

**TUSAGA AKTİF (CORS-TR) İSTASYONLARINDAN
ELDE EDİLEN NOKTA KOORDİNAT
DOĞRULUĞUNUN İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ömer Faruk BÜTÜN**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
EYLÜL 2010**

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TUSAGA AKTİF (CORS-TR) İSTASYONLARINDAN ELDE EDİLEN NOKTA
KOORDİNAT DOĞRULUĞUNUN İNCELENMESİ**

Ömer Faruk BÜTÜN

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

EYLÜL 2010

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA danışmanlığında,
Ömer Faruk BÜTÜN tarafından hazırlanan
“TUSAGA AKTİF (CORS-TR) İstasyonlarından Elde Edilen Nokta Koordinat
Doğruluğunun İncelenmesi”
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
.../.../2010
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN	
Üye (Danışman)	Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Ekrem TUŞAT	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
SİMGELER.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
2 GNSS.....	3
2.1 GENEL BİLGİLER.....	3
2.2 GNSS'İN ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	4
2.2.1 KOD (PSEUDORANGE) GÖZLEMİ.....	5
2.2.2 TAŞIYICI DALGA FAZİ (CARRIER BEAT PHASE) GÖZLEMİ.....	8
2.3 GNSS'DE HATA KAYNAKLARI.....	10
2.4 GNSS'İN KULLANIM ALANLARI.....	11
2.5 GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ	12
2.5.1 MUTLAK KONUM BELİRLEME	13
2.5.2 BAĞIL (GÖRELİ) KONUM BELİRLEME	14
2.5.3 DİFERANSİYEL KONUM BELİRLEME.....	15
2.6 AĞ YAPISINDA RTK (AĞ-RTK/NETWORK-RTK/RTN-NET-RTK).....	17
2.6.1 AĞ YAPISINDA RTK'NİN KLASİK RTK'YA GÖRE ÜSTÜNLÜKLERİ	20
2.6.2 AĞ YAPISINDA RTK TEKNİĞİNDE GERÇEKLEŞEN İŞLEM ADIMLARI.....	20
2.6.3 AĞ YAPISINDA RTK VERİLERİNİN GEZEN ALICILARA AKTARILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER.....	21
2.6.4 RTK VERİ İLETİŞİMİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER	21
2.7 DGNSS/RTK VERİLERİ AKTARMA PROTOKOLLERİ.....	23
2.7.1 İNTERNET PROTOKOLLERİ.....	24
2.7.2 RT-IGS PROTOKOLÜ	25
2.7.3 NTRIP PROTOKOLÜ.....	25
2.8 RTK VERİLERİ HESAP VE AKTARMA PROTOKOLLERİ.....	26
2.8.1 ALAN DÜZELTME PARAMETRELERİ YÖNTEMİ (FKP).....	27
2.8.2 ANA-YARDIMCI REFERANS İSTASYONLARI YÖNTEMİ (MAC)	28
2.8.3 SANAL REFERANS İSTASYONU YÖNTEMİ (VRS/VBS).....	29
2.9 DGPS GENİŞLEME VE İYİLEŞTİRME SİSTEMLERİ.....	32
2.9.1 UZAY TABANLI SİSTEMLER (SBAS).....	32
2.9.2 SBAS'İN KULLANIM ALANLARI	37
2.9.3 YER TABANLI SİSTEMLER (GBAS) (GROUND-BASED AUGMENTATION SYSTEM):	38
2.9.4 YER TABANLI BÖLGESEL SİSTEMLER (GROUND-BASED REGIONAL AUGMENTATION SYSTEM - GRAS).....	39
2.9.5 HAVA TAŞITLARI TABANLI SİSTEMLER (ABAS)	40
2.9.6 GENEL BİLGİLER	40
3 TÜRKİYE ULUSAL SABİT GPS İSTASYONLARI AĞI (TUSAGA).....	42
3.1 TUSAGA-AKTİF PROJESİ	42
3.2 PROJENİN YÖNETİM YAPISI.....	42
3.3 PROJENİN AMACI.....	43

3.4	PROJENİN KAPSAMI	45
3.5	PROJEDE YAPILACAK ÇALIŞMALAR	46
3.6	PROJENİN KULLANICILARI	47
3.7	CORS VE KURULUM AŞAMALARI	48
3.7.1	CORS SİSTEMLERİ VE ÇALIŞMA İLKELERİ	48
3.7.2	TASARIM	50
3.7.3	CORS SİSTEMİNİN KURULMASI	51
3.7.4	TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ İLETİŞİM	56
3.8	TUSAGA İSTASYONLARI YER SEÇİM KRİTERLERİ	57
3.9	PROJENİN SONUÇLARI	58
3.9.1	ULUSAL CORS AĞI	58
3.9.2	ULUSAL DATUM DÖNÜŞÜMÜ	59
3.9.3	CORS-TR PROJESİNİN EKONOMİK KATKILARI	60
3.10	TUSAGA İLE YAPILAN UYGULAMALAR	61
3.11	IGS AĞI	62
3.11.1	IGS'NİN GÖREVİ	63
3.11.2	IGS ÜRÜNLERİ VERİ FORMATI	64
3.11.3	IGS VERİ ORGANİZASYONU	64
3.12	DÜNYADAKİ BAZI CORS ÖRNEKLERİ	64
3.12.1	JAPONYA GEONET AĞI	65
3.12.2	ALMANYA SAPOS AĞI	66
3.12.3	ABD NGS AĞI VE DİĞER AĞLAR	68
4	UYGULAMA	69
4.1	TEST AĞININ TANITIMI	69
4.2	VERİ TOPLAMA	70
4.3	VERİLERİN İŞLENMESİ	72
5	SONUÇLAR	83
	KAYNAKLAR	85
	İNTERNET KAYNAKLARI	87
	EKLER	89
	EK-1:	89
	EK-2:	94
	EK-3:	101
	EK-4:	106

ÖZET

TUSAGA AKTİF (CORS-TR) İSTASYONLARINDAN ELDE EDİLEN NOKTA KOORDİNAT DOĞRULUĞUNUN İNCELENMESİ

Ömer Faruk BÜTÜN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

Birçok ülke uydu temelli konumlama sistemlerinden elde edilen doğruluğu santimetre hassasiyetine kadar artırarak son kullanıcıya sunmak amacı ile bölgesel ve yerel olarak kullanılabilen, GNSS temelli Sürekli Çalışan Referans İstasyonları (CORS) tesis etme yoluna gitmişlerdir. Ülkemizde de benzer bir yaklaşımla kurulan ve faaliyete geçmiş olan TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı) Aktif (CORS-TR) projesiyle de Türkiye'nin hemen her yerinde Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) olarak konum belirleyebilmek hedeflenmektedir.

Çalışmamızda; Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet Sezer Kampüsü içerisindeki bir test alanında seçilen uygun pilye noktalarına, önce CORS istasyon noktalarından faydalanarak RTK (Real Time Kinematik) yöntemiyle gerçek zamanlı koordinat hesaplandı. Daha sonra ise yine CORS İstasyon Noktalarından faydalanarak aynı pilye noktalarına Statik yöntemle ölçüm yapıldı ve post-process'le aynı pilye noktalarının koordinatları tekrar hesaplandı. Her iki yöntem arasındaki farklılıkların konum ve hassasiyet açısından incelenmesi yapılarak sonuçlar mukayese edildi.

Bu araştırma ile TUSAGA Aktif (CORS-TR) istasyonlarından elde edilen konum bilgilerinin doğruluğu tespit edilmeye çalışılarak harita üretiminden kadastral çalışmalara, araç takip sistemlerinden ülke savunmasına kadar birçok kullanım alanı olan TUSAGA Aktif (CORS-TR) projesinin güvenilirliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2010, 111 sayfa

Anahtar kelimeler: CORS, Ağ RTK, Sabit GPS İstasyonu, GNSS Ağları

ABSTRACT

RESEARCH of the ACCURACY on the POINT COORDINATES OBTAINED by the CORS-TR STATIONS

Ömer Faruk BÜTÜN

Afyon Kocatepe University

Geodesy and Photogrammetry Engineering Graduate Thesis

Institute for the Natural and Applied Sciences

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

Many countries preferred regional and local establishment of the GNSS-based Continuous Operating Reference Stations (CORS) in order to provide increased accuracy up to the centimeter scale to the end-users which is obtained from satellite-based positioning systems. With a similar approach TUSAGA (Turkey National Permanent GPS Stations Network) Active (CORS-TR) project is established and became operational in our country. The project aims to determine a position in a Real Time Kinematic (RTK) way all over the Turkey.

Purpose of this study is to determine the differences between RTK (Real Time Kinematics) method and Static method (which is benefiting from CORS Station Points and post-processing) in terms of position and sensitivity. In this sense a test network is selected on campus area and calculations are based on the selected landmark points to calculate coordinates in real-time and measuring the same landmark point with both methods.

TUSAGA Active (CORS-TR) project has a wide spectrum of application areas; such as production of maps, cadastral work, vehicle tracking systems and national defense. This study will provide the reliability of TUSAGA Active (CORS-TR) project by determining the accuracy of the location information obtained from TUSAGA Active (CORS-TR) stations.

2010, 111 pages

Key Words: CORS, RTK Network, Reference GPS Station, GNSS Network.

ÖNSÖZ

İlk olarak, yüksek lisans yapmamı teşvik ederek bana manen madden yardımcı olan rahmetli babam Yük. Müh. Orhan Bütün'ü hayırla yad ediyorum ve çalışmam boyunca bana bir çok yardım ve katkısı olan kıymetli annem ve kardeşime şükranlarımı sunarım. Bu çalışmamda tez yürütücülüğünü üstlenen ve çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mevlüt GÜLLÜ başta olmak üzere bütün hocalarıma ve Öğretim Görevlileri; Yük. Müh. İbrahim TİRYAKİOĞLU, Yük. Müh. Ali Kazım TELLİ ve Yük. Müh. Fatih TAKTAK'a şükranlarımı sunarım.

İlaveten çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Müh. Ziya Serhan KARAN ve diğer mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ömer Faruk BÜTÜN
AFYONKARAHİSAR
Eylül 2010

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

c :	Işık hızı
R :	Yarıçap
UA :	Uydu alıcı arasındaki mesafe
V :	Noktanın yıllık yer değiştirme hızı
X,Y,Z :	Dik koordinatlar
Δt :	Zaman farkı
Φ	Enlem
λ	Boylam
h	Elipsoit Yüksekliği

Kısaltmalar

ABAS:	Aircraft Based Augmentation System
ADSL:	Asymmetric Digital Subscriber Line
AGA:	Ana GPS Ağı
B.Ö.H.H.B.Ü.Y.:	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
BNS:	Beidou Navigation System
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORS:	Continuous Operating Reference Stations
DGPS:	Differential Global Positioning System
EGNOS:	European Geostationery Navigation Overlay System
FKP:	Flachen Korrektur Parameter
GAGAN:	GPS Aided Geo Augmented Navigation System
GALILEO:	European Satellite Navigation System
GBAS:	Ground-Based Augmentation System
GIS:	Geographic Information System
GLONASS:	Russian Global Satellite Navigation System
GNSS:	Global Navigation Satellite System
GPS:	Global Positioning System
GPRS:	General Packet Radio Service
GRAS:	Ground-Based Regional Augmentation System
GZK:	Gerçek Zamanlı Kinematik
HGK:	Harita Genel Komutanlığı
IGS:	International GNSS Service
ITU	International Telecommunication Union
ITRF:	International Terrestrial Reference Frame
ITRF96:	International Terrestrial Reference Frame-96
KBS:	Kent Bilgi Sistemi
MAC:	Master Auxiliary Concept
MSAS:	Multifunctional Transport Satellite Space-Based Augmentation System

NTRIP:	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
NNSS:	Navy Navigational Satellite System
RINEX:	Receiver Independent Exchange Format
RTK:	Real Time Kinematic
SBAS:	Satellite Based Augmenting System
SOPAC:	Scrips Orbit and Parmanent Arry Center
TAKBİS:	Tapu Kadastro Bilgi Sistemi
TCP/IP:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TKGM:	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA:	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı
TUSAGA-Aktif:	Gerçek Zamanlı Ağ RTK hizmeti veren Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
TUTGA:	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
UHF:	Ultra High Frequensy
VHF:	Very High Frequency
VRC:	Virtual Reference Cell
VRS:	Virtual Reference Stations
WAAS:	Wide Area Augmentation System
WADGPS:	Wide Area DGPS
www:	World Wide Web

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Modüle Edilmiş GPS sinyali.....	5
Şekil 2. 2 Kod (Pseudorange) ölçü yöntemi.....	6
Şekil 2. 3 Alıcı üç kürenin kesim yeri olan nokta üzerinde	7
Şekil 2. 4 Zaman hatasının belirlenebilmesi için 4 uydu gereklidir	7
Şekil 2. 5 L1 ve L2 Sinyallerinin alıcıdaki akış şeması (Erdal, 2009).....	9
Şekil 2. 6 Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği	10
Şekil 2. 7 GNSS’te hata kaynakları	11
Şekil 2. 8 GPS ile konum belirleme yöntemleri (Langley,1998).	13
Şekil 2. 9 Mutlak konum belirleme	13
Şekil 2. 10 Göreli konum belirleme.....	15
Şekil 2. 11 Temel DGPS İşleyişi	16
Şekil 2. 12 GZK GPS’in çalışma prensibi	17
Şekil 2. 13 GZK Ağında veri ve düzeltme akışı.....	20
Şekil 2. 14 VRS Sisteminin İşleyişi.....	30
Şekil 2. 15 SBAS Kapsama Alanları	33
Şekil 2. 16 SBAS için yer istasyonları sayesinde oluşturulan düzeltme verisi alanı.....	34
Şekil 2. 17’de SBAS tekrarlama diyagramı görülmektedir.....	35
Şekil 2. 18 GNSS’in Gemilerin Seyrüsefer Sistemlerinde Kullanımı	38
Şekil 2. 19 GNSS’in Karayolu Seyrüsefer Sistemlerinde Kullanımı	38
Şekil 2. 20 GBAS Yer İstasyonu	39
Şekil 3. 1 K.K.T.C. dahil TUSAGA-Aktif İstasyonları 147 adet.....	44
Şekil 3. 2 CORS-TR İstasyonları (147 İstasyon, 80–100 km mesafelerde).....	45
Şekil 3. 3 Aktif CORS konfigürasyonu	50
Şekil 3. 4 Mevcut ED50 – ITRFyy Ortak Nokta Dağılımı (3468 nokta).....	52
Şekil 3. 5 CORS-TR Sistemi.....	52
Şekil 3. 6 CORS-TR Referans İstasyonu	53
Şekil 3. 7 TKGM Kontrol Merkezi.....	54
Şekil 3. 8 CORS sistemi çalışma şekli.....	55
Şekil 3. 9 Bazı CORS-TR İstasyonları	55
Şekil 3. 10 CORS sistemi merkezinden çalışmaların takip edilmesi.....	59

Şekil 3. 11 Datum Dönüşümü amacıyla GNSS ölçüleri için seçilen ED50 noktaları	60
Şekil 3. 12 IGS Ağı.....	62
Şekil 3. 13 Japonya GEONET Ağı	65
Şekil 3. 14 Almanya SAPOS Ağı	67
Şekil 4.1 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Yukarı Değer mm)	79
Şekil 4.2 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Sağa Değer mm)	80
Şekil 4.3 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Yükseklik Değeri mm)	80
Şekil 4.4 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Yukarı değer mm)	81
Şekil 4.5 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Sağa değer mm) ...	81
Şekil 4.6 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Yükseklik değeri mm)	82

RESİMLER DİZİNİ

Resim 4. 1 Uygulama sahası uydu görüntüsü	69
Resim 4. 2 LGO Programı Ekran Görüntüsü	70
Resim 4. 3 Arazide yapılan Statik Ölçüm	71
Resim 4. 4 Arazide yapılan GZK Ölçüm	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 2.1 GNSS Konum Hataları.....	10
Tablo 2.2 MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farkları. (Kahveci, 2009).....	31
Tablo 3.1 IGS yörünge ürünleri.....	63
Tablo 4.1 Statik ölçümde kullanılan alıcılar	70
Tablo 4.2 Bernese V4.0 Akademik Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar.....	77
Tablo 4.3 LGO 5.0 (Leica Geo Office 5.0) Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar	77
Tablo 4.4 Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar	78
Tablo 4.5 Grid Koordinatları (A-5 dakikalık; B-10dakikalık ;C-15dakikalık ölçüm) ...	78

1 GİRİŞ

Günümüzde konumlandırma teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, koordinat bilgisi sadece jeodezi ile uğrasan kişilerin değil diğer tüm günlük kullanıcılarında sıklıkla başvurdukları bir bilgi haline gelmiştir. Son yıllarda yapılan büyük yatırımlar sayesinde, konum bilgileri geniş bir kullanıcı yelpazesi ile kullanıcılara güvenilir ve doğru bir şekilde ulaştırılacaktır.

Uydu temelli konumlama sistemlerinden elde edilen doğruluğu santimetre hassasiyetine kadar artırarak son kullanıcıya sunmak amacı ile ülkeler, bölgesel ve yerel olarak GNSS (Global Navigation Satellite System) temelli Sürekli Çalışan Referans İstasyonları (CORS-Continuously Operating Reference Stations) tesis etme yoluna gitmişlerdir. Bu istasyonlar günlük kullanıcıların yüksek doğruluklu konum gereksinimlerini karşılamakla birlikte, afet yönetimi, ulaşım planlama, yer kabuğu hareketleri belirleme çalışmaları ve kritik yapıların izlenmesi amaçları ile de yaygınlıkla kullanılmaktadır. Ülkemizde de benzer bir yaklaşımla kurulan TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı) Aktif (CORS-TR) projesiyle de Türkiye'nin hemen her yerinde Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) olarak konum belirleyebilmek hedeflenmiştir. CORS-TR projesiyle Türkiye'nin her yerinde GZK ile cm'ler ve sonradan işlemeli (post-processing) ile mm'ler mertebesinde konum belirleyebilmek hedeflenmektedir. Klasik gerçek zamanlı uygulamalarda referans istasyonundan topografik yapıya bağlı olarak en fazla 5–10 km uzaklıkta noktalara çözüm sağlanabilmektedir. (Uzel.T, Eren.K.2008.)

TUSAGA Aktif (CORS-TR) projesi sayesinde;

- Navigasyon, araç izleme ulaşım için sağlıklı konum belirlenecek,
- Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel sorunlarını çözmek için hücresel dönüşüm parametreleri (ED50&ITRF dönüşüm parametreleri) belirlenecek ve klasik yöntemlerle üretilen paftaların güncel sistemler ile bütünleşmesi sağlanacak,

- Ülke savunmasına ve kalkınmasına yönelik olarak coğrafi bilgi ve belgeler ile hassas konum değerleri elde edilecek,
- Yer kabuğu hareketlerinin depremler vb. izlenmesi sağlanacak,
- Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak,
- Jeodezik çalışmalarda faydalanılacaktır. (Uzel.T, Eren.K.2008.)

2 GNSS

2.1 Genel Bilgiler

İlk yapay uydu olan SPUTNIK-1'in 04 EKİM 1957 tarihinde uzaya fırlatılmasıyla birlikte uzay jeodezisi jeodezi bilimi içerisinde önemli bir yer edinmiştir.

Günümüzün modern konum belirleme teknolojisi 1960'lı yıllara dayanmakta olup TRANSIT veya NNSS (Navy Navigational Satellite System) olarak tanınmaktadır. Bu sistem yeryüzünden yaklaşık 1100km uzaklıkta olan 6 adet uydudan teşekkül etmekteydi. TRANSIT sistemi A.B.D. Silahlı Kuvvetleri tarafından geliştirilmiş olup sistemin asıl amacı helikopter, gemi, denizaltı, tank, uçak...vb diğer askeri araçların koordinatlarının belirlenmesiydi. İlerleyen zaman içerisinde TRANSIT sistemi sivil sektörün kullanımına açılmış ve jeodezik konum belirleme amacıyla 1967 yılından beri yaygın olarak kullanılmıştır. Hesaplama tekniklerindeki ve uzay çalışmalarındaki hızlı gelişmeler 1980'li yılların en önemli gelişmelerinden bir tanesi olan Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)'in günlük hayata girmesine sebep olmuştur. GPS; TRANSIT sisteminin bazı zayıf yönlerini ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Misalen, TRANSIT sisteminde bir uydunun aynı enleminden iki geçişi arasında yaklaşık olarak 90 dakikalık zaman farkı bulunmaktaydı. Bu sebeple, ölçüleri uydunun iki geçişi arasındaki zamanlar için enterpolasyon yapmak zorundaydı. Bir diğer sorun ise TRANSIT sisteminden elde edilen doğruluklar oldukça düşüktü. Bilindiği üzere navigasyonda asıl amaç anlık (real-time) konum ve hız belirlemek olmasına karşın TRANSIT sistemi bu ihtiyacı karşılayamamaktaydı. Birkaç günlük doppler ölçüsü yapılarak ancak desimetre mertebesinde doğruluk elde edilebilmekteydi. TRANSIT sisteminden elde edilen tecrübeler sonucunda hava şartlarından etkilenmeden sürekli gözlem yapabilen ve yeryüzünde tek anlamlı, süratli ve doğru konum belirlemeye imkân sağlayan bir sistem ihtiyacı ortaya çıkmış ve GPS sistemi geliştirilmiştir. (Kahveci, M., Yıldız, F. 2001.)

GPS uyduları, yaklaşık 20200 km yükseklikte ve yer etrafında bir dönüşünü 12 saatte tamamlayacak şekilde yörünge hareketi yapan, 21 adedi çalışır durumda 3 adedi ise yedek olmak üzere toplam 24 adet uydudan teşekkül etmişti. Halen, 31 adet uydu

faaliyettedir. Uydular yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda ufuk üzerinde en az dört uydu görecektir ve ekvator ile 55 derecelik eğim yapacak şekilde 6 farklı yörüngeye yerleştirilmiştir. Uydular ufkun üstünde 5 saat kalırlar (Leick, 1990).

2.2 GNSS'in Çalışma Prensibi

En basit ifadeyle, GNSS ölçü prensibi bir nevi uzayda geriden kestirme ile izah edilebilir. GNSS uyduları sürekli olarak taşıyıcı faz sinyalleri ve kodları yayınlamaktadır. GNSS alıcısı açıldığında, anteni vasıtasıyla bu sinyalleri yakalar ve topladığı sinyalleri sahip olduğu yazılımda değerlendirir. Navigasyon mesajı içeriği ile uydu koordinatları ve sayısal kodlar ile de uydulara olan alıcı mesafeleri bu değerlendirme sonucunda elde edilen verilerdir (Sezer, 2008).

Sistemin basit çalışma prensibi aşağıdaki şekilde izah edilebilir:

Uydular, Newton ve Kepler yasalarına uygun olarak, kontrol bölümünden kendilerine yüklenen konum ve hız bilgileriyle yörünge hareketini gerçekleştirirken, L1 (1575.42 MHz), L2 (1227.60 MHz) ve L5 (1176.45 MHz) yeni frekans olup günümüzde tüm uydularda olacaktır) taşıyıcı frekansları üzerinden yere,

- Kod Bilgileri (C/A: sivil-kaba kod; P: Askeri-hassas Kod)
- Faz Bilgileri (taşıyıcı frekansın kendisi)
- Navigasyon Mesaj Bilgilerini (Uydu konum, uydu saat, iyonosfer vb. bilgiler)

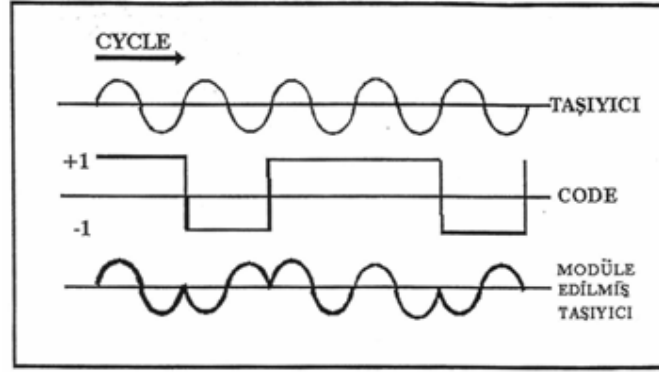
sürekli olarak gönderirler.

Bu frekansların aynılarını ve üzerinde yüklü kodların kopyalarını üretme kabiliyetine sahip bir GPS alıcısının anteni, uydudan gelen sinyali algılar ve alıcının içindeki saat ile uydu saat bilgilerini senkronize ederek sırasıyla kod ve faz bilgilerini mukayese ederek uydu-alıcı uzaklığını (range) hesaplar.

Şekil 2.1'de görülen GPS sinyallerinde iki ana büyüklük gözlenmektedir bunlar ise;

1. Kod (Pseudorange)
2. Taşıyıcı Dalga Fazı (Carrier Beat Phase) olarak adlandırılmaktadır.

Jeodezik anlamda kullanılabilirlik açısından taşıyıcı dalga fazı gözlemleri kullanılmaktadır. Daha düşük doğruluk gerektiren seyrüsefer çalışmalarında ise kod gözlemleri kullanılmaktadır. (Sezer, 2008).



Şekil 2. 1 Modüle Edilmiş GPS sinyali

2.2.1 Kod (Pseudorange) gözlemi

GPS alıcısı ile GPS uydusu arasındaki mesafeye Pseudorange adı verilir. Konumlama hesabı için alıcı ile uydu arasındaki uzaklık tespit edilmelidir. C/A kod ve P kod Pseudorange ölçümü için gerekli sinyallerdir (El-Rabbany, 2006).

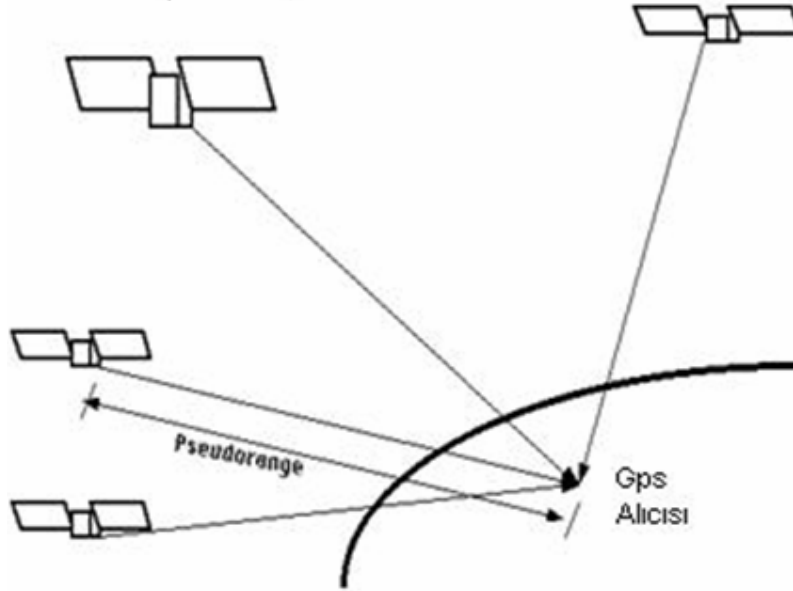
Uydudan yayınlanan sinyal alıcıya ulaştığında, alıcı aynı şekilde bir PRN kod (Pseudo Random Noise - Sahte Düzensiz Gürültü) üretir. Her iki PRN kodu maksimum ilgileşim (correlation) sağlanıncaya kadar kaydırılır ve karşılaştırılır. Bu işlem sonucunda arada geçen zaman tespit edilmiş olur.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi mesafe aşağıdaki 2.1 formülü ile hesaplanır.

$$\text{Mesafe} = \text{Zaman } (\Delta t) \times \text{Hız } (c) \quad (2.1)$$

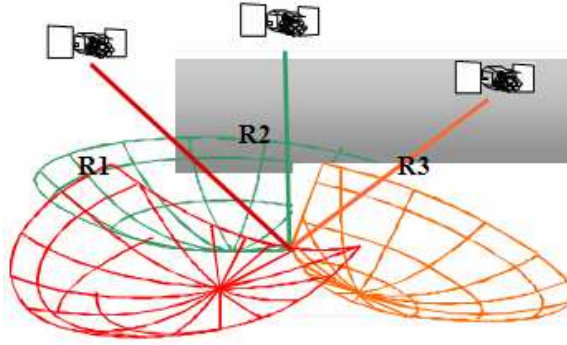
Ancak uydu saatleri ile alıcı saatleri arasındaki duyarlık (kalite) farkları nedeniyle tam olarak senkronize olamayan saatlere yönelik bir “zaman hatası” terimi ($c \times \Delta t$)

yukarıdaki UA eşitliğine ($UA = C \times DT$) eklenerek uydu-alıcı arasında “pseudorange” olarak adlandırılan hata içerikli mesafe elde edilir.



Şekil 2. 2 Kod (Pseudorange) ölçü yöntemi

Kullanıcının elindeki GPS alıcısı anteninin yeryüzünde bulunduğu yerin 3 Boyutlu koordinatlarının { (X,Y,Z) veya (Enlem (ϕ), Boylam (λ), Elipsoit Yüksekliği (h)) veya Askeri Grid Referans Sisteminde (Sağa – Yukarı değerler) } belirlenmesi için Şekil 2.3’te görüldüğü üzere 3 uydu yeterlidir. Ne var ki, zaman hatası (Δt)’nin belirlenebilmesi için Şekil 2.4’te görüldüğü üzere eş zamanlı olarak en az 4 uydudan sinyal alınması gerekmektedir.

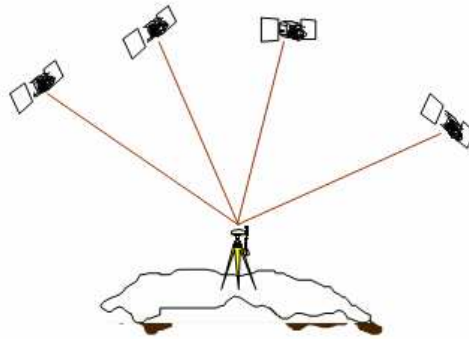


Şekil 2. 3 Alıcı üç kürenin kesim yeri olan nokta üzerinde

Dört uyduya olan mesafe (pseudo-range),

- Dört ayrı uydunun dik koordinatlarından ($X_{1,2,3,4}$, $Y_{1,2,3,4}$, $Z_{1,2,3,4}$),
- Alıcı anteninin dik koordinatlarının (X , Y , Z) çıkarılması ile elde edilir.

Uyduların dik koordinatları ($X_{1,2,3,4}$, $Y_{1,2,3,4}$, $Z_{1,2,3,4}$) uydu sinyali ile gönderilen “uydu almanak” verilerinden elde edilmekte olup, alıcı tarafından sinyalin çözülümü ile bilinir durumdadır. Eşitliklerde, hesaplanmak üzere bilinmeyen büyüklükler, sadece alıcı anteninin 3 Boyutlu koordinatları (X , Y , Z) ve zaman bilinmeyenleri ($\Delta t_{1,2,3,4}$)’tür. Ölçülen dört ayrı $R_{1,2,3,4}$ ile söz konusu dört bilinmeyen için dört eşitlik, alıcıda yapılan hesap ile (kalman filtreleri veya en küçük kareler yöntemi) çözülerek aranan alıcı anteni koordinatları (X , Y , Z) bulunur. (Sezer, 2008).



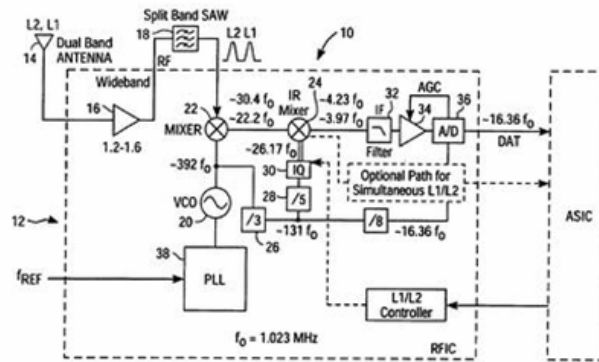
Şekil 2. 4 Zaman hatasının belirlenebilmesi için 4 uydu gereklidir

2.2.2 Taşıyıcı Dalga Fazı (Carrier Beat Phase) gözlemi

Bir alıcı ölçü almaya başladığında herhangi bir uydudan kaydedilen ilk sinyalin (sıfır epoku) tam dalga boyu sayısı belirli değildir. Bu sayı taşıyıcı dalga başlangıç faz belirsizliği (ambiguity) adını alır. İlk sinyalin geriye kalan parçası ise ölçülür. Tamsayı bilinmeyen olarak da anılan bu problem, ölçülerin değerlendirilmesi sırasında çeşitli ölçü kombinasyonları ve istatistik kestirmeler ile hesaplanır. Faz ölçüleri bu nedenle pratik navigasyon uygulamalarında kullanılmamaktadır.

Mesafe belirlemenin önemli bir yöntemi, Şekil 2.6'da görüldüğü üzere uyduların göndereceği taşıyıcı fazları kullanmaktır. Burada amaç, uydu ile alıcı arasında tüm taşıyıcı dalgaların ve artık kısmın bütünleşmesiyle elde edilecek olan taşıyıcı dalga boyunun bulunmasıdır. Taşıyıcı dalgalar kullanılarak saptanan mesafe, kod gözlemleriyle (Pseudorange) bulunan değerden çok daha doğru olacaktır. L1 frekansının taşıyıcı fazı dalga boyu 19 cm'dir ve GPS ölçümlerinde kullanılan kodlardan çok daha küçüktür (El-Rabbany, 2006).

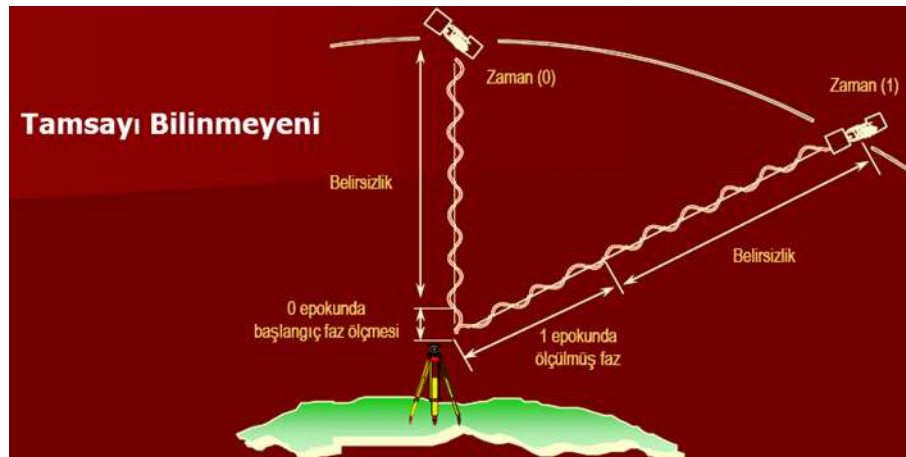
Tam sayı dalga boyu belirsizliği parametreleri elde edildiğinde, konumlamaya önderlik edecek nitelikte, yüksek doğrulukla mesafe ölçümü sağlanmış olacaktır. Taşıyıcı fazlarla ölçüm yapan statik veya Real Time Kinematik gibi bağlı konumlama tekniklerinde yüksek doğrulukla sonuç elde etmek mümkündür. Bu yöntemlerde iki adet GPS alıcısı eş zamanlı olarak aynı uyduları izlemek zorundadır (El-Rabbany, 2006).



Şekil 2.5’te L1 ve L2 Sinyallerinin alıcıdaki akış şeması görülmektedir. Taşıyıcı dalga fazının dalga boyu P ve C/A kodların her ikisinin dalga boylarından daha kısa olduğu için, taşıyıcı dalga faz farkı ölçüsünün duyarlılığı Pseudorange’den daha fazladır. Örneğin L1 taşıyıcı sinyalinin dalga boyu yaklaşık 20 cm’ dir.

Faz gözlemlerinde taşıyıcı dalga fazı atmosferden geçerken hızlandığından iyonosferden dolayı faz gözlemlerine getirilecek düzeltme “-“ işaretlidir.

Faz ölçümünün 0.01 'cycle' doğruluğunda belirlenmesi için alıcı saati doğruluğu 0.01 nano saniye olmalıdır. Bu sebeple bu doğruluğu sağlamayan alıcı saati parametreleri GPS ölçülerinin değerlendirilmesi aşamasında epok bazında hesaplanmalıdır. (Kahveci, Yıldız 2001)



Şekil 2. 6 Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği

2.3 GNSS’de Hata Kaynakları

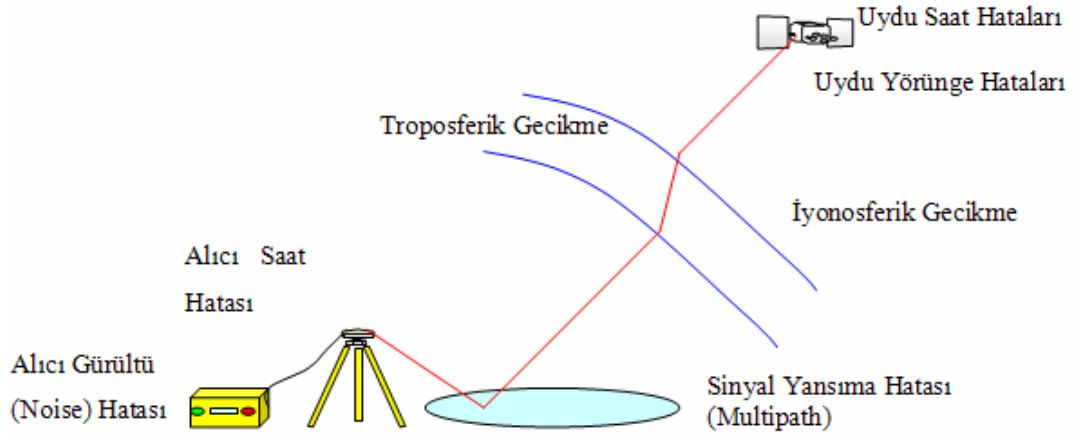
Tablo 2.1 GNSS Konum Hataları

Tip	Mutlak	Bağıl	Etki
Noise (Code)	500 mm	500 mm	Tesadüfi
Noise (Taşıyıcı)	0.5 mm	0.5 mm	Tesadüfi
Multipath (Code)	<10 m	<10 m	Sistemtik
Multipath (Taşıyıcı)	<10 mm	<10 mm	Sistematik
Uydu Yörüngesi	20 m	1 ppm	Ölçek
Troposphere (0-15 km)	< 30 m	< 10 mm	Yükseklik
Ionosphere (70 -1000 km)	< 100 m	< 50 ppm	Ölçek
Bugün ulaşılabilir:		10 mm + 1-3 ppm	
Sanal konfeps:		10 mm + 0 ppm	

Genel olarak GPS ölçülerini etkisi altına alan hata kaynakları Şekil 2.7’de ve Tablo 2.1’de görüldüğü üzere,

1. Uydulara Bağlı Sapmalar
 - a. Yörünge modelleme sapmaları
 - b. Uydu saati modelleme sapmaları
2. Alıcıya Bağlı Sapmalar
 - a. Alıcı saati sapmaları
 - b. Alıcı gürültüsü
3. Ortama Bağlı Sapmalar
 - a. İyonosfer etkisi
 - b. Troposfer etkisi
 - c. Ambiguity (Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıç Belirsizliği)
4. Diğer sapmalar
 - a. Multipath (Sinyal yansımaları)
 - b. Anten faz merkezi kayıklığı (Faz merkezi fiziksel bir yer değildir)
 - c. (Cycle Slips)Faz sıçramaları
 - d. Rastgele tesadüfi hatalar

e. İstasyon koordinatları.



Şekil 2. 7 GNSS'te hata kaynakları

2.4 GNSS'in Kullanım Alanları

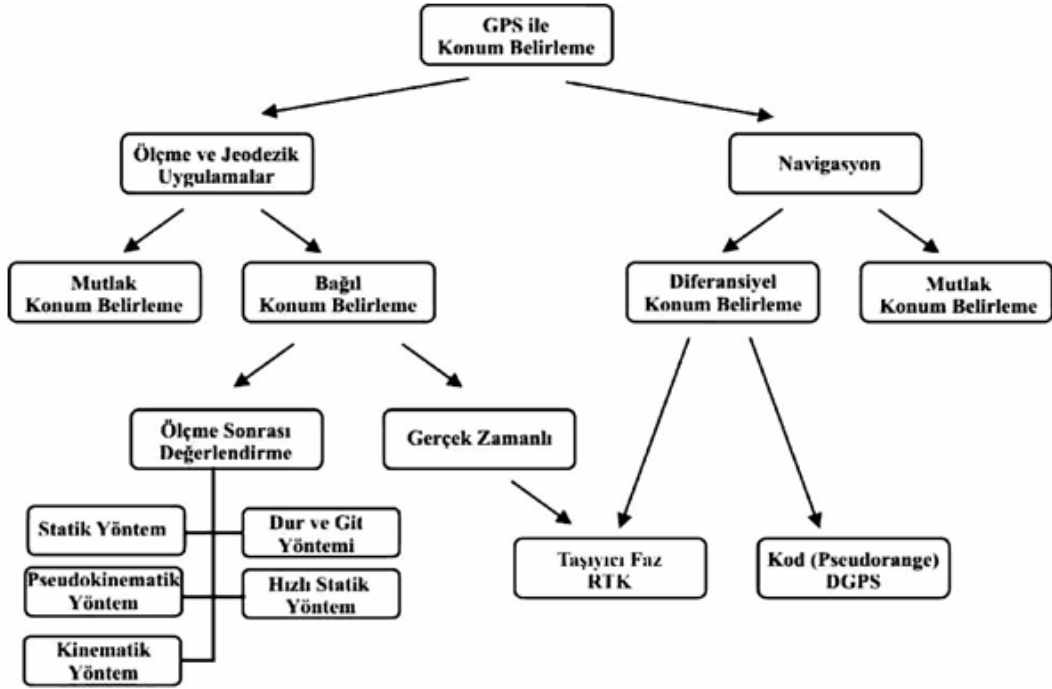
GPS sisteminin kullanım alanları genel olarak iki ana kısımda ifade edilebilir:

1. Askeri Kullanım Alanları;
 - Hedef bulma,
 - Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu,
 - Arama-Kurtarma,
 - Tatbikatlarda,
 - INS sistemlerinin desteği,
 - Uçakların, görüşün sınırlı ya da hiç olmadığı hava şartlarında iniş ve kalkışlarında,
 - Füze güdümü.
2. Sivil Kullanım Alanları;
 - Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu,
 - Kadastral ölçmeler,
 - Jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmeler,
 - Aktif kontrol ağları,
 - Filo takip sistemleri,

- CBS veri tabanlarının geliştirilmesi,
- Asayiş,
- Arama-Kurtarma,
- Hidrografik ölçmeler,
- Ormancılık, madencilik, turizm, spor, tarım,
- Aktif kontrol ağları,
- Uçakların, görüşün sınırlı ya da hiç olmadığı hava şartlarında iniş ve kalkışlarında,
- Deformasyon ölçmeleri,
- Fotogrametrik çalışmalar,
- Yer kabuğu hareketlerinin takibindevb. (Kahveci, M., Yıldız, F. 2001.)

2.5 GNSS İle Konum Belirleme Yöntemleri

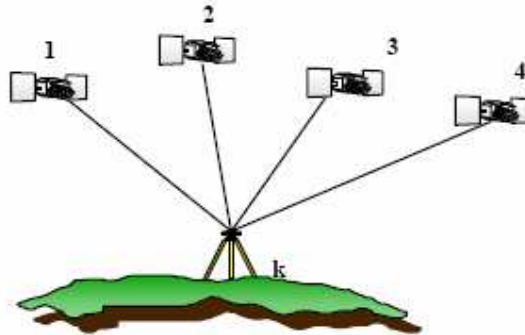
GPS ile konum belirlemeyi iki ana kısımda tespit etmek mümkün olabilir. Bunlardan biri yüksek doğruluk beklenen ölçme ve jeodezik amaçlı çalışmalar, bir diğeryse navigasyon uygulamalarıdır. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'de görüldüğü gibi, GPS'de ölçülen noktaların cinsine, istenen duyarlılığa ve amaca göre farklı ölçme metotları uygulanır. Sonuçta elde edilen koordinatlar alıcı tipine, gözlem süresine, uyduların konumu ve sayısına, ölçü tipine göre değişir. Aşağıda Şekil 2.8'de, GPS ile konum belirleme yöntemleri detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. 8 GPS ile konum belirleme yöntemleri (Langley,1998).

2.5.1 Mutlak konum belirleme

Bu yöntemde tek alıcı alet kullanılır. Kullanıcıların, kullandığı GPS alıcısının anteninin bulunduğu mevkinin, 3 Boyutlu konumunu (Enlem-Boylam-Yükseklik) tespit etmek istediğinde, en az dört adet uyduya eş zamanlı gözlem yaparak nokta koordinatlarını tespit ettiği methoddur.



Şekil 2. 9 Mutlak konum belirleme

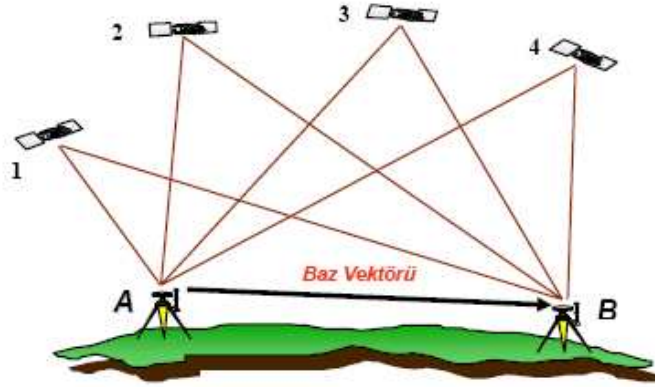
Askeri ve sivil uygulamalarda (yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar hariç) en yaygın kullanım biçimidir. Genellikle anlık olarak (yani uydu gözleminin yapıldığı gerçek zamanda) alıcının konumlama yapması ile tatbik edilen methottur. Uydu alıcı mesafeleri ve bilinen uydu koordinatları ile uzayda geriden kestirme esasına dayanan konumlama prensibidir. (Şekil 2.9). Yöntem dahilinde Kod (C/A ve P) verileri kullanılır.

2.5.2 Bağlı (Görelî) konum belirleme

Görelî konum belirlemede koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer nokta ya da noktaların koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. En az iki adet alıcı alet kullanılır. Bir alıcı, konumu daha önceden duyarlı olarak bilinen bir referans (A) noktasında, diğer alıcıysa konumu tespit edilmek istenen her hangi bir (B) noktasındadır. İki alıcı arasındaki baz mesafesi üç boyutlu vektör yöntemin temelidir. Bu mesafe kullanılarak, A noktasına göre B'nin konumu belirlenir. Nokta konum doğruluğuyysa, konumu bilinen (referans) noktasının doğruluğuna ve aradaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir. A noktasının bilinen koordinatları ile B noktasının koordinat farkları (d_x, d_y, d_z) 5-10mm + 1 ppm doğrulukla belirlenir (Şekil 2.10).

GPS ölçmeleri daha önceden de bahsedildiği üzere, kod (pseudorange) ve taşıyıcı faz ölçüleri yapılmaktadır. Kod gözlemlerinde yeterli doğruluk sağlanmakta ve pratik uygulamalarda kullanılır. Fakat mühendislik hizmetleri gibi jeodezik amaçlı ölçmelerde daha duyarlı sonuçlar gerektiği için kod ölçüleri yeterli değildir. Bundan dolayı faz gözlemleri kullanılarak yapılan bağlı (relative) konum belirleme genel olarak 5 ölçü yöntemiyle yapılmaktadır;

- Statik Ölçü Yöntemi
- Hızlı Statik Ölçü Yöntemi
- Tekrarlı Ölçü Yöntemi
- Kinematik Ölçü Yöntemi
- Dur-git (Stop and go) Ölçü yöntemi



Şekil 2. 10 Görelî konum belirleme

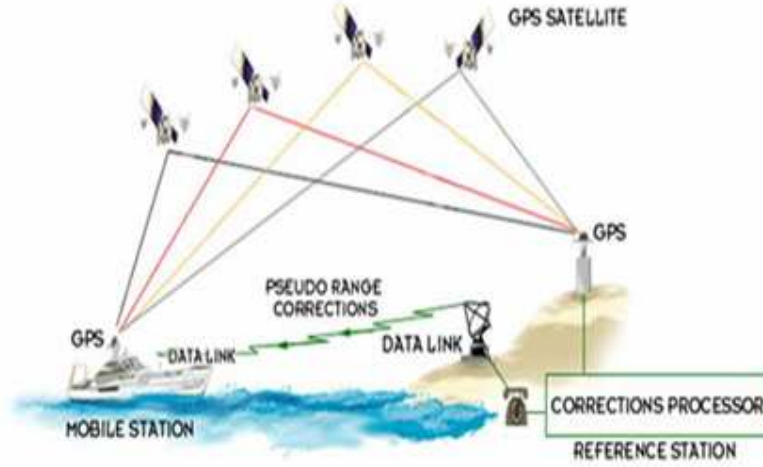
2.5.3 Diferansiyel konum belirleme

2.5.3.1 DGPS yöntemi

Birçok jeodezik çalışma için GPS'in anlık konumsal doğruluğu yeterli olmamaktadır. GPS hata kaynaklarının çoğunun uydu alıcı konumlarına bağlı olması ve yakın bazlar için bu hata miktarlarının birbirine çok yakın olması, Diferansiyel GPS (DGPS) kavramını ortaya çıkarmış ve sadece kod ölçüleri yapabilen ucuz alıcılarla dahi birçok amacı karşılayabilecek konum hassasiyetinin elde edilmesi, DGPS'in kısa zamanda yaygınlaşmasını sağlamıştır. (Kalaycı.İ,Konya)

Bağıl konumlamadaki hususlar (iki alıcı, alıcıların bulunduğu yerler vb.) burada da geçerlidir. Ancak bu yöntemde yukarıdaki Şekil 2.11'de görüldüğü gibi konumu bilinen baz noktasında bulunan alıcı, elde ettiği GPS gözlemleri sonucu belirlediği konumu (veya uydu-alıcı mesafelerini), baz noktasının konumu ile karşılaştırır ve belirlediği farkları “DGPS Düzeltmeleri” olarak, her hangi bir veri iletişim organı (GSM şebekesinden GPRS/WAP, UHF-VHF, İletişim uyduları vb.) ile konumu belirlenmek istenen noktadaki diğer alıcıya (veya aynı iletişim alanındaki diğer alıcılara/kullanıcılara) gerçek zamanda gönderir. Kullanıcılardaki GPS alıcıları bu düzeltmeleri alır ve o anda (veya yakın zamanda) gözlediği GPS ölçülerine gerektiği şekilde ilişkilendirmek suretiyle duyarlı konumu hesaplar. DGPS'te kod verileri

kullanılarak iki alıcı arasındaki mesafeye bağılı olarak (30 km ‘den düşük mesafelerde) dm altı - 5 m arasında koordinat doğruluğu elde edilebilir.



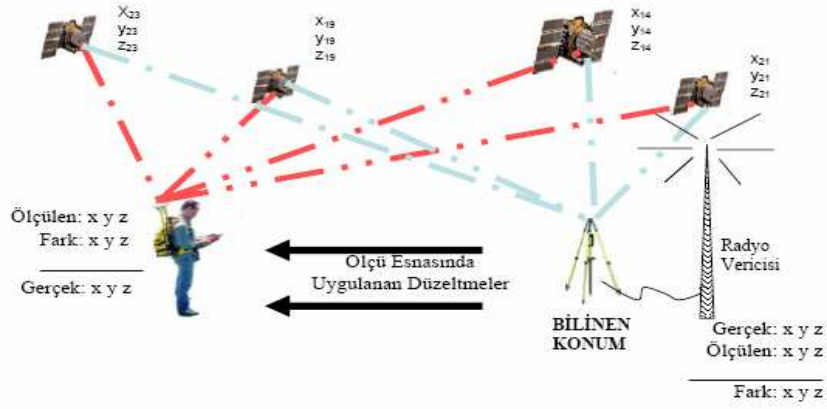
Şekil 2. 11 Temel DGPS İşleyişi

2.5.3.2 Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GNSS yöntemi

İki adet GNSS alıcısından birisi referans olarak seçilen noktanın üzerine kurulur. Referans noktasının koordinatlarının daha önceden hassas bir şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu alıcı, üzerine kurulduğu nokta ile sinyal aldığı uydular arasındaki psoudo uzunlukları kullanarak mutlak konum belirler. Bulduğu konum bilgilerini daha önceden bilinen konum bilgileriyle karşılaştırır ve bu sayede hesapladığı düzeltmeleri bir radyo vericisi yardımıyla gezici olan ikinci alıcıya gönderir. Gezici GNSS alıcısı bu düzeltmeleri bir radyo alıcısı yardımıyla alır. Bu sayede hassas psoudo uzunluk ve dolayısıyla da hassas konum bilgisine ulaşılmış olur. Arazide anlık olarak konum bilgisine ulaşılabilirdiği için bu metot gerçek zamanlı DGNSS olarak ta bilinir. Bu yöntemde konum duyarlılığı ortalama 1 metre civarındadır. (Kalaycı.İ,Konya)

Ön-uzunluklarla (pseudorange) konumlama yapan Diferansiyel GPS (DGPS) yönteminde de Şekil 2.12’de görülen bu yaklaşım ilke olarak uygulanmaktadır. Ancak Diferansiyel GPS (DGPS) kod ölçülerini kullanan bir yöntem olduğundan doğruluğu 1-

5m civarındaydı ve genellikle navigasyon amaçlı işlerde tercih edilen bir yöntemdi. Fakat hassasiyet isteyen mühendislik uygulamalarında kaba gelen doğrulukları yüzünden kullanılamıyordu. Bu durum, bilim adamlarını ölçme ve navigasyonun da dahil olduğu her türlü uygulamada yararlanılabilecek gerçek zamanlı konum bilgisi üretebilen ve doğruluğu yüksek yeni bir konumlama yöntemi geliştirmeye yöneltmiştir. Gerçek zamanlı konumlama tanımlamasından ölçülerin yapıp referans alıcıdan verilerin arazideki (gezici) alıcıya gönderilmesi (VHF veya UHF radyo frekansları, GSM telefonları veya uydu iletişim bağlantıları aracılığıyla) ve arazide yüksek doğruluklu konumların elde edilmesi anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 2.12’de görüldüğü üzere taşıyıcı faz ölçülerini kullanmak suretiyle hassas konumlama yapabilen “GZK GPS” yöntemi geliştirilmiştir.



Şekil 2. 12 GZK GPS'in çalışma prensibi

2.6 Ağ Yapısında RTK (Ağ-RTK/Network-RTK/RTN-Net-RTK)

Klasik RTK tekniğinde ham ölçüler ve düzeltme bilgileri tek bir referans istasyonu ile tek bir gezen alıcı arasında aktarılmaktadır. Yani, bir referans istasyonu ile bir gezen alıcı arasındaki baz hesaplanmaktadır. Bu şekildeki bir ölçü ve hesaplamada fazla ölçü olmayacağı için herhangi bir kontrol de söz konusu değildir. Oysa, jeodezik ölçülerde ağ yapısındaki ölçü ve hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Bilindiği gibi, ağ yapısındaki ölçülerde çok sayıda noktada tekrarlı gözlemler yapılmaktadır ve daha sonra hatalardan arındırılmış ölçüler ile ağ dengelemesi yapılmakta ve istatistik analizlerle kaba hatalı

ölçüler ayıklanmakta, sistematik etkiler daha iyi modellenmekte, bu şekilde yüksek doğruluklu ve güvenilir koordinatlar elde edilmektedir. jeodezik ağların bu üstünlüğü zaman içerisinde GNSS gözlemlerine de yansıtılmıştır. Taşıyıcı fazları kullanan tekniklerden tek-bazlı gerçek zamanlı kinematik GZK GPS yöntemi mesafeye bağımlı hatalardan ötürü referans alıcı ile gezici alıcı arasındaki mesafe nedeniyle kısıtlı kullanıma sahip olduğu bilinmektedir. Günümüzde mühendislik uygulamalarında daha uzun süreli gözlemlerle duyarlılık, doğruluk ve güvenilirlik elde etme gibi ölçütlerin yanı sıra, kısa sürede duyarlılık ve doğruluklu sonuçlar üretmek de, diğer bir ifadeyle “verimlilik” de, çok önemli hale gelmektedir. Yüksek verimlilik değeri olan GZK GPS ölçme yöntemleri, çok hızlı tamsayı belirsizliği çözümü (on-the-fly) gerektirmesi nedeniyle, genellikle en fazla 10 km menzile sınırlanmaktadır. Ancak, GPS referans istasyonlarından oluşan bir ağ kullanımı ile bu mesafeye bağımlılığın üstesinden gelmek amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem günümüzde çeşitli adlarla verilmektedir: GZK Ağı, Çoklu Referans İstasyonuyla Konumlama, Geniş Alan Konumlama ve Sanal Referans İstasyonu Tekniği. (Mekik, 2001).

Klasik RTK tekniğinin zayıf yanlarını ortadan kaldırmak ve bu tekniğin daha güvenilir ve doğru sonuçlar vermesini sağlamak için çok sayıda referans istasyonu kurulması düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Bu sayede, gezen alıcının çevresindeki referans istasyonlarından gelen veriler kullanılarak yörünge hatası, atmosferik etkiler gibi hataların modellenmesi imkânı doğmuştur. Bunun sonucunda ise tek referans istasyonundan çoklu referans istasyonuna geçiş gerçekleştirilmiş ve tek referans istasyonu kavramının yerini çoklu referans istasyonu kavramı almıştır. Bu yöntemin bölgesel ya da ülke boyutunda yaygınlaştırılarak kullanılması ile Ağ-RTK (Net-RTK) kavramının oluşmasına sebep olmuştur.

Ağ-RTK tekniğinde, tüm referans istasyonlarından alınan gözlemlere ait düzeltmeler hesap merkezinde hesaplanır ve bu ağ düzeltmeleri bütün kullanıcılara uygun iletişim teknikleri ile yayınlanır.

Çoklu referans istasyonu tekniği “Ağ yapısında RTK” ya da kısaca “Ağ-RTK (Net-RTK)” olarak tanımlanmakta olup, burada GNSS gözlem tekniklerinin gücü ile ağ yapısının üstünlükleri (ağ dengelemesi) birleştirilmiştir.

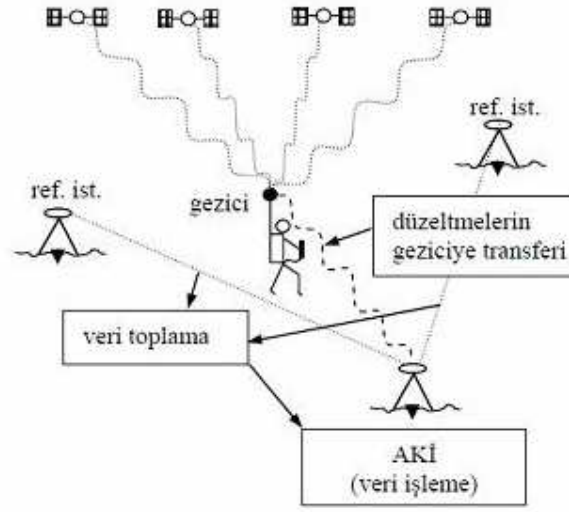
Ağ RTK tekniğinin ortaya çıkmasındaki temel düşünce, klasik RTK tekniğindeki uzaklığa bağlı hataların modellenmesinin sağlanması ve gözlemlere gerekli düzeltmelerin getirilerek daha doğru koordinatların elde edilmesidir.

Sonuç olarak Ağ-RTK, klasik RTK tekniğine göre daha uzun baz uzunluklarında (50-100 km) faz gözlemlerine gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniğidir.

Ağdaki referans istasyonları uzaklığa bağlı hataların en iyi şekilde modellendirilerek istenilen doğruluk seviyesinin ve hızlı belirsizlik çözümünün sağlanabileceği şekilde uygun dağılımda ve yeterli sıklıkta kurulmalıdır. Ağ- RTK tekniği kullanılarak ölçmelerin maliyetinde büyük oranda tasarruf sağlanmıştır.

Örneğin, 50 km x 50 km’lik bir alanda klasik RTK tekniği kullanılması durumunda gerekli olan referans istasyonu sayısı yaklaşık 5-8 arasındadır. Oysa, Ağ RTK tekniği kullanılarak aynı büyüklükteki bir sahada lazım olan referans istasyonu sayısı 1 veya 2 tanedir. (Kahveci, 2009).

Şekil 2.13’te görüldüğü gibi, GZK Ağının, kavramsal olarak kolay anlaşılabilmesi için, üç temel birimden oluştuğunu düşünmek mümkündür. Bunlar; veri toplama, veri işleme ve veri iletişimi birimleridir. (Mekik, 2001).



Şekil 2. 13 GZK Ağında veri ve düzeltme akışı

2.6.1 Ağ Yapısında RTK'nın Klasik RTK'ya göre Üstünlükleri

Ağ-RTK'nın Klasik RTK'ya göre avantajları genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Tek anlamlı ve homojen bir koordinat sisteminde ölçü yapılmaktadır.
- Uzaklığa bağlı ölçeklendirme sorunu ortadan kalkmıştır.
- Tüm ağ için oluşturulan atmosferik modelden yararlanılarak, her bir ölçü noktası için gerekli düzeltmeler enterpolasyon ile hesaplanabilmektedir.
- Yüksek kalitede sonuçlar elde edilmektedir.
- Etkin ve performansı yüksektir.
- Veriler ülke uzay referans datumunda örneğin, (ITRF,WGS84 vb.), sürekli, gerçek zamanlı ve arşivlenerek sağlanmaktadır.
- Modellenen ağda kullanıcılara sağlanan doğruluk seviyesi sabittir.
- Referans istasyonları bir kere kurulmaktadır.
- Hizmet sunumu söz konusudur. (Kahveci, 2009).

2.6.2 Ağ Yapısında RTK tekniğinde gerçekleşen işlem adımları

Ağ-RTK tekniğinde gerçekleşen işlem adımları genel olarak aşağıdaki şekildedir;

- Referans istasyonda faz bilinmeyenleri çözümü gerçekleştirilir.

- Atmosferik düzeltme miktarları hesaplanır.
- İyonosferik etkiler zamana bağlı olarak büyük değişim gösterdiğinden bu düzeltme katsayıları örneğin 5 saniyede bir hesaplanıp gezen alıcılara gönderilmelidir.
- Troposferik etkiler ise daha yavaş değişim gösterdiğinden, bu düzeltmelerin yaklaşık 60 saniyede bir hesaplanıp gönderilmesi yeterlidir.
- Referans istasyonlarında hesaplanan uzaklığa bağımlı düzeltmeler veya koordinat düzeltmeleri gezen alıcılara uygun veri aktarma yöntemleri ile iletilir.
- Son aşamada ise bu düzeltmeler kullanılarak gezen alıcıların hassas konumları bulunur. (Kahveci, 2009).

2.6.3 Ağ Yapısında RTK Verilerinin Gezen Alıcılara Aktarılmasında Kullanılan Yöntemler

Ağ verilerinin gezen alıcılara gönderilmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemler;

- Düzeltmelerin referans istasyonunda veya gezen alıcıdan hangisinde yapıldığına göre.
- Gönderilecek bilgilerin kapsamına göre.
- Veri aktarma ortamına (telsiz, GPRS vb.) göre.
- Veri aktarma formatına göre değişmektedir. (Kahveci,2009).

2.6.4 RTK Veri İletişiminde Kullanılan Teknolojiler

Gerçek zamanlı kinematik konum belirleme, GNSS kod ve faz ölçü düzeltmelerinin referans ve gezen alıcılar arasında alınmasını ve gönderilmesini gerektirmektedir.

RTK bilgilerinin aktarılmasında kullanılacak olan veri iletişim tekniklerinin belirlenmesinde teknik (uzaklık, kapsama alanı, bant genişliği, güvenilirlik vb.), idari konular (mevzuat), ekonomik (maliyet) etkindir.

Kullanıcıların büyük bölümü arazi şartlarında hareket halinde olduğundan gerçek zamanlı DGNS ve RTK uygulamalarında ham veri ve düzeltme bilgilerinin referans

alıcılarla gezen alıcılar arasındaki gönderiminde genelde radyo modem iletişimi kullanılmaktadır. Radyo modemler, referans alıcı ile gezen alıcı arasındaki telsiz iletişimini sağlamaktadır. Karşılıklı iletişim için her iki alıcıda da radyo modem olmalıdır. Referans istasyonundan yayınlanan veriler çalışma sahasında bulunan sınırsız sayıdaki gezen alıcı radyo modemi tarafından alınabilmektedir.

Radyo modemlerin iletişim menzilleri modemin gücüne ve çevresindeki engellerin (tepelik-dağlık yerler, yüksek yapılar vb.) durumuna göre değişmektedir.

Modemin menzilinın yetmediğı ölçme sahalarında, çok sayıda referans istasyonu kurularak çözüme gidilmiştir.

Benzer problemlerin giderilmesi için günümüzde daha farklı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerden bazıları uydu haberleşmeleri, GSM/GPRS Cep telefonu şebekeleri vb.dir.

Standart bir radyo modemde genel itibariyle, anten, modülatör ve yükseltici bulunmaktadır. Modülatörler; GPS verilerini alıcıdan alarak diğer alıcılara yayınlanabilecek radyo sinyallerine; VHF, UHF, Spread Spectrum vb. dönüştürülür. Yükselticilerin vazifesi ise; GPS verilerinin gezen alıcılarda alınabilmesini sağlayacak biçimde sinyalin gücünü artırır. Gezen alıcılarla referans istasyonları arasındaki mesafe ne kadar fazla ise sinyal gücünün de aynı oranda artması gerekmektedir.

UHF ve Yayılmış Bant (Spread Spectrum) radyo modemler DGNSS ve GZK amaçlı en yaygın kullanılan modemlerdir. UHF radyo modemlerin menzili; arazinin yapısına, yükselticinin kuvvetine ve antenin konumuna göre 40-45 km'lere kadar yetebilmektedir. Klasik RTK uygulamalarında genel itibariyle UHF bandı kullanılmaktadır. Spread Spectrum radyo modem menzili ise yaklaşık 20 km'dir.

Son yıllarda gerçek zamanlı veri aktarımları için İnternet Protokolü (IP) kullanımı da artmıştır. Misal olarak NTRIP protokolü verilebilir. NTRIP protokolüyle; eş zamanlı GNSS alıcısı ve bilgisayar bağlantılarında üçüncü nesil Cep telefonu teknolojileri ya da Uydu haberleşmeleri (TÜRKSAT, EGNOS, Thuraya, OmniSTAR, Globalstar vb.) tekniklerinden birisi kullanılarak IP ağı üzerinden erişime imkân sağlamaktadır.

Bu veri aktarma tekniklerinin dışında; FM bandı üzerinden DARC yöntemi ve Dijital Radyo Yayını üzerinden ise DAB yöntemleri vardır.

RTK uygulamalarında kullanıcılara gönderilecek olan verilerin yoğunluğu; kullanılacak veri formatına ve gözlenen uyduların miktarına göre değişmektedir. Ağ-RTK veri ve düzeltmelerinin yayınlanma tekniği de önemlidir. Bu amaçla verilerin hangi çalışma prensibi ile yayınlanacağını tespit etmek gereklidir.

VHF/UHF sistemlerinde üç farklı teknik vardır. Bu teknikler; a) Simpleks, b) Çift frekanslı simpleks (yarı dubleks), c) Dubleks frekans tahsisleridir.

Elektromanyetik dalgalar kullanılarak veri iletişimi ve haberleşme faaliyetlerinin problemsiz bir şekilde yapılabilmesi amacıyla frekans planlamalarının yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı elektronik dalgaların kullanılması, uluslar arası yasal düzenlemeler Uluslar arası Telekomünikasyon Birliği (ITU-International Telecommunication Union) haricinde bütün ülkelerde de yasal kurallara tabidir. Ülkemizde ise Telekomünikasyon Kurumu yetkilidir. Bu kurallar manzumesi her bir radyo frekansının bant genişliğini (Radyo yayınları, TV yayınları, kara mobil telsiz sistemleri, GSM istasyonlarının yayınları vb.) tanımlamaktadır.

Bu frekans bantlarını kullanabilmek için yetkili kuruma müracaat edilerek istenilen şartların ücret vb. karşılanması gerekmektedir. GNSS ölçüleri için kullanılan bant aralığı ise 400-470 MHz arası; (443.1375 MHz, 443.2375 MHz ve 443.2625 MHz) frekanslarıdır. Bu frekanslardan faydalanabilmek için Telekomünikasyon Kurumuna müracaat edilerek lisans almak gereklidir. (Kahveci,2009).

2.7 DGNSS/RTK Verileri Aktarma Protokolleri

Veri protokolleri, iletişim süresince bir taraftan diğer tarafa hangi bilgilerin, hangi formatta ve hangi düzende iletileceğini belirleyen standarttır. Ölçme anında yapılacak çalışmalara uygun olmayan yanlış bir protokol seçilirse, yayınlama zamanları da farklı olacağından dolayı, noksan veri elde edilmesine sebep olacaktır. Standart Protokol tanımı ise, Protokoldeki ahenk ve bütünlük ile farklı yazılım ve aletlerdeki ortak veri

aktarımını, değişimini ifade eder. Misalen, RINEX formatı gerçek zamanlı veri aktarma protokolü olmamakla beraber GNSS sektöründe en yaygın kullanılan standart formattır. CORS (Sabit GNSS Ağlarının), bütün ülkelerde kurulmaya başlanarak elde edilen verilerin telsiz(radyo modem), uydu kanalıyla, internetle diğer kullanıcılara yayınlanması, GNSS tabanlı standart veri formatlarının oluşturulmasını sağlamıştır. Birçok alıcı alet üreticisi firmalar, kendi özel formatlarını kullanmaktadırlar. Ülke Sabit GNSS ağlarının söz konusu olduğu durumlarda, bütün kullanıcıların farklı marka ve modelde alıcı aletler kullanabileceği göz önünde tutularak Sabit GNSS Ağları kontrol merkezlerinde kullanılmakta olan network (ağ) yazılımlarının birçok üretici firmanın protokolünü desteklemesi gerekir.

GNSS sistemlerinin, gerek navigasyon amaçlı gerekse de gerçek zamanlı ölçü amaçlı olarak aktif ve verimli bir şekilde kullanımı için veri aktarma protokollerinin ve telekomünikasyon teknolojilerinin etkin kullanılması şarttır.

Veri aktarma protokolleri genel itibariyle üçe ayrılır. Bunlar;

1. İnternet Protokolleri,
2. Üretici firma tanımlı protokoller,
3. Uluslararası standart protokoller.

2.7.1 İnternet Protokolleri

Aktif GNSS Ağlarının faaliyete girip yaygınlaşmasıyla beraber, bu ağlardaki çok sayıdaki farklı veri kümelerinin birçok kullanıcıya anlık iletilmesi sorunu doğmuştur. Bununla beraber gerçek zamanlı GNSS verilerinin ve düzeltmelerin kullanıcılara iletiminde kullanılan tekniklerde gelişmektedir.

Eskiden veri aktarımlarında; FM, UHF-VHF, DGNSS Beacon yöntemleri kullanılmaktaydı. Günümüzde ise veri aktarımları uydular, fiber optik hatlar ve yüksek hızda internet ile sağlanmaktadır. GNSS alıcısı aletlerde ağ portları yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu ve benzeri yenilik ve gelişmeler neticesinde GNSS ağları için RT-IGS ve NTRIP protokolleri ortaya çıkmıştır.

2.7.2 RT-IGS protokolü

IGS tarafından geliştirilmekte olan bu yeni protokol, diğer GNSS veri formatlarının aksine tek anlamlıdır ve mesaj sıklığı da; meteorolojik parametreler için 15 dakikada bir, istasyon bilgileri için saatte bir, gözlemler için saniyede bir, yörünge bilgisi için istendiğinde belirtilmektedir.

Dört bilgi yayınlanması programlanmıştır;

1. Saatte 2 kere olmak üzere, İstasyon bilgileri.
2. Her saniye, Gözlemler.
3. Her beş dakikada, Atmosferik parametreler.
4. Hesaplandığı zamanlarda, Efemeris bilgileri.

RT-IGS verilerinin yayınlanmasında UDP kullanılmaktadır. UDP’de mesajın ahenkli bir şekilde dağıtımı garantisi yoktur. RT-IGS’de internet tabanlı gerçek zamanlı çalışmalarda, daha verimli ve süratli çalışmasından dolayı UDP (User Datagram Protocol) kullanılmaktadır. NTRIP protokolünde ise, http üzerinden TCP kullanılmaktadır. (Kahveci,2009).

2.7.3 NTRIP Protokolü

Bir GNSS veri formatı olmayıp, internet üzerinden verilerin nasıl yayınlanacağını tanımlayan bir protokol şeklidir. NTRIP protokolü bütün kullanıcılara açık olup, GNSS verilerinin internet üzerinden yayınlanması amacıyla geliştirilen bir uygulama protokolüdür. NTRIP, RTCM standardı olarak kabul edilmiştir ve her türlü GNSS verisinin yayınlanmasında kullanılmaktadır. NTRIP ile kullanıcılar için kimlik doğrulaması yapılabilmekte ve kullanıcılar ile servis sağlayıcılar birbirinden ayırt edilebilmektedir. http tabanlı olarak çalışan NTRIP veri aktarımında TCP kullanılmaktadır. NTRIP; GPRS, UMTS, EDGE, GSM gibi IP ağlarını ve toplu kullanımları desteklemektedir.

Aktif GNSS ağlarında yaygın olarak kullanılmakla birlikte, birçok alıcı markasının yeni modellerinde standart bir özelliktir.

NTRIP sistemi NtripClient, NtripCaster ve NtripServer olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. NtripServer ve NtripClient http client programı, NtripCaster http server programıdır. NtripCaster ve NtripServer iletişimi source adlı yeni bir mesaj formatı kullanıldığından http iletişiminden farklıdır. NtripServer; koordinat bilgileri, ham data, RTCM dataları gibi GNSS verilerini referans istasyonlarından NtripSource olarak bu dataları NtripCaster'a aktarır. NtripSource GNSS referans istasyonu alıcısıdır. Ana sistem bileşeni olan NtripCaster, NtripClient bileşenlerine olan bağlantıyı sağlar. (Kahveci,2009).

2.8 RTK Verileri Hesap ve Aktarma Protokolleri

Referans istasyonlarının ağ CORS biçiminde kullanılmasıyla, gezici alıcıların verimliliğini artırarak, yüksek doğruluklu verilere ulaşılması sağlanmaktadır.

CORS ya da Sabit İstasyonlar Ağı'nın, kontrol merkeziyle gerçek zamanlı iletişim kurarak gezici alıcılara burada hesaplanan bütün düzeltmeleri gerçek zamanlı olarak yayınlaması gerekmektedir. Ağ RTK veya CORS ağı'nın, kontrol merkezinde hesaplanan bütün verileri gezici alıcılara gerçek zamanlı olarak hatasız bir şekilde yayınlaması gerekmektedir. Bu amaçla kurulan ağların bir kısmı, ağda kullanılan alıcı modelinin veri aktarma formatıyla kendisini kısıtlamaktadır. Bu format ve yöntemler genelde alıcının yazılım ve donanımıyla bağımlıdır. Bu sebeple TUSAGA AKTİF ve benzeri ulusal ağlarda, servis sağlayıcılar çok sayıda yazılım ve donanımla çalışabilen çözümler sağlamaktadırlar. Bu sistemde kullanılan veri aktarma yöntemlerinin bazı olumsuz tarafları da vardır. Mesela, standart bir düzeltme modeli ve bu model parametrelerinin kullanıcılara yayınlanmasında tek anlamlı bir standart format oluşmamıştır. Bazı yöntemlerde kullanıcının kendi yaklaşık konumunu merkeze göndermesi gerekli olduğu için çift yönlü iletişim sağlanmalıdır.

Merkezde yapılan hesaplama yöntemleriyle yayınlanan düzeltmelerin içeriğinin kullanıcılar tarafından da bilinmesi, CORS vb. sistemlerden aktif ve verimli bir şekilde faydalanabilmek için temel şarttır. Ağ-RTK uygulamalarında kullanıcılara düzeltme verilerinin gönderilmesinde kullanılan yöntemler gözlem uzayının modellenmesini sağlamaktadır.

Ağ-RTK düzeltmelerinin gözlem uzayında modellenmesi, referans istasyonlarında hesaplanan düzeltme verilerinin gezen alıcılar tarafından kullanılmasıyla gerçekleştirilir.

Ağ-RTK kapsamında kullanılan veri aktarma yöntemleri üç tane olup bunlar;

- 1-Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP)
- 2-Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC)
- 3-Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS/VBS)

2.8.1 Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP)

FKP (Flachen Korrektur Parameter), Alman SAPOS grubu tarafından gündeme getirilen bir yöntemdir. Bu yöntemin temel prensibi VRS yöntemiyle aynıdır. Yani temel prensip, referans istasyonlarındaki verilerin gezen alıcılara aktarılması olup gezen alıcıların yaklaşık konumunun bilinmesi gerekmemektedir. Burada düzeltmeler, gezen alıcıların gerçek konumlarının enterpolasyon ile hesaplanabilmesini sağlayan açısız değişim parametreleri (gradyen) biçiminde yayınlanmaktadır.

FKP tekniğinin temel prensipleri ve özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Tek yönlü iletişim yeterli olmaktadır.
- Gezen alıcıların sayısında sınırlama bulunmamaktadır.
- Hesap merkezinden kullanıcılara tek yönlü iletişim vardır.
- Referans istasyonlarının verileri hesap merkezinde toplanarak analiz ve değerlendirmelere tabi tutulur.
- Yayınlanan veriler referans istasyonları verileriyle ağıta ait modellenmiş iyonosferik düzeltme katsayılarıdır.
- Gezen alıcılar faz başlangıç belirsizliklerinin çözüm sürelerini kısaltmak doğruluğu artırmak için iyonosferik düzeltmelerle beraber referans istasyonlarının verilerini kullanarak RTK icra ederler.
- Bu metodla bulunan düzeltme verileri gezici alıcılarda isteğe bağlı olarak VRS amaçlı kullanılabilir yahut bu veriler enterpolasyon amacıyla da kullanılabilir.
- Yeni bir veri formatına ihtiyaç duyulur ve bu yöntemle iletilen veri hacmi büyüktür.

Sonuçta FKP yönteminde iki farklı uygulama yöntemi kullanılmaktadır;

1. Tek yönlü iletişim; ölçüm yapılan sahadaki en yakın sabit istasyona ait FKP düzeltme verileri yayınlanır.
2. Çift yönlü iletişim; Gezen alıcıların durdukları her nokta için lokal FKP düzeltme verileri hesaplanarak yayınlanır bu halde GSM/GPRS çift yönlü iletişim yapılır.

2.8.2 Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC)

MAC (Master Auxiliary Concept), yönteminde temel prensip GNSS ağına ve gözlemlere ait azami hata bilgisinin paket olarak gezen alıcılara iletilmesidir. Bu şekilde ağa ait ne kadar fazla bilgi gelirse gezen alıcıların kendi konumlarını doğru olarak tespit edebilme ihtimali artar. Bu yöntemde bir merkez referans istasyonu ve onun “RTCM V3.1 Mesaj 1004” formatında bütün ham ölçü verileri ile diğer yardımcı referans istasyonlarının azaltılmış dataları beraber kullanılmaktadır.

MAC yönteminde referans istasyonlarıyla uydular arasındaki faz uzaklıkları ortak bir belirsizlik seviyesine getirilmekte ve bütün referans istasyonlarından kaydedilen faz gözlemleri arasında ikili faz farkları oluşturularak tam sayı bilinmeyenleri elemine edilmekte ve bu şekilde ağ modellenmesinde faz bilinmeyenlerinin çözümü minimum seviyeye çekilerek uydu yörünge hataları, troposfer, iyonosfer yüksek hassasiyette modellendirilmektedir. Bu teknikte ana istasyonun gezen alıcılara en yakın istasyon olması şartı yoktur. Önemli olan aynı uydulara gözlem yapılmış olmasıdır. Ana istasyonların asıl vazifesi düzeltmelerin hesaplanması değil düzeltmelerin yayınlanmasıdır. Ana istasyondan veri alınamaması halinde yardımcı referans istasyonlarından biri bu vazifeyi ifa eder. Bu yöntemde bütün hata kaynaklarına ait düzeltme verileri gezen alıcılara iletilmekte ve bunun neticesinde ise;

- Sistem bütünlüğü tesis edilmekte,
- Faz belirsizliği çözümleri daha doğru ve süratli olmaktadır.
- Uydulara kilitlenme ve ölçüye başlayabilme süresi kısalmaktadır.
- Böylece konum belirleme hassasiyeti azalmaktadır.

Hata düzeltme verilerinin yanında merkez istasyona ait faz ölçüleri de RTCM V3.1 formatında gezen alıcılara iletilmektedir.

2.8.3 Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS/VBS)

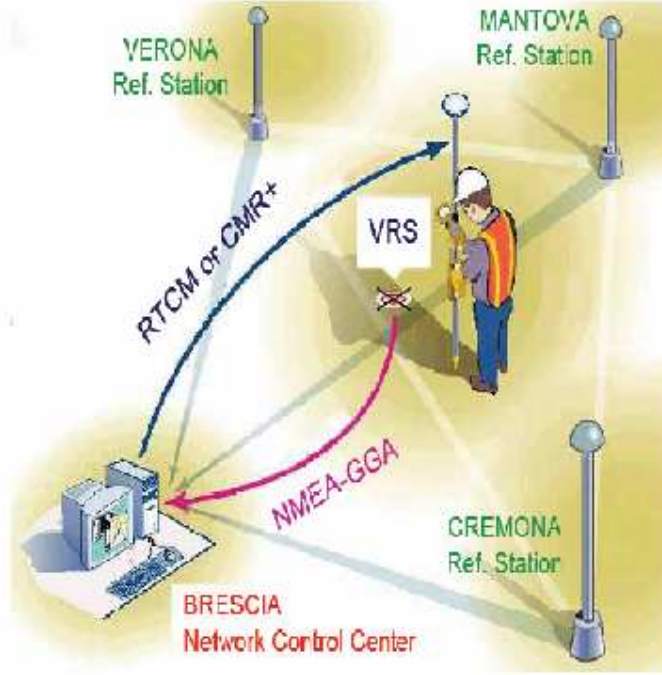
VRS (Virtual Reference Stations), üzerine alet kurulmamış sanal bir istasyon olup, gezen alıcıdan sadece birkaç metre uzaklıktadır. VRS noktalarına ait gözlem verileri etraftaki referans istasyonlarının verilerinden yararlanılarak ve sanki VRS noktasında alet kurularak gözlem yapılmış gibi oluşturulur. Şekil 2.14'te görüldüğü üzere, buradaki temel prensip; gezen alıcılar için geçerli düzeltme parametrelerinin çalışma bölgesi civarındaki birden fazla referans istasyonu verisinden enterpolasyon ile hesaplanmasıdır.

Bu şekilde gezen alıcıların RTK ölçülerindeki bazı sistematik etkiler (troposfer, iyonosfer, yörünge, anten faz merkezi, vb.) önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır. Bu şekilde klasik RTK tekniğinin aksine gezen alıcılar ile referans istasyonları arasındaki uzaklığın artırılmasını sağlamaktadır ve ayrıca sistem güvenilirliğini de artırmaktadır. Bu yöntemde, ağdaki herhangi bir referans istasyonunun çalışmasında aksaklık olsa bile gerekli GNSS düzeltmeleri diğer istasyonların verilerinden faydalanılarak hesaplanabilmektedir. Gezen alıcıların uydulara kilitlenme ve ölçülere başlama süreleri de kısalmaktadır.

VRS yönteminde işlem adımları ana hatlarıyla şu şekildedir;

- TUSAGA İstasyonlarından veriler hesap ve kontrol merkezine 1 saniye aralıklarla iletilir.
- Gezen alıcılar kendi yaklaşık konumlarını ± 100 m hassasiyetle NMEA formatında kontrol ve hesap merkezine gönderirler.
- Gezen alıcının hangi üçgen içerisinde olduğu kontrol ve hesap merkezinde tespit edilir ve gezen alıcının yaklaşık koordinatları kullanılarak VRS verisi hesaplanmış olur.
- VRS verileri RTCM formatında gezen alıcılara iletilir.
- Gezen alıcılarda standart RTK çözümüyle konum tespit edilmiş olur.

- Gezen alıcılar VRS verileri yardımıyla hesaplamış olduğu yeni konumunu tekrar kontrol ve hesap merkezine gönderir ve yukarıdaki anlatılan işlem adımları tekrarlanarak döngü devam eder.



Şekil 2. 14 VRS Sisteminin İşleyişi

Klasik Gerçek zamanlı kinematik GNSS yöntemine kıyasla sayılan üstünlüklerinin yanında VRS sisteminin de birtakım dezavantajları bulunmakta olup bunlar;

- Sunucu (server) kapasitesinden dolayı eş zamanlı kullanıcı (gezen alıcı) sayısında tahdit vardır.
- Referans istasyonlarıyla gezen alıcılar arasında çift yönlü veri iletişim hattının (GSM, GPRS vb.) teşekkülünün mecburiyeti vardır.
- Yapılan enterpolasyon işlemi dolayısıyla VRS İstasyonu verilerinin güvenilirliğiyle alakalı herhangi bir bilgi verilmemektedir.

Çift taraflı veri iletişimi hem merkez istasyon hem de gezen alıcılar için maliyeti artırıcı bir yöntem olmakta ve çift taraflı veri iletişimi RTK ağından eş zamanlı düzeltme alacak gezen alıcıların miktarında sınırlamalara sebep olmaktadır.

VRS metodunda gezen alıcıların düzeltmelerinin hesabı için ağ yazılımı rastlantısal olarak birkaç referans istasyonu seçmektedir. Misalen; ağ yazılımının gezici alıcıların düzeltmelerinin hesabı için üç adet referans istasyonu seçtiği ve bunlardan herhangi bir tanesinin bir sebeple hesap ve kontrol merkezine veri gönderemediği durumda ağ yazılımı bunun yerine yeni bir referans istasyonu temin etmeye çalışacak ve geçen bu süre zarfında ise gezen alıcılar hiçbir düzeltme bilgisi alamayacaklardır.

VRS metodu, ağ çözümlerini gezen alıcılara tek bir referans istasyonu çözümü gibi göndermektedir. Bunun manasıysa VRS metodunun gezen alıcılar tarafından tatbiki tek baz-tek gezen alıcı çözümü gibi algılanacaktır. Bu ise gezen alıcıların kendi konumlarını hesaplarken güvenilir ve sıhhatli bir ağ çözümü kontrolü yapmasına mani olmaktadır. Şayet hesaplamaların tek bir kullanıcı için değil de tespit edilen bir grid saha için geçerli düzeltme modelleri talep ediliyorsa bu durumda Sanal Referans Hücre (VRC: Virtual Reference Cell) metodu uygulanmaktadır. Bu metod da VRS kullanılmayıp gezen alıcılar hangi grid aralığına yönelirse o sahaya ait düzeltmeler yayınlanmaktadır. Burada, grid sahadan çok sayıda veri kümesi aktarılır ve gezen alıcı kendisine en yakın VRS verilerini seçerek kullanır.

Bu metod da kullanıcılar ile kontrol ve hesap merkezi arasında karşılıklı iletişim hattına ihtiyaç duyulmamaktadır ve VRS metodunda olduğu gibi kullanıcı miktarında bir tahdit bulunmamaktadır. Fakat elde edilen konum hassasiyeti VRS metoduna nazaran daha az olacaktır. Bu metodun daha çok WADGPS ağlarında kullanımı daha müspettir. Aşağıda Tablo 2.2’de MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farkları görülmektedir.

Tablo 2.2 MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farkları. (Kahveci, 2009)

Model	Veri İçeriği	Veri Hacmi	Ağ Düzeltmelerine Erişim	Veri Formatı
MAC	Fazla	Fazla	İlk kilitlenmede gecikebilir.	RTCM 3.0/3.1
FKP	Bir miktar fazla	Bir miktar fazla	İlk kilitlenmede gecikebilir.	RTCM 2.3/3.0+ Ek mesaj
VRS	En az	En az	Hemen sağlanır.	RTCM 2.3/3.0

2.9 DGPS Genişleme ve İyileştirme Sistemleri

DGPS temel olarak koordinatların düzeltilmesi ve ölçülerin düzeltilmesi şeklinde iki şekilde uygulanmaktadır. Her iki sistemde de düzeltmeler gezici alıcılar tarafından otomatik olarak anlık konumlara tatbik edilmekte ya da toplanan verilere sonradan yazılımlar vasıtasıyla uygulanmaktadır.

Düzeltilme yayınları yersel veya uydu bazlı şeklinde olabilmektedir. Yersel yayınlar yoğun olarak Amerika ve kısmi olarak Avrupa kıyılarında yapılmaktadır, fakat bu düzeltilme sinyallerini alabilmek için ilave donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

1. Uzay Tabanlı Sistemler(SBAS)
 - a. WAAS
 - b. EGNOS
 - c. MSAS
 - d. GAGAN
 - e. BEIDOU
2. Yer Tabanlı Sistemler(GBAS)
 - a. LAAS
3. Yer Tabanlı Bölgesel Sistemler (GRAS)
 - a. GRAS Avustralya Bölgesel Sistemi
4. Hava Taşıtları Tabanlı Sistemler (ABAS)
 - a. RAIM
 - b. FANS
 - c. AAIM
 - d. JPALS

2.9.1 Uzay Tabanlı Sistemler (SBAS)

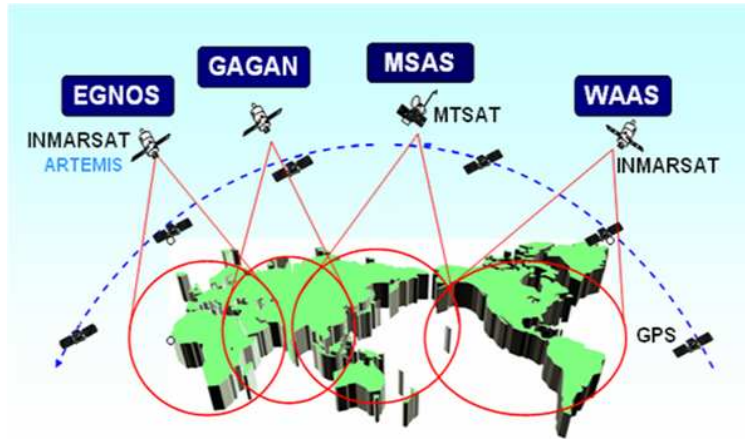
Uydu bazlı yayınların genel ismi SBAS (Satellite Based Augmenting System) dir. SBAS'a örnek olarak Amerika için WAAS, Avrupa için EGNOS ve Japonya için MSAS verilebilir. Bu uydular sabit yörüngeli uydulardır ve yine yayın erişimi için ilave bir ücret talep edilmemektedir. Aşağıdaki şekil 2.16'da görüleceğı üzere SBAS için yer

istasyonları sayesinde oluşturulan düzeltme verisi alanını harita üzerinde göstermektedir.

Ülkemiz şekil 2.15'te görüleceği üzere 2 adet Egnos uydusunun kapsama alanındadır.

Uydu bazlı yöntemde iki farklı tipte uydudan düzeltme alınabilir:

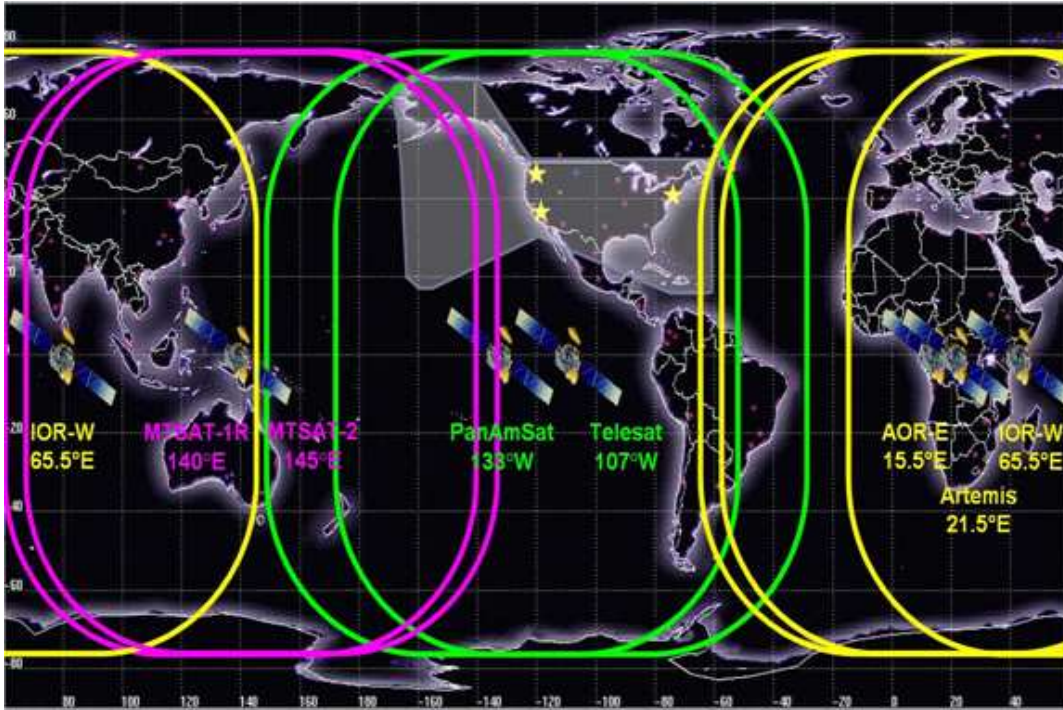
1. Ücretsiz yayın yapan SBAS uyduları (WAAS, EGNOS, MSAS): Bu uyduların kapsama alanında olan ülkelerde kullanılabilen bir sistemdir. Ülkemiz iki adet EGNOS uydusunun kapsama alanındadır. EGNOS uyduları diğer benzer uydular olan WAAS ve MSAS ile beraber genel olarak SBAS (Satellite Based Augmenting System) (Uydu temelli artırma sistemi) olarak adlandırılır.
2. Ücretli abonelik sistemi ile çalışan uydular (Omnistar): GPS alıcısı ürettiği koordinata uygulayacağı düzeltme verisini bu tip abonelik sistemli uydulardan alır. Abonelik işlemi 1 yıl, 5 yıl gibi süreler için geçerlidir. Bu süre sonunda abonelik yenilenmezse elde edilecek hassasiyet bir kaç metre dolaylarında kalır. OMNISTAR v.b ticari abonelik sistemi ile çalışan uydulardır. Bu kaynaktan faydalanabilmek için bir adet düzeltme yayınlarını alabilen bir alıcı ve bu alıcının seri numarasına kayıtlı bir abonelik mevcut olması gerekir.



Şekil 2. 15 SBAS Kapsama Alanları

2.9.1.1 WAAS (Wide Area Augmentation System)

- A.B.D, Kanada, Meksika,
- 18 tanesi A.B.D de olmak üzere toplam 25 yer referans istasyonu,
- 13 uydu ile toplamda 38 yer referans istasyonu planlanmakta,
- Bölümleri;
 - o Yer referans istasyonları (Wide area Reference Station(WRS))
 - o Ana yer istasyonu (Wide area Master Station(WMS))
 - o Yeryüzü istasyonu (Ground Earth Station(GES))
 - o İletişim uyduları (Communication Satellites(GEO))



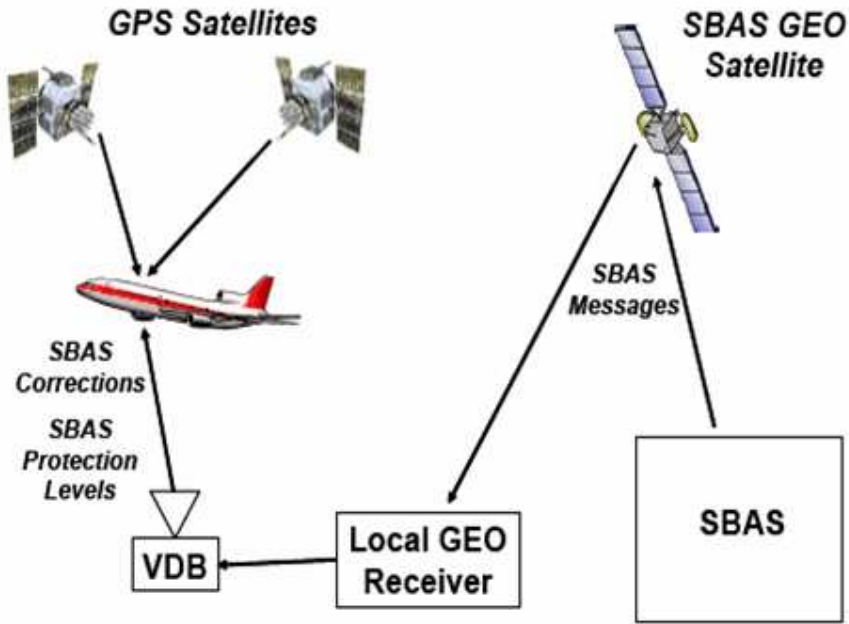
Şekil 2. 16 SBAS için yer istasyonları sayesinde oluşturulan düzeltme verisi alanını harita üzerinde göstermektedir.

2.9.1.2 EGNOS (European Geostationery Navigation Overlay System) (Avrupa sabit uydulu seyrüsefer kapsama sistemi)

Avrupa'nın ilk uydu bazlı konumlandırma sistemi olan EGNOS Avrupa Uzay Ajansı, Avrupa Komisyonu ve Eurocontrol'ün ortak girişimidir. EGNOS Avrupa'nın uydu bazlı

küresel konumlandırma sistemi olacak GALILEO'nun ön hazırlığı niteliğindedir ve Avrupa Uydu Servisleri Sağlayıcısı (ESSP) 2006 yılı başlarından itibaren EGNOS sinyallerinden sorumlu olmuştur.

Ülkemiz yer istasyonları yardımıyla hesaplanıp EGNOS uyduları tarafından yayınlanan düzeltme bölgesinin tam içerisinde yer almaktadır.



Şekil 2.17 SBAS tekrarlama diyagramı

Yukarıda, Şekil 2. 17’de SBAS tekrarlama diyagramı görülmektedir.

Ülkemiz 3 adet Egnos uydusunun kapsama alanındadır.

- GPS ve GLONASS uydu sistemlerini güçlendirmek için geliştirilen bu sistem GALILEO sistemine de entegre edilecektir
- Avrupa, Kuzey Afrika, Venezüella kapsama alanlarıdır.
- Waas sistemine benzer yapıda ve ek olarak GLONASS uydularından da faydalanabilmekte
- Kullanıcı, yer ve uzay bölümlerinden oluşmakta

- Ana kontrol merkezi(MCC),ana kontrol merkezine bağılı gözlem istasyonları(RIMS), yer referans istasyonları(GRS)
- Bilgi aktarımı için Inmarsat 3 uydularını kullanmakta
- Merkezi Avrupa olmak üzere Afrika ve Venezüella da toplam 44 yer referans istasyonu

2.9.1.3 MSAS (Multifunctional Transport Satellite Space-Based Augmentation System)

- Japon Sivil Havacılık Bürosu tarafından sivil havacılık amaçları doğrultusunda geliştirilen GPS sistemine yönelik bölgesel güçlendirme sistemidir.
- Japonya, Avustralya, Hawaii
- EGNOS sistemine benzer yapıda
- Toplam 6 tane Japonya, Avustralya ve Venezüella da yer izleme istasyonu
- Yer izleme istasyonları(GMS),gözlem istasyonları(MRS),Ana kontrol istasyonları(MCS),navigasyon amaçlı yer istasyonları(NES)
- MTSAT ve GPS uydularından faydalanmaktadır.

2.9.1.4 GAGAN (GPS and Geo Augmented Navigation)

GAGAN; Hindistan,GPS ve Yeryüzü arttırıcı seyrüsefer sistemidir.

- Bangalore'daki Hindistan ana kontrol merkezi(INMCC)
- 8 havaalanındaki Hindistan referans yer istasyonu(INRES)
- Ayrıca 18 havaalanına yerleştirilmiş alıcılar(TEC)

2.9.1.5 BNS (Beidou Navigation System)

- Çin, GPS ve Yeryüzü arttırıcı seyrüsefer sistemidir.
- Çince de Büyük Ayı Takım Yıldızı anlamında kullanılmaktadır
- Başta GPS ve GLONASS gibi ülkesel bir sistem olarak düşünülmüştür

- BEIDOU 1 ve BEIDOU 2 olmak üzere iki nesil uydu grubundan oluşmaktadır
- BEIDOU 1A,1B 2000 yılında
- BEIDOU 2A 2003 yılında kullanıma başlanmış
- BEIDOU 2 sisteminde 25 adet uydu bulunmaktadır.

2.9.2 SBAS'in kullanım Alanları

1. Haritacılıkta;
 - a. GPS' in anlık konumsal doğruluğu yeterli olmayan çalışmalarda
 - b. Koordinatı bilinen Nirengi – poligon noktalarının bulunmasında
 - c. Nokta istikşafında ve kanavalarının hazırlanmasında
 - d. 1 Metre veya altı hassasiyetin yeterli olduğu haritaların yapılmasında ve sayısallaştırılmasında
 - e. Orman – mera – hazine arazisi – köy sınır tespitlerinde
 - f. Çok kıymetli olmayan arazi mahkeme keşiflerinde tecavüzlerin anında belirlenmesinde
2. GNSS Tren kontrol sistemlerinde
3. Uçakların seyrüsefer sistemlerinde
4. Açık İşletme Madenciliğinde
5. Polis araçlarının navigasyonunda ve tarımda
6. Kurtarma operasyonlarında, İtfaiye, Ambulans vs. araçlarının yönlendirilmesinde
7. Şekil 2.18'de görüldüğü üzere, Yolcu ve Yük Gemilerinin ve Balıkçı teknelerinin seyrüsefer sistemlerinde



Şekil 2. 18 GNSS'in Gemilerin Seyrüsefer Sistemlerinde Kullanımı

8. Şekil 2.19'da görüldüğü üzere Karayolu yolcu ve yük taşımacılığında



Şekil 2. 19 GNSS'in Karayolu Seyrüsefer Sistemlerinde Kullanımı

9. Savaş araçlarında

2.9.3 Yer Tabanlı Sistemler (GBAS) (Ground-Based Augmentation System):

Yer temelli destekleyici sistem anlamında kullanılan GBAS, GPS ve diğer uzay tabanlı sistemlerden yararlanmaktadır.

GBAS sisteminin kullanımına 2005 yılında başlanılmış ve klasik elektronik iniş sistemlerinden olan ILS (CAT 1-2-3)'nin yerini almaya başlamış ve bu süreç günümüzde iyice hız kazanmıştır.

GBAS sistemi öncelikli olarak CAT-1 iniş yaklaşımlarında kullanılmaya başlanmış ve 2010 yılından sonra ise CAT-2 ve CAT-3 yaklaşımlarında kullanılması planlanmıştır.

2.9.4 Yer Tabanlı Bölgesel Sistemler (Ground-Based Regional Augmentation System - GRAS)

- GRAS yer tabanlı Avustralya bölgesel sistemi yer tabanlı sistemlerin bölgesel kullanım amacına göre genişletilmiş bir sistemdir.
- GRAS sistem olarak yer referans istasyonu, yer ana kontrol istasyonu ve VHF bandında yayın yapabilen anten sistemlerinden oluşmaktadır.
- Lokal kullanımlardan farklı olarak ilk kez bu sistem için 1995 yılında uydu fırlatılarak sistemin bölgesel olarak çalışması düşünülmüş ancak yaşanan problemler yüzünden SBAS teknolojisinden de kullanımı etkinleştirilmiştir.
- 1997 yılında bu amaçla 5 referans yer istasyonu kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar Brisbane, Darwin, Ceduna, Alice Springs ve Hobart şehirlerinde bulunmaktadır.
- Ana istasyon Canberra da bulunmaktadır.
- Modem sistemi de ana istasyonda bulunmaktadır.

Aşağıdaki Şekil 2.20’de GBAS Yer İstasyonu fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 2. 20 GBAS Yer İstasyonu

VHF istasyonlarından ilki Canberra da konuşlandırılmış yetersiz kalması nedeniyle Melbourne da yeni istasyon yapımına karar verilmiştir.

2.9.5 Hava Taşıtları Tabanlı Sistemler (ABAS)

Hava taşıtları tabanlı sistemleri 4 grupta toplamak mümkündür:

1. RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)
2. FANS(Future Air Navigation System)
3. AAIM(Aircraft Autonomous Integrity Monitoring)
4. JPALS(Joint Precision Approach and Landing System)

Bu sistemlerin içeriği GPS uydularını direk kullanabilme ve değişik uydu geometrilerini kullanarak yön ve pozisyon belirleyebilme özelliğidir. Sistem 3 ana amaç içermektedir:

1. Navigation (yön bulma)
2. Approach (yaklaşma)
3. Landing (iniş)

ABAS sistemleri CAT 1-2-3 sistemleriyle birlikte kullanılabilen ILS sistemlerinde doğabilecek karışıklık ve kargaşayı önleme amacı içermektedir.

Ayrıca bu sistemler günümüzde kullanılan mevcut elektronik sistemlerin gelecekte tamamen yerini alacakları gözüyle bakılmaktadır. Bu açıdan ilk kez JPALS(gelecekteki hava seyrüsefer sistemi) pilot sistemini devre dışı bırakarak insansız uçuş ve iniş sistemini gerçekleştirmiştir.

2.9.6 Genel Bilgiler

Diferansiyel modda çalışarak metre altı seviyede konum bilgisi üretmek mümkündür. Ancak bu hassasiyetin sürekliliği hem cihazın hemde düzeltme kaynağının oldukça güçlü olmasını gerektirir.

GPS sistemi milimetreden metre hassasiyete birçok seviyede sonuç üretebilecek kapasitede bir sistemdir. El tipi alıcılar ile ilave bir düzeltme olmaksızın elde edilebilecek sonuç şu an ± 15 metredir fakat 1 Mayıs 2000 tarihinde kaldırılmış olan ve Selective Availability olarak adlandırılan kasti yanıltma sinyalleri ± 100 metreye varan sapmalar ile sonuç elde edilmekte idi. Uydu bazlı olarak yapılan yayınlar (SBAS) ile

yeni nesil GPS alıcıları ile direk alınabilmekte ve böylelikle ± 3 metreye varan hassasiyette pozisyon elde edilebilmektedir.

SBAS destekli bir GPS alıcısı ve yerel datum dönüşüm parametreleri kullanılarak oldukça hassas sonuçlar ekonomik olarak elde edilebilir.

SBAS sayesinde uydulardan gelen bozuk sinyaller düzeltiliyor. Halen uçaklar bu sistemden yararlanarak yere 100 metreye kadar yaklaşabiliyorlar. SBAS bu aşamada devreden çıktıktan sonra geleneksel yöntemlerle uçak yere indiriliyor.

3 TÜRKİYE ULUSAL SABİT GPS İSTASYONLARI AĞI (TUSAGA)

3.1 TUSAGA-AKTİF Projesi

Organize toplumlarda her türlü mekânsal tasarım, planlama ve uygulamalar ile kaynakların verimli kullanılmasında coğrafi bilgiler fevkalade önemli rol oynamaktadır. 21. Yüzyılın modern dünyasında istihdamın yarısı bilgi teknolojilerindedir. Bu bilgilerin yarından fazlası da mekânsaldır, yani coğrafi bilgiler kapsamındadır.

Projenin sağladığı bilgiler, coğrafi verileri kullanan tüm kurumları, kuruluşları ve vatandaşları yakından ilgilendirmektedir. Yaklaşık 80 – 100 km aralıklarda 147 adet CORS referans istasyonundan oluşan CORS-TR ve yaklaşık 6000 noktadan oluşan datum dönüşümünde kullanılacak noktaların tasarımları gerçekleştirilmiştir.

TÜBİTAK, bilimsel değerlendirmeler sonucunda 18 Nisan 2006 tarihinde bu ulusal nitelikli ve kısaca CORS-TR olarak adlandırılan “Ağ prensibinde çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GNSS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesini destekleme kararı almıştır. Projeye ilişkin sözleşme, TÜBİTAK, İKÜ, HGK ve TKGM arasında 8 Mayıs 2006 tarihinde imzalanmıştır.

Yaklaşık 7,5 milyon YTL bütçeli proje kapsamında yoğun bir araştırma, geliştirme ve çalışma sonucunda;

- Tüm ülkeyi kaplayan 147 istasyondan oluşan CORS-TR kurulumu, 3 adet kontrol merkezi kurulumu,
- 3468 ED50 noktasına ait ITRFxx koordinatlarının derlenmesi, yaklaşık 3000 noktanın istikşafının yapılması, GNSS ölçülerinin yapılması ve ITRFxx koordinatlarının belirlenmesi gerçekleştirilmiş ve 31 ay sonra 8 Aralık 2008 tarihinde tamamlanmıştır. (Uzel.T, Eren.K.2008).

3.2 Projenin Yönetim Yapısı

TUSAGA-AKTİF (CORS-TR), İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) ile Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından

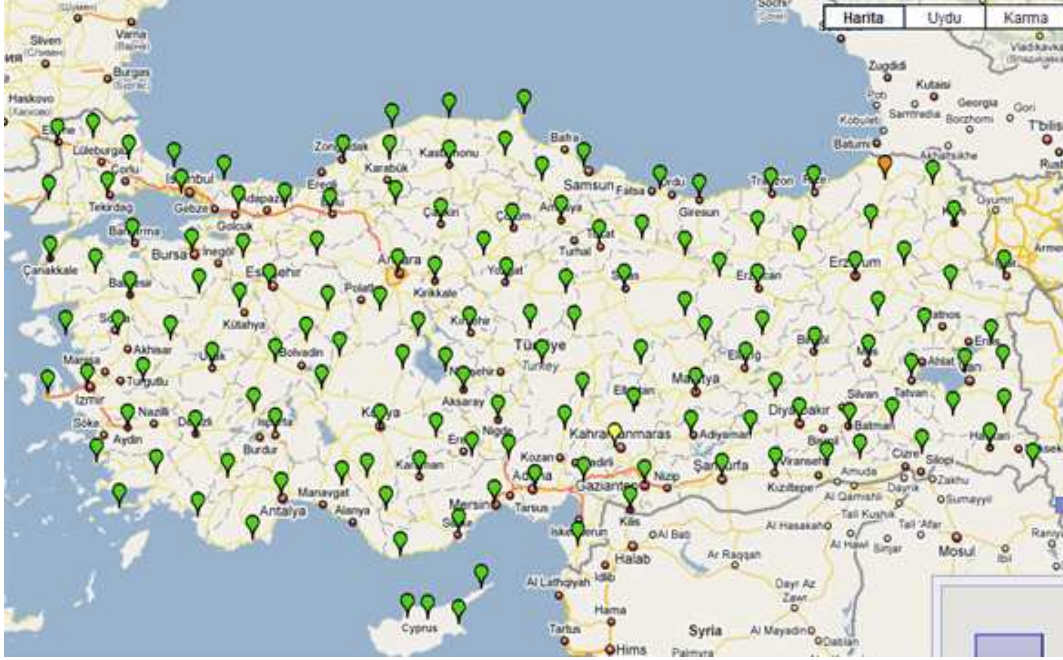
TÜBİTAK'a sunulmuş ve TÜBİTAK tarafından destekleme kararı alınmış bir projedir. Projeye ilişkin sözleşme, TÜBİTAK, İKÜ, HGK ve TKGM arasında 18 Nisan 2006 tarihinde imzalanmıştır. Söz konusu projede HGK ve TKGM müşteri kurum, İKÜ yürütücü kuruluş olarak faaliyetlerde bulunmaktadır. Projenin başlama tarihi 08 MAYIS 2006 ve projenin süresi 24 ay olarak belirlenmiştir. (CORS-TR) Projesi, araştırma ve geliştirme çalışmaları, ülke mühendislik altyapısı anlamında uygulamaları ile TÜBİTAK, üniversite ve aynı sektörde hizmet veren iki güzide harita kurumunun işbirliği anlamında da ülkemizdeki ilklerden birisini oluşturmuştur. (Uzel.T, Eren.K.2008).

3.3 Projenin Amacı

Organize toplumlarda her türlü mekânsal tasarım, planlama ve uygulamalar ile kaynakların verimli kullanılmasında coğrafi bilgiler çok önemli rol oynamaktadır. Kadastro ve haritacılık çalışmaları, alt ve üst yapı hizmetlerinin ve diğer mekânsal çalışmaların yürütülmesi ve yönetimi, güncel coğrafi altlıkların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenlerle CORS-TR projesinde yüksek teknoloji kullanılarak arazi ve araziye yönelik coğrafi tabanlı her türlü verinin hızlı, doğru ve güvenilir olarak toplanması, ayrıca ülke genelinde plaka hareketlerinin izlenmesi ve meteorolojik tahminlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Kadastro, haritacılık ve CBS /KBS çalışmalarında esas olan, coğrafi konumun (yani koordinatların), güvenilir yöntemlerle doğru, ünük ve üniform olarak belirlenmesidir. Aksi halde verilerin uyumsuzluğu ve entegrasyon sorunu ile karşılaşilmektedir. Konum belirlenmesinde GPS (Global Positioning System) teknikleri yepyeni bir çağır açmıştır. GPS teknolojisi, ülkemize 1990'lı yıllarda girdiği halde uygulayıcılar hala hiç de ekonomik olmayan yerel referans istasyonları gerektiren eski yöntem ve teknikleri kullanmaktadır. CORS-TR projesi, böylesine verimsiz kullanılan sistemleri, tüm ülkeye daha hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak hizmet veren yeni ve modern bir sistemle değiştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu proje, ayrıca, daha önce kullanılan ulusal ED50 datumundan halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna dönüşüm parametrelerini belirleyerek ED50 datumundaki verilerin ITRFyy datuma aktarılmasına da hizmet edecektir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de 80-100 km mesafelerde K.K.T.C. dahil 147 adet CORS-TR İstasyonu görülmektedir.

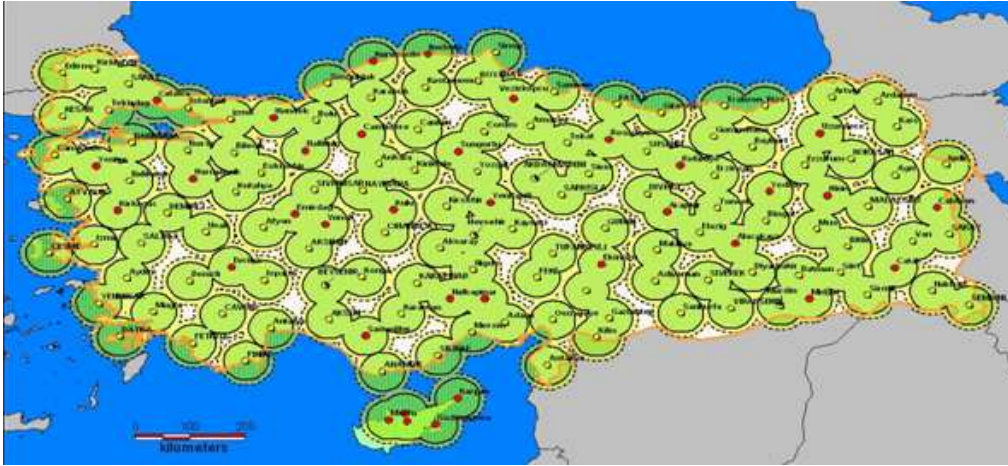


Şekil 3. 1 K.K.T.C. dahil TUSAGA-Aktif İstasyonları 147 adet

Söz konusu ulusal CORS-TR projesinin amaçları genel olarak aşağıdaki başlıklar altında ifade edilebilir:

1. Tüm ülke genelinde coğrafi konumları, 24 saat süreyle dakikalarda hatta saniyelerde hem gerçek zamanda (RTK) hem de sonradan hesapla cm’ler duyarlığında hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak belirlemek, böylece:
 - a. başta ülke savunması ve kalkınması amacına yönelik olmak üzere coğrafi belge ve bilgilerin üretilmesi için gerekli olan konum verilerini CORS-TR yöntemleriyle elde etmek,
 - b. TKGM ve HGK başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların, jeodezik nokta tesisi (nirengi, poligon vd), yersel harita ve kadastro ölçmeleri,
 - c. CBS/KBS amaçlı diğer yersel ölçmelerini bu sistemde gerçekleştirmek,

2. Hava, deniz ve karada metre altında duyarlılıkta navigasyon sağlamak,
3. Ulusal hücresel dönüşüm parametrelerini belirlemek ve böylece TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel datum dönüşümü sorununu çözmek, ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan ITRFxx datumuna aktarımını sağlamak,
4. Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modelleyerek daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya imkân ve katkı sağlamak,
5. Bir deprem ülkesi olan Ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin son derecede duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını mm'ler duyarlığında belirlemek; böylece depremlerin önceden tespiti ve erken uyarı çalışmalarına katkı sağlamak,
6. Ülkemizdeki ARGE çalışmalarına ve uzay araştırmalarına katkıda bulunmaktır.



Şekil 3. 2 CORS-TR İstasyonları (147 İstasyon, 80–100 km mesafelerde)

3.4 Projenin Kapsamı

Proje kapsamında, tüm ülkeye hizmet verecek Ağ prensibinde çalışan Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) fonksiyonlu sabit GPS istasyonları kurulacak ve ED-50 datumundan ITRFyy datumuna dönüşüm için olanaklar sağlanacaktır. Böylece;

- Sistem gerçek zamanda kullanılabilecek,

- Tüm kullanıcılar kurulacak merkezlerden hizmet alabilecek,
- Ülke genelinde hizmete sunulabilecek,
- Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacak,
- ED50 ve ITRFyy datumu ilişkileri sağlanabilecektir.

Kısacası, TUSAGA-AKTİF projesi, ülkemizde de haritacılıkta yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldıracak; kullanıcılara teknolojinin kolaylıklarını ve ürünlerini sunacaktır.

Proje kapsamında yapılan testler ve incelemeler, optimum uzaklığın 80-100 km arasında olduğunu göstermektedir. Benchmark testinin tamamlanmasını takiben sonuçlar değerlendirilmiş ve TUSAGA-AKTİF için ortalama istasyon aralığının 80-100 km arasında olmasına karar verilmiştir (Şekil 3.1). Bu tasarıma uygun olarak istasyonların kesin yerleri her üç kurumun ortak çalışmalarıyla saptanmaktadır. Bu çalışmalarda lojistik gereksinimler ve ülkemizin tektonik hareketleri özellikle göz önünde bulundurulmaktadır. (Uzel.T, Eren.K.2008).

3.5 Projede Yapılacak Çalışmalar

Projede yapılacak esas çalışmalar 4 ana başlıkta toplanabilir:

1. TUSAGA-AKTİF Sistem Tasarımı (İstasyon Yeri, Yazılım/Donanım, vb.),
2. TUSAGA-AKTİF Sisteminin Kurulması, işleme alınması
3. Datum Dönüşüm Modellerinin Geliştirilmesi,
4. Araştırma ve Geliştirmeler.

Burada hedef tüm ülkeyi kapsayan, 24 saat kullanılabilir ve hassas konum belirlenmesini sağlayacak her ilde bir istasyon kurmaktır. Böylece, bu sistem sayesinde;

- Jeodezik ölçülerde ve harita ve kadastro çalışmalarında, nirengi / poligon aramak gerekmeyecek,
- GPS ölçülerinde, başka bir referans / baz istasyonuna gerek kalmayacak ve halen uygulamada gördüğümüz 1-2 baz ve birkaç gezici alıcı yerine bir referans istasyonu onlarca hatta yüzlerce gezici tarafından kullanılabilir,
- Koordinatlar, ulusal bir format ve standartta üretilebilecektir.

TUSAGA-AKTİF sisteminde her bir referans istasyonu, AKTİF ağ özelliklerine sahip olacak ve kapsadığı alan içinde gerçek zamanda cm-mertebesinde konum belirlemeye olanak verecektir. Sistem, aynı zamanda web / internet tabanlı da olacak ve kullanıcıların post-processing amaçlı kullanımlarına hizmet edecektir. TUSAGA-AKTİF sistemi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü / Harita Genel Komutanlığı tarafından tesis edilen ITRFyy datumundaki Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ile de entegre edilecektir.

3.6 Projenin Kullanıcıları

Buradaki uygulamadan TKGM ve HGK başta olmak üzere kamu kurumları, tüm belediyeler, binlerce harita firması, altyapı ve mühendislik firmaları yararlanacaktır. Sistemin diğer kullanıcılarından bazıları şunlardır:

- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,
- Milli Savunma Bakanlığı,
- Tarım, Orman ve Çevre Bakanlığı,
- İçişleri Bakanlığı,
- Kültür ve Turizm Bakanlığı,
- Ulaştırma Bakanlığı,
- Enerji Bakanlığı,
- İller Bankası,
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (deformasyon / deplasman belirlenmesi),
- Denizcilik Müsteşarlığı,
- TCK,
- TCDD,
- DSİ,
- TEAŞ / TEDAŞ,
- GAP İdaresi,
- Askeri Kuruluşlar,

Belediyeler sistemin önemli kullanıcılarından birisidir. Bu kuruluşlar hâlihazır harita yapımında, imar ölçülerinde, altyapı ve diğer mühendislik çalışmalarında, kamulaştırmada, ulaşımda birçok uygulamada sistemi aktif bir biçimde kullanacaktır. Fakat sistemin en önemli kullanıcılarının projenin ortak müşterileri olan TKGM ve HGK olduğu söylenebilir. (Uzel.T, Eren.K.2008).

3.7 CORS ve Kurulum Aşamaları

En kapsamlı tanımıyla CORS: Cm doğruluğunda konum belirlenmesine imkan sağlayan, ulusal nitelikte olan ve aynı zamanda ölçü sonrası büro hesaplamalarına (post process) olanak tanıyan arşiv sistemine sahip ağ ifade edilmektedir.

Oysa RTN(Ağ-RTK) ile özel ve yerel kuruluşlarca tesis edilen ve işletilen, yalnızca cm doğruluğunda gerçek zamanlı (RTK) hizmet veren ağlar anlaşılmaktadır. CORS ve RTN sistemlerinin ortak tarafıysa her iki sisteminde yeryüzünde belirli sıklıkta kurulmuş sabit GNSS istasyon verilerinin kullanılmasıdır. (Kahveci, 2009).

3.7.1 CORS Sistemleri ve Çalışma İlkeleri

L2C ve L3C kullanılarak iyonosfer parametreleri belirlenebilecektir. Böylece bağlı ölçülere gerek kalmadan jeodezik konum belirlenmesi hedeflenmektedir.

L2C sinyal L1'e göre daha iyi veri kalitesine sahip olup alçak uyduların daha iyi ve güçlü izlenmesi mümkün olmaktadır. CORS kontrol merkezi, bu sinyali değerlendirerek 10°'nin altındaki uyduları bile çözümde kullanabilecek, hataları daha iyi modelleyebilecektir. Geziciler ise kötü koşullarda dahi hızla çözüme gidebilecektir. Halen yeni uydularda kullanılmaya başlanan ve 2015 yılında tamamlanacak yeni GPS L5 sinyali de yansıma hatasından daha az etkilenecek, daha uzun mesafelerde daha güvenilir RTK ölçülerine olanak verecektir.

İyonosfer modellemesi tek tabakalı olup L1/L2 taşıyıcı fazlarından büyük ölçüde hesaplanabilmektedir. Modelden elde edilen düzeltmeler gözlemlere getirilmektedir. Troposfer modellemesi genelde 'Modified Hopfield Model' olup sinyalin geçtiği

ortamda yeterli ölçü yapılamaması nedeniyle troposfer hataları hesabı zorlaşmaktadır. Burada da modelden elde edilen düzeltmeler gözlemlere getirilmektedir.

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere, CORS sisteminde, tüm ülkeyi kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcılarının gözlemleri, bir kontrol merkezine ADSL veya GPRS/EDGE üzerinden iletilmekte; kontrol merkezinde atmosfer ve diğer hatalar modellenerek RTK/DGPS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, RTCM formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir. Halen Türkiye genelinde 2000 üzerinde GPS alıcısı bulunmaktadır. GPS kullanıcıları ya mevcut kontrol noktalarını baz almakta ya da statik veya RTK (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta ve daha sonra da gezici alıcılarla koordinatlarını hesaplamaktadırlar. Statik ölçülerde, baz uzunluğu ve uygulanan yöntemle bağlı olarak, geziciler dakikalardan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar.

RTK kullanımı durumunda ise baz istasyonundan 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlayabilmektedirler. Bu kadar zahmetli, zaman isteyen ve pahalı bir yaklaşım sonucu belirlenen jeodezik kontrol noktalar ise arazide değişik boyutlarda zemin tesisleriyle (pilye dahil) yapılmaktadır.

Yukarıda bahsedilen yaklaşımda ilk iyileştirme sürekli gözlem yapan sabit istasyonlar oluşturup gezici alıcılara açılması şeklinde olmuştur.

Buradaki teknik yaklaşım, CORS ile aynı olup sadece referans / baz istasyonlarının farklı kullanıcılar tarafından kullanılması söz konusudur. Ölçü süreleri yine dakikalardan saatlere varan uzunluktadır. CORS-TR projesinde ise aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir. Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenebilmektedir. Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri dakikalara ve hatta saniyelere inmekte, baz uzunlukları da yaklaşık 10 misli büyümektedir. (Uzel.T, Eren.K.2008).

Aktif CORS modellemelerinde yaygın olarak üç teknik kullanılmaktadır. Bunlar daha evvelki bölümlerde detaylı olarak anlattığımız aşağıdaki yöntemlerdir:

- FKP tekniği,
- VRS tekniği,
- MAC tekniği'dir.

3.7.2 Tasarım

Sabit GNSS Ağlarının tesisinde yaygın olarak aşağıda belirtilen 2 modelden birisi tatbik edilmektedir.

1. Aşağıdan Yukarıya Doğru Model: A.B.D.'de uygulandığı üzere eyaletlerde yerel ve bölgesel gayelerle tesis edilmiş olan sabit istasyonların faaliyetleri ülke ulusal kuruluşunun idaresi altında birleştirilmektedir.
2. Yukarıdan Aşağıya Doğru Model: İngiltere ve İrlanda'da tatbik edildiği üzere sabit GNSS Ağları bulunduğu ülkenin bu işlerden sorumlu yetkili ulusal idaresinin kontrolü altında tesis edilerek işletilmesi sağlanmaktadır. (Kahveci,2009)



Şekil 3. 3 Aktif CORS konfigürasyonu

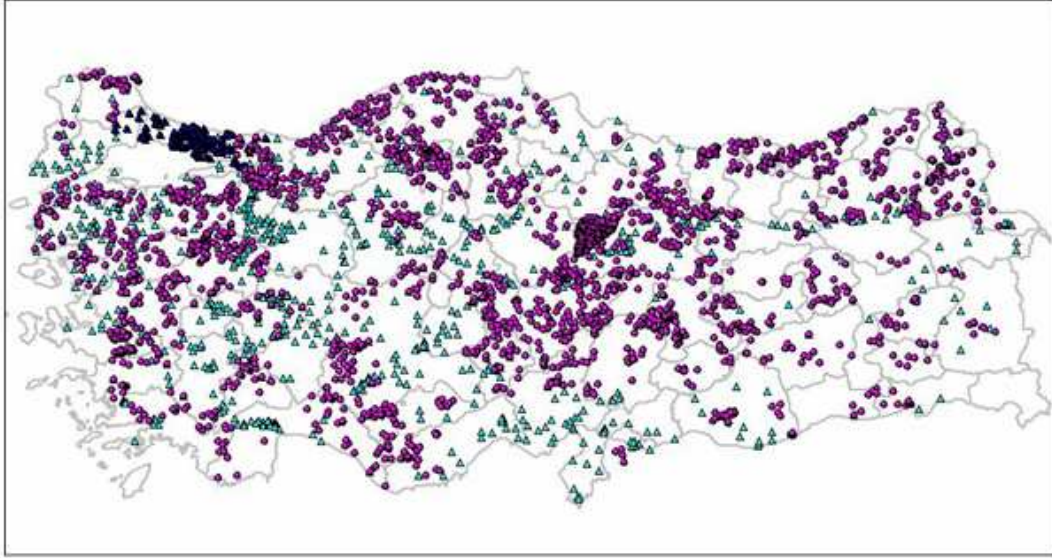
Ülkemizdeyse, yürürlükteki mevzuat ve tatbikattaki bazı sorunlardan dolayı Yukarıdan Aşağıya Doğru Model tatbik edilmektedir. Müşteri Kurumlar TKGM ve HGK ile yapılan toplantılar sonucunda datum dönüşümü için gerekli noktaların aralığı 30 km yerine yaklaşık 10 km olması kararlaştırılmıştır. Böylece ED50 datumunda üretilen her ölçekteki paftanın ITRFyy datumuna dönüşümü mümkün kılınmaktadır. Datum dönüşümü ile ilgili olarak öncelikle HGK, TKGM, üniversiteler ve kamu kurumlarından

ED50 ve ITRFyy datumlarında koordinatları mevcut ortak noktalar derlenmiştir. Toplam 5024 adet ortak noktaya ait bilgi İKÜ'ne ulaştırılmıştır. Yapılan kontroller sonucunda bazı noktaların kaba hataları olduğu ve bazılarının da duplike olduğu görülmüş ve ayıklama sonucunda geriye Şekil 3.4'te görülen toplam 3468 ortak nokta kalmıştır. Mevcut ortak noktalar göz önünde bulundurularak 1/100.000 ölçekli pafta bazında bir tasarım yapılmış ve yeni ölçülecek 3000 adet nokta belirlenmiştir. Böylelikle ortalama 120 km² / adet olacak şekilde (yaklaşık 10 km aralıklı) nokta dağılımı gerçekleştirilmiştir.

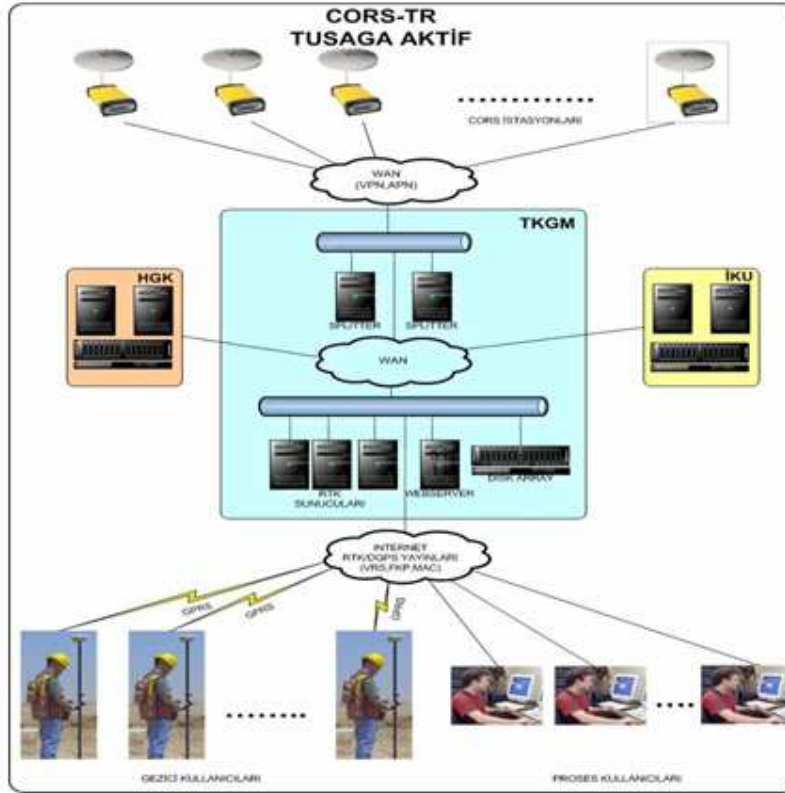
3.7.3 CORS Sisteminin Kurulması

Projenin başlıca amaçlarından birisi ülke genelinde 24 saat hizmet verecek CORS-TR sisteminin kurulmasıdır. Şekil 3.5'te çalışma işleyişi gözükken bu sistemin 3 ana bileşeni bulunmaktadır:

- Kontrol merkezi (yazılım ve donanımı) ve iletişim,
- CORS noktaları zemin tesisleri, elektrik, ve ADSL / EDGE bağlantıları,
- CORS GNSS alıcıları ve aksesuarları.



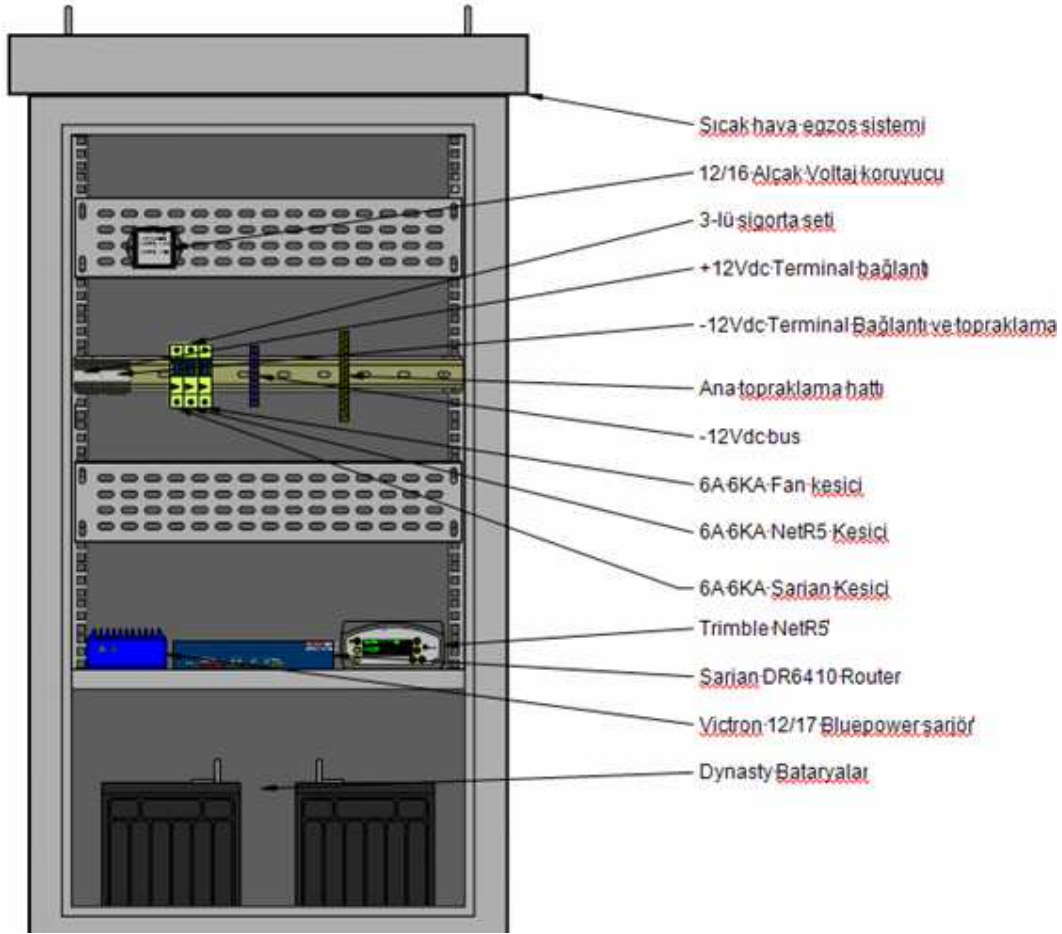
Şekil 3. 4 Mevcut ED50 – ITRFyy Ortak Nokta Dağılımı (3468 nokta)



Şekil 3. 5 CORS-TR Sistemi

3.7.3.1 Kontrol merkezi yazılım, donanım ve iletişimi

CORS-TR sisteminin beyni; donanım, yazılım ve iletişimin yer aldığı Şekil 3.6'da görülen kontrol merkezidir. Sistemin yönetimi kontrol merkezinden olmaktadır. Tüm CORS-TR istasyon verileri, otomatik olarak bu merkeze iletilmekte ve burada yapılan CORS ağ hesapları ve düzeltmeler buradan kullanıcılara ulaştırılmaktadır.



Şekil 3. 6 CORS-TR Referans İstasyonu

CORS-TR Projesi kapsamında 3 adet kontrol merkezi kurulmaktadır:

- 1 x Kontrol Merkezi TKGM'nde
- 1 x Kontrol Merkezi HGK'nda
- 1 x Kontrol Merkezi İKÜ'nde

Kontrol Merkezi Sunucularını sıra güçlübir kontrol merkezi yazılımına sahiptir. Bu yazılımın başlıca fonksiyonları aşağıda verilmektedir:

- Tüm NetR5 referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi,
- CORS noktalarının koordinatlarının hesaplanması,
- Hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması,
- RTK hizmetleri,
- Web hizmetleri,
- Gezicilerin izlenmesi,
- Verilerin depolanması,
- Diğerleri.

Şekil 3.7’de görülen TKGM ve HGK’da kurulan kontrol merkezleri RTK kapasiteliyken, İKÜ kontrol merkezi ise genel itibariyle veri toplama amaçlıdır.



Şekil 3. 7 TKGM Kontrol Merkezi

3.7.3.2 CORS noktaları zemin tesisleri, elektrik ve ADSL / EDGE bağlantıları

Üç türlü zemin tesisi yapılmış olup bunlar; toprak zeminde beton yer pilyesi, Çatı ve teraslarda kalın, ince cidarlı, galvaniz kaplı çelik pilyeler. Ülke genelinde inşa edilen pilye toplamı 147 olup boyutlarına göre dağılımları aşağıdadır:

- 85 adet 2 m pilye (zeminler dahil)
- 58 adet 3 m pilye
- 3 adet 4 m pilye



Şekil 3. 8 CORS sistemi çalışma şekli.



Şekil 3. 9 Bazı CORS-TR İstasyonları

3.7.3.3 CORS GNSS Alıcıları ve Aksesuarları

150 adet NetR5 CORS referans istasyonu ve Zephyr Geodetic2 anteni, 3 adet kontrol merkezi (donanım, yazılım ve diğer aksesuarlar), 150 adet pilye ve kabin sağlanmıştır. NetR5 bir Global Navigational Satellite System (GNSS) alıcısı olup GPS, GLONASS ve GALILEO sinyalleriyle işlem yapabilmektedir. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi İletişim için tüm istasyonlarda ve kontrol merkezlerinde TT ADSL ve alternatif olarak da Turkcell EDGE seçilmiştir. Tüm noktalarda 2m, 3m veya 4m lik pilyeler ile GNSS alıcılarının, modemlerin ve diğer aksesuarların muhafaza edildiği klimalı kabinler tesis edilmiştir. Kontrol merkezine her CORS referans istasyonundan her saniye ADSL veya EDGE aracılığıyla yaklaşık 5600 bit/saniye büyüklüğündeki GNSS gözlemleri iletilmekte; CORS ağ hesapları ve düzeltmeler ise kontrol merkezinden kullanıcılara RTCM 3.x vasıtasıyla ulaştırılmaktadır. (<http://cors-tr.iku.edu.tr/>)

3.7.4 TUSAGA-Aktif Sistemi İletişim

3.7.4.1 TUSAGA-Aktif Kontrol Merkezi-İstasyonlar

TUSAGA-Aktif Sistemi Kontrol Merkezi ile 147 Adet istasyon noktası arasındaki veri iletişimi birincil olarak ADSL ile gerçekleştirilmektedir. Alternatif veri iletişimi ise GPRS/EDGE ile gerçekleştirilmektedir.

3.7.4.2 TUSAGA-Aktif Sistemi-Kullanıcılar

TUSAGA-Aktif Sistemi Kontrol Merkezi ile Kullanıcılar arasındaki veri iletişimi GPRS/EDGE ile gerçekleştirilmektedir.

3.7.4.3 TUSAGA-Aktif Sisteminin Yayınladığı Düzeltmeler

RTCM 2.3, RTCM 3.0, CMR +, DGPS, RTCM 3.1

- TUSAGA-Aktif Sistemi tüm kullanıcılara açıktır
- Alıcıdan bağımsız hizmet vermektedir

- İkinci bir duyuruya kadar ücretsiz hizmet vermektedir
- TUSAGA-Aktif Sistemi 2005.00 referans epokunda veri üretmektedir
- TUSAGA-Aktif Sistemi ile ortometrik yüksekliklerin belirlenmesi için güncellenen Türkiye Jeoidi verileri Kullanılacaktır.

3.7.4.4 Daha İyi İletişim İçin APN Tüneli

TUSAGA-Aktif kapsamında kullanıcıların kesintisiz ve daha verimli düzeltme alabilmelerini sağlamak için TKGM-TURKCELL arasında 3000 kullanıcıya hizmet verebilecek APN(Access Point Name) kurulmuştur.

APN sayesinde tüm kullanıcılar sistemden kesintiye uğramadan düzeltme yayınlarını alabileceklerdir.

APN NEDİR: Cep telefonu, dizüstü bilgisayarı ya da özel bir terminalden(TUSAGA-Aktif) bilgiye ve uygulamalara, güvenli ve ucuz erişim sağlayan özel bir iletişim tüneldir. Bu sayede kullanıcılar (TUSAGA-Aktif Kullanıcıları) düzeltme verilerini kesintisiz ve gecikmesiz olarak gerçek zamanda alabileceklerdir. (www.tkgm.gov.tr/)

3.8 TUSAGA İstasyonları Yer Seçim Kriterleri

BM testi sonuçları ve daha sonraki araştırmalar, sabit istasyonlar arasındaki optimum uzaklığın ülkemiz koşullarında 80-100 km arasında olduğunu göstermiştir. CORS istasyon yeri tespitinde istasyonlar arasındaki mesafelerden başka göz önünde bulundurulması gereken hususlar bulunmaktadır:

1. İl merkezleri olması (kullanıcıların yoğun olduğu merkezler olması sebebiyle),
2. Sınır ve kıyı boyundaki büyük yerleşim merkezlerin olması,
3. Sağlam ve lojistiği uygun zemin (heyelan bölgesi dışında) olması,
4. Elektrik ve haberleşme (ADSL ve EDGE) olanaklarının bulunması,
5. Mümkün olduğu kadar tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlayacak olması.

Bu bilgiler ışığında tüm ülkeyi ve KKTC'yi kapsayan bir tasarım yapılmış ve 147 istasyona ait yerler İKU, HGK ve TKGM'nün ortak çalışmalarıyla tespit edilmiştir.(Şekil 3.9). Bu çalışmalarda lojistik gereksinimler ve ülkemizin tektonik hareketleri özellikle göz önünde bulundurulmuştur. İstasyon yerleri olarak ilk aşamada sağlam kamu binalarının çatıları, meteoroloji istasyon alanları, korumalı ve iletişimi olan diğer yerler seçilmiştir. (Uzel.T, Eren.K,2008.)

3.9 Projenin Sonuçları

CORS-TR projesi Türkiye'de iki konuda tarihi dönüm noktası oluşturmaktadır:

- Ulusal CORS ağı ve
- Ulusal datum dönüşümü.

3.9.1 Ulusal CORS Ağı

CORS sisteminin tasarımı, mevki seçiminden tutunda en son verinin analiz edilmesine kadar eksiksiz bir sistemdir. Küçük uygulamalar için bir ya da iki istasyon yeterli olabilir, bununla birlikte büyük uygulamalar profesyonel bir bakış ister, misalen GNSS ağının bir başka tipteki sensörlerle entegrasyonu gibi.

GNSS sisteminin kullanıcısının çalışma alanındaki istenilen verilerde daha fazla hassasiyete, kesin sonucun güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği ile düzeltilebilirliğe sahip olması beklenmektedir. Bu GNSS hatalarının modellenmesi ile sağlanabilir. Ağ tasarımı ve işletmesinde ana konu hata modellemesidir. (Avcı, Ö. 2007)

GNSS gözlem bilgileri, ADSL veya EDGE aracılığı ile her saniye NetR5 CORS referans istasyonlarından kontrol merkezine aktarılacaktır. Kontrol merkezinde hatalar modellenecek ve her saniye düzeltmeler hesaplanacaktır. Ayrıca post-processing amacıyla tüm GNSS gözlemleri 1 saniye, 15 saniye veya 30 saniye aralıklarda ftp kullanımına açılacaktır. Şekil 3.10'da CORS sistemi merkezinden çalışmaların takibi görülmektedir.

Dolayısıyla sistem iki yöntemle hizmet verecektir:

- Gerçek zamanda koordinat belirleme ve
- Post-processing ile koordinat belirleme. (Uzel.T, Eren.K,2008).



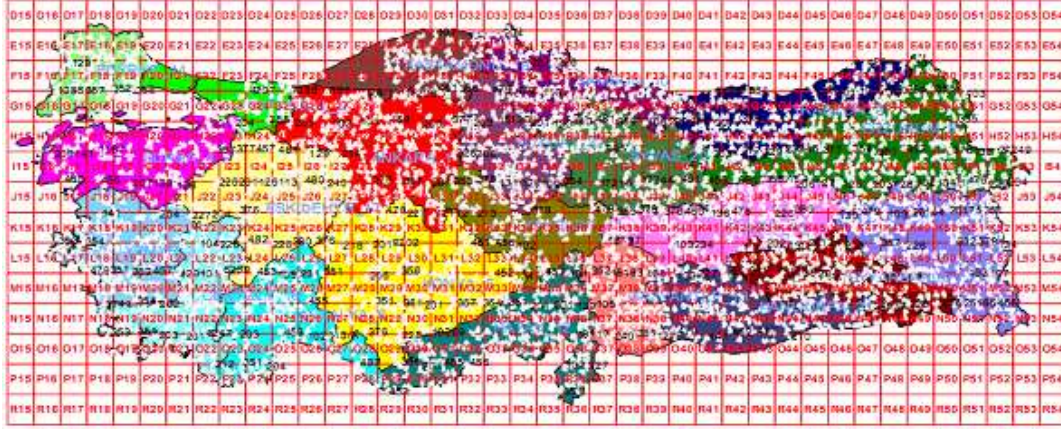
Şekil 3. 10 CORS sistemi merkezinden çalışmaların takip edilmesi

3.9.2 Ulusal Datum Dönüşümü

Müşteri Kurumlar TKGM ve HGK ile yapılan toplantılar sonucunda datum dönüşümü için gerekli noktaların aralığı 30 km yerine yaklaşık 10 km olması kararlaştırılmıştır. Böylece ED50 datumunda üretilen her ölçekteki paftanın ITRFyy datumuna dönüşümü mümkün kılınmaktadır.

Datum dönüşümü ile ilgili olarak öncelikle HGK, TKGM, üniversiteler ve kamu kurumlarından ED50 ve ITRFyy datumlarında koordinatları mevcut ortak noktalar derlenmiştir. Toplam 5024 adet ortak noktaya ait bilgi İKÜ'ne ulaştırılmıştır. Yapılan kontroller sonucunda bazı noktaların kaba hataları olduğu ve bazılarının da duplike olduğu görülmüş ve ayıklama sonucunda geriye toplam 3468 ortak nokta kalmıştır. Bu noktaların dağılımı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Mevcut ortak noktalar göz önünde bulundurularak 1/100.000 ölçekli pafta bazında bir tasarım yapılmış ve Şekil 3.11’de gösterilen yeni ölçülecek 3000 adet nokta belirlenmiştir Böylelikle ortalama 120 km² / adet olacak şekilde (yaklaşık 10 km aralıklı) nokta dağılımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 11 Datum Dönüşümü amacıyla GNSS ölçüleri için seçilen ED50 noktaları

3.9.3 CORS-TR Projesinin Ekonomik Katkıları

CORS-TR Projesinin olası katkılarını anlayabilmek için geçmişteki harcamaları bilmekte yarar bulunmaktadır;

- 2005 içinde TKGM, İller Bankası, Belediyeler ve diğer kamu kurumlarının jeodezik ağ çalışmalarına ayırdıkları kaynak, 80 milyon YTL civarında tahmin edilmektedir.
- Sadece TKGM kadaströ çalışmalarında Jeodezik noktalar için 2005 ve 2006 yıllarında 45 Milyon YTL harcamıştır (9700 köy kadaströ için).

Bir varsayımla, yukarıdaki çalışmalar CORS-TR kullanılarak yapılsa idi, bu harcamaların yaklaşık % 80 gibi önemli bir kısmı tasarruf edilebilirdi.

CORS-TR sisteminin tamamen faaliyete girmesinden itibaren son derece önemli ekonomik faydaları olacaktır. Bu faydaların bazıları aşağıda verilmektedir:

1. TKGM, Dünya Bankası kanalıyla yakın bir tarihte 220 milyon Dolarlık kadaströ yenilemesi çalışmalarına başlamaktadır. Bu çalışmaların %20'si jeodezik çalışmalar olup sadece bu kalemde yaklaşık 35 milyon Dolar tasarruf söz konusudur. Ayrıca buna yakın bir tasarrufun da kadaströ ölçülerinden sağlanması söz konusudur.
2. Devlet Planlama Teşkilatı, Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü (VOHD) ve Kamu Yönetiminde Modernizasyon (KYM) programları çerçevesinde VOHD-53 – Tapu ve Kadaströ Kayıtları için 158 milyon YTL ve KYM- 75 – Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapısı Kurulumu için de 232 milyon YTL ayırmış bulunmaktadır. CORS-TR kullanılarak bu çalışmalarda da en az % 20 tasarruf söz konusu olup bu da 39 milyon YTL tutarında bir miktardır.
3. Türkiye’de 3000 üzerinde GPS / GNSS alıcısı bulunmaktadır. Bunların üretimi CORS-TR sayesinde en az 2 misli artacaktır. Sırf buradan da 100 milyon YTL üzerinde bir tasarruf söz konusudur.
4. HGK, askeri kuruluşlar, belediyeler ve diğer kullanıcılar göz önünde bulundurulduğunda CORS-TR’nin yıllık ekonomik katkısı yüzlerce milyon YTL ile ifade edilebilir.

Sistemin kazandırdığı pratiklik, kolaylık, hız ve süreklilik yanında ve yukarıdaki ekonomik katkılar da eklendiğinde CORS-TR projesinin herkesin hayatına gireceği ve tarihe geçeceği açıkça söylenebilir. (Uzel.T, Eren.K,2008).

3.10 TUSAGA ile Yapılan Uygulamalar

Ülke genelinde kullanıcılar karada, havada ve denizde;

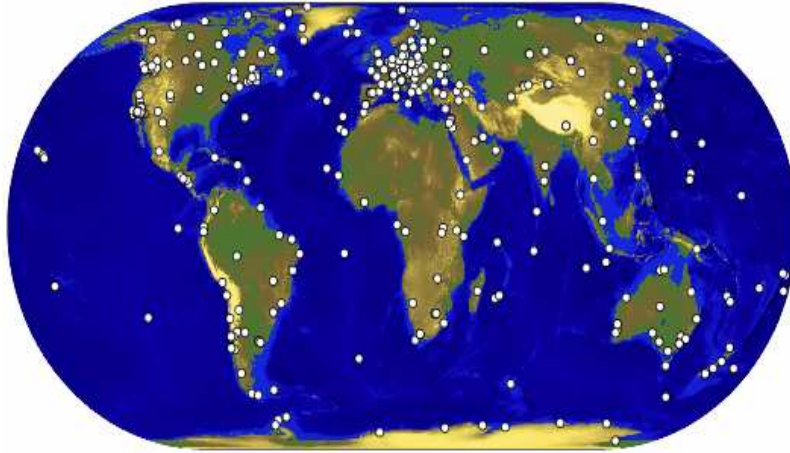
- GPS veya GNSS alıcıları ile kontrol merkezine bağlanarak RTK yöntemiyle dakikalarda, hatta saniyelerde, cm mertebesinde koordinatlarını belirleyeceklerdir.

Navigasyon alıcıları ile kontrol merkezi RTCM yayınları sayesinde RDGPS yöntemiyle gerçek zamanda dm’ler mertebesinde koordinatlarını belirleyebileceklerdir. Böylece sistem ülke genelinde:

- Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacaktır (jeodezik nokta ölçüleri, topoğrafik ölçüler, kadastro ölçüleri, mühendislik ölçmeleri, demiryolları, altyapı ve mühendislik yapıları ölçmeleri, planlama ve imar ölçüleri, hidrografik ölçüler, çevre, ulaşım, e-devlet, e-belediye, e-ticaret uygulamaları kapsamında yersel ölçüler, vd).
- Binlerce GPS / GNSS alıcısının kendi referans istasyonuna gereksinim olmaksızın gözlem yapabilmesine olanak verecektir.
- Jeodezik kontrol noktalarında yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldıracaktır. (Uzel.T, Eren.K,2008).

3.11 IGS Ağı

Uluslararası GPS servisi IGS, bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamalarında yeterli doğrulukta kullanılabilecek GPS ölçülerinin toplanması, arşivlenmesi ve dağıtımından sorumludur. IGS, jeodezik ve jeofizik araştırmalara destek vermek üzere 1 Ocak 1994’de işletilmeye başlanmıştır. (İnal,C.;Şanlıoğlu,İ,2004) Jeodezik GPS ağlarına bakıldığında, dünya genelinde 373’ü aktif 414 nokta ile oluşturulan Şekil 3.12’de görülen IGS sabit GPS ağı birçok bölgesel ağa örnek teşkil etmiştir. (<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>)



Şekil 3. 12 IGS Ağı

3.11.1 IGS'nin görevi

İzleme istasyonlarından elde edilen veriler 3 global veri merkezinde ve 6 bölgesel veri merkezinde arşivlenmektedir. 8 ayrı analiz merkezinde, söz konusu veriler düzenli olarak değerlendirilmekte ve merkez analiz koordinatörüne gönderilmekte, burada irdelenerek kullanıcılara yayınlanmaktadır. IGS global izleme istasyonlarından elde ettiği verileri;

- Yüksek doğruluklu GPS uydu efemerisleri
- Yer dönme parametreleri
- IGS izleme istasyonları koordinatları ve bu noktalara ait hız vektörleri
- GPS uydu ve IGS izleme istasyonlarına ilişkin saat bilgileri
- Zenit gecikmeleri oluşturmak için kullanılmaktadır. IGS tarafından teşekkül ettirilen hassas yörüngeler üç farklı biçimdedir. Tablo 3.1'de görüldüğü şekilde, Bunlar; IGS sonuç(IGS final), IGS hızlı(IGS rapid), IGS Kestirim(IGS Predicted/IGS Ultra Rapid) olarak sıralanmaktadır.

(http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semp_pdf/87_96.pdf)

Tablo 3.1 IGS yörünge ürünleri

GPS UYDU EFEMERİSİ	DOĞRULUK	ELDE ETME SÜRESİ	GÜNCELLEME	ÖRNEKLEME ARALIĞI
Yayın Efemerisi	~260cm	Anlık		Günlük
Kestirim(Ultra Hızlı)	~25cm	Anlık	Günde iki kere	15 dakika
Hızlı	5cm	17 saat	Günde bir kere	15 dakika
Sonuç	<5cm	~13 gün	Haftada bir kere	15 dakika

IGS'nin birinci görevi, GPS veri ürünleri ile jeodezik ve jeofiziksel araştırma faaliyetlerine desteklemek için bir sağlayıcı olmaktır. İkinci görevi ise GPS uygulamalarında çok büyük gelişmelerden haberdar olarak hükümetlerin veya seçilmiş ticari organizasyonların sergilediği geniş bir yelpazeyi içeren işletimsel faaliyetlere destek sağlamaktır. Servis ayrıca gerekli standartları/şartnameleri geliştirmekte ve uluslararası bağlılığı bu kurallar ile teşvik etmektedir.

IGS bu görevlerini yerine getirmek için IGS ağına dahil sabit GPS istasyonlarından gözlem verilerini toplar. Bu veriler GPS ve GLONASS uydu efemerisleri, Dünya dönme parametreleri, IGS izleme istasyonu koordinatları ve hızları, GPS uydu ve IGS izleme istasyonları saat bilgisi, başucu(zenit) doğrultusu gecikme tahminleri, global iyonosferik haritalar gibi ürünleri oluşturmak için kullanılır.

IGS ürünleri; ITRF'yi geliştirme ve yayma, Dünya'nın katı yüzeyindeki deformasyonları ve Dünya'nın sıvı kısmındaki değişimleri (deniz seviyesi, buz tabakaları, vb) izleme, Dünya'nın dönmesi, bilimsel uyduların yörüngelerini belirleme, iyonosferi izleme gibi bilimsel aktivitelere destek sağlar.

IGS ürünlerinin bir diğer faydası da bölgesel seviyede ITRF'nin tanımlanmasıdır.

(<http://igscb.jpl.nasa.gov/>)

3.11.2 IGS Ürünleri Veri Formatı

Veri merkezinden indirilen IGS verilerini kullanabilmek için, kullanılan işletim sistemine göre veri formatı yapısı bilinmelidir. Gözlem dosyaları, navigasyon ve meteorolojik dosyalar formatı RINEX formatındadır. Gözlem dosyaları, fazla yer kaplamamaları için, Hatanaka formatında sıkıştırılmıştır. Hassas efemeris dosyaları SP3 formatındadır. (<http://igscb.jpl.nasa.gov/>)

3.11.3 IGS Veri Organizasyonu

Uluslararası GPS servisinin esas bileşenleri şunlardır:

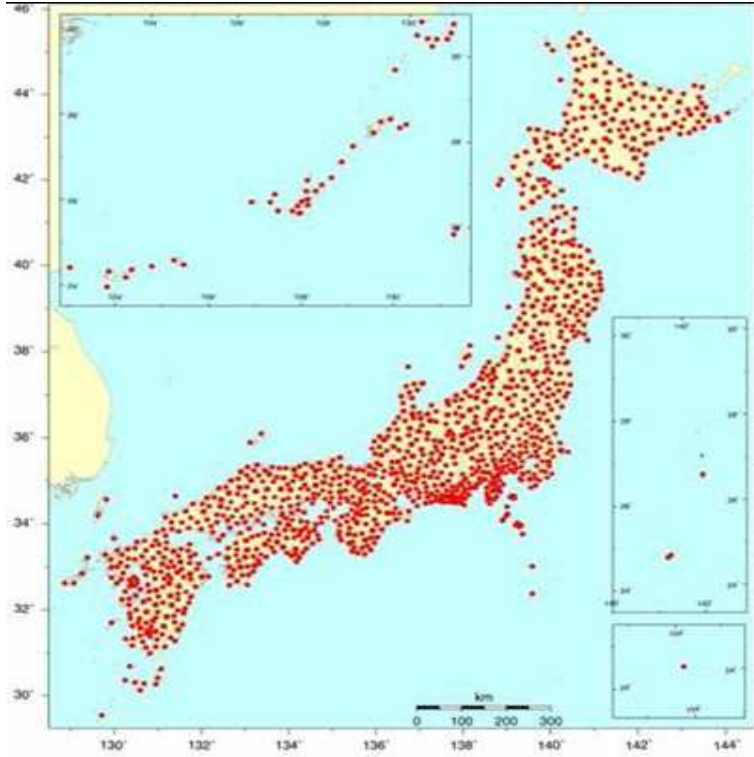
- İzleme istasyonları
- İşletim merkezleri
- Veri merkezleri
- Analiz merkezleri ve ortak analiz merkezleri
- Merkezi bilgi sistemi bürosu

3.12 Dünyadaki Bazı CORS Örnekleri

RTK CORS ağlarının dünyanın değişik ülkelerinde aktif kullanımda olan benzerleri mevcuttur.

3.12.1 Japonya GEONET Ağı

Japonya’da ulusal haritacılık müessesesi olan GSI tarafından kurulmuş olan ve 110 adet istasyondan müteşekkil sabit GPS istasyonları (COSMOS-G2) 1993 yılında faaliyete girmiştir. Daha sonra 1994 yılında ise 100 adet istasyondan müteşekkil olan GRAPES ağı kurulmuştur. 1995 yılında ise COSMOS-G2 ve GRAPES sistemleri birleştirilmiştir. Bu birleşmeyle birlikte yeni oluşan ağa 400 adet istasyon daha ilave edilmiştir ve ülke geneline yayılan bu ağa GEONET adı verilmiştir. Şekil 3.13’de görülen bu ağ, 1230 civarında referans istasyonundan müteşekkil ve ortalama olarak 25 km sıklıktadır. İstasyonlar 5 metre uzunluğunda paslanmaz çelikten imal zemin tesisi olup bütün istasyonlarda çift frekanslı jeodezik alıcılar mevcuttur. Anten modelleriye radome takılı olan choke ring antenlerdir. Alıcıların güç kaynağıysa diğer çevre birimleriyle beraber yapının altında bulunan kilitli bölme içerisinde yer almaktadır. 2003 yılında gerçek zamanlı veri transferi yapabilme kabiliyetine kavuşturulan GEONET ağı 1 Hz sıklıkta 7 gün 24 saat gerçek zamanlı veri transferi yapabilmektedir.



Şekil 3. 13 Japonya GEONET Ağı

GEONET Ağı, depremler başta olmak üzere yer kabuğu hareketlerinin takip edilmesi gayesiyle kurulmuştur. Fakat GRAPES projesinin devreye girmesiyle beraber volkanlardaki patlamaların da takip edilebileceği ve deprem anındaki yer değiştirmelerinde ortaya çıkarılabileceği anlaşılmıştır. Günümüzde GEONET ağından; kadastro, mühendislik ölçmeleri, jeodezik ölçmeler, meteorolojik çalışmalar vs. geniş bir alanda faydalanılmaktadır.

GEONET Ağı referans istasyonlarına ait 1Hz (0,20 saniye) sıklıkta toplanan veriler GSI merkezindeki hesap kontrol merkezine gönderilmektedir. Referans istasyonlarının veri aktarımı IP-VPN veri aktarım hatları yoluyla yapılmaktadır. Aynı zamanda bu veriler gerçek zamanlı (RTK) olarak kinematik amaçlı kullanıcılara da ticari olarak ücreti mukabilinde yayınlanmaktadır.

GSI merkezinde toplanan 1 Hz yoğunluktaki veriler 30 saniye sıklıkta ve 3 saatlik RINEX dosyalar haline JAS (Japon Haritacılar Birliği)'nin web sayfasından kullanıcıların hizmetine verilmektedir. Daha sonraki kullanımlar için saklanan bu verilerden 1 Hz (0,20 saniye) sıklıkta olanlar ise depremler, heyelanlar, volkanik hareketler, tsunami, hortum, kasırga vb. olağan üstü meteorolojik hadiselerde en fazla birkaç hafta muhafaza edilmektedir. (Kahveci,M.2009)

3.12.2 Almanya SAPOS Ağı

Almanya'nın 16 eyaletinin kadastro, ölçme, jeodezi, bilgi teknolojileri çalışmalarından sorumlu olan ulusal ve yerel resmi kurum temsilcilerinden müteşekkil olan AdV. Komisyonu kararıyla SAPOS ağı teşekkül ettirilmiştir.

SAPOS ağı klasik ölçme yöntemlerinin yerine yüksek doğruluk sağlayan ve gerçek zamanlı uydularla konum tespit metodunun kullanılmasıdır. SAPOS ağı sayesinde DGNS ve RTK tekniklerinin bütün eyaletlerde faal olarak kullanılması sağlanmıştır.

Bu ağın ileriki aşamalarda Ulusal Afet Bilgi Veri tabanına entegrasyonu hedeflenmektedir. Şekil 3.14'te görülen SAPOS Ağı, 40-70 km aralıklı toplam 250 adet istasyondan müteşekkildir. Referans istasyonlarında çift frekanslı GNSS alıcıları kullanılmaktadır. Anten cinsleriye “radome” monte edilmiş “choke ring” antenlerdir.

Bu ağda DGNSS düzeltme verileri GSM, İnternet, AM, FM yahut VHF üstünden yapılmaktadır. Kullanıcılara aşağıda belirtilen dört farklı hassasiyette hizmet verilmektedir:

1. GPPS (Geodetic Precise Positioning Service): Çok yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalara yönelik hizmet vermekte olup yatay ve düşey koordinatlarda 1 cm ve altında doğruluk sağlamaktadır. 1 saniye aralıklarla toplanan veriler 30 gün süreyle muhafaza edilirken 15 saniye aralıklı toplanan veriler ise devamlı olarak muhafaza edilmektedir. Veriler kullanıcılara RINEX formatta verilmektedir. Ulusal jeodezik ölçmeler, depremleri izleme amaçlı çalışmalar, datum belirleme gibi yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda kullanılmaktadır.
2. GHPS (Geodetic High Precision Positioning Service): GPPS servisiyle aynı özellik ve hassasiyetlerde hizmet vermektedir.
3. EPS (Real Time Positioning Service): Denizcilik, CBS, güvenlik, araç takip vb. alanlarda hizmet vermektedir. VHF yahut GSM üzerinden 0,5 m-3 m hassasiyetlerinde kod düzeltme verileri yayınlanmaktadır.
4. HEPS (High Precision Real Time Positioning Service): Yüksek hassasiyetli mühendislik ölçmeleri, kadastro ölçmeleri, CBS vb. alanlarda kullanılmakta olup yatayda 1-2 cm, düşeyde ise 2-6 cm hassasiyetinde doğruluk sağlayan ve faz düzeltmelerini 1 saniye aralıklarla ve gerçek zamanlı olarak GSM hatları vasıtasıyla yayınlayan servistir.



Şekil 3. 14 Almanya SAPOS Ağı

3.12.3 ABD NGS Ağı ve Diğer Ağlar

1990'lı yılların başlarında ABD'de CIGNET (Cooperative International GPS Network) ağı ile başlamış olan sabit referans istasyonları, günümüzde CORS ismiyle 1300 civarında noktadan müteşekkil bir ağ şeklindedir.

ABD'de istasyon sayısı her yıl artmaktadır ve her eyaletinde kendine ait CORS sistemi bulunmaktadır. Ayrıca birçok ticari işletmenin de ağı hizmet sağlamaktadır.

ABD'deki sabit GNSS ağlarının %2'si NGS desteğindeyken %98'i ise eyalet yönetimleri ve özel şirketler tarafından oluşturulmuştur.

ABD Ulusal kuruluşu NGS tarafından üstlenilen görevler;

1. Mevzuatların ve yayınlanacak olan standartların uygulamada pratik olmasını ve herkesi kapsamasını sağlamaktır.
2. CORS Ağlarının kurulup işletilmesine ait standartları tespit etmek.
3. Farklı amaç ve yapılarda teşekkül ettirilmiş olan ağların işletimlerini tek bir merkezden koordine etmek.
4. Sistem kullanıcılarına doğru ve güncel ulusal datum bilgilerini sağlamak için standartları tespit etmek.
5. Bu standartları teşekkül ettirirken, hem NGS'in hem de diğer ağların işleticilerinin ihtiyaçlarını giderecek önlemleri almaktır.

4 UYGULAMA

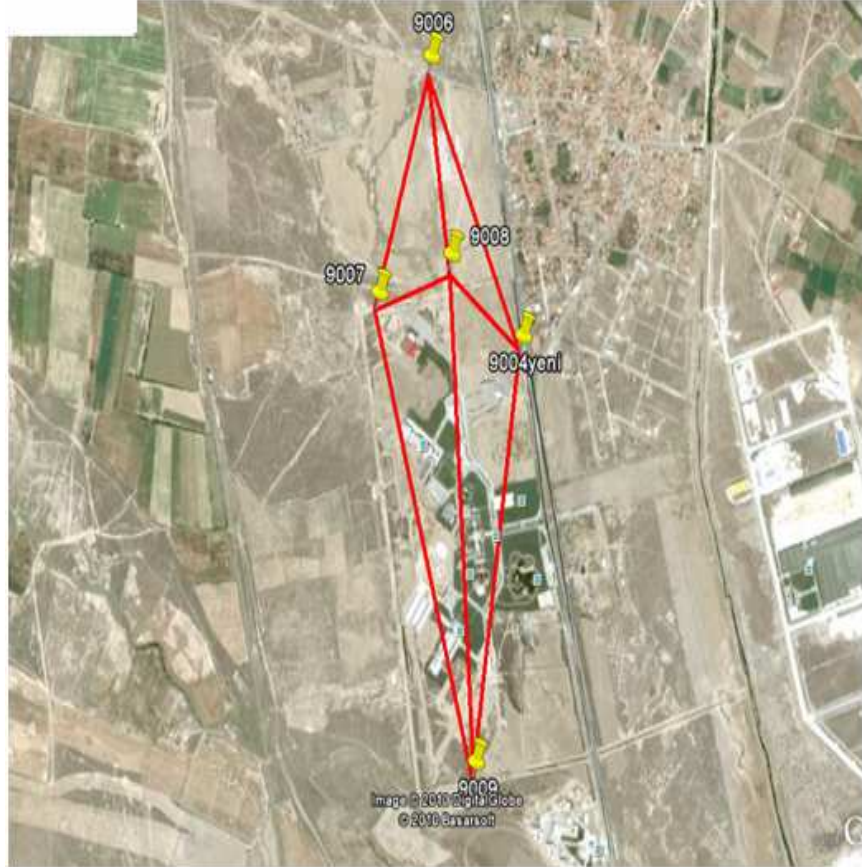
4.1 Test Ağıının Tanıtımı

Uygulamada kullanılan test ağı Afyon-Eskişehir karayolunun 10. km' sinde Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet Sezer Kampus bölgesine tesis edilmiştir. Test ağı Resim 4. 1'de görüldüğü üzere 5 pilye noktasından oluşmaktadır.

Test ağında; noktalar arasında en kısa kenar 9006-9008 bazı 554.7767 m; en uzun kenar ise 9008-9009 bazı 1141.8315 m'dir.

Çalışmada 3 adet Ashtech Z-Xtreme GPS alıcısı ile 2 adet Thales Z-max GPS alıcısı kullanılmıştır. Bu alıcılar L_1 ve L_2 frekanslarında kayıt yapabilen çift frekanslı ve 12 kanallıdır. Bir başka ifadeyle aynı anda maksimum 12 uydudan sinyal alabilmektedir. GPS anteni olarak Ashtech Z-Xtreme alıcıları için Geodetic IV. Rew A kullanılmıştır.

Resim 4. 1 Uygulama sahası uydu görüntüsü



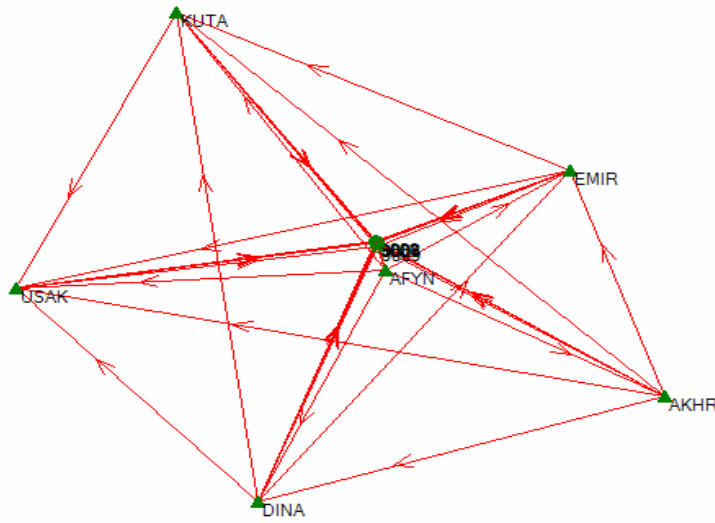
4.2 Veri Toplama

Uygulamada statik ve kinematik olarak 2 farklı ölçü toplanmıştır. Resim 4.3'te görülen Statik ölçüm; 10° uydu görüş açısında, 30 saniye veri toplama aralığında 9004, 9006, 9007, 9008, 9009 pilye noktalarında eş zamanlı olarak 9 saat sürmüştür. Aşağıda Tablo 4.1'de statik ölçümde kullanılan aletler görülmektedir. Statik ölçümlerin değerlendirilmesi, Resim 4.2'de görülen, Afyon, Akşehir, Dinar, Emirdağ, Kütahya ve Uşak CORS-TR istasyonlarının ölçümümüzle eş zamanlı gözlemlerinin kullanılmasıyla oluşturulan 11 noktalı ağda yapılmıştır. Statik ölçümlerin değerlendirilmesi hassas efemeris verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1 Statik ölçümde kullanılan alıcılar

Nokta Adı	Kullanılan Alıcı	Ölçü Süresi	Ölçü Tarihi	Ölçü Epoğu
9004	Ashtech Z-Extreme	9 saat	22.04.2010	2010.307
9006	Thales Z-Max	9 saat	22.04.2010	2010.307
9007	Ashtech Z-Extreme	9 saat	22.04.2010	2010.307
9008	Thales Z-Max	9 saat	22.04.2010	2010.307
9009	Ashtech Z-Extreme	9 saat	22.04.2010	2010.307

Resim 4. 2 LGO Programı Ekran Görüntüsü



11 noktadan teşekkül olan Ağ'da kullandığımız CORS-Tr İstasyonlarının ANS kampüsündeki noktalarımıza olan uzaklıkları aşağıdadır;

- 1) Uşak İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 99567.31 m
- 2) Kütahya İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 92166.36 m
- 3) Emirdağ İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 57416.60 m
- 4) Dinar İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 88971.43 m
- 5) Akşehir İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 92252.07 m
- 6) Afyon İstasyonu ANS Kampüsündeki noktalarımıza 8864.29 m'dir.

CORS-RTK ölçümü ise; 10° uydu görüş açısında, 1 saniye veri toplama aralığında 9004, 9006, 9007, 9008, 9009 pilye noktalarında sırasıyla; 5,10 ve 15'er dakika olmak üzere her noktada 3 ayrı ölçüm yapılarak, toplam 9000 epok, 2.5 saat ölçüm yapılmıştır. Kaba hatalı ölçümler elemine edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Resim 4.4'te görülen CORS-RTK(GZK) ölçümünde ise tüm noktalarda TOPCON Hiper Pro GPS alıcısı kullanılmıştır.



Resim 4. 3 Arazide yapılan Statik Ölçüm



Resim 4. 4 Arazide yapılan GZK Ölçüm

4.3 Verilerin işlenmesi

Günümüzde; Bernese, Geonap, Gipsy, Gamit, Topas gibi GPS ölçülerinin değerlendirildiği bilimsel yazılımlar mevcuttur. Farklı modeller kullanan veri işleme teknikleri problemlere farklı yaklaşmaktadırlar. Bu programlarla ulaşılan doğruluk düzeyleri yalnızca algoritmada kullanılan matematik modele bağlı olmayıp, otomatik veya manuel olabilen veri işleme moduna da bağlıdır. Her iki moda sahip programlarda otomatik veri işleme ve değerlendirmenin çok daha hızlı olmasına karşın, değerlendiricinin veri ve programdan etkin yararlanması durumunda, manuel çözüm otomatik olana göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir (Lima, N.,1992).

Uygulamada Bernese V4.0 Akademik yazılımı, LGO 5.0 ticari yazılımı ve Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) ticari yazılımı kullanılmıştır.

Bernese yazılımı, eğitim ve araştırma amaçları ile hem bilimsel kullanıcılar için hem de profesyonel kullanıcıların yüksek doğruluk amaçlı GPS ölçmeleri için geliştirilmiştir. Bu program ile tek veya çift frekans ölçmeleriyle hızlı veri işleme, orta büyüklükteki ve uzun bazlarda başlangıç tam sayı faz bilinmeyenlerinin çözümü, iyonosfer ve troposfer

modellemeleri, değişik alıcı tiplerinin kombinasyonu, tam simülasyon olanağı, yörünge parametrelerinin belirlenmesi, yer küresi rotasyon parametrelerinin tahmini, yörünge iyileştirme ve kesintisiz ağ ölçülerinin işlenmesi gibi günümüz GPS teknolojisinin sunduğu tüm olanaklar kullanılabilmektedir. Kullanılan bilgisayarın kapasitesine göre program 100 noktalı bir GPS ağının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. 700 ‘den fazla program ve alt programdan oluşan Bernese temel olarak transfer, yörünge, veri işleme, simulasyon ve hizmet olmak üzere 5 kısımdan oluşmaktadır.

Transfer kısmı, bağımsız alıcı formatı veya Rinex formatından Bernese formatına veya tersine dönüştürme bileşenlerinden oluşmaktadır. Yörünge kısmında ise, broadcast veya precise efemerislerine göre yörünge oluşturulması veya yörünge iyileştirilmesi yapılabilmektedir. Veri işleme kısmı, istasyonların ayrı ayrı kod verilerinin işlenmesi, çift frekansla faz ön veri işlenmesi gibi verilerin değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Simülasyon kısmında, kod ve (veya) fazlar için (L1 veya L1 ve L2) simüle edilmiş GPS ölçüleri oluşturulabilmektedir. Hizmet kısmı ise veri kütüklerinin görüntülenmesi, üzerlerinde değişikliklerin yapılması, düzeltmelerin görüntülenmesi, koordinat kümelerinin karşılaştırılması gibi kullanıcıya hizmet eden işlemlerden oluşmaktadır (Denli,H.H,2001).

Leica firmasının her tür gelişmiş jeodezik kontrol, veri analizi, kalite kontrol özellikleri ile, çok hızlı proses,dengeleme,raporlama ve büyük ağ çözümlerini hızlı yapabilen, hem GPS hem de klasik cihaz verilerini kullanabilen bir yazılımdır. LGO 5.0 Rinex verisi dışında, kendi markasının GPS alıcısının orijinal verisini doğrudan işleyebilir ve bu yazılımda hassas efemeris verileri internetten indirilebilmektedir. Leica, her tür koordinat sistemi ve projeksiyonu kullanabilmektedir.

Trimble Total Control yazılımı (eski adıyla Geogenius) kolay kullanımlı bir değerlendirme yazılımı olup, hem GPS hem de klasik cihaz verilerini kullanabilmektedir.

Her tür gelişmiş jeodezik kontrol, veri analizi, kalite kontrol özellikleri ile, çok hızlı proses, bilimsel veri analizine yönelik ve büyük ağ çözümlerini hızlı yapabilir bir

yazılımdır. TTC Rinex verisi dışında, hemen her marka GPS alıcısının orijinal verisini doğrudan işleyebilir. Oldukça esnek raporlama olanakları, etkin dengeleme ve dönüşüm fonksiyonları ile hassas sonuçlar elde etmek için tüm gerekli fonksiyonları içermektedir. TTC her tür koordinat sistemi ve datum dönüşümlerini kullanmakta, kullanıcı kendi parametrelerini kütüphaneye ekleyebilmektedir (<http://www.graftek.com.tr/GPSYAZILIM.htm>).

Değerlendirme çalışması; Sun Solaris (unix) donanımı ve BERNESE V4.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle yerel noktalara ait GPS ölçüleri, anten yükseklikleri, anten faz merkezi referans noktasından (Antenna Reference Point (ARP)) itibaren olacak şekilde RINEX formata, daha sonrada BERNESE formatına dönüştürülmüştür. SOPAC arşivinden internet yoluyla alınan IGS noktalarına ait GPS verisi RINEX formatta olup bu veri anten yükseklikleri bakımından kontrol edildikten sonra BERNESE formatına dönüştürülmüştür. Bilindiği gibi yüksek doğruluk istenen çalışmalarda uydu-alıcı arasındaki geometrik uzaklığın duyarlı hesaplanması, bunun için de anten faz merkezi değerlerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Anten faz merkezi tanımı hem uydu hem de alıcı antenleri için yapılmalıdır. Uydu antenleri için faz merkezi değerleri BERNESE yazılımı X:/GEN/SATELLIT.TTT ve alıcı anten faz merkezi bileşenleri için de X:/GEN/PHAS_IGS.03 dosyaları kullanılmıştır (X: uzaytek/uzay1/bern/gpsauto/bern40/GPS40).

Internet vasıtasıyla elde edilen IGS (igsb.jpl.nasa.gov adresinden) SP3 (Standart Product 3) formatındaki IGS yörünge bilgilerinden (IGS Final Orbits) birer günlük yaylardan oluşan standart yörüngeler oluşturulmuştur. Ayrıca, SP3 dosyalarında verilmiş olan uydu saati katsayıları da standart yörünge oluştururken ayrı bir dosya halinde oluşturulmuştur. IGS yörünge bilgilerinin doğruluğu yüksek olduğu için (10 cm'den iyi) yörünge iyileştirmesi yapılmamıştır.

Yer dönüklük parametreleri (Earth Rotation Parameters ; *.ERP) olarak IGS yörünge hesap merkezi tarafından oluşturulan *.ERP sonuç dosyaları kullanılmıştır. Uydu yörüngeleri ile yer dönme parametreleri değerlendirme süresince sabit ve hatasız alınmıştır. Yerel noktalar ve IGS noktalarına ait faz ölçüleri kullanılarak her ölçü günü

için ayrı iyonosfer modeli katsayıları (global ve yerel) hesaplanmış ve *.ION isimleriyle kampanyanın ATM alt dizininde dosyalar halinde yapılmıştır. Daha sonra kod ölçülerinden (*.CZO) yararlanarak her nokta için nokta konum belirleme (Single Point Positioning) aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu aşama ile her nokta için $\approx 1-15$ m doğruluğunda yaklaşık nokta koordinatları ve her ölçü epoku için alıcı saati katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan alıcı saati katsayıları aynı noktalara ait faz ölçü dosyalarına (*.PZO) kaydedilmiştir.

Bu aşamadan sonra bağımsız bazlar seçilerek tekli faz farkı (Single Difference) ölçü dosyaları oluşturulmuştur. Bazlar seçilirken ;

- Maksimum ölçü
- Kısa baz

hususlarına dikkat edilmiştir. IGS noktalarından ölçü bölgesine en yakın 24 saat gözlem yapılan noktaya (TRAB) bağlantılar yapılmış, daha sonra (günlük olarak) o güne ait ölçü noktalarından bölgenin yaklaşık ortasında bulunan bir yerel nokta ile TRAB bağlantısı yapılmış ve diğer yerel noktalarda bu noktaya bağlanmıştır.

Tekli fark ölçüleri oluşturulduktan sonra her baz için taşıyıcı dalga faz kesikliği (cycle slip) analizi (Phase Check) analizi yapılmış, kaba hatalı ölçü epokları ayıklanmış ve kısa süreli (300 sn'den kısa) ölçüler atılarak olabildiğince temiz ve sürekli veri grubu elde edilmeye çalışılmıştır. Faz ölçüleri kesikliklerinin giderilmesi ve kaba hatalı faz ölçülerinin ayıklanmasından sonra, daha önceki kampanya çözümünden elde edilen koordinatlar, yaklaşık koordinat olarak alınarak, taşıyıcı dalga faz belirsizliği bilinmeyenleri (ambiguity parametresi) her baz için ayrı ayrı ve QIF (Quasi Ionosphere Free) stratejisi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu stratejide L1 ve L2 frekansındaki ölçüler kullanılmış , her epok için kullanılan görel iyonosferik etki parametreleri yine epok epok elimine edilmiştir. QIF ile yerel bazlar için ($\approx 50-500$ km) ortalama %88 , global bazlar için ($\approx 1700-2800$ km) ortalama %84 oranında faz belirsizliği bilinmeyenleri çözülmüştür. Her baz için ayrı ayrı faz belirsizliği bilinmeyenleri çözümü yapılarak hesaplanan değerler kaydedilmiştir. Tüm GPSEST hesaplamalarında troposferik etki hesabı EKKY ile nokta ve zaman bağımlı olarak yapılmıştır. Bu hesaplamalarda Saastomonien standart atmosfer modeli kullanılmış ve zenit gecikme bilinmeyenleri her

nokta ve her iki saatlik ölçü süresi için bir tane hesaplanmıştır. Burada mutlak zenit gecikme değerleri 1 m ve görelî (ardışık) zenit gecikme değerleri için ise 5 m koşul tanımlanmıştır.

Test Amacıyla Değişik Stratejiler Uygulanmıştır. GPSEST programı ile parametre tahmini aşamasında faz belirsizliği bilinmeyenleri, olabildiğince çözüldükten sonra temel bilinmeyenler olarak çözülemeyen faz belirsizliği bilinmeyenleri, troposfer parametreleri ve koordinat bilinmeyenleri kalmaktadır ve bu bilinmeyenler her gün için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu aşamada önceden çözülmüş olan faz belirsizliği bilinmeyenleri dengelemeye bilinen sabit değerler olarak girmiştir. Kampanyanın her günü için noktalara ayrı ayrı ± 5 m ön koşul verilerek GPSEST programı ile normal denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu normal denklemler, koordinat tekrarlılıklarının kontrolü amacıyla, ADDNEQ programı kullanılarak birleştirilmiştir. Bu birleştirmede MATE noktasının ITRF-2000 (2003.70363) epeğündaki koordinatı sıkı koşullu verilerek, tüm noktaların tekrarlılıklarına bakılmıştır. Bu birleştirmenin sonucu incelenip nokta tekrarlılıkları kontrol edilmiş ve uyuşumsuz nokta görölmemiştir.

LGO 5.0 (Leica Geo Office 5.0) yazılımı ile değerlendirme yapılırken 6 adet TUSAGA-Aktif istasyonu kullanarak çözüm yapılmıştır. Baz çözümlemelerinde ortak parametreler hassas efemeris (precise ephemeris), 15 derecelik yükseklik açısı (elevation mask) ile iyonosferik model (ionospheric model) standart olarak kullanılmış ve iyonosferden arındırılmış (bağımsız) (iono free-L3) çözümler yapılmıştır.

Leica Geo Office 5.0 (LGO 5.0) yazılımı kullanarak yapılan çözümlemelerde troposferik model (tropospheric model) olarak Saastamoinen alınmıştır.

Leica Geo Office 5.0 (LGO 5.0) yazılımında yapılan dengelemelerde F – Testi uygulanmış, serbest dengeleme sonucunda soncul değer 0.33 (accept), dayalı dengeleme sonucunda ise 6.39 (rejected) bulunmuştur.

Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) yazılımı ile değerlendirme yapılırken troposferik model (tropospheric model) olarak Niell alınmıştır. Trimble Total Control 2.73 yazılımında yapılan dengelemelerde Tau Testi uygulanmış, serbest dengeleme sonucunda soncul değer 2.461, dayalı dengeleme sonucunda ise 2.695 bulunmuştur.

Yukarıda belirtilen troposfer modelleri ilgili yazılımların üretilmesi sırasında uzun bazlarda (20 km.' den büyük) en iyi sonucu veren kriterlerdir.

Her 3 yazılımla yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen koordinat değerleri aşağıdaki Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.2 Bernese V4.0 Akademik Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar

DOM:30° DATUM:ITRF-96 REFERANS EPOĞU:2005			
N.NO	Yukarı Değerler (m.)	Sağa Değerler (m.)	Elipsoit Yüksekliği (m.)
9004	4298209.5696	546638.5902	1049.1094
9006	4298905.7876	546226.0844	1049.2975
9007	4298313.7478	546192.8461	1049.7366
9008	4298379.4396	546401.3108	1049.2395
9009	4297237.9588	546380.2730	1048.1444

Tablo 4.3 LGO 5.0 (Leica Geo Office 5.0) Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar

DOM:30° DATUM:ITRF-96 REFERANS EPOĞU:2005			
N.NO	Yukarı Değerler (m.)	Sağa Değerler (m.)	Elipsoit Yüksekliği (m.)
9004	4298209.5557	546638.5918	1049.1202
9006	4298905.7518	546226.1195	1049.3188
9007	4298313.7380	546192.8490	1049.7124
9008	4298379.4496	546401.3280	1049.2383
9009	4297237.9711	546380.2566	1048.1616

Tablo 4.4 Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) Yazılımı Hesaplanan Grid Koordinatlar

DOM:30° DATUM:ITRF-96 REFERANS EPOĞU:2005			
N.NO	Yukarı Değerler (m.)	Sağa Değerler (m.)	Elipsoit Yüksekliği (m.)
9004	4298209.5496	546638.6226	1049.0941
9006	4298905.7470	546226.1471	1049.2866
9007	4298313.7391	546192.8855	1049.6949
9008	4298379.4456	546401.3565	1049.2060
9009	4297237.9654	546380.2877	1048.1404

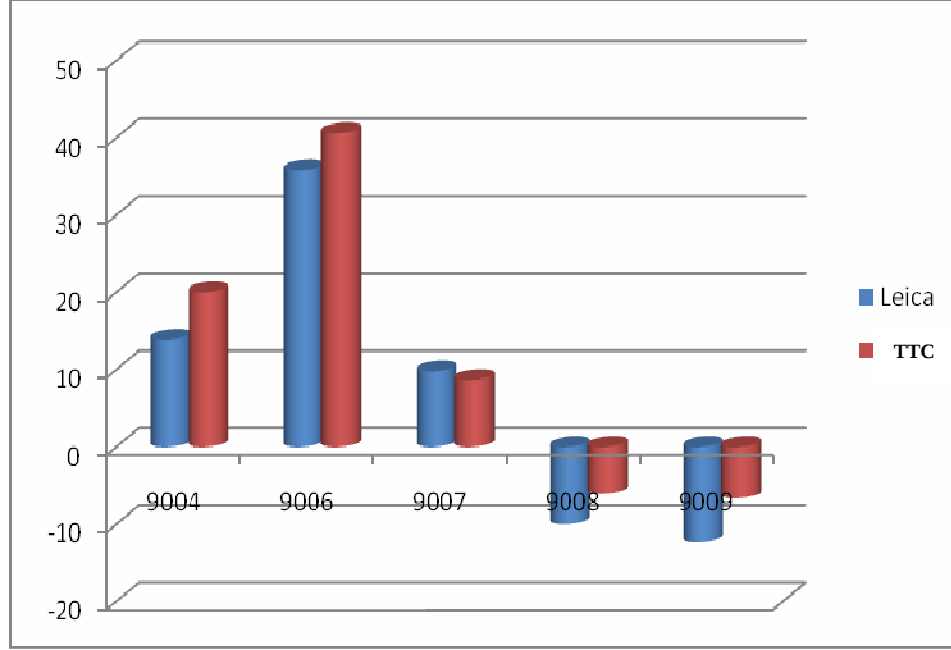
CORS-RTK ölçümü ise her pilye noktasında 5,10 ve 15'er dakika olmak üzere toplam 30 dakikalık ölçüm yapılarak toplamda 5 adet pilye noktasında 2.5 saat ölçüm yapılmıştır. Elde edilen koordinatlar Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 Grid Koordinatları (A-5 dakikalık; B-10dakikalık ;C-15dakikalık ölçüm)

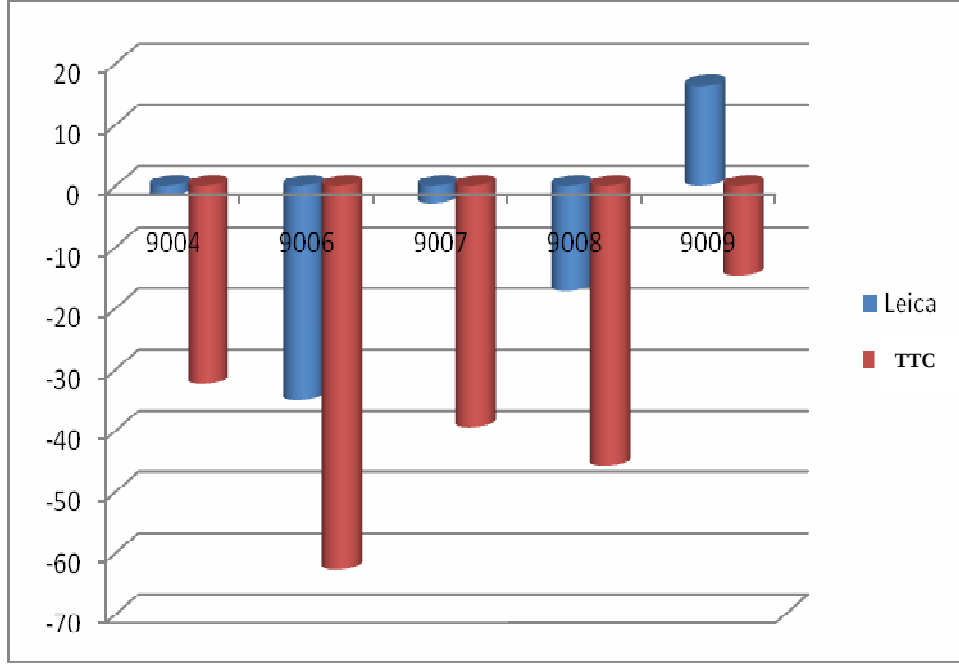
DOM: UTM-30°-3 DATUM:ITRF-96 REFERANS EPOĞU:2005			
N.NO	Yukarı Değerler (m.)	Sağa Değerler (m.)	Elipsoit Yüksekliği (m.)
9004-A	4298209.532	546638.609	1049.138
9004-B	4298209.540	546638.601	1049.137
9004-C	4298209.553	546638.592	1049.134
9006-A	4298905.739	546226.127	1049.348
9006-B	4298905.750	546226.116	1049.345
9006-C	4298905.758	546226.108	1049.343
9007-A	4298313.717	546192.868	1049.784
9007-B	4298313.727	546192.861	1049.782
9007-C	4298313.739	546192.855	1049.779
9008-A	4298379.415	546401.333	1049.252
9008-B	4298379.424	546401.328	1049.250
9008-C	4298379.431	546401.316	1049.247
9009-A	4297237.929	546380.264	1048.172
9009-B	4297237.939	546380.269	1048.171
9009-C	4297237.947	546380.275	1048.169

Farklı yazılımlardan hesaplanan koordinatlar arasındaki farklar Şekil 4.1, Şekil 4. 2 ve Şekil 4.3'te; Bernese yazılımı ile CORS-TR 5-10-15 dakikalık ölçümlerden hesaplanan koordinat arasındaki farklar; Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

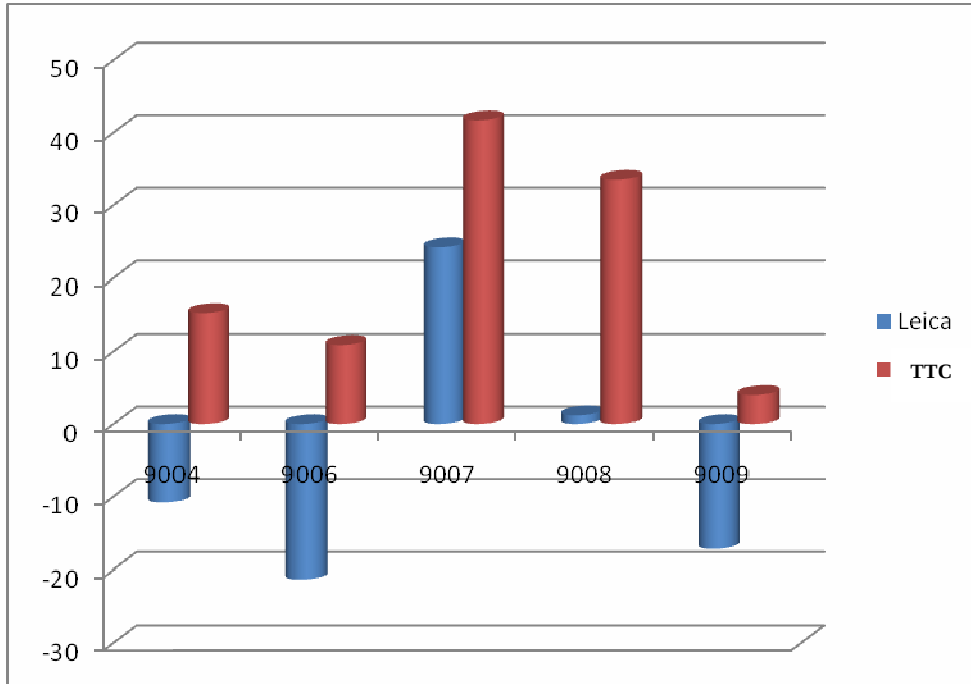
Şekil 4.1 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Yukarı Değer mm)



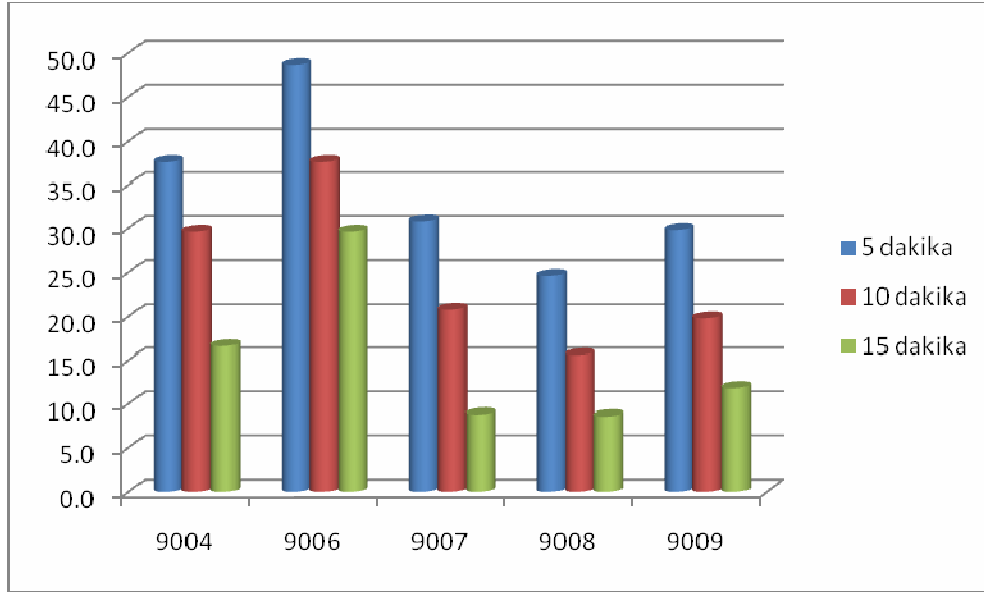
Şekil 4.2 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Sağa Değer mm)



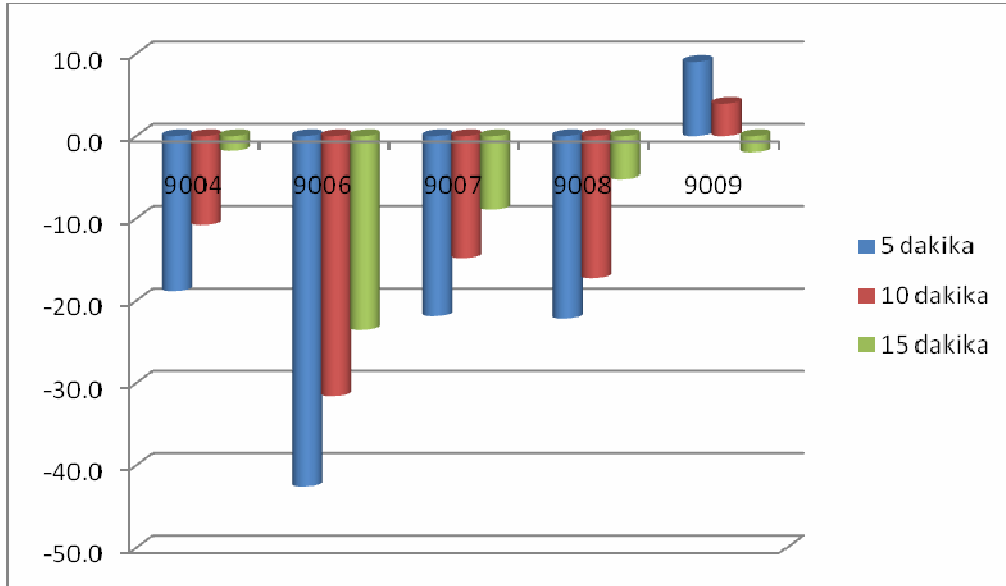
Şekil 4.3 Bernese yazılımı ile Leica ve TTC arasındaki farklar (Yükseklik Değeri mm)



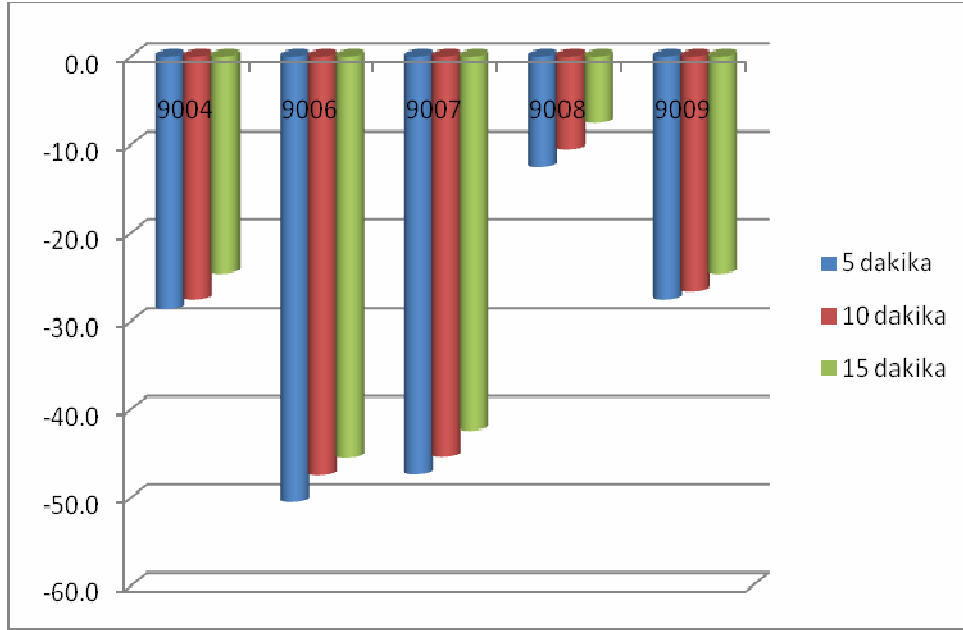
Şekil 4.4 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Yukarı değer mm)



Şekil 4.5 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Sağa değer mm)



Şekil 4.6 Bernese yazılımı ile kinematik ölçüm arasındaki farklar (Yükseklik değeri mm)



5 SONUÇLAR

Bu çalışmada TUSAGA AKTİF CORS-TR istasyonlarından elde edilen nokta koordinatları ile Statik ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. 9 saatlik Statik ölçüm sonucu 3 farklı yazılım Bernese V 4.0 Akademik yazılımı, Leica Geo Office 5.0 (LGO 5.0) ve Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) ile değerlendirilip elde edilen sonuçlar, CORS-RTK sonuçları ile karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Yapılan statik değerlendirme sonuçlarına bakıldığında, Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te farklı yazılımlarda aynı değerlendirme stratejileri kullanılsa bile 10-50 mm arasında farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bunun temel sebebi olarak özellikle ticari yazılımlarda kullanılan algoritmaların daha basit düzenlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- TUSAGA-Aktif Sistemi İle Koordinat Belirleme, Ölçüm, Hesap ve Kontrol Yönergesine göre; TUSAGA-Aktif sistemi ile statik koordinat belirleme yöntemi; B.Ö.H.H.B.Ü.Y'de belirtilen C dereceli yer kontrol noktalarının üretimine ilişkin esasları sağlayacak şekilde; arazide planlama yapılarak en az iki adet referans noktası TUSAGA-Aktif sistemi ile aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde üretilir. B.Ö.H.H.B.Ü.Y'de belirtilen C dereceli yer kontrol noktalarının üretimine ilişkin esaslar; C1 ve C2 Noktaları için Coğrafi koordinatlarda Standart Sapmalar; $Sdx=\pm 3\text{cm}$, $Sdy=\pm 3\text{cm}$, $Sdz=\pm 5\text{cm}$ 'yi geçemez. C3 ve C4 noktalarında ise herhangi bir sınır yoktur. EK:3'te bulunan LGO ve EK:4'te bulunan TTC programlarında yapılan Test ağımızın çözümlerinde, dayalı dengelenmiş coğrafi koordinatlardaki standart sapmalar tecviz sınırları içerisinde, hatta mm'ler mertebesinde dir.
- B.Ö.H.H.B.Ü.Y'e göre TUTGA noktalarının, AGA'nın zorlamasız veya serbest dengeleme sonucu bulunan koordinatları ile ölçme anındaki verilen koordinatları arasında iki boyutlu (2D) veya üç boyutlu (3D) benzerlik dönüşümü yapılır ve ölçek uyuşumu bir matematik istatistik yöntemle test edilir. Ölçek faktörü= ± 3 ppm'i geçemez. Aşağıda, EK 3'te bulunan, Ağımıza ait LGO programı hesabına göre yapılmış olan 2 ve 3 boyutlu uyum testi hesap sonuçları sırası ile $m_o=\pm 0.004$ m, ± 0.0047 m ve Ölçek faktörü sırası ile ± 0.005 ppm, ± 0.0241 ppm B.Ö.H.H.B.Ü.Y'deki sınırı geçmediği görülmüştür.

- 3 farklı yazılımın değerlendirme sonuçlarına bakıldığında (ek- 2,3,4) Bernese yazılımının standart sapmalarının diğer 2 yazılımdan daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sonucu olarak Bernese yazılımı ile elde edilen koordinatlar doğru olarak kabul edilmiştir.
- Cors-Tr sonuçları ile Bernese sonuçları ile karşılaştırıldığında noktaların yukarı değerlerinde 5 dakikalık ölçümlerde 25-50 mm arasında farklar görülmüştür. yine aynı şekilde sağa değer ve yükseklik değerlerinin 5 dakikalık ölçümleri karşılaştırıldığında sırası yaklaşık 10-50 mm farklar gözlemlenmiştir. Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te görüldüğü üzere.
- Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde Cors-Tr sonuçları ile Bernese sonuçları ile noktaların yukarı değerlerinde 10 dakikalık ölçümlerde 15-35 mm arasında farklar görülmüştür. Sağa değer ve yükseklik değerlerinin 10 dakikalık ölçümleri karşılaştırıldığında sırası yaklaşık 10-30 mm farklar gözlemlenmiştir.
- Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 incelendiğinde en iyi Cors-Tr sonuçlarının 15 dakikalık ölçümlerle elde edildiği görülmüştür. 15 dakikalık ölçümlerde sağa ve yukarı değerlerinde 5-30 mm değişimler izlenmiştir. Yükseklik bileşeninde ise bu değer 10-40 mm arasında değişmektedir.
- Ölçü süresi arttıkça koordinatlar arasındaki farkın azaldığı Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.
- Günümüz koşullarında gerek zaman gerek maliyet açısından değerlendirildiğinde, sağladığı doğruluklarda göz önüne alındığında CORS-RTK ölçümlerinin kullanıcılara sağladığı büyük katkı ortadadır.

KAYNAKLAR

- Alporal, Ö. Tusaga Aktif (CORS-TR) GNSS Altyapısı.
- Avcı, Ö. 2007. Sürekli Dgnss Referans Ağlarının Tasarımı ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Jeodezi Lisansüstü Programı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Bütün, Ö.F. 2008. DGPS Genişleme ve İyileştirme Sistemleri, Seminer, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Cingöz, A. Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Sisteminin Kurulması ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi, TUSAGA-AKTİF (CORS-TR).
- Denli, H.H. 2001. Data Analysing Using The Bernese Software, Araştırma Makalesi, İTÜ, İstanbul.
- El-Rabbany, A. 2006. Introduction to GPS-The Global Positioning System, Artech House, Boston, London.
- Erdal, B. 2009. RTK GPS Yönteminin Konumlama Hassasiyeti ve RTK GPS'e Etki Eden Hata Faktörleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Hofmann, W.B., Lichtenegger, H., Collins, J. 1997. GPS Theory and Practice, Fourth Revised Edition, Springer –Verlag, 389 s., Newyork.
- İnal,C. ve Şanlıoğlu,İ. IGS Ürünlerinin Tanıtımı, IGS Ürünlerine Erişim ve Bir Uygulama, Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178 Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 2004 Teknik-Online Dergi Cilt 3, Sayı:1-2004, Konya.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F. 2001. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS), 1.baskı, Ankara.
- Kahveci, M. 2009. Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, 1.baskı, Ankara.

- Langley, R.B. 1998. RTK GPS, GPS World, September, 70 s.
- Leick, A. 1996. GPS Satellite Surveying. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lima, N. 1992. Experiences with different GPS Software Packages, Proceedings, 6 th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning.
- Martin, D.J. The Evolution of the National CORS Network, National Geodetic Survey.
- Mekik, Ç. 2001. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS, Seminer çalışması, ZKÜ, 11 s., Zonguldak.
- Seeber, G. 2003. Satellite Geodesy, 2nd completely revised and extended edition Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Sezer, S. 2008. Sabit GPS İstasyonlarına ait verilerin bilgisayar ortamında düzenlenmesi, internet ortamında sunulması amacıyla veritabanı ve web sayfası tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kalaycı, İ. GPS Destekli Jeodezik Uygulamalar, Lisans Üstü Ders Notları, Konya.
- Teunissen, P.J.G. and Kleusberg, A. 1998. GPS for Geodesy, 2. Edition
- Tiryakioğlu, İ. 2005. GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Uzel, T. ve Eren, K. 2008. Ulusal Cors Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi, TUSAGA AKTİF (CORS-TR): 3. Çalıştay (28–29 Kasım 2008)
- January 24, 2008. VT Geodetic Advisor Maine Society of Land Surveyors.

Xu,G. 2007. GPS Theory, Algorithms and Applications” Second Edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Yalçın, B. 2007. Yerel Bir Ağda Gps Ölçü Süresinin Nokta Konum Doğruluğuna Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1- http://www.graftek.com.tr	11.04.2010
2- http://www.nsl.eu.com	07.10.2009
3- http://www.tkgm.gov.tr	11.05.2010
4- http://www.hgk.mil.tr	14.11.2009
5- http://cors-tr.iku.edu.tr/	20.05.2010
6- http://www.hkmo.org.tr	17.03.2010
7- http://www.u-blox.de	21.09.2009
8- http://pnt.gov	08.10.2009
9- http://www.mi.gov.pl	18.11.2009
10- http://www.agi.com	05.12.2009
11- http://www.stanford.edu	24.08.2009
12- http://www.gpsturk.net	10.03.2010
13- http://www.elte.hu	11.07.2009
14- http://www.cvut.cz ; Department of Radio Engineering Czech Technical University	23.12.2009
15- http://www.koeriboun.edu.tr	12.08.2009
16- http://www.bayindirlik.gov.tr	10.04.2010
17- http://sopac.ucsd.edu/	05.04.2010
18- http://igsjb.jpl.nasa.gov/	03.05.2010
19- http://www.paksoytekni.com.tr/index.php/cors-teknik-destek.html	17.05.2010
20- http://www.aku.edu.tr	10.03.2010
21- http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semp_pdf/87_96.pdf	18.02.2010

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer Faruk BÜTÜN
Doğum Yeri : Adana
Doğum Tarihi : 03/12/1978
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : İskenderun Demir ve Çelik Lisesi, 1996

Üniversite : Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, 2003

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği,
2007-2010

Çalıştığı Kurum /Kurumlar ve Yıl

2007-..... Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü

EKLER

EK-1:

TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ İLE KOORDİNAT BELİRLEME, ÖLÇÜM, HESAP VE KONTROL YÖNERGESİ

BİRİNCİ BÖLÜM

Genel Kurallar

Amaç

Madde 1- Bu yönerge, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı sorumluluğunda bulunan, TUSAGA-Aktif sistemi ile koordinat belirleme, ölçüm, hesap ve kontrollerine ilişkin standart belirleme ve uygulama birliğini sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Kapsam

Madde 2- Bu yönerge; TUSAGA-Aktif sistemi ile, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ya da yaptırılan kadastro hizmetleri ve harita üretimi işleri ile tescile konu olan harita ve planların jeodezik çalışmalarını kapsar.

Dayanak

Madde 3- Bu yönerge, 3045 sayılı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkındaki Kanunun 26 ve 28 inci maddesi ile Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği hükümlerine göre hazırlanmıştır.

Yetki ve sorumluluk

Madde 4- TUSAGA-Aktif sistemi ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ya da yaptırılan kadastro hizmetleri ve harita üretimi işleri kapsamında; koordinat belirleme, ölçüm, hesap ve kontrolü; “harita ve kadastro mühendisi” (Jeodezi ve Fotogrametri veya harita veya geomatik mühendisi) sorumluluğundadır.

Aynı Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü içerisinde birden fazla Kadastro Müdürlüğü yetki alanına giren işlerde; koordinasyon ilgili Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü'nce sağlanır.

Birden fazla Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü yetki alanına giren işlerde; koordinasyon işin fiziki olarak büyük kısmının olduğu, Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü'nce sağlanır.

Tanımlar ve kısaltmalar

Madde 5- Bu Yönergede geçen;

- Yer Kontrol noktası: Arazide tesis edilen koordinatları ve/veya yüksekliği jeodezik yöntemlerle belirlenen noktaların genel adını,
- Referans Noktası: Mevcut yer kontrol noktalarından zemin tesisi sağlam olanlardan veya üretilecek yer kontrol noktalarından seçilen C1 dereceli TUSAGA-Aktif bağlantı noktalarını ifade eder.

Bu Yönergede geçen kısaltmalar aşağıda verilmiştir.

GNSS	: Global Navigation Satellite System (Uydu Tekniği İle Global Konum Belirleme Sistemi)
RTK	: Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
B.Ö.H.H.B.Ü.Y.	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
TUSAGA-Aktif	: Gerçek Zamanlı Ağ RTK hizmeti veren Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
VRS	: Virtual Reference Stations (Sanal Referans İstasyonları Yöntemi)
FKP	: Flächen Korrektur Parameter (Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi)
MAC	: Master Auxiliary Concept (Ana Yardımcı İstasyonlar Yöntemi)
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame (Uluslararası Yersel Referans Ağı)
ITRF96	: 1996 yılında güncellenmiş ITRF
IGS	: International GNSS Service (Uluslararası GNSS Servisi)

İKİNCİ BÖLÜM

TUSAGA-Aktif Düzeltme Verileri İle Gerçek Zamanlı (RTK) Koordinat Belirleme Yöntemi

C4 derece yer kontrol noktalarının TUSAGA-Aktif RTK düzeltme verileri ile koordinatlarının belirlenmesi

Madde 6- Poligon noktalarının koordinatları; TUSAGA-Aktif sistemi dahilinde Ağ RTK yöntemiyle belirlenebilir.

TUSAGA-Aktif sistemi ile poligon noktalarının koordinatlarının belirlenmesi; aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde ve farklı zamanlarda en az iki kez GNSS oturumu ile yapılır. İki oturumdan elde edilen izdüşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar 7 cm.'den fazla olamaz.

- Düzeltme Verileri Alınırken Kullanılabilecek Teknik: VRS, FKP ve MAC.
- Belirsizlik Çözümü (Ambiguity Solution) : Sabitlenmiş (Fixed)
- Uydu sayısı: En az beş adet,
- Uydu yükseklik açısı: En az 10°,
- Veri toplama aralığı: 1 (Bir) saniye,
- Gözlem süresi: Her noktada en az 5 epok,
- Oturumlar arası zaman: En az bir saat,

alınır.

TUSAGA-Aktif sistemi ile poligon noktası koordinat belirleme sonuçlarında; cihazın ölçümlere ilişkin oluşturduğu orijinal veri kayıt dosyası ve Ek-1'de örneği verilen çizelgenin kaydı tutularak sayısal ve çıktı ortamında teslim edilir.

TUSAGA-Aktif sistemi ile detay ölçmeleri

Madde 7- TUSAGA-Aktif sistemi ile detay ölçmeleri yapılırken aşağıdaki kurallara uyulur:

- Düzeltme Verileri Alınırken Kullanılabilecek Teknik: VRS, FKP ve MAC.
- Belirsizlik Çözümü (Ambiguity Solution) : Sabitlenmiş (Fixed)

- Uydu Sayısı: En az beş adet,
- Veri Toplama Aralığı: 1 (Bir) saniye,
- Uydu Yükseklik Açısı: En az 10o,
- Kayıt Süresi: En az üç epok olmalıdır.

TUSAGA-Aktif sistemi ile yapılan detay ölçmeleri sonucunda; cihazın ölçümlere ilişkin oluşturduğu orijinal veri kayıt dosyası ve Ek-2’de örneği verilen çizelgenin kaydı tutulurak sayısal ortamda teslim edilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TUSAGA-Aktif İstasyonları Statik Verilerinin Kullanımı

TUSAGA-Aktif sistemi ile statik koordinat belirleme yöntemi

Madde 8- B.Ö.H.H.B.Ü.Y’de belirtilen C dereceli yer kontrol noktalarının üretimine ilişkin esasları sağlayacak şekilde; arazide planlama yapılarak en az iki adet referans noktası TUSAGA-Aktif sistemi ile aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde üretilir. Referans noktası koordinatları hesaplanırken hassas yörünge bilgileri de kullanılır.

- Uydu sayısı: En az dört adet,
- Kayıt süresi: En az iki saat,
- Kayıt aralığı: 30 saniye veya daha az,
- Uydu yüksekliği: En az 10° alınır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Kontrol İşlemleri

TUSAGA-Aktif sistemi kullanılarak yapılan işlerin kontrolü

Madde 9- TUSAGA-Aktif sistemi kullanılarak yapılan işlerin kontrolü; B.Ö.H.H.B.Ü.Y. ilgili hükümlerine göre yapılır. Kontrolde TUSAGA-Aktif sisteminden yararlanılır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Helmert ortometrik yüksekliklerin belirlenmesi

Madde 10- Helmert Ortometrik yüksekliklerin belirlenmesi; B.Ö.H.H.B.Ü.Y. ilgili hükümlerine göre, Mevcut Jeoidin (TGxx) kullanılması veya Yerel GPS nivelman jeoidinin oluşturulması yöntemlerinden biriyle yapılır.

ALTINCI BÖLÜM

Düzenlenecek Belge ve Arşiv İşlemleri

TUSAGA-Aktif verileri ile yapılan koordinat belirlemelerde düzenlenecek belgeler

Madde 11- TUSAGA-Aktif sistemi ile yapılan statik ölçümler sonucunda, B.Ö.H.H.B.Ü.Y.'de belirtilen belgeler düzenlenerek arşivlenir.

TUSAGA-Aktif sistemi Ağ RTK yöntemi ile yapılan poligon ve detay koordinat belirleme sonuçlarında; cihazın ölçümlere ilişkin oluşturduğu orijinal veri kayıt dosyası ve poligon noktaları için Ek-1, detay noktaları için Ek-2'de örneği verilen çizelge istenir. Bilgiler; poligon noktaları için sayısal ortamda ve çıktı olarak, detay noktalarında ise sadece sayısal ortamda teslim edilir.

YEDİNCİ BÖLÜM

Datum ve Referans Epok Değeri

TUSAGA-Aktif ile yapılan koordinat belirlemede kullanılacak referans epok değeri

Madde 12- TUSAGA-Aktif noktalarına dayalı olarak yapılan statik ve RTK koordinat belirleme yöntemlerinde; ITRF96 Datumu ve 2005.00 Referans Epoğu kullanılacaktır

EK-2:

BERNESE V4.0 Bazı Raporlar:

1COMBINATION OF NORMAL EQUATIONS OF DIFFERENT SOLUTIONS
PROGRAM ADDNEQ USAK 15:43

BERNESE GPS SOFTWARE

VERSION4.0

LIST OF INPUT AND OUTPUT FILENAMES

GENERAL CONSTANTS : X:/GEN/CONST.
STATION CRUX FILE : X:/GEN/CERCRUX.
SATELLITE PROBLEMS : X:/GEN/SAT_2003.CRX
SATELLITE INFORMATION : X:/GEN/SATELLIT.TTT
SINEX GENERAL INPUT FILE : X:/GEN/SINEX.
POLE INFORMATION (SCRATCH) : U:/WORK/ADDNE1.SCR
LOCAL GEODETIC DATUM : X:/GEN/DATUM.
APRIORI COORDINATES : ---
SPECIAL FIXING VELOCITIES : ---
A PRIORI VELOCITY FIELD : ---
SPECIAL FIXING COORDINATES : Q:/EMIR/STA/ITRF.CRD
BASELINE DEFINITION FILE : ---
SITES FOR REPEATABILITY : ---
COORDINATE RESULTS : Q:/EMIR/STA/WPM_FIX.CRD
VAR/COVAR MATRIX COORD. : ---
VAR/COVAR MATRIX TOTAL : ---
IONOSPHERE RESULTS : ---
NORMAL EQUATIONS OUTPUT : ---
PLOT RESULTS : ---
VELOCITY RESULTS : ---
TROPOSPHERE CORRECTIONS : ---
EARTH ROTATION PARAMETERS : ---
IERS FORMAT ERP OUTPUT : ---
TRANSLATION TABLE (NUVEL1) : ---
HELMERT TRANSFORMATION PARAM: ---
SINEX FORMAT (CRD,VEL,ERPS) : ---
INTERNAL AUX.FILE : U:/WORK/ADDNEQ.SCR
COVARIANCE COMPONENTS INPUT : ---
COVARIANCE COMPONENTS ESTIM.: ---
AUX FILES FOR COV-COMP-EST. : U:/WORK/ADD
REF. STAT. FOR COV-COMP-EST.: ---

LIST OF NORMAL EQUATION FILES

NUMBER OF NORMAL EQUATION FILES: 8

FILE	FILE NAME	#PAR/COV-FAC.	TITLE
1	Q:/EMIR/OUT/FREE2540.NEQ	51	1EMIR
	1.00000000		NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 261
2	Q:/EMIR/OUT/FREE2550.NEQ	48	1EMIR

1.00000000 NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 261
 3 Q:/EMIR/OUT/FREE2560.NEQ 51 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 256
 4 Q:/EMIR/OUT/FREE2570.NEQ 51 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 256
 5 Q:/EMIR/OUT/FREE2580.NEQ 48 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 258
 6 Q:/EMIR/OUT/FREE2590.NEQ 48 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM COZUMU 259
 7 Q:/EMIR/OUT/FREE2600.NEQ 51 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM COZUMU 260
 8 Q:/EMIR/OUT/FREE2610.NEQ 45 1EMIR
 1.00000000 NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 261

LIST OF STATIONS

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 42

FLAGS: W: WEIGHTS , F: FIXED, N: FREE NETWORK RESTRICTIONS, X: FREE ESTIM.
 R: REFERENCE FOR COVARIANCE COMPONENT ESTIMATION

RESTRICTIONS FOR STATION COORDINATES / VELOCITIES :

COORDINATES							VELOCITIES						
X	Y	Z	W1	W2	W3	M	X	Y	Z	W1	W2	W3	M

HELMERT RESTRICTIONS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

RESTRICTIONS/FIXING CONCERNING SPECIAL COORDINATES/VELOCITIES :

COORDINATES							VELOCITIES						
Q:/EMIR/STA/ITRF.CRD													

APPLY A PRIORI VELOCITY MODEL :

FILE : ---

SUBSTRACT CENTER INFORMATION DUE TO STACRUX FILE: YES

INCREASING ORBIT LENGTH: NO

SATELLITE ANTENNA OFFSET PARAMETERS:

COMP.	A PRIORI SIGMAS (M)							#SAT	SATELLITE NUMBERS																									
GROUP	X	Y	Z	SIGMAX	SIGMAY	SIGMAZ																												
1	Y	Y	Y	0.0000	0.0000	2.0000	4	3	11	12	13																							
2	Y	Y	Y	0.0000	0.0000	0.0000	28	1	2	4	5	6	7	8	9	10	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

REQU. FILE NAME	ELE-FILE
-----------------	----------

TROPOSPHERE MODEL:

REFERENCE HEIGHT : 0.00 M TEMPERATURE AT REF. HEIGHT: 18.00 C
PRESSURE AT REF. HEIGHT: 1013.25 MBAR
HUMIDITY AT REF. HEIGHT: 50.00 %

NUMBER OF SOLVE FOR PARAMETERS	126	0	0
--------------------------------	-----	---	---

TOTAL NUMBER OF PARAMETERS	:	2209
NUMBER OF OBSERVATIONS	:	1198907
NUMBER OF SINGLE DIFF. FILES	:	123

COMPARISON OF COMBINED SOLUTION WITH INDIVIDUAL SOLUTIONS

1	Q:/EMIR/OUT/FREE2540.NEQ	0.0032	157310	323	51	52893.49983
2	Q:/EMIR/OUT/FREE2550.NEQ	0.0033	148757	323	48	52894.49983
3	Q:/EMIR/OUT/FREE2560.NEQ	0.0029	93192	303	51	52895.24479

4	Q:/EMIR/OUT/FREE2570.NEQ	0.0029	166708	317	51	52896.49983
5	Q:/EMIR/OUT/FREE2580.NEQ	0.0028	156750	308	48	52897.49983
6	Q:/EMIR/OUT/FREE2590.NEQ	0.0030	156826	304	48	52898.49983
7	Q:/EMIR/OUT/FREE2600.NEQ	0.0030	175063	311	51	52899.49983
8	Q:/EMIR/OUT/FREE2610.NEQ	0.0028	144301	287	45	52900.49983

0.0030	1198907	2209	126	52896.00000
--------	---------	------	-----	-------------

FINAL LIST OF COVFACTOR VALUES:
 ITERATION NECESSARY : NO

FILE	FILE NAME	VALUE	RMS	GRP
------	-----------	-------	-----	-----

1	Q:/EMIR/OUT/FREE2540.NEQ	1.0000	0.000000	
2	Q:/EMIR/OUT/FREE2550.NEQ	1.0000	0.000000	
3	Q:/EMIR/OUT/FREE2560.NEQ	1.0000	0.000000	
4	Q:/EMIR/OUT/FREE2570.NEQ	1.0000	0.000000	
5	Q:/EMIR/OUT/FREE2580.NEQ	1.0000	0.000000	
6	Q:/EMIR/OUT/FREE2590.NEQ	1.0000	0.000000	
7	Q:/EMIR/OUT/FREE2600.NEQ	1.0000	0.000000	
8	Q:/EMIR/OUT/FREE2610.NEQ	1.0000	0.000000	

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 42

#FIL	C	RMS	1	2	3	4	5	6	7	8
------	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

COMBINATION	8	N	1.9	1.4	3.1	2.0	2.0	1.7	1.2	1.0	2.2
E	2.8	2.1	4.1	3.5	1.3	2.3	4.0	2.0	2.5		
U	6.9	5.7	8.7	7.1	3.5	10.4	8.5	6.5	3.7		
#STA	42	17	16	17	17	16	16	17	15		
FAC		5.31	5.20	4.83	6.27	6.28	5.63	6.31	6.52		

1COMBINATION OF NORMAL EQUATIONS OF DIFFERENT SOLUTIONS
 PROGRAM ADDNEQ 22-JUN-10 16:08

BERNESE GPS SOFTWARE

VERSION4.0

LIST OF INPUT AND OUTPUT FILENAMES

GENERAL CONSTANTS	:	X:/GEN/CONST.
STATION CRUX FILE	:	X:/GEN/KONCRUX.
SATELLITE PROBLEMS	:	X:/GEN/USAK.CRX
SATELLITE INFORMATION	:	X:/GEN/SATELLIT.TTT
SINEX GENERAL INPUT FILE	:	X:/GEN/SINEX.
POLE INFORMATION (SCRATCH)	:	U:/WORK/ADDNE1.SCR
LOCAL GEODETIC DATUM	:	X:/GEN/DATUM.
APRIORI COORDINATES	:	---
SPECIAL FIXING VELOCITIES	:	---
A PRIORI VELOCITY FIELD	:	---
SPECIAL FIXING COORDINATES	:	---
BASELINE DEFINITION FILE	:	---
SITES FOR REPEATABILITY	:	---
COORDINATE RESULTS	:	---
VAR/COVAR MATRIX COORD.	:	---

VAR/COVAR MATRIX TOTAL : ---
 IONOSPHERE RESULTS : ---
 NORMAL EQUATIONS OUTPUT : ---
 PLOT RESULTS : ---
 VELOCITY RESULTS : ---
 TROPOSPHERE CORRECTIONS : ---
 EARTH ROTATION PARAMETERS : ---
 IERS FORMAT ERP OUTPUT : ---
 TRANSLATION TABLE (NUVEL1) : ---
 HELMERT TRANSFORMATION PARAM: ---
 SINEX FORMAT (CRD,VEL,ERPS) : ---
 INTERNAL AUX.FILE : U:/WORK/ADDNEQ.SCR
 COVARIANCE COMPONENTS INPUT : ---
 COVARIANCE COMPONENTS ESTIM.: ---
 AUX FILES FOR COV-COMP-EST. : U:/WORK/ADD
 REF. STAT. FOR COV-COMP-EST.: ---

LIST OF NORMAL EQUATION FILES

NUMBER OF NORMAL EQUATION FILES: 2

FILE	FILE NAME	#PAR/COV-FAC.	TITLE
1	Q:/USAK/OUT/FREE2540.NEQ	54	1USAK
	1.00000000		NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 254
2	Q:/USAK/OUT/FREE2550.NEQ	51	1USAK
	1.00000000		NORMAL DENKLEM OLUSTURMA 255

LIST OF STATIONS

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 22

FLAGS: W: WEIGHTS, F: FIXED, N: FREE NETWORK RESTRICTIONS, X: FREE ESTIM.
 R: REFERENCE FOR COVARIANCE COMPONENT ESTIMATION

RESTRICTIONS FOR STATION COORDINATES / VELOCITIES :

COORDINATES							VELOCITIES						
X	Y	Z	W1	W2	W3	M	X	Y	Z	W1	W2	W3	M

HELMERT RESTRICTIONS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

RESTRICTIONS/FIXING CONCERNING SPECIAL COORDINATES/VELOCITIES :

COORDINATES	VELOCITIES
APRIORI COORD. FOR FIX STATIONS	

APPLY A PRIORI VELOCITY MODEL :

FILE : ---

SUBSTRACT CENTER INFORMATION DUE TO STACRUX FILE: YES

INCREASING ORBIT LENGTH: NO

SATELLITE ANTENNA OFFSET PARAMETERS:

COMP. A PRIORI SIGMAS (M)
 GROUP X Y Z SIGMAX SIGMAY SIGMAZ #SAT SATELLITE NUMBERS

1	Y	Y	Y	0.0000	0.0000	2.0000	4	3	11	12	13																		
2	Y	Y	Y	0.0000	0.0000	0.0000	28	1	2	4	5	6	7	8	9	10	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

26 27 28 29 30 31

SAVING ORBIT RESULTS :

REQU. FILE NAME ELE-FILE

1 Q:/USAK/OUT/FREE2540.NEQ
 2 Q:/USAK/OUT/FREE2550.NEQ

TROPOSPHERE MODEL:

TROPOSPHERE MODEL: SAASTAMOINEN
 METEO VALUES : EXTRAPOLATED

REFERENCE HEIGHT : 0.00 M TEMPERATURE AT REF. HEIGHT: 18.00 C
 PRESSURE AT REF. HEIGHT: 1013.25 MBAR
 HUMIDITY AT REF. HEIGHT: 50.00 %

STATISTIC OF SOLVED FOR PARAMETERS	#PARAMETERS	#PRE-
ELIMINATED #NO-OBS		

STATION COORDINATES	66	0 (BEFORE INV)	0
---------------------	----	----------------	---

NUMBER OF SOLVE FOR PARAMETERS	66	0	0
--------------------------------	----	---	---

SHORT SOLUTION STATISTIC

TOTAL NUMBER OF PARAMETERS	:	655
NUMBER OF OBSERVATIONS	:	321068
NUMBER OF SINGLE DIFF. FILES	:	33

SIGMA OF SINGLE DIFFERENCE OBSERVATION: 0.0033
 SIGMA OF COORDINATE GROUP : 0.0252
 (ESTIMATION OF A MORE REALISTIC SCALING
 FACTOR OF THE COVARIANCE MATRIX)

LIST OF RMS VALUES

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFFERENCE)	#OBS	#PAR (ORIG.)	#PAR
(SOLVED)	MJD				
1	Q:/USAK/OUT/FREE2540.NEQ	0.0032	162587	340	54
2	Q:/USAK/OUT/FREE2550.NEQ	0.0033	158481	354	51
		0.0033	321068	655	66
					52893.99983

FINAL LIST OF COVFACTOR VALUES:
 ITERATION NECESSARY : NO

FILE	FILE NAME	VALUE	RMS	GRP
1	Q:/USAK/OUT/FREE2540.NEQ	1.0000	0.000000	
2	Q:/USAK/OUT/FREE2550.NEQ	1.0000	0.000000	

UNWEIGHTED RMS VALUES WITH RESPECT TO THE COMBINED SOLUTION IN MM

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 22

#FIL	C	RMS	1	2
COMBINATION	2	N	2.5	2.4 2.7
E	1.9	1.9	2.0	
U	8.2	8.9	7.7	
#STA	22	18	17	
FAC	4.60	4.43		

OUTLIER DETECTION USING THE MEAN REPEATABILITY RMS OF EACH COMPONENT

DETECTION LEVEL (RESIDUUM/RMS): 3.00

NORTH: 0.008, EAST: 0.006, UP: 0.025 (M)

FILE	STATION	COMPONENT	RESIDUUM(M)	RMS(M)	RMS*FAC(M)	GRP
------	---------	-----------	-------------	--------	------------	-----

UNWEIGHTED RMS VALUES OF THE COMPARISON BETWEEN THE SOLUTIONS IN MM

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 22

FIL	C	1
2	N	4.9
E	3.9	
U	18.2	
#STA	13	

EK-3:

LGO 5.0 (Leica Geo Office 5.0) Bazı Raporlar

İKİ BOYUTLU HELMERT BENZERLİK DÖNÜŞÜMÜ SONUCU İKİ BOYUTTA BENZERLİK DÖNÜŞÜMÜ İLE NOKTALARIN UYUŞUM TESTİ

WGS-84

ED-50

No	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)
AFYN	548776.252	4289608.411	548776.334	4289608.195
AKHR	624948.398	4249455.208	624948.480	4249454.987
DINA	514595.830	4215221.540	514595.911	4215221.321
EMIR	599073.179	4321590.462	599073.253	4321590.239
KUTA	491297.779	4371894.809	491297.854	4371894.584
USAK	448244.297	4283060.774	448244.373	4283060.560

Dönüşüm Parametreleri Ölçek ve Dönüklük;

B1= 0.999999995096 B3= 0.102670394817

B2= 0.000000005060 B4= -0.201357535703

Dönüklük= 0.000000 grad

Ölçek= 0.005 ppm (1:203916732)

Dönüşüm sonrası koordinatlar, düzeltmeleri ve test sonuçları;

No	Y(m)	X(m)	VY(m)	VX(m)	Ti	C
AFYN	548776.330	4289608.191	-0.004	-0.004	0.916	1.786
AKHR	624948.476	4249454.989	-0.004	0.002	0.915	1.786
DINA	514595.909	4215221.321	-0.002	0.000	0.435	1.786
EMIR	599073.257	4321590.242	0.004	0.003	0.997	1.786
KUTA	491297.857	4371894.589	0.003	0.005	1.183	1.786
USAK	448244.376	4283060.554	0.003	-0.006	1.373	1.786

Birim ölçünün karesel ortalama hatası(mo) = 0.004 m.

Birim ölçünün ortalama konum hatası (mp) = 0.006 m.

Ti :Test Büyüklüğü

C :Kritik Değer (a=0.05 için)

3 BOYUTLU DÖNÜŞÜM RAPORU

1. SİSTEM				2. SİSTEM			
Nokta No	X1	Y1	Z1	Nokta No	X2	Y2	Z2

AFYN	4290278.4759	2533323.7573	3970374.2479				
AFYN	4290278.4446	2533323.8324	3970373.9777				
AKHR	4273150.9055	2611388.0040	3938312.1163				
AKHR	4273150.8852	2611388.0833	3938311.8508				
DINA	4347406.0037	2526832.2331	3912083.0890				
DINA	4347405.9895	2526832.3174	3912082.8337				
EMIR	4247338.7512	2566611.7776	3994897.3911				
EMIR	4247338.7317	2566611.8486	3994897.1189				
KUTA	4274186.1620	2457652.3841	4034348.6941				
KUTA	4274186.1371	2457652.4572	4034348.4144				
USAK	4344010.3923	2448245.5012	3965183.2163				
USAK	4344010.3689	2448245.5767	3965182.9558				

DÖNÜŞÜM MODELİ: Bursa Wolf

Dönüklük Orijini:

X0 : 0.0000
Y0 : 0.0000
Z0 : 0.0000

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

Parametre	Değeri	Ort.Hatası	Birimi

Öteleme dX :	0.7570	0.2078	m.
Öteleme dY :	0.3179	0.1884	m.
Öteleme dZ :	-0.9631	0.2147	m.
Dönüklük X :	-0.01399	0.00592	saniye
Dönüklük Y :	0.03080	0.00775	saniye
Dönüklük Z :	-0.00490	0.00598	saniye
Ölçek :	-0.0295	0.0241	ppm

Mo (karesel ortalama hata) : 0.0047 m.

1. SİSTEM	2. SİSTEM	dX(m.)	dY(m.)	dZ(m.)
AFYN	AFYN	0.0088	0.0008	0.0027
AKHR	AKHR	0.0012	-0.0039	0.0017
DINA	DINA	-0.0011	-0.0029	-0.0024
EMIR	EMIR	-0.0062	0.0012	-0.0002
KUTA	KUTA	-0.0049	0.0003	0.0028
USAK	USAK	0.0021	0.0045	-0.0046

Referans Epoku : 2005.000

Nokta No	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz	Kullanılan Referanslar
AFYN_GPS	4290278.4871	2533323.8520	3970373.9809	-0.0080	-0.0037	-0.0006	
REFERANS							
AKHR_GPS	4273150.8831	2611388.0265	3938311.7823	0.0004	0.0107	0.0129	
REFERANS							
DINA_GPS	4347406.0166	2526832.3185	3912082.8273	-0.0051	-0.0002	0.0012	
REFERANS							
EMIR_GPS	4247338.7275	2566611.8560	3994897.0887	0.0008	-0.0014	0.0057	
REFERANS							
KUTA_GPS	4274186.1408	2457652.4636	4034348.4181	-0.0007	-0.0012	-0.0007	
REFERANS							
USAK_GPS	4344010.3684	2448245.5799	3965182.9256	0.0001	-0.0006	0.0057	
REFERANS							
9004	4286676.6523	2528775.4042	3977075.7865	-0.0018	0.0006	0.0041	
AFYN_GPS;AKHR_GPS;DINA_GPS;EMIR_GPS;KUTA_GPS;USAK_GPS;							
9006	4286507.0552	2528201.1543	3977620.2835	-0.0018	0.0006	0.0041	
AFYN_GPS;AKHR_GPS;DINA_GPS;EMIR_GPS;KUTA_GPS;USAK_GPS;							
9007	4286845.5683	2528358.1788	3977159.3756	-0.0018	0.0006	0.0041	
AFYN_GPS;AKHR_GPS;DINA_GPS;EMIR_GPS;KUTA_GPS;USAK_GPS;							
9008	4286704.3005	2528517.3691	3977209.3341	-0.0018	0.0006	0.0041	
AFYN_GPS;AKHR_GPS;DINA_GPS;EMIR_GPS;KUTA_GPS;USAK_GPS;							
9009	4287333.9152	2528856.5340	3976319.2035	-0.0018	0.0007	0.0042	
AFYN_GPS;AKHR_GPS;DINA_GPS;EMIR_GPS;KUTA_GPS;USAK_GPS;							

REFERANS EPOK COĞRAFİ KOORDİNATLAR

DATUM:ITRF-96

ELİPSOİD:GRS80

Referans Epoku : 2005.000

Nokta No	Enlem(°)	Boylam(°)	Elipsoid Yük.(m)
AFYN_GPS	38 44 18.102144	30 33 39.611511	1072.3056
AKHR_GPS	38 22 9.377441	31 25 47.070309	1046.3297
DINA_GPS	38 4 10.067564	30 9 58.808960	917.9186
EMIR_GPS	39 1 19.883624	31 8 38.493016	1057.6584
KUTA_GPS	39 28 51.115470	29 53 55.880973	1076.3656
USAK_GPS	38 40 45.166927	29 24 18.795036	965.9865
9004	38 48 57.440357	30 32 13.191147	1049.1118
9006	38 49 20.094496	30 31 56.262738	1049.3105
9007	38 49 0.903267	30 31 54.740867	1049.7074
9008	38 49 2.994686	30 32 3.398025	1049.2303
9009	38 48 25.983327	30 32 2.248232	1048.1531

LGO Adjustment Results

Coordinates					
Station	Coordinate	Corr	Sd		
9004	Latitude	38° 48' 57.44104" N	-0.2207 m	0.0023 m	°
°	Longitude	30° 32' 13.19147" E	0.0769 m	0.0018 m	°
°	Height	1049.1206 m	-0.1520 m	0.0050 m	°
9006	Latitude	38° 49' 20.09517" N	-0.2206 m	0.0026 m	°
°	Longitude	30° 31' 56.26305" E	0.0770 m	0.0022 m	°
°	Height	1049.3191 m	-0.1521 m	0.0045 m	°
9007	Latitude	38° 49' 00.90395" N	-0.2209 m	0.0039 m	°
°	Longitude	30° 31' 54.74118" E	0.0770 m	0.0031 m	°
°	Height	1049.7160 m	-0.1516 m	0.0084 m	°
9008	Latitude	38° 49' 02.99537" N	-0.2206 m	0.0049 m	°
°	Longitude	30° 32' 03.39834" E	0.0770 m	0.0037 m	°
°	Height	1049.2389 m	-0.1521 m	0.0043 m	°
9009	Latitude	38° 48' 25.98401" N	-0.2210 m	0.0024 m	°
°	Longitude	30° 32' 02.24856" E	0.0768 m	0.0019 m	°
°	Height	1048.1619 m	-0.1520 m	0.0052 m	°
AFYN	Latitude	38° 44' 18.10300" N	0.0000 m	-	fixed
°	Longitude	30° 33' 39.61171" E	0.0000 m	-	fixed
°	Height	1072.2673 m	0.0000 m	-	fixed
AKHR	Latitude	38° 22' 09.37855" N	0.0000 m	-	fixed
°	Longitude	31° 25' 47.07226" E	0.0000 m	-	fixed
°	Height	1046.3968 m	0.0000 m	-	fixed
DINA	Latitude	38° 04' 10.06820" N	0.0000 m	-	fixed

Â	Longitude	30°Â 09'Â 58.80948"Â E	0.0000 m	-	fixed
Â	Height	917.9037 m	0.0000 m	-	fixed
EMIR	Latitude	39°Â 01'Â 19.88439"Â N	0.0000 m	-	fixed
Â	Longitude	31°Â 08'Â 38.49266"Â E	0.0000 m	-	fixed
Â	Height	1057.6772 m	0.0000 m	-	fixed
KUTA	Latitude	39°Â 28'Â 51.11551"Â N	0.0000 m	-	fixed
Â	Longitude	29°Â 53'Â 55.88082"Â E	0.0000 m	-	fixed
Â	Height	1076.3583 m	0.0000 m	-	fixed
USAK	Latitude	38°Â 40'Â 45.16771"Â N	0.0000 m	-	fixed
Â	Longitude	29°Â 24'Â 18.79491"Â E	0.0000 m	-	fixed
Â	Height	966.0044 m	0.0000 m	-	fixed

EK-4:**Trimble Total Control 2.73 (TTC 2.73) Bazı Raporlar****DAYALI_DENGELEME_PROJE**

User Name	Trimble Employee	Date & Time	13:49:14 23/08/2010
Coordinate System	UTM	Zone	TURK ITRF 96 - 30 - 3
Project Datum	ITRF	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Network Adjustment in WGS84.

Number of GPS Baselines	55
Number of Total Station Measurements	0
Number of Control Points in WGS84	6
Number of Adjusted Points	11
Confidence level	1 σ
Significance Level for Tau Test	1.00 %
Standard Error of Unit Weight	2.695
Number of Iterations	1
Refraction Coefficient	0.140

- Observations which were rejected by the statistical test are marked.

1. Baselines Input in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX_m	σ_{mm}	ΔY_m	σ_{mm}	ΔZ_m	σ_{mm}	Solution
<u>9004-9009</u>	657.2657	3.8	81.1319	2.7	-756.5794	3.4	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9006-9004</u>	169.3808	3.8	574.1267	2.7	-544.6992	3.4	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9006-9007</u>	338.2946	4.5	156.9031	3.2	-461.1023	3.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9006-9008</u>	197.2439	3.4	316.2152	2.4	-410.9497	3.0	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9006-9009</u>	826.6465	4.3	655.2584	3.0	-1301.2786	3.8	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9007-9004</u>	-168.9138	3.2	417.2228	2.3	-83.5969	2.9	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9007-9009</u>	488.3514	4.1	498.3544	2.9	-840.1769	3.6	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9008-9004</u>	-27.8636	3.0	257.9110	2.1	-133.7497	2.7	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9008-9007</u>	141.0518	4.4	-159.3113	3.1	-50.1520	3.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9008-9009</u>	629.4021	3.9	339.0430	2.7	-890.3294	3.5	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>9009-AKHR</u>	-14182.9932	35.7	82531.5255	23.9	-38007.3567	31.5	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9009-DINA</u>	60072.3207	46.0	-2024.1936	24.8	-64236.2216	32.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9009-EMIR</u>	-39995.2049	33.3	37755.2736	18.3	18577.8432	24.3	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9009-KUTA</u>	-13147.8171	22.1	-71204.0620	15.5	58029.1387	19.5	Double Diff. / Fixed / L1
<u>9009-USAK</u>	56676.4130	45.8	-80610.9716	35.7	-11136.2633	41.4	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-9004</u>	-3601.7668	10.9	-4548.3920	6.1	6701.8525	9.4	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>AFYN-9006</u>	-3771.1498	10.6	-5122.5204	6.1	7246.5487	9.3	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>AFYN-9007</u>	-3432.8548	13.9	-4965.6197	7.8	6785.4487	12.1	Double Diff. / Fixed / L1

<u>AFYN-9008</u>	-3573.9084	10.7	-4806.3092	6.1	6835.5993	9.3	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-9009</u>	-2944.4995	11.1	-4467.2605	6.1	5945.2741	9.4	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>AFYN-AKHR</u>	-17127.5668	40.0	78064.2420	28.0	-32062.1483	40.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-DINA</u>	57127.5665	44.3	-6491.4846	27.4	-58291.0983	40.8	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-EMIR</u>	-42939.7420	35.4	33288.0025	21.7	24523.0910	34.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-KUTA</u>	-16092.3190	53.0	-75671.3528	35.0	63974.4154	49.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AFYN-USAK</u>	53732.1598	96.9	-85078.2713	71.3	-5190.7953	96.0	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AKHR-9004</u>	13525.6043	57.1	-82612.8032	38.4	38763.7048	50.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AKHR-9006</u>	13356.4040	25.9	-83186.7541	19.0	39308.6850	22.8	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AKHR-9007</u>	13694.6622	35.2	-83029.8662	29.6	38847.5270	32.8	Double Diff. / Fixed / L1
<u>AKHR-9008</u>	13553.4778	61.7	-82870.7086	42.1	38897.4577	53.6	Double Diff. / Fixed / L1
<u>DINA-9004</u>	-60729.5478	47.7	1943.0523	25.1	64992.8271	34.7	Double Diff. / Fixed / L1
<u>DINA-9006</u>	-60898.8074	54.9	1368.7487	36.4	65537.6343	40.5	Double Diff. / Fixed / L1
<u>DINA-9007</u>	-60560.3601	68.8	1525.8822	51.5	65076.5394	63.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>DINA-9008</u>	-60701.6915	46.7	1685.1400	24.9	65126.5726	34.5	Double Diff. / Fixed / L1
<u>DINA-AKHR</u>	-74255.1148	66.3	84555.6894	42.5	26228.9637	60.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-9004</u>	39337.8561	36.5	-37836.4282	22.4	-17821.2829	26.9	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-9006</u>	39168.6086	29.6	-38410.5081	19.3	-17276.5280	26.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-9007</u>	39506.8670	39.5	-38253.6035	22.8	-17737.6375	33.6	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-9008</u>	39365.8114	30.6	-38094.2961	17.8	-17687.4989	24.1	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-AKHR</u>	25812.0954	35.9	44776.1817	22.9	-56585.2852	32.6	Double Diff. / Fixed / L1
<u>EMIR-DINA</u>	100067.1341	60.7	-39779.5831	39.6	-82814.2946	61.2	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>KUTA-9004</u>	12490.5558	21.9	71122.9339	15.5	-57272.5558	19.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-9006</u>	12321.1700	19.7	70548.8035	14.7	-56727.8574	17.4	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-9007</u>	12659.4573	28.4	70705.7039	20.4	-57188.9668	27.0	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-9008</u>	12518.4163	21.1	70865.0208	15.2	-57138.8087	18.6	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-AKHR</u>	-1035.2828	68.4	153735.5954	52.3	-96036.5968	68.6	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-DINA</u>	73220.2264	77.8	69180.1868	45.9	-122265.2309	75.5	Double Diff. / Fixed / L1
<u>KUTA-EMIR</u>	-26847.3362	56.0	108959.4111	32.3	-39451.2234	51.3	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-9004</u>	-57333.6537	53.9	80529.8269	42.0	11892.8877	50.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-9006</u>	-57503.0583	44.9	79955.6728	37.9	12437.5551	39.8	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-9007</u>	-57164.7669	47.7	80112.5384	31.8	11976.4639	45.2	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-9008</u>	-57305.7919	45.2	80271.9064	36.5	12026.6392	41.3	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-AKHR</u>	-70859.3015	68.9	163142.8544	56.3	-26870.9647	71.1	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-DINA</u>	3395.5386	60.6	78586.5971	41.8	-53100.1620	56.3	Double Diff. / Fixed / L1
<u>USAK-EMIR</u>	-96671.7922	106.4	118366.5272	67.8	29713.8100	89.7	Double Diff. / Fixed / Ln
<u>USAK-KUTA</u>	-69824.2140	73.6	9406.8624	51.3	69165.4529	67.2	Double Diff. / Fixed / L1

- Standard deviations of the static baselines have been multiplied with the factor 10.00.

2. WGS84 Control Points Input (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
<u>AFYN</u>	4290278.4446m	0.0mm	2533323.8324m	0.0mm	3970373.9777m	0.0mm
<u>AKHR</u>	4273150.8852m	0.0mm	2611388.0833m	0.0mm	3938311.8508m	0.0mm
<u>DINA</u>	4347405.9895m	0.0mm	2526832.3174m	0.0mm	3912082.8337m	0.0mm
<u>EMIR</u>	4247338.7317m	0.0mm	2566611.8486m	0.0mm	3994897.1189m	0.0mm
<u>KUTA</u>	4274186.1371m	0.0mm	2457652.4572m	0.0mm	4034348.4144m	0.0mm

USAK 4344010.3689m 0.0mm 2448245.5767m 0.0mm 3965182.9558m 0.0mm

3. Adjusted Baselines in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX	σ	ΔY	σ	ΔZ	σ
<u>9004-9009</u>	657.2654m	6.3mm	81.1322m	4.4mm	-756.5795m	5.6mm
<u>9006-9004</u>	169.3804m	6.2mm	574.1264m	4.4mm	-544.6998m	5.5mm
<u>9006-9007</u>	338.2946m	6.7mm	156.9035m	4.8mm	-461.1024m	5.9mm
<u>9006-9008</u>	197.2436m	6.1mm	316.2151m	4.3mm	-410.9500m	5.4mm
<u>9006-9009</u>	826.6458m	6.7mm	655.2586m	4.7mm	-1301.2793m	5.9mm
<u>9007-9004</u>	-168.9142m	6.0mm	417.2229m	4.3mm	-83.5974m	5.3mm
<u>9007-9009</u>	488.3512m	6.7mm	498.3551m	4.7mm	-840.1769m	5.9mm
<u>9008-9004</u>	-27.8632m	5.7mm	257.9113m	4.0mm	-133.7498m	5.0mm
<u>9008-9007</u>	141.0509m	6.5mm	-159.3116m	4.6mm	-50.1524m	5.7mm
<u>9008-9009</u>	629.4022m	6.4mm	339.0435m	4.5mm	-890.3293m	5.6mm
<u>9009-AKHR</u>	-14183.0592m	11.4mm	82531.5204m	7.0mm	-38007.4002m	9.9mm
<u>9009-DINA</u>	60072.0451m	11.4mm	-2024.2455m	7.0mm	-64236.4173m	9.9mm
<u>9009-EMIR</u>	-39995.2127m	11.4mm	37755.2857m	7.0mm	18577.8679m	9.9mm
<u>9009-KUTA</u>	-13147.8073m	11.4mm	-71204.1057m	7.0mm	58029.1634m	9.9mm
<u>9009-USAK</u>	56676.4245m	11.4mm	-80610.9862m	7.0mm	-11136.2952m	9.9mm
<u>AFYN-9004</u>	-3601.7656m	11.2mm	-4548.4017m	6.9mm	6701.8528m	9.8mm
<u>AFYN-9006</u>	-3771.1470m	11.3mm	-5122.5281m	7.0mm	7246.5526m	9.9mm
<u>AFYN-9007</u>	-3432.8514m	11.5mm	-4965.6246m	7.2mm	6785.4503m	10.1mm
<u>AFYN-9008</u>	-3573.9024m	11.2mm	-4806.3130m	6.9mm	6835.6026m	9.8mm
<u>AFYN-9009</u>	-2944.5002m	11.4mm	-4467.2695m	7.0mm	5945.2733m	9.9mm
<u>AFYN-AKHR</u>	-17127.5594m	0.0mm	78064.2509m	0.0mm	-32062.1269m	0.0mm
<u>AFYN-DINA</u>	57127.5449m	0.0mm	-6491.5150m	0.0mm	-58291.1440m	0.0mm
<u>AFYN-EMIR</u>	-42939.7129m	0.0mm	33288.0162m	0.0mm	24523.1412m	0.0mm
<u>AFYN-KUTA</u>	-16092.3075m	0.0mm	-75671.3752m	0.0mm	63974.4367m	0.0mm
<u>AFYN-USAK</u>	53731.9243m	0.0mm	-85078.2557m	0.0mm	-5191.0219m	0.0mm
<u>AKHR-9004</u>	13525.7938m	11.2mm	-82612.6526m	6.9mm	38763.9797m	9.8mm
<u>AKHR-9006</u>	13356.4134m	11.3mm	-83186.7790m	7.0mm	39308.6795m	9.9mm
<u>AKHR-9007</u>	13694.7080m	11.5mm	-83029.8755m	7.2mm	38847.5772m	10.1mm
<u>AKHR-9008</u>	13553.6570m	11.2mm	-82870.5639m	6.9mm	38897.7295m	9.8mm
<u>DINA-9004</u>	-60729.3105m	11.2mm	1943.1133m	6.9mm	64992.9968m	9.8mm
<u>DINA-9006</u>	-60898.6909m	11.3mm	1368.9869m	7.0mm	65537.6966m	9.9mm
<u>DINA-9007</u>	-60560.3963m	11.5mm	1525.8904m	7.2mm	65076.5943m	10.1mm
<u>DINA-9008</u>	-60701.4473m	11.2mm	1685.2020m	6.9mm	65126.7466m	9.8mm
<u>DINA-AKHR</u>	-74255.1043m	0.0mm	84555.7659m	0.0mm	26229.0171m	0.0mm
<u>EMIR-9004</u>	39337.9473m	11.2mm	-37836.4179m	6.9mm	-17821.2884m	9.8mm
<u>EMIR-9006</u>	39168.5669m	11.3mm	-38410.5443m	7.0mm	-17276.5886m	9.9mm
<u>EMIR-9007</u>	39506.8615m	11.5mm	-38253.6408m	7.2mm	-17737.6909m	10.1mm
<u>EMIR-9008</u>	39365.8105m	11.2mm	-38094.3292m	6.9mm	-17687.5386m	9.8mm
<u>EMIR-AKHR</u>	25812.1535m	0.0mm	44776.2347m	0.0mm	-56585.2681m	0.0mm
<u>EMIR-DINA</u>	100067.2578m	0.0mm	-39779.5312m	0.0mm	-82814.2852m	0.0mm
<u>KUTA-9004</u>	12490.5419m	11.2mm	71122.9735m	6.9mm	-57272.5839m	9.8mm
<u>KUTA-9006</u>	12321.1615m	11.3mm	70548.8471m	7.0mm	-56727.8841m	9.9mm
<u>KUTA-9007</u>	12659.4561m	11.5mm	70705.7506m	7.2mm	-57188.9864m	10.1mm

<u>KUTA-9008</u>	12518.4051m	11.2mm	70865.0622m	6.9mm	-57138.8341m	9.8mm
<u>KUTA-AKHR</u>	-1035.2519m	0.0mm	153735.6261m	0.0mm	-96036.5636m	0.0mm
<u>KUTA-DINA</u>	73219.8524m	0.0mm	69179.8602m	0.0mm	-122265.5807m	0.0mm
<u>KUTA-EMIR</u>	-26847.4054m	0.0mm	108959.3914m	0.0mm	-39451.2955m	0.0mm
<u>USAK-9004</u>	-57333.6899m	11.2mm	80529.8540m	6.9mm	11892.8747m	9.8mm
<u>USAK-9006</u>	-57503.0703m	11.3mm	79955.7276m	7.0mm	12437.5745m	9.9mm
<u>USAK-9007</u>	-57164.7757m	11.5mm	80112.6311m	7.2mm	11976.4722m	10.1mm
<u>USAK-9008</u>	-57305.8267m	11.2mm	80271.9427m	6.9mm	12026.6245m	9.8mm
<u>USAK-AKHR</u>	-70859.4837m	0.0mm	163142.5066m	0.0mm	-26871.1050m	0.0mm
<u>USAK-DINA</u>	3395.6206m	0.0mm	78586.7407m	0.0mm	-53100.1221m	0.0mm
<u>USAK-EMIR</u>	-96671.6372m	0.0mm	118366.2719m	0.0mm	29714.1631m	0.0mm
<u>USAK-KUTA</u>	-69824.2318m	0.0mm	9406.8805m	0.0mm	69165.4586m	0.0mm

4. Baseline Residuals (Residuals and Standardized Residuals)

Observation	Northing Res.	Stand. Res.	Easting Res.	Stand. Res.	Height Res.	Stand. Res.	Red.No.
<u>9004-9009</u>	0.0mm	0.004	0.4mm	0.099	-0.1mm	-0.012	1.93
<u>9006-9004</u>	-0.1mm	-0.025	-0.0mm	-0.007	-0.7mm	-0.070	1.94
<u>9006-9007</u>	-0.1mm	-0.026	0.4mm	0.091	0.1mm	0.008	2.06
<u>9006-9008</u>	-0.0mm	-0.012	0.1mm	0.022	-0.4mm	-0.046	1.68
<u>9006-9009</u>	-0.2mm	-0.035	0.6mm	0.114	-0.8mm	-0.061	2.04
<u>9007-9004</u>	-0.2mm	-0.056	0.3mm	0.083	-0.5mm	-0.067	1.61
<u>9007-9009</u>	-0.2mm	-0.029	0.7mm	0.156	0.2mm	0.015	1.95
<u>9008-9004</u>	-0.3mm	-0.088	0.1mm	0.040	0.4mm	0.046	1.58
<u>9008-9007</u>	0.3mm	0.055	0.3mm	0.053	-0.9mm	-0.072	2.10
<u>9008-9009</u>	-0.1mm	-0.017	0.4mm	0.097	0.3mm	0.029	1.92
<u>9009-AKHR</u>	3.3mm	0.098	29.1mm	0.884	-73.6mm	-0.547	2.95
<u>9009-DINA</u>	12.8mm	0.271	95.3mm	2.132	-328.2mm	-2.169	2.97
<u>9009-EMIR</u>	19.6mm	0.664	14.3mm	0.535	15.0mm	0.132	2.93
<u>9009-KUTA</u>	27.9mm	1.034	-42.7mm	-2.140	4.8mm	0.058	2.88
<u>9009-USAK</u>	-26.4mm	-0.650	-18.4mm	-0.363	-18.1mm	-0.100	2.97
<u>AFYN-9004</u>	2.7mm	0.288	-9.0mm	-1.053	-2.8mm	-0.077	2.47
<u>AFYN-9006</u>	3.5mm	0.349	-8.6mm	-0.978	2.0mm	0.055	2.48
<u>AFYN-9007</u>	0.9mm	0.072	-5.9mm	-0.521	1.3mm	0.026	2.66
<u>AFYN-9008</u>	0.5mm	0.047	-6.3mm	-0.736	4.6mm	0.130	2.48
<u>AFYN-9009</u>	2.6mm	0.292	-7.4mm	-0.884	-4.5mm	-0.122	2.44
<u>AFYN-AKHR</u>	9.9mm	0.279	3.9mm	0.105	21.9mm	0.135	3.00
<u>AFYN-DINA</u>	-14.3mm	-0.365	-15.1mm	-0.455	-55.2mm	-0.323	3.00
<u>AFYN-EMIR</u>	19.0mm	0.768	-3.0mm	-0.113	56.4mm	0.402	3.00
<u>AFYN-KUTA</u>	17.5mm	0.329	-25.1mm	-0.673	12.2mm	0.059	3.00
<u>AFYN-USAK</u>	-54.4mm	-0.673	133.1mm	1.214	-293.9mm	-0.750	3.00
<u>AKHR-9004</u>	64.0mm	1.037	33.4mm	0.677	359.1mm	1.661	2.98
<u>AKHR-9006</u>	-1.4mm	-0.050	-26.2mm	-0.994	-7.0mm	-0.072	2.92
<u>AKHR-9007</u>	17.3mm	0.490	-31.3mm	-0.744	58.5mm	0.415	2.95
<u>AKHR-9008</u>	68.9mm	1.012	33.6mm	0.623	348.0mm	1.503	2.98
<u>DINA-9004</u>	-15.3mm	-0.311	-68.0mm	-1.374	289.8mm	1.842	2.97

<u>DINA-9006</u>	-90.2mm	-1.213	147.0mm	2.826	211.5mm	1.132	2.98
<u>DINA-9007</u>	59.7mm	0.813	25.5mm	0.426	13.3mm	0.049	2.99
<u>DINA-9008</u>	-16.0mm	-0.331	-70.6mm	-1.431	297.5mm	1.923	2.97
<u>DINA-AKHR</u>	11.5mm	0.258	60.6mm	0.923	70.8mm	0.276	3.00
<u>EMIR-9004</u>	-56.8mm	-1.283	-37.5mm	-1.182	61.8mm	0.499	2.96
<u>EMIR-9006</u>	-13.2mm	-0.417	-10.0mm	-0.334	-80.3mm	-0.737	2.94
<u>EMIR-9007</u>	-26.8mm	-0.874	-29.3mm	-0.929	-52.0mm	-0.358	2.95
<u>EMIR-9008</u>	-19.9mm	-0.789	-28.1mm	-1.011	-38.5mm	-0.357	2.93
<u>EMIR-AKHR</u>	-35.0mm	-1.097	16.2mm	0.779	70.7mm	0.507	3.00
<u>EMIR-DINA</u>	-76.0mm	-1.358	-18.2mm	-0.405	109.5mm	0.446	3.00
<u>KUTA-9004</u>	-26.9mm	-1.004	41.1mm	2.062	-11.2mm	-0.139	2.89
<u>KUTA-9006</u>	-30.1mm	-1.149	41.9mm	2.132	-5.2mm	-0.072	2.87
<u>KUTA-9007</u>	-29.5mm	-0.812	40.9mm	1.435	5.4mm	0.050	2.93
<u>KUTA-9008</u>	-26.9mm	-1.014	41.4mm	2.069	-7.0mm	-0.090	2.88
<u>KUTA-AKHR</u>	-0.6mm	-0.009	10.7mm	0.188	53.7mm	0.189	3.00
<u>KUTA-DINA</u>	33.4mm	0.458	-91.2mm	-1.902	-599.5mm	-1.965	3.00
<u>KUTA-EMIR</u>	-12.5mm	-0.288	18.2mm	0.351	-99.5mm	-0.469	3.00
<u>USAK-9004</u>	0.8mm	0.017	41.7mm	0.809	-21.7mm	-0.100	2.98
<u>USAK-9006</u>	4.1mm	0.095	53.3mm	1.058	25.8mm	0.144	2.97
<u>USAK-9007</u>	-18.4mm	-0.546	84.4mm	2.142	36.0mm	0.190	2.96
<u>USAK-9008</u>	-4.3mm	-0.108	48.9mm	1.080	-18.2mm	-0.100	2.97
<u>USAK-AKHR</u>	99.9mm	1.890	-207.0mm	-3.083	-347.9mm	-1.180	3.00
<u>USAK-DINA</u>	-58.9mm	-1.011	82.0mm	1.506	136.9mm	0.578	3.00
<u>USAK-EMIR</u>	272.8mm	3.409	-298.7mm	-3.546	224.3mm	0.560	3.00
<u>USAK-KUTA</u>	8.3mm	0.104	24.6mm	0.416	-1.2mm	-0.004	3.00

5. Adjusted Points in WGS84 (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
<u>9004</u>	4286676.6790m	11.2mm	2528775.4307m	6.9mm	3977075.8305m	9.8mm
<u>9006</u>	4286507.2986m	11.3mm	2528201.3043m	7.0mm	3977620.5303m	9.9mm
<u>9007</u>	4286845.5932m	11.5mm	2528358.2078m	7.2mm	3977159.4280m	10.1mm
<u>9008</u>	4286704.5422m	11.2mm	2528517.5194m	6.9mm	3977209.5803m	9.8mm
<u>9009</u>	4287333.9444m	11.4mm	2528856.5629m	7.0mm	3976319.2510m	9.9mm
<u>AFYN</u>	4290278.4446m	0.0mm	2533323.8324m	0.0mm	3970373.9777m	0.0mm
<u>AKHR</u>	4273150.8852m	0.0mm	2611388.0833m	0.0mm	3938311.8508m	0.0mm
<u>DINA</u>	4347405.9895m	0.0mm	2526832.3174m	0.0mm	3912082.8337m	0.0mm
<u>EMIR</u>	4247338.7317m	0.0mm	2566611.8486m	0.0mm	3994897.1189m	0.0mm
<u>KUTA</u>	4274186.1371m	0.0mm	2457652.4572m	0.0mm	4034348.4144m	0.0mm
<u>USAK</u>	4344010.3689m	0.0mm	2448245.5767m	0.0mm	3965182.9558m	0.0mm

6. Adjusted Points in WGS84 (Geogr. Coordinates and Std.Dev.)

Point	Latitude	σ	Longitude	σ	Height	σ
<u>9004</u>	N 38° 48' 57.44073"	4.5mm	E 30° 32' 13.19153"	4.0mm	1049.1678m	15.3mm

<u>9006</u>	N 38° 49' 20.09492"	4.6mm	E 30° 31' 56.26297"	4.0mm	1049.6879m	15.4mm
<u>9007</u>	N 38° 49' 00.90385"	4.7mm	E 30° 31' 54.74138"	4.2mm	1049.7683m	15.7mm
<u>9008</u>	N 38° 49' 02.99512"	4.5mm	E 30° 32' 03.39830"	4.0mm	1049.6063m	15.3mm
<u>9009</u>	N 38° 48' 25.98371"	4.6mm	E 30° 32' 02.24865"	4.1mm	1048.2139m	15.5mm
<u>AFYN</u>	N 38° 44' 18.10300"	0.0mm	E 30° 33' 39.61171"	0.0mm	1072.2673m	0.0mm
<u>AKHR</u>	N 38° 22' 09.37855"	0.0mm	E 31° 25' 47.07226"	0.0mm	1046.3968m	0.0mm
<u>DINA</u>	N 38° 04' 10.06820"	0.0mm	E 30° 09' 58.80948"	0.0mm	917.9037m	0.0mm
<u>EMIR</u>	N 39° 01' 19.88439"	0.0mm	E 31° 08' 38.49266"	0.0mm	1057.6772m	0.0mm
<u>KUTA</u>	N 39° 28' 51.11551"	0.0mm	E 29° 53' 55.88082"	0.0mm	1076.3583m	0.0mm
<u>USAK</u>	N 38° 40' 45.16771"	0.0mm	E 29° 24' 18.79491"	0.0mm	966.0044m	0.0mm

7. Adjusted Points Error Ellipses

Point	Semimajor Axis	Semiminor Axis	Angle	95% confidence radius
<u>9004</u>	4.6mm	3.8mm	-23.9°	10.4mm
<u>9006</u>	4.7mm	3.9mm	-24.4°	10.6mm
<u>9007</u>	4.8mm	4.0mm	-22.9°	10.9mm
<u>9008</u>	4.6mm	3.8mm	-24.5°	10.4mm
<u>9009</u>	4.7mm	3.9mm	-23.3°	10.6mm
<u>AFYN</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<u>AKHR</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<u>DINA</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<u>EMIR</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<u>KUTA</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<u>USAK</u>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm