



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



GALİLEO UYDU SİSTEMİNİN NOKTA
KONUMLAMAYA ETKİSİ
Tunahan GÜNDOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Tunahan GÜNDOĞAN tarafından hazırlanan “GALILEO Uydu Sisteminin Nokta Konumlamaya Etkisi” adlı tez çalışması 09/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

Danışman

Prof. Dr. Cevat İNAL

Üye

Doç. Dr. Salih ALÇAY

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Tunahan GÜNDOĞAN

Tarih: 09.01.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GALILEO UYDU SİSTEMİNİN NOKTA KONUMLAMAYA ETKİSİ

Tunahan GÜNDOĞAN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2023, 153 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Cevat İNAL
Doç. Dr. Salih ALÇAY**

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), uydularla konum belirlemede kullanılan standart genel terimdir. Bir GNSS alıcısı görüş hattında bulunan uydulardan iletilen sinyalleri kullanarak konum (enlem, boylam ve yükseklik) bilgisini elde eder. Çoklu GNSS uydularının kullanılması ve büyütülmesi sonucu doğruluk ve güvenilirliğin artması birçok mühendislik hizmetlerinde birden fazla uydu sisteminin kullanılmasına olanak sağlamıştır. Şu an; Amerika Birleşik Devletleri'nin Global Positioning System (GPS)'i, Rusya'nın Global Navigation Satellite System (GLONASS)'ı, Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Galileo, Çin'in BeiDou uyduları küresel konumlandırma çalışmalarında kullanılmaktadır. Birkaç ülkede ise bölgesel kapsama alanı içinde çeşitli konum belirleme sistemleri de mevcuttur. Bunlar, Hindistan'ın Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS)'i ve Japonya'nın Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)'idir. Uydu sistemlerindeki bu gelişmeler sayesinde jeodezik amaçlı nokta konumlarının yersel tekniklere göre daha yüksek doğrulukta belirlenmesi mümkün olmuştur. Yakın zamana kadar uydu bazlı sistemlerde nokta konumları GPS ve GLONASS uydu sistemleri kullanılarak belirlenmiştir. 2020 yılından itibaren Galileo uydu sistemi de tam faaliyette kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde deprem sonrası bölgesel konum değişiklikleri Küresel Konumlama Sistemlerinden yararlanılarak kestirilebilmektedir. GNSS ile nokta konumlarının belirlenmesindeki doğruluk kullanılan uydu sistemine, değerlendirme yazılımına, veri toplama süresine, veri kayıt aralığına vb. etkilere bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmada, Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi, ölçü süresine bağlı olarak araştırılmıştır. Bu kapsamda, 15.10.2020-13.11.2020 tarihleri arasında seçilen 7 adet TUSAGA istasyonun (AKHI, BOZU, CINC, ESME, MNTS, SHUT, TVAS) günlük RINEX verileri, 14 adet IGS istasyonuna ait RINEX verilerinden yararlanılarak, 2, 4 ve 12 saatlik dilimlere ayrılmış ve çözümler GAMIT/GLOBK veri değerlendirme yazılımında sadece GPS, sadece GLONASS, sadece Galileo ve GPS+GLONASS+Galileo (MIX) uydu kombinasyonuna göre değerlendirilmiştir. 2, 4 ve 12 saatlik RINEX

verileri deprem oluşum saati merkez seçilerek elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda sadece GPS uydu kombinasyona ile elde edilen günlük koordinatlar esas alınarak diğer uydu kombinasyonlarının esas koordinatlara yaklaşımı irdelenmiştir. Yapılan bu analizlerde, GPS koordinatlarına en yakın sonuçlar sırasıyla, MIX. Galileo ve GLONASS uydu kombinasyonları ile elde edilmiştir. Daha sonra, 30 Ekim 2020 tarihli İzmir -Seferihisar Depreminin bölgedeki TUSAGA istasyonlarına etkisini ortaya koymak için elde edilen günlük çözümler deprem öncesi ve deprem sonrası olarak 2 bölüme ayrılmıştır. t-testi ile deprem öncesi ve deprem sonrası ortalama koordinatların birbirleri ile uyumu araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, deprem öncesi ve deprem sonrası değişimin en fazla deprem üssüne en yakın olan MNTS istasyonunda olduğu, deprem merkezinden uzaklaştıkça genel olarak noktalardaki değişimlerin azaldığı, deprem öncesi ve deprem sonrası değerlendirmenin ölçü süresi arttıkça daha sağlıklı yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, seçilen TUSAGA istasyonlarının ~30 günlük koordinatları zaman serileri yardımıyla da incelenmiş ve deprem üssüne en yakın olan MNTS istasyonunun deprem öncesi ve sonrasına göre değişimi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Galileo, GLONASS, GPS, İzmir-Seferihisar Depremi, zaman serisi,

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF GALILEO SATELLITE SYSTEM ON POINT POSITIONING

Tunahan GÜNDOĞAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Cevat İNAL

2023, 153 Pages

**Jury
Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Cevat İNAL
Doç. Dr. Salih ALÇAY**

Global Navigation Satellite System (GNSS) is the standard generic term for positioning with satellites. With a GNSS receiver, point position (latitude, longitude and altitude) can be determined using signals from satellites in the field of view. The use of multiple GNSS satellites and the increase in their number have increased the accuracy and precision of the calculated point positions. Today; The United States' Global Positioning System (GPS), Russia's Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS), European Space Agency's (ESA) Galileo, China's BeiDou satellites are used in global positioning studies. A few countries also have various geolocation systems within their regional coverage. These; India's Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS) and Japan's Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Thanks to these developments in satellite systems, it has been possible to determine geodetic point positions with higher accuracy than terrestrial techniques. Until recently, point positions in satellite-based systems were determined using GPS and GLONASS satellite systems. As of 2020, the Galileo satellite system has also started to be used in full operation. Today, regional position changes after earthquakes can be predicted by using GNSS. The accuracy in determining point positions with GNSS depends on the satellite system used, evaluation software, data collection intervals, data logging intervals, etc. varies depending on the effects.

In this study, the effect of Galileo satellite system on point positioning was investigated depending on the data collection intervals. In this context, daily RINEX data of 7 of Turkish Permanent GPS Network (TURPEGN) stations (AKHI, BOZU, CINC, ESME, MNTS, SHUT, TVAS) selected between October, 15th 2020 - November, 13th 2020. The RINEX data have been divided into 2-, 4- and 12-h time intervals. The solutions were evaluated according to GPS only, GLONASS only, Galileo only and GPS+GLONASS+Galileo (MIX) satellite combinations in GAMIT/GLOBK data evaluation software. In

the evaluations, 24-h RINEX data of 14 stations of international GNSS Stations (IGS) was also used. The 2-, 4- and 12-h RINEX data were obtained by choosing the earthquake occurrence time as the center. As a result of the evaluations, the approach of other satellite combinations to these coordinates was examined based on the daily coordinates obtained only with the GPS satellite combination. In the analysis, the closest results to the GPS coordinates are obtained a satellite combinations of MIX, Galileo only and GLONASS only, respectively. Then, the daily solutions obtained in order to reveal the effect of the İzmir-Seferihisar Earthquake dated 30 October 2020 on the TUSAGA stations in the region are divided into 2 parts as pre-earthquake and post-earthquake. With the t-test, the compatibility of the average coordinates before/after the earthquake was investigated. As a result of the research, these were concluded that the changes before and after the earthquake were mostly in the MNTS station, which is the closest to the earthquake center, that the changes in the points generally decrease as you move away from the earthquake center, and that the evaluation before and after the earthquake can be made more healthy as the measurement time increases. In addition, the ~30-day coordinates of the selected TURPEGN stations were also examined with the help of time series, and the change of the MNTS station closest to the earthquake center according to the pre- and post-earthquake period is given in the text, and the changes of other points are given in Appendix 1.

Keywords: Galileo, GLONASS, GPS, İzmir-Seferihisar Earthquake, time series,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamın hazırlanmasında bana yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Cevat İNAL'a ve günün hangi saati olursa olsun her soruma cevap veren ve benden desteğini hiç esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Sercan BÜLBÜL'e sonsuz teşekkür ederim.

Bir parçası olmaktan onur duyduğum Harita Genel Müdürlüğüne ve Harita Genel Müdürlüğü Jeodezi Dairesi Başkanı Sayın Dr. Müh. Alb. Ali İhsan KURT ile önceki dönem Jeodezi Şube Müdürü Sayın Müh. (E). Alb. Ayhan CİNGÖZ'e teşekkürlerimi arz ederim.

Eğitim – öğretim hayatım boyunca bana olan inançları hiç azalmayan ve desteklerini hep yanımda hissettiğim babam Şükrü GÜNDOĞAN' a, annem Sariye GÜNDOĞAN' a ve öğretim hayatımın ilk aşamasından beri birçok şeyi öğrenme hevesimi bana aşılayan ve gelişimimim altyapısını oluşturan değerli ablam Beyhan KUŞAT' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmam boyunca en büyük destekçim sevgili eşim Ceylan GÜNDOĞAN' a ve zamanından çaldığım canım oğlum Tuğberk GÜNDOĞAN' a sonsuz sevgilerimi sunarım.

Tunahan GÜNDOĞAN
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	3
1.2. Tezin Bölümleri	6
2. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ	8
2.1. GPS (Global Positioning System) Uydu Sistemi.....	8
2.1.1. C/A kod.....	12
2.1.2. P/Y kod	12
2.1.3. GPS navigasyon mesajı	12
2.2. GLONASS (Global Navigation Satellite System) Uydu Sistemi.....	13
2.3. Galileo Uydu Sistemi.....	16
2.4. Beidou Uydu Sistemi	19
2.5. IRNSS (NavIC) Uydu Sistemi.....	21
2.6. QZSS Uydu Sistemi.....	23
3. ULUSLARARASI GNSS SERVİSİ (IGS) VE ÜRÜNLERİ	24
4. GAMIT/GLOBK YAZILIMI	30
4.1. Veri Girişi ve Günlük Dosyaların Oluşturulması ve Çözümü	31
4.1.1. tables klasörünün oluşturulması.....	31
4.1.2. rinex klasörünün oluşturulması.....	33
4.1.3. Günlük GAMIT çözüm dosyalarının oluşturulması	34
4.2. Günlük GLRED Çözüm Dosyalarının Oluşturulması	36
4.3. Multi-GNSS Çözüm	38
5. UYGULAMA	40
6. SONUÇLAR.....	72
KAYNAKLAR	78
EKLER	82

KISALTMALAR

C/A Kod	: Coarse/Acquisition Kod
CDDIS	: Crustal Dynamics Data Information System (Crustal Dynamics Veri Bilgi Sistemi)
CDMA	: Code Division Multiple Access
CODE	: Center for Orbit Determination in Europe
CORS	: Continuously Operating Reference Stations (Sürekli Çalışan Referans İstasyonları)
EPN	: EUREF Permanent Network
ESA	: European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı)
GAMIT	: GNSS at MIT
GLOBK	: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program
GLONASS	: Global Navigation Satellite System
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
HAS	: High Accuracy Service (Yüksek Doğruluk Hizmeti)
IGS	: International GNSS Service (Uluslararası GNSS Servisi)
IOV	: In-Orbit Validation (Yörünge Doğrulama Aşaması)
IRNSS	: Indian Regional Navigational Satellite System (Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi)
ISRO	: Indian Space Research Organization (Hint Uzay Araştırmaları Kurumu)
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame (Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi)
JAXA	: Japan Aerospace Exploration Agency (Japonya Havacılık ve Uzay Araştırma Ajansı)
MEO	: Medium Earth Orbit (Orta Dünya Yörüngesi)
MIT	: Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NGA	: National Geospatial Agency (Ulusal Jeo-uzamsal Ajans)
NGS	: National Geodetic Survey (Ulusal Jeodezik Araştırma)
OS	: Open Service (Açık Hizmet)
P Kod	: Precision/Protected Kod
PRN	: Pseudo Random Noise Kodu
PRS	: Public Regulated Service (Kamu Düzenlenmiş Hizmet)
QZSS	: Quasi-Zenith Satellite System (Japonya Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi)
RINEX	: Receiver INdependent EXchange
SAR	: Search-and-Rescue (Arama ve Kurtarma) Format
SoL	: Safety of Life (Can Güvenliği Hizmeti)
SPS	: Standard Positioning Service (Standart Konum Belirleme Hizmeti)
TAI	: International Atomic Time (Uluslararası Atom Saati)
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
UTC	: Coordinated Universal Time (Eşgüdümlü Evrensel Zaman)
WGS84	: World Geodetic System 1984 (Dünya Jeodezik Sistemi 1984)

1. GİRİŞ

Yersel tabanlı radyo navigasyon sistemlerinin sınırlamalarından kaçınmak adına daha geniş bir alana hizmet vermek amacıyla dünyaya belirli uzaklıklarda hareket eden yapay uydular tasarlanmıştır. Sovyetler Birliği, 4 Ekim 1957’de dünyanın ilk yapay uydusu olan Sputnik’i fırlatmıştır. İlk uydu tabanlı navigasyon sisteminin bir uydusu olan Transit 1960 yılında yörüngesine yerleştirilmiştir (Bahatta, 2021).

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS: Global Navigation Satellite System) uydu tabanlı bir navigasyon ve konum belirleme sistemidir. GNSS alıcısı kullanan herkes konum belirleme uydularından alınan sinyaller yardımıyla istenilen konum bilgisini elde edebilir. Uydu sinyalleri sayesinde konum bilgisi elde edilirken hava koşullarına, zamana ve bulunan yere bağlılık yoktur. Günümüzde giderek daha geniş bir yelpazede GNSS teknolojileri uygulamaları bulunmaktadır.

Aralık 1973’te yapılan başarılı deneyler neticesinde Amerika Birleşik Devletleri Savuma Bakanlığı yaygın olarak bilinen NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS) adında bir küresel konum belirleme sistemi geliştirmek için çalışmalar başlatılmıştır. Kısa bir süre sonra ilk örnek GPS uydusu olan Uydu-1 Amerika Birleşik Devletleri Savuma Bakanlığı tarafından yörüngesine yerleştirilmiştir. Fakat kısa bir süre sonra Uydu-1 uydusu arızalanmıştır. 1985 yılında 11 uydulu GPS Block-I uyduları, 1989 yılında ise Block-II uyduları fırlatılmaya başlamış ve 1994 yılında yörüngede hareket etmeye başlamıştır. Block-III uydularının tasarımı tamamlanmış ve halen üretim aşamasında olup 2017 yılından itibaren yörüngelere yerleştirilmesi ve 2023 yılına kadar da operasyonel hale getirilmesi planlanmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2022). Günümüzde operasyonel anlamda kullanılan 31 adet GPS uydusu bulunmaktadır.

Benzer bir uydu navigasyon sisteminin gerekliliği ve faydalarından dolayı 1970’li yılların başlarında Sovyetler Birliği tarafından çalışmalar başlatılmıştır. 1976 yılında GLONASS konum belirleme sisteminin planı hazırlanmış ve sisteme ait ilk uydu 12 Ekim 1982’de yörüngeye yerleştirilmiştir. 1991 yılında Sovyetler Birliğinin dağılmasından sonra GLONASS’ın gelişmesi ve takip edilmesi Rusya Federasyonu tarafından gerçekleştirilmiştir. 1991 yılında tamamlanması planlanan proje 1995 yılında tam çalışır haline gelmiştir. Günümüzde ise GLONASS 25 uydudan oluşan ve küresel konum belirleme anlamında kullanıcılarına hizmet veren bir sistem durumuna gelmiştir.

GPS ve GLONASS uydularının bağılı oldukları ülkelerin orduları tarafından kontrol edilmesinden dolayı, bu uydu sistemlerinin sivil kullanıcılara sonsuza dek açık olup olmayacağı endişesi üçüncü bir küresel konum belirleme sisteminin gerekliliğini ortaya koymuştur. 2003 yılında Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı bu iki sisteme alternatif olarak adını İtalyan astronom Galileo Galilei'den alan Galileo uydu sisteminin oluşturulmasında anlaşmaya varmıştır. Galileo uyduları 23 uydudan oluşan ve kullanıcılarına küresel konum belirleme anlamında ücretsiz hizmet veren bir sistem haline gelmiştir.

1983 yılından Çin, Beidou-I adı verilen kendi bölgesel navigasyon uydu sisteminin çalışmalarını başlatmıştır. Sistemin başarılı olmasından sonra küresel anlamda hizmet vermeye başlayan sistem Çin Uzay Teknolojisi Akademisi tarafından geliştirilerek 2020 yılında tam anlamda faaliyetine başlamıştır. Beidou sisteminin 27 adet Orta Dünya Yörüngesinde (MEO: Medium Earth Orbit) uydusu, 6 adet Jeostatik Dünya Yörüngesi (GEO: Geostationary Earth Orbit) uydusu ve 10 adet Eğik Jeosenkron Uydu Yörüngesi (IGSO: Inclined Geosynchronous Satellite Orbit) uydusu bulunmaktadır.

Bazı ülkeler (örneğin; Hindistan ve Japonya), çeşitli ülkelere ait konum belirleme uydularına bağımlı olmamak adına ya da bölgesel anlamda konumlandırma açısından eksik olduğu yerleri kapsama alanı olarak tamamlamak amacıyla çeşitli bölgesel konum belirleme uydularının oluşmasına olanak sağlamıştır. Mevcut durumunda Hindistan sisteminin (IRNSS) bölgesel anlamda uydularının sayısı 8 iken, Japonya sisteminin (QZSS) bölgesel anlamda uydularının sayısı ise 5'tir.

Yüksek konum doğruluğu elde etmek için bir referans, bir gezici olmak üzere en az iki alıcı gerekmektedir. Fakat kendi ulusal CORS (Continuously Operating Reference Stations: Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) ağını kuran ülkeler için tek bir alıcı ile yeterli sonuçlar elde edilebilir. Sürekli gözlem yapan sabit konum belirleme istasyonları sayesinde, koordinatı bilinen konum belirleme uydularından olan mesafeleri ölçerek gezen alıcının hassas bir şekilde konumunun belirlenmesi sağlanmaktadır. Yapılan işlemin daha hassas olması için yeryüzündeki bazı sabit istasyonlar tarafından üretilen hassas düzeltme verisinin alınması gerekmektedir.

Günümüzde GNSS uydularının yaygın ve yoğun bir şekilde kullanılması sebebiyle, çeşitli mühendislik hizmetlerindeki ölçülerde ve hesaplamalarda bazı değişikliklerin gerçekleşmesi kaçınılmaz olmuştur.

Son yıllarda teknolojiye ilerlemeler sayesinde neredeyse herkes elindeki akıllı telefon/saatler sayesinde bir GNSS alıcısı kullanmaktadır. Bu alıcılar sayesinde

kullanıcılar; kara, deniz ve hava ulaşımı, askeri operasyonlar, afet yardımı, çeşitli mühendislik hizmetleri gibi birçok alanda GNSS teknolojisinden yararlanmaktadır.

Çoklu GNSS uydularının kullanılması ve bu uyduların sayısının artırılması sonucu doğruluk ve güvenilirliğin artması birçok mühendislik hizmetlerinde birden fazla uydu sisteminin kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Uluslararası GNSS Servisi (IGS), GPS VE GLONASS uydularının ardından çeşitli ülkelere ait küresel ve bölgesel konum belirleme uydularını da kullanıcılara çoklu GNSS hizmeti sunmak adına IGS ağına katmıştır.

Bu çalışmada, Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi ölçü süresine bağlı olarak araştırılmıştır. Ayrıca, 30 Ekim 2020 tarihli İzmir -Seferihisar Depreminin seçilen bölgedeki Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA) istasyonlarına etkisi zaman serileriyle ortaya konulmuştur.

1.1. Literatür Araştırması

Tezin hazırlanmasında daha önce yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Araştırılan bazı bilimsel çalışmaların kısa özetleri ise aşağıda verilmiştir.

Kahveci ve Yıldız (2022) hazırladıkları ulusal kitapta, GNSS ile ilgili temel kavramlar verilmiş, GPS’te kullanılan koordinat zaman sistemleri, GPS ölçü ve hesaplarını etkileyen hata kaynakları, GPS ile konum belirleme yöntemleri, GPS’te kullanılan doğruluk ölçütleri ve GPS ölçülerinin değerlendirilmesi konuları açıklanmıştır.

Kahveci (2017) hazırladığı ulusal kitapta, uydularla konum belirleme sistemleri, Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK), sabit CORS ağları ve dünyadaki bazı CORS ağları hakkında bilgiler anlatılmıştır.

Herring ve ark. (2018) hazırladıkları uluslararası manuel kitabında, GNSS ölçümleri ve analizleri, uyduların ve istasyonların hareketlerinin modellenmesi, kontrol dosyalarının düzenlenmesi, sonuç dosyalarının değerlendirilmesi, zaman serileri ve hız alanlarıyla alakalı konular anlatılmıştır.

Herring ve ark. (2018) hazırladıkları uluslararası manuel kitabında, GPS Analysis at MIT (GAMIT) bilimsel veri değerlendirme yazılımıyla ilgili kampanya çözümleri öncesi yapılması gereken ve kampanya ile ilgili oluşturulacak dosyaların nasıl hazırlandığı, kampanya dosyalarının günlük çözümlerin nasıl yapıldığı ile alakalı konular anlatılmıştır.

Herring ve ark. (2015) hazırladıkları uluslararası manuel kitabında, GLOBK çözümüne genel bakış, girdi dosyalarının hazırlanması, çalıştırılması gereken komutlar ve çözümlerin çıktılarıyla alakalı konular açıklanmıştır.

Pırtı ve ark. (2021) hazırladıkları ulusal makalede, Galileo Uydu sistemi ve sistem yapısı açıklanmış, Bu kapsamda sistemin özelliklerine, sinyallerine, ortaya çıkış aşamalarına, diğer sistemlerle arasındaki farklılıklara ve neden ihtiyaç duyulduğu konusunda bilgi verilmiştir.

X. Luo ve ark. (2021) hazırladıkları makalede, Galileo Uydu sisteminin Küresel Konum Belirlemede sağladığı faydalar ve RTK çekiminin az olduğu ortamlarda Galileo uyduları sayesinde hassasiyetin daha iyi sonuçlar verdiği üzerinde durulmuştur.

Atiz ve ark. (2021) hazırladıkları ulusal makalede, GNSS (Küresel Konum Belirleme) ile yapılan ölçüler sadece GPS ile yapılan ölçülerle kıyaslanmıştır.

Öğütçü ve ark. (2021) hazırladıkları ulusal makalede, Beidou-3 (FOC) uydularının GPS, GLONASS, Galileo ve BDS-2 uydularıyla yapılan 7°, 15° ve 30° lik kesme açılarıyla yapılan statik ve kinematik ölçülere katkısı incelenmiştir.

Bahadır (2017) yüksek lisans tezinde, çoklu GNSS kombinasyonunun PPP üzerindeki etkisini araştırmıştır. Ek olarak, çoklu GNSS'in PPP performansına etkisini araştırmak için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım, GPS, GLONAS, Galileo ve BDS gözlemlerini içeren çoklu-GNSS PPP çözümünü gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır.

Koca (2019) yüksek lisans tezinde, GNSS sistemlerindeki güncel durumların ve son gelişmelerin incelenmesini ele almıştır. Ayrıca ülkelere ait uydu sistemlerin yapısı, gelişimi ve geleceği hakkında konulara açıklık getirilmiştir.

Gündüz (2019) doktora tezinde, herhangi bir mühendislik yapısındaki veya yer kabuğundaki deformasyonların belirlenmesinde TUSAGA-Aktif noktalarının kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Ayrıca KAF (Kuzey Anadolu Fay Hattı) etrafında seçilen TUSAGA-Aktif sistemine ait 9 adet istasyonun verileri incelenerek hareketliliğin anlamlı olup olmadığı analiz edilmiştir.

Çınar (2021) yüksek lisans tezinde, 21.07.2017 Bodrum-Kos depremi öncesi bölgede tesis edilen ve takipleri periyodik olarak yapılan 8 adet sabit, 5 adet sürekli gözlem yapan GNSS noktası kullanarak bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada 21.07.2017 tarihli deprem sonrası noktaların hızları tespit edilerek ITRF-96 datumuna dönüşümü yapılmış ve deprem öncesi ve deprem sonrası koordinatların karşılaştırması yapılmış ve jeodezik altyapıda meydana gelen deformasyon tespitine dönük çalışma yapılmıştır.

Birinci (2021) yüksek lisans tezinde, çift frekanslı alıcılardan elde edilen kod ve faz ölçüleri ile hem GPS PPP performansı hem de GLONASS, Galileo ve BEIDOU sistemlerinin GPS ile farklı kombinasyonları değerlendirilerek performansları incelenmiştir.

Chen ve ark. (2021) hazırladıkları makalede, Beidou uydularıyla oluşturdukları koordinat sisteminin GPS ve Galileo uydularıyla oluşturulan ITRF2014 koordinat sistemiyle karşılaştırmışlardır.

Sośnica ve ark. (2021) hazırladıkları makalede, GPS, GLONASS ve Galileo uydularını dairesel ve eksantrik yörüngelerde incelemiş ve sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Zhou ve ark. (2022) hazırladıkları makalede, Galileo'nun Uluslararası GNSS İzleme ve Değerlendirme Sisteminde GPS, GLONASS ve Beidou ile birlikte uydu sistemlerinde kullanılabilirliğinden bahsedilmiştir. Dört uydu sistemiyle birlikte yörünge ve saat çözümleri yapılmıştır.

Zhao ve ark. (2022) hazırladıkları makalede, sıfır farklar yöntemiyle GPS uydularına ait L1, L2, L5 frekansları ve Galileo uydularına ait E1, E5a, E5b, E6 frekanslarıyla performans analizi yaparak nokta konum kod ve faz modellenerek hassas konum bilgisine yakın değerler elde etmişlerdir.

Mirmohammadian ve ark. (2022) hazırladıkları makalede, GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydularıyla yapılan araştırmalarda sonuca ait konum hassasiyetini ve bunun başarı oranını incelemiştir.

Brach (2022) hazırladığı makalede, ormanda belirledikleri 33 adet noktada hızlı statik yöntemle (GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydularını kullanarak) gözlem yapmıştır. Bu ölçmelerde dört farklı alıcı kullanılmıştır. Jeodezik faaliyetlerde kullanılan alıcılar diğer GIS alıcılara oranla daha iyi sonuç verdiği anlatılmıştır.

Ayso (2021) hazırladığı yüksek tezinde, GPS ve Galileo uydu sistemlerinden, yörünge bilgileri ve koordinat sistemlerinden ve GNSS hata kaynaklarından bahsetmiştir.

Kiliszek ve ark. (2020) hazırladıkları makalede, GPS, GLONASS ve Galileo'nun hassas nokta konumlamaya etkisini ve bu ölçümlerin farklı uydu yükseklik açılarında nasıl etki ettiğini araştırmıştır. Galileo uydusunun konumlamada daha iyi sonuçlar verdiği ve hassas konum belirlemede daha etkili olduğundan bahsetmiştir.

Ashour ve ark. (2021) hazırladıkları makalede, GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou sistemlerinin her birinin ayrı ayrı kullanılmasının doğruluğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar GPS ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Öğütçü ve ark. (2022) hazırladıkları ulusal makalede, GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydu sistemlerini ayrı ayrı incelemiş ve bütün uydu sistemlerinin bir arada olduğu (GPS+GLONASS+ Galileo+BeiDou) verileri 1, 5, 15, 30 sn'lik verilerle elde edip bu verileri karşılaştırmıştır.

Angrisano ve ark. (2020) hazırladıkları makalede, GNSS sistemindeki GPS, GLONASS ve Galileo küresel konumlama uydularının çeşitli parametrelerde performanslarını incelenmiştir. Sonuçlarda çoklu konumlandırma uydu parametrelerinin tek konumlandırma uydularıyla yapılan konum belirlemelere göre daha iyi olduğunu ortaya koymuştur.

Karimi, (2021) hazırladığı makalede, GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydularını ayrı ayrı incelemiş ve dünyada hangi bölgede ne kadar uydu görüldüğünü araştırmıştır.

Chen ve ark. (2020) hazırladıkları makalede, çoklu küresel konum belirleme uydularının (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS) hassas konum belirlemede açısından performanslarını incelemişlerdir.

Yalvaç (2020) hazırladığı makalede, Galileo uydu sisteminden bahsetmiş, GPS ve Galileo uydularını ayrı ayrı GAMIT/GLOBK veri değerlendirme yazılımıyla incelemiş ve her iki uydu sistemine ait veriler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak GPS ile Galileo ile elde edilen sonuçların birkaç milimetre ile birbirine yakın sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

1.2. Tezin Bölümleri

Tez 6 bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, tezin genel olarak amacı hakkında bilgi verilmiş olup çeşitli ülkelerinde geliştirdiği küresel ve bölgesel konum belirleme sistemlerinin altyapısı anlatılmıştır. Daha önce yapılmış bazı çalışmalara ait literatür araştırmaları yapılmıştır.

İkinci bölümde, küresel ve bölgesel konum belirleme uyduları (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, IRNSS, QZSS) hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Uluslararası GNSS Servisi (IGS) ve ürünleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, GAMIT/GLOBK veri değerlendirme yazılımı hakkında bilgiler verilmiştir. Gerekli dosyaların oluşturulması ve çalıştırılması gereken komutlar anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, İzmir-Seferihisar Depremi ile alakalı bazı bilgilere yer verilmiş, yapılan çalışmaya ait uygulamadan bahsedilmiş, uygulamanın nasıl yapıldığı, aşamaları, kullanılan yöntemler ve sonuç ürünler ortaya konarak gerekli yorumlamalar yapılmıştır.

Altıncı bölümde, genel olarak tezin sonuçları ve sonuçlara göre yapılan önerilerden bahsedilmiştir.



2. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

Günümüzde konum belirleme sistemleri denilince aklımıza Küresel Konum Belirleme Sistemleri (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) ve diğer uydu sistemleri (IRNSS ve QZSS) gelmektedir. Uydu tabanlı sistemlerin artmasıyla daha hassas ve doğruluğu yüksek konumlandırma yapılabilmektedir (Pırtı ve ark. 2021).

Küresel Konum Belirleme Sistemleri şunlardır:

- GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi- ABD)
- GLONASS (Global Navigation Satellite System; Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi - RUSYA)
- Galileo (Alternatif Uydu Yönleyici Sistemi - AVRUPA BİRLİĞİ)
- COMPASS, BeiDou, (BeiDou Navigation Satellite System; BeiDou Uydu Navigasyon Sistemi - ÇİN)
- IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System; Hint Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi); NAVIC (Navigation Indian Constellation - HİNDİSTAN)
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System - JAPONYA)

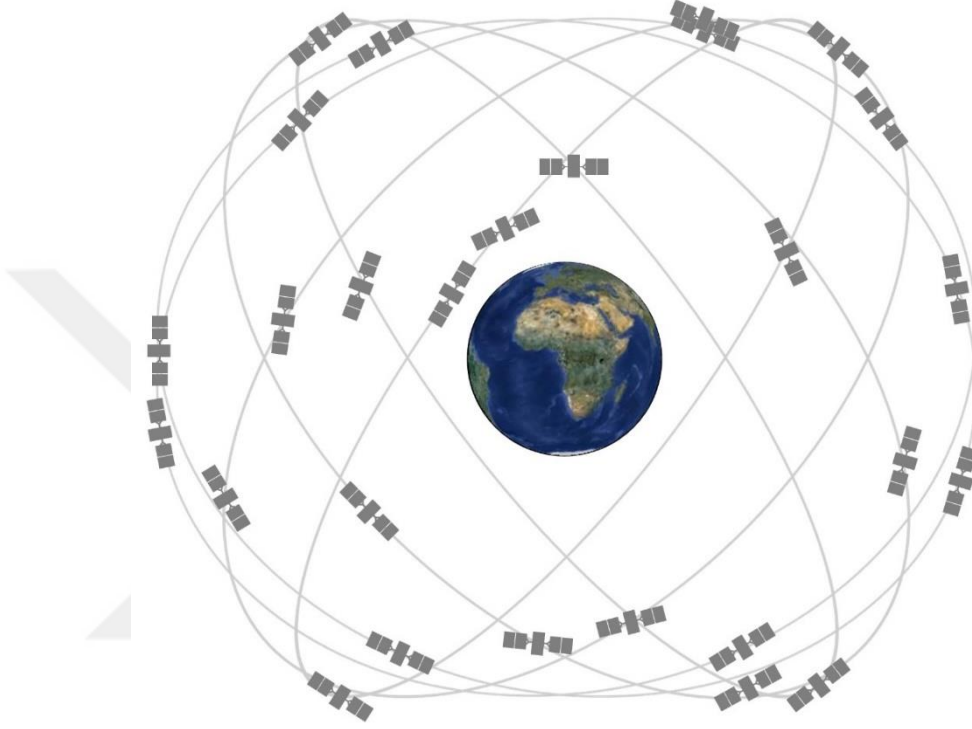
Çizelge 2.1. 19 Aralık 2022 tarihinde küresel konum belirleme uydularının özellikleri

	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Uydu Sayısı	31	25	23	27 (MEO)
Yörünge Düzlemi	6	3	3	3
Yörünge Yarıçapı (km)	20200	19100	23222	21528
Yörünge Eğim Açısı	55°	64.8°	56°	55°
Yaklaşık Yörünge Periyodu	11sa 58dk	11sa 16dk	14sa 04dk	12sa 54dk
Sinyal Ayırma Tekniği	CDMA	FDMA, CDMA	CDMA	CDMA
Koordinat Sistemi	WGS-84	PZ-90	GTRF	CGCS
Zaman Ölçeği	GPS Zamanı	GLONASS Zamanı	GST	BDT

2.1. GPS (Global Positioning System) Uydu Sistemi

GPS, 1994 yılında tam faaliyet kapasitesine ulaşan ilk uydu tabanlı navigasyon ve küresel konum belirleme sistemidir. GPS uyduları dünyanın herhangi bir yerinde küresel anlamda kapsama sağlayarak minimum uydu sayısının gözlemlendiği, her türlü hava koşullarında kullanıcılara hizmet veren bir küresel konumlandırma sistemidir.

GPS uyduları dünyayı çevreleyen 6 yörüngede ekvator düzlemiyle 55° 'lik bir eğim yaparak hareket etmektedir. GPS uydu takımının bu kadar alanda yayılması sayesinde kullanıcıların gezegendeki hemen hemen her noktadan en az dört uyduyu görebilmelerini sağlar (Şekil 2.1.). GPS uyduları dünyadan yaklaşık 20200 km (yer merkeziyle 26508 km) uzakta yörünge hareketi yaparlar. Her bir uydu dünyayı günde iki kez çevreleyerek bir yörünge turunu 11 saat 58 dakikada tamamlar (URL1).



Şekil 2.1. GPS uydularının SPS performans standardındaki yörünge hareketi (URL1)

19 Aralık 2022 itibariyle GPS uydu takımında, hizmet dışı bırakılan yörüngedeki uydular hariç olmak üzere toplam 31 operasyonel uydusu vardır (Şekil 2.2.) (URL1).

ESKİ UYDULAR			MODERNİZE UYDULAR	
BLOK IIA	BLOK IIR	BLOK IIR-M	IIF'Yİ ENGELLE	GPS III/IIIF
0 operasyonel	7 operasyonel	7 operasyonel	12 operasyonel	5 operasyonel
- Sivil kullanıcılar için L1 frekansında Kaba Edinme (C/A) kodu - Askeri kullanıcılar için L1 ve L2 frekanslarında hassas P(Y) kodu 7.5 yıllık tasarım ömrü 1990-1997'de piyasaya sürüldü - Sonuncusu 2019'da hizmet dışı bırakıldı	- L1'de C/A kodu - L1 ve L2'de P(Y) kodu - Yerleşik saat izleme 7.5 yıllık tasarım ömrü 1997-2004'te piyasaya sürüldü	- Tüm eski sinyaller - L2'de (L2C) 2. sivil sinyal DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN ➡ - Gelişmiş sıkıştırma direnci için yeni askeri M kodu sinyalleri - Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri 7.5 yıllık tasarım ömrü 2005-2009'da piyasaya sürüldü	- Tüm Blok IIR-M sinyalleri - L5 frekansında (L5) 3. sivil sinyal DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN ➡ - Gelişmiş atom saatleri - Geliştirilmiş doğruluk, sinyal gücü ve kalite 12 yıllık tasarım ömrü 2010-2016'da piyasaya sürüldü	- Tüm Blok IIF sinyalleri - L1'de (L1C) 4. sivil sinyal DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN ➡ - Gelişmiş sinyal güvenilirliği, doğruluğu ve bütünlüğü - Seçici Kullanılabilirlik Yok DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN ➡ 15 yıllık tasarım ömrü - IIIF: lazer reflektörler; arama ve kurtarma yükü 2018'de ilk lansman

Şekil 2.2. 19 Aralık 2022 tarihinde GPS konum belirleme uyduları (URL1)

GPS uyduları her bir uydu tarafından iletilen farklı kodlar sayesinde alıcıların GPS uydularını birbirinden ayırmalarını sağlayan CDMA (Code Division Multiple Access) yöntemini kullanır.

GPS uydularının yer kontrol bölümü Amerika Birleşik Devletlerinin eyaleti Colorado'daki Schriever Hava Kuvvetleri Üssü'nde bulunan bir ana kontrol istasyonu ve Ascension, Diego, Garcia ve Kwajalein' de bulunan 3 adet yükleme istasyonundan oluşur (Şekil 2.3.). 6 adet Operasyonel Kontrol Segmenti izleme istasyonu Hawaii, Colorado Springs, Ascension, Diego Garcia, Cape Canaveral ve Kwajalein 'de bulunmaktadır. İlave olarak 2005 yılının Eylül ayından itibaren 10 adet Ulusal Jeo-Uzamsal Ajans (NGA: National Geospatial Agency) izleme istasyonu ile hizmet vermektedir. NGA istasyonları, yüksek performans standartları altında çalışan bir GPS izleme istasyonları ağından oluşmaktadır.



Şekil 2.3. GPS kontrol segmenti (Bahatta, 2021).

GPS sinyalleri bir temel frekansın ($f_0=10.23$ MHz) farklı katsayılarla çarpılarak üretilmesiyle elde edilir (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. GPS sinyallerinin özellikleri (Kahveci ve Yıldız, 2022).

Sinyal	Katsayı	Frekans (MHz)	Dalga Boyu (cm)
L ₁	154	1575.42	19.0
L ₂	120	1227.60	24.4
L ₅	115	1176.45	25.5

GPS sinyallerinin çift frekanslı olmasının iyi tarafı; atmosferik hataların (iyonosfer) büyük ölçüde çözülmesi ve herhangi bir sebeplerden dolayı bir tane sinyalin bozulması durumunda diğerinin yedek görevi görmesidir.

L₁ ve L₂ taşıyıcı frekansları iki PRN (Pseudo Random Noise) kodu ve navigasyon mesajı verileri ile modüle edilmiştir. Bu kodlar C/A (Coarse/Acquisition) kod ve P (Precision/Protected) kod olarak adlandırılır.

GPS L₅ sinyali, ulaşım güvenliği ve diğer yüksek performanslı uygulamalar için zorlu gereksinimleri karşılamak üzere tasarlanmış üçüncü sivil GPS sinyalidir (URL2) .

GPS L₅ sinyali, ulaşımın ötesinde, dünya çapındaki kullanıcılara en gelişmiş sivil GPS sinyalini sağlayacaktır. GPS L₅ sinyali; L₁ C/A ve L₂C ile birlikte kullanıldığında, oldukça sağlam bir hizmet sağlayacaktır. Trilaning adı verilen bir teknikte, üç GPS

frekansının kullanılması, artırımlar olmadan metre altı doğruluğu ve artırımlarla çok uzun menzilli operasyonları mümkün kılabilir (URL2) .

2009 yılında GPS IIR-20(M) uydusu deneysel bir L₅ sinyali başarıyla yayınladı. Tam L₅ vericisine sahip ilk GPS IIF uydusu Mayıs 2010 yılında fırlatıldı.

2.1.1. C/A kod

Sivil kullanıcılar için oluşturulan C/A kod, tüm kullanıcılara açıktır. C/A kod, L₁ taşıyıcı frekansı üzerine modüle edilmiştir.

C/A kodunun, Standart Konum Belirleme Hizmeti (SPS: Standard Positioning Service) performansına bakıldığında GPS ile elde edilen doğruluğun büyük ölçüde çalışma moduna bağlı olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple sadece GPS uydularıyla konum belirleme yapan bir alıcı için C/A kod alıcılarının doğruluğunun ~5-10 metre, bu durumun C/A kodlu DGPS alıcılarında ise ~ 0.7-3 metre arasında değişmektedir (McDonald, 2002).

2.1.2. P/Y kod

Hem askeri hem de sivil kullanıcılar için tasarlanan P/Y kod GPS uydularıyla konum belirlemede temel oluşturan önemli bir koddur. P/Y kod, hem L₁ hem de L₂ taşıyıcı frekansı üzerine modüle edilmiştir. P/Y kodu, 38 haftada yani 266 günde bir tekrarlanır. P/Y kodun birer haftalık kısmı her bir uydu içindir. P kodunu elektronik karıştırma ve aldatmaya karşı korunmak için, bu kod Anti-Spoofing (A-S) özelliği kullanılarak kriptolanmıştır. Kriptolanmış P-koduna Y-kod adı verilmiştir. Bu sebeple Y-kod kullanımı yalnızca yetkili (askeri ve sivil güvenlik) kullanıcılara açık hâle gelmiştir (Kahveci ve Yıldız, 2022).

Yalnızca GPS uydu sinyallerini kullanan tek bir alıcı için P/Y kod alıcılarının doğruluğu ~2-9 metre, P/Y kodlu DGPS alıcılarında bu doğruluğun ~0.5-2 metre arasında değişmektedir (McDonald, 2002).

2.1.3. GPS navigasyon mesajı

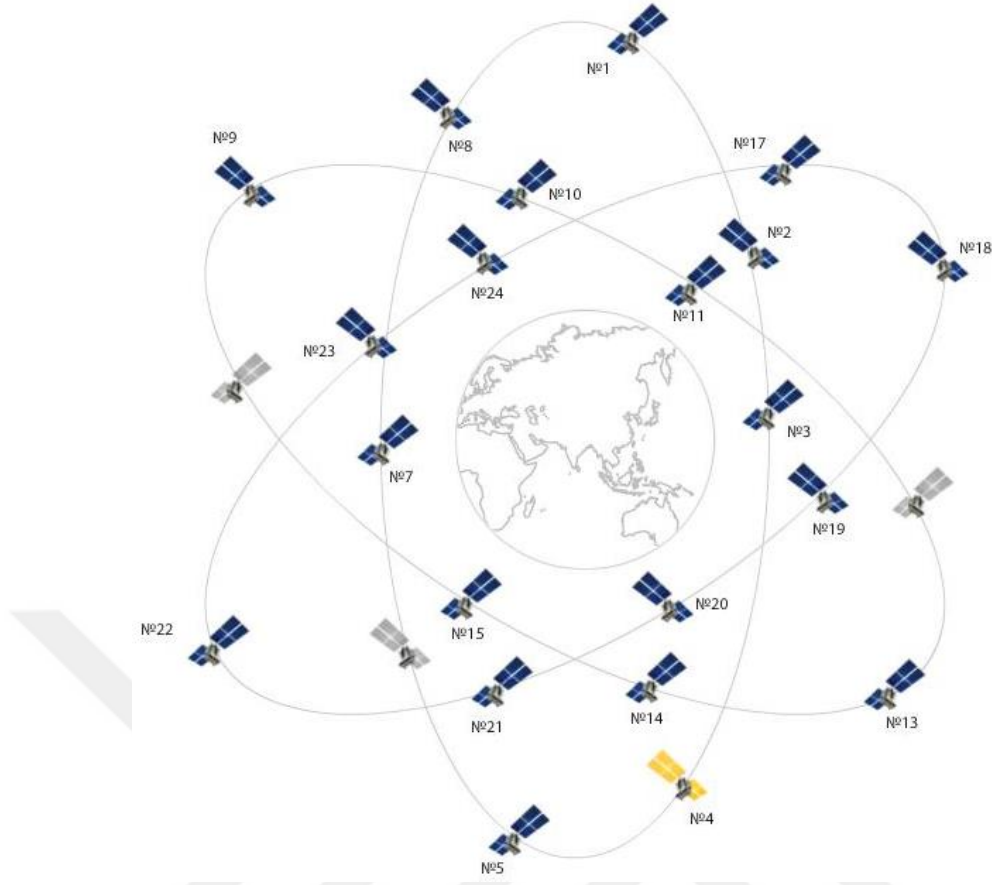
GPS navigasyon mesajı, kullanıcılara bir GPS uydusu tarafından sağlanan bilgi olarak tanımlanabilir. Navigasyon mesajı sinyalleri saniyede 50 bitlik veri akışına sahiptir. Bu sinyal verileri kullanıcının GPS ile başarılı bir şekilde gezinmesini sağlamaktadır (Van Dierendonck ve ark., 1978). Navigasyon mesajı P-kod ve C/A kod

üzerine bindirilmiştir. Mesajın tamamı 1500 bit uzunluğunda ve her biri 300 bitlik 5 alt bölümden oluşmaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2022).

Navigasyon mesajının içeriğinde uydunun yörüngesi, uydunun sağlığı, bazı düzeltme verileri, çeşitli mesajlar ve diğer veri mesajları gibi bilgiler bulunur. Ayrıca bu mesajda, GPS zamanı ile diğer uyduların zaman sistemleri arasındaki zaman sapmaları da yayınlanmaktadır. GPS navigasyon mesajı belirli periyotlarda güncellenmekte ve GPS kontrol istasyonlarından uydulara yüklenmektedir.

2.2. GLONASS (Global Navigation Satellite System) Uydu Sistemi

Aralık 1995 yılında tam faaliyet kapasitesine ulaşan ikinci küresel konum belirleme uydu sistemidir. Ancak Sovyetler Birliğindeki mali ve siyasi kriz nedeniyle GLONASS uyduları sayısı azalmış ve 2002 yılındaki uydu sayısı 7 ye kadar düşmüştür. 2003 yılında fırlatılmaya başlanan GLONASS-M uydularının bakımı yapılarak performansları arttırılmıştır. Daha sonra ise 2011 yılında fırlatılmaya başlanan daha yeni ve daha küçük GLONASS-K uyduları uydu sistemine dahil edilmiştir. Uydulardaki yapılan yenileme çalışmaları ve ilave uyduların da uzay sistemine dahil edilmesiyle GLONASS uydularının sayısı tekrar 24 uyduya çıkarılmıştır (Şekil 2.4.). GLONASS uyduları, 19 Aralık 2022 itibariyle toplamda 25 uydudan (çalışır durumda 22, uçuş testleri yapılan 1, devreye alınma aşamasında 2) oluşmaktadır (URL11).



Şekil 2.4. GLONASS uydularının yörünge hareketi (URL3).

Rusya tarafından çok yönlü araştırmalar neticesinde, ekvator düzlemiyle $64,8^\circ$ eğimli açı yaparak, üç yörünge düzleminde hareket eden ve uyduların eşit olarak yörüngede hareket ettiği GLONASS uydularının yörünge yüksekliği 19100 km olup yörünge periyodunu ise 11 saat 15 dakika 44 saniyede tamamlar. Dolayısıyla yörünge düzlemleri boylam olarak birbirinden 120° uzaklıktadır.

GLONASS uydularından 8 tanesi her yörünge düzleminde 45° olacak şekilde düzenli olarak yerleştirilmiştir. Bu durum GLONASS uydularının tüm dünyada kapsama alanına ulaşmasına olanak sağlamıştır. Uluslararası ismi GLONASS olan uyduların her birinin adı Rusçada “kasırga” anlamına gelen “Uragan” olarak anılmaktadır. GLONASS uydularının bazı özellikleri Çizelge 2.3.te verilmiştir.

Çizelge 2.3. GLONASS uydularının bazı özellikleri (URL3)

ÖZELLİKLER	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS-K	GLONASS-K2
Yörüngeye Fırlatma Zamanı	1982-2005	2003-2016	2011-2018	2017-...
Durumu	Hizmet Dışı	Kullanımda	Tasarım Aşamasında	Geliştirilmekte
Planlanan Ömürleri (yıl)	3.5	7	10	10
Boyutları (m)	-	2.71x3.05x2.71	2.53x3.01x1.43	2.53x6.01x1.43
Sinyal Tipi	FDMA	FDMA+CDMA (SVs 755-761 için)	FDMA ve CDMA	FDMA ve CDMA
Açık Erişim Sinyalleri	L1OF (1602 MHz)	L1OF (1602 MHz) L2OF (1246 MHz) L3OC (1202 MHz) SVs 755+ için	L1OF (1602 MHz) L2OF (1246 MHz) L3OC (1202 MHz) L2OC (1248 MHz) SVs 17L+ için	L1OF (1602 MHz) L2OF (1246 MHz) L1OC (1600 MHz) L2OC (1248 MHz) L3OC (1202 MHz)

GLONASS-K uydularının ömürleri yaklaşık 10 yıldır. Rusya ileride uydu sayısını 30'a çıkarmayı hedeflemektedir (Bahatta, 2021).

GLONASS uyduları, Standart Konum Belirleme Hizmeti (SPS) ve Yüksek Hassasiyetli Konum Belirleme Hizmeti (HPS) olmak üzere iki tür sinyal iletir. SPS ve HPS sinyalleri sırasıyla C/A kodunu kullanarak Standart Konumlandırma Hizmeti ve GPS'in P(Y) kodunu kullanarak Kesin Konumlandırma Hizmeti olarak düşünülebilir.

GLONASS uydularının kontrolü, yörünge belirleme ve zaman senkronizasyonundan sorumlu yeri başlangıçta Moskova yakınlarındaki Krasnoznamensk'te bulunan bir kontrol merkeziydi. 5 adet TT&C istasyonunun yeri Schelkovo merkezli, St Petersburg, Ussuriysk, Yenisseyk ve Komsomolsk-Amur' tur. Bugün Krasnoznamensk'te bulunan kontrol merkezinde 12 izleme istasyonu, 8 lazer mesafe istasyonu, 4 TT&C istasyonları ve 5 yükleme istasyonu bulunmaktadır. GLONASS yer istasyonların konumları gösterilmektedir. (Şekil 2.5.). Güvenlik ve konuşlandırma nedeniyle GLONASS'ın tüm kara bölümleri eski Sovyetler Birliği topraklarında bulunmaktadır.

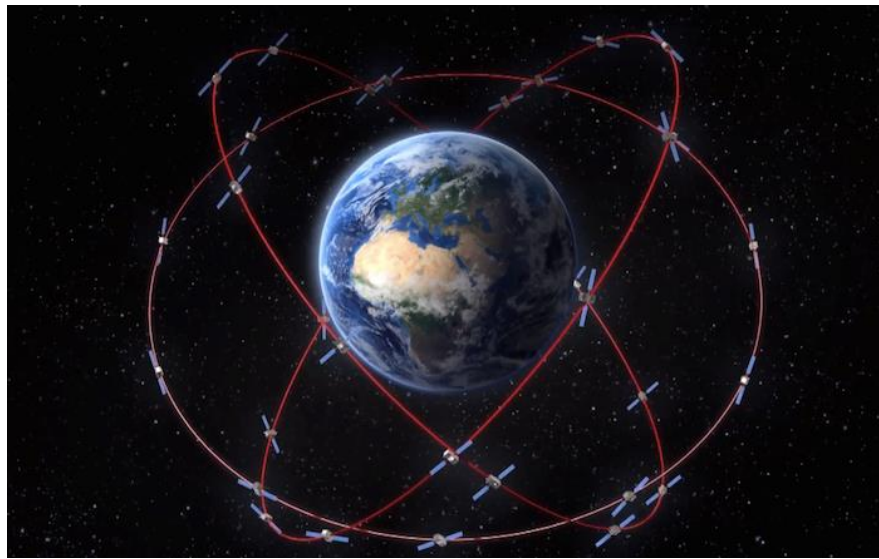


Şekil 2.5. GLONASS uydu sisteminin kontrol, izleme ve yükleme istasyonları (Bahatta, 2021).

2.3. Galileo Uydu Sistemi

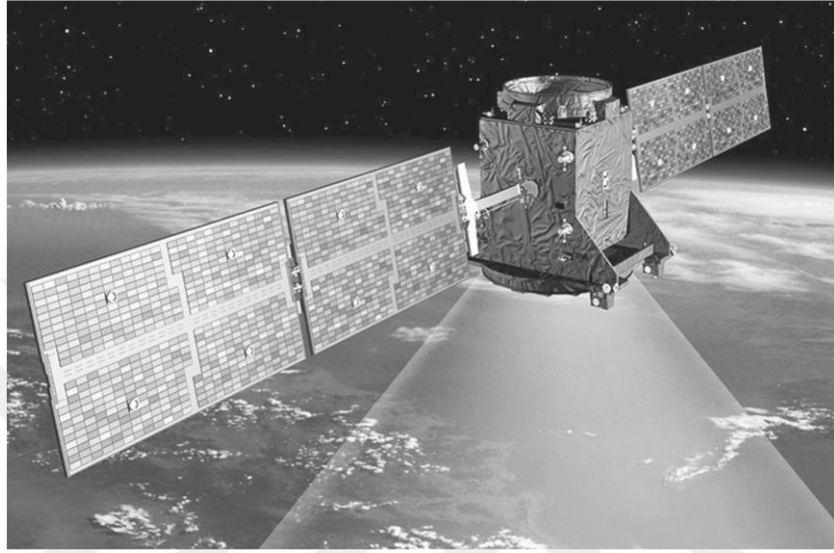
Galileo uydu sistemi, Avrupa Uzay Ajansının (ESA) konum belirleme amacıyla geliştirdiği ve 2020 yılında tam faaliyet kapasitesine ulaşan, 19 Aralık 2022 itibariyle yörüngesinde operasyonel anlamda kullanılabilir toplam 23 uydusu bulunan bir küresel konum belirleme sistemidir (URL 12).

Uydular, ekvator düzlemiyle 56° lik eğim yaparak üç yörünge düzleminde hareket etmektedir. Yörünge düzlemleri 120° lik açı yapacak şekilde uyduları içermektedir. Her yörünge düzlemi 40° eşit aralıklarla yerleştirilmiş 10 uyduya sahiptir. Bu nedenle Galileo uydularının bir periyotları 14 saat 4 dakika sürer. Galileo sistemindeki uydular 23222 km yükseklikten hareket etmektedir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Galileo uydularının konsepti (URL4).

Küresel konum belirleme sisteminin başlangıcı 2005 yılında GIOVE-A ve 2008 yılında GIOVE-B olmak üzere iki uydunun yörüngeye fırlatılmasıyla başlamıştır (Şekil 2.7.). Sistemi doğrulamak amacıyla 2 operasyonel uydu 21 Ekim 2011 tarihinde devreye girmiştir. Daha sonra sistem doğruluğunu arttırmak maksadıyla 12 Ekim 2012 tarihinde 2 uydu daha yörüngeye dahil edilmiştir.



Şekil 2.7. GIOVE-A uydusu (Bahatta, 2021).

Yörünge Doğrulama Aşaması (IOV- In-Orbit Validation) tamamlandıktan sonra ilave uydularla üç yörüngede onlu uydu takımı olacak şekilde İlk Operasyonel Yeteneğine (IOC) ulaşmak için çalıştırılacaktır.

Galileo uydularının sinyallerinden iki tanesi GPS sinyalleriyle (L1 ve L5) aynı frekans değerine sahiptir (Çizelge 2.4.). Bu sinyaller birbiriyle karışmaması için farklı isimlendirmeler kullanılmıştır.

Çizelge 2.4. Galileo uydularının frekans değerleri (Bahatta, 2021).

<u>SİNYAL</u>	<u>Frekans (MHz)</u>
E1-I	1575.42
E1-Q	1575.42
E2-I	1561.098
E2-Q	1561.098
E5a-I	1176.45
E5a-Q	1176.45
E5b-I	1207.14
E5b-Q	1207.14
E6-I	1278.75
E6-Q	1278.75
L6	1544.71

Galileo uydu sisteminden 4 farklı hizmet verilmektedir.

1. Açık Hizmet (OS: Open Service)
2. Yüksek Doğruluk Hizmeti (HAS: High Accuracy Service)
3. Kamu Düzenlenmiş Hizmet (PRS: Public Regulated Service)
4. Can Güvenliği Hizmeti (SoL: Safety of Life)

Sistemdeki uyduların kullanımı herkes için ücretsizdir. Galileo uydularında alıcılar tek frekanslı ise yatayda 8 metre, düşeyde 35 metre hassasiyetle konum bilgisi elde edilebilir. Çift frekanslı alıcılarda ise yatayda 8 metre, düşeyde ise 15 metre doğruluklu konum bilgisi elde edilebilir. Üçlü frekans kullanımları da şu anda test edilmektedir. Üç frekans hizmeti kullanıldığında konum hassasiyeti daha da iyileşecektir (Bahatta, 2021).

Galileo uydu sistemi, Avrupa'nın kuzey ülkeleri için GPS'ten daha iyi kapsama alanı sağlar (Samama 2008). Yüksek Doğruluk Hizmeti (HAS) yaklaşık 1 santimetre doğruluk sunar. HAS geliştirilmiş performans ve işletim sistemi aracılığıyla elde edilenden daha fazla güvenilir verilere sahip olmasından dolayı ticari ve diğer yazılımların geliştirilmesine olanak verir. HAS ücretsizdir ve herkesin kullanımına açıktır. Galileo HAS, E6 bandındaki ve OS E1 bandındaki sinyallerin birleşimini kullanır. PRS, devlet tarafından yetkilendirilmiş kullanıcılara (polis, ordu, vb.) sınırlı konum ve zamanlama bilgileri sağlar. SoL hizmeti, bir bütünlük sağlar ve konum belirlenmesinde doğruluk hassasiyeti sağlanamadığında kullanıcıların uyarılması anlamına gelmektedir. Galileo uydularının menzili dünya çapında olduğundan uluslararası uydu destekli arama ve kurtarma girişimi olan Cospas-Sarsat'tan gelen arama ve kurtarma (SAR: search-and-rescue) işaretlerinin sinyallerini test edip raporlayabilir. Cospas-Sarsat, 1979 yılında Kanada, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği (eski) tarafından kurulmuş uluslararası uydu tabanlı bir arama ve kurtarma, tehlike uyarısı tespit ve bilgi dağıtım merkezidir. Bu sayede Galileo uyduları, Cospas-Sarsat sistemine katkı sağlamaktadır ve acil durum işaretçilerinden gelen sinyalleri alıp ulusal kurtarma merkezine iletmektedir. Acil durum işaret sinyalleri bir gemiden, uçaktan, hatta bireylerden iletilebilir ve sinyalin geldiği yerin kesin konumunun belirlenmesini sağlar. SoL hizmeti, E1 ve L6 bantlarını kullanır.

Galileo, kullanıcıların diğer mevcut sistemler tarafından sunulanlardan daha fazla hassasiyetle tam konumlarını bilmelerini sağlar (*URL5*). Galileo uydu sistemi navigasyon ve konumlandırma hizmeti sağlarken diğer GNSS sistemleriyle de uyumlu bir şekilde çalışmaktadır.

Galileo uydu sisteminin yer kontrol bölümü Oberpfaffenhofen (Almanya) ve Fucino'da (İtalya) bulunan iki kontrol merkezinden (ana kontrol istasyonu) oluşmaktadır (Şekil 2.8.).

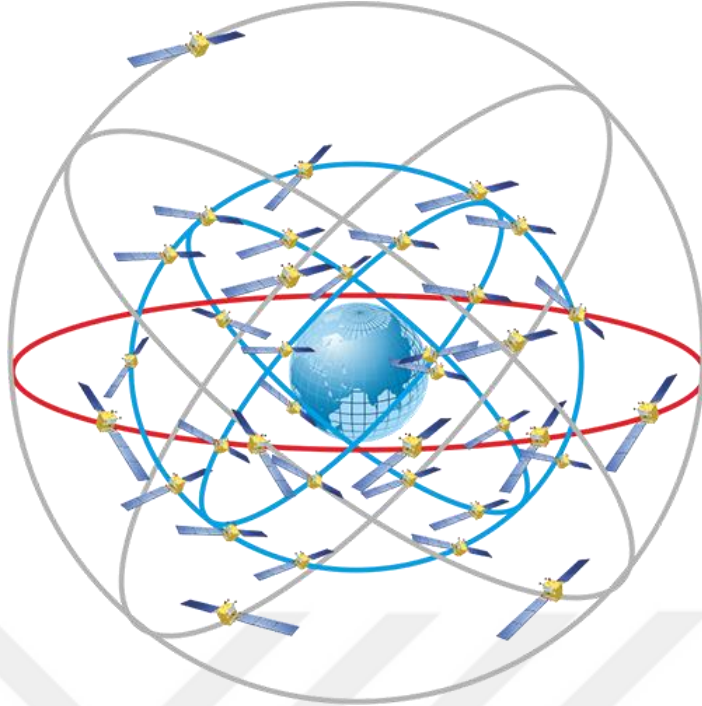


Şekil 2.8. Galileo uydu sisteminin kontrol, izleme/yükleme istasyonları (Bahatta, 2021).

Birden fazla ana kontrol istasyonun bulunması Galileo uydu sistemine güvenilirliği arttırmaktadır. Yer kontrol bölümünden her bir uyduya düzenli olarak uzun vadeli test kampanyaları, programlı bağlantılar ve acil durum bağlantıları aracılığıyla iletişim kurmak için 6 adet Telemetri, İzleme ve Komut Tesislerinden/İstasyonlarından (TTCF/TT&C) oluşan küresel bir ağ kullanır. Navigasyon mesajlarını iletmek için 10 yükleme istasyonları sayesinde GPS'e kıyasla daha hızlı bir yükleme sağlar ve daha doğru efemeris verileri sağlayarak konum doğruluğu artırılır.

2.4. Beidou Uydu Sistemi

Çin Halk Cumhuriyeti'ne ait Beidou uyduları, ekvator düzlemiyle 55° eğimli açı yaparak 3 yörünge düzleminde hareket eden 27 adet MEO (Medium Earth Orbit: Orta Dünya Yörüngesi) uydusu bulunmaktadır. MEO uyduları yeryüzünden yaklaşık 21528 kilometre yükseklikte hareket ederek yörünge periyodunu 12 saat 53 dakika 24 saniyede tamamlamaktadır.



Şekil 2.9. Beidou uydularının yörünge hareketi (URL6).

Beidou uydu sisteminde 6 adet GEO uydusu (Geostationary Earth Orbit: Jeostatik Dünya Yörüngesi) ve 10 adet IGSO uydusu (Inclined Geosynchronous Satellite Orbit: Eğik Jeosenkron Uydu Yörüngesi) bulunmaktadır. Bu sebeple Beidou sistemi, üç çeşit uydulardan oluşan melez bir küresel konumlama sistemidir. Beidou uyduları kullanıcılara hem bölgesel hem de küresel konumlama hizmeti sunmaktadır. Beidou uydularının sinyalleri frekans bakımından GPS ve Galileo' ya benzer (Çizelge 2.5.).

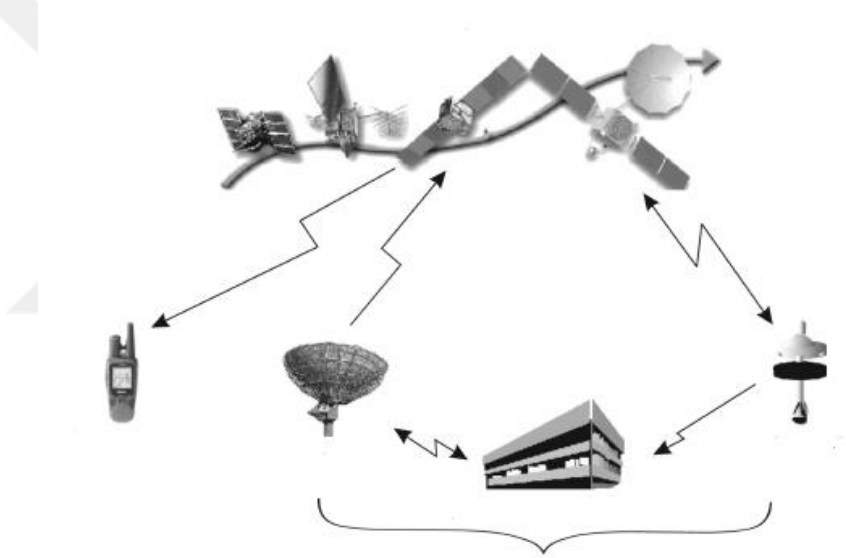
Çizelge 2.5. Beidou uydularının frekans değerleri (Bahatta, 2021).

<u>SİNYAL</u>	<u>Frekans (MHz)</u>
B1-I	1561.098
B1-Q	1561.098
B1-C	1575.42
B1-A	1575.42
B2-I	1207.14
B2-Q	1207.14
B2a	1176.45
B2b	1207.14
B3-I	1268.52
B3-Q	1268.52
B3-A	1268.52

Diğer küresel konum belirleme sistemleri ile karşılaştırıldığında; Beidou, özellikle ekvatora yakın bölgelerde performans açısından gözlemlenebilir olmak ve daha iyi sonuçlar sunmak için yüksek yörüngelerde daha fazla uydu çalıştırmaktadır. Beidou

uyduları, çoklu frekansların navigasyon sinyallerini kullanarak birden fazla frekans sinyallerini kullanır ve konum doğruluğunu iyileştirebilir. Ayrıca, küresel konumlandırma ve iletişim işlevini birlikte kullanarak, navigasyon ve zamanlama, konumlandırma, uluslararası arama ve kurtarma, kısa mesaj iletişimi, uydu tabanlı büyütme, yer büyütme ve hassas nokta konumlandırma vb. gibi çoklu hizmet yeteneklerine sahiptir.

İzleme istasyonları Beidou uydularını sürekli olarak takip ederek ana kontrol istasyonuna bilgileri aktarır. Ana kontrol istasyonunda bu bilgiler daha sonra uydu yörünge bilgisine ve uydu saati düzeltmelerine eklenir. Ana kontrol istasyonları getirilecek düzeltme verilerini yükleme istasyonlarına iletir. Yükleme istasyonları ise bu düzeltme verilerini tüm uydulara en az günde bir kez iletir. Bu sayede uydular yörünge bilgilerini radyon sinyalleri sayesinde GNSS alıcılarına aktarır (Şekil 2.10.).

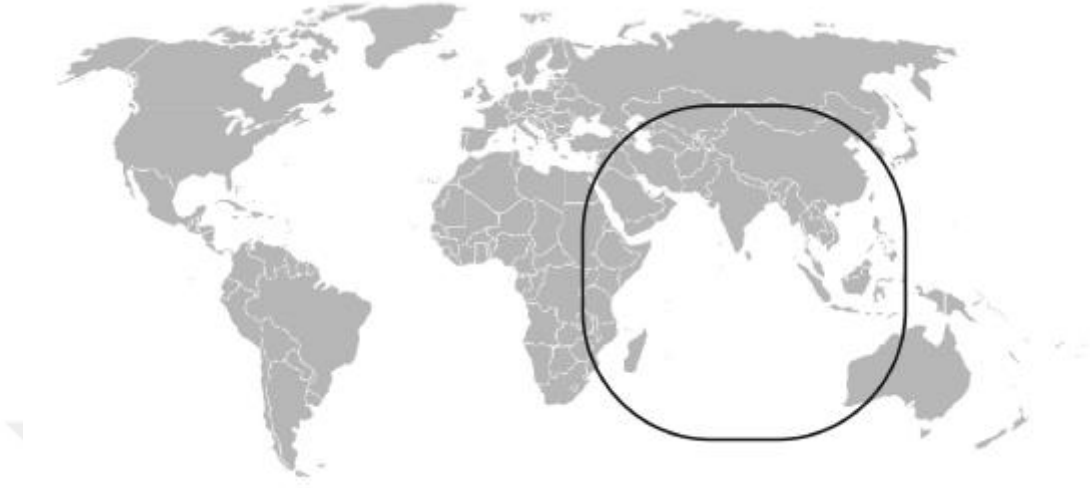


Şekil 2.10. GNSS'in operasyonel çalışma prensibi (Bahatta, 2021).

2.5. IRNSS (NavIC) Uydu Sistemi

Hint Uzay Araştırmaları Kurumunun (ISRO: Indian Space Research Organization) projesi olarak başlatılan ve işletilen Hint Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS) Hindistan'ın bölgesel konum belirleme sistemidir. IRNSS uydusu ilk olarak 2013 yılında fırlatılmıştır. IRNSS olan ismi 2016 yılında Hindistan Başbakanı Narendra Modi tarafından değiştirilerek Navigation Indian Constellation (NAVIC) olmuştur. IRNSS uyduları 8 adet olup ekvator düzlemiyle 29° lik açı yaparak yörünge düzleminde hareket etmektedir (URL 13). Uydular, bütün Hindistan'ı, bazı komşu ülkeleri ve Hint Okyanusu'nu da kapsayacak şekilde hareket etmektedir. IRNSS uyduları,

30° Güney ile 50° Kuzey enlemleri ve 30° Doğu ve 130° Doğu boylamları arasında kalan bölge arasında yer alır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. IRNSS uydularının kapsama alanı (Bahatta, 2021).

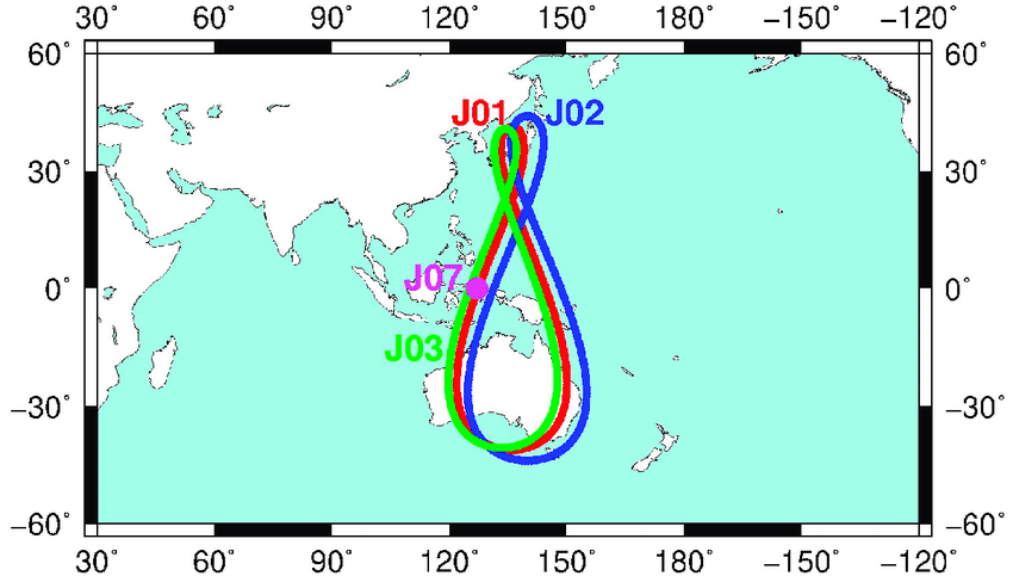
Uydular yaklaşık 35786 kilometre yükseklikte hareket etmektedir. Hindistan konum doğruluğunu daha fazla arttırmak için bölgesel konum belirleme uydularının sayısını 11' e çıkartmayı planlamaktadır.

IRNSS Veri İletişim Ağı sayesinde ISRO Navigasyon Merkezi tarafından üretilen çözüm için gerekli parametreler IRNSS ağına aktarılır. İyonosferik modelleme ve yörünge belirleme için Hindistan genelinde 17 adet IRNSS Menzil ve Bütünlük İzleme İstasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlardan 4 tanesi iki yönlü CDMA iletişimi sağlar.

IRNSS uyduları iki tür hizmet sağlamak için tasarlanmıştır. Bunlar, Standart Konum Belirleme Hizmeti (SPS: Standard Positioning Service) ve Kısıtlı Hizmet (RS: Restricted Service) olarak adlandırılmaktadır. SPS, kullanıcılara açık bir sistemdir. SPS'nin amacı, IRNSS hakkında bilgileri araştırmak, araştırma ve geliştirmeyi sağlamak ve navigasyon tabanlı yapılan uygulamalar için IRNSS sinyallerinin ticari kullanımına yardımcı olması için tasarlanmıştır. SPS etkili olduğu alanda 20 metreden daha hassas bir konum doğruluğu sağlamaktadır. RS ise, sadece yetkili kullanıcılara hizmet eden şifreli bir hizmettir. RS hizmetinin doğruluğu SPS'ye göre daha iyidir. Her iki hizmet hem tek frekanslı hem de çift frekanslı alıcılar için kullanılabilir. IRNSS bölgesel konum belirleme sistemi kullanıcıların konum bilgisini hesaplamak için WGS84 (World Geodetic System 1984: Dünya Jeodezik Sistemi 1984) koordinat sistemini kullanır.

2.6. QZSS Uydu Sistemi

QZSS (Japonca adı Michibiki), 2018 yılından itibaren 5 adet uydudan oluşan, Japonya ve çevresindeki (Asya-Pasifik Bölgesi) GPS'in kapsama alanını arttırmak amacıyla Japon bölgesel konum belirleme sistemidir (Şekil 2.12.) (URL 14).



Şekil 2.12. QZSS uydularının kapsama alanı (Xie ve ark., 2019).

GPS ve QZSS uydularının bütünleşmesi sayesinde bölgesel hizmet alanı neredeyse %100'e çıkmıştır. QZSS, yarı başucu yörüngelerdeki QZO uydularından oluşmaktadır. QZO uyduları birden fazla yörünge düzlemine yerleştirilmiştir. Bu sayede en az bir uydu Japonya bölgesinde sürekli olarak gözlenmektedir. Japonya ilerleyen dönemlerde uydu sayısını 7'ye kadar çıkarmayı planlamaktadır. Japonya uyduları, GPS ile aynı konumlandırma sinyallerini iletir. Bu sinyaller; L_1C/A , L_1C , L_2C ve L_5 sinyalleridir.

İlk uydu 2010 yılında, üç uydu 2017 yılında, son uydu ise 2022 yılında fırlatılmıştır. Uyduların periyodu yaklaşık 23 saat 56 dakika 4 saniye olup yaklaşık 31911 km yükseklikte hareket etmektedir. Japonya Havacılık ve Uzay Araştırma Ajansı (JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency) tarafından işletilmektedir.

Japonya bölgesel uydu sistemi ileride Galileo uydularının sinyallerini de barındıracak şekilde tasarlanacaktır (Bahatta, 2021).

3. ULUSLARARASI GNSS SERVİSİ (IGS) VE ÜRÜNLERİ

Yaklaşık 28 yıldır (1994’ten beri) kullanıcılarına yüksek kalitede GNSS veri hizmeti sunan ve ürünlerini sağlayan tüm kullanıcılara açık bir servistir. IGS ilk başta ana kuruluşu olan Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG: International Association of Geodesy) tarafından 1993 yılında Pekin/Çin’ de düzenlenen bilimsel bir toplantıda onaylamıştır. Daha önceleri “Uluslararası GPS Hizmeti” olarak anılmaktayken sonradan IGS ismi kullanılarak günümüzdeki devamlılığını korumuştur. IGS (International GNSS Service) 100’ den fazla ülkenin bir araya geldiği ve ülkelerin araştırma kurumları, üniversiteleri, kamu kurumları gibi birçok araştırmacıların sisteme dahil olma şartlarını sağlayarak bir araya geldiği dünyada hassas jeodezik çalışmalara ışık tutan ürün hizmetidir. Jeodezik çalışmaları ve bilimsel yayınları desteklemek amacıyla dünyada 513 adet istasyondan oluşan IGS ağıdır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. IGS istasyonlarının dağılımı (URL7).

Ülkemizde de IGS ağına dahil edilen 6 adet istasyon (ANK2, ISTA, IZMI, KRS1, MERS ve TUBI) bulunmaktadır (Şekil 3.2.). Uluslararası oluşturulan GNSS ağı kullanıcılarına hem yüksek doğrulukta gerçek zamanlı konum bilgisi hem de sonradan veri değerlendirme (post-proces) imkanı sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Türkiye’de bulunan IGS istasyonlarının dağılımı haritası

Uluslararası GNSS Servisinin verileri ve ürünleri, ITRF (International Terrestrial Reference Frame) koordinat sistemini kullanarak geniş alanlarda yüksek hassasiyette konumlandırma yapılmasına olanak sağlar. IGS’in aşağıda belirtilen operasyonel 5 ana bileşeni vardır.

1. Veri sağlayıcılar
2. Veri merkezleri
3. Analiz merkezleri
4. Çalışma grupları
5. Büro merkezi

IGS, denemeleri ve uygulamaları kapsayan geniş bir alan için ihtiyaçları ve hedefleri karşılayabilmek adına, yeterli doğrulukta GNSS gözlemlerini kapsayan veri ve ürün gruplarını toplayıp, arşivler ve sonrasında ise kullanıcılara dağıtır. İsteyen kullanıcılar bu ürün ve veri gruplarına internet aracılığıyla ulaşabilirler (Gündüz, 2019).

IGS’in sağladığı ürünler;

- GNSS uydu efemerisleri
- Yer dönüklük parametreleri
- Küresel izlenen istasyon koordinatları ve hızları
- Uydu ve izlenen istasyonların saat bilgileri
- Zenit troposferik gecikme tahminleri
- Küresel iyonosfer haritaları şeklinde sayılabilir.

IGS tarafından sağlanan ürünler;

- Yer Bilimleri araştırmaları,
- Uluslararası Koordinat sistemlerinin iyileştirilmesi ve genişletilmesi,
- Dünya hareketlerinin izlenmesi,
- Troposfer ve iyonosferin izlenmesi

gibi çalışmaları desteklemektedir.

IGS tarafından sağlanan gözlem dosyaları günlük olarak RINEX verisi şeklinde sağlanmaktadır. Bütün gözlem istasyonları günlük olarak RINEX verisi ve hangi uydu sistemini ile çalışıyorsa o uydu sistemine ait navigasyon dosyasını üretir. Bazı istasyonlar bunlara ilaveten, çok duyarlı hava durumu sensörleri donatılmıştır. Bu istasyonlar meteorolojik veri dosyasını ve/veya kalite kontrol bilgisi ile özet dosyası üretir (Bülbül, 2022).

Gözlem dosyaları (Versiyon 2):

ssssdddf.yyD.z ya da sssdddf.yyD_Z olmak üzere iki şekilde yayınlanmaktadır.

Burada;

ssss : 4 karakterli istasyon adı

ddd : yılın günü

f : dosya sıra numarasını (24 saatlik dosya için 0)

yy : yılın son iki basamağıdır.

.Z ve _Z : Unix Z sıkıştırma düzeni kullanılarak sıkıştırılan dosyalardır.

Dosya ismindeki «D» uzantısı hatanaka gözlem dosyası sıkıştırma formatı kullanılarak ilaveten sıkıştırılan gözlem dosyalarını ifade etmektedir.

.yyO.Z ve .yyO_Z olarak sıkıştırılmamış dosyalar bulunabilir.

Navigasyon mesaj dosyaları:

Navigasyon mesaj dosyaları 00.00 ile 23:59 GPS zamanı arasında ayrı ayrı izleme istasyonları ile toplanan yayın efemeris bilgilerini içerir.

ssssdddf.yyN.z ya da sssdddf.yyN_Z

ssssdddf.yyG.z ya da sssdddf.yyG_Z

Meteorolojik dosyalar:

Bazı istasyonlar çok duyarlı hava durumu sensörleri ile donatılmış olduğundan günlük RINEX meteorolojik dosyalarını sunarlar.

ssssdddf.yyM.z ya da sssdddf.yyM_Z

Özet dosyalar;

İstasyonların bazıları kalite kontrol yazılımı ile dosyada rapor edilen yazılımın çıktısını günlük olarak yayımlar.

ssssdddf.yyS.z ya da sssdddf.yyS_Z

Son uydu ve istasyon saat bilgileri dosyası;

Uydu ve alıcı saat düzeltmelerinin bulunduğu dosyadır.

IGSwwwd.CLK.Z ya da IGSwwwd.CLK_Z

www : GNSS haftası

d : haftanın gününü ifade etmektedir.

Son dünya dönme parametreleri dosyası;

Dünya dönme parametrelerinin son halini gösteren dosyadır.

IGSwwwd.ERP.Z ya da IGSwwwd.ERP_Z

Son duvarlı efemeris;

En son hesaplanan duvarlı efemeris bilgilerini gösteren dosyadır.

KRMwwwd.SP3.Z ya da KRMwwwd.SP3_Z

Haftalık analiz çözüm özet dosyası;

IGS merkezinin diğer analiz merkezlerinden aldığı bilgileri bir araya getirerek oluşturduğu en son haftalık analizlerin özetini gösteren dosyadır.

IGSwww7.SUM.Z ya da IGSwww7.SUM_Z

Haftalık analiz çözüm dosyası;

Kovaryans matrisinin de dahil olduğu, IGS'in diğer analiz merkezlerinden topladığı haftalık çözümleri ve içeren dosyadır. İstasyonlar arası kovaryans matrisi de haftalık çözüm dosyasına dahil edilmiştir.

IGSwww7.SNX.Z ya da IGSwww7.SNX_Z

Gözlem dosyaları (Versiyon 3);

RINEX versiyon 3.XX

- Gözlem veri dosyası
- Navigasyon mesajı
- Meteorolojik veri dosyası

olmak üzere 3 tip ASCII dosyasından oluşmaktadır.

Name	: İstasyon, bölge, ülke kodlarını içeren 9 karakter
S	: veri kaynağını tanımlayan 1 karakter
R	: Alıcı
S	: Stream (RTMC veya diğerleri)
U	: Bilinmeyen bir kaynak
Start Time	: YYYYDDHHMM olarak zamanı tanımlayan 11 karakter (YYYY yıl, DDD yılın günü, HH saat, MM dakika)
Period	: Dosya periyodunu tanımlayan 3 karakter (___M, ___H, ___D, ___Y)
Data Freq.	: Verinin frekansını tanımlayan 3 karakter (XXS, XXM, XXH, XXD, XXU)
Content (Veri Tipi)	: verinin içeriğini tanımlayan 2 karakter (GO, RO, EO, JO, CO, IO, SO, MO, GN, RN, EN, JN, CN, IN, SN, MN, MM)
Format	: Dosya formatını tanımlayan 3 karakter (rnx ise RINEX verisi, crx ise Hatanaka formatında sıkıştırılmış RINEX verisi)
Compression	: Verinin sıkıştırma metodunu açıklayan 2 ya da 3 karakterden oluşur (gz vb.).

Örnek: ANKR00TUR_R_20220210000_01D_30S_MO.crx.gz

AC2300USA_R_20220210000_01D_15S_MO.crx.gz

GNSS yörünge ürünleri, IGS analiz merkezleri, veri ürününe bağlı olarak (örneğin günlük altı, günlük veya haftalık) önceden belirlenmiş programları kullanarak CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System: Crustal Dinamikler Veri Bilgi Sistemi) 'e uydu yörünge çözümleri sağlar. IGS analiz merkezi koordinatörü bu çözümleri alır ve daha sonra CDDIS'te arşivlenen birleşik bir ürün üretir. Bu kombinasyon çözümleri, resmi IGS ürünleri olarak kabul edilir. IGS yörünge kombinasyon çözümleri ultra hızlı, hızlı ve sonuç olmak üzere üç biçimde sunulmaktadır.

Tüm operasyonel IGS GNSS ürünleri GPS haftasına göre alt dizinlerde mevcuttur. Çözüm özet dosyaları, analiz yöntemlerini, stratejilerini ve işleme istatistiklerini listeledikleri analiz merkezleri tarafından sağlanır.

IGS analiz merkezleri, en yeni modelleri ve güncellenmiş işlemeyi kullanan tamamen tutarlı bir ürün seti üretmek amacıyla küresel IGS istasyonları ağından GNSS verilerini yeniden işlemiştir.

IGS tarafından sağlanan ürünleri indirmek için gerekli olan tanımlayıcı bilgiler; “WWW/AAAWWWWD.TYP.Z”

şeklinde verilmektedir.

Burada;

WWW : GPS haftasını

AAA : Analiz merkezinin adını/çözüm tipini

D : Haftanın gününü (0-6; eğer 7 ise haftalık)

TYP : Çözüm tipini (eph, erp, sp3, sum)

.Z : Unix formatta sıkıştırılma türünü ifade etmektedir.

4. GAMIT/GLOBK YAZILIMI

GAMIT (GNSS at MIT) / GLOBK (Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program), veri değerlendirme yazılımı Harvard-Smithsonian Center'daki MIT (Massachusetts Institute of Technology)'de geliştirilmiş kapsamlı bir GPS analiz paketidir. Yazılımın kurulum amacı;

1. İstasyon koordinatlarını ve hızlarını,
2. Deprem sonrası deformasyonun stokastik (değişken) veya işlevsel temsillerini,
3. Atmosferik gecikmeleri,
4. Uydu yörüngelerini,
5. Dünya yönelim parametrelerini tahmin etmek için tasarlanmıştır.

GAMIT'in erken gelişmesi için gerekli finansman, Hava Kuvvetleri Jeofizik Laboratuvarı ve NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından sağlanmıştır. GAMIT yazılımı, X-Windows destekleyen herhangi bir LINUX işletim sistemi altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Kurulum aşamasında indirilmesi gereken dosyalar Çizelge 4.1. de verilmiştir (Floyd ve ark., 2022).

Çizelge 4.1. GAMIT kurulumu esnasında indirilmesi gereken dosyalar

İNDİRİLECEK DOSYALAR	AÇIKLAMA
libraries.10.71.tar.gz	Genel kütüphane dosyaları ve alt programları
gamit.10.71.tar.gz	GAMIT kaynak kodları
kf.10.71.tar.gz	GLOBK kaynak kodları
com.10.71.tar.gz	Komut satırından yazılan alt programlar
tables.10.71.tar.gz	Meta veriler ve gerekli bilgi/tablo içeren dosyalar
help.10.71.tar.gz	Yardım dosyaları
incremental_updates...tar.gz	Güncelleme dosyaları
maps.10.71.tar.gz	GMT çizimlerde kullanılan yardımcı dosyalar
install_software	Kurulum için kullanılan script
install_updates	Güncelleme için kullanılan script
relnote.10.71	Güncel versiyonun özelliklerine ait notlar

Kurulum işlemi tamamlandıktan sonra çözümün yapılacağı ve adını bizim belirlediğimiz bir dizin oluşturulur. Verilerin analiz edilmesinde hangi istasyonların dahil edileceğine ve hangi zaman aralığında kaç günlük analiz yapılacağına önceden karar

vermek gerekir. Değerlendirilecek ağ yapısında en fazla 99 adet istasyon veya noktaya izin vermektedir.

4.1. Veri Girişi ve Günlük Dosyaların Oluşturulması ve Çözümü

Herhangi bir çalışma alanına ait kampanya gruplarının her biri için ayrı ayrı dizin oluşturulması yapılan değerlendirmenin karışmaması açısından önemlidir. Analiz için herhangi bir isimli dizin oluşturulur. Örneğin;

mkdir analiz

şeklinde dizin oluşturulabilir. Yine analiz dizininin içinde örneğin 2022 yılı için bir kampanya grubu oluşturulur.

cd analiz

mkdir 2022_kampanya

4.1.1. tables klasörünün oluşturulması

Yeni oluşturduğumuz 2022_kampanya dizininin içinde iken komut satırına;

sh_setup -yr 2022

yazılır. Burada yıl kısmı hangi yılda analiz yapılacak ise o yıl yazılır ve gerekli dosyaların bulunduğu “tables” dizini indirilmiş olur. “tables” dizininde bulunması gereken dosyalar aşağıda verilmiştir (Herring ve ark., 2018).

- **autcln.cmd:** Veri temizleme için kontrol parametrelerini içerir.
- **igb14_comb.apr:** IGS istasyonlarına ait ITRF2014 referans sistemindeki koordinat ve hızlar (MIT tarafından hazırlanmış ve kaynak dizinde mevcuttur).
- **leap.sec:** 1 Ocak 1982 tarihinden itibaren TAI-UTC artık saniye değerlerini içerir.
- **lfile.** : Çözüme giren tüm noktaların yaklaşık koordinatlarını içeren dosya.
- **luntab.:** Hesaplanmış ay efemeris bilgilerini içerir.
- **soltab.:** Hesaplanmış güneş efemeris bilgilerini içerir.
- **nutabl.:** Yer sabit sisteme dönüşüm yapmak için nutasyon parametrelerini içerir.
- **pole.** : Kutup hareketi değerlerini tablo halinde verir.
- **sestbl.:** Analiz stratejilerinin ve kullanılacak modellerin tanımlandığı dosya.
- **sittbl.** : Her noktanın öncül koordinat koşulunun yani analiz öncesinde nokta koordinatlarının bilinen hassasiyetinin belirtildiği kontrol dosyasıdır (Şekil 4.1.).

```

SITE                FIX    --COORD.CONSTR.--
<< default for regional sites >>
ALL                NNN    1. 1. 1.
<< IGB14 core sites >>
AREQ                NNN    0.050 0.050 0.050
ARTU                NNN    0.050 0.050 0.050
ASCL                NNN    0.050 0.050 0.050
BADG                NNN    0.050 0.050 0.050
BAHR                NNN    0.050 0.050 0.050
CHAT                NNN    0.050 0.050 0.050
CHPI                NNN    0.050 0.050 0.050
CKIS                NNN    0.050 0.050 0.050
COCO                NNN    0.050 0.050 0.050
CROL                NNN    0.050 0.050 0.050
CUSV                NNN    0.050 0.050 0.050
DAEJ                NNN    0.050 0.050 0.050
DAKR                NNN    0.050 0.050 0.050
DARW                NNN    0.050 0.050 0.050
DAV1                NNN    0.050 0.050 0.050
DRAO                NNN    0.050 0.050 0.050
FAIR                NNN    0.050 0.050 0.050

```

Şekil 4.1. sittbl. dosyasının görünümü

- **ut1.** : Çizelge halinde verilen zaman bilgisini içerir.
- **process.defaults:** Analize ait başlama, bitiş, sonuç dosyalarının hangilerinin saklanacağı veya silineceği, disk kullanımı gibi kontrolleri içerir.
- **sites.defaults:** İstasyon verilerinin hangilerinin analizde kullanılacağı, hangi IGS istasyonlarının internetten indirileceği ve analize dahil edileceği gibi kontrolleri içerir.
- **station.info:** Alıcı, anten marka ve model bilgileri, anten yükseklikleri ile ölçüm başlangıç ve bitiş zamanlarının belirtildiği, en dikkat edilerek düzenleme yapılması gerekli dosyadır (Şekil 4.2.).

```

# Station.info written by MSTINF user tah on 2020-10-11 15:53
* Reference file : station.info.20201011.old
* Merged station.info file : upd.txt
* Taken from station.info.mit by upd_stinfo2 at 12.10.2020
*
*SITE Station Name Session Start Session Stop Ant Ht HtCod Ant N Ant E Receiver Type Vers SwVer Receiver SN Antenna Type Dome Antenna SN
ADIS ADDIS A. Univ 2007 180 0 0 0 2008 71 7 0 0 0.0010 DHARP 0.0000 0.0000 TRIMBLE 4000SSI 7.29 7.29 3247A01971 TRM29659.00 NONE 0220173805
ADIS ADDIS A. Univ 2008 71 7 0 0 9999 999 0 0 0 0.0010 DHARP 0.0000 0.0000 JPS LEGACY 2.6.1 2.60 MT300102915 TRM29659.00 NONE 0220173805
ANKR Ankara/Turkey 1991 280 0 0 0 1995 172 0 0 0 0.0339 DHARP 0.0000 0.0000 MINIMAC 2816AT 1.64 1.64 ----- MAC4647942 UNKN -----
ANKR Ankara/Turkey 1995 172 0 0 0 1996 38 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.0 3.00 T344 AOAD/M_T NONE 393
ANKR Ankara/Turkey 1996 38 0 0 0 1996 205 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.2 3.20 T344 AOAD/M_T NONE 393
ANKR Ankara/Turkey 1996 205 0 0 0 1997 205 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.2 3.20 T318 AOAD/M_T NONE 404
ANKR Ankara/Turkey 1997 205 0 0 0 1998 259 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.2.32.4 0.00 T319 AOAD/M_T NONE 391
ANKR Ankara/Turkey 1998 259 0 0 0 1999 190 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.2.32.4 0.00 T319 AOAD/M_T NONE 290
ANKR Ankara/Turkey 1999 190 0 0 0 2000 186 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 ROGUE SNR-8000 3.2.32.9 0.00 T394 AOAD/M_T NONE 290
ANKR Ankara/Turkey 2000 186 0 0 0 2000 329 0 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 AOA SNR-8000 ACT 3.3.32.3 0.00 T-398U AOAD/M_T NONE 290
ANKR Ankara/Turkey 2000 329 0 0 0 2008 127 11 0 0 0.0600 DHARP 0.0000 0.0000 AOA SNR-8000 ACT 3.3.32.4 0.00 T-313U AOAD/M_T NONE 391-U
ANKR Ankara/Turkey 2008 127 11 0 0 2017 175 0 0 0 0.0700 DHARP 0.0000 0.0000 TPS E_GGD 2.6.1 0.00 AFUY1RUP01 TPSCR3_GGD CONE 217 0243
ANKR Ankara/Turkey 2017 175 0 0 0 2018 193 17 0 0 0.0700 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR30 4.11/7.102 0.00 1705608 LEIARI10 NONE 19353039
ANKR Ankara/Turkey 2018 193 17 0 0 2018 212 13 24 0 0.0700 DHARP 0.0000 0.0000 LEICA GR30 4.20/7.300 0.00 1705608 LEIARI10 NONE 19353039

```

Şekil 4.2. station.info dosyasının görünümü

MIT tarafından ITRF, IGS, EPN ve NGS çözümlerinin ITRF2014 gerçekleştirilmesi için birleştirildiği güncel **igb14_comb.apr** ve **igb14_comb.eq** dosyaları kullanılır. Yine, IGS istasyonlarının alıcı ve anten bilgilerinin mevcut olduğu en güncel **station.info** dosyası alınarak kendi nokta ve istasyonlarımıza ait bilgiler eklenir.

Değerlendirme hangi yıl yapılıyorsa o yıla ait güncel atmosferik yükleme dosyası (**atmfilt_cm.2022**) ile troposferik indirgeme grid dosyası (**vmf1grd.2022**) **ftp -i everest.mit.edu** adresinden indirilir. Bu dosyalar tables dizinine konabilir. Yer Dönme Parametreleri dosyasının (**bulletin_b**) tables dizininde güncel tutulması gerekmektedir. Bunun için;

- **sh_update_eop -series usno**
- **cp finals.data usno.finals.data**
- **sh_bull_b ****@gmail.com** (bir e-posta adresi yazılır)

usno.finals.data dosyasından; **ut1.bull_b**, **pole.bull_b** ve **pmu.bull_b** dosyalarını yaratacaktır.

4.1.2. rinex klasörünün oluşturulması

Kampanya dizininde (2022_kampanya) dengelemeye girecek olan RINEX dosyalarının bir yerde bulundurulması gerekir. Bunun için rinex dizini oluşturularak bütün RINEX dosyaları bu dizinde tutulur. Yani,

mkdir rinex

Linux işletim sistemi büyük ve küçük harfe duyarlı olduğundan RINEX dosyalarının isimlerindeki harflerinin hepsi küçük harf olmalıdır (Şekil 4.3.). Büyük harfli olan dosyaları küçük harfe dönüştürmek için,

```
sh_casefold -dir d -files *
```

komutu yazılabilir.

akhi2950.20d.gz	bozu2930.20d.gz	cinc2940.20d.gz	kit32960.20d.gz	mnts2920.20d.gz	not12890.20d.gz
akhi2960.20d.gz	bozu2940.20d.gz	cinc2950.20d.gz	kit32970.20d.gz	mnts2930.20d.gz	not12900.20d.gz
akhi2970.20d.gz	bozu2950.20d.gz	cinc2960.20d.gz	kit32980.20d.gz	mnts2940.20d.gz	not12910.20d.gz
akhi2980.20d.gz	bozu2960.20d.gz	cinc2970.20d.gz	kit32990.20d.gz	mnts2950.20d.gz	not12920.20d.gz
akhi2990.20d.gz	bozu2970.20d.gz	cinc2980.20d.gz	kit33000.20d.gz	mnts2960.20d.gz	not12930.20d.gz
akhi3000.20d.gz	bozu2980.20d.gz	cinc2990.20d.gz	kit33010.20d.gz	mnts2970.20d.gz	not12940.20d.gz
akhi3010.20d.gz	bozu2990.20d.gz	cinc3000.20d.gz	kit33020.20d.gz	mnts2980.20d.gz	not12950.20d.gz
akhi3030.20d.gz	bozu3000.20d.gz	cinc3010.20d.gz	kit33030.20d.gz	mnts2990.20d.gz	not12960.20d.gz
akhi3040.20d.gz	bozu3010.20d.gz	cinc3030.20d.gz	kit33040.20d.gz	mnts3000.20d.gz	not12970.20d.gz
akhi3050.20d.gz	bozu3030.20d.gz	cinc3040.20d.gz	kit33050.20d.gz	mnts3010.20d.gz	not12980.20d.gz
akhi3070.20d.gz	bozu3040.20d.gz	cinc3050.20d.gz	kit33060.20d.gz	mnts3030.20d.gz	not12990.20d.gz
akhi3080.20d.gz	bozu3050.20d.gz	cinc3060.20d.gz	kit33070.20d.gz	mnts3040.20d.gz	not13000.20d.gz
akhi3090.20d.gz	bozu3080.20d.gz	cinc3070.20d.gz	kit33080.20d.gz	mnts3050.20d.gz	not13010.20d.gz
akhi3100.20d.gz	bozu3090.20d.gz	cinc3080.20d.gz	kit33090.20d.gz	mnts3060.20d.gz	not13020.20d.gz
akhi3110.20d.gz	bozu3100.20d.gz	cinc3090.20d.gz	kit33100.20d.gz	mnts3070.20d.gz	not13030.20d.gz
akhi3120.20d.gz	bozu3110.20d.gz	cinc3100.20d.gz	kit33110.20d.gz	mnts3080.20d.gz	not13040.20d.gz
akhi3130.20d.gz	bozu3120.20d.gz	cinc3110.20d.gz	kit33120.20d.gz	mnts3090.20d.gz	not13050.20d.gz
akhi3140.20d.gz	bozu3130.20d.gz	cinc3120.20d.gz	kit33130.20d.gz	mnts3100.20d.gz	not13060.20d.gz
akhi3150.20d.gz	bozu3140.20d.gz	cinc3130.20d.gz	kit33140.20d.gz	mnts3110.20d.gz	not13070.20d.gz
akhi3160.20d.gz	bozu3150.20d.gz	cinc3140.20d.gz	kit33150.20d.gz	mnts3120.20d.gz	not13080.20d.gz
akhi3170.20d.gz	bozu3160.20d.gz	cinc3150.20d.gz	kit33160.20d.gz	mnts3130.20d.gz	not13090.20d.gz

Şekil 4.3. Değerlendirilecek RINEX dosyaları

4.1.3. Günlük GAMIT çözüm dosyalarının oluşturulması

```
sh_gamit -s 2022 085 122 -expt test -orbit IGSF -eops bull_b -yrex -h -ion -
update_l N
```

Bu örnekte, 2022 yılının 85'inci gününden (26 Mart 2022) 122'nci gününe (02 Mayıs 2022) kadar IGS Final yörünge kullanılarak yapılacak günlük çözümler için gerekli olan komut verilmiştir.

sh_gamit komutu herhangi bir gün için çalıştırıldığında, analiz klasöründe otomatik olarak oluşturulan dizinler ve içindeki dosyalar şunlardır (Herring ve ark., 2018);

2022_085 : (Günlük çözüm dosyalarının oluşturulduğu dizin. Örnek: 01 Ocak 2022)

brdc : Yayın efemerisi (Broadcast ephemeris) dosyaları (Yazılım otomatik indirir)

gfiles : GAMIT formatına çevrilmiş efemeris dosyaları

glbf : Bu aşamada boştur. **sh_glred** komutu sonucunda binary formatına çevrilen günlük çözüm dosyaları (*.glx) burada oluşacaktır.

gsoln : Bu aşamada boştur. **sh_glred** veya **globk** komutları sonucunda referans sistemi tanımlanmış sonuç dosyaları (*.org) burada oluşacaktır.

igs : Hassas yörünge (Precise ephemeris) dosyaları (Yazılım otomatik indirir)

- ionex** : İyonosfer dosyaları (Yazılım otomatik indirir)
- raw** : GNSS ham gözlem verileri (mevcutsa ham dosyalar burada saklanır)
- rinex** : GNSS gözlem verileri (RINEX yapıda)
- tables** : Analiz için gerekli önemli dosyalar (yukarıda açıklanmıştır).

Günlük GAMIT çözümünün kalite kontrolü oluşan günlük çözüm dosyalarının oluşturulduğu dizinin içinde bulunan **sh_gamit_2020_300.summary** dosyası incelenerek yorumlanabilir. Bu dosyalar dengeleme sonunda her bir gün dizininde üretilir ve çözüm sonuçlarını özet olarak verir (Şekil 4.4.).

Kaç adet istasyonun çözüme girdiğini gösteren “*Number of stations used*” satırı incelenir. Örneğin, “Number of stations used 40 Total xfiles 40” ifadesi; çözüme giren istasyon sayısı ile kullandığımız istasyon sayısının aynı olduğu yani hiçbir istasyon/noktanın çözümden çıkarılmadığı bilgisini verir.

```
Input options -s 2020 299 319 -gnss G -expt dprn -orbit CODM -eops bull_b -yrcnt -h -ion -metutil Z -update_1 N
Processing 2020 300 GPS week 2129 1 Using node: jeoserver2 Started at: 22_08_12_15:57:03

Processing directory: /mnt/sddl/tunahan/YL_22/2020_300G
Disk Usage: 2.68306e+06 Free 1.13238e+06 Mbyte. Used 71%

Number of stations used 21 Total xfiles 21

Postfit RMS rms, total and by satellite
RMS IT Site All 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
1 32
RMS 16 ALL 7.7 74 90 74 72 83 89 71 81 73 73 72 64 71 85 95 88 65 88 69 71 71 72 65 69 95 71 72 61 71
5 86
Best and Worst two sites:
RMS 16 WSRT 5.0 4 5 4 5 5 7 5 5 5 6 3 3 5 4 7 5 4 5 5 4 4 5 4 6 4 4 5 5 4
6 5
RMS 16 MATE 5.7 5 7 4 5 6 7 5 5 4 5 5 5 5 6 7 6 5 7 6 5 5 7 5 5 5 4 7 5 6
6 6
RMS 16 AKHI 10.0 8 14 11 9 11 9 7 11 8 9 9 7 8 13 11 13 8 11 8 11 9 8 7 10 12 12 9 8 8
9 12
RMS 16 POLV 10.1 10 11 8 9 13 12 9 10 9 10 10 8 10 10 10 11 9 11 11 8 9 11 10 9 12 9 10 8 8
1 13

Double difference statistics
Prefit nrms: 0.77686E+00 Postfit nrms: 0.18091E+00
Prefit nrms: 0.77464E+00 Postfit nrms: 0.18523E+00
Prefit nrms: 0.77686E+00 Postfit nrms: 0.18067E+00
Prefit nrms: 0.77464E+00 Postfit nrms: 0.18505E+00
Number of double differences: 98988

Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 596 583 561 AUTCLN (Total Expected) 596 596
Phase ambiguities WL fixed 97.8% NL fixed 94.1%
```

Şekil 4.4. sh_gamit_2020_300.summary dosyasının incelenmesi

qfile dosyası incelenerek “*Number of double differences for each satellite*” kontrol edilmelidir. Tüm uydular için 0 (sıfır) olan istasyon kontrol edilmelidir. Bu durum genelde “**lfile.**” dosyasındaki o istasyona ilişkin yaklaşık konumun yeterli doğrulukta olmadığı ya da mevcut verisinin bozuk olduğu anlamına gelir.

4.2. Günlük GLRED Çözüm Dosyalarının Oluşturulması

sh_gamit komutu ile oluşan günlük çözüm dosyalarında (h-file) gevşek koşullu çözümler üretilmiştir. Bu aşamada henüz datum tanımlaması hassas olarak yapılmamıştır. Bunun için günlük çözümler oluştuktan sonra, analize dahil edilen IGS ya da seçilen referans noktalarının koordinat ve hızları kullanılarak 3 (Öteleme), 6 (3 Öteleme, 3 Dönüklük) veya 7 parametrelili (3 Öteleme, 3 Dönüklük, 1 ölçek) Helmert dönüşümü ile istenen bir referans sisteminde (örneğin ITRF14) datum dönüşümü yapılır. Bu işleme Referans Sistemi Tanımlaması (stabilization) denmektedir.

Buradaki “**H**” argümanı “**htoglb**” adında bir programı çalıştırır. ASCII yani text yapıdaki gamit çözümlerini (gevşek kısıtlı varyans kovaryans matrisi: htesta.22085, htesta.22086 vb.) binary formatına çevirir (*.glx) ve **glbf/** dizinine koyar.

Buradaki “**G**” argümanı ile “**glred**” programı çalıştırılır ve **gsoln/** dizininde “**.org**” uzantılı çözüm dosyaları oluşturulur.

Buradaki “**T**” argümanı ile “**sh_plot_pos**” programı çalıştırılır ve zaman serileri “**.pos**” oluşturulur.

Günlük “**.org**” uzantılı dosyaları oluşturmadan önce (globk_test_22085.org gibi) aşağıdaki dosyalar **gsoln** dizininde, düzenlenmiş halde mevcut olmalıdır;

- globk.cmd
- glorg.cmd
- igb14_comb.eq
- igb14_comb.apr
- stab_site

“**igb14_comb.eq**” dosyası programın kurulduğu kaynak dizinde (Örn. /progs/srelease_10.71/tables) mevcuttur. “**igb14_comb.apr**” ile birlikte kullanılır. Bu dosyada IGS istasyonlarında deprem kaynaklı etkiler ile alıcı ve anten değişimleri nedeniyle koordinat değişimi saptanan ve bu nedenle nokta isimlerinde yapılan değişiklikler tanımlanmıştır.

“**stab_site**” dosyasında referans sisteminin tanımlanmasında kullanılacak istasyon listesi bulunur. Bu listeyi istenildiği gibi değiştirebilir, analize dahil edilen IGS ya da koordinatını hassas olarak bilinen diğer istasyonlar/noktalar eklenebilir. Buradaki

en önemli husus, GAMIT analizinin en başında (sh_gamit) hangi IGS istasyonlarını seçip analize dahil edeceğinizdir. Değerlendirme için yeterli zaman varsa, güvenli tarafta kalmak için mümkün olduğunca fazla IGS istasyon verisinin analize dahil edilmesi daha faydalı olabilir. Bu dosya “**glorg.cmd**” dosyasında bir satır halinde şu şekilde belirtilmelidir: “**source ./stab_site**”

Alternatif olarak, listedeki istasyon isimleri “**glorg.cmd**” dosyasında doğrudan da belirtilebilir (Şekil 4.5.):

```
* GLORG command file

* Last edited 2020.10.20

* Parameters to be estimated
pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
VEL rate_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot

* Controls for removing sites from the stabilization

stab_it 4 0.8 3.0

* A priori coordinates:
# apr_file ./igbl4_comb.apr
apr_file ./igbl4_comb_hgm.apr

* List of stabilization sites:
stab_site clear
stab_site artu aruc bucu crao dyng isba kit3 mate nico
stab_site notl onsa penc polv ramo sofi tehn wtzr yibl
```

Şekil 4.5. glorg.cmd dosyası

GLRED çözüm dosyalarında referans sistemi tanımlaması kontrolü için /gsoln dizininde oluşan .org uzantılı dosyaları incelemek gerekir. Bu dosyada; kullanılan .glx dosyaları, dengelenen noktaların istenen koordinat sisteminde ve ölçü epöğündaki koordinat değerleri, Post RMS değerleri, iterasyon çözümleri, datum dönüşüm parametreleri gibi değerler bulunur (Şekil 4.6.).

```

Int. TVAS_GPS 4431450.45535 2470096.72818 3854318.66453 0.00000 0.00000 0.00000 2020.820
19. TVAS_GPS X coordinate (m) 4431449.99695 -0.45840 0.09269
20. TVAS_GPS Y coordinate (m) 2470097.25150 0.52332 0.03275
21. TVAS_GPS Z coordinate (m) 3854319.04845 0.38392 0.06507
Unc. TVAS_GPS 4431449.99695 2470097.25150 3854319.04845 0.00000 0.00000 0.00000 2020.818
Apr. TVAS_GPS 4431449.99695 2470097.25150 3854319.04845 0.00000 0.00000 0.00000 2020.818
Loc. TVAS_GPS N coordinate (m) 4164461.83213 0.39379 0.02644
Loc. TVAS_GPS E coordinate (m) 2576171.31379 0.68029 0.04456
Loc. TVAS_GPS U coordinate (m) 1126.86745 0.11631 0.10589
NE,NU,EU position correlations -0.0861 -0.1161 -0.7243
pbo. TVAS_GPS TVAS_GPS 2020 10 26 11 59 59148.4998 4431449.99695 2470097.25150 3854319.0
93 29.1353647607 1126.86745 237.5 503.9 0.10589 | 4164461.83213 2576171.31379 1126.86745

Int. ESME_GPS 4371961.95471 2422805.59550 3950029.71560 0.00000 0.00000 0.00000 2020.820
22. ESME_GPS X coordinate (m) 4371961.46075 -0.49396 0.08383
23. ESME_GPS Y coordinate (m) 2422806.06449 0.46899 0.03072
24. ESME_GPS Z coordinate (m) 3950030.07193 0.35633 0.05875
Unc. ESME_GPS 4371961.46075 2422806.06449 3950030.07193 0.00000 0.00000 0.00000 2020.818
Apr. ESME_GPS 4371961.46075 2422806.06449 3950030.07193 0.00000 0.00000 0.00000 2020.818
Loc. ESME_GPS N coordinate (m) 4286377.13872 0.40651 0.02365
Loc. ESME_GPS E coordinate (m) 2525742.37658 0.64964 0.03972
Loc. ESME_GPS U coordinate (m) 884.37807 0.06031 0.09636
NE,NU,EU position correlations -0.0273 -0.2084 -0.6986
pbo. ESME_GPS ESME_GPS 2020 10 26 11 59 59148.4998 4371961.46075 2422806.06449 3950030.0
21 28.9938668781 884.37807 212.4 456.0 0.09636 | 4286377.13872 2525742.37658 884.37807

```

Şekil 4.6. Gired çözüm dosyalarında günlük oluşan .org uzantılı dosya

4.3. Multi-GNSS Çözüm

GAMIT ile GNSS çözümleri her bir uydu sistemi için ayrı ayrı yapılır ve daha sonra GLRED/GLOBK aşamasında birleştirilir. Bunun için, “**sh_gamit**” komutunda “**-gnss**” argümanı ve devamında ilgili uydu sisteminin harfi bulunacaktır. Söz konusu harfler;

- G (GPS)
- R (GLONASS)
- E (Galileo)
- C (BeiDou/COMPASS)
- J (QZSS)
- I (IRNSS)

Varsayılan (default) değer “G” dir. Bu nedenle, sadece GPS analizi yapılacaksa “-gnss G” yazmaya gerek yoktur. Diğer uydu sistemlerine ait yörünge bilgileri için genelde CODE (Center for Orbit Determination in Europe) Multi-GNSS yörüngeleri kullanılır (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Kullanılabilecek GNSS yörüngelere ait kısaltmalar

YÖRÜNGE	AÇIKLAMA	sp3 KISALTMASI
codf	CODE gnss-combined 1-day final (G+R)	cof
code	CODE gnss-combined 3-day final (G+R)	cod
codm	CODE gnss-combined 1-day (MGEX) (G+R+E+C+J)	com
emrf	EMR GPS-only final (G+R)	emr
esaf	ESA gnss-combined final (G+R)	esa
gfzf	GFZ gnss-combined final (G+R)	gfz
gfzm	GFZ gnss-combined final (MGEX) (G+R+E+C+J)	gbm
grgm	GRGS gnss-combined final (MGEX) (G+R+E)	grm
jaxm	JAX gnss-combined final (MGEX) (G+R+J)	jam
tumm	TUM gnss-combined final (MGEX) (E+J)	tum
wuhm	Wuhan gnss-combined final (MGEX) (G+R+E+C+J)	wum

Örneğin;

- sh_gamit -expt eura -gnss E -s 2018 095 097 -orbit codm (GALIEO için)
- sh_gamit -expt eura -gnss R -s 2018 095 097 -jclock sp3 -orbit codm (GLONASS için)

Zaman serileri için;

- sh_glred -s 2018 095 2018 097 -expt eura -netext G R E -opt H G T

Burada, **-netext** ile verilen harflerden amaç, anlaşılacağı üzere **sh_gamit** neticesinde oluşan 095E, 095R gibi ilgili gün dizinlerinde bulunan h-file çözüm dosyalarının yerini gösterebilmektir.

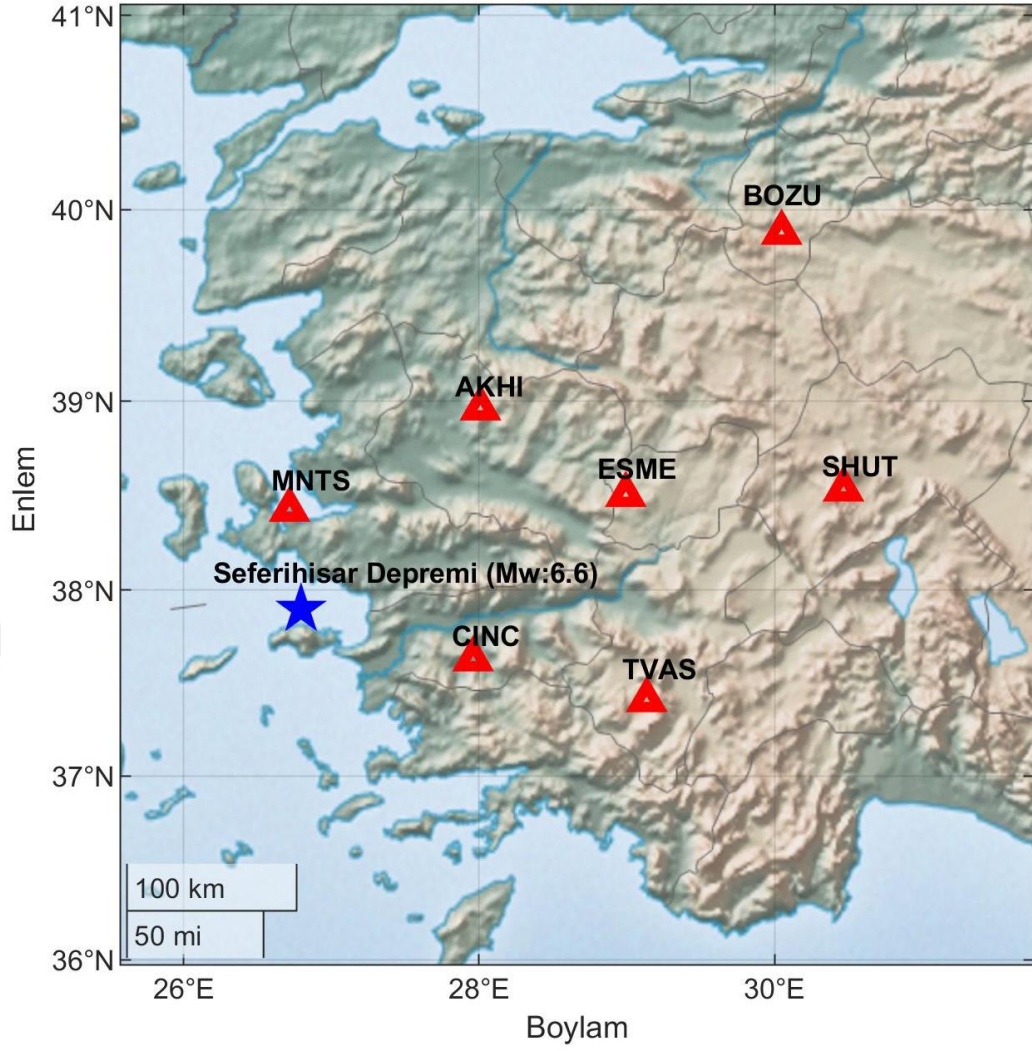
5. UYGULAMA

Ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerine göre, 30 Ekim 2020 tarihinde, Türkiye saati ile 14:51'de, merkez üssü Ege Denizi'nde, Sisam Adası'nın 8 km kuzeyi olan ve 10 - 12 km odak derinliğinde, sığ odaklı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem büyüklüğü; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre Mw: 6.6, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerine göre Mw: 6.9 olarak hesaplanmıştır. Deprem, başta İzmir olmak üzere, Muğla, Aydın, Denizli, Manisa, Uşak, Afyonkarahisar, Kütahya, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, İstanbul, ve Sakarya illeri başta olmak üzere tüm Batı Anadolu ve Kuzey Ege Adaları'nda hissedilmiştir (Kürçer ve ark., 2020).

30 Ekim 2020 Ege Denizi depreminin meydana geldiği Ege Bölgesi, batıda Yunan ana karasının güneyi, ortada Ege Denizi ve doğuda Batı Anadolu'yu içeren bir coğrafik bölgeyi temsil etmektedir. Ege Bölgesi, güneyde Ege-Kıbrıs dalma batma diliminden kuzeyde Bulgaristan'ın da bir bölümünü kapsayacak şekilde, yaklaşık 800 km'yi bulan bir dilim boyunca, Kuzey-Güney yönlü genişleme tektoniği altında deformasyona uğramaktadır (Yılmaz, 2000). Ege Bölgesi'nde günümüzde etkili olan Kuzey-Güney yönlü genişleme tektoniğinin nedenleri, batıya doğru kaçış tektoniği (escape tectonics) ve Ege-Kıbrıs Yay Sistemi boyunca dalan Afrika okyanusal litosfer diliminin çekim kuvvetidir (Kürçer ve ark., 2020).

30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi, Ege Denizi Bölgesi'nin yaklaşık Kuzey-Güney yönlü genişleme tektoniği etkisi altında kalan orta bölümde meydana gelmiştir. Bu alan, Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması neticesinde üst kabuğun oldukça deforme olduğu bir yay-gerisi genişleme alanıdır. Bölge aynı zamanda 1900 öncesi ve sonrası dönemlerde yoğun deprem etkinliğinin yaşandığı bir sismojenik dilimdir (Kürçer ve ark., 2020).

Günümüzde deprem sonrası bölgesel konum değişiklikleri küresel konumlama sistemlerinden yararlanılarak kestirilebilmektedir. Bu kapsamda, 30 Ekim 2020 (2020 yılının 304. günü) meydana gelen İzmir-Seferihisar depreminin gerçekleştiği bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 5.1.).



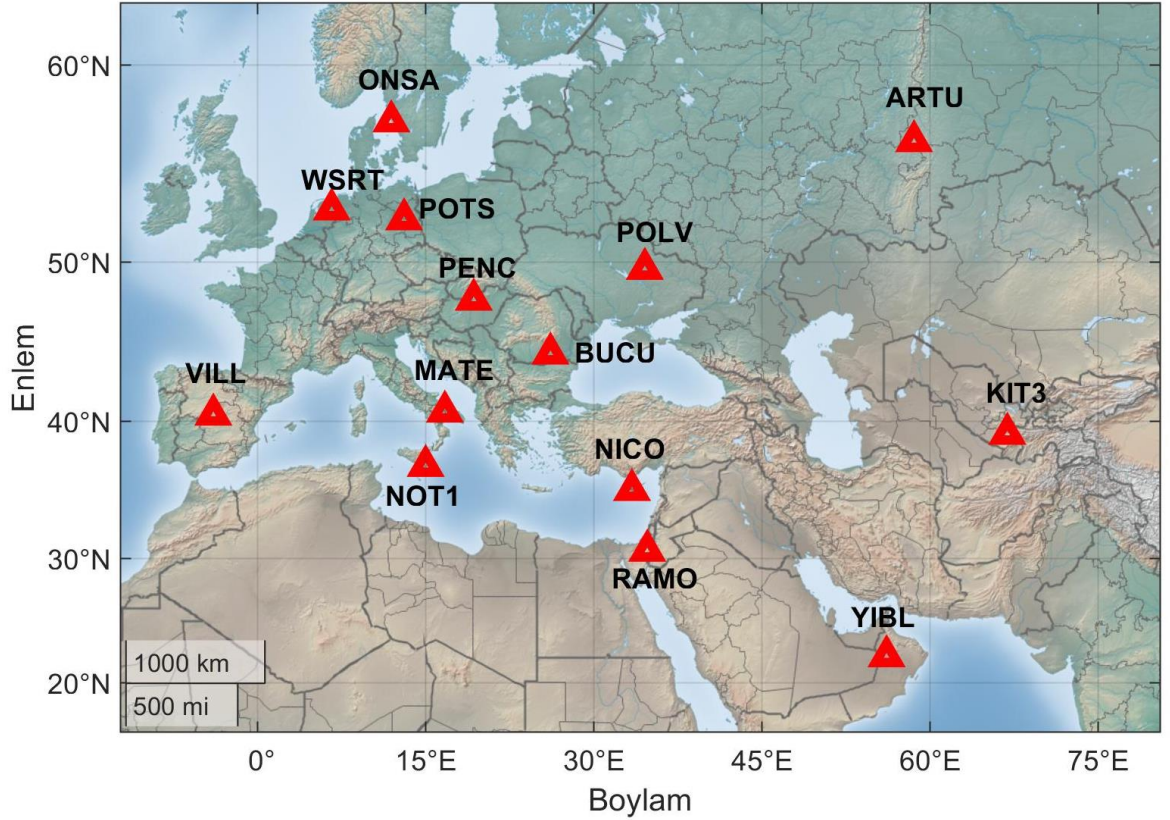
Şekil 5.1. Seferihisar Depremi ve uygulamada kullanılan TUSAGA istasyonlarının dağılım haritası

Seçilen bölgedeki; Akhisar (AKHI), Bozüyük (BOZU), Çine(CINC), Eşme (ESME), Menteş (MNTS), Şuhut (SHUT) ve Tavas (TVAS) TUSAGA istasyonlarında toplanan 2, 4, 12 saatlik RINEX verileri ile Galileo uydu sisteminin ölçü süresine bağlı olarak nokta konumlamaya etkisinin araştırılmış, ayrıca deprem nedeniyle nokta konumlarındaki değişiklikler farklı uydu kombinasyonu ile belirlenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Uygulamada kullanılan TUSAGA istasyonlara ait tanımlayıcı bilgileri Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. İstasyonlara ait tanımlayıcı bilgiler (*URL10*)

Nokta Adı	Nokta kısaltması	Enlem (°)	Boylam (°)	Yükseklik (h) (m)	Alıcı	Anten
Akhisar	AKHI	38.9620	28.0096	841.757	LEICA GR30	LEIAR10 NONE
Bozüyük	BOZU	39.8809	30.0487	842.528	LEICA GR30	LEIAR10 NONE
Çine	CINC	37.6288	27.9598	227.331	LEICA GR30	LEIAR10 NONE
Eşme	ESME	38.5051	28.9938	884.346	LEICA GR30	LEIAR10 NONE
Menteş	MNTS	38.4265	26.7174	59.195	Trimble NETR9	TRM115000.00 NONE
Şuhut	SHUT	38.5339	30.4676	1337.436	LEICA GR30	LEIAR10 NONE
Tavas	TVAS	37.4099	29.1353	1126.771	Trimble NETR9	TRM115000.00 NONE

Seçilen TUSAGA istasyonlarının analizinde; ARTU, BUCU, KIT3, MATE, NICO, NOT1, ONSA, PENC, POLV, POTS, RAMO, VILL, WSRT ve YIBL IGS istasyonları referans olarak kullanılmıştır (Şekil 5.2). Kullanılan IGS istasyonlarına ait tanımlayıcı bilgiler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

**Şekil 5.2.** Uygulamada kullanılan IGS istasyonlarının dağılım haritası

Çizelge 5.2. Kullanılan IGS istasyonlarına ait tanımlayıcı bilgiler (URL7)

Nokta Adı	Nokta Kısaltması	Enlem (°)	Boylam (°)	Yükseklik (h) (m)	Alıcı	Anten
Arti	ARTU	56.430	58.560	248	JAVAD TRE_G3TH DELTA	ASH700936D_M
Bucuresti	BUCU	44.464	26.126	143	LEICA GR50	LEIAR25.R4
Kitab	KIT3	39.135	66.885	623	SEPT ASTERX4	SEPCHOKE_B3E6
Matera	MATE	40.649	16.704	536	LEICA GR30	LEIAR20
Nicosia	NICO	35.141	33.396	192	LEICA GR50	LEIAR25.R4
Noto	NOT1	36.876	14.990	126	LEICA GR30	LEIAR20
Onsala	ONSA	57.395	11.926	46	SEPT POLARX5TR	AOAD/M_B
Penç	PENC	47.790	19.282	292	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG
Poltava	POLV	49.603	34.543	178	LEICA GR50	LEIAR20
Potsdam	POTS	52.379	13.066	144	JAVAD TRE_3	JAVRINGANT_G5T
Mitzpe Ramon	RAMO	30.598	34.763	893	JAVAD TRE_G3TH DELTA	ASH701945B_M
Villafranca	VILL	40.444	-3.952	647	SEPT POLARX5	SEPCHOKE_B3E6
Westerbork	WSRT	52.915	6.604	86	SEPT POLARX5	AOAD/M_T
Yibal	YIBL	22.186	56.112	95	TRIMBLE NETR9	ASH701945C_M

TUSAGA istasyonlarındaki değişimleri ve Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisini araştırmak amacıyla 15/10/2020 (2020 yılının 289. günü) - 13/11/2020 (2020 yılının 318. günü) tarihleri arasında deprem saatini esas alarak 2, 4, 12 saatlik RINEX verileri elde edilmiştir. Elde edilen RINEX verileri GPS, GLONASS, Galileo ve GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonlarında günlük olarak GAMIT/GLOBK bilimsel veri değerlendirme yazılımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde izlenen çözüm stratejisinden bazıları; IGS hassas yörünge (sp3) ve usno_bull_b yörünge parametresi, 14 adet IGS istasyonu, Referans Çerçevesi: ITRF 2014, Okyanus yükleme etkisi: FES2004, Zenit gecikmesi: PWL (piecewise linear), Kuru/ ıslak atmosfer için: VMF1 (Vienna Mapping Function 1), Öncül Troposfer Modeli: Global Pressure Temperature Model (GPT 50) seçilerek çözümde kullanılmıştır.

Toplam 360 değerlendirme yapılmış, her bir değerlendirme ölçü süresine bağlı olarak ~20 dk ile ~60 dk arasında değişmektedir.

Çözümlerde GPS uydu sistemlerinden elde edilen günlük koordinatlar gerçek koordinatlar olarak kabul edilmiş ve diğer uydu sistemleri ile x, y ve h yönündeki farklar;

$$\begin{aligned}
dx_{yöntem} &= x_{yöntem} - x_{GPS} \\
dy_{yöntem} &= y_{yöntem} - y_{GPS} \\
dh_{yöntem} &= h_{yöntem} - h_{GPS}
\end{aligned}
\tag{5.1}$$

ile hesaplanmıştır. Eşitlikte alt indis yöntem: GPS+GLONASS+Galileo, GLONASS, Galileo uydu kombinasyonlarını ifade etmektedir. Elde edilen farklar Çizelge 5.3.-5.5.’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. 2 saatlik ölçülere ait farklar

Nokta Adı	İstatistik Değerler	MIX-GPS			GLONASS-GPS			GALILEO-GPS		
		dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)
AKHI	Maks.	23.00	30.00	111.80	921.10	419.40	352.80	63.70	71.80	160.40
	Min.	-112.80	-17.40	-28.80	-87.40	-192.30	-105.30	-92.60	-85.40	-123.80
	Ort.	-8.28	4.06	20.36	57.57	16.99	27.97	7.49	-6.44	9.81
	m	26.71	13.00	39.04	223.85	89.29	81.02	40.01	33.22	62.51
BOZU	Maks.	23.10	28.20	126.00	817.40	1097.30	1512.10	68.70	90.00	130.90
	Min.	-114.60	-15.40	-37.10	-754.50	-2785.90	-155.90	-36.20	-47.80	-120.40
	Ort.	-7.98	3.45	16.87	-0.92	-63.50	123.16	9.50	1.00	-9.38
	m	26.14	12.28	34.69	214.95	557.56	355.89	29.23	25.51	53.06
CINC	Maks.	25.20	31.80	118.00	427.30	825.30	1151.00	70.40	29.30	96.90
	Min.	-113.50	-14.40	-41.30	-394.20	-1022.10	-876.40	-67.20	-45.00	-143.80
	Ort.	-7.27	3.52	17.45	2.83	2.32	43.01	9.04	0.97	-13.35
	m	26.21	11.42	38.04	163.76	249.79	353.21	35.31	19.27	61.35
ESME	Maks.	23.80	29.80	82.60	51.20	38.20	87.90	66.40	25.80	72.10
	Min.	-50.30	-13.60	-38.50	-94.90	-23.20	-41.20	-67.40	-48.90	-125.30
	Ort.	-4.77	2.60	10.59	-15.67	8.36	19.26	7.98	-2.10	-5.30
	m	16.03	10.88	27.32	33.12	17.61	38.65	30.51	19.02	44.43
MNTS	Maks.	27.20	31.80	122.30	54.70	39.90	160.30	67.00	28.30	140.40
	Min.	-109.90	-13.10	-47.10	-129.30	-25.40	-112.20	-63.10	-51.50	-190.80
	Ort.	-9.51	4.12	23.23	-19.85	10.17	31.21	6.10	-0.57	3.43
	m	26.68	11.75	42.59	40.41	19.74	61.09	34.51	20.83	72.62
SHUT	Maks.	22.80	34.10	134.00	33.50	49.60	147.80	63.70	39.40	157.10
	Min.	-122.00	-12.30	-38.50	-131.60	-25.30	-66.40	-71.60	-49.10	-99.10
	Ort.	-10.34	4.56	22.02	-23.24	12.17	30.11	5.92	2.14	1.72
	m	28.35	12.99	41.54	41.41	21.81	57.47	30.06	22.10	63.62
TVAS	Maks.	26.50	31.90	121.50	25.40	38.60	123.70	67.80	38.20	208.10
	Min.	-124.00	-14.70	-39.10	-134.90	-18.00	-81.40	-74.20	-51.40	-121.30
	Ort.	-9.85	5.35	21.18	-24.04	10.90	27.66	8.25	-1.57	9.85
	m	29.07	13.42	41.86	41.55	19.72	51.38	33.94	23.07	78.60

İki saatlik ölçülerin analizinde; y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MIX-GPS, GLONASS-GPS ve Galileo-GPS’e göre sırasıyla, 124.0 mm, 2785.9 mm,

92.6 mm, h yönünde maksimum farklar ise sırasıyla, 134.0 mm, 1512.1 mm, 208.1 mm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. 4 saatlik ölçülere ait farklar

Nokta Adı	İstatistik Değerler	MIX-GPS			GLONASS-GPS			GALILEO-GPS		
		dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)
AKHI	Maks.	7.20	26.20	17.50	858.20	930.30	1214.50	0.30	7.30	41.70
	Min.	-4.40	-3.50	-45.20	-2125.60	-919.10	-1238.40	-7.00	-6.60	-27.80
	Ort.	-0.95	2.46	-0.39	-43.77	42.07	26.66	-2.44	1.05	2.59
	m	2.39	5.58	12.54	425.52	273.33	382.86	3.14	3.59	14.07
BOZU	Maks.	3.70	6.50	14.10	117.40	94.50	935.30	5.80	9.30	23.70
	Min.	-5.30	-3.50	-12.60	-460.40	-838.40	-176.60	-8.50	-7.70	-25.70
	Ort.	-1.07	0.75	1.65	-34.18	-40.02	62.49	-1.87	0.25	3.99
	m	1.90	2.08	6.30	111.36	163.86	213.70	3.44	3.24	12.73
CINC	Maks.	6.70	5.90	15.10	496.50	1641.90	132.60	13.30	7.50	42.30
	Min.	-4.80	-1.90	-17.70	-237.10	-70.10	-1989.60	-8.50	-5.40	-43.90
	Ort.	-0.82	0.78	0.58	22.42	65.97	-58.36	-1.52	-0.02	1.44
	m	2.09	1.89	6.47	113.76	298.92	364.79	3.90	2.93	16.05
ESME	Maks.	4.50	4.60	15.60	9.70	27.30	35.60	7.40	5.40	31.70
	Min.	-3.90	-6.80	-9.00	-23.40	0.00	-14.40	-6.90	-7.60	-6.30
	Ort.	-0.75	1.11	1.31	-6.81	11.56	9.34	-0.59	-0.67	6.79
	m	1.70	2.45	5.04	11.24	14.97	15.71	2.82	2.95	11.73
MNTS	Maks.	1.00	4.60	12.30	8.60	27.10	55.50	2.40	9.90	30.70
	Min.	-6.00	-1.70	-7.40	-21.90	-5.30	-30.20	-13.00	-4.80	-18.50
	Ort.	-1.92	1.15	2.57	-7.47	10.87	20.15	-3.56	0.15	7.28
	m	2.58	1.99	5.57	10.74	13.01	28.10	5.09	3.47	13.52
SHUT	Maks.	2.30	5.10	14.70	12.10	31.50	53.00	3.10	9.20	54.20
	Min.	-3.60	-2.20	-17.10	-22.40	-8.00	-12.90	-8.50	-6.70	-42.20
	Ort.	-1.15	1.55	1.61	-7.67	13.29	17.75	-2.26	0.55	5.23
	m	1.95	2.44	6.43	11.65	16.01	23.63	3.94	3.62	16.52
TVAS	Maks.	2.20	4.70	13.10	15.60	29.10	68.60	3.50	5.20	30.30
	Min.	-4.40	-2.00	-4.60	-35.30	-6.70	-6.90	-11.20	-6.20	-13.00
	Ort.	-1.34	1.29	2.79	-7.24	10.85	21.12	-2.79	0.49	9.04
	m	2.12	2.12	5.07	13.47	14.11	27.49	4.48	3.16	15.56

Dört saatlik ölçülerin analizinde; y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MIX-GPS, GLONASS-GPS ve Galileo-GPS'e göre sırasıyla, 26.2 mm, 2125.6 mm, 13.3 mm, h yönünde maksimum farklar ise sırasıyla, 45.2 mm, 1989.6 mm, 54.2 mm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. 12 saatlik ölçülere ait farklar

Nokta Adı	İstatistik Değerler	MIX-GPS			GLONASS-GPS			GALILEO-GPS		
		dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)	dy (mm)	dx (mm)	dh (mm)
AKHI	Maks.	1.10	3.30	3.80	28.70	48.00	57.70	1.40	3.00	13.20
	Min.	-2.60	-1.80	-6.70	-193.40	-13.00	-147.20	-6.20	-5.70	-15.00
	Ort.	-0.74	0.95	-1.25	-6.93	9.31	-7.92	-2.10	-0.18	-0.94
	m	1.22	1.38	3.08	40.33	14.56	37.49	2.77	1.84	6.25
BOZU	Maks.	0.00	2.00	8.70	20.10	35.90	26.10	0.10	2.20	17.50
	Min.	-4.10	-1.50	-6.40	-53.80	-16.60	-40.10	-6.60	-5.60	-17.10
	Ort.	-1.15	0.50	2.24	-1.00	8.50	2.88	-2.64	-0.90	5.97
	m	1.52	1.03	3.75	12.32	12.08	15.36	3.21	2.07	9.33
CINC	Maks.	1.40	1.70	7.60	117.30	62.90	47.90	3.00	0.90	16.00
	Min.	-3.60	-3.20	-6.10	-46.00	-11.40	-80.80	-7.40	-5.20	-17.00
	Ort.	-1.02	-0.09	1.76	2.88	7.87	4.94	-2.28	-1.59	4.15
	m	1.60	1.12	3.56	25.57	14.41	23.34	3.11	2.36	8.72
ESME	Maks.	1.20	3.30	4.40	15.80	17.90	16.20	0.80	2.80	16.10
	Min.	-3.50	-2.20	-6.60	-13.90	0.00	-9.50	-6.80	-7.40	-5.40
	Ort.	-0.71	0.77	0.19	0.20	8.93	1.07	-1.68	-0.98	4.80
	m	1.36	1.31	2.30	5.65	10.38	6.83	2.54	2.21	6.98
MNTS	Maks.	0.70	2.90	9.90	13.00	15.90	27.10	0.00	3.10	16.40
	Min.	-3.70	-1.40	-3.70	-10.10	0.00	-12.80	-8.70	-4.10	-4.90
	Ort.	-1.57	0.72	1.21	0.15	9.56	9.43	-3.72	-1.11	4.09
	m	1.92	1.22	2.89	5.72	10.27	12.85	4.31	2.23	6.79
SHUT	Maks.	0.70	3.00	16.10	13.90	17.60	38.20	0.00	3.20	28.60
	Min.	-3.40	-1.10	-7.20	-12.10	0.00	-7.60	-5.70	-5.80	-11.90
	Ort.	-1.24	0.95	0.58	-0.42	10.05	4.95	-2.93	-0.78	4.58
	m	1.61	1.44	4.34	6.02	10.91	10.79	3.31	2.15	9.25
TVAS	Maks.	1.30	4.00	10.30	12.20	16.00	24.30	1.00	6.00	20.70
	Min.	-3.90	-1.30	-5.60	-13.00	0.00	-20.80	-7.20	-4.90	-10.40
	Ort.	-1.19	1.03	-0.34	2.08	10.05	4.37	-3.10	-0.39	2.56
	m	1.68	1.53	3.22	6.78	10.93	10.51	3.75	2.18	6.87

On iki saatlik ölçülerin analizinde; y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MIX-GPS, GLONASS-GPS ve Galileo-GPS'e göre sırasıyla, 4.1 mm, 193.4 mm, 8.7 mm, h yönünde maksimum farklar ise sırasıyla, 16.1 mm, 147.2 mm, 28.6 mm olarak hesaplanmıştır.

Depremi nokta konumlamaya etkisi araştırmak için, deprem öncesi ve deprem sonrası olmak üzere iki farklı zaman diliminde elde edilen günlük çözümlerin deprem öncesi ve sonrası ortalama koordinat değerleri, bu değerlerin ortalama hataları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda hatalar;

$$\begin{aligned}
vx_{\ddot{o}/s_i} &= x_{\ddot{o}/s_i} - x_{ort_{\ddot{o}/s}} \\
vy_{\ddot{o}/s_i} &= y_{\ddot{o}/s_i} - y_{ort_{\ddot{o}/s}} \\
vh_{\ddot{o}/s_i} &= h_{\ddot{o}/s_i} - h_{ort_{\ddot{o}/s}}
\end{aligned} \tag{5.2}$$

eşitliği ile elde edilmiştir. Eşitlikte alt indis $\ddot{o}/s$ deprem öncesi ve sonrasını, i ölçü sırasını $ort_{\ddot{o}/s}$ deprem öncesi ve sonrası ortalamayı göstermektedir. Hatalar elde edildikten sonra ortalama hatalar ise;

$$\begin{aligned}
m_{x_{\ddot{o}/s}} &= \pm \sqrt{\frac{[vx_{\ddot{o}/s_i} vx_{\ddot{o}/s_i}]}{n(n-1)}} \\
m_{y_{\ddot{o}/s}} &= \pm \sqrt{\frac{[vy_{\ddot{o}/s_i} vy_{\ddot{o}/s_i}]}{n(n-1)}} \\
m_{h_{\ddot{o}/s}} &= \pm \sqrt{\frac{[vh_{\ddot{o}/s_i} vh_{\ddot{o}/s_i}]}{n(n-1)}}
\end{aligned} \tag{5.3}$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlik n ölçü sayısını göstermektedir. Deprem öncesi ve deprem sonrası hesaplanan ortalama değer arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını incelerken, farklar;

$$\begin{aligned}
dx &= x_{ort_{\ddot{o}}} - x_{ort_s} \\
dy &= y_{ort_{\ddot{o}}} - y_{ort_s} \\
dh &= h_{ort_{\ddot{o}}} - h_{ort_s}
\end{aligned} \tag{5.4}$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Deprem öncesi ve sonrası için ortak varyans değeri;

$$\begin{aligned}
m_{dx} &= \pm \sqrt{m_{x_{\ddot{o}}}^2 + m_{x_s}^2} \\
m_{dy} &= \pm \sqrt{m_{y_{\ddot{o}}}^2 + m_{y_s}^2} \\
m_{dh} &= \pm \sqrt{m_{h_{\ddot{o}}}^2 + m_{h_s}^2}
\end{aligned} \tag{5.5}$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Test büyüklüğü,

$$t_x = \frac{|dx|}{m_{dx}}, \quad t_y = \frac{|dy|}{m_{dy}}, \quad t_h = \frac{|dh|}{m_{dh}} \tag{5.6}$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değer, t dağılım tablosunda alınan tablo değeri ile karşılaştırılmıştır. $t_{tablo} = t_{f_1+f_2, 1-\alpha}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Tablo değerinin hesaplanmasında, f_1 : deprem öncesi, f_2 : deprem sonrası serbestlik derecesi ve α : yanılma ihtimalini (0.05) göstermektedir. Karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.6.-5.17. 'de verilmiştir.

Çizelge 5.6. 2 saatlik ölçülerle elde edilen GPS'e ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	0.14	1.65	0.08	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	5.33	1.23	4.34	tx>t tablo	
	52.73	3.44	15.35	th>t tablo	
BOZU	3.89	1.52	2.56	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	18.95	1.09	17.32	tx>t tablo	
	5.39	2.89	1.87	th>t tablo	
CINC	0.87	1.54	0.57	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	19.46	1.19	16.37	tx>t tablo	
	19.50	3.02	6.45	th>t tablo	
ESME	3.12	2.01	1.55	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	12.76	1.31	9.74	tx>t tablo	
	14.94	4.43	3.38	th>t tablo	
MNTS	3.41	1.45	2.35	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	31.69	1.03	30.88	tx>t tablo	
	28.49	2.82	10.09	th>t tablo	
SHUT	0.53	1.76	0.30	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	15.69	1.09	14.45	tx>t tablo	
	13.26	2.95	4.50	th>t tablo	
TVAS	2.20	1.60	1.37	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	16.35	1.21	13.48	tx>t tablo	
	24.08	3.64	6.61	th>t tablo	

Sadece GPS ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark BOZU istasyonunda 3.89 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 31.69 mm, h yönünde ise maksimum fark AKHI istasyonunda 52.73 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.7. 2 saatlik ölçülerle elde edilen GLONASS'a ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	427.47	46.06	9.28	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	39.46	65.43	0.60	tx<t tablo	
	378.14	159.33	2.37	th>t tablo	
BOZU	5.81	43.74	0.13	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	495.55	115.80	4.28	tx>t tablo	
	87.39	106.81	0.82	th<t tablo	
CINC	178.68	45.81	3.90	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	182.01	58.09	3.13	tx>t tablo	
	56.48	108.34	0.52	th<t tablo	
ESME	17.72	4.10	4.32	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.02	5.56	0.18	tx<t tablo	
	4.68	12.90	0.36	th<t tablo	
MNTS	5.82	3.09	1.88	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	40.53	1.21	33.62	tx>t tablo	
	1.14	4.31	0.26	th<t tablo	
SHUT	0.84	3.23	0.26	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	3.40	1.41	2.41	tx>t tablo	
	11.97	5.34	2.24	th>t tablo	
TVAS	13.97	3.55	3.94	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	13.72	6.25	2.20	tx>t tablo	
	11.80	18.20	0.65	th<t tablo	

Sadece GLONASS ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark AKHI istasyonunda 427.47 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark BOZU istasyonunda 495.55 mm, h yönünde ise maksimum fark AKHI istasyonunda 378.14 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.8. 2 saatlik ölçülerle elde edilen Galileo'ya ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	27.01	4.12	6.56	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.34	3.35	0.10	tx<t tablo	
	12.48	6.81	1.83	th>t tablo	
BOZU	2.52	2.87	0.88	ty<t tablo	Hareket anlamsız
	4.31	2.67	1.62	tx<t tablo	
	6.45	5.80	1.11	th<t tablo	
CINC	6.15	3.35	1.84	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	3.84	2.26	1.70	tx<t tablo	
	6.50	6.25	1.04	th<t tablo	
ESME	6.88	3.98	1.73	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	9.90	2.78	3.56	tx>t tablo	
	24.87	6.26	3.97	th>t tablo	
MNTS	1.64	3.41	0.48	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	45.08	2.02	22.32	tx>t tablo	
	3.21	6.90	0.47	th<t tablo	
SHUT	4.81	2.92	1.65	ty<t tablo	Hareket anlamsız
	1.43	2.23	0.64	tx<t tablo	
	7.05	6.72	1.05	th<t tablo	
TVAS	6.83	3.10	2.20	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	5.91	2.22	2.67	tx>t tablo	
	1.45	9.05	0.16	th<t tablo	

Sadece Galileo ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark AKHI istasyonunda 27.01 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 45.08 mm, h yönünde ise maksimum fark ESME istasyonunda 24.87 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.9. 2 saatlik ölçülerle elde edilen MIX'e ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	13.39	2.06	6.50	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.18	1.18	1.00	tx<t tablo	
	23.70	3.05	7.78	th>t tablo	
BOZU	6.21	2.58	2.41	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	12.02	0.95	12.72	tx>t tablo	
	8.72	3.33	2.62	th>t tablo	
CINC	5.36	2.56	2.09	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	11.75	1.08	10.89	tx>t tablo	
	14.23	4.10	3.47	th>t tablo	
ESME	9.11	2.31	3.94	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	3.76	1.00	3.76	tx>t tablo	
	6.08	3.89	1.57	th<t tablo	
MNTS	0.10	2.48	0.04	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	39.05	0.86	45.55	tx>t tablo	
	21.99	3.60	6.10	th>t tablo	
SHUT	4.70	2.56	1.84	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	6.80	0.97	6.99	tx>t tablo	
	3.83	3.97	0.97	th<t tablo	
TVAS	6.68	2.81	2.37	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	10.66	1.03	10.41	tx>t tablo	
	6.61	4.34	1.52	th<t tablo	

GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark AKHI istasyonunda 13.39 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 39.05 mm, h yönünde ise maksimum fark AKHI istasyonunda 23.70 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.10. 4 saatlik ölçülerle elde edilen GPS'e ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	2.71	0.22	12.34	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	3.00	0.28	10.66	tx>t tablo	
	2.59	0.99	2.62	th>t tablo	
BOZU	0.47	0.17	2.72	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.32	0.21	6.41	tx>t tablo	
	3.52	0.92	3.84	th>t tablo	
CINC	1.50	0.23	6.48	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	2.05	0.24	8.51	tx>t tablo	
	1.23	1.25	0.98	th<t tablo	
ESME	1.46	0.30	4.91	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.67	0.30	2.26	tx>t tablo	
	3.56	0.87	4.12	th>t tablo	
MNTS	7.58	0.20	38.90	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	47.21	0.25	192.14	tx>t tablo	
	4.52	0.79	5.75	th>t tablo	
SHUT	0.56	0.39	1.46	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	0.64	0.20	3.23	tx>t tablo	
	11.10	0.84	13.24	th>t tablo	
TVAS	0.49	0.33	1.47	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	2.15	0.26	8.39	tx>t tablo	
	0.90	1.07	0.84	th<t tablo	

Sadece GPS ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 7.58 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 47.21 mm, h yönünde ise maksimum fark SHUT istasyonunda 11.10 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.11. 4 saatlik ölçülerle elde edilen GLONASS'a ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	120.57	51.90	2.32	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	8.82	36.11	0.24	tx<t tablo	
	125.72	61.21	2.05	th>t tablo	
BOZU	113.53	14.47	7.84	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	98.93	24.06	4.11	tx>t tablo	
	154.64	30.22	5.12	th>t tablo	
CINC	30.81	16.53	1.86	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	27.25	6.65	4.10	tx>t tablo	
	41.96	10.25	4.09	th>t tablo	
ESME	1.86	1.26	1.47	ty<t tablo	Hareket anlamsız
	0.41	1.10	0.37	tx<t tablo	
	5.72	4.27	1.34	th<t tablo	
MNTS	8.16	0.90	9.06	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	47.80	0.71	67.15	tx>t tablo	
	7.19	1.93	3.72	th>t tablo	
SHUT	2.09	0.95	2.20	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	2.09	0.82	2.56	tx>t tablo	
	6.76	1.34	5.04	th>t tablo	
TVAS	1.51	1.33	1.14	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	1.89	0.89	2.13	tx>t tablo	
	9.31	1.78	5.23	th>t tablo	

Sadece GLONASS ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark AKHI istasyonunda 120.57 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark BOZU istasyonunda 98.93 mm, h yönünde ise maksimum fark BOZU istasyonunda 154.64 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar; y yönünde maksimum MNTS, x koordinat ekseninde maksimum MNTS, h yönünde ise maksimum TVAS istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.12. 4 saatlik ölçülerle elde edilen Galileo'ya ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	0.84	0.25	3.36	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	6.64	0.41	16.33	tx>t tablo	
	11.51	1.44	8.00	th>t tablo	
BOZU	2.34	0.27	8.78	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.15	0.35	0.43	tx<t tablo	
	0.52	1.43	0.37	th<t tablo	
CINC	0.82	0.35	2.34	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.91	0.25	3.68	tx>t tablo	
	2.81	1.68	1.67	th<t tablo	
ESME	1.32	0.36	3.67	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.45	0.47	3.10	tx>t tablo	
	1.74	1.27	1.37	th<t tablo	
MNTS	5.08	0.34	14.87	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	47.19	0.35	133.41	tx>t tablo	
	5.76	1.13	5.12	th>t tablo	
SHUT	2.19	0.37	5.89	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.99	0.37	2.67	tx>t tablo	
	2.77	1.37	2.02	th>t tablo	
TVAS	2.62	0.51	5.18	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.29	0.43	3.01	tx>t tablo	
	4.79	1.54	3.12	th>t tablo	

Sadece Galileo ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 5.08 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 47.19 mm, h yönünde ise maksimum fark AKHI istasyonunda 11.51 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.13. 4 saatlik ölçülerle elde edilen MIX'e ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	0.90	0.29	3.08	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	2.04	0.67	3.05	tx>t tablo	
	0.08	1.59	0.05	th<t tablo	
BOZU	0.82	0.18	4.50	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.11	0.25	0.44	tx<t tablo	
	0.62	0.98	0.63	th<t tablo	
CINC	0.35	0.23	1.53	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	0.86	0.24	3.54	tx>t tablo	
	2.29	1.33	1.72	th>t tablo	
ESME	1.98	0.25	8.07	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.96	0.39	2.46	tx>t tablo	
	12.70	1.77	7.18	th>t tablo	
MNTS	6.84	0.26	26.40	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	47.71	0.26	186.93	tx>t tablo	
	7.88	0.96	8.24	th>t tablo	
SHUT	0.25	0.24	1.05	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	1.15	0.18	6.40	tx>t tablo	
	6.19	0.76	8.19	th>t tablo	
TVAS	0.90	0.41	2.22	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.35	0.28	4.76	tx>t tablo	
	0.71	1.03	0.68	th<t tablo	

GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 6.84 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 47.71 mm, h yönünde ise maksimum fark ESME istasyonunda 12.70 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.14. 12 saatlik ölçülerle elde edilen GPS'e ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	2.46	0.15	16.88	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	4.72	0.29	16.40	tx>t tablo	
	1.61	0.46	3.49	th>t tablo	
BOZU	0.68	0.11	6.43	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.33	0.14	2.36	tx>t tablo	
	0.51	0.47	1.10	th<t tablo	
CINC	0.58	0.14	4.18	ty>t tablo	Hareket anlamsız
	1.33	0.10	13.48	tx>t tablo	
	0.80	0.48	1.65	th<t tablo	
ESME	0.87	0.12	7.43	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.95	0.16	6.02	tx>t tablo	
	0.62	0.37	1.67	th<t tablo	
MNTS	6.64	0.14	46.25	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	48.59	0.13	372.07	tx>t tablo	
	2.22	0.46	4.84	th>t tablo	
SHUT	0.64	0.16	3.90	ty>t tablo	Hareket anlamsız
	0.50	0.13	3.73	tx>t tablo	
	5.12	0.63	8.07	th>t tablo	
TVAS	0.12	0.15	0.79	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	1.11	0.14	7.84	tx>t tablo	
	2.91	0.75	3.88	th>t tablo	

Sadece GPS ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 6.64 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 48.59 mm, h yönünde ise maksimum fark SHUT istasyonunda 5.12 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.15. 12 saatlik ölçülerle elde edilen GLONASS'a ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	31.79	5.80	5.48	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	4.12	1.47	2.80	tx>t tablo	
	24.69	5.12	4.82	th>t tablo	
BOZU	6.27	1.36	4.62	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	4.59	1.05	4.35	tx>t tablo	
	4.41	1.97	2.24	th>t tablo	
CINC	5.56	2.83	1.97	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.86	1.28	0.68	tx<t tablo	
	5.39	3.18	1.69	th<t tablo	
ESME	3.69	0.76	4.84	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	2.86	0.29	10.03	tx>t tablo	
	2.12	1.19	1.79	th>t tablo	
MNTS	9.19	0.58	15.76	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	50.69	0.27	188.01	tx>t tablo	
	2.54	0.91	2.78	th>t tablo	
SHUT	6.36	0.59	10.74	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	3.85	0.33	11.66	tx>t tablo	
	3.54	0.86	4.11	th>t tablo	
TVAS	5.77	0.60	9.66	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	2.34	0.31	7.44	tx>t tablo	
	4.68	0.83	5.62	th>t tablo	

Sadece GLONASS ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde AKHI istasyonunda 31.79 mm, x koordinat ekseninde MNTS istasyonunda 50.69 mm, h yönünde ise AKHI istasyonunda 24.69 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar; y koordinat ekseninde maksimum MNTS, x koordinat ekseninde maksimum MNTS, h yönünde ise maksimum TVAS istasyonlarında elde edilmiştir.

Çizelge 5.16. 12 saatlik ölçülerle elde edilen Galileo'ya ait istatistiki bilgiler

Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	3.04	0.22	14.15	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	4.58	0.28	16.23	tx>t tablo	
	4.72	0.85	5.55	th>t tablo	
BOZU	0.72	0.22	3.26	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.04	0.21	0.21	tx<t tablo	
	2.51	0.72	3.51	th>t tablo	
CINC	0.61	0.23	2.69	ty>t tablo	Hareket anlamsız
	1.29	0.15	8.40	tx>t tablo	
	6.40	0.73	8.80	th>t tablo	
ESME	1.73	0.27	6.48	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.61	0.23	2.65	tx>t tablo	
	0.41	0.66	0.62	th<t tablo	
MNTS	6.89	0.23	30.01	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	47.51	0.20	232.66	tx>t tablo	
	1.50	0.54	2.77	th>t tablo	
SHUT	1.13	0.20	5.79	ty>t tablo	Hareket anlamsız
	0.09	0.22	0.43	tx<t tablo	
	1.87	0.84	2.23	th>t tablo	
TVAS	0.14	0.30	0.46	ty<t tablo	Hareket anlamlı
	1.39	0.23	6.13	tx>t tablo	
	4.04	0.99	4.06	th>t tablo	

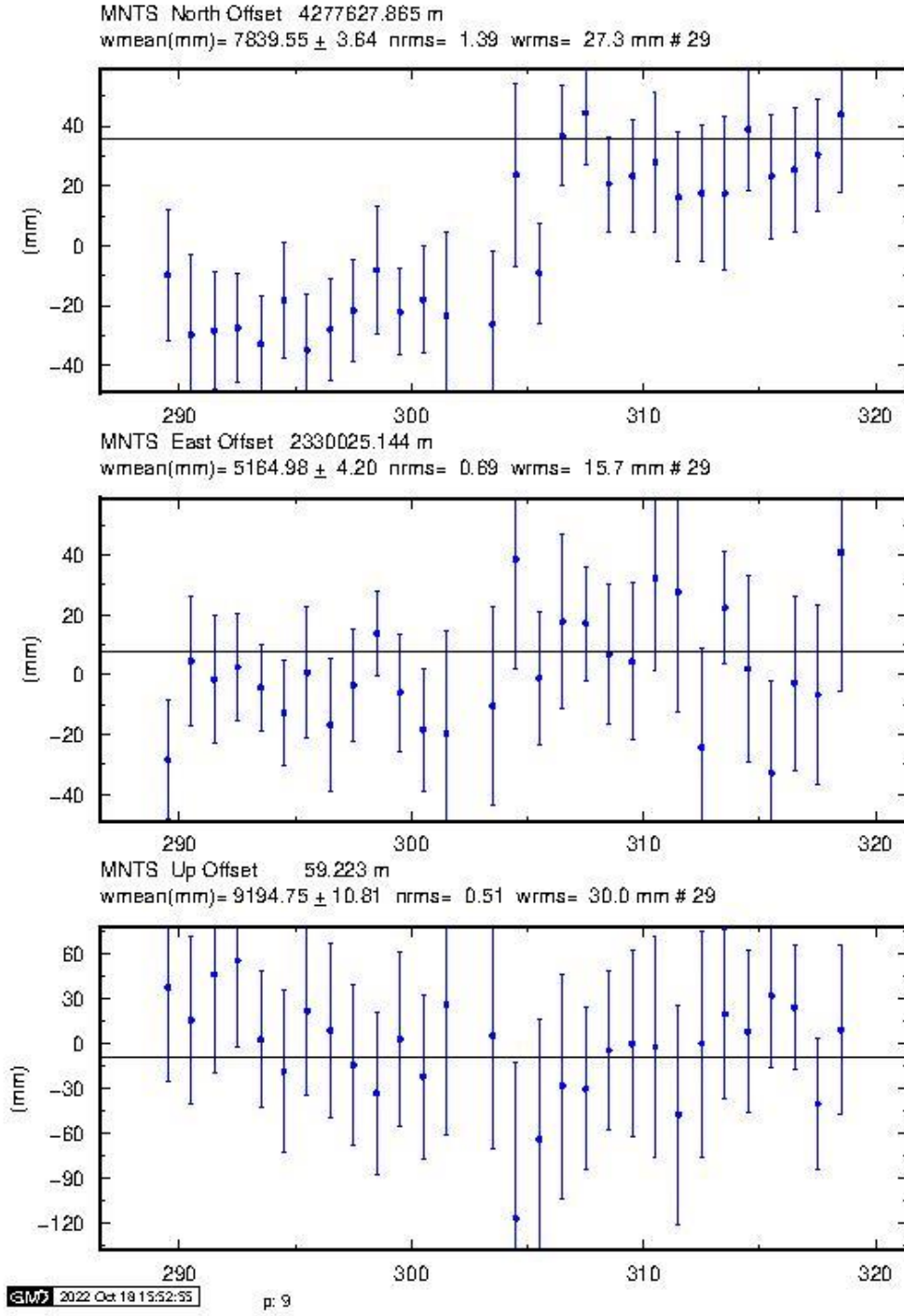
Sadece Galileo ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 6.89 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 47.51 mm, h yönünde ise maksimum fark CINC istasyonunda 6.40 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.17. 12 saatlik ölçülerle elde edilen MIX'e ait istatistiki bilgiler

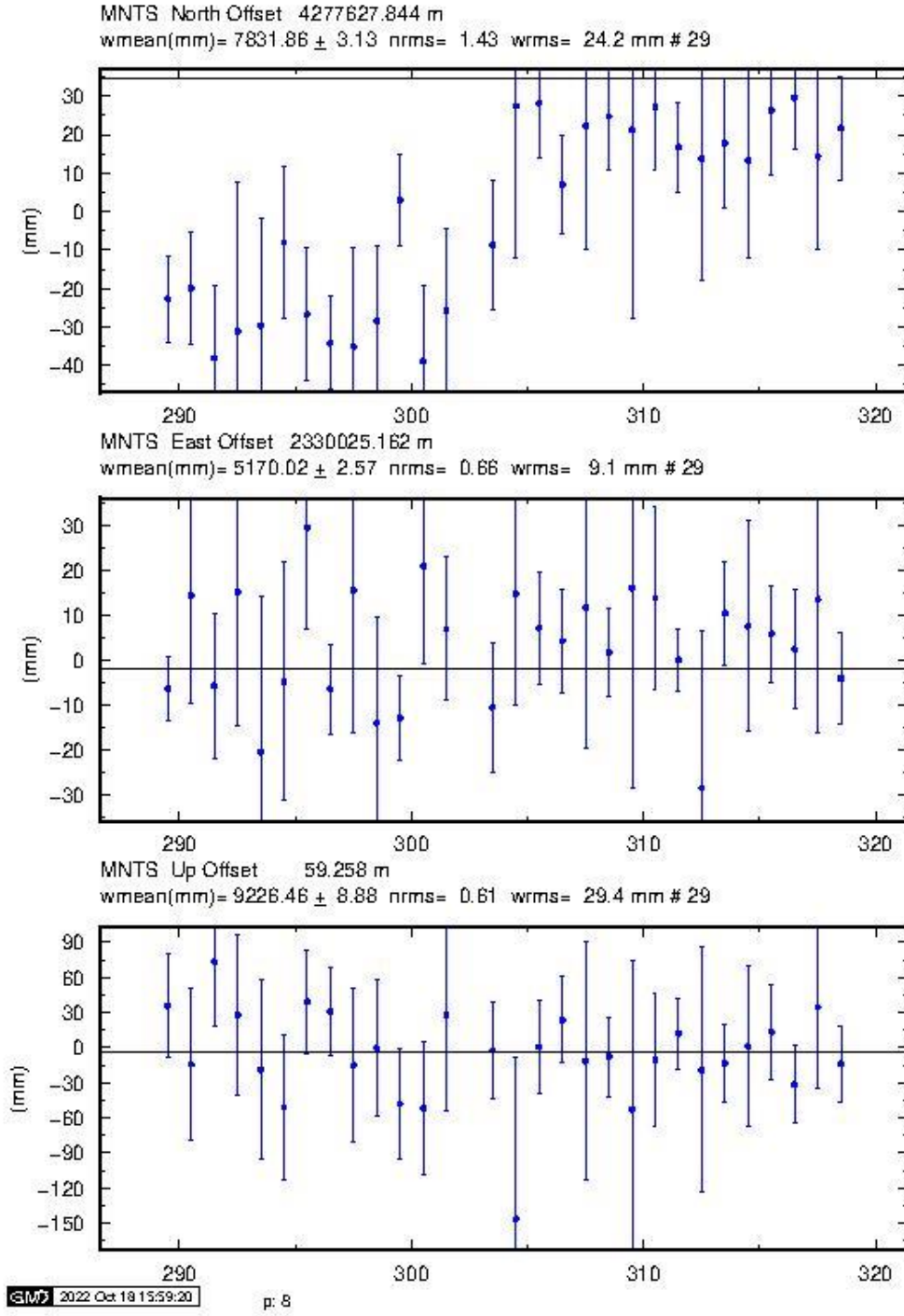
Nokta Adı	Koordinat Farkı (mm) dy dx dz	Koordinat Farklarının Ortalama Hatası (mm)	Test Büyüklüğü	Karşılaştırma	Karar
AKHI	3.33	0.17	20.08	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	4.97	0.24	20.38	tx>t tablo	
	3.40	0.57	6.00	th>t tablo	
BOZU	0.64	0.14	4.44	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.20	0.15	1.37	tx<t tablo	
	0.88	0.43	2.06	th>t tablo	
CINC	0.76	0.14	5.32	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.77	0.10	7.60	tx>t tablo	
	2.49	0.43	5.84	th>t tablo	
ESME	1.54	0.18	8.61	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.75	0.13	5.70	tx>t tablo	
	0.30	0.46	0.66	th<t tablo	
MNTS	6.96	0.16	43.66	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	48.01	0.13	376.42	tx>t tablo	
	3.04	0.43	7.12	th>t tablo	
SHUT	1.46	0.19	7.79	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	0.37	0.16	2.38	tx>t tablo	
	2.71	0.57	4.76	th>t tablo	
TVAS	0.46	0.22	2.10	ty>t tablo	Hareket anlamlı
	1.03	0.14	7.16	tx>t tablo	
	2.52	0.67	3.75	th>t tablo	

GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 6.96 mm, x koordinat ekseninde maksimum fark MNTS istasyonunda 48.01 mm, h yönünde ise maksimum fark AKHI istasyonunda 3.40 mm olduğu görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.

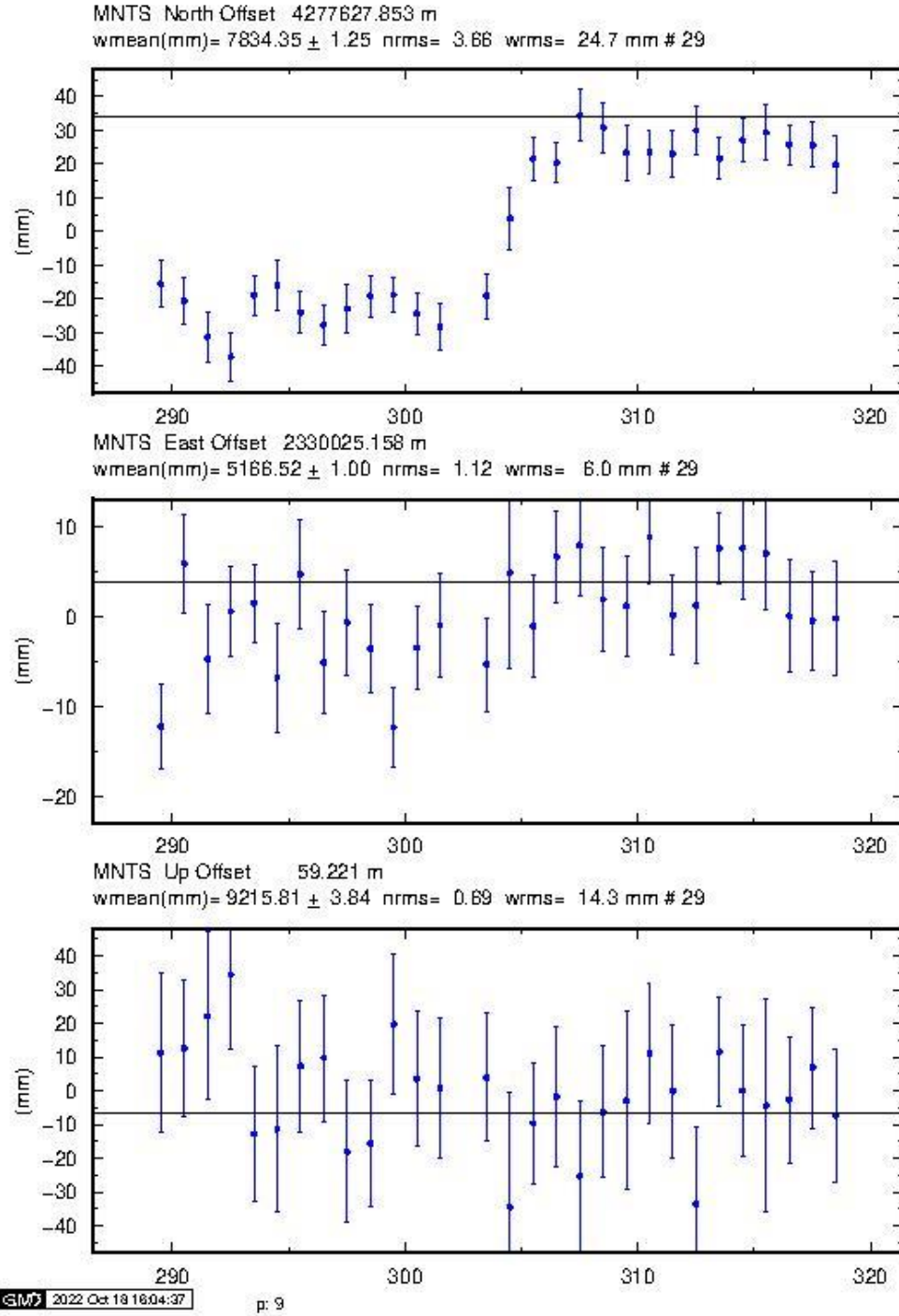
İstasyonlardan elde edilen günlük koordinatların zaman serileriyle değerlendirilmesi yapılmıştır. Tüm istasyonlara ait toplam 84 adet grafik çizilmiştir. En büyük değişim depremin merkez üssüne en yakın nokta olan MNTS istasyonunda olduğundan dolayı bu istasyona ait grafik örnek olarak verilmiş (Şekil 5.3 – 5.14), diğer istasyonlara ait grafikler ise EK-1’de sunulmuştur.



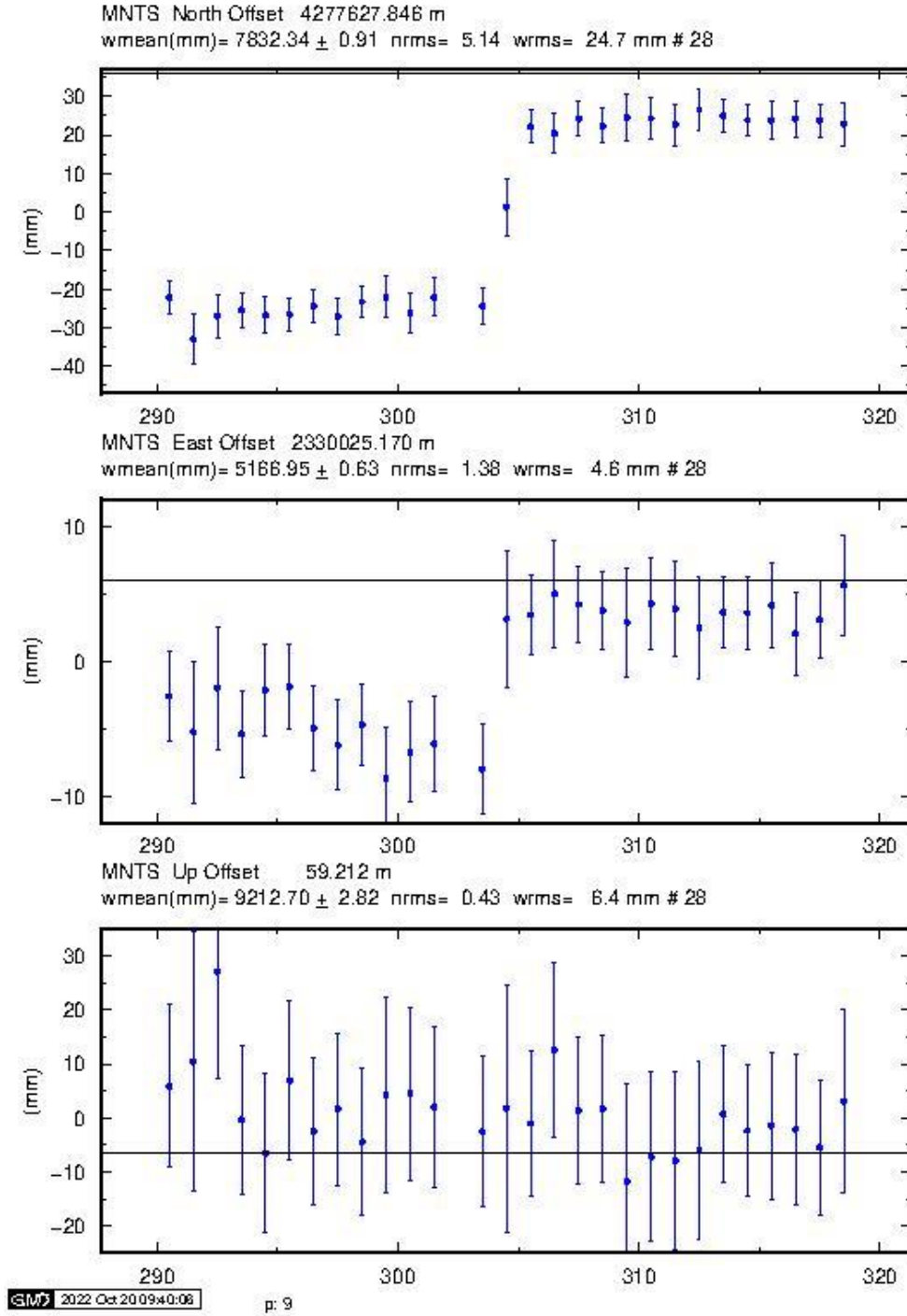
Şekil 5.4. 2 saatlik GLONASS ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



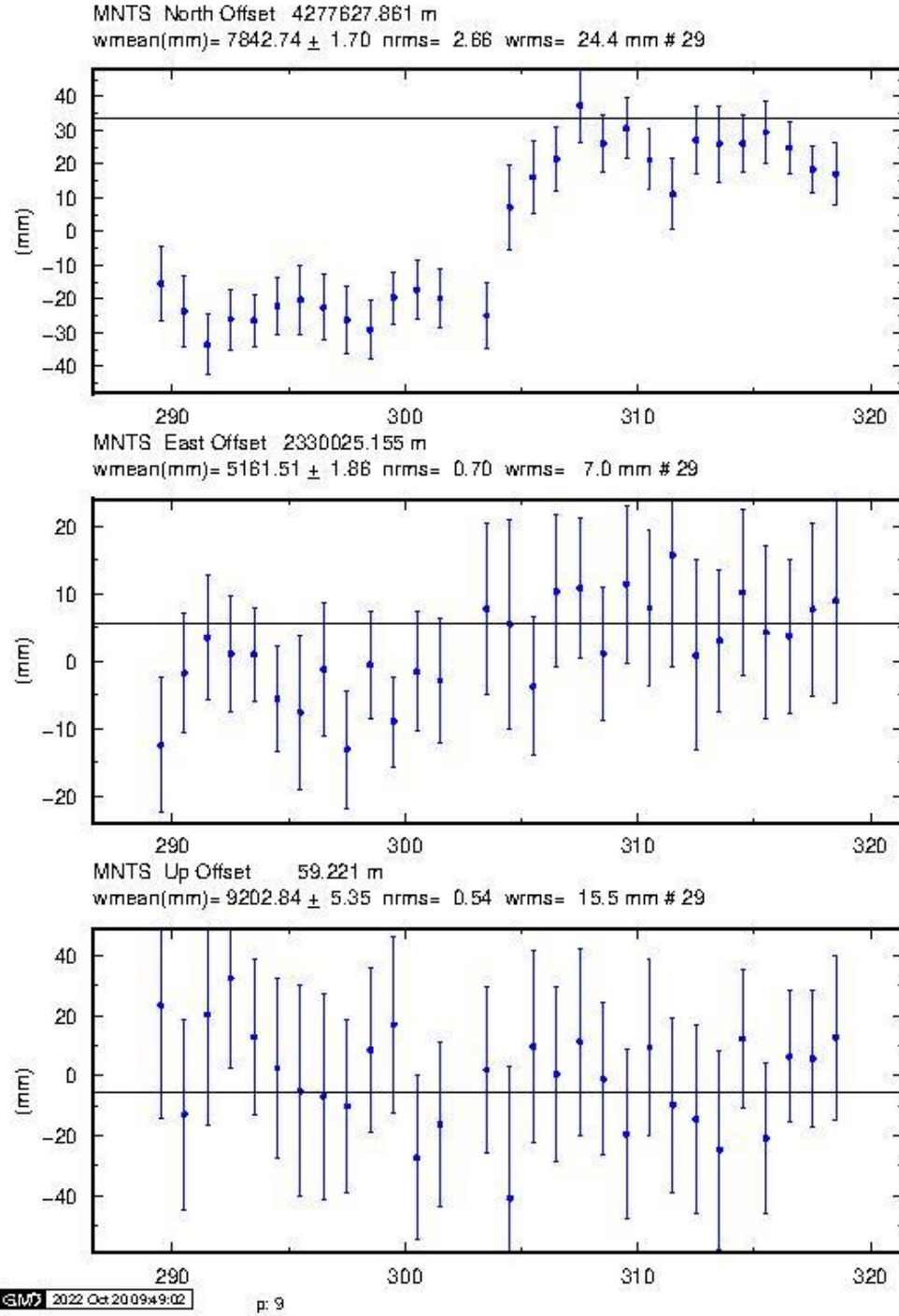
Şekil 5.5. 2 saatlik Galileo ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



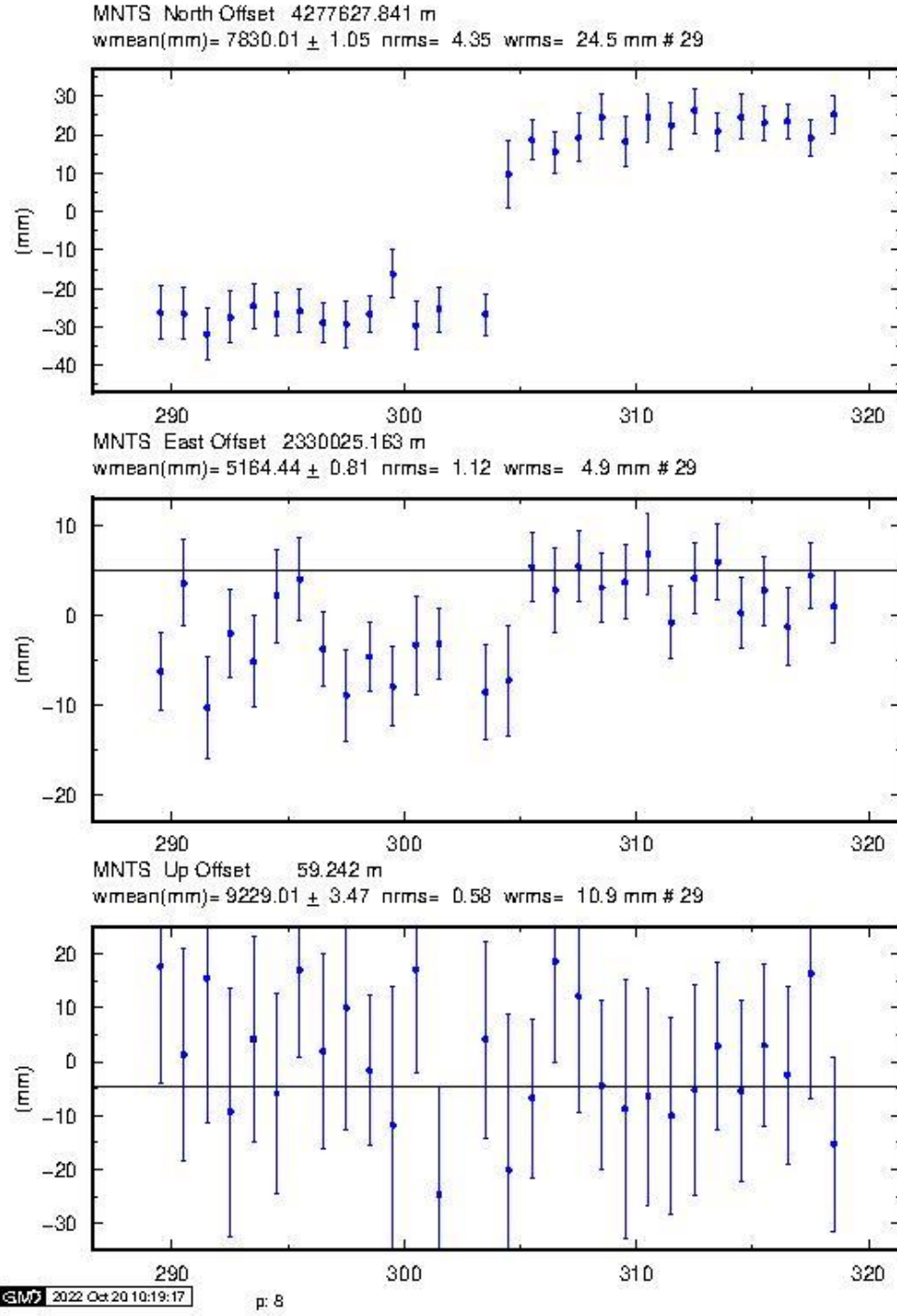
Şekil 5.6. 2 saatlik MIX ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



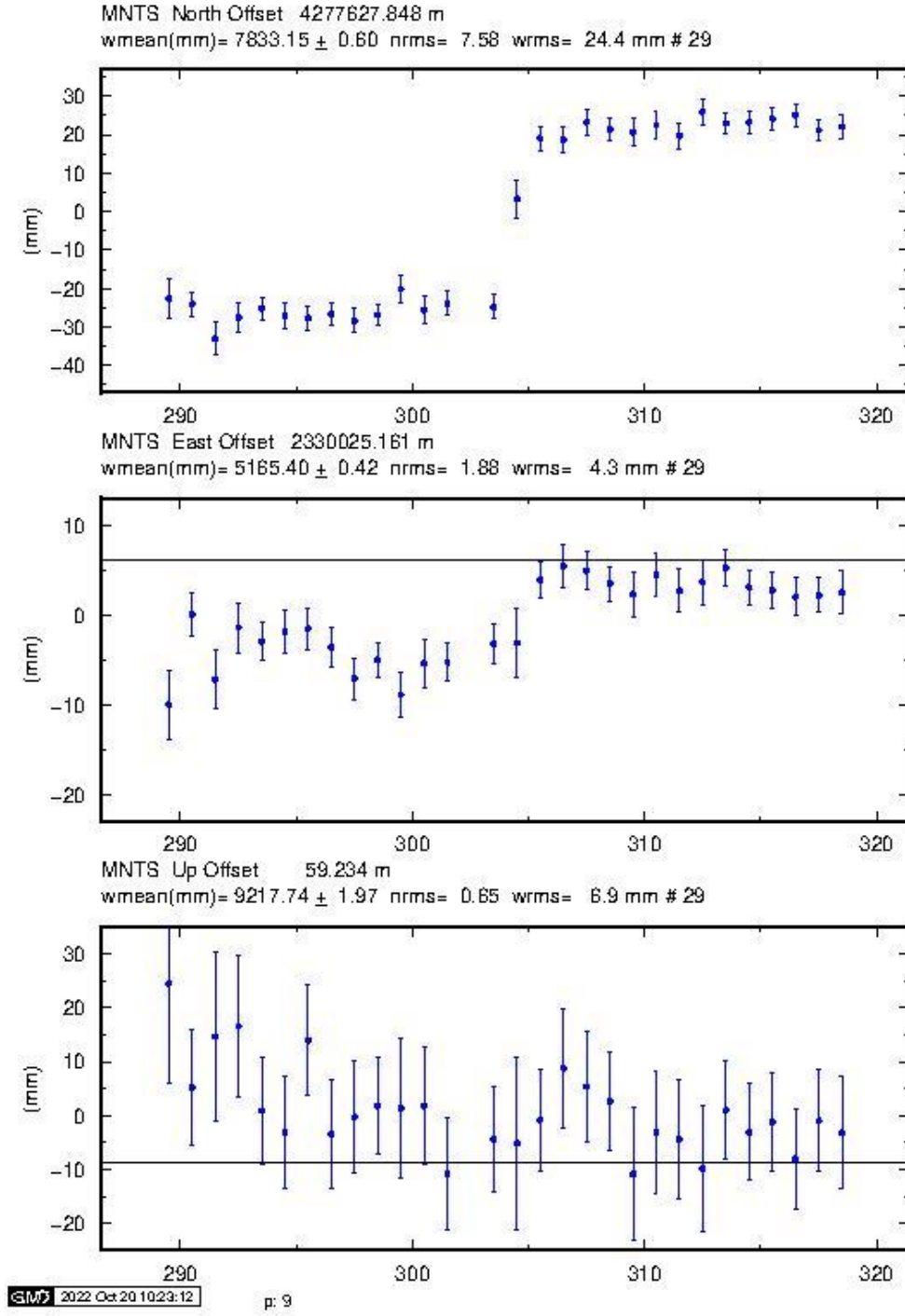
Şekil 5.7. 4 saatlik GPS ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



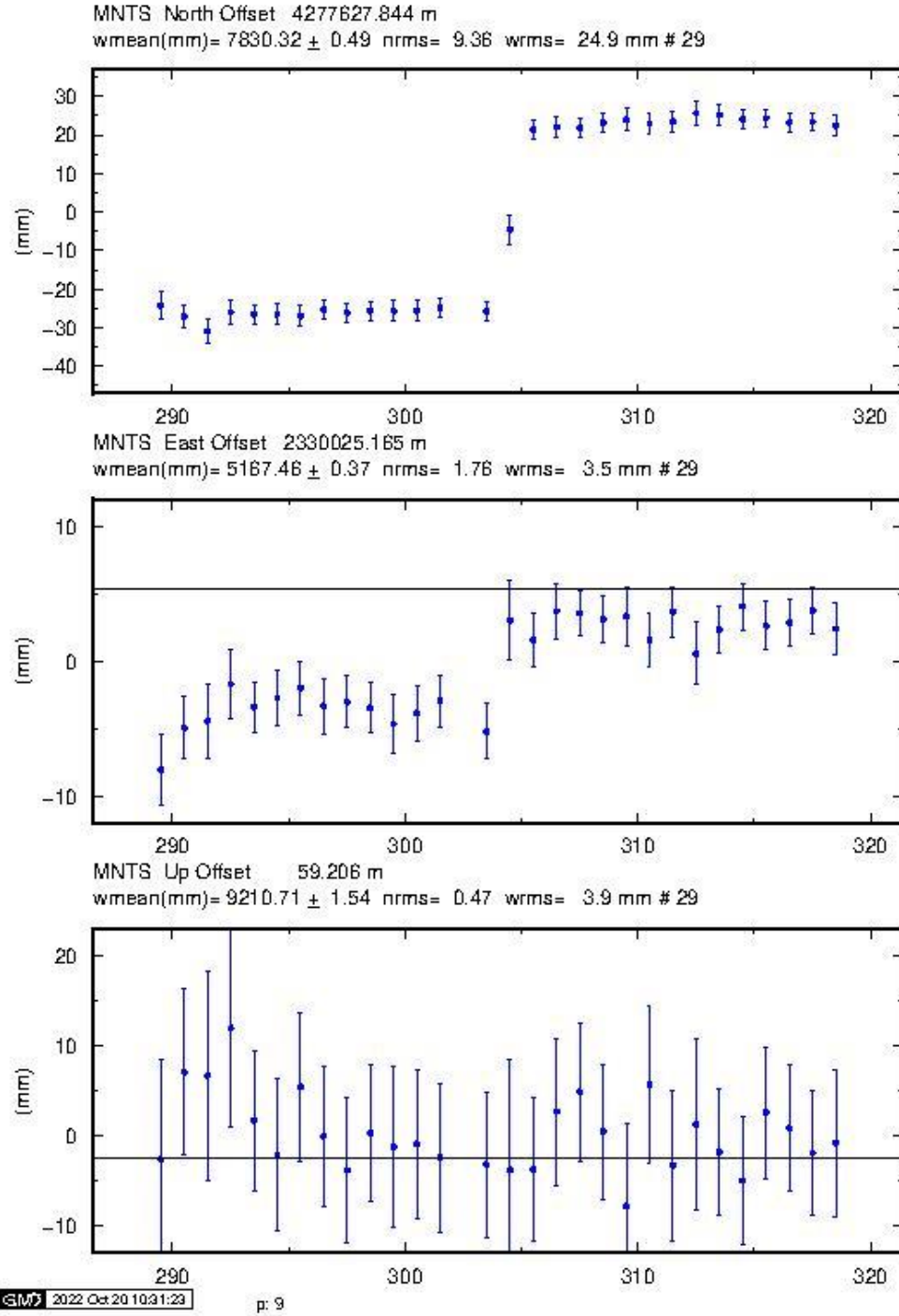
Şekil 5.8. 4 saatlik GLONASS ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



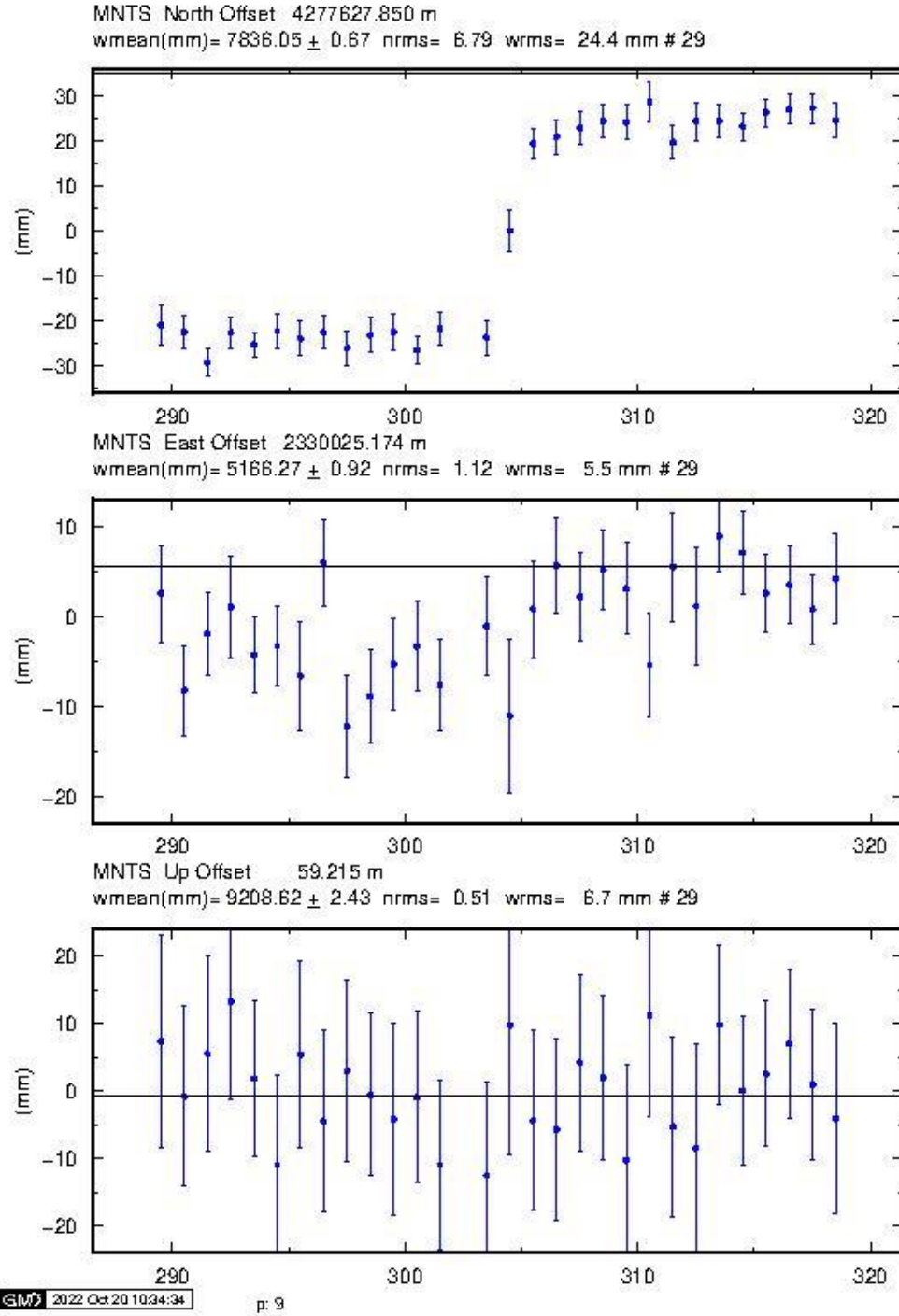
Şekil 5.9. 4 saatlik Galileo ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



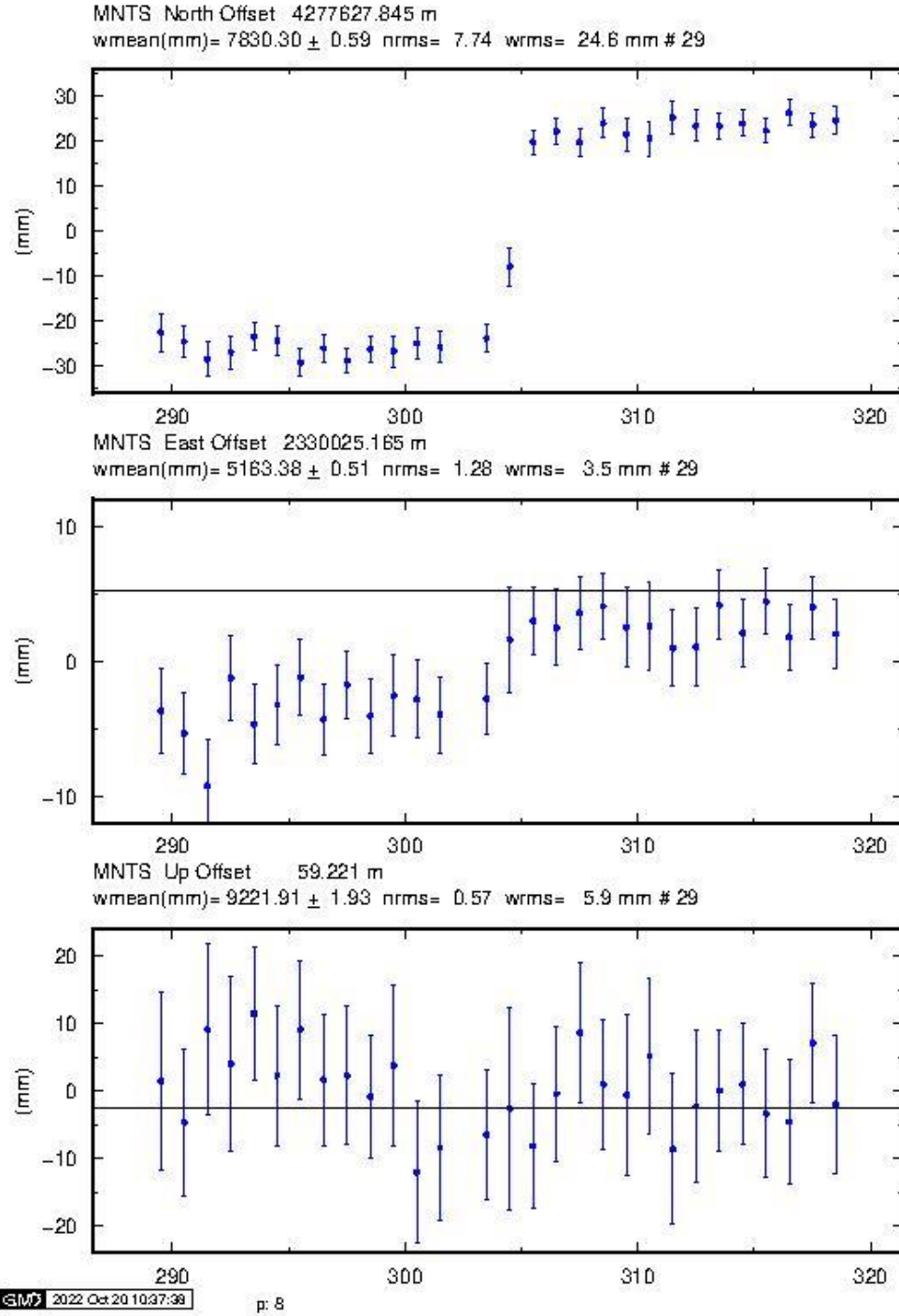
Şekil 5.10. 4 saatlik MIX ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



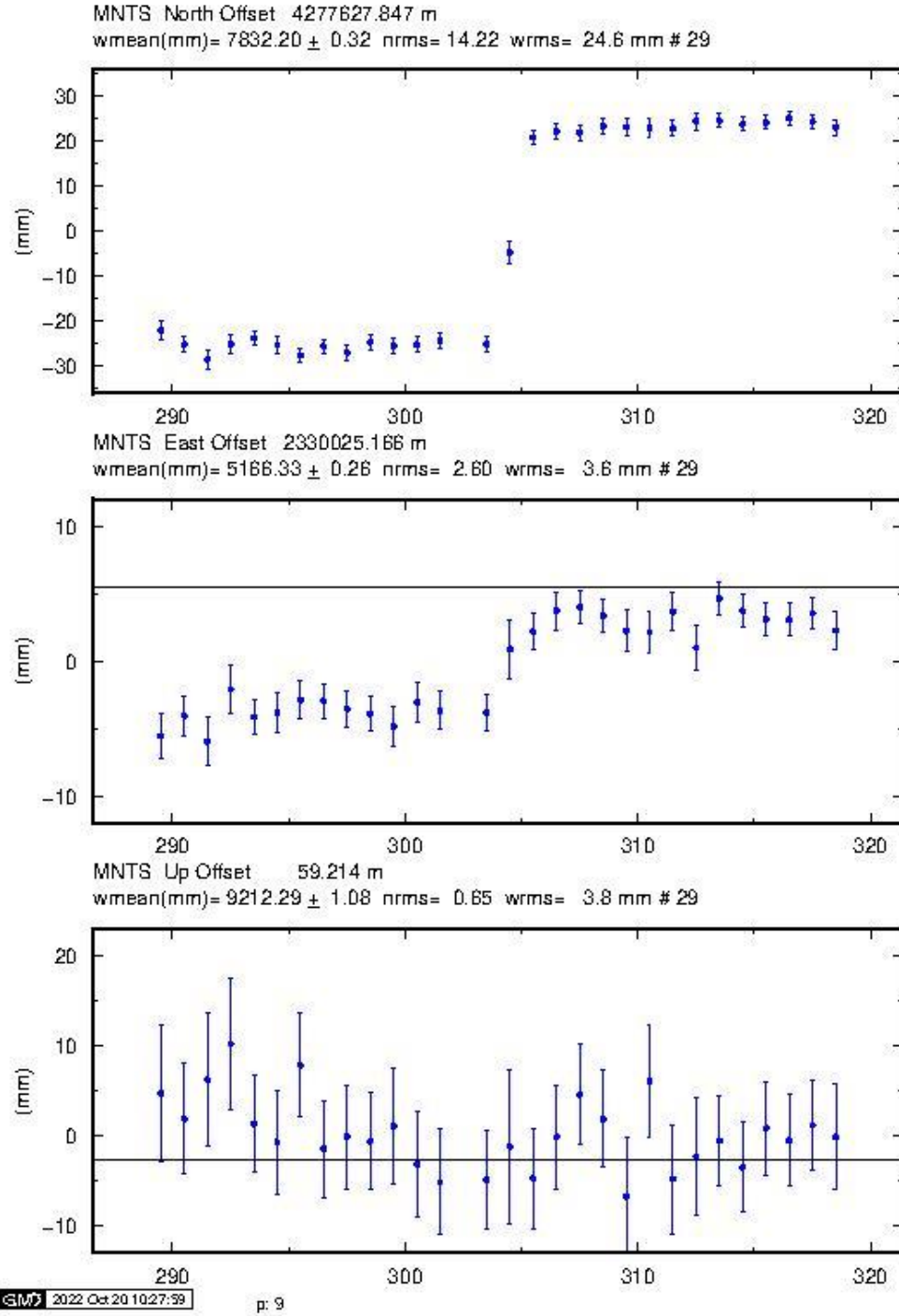
Şekil 5.11. 12 saatlik GPS ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



Şekil 5.12. 12 saatlik GLONASS ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



Şekil 5.13. 12 saatlik Galileo ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



Şekil 5.14. 12 saatlik MIX ölçüleri ile MNTS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi

6. SONUÇLAR

Nokta konumları küresel ve bölgesel uydu sistemlerinden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Bu kapsamda, küresel konum belirleme sistemleri olarak; GPS, GLONASS, Galileo, Beidou ve bölgesel konum belirleme sistemleri olarak; QZSS, IRNSS kullanılmaktadır. Avrupa Birliği tarafından geliştirilen Galileo uydu sistemi 2020 yılından itibaren faaliyete başlamıştır. Bu çalışmada, Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi ve İzmir-Seferihisar depreminin TUSAGA noktalarında yapmış olduğu değişiklikler araştırılmıştır.

İzmir-Seferihisar depreminin merkez üssüne yakın 7 adet TUSAGA istasyonlarındaki uydu verileri 2, 4 ve 12 saatlik dilimlere ayrılmış 15.10.2020 – 13.11.2020 tarihleri arasındaki veriler sadece GPS, sadece GLONASS, Galileo ve GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonlarında değerlendirilmiştir. Çizelge 5.3 – 5.5 incelendiğinde; GLONASS ile GPS karşılaştırılmasında özellikle 2 saatlik ölçülerde büyük farkların olduğu, ölçü süresi arttıkça farkların azaldığı ve GPS değerlendirme sonuçlarına MIX çözümünün iyi yaklaşımı gösterdiği daha sonrada bunu Galileo karşılaştırmasının izlediği görülmüştür.

İzmir-Seferihisar depreminin TUSAGA istasyonlarına etkisini araştırmak için bölgede uygun dağılımda seçilmiş 7 adet istasyon kullanılmıştır. Bu noktaların deprem merkezine uzaklıkları ~60 ile 400 km arasında değişmektedir. Değerlendirmeye alınan noktalar, AKHI, BOZU, CINC, ESME, MNTS, SHUT, TVAS istasyonlarıdır. Çizelge 5.6 – 5.17 incelendiğinde, seçilen istasyonlardaki deprem öncesi ve deprem sonrası koordinatlar belirlenerek aradaki farkların anlamlı olup olmadığı t-testi ile araştırılmıştır. Bu kapsamda istasyon noktalarının depremin meydana geldiği 30.10.2020 günü esas alınarak depremden 15 gün önce, deprem günü ve depremden 15 gün sonraya ait GNSS verileri GAMIT/GLOBK yazılımında deprem saati merkez alınarak 2, 4, 12 saatlik ölçüler 14 adet IGS istasyonu kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilenler aşağıda sıralanmıştır.

- Sadece GPS ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.14 mm - 3.89 mm, x koordinat ekseninde 5.33 mm - 31.69 mm, h yönünde ise 5.39 mm – 52.73 mm arasında değiştiği görülmektedir. y koordinat ekseninde maksimum fark BOZU, x koordinat ekseninde MNTS, h yönünde ise AKHI istasyonlarında, minimum farklar ise y, x koordinat eksenleri yönünde AKHI, h yönünde ise BOZU istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y

koordinat ekseninde ± 0.08 mm - ± 2.56 mm, x koordinat ekseninde ± 4.34 mm - ± 30.88 mm, h yönünde ise ± 1.87 mm - ± 15.35 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

- Sadece GLONASS ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.84 mm - 427.47 mm, x koordinat ekseninde 1.02 mm - 495.55 mm, h yönünde ise 1.14 mm - 378.14 mm arasında değiştiği görülmektedir. y koordinat ekseninde maksimum fark AKHI, x koordinat ekseninde BOZU, h yönünde ise AKHI istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h koordinat eksenleri yönünde sırasıyla SHUT, ESME ve MNTS istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 0.13 mm - ± 9.28 mm, x koordinat ekseninde ± 0.18 mm - ± 33.62 mm, h yönünde ise ± 0.26 mm - ± 2.37 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.
- Sadece Galileo ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 1.64 mm - 27.01 mm, x koordinat ekseninde 0.34 mm - 45.08 mm, h yönünde ise 1.45 mm - 24.87 mm arasında değiştiği görülmektedir. y, x ve h koordinat eksenleri maksimum farklar sırasıyla AKHI, MNTS ve ESME istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h koordinat eksenleri yönünde sırasıyla MNTS, AKHI ve TVAS istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 0.48 mm - ± 6.56 mm, x koordinat ekseninde ± 0.10 mm - ± 22.32 mm, h yönünde ise ± 0.16 mm - ± 3.97 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.
- GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 2 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.10 mm - 13.39 mm, x koordinat ekseninde 1.18 mm - 39.05 mm, h yönünde ise 3.83 mm - 23.70 mm arasında değiştiği görülmektedir. y, h koordinat eksenleri maksimum farklar AKHI, x koordinat eksen yönünde ise MNTS, minimum farklar ise y, x ve h koordinat eksenleri yönünde sırasıyla MNTS, AKHI ve SHUT istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 0.04 mm - ± 6.49 mm, x koordinat

ekseninde ± 1.00 mm - ± 45.55 mm, h yönünde ise ± 0.97 mm - ± 7.78 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

- Sadece GPS ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.47 mm - 7.58 mm, x koordinat ekseninde 0.64 mm - 47.21 mm, h yönünde ise 0.90 mm - 11.10 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MNTS, h yönünde ise SHUT istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h koordinat eksenleri yönünde sırasıyla BOZU, SHUT ve TVAS istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 1.44 mm - ± 38.90 mm, x koordinat ekseninde ± 2.26 mm - ± 192.14 mm, h yönünde ise ± 0.84 mm - ± 13.24 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.
- Sadece GLONASS ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 1.51 mm - 120.57 mm, x koordinat ekseninde 0.41 mm - 98.93 mm, h yönünde ise 5.72 mm - 154.64 mm arasında değiştiği görülmektedir. y koordinat eksen yönünde maksimum fark AKHI, x ve h koordinat eksenleri yönünde ise BOZU istasyonlarında, minimum farklar ise y koordinat eksen yönünde TVAS, x ve h koordinat eksenleri yönünde ise ESME istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 1.14 mm - ± 9.05 mm, x koordinat ekseninde ± 0.24 mm - ± 67.15 mm, h yönünde ise ± 1.34 mm - ± 5.23 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar; y yönünde maksimum MNTS, minimum TVAS, x koordinat ekseninde maksimum MNTS, minimum AKHI, h yönünde ise maksimum TVAS, minimum ise ESME istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir.
- Sadece Galileo ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.82 mm - 5.08 mm, x koordinat ekseninde 0.15 mm - 47.19 mm, h yönünde ise 0.52 mm - 11.51 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksen yönünde maksimum farklar MNTS, h yönünde ise AKHI istasyonlarında, minimum farklar ise y koordinat eksen yönünde CINC, x ve h koordinat eksenleri yönünde ise BOZU istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir.

Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 2.34 mm - ± 14.87 mm, x koordinat ekseninde ± 0.42 mm - ± 133.41 mm, h yönünde ise ± 0.36 mm - ± 8.00 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.

- GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 4 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.25 mm - 6.84 mm, x koordinat ekseninde 0.11 mm - 47.71 mm, h yönünde ise 0.08 mm - 12.70 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum farklar MNTS, h yönünde ise ESME istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h koordinat eksenleri yönünde sırasıyla SHUT, BOZU ve AKHI istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 1.05 mm - ± 26.40 mm, x koordinat ekseninde ± 0.44 mm - ± 186.93 mm, h yönünde ise ± 0.05 mm - ± 8.24 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.
- Sadece GPS ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.12 mm - 6.64 mm, x koordinat ekseninde 0.33 mm - 48.59 mm, h yönünde ise 0.51 mm - 5.12 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MNTS, h yönünde ise SHUT istasyonlarında, minimum farklar ise y ekseninde TVAS, x ve h koordinat eksenleri yönünde BOZU istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 0.79 mm - ± 46.25 mm, x koordinat ekseninde ± 2.36 mm - ± 372.07 mm, h yönünde ise ± 1.10 mm - ± 8.07 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.
- Sadece GLONASS ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 3.69 mm - 31.79 mm, x koordinat ekseninde 0.86 mm - 50.69 mm, h yönünde ise 2.12 mm - 24.69 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve h koordinat eksenleri yönünde maksimum fark AKHI, x koordinat eksenleri yönünde ise MNTS istasyonlarında, minimum farklar ise y ve h yönünde ESME, x koordinat eksenleri yönünde CINC istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir.

Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 1.97 mm - ± 15.76 mm, x koordinat ekseninde ± 0.68 mm - ± 188.01 mm, h yönünde ise ± 1.69 mm - ± 5.62 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar; y koordinat ekseninde maksimum MNTS, minimum CINC, x koordinat ekseninde maksimum MNTS, minimum CINC, h yönünde ise maksimum TVAS, minimum ise CINC istasyonlarında elde edilmiştir.

- Sadece Galileo ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.14 mm - 6.89 mm, x koordinat ekseninde 0.04 mm - 47.51 mm, h yönünde ise 0.41 mm - 6.40 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MNTS, h koordinat eksenini yönünde ise CINC istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h yönünde sırasıyla TVAS, BOZU ve ESME istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 0.45 mm - ± 30.01 mm, x koordinat ekseninde ± 0.21 mm - ± 232.66 mm, h yönünde ise ± 0.62 mm - ± 8.80 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile benzer özellik göstermektedir.
- GPS+GLONASS+Galileo uydu kombinasyonu ile 12 saatlik ölçülerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen ortalama koordinat farkları, y koordinat ekseninde 0.46 mm - 6.96 mm, x koordinat ekseninde 0.20 mm - 48.01 mm, h yönünde ise 0.30 mm - 3.40 mm arasında değiştiği görülmektedir. y ve x koordinat eksenleri yönünde maksimum fark MNTS, h koordinat eksenini yönünde ise AKHI istasyonlarında, minimum farklar ise y, x ve h yönünde sırasıyla TVAS, BOZU ve ESME istasyonlarında olduğu tespit edilmiştir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, y koordinat ekseninde ± 2.10 mm - ± 43.66 mm, x koordinat ekseninde ± 1.37 mm - ± 376.42 mm, h yönünde ise ± 0.65 mm - ± 7.12 mm arasında değiştiği görülmektedir. Koordinat eksenleri yönünde elde edilen karesel ortalama hatalar, koordinat eksenleri yönünde elde edilen sıralama ile genel olarak benzer özellik göstermektedir.

Çizelge 5.6 - 5.17, Şekil 5.3 - 5.14 ile EK-1, birlikte değerlendirildiğinde, deprem öncesi ve deprem sonrası değişimin deprem üssüne en yakın olan MNTS istasyonunda olduğu, deprem merkezinden uzaklaştıkça genel olarak noktadaki değişimlerin

azaldığı, deprem öncesi ve deprem sonrası değerlendirmenin ölçü süresi arttıkça daha sağlıklı yapılabileceği görülmektedir.

2 saatlik ölçülerle analizin sağlıklı yapılamayacağı, 4 ve 12 saatlik ölçülerin ise birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Deprem öncesi ve deprem sonrası karşılaştırmalar yapıldığında, ortak varyansın ölçü süresi arttıkça arttığı yani deprem öncesi ve deprem sonrası değişimlerin daha net belirlendiği görülmektedir. Ayrıca, ölçü süresi arttıkça, ortak varyans m_x 'de sırasıyla en fazla MIX, GPS, Galileo ve GLONASS'ta, m_y 'de ise sırasıyla en fazla değişimin GPS, MIX, Galileo ve GLONASS'ta değiştiği görülmektedir. Deprem öncesi ve deprem sonrası karşılaştırmaların yapıldığı çalışmalarda, ölçü süresi arttıkça daha sağlıklı sonuçlara varılabileceği ve her zaman tüm uydu kombinasyonlarının bir arada kullanıldığı konfigürasyonun daha iyi sonuç vermediği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Angrisano, A., Dardanelli, G., Innac, A., Pisciotto, A., 2020, Performance Assessment of PPP Surveys with Open Source Software Using the GNSS GPS–GLONASS–Galileo Constellations, Appl. Sci. 2020, 10(16), 5420; <https://doi.org/10.3390/app10165420>
- Ashour, I., Tokhey, M, E., Mogahed, Y., Ragheb, A., 2021, Performance of global navigation satellite systems (GNSS) in absence of GPS observations, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.016>
- Atiz, Ö, F., Shakor, A. Q., Ögütçü, S., Alçay, S., 2021, Performance investigation of Trimble RTX correction service with multi-GNSS constellation, DOI: 10.1080/00396265.2021.1999128
- Ayso, E., GPS L1-C1 Ve Galileo E1-C1 Gözlemleri Kullanılarak Üç Boyutlu Konum Belirlenmesi Üzerine Araştırma, Konya Teknik Üniversitesi, 2021
- Bahadur, B., Çoklu-GNSS İle Hassas Nokta Konumlama Performansının İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Haccetepe Üniversitesi, Ankara, 2017
- Bhatta, B., 2021, Global Navigation Satellite Systems: New Technologies and Applications Second Edition, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York.
- Birinci, S., Çoklu-GNSS Hassas Nokta Konumlama Yazılımı Geliştirilmesi ve Performans Analizi: GTU-APAS, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, 2021
- Brach, M., 2022, Rapid Static Positioning Using a Four System GNSS Receivers in the Forest Environment, <https://doi.org/10.3390/f13010045>
- Bülbül, S., 2022, Bilimsel, Ticari ve Web Tabanlı GNSS Değerlendirme Yazılımları, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Ders Notu, Konya.
- Chen, G., Wei, N., Li, M., Zhao, Q., Niu, Y., Cai, H., Meng, Y., 2021, Assessment of BDS-3 terrestrial reference frame realized by broadcast ephemeris: comparison with GPS/Galileo, GPS Solutions Dergisi, <https://doi.org/10.1007/s10291-021-01204-0>
- Chen, J., Zhao, X., Liu, C., Zhu, S., Liu, Z., Yue, D., 2020, Evaluating the Latest Performance of Precise Point Positioning in Multi-GNSS/RNSS: GPS, GLONASS, BDS, Galileo and QZSS, doi:10.1017/S0373463320000508
- Çınar, F., 21.07.2017 Bodrum-Kos Depremi Sonrası Bölgedeki GNSS Nokta Koordinatlarının Güncellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 2021
- Floyd, M. A., Herring, T. A., King, R. W., McClusky S. C., 2022, GAMIT/GLOBK Quick Start Guide, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.

- Gündüz, A. M., 2019, Tusaga-Aktif Noktalarının Deformasyon Belirlemede Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Konya.
- Herring, T. A., Floyd, M. A., King, R. W., McClusky S. C., 2015, GLOBK Reference Manual: Global Kalman filter VLBI and GPS Analysis Program, Release 10.6, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Amerika Birleşik Devletleri.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky S. C., 2018, Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.7, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Amerika Birleşik Devletleri.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky S. C., 2018, GAMIT (GPS Analysis at MIT) Reference Manual Release 10.7, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Amerika Birleşik Devletleri.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2022, Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS): Teori ve Uygulama, 11. basım, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Kahveci, M., 2017, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Karimi, H., 2021, An analysis of satellite visibility and single point positioning with GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou-2/3, <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00391-2>
- Kiliszek, D., Kroszczyński, K., 2020, Performance of the precise point positioning method along with the development of GPS, GLONASS and Galileo systems, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108009>
- Koca, B., 2019, GNSS Sistemlerindeki Güncel Durum ve Son Gelişmelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya
- Köz, İ., Erol, S., Karaç, A. M., Erol, B., 2019, Çoklu-GNSS ile Mutlak Prezisyonlu Nokta Konum Belirleme Üzerine Örnek Bir İnceleme, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Kürçer, A., Elmacı, H., Savaş, F., Kayadibi, Ö., 2020, 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi (Mw 6,9) Üzerine Bir Değerlendirme, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Ankara
- McDonald, K.D., 2002, The modernization of GPS: Plans, New Capabilities and the Future Relationship to Galileo, Journal of Global Positioning Systems, 1(03), 1-17.
- Mirmohammadian, F., Asgari, J., Verhagen, S., Simkoei A. A., 2022, Improvement of Multi-GNSS Precision and Success Rate Using Realistic Stochastic Model of Observations, <https://doi.org/10.3390/rs14010060>
- Öğütçü, S., Erkavas, Y. K., Shakor, A. Q., Farhan, H. T., 2021, Investigating the latest contribution of BeiDou-3 FOC to GPS/GLONASS/Galileo PPP, DOI: 10.1080/00396265.2021.2017110

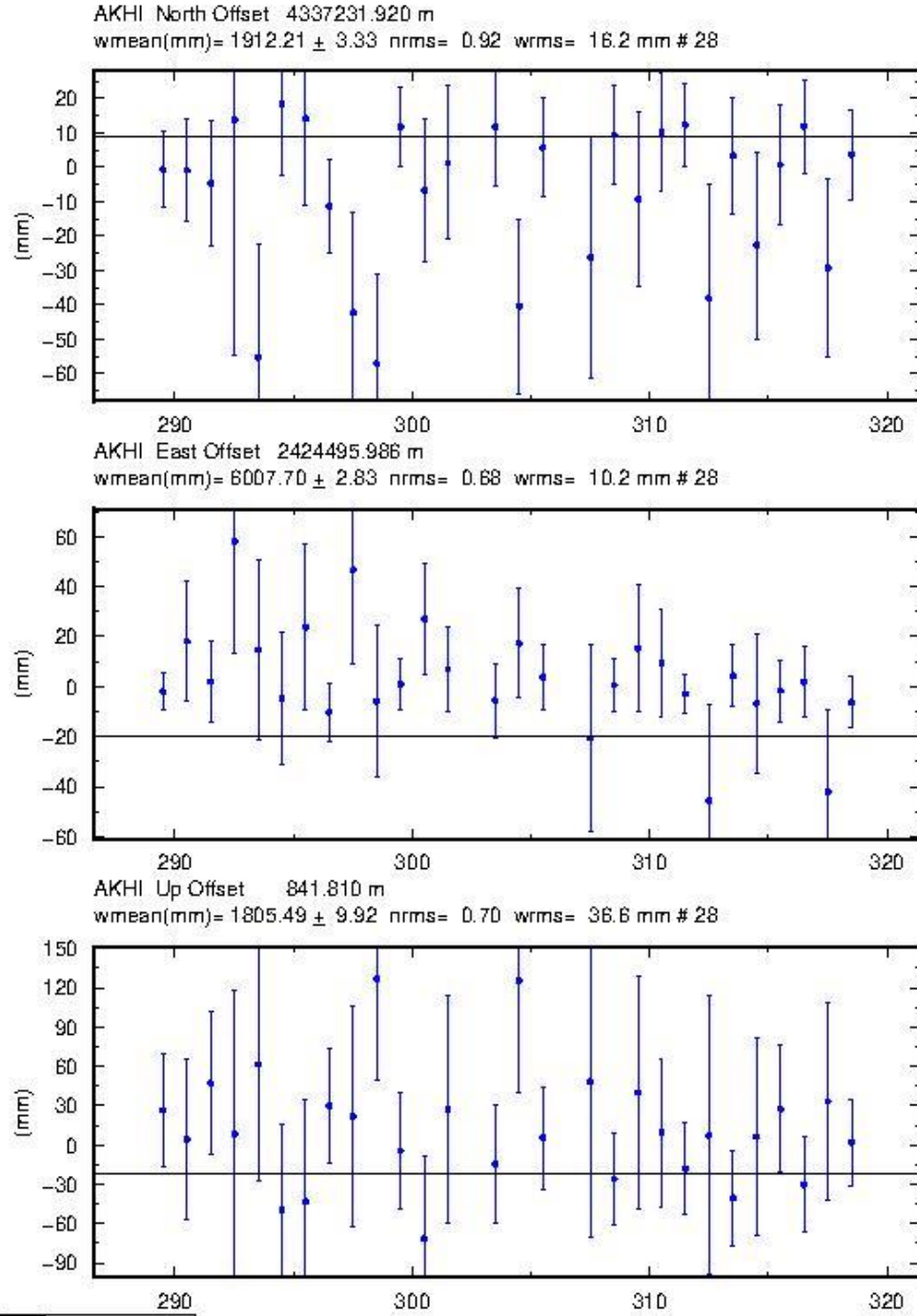
- Öğütçü, S., Shakor, A. Q., Farhan, H. T., 2022, Investigating the effect of observation interval on GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou static PPP, International Journal of Engineering and Geosciences– 2022; 7(3); 294-301
- Pırtı, A., Hoşbaş, R. G. , Şenel, B. , Köroğlu, M. & Bilim, S., 2021, Galileo Uydu Sistemi ve Sinyal Yapısı . Geomatik , 6 (3) , 207-216 . DOI: 10.29128/geomatik.750469
- Pırtı, A., Kurtulgu, Z., 2021, Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları Kullanılarak Yapılaşmış Ve Ağaçlık Bölgelerdeki Konum Belirlemenin Doğruluk Analizi, Geomatik Dergisi, 6(1); 01-14.
- Samama, N., 2008, Global Positioning: Technologies and Performances, John Wiley ve Sons, Amerika Birleşik Devletleri.
- Sośnica, K., Bury, G., Zajdel, R., Traveset, J. V., Mendes, L., 2021, GPS, GLONASS, and Galileo orbit geometry variations caused by general relativity focusing on Galileo in eccentric orbits, <https://doi.org/10.1007/s10291-021-01192-1>
- Van Dierendonck, A.J., Russell, S.S., Kopitzke E.R. and Birnbaum M., 1978, The GPS Navigation Message, Journal of The Institute of Navigation, 25, 147-165.
- X, Luo., S, Schaufler., M, Branzanti., J, Chen., 2021, Assessing the benefits of Galileo to high-precision GNSS positioning – RTK, PPP and post-processing, Advances in Space Research 68 4916–4931
- Xie, Wei., Huang, G., Cui, B., Li, P., Cao, Y., Wang, H., Chen, Z., Shao, B., 2019, Characteristics and Performance Evaluation of QZSS Onboard Satellite Clocks, Sensors, doi:10.3390/s19235147
- Yalvaç, S., 2021, Investigating the historical development of accuracy and precision of Galileo by means of relative GNSS analysis technique, <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00560-8>
- Yılmaz, Y. 2000. Ege Bölesinin Aktif Tektoniği, Batı Anadolu Deprem Sempozyumu (BADSEM) Bildiriler Kitabı, s: 3-14. ISBN: 975-585-148-8, İzmir
- Zhao, L., Blunt, P., Yang, L., 2022, Performance Analysis of Zero-Difference GPS L1/L2/L5 and Galileo E1/E5a/E5b/E6 Point Positioning Using CNES Uncombined Bias Products, <https://doi.org/10.3390/rs14030650>
- Zhou, W., Cai, H., Chen, G., Jiao, W., He, Q., Yang, Y., 2022, Multi-GNSS Combined Orbit and Clock Solutions at iGMAS, <https://doi.org/10.3390/s22020457>
- URL 1 : <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- URL 2 : <https://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/#L5>
- URL 3 : <https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/File:GlonassConstellation.JPG>

- URL 4 : <https://spaceflightnow.com/2015/03/27/managers-confident-ahead-of-critical-launch-for-galileo-navigation-system/>
- URL 5 : <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo>
- URL 6 : <https://uzayteknesi.com/2019/11/17/yorunge-tipleri-meo/>
- URL 7 : <https://igs.org/network>
- URL 8 : <https://ggos.org/item/igs/>
- URL 9 : https://www.glonass-iac.ru/en/about_glonass/
- URL 10: <https://www.harita.gov.tr/public/sunum/>
- URL 11: <https://www.glonass-iac.ru/en/sostavOG/>
- URL 12: <https://www.gsc-europa.eu/system-service-status/constellation-information>
- URL 13: <https://www.isro.gov.in/SatelliteNavigationServices.html>
- URL 14: <https://qzss.go.jp/en/technical/qzssinfo/index.html>

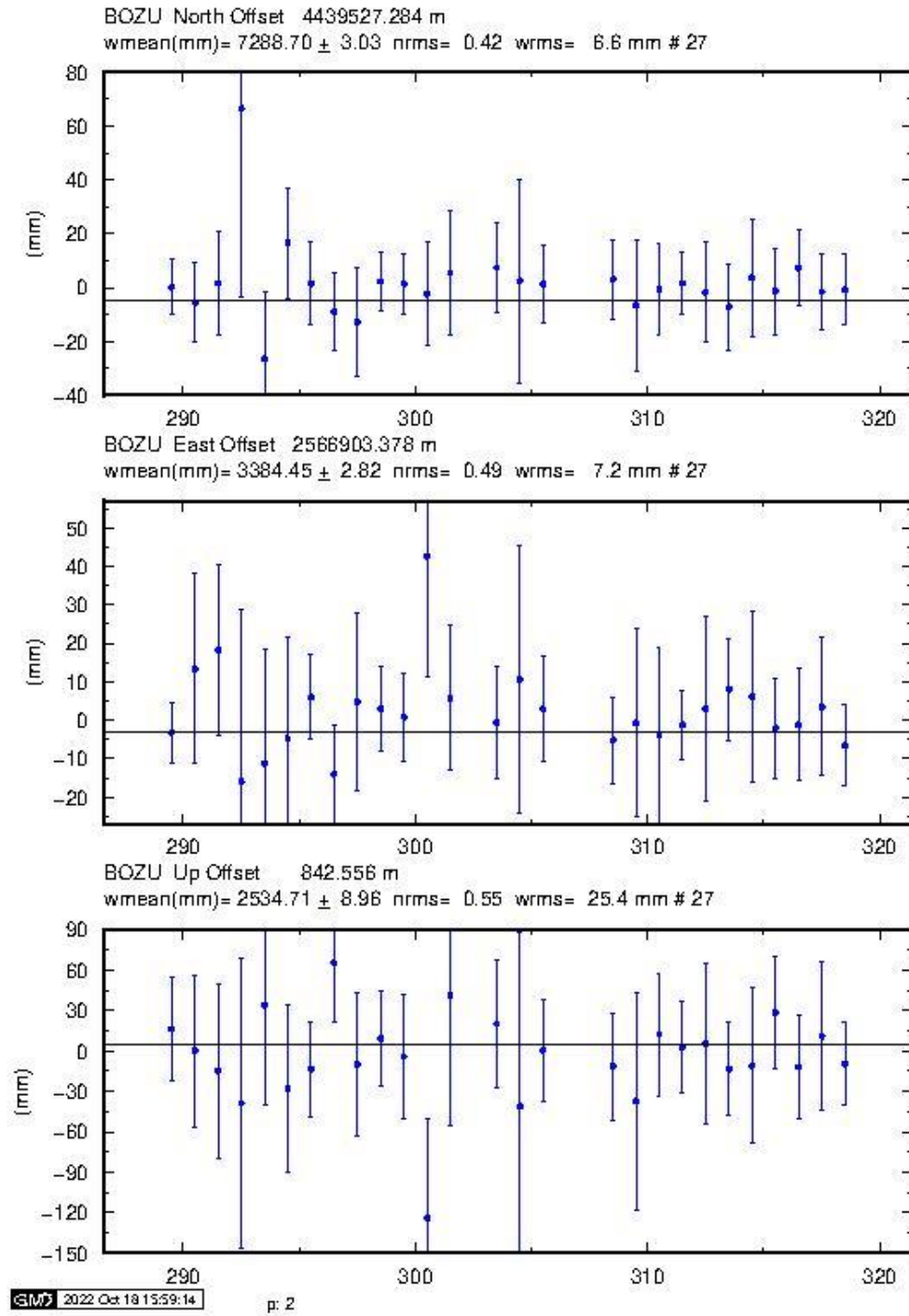
EKLER

EK-1 Zaman Serisi Grafikleri

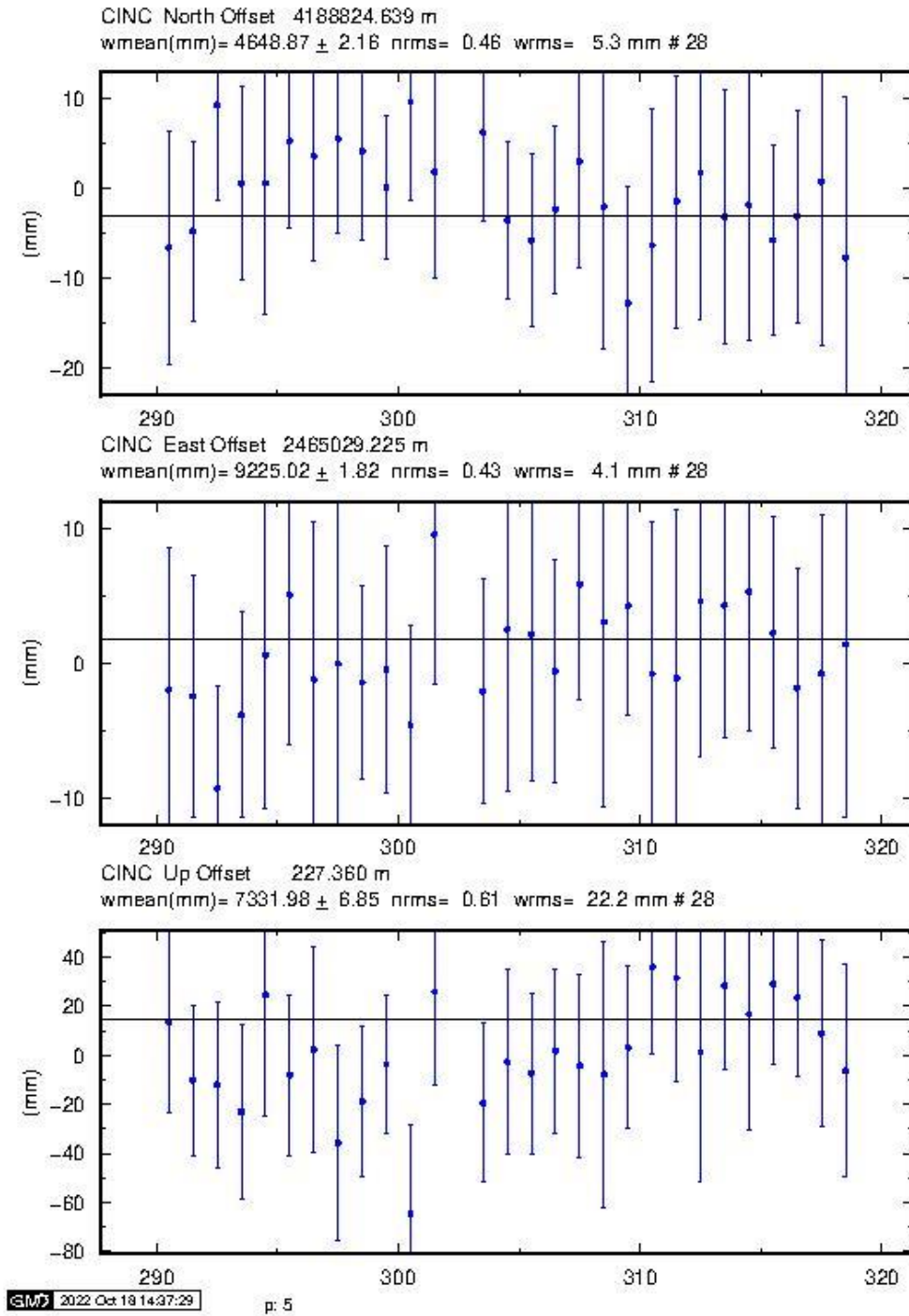
2 saatlik GPS ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



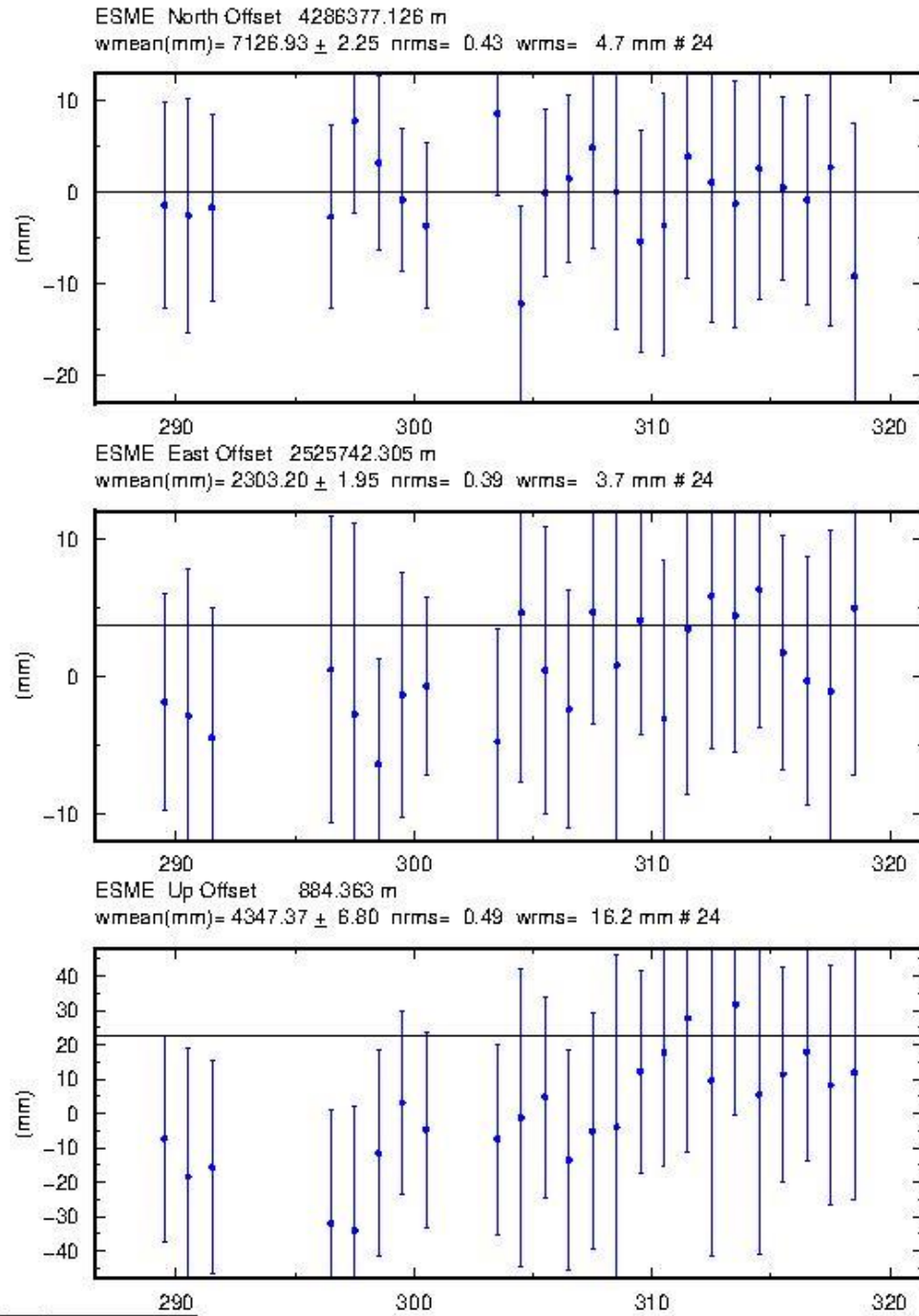
2 saatlik GPS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



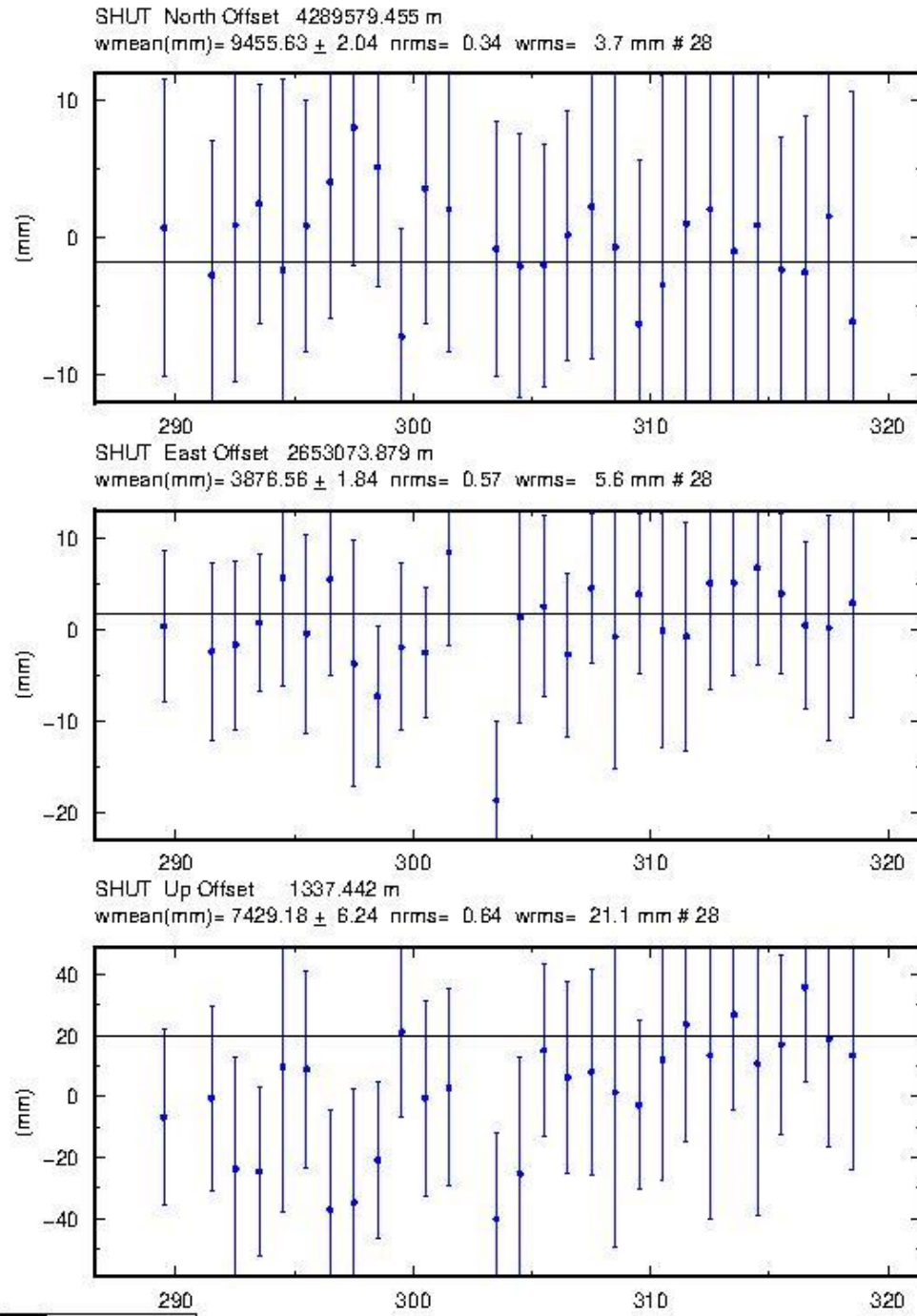
2 saatlik GPS ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



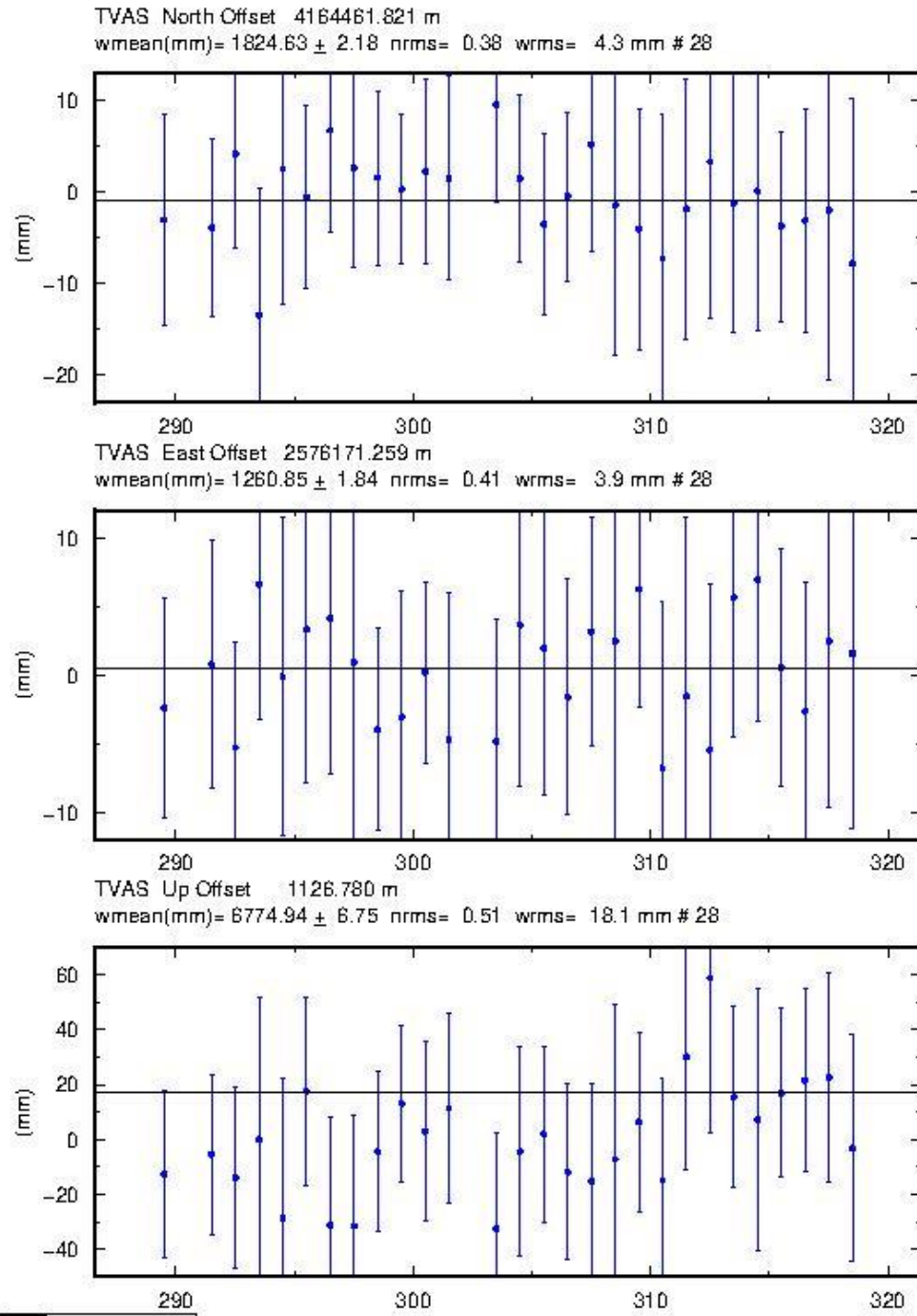
2 saatlik GPS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



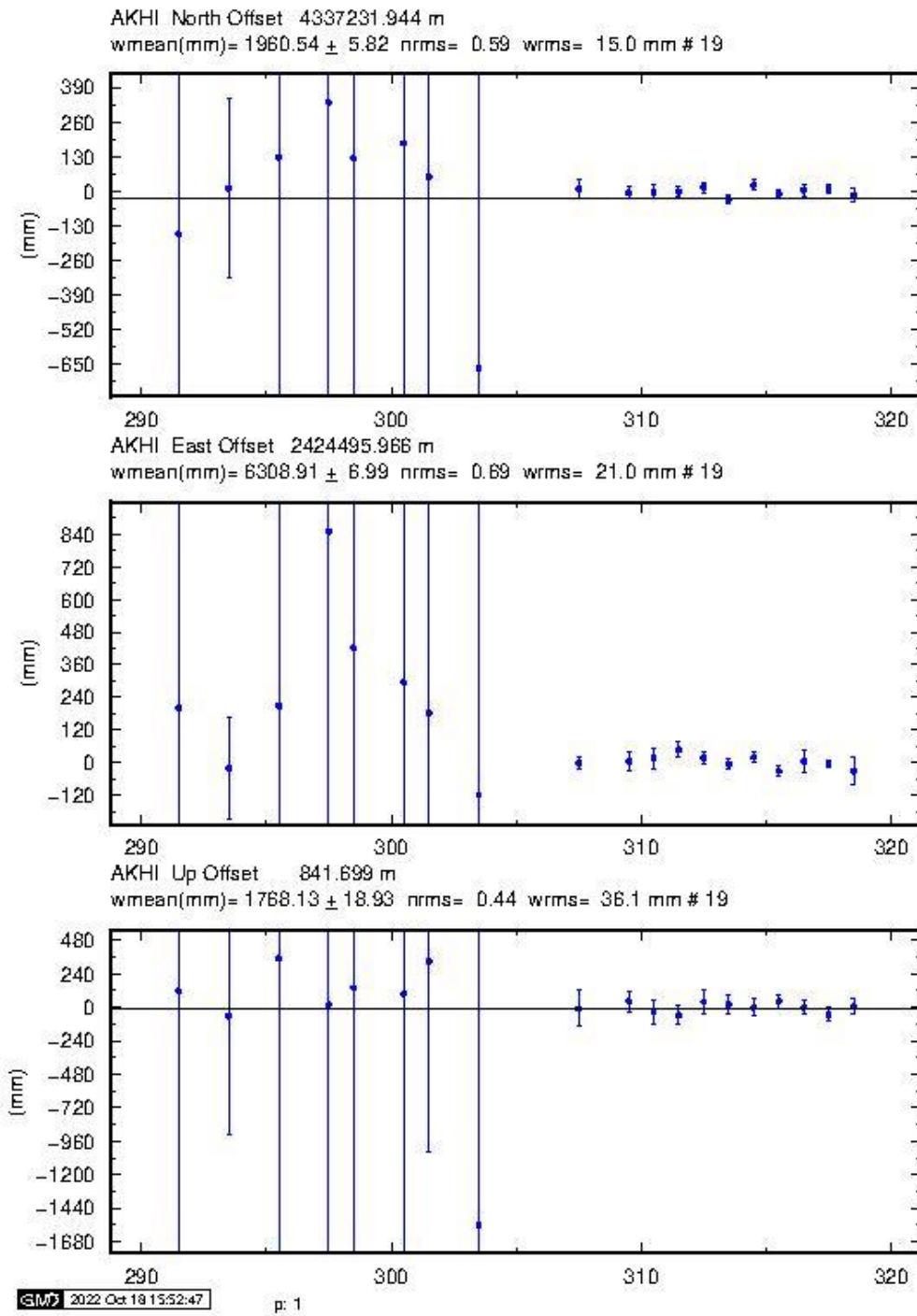
2 saatlik GPS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



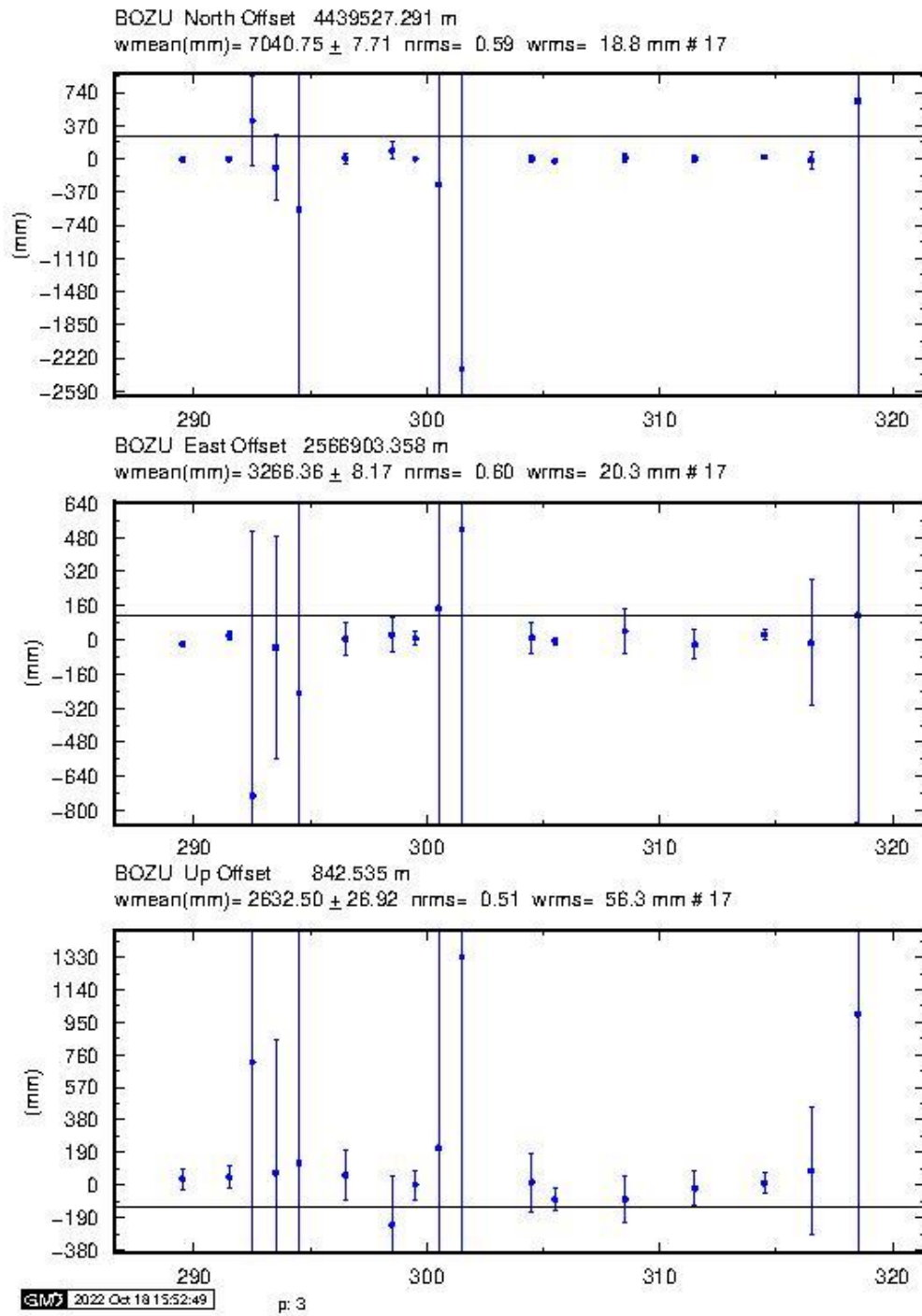
2 saatlik GPS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



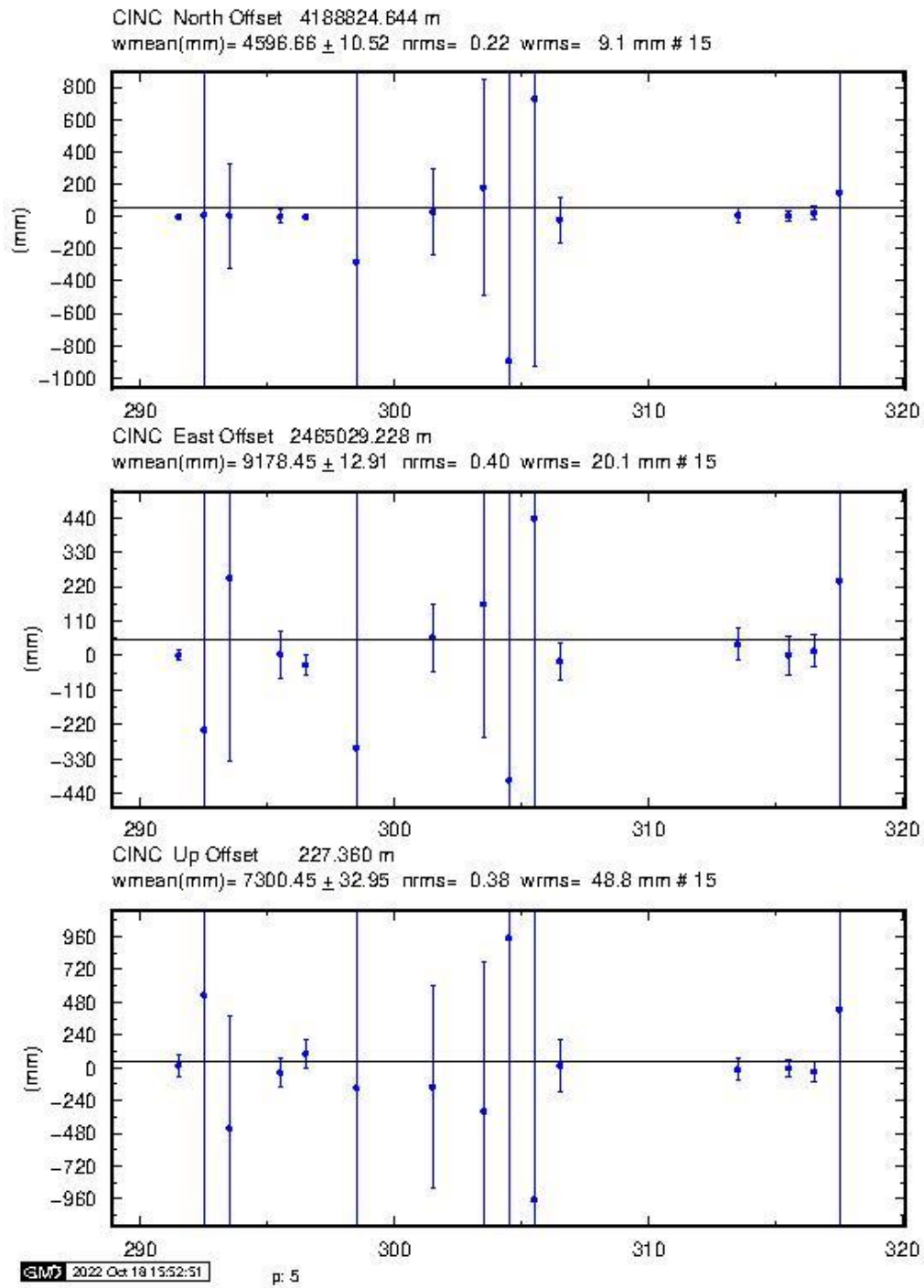
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



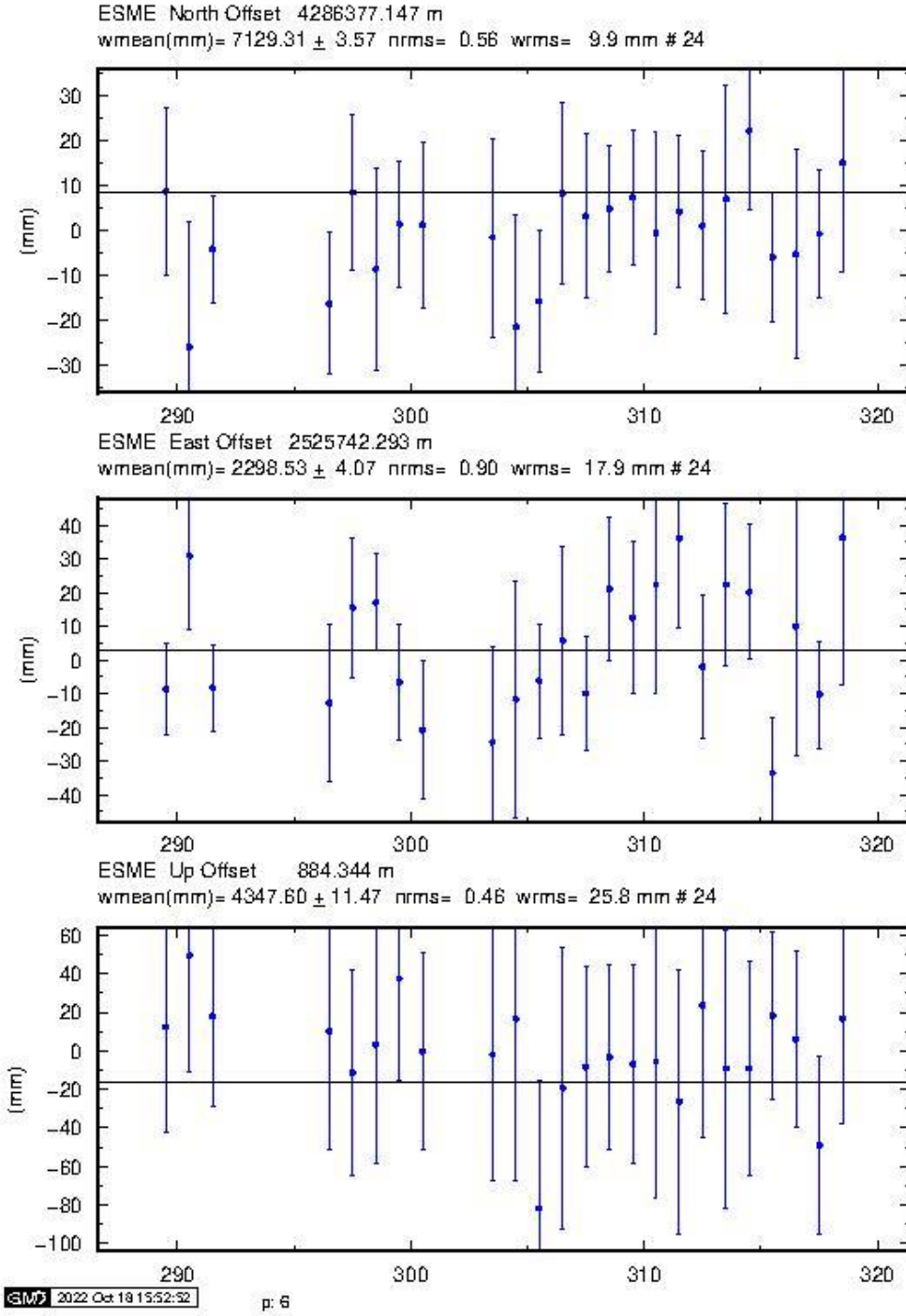
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



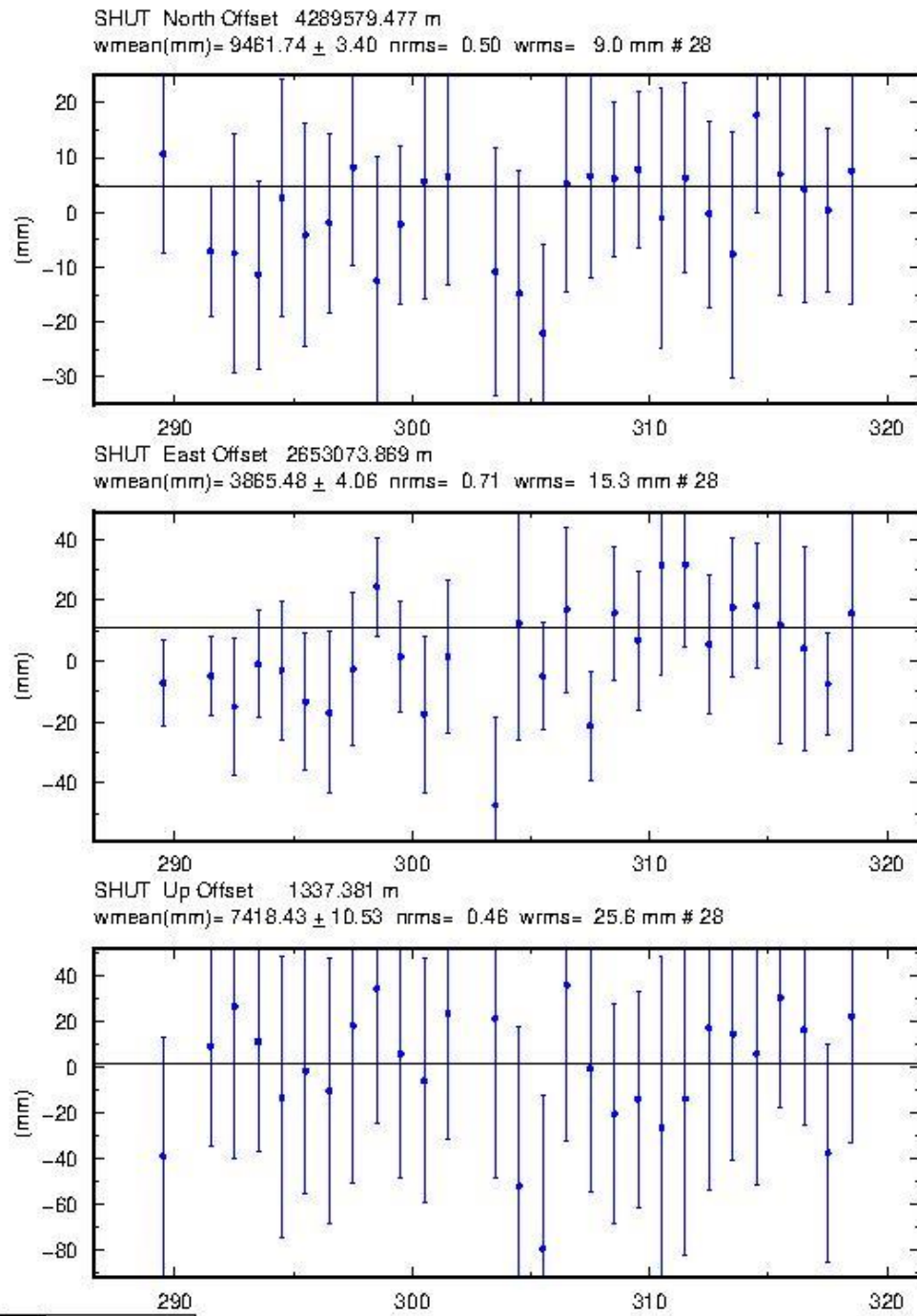
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



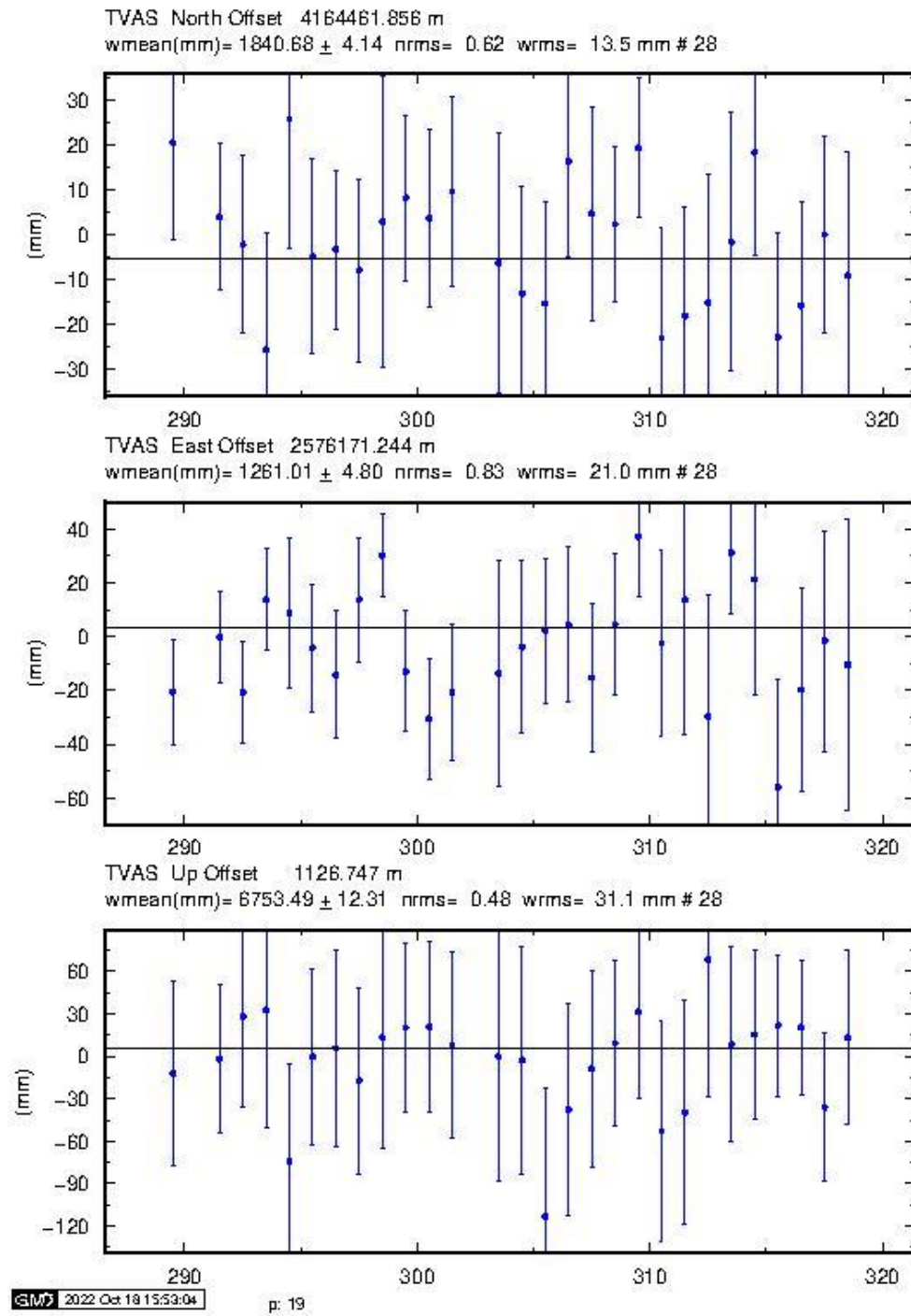
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



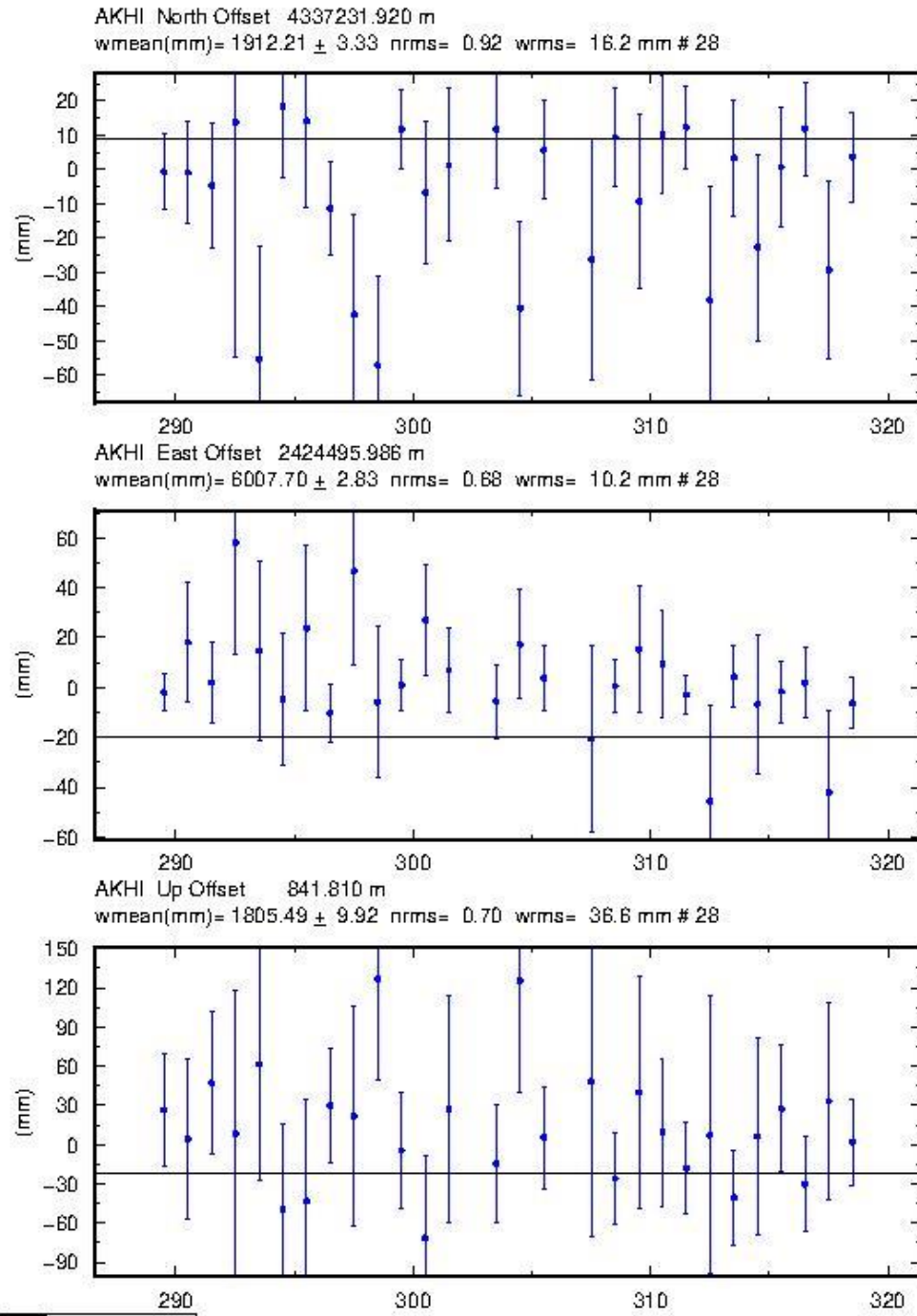
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



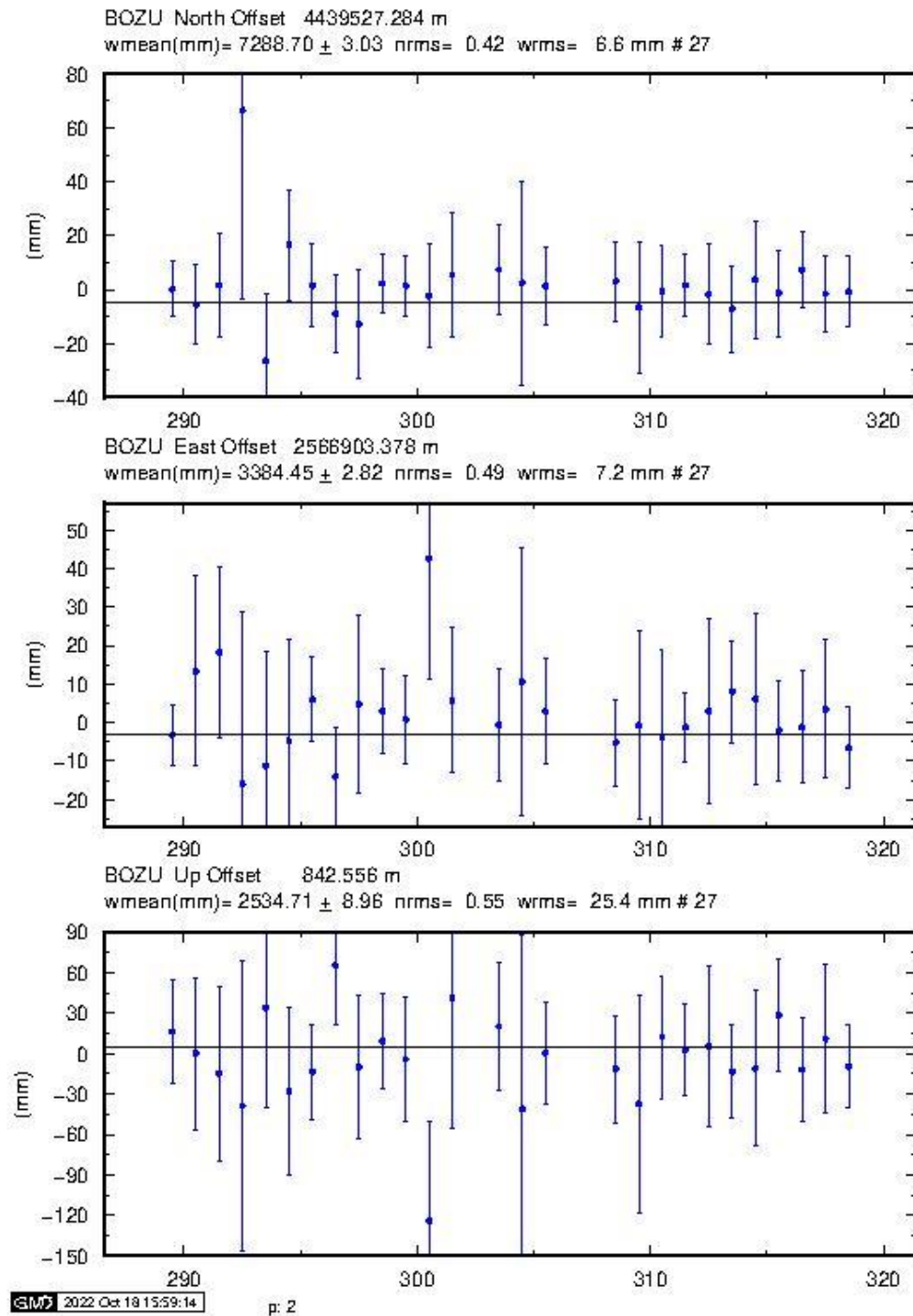
2 saatlik GLONASS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



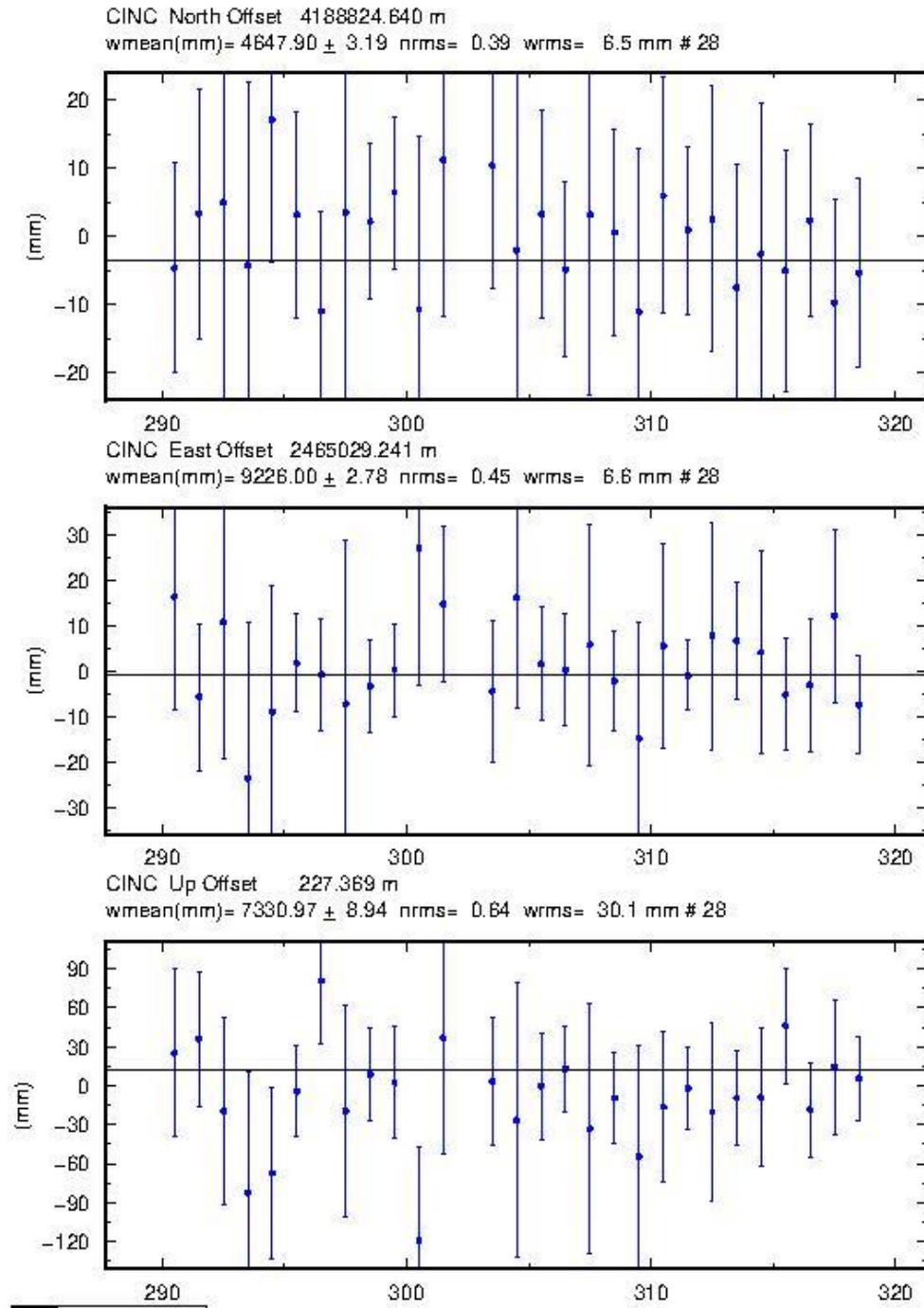
2 saatlik Galileo ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



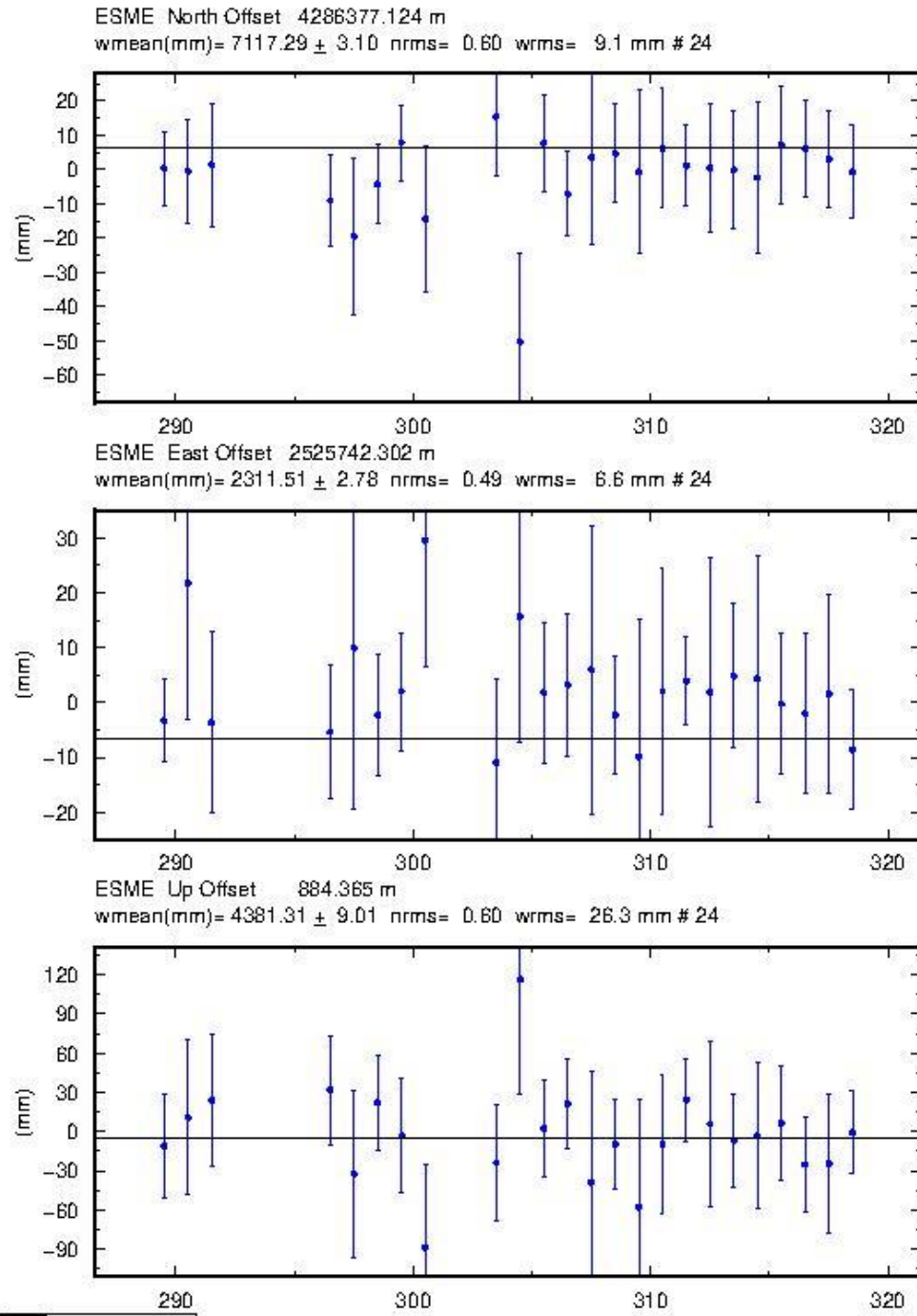
2 saatlik Galileo ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



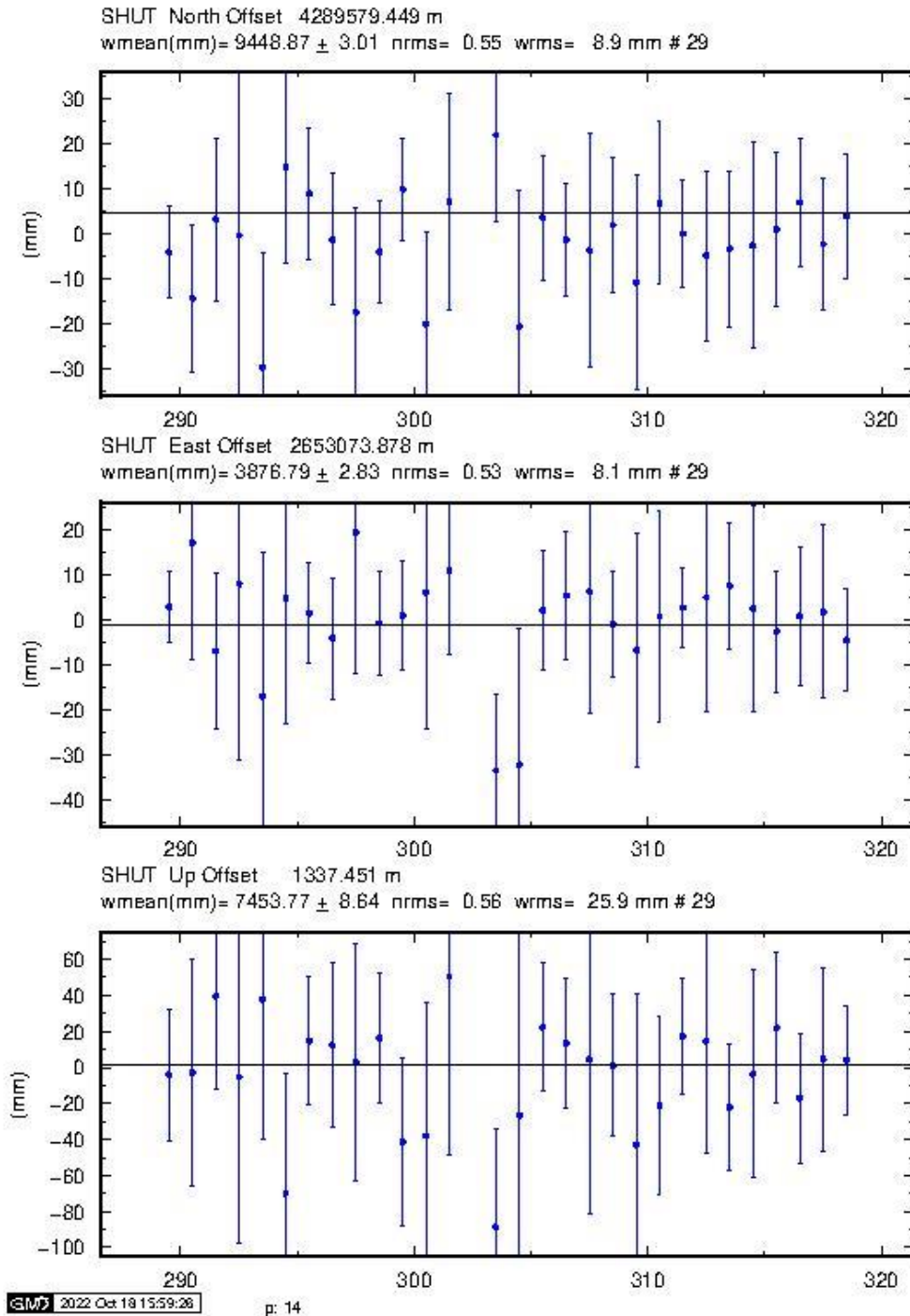
2 saatlik Galileo ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



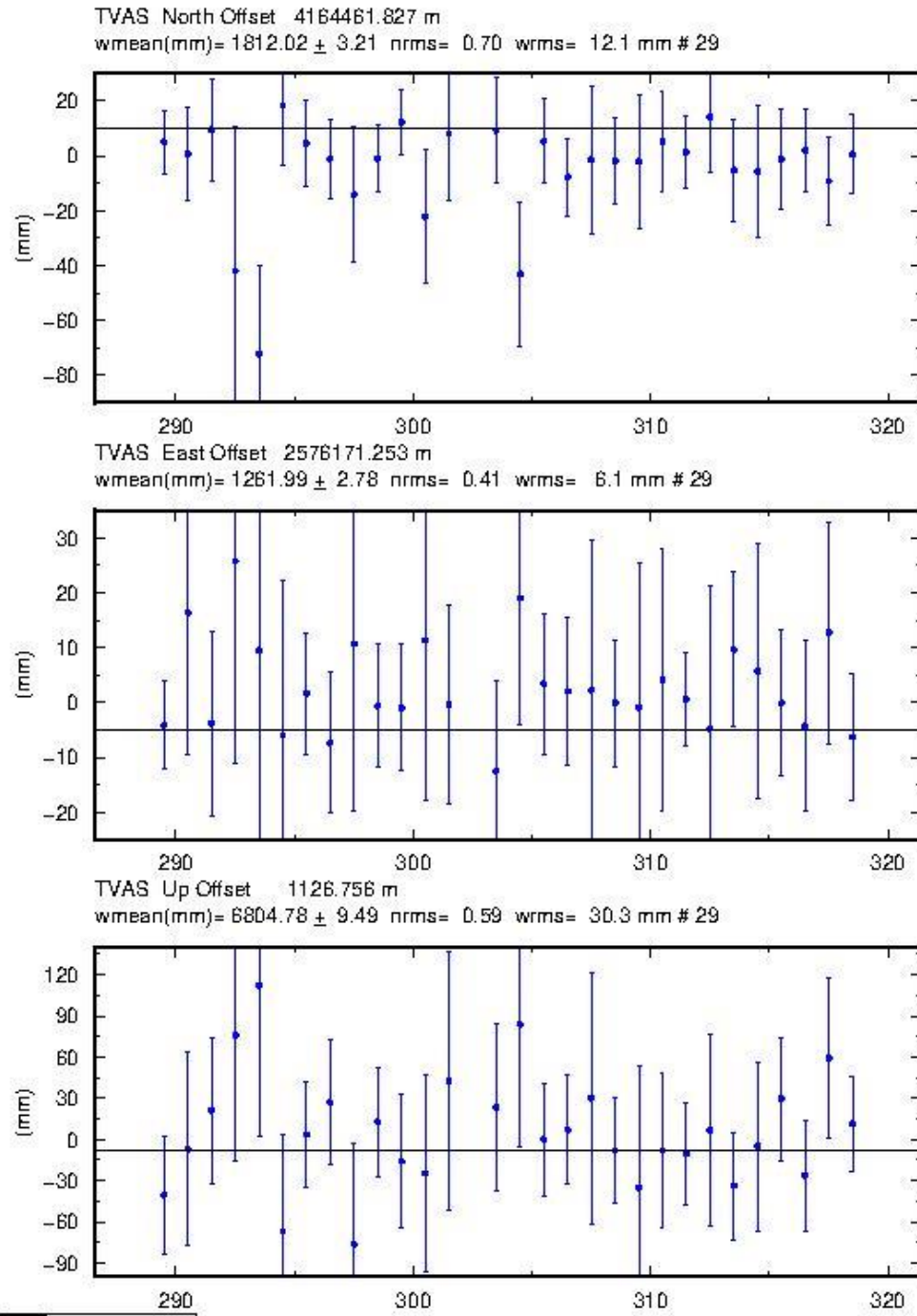
2 saatlik Galileo ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



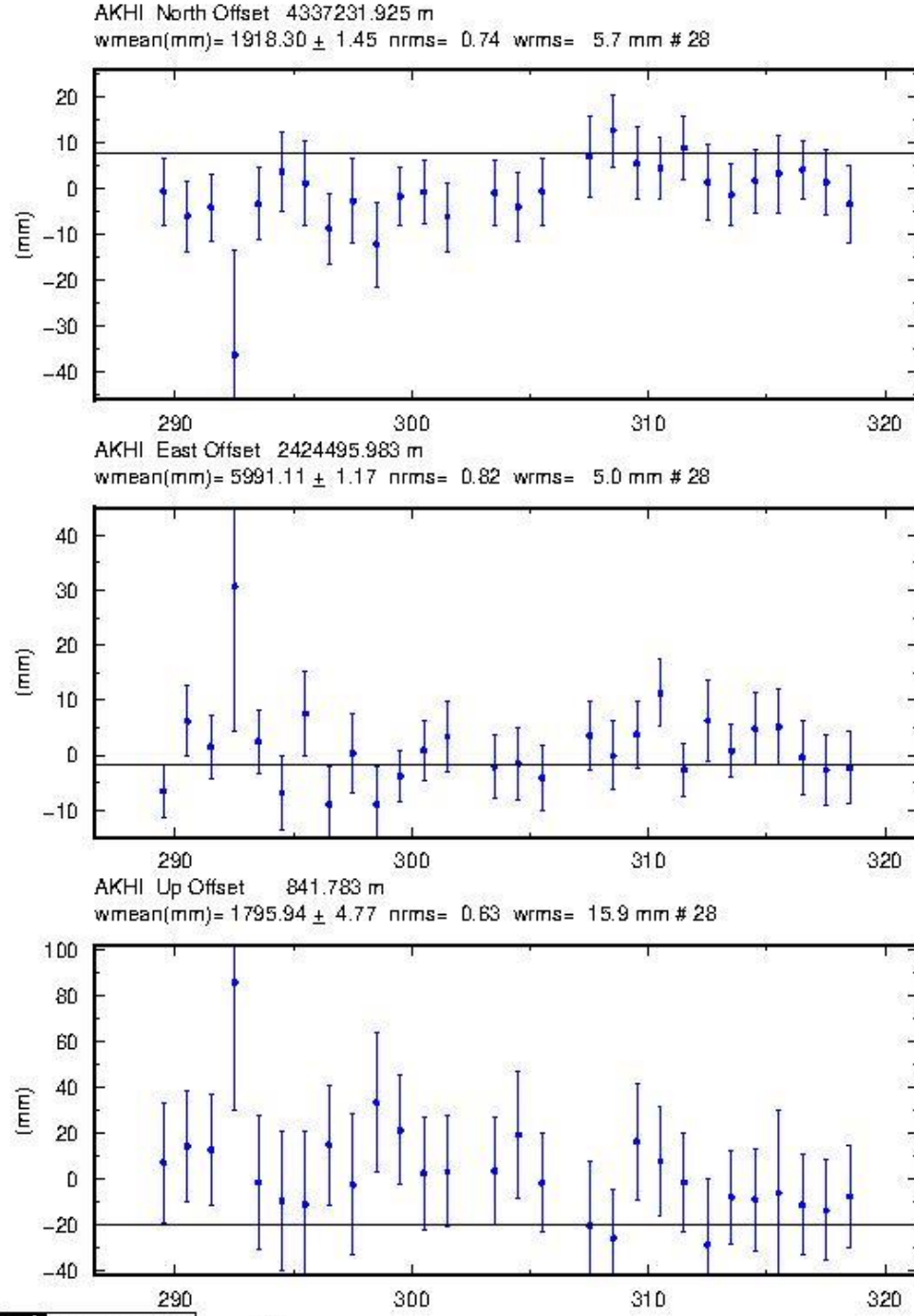
2 saatlik Galileo ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



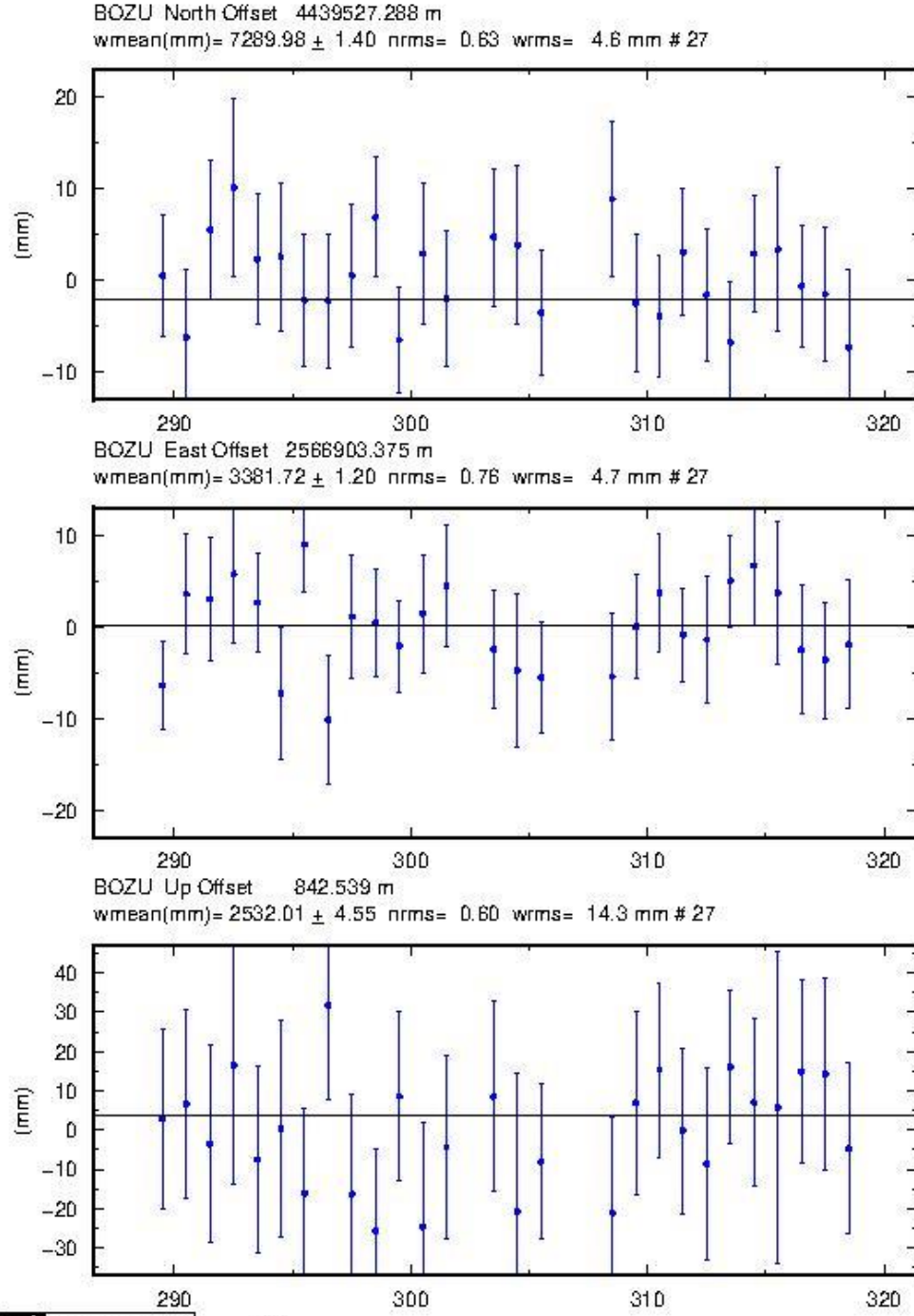
2 saatlik Galileo ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



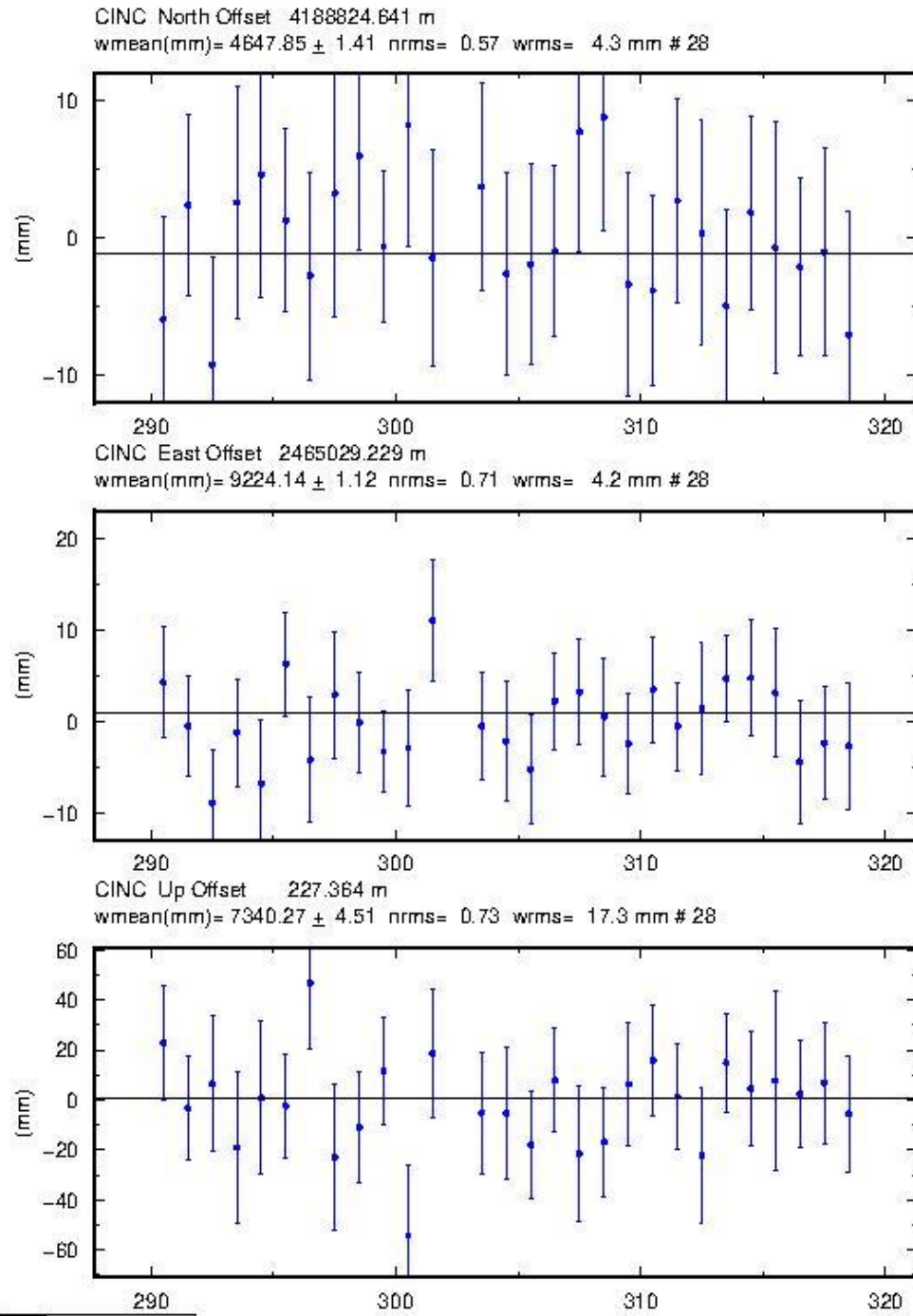
2 saatlik MIX ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



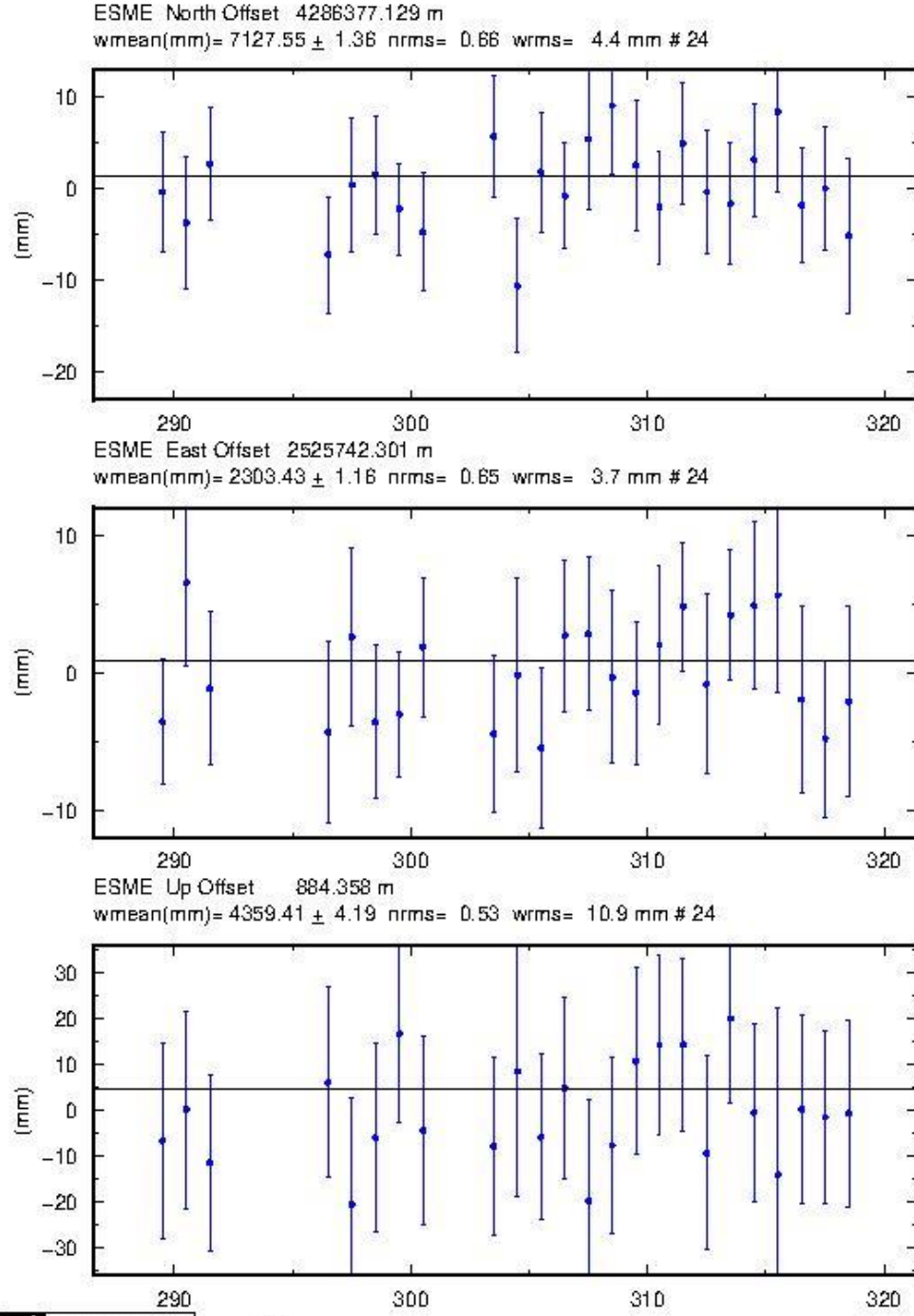
2 saatlik MIX ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



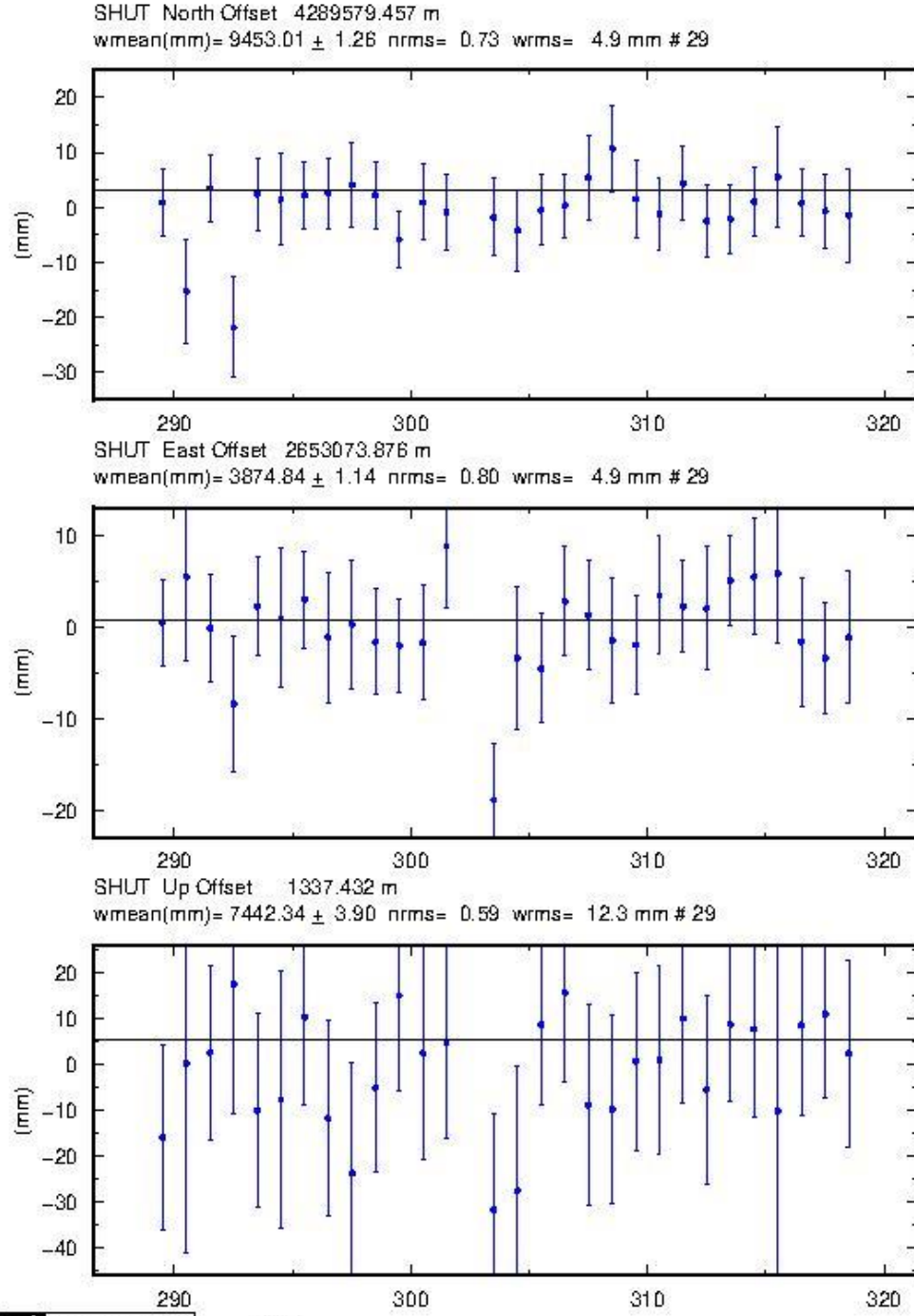
2 saatlik MIX ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



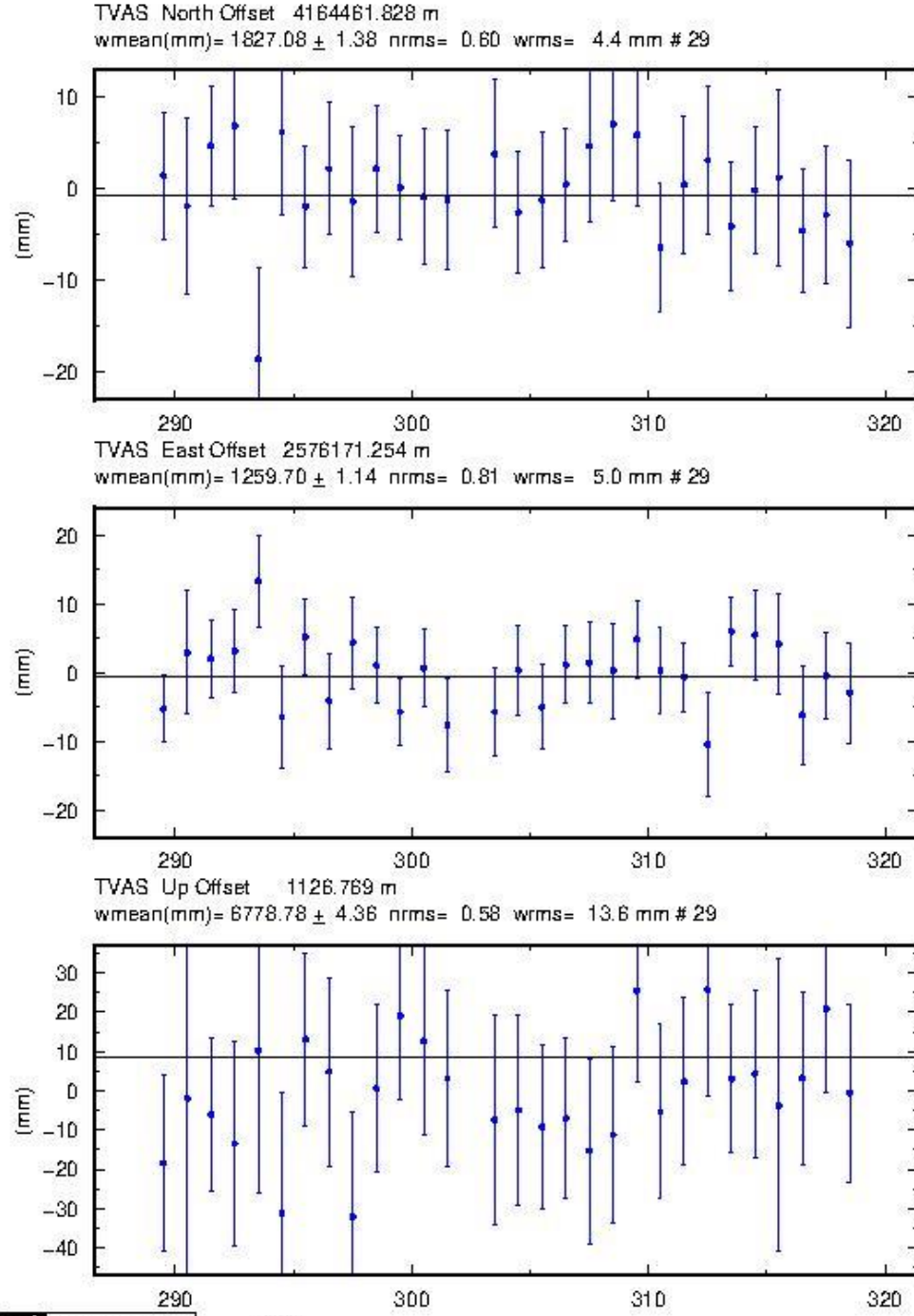
2 saatlik MIX ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



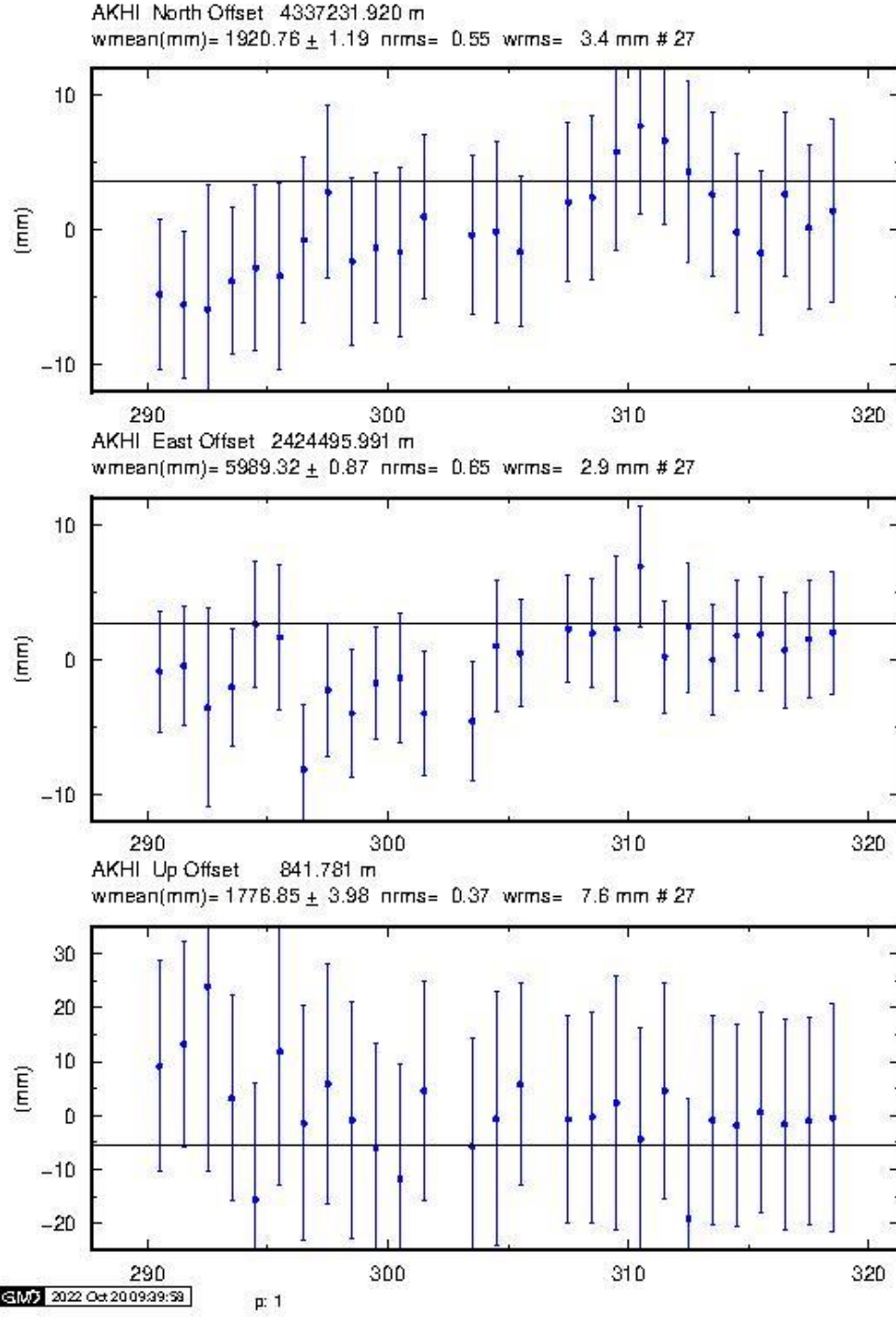
2 saatlik MIX ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



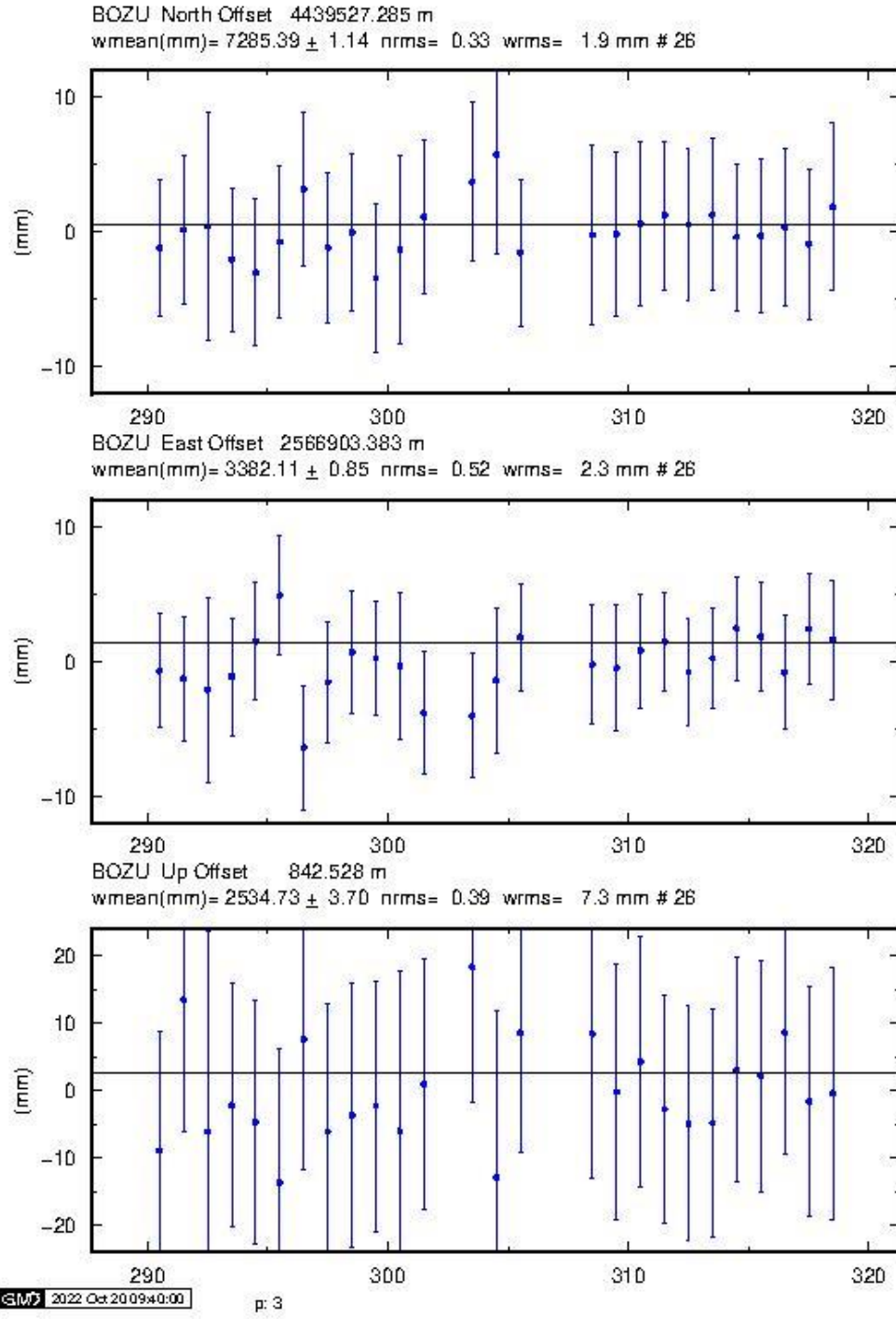
2 saatlik MIX ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



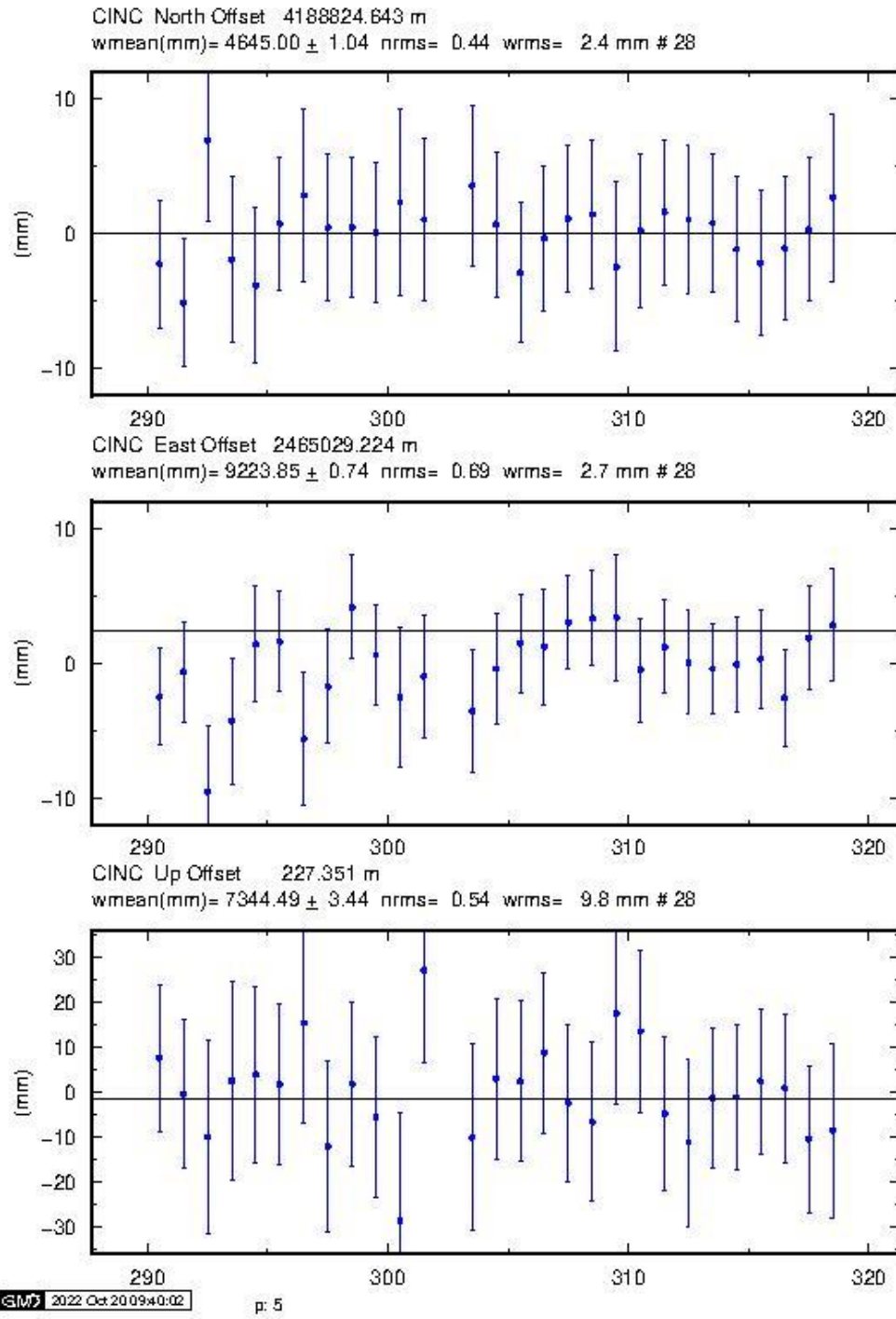
4 saatlik GPS ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



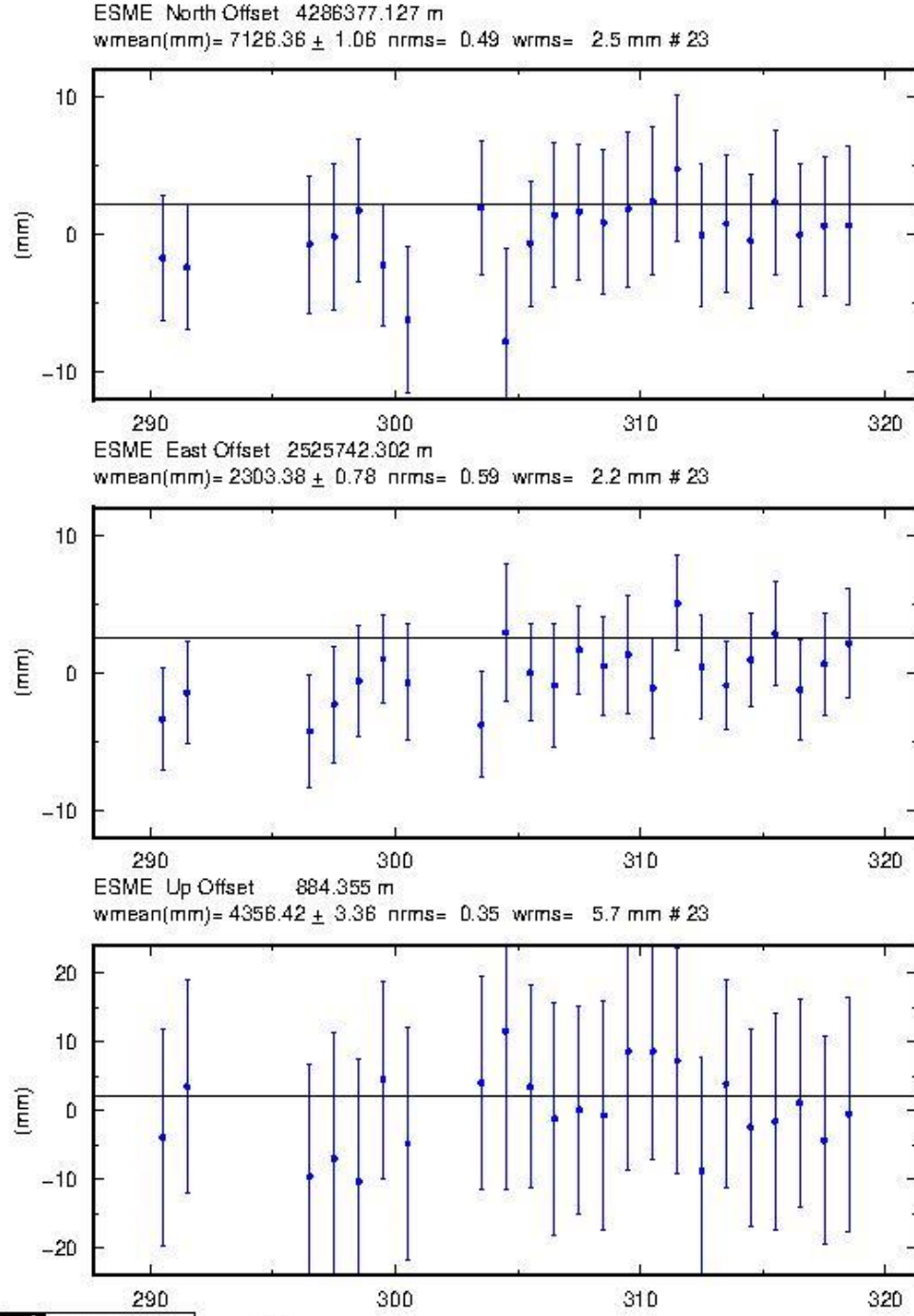
4 saatlik GPS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



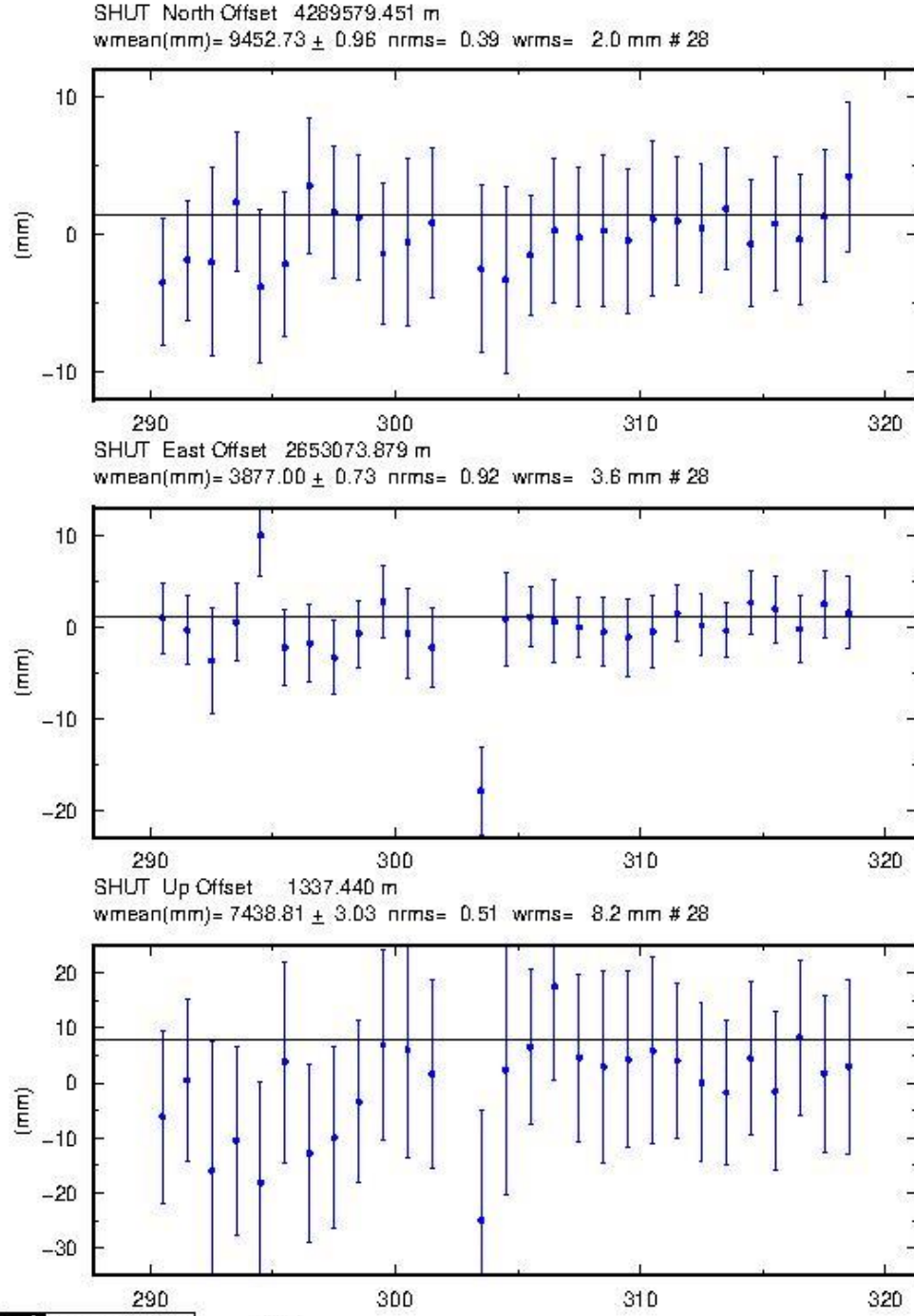
4 saatlik GPS ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



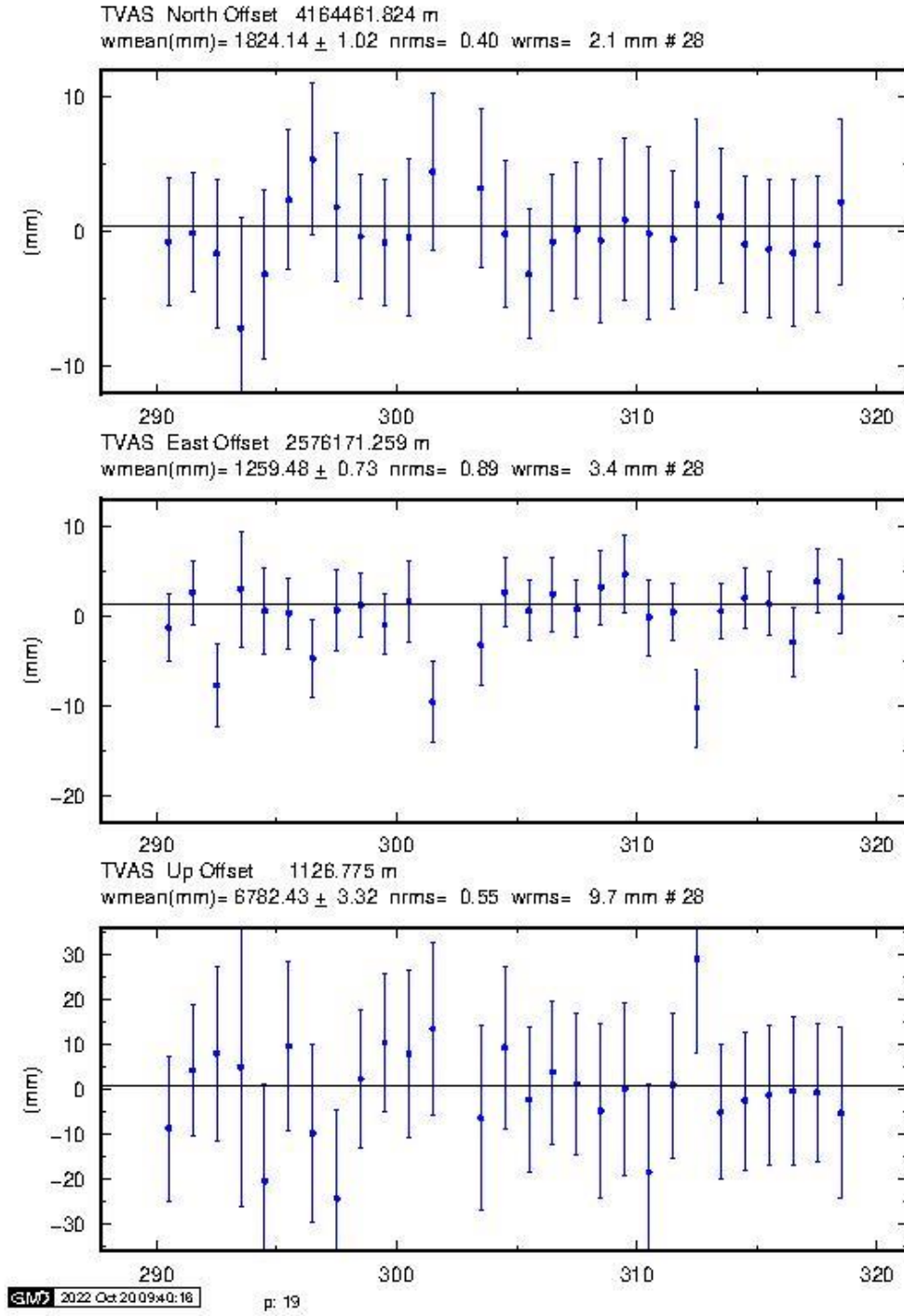
4 saatlik GPS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



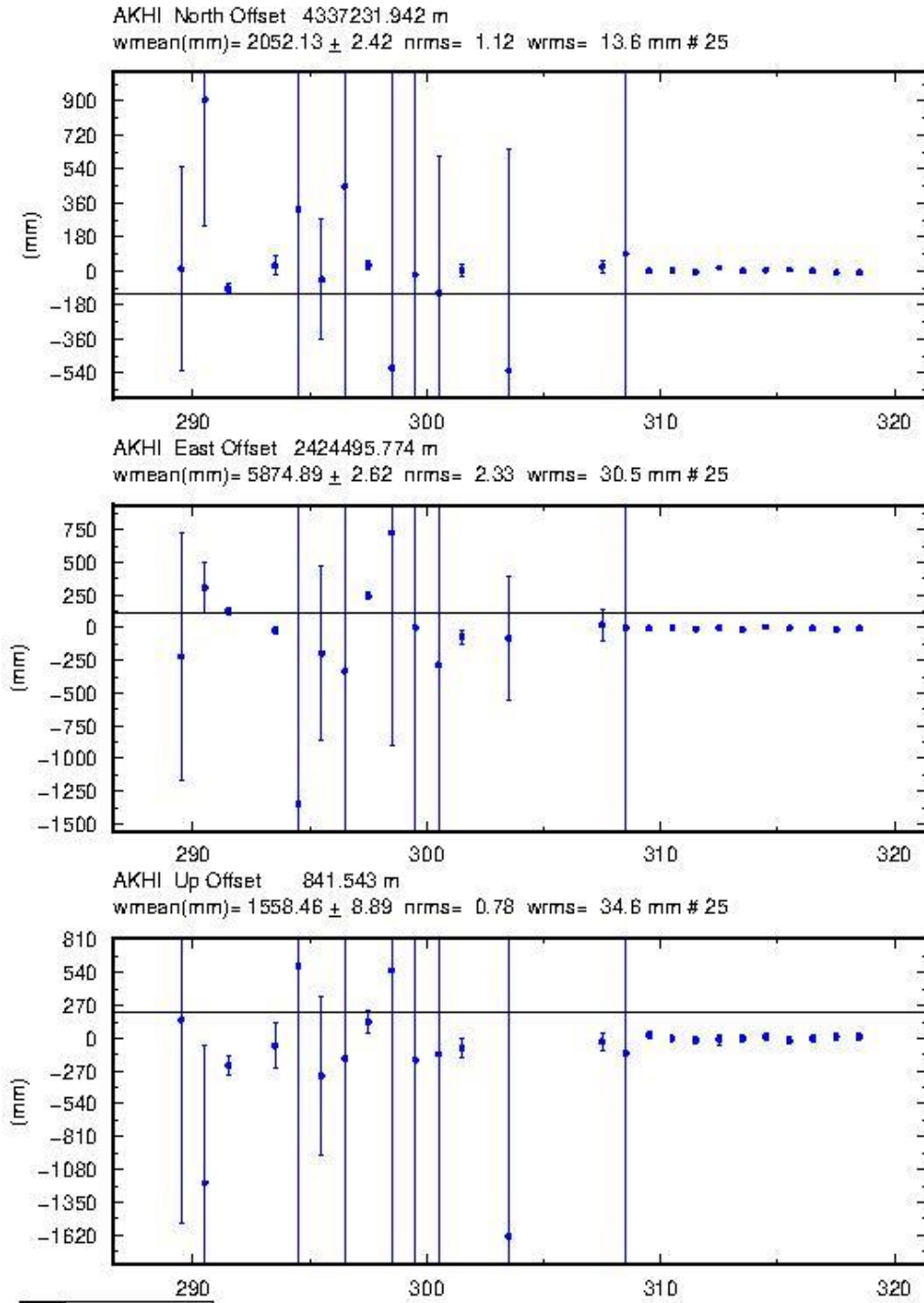
4 saatlik GPS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



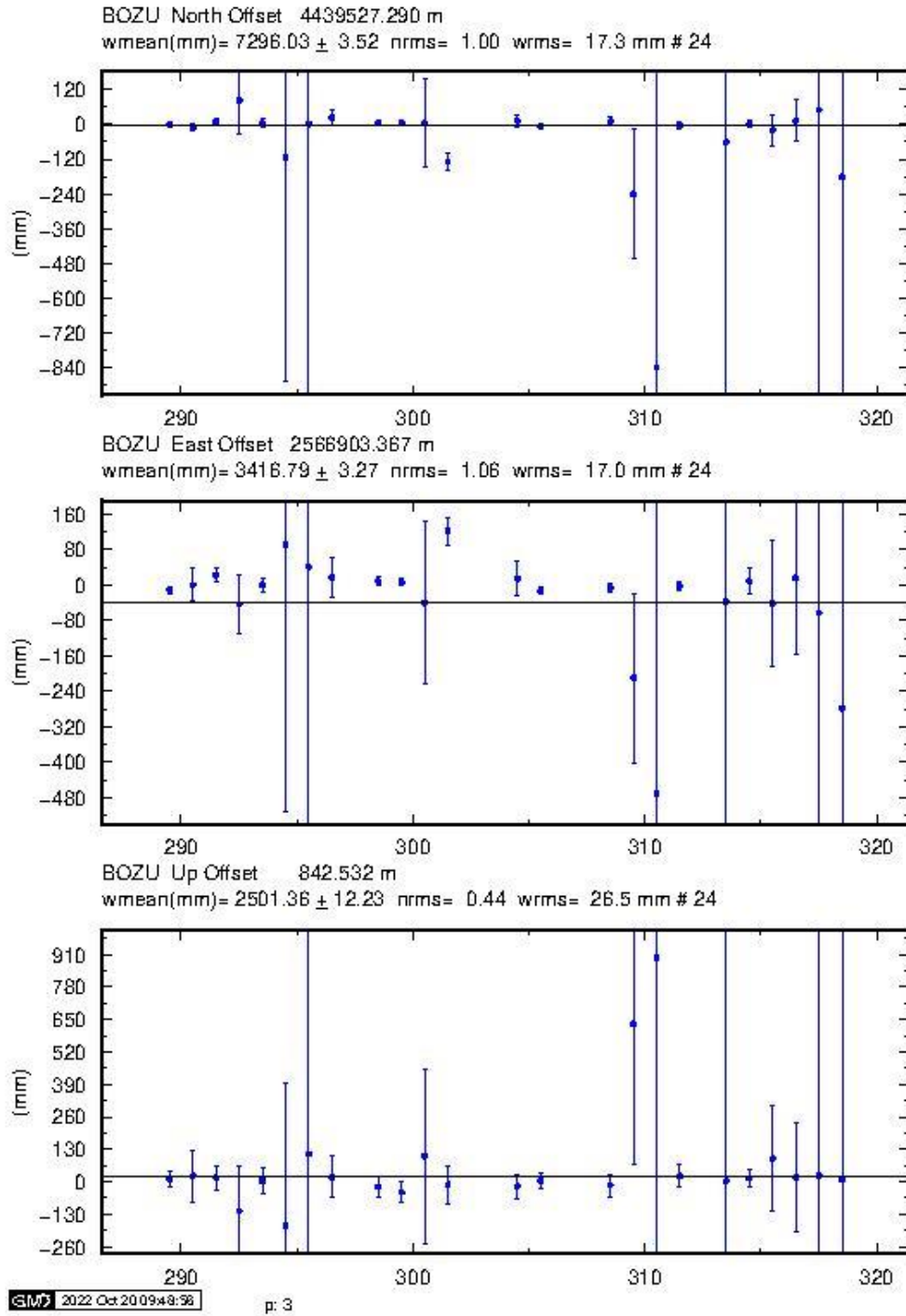
4 saatlik GPS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



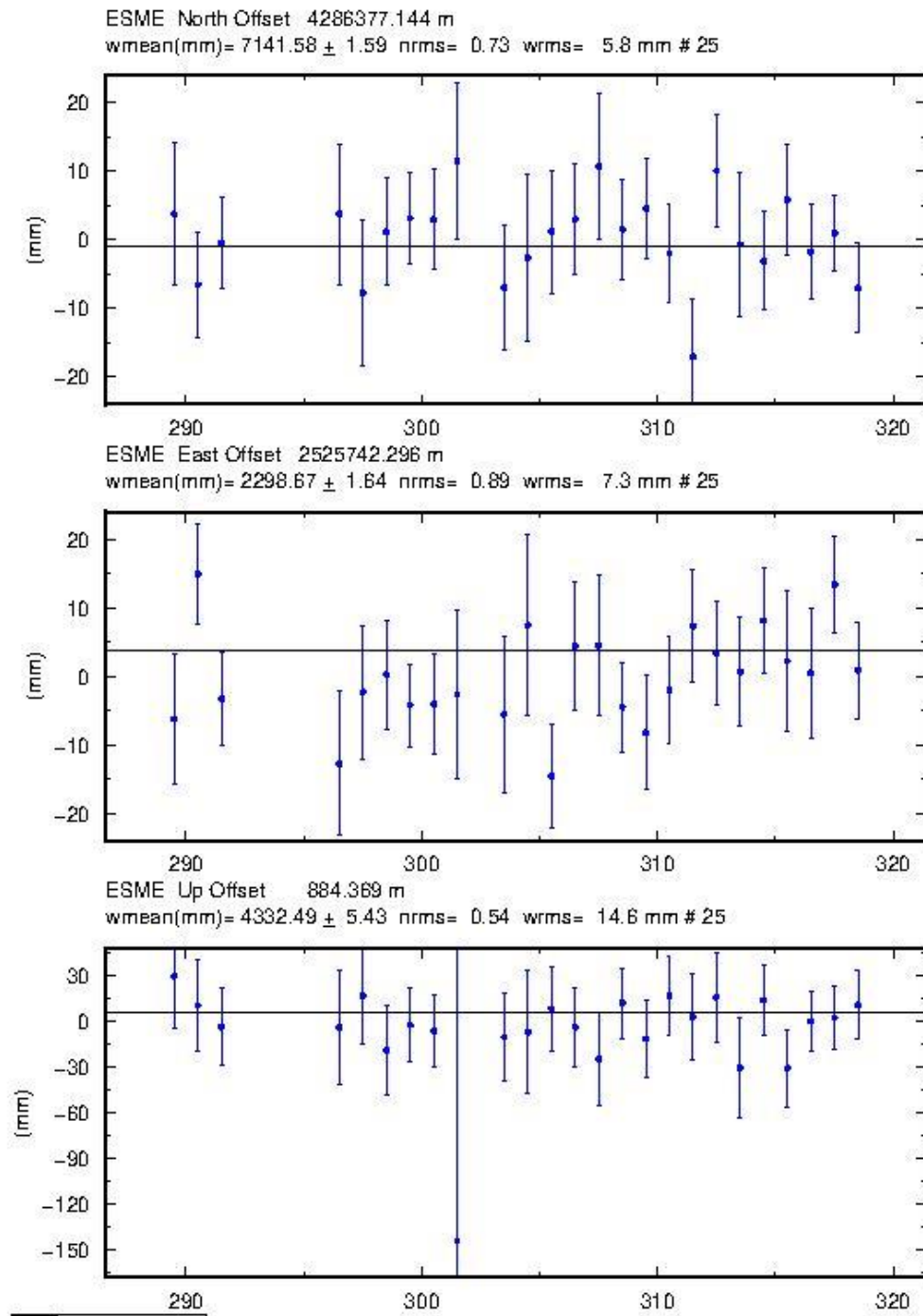
4 saatlik GLONASS ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



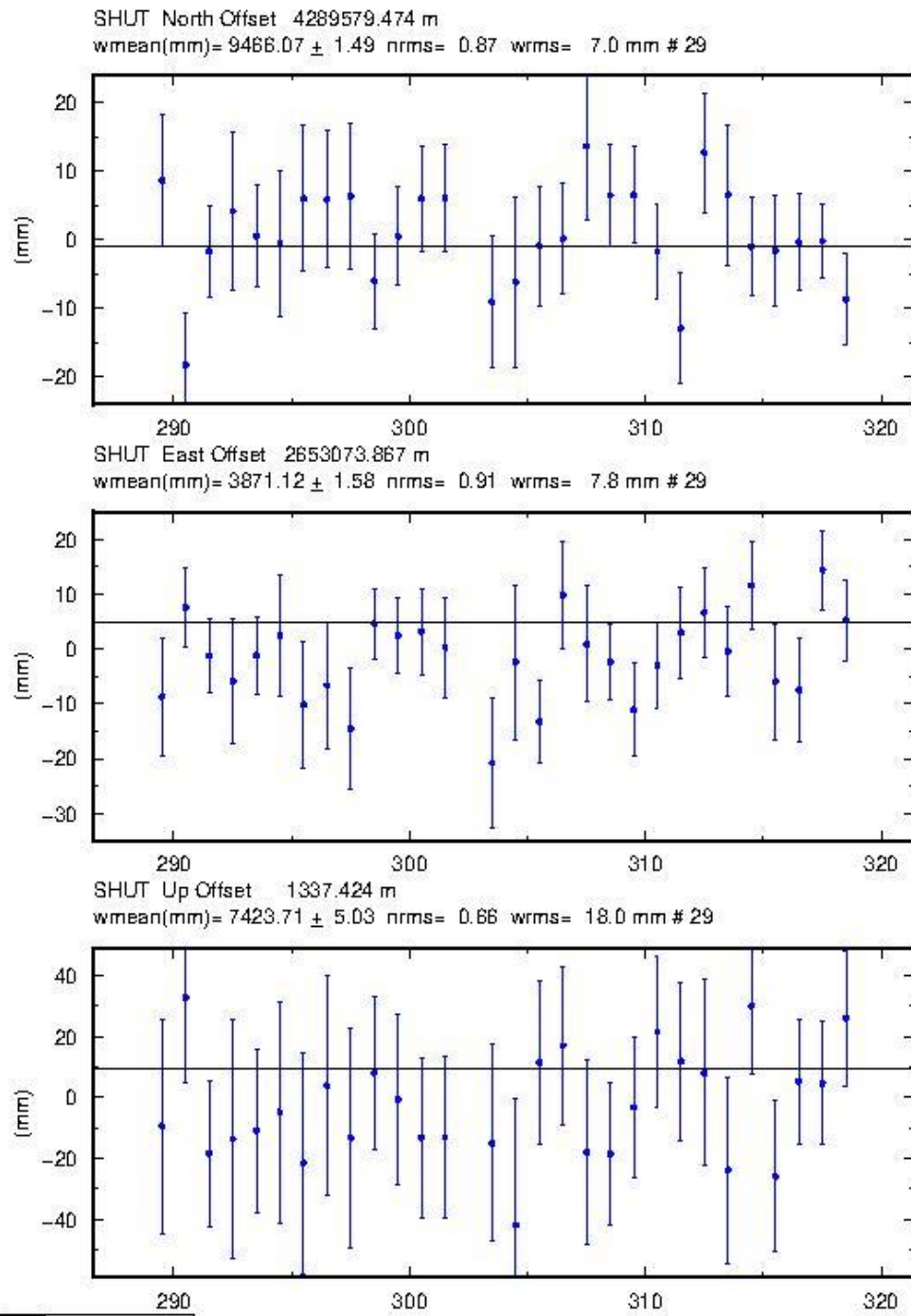
4 saatlik GLONASS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



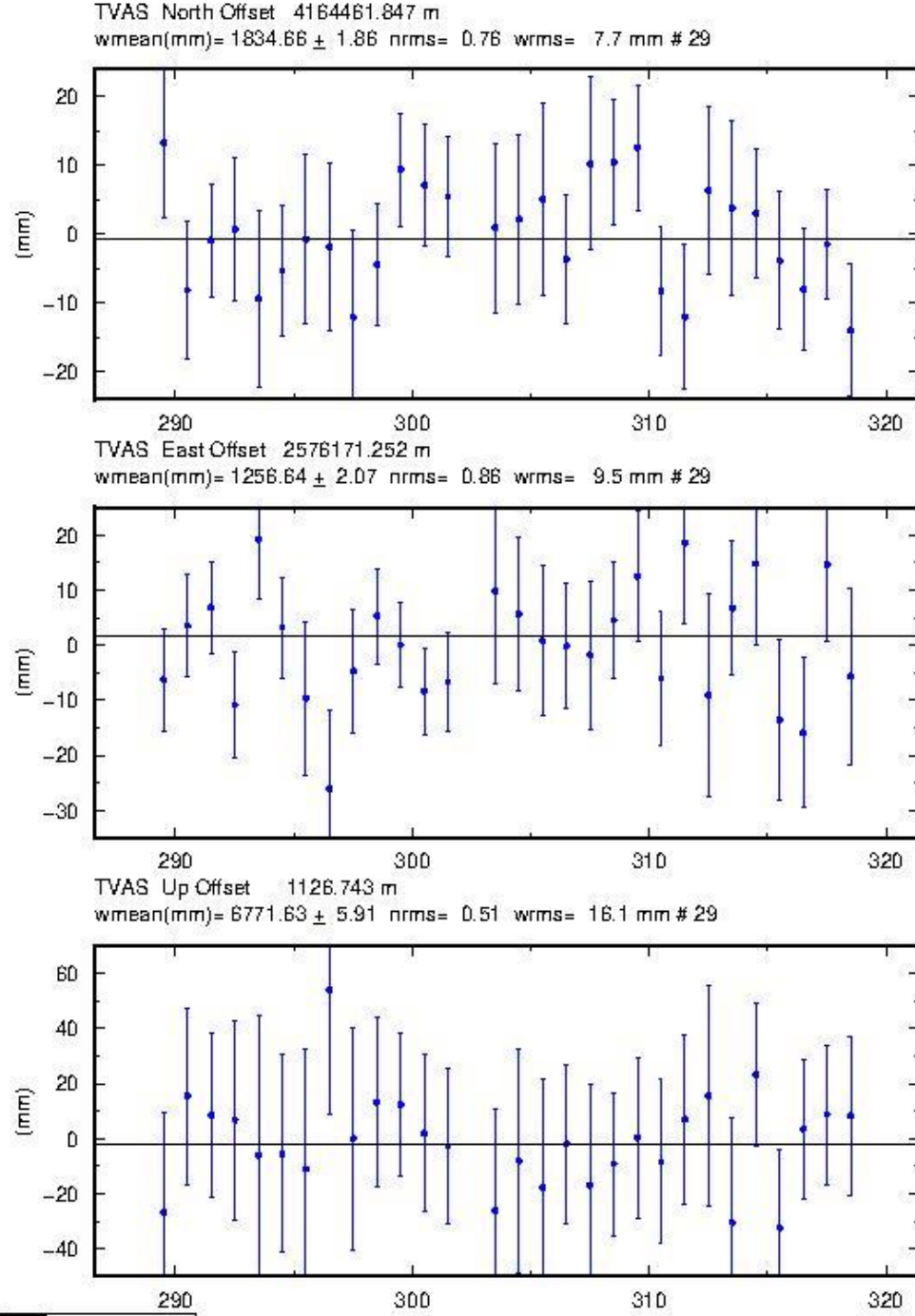
4 saatlik GLONASS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



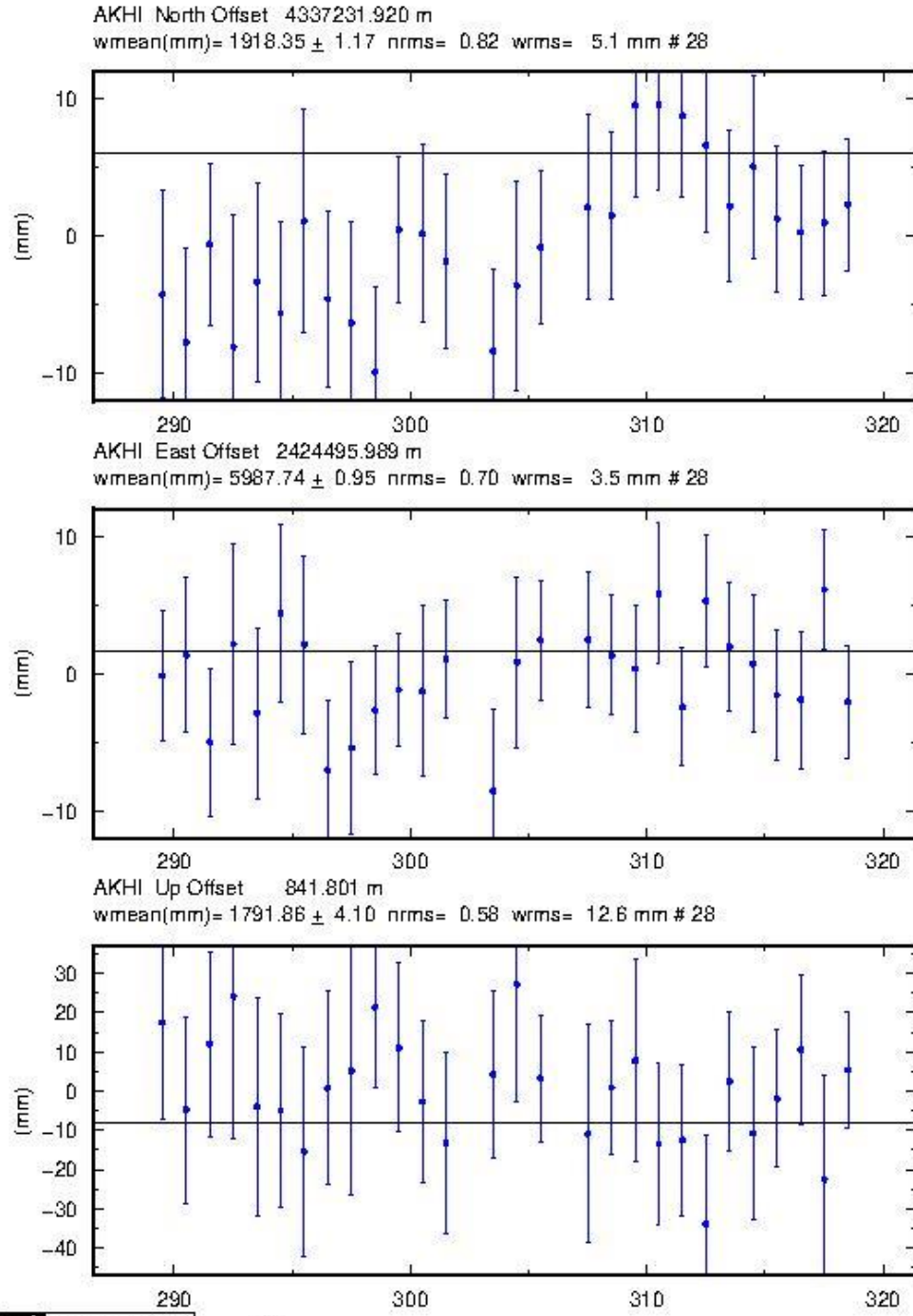
4 saatlik GLONASS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



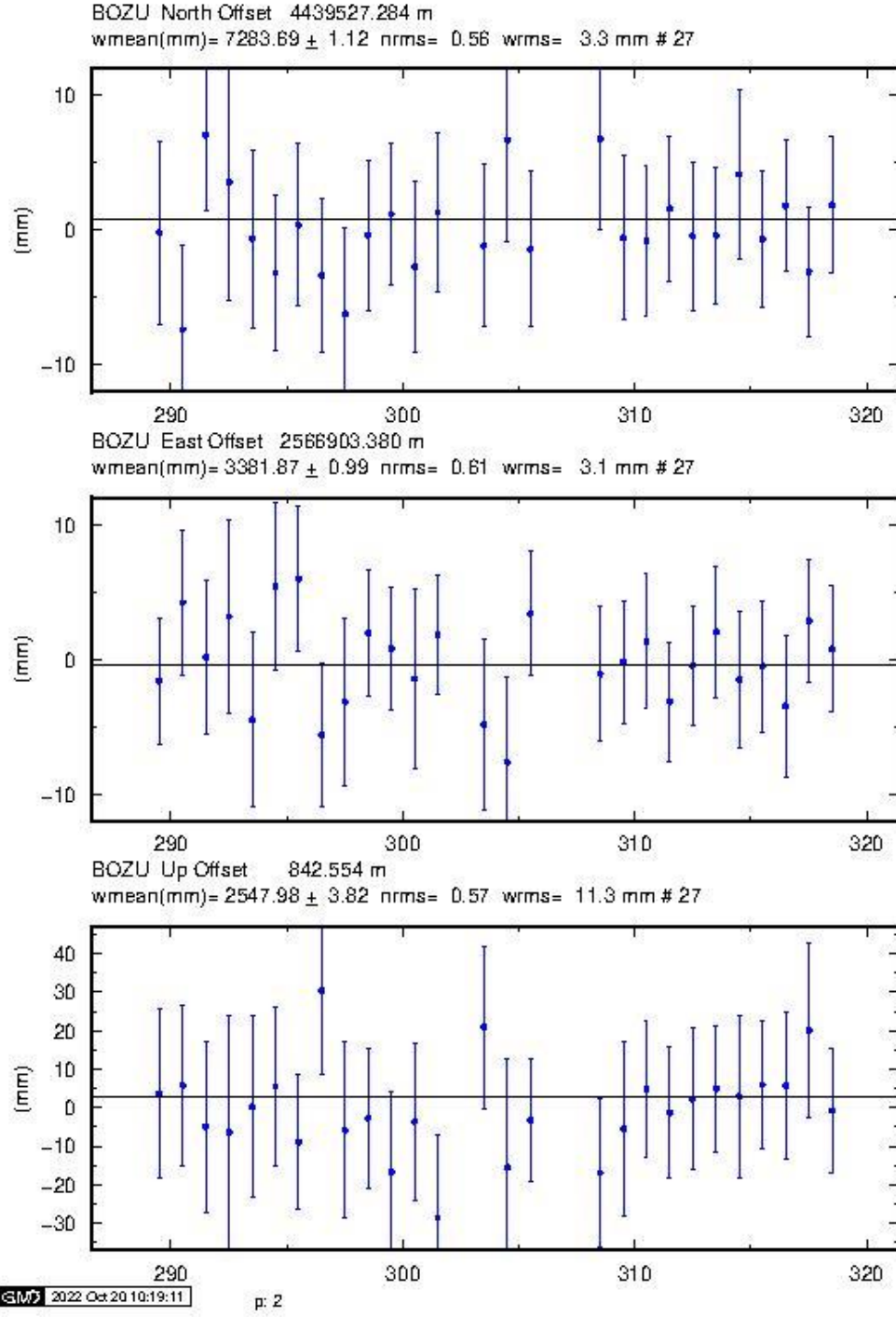
4 saatlik GLONASS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



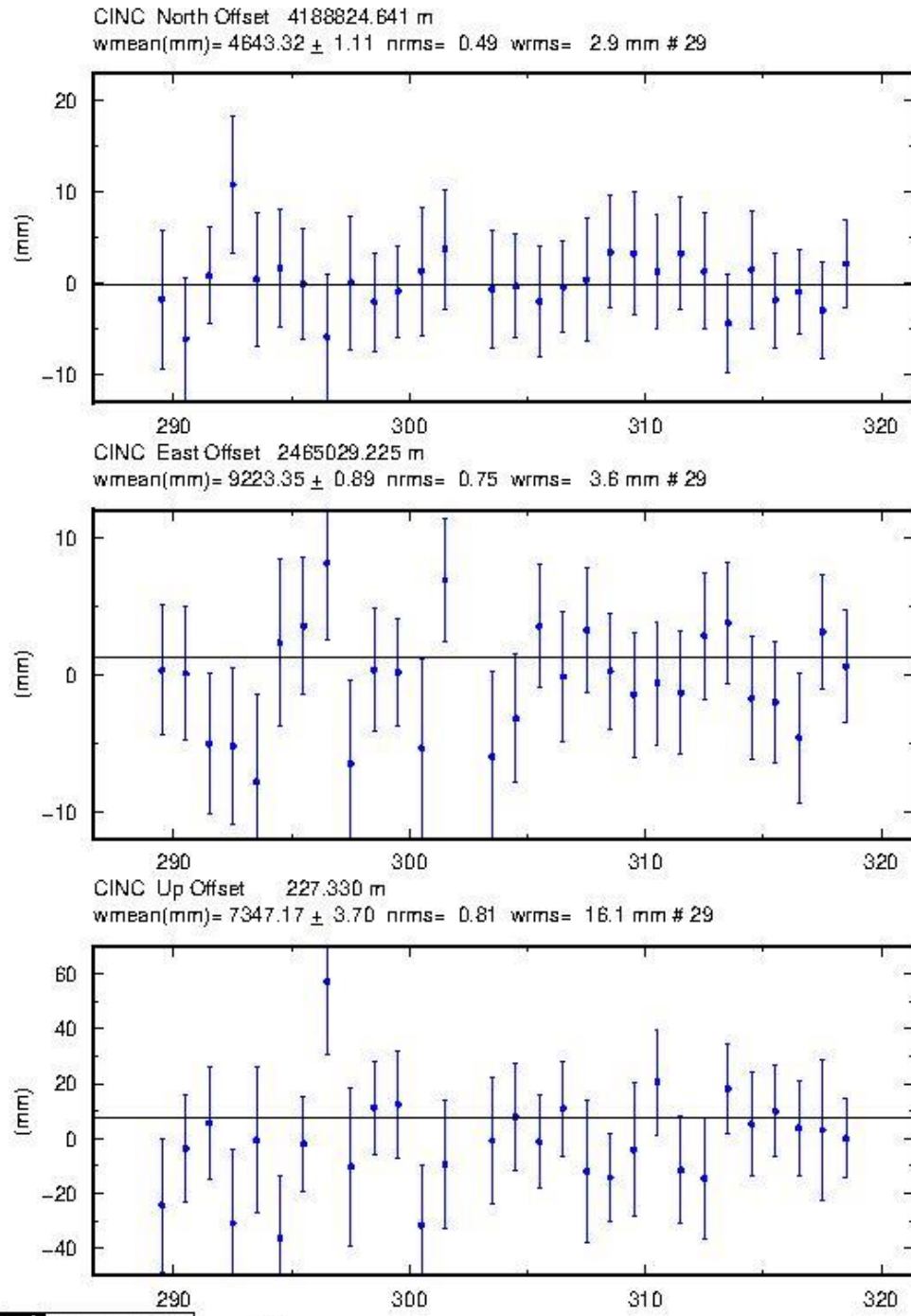
4 saatlik Galileo ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



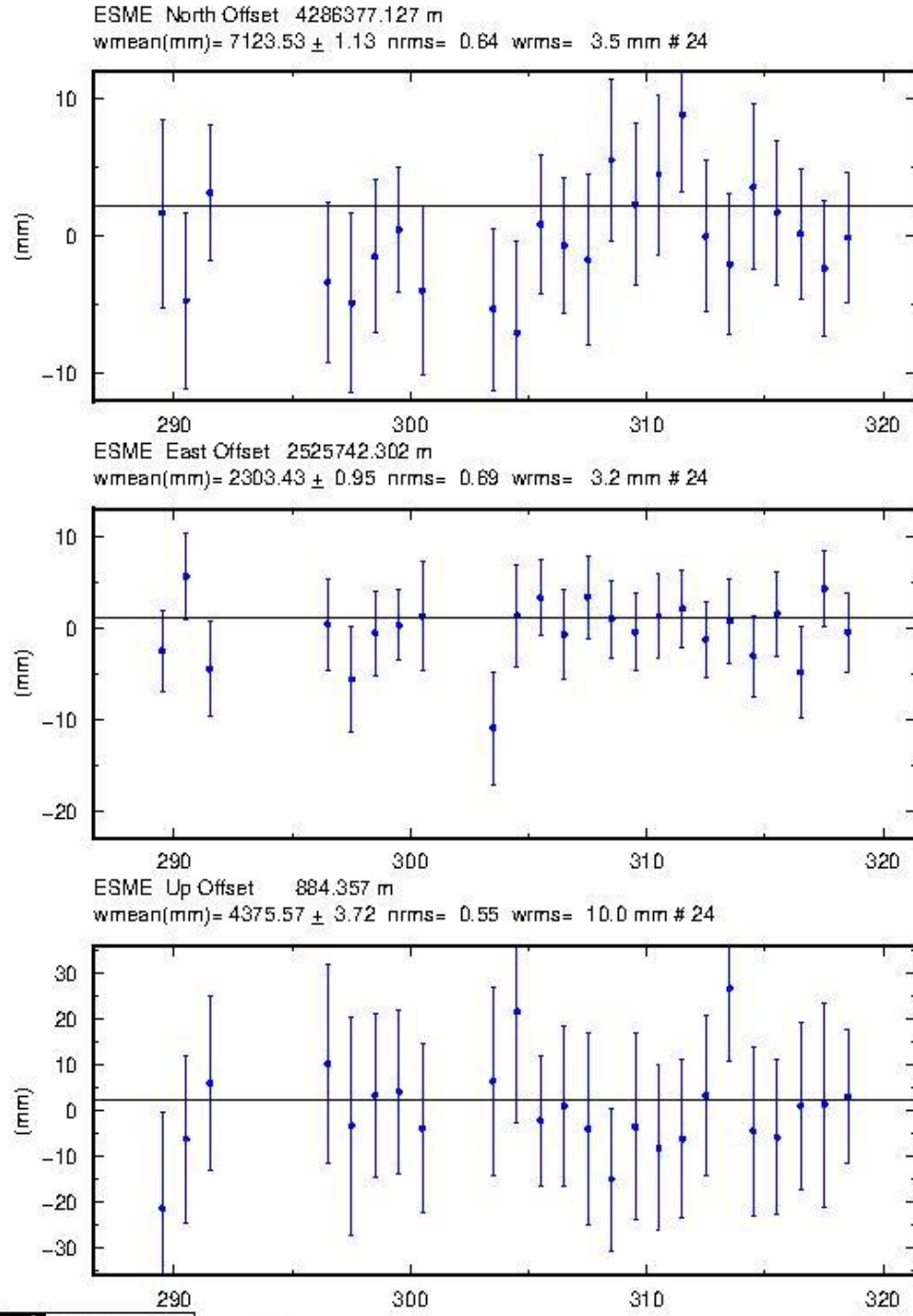
4 saatlik Galileo ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



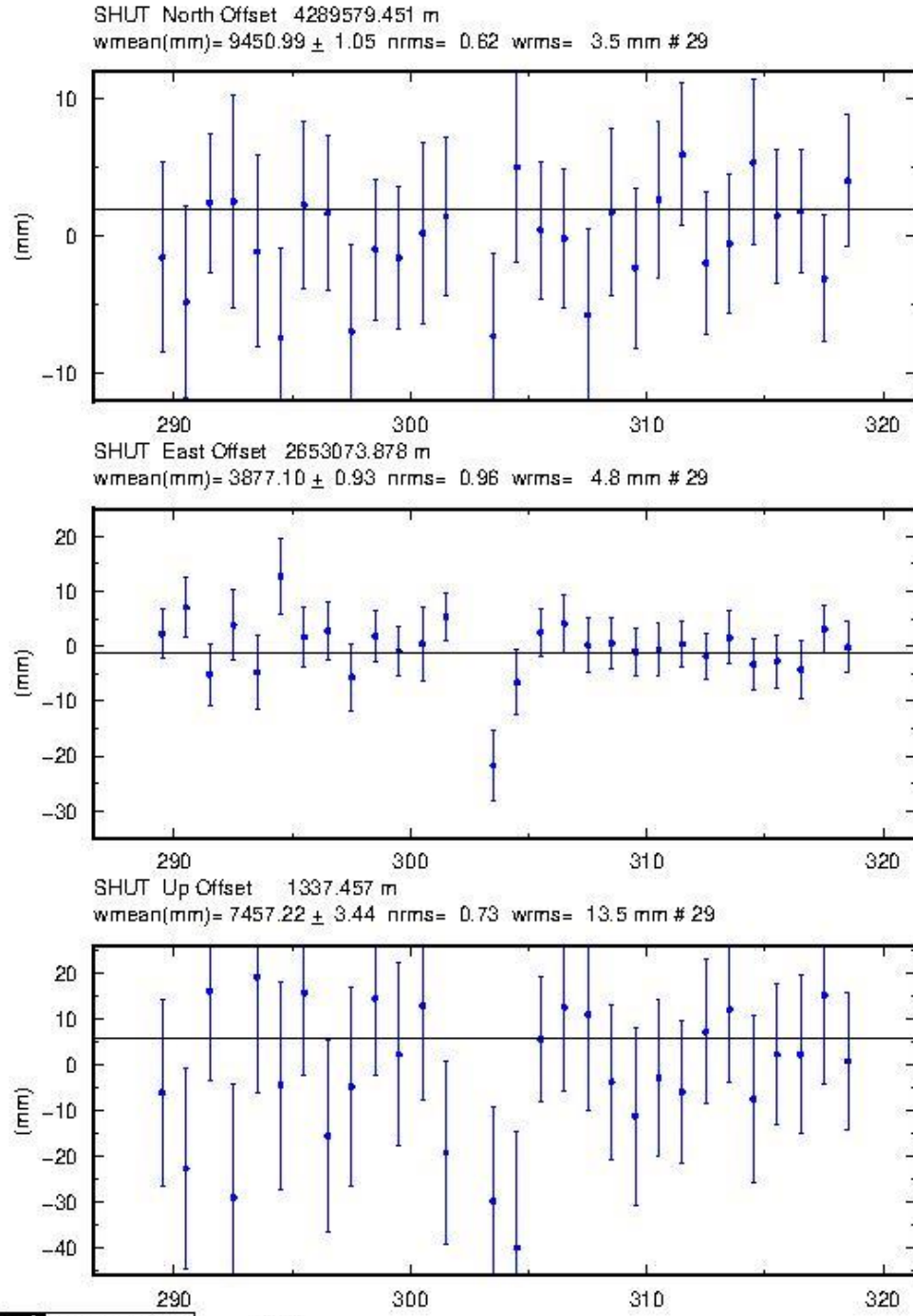
4 saatlik Galileo ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



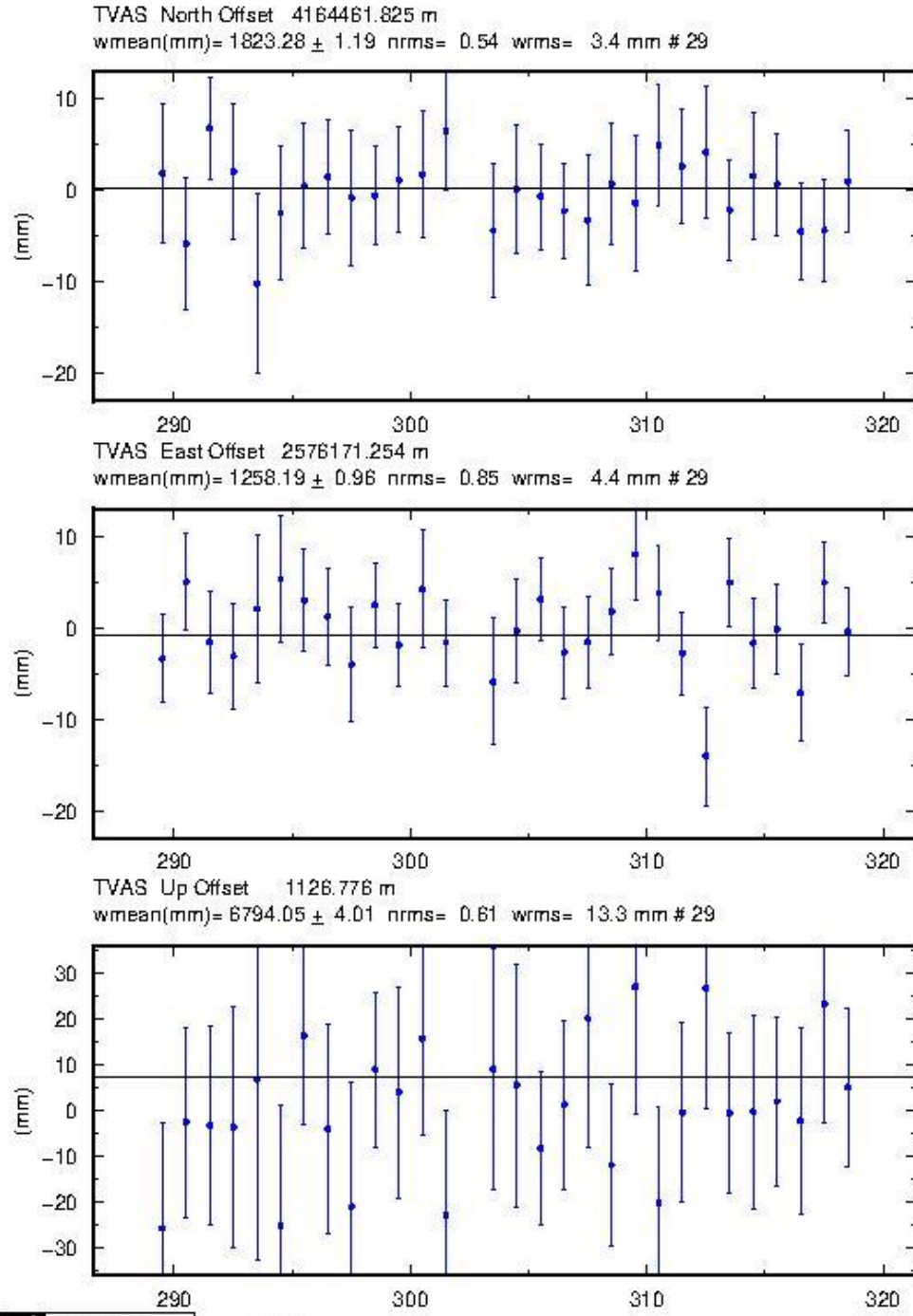
4 saatlik Galileo ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



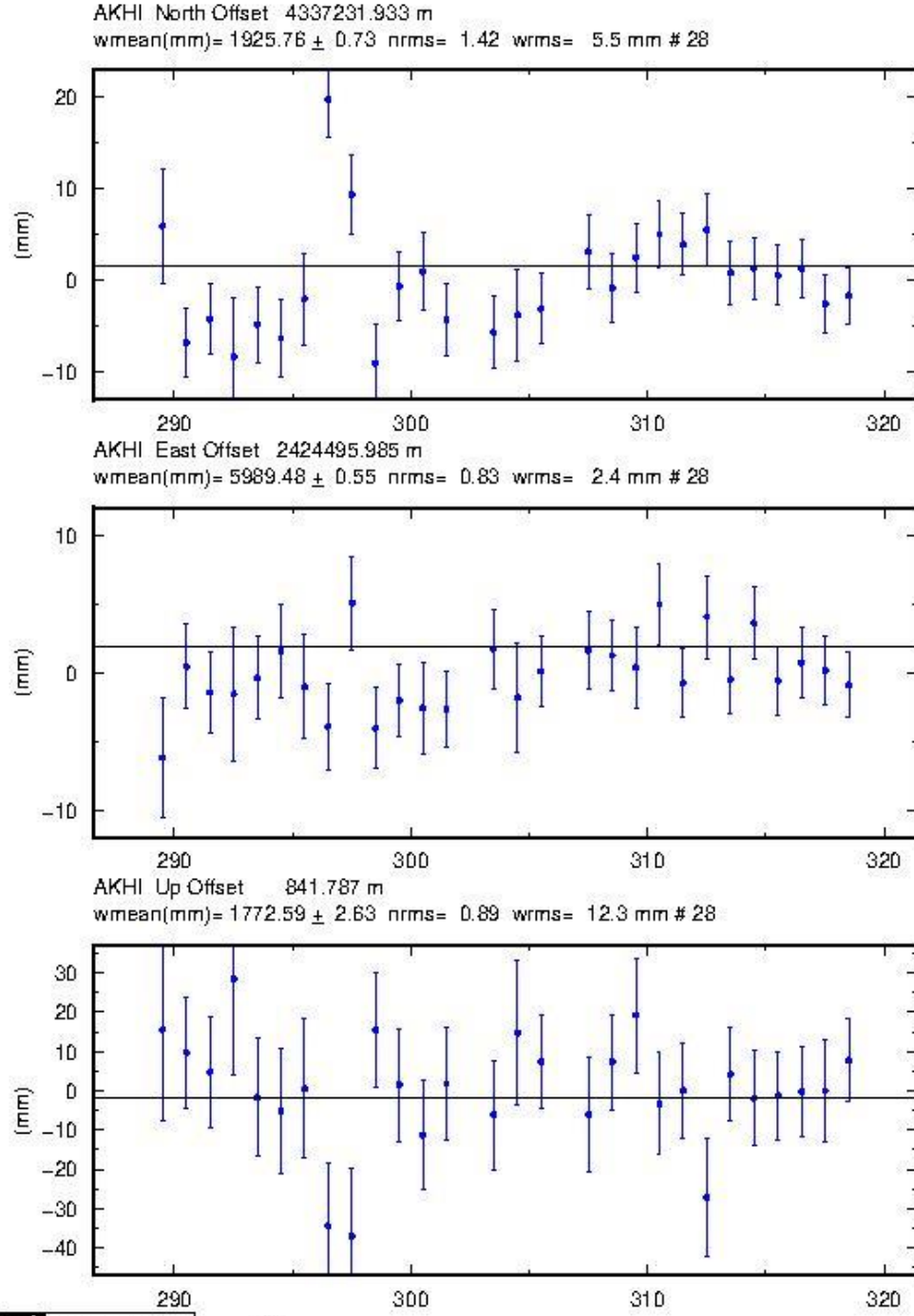
4 saatlik Galileo ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



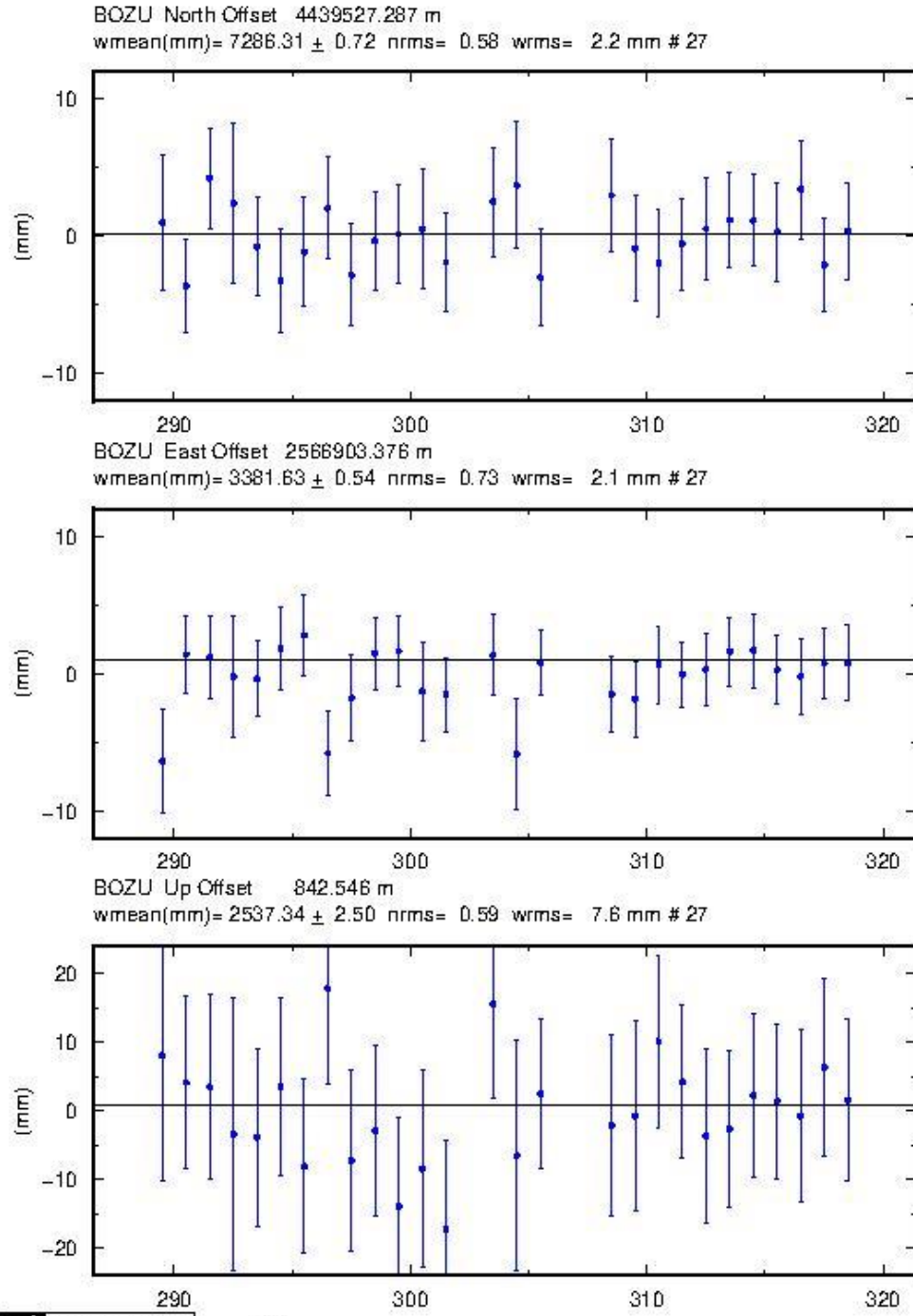
4 saatlik Galileo ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



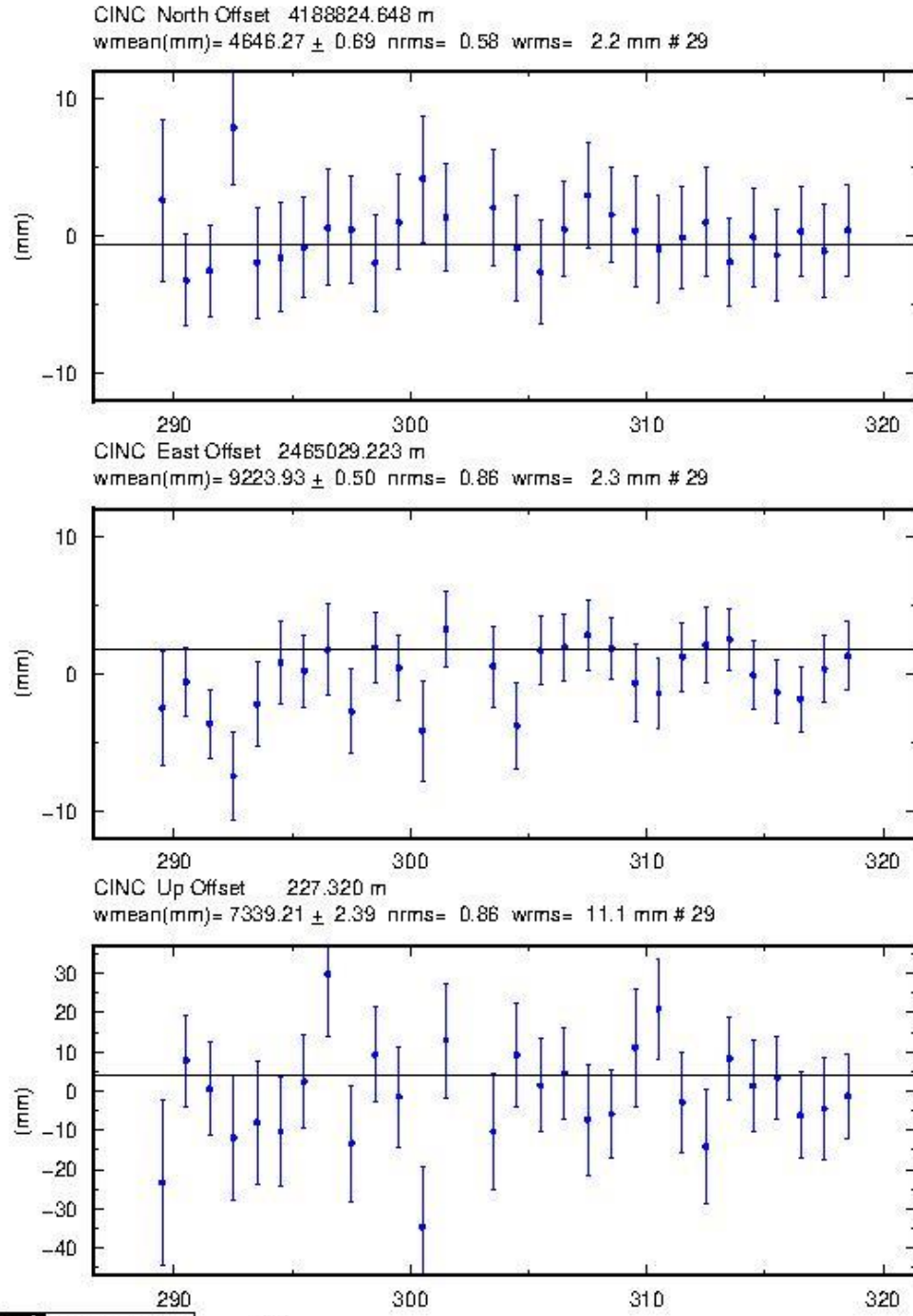
4 saatlik MIX ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



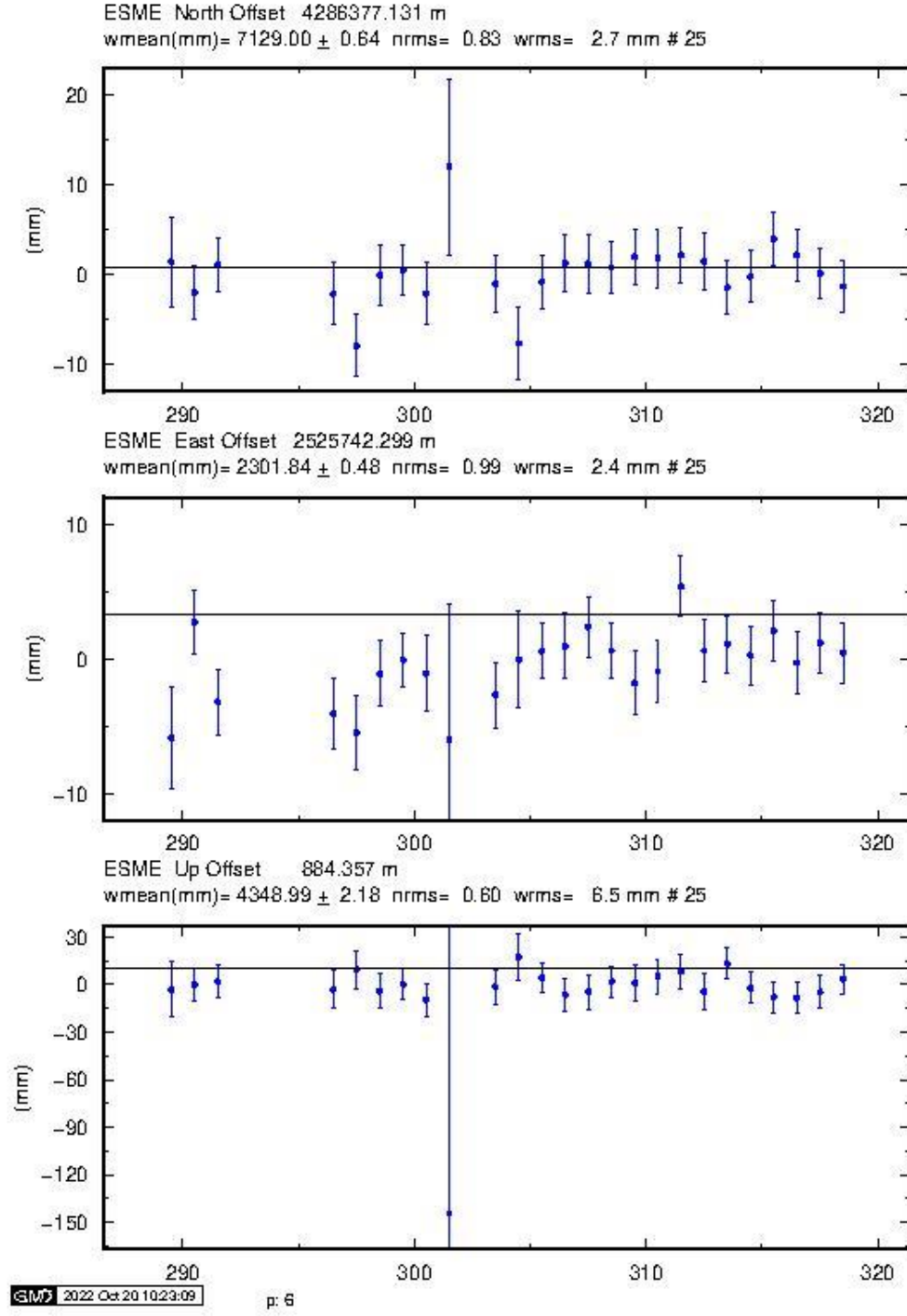
4 saatlik MIX ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



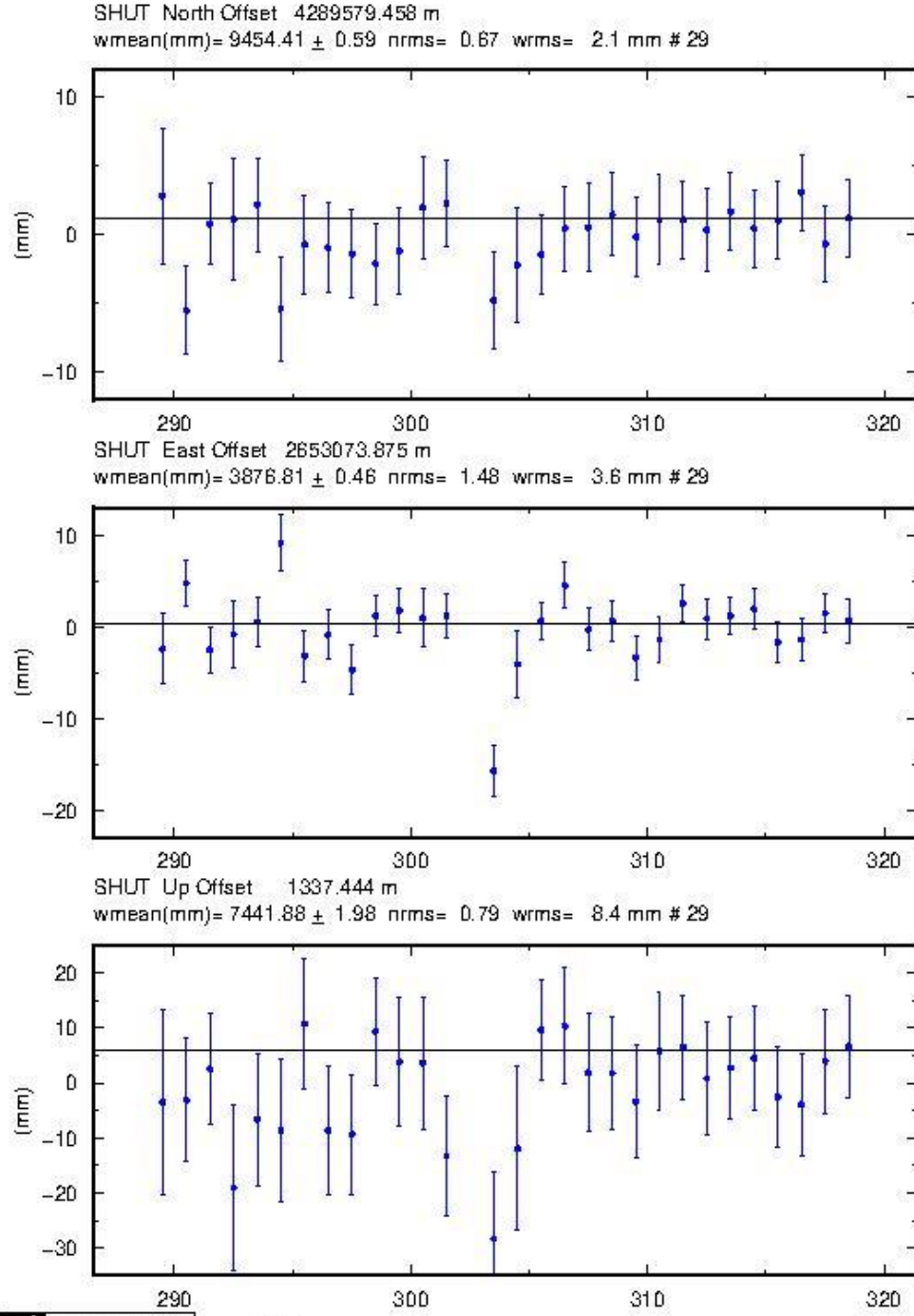
4 saatlik MIX ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



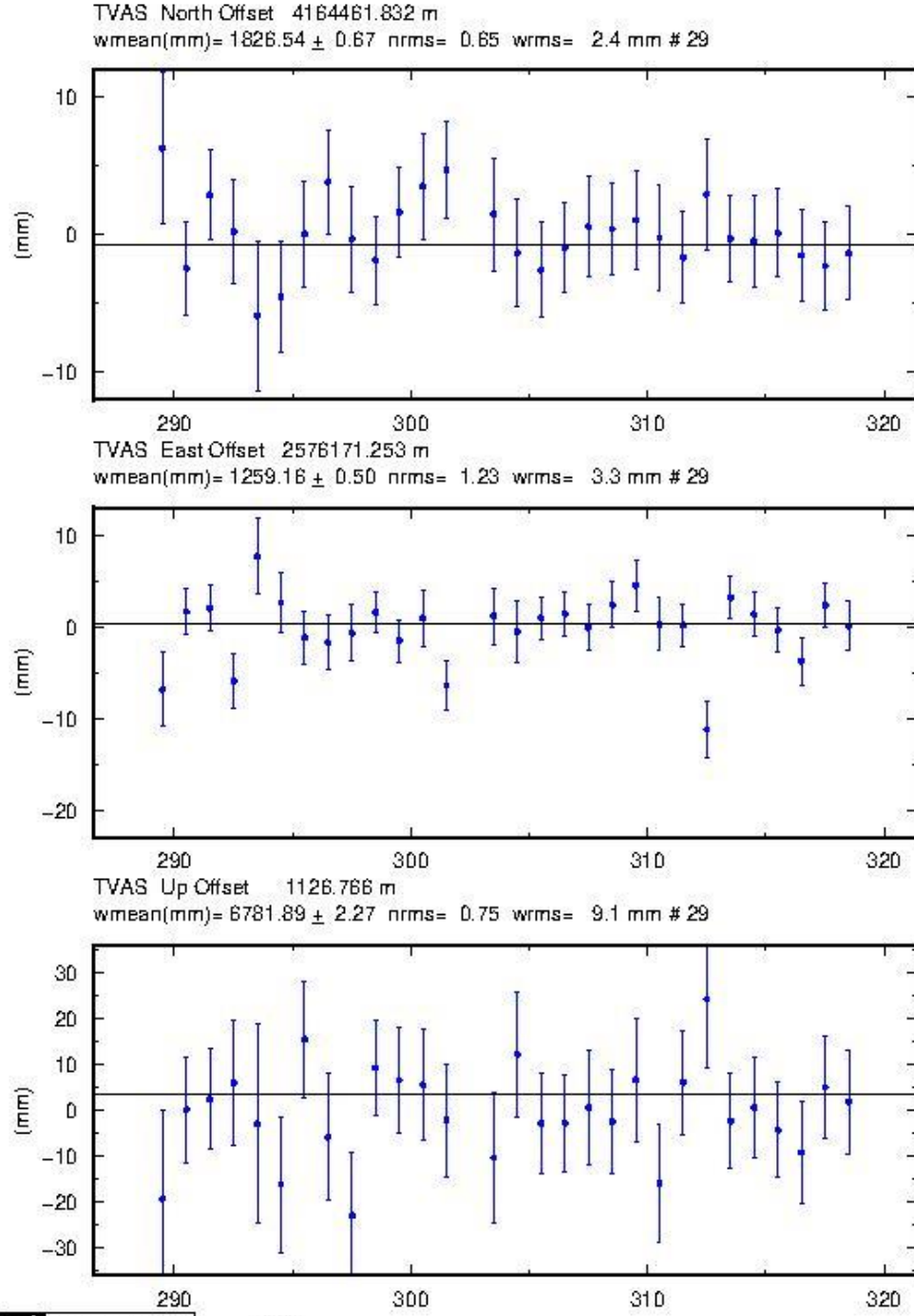
4 saatlik MIX ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



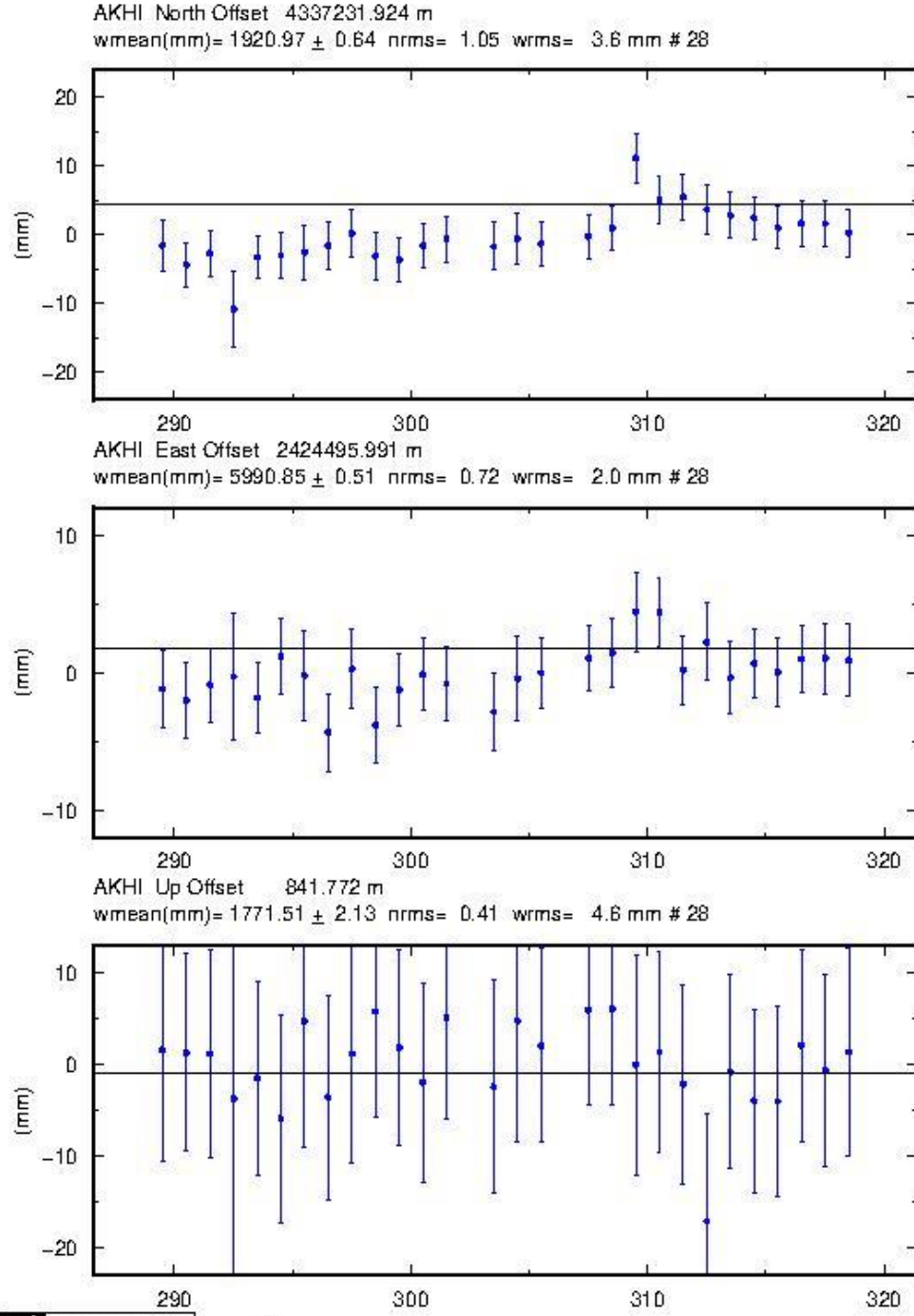
4 saatlik MIX ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



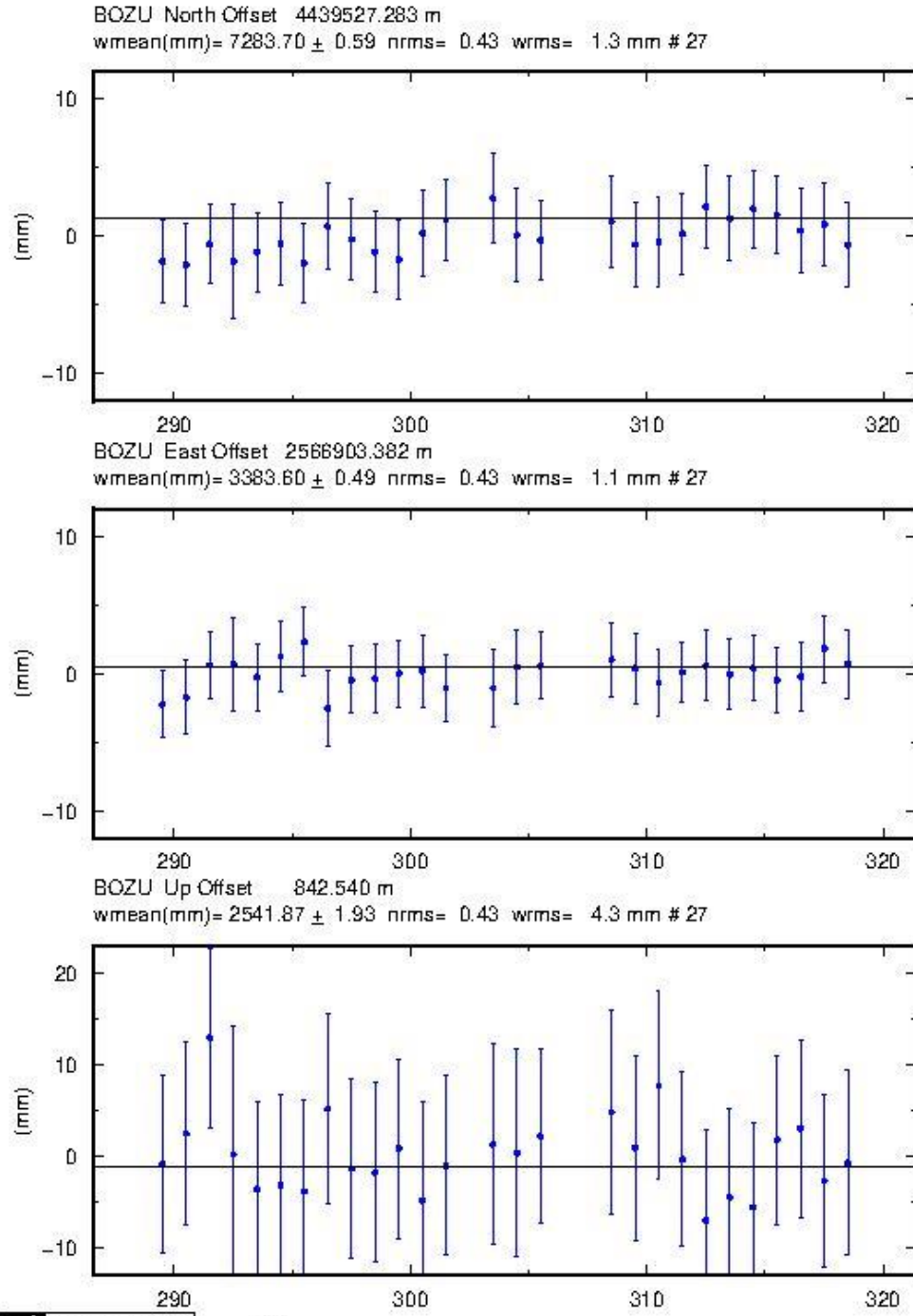
4 saatlik MIX ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



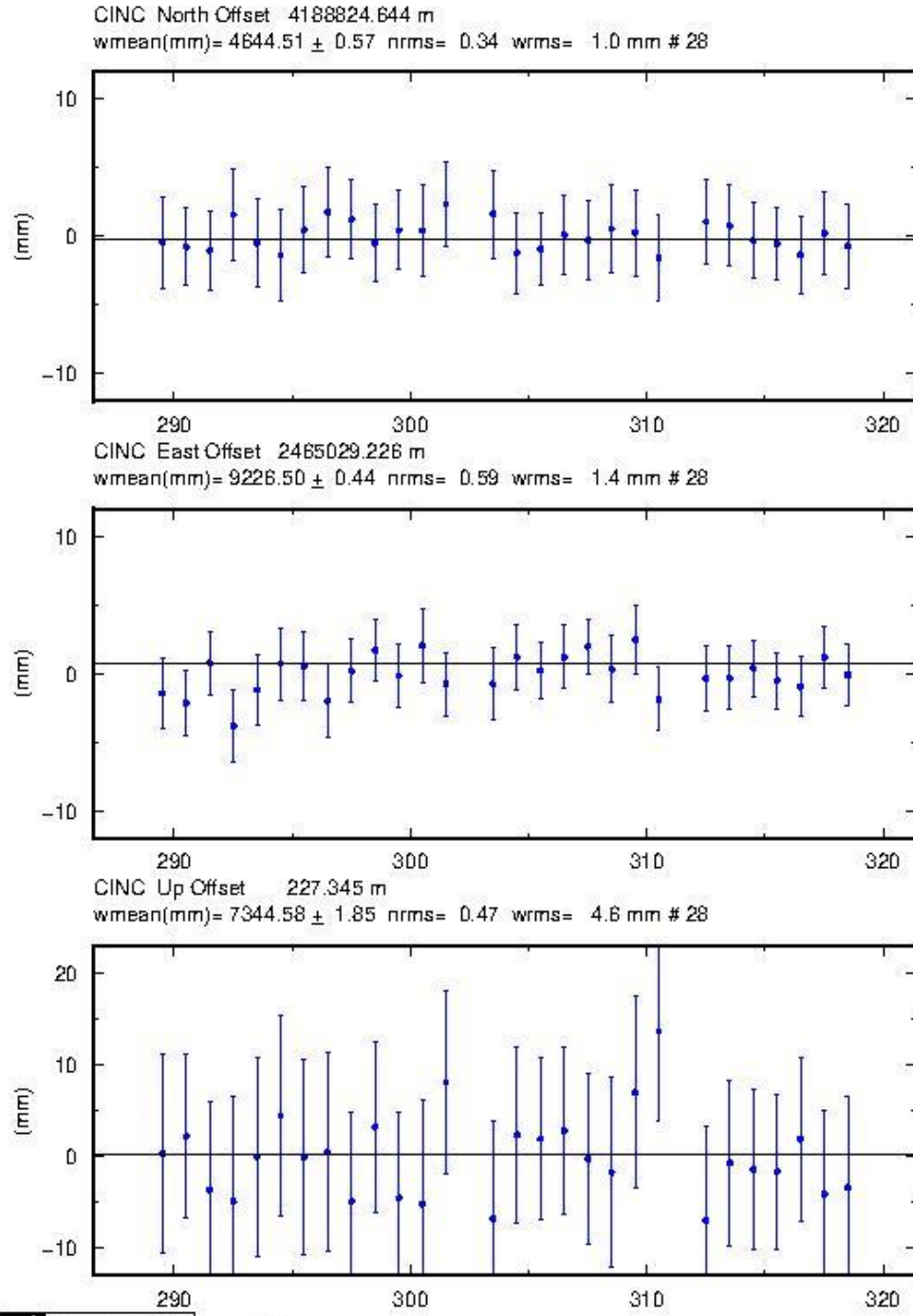
12 saatlik GPS ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



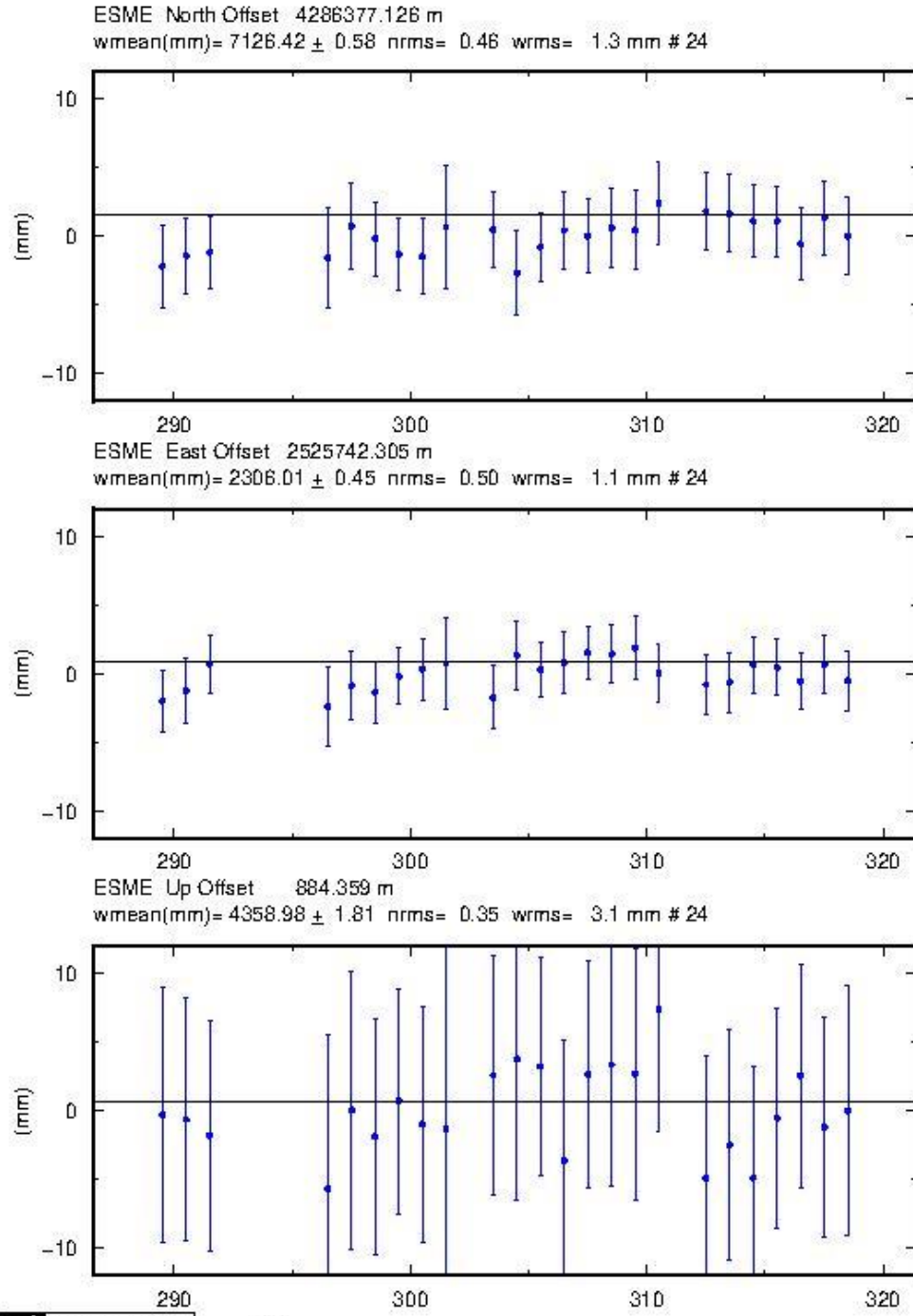
12 saatlik GPS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



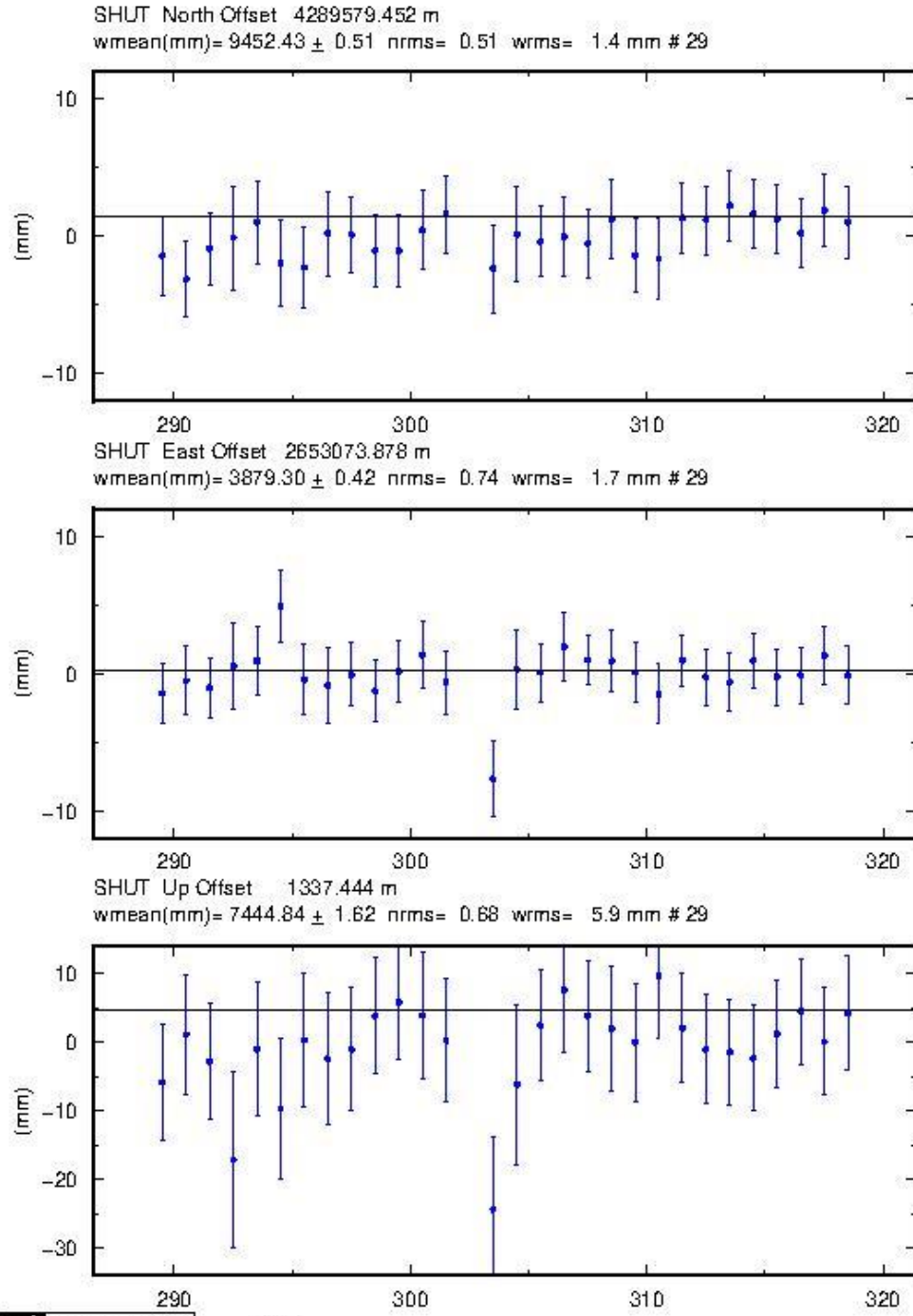
12 saatlik GPS ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



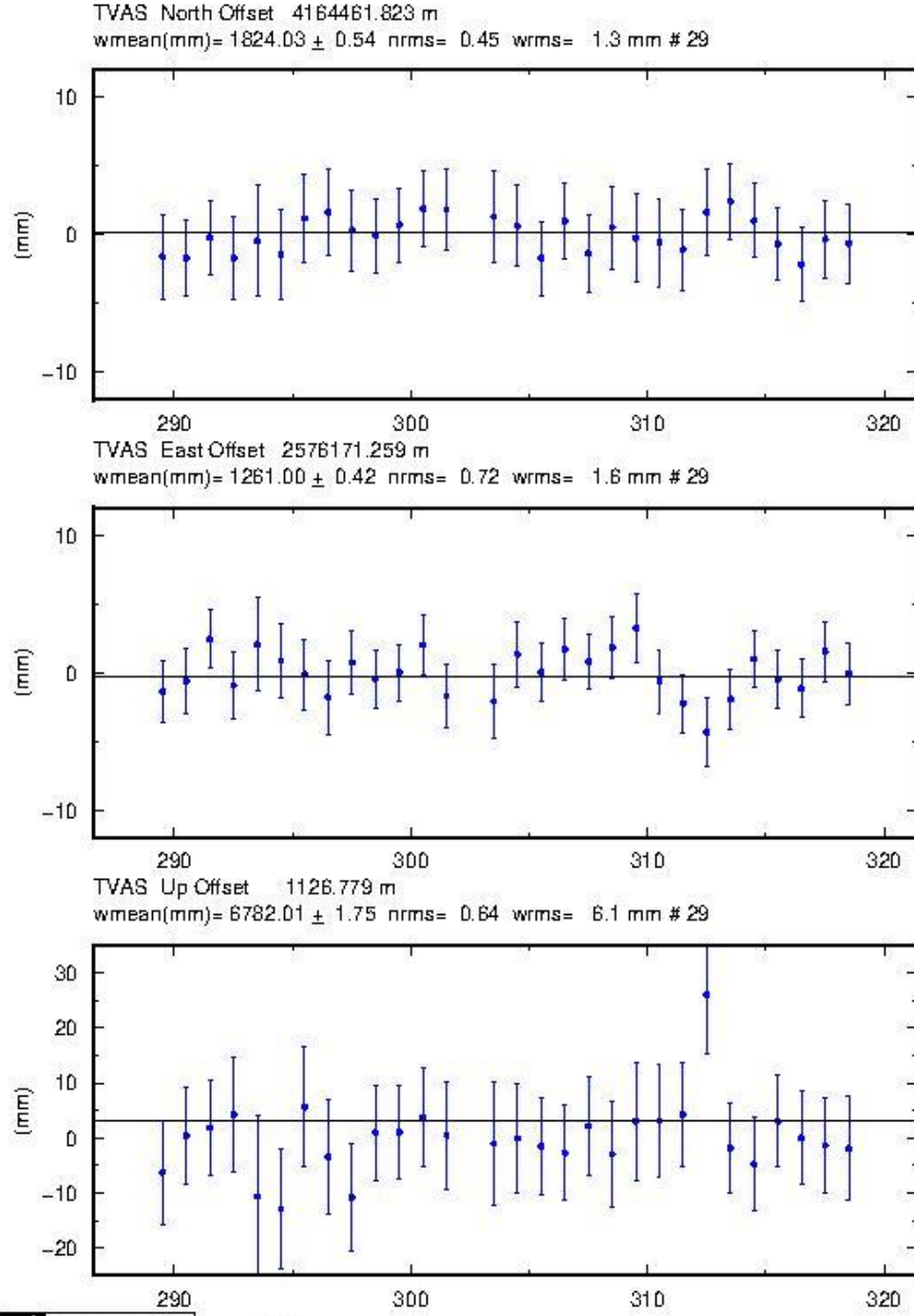
12 saatlik GPS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



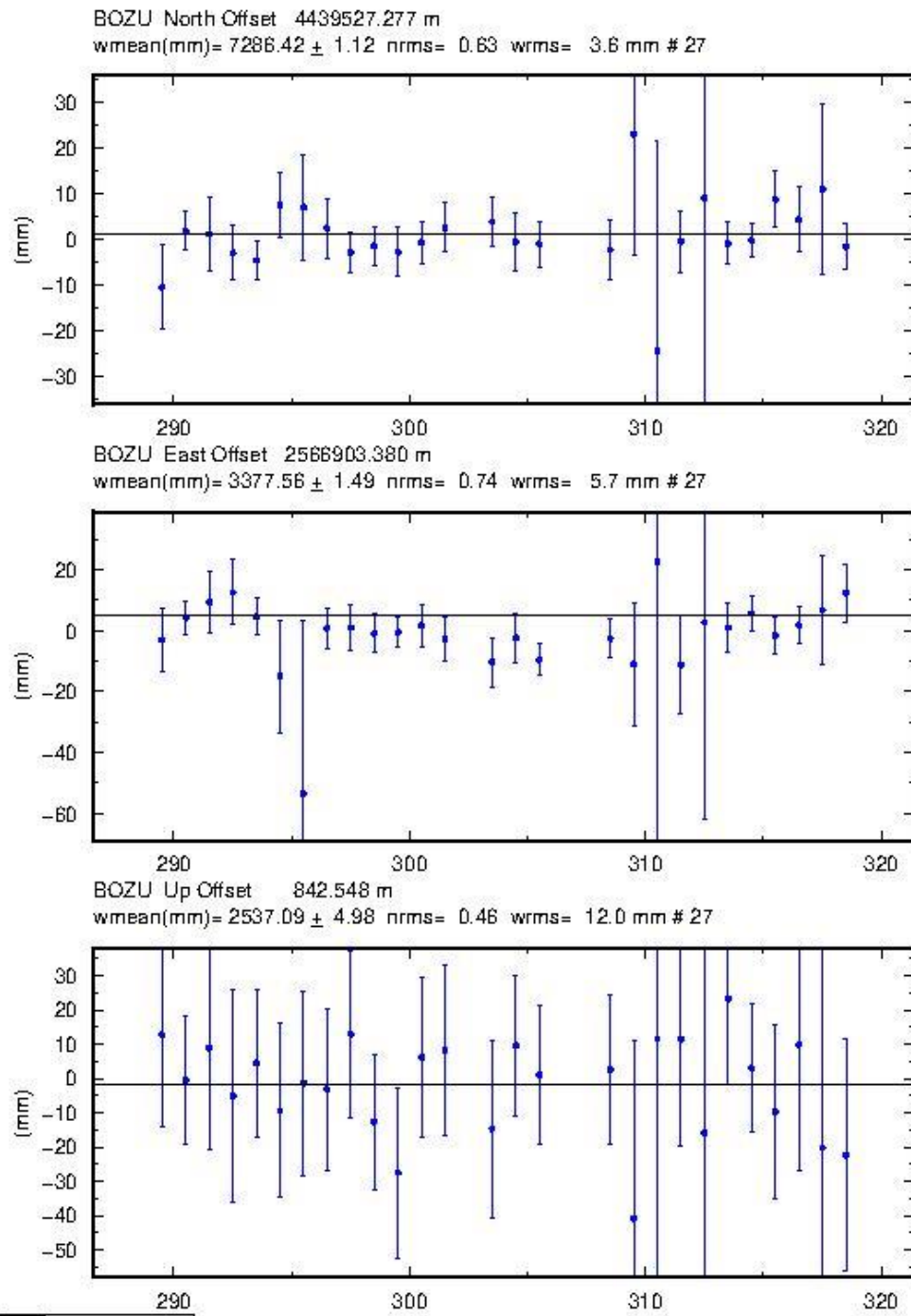
12 saatlik GPS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



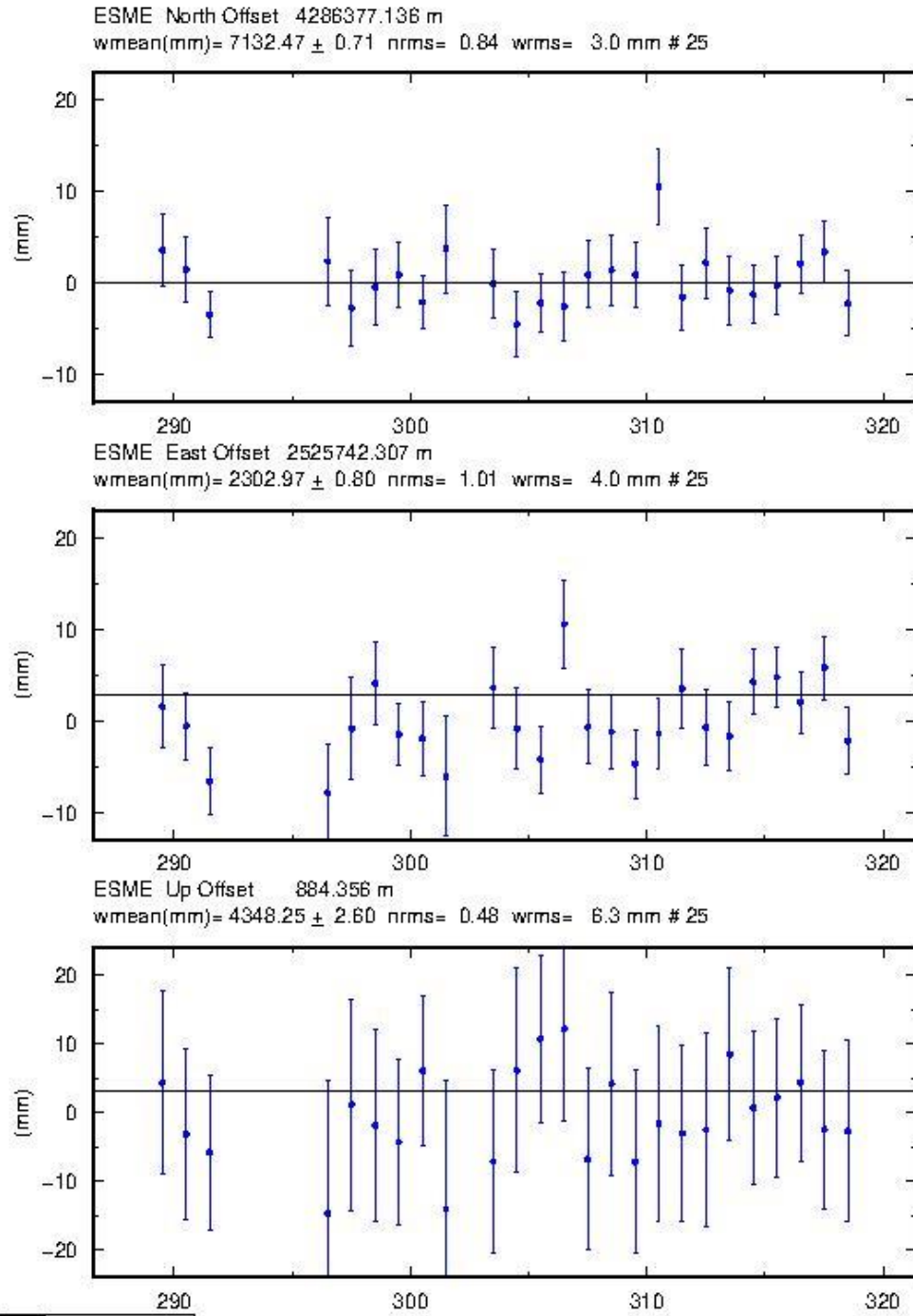
12 saatlik GPS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



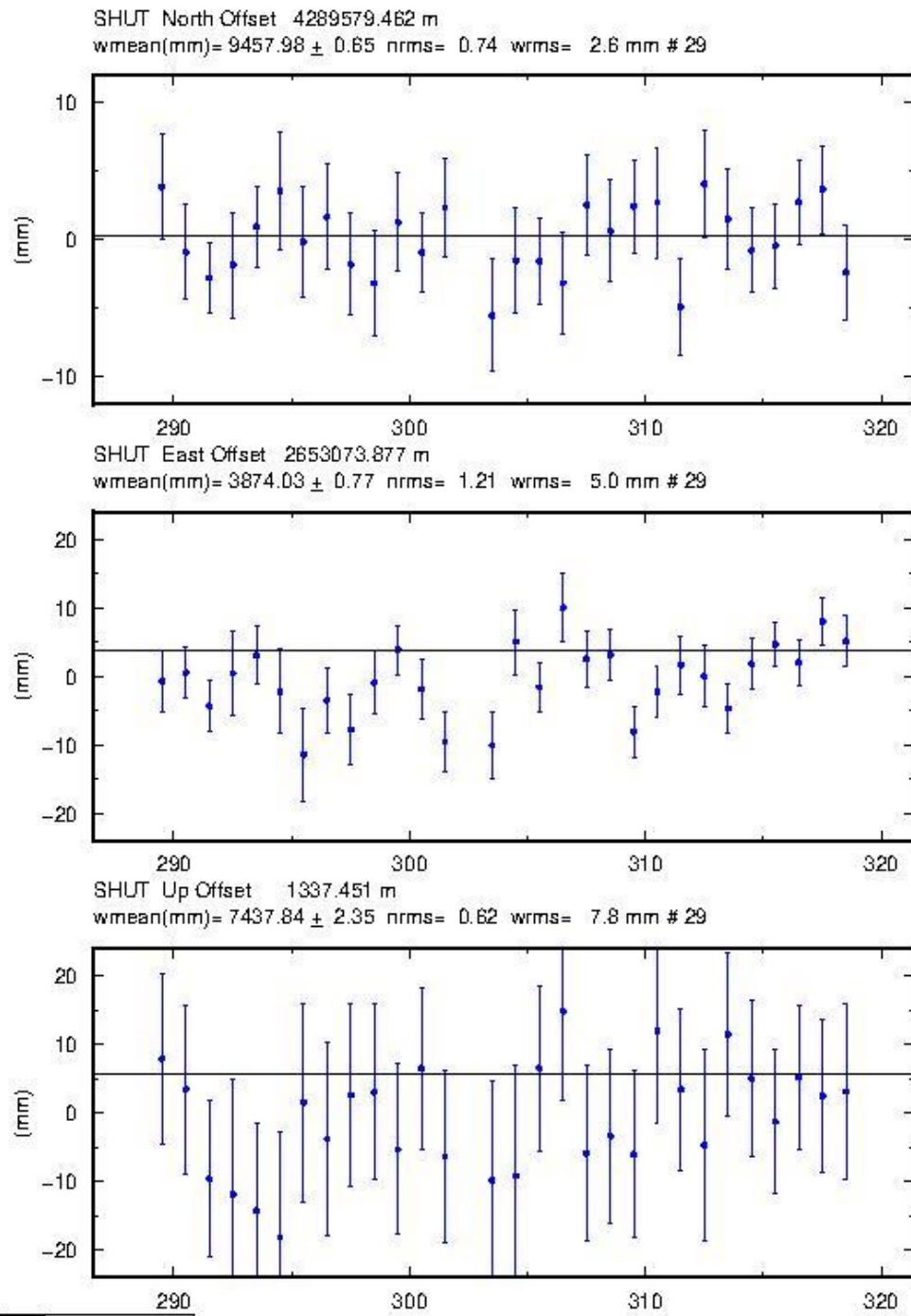
12 saatlik GLONASS ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



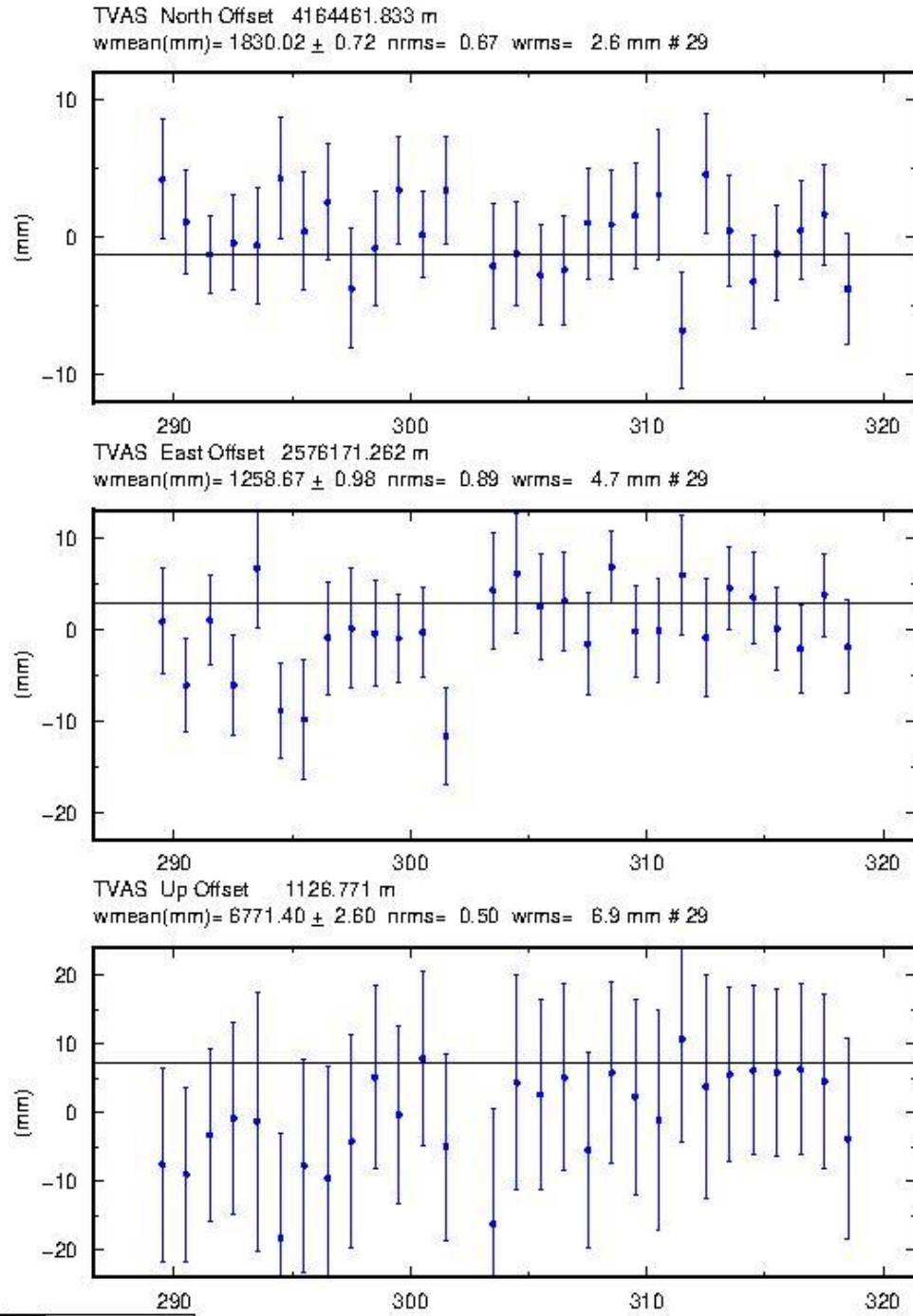
12 saatlik GLONASS ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



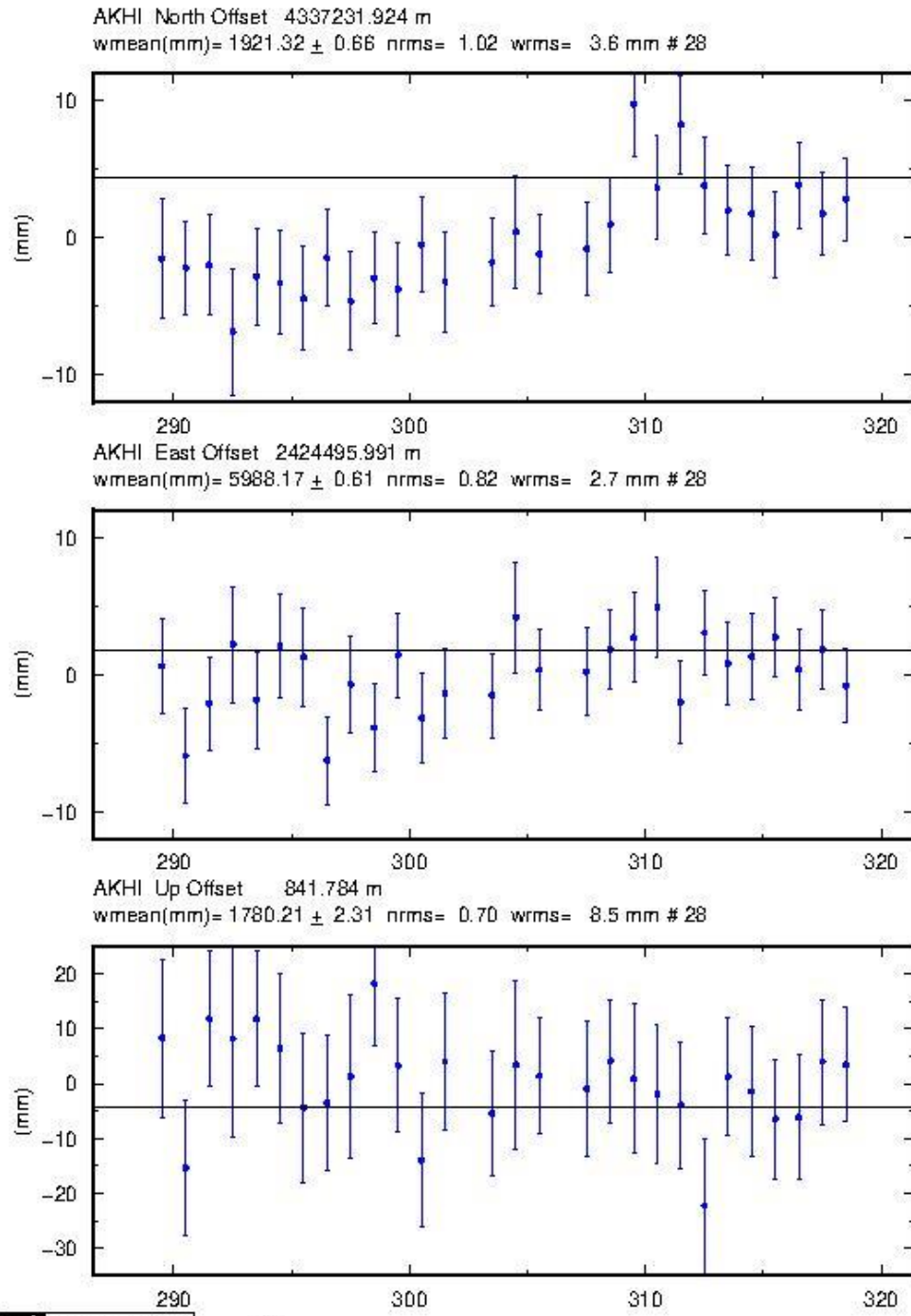
12 saatlik GLONASS ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



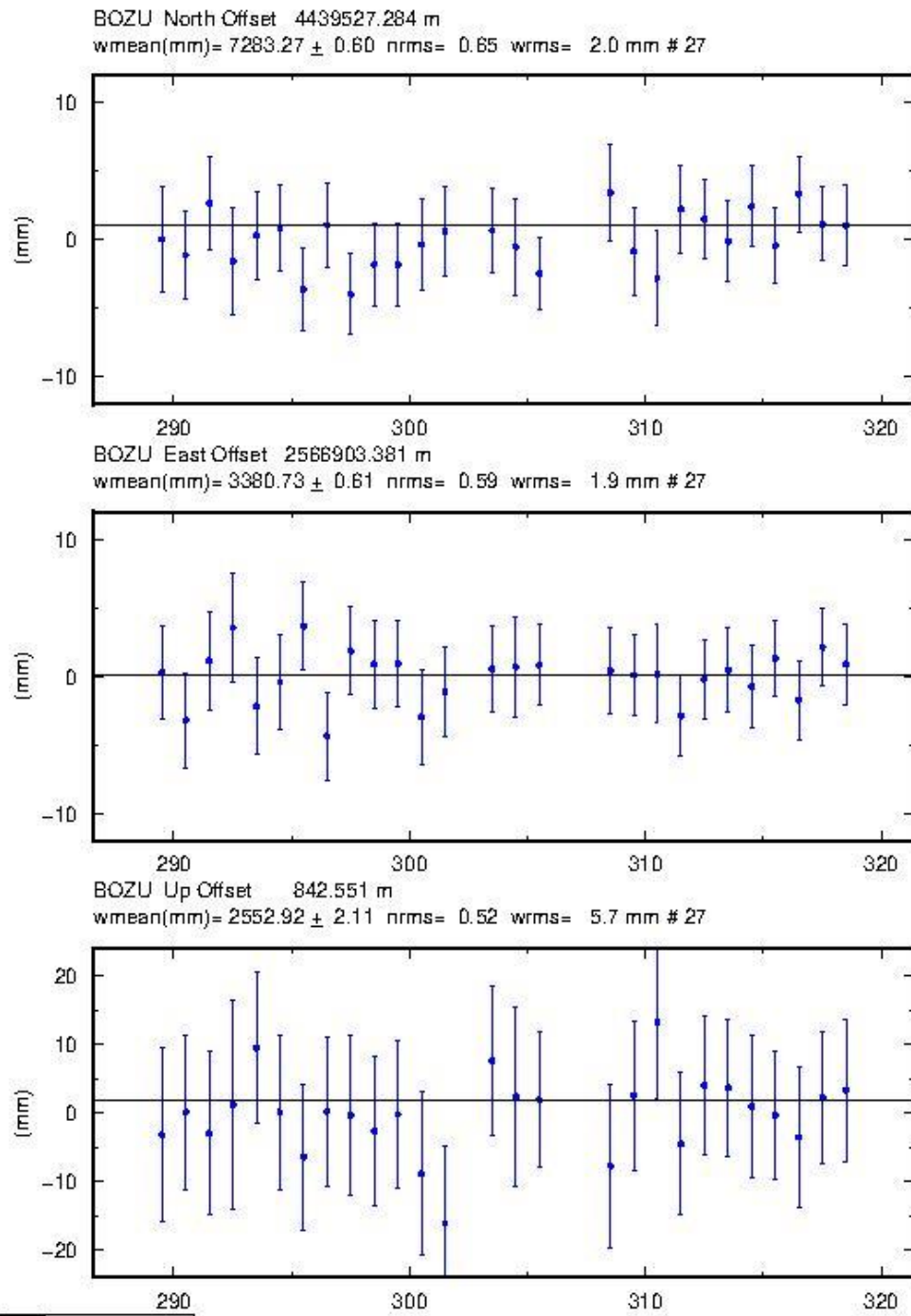
12 saatlik GLONASS ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



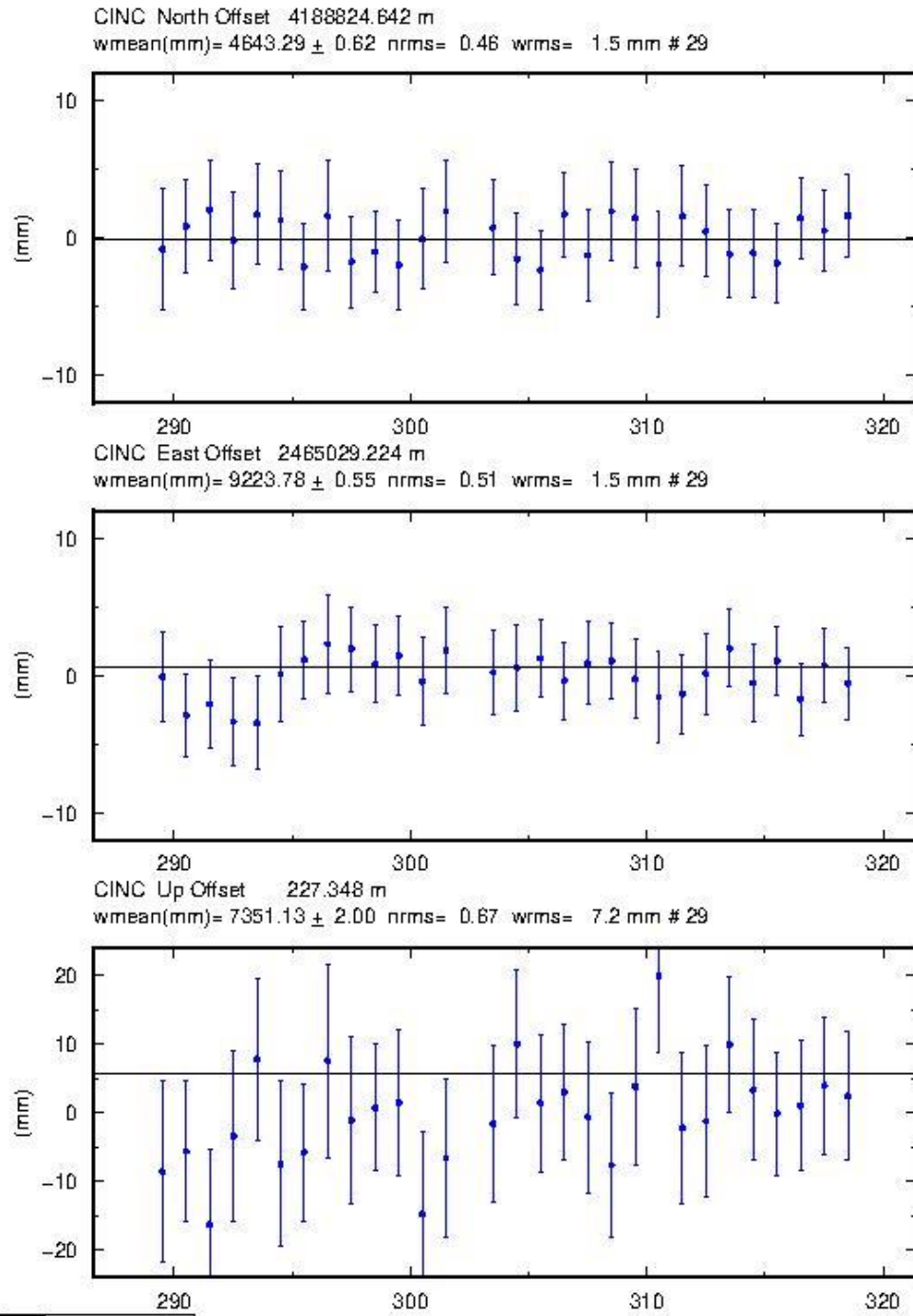
12 saatlik Galileo ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



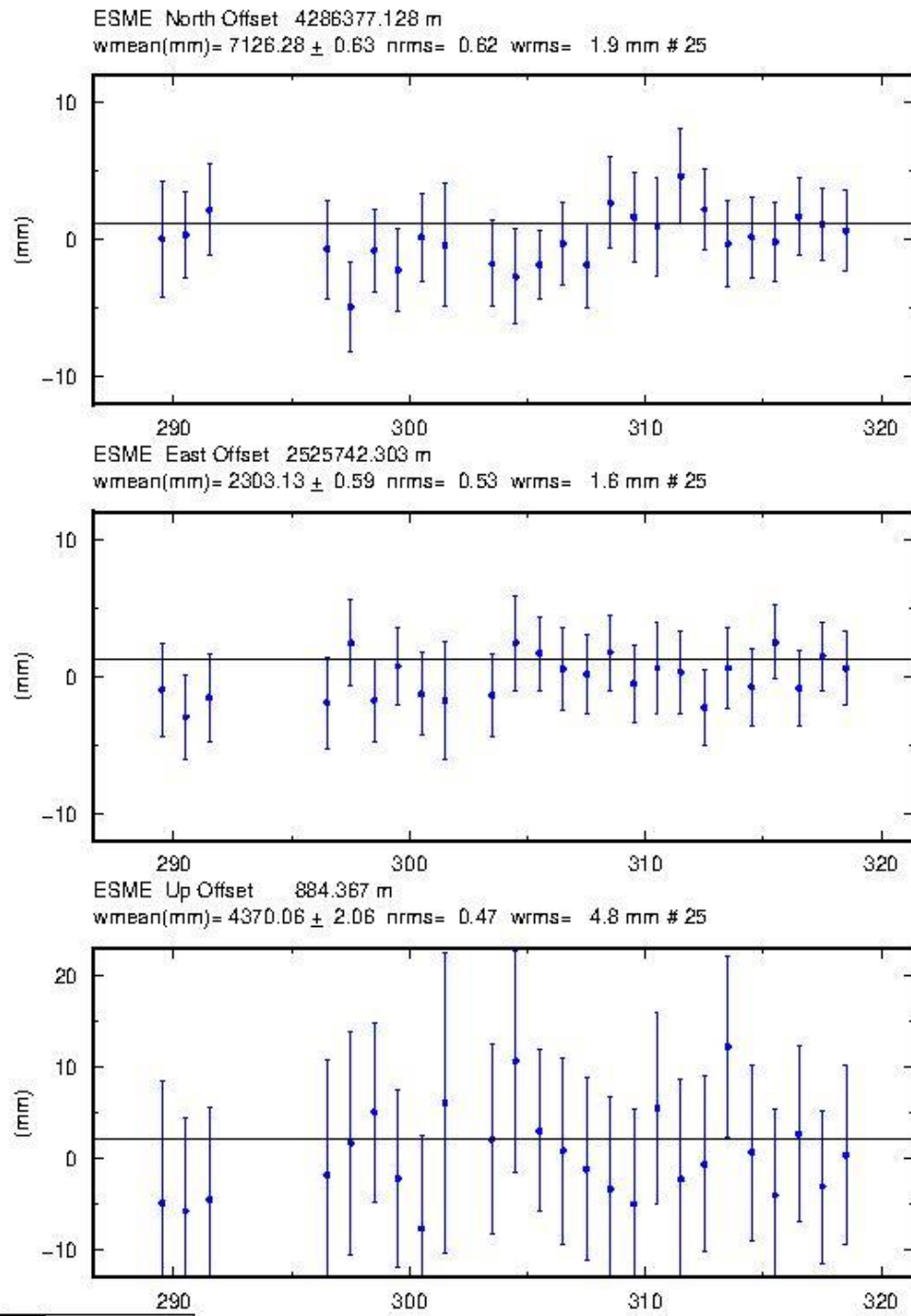
12 saatlik Galileo ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



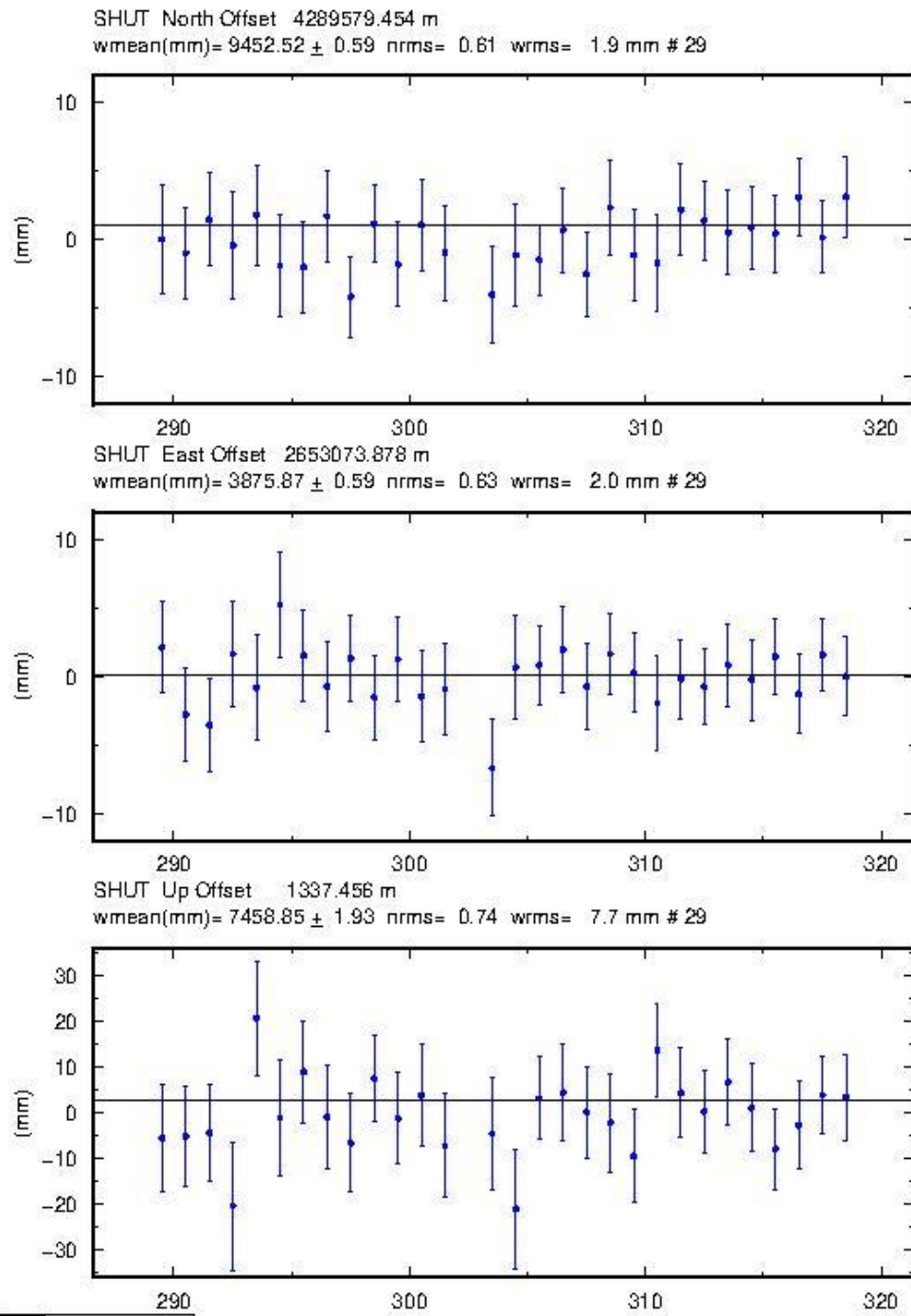
12 saatlik Galileo ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



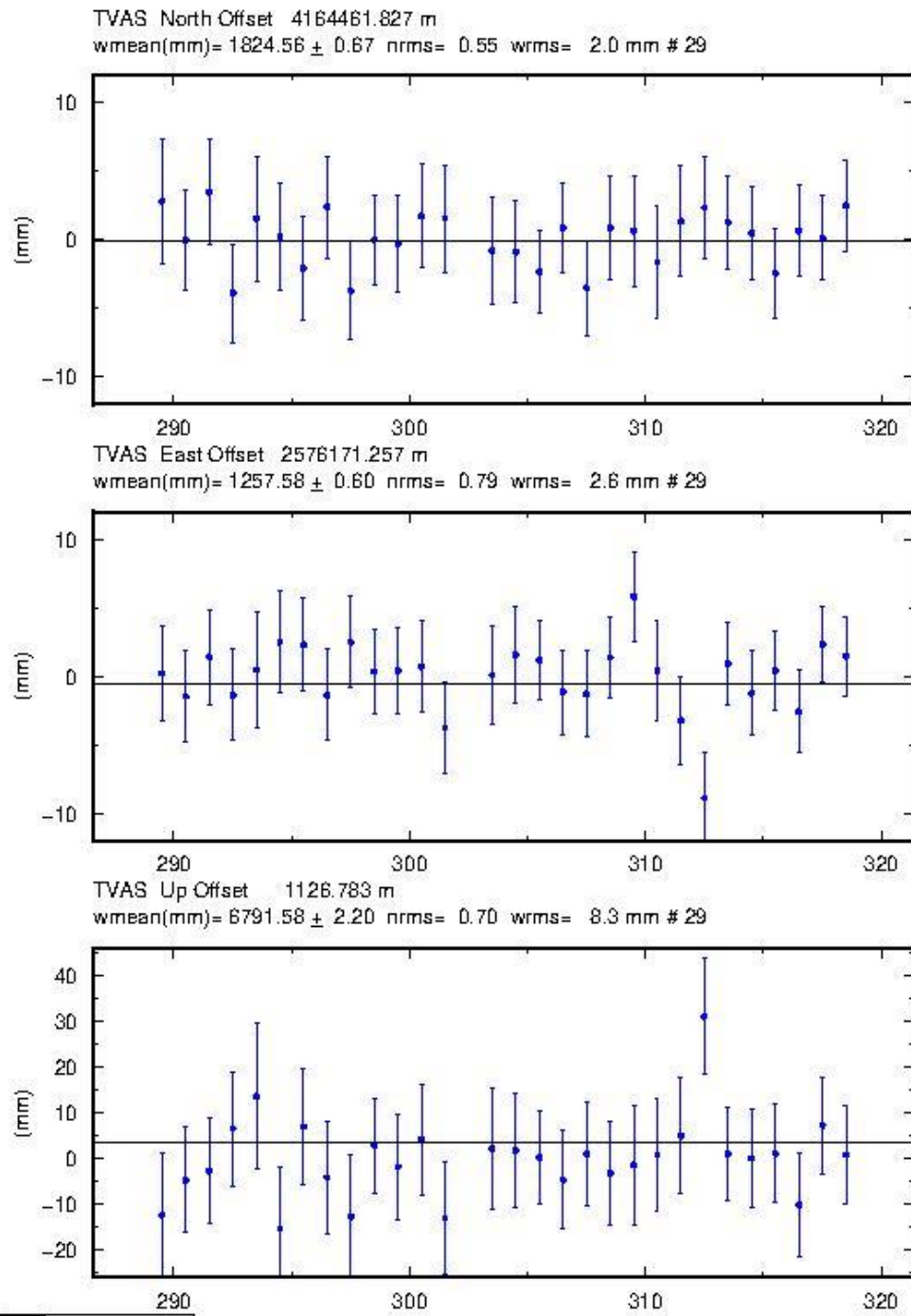
12 saatlik Galileo ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



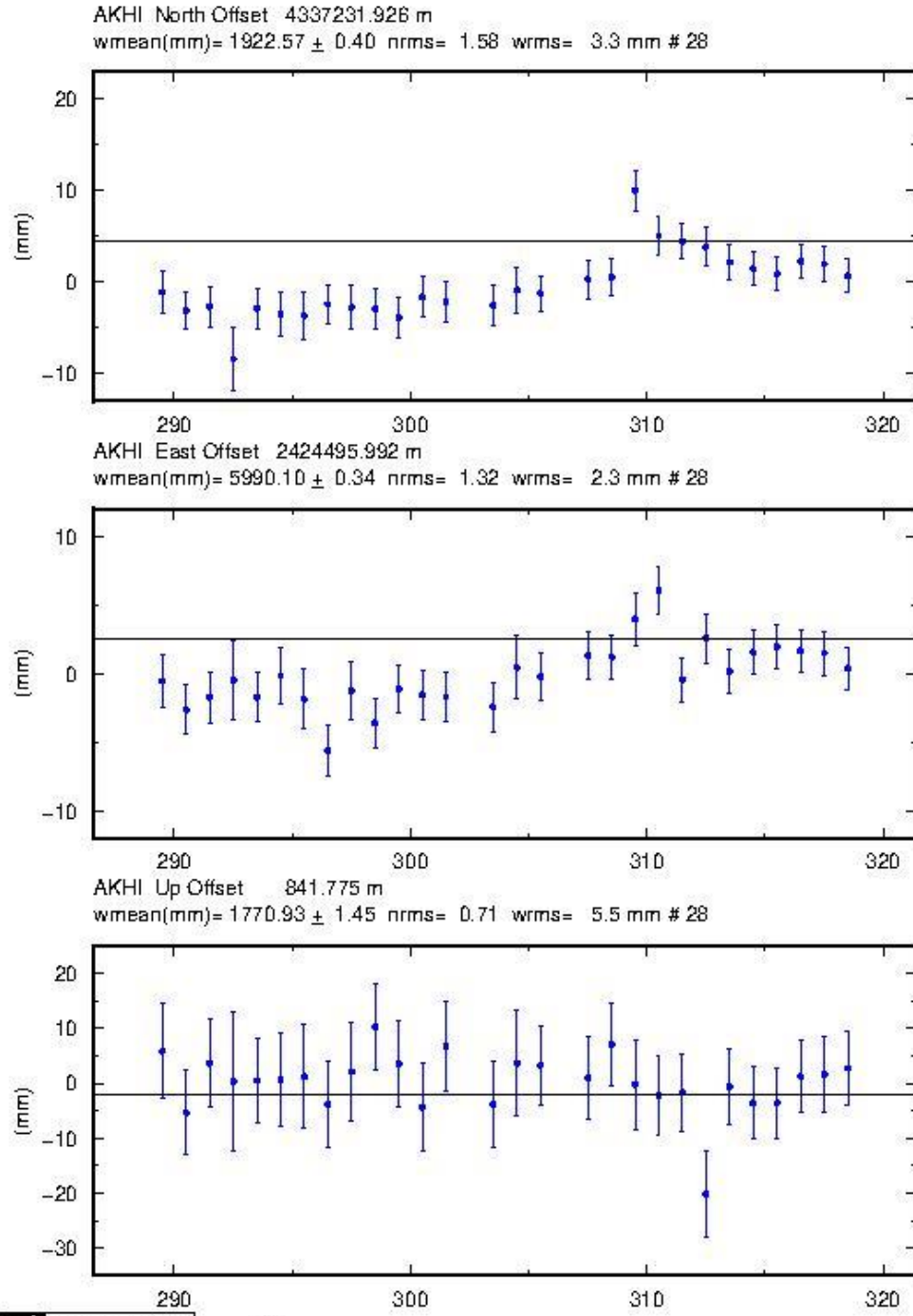
12 saatlik Galileo ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



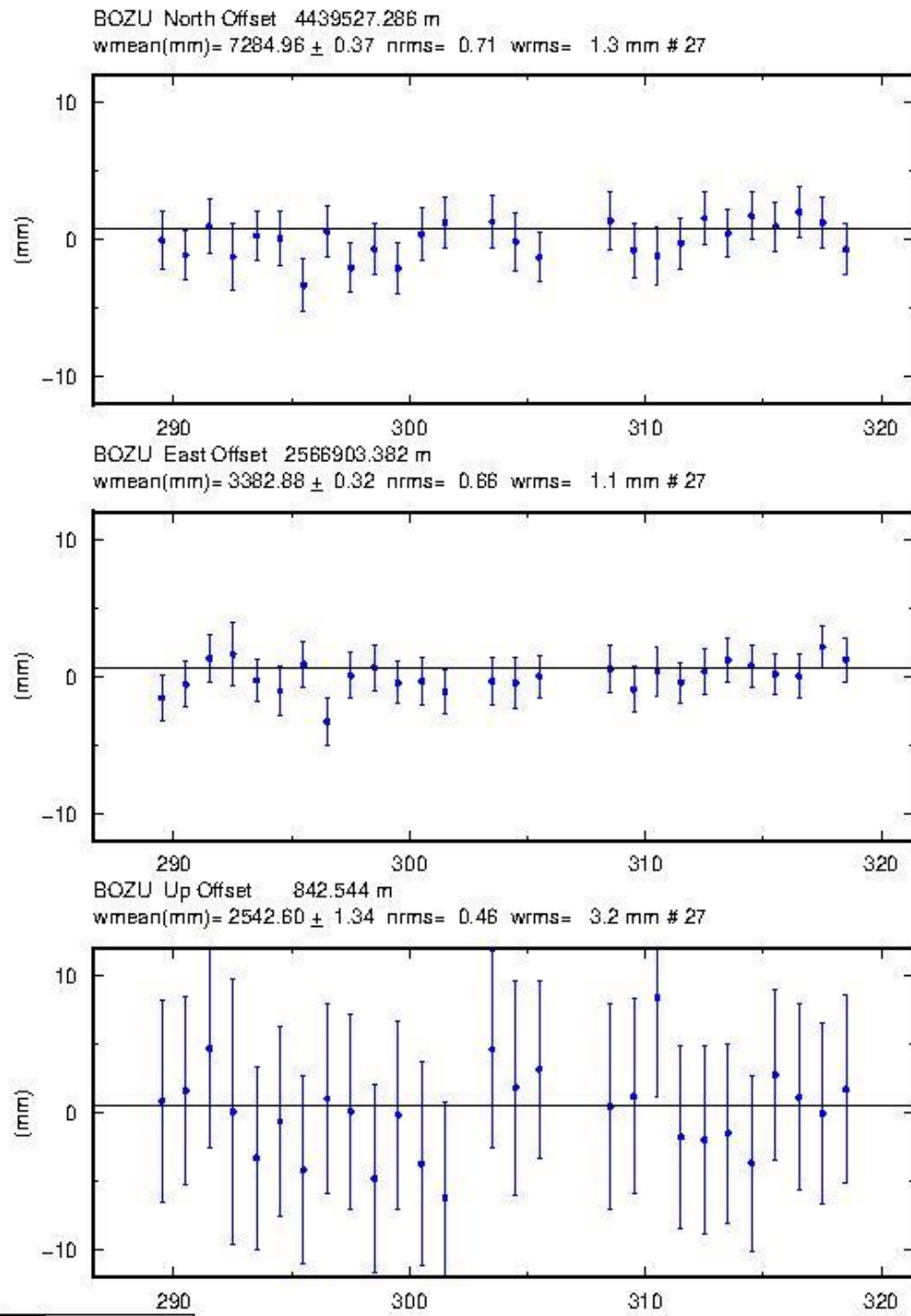
12 saatlik Galileo ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



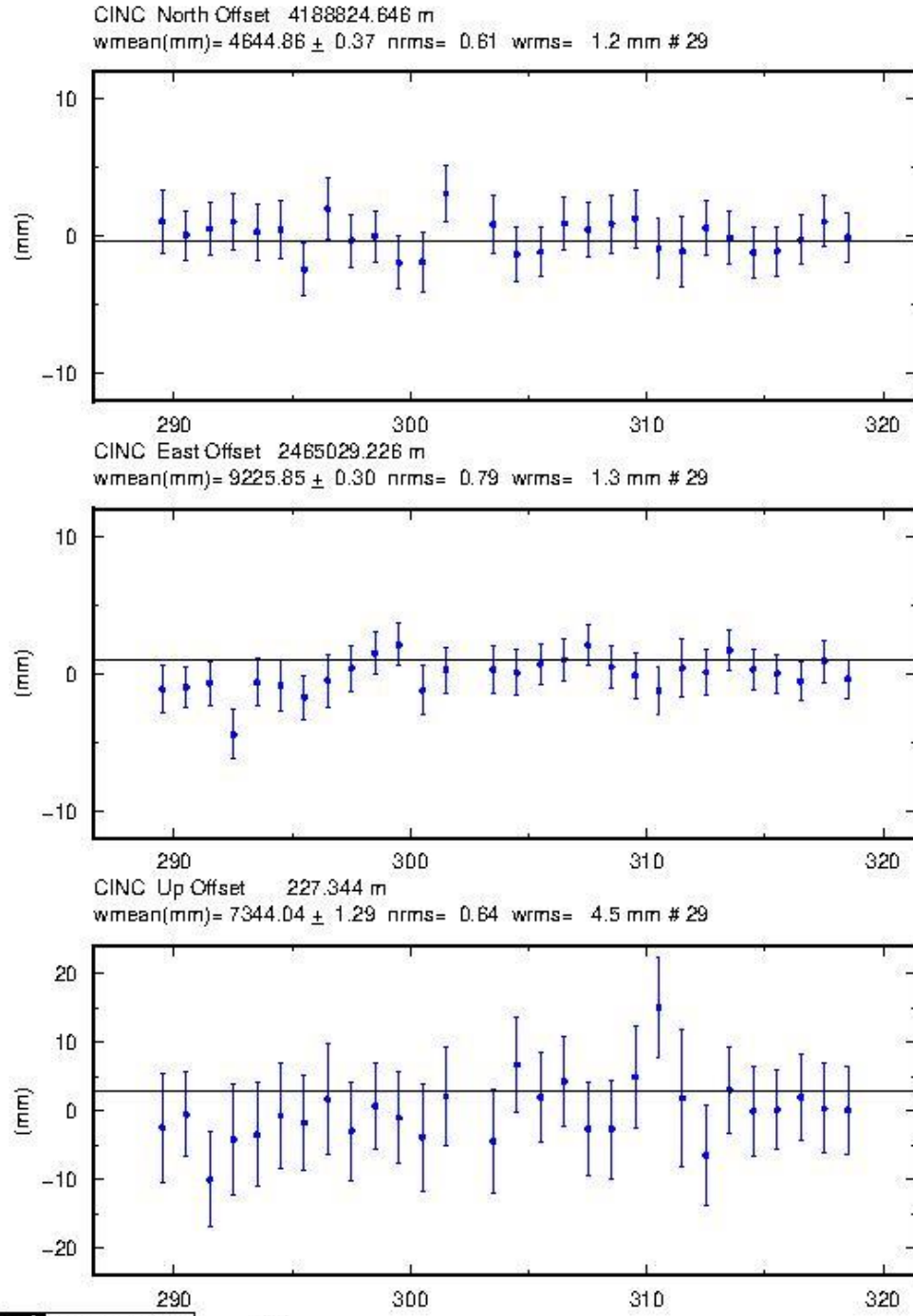
12 saatlik MIX ölçüleri ile AKHI istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



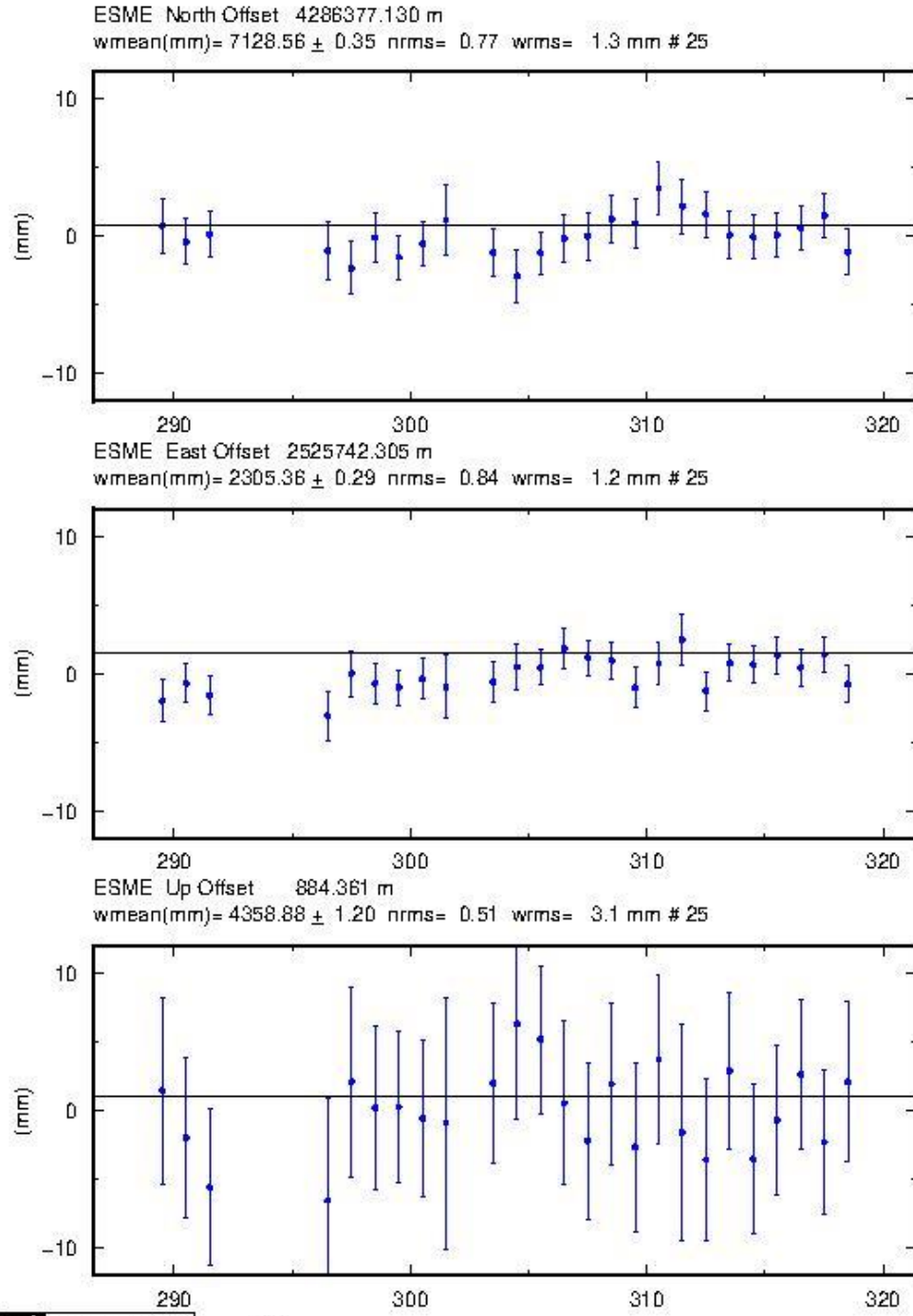
12 saatlik MIX ölçüleri ile BOZU istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



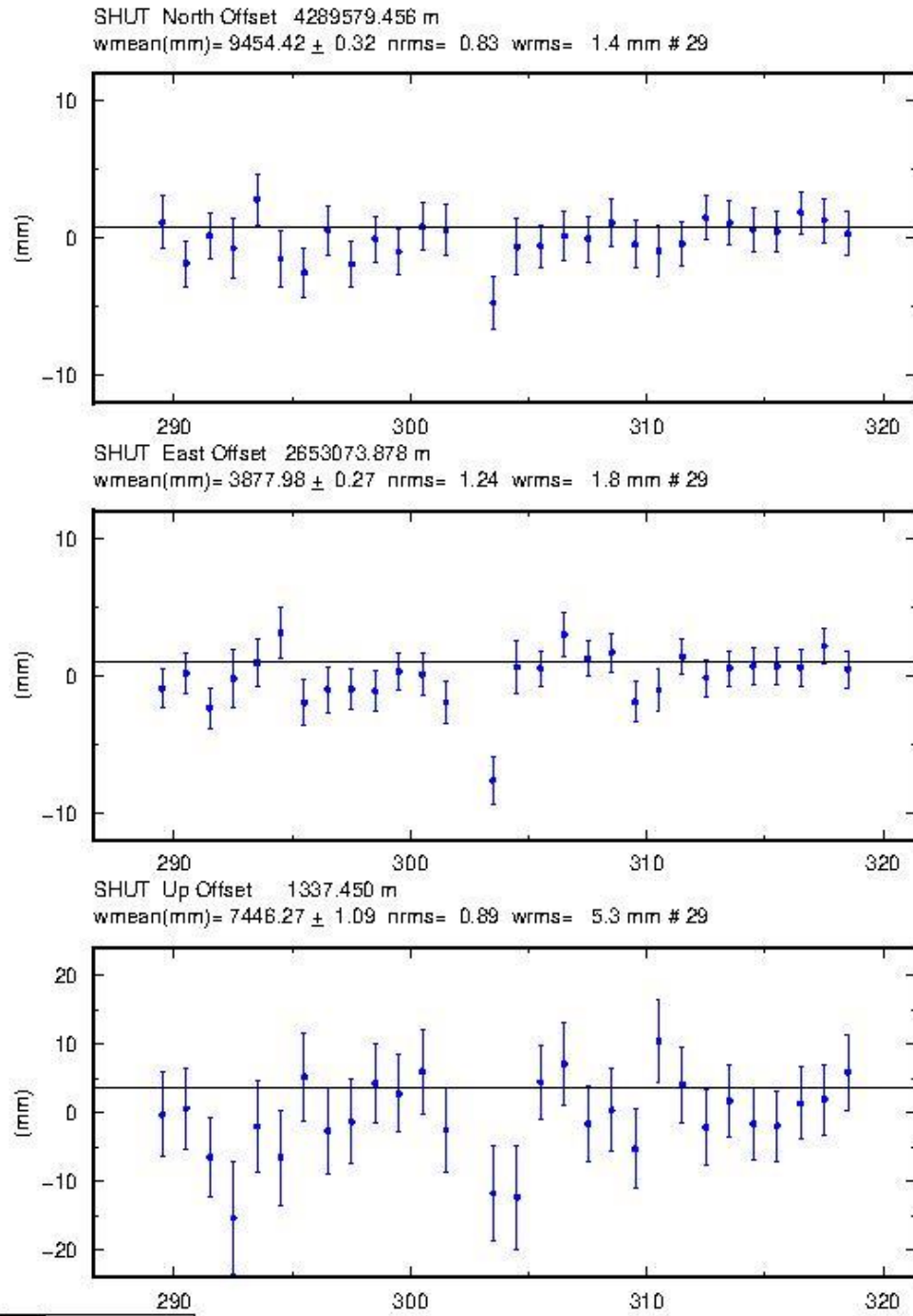
12 saatlik MIX ölçüleri ile CINC istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



12 saatlik MIX ölçüleri ile ESME istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



12 saatlik MIX ölçüleri ile SHUT istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi



12 saatlik MIX ölçüleri ile TVAS istasyonundaki verilerin zaman serileri analizi

