

**GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS ÖLÇÜ YÖNTEMİNDE
SİNYAL YANSIMA HATASININ ARAŞTIRILMASI**

Özer CAN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

ZONGULDAK

Şubat 2010

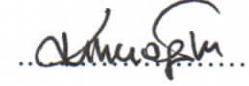
KABUL:

Özer CAN tarafından hazırlanan "GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS ÖLÇÜ YÖNTEMİNDE SİNYAL YANSIMA HATASININ ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 05/02/2010

Başkan: Yrd.Doç.Dr. Çetin MEKİK (ZKÜ)



Üye : Doç.Dr. Ali KILIÇOĞLU (HGK)

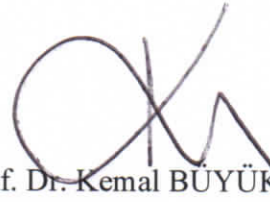


Üye : Doç.Dr. Ş. Hakan KUTOĞLU (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 23./02/2010



Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Özer CAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS ÖLÇÜ YÖNTEMİNDE SİNYAL YANSIMA HATASININ ARAŞTIRILMASI

Özer CAN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Çetin MEKİK

Şubat 2010, 147 sayfa

Günümüz dünyasında GPS’ e dayanan pek çok teknoloji günlük yaşamın bir parçası haline gelmiştir. GPS güdümlü navigasyon cihazları hemen her elektronik mağazasında, otomobillerde, hatta cep telefonlarında bile standart halini almıştır. Teknolojik gelişmeler aynı zamanda GPS ölçülerine dayalı jeodezik ölçü tekniklerinin de gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu ölçü tekniklerinden biri de Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) tekniğidir. GZK GPS sayesinde saniyelerle ölçülebilen zaman aralıklarında nokta koordinatları cm duyarlılığında arazide üretilmektedir.

Bilindiği gibi GZK GPS ölçü yönteminde gezici alıcı, çalışma şekli ve ortamı nedeni ile pek çok hata kaynağına maruz kalmaktadır. Bu hata kaynaklarından biride “SİNYAL YANSIMA HATASI” (MULTIPATH) dır.

Çalışılan ortam ve istenilen hassasiyet göz önüne alındığında, GZK GPS yöntemi sinyal yansıma sorunundan en fazla etkilenen GPS ölçü yöntemidir. GZK GPS yöntemi açısından

ÖZET (devam ediyor)

sinyal yansıma hatasının varlığı bir sorun iken, konumlama hatasının karakteristiği ve büyüklüğü de ayrı bir sorun olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, GZK ölçü yönteminde meydana gelen sinyal yansıma hatasının karakteristiği ve konumlama hatasının büyüklüğü üzerinde durulacak ve kontrollü bir test ortamıyla bu sorunlara çözüm aranacaktır.

Anahtar Sözcükler: Sinyal Yansıma Hatası, GPS, Gerçek Zamanlı Kinematik

Bilim Kodu: 616.01.03

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

RESEARCH OF MULTIPATH PROPAGATION ERROR ON THE REAL TIME KINEMATIC GPS SURVEYING METHOD

Özer CAN

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering**

Thesis Advisor: Asst. Prof. Çetin MEKİK

February 2010, 147 pages

In recent years, lots of technological improvements, based on GPS has become a standart of daily life. The navigation kits which using GPS technology has become a standart in every electronic markets, cars, even in cell phones. Geodetic Surveying techniques based on GPS observations, gains a new improvement trend with the parallel of technological improvement. So, the Real Time Kinematic GPS technique is the one of these surveying methods. While in the field, every geodetic ground points coordinates could be known in a short time period, with cm accuracy by the using of RTK GPS surveying method.

Known as, GPS error sources creates bad effects on rover RTK receiver hence the working environment and conditions. One of these error sources is MULTIPATH propagation RTK GPS surveying is most common method effects by Multipath propagation because of application and working environment. While multipath propagation is an important problem about RTK GPS, also the characteristics and value of positioning errors are another problem.

ABSTRACT (continued)

In this graduate research, it was dwelled upon the characteristics and size of positioning error that created by Multipath propagation error in GPS RTK surveying method.

Key Words: Multipath, GPS, Real Time Kinematic

Science Code: 616.01.03

TEŞEKKÜR

Özgün bilimsel çalışmaların, büyük zahmet ve özveriler ile gerçekleştirildiği ülkemizde, bu esaslara uygun bir çalışma yapmanın kıvanç ve onurunu taşımaktayım.

Bu çalışmayı gerçekleştirmede emek ve desteklerini daima yanımda hissettiğim başta değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Çetin MEKİK (ZKÜ)'e , çalışmalarım sırasında hem manevi olarak hem de bol çay ve kahve servisi ile bana destek çıkan sevgili eşim F.Tuğba CAN'a, yüksek lisans yapmam konusunda sonuna kadar direktip, her konuda yardımcı olan annem Seher CAN'a, çalışmamda kullandığım deney aletlerinin temini ve intikali sırasında bana yardımcı olup, arazi çalışmaları sırasında da yanımda olan babam Nurettin CAN'a , sayın komutanım Doç.Dr.Müh.Alb. Ali KILIÇOĞLU'na, değerli mesai arkadaşlarım Müh.Ütğm. Yasin ERKAN, Müh.Tğm.Selçuk PEKER, Müh.Tğm.Hakan ŞAHİN, Müh.Tğm.Fatih KALLE, Müh.Tğm.Mustafa İNAM, Müh.Tğm.Emre SOYER ve Müh.Tğm.Serdar AKYOL'a, katkılarından dolayı teşekkür eder, çalışmalarımızda kullandığımız deney düzeneklerinin yapımında yardımcı olan ve talihsiz bir deniz kazasında kaybettiğimiz Hayri bey'e Allahtan rahmet dilerim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS	5
2.1 GZK GPS DONANIMLARI.....	5
2.2 GZK GPS ÇALIŞMA ŞEKLİ	5
2.3 GZK GPS SİSTEM YAPISI	7
2.3.1 GZK Donanımında Baz Çözümü.....	8
2.3.2 Gezici(Rover) GPS Alıcısı.....	9
2.3.3 Sabit (Reference) GPS Alıcısı	9
2.3.4 Radio Modem.....	9
2.4 VERİ İLETİMİ VE MESAJ FORMATLARI.....	10
2.4.1 Veri Bağlantısı.....	10
2.4.2 Radyo Sinyal Yayılım Mesafeleri	11
2.4.3 Sinyal Zayıflaması.....	11
2.4.4 Bağlantıların Uygulanabilirlik Analizi.....	12
2.5 GZK GPS’TE TAMSAYI BELİRSİZLİĞİ ÇÖZÜMÜ	13
2.6 GZK GPS’ İN MATEMATİKSEL MODELİ.....	14
2.6.1 Taşıyıcı Dalga Ve Ön Uzunluk Düzeltmeleri	14
2.7 GPS HATA KAYNAKLARI.....	18
2.7.1 Yörünge Hataları (Efemeris Hataları)	18

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.7.2 Uydu Saat Hataları	20
2.7.3 Atmosferik Hatalar	20
2.7.3.1 Troposferik Gecikme (Kırınım)	20
2.7.3.2 İyonosferik Gecikme	21
2.7.4 Sinyal Yansıma (Multipath) Hatası	21
2.7.5 Alıcı Hataları	21
2.7.6 Uyduların Geometrisine Bağlı Konum Hataları.....	22
2.7.7 Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği Ve Faz Kesikliği.....	22
2.8 GZK GPS KULLANIM ALANLARI.....	22
 BÖLÜM 3 SİNYAL YANSIMA HATASI VE ÖZELLİKLERİ	 25
3.1 SİNYAL YANSIMA HATASI (MULTIPATH)	25
3.2 SİNYAL YANSIMASI İLE İLGİLİ PROBLEMLER.....	29
3.2.1 Sinyal Yansıması Kesikliği.....	29
3.2.2 Sinyal Yansıması Gecikmesi	29
3.3 KURAMSAL YANSIMA	30
3.3.1 Doğrusal Yansıma Katsayısı.....	31
3.3.2 Dairesel Yansıma Katsayısı Gösterimi	36
3.3.3 Işın Bazlı Sinyal Yansıma Geometrilere	38
3.3.3.1 F- Yerden Yansıma	39
3.3.3.2 BA- Yandan Yansıma tipi	40
3.3.3.3 BB-Bileşik Yansıma tipi	42
3.3.3.4 Genlikler, Bağlı Gecikmeler ve Fazlar.....	44
3.4 FRESNEL BÖLGELERİ	45
3.5 KIRILMA.....	46
3.6 GPS ALICISI DURUMU.....	47
3.6.1 Fiziksel Anten Konumunun Durumu.....	47
 BÖLÜM 4 UYGULAMA	 53
4.1. GİRİŞ.....	53

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2 UYGULAMADA KULLANILAN DÜZENEK, YAZILIM VE DONANIM	56
4.3 UYGULAMA AŞAMALARI	62
4.3.1 Yansız Ortam Ölçüleri	62
4.3.1.1 İlk Gün Ölçüleri	62
4.3.2 Yansılı Ortam Ölçüleri	63
4.3.2.1 F (Yerden Yansıma) Tipi Geometrisinin Oluşturulması	63
4.3.2.2 BA Yandan Yansıma Tipi Geometrisinin Oluşturulması	65
4.3.2.3 BB Bileşik Yansıma Tipi Geometrisinin Oluşturulması	67
4.4 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	69
4.4.1 2m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	73
4.4.2 4m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	79
4.4.3 6m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	85
4.4.4 8m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	91
4.4.5 10m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	97
4.4.6 20m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	103
4.4.7 30m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	109
4.4.8 40m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	115
4.4.9 50m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi	121
4.5 GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	127
4.5.1 Yansıtıcı Alıcı Durumuna Göre Hata Değişimi	127
4.5.2 Karesel Ortalama Hatalar Ve Hata Oluşma İhtimalleri	130
 BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	 137
 KAYNAKLAR	 143
ÖZGEÇMİŞ	147

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 GZK Sabit ve gezici noktalarda bulunması gereken donanımlar.....	8
2.2 GZK Baz Çözümü Blok Diyagramı	9
2.3 Yörünge hatasının baz uzunluğuna göre değişimi	19
2.4 Sinyal Yansıma Hatasının Oluşumuna İlişkin Tematik Bir Gösterim	21
3.1 Sinyal yansıma ortamı.....	27
3.2 İç-içe halkalı anten	28
3.3 SEDP (Sağ El Dairesel Polarize) Elektro manyetik dalgalar	30
3.4 Beton zemine ilişkin yansıma katsayıları.....	33
3.5 Islak toprak zemine ilişkin yansıma katsayıları	33
3.6 Tatlı suya ilişkin yansıma katsayıları	34
3.7 Kuru toprak’a ilişkin yansıma katsayıları	34
3.8 Nemli toprak’a ilişkin yansıma katsayıları	35
3.9 Brewster Açısı.....	35
3.10 İleri saçılma Geometrisi (F-MOD)	39
3.11 İç-içe halkalı anten (Chole ring)	40
3.12 Geri saçılma geometrisi 1 (BA-MOD)	41
3.13 Geri saçılma geometrisi 2 (BB-MOD)	43
3.14 Yansıma için Fresnel bölgeleri.....	45
3.15 Kırılma olayı	47
3.16 – BA biçimi geçerlilik sınırı.....	49
3.17 – BB biçimi Geçerlilik Bölgesi	50
4.1 Zemin tesisi materyali	54
4.2 Uygulama bölgesi.....	55
4.3 Uygulama yönü	56
4.4 Uygulama alanı	56
4.5 Düşey yansıtıcı yüzey.....	57
4.6 Tekerlek sistemi	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 Yatay yansıtıcı yüzey	58
4.8 F Ön yansım geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha	59
4.9 BA geri yansım tipi 1 geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha	59
4.10 BB geri yansım tipi 2 geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha	60
4.11 Z-Max alıcı sistemi	60
4.12 Z-Max alıcı kontrol ünitesi.....	61
4.13 GNSS Studio Ofis Yazılımı	61
4.14 Zemin noktasına kurulan Z – Max gezici alıcı.....	62
4.15 F yerden yansım tipi geometrisinin oluşturulması	64
4.16 F yerden yansım geometrisinin zamana göre değişimi	65
4.17 BA yandan yansım tipi geometrisinin oluşturulması	65
4.18 BA yandan yansım geometrisinin zamana göre değişimi	66
4.19 BB geri yansım tipi geometrisinin oluşturulması.....	68
4.20 BB bileşik yansım geometrisinin zamana göre değişimi	69
4.21 Ölçü gruplarının grafiksel gösterimi	70
4.22 Tehlikeli uydu yükseklik açısı hesabı için temsili gösterim	72
4.23 Tehlikeli azimut aralığı	72
4.24 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-2m)	74
4.25 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	74
4.26 Yansımali ölçü grubu ile yansımatsız ortam karesel ortalama hatası	75
4.27 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-2m)	76
4.28 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	76
4.29 Yansımali ölçü grubu ile yansımatsız ortam karesel ortalama hatası	77
4.30 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-2m)	78
4.31 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	78
4.32 Yansımali ölçü grubu ile yansımatsız ortam karesel ortalama hatası	79
4.33 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-4m)	80
4.34 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	80
4.35 Yansımali ölçü grubu ile yansımatsız ortam karesel ortalama hatası	81
4.36 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-4m)	82
4.37 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
4.38 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	83
4.39 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BB-4m)	84
4.40 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	84
4.41 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	85
4.42 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(F-6m)	86
4.43 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	86
4.44 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	87
4.45 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BA-6m)	88
4.46 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	88
4.47 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	89
4.48 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BB-6m)	90
4.49 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	90
4.50 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	91
4.51 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(F-8m)	92
4.52 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	92
4.53 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	93
4.54 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BA-8m)	94
4.55 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	94
4.56 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	95
4.57 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BB-8m)	96
4.58 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	96
4.59 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	97
4.60 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(F-10m)	98
4.61 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	98
4.62 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	99
4.63 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BA-10m)	100
4.64 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	100
4.65 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	101
4.66 Ölçü anindaki Uydu-Yansitici-Alici durumu(BB-10m)	102
4.67 Ölçü gruplarinin statik değerden farklari	102
4.68 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatasi	103

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.69 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-20m)	104
4.70 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	104
4.71 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	105
4.72 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-20m)	106
4.73 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	106
4.74 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	107
4.75 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-20m)	108
4.76 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	108
4.77 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	109
4.78 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-30m)	110
4.79 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	110
4.80 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	111
4.81 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-30m)	112
4.82 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	112
4.83 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	113
4.84 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-30m)	114
4.85 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	114
4.86 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	115
4.87 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-40m)	116
4.88 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	116
4.89 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	117
4.90 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-40m)	118
4.91 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	118
4.92 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	119
4.93 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-40m)	120
4.94 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	120
4.95 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	121
4.96 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-50m)	122
4.97 Ölçü gruplarının statik değerden farkları	122
4.98 Yansımali ölçü grubu ile yansımaz ortam karesel ortalama hatası	123
4.99 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-50m)	124

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.100 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.....	124
4.101 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.....	125
4.102 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-50m)	126
4.103 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.....	126
4.104 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.....	127
4.105 Yansıtıcı-alıcı mesafesine göre yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam farkları .	129
4.106 Yansıtıcı-alıcı mesafesine göre yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam farkları .	129
4.107 Yansıtıcı-alıcı mesafesine göre yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam farkları .	130
4.108 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ölçü grubu karesel ortalama hatası farkları	132
4.109 Ölçü gruplarında meydana gelen hatalı ölçü yüzdeleri	133
4.110 Yansıtıcı alıcı mesafesine göre gökyüzü tehlikeli bölge oranları grafiği	134
4.111 Ölçü gruplarında rastlanılan en büyük hatalar.....	135
5.1 Tehlikeli uydu-yansıtıcı-alıcı geometrileri	141

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Farklı nesnelere ait elektriksel özellikler	32
3.2 Geometrik gecikmeler ve fazlar	44
4.1 Zemin noktasının statik yöntem ile belirlenen dik koordinatları	63
4.2 Uzaklıklara göre yansıtıcı sinyalin alınabileceği azimut ve yükseklik açıları	71
4.3 F-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	74
4.4 F -2m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	75
4.5 BA-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	76
4.6 BA -2m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	77
4.7 BB-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	78
4.8 BB -2m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	79
4.9 F-4m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	80
4.10 F -4m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	81
4.11 BA-4m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	82
4.12 BA -4m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	83
4.13 BB-4m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	84
4.14 BB -4m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	85
4.15 F-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	86
4.16 F -6m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	87
4.17 BA-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	88
4.18 BA -6m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	89
4.19 BB-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	90
4.20 BB -6m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	91
4.21 F-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	92
4.22 F -8m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	93
4.23 BA-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	94
4.24 BA -8m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	95
4.25 BB-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	96
4.26 BB -8m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	97

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.27 F-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	98
4.28 F -10m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	99
4.29 BA-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	100
4.30 BA -10m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	101
4.31 BB-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	102
4.32 BB -10m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	103
4.33 BA-20m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	104
4.34 F -20m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	105
4.35 BA-20m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	106
4.36 BA -20m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	107
4.37 BB-20m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	108
4.38 BB -20m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	109
4.39 F-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	110
4.40 F -30m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	111
4.41 BA-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	112
4.42 BA -30m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	113
4.43 BB-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri	114
4.44 BB -30m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	115
4.45 F-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	116
4.46 F -40m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	117
4.47 BA-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	118
4.48 BA -40m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	119
4.49 BB-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	120
4.50 BB -40m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	121
4.51 F-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	122
4.52 F -50m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	123
4.53 BA-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	124
4.54 BA -50m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	125
4.55 BB-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri	126
4.56 BB -50m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları	127
4.57 Yansısız ortam ve yansılı ortam karesel ortalama hataları	131
4.58 Yansıtıcı alıcı mesafesine göre gökyüzü tehlikeli bölge oranları	134

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

N	: Kırılma indisi
$P^I_{RÖ}$	: Baz Alıcı i 'de Uyduya Yapılan Kod Ölçüsü
ρ^I_{RH}	: Baz Alıcı İle Uydu Arasındaki Gerçek Uzunluk
$S_m(t)$	: t Anındaki Metre Biriminde Alıcı Tarafından Hesaplanan Uydu-Alıcı Uzaklığı
S_o	: t Anındaki Ön Uzunluk Düzeltmesi
S	: Km Cinsinden Referans İle Gezici Arasındaki Mesafe
OTF	: On The Fly
P^P_k	: İlk Epok Kod Ölçüsü
Φ^P_k	: İlk Epok Faz Ölçüsü
λ	: Sinyalin Dalga Boyu
N^P_k	: Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği Olan
K^P_k	: Taşıyıcı Dalga İle Alıcısı Arası Uzunluğun Sayısal Değeri
$\Omega^P_k(1)$	: Sabit İstasyondan Gözlemlenen Her Bir Uydu İle Alıcı Arası Uzunluk
$\rho^P_k(1)$	: Toposentrik Mesafe
C	: Işık Hızı
dt_k	: Uydu Saat Hatası
dt^P	: Alıcı Saat Hatası
$I^P_{k_1\Phi}$	: İyonosferik Hata
T^P_k	: Troposferik Hata
$d_{k_1\Phi}$	: Alıcı Donanımından Kaynaklanan Kod Gecikmesi
$d^P_{k_1\Phi}$	: Uydu Donanımından Kaynaklanan Kod Gecikmesi
d^P_Φ	: Faz ölçüsüne Ait Sinyal Yansıma Etkisi
$\Omega^{-P}_m(t)$	: Düzeltilmiş Taşıyıcı Dalga Olan
$\Delta\Phi^P_k(t)$	: Taşıyıcı Dalga Düzeltmesi
$\Delta b(m)$	: Baz Bileşenleri

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

Δr	: Uydu Konum Hatası
$b(km)$	: Baz Uzunluğu
DOP	: Dilution Of Precision
(σ)	: Frekans
θ_B	: Brewster Açısı
r_h, r_v	: Yatay Ve Düşey Yansımaya Katsayıları
P_c	: Eşkutuplu Dairesel Yansımaya Katsayısı Büyüklüğü
P_x	: Karşı-Kutuplu Dairesel Yansımaya Katsayısı Büyüklüğü
K	:Yükseklik açısının Bir Fonksiyonu Olan Sinyal Ayıklama Katsayısı
θ	: Maksimum Uydu Yükseklik Açısı
D	:Yansıtıcı Yüzeyin Antene Olan Uzaklığı
m_G	: Yansımaya Hatasının Üç Boyutlu Konuma Olan Etkisi
θ_e, θ_a	: Gözlem Anında Uydulara Ait Yükseklik Ve Azimut Açıları
GPS	: Global Positioning System
L1,2	: GPS taşıyıcı dalga boyları (1575,42 MHz, 1227,60 MHz)
DGPS	: Diferantial Global Positioning System
GZK GPS	: Gerçek Zamanlı Kinematik GPS
RTK GPS	: Real Time Kinematic GPS
RTCM	: Real Time Correction Message
UHF	: Ultra High Frequency
VHF	: Very High Frequency
SA	: Selective Availability
NGS	: National Geodesy Society
IGS	: International Geodesy Society
PRN	: Pseudo Random Noise
SYH	: Sinyal Yansımaya Hatası
LOS	: Line Of Sight
NLOS	: Not Line Of Sight
MET	: Multipath Elimination Technique
EED	: Enine Elektromanyetik Dalga
TEW	: Transverse Electromagnetik Wave
SEDP	: Sağ El Dairesel Polarize

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

SOEEP	: Sol El Eliptik Polarize
SOEDP	: Sol El Dairesel Polarize
CP	: Cross Polar (Karşı kutuplu)
dB	: Desibel
DA	: Dikey-Alıcı
YDA	: Yer-Dikey-Alıcı
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
GNSS	: Global Navigation Satalite System
WGS	: World Geodetic System
ASTB	: Artık Sinyal Tehlikeli Bölgesi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüz haritacılığında jeodezik amaçlı ölçmede geline en son nokta Global Konum Belirleme Sistemi (GPS -Global Positioning System) dir. Bu sistem 1970’li yıllarda A.B.D Savunma Bakanlığı tarafından, askeri ihtiyaçlar doğrultusunda konum belirleme ve yönlendirme amacıyla geliştirilmiş olan NAVSTAR programının devamı niteliğindeki bir sistemdir. Yapım amacı askeri kullanım olan sistem, ilerleyen yıllarda sivil kullanıcılara da hizmet vermeye başlamıştır. Günümüzde ise haritacılık alanındaki uygulamalarda konumsal veri toplamada en önemli ve en hızlı araçtır. Jeodezik ağların kurulması ve yüksek duyarlıklı nokta ihtiyacının karşılanması, klasik ölçme yöntemlerine oranla çok daha pratik ve ucuzdur. Araziden kaynaklanan ölçüm zorlukların aşılması, maliyetlerin düşürülmesi ve yüksek doğruluklu konum belirleme gibi ihtiyaçlar sivil yaşamın konumsal veriye ihtiyaç duyulan pek çok alanında GPS uygulamalarının yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur. Sıralanan tüm avantajlarına rağmen GSP ile ölçüm aşamalarında belli kısıtlamalar da yok değildir. Statik ölçü yöntemi ile konum belirleme diğer tüm ölçü yöntemlerine göre daha hassas ve daha yüksek doğruluklu sonuç verirken, ölçü sonucunun belirli bir işlem aşamasından sonra elde edilmesi GPS’in haritacılık alanında kullanımında belirli kısıtlamalara neden olmuştur.

Teknolojideki gelişmeler sayesinde söz edilen kısıtlamalar Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) yöntemiyle ortadan kalkmıştır. GZK GPS (RTK GPS) yöntemiyle saniyelerle ölçülebilen zaman aralıklarında nokta koordinatları cm duyarlılığında arazide üretilmektedir. GZK GPS’te standart GPS donanımına ek olarak radyo-modem ve GZK kontrol ünitesi vardır. GZK GPS alıcısından biri koordinatları daha önceden hassas olarak belirlenen bir nokta üzerinde sürekli gözlem yaparken, bir veya daha fazla gezici GPS alıcısı da konumu belirlenecek noktalarda dolaşarak konum çözümünü gerçekleştirir. Referans alıcı gözlemler esnasında kurulduğu noktanın bilinen koordinatlarıyla uydulardan gelen gözlemlerle hesapladığı koordinatlarını karşılaştırarak düzeltmeleri hesaplar ve bu düzeltmeleri de gezici alıcılara yayımlar (Mekik 2005).

GPS uygulamalarında çeşitli hata kaynakları ölçüleri etkilemektedir. Bu hata kaynakları; uydu ve alıcı saat hataları, uydu yörünge hataları, iyonosferik ve atmosferik gecikme etkileri, sinyal yansıma hatası (multipath), alıcı hataları şeklinde sıralanabilir. Uydu-saat alıcı hataları geliştirilen yüksek duyarlıklı atomik ve kuartz-iridyum saatler ve uygulanan uygun ölçme teknikleri ile en aza indirilebilmektedir. Son yıllarda çok sayıda sabit istasyon aracılığıyla uydu yörünge bilgilerinin çok daha hassas bir şekilde elde edilebilmesi ve bunların internet ortamında hassas efemeris dosyaları olarak yayınlanması ile de uydu yörünge hataları en az düzeye indirilmiştir. Alıcı hatalarının teknolojik gelişme ile birlikte azalması ve uydu dağılımının, dolayısıyla geometrinin devreye sokulan yeni uydularla her koşulda yeterli olması, bu hata kaynaklarının, özellikle bölgesel çalışmalarındaki etkilerini büyük oranda azaltmıştır. İyonosferik gecikme etkisi de çift frekanslı alıcılar kullanılarak ölçme yapılması ile büyük oranda ortadan kaldırılabilir. Dolayısıyla, GPS ölçmelerinde cm-altı hassasiyet ulaşılmasının önündeki en önemli hata kaynaklarının, uydu tarafından gönderilen elektromanyetik dalganın, alıcı çevresinde bulunan yansıtıcı yüzeylerden yansıması nedeniyle oluşan sinyal yansıması (multipath) etkisi ve elektro-manyetik dalganın kırılma etkisi nedeniyle troposferden geçişi sırasında gerçekleşen gecikme etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Her iki hata da, uydu eğim açısı yani yatay düzlemde uydu ile alıcı arasındaki açı küçüldükçe artmaktadır. Bu nedenle, uygulamada 15° - 20° ve daha büyük eğim açılı ölçüler kullanılmakta ve böylece sinyal yansıması ve troposferik gecikme etkisi minimuma indirilmeye çalışılmaktadır; bu durum daha çok troposferik gecikme ile sinyal yansımasının bir bölümünde (yerden yansımalar) geçerli olmaktadır.

Sinyal yansıması (SY) hataları normal uydu sinyallerinin çeşitli yüzeylerden yansıyarak farklı sinyal yollarından alıcıya girişimi sonucu oluşmaktadır. Alıcıya farklı yollardan ulaşan bu sinyaller (Multipath sinyalleri) doğrudan alıcı-uydu korelasyonunu bozmaktadır. Korelasyondaki bu tip olağandışı değişimler kod ve faz ölçümlerinde belirli miktarda hatalara neden olmaktadır.

Sinyal yansıması hataları hem istasyon, hem de gezicideki alıcılarda etkili olmaktadır. Gezici alıcılarda hem yansıyan sinyallerinin şiddeti hem de sinyal yolu değişmektedir, böylece sinyal yansıması hatalarındaki korelasyon zamanı sabit istasyondaki alıcılara oranla gezici alıcılarda önemli oranda artmaktadır. Her iki ölçüm yönteminde de belirsiz karakterde olan doğrudan gelen uydu sinyali ile yansıyan artık sinyalin birbirinden ayrılması ve yansıyan sinyalin modellenmesi pratik olarak ölçüm sırasında mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle GZK GPS'in yapısı ve hata kaynakları anlatılacak, GZK GPS gözlemlerinde kullanılan elektromanyetik sinyalin, doğrudan alıcıya ulaşması gerekirken, bazı durumlarda bina çatıları, metal yapılar gibi yüksek yansıtıcılığa sahip yüzeylelerden yansıyarak alıcıya ulaşmasıyla oluşan sinyal yansıma hatasının (multipath) oluşma nedenleri, ana karakteristikleri ve yansıma geometrileri incelenecektir. Bu detaylı anlatım bölümünün ardından GZK GPS'teki sinyal yansıma hatasının nokta konumlarına etkisini belirleyebilmek için bir uygulama yapılacaktır. Bu uygulama aşamasında kullanılan test materyalleri ve yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Çalışma, yapılan deneysel uygulamadan elde edilen sonuçların ayrıntılı analizi ile tamamlanacak ve son olarak sonuçlar bölümünde öneriler verilecektir.

BÖLÜM 2

GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS

Gerçek zamanlı ölçü teknikleri içerisinde en hassas sonuç veren ölçü yöntemi Gerçek Zamanlı Kinematik(GZK) GPS'dir. 1980'li yıllarda DGPS adı altında kod ölçülerine dayalı olarak yeni bir teknik geliştirilmişti, fakat bu yöntem ile elde edilen doğruluk metre altına inemediğinden, yüksek doğruluklu anlık konum bilgisi ihtiyacının karşılanması amacıyla 1990'ların başında DGPS yönteminden 100 kat daha hassas sonuç veren, GZK ölçme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem sayesinde gerçek zamanlı olarak yüksek duyarlılıkta konum belirleme mümkün olmaktadır (birkaç santimetre seviyesinde). Faz ölçülerine dayalı bu teknik sayesinde büyük ölçekli haritalama çalışmalarında veya birçok mühendislik uygulamasında (baraj, demiryolu, karayolu, havaalanı inşaatı vs.) nokta konumların büroda değerlendirme (Post-Process) işlemine gerek kalmadan daha arazideyken anında belirlenmesi sağlanır. Böylelikle, GPS sadece konumlama aracı olarak değil aynı zamanda aplikasyon aracı olarak da kullanılır. GZK GPS tekniğinde özellikle gezici anten, kullanım alanları bakımından diğer hiçbir ölçme tekniğinde olmadığı kadar çevresel faktörlerin zorlamaları altında kalır. Bunların en önemlisi ve en etkilisi ise “Sinyal Yansıması” problemidir.

2.1 GZK GPS DONANIMLARI

GZK GPS ölçümü gerçekleştirebilmek için bir tanesi referans (baz) diğeri gezici olmak üzere en az iki adet GPS alıcısına gereksinim duyulmaktadır. Bu alıcılar anten ve radyo modeme sahip olmalıdır. Referans (baz) istasyonu radyo sinyalini gönderecek ve gezici ise bu sinyali alacak şekilde dizayn edilmiştir.

2.2 GZK GPS ÇALIŞMA ŞEKLİ

GZK GPS'i çalışma ilkesi bakımından incelendiğinde DGPS'e çok benzerlik gösterdiği görülür. DGPS'ten farklı olarak kod ölçüleri yerine taşıyıcı dalga faz ölçüleri kullanılmaktadır. Taşıyıcı dalga faz ölçüleri kod ölçülerine göre daha hassas olduğundan GZK

GPS çok daha duyarlı sonuçlar vermektedir. Yöntemin hassasiyeti $1-2\text{cm}+2*10^{-6}*S$ ($S=\text{km}$ cinsinden referans ile gezici arasındaki mesafe) olarak verilmektedir (URL-1,URL-2, 2009). Ancak bu yöntem mesafenin (S 'nin) 50 km' den küçük olduğu durumlarda anlamlı sonuçlar vermektedir.

GZK GPS'in çalışma ilkesi bakımından DGPS' e benzediğinden DGPS' nin çalışma şeklini matematiksel olarak incelersek;

$$S_o = P_{R\ddot{O}}^i - \rho_{RH}^i \quad (2.1)$$

Baz alıcı i 'de uyduya yapılan kod ölçüsü $P_{R\ddot{O}}^i$, baz alıcı ile uydu arasındaki gerçek uzunluk ρ_{RH}^i olsun. Bu durumda ikisi arasındaki fark referans (baz) istasyonundaki ön uzunluk (pseudorange) düzeltmesini verecektir.

Gezici alıcı tarafından hesaplanan t anındaki uydu alıcı uzaklıkları $S(t)$,referans alıcıdan gönderilen mesaj bilgileri yardımıyla:

$$S(t)=S_m(t)+S_o+(dS/dt).(t-t_o) \quad (2.2)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır.

Burada:

$S_m(t)$: t anındaki metre biriminde alıcı tarafından hesaplama uydu-alıcı uzaklığı (ön-uzunluk),

S_o : t anındaki ön uzunluk düzeltmesi,

(dS/dt) : Ön uzunluk düzeltmesi değişim oranı,

t_o : Mesaj içindeki veriler için referans zamanıdır.

Burada açıklanan yöntemin GZK GPS 'ten çalışma açısından hiç bir farkı yoktur. Fakat GZK GPS'te taşıyıcı dalga faz ölçüleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla referans istasyonunda ön uzunluk düzeltmeleri yerine faz düzeltmeleri gönderilmektedir. Ancak burada taşıyıcı dalga faz ölçülerinde bulunan tamsayı faz belirsizliğinin de ölçme anında belirlenmesi gerekir. Belirsizliğin çözümü için OTF (OnTheFly-Hareket Halinde Çözüm) yöntemi kullanılır.

GZK GPS yönteminde, hem referans hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Sistemin zayıf kabul edilebilecek tarafı ise; duyarlı sonuç alabilmek için en az beş uydudan ölçü toplanması gerekliliğidir. Ancak bu şart ağaçlık alanlarda ve yüksek binaların bulunduğu kentlerde sağlanamayabilir.

Diğer yandan GZK GPS yönteminin diğer GPS ölçme yöntemlerine göre avantajlarını sıralamak gerekirse;

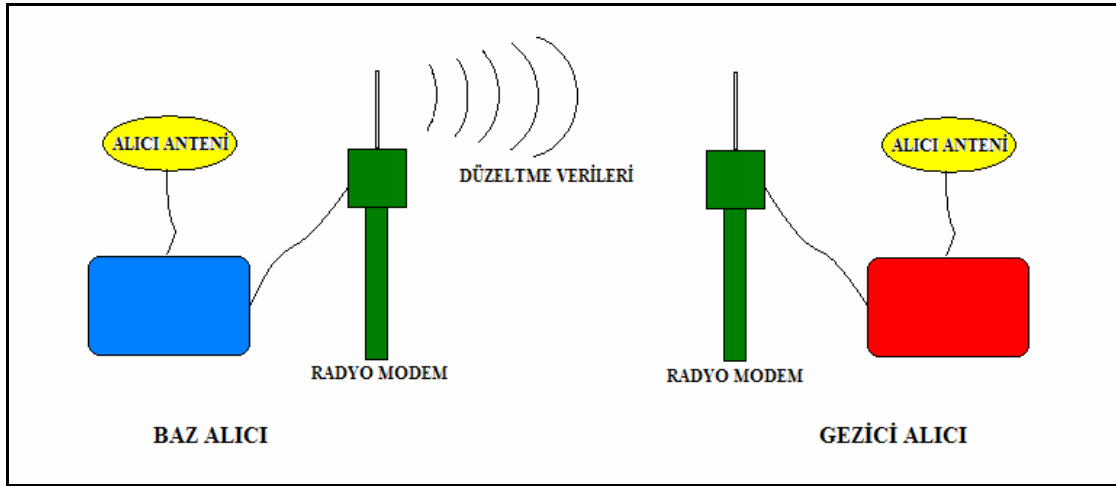
- a. Sonradan hesap gerektirmez.
- b. Çalışma bölgesinde ülke koordinat sisteminde bilinen birkaç nokta olması durumunda diğer noktalar ülke koordinat sistemine arazide dönüştürülebilir.
- c. Koordinatları bilinen noktalara oldukça duyarlı navigasyon ve aplikasyon yapılabilir.
- d. Tüm noktaları hassas olarak ölçme güvencesi vardır. Klasik kinematik yöntemde uydu sayısı 4'ün altına inerse veya sabit istasyondan faz sıçraması olursa kinematik konum hesabı mümkün olmaz. GZK GPS yönteminde bu durum anında fark edildiğinden yeni bir tam sayı çözümüyle gözlemlere devam edilir.
- e. GZK GPS sayesinde GPS alıcıları çok hızlı olarak hem de noktalar arası görüş gerektirmeksizin bir Total Station gibi kullanılabilir (Mekik 2001).

2.3 GZK GPS SİSTEM YAPISI

GZK GPS sistemi, hem referans hem de gezici istasyonda tek ya da çift frekanslı GPS alıcısı, anteni, bir veri iletim telsizi (bazen radyo modem de denilmektedir) ve onun anteninden meydana gelmektedir.

Referans ve gezici istasyonlarında genellikle aynı türden GPS alıcısı ve veri iletim telsizleri kullanılır. Referans istasyonunda bulunan veri iletim telsizi sinyal göndermede, gezici istasyondaki veri iletim telsizi ise sinyal almada kullanılır. Bazı GPS sistemlerinde radyo modemi GPS alıcısının içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca bu sistemde, referans alıcıdan gelen düzeltme mesajlarını alıp değerlendiren, istenilen koordinat sisteminde hesaplama yapılmasına olanak sağlayan bir yazılıma ve sistem ayarlarının yapıldığı bir data kontrol ünitesine ihtiyaç vardır.

GZK referans ve gezici noktalarda bulunması gereken donanımlar şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 GZK Sabit ve gezici noktalarda bulunması gereken donanımlar.

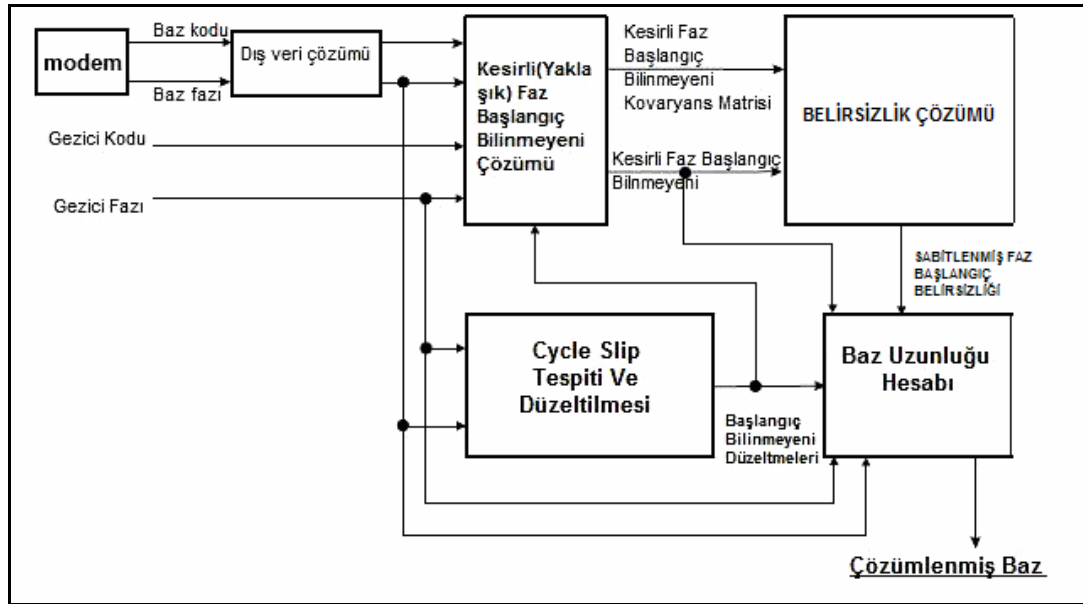
2.3.1 GZK Donanımında Baz Çözümü

Koordinatları bilinen noktaya sabit alıcı kurulduktan ve GZK düzeltme sinyalleri yayınlanmaya başladıktan sonra artık gezici alıcı ile anlık olarak cm doğrulukta koordinat elde etmek mümkündür. Gezici alıcının açılması ve koordinat kaydına kadar olan süreçte alıcı içinde bir algoritma dahilinde bazı işlemler yürütülmekte ve bu işlemler sonucunda sabit ve gezici alıcılar arasındaki baz çözümü her saniye tekrarlanmaktadır. Bu sayede gezici alıcı hareket halinde iken bile herhangi bir sinyal kesikliği olmadığı takdirde anlık koordinatlarını hesaplayabilmektedir.

İşlem adımları şu şekilde yürür;

1. Modem vasıtasıyla düzeltme sinyalleri alınır.
2. Kesirli başlangıç bilinmeyeninin çözümü için sabit ve gezici alıcılara ait kod ve faz okumaları korele edilir. Kod ölçüleri kesirli bilinmeyen hesabı için kullanılır. Faz sıçrama (cycle slip) düzeltmeleri gerekli olan durumlarda uygulanır.
3. Sabit alıcıya ait kesirli başlangıç belirsizliği kovaryans matrisi yardımıyla, geziciye ait kesirli başlangıç belirsizliğinin çözümü gerçekleştirilir. Bu işlem sonrasında faz belirsizliği sabitlenmiş olur.
4. Faz ölçüleri, sabitlenmiş faz başlangıç belirsizliği ve belirsizlik düzeltmeleri kullanılarak bir fonksiyon yardımıyla baz uzunluğu çözümü sağlanır. Fonksiyonlara ait matematiksel modeller ilerleyen bölümlerde verilecektir.
5. Bu işlemler her epokta tekrarlanır (Şekil 2.2).

Yukarıdaki işlem adımları bir blok diyagram ile gösterilirse daha iyi anlaşılabilir.;



Şekil 2.2 GZK Baz Çözümü Blok Diyagramı.

2.3.2 Gezici(Rover) GPS Alıcısı

Gezici GPS alıcıları çift frekanslı ve taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini (RTCM SC-104 formatında gönderilir) alabilecek ve eğer ayrı bir bilgisayar kullanılmıyorsa, OTF ile tam sayı bilinmeyi kendi iç yazılımı ile çözebilecek yeteneğe olmalıdır.

2.3.3 Sabit (Referans) GPS Alıcısı

Referans GPS alıcısı da çift frekanslı ve taşıyıcı dalga faz gözlem düzeltmelerini kendi iç yazımı ile hesaplayabilecek, eğer ayrı bir bilgisayar kullanılacaksa, ham faz ölçülerini gerçek zamanlı olarak bilgisayara aktarma yeteneğine sahip olmalıdır.

2.3.4 Radyo Modem

Referans alıcısından faz düzeltmelerini alarak gezici istasyona gönderebilecek bir verici radyo-modem ve gelen bu düzeltmeleri alarak gezici alıcıya veya bilgisayara iletebilecek bir alıcı radyo modem kullanılmaktadır. Radyo modem vericileri ve alıcılarında mevcut olan veri aktarım oranı (Baund Rate), gezici alıcıda anlık koordinat hesabının akıcı ve verimli biçimde

yapılmasına doğrudan etki etmektedir; bu nedenle veri aktarım oranları radyo modem alıcıları için ayırt edici özelliklerin başında yer alır.

2.4 VERİ İLETİMİ VE MESAJ FORMATLARI

Günümüzde GZK donanımlarında en çok kullanılan veri iletim türleri UHF ve VHF ya da yayılmış spektrum telsizlerdir. Veri iletimi, özel modem kullanan GSM (cep) telefonları ile de mümkündür. Bunun için GZK uygulaması yapılan bölgede GSM ağının kapsama koşulları dikkate alınmalıdır.

Veriler genellikle, RTCM SC-104 (the Radio Technical Commission for Maritime Services) 2.1 veya 2.2 sürüm formatı kullanılarak gönderilmektedir. RTCM formatlı mesajlar 1985 yılında DGPS ölçmeleri için üretilmiştir. GZK gereksinimlerini karşılamak amacıyla Ocak 1994'te 2.1 sürümüne 4 yeni mesaj türü daha eklenmiştir. Eklenen bu mesaj türleri iki mesaj çiftinden oluşmaktadır. Mesaj türleri 18 ve 19, referans istasyondan yapılan, sırasıyla, ham taşıyıcı faz ve kod ön uzunluk ölçmelerini içermektedir.

Diğer 20 ve 21 mesaj türleri ise, referans istasyonun bilinen koordinatlarından, uydunun konumundan ve yayınlanan navigasyon mesajından yararlanılarak hesaplanan uydu saat bilgisinden elde edilen ölçmelere getirilecek düzeltmeleri içermektedir.

Ocak 1998'te RTCM SC-104 tarafından mesaj formatının 2.2 sürümü geliştirilmiştir. Bu sürüme de GZK' ya yardımcı olmak için mesaj türü 22 ilave edilmiştir.

2.4.1 Veri Bağlantısı

GZK uygulamalarına destek amaçlı kullanılan veri bağlantısı genellikle bir çeşit telsiz kanalıdır. Mesaj türleri 18 ve 19'u kullanarak ikili farklar yapan GZK uygulamalarında; Veriler 10 saniye gibi daha gevşek zaman aralığı yerine her 0.52 saniyede bir güncellenmeli veya kodlu farklar kullanılmalıdır. Böylece, GZK kullanımına uygun veri bağlantılarının en azından 2400 bps (bits per second) tercihen 9600 bps ve hatta 19200 bps veri iletim oranına gereksinimleri vardır. Bu oranda bir veriyi destekleyebilecek bant genişliği radyo spektrumunun VHF veya UHF kısmında bulunabilir. Veri iletim telsizlerinde kullanılan frekansların GPS sinyalleri (L1'in 1575,42 MHz, L2'nin 1227,6 MHz) ile çakışmamalıdır.

Telsizlerin güç kaynakları üretici firmalara göre değişiklik arz etmekle beraber çoğunlukla 2 Watt, 25 Watt ve 30 Watt türleri mevcuttur. Watt oranı veri iletim kalitesi ve mesafesine doğrudan etki göstermektedir.

2.4.2 Radyo Sinyal Yayılım Mesafeleri

Kullanılan radyo vericisinin gücü, gönderilen verinin gezici tarafından tam ve eksiksiz bir şekilde alınabilmesi için yeterli olmalıdır. Çünkü belli bir mesafeden sonra gezici, alıcı referanstan yayımlanan verileri alamaz (Sumpter ve Asher 1994).

GZK veri bağlantıları çoğunlukla kilometre biriminde olup teorik olarak aşağıdaki formülle hesaplanan sinyal boyunca maksimum mesafe ile sınırlıdır.

$$D=3.57*\sqrt{k}*(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \quad (2.3)$$

Burada h_t ve h_r , sırasıyla, gönderici ve alıcı antenlerinin yerel yataydan olan metre biriminde yükseklikleridir. k terimi ise, etkin yeryuvarı yarıçapı faktörüdür. Ilıman iklimlerde k değeri için genelde 1.33 alınır. Yayılım yolu boyunca herhangi bir engel sinyalin menzilini etkileyecektir. Sinyaller, binalar ya da diğer nesneler yüzünden engellenebilir veya yansıtılabilir.

2.4.3 Sinyal Zayıflaması

GZK GPS uygulamalarında referans alıcı ile gezici alıcı arasında hiçbir engel olmaması durumunda dahi sinyalin gücü, doğası gereği yayımlandığı kaynaktan uzaklaştıkça ters kare kuralına göre zayıflayarak kalitesi düşer. Buna “Serbest Alanda Kaybolma” denir. Bu durumda arazi yapısının, bina ve diğer fiziksel yapıların etkisi en fazladır.

Sinyalin geçtiği ortamın ayrıntılı tanımlanması yapılmadığı sürece sinyalde meydana gelecek kaybın miktarını tahmin edebilmek oldukça zordur. Ancak; araştırmacılar, sinyal yolu kaybını kestirmeye yönelik birçok ampirik model geliştirmişlerdir. Bu modellerden en basiti ve en çok kullanılanı John Egli tarafından 1957 yılında geliştirilmiştir. Buna göre sinyalde oluşan zayıflamanın dB cinsinden miktarı (Egli 1957):

$$L=88+20*\log f-20*\log h_t-20*\log h_r+40*\log d \quad (2.4)$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Bu eşitlikte **f**, MHz cinsinden frekansı **h_t** ve **h_r** metre cinsinden anten yüksekliklerini ve **d** kilometre cinsinden alıcı-verici mesafesini belirtmektedir. Ayrıca referans istasyonda ve gezicideki anten kabloları da bir miktar güç kaybına sebep olur. Sinyallerde meydana gelen bu güç kaybolmaları dijital mesajlarda veri kaybına sebep olur. Bu nedenle radyoların güçleri, sinyalde meydana gelecek güç kayıpları da dikkate alındıktan sonra hatasız veri iletebilecek güçte olmalıdır. Referans istasyondaki radyo alıcısı geniş alanlara sinyal ulaştırılabilmesi için mümkün olduğu kadar yüksekte kurulmalıdır.

2.4.4 Bağlantıların Uygulanabilirlik Analizi

GZK GPS’de referans alıcı ile gezici alıcı arasındaki bir bağlantının sağlanıp sağlanmadığından söz edilirken, alınan sinyal gücüyle ilgili çeşitli parametrelerde sapmalar olabileceği ve hatta sinyalin kaybıyla sonuçlanabileceği dikkate alınmalıdır. Eğer sinyal aşırı zayıflarsa, radyo mesajdaki bit’ler kaybolacaktır. Böyle bir durumu telafi etmek için bağlantı analiz hesaplarında 18 dB’lik kaybolma sınırı kullanılır (Mekik 2001).

Örnek verecek olursak, 2 Watt’lık gönderici kullanılabilir bir sinyalle 10 km’lik bir uzaklığa ulaşılabilir mi? Kayıplar ve kazanımlar toplanırsa;

$$P_r = P_t * C_t + G + LFM + G_r * C_r \quad (2.5)$$

$$P_r = 3\text{dBW} * 1.8\text{dB} + 3\text{dB} * 146\text{dB} * 18\text{dB} + 3\text{dB} * 1.8\text{dB} = 158\text{dB} \quad (2.6)$$

Burada; **P_t** ve **P_r**, sırasıyla gönderilen ve alınan güçler; **C_t** ve **C_r** göndericideki ve alıcıdaki kablo kayıpları; **G_t** ve **G_r** ise sırasıyla gönderici ve alıcıdaki anten kazanımlarıdır. **L**, sinyal yolu kaybı ve **FM** ise kaybolma sınırıdır. Bu sinyal, alıcının duyarlık eşiğinin 15 dB altında olduğundan bağlantı bir süre için kurulmuş olsa da güvenilir olarak kabul edilemez. Güvenilir kabul edilebilir mesafe gerçekte 4,3 km’dir (Mekik 2001).

Bağlantı, uygulanabilir menzil aşıldığı için kesildiği gibi, referans istasyonu çok yakın olduğunda bağlantı alıcısında aşırı sinyal yüklemesi oluşacağından da düzgün bir biçimde çalışamayabilir (Mekik 2001).

2.5 GZK GPS'TE TAMSAYI BELİRSİZLİĞİ ÇÖZÜMÜ

GZK uygulamalarında, yüksek doğruluk elde etmede temel problemlerden biride gezici hareket halindeyken taşıyıcı dalga tamsayı belirsizliğinin belirlenebilmesidir.

Değerlendirme yazılımı, belirsizlikleri sadece gerçek sayılar olarak yani kayan noktalı sayılar olarak kestiriyorsa; elde edilen çözümlerin gezicinin GPS sinyallerini ne kadar zaman izlediğine bağlı olarak metre düzeyinden desimetre düzeyine kadar değişebilen miktarlarda doğrulukları olacaktır. Araştırmacılar hareket halinde (On-the-Fly) bu belirsizlikleri saptayan ya da çözen çok sayıda algoritma üretmişlerdir. Bu işlem test edilecek tam sayı kombinasyonlarının sayısını azaltır. Ön uzunluk değerleri ne kadar duyarlıklı ya da az gürültülü olursa arama alanı o kadar küçülür ve belirsizlik çözümü o kadar hızlı olur.

Birçok OTF yöntemi L1 ve L2 taşıyıcı faz verilerinin geniş dalga kombinasyonunu (L5) kullanır. L1 verisinden daha gürültülü olmasına karşın geniş dalga kombinasyonun 86cm'lik bir belirsizliği 19cm'lik L1'in belirsizliğinden daha kolay çözüm sağlar. Geniş dalga kombinasyonundan elde edilen konum doğrudan L1 belirsizliklerini çözmede kullanılır (Cocard and Geiger 1992, Collins 1999).

OTF yöntemlerinin başlıcaları şunlardır; belirsizlik fonksiyonu yöntemi, en küçük karelerle belirsizlik arama tekniği, hızlı belirsizlik arama filtresi ve en küçük karelerle korelasyonsuz belirsizlik dengelemesi (Lamda) yöntemi (Hatch and Euler 1994).

Belirsizlikleri tam sayıya sabitleme (çözme) hızı; izlenen uydu sayısı, uydu alıcı geometrisi, taşıyıcı faza ek olarak ön uzunluk verilerinin kullanımı, gözlem gürültüsü ve çift frekanslı gözlemlerin kullanımı gibi birkaç etmene bağlıdır. İyi koşullar altında belirsizlik sabitlemesi bir dakikanın altında, optimal olarak da 10 saniyeden daha az süreli olabilir (Kim and Langley 1999).

2.6 GZK GPS' İN MATEMATİKSEL MODELİ

2.6.1 Taşıyıcı Dalga Ve Ön Uzunluk Düzeltmeleri

Daha öncede değinildiği gibi GZK GPS'in ölçü prensibi, referans noktadaki alıcının gönderdiği düzeltmelerin, hareket halinde bulunan radyo alıcısı vasıtasıyla alınıp kullanılmasına dayanmaktadır. Bu işlemin yapılabilmesi için düzeltme verilerinin referans alıcıda hesaplanması gerekmektedir. Taşıyıcı dalga düzeltme değerinin hesaplanmasındaki ilk adım K_k^P tamsayısının ilk epok gözlemlerinden belirlenmesidir.

$$K_k^P \approx \frac{P_k^P(1) - \Phi_k^P(1)}{\lambda} \quad (2.7)$$

Bu eşitlikte;

P_k^P = İlk epok kod ölçüsü

Φ_k^P = İlk epok faz ölçüsü

λ = Sinyalin dalga boyudur.

Bu eşitlikte genel semboller kullanılmıştır. Taşıyıcı dalga faz belirsizliği olan N_k^P ilk anda belirlenemez. Bu nedenden dolayı N_k^P 'ya bir sayaç tarafından rasgele bir değer atanır. Taşıyıcı dalga ile uydu alıcı arasındaki uzunluk denklemi:

$$\Omega_k^P(1) = \varphi_k^P(1) - \lambda K_k^P \quad (2.8)$$

olarak verilebilir. Taşıyıcı dalga ile alıcısı arası uzunluğun sayısal değeri K_k^P belirlenme şekli nedeniyle ön uzunluğa çok yakın bir değer alır. Burada k sabit istasyonu(referans alıcı), p ise hareket halindeki gezici alıcıyı göstermektedir. Sabit istasyondan gözlemlenen her bir uydu ile alıcı arası uzunluk $\Omega_k^P(1)$ yi ve toposentrik mesafe $\rho_k^P(1)$ hesaplayabiliriz. $\rho_k^P(1)$ değeri referans alıcının bilinen koordinatları ile uydu koordinatlarından türetilebilir. Bu iki değer arasındaki kapanma hatası aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L_k^P(1) = \rho_k^P(1) - \Omega_k^P(1) \quad (2.9)$$

$$L_k^P(1) = \Delta N_k^P + c \cdot dt_k - c \cdot dt^P - I_{k_1\Phi}^P - T_k^P - d_{k_1\Phi} - d_{k_1\Phi}^P - d_\Phi^P \quad (2.10)$$

Eşitliklerde;

c = Işık hızı

dt_k = Uydu saat hatası

dt^P = Alıcı saat hatası

$I_{k_1\Phi}^P$ = İyonosferik hata

T_k^P = Troposferik hata

$d_{k_1\Phi}$ = Alıcı donanımından kaynaklanan kod gecikmesi

$d_{k_1\Phi}^P$ = Uydu donanımından kaynaklanan kod gecikmesi

d_Φ^P = Faz ölçüsüne ait SY (Sinyal Yansıma) etkisi

Olarak tanımlanmaktadır. Bu denklemde ΔN_k^P ifadesi görülmektedir. Çünkü K_k^P değeri yaklaşık bir değerdir. ΔN_k^P küçük bir değer olduğu için kapanma hatası $L_k^P(1)$ de küçük olacak ve karşı tarafa kolay yayınlanabilmesi için küçük değerler elde etme amacı böylece gerçekleştirilmiş olacaktır.

İlk epok için referans noktadan gözlemlenen tüm uydulara ait kapanmaların ortalaması:

$$\mu_k(l) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{p=1}^n L_k^P(1) \quad (2.11)$$

Olmaktadır. Burada n uydu sayısını göstermektedir. Birinci epoktaki taşıyıcı dalga ölçü düzeltmesi:

$$\Delta \Phi_k^P(1) = \rho_k^P(1) - \Omega_k^P(1) - \mu_k^P(1) \quad (2.12)$$

Bir sonraki epoktaki kapanmalarda oluşacak değişim ise :

$$L_k^P(t, t-1) = L_k^P(t) - L_k^P(t-1) \quad (2.13)$$

$$L_k^P(t, t-1) = [\rho_k^P(t) - \rho_k^P(t-1)] - [\Omega_k^P(t) - \Omega_k^P(t-1)] \quad (2.14)$$

Olur. (t) epoğundaki ortalama ise;

$$\mu_k(t) = \mu_k(t-1) + \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n L_k^P(t, t-1) \quad (2.15)$$

Formülü ile hesaplanır.

Burada n harfi t epoğunda gözlemlenen uydu sayısını göstermektedir. (t) epoğunda P uydusuna ait faz düzeltmesi;

$$\Delta\Phi_k^P(t) = \rho_k^P(t) - \Omega_k^P(t) - \mu_k(t) \quad (2.16)$$

$$\Delta\Phi_k^P(t) = \rho_k^P(t) - [\Omega_k^P(t) + \lambda.K_k^P] - \mu_k(t) \quad (2.17)$$

olarak yazabiliriz.

Birinci eşitlikteki $\Omega_k^P(t)$ nin yerine (2.7) eşitliği yazılmıştır. Bu denklemlerle bulunan faz düzeltmesi gezici alıcıya bir radyo vericisi yardımıyla yayınlanmakta ve gezici alıcı taşıyıcı dalgaları;

$$\Omega_m^{-P}(t) = \Phi_m^P(t) + \Delta\Phi_m^P(t) \quad (2.18)$$

bağıntısı kullanılarak düzeltilmektedir.

Gezici alıcı m'nin koordinatlarını veren formülü çıkarmak için öncelikle alıcılar arası tekli farkları oluşturacak olursak;

$$\Phi_k^P(t) - I_m^P(t) = [\rho_k^P(t) - \rho_m^n(t)] + \lambda N_{km}^P(1) - c.(dt_k - dt_m) + I_{km_1\Phi}^P(t) + T_{km}^P(t) + d_{km_1\Phi}(t) + d_{km_1\Phi}^P(t) \quad (2.19)$$

(2.19) eşitliğini elde ederiz. (2.17) eşitliği çözülüp (2.18)'de yerine koyulur ve yeniden düzenlenirse;

$$\Phi_k^P(t) - \Delta\Phi_m^P(t) = -\rho_m^P(t) + \lambda.[N_{km}^P(1) + K_k^P] - [c.(dt_k - dt_m) - \mu_k^{(t)}] + 1_{km\Phi}^P(t) + T_{km}^P(t) + d_{km\Phi}^P(t) \quad (2.20)$$

elde edilir.

Bu eşitliğin sol tarafı düzeltilmiş taşıyıcı dalga olan $\Omega_m^{-P}(t)$ ye eşittir. İki uyduya ait (2.20) eşitliğinin farkı ikili fark gözlemine benzeyen bir ifade oluşturur.

$$\phi_m^{-qp}(t) = \phi_m^{-q} - \phi_m^{-P} \quad (2.21)$$

$$\phi_m^{-qp}(t) = \rho_m^q(t) - \rho_m^P(t) + \lambda.[N_{km}^{pq}(1) + K_k^P - K_k^q] + 1_{km\Phi}^{pq}(t) + T_{km\Phi}^{pq}(t) \quad (2.22)$$

Artık m noktasının koordinatları en az dört uydudan hesaplanan $\Phi_m^{-P}(t)$ düzeltilmiş gözlemi kullanılarak ve (2.5) gibi üç eşitlik oluşturularak hesaplanabilir. Bu taşıyıcı dalgalar için DGPS çözümüdür ve klasik ikili fark işleminden farklılık gösterir. Çünkü $N_{km}^{pq}(1)$ yerine modifiye edilmiş tam sayı faz belirsizliği belirlenir. Modifiye edilmiş tamsayı belirsizliği;

$$N_{km}^{-pq}(1) = N_{km}^{pq}(1) + K_k^P - K_k^q \quad (2.23)$$

bağıntısıyla hesaplanır. (2.21) eşitliğinden hesaplanan m noktasının koordinatları hala referans nokta olan **k**'nın koordinatları taşıyıcı dalga düzeltmesi $\Delta\Phi_k^P(t)$ hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bununla birlikte referans istasyon **k**'nın kesin koordinatları olmadan da gezici alıcı **m**'nin koordinatları elde edilebilir. Bunun için taşıyıcı dalga düzeltmesinin bilinmesi kafi gelmektedir. Gezici alıcı m toposentrik uzaklık $\rho_m^P(t)$ ve $\rho_R^P(t)$ nin hesaplanmasında bir tutarlık sağlanması açısından referans istasyon **k** ile aynı efemiris bilgisini ve hesaplama tekniğini kullanmalıdır. Bu işlemdeki amaçlardan biriside kapanma değeri olan $L_k^P(1)$ yi ve bunun bir sonucu olarak da ortalama $\mu_k(t)$ ve taşıyıcı dalga düzeltmeleri $\Delta\Phi_k^P(t)$ yi küçük değerler olarak elde etmektedir. Bu da K_k^P değerinin (2.7) eşitliğinde uygun bir şekilde seçilmesiyle mümkündür. Bu özellik veri transfer yükünün de

minimum olmasını sağlayacaktır. Eğer taşıyıcı dalga düzeltmelerinin yayınlanması sıklığı arttırılırsa veri transfer yükü daha da düşürülür. Mesela iki epok arasındaki kapanma değişimi gezici alıcıdaki ölçüm hassasiyetinden daha küçük ise veya kapanmalardaki varyasyonlar gezici alıcıdan beklenen konum duyarlılığını etkilemeyecek kadar küçük ise ölçüm süresince taşıyıcı dalga düzeltmelerinin ortalamasının alınması ve bu değerın geziciye yayımlanması mümkündür. Ayrıca düzeltme oranı $\partial \Delta\Phi / \partial d$ nin yayımlanması da istenebilir. Eğer epoğa t_o dersek kullanıcı düzeltmeleri ölçüm süresi boyunca zamana bağılı olarak aşağıdaki bağıntıyı kullanarak enterpole edilebilir.

$$\Delta\Phi_k^P(t) = \Delta\Phi_k^P(t_o) + \frac{\partial\Delta\Phi_k^P}{\partial t}(t - t_o) \quad (2.24)$$

Kapanmaların boyutlarını düşürmenin bir yolu da referans alıcı için koordinatları kesin olarak bilinen bir noktanın kullanılması ve en hassas uydu efemeris bilgisinin kullanılmasıdır. (2.24) eşitliğinde görüldüğü üzere saat hataları direkt olarak etkilemektedir. Alıcı saat hatası dt_k deki sapma ve değişimler referans alıcıya ribidyum saat bağlantısıyla kontrol altına alınabilir. SA (Selective Availability: Sınırlı Erişebilirlik) 'nın sebep olduğu uydu saat hatası dt^P deki değişimlerde ölçüm boyunca ortalama alma prensibini sınırlayan belirleyici bir faktördür. SA'nın kalkmasıyla sınırlayıcı etkide ortadan kalkmıştır (Kahveci ve Yıldız 2001).

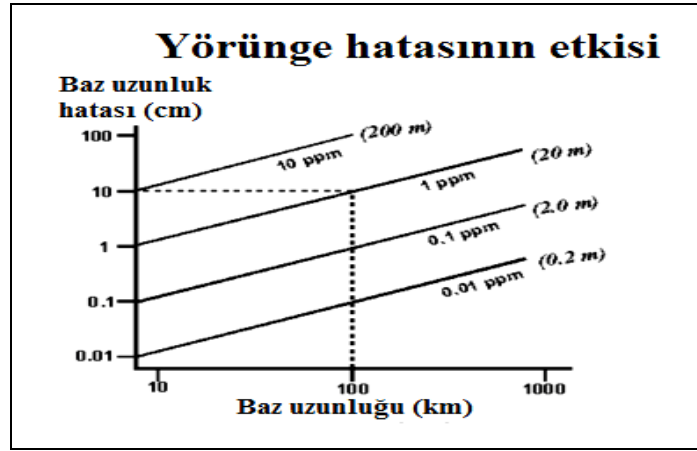
2.7 GPS HATA KAYNAKLARI

GPS tüm dünyada şimdiye kadar geliştirilmiş en hassas konumlama sistemi olsa da birbirinden farklı yapıda olan pek çok materyal, ortam ve sistemden oluşması nedeni ile içerisinde önemli hatalar barındırmaktadır. Konumlama sistemlerinde ve bazı ticari uygulamalarda bu hataların bir kısmı ihmal edilirken, hassas çalışmalarda ayrıntılı olarak modellenirler. Bu hatalar genel olarak altı grupta toplanabilir.

2.7.1 Yörünge Hataları (Efemeris Hataları)

Anlık olarak yayınlanan yörüngede bulunan ve uyduların anlık koordinatlarının hesaplanmasında kullanılan parametrelerin doğru olmamasından kaynaklanan hatalardır. Bu

durum GPS uydularını yörüngelerdeki dolanımları sırasında maruz kaldıkları rasgele etkiler nedeni ile oluşmaktadır.



Şekil 2.3 Yörünge hatasının baz uzunluğuna göre değişimi.

$\Delta b(m)$:Baz bileşenleri , Δr : Uydu konum hatası, $b(km)$: baz uzunluğu , $\rho(sv-R)$ (km): Uydu – lıcı uzunluğu olmak üzere Uydu konum hatasının baz uzunluklarına etkisi şu şekilde tanımlanabilir:

$$\frac{\Delta b(m)}{b(km)} = \frac{\Delta r}{\rho(sv-R)(km)} \quad (2.25)$$

Yörünge hatasının nokta konum duyarlılığına etkisi ise;

$$\text{Nokta konum Hatası} = \text{PDOP} \times \text{Yörünge hatası} \quad (2.26)$$

Uydu konum hatalarında bir başka hata kaynağıda SA(Selective Availability) “Seçimli Doğruluk Erişimi “ olarak adlandırılmaktadır. Bu durum ABD savunma bakanlığının kontrolünde olup isteğe bağlı olarak (Broadcast) yayın efemerisinin değiştirilmesi nedeni ile oluşmaktadır. Bu durum 1 Mayıs 2000 tarihinden itibaren geçerliliğini yitirmiştir (Kahveci ve Yıldız 2001).

Bu hataların minimuma indirilmesi için gözlem zamanından birkaç gün sonra belirlenen ve NGS, IGS gibi kurumlar tarafından internette ücretsiz olarak yayınlanan Hassas yayın efemerisleri (precise ephemeris) kullanılmaktadır. Buna ek olarak çeşitli gözlem metodları geliştirilmiş ve uygulanmaktadır.(Statik ve Diferansiyel gözlem yöntemleri gibi)

2.7.2 Uydu Saat Hataları

Günümüzde GPS uydularında her ne kadar sezyum, rubidyum ve hidrojen-maser gibi hassas (10^{-13} – 10^{-15} sn duyarlılıkta) saatler kullanılsa da yine de zamana bağlı olarak bu hatanın büyümesi söz konusudur. Bu nedenle yeryüzü izleme istasyonlarında, hesaplanan uydu saati hataları uydulara yüklenir ve yayınlanan navigasyon mesajı ile kullanıcılara ulaştırılır. SA'den önce bu hata miktarı tek nokta konumlamada en önemli hata idi. Ölçülen mesafede (pseudorange) ~20 m. 'yi bulan hata, kötü uydu geometrilerinde 100m'yi geçmekteydi. Bu hata hem kod ölçülerini, hem de faz ölçülerini aynı biçimde etkilemektedir. Hata her alıcı için aynı miktarda olup minimum değerinde kalması için GPS saati ile uydu saati arasındaki fark maksimum 30 nano saniye değerini aşmamalıdır. Uydu saat hataları hem P-kod hem de C/A-kod için aynı etkiye sahiptir. Bu hata kaynağı kontrol bölümü tarafından sürekli olarak izlenmekte ve günlük olarak navigasyon mesajına düzeltmeler getirilmek sureti ile giderilmektedir.

2.7.3 Atmosferik Hatalar

Uydu sinyalleri uydudan alıcıya ulaşana kadar atmosferin katmanlarında kırılmakta ve bu şekilde daha fazla mesafe kat etmektedirler. Bu zaman içerisinde geçilen iki katman farklı özelliklere sahip olmaları ve sinyal üzerinde farklı etki oluşturmaları nedeniyle ayrı ayrı incelenmektedir.

2.7.3.1 Troposferik Gecikme (Kırınım)

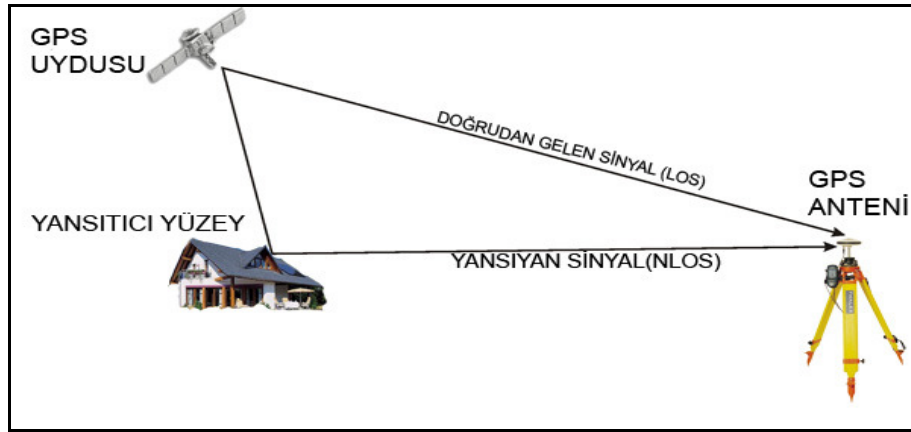
Troposfer dünya atmosferinin yeryüzüne yakın kısmına verilen ad olup iki kısımdan oluşur. Yeryüzüne en yakın 8 km. lik kısım atmosferin troposfer kısmı olmakla beraber 8 ile 50. km'ye kadar olan stratosfer kısmını da içine alan toplam 50 km lik bu iki tabaka GPS ölçülerinde nötr ve su buharının bulunduğu atmosfer kısmını oluşturdıkları için benzer etkileşmeyi gösterirler. Bu nedenle 50 km kalınlığındaki bu tabakada GPS ölçülerinde oluşan gecikmeye troposferik gecikme denilmiştir. Atmosferin bu kısmı GPS kod ve faz ölçülerinde zenit yönünde 2,5 metreye yatayda ise 30 metreye varan bir gecikmeye neden olmaktadır.

2.7.3.2 İyonosferik Gecikme

İyonosfer dünya atmosferinin 50. km'si ile 1000. km'si arasındaki serbest termal elektronların bulunduğu kısmına verilen addır. Güneşten gelen morötesi ışınlar bu tabakadaki gaz moleküllerini iyonize ederek elektron kaybetmelerine neden olurlar. Serbest elektron miktarı ise mikro dalga sinyalin bu tabakadaki yayılımını etkilerler. En büyük etki sinyalin hızında oluşur. Bu etki uydunun yükseklik açısı ile ters orantılıdır.

2.7.4 Sinyal Yansıma (Multipath) Hatası

GPS ile konum belirlemede en önemli hata kaynaklarından biri olan Sinyal Yansıma Hatası (Multipath), uydulardan yayınlanan sinyallerin antene bir ya da daha fazla sayıda yol izleyerek ve esas sinyale karışarak ulaşması sonucu ortaya çıkan konumlama hatası olarak tanımlanabilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Sinyal Yansıma Hatasının Oluşumuna İlişkin Tematik Bir Gösterim

2.7.5 Alıcı Hataları

Sinyaller alıcıya ulaşırken hangi faktörlere maruz kalırlarsa kalsınlar, sonuç olarak ölçümler alıcı tarafından yapılmaktadır. Alıcı hataları, alıcı yazılımı (firmware), alıcının sahip olduğu kanalların aynı yetenekte olmaması, sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkan sinyal gürültüsü olarak özetlenebilir. Ortalama konum hataları kod ölçüleri için 10cm, fz ölçüleri için ise 0,1cm dir (Young et al. 2002).

2.7.6 Uyduların Geometrisine Bağlı Konum Hataları

GPS' ten elde edilecek konum doğruluğu, yukarıda açıklanan hata kaynakları içinde elde edilen mesafe doğruluğu dışında, o andaki uyduların konumlarına bağlı olarak ortaya çıkan geometrik hatalara bağlıdır. Buna göre konum doğruluğu;

Konum Hatası = Geometrik Hatalar DOP (Dilution Of Precision).

Şeklinde ifade edilebilir.

2.7.7 Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği Ve Faz Kesikliği

Faz gözlemlerinde taşıyıcı dalganın dalga boyları sayılmaktadır. Alıcı çalıştırılıp ölçüye başlandıdığı anda ilk başlangıç anı için taşıyıcı dalga fazının kaç tane tam dalga içerdiği bilinmemektedir. Bu bilinmeyene Taşıyıcı Dalga Fazı Başlangıç bilinmeyi denir. Taşıyıcı dalga üzerinden binari kodlar kaldırıldıktan sonra geriye sadece saf sinüzoidal taşıyıcı sinyal kalır. Yine alıcıdaki sinyal izleme birimi, alıcıda oluşturulan kopya sinyal ile uydudan gelen sinyali aynı doğrultuya getirerek karşılaştırmak için kullanılır. Bu gerçekleştirilirken, yani gelen sinyal ile alıcıda oluşturulan sinyal karşılaştırılırken, taşıyıcı sinyalin sinüzoidal tabiatı nedeniyle alıcı en yakın tam devir sinyali karşılaştırabilir. Böylece; alıcı içerisinde oluşturulan sinyal ile algılanan sinyali karşılaştırmak için yapılan öteleme miktarı taşıyıcı Faz Gözlemi (GPS faz ölçüsünü) oluşturur. Taşıyıcı sinyal, belirsiz tabiatından dolayı ancak maksimum bir devir değerinde olabilir. Eğer uydu ölçümün başlangıcından beri sürekli olarak izlenirse, alıcı kendisine ulaşan tüm sinyal devirlerini belirleme imkânına sahip olur. Uydunun izlenmesinin herhangi bir sebeple kesintiye uğraması durumunda Sinyal Atlaması (Cycle Slip) oluşur. Bu durumda faz başlangıç bilinmeyi yeniden hesaplanmalıdır.

2.8 GZK GPS KULLANIM ALANLARI

GZK GPS günümüzde çok geniş alanlarda kullanılmaktadır. Sağladığı konum hassasiyeti nedeniyle yine gerçek zamanlı bir sistem olan DGPS'in kullandığı tüm alanlarda rahatlıkla kullanılmaktadır. GZK GPS, DGPS'ten farklı olarak kadastro çalışmaları, imar uygulamaları, hali hazır harita yapımı, madencilik ölçmeleri, GIS projeleri, büyük inşaat projeleri, endüstriyel robotik ve otomasyon vb. çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Bir gruptandırma yaparak GZK GPS'in kullanım alanlarının şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Hassas tarım işlerinde, ürün haritaları yapımında ve tarım makinelerinin kontrolünde.
2. Hava, kara ve deniz navigasyonunda.
3. Hidrografik ölçmelerde.
4. Açık maden işletmelerinde.
5. GIS amaçlı veri toplamada.
6. Otomatik araç yönetimi ve takibinde.
7. Uçakların iniş kalkışında, oto pilot sistemlerinde .
8. Filo yönetiminde.
9. Toplu taşıma araçlarında.
10. Madencilik araçlarında.
11. Jeodezik ölçmelerde.
12. Kontrol ölçmelerinde.
13. Halihazır harita yapımında.
14. Kadastro çalışmalarında.
15. Deformasyon ölçmelerinde.
16. Aplikasyon işlerinde.
17. Fotogrametrik kontrol noktası konumlama ve aplikasyonlarında.

GZK GPS'in kullanım alanlarına bir örnek de Yeni Zellanda'dan verilebilir. Yeni Zellanda'da güney yarım kürenin en büyük kulesinin inşaatında GZK GPS ölçü yöntemi kullanılmıştır. Yöntem ayrıca köprü ayaklarının ve diğer mühendislik yapılarının aplikasyonunda da kullanılmaktadır. Ayrıca A.B.D'de Miami kentine ait kanalizasyon şebekesinin GIS projesi ile yeniden düzenlenmesi projesinde, kanalizasyon hatlarının gerekli eğimlerde inşa edilebilmesi için gerekli veriler GZK GPS ile toplanmıştır. Hollanda ve Almanya'da yüksek standartlı yol, havaalanı pistleri ve oto yarış pistlerinin yüksek hassasiyet gerektiren inşaat aşamalarında da GZK GPS etkin olarak kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3

SİNYAL YANSIMA HATASI VE ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, L1 ve L2 GPS sinyallerinden, sadece L1 sinyaline özel sinyal yansıma özellikleri anlatılmıştır. Yansıma hatasının oluşumunu, GPS sinyallerinin atmosferdeki davranışını ve çevresel ortamla etkileşimini anlamak için kuramsal yansıma teorisi, pürüzlü yüzey etkileri, Fresnel bölgeleri ve difraksiyon (kırınım) olayı alt başlıklar halinde açıklanmıştır. Teorik yansıma tipleri ileride açıklanacak olan uygulamada temel fikir olarak kullanılmıştır.

3.1 SİNYAL YANSIMA (MULTIPATH) HATASI

GPS ile konumlamada temel düşünce, koordinatları, belirli bir koordinat sisteminde bilinen uydular vasıtası ile alıcı anten faz merkezi konumunun bir geriden kestirme problemine dönüştürülerek çözülmesidir. Bunun için alıcı ile uydu arasındaki mesafenin bilinmesi şarttır. Bu nedenle GPS ölçümlerinde, gözlenen büyüklükte uydu ve alıcı arasındaki mesafe olmaktadır. Atmosferin içerisinde konumlu bir alıcı yardımı ile atmosferin dışında yer alan ve muazzam hızlarla belirli bir yörüngede dönmekte olan uydulara gözlem yapılırken bir takım hatayla karşılaşmak kaçınılmazdır.

Her GPS alıcısı belirli bir frekansta kendine özgü PRN (pseudo Random Noise) adı verilen bir iç kod sinyali oluşturur. Böylelikle, uydudan gelen sinyallerle belirli bir korelasyon sağlanmış olur. Bunun için sinyal taraması yapılarak Doppler ortadan kaldırılır, kod değişimi ile maksimum korelasyon sağlanıp, AFC düğümü ile frekans kilidi oluşturulur ve ardından da COSTAS düğümü ile faz kilidi sağlanır. Bu sayede alıcı sinyal aldığı uyduya kilitlenmiş olur (Radovanovic 1999).

Alıcıda, ilgili uyduya ait kanalın kilitli kalabilmesi için yukarıda sözü edilen işlemlerle birlikte, meydana gelmesi muhtemel bazı hatalar da izlenir ve düzeltilir. Faz düzeltmeleri ile

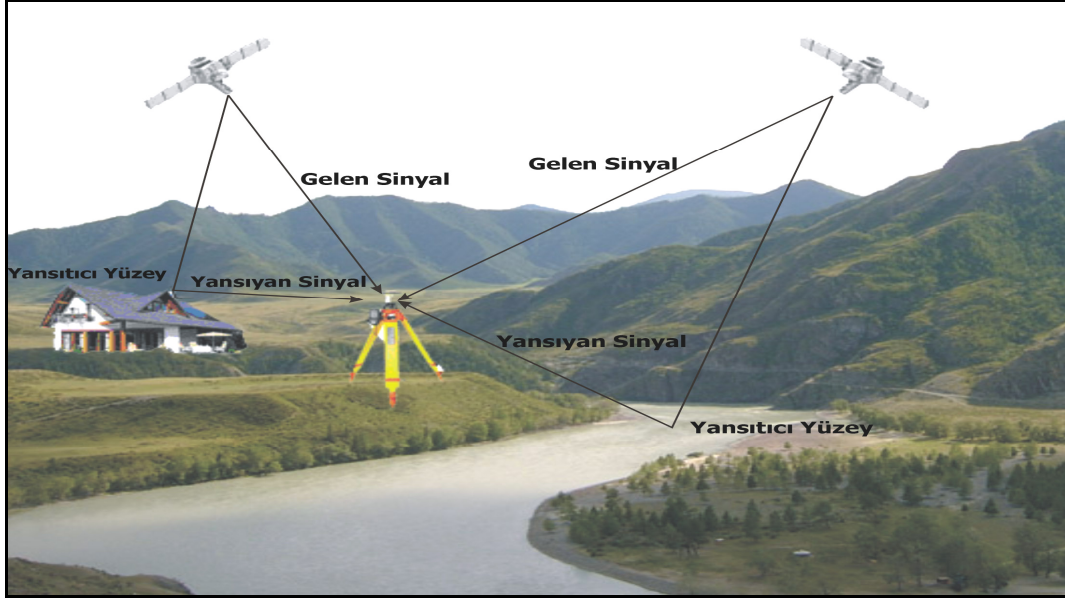
uydu-alıcı arasındaki maksimum korelasyon sağlanır. Alıcı içinde üretilen sinyalle taşıyıcı dalga kod uzunluğu ve delta-kod uzunluğu belirlenir (Radovanovic 1999).

GPS sinyallerinin alıcıya doğrudan ulaşması durumunda uydu-alıcı arasındaki mesafenin en doğru biçimde hesaplanması mümkündür, fakat teorideki bu durum her zaman geçerli olmaz. Yüksek binaların yakınlarında, kentsel, endüstriyel alanlarda ve bunlara benzer pek çok alanda sinyallerin nesnelerden yansımalarından ötürü bu teorik durumu sağlamak mümkün olmaz.

Doğrudan görüş doğrultusunda yer alan bir GPS uydusu, yaydığı elektro-manyetik sinyallerin doğası gereği alıcının bulunduğu bölgenin tümüne birden sinyal gönderir, aynı uydudan gelen bu sinyallerin bir kısmı alıcıya doğrudan ulaşırken bir kısmı ise dolaylı yolları izler ve alıcıya ulaşır. Doğrudan gelen uydu sinyalleri ile birlikte farklı yollardan alıcıya ulaşan bu artık sinyaller, doğrudan gelen uydu sinyalinin genliğine ve fazına etki ederek “Sinyal Yansıma Hatası” (Multipath) olarak bilinen konumlama hatasına sebep olur ancak, **hatanın büyüklüğü elde edilen veriler ve teoriler ışığında 5 cm’den büyük olamaz** (Braasch ve Graas 1991).

SYH (Sinyal Yansıma Hatası), GPS ile konum belirlemede en önemli hata kaynaklarından biridir. Alıcının bulunduğu ortamın yapısı, gözlem yapılan uyduların alıcıya göre konumları, yansıtıcı potansiyele sahip bileşenlerin çokluğuna göre SYH’da artmalar ya da azalmalar meydana gelmektedir. Uydu yükseklik açısına bağlı olarak izlenen uydu sinyallerine, arzu edilmeyen artık sinyallerin (Yansıyan Sinyallerin) karışması söz konusudur. Sinyalin yansıdığı yüzeyin yansıtıcılık derecesi ve alıcıya olan mesafesi doğrudan doğruya hatanın varlığı ile ilişkilidir.

Sinyal yansımaları, uyduların neden olduğu (atmosfer dışı) ve alıcı antenin çevresindeki yüzeylerin neden olduğu (atmosfer içi) yansımalar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Atmosfer dışı yansımaların neden olduğu etkiler özellikle kısa kenarlı ağlarda (<100–200 km) bazın her iki ucundaki anten için aynı büyüklüğe sahip olacağından bağıl konum belirleme yöntemi ile büyük ölçüde giderilmektedir. Atmosfer içi yansımaların olası kaynakları ise yapılar, araçlar, su yüzeyleri (deniz, göl) ve diğer yansıtıcı yüzeylerdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sinyal yansıma ortamı.

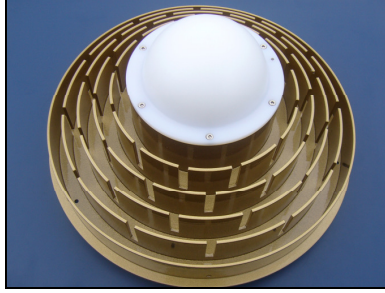
Yansıma hatası GZK GPS yöntemi açısından bakılırsa; Etki hem sabit hem de gezici alıcılarda farklı farklı olmaktadır. Gezici alıcılarda hem yansıyan sinyallerin şiddeti hem de sinyal yolu değişmektedir, böylece sinyal yansıma hatalarındaki korelasyon zamanı, sabit alıcılara oranla gezici alıcılarda önemli oranda artmaktadır. Her iki ölçüm yönteminde de belirsiz karakterde olan doğrudan gelen uydu sinyali ile yansıyan sinyalin birbirinden ayrılması ve hatanın modellenmesi pratik olarak ölçüm sırasında mümkün olmamaktadır.

Sinyal yansımasının ana etkisinin belirlenebilmesi için burada öncelikle alıcı antenin bulunduğu çevrenin neden olduğu sinyal yansımaları üzerinde durulacaktır. Bir nokta üzerinde söz konusu sinyal yansıma etkisi günde 4 dakikalık bir değişimle (uyduların dünya çevresinde bir tam dolanım süresi 11saat 58 dakika) her gün tekrar edecektir (Kahveci ve Yıldız 2001). Bu özellikten yararlanarak farklı günlerde yapılan ölçülerin tamamen aynı uydu dağılımını paylaştıkları sinyal yansımasının ana etkisinin belirlenmesi mümkündür.

Yansımaların belirlenmesi, alıcının çok küçük sinyal değişimlerini algılayamaması nedeni ile sinyal zayıflaması veya dalgaların gecikme süresiyle belirlenemez, SYH, görüş doğrultusu olan ve olmayan güzergâhlarca tanımlanır. Görüş doğrultusu olan (LOS), uydu ile alıcı arasındaki doğru yolu ifade eder. Görüş doğrultusu olmayan (NLOS), uydu ile alıcı arasındaki yansıtıcı yüzeylerden yansıma sonucu varılan yolu ifade eder (Şekil 3.1) (Van Nee 1992).

Teknolojideki gelişmeler ile birlikte hatanın varlığını azaltmak için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları şunlardır: Anten bazlı uygulamalar, geliştirilmiş alıcı teknolojileri, sinyal ve veri işleme teknikleri (Breeuwer, 1992, Braasch 1996).

Anten bazlı uygulamalarda temel düşünce antenin yansıyan sinyallerden korunmasıdır. Bunun için alt yansımalarından koruyucu alt plaka ve belirli bir açıya kadar yan yansımalarından koruyucu iç-içe halkalı anten uygulamaları geliştirilmiştir (Falkenberg, 1988; Lachapelle, 1989; Tranquilla ve Karr, 1991). Alt plaka uygulamasında antenin altına 1-2mm kalınlığında bir metal plaka yerleştirilmesi, iç-içe halkalı anten uygulamasında ise antenin yan yüzeyine en çok 6 adet yüzük biçimli metal plaka yerleştirilmesi esası izlenmiştir, bu sayede anten yansıyan sinyallerden korunacaktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İç-içe halkalı anten(Choke-ring).

Alıcı bazlı teknolojilerden bazıları ise ; Dar korelatör tarama (Narrow CorrelatorTM spacing (Fenton 1991, Dierendonck 1992), Yansıma Ayıklama Tekniği (Multipath Elimination Technique(METTM)) (Townsend and Fenton 1994), MEDLLTM (Van Nee 1994), Keskin Korelatör Tekniği (Edge CorrelatorTM Technique) (Garin 1996), Taramalı Korelatör (Strobe CorrelatorTM) ve Geliştirilmiş Taramalı Korelatör (Enhanced Strobe CorrelatorTM) (Garin and Rousseau 1997) olarak sıralanabilir.

“Ancak yansıtıcı-alıcı mesafesinin 30m altında olduğu durumlarda alıcı bazlı tekniklerin tamamında başarılı sonuç alınamadığı gözlenmiştir” (Weill 1997).

Sinyal işleme tekniklerinin tamamında ise temel düşünce, sinyal gürültü oranının izlenmesi ve buna dayalı kestirimler yapılması esasına dayanmaktadır. Bu sayede hata tespit edilir ve anlık olarak ölçülerden ayıklanır. Ancak bu yöntemin uygulanabilmesi aynı noktada

konumlandırılmış 4 farklı alıcı ve bu alıcıları senkronize eden 1 adet atomik saate ihtiyaç duyulmaktadır (Weill 1997).

3.2 SİNYAL YANSIMASI İLE İLGİLİ PROBLEMLER

Artık sinyal, alıcı antenine ulaştığı anda doğrudan sinyalin;

- I. Kod yapısına
- II. Genliğine
- III. Faz dalgalanmalarına
- IV. Alınan sinyallerdeki korelasyon zamanına
- V. Tamsayı belirsizliği çözüm zamanına

Etki eder (Hannah 2001).

3.2.1 Sinyal Yansıması Kesikliği

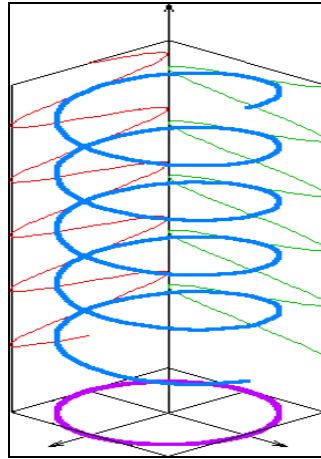
Çeşitli sebeplerle yansıyan sinyal dalgaları doğrudan gelen sinyal fazından farklı olduğunda GPS alıcısı için sinyal azalması meydana gelmektedir. Bu tip azalmaya “Sinyal Yansıma Kesikliği” denir. Bu durum sinyal gürültü oranındaki ani düşüşler ve sinyal kalitesindeki azalmalar olarak kendini gösterir.

3.2.2 Sinyal Yansıması Gecikmesi

Aynı uyduya ait sinyallerin hem doğrudan, hem de yansıyarak alıcıya ulaşması durumunda yansıyarak ve doğrudan gelen sinyallerin anten faz merkezine ulaşma zamanları arasında (Δt) kadar bir fark oluşur. Oluşan zaman farkı o kadar küçüktür ki GPS alıcısı bu zaman farkını ayırt edemez ve izlenen uydu kanalında zaman genişlemesi olarak adlandırılan durum meydana gelir. Zaman genişlemesi ile birlikte dalga boyunda uzama ve genlikte azalma meydana gelir. Sözü edilen değişimler sonucunda oluşan yeni sinyal durumuna “Sinyal Yansıma Gecikmesi” denir (Kim and Langley 2001).

3.3 KURAMSAL YANSIMA

Elektromanyetik dalgayı oluşturan elektrik ve manyetik alanının, uzayda yayılımı tekrarlanan bir harmonikle birbirine bağlıdır. Elektromanyetik dalganın yayılımı esnasında, manyetik ve elektrik alanın peşi sıra değişimiyle, bir alan diğer alanı üretir ve ışık hızıyla boş uzayda yayılır. Daha açık anlatmak gerekirse, oluşturulan elektromanyetik dalgada öncelikle manyetik alan üretilir daha sonra bu manyetik alan kendine dik bir elektrik alan üretir, üretilen elektrik alan ise başka bir manyetik alan üretir ki bu işlem herhangi bir engel çıkmadıkça sonsuza kadar sürer. Üretilen bu elektrik ve manyetik alanların tümüne birden “Elektromanyetik Sinyal” adı verilir. Bu şekildeki bir dalga enine doğrultuda ve düzlem üzerinde E ve M birbirine dikse buna “Enine Elektromanyetik Dalga” (EED) yada “Transverse Electromagnetic Wave” (TEW) denir. GPS uyduları tarafından üretilen elektromanyetik dalgalarda sağ el kuralına göre dairesel kutuplaşmış enine elektromanyetik (SEDP) dalgalarıdır (Ray 2000).



Şekil 3.3 SEDP (Sağ El Dairesel Polarize) Elektro manyetik dalgalar.

Kuramsal yansımayı modellemek için yapılan çalışmalarda, yansıyan SEDP (Sağ El Dairesel Polarize) GPS sinyalinin doğasına uygun, birleştirilmiş Dairesel Polarize yansıma katsayısı geliştirilmiştir. Teorik olarak, kuramsal yansımanın doğasını tanımlamak için, bir tek etkili dairesel polarizasyon yansıma katsayısı kullanılabilir. Geliştirilen bu yansıma katsayısı sayesinde sinyal yayılım modellemesi bakımından yayılımın iki ayrı polarizasyonun toplamı biçiminde modellemenin zorlukları ortadan kaldırılmış olur. Kuramsal yansımanın iyi anlaşılabilmesi için doğrusal ve dairesel yansıma katsayısının ne olduğunun bilinmesinde fayda vardır.

3.3.1 Doğrusal Yansıma Katsayısı

Sinyal yansıma özellikleri, yansıma ortamının geometrik ve elektriksel özelliklerine (yansıtıcılık miktarına) göre belirlenir. Yansıma katsayıları, yansımış sinyallerin izlenmesi ile elde edilen bilgilerden ve atmosfer içinde kalan herhangi bir ortam için geçerli olan “Frensel” eşitliklerinden faydalanılarak türetilmiştir (Hannah 2001).

GPS sinyali olarak adlandırılan olgu, gerçekte doğrusal polarize dalgaların (yatay ve düşey) vektör toplamı olan bir SEDP elektromanyetik dalgadır. Buradan hareketle, yatay ve düşey polarizasyon için yansıma katsayılarını sırasıyla vermek gerekirse.

Yatay polarizasyon için yansıma katsayısı:

$$r_H = \frac{\sin \phi - \sqrt{\epsilon - \cos^2 \phi}}{\sin \phi + \sqrt{\epsilon - \cos^2 \phi}} \quad (3.1)$$

Düşey polarizasyon için yansıma katsayısı:

$$r_V = \frac{\epsilon \sin \phi - \sqrt{\epsilon - \cos^2 \phi}}{\epsilon \sin \phi + \sqrt{\epsilon - \cos^2 \phi}} \quad (3.2)$$

Burada:

$$\epsilon = \epsilon_r - j \frac{\sigma}{w \epsilon_0} \quad (3.3)$$

Zaman bağılılığı kabul edilmiş kompleks di-elektrik sabitinde, eşitlik (3.3) de w ve ϵ_0 yerine $e^{-j\omega t}$ konursa ve formül düzenlenirse;

$$\epsilon = \epsilon_r - j \cdot 60 \cdot \lambda \cdot \sigma \quad (3.4)$$

eşitliği elde edilir.

Eşitliklerde; frekans (σ), sıyrılma açısı (ϕ), di-elektrik sabiti (ϵ) ve yansıtıcı yüzey için iletme değeri (w) olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, yansıma katsayısı (r), teorik yansıma bağıl genlik fazı (p)'nin genel biçimi olarak tanımlanırsa;

$$r = p * e^{-j*\phi} , \quad 0 \leq p \leq 1 \quad (3.5)$$

olarak ifade edilir.

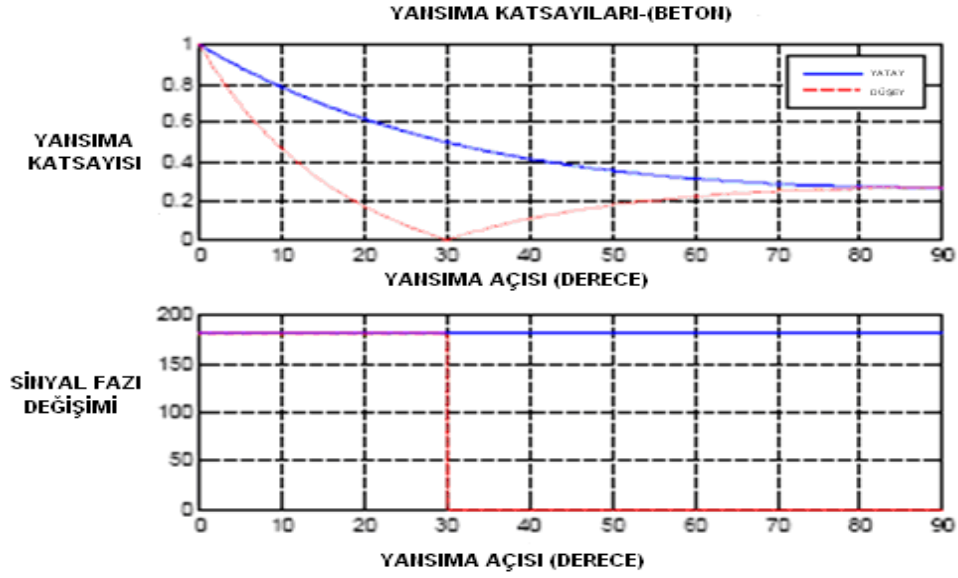
Buradan hareketle (3.2) ve (3.3) eşitliklerini kullanarak, 1 GHZ frekanslı elektromanyetik sinyal ve örnek materyaller (insan yapımı ya da doğal) için doğrusal yansıma katsayıları Çizelge 3.1 de sıralanmaktadır.

Çizelge 3.1 Farklı nesnelere ait elektriksel özellikler (Hannah 2001).

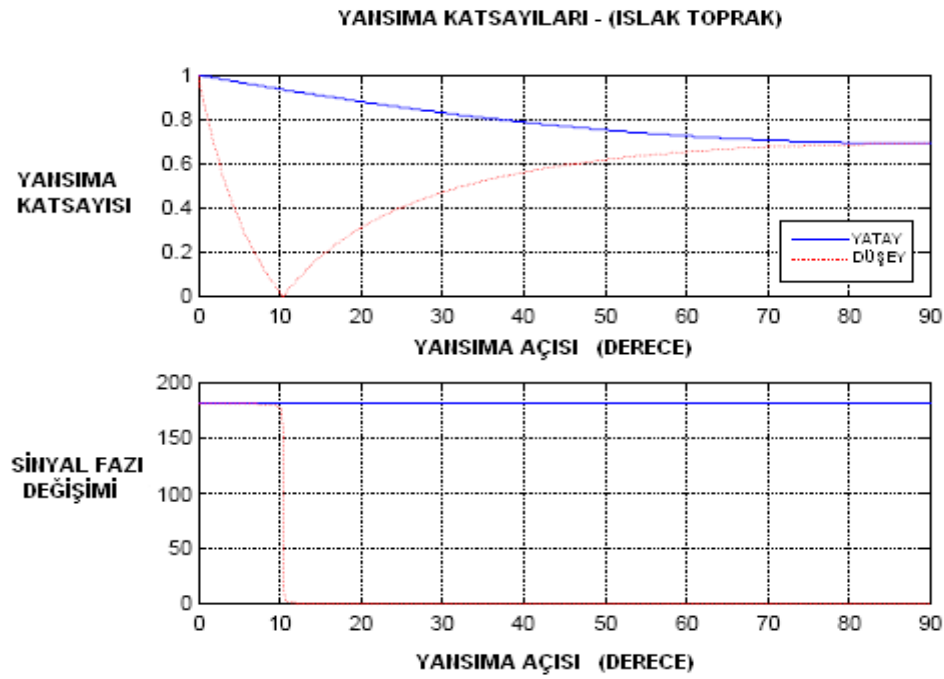
Materyal	Yansıtıcılık	Bağıl Geçirgenlik
Beton	$2 * 10^{-5}$	3
Kuru Zemin	$1 * 10^{-5}$	4
Orta Kuru Zemin	$4 * 10^{-2}$	7
Islak Zemin	$2 * 10^{-1}$	30
Tatlı Su	$2 * 10^{-1}$	80
Deniz Suyu	4	20

Doğrusal yansıma katsayılarını kullanan GPS SEDP sinyalinin, modellenmesi için birleştirilmeye gerek duyulabilecek iki ayrı (yatay ve düşey) sınır model vardır. Polarize dalganın yansıtıcı yüzeyde oluşturduğu alan yatay ve düşey bileşenlerin (sınır modellerin) bilinmesi ile tanımlanabilir (Hannah 2001).

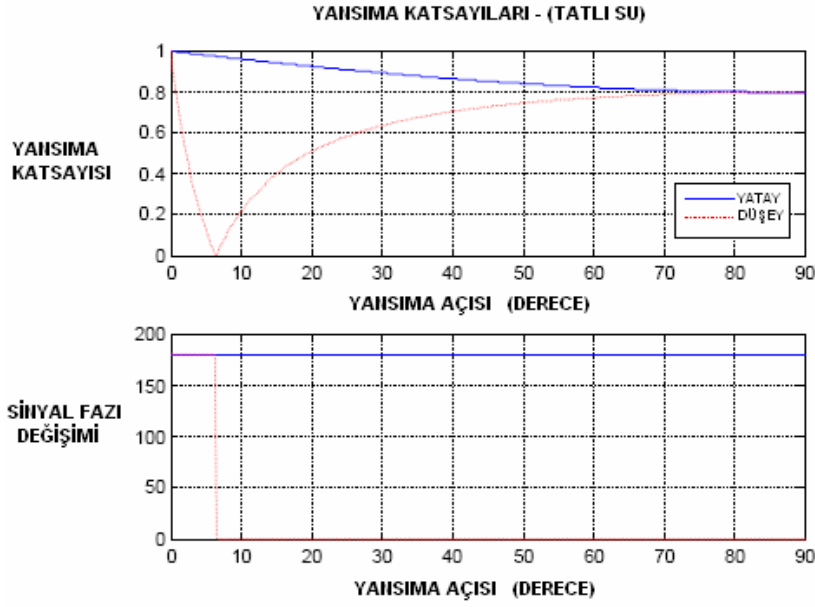
Elde edilen deneysel çalışmalar sonucunda, GPS L1 sinyali için değişik materyaller ve yansıma açıları elde edilen yansıma katsayılarının yatay ve düşey model katsayıları açısından grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Şekil 3.4-Şekil 3.8).



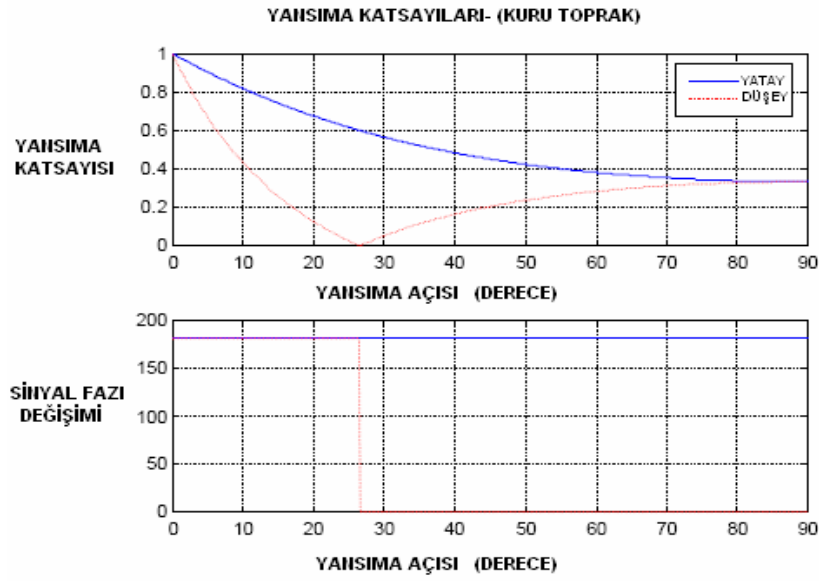
Şekil 3.4 Beton zemine ilişkin yansım katsayıları (Hannah 2001).



Şekil 3.5 Islak toprak zemine ilişkin yansım katsayıları (Hannah 2001).

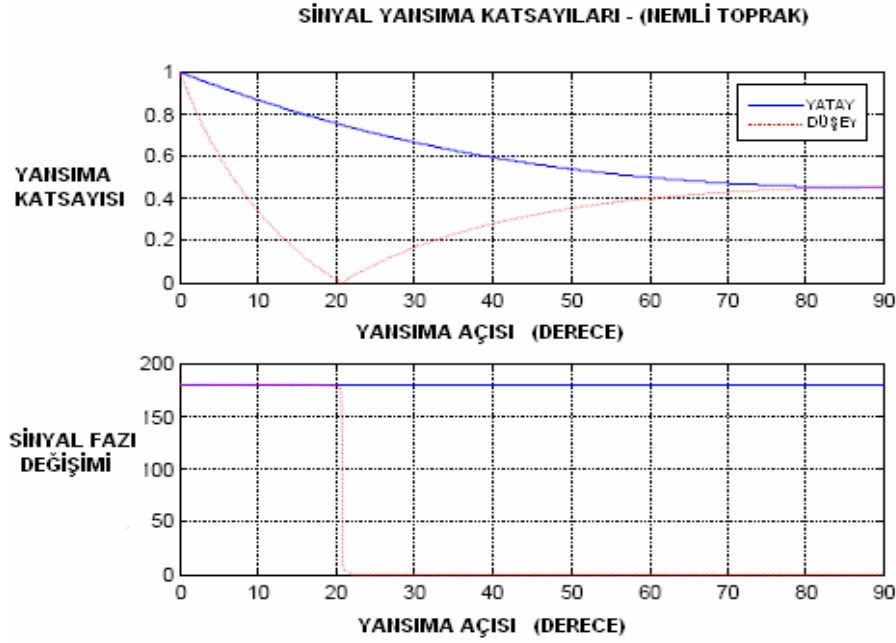


Şekil 3.6 Tatl suya ilişkin yansımaya katsayıları (Hannah 2001).



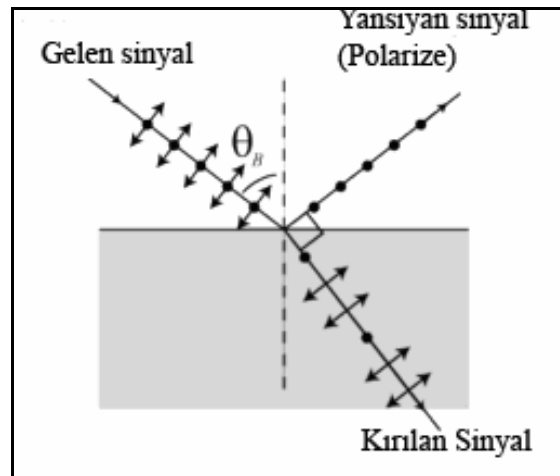
Şekil 3.7 Kuru toprak'a ilişkin yansımaya katsayıları (Hannah 2001).

Görüldüğü üzere, her doğrusal polarizasyon ve yansıtıcı yüzey için yansımaya katsayısı büyüklükleri de farklı farklıdır. Polarizasyonun yatay bileşeni de her materyal tipi için, yansımaya açısının artmasıyla beraber azalmaktadır. Yine yatay bileşen için faz değişiminin her koşulda yaklaşık 180° olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.8 Nemli toprak’a ilişkin yansımaya katsayıları (Hannah 2001).

Diğer bir deyişle, yansıyan sinyalin fazı yansımaya sonrasında 180° değişmektedir. Düşey bileşen ise büyüklüğü ne kadar olursa olsun hızla azalır ve “Brewster” açısından (θ_B) (Polarizasyon açısı) daha az açılar için 180° faz değişimi sabitine yakın bir değerde kalır. Brewster açısından büyük yansımaya açıları için, düşey yansımaya katsayısı büyüklüğü, 0 derece faz değişim sabitine yaklaşık bir biçimde artar. Burada, Brewster açısının tanımını yapmak gerekirse: Bir ortamdan başka bir ortama geçen sinyal belirli bir açıdan sonra iki ortamın ara kesitinde polarize olur ve yansımaya uğrar. Bu olayın gerçekleşmesi için gerekli en küçük açığa “Brewster Açısı”(Şekil 3.9) denir. Bir cam vasıtası ile herhangi bir nesneye bakıldığında nesnenin etrafında görülen renk halelerinin sebebi de budur (Hannah and Walker 1998).



Şekil 3.9 Brewster Açısı.

$$\theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (3.6)$$

n_1, n_2 : 1. ve 2. ortamın kırılma indisleri.

İki doğrusal yansıma katsayısının vektör bileşenlerine göre, GPS SEDP’de meydana gelen yansıma sonrası polarizasyonu; katsayılar farklı olduğunda eliptik, katsayılar eşit olduğunda dairesel ve düşey bileşen sıfıra gittiği zaman ise doğrusal polarize olmaktadır. Bu durumda yansıyan sinyal, Brewster açısından (Polarizasyon açısı) daha küçük iken, Brewster açısına yaklaştırıldığında, daha eliptik olan sağ-el eliptik polarizeye doğru kayar (Hannah and Walker 1998).

3.3.2 Dairesel Yansıma Katsayısı Gösterimi

GPS L1 sinyalinin yansımasının alternatif gösterimi olarak meydana gelen yansıma, biri ortak polarizasyon (orijinal) ve biri de buna dik polarizasyon olan iki dairesel polarizasyonun (CP) toplamı olarak göz önünde bulundurulabilir. Orijinal polarizasyona “Eşkutuplu (Copolar)”, dik polarizasyona ise “Karşı-Kutuplu (Crosspolar)” polarizasyon denir. Eşkutuplu (r_0) ve karşı-kutuplu (r_x) yansıma katsayıları, yatay ve düşey yansıma katsayılarının bir fonksiyonu olarak sırası ile verilirse;

$$r_0 = \frac{r_h - r_v}{2} \quad (3.7)$$

$$r_x = \frac{r_h + r_v}{2} \quad (3.8)$$

Eşitliklerde r_h ve r_v yatay ve düşey yansıma katsayılarıdır.

SEDP için doğrusal yansıma katsayılarının analizlerinden anlaşıldığı gibi, Brewster açısından az olan sinyal açıları için eşkutuplu bileşen hakim olup Brewster açısından büyük açılar için de karşı-kutuplu bileşen hakim olur.

Dairesel polarizasyon için eşkutuplu ve karşı-kutuplu yansıma katsayıları, yansıma Brewster açısında iken yaklaşık aynı büyüklüktedir. Dairesel polarizasyon bileşenlerinin büyüklükleri

farklı olduğu zaman, meydana gelen polarizasyon eliptik olduğuna göre, Brewster açısından daha az olan sinyal geliş açıları için meydana gelen yansıma, giderek eliptik hal alan SEDP olmaktadır. Brewster açısından daha büyük açılar için, sinyal yansıması Sağ El Dairesel Polarizasyondan (SEDP), SOEEP (Sol El Eliptik Polarize) durumuna dönüşür ve 90° yansıma açısında ise tamamen SOEDP (Sol El Dairesel Polarize) halini alır (Bremmer 1949).

Dairesel yansıma katsayılarının, analizlerde, her iki copolar eşkutuplu ve crosspolar karşı-kutuplu bileşenlerinin, fazının 180 dereceye doğru yöneldiği görülmektedir. Bu incelemeden yola çıkarak bir varsayım yapılırsa; orijinal sinyal yansımasını gösteren her iki dairesele bileşen (copolar eşkutuplu ve crosspolar karşı-kutuplu) aynı faz değişimindedir denebilir. Bununla beraber GPS sinyalinin toplam yansımasını modellemek için iki farklı polarizasyon durumunu açıklamak, iki ayrı sınır durumunu modellemek ve daha sonra anten çevresindeki cisimlerle ilişkilendirmek gerekli olabilir.

Tek bir yansımış sinyal, GPS anteninde gerçek sinyal olarak hesaba katılırsa, tek bir dairesele polarizasyon yansıma katsayısı durumu basitleştirmek için kullanılabilir. Bu durumda GPS anteninin, SEDP sinyallerini almak için optimal duyarlılıkta dizayn edildiği gerçeği de göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece anten, bazı yansıma açılarında SOEDP (Sol El Dairesel Polarize) veya crosspolar karşı-kutuplu bileşenini reddeder. crosspolar karşı-kutuplu bileşende SOEDP sinyalleri ayıklamak için SEDP bazlı bir yansıma katsayısı yazılırsa;

$$r_R = (P_c + 10^{-K/20} * P_x) * e^{-j*\tau} \quad (3.9)$$

P_c : Eşkutuplu dairesele yansıma katsayısı büyüklüğü (SEDP)

P_x : Karşı-kutuplu dairesele yansıma katsayısı büyüklüğü (SOEDP)

K : Yükseklik açısının bir fonksiyonu olarak modellenen SOEDP ayıklama katsayısı (dB)

elde edilir.

Genelde yüksek kaliteli GPS antenlerinin alım karakteristikleri, tüm polarizasyonlar için aynıdır. **Ticari GPS antenleri, “3 dB SEDP sinyali kabul ederken, yaklaşık 10-11 dB olan SOEDP sinyali kabul etmezler”**(Hannah 2001).

Bu durumda yüksek güçte de olsa düşük yükseklik açılı uydu sinyalleri, SOEDP karakteristiğinde olacağından birçok GPS alıcısı tarafından fark edilerek ayıklanır. Alıcı bazlı “Sinyal Yansıması Filtreleri” bu esaslara göre çalışmaktadır.

Aynı eşitlik Karşı-kutupluluk durumunda SOEDP sinyal ayıklamak için düzenlenirse;

$$r_L = (10^{-K/20} * P_c + P_x) * e^{-j*\tau} \quad (3.10)$$

Eşitlikte;

P_c : Eşkutuplu dairesel yansıma katsayısı büyüklüğü (SOEDP)

P_x : Karşı-kutuplu dairesel yansıma katsayısı büyüklüğü (SEDP)

K :Alıcı antene ait dB cinsinden SOEDP reddetme katsayısı

Eşitliği elde edilir ve bu eşitlik sayesinde anten bazlı “Multipath Flitreleme” sağlanmış olur.

3.3.3 Işın Bazlı Sinyal Yansıma Geometrileri

Yansıma hatası uydu-alıcı-yansıtıcı geometrisi ile doğrudan ilintilidir (Hannah 2003). Kuramsal sinyal yansıması için üç ana yansıma geometrisi tanımlanmıştır. F biçimi, alıcı antenin altından ileri yönden gelen GPS sinyalinin kuramsal yansımasını tanımlar. BA-biçimi, GPS antenin düz eksenine paralel konumlanmış düşey bir yansıtıcı yüzeyden, alıcı antenine ulaşan geri yansımış sinyalin, kuramsal yansımayı tanımlar. Son olarak BB-biçimi, F ve BA geometrilerinin bileşimi şeklinde yatay ve düşey yansıtıcıların oluşturduğu geometriyi tanımlar.

GPS sinyal yansıması yayılım durumları için yansıma katsayılarını göz önünde tutmadan önce, GPS sinyal yansıma durumlarının, bağıl genlik, gecikme ve fazın sinyal yansıma parametrelerini tanımlamak için eşitlikleri formüle etmek üzere, geometrik şekiller üzerinde durulacaktır.

Yansıma durumlarının analizinde, GPS L1 yayılım modelinden, türetilmiş sinyal yansıma parametreleri kullanılabilir. Aynı zamanda bu parametreler, sinyal yansımasının doğasını anlamak için temel oluşturur (Hannah 2001).

Aynı zamanda sol referans sınırından gelen LOS sinyalinin yayılımının mesafesi verilirse;

$$Dp = \frac{d}{\cos \theta}, \quad \text{Yeni Sinyal Yolu} = Dp + \Delta R \quad (3.11)$$

Olmaktadır. Yansıtıcı yüzey ile P noktası arasındaki mesafe q ise;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{q} \right) \quad (3.12)$$

(θ) Maksimum uydu yükseklik açısı elde edilir.

3.3.3.2 BA- Tipi (Yandan) Yansıma

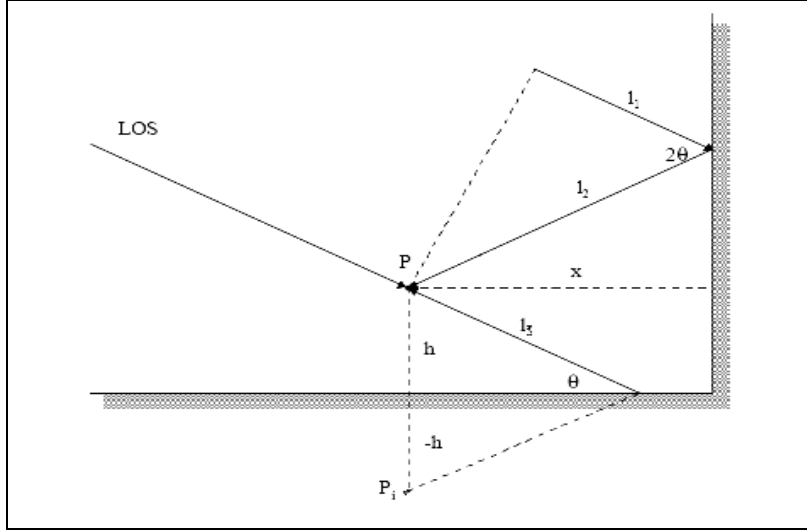
GPS sinyallerinin dikey ya da dikeye yakın yansıtıcı yada yansıtıcılar nedeni ile farklı yollardan alıcıya ulaşması durumudur.

GPS antenlerini bu tip yansımalarından korumak için İç-içe Halkalı Plaka (Choke Ring) uygulaması geliştirilmiştir. Bu yöntemle sabit bir açığa kadar anteni yansıyan sinyallerden korumak mümkündür.



Şekil 3.11 İç-içe halkalı anten (Choke ring).

Sağ taraf sınırına göre konuşlandırılmış bir düşey yansıtma yüzeyi ile geri saçılma problemi üzerinde duralım (Şekil 3.12). Geri saçılma geometrisi-1 (BA-Modu), anten seviyesinin üstünden geriye doğru yansıtılarak ulaşan sinyalleri temsil eder (Hannah 2001).



Şekil 3.12 Geri saçılma geometrisi 1 (BA-MOD) (Hannah 2001).

Verilen geometrinin sağlanabilmesi için aşağıdaki eşitsizlik koşulu gerçekleşmelidir.

$$x > \frac{h}{\tan \theta} \quad (3.13)$$

Bu durumun meydana geldiği yer “Bölge 1” olarak adlandırılır. Bölge 1 için Ek yol uzunluğu verilirse;

$$l_1 = \frac{x \cos 2\theta}{\cos \theta}, \quad l_2 = \frac{x}{\cos \theta} \quad (3.14)$$

$$\Delta R_a = l_1 + l_2 \quad (3.15)$$

ve toplam yol uzunluğu değişimi, iki sinyal yansıma yayılım yolu için görüş doğrultusuna bağlı olarak verilirse;

$$\Delta R_a = 2x \cos \theta \quad (3.16)$$

Geri saçılma geometrisinin $x = \frac{h}{\tan \theta}$ özel durumu için, yol uzunlukları;

$$l_1 = \frac{x \cos 2\theta}{\cos \theta}, \quad l_2 = \frac{h}{\sin \theta} = \frac{x}{\cos \theta} \quad (3.17)$$

ve toplam yol değişimi,

$$\Delta R_a = \frac{2x}{\cos \theta} = \frac{2h}{\sin \theta} \quad (3.18)$$

Yansıtıcı yüzey ile P noktası arasındaki mesafe x ise,

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{x} \right) \quad (3.19)$$

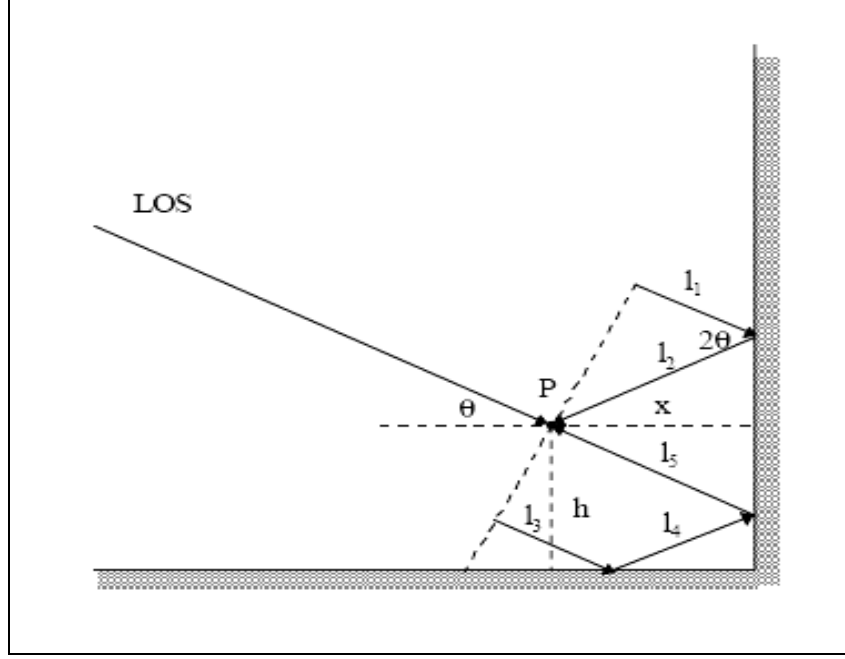
(θ) Maksimum uydu yükseklik açısı elde edilir.

Son olarak $x < \frac{h}{\tan \theta}$ ise teorik BA geometrisi sağlanmaz.

3.3.3.3 BB-Tip (Bileşik) Yansıma

BB-Geri yansıma tipi, BA ve F yansıma geometrilerinin birleşimi olarak düşünölebilir. Dikey-Alıcı (DA) ve Yer-Dikey-Alıcı (YDA) şeklinde iki alt geometri söz konusudur. DA durumunda yansıma BA tipine benzerken, YDA tipi için ise hem sinyalin güç faktörü hem de artık sinyalin alıcıya ulaşması olasılığı azalmaktadır, en etkili olduğu durum teorik olarak yer yansıtıcısının anten seviyesinin oldukça altında kaldığı yani, yansıtıcı yüzeylerin çok büyük olduğu durumdur (Bölge 2) (İleride bu durum uygulama ile test edilecektir).

Bileşik yansıma geometrisi (BB-Geometrisi), anten seviyesinin altından gelen ve geriye doğru yansıyan sinyalleri temsil eder (Hannah 2001).



Şekil 3.13 Geri saçılma geometrisi 2 (BB-MOD) (Hannah 2001).

Bu durumda, bölge 2 için ilgili yollar;

$$l_1 = \frac{x \cos 2\theta}{\cos \theta}, \quad (3.20)$$

$$l_3 = 2x \cos \theta - \frac{h \cos 2\theta}{\sin \theta} \quad (3.21)$$

$$l_4 = \frac{h}{\sin \theta} - \frac{x}{\cos \theta} \quad (3.22)$$

Bölge 1 için artık yol uzunluğu,

$$\Delta R_a = l_1 + l_2 \quad (3.23)$$

Bölge 2 için artık yol uzunluğu,

$$\Delta R_b = l_3 + l_4 + l_5 \quad (3.24)$$

Yansıtıcı yüzey ile P noktası arasındaki mesafe x ise,

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{x}\right) \quad (3.25)$$

(θ) Maksimum uydu yükseklik açısı elde edilir.

Bununla beraber toplam yol değişimleri (3.17) ve (3.18) de verilen eşitliklerle aynıdır.

3.3.3.4 Genlikler, Bağlı Gecikmeler ve Fazlar

Bir önceki başlık altında bahsi geçen tüm basit sinyal yansıma geometrileri için, genlikler, bağlı zaman gecikmesi (kod) ve fazlar, bir Çizelge yardımıyla açıklanacak olursa;

Çizelge 3.2 Geometrik gecikmeler ve fazlar (Hannah 2001).

YOL	GENLİK	BAĞIL ZAMAN GECİKMESİ	TOPLAM FAZ GECİKMESİ
Bakış doğrultusu	E_0	$\frac{1}{c} \left(\frac{d}{\cos \theta} \right)$	$\frac{2\pi d}{\lambda \cos \theta}$
Yerden yansıma (F)	$\rho_g E_0$	$\frac{1}{c} (2h \sin \theta)$	$\phi_g + \frac{4\pi h}{\lambda} \sin \theta$
Yandan yansıma (BA)	$\rho_r E_0$	$\frac{1}{c} (2x \cos \theta)$	$\phi_r + \frac{4\pi x}{\lambda} \cos \theta$
Bileşik yansıma (BB)	$\rho_r \rho_g E_0$	$\frac{1}{c} (2h \sin \theta + 2x \cos \theta)$	$\phi_r \phi_g + \frac{4\pi}{\lambda} (h \sin \theta + x \cos \theta)$

Burada **d**, uydu-alıcı arasındaki yatay mesafe, **h** antenin düşey yüksekliği, **x** dik yansıtıcıdan anten bölgesine olan yatay mesafedir. Yayılımın hızı = ışığın hızı (c) olarak verilmiştir. P_g , ϕ_g , P_r , ϕ_r sırası ile yer ve yansıtıcı için yansıma katsayıları, olarak ifade edilmiştir.

Sonuç olarak yansıma geometrisine bağlı olarak kod ölçülerinde yansıma hatasını etkileyen faktörler; anten yüksekliği, yansıtıcı alıcı mesafesi, uydu yükseklik açısı iken faz ölçülerinde; sinyal dalga boyu, anten yüksekliği, yansıtıcı-alıcı mesafesi, yansıtıcı yüzey kırılma indisi ve uydu yükseklik açısı olmaktadır. İleride anlatılacak uygulamada bu faktörler dikkate alınacaktır.

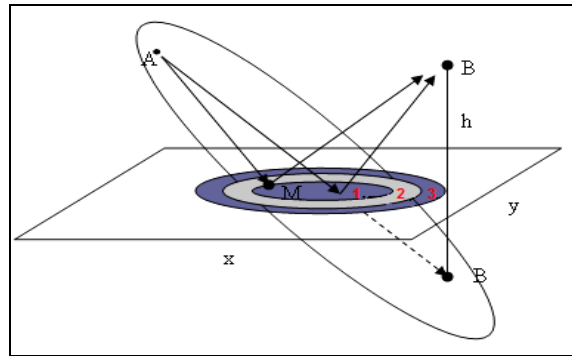
3.4 FRESNEL BÖLGELERİ

Fresnel alanı olarak da adlandırılan fresnel bölgeleri, bir elektromanyetik sinyal kaynağından çıkan ve belirli bir hacim (Kapsama Alanı) oluşturarak ilerleyen elektromanyetik dalgaların, kapsama alanları ve menzillerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Bu çalışma için Fresnel bölge tanımları GPS L1 sinyali için uygulanırsa sinyal kuvvet ve sinyal yansıma alanlarının, geometrik bir gösterimini elde etmek mümkün olmaktadır.

A sinyal kaynağı (GPS Uydusu) ve B de GPS anteni olmak üzere GPS sinyallerinin yansıtıcı bir yüzey üzerinde oluşturduğu sinyal şiddet alanlarının gösterimi aşağıdaki gibidir;

B ve B_i odaksal noktalar olmak üzere;

$$AB + MB = AB + n \frac{\lambda}{2} \quad (3.26)$$



Şekil 3.14 Yansıma için Fresnel bölgeleri.

Fresnel elipsoidlerinin yansıtıcı yüzeyle oluşturduğu ara kesitin üzerinde meydana gelen elipsler Fresnel bölgelerini belirler. Her bir elips alanı sinyal şiddetini tanımlar ve 1. bölgeden uzaklaştıkça sinyal şiddeti azalır.

1. bölge için büyük yarı eksen aşağıdaki formüllerden yararlanarak bulabiliriz.

$$R_f = \sqrt{\lambda \frac{R_F}{\sin \Phi}} \quad (3.27)$$

$$L_{SMA} = \frac{R_F}{\sin \theta} \quad (3.28)$$

Burada R_F odak noktası L_{SMA} büyük yarı eksen olmak üzere;

λ : Sinyal dalga boyu

h : Anten yüksekliği

θ : Sinyal yansıma açısı

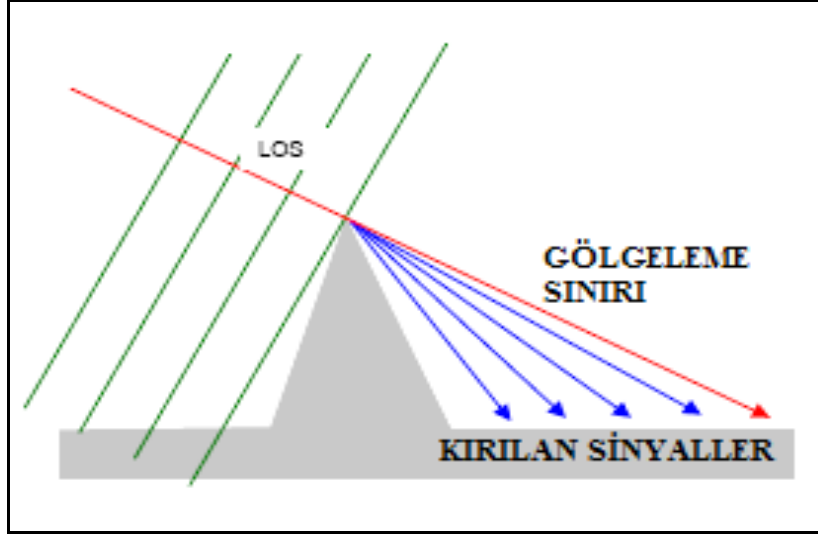
olarak ifade edilir.

Frensel bölgeleri hem GPS sinyalinin yansımadan sonraki şiddet durumu için hem de GZK uygulamalarında düzeltme sinyallerinin sağlıklı iletilebilmesi için önemli görülmüş ve bu bölümde sunulmuştur.

3.5 KIRILMA

Sinyal bir engelleyici nesne ile karşılaştığında; özellikle köşeleri boyunca sinyali eğer, nesnenin köşelerinde enerjinin bir kısmı ayrışır (Şekil 3.15). Bu doğrudan sinyalden tamamen gölgelenmeyen engelleyici nesnenin arkasındaki alanda kalan enerjinin bir miktarı, beklenen gölge alanının içinde ortaya çıkacaktır.

GPS L1 sinyalinin üzerinde en çok görülen ayrışma etkisi, engelin gölgelenme etkisidir. Sinyal seviyesinin azalacak olması ve izlenen uydunun sinyal gücü eksikliğinden dolayı kullanışsız olması beklenir.



Şekil 3.15 Kırılma olayı.

GPS L1 sinyalinin ayrışmasının başlıca etkisi; bir gölge alanında sinyal karmaşası bulunmasıdır. Sinyalin doğası gereği doğrudan LOS yolu boyunca ilerleyememesi nedeni ile bir miktar fazladan mesafe kat etmek zorunda kalacaktır.

3.6 GPS ALICISI DURUMU

Sinyal yansıması yayımının üç biçimi, GPS anteni ile yüzeyin fiziksel ilişkisinin ve yansıyan sinyallerinin bozucu etkisi incelenmiştir.

F-biçimi sinyal yansımasının bozucu etkisinin en az olduğu bulunmuştur. BA-biçimi sinyal yansıması, sınırlı bir bölgede bozucu etki gösterdiği saptanmıştır. Bu biçim için, anten yansıtıcıdan yaklaşık 220 metreden daha uzağa konulursa sinyal yansıma biçiminin geçerliliğini yitirdiği ve etkisinin azaldığı bulunmuştur. BB-biçimi için etki bölgesi, BA geometrisi ile benzer özellikte olmakla birlikte, en büyük bozucu etkinin olduğu 1.ve 2. bölge bileşkelerinin sınırlı bir alanda etkili olduğu gözlemlenmiştir (Hannah 2001).

3.6.1 Fiziksel Anten Konumunun Durumu

Yansıyan sinyalinin bağıl gecikmesi, yansıtıcı yüzey ile antenin fiziksel ilişkisine bağlı olarak kuramsal yansımanın üç ana biçiminden meydana gelmektedir. Standart bir $\frac{1}{2}$ - çip aralıklı alıcıda, 1.5 çip (1466 nanosaniye) den fazla geciken sinyaller korelasyonsuz olacağından ölçümlere etkisi olmaz. Kuramsal yansımanın üç ana biçimi için, bu korelasyonsuzluk sınırı,

sinyal yansıması ortamında anten ile arazinin fiziksel ilişkisini sınırlamak için bir temel oluşturur.

F biçimi sinyal yansımasını göz önünde tutarsak, yansıyan sinyalin korelasyonsuzluk için yükseklik sınırı, yaklaşık olarak yazılırsa;

$$hf = \frac{220}{\sin \Phi} \quad (3.29)$$

Bu yükseklik, ilk fresnel bölgesinden daha geniş düz bir alanı içeren arazinin üstündeki anten yüksekliğini belirtir. Araya giren arazi sadece engelleme ve kırılma etkilerini belirtir.

Eşitlik (3.29), korelâsyonsuzluk için gerekli yüksekliğin 220 metre veya daha fazla olduğu zaman, sinyal yansımasının korelâsyonsuzluk için minimum yükseklik açısının 90 derecede olduğunu gösterir. GPS'in birçok uygulaması için, anten yüksekliği bu bölümün altında olur. Alçak yükseklik açılarında korelâsyonsuzluk belirgin bir şekilde artar ve korelâsyonsuzluk olasılığı dramatik bir biçimde düşer.

1/10 çip aralıklı dar korelatorlü (narrow correlator) alıcı için, 1.1 çip (1075 nanosaniye) den daha fazla geciken sinyaller etkili bir biçimde korelasyonsuzdur. Bu durumda yansıyan sinyalin etkili olduğu yansıtıcı-alıcı sınırı yaklaşık olarak verilirse;

$$hf = \frac{160}{\sin \Phi} \quad (3.30)$$

Bu durumda minimum SY hatasız anten yüksekliği 160 metredir ve bu yüksekliğin üzerinde sinyal yansıma etkisi oluşmaz.

Benzer olarak BA biçimli yansıtıcısından antene olan mesafeye göre standart korelatörlü alıcı için SY hata mesafesi sınırı yaklaşık olarak verilirse;

$$x_{BA} = \frac{220}{\cos \Phi} \quad (3.31)$$

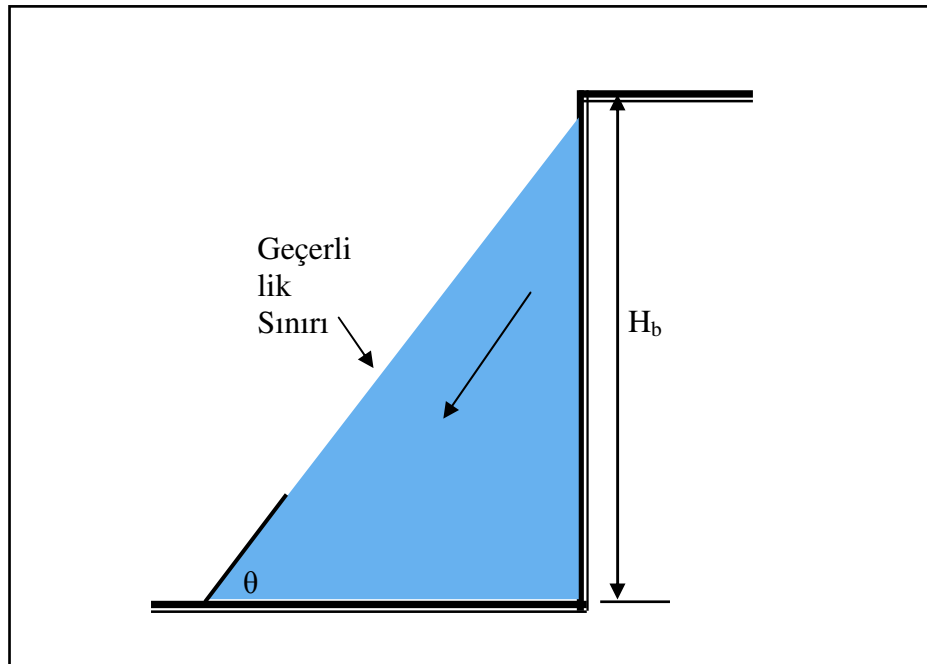
Bu durumda minimum SY hatasız anten yüksekliği 220 metredir.

H_B yüksekliğindeki bir geri yansıtıcı için, aşağıdaki mesafe sınırı eşitsizliği geçerli olmalıdır.

$$0 \leq h \leq H_b - x_{BA} \tan \Phi \quad (3.32)$$

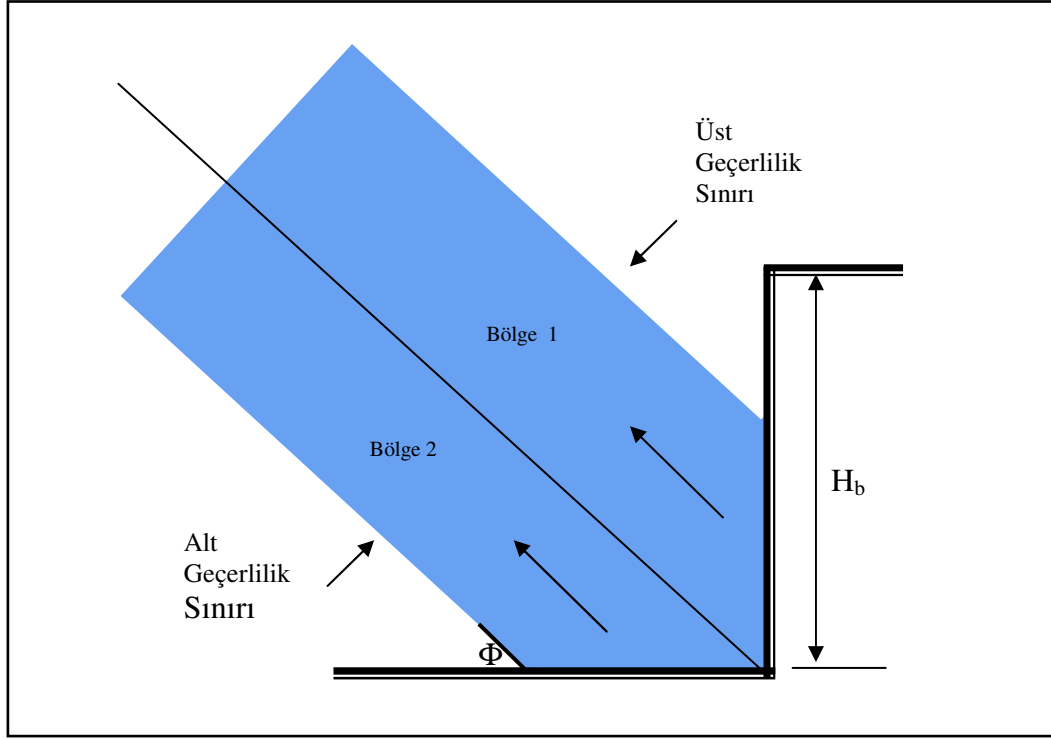
Çoğu şehir içi arazi uygulamasında geri yansıtıcının yüksekliği 30 metreden uzundur. Yaklaşık 30 metre yükseklikteki geri yansıtıcı için bu sonuçların karşılaştırması; eğer anten geri yansıtıcı ile sınırlanmış mesafeden daha fazla uzakta konumlandırıldıysa, sinyal yansıması ya korelasyonsuz olur ya da mevcut olmaz

Sinyalin geçerli olması için, anten uygun gelen korelasyonsuzluk mesafesi için gösterilen sınırın altında konumlandırılmalıdır. Eğer anten bu yüksekliğin üstünde ise korelasyonsuzluk mesafesini asla geçemeyecek ve sinyal yansıması için geçerlilik sınırına bağlı 8 dereceden büyük yayılım açılarında hata meydana gelmeyecektir. Dar korelâtör alıcıları için eşit korelasyonsuz mesafe limitleri 0 derecede 160 metreden ve 10.5 derecede 163 metreye kadardır. BA biçimi yansıyan sinyal için geçerliliğin gerçek uzaysal bölgesi şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16 – BA tipi yansımanın geçerlilik sınırı (Hannah 2001).

Tüm yayılım açılarında BA-biçimi sinyal yansıması, geçerlilik sınırı olarak tanımlanan bölgeler içinde geçerlidir. Bu durumda BA biçimi sinyal yansımasından kaçınmak için anten herhangi bir düşey yüzeyden olabildiğince uzak olmalıdır. BB-biçimi sinyal yansıması için geçerlilik bölgesi Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 – BB biçimi Geçerlilik Bölgesi (Hannah 2001).

Bu biçim geri yansıtıcıdan verilmiş bir mesafe için anten yüksekliğini sınırlayan alt ve üst olmak üzere iki sınır tarafından belirlenmiştir. BB biçimi sinyal yansımasının meydana getiren alt yükseklik sınırı için korelasyonsuzluk sınırı verilirse;

$$x_{BBL} = 220 \cdot \cos \Phi \quad (3.33)$$

Benzer olarak üst yükseklik sınır limitleri korelasyonsuzluk mesafesi;

$$x_{BBU} = (220 - H_b \cdot \sin \Phi) \cos \Phi \quad (3.34)$$

Geri yansıtıcıdan olan mesafenin bir fonksiyonu olarak anten yüksekliği;

$$x_{BBL} \tan \Phi \leq h \leq x_{BBU} \cdot \tan \Phi + H_b \quad (3.35)$$

Φ : Uydu yükseklik açısı,
h : Anten yüksekliği,
x: Yansıtıcı alıcı mesafesi

olarak gösterilmiştir.

BÖLÜM 4

UYGULAMA

4.1 GİRİŞ

GPS uygulamalarında, GPS alıcıları uydular tarafından yayınlanan elektromanyetik sinyalleri kullanarak ölçüm yaparlar. Antenin kurulduğu arazinin çevresel yapısına, sinyal yükseklik açısı ve azimutuna bağlı olarak, kaydedilen uydu sinyallerine arzu edilmeyen sinyal yansımalarının da karışması söz konusudur. Bu durumda GPS gözlemlerinde bazı düzensiz hatalar meydana gelir ve sinyal yansıma yatası oluşur. Alıcı anteninin bulunduğu çevrenin neden olduğu yansımaların olası kaynakları ise; yapılar, araçlar, su yüzeyleri (deniz, göl), endüstriyel alanlar ve diğer yansıtıcı yüzeylerdir.

GPS ölçüleri ile çalışılan çoğu uygulamada yüksek nokta konum doğruluğu gerekmektedir. Bu nedenle uygulamada, öncelikle GZK ölçümlerinde yansımali ve yansısız olmak üzere iki ortam oluşturulmuş, aynı uydu-alıcı-yansıtıcı geometrisinde farklı iki ortamda ve farklı üç geometride elde edilen ölçüler karşılaştırılmıştır. Ölçüler toplam olarak 4 gün sürmüştür. Uygulamada hatanın nokta konumlarına olan etkisini belirlemek için bir test ortamı oluşturulmuş ve elde edilen ölçüler sonucunda yatay, düşey, toplam konum hataları ile ölçü periyodunda meydana gelen Sinyal Yansıması (SY) hatalarının tüm ölçüye olan oranları ve bu hatalardaki uydu durumları karşılaştırılmıştır.

Uygulamanın geneli için bazı ön görülerde belirlenmiştir. Buna göre;

1. Yansıtıcı – Alıcı mesafesinin artması ile yansıyan sinyalin yolu da uzayacağından bu durum ölçülere daha büyük yansıma hata değerleri olarak yansıyacaktır. Daha açık ifade etmek gerekirse yansıtıcıya 40-50m mesafelerde elde edilen yansıma hatası değerleri, 2-4m mesafelerinde karşılaşılan hatalardan daha büyük olacaktır.

2. Yansıma hatası sonucu ölçülen uydu-alıcı mesafelerinde uzama olacağından, bu durum karşımıza nokta yüksekliklerinde düşey yönde çökmeler olarak karşımıza çıkacaktır.
3. Oluşturulacak BB geometrisinde, diğer iki geometriye göre daha belirgin yansıma hataları oluşacak.
4. F geometrisi en etkisiz geometri olacak.

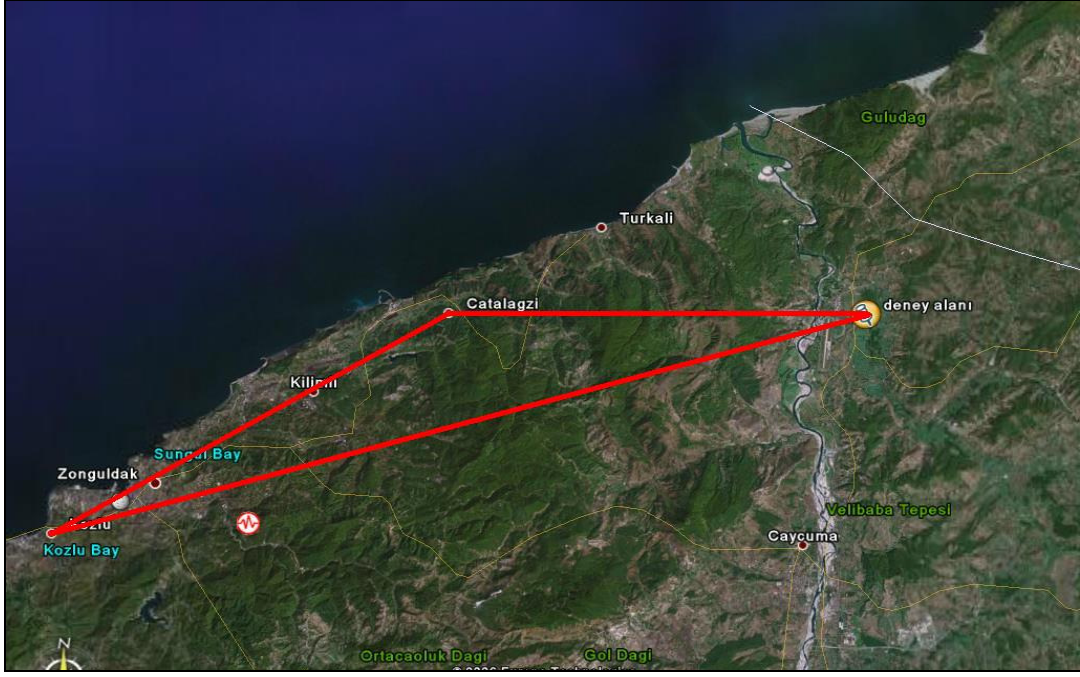
Deney için Zonguldak şehir merkezinde ve tüm yönlerde her türlü nesneden 300m uzakta, çevresinde yansıtıcı yüzey ve yükselti bulunmayan bir alan aranmış fakat bulunamamıştır. Uzun arayışlar sonucunda Zonguldak'a 40 km mesafede yer alan Zonguldak'ın Çaycuma İlçesinin Saltukova Beldesinde şartlara uygun bir alan bulunmuş ve uygulama burada gerçekleştirilmiştir.

Uygulama bölgesinde ilk olarak sabit alıcının kurulması için gerekli olan ve koordinatları hassas olarak bilinen sabit nokta ihtiyacı karşılanmıştır. Bunun için ITRF-96 koordinatları bilinen, Zonguldak-Kozlu (TUTGA) ve Zonguldak-Çatalağzı 1. derece nirengi noktalarından yararlanılarak test alanına iki adet sabit nokta tesis edilmiştir. Ölçüler 5 Saat süreyle ve statik ölçü yöntemi ile yapılmıştır. Dengeleme sonucunda noktaların duyarlılığı sabit GZK alıcısına ait nokta için " $\pm 0.712\text{cm}$ ", hareketli GZK alıcısı için ise " $\pm 0.623\text{cm}$ " olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1 Zemin tesisi materyali.

Nokta tesisi 70 cm uzunluğunda ortası 5mm çapında delikli inşaat demiri (Şekil 4.1) olarak yapılmış, sabit noktanın konumunun tespiti sırasında mümkün olduğunca test noktasına yakın (185m), deney ortamındaki yansımadan etkilenmeyecek ve gökyüzünü açık olarak görebilecek bir nokta olması şartına dikkat edilmiştir.



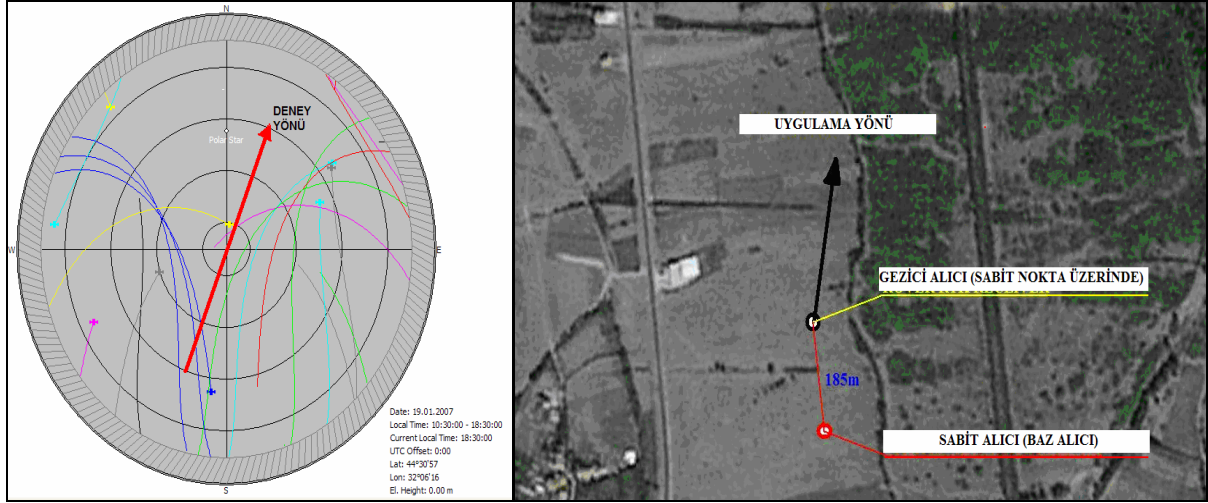
Şekil 4.2 Uygulama bölgesi.

Yansımaz ortamda referans ölçümü yapılmış ve bu ölçüler kontrol ölçüsü kabul edilmiştir. Elde edilen referans ölçüler ile sinyal yansıma geometrileri oluşturularak yapılan ölçüler karşılaştırılmıştır.

Uygulama da izlenen parametreler;

- I.Yansıtıcı yüzeyin antene olan uzaklığı (d)
- II.GZK GPS yansıma hatasının üç boyutlu konuma olan etkisi (m_G)
- III.Gözlem anında uydulara ait yükseklik ve azimut açıları (θ_e, θ_a)
- IV.Yansıma geometrileri (F, BA, BB)

Ölçümlerde uydu yükseklik ve azimut açıları yansımali ve yansımaz ortam için aynı iken yansıtıcı yüzey ve alıcı anteni arasındaki uzaklık değiştirilmiştir. Böylece yansımaz ölçü ile yansımali ölçülerden yararlanılarak hatanın yansıtıcı-alıcı mesafesine göre değişimi, farklı yansıma geometrilerinde elde edilen ölçülerden de hatanın yansımaz ölçüler ile korelasyonlu olup olmadığı incelenmiştir. Deney sırasında mümkün olan en fazla yansıtmayı elde edebilmek için, yansıtıcı yüzeyler ve deney yönü uydu konumlarına göre 20° kuzey-doğu istikametine konumlandırılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Uygulama yönü.

4.2 UYGULAMADA KULLANILAN DÜZENEK, YAZILIM VE DONANIM

Sinyal yansıma (Multipath) hatası alıcı anten çevresindeki yoğun çevresel etkiler içeren alanlarda yüksek doğruluklu konumlanmanın önündeki en büyük engellerdendir.

Bu nedenle uygulama alanında deney harici yansıtıcı yüzey bulunmamasına ve arazi seçilirken ölçümlerde kullanılmak üzere aplike edilecek nokta merkez kabul edilerek 300 metre çapında bir alanın açık olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Uygulama alanı.

Uygulama Zonguldak ili Çaycuma ilçesine bağlı Saltukova beldesinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamada sabit nokta olarak, çalışma arazisi üzerinde tesis edilen zemin kontrol noktası

kullanılmıştır. Dört gün sürecek deney sırasında nokta deformasyonlarını en aza indirmek amacıyla noktalar, toprağın yaklaşık bir metre altına nüfuz edecek şekilde tesis edilmiştir. Alet kurmadan ve düzeçlemeden kaynaklanacak hataları ortadan kaldırmak için üçayağın, deney sırasında arazideki konumları, ayak uzunlukları ve düzeç tablası 70 cm uzunluğunda 4cm çapında ortası delikli inşaat demirleri ile sabitlenmiştir.

BA ve BB ölçümlerinde kullanılan plakalar 6 metreye 6 metre olacak şekilde profiller üzerine sac levha kaplanması ile oluşturulmuştur. Dört parça olarak dizayn edilen plakalar, birleştirme işlemi için belirli noktalarından vidalanmak üzere delikler açılmıştır. Önce 3 metreye 3 metre iki plaka birbirine vidalanmış, sonra 3 metreye 3 metre olan diğer iki levha, alttaki levhaların üzerine monte edilerek 6 metreye 6 metrelik yansıtıcı yüzey elde edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Düşey yansıtıcı yüzey.

Bu levhaları hareket ettirmek üzere tekerlekler ve tekerleklerden levhalara destek monte edilmiştir. Ayrıca tekerleklerin arazide rahat hareket etmesi için tekerlekler altına ray döşenmiştir (Şekil 4.6).



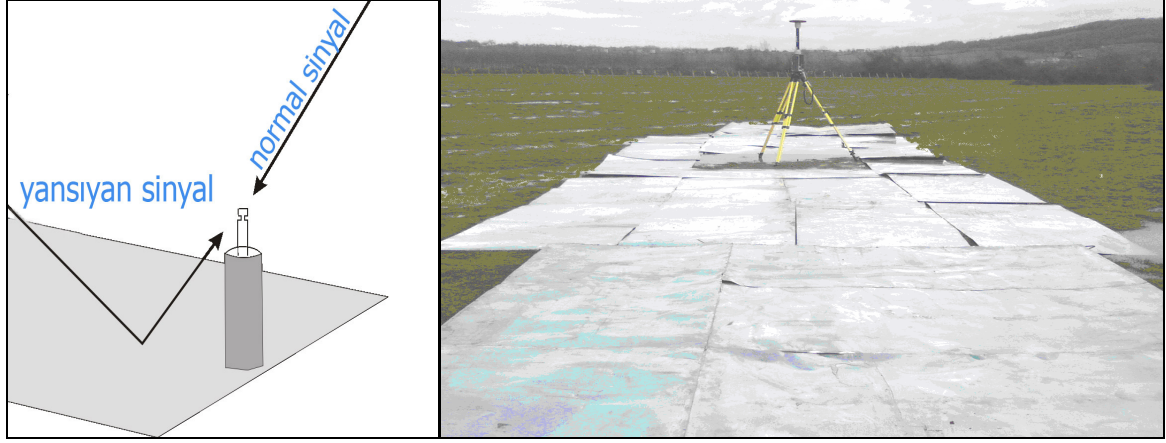
Şekil 4.6 Tekerlek sistemi.

F tipi yansıma ölçümlerinde kullanılan 2m boyunda 1m eninde 27 adet sac levha ile toplam 54m²'lik yansıtıcı yüzey hazırlanmıştır (Şekil 4.7).



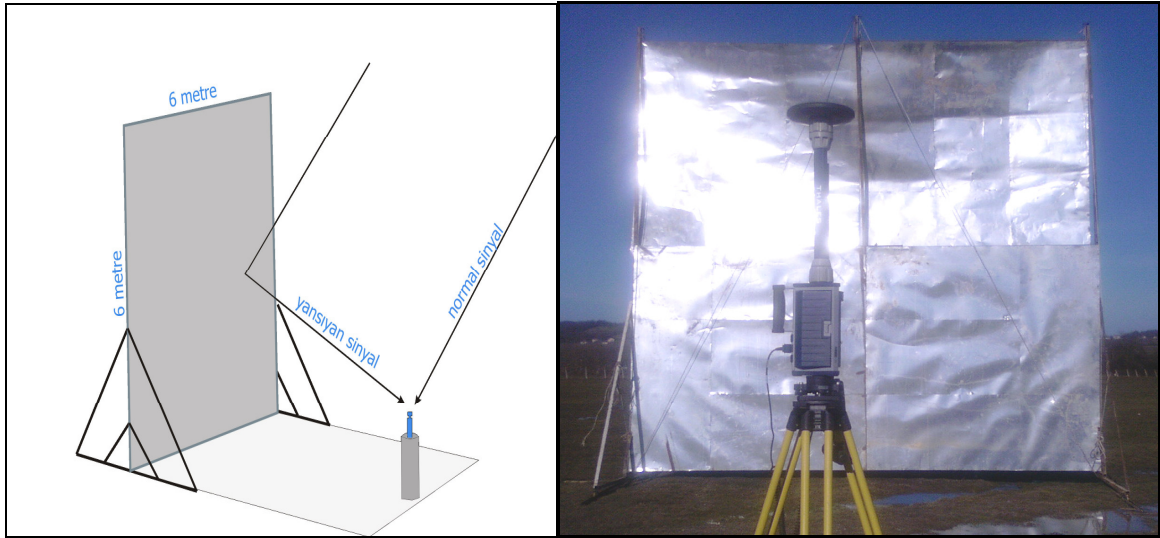
Şekil 4.7 Yatay yansıtıcı yüzey.

Çalışma arazisinin uzaklığı ve plakaların taşınma ve birleştirme işlemleri nedeniyle ölçümlere saat 11:32' de başlanmış, 17:56 da sona ermiştir (Şekil 4.8).



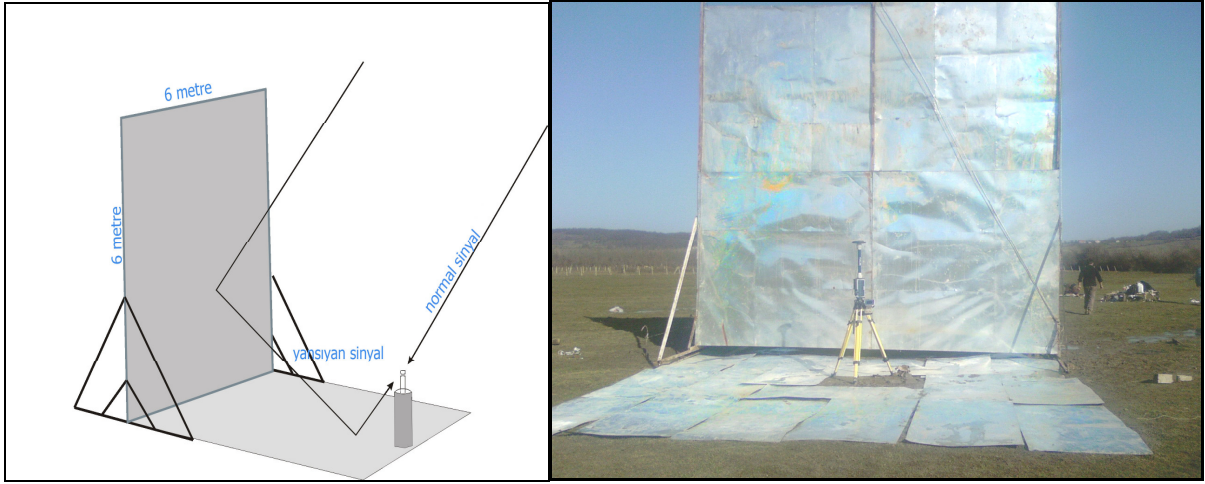
Şekil 4.8 F Ön yansıma geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha.

Uygulamada GZK GPS sinyal yansıma geometrilerinden BA geri yansıma tipi oluşturmak için 6m boyunda 6m yüksekliğinde dört parçadan oluşan plakalar kullanılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.9 BA geri yansıma tipi 1 geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha

BB geri yansıma tipi geometrisinin oluşturulabilmesi için 6m boyunda 6m yüksekliğindeki sac levha ile 2m boyunda 1m eninde 27 adet yatay sac levha kullanılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 BB geri yansıma tipi 2 geometrisinin oluşturulmasında kullanılan sac levha.

Ölçümler iki adet Z -Max Thales™ GZK GPS alıcısı ile gerçekleştirilmiştir. Z-Max alıcılarının sistem yapısı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.11), (Şekil 4.12).



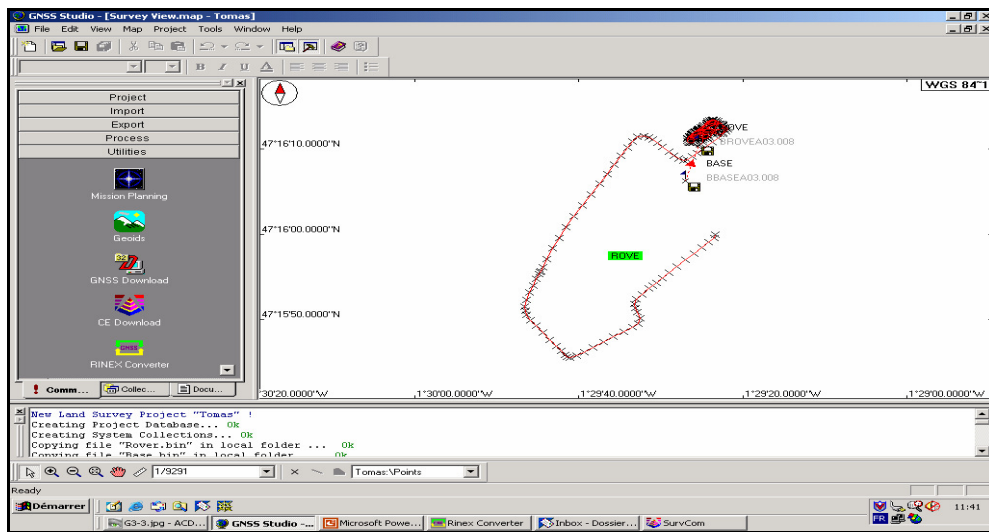
Şekil 4.11 Z-Max alıcı sistemi



Şekil 4.12 Z-Max alıcı kontrol ünitesi

Uygulamada sabit alıcı, koordinatları daha önceden belirlenen uygulama sahasındaki nokta üzerine kurulmuştur. Yapılan başlangıç referans ayarları sonucunda referans alıcı, GZK düzeltme bilgilerini gezici alıcıya bir modem vasıtasıyla yayınlar hale getirilmiştir. Alıcının en az 5 uduya bağlanması beklenmiştir. Daha sonra gezici alıcı uygulama sahasında tesis edilen sabit zemin noktası üzerine kurulmuştur. Gezici alıcının başlangıç ayarları yapılarak deney noktasının GZK koordinatları 1 saniyelik ölçü aralığı ile kaydedilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen koordinatlar Z-Max sistem bileşenlerinden biri olan GNSS Studio™ yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 GNSS Studio Ofis Yazılımı.

Bu yazılım sayesinde noktanın WGS–84 projeksiyon koordinatları, elipsoidal coğrafi koordinatları ve ölçüm zamanlı koordinatlarının çıktısı alınmıştır. Yaptığımız uygulamada, ölçüm sonuçlarını değerlendirme aşamasında zemin noktasının dik koordinatları gerekli olduğundan, GNSS StudioTM programı kullanılarak elde edilen zemin noktasının elipsoidal coğrafi koordinatlarının, dik koordinatlara dönüşümü MatlabTM programı ile gerçekleştirilmiştir. Dönüşümde kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir;

$$e^2 = 0,00669437999$$

$$(e')^2 = 0,0067394967883$$

$$c = 6399593,6259.$$

4.3 UYGULAMA AŞAMALARI

4.3.1 Yansız Ortam Ölçüleri

Sabit alıcı önceden koordinatları belirlenmiş olan noktaya kurulmuş, alıcı kablo bağlantısı yapıldıktan sonra yapılandırılmış ve bu noktanın nokta numarası, alet yüksekliği ve koordinatları girilmiştir. Bu işlemlerden sonra iş dosyası “ozer_referans” olarak belirlenmiş ve böylece sabit alıcı sinyal göndermeye başlamıştır. Daha sonra asıl uygulama noktasına gidilerek gezici alıcı zemin noktası üzerine itinalı biçimde kurulmuştur (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Zemin noktasına kurulan Z – Max gezici alıcı

Gezici alıcı açıldıktan sonra kablo bağlantısı yapılmış ve alıcı yapılandırılmıştır. Alet yüksekliği girildikten sonra gezici alıcıda statik ölçüm modu, fast survey programı ve yansız ortam modu seçilmiştir. GZK ölçümlerinin aralığı 1 sn, Statik ölçülerin aralığı 20 sn seçilmiş olup yükseklik açısı 10° ve üzerinde olan uydulara gözlem yapılmıştır. Ölçüme

saat 11:35 de başlanmış olup saat 17:51 de bitirilmiştir. Ölçüm süresi boyunca izlenen uydu sayısı belirli aralıklarla 5 ile 10 arasında değişmiş olup P_{dop} ve H_{dop} değerleri $1.1 < P_{dop} < 4.4$ ile $1.8 < H_{dop} < 5.8$ aralığında değişim göstermiştir. Ölçüm sırasında anten yüksekliğinden daha yüksek bir konumda gezinmemeye özen gösterilmiştir. Ölçüm bittikten sonra iş dosyası GNSS StudioTM programı kullanılarak dijital ortamda saklanmıştır.

Hazırlık işlerinden sonra birinci gün hiçbir yansıtıcı yüzeyin olamadığı uygulama sahasında referans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm yansıma hatası barındırmayan ölçü kabul edilerek sonraki günlerde yapılan yansımali ölçüm ve statik ölçü koordinatı ile karşılaştırılarak SY hatasının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm süresi içerisinde aynı noktaya ait 9084 adet [N,E,h] GZK ve statik ölçü dosyası kayıt edilmiştir. GNSS StudioTM programı kullanılarak elde edilen zemin noktasının elipsoidal coğrafi koordinatlarının, dik koordinatlara dönüşümü Matlab 6.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Statik ölçüm dosyaları değerlendirildikten sonra zemin noktasının elipsoidal coğrafi koordinatı belirlenmiş ve bu noktanın dik koordinatlara dönüşüm gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Zemin noktasının statik yöntem ile belirlenen dik koordinatları.

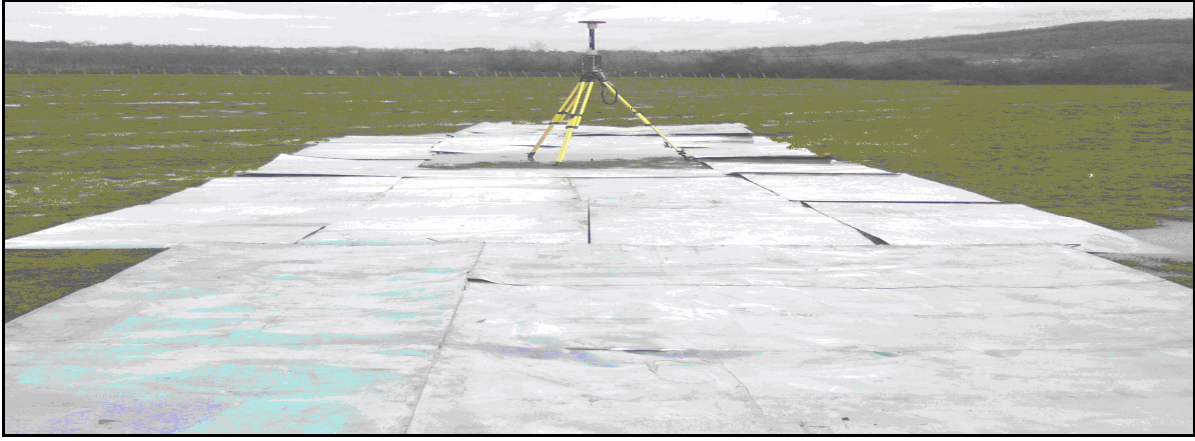
X(m)	Y(m)	Z(m)
3207998,7170	5504038,0380	308001,4785

(Nokta konumlama hassasiyeti $\pm 0.712\text{cm}$)

4.3.2 Yansımali Ortam Ölçüleri

4.3.2.1 F (Yerden Yansıma) Tipi Geometrisinin Oluşturulması

İkinci gün uygulamada GZK GPS sinyal yansıma geometrilerinden F yerden yansıma tipi geometrisinin oluşturulabilmesi için 2m boyunda 1m eninde 27 adet sac levha (Şekil 4.15) kullanılmıştır. F uygulaması ölçümlerinde kullanılmak için satın alınan 27 adet plaka zemin noktasının etrafına deney yönünde serilmiştir. Bu şekilde plakalar yere serildikten sonra F yerden yansıma geometrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.15).

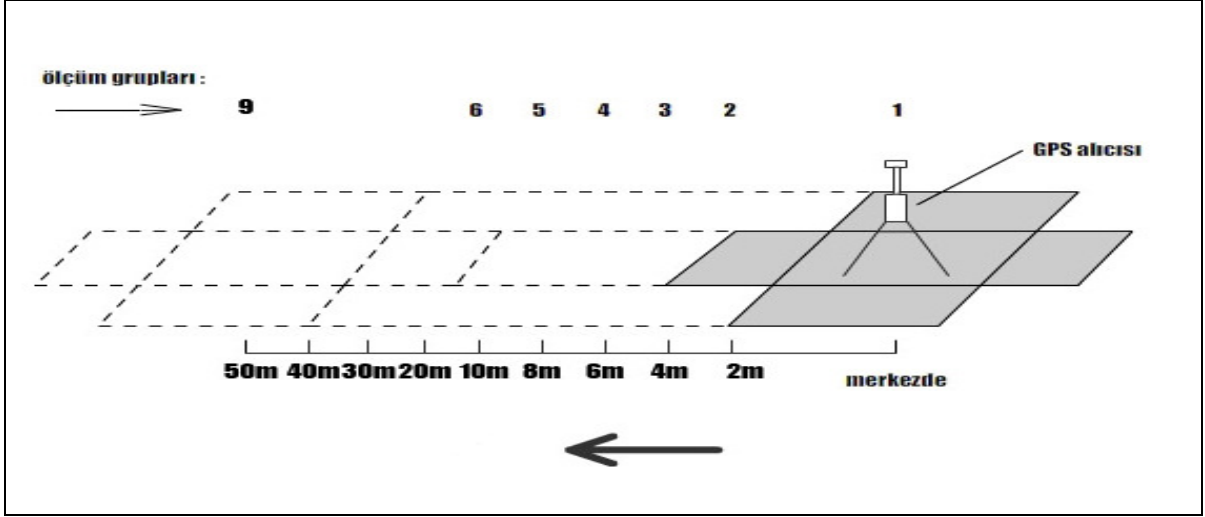


Şekil 4.15 F (yerden yansıma) tipi geometrinin oluşturulması.

Sac levhalar zemin noktasına uzaklığı 2m (Merkezde), 4m, 6m, 8m, 10m, , 20m, 30m, 40m, 50m olacak şekilde güney yönünde hareket ettirilmiştir (Şekil 4.16). Güney yönü uydu durumlarına göre yansıyan sinyallerden en fazla oranda yararlanabilmek için özellikle seçilmiştir. Bu hazırlık işlemlerinden sonra sabit alıcıda hiçbir değişiklik yapılmamıştır. İlk ölçümde sabit alıcının GZK kablo bağlantısı ve ölçüm ayarları yapılandırılmış, nokta numarası, alet yüksekliği ve koordinatları girilmiştir.

Gezici alıcıda da aynı ayarlamalar yapıldıktan sonra, statik ölçüm modu, fast survey programı (GZK GPS) ve yansız ortam modu seçilmiştir. Bu işlemlerden sonra iş dosyası “ozer_yasıma F” olarak belirlenmiş ve böylece sabit alıcıdan gelen sinyaller alınmaya başlamıştır. GZK ölçümlerinin kayıt aralığı 1sn, statik ölçülerin aralığı 20 sn seçilmiş olup yükseklik açısı 10° ve üzerinde olan uydulara gözlem yapılmıştır. Bir önceki gün yapılan ölçümdeki uydu geometrilerinin ikinci günde sağlanabilmesi için ölçüme saat 11:31 de başlanmış olup saat 17:47 de bitirilmiştir. Ölçüm süresi boyunca izlenen uydu sayısı belirli aralıklarla 5 ile 10 arasında değişmiş olup, $1.3 < P_{dop} < 4.9$ ile $2.3 < H_{dop} < 6.1$ aralığında değişim göstermiştir. Ölçüm sırasında anten yüksekliğinden daha yüksek bir konumda gezinilmemeye özen gösterilmiştir.

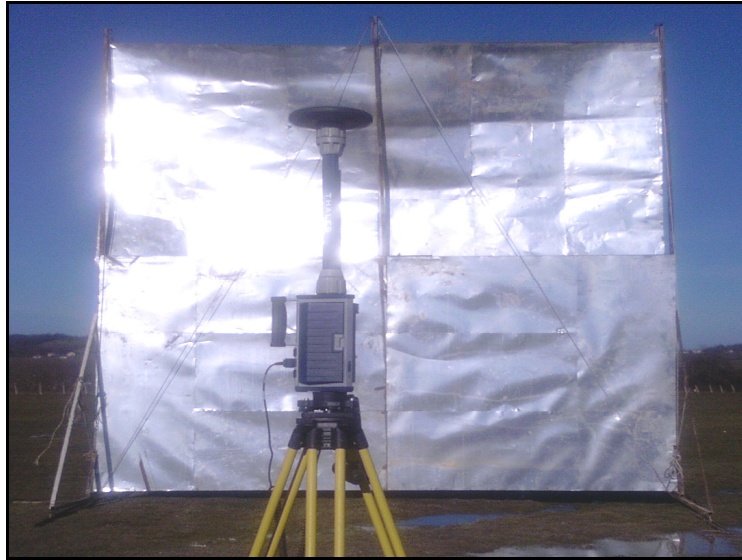
Uygulama yansıtıcı yüzeyin antene olan uzaklığına ve ölçüm süresine göre farklı oturumlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.16). Bu ölçüm süreleri toplamında 3583 nokta kayıt edilmiştir. Ölçüm bittikten sonra iş dosyası GNSS StudioTM programı kullanılarak dijital ortamda saklanmıştır.



Şekil 4.16 F yerden yansıma geometrisinin zamana göre değişimi.

4.3.2.2 BA (Yandan Yansıma) Tipi Geometrisinin Oluşturulması

Üçüncü gün uygulamada GZK GPS sinyal yansıma geometrilerinden BA yandan yansıma tipi oluşturmak için 3m boyunda 3m yüksekliğinde dört adet sac levha (Şekil 4.17) kullanılmıştır. BA ölçümlerinde kullanılan plakalar 3 metreye 3 metre olacak şekilde profiller üzerine sac levha kaplanması ile oluşturulmuş dört parçadan meydana geldiği için arazide taşıma işleminden sonra belirli noktalarını vidalamak suretiyle bu parçalar birleştirilmiştir. Aynı zamanda bu 3 metreye 3 metrelik iki plakanın birinin sağ ve diğerinin sol alt köşelerine profiller eklenerek tekerlekli ayakların oturması için uygun zemin oluşturulmuştur(Şekil 4.17).

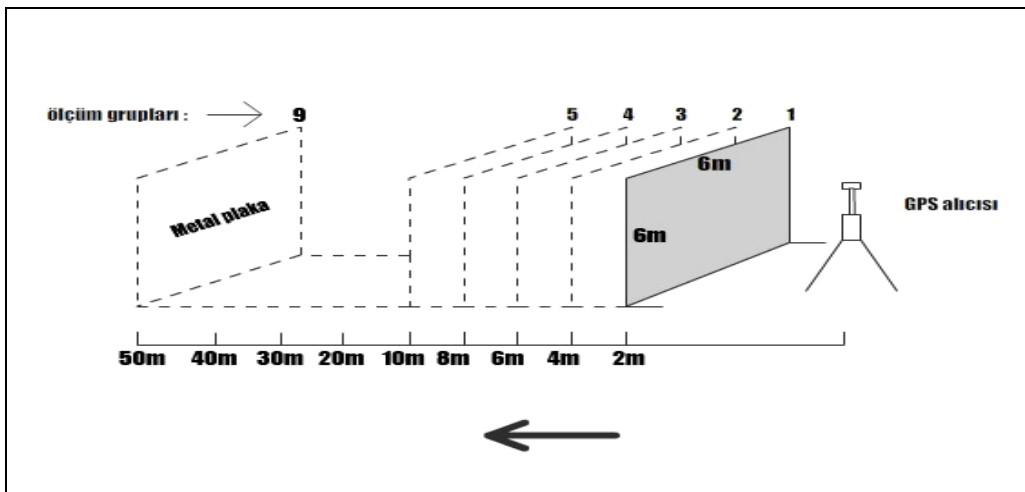


Şekil 4.17 BA yandan yansıma tipi geometrisinin oluşturulması.

Bu birleştirilen plaka zemin noktasına uzaklığı 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m olacak şekilde kuzey yönünde hareket ettirilmiştir. Burada yansıtıcının zemin noktasına uzaklığı 2-4 m olarak ayarlandığında bazı kayıt zorlukları meydana gelmiştir. Bu hazırlık işlemlerinden sonra sabit alıcıda hiçbir değişiklik yapılmamıştır. İlk ölçümde sabit alıcı açılıp kablo bağlantısı yapıldıktan sonra baz ve gezici yapılandırılmış, nokta numarası, alet yüksekliği ve koordinatları girilmiştir.

Gezici alıcıda statik ölçüm modu, fast survey (GZK) programı ve yansısız ortam modu seçilmiştir. Bu işlemlerden sonra iş dosyası “ozer_yansima BA” olarak belirlenmiş ve böylece sabit alıcıdan gelen sinyaller alınmaya başlamıştır. GZK ölçümlerinin kayıt aralığı 1 sn, Statik ölçülerin aralığı 20 sn seçilmiş olup yükseklik açısı 10° ve üzerinde olan uydulara gözlem yapılmıştır. Bir önceki gün yapılan ölçümlerdeki uydu geometrilerinin ikinci günde sağlanabilmesi için ölçüme saat 11:27 de başlanmış olup saat 17:43 de bitirilmiştir. Ölçüm süresi boyunca gözlenen uydu sayısı belirli aralıklarla 5 ile 10 arasında değişmiş olup Pdp ve Hdop değerleri $1.4 < Pdp < 5.9$ ile $2.5 < Hdop < 6.7$ aralığında değişim göstermiştir. Ölçüm sırasında anten yüksekliğinden daha yüksek bir konumda bulunulmamaya özen gösterilmiştir.

Uygulama yansıtıcı yüzeyin antene olan uzaklığına ve ölçüm süresine göre farklı oturumlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.18). Bu ölçüm süreleri toplamında 4350 nokta kayıt edilmiştir. Ölçüm bittikten sonra iş dosyası GNSS StudioTM programı kullanılarak dijital ortamda saklanmıştır.



Şekil 4.18 BA yandan yansima geometrisinin zamana göre değişimi.

Yapılan oturumlarda ölçüm süreleri aynı olduğu halde toplanan nokta koordinat sayılarının farklı olmasının nedeni antenin yansıtıcı yüzeye olan uzaklığından yada kayıt verisi yoğunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, yansıtıcı-alıcı uzaklığının az olduğu durumlarda alıcının bozucu sinyaller nedeniyle etkilendiği ve koordinat kayıtlarında kesiklikler yaşandığı gözlenmiştir.

Oturumlarda, uygulama sahasında tesis edilen test noktasının WGS-84 projeksiyon koordinatları GNSS Studio™ programı kullanılarak belirlenmiş olup bu noktaların dik koordinatlara dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Uygulama sonrasında, BA yandan yansıma tipi koordinatları ile ilk gün yapılan referans ölçümü sonucu elde edilen koordinatlar, uyduların yörünge üzerindeki bir günde 4 dakikalık erken hareketi dikkate alınarak eşleştirilmiştir.

4.3.2.3 BB (Bileşik Yansıma) Tipi Geometrisinin Oluşturulması

Dördüncü gün uygulamada GZK GPS sinyal yansıma geometrilerinden BB bileşik yansıma tipi geometrisinin oluşturulabilmesi için 3m boyunda 3m yüksekliğindeki 4 adet sac levha ile 2m boyunda 1m eninde 27 adet sac levha (Şekil 4.19) kullanılmıştır.

BB ölçümlerinde kullanılan plakalar 6 metreye 6 metre kare olacak şekilde profiller üzerine sac levha kaplanması ile oluşturulmuş iki parçadan meydana geldiği için arazide taşıma işleminden sonra belirli noktalarını vidalamak suretiyle bu parçalar birleştirilmiştir.

Aynı zamanda bu 3 metreye 3 metrelik dört plakanın birinin sağ ve diğerinin sol alt köşelerine profiller eklenerek tekerlekli ayakların oturması için uygun zemin yaratılmıştır Eldeki 27 adet plaka yere serilerek BB yansıma geometrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 BB geri yansıma tipi geometrisinin oluşturulması.

Bu hazırlık işlemlerinden sonra sabit alıcıda hiçbir değişiklik yapılmamıştır. İlk ölçümde sabit alıcının açılıp kablo bağlantısı yapıldıktan sonra baz ve gezici yapılandırılmış, nokta numarası, alet yüksekliği ve koordinatları girilmiştir.

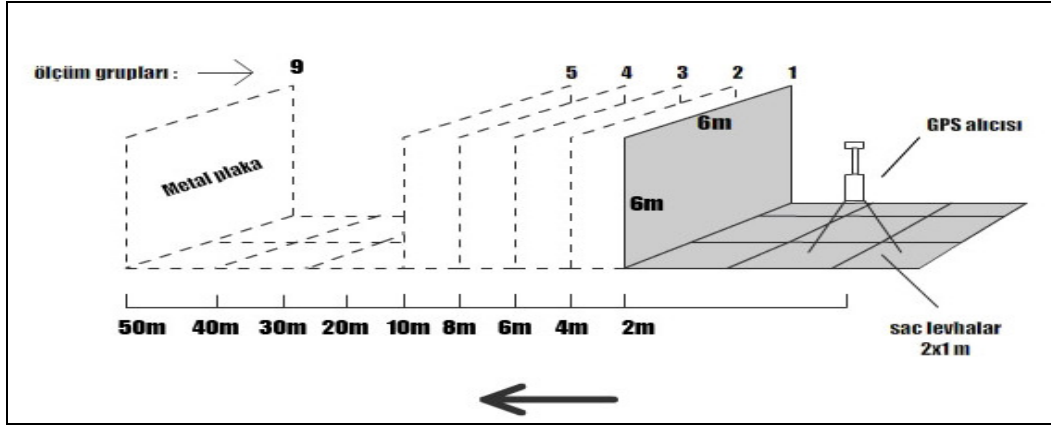
Alet yüksekliği girildikten sonra gezici alıcıda statik ölçüm modu, fast survey (GZK) programı ve yansısız ortam modu seçilmiştir.

Bu işlemlerden sonra iş dosyası “*ozer_yasıma BB*” olarak belirlenmiş ve böylece sabit alıcıdan gelen sinyaller alınmaya başlamıştır. GZK ölçümlerinin kayıt aralığı 1 sn, Statik ölçülerin aralığı 20 sn seçilmiş olup yükseklik açısı 10° ve üzerinde olan uydulara gözlem yapılmıştır.

Bir önceki gün yapılan ölçümlerdeki uydu geometrilerinin sağlanabilmesi için ölçüme saat 11:23 de başlanmış olup saat 17:39 da bitirilmiştir.

Ölçüm süresi boyunca izlenen uydu sayısı belirli aralıklar la 5 ile 10 arasında değişmiş olup P_{dop} ve H_{dop} değerleri $3.1 < P_{dop} < 4.9$ ile $1.4 < H_{dop} < 5.4$ aralığında değişim göstermiştir. Ölçüm sırasında anten yüksekliğinden daha yüksek bir konumda bulunulmamaya özen gösterilmiştir.

Uygulama yansıtıcı yüzeyin antene olan uzaklığına ve ölçüm süresine göre farklı oturumlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.20). Bu ölçüm süreleri toplamında 3426 nokta kayıt edilmiştir. Ölçüm bittikten sonra iş dosyası GNSS StudioTM programı kullanılarak dijital ortamda saklanmıştır.



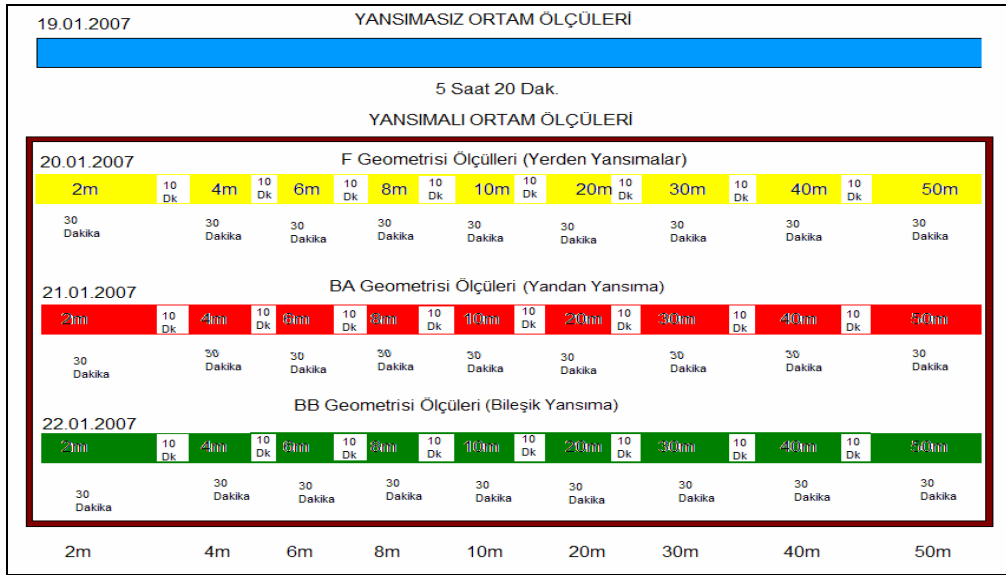
Şekil 4.20 BB bileşik yansıma geometrisinin zamana göre değişimi.

Bu oturumda uygulama sahasında tesis edilen zemin noktasının WGS-84 projeksiyon koordinatları GNSS-StudioTM programı kullanılarak belirlenmiş olup bu noktaların dik koordinatlara dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Dönüştürülmüş BB geri yansıma tipi koordinatları ile ilk gün yapılan referans ölçümü sonucu elde edilen koordinatlar, uydunun yörünge üzerindeki bir günlük hareketindeki 4 dakikalık fark dikkate alınarak eşleştirilmiştir.

4.4 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arazi uygulaması sonucu yansımali ve yansımasız ölçülerin değerlendirilmesi ile sinyal yansıma hataları bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle ölçüler günlük 4 dakika olan ölçü başlangıç farklarından arındırılmış ve senkronize edilmiştir. Ölçü gruplarının grafiksel görünümü Şekil 4.21 deki gibidir.



Şekil 4.21 Ölçü gruplarının grafiksel gösterimi.

Yansımali ölçüler ile referans ölçüler (yansımaz ölçüler), statik yöntemle elde edilen koordinatla referans ve yansımali ölçülerinin farkları bu farkların (konum hatalarının) uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisine göre durumları incelenmiştir.

Koordinatlardaki mutlak hatalar ile karesel ortalama hatalar elde edilmiş, buradan ölçü grupları için en yüksek hataların hangi geometri ve hangi mesafelerde olduğu tespit edilmesi yoluna gidilmiştir. Her geometri ve uzaklık için iki adet grafik hazırlanmıştır.

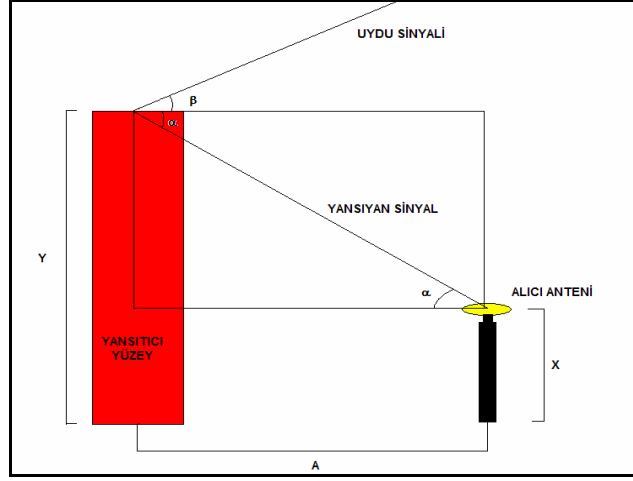
İlk grafiklerde; yansımali ve yansımaz ortam ölçülerinin kesin koordinattan farkları alınarak hata değerleri birlikte gösterilmiş İkinci grafiklerde ise; yansımali ölçülerin yansımaz ortam karesel ortalama hatasından ne kadar saptığı gösterilmiştir.

Bundan sonraki aşamada ise ölçü gruplarında meydana gelen hataların gerçekten yansımaya hatası olup olmadığının tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Bu sebeple muhtemel yansımaya geometrileri yansıtıcı- alıcı- uydu konumları bölüm 3.3.3'te belirtilen lineer yansımaya esaslarına göre, ölçülerde oluşan hataların meydana geldiği zaman aralıklarında uyduların gökyüzündeki durumları "Occupation PlanningTM" programı ile incelenmiş ve her ölçü grubu için sınırlar elde edilmiş, bulunan değerlere bölüm 3.5'te bulunan frenal yansımaya esaslarında belirtilen güç değişimine göre (+5°) ilave edilmiş ve değerler Çizelge 4.2'de sunulmuştur. **Çizelge 4.2 aynı zamanda yansıtıcı-alıcı mesafesine göre sinyal yansımalarının oluşması muhtemel uydu konumlarını da göstermektedir.**

Çizelge 4.2 Uzaklıklara göre yansıtıcı sinyalin alınabileceği azimut ve yükseklik açıları.

YANSITICI-ALICI UZAKLIĞI (m)	AZİMUT ARALIĞI	YÜK.AÇISI ARALIĞI
F YANSIMA GEOMETRİSİ	(DERECE)	(DERECE)
0	187<A<212	11 <A<90
2	189<A<210	9 <A<90
4	191<A<208	8 <A<90
6	192<A<207	7 <A<90
8	193<A<206	6<A<90
10	193<A<206	5<A<90
20	196<A<204	4<A<12
30	197<A<202	3<A<6
40	197<A<202	2<A<3
BA YANSIMA GEOMETRİSİ		
2	110<A<290	0<A<72
4	152<A<248	0<A<56
6	180<A<230	0<A<45
8	178<A<222	0<A<37
10	183<A<217	0<A<31
20	191<A<209	0<A<17
30	194<A<206	0<A<11
40	196<A<204	0<A<9
50	197<A<203	0<A<7
BB YANSIMA GEOMETRİSİ		
2	110<A<290	0<A<90
4	152<A<248	0<A<90
6	180<A<230	0<A<90
8	178<A<222	0<A<37
10	183<A<217	0<A<31
20	191<A<209	0<A<17
30	194<A<206	0<A<11
40	196<A<204	0<A<9
50	197<A<203	0<A<7

Çizelge 4.2'deki uydu azimut ve yükseklik açısı değerleri bölüm 3.3.3 ve Şekil 4.22 ve 4.23 deki esaslara göre hesaplanmıştır.



Şekil 4.22 Tehlikeli uydu yükseklik açısı hesabı için temsili gösterim.

β : Uydu yükseklik açısı,

α : Yansıma açısı

A: Yansıtıcı alıcı uzaklığı,

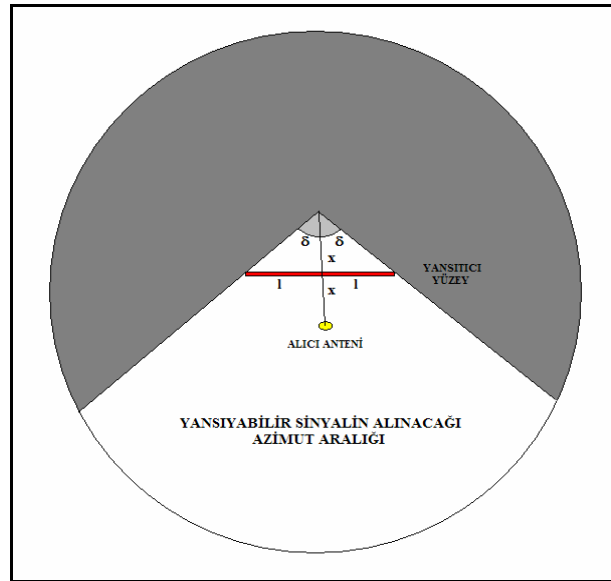
Y: Yansıtıcı yüzey yüksekliği

X: Anten yüksekliği

İse;

$$\alpha = \text{Arc tan}\left(\frac{Y - X}{A}\right) \quad (4.1)$$

Yansıma kuralı gereği $\alpha = \beta$ olur.



Şekil 4.23 Tehlikeli azimut aralığı.

2l: Yansıtıcı genişliği

X: Yansıtıcı alıcı uzaklığı

2δ: Azimut aralığı

İse,

$$\delta = \text{Arc tan}\left(\frac{l}{x}\right) \quad (4.2)$$

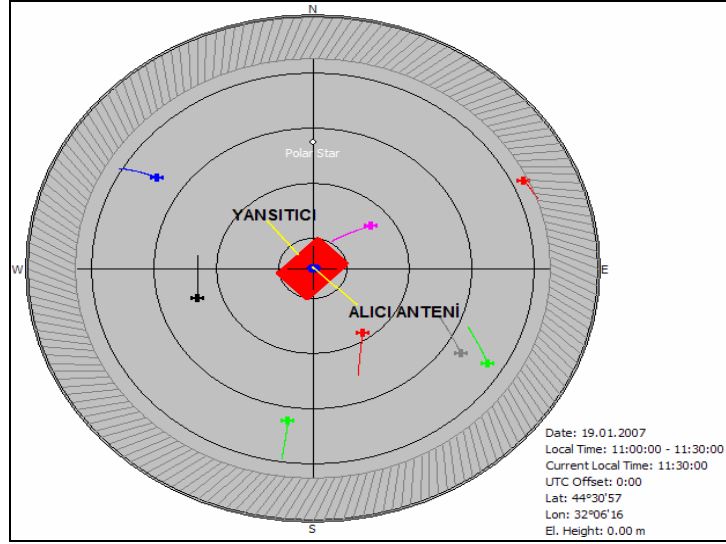
olmaktadır.

4.4.1 2m deki Yansımaya Geometrilerinin Değerlendirilmesi

Uygulamada 2m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansımaya geometrileri oluşturulmuştur. Bu yansımaya geometrilerinden F yansımaya geometrisinde deney 54m²'lik yansıtıcı 20° güneybatı yönünde merkezden 2m kaydırılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler değerlendirilirken noktanın statik ölçü yöntemi ile elde edilen değeri kesin değer olarak kabul edilmiştir. Yansımatsız ortam ölçüleri (referans ölçüleri) GZK'da rastlanılan ve GPS'in yapısından kaynaklanan rasgele hatalar ihtiva etmektedir. Elde edilen veriler ışığında ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.3) ve (Çizelge 4.4) de verilmiştir.

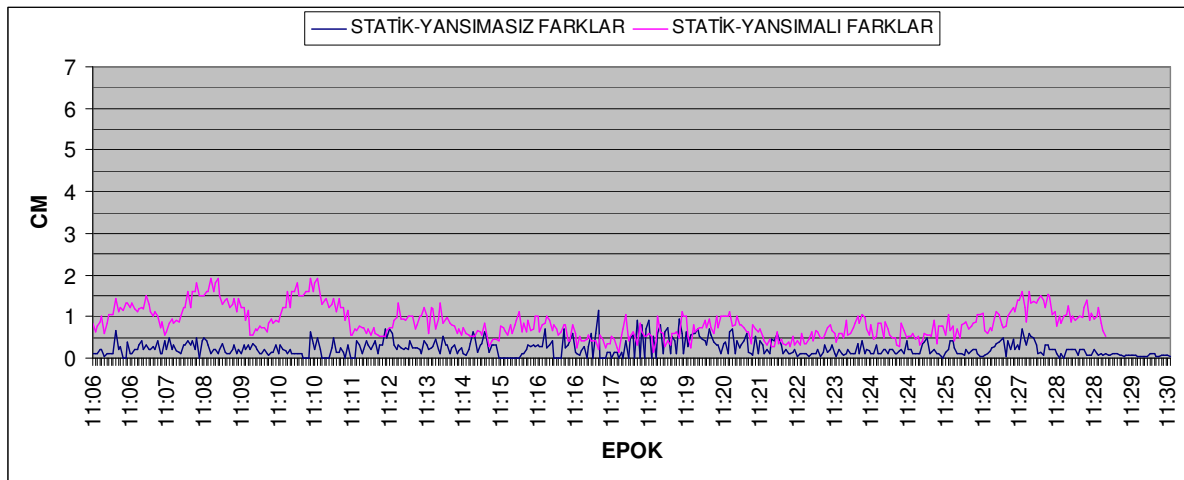
Şekil 4.24'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımalı ve yansımatsız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları şekil 4.25'de, Yansımalı- statik değer farklarının yansımatsız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise şekil 4.26'da gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-2m)

Çizelge 4.3 F-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- Statik ile elde edilen karesel ortalama hata	0.005652	0.002914
Yansımali- Referans ile elde edilen karesel ortalama hata	0.007438	0.00308
Referans- Statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.003117	0.000142



Şekil 4.25 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

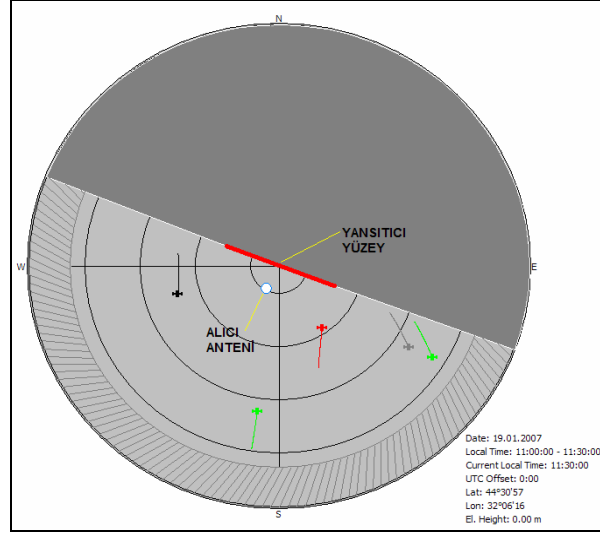


Şekil 4.26 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.4 F -2m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,427815	11:03:50	11:16:11	UYGUN	45%	12	45%
	11:20:37	11:23:34	UYGUN		9	
	11:26:55	11:30:44	UYGUN		10	

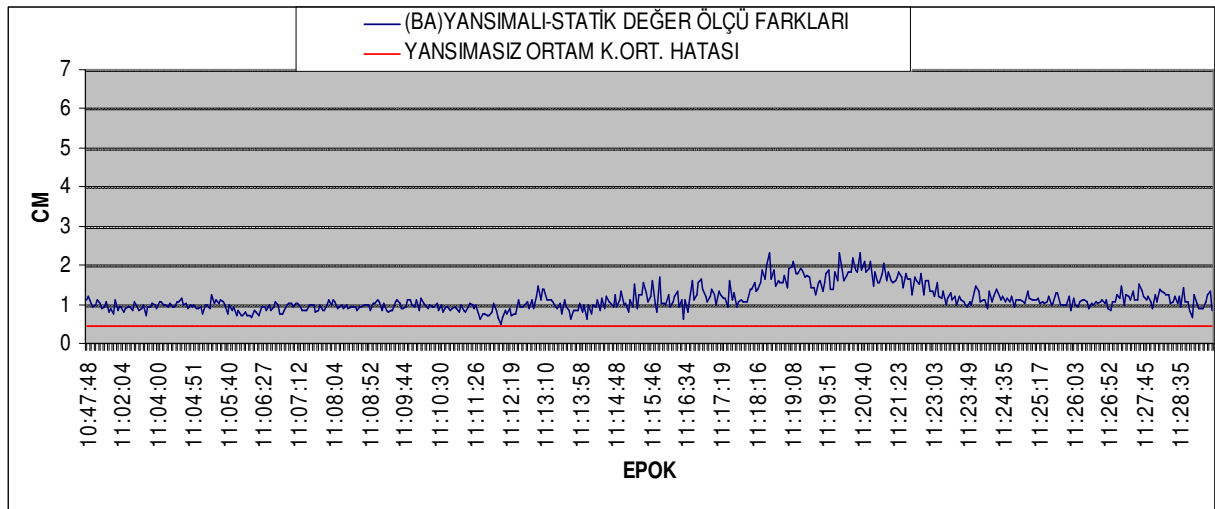
BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 2 m kaydırılarak yapılmıştır. 11:30:47 saatinde ölçüye başlanıp 11:58:12 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 2 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.5) (Çizelge 4.6) da verilmiştir. Şekil 4.27 de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görülmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları şekil 4.28'de, Yansımali- statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise şekil 4.29'da gösterilmiştir.



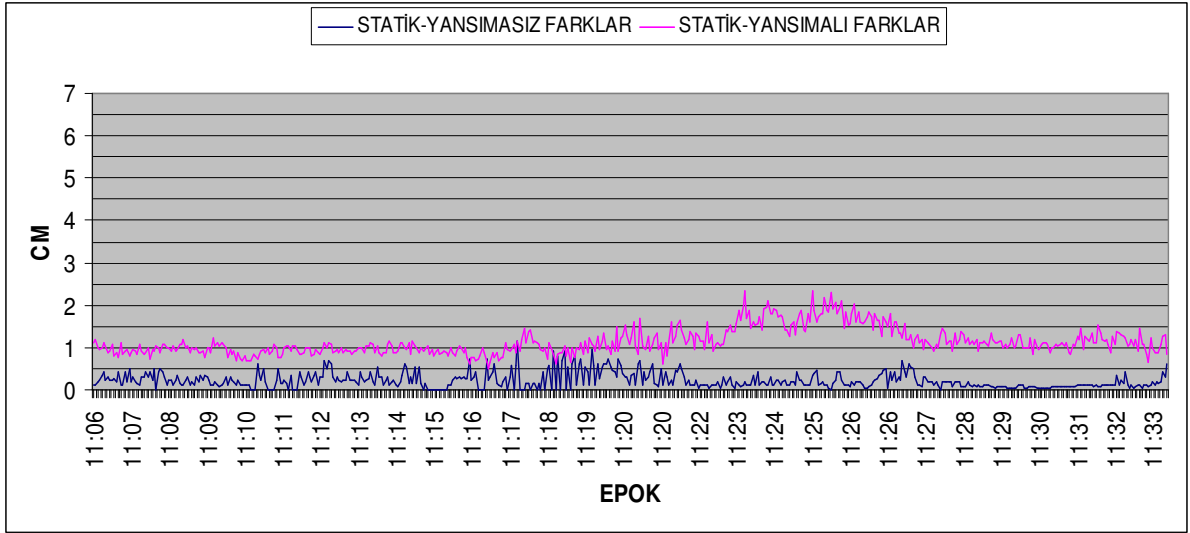
Şekil 4.27 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-2m).

Çizelge 4.5 BA-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımalı- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0086	0.0088
Yansımalı- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0084	0.0086
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.00319	0.00029



Şekil 4.28 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



Şekil 4.29 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

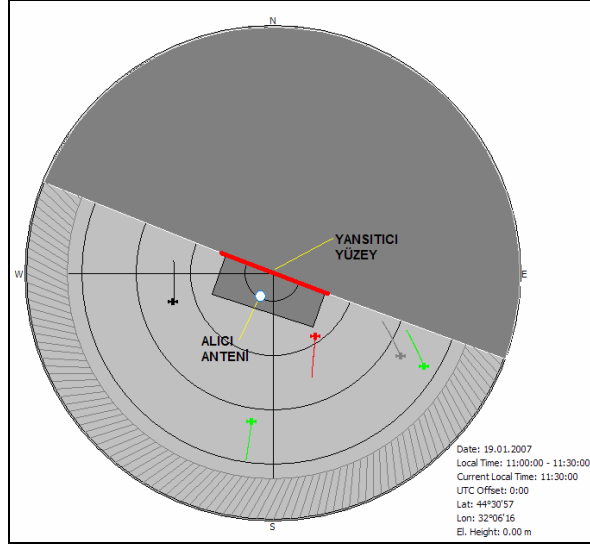
Çizelge 4.6 BA -2m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,85544	10:47:48	11:11:56	UYGUN	96,00%	6	96%
	11:12:13	11:13:49	UYGUN		6	
	11:13:52	11:29:20	UYGUN		7 (11:18'de yeni uydu geometriye girmiştir.)	

BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m² 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 2 m kaydırılarak yapılmıştır. 11:22:48 saatinde ölçüye başlanıp 11:53:21 saatinde son verilmiştir.

Elde edilen veriler ışığında 2 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.7), (Çizelge 4.8) de verilmiştir.

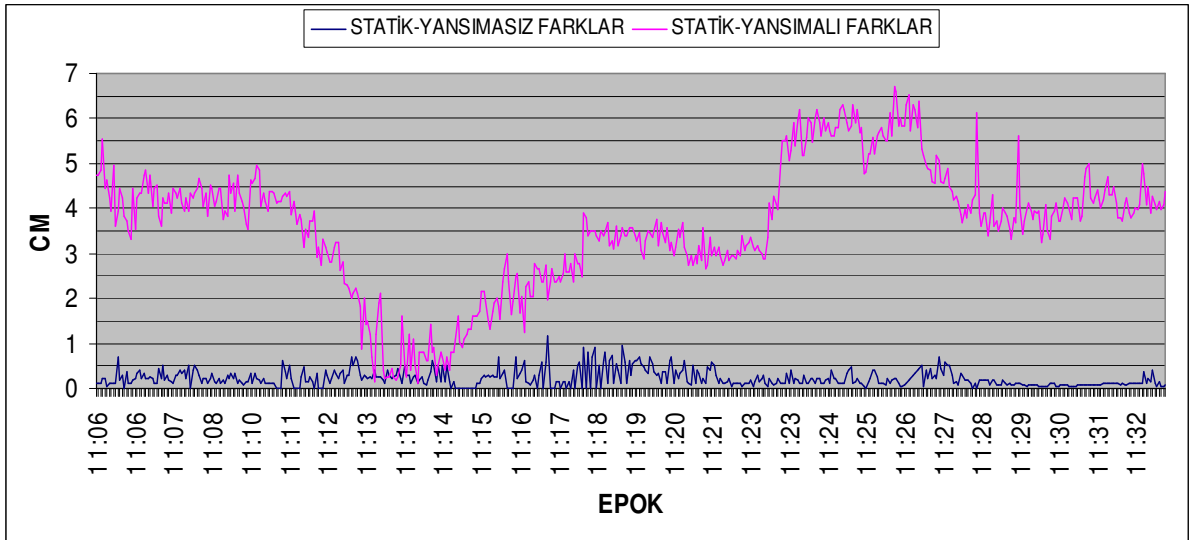
Şekil 4.30'da ölçüm aralığındaki uydu yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları şekil 4.31'de, Yansımali- statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise şekil 4.32'de gösterilmiştir.



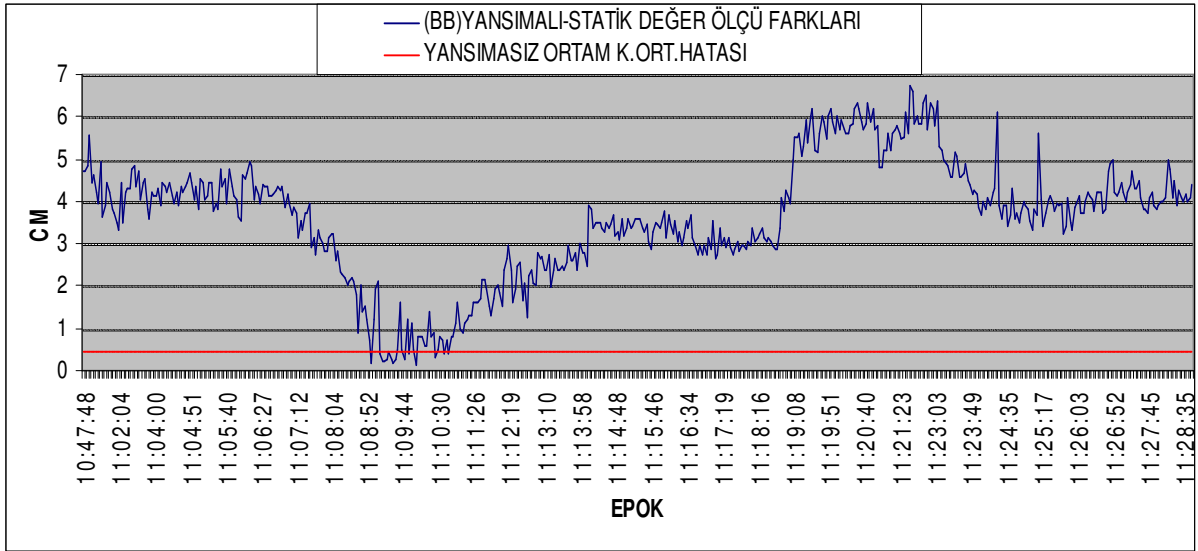
Şekil 4.30 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-2m).

Çizelge 4.7 BB-2m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0381	0.0081
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0368	0.0078
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0030	0.0002



Şekil 4.31 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



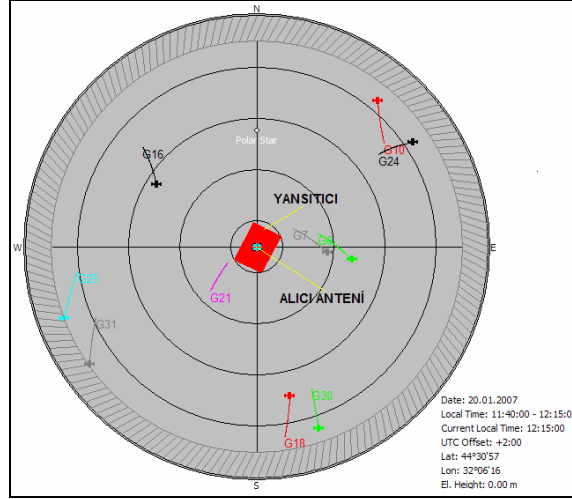
Şekil 4.32 Yansımali ölçü grubu ile yansımaysız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.8 BB -2m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
6,143	TÜM	TÜM	UYGUN	100,00%	7 (Uydular Tam Geometride)	100,00%

4.4.2 4m Deki Yansima Geometrilerinin Değerlendirilmesi

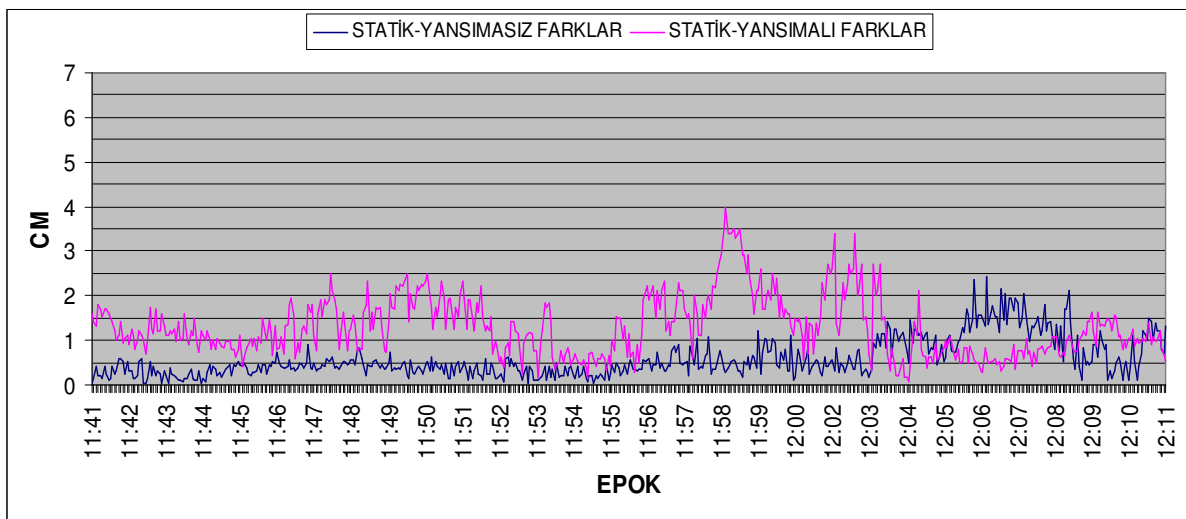
Uygulamada 4m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansima geometrileri oluşturulmuştur. F yansima geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güneybatı yönünde merkezden 4 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:09:49 saatinde ölçüye başlanıp 12:39:09 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 4 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.9), (Çizelge 4.10) da verilmiştir. Şekil 4.33'te ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansımaysız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.34'te, Yansımali-statik değer farklarının yansımaysız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise şekil 4.35'de gösterilmiştir.



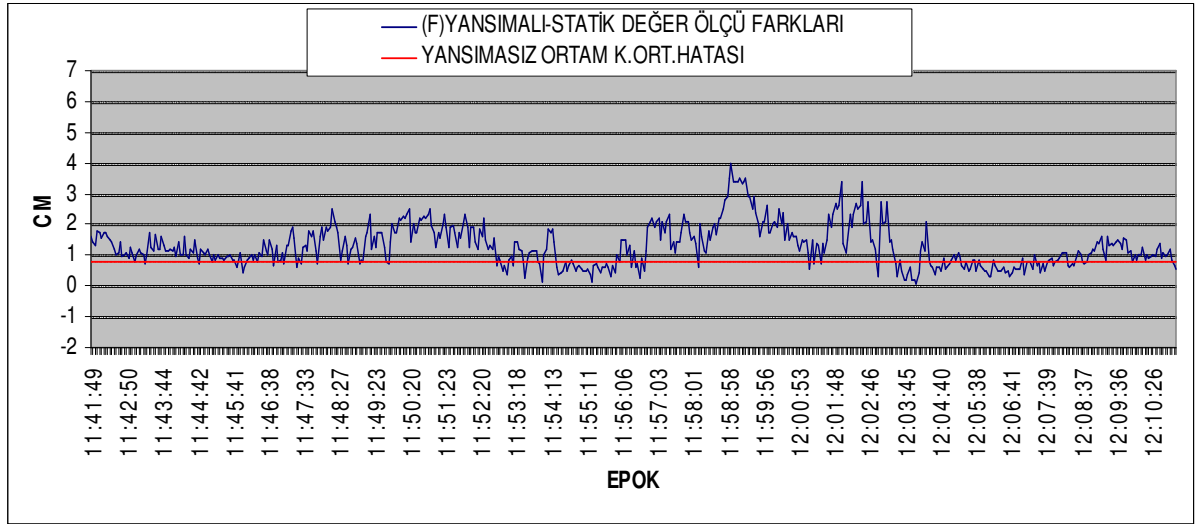
Şekil 4.33 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-4m).

Çizelge 4.9 F-4m yansımaya geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımalı- statik ile elde edilen karesel ort hata	0.0115	0.0029
Yansımalı- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0141	0.0019
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0073	0.0013



Şekil 4.34 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

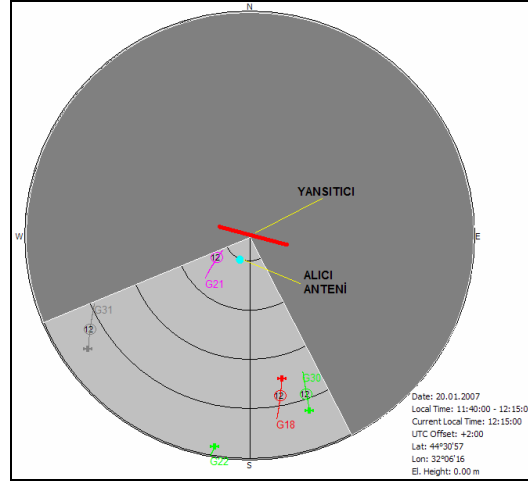


Şekil 4.35 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.10 F -4m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
3,23992	11:46:16	11:54:48	UYGUN	39,03%	10	39,03%
	11:55:59	12:01:17	UYGUN		10	
	12:01:32	12:04:27	UYGUN		10	

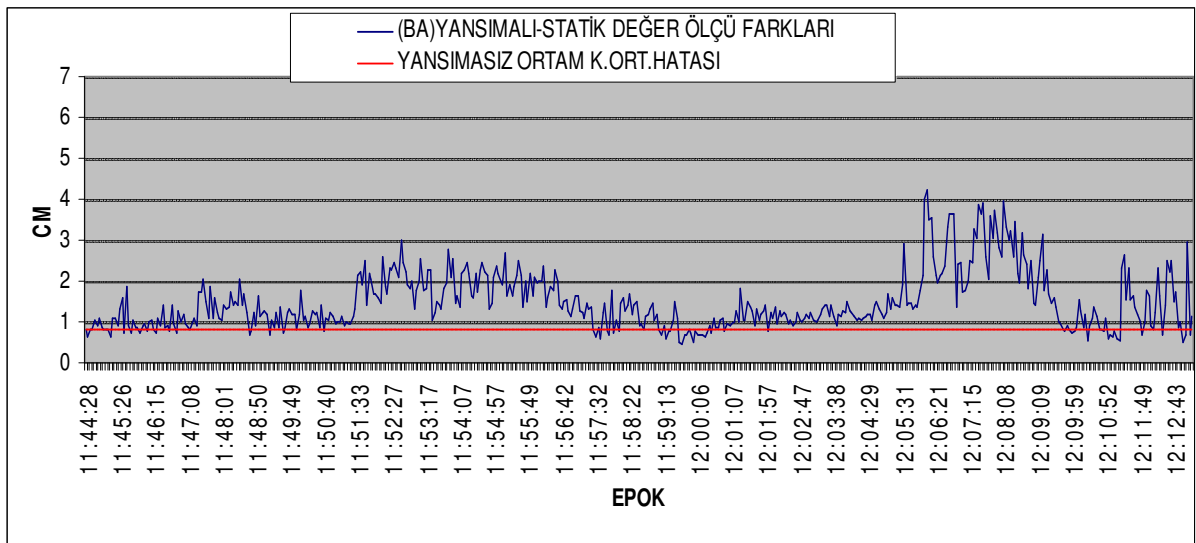
BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 4 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:08:28. saatinde ölçüye başlanıp 12:37:10 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 4 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.11), (Çizelge 4.12) de verilmiştir. Şekil 4.36'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.37'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.38'de gösterilmiştir.



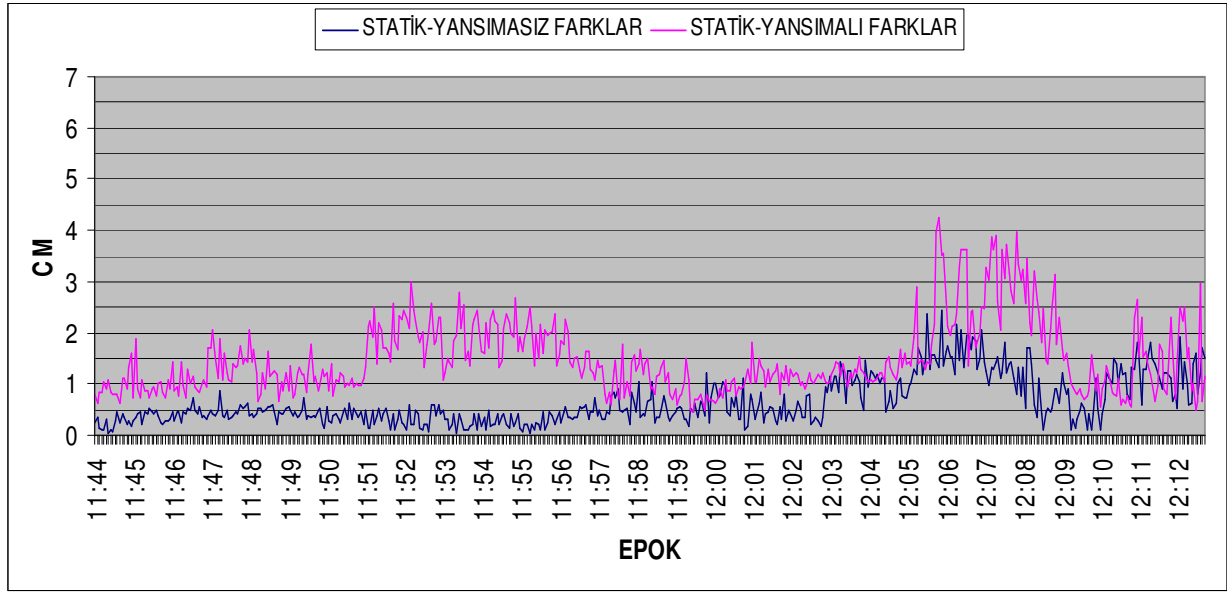
Şekil 4.36 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-4m).

Çizelge 4.11 BA-4m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0111	0.0087
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0142	0.0076
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0066	0.0012



Şekil 4.37 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

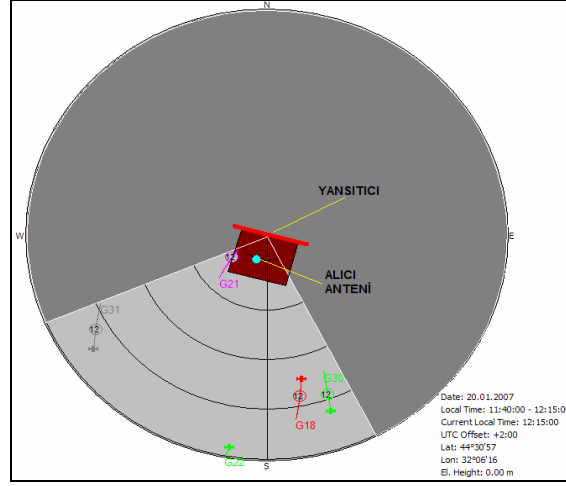


Şekil 4.38 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.12 BA -4m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
3,4431	11:45:14	11:45:52	UYGUN	69,69%	4 (hata miktarı düşüğünde 1 uydu eksilmektedir.)	69,69%
	11:47:21	11:50:12	UYGUN		3	
	11:51:27	11:59:36	UYGUN		3 (2 uyduda geometri ortalanmıştır.)	
	12:04:48	12:13:10	UYGUN		5	

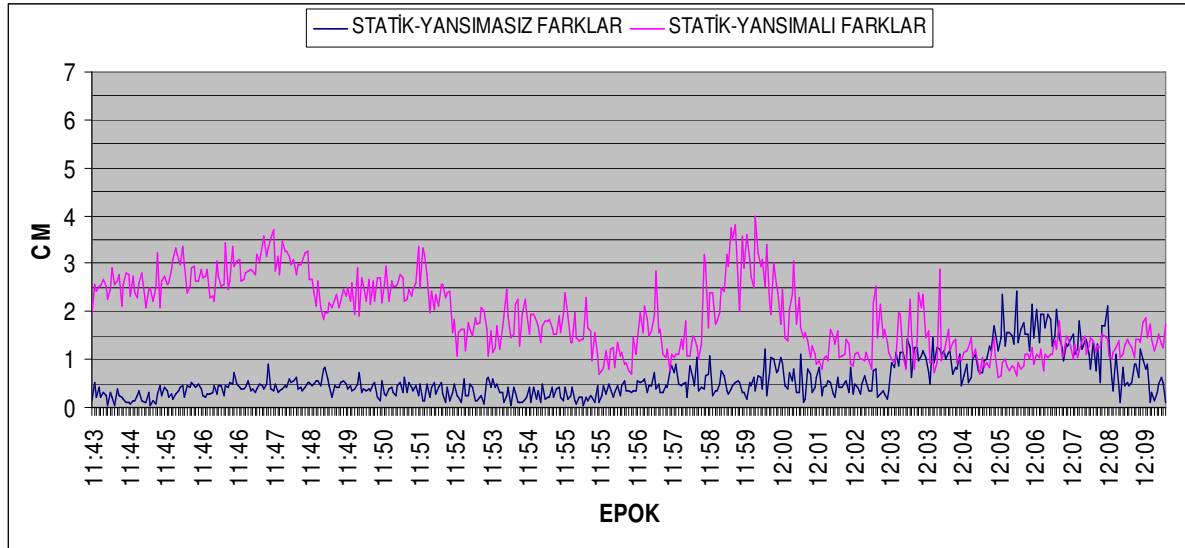
BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m^2 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 4 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:03:21 saatinde ölçüye başlanıp 12:16:46 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 4 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.13), (Çizelge 4.14)'de verilmiştir. Şekil 4.39'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.40'da, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.41'de gösterilmiştir.



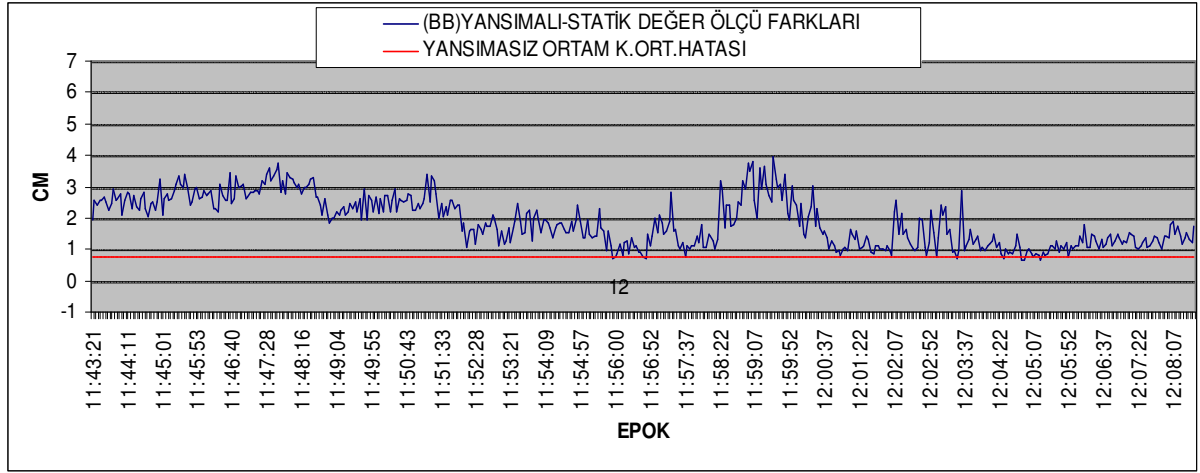
Şekil 4.39 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-4m).

Çizelge 4.13 BB-4m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0242	0.0057
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0206	0.0044
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0070	0.0014



Şekil 4.40 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



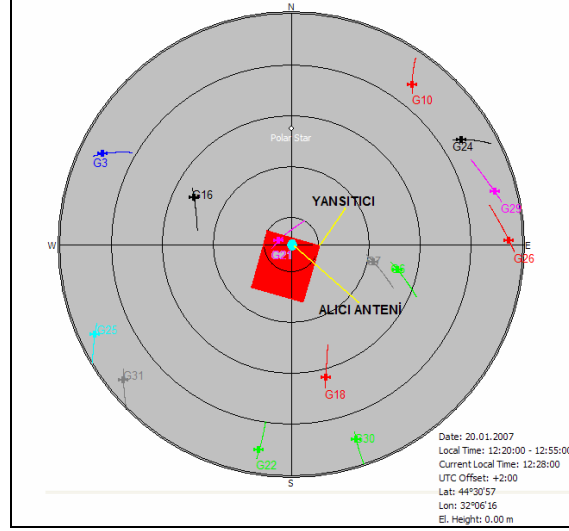
Şekil 4.41 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.14 BB -4m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
3,20891	11:43:21	12:04:51	UYGUN	97,36%	7 (Uydular Tam Geometride)	97%
	12:05:31	12:08:34	UYGUN		5 (Uydular Tam Geometride)	

4.4.3 6m Deki Yansımaya Geometrilerinin Değerlendirilmesi

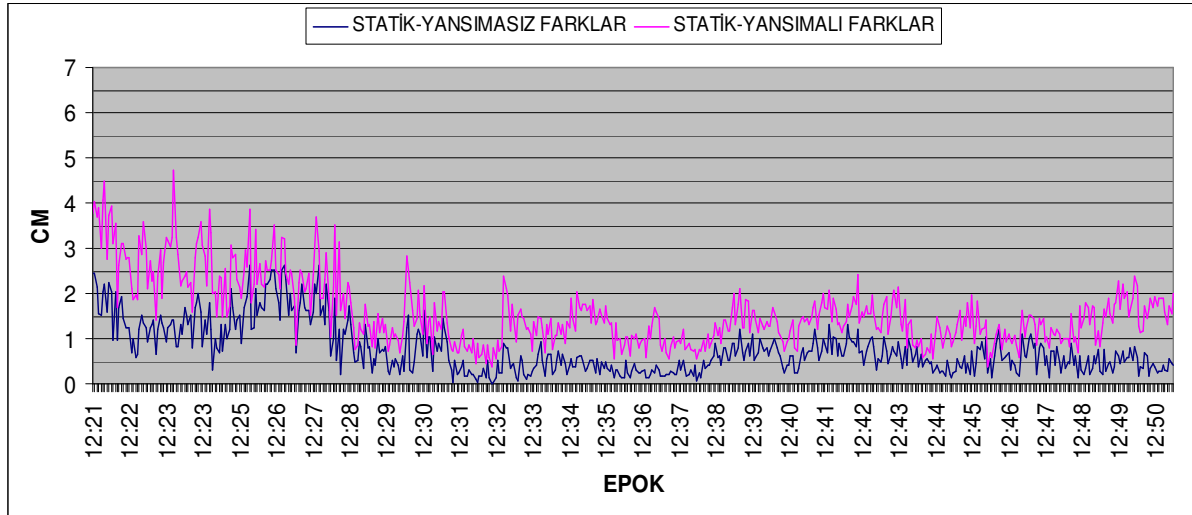
Uygulamada 6m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansımaya geometrileri oluşturulmuştur. F yansımaya geometrisinde ikinci test 54 m² 'lık yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 4 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:49:06 saatinde ölçüye başlanıp 13:19:08 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 4 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.15), (Çizelge 4.16)'da verilmiştir. Şekil 4.42'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.43'te, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



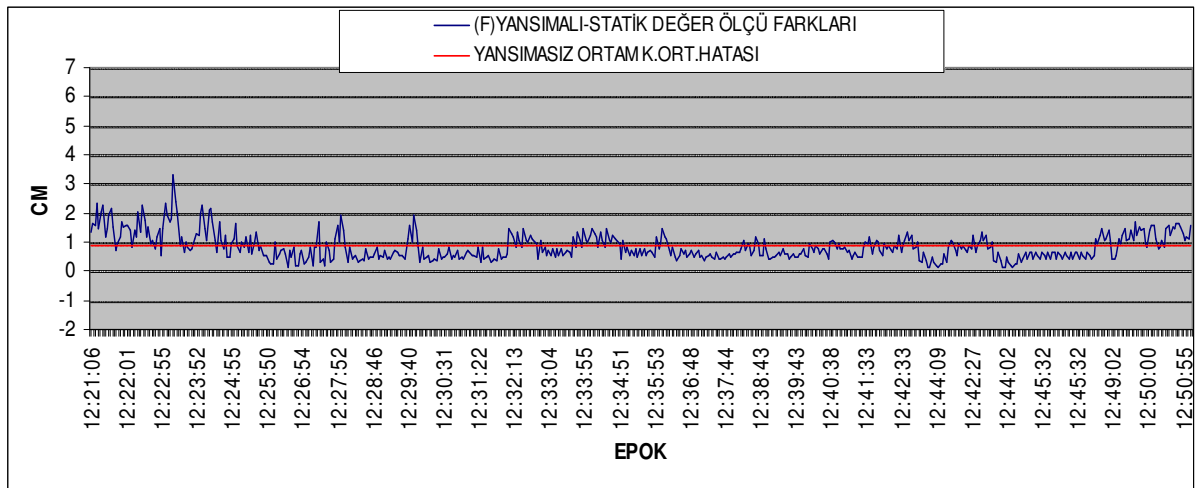
Şekil 4.42 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-6m).

Çizelge 4.15 F-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort hata	0.0074	0.0040
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0094	0.0034
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0084	0.0012



Şekil 4.43 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

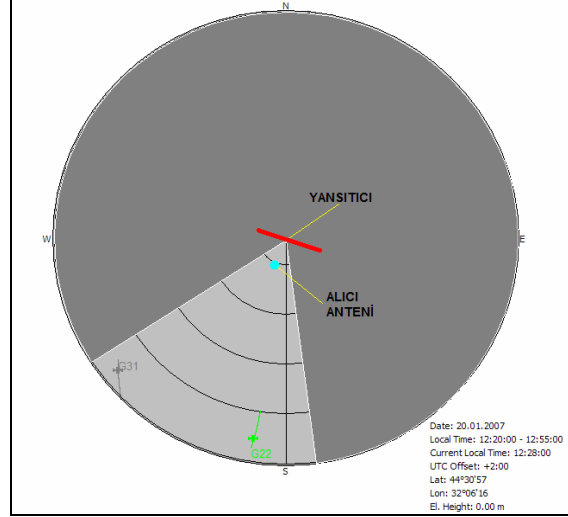


Şekil 4.44 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.16 F -6m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
2,439	12:21:06	12:25:49	UYGUN	33,15%	11	33%
	12:27:45	12:28:11	UYGUN		11	
	12:33:32	12:34:51	UYGUN		11	
	12:47:30	12:50:55	UYGUN		11	

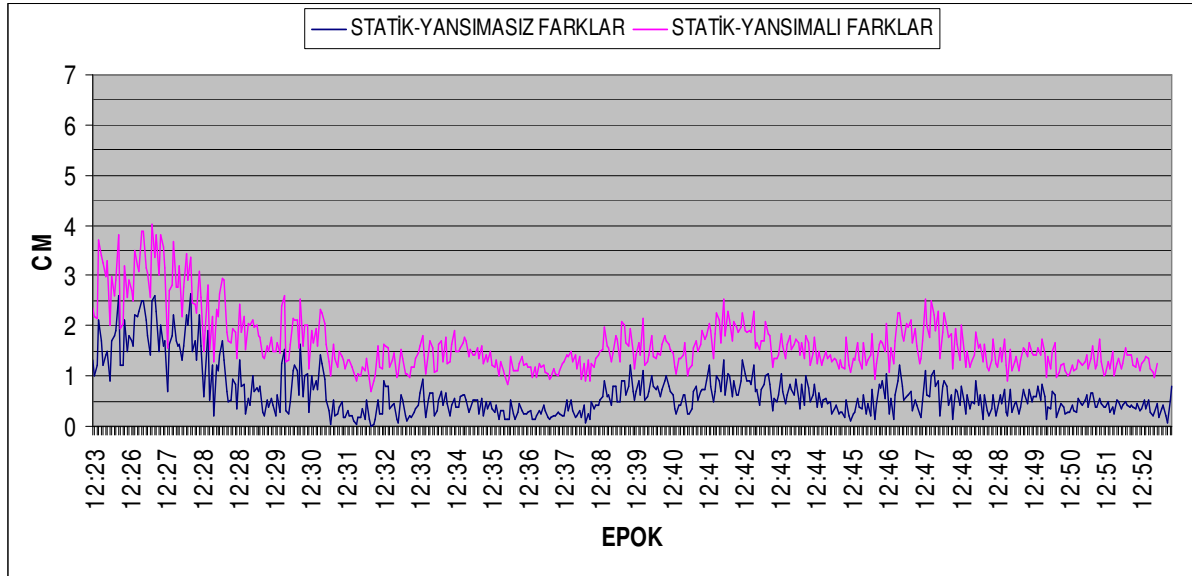
BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansitici kuzeydoğu yönünde merkezden 6 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:47:11 saatinde ölçüye başlanıp 13:17:08 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 6 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.17), (Çizelge 4.18)'de verilmiştir. Şekil 4.45'de ölçüm aralığındaki uydu-yansitici-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.46'da, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.47'de gösterilmiştir.



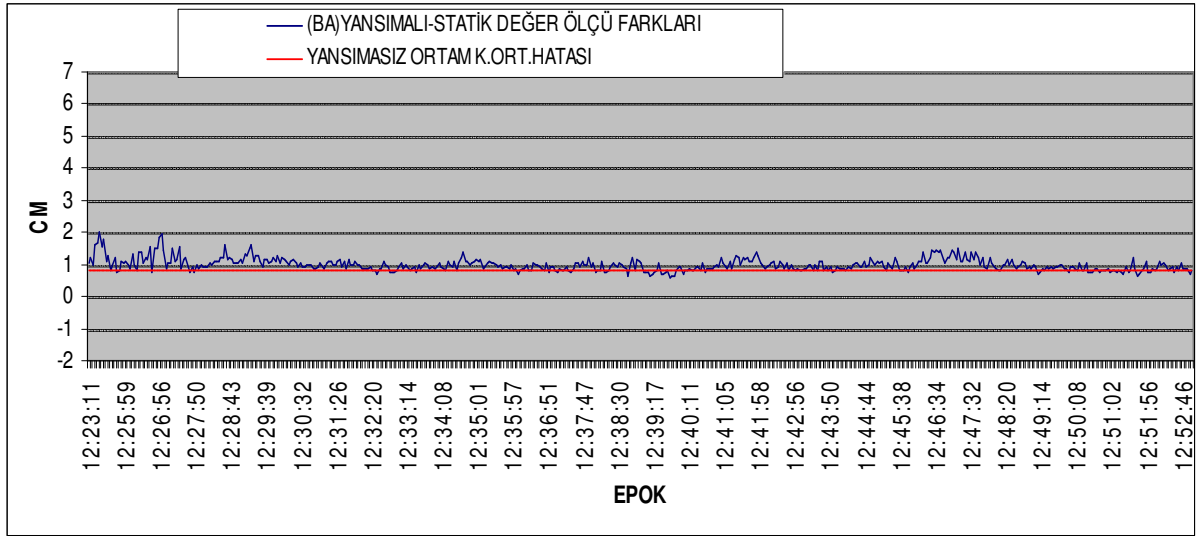
Şekil 4.45 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-6m).

Çizelge 4.17 BA-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0069	0.0079
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0096	0.0078
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0049	0.0002



Şekil 4.46 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



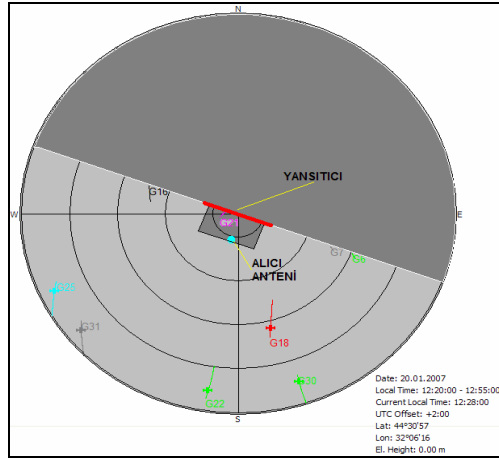
Şekil 4.47 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.18 BA -6m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,2267	12:23:11	12:27:50	UYGUN	32,62%	4 (3 uydu elev.mask'ın altındadır.)	33%
	12:28:15	12:30:32	UYGUN		3 (2 uydu elev.mask'ın altındadır.)	
	12:46:02	12:48:48	UYGUN		2 (1 uydu elev.mask'ın altındadır.)	

BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m^2 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 6 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:44:37 saatinde ölçüye başlanıp 13:13:24 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 6 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.19), (Çizelge 4.20)'de verilmiştir. Şekil 4.48'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.49'da, Yansımali-Statik

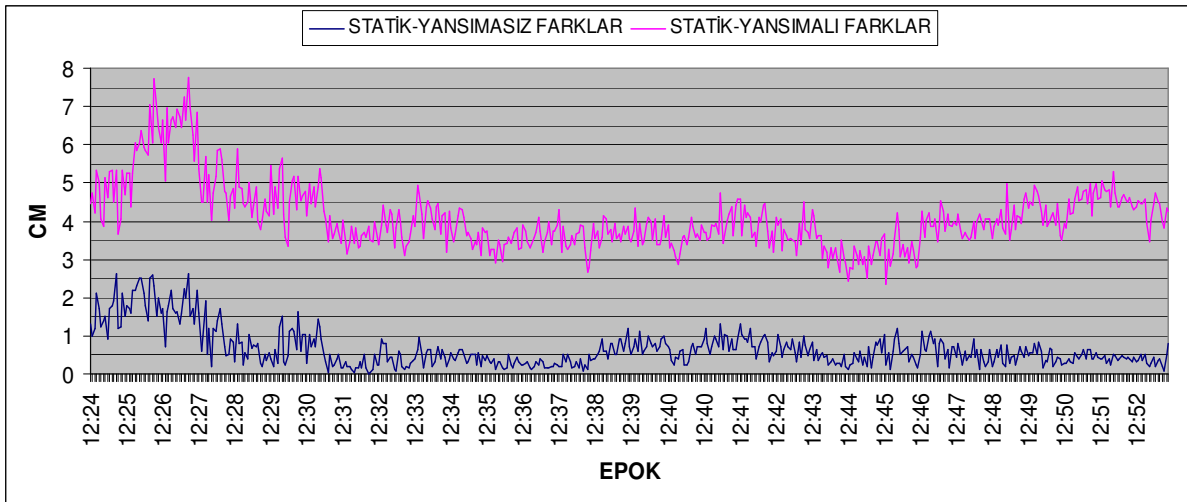
değer farklarının yansız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.50’de gösterilmiştir.



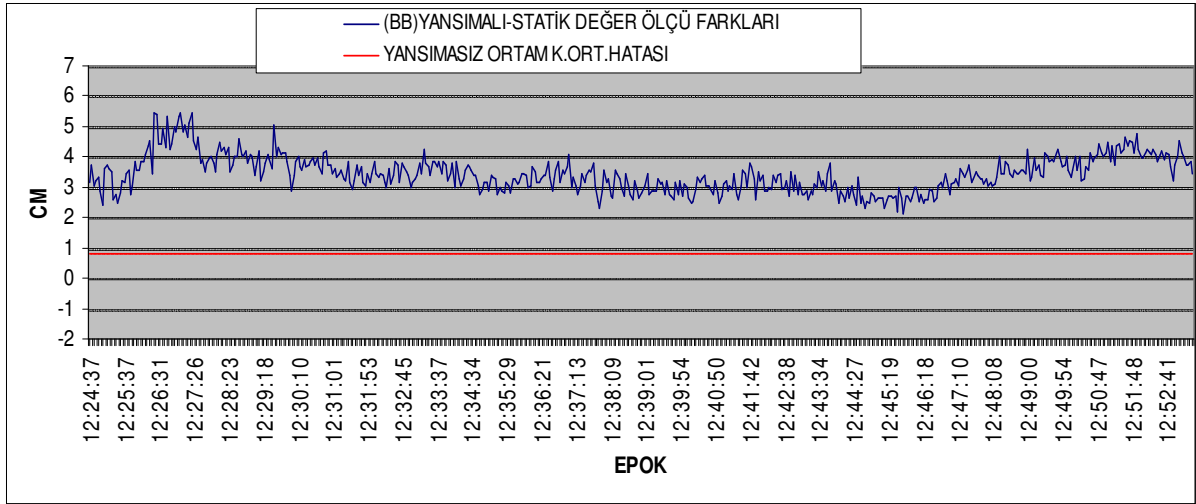
Şekil 4.48 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-6m).

Çizelge 4.19 BB-6m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0363	0.0047
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0393	0.0049
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0040	0.0001



Şekil 4.49 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



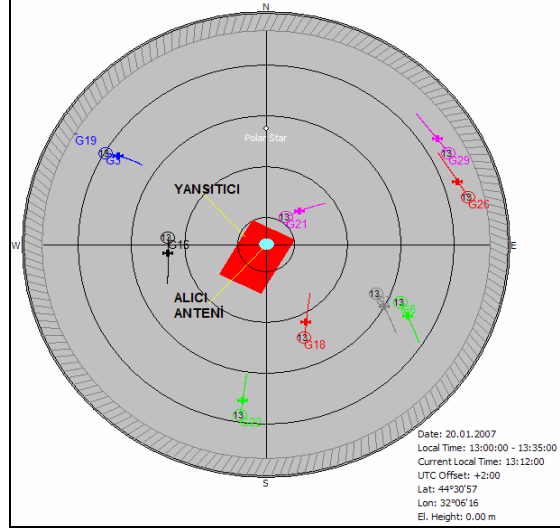
Şekil 4.50 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.20 BB -6m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK YANSIMA HATASI DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
4,6231	TÜM	TÜM	UYGUN	100,00%	9 (3 uydu elev.mask'ın altındadır.)	100%

4.4.4 8m Deki Yansımaya Geometrilerinin Değerlendirilmesi

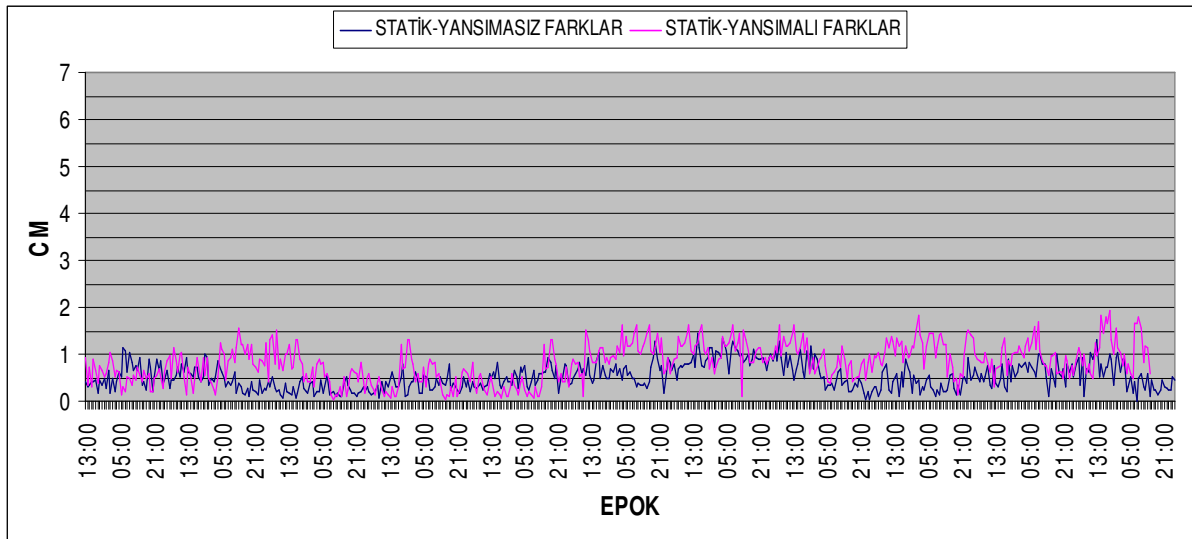
Uygulamada 8m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansımaya geometrileri oluşturulmuştur. F yansımaya geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 6 m kaydırılarak yapılmıştır. 13:28:24 saatinde ölçüye başlanıp 13:59:05 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 6 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.21), (Çizelge 4.22)'de verilmiştir. Şekil 4.51'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.52'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.53'de gösterilmiştir.



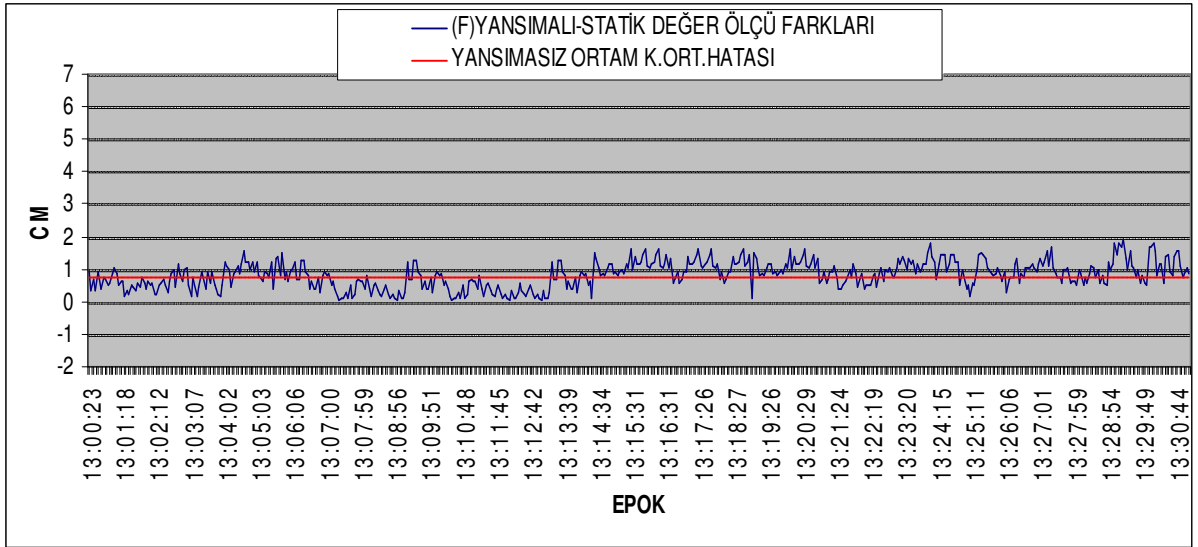
Şekil 4.51 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-8m).

Çizelge 4.21 F-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0060	0.0035
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0065	0.0031
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0024	0.0008
Rastlanılan en büyük hata	0.0184	0.0069



Şekil 4.52 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



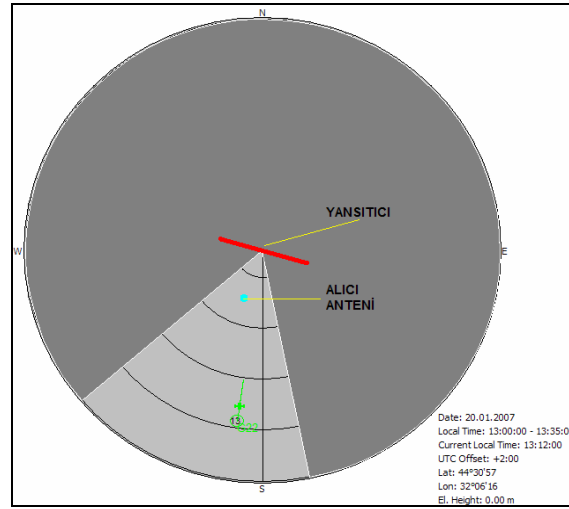
Şekil 4.53 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.22 F -8m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,1951	13:04:06	13:06:33	UYGUN	49,73%	9	50%
	13:14:27	13:21:04	UYGUN		9	
	13:23:04	13:27:24	UYGUN		9	

BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 8 m kaydırılarak yapılmıştır. 13:27:56 saatinde ölçüye başlanıp 13:57:14 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 8 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.23), (Çizelge 4.24)'de verilmiştir. Şekil 4.54'te ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

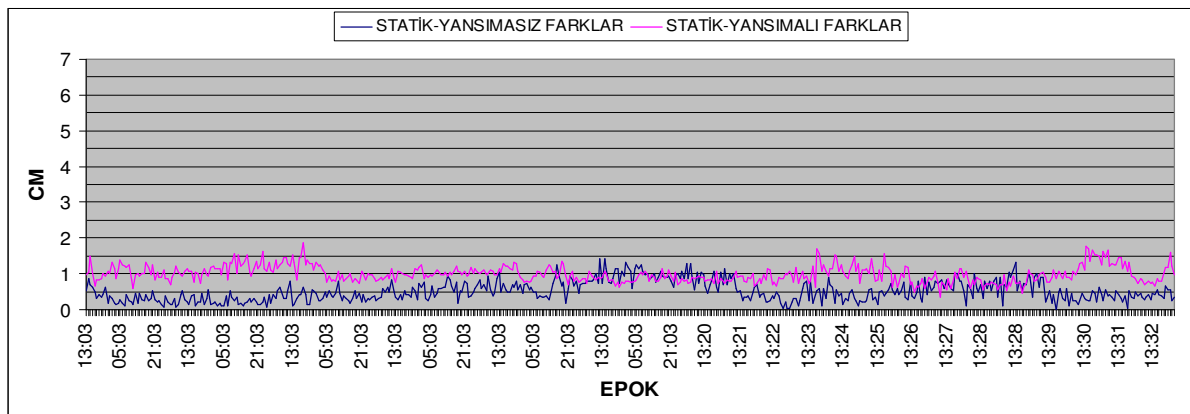
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.55'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



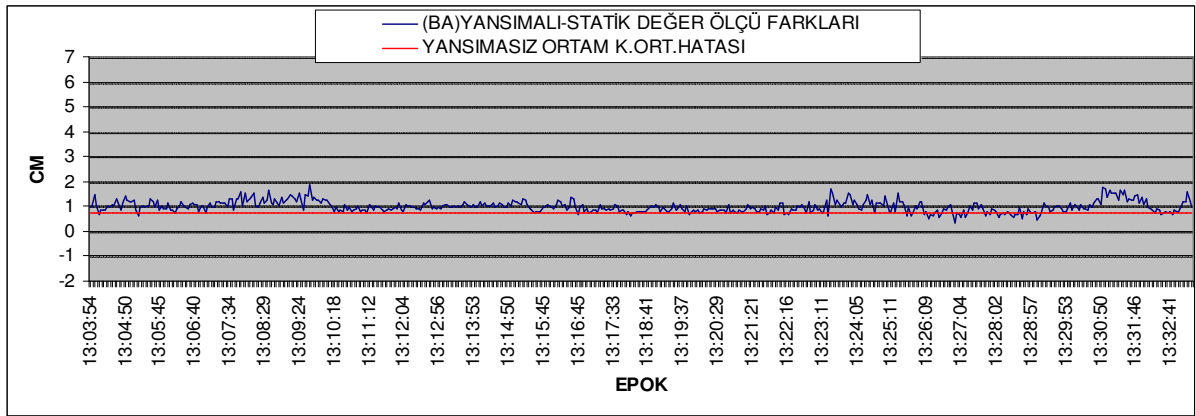
Şekil 4.54 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-8m).

Çizelge 4.23 BA-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0061	0.0074
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0094	0.0063
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0082	0.0011



Şekil 4.55 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

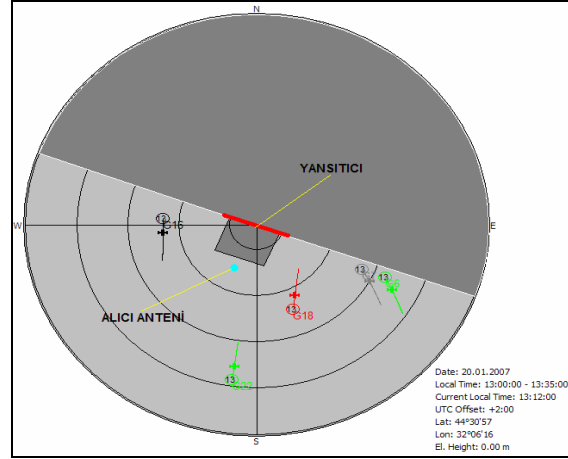


Şekil 4.56 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.24 BA -8m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,148	13:03:54	13:10:18	UYGUN	42,78%	1 (En Uygun geometridir.)	38%
	13:23:08	13:27:48	UYGUN		1 (Yansımaya geometrisi bozulmaktadır)	
	13:30:44	13:32:13	UYGUN DEĞİL		1 (Yansımaya geometrisi bozulmaktadır)	

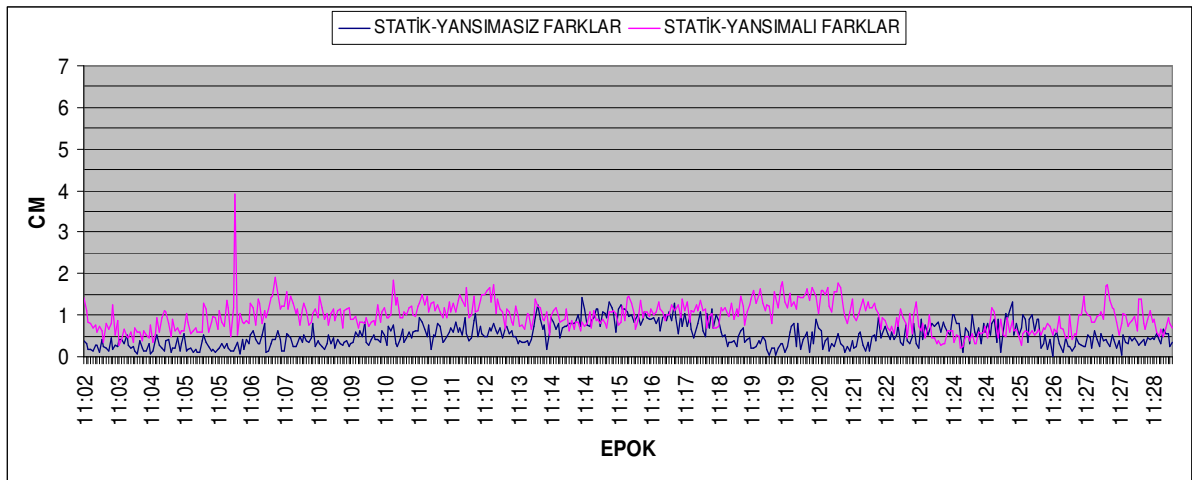
BB yansımaya geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m^2 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 8 m kaydırılarak yapılmıştır. 12:44:37 saatinde ölçüye başlanıp 13:53:14 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 8 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.25), (Çizelge 4.26)'da verilmiştir. Şekil 4.57'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.58'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.59'da gösterilmiştir.



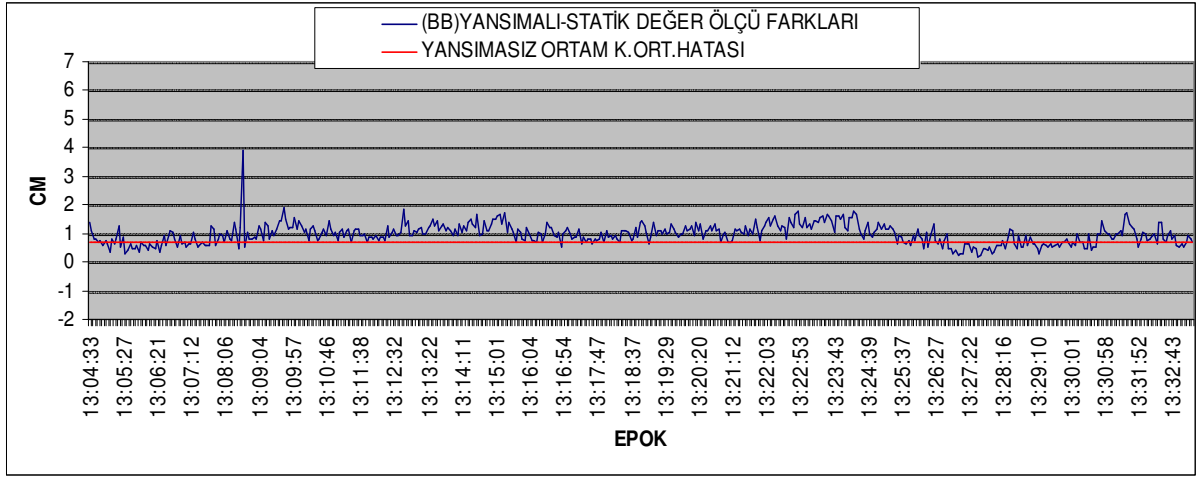
Şekil 4.57 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-8m).

Çizelge 4.25 BB-8m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0067	0.0070
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0068	0.0052
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0034	0.0006
Rastlanılan en büyük hata	0.0400	0.0104



Şekil 4.58 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



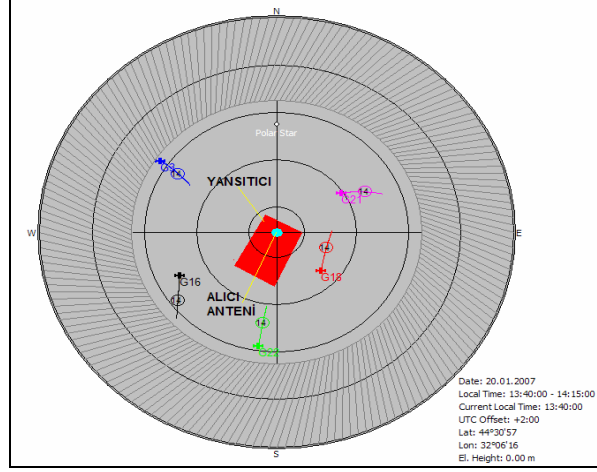
Şekil 4.59 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.26 BB -8m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
3,1874	13:06:30	13:16:54	UYGUN	67,87%	3(En Uygun geometridir.)	68%
	13:18:47	13:26:20	UYGUN		3(En Uygun geometridir.)	
	13:30:51	13:32:22	UYGUN		3(En Uygun geometridir.)	

4.4.5 10m Deki Yansımaya Geometrilerinin Değerlendirilmesi

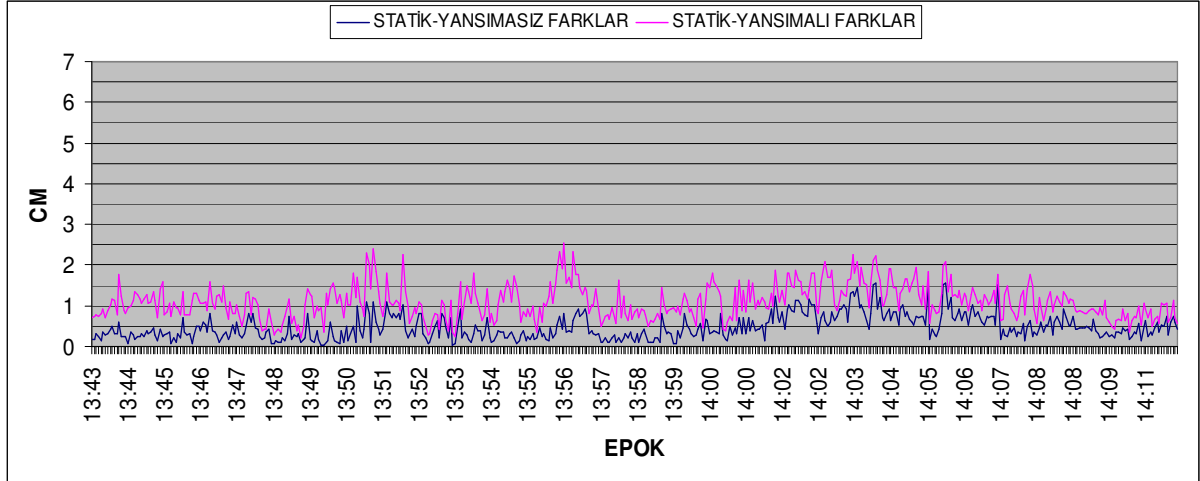
Uygulamada 10m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansımaya geometrileri oluşturulmuştur. F yansımaya geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 8 m kaydırılarak yapılmıştır. 14:10:07 saatinde ölçüye başlanıp 14:39:08 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 8 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.27), (Çizelge 4.28)'de verilmiştir. Şekil 4.60'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.61'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.62'de gösterilmiştir.



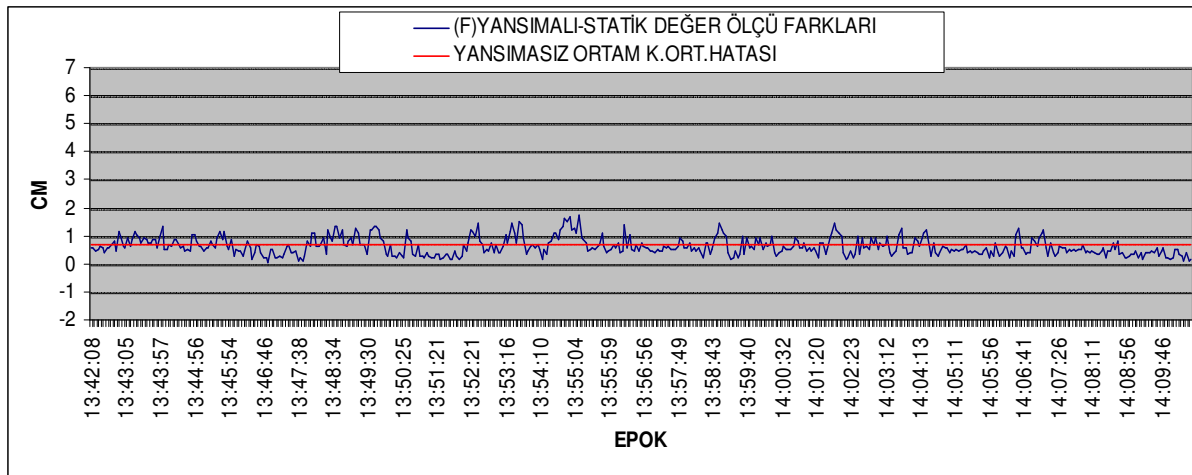
Şekil 4.60 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-10m).

Çizelge 4.27 F-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0045	0.0034
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0058	0.0030
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0035	0.0006



Şekil 4.61 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



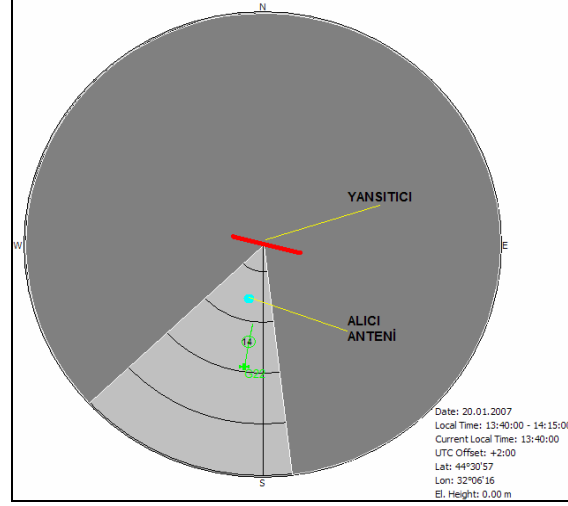
Şekil 4.62 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.28 F -10m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,1239	13:47:55	13:50:42	UYGUN	27,03%	5	27%
	13:52:21	13:55:14	UYGUN		5	
	13:58:43	14:00:12	UYGUN		5	
	14:06:41	14:07:08	UYGUN		5	

BA yansıma geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lık yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 10 m kaydırılarak yapılmıştır. 14:07:42 saatinde ölçüye başlanıp 14:37:09 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 10 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.29), (Çizelge 4.30)'da verilmiştir.

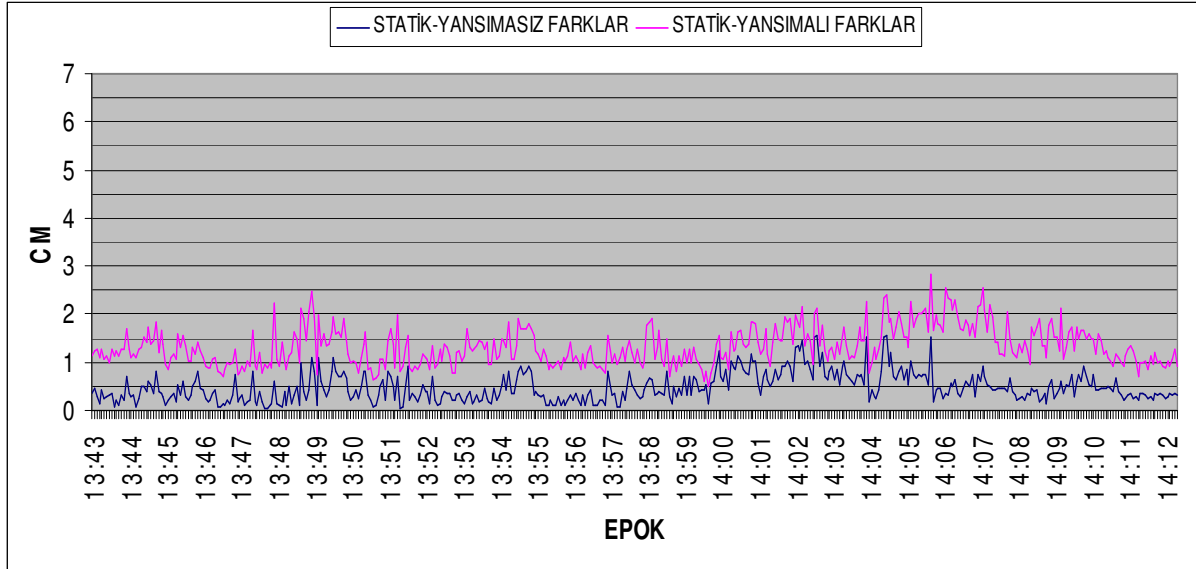
Şekil 4.63'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.64'te, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.65'de gösterilmiştir.



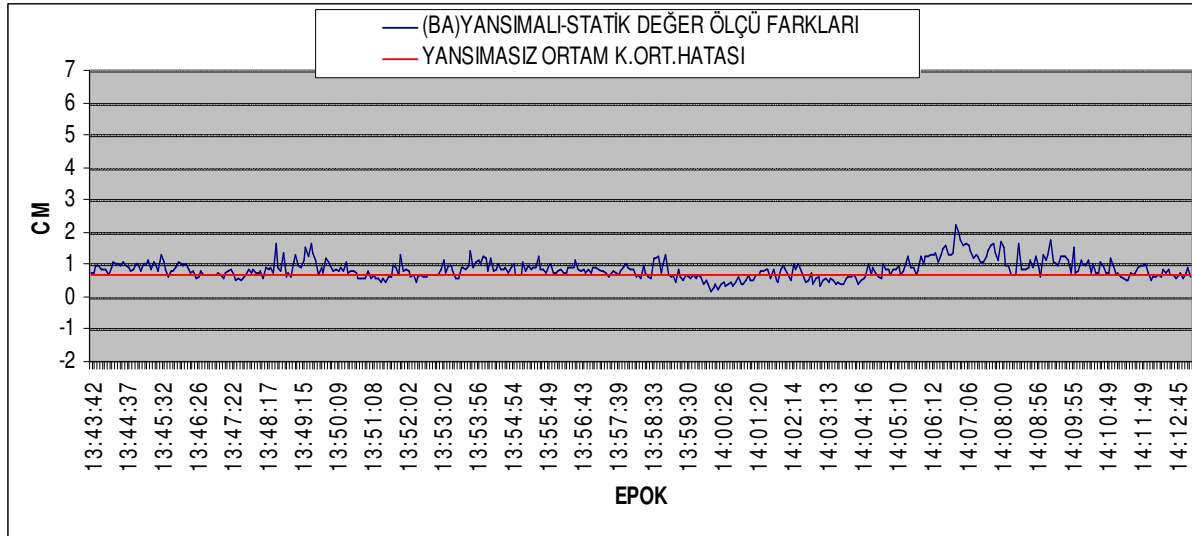
Şekil 4.63 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-10m).

Çizelge 4.29 BA-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0069	0.0059
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0074	0.0058
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0037	0.0002



Şekil 4.64 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

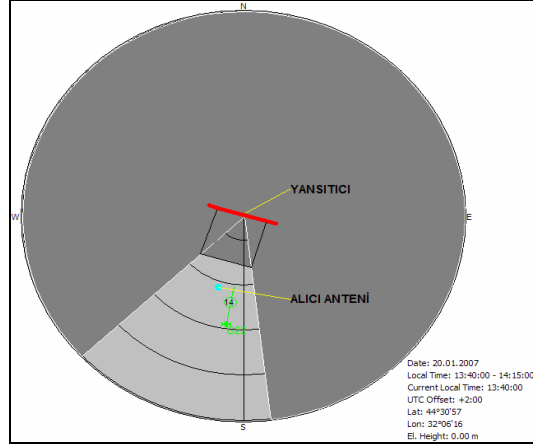


Şekil 4.65 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.30 BA -10m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,5198	13:43:42	13:46:06	UYGUN DEĞİL	39,93%	1 (Yansima geometrisine yakın)	8%
	13:48:47	13:50:09	UYGUN DEĞİL		1 (Yansima geometrisine yakın)	
	13:53:02	13:54:54	UYGUN DEĞİL		2 (Yansima geometrisine yakın)	
	14:05:10	14:11:12	UYGUN		2(1 Uydu yansima geometrisine yakın)	

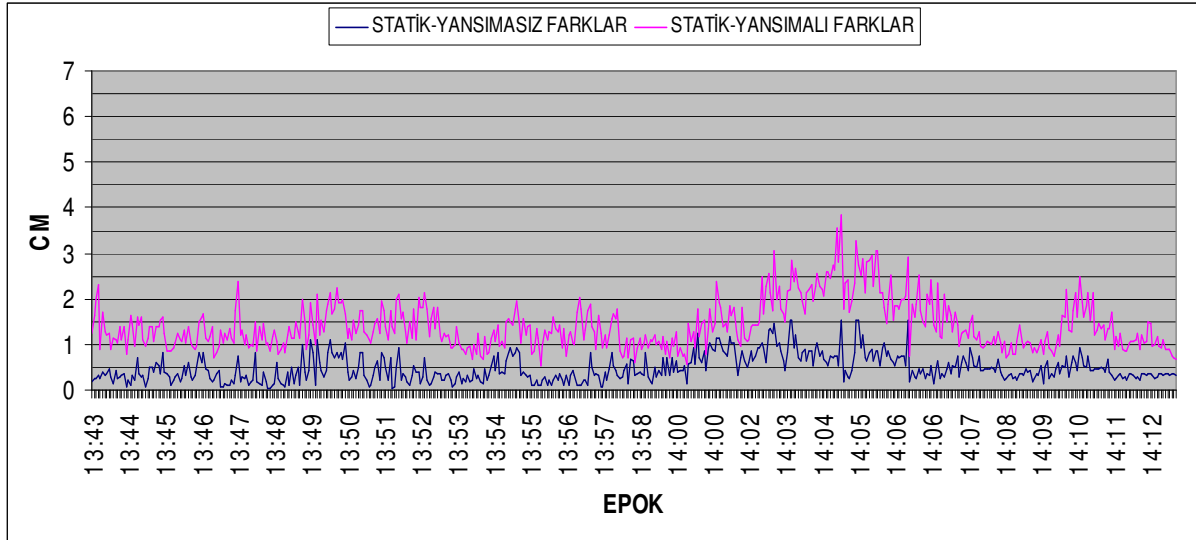
BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m^2 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 10m kaydırılarak yapılmıştır. 14:03:19 saatinde ölçüye başlanıp 14:33:28 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 10 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.31), (Çizelge 4.32)'te verilmiştir. Şekil 4.66'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.67'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.68'de gösterilmiştir.



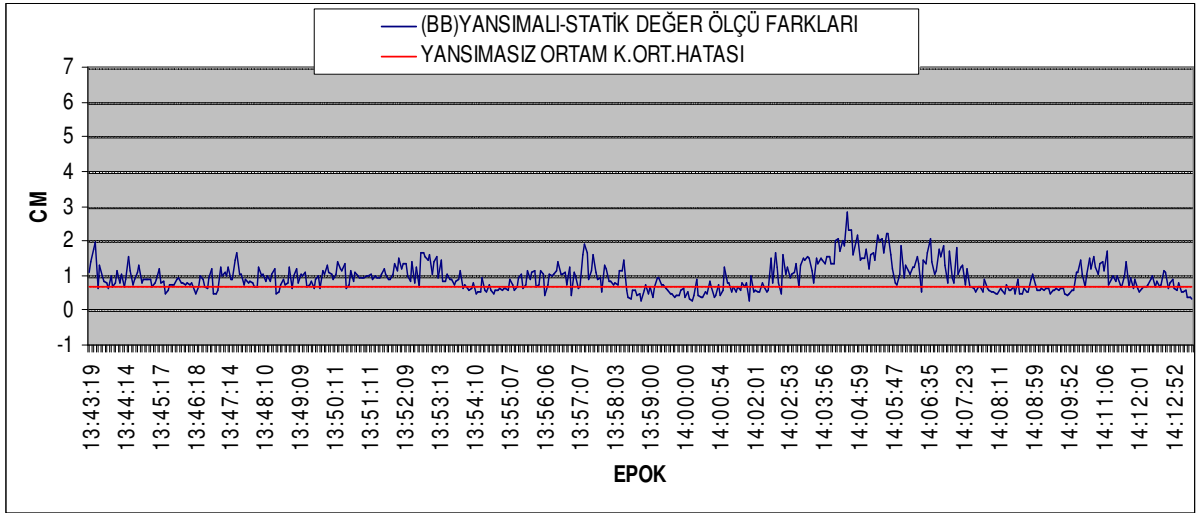
Şekil 4.66 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-10m).

Çizelge 4.31 BB-10m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0064	0.0047
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0088	0.0042
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0036	0.0006



Şekil 4.67 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



Şekil 4.68 Yansımali ölçü grubu ile yansısız ortam karesel ortalama hatası.

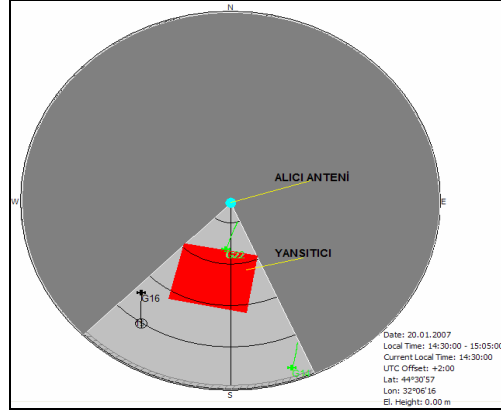
Çizelge 4.32 BB -10m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİ Sİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
2,1197	13:43:19	13:54:02	UYGUN DEĞİL	69,23%	1 (Yansımaya geometrisine yakın)	23%
	13:55:22	13:58:34	UYGUN DEĞİL		1 (Yansımaya geometrisine yakın)	
	14:02:35	14:07:52	UYGUN		2 (1 uydu yansımaya geometrisine yakın)	
	14:10:22	14:12:01	UYGUN		2 (1 uydu yansımaya geometrisine yakın)	

4.4.6 20m Deki Yansımaya Geometrilerinin Değerlendirilmesi

Uygulamada 20m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansımaya geometrileri oluşturulmuştur. F yansımaya geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 10 m kaydırılarak yapılmıştır. 14:58:23 saatinde ölçüye başlanıp 15:30:01 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 10 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.33), (Çizelge 4.34)'te verilmiştir. Şekil 4.69'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-

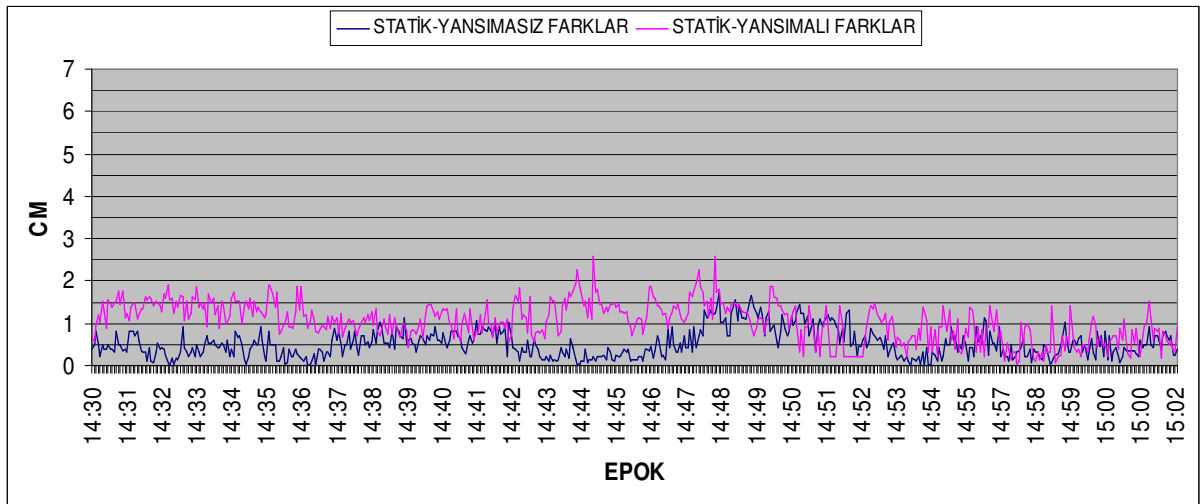
alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.70’de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



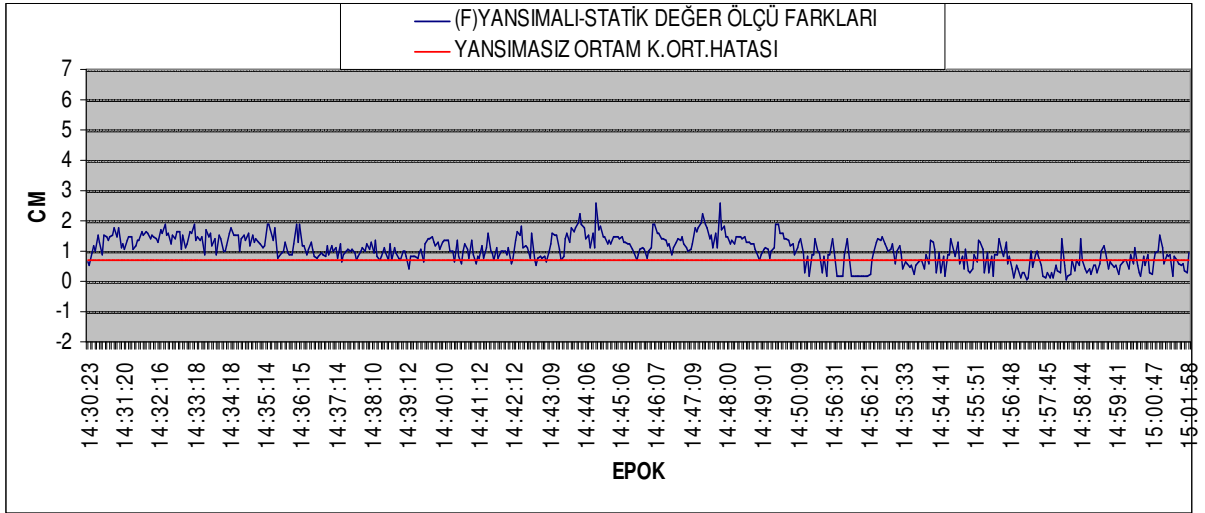
Şekil 4.69 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-20m).

Çizelge 4.33 F-20m yansımaya geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0085	0.0048
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0069	0.0042
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0033	0.0009



Şekil 4.70 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



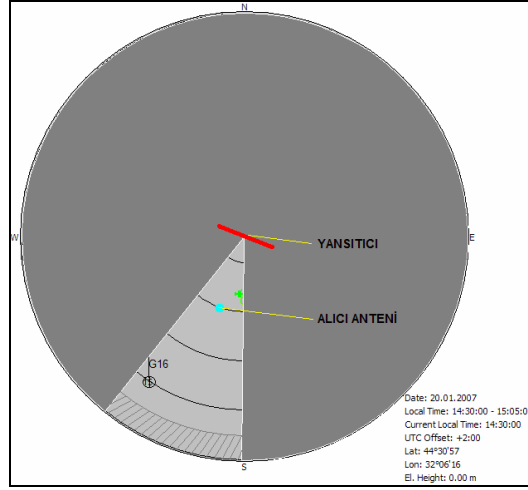
Şekil 4.71 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.34 F -20m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,8475	14:30:23	14:36:58	UYGUN	51,29%	6	51%
	14:39:45	14:45:09	UYGUN		6	
	14:57:45	15:01:58	UYGUN		5	

BA yansıma geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 20 m kaydırılarak yapılmıştır. 14:57:13 saatinde ölçüye başlanıp 15:26:39 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 20 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.35), (Çizelge 4.36)'da verilmiştir. Şekil 4.72'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

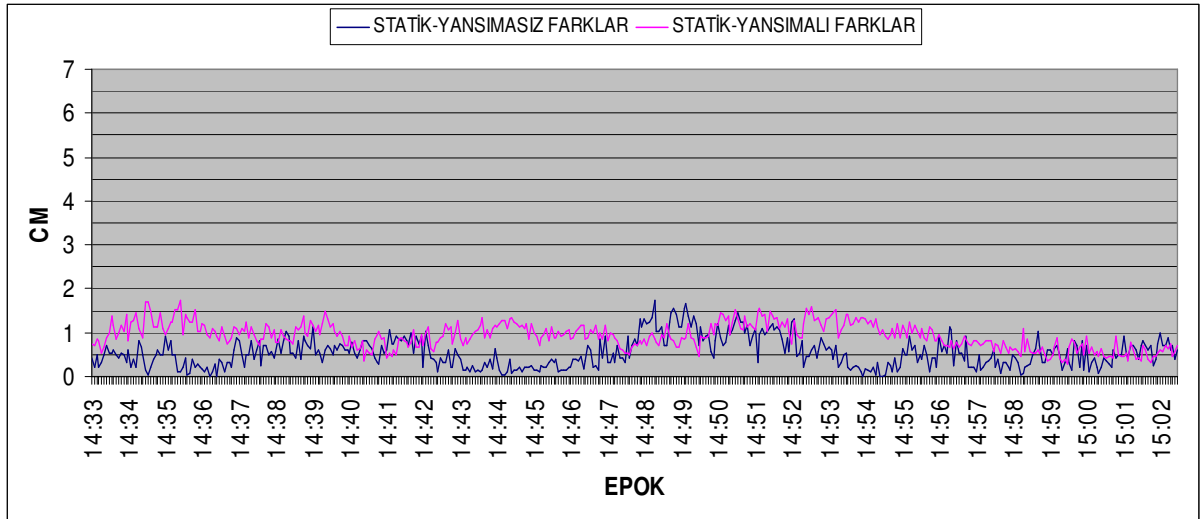
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.73'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.74'te gösterilmiştir.



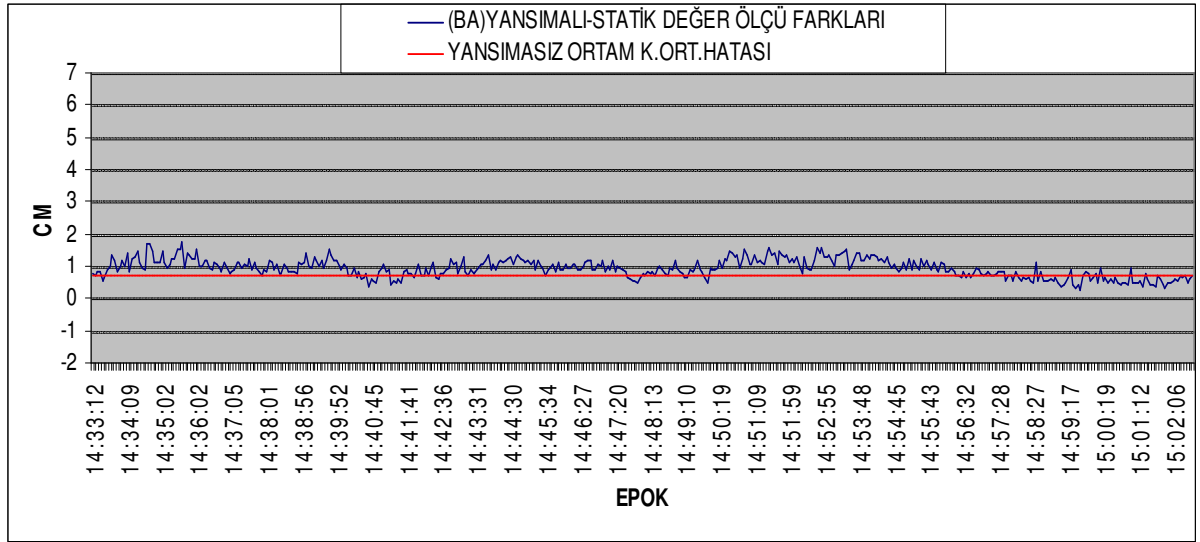
Şekil 4.72 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-20m).

Çizelge 4.35 BA-20m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0059	0.0067
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0062	0.0063
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0033	0.0004



Şekil 4.73 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.

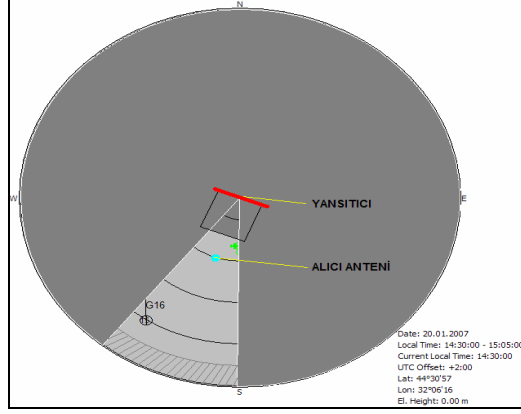


Şekil 4.74 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.36 BA -20m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
0,9957	14:33:41	14:36:40	UYGUN DEĞİL	40,26%	2 (Yansımaya geometrisine yakın)	20%
	14:38:52	14:40:06	UYGUN DEĞİL		2 (Yansımaya geometrisine yakın)	
	14:43:51	14:45:30	UYGUN DEĞİL		1 (Yansımaya geometrisine yakın)	
	14:50:19	14:56:18	UYGUN		2(1 Uydu yansımaya geometrisine yakın)	

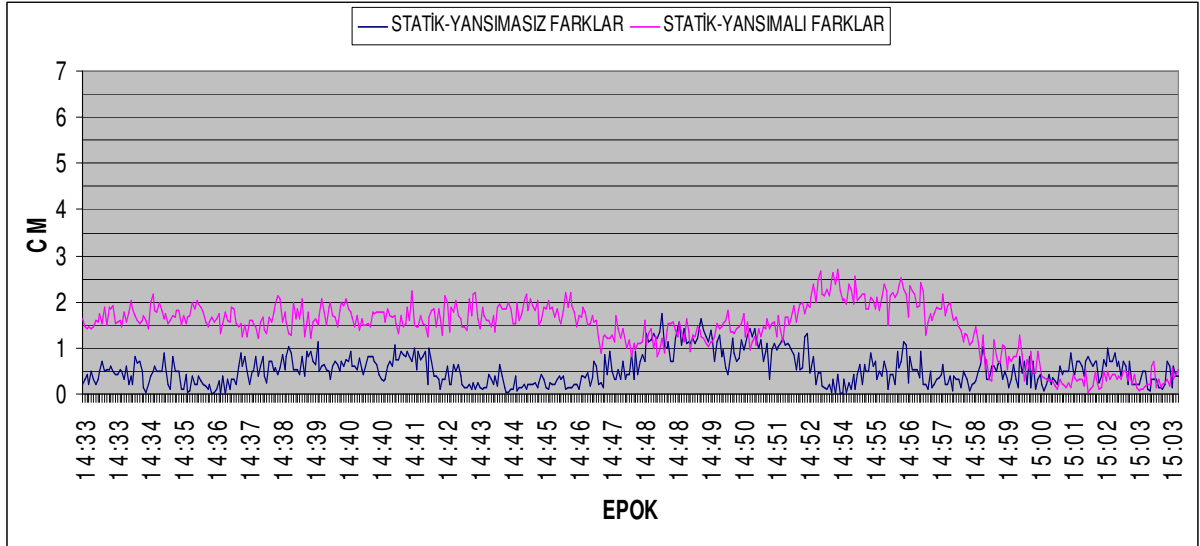
BB yansımaya geometrisinde ikinci test 36 m² 'lık dikey yansıtıcı ve 54 m² 'lık yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 20 m kaydırılarak yapılmıştır. 14:53:04 saatinde ölçüye başlanıp 15:24:07 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 20 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.37), (Çizelge 4.38)'de verilmiştir. Şekil 4.75'te ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.76'da, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.77'de gösterilmiştir.



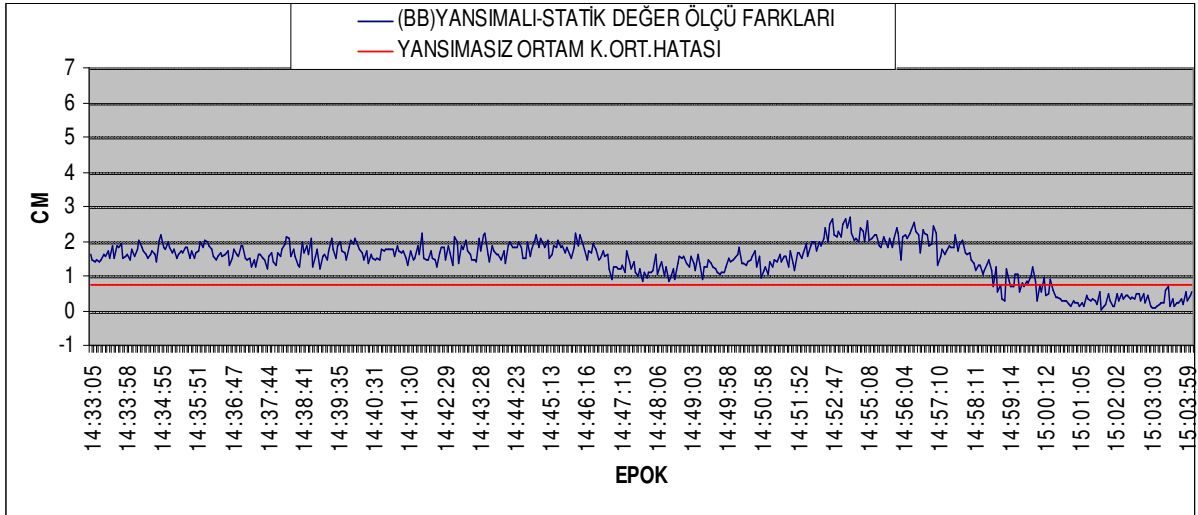
Şekil 4.75 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-20m).

Çizelge 4.37 BB-20m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımalı- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0116	0.0064
Yansımalı- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0116	0.0070
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0035	0.0006



Şekil 4.76 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



Şekil 4.77 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

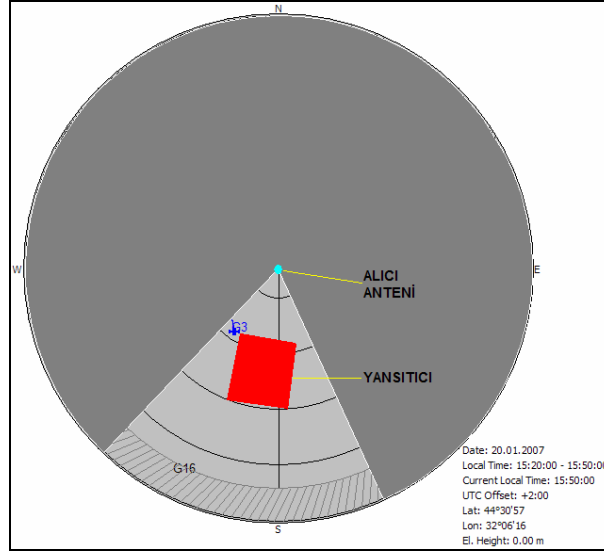
Çizelge 4.38 BB -20m yansıma geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,9825	14:33:05	14:46:52	UYGUN	78,18%	2 (1 uydu yansıma geometrisine yakın) 1	78%
	14:48:42	14:59:10	UYGUN			

4.4.7 30m Deki Yansıma Geometrilerinin Değerlendirilmesi

Uygulamada 30m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansıma geometrileri oluşturulmuştur. F yansıma geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 20 m kaydırılarak yapılmıştır. 15:49:10 saatinde ölçüye başlanıp 16:18:11 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 20 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.39), (Çizelge 4.40)'da verilmiştir. Şekil 4.78'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görülmektedir.

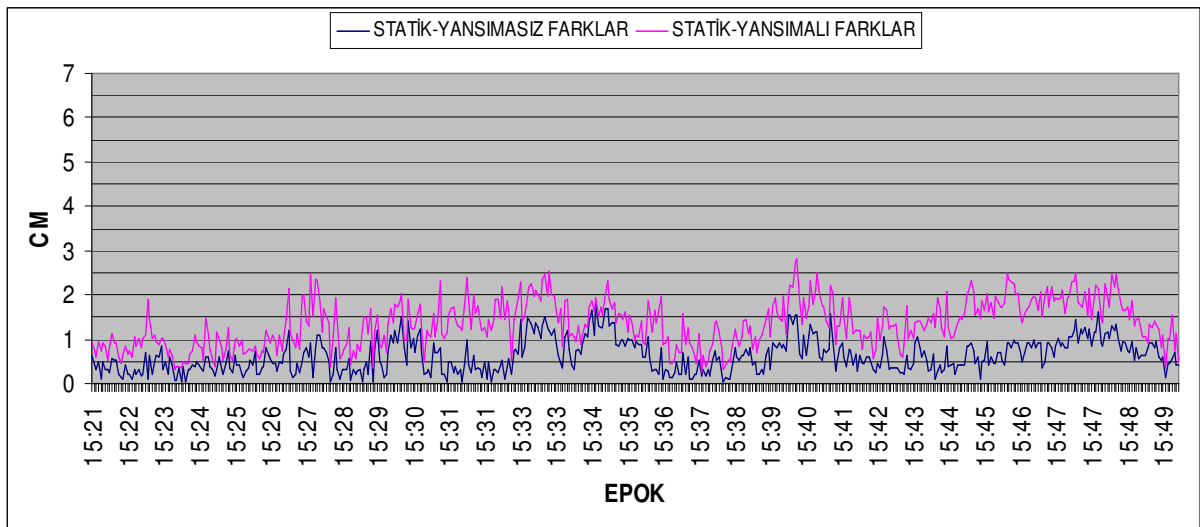
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.79'da, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.80'de gösterilmiştir.



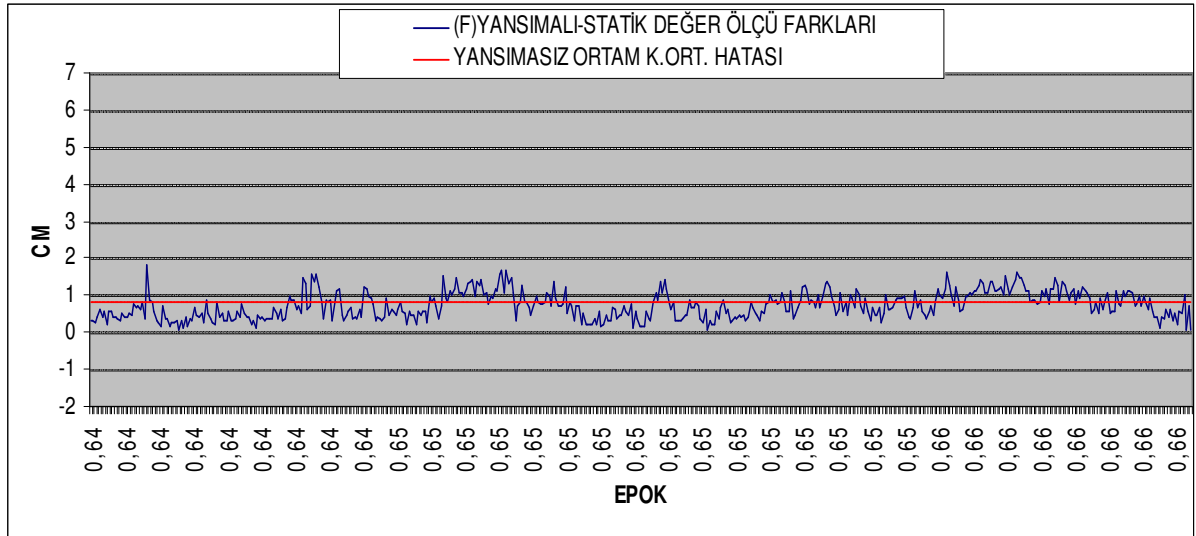
Şekil 4.78 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-30m).

Çizelge 4.39 F-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımalı- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0053	0.0039
Yansımalı- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0096	0.0059
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0060	0.0019



Şekil 4.79 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



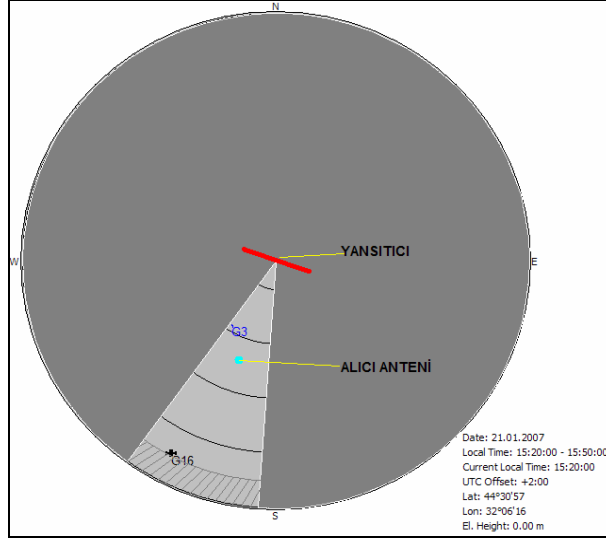
Şekil 4.80 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.40 F -30m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,0077	15:27:03	15:28:48	UYGUN DEĞİL	35,82%	0	16,76%
	15:30:47	15:34:06	UYGUN		2	
	15:40:07	15:41:40	UYGUN		1	
	15:43:45	15:47:32	UYGUN DEĞİL		0	

BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 30 m kaydırılarak yapılmıştır. 15:47:28 saatinde ölçüye başlanıp 16:17:06 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 30 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.41), (Çizelge 4.42)'de verilmiştir. Şekil 4.81'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

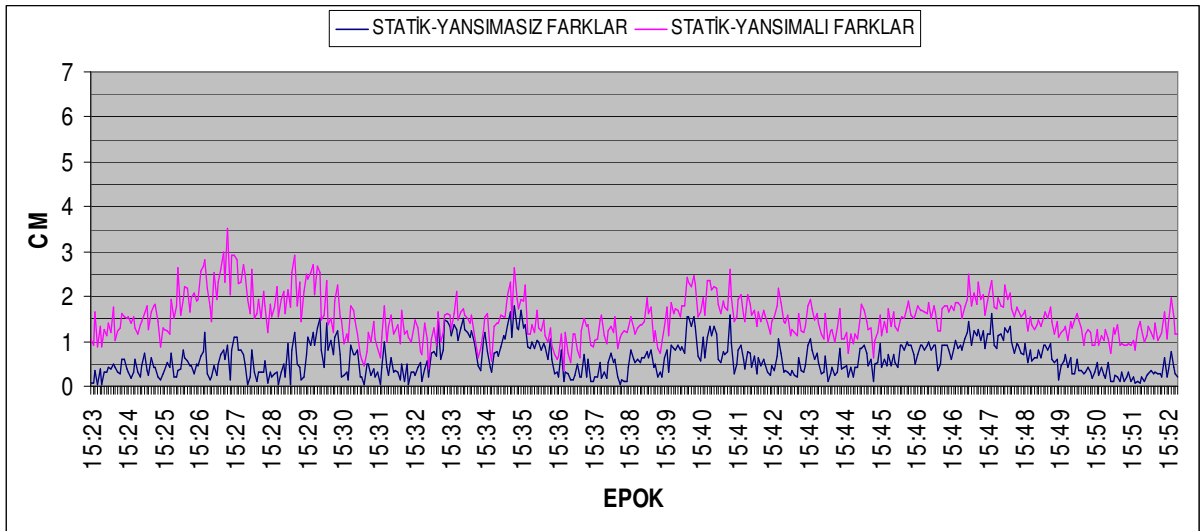
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.82'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.83'de gösterilmiştir.



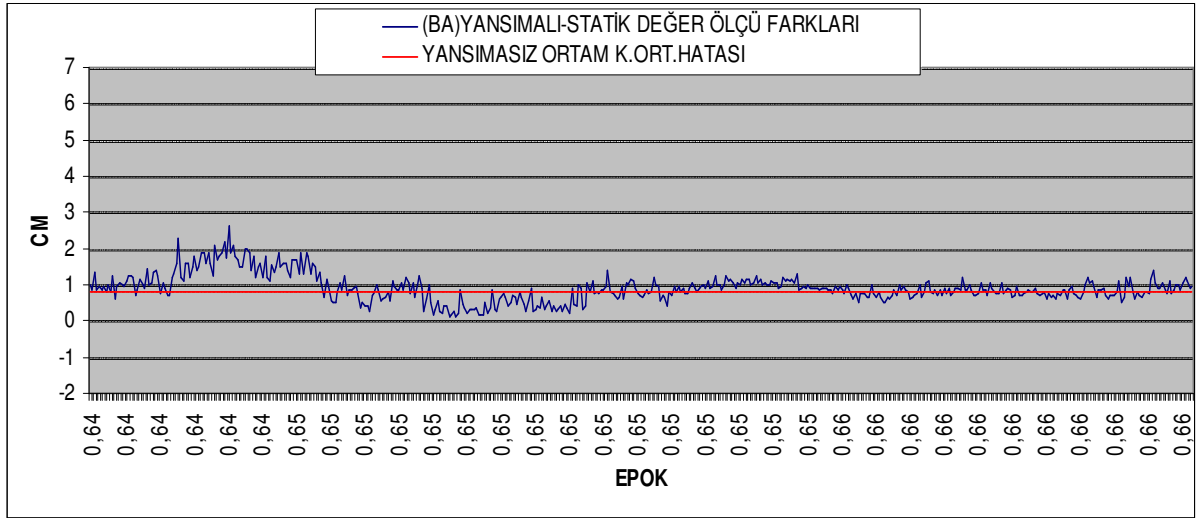
Şekil 4.81 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-30m).

Çizelge 4.41 BA-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımalı- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0082	0.0056
Yansımalı- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0074	0.0067
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0054	0.0014



Şekil 4.82 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



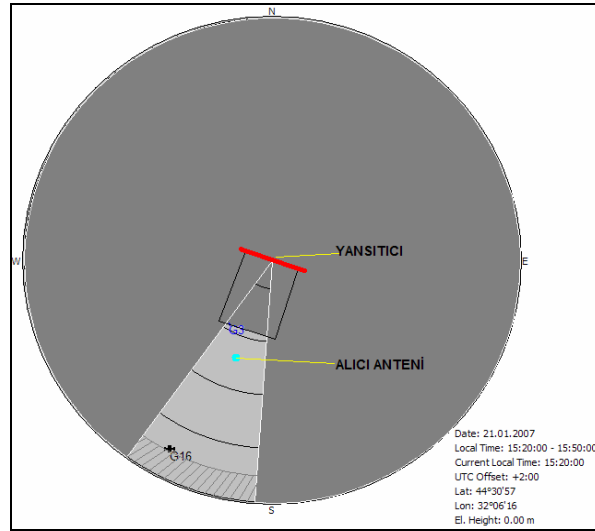
Şekil 4.83 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.42 BA -30m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,8194	15:24:03	15:29:54	UYGUN	19,71%	1 (Ölçü alınan Uydu sayısı azdır)	20%

BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m² 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 30 m kaydırılarak yapılmıştır. 15:43:19 saatinde ölçüye başlanıp 16:13:18 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 30 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.43), (Çizelge 4.44)'de verilmiştir. Şekil 4.84'te ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

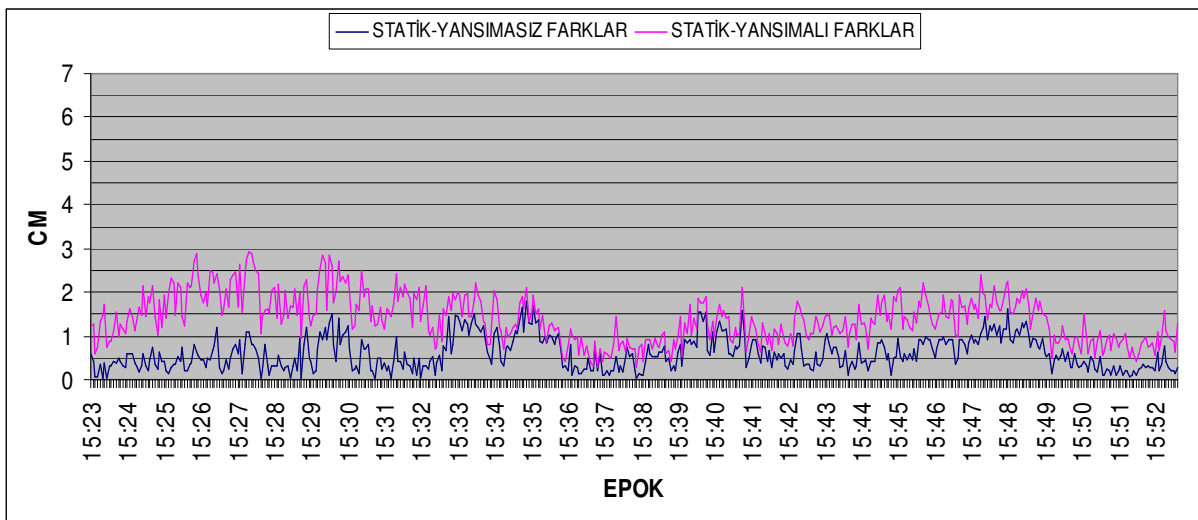
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.85'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.86'da gösterilmiştir.



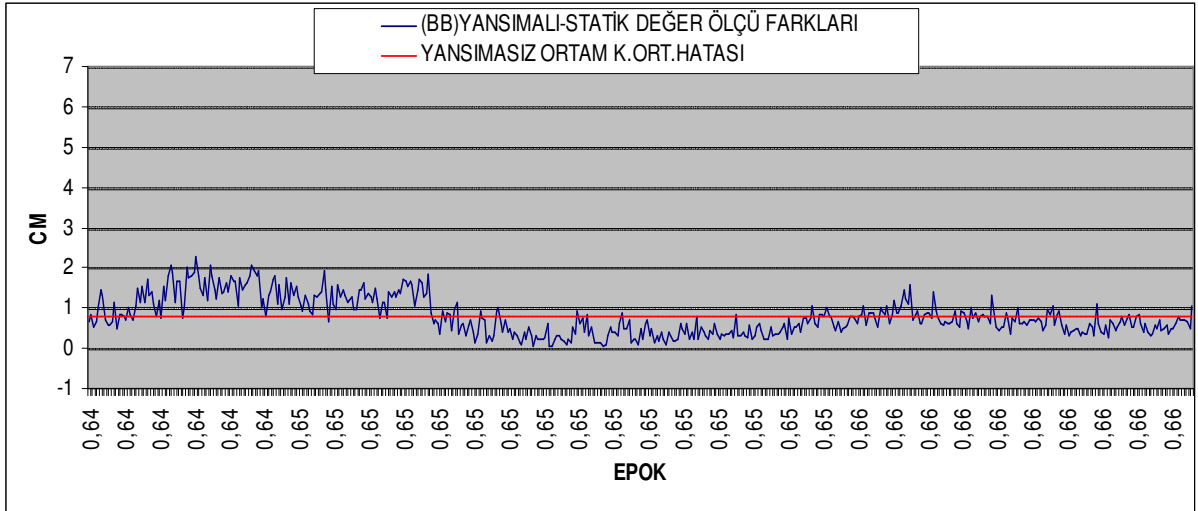
Şekil 4.84 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-30m).

Çizelge 4.43 BB-30m yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0059	0.0047
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0095	0.0064
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0055	0.0015



Şekil 4.85 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



Şekil 4.86 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

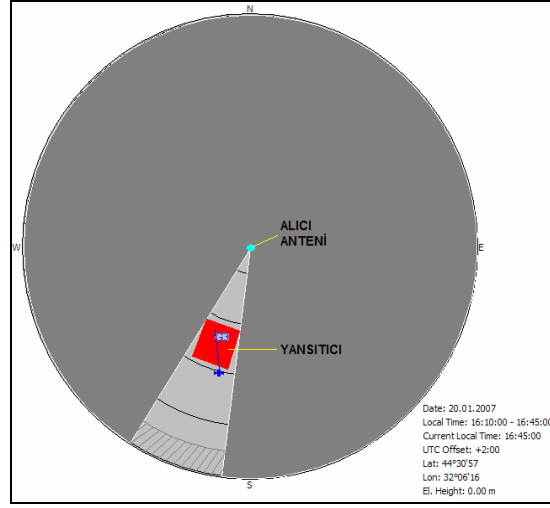
Çizelge 4.44 BB -30m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,5047	15:24:34	15:32:10	UYGUN	36,96%	2	25%
	15:43:56	15:47:25	UYGUN DEĞİL		0	

4.4.8 40m Deki Yansima Geometrilerinin Değerlendirilmesi

Uygulamada 40m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansima geometrileri oluşturulmuştur. F yansima geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 30 m kaydırılarak yapılmıştır. 16:38:41 saatinde ölçüye başlanıp 17:28:57 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 30 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.45), (Çizelge 4.46)'da verilmiştir. Şekil 4.87'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görülmektedir.

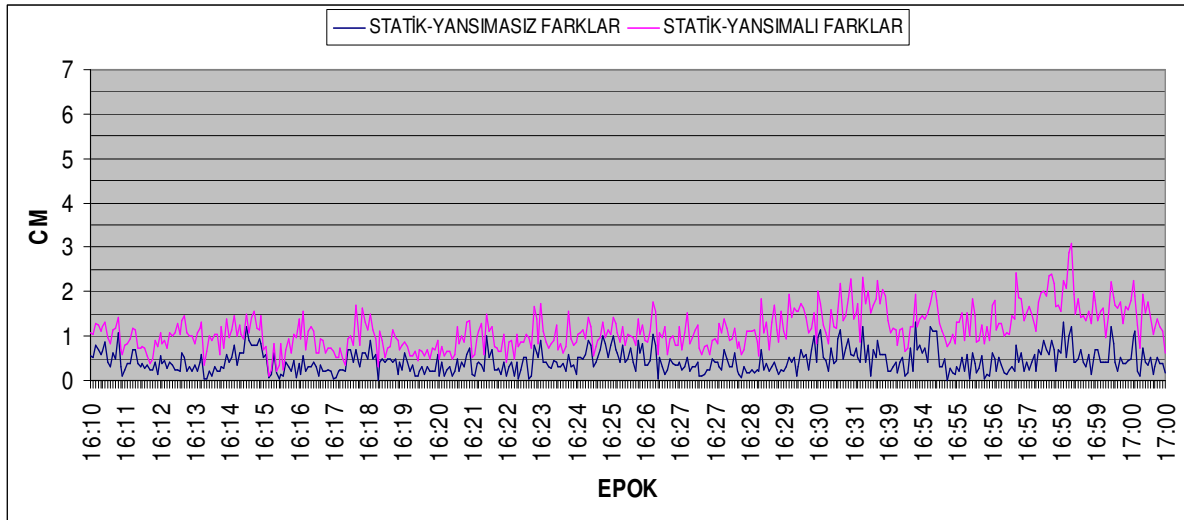
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.88'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.89'da gösterilmiştir.



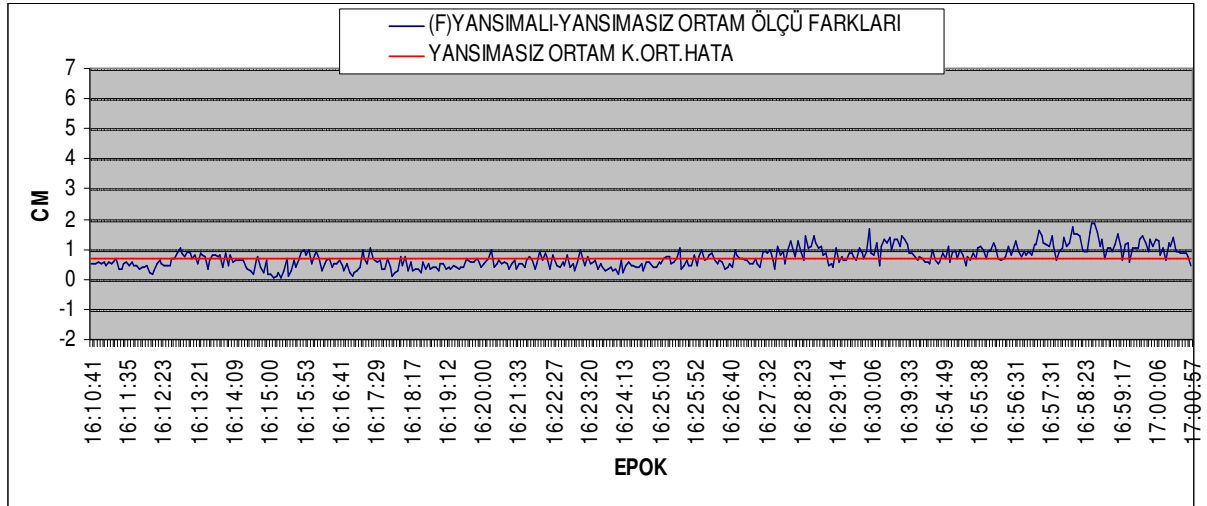
Şekil 4.87 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu (F-40m).

Çizelge 4.45 F-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0057	0.0037
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0073	0.0048
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0038	0.0010



Şekil 4.88 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



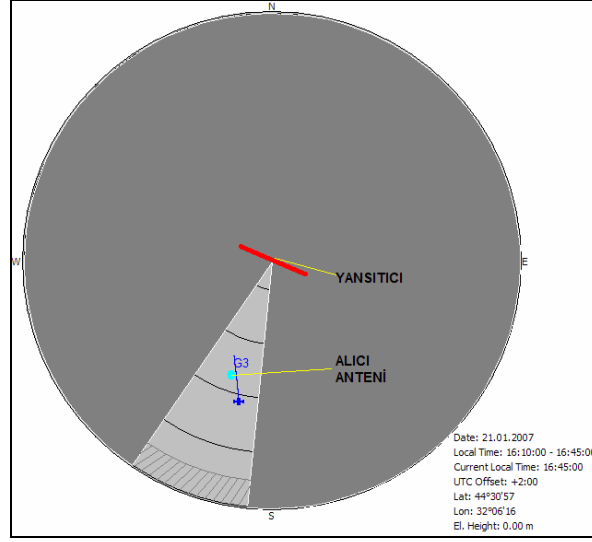
Şekil 4.89 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.46 F -40m yansımaya geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,1947	16:27:25	16:28:58	UYGUN DEĞİL	31,33%	0	0%
	16:29:49	16:39:48	UYGUN DEĞİL		0	
	16:56:24	17:00:37	UYGUN DEĞİL		0	

BA yansımaya geometrisinde ikinci test 36 m^2 'lik yansıtıcı kuzeydoğu yönünde merkezden 40 m kaydırılarak yapılmıştır. 16:37:15 saatinde ölçüye başlanıp 17:07:38 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 40 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.47), (Çizelge 4.48)'de verilmiştir. Şekil 4.90'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

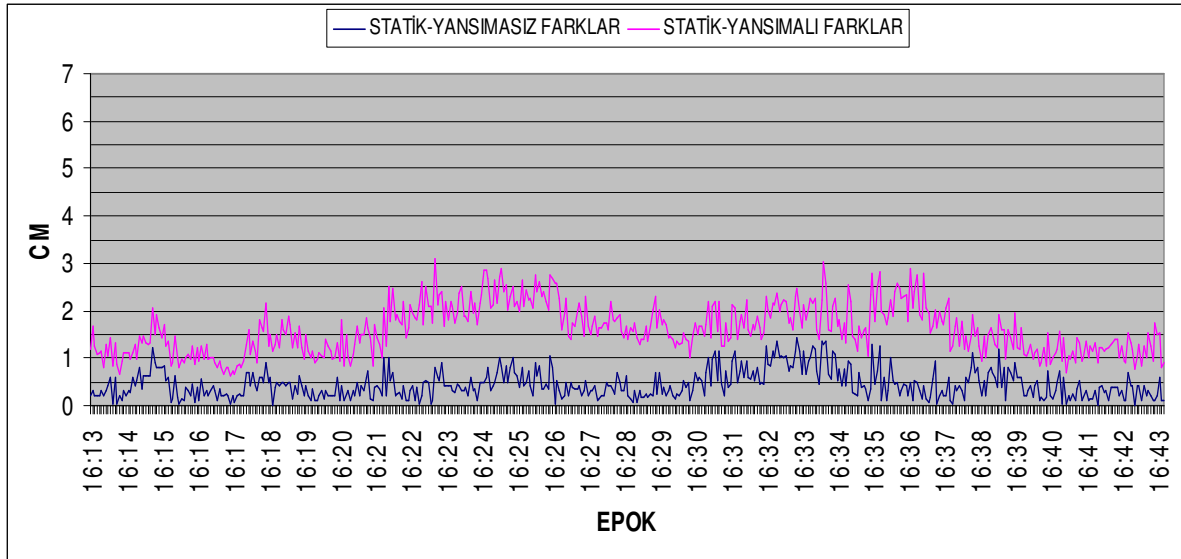
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.91'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.92'de gösterilmiştir.



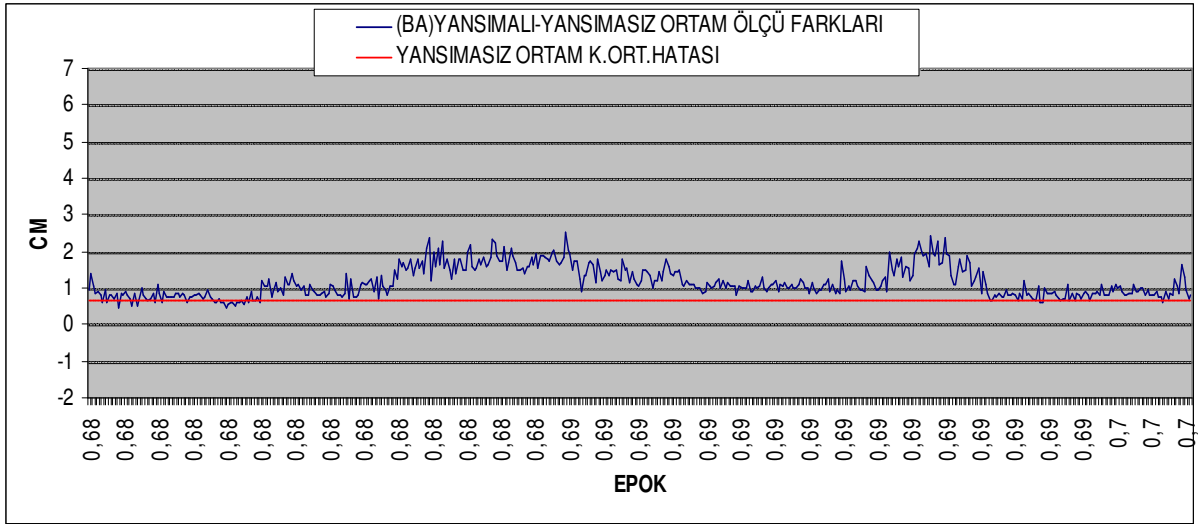
Şekil 4.90 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-40m).

Çizelge 4.47 BA-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0084	0.0070
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0085	0.0074
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0051	0.0003



Şekil 4.91 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



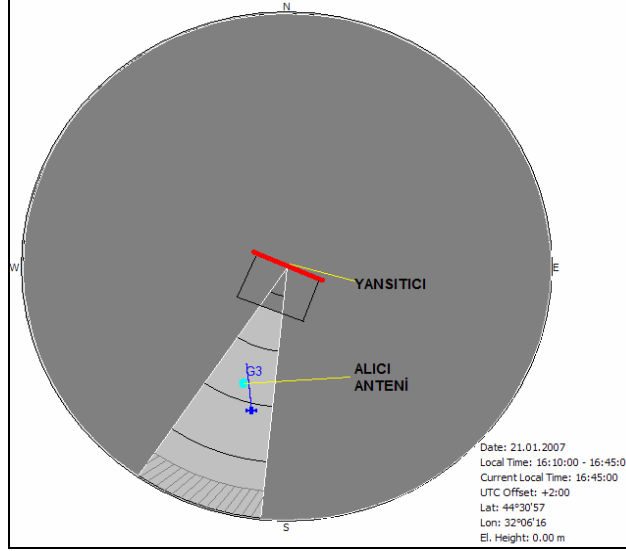
Şekil 4.92 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.48 BA -40m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,8663	16:21:25	16:29:43	UYGUN	39,74%	2 (Ölçü alınan Uydu sayısı azdır)	38%
	16:34:46	16:37:56	UYGUN		3(2 Uydu geometriye yakın)	
	16:43:06	16:43:38	UYGUN DEĞİL		0	

BB yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m² 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 40 m kaydırılarak yapılmıştır. 16:32:55 saatinde ölçüye başlanıp 17:03:16 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 40 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.49), (Çizelge 4.50)'de verilmiştir. Şekil 4.93'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

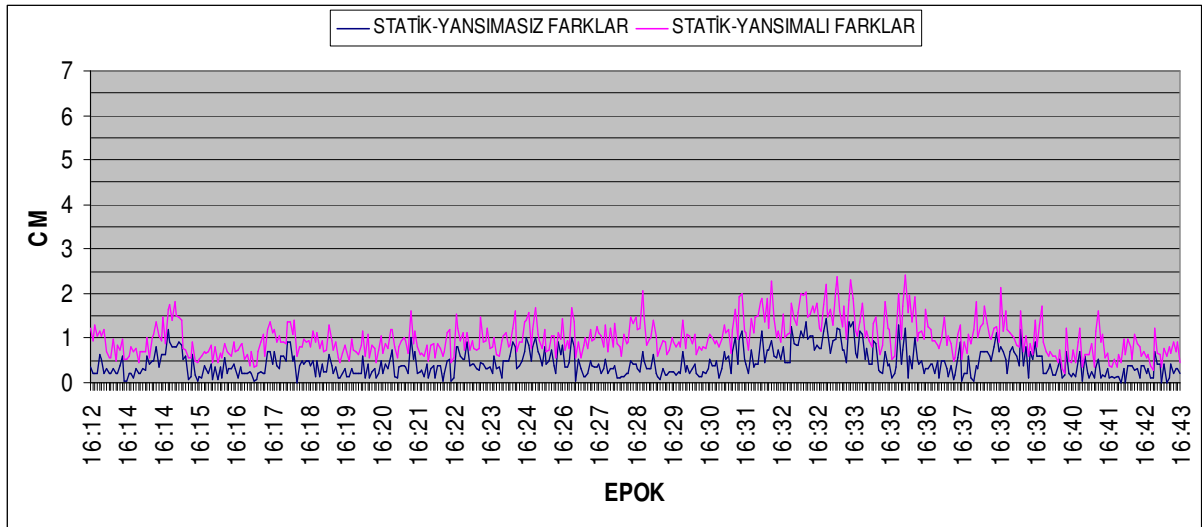
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.94'te, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.95'de gösterilmiştir.



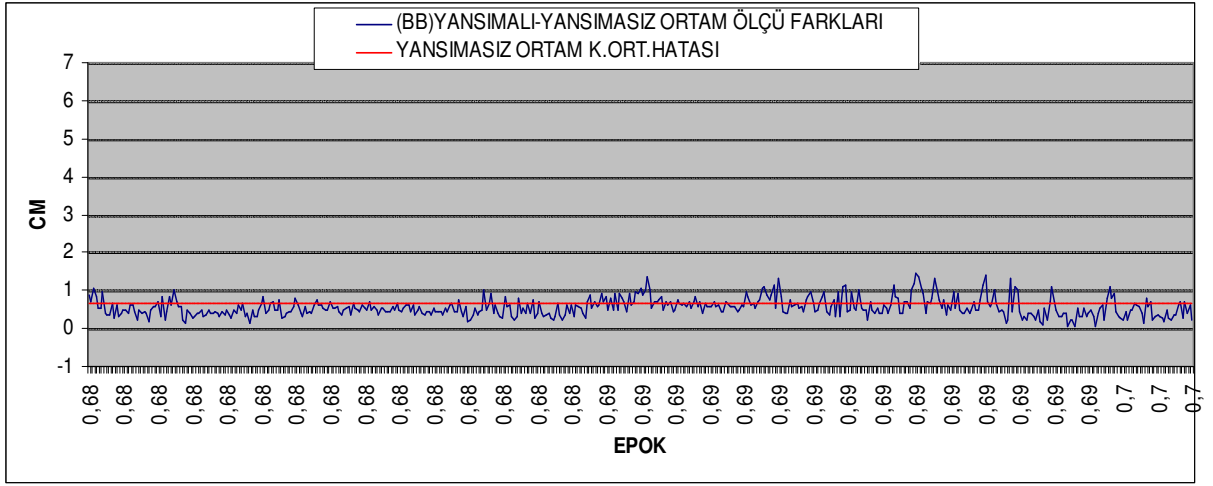
Şekil 4.93 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu (BB-40m).

Çizelge 4.49 BB-40m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0049	0.0036
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0079	0.0044
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0050	0.0004



Şekil 4.94 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



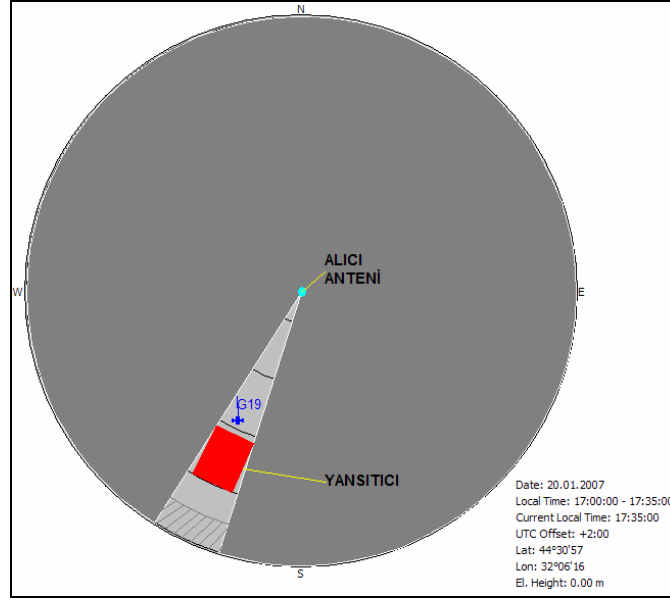
Şekil 4.95 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.50 BB -40m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
0,6792	16:14:42	16:15:30	UYGUN DEĞİL	43,00%	0	25%
	16:23:41	16:28:18	UYGUN DEĞİL		0	
	16:31:48	16:39:26	UYGUN		2	

4.4.9 50m Deki Yansima Geometrilerinin Değerlendirilmesi

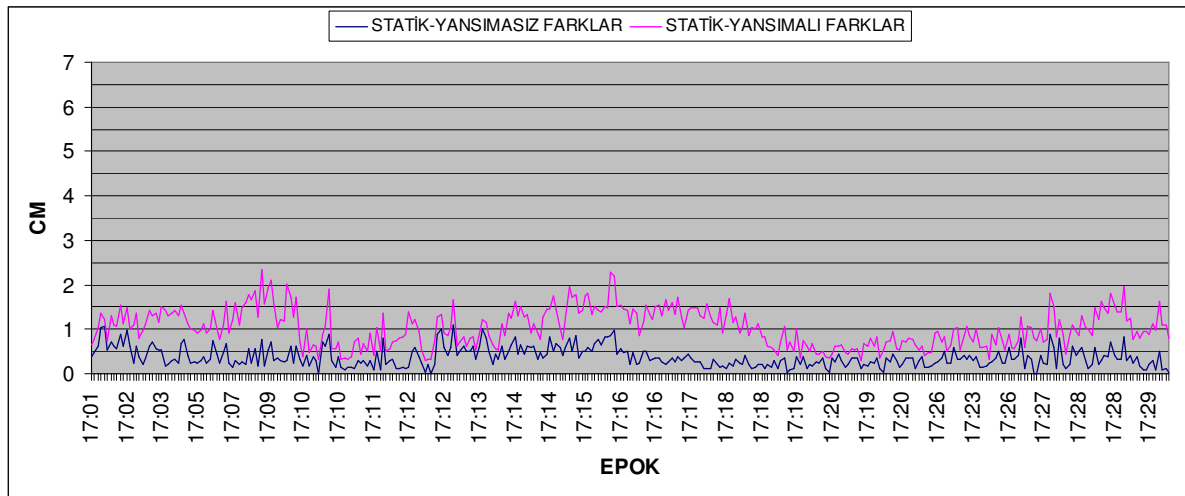
Uygulamada 50m mesafe için F yerden, BA yandan ve BB bileşik yansima geometrileri oluşturulmuştur. F yansima geometrisinde ikinci test 54 m² 'lik yansıtıcı güney-batı yönünde merkezden 40 m kaydırılarak yapılmıştır. 17:29:32 saatinde ölçüye başlanıp 17:58:02 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 40 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.51), (Çizelge 4.52)'de verilmiştir. Şekil 4.96'da ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir. Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasız koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.97'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasız ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.98'de gösterilmiştir.



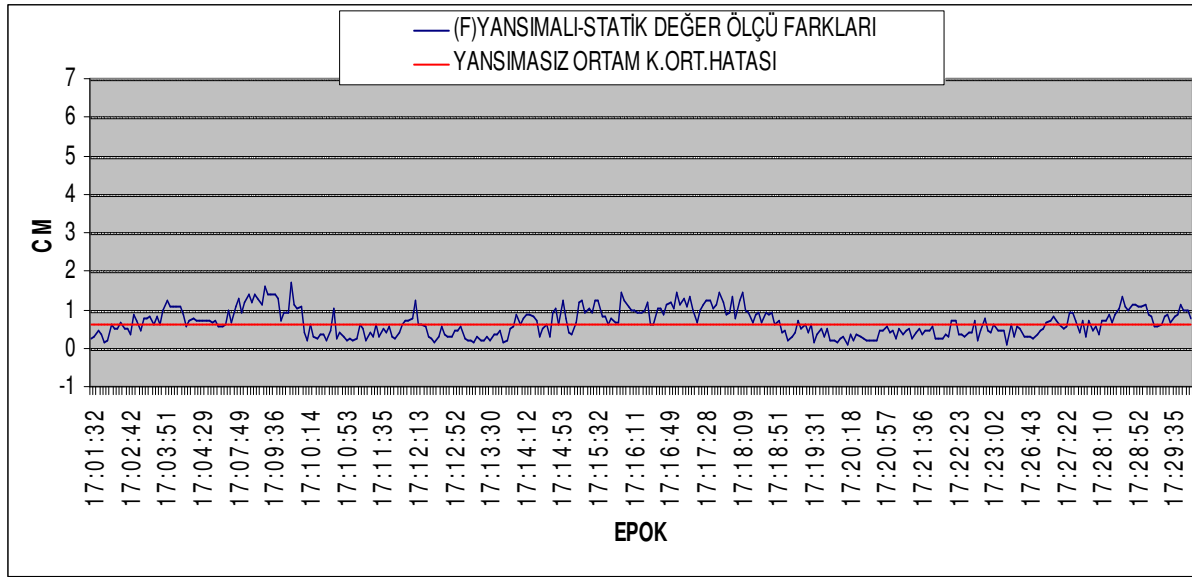
Şekil 4.96 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(F-50m).

Çizelge 4.51 F-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

F Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0054	0.0033
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0066	0.0038
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0029	0.0003



Şekil 4.97 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



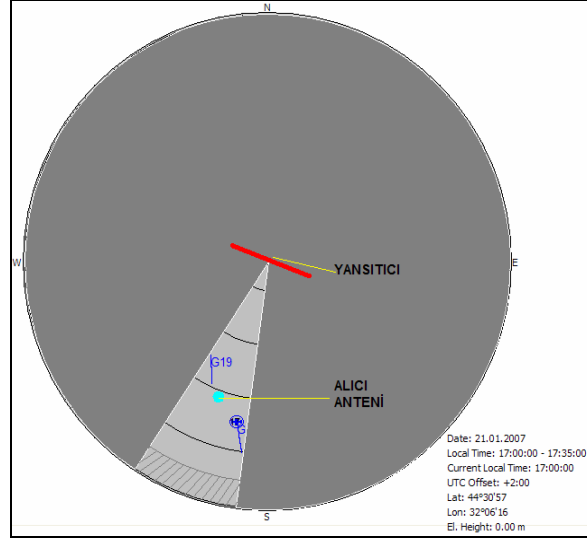
Şekil 4.98 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.52 F -50m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATALI ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,0986	17:03:51	17:10:07	UYGUN DEĞİL	37,87%	0	0%
	17:14:19	17:18:19	UYGUN DEĞİL		0	
	17:28:31	17:29:03	UYGUN DEĞİL		0	

BA yansima geometrisinde ikinci test 36 m² 'lik yansitici kuzeydoğu yönünde merkezden 50 m kaydırılarak yapılmıştır. 17:26:06 saatinde ölçüye başlanıp 17:57:42 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 50 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.53), (Çizelge 4.54)'de verilmiştir. Şekil 4.99'da ölçüm aralığındaki uydu-yansitici-alıcı geometrisi görünmektedir.

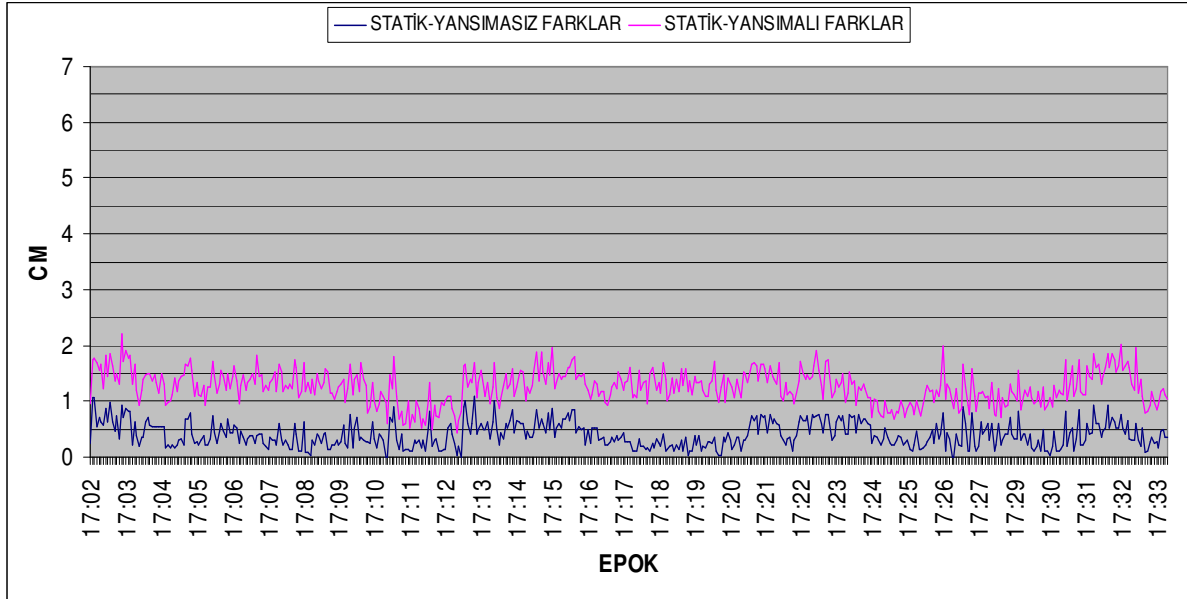
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.100'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.101'de gösterilmiştir.



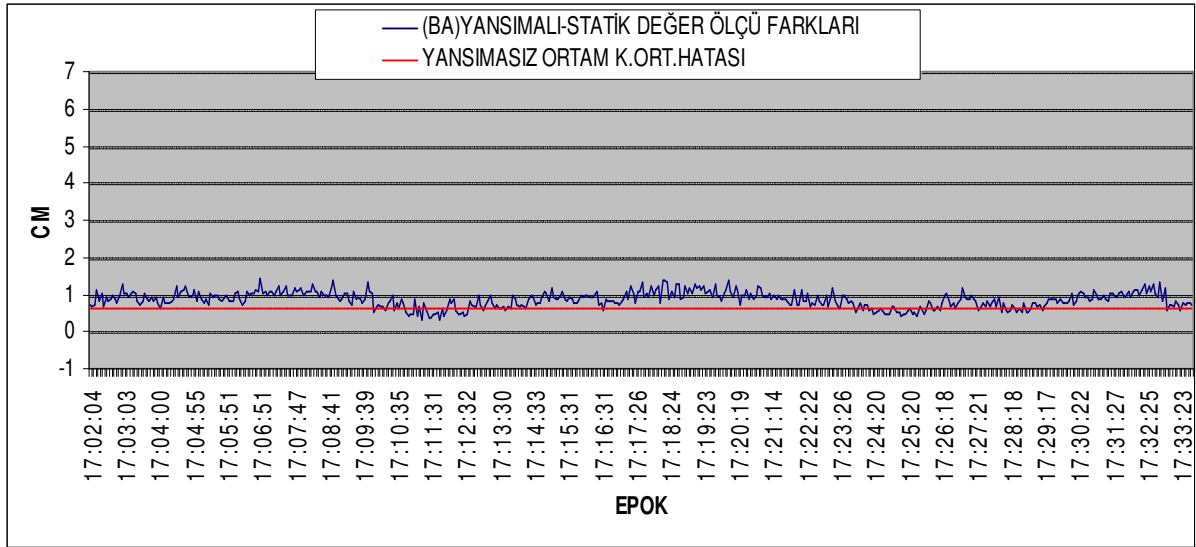
Şekil 4.99 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BA-50m).

Çizelge 4.53 BA-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BA Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0062	0.0068
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0070	0.0076
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0032	0.0006



Şekil 4.100 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



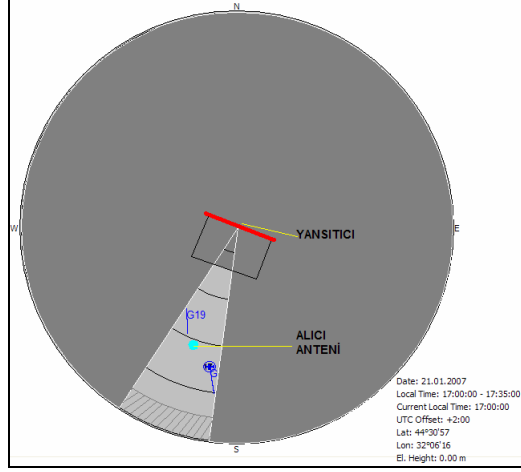
Şekil 4.101 Yansımali ölçü grubu ile yansimasiz ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.54 BA -50m yansima geometrisi ölçüleri sonuçlar.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
0,8161	17:02:04	17:09:55	UYGUN DEĞİL	54,66%	0	3%
	17:17:22	17:23:30	UYGUN		1 (Elev. Mask'ın altında)	
	17:26:26	17:27:21	UYGUN DEĞİL		1(Uydu geometriye yakın)	
	17:30:26	17:32:50	UYGUN DEĞİL		0	

BB yansima geometrisinde test 36 m² 'lik dikey yansıtıcı ve 54 m² 'lik yatay yansıtıcı yüzey kuzeydoğu yönünde merkezden 50 m kaydırılarak yapılmıştır. 17:23:17 saatinde ölçüye başlanıp 17:55:26 saatinde son verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında 50 m ölçülerinden elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.55), (Çizelge 4.56)'da verilmiştir. Şekil 4.102'de ölçüm aralığındaki uydu-yansıtıcı-alıcı geometrisi görünmektedir.

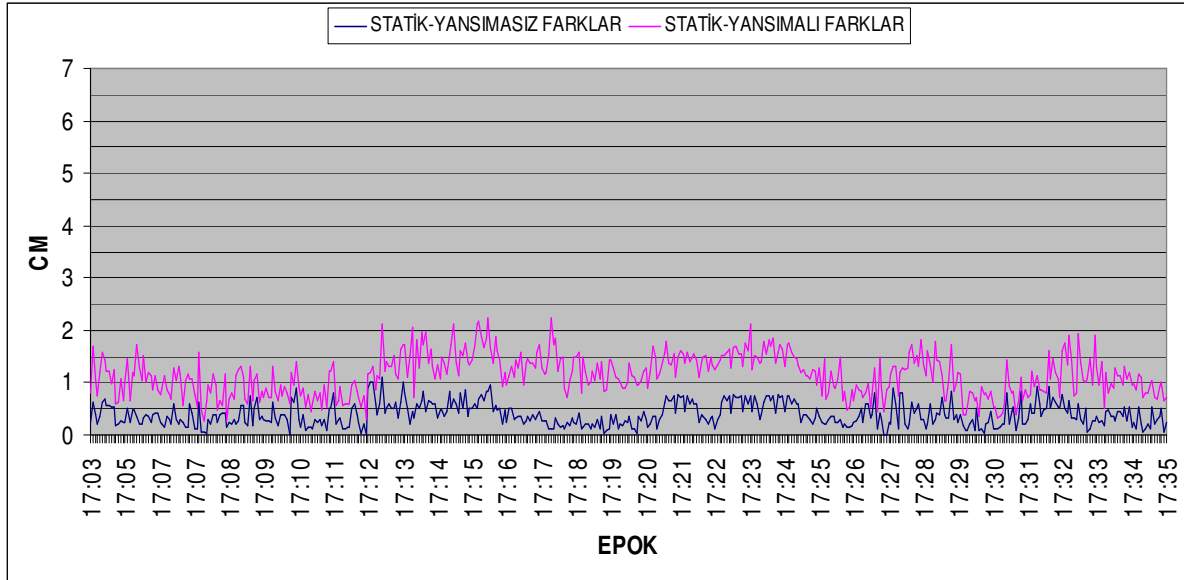
Ölçü grubuna ait yansımali ve yansimasiz koordinatların statik değerden olan sapma (hata) miktarları Şekil 4.103'de, Yansımali-Statik değer farklarının yansimasiz ortam karesel ortalama hatası ile ilişkisi ise Şekil 4.104'de gösterilmiştir.



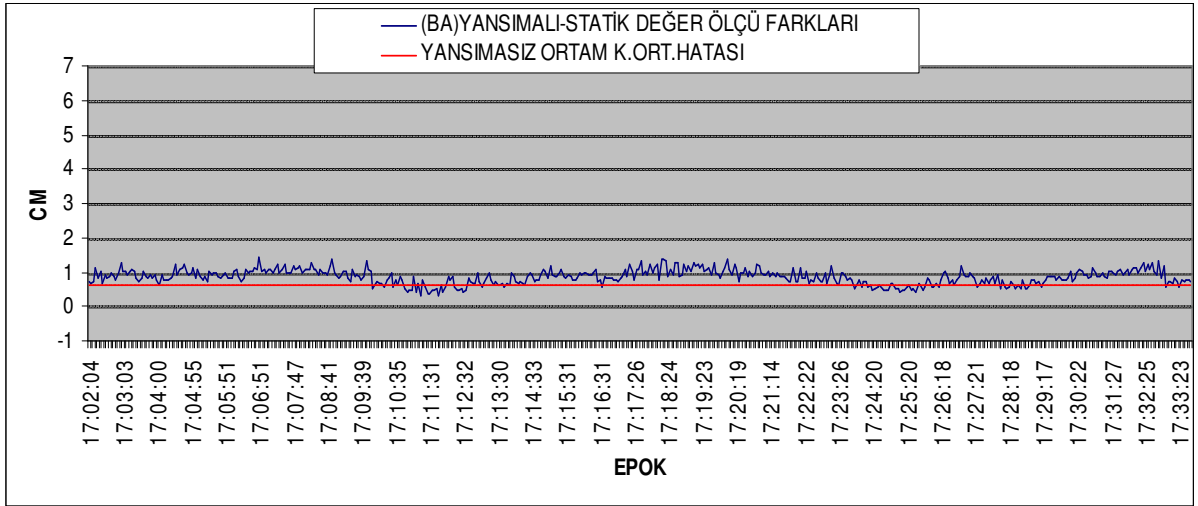
Şekil 4.102 Ölçü anındaki Uydu-Yansıtıcı-Alıcı durumu(BB-50m).

Çizelge 4.55 BB-50m Yansıma geometrisi ölçüleri verileri.

BB Geometrisi Merkez Ölçüleri	Yatay (m)	Düşey (m)
Yansımali- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0064	0.0044
Yansımali- referans ile elde edilen karesel ort. hata	0.0078	0.0057
Referans- statik ile elde edilen karesel ort. hata	0.0037	0.0011



Şekil 4.103 Ölçü gruplarının statik değerden farkları.



Şekil 4.104 Yansımali ölçü grubu ile yansimasız ortam karesel ortalama hatası.

Çizelge 4.56 BB -50m yansima geometrisi ölçüleri sonuçları.

EN BÜYÜK HATA DEĞERİ (CM)	HATA ZAMAN ARALIKLARI		YANSIMA GEOMETRİSİ	HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ	YANSIMAYA ETKİ EDEBİLECEK UYDU SAYISI	YANSIMA HATALI ÖLÇÜ ZAMANI YÜZDESİ
1,4851	17:03:18	17:09:15	UYGUN DEĞİL	63,99%	1 (Yansima geometrisine yakın)	45%
	17:13:11	17:25:51	UYGUN		1 (Elev. Mask'ın altında)	
	17:27:55	17:28:49	UYGUN		1 (Elev. Mask'ın altında)	
	17:32:21	17:33:23	UYGUN		1 (Elev. Mask'ın altında)	

4.5 GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

4.5.1 Yansıtıcı Alıcı Durumuna Göre Hata Değişimi

Elde edilen veriler ışığında önceki kısımlarda sunulan analizleri genel olarak değerlendirmek yararlı olacaktır. Her yansıtıcı alıcı uzunluğunda Yansımali ve yansimasız ölçü farklarından elde edilen ölçü hataları ardışık olarak eklenir ve incelenirse uygulama boyunca yansıtıcı-alıcı konumlarına göre hata miktarları hakkında fikir sahibi olunabilir(Şekil 4.105, Şekil 4.106, Şekil 4.107).

Yaklaşık 4000 elemanlı bir hata grafiğinin anlaşılması kolay olmamaktadır, bu nedenle grafiklerin okunabilirliğinin artırılması için sadeleştirilmesi gereklidir.

Şekil 4.105’de görülen hata grafiği ardışık her 30 hatanın hareketli ortalaması alınarak daha anlaşılır biçime dönüştürülür ve sadeleştirilir ise Şekil 4.106 grafiği elde edilmektedir. Bu sayede hata büyüklükleri daha iyi anlaşılacaktır.

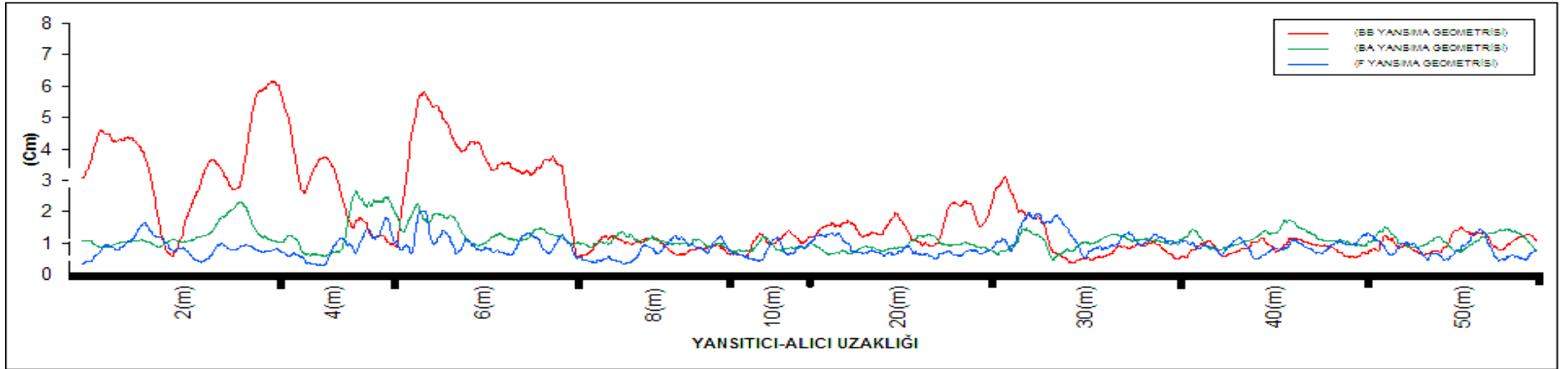
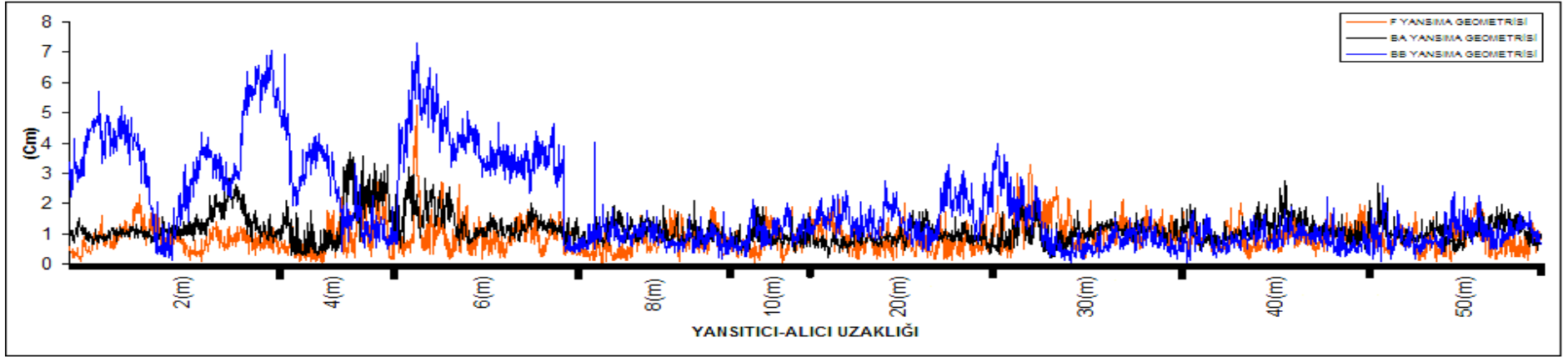
Bununla birlikte yansıtıcı-alıcı uzaklığına göre hata değişimleri hakkında bilgi edinebilmek ve serinin genel eğilimini görebilmek için, tüm hataların 5inci dereceden polinomal fonksiyonu oluşturularak elde edilen genel hata eğilimi Şekil 4.107’de açıkça görülmektedir.

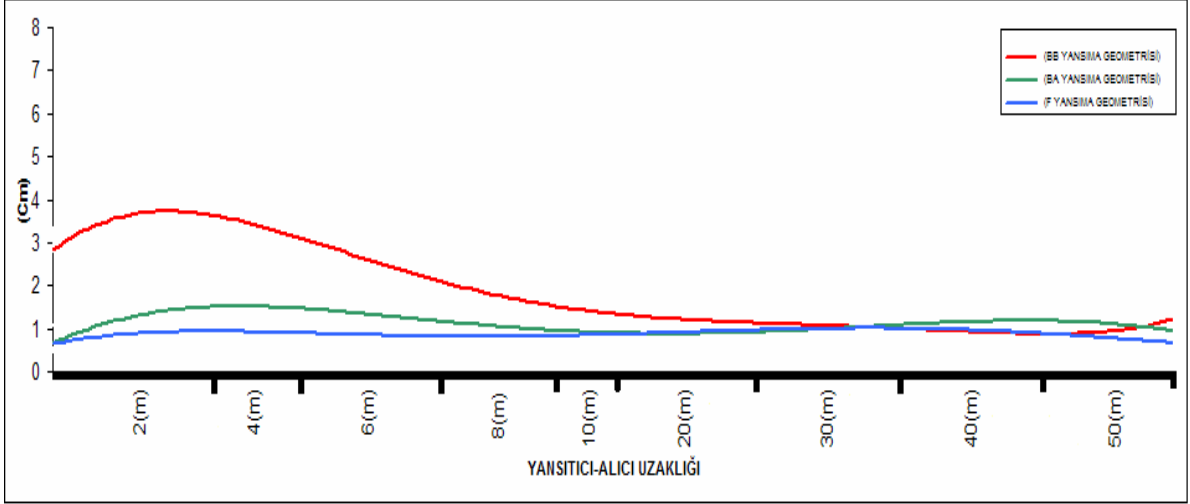
F yansıma geometrisinde ilk 4m ve 40m mesafelerinde anlamlı bir hata artışı olmakla birlikte hata miktarı 2cm’ yi geçmemektedir. 30m mesafeden sonra ise hata miktarları ortalama 1cm’nin altına inmektedir (Şekil 4.106).

BA yansıma geometrisinde ilk 6m ve 20-30m arasında anlamlı bir hata artışı olmakla birlikte hata miktarı 3cm’ yi geçmemektedir. 40m mesafeden sonra ise hata miktarları ortalama 1cm’nin altına inmektedir (Şekil 4.106).

BB yansıma geometrisinde ilk 6m ve 10-30m arasında anlamlı bir hata artışı olmakla birlikte hata miktarı 5.5cm’ yi bulmaktadır. 30m mesafeden sonra ise hata miktarları ortalama 1cm’nin altına inmektedir (Şekil 4.106).

Tüm geometriler için dikkat çeken durum hata miktarlarının ilk 4-6m mesafede en yüksek değerlere ulaşması ve devam eden 30-40m mesafelerden sonra ise 1cm civarında olmasıdır (Şekil 4.107). Bu durum uygulamanın başında açıklanan artık sinyal yolunun uzaması ile hata miktarlarının da artış gösterebileceği ön görüşünü tamamen geçersiz kılmaktadır.





Şekil 4.107 Yansıtıcı-alıcı mesafesine göre yansımali ölçü grubu ile yansısız ortam farkları (5inci dereceden polinomal eğilimi).

4.5.2 Karesel Ortalama Hatalar Ve Hata Oluşma İhtimalleri

GZK ölçü yönteminde gezici alıcının koordinatları statik olarak belirlenen sabit bir noktada sürekli olarak ölçü yaptığı bir durumda, alıcının yansısız ortam ve yansımali ortam karesel ortalama hataları Çizelge 4.57’de görülmektedir.

Çizelgede karesel ortalama hatalar, yansımali ve yansısız ortamda elde edilen kartezyen koordinatların, statik koordinattan olan farkları ile elde edilmiş ve toplam konum hatasının karesel ortalama hatası olarak sunulmuştur. Çizelgeden farklı yansıtıcı alıcı mesafesinde ve geometrisinde sinyal yansımalarının ölçü gruplarındaki karesel ortalama hataları rahatlıkla görülmektedir. Farklara bakılacak olursa hemen her geometri ve mesafede, karesel ortalama hatadaki artış göze çarpmaktadır.

Çizelge 4.57'deki karesel ortalama hataların hesabında (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) eşitlikleri kullanılmıştır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{YANSIMALI}} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{STATİK}} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}_{\text{YANSIMALI}} \quad (4.1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{YANSIMASIZ}} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{STATİK}} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}_{\text{YANSIMASIZ}} \quad (4.2)$$

$$v = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad (4.3)$$

$$M_0 = \sqrt{\frac{\sum vv}{n-u}} \quad (4.4)$$

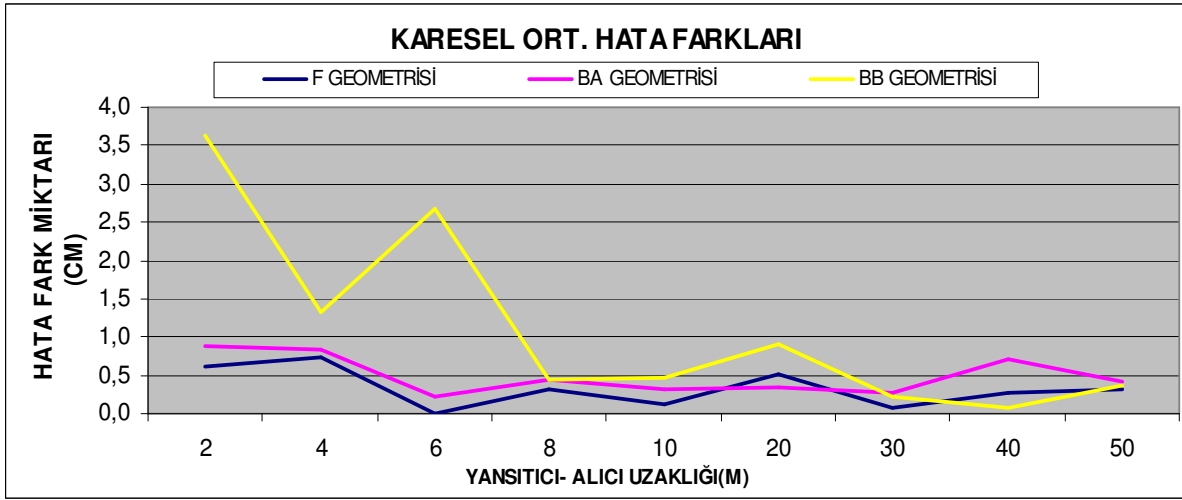
V: Hata Vektörü (Mutlak Konum Hatası),

M₀: Hata Vektörleri Karesel Ortalama Hatası,

Çizelge 4.57 Yansımaz ortam ve yansmalı ortam karesel ortalama hataları.

YANSITIC IALICI MESAFESİ (M)	F (cm)			BA (cm)			BB (cm)		
	(X)	(L)	FARK (L-X)	(X)	(L)	FARK (L-X)	(X)	(L)	FARK (L-X)
2	0,2949	0,8971	0,6022	0,2854	1,1777	0,8923	0,2773	3,9144	3,6371
4	0,7255	1,4599	0,7345	0,7973	1,6422	0,8449	0,7295	2,0557	1,3262
6	0,9412	0,9446	0,0034	0,7869	1,0073	0,2204	0,8255	3,4956	2,6701
8	0,5962	0,9187	0,3225	0,5868	1,0199	0,4331	0,5859	1,0325	0,4466
10	0,5607	0,6932	0,1325	0,5638	0,8946	0,3308	0,5559	1,0281	0,4722
20	0,6215	1,1384	0,5169	0,6392	0,9757	0,3365	0,6374	1,5547	0,9172
30	0,7289	0,8067	0,0778	0,7136	0,9895	0,2759	0,7047	0,9222	0,2175
40	0,5108	0,7822	0,2715	0,5346	1,2346	0,7000	0,5319	0,6053	0,0734
50	0,4350	0,7477	0,3127	0,4591	0,8842	0,4251	0,4470	0,8194	0,3724
X=YANSIMASIZ ORTAM KARESEL ORT HATASI									
L=YANSIMALI ORTAM KARESEL ORT. HATASI									

Çizelge 4.57'deki farklar bir grafikte gösterilecek olursa yansıma hatasının koordinat değerlerine yapmış olduğu etki en güzel biçimde anlaşılabilir (Şekil 4.108).



Şekil 4.108 Yansımali ölçü grubu ile yansısız ölçü grubu karesel ortalama hatası farkları.

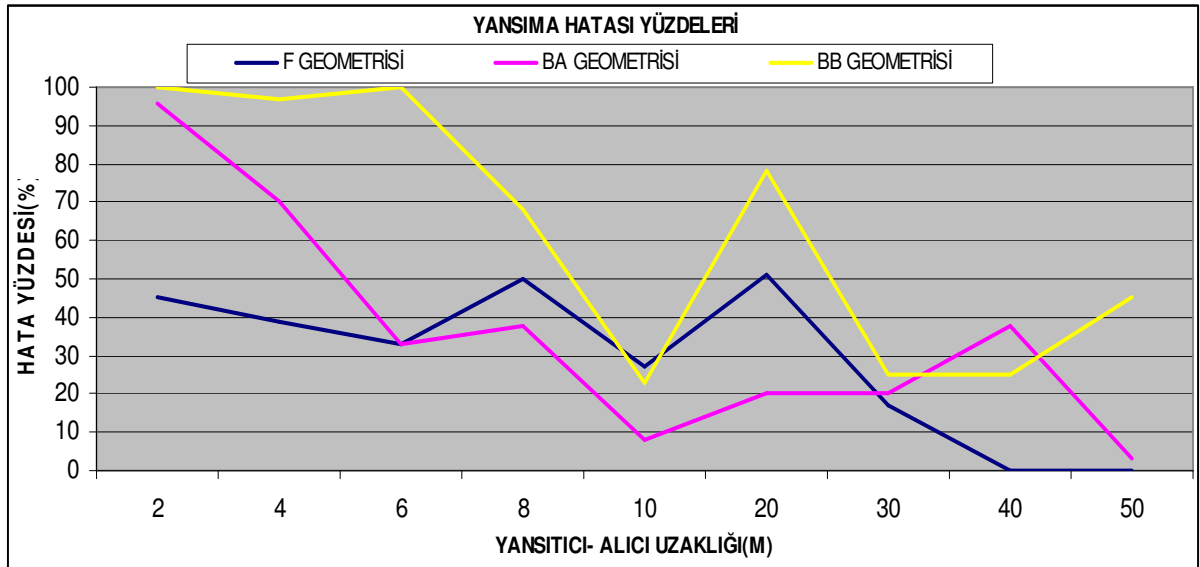
Şekilden de anlaşılacağı üzere F geometrisi için ortalama hatalar 0.8cm sınırını aşmamakla beraber (Şekil 4.108) yansıtıcı-alıcı mesafesinin 20m olduğu durumda bile hatanın var olduğu görülmektedir. Bu uzaklıktan sonra hatanın oluşmayacağını düşünmek doğru değildir, Şekil 4.109'da görüldüğü üzere yansıtıcı – alıcı uzaklığının artması ile birlikte ortalama 30 dakikalık ölçü süresinde tüm geometriler için yansıma hatalı ölçü yapma olasılığında anlamlı bir azalma meydana gelmektedir.

BA yansıma geometrisinde hata miktarları 1cm sınırında olup (Şekil 4.108) ilk 6m mesafede hata miktarları hem büyük hem de ölçü periyodunun büyük bir kısmını kaplamaktadır. BA geometrisi için 40m mesafede elde edilen ölçülerdeki hata miktarlarının ilk 10m mesafede elde edilen hatalardan farkının olmaması yansıma hatası büyüklüğünün yansıtıcı – alıcı uzaklığının değişimi ile herhangi bir bağıntı olmadığını göstermektedir.

BB yansıma geometrisi için elde edilen sonuçlar deneyde görülen en çarpıcı sonuçlardır. İki geometrinin bileşiminden oluşan geometrinin diğer iki geometriye benzer özellikler göstermesi beklenirken sözü edilen geometrilerden tamamen bağımsız bir özellik göstermiştir. İlk 6m içinde hata büyüklüklerinde ve ortalama hatalarda 4cm lik değerler meydana gelmekle birlikte (Şekil 4.108) 30 dakikalık ölçü periyodunda SY hatalı ölçü yapma ihtimalleri 100% dir(Şekil 4.109). Bu durumun alıcı anteninin iki panelin oluşturduğu tehlikeli bölgede

kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu tehlikeli bölgeye “**Artık Sinyal Tehlikeli Bölgesi**” (ASTB) adı verilmiştir. Bu geometride hata oluşma ihtimalleri ve miktarları diğer iki geometriye oranla tüm mesafelerde daha yüksektir.

Yansıma hatasının tüm etkilerini anlayabilmek için sadece koordinatlara yapmış olduğu etkinin bilinmesi yeterli değildir. Hatanın karakteristiği gereği, ölçü alanında yansıtıcı özellikte cisimler olsa bile ölçülerde SY hatası olacağı kesin değildir. Bu nedenle deney sırasında oluşturulan 30 dakikalık GZK gruplarında, SY hatalı ölçü sayısının bilinmesi bizlere hatanın oluşabilme ihtimali hakkında yaklaşık bir bilgi verecektir. Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse; 30 dakikalık ölçü periyotunda toplanan GZK koordinatı sayısı (n) 500 olsun, bu 500 ölçü içinde sinyal yansımali ölçü sayısı (u) 200 ise, 30 dakikalık periyot için hatalı ölçü yapma olasılığı n/u ($200/500= 0.4=\%40$) olacaktır. Bu durumda 30 dakikalık bir GZK ölçüsünde bahsi geçen şartlar sağlanırsa elde edilecek her 10 ölçüden 4’ünün SY hatalı olabilme ihtimali vardır. Elde edilen veriler ışığında SY hata ihtimalleri bir grafik ile gösterilmektedir (Şekil 4.109).



Şekil 4.109 Ölçü gruplarında meydana gelen hatalı ölçü yüzdeleri.

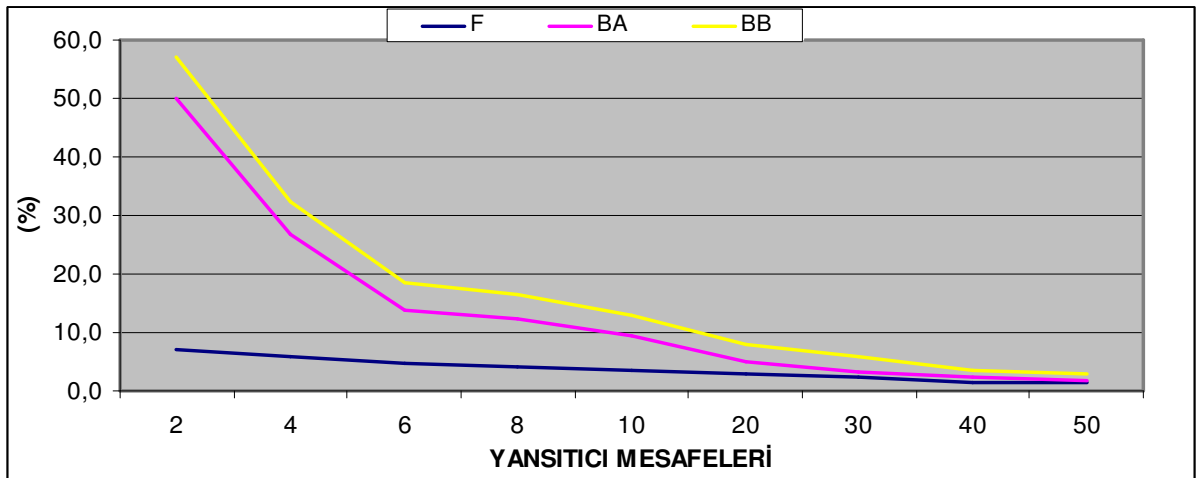
Sinyal yansıma hatasının oluşabileceği düşünülen bir ölçü bölgesi için bir ön araştırma yapmak gerekirse; sinyal yansıma geometrilerinin bilinmesi gereklidir. Bunun için en basit şekilde yansıtıcı büyüklüğüne göre “**sinyal yansıma hatası oluşturabilecek üç boyutlu gökyüzü bölgesi**” oluşturulmalıdır. Bölgenin sınırları uydu azimut ve yükseklik açıları ile

tanımlanabilir ve bölüm 3.3.3'te verilen lineer yansıma esaslarına göre belirlenebilir. Bu sınırlar içinde kalan uydular SY hatası oluşturabilme potansiyeli taşıyacaktır.

Uygulama sırasında oluşturulan F geometrisinde kullanılan 54m^2 'lik yatay yüzey ve BB, BA geometrilerinde kullanılan 36m^2 'lik dik yüzey için gökyüzü tehlikeli sınırları Şekil 4.107'de, tüm gökyüzü bölgesinin sinyal yansıma hatası oluşturabilecek üç boyutlu gökyüzü bölgesine oranı ise Çizelge 4.58'de görülmektedir. Bu oran sayesinde, ölçü bölgesinde sinyal yansıma hatasının oluşma ihtimalleri hakkında bilgi sahibi olunabilir.

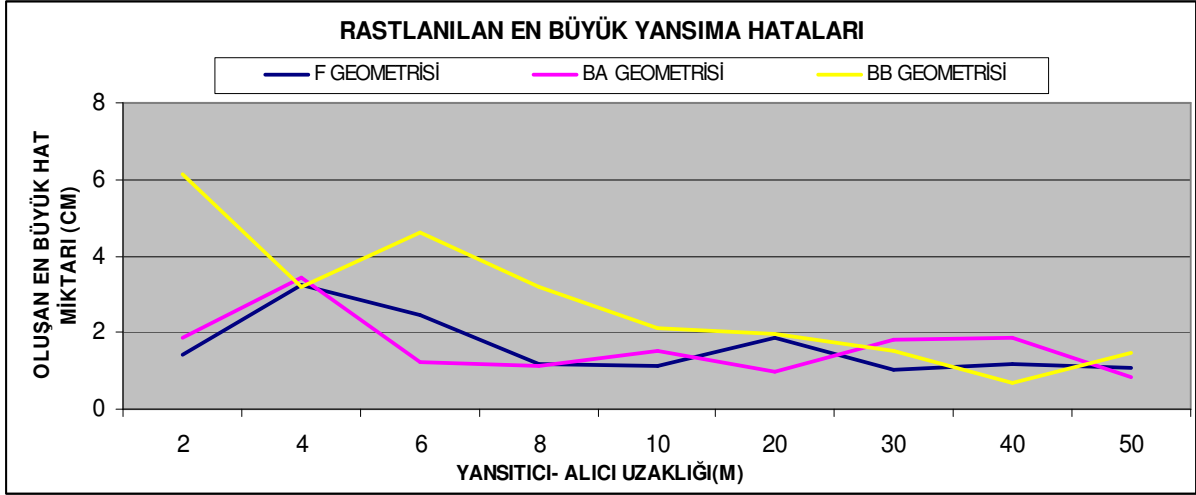
Çizelge 4.58 Yansıtıcı alıcı mesafesine göre gökyüzü tehlikeli bölge oranları.

YANSITICI MESAFELERİ(m)	F(%)	BA(%)	BB(%)
2	6,9	50,0	56,9
4	5,8	26,7	32,5
6	4,7	13,9	18,6
8	4,2	12,2	16,4
10	3,6	9,4	13,1
20	3,1	5,0	8,1
30	2,5	3,3	5,8
40	1,4	2,2	3,6
50	1,4	1,7	3,1



Şekil 4.110 Yansıtıcı alıcı mesafesine göre gökyüzü tehlikeli bölge oranları grafiği.

Bu bölümde sunulan tüm sonuçların dışında, sinyal yansımasının ölçülerde meydana getirdiği maksimum hata miktarının bilinmesi gündelik uygulamalarda karşılaşılabilecek SY problemlerinin çözümünde fayda sağlayacaktır. Bu bağlamda deney sırasında ölçü grupları içinde karşılaşılan en büyük salt SY hataları Şekil 4.111’de görülmektedir.



Şekil 4.111 Ölçü gruplarında rastlanılan en büyük hatalar.

Deney sırasında ölçü periyotlarında rastlanılan en büyük hata miktarı yansıtıcı alıcı uzaklığı ile orantılı olarak azalmaktadır. İlk 10m’lik mesafede en büyük hataya sırasıyla BB, BA, F geometrilerinde rastlanılırken bu mesafeden sonra ise tüm geometrilerde yaklaşık aynı büyüklükte hata ile karşılaşılmıştır.

Bu bölümde deney sonucu elde edilen veriler ışığında hataya ilişkin parametrelere (Yansıtıcı- alıcı mesafesi, geometri) göre gözlemlenen durumlar, En büyük hata, K.ort hata, hata olasılıkları olarak sunulmuştur.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojideki gelişmeler ve cm duyarlılık anlık koordinat ihtiyacı GPS yönteminin farklı uygulamalarından biri olan GZK GPS'nin doğmasına neden olmuş, böylelikle bu yöntem özellikle mühendislik ve deformasyon ölçmeleri gibi jeodezik ölçmelerin çoğunda geniş kullanım alanı bulmuştur. Cm duyarlılık ölçü vaat eden yöntem ile bu hassasiyete ulaşabilmek için, mutlaka GPS hata kaynaklarından arındırılmalıdır. Bu hata kaynaklarından biri de şüphesiz ki “Sinyal Yansıma Hatası”dır.

Sözü edildiği gibi sinyal yansıma hatası (Multipath) alıcıya ulaşan sinyalin genliğine, faz dalgalanmalarına ve alınan artık sinyalin gücüne bağlıdır. Yansıyan sinyal dalgaları gerçek sinyal fazının dışında olduğunda alıcıda sinyal azalması meydana gelir. Bu tip bir azalmaya sinyal yansıma kesilmesi denir. Taşıyıcı sinyallerin yansımaları alıcıya değişik zamanlarda ulaşabilir, böylelikle alıcı mevcut uzun ya da kısa dalga boyunu algılayamaz bu durumda izlenen uydu kanalında zaman genişlemesi tabir edilen durum oluşur ve (Multipath) sinyal gecikmesi olarak adlandırılır (Kim and Langley 2001).

Yansıma hatası uydu-alıcı-yansıtıcı geometrisi ile doğrudan ilintilidir (Hannah 2003). Kuramsal sinyal yansıma için üç ana yansıma biçimi tanımlanmıştır. F biçimi, yeryüzüne paralel ve alıcı antenin altından gelen GPS sinyalinin kuramsal yansımasını tanımlar.

BA biçimi, GPS antenin yanına konumlanmış düşey bir yansıtıcıdan, antenin ortasından geçen yatay düzlemin yukarısından ulaşan geri yansımış sinyalin sebep olduğu, kuramsal yansımayı tanımlar.

Son olarak BB biçimi, her iki geometrinin bileşimi olmakla beraber antenin içerdiği yatay düzlemin altından gelen, kuramsal yansımanın bir ileri ve bir geri bileşenini içeren çift yansımış sinyali tanımlar.

Sinyal yansıma hatası doğrudan uydudan alınan sinyal ile herhangi bir yansıtıcı yüzeyden alınan sinyalin anten faz merkezine aynı anda ulaşması ile oluşan bir hata türü olması, bu hatanın hafifletilmesi için anten faz merkezinin yansıyan sinyallerden korunması fikrini doğurmaktadır. Bu amaçla günümüzde özel anten türleri tasarlanmış olup, anten bazlı koruma yöntemleri ile hatanın belli oranlarda azaltılması başarılmıştır.

Bu çalışmada, sinyal yansıma hatasının GZK GPS’de meydana getirebileceği hata ve hata miktarları üç ana yansıma geometrisi için incelenmiş ve nokta konumlarına etkisini belirleyebilmek için bir uygulama yapılmıştır.

Bu uygulama aşamasında kullanılan test materyalleri ve metotları ayrı ayrı açıklanmış ve elde edilen sonuçların ayrıntılı analizi bir önceki bölümde belirtilmiştir.

Uygulama kapsamında izlenen durumlar;

- Yansıtıcı yüzeyin antene olan uzaklığı (d)
- GZK yönteminde yansıma hatasının üç boyutlu konuma olan etkisi (m_o)
- Gözlem anında uydulara ait yükseklik ve azimut açıları (θ_e, θ_a)
- Yansıma geometrileri (F, BA, BB)

Üç ana geometride (F, BA, BB) yapılan her ölçümde, uydulara ait yükseklik ve azimut açıları (θ_e, θ_a) sabit tutularak anten-yansıtıcı yüzey mesafesi (d) parametresi değiştirilmiştir. Böylece referans ölçü ile yansımali ölçülerden yararlanılarak hatanın büyüklüğü, farklı yansıma geometrilerinde ve farklı yansıtıcı-alıcı uzaklıklarında elde edilen ölçülerden de hatanın bu parametrelere göre değişimi incelenmiştir.

Uygulama kapsamında GZK ölçümlerinin yanı sıra statik ölçüm sonuçları da elde edilmiştir. İlk olarak hiçbir yansıtıcı yüzeyin olmadığı deney ortamında referans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Statik koordinat doğru kabul edilerek bir sonraki günler yapılan yansımatsız ve yansımali ölçüm ile karşılaştırılarak hatanın miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Sonuçlar değerlendirilirken X Y Z yönlerindeki her bir sapma miktarı hem yansımatsız hem de statik değerler açısından incelenmiştir. Yansımali ve yansımatsız hata vektörü farkları;

$$V = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad (5.1)$$

V sinyal yansıma hatası olarak değerlendirilmiştir. Deney noktası için en doğru konum bilgisi statik yöntemle elde edilen koordinatlar kabul edilip bu koordinatlar nokta için kesin değer kabul edilmiştir.

Uygulama sonucu olarak GZK GPS uygulamalarında sinyal yansıma hatasının varlığı kaçınılmaz olduğu gibi büyüklük olarak yansıtıcı yüzeye ve geometriye göre farklılık gösterdiği ve özellikle de bileşik yansıma (BB) geometrisinde yatayda 3cm'lik ortalama hataya sebep olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, bileşik yansımali ortamın alıcıya 2m mesafede olduğu ölçülerinde hata miktarının 5,5 cm 'yi bulduğu tespit edilmiştir. Teorik olarak SY hatasının büyüklüğü 5 cm'den büyük olamaz (Braasch and Graas 1991). Bu durumda yakın mesafelerde elde edilen 5cm üzeri hataların net SY hatası olarak görülmemesi gerekir. Her ne kadar uygulama yönü seçilirken izlenen uydu sayısına etki etmemesi düşünülse de alıcının yansıtıcı yüzeye fazla yakın olması ve izlenen açık gökyüzü bölgesinin kapanmasıyla DOP değerinin artması 5cm üzeri hataların kaynağı olarak görülebilir.

“Yansıtıcı-alıcı mesafesinin 30m altında olduğu durumlarda alıcı bazlı yansıma hatası ayıklama tekniklerin hiçbirinde başarılı sonuç alınamadığı gözlenmiştir” (Weill 1997).

Sözü edilen durum uygulama sırasında da gözlenmiştir. Şekil 4.105, Şekil 4.106, Şekil 4.107, Şekil 4.108, Şekil 4.109' a bakıldığında, SY hatası için 30m mesafeden sonra anlamlı bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Uygulanan üç farklı yansıma tipinde sinyal yansımasının en etkili olduğu geometri bileşik yansıma(BB) olurken, etkisinin en az olduğu geometri ise yerden yansıma (F) olarak bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde düşey yöndeki en yüksek hataya yandan yansımali (BA) ortamın alıcıya 4 m. uzaklığında olması durumunda ulaşılmıştır. Uygulamada görülen bir diğer husus da sinyal yansıma hatasının rast gele oluşabilme durumudur. Yansıtıcı-alıcı mesafesinin uzaması ile hatanın oluşma ihtimalleri doğru orantılı olarak azalmıştır. Bölüm 3.3.3'te GPS alıcısının, yansıtıcı yüzeye 160-220m olduğu mesafelerde SY hatasının meydana gelmeyeceğinden bahsedilmişti. Bu mesafelerin geçerliliği seçilen maksimum yansıtıcı-alıcı

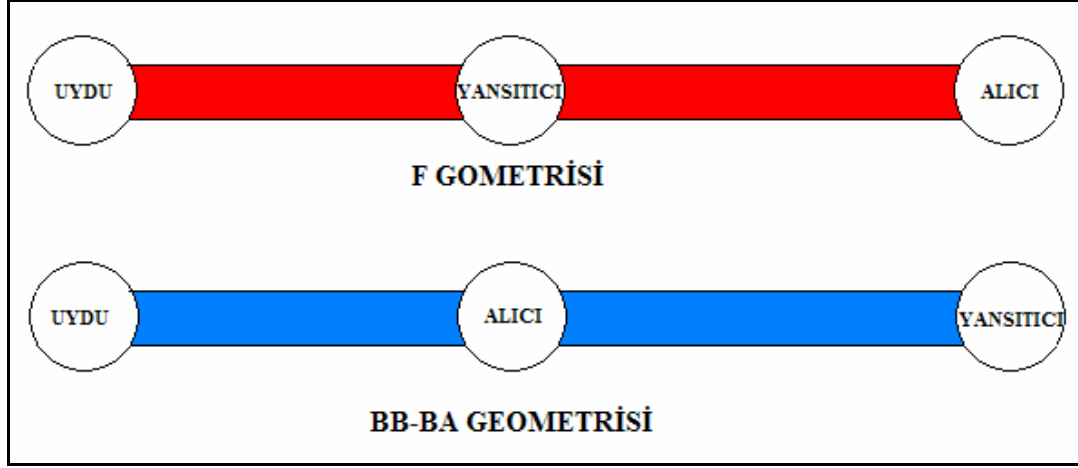
uzaklığı olan 50m nedeni ile test edilememiştir. 250m veya üzeri yansıtıcı-alıcı mesafelerinde uygulamanın tekrar yapılmasında fayda görülmektedir.

Uygulamada oluşturulan geometri ve kullanılan materyaller ile elde edilen yansıma hatası ideal bir yansıma durumu değildir. Diğer bir ifadeyle, alıcı deney sırasında uç noktalarda zorlanmıştır. Bununla birlikte, kullanılan materyal (galvanizli sac levha) yansıtma katsayısı en yüksek materyaldir. Bu bakımdan düşünüldüğünde deney ile benzer nitelikte koşulların oluşması yine özel bölgelerde mümkündür (inşaat alanları, liman konteynerleri, vinç ve endüstri bölgeleri gibi).

Uygulama açısından bakıldığında bu tür olağanüstü durumlarda karşılaşılabilecek en büyük yansıma hatası yatayda 3–4cm, düşeyde ise 1-2cm kadardır. Bunun dışında normal bir şehir içi bölgede, gökyüzünün açık (sinyal kesintisine neden olacak cisimlerden arınmış) olduğu ve ideal bir uydu dağılımında sinyal yansıma hatasının nokta konumlarını etkileyeceği büyüklük en fazla 1-3cm civarındadır(Şekil 4.106, Şekil 4.107). Bu hassasiyetin yeterli olduğu işlerde, şehir içi alanlarda GZK ölçme yöntemi rahatlıkla uygulanabilir.

Bir GZK uygulamasında sinyal yansıma hatasını en aza indirmek için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

1. Kuramsal olarak salt yansıma hatasının konumsal büyüklüğü 5cm üzeri olmayacaktır.
2. Yansıtıcı yüzeyin 30m den daha yakın olduğu durumlarda alıcı bazlı yansıma hatası filtreleri hatayı tespit edemeyecektir.
3. F geometrisinde yansıtıcı yüzeylerin bulunduğu alanlarda $36m^2$ 'lik yansıtıcı yüzey için en az 30m yansıtıcı-alıcı mesafesi bulunmalıdır (Şekil 4.98, Şekil 4.106, Şekil 4.107).
4. F geometrisinde oluşabilecek tüm yansıma hataları, alt plakalı (Ground plane) ve iç-içe halkalı (Choke-ring) antenler ile ortadan kaldırılabilir.
5. Uygulamadan elde edilen sonuçlar ışığında, F geometrisinde 30 dakikalık bir GZK ölçüsünde, %7'lik gökyüzü tehlikeli bölge uygunluğunda, ölçülerin %50'sinde yansıma hatası olmasının muhtemel olduğu unutulmamalıdır (Şekil 4.106, Şekil 4.107).
6. Ölçüm yapılan alanda, anlık uydu durumları “Sky plot” yardımıyla izlenmeli Şekil 5.1'deki geometrilerin oluşmasından kaçınılmalıdır.



Şekil 5.1 Tehlikeli uydu-yansıtıcı-alıcı geometrileri.

7. Ölçüm, endüstriyel alanlarda yapılacaksa yüksek yansıtıcılığa sahip metal malzemelerin oluşturduğu BB ve BA geometrilerinden uzak durulmalı ve mutlaka iç-içe halkalı anten kullanılmalıdır.
8. BA geometrisinde yansıtıcı yüzeylerin bulunduğu alanlarda 36m^2 'lik yansıtıcı yüzey için en az 50m yansıtıcı-alıcı mesafesi bulunmalıdır (Şekil 4.105, Şekil 4.106, Şekil 4.107).
9. BA geometrisinde yansıtıcı içeren bir sahada ölçüm yapılacaksa, kullanılan alıcının tipine göre değişmek üzere, yansıtıcıya 160-220m mesafelerde yansıma hatası meydana gelmez.
10. Ölçü alınması gereken nokta BB geometrisinin oluşturduğu kapalı alanın içinde ise yapılacak ölçünün kesinlikle 1-3cm civarında hatalı olacağı unutulmamalıdır.
11. BB geometrisinde, hiçbir suretle dik yansıtıcının boyundan daha kısa mesafede ölçü yapılmamalıdır.
12. BB geometrisinde yansıtıcı yüzeylerin bulunduğu alanlarda 36m^2 'lik yansıtıcı yüzey için en az 50m yansıtıcı-alıcı mesafesi bulunmalıdır (Şekil 4.105, Şekil 4.106, Şekil 4.107).
13. Normal bir şehir içi bölgede gökyüzü açık ve ideal bir uydu dağılımında etkileyecek yansıma hatası tüm geometriler için en fazla yatayda 1-3 cm civarında olacaktır.
14. İhtiyaç duyulan ve şüpheli durumlarda çeşitli firmalara ait sinyal yansıma hatası analiz programları ile ölçüler kontrol edilmelidir.
15. Bölüm 4.4'de sunulanlar ışığında gerekli durumlarda, çalışma bölgesinde sinyal yansıma hatası ön araştırması yapılabilir.

Yansıma hatalarının en yüksek miktarda görüldüğü şehir içi alanlarda yapılması düşünülen tüm GZK uygulamalarında dikkat edilmesi gereken en önemli konu çevredeki yansıtıcı yüzeylerin niteliği, alıcıya olan uzaklığı ve oluşturduğu geometri olmalıdır. Çok hassas ölçüm

ve çalışmalarda (2cm altı) arazi öncesinde, yansıtıcı yüzey ve uydu dağılımlarının incelenerek bir SYH araştırması yapılması mutlaka gereklidir. Sonuçlar bölümünde belirtilen hususlara dikkat edilir ve tehlikeli durumlardan uzak durulur ise hatanın etkileri azaltılabileceği gibi hatanın varlığı tamamen ortadan kaldırılabilir.

KAYNAKLAR

- Aziz W, Shu K K and Bayrak T** (2008) Tall Structures Deformation Monitoring Using Rtk-Gps (Case Study: Menara Sarawak Enterprise, Johore), *Karadeniz Technical University, Turkey*, 7 pp.
- Boccia L, Amendola G, DiMassa G, and Giulicchi L** (2000) Shorted Annular Patch Antennas For Multipath Rejection In Gps-Based Attitude Determination Systems, *Microwave And Optical Technology Letters*, Vol. 28, pp.101-105.
- Braasch M S** (1996) Multipath Effects In Global Positioning Systems: Theory And Applications, *ION GNSS*, Vol. I, 125-132.
- Brown A K and Mathews B** (2005) GPS Multipath Mitigation Using A Three Dimensional Phased Array, *NAVSYS Corporation Proceedings of ION GNSS*, Long Beach, California, pp.06
- Cross P, Bétaille D And Peyret F** (2004) Improving Gps Accuracy For Construction Application Through Phase Multipath Mitigation, *Google pdf. research 2008* , 6 pp.
- Erener A ve Gökalp E** (2008) Mapping The Sea Bottom Using Rtk Gps And Lead- Line İn Trabzon Harbor, *conferans, KTÜ, Trabzon, Turkey*, 5 pp.
- García A** (2004) *Skame: Software For Kinematic Applications And Multipath Evaluation*, Summary Report:Skame-Gmv-Tn-0007, Esa/Estec inc. Spain, 11 pp.
- Garin L and Rousseau J M** (1997) Enhanced Strobe Correlator Multipath Rejection For Code & Carrier, *ION-GPS 97*, Vol.II, Session B2, pp.4, 10 pp.
- Ge L, Han S, and Rizos C** (2004) Gps Multipath Change Detection İn Permanent Gps Stations, *First Trans Tasman Surveyors Conf*, Newcastle, Australia, 12-18 April, pp. 22-28.
- Hannah B M** (2001) Modelling And Simulation Of GPS Multipath Propagation, *The Cooperative Research Centre For Satellite Systems*, Queensland University Of Technology, Submitted İn Partial Fulfilment Of The Requirements For The Award Of The Degree Doctor Of Philosophy, 375 pp.
- Hickmann D** (1998) Multipath Measurement System (MMS): A System To Detect Multipath Effects And The Causing Reflectors, *Avionik Zentrum Inc.*, Braunschweig, Germany, 12pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Iyiade A** (2006) Real Time Kinematic GPS In An Urban Canyon Environment, *University Of Plymouth*(www.plymouth.ac.uk-2007), 12 pp.
- Kamarudin M N and Amin Z M** (2004) Multipath Error Detection Using Different Gps Receiver's Antenna, *3rd FIG Regional Conference Jakarta, Indonesia, October 3-7*. 7 pp.
- Kim D and Langley R B** (2001) Mitigation Of GPS Carrier Phase Multipath Effects In Real-Time Kinematic Applications, *University Of New Brunswick, ION GPS 2001, 11-14 September*, pp.16-24.
- Kim D and Langley R B** (1998) The Multipath Divergence Problem In Gps Carrier-Smoothed Code Pseudorange, *University Of New Brunswick, Canada*, 13 pp.
- Klepczynski B** (2001) Systematic Effects In Gps And Waas Time Transfers, *34th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Meeting*, pp.7.
- Lyusin S V** (1998) *The Pulling Of Delay Lock Loop Under Strong Multipath*, Corporation – Moscow Development Center, Final Research Report, 13 pp.
- Manandhar D and Shibasaki R** (2004) Possibility Analysis Of Polarization Diversity Scheme For Multipath Mitigation In Gps Receivers Centre For Spatial Information Science, *The University Of Tokyo, Japan*, 12 pp.
- Omae M, Hashimoto N, Fujioka T and Shimizu H**, (2006) The Application Of Rtk-Gps And Steer-Bywire Technology To The Automatic Driving Of Vehicles And An Evaluation Of Driver Behavior, Research Report, Japan, 14 pp.
- Oteri K and Waterston J** (2001) Adaptive Antenna Approach For Gps Multipath Mitigation, *EE373 A/B*, Stanford University, 15 pp.
- Pasetti A and Luisella Giulicchi** (1999) Experimental Results On Three Multipath Compensation Techniques For GPS-Based Attitude Determination, *21st Annual AAS Guidance And Control Conference*, No.014, 10 pp.
- Philippov V, Sutiagin I, and Ashjaee J** (2003) Measured Characteristics Of Dual Depth Dual Frequency Choke Ring For Multipath Rejection In Gps Receivers, *Javad Positioning Systems*,(<http://www.javad.com/downloads> ,2007). 12 pp.
- Puri R, Kaffas A E, Anpalagan A and Krishnan S** (2005) Multipath Mitigation Of Gnss Carrier Phase Signals For An On-Board Unit For Mobility Pricing, *Department Of Electrical And Computer Engineering*, Ryerson University, Toronto, 9 pp.
- Radovanovic R S** (2006) High Accuracy Deformation Monitoring Via Multipath Mitigation By Day-To-Day Correlation Analysis, *Department Of Geomatics Engineering*, The University Of Calgary, 11 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rama B, Rao K, Sarma A D and Kumar Y R** (2006) Technique to reduce multipath GPS signals, *Current Science*, Vol. 90, pp.25.
- Raquet J and Lachapelle G** (1996) Determination and Reduction of GPS Reference Station Multipath Using Multiple Receivers, *Proceedings of ION GPS-96*, Kansas City, September 17-20, pp. 673- 681.
- Ray J K, Cannon M E and Fenton P** (1998) Mitigation of Static Carrier Phase Multipath Effects Using Multiple Closely-Spaced Antennas, *Proceedings of ION GPS-98*, Nashville, September 15-18, pp.1025-1034.
- Ray J K** (1999) Use of Multiple Antennas to Mitigate Carrier Phase Multipath in Reference Stations, *Proceedings of ION GPS-99*, Nashville, September 14-17.pp.
- Ray J K and Cannon M E** (1999) Characterization of GPS Carrier Phase Multipath, *Proceedings of ION National Technical Meeting*, San Diego, January 25-27, pp. 343-252.
- Reichert A and Axelrad P** (1999) Gps Carrier Phase Multipath Reduction Using Snr Measurements To Characterize An Effective Reflector, *Proceedings Of The International Technical Meeting Of The Institute Of Navigation*, Nashville, 12 pp.
- Serrano L, Kim D and Langley R B** (2004) *A New Carrier-Phase Multipath Observable For GPS Real-Time Kinematics, Based On Between Receiver Dynamics*, Paper of Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada and the Canadian Space Agency, October, Final Report, 14 pp.
- Sleewaegen J M and Boon F** (2000) Mitigating Short-Delay Multipath: A Promising New Technique, *Septentrio Satellite Navigation Inc.*,Final Report, pp.21-28.
- Takasu T and Yasuda A** (2006) Evaluation Of RTK-GPS Performance With Low-Cost Single-Frequency GPS Receivers, *Tokyo University Of Marine Science And Technology*, 8 pp.
- Tiryakioğlu İ, Güllü M, Baybura T ve Erdoğan S** (2005) Gps Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması, 2. *Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul*, 10s.
- Wang L, Hudson J R, Kleiner A and Chance J** (2005) C-Nav Positional Reliability In A High Blockage And Multipath Environment, *U.S. Hydro Conference*, pp.146-155.
- Ya'acob N, Abdullah M and Ismail M** (2009) Multipath Mitigation From GPS Carrier Phase Observations Using Wavelet Technique, *MASAUM Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 1, No. 3, pp.43-51.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Yang Y, Hatch R R and Sharpe R T (2003) *GPS Multipath Mitigation In Measurement Domain And Its Applications For High Accuracy Navigation*, Final Report, Navcom Technology Inc. (<http://www.navcomnavigation.com/downloads/papers>, 2007), 11 pp.

Zhodzishsky M, Michael M and Khvalkov A (2002) *Dual-Frequency Gps/Glonass Rtk: Experimental Results*, Javad Positioning Systems Inc. (<http://www.javad.com/support/downloads>, 2007), 12 pp.

Zhuang W And Tranquilla J M (1995) Effects Of Multipath And Antenna On GPS Observables, *IEE Proc.-Radar, Sonar Naving*, Vol. 142, No.5, 11 pp.

URL-1 (2009) <http://www.skala.com.tr> (12.12.2009).

URL-2 (2009) <http://www.immsurvey.com> (12.12.2009).

ÖZGEÇMİŞ

Özer CAN 1980 yılında Zonguldak ilinde doğdu; ilköğrenimini Gazi İlköğretim Okulunda, orta ve lise öğrenimini TED Zonguldak Kolejinde tamamladıktan sonra, 1999-2000 öğretim yılında Konya Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde haritacılık hayatına başladı. 2004-2005 öğretim yılında Harita Mühendisi olarak mezun olduktan sonra, 2005-2006 yılları arasında özel sektörde çeşitli firmalarda Harita Mühendisi olarak görev aldı. 2006-2007 yılları arasında Kara Harp Okulu SUTASAK kursunu tamamladı ve Harita Genel Komutanlığı'nda Müh.Tğm. rütbesi ile göreve başladı. Aynı yıl Bayan F.Tuğba CAN ile hayatını birleştiren Özer CAN 05.02.2010'da Yüksek Lisans programından başarı ile mezun olmuştur.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Harita Genel Komutanlığı
Uzaktan Algılama Dairesi Başkanlığı
06440 Cebeci, Dikimevi
ANKARA

Tel: (312) 595 2278
E-posta: ozer.can@hgk.mil.tr
ozer.can@hotmail.com

Özer CAN