



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK RTK ve AĞ-RTK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet Mete GÜNDÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2013
KONYA
Her Hakkı saklıdır.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KLASİK RTK ve AĞ-RTK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet Mete GÜNDÜZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2013, 79 Sayfa

Jüri
Danışman Prof. Dr. Cevat İNAL
Doç. Dr. Ömer MUTLUOĞLU
Yrd. Doç. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

Günümüzde uzay jeodezisi ve uydu tekniklerinin hızlı gelişim ve değişimi ile birlikte, dünyanın pek çok farklı bölgesinde değişik amaçlarla kurulan sabit GPS/GNSS(Global Positioning System/Global Navigation Satellite System) istasyonları ve bu istasyonlardan elde edilen sürekli ve güncel verilerle oluşturulan ağlar haritacılık sektörü ve mühendislik ölçmeleri açısından önemli bir gelişme sağlamıştır. Uydularla navigasyon 2000'li yılların başından itibaren özellikle ticari, havacılık ve deniz ulaşımında güvenlik ve etkinlik vaat eden bir sistem olmuştur.

GNSS teknolojisinin yoğun kullanımı, yüksek doğruluk ve duyarlıklı olarak gerçek zamanlı konum belirleme ihtiyacını doğurmuş ve bunun sonucu olarak öncelikle Standart (klasik)- RTK(Real Time Kinematic) tekniği, ardından da Ağ-RTK (Network RTK) tekniği geliştirilmiştir. Günümüzde birçok ülkede Ağ-RTK tekniği olan sürekli gözlem yapan sabit GNSS istasyonları ağları (CORS - Continuously Operating Reference Station) bulunmaktadır. Ülkemizde de Mayıs 2009'da faaliyete geçen, 146 istasyondan oluşan (KKTC(Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti)'de 4 adet dahil) ve tüm ülkeyi kapsayan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı – Aktif) sistemi ile İstanbul ilini kapsayan, 8 istasyondan oluşan ve Kasım 2008 itibariyle çalışır hale getirilen İSKİ-UKBS (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi – Uydudan Konum Belirleme Sistemi) adı verilen biri ulusal ölçekte, diğeri yerel ölçekte olan iki farklı GNSS-CORS ağı mevcuttur.

Bu çalışmada gerçek zamanlı konum bilgisini son derece hızlı ve cm mertebesinde türetebilen klasik RTK ve Ağ-RTK ölçme yöntemleriyle ilgili detaylı açıklamalar yapılarak, Klasik RTK yönteminde gezici alıcının sabit(referans) istasyonuna olan uzaklığının konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde 10 km. yarıçapındaki çalışma alanı içinde Klasik RTK yönteminde gezici alıcının sabit(referans) istasyonuna olan uzaklığının konum doğruluğuna etkisi olmadığı, sonuçların doğruluğuna daha çok çalışma alanının çevresinde bulunan engellerin(bina, hava alanı, üst geçit vb.) etki ettiği görülmüştür. Ayrıca Klasik RTK yöntemi ile yapılan ölçülerin Ağ-RTK yöntemiyle yapılan ölçülerle uyumlu olduğu, dolayısıyla günlük hayatta CORS yöntemi sayesinde tek alet kullanarak ölçüm yapmanın yeterli olacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağ-RTK, CORS-TR, GZK-GPS

ABSTRACT

MASTER THESIS

COMPARISION OF CLASSIC RTK and NETWORK-RTK METHODS

Ahmet Mete GÜNDÜZ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATICS ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cevat İNAL

2013, 79 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Cevat İNAL
Associate Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU
Assistant Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

Today, with quick development and changing of space geodesy and satellite techniques, constant GPS/GNSS stations that built for different purposes and the network that produced with permanent and current data from that station are provided important data in terms of the sector of mapping and engineering measurement. Navigation with satellites is a system that promises security efficiency at especially the transportation of commercial, flying and seaway since early 2000's.

The intensive usage of GNSS technology created the need of real time positioning as high accuracy and sensitivity and as a result of this situation; firstly Classic RTK technique and then Network RTK technique are improved. Today, many countries have continuously observing GNSS reference station that has Network RTK technique. In our country, there are two different GNSS-CORS network system that one of them is national scale and the other one is local scale. The national network system which name is TUSAGA-Aktif(CORS-TR) started working at May 2009 and has 146 station(4 station in KKTC included) and the local network which name is İSKİ-UKBS started working at November 2008 and has 8 station.

In this study, it was given detailed information about Classic RTK and Network RTK which can produce location information too fast and cm degree and it was told an application which analysis the affect of distance between rover and reference receiver to location accuracy. As a result of this analysis, it was seen in Classic RTK method, the distance between Rover and reference receiver doesn't affect to location accuracy in application area which has 10 km radius, but it mostly affect the object in application area (e.g. buildings, airport, overpass way etc.) to result's accuracy. Furthermore it was seen that Classic RTK measurement are compatible with Network RTK measurement. Because of this situation it was understood that it is enough to work with single GNSS receiver by using CORS method in workaday life.

Key Words: Network RTK, CORS-TR, RTK GPS

ÖNSÖZ

Çalışmamın başlangıcından bitimine kadar bir an bile benden yardımlarını esirgemeyen, ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de kendime örnek aldığım, birlikte çalışmaktan onur duyduğum değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Cevat İNAL'a bana ayırdığı değerli zaman ve sağladığı destek için teşekkür ederim.

Hem arazi çalışmaları kısmında hem de tez yazım aşamasında bana verdiği destek için Arş. Grv. Sercan BÜLBÜL'e minnettarım.

Son olarak da; desteğini her zaman yanımda hissettiğim kıymetli arkadaşım Şehir Plancısı Ayşegül MERCAN'a ve bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Ahmet Mete GÜNDÜZ

KONYA - 2013

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ..... **iii**

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KÜRESEL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ(GNSS) **4**

2.1. GPS ……..... 4
2.2. GLONASS 6
2.3. GALILEO 7
2.4. Diğer Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri 9

3. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ **10**

3.1. Statik Ölçü Yöntemi 10
3.2. Hızlı Statik Ölçü Yöntemi 11
3.3. Tekrarlı Ölçü Yöntemi 12
3.4. Dur-Git Ölçü Yöntemi 12
3.5. Kinematik Ölçü Yöntemi 13

4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE CORS SİSTEMLERİ **14**

4.1. ABD NGS Cors Ağı 14
4.1.1. On-Line konumlandırma kullanıcı servisi(OPUS) 14
4.2. Almanya SAPOS Ağı 15
4.3. Japonya GEONET Ağı 16
4.4. TUSAGA-Aktif(CORS-TR) Sistemi 17
4.4.1. Projenin kapsamı 18
4.4.2. TUSAGA-Aktif istasyonları 21
4.4.2.1. Sabit referans istasyonu kurulan yerlerin belirlenmesinde dikkat edilen hususlar 21
4.4.2.2. İstasyon donanımlarıyla ilgili özet bilgiler 24

5. GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK(RTK) GPS **26**

5.1. Standart(Klasik) RTK 26
5.1.1. Standart RTK ölçmelerinin avantajları 28
5.1.2. Standart RTK ölçmelerinin dezavantajları 28
5.2. Ağ-RTK (CORS) 29

5.2.1. GZK ağında ağ bileşenlerini transfer etme yöntemleri 31
5.2.1.1. Sanal referans istasyonu (SRİ) 31
5.2.1.2. Alan düzeltme parametreleri (ADP) 32
5.2.1.3. Sanal referans hücresi (SRH) 33
5.2.1.4. Ham veri yayınlama 33
5.2.2. GZK ağı servisinin bileşenleri 34
5.2.2.1. Veri toplama birimi 34
5.2.2.2. Veri işleme birimi 35
5.2.2.3. Veri iletişim birimi 36
5.2.3. Ağ-RTK ölçmelerinin avantajları 37
5.2.4. Ağ-RTK ölçmelerinin dezavantajları 38

6. UYGULAMA 39

6.1. Çalışma Alanı 39
6.2. Çalışmada Kullanılan GNSS Ekipman ve Donanımları 39
6.3. Çalışma Yöntemi 44
6.4. Ölçülerin Değerlendirilmesi 45

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 74

7.1. Sonuçlar 74
7.2. Öneriler 75

KAYNAKLAR. 76

ÖZGEÇMİŞ. 79

SİMGELER

d_x, d_y, d_z : Konum Bileşeni Farkları
m_x, m_y, m_z : Ortalama Hatalar
n : Ölçüm Yapılan Nokta Sayısı
k : Sınıf Sayısı

KISALTMALAR

GPS : Global Positioning System
GNSS : Global Navigation Satellite System
DGPS : Diferansiyel GPS
DGNSS : Diferansiyel GNSS
GZK GPS : Gerçek Zamanlı GPS
GLONASS : Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
UTC : Coordinated Universial Time
GMT : Greenwich Mean Time
UHF : Ultra High Frequency
VHF : Very High Frequency
MHz : Megahertz
RNSS : Radio Navigation Satellite Service
OS : Open Service
SoL : Safety of Life Services(Yaşam Güvenliği Servisleri)
CS : Commercial Service(Ticari Servis)
PRS : Public Regulated Service(Genel Düzenleme Servisi)
SAR : Search and Rescue
SİSA : Signal in Space Accuracy
IRNSS : Indian Regional Navigation Satellite System
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
KBS : Kent Bilgi Sistemleri
KKTC : Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
TUSAGA : Türkiye Ulusal SAbit GNSS Ağı
CORS : Continuously Operating Reference Station
İSKİ-UKBS :İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi-Uydudan Konum Belirleme Sistemi
CIGNET : Cooperative International GPS Network
NGS : National Geodetic Survey
NSRS : National Space Reference System(Ulusal Uzay Referans Sistemi)
RİNEX : Receiver Independent Exchange Format
OPUS : Online Positioning User Service
SAPOS : Satelliten Positionierungsdienst
GSI : Geographical Survey Institue
GEONET : GPS Earth Observation Network System
İKÜ : İstanbul Kültür Ünüversitesi
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TKGM : Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
HGK : Harita Genel Komutanlığı
TAKBİS : Tapu Kadastro Bilgi Sistemi

ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line (Asimetrik Sayısal Abone Hattı)
GPRS	: General Package Radio Service
EDGE	: Enhanced Data rates for GSM Evolution
RTCM	: Radio Technical Commision For Maritime Service
RTCM-SC	: Radio Technical Commision For Maritime Services, Special Committee
NTRIP	: Network Transport of RTCM Throught Internet Protocol
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ECEF	: Earth-Centered Earth-Fixed
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
BUSKİ	: Bursa Su ve Kanalizasyon İşleri
ESKİ	: Eskişehir Su ve Kanalizasyon İşleri
AC	: Alternating current (Alternatif Akım)
DC	: Direct current (Doğru Akım)
GSM	: Global System For Mobile Communications
IGS	: International GPS Service
IGNSS	: International GNSS Service
AKİ	: Ana Kontrol İstasyonu
SRİ	: Sanal Referans İstasyonu
UMTS	: Universal Mobile Telecommunication Service
ADP	: Alan Düzeltme Parametresi
SÖRİ	: Sürekli Ölçen Referans İstasyonları
FKP	: Flachenkorrekturparameter(Alan Düzeltme Parametresi)
SRH	: Sanal Referans Hücresi
CMR	: Compact Measurement Record
FM	: Frequency Modulation
DAB	: Digital Audio Broadcast
LAN	: Local Area Network (Yerel Alan Ağı)
SPP	: Single Point Positioning

1. GİRİŞ

Gerçek zamanlı GPS ölçme teknikleri dışındaki diğer statik ve kinematik GPS ölçü yöntemlerinde yapılan ölçülerin sonuçları ancak, ölçü toplama işlemi bittikten sonra, toplanan verilerin çeşitli yazılımlar tarafından değerlendirilmesiyle elde edilebilmektedir. Bu ölçme tekniklerinin hepsinde de ya alıcı ya da harici bir alet ölçü sonrası değerlendirme için verileri kaydetmektedir. Gezici alıcı ile üzerine gelinen bir noktanın koordinatları veya oraya gelene kadar alıcının izlediği yol, gezici alıcının topladığı veriler referans alıcınınkiler ile birleştirilmeden istenilen yüksek hassasiyette belirlenemez. Bu nedenle GPS ile arazideyken nokta konumları belirlenememekte, gerçek zamanlı olarak detay alımı ve aplikasyon gerçekleştirilememektedir (Arslanoğlu, 2002). Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'den önce gerçek zamanlı konum belirleme Diferansiyel GPS (DGPS) ve mutlak konum belirleme ile sırasıyla 1-5 m ve 10-100 m gibi düşük doğruluklarla yapılabilmekteydi. Bilim adamlarının gerçek zamanlı ve çok daha hassas konum belirleme çalışmaları sonucunda; DGPS'ten farklı olarak kod ölçüleri yerine taşıyıcı faz gözlemlerine göre konumlama yapabilen bir yöntem geliştirdiler. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) adını verdikleri bu yöntem kısa sürede yaygınlaşarak geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Gerçek zamanlı konumlamaya yeni bir anlayış getiren GZK GPS ile santimetreler mertebesinde doğrulukla konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu sayede geniş kullanım alanı bulmuş olan GZK GPS, halihazır harita yapımında, imar uygulamalarında, kanal ve boru hattı projelerinde, nesne davranış belirlemesinde, araç takibinde, yol projelerinde, kent bilgi sistemi projelerinde, aplikasyon işlerinde v.b. hızlı ve doğru sonuçlar türetmesi nedeniyle sıklıkla kullanılabilmektedir. GZK GPS ile ilgili yapılan değişik araştırmalar mevcuttur.

Görmüş, Mekik ve Kutoğlu (2006) yaptıkları çalışmalarında GZK GPS'in farklı bir alanda kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla Zonguldak kent merkezindeki 1956 yılında tamamı perçinli çelik konstrüksiyon olarak inşa edilen Fevkani Köprüsünün günün farklı zamanlarındaki trafik yoğunluğuna göre salınım ve titreşimleri GZK GPS ile belirlenmiştir. Çalışmada GZK-GPS ölçü yönteminin köprü salınım ve titreşimlerinin belirlenmesinde kullanılabilirliği araştırılmış ve bunun mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Mekik (2007) yaptığı çalışmasında GPS koordinatlarından ulusal koordinatlarının ve dolayısıyla kenar ve azimut açılarının elde edilmesi yönelik bir

algoritma sunmuştur. Bu algoritmanın GZK GPS alıcılarından elde edilen koordinatlara uygulanmasıyla arazide gerçek zamanlı olarak konumlama mümkün olabileceği sonuca varmıştır. Daha sonra bu GPS (tek bazlı GZK ya da GZK Ağı) ile konumlanan noktaların mühendislik uygulamalarında kullanımına yönelik iki yöntem sunmuştur. GNSS alıcısının yanaşamadığı veya sinyal alamadığı yerlerde bu iki yöntemden birinin kullanımıyla üretilen noktanın üzerine elektronik takeometre kurularak başka bölgesel ağlara gereksinim duymadan detay alımının gerçekleştirilebileceğini hatta detay noktalarının da bu yöntemlerle doğrudan konumlaması yapılabileceğini ortaya koymuştur. Bunun sonucu olarak mühendislik uygulamalarında cm doğruluğun yanı sıra hız ve ekonomiklik de sağlanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Mekik ve Arslanoğlu (2003) yaptığı çalışmasında GZK GPS ölçme yöntemi, bilinen yöntemlerle (statik GPS ve klasik yersel yöntem) doğruluk analizine tabi tutulmuştur. GZK GPS yönteminin özellikle poligon, nirengi noktası ölçümleri ve detay alımı çalışmalarında kullanılıp kullanılamayacağı üzerinde durulmuştur. Yapılan test sonuçları incelendiğinde GZK GPS yönteminin doğruluk açısından bilinen yöntemlere alternatif olabilecek, son derece hızlı ve uzun vadede ekonomik bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

GZK-GPS yöntemi pek çok alanda kolaylık sağlamasına rağmen bu yöntemde elde edilecek doğruluğu, sabit istasyondan olan uzaklığa bağlı olarak artan sistematik etkiler sınırlamaktadır. Bu sınırlamalardan kaçınmak için birden çok sabit istasyon kurulması fikri ortaya atılmıştır (RAQUET, 1998; LANDAU vd., 2002). Bu fikrin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite Systems) ağları (Ağ-RTK; Net-RTK) kavramı ortaya çıkmıştır. Ağ-RTK sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı da sağlanmıştır. Bu modelleme sonucunda ise GNSS ölçülerini etkileyen en önemli hata kaynaklarından birisi olan iyonosfer ve troposfer hataları, konum belirleme uygulamaları için en düşük seviyeye indirilmiş olmaktadır.

Mekik (2004) makalesinde GZK-GPS yöntemi mesafeye bağımlı hatalardan ötürü referans alıcı ile gezici alıcı arasındaki mesafe nedeniyle kısıtlı kullanıma sahip olduğundan, günümüzde mühendislik uygulamalarında ise daha uzun süreli gözlemlerle duyarlık, doğruluk ve güvenirlik elde etme gibi ölçütlerin yanı sıra, kısa sürede duyarlıklı ve doğruluklu sonuçlar üretmek de, diğer bir ifadeyle “verimliliğin” de, çok

önemli hale geldiğini vurgulamıştır. Ancak GZK GPS ölçme yöntemleri, Yüksek verimlilik değerine sahip olmasına rağmen genellikle en fazla 10 km menzil ile sınırlı kaldığını, ancak, GPS referans istasyonlarından oluşan bir ağ kullanımı ile(Ağ-RTK yöntemi ile) bu mesafeye bağımlılığın üstesinden gelinebileceğinden bahsetmiştir. GZK Ağlarının kullanımının sadece jeodezik ağların yüksek doğruluklu bir biçimde konumlanmasıyla sınırlı olmadığı, verimliliğin ve yüksek duyarlığın arandığı her türlü mühendislik ölçme ve aplikasyonlarında, endüstriyel ölçmelerde, fotogrametri ve uzaktan algılama için yer kontrol ve denetim noktası üretiminde, taşıt takibi (ambulans, nakliye araçları gibi), mühendislik yapılarının deformasyonunun izlenmesinde, kadastro için üzerinden detay alımına uygun noktalarının üretiminde ve bir çok alanda hızlı, duyarlıklı, doğru sonuçlar elde etmek için kullanılabileceğinin altını çizmiştir.

Bu çalışmada ise gerçek zamanlı konum bilgisini son derece hızlı ve cm mertebesinde türetebilen klasik RTK ve Ağ-RTK ölçme yöntemleriyle ilgili detaylı açıklamalar yapılarak, Klasik RTK yönteminde gezici alıcının sabit(referans) istasyona olan uzaklığının konum doğruluğuna etkisini araştırılmıştır. Bu kapsamda baz noktasından itibaren sırasıyla 1 km, 2 km, …,10 km uzaklıkta seçilen alanlarda klasik RTK ve Ağ-RTK teknikleriyle ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KÜRESEL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ (GNSS)

1978 yılında ilk GPS uydusunun yörüngeye yerleştirilmesinden itibaren bu alandaki çalışmalar hızla devam etmiş ve bunun sonucunda yeni sinyaller ve farklı ülkelere ait (Rus GLONASS(Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), AB(Avrupa Birliği) Galileo ve Çin COMPASS gibi) uydu sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemlerden GLONASS etkin olarak kullanılırken, GALILEO ve COMPASS sistemleri yakın bir gelecekte faaliyete geçecektir. Bu nedenle bu sistemlerin ve ileride geliştirilmesi olası diğer küresel sistemler ile bölgesel ve genişletici tüm uydu sistemleri için Global Uydu Navigasyon Sistemleri (GNSS) tanımı kullanılmaya başlanmıştır (Kahveci 2009).

2.1. GPS

Küresel Yer Belirleme Sistemleri ya da Küresel Konumlandırma Sistemleri'nin (Global Positioning System) temel çalışma prensibi düzenli olarak kodlandırılmış bilgilerin yollandığı bir uydular sistemi ile bu uydular arasındaki mesafeyi ölçmektir. Üç çemberin bir noktada ya da dört kürenin bir noktada kesişmesi prensibince uydular ile aradaki mesafelerin ölçülmesi ile Dünya üzerinde kesin yer tespiti yapılabilmektedir.

GPS'in öncelikli olarak ortaya çıkış sebebi roket ve füze atışlarının yön bulması, hedef belirleme ve hedefe asker çıkarma gibi askeri ve savunma sistemlerinde duyulan ihtiyaçlardı. GPS sistemi askeri alanda o kadar başarılı oldu ki, zamanla ticari kullanıma açılabileceği düşünüldü ve 1980'li yıllarda sivil hayata da uyarlanarak kullanılmaya başlandı (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. GPS Uydularının Görünümü

Sistemin temel çalışma prensibi en basit anlatımı ile şu şekildedir: ABD Savunma Bakanlığı'na ait olan ve yörüngede sürekli olarak dönen 21'i aktif, 3'ü yedek 24 adet uydudan oluşur. Uyduların yaydığı radyo sinyalleri ile Dünya üzerinde bulunan bir noktadaki GPS alıcısı arasındaki haberleşmenin süresi ölçülerek, aradaki mesafe belirlenir ve böylece konum belirlemesi mümkün olur.

GPS sistemi UTC(Coordinated Universal Time) ve GMT(Greenwich Mean Time)'den farklı olarak kendi uyduları üzerindeki atomik saatleri kullanmaktadır. Bunlar 6 Haziran 1980'de sıfırlanmış ve artık saniyelerin düzeltilmesi yapılmadığı için UTC'den 14 saniye ileridedir. Bu nedenle periyodik olarak GPS alıcılarına UTC saat bilgisi gönderilir.

GPS sistemini temel olarak üç ana bölümden oluşur. Uzay bölümü (uydular), kontrol bölümü (yer istasyonları) ve kullanıcı bölümüdür(GPS alıcısı).

Uzay bölümü, GPS sisteminin oluşumunda en az 24 uydu (21 aktif uydu ve 3 yedek) yer alır ve sistemin merkezidir. Uydular, "Yüksek Yörünge" adı verilen ve dünya yüzeyinin 20.200 km üzerindeki yörüngede bulunurlar. Bu kadar yüksek irtifada bulunan uydular oldukça geniş bir görüş alanına sahiptirler ve dünya üzerindeki bir GPS alıcısının her zaman en az 4 adet uyduyu görebileceği şekilde (kontrol mekanizmasının çalışabilmesi için) yerleştirilmişlerdir.

Uydular saatte 7.000 mil hızla (yaklaşık 11.200 km) hareket ederler ve 11 saat 58 dakikada dünya çevresinde bir tur atarlar. Güneş enerjisi kullanılarak çalışırlar ve en az 10 yıl kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Ayrıca güneş enerjisi kesintilerine karşı (güneş tutulması vs.) yedek bataryaları ve yörünge düzeltmeleri için de küçük ateşleyici roketleri vardır. Bu roketler kullanımdan çıkartılacak uyduyu yörüngeden almak için de tasarlanmışlardır.

Uyduların her biri, iki değişik frekansta sinyal yayınlamaktadır. (L1, L2) Sivil GPS alıcıları L1 frekansını (UHF(Ultra High Frequency) bandında 1575,42 Mhz), ABD Savunma bölümü alıcıları L2 (1227,60 Mhz) frekansını dinlemektedirler. Bu sinyal "Görüş Hattında" Line of Sight ilerler. Yani bulutlardan, camdan ve plastikten geçebilir ancak duvar ve dağ gibi katı cisimlerden geçemez.

GPS uyduları tarafından gönderilen elektromanyetik dalgalar atmosferden geçerken bükülmeye uğrarlar. L1 ve L2 bantları farklı dalga boylarına sahip olduğundan farklı oranda bükülmeye uğradığından aradaki farklılık hesaplanarak atmosferik bozulma engellenerek çok daha hassas bir yer bilgisi hesaplanabilir. Sadece L1 bandı kullanılarak (diferansiyel GPS ile dahi) 98 m. hassasiyet elde edilebilirken, L1 ve L2

bantlarının ortak kullanımı ile 1 m.'nin altında hassasiyete ulaşmak mümkün olmaktadır.

Kontrol Bölümü, adından da anlaşılacağı gibi, GPS uydularını sürekli izleyerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerini sağlar. Dünya üzerinde 5 adet kontrol istasyonu bulunmaktadır: Hawai, Kwajalein, Colorado Spring (Ana merkez), Ascension adaları ve Diego Garcia. Bunlardan dördü insansız, biri insanlıdır (ana kontrol merkezi). İnsansız kontrol merkezleri, topladıkları bilgileri ana merkeze yollarlar. Ana merkezde bu bilgiler değerlendirilerek gerekli düzeltmeler uydulara bildirilir.

Kullanıcı bölümü ise yerdeki alıcılardır. Çeşitli amaçlarla GPS kullanarak yerini belirlemek isteyen herhangi bir kişi, sistemin kullanıcı bölümüne dahil olur (http://tr.wikipedia.org/wiki/Gps).

2.2. GLONASS

GLONASS sistemi Ruslar tarafından 1995 yılında tamamlanmak üzere 2 Ekim 1982 tarihinde GLONASS uyduları fırlatılmaya başlanmasıyla kuruldu (Şekil 2.2.). GLONASS Sovyet askeri kuvvetlerinin balistik füzelerinin gerçek zamanlı konum ve hız tespiti ve hedeflemedeki hassasiyetini artırmak için geliştirilmiştir. Rus ekonomisinin bozulmasıyla GLONASS sistemine yatırımlar durmuş, uyduların modernizasyonu gerçekleştirilememiştir. 2001 yılından itibaren Rusya, Hindistan ile beraber sistemi tekrar çalıştırmaya başlayarak yatırımlarını artırmıştır. 2008 yılında kullanımda 18 uydu, 2009 yılında 21 kullanımda 3'ü yedek olmak üzere 24 uydu hedeflenmiştir. 2011 yılında ise GPS sistemi ile entegrasyonu hedeflenmiştir. Günümüzde bu hedeflere ulaşıldığı görülmektedir (http://en.wikipedia.org/ wiki/GLONASS).



Şekil 2.2. GLONASS Uydularının Görünümü

GLONASS Sinyal Yapısı:

- L1, L2 taşıyıcı frekansları
- L1 ve L2 C/A kodları
- L1 ve L2 P-kodları.

2.3. GALILEO

GPS Sisteminin alternatifi olarak geliştirilmiş diğer sistemler de mevcuttur. Amerikalı GPS'e karşılık Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'nin AB ülkeleri olarak geliştirdiği Galileo projesi 1999 yılında hayata geçmiş ve 2003 yılında ise Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tasarımı resmi olarak üstlenmiştir. Galileo projesi aynı yıl sınırlarını aşarak Çin'i de bünyesine dahil ederek bu yolda sınır kapılarını açmıştır. Proje kapsamında AB üyesi olmayan ülkelerden sadece Çin ile yetinmeyerek 2004 yılında İsrail, 2005 yılında Ukrayna ve Hindistan ve Fas son olarak da 2006 yılında Güney Kore ve Norveç projeye dahil olmuşlardır. İlk deneysel uydu, GIOVE-A, 28 Aralık 2005 tarihinde ikinci uydu GIOVE-B, 27 Nisan 2008 tarihinde fırlatılmıştır. 27 kullanımda ve 3 yedek uydu olmak üzere planlanan sistemin tam aktif olarak 2015 yılında devreye girmesi beklenmektedir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo _konumland%C4%B1rma_ sistemi). Şekil 2.3.'te GALİLEO uydularına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 2.3. GALİLEO Uydularının Görünümü

GALILEO Sinyal Yapısı:

GALILEO, Radyo Navigasyon Uydu Servisi'nin (Radio Navigation Satellite Service-RNSS) tahsis ettiği 10 navigasyon sinyali içerecektir. Bu sinyallerin frekans aralıkları şöyledir: 1164-1215 MHz(E5a ve E5b), 1215-1300 MHz(E6) ve 1559-1592 MHz (E2-L1-E1). Bu 10 sinyal değişik kullanıcı gruplarına açıktır. Gösterimde kolaylık olması açısından, E2-L1-El frekans bandından Ll olarak bahsedilecektir. E5a, E5b ve Ll taşıyıcı frekansları üzerinde gönderilen 6 sinyal, Açık Servisler (Open Services-OS) ve Yaşam Güvenliği Servisleri (Safety of Life Services-SoL) kullanıcılarına açıktır. Bu sinyallerin üçü verisizdir, yani uzunluk belirleme kodları herhangi bir veri ile modüle edilmezler. E6 taşıyıcı frekansı üzerinde bulunan ve şifrelenmiş uzunluk belirleme kodları içeren iki sinyal, bir Ticari Servis (Commercial Service-CS) sağlayıcısı aracılığıyla erişim hakkı kazanan kullanıcılara açıktır. Bu iki sinyalden biri verisizdir. 10 sinyalin şifrelenmiş uzunluk belirleme kodu ve biri E6 bandında diğeri Ll bandında veri içeren son ikisi ise Genel Düzenleme Servisi (Public Regulated Service-PRS) tarafından yetkilendirilmiş kullanıcılara açıktır. Farklı GALILEO sinyalleriyle taşınan 4 farklı tipteki veri şöyle özetlenebilir:

- E5a, E5b ve Ll taşıyıcı frekansları üzerinde gönderilen OS verileri. Bu veriler, tüm kullanıcılara açıktır ve esas itibariyle navigasyon ve Arama-Kurtarma (Search and Rescue - SAR) verisi içerirler.
- E5b, E6 ve Ll taşıyıcı frekansları üzerinde gönderilen CS verileri. Şifrelenmiş olan bu veriler, GALILEO Kontrol Merkezi (GALILEO Control Centre) ile ara birim vazifesi gören bazı servis sağlayıcıları tarafından sağlanırlar. Bu ticari verilere ulaşım, doğrudan servis sağlayıcıları vasıtasıyla gerçekleştirilir.
- SoL verileri, bütünlük (integrity) verisi ve Signal in Space Accuracy (SİSA) verisini içerir. Bütünlük verisine erişim kontrol edilebilir.
- PRS verileri, E6 ve Ll taşıyıcı frekansları üzerinde gönderilir (HEIN ve PANY 2002).

Galileo’nun GPS’ten en büyük farkı Sivil ve Endüstriyel alanlarda da kullanıma hitap etmesidir. GPS ise öncelikli olarak askeri kullanımın sonrasında sivilleştirilmiştir.

GPS'in Avrupalı rakibi GALILEO 23.000 km'den fazla uzaklıkta Dünyayı çevreleyen, üç katmana bölünen 30 uyduluk (27 kullanılan, 3 yedek) bir takımyıldız olacaktır. 30 uydu olması sistemin mükemmel doğrulukta çalışmasını sağlamakla kalmayıp ayni zamanda GALILEO'nun kullanıcılara sinyal gönderilirken bile bu sinyallerin ne kadar doğru olduğunun söylenebilmesini sağlar. Güvenliğin önemli

olduğu durumlarda bu hayati bir önem taşımaktadır.

GALILEO'nun planlanan kullanım amaçları aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir:

- *Açık Servis (OS)* : Bireysel navigasyon araç ve cihazlar için kullanılacak herkese açık, ücretsiz servis.
- *Ticari Servis (CS)* : OS'ye ek olarak gelen iki ek şifreli sinyal, daha yüksek hız ve dolayısıyla daha iyi performans sunar.
- *Emniyet Servisi (Safety of Life: SoL)* : Havacılık gibi emniyetin ön planda tutulduğu hassas faaliyet alanları için geliştirilmiştir.
- *Kamu Servisi (PRS)* : Polis ve ordu gibi güvenlik unsurlarına, ya da kamu güvenliği ve refahını sağlamakla yükümlü kuruluşlara şifreli servis sunacaktır.
- *Arama ve Kurtarma Servisi (SAR)* : Yardım ve kurtarma hizmetlerini destekleme servisi (Pektaş, 2010).

Çizelge 2.1.'de GNSS sistemlerinin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. GNSS Sistemlerinin Teknik Özellikleri

	GPS	GLONASS	GALILEO
Uydu Sayıları	21 + 3	21 + 3	27 + 3
Yörünge düzlemi sayısı	6	3	3
Yörünge dönme süresi	11:58 H	11:15 H	14:07 H
Yörünge düzlemi eğimi	55 derece	64 derece	56 derece
Yörünge yarıçapı	20200 KM	19100 KM	23616 KM
Uydu ağırlığı	860 kg	750 kg	700 kg

2.4. Diğer Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri

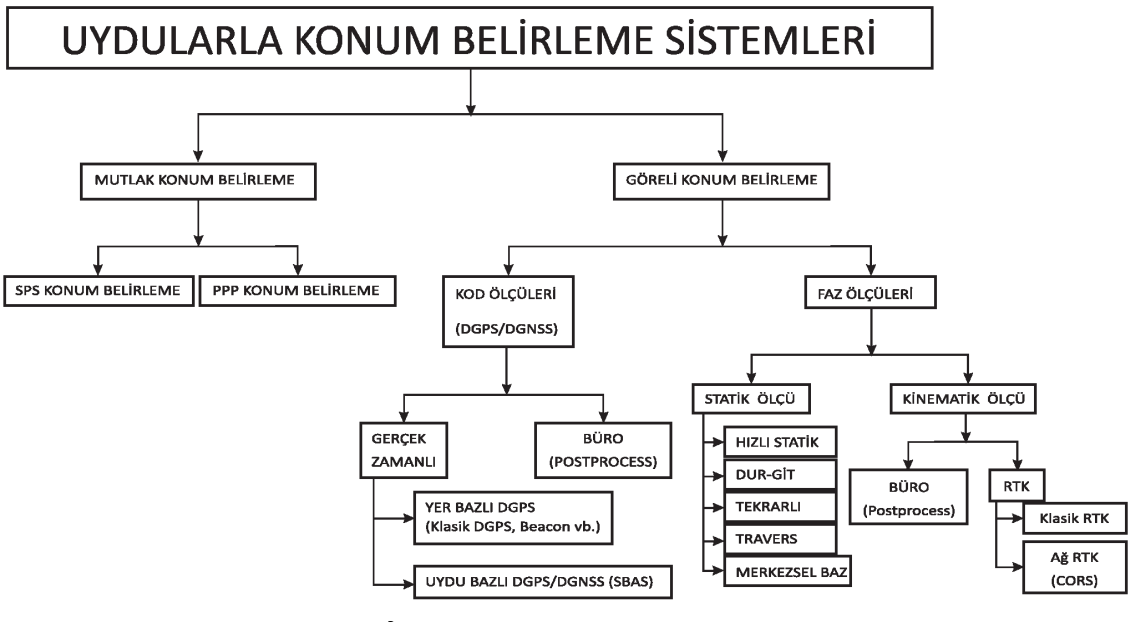
Bunların haricinde Çin 2000 yılında Beidou 1 ve Beidou 2 sistemi ile benzer bir projeyi kendi başına oluşturmaya başlamıştır. Hindistan ise bölgesel olarak "Hindistan Bölgesel Konum Belirleme Sistemi (İng.Indian Regional Navigation Satellite System)" (IRNSS)'i geliştirmektedir. IRNSS GPS sisteminin yerel bir Hindistan versiyonu olarak değerlendirilebilir.

Dünya üzerinde çeşitli konum belirleme sistemleri her geçen gün geliştirilmekte ve bu sistemler ile gerek askeri gerekse sivil hayatta ihtiyaç duyulan kullanım amaçlarına göre sınıflandırılarak kullanılmaya devam edilmektedir. Bu sistemler içerisindeki ilk proje GPS olduğundan dolayı mevcut sistemlerin tamamı halk arasında GPS olarak adlandırılmaktadır (http://tr.wikipedia.org/wiki/Gps).

3. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Bilimsel amaçlı çalışmalar ile mühendislik çalışmalarında daha duyarlı sonuçlara gereksinim duyulduğundan faz gözlemleri kullanılmaktadır. Bağıl konum belirlemede faz gözlemleri kullanılan ölçü yöntemleri beş farklı şekildedir (Şekil 3.1.). Bunlar;

- Statik Ölçü Yöntemi
- Hızlı Statik Ölçü Yöntemi
- Tekrarlı Ölçü Yöntemi
- Dur-Git Ölçü Yöntemi
- Kinematik Ölçü Yöntemi şeklindedir.



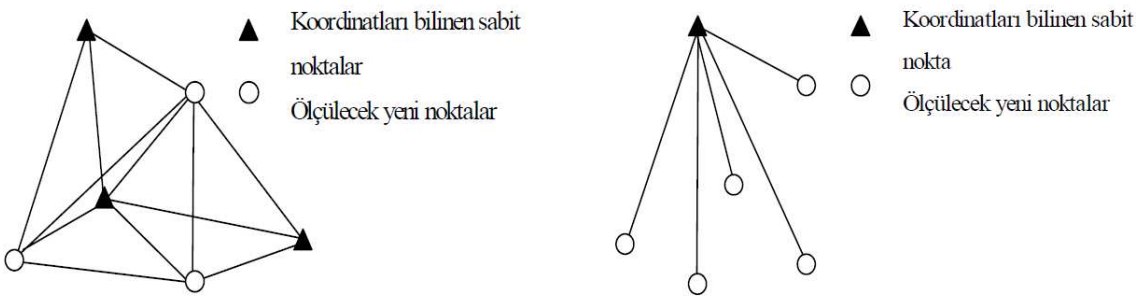
Şekil 3.1. Uydularla Konum Belirleme Yöntemleri

3.1. Statik Ölçü Yöntemi

Bu yöntem birden çok alıcı ile eşzamanlı olarak yapılan ve ölçü süresi noktalar arası uzaklığa bağlı olarak değişen oldukça duyarlı sonuçlar veren bir yöntemdir (Şekil 3.2.). Statik GPS ölçme yöntemi, yüksek duyarlık gerektiren çalışmalarda, ölçülecek baz vektörlerinin uzun olması durumunda, sistematik etkilerin(troposfer, iyonosfer) dikkate alınması gerektiğinde ve mevcut uydu geometrisinin başka bir ölçme yöntemine olanak tanımadığı durumlarda, minimum iki veya daha fazla alıcı ile eşzamanlı olarak aynı uydulardan alınan verilerin rölatif yaklaşımla değerlendirilmesi suretiyle

gerçekleştirilir. Rölatif değerlendirme ile uydu ve alıcı saat hatalarını giderebilmek ve atmosferik hataları minimuma indirgemek mümkün olmaktadır. Bu ölçü yönteminde, baz vektörü uzunluğuna bağlı olarak, 30-60dk ölçü süresi ile milimetre düzeyinde duyarlık elde etmek mümkündür. Genel olarak yöntemin doğruluğu 5mm+1ppm civarındadır. Statik ölçü yöntemi,

- Çok yüksek doğruluk istendiğinde,
- Uzun bazlar söz konusu olduğunda,
- Yerkabuğu hareketlerinin araştırılmasında,
- Ülke nirengi ağlarının güncelleştirilmesinde,
- Mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesinde,
- Mevcut uydu geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak sağlamadığında,
- Düzenli etkilerin göz önüne alınması durumunda en iyi yöntemdir (Kahveci ve Yıldız)



Şekil 3.2. Statik ve Hızlı Statik GPS Ölçme Yöntemleri

3.2. Hızlı Statik Ölçü Yöntemi

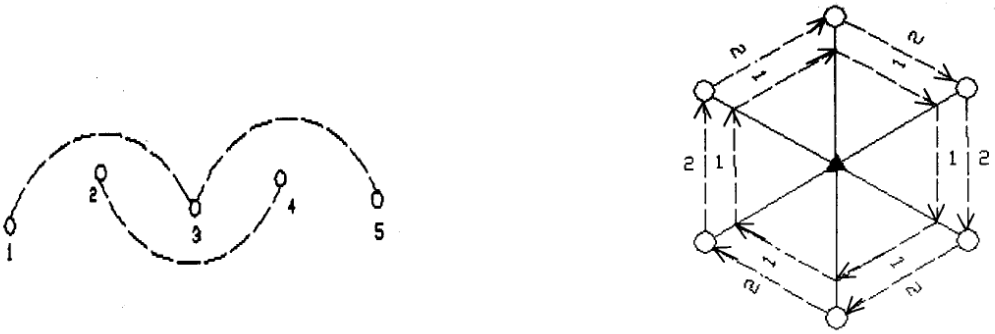
Statik bir ölçü yöntemi olup, çok daha kısa süreli ölçülerle duyarlı sonuçların alınması nedeniyle ekonomik önem taşımaktadır. Statik GPS ölçme yöntemine alternatif olarak, daha kısa sürede yeterli duyarlığı sağlayabilecek bir yöntemdir. Hızlı statik GPS ölçme yönteminde, alıcılardan birisi koordinatları bilinen sabit bir referans noktası üzerinde sürekli veri toplamaktadır. Diğer alıcı veya alıcılar ile ölçü yapılacak diğer noktalar üzerinde 5-30 dakikalık veriler toplanarak, her noktadaki veri referans noktasında toplanan veri ile rölatif yaklaşıma göre değerlendirilerek çözüm yapılmaktadır. Hızlı statik GPS ölçme yöntemi, uydu sayısına ve geometrisine ve ölçü süresine bağlı olarak 20km'nin altındaki baz vektörleri için, 5-10mm+1ppm civarında

doğruluk sağlamaktadır.

3.3. Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Değişen uydu geometrisinden yararlanarak, ölçülecek noktaların 1-4 saatlik zaman aralığında, birkaç dakikalık süre ile en az iki kez ölçülmesi ile gerçekleştirilen bir GPS ölçme yöntemidir(Eren ve Uzel, 1995). Gerek statik yönteme gerekse kinematik yönteme benzerlik gösteren bu yöntem, özellikle uydu geometrisinin zayıf olduğu durumlarda veya tek frekanslı alıcıların kullanıldığı durumlarda uygun sonuçlar vermektedir.

Yöntem merkezsel baz veya travers yöntemi olarak ikiye ayrılabilir. Merkezsel baz yönteminde alıcılardan birisi sabit kalmakta diğer alıcılar ölçülecek noktalarda gezdirilerek, hızlı statik yönteme benzer şekilde referans istasyonu ile ölçülen noktalar arası baz vektörleri elde edilerek çözüm sağlanır. Travers yönteminde ise, sabit alıcı olmayıp her iki alıcıda hareketlidir. Bu yöntemde ölçüler atlamalı olarak yapılmaktadır (Şekil 3.3.). Bu şekilde birbirine komşu ardışık baz vektörleri bir dizi boyunca ölçülmektedir. Her iki yöntemde ölçü tekrarı sırasında aynı alıcının aynı noktada bulunması sağlanarak alıcıların homojen olmamasından kaynaklanan birtakım hatalar indirgenebilir. Yöntemin doğruluğu 5-10mm+1ppm civarındadır.

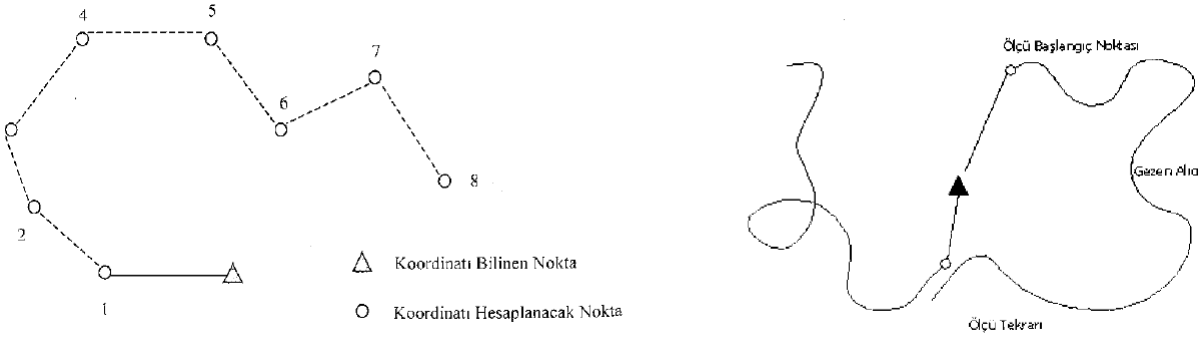


Şekil 3.3. Tekrarlı (Travers ve Merkezsel Baz)GPS ölçme yöntemleri

3.4. Dur-Git Ölçü Yöntemi

Bu yöntemde de bir alıcı sabit bir referans istasyonunda bulunmakta ve diğer alıcı veya alıcılar ise ölçülecek noktaları gezmektedir (Şekil 3.4.). Dur-Git ölçüsüne başlarken, ilk noktada birkaç dakikalık statik ölçü yapılarak, faz belirsizliği çözülmekte ve alıcı kapatılmadan aynı uyduları izlerken diğer noktalar birkaç epokluk veri ile ölçülmektedir. Uydu sayısının 4'ün altına düşmesi durumunda faz belirsizliğinin yeniden çözülmesi gerekmektedir. Bunun için, ölçülere başlangıçtan itibaren yeniden

başlanır veya bir sonraki noktada daha uzun süre beklenerek faz belirsizliği yeniden belirlenir. Yöntem özellikle birbirine çok yakın noktaların ölçülmesinde uygun sonuçlar vermektedir. Doğruluğu ise 1-2cm+1ppm civarındadır.



Şekil 3.4. Dur-git ve kinematik GPS ölçme yöntemleri

3.5. Kinematik Ölçü Yöntemi

Dur-Git GPS ölçme yöntemine benzer olmakla beraber, burada tek tek noktaların ölçülmesi yerine gezici alıcının izlediği güzergah belirlenmektedir. Bu yöntemde de ölçü başlangıcında faz belirsizliği çözülerek ölçüye başlanır. Bu ölçme yöntemi oldukça hızlı ve ekonomik bir ölçme yöntemi olup özellikle hareket halindeki araçların takibinde ve hidrografik ölçmelerde kullanılmaktadır. 1-2cm+1ppm civarında doğruluğa sahiptir (Kahveci ve Yıldız, 2001).

4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE CORS SİSTEMLERİ

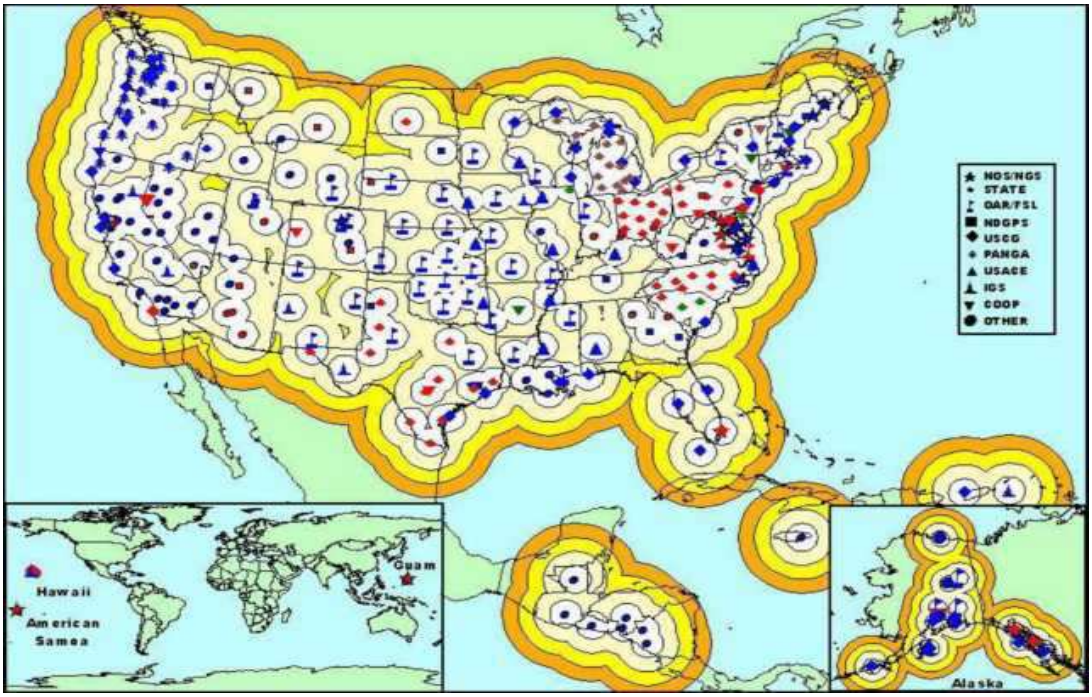
Günümüzde ülke jeodezik ağları, sürekli ve gerçek zamanlı gözlem yapan, Uydularla Konum Belirleme Sistemi Sabit Ağlarından (GNSS) oluşmaktadır. Bu ağlar, başta haritacılık olmak üzere askerî ve sivil birçok alanda (jeodezik ölçüler, mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, jeofizik ve jeodinamik uygulamalar vb.) yoğun olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde şu an itibariyle ulusal ölçekte faal olarak çalışan Türkiye ve KKTC'de toplam 146 referans istasyonu bulunan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sistemi, diğeri yerel ölçekte faal olarak çalışan İstanbul ve çevresinde bulunan 8 referans istasyonundan oluşan İSKİ-UKBS adında iki farklı CORS ağı bulunmaktadır.

4.1. ABD NGS Cors Ağı

Ağ-RTK düşüncesi 1990'lı yılların başında yaklaşık 10 noktalı CIGNET (Cooperative International GPS Network) ağı ile başlamış ve bugün "CORS" adı altında yaklaşık 1300 noktalı bir ağ halini almıştır (Şekil 4.1.). ABD(Amerika Birleşik Devletleri)'de yaklaşık her eyaletin kendi "CORS" sistemi vardır ve istasyon sayısı her yıl ortalama 200 adet artmaktadır. Bunların dışında ayrıca birçok özel/ticari kuruluşun da ağı hizmet vermektedir. Özet olarak ABD'deki CORS ağlarının yaklaşık %98'i özel amaçlı kurulmuş (NGS -National Geodetic Survey- dışındaki kurum ve kuruluşlar, eyalet yönetimleri, ticari işletmeler vb.) ağlardan oluşmaktadır. Bunların yalnızca %2'si NGS desteğiyle kurulmuştur. %98'lik bölüm yaklaşık 180 ağ operatörüne (işletim sorumlusu) karşılık gelmektedir. Bu bilgilerden de görüleceği gibi, ABD ulusal kuruluşu olan NGS asgari görev üstlenmiştir (http://www.ngs.noaa.gov/CORS/).

4.1.1. On-line konumlandırma kullanıcı servisi(On-line positioning user service)

GPS kullanıcılarının hızlı ve kolay bir şekilde Ulusal Uzay Referans Sistemi (NSRS)'ne girmelerini sağlayan bir sistemdir. Bu sistemde GPS verileri 2 saat ya da daha fazla süreyle gözlemlenir. NGS web sayfası vasıtasıyla rinex dosyası eklenir. NGS bilgisayarları ve yazılımları ile otomatik olarak işlem yapılır. Bu işlemler sırasında en uygun 3 CORS istasyonu kullanılır. Bu sistemde konum koordinatları genellikle birkaç dakikalık bir süre zarfında e-mail yolu ile de elde edilebilir (http://www.ngs.noaa.gov/OPUS).



Şekil 4.1. OPUS Ağı Nokta Dağılımı

4.2. Almanya SAPOS Ağı

SAPOS Ağı, Almanya 16 federal eyaletinin ölçme, jeodezi, kadastro ve bilgi teknolojileri faaliyetlerinden sorumlu ulusal ve yerel resmi kurum temsilcilerinde oluşan AdV. komisyonu kararıyla kurulmuştur (Şekil 4.2.). Bu ağın kurulmasındaki temel amaç, klasik jeodezik ve ölçme yöntemlerinin yerine gerçek zamanlı ve yüksek doğruluk sağlayan uydularla konum belirleme yöntemlerinin kullanılmasıdır. Başka bir ifadeyle SAPOS, DGNNS ve RTK tekniklerinin ülke çapında etkin olarak kullanılması amacıyla kurulmuştur. SAPOS yönteminin geleceğe ilişkin planları arasında ise bu ağın Japon GEONET Ağı'nın da temel prensibini oluşturan Ulusal Afet Bilgi Veri tabanına entegrasyonu bulunmaktadır.

SAPOS ve tüm ülkeye yayılmış sürekli çalışan 40-70 km aralıklı toplam 250 istasyon noktasından oluşmaktadır. Referans istasyonlarında kullanılan ekipman, çift frekanslı jeodezik GNNS alıcıları ile choke ring antenleridir (http://www.sapos.de/).

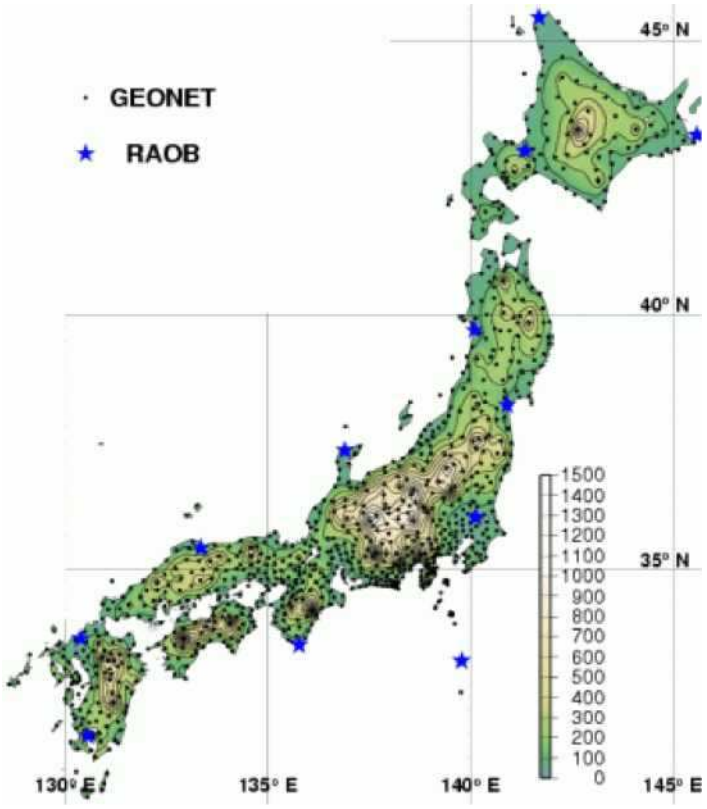


Şekil 4.2. SAPOS Ağı Nokta Dağılımı

4.3. Japonya GEONET Ağı

Sabit GPS istasyonların çalışması Japonya'da ulusal haritacılık kuruluşu olan GSI(Geographical Survey Institute) tarafından 110 istasyonun (COSMOS-G2) kurulması ile 1993 yılında başlatılmıştır. 1994 yılında 100 istasyon daha kurulmuş (GRAPES), her iki sistem daha sonra birleştirilmiş ve bunlara 400 istasyon daha eklenmiştir (Şekil 4.3.). Bu ağa GEONET(GPS Earth Observation NETwork system) adı verilmiştir. GEONET ağının kuruluş amaçları; depremlerin önceden belirlenmesi çalışmaları, jeodezik çalışmalar, kadastro çalışmaları, meteorolojik çalışmalar ve ticari kullanımlar (araç takip, navigasyon, turizm vb.) olarak sıralanabilir. GEONET ağı ortalama 25 km sıklıklı yaklaşık 1230 referans istasyonundan oluşmaktadır. İstasyonların tamamı 5 metre uzunluğunda paslanmaz çelik yapı şeklinde tesis olup, kullanılan alıcı modeli çift frekanslı jeodezik alıcılar, anten modeli ise radome takılı "choke ring" antenleridir. Alıcı, güç kaynağı vb. tüm çevre birimleri bu tesisin alt tarafında bulunan kilit bölme içerisine yerleştirilmiştir. Bu istasyonlarda 1 Hz sıklıklı 24

saat gerçek zamanlı veri transferi yapılmaktadır. Bu ağa gerçek zamanlı veri transferi kabiliyeti 2003 yılında kazandırılmıştır (http://mekira.gsi.go.jp/ENGLISH/).



Şekil 4.3. GEONET Ağı Nokta Dağılımı

4.4. TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Sistemi

Gerçek zamanlı GNSS uygulamalarındaki artış ulusal haritacılık kuruluşları olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nü, TÜBİTAK desteği ve İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, kadastro, jeodezik ve diğer amaçlar (navigasyon, meteorolojik, hobi vb.) için de kullanılmak üzere sabit GNSS ağları kurmaya yöneltmiştir. TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal SAbit GNSS Ağı-Aktif) projesinin temelinde yatan düşünce özetle bu şekildedir (Kahveci, 2009). Proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiş, mayıs 2006 tarihinde başlamış ve mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır (http://www.cors-tr.iku.edu.tr).

24 saat hizmet verecek CORS-TR istasyonlarının kurulmasıyla datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesini içeren projenin başlıca amaçları şunlardır:

- Başta ülke savunması ve kalkınması amacına yönelik olmak üzere coğrafi belge ve bilgilerin üretilmesi için gerekli olan hassas konum verilerini CORS-TR yöntemleriyle daha hızlı, ekonomik ve duyarlıklı elde etmek,

- Her türlü navigasyon, araç izleme ve ulaşım için sağlıklı konum belirlenmesini sağlamak,
- Hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi konusunda TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm harita ve harita bilgisi üreten kurumların bu konu ile ilgili temel sorununu çözmek ve böylece klasik yöntemlerle üretilen, mevcut analog formdaki kadastro ölçülerinin ve paftalarının, halen kullanılmakta olan datuma ve TAKBİS(Tapu Kadastro Bilgi Sistemi)'e aktarımını sağlamak,
- Bir deprem ülkesi olan Ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin son derecede duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını belirlemek,
- Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ve sinyal, iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak,
- TKGM ve HGK başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların,
    - Jeodezik nokta tesisi (nirengi, poligon vd), ölçüm ve hesabı
    - Yersel harita ve kadastro ölçmeleri
    - TAKBİS veri dönüşümü ve yeni verilerin derlenmesi
    - CBS/KBS(Kent Bilgi Sistemi) amaçlı diğer yersel ölçmeler

olarak özetlenebilen gereksinimlerine hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak cevap vermektir (http://cors-tr.iku.edu.tr).

4.4.1. Projenin kapsamı

Proje kapsamında, tüm ülkeye hizmet verecek Ağ prensibinde çalışan Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) fonksiyonlu sabit GNSS istasyonları kurulmuş ve ED50 datumundan ITRFyy datumuna dönüşüm için olanaklar sağlanmıştır. Böylece;

- Tüm kullanıcılar kurulacak merkezlerden hizmet alabilecek,
- Sistem gerçek zamanda kullanılabilecek,
- Ülke genelinde hizmete sunulabilecek,
- Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacak,
- Tüm Türkiye genelinde noktaların coğrafi konumları hem gerçek zamanda(RTK) hem de post processing ile 7/24 saat ilkesine göre, ekonomik ve duyarlı olarak belirlenebilecek,
- Ülkemizin yer aldığı bölgede atmosferi(iyonosfer ve troposfer) modelleyerek, daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı

sağlanacak,

- Tektonik(plaka) hareketleri daha duyarlı ve sürekli izlenerek, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesinin sağlanması ve depremlerin önceden belirlenmesine katkıda bulunulabilecek,
- Eski ED50 datumu ile ITRFxx datumu arasındaki dönüşüm parametreleri belirlenebilecek.

Kısacası, CORS-TR projesi, ülkemizde de haritacılıkta yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldırmış; kullanıcılara yüksek teknolojinin kolaylıklarını ve ürünlerini sunmaktadır (http://www.tkgm.gov.tr/tkgm/index.php?page=projeler&pID=7).

GNSS kullanıcıları, statik veya RTK (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta sonra da gezici alıcılarla koordinatlarını hesaplamaktadırlar. Statik ölçülerde, baz uzunluğu ve uyguladıkları yönteme bağlı olarak, geziciler 15 dakikadan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar. RTK kullanımı durumunda ise baz istasyonundan 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlayabilmektedirler. Bu kadar zahmetli ve pahalı bir yaklaşım sonucu belirlenen noktalar ise arazide, değişik boyutlarda taşlarla (pilye dahil) işaretlenmektedir.

CORS-TR Ağ yaklaşımı sayesinde statik ve RTK konum belirlemeler, bir-iki dakikaya hatta saniyelere inmiştir. RTK kullanımı durumunda baz istasyonundan 75 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmektedir. Böylesine kolay ve ekonomik belirlenen noktalar ise gayet pratik ve ucuz malzemelerle arazide işaretlenebilecektir.

TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerlerinin seçiminde zemin yapısı, elektrik, telefon, internet ve güvenlik hususları dikkate alınmış ve tüm Türkiye'de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları, Üniversiteler, Belediyeler ile Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait bina ve araziler seçilmiştir.

Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS(GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezleri arasında iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye girecek ve veri iletimi GPRS/EDGE ile yapılacaktır (Yıldırım vd., 2009).

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular(server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapacak ve DGPS/RTK(Diferensiyel GPS/Real Time Kinematic) düzeltme verileri hesaplayacaktır. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS(General Package Radio Service) üzerinden aktarılacaktır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1-10 cm doğrulukta konum belirleyebilecektir. Veri aktarım formatı NTRIP (Network Transport of RTCM through Internet Protocol) kullanılacaktır.

Projede yapılan esas çalışmalar 4 ana başlıkta toplanabilir:

- CORS-TR Sistem Tasarımı (İstasyon Yeri, Yazılım/Donanım, vs),
- CORS-TR Sisteminin Kurulması, işletime alınması,
- Datum Dönüşüm Modellerinin Geliştirilmesi,
- Ar-Ge çalışmaları.

Burada hedef tüm ülkeyi kapsayan, 24 saat kullanılabilecek 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,
- GNSS 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 kullanılabilecek,
- Koordinatlar, ulusal bir format ve standartta üretilebilecektir.

CORS-TR sisteminde her bir referans istasyonu, CORS Ağ özelliklerine sahiptir ve kapsadığı alan içinde gerçek zamanda cm. mertebesinde konum belirlemeye olanak vermektedir. Sistem, aynı zamanda web / internet tabanlı da olduğu için kullanıcıların post-processing amaçlı kullanımlarına hizmet etmektedir. CORS-TR sistemi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü / Harita Genel Komutanlığı tarafından tesis edilen ITRFyy datumundaki Türkiye ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ile de entegre edilmiştir.

Sabit istasyonların koordinatları ITRF96 ve 2005-0 epoğundadır. Arazide yapılacak çalışmalarda mevcut ITRF veya ECEF(Earth-Centered Earth-Fixed) koordinatı bilinen noktaların kontrolünün yapılabilmesi için, TUSAGA-AKTİF ile elde edilen değerin ölçü epoğuna getirilmesi gerekmektedir.

4.4.2. TUSAGA-Aktif istasyonları

Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti(4 adet) geneline dağılmış 146 sabit GPS istasyonu olup, dağılımları şekil 4.4.'te görülmektedir.



Şekil 4.4. TUSAGA-Aktif İstasyonları

4.4.2.1. Sabit referans istasyonu kurulan yerlerin belirlenmesinde dikkat edilen hususlar

- Referans istasyonlarının yerleri belirlenirken; GNSS ölçülerine uygun (açık gökyüzü),
- Her türlü hava şartlarında ulaşılabilen, iletişim ve enerji altyapısı sorunu olmayan, yağmur, kar vb.den en az etkilenecek korumalı yerlerin seçilmesine dikkat edilmelidir.
- İstasyon yerleri yer altı, yerüstü su ve toprak hareketlerinin olmadığı sağlam bina, sert toprak veya kaya zemin üzerinde olmalıdır. Tesisin yapılacağı yerler bilinen fay hatlarından uzakta seçilmelidir.
- Referans istasyonları, en az 20 yıl tahrip edilmeyecek, değiştirilmeyecek yerlerde tesis edilmelidir.
- Referans istasyonları yüksek gerilim hatları ve elektromanyetik alanlardan olabildiğince uzak seçilmelidir.
- GNSS anteni kurulacak istasyonların çevresinde 5 dereceden daha yüksek engel bulunmamasına dikkat edilmelidir.
- Her Referans istasyonu için ayrı bir dosya hazırlanmalı ve bu dosya içerisinde

nokta yeri, noktaya ulaşım, uydu sinyallerinin alınmasını engelleyen yapıların ve/veya arazinin engel krokisi, noktanın fotoğrafı (üzerinde anten kurulu olarak) vb. bilgiler bulunmalıdır.

Yukarıda belirtilen hususlar doğrultusunda TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerleri belirlenirken aşağıdaki temel konular olabildiğince dikkate alınmıştır:

a. İstasyon yerlerinin il veya ilçe merkezlerinde kurulması,

b. Sağlam zemin (fay hatlarından uzak) alanların seçilmesi,

c. Elektrik ve iletişim olanaklarının bulunması,

d.Deprem bölgelerinde ise tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlayacak şekildeki yerlerin belirlenmesi,

e. Sinyal yansıma etkilerinden (multipath) uzak yerlerin seçilmesi,

f. Güvenlik ve sürekli iletişimin sağlanabilmesi bakımından istasyon yeri olarak olabildiğince kamu binaları ve/veya üniversitelerin seçilmesidir.

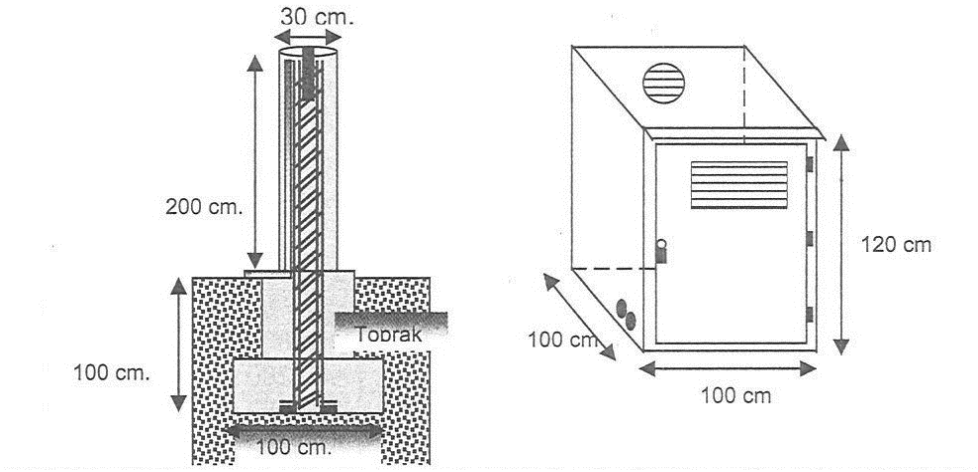
Bu kapsamda noktalar genel olarak; Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tesislerinde, Eğitim-öğretim kurumlarında, TKGM Kadastro/Tapu Sicil Müdürlüklerinde, valilik/kaymakamlık/belediye tesislerinde, Orman Genel Müdürlüğü tesislerinde, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tesislerinde kurulmuştur. Ayrıca Bursa Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü (BUSKI) tesislerinde, Eskişehir Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü (ESKİ) tesislerinde, HGK ve TKGM'de birer nokta tesis edilmiştir (Kahveci, 2009).

Bu istasyonların tesis tipi yönüyle dağılımı;

- Çatı tipi istasyon(89 adet)
- Zemin tipi pilyeye sahip istasyon(28 adet)
- Teras tipi istasyon(30 adet)

şeklindedir.

Tesisin arazide olması durumunda, sistemin muhafazası için zemine kapalı tesis yerleştirilmektedir. Tesis edilecek anten şekli, tesis ve çevresindeki tel örgü Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da gösterilmektedir. Çevre emniyeti ile birlikte arazide kaplayacağı alan:2.5mx5.0m.dir.



Şekil 4.5. Zemine pilye tesisi ve cihazların muhafazasında kullanılan kapalı tesis boyutları



Şekil 4.6. IGIR İstasyonu(IĞDIR)

TUSAGA-Aktif istasyonlarından bina üstüne tesisi yapılacak pilyeler, bina üzerinde teras mevcutsa terasa dübellenerek tespit edilmektedir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. DIYB İstasyonu(DİYARBAKIR)

Eğer çatı kiremit veya saç ise, söz konusu pilye, çatı arasındaki zemine dübellenerek tespit edilmekte, tam üstündeki çatı delinerek, mahya yüksekliği aşılacak şekilde pilye borusu eklenerek buradan geçilmekte ve bu açılan bölümün yalıtımı yapılmaktadır (Şekil 4.8.).

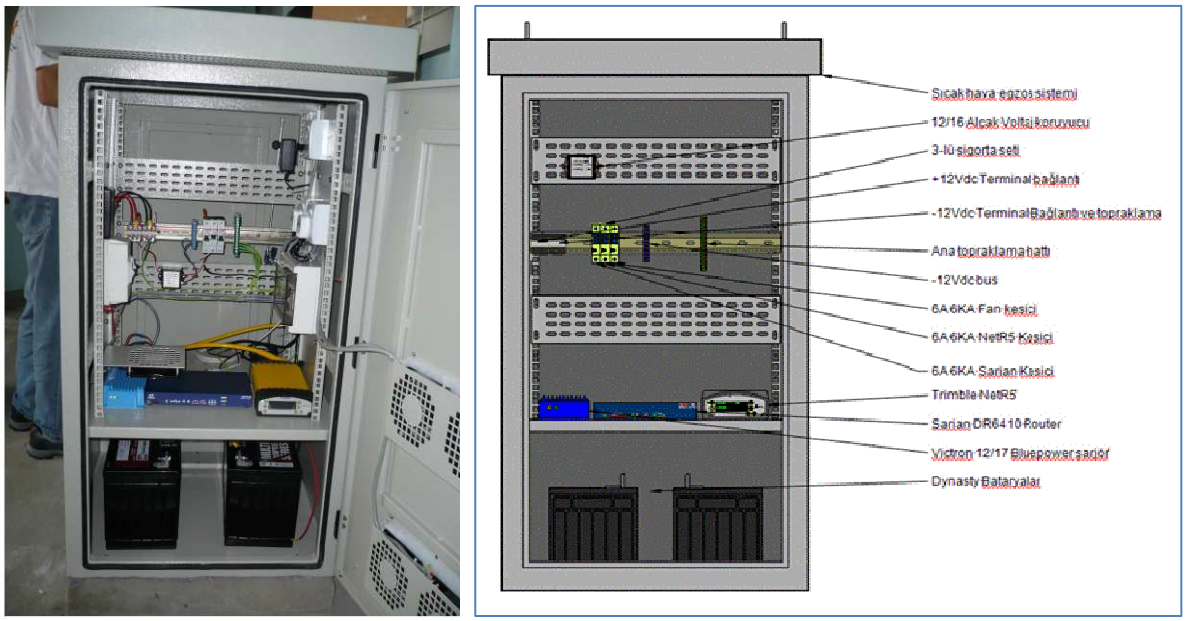


Şekil 4.8. VIRA İstasyonu (Viranşehir/ŞANLIURFA)

Her bir istasyona ait ulaşım durumu, anten, antenin oturduğu beton blok, elektrik ve iletişim altyapısını gösterir "As-Built" projesi, istasyon iletişim bilgileri ve irtibat personeli bilgileri mevcut olup bu kapsamda nokta protokolü oluşturulmuştur (Kahveci, 2009).

4.4.2.2. İstasyon donanımlarıyla ilgili özet bilgiler

- **Kabin:** CORS donanımının muhafazasının sağlayan kabinlerde alıcı donanımının yanında, dört tarafı açılabilen, içinde dört adet AC ile, 2 adet DC ile çalışabilen fan, ısı ayarlayıcı ve kemirgenlere karşı sinyal yayıcı bulunmaktadır (Şekil 4.9.). Her istasyonda söz konusu kabinlere, elektrik ve ADSL hattı bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 4.9. Referans istasyonu kabini

- **TUSAGA-Aktif Referans İstasyonları Alıcı Donanımları**
  - Trimble NetR5 GNSS alıcısı
  - Trimble Zephyr Geodetic-II
  - Kesintisiz güç kaynağı,
  - Akü ve şarj aleti,
  - ADSL Modem/Router(EDGE fallback),
  - Yıldırım koruma adaptörü

Sistemin kurulum ihalesini kazanan TRIMBLE EUROPE BV firması tarafından, daha sonra yapılacak istasyon ilaveleri durumunda kontrol merkezi yazılımının 250 istasyona kadar çalışabileceği taahhüt edilmiştir.

CORS-TR istasyonları IGS standartlarına uygun olarak 4 karakter olacak şekilde isimlendirilmiştir (Kahveci, 2009).

5. GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK (RTK) GPS

GNSS donanım ve yazılımlarında önemli yeniliklerin geliştirilmesi sonucu faz gözlemleri ile yüksek doğruluklu gerçek zamanlı kinematik uygulamaların yapılması olanaklı hale gelmiştir. Gerçek zamanlı konum belirlemede yaşanan bu gelişmeler yaklaşık aynı mertebelerdeki doğrulukların hareket halindeki GNSS alıcıları için de geçerli olmasını sağlamıştır.

Diğer taraftan, klasik DGPS tekniğinde geniş bir coğrafi bölgeye dağılmış ana kontrol ve izleme istasyonları ağından oluşan sistemlerin, yüksek doğruluk isteyen gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilirliği irdelenmiş ve sonuç olarak birden fazla referans istasyonuna dayalı olarak çalışan ve klasik RTK tekniğinin uzaklık bağımlı hatalarının da modellendirilebildiği "Ağ RTK" ya da "Ağ tabanlı RTK" tekniği ortaya çıkmıştır (Kahveci, 2009).

Jeodezik doğruluk isteyen tüm GNSS ağlarında en az iki alıcı ile eş zamanlı ölçüye gereksinim vardır. Bunlardan bir tanesi koordinatları bilinen referans (baz) istasyonu diğeri ise koordinatları hesaplanacak olan gezen alıcı olarak tanımlanmaktadır. GNSS sistemindeki gelişmeler gerçek zamanlı sabit referans istasyonlarının kurulmasını ve kullanıcılara kesintisiz hizmet sağlanmasını olanaklı kılmıştır. Böylece, kullanıcının tüm alıcılarını gezen alıcı olarak kullanabilmesinin yolu açılmış, bu da zaman ve maliyet açısından önemli ölçüde tasarruf sağlamıştır.

5.1. Standart (Klasik) RTK

1980'lerin başlarındaki statik konumlamaya yönelik taşıyıcı faz ölçmelerinin ilk kullanımlarında istenilen doğruluğa ulaşmak için saatler boyunca gözlem yapma zorunluluğu vardı. Yörüngede az sayıda GPS uydusu olduğundan, uzun gözlem süreleri ile tamsayı belirsizliklerini çözmek mümkün olabilmişti. Ayrıca, tamsayı belirsizliklerini çözme yöntemlerinin de hızı düşüktü. Uydu yörüngelerinde olduğu gibi çeşitli modelleme hataları da gözlem sürelerinin uzamasına neden olmuştu. GPS ölçmelerini daha etkin yapma çabaları dur-git, hızlı-statik, yarı-kinematik (pseudokinematik) ve kinematik konumlama gibi ölçme yöntemlerinin doğmasına yol açmıştır (Mekik, 2001).

Bu yöntemlerin sonuncusu olan Gerçek Zamanlı Kinematik GPS, kullanıcıların ölçme anında santimetre seviyesinde doğruluk elde edebildikleri, taşıyıcı dalga faz gözlemlerini kullanarak tıpkı diferansiyel GPS'teki gibi konumlama yapan bir

yöntemidir.

RTK ile konum belirleme, gezen alıcılar tarafından uydulardan (GPS, GLONASS) kaydedilen faz gözlemlerine ve aynı anda referans bir istasyondan gerçek zamanlı olarak gezen alıcıya gönderilen ham ölçü ya da düzeltme bilgilerine (konum, pseudorange, atmosfer vb.) dayalı olarak gerçekleştirilen, hesaplamaların ise gezen alıcıda yapıldığı bir konum belirleme tekniğidir.

GZK GPS metodunda, hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Ayrıca bu metotta, statik ve kinematik GPS ölçü yöntemlerinde kullanılan donanımdan farklı olarak (DGPS 'te olduğu gibi) bazı ek donanımlar gerekir; sabit istasyonda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır (Mekik, 2001). GZK GPS' te kullanılan radyo modem, DGPS de kullanılandan farklılık gösterir. Bu sistemde kullanılacak radyo modemin veriyi sabit istasyondan gezici istasyona her 0.5 ~ 2 saniyede güncellemesi gerekir. Veri güncelleme oranının sıklığı nedeniyle gönderilen verinin hacmi artar. Bu nedenle GZK GPS veri linki en az 2400 bps (Byte Per Second) ister. Tavsiye edilen veri gönderim oranı ise 9600 hatta 19200 bps dir. Bu oranda bir veriyi destekleyebilecek bant genişliği radyo spektrumunun VHF veya UHF kısmında bulunabilir. Ancak VHF ve UHF bantları yasalar gereği kullanım lisansı gerektirmektedir (Langley, 1998).

Gerçek Zamanlı GPS tekniklerinde gezici alıcıya gönderilen düzeltme mesajları belli bir formata uygun olmalıdır. Her alıcı firması gerçek zamanlı uygulamalar için kendi özel formatını üretmiştir. Fakat bu durumda farklı formatlardaki veriler farklı alıcılar tarafından kullanılamaz. Bu problemi önlemek amacıyla Teknik Radyo Komisyonu Denizcilik Servisi, Özel Komitesi (Radio Technical Commision for Maritime Services, Special Committee 104) referans alıcı ile gezici alıcı arasında düzeltme verilerinin yayınlanması amacıyla standart bir format yayınlamış ve bu format RTCM SC-104 olarak isimlendirilmiştir (Hofmann, 1997). RTCM SC-104 formatı hemen hemen GPS navigasyon mesaj formatının aynısıdır. Deneyimler RTCM SC-104 veri formatı ve mesaj yapısının genellikle güvenilir olduğunu göstermiştir.

Doğal olarak, referans ve gezici alıcıları ne kadar çok sayıda uydu izlerse, tamsayı sabitleme işlemleri de o kadar hızlanır ve konumlama doğrulukları o kadar artar. GPS sinyallerine ek olarak, GLONASS sinyalleri kullanan sistemlerden de bu doğrultuda yararlanılabilir. Ancak, çift frekanslı GPS sistemlerinin birkaç kilometreden uzun bazlarda tek frekanslı GPS/GLONASS ikili sistemlerine göre üstünlüğü vardır.

GPS/GLONASS ikili sistemleri de açık havza madenleri, şehir kanyonları, nehir vadileri ve orman sınırlarının tespiti gibi, sınırlı gökyüzü açıklığı olan bölgelerde daha avantajlıdır.

5.1.1. Standart RTK ölçmelerinin avantajları

- Sonradan hesap gerektirmez.
- Çalışma bölgesinde ülke koordinat sisteminde konumu bilinen birkaç nokta (3 nokta) olması durumunda diğer noktalar anında ülke koordinat sistemine arazide dönüştürülebilir.
- Tüm noktaların doğru olarak ölçme güvencesi vardır. Klasik kinematik yöntemde sabit istasyonda faz sıçraması olursa veya sinyal kesilmesi oluşursa (ve fark edilmezse) kinematik konum hesabı yapılamaz. GZK'da bu durum anında fark edildiğinden yeni bir tamsayı belirsizliği çözümüyle gözlemlere devam edilir.
- Koordinatları bilinen noktalara oldukça duyarlı (santimetre düzeyinde) navigasyon ve aplikasyon yapılabilir.
- GZK GPS yöntemi sayesinde, GPS alıcıları çok hızlı olarak Elektronik takeometre gibi kullanılabilir (Mekik, 2001).

olması yöntemin avantajları olarak sıralanabilir.

5.1.2. Standart RTK ölçmelerinin dezavantajları

- Tek bir referans istasyonuna bağımlılık
- Tek referans istasyonuna olan sınırlı uzaklık (Atmosferik koşullar)
- Referans istasyonu kurulurken oluşan potansiyel kurulma hataları
- Sürekli izlemesi olmaması
- Kontrol imkânının olmaması(güvenirlik)
- Üretim kaybı
- İletişim
- Güç kaynakları

gibi unsurlar ise yöntemin dezavantajları olarak sıralanabilir.

Klasik (standart) gerçek zamanlı kinematik GNSS uygulamasında bir referans istasyonunda hesaplanan düzeltme bilgileri kullanıcıya gönderildiğinden dolayı sistematik hatalardan (atmosferik etkiler, yörünge hatası etkisi vb.) kaçınmak için referans istasyonu ile kullanıcı arasındaki uzaklığın 15 - 20 km' yi geçmemesi

gerekmektedir. RTK GPS tekniği ile cm mertebesinde elde edilen doğruluk, pek çok haritacılık uygulamaları için yeterli olmaktadır (Pektaş, 2010).

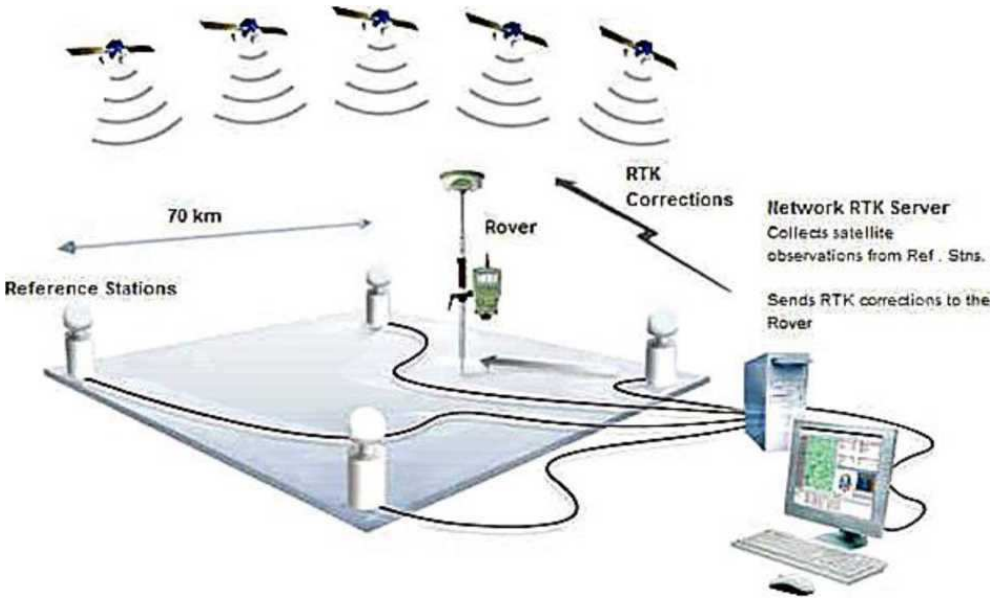
5.2. Ağ-RTK(CORS)

Bilindiği üzere, Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS ile yüksek doğruluğa erişilebilmek için gezici alıcının referans istasyonuyla arasındaki mesafenin 10 kilometreyi geçmemesi gerekmektedir (Mekik ve Arslanoğlu, 2003). Tek referans alıcısıyla yapılan GZK'nın bu kısıtlamasını aşmak amacıyla bilim ve teknoloji dünyası sürekli arayış içinde olmuş ve bu arayışların sonucunda GZK Ağı yöntemi ortaya çıkmıştır.

Ağ-RTK sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı sağlanmış, GNSS gözlem tekniklerinin gücü ile ağ yapısının üstünlükleri (ağ dengelemesi) birleştirilmiştir. Sonuç olarak Ağ-RTK, klasik RTK tekniğine göre daha uzun baz uzunluklarında (50 -100 km) faz gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniğidir.

GZK Ağı; santimetre doğluk sağlayan, gerçek zamanlı konumlama yapabilen ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanan bir yöntem olup, alıcılar arası mesafeyi tek bazlı (tek referans alıcılı) GZK sistemlerinin bir çok katına çıkarmayı başaran bir yöntemdir.

Ağ-RTK sistemindeki gezici alıcı, sunucuya tek veya iki farklı yol ile bağlanır. (radyo modem, GSM(Global System for Mobile Communications) veya internet gibi). Gezici, gerçek zamanlı kinematik veriyi alır almaz uygun bir algoritmaya göre bulunduğu konumu hesaplar. Ağ verilerinin gezicilere aktarılmasında da farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler düzeltmelerin referans istasyonunda ya da gezicide yapıldığına, gönderilecek bilgilerin kapsamına, veri aktarma protokolüne (formatına) ve veri aktarma ortamına (telsiz, GPRS vb.) bağlı olarak değişmektedir. Şekil 5.1.'de AĞ-RTK yönteminin çalışma prensibi şematize edilmiştir.



Şekil 5.1. AĞ-RTK çalışma prensibi

Gezici ünitenin kullanacağı algoritma ve mesafe için seçeceği denklemleri, bağlı olduğu RTK ağına göre seçilir. Kullanılan metotların sayısı arttıkça, modelleme sayısı da artar. Bağlı olunan ağ ile gezici arasındaki mesafe doğrudan ölçünün doğruluğunu ve izlenilebilirliğini etkiler. Ağ-RTK teknolojisinin günümüzde en fazla uygulanan şekli sabit GNSS ağlarıdır (CORS).

Modern GZK yöntemlerinin korunması gereken en önemli özelliği, saniyelerle ölçülebilen çok hızlı tamsayı belirsizliği çözme zamanıdır. GZK Ağı, CORS ağındaki noktalardan oluşan statik referans alcıları arasındaki tamsayı belirsizliklerini çözebilen bir veri işleme programına gereksinim duymaktadır. Bu program, gerçek zamanda konumlama yapabilme, aralarında 50-100 km mesafe bulunan alıcılardan gelen çiftli-farklar gözlemleriyle ve hatta bir kaç derecelik kesme açısındaki (cut-off angle) uydulardan gelen gözlemlerle (yüksek oranda sinyal yansıma hatasıyla yüksek gürültülü veri olasılığı nedeniyle) başa çıkabilme yeteneğinde olmalıdır.

GZK Ağı sisteminde veri işleme programına ek olarak veri toplama sistemine ve veri iletişim sistemine gereksinim vardır. Düzeltmelerin, ham ölçü verilerinin, her referans noktasındaki sinyal yansımalarının, çok hızlı IGS yörüngelerinin vb. gerçek zamanda yönetilmesi gerekmektedir. Veri iletişim sistemine gelince, bunu iki yönlü olarak düşünmek gerekir: a) Ana Kontrol İstasyonu (AKİ- veri işleme programı ve veri arşivleme burada yapılır) ile çeşitli referans istasyonları arasında ve b) AKİ ile gezici kullanıcılar arasında.

GZK Ağı düzeltme mesajları oluşturulup gezici alıcılara iletildikten ve alıcıda gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra gezici alıcı konumunu santimetre doğruluklu olarak belirlemektedir.

Bu GZK Ağı düzeltme mesajları şu avantajları sağlamaktadır:

- Yörünge hatalarını ve iyonosferik gecikmeyi elimine etmekte;

Troposferik gecikme, sinyal yansıması ve gözlem gürültüsü (birikme hatası) hatalarını azaltmakta;

- GZK, "orta uzunluk" olarak ifade edilen mesafelere kadar (100 km'ye kadar) uygulanabilmekte;
- GZK için düşük maliyetli tek-frekanslı alıcılar kullanılabilmekte;

Düşük maliyetli GPS alıcılarıyla çok yüksek doğruluklu uygulamalar (örn. Deformasyon izleme, jeodezik kontrol ağları) mümkün olabilmekte;

- GPS ile konumlamanın doğruluğunu, güvenilirliğini, verimliliğini, hızını ve kullanım alanlarını artırmaktadır.

GZK Ağı kullanılarak elde edilen konumlama doğrulukları, referans noktalarının gezici alıcı etrafındaki dağılımına ve gezici alıcının referans noktalarına olan uzaklığına göre değişmekle birlikte 35 km'ye kadar olan gezici-referans noktası uzunlukları için ±1-5cm yatay doğruluklar bulunmuştur. Yükseklikler için de 1.5-2 katı daha yüksek standart sapmalar elde edilmiştir (Retscher, 2002; Wübbena vd., 2001).

GZK Ağında ağ bilgilerini transfer etme açısından dört temel tasarım söz konusudur (Wanninger, 2002): a) Sanal Referans İstasyonu ve düzeltmelerinin oluşturulması, b) Sanal Referans Hücresi c) Alan Düzeltme Parametrelerinin oluşturulup yayınlanması ya da d) Tüm referans istasyonların ham verilerin yayınlanması ve bunları kullanıcı alıcının değerlendirmesi. Bu dört temel tasarım aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

5.2.1. GZK ağında ağ bilgilerini transfer etme yöntemleri

5.2.1.1. Sanal referans istasyonu (SRİ)

Günümüzde GZK konumlamasında referans noktaları arası mesafenin artırılmasında ve hata modellemesi açısından en ileri yaklaşım Sanal Referans İstasyonu (SRİ) adı verilen ağ oluşumudur. Bu oluşum ilk olarak Alman referans istasyon ağının (SAPOS) bir kısmında kullanılmıştır (Landau, 2000; Trimble, 2001). Bu yaklaşımın adı, çoklu referans istasyonu ağının gerçek gözlemlerinden "sanal" yani aslında var olmayan

istasyona ait gözlemlerin oluşturulması olgusundan almaktadır. Böylelikle referans istasyonundaki sistematik hatalar azalmakta ya da elimine olmakta; bunun sonucunda da GZK konumlamasında referans istasyona olan uzaklık artmakta ve başlagıç belirsizliğini çözme süresi kısalmaktadır. Bir GZK GPS gezici alıcısı için SRİ verisi oluşturabilmesi için alıcının koordinatları yaklaşık 100m doğruluklu olarak ana kontrol merkezine gönderilmelidir. Bundan dolayı kullanıcı ile kontrol merkezi arasında çift-yönlü iletişim gereklidir. İletişim genellikle GSM (Global System for Mobile Communication) telefonları kullanılarak gerçekleştirilmektedir; yakın gelecekte bunun yerini UMTS (Universal Mobile Telecommunicaiton Service) alacaktır.

Her hangi bir yere (konuma) ilişkin gözlemler kontrol merkezinde gerçek zamanlı düzeltme modelleri kullanarak oluşturulur ve sonra da RTCM formatında gezici istasyona aktarılır. Gezicide de standart GZK GPS algoritmaları kullanılarak konum elde edilir.

Sunucunun kapasitesine bağlı olarak, SRİ servisine eşzamanlı olarak erişim sağlayacak kullanıcı sayısında bazı kısıtlamalar söz konusudur. Piyasada bu tasarımı kullanan Trimble/Terrasat'ın ticari ürünü olarak The Trimble Virtual Reference Station kullanılmaktadır ve Leica da GZK Ağı konseptine uygun bir ürün piyasaya çıkarmak üzeredir (Vollath vd., 2000).

5.2.1.2. Alan düzeltme parametreleri (ADP)

İyonosferik ve troposferik düzeltme terimleri ya da her referans istasyonunda her uydu için taşıcıyı faz ölçüsü düzeltmeleri gibi düzeltmeler SÖRİ ağından gelen veriler kullanılarak merkez işleme sunucusunda oluşturulur. Ana kontrol istasyonunda, uydu yörünge hataları, uydu ve alıcı saati hataları ve iyonosferik kırılma gibi ana hata kaynaklarını modelleme için düzeltme verilerinin kestirimi yapan yazılım bulunmaktadır. Gözlem verilerini modellemek için en az üç referans istasyonu gereklidir. Sonra Alan Düzeltme Parametreleri (Almanca FKP-Flächenkorrekturparameter) ağdaki üç referans istasyondan oluşan her üçgen için hesaplanır.

Düzeltmeler, kullanıcı alıcısında bir enterpolasyon modeli veya SRİ oluşturmak için kullanılabilmektedir ve düzeltme oluşturma algoritmaları farklı olabilmektedir; ancak bir üretici firma RTCM 59 mesajıyla ADP bilgilerini yollama konusunda anlaşma yapmıştır (Wanninger, 2002).

Bu tasarımda tek-yönlü iletişim yeterli olmakta ve kullanıcı sayısı yönünden bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bu yöntem yeni bir veri formatı gerektirmekte ve yayınlanan veri miktarı tek referans istasyonlu durumdan daha fazla olmaktadır. Bu tasarım Leica ve Geo++ tarafından GZK Ağı RTCM formatı olarak önerilmiştir.

5.2.1.3. Sanal referans hücresi (SRH)

Bu yöntemde, SRİ'de olduğu gibi kullanıcıdan gelen talep üzerine düzeltme modelleri kestirmek yerine, karelere ayrılmış bir servis ağındaki bir kare (hücre) için modeller kestirilmektedir (Retscher, 2002). Gezici alıcı bir hücreye tahsislenmektedir ve sanal istasyonun gezici istasyonun hareketlerini takip etme zorunluluğu yoktur. Gezici alıcı bir SRH'yı terkettiğinde yeni bir hücreye tahsislenmektedir. Her hücreye ilişkin mesafeye bağımlı hataların düzeltmeleri ana referans istasyonundan yayınlanmaktadır. Kullanıcı içinde bulunduğu hücreye ait düzeltmeleri enterpole eder ve gözlem verilerine uygulayarak konumunu gereçek zamanlı olarak belirler (Townsend vd., 2000).

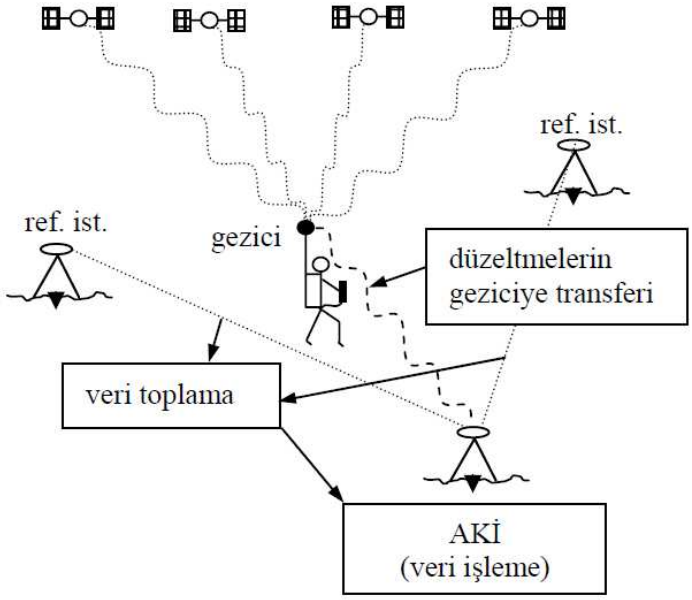
Bu yöntemin temel avantajı, kullanıcı sayısında bir sınır olmaması ve gezici ile kontrol merkezi arasında çift-yönlü iletişim gerekmemesidir. Ancak, konumlama doğruluğu, SRİ yöntemi kullanarak elde edilebilecek doğruluktan düşüktür. Gerekli veri formatları henüz standartlaştırılmamıştır.

5.2.1.4. Ham veri yayınlama

Bu tasarımda, ham ölçülerin (CMR veya RTCM 18/19 mesajları) ya AKİ sunucusundan ya da çoklu (multiple) referans istasyonlarının her birinden yayınlanması esas alınmaktadır. Kullanıcı noktasında ağ düzeltmelerini elde etmek için kullanıcı kendi enterpolasyonunu yapar, SRİ gözlemlerini oluşturur ve baz modunda konumunu hesaplar. Bu yüzden hesap yükü referans noktasından kullanıcı alıcıya kaymaktadır. Bu yöntemde de yeni bir veri formatı gerekmektedir ve tek-yönlü iletişim yeterli olmaktadır. Kullanıcı sayısı açısından bir kısıtlama bulunmamaktadır.

5.2.2. GZK ağı servisinin bileşenleri

GZK Ağının, kavramsal olarak kolay anlaşılabilmesi için, üç temel birimden oluştuğunu düşünmek mümkündür. Bunlar; veri toplama, veri işleme/manipulasyonu ve veri iletişimi birimleridir. (Şekil 5.2)



Şekil 5.2. GZK Ağında veri ve düzeltme akışı

5.2.2.1. Veri toplama birimi

Bu birimde koordinatları duyarlıklı olarak bilinen referans noktalarına konumlandırılan çift frekanslı GPS alıcıları bulunmaktadır. Bu noktaların seçiminde, kesintisiz gözlem yapmaya olanak verme, elektriksel, manyetik ve yüksek yanstıcı yüzeylerin bulunduğu alanlardan kaçınma gibi GPS ile konumlamanın temel istekleri dışında GZK Ağı konseptine uygunluğuna da dikkat edilmelidir.

Gerçek zamanlı GPS konumlaması servisi genellikle GSM iletişimi üzerinden yapıldığı için bu noktaların seçiminde iyi GSM kapsama alanının varlığına önem verilmektedir. Bununla beraber, noktaların tesis edileceği yerlerin güvenliği, elektrik ve telefon şebekelerinin varlığı, ekipmanın sürekli bakımı açısından kolaylıkla ulaşılabilir yerlerde olması da yer seçiminin temel faktörleri arasındadır. Gerçi sabit telefon hatlarına ek olarak, her hangi bir arıza durumuna karşın, AKİ ile bu noktalar arasında GSM iletişim ağı oluşturmak yararlıdır.

Referans noktaları üzerinde 7/24 biçiminde sürekli ölçme yapılacak sabit istasyonlardır. Bu istasyonların seçiminde, 80-100km civarında bir değer olarak kabul edilen (Retscher, 2002) birbirlerine olan uzaklıkları dikkate alınır. GZK ölçmeleri

yapılacak gezici noktaların sabit noktaların oluşturacağı kapalı şeklin içinde kalması konumlama doğruluğunu artırdığı için (Alves vd., 2003) bu sabit noktaların tesisinde ölçme alanını kapsaması, diğer bir deyişle ölçme noktalarının sabit noktalar arasındaki doğrultuların içinde kalması, önemlidir. Bu noktalar yeni tesis edilebilecekleri gibi eski SÖRİ noktalarının GZK konumlamaya uygun hale getirilmesiyle de oluşturulabilmektedir; nitekim bir çok ülkenin GZK Ağı daha ucuz ve kolay biçimde dönüşümü mümkün olduğundan eskiden tesis edilen bu noktalardan oluşmaktadır.

Bu noktalar (GPS antenleri), iletişim ve güç kaynağı olanaklarına kolaylıkla ulaşabilme nedenlerinden ötürü genellikle binaların çatılarına tesis edilirler. Bu durumda bu noktalar için anten ile alıcı mesafesinin en kısa olacağı çatının hemen altına ya da yakınına GPS kabini monte edilir. GPS kabininin içinde çift frekanslı alıcı, modem, kesintisiz güç kaynağı, vantilatör (fan), paratoner ve istasyon yazılım paketi bulunmaktadır (Bray ve Greenway, 2004).

5.2.2.2. Veri işleme birimi

Veri işlemenin kalbinde ana kontrol istasyonundaki işletim sistemi (hub server) bulunmaktadır ve GZK Ağı çözümleri burada yapılmaktadır. Tüm GPS gözlem verileri burada toplanmaktadır.

Veri işleme zinciri, iletişim hatları aracılığıyla doğrudan tüm referans istasyonlarını kontrol eden bilgisayarla başlar. Tüm referans istasyonlarından gelen GPS gözlemleri kaba hatalar için taranır ve iletişim bilgisayarının içindeki dahili veri arayüzünün isteği doğrultusunda tekrar formatlanır. Farklı anten modellerinin kullanımından kaynaklanan sapmalar mutlak anten faz merkezi değişim parametreleri uygulanarak düzeltilir (Wübbena vd., 1996; Wübbena ve Willgalis, 2001).

Veri işleme zincirinin sonraki adımında, ağ çözümü hesabında kullanılacak verileri işleyen ağ bilgisayarı bulunmaktadır. Ağ çözümünde referans noktalarının koordinatları sabit tutulur. Ağ çözümü uygulamanın temel nedeni baz uzunluğuna bağlı saçıcı ve saçıcı olmayan hatalarının etkilerini aza indirmektir. Aktif iyonosfer saçıcı unsurları etkilerken, yerel troposferdeki değişimler ve yayın efemerisinin gerçek uydu yörüngesinden olan sapmalar da saçıcı olmayan unsurları etkilemektedir. Tüm bu etkiler, merkezi işletim sisteminde kullanılan temel yazılımın farklı modüllerinde modellenir ve kestirilir (Wübbena vd., 2001).

Zincirin son adımında kestirilen bilgilere erişimi olan ve bu bilgileri uluslararası RTCM standartına göre dağıtım formatına çeviren bilgi dağıtım bilgisayarı bulunmaktadır. Genelde kullanılan dağıtım araçları GSM ve VHF bandlarıdır. Mevcut GSM veri dağıtım yaklaşımı kullanıcı ile bilgisayar merkezi arasından çift-yönlü bilgi transferine olanak tanımaktadır ve böylelikle bilgi isteyen kullanıcının yakınında bir konuma veriler yönlendirilebilmektedir (Cruddace vd., 2002).

İşletim merkezindeki ekipmanın veri işleme zincirindeki her bağlantı için yedeği bulunmalıdır. Genel olarak bir sistem, tüm arazi işleri için bilgi sağlama amacıyla birincil sistem olarak ayrılır. Birincil sistemde işletim zorlukları (örneğin donanım problemleri) oluşması durumunda sistem otomatik olarak kendini ikincil (yedek) sisteme geçirecektir. Böylelikle, işleme merkezinde tüm GZK Ağı sisteminin çok yüksek biçimde güvenirliliği sağlanır; ancak bu, her bir sabit referans istasyonunda oluşabilcek arızaları azaltmamaktadır. Her hangi istasyonda oluşabilecek güç kesintisi ya da diğer öngörülemeyen arıza olması durumuna karşın, tüm ağ arazi ölçmelerini en az etkileyecek biçimde yeterince sağlam biçimde kurulmalıdır. İkincil işletim zinciri, gerekli olduğunda, devreye girip bozulmuş olan veri işleme zincirini tam çalışır duruma getirecek olan otomatik işletim prosedürünü çalıştırır. Gerekli onarım yapıldıktan sonra tüm sistem çok kısa süre birincil sistem devreye girip sistemin her zaman bir yedekle çalışması sağlanır.

5.2.2.3. Veri iletişim birimi

Ulusal bir GZK Ağında GZK sinyali referans istasyonu tarafından değil merkez sunucu (hub) tarafından sağlanmaktadır. Veri iletişiminde en yaygın biçimde VHF ve GSM ve hatta GPRS kullanılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde radyo spektrumu çok kalabalıktır, bu yüzden uygun VHF bandı bulmak oldukça zordur. Almanlar SAPOS'ta 2m'lik VHF bandı kullanmışlar ve çok yüksek verim almışlardır. İngilizler OS'te bu mümkün olmadığından 4m'lik VHF bandını dağıtım sistemlerin kullanmak zorunda kalmışlardır ve bu da eksra maliyet getirmiştir. Bu nedenle ulusal bir GZK Ağı tasarlarken işin en başında uygun yayın frekanslarının tahsisi gerekmektedir. Frekans tahsisinden başka uygun yayın noktalarının bulunması da veri iletişimi açısından oldukça önemlidir.

Cep telefonu ağlarının geliştiği ülkelerde doğrudan dağıtım mekanizması olarak (düşük risk taşıması yönünden de) GSM görülmektedir. Düzeltmeler merkez işletim sisteminden kullanıcılara GSM ağı aracılığıyla ulaştırılmaktadır. Buradaki en büyük

çekince, kullanıcıların düzeltmeleri alımı boyunca sisteme bağlı kalmak zorunda olmalarından dolayı her dakika için belli bir ücret ödemek zorunda kalmaları gösterilebilir. Gerçi GPRS'in kullanımıyla kullanıcının bağlantı maliyeti önemli ölçüde azalmaktadır. Kullanıcı GPRS ile bağlantı kurduğunda, ücreti bağlantının tümü boyunca geçen süre için değil aldığı veri paketleri için ödemektedir.

Bununla beraber düzeltmeleri kullanıcılara ulaştımak için başka iletişim çözümleri de bulunmaktadır (Cruddace vd., 2002):

- Özel radyo frekansında yayın yapma. Bu tür iletişimin yüksek başlangıç ve sabit maliyeti olmakla birlikte, kullanımı kolay olup ulusal boyutta kapsama alanı sağlayabilmektedir.
- İridyum servisi aracılığıyla uydu bağlantısı. İridyum servisinin fiyatlandırma politikalarında çok ucuzlama görülmektedir. Yine de veri iletişimi uzun mesafe kapsamına gireceğinden hala yüksek maliyetli olarak görülebilir.
- Düzeltmeleri FM modülasyonuyla ya da Dijital Sesli Yayın (Digital Audio Broadcast – DAB) ile yayınlama. Bunun için mevcut radyo istasyonlarından yararlanmak mümkündür.

GZK Ağı kapsamındaki referans istasyonları, veri iletişim bağlantısı (telsiz bağlantısı veya yerel alan ağı (LAN) ya da internet vasıtasıyla kablolu bağlantı) kullanılarak ana kontrol istasyonuna bağlanır.

5.2.3. Ağ-RTK ölçmelerinin avantajları:

- Baz istasyonu kurmaya gerek yoktur.
- Gezicinin hesapladığı koordinatların doğrulukları daha homojen bir dağılım gösterir.
- Gezici ile referans istasyonları arasındaki bağlantı büyük mesafelerde de korunur.
- Tek referanslı bir RTK ölçümüne göre daha az referans istasyonuna ihtiyaç duyulur.
- Ağ yapısında modelleme (atmosfer, yörünge vb. hata kaynakları) yapıldığı için tek noktada mutlak konum belirleme SPP(Single Point Positioning) ve tek sabitten RTK ölçülerine göre çok daha yüksek doğruluk sağlamaktadır.
- Bir istasyonun getireceği düzeltmeyi, başka bir istasyon yapabilir. Güvenilirlik yüksektir.

- Kullanıcılar açısından daha az yatırım gerektirir.
- Lokal sabit istasyon kurulmasına gerek yoktur.
- İyonosfer otomatik olarak modellendiği için, referans noktaları arasındaki mesafe en az 50 km olarak planlanabilmekte, bunun sonucu olarak daha az istasyon ile daha büyük alan kapsanabilmektedir.
- GPS kullanımındaki tüm olası hata kaynakları elenerek, kullanıcıya temiz veri sağlanır.
- Mevcut haberleşme altyapısı kullandığından, telsiz gibi izne tabii ve kısıtlayıcı sistemlere gerek yoktur.
- Altyapı olarak elde edilen hassasiyetler tüm kullanıcılar için standarttır.
- Tüm kullanıcılar aynı koordinat sistemini kullanır.
- Her gereksinim duyan kurum ve kuruluş tarafından ayrı bir ağ kurulmasını önlediği ve tüm kullanıcıların tek bir yatırımla oluşturulmuş ağdan yararlanmalarını sağladığı için maliyet düşürücü bir sistemdir (Pektaş, 2010).

5.2.4. Ağ-RTK ölçmelerinin dezavantajları:

- Sivil kullanıcıların düzeltme verileri için alması gereken paralı üyelikleri
- Sistemdeki verilerin sürdürülebilir olmasını engelleyici kısıtlamalar

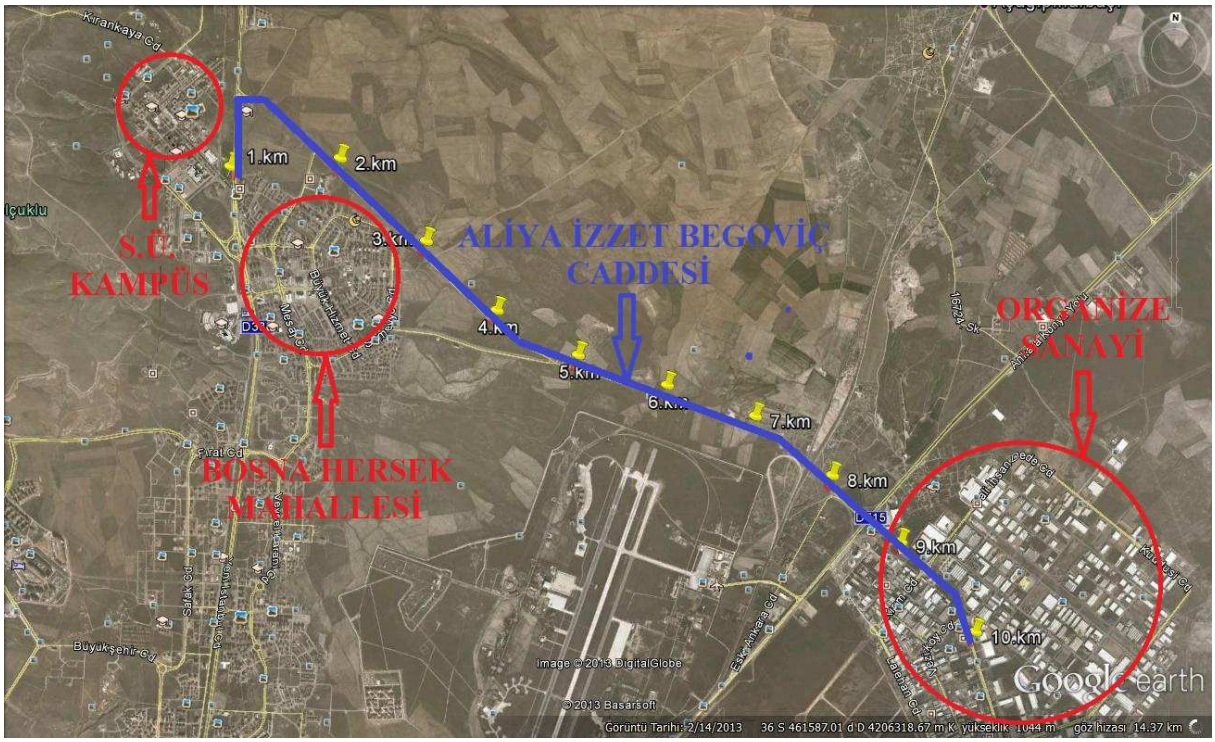
bu sistemin dezavantajı olarak değerlendirilebilir (Pektaş, 2010).

Sonuç olarak sabit GNSS ağları çok genel anlamda iki farklı yapıda düşünülebilir. Bunlar; gerçek zamanlı uygulamalar için olan ağlar ve büro hesaplamaları(post process) için kullanılan ağlardır (üçüncü tip olarak ise her iki yapıya da sahip olan ağlar düşünülebilir.) Günümüzde gerçek zamanlı hizmet veren ağ yapıları en fazla kullanılanlardır. Bunlara örnek olarak Hong Kong (SatRef), İsviçre (SWIPOS) ve Almanya (SAPOS-HEPS) verilebilir. Büro hesaplamaları için olan ağlara ise Almanya (SAPOS-GPPS/GHPS), İsveç (SWEPOS) ve Avustralya (ARGN ve AUSPOS) örnek olarak verilebilir. Harita Genel Komutanlığı tarafından kurulmuş olan TUSAGA ölçü sonrası hesaplamaya (özellikle tektonik amaçlı çalışmalar için) yönelik ağ olarak, TUSAGA-Aktif ağı ise her iki özelliğe sahip bir ağ olarak tasarlanmıştır (Kahveci, 2009).

6. UYGULAMA

6.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak, tüm Türkiye'de aktif olarak kullanılan TUSAGA-Aktif Ağ-RTK ile Standart(Klasik) RTK yöntemlerinin karşılaştırılabilmesi için Konya ili, Selçuklu İlçesinde bulunan Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü karşısındaki Konya-Afyon Karayolunun bir kısmı ve Aliya İzzet Begoviç Caddesi seçilmiştir (Şekil 6.1). Seçilen çalışma alanları çoğunlukla gayrimeskun saha içinde kalmaktadır.



Şekil 6.1 Çalışma Alanı

6.2. Çalışmada Kullanılan GNSS Ekipman ve Donanımları

Baz noktasından itibaren sırasıyla 1 km, 2 km, …,10 km uzaklıkta seçilen çalışma alanlarında 10'ar metre aralıklarla tesis edilen 30 sabit nokta üzerinde(toplamda 300 noktada) aşağıda teknik özellikleri verilen "PENTAX SMT-888 3G" marka GNSS(CORS) alıcısı ve JAVAD TRIUMPH-1 GNSS alıcısı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Kontrol ünitesi olarak ise "GETAC PS535F El Kontrol Ünitesi" ve "JAVAD VICTOR El Kontrol Ünitesi" kullanılmıştır. Çizelge 6.1., Çizelge 6.2., Çizelge 6.3. ve Çizelge 6.4.'te kullanılan ekipmanlara ait teknik bilgiler verilmiştir.

Çizelge 6.1. PENTAX SMT-888 3G GNSS(CORS) Alıcısı Teknik Özellikleri

Model		SMT888-3G	
Kanal Özellikleri		136 kanal (çift frekans)	
		GPS ve GLONASS uydularını gözlemleme	
Konum Doğruluğu		YATAYDA	DÜŞEYDE
	Standalone	1.3 m	1.9 m
	SBAS	0.6 m	0.8 m
	DGPS	0.5 m	0.9 m
RTK Performansı	Yatay Doğruluk	1 cm + 1 ppm	
	Düşey Doğruluk	2 cm + 1 ppm	
	Averaj çalışma zamanı	7 saniye	
Statik Performansı	Yatay Doğruluk	2 mm + 0.5 ppm	
	Düşey Doğruluk	5 mm + 0.5 ppm	
Portlar		Lemo 5-pin, El Terminali için serial portu	
		Lemo 8-pin, Harici Modem için serial portu	
		Lemo 4-pin harici güç kaynağı portu	
Çalışma	Dahili Batarya (2)	Li-Ion, 2500mAh, 7.4V x Z	
	Mevcut Yapı	1.0 to 1.5 A nominal	
		2.75 A maks.	
Ağırlık		Yaklaşık 1.5 kg(Bataryalar ile)	
Boyutları		198 mm x 99 mm	
Çevresel Özellikler	Çalışma Sıcaklık Aralığı	-20°C ile +65°C	
	Kayıt Sıcaklığı	-40°C ile +75°C	
Hız Doğruluğu		YATAYDA	DÜŞEYDE
	Standalone	2 cm/sn	4 cm/sn
Veri Transferi		25Hz veri aktarım oranı (kullanıcı tercihli)	
		NMEA v2.3 çıkış formatı,10 Hz'e kadar	
		RTCM v2.2, 2.3, 3.0 or 3.1	
		CMR2.0 ve CMR+	
Gecikme Süresi		< 20 milisaniye	
İlk Fix'leme Zamanı	Soğuk Başlangıç	< 45 sn	
	Sıcak Başlangıç	Açıldıktan sonra < 20 sn	
	Tekrar Başlatma	< 1.2 sn	
Bluetooth		var	
ROHS		var	
Su Yalıtımı		IP67	
Sertifikasyon		CE	



Çizelge 6.2. GETAC PS535F El Kontrol Ünitesi Teknik Özellikleri

Dayanıklılık	MIL-STD810G
	IP65
Ekran	Taşınabilir 3.5" TFT LCD VGA (480 x 640)
	Güneş Işığında Okunabilir Ekran
	Hassas Dokunmatik Ekran
İşlemci CPU	Samsung S3C2450 533MHz
RAM	128MB MDDR
Sabit Disk	2GB NAND Flash
	SDIO/SDHC Kart Yuvası(16GB'a Kadar SDHC Hafıza Kartı) X 1
Ekran Kartı	Anakart: SiRF Star III
	Alıcı Tipi: L1 (C / A)
	Kanal: 20 kanal
	Güncelleme Hızı: 1 Hz
	Yatay Doğruluk:
	i) Yalın: 5 m
	ii) DGPS : 1~3 m
	Soğuk Açılma Zamanı: Ortalama 45 sn.
	Sıcak Açılma Zamanı: Ortalama 30 sn.
	Sıcak Çalışma Zamanı: Ortalama 1 sn.
	Yeniden Çalışma: Ortalama 0.1 sn.
Güvenlik ve Şifreleme	WPA/WPA2 için WiFi şifresi
	Doğrulama: OPEN,SHARED-KEY,PEAP (MS-CHAPv2, GTC, MD5), EAP- TLS,EAP-FAST, EAP-TTLS (PAP, CHAP, MS-CHAP, MS-CHAPv2, PAP/Token Card, EAP GTC ile)
	Şifreleme: WEP, AES, TKIP
Bağlantı Arabirimleri	USB 2.0 Girişi (4 pinli; tip Mini B) x 1
	Ses Çıkışı (Mini-jack; 3.5mm) x 1
	Mikrofon x1
	Hoparlör x1
	DC Giriş Jakı x 1
Genişleme Arabirimleri	5 fonksiyonlu yön tuşu x 1
	Programlanabilir Butonlar x 3
	Açma Tuşu x 1
İletişim Arabirimleri	802.11 b/g;
	Bluetooth (v2.0+EDR Sınıf 2)
	GPS (Dahili Anten ve Harici MMCX bağlantısı ile birlikte)
Boyutlar	144.25 x 82.25 x 29.3mm
Ağırlık	300g



Çizelge 6.3. JAVAD TRIUMPH-1 (GNSS) Alıcısı Teknik Özellikleri

NMEA	
Mesaj Tipleri	GGA, GLL, GNS, GRS, GSA, GST, GSV, HDT, RMC, VTG, ZD A, ROT, GMP
DGPS	
Düzeltme Formatları	RTCM SC104 Ver 2.1, 2.2, 2.3,ve 3.0
RTCM 2.x Mesaj Tipi	1, 3, 9, 31, 32, 34; (Kullanıcı Tercihine Göre)
RTCM 3.0 Mesaj Tipi	1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1011, 1012, 1019, 1020; (Kullanıcı Tercihine Göre)
Yükseklik Maskesi	0 ile 90 derece (Veri Kaydından Bağımsız)
Çok Bazlı DGPS	Diferansiyel Düzeltme Seçim Modları: Nearest, Mix, Best (Tercihe Bağlı)
RTK	
Düzeltme Formatları	RTCM SC104 Ver 2.2, 2.3, veya 3.0
RTCM 2.x Mesaj Tipi	3, 18, 19, 20, 21, 22; (Kullanıcı Tercihine Göre)
RTCM 3.0 Mesaj Tipi	1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1019, 1011, 1012, 1020; (Kullanıcı Tercihine Göre)
Ambiguity Çözümü	OTF (L1, L1/L2)
Baz Mesafesi	Sabah ve Akşam 50 km'ye Kadar, Öğlen 32 km'ye Kadar
Çalışma Zamanı	Baza olan mesafeye ve Sinyal Yansıma Etkisine Göre 5 sn ile 10 dk. Arasında 5
Bekleme Süresi	20 milisaniye ile 20 sn arası Kayıt İçin - 20 ile 30 milisaniye arası
Durum	Fix, Float, DOP, Veri İşleme Durumu, Alıcı Gecikmesi, Ortak Uydular, Fix'leme yüzdesi
Sonuçlar	RTK koordinatları, HRMS, VRMS, Kovaryans Matrisi
Ambiguity Çözümleme Seviyesi	Min: %95; Medium: 99.5%; Max.: 99.9%
Ölçüm Modları	
Sabit veya Gezici	Statik, Hızlı Statik, Kinematik (Dur Git) RTK (Real-time Kinematic) DGPS (Differential GPS) SBAS DGPS
Ölçüm Doğrulukları	
Statik, Hızlı Statik	Yatayda: 0,3 cm + 0,5 ppm * baza olan uzaklık Düşeyde:0,5 cm + 0,5 ppm * baza olan uzaklık
Kinematik, RTK	Yatayda : 1cm +1 ppm * baza olan uzaklık Düşeyde :1,5 cm + 1 ppm * baza olan uzaklık
RTK (OTF)	Yatayda : 1 cm + 1 ppm * baza olan uzaklık Düşeyde : 1,5 cm + 1 ppm * baza olan uzaklık
DGPS	<0.25 m Post Processing, <0,5 m Gerçek Zamanlı
Soğuk Başlangıç Sıcak Başlangıç Yeniden Başlama	<35 sec <5sec <1sec
GNSS Detayları	
Standart Kanallar	Toplam 216 kanal: GPS L1/L2/L2C/L5 Galileo E1/E5A GLONASS L1/L2 SBAS



Çizelge 6.4. JAVAD Victor El Ünitesi Teknik Özellikleri

İşlemci	Intel XScale PXA270, 520 MHz
İşetim Sistemi	Microsoft Windows Mobile Version 6.1
Hafıza (RAM)	128 MB RAM
Veri Kaydı	Dahili 512 MB Flash disk
Kablosuz Bağlantı	Geniş Alan İletişimi İçin Kablosuz Modem
Opsiyonlar	10 m'ye Kadar Bluetooth Bağlantısı. Bluetooth teknolojisi: serial port (SPP), dial-up networking (DUN), object push (OPP), human interface device (HID), ve yazıcı bağlantılarını desteklemektedir. Ayrıca CF ve SD kart ve Wi-Fi teknolojisini desteklemektedir.
CF ve SD Kart Yuvaları	Veri Kaydı ve Diğer Uygulamalar için Tip I ve Tip II Compact Flash(CF) ve Secure Digital (SD or SDIO) kartlar hafıza kartı olarak kullanılabilir.
Ekran Özellikleri	Aktif Görünen Alan: 3.5" diagonal (89 mm) Yüksek Görünürlüklü, Yüksek Kontrastlı, Güneş Işığında Görülebilir VGA, 240 x 320 Piksel TFT LCD Ekran. Yatay ve Dikey Durumda Kullanılabilir LED Arka Aydınlatmalı Butonlar.
İletişim Modülü	COM 1: 9-pin sub D connector, full modem control signals, 5V @ 200 mA available on DTR pin, controlled by DTR USB host (Mini A) can control other devices USB device (Mini B) synchronizes information to the desktop 12 VDC jack for power input and battery charging (wall mount or vehicle charger), 10 V - 18 V Modular, field replaceable, can be customized
Fiziksel Özellikler	Boyutlar: 165 x 89 x 43 mm Ağırlık: 482 g
Klavye	4 Fonksiyonlu Ana Tuş, Standart Tuş Takımı Fonksiyonları: Başlat – Uygulama Menüsü - Uygulama Yöneticisi - Aktif Uygulamaya Dönme – Standart Tuş Takımı arka LED aydınlatması
Çevresel Donanımlar	Çalışma Sıcaklığı: -30^{o} ile 50^{o} C Kaydetme Sıcaklığı: -30^{o} ile 60^{o} C Su ve Toz Yalıtımı, 1,5 m'ye Kadar Düşmeye Dayanıklı, Suya, Darbeye, Kuma ve Toza, Titreşime, Basınca, Yüksek ve Düşük Sıcaklıklara Karşı Dayanıklı
Güç	Akıllı, Şarj Edilebilir, hafif Li-Ion Batarya, Tek Şarjla 20 Saate Kadar Çalışma, Kolay Batarya Değişimi, Düşük Voltajlı 12 V ile Şarj Olabilme Özelliği, Şarjla veya Direk Güç Kaynağına Bağlı Olarak Çalışabilme, Şarj Seviyesi Göstergesi ve Şarjı Azaldığında Kullanıcıya Uyarı Verme Özelliği



6.3. Çalışma Yöntemi

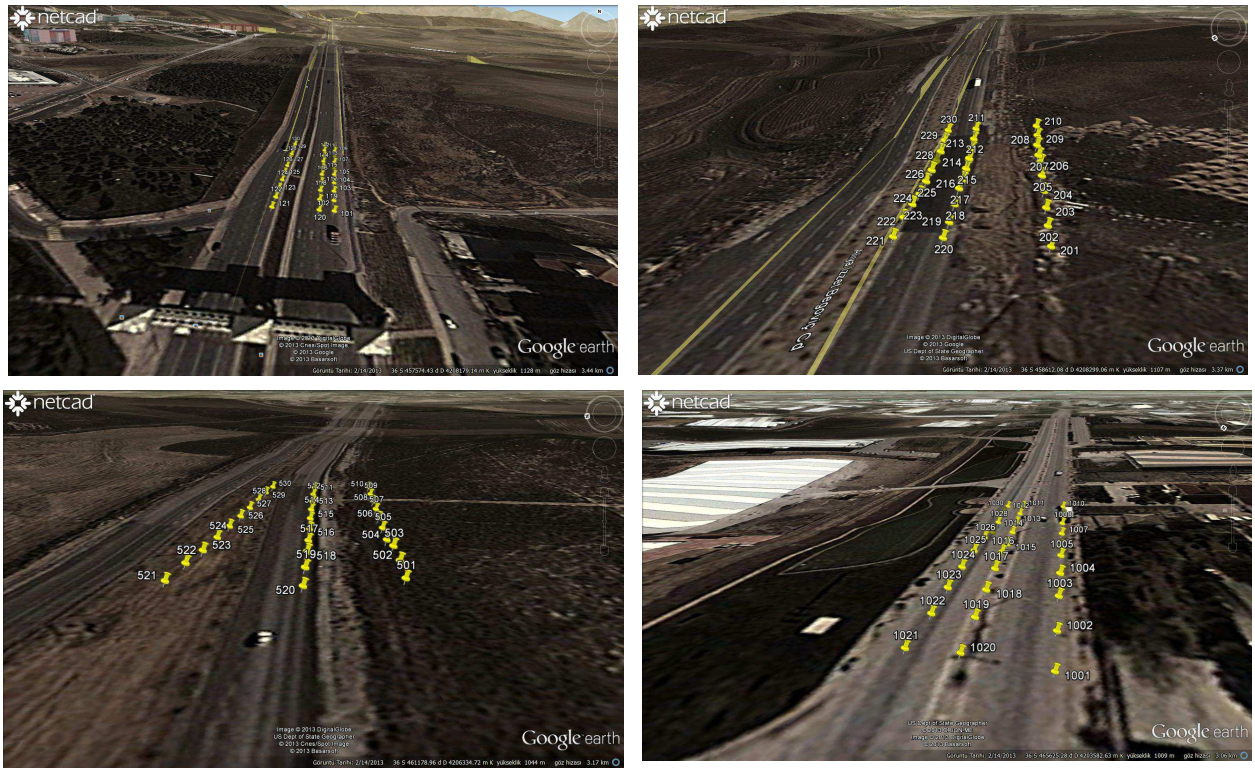
Çalışma yöntemi olarak tüm Türkiye'de aktif olarak kullanılan TUSAGA-Aktif Ağ-RTK ile Standart(Klasik) RTK yöntemleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda bir adet kontrol noktası üzerine sabit GNSS alıcısı kurularak gezici alıcı ile sabit alıcıya bağlanılıp Real Time Kinematic(RTK) ölçüleri ve bu ölçülere eş zamanlı olarak TUSAGA-Aktif sistemine bağlanılarak Ağ-RTK(CORS) ölçülerinin yapılması öngörülmüştür.

Bu çalışmada amaç Standart(Klasik) RTK yönteminde, gezici alıcının sabit alıcıya(baz noktasına) olan uzaklığının ölçülere etkisini tespit etmek olduğundan baz noktasından itibaren sırasıyla 1 km, 2 km, …,10 km uzaklıkta seçilen alanlarda 10'ar metre aralıklarla tesis edilen 30 sabit nokta üzerinde(toplamda 300 noktada) Klasik RTK ve Ağ-RTK teknikleriyle ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bunun için Alaaddin Keykubat yerleşkesi içinde bulunan sabit nokta üzerine sırasıyla sadece GPS uydularını kullanarak ölçüm yapan GNSS alıcısı ve GPS ve GLONASS uydularını kullanarak ölçüm yapan GNSS alıcısı sabit alıcı olarak kurulup gerçek koordinat değeri olarak daha önceden bilinen koordinat değerleri girilmiştir. Daha sonra gezici GNSS alıcısı ve CORS-TR uyumlu GNSS alıcısıyla 1'er km aralıklarla tesis edilmiş çalışma alanlarında bulunan 10 m aralıklı 30 alım noktasında eş zamanlı olarak ölçümler yapılmıştır. Çizelge ve grafik gösterimlerinde sadece GPS uydularını kullanarak yapılan ölçümler "GPS", GPS ve GLONASS uydularını kullanarak yapılan ölçümler "MİX", TUSAGA-Aktif sistemine bağlanılarak yapılan Ağ-RTK ölçümleri ise "CORS" olarak isimlendirilmiştir.

Klasik RTK ve Ağ-RTK ölçüleri 1 sn kayıt aralığında ve 5 epok olarak 10^{o}'lik yükseklik açısı ile yapılmıştır. Ölçümler toplamda 2 günde yapılmıştır. Aynı uydu geometrisini yakalayabilmek amacıyla ölçümler, ilk gün 09.30 itibariyle başlamış, ikinci gün ise 4 dakika önce 09.26'da başlayarak yapılmıştır.

Ölçüm yapılan bazı güzergahlara ait fotoğraflar Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2 Ölçüm Yapılan Bazı Bölgeler

6.4. Ölçülerin Değerlendirilmesi

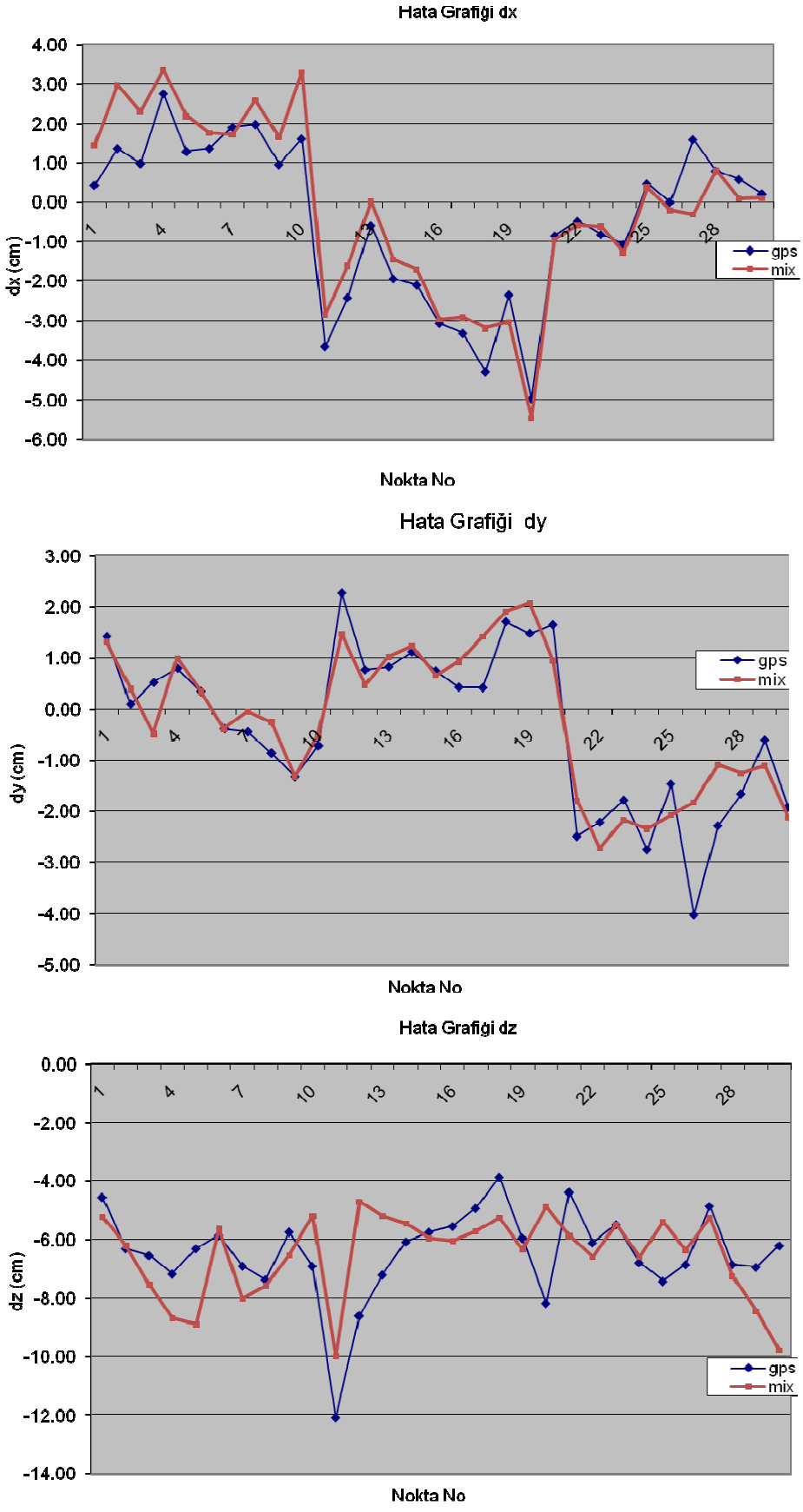
Daha önceden koordinatları bilinen pilye üzerine sabit alıcı olarak GNSS alıcıları kurulup, bu alıcılara bağlanarak gezici alıcılarla yapılan klasik RTK ölçüleri sonucu elde edilen konum bileşenleri ve bu ölçülere eş zamanlı olarak yapılan Ağ-RTK ölçmeleri sonucu elde edilen konum bileşenleri arasındaki farklar (Dx, Dy, Dz) her bir güzergahta yapılan ölçüler için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Ortalama hata(m_x, m_y, m_z) değerleri (6.1) eşitliklerinde gösterildiği üzere bulunmuştur.

$$m_x = \sqrt{\frac{[dx.dx]}{n}} \qquad m_y = \sqrt{\frac{[dy.dy]}{n}} \qquad m_z = \sqrt{\frac{[dz.dz]}{n}} \tag{6.1}$$

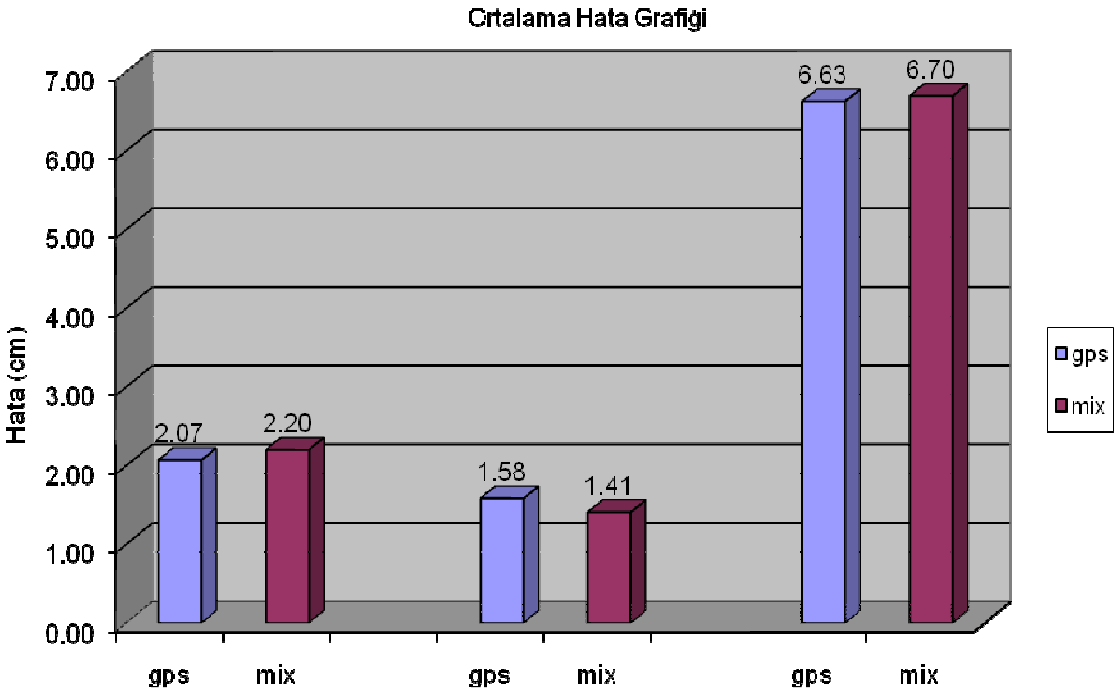
Bulunan ortalama hatalar ve bu ortalama hataları gösterir grafikler, maksimum ve minimum hata değerleri, Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler her km. için Şekil 6.3. ile Şekil 6.22. arasında ayrı ayrı gösterilmiştir.

1.Km için Analizler



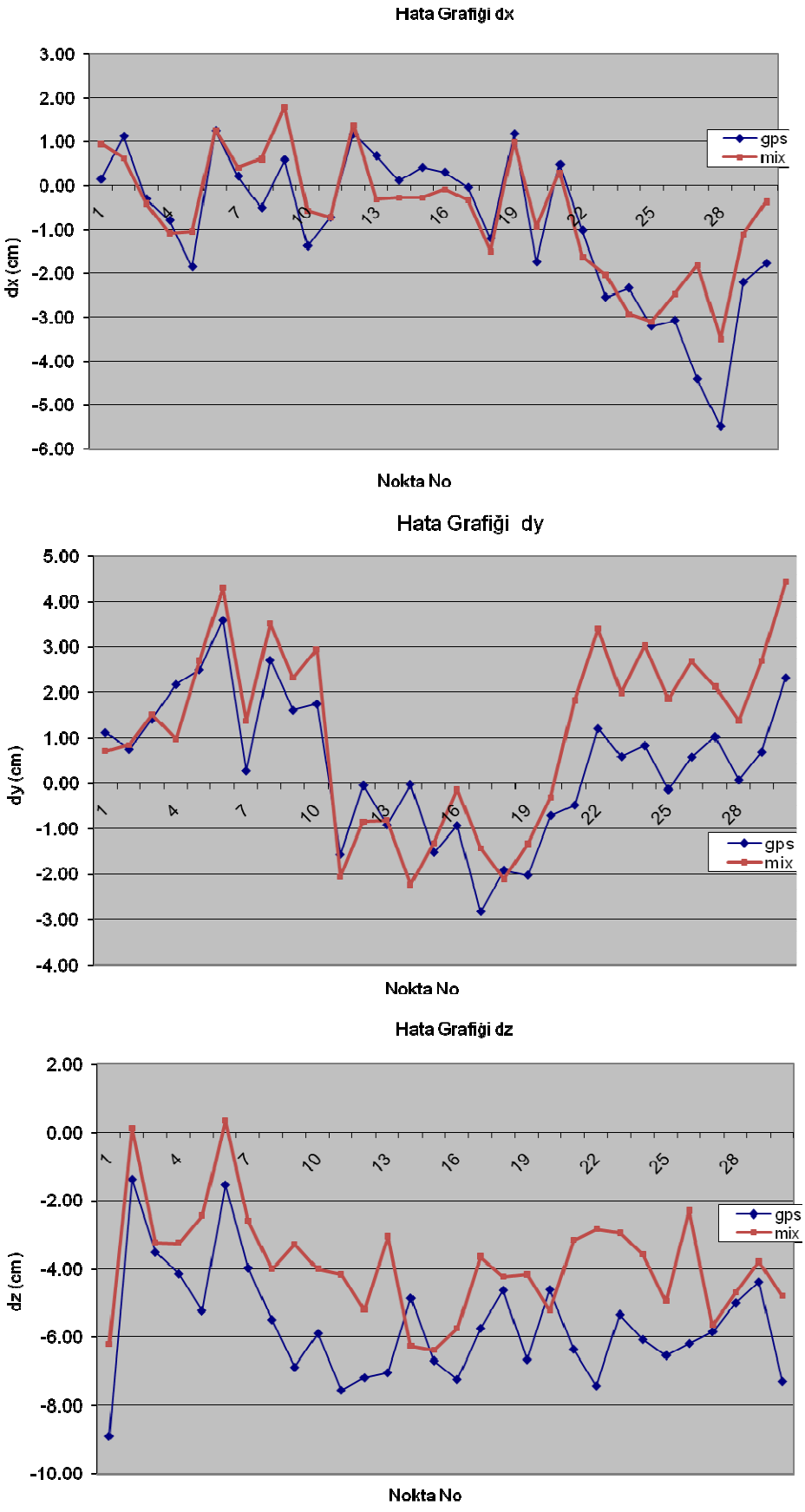
Şekil 6.3. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-4.97	-4.03	-12.09	±2.07	±1.58	±6.63
	Min. Hata(cm)	2.75	2.26	-3.86			
MİX	Max. Hata(cm)	-5.47	-2.72	-9.99	±2.20	±1.41	±6.70
	Min. Hata(cm)	3.35	2.07	-4.71			



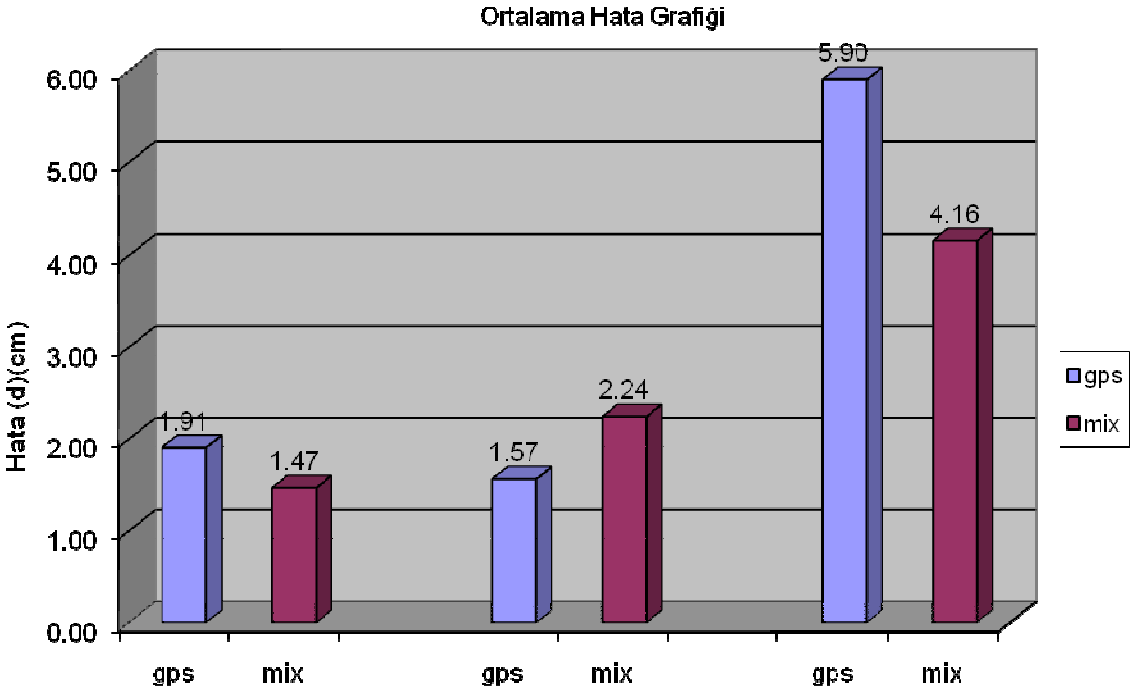
Şekil 6.4. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

2.Km için Analizler



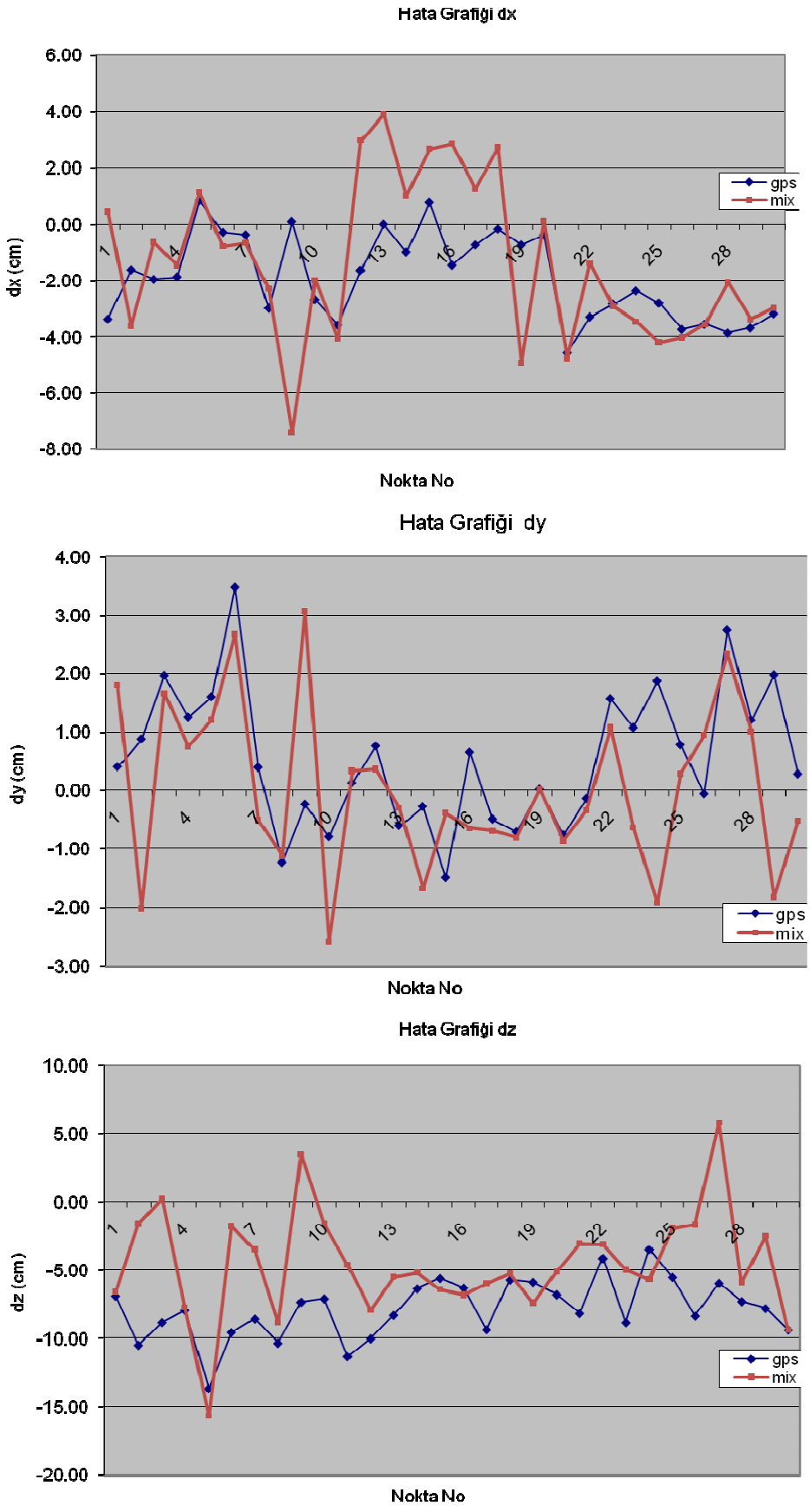
Şekil 6.5. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	My	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-5.50	-2.83	-8.92	±1.91	±1.57	±5.90
	Min. Hata(cm)	1.26	3.59	-1.32			
MİX	Max. Hata(cm)	-3.50	-2.23	-6.40	±1.47	±2.24	±4.16
	Min. Hata(cm)	1.79	4.42	0.35			



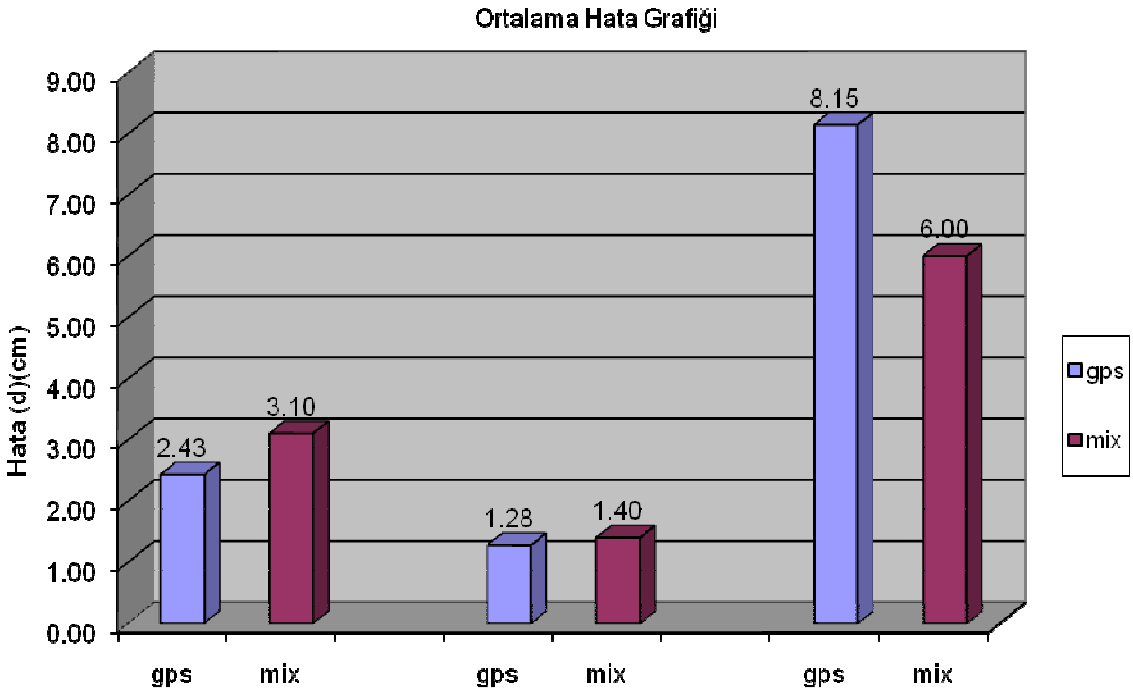
Şekil 6.6. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

3.Km için Analizler



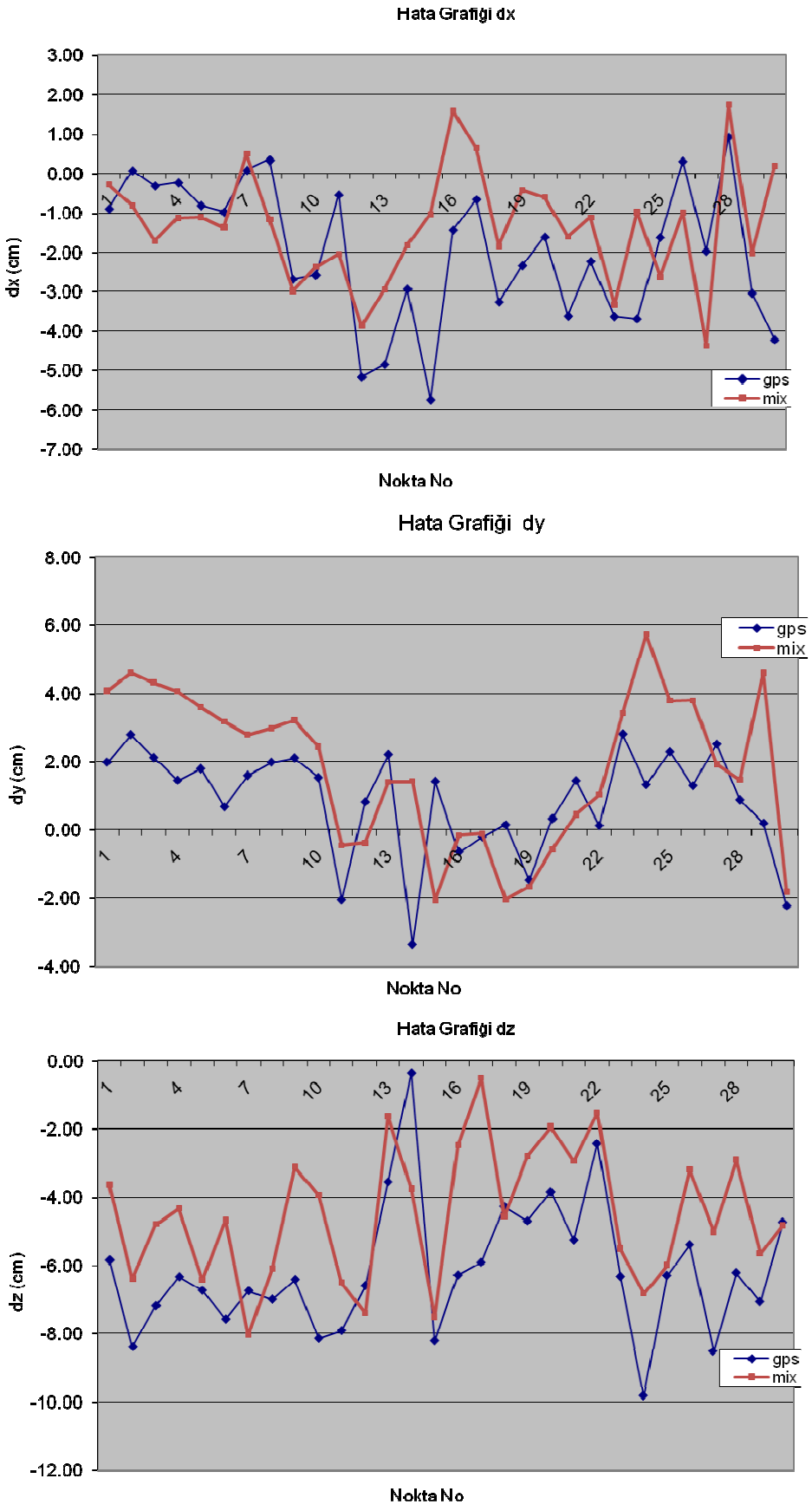
Şekil 6.7. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-4.57	-1.49	-13.69	±2.43	±1.28	±8.15
	Min. Hata(cm)	0.83	3.47	-3.49			
MİX	Max. Hata(cm)	-7.41	-2.59	-15.69	±3.10	±1.40	±6.00
	Min. Hata(cm)	3.90	3.06	5.82			



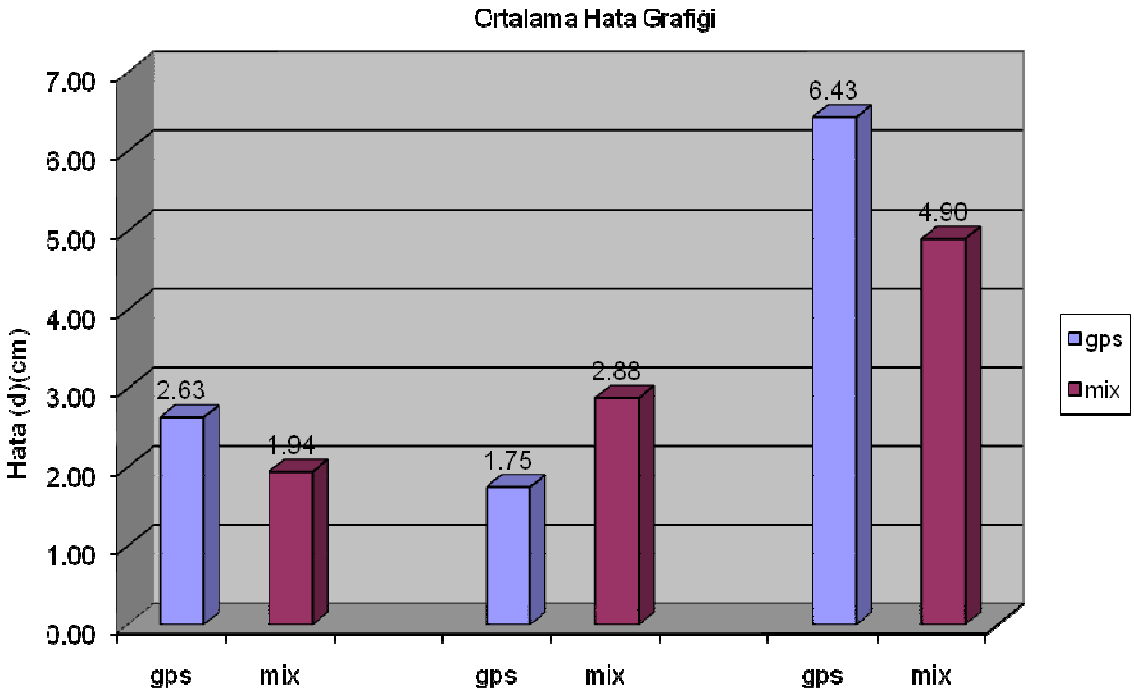
Şekil 6.8. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

4.Km için Analizler



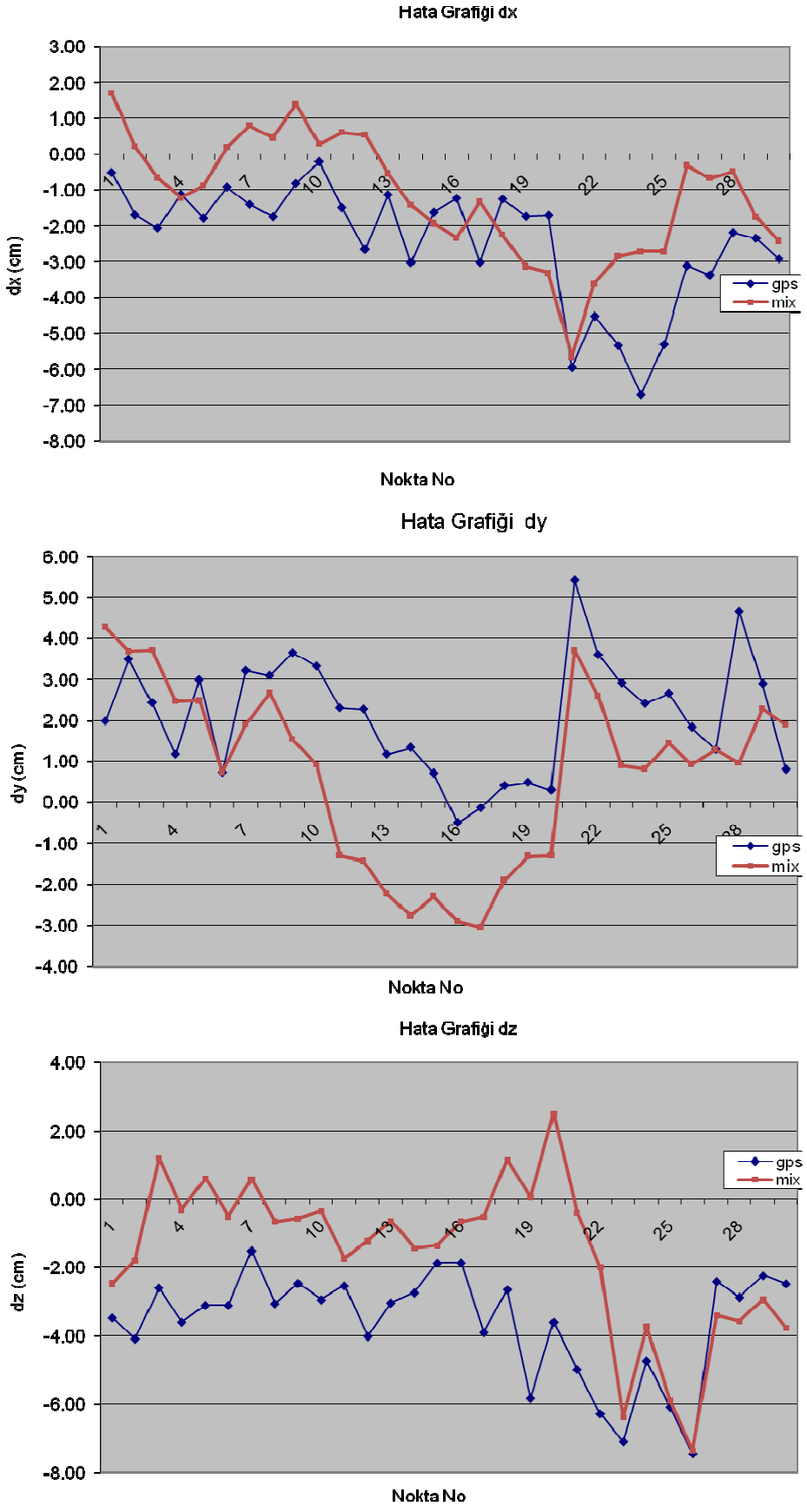
Şekil 6.9. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-5.73	-3.38	-9.84	±2.63	±1.75	±6.43
	Min. Hata(cm)	0.93	2.81	-0.36			
MİX	Max. Hata(cm)	-4.36	-2.08	-8.05	±1.94	±2.88	±4.90
	Min. Hata(cm)	1.73	5.72	-0.52			



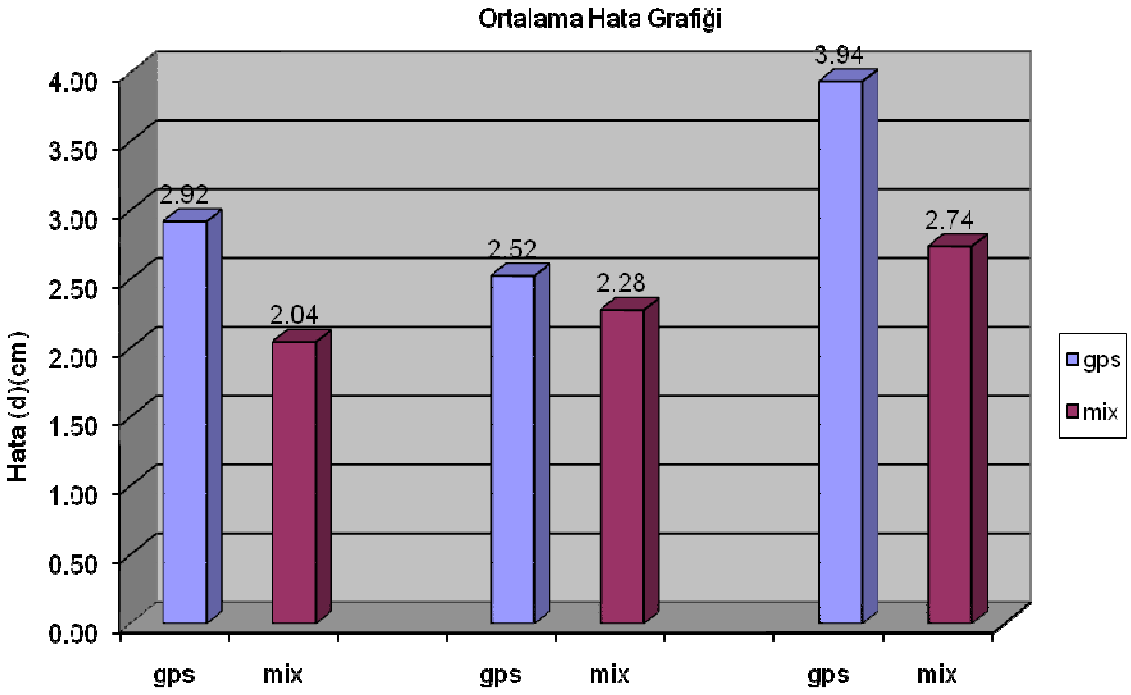
Şekil 6.10. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

5.Km için Analizler



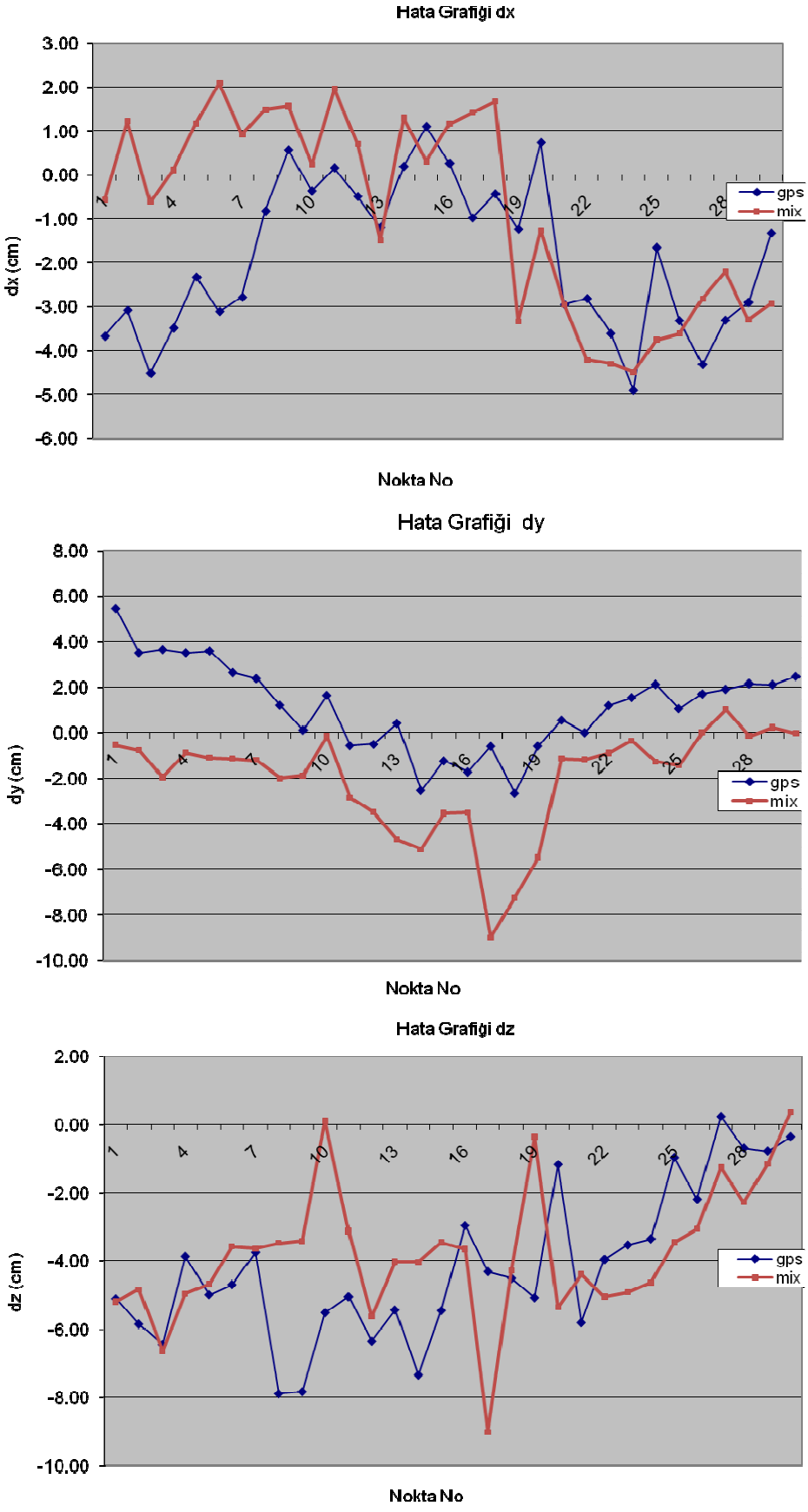
Şekil 6.11. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-6.71	-0.49	-7.46	±2.92	±2.52	±3.94
	Min. Hata(cm)	-0.21	5.41	-1.51			
MİX	Max. Hata(cm)	-5.64	-3.04	-7.36	±2.04	±2.28	±2.74
	Min. Hata(cm)	1.70	4.28	2.50			



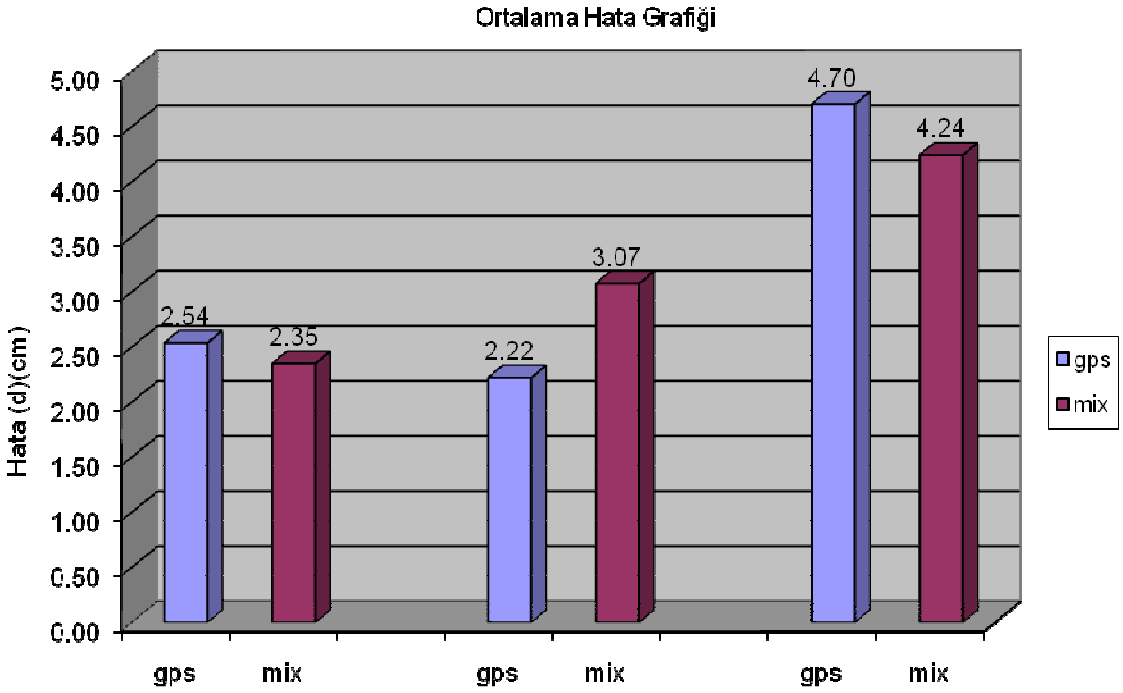
Şekil 6.12. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

6.Km için Analizler



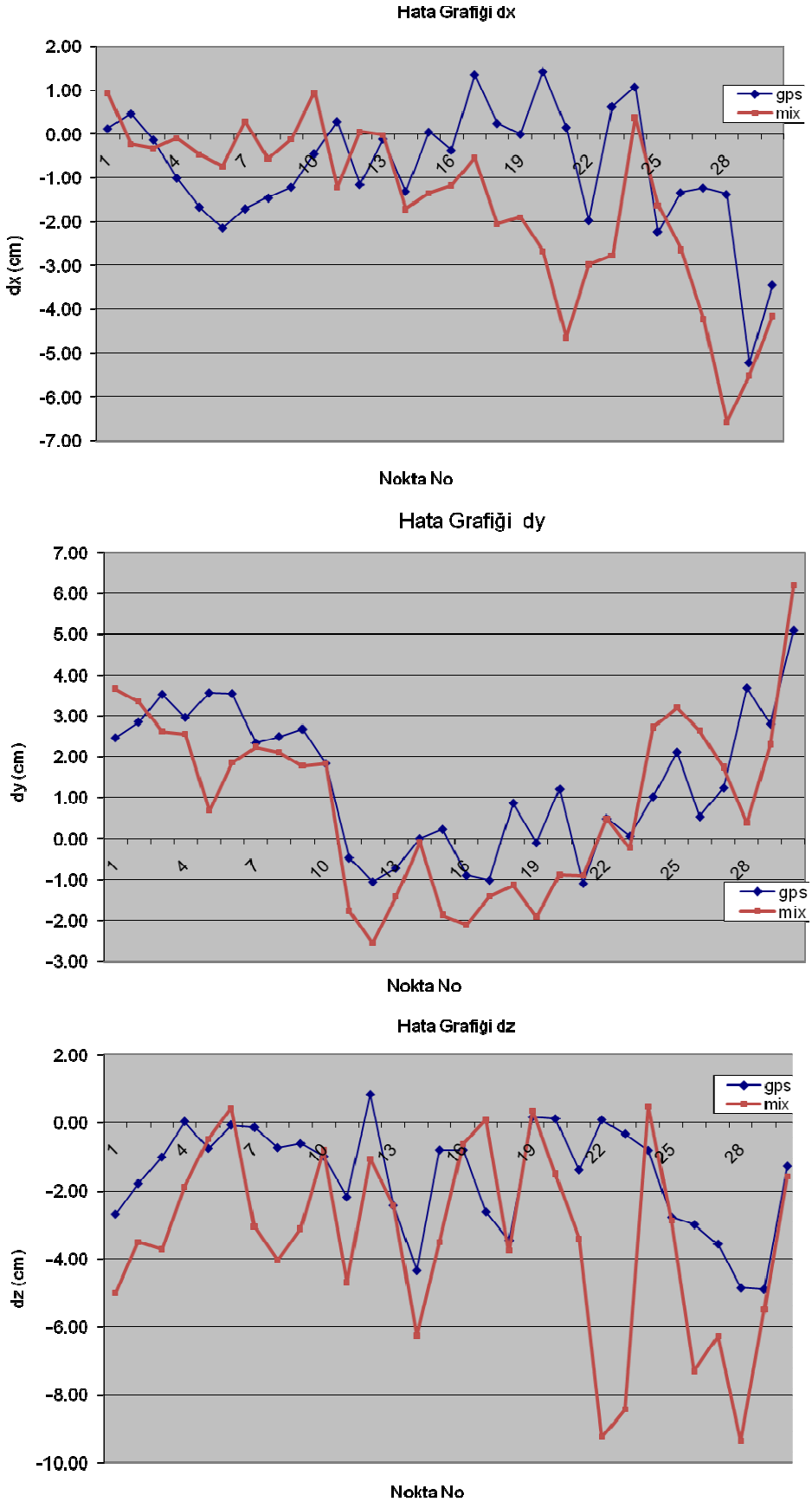
Şekil 6.13. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-4.90	-2.66	-7.88	±2.54	±2.22	±4.70
	Min. Hata(cm)	1.10	5.45	0.24			
MİX	Max. Hata(cm)	-4.50	-9.00	-9.01	±2.35	±3.07	±4.24
	Min. Hata(cm)	2.09	1.00	0.35			



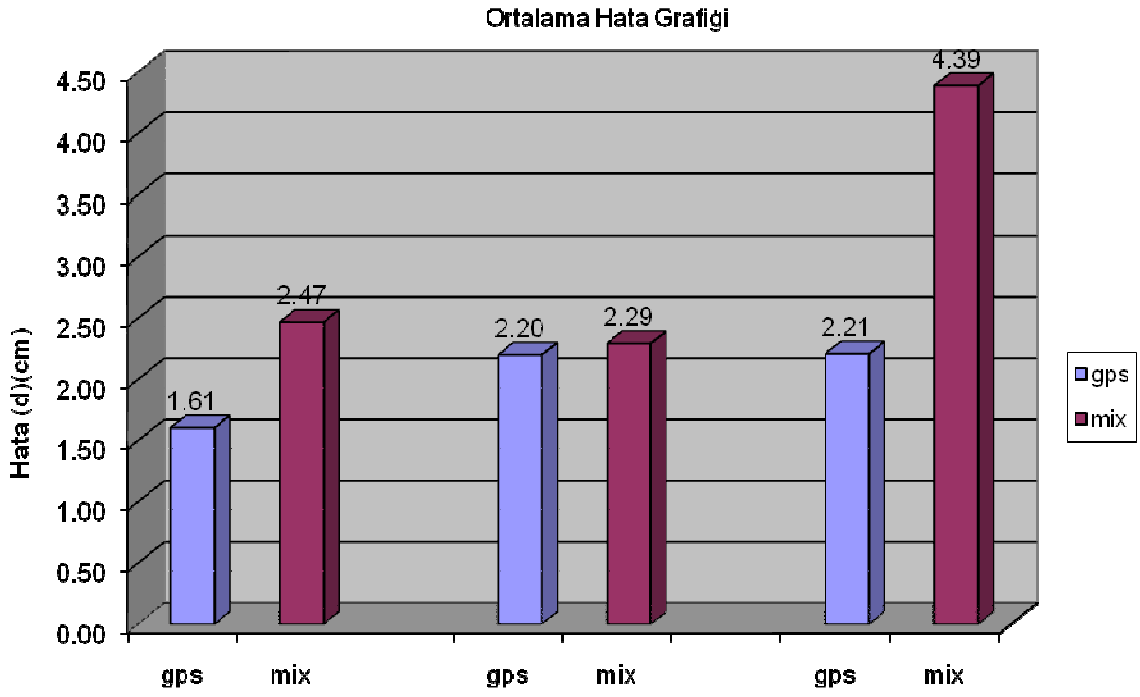
Şekil 6.14. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

7.Km için Analizler



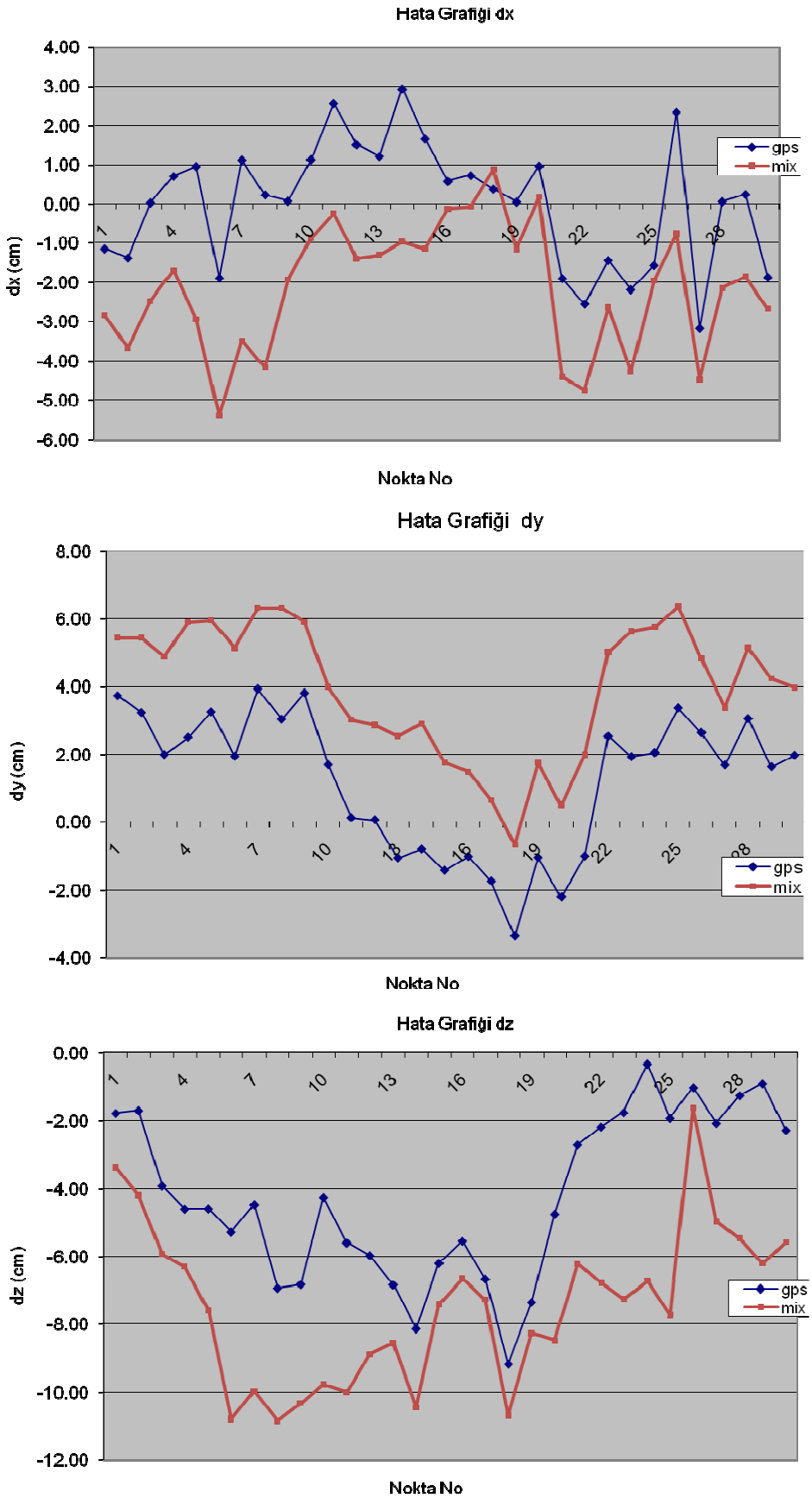
Şekil 6.15. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-5.22	-1.10	-4.90	±1.61	±2.20	±2.21
	Min. Hata(cm)	1.43	5.09	0.83			
MİX	Max. Hata(cm)	-6.58	-2.56	-9.36	±2.47	±2.29	±4.39
	Min. Hata(cm)	0.95	6.19	0.48			



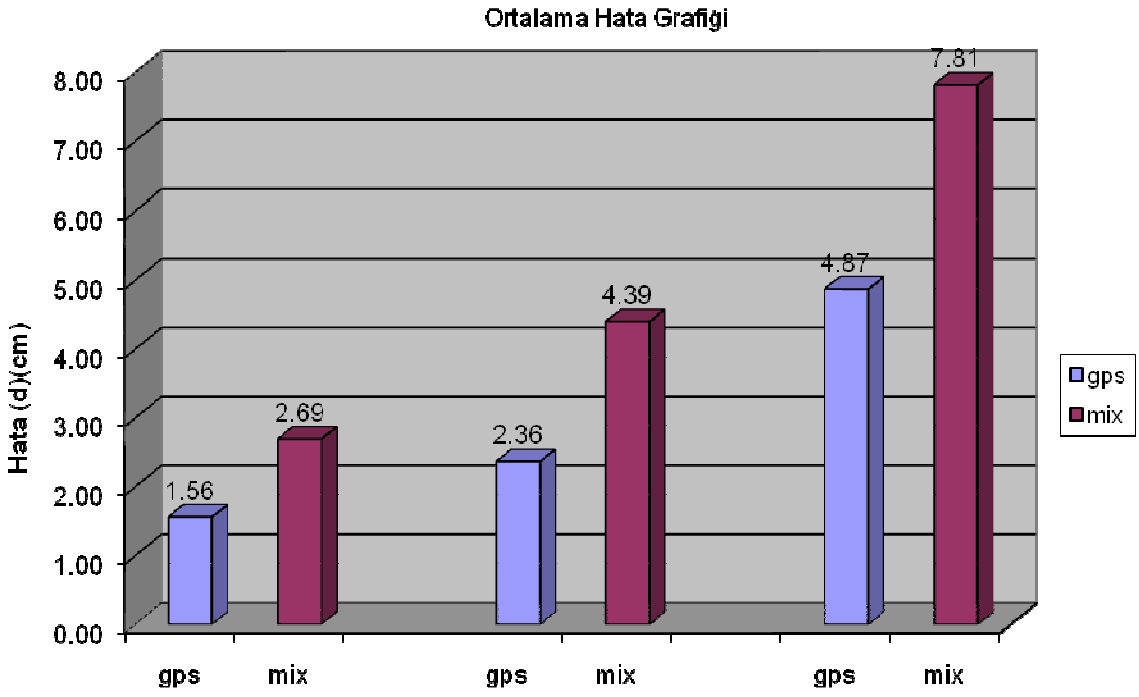
Şekil 6.16. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

8.Km için Analizler



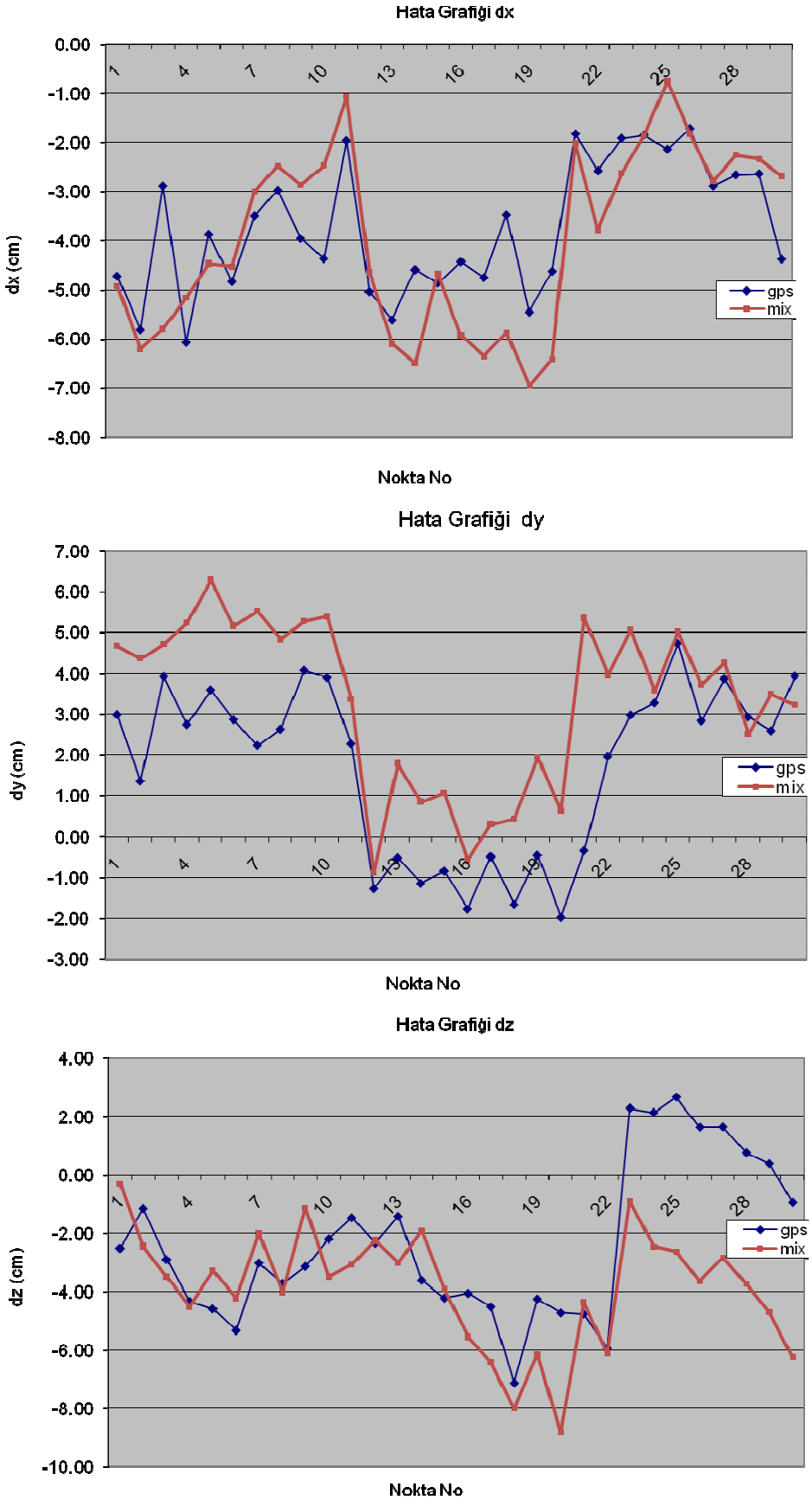
Şekil 6.17. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-3.17	-3.36	-9.18	±1.56	±2.36	±4.87
	Min. Hata(cm)	2.93	3.92	-0.32			
MİX	Max. Hata(cm)	-5.39	-0.66	-10.84	±2.69	±4.39	±7.81
	Min. Hata(cm)	0.88	6.36	-1.62			



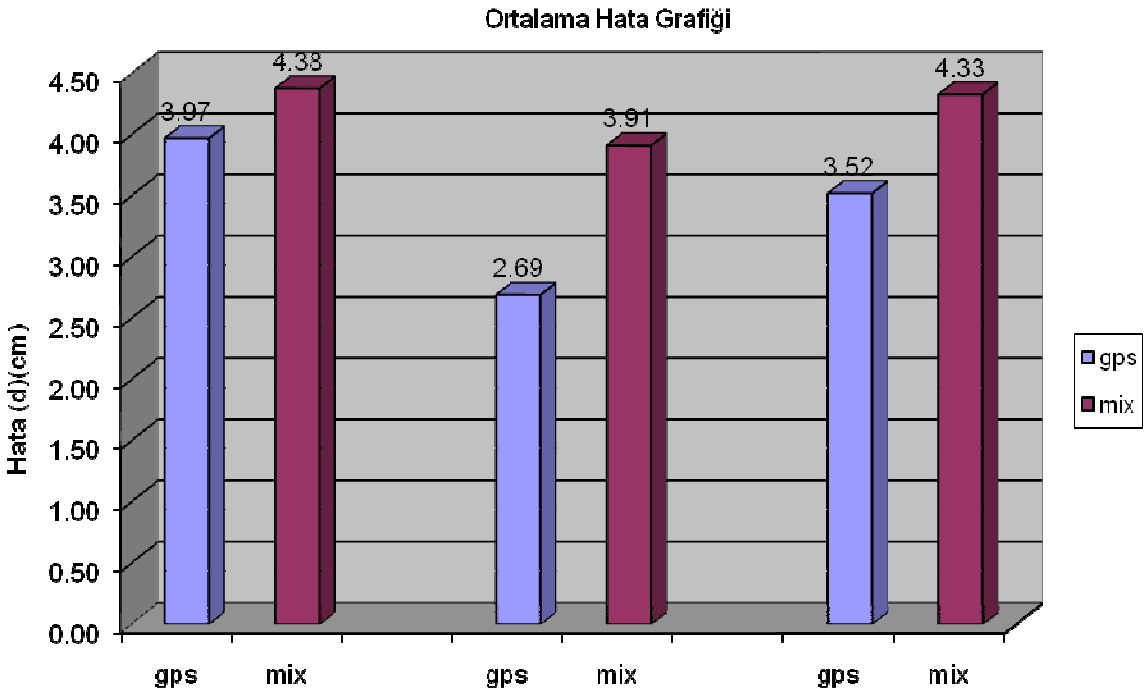
Şekil 6.18. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

9.Km için Analizler



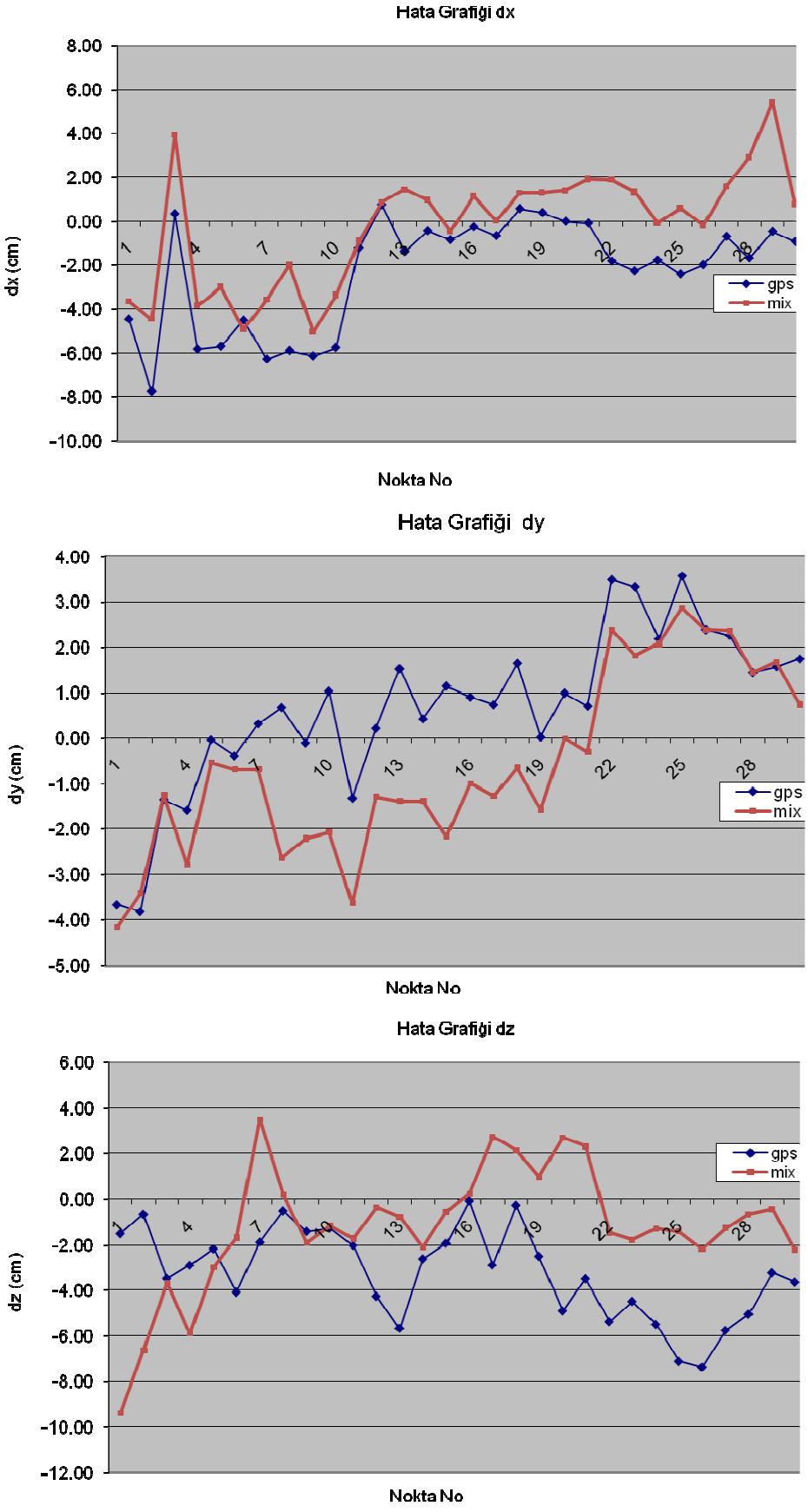
Şekil 6.19. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-6.07	-1.97	-7.12	±3.97	±2.69	±3.52
	Min. Hata(cm)	-1.72	4.73	2.67			
MİX	Max. Hata(cm)	-6.95	-0.88	-8.82	±4.38	±3.91	±4.33
	Min. Hata(cm)	-0.75	6.29	-0.31			



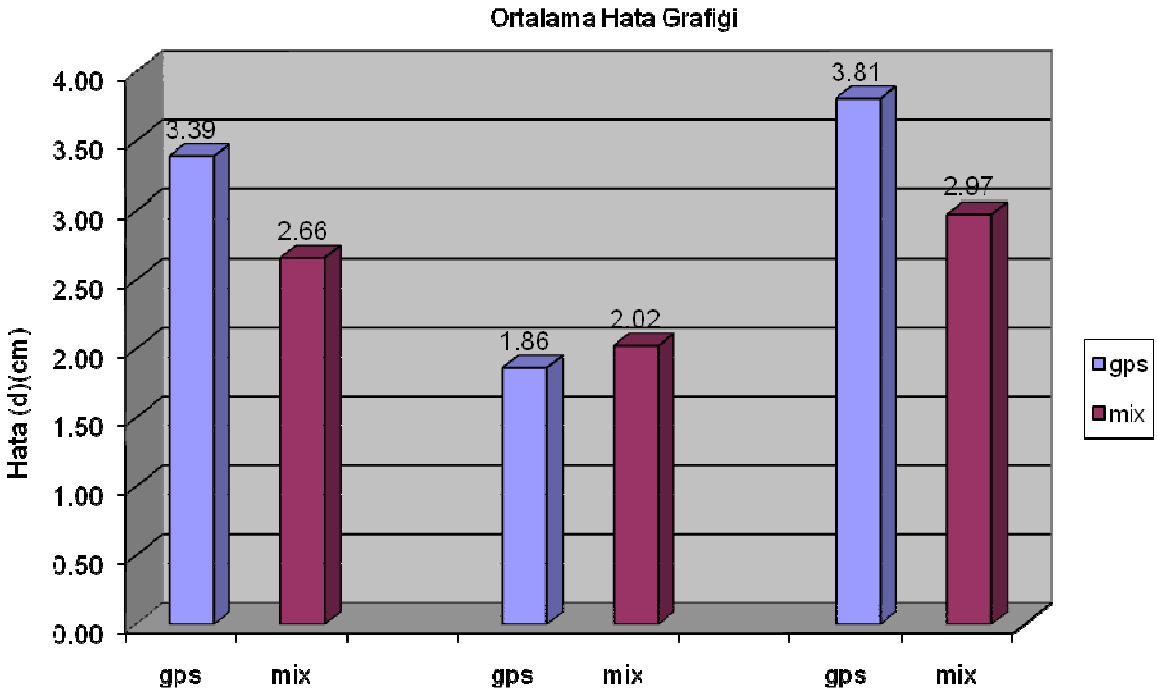
Şekil 6.20. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

10.Km için Analizler



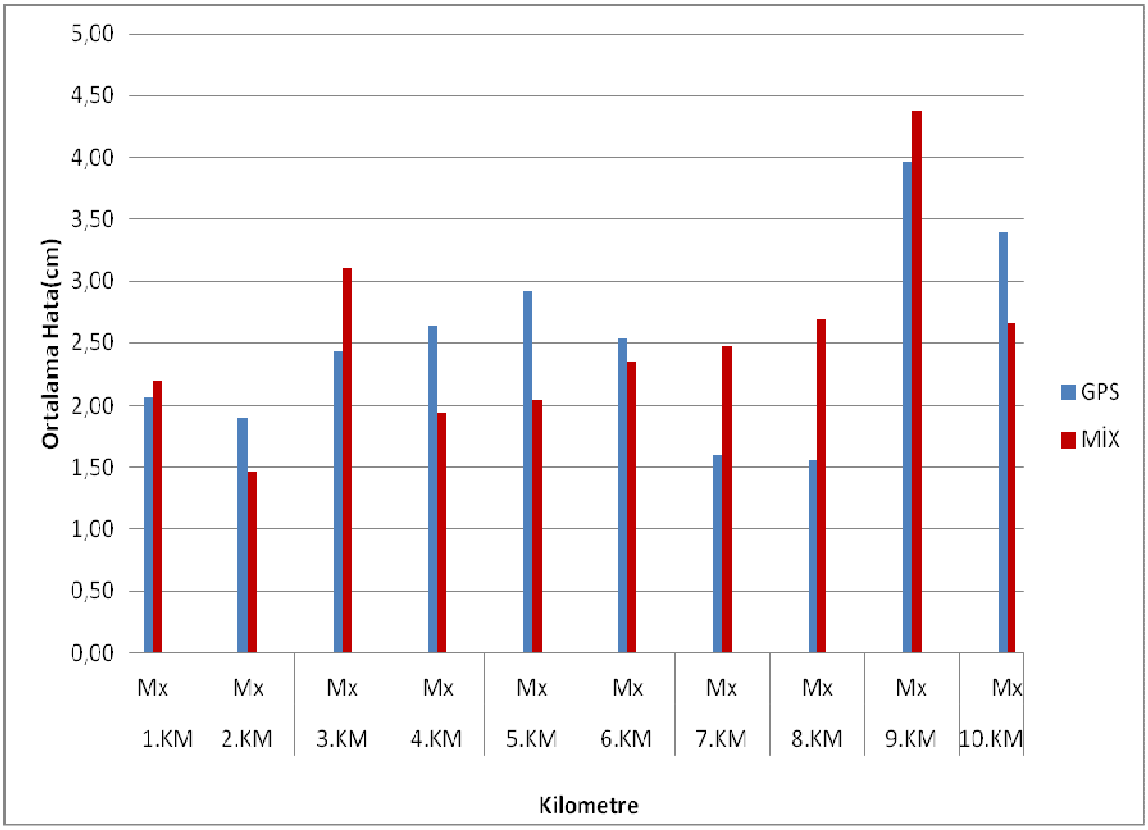
Şekil 6.21. Dx,Dy,Dz koordinat bileşeni farklarını gösterir grafikler

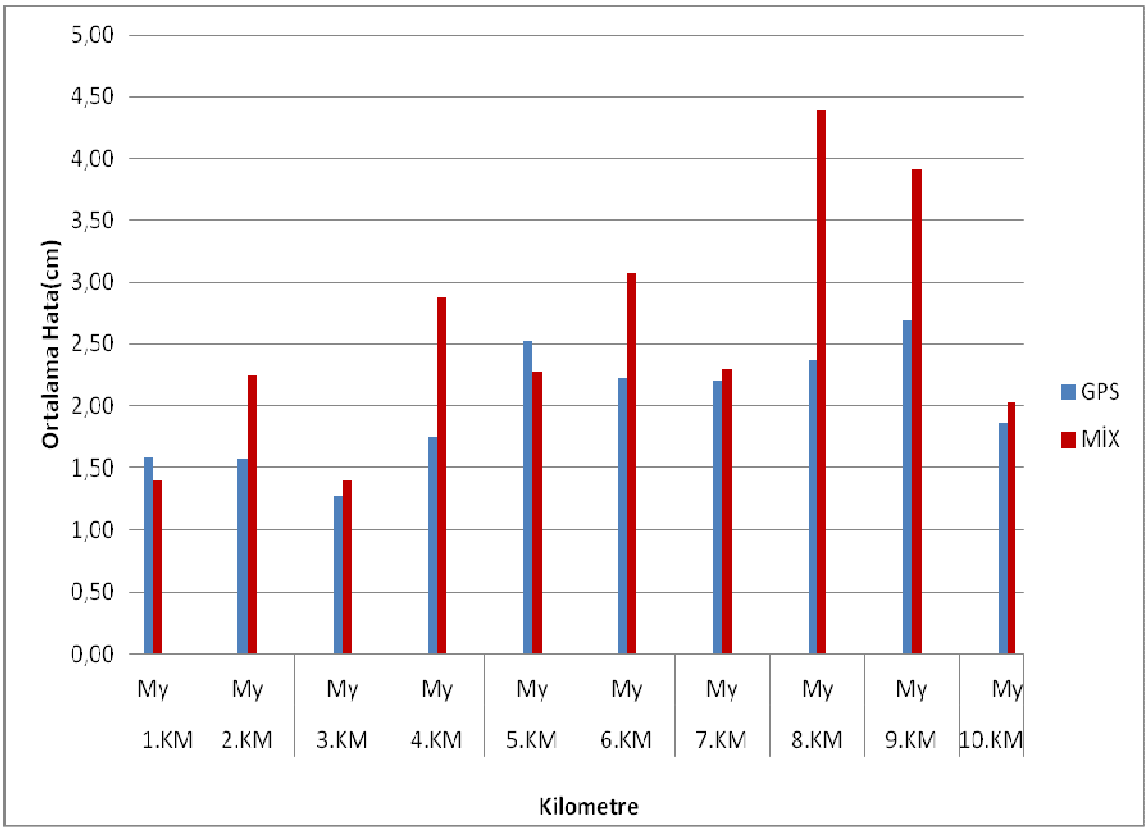
Yöntem	Hatalar	dx	dy	dz	mx	my	mz
GPS	Max. Hata(cm)	-7.76	-3.82	-7.38	±3.39	±1.86	±3.81
	Min. Hata(cm)	0.75	3.56	-0.07			
MİX	Max. Hata(cm)	-5.05	-4.16	-9.41	±2.66	±2.02	±2.97
	Min. Hata(cm)	5.42	2.86	3.52			

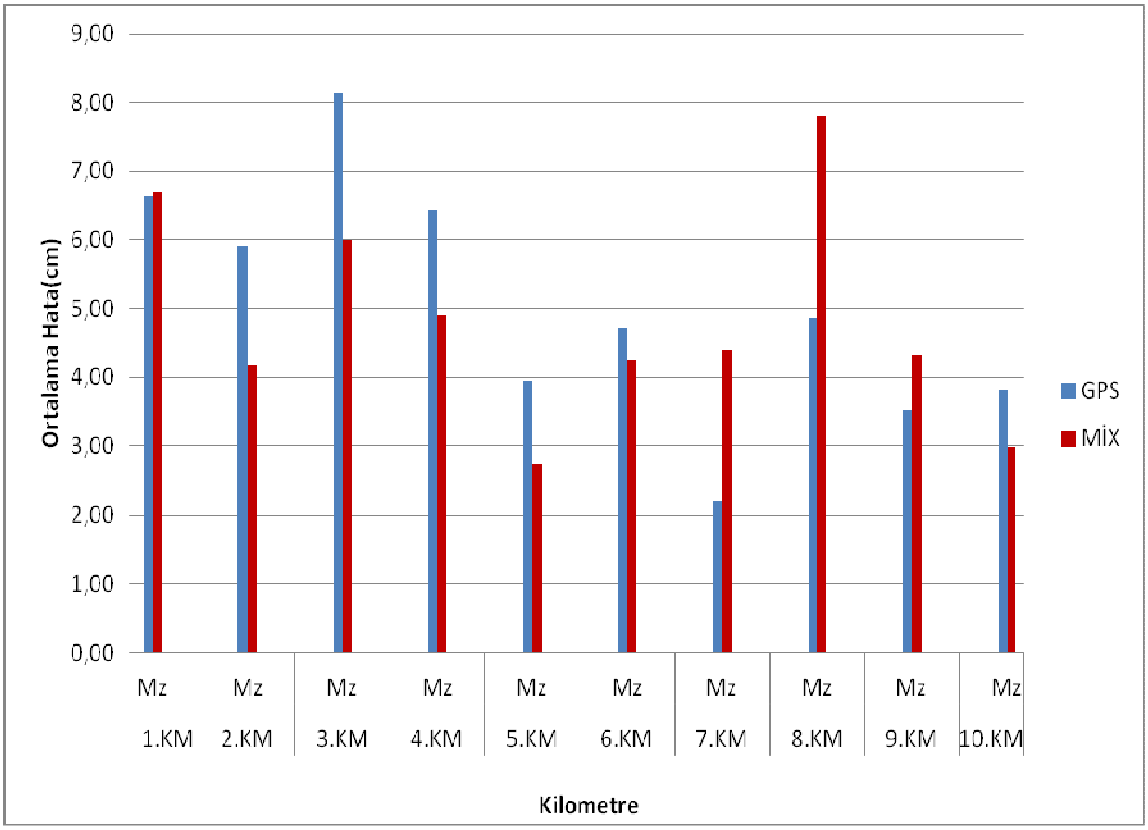


Şekil 6.22. Maksimum, minimum farklar ve ortalama hata grafiği

Sabit(referans) istasyondan olan uzaklığa göre ortalama hataların(m_x, m_y, m_z) değişimini gösterir grafikler şekil 6.23.'te ve bütün güzergahlara ait maksimum, minimum farklar ve ortalama hataları gösterir özet tablo ise şekil 6.24.'te verilmiştir.


5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Ortalama Hata(cm)
Mx
1.KM
2.KM
3.KM
4.KM
5.KM
6.KM
7.KM
8.KM
9.KM
10.KM
Kilometre
GPS
MİX


5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Ortalama Hata(cm)
My
1.KM
2.KM
3.KM
4.KM
5.KM
6.KM
7.KM
8.KM
9.KM
10.KM
Kilometre
GPS
MİX



Şekil 6.23. Referansa olan Mesafeye Göre Ortalama Hataların Değişim Grafiği

Sabite Uzaklık (km)	**Hatalar**	**dx**	**dy**	**dz**	**dx**	**dy**	**dz**
1	Max. Hata(cm)	-4.97	-4.03	-12.09	-5.47	-2.72	-9.99
	Min. Hata(cm)	2.75	2.26	-3.86	3.35	2.07	-4.71
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±2.07	±1.58	±6.63	±2.20	±1.41	±6.70
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
2	Max. Hata(cm)	-5.50	-2.83	-8.92	-3.50	-2.23	-6.40
	Min. Hata(cm)	1.26	3.59	-1.32	1.79	4.42	0.35
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±1.91	±1.57	±5.90	±1.47	±2.24	±4.16

	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
3	Max. Hata(cm)	-4.57	-1.49	-13.69	-7.41	-2.59	-15.69
	Min. Hata(cm)	0.83	3.47	-3.49	3.90	3.06	5.82
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±2.43	±1.28	±8.15	±3.10	±1.40	±6.00
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
4	Max. Hata(cm)	-5.73	-3.38	-9.84	-4.36	-2.08	-8.05
	Min. Hata(cm)	0.93	2.81	-0.36	1.73	5.72	-0.52
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±2.63	±1.75	±6.43	±1.94	±2.88	±4.90
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
5	Max. Hata(cm)	-6.71	-0.49	-7.46	-5.64	-3.04	-7.36
	Min. Hata(cm)	-0.21	5.41	-1.51	1.70	4.28	2.50
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±2.92	±2.52	±3.94	±2.04	±2.28	±2.74
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
6	Max. Hata(cm)	-4.90	-2.66	-7.88	-4.50	-9.00	-9.01
	Min. Hata(cm)	1.10	5.45	0.24	2.09	1.00	0.35
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±2.54	±2.22	±4.70	±2.35	±3.07	±4.24
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
7	Max. Hata(cm)	-5.22	-1.10	-4.90	-6.58	-2.56	-9.36
	Min. Hata(cm)	1.43	5.09	0.83	0.95	6.19	0.48
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±1.61	±2.20	±2.21	±2.47	±2.29	±4.39

	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
8	Max. Hata(cm)	-3.17	-3.36	-9.18	-5.39	-0.66	-10.84
	Min. Hata(cm)	2.93	3.92	-0.32	0.88	6.36	-1.62
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±1.56	±2.36	±4.87	±2.69	±4.39	±7.81
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
9	Max. Hata(cm)	-6.07	-1.97	-7.12	-6.95	-0.88	-8.82
	Min. Hata(cm)	-1.72	4.73	2.67	-0.75	6.29	-0.31
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±3.97	±2.69	±3.52	±4.38	±3.91	±4.33
	Hatalar	dx	dy	dz	dx	dy	dz
10	Max. Hata(cm)	-7.76	-3.82	-7.38	-5.05	-4.16	-9.41
	Min. Hata(cm)	0.75	3.56	-0.07	5.42	2.86	3.52
	Ortalama Hata(cm) (mx, my, mz)	±3.39	±1.86	±3.81	±2.66	±2.02	±2.97

Şekil 6.24. Bütün Güzergahlara Ait Maksimum, Minimum Farklar ve Ortalama Hatalar

Çizelge ve grafikler incelendiğinde nokta konum duyarlıklarının mesafeye bağlı olmadığı görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak bütün ölçüler birlikte değerlendirilmiş, frekans tabloları oluşturulmuş ve histogramları çizilmiştir. Sınıf sayısı 10 alınmıştır. Daha sonra bir tarafta sınıf değeri, diğer tarafta frekans olacak şekilde Çizelge 6.5.'de frekans tabloları, Şekil 6.25. ve Şekil 6.26.'da histogramları, Şekil 6.27.'de ise tüm ölçülerin birlikte değerlendirilmesiyle elde edilen ortalama hata grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Frekans Tabloları

GPS

DX HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=0,96

Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-6.71	-5.75	-6.23	9
2	-5.75	-4.78	-5.26	15
3	-4.78	-3.82	-4.30	19
4	-3.82	-2.85	-3.34	40
5	-2.85	-1.89	-2.37	39
6	-1.89	-0.93	-1.41	58
7	-0.93	0.04	-0.44	46
8	0.04	1.00	0.52	50
9	1.00	1.97	1.48	19
10	1.97	2.93	2.45	5
				300

MIX

DX HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=1,24

Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-6.95	-5.71	-6.33	10
2	-5.71	-4.48	-5.09	16
3	-4.48	-3.24	-3.86	34
4	-3.24	-2.00	-2.62	52
5	-2.00	-0.77	-1.38	58
6	-0.77	0.47	-0.15	64
7	0.47	1.71	1.09	44
8	1.71	2.95	2.33	15
9	2.95	4.18	3.56	6
10	4.18	5.42	4.80	1
				300

GPS

DY HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=0,93

Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-3.82	-2.89	-3.36	4
2	-2.89	-1.97	-2.43	12
3	-1.97	-1.04	-1.50	26
4	-1.04	-0.11	-0.58	40
5	-0.11	0.82	0.35	58
6	0.82	1.74	1.28	53
7	1.74	2.67	2.21	51
8	2.67	3.60	3.13	39
9	3.60	4.52	4.06	12
10	4.52	5.45	4.99	5
				300

MIX

DY HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=1,36

Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-7.26	-5.90	-6.58	1
2	-5.90	-4.54	-5.22	3
3	-4.54	-3.17	-3.85	6
4	-3.17	-1.81	-2.49	35
5	-1.81	-0.45	-1.13	59
6	-0.45	0.91	0.23	47
7	0.91	2.27	1.59	55
8	2.27	3.64	2.96	44
9	3.64	5.00	4.32	26
10	5.00	6.36	5.68	24
				300

GPS

DZ HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=1,48

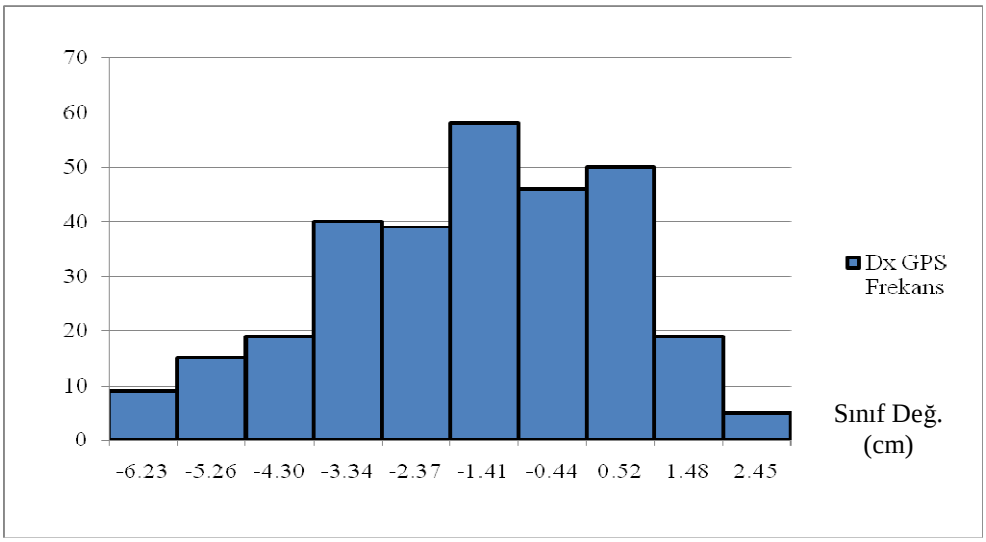
Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-12.09	-10.61	-11.35	2
2	-10.61	-9.14	-9.88	8
3	-9.14	-7.66	-8.40	19
4	-7.66	-6.19	-6.92	62
5	-6.19	-4.71	-5.45	59
6	-4.71	-3.23	-3.97	51
7	-3.23	-1.76	-2.50	47
8	-1.76	-0.28	-1.02	35
9	-0.28	1.19	0.46	12
10	1.19	2.67	1.93	5
				300

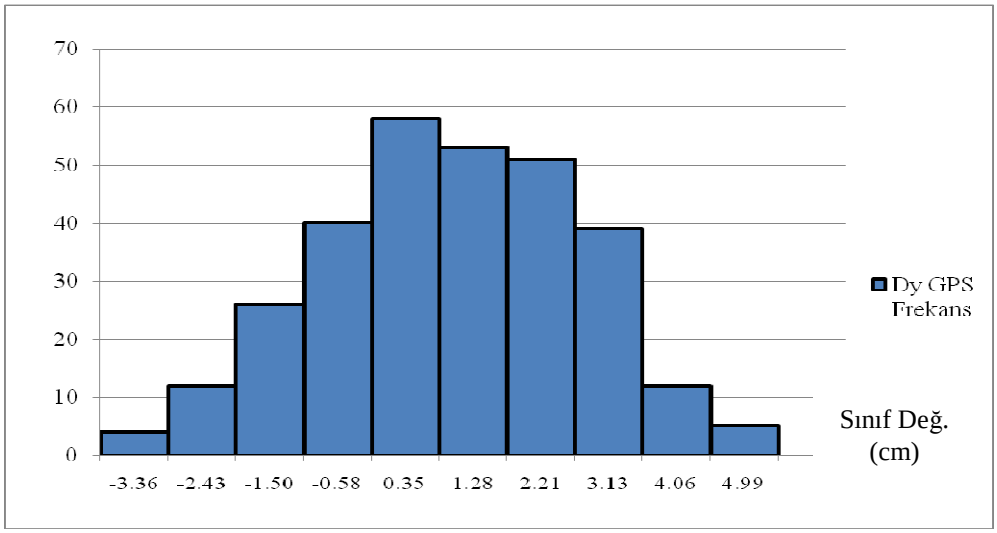
MIX

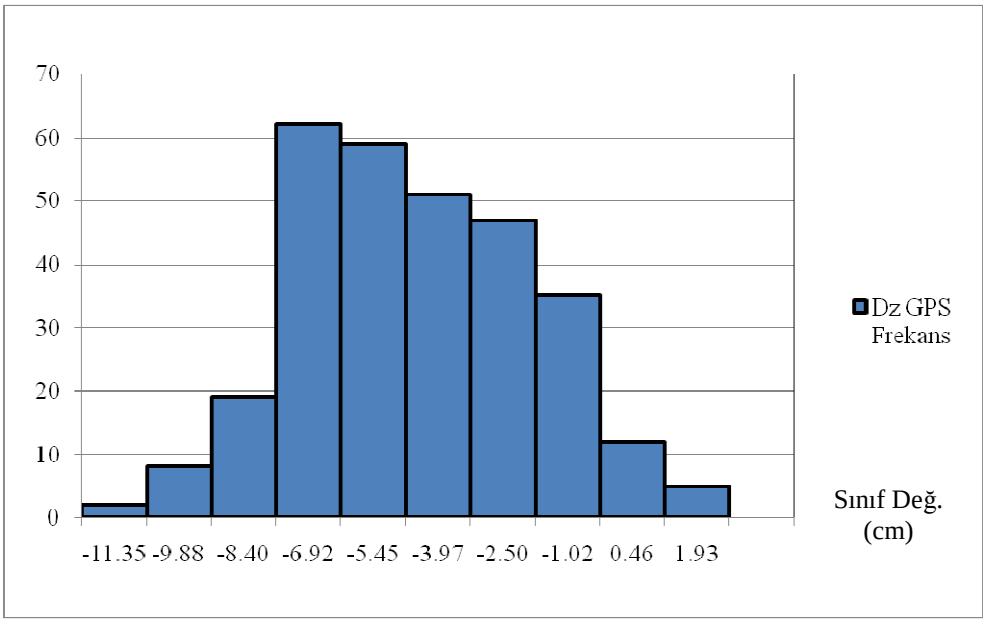
DZ HİSTOGRAMI

Artış Miktarı=(n-u)/10=1,67

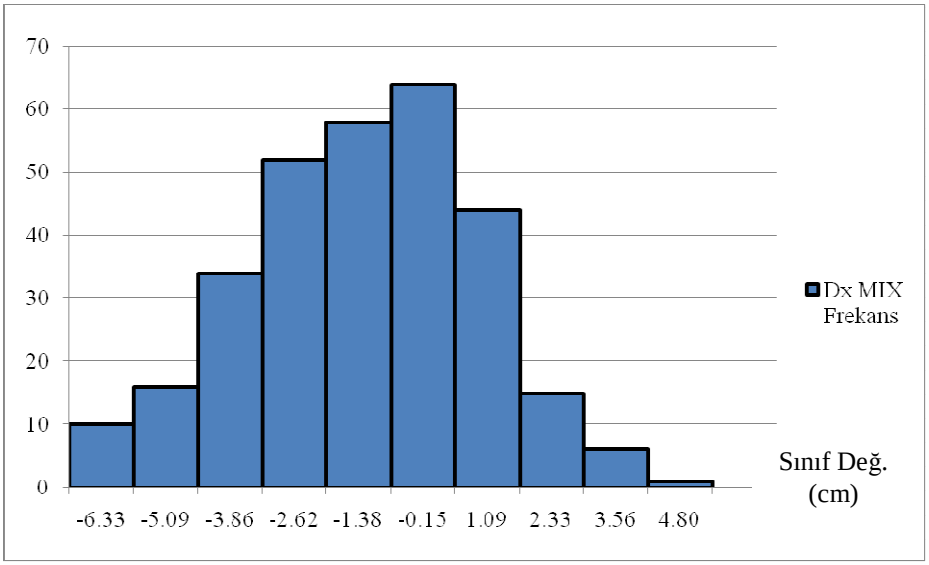
Sınıf Sayısı	Sınıflar		Sınıf Değeri	Frekanslar
1	-10.84	-9.17	-10.01	14
2	-9.17	-7.51	-8.34	21
3	-7.51	-5.84	-6.67	50
4	-5.84	-4.18	-5.01	58
5	-4.18	-2.51	-3.34	65
6	-2.51	-0.84	-1.68	47
7	-0.84	0.82	-0.01	34
8	0.82	2.49	1.65	5
9	2.49	4.15	3.32	5
10	4.15	5.82	4.99	1
				300

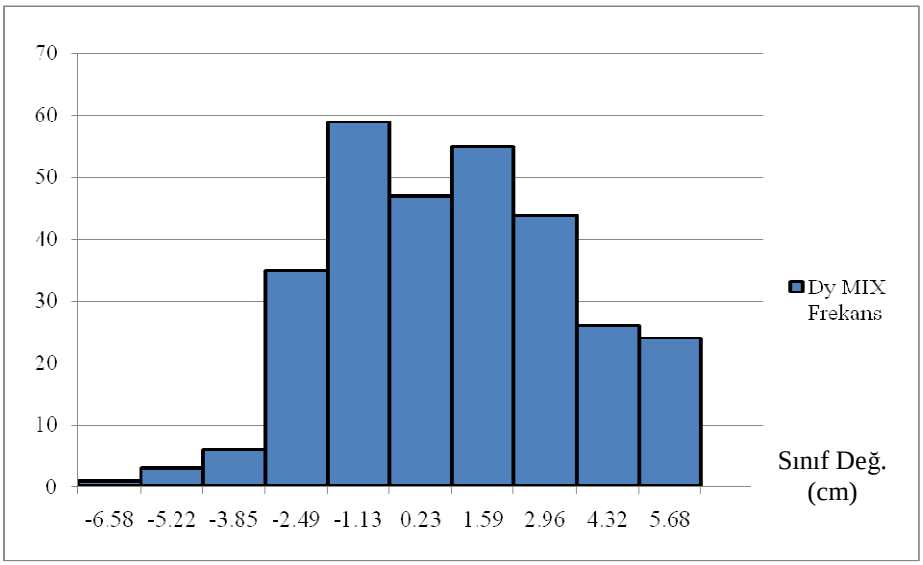


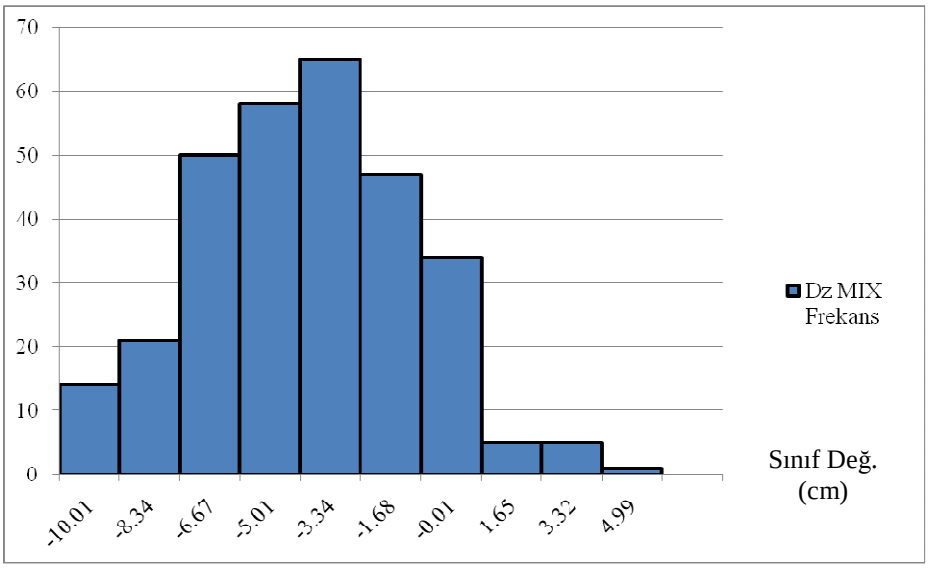




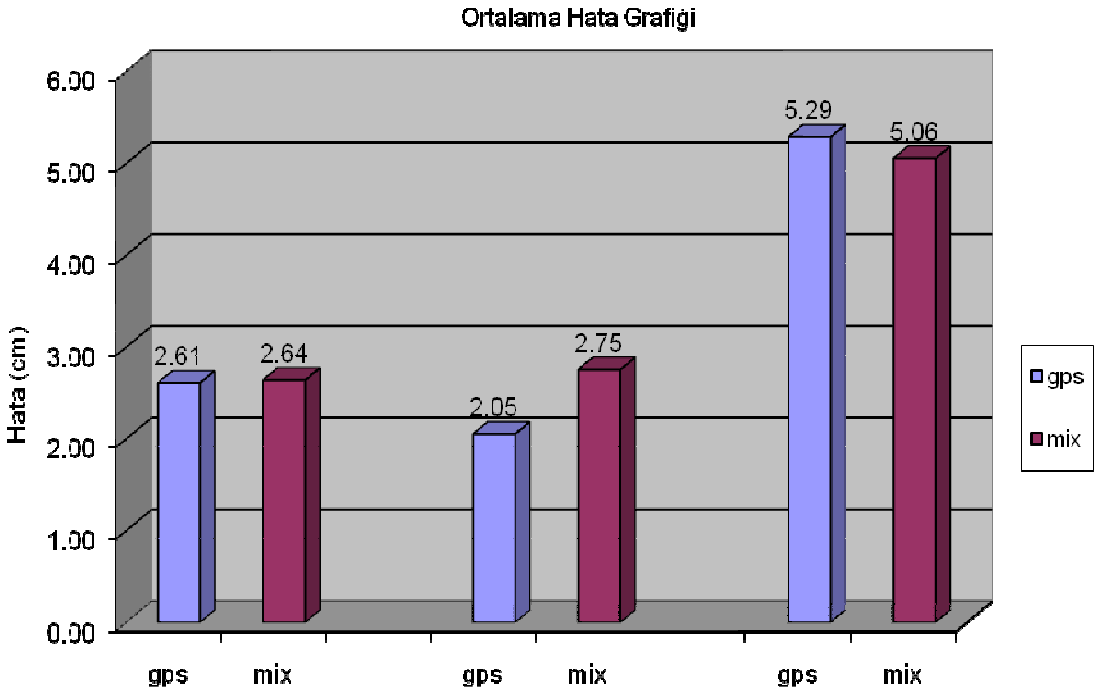
Şekil 6.25. "GPS" Ölçümleri İçin Dx, Dy ve Dz Histogramları







Şekil 6.26. "GPS+GLONASS" Ölçümleri İçin Dx, Dy ve Dz Histogramları



Şekil 6.27. Tüm Ölçüler İçin Ortalama Hata Grafiği

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Konum belirlemede GPS(Global Positioning System) teknikleri yepyeni bir çığır açmıştır. GPS teknolojisi ülkemize 1990'lı yıllarda girdiği halde CORS-TR projesinin hayata geçirildiği 2009 yılına kadar ekonomik olmayan ölçme yöntemleri kullanılmıştır. CORS-TR projesi ile verimsiz kullanılan sistemler daha verimli kullanılmaya başlamıştır. Proje ile tüm ülke genelinde coğrafi konumları, 24 saat süreyle dakikalarda hatta saniyelerde hem gerçek zamanlı hem de sonradan hesapla cm'ler duyarlığında hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak belirlemek mümkün olmuştur. Ayrıca CORS ağı sayesinde bir deprem ülkesi olan ülkemizde tektonik(plaka) hareketlerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Yine bu sayede atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler yapmak mümkün olabilecektir.

CORS-TR ile hem gerçek zamanlı hem de post-process ile nokta konumları yüksek duyarlıkta belirlenmektedir. Bu çalışmada gerçek zamanlı kinematik GPS ile belirlenen nokta konumları ile CORS-TR ile belirlenen gerçek zamanlı nokta konumları karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir.

Yapılan tüm bu analizlerden de anlaşılacağı üzere 10 km. yarıçapındaki çalışma alanı içinde Klasik RTK yönteminde gezici alıcının sabit(referans) istasyonuna olan uzaklığının konum doğruluğuna etkisi olmadığı, sonuçların doğruluğuna daha çok çalışma alanının çevresinde bulunan engellerin(bina, hava alanı, üst geçit vb.) etki ettiği görülmüştür. Ayrıca maksimum ve minimum hata değerlerinin ortalama hatanın 3 katından daha az olduğu görülmüş olup, GPS ve GPS+GLONASS ölçülerinin birbirleriyle ve CORS ölçüleriyle uyumlu olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla Klasik RTK yöntemindeki sabit istasyon kurma zahmetinden ve sabite olan mesafeye bağımlılıktan kurtularak kısa sürede ve ekonomik olarak Ağ-RTK yöntemi sayesinde tek alet kullanarak ölçüm yapmanın yeterli olacağı kanısına varılmıştır.

Buradan çıkarılan sonuca göre Ağ-RTK(CORS) yöntemiyle yapılan ölçülerin Klasik RTK yöntemiyle yapılan ölçülere göre teorik olarak daha kısa sürmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak yerleşim yerlerinde çalışma yaparken pek çok çevresel etmene maruz kalındığı için Ağ-RTK(CORS) yönteminde zaman zaman sinyal kesilmesi problemi yaşanabilmekte ve bu durum ölçü süresinin uzamasına neden olabilmektedir.

7.2. Öneriler

Elde edilen farklara göre X ve Z yönündeki değerlerin daha çok negatif yönlü olması sistematik bir etkinin olduğunu göstermektedir. Klasik RTK ve AĞ-RTK yöntemlerinde farklı alet ve donanım kullanıldığı için, bu sistematik farkların aletlerin anten faz merkezi bilgilerinden ileri geldiği düşünülmektedir. Böyle bir çalışmanın ileride aynı donanıma sahip aletlerle yapılarak bu etkinin araştırılması yerinde olacaktır. Ayrıca AĞ-RTK'da kullanılan referans epok değerleri ile klasik RTK'da kullanılan referans epok değerlerinin de aynı olmadığı düşünülmektedir. Bu da kullanılan yöntemlerde elde edilen koordinatlar arasında bir datum farklılığı meydana getirmektedir. Bunu anlamak için her iki yöntemde elde edilen koordinatlar üç boyutlu dönüşüm yapılmak suretiyle dönüşüm parametrelerinden öteleme miktarları tespit edilerek datum farklılık değerleri bulunabilir. Bu datum farklılığının oluşmaması için ileride aynı epoklu bir çalışma yapmak uygun olacaktır.

Gerçek zamanlı GNSS uygulamalarındaki artış ile ulusal haritacılık kuruluşları olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün, TÜBİTAK desteği ve İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, kadastro, jeodezik ve diğer amaçlar (navigasyon, meteorolojik, hobi vb.) için de kullanılmak üzere kurduğu TUSAGA-Aktif projesinin hedefine ulaştığı, kullanıcılara maliyet ve süre bakımından büyük kar sağladığı açıkça anlaşılmaktadır. Ancak ülke geneline tesis edilen 146 sabit istasyon sayısının artırılması, bu sabit istasyonların koruma, bakım, onarım vb. gibi ihtiyaçlarının özenle yerine getirilmesi ve bu istasyonların geliştirilmesinde bütün kurum, kuruluşların gereken ilgiyi ve desteği esirgememesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Alves P., Ahn Y.W., Lachapelle G., 2003, The Effects of Network Geometry on Network RTK Using Simulated GPS Data, Proceedings of ION GPS/GNSS 03, Portland, Oregon.

Arslanoğlu, M., 2002, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Kent Bilgi Sistemlerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ FBE, Zonguldak.

Bray C. ve Greenway I., 2004, "Th Osi National Network RTK Solution", FIG Working Week 2004, 22-27 Mayıs, Atina, Yunanistan.

Cruddace P., Wilson I., Greaves M., Euler H-J., Keenan R., Wübbena G., 2002, The Long Road To Establishing A National Network RTK Solution, FIG XXII International Congress, Session no. TS5.6, 19-26 Nisan, Washington, ABD.

Eren, K., Uzel,T., 1995, GPS Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, yayın no: 301, İstanbul.

Görmüş,K.S., Mekik, Ç., ve H.Ş.Kutoğlu, 2006, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS ile Ölçülen Köprü Salınımlarının Zaman Serisi Analizi, HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 95,25-35,2006.

Hein, G. W., Pany, T., 2002, Architecture and Signal Design of the European Satellite Navigation System GALILEO, Journal of Global Positioning Systems, Vol.l, No.2, 73-84.

Hofmann-Wellenhof, B., Lictenegger, H. And Collins, J., 1997, GPS Theory and Practice, New York.

Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayınları, 102, Ankara.

Landau, H., Vollath, U., Chen, X., 2002, Virtual Reference Station Systems, Journal of Global Positioning System, Vol. 1, No. 2, 137-143, Kanada.

Langley, R.B., 1998, RTK GPS, GPS World, Vol.9, No.9, pp.70-76.

Mekik, Ç., 2001, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS, Seminer çalışması, ZKÜ, Zonguldak, 11 s.

Mekik, Ç., 2004, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Ağı (Network RTK) ile Konumlama, *TUJK-Mühendislik Ölçmeleri Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, IV.Oturum, 202-207,Zonguldak, Ekim 2004.

Mekik, Ç., 2007, Mühendislik Uygulamalarında Tek Bazlı Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS'ten ve GZK Ağından Yararlanma, *TUJK-Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, 217-222,Zonguldak, Ekim 2007.

Mekik, Ç. ve Arslanoğlu, M., 2003, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının

Doğruluk Analizi ve Bir Örnek Uygulama, *9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 437-445, Ankara, Nisan 2003.

Pektaş, F., 2010, Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarında Dayalı Kinematik Konumlama, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.

Raquet, J., 1998, Development of a Method for Kinematic GPS Carrier-Phase Ambiguity Resolution Using Multiple Reference Receivers. PhD Thesis, UCGE 20116, University of Calgary.

Retscher, G., 2002, Accuracy Performance of Virtual Reference Station Networks, Journal of Global Positioning System, vol.1, no.1, 40-47.

Townsend B., Van Dierendonck K., Neumann J., Petrovski I., Kawaguchi S., Torimoto H., 2000, A Proposal for Standardized Network RTK Mesages, ION GPS 2000, 1871-1878, 19-22 Eylül, Salt Lake City, Utah, ABD.

Trimble (Terrasat), 2001, Introducing the Concept of Virtual Reference Stations into Real Time Positioning, Teknik bilgi. http://www.terrasat.com /applications/refvirtual.htm.

Vollath U., Buecherl A., Landau H., Pagels C., Wagner B., 2000, Multi-base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations, 13th Tech. Meeting of the Satellite Div. Of the U.S. Institute of Navigation, 123-131,19-22 Eylül, Salt Lake City, Utah, ABD.

Wanninger L., 2002, Virtual Reference Stations for Centimeter-Level Kinematic Positioning, Proceedings of ION GPS 2002, 1400-1407, Portland, Oregon, ABD.

Wübbena G., Bagge A., Seeber G., Böder V., Hankemeier P., 1996, Reducing Distance Dependent Errors for Real Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks, Eylül, Kansas City, Kansas, ABD.

Wübbena G., Bagge A., Schmitz M., 2001, Network-Based Techniques for RTK Applications, the GPS Symposium, GPS JIN 2001, GPS Society, Japan Institute of Navigation, 14-16 Kasım, Tokyo, Japonya

Wübbena G. ve Willgalis S., 2001, State Space Approach for Precise Real Time Positioning in GPS Reference Networks, International Symp. On Kinematic Systems on Geodesy, Geomatics and Navigation, 5-8 Haziran, Banff, Kanada.

Yıldırım,Ö.,Cingöz,A.,Lenk,O.,Bakıcı,S.,Aktuğ,B.,Kılıçoğlu,A.,Aysezen,M.Ş.,Erdoğan, A.O., 2009, Tusaga-Aktif(Cors Tr*), 4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 14-16 ekim, KTÜ, Trabzon.

http://www.cors-tr.iku.edu.tr, CORS-TR Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS, Wikipedia Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://www.hgk.mil.tr/haritalar_projeler/jeodezi/tusaga_aktif.htm, Harita Genel Komutanlığı Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://mekira.gsi.go.jp/ENGLISH/, GEONET Ağı Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://www.ngs.noaa.gov/CORS/, National Geodetic Survey Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://www.ngs.noaa.gov/OPUS, National Geodetic Survey Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://www.sapos.de/, SAPOS Ağı Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://www.tkgm.gov.tr/tkgm/index.php?page=projeler&pID=7, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://tr.wikipedia.org/wiki/Gps, Wikipedia Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

http://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumland%C4%B1rma_sistemi, Wikipedia Web Adresi, [Ziyaret Tarihi: 20.05.2013].

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet Mete GÜNDÜZ
UYRUĞU : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Emet/KÜTAHYA – 16.04.1989
Telefon : 0 553 403 17 67
Faks :
e-mail : mete.gunduz@csb.gov.tr

EĞİTİM

Derece		
Lise	: **Kütahya Anadolu Öğretmen Lisesi, KÜTAHYA**	**2007**
Üniversite	: **Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA**	**2011**
Yüksek Lisans	: **Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA**	**2013**

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011	Olçar Harita	Mühendis
2011	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Mühendis