

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

**YOL APLİKASYONU ÇALIŞMALARINDA CORS'UN UYGULANABİLİRLİĞİNİN  
TEST EDİLMESİ**

**ÇETİN DOĞAN**

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

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. ATINÇ PIRTI**

**İSTANBUL, 2014**

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

**YOL APLİKASYONU ÇALIŞMALARINDA CORS'UN UYGULANABİLİRLİĞİNİN  
TEST EDİLMESİ**

**ÇETİN DOĞAN**

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

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. ATINÇ PIRTI**

**İSTANBUL, 2014**

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

**YOL APLİKASYONU ÇALIŞMALARINDA CORS'UN UYGULANABİLİRLİĞİNİN  
TEST EDİLMESİ**

Çetin DOĞAN tarafından hazırlanan tez çalışması 30.06.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Doç. Dr. Atınç PIRTI  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Atınç PIRTI  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Halil ERKAYA  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. M. Zeki COŞKUN  
İstanbul Teknik Üniversitesi

---

---

---

## ÖNSÖZ

---

Bu çalışmamda tez yürütücülüğünü üstlenen ve çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Atınç PIRTI'ya ve lisans – yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgilerini aktaran ve üzerimde emeği olan tüm saygıdeğer hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmaları sırasında benimle beraber emek sarf eden tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak desteğini her zaman yanımda hissettiğim ve beni bugünlere getiren çok sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Haziran, 2014

Çetin DOĞAN

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ .....	1
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	2
1.3 Hipotez .....	2
<b>BÖLÜM 2</b>	
TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) SİSTEMİ .....	3
2.1 TUSAGA-Aktif İstasyonları.....	3
2.2 TUSAGA-Aktif Sisteminin Çalışma Prensipleri.....	6
2.2.1 Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP) .....	9
2.2.2 Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC) .....	11
2.2.3 Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS).....	12
2.2.3.1 VRS'nin Temel Eşitlikleri .....	15
2.2.3.2 VRS'deki Hata Kaynakları .....	17
2.3 TUSAGA-Aktif İstasyon Verilerinin Değerlendirilmesi .....	19
2.3.1 Nokta Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması .....	19
2.3.2 Türkiye İçin Toplam Elektron Yoğunluğu (TEC) Hesaplanması .....	20
2.3.3 Türkiye İçin Yaş Su Buharı (PW) Hesaplanması.....	22
<b>BÖLÜM 3</b>	
POST-PROCESS KİNEMATİK ÖLÇÜM YÖNTEMİ .....	24

3.1 Post-Processing Kinematic (Ölçü sonrası değerlendirme) yöntemi ve RTK ---- yöntemi ile Koordinat Belirlemeleri Arasındaki Farklılıklar .....	26
<b>BÖLÜM 4</b>	
<b>APLİKASYON .....</b>	<b>29</b>
4.1 Yatay Aplikasyon .....	29
4.1.1 Kutupsal Koordinatlarla Aplikasyon.....	29
4.1.2 Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) GPS Yöntemiyle Aplikasyon .....	30
4.1.3 CORS Tekniği İle Aplikasyon.....	32
4.2 Aplikasyonda Oluşan Hatalar .....	33
<b>BÖLÜM 5</b>	
<b>UYGULAMA .....</b>	<b>37</b>
5.1 Test Alanının Tanımı ve Çalışma Yöntemi.....	37
5.2 İstatiksel Test (Verilerin Analizi).....	42
<b>BÖLÜM 6</b>	
<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>45</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>47</b>
<b>EK-A</b>	
<b>UYGULANAN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN KOORDİNATLARIN BİRBİRLERİ ARASINDA KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>	<b>51</b>
<b>EK-B</b>	
<b>DENGELEME HESAPLARINA AİT EKLAN GÖRÜNTÜLERİ .....</b>	<b>80</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>85</b>

## KISALTMA LİSTESİ

---

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
B.Ö.H.H.B.Ü.Y.	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORS	Continuously Operating Reference Stations
CORS-TR	Continuously Operating Reference Stations-Turkey (TUSAGA-Aktif)
DGPS	Differential Global Positioning System
ED50	European Datum 1950
EDGE	Enhanced Data Rate for Global Evolution (Yüksek Hızlı İnternet Erişimi)
FKP	Flachen Korrektur Parameter (Alan Düzeltme Parametreleri)
GALILEO	European Satellite Navigation System
GIS	Geographic Information System
GLONASS	Russian Global Satellite Navigation System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
GZK	Gerçek Zamanlı Kinematik
HGK	Harita Genel Komutanlığı
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRF96	International Terrestrial Reference Frame-96
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
MAC	Master Auxiliary Concept (Ana Yardımcı İstasyonlar)
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
PPK	Post Processing Kinematic
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services ( GPS Verisi Değişim Protokolü)

RTK	Real Time Kinematic
SAPOS	Satellite Positioning Service (Uydu Konum Belirleme Servisi)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TEC	Total Electron Content (Toplam Elektron Yoğunluğu)
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı
TUSAGA-Aktif	Gerçek Zamanlı Ağ RTK hizmeti veren Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
VRS	Virtual Reference Stations (Sanal Referans İstasyonu)
WGS – 84	World Geodetic System-1984



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	K.K.T.C. dahil 147 adet TUSAGA-Aktif İstasyonu ..... 4
Şekil 2.2	CORS-TR İstasyonları (147 İstasyon, 80–100 km mesafelerde) ..... 5
Şekil 2.3	Zemine tesis edilmiş CORS İstasyonu ve çatıya tesis edilmiş CORS İstasyonu ..... 5
Şekil 2.4	NTRIP genel yapısı ..... 7
Şekil 2.5	TKGM Kontrol Merkezi ..... 8
Şekil 2.6	Kullanıcıların Gerçek Zaman İzlenmesi..... 9
Şekil 2.7	FKP Yöntemi ..... 10
Şekil 2.8	Dört referans istasyonu için FKP yöntemi ..... 11
Şekil 2.9	MAC Yöntemi ..... 12
Şekil 2.10	VRS Sisteminin İşleyişi ..... 14
Şekil 2.11	Değerlendirmede kullanılan IGS noktaları ..... 20
Şekil 2.12	TUSAGA-Aktif İstasyon verileri kullanılarak üretilmiş TEC haritası ..... 21
Şekil 2.13	TUSAGA-Aktif İstasyon verileri kullanılarak üretilmiş PW haritası ..... 22
Şekil 3.1	GNSS konum belirleme yöntemleri ..... 25
Şekil 4.1	Kutupsal uygulamada yapılan hataların grafik olarak gösterilmesi..... 35
Şekil 5.1	Uygulama alanı (CAD ve Google Earth görüntüsü) ..... 39
Şekil 5.2	Proje Alanında Post-Processing Kinematic Ölçümün Yapılması..... 41
Şekil A.1	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırılması ..... 52
Şekil A.2	VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırılması..... 53
Şekil A.3	VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırılması ..... 54
Şekil A.4	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatlarının karşılaştırılması..... 55
Şekil A.5	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırılması..... 56
Şekil A.6	VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırılması ..... 57
Şekil A.7	FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırılması..... 58

Şekil A.8	FKP (25.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırması.....	59
Şekil A.9	FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile Total stationdan elde edilen koordinatların karşılaştırması.....	60
Şekil A.10	FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (25.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları karşılaştırması.....	61
Şekil A.11	FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	62
Şekil A.12	FKP (25.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	63
Şekil A.13	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	64
Şekil A.14	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (25.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları karşılaştırması.....	65
Şekil A.15	VRS (10.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	66
Şekil A.16	VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması .....	67
Şekil A.17	VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile FKP (25.10.2013 Saat 13.30 -15.30 arası) koordinatları karşılaştırması .....	68
Şekil A.18	VRS (11.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları ile FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması .....	69
Şekil A.19	VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (23.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	70
Şekil A.20	VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (25.10.2013 Saat 13.30-15.30 arası) koordinatları karşılaştırması.....	71
Şekil A.21	VRS (12.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları ile FKP (28.10.2013 Saat 9.00-11.00 arası) koordinatları karşılaştırması.....	72
Şekil A.22	Post Processing Kinematik koordinatları ile Total Station koordinatlarının karşılaştırılması.....	73
Şekil A.23	Post Processing Kinematik koordinatları ile VRS (10.10.2013 saat 9.00-11.00 arası) koordinatlarının karşılaştırılması .....	74
Şekil A.24	Post Processing Kinematik koordinatları ile VRS (11.10.2013 saat 13.30-15.30 arasında yapılan) koordinatlarının karşılaştırılması .....	75
Şekil A.25	Post Processing Kinematik koordinatlar ile VRS (12.10.2013 saat 9.00-11.00 arası) koordinatlarının karşılaştırılması .....	76
Şekil A.26	Post Processing Kinematik koordinatlar ile FKP (23.10.2013 saat 9.00-11.00 arası) koordinatlarının karşılaştırılması .....	77
Şekil A.27	Post Processing Kinematik koordinatları ile FKP (25.10.2013 saat 13.30-15.30 arası) koordinatlarının karşılaştırılması .....	78
Şekil A.28	Post Processing Kinematik koordinatları ile FKP (28.10.2013 saat 9.00-11.00 arası) koordinatlarının karşılaştırılması .....	79
Şekil B.1	Kinematik Ölçüm Anten Tipi ve Yükseklikleri, DINA noktasına göre Bazlar .....	80
Şekil B.2	Kinematik Ölçüm Tipi Süreleri.....	81

Şekil B.3	Ölçüm gününe ait hassas efemeris bilgilerinin internet üzerinden indirilmesi.....	81
Şekil B.4	Serbest Dengeleme .....	82
Şekil B.5	Bazlara ait Residual View görüntüleri .....	82
Şekil B.6	Dayalı Dengeleme Sonucu.....	83
Şekil B.7	Nirengi noktalarına ait serbest dengeleme ve üçgen kapanmaları .....	83
Şekil B.8	Nirengi noktalarına ait dayalı dengeleme sonucu .....	83
Şekil B.9	Nirengi noktalarına ait dengeleme sonucu koordinatlar .....	84

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

	Sayfa
Çizelge 2.1	MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farklar..... 15
Çizelge 3.1	Gerçek zamanlı değerlendirmeler ile büroda yapılan değerlendirme işlemlerinin karşılaştırılması..... 28
Çizelge 5.1	Ashtech Pro-Mark 800 GNSS alıcısı teknik özellikleri..... 38
Çizelge 5.2	Sokkia Set320 total station teknik özellikleri ..... 38

---

## YOL APLİKASYONU ÇALIŞMALARINDA CORS'UN UYGULANABİLİRLİĞİNİN TEST EDİLMESİ

Çetin DOĞAN

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Atınç PIRTI

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

Çalışmamızda; Afyon İli Dinar İlçesinde yapılmakta olan Rüzgar Enerji Santrali kapsamında gerçekleşen yol projesinin T39 servis yoluna ait 100 noktada CORS ölçüm yöntemlerinden VRS ve FKP ile farklı gün ve saatlerde 3 periyot ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu noktalar Post-Processing Kinematik yöntem ile de ölçülmüş olup bu yöntemlerin doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu ölçüm yöntemlerinden elde edilen koordinatlar total station ölçümünden hesaplanan koordinatlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışması ile TUSAGA Aktif (CORS-TR) istasyonlarından elde edilen konum bilgilerinin doğruluğu tespit edilmeye çalışılarak yol proje uygulamalarında kullanılabilirliği ve güvenilirliği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** TUSAGA-Aktif (CORS-TR), Aplikasyon, Post-Processing Kinematik, VRS, FKP

**TESTING OF APPLICABILITY OF CORS IN ROAD APPLICATION STUDIES**

Çetin DOĞAN

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc.Prof.Dr. Atınc PIRTI

Many countries aimed at setting up GNSS Based Continuously Operating Reference Stations (CORS) usable for both territorially and locally with the target of presenting to the end-users with accuracy obtained from satellite-based positioning systems as enhanced up to centimeter-level precision. Also, with the project of TUSAGA Aktif (CORS-TR) which is founded and started up in our country with a similar approach, it is now possible to locate positions almost everywhere in Turkey in Real-time Kinematic (RTK).

In this study, 3 periods of measurements were conducted in different days and times by VRS and FKP from the methods of CORS measurement at 100 points of T39 service way of the road project occurred in the scope of Wind Energy Plant in the country of Dinar, Afyon. These points were also measured through Post-Processing Kinematic method and the accuracy analysis of these methods was done.

Coordinates obtained from these measuring methods were evaluated in comparison with coordinates computed on the basis of total station measurement.

By this thesis, the availability and reliability of the positional data obtained from TUSAGA Aktif (CORS-TR) stations have been revealed by determining the accuracy in road project.

**Keywords:** TUSAGA-Aktif (CORS-TR), Application, Post-Processing Kinematic, VRS, FKP

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**



#### 1.1 Literatür Özeti

Teknolojinin hızla gelişmesi Jeodezi bilim dalında önemli gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Bunların en çarpıcı olanı uydu konum belirleme sistemleridir. ABD tarafından 1970'lı yıllarda askeri amaçlı kurulan uydu konum belirleme sistemi (GPS), daha sonra sivil kullanımdaki etkin ve çarpıcı faydaları günlük hayatın içine kadar sokulmuştur. Günümüzde GNSS genel adıyla anılan sistemde birden fazla (GPS, GLONAS, GALİLEO, COMPASS) uydu sistemi bulunmaktadır.

Uydu temelli konumlama sistemlerinden elde edilen doğruluğu santimetre hassasiyetine kadar arttırarak son kullanıcıya sunmak amacı ile ülkeler, bölgesel ve yerel olarak GNSS (Global Navigation Satellite System) temelli Sürekli Çalışan Referans İstasyonları (CORS-Continuously Operating Reference Stations) tesis etme yoluna gitmişlerdir. Bu istasyonlar günlük kullanıcıların yüksek doğruluklu konum gereksinimlerini karşılamakla birlikte, afet yönetimi, ulaşım planlama, yer kabuğu hareketleri belirleme çalışmaları ve kritik yapıların izlenmesi amaçları ile de yaygınlıkla kullanılmaktadır.

Ülkemizde de benzer bir yaklaşımla kurulan TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı) Aktif (CORS-TR) projesiyle Türkiye'nin hemen her yerinde Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) olarak konum belirleyebilmek hedeflenmiştir.

CORS-TR projesiyle Türkiye'nin her yerinde GZK (Gerçek Zamanlı Kinematik) ile cm'ler ve sonradan işlemeli PP (post-processing) ile mm'ler mertebesinde konum belirleyebilmek hedeflenmiştir [15].

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu çalışmanın amacı, TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Aktif Ağı) (CORS-TR) verilerinin yol uygulamalarında kullanılabilirliğinin ortaya koyulmasıdır. GPS 'in konum belirleme tekniklerinden biri olan CORS-TR'nin farklı yöntemleri ile elde edilen konumların (yani koordinatların) güvenilir olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır.

## **1.3 Hipotez**

Bu çalışmada, test noktaları CORS VRS ve CORS FKP yöntemleri ile üç periyotta ölçülmüş olup bu yöntemlerin yanı sıra sonradan değerlendirmeli kinematik (post-processing kinematic) yöntemi ile de ölçülmüştür. Bu ölçüm yöntemlerinden çıkan koordinatlar total station ölçümünden hesaplanan koordinatlar ile karşılaştırılıp değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Değerlendirme sonucunda bu ölçüm yöntemlerinin yol uygulamalarında kullanılıp kullanılmayacağına ve bu yöntemlerin birbirlerine kıyasla hangisinin daha hassas olduğu araştırılmıştır. Elde edilen koordinatlar istatistiksel teste tabi tutularak güvenilirliği de incelenmiştir.

Bu çalışmada, 100 adet uygulama noktası CORS VRS ve CORS FKP yöntemleri ile üç periyotta (10-11-12 Ekim 2013/23-25-28 Ekim 2013) ölçülmüş olup bu yöntemlerin yanı sıra, sonradan değerlendirmeli kinematik (post-processing kinematic) yöntem ile de ölçülüp kendi aralarında ve total station koordinatları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Değerlendirme sonucunda bu ölçüm yöntemlerinin yol uygulamalarında kullanılıp kullanılmayacağına ve bu yöntemlerin birbirlerine kıyasla hangisinin daha hassas olduğu araştırılmıştır.

### TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ (CORS-TR)

“Sürekli Gözlem Yapan GNNS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA- Aktif / CORS-TR)” İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere, 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Mayıs 2009 itibariyle tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir.

TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE (ADSL çalışmadığı zamanlarda devreye girecek) yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) düzeltme verileri RTCM (Radio Technical Commission for Aeronautics) iletişim formatında olup GSM, GPRS, NTRIP (İnternet Protokolü Üzerinden RTCM Verisinin Ağ Dağıtımı) vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici alıcılara gönderilmektedir [25].

#### 2.1 TUSAGA-AKTİF İstasyonları

Ulusal CORS-TR sistem tasarımını ve seçimini gerçekleştirmek için dünyanın en kapsamlı Benchmark testlerinden birisi Marmara bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen test CORS sistemleri, iletişim altyapısı, CORS çözümleri ve datum dönüşümü için değişik matematiksel modelleri inceleme olanağı sağlamıştır [16], [17].

Test sonuçları ve diğer araştırmalar çerçevesinde yaklaşık 80-100 km aralıklarda 147 adet CORS referans istasyonundan oluşan sistemin kurulmasına karar verilmiştir (şekil 2.1).

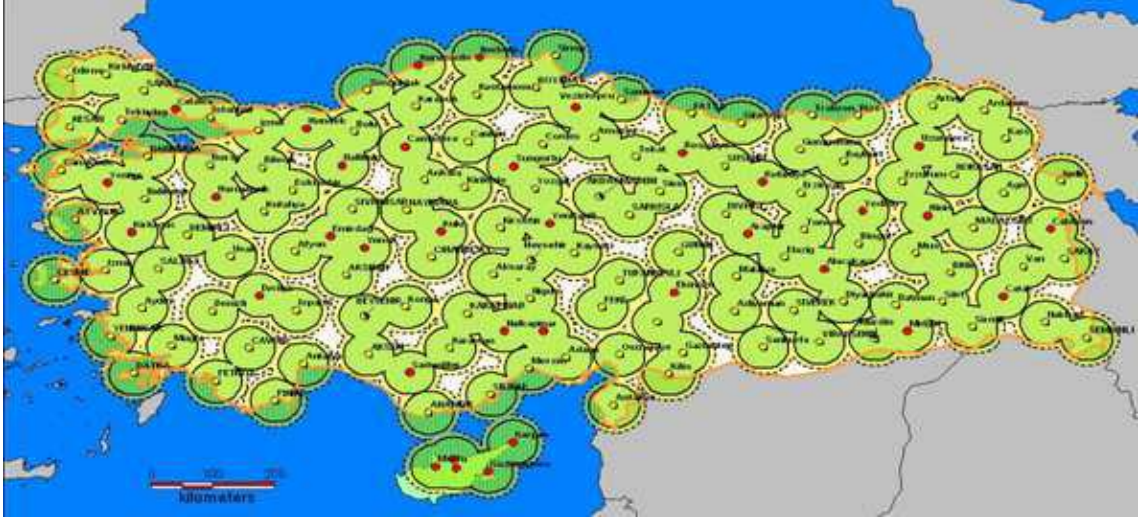


şekil 2.1 K.K.T.C. dahil 147 adet TUSAGA-Aktif İstasyonu [6]

CORS istasyon yeri seçiminde istasyonlar arasındaki mesafelerden başka göz önünde bulundurulan diğer hususlar şöyledir;

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

Bu bilgiler ışığında tüm ülkeyi ve KKTC'yi kapsayan bir tasarım yapılmış ve 147 istasyona ait yerler İKÜ, HGK ve TKGM'nin ortak çalışmalarıyla saptanmıştır (şekil 2.2). İstasyon yerleri olarak ilk aşamada sağlam ve az katlı kamu binalarının çatıları, meteoroloji istasyon alanları, korumalı ve iletişimi olan diğer yerler tercih edilmiştir (şekil 2.3).



Şekil 2. 2 CORS-TR İstasyonları (147 İstasyon, 80–100 km mesafelerde) [50]



Şekil 2.3 Zemine tesis edilmiş CORS İstasyonu ve çatıya tesis edilmiş CORS İstasyonu

[43]

## 2.2 TUSAGA-AKTİF Sisteminin Çalışma Prensibi

Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezi arasındaki iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye girecek ve veri iletimi GPRS/EDGE ile yapılacaktır.

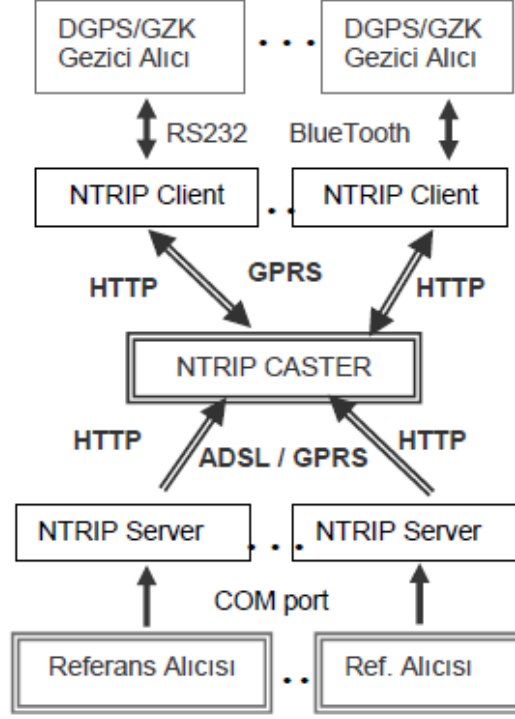
Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapmakta ve böylelikle DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplamaktadır. Söz konusu düzeltme verileri arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılmaktadır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS/GNSS alıcısı, DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS/GNSS alıcısı ise GZK verisini kullanarak  $\pm(1-10 \text{ cm})$  doğrulukta konum belirleyebilmektedir. Veri aktarım formatı olarak NTRIP kullanılmaktadır. NTRIP; diferansiyel düzeltme verisi veya diğer tür GNSS verisinin sabit veya gezici kullanıcılara Internet üzerinden yayınlanması için Almanya Jeodezi ve Kartoğrafya Kurumu (BKG) tarafından geliştirilmiş olup, Hypertext Transfer Protokolü (http) esaslı genel ve bağımsız bir protokoldür.

NTRIP; GSM, GPRS, EDGE veya UMTS gibi Mobil IP ağları üzerinden internete kablosuz ulaşımı desteklemekte, aynı zamanda RTCM tarafından da önerilen bir standarttır. NTRIP sistemi üç yazılım bileşeninden oluşur;

NtripClient, NtripServer ve NtripCaster.

Ntrip Caster gerçek http server yazılımı olup, NtripClient ve NtripServer http client olarak davranır. NtripServer GPS referans istasyonundan veri almakta ve bunu NtripCaster'a iletmektedir. NtripCaster bir "telefon santrali" gibi davranmakta ve NtripClient'ları istedikleri veri dizilerine bağlamaktadır. Bu türde bir yapı yüzlerce gezici alıcıya aynı anda düzeltme verisi gönderilebilmesi amacıyla geliştirilmiştir (Şekil 2.4) [6].

Günümüzde DGPS ve GZK kullanıcıları için birçok veri aktarım formatı kullanılmakla birlikte en yaygın kullanılanı RTCM veri aktarım formatıdır.



Şekil 2.4 NTRIP genel yapısı [6]

Bu protokol GNSS GZK çalışmalarına yönelik verinin yanı sıra, kod, taşıyıcı faz gözlemleri, anten ve çevresel parametreleri de içermektedir. Daha da önemlisi, bu format üzerinde değişikliklere olanak verecek şekilde geliştirilmiştir. (GALILEO, GPS modernizasyonu sonucu L2C, L5 sinyalleri gibi)

CORS-TR Projesi kapsamında 3 adet kontrol merkezi kurulmuştur;

- Bir Kontrol Merkezi TKGM’nde
- Bir Kontrol Merkezi HGK’nda
- Bir diğer Kontrol Merkezi de İKÜ’nde

Kontrol Merkezi sunucuların yanı sıra güçlü bir kontrol merkezi yazılımına sahiptir. Bu yazılımın başlıca fonksiyonları aşağıda verilmektedir:

- Tüm NetR5 referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi,
- CORS noktalarının koordinatlarının hesaplanması,
- Hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması,
- RTK hizmetleri,
- Web hizmetleri,

- Gezicilerin izlenmesi,
- Verilerin depolanması,
- Diğerleri.

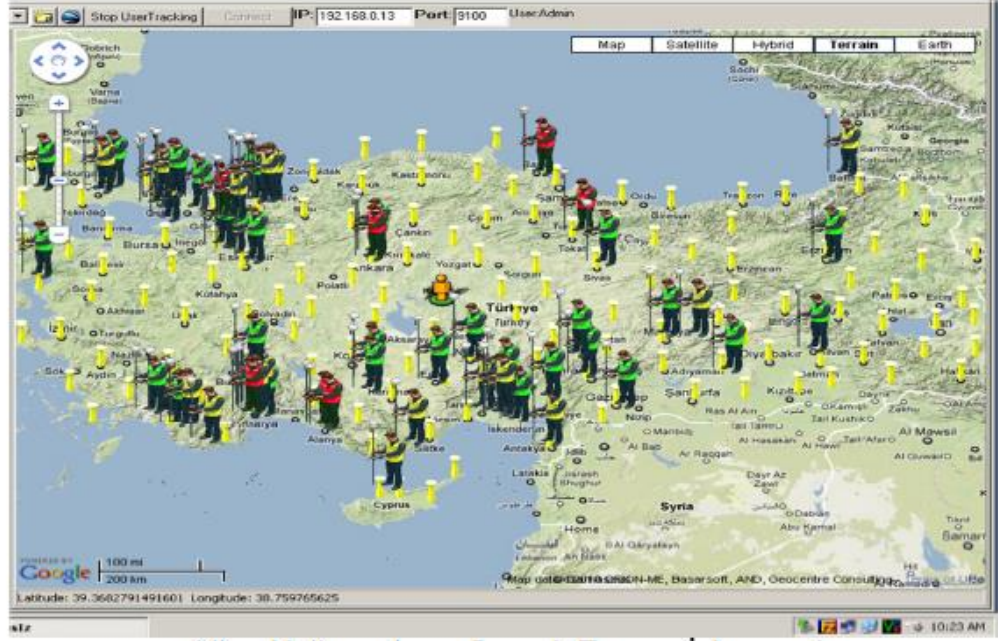
Şekil 2.5’de görülen TKGM ve HGK’nda kurulan kontrol merkezleri RTK kapasiteliyken, İKÜ kontrol merkezi ise genel itibariyle veri toplama amaçlıdır.



Şekil 2. 5 TKGM Kontrol Merkezi

RTCM3Net, (MAC) ve DGPS düzeltme yayınları yapılmaktadır. Ayrıca gerçek zamanlı kullanıcılar izlenebilmektedir (Şekil 2.6).





Şekil 2.6 Kullanıcıların Gerçek Zaman İzlenmesi [49]

Kontrol merkezi yazılımı, iyonosfer, troposfer, yansıma (multipath) ve yörünge düzeltmelerini hesaplayabilmekte, RTK konum belirleme amaçlı olarak Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP), Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC), Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS) teknikleriyle düzeltme ve/veya koordinatları yayınlamaktadır.

### 2.2.1 Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP)

Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP), Alman SAPOS grubu tarafından gündeme getirilen bir yöntemdir. Bu yöntemin temel prensibi Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS) yöntemiyle aynıdır. Yani temel prensip, referans istasyonlarındaki verilerin gezen alıcılara aktarılması olup gezen alıcıların yaklaşık konumunun bilinmesi gerekmemektedir. Burada düzeltmeler, gezen alıcıların gerçek konumlarının enterpolasyon ile hesaplanabilmesini sağlayan açısız değişim parametreleri (gradyen) biçiminde yayınlanmaktadır [16], [2], [18].

FKP tekniğinin temel prensipleri ve özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Tek yönlü iletişim yeterli olmaktadır.
- Gezen alıcıların sayısında sınırlama bulunmamaktadır.

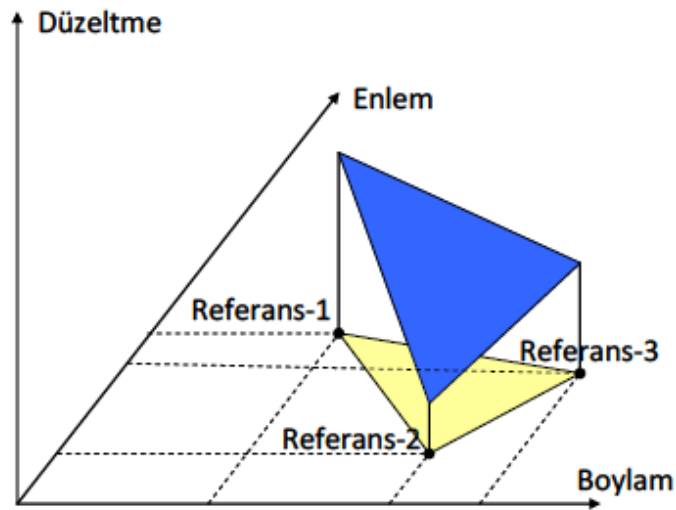
- Hesap merkezinden kullanıcılara tek yönlü iletişim vardır.
- Referans istasyonlarının verileri hesap merkezinde toplanarak analiz ve değerlendirmelere tabi tutulur.
- Yayınlanan veriler referans istasyonları verileriyle ağa ait modellenmiş iyonosferik düzeltme katsayılarıdır.
- Gezen alıcılar faz başlangıç belirsizliklerinin çözüm sürelerini kısaltmak doğruluğu artırmak için iyonosferik düzeltmelerle beraber referans istasyonlarının verilerini kullanarak RTK'yi gerçekleştirirler.
- Bu methodla bulunan düzeltme verileri gezici alıcılarda isteğe bağlı olarak VRS amaçlı kullanılabilir yahut bu veriler enterpolasyon amacıyla da kullanılabilir.

Yeni bir veri formatına ihtiyaç duyulur ve bu yöntemle iletilen veri hacmi büyüktür [33], [2], [4], [18].

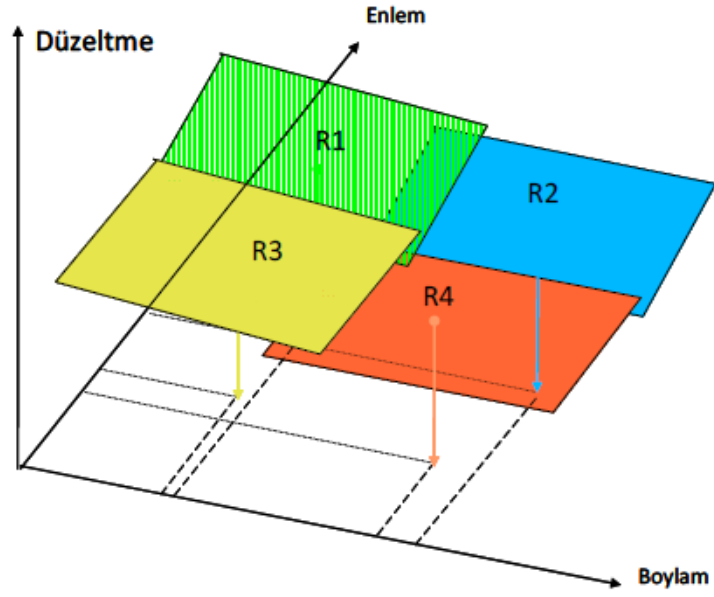
Sonuçta FKP yönteminde iki farklı uygulama yöntemi kullanılmaktadır;

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

Bu yöntemin çalışma prensibi Şekil 2.7 ve Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 FKP Yöntemi [18]



Şekil 2.8 Dört referans istasyonu için FKP yöntemi [18]

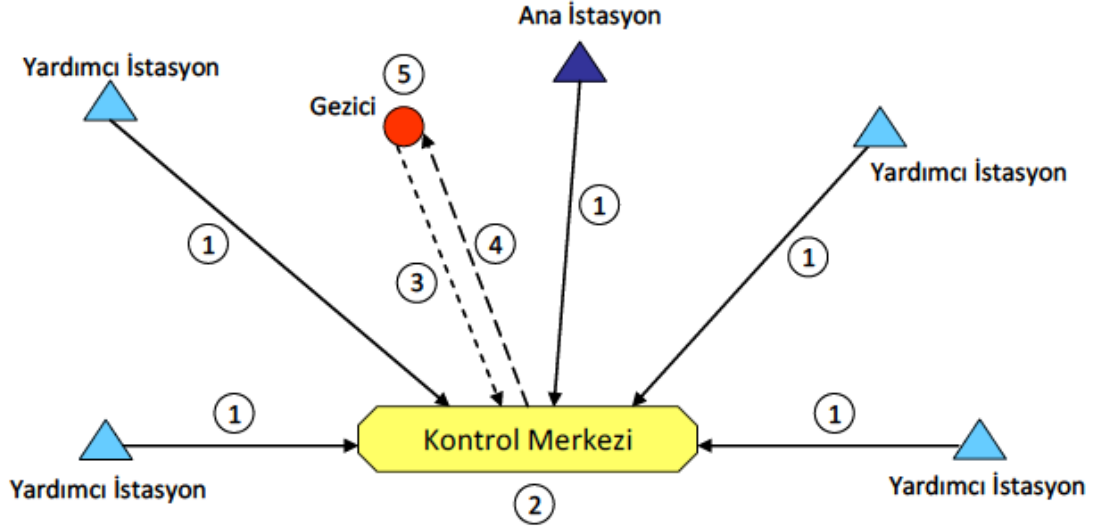
### 2.2.2 Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC)

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

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

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

Hata düzeltme verilerinin yanında merkez istasyona ait faz ölçüleri de RTCM V3.1 formatında gezen alıcılara iletilmektedir. Bu yöntemin çalışma prensibi Şekil 2.9'da gösterilmiştir [2], [18], [33].



Şekil 2.9 MAC Yöntemi [18]

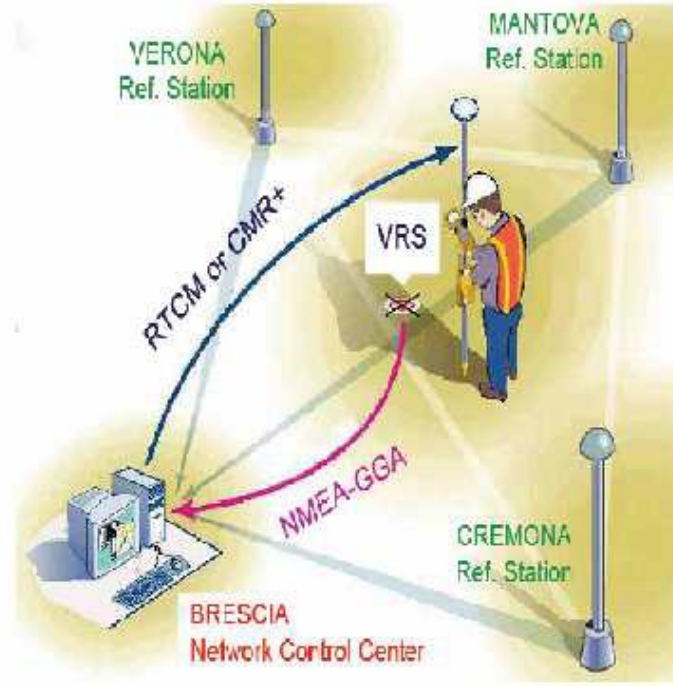
### 2.2.3 Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS)

VRS (Sanal Referans İstasyonu Yöntemi) yönteminde sistemde, üzerine alet kurulmamış sanal bir istasyon olup, gezen alıcıdan sadece birkaç metre uzaklıktadır. VRS noktalarına ait gözlem verileri etraftaki referans istasyonlarının verilerinden yararlanılarak ve sanki VRS noktasında alet kurularak gözlem yapılmış gibi oluşturulur. Şekil 2.10'da görüldüğü üzere, buradaki temel prensip; gezen alıcılar için geçerli düzeltme parametrelerinin çalışma bölgesi civarındaki birden fazla referans istasyonu verisinden enterpolasyon ile hesaplanmasıdır. Bu şekilde gezen alıcıların RTK ölçülerindeki bazı sistematik etkiler (troposfer, iyonosfer, yörünge, anten faz merkezi, vb.) önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır. Bu şekilde klasik RTK tekniğinin aksine gezen

alıcılar ile referans istasyonları arasındaki uzaklığın artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca sistem güvenilirliğini de artırmaktadır [4], [19], [2], [21], [18].

Bu yöntemde, ağdaki herhangi bir referans istasyonunun çalışmasında aksaklık olsa bile gerekli GNSS düzeltmeleri diğer istasyonların verilerinden faydalanılarak hesaplanabilmektedir. Gezen alıcıların uydulara kilitlenme ve ölçülere başlama süreleri de kısalmaktadır. VRS yönteminde işlem adımları ana hatlarıyla şu şekildedir;

- TUSAGA İstasyonlarından veriler hesap ve kontrol merkezine 1 saniye aralıklarla iletilir.
- Gezen alıcılar kendi yaklaşık konumlarını  $\pm 100$  m hassasiyetle NMEA formatında kontrol ve hesap merkezine gönderirler.
- Gezen alıcının hangi üçgen veya dörtgen içerisinde olduğu kontrol ve hesap merkezinde tespit edilir ve gezen alıcının yaklaşık koordinatları kullanılarak VRS verisi hesaplanmış olur.
- VRS verileri RTCM formatında gezen alıcılara iletilir.
- Gezen alıcılarda standart RTK çözümüyle konum tespit edilmiş olur.
- Gezen alıcılar VRS verileri yardımıyla hesaplamış olduğu yeni konumunu tekrar kontrol ve hesap merkezine gönderir. Yukarıdaki anlatılan işlem adımları tekrarlanarak döngü devam eder.



Şekil 2. 10 VRS Sisteminin İşleyişi [4]

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

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

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

VRS metodunda gezen alıcıların düzeltmelerinin hesabı için ağ yazılımı rastlantısal olarak birkaç referans istasyonu seçmektedir.

Örneğin; ağ yazılımının gezici alıcıların düzeltmelerinin hesabı için üç adet referans istasyonu seçtiği ve bunlardan herhangi bir tanesinin bir sebeple hesap ve kontrol merkezine veri gönderemediği durumda ağ yazılımı bunun yerine yeni bir referans

istasyonu temin etmeye çalışacak ve geçen bu süre zarfında ise gezen alıcılar hiçbir düzeltme bilgisi alamayacaklardır [18], [4], [33], [21].

VRS metodu, ağ çözümlerini gezen alıcılara tek bir referans istasyonu çözümü gibi göndermektedir. Bunun anlamı VRS metodunun gezen alıcılar tarafından tatbiki tek baz, tek gezen alıcı çözümü gibi algılanacaktır. Bu ise gezen alıcıların kendi konumlarını hesaplarken güvenilir ve sıhhatli bir ağ çözümü kontrolü yapmasına mani olmaktadır. Şayet hesaplamaların tek bir kullanıcı için değil de tespit edilen bir grid saha için geçerli düzeltme modelleri talep ediliyorsa bu durumda Sanal Referans Hücre (VRC: Virtual Reference Cell) metodu uygulanmaktadır. Bu metot da VRS kullanılmayıp gezen alıcılar hangi grid aralığına yönelirse o sahaya ait düzeltmeler yayınlanmaktadır [4], [19].

Burada, grid sahadan çok sayıda veri kümesi aktarılır ve gezen alıcı kendisine en yakın VRS verilerini seçerek kullanır. Bu metot da kullanıcılar ile kontrol ve hesap merkezi arasında karşılıklı iletişim hattına ihtiyaç duyulmamaktadır. VRS metodunda olduğu gibi kullanıcı miktarında bir sınırlama bulunmamaktadır. Fakat elde edilen konum hassasiyeti VRS metoduna nazaran daha az olacaktır. Bu metodun daha çok WADGPS ağlarında kullanımı daha uygundur. Aşağıda Tablo 2.1’de MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farkları görülmektedir.

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

Çizelge 2.1 MAC, FKP ve VRS metotlarının genel farkları [23]

### 2.2.3.1 VRS'nin Temel Eşitlikleri

Sanal referans istasyonu denklemlerini oluşturmak için orijinal kod ve faz ölçülerine yapay kod ve faz gözlemleri eklenir. Çeşitli işlem adımları sonucunda sanal referans istasyonu için kod ve faz ölçüleri elde edilir.

Sanal referans istasyonunda kod ve faz ölçülerini elde edebilmek için kullanılan orijinal kod gözlemleri,

$$P_{il}^j = \rho_{il}^j - c \Delta t_l^j + c \Delta t_{il} + \Delta \rho_{il,ion}^j + \Delta \rho_{il,trop}^j + \varepsilon_{cod,il}^j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Burada;  $i$  alıcı,  $j$  uydu,  $l$  epok,  $\rho_{il}^j$  uydu ve alıcı arasındaki ham mesafe,  $c$  ışık hızı,  $\Delta t_l^j$  uydu saat hatası,  $\Delta t_{il}$  alıcı saat hatası,  $\Delta \rho_{il,ion}^j$  iyonosferden dolayı sinyal gecikmesi,  $\Delta \rho_{il,trop}^j$  nötr atmosferden dolayı sinyal gecikmesi,  $\varepsilon_{cod,il}^j$  kod gözlemlerinin hatasıdır. Bu denklemler faz gözlemleri içinde yazılabilir. Faz gözlemi,

$$\varphi_{il}^j = \rho_{il}^j - \Delta \rho_{il,ion}^j + \Delta \rho_{il,trop}^j - c \Delta t_l^j + c \Delta t_{il} + \lambda N_i^j + \varepsilon_{\varphi,il}^j \quad (2.2)$$

ile ifade edilir. Bu denklemde  $N_i^j$  tamsayı bilinmeyen,  $\lambda$  taşıyıcının dalga boyu,  $\varepsilon_{\varphi,il}^j$  faz ölçümü hatasıdır. Eğer uyduya kilitleme kaybolmazsa tek bir tamsayı belirsizliği değeri hesaplanır [22], [4].

$t_l$  epokunda,  $j$  uydusu için, seçilen dalga boyunda (orijinal dalga ya da doğrusal kombinasyon) (2.2) tipindeki kod gözlemleri  $n$  tane alıcıdan ayrı ayrı elde edilebilir.

Böylece,

$$P_{il}^j = \rho_{il}^j + \Delta \rho_{il,ion}^j + \Delta \rho_{il,trop}^j - c \Delta t_l^j + c \Delta t_{il} + \varepsilon_{cod,il}^j \quad (2.3)$$

denklemini elde edilir. Referans istasyon koordinatları hassas bir biçimde bilindiğinden  $\rho_{il}^j$  uydu alıcı mesafesi de hassas bir biçimde hesaplanabilir. Troposferik gecikme referans alıcılardan elde edilen verilerle, iyonosferik kırılma da çeşitli yöntemlerle belirlenir. Yukarıda belirtilen  $n$  sayıda alıcıdan elde edilen (2.3) denklemi tek bir gözlem denklemine ve aynı sanal referans istasyonuna kolaylıkla dönüştürülür. (2.3) denkleminin her iki tarafına

$$\xi_{il0}^j = \rho_{0l}^j + \Delta \rho_{0l,ion}^j + \Delta \rho_{0l,trop}^j - \rho_{il}^j - \Delta \rho_{il,ion}^j - \Delta \rho_{il,trop}^j \quad (2.4)$$

eşitliği eklenirse yeni pseudo uzaklık denklemi,

$$\tilde{P}_{il}^j = P_{il}^j + \xi_{il0}^j \quad (2.5)$$



olur. Böylece sanal referans istasyonu için ilk gözlem denklemi bir uydu için,

$$\tilde{P}_{il}^j = \rho_{0l}^j + \Delta\rho_{0l,ion}^j + \Delta\rho_{0l,trop}^j - c\Delta t_i^j + c\Delta t_{il} + \varepsilon_{cod,il}^j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.6)$$

olarak elde edilir [22]. Burada bilinmeyenler sanal referans istasyon koordinatları,  $n$  sayıda alıcı için saat düzeltmeleri ve uydu saat düzeltmesidir ( $3+n+1$  sayıda bilinmeyen).  $t_1$  epoku için  $n$  sayıda alıcının  $m$  sayıda uyduyu gözlediği düşünülürse,  $n+m+3$  sayıda bilinmeyenli  $N=nm$  sayıda denklem elde edilecektir. (Örnek:  $n=10$ ,  $m=8$ ,  $u=21$ ,  $f=N-u=59$ ,  $u$  bilinmeyen sayısı,  $f$  serbestlik derecesi) Serbestlik derecesi sıfırdan büyük olmasına karşın, buradan oluşturulacak normal denklem katsayılar matrisi tekil olmaktadır. Bu durumda herhangi bir alıcı saatini ya da uydu saatini sabit olarak çözüme ulaşmak mümkün olur [22].

(2.6) denklemi  $t_1$  epokunda yapay gözlem oluşturmak için temel denklemdir. Bu denklemde atmosferin durumu herhangi bir kaynaktan elde edildiğinden bilinen olarak alınmaktadır. Sanal referans istasyonu için faz gözlemlerini oluştururken kod gözlemlerine benzer bir yol izlenir. Ancak bu aşamada tamsayı belirsizliği çözümü güçleşmektedir. Tamsayı belirsizliğinin ikili farklardan farkı alınmamış tamsayı belirsizliğine dönüştürülmesi için özel bir yöntem kullanmak gerekmektedir. Tamsayı belirsizlikleri elde edildikten sonra bu terim faz gözlem eşitliğinin sol tarafına atılır. Böylece problem kod gözlemlerine dönüşmüş olur [4], [22], [19], [32], [44], [45].

### 2.2.3.2 VRS'deki Hata Kaynakları

#### I. Troposferik Etki

Özellikle yükseklik farklarının çok olduğu dağlık bölgelerde troposfer önemli bir hata kaynağıdır. Düzeltmelerin oldukça önem kazandığı VRS gibi sistemlerde troposferik etkinin de doğru bir biçimde ele alınması gerekmektedir. İyonosferde kullanılan interpolasyon yöntemine benzer bir biçimde, ağ çözümünden elde edilen troposfer parametreleri kullanılarak sanal referans istasyonundaki troposfer gecikmesi modellenir. Diğer bir deyişle troposferik etkiler enterpole edilir [4], [19].

## II. Yörünge (Efemeris) Hatasının Etkisi

VRS ölçmelerinde IGS predikte edilmiş ya da yayın (broadcast) efemerisi, uygulama açısından istenilen sonuçların elde edilmesini sağlar. Öte yandan IGS hassas yörüngelerinin kullanılması çözümün kalitesini 1.5-2 kat arttırmaktadır. Uzun bazlarda, kısa zaman aralıklarındaki çözümlerde yörüngelerin hassas bir biçimde elde edilmesi gereklidir [4], [22].

## III. İyonosferik Etki

GPS ölçme işlemleri açısından iyonosfer tabakası önemli hatalara neden olur. İki nokta arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte iyonosferik, etki katsayısı belirsizliği çözümünü güçlendirmektedir. Sanal referans istasyonu kavramı içinde de iyonosferik etki oldukça önemlidir. Bu etkinin doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

İyonosfer tabakasından dolayı meydana gelen hatalar iyonosferdeki elektron yoğunluğu değişimleri nedeniyle düzenli ya da düzensiz bir biçimde oluşurlar. Özellikle ülkemizin de içinde bulunduğu orta enlem bölgelerinde belirleyici etkenler;

- Düşey elektron yoğunluğu
- Orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği (MSTID)
- Küçük ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği (Scintillation)

biçimindedir. Orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği olduğunda, çift frekans verilerinin kullanılması durumunda 10 km'den daha küçük bazlarda bile katsayısı belirsizliği çözümü güç ve karışık olmaktadır. MSTID oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu nedenle uydular tek tek kullanılıp iyonosferik düzeltme yapılsa bile MSTID kalıntı hataların kalmasına neden olmaktadır.

Güneş aktivitesinin artmasıyla birlikte iyonosferik TEC (Toplam Elektron Yoğunluğu) daha yoğun olmaktadır. Orta enlemlerde küçük ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği genelde etkili olmaktadır. Fakat orta ölçekli sinyal yolu iyonosfer düzensizliği çok sık olmaktadır. Bu nedenle 80 km.ye kadar olan istasyonlar arasında MSTID'nin doğru bir biçimde modellenmesi gerekmektedir [45], [46], [47]. İyonosferi etkileyen başka bir etkende, jeomanyetik alanın davranışdır. Jeomanyetik etki TEC'in artmasına neden olur[27]. Toplam elektron yoğunluğunun deterministik kısmını ifade eden iyonosfer

modelinin tersine, TEC'in stokastik kısmı modelin düzeltme kısmını ifade etmektedir. Düzeltmelerin büyüklüğü iyonosferde meydana gelen kısa süreli dalgalanmalara bağlıdır. TEC haritaları iyonosferin ani değişimlerinde yetersiz kalmaktadır.

Görüldüğü üzere, VRS kavramı iyonosferik etkilere oldukça duyarlıdır. GPS çözüm algoritmasına bağlı olarak elde edilen ikili farklar, iyonosfer düzeltmesinin farkı alınmamış iyonosferik düzeltmeye dönüştürülmesi gerekmektedir. VRS'de elde edilecek sanal referans istasyonu için iyonosferin interpolasyonu yapılmalıdır. Bunun nedeni, zaman içindeki MSTID değişimleri nedeniyle, iyonosferin sanal referans istasyonu üzerinde değişik yapıda olmasıdır. [4], [22], [44], [45].

#### **IV. Tamsayı Belirsizliği Çözümü**

VRS kavramı içinde koordinatları hassas bir biçimde bilinen istasyonlarda tamsayı belirsizliği çözümü ilk aşamadır. Tamsayı belirsizliği çözümü görüş alanına giren yeni uydular içinde çözümlenmelidir. Faz sıçraması meydana geldiğinde tamsayı belirsizliklerinin yeniden çözülmesi gerekmektedir. Tamsayı belirsizliği çözümü herhangi bir gözlem için gerçekleştirilemezse bu gözlem işlem dışı bırakılır. Ağda bulunan referans istasyonların koordinatları hassas bir biçimde bilindiğinden, tamsayı belirsizliği çözümünü gerçekleştirmek oldukça kolay olmaktadır. Tamsayı belirsizliği çözümü elde edildikten sonra hata modelleri oluşturulmaktadır.

### **2.3 TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) İstasyon Verilerinin Değerlendirilmesi**

#### **2.3.1 Nokta Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması**

TUSAGA-Aktif istasyonlarında toplanan 30 saniyelik GPS verileri GAMIT/GLOBK V10.34 yazılımı ile değerlendirilmektedir. Bilimsel amaçlı yazılımlar içinde önemli bir yere sahip olan GAMIT/GLOBK yazılımı; MIT(Massachusetts Teknoloji Enstitüsü), Yer, Atmosfer ve Uzay Bilimleri Bölümü, Scripps Oşinografi Enstitüsü (SIO) ve Harvard Üniversitesi tarafından çok yönlü bir GPS veri değerlendirme yazılımı olarak geliştirilmiştir. Değerlendirmeye IGS global izleme ağından 16 istasyon dahil edilmektedir (Şekil 2.11). Mutlak anten faz merkezi değişimlerinin kullanıldığı günlük GAMIT çözümleri SOPAC merkezlerince analizi tamamlanmış, dünyadaki tüm IGS istasyonlarını içeren global

nokta koordinatları, yörünge parametreleri ve varyans/kovaryans matrislerini içeren günlük global dengeleme sonuç dosyaları, beş parça dosya halinde yine SOPAC Internet arşivinden, GAMIT çözümünden elde edilen çözüm dosyaları ile günlük bazda doğrudan birleştirilmektedir. Referans Sistemi tanımlamada uzun yıllar aktif olarak işletilen ve “core” olarak adlandırılan sürekli GPS istasyonlarına (65 adet) ait ITRF2005 koordinat çözümleri 3 dönüklük, 3 öteleme ve 1 ölçek olmak üzere 7 dönüşüm parametresi hesaplanarak kullanılmaktadır [5], [6], [24], [52].



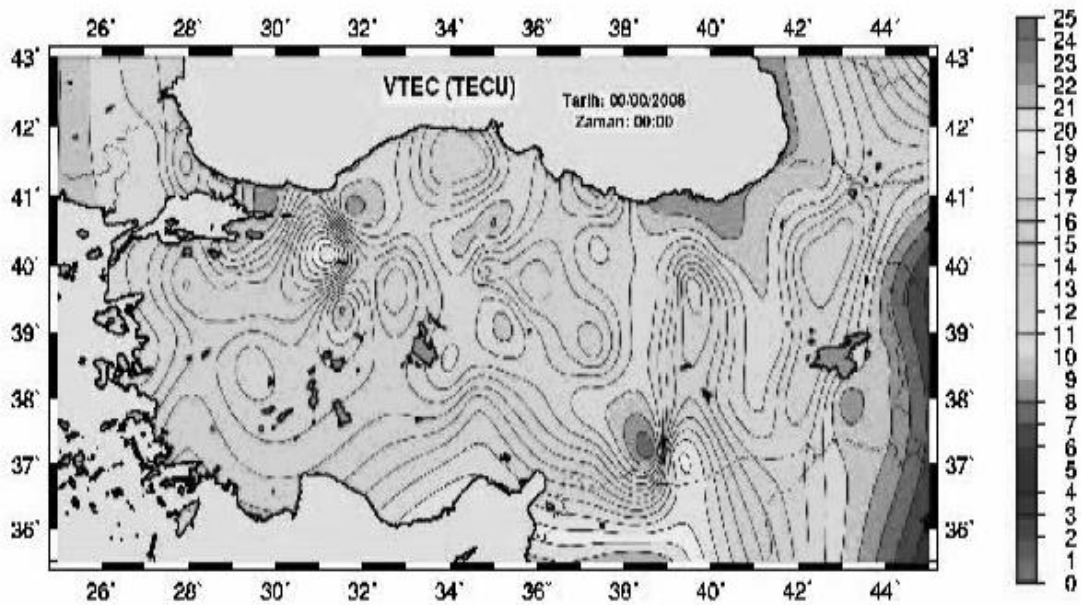
Şekil 2.11 Değerlendirmede kullanılan IGS noktaları (16 nokta) [6]

### 2.3.2 Türkiye İçin Toplam Elektron Yoğunluğu (TEC) Hesaplanması

GPS sinyali uydudan çıkıp yeryüzündeki GPS alıcısına ulaşmaya kadar sırasıyla önce iyonosferden ardından troposfer tabakasından geçer. Bu iki tabakanın GPS sinyaline farklı etkileri mevcuttur. İki farklı frekans üzerinden gelen GPS sinyali üzerinde çeşitli hesaplama yöntemleri kullanılarak iyonosfer tabakasındaki toplam elektron yoğunluğu değeri hesaplanabilir. Küresel analiz merkezleri tarafından yayınlanan iyonosfer modelleri yerelde yapılacak özel projeler (GZK alıcıları vb.) için gereken duyarlılıkta değildirler.

İyonosonda cihazı ise iyonosferdeki elektron yoğunluğunu eşik frekans yüksekliğine kadar belirleyebilmekte olup, iyonosferin kalan kısmı için bilgi üretmemektedir. Oysa GPS sinyali sinyal yolu boyunca iyonosfer tabakasının tamamını geçmektedir. Tek tabaka modeline göre iyonosferin sonsuz incelikte bir tabaka olduğu varsayılarak bu

tabakadan geçerken elektron yoğunluğuna bağlı olarak sinyalin kırıldığı ve taşıyıcı dalganın faz ölçüsünün hızlandığı, kod ölçüsünün ise yavaşladığı bilinmektedir. Hassas uydu koordinatları küresel merkezler tarafından yayınlanmaktadır (Hassas efemeris). Hassas efemeris bilgisinin alınmasından sonra sabit GPS istasyonlarından alınan RINEX formatındaki veriler Matlab yazılımında IONOLAB-TEC yöntemi kullanılarak bir istasyon için Toplam Elektron Yoğunluğu değeri hesaplanır. Bu çalışma kapsamında sunulan modeller Hacettepe Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilen IONOLAB-TEC yöntemi kullanılarak üretilmiştir [5], [6], [24].



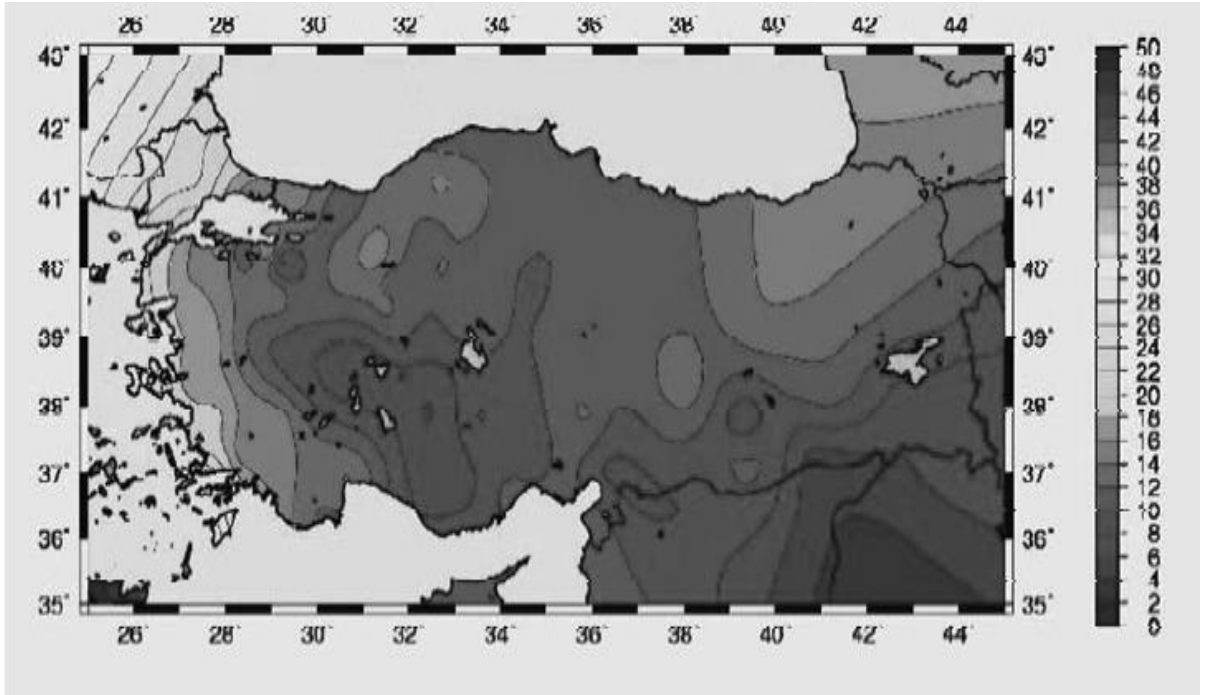
Şekil 2.12 TUSAGA-Aktif İstasyon verileri kullanılarak üretilmiş TEC haritası (Birim TECU) [6]

Şekil 2.12’de sunulan haritada 28 Ekim 2008 tarihinde saat 09:00 sırasındaki Türkiye üzerindeki iyonosferdeki Toplam Elektron Yoğunluğu gösterilmektedir. 147 adet sabit GPS istasyonundan alınan veriler IONOLAB-TEC yöntemiyle işlenmiştir. 1 TECU tabanı 1 m<sup>2</sup> olan silindir içerisindeki 1016 adet elektronu ifade etmektedir (1 TECU= 1016 el/ m<sup>2</sup>).

Toplam Elektron içeriğinin belirlenmesi iyonosfer modellemenin girdilerinden sadece birisidir. İyonosferin gerçek anlamda modellenebilmesi için güneşte meydana gelen patlamalar, Jeomanyetik fırtınalar ve dünyanın manyetik alanında meydana gelen değişimler gibi birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir [6], [3].

### 2.3.3 Türkiye İçin Yaş Su Buharı (PW) Hesaplaması

Sabit GPS istasyon verileri kullanılarak istasyonun (zenit açısı 150 derece) dik üzerindeki bölge için yaş su buharı (PW) değeri hesaplanabilmektedir. Troposfer tabakası GPS sinyalini yavaşlatır. Troposferik gecikmenin belirlenmesi için literatürde birçok model bulunmaktadır (Hopfield, Saastamoinen, Niell-mapping vb.). TUSAGA-Aktif istasyon verileri GAMIT yazılımında Saastamoinen modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu her bir istasyon için elde edilen yaş su buharı (PW) değerleri birleştirilerek Şekil 2.13'de görülen harita elde edilmiştir. Haritada düşey sütunda gösterilen PW değerinin 1 birimi 1 m<sup>2</sup>'lik bir alana 1 mm yüksekliğinde yağışa karşılık gelmektedir [5], [6].



Şekil 2.13 TUSAGA-Aktif İstasyon verileri kullanılarak üretilmiş PW haritası (7 Aralık 2008) [6]

Sabit istasyonlarda toplanan veriler günlük olarak değerlendirilmekte, günlük değerlendirme neticesinde üretilen koordinat zaman serileri her bir istasyon için incelenmekte ve plaka hareketleri ve yerkabuğu deformasyonları da dahil olmak üzere istasyonlarda meydana gelen konum değişiklikleri günlük olarak izlenmektedir. Başlıca

amacı anlık hassas koordinat bilgisi üretmek olan TUSAGA-Aktif sistemi verileri kullanılarak gelecekte Türkiye üzerindeki iyonosfer ve troposfer tabakalarına ilişkin bilgiler de üretilebilecektir [24], [6].

### POST-PROCESS KİNEMATİK ÖLÇÜM YÖNTEMİ

1978 yılında ilk GPS uydusu yörüngeye yerleştirildiğinde, ilk kez üç boyutlu ve yaklaşık 150 metre doğruluğunda gerçek zamanlı konum belirlenmeye başlandığında özellikle bilim dünyasında büyük bir coşku yaşanmıştı. Zaman içerisinde bu alanda çok yoğun çalışmalar yapılmış ve bugün artık gerçek zamanlı cm doğruluğunda üç boyutlu konum belirleme standart bir uygulama haline gelmiştir. Bu gelişmelere ilave olarak söz konusu alandaki çalışmalar hızla devam etmiş ve bunun sonucunda yeni GPS sinyallerinin modernizasyonu (L2C, L5) ve farklı ülkelere ait yeni uydu sistemleri ve bunların sinyalleri kullanılmaya başlanmıştır [36], [9], [26]. Bunun sonucunda da yüksek doğruluklu ve güvenilir konum belirlemek için çok sayıda yöntem ortaya çıkmıştır (Şekil 3.1).





Şekil 3.1 GNSS konum belirleme yöntemleri [36]

Büroda ölçü değerlendirmenin, arazide gerçek zamanlı konum belirlemeye göre başlıca üstünlüğü, verilerin büroda kalite kontrolünün yapılabilmesi olanağıdır.

Büroda kullanılan yazılımlarda alıcı içerisinde RTK yazılımlarına göre çok daha gelişmiş düzeltme ve hata modelleri ile dengeleme algoritmaları kullanılmaktadır.

Büroda ham verileri önce çok sayıda filtreleme işleminden geçirerek düzgülendirmek (smooth) ve bu verilerle çözüm yapmak standart bir uygulamadır. Eğer ara aşamaların birinde hata yapıldığı fark edilirse hesaplamalarda geriye dönüş her zaman olanaklıdır. Çünkü arazide toplanan ham veriler arşivde her zaman mevcuttur. Yıllar sonra da olsa arşivdeki tüm verileri yeni algoritmalar ve modellemeler kullanarak, tekrar hesaplamak ve güvenilir sonuçlara ulaşmak olanaklıdır [36], [26], [35].

Nirengi-Poligon gibi her türlü kontrol noktalarında ve detay alımı noktalarında GPS gözlemleri, GPS Alıcılarına / Data kartlarına kayıt edilir. Ölçülen noktaların cinsine ve istenilen duyarlılığa göre Statik, Hızlı Statik, Ölçü Sonrası Değerlendirmeli Kinematik (post-processing) vb. gibi farklı ölçü metotları uygulanır. Ölçü metotlarına göre de birkaç saniyeden, birkaç saate varan farklı gözlem süreyle ölçme yapılır. Her çalışma günü akşamı bilgisayarda datalar GPS yazılımları ile işlendikten sonra sonuçlar üretilir. Burada elde edilen koordinatların duyarlığı, kullanılan alıcı tipine, gözlem süresine,

uyduların konumu ve sayısına, ölçü tipine, ölçüsü yapılan noktanın çevresinin açık olmasına veya uydu görme durumuna göre değişir.

Burada ele aldığımız Post Processing Kinematic yöntemin statik yöntemden farkı, gözlem süresinin çok kısa (10 saniye-10 dakika) olmasıdır. Küçük alanda çok nokta belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntem hızlı ve ekonomik bir ölçme tekniği olup daha çok hareket halinde ve hidrografik amaçlı ölçmelerde uygundur [36], [40], [26], [35].

Bu yöntemde GNSS uydularından elde edilen ham datalar alıcıda kaydedilir ve ofis ortamında yazılım kullanarak işlenir.

### **3.1 Post-Processing Kinematic (Ölçü sonrası değerlendirme) Yöntemi ve RTK Yöntemi ile Koordinat Belirlemeleri Arasındaki Farklılıklar**

GPS gözlemlerinin, ölçme sonrası büroda değerlendirilmesi (post-processing) işlemi, koordinatları bilinen referans noktaları (TUTGA, TUSAGA-Aktif, IGS vb.) ile koordinatları hesaplanacak yeni noktalarda ham (raw) GPS/GNSS gözlemlerinin toplanması ve bu gözlemlerin daha sonra büroda ticari veya bilimsel amaçlı 'post-process' yazılımları ile değerlendirilerek yüksek doğrulukta nokta koordinatları ve/veya baz bileşenlerinin elde edilmesidir.

Diğer taraftan, gerçek zamanlı koordinat belirleme yönteminde gezen alıcı konumu, koordinatları hassas olarak bilinen referans istasyonlarından yayınlanan düzeltmeler ile anında belirlenmektedir. Eğer bilinmeyen parametrelerin doğru çözümü için gerekli yeterli sayıda ortak uyduya(referans istasyon ile gezen alıcılar arasında) gözlem yapıldıysa belirsizlik çözümü doğru olarak gerçekleştirilmiş olur(Fixed solution) ve cm mertebesinde doğrulukla sonuçlar elde edilir. Eğer yeterli sayıda ortak uyduya(GPS için en az 4 uydu, GPS+GLONASS için en az 5 uyduya) gözlem yapılmadıysa doğru bir belirsizlik çözümü olanaklı olmayacağından dm doğruluğunda bir çözüm elde edilir (float solution) [36], [40], [11].

Bu yöntemin ilk kullanım şekli DGPS'dir. DGPS yönteminde yalnızca kod ölçüleri kullanıldığından elde edilen doğruluklar  $\pm(1-2)$  metre düzeyindedir. Ancak zaman içerisinde teknolojiye ve hesaplama tekniklerindeki gelişmeler, gerçek zamanlı koordinat belirlemede faz ölçülerinin de kullanılmasını olanaklı hale getirmiş ve böylece yüksek doğruluklu (dm,cm) konum belirleme imkanı gerçekleştirmiştir. DGPS

yönteminin bir başka şekli olan bu yöntem ise Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK: Real Time Kinematic) GPS adı verilmiştir.

Günümüzde ise Ağ-RTK(CORS-TR) tekniği cm doğrulukla konum belirlemeye olanak veren gerçek zamanlı bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak DGPS, Standart RTK ve Ağ RTK yöntemlerinin hepsi gerçek zamanlı konum belirleme yöntemi olup aralarındaki fark, kod veya faz gözlemlerinin kullanılması, atmosferik etkilerin modellenmesi ve düzeltmelerin hesaplanması olarak belirlenmektedir. Kısaca açıklanan bu iki farklı konum belirleme yönteminin birbirlerine göre üstünlükleri incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılabilir:

GPS gözlemlerinin ölçme sonrası büroda değerlendirilmesi ile gerçek zamanlı konum belirleme tekniklerine göre (DGPS, RTK, SBAS vb.) çok daha güvenilir ve doğru koordinat ve nokta hız vektörleri belirlenebilmektedir [36]. Bunun temel nedenlerinden biri büro hesaplamalarında hem ölçme hem de ölçme sonrasına ilişkin başka verileri (Ör. IGS istasyonu, hassas efemeris ve hassas anten faz merkezi verileri vb.) de kullanılmaktadır. Gerçek Zamanlı koordinat belirlemede yayınlanan düzeltmeler (DGPS, RTK, SBAS), sadece ölçme anından birkaç saniye önceki belirli bir epoka ait tahmini değerlerdir. Diğer taraftan gerçek zamanlı uygulamalarda, nokta hız vektörlerinin mm doğrulukla belirlenmesi henüz olanaklı değildir.

Büroda kullanılan yazılımlarda(post-process software), alıcı içerisinde mevcut RTK yazılımlarına göre çok daha gelişmiş düzeltme ve hata modelleri ile dengeleme algoritmaları kullanılmaktadır. Bunun bir sonucu olarak farklı periyotlarda yapılacak GPS/GNSS gözlemleri ve hesaplamaları ile mm doğruluk isteyen yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi olanaklı hale gelmiştir. Bunlara bir örnek olarak sinyal yansıma (multipath) etkilerinin modellenmesi verilebilir. Normal olarak sinyal yansıma etkisi yaklaşık yarım saatlik tekrarlanma periyoduna sahiptir. Dolayısıyla statik GPS gözlemleri ve büro hesaplamaları ile bu etkiyi yüksek doğrulukla modellemek olanaklıdır. Oysa gerçek zamanlı kinematik yöntemde ölçme süresi birkaç saniyeyi aşmadığından sinyal yansıma etkisinin belirlenmesi olanaksızdır. Bu da belirsizlik çözümünü olumsuz etkiler ve konumun hatalı belirlenmesine yol açar [36], [40], [11], [9].

Büro hesaplamaları sonucunda elde edilecek sonuçlar referans olarak alınan istasyonların tanımlandığı datumda tek anlamlı olarak elde edilir. Bu özellik jeodezik çalışmalar başta olmak üzere Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları için de gereklidir. Diğer taraftan gerçek zamanlı uygulamalarda, datum seçimini gezen alıcılar tarafından kaydedilen düzeltmelere ilişkin referans noktaları belirlemektedir [36].

DGPS ve RTK uygulamalarında, düzeltme yayınlanan referans istasyonundan uzaklaştıkça elde edilecek gerçek zamanlı koordinat doğruluğu da düşmektedir. Bu olumsuzluktan kaçınmak için Ağ-RTK (CORS-TR) kavramı ortaya çıkmış olmasına karşın cm doğruluğunda sonuç elde etmek için gerekli ve yeterli sıklıkta bir ağ oluşturulamadığı sürece aynı sorun CORS ağları için de geçerlidir. Büroda GPS değerlendirmelerinde ise böyle bir sorun yoktur.

Tablo 3.1’de gerçek zamanlı hesaplamalarla ölçme sonrası değerlendirme (post-processing kinematic/PPK) arasındaki farklılıklar özet olarak verilmektedir. Burada gerçek zamanlı konum belirleme ile hem DGPS (kod gözlemleri) hem de klasik RTK (faz gözlemleri) ifade edilmektedir [36], [40], [11].

<b>RTK ve DGPS</b>	<b>Büroda Hesaplama (Post-Process)</b>
Anında konum belirleme olanaklıdır.	Ölçme bittikten belirli bir süre sonra konum belirlenebilir.
Özellikle tek epok ölçülerde kontrollü ve güvenilir sonuç sorunu var. Referans istasyondan uzaklaştıkça düzeltme hatası artar.	Kontrollü ve güvenilir yüksek doğruluk elde etmek her zaman olanaklıdır. Hassas atmosferik modelleme, iterasyonlu çözüm, hesaplama yöntemi (L1, L2, L3 vb.) seçimi, ağ dengelemesi yapılır.
Yeterli sıklıkta referans istasyonu yoksa düzeltme almada sorunlar yaşanabilir. Sistemin seçtiği en yakın referans istasyonu verileri kullanılır.	Hesaplamalarda çok sayıda referans istasyonu verileri ücretsiz temin edilir ve kullanılır. Hesap yapan tarafından çok sayıda referans istasyonu seçilebilir.
Datum sorunu önemli.	Datum sorunu yoktur.
Hesaplamalar için ayrıca post-process yazılımı gerekmez.	Hesaplamalar için post-process yazılımı gereklidir.
Ticari olanların maliyeti yüksektir.	Gerçek zamanlı koordinat gerekmediği zaman en iyi yöntemdir.

Çizelge 3.1 gerçek zamanlı değerlendirmeler ile büroda yapılan değerlendirme işlemlerinin karşılaştırılması [36]

Bu sistem sayesinde kullanıcılar 24 saat boyunca tüm ülke genelinde gerçek zamanda veya sonradan hesaplamalarla (post-processing) cm ve mm’ler mertebesinde koordinatlarını belirleyebilirler. Böylece GPS/GNSS nokta konumları

i-) çok daha hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak hesaplanabilecek

ii-) ulusal bir standart ve formatta üretilebilecektir.

## BÖLÜM 4

---

### APLIKASYON

Aplikasyon; bir mühendislik yapısının tasarlanan yatay ve düşey geometrisinin talep edilen doğrulukları karşılamak koşuluyla araziye aktarılmasıdır. Aplikasyon yatay ve düşey aplikasyon olmak üzere ikiye ayrılır.

#### 4.1 Yatay Aplikasyon

Yatay geometri dört farklı ölçü yöntemiyle;

- Dik koordinatlarla,
- Kutupsal koordinatlarla,
- RTK GPS yöntemiyle,
- CORS yöntemiyle

araziye aplike edilebilir. Dik koordinatlarla aplikasyonun uygulama alanı son derece sınırlıdır. Dolayısıyla günümüz mühendislik çalışmalarında yatay geometrinin araziye aktarılmasında kutupsal koordinat ve RTK GPS yöntemi ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda da CORS yöntemi ile aplikasyon yaygın şekilde kullanılmaktadır [34].

##### 4.1.1 Kutupsal Koordinatlarla Aplikasyon

Kutupsal koordinatlarla aplikasyonda, tasarlanmış yatay geometri araziye nokta nokta aktarılır. Diğer bir ifadeyle nokta aplikasyonu temel unsurdur. Bu yöntemde total station ölçü aleti koordinatları bilinen bir ölçü noktasına kurulup yine koordinatları bilinen diğer bir ölçü noktasına yöneltilir. Hesapla bulunan yatay açı, alet ile ölçülerek

aplikasyonu yapılacak olan noktanın doğrultusunu tayin etmiş olur. Koordinatlardan hesaplanan mesafe kadar bu doğrultu üzerinde yol alınarak söz konusu noktanın yatay düzlemdeki yeri bulunmuş olur. Özellikle total station, şantiyelerde kullanılmaya başlamasından sonra yatay geometrinin araziye aktarılmasında kutupsal koordinatlarla aplikasyon son derece önem kazanmıştır [14], [53].

#### **4.1.2 Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) GPS Yöntemiyle Aplikasyon**

RTK GPS yöntemi ile arazideki bir noktanın koordinatlarını  $\pm(2-3)$  cm doğruluk ile belirlemek mümkündür. Yine bu yöntem ile koordinatlar ister lokal bir sistemde isterse ülke sisteminde verilmiş olsun bir noktanın araziye aplikasyonu yine  $\pm(2-3)$  cm'lik bir hassasiyetle yapılabilir. Bu ölçü yönteminde sabit istasyonda, hesaplanan düzeltmeleri yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen radyo sinyallerini alan bir radyo alıcısı kullanılır. Bu yöntemde RTK GPS ile ilgili yazılımların koşturulduğu, sistem ayarlarının yapıldığı bir data kontrol ünitesi (el bilgisayarı) kullanılır. Arazide anlık konum bilgilerine, bu data kontrol ünitesi vasıtasıyla ulaşılır. Haritacılık alanında yeni bir dönem olarak kabul edilen bu ölçü yöntemi ile çok uzun zaman ve ön çalışma gerektiren aplikasyon işleri, çok kısa bir sürede ve en az yersel yöntemlerden elde edilebilecek doğrulukla yapılabilmektedir. Sistemin tek dezavantajı, hassas sonuç alınabilmesi için en az beş uydudan ölçü toplanması gereğidir. Dört uyduya bağlanıldığında da yöntem sonuç verir fakat bu durumda tam sayı faz belirsizliğinin çözülme süresi uzayacaktır. Buradan da anlaşılacağı gibi uydu sayısının artmasıyla birlikte sistemin doğruluğu artar ve tam sayı belirsizliğinin belirlenme süresi kısalmıştır.

En az 5 uyduya bağlanma şartı ağaçlık alanlarda ve yüksek binaların bulunduğu kent merkezlerinde sağlanmayabilir. Bu durum, sistemin buralarda kullanılabilme ihtimalini azaltacaktır. Fakat son yıllarda üretimine başlanan bazı tip alıcıların, Rusların GPS 'e alternatif olarak uzaya yerleştirdikleri ve GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) adını verdikleri sisteme ait uydulardan da sinyal alınabilmesi ve bu ölçüleri GPS ölçüleriyle birlikte kullanılabilmesi, bu problemin büyük oranda çözülmesine sebep olmuştur. Çünkü bu tip alıcılar sayesinde GPS uydularının yetmediği çoğu kapalı alanlarda bile GLONASS uydularıyla birlikte minimum beş uydu şartının çok üzerinde uydudan sinyal alınabilmektedir [14], [34].

Ayrıca GPS 'in veya GPS+GLONASS'in devre dışı kaldığı durumlarda ölçülere total stationlarla yersel olarak devam edilip elde edilen veriler GPS yazılımları vasıtasıyla uydu ölçüleriyle birleştirilebilir. Bu sayede GPS 'in kullanılmadığı çok sık ağaçlık bölgelerde veya yüksek binalı kent merkezlerinde yine GPS 'ten faydalanmak mümkün olabilmektedir. RTK GPS metoduyla uygulamada öncelikle uygulamayı yapılacak noktaların koordinat bilgileri data kontrol ünitesine aktarılması gerekmektedir. Bu işlemin ardından referans alıcı koordinatları bilinen bir noktaya (nirengi, poligon) kurulup başlangıç ayarları yapılır.

Yapılan başlangıç ayarları sonunda referans alıcı taşıyıcı dalga düzeltme bilgilerini gezici alıcıya bir radyo modem vasıtasıyla yayınlar. Data kontrol ünitesinde uygulamayı yapılacak nokta seçilerek el kontrol ünitesi ekranında hedef noktaya olan semt ve mesafe bilgilerine göre hangi yöne kaç metre gidileceği görülür. Eğer herhangi bir sebepten dolayı ölçü anında uydu sayısı dördün altına düşerse, uygulama işlemi öncesi referans ve gezici ayarlarının yapılmasından sonra hesaplanan "N" tam sayı belirsizliği kaybedilecektir. Bu durumda hesaplanan koordinatlar birkaç metre hatalı olur. Bu nedenle uygulamanın sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için tekrar fix çözümün oluşmasının, yani "N" tam sayı belirsizliğinin tekrar çözülmesinin beklenmesi gerekir. N tam sayı belirsizliğinin belirlenme süresinin kısa ya da uzun olması ölçü anındaki uydu sayısı ile ilişkilidir. Eğer uydu sayısı çok ise "N" sayısının belirlenme süresi düşecektir. Bu yüzden uygulama, hem doğruluğun artması hem de tamsayı belirsizliğinin belirlenme süresinin azaltılması için uydu sayısının çok olduğu bir zaman diliminde yapılmalıdır. Bu dilim, çalışılan bölgenin yaklaşık coğrafi koordinatları girilerek yazılım programındaki, gözlem penceresi modülünden elde edilebilir. Bu sayede çalışılan bölgede günün hangi saatinde kaç uyduya bağlanılabileceği öğrenilebilir. Ayrıca uygulamayı yapılacak olan noktalara doğru ilerlerken uydulara olan bağlantıların kesilmeyeceği açık alanlardan gidilmeli, ağaç altlarından veya bina diplerinden uzak durulmalıdır. Bu sayede belirlenmiş olan tamsayı belirsizliği (fixed çözüm) korunmuş olur. Aksi takdirde kaybolan tam sayı faz belirsizliğinin tekrar belirlenebilmesi için bir süre beklemek gerekecektir [14], [34], [53].

Uygulamayı yapılacak nokta üzerine ulaşılabilmesinde, noktaya olan semt ve uzaklık bilgileri çok büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu bilgiler gezici alıcının ölçü anındaki

koordinatlarına göre sürekli olarak güncellendiği için kişi hangi yöne gitmesi gerektiğini, noktaya yaklaştığını veya noktadan uzaklaştığını gerçek zamanlı olarak görebilmektedir. Aplike edilecek noktaya bir metre çapında yaklaşıldığı taktirde (isteğe göre bu çember daraltılır veya genişletilebilir) data kontrol ünitesi kullanıcıyı uyarmak amacıyla sinyal vermeye başlar.

Sesin şiddeti noktaya yaklaştıkça artar ve tam nokta üzerine gelindiğinde kesiksiz bir şekilde duyulur. Bu sayede hedeflenen nokta üzerine aplikasyon gerçekleştirilmiş olur.

#### **4.1.3 CORS Tekniği İle Aplikasyon**

CORS tekniği ile aplikasyonun RTK'dan farklı yanı koordinatı bilinen sabit nokta aramaya yani referans noktasına gerek yoktur. Bu tekniğin kullanımı için, çalışma yapılacak ortamda data hattından sağlanacak internet hizmetinin (GPRS) olması yeterlidir.

BÖHNBÜY göre aplikasyon uygulaması, yersel veya uydu tekniklerinden yararlanılarak yapılabilir.

RTK ile yapılacak uygulamada jeodezik GPS alıcıları kullanılmalıdır ve en büyük baz uzunluğu 5 km'yi geçmemelidir.

Uydu teknikleri kullanılıyor ise, en az iki kontrol noktasından kontrollü yapılır. İki aplikasyon noktası arasındaki uzaklık  $\pm(5)$ cm'yi geçmemelidir.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün 2010-14 numaralı genelgesine göre GNSS ve TUSAGA-Aktif yönteminin kullanımına ilişkin esaslar;

TUSAGA-Aktif sistemi ile ağ RTK düzeltme verileri kullanılarak aşağıda belirtilen kurallara uyulmak suretiyle işlemler yapılabilir.

Düzeltilme Verileri Alınırken Kullanılabilecek Teknik: VRS, FKP ve MAC.

Belirsizlik Çözümü (Ambiguity Solution) : Sabitlenmiş (Fixed)

Uydu Sayısı: En az beş adet,

Veri Toplama Aralığı: 1 (Bir) saniye,

Uydu Yükseklik Açısı: En az 10° ,



Kayıt Süresi: En az üç epok olmalıdır [14].

## 4.2 Aplikasyonda Oluşan Hatalar

Aplikasyonda yapılan hatalar:

- a. Aplikasyon değerlerini elde ederken yapılan hatalar
- b. Aplikasyon sırasında yapılan hatalar

olmak üzere iki grupta toplanabilir.

- a. Aplikasyon değerlerini elde ederken yapılan hatalar

Aplikasyonda kullanılacak veriler, plan üzerinden ya da hesaplardan bulunur. Hesaplardan bulunan değerlerin, kontrol hesabı veya kontrol ölçüsü ile doğrulukları denetlenebilir. Değerler plandan elde edilecekse planın ölçeği, kullanılan ölçü aleti ve ölçü şekli sonucu etkileyen faktörlerdir.

- b. Aplikasyon sırasında yapılan hata kaynakları

Bu hatalar, ölçü aletinin yani aletin eksen şartlarından, açı ve uzunluk ölçme doğruluğundan, ölçü aletinin ve yansıtıcının (reflektörün) nokta üzerine hedeflenmesinden, hava koşullarından, kullanıcılardan, yöneltme ve merkezleştirmeden ayrıca da ortamdan kaynaklanan hatalardır. Kısaca kutupsal yöntemle yapılan aplikasyonun doğruluğu, aplikasyonda kullanılan aletin uzunluk ve açı ölçme doğruluğu ile doğrudan ilişkilidir.

Aplikasyon için A ve B gibi iki sabit noktanın koordinatları, aplikasyon yapılacak noktaların (P<sub>i</sub>) koordinatları bilinmelidir. Bir P noktasının kutupsal aplikasyonu, A noktasından elde edilen uzunluk ve açı değerleri ile gerçekleştirilir (Pırtı A., 2005).

$$X_p = X_A + S \cos \alpha \quad (4.1)$$

$$Y_p = Y_A + S \sin \alpha \quad (4.2)$$

Kutupsal aplikasyonun doğruluğunu etkileyen standart sapma değerleri

A noktasının X, Y koordinatları için

$$\sigma_A = \pm \sqrt{\sigma_{X_A}^2 + \sigma_{Y_A}^2} \quad (4.3)$$

Total station aletinin uzunluk ölçme doğruluğu  $\sigma_s$

$\alpha$  açısının doğruluk değeri,

$$\sigma_\alpha = \pm \sigma_r \sqrt{2} \quad (4.4)$$

$\sigma_r$ ; bir doğrultudaki standart sapma eşitliğinden elde edilir.

Aplike edilen P noktasının X ve Y yönündeki standart sapma değeri

$$\sigma_{XP} = \pm \sqrt{(\sigma_{XA})^2 + (\cos\alpha \sigma_s)^2 + \left(-S \sin\alpha \frac{\sigma_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (4.5)$$

$$\sigma_{YP} = \pm \sqrt{(\sigma_{YA})^2 + (\sin\alpha \sigma_s)^2 + \left(S \cos\alpha \frac{\sigma_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (4.6)$$

dir. Burada  $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$  ve A noktası hatasız olarak kabul edilirse ( $\sigma_{XA} = \sigma_{YA} = 0$ ), P noktasının konum doğruluğu

$$\sigma_P = \pm \sqrt{\sigma_{XP}^2 + \sigma_{YP}^2} = \sqrt{\sigma_s^2 + \left(\frac{S \sigma_r \sqrt{2}}{\rho}\right)^2} \quad (4.7)$$

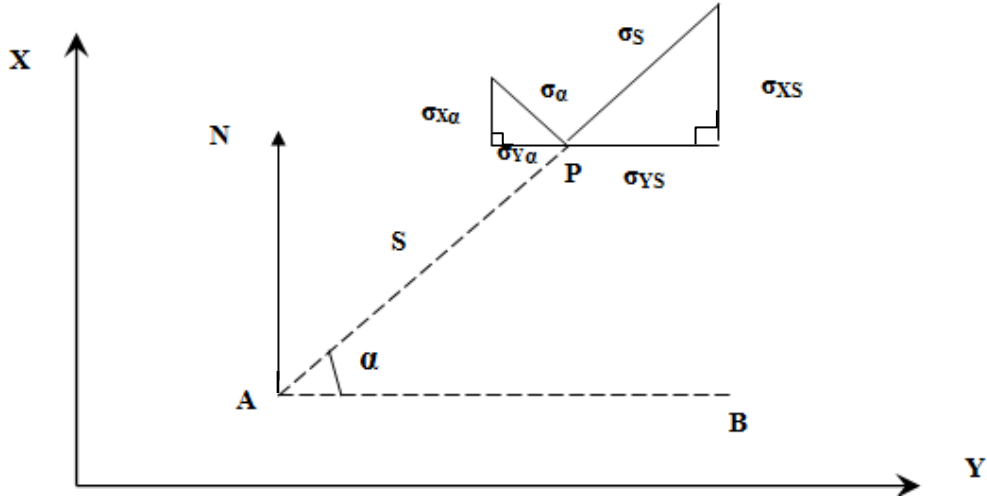
elde edilir.

Eşitlik 4.7'deki uzunluk ve açı ölçü elemanları bileşenlerini boyuna ve enine standart sapma değerleri ( $\sigma_l$ ,  $\sigma_q$ ) olarak sabit noktaya (A) dayalı şekilde biçimlendirilerek aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir (Şekil 4.1).

$$\sigma_P = \pm \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_q^2} \quad (4.8)$$

$$\sigma_l = \pm \sqrt{\sigma_s^2 + \frac{\sigma_M^2 + \sigma_Z^2}{2}} \quad (4.9)$$

$$\sigma_q = \pm \sqrt{\frac{S \sigma_r \sqrt{2}}{\rho} + \frac{\sigma_M^2 + \sigma_Z^2}{2}} \quad (4.10)$$



Şekil 4.1 Kutupsal aplikasyonda yapılan hataların grafik olarak gösterilmesi [34]

Eğer kutupsal aplikasyonda A ve B noktaları konum hatası ile yüklü iseler, bu durumdan P noktası da etkilenecektir. Eşitlik (4.1) ve (4.2)'nin diferansiyeli alınırsa

$$dy_p = S \cos(t-\alpha) d\alpha + \sin(t-\alpha) ds \quad (4.11)$$

$$dx_p = S \sin(t-\alpha) d\alpha + \cos(t-\alpha) ds \quad (4.12)$$

olur. Ortalama hata ise

$$m_y^2 = S^2 \cos^2(t-\alpha) \frac{m_\theta^2}{r_0^2} \sin^2(t-\alpha) m_S^2 \quad (4.13)$$

$$m_x^2 = S^2 \sin^2(t-\alpha) \frac{m_\theta^2}{r_0^2} \cos^2(t-\alpha) m_S^2$$

olarak elde edilir. P noktasının konum hatası ise

$$m_p^2 = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = S^2 \frac{m_\theta^2}{r_0^2} + m_s^2 \quad (4.14)$$

eşitliği ile elde edilir.

Düşey aplikasyonda, yukarıda açıklandığı gibi iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden geometrik nivelman ile aplikasyonda hassasiyet, kullanılan nivo aletinin doğruluğu ile bağlantılıdır. Nivelmanda ki doğruluk  $\sigma_H$ ,

$$\sigma_H = \sigma_{Niv / Km} \sqrt{S(km)} \quad (4.15)$$

dir. (4.15) eşitliğindeki S kilometre cinsinden nivelman yolu uzunluğunu,  $\sigma_{\text{Niv/Km}}$  ise 1 km'lik nivelman yolu uzunluğu için kullanılan aletin standart sapmasıdır.

Trigonometrik nivelmanda ise düşey aplikasyon, kullanılan total station aletinin düşey açı (Z) ölçme hassasiyetine ( $\sigma_z$ ) bağlıdır. Yükseklik için standart sapma ( $\sigma_H$ );

$$\sigma_H^2 = \text{Cos}^2 z \sigma_s^2 + S^2 \text{Sin}^2 z \frac{\sigma_z^2}{\rho^2} \quad (4.16)$$

dır. Burada  $Z=100^g$  olarak alınırsa

$$\sigma_H = \pm S \text{Sin } z \frac{\sigma_z}{\rho} \quad (4.17)$$

elde edilir [14], [34].

#### 5.1 Test Alanının Tanımı ve Çalışma Yöntemi

Uygulama alanı olarak Afyonkarahisar İli Dinar İlçesinde bulunan Rüzgar Enerji Santrali ulaşım yolu seçilmiştir. Projeye göre yapılacak yol uzunluğu toplamda yaklaşık 23 km olup, uygulama yapılacak 39 numaralı Rüzgar Türbinin servis yoludur (Şekil 5.1).

Uygulamada T39 yoluna ait 100 adet yol aplikasyon noktası CORS VRS yöntemi ile applike edilmiş olup bu noktalara demir çivi çakılmıştır. Aplike edilen bu noktalarda VRS Yöntemi ve FKP Yöntemi ile 3'er kez değişik gün ve saatlerde röleve okumaları yapılmıştır. VRS ve FKP ölçümlerinde 10 epok ölçü yapılmış olup kayıt aralığı 1 saniye seçilmiştir. Bu yöntemlerin dışında noktalarda ilave ölçme analizi için Post-Processing Kinematik (PPK) yöntemde yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen tüm koordinatlar birbirleri aralarında ve 5'er saatlik statik oturum sonucunda koordinatlandırılan 2 adet nirengi noktasından yapılan total station ölçümlerinden çıkan koordinatlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada 2 adet Ashtech Pro-Mark 800 GNSS alıcısı ile 1 adet Sokkia Set320 total station kullanılmıştır. Kullanılan cihazların teknik özellikleri:

a. Ashtech Pro-Mark 800 GNSS alıcısı

<b>Kanal Sayısı</b>	120
<b>Statik GNSS Ölçümü</b>	Düşey: 10 mm + 0.5 ppm Yatay: 5 mm + 0.5 ppm
<b>Gerçek Zamanlı Kinematik GNSS Ölçümü</b>	Düşey: 20 mm + 1.0 ppm Yatay: 10 mm + 1.0 ppm
<b>RTK Ölçüm Süresi</b>	GPRS sinyali zayıf ise opsiyonel dahili radyo modem ile ölçüme devam
	20 km'ye kadar menzil sağlar (radyo modem ile)
	40 km'ye kadar menzil sağlar (GPRS modem ile)
	%99.9 güvenilirlik
<b>Ölçü Modları</b>	RTK Sabit / Gezici (UHF)
	RTK Sabit / Gezici (GSM)
	RTK Ağ Gezicisi (CORS) : VRS, FKP, MAC
	Post - Proses Statik, Kinematik...
	GSM / GPRS / EDGE / 3.5G Band Özellikleri
<b>GNSS Özellikleri</b>	GPS L1 C/A L1/L2 P-kod, L2 C, L5, L1/L2/L5 Tam dalga boyu taşıyıcı
	GLONASS L1 C/A ve L2 C/A, L1/L2 tam dalga boyu taşıyıcı
	GALILEO E1 ve E5 (GIOVE-A/GIOVE-B test uyduları dahil)

Çizelge 5.1 Ashtech Pro-Mark 800 GNSS alıcısı teknik özellikleri

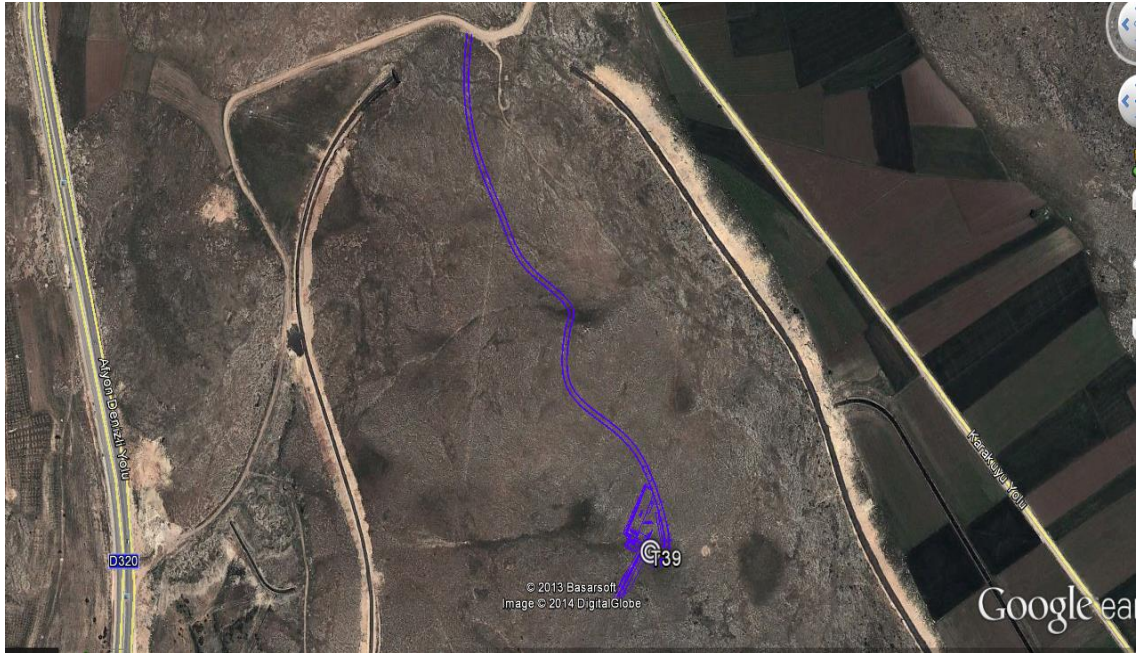
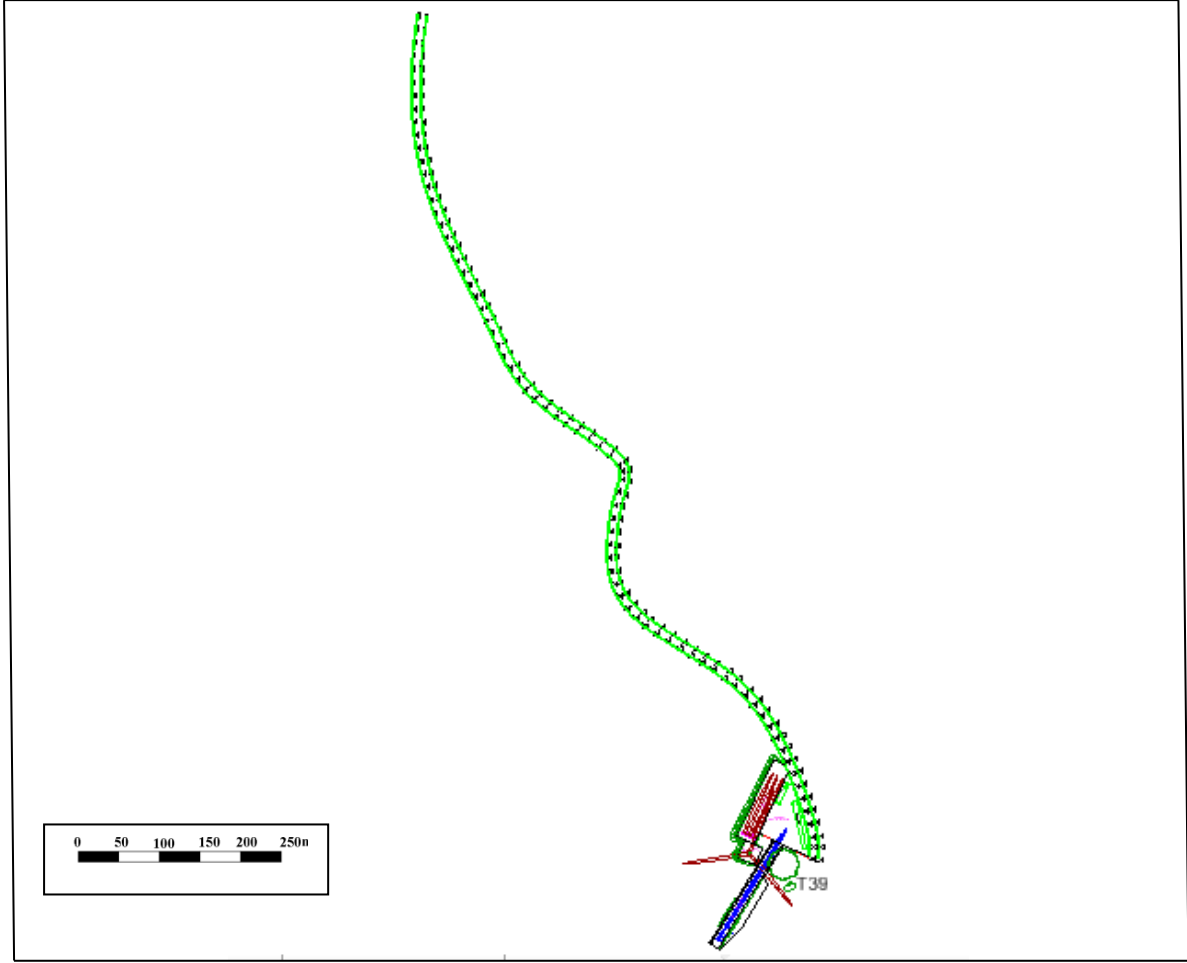
b. Sokkia Set320 total station

<i>Model</i>		<i>SET220K</i>	<i>SET320K</i>	<i>SET520K</i>	<i>SET620K</i>
<b>Ölçme Aralığı</b>	Yansıtıcı Levha Hedef Grubu *	RS90N-K: 2.150m (3.3 490ft.)	RS50N-K: 2.60m (3.3 190ft.)	RS10N-K: 2.25m (3.3 80ft.)	RS10N-K: 2.25m (3.3 80ft.)
	Prizma ile	1 ile 3000 m (3.3 9.840 ft) ile 3500 m (11480 ft) iyi koşullarda			
<b>Mesafe Doğruluğu</b>	Yansıtıcı Levha Hedef Grubu *	(4 + 3ppm × D) mm			
	Prizma ile	(2 + 2ppm × D) mm			
<b>Açı Hassasiyeti</b>		2 "/ 0.6mg	3 "/ 1mg	5 "/ 1.5mg	6 "/ 1.9mg
<b>Veri Depolama</b>	Dahili bellek	Yaklaşık. 10.000 nokta			
	Hafıza kartı	CF kart ünitesi mevcuttur			-

Çizelge 5.2 Sokkia Set320 total station teknik özellikleri

Yapılan VRS ve FKP ölçülerinin aktarım ve incelemesi GPS Format adlı program, PPK ölçülerinin dengeleme ve değerlendirilmesinde ise Topcon Tools 8.2.3 yazılımı

kullanılmıştır. Total station ölçüm datası ise Sokkia aktarım programı ile bilgisayara aktarılıp, Netcad'de hesabı yapılmıştır.



Şekil 5.1 Uygulama alanı (CAD ve Google Earth görüntüsü)

09.10.2013 tarihinde aplikasyonu yapılan 100 adet noktanın, 10.10.2013 tarihinde sabah saat 9.00'da VRS yöntemi ile 1. periyot ölçümüne başlanmış olup saat 11.00'da tamamlanmıştır. 11.10.2013 tarihinde saat 13.30'da başlanıp saat 15.30'da tamamlanarak noktalar VRS yöntemi ile 2. Periyot olarak ölçülmüştür. Ve son olarak 12.10.2013 tarihinde sabah saat 9.00'da başlanıp saat 11.00'da VRS ölçüm yönteminin 3. periyot ölçümü tamamlanmıştır.

FKP ölçüm yöntemine de 23.10.2013 tarihinde saat 9.00'da başlanmış olup saat 11.00'da ilk periyot ölçümü tamamlanmıştır. 2. periyot ölçüme 25.10.2013 tarihinde saat 13.30'da başlanıp saat 15.30'da gerçekleştirilmiştir. Son periyot ölçüm de 28.10.2013 tarihinde saat 9.00'da başlanmış olup saat 11.00'da tamamlanmıştır.

100 aplikasyon noktası VRS ve FKP ölçüm yöntemleri dışında günümüzde tercih edilen bir ölçme yöntemi olan Post-Processing Kinematic (PPK) ile de ölçülmüştür. Bu yöntem ile noktalarda 10'ar dakikalık ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sırasında GNSS alıcıları jalon sehpaları ile desteklenmiştir (Şekil 5.2). Ölçüm dataları günlük olarak bilgisayara aktarılmıştır. Bu noktalara ait dengeleme hesabının yapılabilmesi için ölçüm tarihlerine ait uygulama alanımıza en yakın TUSAGA-Aktif istasyonu DINA (Afyon-Dinar, ~5 km) noktasının verileri TKGM'den alınmıştır. TKGM'den alınan veriler ve ölçüm datamız Topcon Tools V8.2.3 programında açılarak dengeleme hesabı yapılmıştır. Dengeleme hesabında kullanılmak üzere ölçüm günlerine ait uyduların hassas efemeris bilgileri yine aynı programda internet üzerinden indirilmiştir. İşlem sırası olarak önce serbest dengeleme yapıp sonrasında DINA noktasının koordinatı girilerek dayalı dengeleme yapılmıştır.





Şekil 5.2 Proje Alanında Post-Processing Kinematic Ölçümün Yapılması

Bu uygulamada, yukarıda anlattığımız ölçüm yöntemlerinden çıkan koordinatların doğruluğu, total station ölçümünden çıkan koordinatlarla kıyaslanarak irdelenmiş ve yorum getirilmiştir. Total station ölçümü için 100 aplikasyon noktasını görebilecek

şekilde 2 adet nirengi noktası tesis edilmiştir. Bu nirengi noktalarında 5'er saatlik statik oturum yapılmıştır. Post-Processing Kinematic yöntemin hesabında olduğu gibi dengeleme hesabı için ölçüm tarihlerine ait bu sefer 4 adet (AFYN, DENI, DINA ve ISPT) TUSAGA-Aktif istasyonun verileri TKGM'den alınmıştır. Topcon Tools V8.2.3 programında dengeleme hesabı yapılarak nirengilerin koordinatları elde edilmiştir. 27.11.2013 tarihinde bu nirengi noktalarından total stationla ölçüm yapılarak 100 adet aplikasyon noktasının koordinatları hesaplanmıştır.

Bu ölçüm yöntemlerinden elde edilen koordinatlar önce total station koordinatları ile sonra da kendi aralarında karşılaştırılmış olup aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

## 5.2 İstatistiksel Test (Verilerin Analizi)

VRS, FKP ve PPK kullanılarak elde edilen nokta koordinat farklarının anlamlı ve güvenli olup olmadığını belirlemek için t testi uygulanmıştır. Bu test için öncelikle koordinat değerlerini doğru kabul ettiğimiz total stationun nokta koordinat bileşenleri standart sapmaları

$$m_y^2 = \cos^2 \alpha * m_s^2 + S^2 * \sin^2 \alpha * \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \quad (5.1)$$

$$m_x^2 = \sin^2 \alpha * m_s^2 + S^2 * \cos^2 \alpha * \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \quad (5.2)$$

$$m_z^2 = \cos^2 Z * m_d^2 + D^2 * \sin^2 Z * \frac{m_Z^2}{\rho^2} \quad (5.3)$$

formüllerinden hesaplanır. (5.1) ve (5.2) formüllerinde  $\alpha$  yatay açı,  $S$  yatay uzunluk,  $m_\alpha$  total station yatay açı ölçme doğruluğu,  $m_s$  total station yatay uzunluk ölçme doğruluğudur. (5.3) formülündeki  $Z$  düşey açı,  $m_d$  total station düşey açı ölçme doğruluğu,  $D$  eğik mesafe,  $m_z$  total station düşey konum doğruluğudur.

Standart sapmalar bulunduktan sonra,

$$V_{\Delta y} = \Delta Y_t - \Delta Y_{VRS,FKP,PPK} \quad (5.4)$$

$$V_{\Delta x} = \Delta X_t - \Delta X_{VRS,FKP,PPK} \quad (5.5)$$

$$V_{\Delta z} = \Delta Z_t - \Delta Z_{VRS,FKP,PPK} \quad (5.6)$$

eşitlikleri ile tüm VRS, FKP ve PPK koordinatlarının total station koordinatlarından ( $\Delta Y_t, \Delta X_t, \Delta Z_t$ ) farkı alınarak  $V_{\Delta y}, V_{\Delta x}, V_{\Delta z}$  hesaplanır. Bu farkları gösteren tablolar ekler kısmında yer almaktadır.

Son olarak,

$$t_{\Delta y_i} = \frac{V_{\Delta y_i}}{m_{y_i}} \quad (5.7)$$

$$t_{\Delta x_i} = \frac{V_{\Delta x_i}}{m_{x_i}} \quad (5.8)$$

$$t_{\Delta z_i} = \frac{V_{\Delta z_i}}{m_{z_i}} \quad (5.9)$$

eşitlikleri ile t değerini elde etmiş oluruz. T dağılım tablosuna baktığımızda, serbestlik derecesi 5 iken %95 güven aralığı için  $t=2.57$  olduğu gözükmektedir.

$t=2.57$  değerine göre yapılan testte VRS'nin 10.10.2013 saat:9.00-11.00 arası koordinat değerlerinden 6 adet  $t_{\Delta y}$ , 2 adet  $t_{\Delta x}$  ve 11 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 19 değer güven aralığı dışında kalmıştır. VRS'nin 11.10.2013 saat:13.30-15.30 arası koordinat değerlerinden 6 adet  $t_{\Delta y}$ , 2 adet  $t_{\Delta x}$  ve 10 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 18 değer güven aralığı dışında kalmıştır. VRS'nin 12.10.2013 saat:9.00-11.00 arası koordinat değerlerinden 6 adet  $t_{\Delta y}$ , 2 adet  $t_{\Delta x}$  ve 10 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 18 değer güven aralığı dışında kalmıştır.

FKP'nin 23.10.2013 saat:9.00-11.00 arası koordinat değerlerinden 4 adet  $t_{\Delta y}$ , 2 adet  $t_{\Delta x}$  ve 10 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 16 değer güven aralığı dışında kalmıştır. FKP'nin 25.10.2013 saat:13.30-15.30 arası koordinat değerlerinden 6 adet  $t_{\Delta y}$ , 3 adet  $t_{\Delta x}$  ve 9 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 18 değer güven aralığı dışında kalmıştır. FKP'nin 28.10.2013 saat:9.00-11.00 arası koordinat değerlerinden 6 adet  $t_{\Delta y}$ , 3 adet  $t_{\Delta x}$  ve 11 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 20 değer güven aralığı dışında kalmıştır.

PPK'nın 14-19-20-21.11.2013 tarihlerinde yapılan ölçüm sonuçlarından 2 adet  $t_{\Delta y}$ , 2 adet  $t_{\Delta x}$  ve 5 adet  $t_{\Delta z}$  değeri toplamda 9 değer güven aralığı dışında kalmıştır.

Sonuçlardan, VRS yönteminin yatay konumda doğruluğunun ortalama %92, dikey konumda ise doğruluğunun ortalama %89 güven sınırı içinde kaldığı anlaşılmaktadır.

FKP yönteminde ise yatay konumda doğruluğunun ortalama yine %92, düşey konumda ise doğruluğunun ortalama %90 güven sınırı içinde kaldığı anlaşılmaktadır.

PPK yönteminin yatay konumda doğruluğunun ortalama %96, düşey konumda ise doğruluğunun ortalama %95 olduğu kanısına varılabilmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR

Yapılan uygulamada VRS, FKP ve PPK ölçüm yöntemlerinden elde edilen koordinatlar, total station ölçümünden elde edilen koordinatlarla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Ayrıca VRS, FKP ve PPK ölçüm koordinatları kendi aralarında da karşılaştırılmıştır.

VRS ve FKP yöntemlerini değerlendirirsek, VRS ve FKP yönteminin değişik gün ve saatlerdeki ölçüm sonuçları ile total station ölçüm sonuçları arasındaki farkların ortalaması  $\pm(2-3 \text{ cm})$  aralığında kalmıştır. VRS'nin üç periyot hata ortalaması  $\Delta Y=0.025 \text{ m}$ ,  $\Delta X=0.023 \text{ m}$ ,  $\Delta Z=0.022 \text{ m}$ , standart sapmaları  $m_y=0.027 \text{ m}$ ,  $m_x=0.028 \text{ m}$ ,  $m_z=0.018 \text{ m}$ , FKP'nin üç periyot hata ortalaması  $\Delta Y=0.019 \text{ m}$ ,  $\Delta X=0.023 \text{ m}$ ,  $\Delta Z=0.022 \text{ m}$ , standart sapmaları  $m_y=0.025 \text{ m}$ ,  $m_x=0.027 \text{ m}$ ,  $m_z=0.023 \text{ m}$  olarak bulunmuştur.

VRS ölçüm yönteminde gözlenen uydu sayısı 12-15 aralığında, PDOP değerleri ise 1.5-1.9 aralığında kalmıştır. FKP yönteminde ise uydu sayısı 11-15 aralığında, PDOP değerleri ise 1.7-2.0 aralığında kalmıştır. Bu sonuçlardan her iki yöntemin de doğruluk bakımından aynı düzeyde olduğunu ve yol uygulamalarında kullanılabileceğini göstermektedir. İlave olarak da ikisi arasındaki en önemli farklılık, FKP yönteminde sabit istasyona bağlantı süresi VRS yöntemine göre biraz daha uzun sürmektedir.

Büroda değerlendirme işlemine dayalı PPK (post processing kinematic) yönteminde koordinat farkları ortalamaları  $\Delta Y=0.016 \text{ m}$ ,  $\Delta X=0.015 \text{ m}$ ,  $\Delta Z=0.019 \text{ m}$  ve standart sapmaları  $m_y=0.020 \text{ m}$ ,  $m_x=0.017 \text{ m}$ ,  $m_z=0.015 \text{ m}$  olarak bulunmuştur. PPK yönteminde uydu sayısı 16-18 aralığında, PDOP değerleri de 1.5-1.6 aralığında değişkenlik

göstermiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi ölçü süresi arttıkça koordinatlar arasındaki farkın düştüğü açık şekilde görülmektedir. PPK yönteminden elde edilen koordinatların, total station ölçüm koordinatları farkları  $\pm(1-2 \text{ cm})$  aralığında kaldığı EK 23'de görülmektedir. Bu doğruluğun en önemli kriterleri:

- VRS ve FKP yöntemlerinde 10 epokluk ölçü yapılırken, PPK yönteminde maksimum 10 dakikalık ölçüm yapılmıştır.
- VRS ve FKP yöntemlerinde GNSS alıcısı kullanıcı tarafından el ile tutulurken, PPK yönteminde jalon sehpası kullanılmıştır.
- VRS ve FKP yöntemlerinde anlık konum elde edilebilirken PPK yönteminde büroda sonradan değerlendirme yapıldığından dengeleme sırasında hassas efemeris bilgileri indirilerek dengeleme hesaba katılmıştır.

Test sonucunda da VRS ve FKP yöntemleri yatay ve düşey konum hassasiyetleri ve güvenilirlikleri bakımından hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. PPK yönteminin ise diğer iki yöntemle göre hem hassasiyet hem de güven açısından üstün olduğu anlaşılmaktadır. Total station ile elde edilen koordinatlarla birbirlerine çok yakın değerler olduğu yapılan bu çalışmada gözlemlenmiştir.

CORS-TR, hassas bir sistem olmasına karşın, düzeltmelerin (internet+GSM) hattının üzerinden alınması nedeniyle telefon çekmeyen bölgelerde, çok sık ağaçlık alan ve çok yoğun yapılaşmanın olduğu yerlerde kullanılması olanaksızdır.

Yapılan arazi uygulamasından da anlaşıldığı gibi; yüksek doğruluk, güvenilirlik ve tutarlılık isteyen çalışmalarda ölçme sonrası büroda hesaplamalar (post-processing kinematic) halen vazgeçilmez bir unsurdur. Bununla birlikte, GPS/GNSS 'post-process' kullanıcı sayısının her geçen gün azaldığı, RTK/CORS kullanıcı sayısının ise arttığı bir gerçektir. Dolayısıyla, GNSS 'post-process' yöntemi ülke jeodezik ağlarının kurulması ve yaşatılması dışında yakın gelecekte sadece birkaç alanda (jeofizik ve jeodinamik çalışmalar) kullanım alanı bulacaktır.

Bu yöntemin yol uygulamalarında kullanılması hakkında bilgi vermek gerekirse, yapmış olduğumuz uygulamadan da anlaşıldığı gibi nokta konum ve yükseklikleri açısından yalnızca yol projelerinde değil diğer mühendislik çalışmalarında da kullanılacak hassasiyete sahip olduğu gözükmemektedir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Aktuğ, B.ve Lenk, O., (2010). “Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi”, Harita Dergisi Temmuz 2010 Sayı 144.
- [2] Aktuğ, B., (2011). Ağ-RTK Hesap Teknikleri (VRS, FKP, MAC), Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2011 Yılı Bilimsel Toplantısı, 23-25 Kasım 2011, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [3] Arıkan, F., Arıkan, O. and Erol, C.B., (2007). “Regularized estimation of TEC from GPS data for certain midlatitude stations ve comparison with IRI model Cospar”, Advances In Space Research, ISSN: 0273-1177, Vol.39.
- [4] Arslan, N., Aydın, N., Üstün, A. ve Demirel, H., (2002). Sanal Referans İstasyonu Sistemi (VRS), Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- [5] Aysezen, M. ř., (2008). Türkiye İçin IONOLAB-TEC Kullanılarak GPS Tabanlı TEI ve Alıcı Yanlılığı Veri Tabanı Hazırlanması, Y. Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 1-35.
- [6] Aysezen, M. ř., Cingöz, A., Aktuğ, B., Lenk, O., (2009). Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-AKTİF), 2. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, Ankara.
- [7] Bakıcı, S., Yıldırım, Ö. ve Salgın, Ö., (2011). CORS-TR in Turkey, FIG Working Week, Morocco.
- [8] Bozan, A.V., (2012). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Altlık Oluşturan GPS Verilerinin, Farklı Yerlerde ve Zamanlarda Yapılan Ölçülerinin Hassasiyetinin ve Doğruluğunun İrdelenmesi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yollarının Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [9] Brinton, D., (2011). “Post Processed Kinematic-What Is It and Why Should I Care?”, ODOT Surveyors Conference Salem, Oregon.
- [10] Bütün, Ö.F., (2010). Tusaga Aktif(CORS-TR) İstasyonlarından Elde Edilen Nokta Koordinat Doğruluğunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- [11] Canter, P., (2004). “Hydrographic Surveying on the Ellipsoid with Inertially-Aided RTK”, Toronto, Canada.

- [12] Cingöz, A., Erkan Y., Kurt, A.İ. ve Peker, S. (2013). Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı–Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [13] Demirci, P., (2012). Yerel, Ulusal ve Uluslararası Sabit Referans İstasyonlarının Kabuk ve Yapısal Deformasyon Belirleme Amaçlı Tasarlanan Jeodezik Ağlara Entegrasyonu, Ölçme ve Değerlendirme Stratejileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [14] Deniz, R., Çelik, R.N., Kutoğlu, H., Özlüdemir, M.F., Demir, C. ve Kınık, İ., 2011, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- [15] Eren, K., Uzel, T., (2006). Ulusal CORS Sisteminin kurulması ve Datum dönüşümü projesi 1.Gelişme Raporu, İKÜ Yayınları, İstanbul.
- [16] Eren, K., Uzel, T., Gülal, E., Yıldırım, O., Cingöz, A., (2009). “Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network: Case Study , Journal of Surveying Engineering.”
- [17] Eren, K., Uzel, T., Gülal, E., (2007). “CORS-TR Benchmark Test Results”, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- [18] Gülal, E., (2000). GNSS Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [19] Higgins, M. B., (2002), Australia’s Changing Surveying Infrastructure from Marks in the Ground to Virtual Reference Stations, FIG XXII International Congress, Washington DC, USA, April 19-26.
- [20] Hu, G.R., Ovstedal, O., Featherstone, W.E., Castleden, N., Earls, C.J. and Abbey, D.A., (2003).” Using The Virtual Reference Statios (VRS) Concept For Long-Range Airborne GPS Kinematic Positioning”, Norway.
- [21] Janssen, V., (2009). A comparison of the VRS and MAC principles for network RTK, International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium.
- [22] Jaggi, A., Beutler G., Hugentobler U., (2001). “Using Double Difference Information From Network Solutions to Generate Observations for a Virtual GPS Reference Receiver”, IAG 2001 Scientific Assembly, Budapest, Hungary, 2-7 Sept.
- [23] Kahveci, M., (2009). “Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS(CORS) Ağları ve Düşündürdükleri”, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi.
- [24] Kahveci, M. ve Yıldız, F., (2005). GPS Teori-Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- [25] Mekik, Ç. ve Arslanoğlu, Murat, (2003). Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Doğruluk Analizi ve Bir Örnek Uygulama, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [26] Martin, W. and Ladd, J., (1997). GPS+GLONASS Surveying: Post Processed and Real-Time Results. Proceedings of the Satellite Division of the Institute of Navigation 10th International Technical Meeting, ION GPS-97, Kansas City, September 16-19.



- [27] Odijk D., (2002). "Instantaneous GPS Positioning Under Geomagnetic Storm Conditions", MGP Research Group Publications.
- [27] Özdemir, S., Aktuğ, B., Kurt, M., Lenk, O., Erkan, Y. ve Peker, S., (2011). Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA) ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2011 Yılı Bilimsel Toplantısı, İstanbul.
- [28] Özdemir, S., Erkan, Y., Aktuğ, B., Kurt, M. ve Lenk, O., (2011). Türkiye’de Sabit GPS İstasyonlarının Tarihi ve Tusaga-Aktif Sistemi, HKMO 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [29] Parkinson, B. ve W., Spilker, J.J., (1996). Global Positioning System: Theory and Applications, vols. 1 and 2, American Institute of Aeronautics, 370 L’Enfant Promenade, SW, Washington, DC.
- [30] Pektaş, ,F., (2010). Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarına Dayalı Kinematik Konumlama (TUSAGA AKTİF – İSKİ UKBS Ağlarının Yerel Ölçekte Karşılaştırılması), Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [32] Pesci, A., Loddo, F., Cenni, N., Teza, G. and Casula, G., (2008). "Analyzing Virtual Reference Station for GPS surveying: experiments and applications in a test site of the northern Apennines (Italy)", Annals of Geophysics, vol. 51, N. 4 August 2008, Italy.
- [33] Pettersson, R. and Jansson, P., (2005). "Quick manual for measurement and processing of kinematic GPS data, Department of Physical Geography and Quaternary Geology Stockholm University", Sweden
- [34] Pırtı, A., (2005). Yol Aplikasyonunda RTK GPS Tekniğinin Kullanılması ve Doğruluk Yönünden İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- [35] Santos, M., Nievinski, F., Cove, K., Kingdon, R. and Wells, D., (2005). Range-Extended Post-Processing Kinematic (PPK) in a Marine Environment, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA.
- [36] Selbesoğlu, M.O., Kahveci, M. ve Karagöz, H., (2011). "Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2011/1 Sayı 104.
- [37] Tarig, A.A., (2012). "Positioning with Wide-Area GNSS Networks: Concept and Application, Positioning", 2012, Sharjah, United Arab Emirates.
- [38] Telli, A.K., Pırtı, A. ve Hoşbaş, R.G., (2009). "Yeni Nesil Ölçme Sistemi ve Evrik GNSS", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi.
- [39] Tiryakioğlu, İ., (2010). Tusaga Aktif, Cors-TR (Continuously Operating Reference Stations) Sistemi ve IGS Ürünlerinin Kullanımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- [40] Troyer, L., Brown, N., Zelzer, O. and Cranenbroek, J., (2006). "Advances in RTK and Post Processed Monitoring with Single Frequency GPS". Journal of Global Positioning Systems, USA.

- [41] Turan, S.N., (2012). Periyodik Toplanmış TUSAGA-AKTİF Ölçülerinin Deformasyon İzlemede Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.
- [42] Ulukavak, M., Yalçınkaya, M. ve Tanır, E., (2011). Tusaga-Aktif (CORS-TR) Ağ Noktalarının Tektonik Araştırmalarda Kullanılması Üzerine Bir Çalışma: Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [43] Uzel, T., Eren, K., Gülal, E., Dindar, A.A., Tiryakioğlu, İ. ve Yılmaz, H., (2011). Tusaga Aktif (CORS-TR) Verileri ile Tektonik Plaka Hareketlerinin İzlenmesi, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [44] Wanninger, L., (1999). The Performance of Virtual Reference Stations in Active Geodetic GPS Networks Under Solar Maksimum Conditions, Proceedings of ION-GPS 99, Nashville TN, Sept 14-17, 1999.
- [45] Wanninger, L., (2004). "Virtual Reference Stations (VRS) GPS Solutions."
- [46] Wanninger, L., (2002). "Virtual Reference Stations for Centimeter-Level Kinematic Positioning", Proc. of ION GPS 2002, Portland, Oregon, 1400-1407. Best Presentation Award in Session F3.
- [47] Wanninger, L. and Wegener, V., (2002). Communication Options for Network RTK / SAPOS® Realization, Proceedings of the 2nd Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC'05) & 1st Ultra-Wideband Expert Talk (UET'05).
- [48] Yaprak, S., (2005). "Harita Üretiminde GPS Dur ve Git Yöntemi ile Elektronik Takeometri Tekniğinin Karşılaştırılması", G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi.
- [49] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S. ve Mekik, Ç., (2011). Tusaga-Aktif Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- [50] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Gülal, E. ve Dindar, A.A., (2007). Tusaga-Aktif (CORS-TR) Projesi ve Ülkemize Katkıları, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon.
- [51] Yıldırım, Ö., Cingöz, A., Lenk, O., Bakıcı, S., Aktuğ, B., Kılıçoğlu, A., Aysezen, M. Ş. ve Erdoğan, O., (2009). TUSAGA -AKTİF (CORS TR), 4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Trabzon.
- [52] Yılmaz, Y., (2008). "Troposferik Gecikme Modellerinin GPS Nokta Konumlarına Etkisi" Y.Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- [53] Aplikasyon İşleminin Teknik ve Hukuki Boyutu.

<http://cors-tr.iku.edu.tr>, 20 Nisan 2014

[http://www.hgk.mil.tr/haritalar\\_projeler/jeodezi/tusaga\\_aktif.htm](http://www.hgk.mil.tr/haritalar_projeler/jeodezi/tusaga_aktif.htm), 22 Nisan 2014

<http://www.tkgm.gov.tr/tkgm/index.php?page=projeler&pID=7>, 20 Nisan 2014

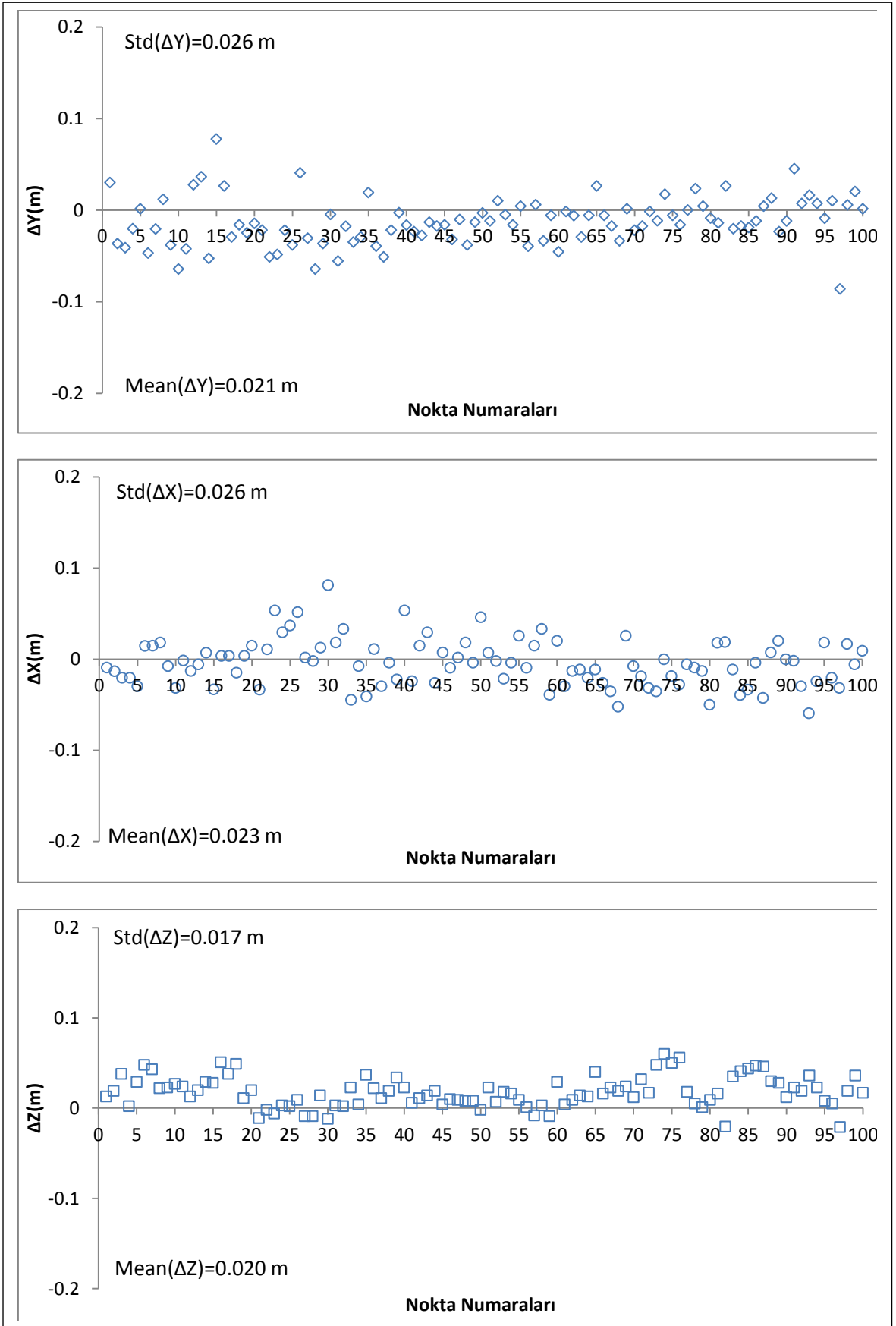
<http://www.iski.gov.tr/Web/statik.aspx?KID=1002150>, 22 Nisan 2014

[http://www.sapos.de/pdf/Flyer/2004Heft\\_e.pdf](http://www.sapos.de/pdf/Flyer/2004Heft_e.pdf), 27 Nisan 2014

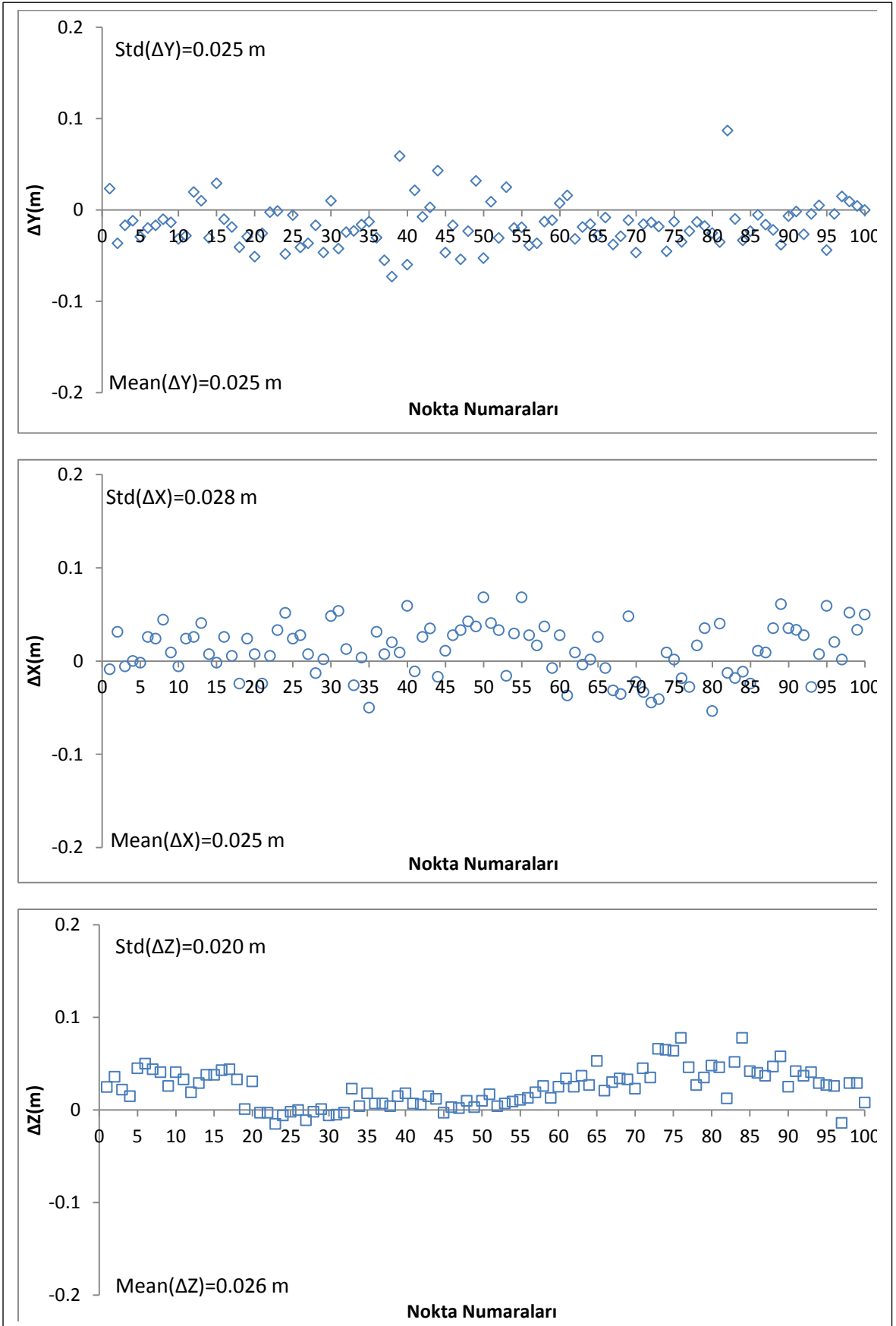
EK-A

---

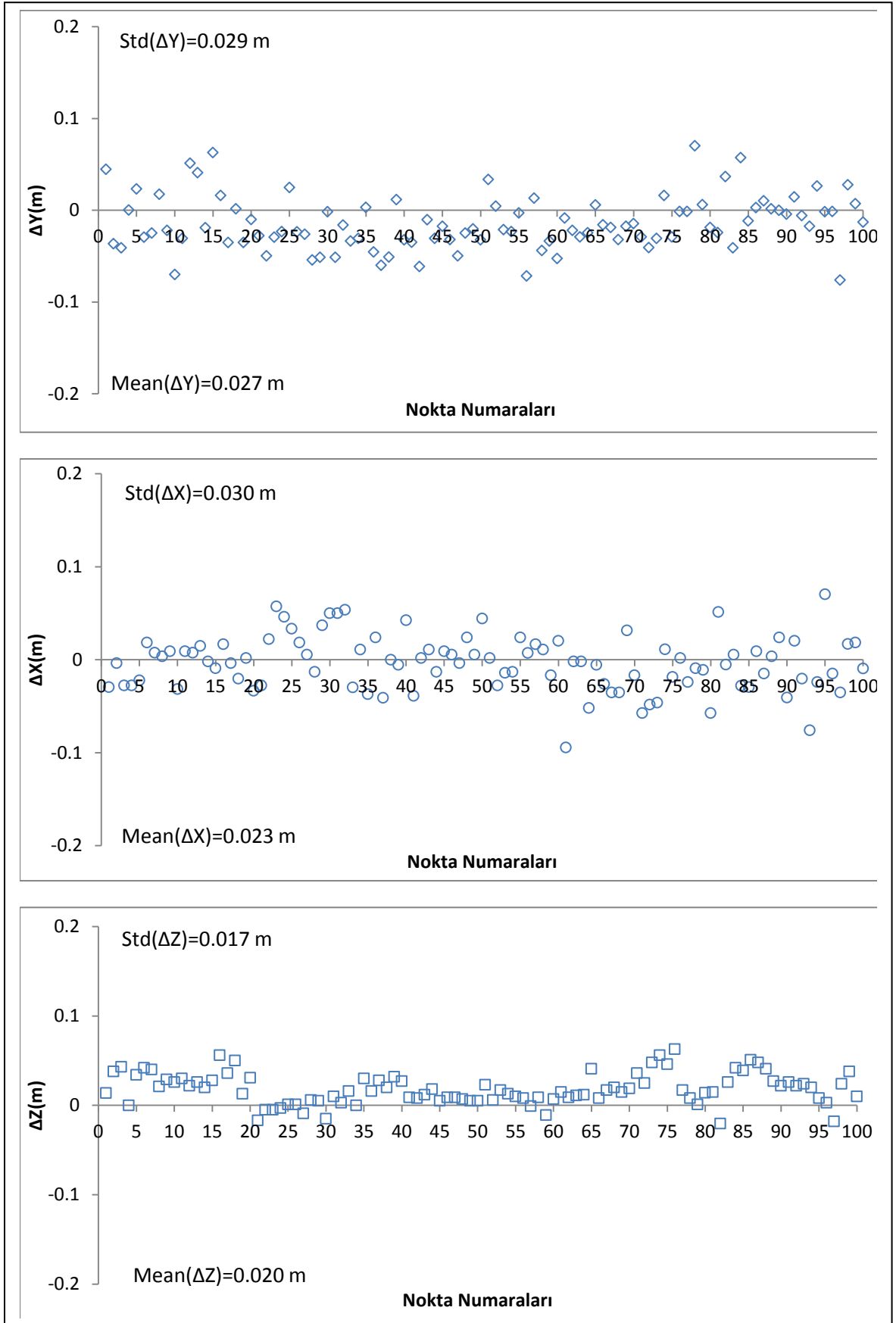
**UYGULANAN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN KOORDİNATLARIN  
BİRBİRLERİ ARASINDA KARŞILAŞTIRILMASI**



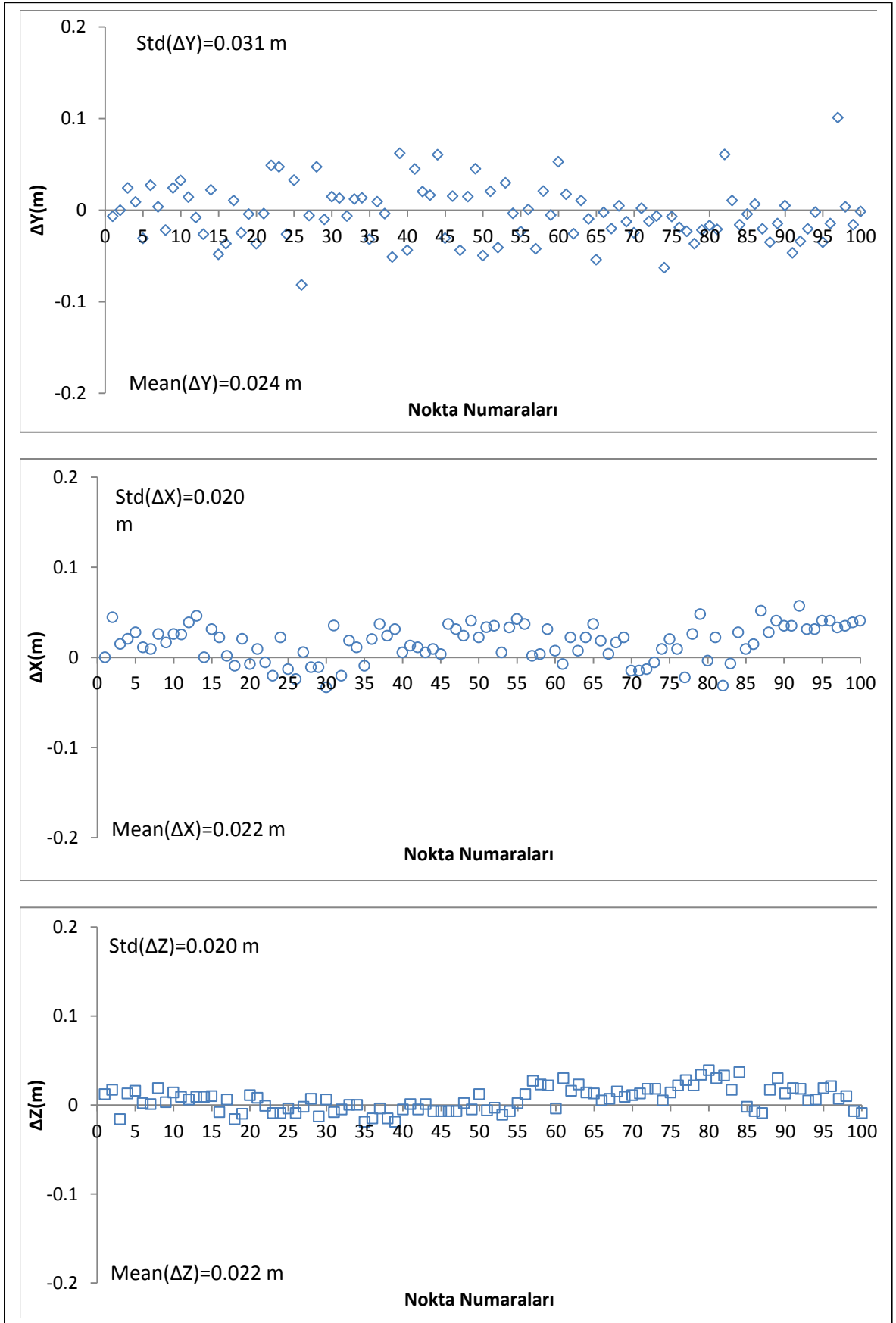
Şekil A.1 VRS(10.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları



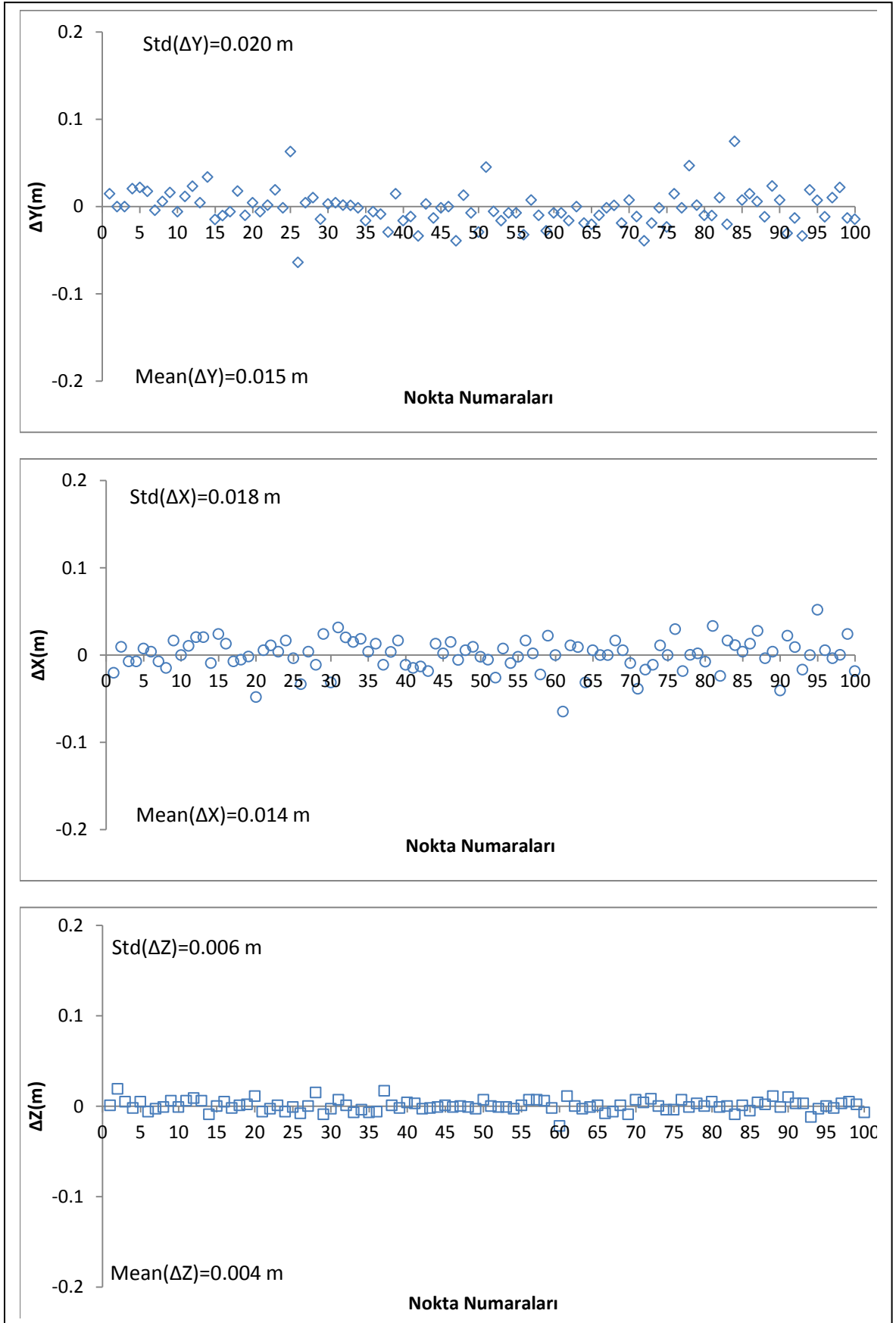
Şekil A.2 VRS(11.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları



Şekil A.3 VRS(12.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları

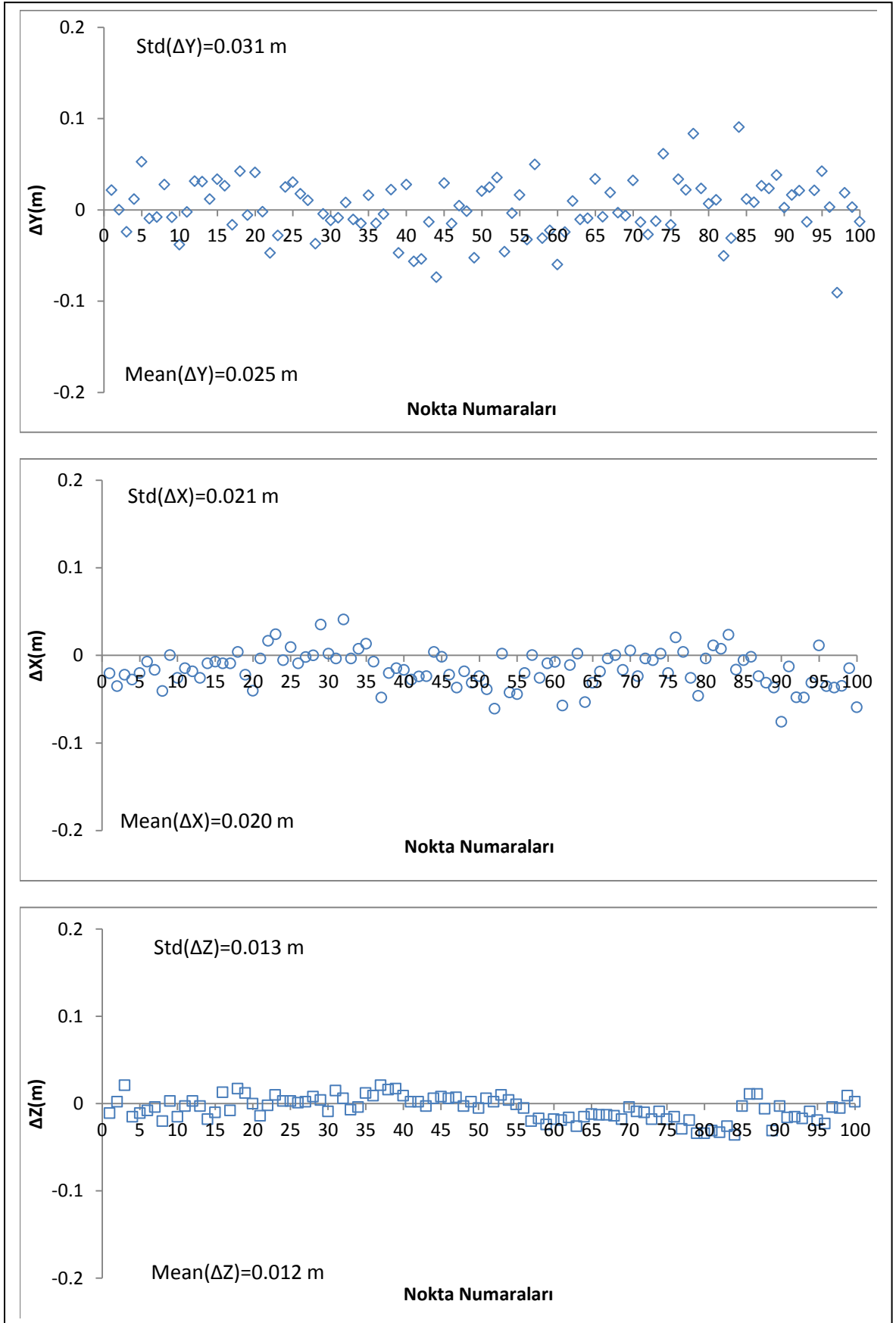


Şekil A.4 VRS(10.10.2013) koordinatları-VRS(11.10.2013) koordinatları

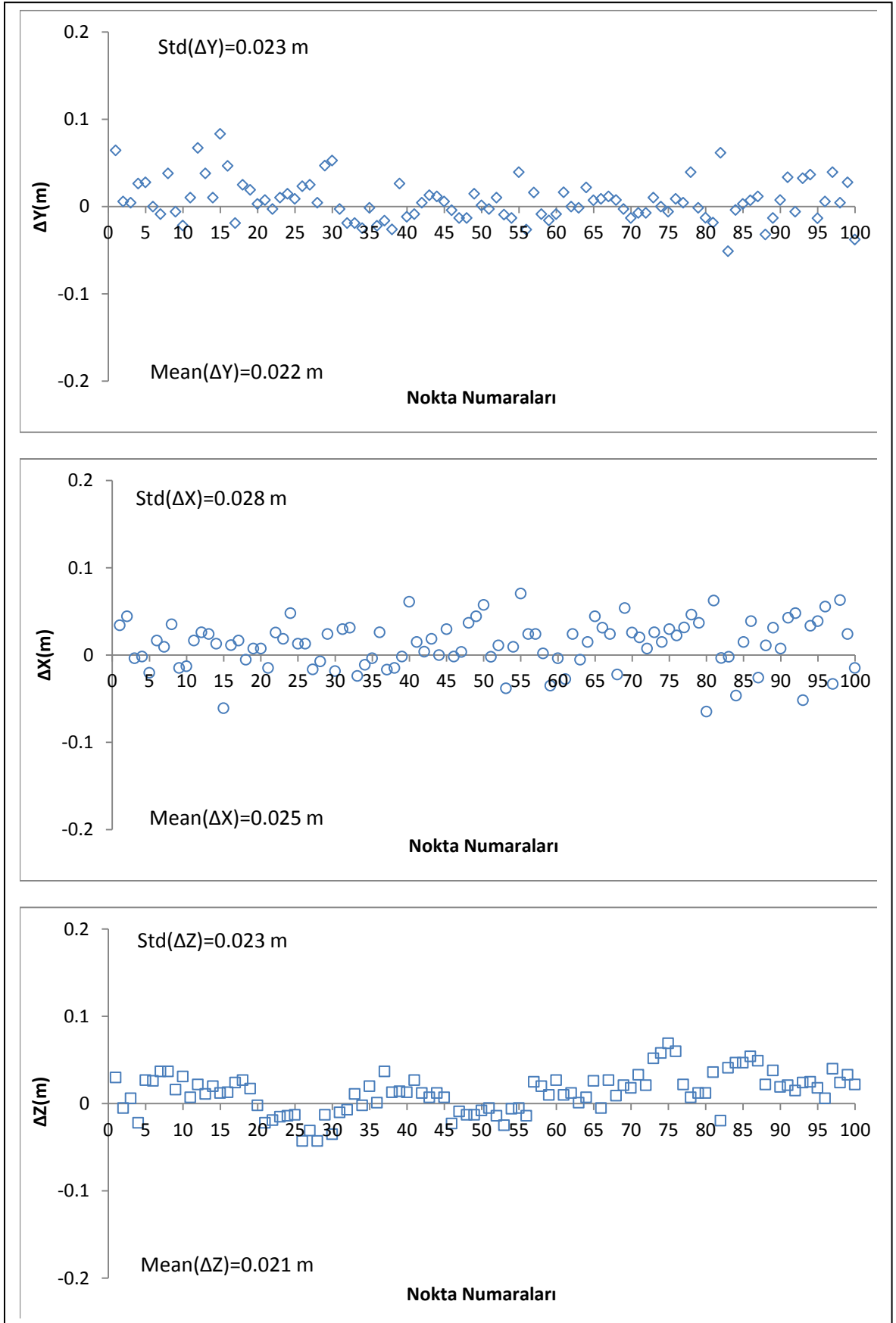


Şekil A.5 VRS(10.10.2013) koordinatları-VRS(12.10.2013) koordinatları

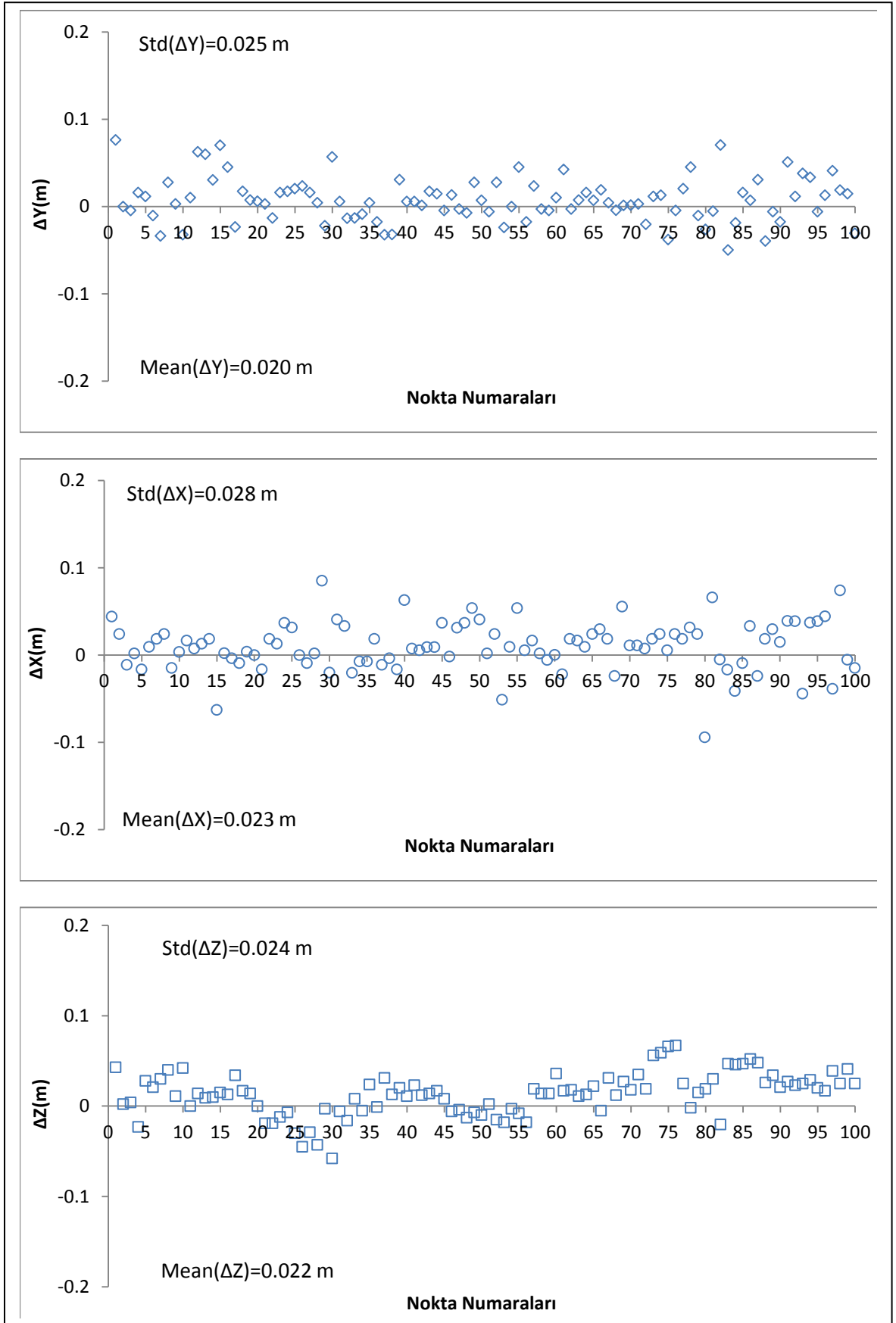




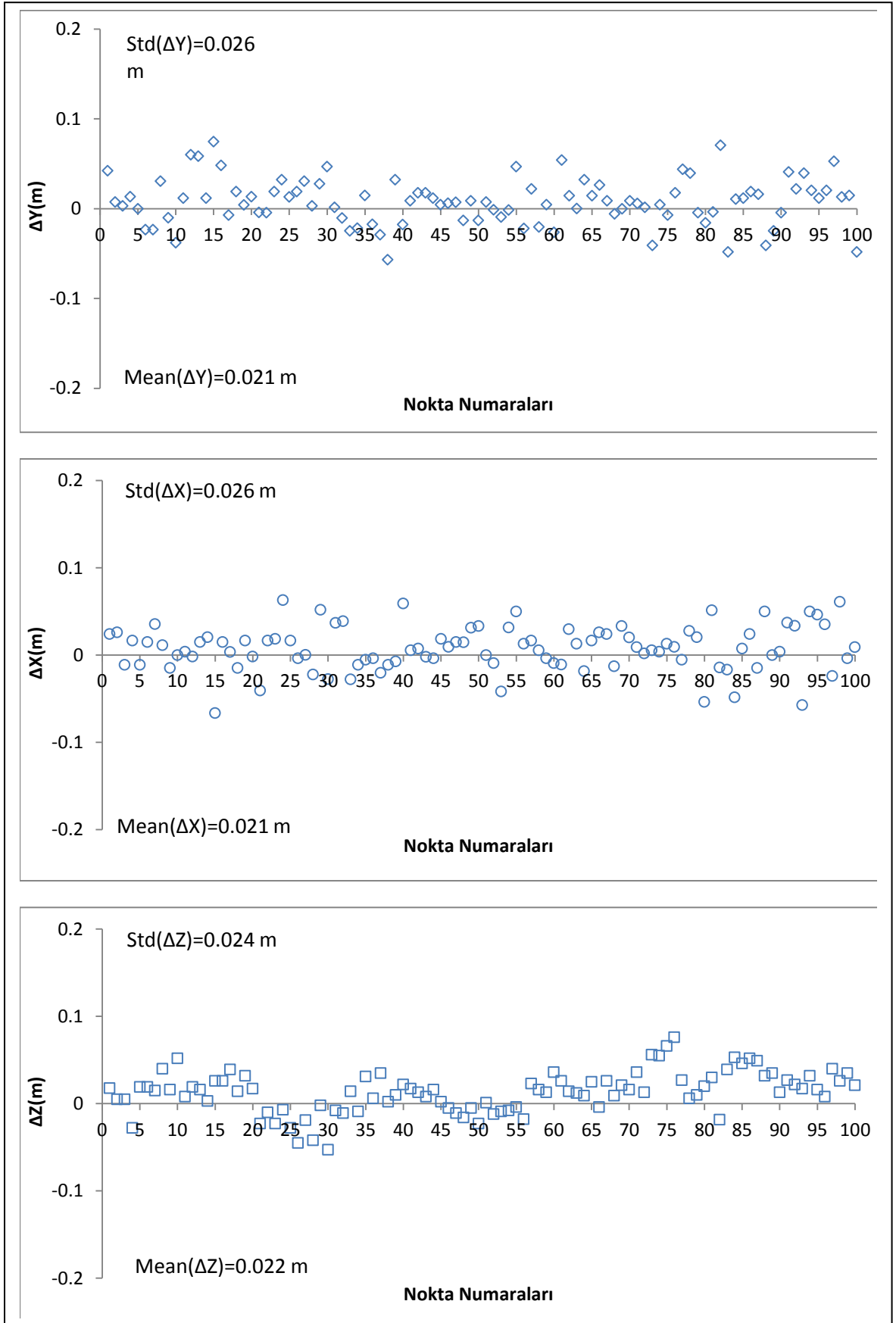
Şekil A.6 VRS(11.10.2013) koordinatları-VRS(12.10.2013) koordinatları



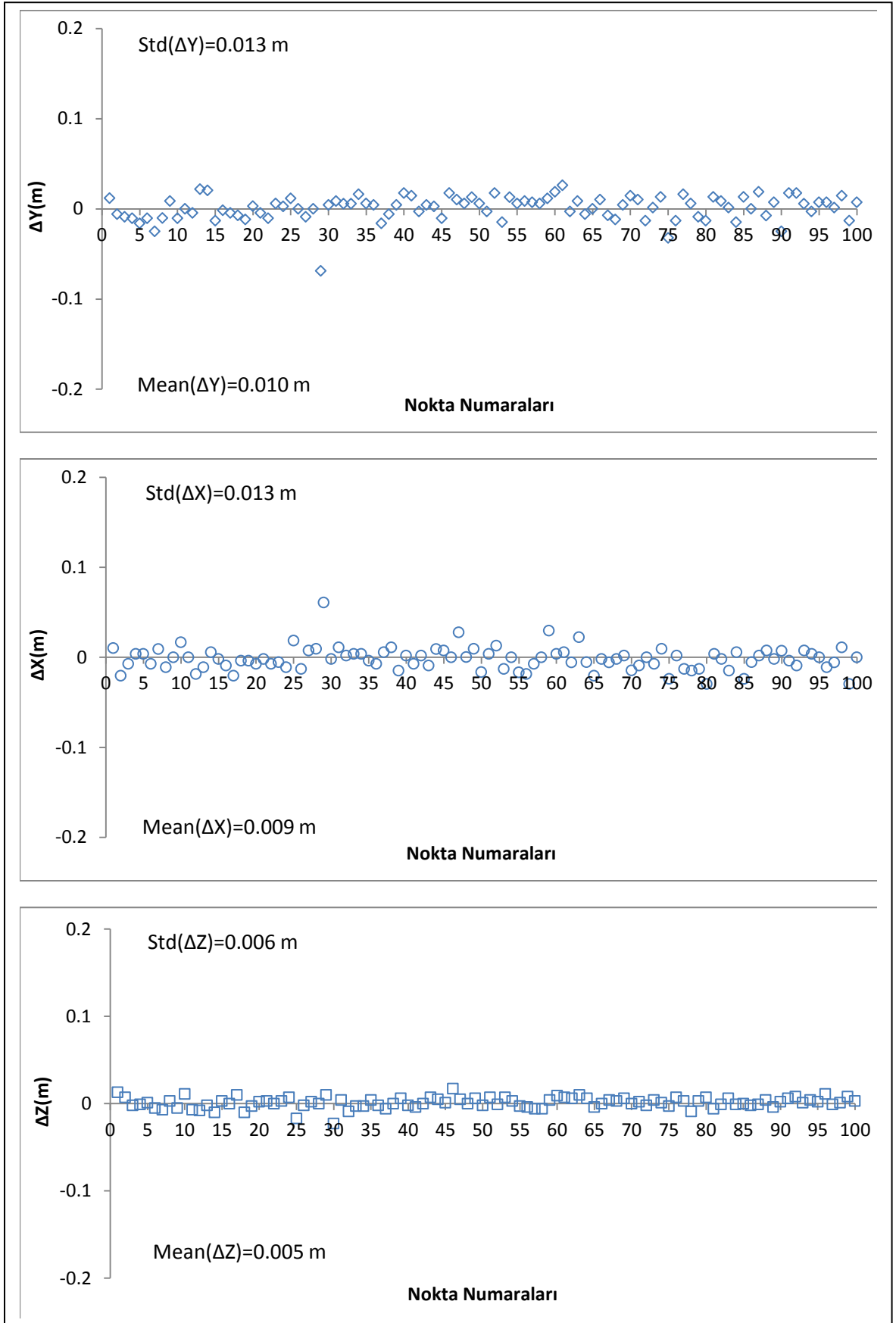
Şekil A.7 FKP(23.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları



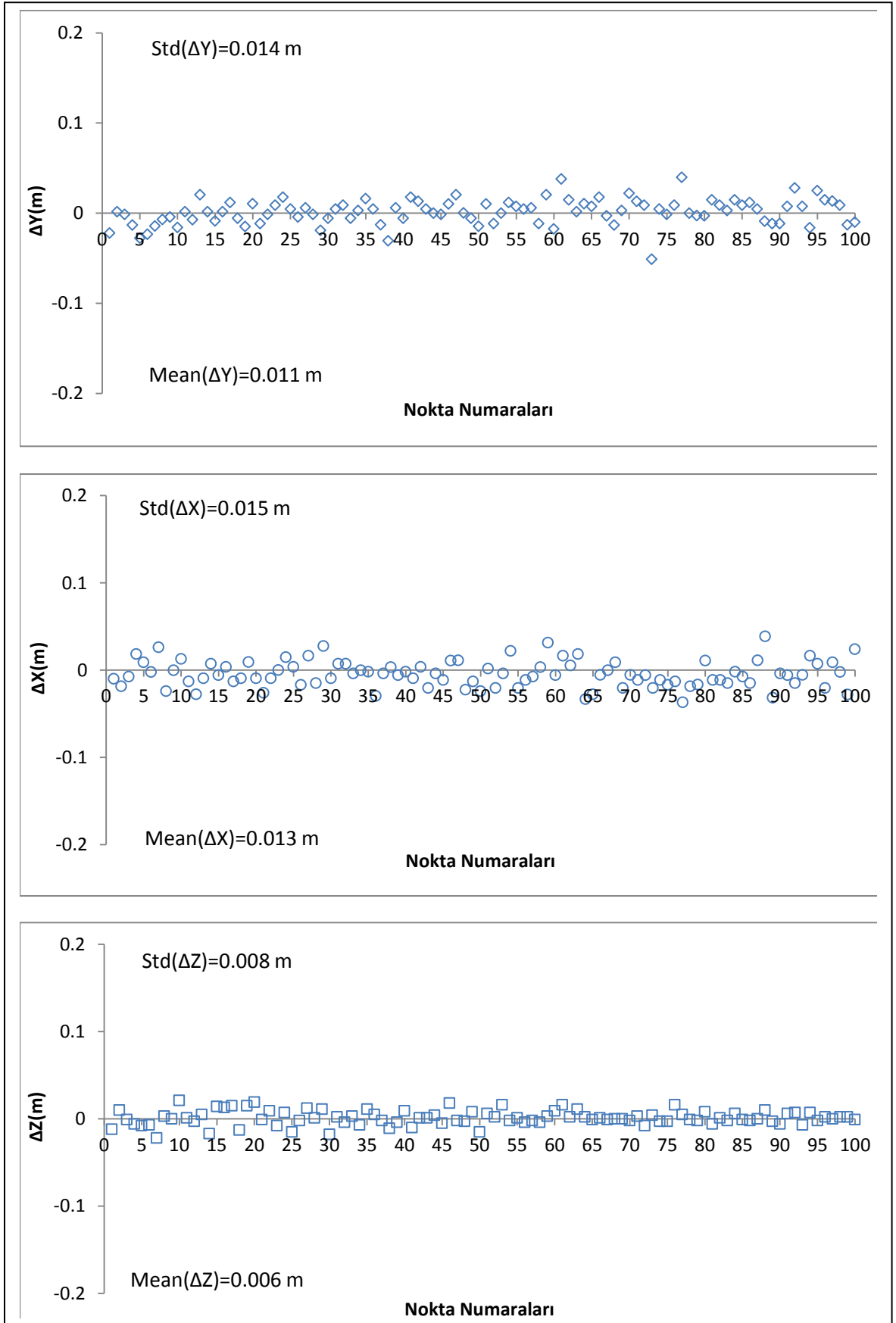
Şekil A.8 FKP(25.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları



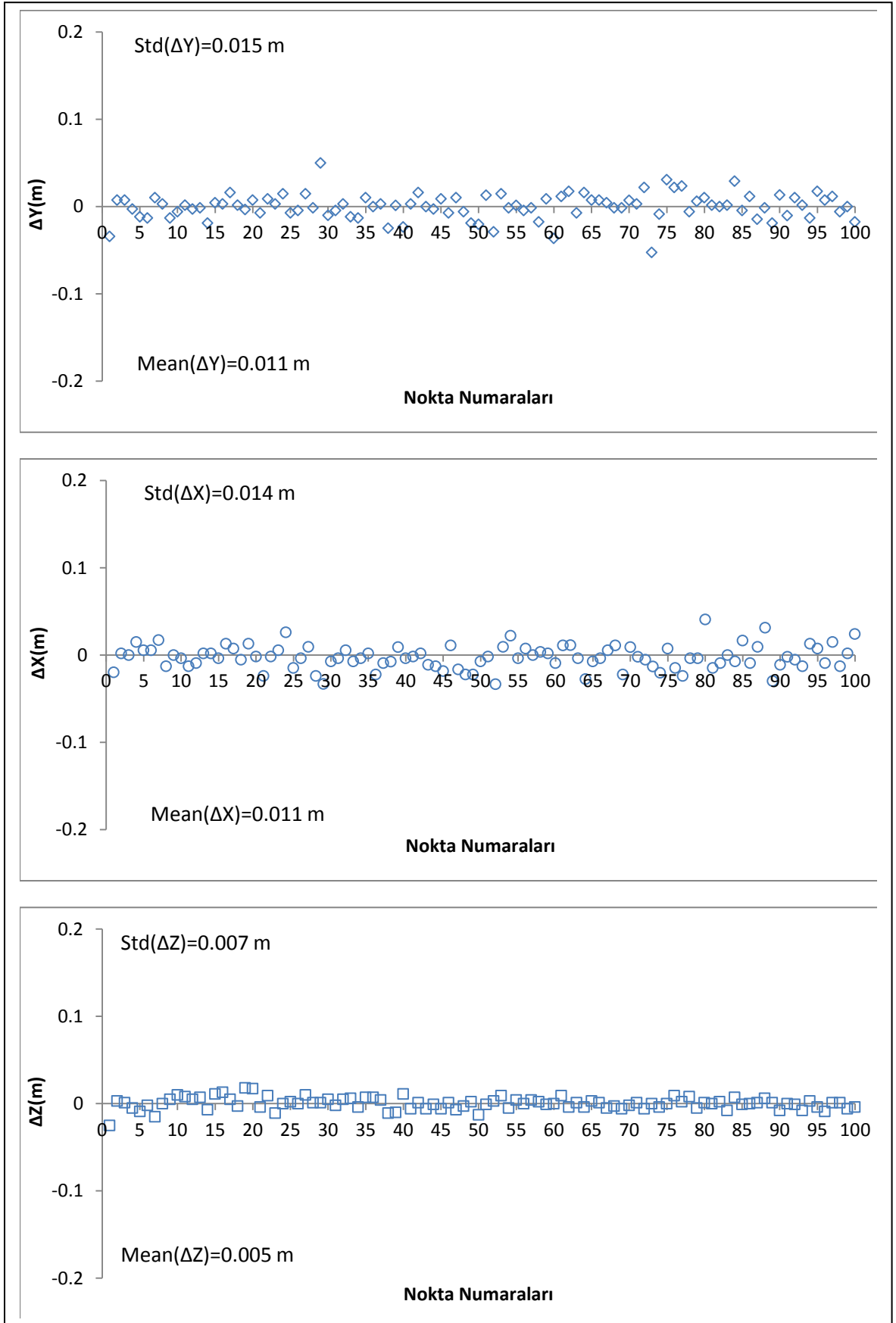
Şekil A.9 FKP(28.10.2013) koordinatları-Total station koordinatları



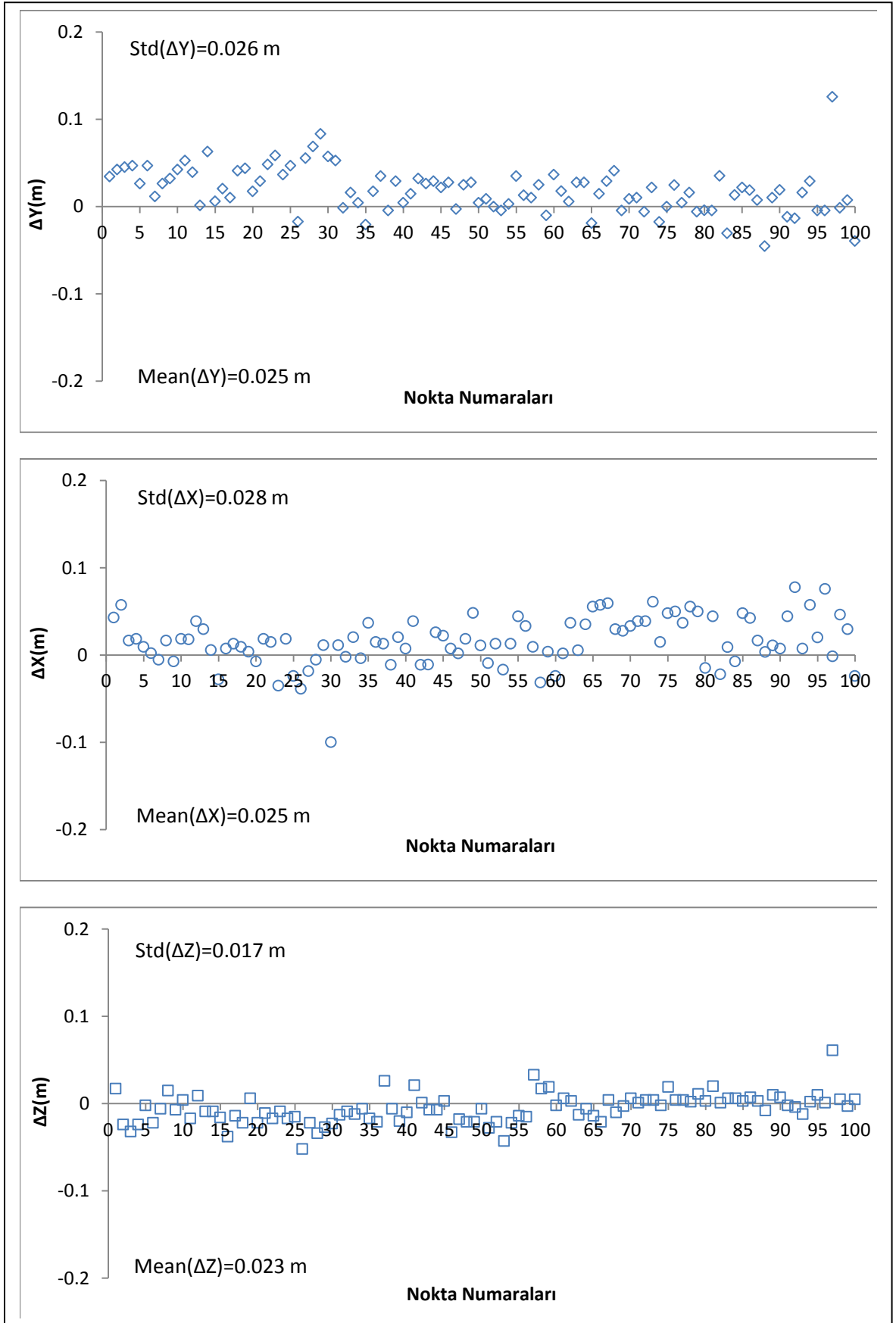
Şekil A.10 FKP(23.10.2013) koordinatları-FKP(25.10.2013) koordinatları



Şekil A.11 FKP(23.10.2013) koordinatları-FKP(28.10.2013) koordinatları

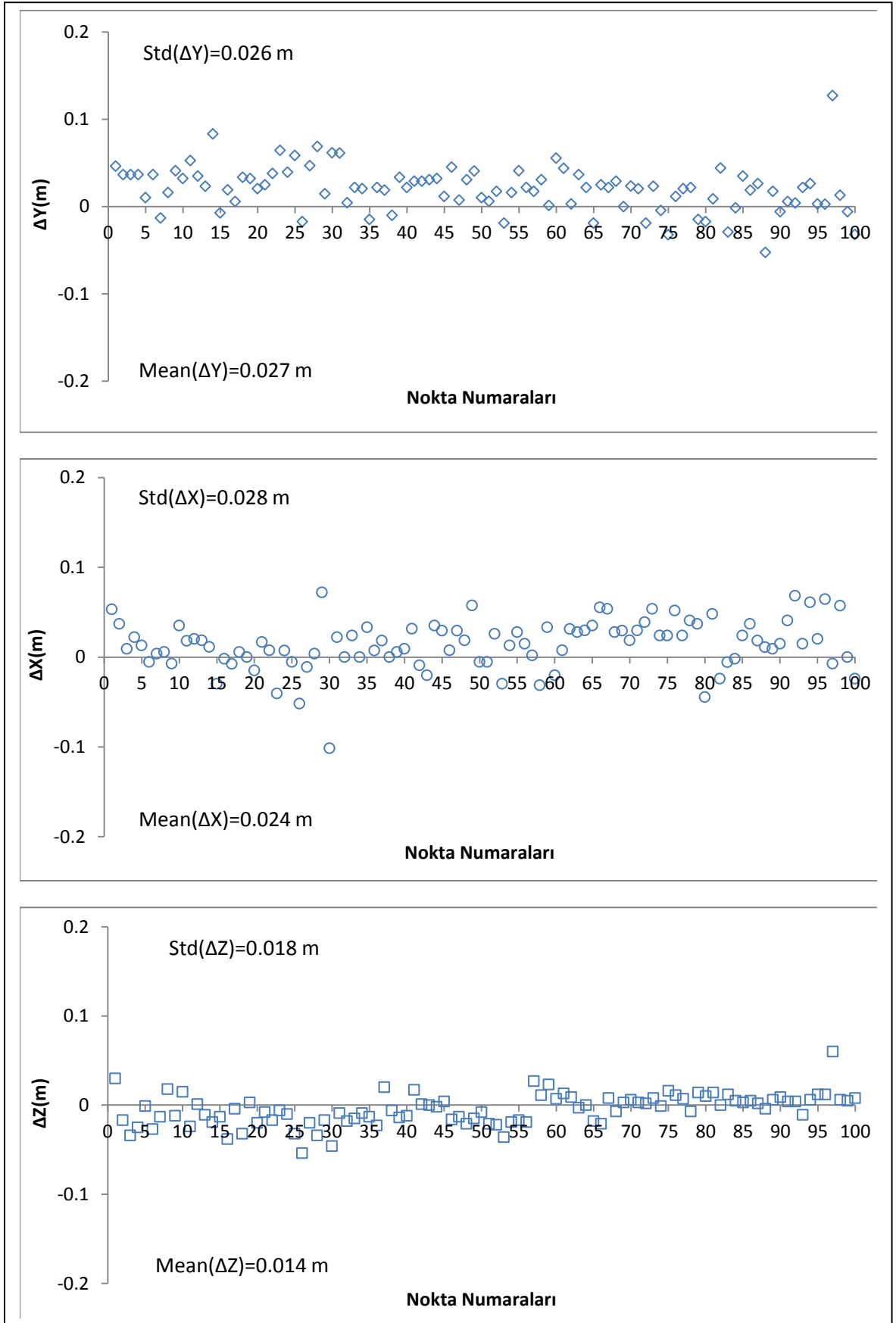


Şekil A.12 FKP(25.10.2013) koordinatları-FKP(28.10.2013) koordinatları

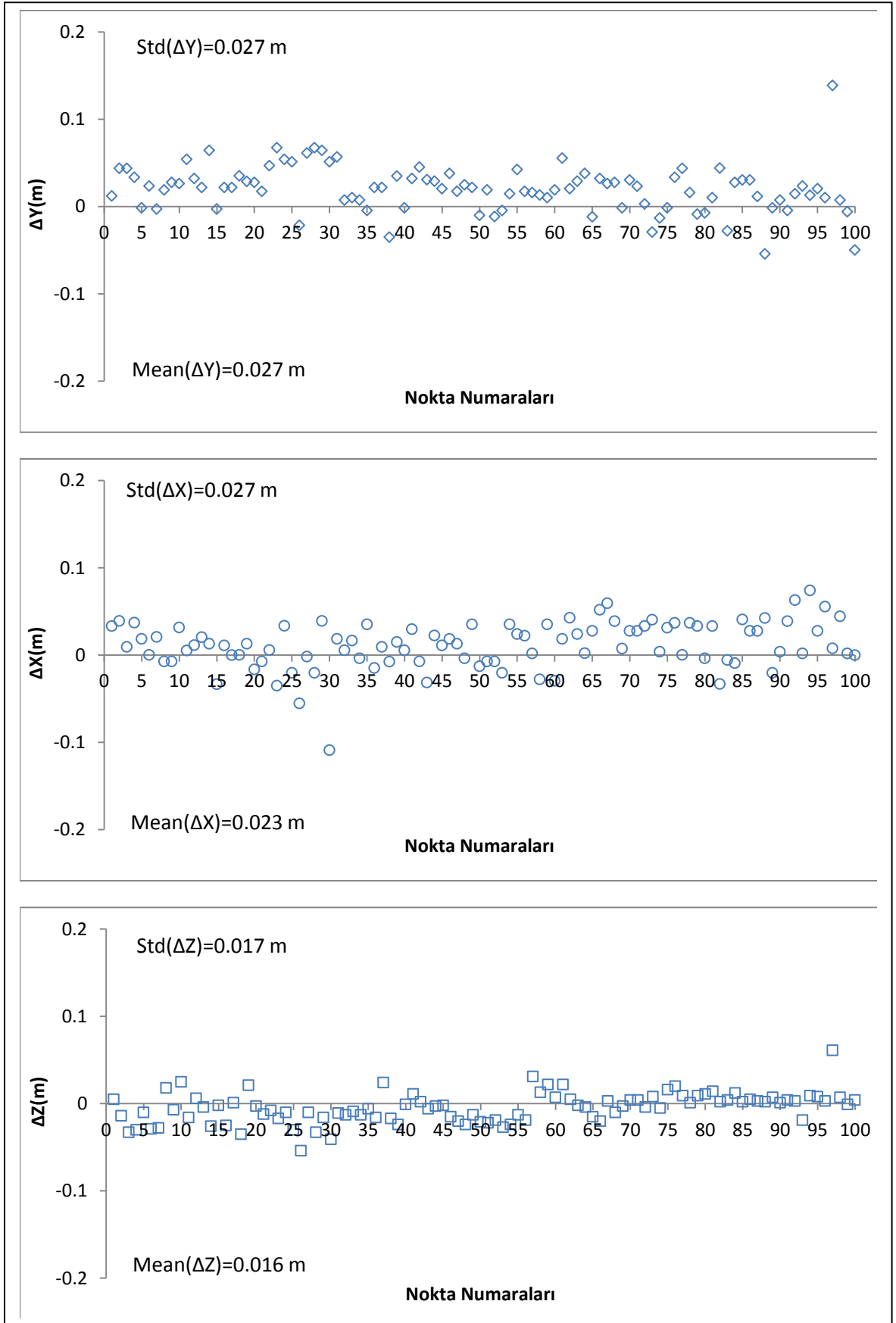


Şekil A.13 VRS(10.10.2013) koordinatları-FKP(23.10.2013) koordinatları

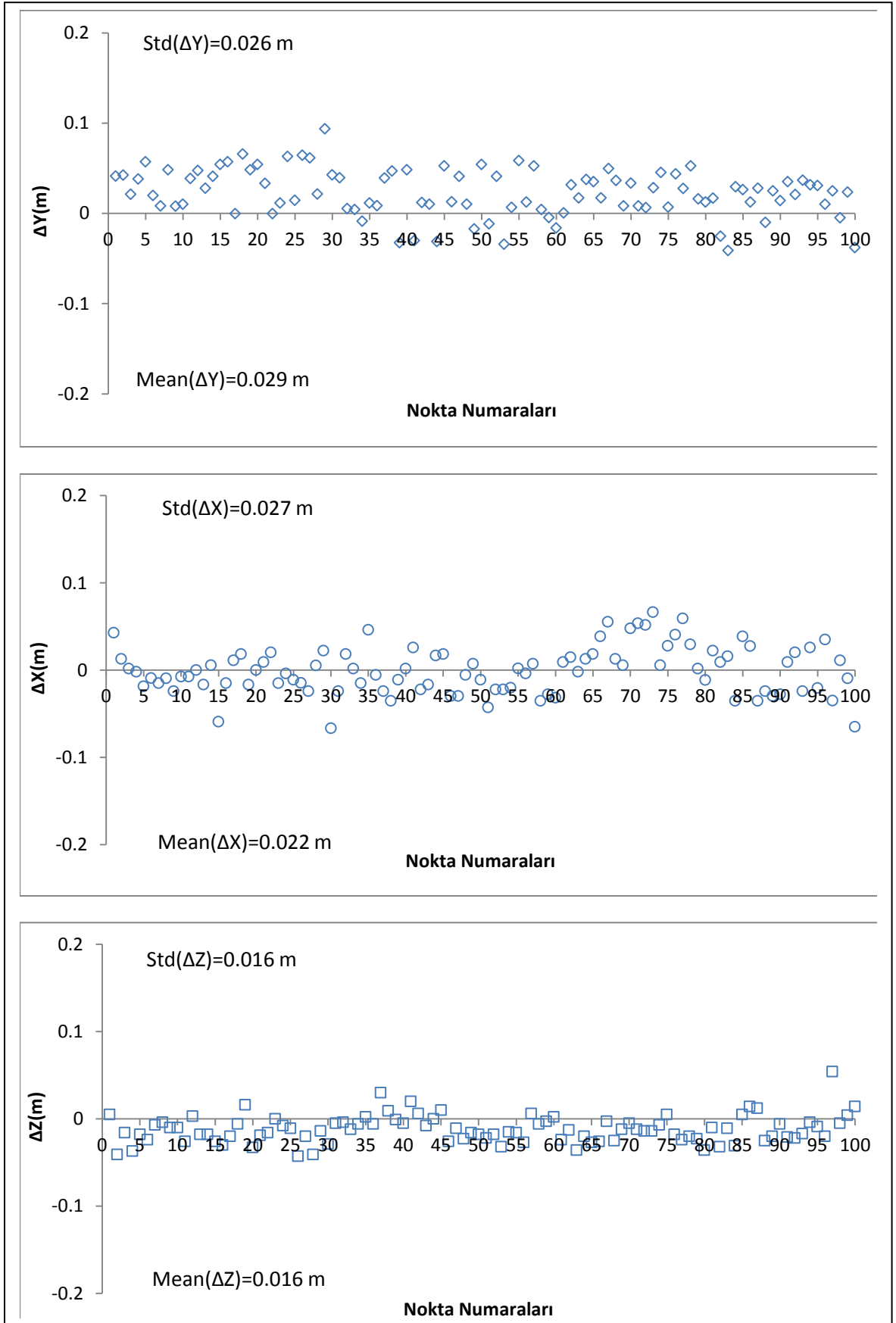




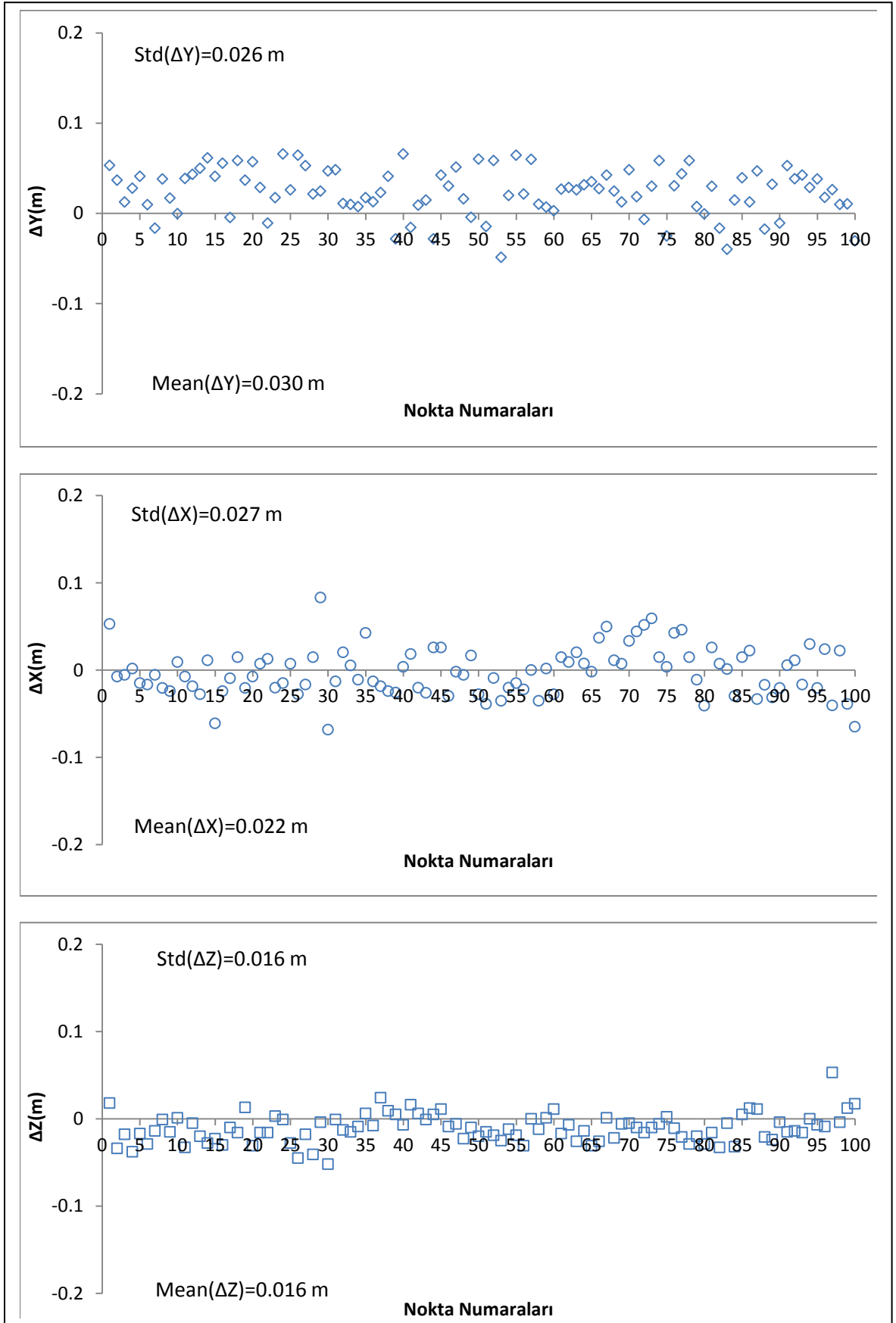
Şekil A.14 VRS(10.10.2013) koordinatları-FKP(25.10.2013) koordinatları



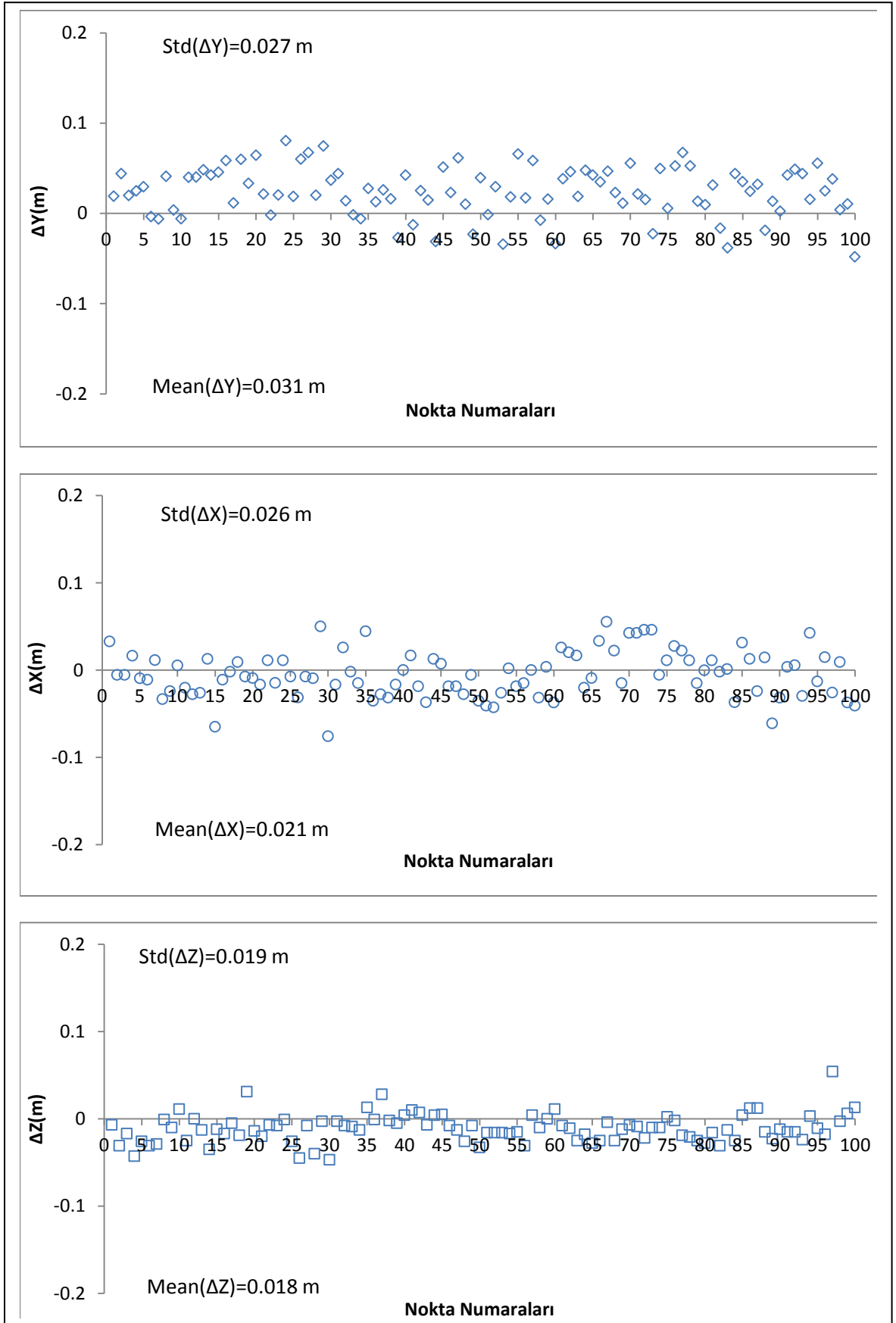
Şekil A.15 VRS(10.10.2013) koordinatları-FKP(28.10.2013) koordinatları



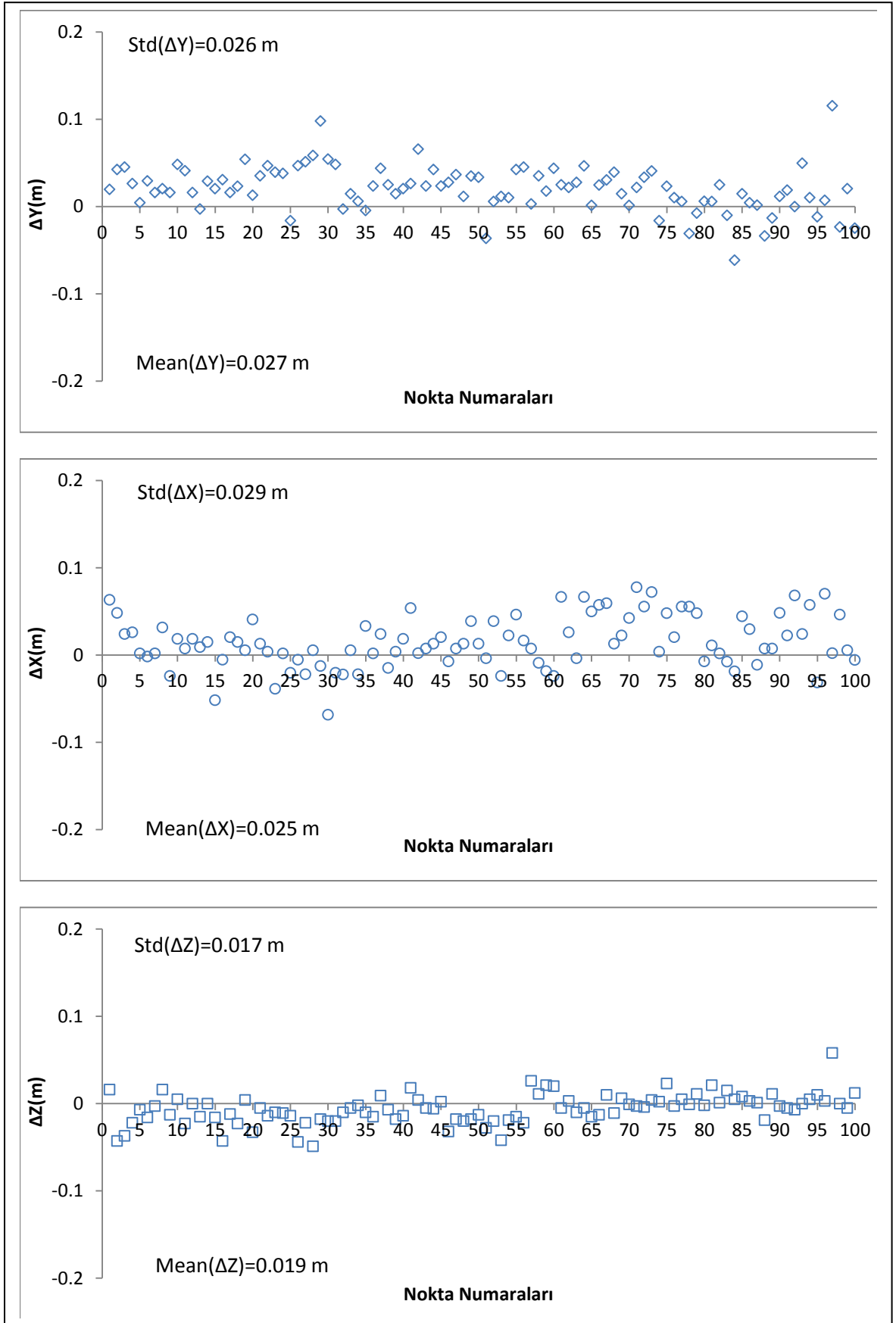
Şekil A.16 VRS(11.10.2013) koordinatları-FKP(23.10.2013) koordinatları



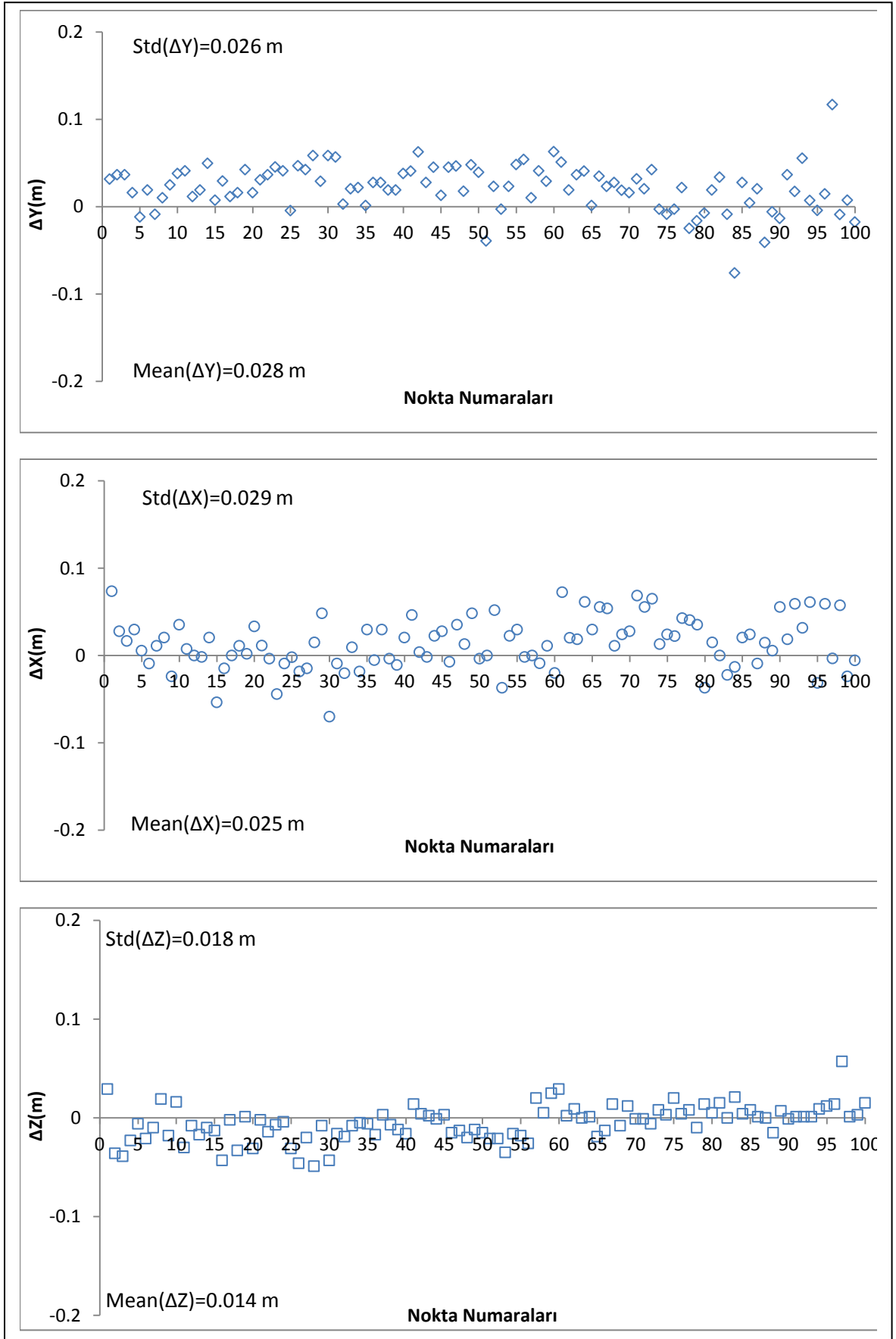
Şekil A.17 VRS(11.10.2013) koordinatları-FKP(25.10.2013) koordinatları



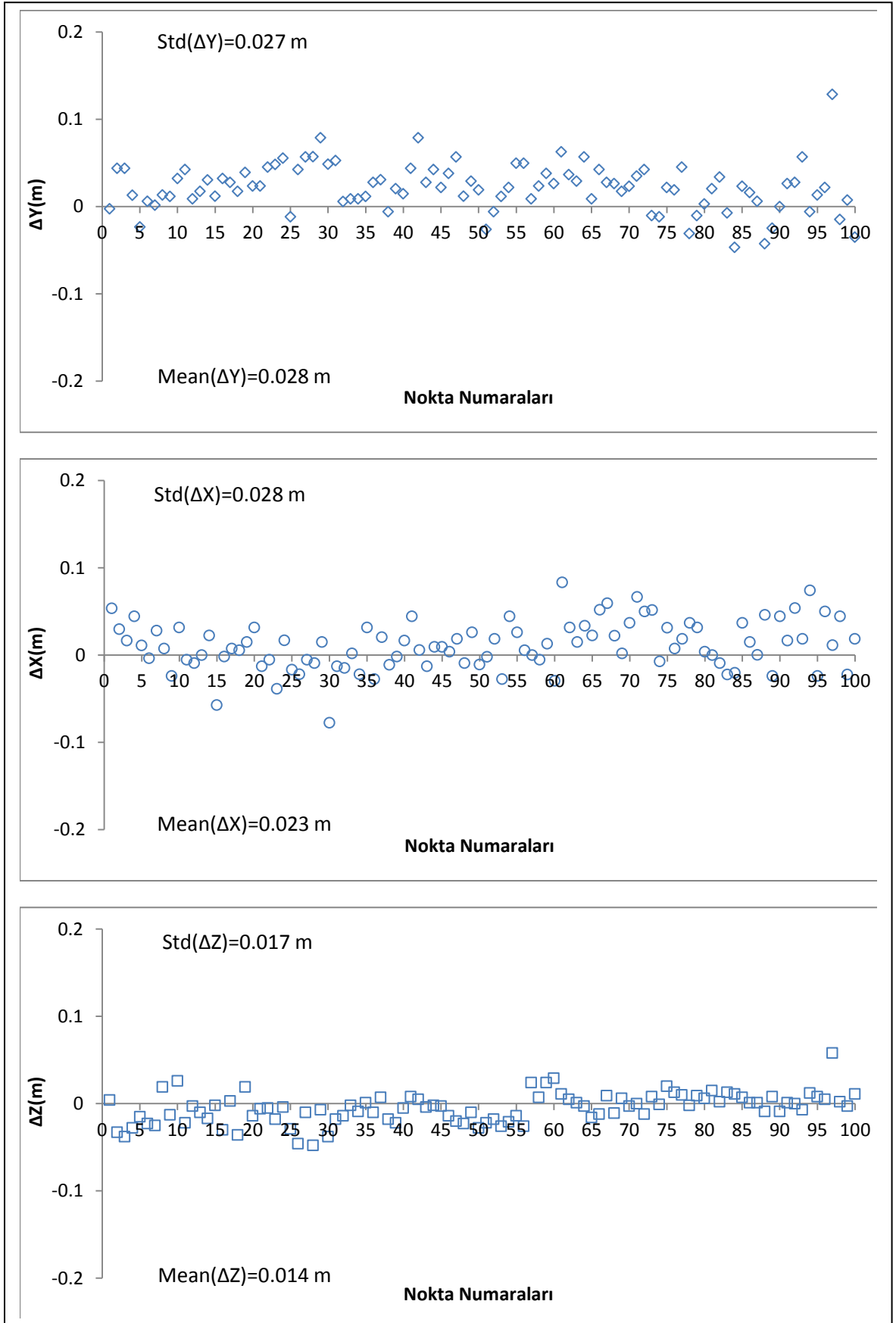
Şekil A.18 VRS(11.10.2013) koordinatları-FKP(28.10.2013) koordinatları



Şekil A.19 VRS(12.10.2013) koordinatları-FKP(23.10.2013) koordinatları

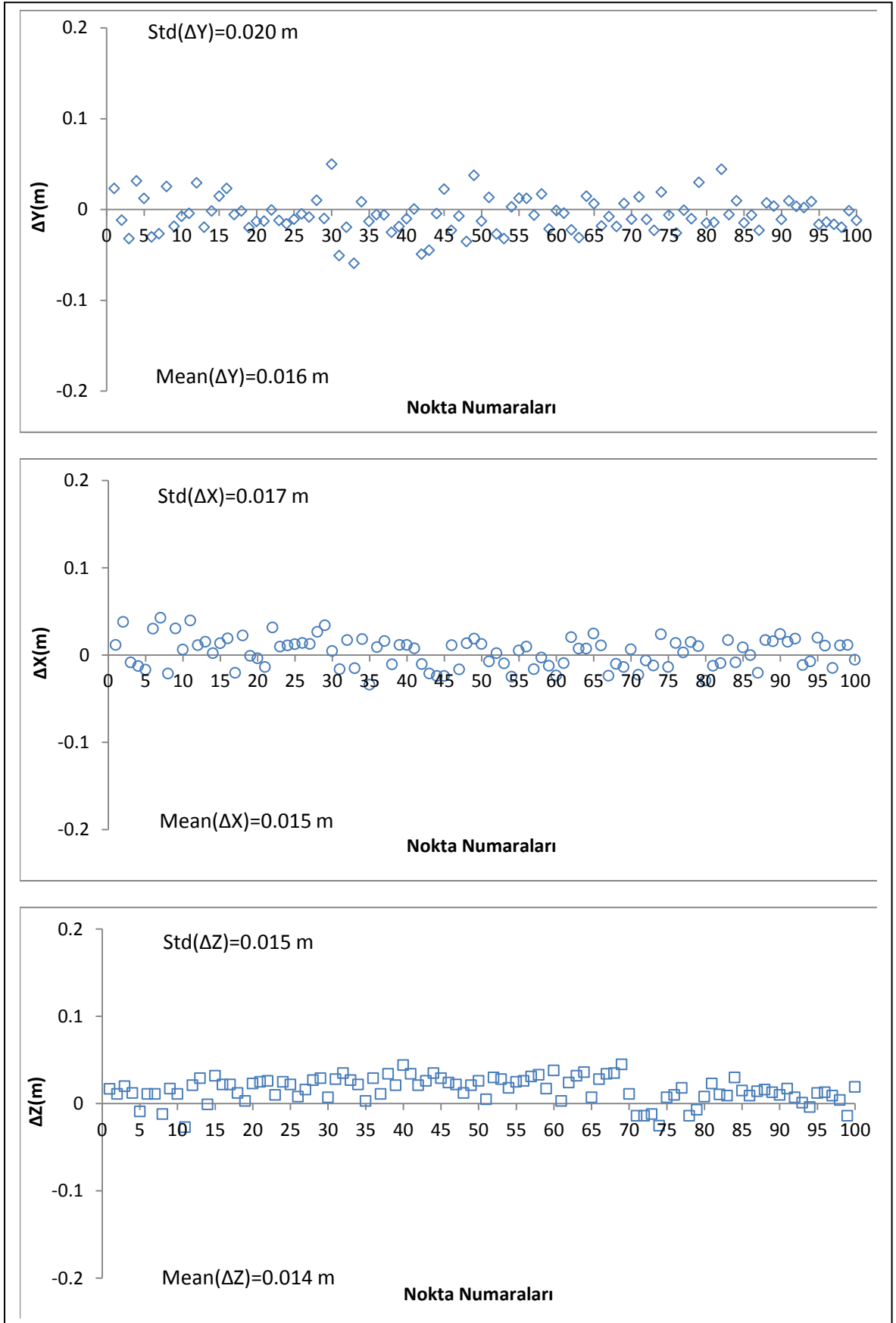


Şekil A.20 VRS(12.10.2013) koordinatları-FKP(25.10.2013) koordinatları

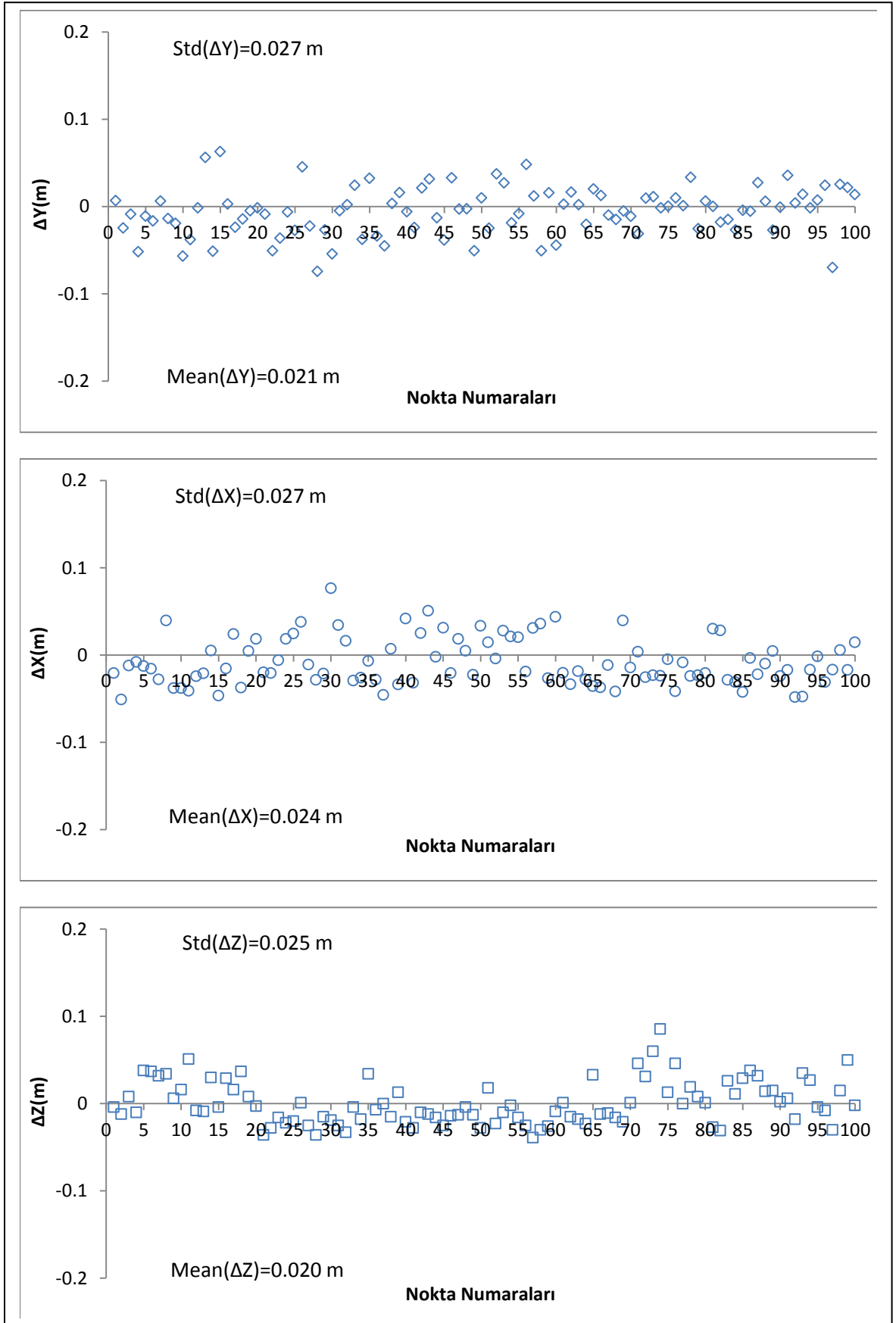


Şekil A.21 VRS(12.10.2013) koordinatları-FKP(28.10.2013) koordinatları

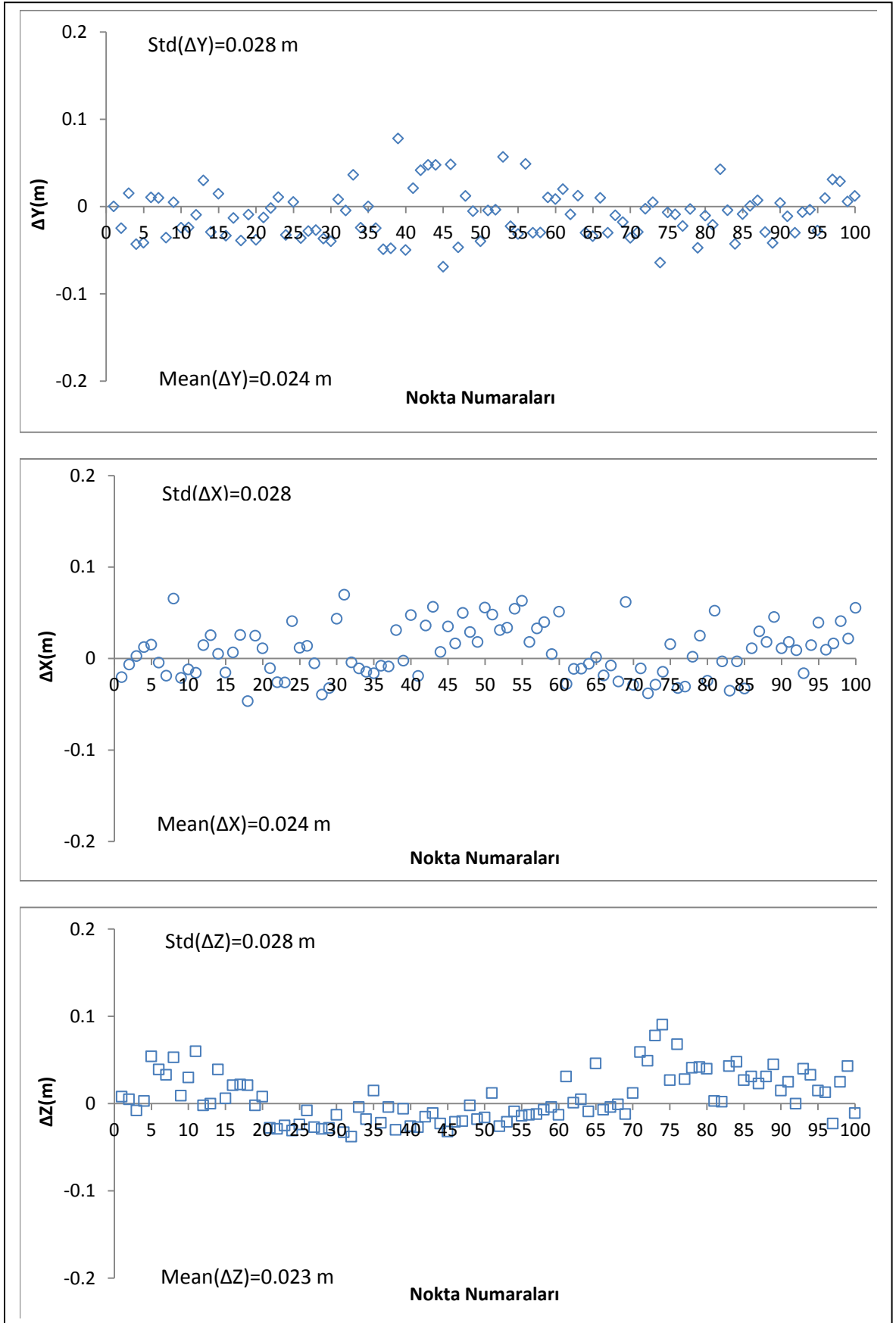




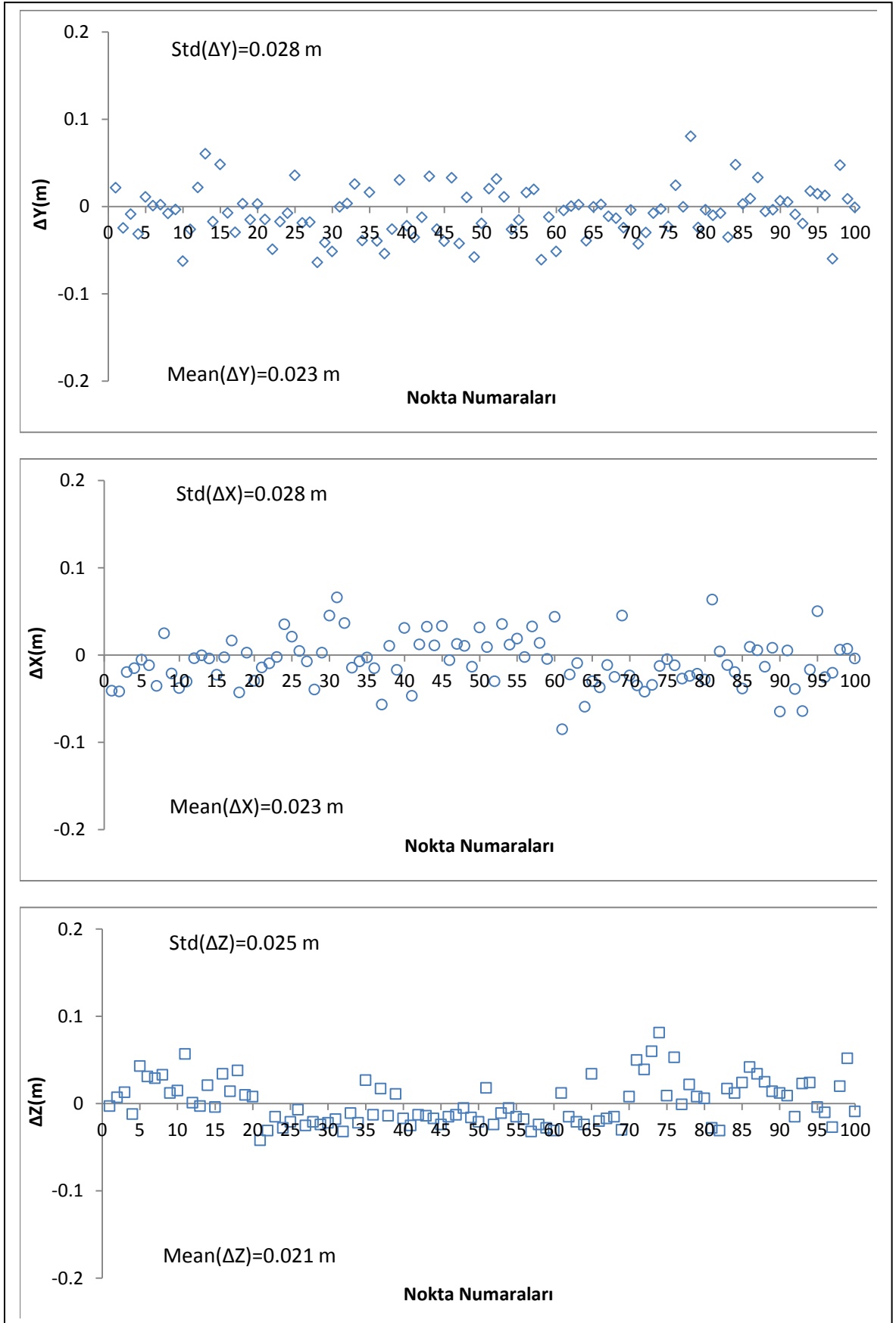
Şekil A.22 PPK koordinatları-Total station koordinatları



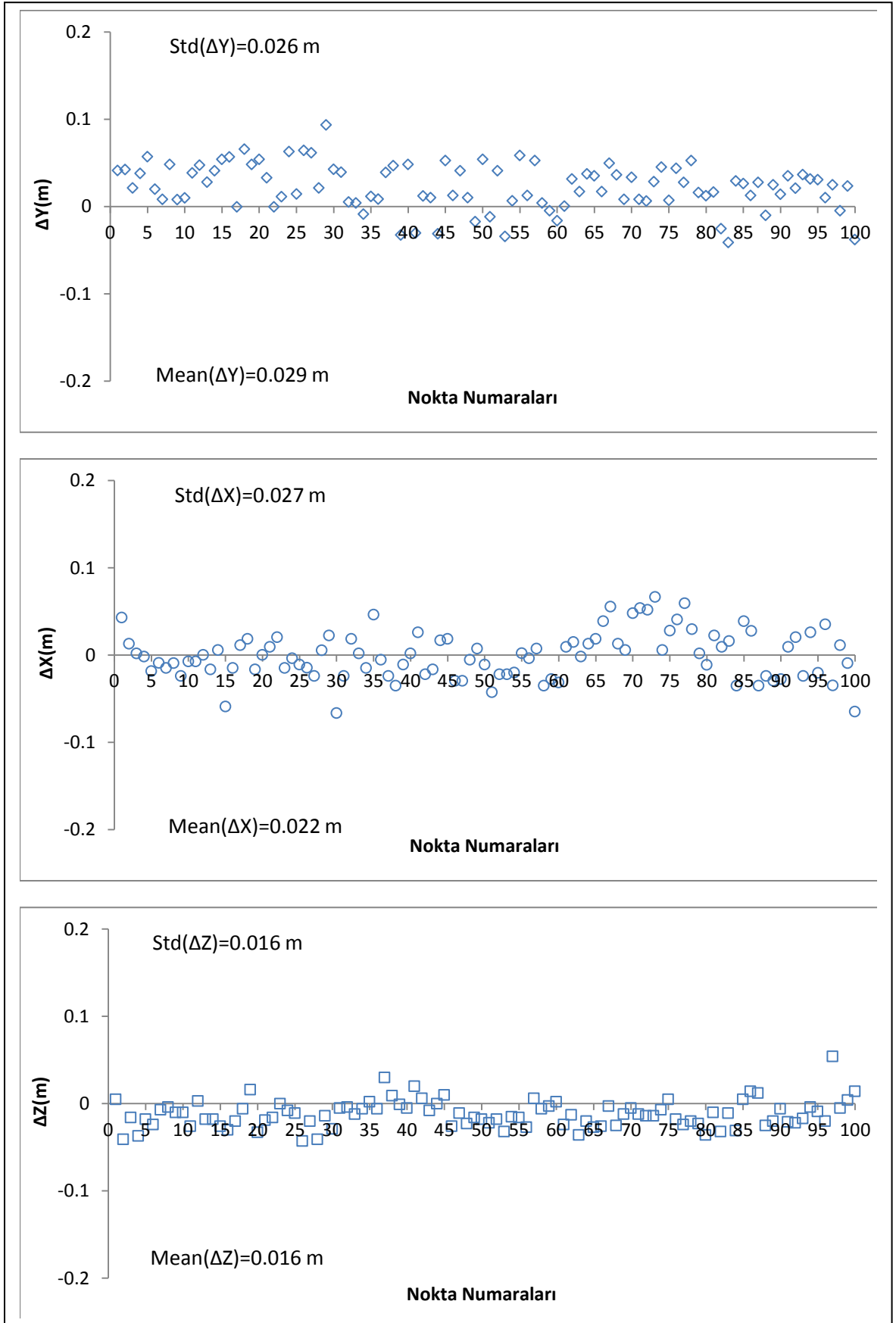
Şekil A.23 PPK koordinatları-VRS (10.10.2013) koordinatları



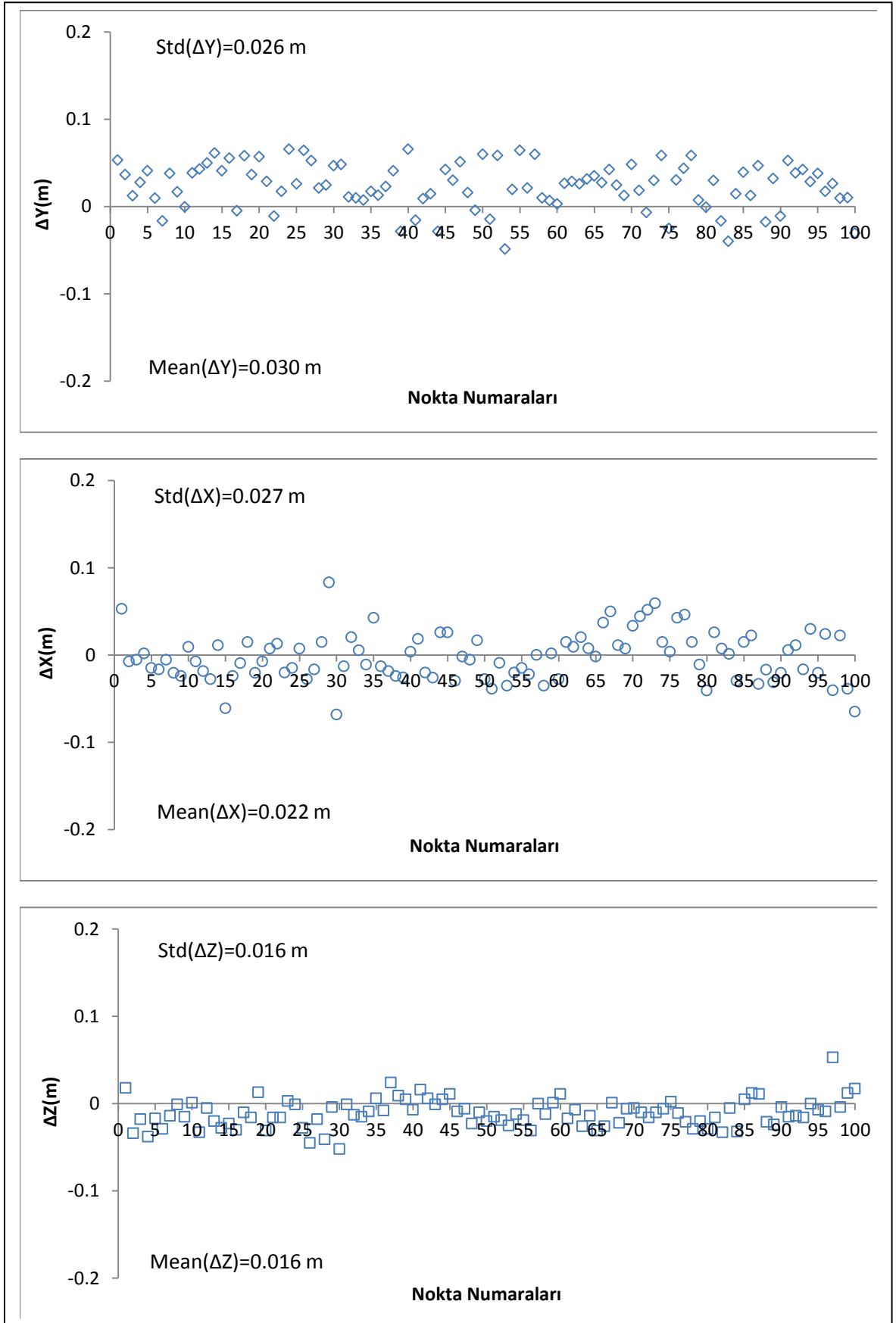
Şekil A.24 PPK koordinatları-VRS (11.10.2013) koordinatları



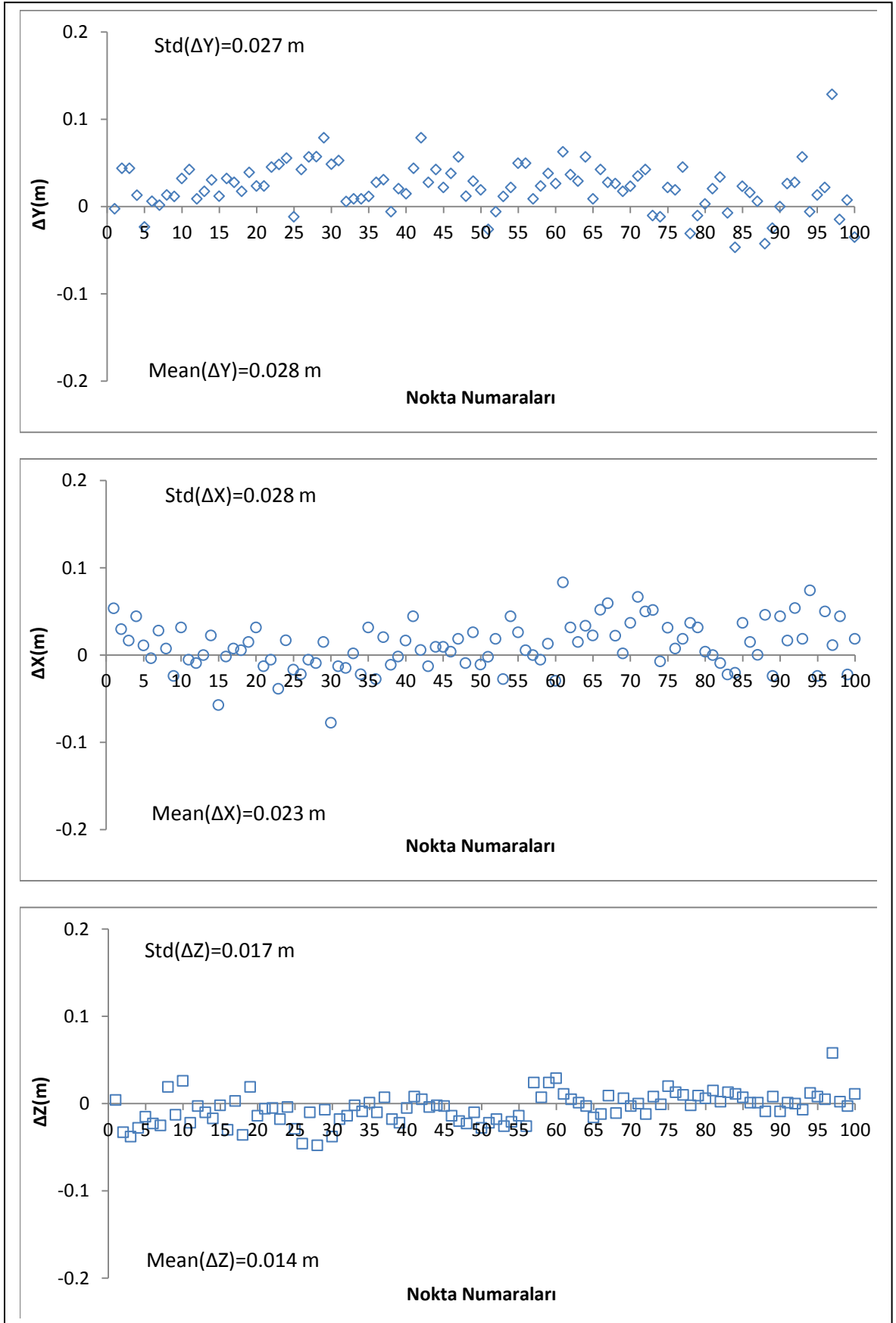
Şekil A.25 PPK koordinatları-VRS (12.10.2013) koordinatları



Şekil A.26 PPK koordinatları-FKP (23.10.2013) koordinatları

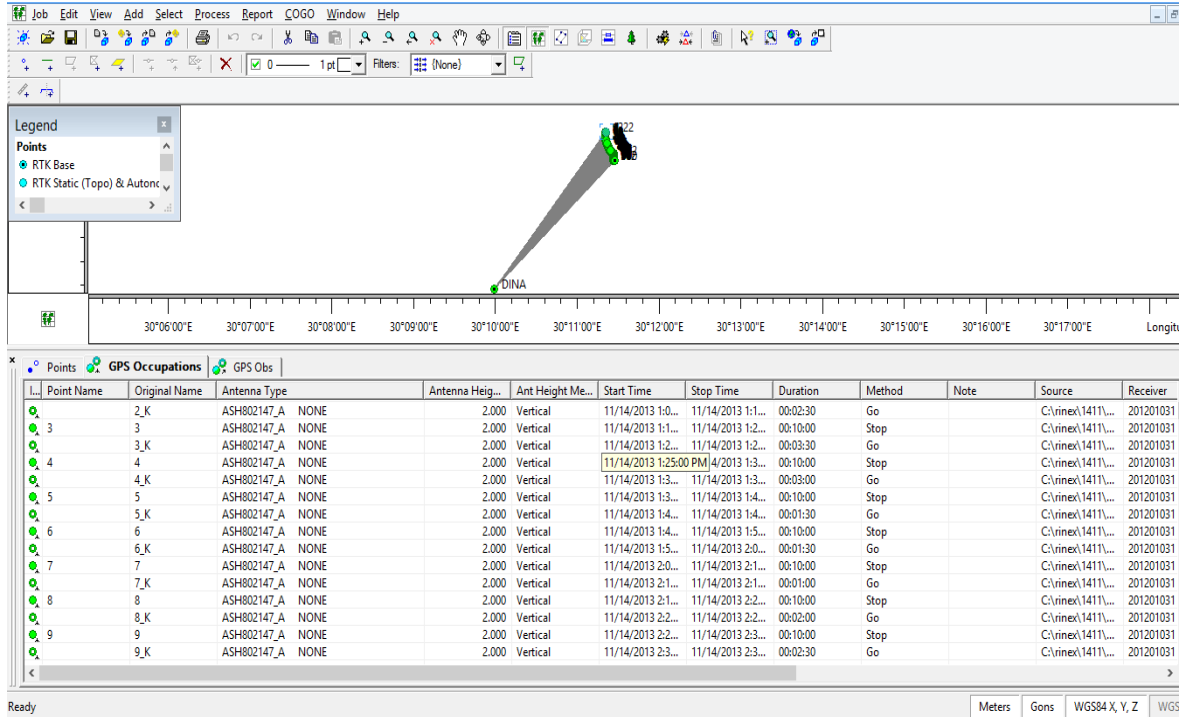


Şekil A.27 PPK koordinatları-FKP (25.10.2013) koordinatları



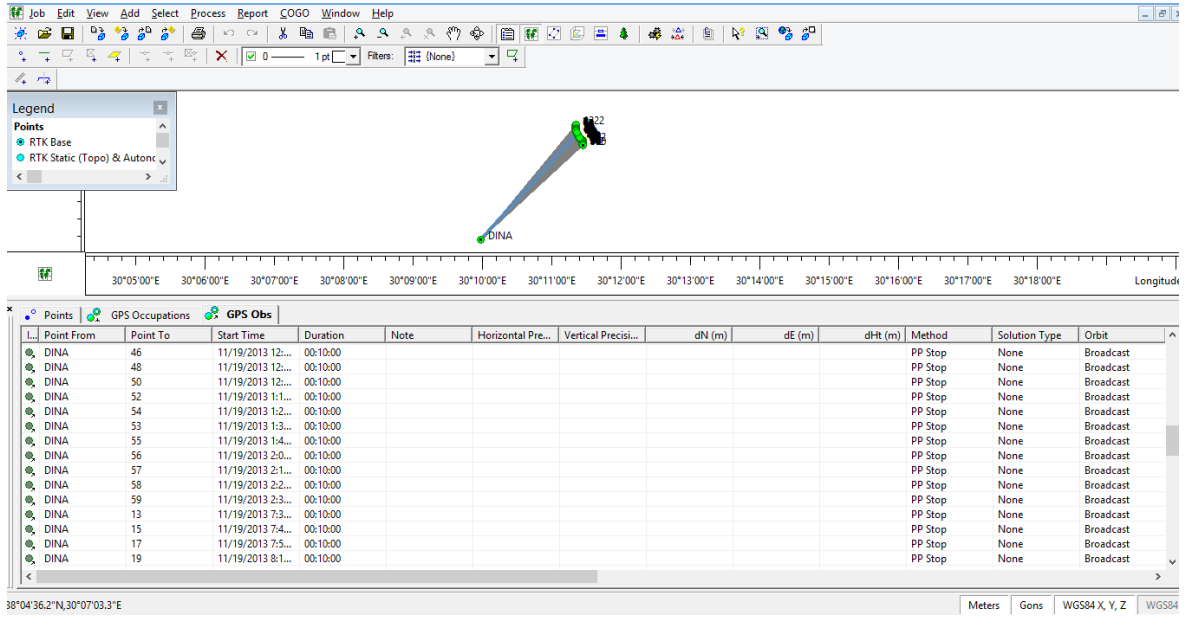
Şekil A.28 PPK koordinatları-FKP (28.10.2013) koordinatları

## DENGELEME HESAPLARINA AİT EKLAN GÖRÜNTÜLERİ

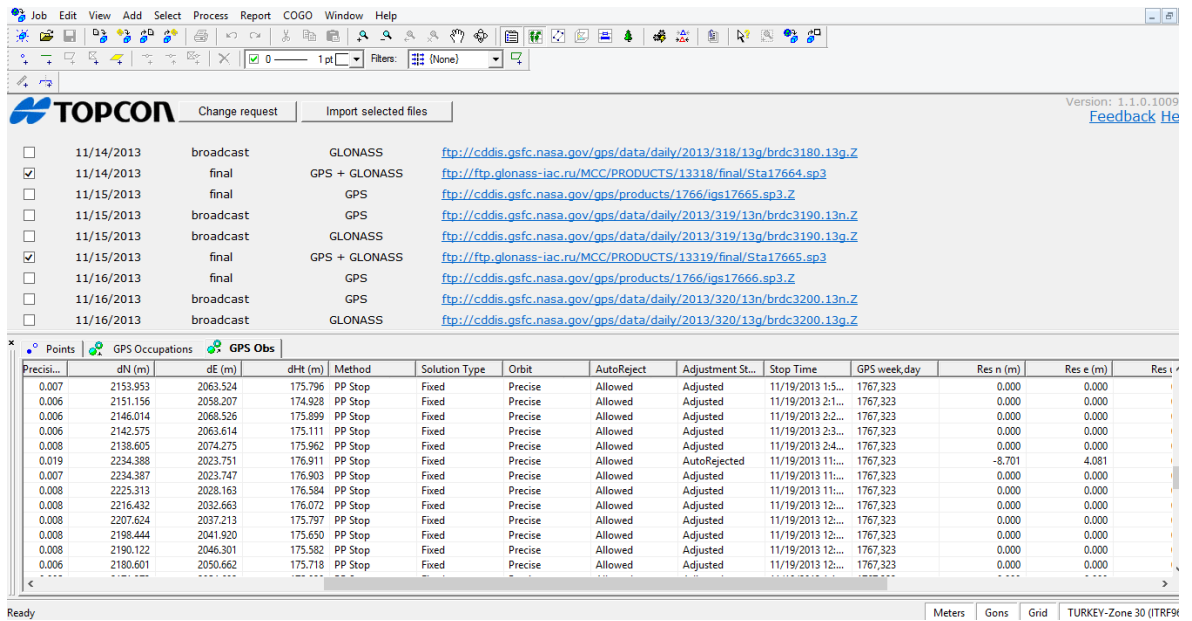


Şekil B.1 Kinematik Ölçüm Anten Tipi ve Yükseklikleri, DINA noktasına göre Bazlar

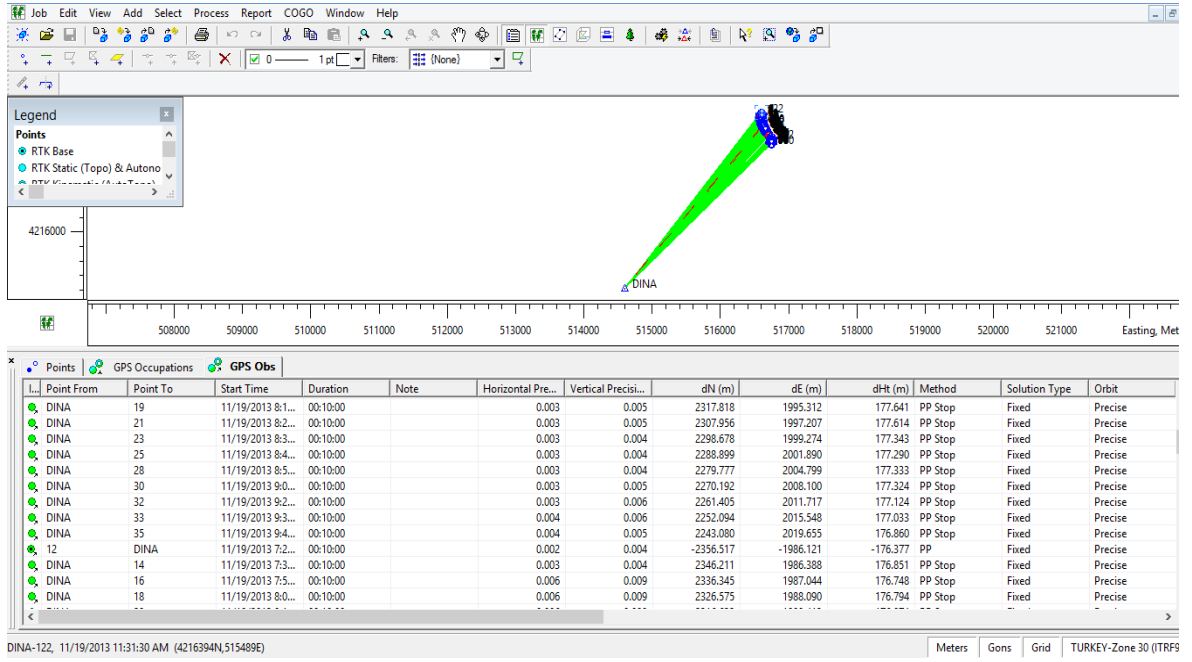




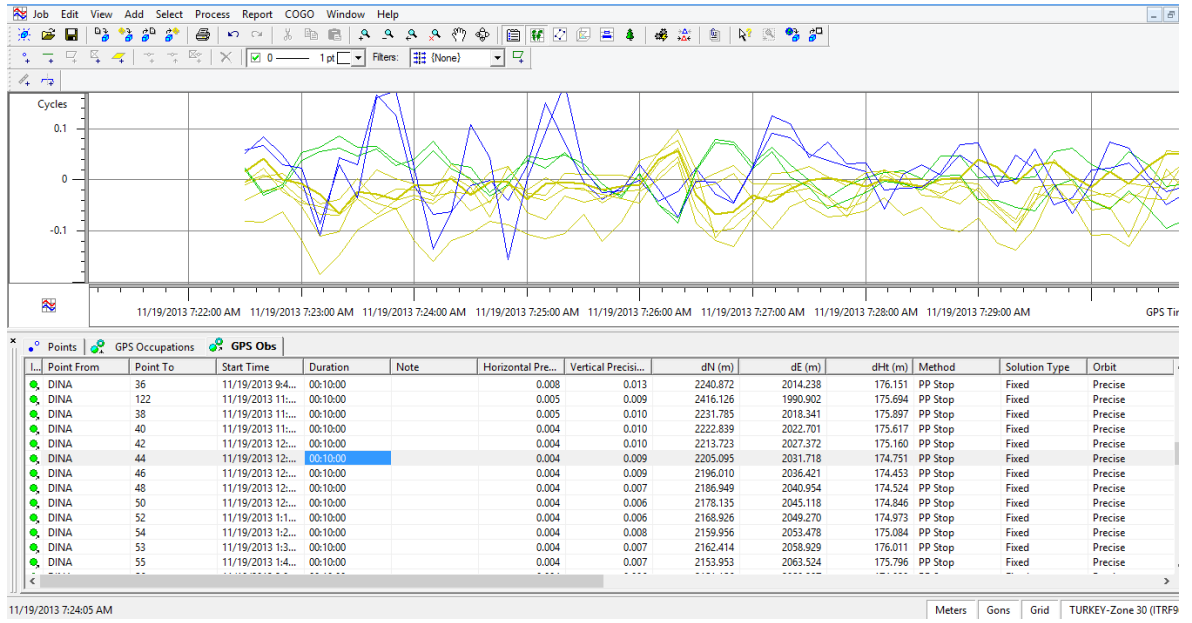
Şekil B.2 Kinematik Ölçüm Tipi Süreleri



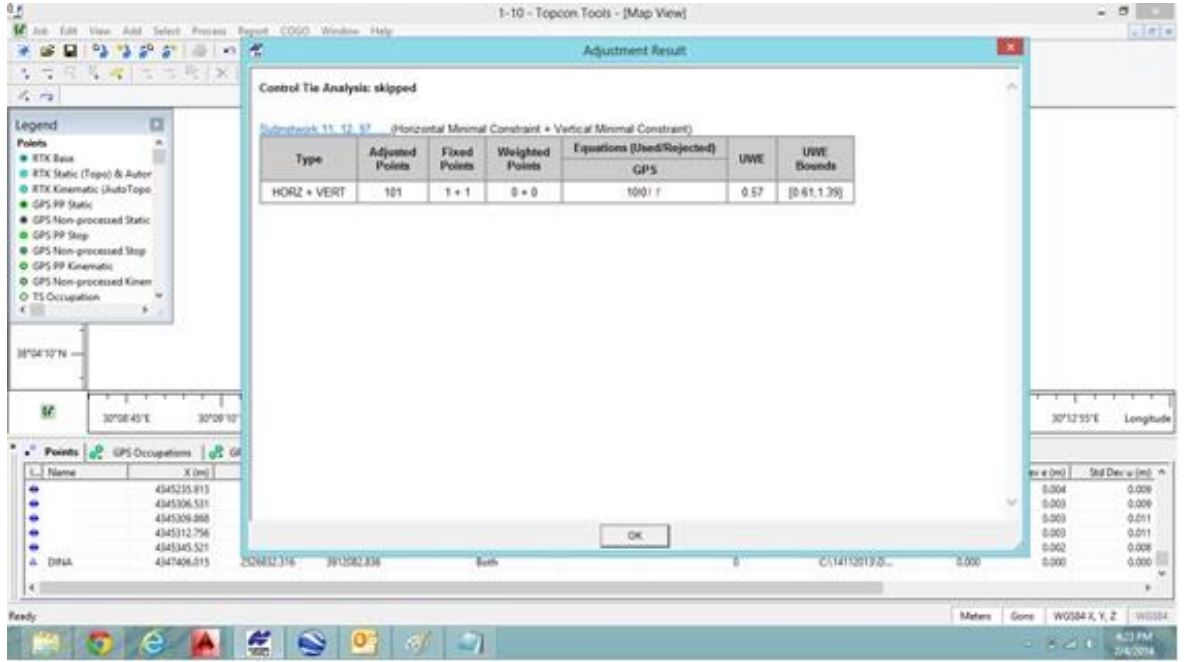
Şekil B.3 Ölçüm günlerine ait hassas efemeris bilgilerinin internet üzerinden indirilmesi



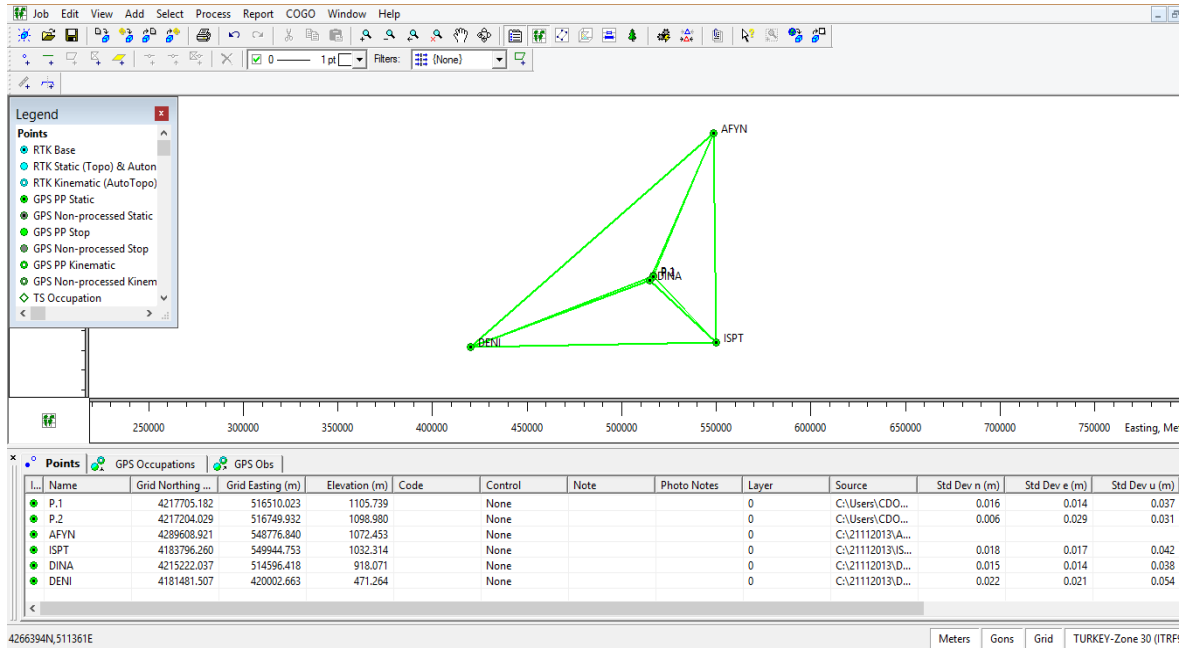
Şekil B.4 Serbest Dengeleme



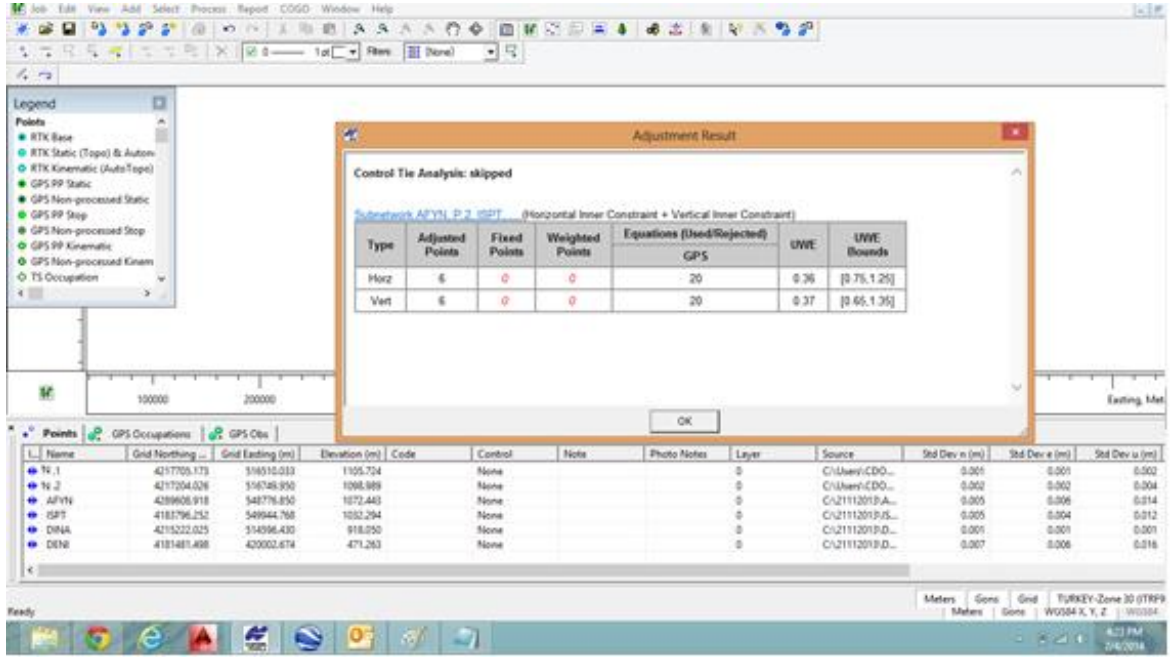
Şekil B.5 Bazlara ait Residual View görüntüleri



Şekil B.6 Dayalı Dengeleme Sonucu



Şekil B.7 Nirengi noktalarına ait serbest dengeleme ve üçgen kapanmaları



Şekil B.8 Nirengi noktalarına ait dayalı dengeleme sonucu

Points				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
AFYN	4289608.921	548776.840	1072.453	
DENI	4181481.507	420002.663	471.264	
DINA	4215222.037	514596.418	918.071	
ISPT	4183796.260	549944.753	1032.314	
N.1	4217705.182	516510.023	1105.739	
N.2	4217204.029	516749.932	1098.980	

Şekil B.9 Nirengi noktalarına ait dengeleme sonucu koordinatlar

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Çetin DOĞAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 03.11.1979-İstanbul  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : cdogan@guris.com.tr

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2001
Lise	Matematik	Cumhuriyet Lisesi	1996

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013-...	Gürüş İnşaat	Ölçme Grup Şefi
2009-2013	Ekati İnşaat	Etüt Proje Şefi
2003-2009	STFA Harita	Mühendis