

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI UZUNLUKTAKİ BAZLARDA
TİCARİ GPS YAZIMLARININ
BERNESSE YAZILIMI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Ömer SALGIN

Danışman
Prof. Dr. Cevat İNAL

KONYA, 2007

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI UZUNLUKTAKİ BAZLARDA TİCARİ GPS YAZIMLARININ BERNESSE YAZILIMI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Ömer SALGIN

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman Prof. Dr. Cevat İNAL
2007, 93 Sayfa

Jüri: Prof.Dr.Cevat İNAL
Yrd.Doç.Dr.Özşen ÇORUMLUOĞLU
Yrd.Doç.Dr.Ayhan CEYLAN

15 Temmuz 2005 tarihinde “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği”nin yürürlüğe girmesiyle, GPS tekniği jeodezik çalışmalarda yaygın olarak kullanılır olmuştur.

GPS ile arazide toplanan datalar büroda yazılımlar yardımıyla değerlendirilir. GPS değerlendirme yazılımları genel anlamda amaçlarına yönelik olarak, bilimsel ve ticari değerlendirme yazılımları olarak iki sınıfa ayrılır.

Bu alışmada, Ankara Sabit GPS İstasyonu Noktası (ANKR) ile Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktaları (TUBI) arasındaki farklı uzunluktaki 6 adet Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktasında GPS ile ölçüler yapılmıştır. Uzunluklar 16 km. ile 298 km. arasında değişmektedir. 13 bazda Topcon Hiper Plus alıcıları ile 30 saniye epok aralığında 6 saat süre ile data toplanmıştır. Toplanan datalar Leica Geo Office (LGO 5.0), Trimble Total Control (TTC 2.7), Pinnacle (1.0) ticari yazılımları ve Bernesse (4.0) bilimsel yazılım ile 2, 4, 6 saatlik projeler bazında değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşenleri (ΔX , ΔY , ΔZ) gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucunda yeni nesil ticari yazılımların gelişmiş parametreler ile kullanıldığında, bilimsel yazılımlar kadar iyi sonuçlar verebileceği görölmüştür.

ABSTRACT

MS Thesis

**Comparison Of Bernesse Software With
Commercial GPS Softwares For
Bases In Different**

Ömer SALGIN

**Selçuk University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Geodesy and Photogrammetry**

**Supervisor: Prof. Dr. Cevat İNAL
2007, Pages: 93**

**Jury: Prof.Dr.Cevat İNAL
Yrd.Doç.Dr.Özşen ÇORUMLUOĞLU
Yrd.Doç.Dr.Ayhan CEYLAN**

GPS technique has been widely used with coming into force of the “Regulations of Big Scale Map and Map Information Production” on 15 May, 2005.

Gathered field data with GPS is evaluated by softwares in the office. In general, GPS evaluation softwares are classified into two based on their objectives, which are scientific and commercial.

In this thesis study, observations were made in different length of six points belong to Turkish National Fundamental GPS Network (TNFGN) between Continuously Operating GPS Station in Ankara (ANKR) and Continuously Operating GPS Station of Tubitak in Gebze (TUBI). Distances are differentiating between 16 km and 298 km. With Topcon Hiper Plus, 30 seconds epoch interval and 6 hours duration GPS data were

collected at 13 base station. These observations were evaluated commercial softwares of Leica Geo Office (LGO 5.0), Trimble Total Control (TTC 2.7), Pinnacle (1.0) and academic software of Bernesse (4.0) at 2, 4 and 6 hours projects. At the end of the evaluation, obtained base components (ΔX , ΔY , ΔZ) were compared with real values.

As a consequence of comparison, it has been seen that the new generation commercial softwares can give as good results as academic software's when using developed parameters.

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimimdeki çalışmalarında ve tezimin hazırlanmasında bilgi ve hoşgörüsüyle yardımlarını ve yönlendirmelerini esirgemeyerek büyük bir özveri sarfeden değerli hocam Sayın Prof. Dr. Cevat İNAL'a, Selçuk Üniversitesi'nde Yüksek Lisans yapmama olanak sağlayan ve ders döneminde bana bilgileriyle kendimi geliştirmemde emekleri geçen tüm hocalarıma, bu günlere gelmemde fedakarlıklarını ve sevgilerini esirgemeyen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Jeodezi Şubesindeki değerli mesai arkadaşlarıma, manevi desteği ile beni yalnız bırakmayan sevgili eşim Nihal SALGIN'a ve oğlum Yunus Eren SALGIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ömer SALGIN
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2.UYDU SİSTEMLERİ	3
2.1. GLONASS(Global Navigation Satellite System).....	3
2.2. Galileo Uydu Sistemi.....	4
2.3. DORIS Sistemi.....	6
2.4. PRARE Sistemi.....	6
2.5.TOPEX/POSEIDON Sistemi.....	7
2.6.VLBI Tekniği.....	7
2.7.SLR Tekniği.....	8
2.8. GPS (Global Positioning System).....	9
2.8.1. GPS hakkında genel bilgiler	9
2.8.2. GPS sisteminin yapısı	10

2.8.3 GPS sisteminin bölümleri	11
2.8.4.GPS ' te kullanılan ölçüler	15
2.8.4.1.Kod ölçüleri	16
2.8.4.2 Taşıyıcı faz ölçüleri.....	18
3.GPS ÖLÇÜLERİ İLE KONUM BELİRLEME.....	20
3.1.Mutlak (Absolute) Konum Belirleme	20
3.2.Bağıl (Relative) Konum Belirleme	20
3.2.1.Bir kez fark alınmış (single difference) gözlem denklemleri	20
3.2.2.İki kez fark alınmış (double difference) gözlem denklemleri.....	21
3.2.3.Üç kez fark alınmış (triple difference) gözlem denklemleri	21
3.3.GPS Ölçü Teknikleri.....	21
3.3.1. Statik konum belirleme yöntemi	21
3.3.2. Hızlı statik konum belirleme yöntemi.....	22
3.3.3. Kinematik konum belirleme yöntemi	23
3.3.3.1. Dur ve git yöntemi (Stop and go method)	24
3.3.3.2. Sürekli kinematik ölçü yöntemi (continous kinematic method) .	25
3.3.3.3. Gerçek zamanda kinematik ölçü yöntemi (real time kinematic method)	25
3.3.3.4. Diferansiyel GPS (Differential GPS, DGPS).....	27
4.GPS ÖLÇÜLERİNİ ETKİLEYEN HATA KAYNAKLARI.....	28

4.1.Uydu Efemeris Hataları	28
4.2.Uydu Saati Hataları.....	29
4.3.İyonosfere Bağlı Hatalar	29
4.4.Troposfere Bağlı Hatalar.....	29
4.5.Sinyal Yansıması (Multipath) Etkisi.....	30
4.6.Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası	31
4.7.Selective Availability (SA)	31
4.8.Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği.....	31
4.9.Taşıyıcı Dalga Faz Kesikliği (cycle slip).....	32
5.GPS ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	34
5.1. GPS Değerlendirme Yazılımları	34
5.1. Bilimsel Yazılım: Bernesse.....	35
5.2.Ticari Yazılım: Leica Geo Office 5.0	36
5.3.Ticari Yazılım: Trimble Total Control 2.7	37
5.4.Ticari Yazılım: Pinnacle 1.0	38
5.6. Uygulamada Kullanılan Ticari GPS Yazılımlarının Karşılaştırılması....	39
6.SAYISAL UYGULAMA	41
6.1. Çalışmanın Amacı.....	41
6.2. Test Ağı Hakkında Bilgiler.....	41
6.3. Kullanılan Sabit GPS İstasyon Noktaları.....	43

6.3.1. Ankara sabit GPS istasyon noktası ANKR.....	43
6.3.2. Tubitak sabit GPS istasyon noktası TUBI	44
6.4. Kullanılan TUTGA Noktaları	45
6.5. GPS Ölçülerinin Yapılması.....	46
6.6. Test Ağında Kullanılan GPS Alıcı ve Anten Tipleri	46
6.6.1. Sabit GPS istasyonlarındaki alıcı ve anten tipleri.....	46
6.6.2. TUTGA noktalarındaki alıcı ve anten tipleri	49
6.7. GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi	51
6.8. Ölçü Anındaki DOP ve Uydu Bilgileri.....	51
6.9. Değerlendirme Sonucunda Elde Edilen Sonuçlar.....	55
6.10. İrdelemeler	84
7. SONUÇLAR	86
8. KAYNAKLAR	90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 2.1: GPS Kontrol Bölümü	12
Şekil 2.2: Falcon Hava Kuvvetleri Üssü Kolerada A.B.D.....	12
Şekil 2.3: 21 Uydu konfigürasyonu ile GPS (Seeber,1993)	14
Şekil 2.4: GPS Uydusu ve Unsurları.....	14
Şekil 2.5: GPS Kullanıcı Bölümü	15
Şekil 2.6: Uydu ile konum belirlemede geometrik ilişkiler (Seeber 1993).	17
Şekil 2.7 : Kod ölçüleri.....	19
Şekil 2.8 : Taşıyıcı faz ölçüleri	19
Şekil 4.1 : Atmosfer Tabakaları	30
Şekil 6.1: Test Ağı	42
Şekil 6.2: Ankara Sabit GPS İstasyon Noktası ANKR.....	43
Şekil 6.3: Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası TUBİ	44
Şekil 6.4: AYAS TUTGA Noktası	45
Şekil 6.5: AYAS TUTGA Noktasında Yapılan GPS Ölçüsü	46
Şekil 6.6: ANKR Sabit GPS İstasyonunda Kullanılan GPS Anteni	47
Şekil 6.7: ANKR Sabit GPS İstasyonundaki GPS Anten Ofset Değerleri	47
Şekil 6.8: TUBİ Sabit GPS İstasyonunda Kullanılan GPS Anteni	48

Şekil 6.9: TUBİ Sabit GPS İstasyonundaki GPS Anten Ofset Değerleri	48
Şekil 6.10: Topcon Hiper Plus GPS Anten Ofset Değerleri	50
Şekil 6.11: DOP Bileşenleri Değerleri.....	53
Şekil 6.12: Ölçü Anındaki Uydu Geometrisi.....	54
Şekil 6.13: Bernesse 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi ...	61
Şekil 6.14: Bernesse 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi ...	63
Şekil 6.15: Bernesse 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi ...	65
Şekil 6.16: LGO 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	67
Şekil 6.17: LGO 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	69
Şekil 6.18: LGO 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	71
Şekil 6.19: TTC 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	73
Şekil 6.20: TTC 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	75
Şekil 6.21: TTC 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	77
Şekil 6.22: Pinnacle 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	79
Şekil 6.23: Pinnacle 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	81
Şekil 6.24: Pinnacle 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi	83

TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 5.1: Ticari Yazılımların Veri İşleme Öncesi Özelliklerinin Karşılaştırılması	39
Tablo 5.2: Ticari Yazılımların Veri İşleme Özelliklerinin Karşılaştırılması	40
Tablo 6.1: Kullanılan TUTGA Noktalarının Referans Epok Koordinatları	58
Tablo 6.2: Ölçü Epoğuna Kaydırma Hesabı	59
Tablo 6.3: Ölçü Anındaki Gerçek Baz Bileşeni Değerleri	59
Tablo 6.4: Bernesse 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	60
Tablo 6.5: Bernesse 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	61
Tablo 6.6: Bernesse 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	62
Tablo 6.7: Bernesse 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	63
Tablo 6.8: Bernesse 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	64
Tablo 6.9: Bernesse 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	65
Tablo 6.10: LGO 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	66
Tablo 6.11: LGO 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	67

Tablo 6.12: LGO 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	68
Tablo 6.13: LGO 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	69
Tablo 6.14: LGO 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları.....	70
Tablo 6.15: LGO 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	71
Tablo 6.16: TTC 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	72
Tablo 6.17: TTC 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	73
Tablo 6.18: TTC 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	74
Tablo 6.19: TTC 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	75
Tablo 6.20: TTC 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	76
Tablo 6.21: TTC 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	77
Tablo 6.22: Pinnacle 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	78
Tablo 6.23: Pinnacle 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	79
Tablo 6.24: Pinnacle 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	80
Tablo 6.25: Pinnacle 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	81
Tablo 6.26: Pinnacle 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları	82

Tablo 6.27: Pinnacle 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri	83
---	----

Tablo 6.28: Maksimum Fark Değerleri	85
---	----

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri
AS: Anti Spoofing
C/A Code: Coarse Acquisition Code
CIS: Conventional Inertial System
CORS: Continuously Operating Reference Stations
DMA: Defense Mapping Agency
DOP: Dilution Of Precision
DoD: Department Of Defence
EKK: En Küçük Kareler
FARA: Fast Ambiguity Resolution Algorithm
GAST: Greenwich Apparent Sidereal Time
GDOP: Geometric Dilution Of Precision
GLONASS: Global Navigation Satellite System
GPS: Global Positioning System
GRARR: Goddard Range And Range Rate
HDOP: Horizontal Dilution Of Precision
ICRF: Inertial Celestial Reference Frame
IERS: International Earth Rotation Service
IGS: International GPS Geodynamic Service
ITRF: Inertial Terrestrial Reference Frame
NASA: National Aeronautics and Space Administration
NAVSTAR: Navigation Satellite Timing And Ranging
NIMA: National Imagery and Mapping Agency
OTF: On-the-Fly

P Code: Precision Code
PDOP: Positioning Dilution Of Precision
PPS: Precise Positioning Service
PRN: Pseudo Random Noise
SA: Selective Available
SLR: Satellite Laser Ranging
TDOP: Time Dilution Of Precision
TEC: Total Electron Content
TRANSIT: Time Ranging And Sequential
TUSAGA-AKTİF :Türkiye Ulusal Sabit GS İstasyonları-Aktif
UT: Universal Time
VDOP: Vertical Dilution Of Precision
VEC.Vertical Electron Content
VLBI: Very Long Baseline Interferometry
WGS84: World Geodetic System 84

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknolojinin ürünlerinden, her meslek dalı gibi belki de diğer meslek dallarından daha fazla jeodeziciler yararlanmaktadırlar. 1960’larda ABD tarafından Polaris füzelerinin yönlendirilmesi amacıyla geliştirilen Transit Uydu Sistemi’nin askeri başarısına sivil kullanımdaki yararlar da eklenince, daha kısa zamanda ve daha incelikli sonuçlar veren yeni bir sistem arayışı başladı. Böylece GPS (Global Positioning System) düşüncesi ortaya atıldı ve kısa bir süre içerisinde hayata geçirildi.

Klasik jeodezik ölçme tekniklerinde karşılaşılmakta olan; kontrol noktalarına ulaşım, zaman, hava şartları, noktalar arası görüş zorunluluğu gibi problemleri ortadan kaldıran ve daha hassas ölçme sonuçlarının elde edilmesini sağlayan bu sistem; dünya elipsoidini belirleme, global ve bölgesel hareketlerin izlenmesi, mühendislik projeleri, anlık lokal ve mühendislik deformasyonlarının sürekli izlenmesi, sayısal arazi modelleri için gerekli bilgileri sağlama ve diğer harita, kadastro, mühendislik ölçmeleri ve coğrafi bilgi sistemleri başta olmak üzere birçok jeodezik projelerde kullanılmaktadır. Ayrıca GPS ’in hızlı gelişimi ile elde edilen yüksek doğruluk sonucunda GPS haritacılık sektörünün dışında da oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

GPS kullanımı ile daha hassas ölçü sonuçlarının elde edilmesi yanında zaman ve maliyet bakımından da tasarruf sağlanması, ayrıca GPS kullanım alanının yaygınlaşması sonucunda firmalar da GPS alıcıları ile değerlendirme yazılımlarına büyük önem vermeye başlamıştır.

Arazide elde edilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde kullanılan yazılımları, amacına yönelik olarak ticari amaçlı ve bilimsel amaçlı yazılımlar olarak sınıflandırmak mümkündür. Ticari amaçlı GPS yazılımları klasik mühendislik uygulamalarında kullanılmakta iken, bilimsel amaçlı yazılımlar ise deformasyon

ölçülerinin analizi, ülke temel jeodezik ağların kurulması gibi özel mühendislik projelerinde kullanılmaktadır (Salgın 2006).

Günümüzde kullanılan ticari yazılımlara; Pinnacle, TGO (Trimble Geomatics Office), TTC.xx (Trimble Total Control), AOS (Astech Office Suite) , Ski.xx, Ski Pro.xx, LGO.xx (Leica Geo Office), bilimsel yazılımlara ise; Bernesse, Gamit-Globk, Gipsy değerlendirme yazılımları örnek olarak verilebilir.

Sivil uygulamalarda GPS uygulamalarının artması ve kullanıcıların GPS sistemini daha iyi kullanmaya başlaması ile GPS ile ilgili yazılmış kitap ve diğer yayınlarda büyük ve hızlı artış meydana geldi (Hofmann, Wellenhof ve diğ. 1997; Leick 1995, Parkinson ve Spilker 1996, Rizos 1999, Teunissen ve Kleusberg 1998).

Yukarıda sözü edilen kitaplarda genellikle veri işlemenin teorisi anlatılmıştır. Ticari yazılım sonuçlarının karşılaştırılmasında ise yayın sayısının kısıtlı olduğu söylenebilir. Örneğin, Satirapod 1997 yılında 13, 49, 127 ve 197 km.lik bazlarda Leica SR 399 ve Trimble 4000 SSE model alıcıları kullanarak SKI 2.1 ve GPSSURVEY 2.0 yazılımlarını Bernesse 4.0 yazılımı ile bulduğu sonuçları karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda 13 ve 49 km.lik bazlarda GPSSURVEY yazılımının, 127 ve 197 km.lik bazlarda ise SKI yazılımının daha duyarlı olduğu görülmüştür (Şanlıoğlu2006). Bhuj deprem bölgesinde ise GPSSURVEY, TGO, Bernesse yazılımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Likhar 2002). ABD’de CORS ağında yapılan test çalışmalarında ise hassas efemeris bilgilerinin kullanılmasının gerekliliği bildirilmektedir (Snay ve Miller 2001).

8 ana bölümden oluşan bu tez çalışmasında; Ankara(ANKR) ve TUBİTAK(TUBI) Sabit GPS İstasyon Noktaları arasındaki koordinatları bilinen 6 adet TUTGA noktasında GPS ölçüleri yapılmıştır. Daha sonra bu ölçüler hem ticari GPS yazılımları ile hem de Bernesse bilimsel yazılımı ile değerlendirilmiş ve elde edilen baz vektörleri karşılaştırılmıştır.

2.UYDU SİSTEMLERİ

Günümüzde navigasyon, konum belirleme ve akademik amaçlara uygun olarak yapay uydulardan yararlanma fikri oldukça artmıştır. Bu nedenle jeodezik ve jeodinamik amaçlı uydu sistemleri geliştirilmiştir. Bu uydu sistemlerinin başlıcaları GPS(Global Positioning System) , GLONASS (Global Navigation Satellite System), GALILEO, DORIS, PRARE ve TOPEX/POSEIDON sayılabilir. Bunlardan başka, özellikle bilimsel çalışmalarda kullanılan VLBI ve SLR sistemleri de mevcuttur.

2.1. GLONASS(Global Navigation Satellite System)

Eski adıyla Sovyet Savunma Bakanlığı tarafınca 1970 li yılların başında ABD GPS sistemine karşılık olarak üretilen bir projedir. Pek çok yönü ile GPS sistemine benzemekte olan GLONASS sistemi 1993 yılında resmi olarak ilan edilmiştir.

GLONASS sistemi uzay, kontrol ve kullanıcı bölümleri olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

Uzay bölümü GLONASS uydularından oluşmaktadır. Rusya GLONASS'ın modernizasyonu için iki aşamalı bir plan hazırlamıştır.

2003-2006 yılları arasındaki GLONASS-M planında; ilk uydu 2003 yılında fırlatılmış ve uyduların ömürlerinin 7 yıldan daha fazla olması planlanmıştır. Ağırlıkları 1415 kg. olan 11 adet PROTON uydusu fırlatılmış, L1 ve L2 üzerinde iki sivil ve iki özel sinyal bulunmaktadır (Polischuk, Kozlov ve ark. 2002).

2005-2011 yılları arasındaki GLONASS-K planında; ilk uydu 2005 yılında fırlatılmış, uydu ömürleri 10-12 yıl olması hedeflenmiştir. 6 adet proton ve ağırlığı 750 kg. olan 14 adet SOYUZ uydusunun fırlatılması, bir sivil ve bir askeri sinyal ilavesi ve yer kontrol istasyonlarının test birimlerini güçlendirmesi hedeflenmiştir (Medvedkov 2002).

GLONASS sisteminde, 21 asıl 3 yedek olmak üzere toplam 24 adet uydu bulunmaktadır. Uydu yörünge elipslerinin büyük yarı eksenini yaklaşık 25510 km olup bir uydunun dolanım süresi 11 saat 16 dakikadır. GLONASS sisteminde iki frekans bandında yayın yapılmaktadır. Bu frekans bantları L1 (2005 yılının sonuna kadar 1602–1609.31 MHz, 2005 yılından itibaren 1598.06–1605.38 MHz) ve L2 (7/9 L1) frekanslarıdır (<http://www.glonass-center.ru/frame.html>). P kod L1 ve L2 frekansları, C/A kod ise sadece L1 frekansı üzerinden yayınlanmaktadır. GLONASS navigasyon mesajının yayınlanması 2.5 dakika sürmekte, efemeris ve saat bilgileri 30 saniyede bir tekrar edilmektedir. P kod ise 12 dakikada yayınlanmakta olup, efemeris ve saat bilgileri 10 saniyede bir tekrar edilmektedir.

Kontrol bölümü sistemin kontrol merkezi olup, Rusya'ya dağılmış izleme istasyonlarından oluşmaktadır. Bu istasyonların amacı, uyduların verimli bir şekilde çalışmasının sağlanması, uydulardan toplanan veriler ile uydu yörüngelerini hesaplanması ve uydu saat düzeltmelerinin hesaplanmasıdır.

GLONASS Dünya'nın her yerinden en az 5 uyduya gözlem yapma olanağı veren uygun bir geometriye sahiptir. 50° N enleminden daha kuzeyde bulunan noktalar için GLONASS uyduları GPS uydularından daha iyi bir gözlenebilirlik sağlar (Işık 1997).

Kullanıcı bölümü GLONASS uydularının yayınladığı verileri toplayıp, farklı amaçlar için değerlendirebilen alıcı ile kullanıcılardan oluşmaktadır.

Rusya'nın diğer bir planında Avrupa Birliği'nin Uzay Navigasyon Sistemi olan GALILEO'ya ortak ve kullanıcı olabilmektir (<http://www.esa.int/navigation>).

2.2. Galileo Uydu Sistemi

Galileo Uydu Sistemi, ABD GPS sisteminin Avrupa kaynaklı alternatifi olarak tasarlanmış bir navigasyon sistemidir. Galileo Uydu Sistemi için, 26 Mart 2002 tarihindeki Avrupa Ulaştırma Bakanları Kurulu toplantısında 450 milyon Euro' luk bir bütçe ayrılmıştır. Galileo Uydu Sistemi, 2000 yılında tasarlanmış olup 2002–2005 yılları

arasında uydu geliştirilmesi, yer istasyonları ile altyapı tesislerinin oluşturulması ve test çalışmaları yapılmıştır. 2006–2007 yıllarında sistem uydularının tamamlanması yörüngelerine oturtulması çalışmalarının tamamlanarak, 2008 yılında ise sistemin kullanıma açılması öngörülmektedir.

Galileo Uydu Sistemi uzay, kontrol ve kullanıcı bölümleri olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

Uzay bölümü Galileo Uydu Sistemi uydularından oluşmaktadır. Galileo Uydu Sisteminde, 27 asıl 3 yedek olmak üzere toplam 30 adet uydudan oluşacaktır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 23616 km dir. Bir uydunun dolanım süresi 14 saat olacaktır. Yörüngeler ekvatorla 56 derecelik açı yapacaktır. Dünya üzerinde herhangi bir yer ve zamanda en az 6 uydunun gözlenebilmesi sağlanacaktır. Tam faaliyette iken $\pm 1m$. hassasiyetinde konum belirleme yeteneği olacaktır. Uydular 10 sinyal gönderecektir. Bunların 6 sı günlük yaşam için hizmete açık, 2 si ticari, 2 si devlete ait olacaktır. (Uyar ve İnal 2004)

Kontrol bölümü sistemin kontrol merkezi olup, Avrupa’da bulunan 2 adet kontrol merkezi ile 20 adet alıcı istasyonundan oluşacaktır. Uydular ile kontrol merkezi arasındaki haberleşmeyi sağlamak için tüm dünyaya dağılmış, 15 istasyonun kurulması planlanmaktadır. Galileo Uydularından 10 farklı sinyal yayınlanması düşünülmektedir. Bunlardan 6 adet sinyalin tüm kullanıcılara açık olması, 2 adet sinyalin ticari kullanıcılara açık olması ve geri kalan 2 adet sinyalin ise kamu kurum ve kuruluşlara tahsis edilmesi düşünülmektedir. Galileo Uydu Sisteminde jeodezik datum olarak ITRFxx Datumu, referans zamanı olarak ise UTC planlanmıştır.

Galileo Uydu Sisteminin tamamlanıp hayata geçmesinin ardından kara taşımacılığı, hızlı tren, deniz taşımacılığı, hava yolları, otoyollar, liman işletmeciliği, kurtarma hizmetleri, petrol arama, bankacılık gibi birçok amaç için fayda sağlayacaktır (<http://europa.eu.int/comm/dgs/energy-transport/galileo/documents/brochure-en.htm>).

2.3. DORIS Sistemi

CNES (National Space Agency), GRGS (Research Group for Satellite Geodesy) ve IGN (National Geodetic Institute) Fransız gruplarının ortak çalışması olan DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite) sisteminin temel amacı, duyarlı yörünge belirleme olmakla birlikte jeodezik ve jeofizik amaçlı kullanımlara da imkân sağlamaktadır.

DORIS Sistemi uzay, kontrol ve kullanıcı bölümleri olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bir Doppler alıcısı ile iki frekansta Doppler verileri kaydedilerek, daha sonra Toulouse'daki kontrol istasyonuna aktarılmaktadır. DORIS Sisteminde veriler, GPS sisteminden farklı olarak arazide değil Toulouse'daki kontrol istasyonunda toplanmaktadır.

DORIS Sistemindeki uydu yörüngelerinin hassas belirlenebilmesi için koordinatları iyi bilinen VLBI veya SLR noktalarına yakın yerlerde 50 noktada izleme istasyonu kurulmuştur.

DORIS Sisteminin hassasiyeti, 40 uydu geçişi sonrasında (yaklaşık 1 hafta) mutlak konum belirlemede 8 cm, 30 uydu geçişi sonrasında bağıl konum belirlemede $2 \text{ cm} + 0.1 \text{ ppm}$ dir.

2.4. PRARE Sistemi

Temelde bir Alman projesi olup; INS (Institut für Navigation, University Stuttgart), Kayser Threde GmbH (Munih), Dornier GmbH (Friedrichshafen) ve DGFI (Deutsches Geodaetisches Forschungsinstitut, Munih) kurumlarının ortak bir çalışması olan PRARE (Precise Range And Range rate Equipment) sistemi, İlk uzaktan algılama uydu sistemi ERS-1 sistemine ilave deneme olarak 1982 yılında önerilmiştir.

Uzay bölümü herhangi bir uydu üzerine yerleştirilmiş küçük bir donanım olan PRARE Sisteminde yeryüzüne 2 farklı frekansta veri yayınlanmaktadır. Bu her iki sinyalde uzaklık ölçümünde kullanılan ve efemeris bilgilerini içeren kod ile modüle

edilmektedir. Uzayda toplanan veriler ana kontrol istasyonuna yayınlanarak, ana kontrol istasyonlarında değerlendirilerek kullanıcılara yayımlanmaktadır.

PRARE Sisteminin ölçüm doğruluğu X-band dopler ölçüsü için 0.1 mm / saniye, X-band uzaklık ölçüsü için 3–7 cm dir.

2.5.TOPEX/POSEIDON Sistemi

TOPEX/POSEIDON Sistemi, NASA (U.S.National Aeronautics and Space Administration) ve CNES (French National Space Agency) tarafından uygulanmakta olan ve altimetri ölçülerine dayanan bir uydu sistemidir. Sistemin amacı gel-git hareketleri ile okyanus akıntılarının belirlenmesidir. Deniz seviyesi ölçümlerinin doğruluğu, uydu efemeris bilgilerinin doğruluğuna bağlı olduğu için TOPEX/POSEIDON Sistemi bu doğruluğu sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Uydu üzerinde bulunan mikro dalga altimetrisi çift frekanslıdır ve deniz seviyesinden olan yüksekliği 2cm duyarlılıkla ölçmektedir.

2.6.VLBI Tekniği

VLBI (Very Long Baseline Interfrometry) Tekniği geometrik bir tekniktir. Bu teknikte yeryüzünde tesis edilmiş olan iki yer antenine çok uzaklardaki kuazar (quasar) adı verilen gök cisimlerinden yayınlanan radyo dalgalarının ulaşmalarındaki zaman farkı ölçülmektedir.

17 ülkeden 40 kurum ve kuruluşun katkılarıyla sürdürülen VLBI gözlemleri; yer tektoniğinin belirlenmesi, bölgesel deformasyonların belirlenmesi, gök referans sisteminin belirlenmesi, kutup gezinmesi bileşenlerinin belirlenmesi ve atmosferik modellerin geliştirilmesi gibi birçok bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır.

2.7.SLR Tekniği

SLR (Satellite Laser Ranging) sitemi yer istasyonunda üretilen kısa süreli lazer sinyallerinin uydulara gönderilmesi ile uzaklık ölçme yöntemidir. Gönderilen lazer sinyalleri uyduda geri yansımayı sağlayan yansıtıcılar tarafından yer istasyonuna tekrar yansıtılmaktadır. Alınan lazer sinyali analiz edilmekte ve lazerin uyduya gidiş ile istasyona geri dönüş arasındaki zaman farkı belirlenmektedir. Lazer sinyalinin gidiş ve gelişi arasında geçen zaman farkı, ışık hızı ile çarpılarak uzunluk birimine dönüştürülmekte ve böylece uydu ile yer istasyonu arasındaki uzaklık belirlenmektedir.

Günümüzde uzun mesafelerin ölçülmesinde kullanılan en duyarlı tekniklerden birisidir. SLR Uydularının yalnızca yansıtma fonksiyonlarına sahip ve uzun ömürlü olması ayrıca iyonosferden çok az etkilenmesi SLR sisteminin avantajları olmasına karşılık, tesisinin pahalı olması ve uzun süreli ölçü gerektirmesi bu sistemin zayıf tarafıdır.

STARLETTE, LAGEOS, AJISAL ve ETALON uydu sistemleri lazer yansıtıcıları taşıyan ve en çok bilinen uydu sistemleridir. STARLETTE uydu sistemi lazer ile uzaklık ölçmede kullanılan ilk sistem olup 1975 yılında Fransa tarafından uzaya yerleştirilmiştir.

Günümüzde SLR analizlerinin büyük bölümü Lageos-1 ve Lageos-2 uyduları ile yapılmaktadır.

Daha çok jeodezik ve jeodinamik amaçlı projelerde kullanılmakta olan SLR tekniği; gravite alanı ve uydu yörüngelerinin belirlenmesi, yer dönme parametrelerinin belirlenmesi gibi amaçlar içinde kullanılmaktadır.

LLR (Lunar Laser Ranging) lazer ölçmeleri ile dünya ile Ay arasındaki uzaklık duyarlı olarak ölçülebilmektedir. Ay yüzeyine farklı tarihlerde yerleştirilmiş olan reflektör setleri, Ay yüzeyinde uygun dağılımda ve üçgen oluşturacak şekildedir. Yer yüzeyindeki LLR istasyonlarından Ay yüzeyindeki reflektörlere yüksek yoğunluklu

lazer gönderilmekte ve bu lazer ışığının gidiş ve dönüşü arasında geçen zaman farkı çok duyarlı olarak atomik saatler yardımı ile ölçülmektedir. Lazer sinyalinin gidiş ve geliş arasında geçen zaman farkı, ışık hızı ile çarpılarak uzunluk birimine dönüştürülmekte ve böylece Ay ile Dünya arasındaki uzaklık belirlenmektedir.

2.8. GPS (Global Positioning System)

2.8.1. GPS hakkında genel bilgiler

ABD Savunma Dairesi (DoD) tarafından 1973 yılında başlatılan NAVSTAR GPS (Navigation Satellites Timing And Ranging Positioning System) sistemi, uydu sinyallerini kullanarak Dünya'nın her yerinde her türlü hava şartlarında WGS84 sistemi içinde anında ve yüksek doğrulukla konum, hız ve zaman belirlemeye yarayan bir navigasyon sistemidir. Kısa zamanda daha hassas sonuçların elde edilmesi için, önceki sistemlere ek olarak bazı yenilikler eklenmiştir. Bu yenilikler; uydu saatlerinin güvenilirliği 10^{15} saniye mertebesine yükseltilmesi, uyduların dünya üzerinden daha geniş bir açı ile izlenebilmesi için 20200 km'ye yerleştirilmesi ve böylece dünyanın çekim etkisinin de azaltılması, Dopplerde kullanılan 400 MHz'lik taşıyıcı frekans 1547.42 MHz'e yükseltilmesi ile daha geniş band sinyal modülasyonu sağlanmasıdır. (Eren ve Uzel 1995).

GPS sistemi, öncelikle yeryüzündeki bir noktanın WGS84 sistemindeki, enlem, boylam ve yükseklik değerlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (Gökalp 1994). Bu işlem klasik anlamda uzunlukları kullanarak uzay geriden kestirme probleminin çözümünden başka bir şey değildir. Bu sistemde, klasik yersel sistemlere göre, noktalar arası uzaklığın etkisi yok denecek kadar azdır ve noktaların birbirini görme zorunlulukları yoktur. Fakat tüm hava şartlarında ölçü yapılabilir denilse de, kış koşullarında istenmeyen bazı bozucu etkiler henüz aşılamamıştır.

GPS sisteminin modernizasyonunda ise ABD'nin gerekçeleri askeri ve sivil alanda olmak üzere ikiye ayrılabilir. Askeri alanda esas amaç kendisini ve müttefiklerini

daha iyi korumaktır. Bu amaçla, yeni ve güçlü bir sinyalle savaş yeteneğini geliştirmeyi, daha güvenli bir askeri kod yapısına kavuşturmayı ve GPS'in düşman tarafından kullanımını daha iyi engellemeyi amaçlamaktadır. Sivil alandaki amacı ise, sivil GPS kullanıcılarına daha iyi destek sağlamak ve küresel konum belirlemedeki teknolojilerle dünyada tekel oluşturmaktır (Çorumluoğlu 2002).

GPS sistemindeki modernizasyon çalışmalarına 12 adet block IIR uydusunun modernizasyonu ile başlanacaktır. Bu uydularda L1 ve L2 üzerine askeri M kodu yerleştirilecek ve bu uydular Block IIR-M ismini alacaktır. L2 üzerine L2C sivil kod konulacak, L1 ve L2 deki P(Y) ve C/A kodlarının gücü şimdikininkin çok üzerine çıkarılacaktır. L2C ve M kodu ile hizmet 18 uydu ile 2008 yılında başlayacak ve 2010 yılında tam kapasiteye ulaşacaktır (<http://www.navcen.ucsg.gov/cgsic/meetings>).

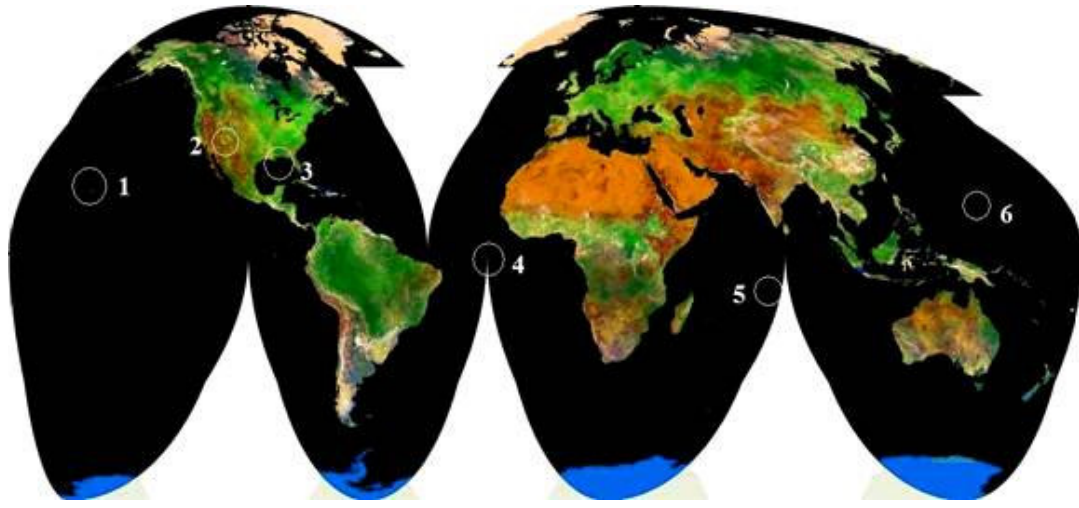
2.8.2. GPS sisteminin yapısı

Sistemin amacı, yörüngeleri bilinen uydulardan eşzamanlı olarak gönderilen sinyaller yardımıyla bağıl uzaklıkları ölçerek GPS alıcısının konumunu belirlemektir. (Eren ve Uzel, 1995). Dünyanın her yerinden 24 saat boyunca hava koşullarından bağımsız olarak, kullanıcılara üç boyutlu konum, hız ve zaman bilgisi sağlayan uydu bazlı bir sistemdir. Sistemde çalışan 21 asıl 3 yedek olmak üzere toplam 24 adet uydu bulunmaktadır. Ancak ortalama ömrü 10 yıl olan bazı uyduların hala sorunsuz olarak çalışması nedeniyle Kasım 2005 tarihi itibarıyla toplam 30 adet GPS uydusu faaliyet göstermektedir. Uydular, dünyanın çevresinde 6 farklı yörünge düzlemi üzerinde hareket etmektedirler. Yerden yükseklikleri 20200 km olup dünya çevresindeki dolanımlarını yaklaşık 11 saat 58 dakikada tamamlamaktadırlar. Yörünge düzlemleri ekvator düzlemi ile 55° lik açı yapacak eğikliğe sahiptir. Uyduların bu şekildeki tasarım ve geometrik düzeni ile dünya üzerinde herhangi bir yerden herhangi bir anda en az 4 adet uydu görülebilmesi amaçlanmıştır. Çünkü yeryüzündeki bir alıcının koordinatlarının belirlenebilmesi için eşzamanlı gözlenebilen en az 4 uyduya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.8.3 GPS sisteminin bölümleri

GPS Sistemi Kontrol bölümü, Uzay bölümü ve Kullanıcı bölümü olmak üzere üç birimden oluşmaktadır.

Kontrol bölümü; ana kontrol istasyonu, yer antenleri ve izleme istasyonlarını içeren İşletim Kontrol Sistemi (Operational Control System)'nden oluşmaktadır. Tüm GPS uyduları dünya üzerinde uygun dağılmış, konumu iyi bilinen ve çok hassas saatlerle donatılmış 6 adet sabit izleme istasyonundan (Hawaii, Colarado Springs, Cape Canaveral, Ascension, Diego Garcia, Kwajalein) izlenmektedir (Şekil 2.1). Bu istasyonlardan A.B.D'deki Colarado Springs Ana Kontrol İstasyonu, diğer istasyonlar ise izleme istasyonlarını oluşturmaktadır. İstasyonların amacı, uydulardan gelen verilerin irdelenmesi ile uydu yörüngelerinin hesaplanması, uydu saatlerinin düzeltmelerinin hesaplanması, yörünge saat düzeltmelerinin hesaplanması ile sistemin sağlıklı biçimde çalışmasını sağlamaktır. Uydulardan gelen veriler Ana Kontrol İstasyonunda toplanmakta ve burada değerlendirilerek hesaplanan uydu yörünge bilgileri ile birlikte her 8 saatte bir yer antenleri vasıtasıyla uydulara aktarılmaktadır. Uydular kendilerine gönderilen bilgileri, 1575.42 Mhz frekansındaki L1 ve 1227.60 Mhz frekansındaki L2 sinyalleri ile yeryüzündeki GPS alıcılarına nakletmektedirler.



	Bulunduğu Yer	Görevi	Donanım Durumu
1	Hawai	İzleme İstasyonu	
2	Colorado Spring	Ana Kontrol İstasyonu	
3	Cape Canaveral	İzleme İstasyonu	Yedek Yer Anteni
4	Ascension Adası	İzleme İstasyonu	Yer Anteni
5	Diego Garcia	İzleme İstasyonu	Yer Anteni
6	Kwajalein	İzleme İstasyonu	Yer Anteni

Şekil 2.1: GPS Kontrol Bölümü



Şekil 2.2: Falcon Hava Kuvvetleri Üssü Kolerada A.B.D

Uzay bölümü GPS uydularından oluşmaktadır. 6 farklı tip GPS uydusu mevcuttur. Bunlar Block I, Block II, Block IIA, Block IIR (Block IIR-M), Block IIF ve Block III uydularıdır.

Block I uyduları 1978–1985 yılları arasında yörüngeye oturtulmuştur. Ağırlıkları yaklaşık olarak 845 kg ve kullanım ömürleri yaklaşık 7,5 yıldır. Uyduların ekvator düzlemi ile yaptığı açı 63 derecedir. Şu an bu uydulardan hiç biri yörüngelerinde değildir.

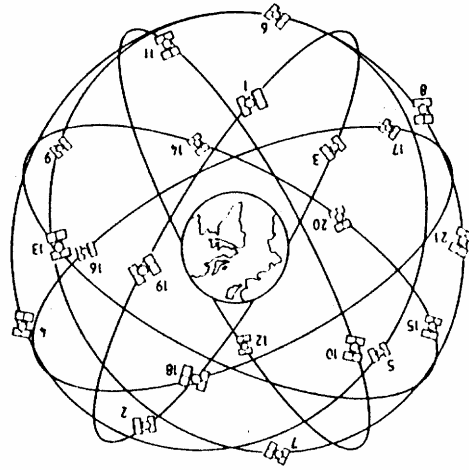
Block II uyduları, Block I uydularından farklı olarak ekvatora 55 derecelik açı yapmaktadırlar. Yaklaşık 1500 kg ağırlığında olup ortalama ömürleri 7 yıldır. İlk Block II uydusu 1989 yılında yörüngeye oturtulmuştur. Block I uyduları tüm kullanıcılara açık olmasına karşın Block II uyduları askeri güvenlik gerekçesi ile Seçimli Doğruluk Erişimi (SA; Selective Availability) ve Aldatmaya Karşı Koyma (A-S; Anti-Spoofing) özellikleri ile sivil kullanıcılara kısıtlamalar getirilmiştir.

Block IIA uyduları uydular arası haberleşme imkânına sahip olup, bazılarında da lazer ölçmeleri için reflektörler bulunmaktadır. İlk Block IIA uydusu 1990 yılında yörüngeye oturtulmuştur.

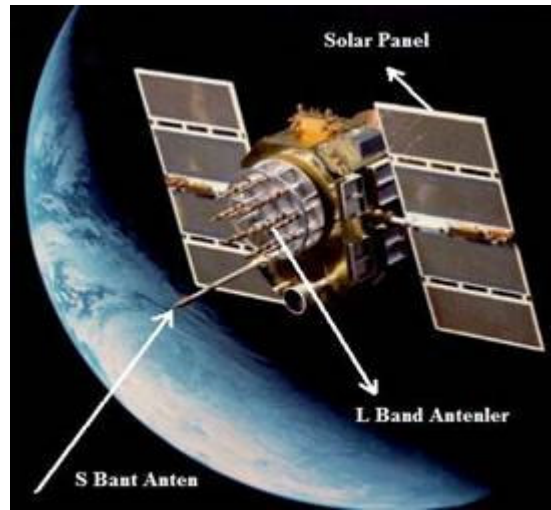
Block IIR (Block IIR-M) uyduları Block II uydularının yerini almak üzere üretilmiştir. Kullanım ömürleri yaklaşık 10 yıldır. Üzerlerinde atomik saatlerin bulunması en önemli özelliğidir. Ağırlıkları yaklaşık olarak 2000 kg dır. İlk Block IIR uydusu 1997 yılında yörüngeye oturtulmuştur.

Block IIF uyduları L1, L2 taşıyıcılarının yanı sıra, üçüncü bir taşıyıcı frekansı olan L5 özellikli olacak şekilde tasarlanmıştır.

Block III uyduları tasarım aşamasında olup, 2012 yılından itibaren yörüngelerine oturtulması planlanmaktadır. Bu uyduların temel özelliği askeri amaçlı olmalarıdır.



Şekil 2.3: 21 Uydu konfigürasyonu ile GPS (Seeber 1993)



Şekil 2.4: GPS Uydusu ve Unsurları

Kullanıcı bölümü, uydulardan gelen sinyalleri antenler aracılığıyla toplayan ve bu verileri üç boyutlu konum, zaman ve hız belirleme amacıyla kaydeden alıcı donanımlarından oluşmaktadır. GPS kullanıcıları, askeri ve sivil kullanıcılar olmak üzere iki sınıfta toplanabilir.



Şekil 2.5: GPS Kullanıcı Bölümü

2.8.4.GPS ' te kullanılan ölçüler

GPS'te, Kod ölçülerinden ham uzunluk (pseudo range), Bütünleşik Doppler sayılarından pseudo range farkları, Taşıyıcı faz ya da taşıyıcı faz farkları ve İnterferometrik ölçülerden sinyal hareket süresindeki farkları olarak 4 Temel ölçü tanımlanabilir (Seeber 1993)

Bütünleşik Doppler sayılarından pseudo range farkları ve İnterferometrik ölçülerden sinyal hareket süresindeki farkları ölçümleri uygulamalı jeodezide nadiren kullanılmaktadır. Çünkü Bütünleşik Doppler sayısı gözlemi uydu konfigürasyonunun yeterli miktarda değişimine olanak sağlamak amacıyla birkaç saat gibi oldukça uzun bir gözlem süresini ve kullanıcı bölümünde sabit oskülatörler gerektirmesi ile bununla birlikte bu yöntemin tamamen belirsizliklerin tespit edilmesinde kullanılmasıdır. Gerçek interferometrik tekniğinin ise teferruatlı aletsel donanım ve yüksek kalitede veri değerlendirme için masraf gerektirmesidir (Seeber 1993). Dolayısıyla diğer iki tür gözlem yani kod ve taşıyıcı faz gözlemleri GPS uygulamalarında temel ölçü olarak kabul edilmektedir.

2.8.4.1.Kod ölçüleri

Kod ölçülerinin amacı uydu ile yeryüzünde alet kurulan herhangi bir nokta arasındaki mesafenin ölçülebilmesidir. Bu mesafenin belirlenebilmesi için, uydudan gönderilen kod fazı ile bu kodun kopyası niteliğinde alıcı içinde oluşturulan kodun fazı korelasyon tekniği ile karşılaştırılarak, sinyalin uydu ve alıcı arasındaki ulaşım süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Elde edilen ulaşım süresi ile ışığın boşluktaki yayılma hızı çarpılarak mesafe hesaplanmaktadır. Uydu ve alıcı saatlerinin birbirine uyumlu olarak çalışmaması nedeniyle oluşan saat senkronizasyon hatası ve sinyal yayılması sırasında iyonosfer ve troposfer gecikmelerini içerdiğinden kod ölçülerinden bulunan uzunluğa ham uzunluk (pseudorange) denmektedir. İyonosfer ve troposfer tabakalarının neden olduğu gecikmeler matematik modellerle çözülebilmektedir. Pseudorange ölçüleri P kodu veya C/A kodundan türetilmektedir (Yıldırım 2002).

Herhangi bir ham uzunluk (pseudorange) için temel gözlem eşitliği şöyledir (Seeber 1993).

$$\begin{aligned} PR_i &= |\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_B| + cdt_u = c\tau_i \\ &= ((X_i - X_B)^2 + (Y_i - Y_B)^2 + (Z_i - Z_B)^2)^{1/2} + cdt_u \end{aligned} \quad (2.1)$$

Şekil 2.6 'daki notasyonlar kullanılarak

R_i : Uydu anteni S_i ile alıcı anteni B arasındaki geometrik mesafe

$\mathbf{X}_i$: X_i , Y_i , Z_i bileşenleri ile jeosentrik CTS sisteminde uydu konum vektörü

$\mathbf{X}_B$: X_B , Y_B , Z_B bileşenleri ile CTS sisteminde alıcı anteni B'nin konum vektörü.

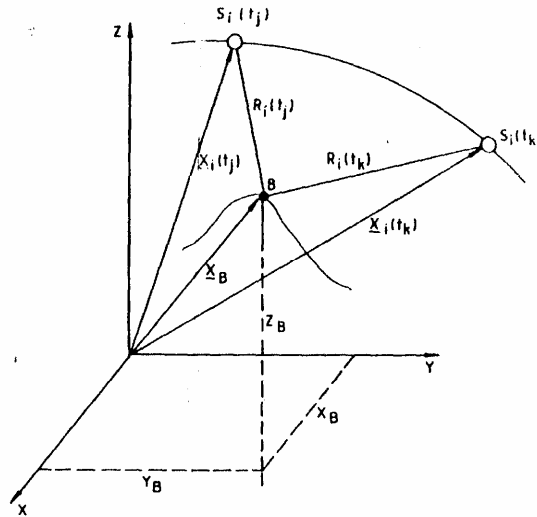
τ_i : Uydu anteni S_i ve gözlem yapan B anteni arasında belirlenen sinyal hareket süresi.

dt_u : GPS sistem zamanı ve alıcı saati arasındaki saat senkronizasyon hatası.

c : Sinyal yayılma hızı.

CTS : Conventional Terrasterial System

Alıcı koordinatlarının tespit edilebilmesi için, X, Y ve Z yönünde olmak üzere 3 adet koordinat bilinmeyişi ve bir de saat hatası için toplam 4 bilinmeyen çözülmesi gerekmektedir. Şekil 2.7 'de görüldüğü gibi aynı anda en az 4 adet uyduya gözlem yapılarak uydu alıcı mesafelerinin saptanmasıyla 4 adet denklemden söz konusu bilinmeyenler çözülebilmektedir.



Şekil 2.6: Uydu ile konum belirlemede geometrik ilişkiler (Seeber 1993).

2.8.4.2 Taşıyıcı faz ölçüleri

Taşıyıcı faz ölçmelerinde, uydudan gönderilen ve alıcıda kaydedilen taşıyıcı (carrier) sinyal ile alıcı içinde üretilen sinyalin fazlarının karşılaştırılması yapılmaktadır.

Uygun gözlem, ölçülen faz farkıdır (Seeber 1993).

$$\Phi_B = \Phi_{CR} - \Phi_0 \quad (2.2)$$

Aşağıdakiler,

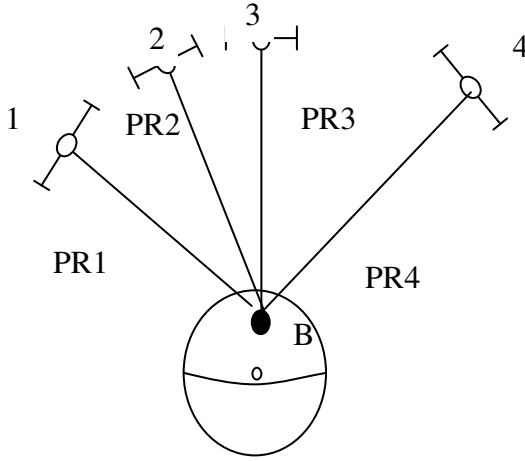
λ : Taşıyıcı dalga boyu uzunluğu

N_{Bi} : R_i uzunluğu boyunca taşıyıcının tam devir sayısı.

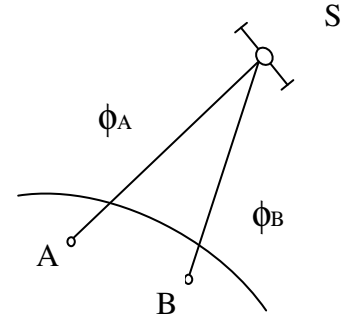
dt_u : Saat senkronize hatası.

olmak üzere taşıyıcı faz ölçümünün temel denklemi;

$$\Phi_{Bi} = \frac{2\pi}{\lambda} (|\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_B| - N_{Bi}\lambda + cdt_u) \quad (2.3)$$



Şekil 2.7 : Kod ölçüleri



Şekil 2.8 : Taşıyıcı faz ölçüleri

Tam devir sayısının belirsizliği N_{Bi} 'nin saptanabilmesi bu metodun zorluğudur. Çünkü gözlem yalnızca bir dalga boyu dâhilindeki fazı belirlemektedir. A ve B gibi iki istasyonda gözlenen aynı uydu sinyaline ait faz farkı, temel ölçü olarak düşünülür. Tekli faz farkı gözlem eşitliği şöyle verilir (Seeber 1993).

$$\Delta\Phi_{ABi} = \Phi_{Bi} - \Phi_{Ai} = \frac{2\pi}{\lambda} (|\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_B| - |\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_A|) - \lambda (N_{Bi} - N_{Ai}) + c (dt_{uB} - dt_{uA}) \quad (2.4)$$

Denklemlerde geçen, sinyalin uydu ve alıcı arasında tam dalga boyu sayısındaki belirsizlik olarak ifade edilen N bilinmeyeni her uydu için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Jeodezik uygulamalarda, yüksek duyarlılıkta verilere ihtiyaç duyan köprü, baraj gibi mühendislik hizmetleri ve projelerinde daha hassas olmasından dolayı taşıyıcı faz ölçüleri kullanılmaktadır (Şekil 2.8). Navigasyon ve DGPS (Differential GPS) gibi uygulamalarda daha çok kod ölçüleri kullanılmaktadır.

3.GPS ÖLÇÜLERİ İLE KONUM BELİRLEME

GPS ölçüleri ile noktaların konumlarının belirlenmesinde, Mutlak (Absolute) Konum Belirleme ve Bağıl (Relative) Konum Belirleme olmak üzere iki yöntem izlenir. Mutlak (Absolute) Konum Belirleme yönteminde, noktanın WGS84 Sistemindeki koordinatları doğrudan elde edilirken, Bağıl (Relative) Konum Belirleme yönteminde ise WGS84 Sisteminde Koordinatları belirli olan bir noktaya göre, bir başka noktanın koordinat farkları elde edilmektedir (Hoflman ve ark. 1992).

3.1.Mutlak (Absolute) Konum Belirleme

Mutlak konum belirlemede, tek bir alıcı ile en az dört uydudan kod gözlemleri yapılarak noktanın konumu belirlenmektedir. Sinyalin uydu çıkışından alıcıya ulaşınca kadar geçen zaman ile ışık hızı çarpılarak hesaplanan bir geriden kestirme yöntemidir.

3.2.Bağıl (Relative) Konum Belirleme

Bağıl konum belirlemede, koordinatları bilinen bir nokta referans olarak alınarak, koordinatları belirlenecek noktalara olan baz vektörünün hesaplanması işlemidir. Bağıl konum belirleme yönteminde, referans noktası ile koordinatı hesaplanacak noktalarda fark denklemlerinin oluşturulabilmesi için, eş zamanlı gözlemlerin yapılması esastır (Konak ve ark. 1999).

3.2.1.Bir kez fark alınmış (single difference) gözlem denklemleri

Bir kez fark alınmış gözlem denklemlerini oluşturabilmek için, iki farklı alıcı noktasından aynı uyduya yapılan eş zamanlı gözlemler kullanılmaktadır.

3.2.2.İki kez fark alınmış (double difference) gözlem denklemleri

İki kez fark alınmış gözlem denklemlerini oluşturabilmek için, iki farklı alıcı noktasından iki uyduya yapılan eş zamanlı gözlemler kullanılmaktadır. İkili farklar kısaca, iki tekli farkın farkı olarak tanımlanabilir.

3.2.3.Üç kez fark alınmış (triple difference) gözlem denklemleri

Bir kez fark alma ile iki kez fark alma işlemlerinde, sadece bir epokta ele alınmaktadır. Üçlü fark kısaca, iki farklı epokta oluşturulan iki ikili fark arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Üçlü kez fark alınmış gözlem denklemlerinin oluşturulmasındaki temel amaç taşıyıcı dalga faz başlangıcı belirsizliğinin (Ambiguity) giderilmesidir.

3.3.GPS Ölçü Teknikleri

3.3.1. Statik konum belirleme yöntemi

Klasik haritacılıkta, çalışılan sahada tesis edilecek nirengi noktalarının mümkün olduğunca hassas olması istenir. GPS tekniği kullanılarak bir proje bölgesinde konumu belirlenecek ve o ağın ilk noktalarını oluşturacak noktalar Statik GPS yöntemi ile ölçülmektedir. Statik ölçü yapılan noktalarda bir ila birkaç saat süre içerisinde görünür uyduların tümü gözlemlenmektedir. Uzun süreli gözlem yapılmasının nedeni fazla ölçü miktarı değil uydu alıcı geometrisindeki değişim nedeniyle daha hassas sonuçlar elde edilebilmesidir. Konumu belirlenecek noktalar arasında baz vektörlerinin bulunabilmesi için, gözlem yapan alıcılar tarafından ortak uydulardan eşzamanlı sinyal toplanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde uydu, alıcı saatlerinin ve atmosferik belirsizliklerin etkilerini (genellikle sistematik) çok küçük mertebelere indirmek ve sonuçta her türlü baz uzunluğunda 0.1-10 ppm (yani 10^{-7} - 10^{-5}) civarında duyarlılıkları rutin olarak elde etmek olanaklıdır. Hatta hassas efemeris, güçlü yazılımlar ve atmosferik ölçülerin (buhar basıncı dahil) kullanımı ile 0.01 ppm (yani 100 km'de 1mm duyarlık) seviyesinde duyarlık elde etmekte olanaklıdır (Eren ve Uzel 1995). Ölçü için

geçen zaman, ortak uydu sayısına, noktalar arasındaki baz uzunluğuna ve uydu geometrisi gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir.

3.3.2. Hızlı statik konum belirleme yöntemi

Hızlı statik yöntem, temelde statik ölçü yöntemi ile aynı özellikleri taşımaktadır. Daha kısa gözlem aralıkları ile baz vektörleri çözülerek duyarlı koordinatlar üretilebilmektedir. Mühendislik projelerinde de yeterli konum doğruluğunu sağlamak üzere arazide harcanan zamanın minimuma indirilmesi arzu edilir.

Hızlı statik ölçü yönteminde bir alıcı referans olarak seçilen ve daha önceden koordinatları hassas olarak bilinen bir nokta üzerinde sürekli gözlem yaparken, ikinci alıcı koordinatı belirlenecek noktalarda dolaştırılarak referans alıcısı ile eşzamanlı ölçü toplamaktadır. Yeterli veri toplanmasından sonra yeni noktaya ilerlerken alıcı kapalı tutulmaktadır. Dolayısıyla bu sırada oluşacak sinyal kesintileri önlenmiş olmaktadır. Referans alıcısı ile koordinatları belirlenecek her bir nokta arasında ayrı ayrı baz vektörleri elde edilerek değerlendirme (process) işlemi sonucunda baz vektörlerinin çözümü sağlanmaktadır. Hızlı statik ölçüde statik yöntemle göre nokta başında bekleme süresi çok kısa olabilmektedir. Uygulamada alıcı tipi, baz uzunluğu, uydu sayısı ve uydu dağılımına bağlı olarak yeterli bekleme süresi 5–20 dakika arasında değişmektedir. Genellikle çift frekanslı alıcılar ve taşıyıcı faz ölçülerinden yararlanılmaktadır. Tek frekanslı alıcıların kullanılması halinde tam sayı belirsizliklerinin çözümü için nokta üzerinde bekleme süresi de artmaktadır.

Hızlı statik ölçü yönteminde kullanılan bir diğer teknik, ölçü süreci tamamlanmadan aynı noktalar üzerinde birkaç saat sonra ikinci kez gözlem yapılarak sonuca gidilmesidir. Referans noktasındaki alıcı sabit konumda veri toplarken, gezici alıcı her noktada 5 dakika civarında bir süreyle gözlem yapar ve yaklaşık birkaç saat sonrada aynı noktalarda tekrar gözlem yapılmaktadır. Noktadan noktaya ulaşım esnasında gezici alıcının açık tutulması ve uyduların izlenmesi zorunluluğu yoktur. Bu ölçü tekniği ile aynı noktanın tekrar ölçümü sırasında farklı uydu geometrisinden elde

edilen verileri değerlendirmeye esas almaktır. Bu yöntem Tekrarlı GPS, Pseudostatic, Pseudokinematic , Broken Static gibi isimlerle adlandırılmasına rağmen sistem bir tür hızlı statik yöntemidir.

3.3.3. Kinematik konum belirleme yöntemi

Daha kısa süreli gözlemlerle, detay noktası duyarlılığında koordinat üretilmesinde tercih edilir. Kinematik konum belirleme yönteminde, diğer yöntemlerde olduğu gibi alıcılardan biri sabit olarak koordinatı bilinen bir referans noktasında sürekli gözlem yapmakta; ikinci alıcı ise hareket halinde de açık kalmak koşuluyla, koordinat verilecek noktalara uğrayarak daha kısa süreli örneğin birkaç epokluk ve referans alıcısı ile eşzamanlı gözlemler yapmaktadır. Kinematik ölçü temelindeki düşünce başlangıçta bir kez belirlenen tam sayı belirsizlik değerinin (integer ambiguities) ölçü boyunca yeni noktalara taşınmasıdır.

Referans noktasına sabit alıcı yerleştirildikten sonra ilk tam sayı faz belirsizlik değerinin (initial phase ambiguity) ölçüye başlamadan önce çözülerek diğer noktalara taşınabilmesi (initialization) için bir takım teknikler geliştirilmiştir. Bundan sonraki noktalarda yapılacak ölçüler doğrudan veri toplanmasına ilişkindir. Referans alıcısı ile eşzamanlı gözlemler yapılmakta ve her iki alıcıda da ölçü süresince izlenebilen ve geometrik olarak güçlü bir konfüğürasyona sahip en az 4 uyduya bağlantı kurulmalıdır. Faz sıçramaları ya da sinyal kesintileri (binalar, ağaçlar v.b.) nedeniyle gezici alıcıda uydu sayısı 4 'ün altına inerse işleme en son ölçülen noktadan devam edilmesi zorunluluğu vardır. Referans alıcısındaki uydu sayısı sürekli kontrol altında tutulur. İlk noktadaki tam sayı faz belirsizlik değerinin çözülebilmesi ve sonrasında diğer noktalara nakledilebilmesi için, statik ölçü yapılarak başlangıç bazının tayin edilmesi, önceden bilinen bir baz üzerinde kısa gözlem yapılması (Known baseline), antenlerin değiş tokuş edilmesi (Antenna swapping) metotlarından birisi kullanılmaktadır.

Birinci yöntemde ölçüye başlanılmadan önce referans alıcısı ile gezici alıcı arasında, baz vektörünün gereken duyarlıkta belirlenebilmesi için statik ya da hızlı statik

ölçü yapılmaktadır. Faz belirsizliğinin çözülmesinden sonra gezici alıcı kapatılmadan yeni noktalara doğru hareket edilir, bu sırada uydu bağlantısının kesilmemesi gerekir.

İkinci yöntemde daha önceden üç boyutlu kartezyen koordinat bileşenleri (X, Y, Z) birkaç cm ile bilinen baz vektörüne ihtiyaç vardır. Yöntem hızlıdır. Bazın bir ucuna referans alıcısı diğer ucuna da gezici alıcı kurulur. Birkaç dakikalık kısa bir ölçü alınır ve başlangıçtaki tam sayı faz belirsizliği bulunduğundan sonra (initialization), referans noktasında sabit alıcı gözlem yapmaya devam eder; gezici alıcı ise kapatılmadan diğer noktalara hareket ederek ölçü toplamaya başlar.

Uygulamadaki amacına göre kinematik ölçü metoduna ilişkin farklı teknikler geliştirilmiştir. Bunları aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

3.3.3.1. Dur ve git yöntemi (Stop and go method)

Tekniğin diğer adı Yarı Kinematik (Semi Kinematic Method) ölçü yöntemidir. Statik ölçü ile kinematik ölçü arasında yer almaktadır. Referans alıcısı koordinatı bilinen sabit noktada kalır. Gezici alıcının kurulduğu noktada yukarıda anlatılan yöntemlerden biri ile ilk tam sayı faz belirsizliği çözüldükten sonra, tespit edilen belirsizlik değeri, ölçülecek noktalara taşınmak üzere alıcı açık konumda sinyal toplamaya devam ederek harekete geçer. Alıcının taşınması sırasında dikkat edilmesi gereken husus sinyal kesintisi olmamasıdır. Varılan her noktada durularak, yaklaşık 1 dakikalık veri toplanıp kaydedilir ve bir sonraki noktaya ilerlenir. Gezici alıcının veri toplaması sırasında uydudan gönderilen sinyallerde kesinti olursa, önceden belirlenmiş olan tam sayı belirsizinin yeniden tespit edilmesi zorunluluğu doğmaktadır. Bunun için koordinatı bilinen bir önceki noktaya gidilir ya da yeni noktada ölçü yapılarak başlangıç faz belirsizliğinin çözülmesi gerekmektedir. Yeni noktada belirsizlik çözümü için harcanan süre daha uzundur. Gözlem yapılan noktalarda kaydedilen veriler büroda uygun yazılımlar kullanılarak değerlendirilir (post process) ve noktalara ilişkin duyarlı koordinatlar hesaplanır.

Dur ve Git Yöntemi kullanılarak detay noktaları, noktalar arası görüş zorunluluğu olmadan klasik sisteme göre daha kısa zamanda ve istenen duyarlılıkta ölçülebilmektedir. Yöntem çeşitli engellerden dolayı sinyal kesintisinin olmayacağı açık arazilerde kullanışlı ve hızlıdır.

3.3.3.2. Sürekli kinematik ölçü yöntemi (continuous kinematic method)

Yöntemde, kinematik ölçü başlangıcındaki faz belirsizliğinin (initial phase) tespit edilmesinin ardından açık konumda ve sinyal bağlantıları korunur vaziyette diğer noktalara hareket etmeye başlayan gezici alıcıda sürekli veri toplanarak ilerlediği yol boyunca konumu belirlenmektedir. Belirli bir güzergâhın örneğin herhangi bir karayolu ya da güzergâhın konumunun belirlenmesi gibi bazı özel uygulamalarda kullanışlı bir yöntemdir.

Faz belirsizliklerinin durağan ya da sabit konumda çözülerek ölçüye başlanması tekniğinden (static initialization) bağımsız olarak, alıcının hareketi boyunca faz kayıklıklarını (cycle slip) giderecek ya da belirsizlikleri çözecek kapasitede tekniklere ihtiyaç vardır. Bu teknikler, hareket halinde (on the run) ya da havada (on the fly) belirsizlik çözümü olarak verilmektedir (Seeber 1993).

Seeber'e (1993) göre yöntem, Yalın Kinematik (Pure Kinematik) olarak tanımlanmış ve 10 cm altında bir doğruluğa sahip olduğu; uygun koşullar altında (uydu dağılımı, düşük gürültülü alıcılar ve sinyal yansıma etkisinin olmadığı durumda) bir kaç cm duyarlığa ulaşılabilceği belirtilmektedir.

3.3.3.3. Gerçek zamanda kinematik ölçü yöntemi (real time kinematic method)

Bu yöntemde diğer kinematik ölçü tekniklerinden farklı olarak, nokta koordinatlarının elde edilebilmesi için ölçü sırasında toplanan verilerin sonradan değerlendirilmesine (post processing) gerek yoktur. Arazide gözlem yapılan noktalarda koordinat değerleri anında (real time) hesaplanıp ekranda görülebilmektedir. Gerçek zamanda kinematik ölçü sisteminde, alıcı donanımlarına radyo modem cihazları dâhil

edilmektedir. Radyo modem cihazları ile referans ve gezici alıcı arasında sürekli veri akışı sağlanmaktadır. Koordinatları duyarlı bir şekilde bilinen sabit nokta üzerine referans alıcısı yerleştirilir. Referans noktasında toplanan veriler ve hesaplanan düzeltmeler bir radyo modem aracılığıyla geziciye aktarılır ve gezici ölçülerle beraber değerlendirilir (Gökalp ve Güngör 2001). İstasyona ait koordinat değerleri ile toplanan ham veriler (raw data) radyo modem aracılığı ile gezici alıcıya aktarılmaktadır. Gelen bilgiler gezici alıcıda mevcut radyo modem cihazı ile alınır ve burada toplanan verilerle birleştirilerek hesaba katılır. Oluşturulan baz vektörleri alıcı içindeki yazılımla çok kısa bir sürede arazide çözümlenerek durulan noktanın koordinatları hesaplanmaktadır. Gezici alıcıda görüntülenene ve kaydedilen koordinatlar referans istasyonuna bağlı olacaktır. Lokal bir koordinat sisteminde çalışılıyor ise lokal sistemle GPS ölçümünde kullanılan WGS 84 koordinat sistemi arasında daha önceden alıcıya yüklenmiş dönüşüm parametreleri kullanılarak, gözlem yapılan noktaların lokal sistemdeki koordinatları anında hesaplanmış olmaktadır.

Radyo modemin gücüne bağlı olarak yayın yapılan referans noktasından ancak belirli bir mesafeye kadar örneğin 10–15 km. uzaklaşabilmektedir. Radyo modem cihazı ile yapılan yayının gezici alıcıya ulaşabilmesi için alıcıların birbirini görmesine gerek yoktur. Bununla birlikte çok sık dağlık tepelik arazi ya da yoğun bitki örtüsü veya herhangi bir engelden dolayı iletilen veri akışında kopukluk olursa, referans alıcısına ait bilgiler geziciye aktarılamadığı için anında koordinat belirlemek mümkün olmayacaktır.

Gerçek Zaman Kinematik uygulamaları ile rahat ve hızlı bir şekilde detay alımı, aplikasyon hatta bazı özel ölçme tekniklerine imkân tanınmaktadır. Yöntem, ölçü sonrasında büroda hesap gerektirmemesi, hızlı bir şekilde anında koordinat üretilebilmesi, nokta aplikasyonuna olanak vermesi yönünden pratik bir metot olmasına rağmen, diğer yöntemlerde olduğu gibi uydu bağlantısı kesilerek başlangıçtaki faz belirsizliğinin kaybolması dezavantaj olarak görülmektedir. Radyo modemler arasındaki irtibatın herhangi bir engelden dolayı koparak veri akışının kesintiye uğraması, güçlü cihazların kullanılmasıyla ortadan kalkmaktadır.

3.3.3.4. Diferansiyel GPS (Differential GPS, DGPS)

Diferansiyel GPS Yönteminin esası kod ölçülerine dayanmaktadır. GPS uygulamalarında çok duyarlı konum belirlenmesine ihtiyaç duyulmaması halinde kod ölçülerinden yararlanılarak koordinatı bilinen sabit noktaya göre gezici alıcının koordinatları belirlenmektedir. Toplanan eşzamanlı kod ölçülerinin değerlendirilmesiyle ancak bir kaç m. konum duyarlılığı elde edilebilmektedir. Diferansiyel GPS uygulaması ile biri sabit ve diğeri gezici olmak üzere 2 alıcı kullanılarak bir saatlik sürede aracın hızına bağlı olarak 150 km' ye varan bir güzergahı 2–5 metre duyarlıkta haritasının yapılması olasıdır (Eren ve Uzel 1995). Jeodezik amaçlı uygulamalar için yeterli konum duyarlılığına sahip olmamakla beraber, navigasyon, denizcilik ve yüksek duyarlık gerektirmeyen metre bazındaki diğeri uygulamalarda geniş çapta kullanılmaktadır.

4.GPS ÖLÇÜLERİNİ ETKİLEYEN HATA KAYNAKLARI

GPS sisteminin her ne kadar bugüne kadar geliştirilmiş en yüksek doğruluklu bir konum belirleme sistemi olmasına rağmen, bu sistemin de hassasiyetini etkileyen düzenli ve düzensiz hatalar vardır. GPS ile konum belirleme yönteminde; uydu efemeris hataları, uydu saati hataları, iyonosferik etki, troposferik etki, sinyal yansıma (Multipath) etkisi, anten faz merkezi hataları, taşıyıcı dalga faz belirsizliği (Ambiguity) ve taşıyıcı dalga faz kesiklik (Cycle Slip) hataları uydu ile alıcı arasındaki mesafenin belirlenmesinde etkili olan temel hata kaynaklarıdır.

4.1.Uydu Efemeris Hataları

GPS Navigasyon dosyası içerisinde yayınlanan uydu konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu durumlarda karşılaşılan hatadır. Bu hata modellendirilmesi zor olan bir hatadır. Efemeris hatası, uydu konumlarının kestirilmesinin bir sonucu olduğu için, bu hatanın büyüklüğü Kontrol Bölümü tarafından uydulara yapılan en son yükleme tarihinden uzaklaştıkça artacaktır.

Kısa mesafeler için efemeris hatasının etkisinin az olmasına karşın, baz uzunluklarının arttığı ve yüksek doğruluk gerektiren jeodezik çalışmalarda önemli etkilerde bulunmaktadır.

Pratik amaçlı jeodezik konum belirleme çalışmaları için yayın efemerisi (broadcast ephemeris) yeterlidir. Daha hassas sonuç gerektiren çalışmalarda ise hassas efemeris (precise ephemeris) kullanılmalıdır. Hassas efemeris, dünya yüzeyine dağılmış çok sayıda istasyondan elde edilen uydu verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilmiş sonuçlar olup, SP3 formatında internetten ulaşılabilir.

4.2.Uydu Saati Hataları

GPS ile konum belirleme yönteminin temelini zaman ölçümü oluşturmaktadır. Uydu saati hatası kontrol bölümü tarafından sürekli izlenerek, yayın efemerisi saat düzeltmeleri günlük olarak Navigasyon mesajının bir bölümü olarak yüklenmektedir. Uydu saat hataları çok duyarlı atomik saatler kullanılarak ya da farklı gözlemler oluşturularak giderilebilmektedir.

4.3.İyonosfere Bağlı Hatalar

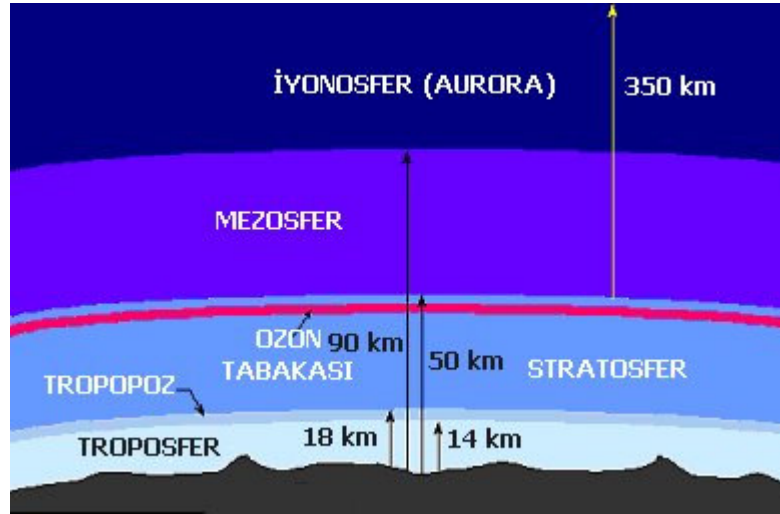
İyonosfer tabakası, iyonlaşmış hava moleküllerinin bulunduğu ve elektrik iletkenliğinin olduğu atmosfer bölgesidir. İyonlaşma ve serbest elektron sayısı, güneş ışığıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolayısıyla, iyonosfer tabakasının etkisi gündüz saatlerinde geceye oranla daha fazladır (Delikaraoglu 1989).

İyonosferin elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkisi Toplam Elektron Yoğunluğu (TEC) ile ifade edilmektedir. TEC, uydu ile alıcı arasındaki sinyal yolu boyunca m^2 deki toplam elektron sayısı olarak ifade edilmektedir. İyonosferin, kod ve faz ölçülerine farklı etki etmektedir. İyonosfer etkisi kod ölçüleri için grup gecikme etkisi gösterirken, faz ölçüsü için faz hızlanması etkisi gösterir. İyonosferik etki, sinyal frekansına bağlıdır. Bu bağımlılık nedeniyle, çift frekanslı alıcılar kullanıp, uygun frekans kombinasyonları kullanılarak iyonosferik etki büyük oranda giderilebilmektedir (Kahveci 1994).

4.4.Troposfere Bağlı Hatalar

İyonosferden geçen sinyaller sırasıyla mezosfer, stratosfer ve troposfer tabakalarından ilerlerler (Şekil 4.1). Troposfer tabakasında ki GPS sinyallerinin yayılması frekansa bağımlı olmadığından, troposferin etkisi faz ve kod ölçülerine olan etkisi aynı büyüklüktedir. Dolayısıyla, iyonosfer etkisinde olduğu gibi çift frekanslı alıcıların kullanılması, troposferin etkisini gidermemektedir.

Troposferik gecikme ısı, basınç ve su buharının bir fonksiyonu olarak ifade edilir (Kahveci 1996). Troposfer, kuru hava ve su buharı olmak üzere, iki ideal gaz karışımından oluşmaktadır. Kuru hava, atmosferdeki gaz yoğunluğuna, gaz dağılımındaki değişimlere bağlı olup, toplam atmosferik gecikmenin %90'ına neden olur. Ölçü noktasında ölçülen basınç sıcaklık ve nem ile zenit doğrultusunda %2 hata ile modellendirilebilir. Alıcı ile uydu arasındaki, sinyal yolu boyunca, mevcut su buharı bileşeninin modellendirilmesi, su buharının yere ve zamana göre hızla değişim göstermesi nedeniyle çok daha zordur. Su buharı bileşeni nedeniyle, gecikme orta enlemlerde, 5–30 cm olup, 2–5 cm duyarlılıkla belirlenebilir. Troposfer kaynaklı hatalar, %92 oranında uygun troposfer modeli (Saastamonien ve Hopfield) kullanmak suretiyle azaltılabilmektedir (Kınık 1999).



Şekil 4.1 : Atmosfer Tabakaları

4.5.Sinyal Yansıması (Multipath) Etkisi

GPS alıcıları ile birlikte kullanılan antenlerin hemen hepsi her yönden gelen uydu sinyallerini alabilme özelliğine sahiptir. Sinyal Yansıması hatası, uydulardan yayınlanan sinyallerin yeryüzünde herhangi bir noktada kurulu olan antene bir veya daha

fazla sayıda yol izleyerek ve esas sinyale karışarak ulaşmasına denir. Sinyal yansıma hatası her ölçü noktasında farklı geometri ve çevre koşullarına bağlı olacağından, düzensiz bir hata kaynağıdır. Alıcı anteninin çevresinde yansıtıcı yüzeyler, vericiler gibi sinyal yansıma hatası oluşabilecek noktalar mümkün olduğunca seçilmemelidir.

4.6.Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası

GPS alıcı antenlerinin faz merkezleri sinyallerin antene ulaştığı nokta olup bu nokta geometrik faz merkezinden farklıdır. Uydu sinyallerinin azimut ve yükseklik açısına bağlı olarak jeodezik antenlerin faz merkezlerinde küçük farklılıklar vardır. Bu değişimler L1 ve L2 için farklıdır. Üretici firmaların laboratuvar koşullarında belirlediği geometrik faz merkezlerinden de farklıdır. Anten faz merkezi değişimleri 1–2 mm ile 1–2 cm arasında olabilir bu sebeple yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda bu değişimlerin dikkate alınması mutlak gereklidir.

Anten faz merkezi değişimleri yatayda genellikle fiziksel merkez ile aynı olup, değişimler fiziksel merkezden, düşey yönde yüksek miktarları bulmaktadır. Bu sebeple farklı alıcı ve anten kullanılan karma ölçü kampanyalarında, anten fiziksel merkezinin iyi derecede bilinmesi ve kullanıcıların anten yüksekliklerini mm duyarlılığında ölçmeleri çok önemlidir.

4.7.Selective Availability (SA)

Askeri güvenlik gerekçesiyle uyduların yüksek hassasiyetli verilerinin izin verilen kişi ve kurumlar hariç kısıtlamalar getirilmesi amaçlı bir faaliyettir. Bu faaliyet 25 Mart 1990 ile 1 Mayıs 2000 tarihleri arasında sürdürülmüştür.

4.8.Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği

Başlangıç anı için uydu ile alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç tane tam dalga içerdiği bilinmemektedir. Bu bilinmeyene Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıcı Belirsizliği (Initial Phase Ambiguity) ya da kısaca faz belirsizliği (Ambiguity) denir.

Uydudan gelen sinyallerde hiçbir ölçü kesikliği olmadığı sürece sadece faz başlangıcı belirsizliğinin giderilmesi gerekmektedir.

Başlangıç faz belirsizliği değerlerinin belirlenmesi genellikle iki aşamalı bir yöntemle gerçekleştirilmektedir.

Birinci aşamada, klasik dengeleme tekniği kullanılarak (Kalman Filtreleme, EKK, vs) koordinat, saat ve başlangıç faz belirsizliği parametreleri beraber hesaplanmaktadır. Bu sonuçlar, başlangıç faz belirsizliği parametrelerinin kesirli değerli tahminleri ve konum parametrelerinin ise belirli bir referans noktasına göre iyileştirilmiş tahminleridir.

İkinci aşama ise, kesirli değerli başlangıç faz belirsizliği tahminlerinin sabit tamsayı değerlere dönüştürülme adımıdır. Eğer bu başlangıç faz belirsizliği parametrelerini en yakın tamsayıya dönüştürme işlemi başardı ise, sabitleştiren bu tamsayı değerler bir sonraki dengelemeye bilinen değerler olarak sokulur. Bilinen başlangıç faz belirsizliği değerleri ile yapılan bu son dengeleme arzu edilen yüksek doğruluklu bağıl konumlamayı sağlar.

Kesirli değerli başlangıç faz belirsizliği parametrelerini en yakın tamsayıya sabitleme işlemi için birçok yöntem mevcuttur. Bunların en yaygın olanları, gerçek değerli başlangıç faz belirsizliği parametrelerini en yalan tamsayı değerine yuvarlatma yöntemi, hesaplanan bir standart sapmaya göre yuvarlatma yöntemi ve genel tarama yöntemidir.

4.9.Taşıyıcı Dalga Faz Kesikliği (cycle slip)

GPS gözlemi devam ederken uydu sinyallerinin alınmasında karşılaşılan problemler nedeniyle meydana gelen sinyal kesikliklerine faz kesiklikleri (cycle slip) denilmektedir. Faz kesikliğin giderilmesi için, zamana bağımlı olarak uydu koordinatları ile gözlem istasyonlarının bilinen koordinatlarından faydalanılır (Altınar 1992). Eğer faz kesikliği sadece belirli uydularda ise ilgili uydu yada faz kesikliğin

oluştuğu zaman dilimi değeriendirme dışı bırakılabilir. Ayrıca, ölçü noktası çevresindeki ağaç, bina, v.b. uydu sinyallerinin alıcıya ulaşmasını engelleyen nesneler, kötü iyonosferik şartlar nedeniyle sinyal gücünün düşük olması gibi sebepler faz kesikliğine yol açmaktadır (Kahveci, Yıldız 2005).

5.GPS ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

GPS ölçülerinin değerlendirilmesindeki ilk aşama arazide toplanan verilerin alıcıdan (dahili veya harici hafızasından) bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Bilgisayar ortamına aktarılan ham datalar daha sonra değerlendirme yazılımına aktarılır. Aktarılan ham datalar başka değerlendirme yazılımlarında okutulacak ise GPS ortak data formatı olan RINEX formatına dönüştürülür.

5.1. GPS Değerlendirme Yazılımları

GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde (post-process) kullanılan yazılımları, amaçlarına yönelik olarak bilimsel ve ticari amaçlı olmak üzere iki genel sınıfa ayırmak mümkündür.

Bilimsel yazılımlar ülke jeodezik ağlarının kurulması, deformasyon ölçüleri, datum parametrelerinin belirlenmesi ve yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi bilimsel amaçlı projelerde kullanılmaktadır. Bilimsel yazılımlara örnek olarak Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernesse, Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen Gamit-Globk ve NASA tarafından geliştirilen Gipsy yazılımları verilebilir.

Ticari amaçlı yazılımlar klasik jeodezik çalışmalarda kullanılmaktadır. Ticari yazılımlara örnek olarak ise; Pinnacle, TGO (Trimble Geomatics Office), TTC (Trimble Total Control), AOS (Astech Office Suite), Ski, Ski Pro, LGO (Leica Geo Office) değerlendirme yazılımları verilebilir. Bu yazılımlar genelde alıcı üreten firmalar tarafından, satılan GPS seti ile birlikte verilen yazılımlardır. Alıcılar uydulardan sinyalleri kendine özgü formatlarda kaydettiği için, bu veriler alıcı ile birlikte satılan değerlendirme yazılımları ile okutulmaktadır.

Bilimsel amaçlı yazılımlar ile ticari amaçlı yazılımlar arasındaki en önemli fark; bilimsel amaçlı yazılımlarda uygulanan faz belirsizliği çözümü, faz kesikliklerinin giderilmesi, modellendirmeler gibi birçok aşama, ticari amaçlı yazılımlarda kullanıcıya

yük getirmeden otomatik olarak çözümlenmektedir. Bununla birlikte, günümüzde birçok ticari yazılımlar atmosferik modellemeler ve yer dönme parametreleri modellemeleri ile ilgili yeni özellikler eklenerek, bilimsel amaçlı değerlendirmelerde kullanılabilecek hale getirilmiştir.

Ticari amaçlı yazılımlarda, yazılım kullanma kılavuzunda anlatılan işlem adımları takip edildiği ve önerilen kriterlere uyulduğu sürece elde edilecek sonuçlarda önemli bir problemle karşılaşılmamaktadır.

Bilimsel amaçlı yazılımların kullanılması ise karmaşık olup, bu yazılımları kullanmak iyi bir eğitim, bilgi ve birikim gerektirmektedir. Çünkü değerlendirme aşamasında değiştirilecek olan bir parametre sonuçlarda önemli farklılıklar getirecektir. Bununla birlikte, uluslar arası yürütülen projelerde değerlendirmedeki kullanıcı değişikliklerinden dolayı gelecek farklılıkları gidermek amacıyla, belirli standartlar konulmuştur. IGS yörünge bilgilerinin yedi farklı analiz merkezlerinde üretilmesine rağmen, uygulanan standartlar nedeniyle değerlendirme sonuçlarında önemli farklılıklar olmaması bu standartlara bir örnektir.

Aşağıda tez çalışmasında kullanılan yazılımlar hakkında bilgi verilmiştir.

5.1. Bilimsel Yazılım: Bernesse

Bernesse yazılımı, İsviçre Bern üniversitesi tarafından geliştirilmiş, yerkaşu hareketlerinin belirlenmesi, ülke temel GPS ağlarının kurulması, referans sistemi oluşturulması, deformasyon ölçülerinin analizi gibi tamamen bilimsel amaçlı çalışmalarda kullanılan bir yazılımdır.

Bernesse yazılımı içerisinde birlikte değerlendirilen verileri ve işlemleri nitelemek için “campaign-kampanya” terimi kullanılmaktadır. Bu terim ticari GPS yazılımlarındaki “proje” terimi ile özdeştir. Bernesse yazılımında değerlendirme yapabilmek için öncelikle mutlaka bir kampanya oluşturulmalıdır. Kampanya oluşturulduktan sonra; verilerin kampanyaya kopyalanması, öncül koordinat listesinin

tanımlanması, verilerin Bernesse formatına dönüştürülmesi, yer dönme ve yörünge bilgilerinin hazırlanması adımları gerçekleştirilmektedir.

Bernesse yazılımı ile değerlendirme yapılırken internetten IGS ürün dosyaları indirilmektedir. Bu dosyalar, değerlendirme sürecinde yararlanılan genel dosyalar ve çözüme konu olan zaman dilimine ait olan dosyalar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Genel dosyaların bir kısmı yazılımla birlikte yüklenirken, uydu hatalarını içeren. CRX dosyaları, anten faz merkezi kayıklıklarını içeren PHAS_IGS. REL dosyası, alıcı türlerini içeren RECEIVER dosyaları ve yörüngedeki uydu bilgilerini içeren SATELLIT gibi dosyalar düzenli olarak güncellenmektedir. Çözüme konu zaman dilimine ait olan ve güncellenecek dosyalar ise, hassas yörünge bilgileri, saat düzeltmesi, atmosferik düzeltme vb. dosyalarıdır. Güncelleme işlemi <http://www.auib.unibe.ch/download> ve <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/product> internet adresinden yapılabilmektedir.

5.2.Ticari Yazılım: Leica Geo Office 5.0

Leica firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımıdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri File, Import, View, Tools, Export ve Help menüleridir.

LGO yazılımı; Leica firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçüleri ile total station, digital nivo ölçülerini de işleyebilmekte ve kullanıcılara internetten IGS ürünlerini download imkanı da sağlamaktadır.

Yazılım ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilir. Yazılımdaki iyonosfer modellemeleri; Automatic, Computed, Klobuchar, Standart, Global/Regional ile No Model seçenekleridir. Troposfer modellemeleri ise; Hopfield, Simplified Hopfield, Saastamenion, Essen and Froome, No Troposphere ve Computed modelleridir. Yine yazılımın işlem parametreleri bölümünde

Stokastik model kullanma seçeneği ile iyonosferik yoğunluğun düşük, normal ve yüksek derece olarak seçilebilme imkânları vardır.

LGO yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri hem manuel hem de otomatik olarak alınabilmektedir.

LGO yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı, öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilmektedir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

5.3.Ticari Yazılım: Trimble Total Control 2.7

Trimble firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımıdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri File, Edit, View, Project, Process, Transform, Tools, Options, Window ve Help menüleridir.

TTC yazılımı; Trimble, Topcon, Javad, DSNP, Astech firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçüleri ile total station, digital nivo ölçülerini de işleyebilmekte ve kullanıcılara internetten IGS ürünlerini download imkanı da sağlamaktadır.

TTC yazılımı ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilir. Yazılımda hem default iyonosfer modellemesi hem de IGS tarafından yayımlanan iyonosfer modelini internetten download ederek kullanmak mümkündür. Troposfer modellemeleri ise; Clasical Hopfield, Saastamenion, Goad&Goodman, Black, Niell, Yionoulis, Lanyi ve Davis modelleridir.

TTC yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri hem manuel hem de otomatik olarak alınabilmektedir.

TTC yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı, öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

5.4.Ticari Yazılım: Pinnacle 1.0

Topcon firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımıdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri Project, Tools, View, Setup, Window ve Help menüleridir.

PİNNACLE yazılımı; Topcon, Javad, Astech firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçülerini de işleyebilir.

PİNNACLE yazılımı ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilir. Yazılımdaki Troposfer modelleri Don't Use Troposphere Model, Apply Goad&Goodman Troposphere Model ve Estimate Zenith Troposphere Modelleridir.

PİNNACLE yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri belirtilen kriterler dahilinde otomatik olarak alınabilmektedir.

PİNNACLE yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı,

öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilmektedir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

Tez çalışmasında kullanılan ticari yazılımların veri işleme öncesi Tablo 5.1’de, veri işleme özellikleri ise Tablo 5.2’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

5.6. Uygulamada Kullanılan Ticari GPS Yazılımlarının Karşılaştırılması

Tez çalışmasında kullanılan Leica Geo Office, Trimble Total Control ve Pinnacle GPS değerlendirme yazılımlarının Veri İşleme Öncesi ve Veri İşleme Özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Ticari Yazılımların Veri İşleme Öncesi Özelliklerinin Karşılaştırılması

YAZILIMIN ADI	LGO 5.0	TTC 2.7	PİN 1.0
Ölçü Öncesi Arazi Planlama Modülü Var mı?	Evet	Evet	Evet
Veriler Yüklenirken Gözlemler Düzenleyebiliyor mu?	Evet	Evet	Hayır
Veriler Yüklendikten Sonra Gözlemler Düzenleyebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
Manuel Process İmkânı Var mı?	Evet	Evet	Evet
Otomatik Process İmkânı Var mı?	Evet	Evet	Evet
Glönass Verisi İşlenebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
IGS Ürünlerini İnternette İndirebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet

Tablo 5.2: Ticari Yazılımların Veri İşleme Özelliklerinin Karşılaştırılması

YAZILIMIN ADI	LGO 5.0	TTC 2.7	PİN 1.0
Process Vektör Seçimli Yapılabilir mi?	Evet	Evet	Evet
Process Oturum Halinde Yapılabilir mi?	Evet	Evet	Evet
Değerlendirilmiş Bir Veride Değişiklik Yapıldığında Tekrar Değerlendirme Gerekiyor mu?	Hayır	Evet	Evet
Gerektiğinde Hassas Efemeris Yüklenebilir mi?	Evet	Evet	Evet
İyonosfer Modeli İnternette Yüklenebilir mi?	Hayır	Evet	Hayır
Çoklu Çözüm Tipleri Sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet
Sonuçlar Grafik Olarak Gösterilebilir mi?	Evet	Evet	Evet
İstatistikî Kontroller Mevcut mu?	Evet	Evet	Evet
Manuel Loop Kapanmasına İzin Veriyor mu?	Evet	Evet	Evet
Otomatik Loop Kapanmasına İzin Veriyor mu?	Evet	Evet	Evet
Diğer Alıcıların Ham Datasını Okuyabilir mi?	Hayır	Evet	Evet (Javad ile Astech)
Anten Offset Değerlerine İlişkin Kütüphane Var mı?	Evet	Evet	Evet
Dünya Dönme Parametresi Kullanılabilir mi?	Hayır	Hayır	Hayır
Yazılımın Türkçe Yaması Var mı?	Evet	Hayır	Hayır

6.SAYISAL UYGULAMA

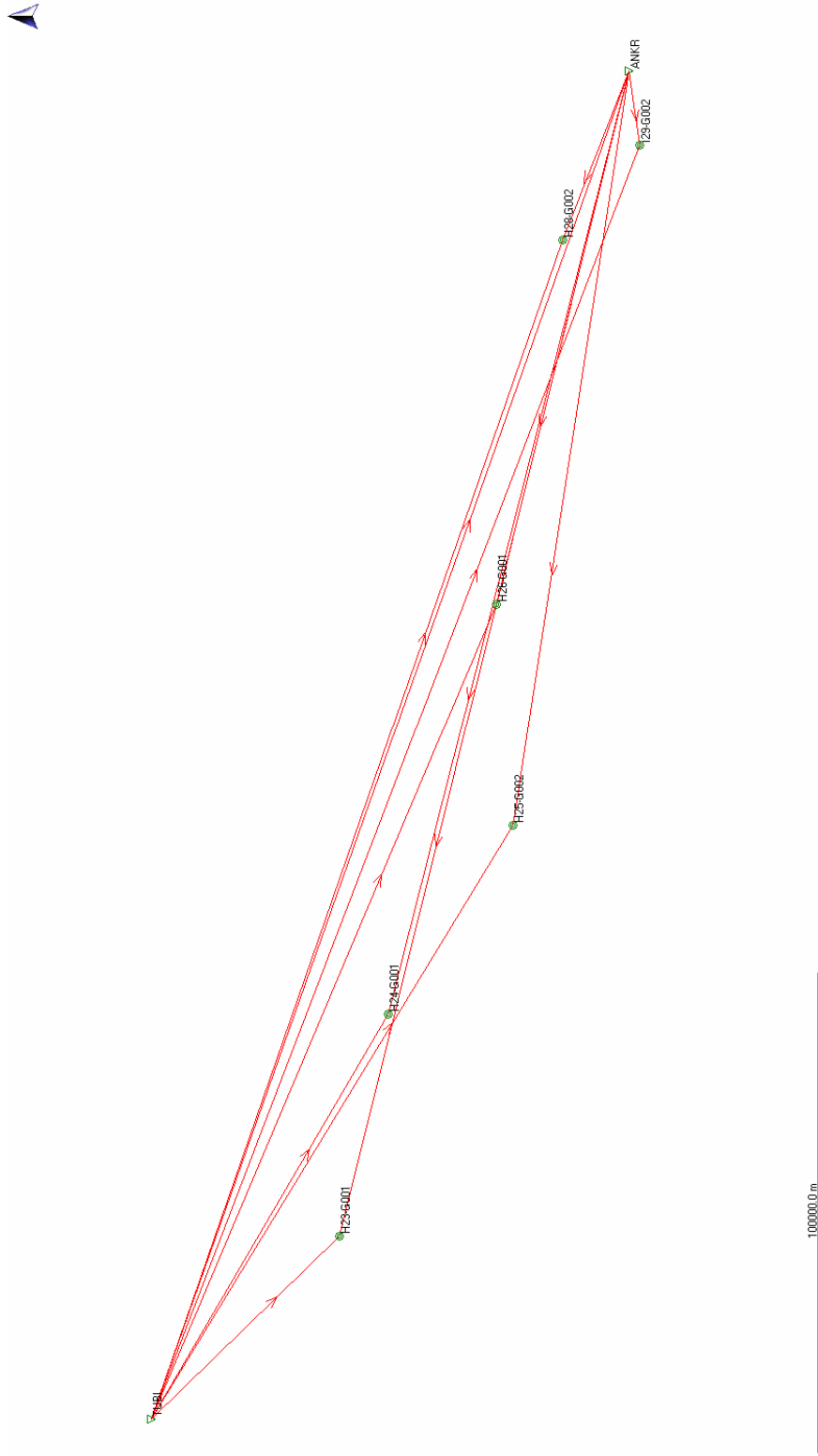
6.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazılımlarının Bernesse yazılımı ile karşılaştırılması ve sonuçların irdelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, arazide yapılan GPS gözlemleri Bernesse bilimsel yazılımı ile Leica Geo Office, Trimble Total Control ve Pinnacle ticari yazılımlarında değerlendirilmiştir.

6.2. Test Ağı Hakkında Bilgiler

Farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazılımlarının Bernesse yazılımı ile karşılaştırılması amacıyla; öncelikle Ankara (ANKR) ve Tubitak (TUBI) Sabit GPS İstasyon Noktaları arasında, merkezleştirme hatasını önlemek için pilye tesisli noktalar belirlenmiştir. Bu noktalar belirlenirken olası yön hatasının önüne geçmek için noktaların hem doğu-batı hem de batı-doğu doğrultusunda değerlendirilecek bazları olmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla Ankara ve Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktaları arasında 7 adet pilye tesisli TUTGA noktaları belirlenmiştir. Daha sonra H27-G002 (KRBS) nolu noktanın arazide tahrip olduğunun anlaşılması ile bu nokta test ağı planlamasından çıkartılmıştır. Sonuç olarak iki adet sabit GPS istasyonu ile 6 adet TUTGA noktasının kullanıldığı bir test ağı oluşturulmuştur(Şekil 6.1).



Şekil 6.1: Test Ağı

6.3. Kullanılan Sabit GPS İstasyon Noktaları

Test ağında kullanılan sabit GPS istasyon Noktaları; Ankara Sabit GPS İstasyonu Noktası (ANKR) ile Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası (TUBI) dir.

6.3.1. Ankara sabit GPS istasyon noktası ANKR

Ankara Sabit GPS İstasyon Noktası 1993 yılında kurulmuştur. Noktada kullanılan alıcı Turbo Rogue, anten tipi ise Choke Ring dir. Noktanın yaklaşık koordinatları ise Enlem = $39^{\circ} 53' 15''$, Boylam = $32^{\circ} 45' 30''$, Yükseklik=974.80 dir.



Şekil 6.2: Ankara Sabit GPS İstasyon Noktası ANKR

6.3.2. Tubitak sabit GPS istasyon noktası TUBI

Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası 1998 yılında kurulmuştur. Noktada kullanılan alıcı Trimble 4700, anten tipi ise Choke Ring dir. Noktanın yaklaşık koordinatları ise Enlem = $40^{\circ} 47' 12''$, Boylam = $29^{\circ} 27' 02''$, Yükseklik=220.343 dir.



Şekil 6.3: Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası TUBI

6.4. Kullanılan TUTGA Noktaları

Test ağında kullanılan TUTGA noktaları; İ29-G002 (MESE), H28-G002 (AYAS), H26-G001 (NALL), H25-G002 (CMLN), H24-G001 (SEYH) ve H23-G001 (IGAZ) noktalarıdır.



Şekil 6.4: AYAS TUTGA Noktası

6.5. GPS Ölçülerinin Yapılması

Farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazılımlarının Bernese yazılımı ile karşılaştırılması için oluşturulan test ağında ki TUTGA noktalarında; 19 Ekim 2006 tarihinde, 6 saatlik kesintisiz olarak ve 30 sn. epok aralığında GPS ölçüleri yapılmıştır.



Şekil 6.5: AYAS TUTGA Noktasında Yapılan GPS Ölçüsü

6.6. Test Ağında Kullanılan GPS Alıcı ve Anten Tipleri

6.6.1. Sabit GPS istasyonlarındaki alıcı ve anten tipleri

Test ağında; Ankara Sabit GPS İstasyonu Noktası (ANKR) ile Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası (TUBI) noktaları kullanılmıştır.

Ankara Sabit GPS İstasyon Noktasında kullanılan alıcı Turbo Rogue, anten tipi ise Choke Ring dir (Şekil 6.6 ve Şekil 6.7).



Şekil 6.6: ANKR Sabit GPS İstasyonunda Kullanılan GPS Anteni

Properties for Antenna Type AOAD/M_T

General

Type: AOAD/M_T

Manufacturer: [Dropdown]

Comment: Dome Margolin T, chokerings

Radius, mm.: [Text]

Offset measured from: ☐ Ground plane ☒ Base

Offsets, m.

	L1, mm.	L2, mm.
Vertical Corr (Ci)	[Text]	[Text]
Base (Ai)	110	128
Northing	0	0
Easting	0	0

Alias of: [Dropdown]

Phase Center Variations..

OK Cancel Help

The diagram illustrates the geometry of the antenna. It shows a circular antenna with a radius r and a phase center $L1(L2)$. The antenna is mounted on a base. The vertical height from the base to the phase center is labeled. The slant height from the marker to the phase center is labeled. The offset from the marker to the sub-antenna point is labeled. The diagram also shows the coordinate system with U , N , and E axes.

Şekil 6.7: ANKR Sabit GPS İstasyonundaki GPS Anten Ofset Değerleri

Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktasında kullanılan alıcı Trimble 4700, anten tipi ise Choke Ring dir (Şekil 6.8 ve Şekil 6.9).



Şekil 6.8: TUBİ Sabit GPS İstasyonunda Kullanılan GPS Anteni

Properties for Antenna Type TRM29659.00 UNAV

General

Type: TRM29659.00 UNAV

Manufacturer: [Dropdown]

Comment: CORS Misnomer

Radius, mm.: [Text Box]

Offset measured from: ☒ Ground plane ☐ Base

Offsets, m.

	L1, mm.	L2, mm.
Vertical Corr (Ci)	[Text Box]	[Text Box]
Base (Ai)	109.8	128
Northing	1.2	1.2
Easting	0.5	0.6

Alias of: TRM29659.00

Phase Center Variations..

OK Cancel Help

Şekil 6.9: TUBİ Sabit GPS İstasyonundaki GPS Anten Ofset Değerleri

6.6.2. TUTGA noktalarındaki alıcı ve anten tipleri

Test ağı TUTGA noktalarında yapılan GPS gözlemlerinde Topcon Hiper Plus alıcı ve anteni kullanılmıştır. Topcon Hiper Plus antenine ait anten ofset değerleri Şekil 6.10 da gösterilmektedir. Ayrıca alıcılara ait kalibrasyon belgesi EK’te sunulmuştur.

Topcon Hiper Plus alıcısı Topcon firmasının son tip alıcılarından olup, alıcıya ait özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Kanal Sayısı: 40

Hassasiyet: Statik ve hızlı statik ölçü yöntemleri için konumda 3mm.+ 0.5 ppm, yükseklikte 5mm.+ 0.5 ppm dir. Real Time Kinematik (RTK) uygulamalarda ise konumda 10mm.+ 1 ppm, yükseklikte 15mm.+ 1 ppm dir.

Güç: Lityum iyon bataryalar kullanılmakta olup, 14 saat kesintisiz ölçü yapılabilir.

Modem: RTK uygulamaları için dahili Rx veya harici Tx/Rx radyo modemi kullanılmaktadır. Modem ile bağlantı kızılötesi ile sağlanabilmektedir.

Boyutları: 159X172X88 mm. Ebatlarında olup, 1.65 kg. ağırlığındadır.

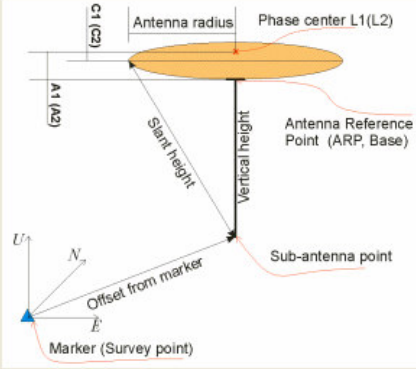
Çevresel Şartlar: Alıcılar -30 derece ile +60 derece arasında çalışabilir olup, su geçirmez özelliktedir.

Manufacturer:

Comment:

Radius, mm.:

Offset measured from: ☐ Ground plane ☒ Base



Offsets, m.		
	L1, mm.	L2, mm.
Vertical Corr (Ci)	105.9	97.1
Base (Ai)	105.9	97.1
Northing	-0.8	-0.7
Easting	1.6	0.7

Alias of:

TPSHIPER_PLUS

Şekil 6.10: Topcon Hiper Plus GPS Anten Ofset Değerleri

6.7. GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde ilk olarak 6 adet TUTGA noktasında yapılan ölçüler alıcının dâhili hafızasından bilgisayara aktarılmıştır.

Alıcıdan bilgisayara aktarılan ham veriler Pinnacle yazılımına okutularak, nokta numarası ve anten yükseklik bilgileri girilmiştir. Nokta numarası, anten yüksekliği ve anten tipi belirlenen datalar, tüm yazılımlarda okutulmak üzere, GPS ortak data formatı olan RINEX formatına dönüştürülmüştür. RINEX formatı “ssssdddf.yyt” yapısındadır. Dosya ismindeki; “ssss” ölçü noktasının 4 karakterli kısa adını veya ilk 4 rakamlı numarasını, “ddd” ölçü yapılan yılın gününü, “f” oturum numarasını, “yy” gözlem yılını ve “t” dosya tipini (O:gözlem, N:Navigasyon) ifade etmektedir.

Sabit GPS İstasyon Noktalarındaki datalar ile hassas efemeris bilgileri gerek yazılımların internet download bölümünden gerekse internet sitelerinden indirilmiştir. Sabit GPS İstasyon Noktalarındaki datalar ile hassas efemeris bilgilerini elde etmek için; <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive> ve <http://www.budbrain.it/igsse/indexdata.cfm> internet sitelerinden faydalanılmıştır.

Hazırlanan GPS dataları, 2 saatlik, 4 saatlik ve 6 saatlik olmak üzere 3 ayrı projeler halinde; hem bilimsel yazılım Bernesse 4.0 ile hem de Leica Geo Office 5.0, Trimble Total Control 2.7 ile Pinnacle 1.0 ticari yazılımları ile değerlendirilmiştir.

6.8. Ölçü Anındaki DOP ve Uydu Bilgileri

Test ölçüsünün yapıldığı ana ilişkin DOP değerleri Şekil 6.11 de gösterilmiştir.

DOP bileşenlerinden;

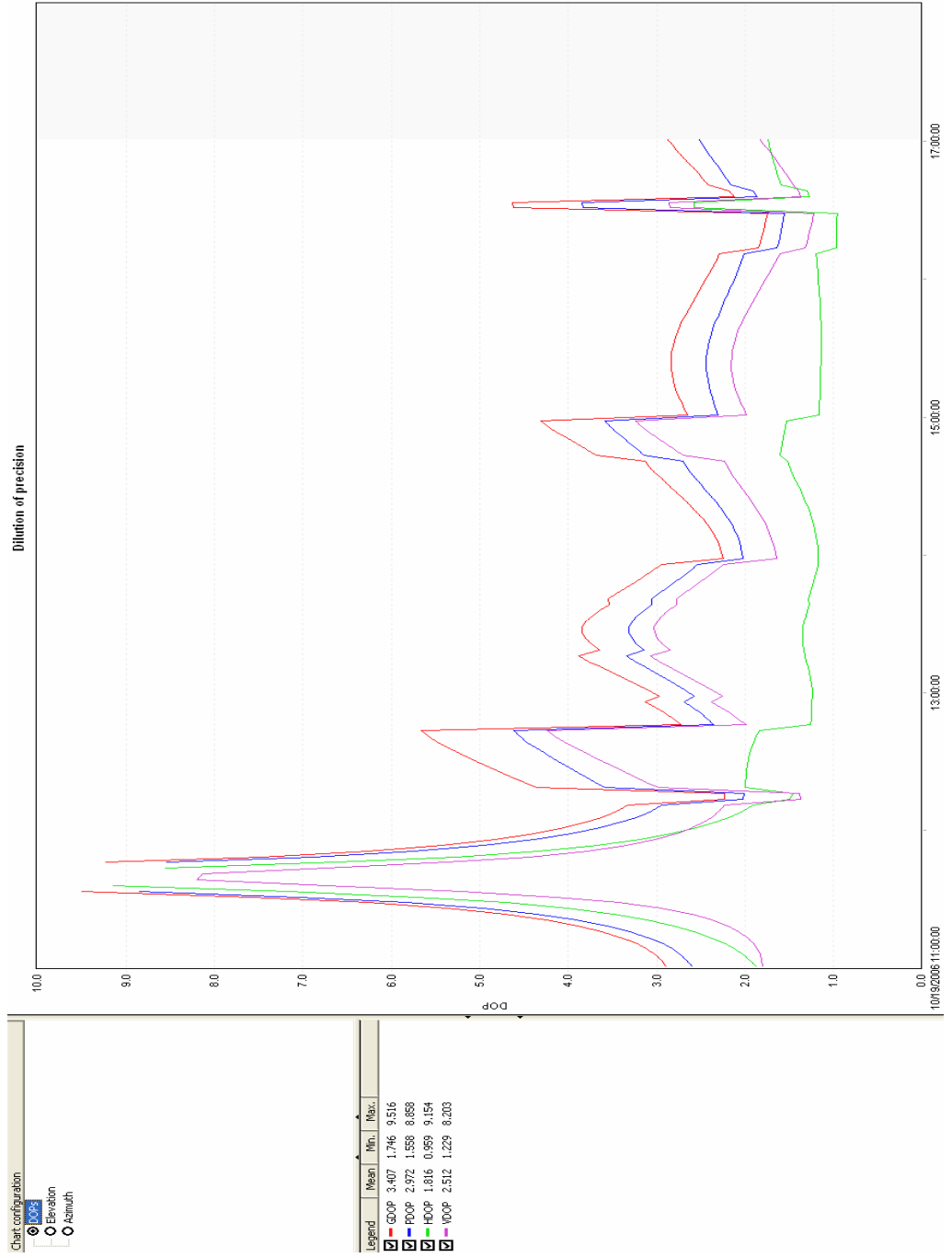
GDOP; minimum 1.746, maksimum 9.516 ve ortalama 3.407 değerindedir.

PDOP; minimum 1.558, maksimum 8.858 ve ortalama 2.972 değerindedir.

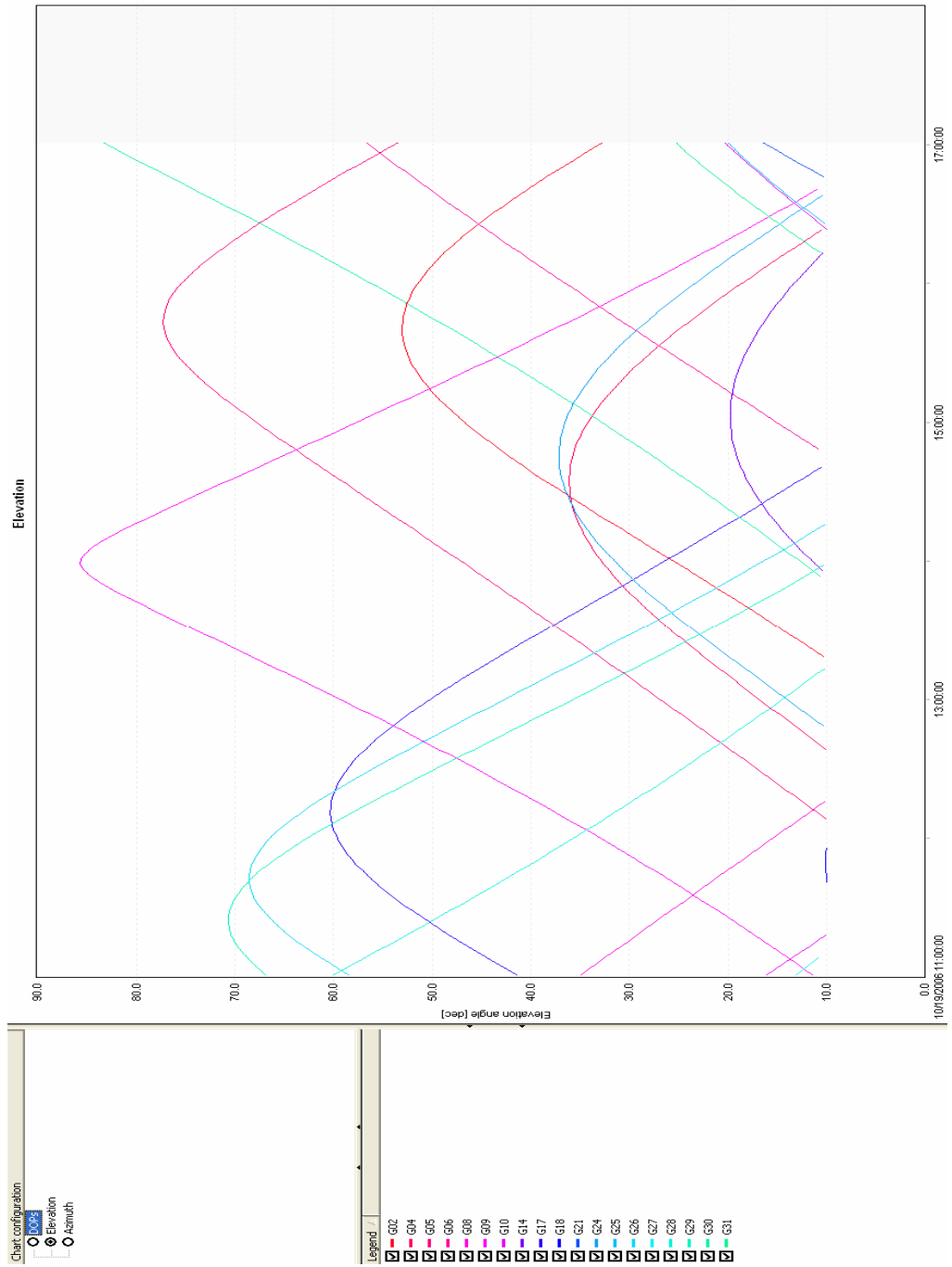
HDOP; minimum 0.959, maksimum 9.154 ve ortalama 1.816 değerindedir.

VDOP; minimum 1.229, maksimum 8.203 ve ortalama 2.512 değerindedir.

Test ölçüsünün yapıldığı zamana ilişkin uydu geometrisi bilgileri Şekil 6.12 de gösterilmiştir. 15 derecelik mask açısının üzerindeki uydulardan data toplanmış olup, ölçü anı boyunca uydu değişimi şekilde görülmektedir.



Şekil 6.11: DOP Bileşenleri Değerleri



Şekil 6.12: Ölçü Anındaki Uydu Geometrisi

6.9.Değerlendirme Sonucunda Elde Edilen Sonuçlar

Test ağında kullanılan 2 adet Sabit GPS Noktası ile 6 adet TUTGA Noktasının gerçek koordinatları Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Bu noktaların ölçü tarihi olan 19 Ekim 2006 tarihindeki ölçü anındaki koordinatları ise Tablo 6.2’de verilmiştir.

Ölçü anındaki koordinatları bilinen noktaların, koordinat fark değerleri alınarak gerçek baz bileşen değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6.3).

Bernesse bilimsel yazılımı ile 2 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.4’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.5’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.13’de verilmiştir.

Bernesse bilimsel yazılımı ile 4 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.6’da, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.7’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.14’de verilmiştir.

Bernesse bilimsel yazılımı ile 6 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.8’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.9’da, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.15’de verilmiştir.

Leice Geo Office ticari yazılımı ile 2 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.10’da, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.11’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.16’da verilmiştir.

Leice Geo Office ticari yazılımı ile 4 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar

Tablo 6.12’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.13’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.17’de verilmiştir.

Leice Geo Office ticari yazılımı ile 6 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.14’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.15’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.18’de verilmiştir.

Trimble Total Control ticari yazılımı ile 2 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.16’da, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.17’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.19’da verilmiştir.

Trimble Total Control ticari yazılımı ile 4 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.18’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.19’da, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.20’de verilmiştir.

Trimble Total Control ticari yazılımı ile 6 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.20’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.21’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.21’de verilmiştir.

Pinnacle ticari yazılımı ile 2 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.22’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.23’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.22’de verilmiştir.

Pinnacle ticari yazılımı ile 4 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.24’de, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.25’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.23’de verilmiştir.

Pinnacle ticari yazılımı ile 6 saatlik değerlendirme sonucunda elde edilen baz bileşeni değerleri ile gerçek baz bileşeni değerleri arasındaki farklar Tablo 6.26’da, baz bileşenlerine ait standart sapma değerleri Tablo 6.27’de, baz bileşen değerleri arasındaki farkların grafik gösterimi ise Şekil 6.24’de verilmiştir.

Tablo 6.1: Kullanılan TUTGA Noktalarının Referans Epok Koordinatları

REFERANS EPOK: 2005.00		DATUM: ITRF-96			ELİPSOİD: GRS-80		
NOKTA		KARTEZYEN KOORDİNATLAR (m)			YILLIK HIZ DEĞERLERİ (m)		
NO	KISA ADI	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz
İ29-G004	ANKR	4121948.5517	2652187.9131	4069023.7231	-0.0064	-0.0046	0.0055
G22-G005	TUBİ	4211318.2470	2377866.4169	4144664.1154	-0.0193	0.0166	0.0013
İ29-G002	MESE	4131621.0624	2639968.6549	4067659.7174	-0.0081	-0.0041	0.0051
H28-G002	AYAS	4132965.0902	2617737.5421	4080224.6140	-0.0048	-0.0039	0.0071
H26-G001	NALL	4164903.9186	2548239.3737	4090996.2323	-0.0129	-0.0098	0.0006
H25-G002	CMLN	4190589.4872	2509640.5032	4088281.3316	0.0000	-0.0058	0.0075
H24-G001	SEYH	4196804.2584	2467507.6332	4108457.1097	-0.0007	-0.0070	0.0080
H23-G001	IGAZ	4214159.8416	2424031.3653	4115367.5473	-0.0041	-0.0117	-0.0031

Tablo 6.2: Ölçü Epoğuna Kaydırma Hesabı

ÇALIŞMA TARİHİ:	19.10.2006		GPS GÜNÜ:	292	
ARTIK YIL = 292/365.25 = 0.799					
ÖLÇÜ EPOĞU: 2006.799		DATUM: ITRF-96		ELİPSOİD: GRS-80	
ÖLÇÜ EPOĞU KOORDİNATLARI					
NOKTA NO	KISA ADI	X	Y	Z	ÖLÇÜ EPOĞU
İ29-G004	ANKR	4121948.5402	2652187.9048	4069023.7330	2006.799
G22-G005	TUBI	4211318.2123	2377866.4468	4144664.1177	2006.799
İ29-G002	MESE	4131621.0478	2639968.6475	4067659.7266	2006.799
H28-G002	AYAS	4132965.0816	2617737.5351	4080224.6268	2006.799
H26-G001	NALL	4164903.8954	2548239.3561	4090996.2334	2006.799
H25-G002	CMLN	4190589.4872	2509640.4928	4088281.3451	2006.799
H24-G001	SEYH	4196804.2571	2467507.6206	4108457.1241	2006.799
H23-G001	IGAZ	4214159.8342	2424031.3442	4115367.5417	2006.799

Tablo 6.3: Ölçü Anındaki Gerçek Baz Bileşeni Değerleri

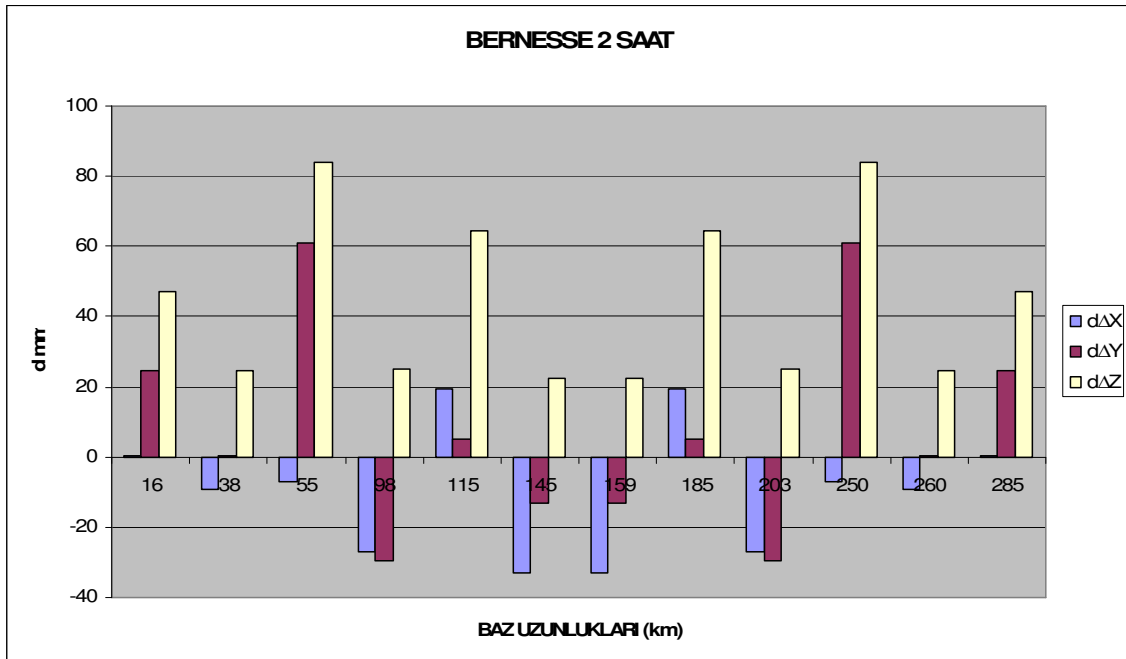
BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ
ANKR (İ29-G004)	İ29-G002	9672.5076	-12219.2573	-1364.0064
ANKR (İ29-G004)	H28-G002	11016.5414	-34450.3697	11200.8938
ANKR (İ29-G004)	H26-G001	42955.3552	-103948.5488	21972.5004
ANKR (İ29-G004)	H25-G002	68640.9470	-142547.4121	19257.6121
ANKR (İ29-G004)	H24-G001	74855.7170	-184680.2842	39433.3911
ANKR (İ29-G004)	H23-G001	92211.2940	-228156.5606	46343.8087
TUBI (G22-G005)	İ29-G002	-79697.16445	262102.2008	-77004.3912
TUBI (G22-G005)	H28-G002	-78353.13071	239871.0883	-64439.4910
TUBI (G22-G005)	H26-G001	-46414.31688	170372.9093	-53667.8844
TUBI (G22-G005)	H25-G002	-20728.72507	131774.0460	-56382.7726
TUBI (G22-G005)	H24-G001	-14513.95513	89641.1738	-36206.9936
TUBI (G22-G005)	H23-G001	2841.621952	46164.8975	-29296.5760
ANKR (İ29-G004)	TUBI (G22-G005)	89369.6721	-274321.4581	75640.3847

Tablo 6.4: Bernesse 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		BERNESSE 2 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	Δx	Δy	Δz	$d\Delta x$	$d\Delta y$	$d\Delta z$	
ANKR	İ29-G002	9672.507876	-12219.23255	-1363.959277	0.0002	0.0247	0.0471	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.53236	-34450.36923	11200.91837	-0.0090	0.0005	0.0246	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.37472	-103948.5437	21972.56467	0.0195	0.0050	0.0643	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.91417	-142547.4254	19257.63448	-0.0329	-0.0133	0.0224	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.68992	-184680.3138	39433.41611	-0.0270	-0.0296	0.0250	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.28684	-228156.4997	46343.89262	-0.0072	0.0609	0.0839	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.16421	262102.2255	-77004.34402	0.0002	0.0247	0.0471	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.13973	239871.0888	-64439.46637	-0.0090	0.0005	0.0246	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.29737	170372.9143	-53667.82007	0.0195	0.0050	0.0643	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.75792	131774.0327	-56382.75026	-0.0329	-0.0133	0.0224	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.98217	89641.14424	-36206.96863	-0.0270	-0.0296	0.0250	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6147	46164.9584	-29296.4922	-0.0072	0.0609	0.0838	54749.9949

Tablo 6.5: Bernesse 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0322	0.0184	0.0199
ANKR	H28-G002	0.0277	0.0654	0.0254
ANKR	H26-G001	0.0196	0.0382	0.0278
ANKR	H25-G002	0.0212	0.0456	0.0288
ANKR	H24-G001	0.0232	0.0459	0.0310
ANKR	H23-G001	0.0585	0.0363	0.0321
TUBİ	İ29-G002	0.0322	0.0184	0.0199
TUBİ	H28-G002	0.0277	0.0654	0.0254
TUBİ	H26-G001	0.0196	0.0382	0.0278
TUBİ	H25-G002	0.0212	0.0456	0.0288
TUBİ	H24-G001	0.0232	0.0459	0.0310
TUBİ	H23-G001	0.0585	0.0363	0.0321



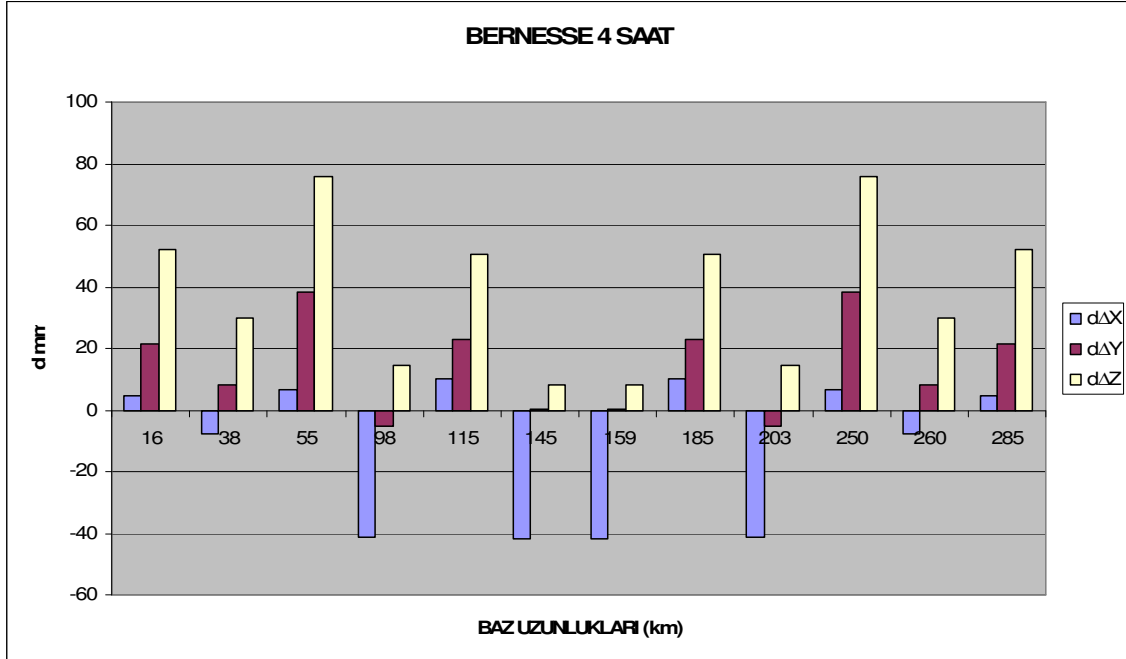
Şekil 6.13: Bernesse 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.6: Bernesse 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		BERNESSE 4 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.512176	-12219.23563	-1363.954557	0.0045	0.0217	0.0519	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.53357	-34450.3616	11200.92365	-0.0078	0.0081	0.0299	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.36515	-103948.5259	21972.55091	0.0099	0.0229	0.0505	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.90533	-142547.4118	19257.62041	-0.0417	0.0002	0.0083	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.67579	-184680.2892	39433.40547	-0.0412	-0.0050	0.0144	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.30076	-228156.5224	46343.88457	0.0067	0.0382	0.0758	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.15991	262102.2224	-77004.3393	0.0045	0.0217	0.0519	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.13852	239871.0964	-64439.46109	-0.0078	0.0081	0.0299	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.30694	170372.9322	-53667.83383	0.0099	0.0229	0.0505	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.76676	131774.0462	-56382.76433	-0.0417	0.0002	0.0083	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.9963	89641.16886	-36206.97927	-0.0412	-0.0050	0.0144	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6287	46164.9357	-29296.5002	0.0067	0.0382	0.0758	54749.9949

Tablo 6.7: Bernesse 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0144	0.0106	0.0143
ANKR	H28-G002	0.0130	0.0188	0.0143
ANKR	H26-G001	0.0119	0.0088	0.0120
ANKR	H25-G002	0.0120	0.0085	0.0118
ANKR	H24-G001	0.0143	0.0099	0.0144
ANKR	H23-G001	0.0124	0.0080	0.0110
TUBİ	İ29-G002	0.0144	0.0106	0.0143
TUBİ	H28-G002	0.013	0.0188	0.0143
TUBİ	H26-G001	0.0119	0.0088	0.0120
TUBİ	H25-G002	0.012	0.0085	0.0118
TUBİ	H24-G001	0.0143	0.0099	0.0144
TUBİ	H23-G001	0.0124	0.0080	0.0110



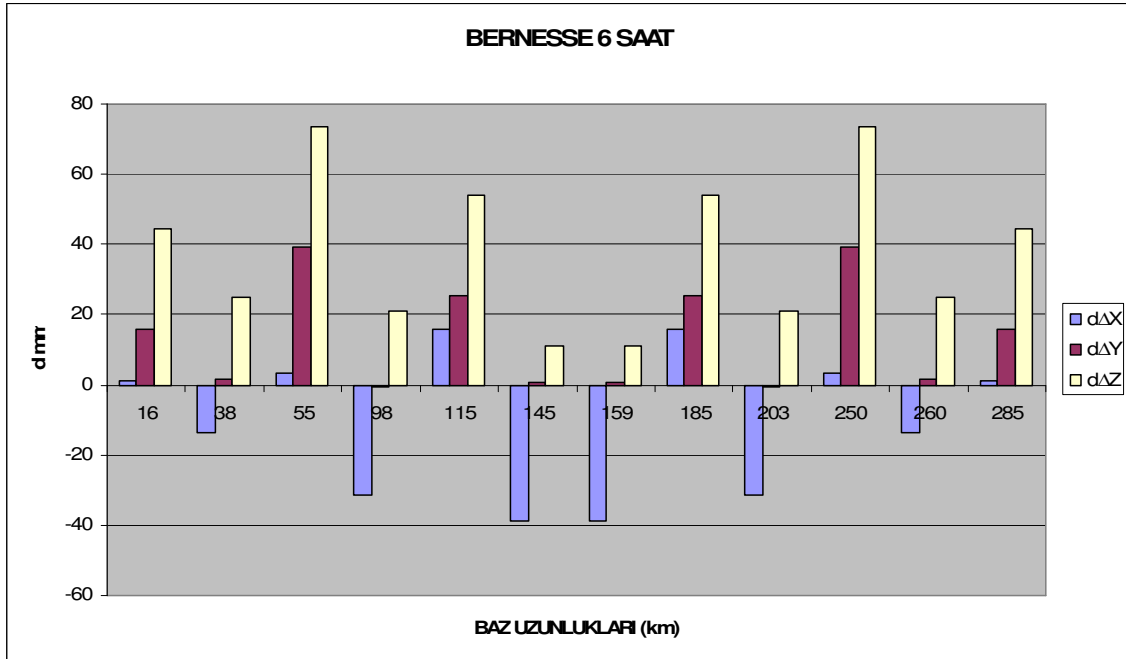
Şekil 6.14: Bernesse 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.8: Bernesse 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		BERNESSE 6 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	Δx	Δy	Δz	$d\Delta x$	$d\Delta y$	$d\Delta z$	
ANKR	İ29-G002	9672.508706	-12219.2415	-1363.961857	0.0011	0.0158	0.0446	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5279	-34450.36802	11200.91853	-0.0135	0.0017	0.0248	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.37095	-103948.5232	21972.55416	0.0157	0.0256	0.0538	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.90843	-142547.4115	19257.62297	-0.0386	0.0006	0.0109	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.68554	-184680.285	39433.41229	-0.0314	-0.0007	0.0212	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.29746	-228156.5212	46343.88237	0.0034	0.0394	0.0736	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.16338	262102.2165	-77004.3466	0.0011	0.0158	0.0446	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.14419	239871.09	-64439.46621	-0.0135	0.0017	0.0248	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.30114	170372.9349	-53667.83058	0.0157	0.0256	0.0538	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.76366	131774.0466	-56382.76177	-0.0386	0.0006	0.0109	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.98655	89641.17309	-36206.97245	-0.0314	-0.0007	0.0212	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6254	46164.9369	-29296.5024	0.0034	0.0394	0.0736	54749.9949

Tablo 6.9: Bernesse 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0121	0.0087	0.0116
ANKR	H28-G002	0.0112	0.0129	0.0108
ANKR	H26-G001	0.0111	0.0080	0.0110
ANKR	H25-G002	0.0100	0.0071	0.0096
ANKR	H24-G001	0.0110	0.0076	0.0106
ANKR	H23-G001	0.0108	0.0072	0.0096
TUBİ	İ29-G002	0.0121	0.0087	0.0116
TUBİ	H28-G002	0.0112	0.0129	0.0108
TUBİ	H26-G001	0.0111	0.0080	0.0110
TUBİ	H25-G002	0.01	0.0071	0.0096
TUBİ	H24-G001	0.011	0.0076	0.0106
TUBİ	H23-G001	0.0108	0.0072	0.0096



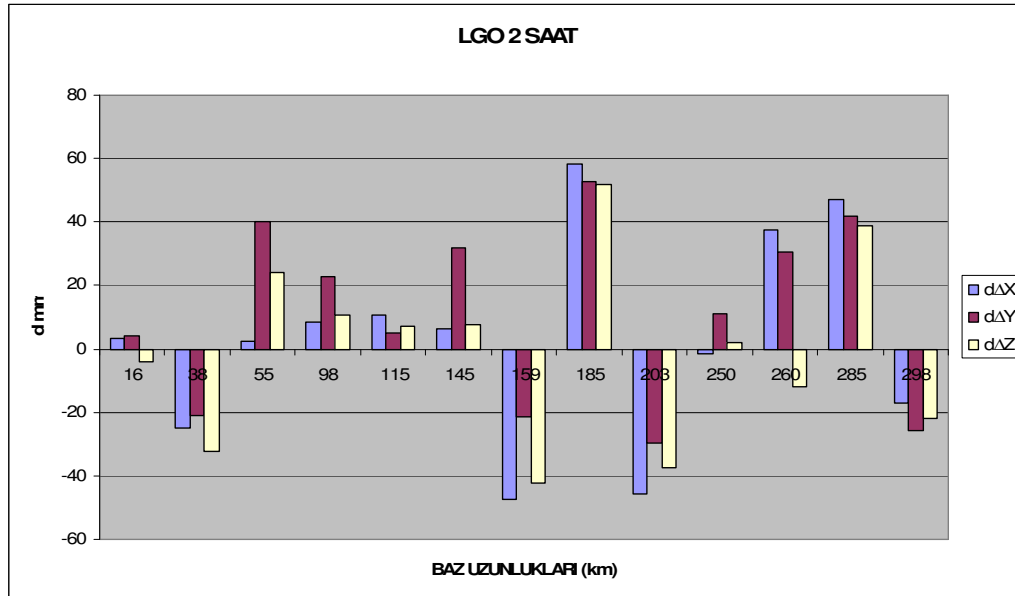
Şekil 6.15: Bernesse 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.10: LGO 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		LGO 2 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.511	-12219.253	-1364.0103	0.0034	0.0043	-0.0039	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5166	-34450.3909	11200.8617	-0.0248	-0.0212	-0.0321	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.366	-103948.5437	21972.5075	0.0108	0.0051	0.0071	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.8998	-142547.4336	19257.5697	-0.0472	-0.0215	-0.0424	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6711	-184680.3137	39433.3537	-0.0459	-0.0295	-0.0374	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.2925	-228156.5495	46343.8107	-0.0015	0.0111	0.0020	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.1174	262102.2426	-77004.3524	0.0470	0.0418	0.0388	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.0933	239871.1191	-64439.5028	0.0374	0.0308	-0.0118	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.2584	170372.9618	-53667.8324	0.0585	0.0525	0.0520	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.7188	131774.0779	-56382.7652	0.0063	0.0319	0.0074	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.9465	89641.1965	-36206.9829	0.0086	0.0227	0.0107	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6245	46164.9377	-29296.5521	0.0025	0.0402	0.0239	54749.9949
ANKR	TUBİ	89369.6549	-274321.4837	75640.3628	-0.0172	-0.0256	-0.0219	298262.7507

Tablo 6.11: LGO 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0004	0.0005	0.0015
ANKR	H28-G002	0.0008	0.0006	0.0007
ANKR	H26-G001	0.0004	0.0006	0.0014
ANKR	H25-G002	0.0009	0.0007	0.0010
ANKR	H24-G001	0.0009	0.0009	0.0013
ANKR	H23-G001	0.0008	0.0006	0.0009
TUBİ	İ29-G002	0.0006	0.0007	0.0021
TUBİ	H28-G002	0.0006	0.0013	0.0019
TUBİ	H26-G001	0.0004	0.0006	0.0015
TUBİ	H25-G002	0.0005	0.0007	0.0015
TUBİ	H24-G001	0.0004	0.0007	0.0015
TUBİ	H23-G001	0.0005	0.0006	0.0014
ANKR	TUBİ	0.0001	0.0002	0.0004



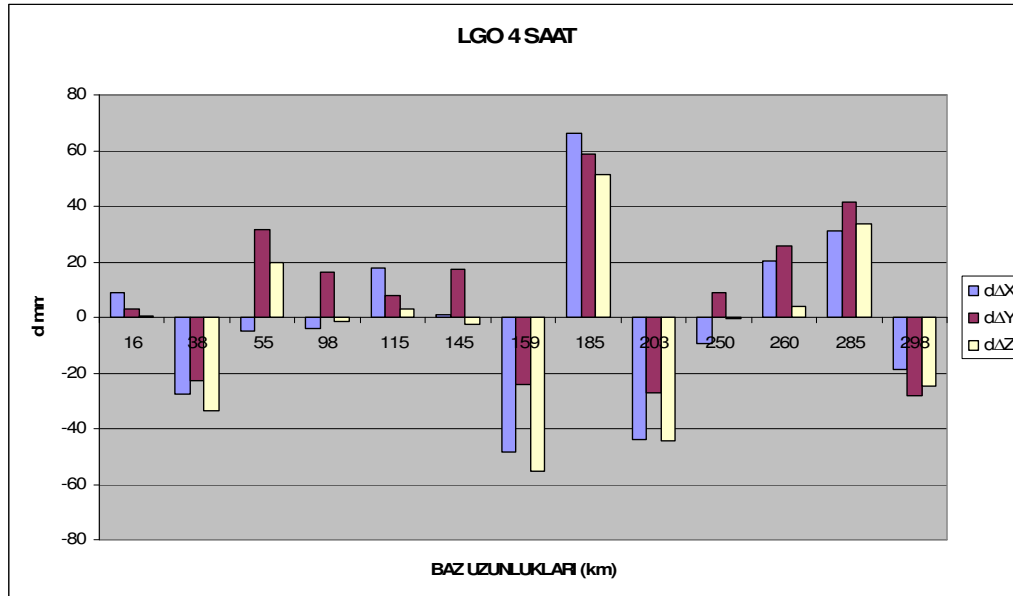
Şekil 6.16: LGO 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.12: LGO 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		LGO 4 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	Δx	Δy	Δz	$d\Delta x$	$d\Delta y$	$d\Delta z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5167	-12219.2542	-1364.0059	0.0091	0.0031	0.0005	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5139	-34450.3923	11200.86	-0.0275	-0.0226	-0.0338	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.3731	-103948.5407	21972.5034	0.0179	0.0081	0.0030	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.8987	-142547.4363	19257.5566	-0.0483	-0.0242	-0.0555	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6728	-184680.3116	39433.3469	-0.0442	-0.0274	-0.0442	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.2846	-228156.5518	46343.808	-0.0094	0.0088	-0.0007	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.1333	262102.2423	-77004.3574	0.0311	0.0415	0.0338	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.1107	239871.114	-64439.4868	0.0200	0.0257	0.0042	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.2507	170372.9679	-53667.8328	0.0662	0.0586	0.0516	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.7242	131774.0633	-56382.775	0.0009	0.0173	-0.0024	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.959	89641.1902	-36206.995	-0.0039	0.0164	-0.0014	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6169	46164.9292	-29296.5564	-0.0051	0.0317	0.0196	54749.9949
ANKR	TUBI	89369.6532	-274321.4860	75640.3601	-0.0189	-0.0279	-0.0246	298262.7507

Tablo 6.13: LGO 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0007	0.0006	0.0008
ANKR	H28-G002	0.0008	0.0006	0.0007
ANKR	H26-G001	0.0008	0.0006	0.0007
ANKR	H25-G002	0.0008	0.0006	0.0007
ANKR	H24-G001	0.0009	0.0007	0.0009
ANKR	H23-G001	0.0007	0.0005	0.0006
TUBİ	İ29-G002	0.0009	0.0008	0.0009
TUBİ	H28-G002	0.001	0.0007	0.0009
TUBİ	H26-G001	0.0009	0.0006	0.0008
TUBİ	H25-G002	0.0014	0.0011	0.0012
TUBİ	H24-G001	0.001	0.0007	0.0009
TUBİ	H23-G001	0.0004	0.0004	0.0011
ANKR	TUBİ	0.0002	0.0001	0.0005



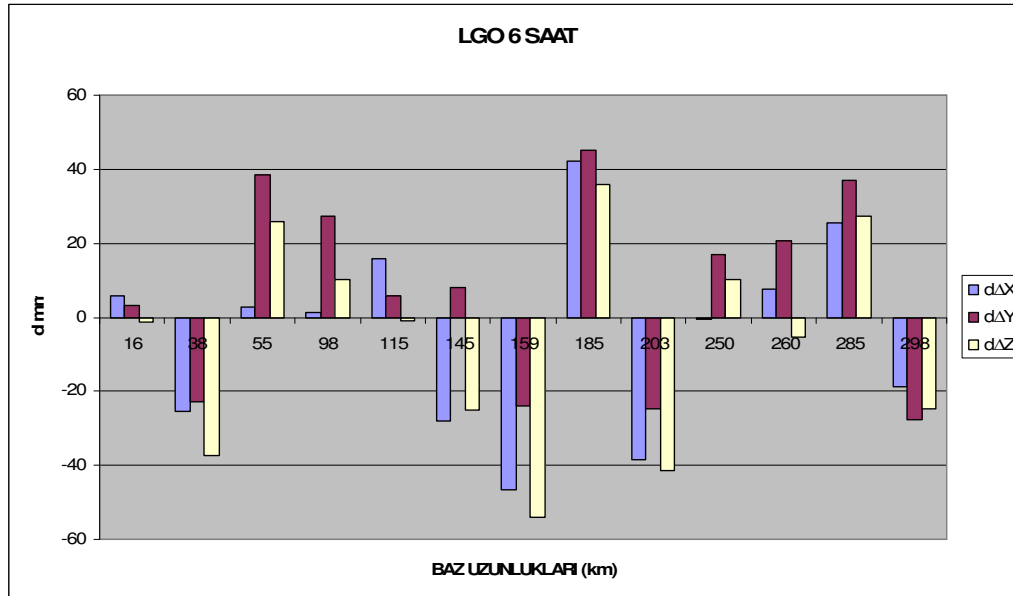
Şekil 6.17: LGO 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.14: LGO 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		LGO 6 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5133	-12219.2542	-1364.0076	0.0057	0.0031	-0.0012	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.516	-34450.3926	11200.8565	-0.0254	-0.0229	-0.0373	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.3711	-103948.543	21972.4996	0.0159	0.0058	-0.0008	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9005	-142547.4361	19257.5579	-0.0465	-0.0240	-0.0542	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6786	-184680.3089	39433.3497	-0.0384	-0.0247	-0.0414	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.2935	-228156.5435	46343.819	-0.0005	0.0171	0.0103	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.1391	262102.2376	-77004.3637	0.0253	0.0368	0.0275	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.1231	239871.1091	-64439.4965	0.0076	0.0208	-0.0055	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.2746	170372.9546	-53667.8484	0.0423	0.0453	0.0360	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.7531	131774.0538	-56382.7979	-0.0280	0.0078	-0.0253	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.954	89641.201	-36206.9834	0.0011	0.0272	0.0102	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6246	46164.936	-29296.5503	0.0026	0.0385	0.0257	54749.9949
ANKR	TUBI	89369.6533	-274321.4859	75640.3601	-0.0188	-0.0278	-0.0246	298262.7507

Tablo 6.15: LGO 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0006	0.0005	0.0007
ANKR	H28-G002	0.0006	0.0004	0.0005
ANKR	H26-G001	0.0006	0.0005	0.0006
ANKR	H25-G002	0.0006	0.0005	0.0006
ANKR	H24-G001	0.0007	0.0005	0.0007
ANKR	H23-G001	0.0006	0.0005	0.0006
TUBİ	İ29-G002	0.0007	0.0006	0.0008
TUBİ	H28-G002	0.0009	0.0006	0.0007
TUBİ	H26-G001	0.0007	0.0006	0.0007
TUBİ	H25-G002	0.0007	0.0005	0.0006
TUBİ	H24-G001	0.0011	0.0008	0.0009
TUBİ	H23-G001	0.0005	0.0004	0.0005
ANKR	TUBİ	0.0003	0.0003	0.0003



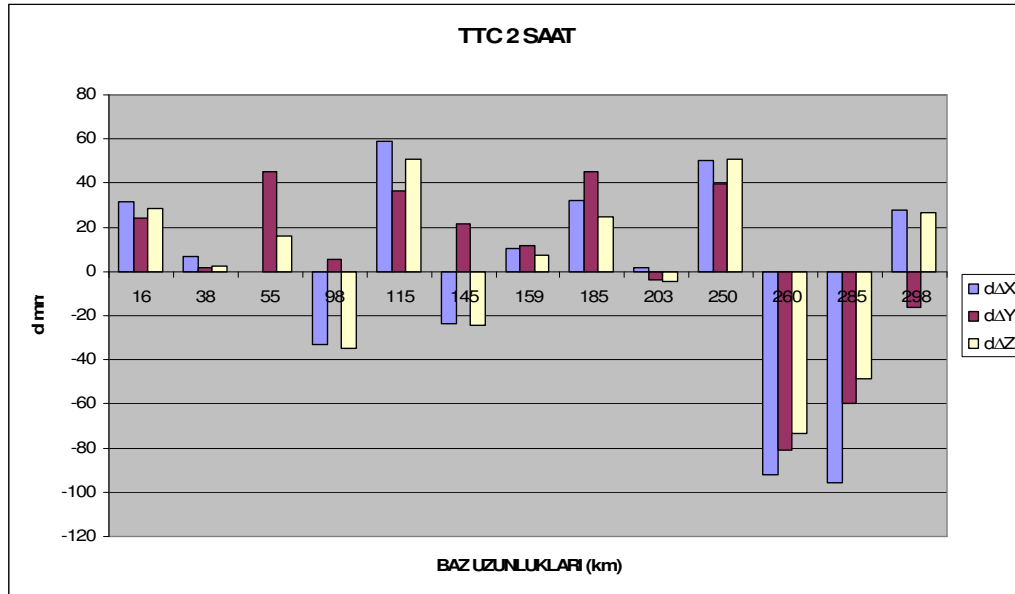
Şekil 6.18: LGO 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.16: TTC 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		TTC 2 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5327	-12219.2376	-1363.9839	0.0251	0.0197	0.0225	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5465	-34450.3689	11200.8943	0.0051	0.0008	0.0005	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.4173	-103948.5096	21972.5545	0.0621	0.0392	0.0541	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9642	-142547.3948	19257.6275	0.0172	0.0173	0.0154	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.7171	-184680.2881	39433.3851	0.0001	-0.0039	-0.0060	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3407	-228156.5302	46343.8541	0.0467	0.0304	0.0454	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.0538	262102.2911	-77004.2863	0.1106	0.0903	0.1049	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.2051	239870.9728	-64439.5737	-0.0744	-0.1155	-0.0827	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.2184	170372.9891	-53667.7965	0.0985	0.0798	0.0879	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.6776	131774.0995	-56382.7263	0.0475	0.0535	0.0463	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.926	89641.2035	-36206.9731	0.0291	0.0297	0.0205	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6997	46164.9846	-29296.4829	0.0777	0.0871	0.0931	54749.9949
ANKR	TUBİ	89369.6466	-274321.4869	75640.3544	-0.0255	-0.0288	-0.0303	298262.7507

Tablo 6.17: TTC 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0170	0.0164	0.0232
ANKR	H28-G002	0.0189	0.0142	0.0157
ANKR	H26-G001	0.0129	0.0097	0.0119
ANKR	H25-G002	0.0131	0.0108	0.0119
ANKR	H24-G001	0.0165	0.0129	0.0153
ANKR	H23-G001	0.0158	0.0166	0.0135
TUBİ	İ29-G002	0.0184	0.0171	0.0239
TUBİ	H28-G002	0.0201	0.0156	0.0172
TUBİ	H26-G001	0.0145	0.0109	0.0123
TUBİ	H25-G002	0.0145	0.0118	0.0126
TUBİ	H24-G001	0.0176	0.0137	0.0155
TUBİ	H23-G001	0.0154	0.0158	0.0127
ANKR	TUBİ	0.0101	0.0087	0.0093



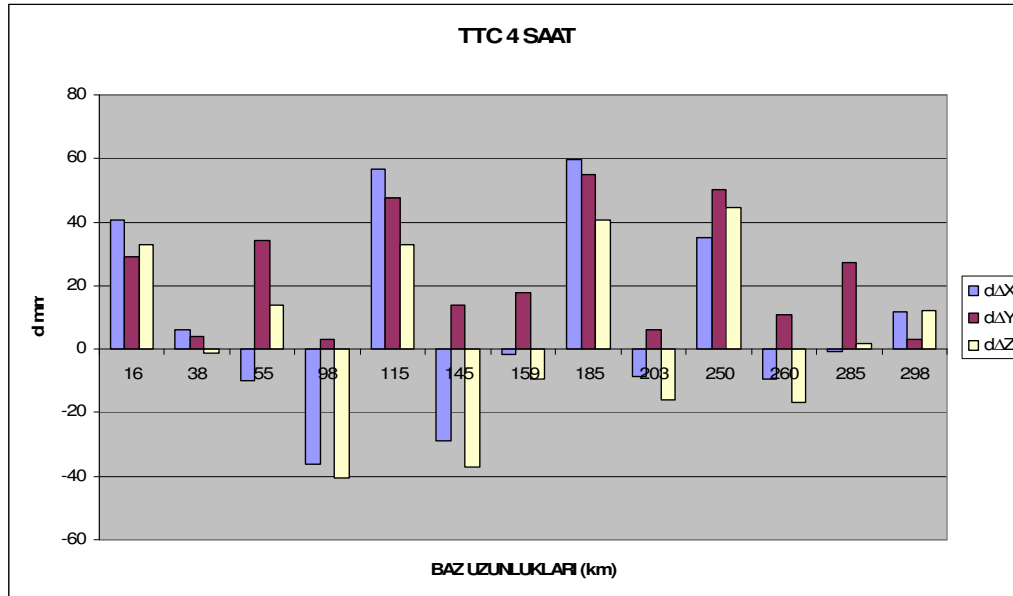
Şekil 6.19: TTC 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.18: TTC 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		TTC 4 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5429	-12219.2326	-1363.9793	0.0353	0.0247	0.0271	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5472	-34450.3682	11200.8918	0.0058	0.0015	-0.0020	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.4201	-103948.5092	21972.5487	0.0649	0.0396	0.0483	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9589	-142547.3963	19257.613	0.0119	0.0158	0.0009	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.7144	-184680.2865	39433.3782	-0.0026	-0.0023	-0.0129	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3444	-228156.5132	46343.8705	0.0504	0.0474	0.0618	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.1440	262102.2403	-77004.3660	0.0204	0.0395	0.0252	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.1454	239871.0099	-64439.5854	-0.0147	-0.0784	-0.0944	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.2483	170372.9717	-53667.829	0.0686	0.0624	0.0554	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.7169	131774.0805	-56382.7704	0.0082	0.0345	0.0022	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.9571	89641.1974	-36207.0025	-0.0020	0.0236	-0.0089	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6592	46164.9594	-29296.5164	0.0372	0.0619	0.0596	54749.9949
ANKR	TUBİ	89369.6756	-274321.4705	75640.3832	0.0035	-0.0124	-0.0015	298262.7507

Tablo 6.19: TTC 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0055	0.0057	0.0058
ANKR	H28-G002	0.0065	0.0050	0.0058
ANKR	H26-G001	0.0110	0.0085	0.0106
ANKR	H25-G002	0.0064	0.0058	0.0055
ANKR	H24-G001	0.0070	0.0061	0.0062
ANKR	H23-G001	0.0062	0.0060	0.0057
TUBİ	İ29-G002	0.0056	0.0055	0.0057
TUBİ	H28-G002	0.007	0.0055	0.0062
TUBİ	H26-G001	0.011	0.0083	0.0102
TUBİ	H25-G002	0.0067	0.0059	0.0056
TUBİ	H24-G001	0.0073	0.0062	0.0062
TUBİ	H23-G001	0.0061	0.0058	0.0055
ANKR	TUBİ	0.0043	0.0039	0.0040



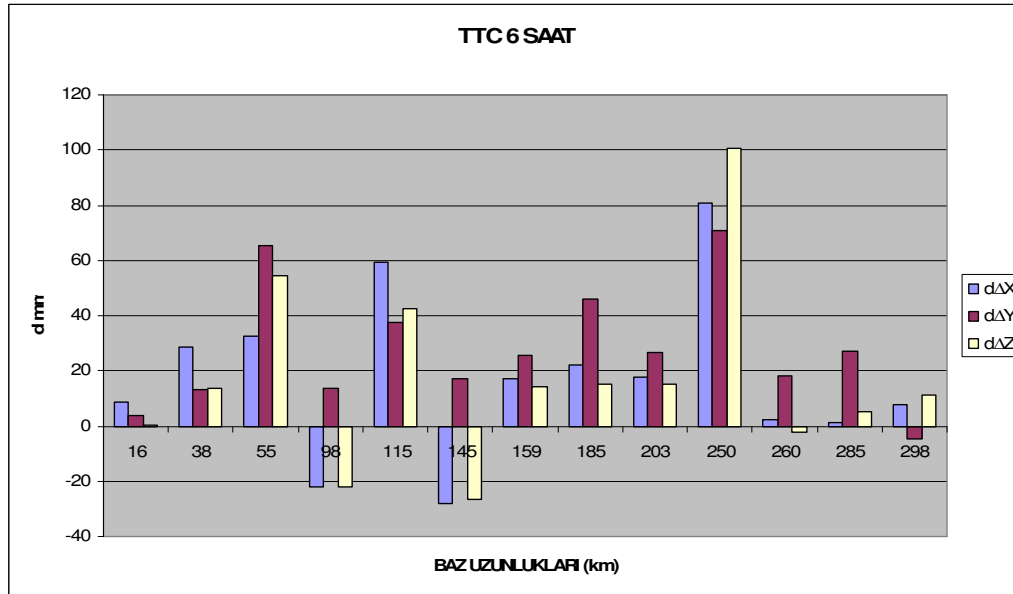
Şekil 6.20: TTC 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.20: TTC 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		TTC 6 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5065	-12219.25	-1364.0099	-0.0011	0.0073	-0.0035	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5286	-34450.3674	11200.8631	-0.0128	0.0023	-0.0307	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.4171	-103948.5113	21972.545	0.0619	0.0375	0.0446	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9613	-142547.3991	19257.6194	0.0143	0.0130	0.0073	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.7172	-184680.284	39433.3828	0.0002	0.0002	-0.0083	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3425	-228156.5195	46343.8706	0.0485	0.0411	0.0619	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.1182	262102.2521	-77004.3422	0.0462	0.0513	0.0490	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.1026	239871.1231	-64439.4702	0.0281	0.0348	0.0208	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.237	170372.9799	-53667.8102	0.0799	0.0706	0.0742	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.695	131774.0887	-56382.7402	0.0301	0.0427	0.0324	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.9063	89641.2257	-36206.9444	0.0488	0.0519	0.0492	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6533	46164.9368	-29296.5062	0.0313	0.0393	0.0698	54749.9949
ANKR	TUBİ	89369.6506	-274321.4849	75640.3584	-0.0215	-0.0268	-0.0263	298262.7507

Tablo 6.21: TTC 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0075	0.0056	0.0073
ANKR	H28-G002	0.0077	0.0054	0.0076
ANKR	H26-G001	0.0070	0.0057	0.0070
ANKR	H25-G002	0.0073	0.0059	0.0073
ANKR	H24-G001	0.0083	0.0066	0.0082
ANKR	H23-G001	0.0080	0.0061	0.0074
TUBİ	İ29-G002	0.0068	0.0052	0.0066
TUBİ	H28-G002	0.0073	0.0054	0.0070
TUBİ	H26-G001	0.0066	0.0054	0.0065
TUBİ	H25-G002	0.0067	0.0054	0.0065
TUBİ	H24-G001	0.0076	0.0059	0.0073
TUBİ	H23-G001	0.007	0.0052	0.0064
ANKR	TUBİ	0.0056	0.0043	0.0055



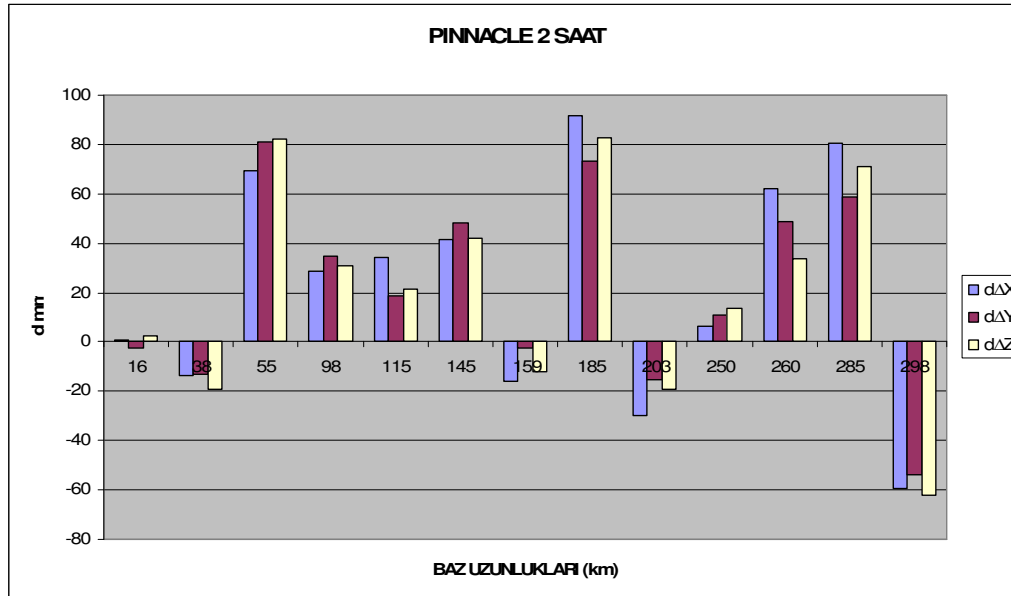
Şekil 6.21: TTC 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.22: Pinnacle 2 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		PINNACLE 2 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5082	-12219.2596	-1364.0040	0.0006	-0.0023	0.0024	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5276	-34450.3827	11200.8745	-0.0138	-0.0130	-0.0193	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.3894	-103948.5300	21972.5218	0.0342	0.0188	0.0214	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9313	-142547.4147	19257.5999	-0.0157	-0.0026	-0.0122	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6871	-184680.2995	39433.3716	-0.0299	-0.0153	-0.0195	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3002	-228156.5496	46343.8225	0.0062	0.0110	0.0138	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.0839	262102.2596	-77004.3203	0.0805	0.0588	0.0709	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.0684	239871.1368	-64439.4571	0.0623	0.0485	0.0339	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.2252	170372.9825	-53667.8016	0.0917	0.0732	0.0828	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.6838	131774.0941	-56382.7304	0.0413	0.0481	0.0422	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.9264	89641.2088	-36206.9630	0.0287	0.0350	0.0306	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6915	46164.9785	-29296.4936	0.0695	0.0810	0.0824	54749.9949
ANKR	TUBI	89369.6126	-274321.5118	75640.3226	-0.0595	-0.0537	-0.0621	298262.7507

Tablo 6.23: Pinnacle 2 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0059	0.0067	0.0078
ANKR	H28-G002	0.0174	0.0131	0.0146
ANKR	H26-G001	0.0314	0.0239	0.0324
ANKR	H25-G002	0.0352	0.0308	0.0376
ANKR	H24-G001	0.0387	0.0314	0.0463
ANKR	H23-G001	0.0522	0.0352	0.0426
TUBİ	İ29-G002	0.052	0.0309	0.0527
TUBİ	H28-G002	0.0493	0.0311	0.0499
TUBİ	H26-G001	0.0419	0.0316	0.0378
TUBİ	H25-G002	0.0363	0.0271	0.0350
TUBİ	H24-G001	0.0313	0.0234	0.0270
TUBİ	H23-G001	0.0227	0.0183	0.0204
ANKR	TUBİ	0.0550	0.0376	0.0479



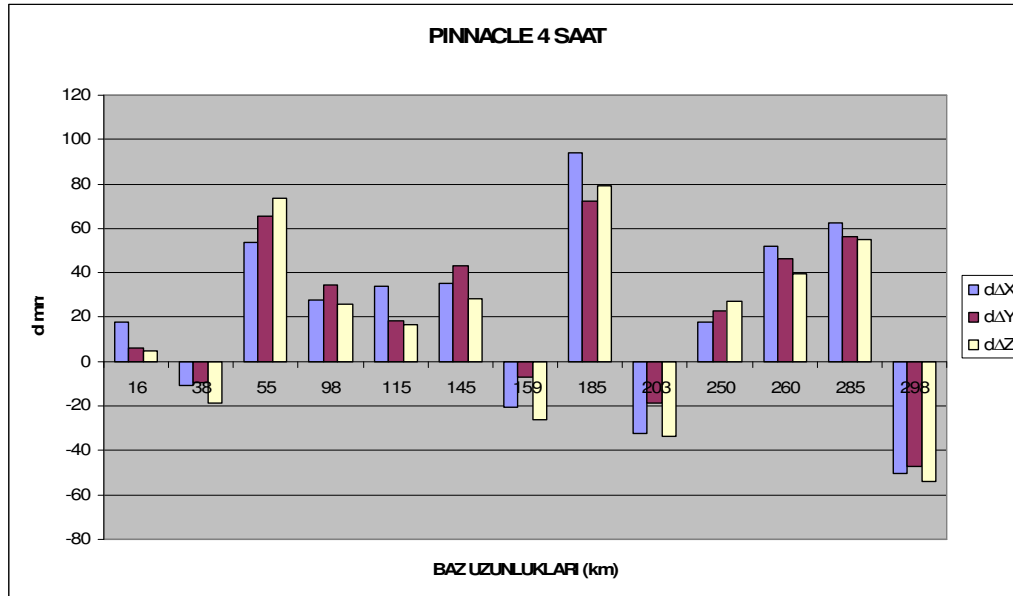
Şekil 6.22: Pinnacle 2 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.24: Pinnacle 4 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		PINNACLE 4 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.52550	-12219.2510	-1364.0013	0.0179	0.0063	0.0051	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5306	-34450.3790	11200.8753	-0.0108	-0.0093	-0.0185	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.3894	-103948.5300	21972.5172	0.0342	0.0188	0.0168	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9267	-142547.4188	19257.5861	-0.0203	-0.0067	-0.0260	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6849	-184680.3032	39433.3573	-0.0321	-0.0190	-0.0338	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3118	-228156.5380	46343.8358	0.0178	0.0226	0.0271	250411.8358
TUBİ	İ29-G002	-79697.1022	262102.2572	-77004.3364	0.0622	0.0564	0.0548	284567.8793
TUBİ	H28-G002	-78353.0790	239871.1348	-64439.4516	0.0517	0.0465	0.0394	260441.5483
TUBİ	H26-G001	-46414.2226	170372.9819	-53667.8054	0.0943	0.0726	0.0790	184557.4676
TUBİ	H25-G002	-20728.6901	131774.0893	-56382.7442	0.0350	0.0433	0.0284	144820.9111
TUBİ	H24-G001	-14513.9272	89641.2081	-36206.9676	0.0279	0.0343	0.0260	97760.6328
TUBİ	H23-G001	2841.6756	46164.9627	-29296.5024	0.0536	0.0652	0.0736	54749.9949
ANKR	TUBİ	89369.6221	-274321.5051	75640.3310	-0.0500	-0.0470	-0.0537	298262.7507

Tablo 6.25: Pinnacle 4 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0068	0.0059	0.0069
ANKR	H28-G002	0.0164	0.0130	0.0148
ANKR	H26-G001	0.0310	0.0237	0.0327
ANKR	H25-G002	0.0356	0.0287	0.0388
ANKR	H24-G001	0.0407	0.0326	0.0435
ANKR	H23-G001	0.0518	0.0348	0.0422
TUBİ	İ29-G002	0.0472	0.0417	0.0497
TUBİ	H28-G002	0.051	0.0349	0.0455
TUBİ	H26-G001	0.0425	0.0287	0.0392
TUBİ	H25-G002	0.0367	0.0260	0.0354
TUBİ	H24-G001	0.0321	0.0214	0.0273
TUBİ	H23-G001	0.0235	0.0168	0.0206
ANKR	TUBİ	0.0537	0.0377	0.0491



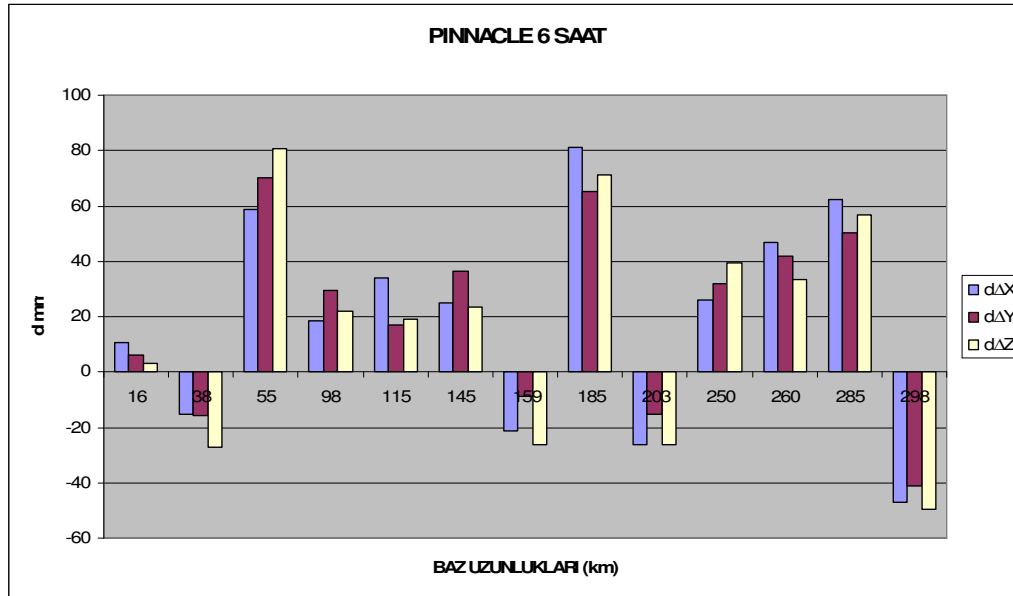
Şekil 6.23: Pinnacle 4 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

Tablo 6.26: Pinnacle 6 Saatlik Datanın Değerlendirme Sonuçları

BAZ		PINNACLE 6 SAAT (metre)			FARK (metre)			MESAFE (metre)
REFERANS 1	REFERANS 2	ΔX	ΔY	ΔZ	$d\Delta X$	$d\Delta Y$	$d\Delta Z$	
ANKR	İ29-G002	9672.5182	-12219.2510	-1364.0035	0.0106	0.0063	0.0029	15643.7900
ANKR	H28-G002	11016.5263	-34450.3856	11200.8666	-0.0151	-0.0159	-0.0272	37863.5997
ANKR	H26-G001	42955.3892	-103948.5317	21972.5193	0.0340	0.0171	0.0189	114600.4106
ANKR	H25-G002	68640.9260	-142547.4207	19257.5860	-0.0210	-0.0086	-0.0261	159380.6761
ANKR	H24-G001	74855.6908	-184680.2995	39433.3647	-0.0262	-0.0153	-0.0264	203138.3225
ANKR	H23-G001	92211.3200	-228156.5286	46343.8479	0.0260	0.0320	0.0392	250411.8358
TUBI	İ29-G002	-79697.1020	262102.2511	-77004.3342	0.0624	0.0503	0.0570	284567.8793
TUBI	H28-G002	-78353.0840	239871.1303	-64439.4575	0.0467	0.0420	0.0335	260441.5483
TUBI	H26-G001	-46414.2358	170372.9745	-53667.8132	0.0811	0.0652	0.0712	184557.4676
TUBI	H25-G002	-20728.7000	131774.0825	-56382.7492	0.0251	0.0365	0.0234	144820.9111
TUBI	H24-G001	-14513.9365	89641.2034	-36206.9715	0.0186	0.0296	0.0221	97760.6328
TUBI	H23-G001	2841.6808	46164.9676	-29296.4956	0.0588	0.0701	0.0804	54749.9949
ANKR	TUBI	89369.6249	-274321.4994	75640.3351	-0.0472	-0.0413	-0.0496	298262.7507

Tablo 6.27: Pinnacle 6 Saatlik Değerlendirme Sonucundaki Standart Sapma Değerleri

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ STANDART SAPMALARI (metre)		
REFERANS 1	REFERANS 2	$\sigma \Delta X$	$\sigma \Delta Y$	$\sigma \Delta Z$
ANKR	İ29-G002	0.0067	0.0053	0.0070
ANKR	H28-G002	0.0162	0.0130	0.0151
ANKR	H26-G001	0.0292	0.0252	0.0332
ANKR	H25-G002	0.0362	0.0292	0.0378
ANKR	H24-G001	0.0416	0.0323	0.0427
ANKR	H23-G001	0.0483	0.0351	0.0459
TUBİ	İ29-G002	0.0517	0.0360	0.0496
TUBİ	H28-G002	0.0509	0.0345	0.0461
TUBİ	H26-G001	0.0406	0.0296	0.0405
TUBİ	H25-G002	0.0369	0.0261	0.0351
TUBİ	H24-G001	0.0295	0.0221	0.0292
TUBİ	H23-G001	0.022	0.0169	0.0218
ANKR	TUBİ	0.0543	0.0366	0.0494



Şekil 6.24: Pinnacle 6 Saatlik Değerlendirme Sonucunun Grafik Gösterimi

6.10.İrdelemeler

Bu bölümde GPS datalarının bilimsel ve ticari yazılımlarla değerlendirilmesi ve farkların belirlenmesi sonuçları üzerinde irdelemeler yapılacaktır.

Değerlendirme sonucunda oluşan fark tablolarına bakıldığında (Tablo 6.4,, Tablo 6.27) ölçüler ve değerlendirmelerinde sistematik bir hatanın olmadığı düzeltme işaretlerinden anlaşılmaktadır.

Tablolardaki farkların mutlak değerlerine bakıldığında en büyük farklar Tablo 6.28 de gösterilmiştir.

Fark değerleri incelendiğinde, çok uzun baz mesafelerinde bile baz bileşenleri farklarının 10 cm. civarında ve altında olduğu görülmektedir.

Tablo 6.28: Maksimum Fark Değerleri

YAZILIMIN ADI	ÖLÇÜ SÜRESİ	BAZ UZUNLUĞU (km)	MAX DEĞERLER (m)			BAZ	
			dΔX	dΔY	dΔZ	REF 1	REF 2
BERNESSE	2	144	0.0329	-	-	TUBI	H25-G002
BERNESSE	2	250	-	0.0609	0.0839	ANKR	H23-G001
BERNESSE	4	144	0.0417	-	-	TUBI	H25-G002
BERNESSE	4	250	-	0.0382	0.0758	ANKR	H23-G001
BERNESSE	6	144	0.0386	-	-	TUBI	H25-G002
BERNESSE	6	250	-	0.0394	0.0736	ANKR	H23-G001
LGO	2	184	0.0585	0.0525	0.0520	TUBI	H26-G001
LGO	4	184	0.0662	0.0586	-	TUBI	H26-G001
LGO	4	159	-	-	0.0555	ANKR	H25-G002
LGO	6	159	0.0465	-	0.0542	ANKR	H25-G002
LGO	6	184	-	0.0453	-	TUBI	H26-G001
TTC	2	284	-0.0961	-	-	TUBI	İ29-G002
TTC	2	260	-	-0.0810	-0.0732	TUBI	H28-G002
TTC	4	184	0.0597	0.0548	-	TUBI	H26-G001
TTC	4	250	-	-	0.0445	ANKR	H23-G001
TTC	6	250	0.0806	0.0707	0.1006	ANKR	H23-G001
PINNACLE	2	184	0.0917	-	0.0828	TUBI	H26-G001
PINNACLE	2	54	-	0.0810	-	TUBI	H23-G001
PINNACLE	4	184	0.0943	0.0726	0.0790	TUBI	H26-G001
PINNACLE	6	184	0.0811	-	-	TUBI	H26-G001
PINNACLE	6	54	-	0.0701	0.0804	TUBI	H23-G001

7. SONUÇLAR

Büyük emek ve titizlikle hazırlanan bu tez çalışmasında, pratik GPS uygulamalarında ticari yazılım kabiliyetlerinin, bilimsel yazılımlar ile benzer sonuçlar elde edilmesi için teze konu baz mesafelerinde yeterli olduğu görülmüştür. Ticari yazılımların, teknoloji ve GPS sektörünün gelişimi ile standart çözüm parametrelerinden (default) kurtularak, bilimsel yazılımlara yönelik ve daha kullanışlı yazılımlar haline geldiği anlaşılmıştır.

Kısa bazlı (20 km. ve altı) ölçülerin değerlendirilmesinde yazılımların varsayılan değerlerinin yeterli olduğu, ancak uzun bazlı (20 km. üzeri) ölçülerin değerlendirilmesinde ise özellikle iyonosfer ve troposfer modellerinin çok iyi seçilmesi ve hesaplanması, yazılım kabiliyetleri çerçevesinde gerekmektedir.

Ölçü esnasında alıcıların topladığı yayın efemeris bilgilerinin kısa bazlarda kullanılması, uzun bazlarda ise mutlaka hassas efemerisin kullanılması gerekmektedir.

Tez çalışmasında ölçü süresinin en az 2 saat olarak alınması fikri, 15 Temmuz 2005 tarihinde yürürlüğe giren, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin 14 ncü maddesindeki AGA noktalarının GPS tekniği ile ölçülmesi kriterlerinden alınmış olup, bu sürenin birinci derecedeki TUTGA sıklaştırma noktası olan ve baz mesafeleri 15-20 km. olan AGA noktaları için yeterli olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada Ankara'daki Ankara Sabit GPS İstasyonu Noktası (ANKR) ile Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası (TUBI) ve İ29-G002 (MESE), H28-G002 (AYAS), H26-G001 (NALL), H25-G002 (CMLN), H24-G001 (SEYH) ve H23-G001 (IGAZ) TUTGA noktaları kullanılmış ve 6 saat 30 saniye epok aralığında data toplanmıştır. Datalar bilimsel yazılım Bernesse ve ticari yazılımlar (Leica Geo Office, Trimble Total Control ve Pinnacle) ile 2, 4, 6 saatlik projeler bazında

değerlendirilmiştir. Baz uzunlukları 16 km. ile 298 km. arasında değişmektedir. Değerlendirme sonunda farklı yazılımlarla elde edilen baz bileşenleri ile bilinen baz bileşenleri karşılaştırılarak, farkların 0.0001 m. ile 0.1006 m. arasında değiştiği görülmüştür.

Farklı yazılımlar ile elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çünkü son zamanlarda yeni nesil ticari yazılımlar kullanıcıya gelişmiş parametreler ve modellemeler kullanma imkânı sağlamaktadır.

Ölçü sürelerinin artmasıyla birlikte genellikle farkların azaldığı görülmesine rağmen, bazı bazlarda farkların arttığı da görülmüştür. Dolayısıyla, ölçü süresinin arttırılması hassasiyeti arttırmak için bir çözüm yöntemi olsa da tek başına bir etken değildir. Çünkü ölçü süresini arttırmanın yanında çözüm tipi ve modellemeler de hassasiyet için önemli etkenlerdir.

Bu tez çalışması ile bugüne kadar yapılan ölçülerdeki tecrübelere dayanılarak, yapılacak GPS uygulamalarında dikkat edilecek hususlar şöyle sıralanabilir.

- Uzun bazların hesaplanması amaçlanan ölçü kampanyalarında çift frekanslı alıcılar kullanılmalıdır,
- Ölçü esnasında alıcı antenin etrafında cep telefonu ve telsiz gibi iletişim araçlarından faydalanılmamalıdır,
- Manyetik alanlardan ve yansıma etkisi oluşturabilecek nesnelerden uzakta ölçü planlanmalıdır,
- Ölçülere başlanılmadan almanak bilgileri kontrol edilmelidir,
- Anten fiziksel merkezi ile anten faz merkezi ofset değerleri çok iyi bilinmeli ve değerlendirme yazılımlarında, bu veriler mutlaka doğru kullanılmalıdır,

- Anten yükseklikleri ölçü esnasında mm. hassasiyetinde titizlikle ölçülmeli ve alıcı veya değerlendirme yazılımına doğru girilmelidir,
- Yazılım kabiliyeti anten faz merkezi ofset değerlerini kullanmamıza yetersiz olduğu durumlarda ölçü kampanyalarında aynı marka ve model alıcıların kullanılması gerekmektedir,
- GPS yazılımlarının değerlendirmesi, önemli kriterlerin kullanılması ve sağlıklı yorumlanabilmesi için mutlaka uzman kişilerce yapılmalıdır,

Mühendislik projelerinde SÜRE, HASSASİYET ve MALİYET kriterleri önemlidir. Ülkemizde yürütülen projelerdeki jeodezik faaliyetler, projenin süre ve maliyet açısından % 30'unu oluşturmaktadır. Bu durum, ülke ekonomisine büyük külfet getirerek, zaman ve para kaybına neden olmaktadır. Oysa iyi planlanmış ve değerlendirilmiş uzun bazlı gözlemler ile gereksiz nokta sıklaştırması maliyeti en aza indirgenebilir.

Teknolojik gelişim her dalda olduğu gibi mesleğimizde de kendini iyice hissettirmektedir. Bu bağlamda sektörümüzün önemli kurumlarından Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün İstanbul Kültür Üniversitesi ile beraber yürüttüğü CORSTR (TUSAGA-AKTİF) projesine 4.7 Milyon YTL bütçe ayrılarak, 18 Nisan 2006 tarihinde proje çalışmalarına aktif olarak başlanmış ve 24 ay gibi kısa bir sürede bitirilmesi planlanmıştır. Bu projenin bitimi ile birlikte, jeodezik faaliyetlerdeki iş gücü, donanım, zaman ve maliyetler asgariye indirilecek ve ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır. Ayrıca ülkemizin aktif fay hatları üzerinde olması nedeniyle yer kabuğu hareketleri jeodezik çalışmaları önemli ölçüde etkilemektedir. Bu proje ile, öngörülmeyen yer kabuğu hareketleri kolayca izlenebilecek ve çok kısa sürelerde yeni bir ölçü ve maliyet gerektirmeksizin belirli periyotlar ile yenilenmesi külfeti ortadan kalkacaktır.

15 Temmuz 2005 tarihinde yürürlüğe giren, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği uzun bazlı gözlemlerin değerlendirilmesine ilişkin

özüm­ler getirmemektedir. CORSTR (TUSAGA-AKTİF) projesinin de yakın gelecekte faaliyete geçeceği düşünülerek, Yönetmelikte gerekli düzenlemeler yapılarak, sektörümüz akademik ve idari kurumlarca aydınlatılmalıdır.

8. KAYNAKLAR

Altınar, Y. 1992. Global Pozisyon Belirleme Sisteminin Ana Hatları, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı:71, Sy.:9-54, Ankara.

Bernesse GPS Software, 2004. University Of Bern.

Bernesse Bilimsel Değerlendirme Yazılımı Yardım Menüsü.

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 15 Temmuz 2005, Ankara.

Çorumluoğlu, Ö. 2002. Yüksek Prezisyonlu GPS Teknikleri Lisansüstü ders notları, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Delikaraoglou, D. 1989. On The Stochastic Modelling Of GPS Ionospheric Delay, Manuscripta Geodaetica, Volüm 14.

Eren, K., Uzel, T., 1995. GPS Ölçmeleri, Y.T.Ü., Yayın No:301, İstanbul.

Gökalp, E. 1994. GPS Ölçme Süresini Kısaltma Amaçlı Yöntem Geliştirme, Doktora Tezi, K.T.Ü., Trabzon.

Gökalp, E., Güngör, O. 2001. RTK (Real Time Kinematik) GPS'in İmar Uygulamalarında Kullanılması, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı:87, Sy.:38-47, Ankara.

Hofmann, W.B., Lichtenegger H., Collins, J. 1997. Global Positioning System : Theory and Practice, Springer-Verlag/Wien, New York.

Işık, B.C. 1997. Küresel Astronominin Konusu Zaman ve Uydu Konumlama Sistemleri GPS-GLONASS, Harita ve Kadastro Mühendisliği dergisi, Sayı:82, Ankara.

İnal, C., Şanlıoğlu, İ. 2005. Ticari GPS Yazılımlarında En Uygun Baz Çözüm Yöntemlerinin Araştırılması, 10. Harita Kurultayı, Ankara.

İnal, C., Uyar, K. 2004. Küresel Konum Belirleme Sisteminin Geleceği, Mülkiyet Dergisi, Sayı:54, Sy.:9-12, Ankara.

Kahveci, M. 1994. GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesinde İyonosferik Etki, Harita Dergisi, Sayı:113, Sy.:10-31, Ankara.

Kahveci, M. 1996. Türkiye Koşullarında Yapılan GPS Gözlemlerinde Ortam Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kınık, İ. 1999. GPS Ölçme ve Değerlendirmelerinde Hata Kaynakları Üzerine Bir İnceleme, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Konak, H., Kurt, O., Dilaver, A. 1999. GPS Ağlarında Duyarlık ve Güven Optimizasyonu, 7. Harita Kurultayı, Ankara.

Leica, 1996. SKI System 300 Documentation, Heerbrugg.

Leica Geo Office GPS Değerlendirme Yazılımı Yardım Menüsü.

Leick, A. 1995. GPS Satellite Surveying, Second Edition, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, John Wiley&Sons Inc.

Likhar, S., Kulkarni, M.N., Tomar, V.S., Pillai, P. 2002. A Comparative Study of Results From GPA Data Processing Software, The Asian GPS Conference 2002, October 24-25, New Delhi, India.

Medvedkov, Y. 2002. GLONASS Global Satellite Navigation System.

Parkinson, B.W., Spilker Jr.,J.J. 1996. Global Positioning System : Theory and Applications (Vol.1), American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, Washington D.C.

Pinnacle GPS Değerlendirme Yazılımı Yardım Menüsü.

Polischuk, G.M., Kozlov, V.I., Hitchov, V.V., ve diğ. 2002. The Global Navigation Satellite System Glonass: Development and Usage in the 21 st Century.

Rizos, C. 1999. Principles and Practice of GPS Surveying, version 1.1 The University New South Wales, Australia.

Salgın, Ö. 2006. LGO GPS değerlendirme Yazılımının Tanıtımı, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Satirapod, C. 1997. Comparative Study of Accuracies Obtainable from Commercial GPS Hardware nd Software, Master thesis, Department of Survey Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Seeber, G. 1993. Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications, Berlin-New York.

Snay, R., Miller, M. 2001. Using CORS Workshop, In Cooperation With The Land Surveyors' Association of Washington, NGS and Central Washington University.

Şanlıoğlu, İ. 2004. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) Yazılımlarının Veri İşleme Modüllerinin Uluslararası GPS Servisi (IGS) Ürünleri Kullanarak Test Edilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Teunissen, P.J.G., Kleusberg, A. 1998. GPS for Geodesy, SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Tezel, D. 2002. Parsel Ölçümünde GPS'in Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Trimble Total Control GPS Değerlendirme Yazılımı Yardım Menüsü.

Yıldırım, Ö. 2002. Statik GPS Gözlemleri Kullanılarak Elde Edilen Baz ve Nokta Koordinat Duyarlılıkları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Yıldız, F., Kahveci, M. 2005. Global Konum Belirleme Sistemi, Ankara.

<ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/product>

<http://bahcelievler.meb.gov.tr/materyaller/gps/?islem=genelbilgig&say=6>

<http://bahcelievler.meb.gov.tr/materyaller/gps/?islem=genelbilgig&say=5>

<http://europa.eu.int/comm/dgs/energy-transport/galileo/documents/brochure-en.htm>

<http://sopac.ucsd.edu/dataArchive>

<http://www.auib.unibe.ch/download>

<http://www.budbrain.it/igsse/indexdata.cfm>

<http://www.esa.int/navigation>

<http://www.glonass-center.ru/frame.html>

<http://www.navcen.ucsg.gov/cgsic/meetings>

www.graftek.com.tr

www.leica.com

www.paksoytekNIK.com.tr

www.sistemas.com.tr

www.topcon.com

www.trimble.com