

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

**YERLEŞİM ALANLARINDA CORS YÖNTEMİNİN KADASTRAL ÖLÇMELERDE
UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ**

MUSTAFA ÖZGÜR SENGÜ

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

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ATINÇ PİRTİ**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERLEŞİM ALANLARINDA CORS YÖNTEMİNİN KADASTRAL ÖLÇMELERDE
UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ**

Mustafa Özgür SENGÜ tarafından hazırlanan tez çalışması 11.10.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Atınç PIRTI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Atınç PIRTI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Halil ERKAYA

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. M. Zeki COŞKUN

İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının danışmanlığını üstlenen, ilk halinden son haline almasına yol gösterici olan, tez çalışmam boyunca yardımları ve mesleki tecrübesini paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Atınç Pırtı 'ya ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmasının arazi ölçüm aşamasında yardımlarını esirgemeyen 2011-2012 bahar yarıyılı, son sınıf lisans öğrencilerinden Emre Törnüklü, Deniz Cavlak, Okan Aydemir, Samet Akar 'a, Emekli Mehmet Koçak 'a, Emekli Cihat Gülay 'a ve her türlü desteği esirgemeyen babam, Nedim Mahmut Sengü 'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez içeriğinde şekil ve çizimlerde yardımlarını esirgemeyen kardeşim, Mim. R. Gözde Sengü 'ye sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitim süremde mühendis olmamda bana destek olmuş, çalışma hayatımda ve yüksek lisans eğitimde bana destek veren bütün aileme saygı ve sevgilerimi sunarım.

Proje kapsamında sağlamış oldukları veri ve desteklerinden dolayı LİNKAB, Müh. Sadık Demir 'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos, 2012

Mustafa Özgür SENGÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.1.1 Kadastral Ölçmeler ve CORS	2
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2.....	6
KADASTRAL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ÖLÇME YÖNTEMLERİ	6
2.1 Kutupsal Alım Yöntemi.....	6
2.2 Ortogonal Alım Yöntemi	6
2.3 Fotogrametrik Yöntem.....	7
2.4 GPS Yöntemi.....	7
BÖLÜM 3.....	9
GNSS SİSTEMLERİ VE GERÇEK ZAMANLI GNSS AĞLARI (CORS AĞLARI)	9
3.1 GPS Dışındaki GNSS Sistemleri.....	10
3.1.1 GLONASS.....	10
3.1.2 GALİLEO	11
3.1.3 COMPASS, EGNOS ve Diğerleri	12

3.2	Gerçek Zamanlı GNSS Ağları (CORS Ağları)	13
3.2.1	TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Sistemi.....	13
3.2.2	İSKİ-UKBS Sistemi.....	15
3.3	ITRF Koordinat Sistemi.....	17
3.3.1	ITRF 2005 ve ITRF 2008.....	18
BÖLÜM 4		20
GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ		20
4.1	Statik Ölçü Yöntemi	20
4.2	Kinematik Ölçü Yöntemi	22
4.2.1	Gerçek Zamanlı (Real Time Kinematic - RTK) Ölçü Yöntemi.....	22
4.2.2	Post Processing Kinematik Ölçü Yöntemi.....	23
BÖLÜM 5		24
GNSS AĞLARINDA GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK KONUMLAMA		24
5.1	Klasik RTK Tekniği.....	24
5.2	Ağ RTK Tekniği.....	25
5.3	Ağ RTK Verisi Aktarma Protokolleri	27
5.3.1	Uluslararası Standart Protokoller	27
5.3.2	İnternet Protokolleri.....	28
5.3.2.1	NTRIP Protokolü	28
5.3.2.2	RT-IGS Protokolü	29
5.4	Ağ RTK Verisi Hesap ve Aktarma Yöntemleri.....	30
5.4.1	Ana Yardımcı Referans İstasyonları (MAC) Yöntemi	30
5.4.2	Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP Yöntemi).....	32
5.4.3	Sanal Referans İstasyonu (VRS) Yöntemi.....	34
5.5	GPS 'deki Hata Kaynakları	36
5.5.1.1	Uydu Yörünge Hataları.....	36
5.5.1.2	Uydu Saat Hataları	37
5.5.1.3	İyonosfer Etkisi.....	37
5.5.1.4	Troposfer Etkisi	38
5.5.1.5	Sinyal Yansıma (Multipath) Etkisi.....	39
BÖLÜM 6		41
UYGULAMA		41
6.1	Çalışma Bölgesi	41
6.2	Çalışmada Kullanılan Donanımlar	45
6.3	Uygulamanın Değerlendirilmesi	45
6.4	Statik Ölçülerinin Değerlendirilmesi	46
6.5	RTK GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi.....	52
6.6	CORS GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi	58
6.7	Kutupsal Alım Ölçülerinin Değerlendirilmesi	70
6.8	Kadastral Noktaların Bilinen Koordinatları İle Farklı Yöntemler Kullanılarak Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırması.....	75

6.9 Verilen İstatiksel Testi	77
6.9.1 RTK Ölçüleri ile Statik Ölçülerin İstatiksel Olarak Test Edilmesi	77
6.9.1.1 CORS Ölçülerinin İstatiksel Olarak Test Edilmesi	79
6.9.1.2 Kutupsal Alım Ölçülerinin İstatiksel Olarak Test Edilmesi.....	82
BÖLÜM 8.....	84
SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR.....	87
EK-A.....	91
ÖLÇÜM DEĞERLERİ	91
A-1 Statik Ölçüm Değerleri	92
A-2 RTK GPS Ölçüm Değerleri	94
A-3 CORS Ölçüm Değerleri	97
A-4 Kutupsal Alım Ölçüm Değerleri	104
A-5 Kadastral Noktaların Bilinen Koordinatları.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	108

SİMGE LİSTESİ

ppm	Mesafeye bağılı olarak değişen doğruluk birimi (Milyonda bir)
Δx	Yukarı değer koordinat farkı
Δy	Sağa değer koordinat farkı
Δh	Elipsoidal yükseklik farkı
σ	Standart sapma

KISALTMA LİSTESİ

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ANKR	Ankara’da H.G.K. bünyesindeki IGS istasyonunun kısaltması
ARP	Antenna Reference Point
AUSPOS	Australian Online GPS Processing Servis
BFB	Başlangıç Faz Belirsizliği
BÖHY	Büyük ölçekli haritaların yapımı yönetmeliği
BÖHHBÜY	Büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliği
C/A	code Coarse/Acquisition code
CMR	Compact Measurement Record
CORS	Continuous Operating Reference Stations
CORS-TR	Continuously Operating Reference Stations-Turkey (TUSAGA-Aktif)
DGNS	Differential Global Navigation Satellite System
DGPS	Institute of Electrical and Electronics Engineers
DOP	Dilution of Precision
ED50	European Datum 1950
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EUREF	Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe
FKP	Flächen Korrektur Parameter
GDOP	Geometric Dilution Of Precision
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Navigation System (Küresel konum Belirleme Sistemi)
GSM	Global System for Mobile Communications
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IAG	International Association of Geodesy (Uluslararası Jeodezi Birliği)
IERS	International Earth Rotation Service
IGS	International GPS Service for Geodynamics
İTA	İstanbul’da İ.T.Ü. bünyesindeki IGS istasyonunun kısaltması
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

K.H.Ü.K.G.	Kadastral Harita Üretimi Ve Kontrolü Genelgesi
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
MAC	Master Auxiliary Corrections
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing and Ranging
NNR	No – Net – Rotation
NNSS	Navy Navigational Satellite System
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OTF	Kinematic on the Fly
P Code	Protected code
PDOP	Position Dilution Of Precision
RINEX	Tüm GPS programları tarafından kullanılabilen uluslararası data formatı
RTCM	The Radio Technical Commission for Marine
RTK	Real Time Kinematic
SOPAC	Scrips Orbit and Parmanent Arry Center
TAKBİS	Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TCP	Transmission Control Protocol
TDOP	Time Dilution Of Precision
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TUBİ	Tübitak MAM bünyesindeki IGS istasyonunun kısaltması
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TRAB	Karadeniz Teknik Üniversitesi bünyesindeki IGS istasyonunun kısaltması
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
UKBS	Uydulardan Konum Belirleme Sistemi
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UT	Universal Time
UTC	Coordinated Universal Time
UTM	Universal Transverse Mercator
VDOP	Vertical Dilution Of Precision
VHF	Very High Frequency (Çok Yüksek Frekans)
VRS	Virtual Reference Station
WGS84	World Geodetic System 1984
YTÜ	Yıldız Teknik üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3. 1 GNSS sisteminin gösterimi	9
Şekil 3. 2 GLONASS uydularına ait örnek.....	11
Şekil 3. 3 GALILEO uydusuna ait örnek.....	12
Şekil 3. 4 CORS – TR istasyon noktaları	14
Şekil 3. 5 İSKİ – UKBS istasyon noktaları.....	16
Şekil 4. 1 Statik ölçü yöntemi	21
Şekil 4. 2 Gerçek zamanlı kinematik ölçme (RTK)	23
Şekil 5. 1 Ağ RTK Tekniği.....	26
Şekil 5. 2 MAC yöntemi şeması	31
Şekil 5. 3 FKP yöntemi şeması	33
Şekil 5. 4 VRS yöntemi şeması.....	35
Şekil 5. 5 GPS sinyallerinin atmosferde ilerlediği tabakalar	38
Şekil 5. 6 Multipath etkisi	39
Şekil 6. 1 Çalışma alanının İstanbul ili içerisindeki konumu	41
Şekil 6. 2 Kadastral noktaların çalışma bölgesindeki dağılımı	42
Şekil 6. 3 Çalışma bölgesinin sayısal harita olarak görünümü.....	43
Şekil 6. 4 Yeniden tesis edilen 656 numaralı kadastral nokta	44
Şekil 6. 5 Ölçüm yapılan 963 numaralı kadastral nokta	44
Şekil 6. 6 Kadastral noktaların ölçüm süreleri ve konumları	47
Şekil 6. 7 Statik ölçüm sürelerine göre konum hassasiyeti	49
Şekil 6. 8 Statik ölçüm yapılan kadastral nokta (693 nolu)	49
Şekil 6. 9 Statik ölçüm yapılan kadastral nokta (642 nolu)	50
Şekil 6. 10 Statik ölçüm yapılan noktalardaki konum hassasiyeti	50
Şekil 6. 11 Statik ölçüm yapılan 676, 682, 688, 693 ve 694 numaralı kadastral noktaların sokak içindeki görünümleri	51
Şekil 6. 12 Statik ölçüm yapılan 670, 676, 682, 688, 693 ve 694 numaralı kadastral noktaların uydu fotoğrafı üzerinde gösterimi.....	51
Şekil 6. 13 Statik ölçüm yapılan 688 ve 676 numaralı kadastral noktalar.....	52
Şekil 6. 14 RTK ölçümlerinde referans istasyonu olarak kullanılan 670 numaralı kadastral nokta	53
Şekil 6. 15 RTK ölçümü yapılan 659 numaralı kadastral nokta	54
Şekil 6. 16 RTK ölçümlerinden elde edilen konum hassasiyeti	54
Şekil 6. 17 Statik ölçümler ile RTK ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farkları.....	55
Şekil 6. 18 Statik ölçüm yapılan 645 numaralı kadastral nokta.....	57
Şekil 6. 19 Kuzey – Güney yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler.....	60

Şekil 6. 20	Kuzey – Güney yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler.....	60
Şekil 6. 21	CORS (VRS) Tekniği ile ölçü yapılan noktalarındaki konum hassasiyeti.....	61
Şekil 6. 22	CORS (FKP) Tekniği ile ölçü yapılan noktalarındaki konum hassasiyeti	61
Şekil 6. 23	GPS ölçümü yapılan 681 numaralı kadastral nokta (Batı – Doğu yönündeki sokak görünümü)	62
Şekil 6. 24	Batı - Doğu yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler	63
Şekil 6. 25	Batı - Doğu yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler	63
Şekil 6. 26	Statik ölçümler ile CORS (VRS) ölçümleri arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları	64
Şekil 6. 27	Statik ölçümler ile CORS (VRS) ölçümleri arasındaki mutlak Δh koordinat farkları	64
Şekil 6. 28	Statik ölçümler ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları	65
Şekil 6. 29	Statik ölçümler ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak Δh koordinat farkları	65
Şekil 6. 30	CORS yöntemi ile VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları	66
Şekil 6. 31	CORS yöntemi ile VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasındaki mutlak Δh koordinat farkları	67
Şekil 6. 32	Ölçüm yapılan 682 ve 693 numaralı kadastral noktalar	68
Şekil 6. 33	Ölçüm yapılan 640, 641 ve 659 numaralı kadastral noktalar	68
Şekil 6. 34	Ölçüm yapılan 647 ve 648 numaralı kadastral noktalar	69
Şekil 6. 35	Ölçüm yapılan 657 ve 648 numaralı kadastral noktalar	69
Şekil 6. 36	Kapalı poligon güzergahının (Güzergah I) sayısal harita üzerinde gösterimi..	71
Şekil 6. 37	Kapalı poligon güzergahının (Güzergah II) sayısal harita üzerinde gösterimi..	71
Şekil 6. 38	Kutupsal alım için sabit nokta olarak seçilen 676 numaralı kadastral nokta..	72
Şekil 6. 39	Kutupsal alım için sabit nokta olarak seçilen 644 numaralı kadastral nokta..	72
Şekil 6. 40	Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farkları	73
Şekil 6. 41	Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri arasındaki mutlak yükseklik farkları	73
Şekil 6. 42	Kutupsal alım ölçümü yapılan 647 ve 659 numaralı kadastral noktalar.....	74
Şekil 6. 43	Kutupsal alım ölçümü yapılan 696 ve 698 numaralı kadastral noktalar.....	74
Şekil 6. 44	Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δx konum farkları).....	75
Şekil 6. 45	Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δy konum farkları).....	75
Şekil 6. 46	Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δh konum farkları)	76

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	İSKİ - UKBS Sabit istasyonları..... 16
Çizelge 3. 2	ITRF 2005 ve ITRF 2008 datumları için kullanılan jeodezik uzay tekniklerinin zaman dilimleri..... 19
Çizelge 6. 1	Uydu ölçme donanımlarının teknik özellikleri 45
Çizelge 6. 2	Statik GPS sonuçlarının hassasiyeti 48
Çizelge 6. 3	RTK ölçümler ile Statik ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması..... 55
Çizelge 6. 4	CORS ölçümlerinin oturumları ve tarihleri 59
Çizelge 6. 5	CORS ölçümleri ile Statik ölçüm sonuçlarının karşılaştırması 66
Çizelge 6. 6	RTK uygulamasında VRS ve FKP tekniği ile yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların karşılaştırması..... 67
Çizelge 6. 7	Çalışmada kullanılan total station aletinin (Leica TP805) özellikleri 70
Çizelge 6. 8	Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırması 76
Çizelge 6. 9	RTK Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri..... 78
Çizelge 6. 10	CORS VRS Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri 80
Çizelge 6. 11	CORS FKP Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri 81
Çizelge 6. 12	Kutupsal Alım Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri... 82
Çizelge EK-A-1. 1	Statik ölçümler ile elde edilen koordinatlar (ITRF 2008)..... 92
Çizelge EK-A-1. 2	Statik ölçüm süreleri ve standart sapmalar 93
Çizelge EK-A-2. 1	RTK ölçümü ile edilen koordinatlar ve standart sapmalar (ITRF 2008) 94
Çizelge EK-A-2. 2	RTK ölçülerine ait genel bilgiler..... 95
Çizelge EK-A-2. 3	RTK ölçümleri ile statik ölçümler arasındaki koordinat farkları 96
Çizelge EK-A-3. 1	CORS (VRS) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2005) ve standart sapmalar 97
Çizelge EK-A-3. 2	CORS (VRS) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2008) ve standart sapmalar 98
Çizelge EK-A-3. 3	CORS (FKP) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2005) ve standart sapmalar 99
Çizelge EK-A-3. 4	CORS (FKP) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2008) ve standart sapmalar 100
Çizelge EK-A-3. 5	CORS ölçümlerine ait genel bilgiler..... 101
Çizelge EK-A-3. 6	CORS VRS ve FKP ölçümleri ile statik ölçümler arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)..... 102

Çizelge EK-A-3. 7	CORS (VRS) ölçümleri ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farklarının incelenmesi	103
Çizelge EK-A-4. 1	Kutupsal alım koordinatları ile statik ölçüm sonuçları arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)	104
Çizelge EK-A-5. 1	Kadastral noktaların bilinen koordinatları (ITRF 96)	105
Çizelge EK-A-5. 2	Kadastral noktaların bilinen koordinatları (ITRF 2008)	106
Çizelge EK-A-5. 3	Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı ölçüm yöntemleri arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)	107

YERLEŞİM ALANLARINDA CORS YÖNTEMİNİN KADASTRAL ÖLÇMELERDE UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ

Mustafa Özgür SENGÜ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Atınç PIRTI

GNSS uygulamalarında en son ve güncel yöntemlerinden biri olan CORS yöntemi, ülkemizde CORS ağlarının da kurulması ile birlikte önemi artmış ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada açık ve açık olmayan bölgelerde daha önce tesis edilmiş 30 adet kadastral noktada statik GPS ölçümleri yapılarak IGS istasyonlarına bağlı olarak SOPAC arşiv verileri ile ölçüler değerlendirilmiştir. Böylece kadastral noktaların koordinatları güncellenmiş ve en son ITRF 2008 sürümünde güncel koordinatları elde edilmiştir. İSKİ-UKBS ağına bağlı olarak CORS yöntemiyle sanal referans istasyonu (VRS) ve alan düzeltme parametreleri (FKP) tekniği kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Statik ölçüm sonucu elde edilen veriler ile klasik ölçme yöntemi (kutupsal ölçüm), klasik RTK ve CORS yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve elde edilen farklar analiz edilmiştir. Ayrıca CORS yönteminde sanal referans istasyonu (VRS) ve alan düzeltme parametreleri (FKP) teknikleri kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, analiz edilmiştir. Böylece CORS yönteminin yerleşim alanlarında kadastral ölçmelerde uygulanabilirlik analizi yapılmaya çalışılmıştır.

Yapılan ölçümlerde, kadastral noktaların genelde klasik RTK ve CORS yöntemiyle cm mertebesinde doğruluk sağladığı görülmüştür. Ancak konumlamalarda klasik RTK ve CORS yönteminin doğruluğunu düşüren etkiler tespit edilmiştir.

IGS noktalarını dayalı olarak koordinatları hesaplanan kadastral noktaların, İSKİ-UKBS ağı ile CORS yöntemiyle hesaplanan koordinatları arasındaki farklılıklar, farklı datuma dayalı olmalarından kaynaklanan ortalama mutlak bir fark ile öteleme olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: GPS, GNSS, CORS, GNSS Ağları, Ağ-RTK, FKP, VRS, kadastral ölçmeler

ABSTRACT

THE ANALYZING OF FEASIBILITY OF CORS METHOD IN THE CADASTRAL MEASUREMENT IN RESIDENTIAL AREAS

MUSTAFA ÖZGÜR SENGÜ

Department of Geomatics

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Atınç PIRTI

With the establishment of CORS networks in our country, applications of GNSS CORS method is one of the most recent and current which is also commonly used with increasing importance in present.

Thesis work includes, the 30 units of cadastral point in the settlement area, with the static GPS measurements depending on the IGS stations was evaluated using the SOPAC archive data. In this manner the updated coordinates of the points, have been obtained in the most recent version of ITRF. Depending on the İSKİ-UKBS network, using the virtual reference station (VRS) and the area correction parameters (FKP) techniques, CORS method measurements were made. Obtained data as a result of static measurement compared with the classic measurement, RTK and CORS method and the differences have been analyzed. Moreover, VRS and FKP techniques were used in the method of CORS, obtained with the same session and difference session results have been compared and analyzed. In this way, feasibility of CORS method in the cadastral measurement have been endeavored to analyze.

In the measurements stated that the majority of cadastral points are usually provided for cm with the precision positioning. However, influences of decreasing the accuracy

of RTK and CORS method have been established. Absolute differences and offsets are occurred because of the coordinate system differences in these methods.

Key words: GPS, GNSS, CORS, GNSS Networks, NRTK, FKP, VRS, cadastral measurement

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde gelişen teknoloji, yeryüzünü tanımlamaya ve ölçmeye yönelik çalışmalar ile kadastro ve mülkiyet haklarından doğan sahiplik olgusuna yönelik ölçme çalışmaları önem kazanmış ve yeni ufuklara yol açmıştır. Taşınmazın geometrik ve hukuki durumunu belirlemeye yönelik ölçme çalışmaları kadastronun temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle kadastral ölçümlerde yapılan çalışmaların en önemli dayanakları doğru konum bilgisinin elde edilmesidir. Bu bilgiyi elde ederken ise hızlı ve hassas olarak ölçümün yapılması için yıllardır birçok farklı yöntem kadastral çalışmalarda kullanılmıştır.

Kadastral çalışmalarda kullanılan en eski ve güncel yöntemlerden biri klasik ölçme (kutupsal alım) yöntemidir. Haritacılık tarihinde yer alan prizmatik alım ve takeometrik alıma göre avantajları büyük olan bu sistemin dezavantajları ise noktaların birbirlerini görme şartıdır. Ölçülebilecek uzunlukların belli bir sınırı geçmemesi ve en önemlisi görüş alanının sınırlı olması, dolayısıyla sürekli yeni yer kontrol noktaları tesis etme zorunluluğu olması bu yöntemin en büyük dezavantajlarındandır. Günümüzde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler sonucunda şartlara göre giderek kullanımı azalan kutupsal yöntemin meskûn mahallerde kullanılabilecek en kullanışlı yöntem olduğu unutulmamalıdır [1].

Gelişen uzay teknolojileri ile ortaya çıkan GPS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) tekniği jeodezik ölçme yöntemleri arasında önemli bir yer almıştır. GPS ile uydu sinyalleri yardımıyla herhangi bir yer ve zamanda, her türlü hava koşullarında global bir

koordinat sisteminde, yüksek duyarlılıkta, ekonomik olarak, hız ve zaman bilgilerini belirlemek mümkün olmaktadır [2].

GPS ile nokta konumlama 3 boyutlu sistemde hassas olarak sağlanmaktadır. Ancak zaman içerisinde GPS ile anlık konumlama ihtiyacı doğmuş ve buna cevap olarak günümüzde aktif olarak kullanılan RTK GPS tekniği geliştirilmiştir. RTK GPS tekniği ile anlık ve cm mertebesinde doğrulukta konumlama imkânı bulunmaktadır.

RTK GPS yöntemi tüm ölçme ve aplikasyon çalışmalarında oldukça büyük kolaylıklar getirmiştir. Ancak referans noktası ile gezici arasındaki mesafe arttığında konumlama hatası artmakta ve atmosferik (iyonosfer, troposfer, vb.) ve diğer hata kaynakları hassas konumlama imkânını sınırlamaktadır. Bu nedenler ile atmosferik etkileri yörünge parametre hatalarının modelleneyeceği mesafeye bağlı hata miktarını azalacağı ve tek bir referans istasyonuna olan bağımlılığın ortadan kalkacağı Ağ RTK (CORS) tekniği geliştirilmiştir.

Ülkemizde son yıllarda faaliyete geçen biri ulusal ölçekteki TUSAGAS-Aktif (CORS-TR), diğeri yerel ölçekteki İSKİ-UKBS (İstanbul için) olmak üzere Ağ-RTK yapısında çalışan CORS sistemi bulunmaktadır.

Sistemlerin sağladığı üstünlükler ve kullanım kolaylığı dikkate alındığında ağ yapısında çalışan GNSS/CORS sistemleri tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de öncelikli tercih edilen sistemler haline gelmiştir.

1.1.1 Kadastral Ölçmeler ve CORS

Ülkemizde nüfus hareketleri ve ekonomik gelişmelerle birlikte sosyal ihtiyaçlar hızla değişmekte, buna bağlı olarak toprağa dayalı birçok projenin uygulamaya konulması gerekmektedir. Kadastral bilgiler de araziye ilişkin tüm yatırım ve mühendislik hizmetlerinin temel altlığını oluşturmaktadır [3].

Ülke temel ağlarımızın kurulmaya başlandığı 1940'lı yıllardan günümüze kadar üç önemli yönetmelikten söz edilebilir:

- 1974, 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Yönetmelik (*Bağımsız mevzi ağlar, klasik ölçüler ve şartlı ölçüler dengelemesi*)

- 31 Ocak 1988, Büyük Ölçekli Haritaların Yapımı Yönetmeliği (BÖHY) *(Ülke temel ağlarına bağlantı zorunluluğu, klasik ölçüler, dolaylı ölçülerin en küçük karelerle dengelenmesi)*
- 2005, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHBY) *(ITRF bağlantısı zorunlu (datum), GPS ölçüleri, hızlar, zamana bağlı koordinatlar (epok) ve jeoid ile ortometrik yükseklik)*

CORS sistemleri başta Büyük Ölçekli Harita Üretimi olmak üzere, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün farklı nitelikteki diğer uygulamalarında belli standartların oluşması için kapsamlı bir yasal mevzuat değişimine ihtiyaç duyulmaktadır [4].

Günümüzde CORS uygulamalarında dikkate çekilecek kısım 2005 tarihli *Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği* 'nde yapılacak ivedi değişikliklerdir. Yönetmeliğin "Sabit (sürekli) GPS istasyonları ve kullanılması" başlıklı 43. Maddesi, CORS ağlarının günümüzde etkin kullanımına ve ihtiyaçlara cevap vermemektedir. Mesleki ve Teknolojik gelişmeler kapsamlı bir revizyonu zorunlu kılmıştır. Bu zorunlu değişikliklerin yerine getirilmesi amacıyla ülkemizdeki ilgili kamu kurum ve kuruluşları değişiklik teklifleri hazırlamakta olup, bu çalışmalar devam etmektedir [4].

TUSAGA-Aktif ve İSKİ-UKBS ağlarıyla ilgili haritacılık hizmetleri ve sistemin işletilmesinden sorumlu TKGM ve İSKİ, her iki kurumun kendi iç mevzuatlarıyla sağlanmaktadır.

2009 yılında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, "TUSAGA-Aktif Sistemi ile Koordinat Belirleme, Ölçme, Hesap ve Kontrol Yönergesi" ni oluşturmuş, 01.06.2010 tarih ve 2010/11 1704 sayılı "Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü" Genelgesi ile ilgili yönergeyi yürürlükten kaldırmıştır.

2010 tarihli TKGM 'nün genelgesine göre poligon noktalarının koordinatları; TUSAGA-Aktif sistemi dâhilinde Ağ RTK yöntemiyle belirlenebilir. Genelgeye göre TUSAGA-Aktif sistemi ile poligon noktalarının koordinatlarının belirlenmesi için farklı zamanlarda en az iki kez GNSS oturumu yapılmalı, iki oturumdan elde edilen iz düşüm koordinatları ve elipsoid yükseklikleri arasındaki farklar 7 cm 'den fazla olmamalıdır [5].

Ayrıca en az görülebilen 5 uydu, uydu yükseklik açısı 10 derece, veri toplama aralığı 1 saniye, gözlem süresi 5 epok (her epok 1 sn), belirsizlik çözümü Fixed koşullarına sağlayacak şekilde poligon noktalarının koordinatlarının belirlenebileceği maddeleri bulunmaktadır [5].

Detay ölçülerinin alınmasında ise poligon koordinatlarının belirlenmesinden farklı olarak tek oturumda 3 epok gözlem süresinde ölçümün gerçekleştirilebileceği şartı bulunmaktadır [5].

Günümüzde TUSAGA-Aktif ve İSKİ-UKBS sistemleri C4 dereceli poligon noktalarının tesisinde, kadastral ölçmelerde detay alım ve aplikasyon çalışmalarında, sabit istasyonlara ait veriler ölçü sonrası yapılacak statik değerlendirmelerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak her iki sistem farklı ITRF datumunda ve epokta tanımlı olarak modellenmiştir.

1994 yılından bu yana, GPS ölçülerini değerlendirme stratejilerinde ve modelleme de önemli değişiklikler olmuştur. Bunlara ek olarak ITRF (International Terrestrial Reference Frame) tanımları da ITRF 88 ..., ITRF 96, ... , ITRF2005, ITRF 2008 isimleri ile çok sayıda değişmiştir. Her bir ITRF değişikliğinin zaman serilerinde (ölçek ve kayıklık nedeniyle) süreksizliğe yol açtığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. Bunlardan daha da önemlisi ITRF 2000 tanımında itibaren datum tanımlaması da değiştirilmiştir. ITRF 2000 ve sonraki tanımlamalarda, belirli sayıda ana nokta koordinatının bir önceki değerleri sabit alınarak, bu koordinatlara göre NNR (No – Net – Rotation) koşulu uygulanmaya başlanmıştır [6].

BÖHMBÜY 'ne göre kadastral çalışmalar ITRF 96 datumunda ve 2005 epogunda tanımlı olarak yapılmaktadır. Ülke koordinat sistemi ITRF 'in en son sürümü olan ITRF 2008 datumuna dayalı olarak tekrar hesaplanmalı, nokta koordinatları ve hızları en son ITRF sürümünde yayınlanmalıdır. Çünkü mevcut arşiv koordinatlarının, deprem ve diğer etkiler nedeniyle kendi içinde bile tutarsız olabileceği düşünülmektedir. Uygulamalarda bu etkilerin doğru modellenmesi de zor olacaktır. Ancak mevcut datum ve referans epogundan geçen zaman arttıkça, hız hesaplarıyla ilgili bu çelişkilerin etkisi artacağı ve yönetmelikte belirtilen duyarlık ölçütlerini sağlamak olanaksız hale geleceği düşünülmektedir [7].

1.2 Tezin Amacı

Kadastral ölçmelerde, poligon noktalarının ölçülmesinde statik GPS ölçüm yöntemi ile konumlamada birçok ölçüm noktasında eş zamanlı uzun süreli ölçüm yapılması, zaman ve maliyet açısından olumsuz etkilemektedir. RTK ölçü yönteminde ise gezici alıcı ile referans istasyon arasındaki mesafesinin artması, atmosferik etkilerden olumsuz etkilenme ve tek bir referans istasyona bağlı kalınma gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Ağ RTK yönteminde yalnızca gezici alıcı ile ağ referans noktalarından alınan düzeltme bilgileri ile anlık konumlama yapılabilmektedir. CORS yöntemi ülkemizde ve dünyada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmada kadastral noktalar için kutupsal alım yöntemi, statik GPS ölçüm yöntemi, klasik RTK ölçüm yöntemi ve CORS yönteminden elde edilecek sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.3 Hipotez

Kadastral ölçmelerde CORS yöntemiyle yapılan çalışmalarda, yönetmelik dâhilinde istenen duyarlılık ölçütlerine bağlı kalarak konumların elde edilmesi beklenmektedir. Statik GPS ölçümünde IGS noktalarına dayalı çözüm yapıldığında Türkiye'deki mevcut CORS ağları yapılarıyla, datum farklılığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yerleşim alanındaki kadastral çalışmalarda GPS ile ölçümlerde uydu görüş açısı, sinyal kesilmesi, multipath etkisi vb. nedenler ile konum farkları meydana gelebilmektedir.

Çalışmada yerleşim alanında mevcut olan 30 adet kadastral noktada statik ölçümüyle IGS istasyonlarına dayalı olarak SOPAC arşiv verileri kullanılarak ölçüler değerlendirilmiştir. Böylece kadastral noktaların koordinatları güncellenmiş ve en son ITRF 2008 sürümünde koordinatlar elde edilmiştir. Bu ölçüler ile kutupsal alım, klasik RTK ve CORS yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve elde edilen farklar analiz edilmiştir. Ayrıca CORS yönteminde sanal referans istasyonu (VRS) ve alan düzeltme parametreleri (FKP) teknikleri kullanılmış oturumlarla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir. Böylece CORS yönteminin kadastral ölçmelerde uygulanabilirliğinin analizi yapılmaya çalışılmıştır.

KADASTRAL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Kadastral uygulamalarda konu mülkiyet ile ilgili olduğundan, yapılan ölçümlerin en yüksek doğrulukta olması beklenir. Kadastral çalışmalarda kullanılan ölçme yöntemlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Kutupsal alım yöntemi
- Ortogonal alım yöntemi
- Fotogrametrik yöntem
- GPS yöntemi

2.1 Kutupsal Alım Yöntemi

Kontrol noktası ile alımı yapılacak nokta arasındaki yatay uzunluk ve yatay açı total station ile ölçülür. Kontrol noktasının koordinat değerleri total station aletine girildiğinde elektronik işlemci yardımı ile gözlem yapılan noktanın koordinatları pratik olarak elde edilir.

Ölçüm yapılan noktalar arasındaki uzaklıkların, hem yataya indirgenmesi hem de düzeltmeler getirilerek yüksek hassasiyetle elde edilmesi, kadastral ölçmeler açısından önem arz etmektedir.

2.2 Ortogonal Alım Yöntemi

İki yer kontrol noktasını birleştiren doğru üzerinde, ölçüsü yapılacak noktalara dikler inilerek alım gerçekleştirilir. Ölçü noktalarının belirli bir yer kontrol noktasından uzaklıkları ölçü doğrusundan dik çıkma işlemleri prizma adı verilen basit ölçü aletleri ile

yapılır. 1980’li yılların ortalarına kadar devam eden bu ölçme yöntemi yavaş ve ekonomik bir yöntem olmaması nedeniyle, günümüzde artık neredeyse kullanılmamaktadır.

2.3 Fotogrametrik Yöntem

Ölçümlerin doğrudan doğruya arazideki detaylara yapıldığı yersel ölçme yöntemlerinin aksine, bu yöntemde detaylar önce fotoğraflar üzerine kaydedilir ve daha sonra büro ortamında değerlendirilirler. Farklı amaçlar için kullanılmak üzere yersel ve hava fotogrametrisi olarak ikiye ayrılır.

Yersel fotogrametri, yer üzerindeki bir noktadan çekilmiş fotoğraflarla yapılan değerlendirmedir. Özellikle, mimarlık da restorasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hava fotogrametrisi, havadan belirli özelliklerde alınan fotoğraflardan yararlanılarak, yeryüzü üzerinde yüksekliği ve koordinatları bilinen ve hava fotoğraflarında da görülen bu noktalar kullanılarak yapılan çizgisel harita üretim yöntemidir. Fotogrametrik harita üretim yöntemi oldukça pahalı bir yöntemdir. Hava fotoğraflarını çekmeye olanak sağlayan özel donanımlı uçaklar, özel mercekli hava kameraları, özel film banyo aletleri ve özel değerlendirme aletlerine gereksinim vardır. Bu yüzden ilk maliyeti yüksek olan bir yöntemdir. Ancak büyük alana sahip ve yapılaşmamış arazilerde, fotoğrafa düşen nirengi tesisinin de diğer ölçü yöntemlerine göre az olması nedeniyle de oldukça hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Fotogrametrinin haritacılık açısından gelişmesindeki temel düşünce, pahalı olan arazi çalışmalarını, daha ucuz olan büro çalışmalarına dönüştürmektir [8].

2.4 GPS Yöntemi

GPS; uydu sinyallerini kullanarak Dünya’nın her yerinde, her türlü hava şartlarında ortak bir referans sisteminde anında ve yüksek doğrulukla konum, hız ve zaman belirlemeye yarayan bir navigasyon sistemidir [9].

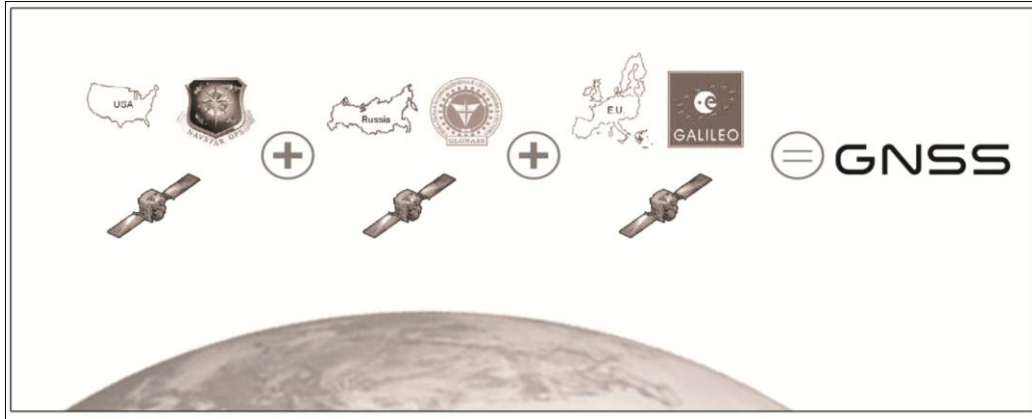
Klasik ölçme yöntemlerinde karşılaşılan birçok dezavantajı ortadan kaldırarak, daha hassas sonuçları elde edilmesini sağlayan GPS; yeryuvarının modellenmesi, küresel ve

lokal (bölgesel) hareketlerin incelenmesi, deformasyon ölçüleri gibi birçok mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

GPS ölçü yöntemi ile önemli oranda zamandan tasarruf sağlanarak, çok daha ekonomik haritalar üretilebilmektedir. Son 10-15 yıldır, yaygın olan ölçme yöntemleri yerine, kadastral çalışmalar için üretilen yer kontrol noktaları GPS ile ölçülmeye başlanmıştır. GPS ölçmeleri ve veri değerlendirme tekniklerinin kullanımıyla, kadastral çalışmalarda çok önemli gelişmeler yaşanmıştır [8], [11].

GNSS SİSTEMLERİ VE GERÇEK ZAMANLI GNSS AĞLARI (CORS AĞLARI)

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) şu anda aktif olarak çalışmakta olan Amerika Birleşik Devletleri tarafından işletilen GPS, Rusya Federasyonu tarafından işletilmekte olan GLONASS ve Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kurulmakta olan ve ilk uyduları fırlatılan ve 2015 yılında aktif hale geleceği söylenen GALILEO uydu konumlama sistemlerinden oluşmaktadır. Ayrıca Çin Halk Cumhuriyeti de COMPASS adlı uydu konumlama sistemi ile ilgili çalışmalarını yürütmektedir [12].



Şekil 3. 1 GNSS sisteminin gösterimi

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, AB Galileo ve Çin COMPASS gibi) uydu sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemlerden GLONASS etkin olarak kullanılırken, GALILEO ve COMPASS sistemlerinin yakın bir gelecekte aktif hale geçmesi planlanmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin ve ileride geliştirilmesi olası diğer küresel sistemler ile bölgesel

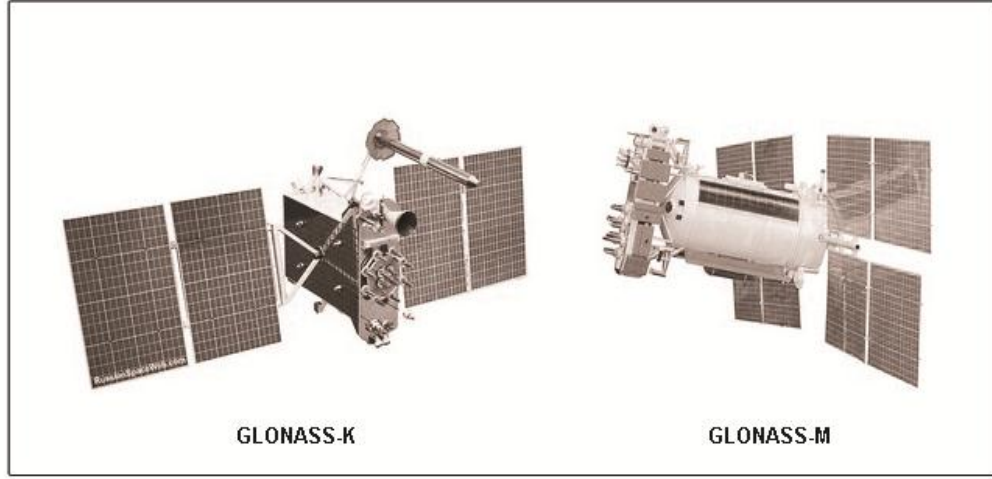
ve genişletici tüm uydu sistemleri için Global Uydu Navigasyon Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) tanımı kullanılmaya başlanmıştır [12].

3.1 GPS Dışındaki GNSS Sistemleri

3.1.1 GLONASS

GLONASS sistemi Ruslar tarafından 1976 yılında kurulmuştur. 1995 yılında tamamlanmak üzere 2 Ekim 1982 tarihinden itibaren GLONASS uyduları fırlatılmaya başlanmıştır. 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 [12].

GLONASS alıcıları üç boyutlu konumlama, hız ölçümü ve zaman ölçümü yapmak için uydular tarafından sürekli olarak yayınlanan radyo sinyallerini toplamaktadır. Her GLONASS alıcısı, en az 4-5 uydudan otomatik olarak yön bulma sinyalini almakta ve onların yaklaşık uzaklıkları (pseudo range) ile hızlarını ölçmektedir. GLONASS alıcısının bilgisayarı tüm giriş bilgilerini işleyerek üç koordinatı, hız vektörünün üç bileşenini ve hassas zamanı hesaplamaktadır.



Şekil 3. 2 GLONASS uydularına ait örnek

GLONASS uydu sistemi Sabit Yer Kontrol Bölümü tarafından yönetilir. Sistem kontrol merkezi ile birlikte Rusya'ya dağılmış izleme istasyonları bulunmaktadır. Bu istasyonlar GLONASS uydularını izleyerek uydu sinyallerinden uzaklık bilgisi ile tele metrik bilgiyi toplamaktadır. İstasyonlardan elde edilen bilgiler, uydu saati ile yörünge konumunu belirlemek için işlenmektedir. Güncelleştirilen bilgiler kullanılmak üzere istasyonlar üzerinden uydulara yayınlanmaktadır.

İstasyonlar arasındaki uzaklık bilgisi, Sabit Yer Kontrol Bölümü içerisinde bulunan kuantum optik izleme istasyonlarında bulunan lazer uzaklıkölçer aletlerinin kullanılmasıyla periyodik olarak kalibre edilmektedir. Bu nedenle her GLONASS uydusu lazer yansıtıcıları ile donatılmıştır [13].

3.1.2 GALİLEO

GALİLEO sistemi Avrupa Birliği ülkeleri tarafından, sivil kullanım amaçlı olarak kurulmuştur. Özellikle kara, deniz ve hava araçlarının navigasyon ve arama kurtarma çalışmaları için kullanılması planlanmaktadır. İlk deneysel uydu, GIOVE-A, 28 Aralık 2005 tarihinde ikinci uydu GIOVE-B, 27 Nisan 2008 tarihinde fırlatılmıştır. 27 uydu kullanımda ve 3 yedek uydu olmak üzere planlanan sistemin tam aktif olarak 2015 yılında devreye girmesi beklenmektedir [14].



Şekil 3. 3 GALİLEO uydusuna ait örnek

Galileo Sisteminin frekans yapısı planlanırken L1 sinyali üzerinden yayın yapan GPS bilgilerine zarar vermeyecek şekilde yani aynı banttan gönderilen sinyaller arasında karışık olmasını engelleyecek olan modülasyon kullanılacaktır. Sistemin böyle olması durumunda alıcıların aynı frekansı kullanılmasından dolayı GPS ve Galileo destekli olması beklenmektedir.

3.1.3 COMPASS, EGNOS ve Diğerleri

Global uydu konum belirleme sistemlerinden en yenisi olan COMPASS/Beidou-2, Ocak 2010 tarihinde ilk uydusunu uzaya göndermiştir. Bu uydu sisteminin, ilk aşaması olan Beidou-1 aktif olarak hizmet vermektedir. İkinci aşaması olan Beidou-2 yani bundan sonraki genel adı ile COMPASS tamamlandığında dünya çapında bir GNSS sistemi olarak hizmet verecek ve Çin Askeri Kuvvetleri tarafından kontrol edilecektir. Sistemin tamamının 2020 yılının sonuna kadar bitirilmesi hedeflenmektedir.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) Amerikan GPS ve Rus GLONASS sistemini kullanarak bu sistemlerin hassasiyetlerini ve doğruluklarını arttıran Avrupa'nın uydu konum belirleme sistemidir. Bu sistem tamamlandıktan sonra Avrupa'nın Galileo sistemine de entegre edilecektir. EGNOS 'un amacı mevcut iki sistemin kullanıldığı tüm uygulamalarda (uçaklar, gemiler, havaalanları, şahsi kullanıcılar) emniyeti ve güvenilirliği artırmaktır.

3.2 Gerçek Zamanlı GNSS Ağları (CORS Ağları)

Günümüzün geçerli sistemi CORS (Continuously Operating Reference Stations – Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonu) gelişmiş bir RTK uygulamasıdır. Referans istasyonları internet veya hücresel haberleşme altyapısını kullanarak, veri merkezine uydu verilerini gönderirler. Sistemin birden fazla referans istasyonu ile ürettiği düzeltmeler, radyo modemlere gerek kalmadan kullanıcıyla buluşur. Aralığı 100 km nin altındaki istasyonlardan aynı anda birçok kullanıcı istifade etmektedir. [15].

CORS sürekli çalışan istasyonlardan oluşan bir GPS ağıdır. Bu sistem, ağ RTK tekniğini içinde barındırır. Sabit RTK prensibine göre çalışan bir ağ için çeşitli çözüm yöntemleri, örneğin VRS, FKP, MAC vb. yayınları da yer almaktadır. [15].

CORS sisteminde, çalışma bölgesini kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcıları uydulardan aldıkları verileri kontrol merkezine ADSL, leasline veya GPRS/EDGE üzerinden iletmekte, kontrol merkezinde atmosfer modellenerek RTK/DGNSS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, RTCM formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir [14].

CORS sistemlerinde klasik RTK sisteminde kullanılan GNSS alıcılarının bir kontrol merkezi tarafından yönetilmesi ile RTK ölçme sisteminin verimliliği artmaktadır. Klasik RTK ölçme yönteminde gezici ile alıcı arasındaki mesafenin 15 – 20 km'yi geçmemesi önerilmektedir. CORS sistemlerinde, CORS sisteminin kurulu olduğu bölge içerisinde böyle bir sınırlama bulunmamaktadır. [14].

Ülkemizde ulusal ölçekte faal olarak çalışan Türkiye ve referans istasyonu bulunan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sistemi, diğeri yerel ölçekte faal olarak çalışan İstanbul ve çevresinde referans istasyonu bulunan İSKİ-UKBS adında iki farklı CORS ağı yer almaktadır.

3.2.1 TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Sistemi

Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) CORS ağlarının kurulması tüm dünyada yeni bir devir açmıştır. Sürekli gözlem yapan referans istasyonları-Türkiye (CORS-TR) projesi, yeni bir RTK-CORS ağı olarak Türkiye'de de kurulmuştur. CORS-TR projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (IKU), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel

Projenin başlıca amaçları, jeodezik nokta tesisi, ölçüm ve hesabı, yersel harita ve kadastro ölçmeleri, TAKBİS veri dönüşümü ve yeni verilerin derlenmesi, CBS/KBS amaçlı diğer yersel ölçmelerde arazide ekonomik, hızlı ve doğru olarak verilerin toplanmasını ve kullanıcılara düzeltilmiş konum bilgisi şeklinde anlık olarak yayımlanmasını sağlamaktır.

Bunlardan başka;

- Türkiye’de mevcut jeodezik altyapı (Ulusal Yatay, Düşey Kontrol Ağları, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA) Türkiye Jeoidi-2007 (TG07) vb.) ile bağlantılarının kurularak savunma, kalkınma ve bilimsel çalışmalar için duyarlı ve süratli konum ve konum bilgisi üretmek,
- Her türlü navigasyon, araç izleme ve ulaşım için sağlıklı konum belirlenmesini sağlamak,
- Farklı koordinat sistemleri (ED50/ITRFyy) arasındaki Hücresel Dönüşüm Parametrelerini belirlemek,
- Mevcut analog formdaki kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan datuma ve TAKBİS 'e aktarımını sağlamak,
- Bir deprem ülkesi olan ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin son derecede duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, ayrıca da deformasyon miktarlarını belirlemek,
- Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler yapmak, sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya katkı sağlamaktır. [17].

3.2.2 İSKİ-UKBS Sistemi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne bağlı olan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından dünyadaki teknolojik kullanım imkânları değerlendirilerek tüm İstanbul’u kapsayacak, öncelikle İSKİ çalışmalarında GNSS teknolojilerini etkin ve verimli kullanıma imkân verecek ardından İstanbul’da bu veriyi kullanabilecek tüm kişi, kurum ve

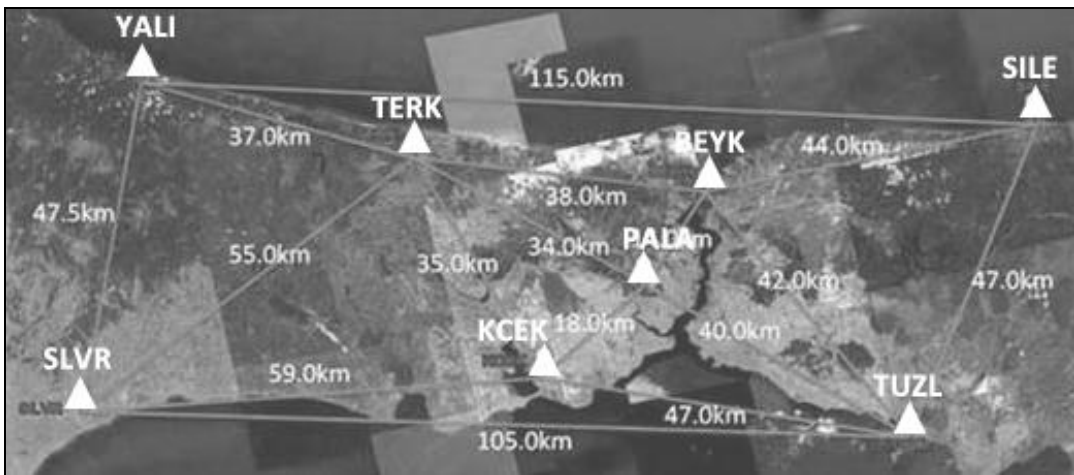
kuruluşların hizmetine sunulabilecek bir sistem Kasım 2008 tarihi itibarı ile çalışır hale getirilmiştir [18].

İSKİ UKBS sabit istasyonları 8 sabit noktadan oluşmakta ve tüm İstanbul için kapsama alanı sağlamaktadır. Sistem Amerikan GPS uyduları ve Rus GLONASS uydularını kullanarak, maksimum verimliliği sağlayacak şekilde GNSS alıcılarına sunmaktadır [18].

Çizelge 3. 1 İSKİ - UKBS Sabit istasyonları

Nokta No	Nokta Adı	Tesis Adı
UKBS-01	YALI	Istranca Düzdere Barajı (Yalıköy) Şeflik Binası
UKBS-02	SLVR	Yeraltı Suları Ve Göletler Şube Müdürlüğü - Çanta Hizmet Binası
UKBS-03	BEYK	Anadolu Kavağı Terfi Merkezi
UKBS-04	TUZL	Tuzla İleri Biyolojik Arıtma Tesisi
UKBS-05	SILE	Şile Şube Müdürlüğü
UKBS-06	TERK	Terkos Havza Koruma Şefliği
UKBS-07	KCEK	Küçük Çekmece Şube Müdürlüğü
UKBS-08	PALA	İski Kâğıthane Genel Müdürlük

İSKİ-UKBS sabit GNSS istasyonlarının kontrol merkezi yazılımı İSKİ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı bünyesinde bulunan 2 adet Server (Sunucu)ya kurulmuştur. GNSMART Pro yazılımı kurulan birinci sunucu Data İşleme Sunucusu ve GNWEB yazılımı kurulan ikinci Sunucu Web Sunucusu olarak tasarlanmış ve çalışır hale getirilmiştir [18].



Şekil 3. 5 İSKİ – UKBS istasyon noktaları

Kontrol merkezi yazılımından ağ düzeltmeleri NTRIP protokolü ile yayınlanmaktadır. UKBS ağından NTRIP Protokolü ile tüm dünya standartlarında FKP,

VRS ve MAC düzeltmeleri yayınlanmaktadır. Bu ağın koordinat sistemi ITRF olup, koordinatlar ITRF2005 datumunda ve ITRF2005 epoğunda hesaplanmıştır [18].

3.3 ITRF Koordinat Sistemi

ITRF koordinat sistemi, yer merkezli koordinat sistemidir. Yer kabuğu plaka hareketleri ve yerin içindeki kitlelerin yer değiştirmesi sonucu oluşan, referans noktalarının konum ve gravite değişiminin belirlenebilmesi için bir taraftan yüksek doğruluklu ve güvenilir referans ağları, diğer taraftan anılan nitelikteki referans ağları için değişimlerin yeterince doğru belirlenmesi gerekmektedir. Bu döngü, jeodinamik araştırmalarda jeodezi ve jeoloji ve yer mekaniği gibi yer bilimlerinin birlikte çalışmaları gerektirmektedir [19]

Uluslararası Yer Dönme Servisi (IERS) tarafından VLBI, SLR, LLR, GPS gibi jeodezik uzay teknikleri ile oluşturulan Yerel Referans Ağı (ITRF) bu bağlamda gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bu ağ, nokta koordinatları ve noktaların hareket hızlarının, yer kabuğundaki tüm plakaların hareket ettiği varsayılan bir modele göre belirlenen dinamik bir ağıdır. ITRF sistemi yüksek doğruluklu bir referans ağıdır. Ağ noktalarında, jeodezik uzay teknikleri ile gözlemler ve değerlendirmeler devam etmektedir. IERS 'nin dışında NASA, IFAG, IGS gibi kuruluşlar küresel ve bölgesel yersel referans ağlarının oluşturulması çalışmalarına katılmaktadırlar. ITRF noktalarında sürekli gözlemler yapılmakta ve verilere internet aracılığı ile ulaşılabilir [19].

Global üç boyutlu yüksek doğruluklu uniform bir referans ağının, navigasyon kolaylıkları ve global jeodezik ve jeodinamik araştırmalardan ve uydu tekniklerinden rasyonel yararlanma yanında, bilgi sistemlerine altlık oluşturacak yüksek doğruluklu, güvenilir ve birçok noktada bu ağa dayalı bölge ve ülke jeodezik ağlarının oluşturulmasını da sağlayacağı bölge ve ülke jeodezik ağlarının oluşturulmasını da sağlayacağı görülmüş ve ITRF 'in gerçekleştirilmesini izleyen yıllarda, bu ağa dayalı bölgesel ve ülke ağlarının oluşturulması çalışmaları başlatılmıştır [19].

Ülke ağlarındaki deformasyondan etkilenmemek, aynı zamanda GPS ve yeni geliştirilen teknolojilerden en fazla düzeyde faydalanabilmek için ITRF sistemi kullanılmalıdır [19], [20].

Uzun yıllardır, GPS ölçülerini değerlendirme stratejilerinde ve modellendirmelerde önemli değişiklikler olmuştur. Bunlara ek olarak ITRF tanımları da: ITRF88, ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 isimleri ile çok sayıda değişmiştir. Her bir ITRF değişikliğinin zaman serilerinde (ölçek ve kayıklık nedeniyle) süreksizliğe yol açtığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. ITRF 2000 tanımından itibaren datum tanımlaması da değiştirilmiştir. ITRF 2000 ve sonraki tanımlamalarda, belirli sayıda ana nokta koordinatlarının bir önceki değerleri sabit alınarak, bu koordinatlara göre NNR (No-Net-Rotation) koşulu uygulanmaya başlanmıştır. Sonuç olarak tüm bu yenilikler, gelişmeler ve değişiklikler değerlendirmelere ait zaman serilerinde süreksizliklere ve tutarsızlıklara neden olmaktadır [6].

Yüksek doğruluklu GNSS değerlendirmelerinde sabit olarak alınan IGS ürünleri ve çözümleri kullanılırken IGS/IERS standartları ve tanımlarına uyulmalıdır. Bu bağlamda GNSS analizleri yapılırken en son ITRF sürümü kullanılmalıdır [6], [21].

Bu çalışmada yapılan uygulamada IGS istasyonları sabit alınarak statik değerlendirme yapıldığından en güncel ITRF datumu olan ITRF 2008 kullanılmıştır.

Ülkemizde BÖHHBÜY 'ne göre kadastral çalışmalar ITRF 96 datumunda ve 2005 epoğunda tanımlı olarak yapılmaktadır. Ülke koordinat sistemi ITRF 'in en son sürümü olan ITRF 2008 datumuna dayalı olarak tekrar hesaplanmalıdır. Dolayısıyla nokta koordinatları ve hızları en son ITRF sürümünde yayınlanmalıdır. Çünkü mevcut arşiv koordinatlarının, deprem ve diğer etkiler nedeniyle kendi içinde bile tutarsız olabileceği düşünülmektedir. Uygulamalarda bu etkilerin doğru modellenmesi de zor olacaktır. Ancak mevcut datum ve referans epoğundan geçen zaman arttıkça, hız hesaplarıyla ilgili bu çelişkilerin etkisi artacağı ve yönetmelikte belirtilen duyarlık ölçütlerini sağlamak olanaksız hale geleceği düşünülmektedir [22].

3.3.1 ITRF 2005 ve ITRF 2008

ITRF'in en sondan bir öncesi versiyonu, 400'den fazla noktadan oluşan ve birçoğu iki ve daha fazla teknikte donatılmış bir ağa bağlı olan ITRF2005'dir. ITRF2005, bir önceki versiyonun (ITRF 2000) tersine, istasyon koordinatlarının ve EOP (Yer Yönlendirme

Parametreleri)'nin zaman serisi formundaki giriş verileriyle oluşturulmuştur. ITRF2005'in Dünya Yönlendirme Parametreleri (EOPs), International Association of Geodesy (IGS) 'nin jeodezik uzay teknik servisleri olan International DORIS Service (IDS), International Laser Ranging Service (ILRS), International GPS Service (IGS), International VLBI Service (IVS) ile sağlamıştır. ITRF 2005'in başlangıç epoğu olarak 2000,0 epoğu tanımlanmıştır [23], [24].

ITRF 2008, en güncel ulusal yersel Dünya Yönlendirme Dönme Parametreleri 'de (EOPs) GPS, VLBI, SLR, DORIS jeodezik uzay teknikleri teknik çözümleri ile sağlamış olup kullanılmıştır. Ölçek değişimi tüm SLR ve VLBI çözümlerinin ağırlıklı ortalamasıyla belirlenmiştir. ITRF 2008'in başlangıç epoğu olarak 2005,0 epoğu tanımlanmıştır [23].

ITRF 2005 ile ITRF2008 i incelediğimizde kullanılan jeodezik uzay teknikleri için zaman dilimleri Çizelge 3.2 'de verilmiştir [23].

Çizelge 3. 2 ITRF 2005 ve ITRF 2008 datumları için kullanılan jeodezik uzay tekniklerinin zaman dilimleri

Jeodezik Uzay Teknikleri	ITRF 2005 Zaman Dilimi	ITRF 2008 Zaman Dilimi
IVS	1980.0 - 2006.0	1980.0 - 2009.0
ILRS	1992.9 - 2005.9	1983.0 - 2009.0
IGS	1996.0 - 2006.0	1997.0 - 2009.5
IDS	1993.0 - 2006.0	1993.0 - 2009.0

ITRF 2008, VLB, SLR, GPS ve DORIS jeodezik uzay gözlemleri ile 29, 26, 12.5 ve 16 yıllık zaman serileri ile çözüm yapılmıştır. Böylece hassas istasyon konumları ve hızları, aynı zamanda bunları tanımlayan parametreleri, özellikle başlangıç ve ölçeği geliştirilmesi açısından ITRF2005 göre ITRF2008, yüksek performans göstermektedir [23], [25].

GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

GPS ile iki temel büyüklük gözlenmekte olup bunlar kod ve faz gözlemleridir. Kod gözlemleri, anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlamak ve pratik amaçlı kullanımlarda büyük önem taşımaktadır. Duyarlı sonuç gerektiren ölçme ve araştırmalarda ise faz gözlemlerinden yararlanarak elde edilen lineer kombinasyonlar ve fark gözlemleri kullanılmalıdır [26].

Yapılan ölçümlerde duyarlı sonuçlara ihtiyaç duyulduğunda, faz gözlemleri kullanılmaktadır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan bağıl konum belirleme, koordinatları bilinen bir noktaya göre bir başka noktanın koordinatlarının belirlenmesidir. Bu yöntemde A ve B gibi iki ayrı noktaya iki alıcı kurularak aynı uydulara eşzamanlı kod yada faz gözlemleri yapılmakta ve noktalar arasındaki koordinat farkları elde edilmektedir. Bağıl konum belirleme ile elde edilen doğruluk; alıcı tipi, ölçü süresi, gözlenen uydu geometrisi, uydu sayısı ve kullanılan efemeris bilgisine bağlıdır.

Bağıl konum belirlemede genel olarak aşağıda ayrıntıları verilecek yöntemler kullanılmaktadır.

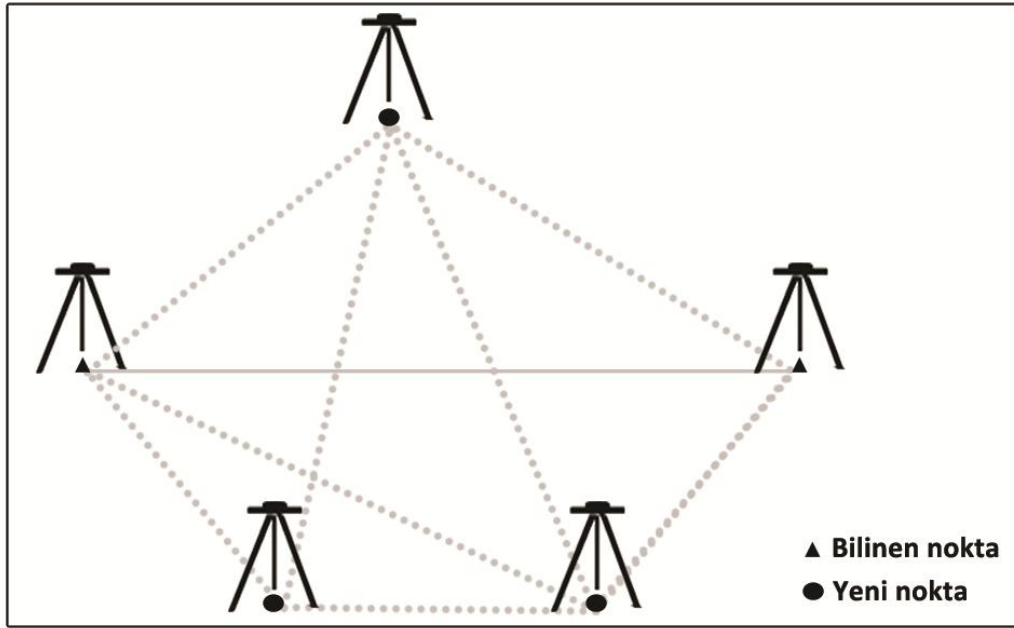
4.1 Statik Ölçü Yöntemi

Bu yöntem birden çok alıcı ile eşzamanlı olarak yapılan ve ölçü süresi, noktalar arası uzaklığa bağlı olarak değişen oldukça duyarlı sonuçlar veren bir yöntemdir.

Uydulara yapılan gözlemler, eş zamanlı olarak en az iki alıcının statik ölçü durumunda 1 saatten 24 saate kadar süren, 10 saniye ile 120 saniye arasında değişen aralıklarla

yapılmaktadır. Gözlem süresi ve aralığı çalışma türüne ve ihtiyaçlara göre değişim gösterebilir. Yöntem, taşıyıcı dalga faz belirsizliğini çözmek için uydu geometrilerindeki değişimden yararlanarak yüksek duyarlığa erişmektedir [14].

Statik ölçme metodu en çok kullanılan yöntem olup gözlem periyotları; baz uzunluğu, gözlenen uydu sayısı ve uyduların geometrik dağılımına bağlıdır [27]. Statik ölçü yönteminde $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ duyarlık ile sonuçlara ulaşılabilmektedir [2].



Şekil 4. 1 Statik ölçü yöntemi

Statik yöntemle toplanmış olan ölçüler, büro ortamında uygun GPS yazılımlarıyla (postprocess) değerlendirilir. Bu ölçü yöntemi; yüksek doğruluk istendiğinde, uzun bazların ölçümünde, yer kabuğu hareketlerinin araştırılmasında, büyük mühendislik yapılarının deformasyonlarının belirlenmesinde, ülke nirengi ağlarının güncelleştirilmesinde, uydu geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak sağlamadığı zamanlarda kullanılan en iyi yöntemdir [28], [29].

Statik ölçü yönteminin konum doğruluğu, kullanılan GPS alıcısına ve değerlendirme yazılımına göre değişmektedir. Yatay konumda yüksek duyarlıklı sonuçlar elde edilmesine karşın, düşey bileşen, yükseklik söz konusu olduğunda yatay konum duyarlılığının 1.5 - 2 katı daha kötü duyarlılıkta sonuçlar vermektedir [26].

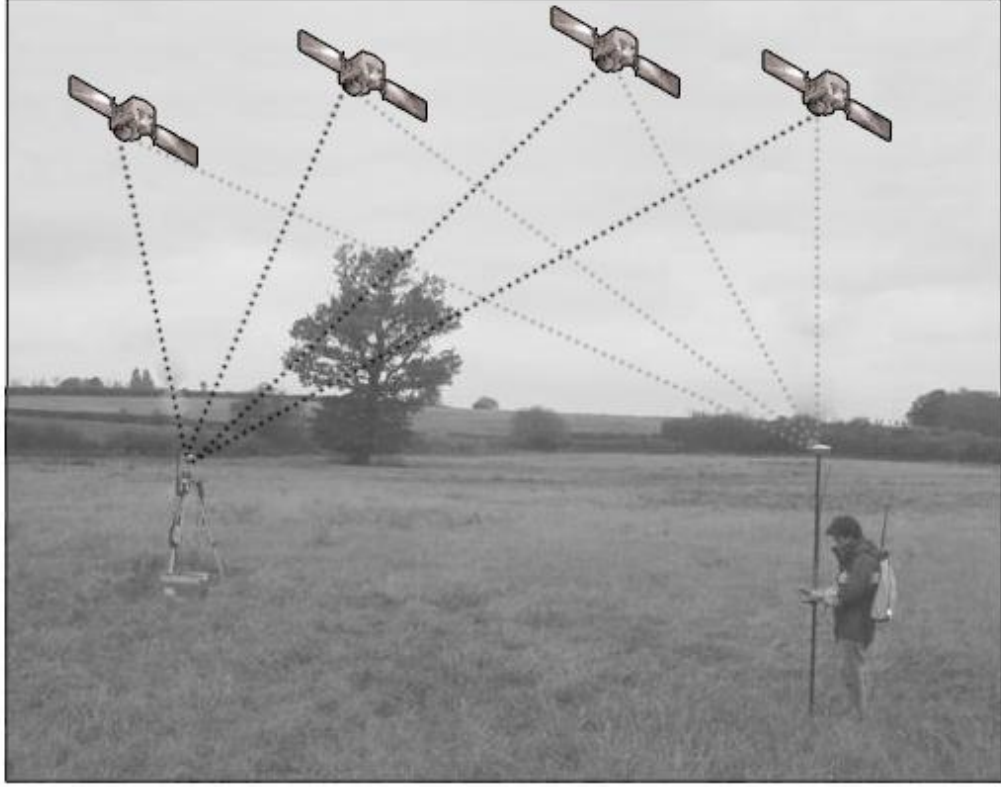
4.2 Kinematik Ölçü Yöntemi

Bu teknikte alıcılardan biri sabit olarak koordinatı bilinen noktada kinematik ölçü durumunda aralıksız gözlem yaparken diğer alıcı veya alıcılar çalışma alanı içinde hareket ettirilerek önceden belirlenmiş zaman dilimleri içinde uydulara gözlem yaparlar. Böylece elde edilen uzunluk vektörleri, merkezsiz baz ölçü yönteminde oluşturulan vektörler gibi hareketli alıcıların bulunduğu noktalardan sabit alıcının bulunduğu noktaya doğrudur.

Nokta uygulaması, detay alımı, güzergâh belirlemesi, poligon kenar ölçümleri, hidrografik ölçmeler gibi kullanım alanları mevcut olan kinematik ölçü yöntemi kod ve faz ölçülerinin her ikisinin de kullanıldığı bir yöntemdir. Buna göre yöntem, faz ölçülerinin kullanılmasıyla hassas kinematik ölçü yöntemi, kod ölçülerinin kullanılmasının sonucunda diferansiyel GPS ölçü yöntemi adını alır [30].

4.2.1 Gerçek Zamanlı (Real Time Kinematic - RTK) Ölçü Yöntemi

GNSS de en önemli hata kaynakları arasında yer alan atmosferik hataların iyonosfer ve troposfer modellenmesindeki gelişmelere ve teknolojiye paralel olarak RTK uygulamalarında günümüzde birkaç cm doğruluk ile konum belirlemek mümkün hale gelmiştir. RTK sistemi, konumu bilinen bir noktada bulunan referans istasyonu ile yeni noktaların konumunu belirleyecek olan gezici alıcıdan oluşur. RTK yönteminde gezici alıcılar tarafından gerçekleştirilen faz ölçüleri ile referans istasyonlarından gönderilen düzeltme bilgileri ile gezici alıcının konumu anında arazide belirlenir. RTK ölçme yönteminin doğruluğu referans istasyonu ile gezici alıcı arasındaki mesafeye bağlıdır. Bu mesafenin 10 - 15 km yi geçmemesi istenir [12].



Şekil 4. 2 Gerçek zamanlı kinematik ölçme (RTK)

4.2.2 Post Processing Kinematik Ölçü Yöntemi

Kinematik yöntemde bir güzergâh tespit edilmekte ve bu güzergâh üzerinde belirli zaman aralıkları ile nokta konumları belirlenmektedir. Burada faz belirsizliği bilinmeyenlerinin çözülmesi esastır. Bu nedenle ikinci alıcı gezdirilmeye başlanmadan önce faz belirsizliği bilinmeyenlerinin çözümü için yine alıcılardan biri konumu bilinen bir noktaya, ikinci alıcı ise herhangi bir noktaya kurulur ve başarılı bir faz belirsizliği çözümü için gerekli veri toplanana kadar ölçüye statik durumda devam edilir.

Gezici alıcıdaki veriler anlık olarak değerlendirildiğinde ortaya çıkan durum RTK GNSS, verilerin daha sonra GNSS yazılımları ile kinematik durumda değerlendirilmesi ise post processing Kinematik olarak adlandırılır [26].

GNSS AĞLARINDA GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK KONUMLAMA

Son yıllarda daha az iş gücü ve zaman harcayarak hassas duyarlılıklı sonuçların elde edileceği ölçümler için araştırmalar yapılmış ve bu durum GNSS donanım ve yazılımlarında önemli yeni gelişmelere yol açmıştır. Bu gelişmeler ile faz gözlemleri ile doğruluğu yüksek RTK uygulamalarının yapılması olanaklı hale gelmiştir.

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 modellendiği “Ağ RTK” yada “Ağ tabanlı RTK” tekniği ortaya çıkmıştır [31].

5.1 Klasik RTK Tekniği

RTK ile konum belirlemede, konum doğruluğu, gezici alıcı ile referans istasyonunun arasındaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Mesafenin artmasıyla doğrulukta düşmektedir. Bu mesafe ile orantılı olarak büyüyen hatanın atmosferik hatalar, yörünge parametreleri başta gelmektedir. Ayrıca klasik RTK tekniğinde, tek baza dayalı çözüm yapıldığından konum doğruluğunun kontrolü de yapılamamaktadır.

Düzeltilme bilgileri, arazideki gezen alıcılara herhangi bir iletişim vasıtasıyla (UHF-VHF radyo modemler, cep telefonu, uydu haberleşmesi vb.) referans istasyonu tarafından gönderilir. Gezen alıcıda ise belirsizlik (ambiguity) çözümü ve konumunun hesaplanması gerçekleştirilir. Klasik RTK tekniğinde referans ve gezen alıcı arasındaki tek bazın hesabı yapılabildiğinden, fazla ölçü ve buna bağlı olarak da kontrol bulunmamaktadır [31].

Klasik RTK uygulamasında referans istasyonundan alıcıya iletilen düzeltme bilgileri içinde olabilecek atmosferik ve yörünge parametreleri hatalarından kaçınmak için referans istasyonu ile kullanıcı arasındaki uzaklığın 10 - 15 km 'yi geçmemesi gerekmektedir.

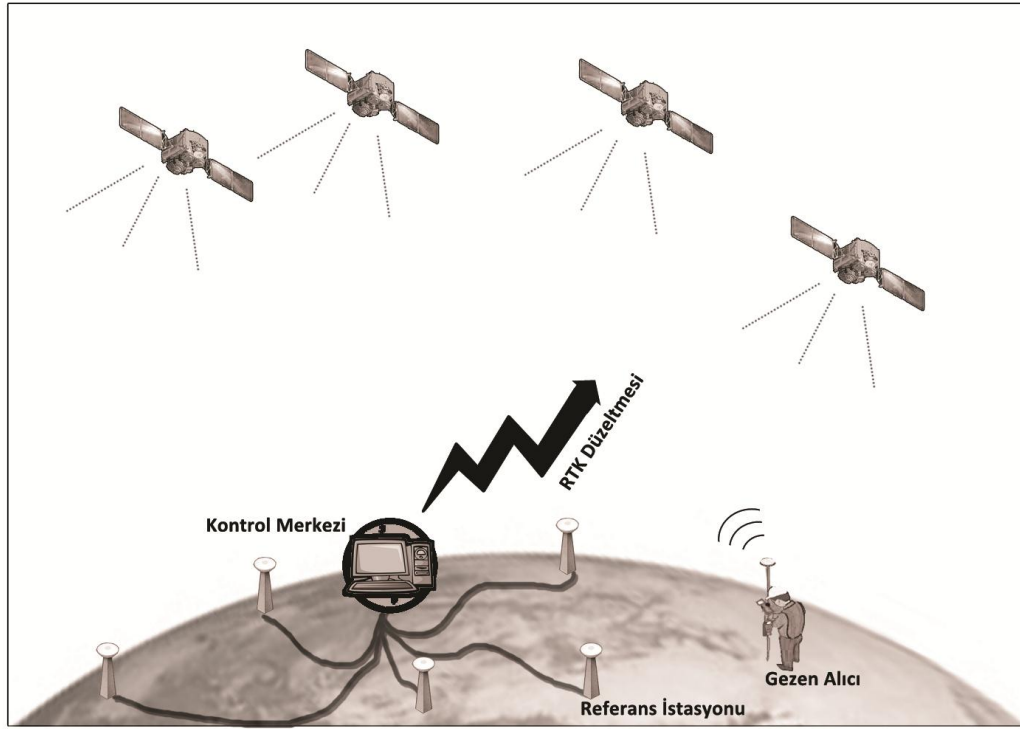
Klasik RTK ölçümünde, tek bir referans istasyonuna bağımlı kalınması, referans istasyonundan sınırlı uzaklıkta ölçüm yapılabilmesi, referans istasyonuna alıcı kurulumunda oluşabilecek potansiyel hatalar, iletişim, güç kaynağı gibi nedenlerle sınırlamalar gelmektedir. Bu nedenle Ağ RTK tekniği araştırılmış ve geliştirmiştir.

5.2 Ağ RTK Tekniği

Klasik RTK tekniğinin zayıf taraflarını ortadan kaldırmak ve bu tekniğin daha güvenilir ve doğru sonuçlar vermesini sağlamak için çok sayıda referans istasyonu kurulması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Böylece, gezen alıcının etrafındaki referans istasyonlarından gelen veriler kullanılarak yörünge hatası, atmosferik etkiler gibi hataların modellenmesi olanaklı olmuştur. Bunun sonucunda ise tek referans istasyonundan çoklu referans istasyonuna geçiş gerçekleşmiş ve tek referans istasyonu kavramı yerini çoklu referans istasyonu kavramına bırakmıştır. Belirtilen bu yöntemin bölgesel ya da ülke boyutunda yaygınlaştırılarak kullanılması ise Ağ – RTK (CORS Ağı) kavramının yaşantımıza girmesine sebep olmuştur. Ağ RTK tekniğinde, tüm referans istasyonlarından alınan gözlemlere ait düzeltmeler hesap merkezinde hesaplanır ve bu ağ düzeltmeleri tüm kullanıcılara uygun iletişim teknikleri ile yayınlanır. Sonuç olarak Ağ – RTK, uzun baz uzunluklarında (50 – 100 km) faz gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve anlık konum belirleme tekniğidir [31].

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 [31].

Güvenilir ve doğruluğu yüksek uygulamaların gerçekleştirilebilmesi için öncelikle referans alınan noktaların ağ sistemine dayalı ölçülmüş, hesaplanmış ve dengelemesinin yapılmış olması gerekmektedir. Ağ RTK sisteminde hesaplanan düzeltmeler, jeodezik ağ yapısına sahip, sürekli gözlem yapan sabit GNSS ağlarına dayalı olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5. 1 Ağ RTK Tekniği

Böylece gezici alıcının olduğu bölgeyi kapsayan ağ noktalarından yararlanılarak, atmosferik etkilerin neden olduğu hatalar ve yörünge hatası gibi hata kaynakları modellenerek elimine edilmekte ve 100 km baz mesafesine varan uzunluklarda cm mertebesinde konum doğruluğuna ulaşmak mümkün olmaktadır [32].

GNSS alıcısı ile ölçüm esnasında, ilk epok için uydu – alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç tane tam dalga içerdiği bilinmemektedir. Bu bilinmeyene taşıyıcı dalga faz başlangıcı belirsizliği adı verilmektedir. Gözlenen faz ölçülerinden yüksek duyarlıklı sonuçlar elde edebilmek için belirsizliğin doğru olarak çözülmesi gerekmektedir. Ayrıca Ağ-RTK tekniğinin standart RTK tekniğine üstünlüğü olarak, saniyeler mertebesinde bir süre içerisinde gerçekleşen belirsizlik (ambiguity) çözümü örnek verilebilir. Diğer hata kaynakları çok sayıdaki referans istasyonu verilerinden yararlanarak yüksek doğrulukta

modellendiği için geriye kalan tek bilinmeyen olan belirsizlik, yüksek güvenilirlikte ve kısa sürede çözülebilmektedir. Çözümde daha fazla uydu kullanılırsa, bulunan belirsizlik oranı doğruluğu daha yüksek ve çözüm daha hızlı olur [33].

5.3 Ağ RTK Verisi Aktarma Protokolleri

Ağ-RTK sisteminde, çalışma bölgesini kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcıları uydulardan aldıkları verileri kontrol merkezine ADSL, leasline ve ya GPRS/EDGE üzerinden iletilmekte, kontrol merkezinde atmosfer modellenerek RTK/DGNSS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp (Şekil 2.6), RTCM formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir [12].

Ağ RTK tekniğinde yaygınca kullanılan yöntemlerden biri internet vasıtasıyla, internet protokolünün (IP) kullanılmasıdır. Buna örnek olarak ta NTRIP protokolü verilebilir. Bu protokolde, eş zamanlı olarak GNSS alıcısı (gezici alıcı) ile bilgisayarın arasındaki bağlantıda GSM, GPRS, EDGE, 3G ya da uydu haberleşme tekniklerinden birisi kullanılarak IP ağı üzerinden erişim sağlanmaktadır. Gerçek zamanlı kinematik uygulamalarda aktarılabilecek olan verinin yoğunluğu veri formatına ve gözlenen uydu sayısına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, RTCM 2.3 formatı çift frekanslı bir alıcıdan 12 uyduya ait kod ve faz ölçü düzeltmelerinin yayınlanması için 4800 bps'ye ihtiyaç vardır. Oysa aynı içerikli ve yoğunluktaki veri kümesi RTCM 3.1 formatı kullanılarak 1800 bps'de aktarılmaktadır [31].

5.3.1 Uluslararası Standart Protokoller

Bu protokoller tüm kullanıcılara açık olup tek taraflı olarak alıcıya veri aktarımında kullanılırlar.

- NMEA 0183: Bu format RTK için uygun olmamakla beraber yalnızca navigasyon amaçlı uygulamalar için kullanılmaktadır.
- CMR/CMR+ : Topcon, Trimble, Leica, Novatel ve Ashtech alıcıları tarafından kullanılmakta olup, RTK GNSS uygulamalarında RTCM 2.0' a alternatif olarak daha etkin bir bant kullanımı sağlamaktadır.

- BINEX (BINary Exchange) : GNSS ve SBAS tabanlı kullanımlar için binary formatta olan bir protokoldür. RINEX'te mevcut bilgilere ilave olarak SP3, SINEX ve diğer GNSS verilerini de kapsamaktadır.
- RTCM SC104: Gerçek zamanlı uygulamalarda veri aktarımında kullanılan uluslararası bir standarttır. RTCM tarafından bugüne kadar 7 değişik standart yayınlanmıştır. Bu standartlar; DGPS için RTCM 2.0 (kod düzeltmesi DGPS), RTCM 2.1 (kod, faz düzeltmesi), DGNSS servisi için RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 (GPS, GLONASS Ağ RTK) ve NTRIP versiyon 1.0'dır.

5.3.2 İnternet Protokolleri

Son yıllarda GNSS ağlarının yaşamımıza girmesi ile gerçek zamanlı GNSS verilerinin ve düzeltme bilgilerinin kullanıcılara ulaştırılmasında kullanılan tekniklerde de önemli gelişmeler olmuştur. Veri aktarımları için günümüzde artık yüksek hızlı internet ve uydular kullanılmaktadır. Bu gelişmeler dolayısıyla GNSS ağlarında kullanılmak üzere yeni protokoller ortaya çıkmıştır. Bu protokoller NTRIP ve RT-IGS protokolleridir.

5.3.2.1 NTRIP Protokolü

“Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)”, gerçek zamanlı olarak İnternet radyo teknolojisini geliştirip desteklemek amacıyla Almanya Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG) tarafından geliştirilmiştir [34].

NTRIP' in ilk sürümü olan NTRIP v1.0, 2004 yılında RTCM SC104 Komitesi tarafından RTCM standardı olarak kabul edilmiş bir internet protokoldür. Yalnızca RTCM veri formatı veya standart diğer veri formatları için değil, üretici tabanlı özel veri formatları içinde kullanılmaktadır. NTRIP, Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1' ye dayalıdır. Kablosuz internet ile GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi çeşitli mobil IP ağlarını destekleyen bir protokoldür. Birkaç yıl önce RTCM SC104 Komitesi, NTRIP v1.0' ı, paket tabanlı iletişim (packet based communications) için standart olarak kabul etmiştir. NTRIP v1.0, güvenli bir şekilde veri iletimini sağlamak için “Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)” kullanır. NTRIP, sabit ve mobil kullanıcılar ve özellikle gerçek zamanlı diferansiyel uygulamalarda mobil kullanıcılar için PC, Laptop,

PDA ile GNSS alıcılarının eş zamanlı kullanımında internet üzerinden veri akışının kontrolünü sağlar. 2009 yılında RTCM SC104 Komitesi tarafından NTRIP' in yeni sürümü olan NTRIP v2.0'da kabul edilmiştir. Bu yeni sürümde HTTP' ye tam uyum için, TCP/IP'ye ek olarak "User Datagram Protocol/Internet Protocol (UDP/IP)" nin kullanımı değerlendirilme aşamasındadır. Yeni sürüm olan NTRIP v2.0'da, http protokol ihlalleri temizlenerek gerçek zamanlı veri akış kontrolü için iletişimin daha sağlıklı gerçekleşmesi sağlanmıştır. NTRIP v2.0 daha önceki sürümü olan NTRIP v1.0 ile uyumlu olarak geliştirilmiştir. [34].

NTRIP protokolünün genel özellikleri:

"HTTP" veri sağlama standardına uyumludur. Sınırlı sayıda kullanıcı ve sunucu (server) olması durumunda uygulanması oldukça kolaydır.

Her türlü GNSS verisinin yayınlanabileceği kapasiteye sahiptir.

Toplu kullanımları destekleyebilmektedir.

Güvenlik nedenleriyle, servis sağlayıcılar ile kullanıcıların doğrudan teması yoktur. Gönderilen veri blokları genel olarak yerel ağlarda kullanılan güvenlik duvarları tarafından engellenmezler. TCP/IP kullandığı için herhangi bir mobil IP ağına veri gönderebilir [31].

5.3.2.2 RT-IGS Protokolü

"RealTime IGS (RTIGS)" ise Uluslararası GNSS Servisi (IGS) tarafından geliştirilme süreci devam eden diğer bir protokoldür.

IGS tarafından henüz geliştirilmekte olan yeni bir protokoldür. Dört bilgi yayınlanması planlanmış olup bunlar;

- İstasyon bilgileri (saatte iki kez)
- Gözlemler (her saniye)
- Efemeris (hesaplandığında)
- Atmosferik parametreler (5 dk.)

Diğer GNSS veri formatlarının aksine tek anlamlı olup, mesaj sıklığı da belirtilmektedir. RT-IGS verilerinin yayınlanmasında UDP (User Datagram Protocol) kullanılmaktadır. UDP’de mesajın belirli bir düzen içerisinde dağıtım garantisi yoktur. Dolayısıyla gönderilen mesajın kalitesi ve doğruluğundan kullanıcı sorumludur. RT-IGS ‘de UDP kullanılmasının nedeni ise, internet tabanlı gerçek zamanlı uygulamalarda daha hızlı ve daha iyi çalışmasıdır [31].

5.4 Ağ RTK Verisi Hesap ve Aktarma Yöntemleri

CORS Ağında ağ bilgilerini transfer etme açısından şu yöntemler bulunmaktadır;

Ana Yardımcı Referans İstasyonları (MAC) Yöntemi

Alan Düzeltme Parametreleri (FKP) Yöntemi

Sanal Referans İstasyonu (VRS) Yöntemi

CORS Ağı’nda kontrol merkezi, referans istasyonlarından gelen ham GNSS ölçülerini almakta ve yaygın olarak kullanılan FKP, VRS ve MAC yöntemlerini kullanarak hata hesapları ve atmosferik modellemeleri yaparak düzeltme bilgilerini arazideki gezici alıcılara göndermektedir.

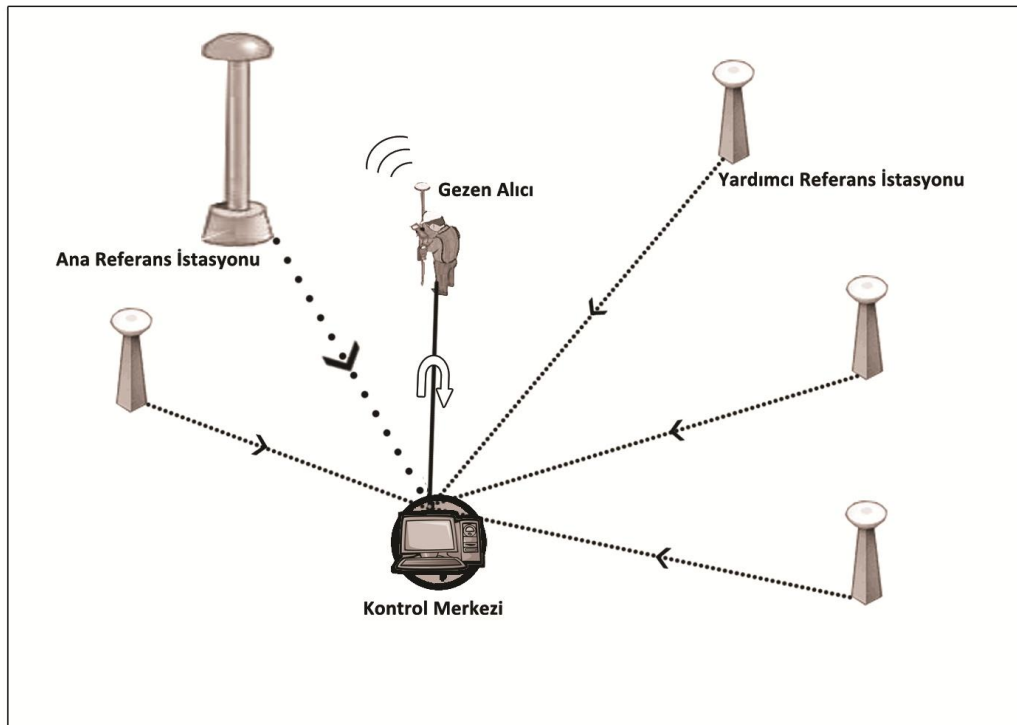
5.4.1 Ana Yardımcı Referans İstasyonları (MAC) Yöntemi

Ana ve yardımcı referans istasyonları teriminin İngilizce karşılığının (Master-Auxiliary Concept) (MAC) kısaltması olan MAC yönteminin temel prensibi, bir adet ana istasyon (master) ve birden çok yardımcı istasyondan (auxiliary) oluşan ağ içerisinde gezici alıcının konumunun belirlenmesine dayanır. Bu yöntemde önemli olan konum hesaplamalarının büyük bir kısmının gezici alıcıda yapılmasıdır [12].

MAC, etrafındaki referans istasyonlarından gelen veriyi gezicinin kontrol ünitesinde hesaplar. Bu nedenle sistem çok güçlü kontrol ünitesi gerektirdiği gibi, gelen veri miktarı çok fazla olduğundan kullanıcıya maliyeti yüksektir ve hassasiyet süreye bağlı olarak değişmektedir.

MAC yönteminin temel prensibi; GNSS ağına ve gözlemlerine ilişkin azami hata bilgisinin paket halinde gezen alıcılara gönderilmesidir. Böylece ağa ilişkin ne kadar çok

bilgi gelirse gezen alıcının kendi konumunu doğru olarak belirleme olasılığı o kadar artacaktır. MAC yönteminde, bir merkez referans istasyonu (master) ve onun “RTCM V3. 1 mesaj 1004” formatında tüm ham ölçü verileri ile diğer (auxiliary, yardımcı) referans istasyonlarının azaltılmış verileri birlikte kullanılmaktadır. MAC prensibinde referans istasyonları ile uydular arasındaki faz uzaklıkları ortak bir belirsizlik seviyesine getirilmektedir. Burada, tüm referans istasyonlarında kaydedilen faz gözlemleri arasında ikili faz farkları oluşturularak, tamsayı bilinmeyenleri çözümü minimum seviyeye düşürülerek geriye kalan iyonosfer, troposfer ve uydu yörünge hataları yüksek doğruluklarla modellendirilmektedir [31].



Şekil 5. 2 MAC yöntemi şeması

Gezicinin yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermesiyle kontrol merkezi, gezici için tüm referans istasyonları içinden bir ana istasyon ve birden çok (en fazla 14 adet) yardımcı istasyon belirlemektedir. MAC yönteminde ana istasyon, alıcıya en yakın istasyonun olması gerekmemektedir. Önemli olan noktanın alıcı ile aynı uydulara gözlem yapmış olmasıdır. Ana istasyonun işlevi düzeltme bilgilerinin yayınlanmasıdır. Ana istasyonun herhangi bir nedenle işlevini yerine getirememesi durumunda bu görevi yardımcı istasyonlardan biri üstlenmektedir [12].

MAC yönteminde:

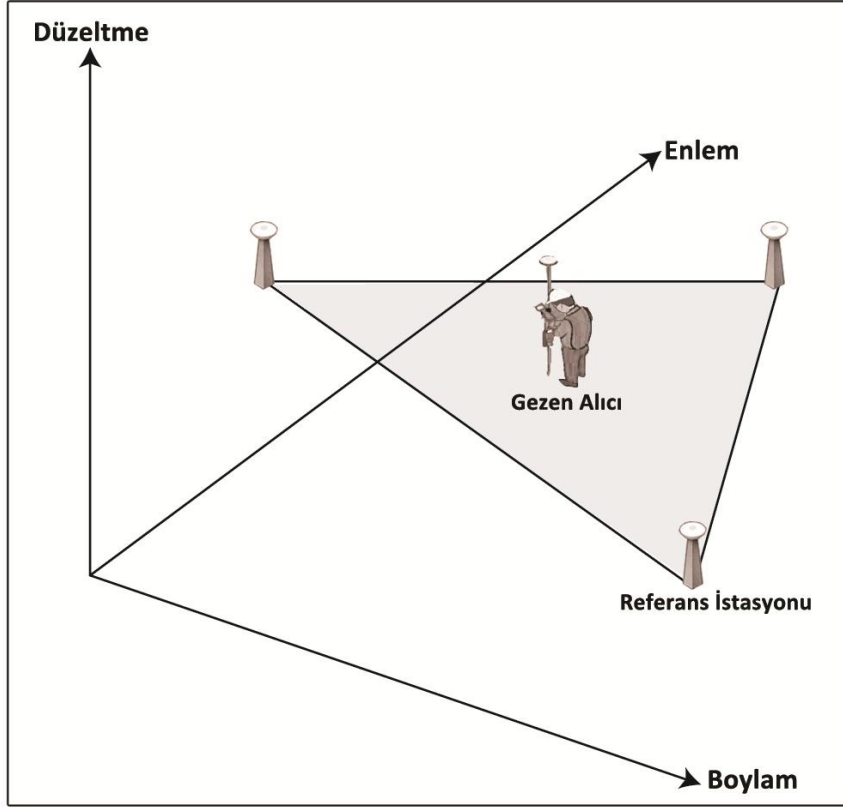
- Ana ve yardımcı referans istasyonların topladığı veriler kontrol merkezine iletilir.
- Kontrol merkezinde referans istasyonları için tamsayı belirsizliği çözülür.
- Gezici alıcı NMEA formatında konumunu kontrol merkezine bildirir.
- Tüm bilgiler RTCM 3.1 formatında geziciye gönderilir.
- Gezici kendi konumunu belirler [14].

5.4.2 Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP Yöntemi)

Alan düzeltme parametreleri yöntemi, tüm ağdan hesaplanmış her bir kullanıcıya özel bir düzeltmeyi kullanıcı konumuna en yakın referans istasyonu esas alarak yayınlamaktadır (Referans noktasından uzaklaştıkça hata miktarı artmaktadır).

Literatürde “Flachen Korrektur Parameter” (FKP) olarak da bilinen bu yaklaşımda tüm GPS ağı kullanılarak her sabit istasyonda iyonosferik, troposferik düzeltmeleri (taşıyıcı faz düzeltmeleri) hesaplanmaktadır [35].

Gezen alıcı, kontrol merkezinden alan düzeltme parametrelerini alır. Koordinat belirlemeye yönelik diğer işlemler alıcı tarafından gerçekleştirilir. İyonosferik etkiler kısa zaman aralıklarında değiştiği için düzeltme parametresi iyonosferik ve geometrik bileşen olarak iki bileşenden oluşur. Geometrik bileşen troposferik zaman gecikmesi ve yörünge hatalarını içermektedir [14].



Şekil 5. 3 FKP yöntemi şeması

Birkaç yıl önce Alman SAPOS (SAteellite POSitioning) grubu tarafından gündeme getirilmiş bir yöntemdir. Bu tekniğin temel prensibi VRS ile aynı olup, referans istasyonlarındaki bilgilerin gezen alıcılara aktarılmasıdır. Ancak gezen alıcının yaklaşık konumunun bilinmesine gerek yoktur. Burada düzeltmeler, gezen alıcının gerçek konumunun enterpole ile hesaplanabilmesine yarayan gradyen (değişim, açısıl) parametreleri şeklinde yayınlanmaktadır. Örneğin Alman SAPOS ağında servis sağlayıcılar, RTCM 2.3 standardında Mesaj-59'a ilave donanım bağımlı özel mesajla hizmet vermektedir. Söz konusu ilave mesajın içeriğini, mevcut bir referans istasyonu çevresindeki lineer iyonosferik ve geometrik düzeltme parametreleri oluşturmaktadır. Bu lineer düzeltmeler doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularındaki değişimleri ifade etmektedirler. Lineer düzeltmeler çok sayıda referans istasyonu verisi kullanılarak bir ağ sunucundan alınmaktadır. Ancak lineer düzeltme basit bir yöntem olduğundan FKP parametreleri tek bir referans istasyonunu çevreleyen sınırlı bir alan için geçerli değerler üretmektedir. FKP'de gezen alıcı ile referans istasyonu arasında iki yönlü iletişim kurulması durumunda istasyonları NMEA (GGA) koordinatları gerekmektedir.

Bu koordinatlar, gezen alıcı için en uygun referans istasyonlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır [31].

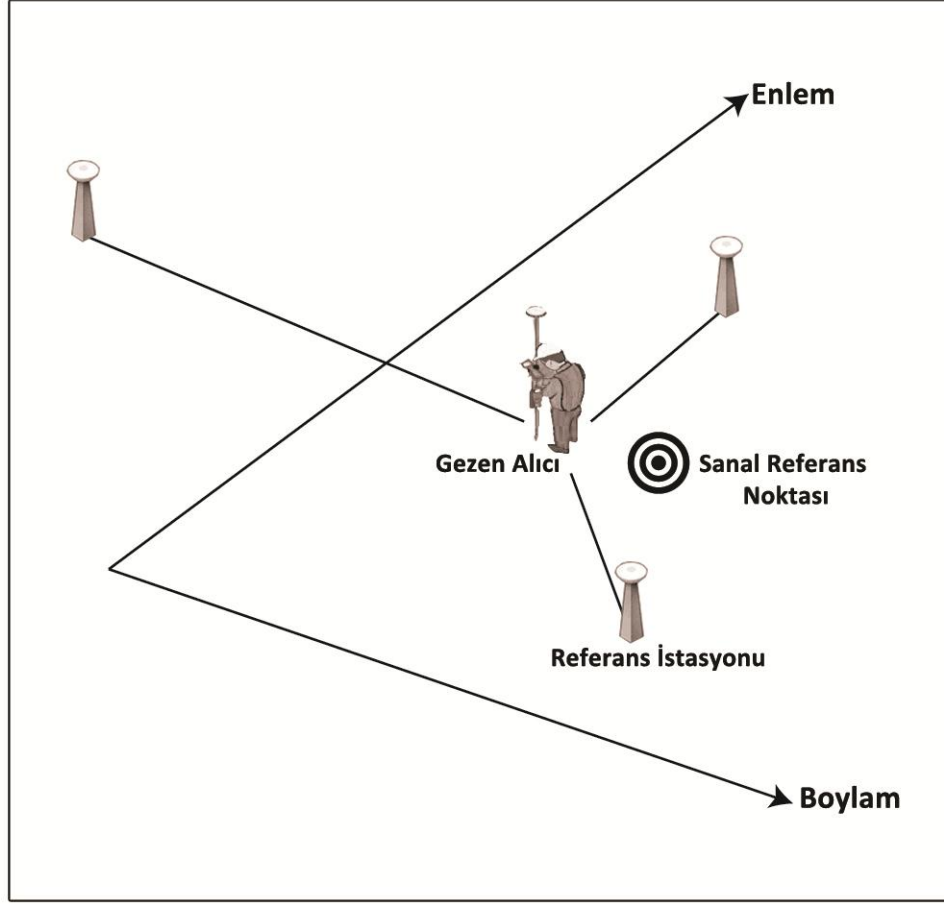
FKP tekniğinin genel olarak özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Referans istasyonu verileri hesap merkezinde toplanır ve analiz edilir.
- Hesap merkezinden gelen alıcılara tek yönlü iletişim vardır.
- Yayınlanan veriler referans istasyonu verileri ile ağa ilişkin modellenmiş iyonosferik düzeltme katsayılarıdır.
- Gezen alıcılar faz başlangıç belirsizliklerinin çözüm süresini kısaltmak ve doğruluğu arttırmak için referans istasyonu verilerini ve iyonosferik düzeltmeleri kullanarak RTK icra ederler.
- Bu yöntemle elde edilen düzeltmeler gezen alıcıda isteğe bağlı olarak enterpolasyon ve/veya VRS amaçlı kullanılabilir.
- Tek yönlü iletişim yeterlidir.
- Yeni bir veri formatı gerektirir ve bu yöntemle aktarılan veri hacmi tek bir istasyon verisine göre oldukça fazladır.
- Kullanıcı (gezen alıcı) sayısında sınırlama yoktur.

5.4.3 Sanal Referans İstasyonu (VRS) Yöntemi

Sanal Referans İstasyonu yönteminde, tüm ağdan hesaplanmış ve hatalardan ayıklanmış komprime, her bir kullanıcıya özel düzeltmeyi kullanıcı ile birlikte hareket eden sanal bir referans istasyonu üzerinden yayınlamaktadır.

Sanal referans istasyonu teriminin İngilizce karşılığının (Virtual Reference Station) kısaltması olan VRS yönteminin temel prensibi, gezici alıcının çok yakınında bir sanal istasyon oluşturarak gezici alıcının konumunun oluşturulan sanal istasyon yardımı ile belirlenmesine dayanır. Kontrol merkezi tarafından geziciden gelen NMEA formatında yaklaşık konum bilgisi yardımı ile çevredeki referans istasyonları verilerinden yararlanılarak gezicinin yakınında sanal istasyon oluşturulur. Böylelikle mesafeye bağımlı hatalar elimine edilmiş olur [12].



Şekil 5. 4 VRS yöntemi şeması

VRS yönteminde gezicinin koordinatları, gezici ve sanal referans istasyonu arasında oluşturulan baz hattının koordinat farkı bileşenlerinin sanal referans istasyonunun üç boyutlu koordinatlarına eklenmesi ile elde edilir. Gezici alıcı için oluşturulan sanal referans istasyonuna göre düzeltme bilgisi RTCM formatında gönderilir. Klasik RTK yönteminde olduğu gibi bağıl konum belirleme söz konusudur [14].

VRS sisteminde işlem adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- CORS Ağı istasyonlarından veriler hesap ve kontrol merkezine 1 saniye aralıklarla aktarılır.
- Gezen alıcı kendi yaklaşık konumunu (± 100 m) kontrol ve hesap merkezine gönderir (NMEA formatında)

- Hesap ve kontrol merkezinde gezen alıcının hangi üçgen içerisinde olduğu belirlenir ve gezen alıcının yaklaşık koordinatları kullanılarak VRS verisi hesaplanır.
- VRS verileri RTCM formatında gezen alıcıya gönderilir.
- Gezen alıcıda standart RTK çözümü yapılarak konum belirlenir.
- Gezen alıcı VRS verilerinden yararlanarak hesapladığı yeni konumunu tekrar kontrol ve hesap merkezine gönderir ve yukarıda anlatılan işlemler tekrarlanır [31].

5.5 GPS 'deki Hata Kaynakları

GPS günümüz mevcut koşullarında yüksek doğrulukta küresel konum belirleme aracı olmasına rağmen, birçok ölçüm aletleri gibi hatalardan bağımsız değildir. GPS' in ölçü sonuçlarını etkileyen atmosferik, donanımsal, çevresel ve fiziksel etkenler olmakla beraber, konum belirlemede esas olan uydu – alıcı arasındaki mesafenin doğru olarak belirlenmesidir. Bu nedenle GPS hata kaynaklarını aşağıdaki başlıklar altında inceleyebiliriz.

5.5.1.1 Uydu Yörünge Hataları

GPS navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu veya kasıtlı olarak yanlış yayınlanması durumunda karşılaşılan hata, efemeris hatası olarak adlandırılmaktadır. Konum belirleme doğrulukları, geçmişte ABD tarafından kasıtlı olarak yanlış yayınlanmaktaydı. Bu durum Mayıs 2000' den itibaren kaldırılmıştır.

Uydu efemeris hatası uydu yörüngelerinin daha duyarlı hesabını gerektirir. Bu da uydulara etki eden hataların çok iyi ölçülmesi ve modellenmesine bağlıdır. Birkaç kilometrelik bazlar da efemeris hatasını etkisi çok küçük olurken bazlar büyüdükçe hata büyüklüğünün de arttığı gözlemlenmiştir [26], [36].

5.5.1.2 Uydu Saat Hataları

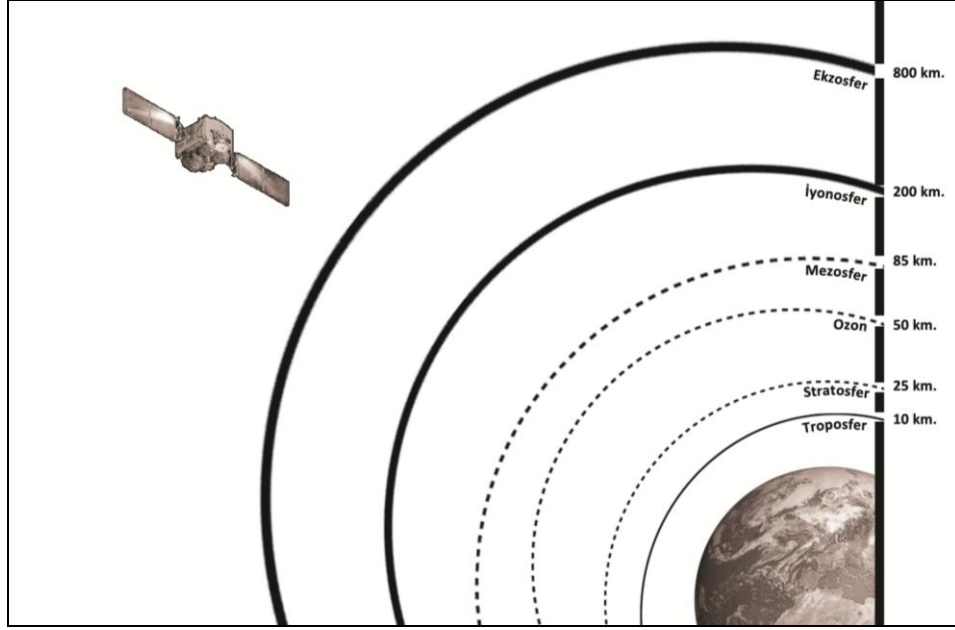
GPS 'in doğruluğu, hassas zaman ölçümlerine bağlıdır. GPS ile konum belirlemenin temelini zaman ölçüsü oluşturmaktadır. Uydularda yaklaşık 10^{-13} - 1 hassasiyetinde sezyum ve rubidyum gibi hassas atomik saatler kullanılmasına rağmen zamana bağlı olarak bu hatanın büyüebilmektedir. Hatalar navigasyon mesajı içinde kullanıcılara iletilir. Bu hata miktarları mutlak konum belirlemede etkilidir. Aynı zamanda hem kod ölçülerinin hem de faz ölçülerini etkilerler ancak kullanılan fark teknikleri ile en aza indirilebilmektedir.

5.5.1.3 İyonosfer Etkisi

İyonosfer, yeryüzünden yaklaşık 100 km yükseklikte başlar ve 1000 km'ye kadar devam eder. Yeryüzü etrafındaki küresel bir kabuk olarak da düşünülebilir. İyonosfer saçıcıdır (dispersif) ve nötr moleküllerin, solar radyasyondan dolayı, iyonlaşmasından kaynaklanan serbest elektronları içerir. İyonosferin GPS sinyallerine olan etkisi elektron yoğunluğuna bağlıdır. Elektron yoğunluğu, yaklaşık 300-400 km yüksekliğe kadar artar ve sonra tekrar azalmaya başlar. Bunun nedeni; alçalan yükseklikle solar radyasyon yoğunluğunun azalması ve artan yükseklikle atmosferik yoğunluğun azalmasıdır. Atmosferdeki serbest elektron yoğunluğu, coğrafik ve jeomanyetik konuma, solar ve jeomanyetik aktiviteye, mevsimlere ve gün saatine bağlı olarak değişir [37].

GPS sinyalleri elektromanyetik sinyallerdir, lineer olmayan şekilde yayılırlar ve iyonosfer gibi bölgelerden geçerken yansımaya uğrarlar. GPS sinyallerinin yansıma ve dağılması iyonosfer tabakasının bir etkisidir. Bu etki GPS uzunluk değerlerinde hatalara neden olmaktadır. Ayrıca iyonosfer etkisi kullanılan frekansa da bağlıdır [38].

Çift frekanslı GPS alıcılarının, çift frekans özelliğinden yararlanılarak iyonosferik hatalar gibi bazı sistematik hatalardan sistem arındırılabilir. [39].



Şekil 5. 5 GPS sinyallerinin atmosferde ilerlediği tabakalar

GPS ölçümleri yüksek güneş ışınlarının mevcut olduğu veya uyduların ufka yakın olduğu periyotta gerçekleştirilirse, GPS değerleri üzerinde iyonosferden dolayı ortaya çıkan hata miktarları çok yüksek olmaktadır. GPS ölçümleri güneş ışınlarının aktifliğinin en az olduğu (refraksiyon) gece veya uyduların başucu noktasına yakınlaştığı zamanda yapılırsa, iyonosferik hata GPS ölçümleri üzerinde en az seviyede yer almaktadır [38].

Ölçü yapan iki alıcı için iyonosferik etki, kısa baz uzunluklarında tekli, ikili ve üçlü fark alma yöntemleri kullanılarak, uzun bazlarda ise çift frekanslı alıcılar kullanılarak büyük ölçüde giderilmektedir [40].

5.5.1.4 Troposfer Etkisi

GPS uydusundan yayılan sinyaller atmosfere girmeden önce uzaydaki boşluktan geçer. Daha sonra sırasıyla iyonosfer, mezosfer, stratosfer ve troposfer tabakalarından geçmektedir. Yani troposfer havanın yeryüzü ile temas ettiği en alt tabakasıdır.

Troposferik koşulların neden olduğu GPS sinyalinin refraksiyonu troposferdeki kuru ve yaş su buharı bileşenlerinin ölçülmesiyle modellenenebilir [38].

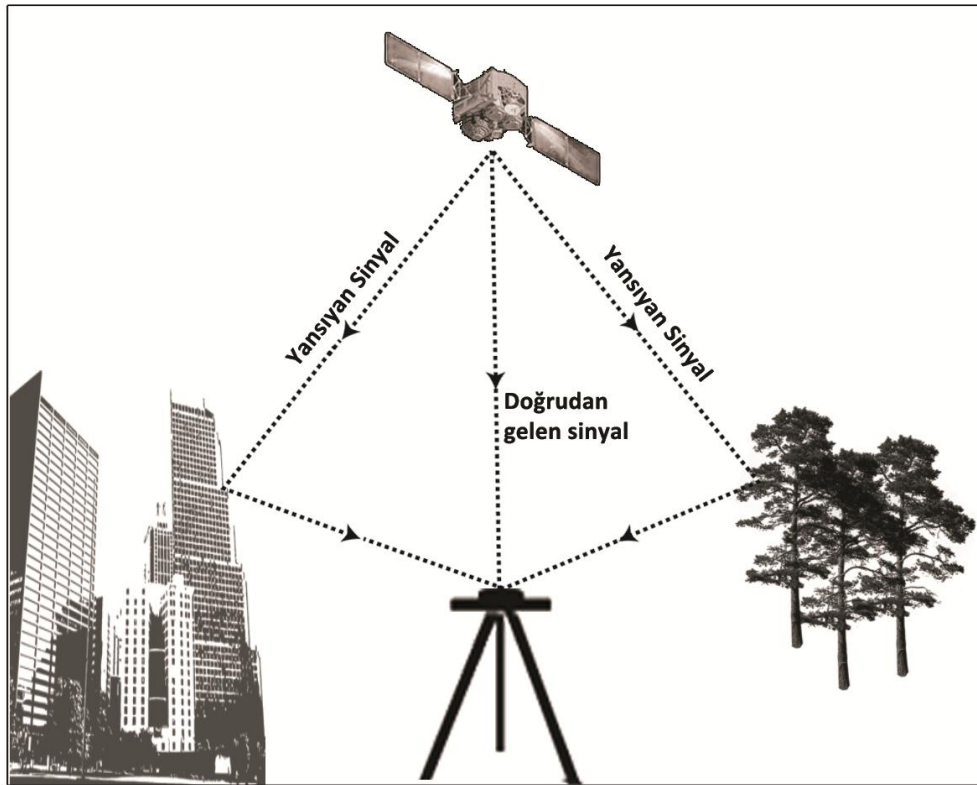
Uydu ile alıcı arasında seyahat eden sinyalin yükseklik (eğim) açısı 15°'nin altında olduğu durumlarda troposferik gecikme çok büyük boyutlara ulaşmakta ve modellenmesi daha da zorlaşmaktadır. Bu yüzden GPS ölçmeleri yapanlardan

troposferden ve sinyal yolu eğriliğinden fazla etkilenmemeleri için gözlemlerini 15°'nin altına inen uydulara yapmamaları tavsiye edilir [41].

5.5.1.5 Sinyal Yansıma (Multipath) Etkisi

Yansıma hatası, uydudan yayınlanan sinyal alıcı antenine gelmeden önce, yansıtıcı bir yüzeyden yansıyarak alıcıya ulaşmasından kaynaklanan hatadır. Yansıma hatasında kastedilen genellikle alıcı anten çevresindeki yansıtıcı yüzeylerden kaynaklananlardır.

Uydulardan yayınlanan sinyallerin alıcı antene bir ve ya daha çok yol izleyerek esas sinyale karışıp ulaşmasına sinyal yansıma (multipath) etkisi denir.



Şekil 5. 6 Multipath etkisi

Multipath, sinyal modülasyonu ile taşıyıcı fazı bozar ve böylece erişilmesi gereken doğruluğu azaltır. Multipath hataları, doğrudan alıcıya ulaşan sinyallerle su yüzeyi, metalik yüzeyler, binalar vb. objelerden yansıyan sinyallerin birlikte alıcıya ulaşması sonucu ortaya çıkar ve elde edilen sinyalin, yansıyarak alıcıya ulaşan sinyaller nedeniyle bozulmasına yol açar. Multipath etkisi, özellikle de büyük yansıtıcı yüzeylerin yakınındaki istasyonlarda ya da özel olarak multipath etkisini azaltacak şekilde

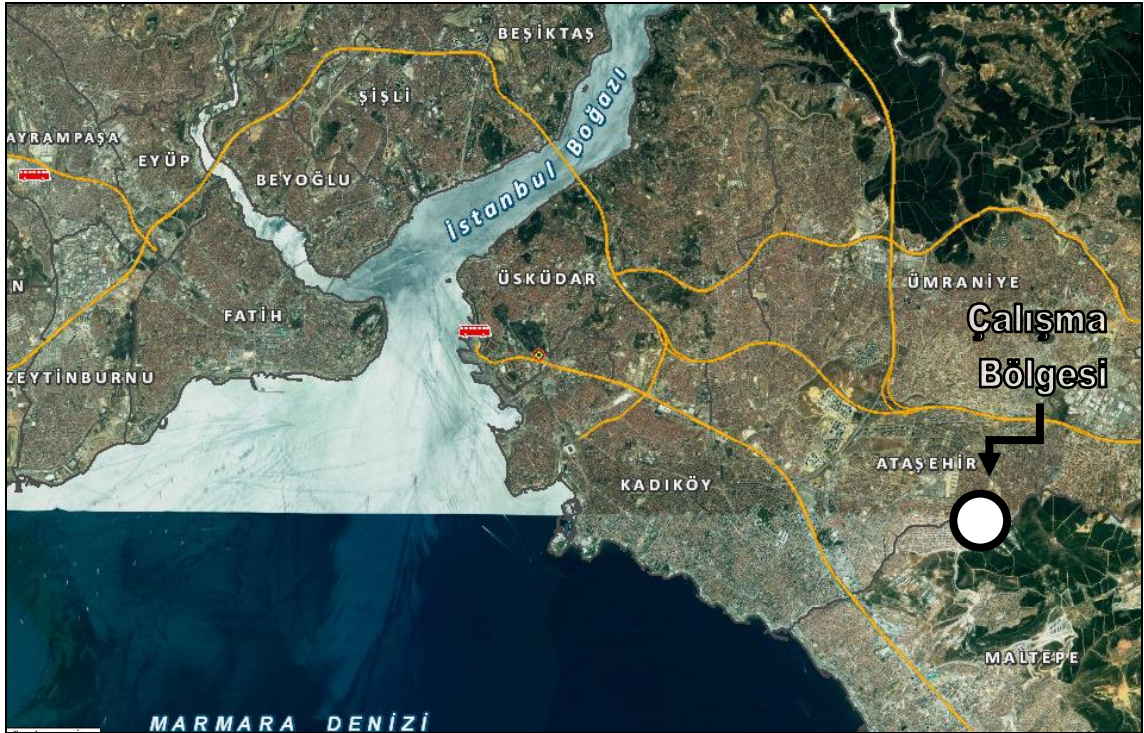
tasarlanmış antenlerin kullanımı ve dikkatli yer seçimi (örneğin, birçok ölçme çalışması sırasında çok güç olsa da, yansıtıcı yüzeylerden uzak durmak) gibi öneriler vardır [20], [42].

Multipath etkisini azaltmak amacıyla yeni anten türleri ve yeni alıcı (signal processing) teknolojisi geliştirme konulu çalışmalar yapılmaktadır. Hala bilinmeyen bir olgu olan multipath etkisi, ölçme doğrultusu ufka yakınlaştıkça daha da önemli hale gelir. Ancak birbirlerini izleyen günlerde yapılan GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar multipath hatasının ardışık günlerde hemen hemen aynı düzeyde gerçekleştirildiğini ortaya koymaktadır [43].

Ölçümlerinde multipath etkisini azaltmak için GPS alıcılarında Choke Rings, Ground Plane gibi antenlerin kullanımı etkileri azalttığı görülmüştür. Ancak etkileri azaltmaktaki en etkili yöntem ölçüm yapılacak yerin seçiminden kaynaklanmaktadır.

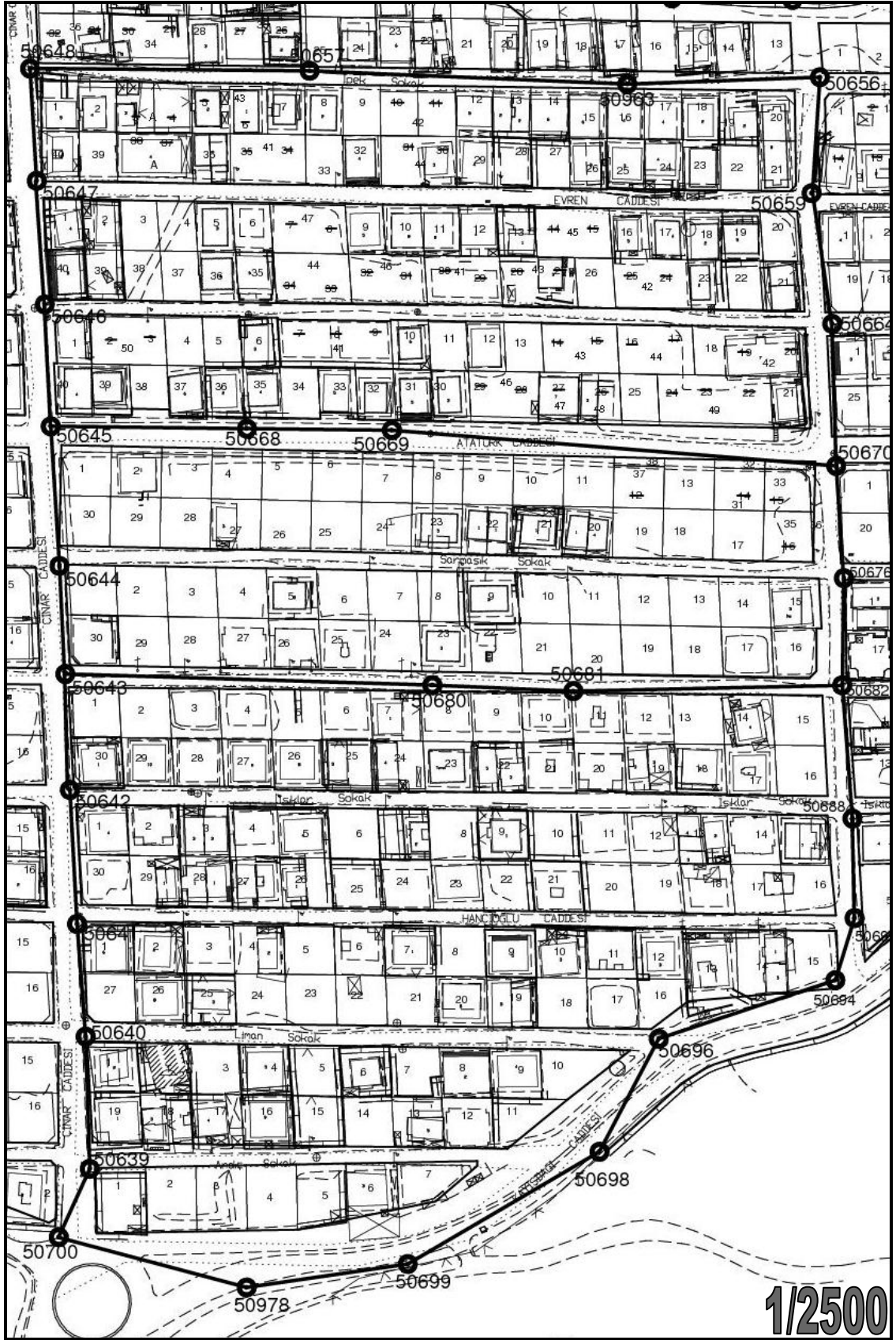
6.1 Çalışma Bölgesi

Uygulama bölgesi olarak İstanbul ili, Maltepe İlçesi, Fındıklı Mahallesi'nde yerleşim alanında yer alan daha önce tesis edilmiş ve ölçülmüş yaklaşık 200 adet kadastral poligondan, birbirini gören 30 adet poligon seçilmiştir. Çalışma bölgesinin İstanbul ili içerisindeki konumu Şekil 6. 1 'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 1 Çalışma alanının İstanbul ili içerisindeki konumu

42



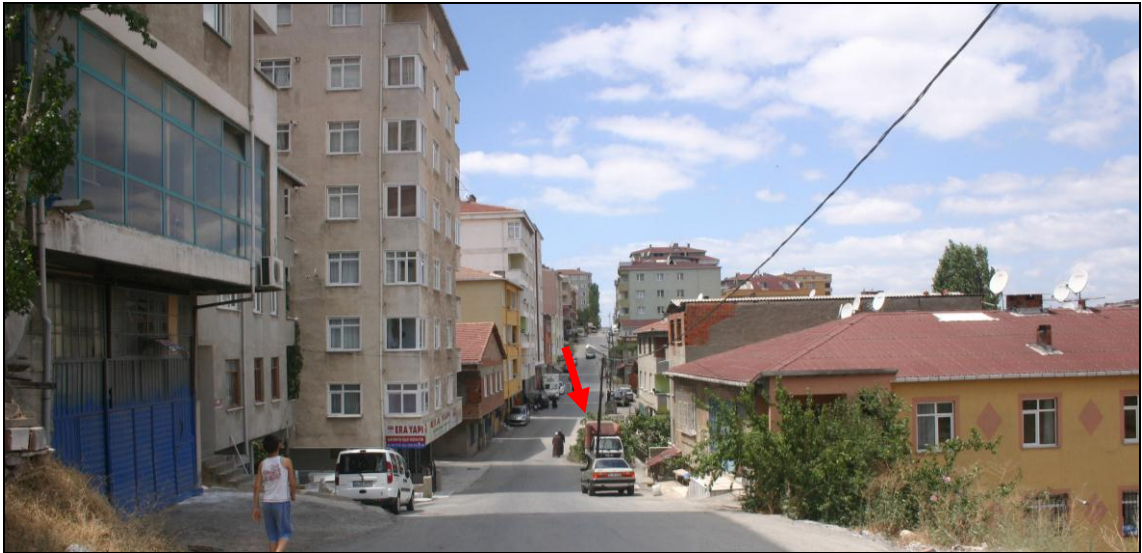
Şekil 6. 3 Çalışma bölgesinin sayısal harita olarak görünümü

Tez çalışmasında kullanılmak üzere seçilmiş kadastral noktalar P.50XXX olarak numaralandırılmış olup çalışmada karışıklığa yol açmaması açısından son üç hanesi “XXX” kullanılmıştır.

Ölçümlerin gerçekleştirilmek için seçilmiş olan 30 kadastral noktadan 29 tanesi zeminde bulunmuş ve ölçüme uygun oldukları kanaatine varılmıştır. Ancak 1 tanesinin (656 numaralı nokta) tahrip olduğundan yerinde tespit edilememiş ayrıca eski durumuna göre sokakta yerleşimin değiştiği görüldüğünden başka bir yere noktanın tesisi yapılmıştır.



Şekil 6. 4 Yeniden tesis edilen 656 numaralı kadastral nokta



Şekil 6. 5 Ölçüm yapılan 963 numaralı kadastral nokta

6.2 Çalışmada Kullanılan Donanımlar

Uygulamada TOPCON marka HyperPRO GNSS alıcıları ve FC200 El Kontrol Ünitesi kullanılmıştır.

Çizelge 6. 1 Uydu ölçme donanımlarının teknik özellikleri

HyperPRO GNSS Alıcısı	
İzleme kanalları	40 L1 GPS (20 GPS L1+L2+GLONASS Cinderella günlerinde)
İzlenen sinyaller	20 GPS L1+L2 (GD) veya GPS L1 + GLONASS (GG) L1/L2 C/A ve P kod & taşıyıcı ve GLONASS
Baz Hassasiyeti (Statik-hızlı statik)	L1+ L2 için :3mm+0.5 ppm, L1 için H:5mm+0.5 ppm
RTK (OTF)	L1 +L2 için :10mm+1.0 ppm, L1 için H:15mm+1.0 ppm
FC 200 El Ünitesi	
İşlemci Tipi / Hızı	Intel Xscale PXA 270 / 520MHz
İşletim Sistemi	Windows CE.net 5.0
Hafıza RAM/ROM	256Mb SDRAM / 512 MB Flash ROM
Ekran	240*320 QVGA / 3.8 inç TFT renkli, 256K renk
Bağlantı Radyo	RS-232C(Δ y-sub 9) seri, USB rev1.1(Mini-B tip), USB rev 1.1 (Tip A), Compact Flash (Tip I/II uyumlu) SDIO/MMC
Bağlantı Bluetooth	Opsiyonel kablosuz bağlantı (30 pin ünite uyumlu) RS-1 2.4 GHz spread spectrum kapalı ünite Opsiyonel 802.11b/g WiFi Bluetooth sınıf II

6.3 Uygulamanın Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında CORS yönteminin kadastral çalışmalarda uygulanabilirliğini incelemek için statik GPS ölçü yöntemi, RTK GPS yöntemi, kutupsal alım yöntemi ve CORS yöntemiyle VRS ve FKP teknikleri ile ölçüm yapılmıştır.

Bu çalışmada karşılaştırılacak nokta koordinatlarının yüksek doğrulukta elde edilmesi amaçlanmıştır. Tüm noktaların koordinatları gerçek değerine oldukça yakın bir şekilde yüksek doğrulukta bilinmelidir. Bunun için her noktanın koordinatları, güvenilirliği kabul görmüş olan statik yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Statik yöntem ile yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda uzun süreli uydu gözlemleri yapılmalıdır.

Çalışmada seçilmiş olan 30 kadastral noktada statik ölçü yöntemiyle uydu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 2, 3 ve 4 saat süreli olmak üzere noktaların konumu göz önünde bulundurularak ölçüm yapılmıştır. Bu ölçüm sürelerinin seçiminde noktanın

sokak içinde bulunması uydu görüş açıklığı, multipath gibi etkilere oluşabilecek hataları elimine etmek amacıyla ölçü süreleri riskli noktalarda daha uzun tutulmuştur.

Statik ölçümlerinin değerlendirmesi IGS istasyonlarına bağlı olarak SOPAC arşiv verileri kullanılarak BERNESE 5.0 akademik yazılımında yapılmıştır.

Tez çalışmasında, kadastral noktalardan statik ölçüm sonuçlarından duyarlılığı yüksek ve çalışma bölgesine hâkim noktalardan biri referans istasyonu olarak seçilerek diğer noktalarda klasik RTK ve CORS ölçümleri yapılmıştır.

Ayrıca çalışma bölgesinde yer alan kadastral noktalar 2 ayrı lup ve 4 nokta sabit alınacak şekilde poligon güzergâhı seçilmiş ve kutupsal alım ile ölçümleri yapılmıştır. Kutupsal alım yöntemiyle yapılan ölçümlerde sabit alınan noktalarda 4 saat ve üzeri ölçüm yapılmıştır.

Uygulama bölgesinde ayrı oturumlarda İSKİ-UKBS CORS ağına bağlı olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. VRS ve FKP tekniğiyle her iki periyotta da ölçüm yapılmaya çalışılmıştır.

6.4 Statik Ölçülerinin Değerlendirilmesi

RTK uygulamalarında referans alınan noktanın ve kutupsal alımda sabit alınan poligon noktalarının güvenilir olması gerekmektedir. Ayrıca kadastral noktalarında koordinatlarının karşılaştırılabilmesi için sonuç olarak hepsinin duyarlı ve güvenilir bir biçimde konum bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kadastral noktalarda uzun süreli statik ölçümler gerçekleştirilmiştir.

BÖHHBÜY göre C4 derece poligon noktalarının statik yöntemle (C1, C2, C3 derece noktalara dayalı olarak) belirlemek için aşağıdaki şartları sunmaktadır.

- *Uydu sayısı: En az beş adet,*
- *Uydu yükseklik açısı: En az 10°,*
- *Veri toplama aralığı: 10 saniye veya daha az,*
- *Baz uzunluğu: En fazla 5 km,*
- *Gözlem Süresi: En az 7 dakika alınır.*

- Gözlemler, en az iki referans noktasına dayalı yapılır. Hesaplanan nokta konum doğruluğu yatayda ve düşeyde ± 8 cm'yi geçemez [44].

Statik yöntemle GPS ölçümleri 12 - 13.05.2012 tarihleri arasında (133. – 134. GPS günlerinde), 17.05.2012 (138. GPS gününde), 12 – 16.06.2012 tarihleri arasında (164. – 168. GPS günleri arasında) ve 26 – 28.06.2012 tarihleri arasında (178. – 180. GPS günleri arasında) yapılmıştır.



Şekil 6. 6 Kadastral noktaların ölçüm süreleri ve konumları

Çalışmada bütün noktalardaki statik ölçümlerde uydu yükseklik açısı 10° alınmış veri toplama aralığı 10sn olarak ayarlanmıştır. Noktaların sokak içerisindeki konumu, sokak içerisinde uydu görüş açıklığını engelleyecek yüksek binalar olması durumuna göre ve ağaç veya yapıların multipath etkisi oluşturması gibi olumsuz etkileri elimine etmek için yaklaşık 2, 3 ve 4 saatlik ölçüm süreleri oluşturulmuştur. RTK yöntemiyle ölçümde referans noktası olarak kullanılacak 670 numaralı noktada yaklaşık 8 saatlik ölçüm yapılmıştır.

Ölçümlerde 2 adet TOPCON HyperPro GNSS alıcısı kullanılmıştır. Her noktada anten yükseklikleri üç kez ölçülmüştür.

Kadastral noktalarda yapılmış olan statik ölçümler, IGS noktası olan ISTA ve TUBI noktaları sabit alınarak BERNESE 5.0 yazılımı ile değerlendirilmiştir. Koordinatlar ITRF 2008 datumunda elde edilmiştir.

Değerlendirmede SOPAC arşivinde yer alan IGS noktası olan ISTA ve TUBI noktalarının IGS Final (Sonuç) hassas efemerisleri kullanılmıştır.

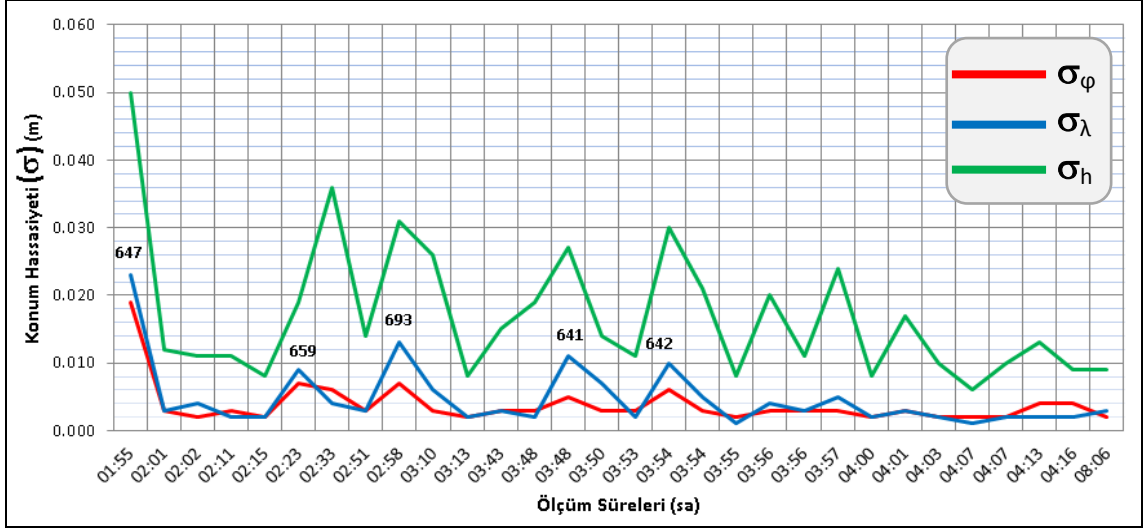
Uydu ölçümlerinin BERNESE yazılımında değerlendirmesi sonucu elde edilen kadastral noktalara ait UTM koordinatları Çizelge EK-A-1. 1 'de verilmiştir.

Değerlendirme sonrası noktalara ait karasel ortalama hatalar incelendiğinde, enlem hatasının en yüksek değeri 1.9 cm, en düşük değeri 0.2 cm olarak, boylam hatasının en yüksek değeri 2.30 cm, en düşük değeri 0.1 cm, elipsoid yükseklik hatasının değeri ise en yüksek 5.00 cm, en düşük 0.6 cm olarak elde edilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6. 2 Statik GPS sonuçlarının hassasiyeti

	σ_{φ}	σ_{λ}	σ_h
Min. (cm)	0.20	0.10	0.60
Max. (cm)	1.90	2.30	5.00
Ortalama (cm)	0.4	0.5	1.7

Statik ölçüm yapılan tüm noktaların, ölçüm süreleri ve standart sapmalarının yer aldığı tablo, Çizelge EK-A-1. 2'de verilmiştir.



Şekil 6. 7 Statik ölçüm sürelerine göre konum hassasiyeti

Şekil 6.7 'de yer alan grafikte görüldüğü gibi ölçüm süresinin 2 saat ve üzeri olan noktalarda süre arttıkça hataların azaldığı görülmektedir. Aralarda pik yapan noktalara bakıldığında 647 numaralı noktada gözlem süresinin en kısa olması, hata değerlerini yüksek göstermekte olup, 641, 642, 659 ve 693 numaraları noktalar incelendiğinde gözlem süreleri 2 saatten yüksek olup, konumlarından kaynaklanan uydu görüş açıklığı, multipath etkisi gibi dış etkenlerden etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu noktalarda olumsuz etkilere rağmen noktaların koordinatları statik ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda enlem hatası 2 cm den az, boylam hatası 1 cm den az, elipsoidal yükseklik hatası 3 cm den az olarak elde edilmiştir. Olumsuz etkilerin olabileceği noktalarda 2 saatten daha uzun süreli gözlem yapılarak en asgari hatalar ile ölçüm yapılmaya çalışılmıştır.

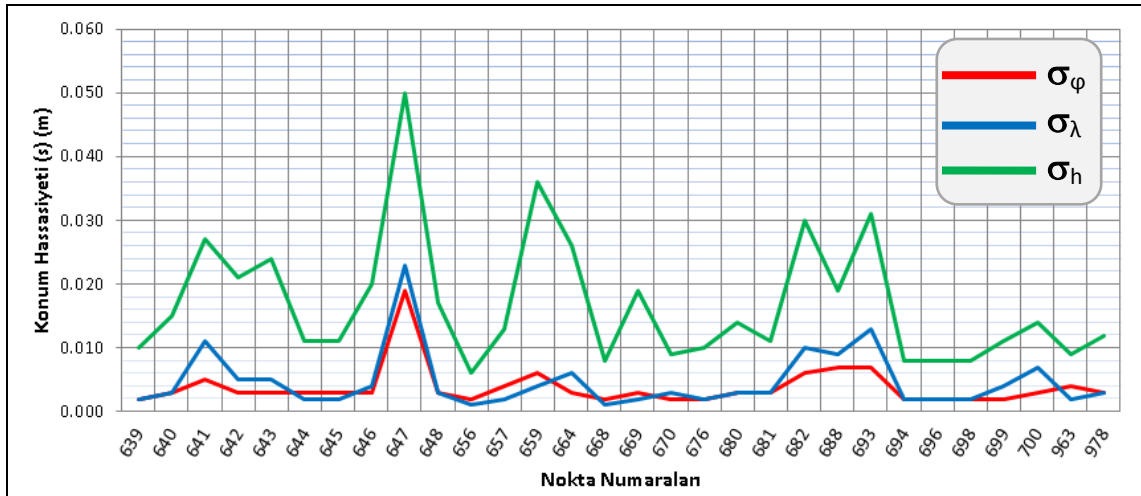


Şekil 6. 8 Statik ölçüm yapılan kadastral nokta (693 nolu)

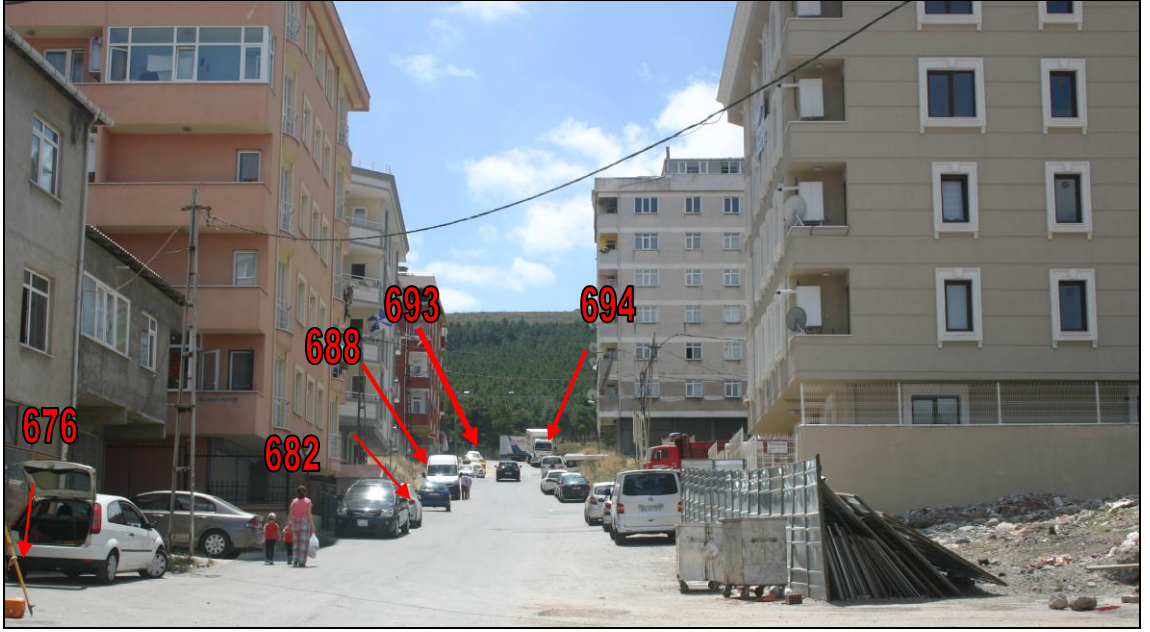


Şekil 6. 9 Statik ölçüm yapılan kadastral nokta (642 nolu)

Sonuç olarak kadastral noktaların statik ölçüm ile IGS noktası olan ISTA ve TUBİ noktalarına dayalı olarak ITRF 2008 datumunda ve ölçü epoğunda güncel olarak koordinatları enlem hatası ortalama 5 mm, boylam hatası ortalama 4 mm, elipsoidal yükseklik hatası ortalama 17 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. 10 Statik ölçüm yapılan noktalardaki konum hassasiyeti



Şekil 6. 11 Statik ölçüm yapılan 676, 682, 688, 693 ve 694 numaralı kadastral noktaların sokak içindeki görünüşleri



Şekil 6. 12 Statik ölçüm yapılan 670, 676, 682, 688, 693 ve 694 numaralı kadastral noktaların uydu fotoğrafı üzerinde gösterimi



Şekil 6. 13 Statik ölçüm yapılan 688 ve 676 numaralı kadastral noktalar

6.5 RTK GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında kadastral noktalardan yaklaşık 8 saat statik ölçüm yapılan, duyarlılığı yüksek ve çalışma bölgesine hâkim noktalardan biri olan 670 numaralı nokta referans istasyonu olarak seçilerek diğer noktalarda RTK GPS ölçümleri yapılmıştır.

BÖHHBÜY göre C4 derece poligon noktalarının kinematik yöntemle (C1, C2, C3 derece noktalara dayalı olarak) belirlemek için aşağıdaki şartları sunmaktadır.

- Farklı zamanlarda en az iki kez GPS gözlemi (iki oturum) yapılmalı,
- İki oturumda elde edilen izdüşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar 7 cm'den fazla olmamalı,
- Gözlenen uydu sayısı en az 5 adet olmalı,
- Uydu yükseklik açısı minimum 10° olmalı,
- Veri toplama aralığı 5 saniye veya daha az olmalı,
- Referans noktasına uzaklık en fazla 5 km olmalı,
- Gözlem süresi her noktada en az 5 epok olmalı,
- Oturumlar arası zaman en az 1 saat olmalıdır [44].

RTK ölçümlerinde 2 adet TOPCON HyperPro GNSS alıcısı ve FC200 El Kontrol Ünitesi kullanılmıştır.

Tez çalışmasında gerçekleştirilen 26.06.2012 tarihindeki uygulamada 670 numaralı kadastral nokta referans istasyonu olarak seçilmiştir. Uydu yükseklik açısı 10° olarak ayarlanmış, gözlem süresi her noktada 10 epok olmak üzere (her epok 1 sn) bütün noktalarda tek oturum ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmada referans noktasının koordinatları ITRF 2008 datumunda ve ölçü epoğunda hesaplandığından, RTK koordinatları da ITRF 2008 datumunda ve ölçü epoğunda ölçülmüştür.

RTK GPS ölçümü gerçekleştirilen kadastral noktaların referans noktasından uzaklıkları yaklaşık 45 m ile 450 m arasında değişmektedir. Ölçüm sırasında referans noktasından yaklaşık 45 m – 150 m mesafe uzakta olan noktalarda zayıf uydu görüşü ve multipath etkisi gibi etmenler nedeniyle tamsayı belirsizliği hesaplanamadığından ortalama 30 – 60 dk arasında tamsayı belirsizliği çözümü için beklenmiştir.



Şekil 6. 14 RTK ölçümlerinde referans istasyonu olarak kullanılan 670 numaralı kadastral nokta

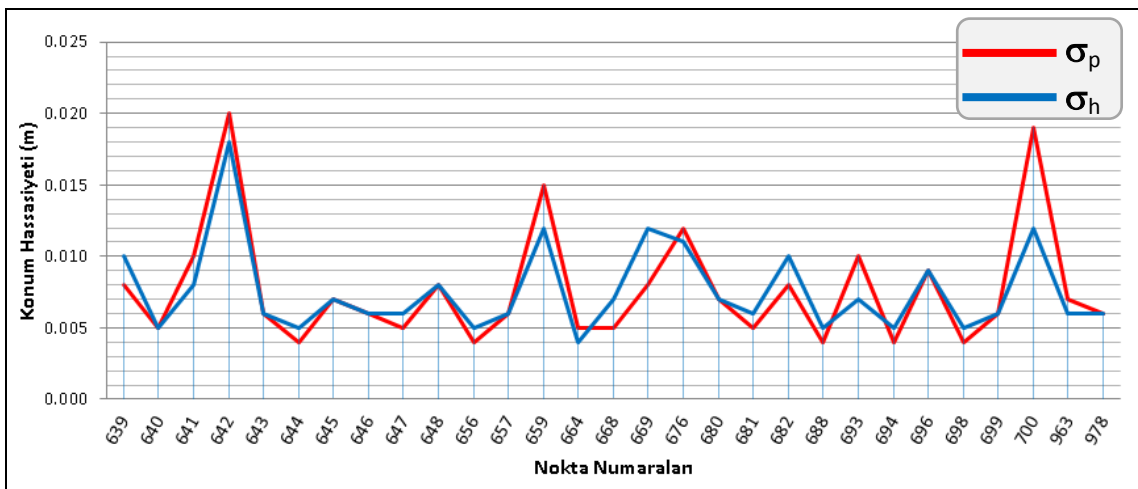
Referans noktasının (670 numaralı kadastral nokta) güney - batı yüzü açık alanda yer almakta olup doğu yüzünde, etrafında binalar bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzey ve güney olmak üzere iki kısımda düşünersek, çalışma alanının yaklaşık orta kısmında etkilerden en az etkilenebilecek, referans noktası seçimi için uygun olduğu düşünülmüştür.

Bu çalışma, yerleşim alanında yapılmış olup referans noktasından yaklaşık 350 – 450 m mesafedeki en uzak noktalardeki ölçümlerde referans alıcıdan gelen radyo sinyallerinde zayıflama görülmemiş ancak düzensiz uydu dağılımı ve zayıf uydu geometrisi nedeniyle tamsayı belirsizliği çözülene kadar beklenmiştir.

RTK ölçümlerinden elde edilen UTM koordinatları Çizelge EK-A-2. 2 'de tablolarda verilmiştir. Ayrıca ölçüm noktalarına ait istatistiksel bilgilerin (GPS/GLONASS uydu sayıları, PDOP, VDOP ve GDOP değerleri ile yatay ve düşey karesel ortalama hataları) yer aldığı tablo Çizelge EK-A-2. 2'de verilmiştir.



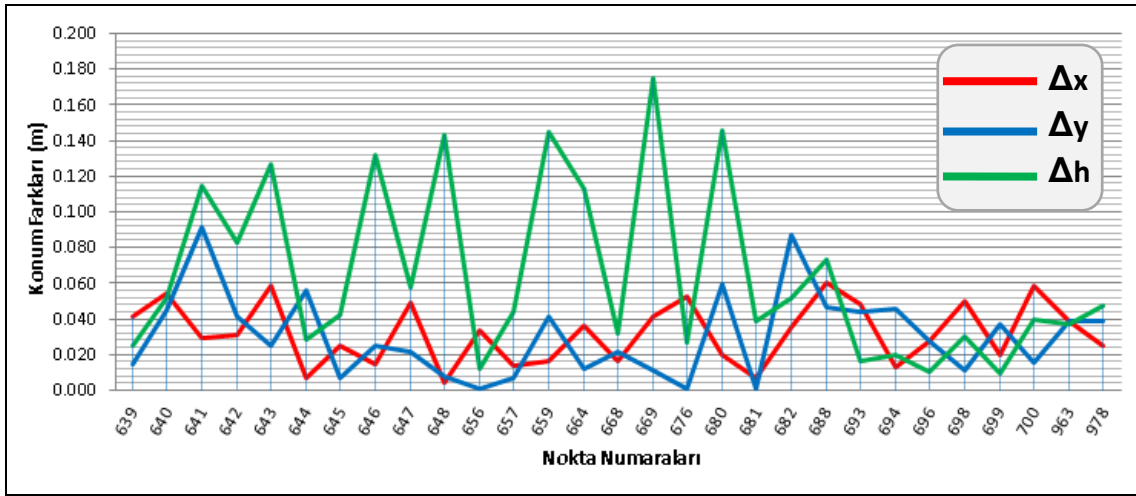
Şekil 6. 15 RTK ölçümü yapılan 659 numaralı kadastral nokta



Şekil 6. 16 RTK ölçümlerinden elde edilen konum hassasiyeti

Şekil 6.16 incelendiğinde, yatay konum doğruluğunun 0.4 cm ile 2.0 cm arasında değiştiği, düşey konum doğruluğunun 0.4 cm ile 1.8 cm arasında değiştiği, uygulama sonucunda elde edilen yatay ve düşey konum doğruluğu ortalama 0.8 cm olduğu görülmektedir.

RTK yöntemi ile anlık konumlama tekniğinin ölçüm doğruluğunun kontrolünde, RTK ölçümü yapılan kadastral noktaların koordinatları ile statik ölçümler sonucu elde edilmiş hassas koordinatların karşılaştırılması olacaktır. RTK ile Statik ölçümler arasındaki koordinat farkları Çizelge EK-A-2. 3’de verilmiştir.



Şekil 6. 17 Statik ölçümler ile RTK ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farkları

Statik ölçümler ile RTK ölçümleri karşılaştırıldığında Δx yönünde mutlak farkların 0.4 cm ile 6.0 cm arasında, Δy yönünde mutlak farkların 0.1 cm ile 9.0 cm arasında değiştiği, Δh yönünde 0.9 cm ile 17.5 cm arasında değiştiği görülmektedir. Mutlak ortalama farklar Δx yönünde 3.2 cm, Δy yönünde 3.0 cm, Δh yönünde 6.5 cm olarak elde edildiği görülmüştür (Şekil 6.17).

Çizelge 6. 3 RTK ölçümler ile Statik ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $
Min. (cm)	0.40	0.10	0.90
Max. (cm)	6.00	9.00	17.50
Ortalama (cm)	3.2	3.0	6.5

Yerleşim alanında yer alan 29 adet kadastral noktada yapılan RTK ölçümlerinde sadece 3 noktada statik ölçümler ile elde edilen koordinatlardan, Δx ve Δy bileşen farklarının 2 cm'nin altında kaldığı görülmüştür. Bu 3 noktada ise Δh farklarının 3.9 cm, 4.4 cm ve 14.6 cm olarak elde edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda 29 noktanın 20 tanesinde Δx , Δy bileşen farkları 5 cm in altında kaldığı görülmüş olup bu noktalarda Δh farkları ise 14 tanesinde 5 cm 'in altında olduğu hesaplanmıştır.

Ölçüm cihazının, GPS/GNSS alıcısının algoritmasından sunduğu yatay konum doğruluğunun 0.4 cm ile 2.0 cm arasında değiştiği, düşey konum hassasiyeti 0.4 cm ile 1.8 cm arasında değiştiği görülmektedir. 29 adet kadastral noktada gerçekleştirilen RTK ölçümleri sonucunda elde edilen yatay ve düşey konum doğruluğu hassasiyeti ortalama 0.8 cm olarak hesaplanmıştır. Ancak cihazın sunduğu bu yatay ve düşey konum hassasiyetinin her ne kadar literatürler de bahsedilen $\pm 1-2$ cm 'in altında olmasına rağmen yerleşim alanında yer alan kadastral noktalarda yapılan uygulamada statik ölçüm koordinatları ile elde edilen farklarda bu sonuca ulaşamamıştır [2].

BÖHHBÜY göz önünde bulundurulduğunda konum doğruluğunu 7 cm olarak belirlediği göz önünde bulundurulursa 29 adet kadastral noktanın 27 tanesinde statik ölçümleri ile elde edilen koordinatlarından olan Δx , Δy farkı 7 cm 'nin altında ve Δh farkı 17 noktada 7 cm 'nin altında hesaplanmıştır.

Yerleşim bölgelerinde yapılan çalışmada koordinat farklarının değerlerinin yüksek çıkmasının temel sebebi zayıf uydu geometrisi ve multipath etkisi nedeniyle tamsayı belirsizliğinin çözülememesidir. Ayrıca yerleşim alanında referans istasyonu ile gezici alıcı arasındaki sinyal yoluna engeller takılmakta, yapılara takılan sinyaller zayıflamakta gezici alıcının ölçümlerini bozmaktadır. Bu durumda Δx , Δy bileşenlerinde 10 cm'ye varan Δh bileşeninde ise 18 cm'ye varan farklar oluşmaktadır.

Kadastral noktalarda olumsuz etki sebebiyle ölçümlerin bozulması, yönetmeliği göre 3 noktada Δx , Δy bileşen farkları 7 cm'nin üstünde kalmıştır. Yatay konum doğruluğu 7 cm 'in altında kalmasına rağmen 26 noktanın 17 sinde düşey konum doğru 7 cm 'in altında kalmıştır (Şekil 6.17). Buna göre ölçümler sırasındaki olumsuz etkilerin en çok düşey bileşeni etkilediği görülmektedir.

Yerleşim alanında yapılan kadastral noktalarda gerçekleştirilen RTK ölçümlerinde gezici alıcının yapılar ve ağaçlar gibi engeller altında ölçüm gerçekleştirildiğinde zayıf uydu geometrisi, multipath, uydu ve radyo sinyal kesintisi gibi sebepler nedeniyle Δx , Δy koordinat farkları 10 cm'ye, Δh koordinat farkları 18 cm'ye çıkmaktadır.

Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı uydu sinyalleri yapı, ağaç gibi yüzeylere çarptıktan sonra yansarak alıcılara ulaştığından multipath etkisi sebebiyle sinyaller bozulmuştur. Buna bağlı olarak da konum doğruluğunun yapılan çalışmada kadastral noktaların bir kısmında yönetmeliğe göre uygun değerlerde görülse de hataların yüksek olduğu özellikle düşeyde yatay bileşenlere göre 2 katına çıktığı görülmüştür



Şekil 6. 18 Statik ölçüm yapılan 645 numaralı kadastral nokta

6.6 CORS GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Uygulama bölgesinde yer alan 30 adet kadastral noktada İSKİ-UKBS CORS ağına bağlı olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü Genelgesine göre alım için sıklaştırma ve poligon noktalarının koordinatları, TUSAGA-Aktif sistemi dâhilinde Ağ RTK yöntemiyle belirlenebilir.

Genelgenin şartları;

- Farklı zamanlarda en az iki kez GNSS oturumu ile yapılır.
- İki oturumdan elde edilen izdüşümü koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar 7 cm'den fazla olamaz.
- Düzeltme verileri alınırken VRS, FKP ve MAC teknikleri kullanılabilir.
- Belirsizlik çözümü: Sabit (Fixed) olmalıdır.
- Uydu sayısı en az 5 adet, uydu yükseklik açısı en az 10° , veri toplama aralığı 1 saniye, gözlem süresi her noktada en az 5 epok ve oturumlar arası zaman en az 1 saat olmalıdır [5].

Uygulamada uydu yükseklik açısı 10° olarak ayarlanmış, gözlem süresi her noktada 10 epok olmak üzere (her epok 1 sn) ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmada herkese açık sistem olan İSKİ-UKBS CORS ağına bağlanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. İSKİ UKBS CORS ağı ITRF 2005 datumunda ve 2005 epoğunda hesaplandığından CORS koordinatları da ITRF 2005 datumunda ve 2005 epoğunda elde edilmektedir.

Uydu ölçümlerinde 1 adet TOPCON HyperPro GNSS alıcısı ve FC200 El Kontrol Ünitesi kullanılmıştır.

Çalışma 29.05.2012, 30.05.2012, 27.06.2012 ve 28.07.2012 tarihlerinde 3 ayrı oturumda gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.4 'de CORS ölçüm oturumları, hangi oturumlarda kaç adet nokta ölçüldüğü yer almaktadır.

Çizelge 6. 4 CORS ölçümlerinin oturumları ve tarihleri

29.05.2012	30.05.2012	27.06.2012 - 28.07.2012
VRS 1. Oturum 18 Nokta	VRS 2. Oturum 17 Nokta	VRS 3. Oturum 28 Nokta
FKP 1. Oturum 18 Nokta	FKP 2. Turum 18 Nokta	FKP 3. Oturum 27 Nokta

Yapılan çalışmada CORS yöntemiyle;

- 29 ve 30.05.2012 tarihlerinde aynı 17 noktada 2 ayrı VRS oturumunda nokta koordinatları,
- 29 ve 30.05.2012 tarihlerinde aynı 18 noktada 2 ayrı FKP oturumunda nokta koordinatları,
- 27 ve 28.06.2012 tarihlerinde aynı 27 noktada hem VRS hem FKP oturumunda nokta koordinatları ölçülmüştür.

Buna göre hem VRS tekniğiyle hem de FKP tekniğiyle 30 adet kadastral noktanın hepsinde ölçüm gerçekleştirilmiştir. VRS, FKP ve MAC teknikleriyle ölçüme izin verdiğinden iki ayrı oturumda farkların karşılaştırılmasında VRS ve FKP teknikleriyle elde edilen koordinatların karşılaştırılması olarak kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada yerleşim alanında yapıldığından bazı noktalarda ölçüm sırasında hiç ortak uydu görülmemesi nedeniyle ölçümlerde zorlanılmış, uzun süreli gözlemler yapılmıştır. Bu durumun özellikle doğu batı yönünde uzanan (6-8 m genişliğindeki) sokaklarda karşılaşıldığı, kuzey güney yönünde uzanan (9-11 m genişliğindeki) sokaklarda bu tür problemle karşılaşmadığı tespit edilmiştir. Kuzey güney yönündeki uydu alıcısının hemen yakaladığı ve kitlendiği görülmüştür.

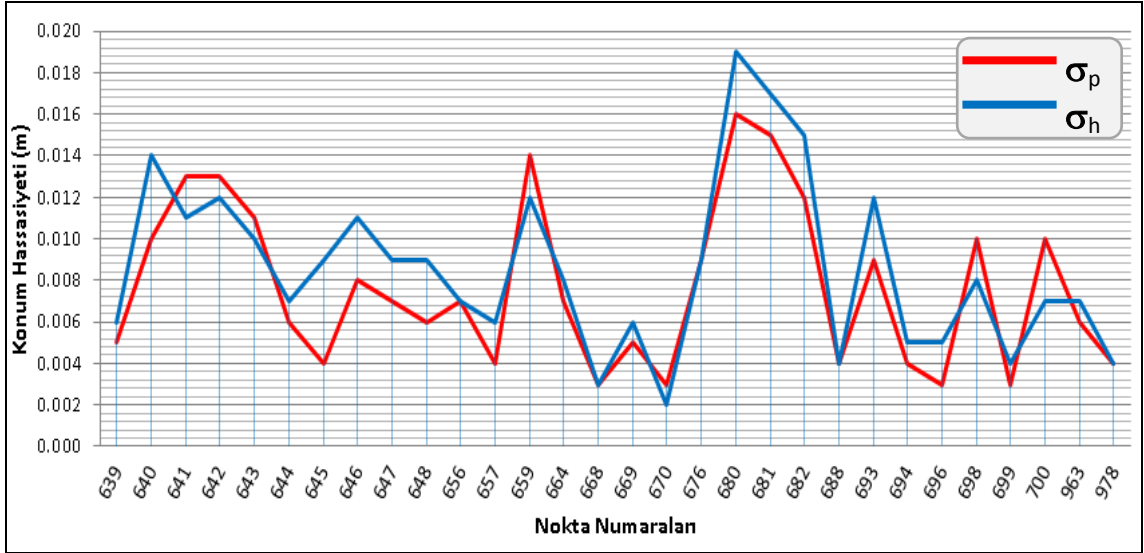


Şekil 6. 19 Kuzey – Güney yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler

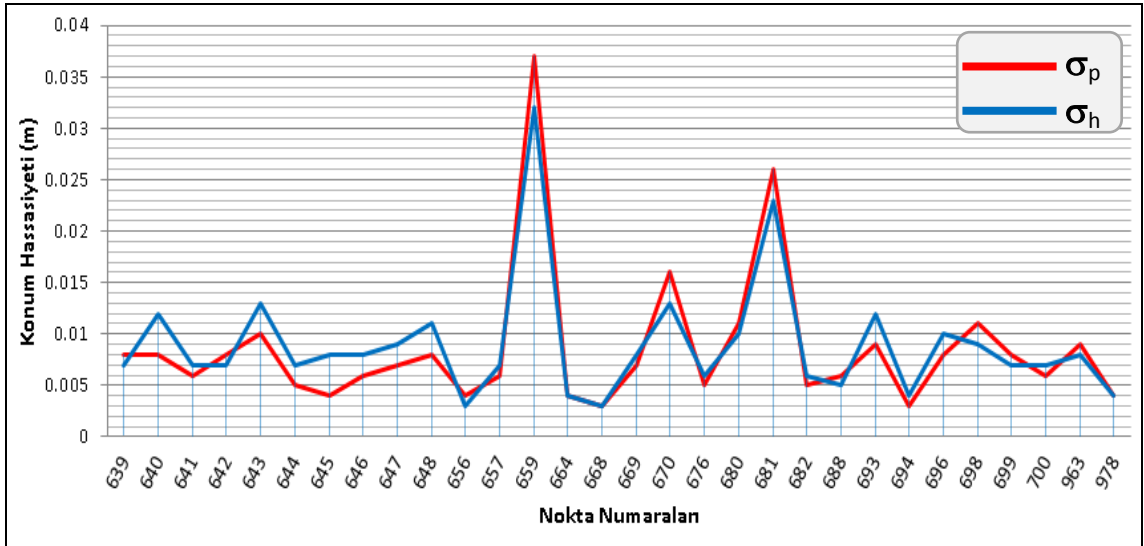


Şekil 6. 20 Kuzey – Güney yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler

Ölçümlerden VRS tekniğinde elde edilen UTM koordinatları Çizelge EK-A-3.1 'de, FKP tekniğinde elde edilen UTM koordinatları Çizelge EK-A-3.2 'de verilmiştir. Ayrıca ölçüm noktalarına ait istatistiksel bilgilerin (GPS/GLONASS uydu sayıları, PDOP, VDOP ve GDOP değerleri ile yatay ve düşey karesel ortalama hataları) yer aldığı tablo Çizelge EK-A-3.3 'de verilmiştir.



Şekil 6. 21 CORS (VRS) Tekniği ile ölçü yapılan noktalarındaki konum hassasiyeti



Şekil 6. 22 CORS (FKP) Tekniği ile ölçü yapılan noktalarındaki konum hassasiyeti

VRS tekniğiyle CORS ölçümünde yatay konum doğruluğunun 0.3 cm ile 1.6 cm arasında değiştiği, düşey konum doğruluğunun 0.2 cm ile 1.9 cm arasında değiştiği görülmektedir. Toplam 30 kadastral noktada gerçekleştirilen CORS ölçümleri sonucunda elde edilen yatay konum doğruluğu ortalama 0.8 cm ve düşey konum doğruluğu ortalama 0.9 cm olduğu görülmektedir.

FKP tekniğiyle CORS ölçümünde yatay konum doğruluğunun 0.3 cm ile 3.7 cm arasında değiştiği, toplam 30 kadastral noktada gerçekleştirilen CORS uygulaması sonucunda elde edilen yatay ve düşey konum doğruluğu ortalama 0.9 cm olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 23 GPS ölçümü yapılan 681 numaralı kadastral nokta (Batı – Doğu yönündeki sokak görünümü)

Her iki teknik ile yapılan ölçümlerde aynı noktalarda karesel ortalama hatalarda yükselme olduğu görülmüştür. Bunlardan 659, 680 ve 681 numaralı kadastral numaralarda pik yükselmeleri açıkça görülmektedir (Şekil 6.21 ve Şekil 6.22). 680 ve 681 numaralı noktalar doğu – batı yönünde sokakta yer almaktadır (Şekil 6.24). 659 numaralı kadastral noktaya çok yakın yüksek yapı olması nedeniyle multipath etkisi altında kaldığı görülmektedir (Şekil 6.39).

CORS ölçümleri ile statik ölçümler arasındaki koordinat farkları VRS tekniğiyle elde edilenler Çizelge EK-A-3. 4’de, FKP tekniğiyle elde edilenler Ek-A-3.5 ’de verilmiştir.



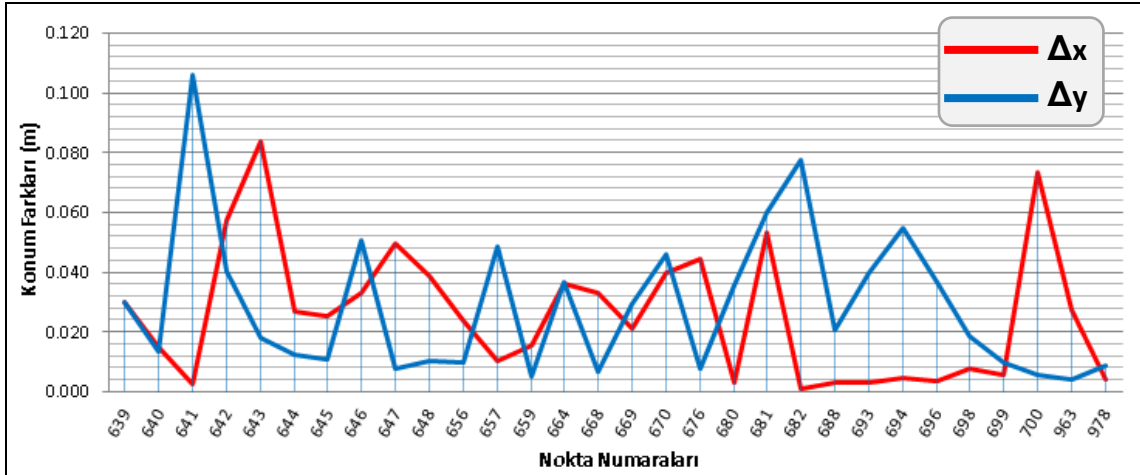
Şekil 6. 24 Batı - Doğu yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler



Şekil 6. 25 Batı - Doğu yönündeki sokaklarda yapılan ölçümler

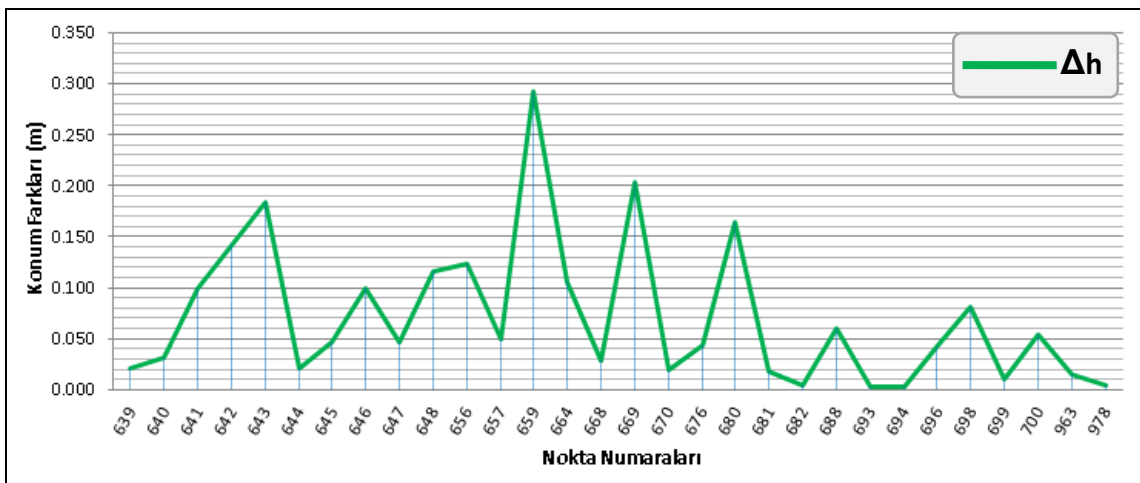
Statik yöntemle elde edilen koordinatlar ITRF 2008 datumunda ve ölçü epoğunda olup İSKİ-UKBS ağından yararlanılarak CORS tekniğiyle elde edilen koordinatlar ITRF 2005 datumunda 2005 epoğunda tanımlanmıştır. Hem VRS hem de FKP tekniğiyle elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinat farklarında yaklaşık ortalama öteleme olduğu görülmüştür..

Bu nedenle tez çalışmasının yapıldığı yerleşim alanında yer alan ancak daha açık bölgede konumlanmış noktalar dikkate alınarak ITRF 2005 koordinatları, interpolasyon ile ITRF 2008 koordinatlarına dönüştürülerek, elde edilen koordinat farkları incelenmiştir.

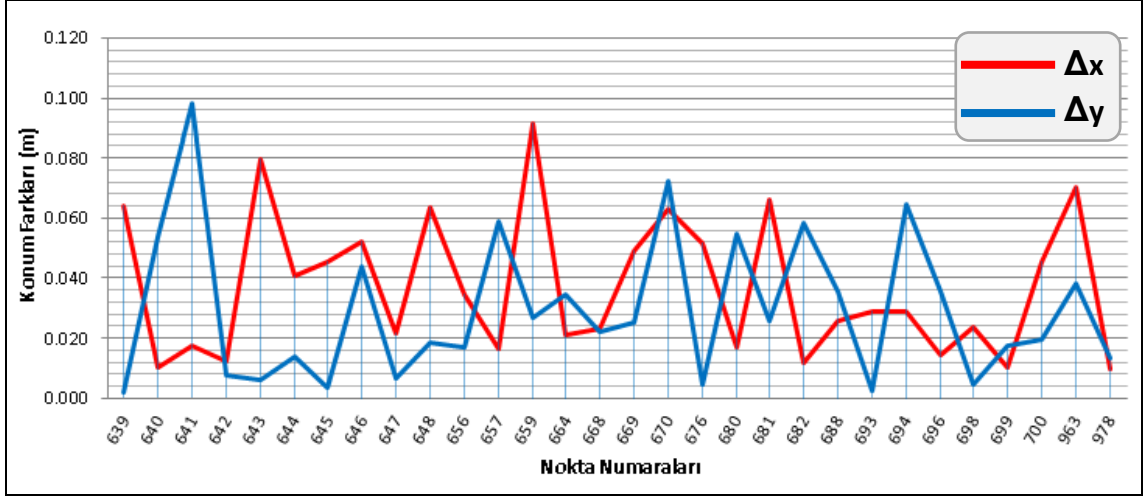


Şekil 6. 26 Statik ölçümler ile CORS (VRS) ölçümleri arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları

Statik ölçümler ile CORS (VRS) ölçümleri karşılaştırıldığında Δx yönünde mutlak farkların 0.1 cm ile 8.3 cm arasında, Δy yönünde mutlak farkların 0.4 cm ile 10.6 cm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 6.26). Δh yönünde mutlak farkların 0.3 cm ile 29.2 cm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 6.27). Mutlak ortalama farklar Δx yönünde 2.6 cm, Δy yönünde 2.9 cm, Δh yönünde 7.1 cm olduğu görülmüştür.

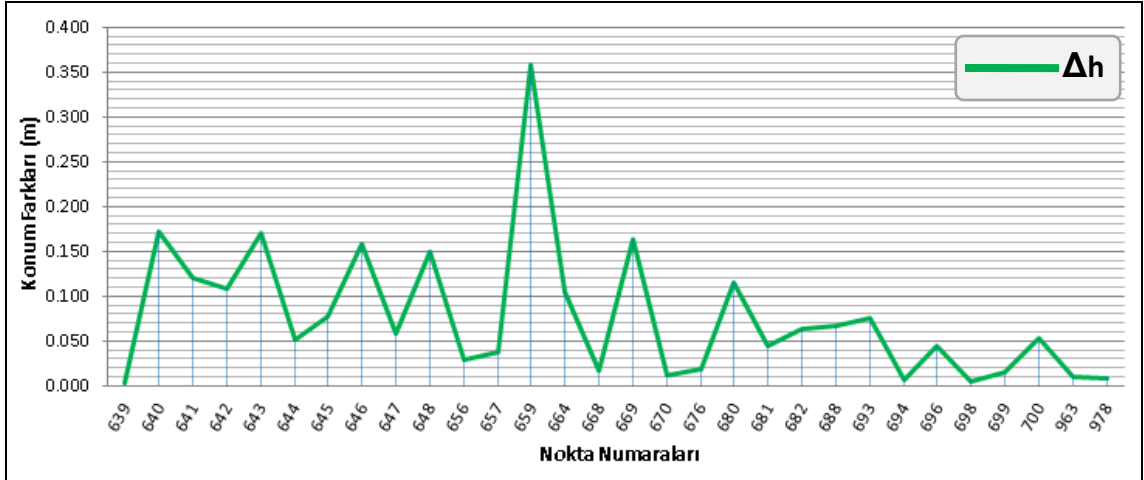


Şekil 6. 27 Statik ölçümler ile CORS (VRS) ölçümleri arasındaki mutlak Δh koordinat farkları



Şekil 6. 28 Statik ölçümler ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları

Statik ölçümler ile CORS (FKP) ölçümleri karşılaştırıldığında Δx yönünde mutlak farkların 0.1 cm ile 9.2 cm arasında, Δy yönünde mutlak farkların 0.2 cm ile 9.8 cm arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 6.28). Δh yönünde mutlak farkların 0.3 cm ile 35.9 cm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 6.29). Mutlak ortalama farklar Δx yönünde 3.7 cm, Δy yönünde 3.9 cm, Δh yönünde 7.7 cm olduğu görülmüştür.



Şekil 6. 29 Statik ölçümler ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak Δh koordinat farkları

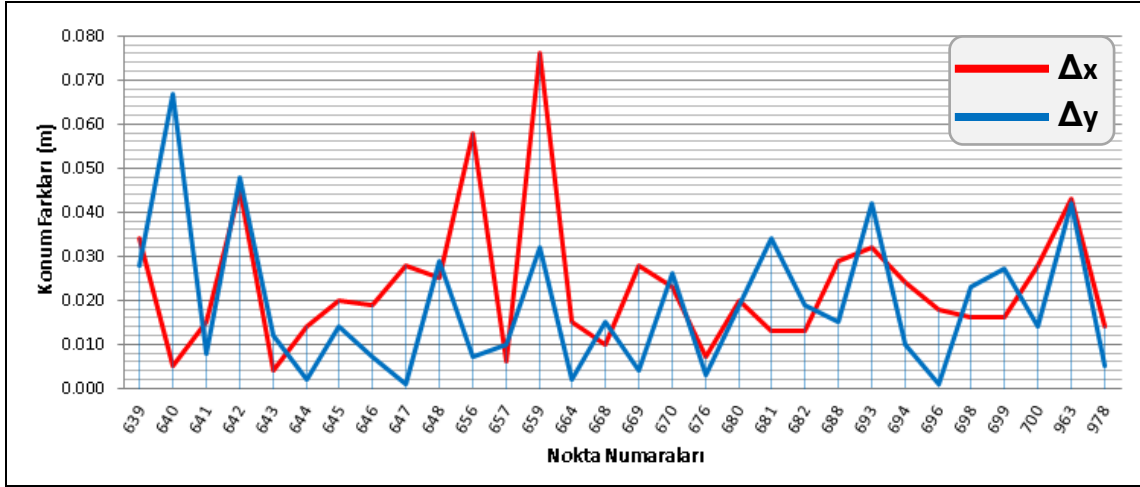
Çizelge 6. 5 CORS ölçümleri ile Statik ölçüm sonuçlarının karşılaştırması

	Statik – CORS (VRS)			Statik – CORS (FKP)		
	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $
Min. (cm)	0.1	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3
Max. (cm)	7.3	7.7	18.4	7.9	7.2	17.2
Ortalama (cm)	2.6	2.9	7.1	3.7	3.9	7.7

641, 643, 659 ve 669 numaralı noktalarda farkların genel aralığın dışında olduğu görülmüş, bu nedenle tabloda bu değerlere yer verilmemiştir.

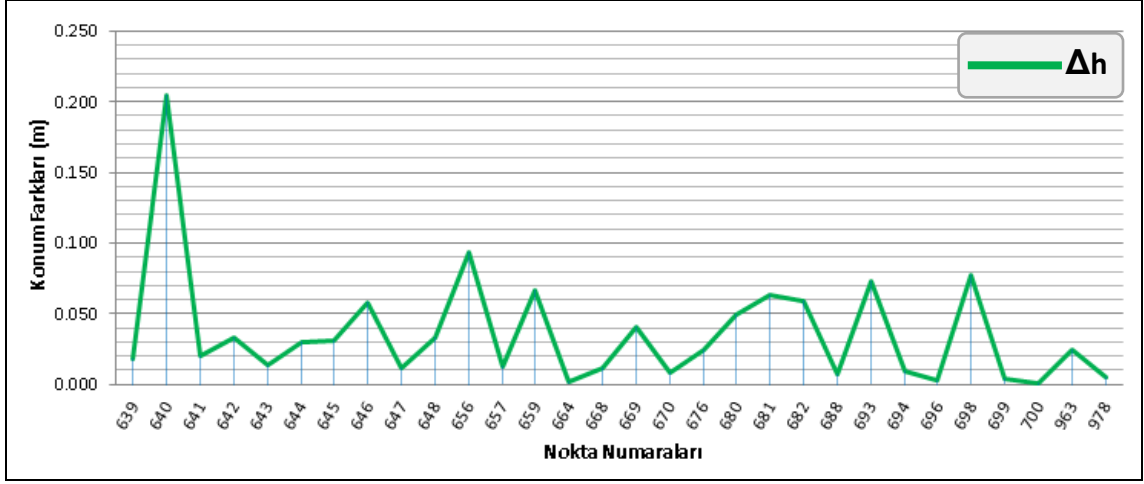
CORS ile hem VRS hem de FKP tekniğiyle elde edilen koordinatların statik ölçüm ile elde edilen koordinatlardan Δx farkları incelendiğinde ortalama yaklaşık 8 cm, Δy farkları incelendiğinde ortalama yaklaşık 21 cm, Δh farkları incelendiğinde ortalama yaklaşık 8 cm fark olduğu görülmüştür.

VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen koordinat farkları incelenmiştir. VRS ve FKP teknikleriyle elde edilen koordinat farkları Çizelge EK-A-3. 5’de verilmiştir.



Şekil 6. 30 CORS yöntemi ile VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasındaki mutlak Δx , Δy koordinat farkları

CORS yöntemi ile VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasında koordinat farkları incelendiğinde, Δx koordinat farklarının 0.4 cm ile 7.6 cm arasında değiştiği, Δy koordinat farklarının 0.1 cm 6.7 cm arasında değiştiği görülmüştür. 30 kadastral noktada yapılan CORS ölçümlerinde Δx , Δy koordinat bileşenlerinde 30 noktanın hepsinde 7cm altında farklar elde edilmiştir.



Şekil 6. 31 CORS yöntemi ile VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasındaki mutlak Δh koordinat farkları

CORS yöntemiyle VRS ve FKP tekniğiyle elde edilen ölçümler arasında Δh koordinat farkları incelendiğinde, değerlerin 0.1 cm ile 7.7 cm arasında değiştiği ve Δh koordinat farkının ortalama değeri 3.6 cm olarak hesaplanmıştır. 30 kadastral noktada yapılan CORS ölçümlerinde Δh koordinat bileşeninde 28 noktada 7 cm in altında farklar elde edilmiştir.

640 ve 656 numaralı noktalarda farkların genel aralığın dışında olduğu görülmüş, bu nedenle tabloda bu değerlere yer verilmemiştir.

Çizelge 6. 6 RTK uygulamasında VRS ve FKP tekniği ile yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların karşılaştırması

	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $
Min. (cm)	0.4	0.1	0.10
Max. (cm)	7.6	6.7	7.7
Ortalama (cm)	2.3	1.9	3.6



Şekil 6. 32 Ölçüm yapılan 682 ve 693 numaralı kadastral noktalar

Δh koordinat bileşendeki farkların yatay bileşenlere göre daha düzensiz olduğu görülmüştür. Özellikle 640 ve 656 numaralı noktada Δh koordinat farkı yaklaşık 9.5 ve 20.4 cm olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere yerleşim alanında kalan kadastral noktalara multipath (sinyal yansıması), düşük uydu görüş alanı, düzensiz uydu geometrisi, zayıf alınan sinyaller gibi etkiler nedeniyle hassasiyetin en çok Δh koordinat bileşeninde etkilediği görülmüştür.



Şekil 6. 33 Ölçüm yapılan 640, 641 ve 659 numaralı kadastral noktalar

Kadastral noktalardan 641, 643, 659 ve 669 numaralı noktalarda en az 2 koordinat bileşeninde farkların 8 cm den fazla olduğu görülmüştür.

Klasik RTK yöntemi ile elde edilen konum farklarının CORS yöntemine göre daha büyük olduğu görülmüştür. Bunun en önemli nedeninin referans istasyonun multipath, uydu

görüş alanı, atmosferik gibi etkilere arındırılmış olmasından ve modellenmiş bir ağ içinde ölçüm yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6. 34 Ölçüm yapılan 647 ve 648 numaralı kadastral noktalar

Uydu alıcısının ölçüm sırasında, uydu görüş alanının kısıtlı olması ve ortak uydu yakaladığı anda ise kötü uydu geometrisinin olması, multipath etkisi, sinyallerin zayıf gelmesi veya kesintiye uğraması sebebiyle noktalarda koordinat farklarının yüksek çıktığı görülmüştür. Ancak özellikle kuzey – güney yönünde uzanan sokaklarda uydu görüş alanının daha açık olduğu bölgelerdeki noktalarda, ölçümlerin daha rahat yapıldığı ve farkların hoşgörü sınırları içinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 6. 35 Ölçüm yapılan 657 ve 648 numaralı kadastral noktalar

6.7 Kutupsal Alım Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan kadastral noktaların kutupsal alım ile ölçülebilmesi için 4 tane sabit nokta seçilmiş ve 2 ayrı lup şeklinde güzergah tanımlanmıştır.

Kadastral noktalar, BÖHHBÜY' göre uygun hassasiyette ölçüm yapan Leica TPS805 model Total Station elektronik aleti ile ölçülmüştür.

Kutupsal alım yöntemiyle elektronik alet kullanılarak konumlama yapılan noktanın konum hassasiyeti;

S = Ölçüm noktaları arasındaki yatay uzaklık

m_{ϕ} = Kullanılan total station aletinin açı ölçme inceliği

m_s = Kullanılan total station aletinin uzunluk ölçme inceliği

$$\rho = \text{Grad cinsinden} \left[\frac{200}{\pi} \right]$$

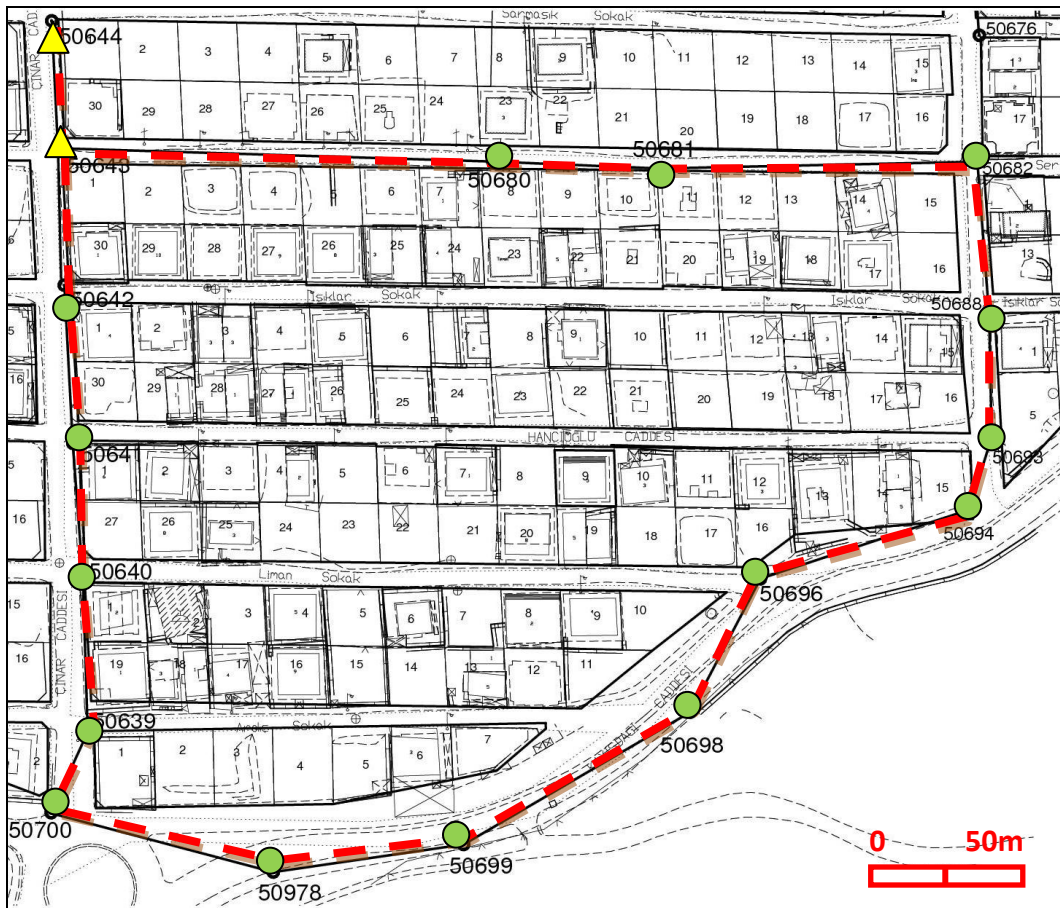
olmak üzere,

$$m_p = \pm \sqrt{S^2 \cdot \frac{m_{\phi}^2}{\rho^2} + m_s^2} \quad (6.1)$$

formülü ile hesaplanır.

Çizelge 6. 7 Çalışmada kullanılan total station aletinin (Leica TP805) özellikleri

Özellikler	Hassiyet
Doğrultu ölçme inceliği	1.5mgon
Uzunluk ölçme inceliği	5mm+2ppm



Şekil 6. 36 Kapalı poligon güzergahının (Güzergah I) sayısal harita üzerinde gösterimi



Şekil 6. 37 Kapalı poligon güzergahının (Güzergah II) sayısal harita üzerinde gösterimi

Çalışmada tüm kenarlar GRS80 elipsoidine indirgenmiş, doğrultular iki yarım silsile olarak ölçülmüştür. Kadastral poligon noktalarının koordinatları, klasik koordinat hesaplama yöntemiyle hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile statik ölçüm sonuçlarına ait olan karşılaştırmalar, Çizelge EK-B-2.5 'de verilmiştir.

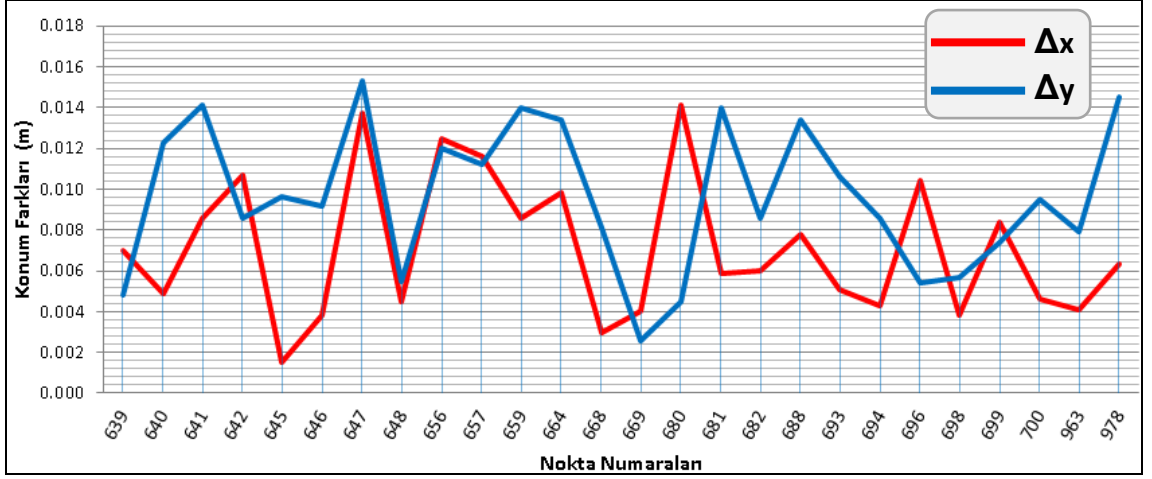
Sabit alınan noktaların koordinatları ITRF 2008 datumunda ve ölçü epoğunda hesaplandığından, kutupsal alım yöntemiyle elde edilecek koordinatlarda ITRF 2008 datumunda olmalıdır.



Şekil 6. 38 Kutupsal alım için sabit nokta olarak seçilen 676 numaralı kadastral nokta



Şekil 6. 39 Kutupsal alım için sabit nokta olarak seçilen 644 numaralı kadastral nokta

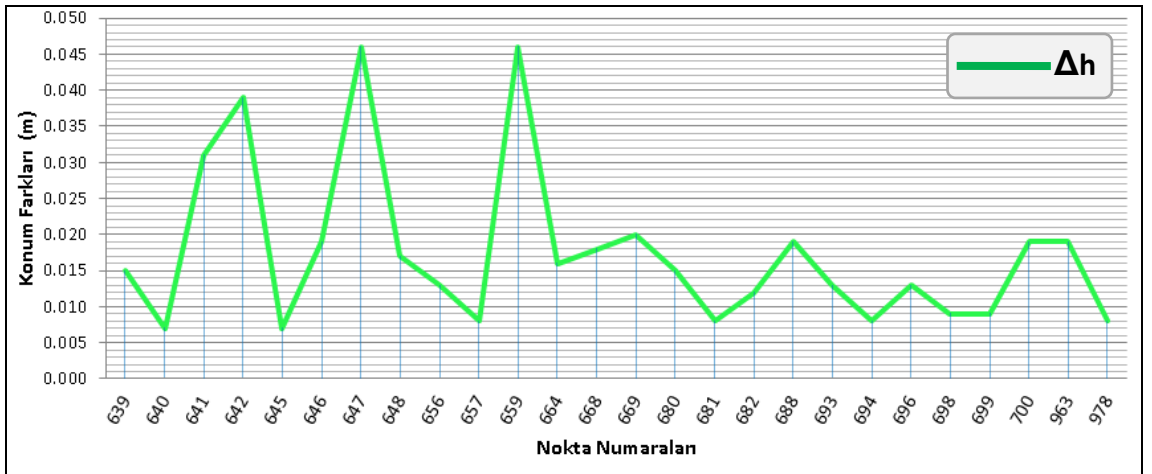


Şekil 6. 40 Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farkları

Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri karşılaştırıldığında Δx yönünde mutlak farkların 0.02 cm ile 1.4 cm arasında, Δy yönünde mutlak farkların 0.03 cm ile 1.5 cm arasında kaldığı görülmektedir. Mutlak ortalama farklar Δx yönünde 0.7 cm, Δy yönünde 1.0 cm olduğu görülmüştür.

Yerleşim alanında yer alan toplam 26 adet kadastral noktada yapılan kutupsal alım ölçümlerinde bütün noktalarda Δx , Δy koordinat farklarının 2 cm 'in altında kaldığı ve ortalama farkın 1.2 cm olduğu görülmüştür.

BÖHHBÜY 'ne göre kutupsal alım yöntemiyle poligon ölçmelerinde nokta konum doğrulukları 8 cm 'in altında olması gerekmektedir. Bu ölçüm sonucunda elde edilen değerler 2 cm 'in altında kalmaktadır.



Şekil 6. 41 Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri arasındaki mutlak yükseklik farkları

Statik ölçümler ile kutupsal alım ölçümleri karşılaştırıldığında Δh yönünde mutlak farkların 0.7 cm ile 4.6 cm arasında kaldığı görülmektedir. Mutlak ortalama farklar Δh yönünde cm olduğu görülmüştür.

641, 642, 647 ve 659 numaralı noktalarda farklarında 3 -5 cm arasında olduğu görülmüştür. Bu noktalarda statik GPS ölçümlerinde multipath etkisi nedeniyle yükseklik bileşeninde değerlerin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Günümüzde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler sonucunda şartlara göre giderek kullanımı azalan kutupsal yöntemi özellikle meskûn mahallerde, yoğun yerleşim alanlarında hassas sonuçlar alınabilecek yöntem olduğu açık şekilde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6. 42 Kutupsal alım ölçümü yapılan 647 ve 659 numaralı kadastral noktalar

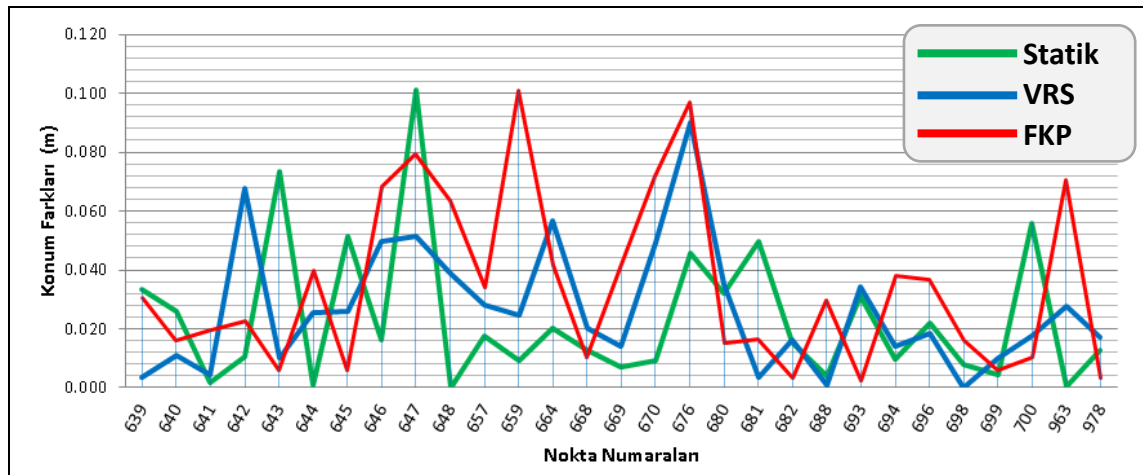


Şekil 6. 43 Kutupsal alım ölçümü yapılan 696 ve 698 numaralı kadastral noktalar

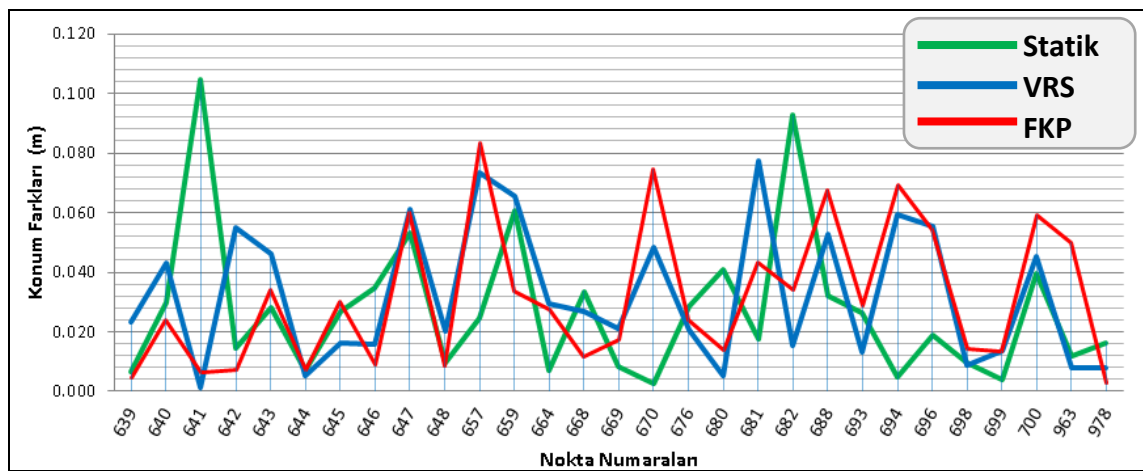
6.8 Kadastral Noktaların Bilinen Koordinatları İle Farklı Yöntemler Kullanılarak Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırması

Bu çalışmada 30 adet kadastral nokta kullanılmıştır. Bunlardan 656 numaralı kadastral nokta yerinde tahrip olduğundan başka yere tesis edilmiştir. Bu yüzden karşılaştırmaya 656 numaralı nokta sokulmamıştır. Kadastral noktaların bilinen koordinatları ITRF 96 datumunda olup 2005 epoğundadır.

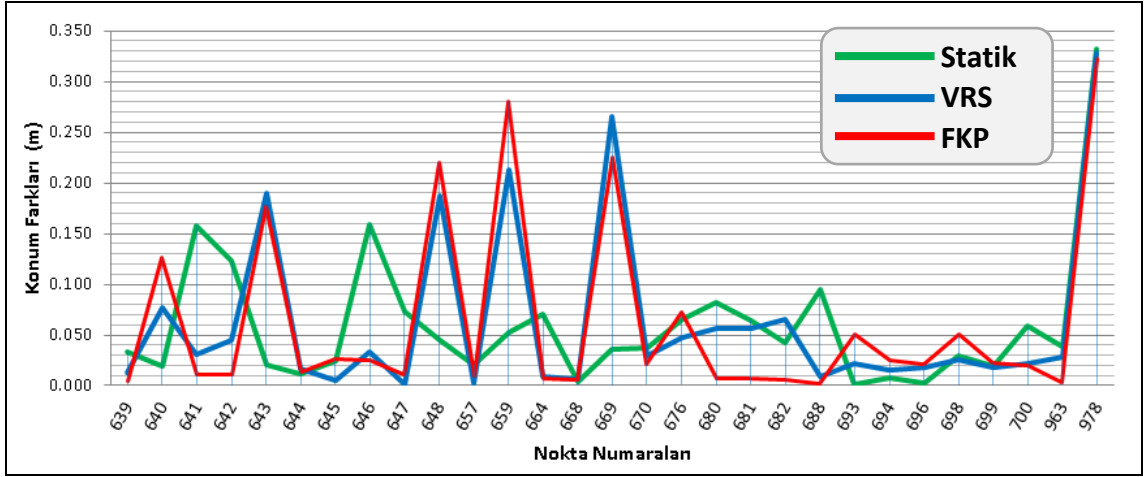
Bu nedenle tez çalışmasının yapıldığı yerleşim alanında yer alan ancak daha açık bölgede konumlanmış noktalar dikkate alınarak ITRF 1996 ve ITRF 2005 koordinatları, enterpolasyon ile ITRF 2008 koordinatlarına dönüştürülerek, elde edilen koordinat farkları incelenmiştir.



Şekil 6. 44 Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δx konum farkları)



Şekil 6. 45 Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δy konum farkları)



Şekil 6. 46 Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması (Δh konum farkları)

Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak (Statik ve CORS (VRS – FKP teknikleri) elde edilen farklar incelenmiş ve Çizelge EK-A-5. 1 'de sunulmuştur.

Çizelge 6. 8 Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırması

	Bilinen - Statik GPS			Bilinen - CORS VRS			Bilinen - CORS FKP		
	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $	$ \Delta x $	$ \Delta y $	$ \Delta h $
Min. (cm)	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2
Max. (cm)	7.4	6.0	7.3	6.8	7.7	7.2	8.0	7.5	7.2
Ortalama (cm)	2.4	2.7	5.9	2.6	3.2	6.3	3.4	3.2	6.2

Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile statik ölçüm sonucu elde edilen koordinatlar arasında mutlak ortalama farkın yaklaşık Δx yönünde 2.4 cm, Δy yönünde 2.7 cm, Δh yönünde 5.9 cm olduğu görülmüştür. Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile CORS ölçümleri sonucu elde edilen koordinatlar arasında mutlak ortalama farkın yaklaşık Δx yönünde 3 cm, Δy yönünde 3.2 cm, Δh yönünde 6.3 cm olduğu ortaya çıkarılmıştır. Farkları ortalama aralığından dışında olan noktaların değerleri verilmemiştir.

6.9 Verilen İstatiksel Testi

Koordinat farkları ve bunların standart sapmalarının bilindiği dikkate alınarak, yöntemlerden elde edilen koordinat farklarının anlamlı olup olmadığının irdelenmesinde t-testi uygulanmıştır.

t-testi için test büyüklüğü

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma} \quad (6.1)$$

eşitliği kullanılır [45].

Bu ifadeyi, tez çalışmasına uygularsak

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_h$ konum farkları

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_h$ konum farkları testi için standart sapma

Test denkleminde kullanılacak σ ;

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{yöntem1}^2 + \sigma_{yöntem2}^2} \quad (6.2)$$

olarak kullanılmıştır.

Tez çalışmasında uygulama sonrasında elde edilen konumların istatiksel olarak test edilmesinde,

$$t_x = \frac{\Delta_x}{\sigma_x}, t_y = \frac{\Delta_y}{\sigma_y}, t_h = \frac{\Delta_h}{\sigma_h}$$

(6.6)

eşitlikleri kullanılmıştır [45].

6.9.1 RTK Ölçüleri ile Statik Ölçülerin İstatiksel Olarak Test Edilmesi

Yapılan arazi çalışması sonucunda RTK yöntemiyle elde edilen koordinatlar ile statik yöntem ile elde edilen koordinatların karşılaştırılması istatiksel olarak test edilmiştir. Bunun için $\Delta x, \Delta y$ ve Δh koordinat farklarına ayrı ayrı test uygulanmıştır.

Hesaplanan test büyüklükleri Çizelge 6.9’ da verilmiştir. Bu değerler, serbestlik derecesi ($f=n-1$) ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile t tablosundaki sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. T-testi sınır değeri, ($f=29-1=28$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı için) 2.048’dir. Bu değerden küçük olan değerlerin uyumlu, büyük olan değerlerin uyumsuz olduğu karar verilir.

Çizelge 6. 9 RTK Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri

Nokta No	Tx	Sonuç	Ty	Sonuç	Th	Sonuç
639	4.972		1.795	Uyumlu	1.768	Uyumlu
640	9.278		7.666		3.289	
641	2.648		6.128		4.084	
642	1.548	Uyumlu	2.018	Uyumlu	3.001	
643	8.721		3.214		5.134	
644	1.280	Uyumlu	12.500		2.317	
645	3.217		0.907	Uyumlu	3.221	
646	2.117		3.439		6.322	
647	2.479		0.905	Uyumlu	1.152	Uyumlu
648	0.527	Uyumlu	0.878	Uyumlu	7.611	
656	7.491		0.243	Uyumlu	1.536	Uyumlu
657	1.858	Uyumlu	1.138	Uyumlu	3.073	
659	1.015	Uyumlu	2.641		3.821	
664	6.140		1.485	Uyumlu	4.296	
668	2.971		4.138		3.010	
669	4.799		1.395	Uyumlu	7.787	
676	4.324		0.066	Uyumlu	2.354	
680	2.639		7.813		9.328	
681	1.183	Uyumlu	0.171	Uyumlu	3.512	
682	3.500		6.825		1.644	Uyumlu
688	7.467		4.711		3.716	
693	3.941		2.658		0.503	Uyumlu
694	2.840		10.196		2.120	
696	2.972		2.972		0.830	Uyumlu
698	11.136		2.393		3.180	
699	3.067		5.186		0.718	Uyumlu
700	3.036		0.765	Uyumlu	2.169	
963	4.825		5.371		3.421	
978	3.772		5.739		3.503	

Ölçülerin büyük çoğunluğu test değerlerinin dışında kalmıştır. Elde edilen farkların yüksek olması nedeniyle, doğrulukların düşük olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi ölçüm cihazı GPS/GNSS alıcısının anlık konum verisi algoritmasındaki standart

sapma verilerinin iyi olmasının gerçeğe yakın olmamasını göstermektedir. Ayrıca bu yanlışlığın hem referans noktası hem de ölçüm yapılan noktaların yerleşim alanı içinde olması sebebiyle multipath, uydu görüş alanının dar olması sebebiyle kötü uydu geometrisi ve sinyal kaybı- zayıflaması gibi etmenler ile etkilendiği ve koordinat farkların bu nedenle fazla çıktığı anlaşılmaktadır. Değerlerin çoğunluğu yönetmelik sınırları içinde olsa da kadastral çalışmalarda yapılacak uygulamalar için hata kaynaklarının sorun yaratabileceği düşünülmektedir.

Δh koordinat farklarının testinde σ değerlerinin yüksek olması test değerlerinin küçülmesine sebep olmuştur. Yani bilindiği üzere RTK ölçümündeki olumsuz etkilerin en çok düşey bileşeni etkilemesi burada da görülmektedir. Bu durum düşey bileşen değerlerinin güvenilirliğini düşürmektedir.

6.9.1.1 CORS Ölçülerinin İstatiksel Olarak Test Edilmesi

Yapılan arazi çalışması sonucunda CORS yöntemiyle VRS ve FKP tekniği kullanılarak elde edilen koordinatların karşılaştırılması istatiksel olarak test edilmiştir. Bunun için Δx , Δy ve Δh koordinat farkları ayrı ayrı test edilmiştir.

Hesaplanan test büyüklükleri VRS için Çizelge 6.10 ve FKP için Çizelge 6.11' de verilmiştir. Bu değerler, serbestlik derecesi ($f=n-1$) ve $\alpha=0.05$ yanlışma olasılığı ile t tablosundaki sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. T-testi sınır değeri, ($f=30-1=29$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanlışma olasılığı için) 2.045'dir. Bu değerden küçük olan değerlerin uyumsuzlu, büyük olan değerlerin uyumsuz olduğuna karar verilir.

Çizelge 6. 10 CORS VRS Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri

Nokta No	Tx	Sonuç	Ty	Sonuç	Th	Sonuç
639	5.571		5.534		1.801	Uyuşumlu
640	1.446	Uyuşumlu	1.274	Uyuşumlu	1.560	Uyuşumlu
641	0.187	Uyuşumlu	6.230		3.430	
642	4.295		2.901		5.830	
643	7.323		1.498	Uyuşumlu	7.077	
644	3.965		1.913	Uyuşumlu	1.611	Uyuşumlu
645	5.100		2.370		3.237	
646	3.886		5.680		4.381	
647	2.455		0.320	Uyuşumlu	0.905	Uyuşumlu
648	5.739		1.565	Uyuşumlu	6.031	
656	3.228		1.414	Uyuşumlu	13.341	
657	1.838	Uyuşumlu	10.912		3.492	
659	1.024	Uyuşumlu	0.343	Uyuşumlu	7.695	
664	4.753		3.970		3.897	
668	9.153		2.182		3.394	
669	3.601		5.478		10.238	
670	11.066		10.866		2.061	
676	4.816		0.846	Uyuşumlu	3.270	
680	0.190	Uyuşumlu	2.181		6.949	
681	3.471		3.922		0.889	Uyuşumlu
682	0.075	Uyuşumlu	4.955		0.119	Uyuşumlu
688	0.397	Uyuşumlu	2.092		3.090	
693	0.272	Uyuşumlu	2.505		0.090	Uyuşumlu
694	1.051	Uyuşumlu	12.209		0.318	Uyuşumlu
696	0.943	Uyuşumlu	10.096		4.452	
698	0.765	Uyuşumlu	1.834	Uyuşumlu	7.248	
699	1.553	Uyuşumlu	1.920	Uyuşumlu	0.940	Uyuşumlu
700	7.030		0.451	Uyuşumlu	3.450	
963	3.758		0.617	Uyuşumlu	1.316	Uyuşumlu
978	0.860	Uyuşumlu	1.700	Uyuşumlu	0.316	Uyuşumlu

Çizelge 6. 11 CORS FKP Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri

Nokta No	Tx	Sonuç	Ty	Sonuç	Th	Sonuç
639	7.761		0.218	Uyuşumlu	0.246	Uyuşumlu
640	1.182	Uyuşumlu	6.285		8.954	
641	2.253		7.829		4.302	
642	1.440	Uyuşumlu	0.806	Uyuşumlu	4.879	
643	7.615		0.546	Uyuşumlu	6.228	
644	6.963		2.618		3.912	
645	9.100		0.760	Uyuşumlu	5.661	
646	7.782		6.074		7.335	
647	1.072	Uyuşumlu	0.279	Uyuşumlu	1.142	Uyuşumlu
648	7.432		2.165		7.359	
656	7.714		4.123		4.323	
657	2.274		9.297		2.506	
659	2.444		0.726		7.453	
664	4.240		4.798		3.953	
668	6.379		6.925		1.990	Uyuşumlu
669	6.434		3.503		7.907	
670	3.901		4.429		0.696	Uyuşumlu
676	9.545		0.891	Uyuşumlu	1.629	Uyuşumlu
680	1.482	Uyuşumlu	4.780		6.684	
681	2.526		0.993	Uyuşumlu	1.765	Uyuşumlu
682	1.536	Uyuşumlu	5.223		2.059	
688	2.798		3.291		3.410	
693	2.535		0.152	Uyuşumlu	2.286	
694	7.960		17.917		0.671	Uyuşumlu
696	1.771	Uyuşumlu	4.293		3.514	
698	2.129		0.385	Uyuşumlu	0.415	Uyuşumlu
699	1.261	Uyuşumlu	1.945	Uyuşumlu	1.150	
700	6.768		2.115		3.386	
963	7.118		4.133		0.830	Uyuşumlu
978	1.940	Uyuşumlu	2.700		0.712	Uyuşumlu

Buna göre elde edilen değer farklarının çoğunluğunun 7 cm 'in altında kalmasına rağmen test değerlerini geçememiştir. Uydu alıcısının anlık konum verisi algoritmasındaki standart sapma verilerinin gerçeğe yakın olmamasını göstermektedir. Ölçüm yapılan kadastral noktaların açık olmayan alanda olması sebebiyle sinyal yansımaları, sinyal kesilmesi, uydu görüş alanının dar olması sebebiyle kötü uydu geometrisi ve sinyal kaybı- zayıflaması gibi olumsuz etkiler ile koordinatlar etkilenmiştir. Elde edilen koordinat farklarının çoğunluğu yönetmelik sınırları içinde

olsa da kadastral uygulamalardaki hassas çalışmalarda hata kaynaklarının sorun yaratabileceği düşünülmektedir.

6.9.1.2 Kutupsal Alım Ölçülerinin İstatiksel Olarak Test Edilmesi

Statik yöntemi ile, kutupsal alım yönteminin karşılaştırılması amacıyla, Δx , Δy ve Δh koordinat farkları ayrı ayrı test edilmiştir. Hesaplanan test büyüklükleri Çizelge 6.12’ de verilmiştir. Bu değerler, serbestlik derecesi ($f=n-1$) ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile t tablosundaki sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. T-testi sınır değeri, ($f=26-1=25$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı için) $2.060'$ dir. Bu değerden küçük olan değerlerin uyumlu, büyük olan değerlerin uyumsuz olduğuna karar verilir.

Çizelge 6. 12 Kutupsal Alım Yönteminde T testi için karşılaştırma büyüklükleri

Nokta No	Tx	Ty	Th
639	0.007	0.005	0.015
640	0.005	0.012	0.007
641	0.009	0.014	0.031
642	0.011	0.009	0.039
645	0.002	0.010	0.007
646	0.004	0.009	0.019
647	0.014	0.015	0.046
648	0.004	0.005	0.017
656	0.013	0.012	0.013
657	0.012	0.011	0.008
659	0.009	0.014	0.046
664	0.010	0.013	0.016
668	0.003	0.008	0.018
669	0.004	0.003	0.020
680	0.014	0.004	0.015
681	0.006	0.014	0.008
682	0.006	0.009	0.012
688	0.008	0.013	0.019
693	0.005	0.011	0.013
694	0.004	0.009	0.008
696	0.010	0.005	0.013
698	0.004	0.006	0.009
699	0.008	0.007	0.009
700	0.005	0.009	0.019
963	0.004	0.008	0.019
978	0.006	0.014	0.008

Ölçme sonucu elde edilen koordinatların doğruluğunun yüksek olması ve hassasiyetlerinin iyi olması, koordinat farklarının test değerlerinin altında kalmasına ve sonuç olarak uyumsuzlu çıkmasını sağlamıştır. Buda kutupsal alım yönteminin güvenilir olduğunu tekrar kanıtlamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde CORS yönteminin yoğun şekilde pratik uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalardan kadastral çalışmalarda CORS yönteminin uygulanabilirliğini araştırmak amacıyla yoğun yerleşim alanlarında yer alan 30 kadastral noktada kutupsal alım, statik, klasik RTK ve CORS yöntemleriyle ölçümler yapılmıştır. CORS yönteminin uygulanabilirliği datum, epok, uygulamalardaki avantaj ve dezavantajlar dikkate alınarak irdelenmiştir.

Klasik RTK yönteminde yerleşim alanında yapılan uygulamada Δx koordinat bileşeni mutlak ortalama 3.2 cm, Δy koordinat bileşeni mutlak ortalama 3.0 cm ortalama fark ile ölçülmüştür. Literatürlerde de geçen 1 – 2 cm doğruluğa ulaşılabilecek ölçümler gerçekleştirilememiştir. Yerleşim alanındaki yapılar nedeniyle açık uydu görüşü alanının kısıtlı olması, düzensiz uydu geometrisi, uydu sinyallerinin zayıf gelmesi, referans alıcı ile gezici alıcı arasına giren yapılar nedeniyle sinyallerin zayıf ve kesintili şekilde gelmesi ve özellikle multipath etkisi nedeniyle ölçüm doğruluğunun düştüğü görülmüştür. Ancak bu yerleşim yeri içinde 30 kadastral noktadan 12 tanesinde koordinatları 5 cm 'in altında doğrulukla elde edilmesi sağlanabilmiştir. Bu değerler BÖHHBÜY sınırları içerisinde yer almaktadır.

Kutupsal alım yöntemiyle yapılan uygulamada bütün noktaların koordinatları 2 cm 'in altında doğrulukla ölçülmüştür. Özellikle yerleşim alanlarında kutupsal alım yönteminin, ne kadar zaman, emek ve maddi olarak olumsuzlukları olsa da uydu konum belirleme yöntemi ile ölçümlerin olumsuz etkilendiği yoğun yapıların bulunduğu yerlerde her zaman kullanılabilecek yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

Tez konusu olan CORS yönteminin kullanımda İSKİ-UKBS CORS ağına bağlı ölçümler yapılmıştır. Datum, epok tanım farklılığı nedeniyle (Statik: ITRF 2008/Ölçü epogu, CORS RTK: ITRF 2005/2005 epogunda) CORS ile hem VRS hem de FKP tekniğiyle elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan yaklaşık ortalama ile öteleme ile karşılaştırılmıştır. Yöntemlerden elde edilen koordinatlar ITRF 2008 datumunda incelendiğinde VRS ve FKP tekniklerinden elde edilen ölçümlerde Δx koordinat farkında ortalama mutlak 3.2 cm, Δy koordinat farkında ortalama 3.4 cm, Δh koordinat farkında ortalama 7.4 cm fark olduğu görülmüştür.

Buna göre klasik RTK ölçümlerine karşın CORS yönteminde ağ yapısına bağlı olarak ölçümlerin yapılması nedeniyle atmosferik ve benzeri diğer hataların modellenmiş olması, referans istasyonunun yerleşim alanında olmadığından multipath, uydu görüş açıklığı ve kötü uydu geometrisi gibi olumsuz etkilere maruz kalmaması, gezici alıcı ile referans istasyonu arasına klasik RTK yönteminde olduğu gibi engel girmemesi nedeniyle daha hassas sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir.

Ancak IGS nokta verilerini kullanarak en son ITRF sürümünde ve güncel epokta ölçüm yapabilme imkânı var iken sistemlerin farklı datum sistemlerinde tanımlı olması datum farklılıklarını ortaya koymaktadır. Datum farklılığının kullanıcılar tarafından detaylı bilinmediği göz önünde bulundurulursa yeni hazırlanmakta olan BÖHHBÜY 'de GPS/GNSS sistemleri için güncel ve uluslararası bilimsel temellere dikkat edilerek hazırlanması ve yapılan yerel, uluslararası çalışmaların incelenerek yeniden derlenmesi gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Mevcut datum ve referans epogundan geçen zaman arttıkça, hız hesaplarıyla ilgili bu çelişkilerin etkisinin artacağı ve yönetmelikte belirtilen duyarlık ölçütlerini sağlamanın olanaksız hale geleceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasında uygulanan CORS yönteminin zaman açısından çok hızlı, emek ve maliyet açısından karlı olduğu ortadadır. Ancak yerleşim alanında yapılan çalışmada olumsuz etmenlerin, konum doğruluklarını etkilediği görülmüştür.

Konum doğruluğundaki etkilenmelere rağmen ölçüm yapılan noktaların çoğunluğunda BÖHHBÜY 'ne göre 7 cm 'in altında farklar ile ölçüm yapılabilmesine rağmen yapılan istatistiksel testlerde geçemeyen nokta koordinat bileşenlerinin olduğu görülmüştür.

Bunun en önemli sebebi ölçüm cihazı GPS/GNSS alıcısının anlık konum verisi algoritmasındaki standart sapma verilerinin yani nokta konum duyarlılıklarının iyi olmasının gerçeğe yakın olmadığını göstermektedir. Ölçüm yapılan noktaların yerleşim alanı içinde olması sebebiyle multipath, uydu görüş alanının dar olması sebebiyle kötü uydu geometrisi ve sinyal kaybı- zayıflaması gibi etmenler ile etkilendiği ve koordinat farklarının fazla çıktığı görülmektedir. Değerlerin çoğunluğu yönetmelik sınırları içinde olsa da kadastral uygulamalarda yapılacak hassas çalışmalarda oluşan bu hata kaynaklarının sorun yaratabileceği düşünülmektedir.

Yerleşim alanlarında özellikle kadastral çalışmalar için alternatif yöntemler olarak, kutupsal alım ile aplikasyon ve ölçüm yapılmadan önce sabit poligon noktaları bulmada zorluklar çekilmektedir. Bu nedenle CORS yöntemiyle sabit geçici noktalar oluşturulmakta ve bu kadastral çalışmalarda kullanılmaktadır. Ancak bu çalışma sonucunda CORS hassasiyetinin yüksek olsa dahi istatistiksel testlerde doğruluğun dış etmenler nedeniyle düşük olabileceği görülmüştür. Yasal altlıklar ile (yeni hazırlanan yönetmelik ve genelgeler) kontrol ve ölçüm şartların yeniden düzenlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışmada sınırlı imkânlar nedeniyle konular belirli bir çerçevede incelenmiş ve ölçümler analiz edilmiştir.

KAYNAKLAR

-
- [1] Ceylan, A. ve Tombaklar, Ö.H., (2006), “Ölçme Bilgisi (Topoğrafya)”, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Ders Notları Yayın No: 56, Konya
 - [2] Kahveci, M. ve Yıldız, F., (2001). Global Konum Belirleme Sistemi Teori-Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara
 - [3] Durduran S. ve Erdi A., (2006). Kent Bilgi Sisteminde Kadastral Altlık ve Karşılaşılan Sorunlar, TMMOB, Harita Kadastro Mühendisleri Odası, Kadastro Kongresi, Ankara.
 - [4] Öcalan, T. ve Soylu M., (2011). “Ulusal ve Yerel GNSS/CORS Ağları ve Türkiye’deki Yasal Durum”, HKMO İstanbul Bülten Dergisi, Mart,2011 : 6-10
 - [5] Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü Genelgesi, (2010).
 - [6] Kahveci, M., (2010). “GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler”, HKM Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 102 : 13-19
 - [7] Kahveci, M., (2009). “Gerçek Zamanlı Ulusal GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri”, HKM Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 100 : 13-20
 - [8] İlker, A., (2002). “Role of RTK GPS Technique in Turkish Cadastral Activities”, Master Thesis, O. Δy. T. U., Ankara; Deveci, B., (2006). Kadastral Ölçmelerde Gerçek Zamanlı GPS (RTK GPS) Yöntemiyle Elektronik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 - [9] Sickie, V.J., (1996). “GPS for Land Surveyors”, Ann Arbor Press Inc., First Edition, Michigan; Güngör, O., (2000). Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS’in Jeodezik Çalışmalarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
 - [10] Ateş, H.B., (2011). Tusaga-Aktif Gps Ağ Verileri İle Bölgesel İyonosferik Modelin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 - [11] Cross, P.A., (1991). “The Impact of GPS Technology On Surveying and Mapping”, 4’t South East Asian Surveys Congress, 3-7 June 199, Kuala Lumpur; Mutluoğlu, Ö., (1997). Jeodezik Ağlarda GPS ve Klasik Ölçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
 - [12] Gülal, E., (2009). “İSKİ Uydudan Konum Belirleme Sistemi (UKBS) Kurulması ve Deformasyon Ölçmeleri Projesi”, Rapor, İnşaat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- [13] Isık, B.C., (2006). Küresel Astronominin Konusu Zaman ve Uydu Konumlama Sistemleri (GPS- GLONASS), http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/1SSV_da04049a062f5ad_ek.pdf, 18 Haziran 2012.
- [14] Gülal, E., (2001). "GPS Tekniği", Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Anabilim Dalı, İstanbul.
- [15] Pırtı, A., Telli, A.K. ve , Hoşbaş, R.G., (2009). "Yeni Nesil Ölçme Sistemi ve Evrik GNSS", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 101 :28-30.
- [16] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S. ve Mekik, Ç., (2011). "TUSAGA AKTİF (CORSTR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18 - 22 Nisan 2011, Ankara
- [17] Harita Genel Komutanlığı, Ulusal Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonu Sisteminin Kurulması Ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi TUSAGA-AKTİF (CORS-TR), http://www.hgk.msb.gov.tr/haritalar_projeler/jeodezi/tusaga_aktifweb_bilgi_sp.htm, 15 Haziran 2012.
- [18] İSKİ, Gerçek Zamanlı İski Sabit Gns İstasyonları UKBS, <http://harita.iski.gov.tr/iskiukbs.aspx>, 01 Haziran 2012
- [19] Pırtı, A., (2005). "Klasik Yöntemlerle Üretilmiş Kontrol Noktalarının (Poligon Noktalarının) GPS Koordinatları ile karşılaştırılmasına İlişkin Bir Uygulama", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 93 :51-57.
- [20] Pırtı, A., (2009). "Mühendislik Ölçmelerinde Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) ", Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul.
- [21] Sezer, S., Cingöz, A. ve Tombaklar, Ö.H., (2009). "Sabit Gps İstasyonlarına Ait Verilerin İnternet/İntranet Ortamında Sunulması", Harita Dergisi, 141;40-54
- [22] Kahveci, M., (2010). "GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler", HKM Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 102 : 3-9.
- [23] International Terrestrial Reference Frame (ITRF) <http://itrf.ensg.ign.fr/>, 02 Ağustos 2012
- [24] Tanir, E., Boehm, J., Schuh ve H., Kusche, J., (2007). "Farklı Jeodezik Uzak Tekniklerin Kombinasyonu Ve Vlbı İnter-Teknik Kombinasyonun Değerlendirilmesi", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2 - 6 Nisan 2007, Ankara.
- [25] Altamimi, Z., Collilieux, X. ve Métivieri, L., (2011). "ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame", Journal Of Geodesy, 85 : 457-473
- [26] Aydın, Ö., (2004). "GPS Tekniği", Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul.
- [27] Hofmann-Wellenhof, B.,Lichtenegger, H. ve Clins, J., (2001). "Global Positioning System Theory and Practise", Fifty Revise Edition, Springer, New York; Tut, İ., (2009). Hızlı Statik Gps Çözümlerinin Güvenirliği, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [28] Deveci, B., (2006). Kadastral Ölçmelerde Gerçek Zamanlı GPS(RTK GPS) Yöntemiyle Elektronik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Rizos, C., (1999). "Satellite Navigation and Positioning Group (SNAP): Principles and Practice of GPS surveying"; Tut, İ., (2009). Hızlı Statik Gps Çözümlerinin Güvenirliği, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] Karamahmut, F.K., (2008). İstasyonlar Arası Yükseklik Farkının Gps Konum Belirleme Duyarlılığı Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Kahveci, M., (2009). Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayınları, 1. Baskı, Ankara.
- [32] Wanninger, L., (1999). The performance of virtual reference stations in active geodetic GPS-networks under solar maximum conditions. Proc 12th Int Tech Meeting Satellite Division US Inst Navigation, Nashville, TN, 14–17 September, 1419–1427; Selbesoğlu, M.O., (2011). GNSS Ağlarından Üretilen Sanal Referans İstasyonu (VRS) Verilerinin Kalite Kontrolü Ve Doğruluk Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [33] El-Mowafy, A., (2000). "Performance Analysis of the RTK Technique in an Urban Environment", The Australian Surveyor, 45 : 47-54; Taftalı, G., (2010). Sabit Referans GNSS Ağlarının Teknik Altyapı Ve Üstyapı Kontrolünde Kullanımının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] Öcalan, T. ve Soycan, M., (2011). GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslar Arası Standartlar Ve Gelişmeler, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18 - 22 Nisan 2011, Ankara.
- [35] Bagge, A., Wübbena, G., ve Schmitz, M., (2005), "PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks", Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, 13-16 September 2005, Utah, USA; Taftalı, G., (2010). Sabit Referans GNSS Ağlarının Teknik Altyapı Ve Üstyapı Kontrolünde Kullanımının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] Doğan, U., (2006). "Uydu Jeodezisi" Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul.
- [37] Erdönmez, O., (2008). Troposferik Gecikmelerin Gps Ölçülerine Olan Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] Pırtı, A., (2004), Yol Aplikasyonunda RTK GPS Tekniğinin Kullanılması ve Doğruluk Yönünden İncelenmesi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] Özenç, R.F., (2003). Lokal Alan Diferansiyel GPS Hassas Yaklaşması ve Gözlem Sonrası Hesaplama Yöntemiyle Uygulaması, Yüksek Lisans, Gazi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [40] Brunner, F. K. ve Welsch W. M., (1993). "Effect of the Troposphere on GPS Measurements", GPS World; Karamahmut, F.K., (2008). İstasyonlar Arası Yükseklik Farkının Gps Konum Belirleme Duyarlılığı Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [41] Mekik, Ç., (1993). "Tropospheric path delay modelling in GPS relative positioning", Paper presentation, UKGA General Assembly, Oxford, Britanya; Erdal, B., (2009). Rtk Gps Yönteminin Konumlama Hassasiyeti, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [42] Aydın Ö., Ata. E. ve Pırtı, A., (2004). "RTK GPS Sisteminin Poligon Ölçmelerinde Kullanımı ", YTÜ SİGMA Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 22 : 56.
- [43] Ozludemir, T.M., (2003). "GPS Verilerinin Değerlendirilmesinde Yeni Stratejiler", 9.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2003, Ankara.
- [44] Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHKBÜY), (2005).
- [45] Demirel, H., (2003). Dengeleme Hesabı, 2. Baskı, Y.T.Ü. Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.

EK-A

ÖLÇÜM DEĞERLERİ

A-1 Statik Ölçüm Değerleri

Çizelge EK-A-1. 1 Statik ölçümler ile elde edilen koordinatlar (ITRF 2008)

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	h (m)
1	639	4537453.444	427606.806	178.240
2	640	4537506.084	427605.380	172.297
3	641	4537550.810	427602.196	167.664
4	642	4537604.201	427599.473	164.330
5	643	4537650.342	427597.814	162.582
6	644	4537693.317	427595.590	162.285
7	645	4537748.897	427592.389	162.955
8	646	4537797.384	427590.129	163.551
9	647	4537846.510	427587.134	163.113
10	648	4537891.280	427584.591	160.717
11	656	4537887.658	427899.922	154.430
12	657	4537889.911	427695.861	156.797
13	659	4537840.474	427895.397	158.499
14	664	4537788.508	427903.472	162.211
15	668	4537747.612	427670.412	175.783
16	669	4537746.904	427728.115	179.115
17	670	4537731.938	427904.750	164.855
18	676	4537687.304	427907.660	167.485
19	680	4537645.276	427743.792	186.314
20	681	4537643.125	427799.354	164.855
21	682	4537644.612	427906.644	170.552
22	688	4537591.613	427910.718	176.159
23	693	4537552.064	427911.374	179.476
24	694	4537527.347	427903.620	182.593
25	696	4537504.297	427833.327	188.770
26	698	4537459.418	427809.573	190.170
27	699	4537415.085	427733.148	188.990
28	700	4537426.261	427594.390	182.133
29	963	4537884.155	427822.218	148.870
30	978	4537406.029	427669.032	185.683

Çizelge EK-A-1. 2 Statik ölçüm süreleri ve standart sapmalar

	Nokta No	Ölçüm Süresi	Tarih	Gps Günü	σ_ϕ (m)	σ_λ (m)	σ_h (m)
1	639	04:03	13.06.2012	165	0.002	0.002	0.010
2	640	03:43	13.06.2012	165	0.003	0.003	0.015
3	641	03:48	13.06.2012	165	0.005	0.011	0.027
4	642	03:54	14.06.2012	166	0.003	0.005	0.021
5	643	03:57	12.06.2012	164	0.003	0.005	0.024
6	644	02:11	17.05.2012	138	0.003	0.002	0.011
7	645	03:53	12.06.2012	164	0.003	0.002	0.011
8	646	03:56	12.06.2012	164	0.003	0.004	0.020
9	647	01:55	13.05.2012	134	0.019	0.023	0.050
10	648	04:01	16.06.2012	168	0.003	0.003	0.017
11	656	04:07	16.06.2012	168	0.002	0.001	0.006
12	657	04:13	16.06.2012	168	0.004	0.002	0.013
13	659	02:33	12.05.2012	133	0.006	0.004	0.036
14	664	03:10	27.06.2012	179	0.003	0.006	0.026
15	668	03:55	14.06.2012	166	0.002	0.001	0.008
16	669	03:48	26.06.2012	178	0.003	0.002	0.019
17	670	08:06	12.06.2012	164	0.002	0.003	0.009
18	676	04:07	26.06.2012	178	0.002	0.002	0.010
19	680	02:51	28.06.2012	180	0.003	0.003	0.014
20	681	03:56	17.05.2012	138	0.003	0.003	0.011
21	682	03:54	14.06.2012	166	0.006	0.010	0.030
22	688	02:23	12.05.2012	133	0.007	0.009	0.019
23	693	02:58	27.06.2012	179	0.007	0.013	0.031
24	694	03:13	27.06.2012	179	0.002	0.002	0.008
25	696	02:15	13.06.2012	165	0.002	0.002	0.008
26	698	04:00	27.06.2012	179	0.002	0.002	0.008
27	699	02:02	14.06.2012	166	0.002	0.004	0.011
28	700	03:50	13.06.2012	165	0.003	0.007	0.014
29	963	04:16	16.06.2012	168	0.004	0.002	0.009
30	978	02:01	14.06.2012	166	0.003	0.003	0.012

A-2 RTK GPS Ölçüm Değerleri

Çizelge EK-A-2. 1 RTK ölçümü ile edilen koordinatlar ve standart sapmalar (ITRF 2008)

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)	σ_p (m)	σ_h (m)
1	639	4537453.403	427606.791	178.265	0.008	0.010
2	640	4537506.030	427605.335	172.349	0.005	0.005
3	641	4537550.780	427602.105	167.549	0.010	0.008
4	642	4537604.170	427599.515	164.247	0.020	0.018
5	643	4537650.283	427597.839	162.709	0.006	0.006
6	644	4537693.323	427595.646	162.313	0.004	0.005
7	645	4537748.872	427592.382	162.997	0.007	0.007
8	646	4537797.370	427590.154	163.419	0.006	0.006
9	647	4537846.559	427587.155	163.055	0.005	0.006
10	648	4537891.284	427584.583	160.860	0.008	0.008
11	656	4537887.624	427899.921	154.442	0.004	0.005
12	657	4537889.898	427695.854	156.841	0.006	0.006
13	659	4537840.490	427895.356	158.644	0.015	0.012
14	664	4537788.544	427903.460	162.324	0.005	0.004
15	668	4537747.628	427670.391	175.815	0.005	0.007
16	669	4537746.945	427728.103	179.290	0.008	0.012
17	670	RTK Referans İstasyonu				
18	676	4537687.347	427907.652	167.520	0.012	0.011
19	680	4537645.296	427743.851	186.460	0.007	0.007
20	681	4537643.134	427799.345	186.141	0.005	0.006
21	682	4537644.647	427906.731	170.604	0.008	0.01
22	688	4537591.673	427910.672	176.086	0.004	0.005
23	693	4537552.112	427911.418	179.492	0.01	0.007
24	694	4537527.334	427903.666	182.613	0.004	0.005
25	696	4537504.324	427833.354	188.780	0.009	0.009
26	698	4537459.468	427809.584	190.200	0.004	0.005
27	699	4537415.104	427733.185	188.999	0.006	0.006
28	700	4537426.319	427594.405	182.093	0.019	0.012
29	963	4537884.194	427822.257	148.907	0.007	0.006
30	978	4537406.054	427668.993	185.730	0.006	0.006

Çizelge EK-A-2. 2 RTK ölçülerine ait genel bilgiler

	Nokta No	σ_p (m)	σ_h (m)	GPS Uydu Sayısı	GLONASS Uydu Sayısı	HDOP	VDOP	PDOP
1	639	0.008	0.010	5	3	1.918	3.263	3.785
2	640	0.005	0.005	7	3	1.586	1.611	2.260
3	641	0.010	0.008	6	0	2.322	1.708	2.882
4	642	0.020	0.018	6	3	1.461	1.865	2.369
5	643	0.006	0.006	8	4	1.214	1.455	1.895
6	644	0.004	0.005	7	4	1.179	1.520	1.924
7	645	0.007	0.007	6	4	1.394	1.953	2.399
8	646	0.006	0.006	5	3	1.399	1.692	2.196
9	647	0.005	0.006	5	4	1.353	1.730	2.196
10	648	0.008	0.008	5	4	1.558	1.999	2.535
11	656	0.004	0.005	6	4	1.274	1.685	2.112
12	657	0.006	0.006	6	3	1.589	1.772	2.380
13	659	0.015	0.012	5	4	4.576	4.214	4.243
14	664	0.005	0.004	7	4	0.946	1.334	1.635
15	668	0.005	0.007	5	4	1.188	2.286	2.576
16	669	0.008	0.012	4	3	2.409	4.187	4.831
17	670	RTK Referans İstasyonu						
18	676	0.012	0.011	6	4	1.452	2.224	2.656
19	680	0.007	0.007	4	3	2.062	2.421	3.18
20	681	0.005	0.006	6	3	1.31	1.809	2.233
21	682	0.008	0.010	4	3	2.562	3.511	4.346
22	688	0.004	0.005	6	4	1.107	1.59	1.937
23	693	0.010	0.007	5	3	1.628	1.933	2.527
24	694	0.004	0.005	6	4	1.068	1.594	1.919
25	696	0.009	0.009	5	4	2.699	3.003	4.038
26	698	0.004	0.005	6	4	1.271	1.614	2.055
27	699	0.006	0.006	6	4	1.283	1.621	2.067
28	700	0.019	0.012	6	4	1.833	1.593	2.428
29	963	0.007	0.006	6	4	1.811	1.834	2.578
30	978	0.006	0.006	6	5	1.221	1.626	2.034

Çizelge EK-A-2. 3 RTK ölçümleri ile statik ölçümler arasındaki koordinat farkları

		Δx (m)	Δy (m)	Δh (m)
1	639	0.041	0.015	0.025
2	640	0.054	0.045	0.052
3	641	0.030	0.091	0.115
4	642	0.031	0.042	0.083
5	643	0.059	0.025	0.127
6	644	0.006	0.056	0.028
7	645	0.024	0.007	0.042
8	646	0.014	0.025	0.132
9	647	0.049	0.021	0.058
10	648	0.004	0.008	0.143
11	656	0.033	0.001	0.012
12	657	0.013	0.007	0.044
13	659	0.016	0.041	0.145
14	664	0.036	0.012	0.113
15	668	0.016	0.021	0.032
16	669	0.041	0.012	0.175
17	676	0.053	0.001	0.027
18	680	0.020	0.060	0.146
19	681	0.007	0.001	0.039
20	682	0.035	0.087	0.052
21	688	0.060	0.046	0.073
22	693	0.048	0.044	0.016
23	694	0.013	0.046	0.020
24	696	0.027	0.027	0.010
25	698	0.050	0.011	0.030
26	699	0.019	0.037	0.009
27	700	0.058	0.016	0.040
28	963	0.039	0.039	0.037
29	978	0.025	0.038	0.047

A-3 CORS Ölçüm Değerleri

Çizelge EK-A-3. 1 CORS (VRS) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2005) ve standart sapmalar

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)	σ_p (m)	σ_h (m)
1	639	4537453.350	427606.566	178.142	0.005	0.006
2	640	4537506.005	427605.183	172.188	0.010	0.014
3	641	4537550.743	427601.880	167.487	0.013	0.011
4	642	4537604.080	427599.223	164.112	0.013	0.012
5	643	4537650.194	427597.622	162.689	0.011	0.010
6	644	4537693.226	427595.368	162.229	0.006	0.007
7	645	4537748.807	427592.168	162.924	0.004	0.009
8	646	4537797.287	427589.970	163.374	0.008	0.011
9	647	4537846.496	427586.916	162.990	0.007	0.009
10	648	4537891.177	427584.370	160.756	0.006	0.009
11	656	4537887.617	427899.722	154.476	0.007	0.007
12	657	4537889.837	427695.700	156.770	0.004	0.006
13	659	4537840.394	427895.192	158.714	0.014	0.012
14	664	4537788.408	427903.225	162.240	0.007	0.008
15	668	4537747.581	427670.209	175.735	0.003	0.003
16	669	4537746.819	427727.934	179.242	0.005	0.006
17	670	4537731.834	427904.494	164.797	0.003	0.002
18	676	4537687.196	427907.442	167.452	0.009	0.009
19	680	4537645.215	427743.617	186.401	0.016	0.019
20	681	4537643.008	427799.204	186.126	0.015	0.017
21	682	4537644.549	427906.511	170.479	0.012	0.015
22	688	4537591.552	427910.529	176.022	0.004	0.004
23	693	4537552.003	427911.204	179.402	0.009	0.012
24	694	4537527.278	427903.465	182.519	0.004	0.005
25	696	4537504.236	427833.153	188.735	0.003	0.005
26	698	4537459.362	427809.382	190.175	0.010	0.008
27	699	4537415.015	427732.928	188.902	0.003	0.004
28	700	4537426.270	427594.185	182.002	0.010	0.007
29	963	4537884.064	427822.004	148.808	0.006	0.007
30	978	4537405.969	427668.813	185.610	0.004	0.004

Çizelge EK-A-3. 2 CORS (VRS) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2008) ve standart sapmalar

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)	σ_p (m)	σ_h (m)
1	639	4537453.414	427606.776	178.219	0.005	0.006
2	640	4537506.069	427605.393	172.265	0.010	0.014
3	641	4537550.807	427602.090	167.564	0.013	0.011
4	642	4537604.144	427599.433	164.189	0.013	0.012
5	643	4537650.258	427597.832	162.766	0.011	0.010
6	644	4537693.290	427595.578	162.306	0.006	0.007
7	645	4537748.871	427592.378	163.001	0.004	0.009
8	646	4537797.351	427590.180	163.451	0.008	0.011
9	647	4537846.560	427587.126	163.067	0.007	0.009
10	648	4537891.241	427584.580	160.833	0.006	0.009
11	656	4537887.681	427899.932	154.553	0.007	0.007
12	657	4537889.901	427695.910	156.847	0.004	0.006
13	659	4537840.458	427895.402	158.791	0.014	0.012
14	664	4537788.472	427903.435	162.317	0.007	0.008
15	668	4537747.645	427670.419	175.812	0.003	0.003
16	669	4537746.883	427728.144	179.319	0.005	0.006
17	670	4537731.898	427904.704	164.874	0.003	0.002
18	676	4537687.260	427907.652	167.529	0.009	0.009
19	680	4537645.279	427743.827	186.478	0.016	0.019
20	681	4537643.072	427799.414	186.203	0.015	0.017
21	682	4537644.613	427906.721	170.556	0.012	0.015
22	688	4537591.616	427910.739	176.099	0.004	0.004
23	693	4537552.067	427911.414	179.479	0.009	0.012
24	694	4537527.342	427903.675	182.596	0.004	0.005
25	696	4537504.300	427833.363	188.812	0.003	0.005
26	698	4537459.426	427809.592	190.252	0.010	0.008
27	699	4537415.079	427733.138	188.979	0.003	0.004
28	700	4537426.334	427594.395	182.079	0.010	0.007
29	963	4537884.128	427822.214	148.885	0.006	0.007
30	978	4537406.033	427669.023	185.687	0.004	0.004

Çizelge EK-A-3. 3 CORS (FKP) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2005) ve standart sapmalar

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)	σ_p (m)	σ_h (m)
1	639	4537453.33	427606.59	178.184	0.008	0.007
2	640	4537506.03	427605.11	172.416	0.008	0.012
3	641	4537550.74	427601.88	167.491	0.006	0.007
4	642	4537604.14	427599.27	164.169	0.008	0.007
5	643	4537650.21	427597.61	162.699	0.01	0.013
6	644	4537693.23	427595.36	162.283	0.005	0.007
7	645	4537748.8	427592.18	162.979	0.004	0.008
8	646	4537797.28	427589.96	163.34	0.006	0.008
9	647	4537846.48	427586.91	163.002	0.007	0.009
10	648	4537891.17	427584.4	160.813	0.008	0.011
11	656	4537887.57	427899.73	154.406	0.004	0.003
12	657	4537889.85	427695.71	156.781	0.006	0.007
13	659	4537840.33	427895.16	158.805	0.037	0.032
14	664	4537788.44	427903.22	162.262	0.004	0.004
15	668	4537747.59	427670.22	175.747	0.003	0.003
16	669	4537746.81	427727.93	179.225	0.007	0.008
17	670	4537731.83	427904.46	164.813	0.016	0.013
18	676	4537687.2	427907.44	167.451	0.005	0.006
19	680	4537645.21	427743.63	186.376	0.011	0.01
20	681	4537643.01	427799.17	186.087	0.026	0.023
21	682	4537644.55	427906.49	170.562	0.005	0.006
22	688	4537591.54	427910.54	176.039	0.006	0.005
23	693	4537551.99	427911.16	179.499	0.009	0.012
24	694	4537527.27	427903.47	182.534	0.003	0.004
25	696	4537504.23	427833.15	188.762	0.008	0.01
26	698	4537459.39	427809.36	190.122	0.011	0.009
27	699	4537415.05	427732.95	188.922	0.008	0.007
28	700	4537426.26	427594.2	182.027	0.006	0.007
29	963	4537884.04	427822.04	148.807	0.009	0.008
30	978	4537405.97	427668.8	185.639	0.004	0.004

Çizelge EK-A-3. 4 CORS (FKP) tekniğinde elde edilen koordinatlar (ITRF 2008) ve standart sapmalar

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)	σ_p (m)	σ_h (m)
1	639	4537453.38	427606.8	178.237	0.008	0.007
2	640	4537506.07	427605.33	172.469	0.008	0.012
3	641	4537550.79	427602.1	167.544	0.006	0.007
4	642	4537604.19	427599.48	164.222	0.008	0.007
5	643	4537650.26	427597.82	162.752	0.01	0.013
6	644	4537693.28	427595.58	162.336	0.005	0.007
7	645	4537748.85	427592.39	163.032	0.004	0.008
8	646	4537797.33	427590.17	163.393	0.006	0.008
9	647	4537846.53	427587.13	163.055	0.007	0.009
10	648	4537891.22	427584.61	160.866	0.008	0.011
11	656	4537887.62	427899.94	154.459	0.004	0.003
12	657	4537889.9	427695.92	156.834	0.006	0.007
13	659	4537840.38	427895.37	158.858	0.037	0.032
14	664	4537788.49	427903.44	162.315	0.004	0.004
15	668	4537747.64	427670.43	175.8	0.003	0.003
16	669	4537746.86	427728.14	179.278	0.007	0.008
17	670	4537731.88	427904.68	164.866	0.016	0.013
18	676	4537687.25	427907.66	167.504	0.005	0.006
19	680	4537645.26	427743.85	186.429	0.011	0.01
20	681	4537643.06	427799.38	186.14	0.026	0.023
21	682	4537644.6	427906.7	170.615	0.005	0.006
22	688	4537591.59	427910.75	176.092	0.006	0.005
23	693	4537552.04	427911.37	179.552	0.009	0.012
24	694	4537527.32	427903.69	182.587	0.003	0.004
25	696	4537504.28	427833.36	188.815	0.008	0.01
26	698	4537459.44	427809.57	190.175	0.011	0.009
27	699	4537415.1	427733.17	188.975	0.008	0.007
28	700	4537426.31	427594.41	182.08	0.006	0.007
29	963	4537884.09	427822.26	148.86	0.009	0.008
30	978	4537406.02	427669.02	185.692	0.004	0.004

Çizelge EK-A-3. 5 CORS ölçümlerine ait genel bilgiler

	Nokta No	VRS					FKP				
		GPS Uydu Sayısı	GLONASS Uydu Sayısı	HDOP	VDOP	PDOP	GPS Uydu Sayısı	GLONASS Uydu Sayısı	HDOP	VDOP	PDOP
1	639	6	3	1.373	1.754	2.228	6	5	1.234	1.554	1.984
2	640	4	4	1.946	4.122	4.558	5	4	1.618	3.433	3.795
3	641	5	4	1.272	2.245	2.581	5	4	1.278	2.023	2.393
4	642	6	4	2.357	2.490	3.429	6	3	2.486	2.114	3.264
5	643	5	3	1.252	2.159	2.495	6	3	1.240	2.165	2.495
6	644	7	3	1.155	2.034	2.340	7	4	0.965	1.906	2.136
7	645	6	4	1.021	2.541	2.738	6	4	0.997	2.448	2.643
8	646	6	2	1.878	3.127	3.648	5	2	1.379	2.496	2.852
9	647	4	6	1.236	2.259	2.575	5	5	1.226	2.275	2.584
10	648	5	4	1.230	2.736	3.000	5	4	1.330	2.873	3.166
11	656	7	6	0.905	1.172	1.481	7	6	0.922	1.186	1.502
12	657	5	5	1.148	1.697	2.049	5	4	1.727	2.239	2.828
13	659	4	4	2.573	3.365	4.014	4	2	1.626	3.990	4.309
14	664	6	3	1.542	1.950	2.486	5	6	1.130	1.513	1.888
15	668	6	5	1.293	1.747	2.173	7	4	1.139	1.396	1.802
16	669	6	4	1.250	1.536	1.980	6	4	1.452	2.075	2.532
17	670	7	5	1.173	1.460	1.873	7	4	1.121	1.373	1.772
18	676	6	4	1.158	1.529	1.918	6	4	1.147	1.632	1.995
19	680	4	4	1.921	2.924	3.498	6	3	2.047	1.761	2.701
20	681	4	4	1.560	2.551	2.990	7	5	1.463	1.569	2.145
21	682	5	5	1.231	2.075	2.413	4	5	1.271	2.122	2.473
22	688	6	6	0.884	1.262	1.541	6	5	1.100	1.328	1.725
23	693	5	4	2.268	3.442	4.122	5	3	2.547	3.827	4.597
24	694	7	6	0.844	1.266	1.521	7	6	0.906	1.333	1.612
25	696	6	6	1.048	1.578	1.894	6	6	1.082	1.607	1.937
26	698	6	6	1.098	1.452	1.821	5	6	1.105	1.543	1.898
27	699	8	7	0.820	1.139	1.404	8	7	0.823	1.147	1.412
28	700	6	4	1.134	1.641	1.995	6	3	1.337	1.941	2.357
29	963	4	5	1.937	2.048	2.819	4	4	1.539	1.806	2.373
30	978	8	7	0.830	1.171	1.436	8	7	0.827	1.158	1.423

Çizelge EK-A-3. 6 CORS VRS ve FKP ölçümleri ile statik ölçümler arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)

		Statik – CORS VRS			Statik – CORS FKP		
	Nokta No	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)
1	639	0.030	0.030	0.021	0.064	0.002	0.003
2	640	0.015	0.013	0.032	0.010	0.054	0.172
3	641	0.003	0.106	0.100	0.018	0.098	0.120
4	642	0.057	0.040	0.141	0.012	0.008	0.108
5	643	0.083	0.018	0.184	0.079	0.006	0.170
6	644	0.027	0.012	0.021	0.041	0.014	0.051
7	645	0.025	0.011	0.046	0.046	0.003	0.077
8	646	0.033	0.051	0.100	0.052	0.044	0.158
9	647	0.050	0.008	0.046	0.022	0.007	0.058
10	648	0.038	0.010	0.116	0.064	0.019	0.149
11	656	0.024	0.010	0.123	0.035	0.017	0.029
12	657	0.010	0.049	0.050	0.016	0.059	0.037
13	659	0.016	0.005	0.292	0.092	0.027	0.359
14	664	0.036	0.037	0.106	0.021	0.035	0.104
15	668	0.033	0.007	0.029	0.023	0.022	0.017
16	669	0.021	0.030	0.204	0.049	0.025	0.163
17	670	0.040	0.046	0.019	0.063	0.072	0.011
18	676	0.044	0.008	0.044	0.051	0.005	0.019
19	680	0.003	0.036	0.164	0.017	0.054	0.115
20	681	0.053	0.060	0.018	0.066	0.026	0.045
21	682	0.001	0.077	0.004	0.012	0.058	0.063
22	688	0.003	0.021	0.060	0.026	0.036	0.067
23	693	0.003	0.040	0.003	0.029	0.002	0.076
24	694	0.005	0.055	0.003	0.029	0.065	0.006
25	696	0.003	0.036	0.042	0.015	0.035	0.045
26	698	0.008	0.019	0.082	0.024	0.004	0.005
27	699	0.006	0.010	0.011	0.010	0.017	0.015
28	700	0.073	0.006	0.054	0.045	0.019	0.053
29	963	0.027	0.004	0.015	0.070	0.038	0.010
30	978	0.004	0.008	0.004	0.010	0.014	0.009

Çizelge EK-A-3. 7 CORS (VRS) ölçümleri ile CORS (FKP) ölçümleri arasındaki mutlak koordinat farklarının incelenmesi

	Nokta No	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)
1	639	0.034	0.028	0.018
2	640	0.005	0.067	0.204
3	641	0.015	0.008	0.020
4	642	0.045	0.048	0.033
5	643	0.004	0.012	0.014
6	644	0.014	0.002	0.030
7	645	0.020	0.014	0.031
8	646	0.019	0.007	0.058
9	647	0.028	0.001	0.012
10	648	0.025	0.029	0.033
11	656	0.058	0.007	0.094
12	657	0.006	0.010	0.013
13	659	0.076	0.032	0.067
14	664	0.015	0.002	0.002
15	668	0.010	0.015	0.012
16	669	0.028	0.004	0.041
17	670	0.023	0.026	0.008
18	676	0.007	0.003	0.025
19	680	0.020	0.019	0.049
20	681	0.013	0.034	0.063
21	682	0.013	0.019	0.059
22	688	0.029	0.015	0.007
23	693	0.032	0.042	0.073
24	694	0.024	0.010	0.009
25	696	0.018	0.001	0.003
26	698	0.016	0.023	0.077
27	699	0.016	0.027	0.004
28	700	0.028	0.014	0.001
29	963	0.043	0.042	0.025
30	978	0.014	0.005	0.005

A-4 Kutupsal Alım Ölçüm Değerleri

Çizelge EK-A-4. 1 Kutupsal alım koordinatları ile statik ölçüm sonuçları arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	h (m)	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)
1	639	4537453.451	427606.801	178.255	0.007	0.005	0.015
2	640	4537506.089	427605.392	172.290	0.005	0.012	0.007
3	641	4537550.801	427602.182	167.633	0.009	0.014	0.031
4	642	4537604.212	427599.482	164.369	0.011	0.009	0.039
5	645	4537748.895	427592.379	162.948	0.002	0.010	0.007
6	646	4537797.388	427590.120	163.570	0.004	0.009	0.019
7	647	4537846.524	427587.149	163.067	0.014	0.015	0.046
8	648	4537891.275	427584.585	160.700	0.004	0.005	0.017
9	656	4537887.645	427899.910	154.443	0.013	0.012	0.013
10	657	4537889.923	427695.850	156.789	0.012	0.011	0.008
11	659	4537840.465	427895.383	158.545	0.009	0.014	0.046
12	664	4537788.518	427903.485	162.195	0.010	0.013	0.016
13	668	4537747.609	427670.404	175.801	0.003	0.008	0.018
14	669	4537746.908	427728.112	179.135	0.004	0.003	0.020
15	680	4537645.290	427743.787	186.299	0.014	0.004	0.015
16	681	4537643.131	427799.340	186.177	0.006	0.014	0.008
17	682	4537644.618	427906.635	170.564	0.006	0.009	0.012
18	688	4537591.605	427910.705	176.140	0.008	0.013	0.019
19	693	4537552.069	427911.385	179.489	0.005	0.011	0.013
20	694	4537527.351	427903.629	182.585	0.004	0.009	0.008
21	696	4537504.307	427833.332	188.783	0.010	0.005	0.013
22	698	4537459.422	427809.579	190.161	0.004	0.006	0.009
23	699	4537415.093	427733.155	188.999	0.008	0.007	0.009
24	700	4537426.256	427594.399	182.152	0.005	0.009	0.019
25	963	4537884.151	427822.210	148.889	0.004	0.008	0.019
26	978	4537406.035	427669.046	185.675	0.006	0.014	0.008

A-5 Kadastral Noktaların Bilinen Koordinatları

Çizelge EK-A-5. 1 Kadastral noktaların bilinen koordinatları (ITRF 96)

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)
1	639	4537453.268	427606.619	178.119
2	640	4537505.915	427605.170	172.229
3	641	4537550.669	427601.911	167.419
4	642	4537604.069	427599.308	164.120
5	643	4537650.125	427597.606	162.689
6	644	4537693.173	427595.403	162.209
7	645	4537748.702	427592.182	162.893
8	646	4537797.258	427589.984	163.304
9	647	4537846.469	427587.007	162.953
10	648	4537891.137	427584.420	160.760
11	657	4537889.786	427695.657	156.731
12	659	4537840.340	427895.156	158.464
13	664	4537788.386	427903.284	162.194
14	668	4537747.482	427670.265	175.692
15	669	4537746.754	427727.943	179.166
16	670	4537731.804	427904.572	164.731
17	676	4537687.207	427907.451	167.463
18	680	4537645.101	427743.652	186.308
19	681	4537642.933	427799.156	186.033
20	682	4537644.454	427906.556	170.508
21	688	4537591.474	427910.506	175.977
22	693	4537551.890	427911.221	179.388
23	694	4537527.213	427903.436	182.499
24	696	4537504.176	427833.127	188.681
25	698	4537459.283	427809.403	190.113
26	699	4537414.946	427732.971	188.884
27	700	4537426.174	427594.170	181.987
28	963	4537884.013	427822.026	148.744
29	978	4537405.873	427668.835	185.928

Çizelge EK-A-5. 2 Kadastral noktaların bilinen koordinatları (ITRF 2008)

	Nokta No	Yukarı Değer (m)	Sağa Değer (m)	E. Yükseklik (m)
1	639	4537453.410	427606.799	178.206
2	640	4537506.058	427605.350	172.316
3	641	4537550.811	427602.092	167.506
4	642	4537604.212	427599.488	164.207
5	643	4537650.268	427597.786	162.602
6	644	4537693.316	427595.583	162.296
7	645	4537748.845	427592.362	162.980
8	646	4537797.400	427590.164	163.392
9	647	4537846.612	427587.187	163.040
10	648	4537891.280	427584.600	160.673
11	657	4537889.929	427695.837	156.818
12	659	4537840.483	427895.337	158.551
13	664	4537788.529	427903.465	162.281
14	668	4537747.625	427670.446	175.779
15	669	4537746.897	427728.123	179.079
16	670	4537731.947	427904.753	164.818
17	676	4537687.350	427907.631	167.550
18	680	4537645.244	427743.832	186.396
19	681	4537643.075	427799.337	186.120
20	682	4537644.597	427906.736	170.595
21	688	4537591.617	427910.686	176.064
22	693	4537552.033	427911.401	179.475
23	694	4537527.356	427903.616	182.586
24	696	4537504.319	427833.308	188.768
25	698	4537459.426	427809.583	190.200
26	699	4537415.089	427733.152	188.971
27	700	4537426.316	427594.350	182.074
28	963	4537884.155	427822.206	148.831
29	978	4537406.016	427669.015	186.015

Çizelge EK-A-5. 3 Kadastral noktaların bilinen koordinatları ile farklı ölçüm yöntemleri arasındaki koordinat farkları (ITRF 2008)

	Nokta No	Statik			CORS VRS			CORS FKP		
		$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)	$ \Delta x $ (m)	$ \Delta y $ (m)	$ \Delta h $ (m)
1	639	0.034	0.006	0.034	0.004	0.023	0.013	0.030	0.005	0.005
2	640	0.026	0.030	0.019	0.011	0.043	0.077	0.016	0.024	0.127
3	641	0.002	0.105	0.158	0.004	0.002	0.031	0.019	0.006	0.011
4	642	0.010	0.015	0.123	0.068	0.055	0.044	0.023	0.007	0.011
5	643	0.074	0.028	0.020	0.010	0.046	0.190	0.006	0.034	0.176
6	644	0.001	0.007	0.011	0.026	0.005	0.017	0.040	0.007	0.013
7	645	0.051	0.027	0.025	0.026	0.016	0.005	0.006	0.030	0.026
8	646	0.016	0.035	0.159	0.049	0.016	0.033	0.068	0.009	0.025
9	647	0.101	0.053	0.073	0.052	0.061	0.001	0.080	0.060	0.011
10	648	0.000	0.010	0.044	0.039	0.020	0.187	0.064	0.009	0.220
11	657	0.018	0.024	0.021	0.028	0.073	0.003	0.034	0.083	0.010
12	659	0.009	0.060	0.052	0.025	0.065	0.213	0.101	0.033	0.280
13	664	0.020	0.007	0.070	0.057	0.030	0.009	0.042	0.028	0.007
14	668	0.013	0.034	0.004	0.020	0.027	0.007	0.010	0.012	0.005
15	669	0.007	0.008	0.036	0.014	0.021	0.266	0.042	0.017	0.225
16	670	0.009	0.002	0.037	0.049	0.049	0.030	0.072	0.075	0.022
17	676	0.046	0.029	0.065	0.090	0.021	0.047	0.097	0.024	0.072
18	680	0.032	0.041	0.082	0.035	0.005	0.056	0.015	0.014	0.007
19	681	0.050	0.017	0.065	0.003	0.077	0.056	0.016	0.043	0.007
20	682	0.015	0.093	0.043	0.016	0.015	0.065	0.003	0.034	0.006
21	688	0.004	0.032	0.095	0.001	0.053	0.009	0.030	0.068	0.002
22	693	0.031	0.026	0.001	0.034	0.013	0.022	0.002	0.029	0.051
23	694	0.009	0.005	0.007	0.004	0.023	0.013	0.038	0.069	0.025
24	696	0.022	0.019	0.002	0.011	0.043	0.077	0.037	0.054	0.021
25	698	0.008	0.010	0.030	0.004	0.002	0.031	0.016	0.014	0.051
26	699	0.005	0.004	0.019	0.068	0.055	0.044	0.006	0.013	0.022
27	700	0.056	0.040	0.059	0.010	0.046	0.190	0.010	0.059	0.020
28	963	0.000	0.012	0.039	0.026	0.005	0.017	0.070	0.050	0.003
29	978	0.013	0.016	0.332	0.026	0.016	0.005	0.003	0.003	0.323

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Mustafa Özgür SENGÜ
Doğum Tarihi ve Yeri	:07.05.1983 / İstanbul
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:osengu@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Harita Müh.	YTÜ	2012/Devam diyor
Lisans	Harita Müh.	YTÜ	2009
Lise	Fen	Kenan Evren Lisesi	2001

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010-Devam ediyor	Harmoni Gay. Değ. ve Dan. A.Ş.	Harita Mühendisi (Değerleme Uzman Yrd.)
2009-2010	Çınar Taş. Değ. ve Dan. A.Ş.	Harita Mühendisi (Değerleme Uzman Yrd.)
2009	BSK Mühendislik	Harita Mühendisi
2008	KC GROUP	Harita Mühendisi