri ile kovaryans dosyasında belirtilen koordinat bileşenlerine ait standart sapma değeri bulunmaktadır. Hesaplanan tekrarlılıklara ilişkin sonuçlardan örnek olarak Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9'da DUM2, ERDT, TYF1 noktalarına ait elde edilen günlük tekrarlılıklardan 24 saatlik verilerin sonuçları verilmektedir.

DUM2 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin tekrarlılıklar her bir ay için belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.7'de verilmektedir. Şekil 4.7'de kuzey-güney bileşeni için en büyük değeri 3.2 mm (temmuz ayında), en küçük değeri 0.2 mm (ekim ayında), doğu-batı bileşeni için en büyük değeri 2.1 mm (ocak ayında), en küçük değeri 0.1 mm (mart ve aralık ayında) görölmektedir. Yükseklik bileşeninin ise yatay bileşenlere göre doğruluğunun 3 kat daha düşük olduğu ve 1.0 ile 8.8 mm arasında değıştiği gözlenmektedir.



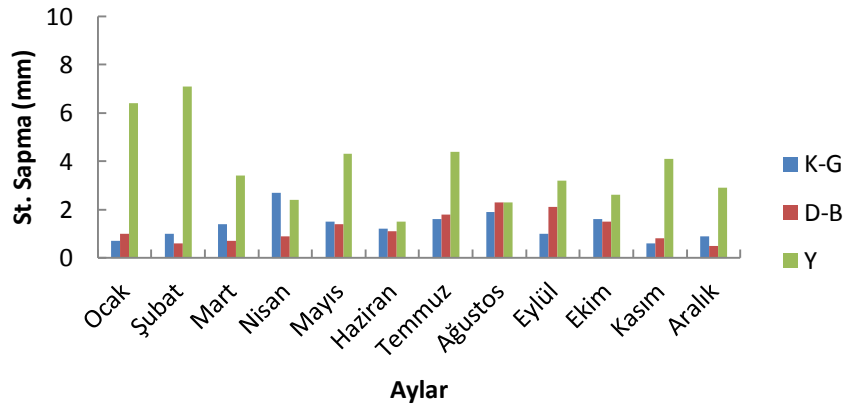
Şekil 4. 7 DUM2(66 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değeri

ERDT noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin tekrarlılıklar her bir ay için belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8'de verilmektedir. Şekil 4.8'de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.9 mm (mayıs ayında), en küçük değer 0.4 mm (şubat ayında), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 3.0 mm (ekim ayında), en küçük değer 0.3 mm (mart ayında) görülmektedir. Yüksek bileşeninde ise tekrarlılıklar 6.5 mm (ocak ayında), 0.9 mm (nisan ayında) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 4. 8 ERDT (129 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

TYF1 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin tekrarlılıklar her bir ay için belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.9'da verilmektedir. Şekil 4.9'da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.7 mm (nisan ayında), en küçük değer 0.6 mm (kasım ayında), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.3 mm (ağustos ayında), en küçük değer 0.5 mm (aralık ayında) görülmektedir. Yüksek bileşeninde ise tekrarlılıklar 7.1 mm (şubat ayında), 1.5 mm (haziran ayında) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



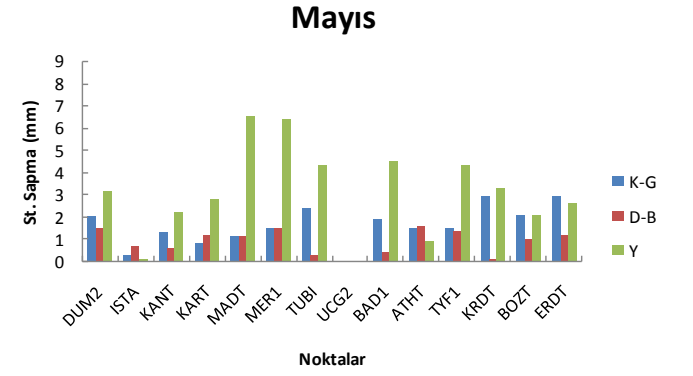
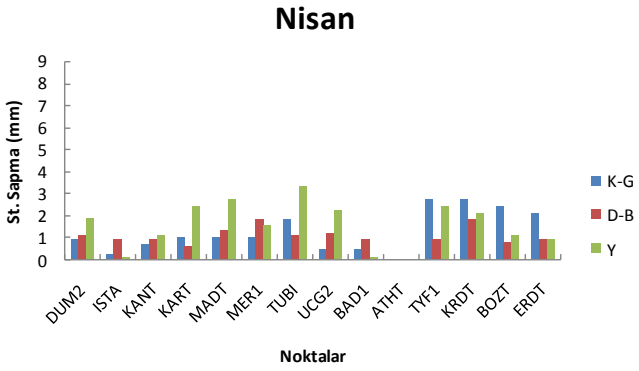
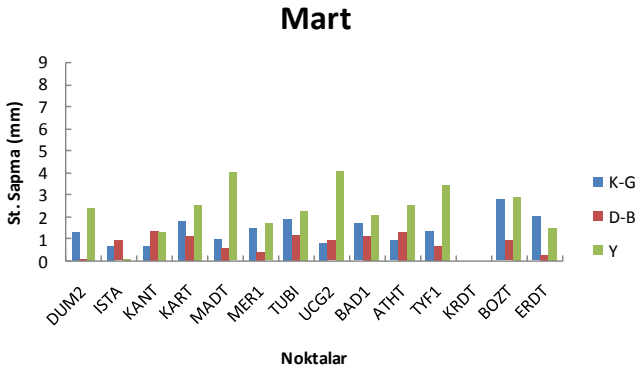
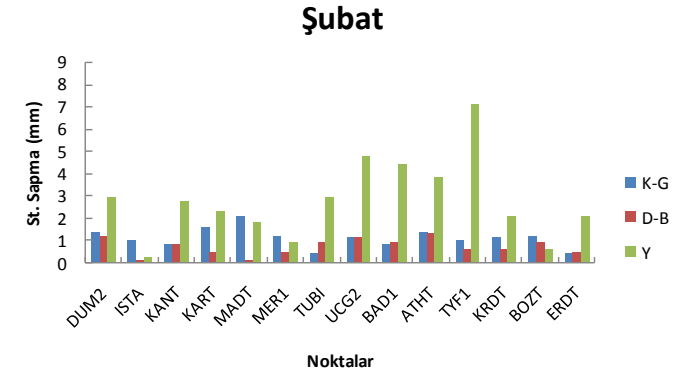
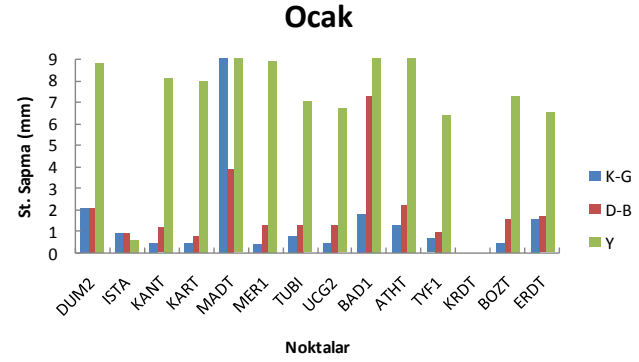
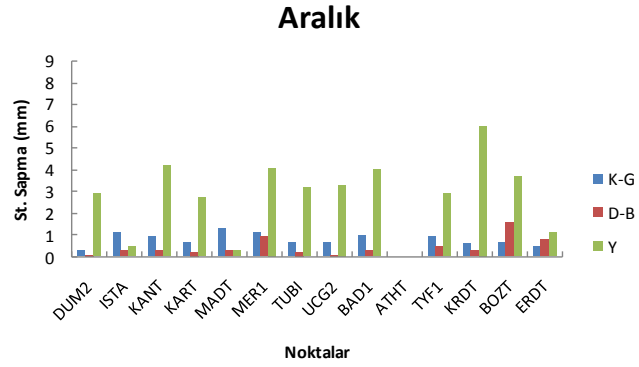
Şekil 4. 9 TYF1(237 km) noktasının koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

Tüm noktaların koordinat bileşenlerine ilişkin ve farklı dönemlerde hesaplanan tekrarlılık değerleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 de verilmektedir.

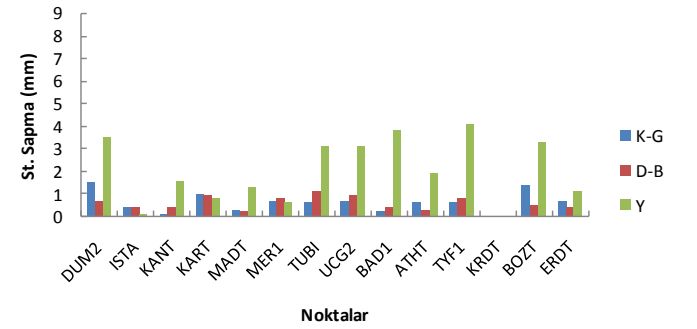
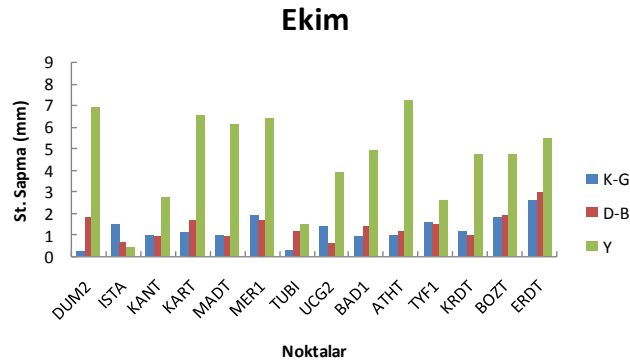
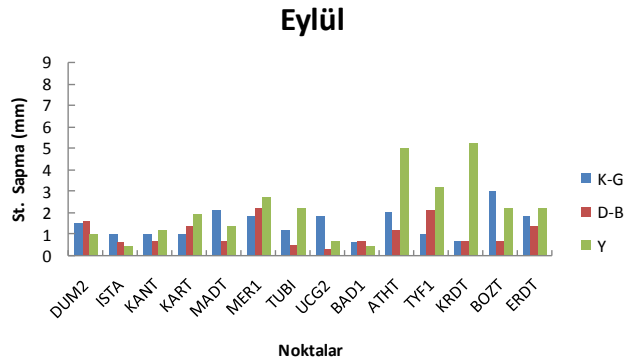
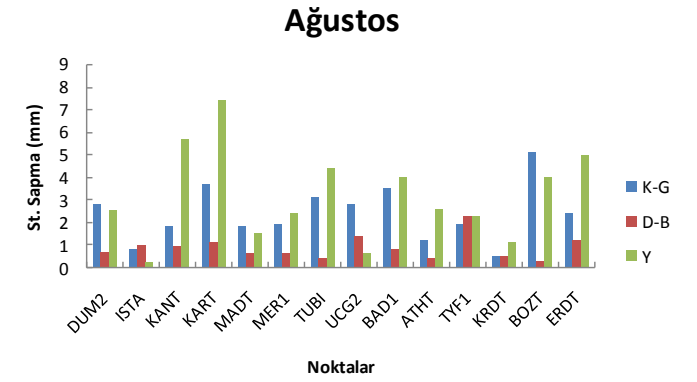
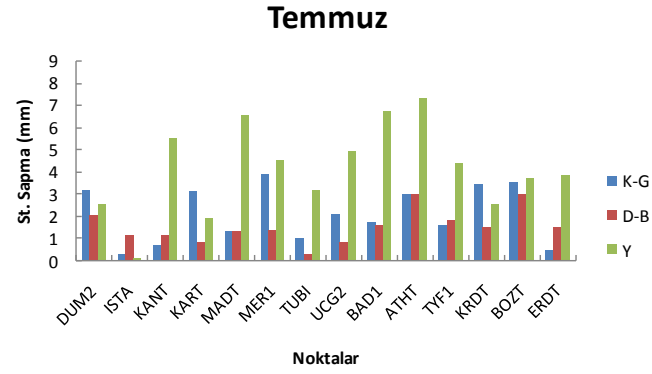
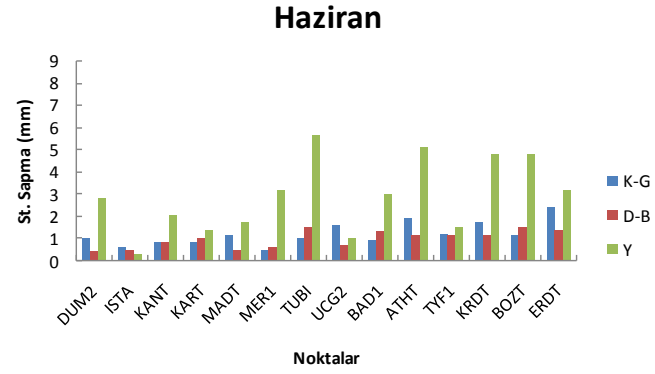
Şekil 4.10 ocak ayından haziran ayına kadar 6 aydaki tüm noktaların koordinat bileşenlerine ilişkin tekrarlılık değerlerini göstermektedir. Burada nisan ayında en küçük tekrarlılık değerleri gözlenirken, ocak ayında ise en yüksek tekrarlılık değerleri gözlenmektedir. Nisan ayında noktaların yatay bileşenlerine ilişkin tekrarlılık değerleri 0.1 – 2.8 mm arasında değişirken yükseklik bileşenlerine ilişkin değerler ise 0.1 – 3.3 mm arasında değişmektedir. Ocak ayındaki yatay ve yükseklik bileşenlerine ait değerler ise 0.5 – 13.2 mm ve 0.6 – 11.6 mm arasında değişmektedir.

Şekil 4.11 temmuz ayından aralık ayına kadar 6 aydaki tüm noktaların koordinat bileşenlerine ilişkin tekrarlılık değerlerini göstermektedir. Burada yatay bileşenlere ilişkin tekrarlılık değerlerinde en düşük değerler 0.1 – 1.3 mm aralığında aralık ayında, en yüksek değerler 0.3 – 3.9 mm aralığında temmuz ayında görülmektedir. Düşey bileşenlerde ise en düşük değerler 0.1 – 4.1 mm aralığında kasım ayında gözlenmişken en yüksek değerler ise 0.4 – 7.2 mm aralığında ekim ayında gözlenmiştir.

Yatay ve yükseklik bileşenlerinde şubat, mart, nisan, mayıs, haziran, eylül, kasım ve aralık aylarında günlük tekrarlılık ortalamalarına daha yakın değerler elde edilmiştir. Ocak ayında istasyonların yükseklik bileşen değerlerinde artış, temmuz ve ağustos aylarında yatay bileşenlerin değerlerinde 2 – 3 mm'lik bir artış gözlenmiştir.



Şekil 4. 10 Ocak-Haziran ayları st. sapma değerleri



Şekil 4. 11 Temmuz-Aralık ayları st. sapma değerleri

4.1.1 Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması ve Parametre Testi

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması

Değerlendirmeler sonucu elde edilen veriler kaba hatalı veya rasgele hatalar ile yüklü olabilir. Kaba hatalı verilerin araştırılması amacıyla çeşitli test yöntemleri geliştirilmiştir ve bu test yöntemleri arasındaki fark düzeltmelerin standartlaştırılması için değişik varyans faktörleri kullanılmasından kaynaklanmaktadır [53].

Baarda test yönteminde önsel varyans (σ_0^2) [54], t testinde [55] ilgili ölçünün dışında kalan ölçülerin dengelenmesi sonucu elde edilen sonsal varyans (s_{0i}^2), bu çalışmada kullandığımız Pope test yönteminde ise sonsal varyans (s_0^2) kullanılmaktadır. Bu varyans değerleri ile edilen standartlaştırılmış düzeltmeler aşağıda gösterilmiştir.

Baarda: $\bar{V}_{i,B} = |V_i| / \sigma_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}} \sim N(0,1)$ Standart normal dağılımlı

Pope: $\bar{V}_{i,P} = |V_i| / s_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}} \sim \tau_f$ Tau dağılımlı

t-testi: $\bar{V}_{i,t} = |V_i| / s_{0i} \sqrt{Q_{V_i V_i}} \sim \tau_{f-1}$ t-dağılımlı

Burada,

$$S_{0i}^2 = ([PVV] - \frac{V_i^2}{Q_{V_i V_i}}) / (f - 1) \quad (4.1)$$

dir. i ölçüsünün düzeltme kofaktör değerleri $Q_{V_i V_i}$ ve dengeli ölçünün kofaktör değeri $\bar{Q}_{l_i l_i}$

$$Q_{V_i V_i} = \frac{1}{P_i} - \bar{Q}_{l_i l_i} \quad (4.2)$$

$$\bar{Q}_{l_i l_i} = (A * Q_{xx} * A^T)_{ii} \quad (4.3)$$

olarak hesaplanır.

Yapılan analizlerde tüm veriler kuşkulu kabul edilir ve standartlaştırılmış düzeltmeler test değerinden büyük ise en büyük olan ölçünün uyuşumsuz ölçü olduğuna karar verilir.

$$\bar{V}_{\max,B} > u_{1-\alpha_0/2}$$

$$\bar{V}_{\max,P} > \tau_{f,1-\alpha_0/2}$$

$$\bar{V}_{\max,t} > t_{f-1,1-\alpha_0/2}$$

u, τ_f ve t_f test değerleri ilgili tablodan ya da belirlenen α_0 anlamlılık düzeyi ve f serbestlik derecesine bağlı olarak belirlenir. Tau dağılımına ilişkin karşılaştırma değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\tau_{f,1-\alpha_0/2} = \sqrt{\frac{f * F_{1,f-1,1-\alpha_0}}{(f-1) + F_{1,f-1,1-\alpha_0}}} \quad (4.4)$$

Uyuşumsuz ölçü testlerinde bir ölçünün hatalı olduğu varsayılır ve n sayıda ölçü içeren bir veri setinde bir ölçü için anlamlılık düzeyi $\alpha_0 \approx \alpha/n$ 'dir [53].

Bu çalışmada Bernese 5.0 akademik GPS yazılımı 12 aya ait 3 ayrı günün birleştirilmesi ile elde edilen sonuçlardan 24 saatlik veriler Pope testi ile analiz edilmiştir. Yapılan test sonucunda uyuşumsuz olarak belirlenen ölçü veri setinden çıkartılmış ve kalan ölçüler ile dengeleme yinelenmiş ve uyuşumsuz ölçü çıkmayınca kadar sürdürülmüştür. 24 saatlik ölçüler içerisinde uyuşumsuz çıkan ölçüler (GPS noktaları) diğer 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturumlardan da çıkartılmıştır.

Parametre Testi

Genel olarak standart sapması s_x olan x dengeli büyüklüğünün (bir bilinmeyen parametre, bir dengeli ölçü ya da bunların bir fonksiyonu) beklenen değerinin sıfırdan olan sapmasının rastlantısal ya da anlamlı olup olmadığını test etmek için

$$H_0: E(x) = 0 ,$$

sıfır hipotezi ve

$$H_K: E(x) \neq 0$$

karşıt hipotezi kurulur. Test büyüklüğü

$$\hat{t} = \frac{\bar{x}}{s_i} \quad (4.5)$$

olarak oluşturulur. Serbestlik derecesi f , güven düzeyi $1 - \alpha$ olmak üzere güven sınırı değeri $t_{f,1-\alpha_2}$ belirlenir [53].

Karar: $|\hat{t}| < t_{f,1-\alpha_2}$ ise sıfır hipotezi kabul; $|\hat{t}| \geq t_{f,1-\alpha_2}$ ise sıfır hipotezi reddedilir.

4.2 Doğruluk Analizi

Bu çalışmada kullanılan GPS ağı TUBİTAK MAGNET ağına ait 12 istasyon ve IGS noktası olan ISTA ve TUBİ noktasından meydana gelmektedir ve 6 ile 238 km arasında değişen 13 ayrı baz oluşturulmuştur. ISTA noktası ile diğer noktalar arasındaki baz uzunlukları Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4. 4 Baz uzunlukları

Baz	İstasyon	Baz Uzunluğu (Km)
ISTA	KANT	6
	BAD1	29
	TUBİ	51
	DUM2	66
	BOZT	66
	UCG2	84
	MER1	90
	KART	110
	ERDT	129
	MADT	133
	KRDT	171
	TYF1	228
	ATHT	237

ISTA noktasının koordinatları SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array) internet sitesinden [50] alınarak; ve GPS ağının diğer noktalarının koordinatları ITRF-05 sistem ve 2009.00 epok'ta ISTA noktasına dayalı olarak belirlenmiştir. Değerlendirme aşamasında her noktaya ait 36 günlük GPS verisi 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik periyotlara bölünerek ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4. 5 Değerlendirme oturum süreleri

Oturum Uzunluğu	Oturum Süresi						Oturum Sayısı
(h)	a	b	c	d	e	f	
4	00-04	04-08	08-12	12-16	16-20	20-24	6
6	00-06	06-12	12-18	18-24			4
8	00-08	08-16	16-24				3
12	00-12	12-24					2
24	00-24						1

Her bir aya ilişkin noktalar arasındaki baz uzunluğuna ve oturum süresine göre hesaplanan standart sapmaları Şekil 4.12 – 4.15’te verilmektedir.

Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı görülmektedir. Yatay bileşenlerde en uzun oturum süresinde (24 s) elde edilen doğruluk yaklaşık 1 – 4 mm aralığında iken en az oturum süresinde (4 s) elde edilen doğruluk yaklaşık 1 – 5 mm aralığında belirlenmiştir. Yükseklik bileşenlerinde ise en uzun oturum süresinde (24 s) elde edilen doğruluk yaklaşık 0 – 10 mm arasında değişirken, en az oturum süresinde (4 s) elde edilen doğruluk yaklaşık 7 – 20 mm aralığında gözlenmektedir.

Nisan ve Haziran aylarında K-G ve D-B bileşenlerinde standart sapma değerleri 4.5 - 0.5 mm, Y bileşenleri ise yaklaşık 3 katı büyüklükte değerleri içeren bir aralıkta yer almıştır. Aralık ayında K-G bileşeni standart sapma değeri 2.5 – 0.0 mm, D-B bileşeni 2.0 – 0.0 mm ve Y bileşeni 10.0 – 0.5 mm aralığındadır.

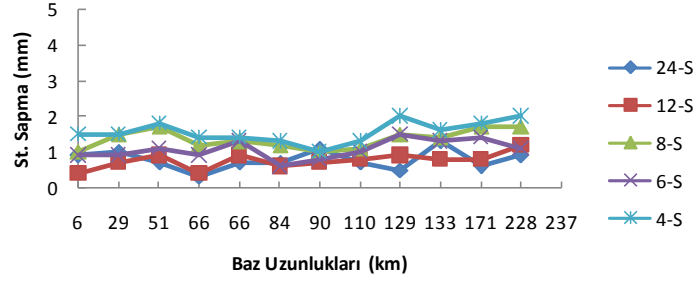
Şekil 4.12’ye göre, kış mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde (aralık-ocak-subat), yatay bileşenlerde oturum süresine bağlı olarak 1-4 mm aralığında değişirken, yükseklik bileşeninde ise 5-20 mm aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu mevsimde oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim Büyükada’da bulunan BAD1 GPS noktasında gözlenmiştir.

Şekil 4.13’e göre, bahar mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde (mart-nisan-mayıs), yatay bileşenlerde oturum süresine bağlı olarak 1-5 mm aralığında değişirken, yükseklik bileşeninde ise 5-20 mm aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu mevsimde oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim mart ayında Orhangazideki DUM2 noktasında, nisan ayında Gemlikteki BOZT GPS noktasında gözlenmiştir.

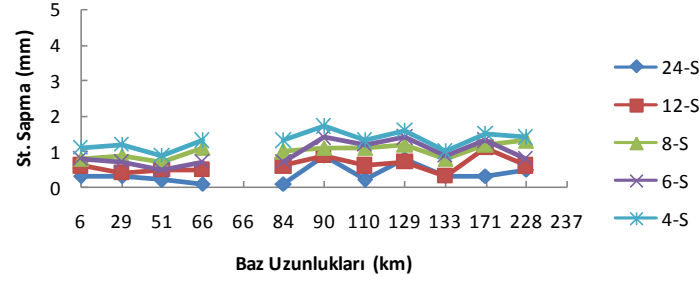
Şekil 4.14’e göre, yaz mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde (haziran-temmuz-ağustos), yatay bileşenlerde oturum süresine bağlı olarak 1-8 mm aralığında değişirken, yükseklik bileşeninde ise 2-15 mm aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu mevsimde oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim Gemlikteki BOZT GPS noktasında gözlenmiştir.

Şekil 4.14'e göre, sonbahar mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde (eylül-ekim-kasım), yatay bileşenlerde oturum süresine bağlı olarak 1-8 mm aralığında değişirken, yükseklik bileşeninde ise 2-30 mm aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu mevsimde oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim Marmara Adasındaki MADT GPS noktasında gözlenmiştir.

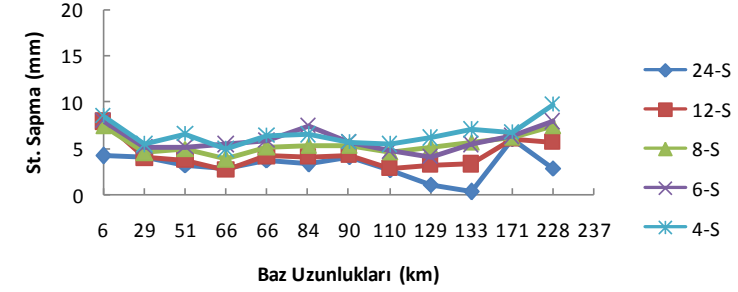
Aralık (K-G)



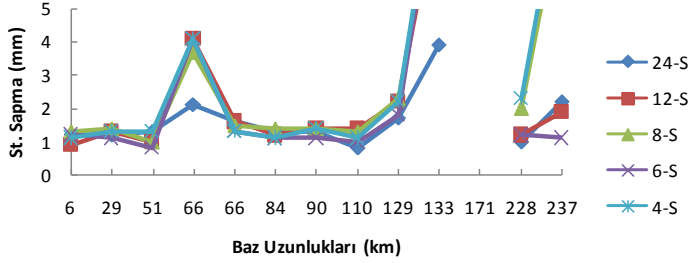
Aralık (D-B)



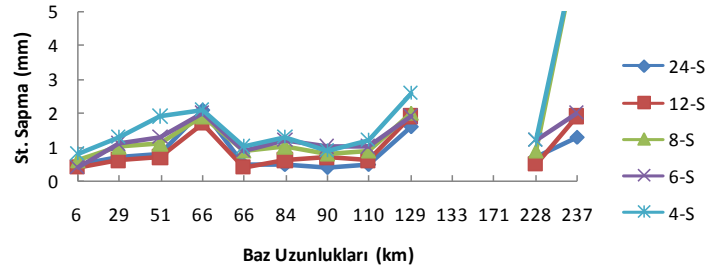
Aralık (Y)



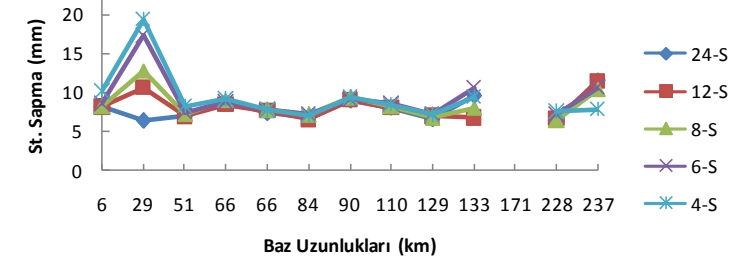
Ocak (D-B)



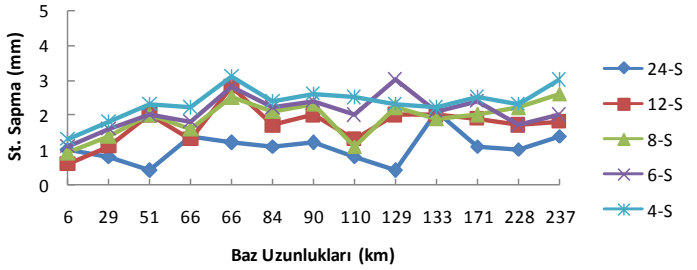
Ocak (K-G)



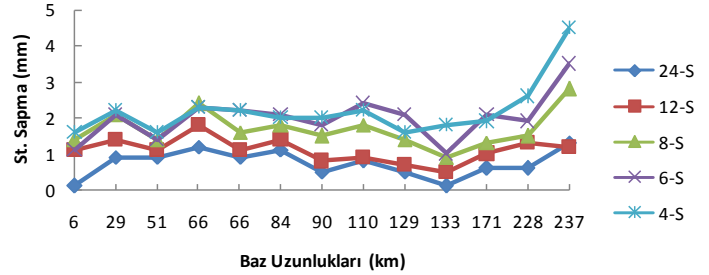
Ocak (Y)



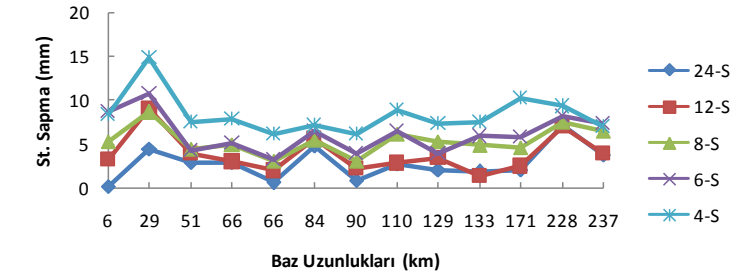
Şubat (K-G)



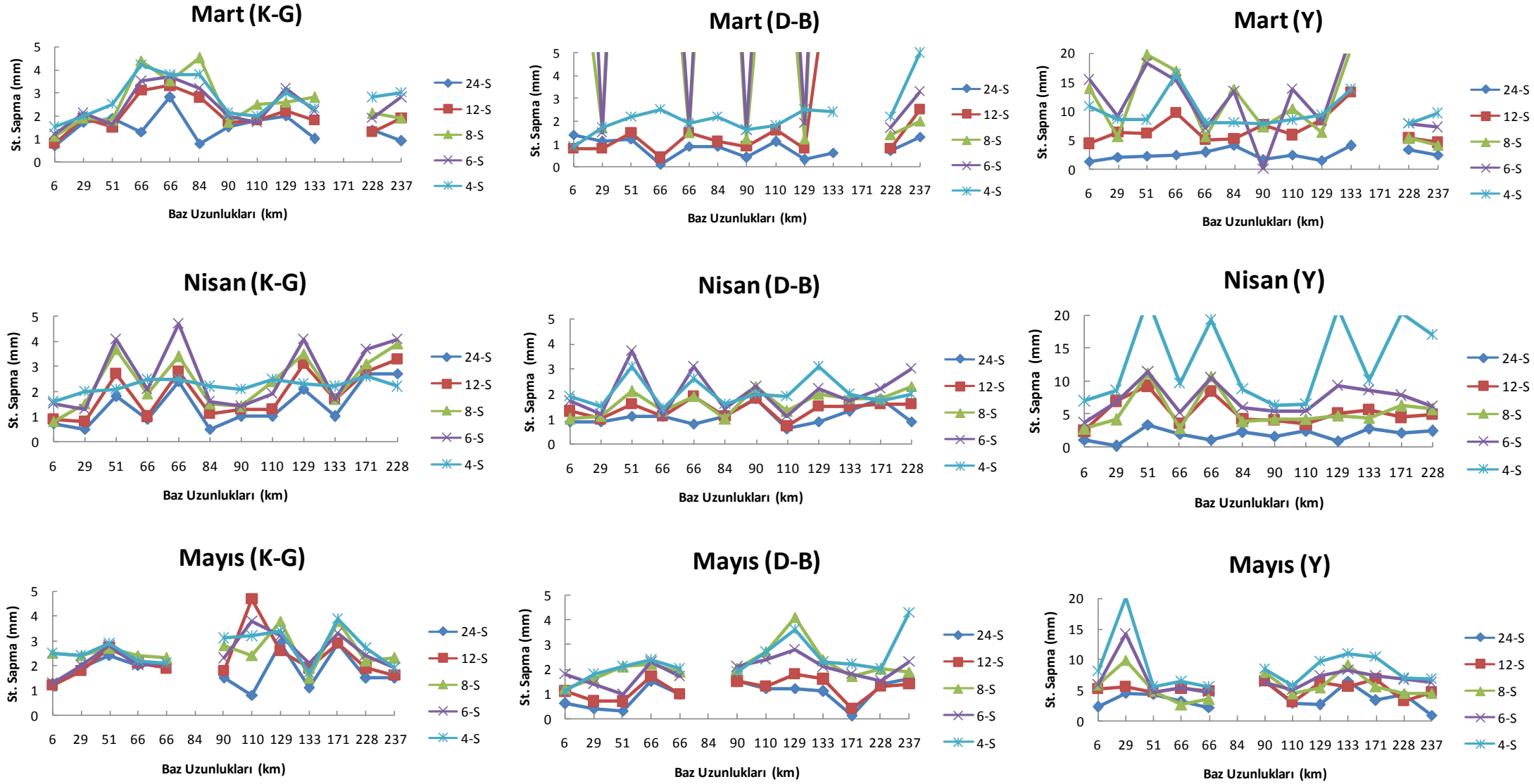
Şubat (D-B)



Şubat (Y)

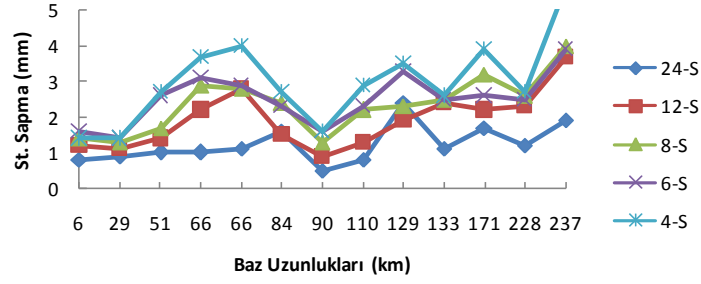


Şekil 4. 12 Aralık-Şubat ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

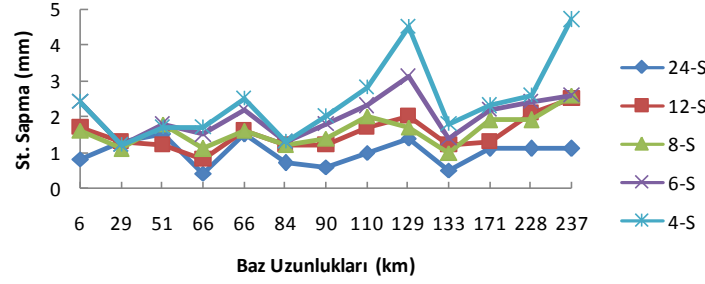


Şekil 4. 13 Mart-Mayıs ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

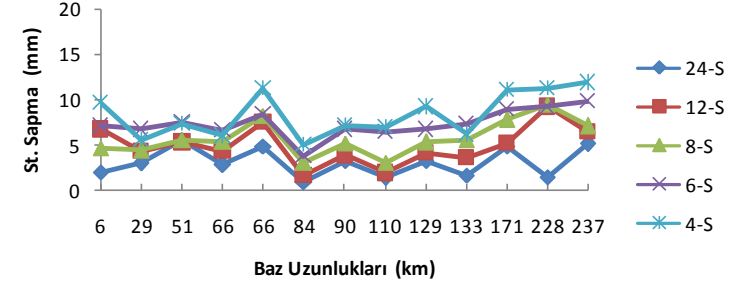
Haziran (K-G)



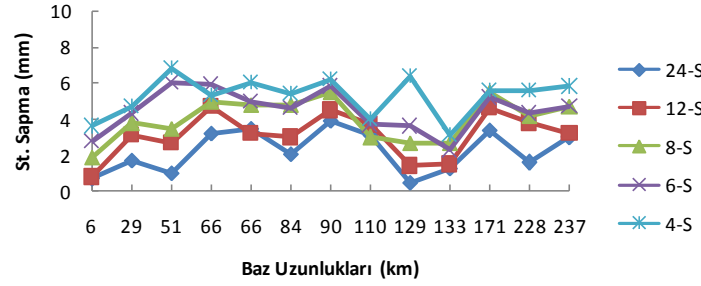
Haziran (D-B)



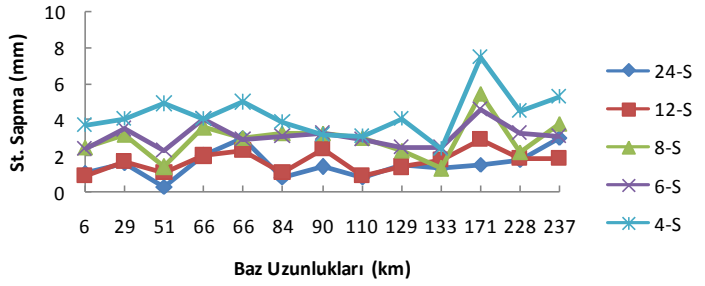
Haziran (Y)



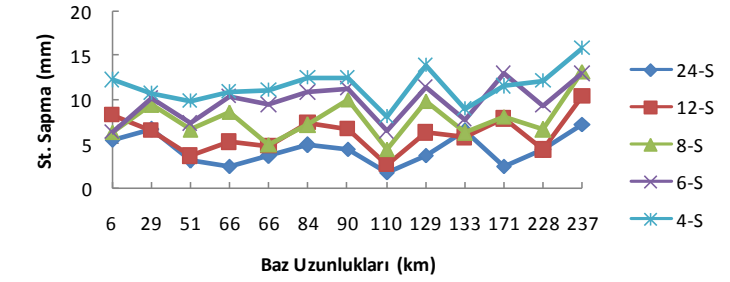
Temmuz (K-G)



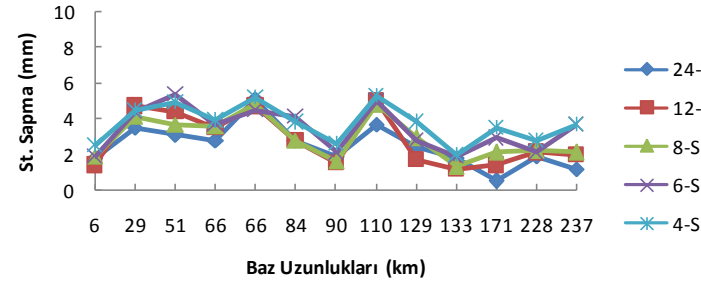
Temmuz (D-B)



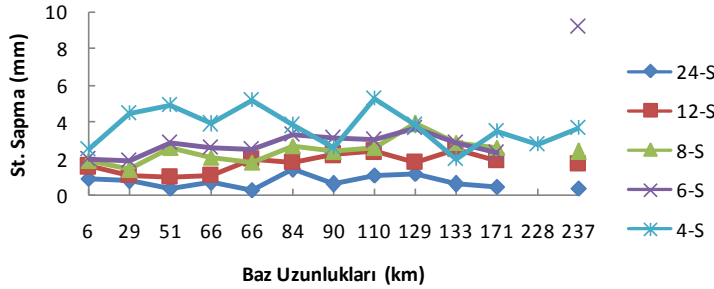
Temmuz (Y)



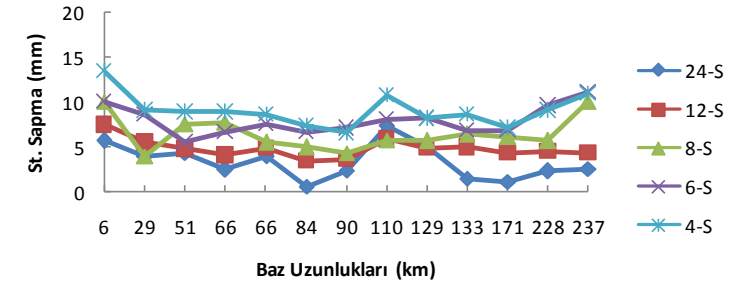
Ağustos (K-G)



Ağustos (D-B)

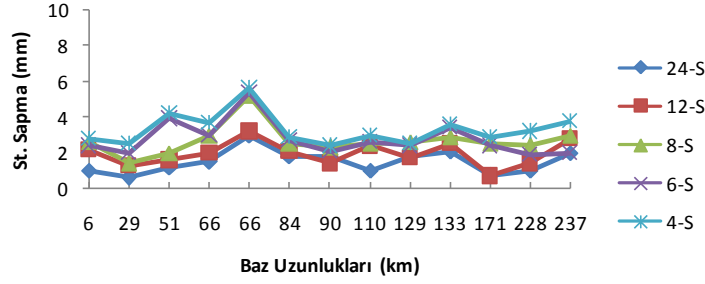


Ağustos (Y)

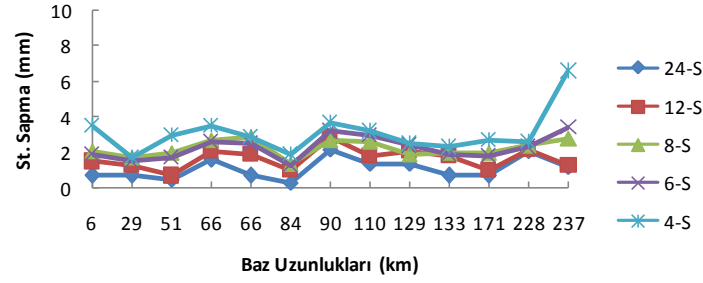


Şekil 4. 14 Haziran-Ağustos ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

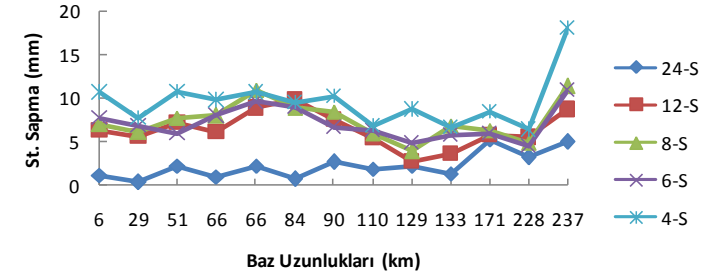
Eylül (K-G)



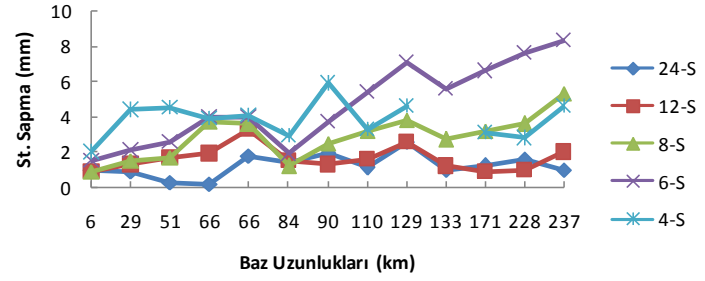
Eylül (D-B)



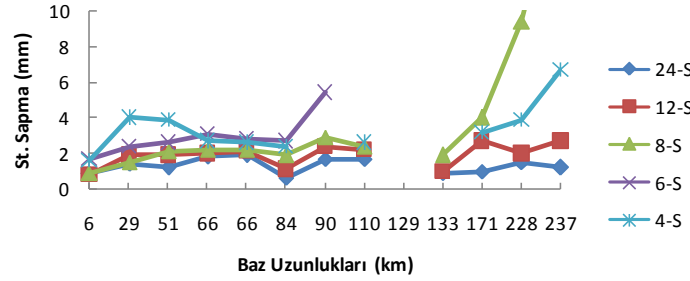
Eylül (Y)



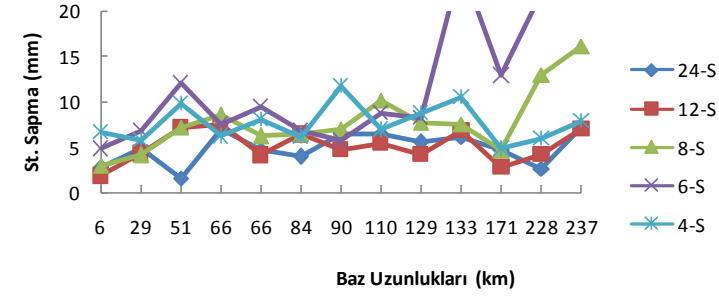
Ekim (K-G)



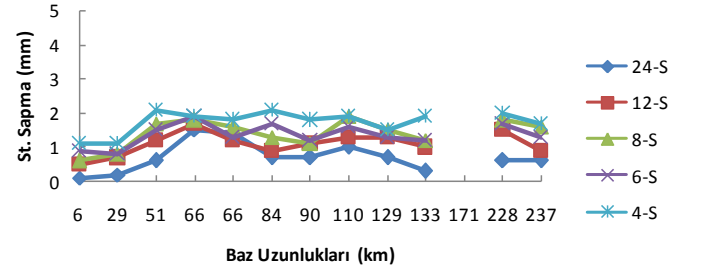
Ekim (D-B)



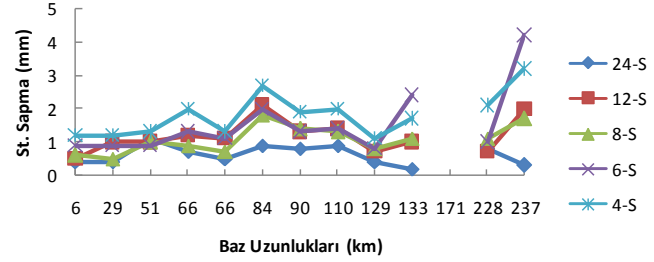
Ekim (Y)



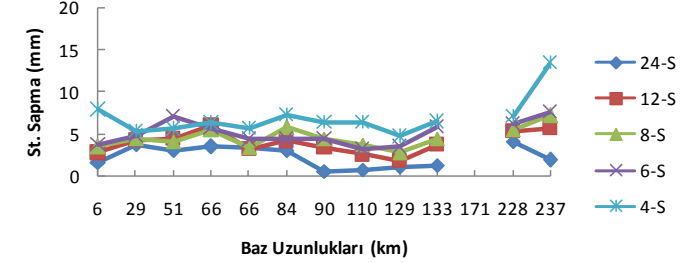
Kasım (K-G)



Kasım (D-B)



Kasım (Y)



Şekil 4. 15 Eylül-Kasım ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

Dört farklı baz uzunluğunun (6, 66, 129, 228 km) farklı oturum süresine göre elde edilen standart sapmalarına ilişkin değerler her bir ay için sonuçlar Şekil 4.16 – 4.19’da verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre oturum süresi sabit tutulup baz uzunluğunu arttırdıkça elde edilen doğruluk azalmakta, benzer şekilde baz uzunluğu sabit tutulup oturum süresi 4 saatten 24 saate doğru arttırıldığında elde edilen standart sapma değerlerinin düştüğü yani doğruluğun arttığı gözlenmiştir. 6 km’lik bazda 4 saatlik oturum süresinde yatay bileşende elde edilen doğruluk mayıs – ağustos ayları hariç 1-2 mm aralığında iken 228 km’lik bazda temmuz ayı hariç 2 – 4 mm aralığında değişmektedir. Yükseklik bileşenlerinde elde edilen doğruluğun yatay bileşenlere göre 12 ayda da yaklaşık 3 katı daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.16 – 4.19’a göre oturum süresi arttıkça nokta konum doğruluğu artmaktadır. (K-G) bileşeninde oturum süresi azaldıkça doğruluk düşmektedir ve en düşük doğruluk temmuz ayında belirlenmiştir. (D-B) bileşeninde ise yaz aylarında en düşük doğruluk değerleri (4s) bulunmuştur. Yükseklik bileşeninde doğruluk değerleri 1 – 10 mm arasında değişmektedir.

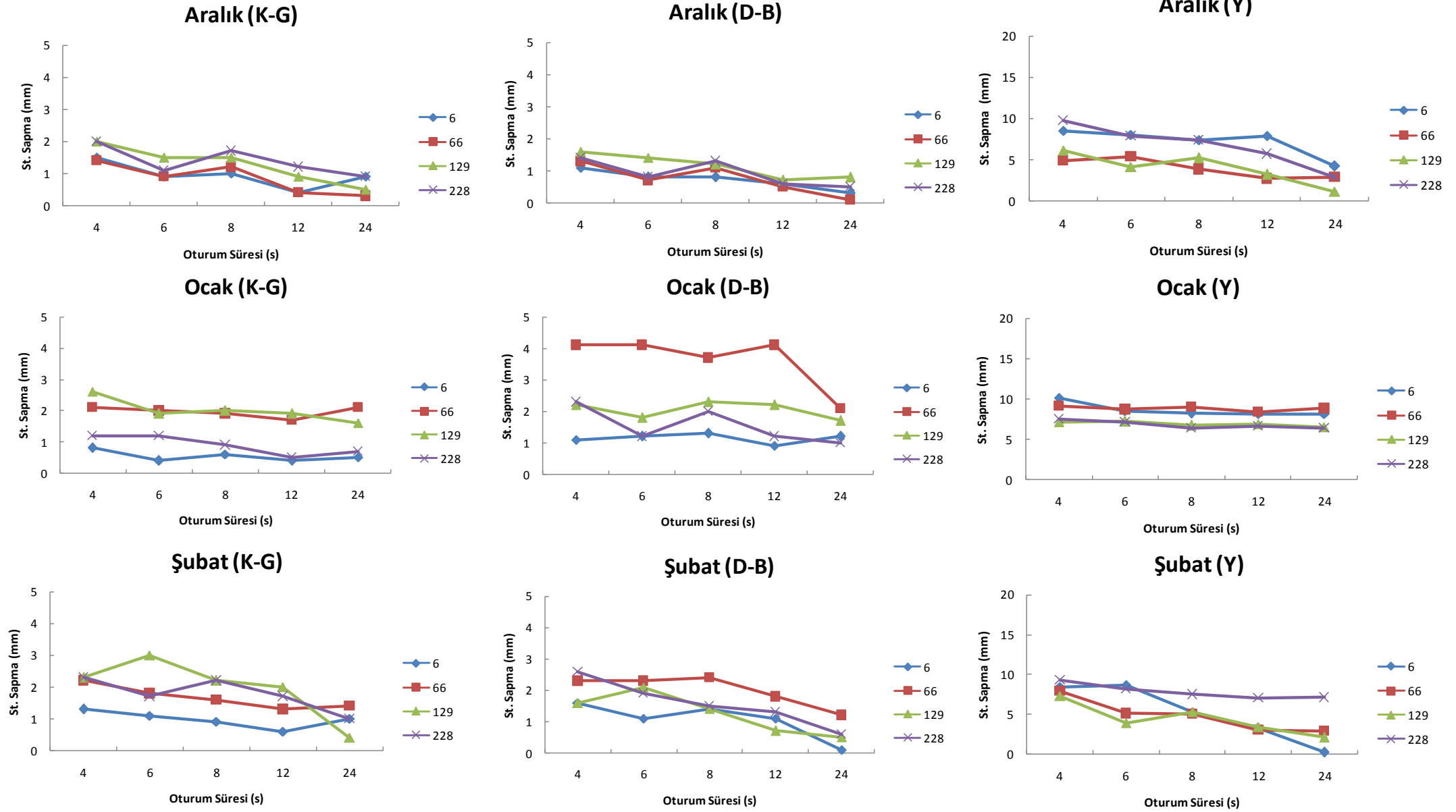
Şekil 4.16’ya göre, kış mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde, oturum süresi sabit tutulup baz uzunluğu arttıkça yatay bileşende doğruluk 4 mm’nin altında gözlenirken, düşey bileşende 10 mm’nin altında belirlenmiştir. 930 m yükseklikte bulunan DUM2 (66 km) noktasının bu mevsimde en çok etkilenen ve doğruluğu diğer noktalara göre değişkenlik gösteren nokta olarak gözlenmiştir.

Şekil 4.17’ye göre, ilkbahar mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde, oturum süresi sabit tutulup baz uzunluğu arttıkça yatay bileşende doğruluk 5 mm’nin altında iken düşey bileşende ise doğruluk 25 mm’nin altında belirlenmiştir. 930 m yükseklikte bulunan DUM2 (66 km) noktasının ve 92 m yükseklikte bulunan ERDT (129 km) noktasının bu mevsimde diğer noktalara göre en çok etkilenen ve doğruluğu diğer noktalara göre değişkenlik gösteren noktalar olduğu gözlenmiştir.

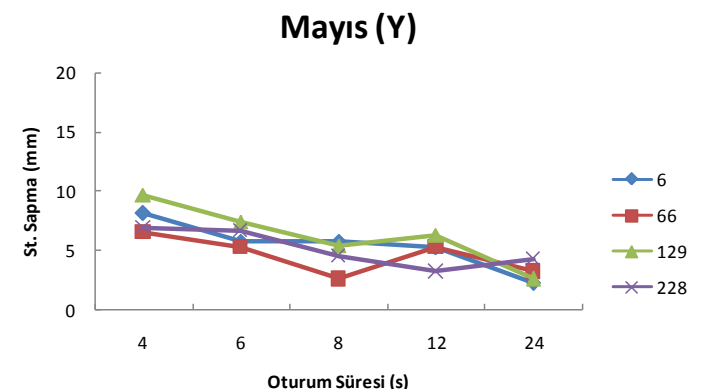
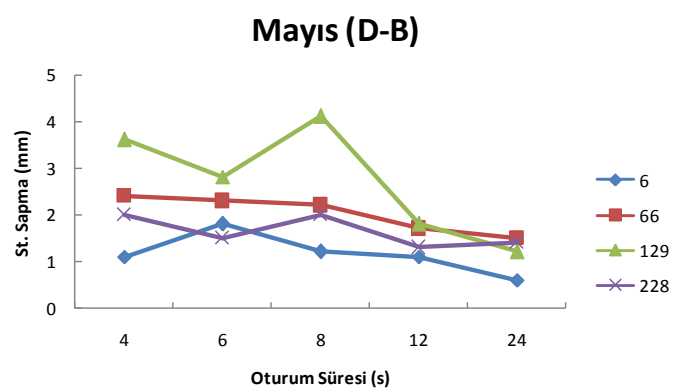
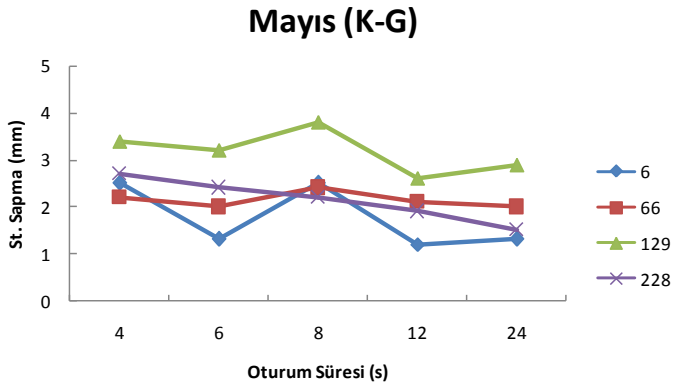
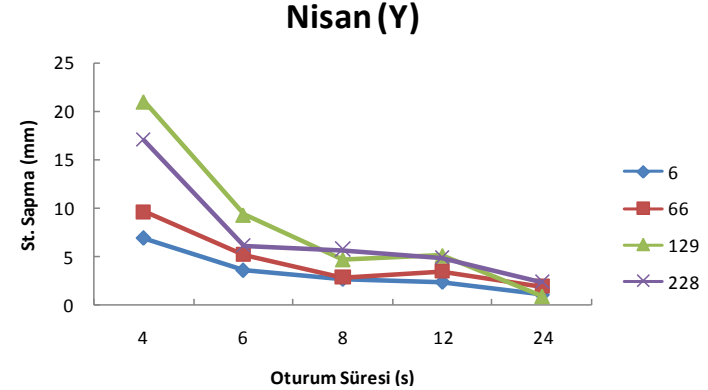
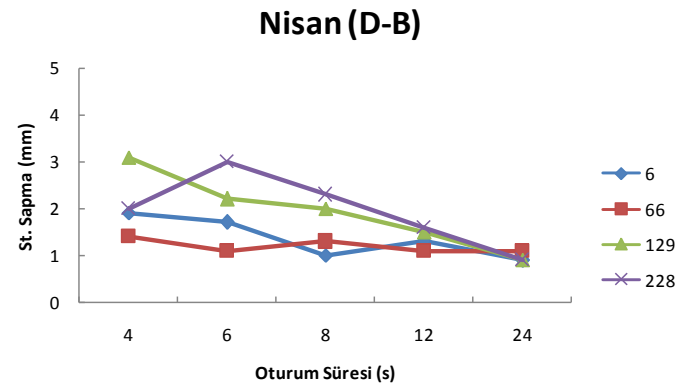
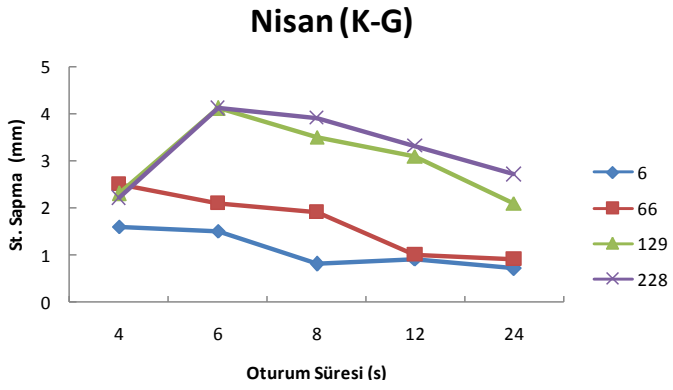
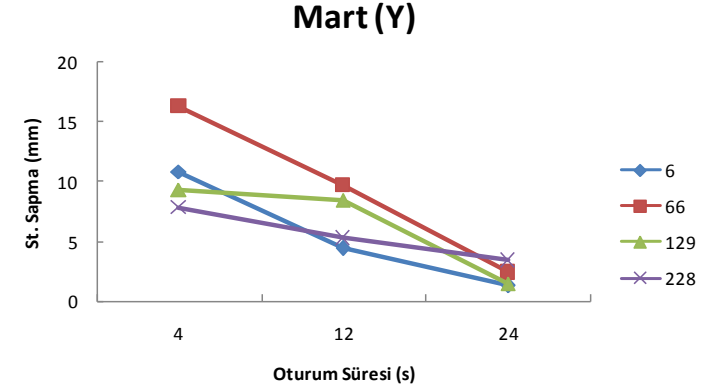
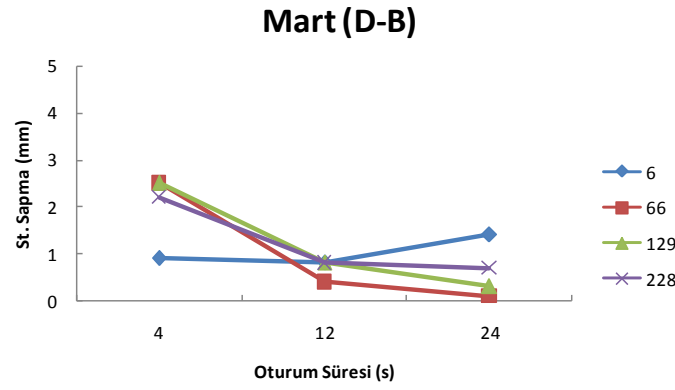
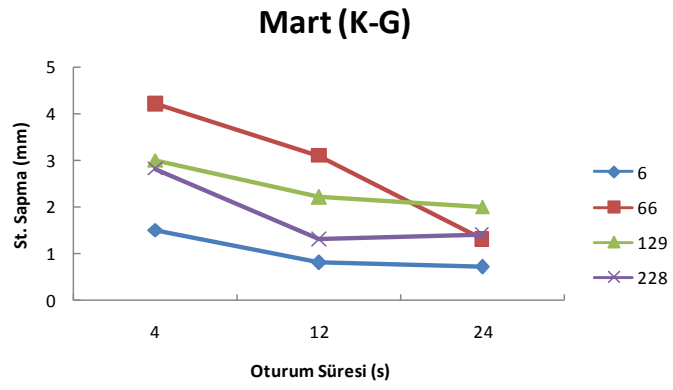
Şekil 4.18’e göre, yaz mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde, oturum süresi sabit tutulup baz uzunluğu arttıkça yatay bileşende doğruluk 7 mm’nin altında gözlenirken, düşey bileşende doğruluk 15 mm’nin altında belirlenmiştir. Bu mevsimde diğer noktalara göre en çok etkilenen ve doğruluğu diğer noktalara göre değişkenlik

gösteren noktanın 92 m yükseklikte bulunan ERDT (129) km noktasının olduğu gözlenmiştir.

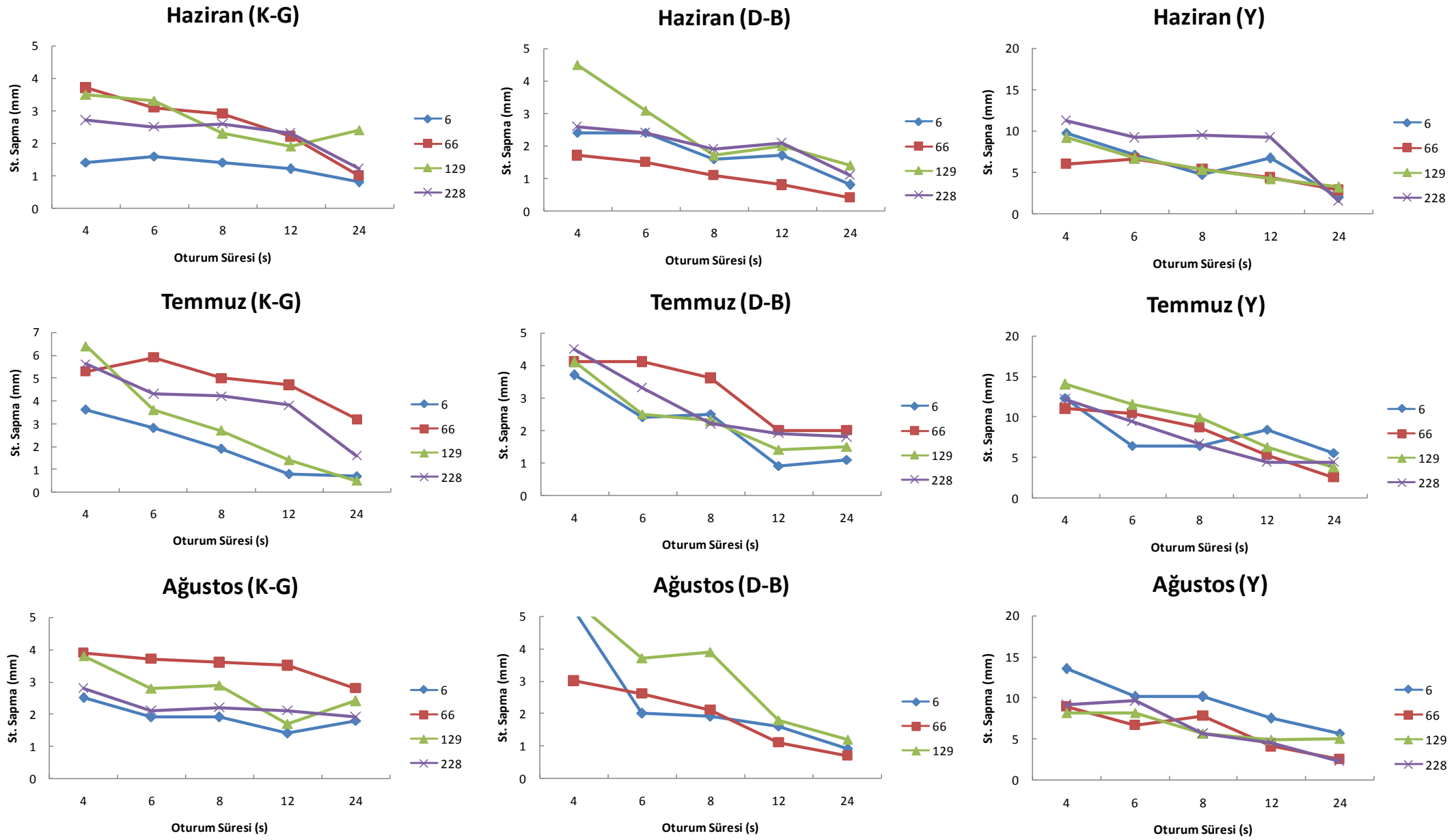
Şekil 4.19'a göre, sonbahar mevsiminde gerçekleştirilen GPS ölçmelerinde, oturum süresi sabit tutulup baz uzunluğu arttıkça yatay bileşende doğruluk 5 mm'nin altında iken, düşey bileşende ise doğruluk 15 mm'nin altında belirlenmiştir. 930 m yükseklikte bulunan DUM2 (66 km) noktasının yatay bileşenlerinin, DUM2 ve 155 m yükseklikte bulunan KANT (6 km) noktasının yükseklik bileşeninin bu mevsimde diğer noktalara göre en çok etkilenen ve doğruluğu diğer noktalara göre değişkenlik gösteren noktalar olduğu gözlenmiştir.



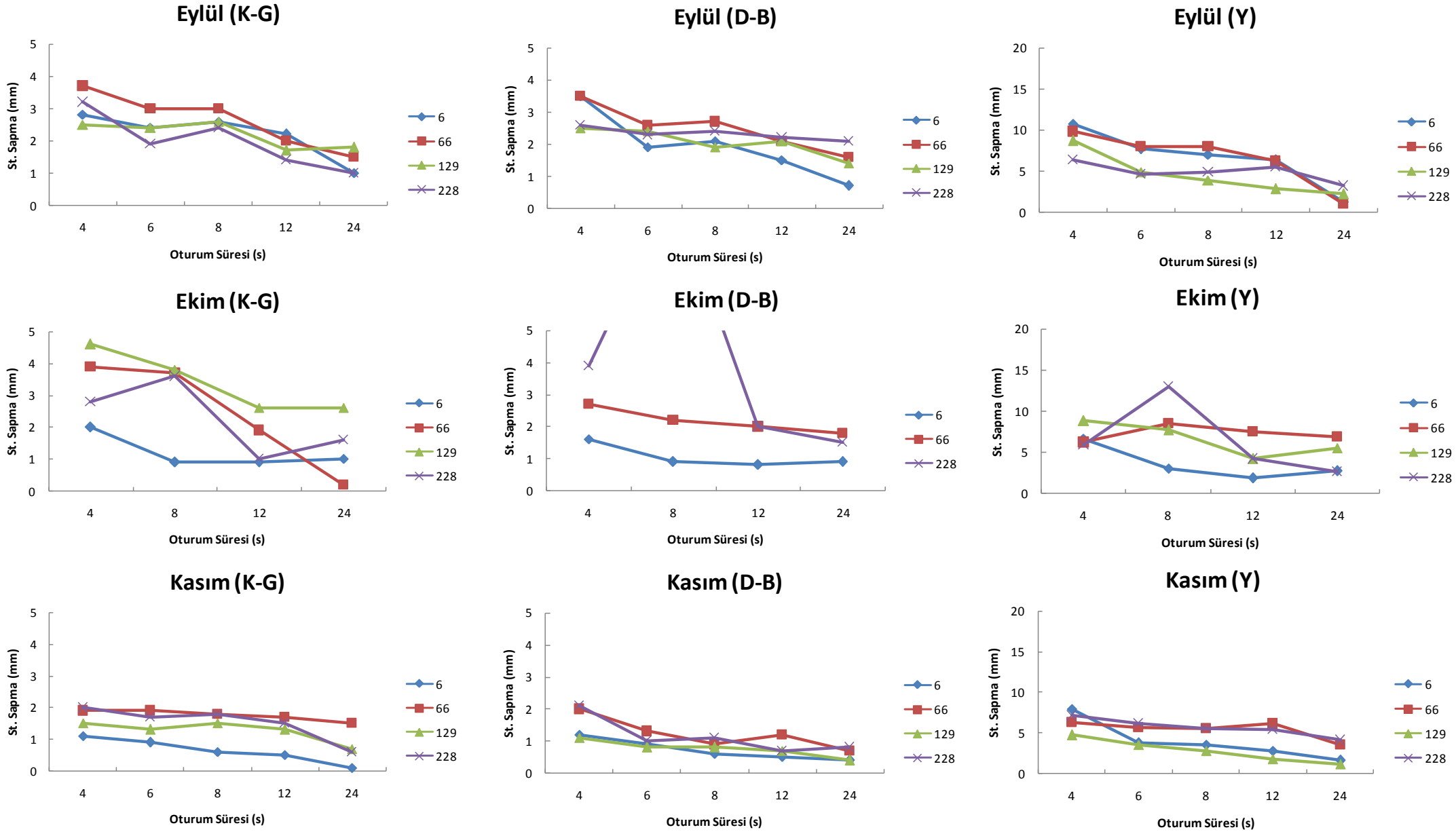
Şekil 4. 16 Aralık-Şubat aylarıkoordinat bileşenleri st. sapma değerleri



Şekil 4. 17 Mart-Mayıs aylarıkordinat bileşenleri st. sapma değerleri

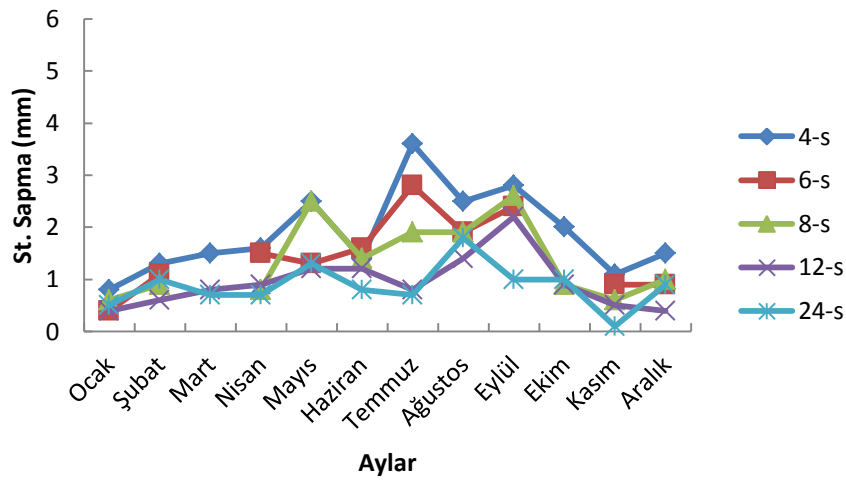


Şekil 4. 18 Haziran-Ağustos ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

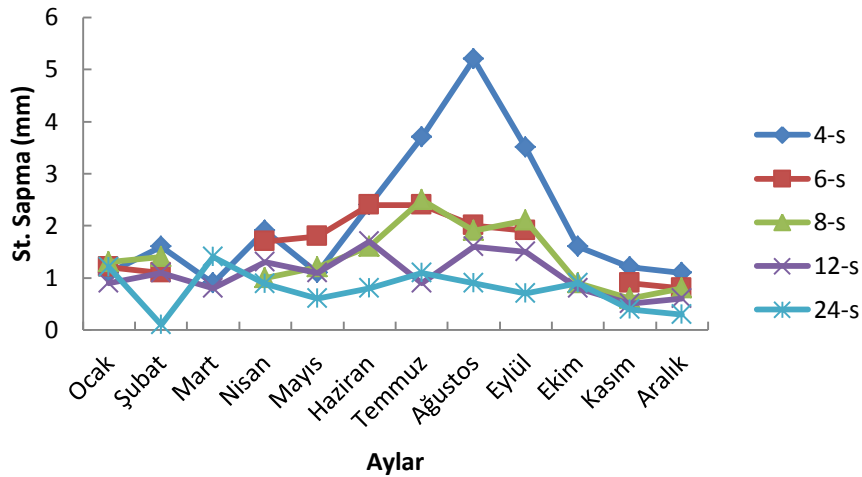


Şekil 4. 19 Eylül-Kasım ayları koordinat bileşenleri st. sapma değerleri

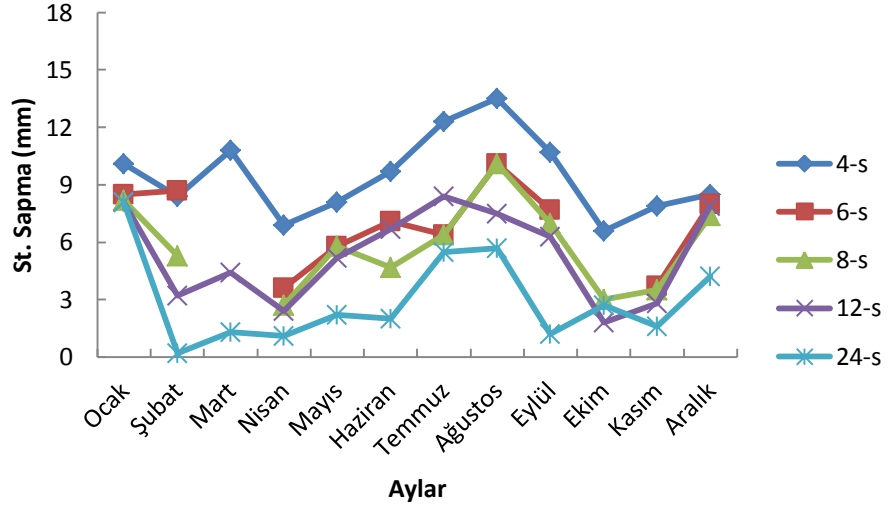
Şekil 4.20 – 4.28’de KANT (6 km), DUM2 (66 km) ve KART (110 km) noktalarının ocak ayından aralık ayına kadar 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. KANT (6 km) noktasında, yatay ve yükseklik bileşenlerinde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim temmuz ve ağustos aylarında, DUM2 (66 km) noktasında yatay bileşende temmuz ayında, yükseklikte mart ayında, KART (110 km) noktasında ise yatay ve yükseklik bileşeninde en büyük değişim ağustos ayında gözlenmiştir. 3 GPS istasyonunda da doğruluğun kış aylarından yaz aylarına doğru azaldığı gözlenmiştir.



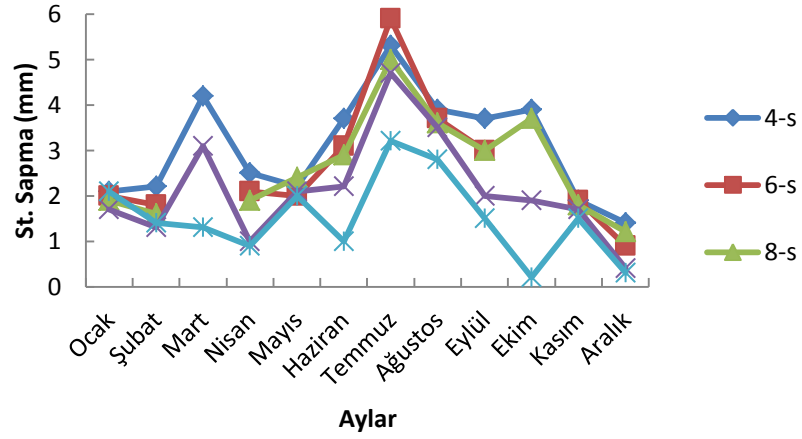
Şekil 4. 20 KANT (6 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri



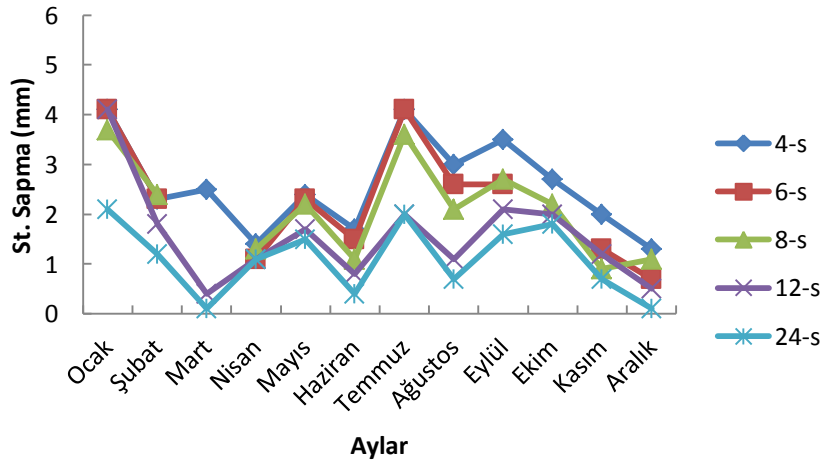
Şekil 4. 21 KANT (6 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri



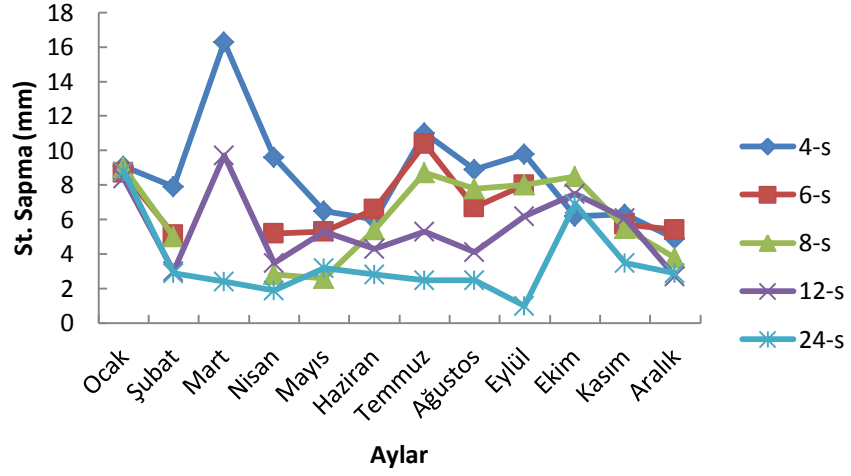
Şekil 4. 22 KANT (6 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri



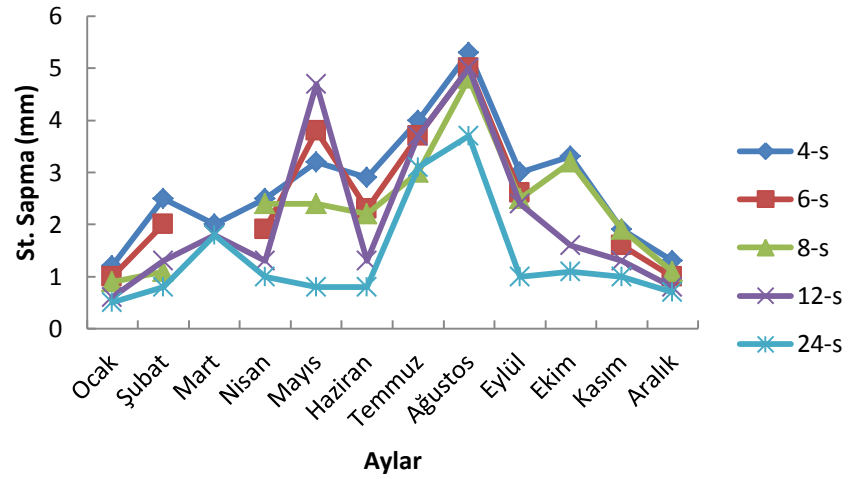
Şekil 4. 23 DUM2 (66 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri



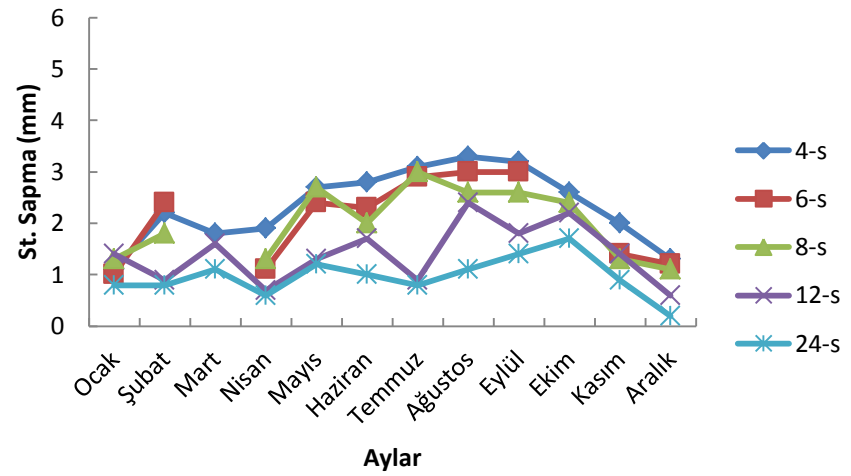
Şekil 4. 24 DUM2 (66 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri



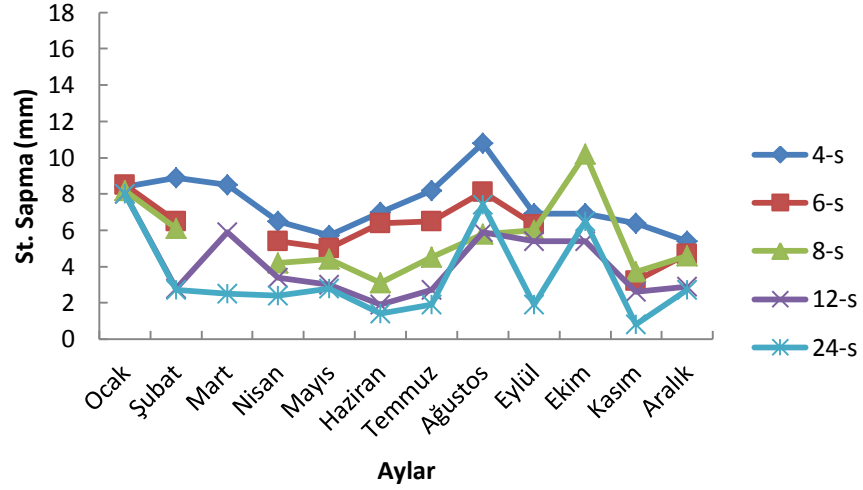
Şekil 4. 25 DUM2 (66 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri



Şekil 4. 26 KART (110 km) noktası K-G bileşeni standart sapma değerleri



Şekil 4. 27 KART (110 km) noktası D-B bileşeni standart sapma değerleri



Şekil 4. 28 KART (110 km) noktası Y bileşeni standart sapma değerleri

4.2.1 Baz Uzunluğuna ve Oturum Süresine Bağlı Doğruluk Analizi

Baz uzunluğu (L) ve oturum süresi (T) olmak üzere, GPS'in konum doğruluğuna olan etkisini araştırmak için Eckl vd. [6]'da önerdiği matematiksel model aşağıdaki gibidir:

$$[S(L, T)]^2 = [a/T + bL^2/T + c + dL^2] \quad (4.6)$$

Burada, $S(L, T)^2$ varyans, a, b, c, d model katsayılarını göstermektedir. Bu terimlerden a ve b parametreleri T ile ters orantılı, c ve d parametreleri T 'den bağımsız, b ve d parametreleri L^2 ile doğru orantılı, a ve c parametreleri ise L^2 'den bağımsız birer değişken olarak yer almaktadır [10].

(4.6) eşitliğinde verilen model nokta koordinatların kuzey-güney, doğu-batı ve yükseklik bileşenlerinin her biri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Model katsayıları en küçük kareler yöntemi ile kestirilmiştir. Ölçülerdeki uyuşumsuz ölçüler pope test yöntemine göre araştırılmış ve uyuşumsuz olan ölçüler verilerden ayıklanmıştır. Değerlendirme sonucunda elde edilen sonuçlardan Haziran ayına ilişkin değerler Çizelge 4.6'da örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 4. 6 Haziran ayı eşitlik (4.6) ile kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	23.41	8.68	2.70	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	13.34	6.40	2.09	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	203.45	47.06	4.32	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	941.19	358.93	2.62	Anlamlı
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	864.83	264.49	3.27	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	6249.95	1945.08	3.21	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	0.42	1.31	0.32	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	0.51	0.97	0.53	Anlamsız
c_Y (mm^2)	1.70	7.12	0.24	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	15.38	54.34	0.28	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-37.87	40.04	-0.95	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-47.17	294.45	-0.16	Anlamsız

Çizelge 4.6'da Haziran ayına ilişkin verilen değerler ile birlikte diğer 11 ayında elde edilen parametreleri %95 güven aralığında istatistiksel teste tabi tutularak anlamlı olup olmadığı test edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamsız çıkan parametreler çıkartılarak en küçük kareler yöntemi ile tekrar model parametreleri kestirilmiştir. Dengeleme sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 4.7'da kuzey-güney, doğu-batı, yükseklik bileşenlerine göre ayrı ayrı verilmiş, parametre değeri olmayan kısımlarda parametre değerleri anlamsız çıkmıştır.

Çizelge 4.7'ye göre T ile ters orantılı olan a katsayısı kuzey-güney bileşeni için mayıs ayı hariç diğer aylarda istatistiksel olarak anlamlı çıkarken, doğu-batı bileşeni için ocak ve kasım aylarında istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Yükseklik bileşeninde ise tüm aylarda istatistiksel olarak anlamlı elde edilmiştir.

Çizelge 4. 7 12 aya ait eşitlik (4.6) ile tekrar kestirilen parametreler

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	10.1 ± 1.3	26.1 ± 1.6	26.5 ± 7.1	23.1 ± 4.9	-	25.8 ± 4.1	123.2 ± 7.0	35.6 ± 12.63	50.8 ± 4.4	59.7 ± 5.4	13.3 ± 0.8	8.0 ± 0.8
b_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	-	-	-	-	-	1030.7 ± 168.0	-	-	-	-	-	150.7 ± 39.6
c_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	-	-	2.0 ± 1.1	-	6.1 ± 0.5	-	-	9.0 ± 2.1	-	-	-	-
d_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-	-		165.1 ± 38.1	-	-	-	-168.3 ± 50.5	-	-	-	-
a_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-	13.7 ± 2.2	-	22.3 ± 2.0	20.7 ± 3.3	16.3 ± 3.0	72.3 ± 5.8	60.1 ± 9.1	27.2 ± 4.9	113.5 ± 37.5	-	6.8 ± 0.43
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-	776.4 ± 160.9	1139.5 ± 140.6	-	350.4 ± 132.6	644.5 ± 124.2	-	-	809.6 ± 204.2	-	695.6 ± 84.6	-
c_{D-B} (mm^2)	3.1 ± 0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
d_{D-B} (mm^2)	-	-40.0 ± 22.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a_Y (mm^2)	220.8 ± 111.9	275.3 ± 23.2	381.4 ± 41.6	597.0 ± 77.2	340.7 ± 43.97	213.3 ± 21.94	460.6 ± 36.0	353.7 ± 20.5	397.7 ± 33.1	284.5 ± 33.7	123.4 ± 18.6	118.8 ± 26.0
b_Y (ppb^2)	-	-	-	-	-	5975.5 ± 906.8	6280.8 ± 1488.6	-	-	-	4653.6 ± 782.6	2965.6 ± 790.5
c_Y (ppb^2)	45.9 ± 2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.1 ± 3.6
d_Y (ppb^2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.7'ye göre parametre değerlerinin en yüksek olduğu ay temmuz, düşük olduğu ay ise aralıktır. Her ayda parametre değerleri farklı aralıklarda çıkmış ve her ayda farklı parametreler anlamlı çıkmıştır. Çizelge 4.7'deki temmuz ayına ait parametre değerleri kullanılarak eşitlik (4.6) ile 13 adet baz için standart sapmalar bulunmuş ve ortalaması alınarak 4, 6, 8, 12 ve 24 saat için ayrı ayrı Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Parantez içerisinde Bernese 5.0 ile günlük tekrarlılıklardan elde edilen verilerin ortalaması gösterilmiştir.

Çizelge 4. 8 Temmuz ayı ort. st.sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	5.2 (5.3)	3.9 (4.3)	11.0 (11.6)
6	4.2 (4.5)	3.2 (3.1)	9.0 (9.8)
8	3.6 (4.0)	2.8 (3.0)	7.8 (7.9)
12	3.0 (3.1)	2.3 (1.7)	6.3 (6.2)
24	2.1 (2.2)	1.6 (1.5)	4.5 (4.4)

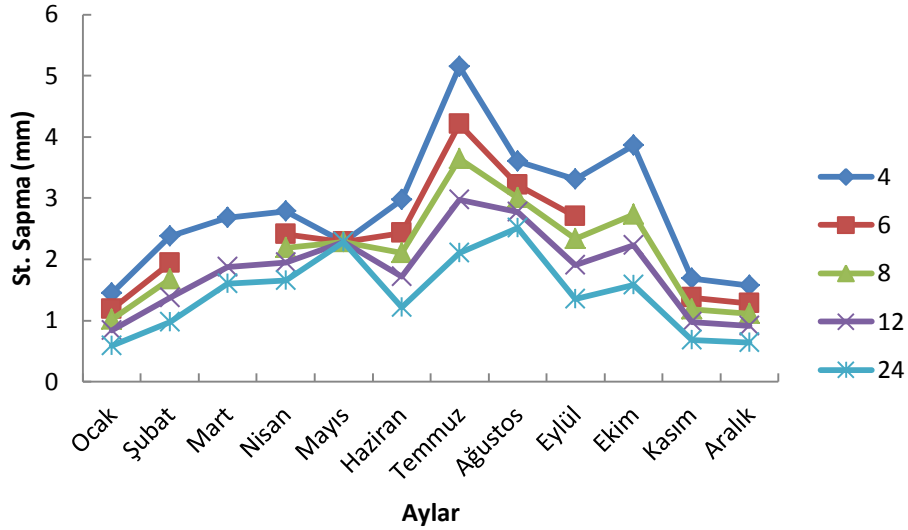
Çizelge 4. 9 Aralık ayı ort. st.sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	1.6 (1.6)	1.3 (1.3)	6.8 (6.6)
6	1.3 (1.1)	1.1 (0.9)	5.8 (5.9)
8	1.1 (1.4)	0.9 (1.0)	5.2 (5.5)
12	0.9 (0.8)	0.8 (0.6)	4.6 (4.3)
24	0.6 (0.8)	0.5 (0.4)	3.8 (3.2)

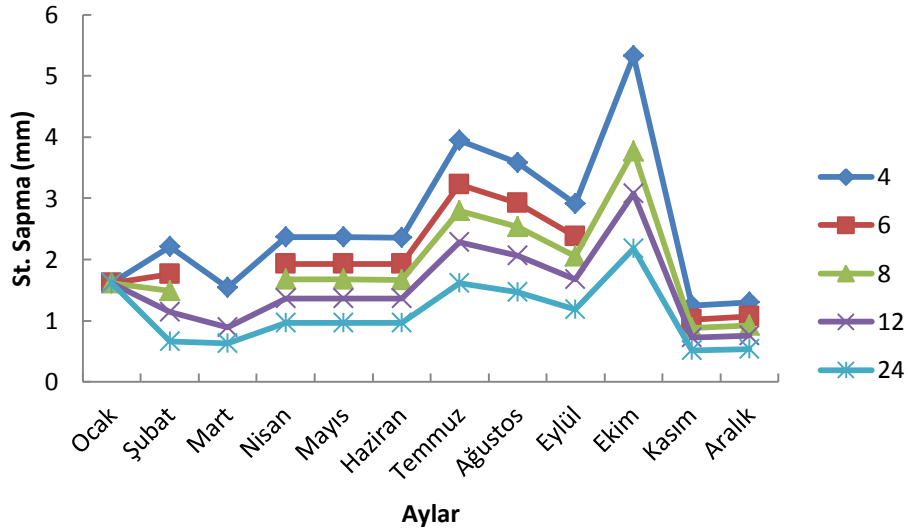
Çizelge 4.9'da aralık ayına ait 13 bazın ortalama değerleri ve parantez işaretleri içerisinde günlük tekrarlılıklardan gelen ortalama değerleri verilmektedir. Aralık ayı temmuz ayı ile karşılaştırıldığında modelden ve günlük tekrarlılıklardan elde edilen standart sapma değerleri daha düşüktür.

Wang [2] (2004) yılında yaptığı çalışmada yükseklik bileşeninin aralık ayında temmuz ayına göre standart sapma değişimlerinin daha az olduğunu belirtmekte ve bunun nedeninin havadaki su buharından kaynaklandığını açıklamakta ve GPS'nin yükseklik bileşeninin sıcaklığa karşı hassas olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada da yükseklik bileşeninin standart sapma değerlerindeki değişimler aralık ayında temmuz ayına göre daha az olduğu Şekil 4.29 - 4.31'de gösterilmiştir. Ayrıca, ocak ayından aralık ayına

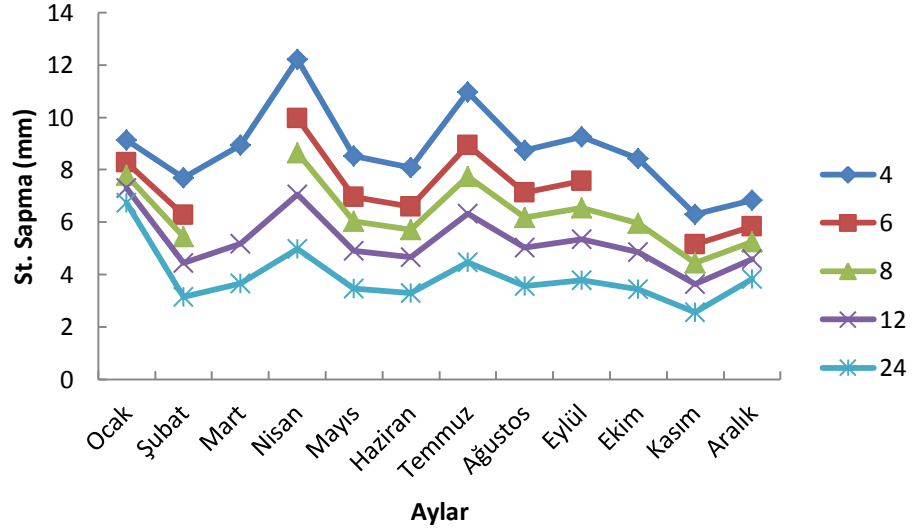
kadar K-G, D-B ve Y bileşenlerinin bütün oturum sürelerine ait eşitlik (4.6) ile elde edilen 13 bazın ortalaması standart sapma değerleri gösterilmektedir. K-G bileşenlerinin kış aylarında standart sapma değeri düşük yaz aylarında yüksek, D-B bileşenlerinin kış aylarında düşük, yaz ve sonbahar aylarında yüksek, Y bileşenlerinin standart sapma değerleri ise ilkbahar ve yaz aylarında en yüksek, kış aylarında en düşük değerlerinde gözlenmiştir.



Şekil 4. 29 12 aylık K-G bileşeni st. sapma değerleri



Şekil 4. 30 12 aylık D-B bileşeni st. sapma değerleri



Şekil 4. 31 12 aylık Y bileşeni st. sapma değerleri

Bir yıl içindeki 12 aya ait tüm veriler (4.6) eşitliğindeki modelde göz önüne alınarak en küçük kareler yöntemi ile kestirilerek model parametreleri belirlenmiştir. Daha önceki işlem adımlarında olduğu gibi parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıkları test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10'a göre, K-G bileşeninde a ve c, D-B ve Y bileşenlerinde parametreler a ve b parametreleri anlamlı çıkmıştır.

Çizelge 4. 10 12 ay eşitlik (4.6) ile kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	33.60	3.56	9.45	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	27.09	3.46	7.82	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	369.07	24.42	15.11	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-	-	-	-
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	611.06	153.66	3.98	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	1912.10	683.22	2.80	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	1.84	0.54	3.43	Anlamlı
c_{D-B} (mm^2)	-	-	-	-
c_Y (mm^2)	-	-	-	-
d_{K-G} (ppb^2)	-	-	-	-
d_{D-B} (ppb^2)	-	-	-	-
d_Y (ppb^2)	-	-	-	-

Çizelge 4. 11 12 ay ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	3.2 (2.9)	3.0 (2.6)	10.0 (9.0)
6	2.7 (2.4)	2.5 (2.1)	8.2 (7.2)
8	2.5 (2.3)	2.1 (2.0)	7.1 (6.3)
12	2.2 (1.9)	1.7 (1.4)	5.8 (5.3)
24	1.8 (1.4)	1.2 (1.0)	4.1 (3.4)

Çizelge 4.10'da gösterilmiş olan parametreler ile 4, 6, 8, 12 ve 24 saat oturum sürelerine göre 13 baz için standart sapmalar hesaplanıp ortalaması alınmış ve Çizelge 4.11'de sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.11'e göre oturum süresi azaldıkça K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait standart sapmalarda bir artış olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.12'de Çizelge 4.7'de verilen haziran ve aralık aylarına ait parametreler ile Çizelge 4.10'da verilen 12 aya ait parametreler kullanılarak 4 farklı baz uzunluğuna ve 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerine göre standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler karşılaştırıldığında haziran ayına ait standart sapma değerlerinin aralık ayına ve 12 aya ait parametrelerle hesaplanan standart sapma değerlerinden yüksek olduğu, aralık ayına ait parametrelerin ise 12 aya ait parametrelerle hesaplanan standart sapma değerlerinden düşük olduğu gözlenmektedir. Haziran, Aralık ve 12 aya ait parametrelerle hesaplanmış standart sapma değerlerinde baz uzunluğu arttıkça ve oturum süresi azaldıkça değerlerin büyüdüğü gözlenmektedir. Aralık ayı D-B bileşeninde baza bağlı b_{D-B} parametresi ve 12 aya ait paramerelerde K-G bileşenine ait b_{K-G} parametresi anlamsız çıkmasından dolayı baza bağlı artış gözlenmemektedir.

Çizelge 4. 12 Haziran, Aralık ve 12 aylık parametreler ile oturma süresine ve baz uzunluğuna bağlı hesaplanan st. sapma değerleri

Haziran (K-G)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	2.5	2.1	1.8	1.5	1.0
66	2.8	2.2	1.9	1.6	1.1
129	3.3	2.7	2.3	1.9	1.3
237	4.6	3.7	3.2	2.6	1.9

Aralık (K-G)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6
66	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6
129	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7
237	2.0	1.7	1.4	1.2	0.8

12 ay (K-G)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	3.2	2.7	2.5	2.2	1.8
66	3.2	2.7	2.5	2.2	1.8
129	3.2	2.7	2.5	2.2	1.8
237	3.2	2.7	2.5	2.2	1.8

Haziran (D-B)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	2.0	1.7	1.4	1.2	0.8
66	2.2	1.8	1.5	1.3	0.9
129	2.6	2.1	1.8	1.5	1.1
237	3.6	3.0	2.6	2.1	1.5

Aralık (D-B)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5
66	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5
129	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5
237	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5

12 ay (D-B)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	2.6	2.1	1.8	1.5	1.1
66	2.7	2.2	1.9	1.6	1.1
129	3.1	2.5	2.2	1.8	1.2
237	3.9	3.2	2.8	2.3	1.6

Haziran (Y)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	7.3	6.0	5.2	4.2	3.0
66	7.7	6.3	5.5	4.5	3.2
129	8.8	7.2	6.3	5.1	3.6
237	11.7	9.6	8.3	6.8	4.8

Aralık (Y)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	6.2	5.3	4.8	4.2	3.6
66	6.4	5.5	5.0	4.4	3.7
129	7.1	6.0	5.4	4.7	3.9
237	8.9	7.5	6.6	5.6	4.5

12 ay (Y)					
	Oturma süresi (s)				
Km	4	6	8	12	24
6	9.6	7.8	6.8	5.5	3.9
66	9.7	7.9	6.9	5.6	4.0
129	10.0	8.2	7.1	5.8	4.1
237	10.9	8.9	7.7	6.3	4.5

4.2.2 Baz Uzunluğuna Bağlı Doğruluk Analizi

Baz uzunluğuna bağlı doğruluk analizinde nokta konumunun kuzey-güney bileşeni için, baz uzunluğu ile değişen doğruluk arasında

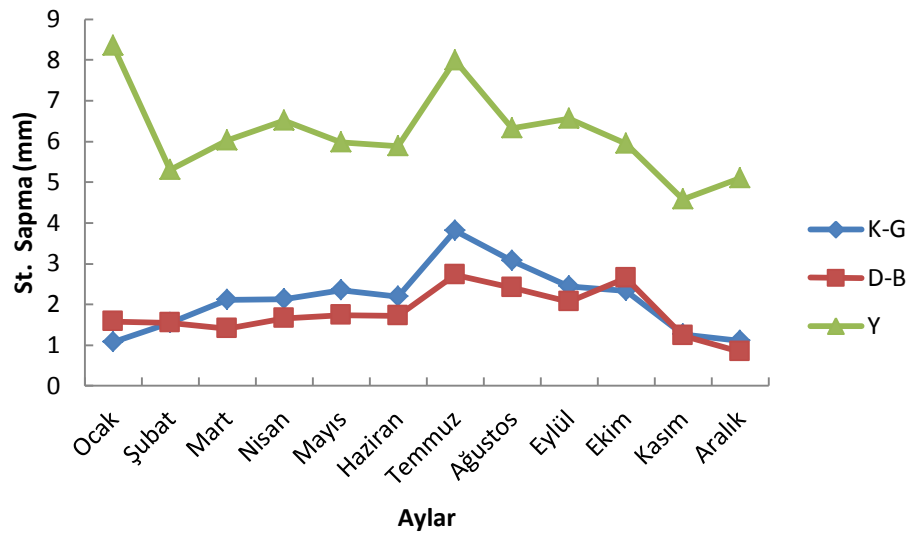
$$s_{K-G} = A_{K-G} + B_{K-G}L \quad (4.7)$$

modeli kullanılmıştır. Kuzey-güney bileşenine ait standart sapma değeri s_{K-G} , L değerine bağlı B_{K-G} parametresi ve L değerinden bağımsız A_{K-G} parametresinden oluşur. A_{K-G} , B_{K-G} parametreleri 24, 12, 8, 6, 4 saatlik verilerin tümü alınarak en küçük kareler yöntemi ile kestirilmiştir. Aynı şekilde doğu-batı bileşeninin standart sapması s_{D-B} ve yükseklik bileşeninin standart sapması s_Y standart sapmasına ait parametreler kestirilmiştir. Kestirilen parametreler, parametrelerin hesaplanan standart sapmasına oranı istatistiksel olarak test edilmiş ve anlamsız çıkan parametreler modelden çıkarılarak yeniden en küçük kareler yöntemi ile yeniden kestirilmiştir. Elde edilen parametreler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4. 13 Tüm aylarda kestirilen parametreler

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
A_{K-G} (mm)	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.2	2.1 ± 0.2	1.4 ± 0.2	2.4 ± 0.1	1.4 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.3	2.4 ± 0.1	2.3 ± 0.2	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1
B_{K-G} (ppb)	-	2371.3 ± 1253.1	-	7887.8 ± 1985.7	-	7184.6 ± 1606.1	-	-6508.3 ± 2184.7	-	-	1611.4 ± 931.6	1833.3 ± 860.0
A_{D-B} (mm)	1.6 ± 0.1	1.3 ± 0.2	1.0 ± 0.3	1.7 ± 0.1	1.4 ± 0.2	1.3 ± 0.2	2.7 ± 0.2	1.8 ± 0.3	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.6	0.9 ± 0.2	0.7 ± 0.1
B_{D-B} (ppb)	-	2371.3 ± 1369.4	4324.5 ± 2173.0	-	3044.5 ± 1439.2	4111.5 ± 1347.6	-	5308.5 ± 3017.7	3336.8 ± 1776.0	10561.9 ± 6031.5	3693.2 ± 1276.7	1619.8 ± 881.7
A_Y (mm)	9.7 ± 0.6	5.3 ± 0.3	6.0 ± 0.6	6.5 ± 0.1	6.0 ± 0.4	4.6 ± 0.6	8.0 ± 0.4	6.3 ± 0.3	6.6 ± 0.4	5.9 ± 0.4	3.7 ± 0.5	5.1 ± 0.2
B_Y (ppb)	-15721.2 ± 5386.0	-	-	-	-	11594.6 ± 4627.0	-	-	-	-	8323.7 ± 3868.5	-

Çizelge 4.12’de verilmiş olan parametreler ile 13 adet baz için her aya ait K-G, D-B ve Y bileşenlerinin standart sapmaları hesaplandı ve Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 32 12 aya ait D-B bileşeni st. sapma değerleri

Şekil 4.23’e göre, yükseklik bileşeninin doğruluğunun diğer bileşenlere göre yaklaşık 3 kat fazla olduğu gözlenmektedir. Ayrıca temmuz ayında elde edilen doğruluğun, diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bir yıl içindeki tüm veriler (4.7) eşitliğindeki modelde göz önüne alınarak en küçük kareler yöntemi ile model parametreleri belirlenmiştir. Daha önceki işlem adımlarında olduğu gibi parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıkları test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.13’de verilmiş ve A parametresi K-G, D-B ve Y bileşenlerinde, B parametresi ise K-G bileşeninde anlamlı çıkmıştır, bu parametreler ile herbir ay için ayrı ayrı standart sapma hesaplanmış ve ortalaması alınmıştır. Elde edilen standart sapma sonuçları Çizelge 4.14’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 14 12 ay eşitlik (4.7) ile kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1.93	0.09	22.22	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1.80	0.15	11.94	Anlamlı
A_Y (mm)	6.21	0.41	15.06	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	2389.12	710.58	3.36	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	-	-	-	-
B_Y (ppb)	-	-	-	-

Çizelge 4. 15 12 ay eşitlik (4.7) ile kestirilen parametreler

T(s)	K-G (mm)	D-B (mm)	Y(mm)
24	2.2	1.8	6.2

Çizelge 4.16’de Çizelge 4.13’de verilen haziran ve aralık aylarına ait parametreler ile Çizelge 4.14’da verilen 12 aya ait parametreler kullanılarak 4 farklı baz uzunluğuna göre standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler karşılaştırıldığında haziran ayına ait standart sapma değerlerinin aralık ayına ve 12 aya ait parametrelerle hesaplanan standart sapma değerlerinden yüksek olduğu, aralık ayına ait parametrelerin ise 12 aya ait parametrelerle hesaplanan standart sapma değerlerinden düşük olduğu gözlenmektedir. Haziran, aralık ve 12 aya ait parametrelerle hesaplanmış standart sapma değerlerinde baz uzunluğu arttıkça değerlerin büyüdüğü gözlenmektedir. 12 aya ait parametrelerde b_{D-B} ve b_Y parametresi ve aralık ayına ait b_Y parametresi anlamsız çıkmasından dolayı baza bağlı artış gözlenmemektedir.

Çizelge 4. 16 Haziran, Aralık ve 12 aylık parametreler ile baz uzunluğuna bağlı hesaplanan st. sapma değerleri

Haziran				Aralık				12 Ay			
Km	K-G	D-B	Y	Km	K-G	D-B	Y	Km	K-G	D-B	Y
6	1.5	1.3	4.7	6	0.9	0.7	5.1	6	1.9	1.8	6.2
66	1.9	1.5	5.4	66	1.0	0.8	5.1	66	2.1	1.8	6.2
129	2.4	1.8	6.1	129	1.2	0.9	5.1	129	2.2	1.8	6.2
237	3.1	2.2	7.4	237	1.4	1.1	5.1	237	2.5	1.8	6.2

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezin amacı farklı mevsimlerde gerçekleştirilen GPS ölçüleri ile belirlenen nokta konum doğruluğunun araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda MAGNET'e ait 12 GPS istasyonu ile IGS ağında bulunan TUBİ ve İSTA istasyonlarına ilişkin 2009 yılının her bir ayına ait 3 günlük GPS ölçüleri kullanılmış ve ölçüler Bernese 5.0 akademik yazılımı ile ITRF 2005 koordinat sisteminde değerlendirilmiştir.

Noktalar arasında oluşturulan ve uzunlukları 6-238 km arasında değişen bazlardaki veriler 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik parçalara bölünerek her bir ay için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Nokta konum doğruluğu baz uzunluğuna ve oturum süresine bağlı olarak modellendirilmiş [6] ve elde edilen sonuçların mevsimsel değişim ile ilgili etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Her ay için baz uzunluğu ve oturum süresine ve sadece baz uzunluğuna bağlı olarak ayrı ayrı kuzey-güney (K-G), doğu-batı (D-B) ve yükseklik (Y) bileşenleri için standart sapma değerleri bulunmuş ve elde edilen sonuçlar günlük tekrarlılıklardan gelen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Farklı mevsimlerde gerçekleştirilen GPS ölçüleri ile yapılan nokta konum doğruluk analizlerinde farklı model eşitlikleri ve katsayıları belirlenmiş ve böylece mevsimsel değişimin GPS'in nokta konum doğruluğuna olan etkisi gözlenmiştir.

Nokta konum doğruluğunun baz uzunluğuna ve oturum süresine bağlı modellendirilmesi sonucunda aşağıdaki bağlantılar elde edilmiştir:

$$S_{K-G} = (33.60/T + 1.84)^{0.5}$$

$$S_{D-B} = (27.09/T + 0.00061106 L^2/T)^{0.5}$$

$$S_Y = (369.07/T + 0.00191210 L^2/T)^{0.5}$$

Baz uzunluğuna ve oturma süresine bağlı doğruluk analizinde, oturma süresi arttıkça yatay konum doğruluğunun arttığı, yükseklik bileşeninin doğruluğunu yatay bileşenlerin doğruluğunda yaklaşık 3 kat daha düşük olduğu gözlenmiştir.

K-G bileşeni için Mayıs ayı hariç 11 ayda a_{K-G} parametresi anlamlı, Haziran ve Aralık aylarında a_{K-G} ve b_{K-G} parametresi anlamlı çıkmıştır. D-B bileşeni için Şubat, Mayıs, Haziran ve Eylül aylarında a_{D-B} ve b_{D-B} parametreleri anlamlı çıkmış, Y bileşeni için ise a_Y ve b_Y parametresi Haziran, Temmuz, Kasım ve Aralık aylarında, a_Y parametresi ise 12 ayda da anlamlı çıkmıştır. Modelden 24 saat ile 4 saatlik oturma süreleri için elde edilen standart sapma değerleri K-G bileşeninde 5.5 – 0.5 mm aralığında ve Temmuz ayında maksimum değerinde, D-B bileşeninde 5.5 – 0.5 mm aralığında ve Ekim ayında maksimum değerinde, Y bileşeninde ise 13 – 2 mm aralığında yer almıştır ve Nisan ayında maksimum değerine ulaşmıştır.

Nokta konum doğruluğunun sadece baz uzunluğuna bağlı olarak modellendirilmesi sonucunda aşağıdaki bağlantılar elde edilmiştir:

$$S_{K-G} = (1.93 + 0.002389 L)$$

$$S_{D-B} = (1.79)$$

$$S_Y = (6.20)$$

Baz uzunluğuna bağlı analize göre, noktalara ilişkin yükseklik bileşeninin doğruluğunun diğer yatay bileşenlere göre yaklaşık 3 kat daha fazla düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yılın Temmuz ayında elde edilen doğruluğun diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir ve bunu hava sıcaklığının diğer aylara göre yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Baz uzunluğuna bağlı yapılan doğruluk analizinde A_{K-G} , B_{K-G} , A_{D-B} , B_{D-B} ve A_Y , B_Y parametreleri her ay için farklı kestirilmiştir. A parametresi K-G, D-B ve Y bileşeni için 12 ayda da anlamlı çıkarken, B parametresi K-G bileşeni için Şubat, Nisan, Haziran, Ağustos, Kasım, Aralık, D-B bileşeni için Şubat, Mart, Mayıs, Haziran, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık, Y bileşeni için ise Ocak, Haziran ve Kasım aylarında anlamlı çıkmıştır.

K-G ve D-B bileşenlerinde 4.0 mm ile 0.5 mm aralığında sonuçlar değişirken Y bileşeninde 9.0 mm ile 4.0 mm aralığında değişmektedir. K-G, D-B ve Y bileşenlerinde en yüksek standart sapma değeri temmuz ayında görülmüş en düşük değerler ise kış ayları olan ocak ve aralık ayında görülmüştür.

Ayrıca Doğan (2007) yılında yayımladığı çalışmasında [10] 2002 yılında aralık ayındaki verilerle elde ettiği sonuçlarda yatay bileşenlerde a_{K-G} , b_{K-G} , a_{D-B} , b_{D-B} yükseklik bileşeninde ise a_Y , b_Y , c_Y parametreleri anlamlı elde edilmiştir. Bu çalışmada da aralık ayında elde sonuçlarda b_{D-B} parametresi hariç diğer parametreler anlamlı olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda MAGNET ağına bağlı GPS istasyonların konum doğruluğunda farklı faktörlerin etkisi olduğu görülmüş, yapılan analizlerde GPS ağına bağlı noktaların oturum süresi azaldıkça standart sapma değerlerinin yükseldiği, baz uzunluğu arttıkça standart sapma değerlerinin yükseldiği sonucu gözlenmiştir. Fakat bu oturum süresi ve baz uzunluğu ile olan ilişkinin her ay için farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Özellikle tektonik, heyelanların izlenmesi gibi deformasyon çalışmalarında konum doğruluğu çok önemlidir. Bu tür çalışmalar gerçekleştirmeden önce belirlenen doğruluk model eşitlikleri kullanılarak istenilen doğruluğu sağlayan baz uzunluğu ve oturum süresi belirlenebilir ve elde edilen ölçütlere göre ağ tasarımı gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Blewitt, G., (1993). "Advances in Global Positioning System Technology for Geodynamics Investigations: 1978-1992", American Geophysical Union.
- [2] Wang, C.S. ve Liou, Y.A., (2004). "Seasonal Variation of GPS Height Determination In Taiwan", American Geophysical Union, Fall Meeting 2004, 13-17 December 2004, San Francisco.
- [3] Bock, O. ve Doerflinger, E., (2000). "Atmospheric Modeling in GPS Data Analysis for High Accuracy Positioning", Physics and Chemistry of the Earth, 26(6-8):373-383.
- [4] Johansson, M.J., Emardson, T.R., Jarlemark, P.O.J., Gradinarsky, L.P. ve Elgered, G., (1998). "The Atmospheric Influence on the Results from the Swedish GPS Network", Physics and Chemistry of the Earth, 23(1):107-112, 1998.
- [5] Liou, Y. A., C. Y. Huang ve Y. T. Teng, (2000). "Precipitable water observed by ground-based GPS receivers and microwave radiometry," Earth, Planets, and Space, 52(6):445-450.
- [6] Eckl, M.C, Snay, R.A., Soler, T. Cline, M.W. ve Mader, G.L., (2001). "Accuracy of GPS-Derived Relative Positions as a Function of Interstation Distance and Observing-Session Duration", Journal of Geodesy, 75:633-640.
- [7] Heflin, M.B., Bertiger, W.I., Blewitt, G., Freedman, A.P., Hurst, K.J., ve, (1992). "Global Geodesy Using GPS Without Fiducial Sites", Geophysical Research Lett. 19:131-34
- [8] Jaldehag, R.T.K., (1995). "Space Geodetic Techniques: An Experimental and Theoretical Study of Antenna Related Error Sources", Tech. Rep. 276. Goteborg, Sweden: Chalmers Univ. Technol.
- [9] Segall, P. ve Davis, L.J., (1997). "GPS Applications For Geodynamics And Earthquake Studies", Annual Review of Earth and Planetary, 25: 301-36.
- [10] Doğan, U., (2007). "Accuracy Analysis of Relative Positions of Permanent GPS stations in The Marmara Region, Turkey", Suvey Review, 39 (304): 156-165.
- [11] Şanlı, D.U. ve Kurumahmut, F. (2011). "Accuracy of GPS Positioning in The Presence of Large Height Differences", Survey Review, 43(320):162-176(15).

- [12] Şanlı, U.D. ve Öztürk, D. (2011). "Accuracy of GPS Positioning From Local to Regional Scales: A Unified Prediction Model", *Suvey Review*, 43(323):579-589.
- [13] Kınık, İ., (1999). GPS Ölçme ve Değerlendirmelerinde Hata Kaynakları Üzerine Bir İnceleme, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- [14] Teunissen, J.G.P. ve Kleusberg, A., (1998). "GPS for Geodesy", Springer, Berlin, New York, ISBN: 3-540-63661-7
- [15] Baysal, E., (2008). Jeodezik Uygulamalarda Tek Frekanslı GPS Alıcılarının Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] Dach, R., Hugentobler, U., Fridrez, P. ve Meindl, M., (2007). "Bernese GPS Software Version 5.0", Astronomical Institute, University of Bern.
- [17] Arslan, N., (2004). GPS ile İyonosfer Toplam Elektron Yoğunluğu Değişimlerinin Koordinatlara Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Wild, U., (1994), "Ionosphere and Geodetic Satellite Systems; Permanent GPS Tracking Data for Modelling and Monitoring", *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, 48.
- [19] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Collins, J., (2001). "GPS Theory and Practice, 5th Edition, Springer-Verlag, Wien, Austria.
- [20] Langley, R.B., (1993). "The GPS Observables". *GPS World*, April, 4(4):52-59.
- [21] Özlüdemir, T., (2001). Sinyal Kalitesine Dayalı Stokastik Modellerin GPS ile Konum Belirleme Üzerindeki Etkilerine İlişkin Bir İnceleme, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- [22] Langley, R.B., (1997). "GPS Receiver System Noise". *GPS World*, June, 8(6):40-45.
- [23] Wells, D.E., Beck, N., Delikaraoğlu, D., Kleusberg, A. vd. (1986). "Guide to GPS Positioning, Canadian GPS Associates, Fredericton, New Brunswick.
- [24] Leick, A., (1995). "GPS Satellite Surveying". Second Edition, John Wiley ve Sons, New York, 560.
- [25] Rizos, C., (1999). "Satellite Ephemeris Bias" *Principles and Practice of GPS Surveying*, The University of New South, Sydney, Australia. http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/chap6/6212.htm (last updated: 18 January 2000).
- [26] Shen, X., (2002). "Improving Ambiguity Convergence in Carrier Phase-based Precise Point Positioning", University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary.
- [27] Dick, R.W., ve Richter, B., "IERS Annual Report 2008-09", International Earth and Reference System Service, Central Bureau, 2011.237.

- [28] International Global Navigation Satellite System Service, IGS Products, <http://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>, 23 Haziran 2012
- [29] Xiangqian, L., (2000). "Carrier Phase Ionosphere Recovery over a Regional Area GPS Network", M.Sc Thesis, Department of Geomatics Engineering Calgary, 2000.
- [30] Tekiç, S., (2009). "Accuracy of GPS Precise Point Positioning", Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, İstanbul.
- [31] Doğan, U., (2007). "Uydu Jeodezisi Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [32] The University of New South Wales, Principles and Practice of GPS Surveying, http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm, 03 Nisan 2012.
- [33] Trimble Planing Software, Setup Panning 2.9, Version Number 2.9.
- [34] Raziq, N. ve Collier, P., (2006). "High Precision GPS Deformation Monitoring using Single Receiver Carrier Phase Data", International Association of Geodesy Symposia, Volume 131, Session B, 95-102, DOI:10.1007/978-3-540-38596-7_11.
- [35] Abdel-salam, M.A., (2005). "Precise Point Using Un-Differenced Code and Carrier Phase Observations", University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary.
- [36] Rothacher, M., Schaer, S., Mervart, L., Beutler, G., (1995). "Determination of Antenna Phase Center Variations Using GPS Data", 1995 IGS Workshop, Potsdam, May 15-17, 1995.
- [37] Schaer, S., (1999). "Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the GPS", Ph.D Thesis, Universitat Bern.
- [38] National Programme on Technology Enhanced Learning, Global Positioning System, More on GPS principles, http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/ModernSurveyingTech/lectureB_8/B_8_4carrier.htm, 28 Haziran 2012
- [39] Cannon, M.E., Ray, J.K. ve Fenton, P., (1998). "Mitigation of Static Carrier Phase Multipath Effects Using Multiple Closely-Spaced Antennas", Presented at ION-GPS98, Nashville, September 15-18.
- [40] Köhne, A. ve Wößner, M., (2009), Sources of Errors in GPS, <http://www.kowoma.de/en/gps/index.htm>, 16 Şubat 2012
- [41] Brunner, F.K. ve Welsch, W.U., (1993). "Effects of the Troposphere on GPS Measurements", GPS World, January 1993.
- [42] Hopfield, H.S., (1969). "Two-quadratic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data, Journal of Geophysical Research, 74:4487-4499.

- [43] Langley, R.B., (1996). "Propagation of the GPS Signals, in Lecture Notes International School", GPS for Geodesy, Springer-Verlag, Delft, The Netherlands.
- [44] Essen, L., ve Froome, K.D., (1951). "The Refractive Indices and Dielectric Constants of Air and its Principal Constituents at 24 000 Mc/s", Proceedings of Physical Society, 64(B):862-875.
- [45] EUREF Permanent Network, Zenith Path Delay Time Series, http://www.epncb.oma.be/networkdata/zenith_path_delay_timeseries.php?station=TUBI_20806M001, 18 Eylül 2012
- [46] World Data Center for Geomagnetism, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>, 23 Ocak 2011.
- [47] Solar Influences Data Analysis Center, <http://sidc.oma.be>, 03 Nisan 2012.
- [48] Klobuchar, J.A., (1987). "Ionospheric Time Delay Algorithm for single-frequency GPS Users", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems AES-23(3), May 1987.
- [49] Bevis, M., Businger, S., Herring, A.T., Rocken, C., Anthes, A.R. ve Ware, H.R., (1992). "GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System", Journal of Geophysical Research, 97(14):15781-15801.
- [50] Scripps Orbit and Permanent Array Center, Rinex Data Browser <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbDataBySite.cgi>, 28 Kasım 2011
- [51] Selendi, A., (2011). Marmara Bölgesinde Yerkabuğu Hareketlerinin GPS ve Gravite Ölçmeleri (2006-2010) ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- [52] Hastaoğlu, K., (2009). GPS Hızlı Statik Yöntem ile Heyelanların İzlenebilirliğinin Araştırılması: Sivas Koyulhisar Heyelanı Örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] Demirel, H., (2005). Dengeleme Hesabı, 2. baskı, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [54] Baarda, W., (1968). "A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks", Netherlands Geodetic Commission, Delft.
- [55] Demirel, H., (1987). "Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçların Test Edilmesi", Harita Dergisi, 98, 1-18.

**BAZ UZUNLUĞU VE OTURUM SÜRESİNE BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN
PARAMETRELER VE ST. SAPMA DEĞERLERİ**

Çizelge 1. 1 Ocak ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	6.73	3.54	1.90	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	3.48	10.13	0.34	Anlamsız
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	304.31	135.38	2.25	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	31.99	195.18	0.16	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	246.75	558.97	0.44	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-7732.07	7467.65	1.04	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	0.55	0.54	1.03	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	2.77	1.53	1.80	Anlamlı
c_Y (mm^2)	46.11	20.49	2.25	Anlamlı
d_{K-G} (ppb^2)	-3.33	29.55	0.11	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-41.36	84.62	0.49	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-15.31	1130.47	0.01	Anlamsız

Çizelge 1. 2 Şubat ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	17.48	4.23	4.14	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	9.40	4.83	1.95	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	346.52	66.78	5.19	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	132.31	174.73	0.76	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	896.13	199.51	4.49	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-2607.28	2760.19	0.94	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	1.05	0.64	1.64	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	0.74	0.73	1.01	Anlamsız
c_Y (mm^2)	-12.81	10.11	1.27	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	4.34	26.45	0.16	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-60.62	30.20	2.01	Anlamlı
d_Y (ppb^2)	482.54	417.84	1.15	Anlamsız

Çizelge 1. 3 Mart ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	23.63	9.20	2.57	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	7.74	6.94	1.11	Anlamsız
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	421.75	93.49	4.51	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	190.34	380.18	0.50	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	1126.37	286.92	3.93	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-2319.98	3863.42	0.60	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	2.65	1.42	1.87	Anlamlı
c_{D-B} (mm^2)	0.44	1.07	0.41	Anlamsız
c_Y (mm^2)	-1.51	14.40	0.10	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	-46.37	58.56	0.79	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-46.18	44.20	1.04	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	28.33	595.10	0.05	Anlamsız

Çizelge 1. 4 Nisan ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	20.29	11.06	1.83	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	18.17	5.73	3.17	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	709.94	209.89	3.38	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-504.96	573.98	-0.88	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-59.39	297.54	-0.20	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	16833.05	10894.06	1.55	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	1.02	1.67	0.61	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	0.42	0.87	0.48	Anlamsız
c_Y (mm^2)	-35.02	31.77	-1.10	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	209.74	86.89	2.41	Anlamlı
d_{D-B} (ppb^2)	33.13	45.04	0.74	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-1684.77	1649.17	-1.02	Anlamsız

Çizelge 1. 5 Mayıs ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	13.74	9.76	1.41	Anlamsız
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	14.39	7.08	2.03	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	448.77	126.77	3.54	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	92.68	388.71	0.24	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	584.86	282.15	2.07	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-5185.46	5050.69	-1.03	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	4.34	1.48	2.94	Anlamlı
c_{D-B} (mm^2)	1.08	1.07	1.00	Anlamsız
c_Y (mm^2)	-7.82	19.19	-0.41	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	-15.55	58.84	-0.26	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-40.29	42.71	-0.94	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	259.13	764.59	0.34	Anlamsız

Çizelge 1. 6 Haziran ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	23.41	8.68	2.70	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	13.34	6.40	2.09	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	203.45	47.06	4.32	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	941.19	358.93	2.62	Anlamlı
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	864.83	264.49	3.27	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	6249.95	1945.08	3.21	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	0.42	1.31	0.32	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	0.51	0.97	0.53	Anlamsız
c_Y (mm^2)	1.70	7.12	0.24	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	15.38	54.34	0.28	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-37.87	40.04	-0.95	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-47.17	294.45	-0.16	Anlamsız

Çizelge 1. 7 Temmuz ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	108.66	20.21	5.38	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	69.50	15.94	4.36	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	490.08	77.17	6.35	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	58.64	835.30	0.07	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	847.24	659.00	1.29	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	5413.69	3189.72	1.70	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	1.83	3.06	0.60	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	-1.60	2.41	-0.66	Anlamsız
c_Y (mm^2)	-5.07	11.68	-0.43	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	30.81	126.45	0.24	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-17.19	99.76	-0.17	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	149.03	482.87	0.31	Anlamsız

Çizelge 1. 8 Ağustos ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	30.60	17.15	1.78	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	54.88	24.28	2.26	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	319.04	58.94	5.41	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	306.08	709.06	0.43	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	1121.90	1200.54	0.93	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	2368.79	2436.36	0.97	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	9.70	2.60	3.73	Anlamlı
c_{D-B} (mm^2)	-2.81	3.68	-0.76	Anlamsız
c_Y (mm^2)	1.95	8.92	0.22	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	-209.10	107.34	-1.95	Anlamlı
d_{D-B} (ppb^2)	86.69	181.74	0.48	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-160.09	368.82	-0.43	Anlamsız

Çizelge 1. 9 Eylül ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	48.10	12.54	3.84	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	21.13	10.40	2.03	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	289.57	92.52	3.13	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-246.76	518.22	-0.48	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	1371.38	429.84	3.19	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	6378.19	3823.97	1.67	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	1.20	1.90	0.63	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	1.04	1.57	0.66	Anlamsız
c_Y (mm^2)	7.11	14.01	0.51	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	-3.27	78.45	-0.04	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-96.56	65.07	-1.48	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-390.05	578.88	-0.67	Anlamsız

Çizelge 1. 10 Ekim ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	76.55	13.54	5.65	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	160.58	92.02	1.74	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	193.66	80.95	2.39	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-830.47	697.45	-1.19	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-1329.20	4681.11	-0.28	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	-1849.17	4171.70	-0.44	Anlamsız
c_{K-G} (mm^2)	-2.43	1.99	-1.22	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	-11.30	13.56	-0.83	Anlamsız
c_Y (mm^2)	13.87	11.92	1.16	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	104.36	102.79	1.02	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	489.44	689.59	0.71	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	473.83	614.55	0.77	Anlamsız

Çizelge 1. 11 Kasım ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	10,12	2,15	4,70	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	6,44	5,15	1,25	Anlamsız
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	104,18	39.07	2.67	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	70,08	90,69	0,77	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	604,24	217,14	2,78	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	6793,55	1646.69	4.13	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	0,38	0,33	1,17	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	0,28	0,78	0,36	Anlamsız
c_Y (mm^2)	3,31	5.91	0.56	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	-1,62	13,73	-0,12	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	-21,80	32,87	-0,66	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-367,81	249.28	-1.48	Anlamsız

Çizelge 1. 12 Aralık ayı eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	6,68	1,62	4,13	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	6,71	1,20	5,59	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	109,64	32.76	3.35	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	148,31	83,95	1,77	Anlamlı
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	44,75	59,85	0,75	Anlamsız
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	3683,55	1703.00	2.16	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	0,23	0,24	0,94	Anlamsız
c_{D-B} (mm^2)	-0,14	0,18	-0,79	Anlamsız
c_Y (mm^2)	9,71	4.95	1.96	Anlamlı
d_{K-G} (ppb^2)	0,42	12,71	0,03	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	3,81	9,04	0,42	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-123,35	257.40	-0.48	Anlamsız

Çizelge 1. 13 12 aylık eşitlik (4.6) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
a_{K-G} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	31.46	4.70	6.69	Anlamlı
a_{D-B} ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	30.33	7.16	4.24	Anlamlı
a_Y ($\text{mm}^2 \cdot \text{h}$)	331.64	32.18	10.30	Anlamlı
b_{K-G} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	143.31	206.60	0.69	Anlamsız
b_{D-B} ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	597.23	317.53	1.88	Anlamlı
b_Y ($\text{ppb}^2 \cdot \text{h}$)	2505.73	1413.48	1.77	Anlamlı
c_{K-G} (mm^2)	1.81	0.71	2.54	Anlamlı
c_{D-B} (mm^2)	-0.56	1.08	-0.52	Anlamsız
c_Y (mm^2)	1.02	4.87	0.21	Anlamsız
d_{K-G} (ppb^2)	2.37	31.27	0.08	Anlamsız
d_{D-B} (ppb^2)	2.39	48.05	0.05	Anlamsız
d_Y (ppb^2)	-102.66	213.92	-0.48	Anlamsız

Çizelge 1. 14 Ocak ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	1.4 (1.4)	1.6 (1.7)	9.1 (9.4)
6	1.2 (1.2)	1.6 (1.5)	8.3 (8.9)
8	1.0 (1.1)	1.6 (1.7)	7.8 (8.3)
12	0.8 (0.8)	1.6 (1.6)	7.3 (7.9)
24	0.6 (0.8)	1.6 (1.4)	6.8 (7.4)

Çizelge 1. 15 Şubat ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	2.4 (2.3)	2.2 (2.2)	7.7 (8.3)
6	1.9 (2.1)	1.8 (2.0)	6.3 (6.2)
8	1.7 (1.9)	1.5 (1.7)	5.4 (5.4)
12	1.4 (1.7)	1.1 (1.1)	4.4 (3.8)
24	1.0 (1.1)	0.7 (0.7)	3.1 (2.8)

Çizelge 1. 16 Mart ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	2.7 (2.8)	1.5 (2.2)	9.0 (9.4)
6			
8			
12	1.9 (2.0)	0.9 (1.2)	5.2 (6.3)
24	1.6 (1.5)	0.6 (0.9)	3.7 (2.4)

Çizelge 1. 17 Nisan ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	2.8 (2.2)	2.4 (2.1)	12.2 (13.0)
6	2.4 (2.7)	1.9 (2.1)	10.0 (7.2)
8	2.2 (2.4)	1.7 (1.7)	8.6 (5.4)
12	1.9 (1.9)	1.4 (1.4)	7.1 (5.2)
24	1.7 (1.4)	1.0 (1.1)	5.0 (1.8)

Çizelge 1. 18 Mayıs ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	2.3 (2.7)	2.4 (2.4)	8.5 (8.7)
6	2.3 (2.4)	1.9 (1.9)	7.0 (6.8)
8	2.3 (2.6)	1.7 (2.2)	6.0 (5.7)
12	2.3 (2.3)	1.4 (1.2)	4.9 (5.1)
24	2.3 (1.8)	1.0 (1.0)	3.5 (3.6)

Çizelge 1. 19 Haziran ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	3.0 (3.0)	2.4 (2.4)	8.1 (8.4)
6	2.4 (2.5)	1.9 (2.0)	6.6 (7.3)
8	2.1 (2.4)	1.7 (1.6)	5.7 (5.8)
12	1.7 (1.9)	1.4 (1.5)	4.7 (4.9)
24	1.2 (1.2)	1.0 (1.0)	3.3 (3.1)

Çizelge 1. 20 Ağustos ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	3.6 (3.7)	3.6 (3.6)	8.7 (9.1)
6	3.2 (3.4)	2.9 (3.3)	7.1 (7.9)
8	3.0 (2.9)	2.5 (2.4)	6.2 (6.5)
12	2.8 (2.8)	2.1 (1.8)	5.0 (4.8)
24	2.5 (2.5)	1.5 (0.7)	3.6 (3.3)

Çizelge 1. 21 Eylül ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	3.3 (3.3)	2.9 (3.1)	9.3 (9.6)
6	2.7 (2.8)	2.4 (2.3)	7.6 (7.1)
8	2.3 (2.7)	2.1 (2.2)	6.5 (7.4)
12	1.9 (1.9)	1.7 (1.7)	5.3 (6.4)
24	1.4 (1.5)	1.2 (1.1)	3.8 (2.3)

Çizelge 1. 22 Ekim ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	3.9 (3.8)	5.3 (4.2)	8.4 (7.3)
6			
8	2.7 (2.6)	3.8 (3.0)	6.0 (7.1)
12	2.2 (1.6)	3.1 (1.9)	4.9 (4.8)
24	1.6 (1.3)	2.2 (1.4)	3.4 (4.6)

Çizelge 1. 23 Kasım ayı ort. st. sapma değerleri

T(s)	K-G S_{K-G} (mm)	D-B S_{D-B} (mm)	Y S_Y (mm)
4	1.7 (1.7)	1.2 (1.8)	6.3 (6.9)
6	1.4 (1.4)	1.0 (1.5)	5.1 (5.1)
8	1.2 (1.4)	0.9 (1.1)	4.5 (4.6)
12	1.0 (1.1)	0.7 (1.2)	3.6 (4.0)
24	0.7 (0.7)	0.5 (0.6)	2.6 (2.4)

**BAZ UZUNLUĞU BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN PARAMETRELER VE ST.
SAPMA DEĞERLERİ**

Çizelge 2. 1 Ocak ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	0,96	0,14	6,91	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,49	0,20	7,28	Anlamlı
A_Y (mm)	9,70	0,56	17,33	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	1308,41	1341,08	0,98	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	1029,08	1970,21	0,52	Anlamsız
B_Y (ppb)	-15721,19	5385,95	-2,92	Anlamlı

Çizelge 2. 2 Şubat ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1,29	0,16	8,053296	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,29	0,17	7,3692	Anlamlı
A_Y (mm)	5,02	0,64	7,812379	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	2371,26	1253,09	1,89233	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	2371,26	1369,41	1,731592	Anlamlı
B_Y (ppb)	2584,84	5044,87	0,51237	Anlamsız

Çizelge 2. 3 Mart ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	2,10	0,28	7,61	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	0,98	0,27	3,70	Anlamlı
A_Y (mm)	6,23	1,03	6,06	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	119,20	2260,71	0,05	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	4324,52	2172,89	1,99	Anlamlı
B_Y (ppb)	-2110,70	8416,24	-0,25	Anlamsız

Çizelge 2. 4 Nisan ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1,37	0,23	6,06	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,45	0,16	8,96	Anlamlı
A_Y (mm)	5,68	1,23	4,61	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	7887,82	1985,72	3,97	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	2133,45	1421,54	1,50	Anlamsız
B_Y (ppb)	8627,25	10857,30	0,79	Anlamsız

Çizelge 2. 5 Mayıs ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	2,26	0,18	12,35	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,40	0,19	7,44	Anlamlı
A_Y (mm)	6,57	0,72	9,19	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	906,13	1400,76	0,65	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	3044,52	1439,18	2,12	Anlamlı
B_Y (ppb)	-5376,58	5486,58	-0,98	Anlamsız

Çizelge 2. 6 Haziran ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1,42	0,20	6,96	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,27	0,17	7,40	Anlamlı
A_Y (mm)	4,64	0,59	7,87	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	7184,57	1606,13	4,47	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	4111,46	1347,61	3,05	Anlamlı
B_Y (ppb)	11594,61	4627,00	2,51	Anlamlı

Çizelge 2. 7 Temmuz ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	3,50	0,36	9,68	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	2,32	0,31	7,48	Anlamlı
A_Y (mm)	6,96	0,75	9,26	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	2949,99	2833,69	1,04	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	3792,64	2429,44	1,56	Anlamsız
B_Y (ppb)	9537,14	5900,08	1,62	Anlamsız

Çizelge 2. 8 Ağustos ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	3,77	0,28	13,56	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,84	0,35	5,30	Anlamlı
A_Y (mm)	6,53	0,62	10,53	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	-6508,27	2184,73	-2,98	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	5308,51	3017,71	1,76	Anlamlı
B_Y (ppb)	-1839,66	4864,35	-0,38	Anlamsız

Çizelge 2. 9 Eylül ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	2,54	0,24	10,55	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1,71	0,23	7,56	Anlamlı
A_Y (mm)	6,18	0,75	8,28	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	-825,41	1885,99	-0,44	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	3336,76	1776,00	1,88	Anlamlı
B_Y (ppb)	3538,67	5858,89	0,60	Anlamsız

Çizelge 2. 10 Ekim ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	2.06	0.37	5.60	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1.65	0.66	2.49	Anlamlı
A_Y (mm)	5.47	0.67	8.11	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	2846.68	3295.50	0.86	Anlamsız
B_{D-B} (ppb)	10561.86	6031.49	1.75	Anlamlı
B_Y (ppb)	5057.87	6036.37	0.84	Anlamsız

Çizelge 2. 11 Kasım ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

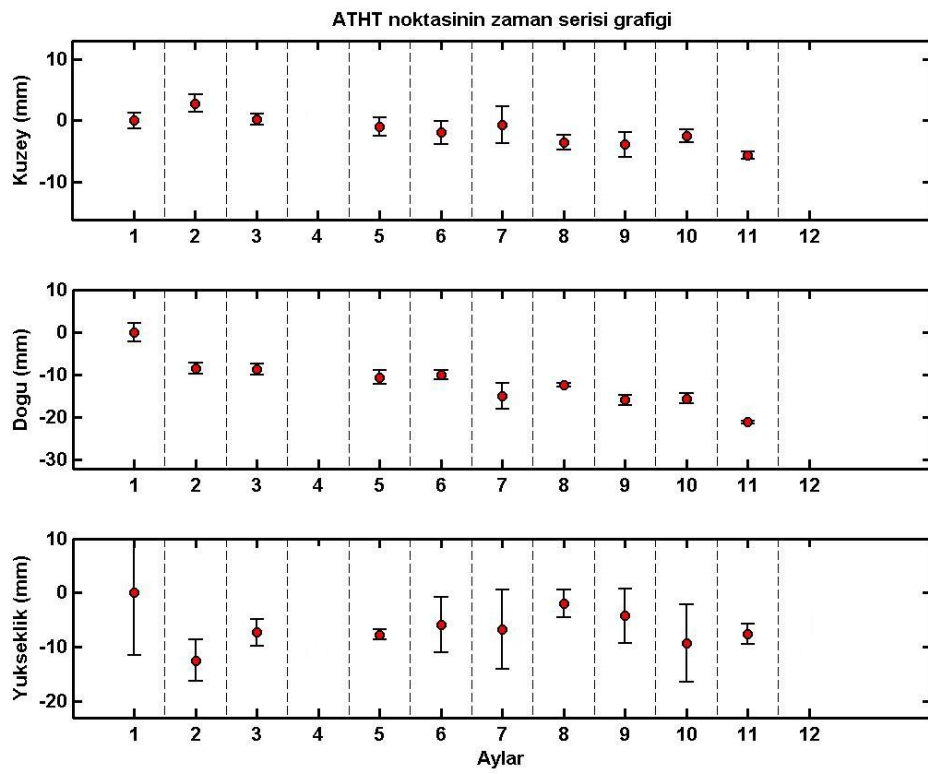
Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1,10	0,11	9,59	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	0,86	0,16	5,46	Anlamlı
A_Y (mm)	3,73	0,48	7,83	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	1611,43	931,58	1,73	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	3693,20	1276,65	2,89	Anlamlı
B_Y (ppb)	8323,74	3868,53	2,15	Anlamlı

Çizelge 2. 12 Aralık ayı eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

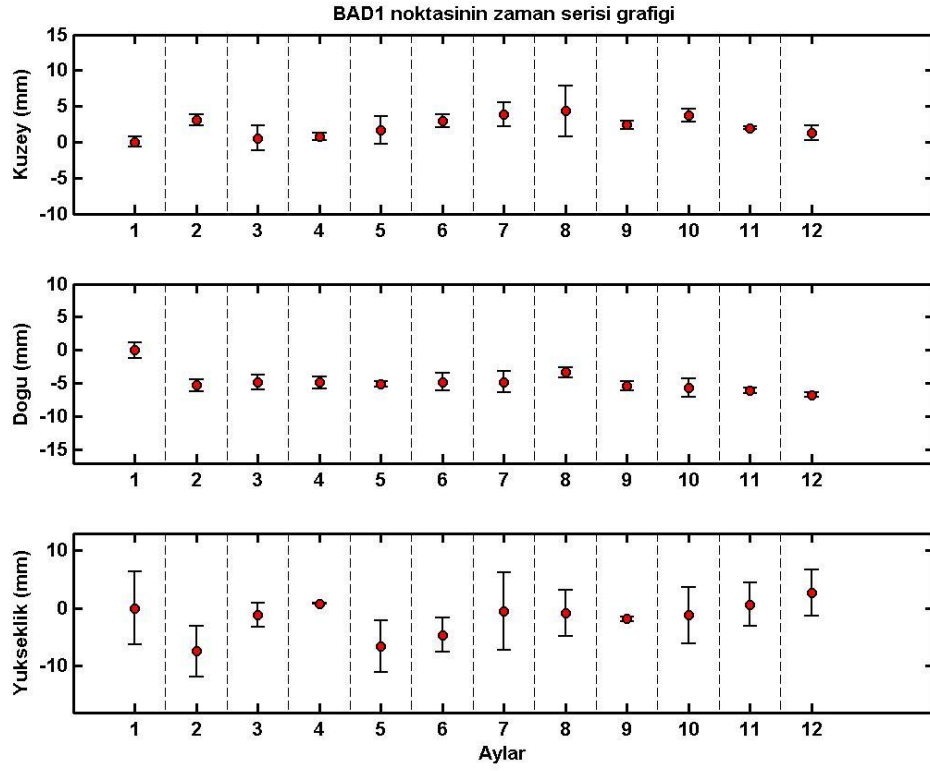
Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	0,93	0,10	9,47	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	0,69	0,10	6,66	Anlamlı
A_Y (mm)	4,84	0,44	11,00	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	1833,27	859,95	2,13	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	1619,80	881,68	1,84	Anlamlı
B_Y (ppb)	2653,26	3871,65	0,69	Anlamsız

Çizelge 2. 13 12 aylık eşitlik (4.7) kestirilen parametreler

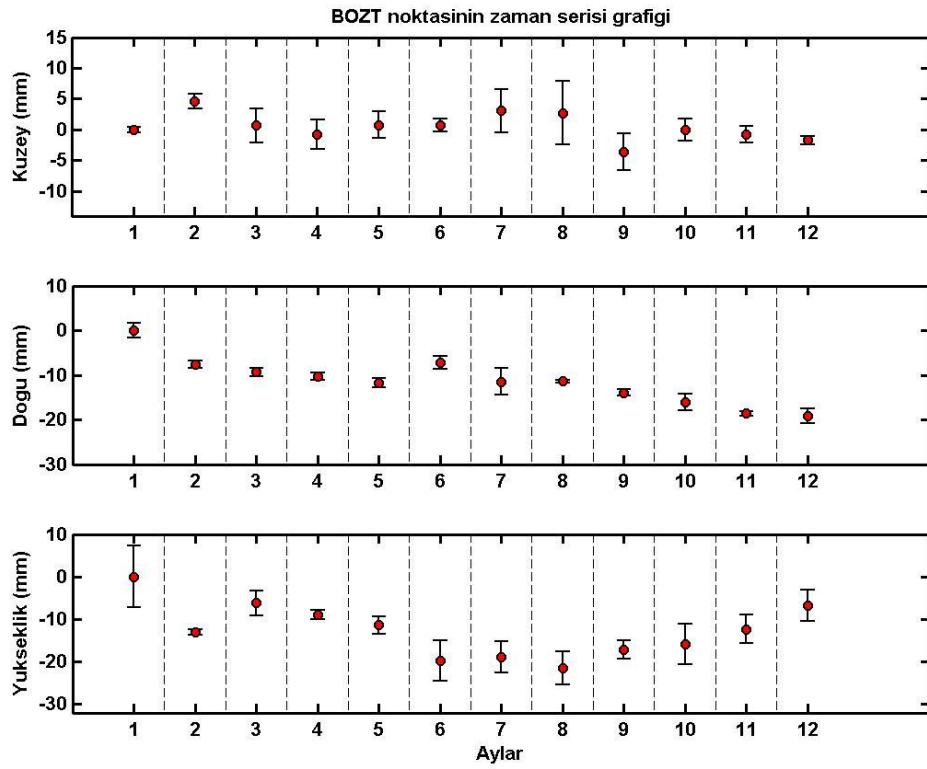
Parametre	Kestirilen Değer	Standart Sapma	Oran	Sonuç
A_{K-G} (mm)	1.93	0.09	22.22	Anlamlı
A_{D-B} (mm)	1.43	0.27	5.27	Anlamlı
A_Y (mm)	5.95	0.76	7.85	Anlamlı
B_{K-G} (ppb)	2389.12	710.58	3.36	Anlamlı
B_{D-B} (ppb)	3618.31	2233.63	1.62	Anlamsız
B_Y (ppb)	2443.27	6206.41	0.39	Anlamsız

GPS İSTASYONLARI ZAMAN SERİSİ GRAFİKLERİ

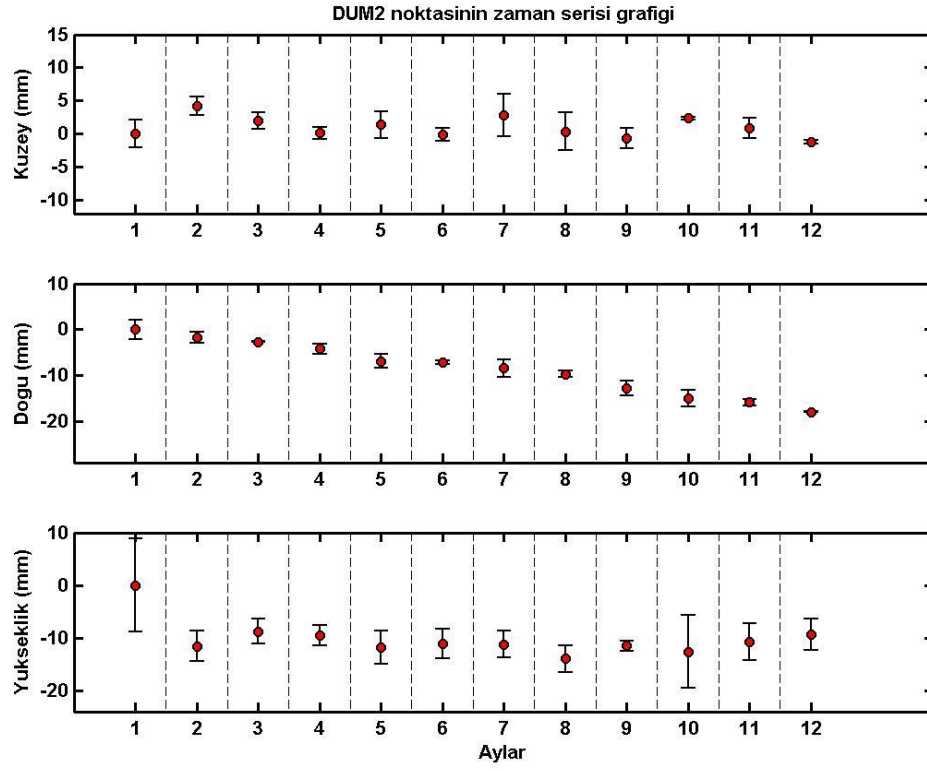
Şekil 3. 1 ATHT noktası zaman serisi grafiği



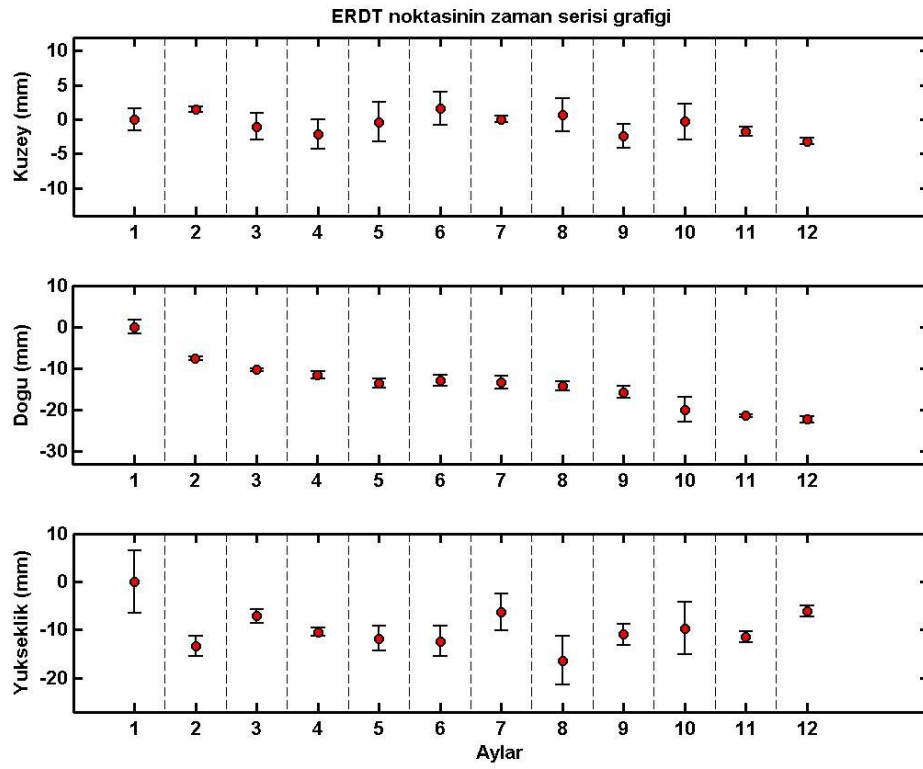
Şekil 3. 2 BAD1 noktası zaman serisi grafiği



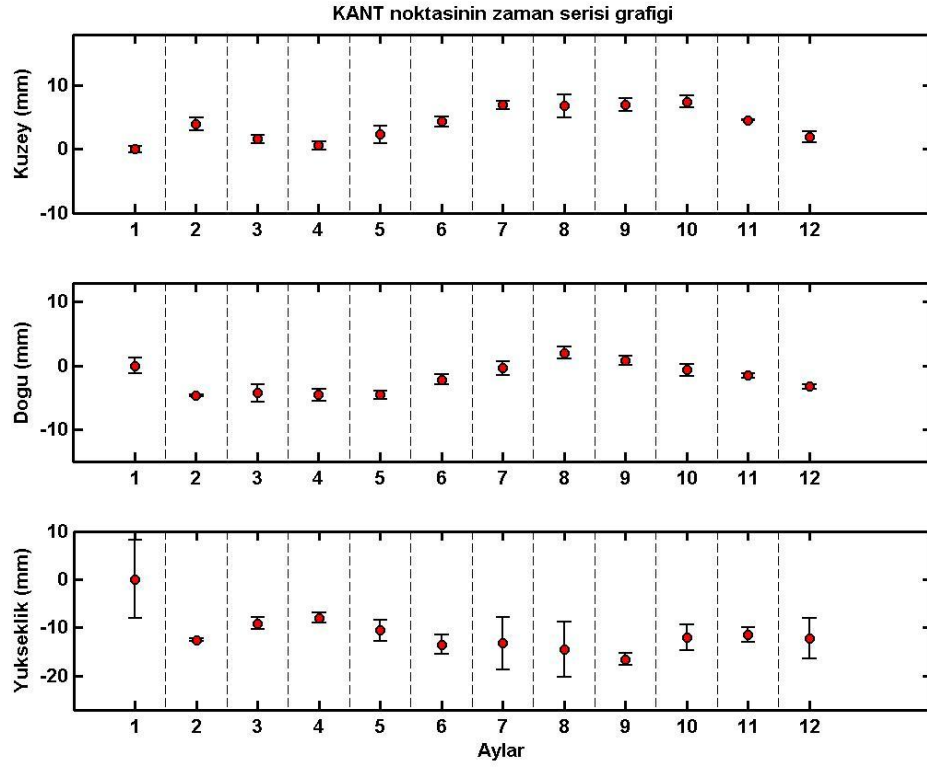
Şekil 3. 3 BOZT noktası zaman serisi grafiği



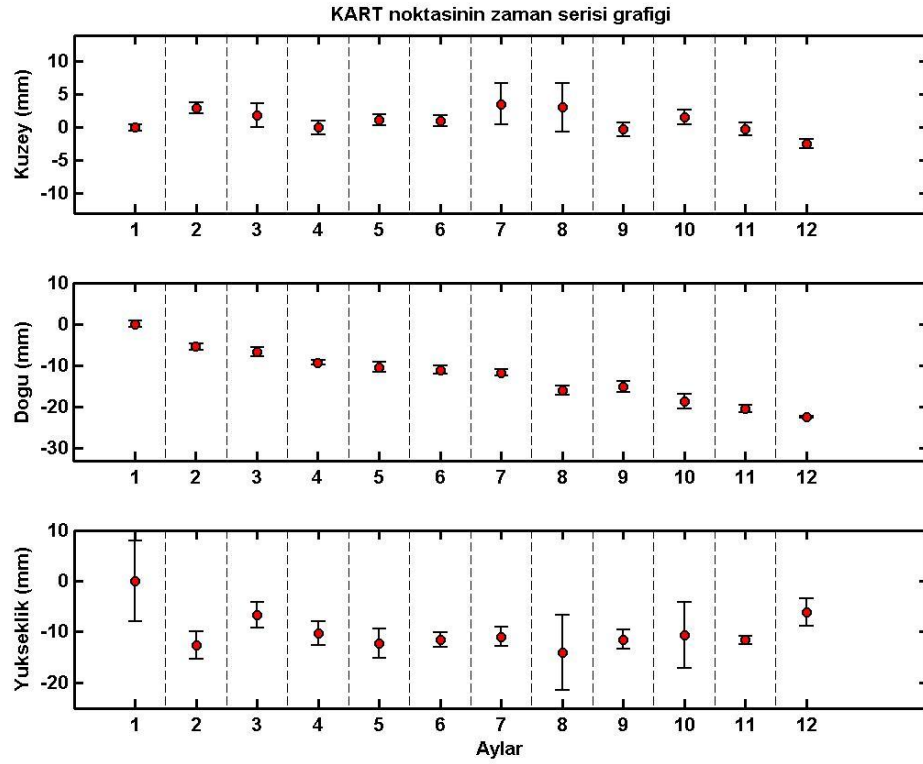
Şekil 3. 4 DUM2 noktası zaman serisi grafiği



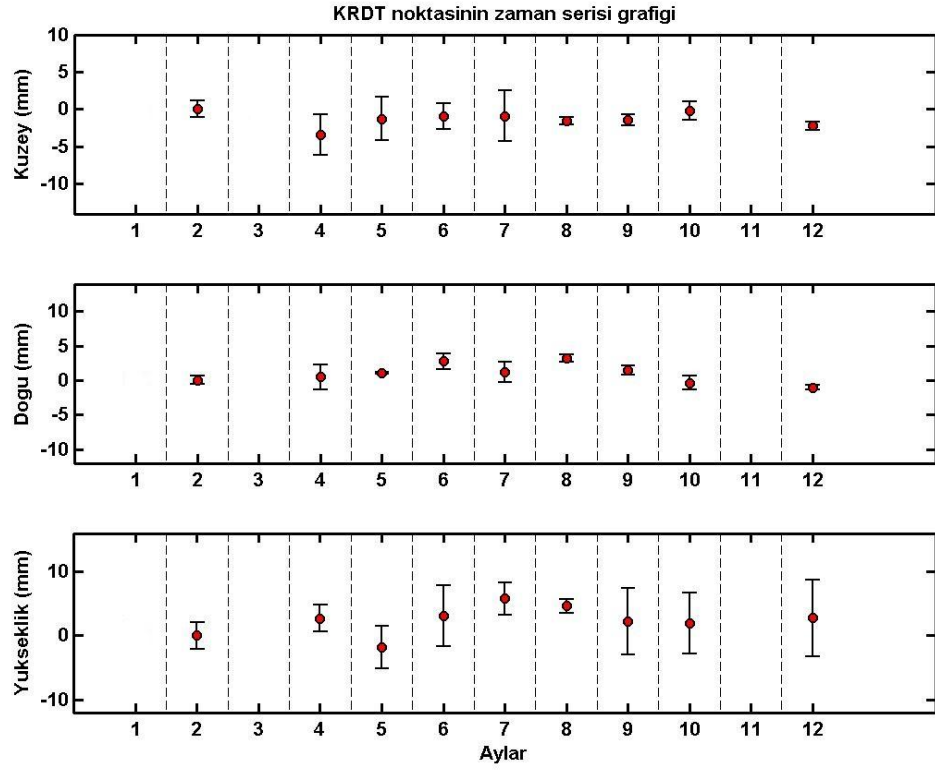
Şekil 3. 5 ERDT noktası zaman serisi grafiği



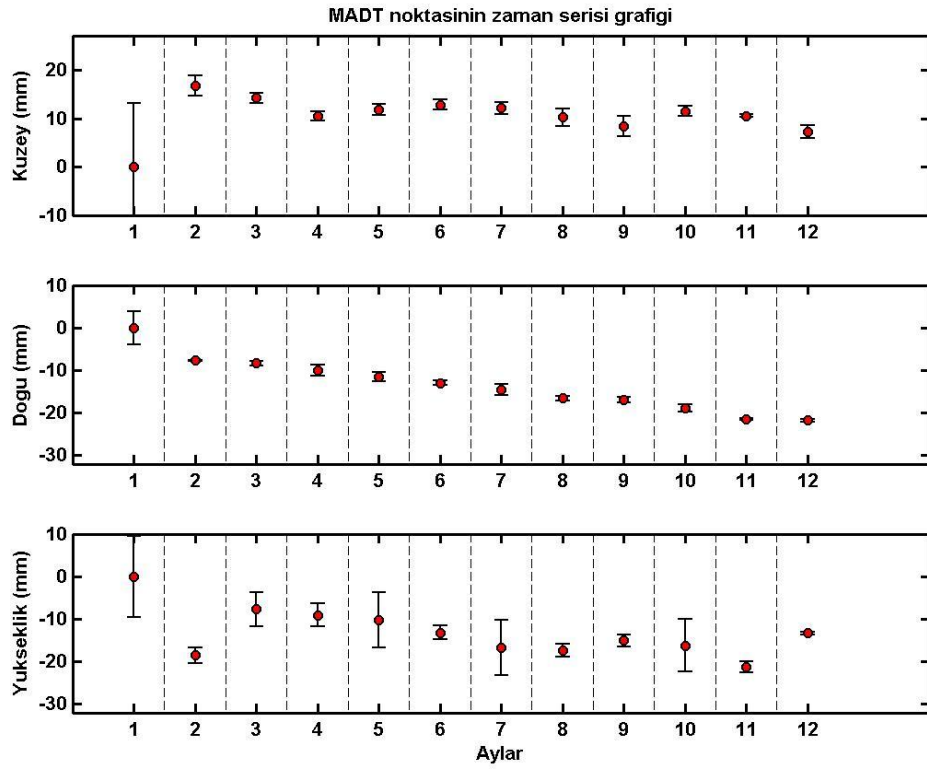
Şekil 3. 6 KANT noktası zaman serisi grafiği



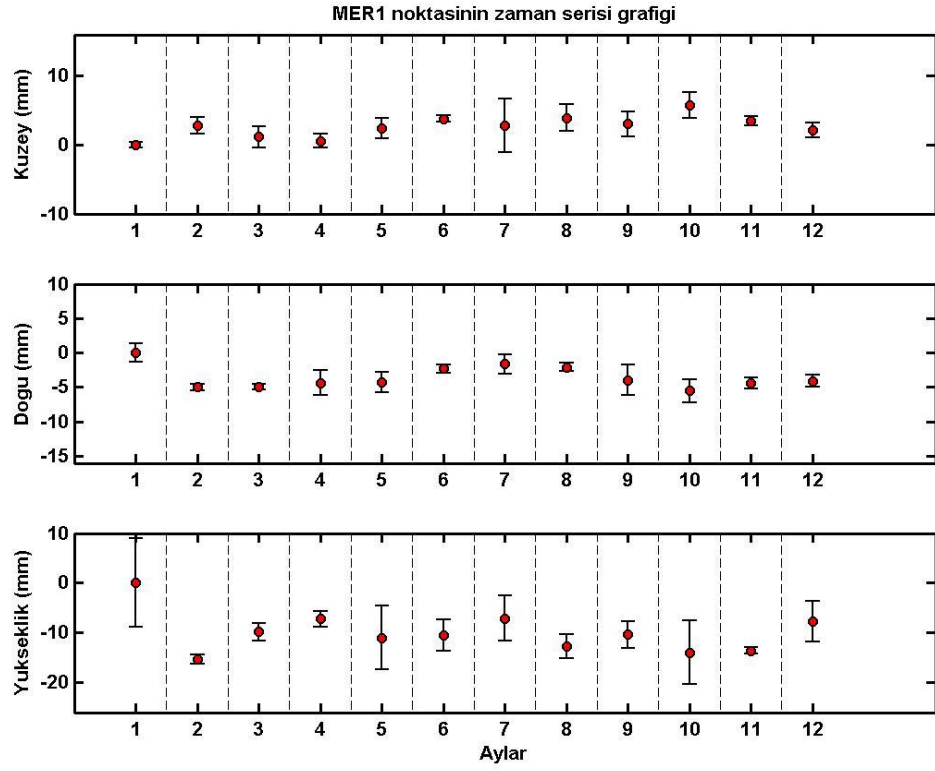
Şekil 3. 7 KART noktası zaman serisi grafiği



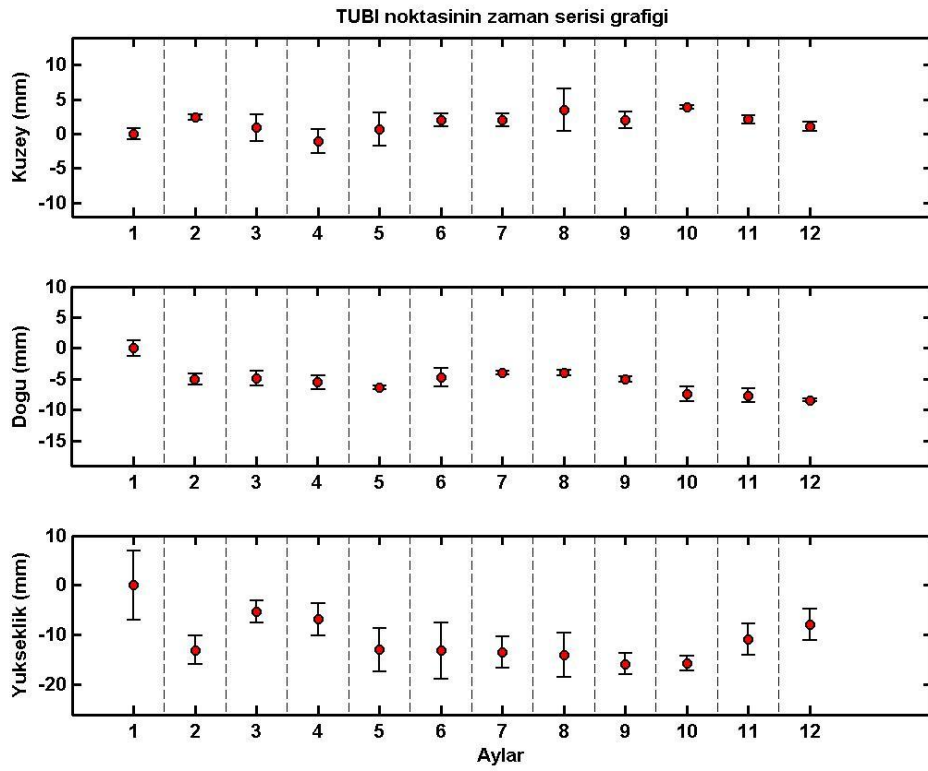
Şekil 3. 8 KRDT noktası zaman serisi grafiği



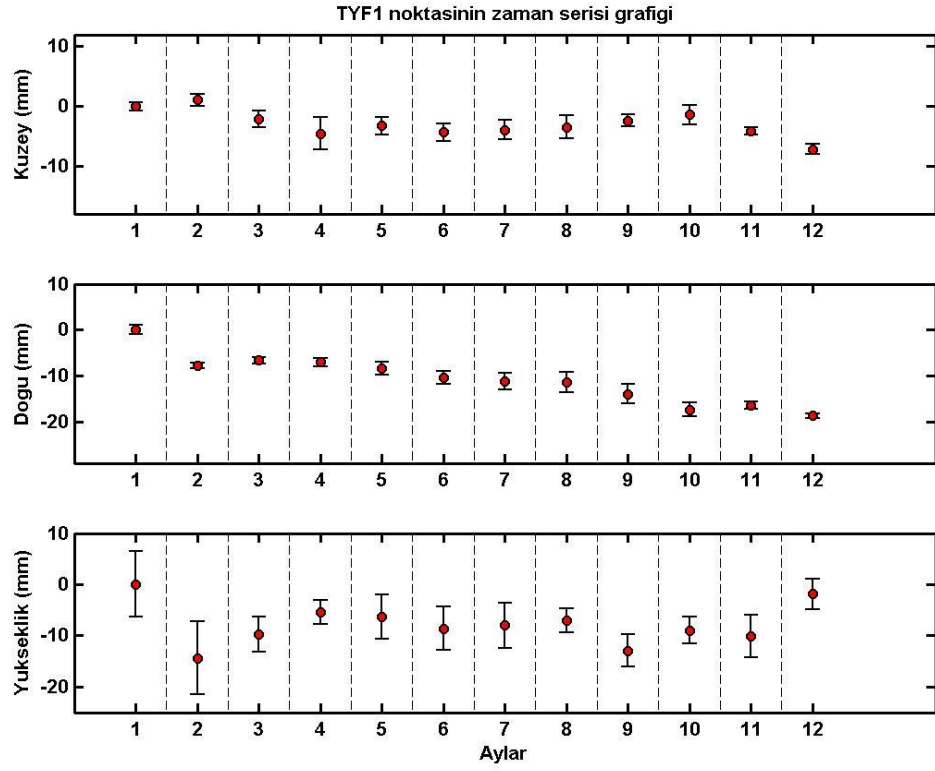
Şekil 3. 9 MADT noktası zaman serisi grafiği



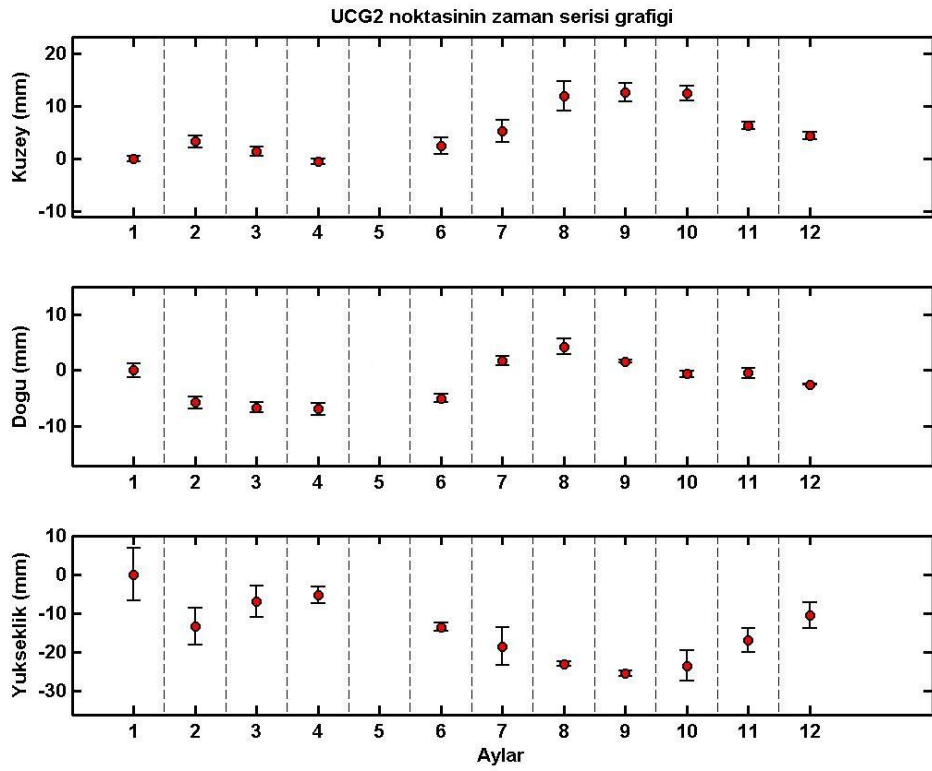
Şekil 3. 10 MER1 noktası zaman serisi grafiği



Şekil 3. 11 TUBI noktası zaman serisi grafiği



Şekil 3. 12 TYF1 noktası zaman serisi grafiği



Şekil 3. 13 UCG2 noktası zaman serisi grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Melik ULUDAĞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 31/07/1986
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta :melikuludag@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Geomatik Programı	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lisans	Jeodezi ve Foto. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen-Matematik	Maltepe Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010-...	Annopa Mühendislik	Harita Mühendisi
2009	Cihan Mimarlık	Proje Koordinatörü

2008	Tekfen Mühendislik	Stajyer
2007	Ar Yapı	Stajyer
2006	Nebula Mühendislik	Alet Operatörü