



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HASSAS NOKTA KONUMLAMA İLE
DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİ

ŞEYDA GELİŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Şeyda GELİŞKAN tarafından hazırlanan “Hassas Nokta Konumlama İle Deformasyonların Belirlenmesi” adlı tez çalışması 04/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan, Danışman
Prof. Dr. Cevat İNAL

Üye
Doç. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

Üye
Doç. Dr. Salih ALÇAY

İmza


.....


.....


.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE 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.

Şeyda GELİŞKAN

Tarih: 04/01/2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASSAS NOKTA KONUMLAMA İLE DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİ

Şeyda GELİŞKAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2019, 112 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Cevat İNAL

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Uydularla konum belirleme sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) ile hassas nokta konumlama (PPP: Precise Point Positioning) son 10 yılda birçok araştırmacının ilgisini çeken bir yöntemdir. PPP tekniği, tek bir GNSS alıcısı ile uydu ve saat düzeltmelerini kullanarak, mutlak ve yüksek konumlama doğruluğu sağlayan bir teknik olarak geliştirilmiştir. Bu yöntemde, kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak çift frekanslı tek bir alıcı ile nokta konumlama doğruluğu cm / dm seviyesinde elde edilebilmektedir. Hassas nokta konumlamada en önemli kısıtlayıcı faktör, faz belirsizlikleri için gerekli olan yakınsama süresinin uzun olmasıdır. Günümüzde PPP yönteminin farklı amaçlarla kullanılabilirliği konusunda akademik çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada PPP tekniğinin deformasyon belirlemede kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda sanal deformasyon oluşturmaya yarayan bir düzenek üzerinde doğu-batı, kuzey-güney yönleri ve düşey yönde 24 saat süreli statik yöntemle GNSS ölçüleri yapılmıştır. Ölçüler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik bölümlere ayrılmıştır. Ölçüler Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı, CSRS-PPP ve Magic GNSS-PPP online yazılımları ile değerlendirilmiş, ölçülerden elde edilen deformasyon miktarı ile sanal kaydırma sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda, kullanılan bütün yazılımlar için, yatay yöndeki deformasyonların araştırılmasında; 2 saatlik ölçülerle 5 cm ve üzeri, 4 ve 6 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 8 ve 12 saatlik

ölçülerle 2 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 1 cm ve üzeri değişimlerin deformasyon olarak belirlenebildiği görölmüştür. Düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde ise; 12 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 2 cm ve üzeri deformasyonlar belirlenebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bernese, CSRS-PPP, Deformasyon, Magic GNSS-PPP, PPP



ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF DEFORMATIONS WITH PRECISE POINT POSITIONING

Seyda GELISKAN

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

Advisor: Prof. Dr. Cevat INAL

2018, 112 Pages

Jury

Prof. Dr. Cevat INAL

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Precise Point Positioning (PPP) is a method that attracted notice of many researchers especially over the last 10 years. The Precise Point Positioning technique has been developed as providing absolute and high positioning accuracy, using satellite and clock corrections with a single GNSS receiver. In this method, with a single receiver which has double frequency using code and carrier phase observations point positioning accuracy can be obtained at cm/dm level. The most important problem in precise point positioning is that converging time required for phase uncertainty is quite long. Nowadays, there are many academic researches about adopting the PPP method for different aims. In this research, it is aimed to investigate possibility of PPP method can be used for whether determination of deformations or not. In this wise, GNSS measurement was made on a mechanism for creating virtual deformation with 24 hour static method on east- west, north- south and vertical directions. Measurements were separated by 2, 4, 6, 8, 12 and 24 hours time intervals. Computations evaluated by using Bernese v5.2 scientific GNSS software, CSRS-PPP and Magic GNSS-PPP online softwares. In addition to that, the resulting values that comes from the measurements were compared with the values obtained from the virtual shift results. At the end of the

comparison, it was observed that for all the software used, the deformation in the horizontal direction can be determined as deformation with 2 hour measurements is 5 cm and above, with 4 and 6 hour measurements is 3 cm and above, with 8 and 12 hour measurements is 2 cm and above, with 24 hour measurements is 1 cm and above. In the determination of the deformation in the vertical direction is 2 cm and above deformations with 24-hour measurements and 3 cm and above deformations with 12- hour measurements were determined.

Keywords: Bernese Software, CSRS-PPP, Deformation, Magic GNSS-PPP, PPP



ÖNSÖZ

Lisans eğitimine başladığımdan bu yana bana bu güzel mesleği sevdiren, sevgi dolu, anlayışlı, her konuda yardımını gördüğüm, her zaman benim önceliklerimi düşünen kendisi ile çalışmaktan gurur ve mutluluk duyduğum saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Cevat İnal'a çok teşekkür ederim.

Her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen en az benim kadar çalışmam da emeği olan sevgili hocam Arş. Gör. Dr. Sercan Bülbül'e teşekkür ederim. Hayatım boyunca her zaman desteklerini arkamda hissettiğim ve bu günlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Minnettarım.

Şeyda GELİŞKAN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. HASSAS NOKTA KONUMLAMA TEKNİĞİ	7
2.1. PPP'nin Tarihçesi.....	8
2.2. PPP İçin Tamsayı Belirsizliği Çözümü	9
2.3. IGS'in PPP Tekniği İçin Önemi	10
2.3.1. IGS Veri Organizasyonu	11
2.4. PPP Yönteminde Hata Kaynakları	13
2.4.1. Uydu Yörünge Hataları	17
2.4.2. Uydu Saat Hataları	18
2.4.3. Sinyal Yansıma Hatası (Multipath).....	18
2.4.4. Uydu Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları.....	19
2.4.5. Uydu Anteni Faz Dönmesi (Phase Wind Up).....	20
2.4.6. Alıcı Anteni Faz Merkezi Kayıklığı (PCV: Phase Center Variations)	21
2.4.7. Kutup Gezinmesi (Polar Motion/Polar Tides)	23
2.4.8. Yeryuvarı Dönme Parametreleri (ERP: Earth Rotation Parameters) (Sagnac Effects)	23
2.4.9. Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)	24
2.4.10. Okyanus Yükleme (Ocean Loading).....	25
2.4.11. İstasyon Hızları.....	26
2.4.12. Referans Çerçeve (Datum).....	26
2.4.13. IGS/IERS (International Earth Rotation Service) Standartları İle Uyum 27	
3. BERNESE 5.2. YAZILIMI İLE PPP ÇÖZÜMLERİ	28
3.1. Bernese Yazılımı.....	29
4. PPP İÇİN GELİŞTİRİLEN WEB TABANLI ONLINE YAZILIMLAR	33
4.1. Canadian Spatial Referance System Precise Point Positioning (CSRS-PPP) Servisi	35
4.2. GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS)	37
4.3. Automatic Precise Positioning Software (APPS)	38
4.4. Magic-GNSS Yazılımı	39
5. GNSS TEKNİKLERİ İLE DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİ	40

5.1. Deformasyon Ölçme Yöntemleri	40
5.2. GNSS Teknikleriyle Deformasyon Ölçmeleri	42
5.3. Deformasyon Ölçülerinin Değerlendirilmesi	43
6. UYGULAMA	45
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR	57
EKLER	65
ÖZGEÇMİŞ.....	110



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

X_p, Y_p	Gök efemeris kutbunun (CEP) ITRF sistemindeki konumu
$d\Psi, d\epsilon$	CEP ile gerçek CEP arasındaki fark
x, y, h	Projeksiyon koordinatları
k	Kaydırma miktarı
T	Test büyüklüğü
n	Kaydırma yapılan nokta sayısı

Kısaltmalar

AIUB	Astronomical Institute of the University of Bern
APPS	Automatic Precise Positioning Service
ARL	Applied Research Laboratories
C/A	Coarse/Acquisition Code
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CEP	Celestial Ephemeris Pole
CODE	Center for Orbit Determination in Europe
CORS	Continuously Operating Reference Station
CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System- Precise Point Positioning Service
DGNSS	Diferansiyel GNSS
DGPS	Diferansiyel GPS
ECEF	Earth-centered, Earth-fixed (koordinatlar)
ECI	Earth-centered Inertial
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EOP	Earth Orientation Parameters
EPH	Efemeris (Ephemeris)
ERP	Earth Rotation Parameters
FCBs	Fractional Cycle Biases
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software
GAMIT	GPS Analysis at MIT

GEONET	GPS Earth Observation Network
GLONASS	GLObal NAVigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
GMV	GMV Innovating Solutions Inc.
GRAS	Ground-Based Regional Augmentation System
GSA	European GNSS Supervisory Authority
GSM	Global System for Mobile Communications
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IAU	International Astronomy Union
ICRF	International Celestial Reference Frame
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service
IGR	IGS Rapid Ürün
IGU	IGS Ultra-Rapid Ürün
IGS	International GNSS Service
IGS	IGS Final Ürün
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
JPL	NASA The Jet Propulsion Laboratory
LGO	Leica Geo Office
MGEX	Multi-GNSS Experiment
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NRCan	Natural Resources Canada
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
PCO	Phase Centre Offset (Faz Merkezi Kayıklığı)
PCV	Phase Center Variations (Faz Merkezi Değişimleri)
PPP	Precise Point Positioning
PPP-RTK	Precise Point Positioning- Real Time Kinematic
RCP	Right Circularly Polarized
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RMS	Root Mean Square
RTCM	The Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
RT-PPP	Real-Time Precise Point Positioning

SAPOS	Satellite Positioning Service of the German State Survey
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SPP	Single Point Positioning
SPS	Standard Positioning Service
TBC	Trimble Business Center
TEC	Total Electron Content
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyon Ağı
UT	Universal Time
UTC	Coordinated Universal Time
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi



1. GİRİŞ

Bilişim dünyasındaki önemli gelişmeler, çeşitli algoritmalarla farklı çözümlerin geliştirilmesine ve uydu tabanlı konumlamanın yanı sıra sayısız mesleki alanda büyük değişikliklere neden olmuştur (Alkan ve ark., 2016). Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) teknolojisi, şehir planlama ve imar uygulamasından askeri uygulamalara kadar birçok uygulamada hayati önem taşımaktadır. GNSS, küresel kapsama alanıyla coğrafi konumlama sağlayan uydu navigasyon sistemleri için standart genel bir terimdir. GPS, GLONASS, Galileo, Beidou ve diğer bölgesel sistemlerinden oluşmaktadır (Hofmann-Wellenhof ve ark., 2008).

GNSS uygulamaları, tarım, inşaat, ulaşım ve havacılık alanlarında çeşitli endüstrilerde işletme operasyonlarını ve en iyi konum belirleme uygulamalarını geliştirmiştir (Attia, 2014). Son yıllarda artan çalışmalar sayesinde GNSS sistemleri ülke temel jeodezik ağlarının oluşturulması, yerkabuğunun hareketlerinin belirlenmesi, deprem çalışmaları, mühendislik yapılarındaki deformasyonlarının izlenmesi, kadastral çalışmalar, hidrografik (batimetrik) ölçmeler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), kinematik GNSS destekli fotogrametrik çalışmalar, uzaktan algılama, hava, deniz, ve kara araçlarının navigasyonu, hassas tarım, ormancılık faaliyetleri, meteorolojik çalışmalar, doğal afetler için erken uyarı sistemleri (deprem, volkanik hareketler, heyelan, tsunami, vb.) gibi birçok faaliyette etkin olarak kullanılmaktadır (Öcalan, 2012). Avrupa GNSS Ajansı (GSA: European GNSS Supervisory Authority) tarafından bildirildiği üzere, son on yılda GNSS piyasası büyük bir artış göstermiştir.

Günümüzde tek frekanslı GNSS alıcılarının çoğunluğu düşük fiyatlı sensörlere sahiptir. Normalde bu tek frekanslı düşük maliyetli sensörler, yatayda ve düşeyde birkaç metre doğrulukla ya da daha iyi doğrulukla bir konumun tahmin edilmesini sağlayan kodla tek nokta konumlama yapmaktadır (Huber ve ark., 2010).

1978'den beri faaliyet gösteren ve 1994'ten beri dünya çapında mevcut olan GPS şu anda dünyanın en çok kullanılan uydu navigasyon sistemidir. GNSS, hassas konumlama konusunun uygun maliyetli bir çözümünü sunan üç boyutlu ölçme ve konumlama tekniğidir. GNSS ekipmanının ekonomikliği, 1990'lı yıllardan beri yer bilimlerinde etkili bir araç haline gelmesinin nedeni olmuştur. Son on yılda, yerbilimleri uygulamalarında GNSS'in etkinliğini artırma ve GNSS'nin işlevsel maliyetlerini azaltma çabaları artmaktadır. Küresel gelişmelerin bir sonucu olarak, alıcı kabiliyeti ile sürekli ağ izleme bölgesel ve yerel global konumlama sistemi ve Uluslararası GNSS servisi (IGS)

cihazlarının kalitesi, uzun gözlem süreleri ile bugün "mm" seviyesinde doğruluk elde edilebilmektedir (Soycan, 2012). GNSS sayesinde, uygulanan yöntem ve kullanılan donanıma bağlı olarak birkaç metre mertebesinde, santimetre ve hatta milimetreye kadar değişen bir doğruluk aralığında konum belirlemek mümkün hale gelmiştir (Alkan ve ark., 2014).

GPS ile uydu sinyalleri yardımıyla herhangi bir yer ve zamanda, her türlü hava şartlarında küresel (global) bir koordinat sisteminde, ekonomik, duyarlılığı yüksek konum, hız ve zaman bilgilerini belirlemek mümkün olmuştur (Kahveci ve Yıldız, 2012).

Uydularla konum belirlemede GNSS ölçmelerine dayalı olarak mutlak ve görelî (bağıl) konum belirleme olmak üzere iki temel yöntem kullanılmaktadır. Metreler mertebesinde, oldukça kolay ve sürekli bir şekilde konum belirlemek tek nokta konum belirleme yöntemi (SPP: Single Point Positioning) ile mümkün olmakla birlikte, bu elde edilen doğruluk pek çok ölçme uygulamasında istenen doğruluğun çok altındadır. Bu düşük doğruluğun artırılması için en çok başvurulan yaklaşım, ölçmelerin görelî yöntem ile yapılması olmuştur. Buna bağlı olarak, nokta konumlarını gerçek zamanlı cm seviyesinde belirleyen Klasik RTK (Real Time Kinematic) yöntemi geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemde, yüksek doğrulukla konumu bilinen bir referans istasyonu ile bu istasyona maksimum 15-20 km uzaklıkta bulunan bir veya daha fazla gezen alıcıya gereksinim duyulmaktadır. Atmosferik hatalar ve yörünge hatasından dolayı yöntemin doğruluğu referans istasyonu ile gezen alıcı arasındaki uzaklığa bağlıdır. Bu yöntemdeki ifade edilen kısıtlamalardan kaçınmak için birden fazla sabit istasyon kurulması gündeme gelmiştir. 1980'li yılların sonlarından itibaren yüksek doğruluk gerektiren jeodezik ölçülere katkı sağlaması amacıyla sürekli gözlem yapan referans istasyonları (CORS) sistemi uygulamaya konulmuştur (Yıldırım ve ark., 2011). Bu fikrin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit GNSS ağları (Ağ-RTK) kavramı ortaya çıkmıştır. Ağ-RTK sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı sağlanmış, GNSS gözlem tekniklerinin gücü ile ağ yapısının üstünlükleri (ağ dengelemesi) birleştirilmiştir. Sonuç olarak Ağ-RTK, Klasik RTK tekniğine göre daha uzun baz uzunluklarında (50 -100 km) faz gözlemlerine dayalı olarak cm doğruluğunda ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniğidir (Kahveci, 2009). Ağ-RTK, doğru ve hızlı konumlama gibi pek çok avantaja sahip olduğu için tüm dünyada oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, tek bir kullanıcı tarafından uygulaması yapılabilir ve maliyet açısından etkindir. Öte yandan,

bazı kısıtlamalara sahiptir, bazı durumlarda ve uzak yerlerde kullanımını sınırlar. En önemli kısıtlama; en az bir referans istasyonundan düzeltme verisi alması ve gezen alıcı ile referans istasyonunun arasında ki mesafenin 80-100 km ile sınırlı olmasıdır. Bu tür hizmetlerin kullanımı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bir referans noktasının ve GSM istasyonunun kapsama alanının sınırlı olmasından dolayı kısıtlanmaktadır (Alkan ve ark., 2016). Tüm bu kısıtlamaları ortadan kaldırmak için, son on yılda, araştırmacılar CORS benzeri klasik diferansiyel GNSS tekniklerinde bulunan dezavantajları olmayan daha ekonomik, uygun, güvenilir ve dünya çapında hassas konumlama çözümleri geliştirmek için çalışmalar yapmışlardır. Bu yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri Hassas Nokta Konumlama (PPP: Precise Point Positioning) tekniğidir. PPP, tek bir GNSS alıcısı kullanarak referans istasyonuna ihtiyaç duymadan konumlama sağlar. Bu yöntemle, statik veya kinematik modda cm ile dm seviyesinde konumsal doğruluk elde etmek mümkün olmuştur. Her ne kadar PPP tekniğinin kullanılabilirliği, farklı bilimsel ve pratik uygulama alanlarında gün geçtikçe artsa da, uzun yakınsama süresi gerekliliği ve ticari GNSS işleme yazılımında PPP işleme modunun kullanılamamasından dolayı bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Yöntemin kullanımının kolay olması nedeniyle, PPP tekniğiyle ilgili çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (Alkan ve ark., 2016).

PPP yönteminin geçmişi 1976 yılına kadar gitmektedir. Fakat 1990'lı yıllarda çift frekanslı alıcıların ortaya çıkmasından itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır. 1976 yılında Anderle, doppler etkisinden yararlanarak uydu yörüngesini 2 metre doğruluk ile hesaplayabilmiştir (Anderle, 1976). Yapılan çalışma yüksek bir doğruluk taşımamaktadır. Ancak PPP kavramının ilk kez ortaya çıkışına neden olmuştur. 1990'lı yıllarda hassas yörünge ve saat bilgilerine erişilebilmiştir. 1997 yılında çift frekanslı alıcıların çıkması ile iyonosferden kaynaklanan hatalar modellenenmiştir. 2000 yılında da GPS uydu sinyalleri üzerindeki Seçimli Erişim (SA: Selective Availability) kaldırılmıştır (Xu ve ark., 2011).

Mutlak konum belirleme sistemine dayalı olan PPP, tek bir GNSS alıcısı kullanılarak cm gibi yüksek bir konum doğruluğunun elde edilmesini sağlayan yöntemdir. Bu yöntemle uyduların ölçümü sonrasında IGS, Jet Propulsion Laboratory (JPL), Center for Orbit Determination in Europe (CODE) gibi servisler tarafından internet ortamında yayınladıkları hassas uydu yörünge ve saat bilgileri yardımı ile düzeltmeler yapılmaktadır.

GNSS sistemlerinin modernizasyonu sonucunda GPS dışında GLONASS, GALILEO, BEIDOU, QZSS ve IRNSS küresel ve bölgesel farklı uydu sistemlerinin

olması, PPP yöntemi ile elde edilen koordinatların doğruluğunu arttırmıştır. Bu durum PPP yönteminin ilgi görmesine sebep olmuştur.

PPP yönteminde gerekli olan uydu yörünge ve saat bilgileri küresel hizmet veren sabit GPS/GNSS referans istasyonları ağından sağlanmaktadır. Bu noktada PPP için gerekli olan hassas yörünge ve saat bilgilerinin en önemli kaynağı IGS'dir. Bunun dışında Satellite Based Augmentation System (SBAS) ile bütünleşmiş olan kamusal ya da ticari diğer referans istasyonu ağları da, yörünge ve saat bilgilerini sağlamaktadırlar (Ebner, 2008).

PPP yöntemiyle yapılan ölçüler anlık olarak düzeltme değerlerini almadığından ham verilerdir. Bu ölçü verileri büro hesaplamaları için, veri işleme ve analiz işlemini gerçekleştiren bilimsel/akademik yazılımlar (Bernese, GIPSY-OASIS, WaPPP, gLAB vd.) ve internet tabanlı online PPP servisler (CSRS-PPP, GAPS, APPS, Magic-GNSS vd.) ile yapılmaktadır (Alçay ve ark., 2013).

PPP yönteminin diferansiyel konum belirlemeye göre en önemli avantajı, koordinatı bilinen bir ya da daha fazla referans istasyonuna bu yöntemde gereksinim duyulmamasıdır. Buna karşın PPP yönteminde, kod ve taşıyıcı faz gözlemlerinin her ikisi birden gerekmektedir. Tam sayı belirsizliği çözümü için geçen yakınsama süresinin uzun olması PPP yönteminin önemli dezavantajlarından biridir. Bu dezavantaj PPP'nin gerçek zamanlı uygulamalarda kullanımını sınırlandırmaktadır (Rizos ve ark., 2012).

PPP'nin gelişimi 1976'ya dayanmaktadır, Anderle tarafından yapılan bu çalışmada uydu çözümlerinde hassas yörünge çözümleri fixed (sabit) alınmıştır, daha sonra bu teknik Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) Jet Propulsion Laboratuvarı'nda 1990'ların sonuna kadar ciddi bir şekilde araştırılmış ve incelenmiştir. PPP'nin GPS ile ilişkisini içeren ve gelişimini başlatan ilk çalışma ise 1997 yılında Zumberge ve ark. tarafından (Zumberge ve ark., 1997) yapılan çalışmadır.

Cai ve Gao (2007), GPS ve GLONASS kullanarak PPP'nin performansını, yalnızca GPS ve GPS+GLONASS proses arasındaki konum doğruluğu ve yakınsama sürelerini değerlendirmek için çalışma yapmışlardır.

Ebner ve Featherstone (2008), gerçekleştirilen çalışmada, Batı Avusturya'da 500 km * 440 km'lik bir alanda bulunan 46 noktada 5 günlük veriler Bernese Bilimsel GNSS yazılımı ile çözümlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, CSRS-PPP yazılımı ile de PPP çözümleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yönteminde kullanılan yazılımlardan elde edilen sonuçlarda önemli derecede farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

Hesselbarth ve Wanninger (2008), çalışmalarında çeşitli aralıklarda saat düzeltmelerini kinematik GNSS gözlemleriyle PPP işleme algoritmaları tekniğini kullanarak analiz etmişlerdir. 30 saniyeden daha kısa aralıklarda yakınsama sürelerinde bir iyileşme olmadığı sonucuna varmışlardır. Dahası, kombine GPS / GLONASS hassas düzeltmeleri kullanılarak konum doğruluğu açısından anlamlı bir artış görülmediğini analiz etmişlerdir.

Grinter ve Janssen (2012), ağ çözümünden türetilen koordinatlara karşı 20 noktada toplanan 1 saat, 2 saat, 4 saat, 12 saat ve 24 saat gözlem verilerinden PPP sonuçları Bernese yazılımı ile karşılaştırmışlardır. Çalışma için belirlenen spesifikasyonlarda 12 saatlik ve 24 saatlik çözümler arasında iyileşme görülmezken, daha uzun bir gözlem yapılarak konum doğruluğunun en aza indirgeneceği sonucuna varılmıştır.

Cai ve Gao (2013), PPP için GPS ve GLONASS gözlemlerini modüle etmek için kapsamlı bir analiz hazırlamışlardır. Çalışmalarında sayısal karşılaştırmalar ve analizler, dünya çapında yayılan Uluslararası GNSS Servisi (IGS) istasyonlarından toplanan bir günlük statik veriler ve bir kara aracı üzerinde toplanan kinematik veriler kullanılarak yapılmıştır. İlave GLONASS gözlemlerinin, yakınsama çözüm süresini önemli ölçüde azaltabileceği gözlemlenmemiştir. Ancak, daha iyi bir yakınsama süresi, görünür uyduların sayısı ve geometrisi, kullanıcı ortamı ve dinamikleri, gözlem kalitesi ve örnekleme oranı gibi birçok faktöre bağlıdır. Buna ek olarak, PPP, statik modda santimetre seviyesinde doğruluk ve kinematik modda desimetre seviyesinde doğruluk sağlayabilmektedir. Konum belirleme servisleri gibi bazı uygulamalar için konumlama doğruluğunun daha da geliştirilmesi gereklidir. Daha fazla görünür uydular ve gözlemler mevcut olduğundan, PPP'de GPS ve GLONASS gözlemlerinin karışık bir şekilde kullanılması konumlama doğruluğunu, güvenilirliğini ve yakınsama süresi davranışını iyileştirmesi beklenmektedir.

Rizos ve ark. (2012), PPP'nin gelişiminin kısa bir tarihi incelenmiştir ve son 20 yılda PPP'de yapılan ilerlemeler gözden geçirilmiştir. Çalışma, post-proses yapılan online hizmetleri, planlanan gerçek zamanlı PPP uygulamalarını ve mevcut ticari servisleri, PPP için tamsayı belirsizlik çözümlerindeki gelişmeleri ve "ağ tabanlı" PPP tekniklerinin ortaya çıkmasını tanıtmaktadır.

Alkan ve ark. (2016), Bu çalışma, Ağ-RTK ve PPP tekniklerinin dinamik bir ortamda doğru bir şekilde karşılaştırılmasını sağlamaktır. Her iki tekniğin doğruluk performansını değerlendirmek için bir kinematik deneme gerçekleştirilmiştir. Geminin

koordinatları, gerçek zamanlı TUSAGA-Aktif ağ olarak adlandırılan ulusal Ağ-RTK sisteminden kaydedilmiştir. Kinematik denemede toplanan veriler, Kanada Doğal Kaynaklar (NRCan) kuruluşu Jeodezi Anketi Bölümü tarafından işletilen yaygın olarak kullanılan bir online işleme servisine (CSRS-PPP) gönderilmiş ve PPP-türetilmiş koordinatlar elde edilmiştir. Sonuçlar, PPP tekniği ile ilgili olarak, kinematik test sonuçları, PPP türetilmiş koordinatlarının, cm düzeyinde bir doğrulukla göreceli çözümlere yakınsadığını göstermiştir. Genel olarak, her iki tekniğin klasik diferansiyel yöntemlere güçlü bir alternatif olarak birden fazla deniz uygulamaları için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

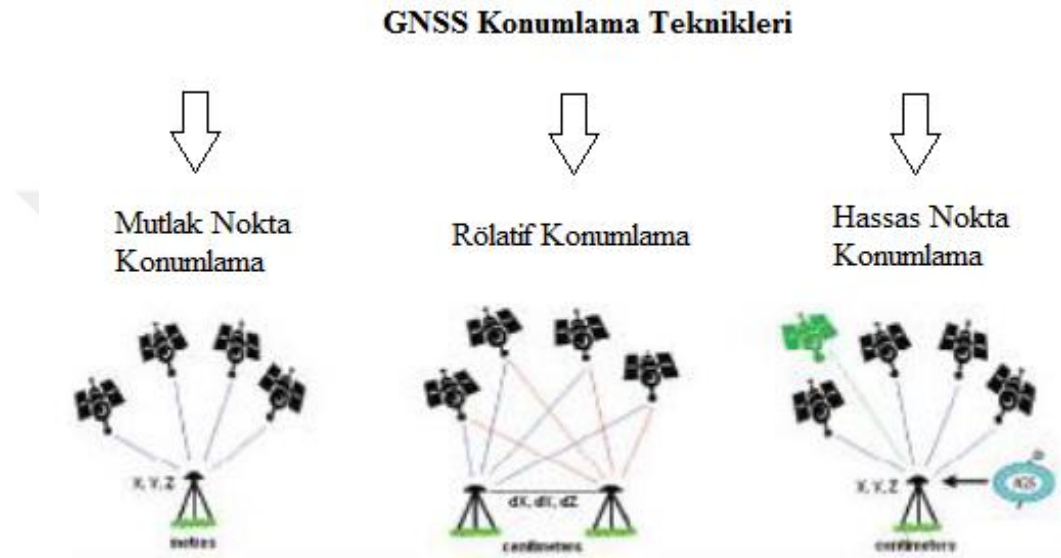
Bu çalışmada, günümüze kadar yapılan uygulamalardan farklı olarak Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin yatay/düşey yöndeki deformasyonları belirleyebilme başarısı Bernese akademik GNSS yazılımı (Bernese PPP) ve Web tabanlı online yazılımlar kullanılarak araştırılmıştır. Online yazılımlardan CSRS-PPP ve Magic GNSS-PPP kullanılmıştır. Bu kapsamda sanal deformasyon oluşturmaya yarayan bir düzenek üzerinde doğu-batı, kuzey-güney ve yükseklik yönünde 24 saat süreli statik yöntemle GNSS ölçüleri yapılmıştır. Ölçüler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik bölümlere ayrılmıştır. Ölçüler Bernese v5.2 ve online yazılımlar ile değerlendirilmiş, ölçülerden elde edilen deformasyon miktarı ile sanal kaydırma sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda, kullanılan bütün yazılımlar için, yatay yöndeki deformasyonların araştırılmasında; 2 saatlik ölçülerle 5 cm ve üzeri, 4 ve 6 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 8 ve 12 saatlik ölçülerle 2 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 1 cm ve üzeri değişimlerin deformasyon olarak belirlenebildiği görülmektedir. Düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde ise; 12 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 2 cm ve üzeri deformasyonlar belirlenebilmektedir.

2. HASSAS NOKTA KONUMLAMA TEKNİĞİ

Çeşitli yerbilimleri uygulamaları, yeryüzünün yüzeyinde bulunan noktaların hassas bir şekilde konumlandırılmasını gerektirmektedir. GNSS, hassas konumlama konusunun uygun maliyetli bir çözümünü sunan üç boyutlu ölçme ve konumlama tekniğidir. GNSS ekipmanının ekonomikliği, 1990'lı yıllardan beri yer bilimlerinde etkili bir araç haline gelmesinin nedeni olmuştur. Son on yılda, yerbilimleri uygulamalarında GNSS'in etkinliğini artırma ve işlevsel maliyetlerini azaltma çabaları artmaktadır. Küresel gelişmelerin bir sonucu olarak, alıcı kabiliyeti ile sürekli ağ izleme bölgesel ve global konumlama sistemi ve IGS cihazlarının kalitesi, uzun gözlem süreleri ile bugün "mm" seviyesinde doğruluk elde edilebilmektedir. "Mutlak Konumlama" ve "Görelî (Bağıl) Konumlama" olarak iki iyi bilinen teknik bir noktada konumlandırılan bir GNSS alıcısının koordinatlarını tahmin etmek için uygulanabilmektedir (Soycan, 2012).

Taşıyıcı faz ölçümlerini kullanmaya dayalı olarak görelî konumlandırma, bilinen en doğru tekniklerden biridir ve yer bilimleri alanında sıkça kullanılmaktadır. Bu konumlama, bilinen koordinatlarla en az bir tane sabit referans noktası üzerinde bir veya ikiden daha fazla alıcıdan gelen eşzamanlı gözlemleri kullanmaktadır. Yeni bir istasyon konumu, konum tahmini için bir ağ yaklaşımı ya da baz uzunluğu kullanan ve diferansiyel taşıyıcı faz gözlemleri kullanan bir ya da daha fazla referans istasyonlarına bağıl olarak belirlenebilir. Farklı gözlemlerden elde edilen veriler uydudan veya atmosferden kaynaklanan genel hataların çoğunu azaltmaktadır. Ancak, görelî konumlama tekniğinin performansı, büyük ölçüde alıcı ile referans arasındaki mesafeyle konumlamaya bağıldır. Kod temelli GPS pseudo-range (uydu-alıcı uzaklığı) gözlemlerini kullanarak uzayda trilaterasyon yoluyla tek bir noktanın gerçek zamanlı anlık konumlandırılması genellikle tek nokta konumlama olarak adlandırılır. Nitekim, tek nokta konumlama, uydu yayın yörüngelerini kullanan ve referans istasyonlarından izleme verilerine doğrudan erişim sağlamayan basit bir yöntemdir. Bu tür nokta konumlama doğruluğu, uydu yayın efemerisi ve saat hataları, iyonosferik ve troposferik gecikmeler ve çözümün kalitesini etkileyen diğerleri gibi modellenmemiş hatalar ve sapmalar nedeniyle sınırlıdır. Bu yüzden, birkaç metrelik bir konumlama doğruluğu elde edilir. Bu yöntemden sonra geliştirilen klasik RTK ve CORS yöntemlerinin bazı dezavantajından dolayı bu yöntemlere alternatif bir yöntem olan hassas nokta konumlama tekniği geliştirilmiştir. PPP tekniği hassas GNSS yörünge ve saat düzeltmeleri kullanan ve tek bir GNSS alıcısı kullanarak "dm" seviyesinden "cm" seviyesine nokta konumlama doğruluğu sağlayan

yöntemdir. PPP, sıfır fark işleme yöntemi olduğu için, bir referans istasyonunun veya bir GNSS ağının eşzamanlı izleme verilerine erişmesi gerekli değildir. Tek şart, IGS veya analiz merkezlerinden biri tarafından sağlanan hassas uydu yörünge ve saatlerine erişim sağlamaktır. Günümüzde PPP, son gelişmelerle birlikte hem gerçek zamanlı (RT-PPP) hem de post-process kullanımda mevcuttur (Soycan, 2012). Şekil 2.1’de uydularla konum belirleme yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. GNSS konumlama teknikleri (Alkan ve ark., 2016)

2.1. PPP'nin Tarihçesi

PPP'nin gelişimi 1976'da yapılan çalışmayla başlamış olup, çalışmada uydu çözümlerinde hassas yörünge çözümleri fixed (sabit) alınmıştır, daha sonra bu teknik NASA Jet Propulsion Laboratuvarı'nda 1990'ların sonuna kadar ciddi bir şekilde araştırılmış ve incelenmiştir. PPP'nin GNSS ile ilişkisini içeren ve gelişimini başlatan ilk teorik çalışma ise 1997 yılında Zumberge ve ark. tarafından yapılan çalışmadır. Son yirmi yılda PPP, kapsamlı olarak araştırılmış ve birkaç PPP yazılım paketi geliştirilmiştir. Bu araştırma, santimetre seviyeli nokta konumlamaya, işlem sonrası (post-process) statik modda ve potansiyel olarak da RTK uygulamaları için ulaşılabilir olduğunu göstermiştir (Huber ve ark., 2010).

Son zamanlarda, gerçek zamanlı PPP uygulamalarını desteklemek amacıyla kısa gecikmeli ve sık güncellemelerle hassas uydu efemerislerine erişime olan ilgi artmıştır.

Gerçek zamanlı ürünlerdeki artan talebi desteklemek için uydu yörünge ve saat kestirimlerini üretmeye sağlayan kaynak IGS' tir. PPP yönteminde istenen doğrulukta sonuçların alınması hassas uydu yörünge ve saat bilgisine bağlıdır ve bu bilgiler IGS' ten sağlanmaktadır (Grinter ve Roberts, 2011).

Dünyada giderek artan sayıda CORS ağının sağladığı uygun maliyetli, doğru, RTK konumlamasının ortaya çıkmasının yanı sıra bu yöntemlere alternatif olan PPP yöntemi giderek geliştirilmeye başlanmıştır. Sonuç olarak PPP, mutlak konum belirleme tekniğine bağlı olarak tek bir GNSS alıcısı kullanılarak ve konum belirlemek için hassas uydu yörünge ve saat bilgisi kullanarak cm mertebesinde yüksek konum doğruluğunun elde edilmesini sağlayan yöntemdir. Halen, PPP'nin gerçek zamanlı uygulamalar için kullanılmasını kısıtlamaya devam eden sınırlamalar devam etmekte olup, öncelikle tamsayı belirsizlik çözümünün santimetre düzeyinde doğruluğa ulaşması için genellikle yakınsama süresinin yirmi dakikadan daha fazla olması gerekmektedir (Huber ve ark., 2010).

2.2. PPP İçin Tamsayı Belirsizliği Çözümü

Hassas nokta konumlama tekniğinde en önemli sorun taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyişi çözüm için gereken yakınsama süresinin uzun olmasıdır. PPP'de, santimetre mertebesinde hassasiyete erişebilmek ve tamsayı belirsizlik çözümünün belirlenebilmesi için yakınsama süresinin (20 dakikadan) fazla olması gerekmektedir (Çizelge 2.1). Bu, statik konumlama için kısa bir gözlem süresi iken, gerçek zamanlı uygulamalar için PPP kullanımını kısıtlamaktadır. Konum belirleme kalitesinin; gözlem süresine, alıcının coğrafi konumuna, görünür uyduların sayı ve geometrisine, kullanıcı ortamına (yani sinyal yansıma bozukluğunun derecesi) ve gözlemlerin kalitesine bağlı olduğu da unutulmamalıdır (Choy ve ark., 2016).

Çizelge 2.1. Statik PPP çözümleri için önerilen yakınsama süresi (Choy ve ark., 2016)

Yatay doğruluk (cm)	Önerilen Yakınsama Süresi
20	30 dk
10	50 dk
5	60 dk
2	9 sa
1	23 sa
0.5	24 sa

Yakınsama süresinin iyileştirilmesi için birçok araştırmalar yapılmaktadır. Tamsayı belirsizliği çözümü, fark alınmamış ölçümlerde bir sorun haline gelmektedir ve bu zorluğu aşmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Tamsayı belirsizliği çözümünde genellikle ikili farklar uygulanmaktadır çünkü bu aşamada tamsayı belirsizliği ve sapmalar ortadan kaldırılır veya önemli ölçüde minimize edilir. Sonuç olarak, santimetre mertebesinde konumlama doğruluğunu elde etmek için yaklaşık 30 dakikalık süre gerekmektedir. Ancak, iyonosferik gecikmeyi sınırlama ve doğru tahmin etme kabiliyeti, PPP için tamsayı belirsizlik çözümlemesinin yapılmasında kilit faktör olmaya devam etmektedir. Bu durum, PPP için gerçek zamanlı uygulamalarda kullanımını kısıtlamıştır. Fark alınmamış taşıyıcı faz gözlemlerinin belirsizlik terimleri başlangıçtaki faz kayıklıklarından (ikili farklardan) dolayı artık bir tamsayı niteliğine sahip olmadığından, tamsayı belirsizlik çözümü santimetre mertebesinde hassas çözümler gerektirdiğinden çözüm süresinin azaltılmasının başarılması daha zor olmuştur (Grinter ve Roberts, 2011).

2.3. IGS'in PPP Tekniği İçin Önemi

IGS, 1994'ten beri açık erişim, yüksek kaliteli GNSS veri ürünlerini sağlamaktadır. IGS, global sürekli izleme istasyonları ağı üzerine kurulmakta olup değişim merkezleri aracılığıyla tüm GNSS kullanıcılarına bilgi ve veri ürünleri sağlayıp, arşivleyip dağıtmaktadır.

IGS, uydular için hassas efemerisleri, yeryuvarı dönme parametreleri (ERP), GNSS saat düzeltmeleri gibi yan ürünlerle birlikte üretmektedir. IGS' in bir görevi GNSS veri ürünleri ile jeodezik, jeofiziksel araştırma faaliyetlerine destek için bir sağlayıcı olmak başka bir görevi ise GNSS uygulamalarında çok büyük gelişmelerden haberdar olarak hükümetlerin veya seçilmiş ticari organizasyonların sergilediği geniş bir yelpazeyi

- İzleme istasyonları ağı
- Küresel ve Bölgesel Veri Merkezleri
- Analiz ve Ortak Analiz Merkezleri
- Analiz Koordinatörü
- Merkez Büro
- Uluslararası Yönetim Kurulu

Şekil 2.4'te IGS organizasyon yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. IGS organizasyon şeması (Kızıllarslan, 2014)

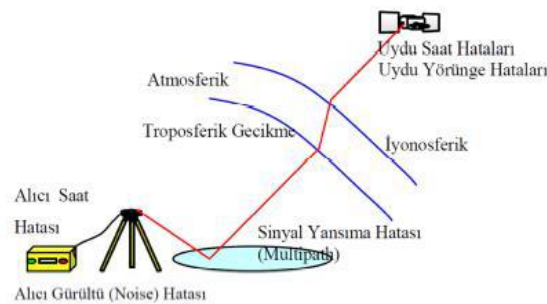
IGS servisi, tüm GNSS kullanıcılarına bilgi ve veri ürünleri sağlayıp, arşivleyip dağıtmaktadır. Bu, veri kümeleri aşağıdaki gibi veri ürünleri oluşturmak için kullanılır:

- GPS ve GLONASS uydu efemerisleri
- IGS izleme istasyonu koordinatları ve hızları
- Yeryuvarı Dönme Parametreleri
- GPS uydu ve IGS izleme istasyonları saat bilgisi
- Başucu (zenith) doğrultusu gecikme tahminleri
- Global iyonosferik haritalar

IGS, başta yerbilimleri analizlerinin gerçekleştirilmesi olmak üzere, ITRF' nin geliştirilmesi ve güncellenmesi, yer kabuğu deformasyonlarının ve yerin dönmesinin izlenmesi, troposfer ve iyonosferin izlenmesi, uydu yörünge belirleme faaliyetleri ve de farklı nitelikteki pek çok hassas konum belirleme uygulaması için yüksek kalitedeki GNSS veri, ürün ve servis hizmetlerini kullanıcılarına sağlamaktadır. Bu kapsamda GNSS uydu efemerislerini, yeryuvarı dönme parametrelerini, izleme ağına ait istasyonların koordinat ve hız bilgilerini, uydu ve istasyonlara ait saat bilgilerini, troposferik zenit yolu gecikme kestirimlerini ve global iyonosfer haritalarını farklı kategorilerde ve doğruluk seviyelerinde kullanıcılara sunmaktadır. Bunlar final ürünler (IGS), rapid ürünler (IGR), ultra-rapid ürünler (IGU) ve gerçek zamanlı (RT) ürünler olarak oluşturulmakla beraber, farklı gecikmeler, örneklem aralıkları ve doğruluk seviyelerinde kullanıcılara sunulmaktadır. Bu noktada gelişen ve gelişmeye devam eden IGS, PPP tekniği için oldukça önemli rol oynamaktadır. Mutlak konum belirleme yöntemine dayalı olan PPP tekniğinde, veri analizinde kullanılan GNSS ürünlerinin niteliği, elde edilecek konum doğruluğu açısından oldukça önemlidir. IGS, bu bağlamda PPP'nin gelişmesinde ve yürüttüğü projelerle kullanımının yaygınlaşmasında en önemli desteği sağlayan organizasyondur (Öcalan, 2015; URL 1, 2018).

2.4. PPP Yönteminde Hata Kaynakları

GNSS konumlama doğruluğunun esas kısıtlayıcı faktörleri, genel olarak iyonosferik ve troposferik kırılmadan oluşan yayın uydusu yörüngelerindeki hatalar, saat hataları ve atmosferik etkilerdir (Şekil 2.5). İyonosferik etkileri gidermek için, iyonosferden bağımsız L3 frekansı ve çift frekanslı alıcılar kullanılır.



Şekil 2.5. Temel GNSS hata kaynakları (Kızıllıarslan, 2014)

Hassas konum belirleme çözümü için birçok hata kaynağının dikkate alınması, bunların düzeltilmesi ve modellenmesi gerekmektedir. Uydu yörünge ve saat hatası düzeltme bilgileri, buna karşın PPP'nin kuramsal temelindeki en önemli bileşenleridir. Bu bileşenler, hassas konum belirleme uygulamaları için doğruluğu etkileyen en önemli unsurlardır. Özellikle, uydu saat kestirimlerinin niteliği, gerçek zamanlı kinematik PPP (PPP-RTK) uygulamalarında bu faktör PPP' de performansı ciddi şekilde etkilemektedir. Bundan dolayı hem büro hesaplamalarını içeren PPP, hem de gerçek zamanlı PPP'de öncelikle dikkate alınması gereken hata bileşeni uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileridir. PPP yönteminde istenen doğrulukta sonuçların alınması hassas uydu yörünge ve saat bilgisine bağlıdır ve bu bilgiler IGS' in kendi ürün standardı içinden sağlanmaktadır.

Çizelge 2.2, IGS tarafından sağlanan hassas GNSS uydu yörünge ve saat düzeltmelerini göstermektedir. IGS ürünlerinin dışında, CODE, NRCan ve JPL gibi organizasyonların da bağımsız olarak kullanıcılara sağladıkları hassas GPS uydu yörünge ve saat düzeltme ürünleri mevcuttur. IGS günümüzde ayrıca Çizelge 2.3'de görülen GLONASS hassas uydu efemerislerini de sağlamaktadır (Öcalan, 2015).

Çizelge 2.2. IGS GPS uydu efemerisleri, uydu ve istasyon saat düzeltmeleri (URL 1, 2018)

Ürünler& Düzeltme Bilgileri Türü	Parametre	Doğruluk	Gecikme	Örnekleme Aralığı
Yayın (Broadcast)	Yörüngeler	~ 100 cm	Gerçek zamanlı	Günlük
	Uydu Saatleri	~ 5 cm RMS ~ 2.5 ns Std. Sp.		
Ultra Rapid (kestirilen)	Yörüngeler	~ 5 cm	Gerçek zamanlı	15 Dakika
	Uydu Saatleri	~ 3 ns RMS ~ 1.5 ns Std. Sp.		
Ultra Rapid (hesaplanan)	Yörüngeler	~ 3 cm	3-9 saat	15 Dakika
	Uydu Saatleri	~ 150 ps RMS ~ 50 ps Std. Sp.		
Rapid	Yörüngeler	~ 2.5 cm	17-41 saat	15 Dakika
	Uydu& İstasyon Saatleri	~ 75 ps RMS ~ 25 ps Std. Sp.		5 Dakika
Final	Yörüngeler	~ 2.5 cm	12-18 gün	15 Dakika
	Uydu& İstasyon Saatleri	~ 75 ps RMS ~ 20 ps Std. Sp.		Uydu: 30 saniye İstasyon:15 dak.

Çizelge 2.3. IGS GLONASS uydu efemerisleri (URL 1, 2018)

Ürünler& Düzeltme Bilgileri Türü	Parametre	Doğruluk	Gecikme	Örnekleme Aralığı
Final	Yörüngeler	~ 3 cm	12-18 gün	15 dakika

GNSS hata kaynaklarının azaltılması ve modellenmesi için hassas nokta konumlama uygulamalarında, IGS, 1990'lı yılların başından beri bu uygulamalara büyük katkı sağlamıştır ve gerçek zamanlı uygulamalar ve büro değerlendirmeleri için kendi standardında ürettiği, kullanıcılara yüksek doğruluk imkanı sağlayan veri ve ürünlerle (yörünge ve saat düzeltmeleri, anten faz merkezi değişimleri, gel-git etkileri, atmosferik parametreler, yer dönmesi vb. modeller) PPP çözümüne olanak sunmaktadır.

Diferansiyel yöntemde, milimetre mertebelerinde doğruluğun elde edilebilmesinin nedeni, bazı hataların tamamen ya da kısmen iki istasyon arasında fark gözlemleri alınarak giderilebilmeye imkan sağlamasıdır. Yalnız, bu diferansiyel teknik sadece tek bir alıcının mevcut olduğu gözlemler nedeniyle yani, referans olan alıcı ya da istasyonlar kullanılmadan, bir alıcı kullanılan hassas konumlama yönteminde kullanılamaz. Bu yüzden, PPP yönteminde bütün hatalar santimetre düzeyinde doğruluk elde etmek için ele alınmalıdır (Cai, 2009)

Hassas konum bilgisi gerektiren GNSS uygulamalarında (jeodezik ve jeodinamik amaçlı çalışmalar, deformasyon analizi vb. çalışmalar) görelî konum belirleme ilkesi günümüzde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde ölçülerin duyarlılığı baz uzunluğu ile ölçü süresine bağlı olarak değişmektedir. Duyarlılığın baz uzunluğuna göre bağlı olarak tanımlanmasının temel sebebi, baz uzunluğu arttıkça kullanılan görelî konumlama modelindeki başta yörünge ve atmosferik etkiler olmak üzere diğer fiziksel etkilere ait mekânsal korelasyonun azalmasıdır. Yörünge, troposfer ve iyonosfer söz konusu hataların en önemlileridir (Aktuğ ve Lenk, 2010).

IGS standartlarına göre 100 km'den küçük baz uzunlukları yerel, 500 km ile 1000 km arasındaki baz uzunlukları bölgesel, 1000 km'den büyük baz uzunlukları ise global/küresel baz olarak adlandırılmaktadır. Baz uzunluğunun 100 km'den küçük olduğu yerel ağlarda, faz gözlemleri kullanılarak bağıl konum belirleme ilkesi ile birçok hata kaynağı ve etki göz ardı edilebilmektedir (Kahveci, 2010). Bu yüzden birçok hata kaynağı bölgesel ve küresel düzeydeki ağ çözümlerinde, jeodezik, jeodinamik ve deformasyon analizi gibi çalışmalarda, ve PPP değerlendirme yöntemi uygulamalarında dikkate

alınması ve modellenmesi gerekmektedir. Çizelge 2.4, PPP tekniği ile diferansiyel konumlama da dikkate alınması gerekli hata kaynaklarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Çizelge 2.4. PPP ile diferansiyel konumlama tekniklerinde dikkate alınması gereken hata kaynakları (Rizos ve ark., 2012)

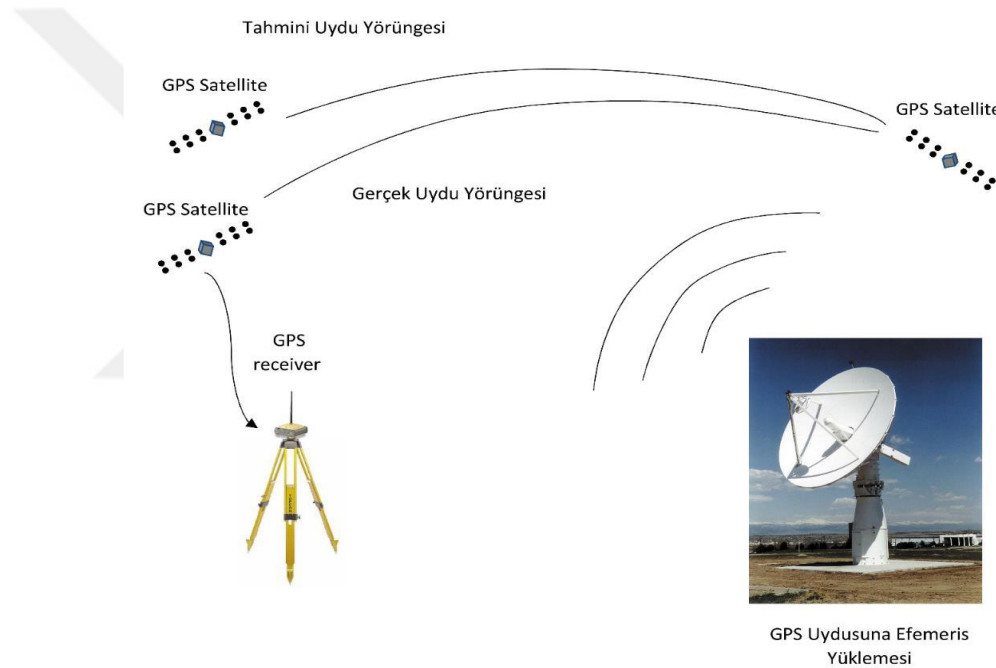
Düzeltilme Türü	PPP	Diferansiyel GNSS
Uydu Kaynaklı Hatalar		
Hassas uydu saat düzeltmeleri	✓	✗
Uydu anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Hassas uydu yörüngeleri	✓	✓/ ✗
Diferansiyel grup gecikmeleri (group delay)	✓ (L1 için)	✗
Rölativite (görelilik) koşulu (relativity term)	✓	✗
Uydu anteni faz dönmesi (wind-up) hatası	✓	✗
Alıcı Kaynaklı Hatalar		
Alıcı anteni faz merkezi offset değerleri	✓	✓
Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları	✓	✓
Alıcı anteni faz dönmesi (wind-up)	✓	✗
Jeofiziksel Modeller		
Katı yeryuvarı gelgiti (Solid Earth Tide)	✓	✗
Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)	✓	✗
Kutup gelgiti (Polar Tides)	✓	✗
Plaka tektonik hareketleri (Plate tectonic motion)	✓	✗
Atmosferik Modelleme		
Troposferik gecikme	✓	✓
İyonosferik gecikme	✓ (L1 için)	✗

PPP yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak, göz önüne alınması gereken birçok etken vardır. PPP yönteminde ise bütün etkenler (uydu saat hatası, uydu anten faz merkezi kayıklığı, troposferik gecikme, gelgit etkisi, kutup gezinimi, okyanus yüklemesi)

değerlendirilerek ölçüye düzeltme olarak ilave edilmelidir (Gürlek, 2017). GNSS' e etki eden hata kaynakları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.4.1. Uydu Yörünge Hataları

Tek nokta konumlamada uydu yörünge hatası direkt etkilidir (Şekil 2.6). Ufuk çizgisinde uydu gözlemleri yapılamadığı için yükseklik bileşeninde konum doğruluğu biraz zayıftır. Ayrıca, doğu bileşenindeki (boylam) konumlandırma hassasiyeti uydu yörüngelerinin tasarımı ve uyduların hareketi nedeniyle kuzey bileşenine göre (enlem) daha da zayıftır (Rizos, 1999).



Şekil 2.6. Uydu yörünge hatası (Gürlek, 2017)

Uydu ile alıcı arasındaki mesafenin hesaplanması GPS' in temel prensiplerindedir. Bundan dolayı efemeris olarak bahsedilen uydu konumlarının alıcı tarafından bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, uyduların konumlarını bildiren efemeris veri setlerinden almanak verisi, yayın (broadcast) ve hassas efemeris olarak bahsedilebilir. Almanak verisi, uyduların konumlarını kabaca birkaç kilometre gibi doğrulukla sağlamaktadır (Ebner, 2008). Kepler unsurlarını içeren yayın efemerisi, uydu konumları için GPS kullanıcılarına, yaklaşık ± 100 cm doğrulukla gönderilmektedir (URL 1, 2018).

Hassas nokta konumlama tekniğinde alıcının konumunu belirlemek için uydu ile alıcı arasındaki mesafe hesaplanırken uydu konumlarının hassas olarak bilinmesi gerekmektedir. Uyduların ölçüm zamanında gerçekte nerede oldukları yaklaşık 15 gün sonra internetten yayımlanan ve ortalama hatası 2,5 cm civarında olan final IGS ürünleri kullanılarak elde edilmektedir.

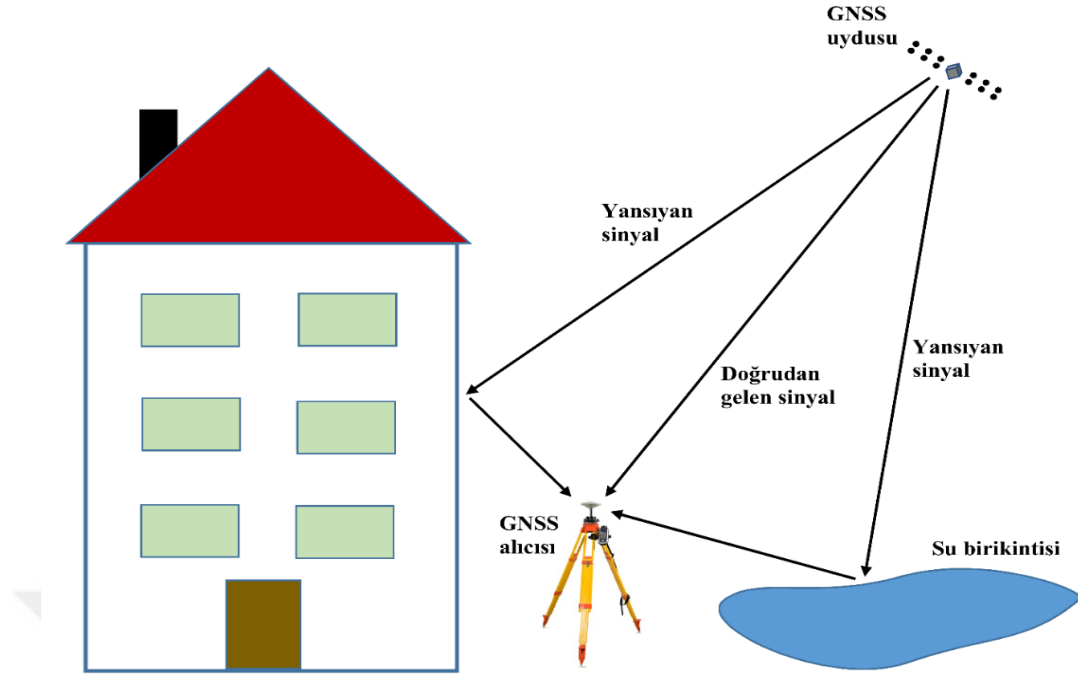
2.4.2. Uydu Saat Hataları

Uydu saati hatası, GPS zamanından, uydunun kendi saatinin (atom saati) farklı olmasıdır. Kontrol bölümü tarafından uydu saat hatası denetlenmektedir. Bu hatalar navigasyon mesajına saat düzeltmeleri olarak yüklenmektedir (Vural, 2005).

Uydu saat hataları bilinmediği takdirde PPP çözümü için istenen sonuçların elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, uydu saat hataları PPP çözümü için önemlidir. PPP çözümünde, uydu yörünge ve saat hataları, IGS hassas uydu düzeltme ürünleri kullanılarak giderilebilmektedir. IGS hassas uydu yörünge ve saat düzeltmeleri çeşitli biçimlerde gelir. Bunlar final, hızlı (rapid) ve ultra hızlı (ultra rapid) biçimindedir.

2.4.3. Sinyal Yansıma Hatası (Multipath)

Global Konum Belirleme Sisteminde, uydudan gönderilen sinyalin alıcı anteni çevresindeki nesnelere çarpmasıyla oluşan sinyaller, multipath (sinyal yansıma) hatasına sebep olmaktadır (Şekil 2.7). Bu etki kod doğruluğunu ve taşıyıcı faz ölçümlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Nitelikli antenler kullanılarak bu etki minimum seviyeye indirilebilmektedir fakat maliyetli oldukları için genellikle kullanmak pek de mümkün değildir. Ayrıca, bu antenler yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde, göl, yoğun ağaçlık alanlar gibi yüzeylerden yansıyabilen sinyaller özellikle yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda (kentsel) da etkilenebilmektedir. Bu etkinin azaltılabilmesi için alıcıları binaların, ağaçlık alanların yoğun olduğu yerden uzağa kurmak gereklidir (Vural, 2005).

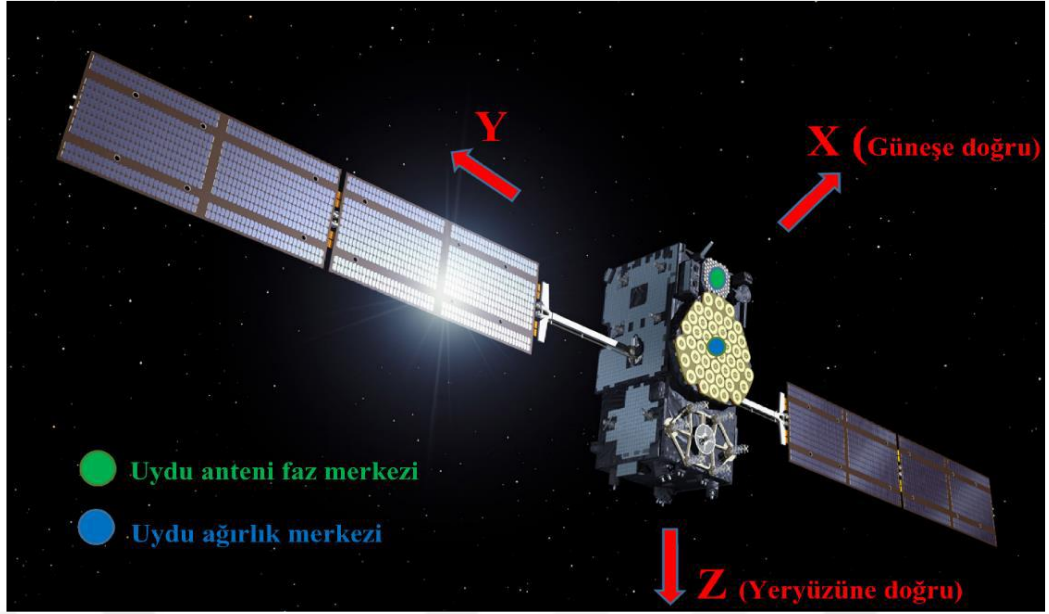


Şekil 2.7. Sinyal yansıma hatası (Gürlek, 2017)

2.4.4. Uydu Anteni Faz Merkezi Kayıklıkları

Uydu tabanlı düzeltmelerin temeli, GPS uydu ağırlık merkezi ile uydu anteninin faz merkezi arasındaki ayırmadan kaynaklanmaktadır (Şekil 2.8). Uydu yörünge modellemesinde kullanılan kuvvet modellendirilmeleri uydu ağırlık merkezine, IGS hassas uydu koordinatları ve saat bilgileri de uydu ağırlık merkezine göre yapılmaktadır. Ancak, GPS yayın navigasyon mesajı anten faz merkezine göre yapılmaktadır. Ayrıca, ölçümler anten faz merkezinde yapılır, bu yüzden uydu faz merkezi kayıklıkları bilinmeli, modellendirilmeli ve hesaplamalarda bunlara dikkat edilmelidir (Kouba, 2009).

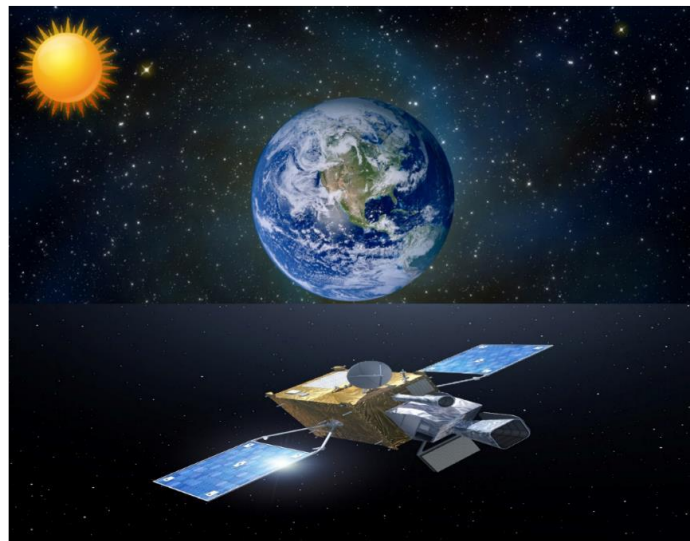
05 Kasım 2006 tarihine kadar bu kayıklıklar için sıfır değerleri kullanılmıştır. Bu tarihten itibaren uydu ve alıcı antenleri mutlak faz merkezi değerleri kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.8. Uydu anteni faz merkezi ve uydu ağırlık merkezi (Gürlek, 2017)

2.4.5. Uydu Anteni Faz Dönmesi (Phase Wind Up)

GPS uyduları sağa dairesel polarize (RCP: Right Circularly Polarized) radyo dalgaları göndermektedir. Bu yüzden, taşıyıcı dalga faz gözlemleri, alıcı ve uydu antenlerinin karşılıklı yönlendirilmesine bağlıdır. Ya alıcının ya da uydu anteninin kendi düşey ekseni etrafında döndürülmesi, taşıyıcı fazın 1 dalga boyu kadar kayması etkisine sebep olmaktadır. Bu etki “Faz dönme etkisi” olarak adlandırılmaktadır. Uydu anteni panellerinin dönmesi Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Uydu anteni panellerinin dönmesi (Gürlek, 2017)

Alıcı anten, gezici olmadığı sürece, dönmez ve sabit bir referans yöne doğru yönlendirilir (genellikle kuzey). Ancak uydu antenleri için bu durum farklıdır. Uydu antenlerinin güneş panelleri güneşe doğru yönlendirildiğinde yavaş dönmelere maruz kalmakta ve uydu istasyon geometrisi değişmektedir. Dahası, uydu antenleri güneş batış mevsiminde yani; uyduların bir süre karanlıkta kalması durumunda güneş panelleri tekrar güneşe doğru yönlendirilmektedir ve büyük dönmelere maruz kalmaktadır. Bu uydu anteni için yaklaşık yarım saat süre içerisinde tam bir dönüğe karşılık gelen faz dönmelerine söz konusu olmaktadır. Bu durumda faz ölçülerine düzeltme getirilmelidir. Uydu faz dönmesi etkisi birkaç yüz km'lik baz uzunluklarında ve görelî konum belirlemelerde ihmal edilebilmektedir. Örneğin; 4000 km'lik baz uzunluğunda hatanın 4 cm'ye denk geldiği belirlenmiştir. Ancak, bu etki IGS uydu yörünge/saat bilgilerini sabitlediğinden (hatasız kabul ettiğinden) ve hesaplamalarda dalga boyunun yarısı hataya karşılık geldiğinden hassas nokta konumlama uygulamalarında dikkate alınması gerekmektedir.

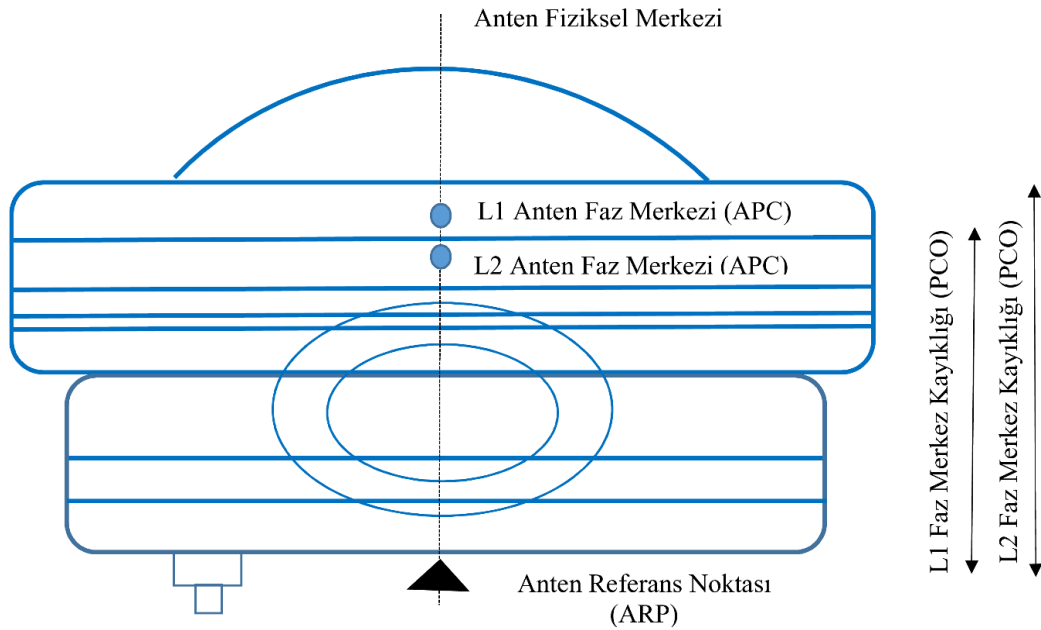
1991'den beri IGS analiz merkezleri uydu faz dönmesi düzeltmelerini hesaplamalarında uygulamaktadır. Bu etkiyi ihmal etmek, konum ve saat hesaplamalarında dm mertebesinde hatalara yol açabilmektedir (Kouba, 2009). Kinematik GNSS ölçülerinde ise bu hata kaynağı ikili faz farkları oluşturularak giderilmekte ve/veya alıcı saati hesabındaki parametrelere dahil (absorbe) olmaktadır (Kahveci, 2010).

2.4.6. Alıcı Anteni Faz Merkezi Kayıklığı (PCV: Phase Center Variations)

Uydulardan gelen GNSS sinyalleri farklı doğrultulardan alıcı antenine ulaşır. Alıcı anteni faz merkezinin konumu bu doğrultulara bağlıdır. Bu doğrultu bağımlılığı “alıcı anteni faz merkezi değişimleri (PCV: Phase Center Variations)” olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.10). Anten faz merkezi kayıklığı ve değişimlerinde farklı taşıyıcı frekanslar özdeş olmadığından göz önüne alınmalıdır. Dahası, birçok istasyonda GNSS alıcı antenlerini sinyal yansıma (multipath) ve çevresel etkilerden korumak için kullanılan radomlar, anten faz merkezi değişimleri üzerinde bir etkiye sahiptir. Yüksek doğruluk elde etmek için, faz merkezi düzeltmeleri her bir anten için ayrı ayrı kalibre edilmelidir. Birçok uygulama için alıcı anteni faz merkezi değişimleri anten ve anten tipine bağlıdır. Özellikle farklı anten/radom modelleri aynı ağda kullanıldığında, etki

dikkatle modellenmelidir. Anten faz merkezi düzeltmelerini yok saymak, istasyon yüksekliği hatalarının baz uzunluğundan bağımsız olarak 10 cm'ye kadar olan değerlere ulaşmasına neden olabilir. Eğer ağda aynı tipteki antenler kullanılırsa, bu etki ağda yaklaşık 0.015 ppm'e karşılık gelen bir ölçek faktörüdür (Dach ve ark., 2015).

05 Kasım 2006 (GPS haftası 1400) tarihinden önceki hesaplamalarda IGS ürünleri kullanılırken, Dorne Margolin anten dışındaki modeller için görel faz merkezi değerleri kullanılmaktaydı. 05 Kasım 2006'den sonra ise farklı anten modellerinden gelecek hataları da dikkate alabilmek için, alıcı ve uydu antenleri için mutlak faz merkezi değerleri kullanılmaktadır (Kahveci, 2010). "igs05.atx" de geçerli bir alıcı anten tipi yoksa, uydu anten kayıklıkları ve alıcı anten için "sıfır" ya da "görel faz merkezi değişimleri" değerleri kullanılmalıdır. Uydu/alıcı faz merkezi değişimlerinin ve kayıklıklarının tutarsız olarak kullanılması 10 cm'ye kadar (özellikle yükseklik bileşeninde) hatalara neden olacağı için görel ve mutlak uydu ve alıcı anteni faz merkezi değerleri asla karışık olarak kullanılmamalıdır.



Şekil 2.10. GNSS alıcı anteni faz merkezi kayıklığı (Gürlek, 2017)

Eğer, GNSS ağında mutlak faz merkezi değişimlerini içeren PCV dosyaları, değişik tip ve model antenler kullanılması ve troposferik parametreler de hesaplanması ve hassas nokta konumlama yöntemi ile konum belirlenmesi gerek durumlarda mutlaka kullanılmalıdır (Kahveci, 2010). PPP çözümlerinde, bu hatalar sonuçları doğrudan

etkilediklerinden dolayı, özellikle yükseklik bileşeni açısından dikkate alınmaları gerekmektedir (Mutlu, 2011).

2.4.7. Kutup Gezinmesi (Polar Motion/Polar Tides)

Çekim güçleriyle Ay ve Güneş, yeryuvarını etkileyen faktörlerdendir. Aynı zamanda, atmosfer ve okyanusların katı yeryuvarına etkileri, yeryuvarının elastik yapısı da yeryuvarını etkileyen faktörlerdendir bundan dolayı Dünya'nın dönme ekseninde değişimler olmaktadır. "Kutup Gezinmesi (Polar Motion/Polar Tides)", yeryuvarı merkezkaç kuvveti potansiyelindeki küçük değişimler nedeniyle dönme ekseninin (ya da anlık kutbun) katı yeryüzüne göre hareketi olarak tanımlanmaktadır. Bu hareket hem yeryuvarı dönme ekseninin, katı yeryuvarına (litosfer) göre yer değiştirmesi (kutup gezinmesi) periyodik deformasyonlara hem de Ay'ın ve Güneş'in çekim etkileri istasyon koordinatlarında periyodik değişimlere neden olmaktadır (Herring, 1988; Kahveci, 2010).

Anlık kutbun bu hareketi, üst üste bindirilmiş iki hareketten oluşmaktadır. Bu hareketlerden ilki yaklaşık periyodu 435 gün olan serbest presesyon (Chandler periyodu) hareketi olup, bu elastik yeryuvarı modeli ile açıklanabilmektedir. Diğer ise yeryuvarı kitlesinde, hava ve su akıntıları nedeniyle oluşan mevsimsel değişimlerin neden olduğu yıllık harekettir. Dolayısıyla, presesyon ve nutasyon modellerinin tersine, anlık kutbun katı yeryuvarına göre hareketi mevcut gelişmiş yeryuvarı modelleri ile açıklanamamakta, aynı zamanda kutup gelgit etkisi, değişimi çok yavaş olduğu için, diğer gelgit etkilerinde (okyanus, katı yeryuvarı) olduğu gibi uzun süreli gözlem yapılarak giderilememektedir. Bu nedenle 1900–1905 yılları arasında ortalama kutup hareketi kutup gezinmesi gözlemleri için genellikle başlangıç kabul edilmektedir. Günümüze kutup gezinmesi gözlem doğruluğu yeryüzünde yaklaşık 1.0–1.5 cm büyüklüğe karşılık gelmektedir. Kutup gelgit etkisinin yükseklik bileşeninde en çok 25 mm, yatay doğrultuda ise en çok 7 mm'ye ulaşabildiği belirlenmiştir (Kahveci, 2010).

2.4.8. Yeryuvarı Dönme Parametreleri (ERP: Earth Rotation Parameters) (Sagnac Effects)

GPS gözlemlerinin modellendirilmesi ve değerlendirilmesi ile elde edilen nokta koordinatları, baz bileşenleri vb. gibi jeodezik büyüklükler için uygun koordinat

sistemlerinin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Uydu hareket denklemleri göksel koordinat sisteminde (inersiyal), yeryüzündeki nokta koordinatları ise yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır. GPS verilerinin değerlendirilmesi ve çözülmesi aşamasında nokta koordinatları ve uydu koordinatlarının aynı referans sisteminde tanımlanması gerekmektedir. Bu çözümün gerçekleşmesi için ITRF ve ICRF sistemleri arasındaki dönüşüm parametrelerinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu dönüşüm parametreleri, $X_p, Y_p, d\Psi, d\varepsilon$ UT1-UTC olarak bilinen yeryuvarı yönlendirme parametreleridir (EOP; Earth Orientation Parameters). Bu parametrelerden X_p ve Y_p gök efemeris kutbunun (CEP: Celestial Ephemeris Pole) ITRF sistemindeki konumunu belirlemektedir. $d\Psi$ ve $d\varepsilon$ parametreleri, Uluslararası Astronomi Birliğinin (IAU; International Astronomy Union) 1980 nutasyon modeline göre tanımlanan, CEP ile gerçek CEP arasındaki fark, (UT1-UTC) ise IERS (International Earth Rotation Service) referans meridyeninin ICRF'deki doğrultusunu tanımlamaktadır. $X_p, Y_p, d\Psi, d\varepsilon$ UT1-UTC parametreleri ITRF'in zamana dayalı olarak ICRF'ye göre yönlendirilmesini sağlamaktadır. GPS verilerinin değerlendirilmesi ve çözülmesi aşamasında, bu parametrelerden 3'ü (X_p, Y_p ve UT1) kullanılmaktadır ve bunlara yeryuvarı dönme parametreleri (ERP; Earth Rotation Parameters) olarak adlandırılmaktadır. Bu dönüşümün sonucunda, uydu yörüngeleri ITRF sisteminde elde edilmektedir ve bu sistemde uydu yörüngelerinin hassas bir şekilde elde edilmesi için yeryuvarı dönme parametreleri, hem görelî konum belirleme hem de hassas konum belirleme uygulamalarında konum doğruluğu için ciddi bir faktördür (Kahveci, 2010).

2.4.9. Katı Yeryuvarı Gelgiti (Solid Earth Tides)

Katı yeryuvarı aslında okyanus gelgitini yaratan yerçekimi kuvvetine karşılık verecek kadar esnektir. Gelgitlerin neden olduğu düşey ve yatay yer değiştirmeleri, Love Number h_{nm} ve Shida number l_{nm} küresel harmoniklerle temsil edilmektedir. Bu sayıların etkin değerleri istasyon enlemine ve gelgit frekansına bağlıdır, bu nedenle 1 mm' lik konum hassasiyeti istenildiğinde dikkate alınması gerekir. 5 mm hassasiyet için yalnızca ikinci dereceye kadar gelgitler ve yükseklik düzeltme terimi gereklidir. Gelgit düzeltmesi radyal doğrultuda 3 cm, yatay doğrultuda 5 cm değerlerine ulaşabilir. Periyodik kısım, 24 saatlik statik gözlem yapılarak ortalama bir değere getirilmektedir. Ancak, orta enlemlerde (radyal yön boyunca) 12 cm'ye kadar ulaşabilen sabit kısım, 24 saatlik

yakın kıyı şeridinden (>1000 km) uzakta olmadığı sürece, troposferik veya alıcı saat hatası gerektiğinde, okyanus yüklemesinin de 24 saat statik nokta konumlandırma için bile dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır (Kouba, 2009). Aksi takdirde, okyanus yükü etkileri troposferik ve alıcı saat hataları olarak çözüme yansımaktadır (Dragert ve ark., 2000).

2.4.11. İstasyon Hızları

GNSS istasyonları genel anlamda birkaç dm'ye ulaşan periyodik hareketlere maruz kalmaktadır. Periyodik istasyon hareketlerinin çoğu, yeryüzünün geniş alanlarında neredeyse aynı kabul edildiği için, 100 km'den küçük baz uzunlukları için görelî konum belirlemede bu etkiler yok edilir ve dikkate alınması gerekmez. Ancak, PPP yöntemi kullanılarak ITRF ile uyumlu hassas bir istasyon koordinat çözümü elde etmek isteniyorsa, 500 km ve daha uzun bazlarda görelî konum belirleme yöntemi kullanılacaksa ve jeofizik ve/veya ülke datumu belirleme amaçlı çalışmalar yapılıyorsa bu belirtilen istasyon hareketleri IGS standartlarında tavsiye edildiği gibi modellenmelidir. 1 cm'den daha az büyüklükteki istasyon değişimlerine neden olan atmosferik, yeraltı suyu ve kar kütlesi etkileri de vardır (Kouba, 2009).

2.4.12. Referans Çerçeve (Datum)

IGS yörünge ve saat bilgilerinin kullanımı, belirlenen konumun referans sistemini ifade etmektedir. Böylece, PPP değerlendirmeleri doğrudan global IGS referans (ITRF) sistemindedir. Serbest ya da minimum düzeyli görelî konumlamada, IGS yörünge bilgilerinin sabitlenmesiyle, ağ yalnızca hassas yönlendirilmekte ve ölçek belirlenebilmektedir (Kouba, 2009). Sonuç olarak, GNSS ağ çözümlerine dahil edilecek tüm çözümlerinin aynı referans sisteminde olması gerekmektedir.

ITRF çözümleri, yüksek frekanslı gelgit etki modellemeleri hariç, istasyonlarda lineer hareket olduğu varsayımına dayanmaktadır. ITRF çözümlerinde istasyon koordinatları ve bunların hızlarının verilmesinin nedeni budur. Halbuki, en stabil (değişmez,sabit) istasyonlarda bile 10 mm'yi bulan hareketler olabilmektedir. Sonuç olarak, modellenemeyen bu etkiler belki de gelgit ya da yükleme etkileri tarafından emilmektedir. Bu nedenle, söz konusu lineer yaklaşım gerçekte mm büyüklüğünde doğruluk için yeterli değildir. IGS/IERS tarafından bu konuda da çalışma başlatılmış

olup, bir sonraki ITRF koordinatlarının mm doğrulukla belirleneceği umulmaktadır (Kahveci, 2010).

2.4.13. IGS/IERS (International Earth Rotation Service) Standartları İle Uyum

Yüksek doğruluklu GNSS değerlendirmeleri için sabit olarak alınan IGS ürünleri ve çözümleri kullanıldığında IGS/IERS standartları ve tanımlarına uyulmalıdır. Bu durum, özellikle PPP çözümleri olmak üzere uzun baz çözümlerinde önemli bir etkidir. Bu yüzden, GNSS analizleri yapılırken IGS/IERS ürünleri kullanılıyorsa; IGS yörünge bilgisi ve IGS yer dönme parametreleri bilgilerinin uyumlu olması, en son ITRF sürümünün kullanılması, IGS istasyon log dosyalarının incelenmesi önemlidir (Kahveci, 2010).

3. BERNESE 5.2. YAZILIMI İLE PPP ÇÖZÜMLERİ

Statik yöntemle toplanan GNSS verileri hassas yörünge bilgileri dahil edilerek ölçü sonrasında değerlendirilerek noktaların kesin koordinatları elde edilir. Ölçülerin değerlendirilmesinde farklı kurum ve firmalar tarafından hazırlanmış bilimsel/ticari yazılımlar mevcuttur. Akademik faaliyetler ve bilimsel çalışmalarda üniversiteler ve araştırma merkezlerince geliştirilen bilimsel yazılımlar kullanılmaktadır. GPS/GPS+GLONASS uydularını kullanan bilimsel yazılımlar için;

- Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK/TRACK,
- JPL tarafından geliştirilen GIPSY-OASIS II,
- Texas Üniversitesi ARL (Applied Research Laboratories) tarafından geliştirilen GPSTk,
- Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese örnek verilebilir.

Öte yandan, günümüzde GNSS ölçülerini değerlendiren ticari yazılım paketleri de mevcuttur. Bu yazılım paketlerinden bazıları;

- Leica Şirketi tarafından geliştirilen Leica Geo Office (LGO),
- Trimble şirketi tarafından geliştirilen Trimble Business Center (TBC),
- Topcon Tarafından geliştirilen Topcon Magnet (MGT) yazılımıdır.

Ticari ve bilimsel yazılımlar arasında farklılıklar vardır. Bunlar; ticari yazılımlar GPS ölçme doğrulukları için, (yani birkaç PPM düzeyinde nispi doğruluk için) optimize edilmişken, bilimsel yazılımlar genellikle çok yüksek hassasiyetli uygulamalara hitap etmektedir. Bilimsel yazılımlar, yörünge parametrelerini ayarlama, troposfer ve iyonosfer modellerinin tahmin edilmesi, deformasyon ölçüleri, ülke jeodezik ağlarının kurulması gibi daha karmaşık modelleme ve işleme stratejilerine sahiptir. Ticari yazılımlar kullanıcı dostu olma eğilimindedir bu ürünü satın alan kurum ve kuruluşlar tarafından tercih edilmesi kullanıcı tarafı bir sorunla karşılaşma problemini ortadan kaldıracaktır. Bilimsel yazılımlar, araştırma ve hassas konumlandırma amacıyla geliştirilmiş pek çok seçenek sunmaktadır ve belirli özelliklere sahiptir. Daha karmaşık bir yapısı vardır. Eğitime, bilgi ve deneyime daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Ticari yazılımlar verileri kendine özgü formatta kaydeder. Bilimsel yazılımlarda gözlem ve girdi-çıkı verileri RINEX formatına dönüştürülür (Mohamed ve Mageed, 2015).

Birçok farklı bilimsel yazılımlar mevcuttur. Tez çalışmasında verilerin analizi için

Bernese 5.2 Bilimsel GNSS yazılımı kullanılmıştır.

3.1. Bernese Yazılımı

Bernese Yazılımı, Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü (AIUB: Astronomical Institute of the University of Bern) tarafından geliştirilen bilimsel, araştırma amaçlı yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda kullanılan GNSS veri işleme yazılımıdır (Şekil 3.1). Bu yazılım, GPS ve GLONASS sistemlerini desteklemektedir.



Şekil 3.1. Bernese v5.2 Windows kullanıcı arayüzü

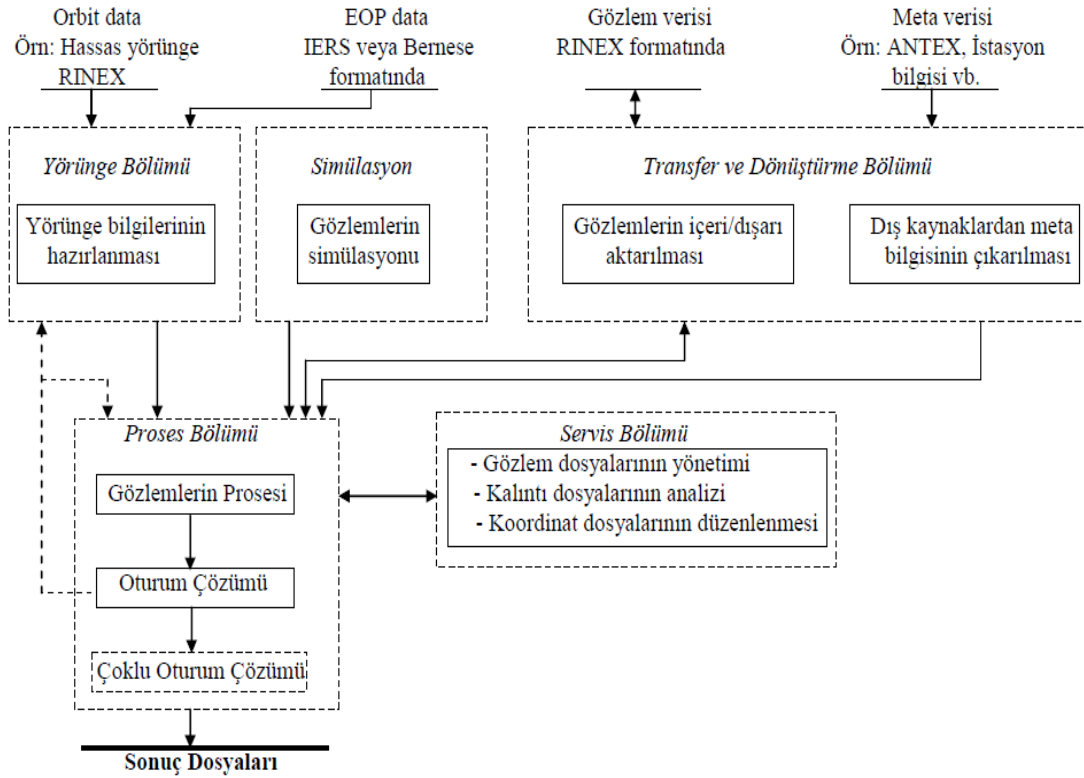
Yazılım;

- Küçük boyutlu tek veya çift frekanslı ölçmelerde hızlı veri işleme
- Kesintisiz ağ ölçülerinin işlenmesi
- Çok sayıda alıcıdan veri işlenmesi
- Farklı alıcı tiplerinin kombinasyonu
- GPS ve GLONASS verilerinin birlikte işlenmesi
- Uzun baz uzunluklarında (≥ 2000 km) ambiguity (belirsizlik)

çözümü,

- İyonosfer ve troposferi gözlemlene
- Yörünge belirleme ve yer dönme parametreleri tahmini

gibi GPS teknolojisinin sağladığı olanakları kullanabilmektedir (URL 2, 2018). Bernese 5.2 GNSS yazılımının standart proses akış diyagramı Şekil 3.2' de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Bernese GNSS yazılımındaki standart prosesin fonksiyonel akış diyagramı (Alçay, 2010)

Yazılım, ikili farklar (Diferansiyel GNSS tahmini) ve sıfır-fark (zero-difference) (PPP çözüm tahmini) için GNSS ölçüm verilerini ele alır. Bu yazılım, işleme sırasında kolay kullanım için bir Windows kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Yazılım için genel işleme planı vardır. İşlem adımları şu şekilde sonuçlanabilir:

- Uydu yörünge ve saat verileri için ilgili yörüngeler IGS ftp sunucusundan indirilir,
- Yörünge araçları üç programdan oluşur:
POLUPD programı : Yer yönlendirme parametrelerini Bernese formatına çevirir.
PRETAB programı : Uydu verilerini bir tablo yörünge dosyası haline getirir.

ORBGEN programı : Bernese yazılımına standart yörünge biçimi oluşturmaktadır.

- Üç programı içeren RINEX dosyaları için ön proses araçları:

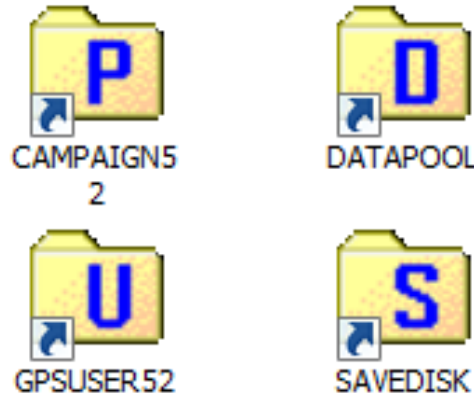
RNXGRA program : RINEX verisinin genel görünümünü kontrol eder.

RNXSMT program : Bu program RINEX gözlem verilerini temizlemeyi amaçlamaktadır.

RXOBV3 program : Bu program RINEX gözlem dosyasını Bernese ikili formatına dönüştürmek için kullanılır.

- Çift kod kombinasyonu kullanarak alıcı saati için saat senkronizasyonu, gözlem dosyalarına kaydedilir. Bu adım, **CODSPP** programı aracılığıyla gerçekleştirilir.

- Sıfır-fark çözümünün (PPP çözümü) parametre tahminleri, GPSEST programının ana programını kullanarak tahmin edilmektedir (Abdallah ve Schwieger, 2016). Bernese 5.2 yazılımının kurulumundan sonra oluşan dosyalar Şekil 3.3' de gösterilmektedir. Bernese yazılımında genel işlemler 4 dosya altında gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.3. Bernese v5.2'de kullanılan ana dosyalar (Başçiftçi, 2017)

Bu dosyalardan,

CAMPAIGN52 klasöründe GNSS çözümünde oturumların bulunduğu dizindir.

SAVEDISK klasörü ise Bernese v5.2 programının otomatik olarak çalıştırılması sonucunda kullanıcıya daha sonraki çözümlerinde yarar sağlayacak olan dosyaların saklandığı saklama alanı olarak hazırlanmış klasördür.

GPSUSER klasörü ise genel parametrelerin oluşturulduğu ve ilgili aralıklarla güncellenecek dosyaların bulunduğu dizindir.

DATAPOOL klasörü ise BPE'nin otomatik olarak çalıştırılmasında ve daha sonraki çalışmalar içinde ham verilerin yüklendiği ve ilgili kampanyanın içerisinde yer alan verilerin doldurulması için gerekli verilerin olduğu dizindir. Şekil 3.4, Bernese 5.2 yazılımının veri akışını özetlemektedir.



Şekil 3.4. Bernese 5.2 GNSS yazılımında veri akışı (Başçiftçi, 2017)

4. PPP İÇİN GELİŞTİRİLEN WEB TABANLI ONLINE YAZILIMLAR

Yüksek hassasiyetli uygulamalarda, taşıyıcı faz işlemine dayanan GNSS ölçüm tekniğinin, geleneksel ölçme tekniklerine göre birçok avantajı bulunduğundan, yaygın bir teknik olarak kabul edilmektedir. Ancak, veri işleme moduna dayanan geleneksel GNSS ölçme işlemleri, referans alıcı ile gezici alıcıyla eş zamanlı yapılmakta ve kullanıcıların en az iki takım GNSS alıcısı donanımı ve bununla bağlantılı işleme yazılımı paketini satın almaları gerekmektedir. Tüm bunlar ciddi bir maliyet gerektirmez, ancak GNSS ölçme tekniği işlemi, hem bir referans alıcının hem de kullanıcı alıcısının işletilmesi ihtiyacından dolayı bunlara ek maliyetler doğurmaktadır. Bunun yanında, veri işleme adımı sonrasında, veri dosyasının bir PC'ye indirilmesi, bunların yüklenmesi, koordinatların uygulamaya uygun bir form haline dönüştürülmesi sonuçları, karmaşık yazılımların çalıştırılması tecrübesi az kullanıcılar için kullanımı zor ve emek isteyen bir hal almaktadır. Web tabanlı online yazılımlar sayesinde bu kısıtlamalar aşılabilmektedir. Web tabanlı yazılımlar kullanıcılara çeşitli şekilde yardımcı olabilmektedir. GNSS veri işleme servisleri; NASA'nın JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) tarafından işletilen AutoGipsy servisi (JPL, 2005), NGS'nin (*National Geodetic Survey*) çalıştırdığı OPUS (*Online Positioning User Service*) Servisi (OPUS, 2005), San Diego'da Kaliforniya Üniversitesi'nin sunduğu SOPAC-SCOUT (*Scripps Orbit and Permanent Array Center-Scripps Coordinate Update Tool*) servisi (SOPAC, 2005), Kanada NCR (*Natural Resources Canada*) kurumunca işletilen CSRS (*Canadian Spatial Reference System*) ağı içinde CSRS-PPP (*CSRS - Precise Point Positioning*) (CSRS-PPP, 2005) ve AUSLIG'in (*Australian Surveying and Land Information Group*) işlettiği AUSPOS (*Australian Online GPS Processing Service*) Servisi (AUSLIG, 2005) tur (Satirapod ve ark., 2000; Şanlıoğlu ve İnal, 2005).

PPP modunda değerlendirme yapmaya olanak sağlayan ve dünyada fazlaca yaygın olarak kullanılan web-tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri Çizelge 4.1'de ve CSRS-PPP, MagicGNSS ve APPS yazılımlarının karşılaştırılması Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PPP tekniği için kullanılan web tabanlı online veri değerlendirme servisleri (Öcalan ve Soycan, 2012)

Servis Kısa Adı	Servis Uzun Adı	Organizasyon	Web Sayfası (2015 itibarıyla)
CSRS – PPP	Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning	Natural Resources Canada (NRCan)	http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php
GAPS	GPS Analysis and Positioning Software	University of New Brunswick (UNB)	http://gaps.gge.unb.ca/
APPS	Automatic Precise Positioning Service	NASA – Jet Propulsion Laboratory (JPL)	http://apps.gdgps.net/
magicGNSS	<i>magic</i> PPP – Precise Point Positioning Solution	GMV Innovating Solutions	http://magicgnss.gmv.com/ppp

Kullanıcıların toplamış oldukları verileri, RINEX formatına dönüştürdükten sonra İnternet'e erişim ve geçerli bir e-posta adresi veya ftp servisleri aracılığıyla gönderimi gibi bu farklı servislerden yararlanmak için gereken şartlar vardır (Ghoddousi-Fard ve Dare, 2006). Bu yazılımlar sınırsız erişim, genellikle üyelik sistemi ile ücretsiz olarak kullanım olanağı sağlamaktadır. Veriler tamamen yüklendikten sonra hemen otomatik olarak değerlendirmeye başlayıp, internet hızına ve diğer kullanıcılar tarafından gönderilmiş veri yoğunluğuna bağlı olarak kullanıcılarına sonuçları ulaştırmaktadır. Tüm hizmetler, verilerin kalitesine ve kullanıcı tarafından sağlanan veri aralığının uzunluğuna bağlıdır. Bu tür servislerin en büyük dezavantajı, veri işlemenin otomatik olarak yapılması ve bu sürece hemen hiç bir şekilde müdahil olunamamasıdır. Veri iletişimindeki aksaklıklar, internet hızı, kesintisi, servisin bakım vb. sebeplerden dolayı hizmet dışı kalması gibi hususlar da, bu tür sistemlerin önemli eksikliklerindedir.

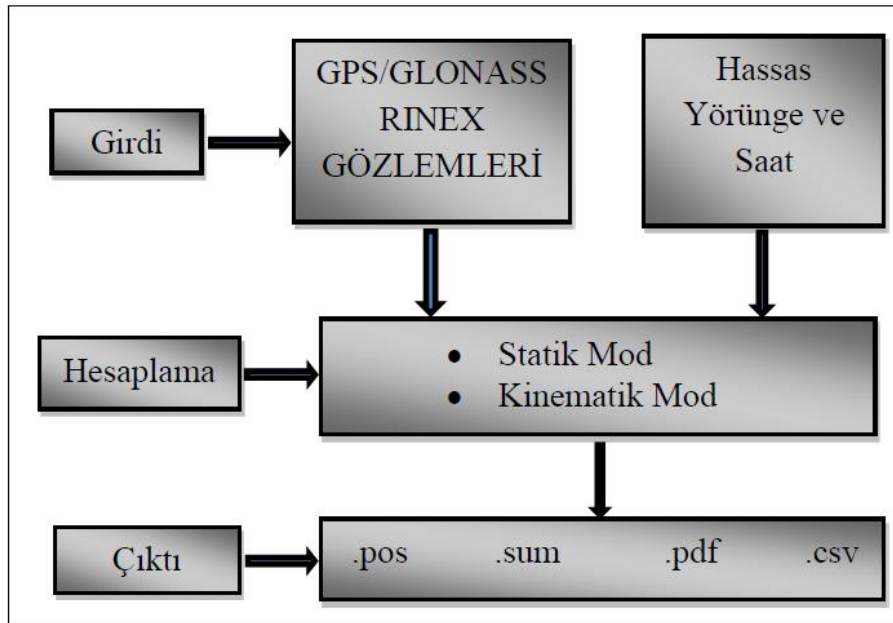
Çizelge 4.2. İnternet (web) tabanlı PPP servisleri karşılaştırması

	CSRS-PPP	MagicGNSS	APPS
Servis Adı	Canadian Spatial Reference System	MagicGNSS	Automatic Precise Point Positioning
Organizasyon	Natural Research Canada(NRCan)	GMV Innovation Solution	Jet Propulsion Laboratory (JPL)
Web Sayfası	http://webapp.geod.nrcan.gr.ca	http://magicgnss.gmv.com/ppp	http://apps.gdgps.net
Referans Sistemi	NAD83 / ITRF14	ITRF14 / ETRS89	ITRF14
Anten Düzeltmesi	IGS	IGS	IGS
Uydu Yörünge ve Saat Düzeltmeleri	IGS Final / Rapid / Ultra Rapid	IGS Final / Rapid / Ultra Rapid	JPL Final / Rapid
Yükseklik Açısı	minimum 10 ⁰	minimum 10 ⁰	minimum 7.5 ⁰
GNSS Sistemi	GPS / GLONASS	GPS / GLONASS / GALİLEO-ready	GPS
Kullanılan Yazılım	CSRS-PPP	Magic GNSS 5.3	GIPSY v. 6.2
Yüklenebilecek Dosya Sayısı	En fazla 1 tane	-	5/10 mb
Hesap Modu	Statik / Kinematik	Statik / Kinematik	Statik / Kinematik
Frekansı	Tek / Çift frekanslı	Çift Frekanslı	Çift Frekanslı
Veri Yükleme Metodu	web sayfası, e-mail	web sayfası, e-mail	web sayfası, e-mail
Veri Formatı	RINEX veya Hatanaka	RINEX veya Hatanaka	RINEX

4.1. Canadian Spatial Referance System Precise Point Positioning (CSRS-PPP) Servisi

CSRS-PPP, NRCan kuruluşunun sağladığı, kullanıcıların GNSS ham gözlem verilerinden daha yüksek hassasiyetli konum hesaplamalarına olanak tanıyan ücretsiz web tabanlı post-processing değerlendirme servisedir. Bu yazılım, GNSS gözlemlerini hem statik hem de kinematik modlarda işlemek için kullanılabilir. Kullanıcılar, İnternet üzerinden statik veya kinematik modda çalışan tek veya çift frekanslı alıcılardan aldıkları verileri değerlendirebilmektedir. CSRS-PPP, NRCan saatlik hassas yörünge ve saat ürünlerini 30 saniyelik aralıklarla kullanarak, veri gönderildiği sırada mevcut olan en iyi

ürünleri kullanır. CSRS-PPP verileri işledikten sonra sonuçları görsel çıktılarıyla ve genişletilmiş analiz raporu şeklinde kullanıcıya göndermektedir. Sonuçlar ITRF ya da NAD83 referans çerçevesinde e-posta yoluyla alınır. Özellikle “.sum” uzantılı dosyada hem girdi, hem veri işleme seçenekleri hem de çıktı sonuçları detaylı bir şekilde özetlenmektedir (Şekil 4.1). Bu yazılımda kullanılan, GNSS gözlem oturumu için minimum uzunluk yoktur (Mowafy, 2009; URL 3, 2018). İstasyon saat durumları, durum pozisyonları, lokal troposferik zenith gecikmeleri ve taşıyıcı faz belirsizlikleri; PPP’de statik/kinematik modda kestirimi yapılan parametrelerdir (Kouba ve Héroux, 2001).



Şekil 4.1. CSRS-PPP çalışma prensibi (Kızılarıslan, 2014)

PPP, çıktıları (output) iki şekilde üretilir, hem kısa ve detaylı özet raporları hemde grafiksel zaman serileri çizimleridir. CSRS-PPP özet raporu, üç bölümden oluşan bir başlıkta kaydedilir.

- Birinci bölüm, veri işleme sırasında kullanılan girdi-çıktı ve iç dosya adlarını belirten bir dosya özetidir.
- İkinci bölüm, CSRS-PPP sitesinde merkezi tutulan, iç dosyalardan çıkarılan işleme parametreleridir. Raporda, (i) cycle slip (kayma döngüsü filtre eşikleri), (ii) uydu anten faz merkezi kayıklıkları, (iii) kullanıcı anteni faz merkezi kayıklığı, (vi) CSRS, ITRF ve NAD83 arasında dönüşüm parametreleri, (v) okyanus yüklemesi katsayıları ve (vi) meteorolojik yüzey verileridir.

- Üçüncü bölüm, a) işleme seçenekleri b) gözlem oturumu c) koordinat tahminleri d) koordinat farkları e) alıcı saat tahminleri ve f) gözlem kalıntılarını raporlayan bir işleme oturum özettir (Kızıllı, 2014). CSRS-PPP veri yükleme ekranı Şekil 4.2’de verilmiştir.

Şekil 4.2. CSRS-PPP veri yükleme ekranı (URL 3, 2018)

4.2. GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS)

GAPS, kullanıcılara konum ve diğer parametreleri elde edebilen ücretsiz online PPP servisi sağlamak için 2007'de New Brunswick Üniversitesi'nde geliştirildi. Genel olarak konumlama için kullanılmış olsa da, GAPS, kullanıcıya iyonosferik ve atmosferik gecikmeleri, alıcı saati ve multipath (sinyal yansıma) tahmin etmesine olanak tanıyan GNSS veri işleme yazılımı olarak tasarlandı. GAPS, uygulama çeşitliliği nedeniyle yalnızca hassas bir nokta konumlandırma aracı değil, aynı zamanda bir GNSS analiz aracıdır (URL 4, 2018).

- GAPS kullanıcılara, statik ve kinematik modda tek bir GNSS alıcısı kullanarak hassas uydu konumlama imkanı sağlamaktadır. IGS ve NRCAn gibi kaynaklardan sağlanan hassas yörünge ve saat ürünlerinin kullanımı sayesinde, statik modda

santimetre mertebesinde konumlama ve kinematik modda desimetre mertebesinde konumlama elde etmek mümkündür (URL 4, 2018). GAPS veri yükleme ekranı Şekil 4.3’de verilmiştir.

GAPS
GNSS ANALYSIS AND POSITIONING SOFTWARE

HOME ABOUT SUBMIT A FILE PUBLICATIONS NEWS CONTACT

GAPS Basic User Submission

Select Input Observation File: * PL001480.170

Select System

GPS	<input checked="" type="radio"/> On	<input type="radio"/> Off
Galileo	<input checked="" type="radio"/> On	<input type="radio"/> Off
BeiDou	<input type="radio"/> On	<input checked="" type="radio"/> Off

Select Processing Parameters

Şekil 4.3. GAPS veri yükleme ekranı (URL 4, 2018)

4.3. Automatic Precise Positioning Software (APPS)

APPS, GNSS alıcısının statik, hareketsiz, yeryüzündeki veya havadaki konumunu tahmin etmek için NASA Jet Propulsion Laboratory'nin en gelişmiş GNSS konumlama teknoloji servisi. APPS, çeşitli kullanıcı tabanını desteklemektedir. Kullanıcılar ölçüm dosyalarını web sitesine manuel olarak ya da ftp servisleri aracılığıyla yükleyebilmektedir. APPS, RINEX girdi dosyaları dışında, GIPSY TDP dosyalarını destekler. Değerlendirme sırasında;

- JPL'in The Global Differential GNSS Sisteminden (GDGPS) gelen gerçek zamanlı GPS yörünge ve zaman bilgileri,

- JPL'in günlük ve haftalık GNSS yörünge ve zaman ürünleri,
- GPS ölçümlerini işlemek için JPL'nin GIPSY-OASIS yazılımı kullanılır (URL 5, 2018).

4.4. Magic-GNSS Yazılımı

Magic-GNSS, GMV tarafından geliştirilen kullanıcı ihtiyaçları için çeşitli hizmetler sunan web tabanlı bir GNSS algoritmasıdır. Multi-GNSS hassas yörünge ve saat belirleme, hassas nokta konumlama, GNSS uzun vadeli efemeris tahminleri ve istasyonların izlenmesi gibi modüller içermektedir. Kullanıcılar için statik ve kinematik modda gerçek zamanlı olarak hassas konumlamayı çözümlayebilen bu teknoloji PPP modülünü içermektedir. Web uygulamasına ek olarak, bir e-posta tabanlı PPP hizmeti de verebilmektedir. Aynı zamanda GPS ve GLONASS verilerini beraber değerlendirebilmektedir. Kullanıcılar bu ücretsiz hizmetten, RINEX veri dosyalarını magicppp@gmv.com adresine göndererek, kesin koordinatlara sahip cevap e-postası olarak faydalanabilmektedir (URL 6, 2018).

5. GNSS TEKNİKLERİ İLE DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİ

Yapılarda, makine tesislerinde ve yer kabuğunda kalıcı/geçici etkilerle oluşan şekil değişikliği deformasyon olarak adlandırılır. Deformasyon kalıcı ve geçici deformasyon olarak 2'ye ayrılır. Bir cisme bir kuvvet uygulandığında cisimde şekil değişikliği meydana gelir. Cisme uygulanan kuvvet ortadan kalktığında cisim tam olarak ilk haline geliyorsa buna geçici deformasyon, gelmiyorsa kalıcı deformasyon denir.

Deformasyon araştırmaları jeodezinin önemli konularından biridir. Mühendislik yapılarının hareketleri, heyelanlar, plaka hareketleri vb. belirlenip gerekli tedbirlerin alınması açısından deformasyon izleme çalışmaları önemli bir yere sahiptir. Ayrıca bu ölçmelerin güncel teknikler kullanılarak kısa zamanda gerçekleştirilmesi hem analiz tekniği açısından hem de işletme aksaklıklarının en az indirilmesi açısından önemlidir.

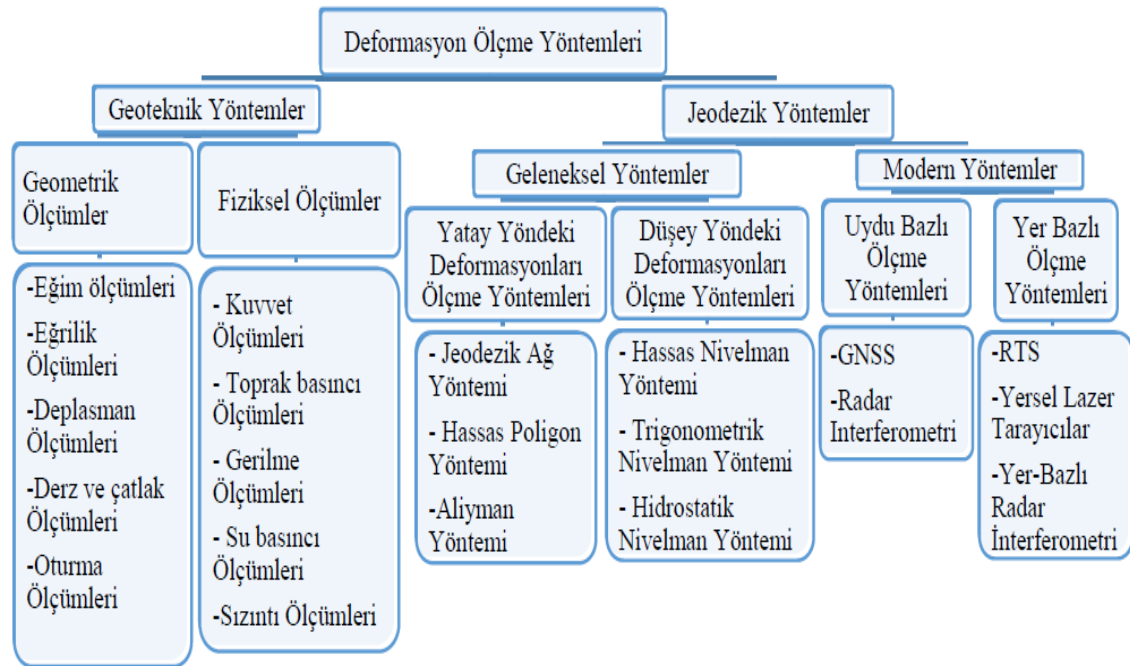
Deformasyon ölçmeleri baraj, tünel, viyadük, köprü, kule ve benzeri mühendislik yapıları ile, depremlerin kestirimi, heyelanların belirlenmesi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Ölçme aletleri ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile istatistik bilimindeki gelişmelere paralel olarak 1980 li yıllardan sonra deformasyon ölçüsü ve analizi konusu önem kazanmıştır. Esas itibarıyla deformasyon ölçmelerinde kullanılan yöntemler jeodezik ve geoteknik yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Jeodezik yöntemlerle mutlak değişimler, geoteknik yöntemlerle ise bağıl değişimler belirlenir (İnal, 2016).

5.1. Deformasyon Ölçme Yöntemleri

Bir mühendislik yapısının güvenli olup olmadığına karar verebilmek için, yapının hareketlerinin uygun bir teknik ile izlenmesi ve yapısal değişikliklerin analiz edilmesi gerekmektedir. Uygun bir model yardımıyla olası deformasyonlar araştırılmalıdır. Bir mühendislik yapısının izlenmesinde, jeodezik ya da jeodezik olmayan (jeoteknik-yapısal) izleme teknikleri ayrı ayrı veya beraber olarak kullanılabilir (Chrzanowski ve Chrzanowski, 1995; Ogaja, 2002; USACE, 2002; Erol ve ark., 2007).

Deformasyon ölçmelerine başlamadan incelenecek obje ile ilgili olarak beklenen hareket şekli, objeye etki eden kuvvetler, meteorolojik koşullar ve yerel koşullar hakkında bilgi toplanır, bu bilgiler değerlendirilerek ölçme süreci ve ölçme yöntemi belirlenir (Şekil 5.1). Uygun ölçme yönteminin seçimi objeye ve hareketin şekline bağlıdır (İnal,

1990).



Şekil 5.1. Deformasyon ölçme yöntemleri (Alçay, 2014)

Deformasyon ölçmelerinde genellikle jeodezik yöntemlere geometrik değişimler ve yüzey deformasyonları belirlenebilirken, geoteknik yöntemlerle yüzey altındaki deformasyonların belirlenmesi mümkün olmaktadır. Kullanılan geoteknik aletlerin çoğu verileri otomatik olarak toplamakta ve bu verilere uzaktan erişim söz konusu olmaktadır. Ancak bu aletlerin bozulması durumunda bulunduğu yerden çıkarılması ve tamir edilmesi pek mümkün olmamaktadır. Geoteknik yöntemler kullanımları kolay olması nedeniyle sürekli izleme gerektiren çalışmalarda daha uygundur. Bu yöntemler yapının kendi içindeki bağıl deformasyonlarını göstermektedir. Buna karşın jeodezik teknikler, referans noktalarına göre obje noktalarının mutlak deformasyonlarını ve bunlar arasındaki rölatif deformasyonları da göstermektedir (Teskey, 1988; USACE, 2002). Teknolojideki ve ölçme aletlerindeki gelişmelere paralel olarak mutlak deformasyonların belirlenmesinde GNSS teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.2. GNSS Teknikleriyle Deformasyon Ölçmeleri

1980'li yıllardan itibaren de GNSS teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve jeodezik uygulamalarda kullanılmaya başlanması, deformasyon ölçmeleri ve analizi çalışmalarında da etkisini göstermiştir (Erol ve Ayan, 2003). GNSS teknikleri gerek dünyada, gerekse de ülkemizde jeodezik uygulamalarda yaygın biçimde ve yoğun olarak kullanılmaktadır.

Giderek gelişen uydu teknolojileri deformasyon ölçmeleri üzerinde de oldukça etkili olmuş ve son yıllarda yapılan deformasyon ölçmeleri çalışmalarında klasik yersel tekniklerin yanı sıra GNSS teknikleri büyük oranda kullanılmaya başlanmıştır. GNSS teknikleri sayesinde noktaların birbirini görme zorunluluğunun ortadan kaldırılması, nokta yerlerinin seçimi konusunda yersel jeodezik ağılara göre esneklik sağlamaktadır. Aletlerin kullanım kolaylığı, ölçülerin pratik yapılmasından dolayı GNSS teknikleri günümüzde ekonomik bir sistem olarak tercih edilmektedir. Ek olarak, GNSS tekniklerinin ulaşabildiği doğrulukların deformasyon ölçmelerinde kullanılabilir seviyede olması da bu tekniklerin ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Fakat GNSS uydu sinyallerinin alıcı çevresindeki nesnelere çarpması birkaç sorun oluşturmaktadır. Örneğin, yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde, göl, yoğun ağaçlık alanlar, tünel ve kapalı alanlarda (maden ocakları) ölçüm yapma olanağını düşürmektedir. Bu da GNSS tekniğinin bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır (Bilgen, 2017).

GNSS tekniği tek boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu deformasyonların belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin; sadece GNSS tekniği kullanılarak, dünyada, köprü ve viyadük deformasyonlarının araştırılması (Roberts ve ark., 2002; Wieser ve Brunner, 2002), barajlardaki deformasyonların araştırılması (Hudnut, 1996), çevresel etkiler ile yapı hareketlerinin araştırılması (Guo ve Ge, 1997; Ogaja, 2001), heyelanların izlenmesi (Hartinger ve Brunner, 2000), yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi (Chen ve Kakkuri, 1993; Vermeer, 2002; Kim ve ark., 2003; Hwang ve ark., 2004) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ise, sadece GNSS tekniği kullanılarak, iki boyutlu ve üç boyutlu yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, gerilme analizleri (Ayan ve ark., 2004; Denli, 2004; 1998) ve heyelanların izlenmesi (Acar ve ark., 2004) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hem GNSS hem de yersel tekniklerin kombinasyonuyla, dünyada, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi (Dong ve ark., 1998; Liu ve Chen, 1998), tek boyutlu hareketlerin belirlenmesi (Chrzanowski ve ark., 1989; Chen ve Chrzanowski, 1990; Bitelli ve ark., 2000; Chang, 2000; Kapovic ve ark., 2000)

çalışmaları ve ülkemizde, jeolojik sebeplerden kaynaklanan 1B ve 3B yapı (viyadük) hareketlerinin araştırılması (Leinen ve ark., 1999; Erol ve ark., 2007), tek boyutlu hareketlerin belirlenmesi (Gökalp, 1994) çalışmaları gerçekleştirilmiştir. GNSS tekniği ile uzun süreli deformasyonlar da başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir. Pacoima barajı yapısal hareketlerinin sürekli GNSS ölçmeleri ile izlenmesi ve SWEPOS sistemi buzul altı bölgelerde deformasyonların sürekli GNSS gözlemleri ile izlenmesi bu konudaki çalışmalara iyi birer örnektirler (Scherneck ve ark., 1998; Hedling ve ark., 2001).

5.3. Deformasyon Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Bir bölge ya da yapının deformasyonlarının belirlenmesi için, tesis edilen jeodezik kontrol ağındaki ölçüler farklı zaman noktalarında tekrarlanır. Periyot ölçüleri arasındaki zaman, muhtemel deformasyonların büyüklüğüne veya yapıya etkiyen kuvvetlerin değişimine bağlı olarak belirlenir. Ağda yapılan ilk ölçüler, “Sıfır ölçüsü” veya “Referans ölçüsü” adını alır. Periyot ölçüleri ise, ölçü periyodu sırasına göre, 1. periyot ölçüsü, 2. periyot ölçüsü veya, t_1 ölçüleri, t_2 ölçüleri olarak adlandırılır.

Deformasyonların klasik yersel ölçme teknikleri ya da uydu teknikleri kullanılarak, statik modele göre jeodezik ölçülerle belirlenmesinde, iki-kampanyalı analiz yaklaşımı kullanılır. Bu yaklaşım, her bir ölçme kampanyasındaki ölçülerin, bağımsız olarak, En Küçük Kareler yöntemi ile dengelenmesi, global uygunluk testi ve iki kampanya arasındaki deformasyonların geometrik olarak irdelenmesi olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır (Niemeier ve ark., 1982; Chrzanowski ve ark., 1991; Teskey ve Biacs, 1990).

Birinci adımda t_1 ve t_2 zamanlarında gerçekleştirilmiş olan periyotlardan elde edilen ölçüler, serbest ağ dengelemesine göre ayrı ayrı dengelenir. Hesaplamalar sırasında, tüm ağ noktalarında deformasyon olabileceği varsayılır ve tüm iz minimum dengelemesi yapılır. Ayrıca her iki periyottaki ölçülerin dengelenmesinde, bilinmeyenlerin yaklaşık koordinatları olarak, aynı değerler kullanılır.

İkinci adımda, $\Delta t = t_2 - t_1$ zaman aralığında sabit kalan ağ noktalarının belirlenmesi amacıyla, global uygunluk testi uygulanır. Global test aşamasında t_1 ve t_2 periyotları birlikte serbest ağ dengelemesi ile dengelenir (Ayan, 1982; 1983; Ayan ve ark., 1991). İki kampanyalı analizde, global uygunluk testi işlemine geçilmeden önce her iki ölçme kampanyasının serbest dengelemesinden elde edilen dengeleme sonrası (soncul

(a-posteriori)) elde edilen ortalama hata değerlerinin F testi ile birbirine eşit olduğunun ispatlanması gerekmektedir. Eğer bu iki ortalama hata değeri birbirine eşitliği istatistiksel olarak kabul edilemezse, bu iki ölçme kampanyası için ortak bir ortalama hata değeri hesaplanamaz. Bu durumda, iki periyodun serbest dengelemeleri sırasında kurulan stokastik modellerin hatalı olduğuna karar verilir ve her iki ölçü kümesi için uygun stokastik modeller kuruluncaya kadar analiz işleme başlanamaz (Chen, 1983; Caspary, 1987; Biacs, 1989; Erol, 2008; Setan, 1995).

Global uygunluk testi sonucu ağda anlamlı bir hareket olduğu sonucuna varılırsa, üçüncü adım olarak deformasyon büyüklüklerinin belirlenmesi ve yerleştirilmesi adımına geçilir.

Deformasyon ölçülerinin analizinde; Ortalama aykırılıklar yöntemi, bağıl güven elipsleri yöntemi, Cholesky çarpanlara ayırma yöntemi, Mierlo yöntemi, S transformasyonu yöntemi, İteratif ağırlıklı dönüşüm yöntemi v.b. kullanılabilir.

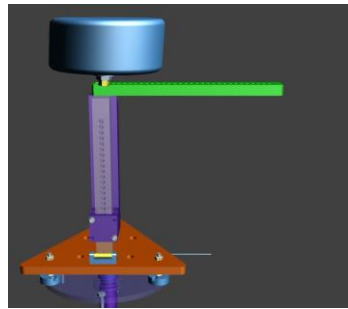
6. UYGULAMA

Hassas konumlama tekniğinin deformasyon belirlemede kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla Kütahya Çevre ve Şehircilik İl müdürlüğü bahçesinde bulunan pilye kullanılmıştır (Şekil 6.1). Pilye üzerinde 24 saat süreyle veri toplanmıştır. Ölçü süresince batarya problemi ile karşılaşmamak için pilye üzerinde bulunan elektrik tesisatından yararlanılmıştır. Pilye üzerine doğu-batı, kuzey-güney ve düşey yönde sanal deformasyon vermeye yarayan düzenek yerleştirilmiştir. Düzenek ile doğu-batı, kuzey-güney ve düşey doğrultularda minimum 1 cm sanal deformasyon verilebilmektedir (Şekil 6.2) (Gelişkan ve ark., 2018).



Şekil 6.1. Tesis edilen pilye ve konumu

Ham ölçülerin toplanmasında kayıt aralığı 30 saniye ve uydu yükseklik açısı 10° olarak seçilmiştir.



Şekil 6.2. Kullanılan düzenek

24 saat süreyle toplanan veriler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik bölümlere ayrılarak düzenek üzerindeki her durum için koordinatlar belirlenmiştir. Koordinatların belirlenmesinde akademik yazılım olan Bernese v5.2 GNSS yazılımı PPP modülü ve web tabanlı online yazılımlardan CSRS-PPP ve Magic-GNSS kullanılmıştır. Elde edilen

koordinatlar projeksiyon koordinatlara (x, y, h) dönüştürülmüştür. Koordinatlar elde edildikten sonra ardışık noktalar arasındaki kaydırma miktarları,

$$s_{ij} = \sqrt{(y_j - y_i)^2 + (x_j - x_i)^2} \quad (6.1)$$

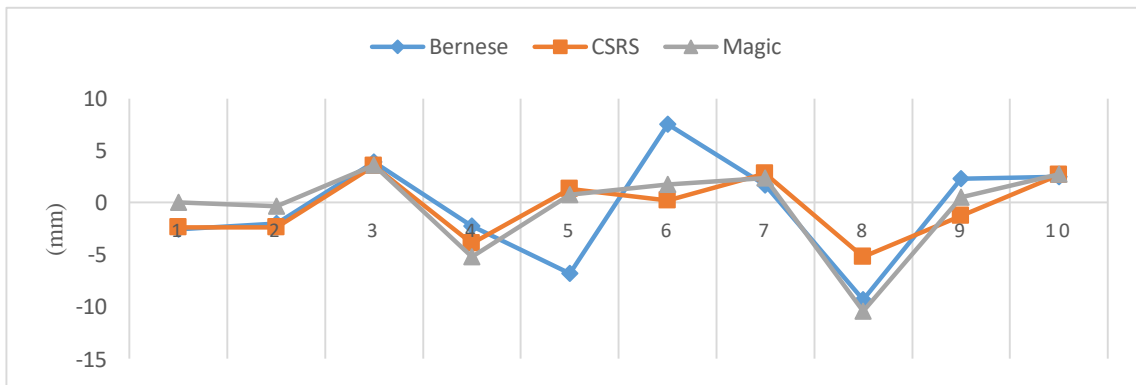
eşitliğinden hesaplanmıştır. k kaydırma miktarı olmak üzere, gerçek değerden olan farkların hesabında;

$$d = k - s_{ij} \quad (k = 1,2,3,4,5) \quad (6.2)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Örnek olarak sadece 24 saatlik ölçü ve 1 santimetrelilik kaydırmaya ait farklar ve grafikleri Çizelge 6.1-6.3 ve Şekil 6.3-6.5’de verilmiştir. Diğer grafikler ise ekte sunulmuştur.

Çizelge 6.1 Doğu-batı yönündeki farklar (mm)

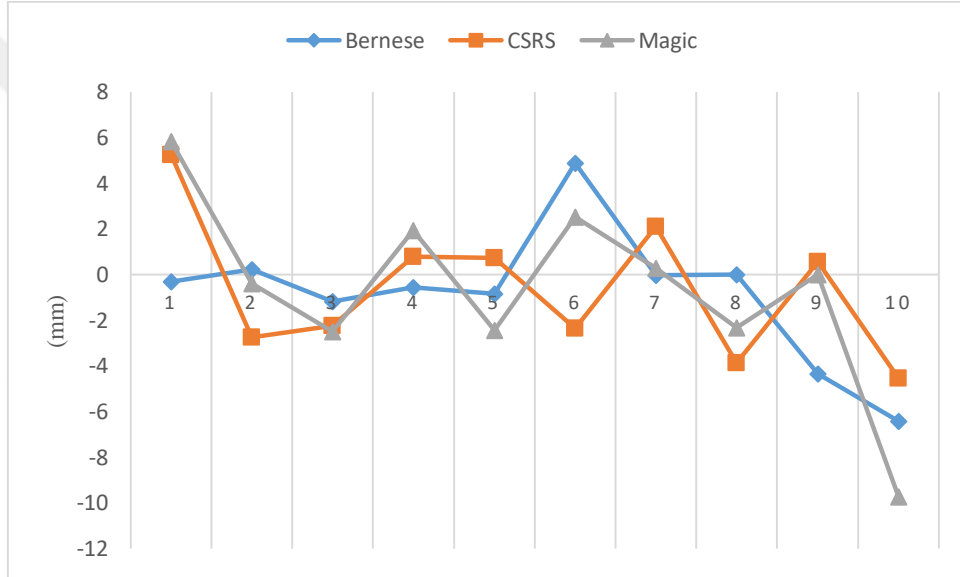
Sıra No	Bernese	CSRS	Magic
1	-2.6	-2.4	0.0
2	-2.0	-2.4	-0.3
3	3.9	3.5	3.6
4	-2.3	-3.9	-5.2
5	-6.8	1.3	0.7
6	7.5	0.2	1.7
7	1.7	2.8	2.3
8	-9.3	-5.2	-10.4
9	2.3	-1.3	0.5
10	2.5	2.7	2.7



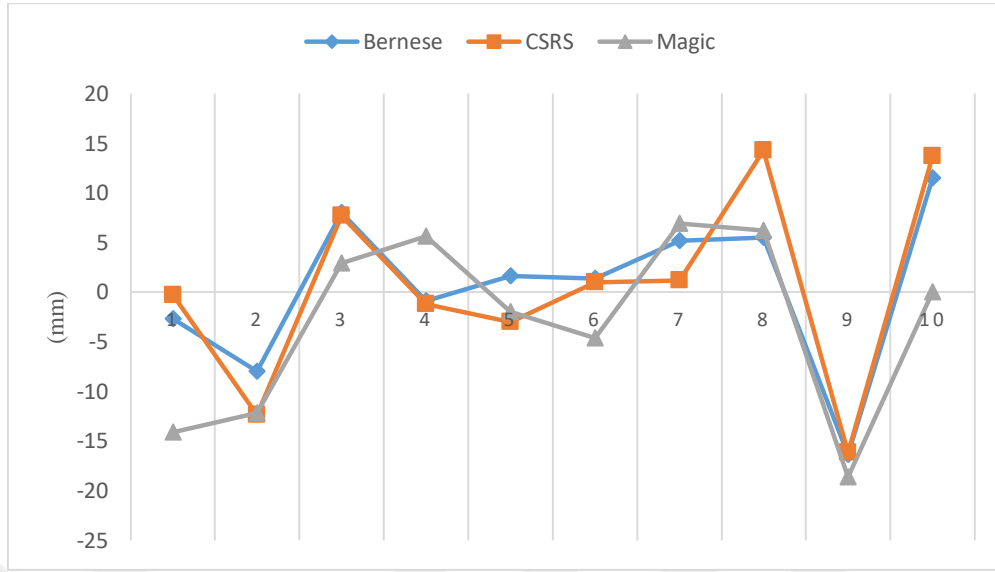
Şekil 6.3. Doğu-batı yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar

Çizelge 6.2 Kuzey-güney yönündeki farklar (mm)

Sıra No	Bernese	CSRS	Magic
1	-0.3	5.2	5.8
2	0.2	-2.7	-0.4
3	-1.2	-2.2	-2.5
4	-0.6	0.8	1.9
5	-0.8	0.7	-2.4
6	4.9	-2.3	2.5
7	0.0	2.1	0.3
8	0.0	-3.9	-2.3
9	-4.3	0.6	0.0
10	-6.4	-4.5	-9.7

**Şekil 6.4.** Kuzey-güney yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar**Çizelge 6.3** Yükseklik yönündeki farklar (mm)

Sıra No	Bernese	CSRS	Magic
1	-2.7	-0.3	-14.1
2	-8.0	-12.4	-12.2
3	8.0	7.7	2.9
4	-0.9	-1.2	5.6
5	1.6	-3.0	-2.0
6	1.4	1.0	-4.6
7	5.2	1.2	6.9
8	5.5	14.3	6.2
9	-16.4	-16.2	-18.6
10	11.5	13.7	0.0



Şekil 6.5. Yükseklik yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar

Farkların maksimum ve minimum değerleri hesaplanmış ve Çizelge 6.4-6.5 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 Kullanılan yazılımlar için 2, 4 ve 6 saatlik ölçülere ait farkların maksimum ve minimum değerleri

Yön	Kullanılan Yazılım	Fark İstatistikleri	2 Saat (mm)					4 Saat (mm)					6 Saat (mm)				
			1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu-Batı	Bernese v5.2	Max	3.5	9.4	17.2	10.4	0.9	7.8	17.3	16.6	11.3	3.4	8.4	14.7	22.8	22.5	19.1
		Min	-31.7	-25.0	-33.6	-42.4	-37.7	-29.6	-21.3	-17.2	-29.2	-23.1	-30.6	-19.9	-20.1	-23.7	-13.0
	CSRS-PPP	Max	0.9	13.6	15.0	8.7	7.0	6.2	9.8	17.8	7.5	14.4	6.7	10.7	19.0	12.8	4.6
		Min	-26.3	-14.3	-16.4	-19.1	-20.2	-17.5	-22.7	-15.5	-13.3	-14.6	-16.9	-17.6	-24.1	-10.8	-12.3
	Magic GNSS PPP	Max	0.9	15.8	11.2	31.3	25.4	7.1	15.5	10.6	13.8	9.6	2.5	11.4	16.2	16.0	1.3
		Min	-42.3	-64.2	-34.5	-38.2	-16.0	-20.5	-14.6	-23.2	-17.6	-9.9	-25.7	-23.0	-38.5	-20.9	-12.2
Kuzey-Güney	Bernese v5.2	Max	0.8	8.3	8.6	5.1	15.1	0.0	2.1	-1.6	-0.9	3.8	1.0	10.3	4.8	5.3	4.7
		Min	-40.6	-33.6	-25.0	-30.7	-35.3	-23.6	-19.0	-18.1	-14.8	-16.4	-18.5	-19.5	-16.7	-16.6	-15.6
	CSRS-PPP	Max	3.6	6.5	6.3	3.9	6.5	3.4	6.0	6.1	4.0	7.4	3.7	5.2	5.7	6.8	4.3
		Min	-14.3	-11.1	-13.6	-4.1	-5.5	-5.5	-5.0	-4.2	-5.6	-1.2	-5.4	-7.0	-7.0	-5.9	-2.1
	Magic GNSS PPP	Max	4.1	7.1	6.5	2.9	7.1	0.0	3.2	5.2	1.8	8.5	3.7	5.9	9.2	5.8	9.7
		Min	-15.1	-11.6	-9.8	-15.8	-12.1	-41.6	-58.0	-44.9	-26.5	-33.3	-25.5	-33.6	-22.5	-15.3	-13.2
Düşey	Bernese v5.2	Max	65.7	78.2	85.4	82.4	30.7	21.9	36.2	39.8	45.8	41.1	26.6	31.4	38.9	46.8	36.3
		Min	-132.0	-103.9	-127.8	-68.7	-49.6	-67.6	-97.2	-79.9	-61.0	-57.4	-64.3	-97.5	-70.9	-66.1	-63.8
	CSRS-PPP	Max	51.2	30.0	30.9	40.0	39.1	17.1	20.3	32.1	11.8	1.2	26.5	20.1	32.9	24.8	6.8
		Min	-43.0	-38.7	-41.2	-42.1	-49.9	-20.3	-33.0	-23.8	-31.9	-15.9	-20.6	-28.7	-17.8	-19.7	-12.5
	Magic GNSS PPP	Max	17.5	14.6	17.6	16.5	11.7	28.8	36.2	27.9	35.3	24.4	23.3	29.9	29.2	32.7	19.6
		Min	-24.5	-25.6	-17.6	-26.6	-27.7	-27.8	-51.9	-28.4	-25.6	-34.9	-29.6	-38.0	-31.4	-11.1	-27.9

Çizelge 6.5 Kullanılan yazılımlar için 8, 12 ve 24 saatlik ölçülere ait farkların maksimum ve minimum değerleri

Yön	Kullanılan Yazılım	Fark İstatistikleri	8 Saat (mm)					12 Saat (mm)					24 Saat (mm)				
			1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu-Batı	Bernese v5.2	Max	8.6	16.3	20.6	17.9	17.9	8.7	17.3	11.5	13.7	16.9	7.5	12.8	6.8	7.0	9.5
		Min	-21.0	-15.0	-16.1	-18.2	-12.2	-16.6	-13.3	-12.8	-9.4	-8.7	-9.3	-8.6	-4.9	-6.5	-8.6
	CSRS-PPP	Max	7.1	10.8	14.3	11.4	6.3	9.1	7.9	7.0	2.7	6.3	3.5	3.0	4.3	1.1	3.9
		Min	-16.6	-15.3	-25.6	-12.8	-13.7	-10.4	-6.4	-9.2	-6.0	-7.7	-5.2	-6.3	-3.6	-4.9	-4.8
	Magic GNSS PPP	Max	6.0	12.4	13.1	11.4	1.7	7.3	9.0	9.6	3.9	3.9	3.6	4.4	5.3	1.3	3.7
		Min	-22.2	-21.8	-33.8	-16.7	-10.3	-9.7	-10.7	-10.1	-10.9	-12.9	-10.4	-9.3	-7.0	-5.0	-10.2
Kuzey-Güney	Bernese v5.2	Max	2.4	6.6	8.0	7.3	5.7	3.0	8.3	9.8	8.7	8.8	4.9	6.1	6.1	6.1	6.0
		Min	-18.9	-20.2	-17.8	-12.1	-15.1	-8.0	-12.4	-9.3	-7.9	-12.8	-6.4	-10.4	-10.4	-10.4	-4.2
	CSRS-PPP	Max	3.9	5.1	8.3	8.9	5.4	4.8	4.1	3.0	4.2	4.1	5.2	2.7	1.5	2.3	2.4
		Min	-7.3	-10.4	-11.8	-5.3	-6.6	-4.7	-6.2	-9.8	-4.9	-7.6	-4.5	-4.9	-7.0	-4.9	-6.1
	Magic GNSS PPP	Max	5.5	6.3	6.5	8.6	9.4	4.5	7.3	5.5	10.7	9.2	5.8	6.6	4.3	8.8	6.6
		Min	-14.8	-16.1	-18.6	-12.8	-11.2	-7.9	-12.2	-14.1	-10.7	-9.3	-9.7	-9.7	-12.0	-11.7	-8.9
Düşey	Bernese v5.2	Max	30.7	43.1	36.0	39.8	42.2	15.1	14.3	12.6	12.2	13.1	11.5	-2.7	12.1	13.7	15.3
		Min	-65.1	-81.9	-63.8	-58.7	-57.6	-16.8	-20.1	-9.3	-5.8	-7.5	-16.4	-10.9	-5.7	-4.3	-2.7
	CSRS-PPP	Max	41.4	39.4	31.3	29.6	25.0	21.5	18.0	23.8	19.3	20.0	14.3	15.5	16.5	13.5	14.0
		Min	-23.7	-22.3	-14.4	-16.4	-17.5	-23.2	-18.3	-11.5	-12.9	-12.2	-16.2	-12.7	-5.9	-8.9	-9.2
	Magic GNSS PPP	Max	20.6	36.0	28.6	34.8	22.1	30.1	23.3	18.8	26.2	19.7	6.9	13.1	8.5	6.5	12.1
		Min	-41.8	-51.5	-30.9	-15.5	-33.5	-24.3	-38.6	-29.4	-15.3	-23.6	-18.6	-26.3	-23.4	-17.8	-19.8

Her bir kaydırma miktarı için ortalama hataların hesaplanmasında ise;

$$m_d = \pm \sqrt{\frac{[dd]^2}{n}} \quad (6.3)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Eşitlik de n kayırma yapılan nokta sayısını göstermektedir. Her bir cm için hesaplanan ortalama hatalar Çizelge 6.6-6.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 2, 4 saatlik ölçüler için ortalama hatalar (cm)

Yön	Kullanılan Yazılımlar	2 saat					4 saat				
		1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu- Batı	Bernese v5.2	±12.5	±12.7	±16.7	±21.3	±21.3	±12.1	±13.7	±11.7	±13.5	±14.8
	CSRS-PPP	±10.0	±10.0	±11.9	±11.2	±10.8	±7.9	±11.3	±10.4	±6.9	±9.2
	Magic GNSS PPP	±21.9	±25.3	±14.1	±22.5	±13.1	±10.4	±9.8	±9.5	±11.7	±6.0
Kuzey- Güney	Bernese v5.2	±16.8	±16.2	±14.9	±12.9	±17.8	±11.1	±10.1	±9.5	±9.1	±10.4
	CSRS-PPP	±8.3	±5.8	±5.7	±2.9	±4.8	±2.9	±3.1	±3.1	±2.8	±3.3
	Magic GNSS PPP	±6.8	±6.9	±6.0	±8.7	±8.5	±19.1	±22.8	±16.8	±10.9	±14.4
Düşey	Bernese v5.2	±56.0	±57.4	±66.7	±55.4	±29.0	±27.3	±37.9	±34.5	±31.5	±32.2
	CSRS-PPP	±27.7	±24.2	±27.4	±27.4	±31.0	±12.6	±15.6	±17.2	±14.7	±9.4
	Magic GNSS PPP	±14.1	±12.9	±10.2	±18.1	±13.6	±18.3	±25.8	±20.1	±20.2	±21.9

Çizelge 6.7 6, 8 saatlik ölçüler için ortalama hatalar

Yön	Kullanılan Yazılımlar	6 saat					8 saat				
		1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu- Batı	Bernese v5.2	±11.9	±12.3	±17.8	±13.2	±10.1	±11.9	±10.5	±11.9	±12.3	±11.9
	CSRS-PPP	±10.0	±11.7	±8.2	±6.0	±7.9	±9.6	±11.5	±8.4	±6.7	±10.0
	Magic GNSS PPP	±11.3	±15.9	±12.7	±6.6	±9.3	±10.4	±14.2	±10.9	±6.9	±11.3
Kuzey- Güney	Bernese v5.2	±10.3	±7.7	±7.2	±7.2	±8.3	±8.5	±8.3	±6.3	±6.8	±10.3
	CSRS-PPP	±4.2	±4.4	±3.8	±2.9	±3.7	±4.9	±5.3	±4.5	±4.0	±4.2
	Magic GNSS PPP	±14.3	±11.3	±7.1	±8.0	±7.8	±8.6	±7.6	±6.8	±7.1	±14.3
Düşey	Bernese v5.2	±36.6	±32.8	±33.2	±35.0	±25.7	±32.2	±30.4	±32.0	±35.1	±36.6
	CSRS-PPP	±15.4	±16.1	±13.7	±7.4	±18.7	±18.5	±17.7	±17.4	±13.6	±15.4
	Magic GNSS PPP	±24.0	±21.2	±14.0	±17.4	±19.5	±26.9	±20.4	±15.8	±21.7	±24.0

Çizelge 6.8 12, 24 saatlik ölçüler için ortalama hatalar

Yön	Kullanılan Yazılımlar	12 saat					24 saat				
		1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu - Batı	Bernese v5.2	±7.0	±10.4	±7.6	±7.6	±9.9	±4.8	±6.8	±4.2	±5.1	±6.9
	CSRS-PPP	±5.5	±4.4	±5.2	±3.4	±4.5	±2.9	±3.1	±2.8	±2.4	±3.1
	Magic GNSS PPP	±5.2	±5.3	±6.9	±5.5	±7.3	±4.1	±5.0	±4.7	±3.1	±4.8
Kuzey- Güney	Bernese v5.2	±4.1	±6.0	±6.1	±6.2	±7.0	±2.9	±4.7	±5.4	±5.4	±4.4
	CSRS-PPP	±3.4	±3.6	±3.8	±3.3	±4.1	±2.9	±2.5	±3.0	±2.7	±3.3
	Magic GNSS PPP	±3.7	±5.6	±6.1	±6.7	±6.9	±4.0	±4.4	±4.9	±6.0	±5.0
Düşey	Bernese v5.2	±9.3	±9.2	±7.5	±7.6	±9.3	±7.7	±7.3	±6.5	±7.6	±8.8
	CSRS-PPP	±14.4	±11.2	±12.1	±10.8	±12.4	±9.4	±7.5	±7.9	±8.4	±9.4
	Magic GNSS PPP	±16.7	±18.4	±14.4	±13.3	±18.8	±9.2	±13.3	±10.4	±9.0	±12.7

Deformasyon araştırmasında T test büyüklüğü:

$$T = \frac{d}{m_d} \quad (6.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, d sanal kaydırma ile ölçülerle bulunan değer arasındaki farkı, m_d ise farkın ortalama hatasını göstermektedir. Karşılaştırma gerçek değerle yapıldığı için T_{tablo} değeri $T_{0.95}=1.96$ alınmıştır. Tablo değerinin 1.96 alınmasında d'nin alabileceği maksimum değerleri elde etmek için Çizelge 6.6-6.8'deki ortalama hatalar 1.96 ile çarpılmıştır (Çizelge 6.9-6.11). Kaydırma miktarından büyük olan değerlerin deformasyon olarak belirlenemeyeceği düşüncesiyle bu değerler koyu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 2, 4 saatlik ölçülerle belirlenebilecek minimum deformasyon miktarları (cm)

Yön	Kullanılan Yazılımlar	2 saat					4 saat				
		1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu- Batı	Bernese v5.2	2.44	2.49	3.28	4.17	4.18	2.38	2.68	2.30	2.64	2.89
	CSRS-PPP	1.96	1.96	2.32	2.20	2.12	1.56	2.22	2.04	1.35	1.81
	Magic GNSS PPP	4.29	4.96	2.76	3.81	2.57	2.04	1.92	1.87	2.29	1.18
Kuzey- Güney	Bernese v5.2	3.30	3.18	2.92	2.52	3.48	2.18	1.97	1.87	1.78	2.04
	CSRS-PPP	1.62	1.14	1.12	0.56	0.94	0.57	0.61	0.60	0.55	0.66
	Magic GNSS PPP	1.33	1.36	1.19	1.71	1.67	3.74	1.96	2.59	2.14	2.82
Düşey	Bernese v5.2	10.98	11.24	13.07	10.86	5.68	5.36	7.42	6.76	6.17	6.32
	CSRS-PPP	5.43	4.74	5.37	5.37	6.08	2.48	3.06	3.37	2.88	1.84
	Magic GNSS PPP	2.77	2.53	1.99	3.55	2.67	3.59	5.05	2.94	3.96	4.29

Çizelge 6.10 6, 8 saatlik ölçülerle belirlenebilecek minimum deformasyon miktarları (cm)

Yön	Kullanılan Yazılımlar	6 saat					8 saat				
		1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu- Batı	Bernese v5.2	2.55	2.34	2.41	3.48	2.58	1.99	2.33	2.06	2.34	2.41
	CSRS-PPP	1.50	1.97	2.29	1.61	1.18	1.55	1.88	2.26	1.65	1.31
	Magic GNSS PPP	2.10	1.88	2.90	2.50	1.30	1.82	1.95	2.78	2.14	1.35
Kuzey- Güney	Bernese v5.2	1.76	1.93	1.51	1.41	1.42	1.62	1.66	1.62	1.24	1.34
	CSRS-PPP	0.60	0.83	0.86	0.75	0.58	0.73	0.95	1.05	0.88	0.78
	Magic GNSS PPP	2.58	1.98	2.21	1.39	1.58	1.52	1.68	1.49	1.33	1.39
Düşey	Bernese v5.2	5.23	7.18	6.43	6.52	6.87	5.04	6.32	5.95	6.28	6.87
	CSRS-PPP	2.60	3.01	3.16	2.68	1.46	3.66	3.63	3.47	3.42	2.67
	Magic GNSS PPP	3.06	4.71	2.95	2.75	3.42	3.83	5.27	2.99	3.09	4.26

Çizelge 6.11 12, 24 saatlik ölçülerle belirlenebilecek minimum deformasyon miktarları (cm)

Yön	Kullanılan Yazılımlar	12 saat					24 saat				
		1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Doğu- Batı	Bernese v5.2	1.37	2.03	1.49	1.50	1.95	0.95	1.33	0.82	0.99	1.35
	CSRS-PPP	1.09	0.87	1.03	0.66	0.88	0.57	0.62	0.55	0.47	0.60
	Magic GNSS PPP	1.02	1.04	1.34	1.07	1.42	0.80	0.97	0.92	0.62	0.95
Kuzey-Güney	Bernese v5.2	0.80	1.18	1.19	1.21	1.38	0.58	0.92	1.07	1.07	0.85
	CSRS-PPP	0.67	0.70	0.74	0.65	0.79	0.58	0.50	0.60	0.53	0.64
	Magic GNSS PPP	0.73	1.10	1.20	1.30	1.35	0.78	0.86	0.96	1.17	0.98
Düşey	Bernese v5.2	1.82	1.80	1.48	1.49	1.82	1.52	1.42	1.27	1.50	1.73
	CSRS-PPP	2.82	2.19	2.37	2.12	2.43	1.84	1.46	1.54	1.65	1.85
	Magic GNSS PPP	3.27	3.61	2.83	2.62	3.69	1.80	2.60	2.03	1.76	2.49

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda GNSS ölçme teknikleri içinde PPP tekniği ön plana çıkmaktadır. Bu teknikte başka bir istasyonda toplanan verilere gereksinim duymadan sadece tek bir alıcı ile nokta konumları belirlenebilmektedir. PPP yöntemi GNSS kullanıcılarına cm/dm mertebesinde konum doğruluğu sağladığı için uzun bazlarda ve her hangi bir referans istasyonunun veya CORS ağlarının bulunmadığı durumlarda global datumda veri üretebilen bir tekniktir. Verilerin değerlendirilmesi GNSS yazılımları ile yapılabileceği gibi online PPP servisleri tarafından ücretsiz olarak da yapılabilmektedir. Bu teknik görece ve diferansiyel konum belirleme tekniklerine önemli bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak bu teknikte tam sayı belirsizliğinin çözümü için gereken sürenin uzun olması bir dezavantaj olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, PPP tekniğinin deformasyon belirlemedeki başarısı araştırılmıştır. İmal edilen bir düzenek üzerinde 20 cm boyunca 1 cm aralıklı olarak GNSS alıcılarının yerleştirilebileceği delikler açılmıştır. Düzenek üzerinde her bir delik üzerinde 10 cm boyunca 24 saat süre ile statik yöntem ile ölçüler yapılmıştır. Ölçüler doğu-batı, kuzey-güney ve yükseklik yönünde gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 40 gün sürmüştür. Düzenek üzerinde her bir konumda yapılan ölçüler Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ve online yazılımlardan CSRS-PPP ve Magic GNSS PPP ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede optimal ölçü süresini belirlemek amacıyla ölçüler 2, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik bölümlere ayrılmıştır. Değerlendirme sonucu hesaplanan projeksiyon koordinatlarından ardışık noktalar arasındaki mesafeler hesaplanmış ve bu değer sanal kaydırma miktarı ile karşılaştırılmıştır. Sanal kaydırma miktarı olarak 1, 2, 3, 4 ve 5 cm seçilmiştir. Ayrıca sanal kaydırma miktarı ile ölçü sonucu bulunan miktardan yararlanılarak farkların ortalama hataları hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama hatalar, yanılma ihtimali $\alpha=0.05$ seçilerek, normal dağılım tablosundan alınan $T_{\text{tablo}}=1.96$ değeri ile çarpılarak belirlenebilecek minimum deformasyon miktarları hesaplanmıştır. Çizelge 6.9-6.11 incelendiğinde, ölçü süresi arttıkça daha küçük miktarların deformasyon olarak belirlenebildiği ve deformasyon belirleme miktarlarının kullanılan yazılımlara bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Farklı yazılımlarla elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, kullanılan bütün yazılımlar için, yatay yöndeki deformasyonların araştırılmasında;

2 saatlik ölçülerle 5 cm ve üzeri, 4 ve 6 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 8 ve 12 saatlik ölçülerle 2 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 1 cm ve üzeri değişimlerin

deformasyon olarak belirlenebildiği görülmektedir. Düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde ise; 12 saatlik ölçülerle 3 cm ve üzeri, 24 saatlik ölçülerle ise 2 cm ve üzeri deformasyonların belirlenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan yazılımların deformasyon belirlemedeki başarıları birbiri ile karşılaştırıldığında genel olarak CSRS-PPP, Magic GNSS-PPP ve Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı şeklinde sıralama yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Abdallah, A. ve Schwieger, V., 2016, Performance of IGS Final Satellite Data for Kinematic PPP Solution Using Bernese GNSS Software and CSRS-PPP Online Service.
- Acar, M., Özlüdemir, M. T., Çelik, R. N., Erol, S. ve Ayan, T., 2004 Landslide Monitoring Through Kalman Filtering: A Case Study in Gürpınar, *Proceedings CD, ISPRS XXth Congress, Temmuz 12-23, İstanbul.*
- Aktuğ, B. ve Lenk, O., 2010, Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi, *Harita Dergisi*, 144, 40-50.
- Alçay, S., 2010, Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Selçuk Üniversitesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.*
- Alçay, S., Yiğit, C. Ö. ve Ceylan, A., 2013, CSRS- PPP, MagicGNSS Ve APPS Web Tabanlı Yazılımların Statik PPP Modüllerinin Karşılaştırılması *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1), 1-12.
- Alçay, S., 2014, Beton Kemer Barajlardaki Deformasyonların Jeodezik ve Geoteknik Yöntemlerle İzlenmesi ve Ermenek Barajı Örneği, *Selçuk Üniversitesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.*
- Alkan, R. M., İlçi, V. ve Ozulu, İ. M., 2014, PPP Yönteminde GPS ve GLONASS Uydularının Kullanımının Nokta Konum Doğruluğuna Etkisinin Araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (2), 27-34.
- Alkan, R. M., İlçi, V. ve Ozulu, İ. M., 2016, Precise Point Positioning (PPP) Technique versus Network-RTK GNSS, *on FIG Working Week 2016, May 2-6, New Zealand.*
- .
- Anderle, R. J., 1976, Point Positioning Concept Using Precise Ephemeris, *Proc. Int. Geodetic Symp. On Satellite Doppler Positioning, 12-14 October 1976 (Las Cruces, New Mexico), 47-75.*
- Attia, M. T., 2014, An Overview Of The Progress In The Global Navigation Satellite Systems And Future Market Growth In Navigation Services, *Allexandriia, Egypt.*
- Ayan, T., 1982, Jeodezik Ağlarla Deformasyon Analizine Genel Bakış, *İTÜ Dergisi*, 40:1, 20–25.

- Ayan, T., 1983, Bağlı Güven Elipsleri ile Deformasyon Analizi, *Harita Dergisi*, 91, 1-11.
- Ayan, T., Tekin, E., Deniz, R., Külür, S., Toz, G., Çelik, R. N. ve Özşamlı, C., 1991, Büyükçekmece Gürpınar Köyü Zemin Hareketlerinin Jeodezik Yöntemlerle Saptanması, *Teknik Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Ayan, T., Deniz, R., Çelik, R. N., Arslan, E., Özlüdemir, M. T., Güney, C., Özöner, B., Erol, S. ve Akyılmaz, O., 2004, Jeodezik Amaçlı Yerel GPS Ağları, *TUJK 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı, Bildiriler ve Konuşma Tutanakları*, Ed. O. Gürkan, HKMO ve TUJK, İstanbul., 199-216.
- Başçiftçi, F., 2017, GNSS Verileri Kullanılarak İyonosfer Modelinin Oluşturulması ve Global Modellerle Karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- Biacs, Z. F., 1989, Estimation and hypothesis testing for deformation analysis in special purpose networks, Yüksek Lisans Tezi, Calgary Üniversitesi, Kanada.
- Bilgen, B., 2017, GNSS Tekniği ile Yatay Yöndeki Deformasyonların Araştırılması, *Selçuk Üniversitesi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Bitelli, G., Bonsignore, F. ve Unguendoli, M., 2000, Levelling and GPS networks to monitor ground subsidence in the Southern Po Valley, *Journal of Geodynamics*, 30, 355–369.
- Cai, C. ve Gao, Y., 2007, Precise Point Positioning using combined GPS and GLONASS observations, *Journal of Global Positioning Systems*, 1, 13-22.
- Cai, C., 2009, Precise Point Positioning Using Dual-Frequency GPS and GLONASS Measurement, *Calgary University*, University of Calgary.
- Cai, C. ve Gao, Y., 2013, Modelling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning *GPS Solutions*, 17 223-236.
- Casparly, W. F., 1987, Concepts of Network and Deformation Analysis, *Monograph 11*, School of Surveying-The University of New South Wales, Kensington.
- Chang, C. C., 2000, Estimation of Local Subsidence Using GPS and Levelling Combined Data, *Surveying and Land Information System*, 2:60, 85-94.
- Chen, R. ve Kakkuri, J., 1993, Capability of GPS Technique for Local Crustal Deformation Detection, *Bildiriler Kitabı, the CRCM'93, Kobe, Japonya*, 6-11 Aralık, 209-213.
- Chen, Y. G. ve Chrzanowski, A., 1990, Integration of GPS with Levelling in Ground Subsidence Studies: Mathematical Modelling, *A collection of 8th International*

- Symposium on Geodetic Computation, s. , 21-30, Ed. C. Junyong, International Academic Publishers, Beijing.*
- Chen, Y. Q., 1983, Analysis of deformation surveys—a generalized method, *Technical Report, No. 94, Department of Surveying Engineering, New Brunswick Üniversitesi, Kanada.*
- Choy, S., Bisnath, S. ve Rizos, C., 2016, Uncovering common misconceptions in GNSS Precise Point Positioning and its future prospect, *Springer, Berlin.*
- Chrzanowski, A., Chen, Y., Leeman, R. W. ve Leal, J., 1989, Integration of the Global Positioning System with Geodetic Levelling Surveys in Ground Subsidence Studies, *CISM Journal ACSGC*, 43, 377–386.
- Chrzanowski, A., Chen, Y. Q., Secord, J. M. ve Chrzanowski, A. S., 1991, Problems and solutions in the integrated monitoring and analysis of dam deformations, *CISM Journal*, 45:4, 547-560.
- Chrzanowski, A. ve Chrzanowski, A. S., 1995, Identification of dam deformation mechanism, *In Proceedings of the MWA International Conference on Dam Engineering, Kuala Lumpur*, 179-187.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P. ve Fridez, P., 2015, Bernese GNSS Software Version 5.2, *user manuel Astronomical Institute, University of Bern.*
- Denli, H. H., 2004, Crustal Deformation Analysis in the Marmara Sea Region, *Journal of Surveying Engineering*, 130:4, 151-155.
- Denli, H. H., 1998, GPS ile Marmara Bölgesindeki Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dong, D., Herring, T. A. ve King, R. W., 1998, Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data, *Journal of Geodesy*, 72, 200-214.
- Dragert, H., James, T. S. ve Lambert, A., 2000, Ocean Loading Corrections for Continuous GPS: A Case Study at the Canadian Coastal Site Holberg, *Geophysical Research Letters*, 27(14), 2045-2048.
- Ebner, R., 2008, Validation and application of free-online and commercial post-processing PPP packages, *Graz University of Technology, Institute of Navigation and Satellite Geodesy, Doktora Tezi, Graz.*
- Ebner, R. ve Featherstone, W. E., 2008, How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks? , *Journal of Applied Geodesy*, 2(3), 149–157.

- Erol, S. ve Ayan, T., 2003, An Investigation on Deformation Measurements of Engineering Structures with GPS and Levelling Data, *International Symposium of Modern Technologies, Education and Professional Practice in Globalizing World*, 6-8 Kasım, Sofya, Bulgaristan.
- Erol, S., Erol, B. ve Ayan, T., 2007, Analysing the deformations of a Bridge using GPS and Levelling Data, *International Association of Geodesy Symposia*, 131 (Geodetic Deformation Monitoring: From Geophysical to Engineering Roles, s. 224-253, Ed. F. Sanso and J. Antonio Gil, Springer-Verlag, Berlin), 224-253.
- Erol, S., 2008, GPS ve nivelman ölçüleriyle deformasyonların belirlenmesi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gelişkan, Ş., İnal, C., Bülbül, S. ve Gündüz, M., A. , 2018, The Comparison of Accuracies of Results Obtained from Bernese v5.2 Software and Web-Based PPP Services, *FIG International Congress 2018*.
- Ghoddousi-Fard, R. ve Dare, P., 2006, Online GPS Processing Services: An Initial Study, *GPS Solutions*, 10(1), 1220.
- Gökçalp, E., 1994 Combination of GPS and geodetic levelling in subsidence monitoring, *Bildiriler Kitabı, the first Turkish International Symposium on Deformations, İstanbul, Türkiye. 5-9 Eylül*, s. 182-192.
- Grinter, T. ve Roberts, C., 2011, Precise Point Positioning: Where are we now?, *International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2011*.
- Grinter, T. ve Janssen, V., 2012, Post-processed Precise Point Positioning: A viable alternative? , *Proc. APAS2012, Wollongong, Australia*, 19-21 March, 83-92.
- Guo, J. ve Ge, S., 1997, Research of Displacement and Frequency of tall Bulding under Wind Load Using GPS, *Proceedings of the 10th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Eylül, Kansas City, ABD*, 1385-1388.
- Gürlek, E., 2017, Gns Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Düşey Yönlü Yapısal Titreşimlerin Ölçülmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Gebze Üniversitesi, Gebze Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze*.
- Hartinger, H. ve Brunner, F. K., 2000, Development of a monitoring system of landslide motions using GPS, *Proceedings of the 9th FIG Symposium on Deformation Measurements, Olsztyn. Eylül*, 29-38.

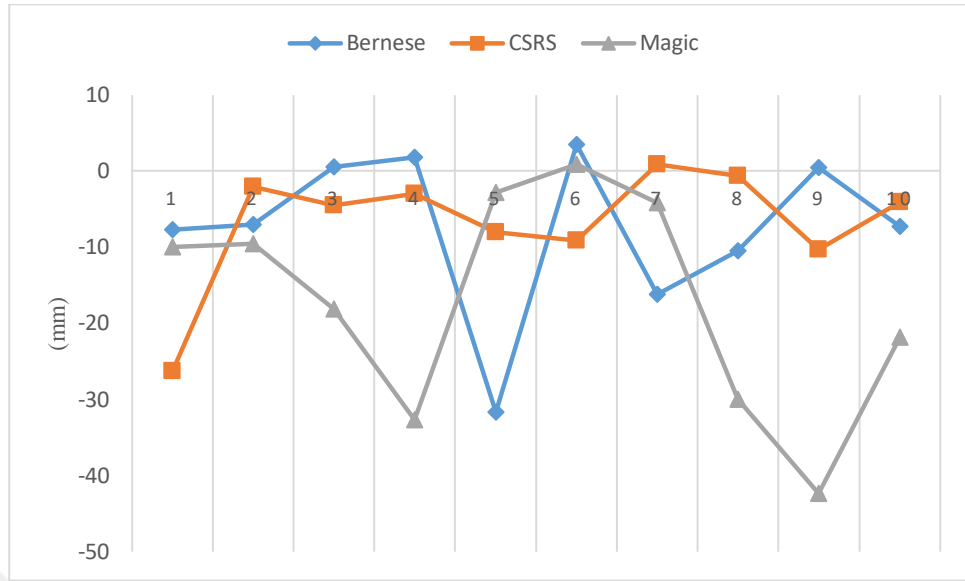
- Hedling, G., Jonsson, B., Lilje, C. ve Lilje, M., 2001, SWEPOS – The Swedish Network of Permanent GPS reference Station (Status February 2001), *FIG Working Week, International Conference on New Technology for a New Century, Seul, Kore, 6-11 Mayıs*.
- Herring, T. A., 1988, Precession and Nutation, *The Interdisciplinary Role of Space Geodesy, Lectures Notes in Earth Sciences, 22*.
- Hesselbarth, A. ve Wanninger, L., 2008, Short-term stability of GNSS satellite clocks and its effect on Precise Point Positioning, *In Proceedings of ION GNSS 2008, Savannah. GA., 1855–1863*.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Wasle, E., 2008, Global Navigation Satellite Systems (GNSS), *Springer, Wien New York*.
- Huber, K., Heuberger, F., Abart, C., Karabatic, A., Weber, R. ve Berglez, P., 2010, PPP: Precise Point Positioning Constraints and Opportunities, *FIG Congress 2010 Facing the Challenges Building the Capacity, Sydney, Australia*.
- Hudnut, K. W., 1996, Continuous GPS Monitoring of dam Deformation, *EOS, 77:46, 139–140*.
- Hwang, C., Lee, L. H., Yu, S. B. ve Rizos, C., 2004, Single- and Multiepoche Analyses of Global Positioning System Baseline Network: Application to Coordinate and Velocity Determinations in Central Taiwan, *Journal of Surveying Engineering, 130:2 86-94*.
- İnal, C., 1990, Yerkabuğu ve Yapılardaki Deformasyonların Oluşumu ve Yorumu, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Dergisi, sayı 66, s.42-48, Ankara, 1990*.
- İnal, C., 2016, Deformasyon Ölçülerinin Analizi, *Basılmamış Ders Notları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.
- Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, *Zerpa Yayınları, 1. Baskı, Ankara, Şubat 2009*.
- Kahveci, M., 2010, GPS/GNSS Gözlemleri Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler, *Jeodezi-Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 102 (1), 1-9*.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2012, GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, *Nobel Akademik Yayıncılık, 5. Baskı, 222*.
- Kapovic, Z., Ratkajec, M. ve Mastelic-Ivic, S., 2000, Combination of GPS and Precise Levelling in Measurements of Vertical Bridge Deformations, *Acta Geod. Geoph. Hung, 35:2, 219–226*.

- Kim, D. D., Langley, R. B., Bond, J. ve Chrzanowski, A., 2003, Local deformation monitoring using GPS in an open pit mine: initial study, *GPS Solutions*, 7, 176–185.
- Kızıllarslan, M., 2014, GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PP Yöntemlerinin Konum Belirleme Performanslarının Değerlendirilmesi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Kouba, J. ve Héroux, P., 2001, GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products, *GPS Solutions*, 5(2), 12-28.
- Kouba, J., 2009, A Guide to using International GNSS Service (IGS) Products, *Geodetic Survey Division-Natural Resources Canada*.
- Leinen, S., Groten, E., Ayan, T., Alanko, G., Çelik, R. N., Denli, H. H., Özlüdemir, M. T. ve Erol, S., 1999, Deformation Monitoring of Karasu Viaduct with GPS and Levelling, *Bildiriler Kitabı, the Third Turkish-German Joint Geodetic Days, İstanbul, Türkiye*, 1-4 Haziran 61-70.
- Liu, Q. W. ve Chen, Y. Q., 1998, Combining the geodetic models of vertical crustal deformation, *Journal of Geodesy*, 72, 673–683.
- Mohamed, K. ve Mageed, A., 2015, Comparison of GPS Commercial Software Packages to Processing Static Baselines up to 30 km, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*.
- Mowafy, A. E., 2009, Alternative post-processing relative positioning approach based on precise point positioning, *Journal of Surveying Engineering*, 135(2), 56-65.
- Mutlu, B., 2011, Tek Frekanslı GPS Alıcısı ile Hassas Konum Belirleme, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Niemeier, W., Teskey, W. F. ve Lyall, R. G., 1982, Precision, reliability and sensitivity aspects of an openpit monitoring network, *Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying*, 37, 1-27.
- Ogaja, C., 2002, A Framework in Support of Structural Monitoring by Real Time Kinematic GPS (RTK-GPS) and Multisensor Data, New South Wales Üniversitesi, Sidney, Avustralya.
- Ogaja, C., 2001 On-line GPS Integrity Monitoring and Deformation Analysis for Structural Monitoring Applications, in Proceedings of 14th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation, Salt Lake City, Amerika, 11-14 Eylül, s. 989-999.

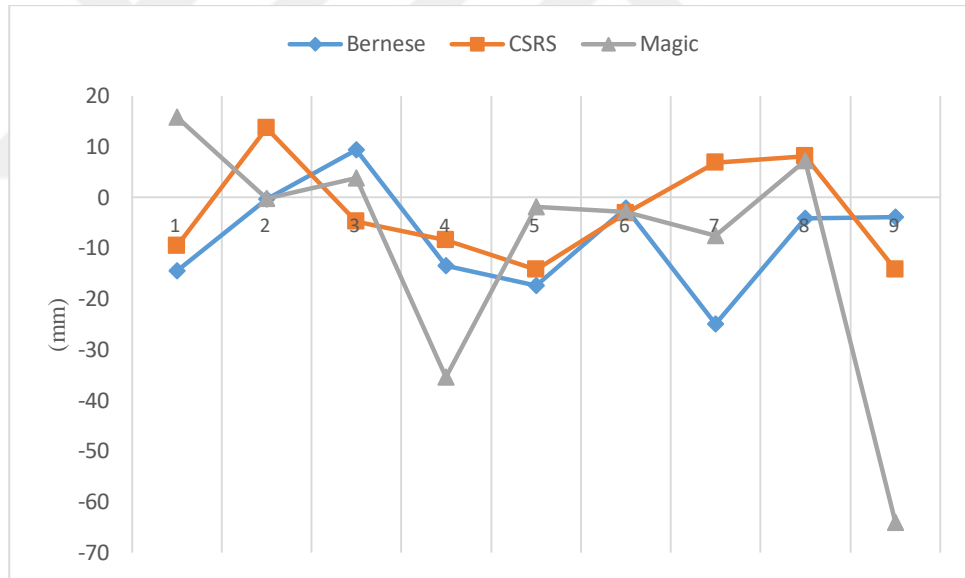
- Öcalan, T., 2012, GNSS/CORS Ağları ile Gerçek Zamanlı Konumsal Bilgi, *Tübitak Bilim Ve Teknik Dergisi*, 530, 66-71.
- Öcalan, T. ve Soycan, M., 2012, RTCM/SSR Mesajları İle Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(2), 30-41.
- Öcalan, T., 2015, GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımli Çözümler, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.*
- Rizos, B. C., 1999, Satellite Ephemeris Bias, Principles and Practice of GPS Surveying, *The University of New South Wales*, 1st Edition.
- Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C. ve Grinter, T., 2012, Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End ?, *Proc. on FIG Working Week 2012*, 6-10 May 2012, Rome, Italy.
- Roberts, G. W., Meng, X., Dodson, A. H. ve Cosser, E., 2002, Multipath Mitigation for Bridge Deformation Monitoring, *Journal of Global Positioning Systems*, 1:1, 25-33.
- Satirapod, C., Wong, K. ve Rizos, C., 2000, A Web-Based Automated GPS Processing System, *2nd Trans Tasman Surveyors Conference*, Queenstown, New Zealand.
- Scherneck, H. G., Johansson, J. M., Mitrovica, J. X. ve Davis, J. L., 1998, The BIFROST project: GPS determined 3-D displacement rates in Fennoscandia from 800 days of continuous observations in the SWEPOS network, *Tectonophysics*, 294, 305-321.
- Setan, H., 1995, Functional and stochastic models for geometrical detection of spatial deformation in engineering: a practical approach, *Şehir Üniversitesi, Londra.*
- Soycan, M., 2012, A Quality Evaluation of Precise Point Positioning within the Bernese GPS Software Version 5.0, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37 (1), 147-162.
- Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2004, IGS Ürünlerinin Tanıtımı, IGS Ürünlerine Erişim Ve Bir Uygulama, *Selçuk Üniversitesi Teknik-Online Dergi*, 3 (1), 26-40.
- Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2005, Web Tabanlı Otomatik Veri İşleme Sistemi Tasarımı, *10. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart- 1 Nisan, Ankara.
- Teskey, W. F., 1988, Special survey instrumentation for deformation measurements, *Journal of Surveying Engineering*, 114:1, 2-12.

- Teskey, W. F. ve Biacs, Z. F., 1990, A PC-based program system for adjustment and deformation analysis of precise engineering and monitoring networks, *Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying*, 52, 37-55.
- URL 1, 2018, <http://www.igs.org>, Ziyaret Tarihi: 28.10.2017,
- URL 2, 2018, <https://www.unavco.org/software/data-processing/postprocessing/bernese/bernese.html>,
- URL 3, 2018, <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/toolsapplications/%2010925#ppp>, Ziyaret Tarihi: 03.11.2017,
- URL 4, 2018, <http://gaps.gge.unb.ca/>, Ziyaret Tarihi: 03.11.2017,
- URL 5, 2018, <http://apps.gdgps.net/>, Ziyaret Tarihi: 04.11.2017,
- URL 6, 2018, <https://magicgnss.gmv.com/#>, Ziyaret Tarihi: 04.11.2017,
- USACE, 2002, Structural Deformation Surveying, US Army Corps of Engineers, EM-1110-2-1009, Washington DC, Amerika.
- Vermeer, M., 2002, Review of the GPS Deformation Monitoring Studies, *Radiation and Nuclear Safety Authority, STUK-YTO-TR 186, Helsinki*.
- Vural, S., 2005, GPS Ölçmelerinde Uygun Ölçme Süresinin Belirlenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Wieser, A. ve Brunner, F. K., 2002, Analysis of Bridge Deformations using Continuous GPS measurements, in *INGEO 2002 the 2nd Conference of Engineering Surveying*, pp. 45-52, Eds. Kopačik, A. & Kyrinovič, P.
- Xu, C., Wang, J., Gao, J., Wang, J. ve Hu, H., 2011, Precise Point Positioning and its application in mining deformation monitoring, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, 21, 499-505.
- Yıldırım, Ö., Salgın, Ö. ve Bakıcı, S., 2011, The Turkish CORS Network (TUSAGA-Aktif), *FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures*, 18-21 May 2011, Marrakech, Morocco.
- Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M. ve Webb, F. H., 1997, Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, *Journal of Geophysical Research*, 102(B3), 5005-5017.

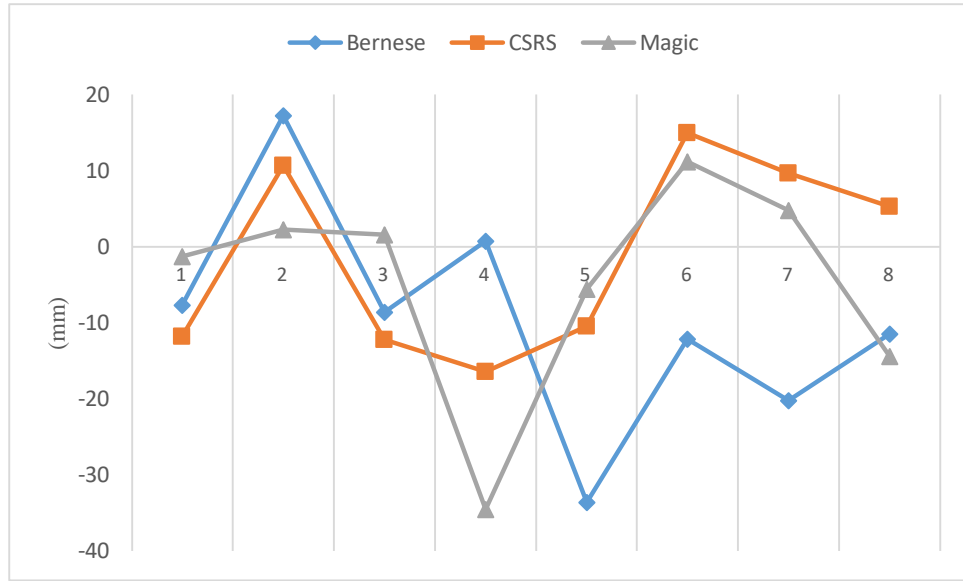
EKLER



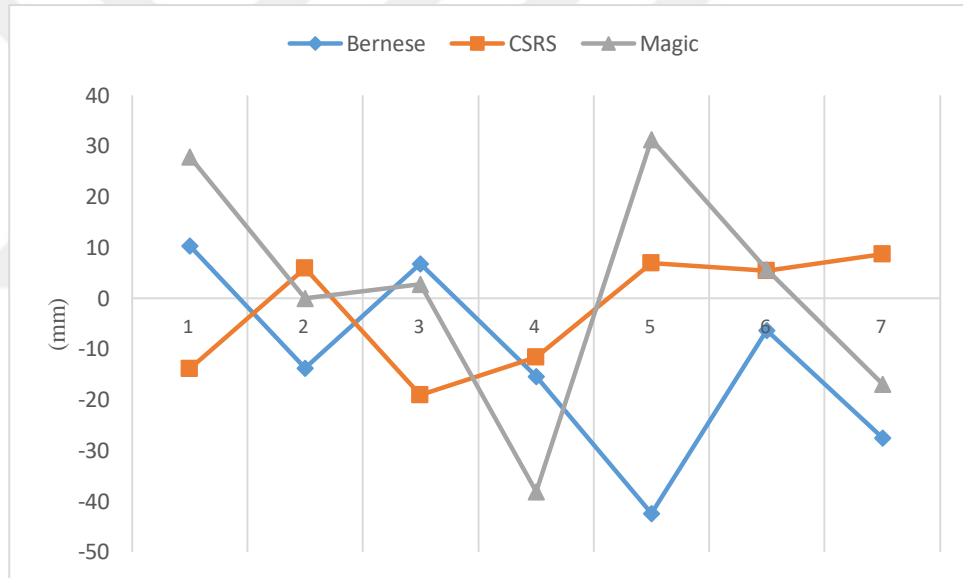
Doğu-batı yönünde 2 saat-1 cm'lik farklar



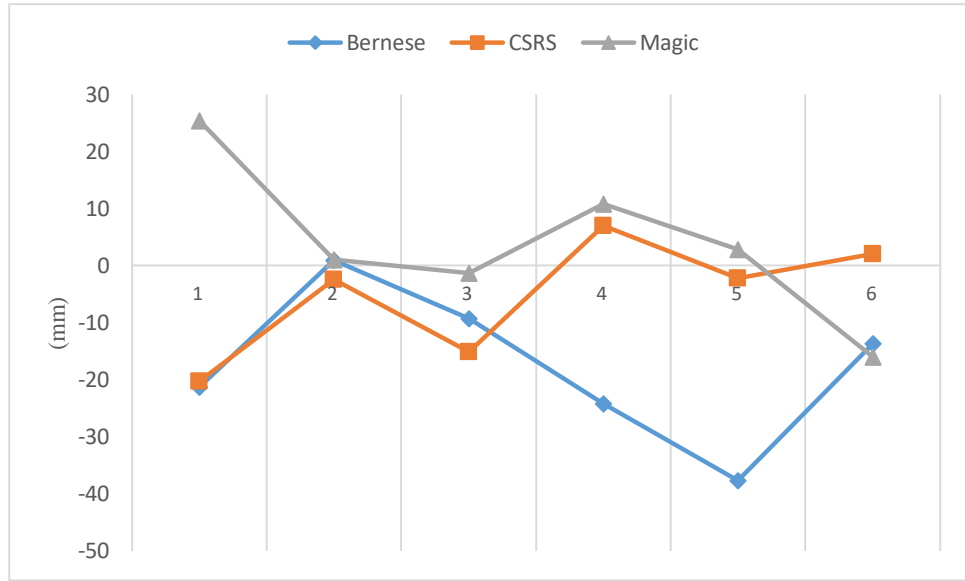
Doğu-batı yönünde 2 saat-2 cm'lik farklar



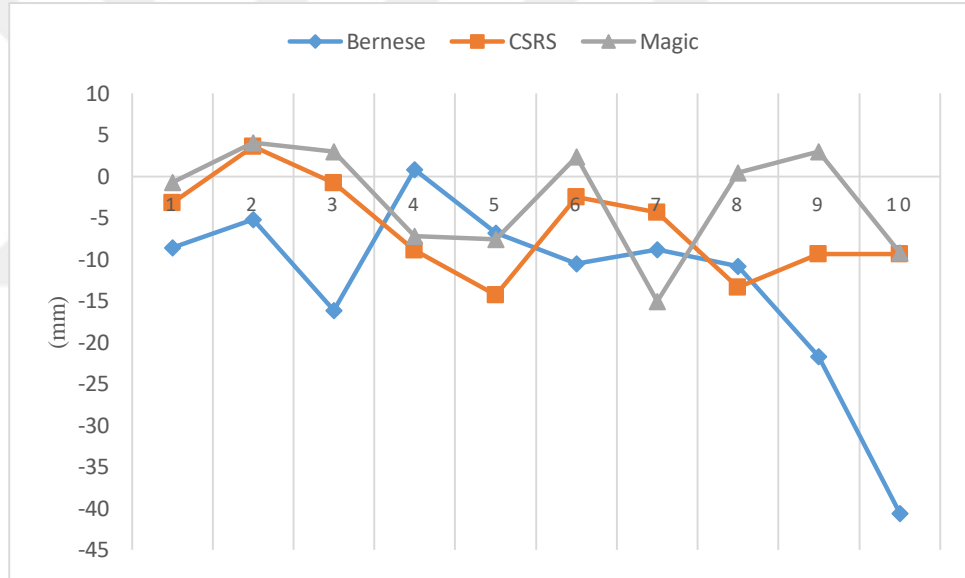
Doğu-batı yönünde 2 saat-3 cm'lik farklar



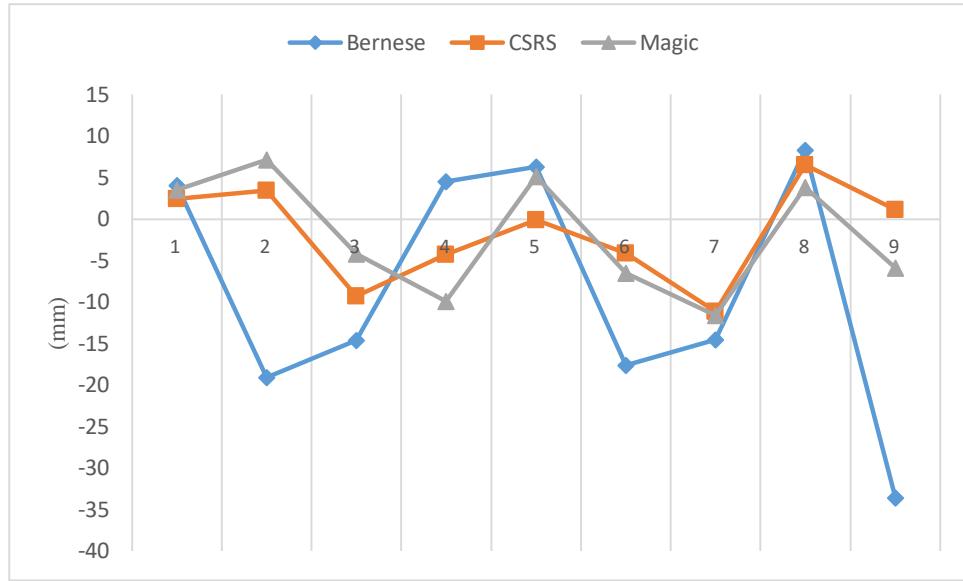
Doğu-batı yönünde 2 saat-4 cm'lik farklar



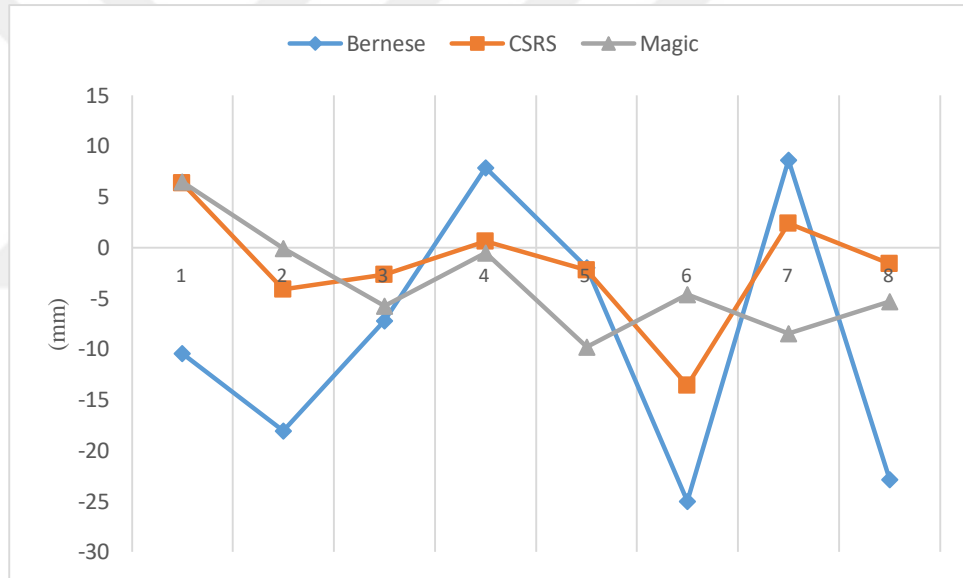
Doğu-batı yönünde 2 saat-5 cm'lik farklar



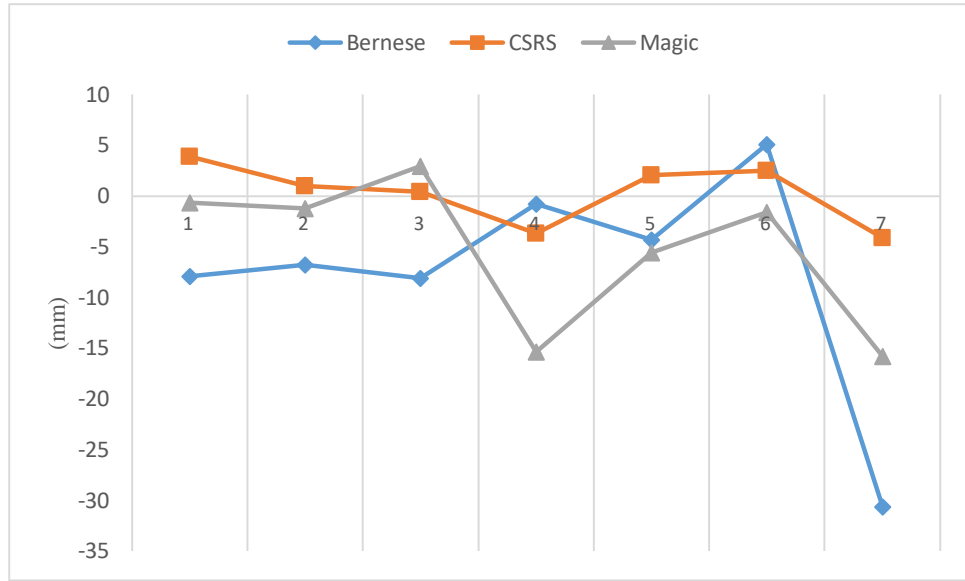
Kuzey-güney yönünde 2 saat-1 cm'lik farklar



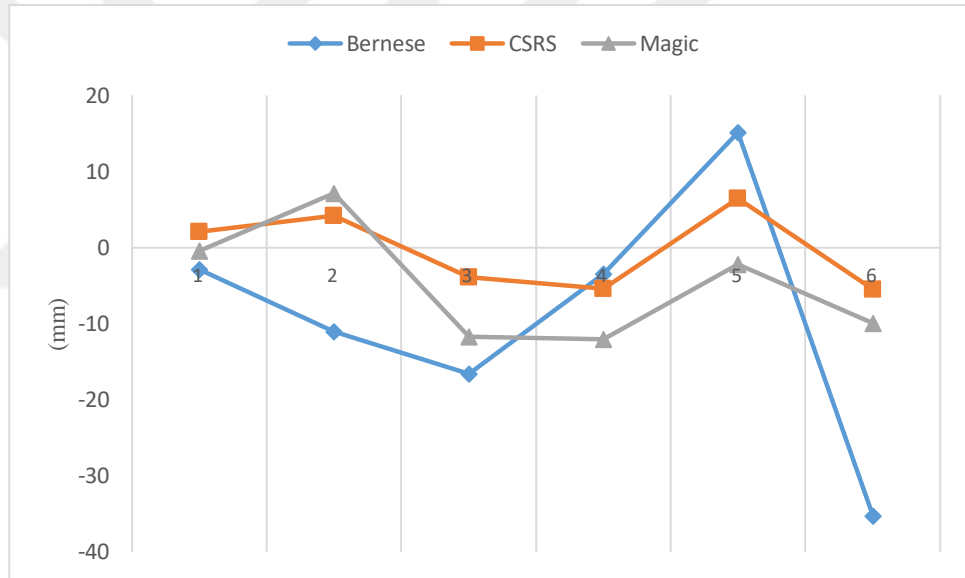
Kuzey-güney yönünde 2 saat-2 cm'lik farklar



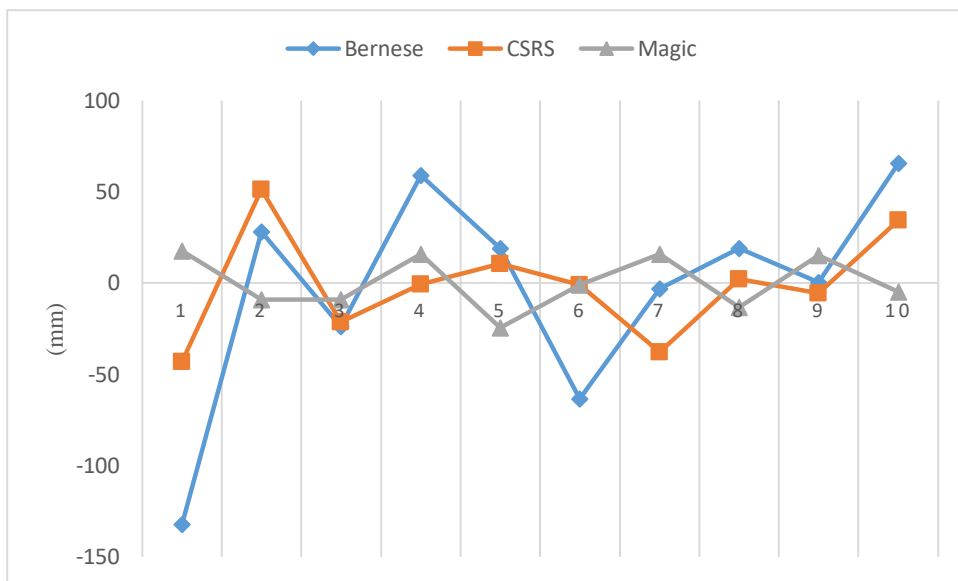
Kuzey-güney yönünde 2 saat-3 cm'lik farklar



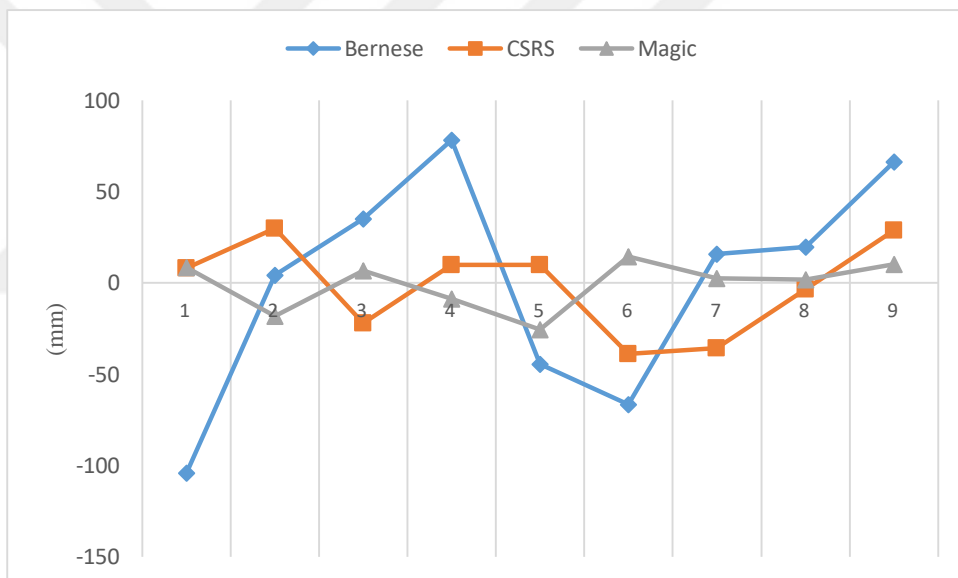
Kuzey-güney yönünde 2 saat-4 cm'lik farklar



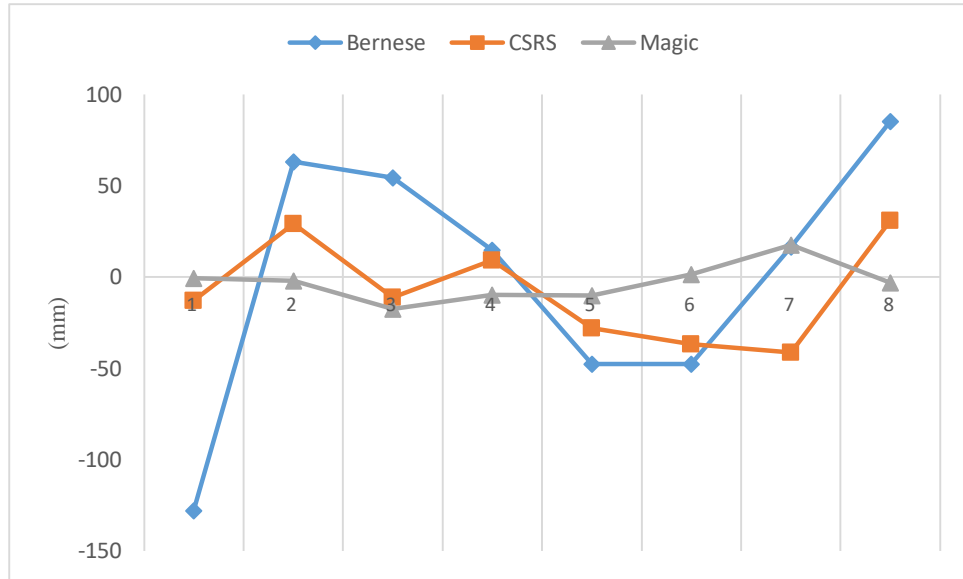
Kuzey-güney yönünde 2 saat-5 cm'lik farklar



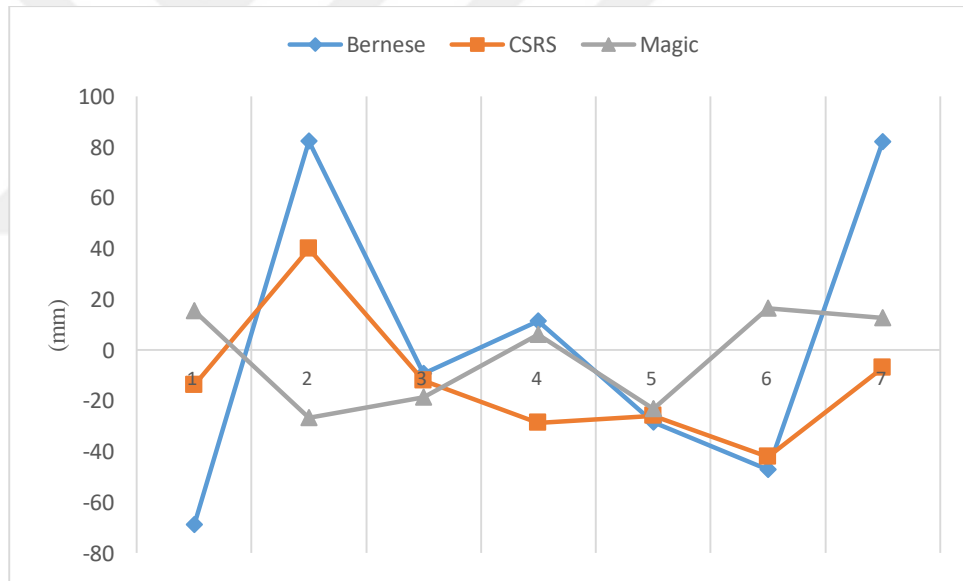
Yükseklik yönünde 2 saat-1 cm'lik farklar



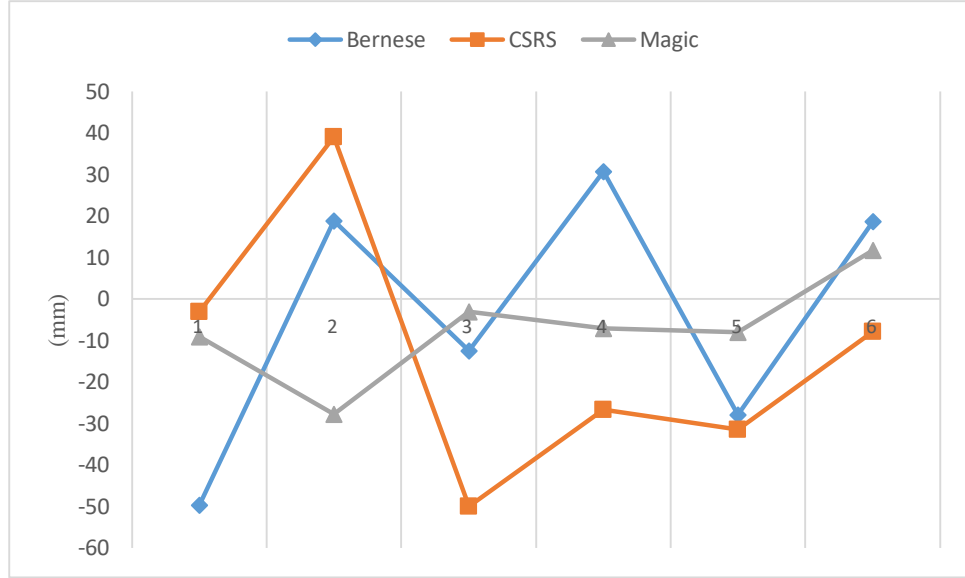
Yükseklik yönünde 2 saat-2 cm'lik farklar



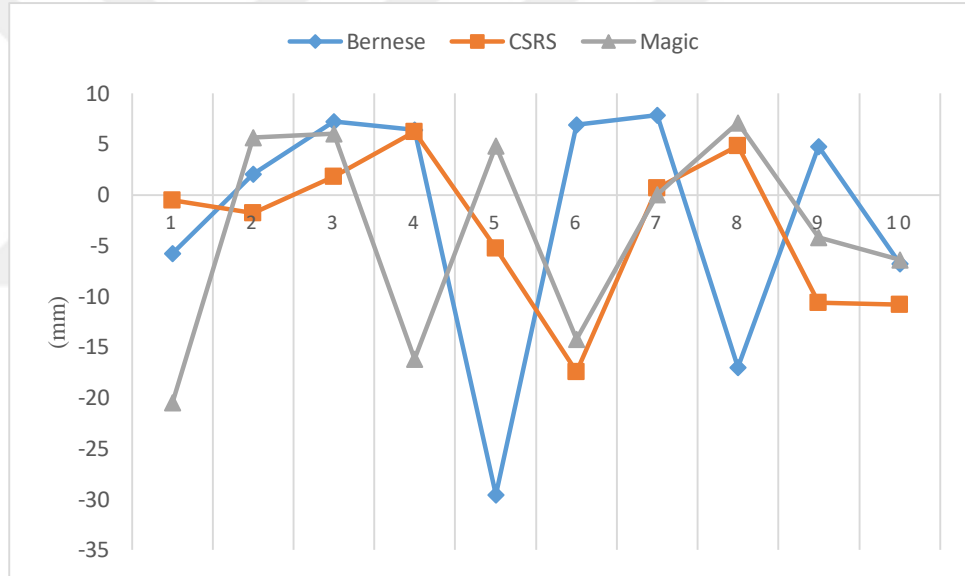
Yükseklik yönünde 2 saat-3 cm'lik farklar



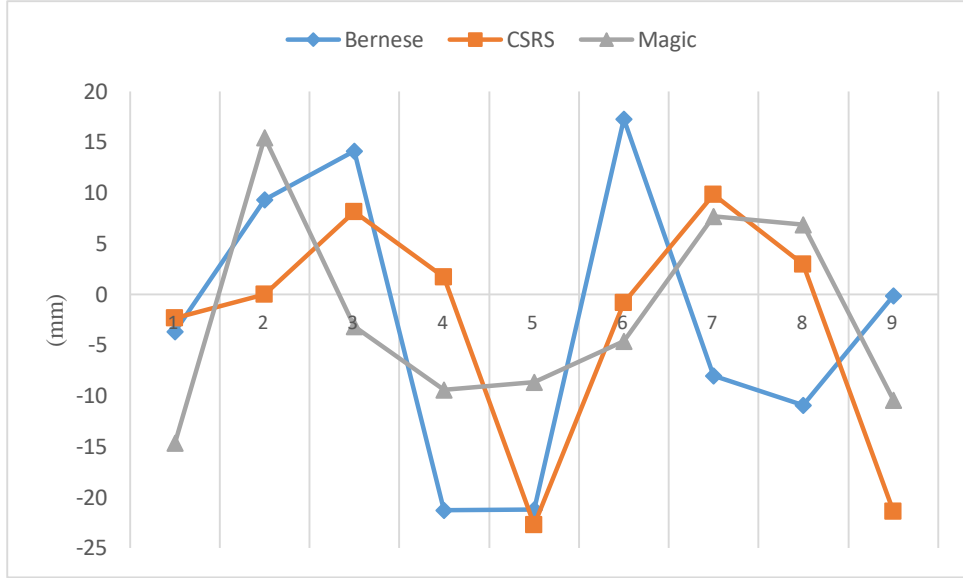
Yükseklik yönünde 2 saat-4 cm'lik farklar



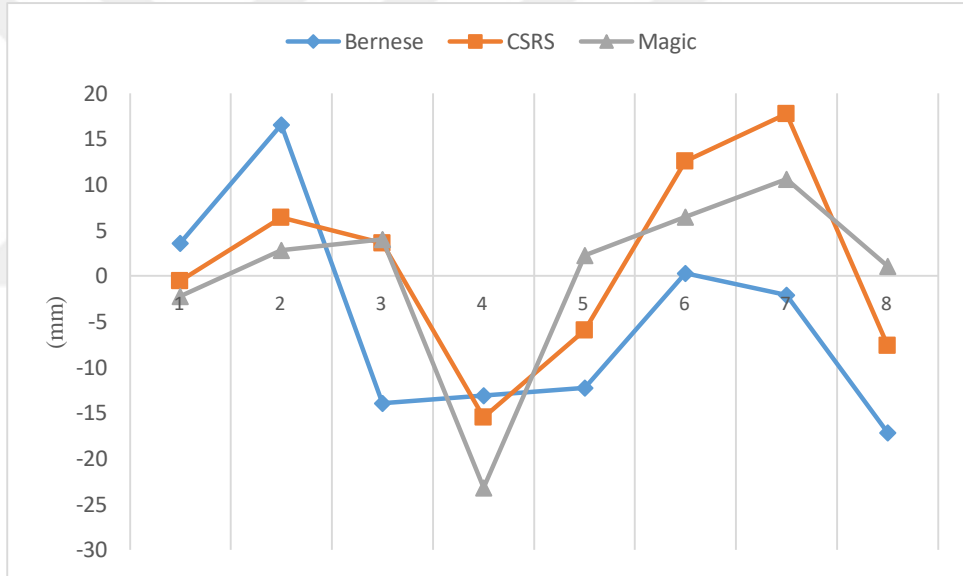
Yükseklik yönünde 2 saat-5 cm'lik farklar



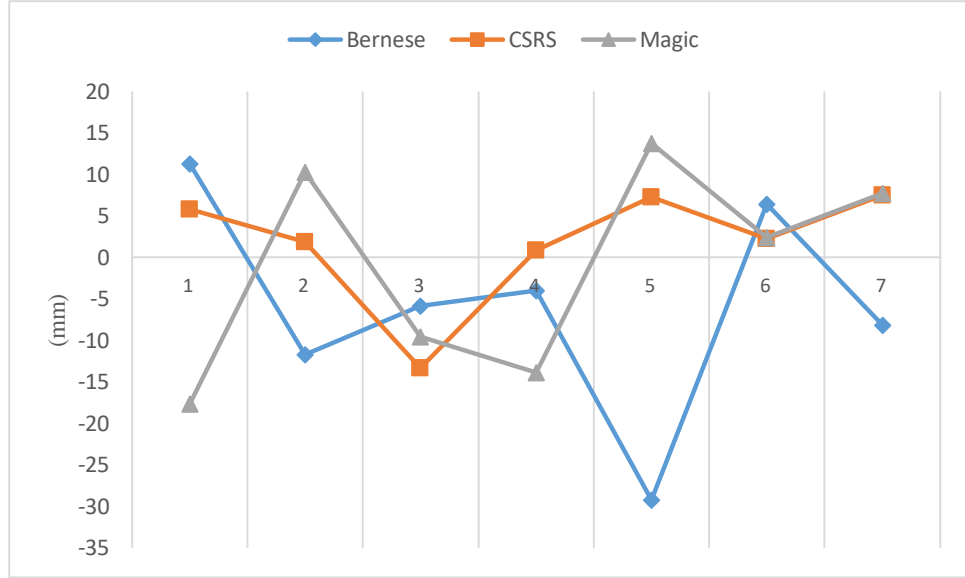
Doğu-batı yönünde 4 saat-1 cm'lik farklar



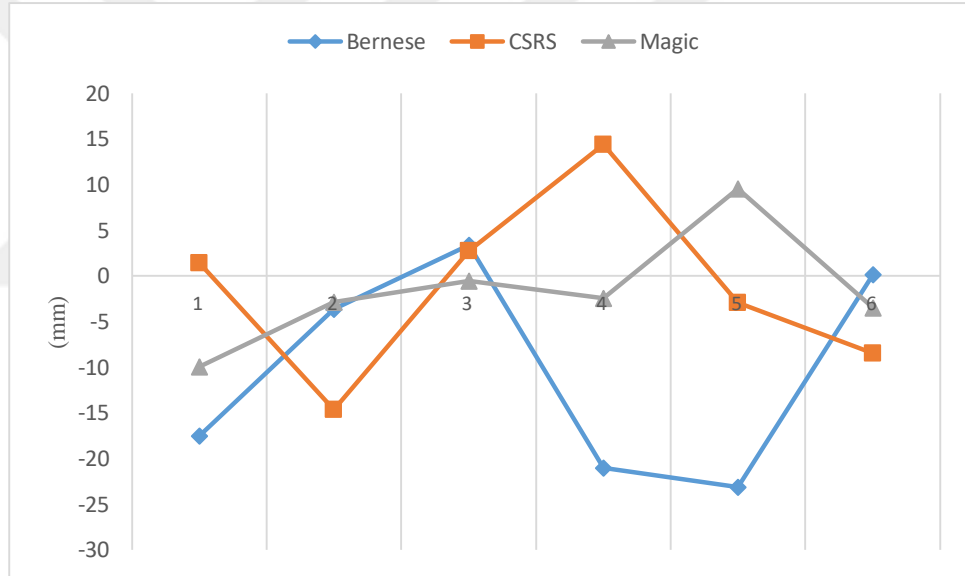
Doğu-batı yönünde 4 saat-2 cm'lik farklar



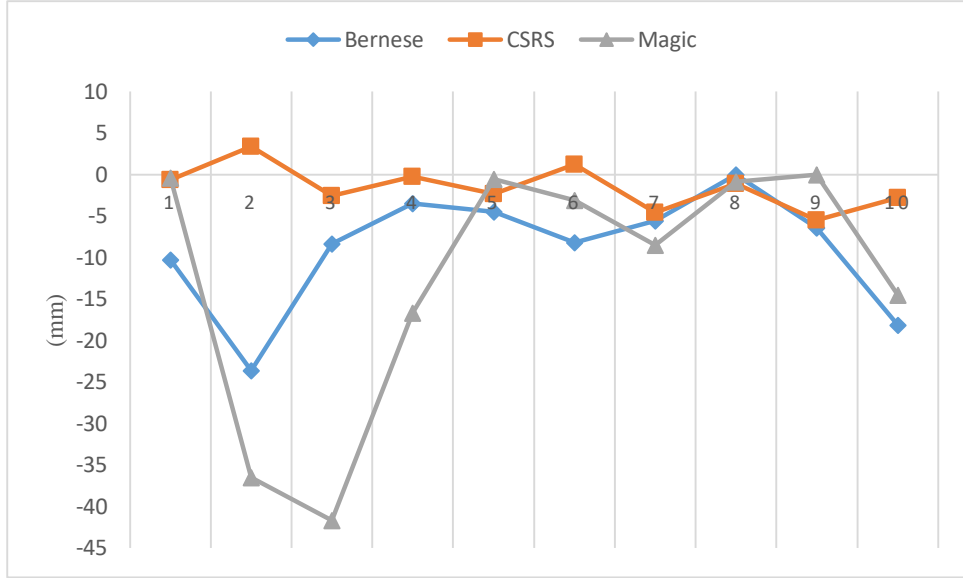
Doğu-batı yönünde 4 saat-3 cm'lik farklar



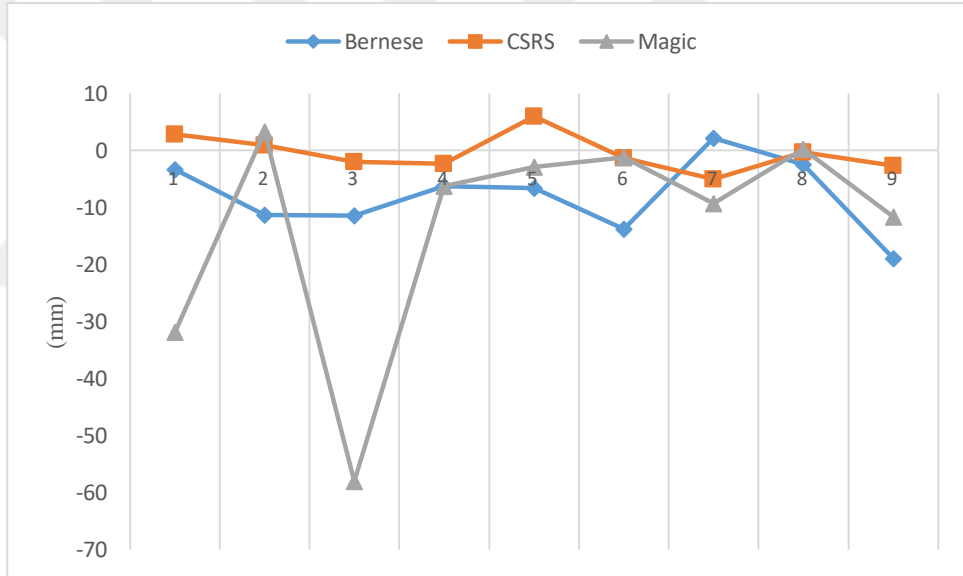
Doğu-batı yönünde 4 saat-4 cm'lik farklar



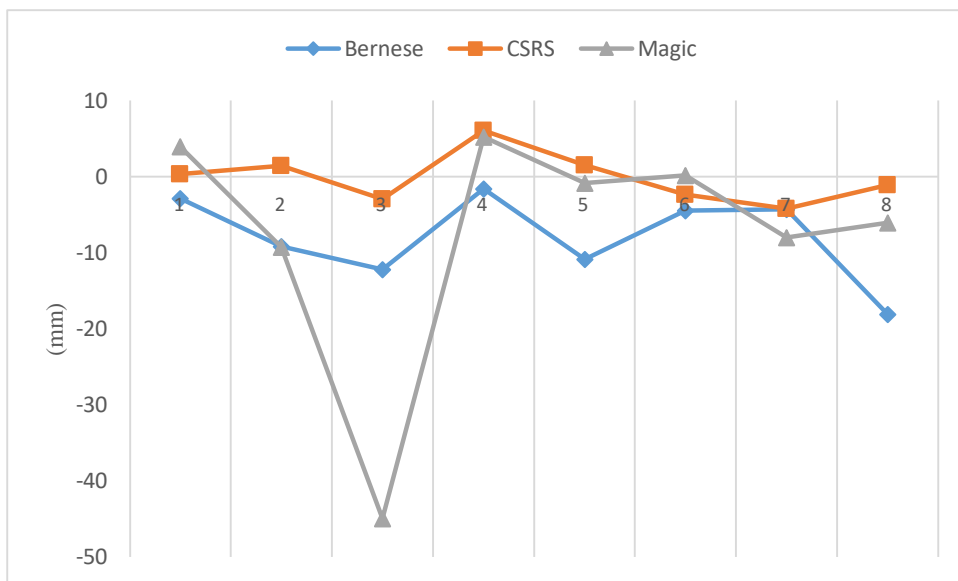
Doğu-batı yönünde 4 saat-5 cm'lik farklar



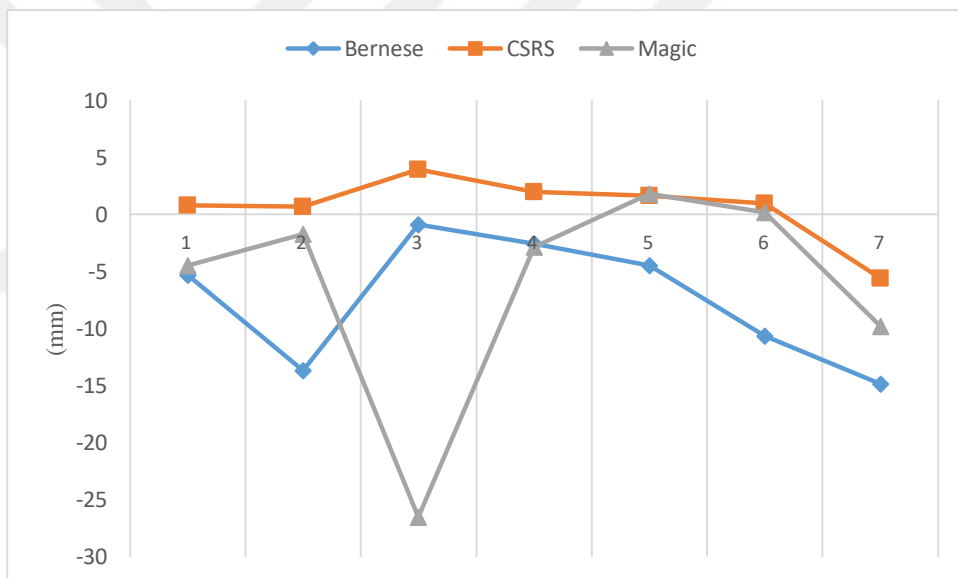
Kuzey-güney yönünde 4 saat-1 cm'lik farklar



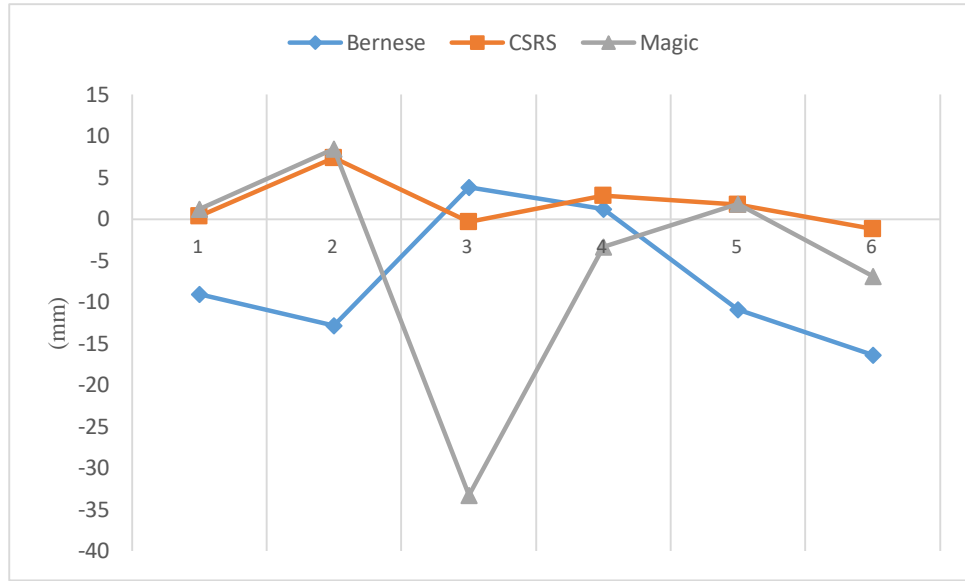
Kuzey-güney yönünde 4 saat-2 cm'lik farklar



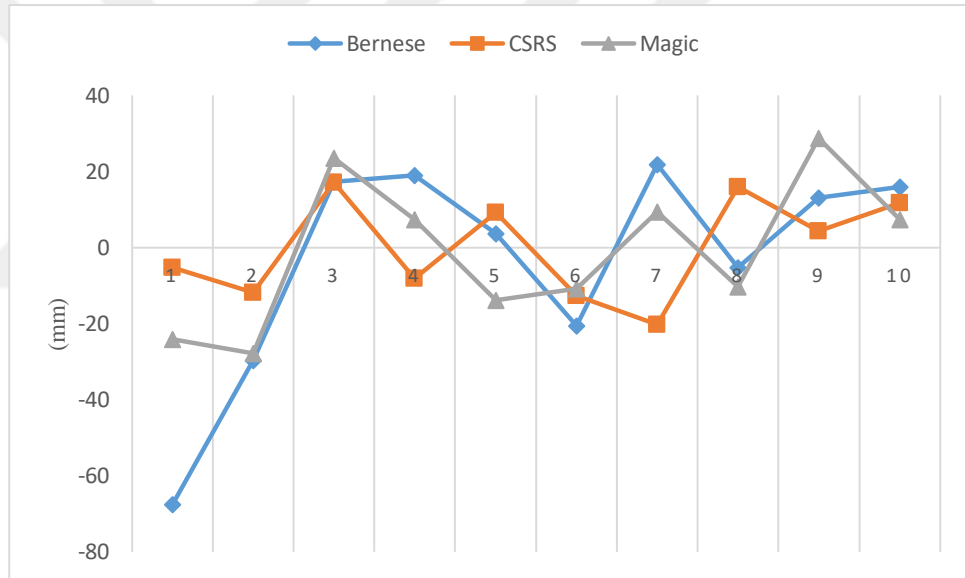
Kuzey-güney yönünde 4 saat-3 cm'lik farklar



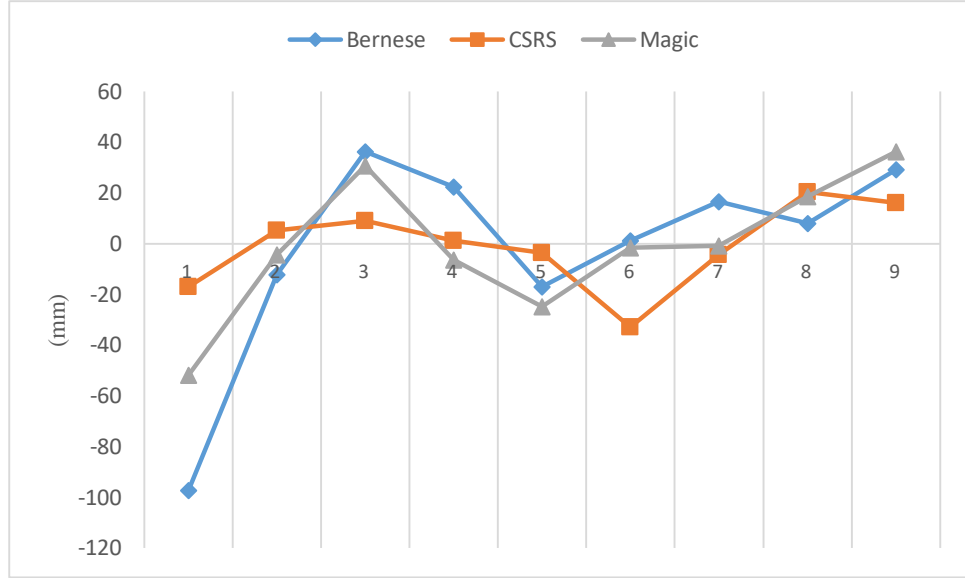
Kuzey-güney yönünde 4 saat-4 cm'lik farklar



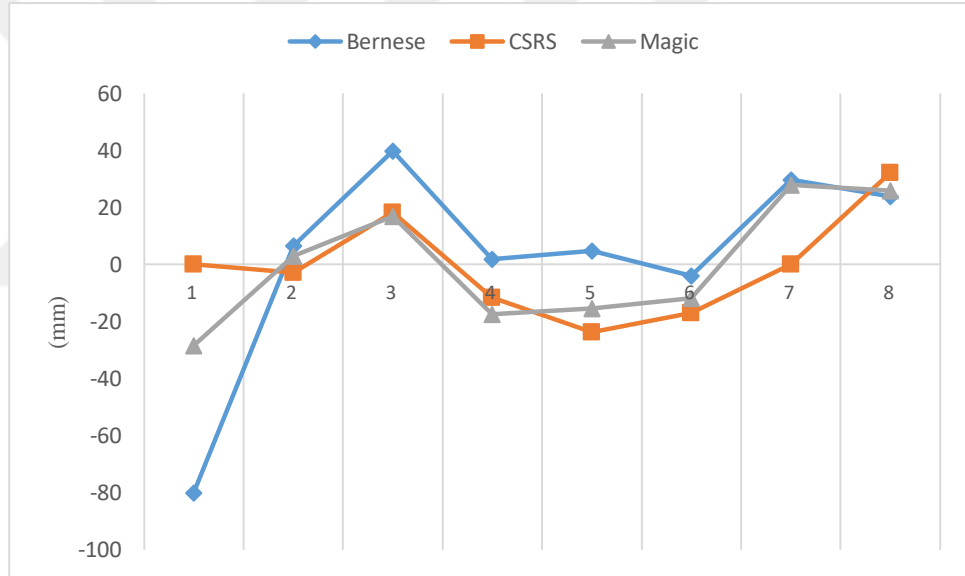
Kuzey-güney yönünde 4 saat-5 cm'lik farklar



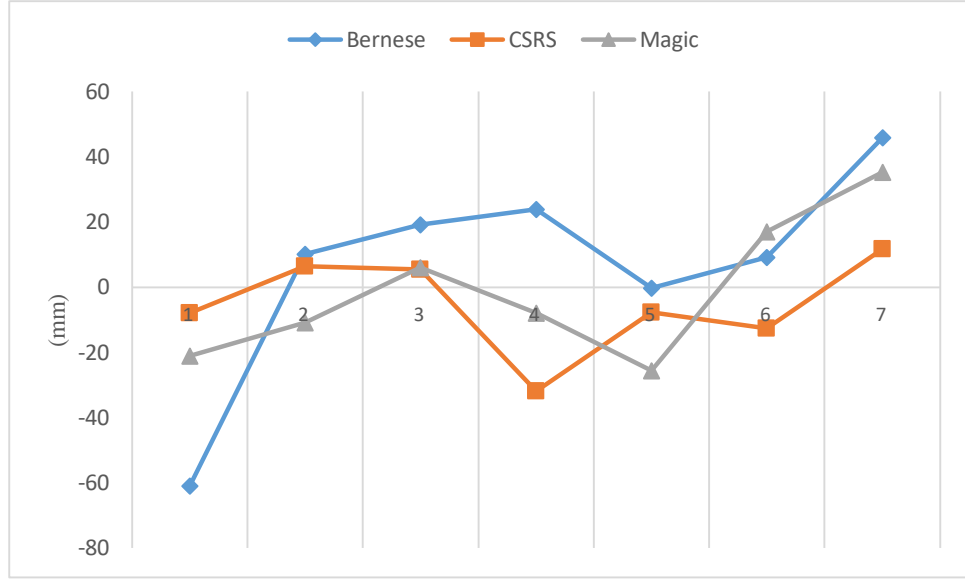
Yükseklik yönünde 4 saat-1 cm'lik farklar



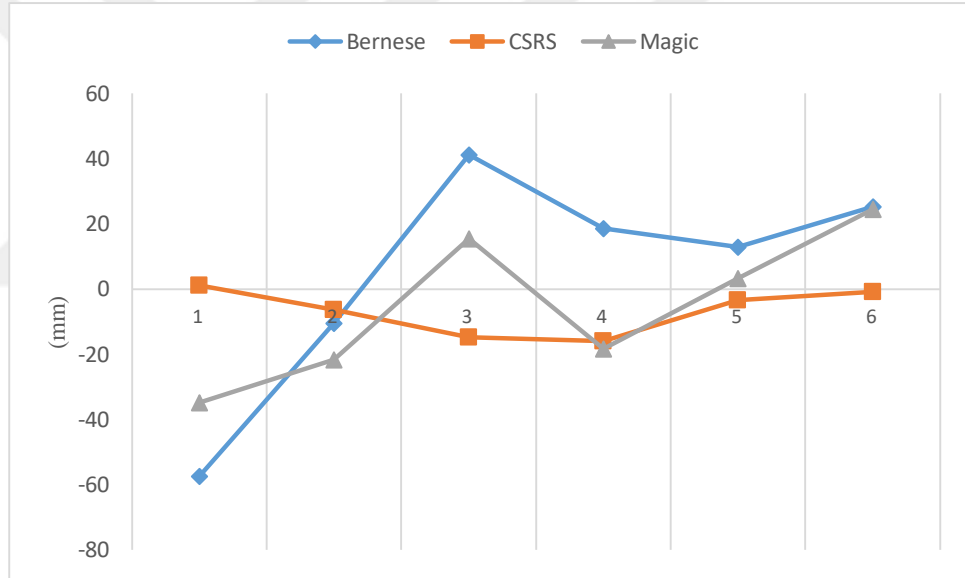
Yükseklik yönünde 4 saat-2 cm'lik farklar



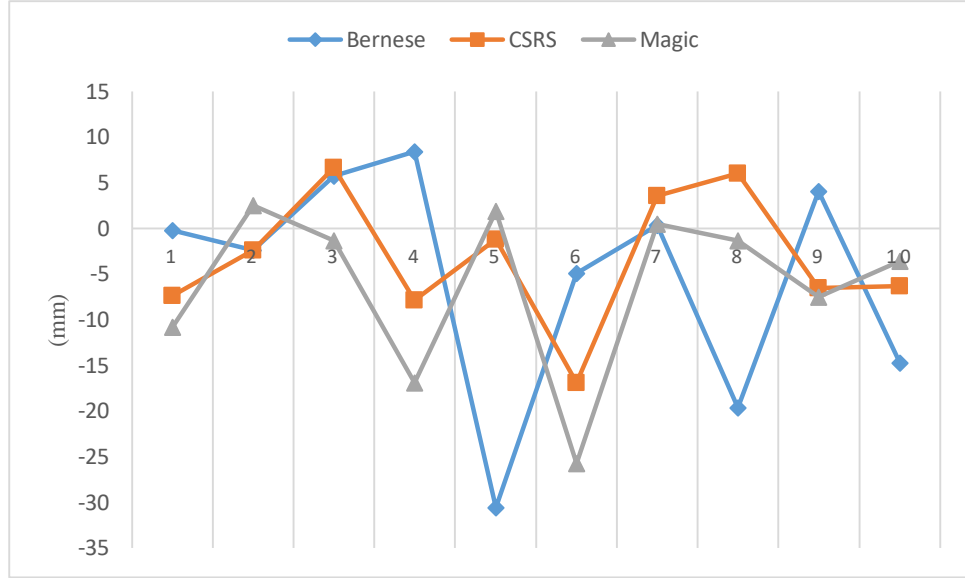
Yükseklik yönünde 4 saat-3 cm'lik farklar



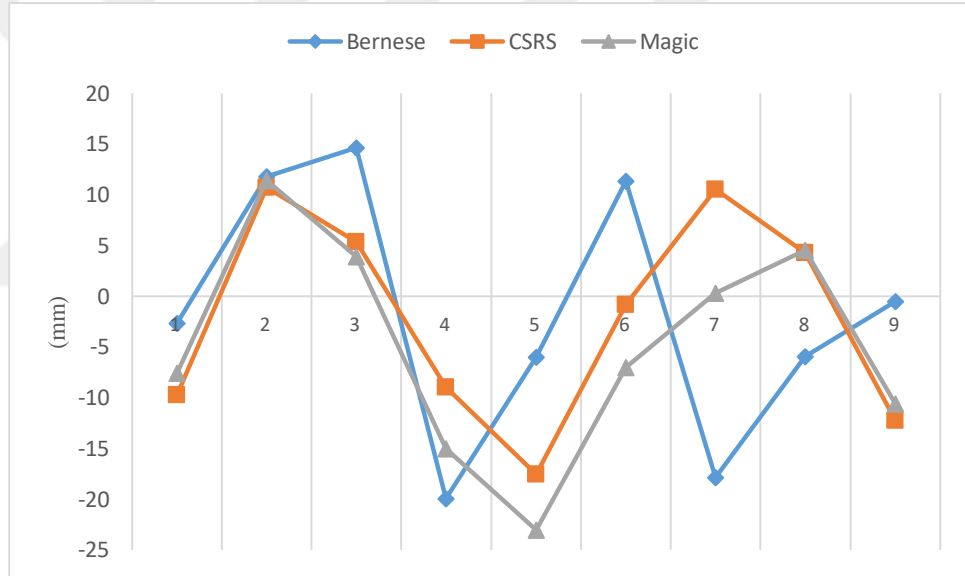
Yükseklik yönünde 4 saat-4 cm'lik farklar



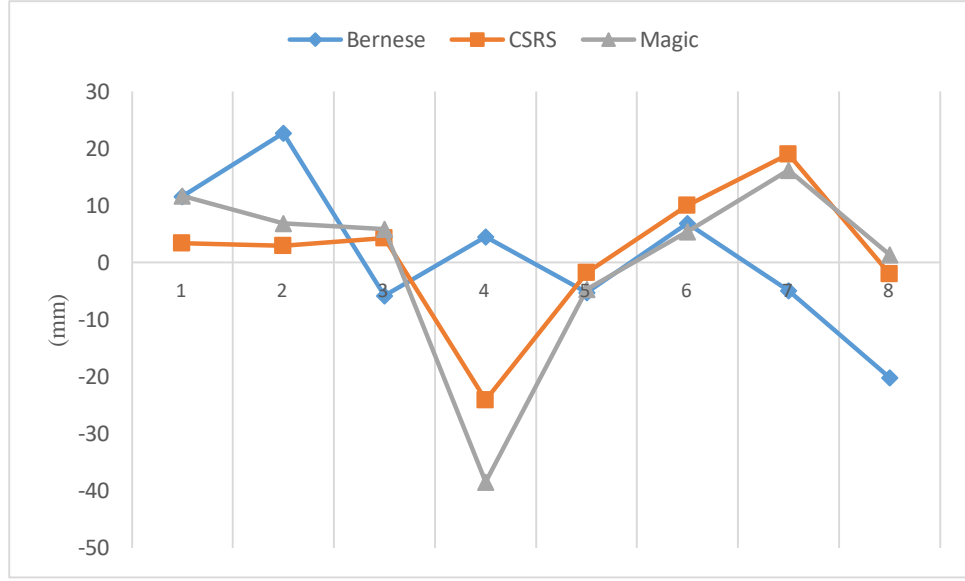
Yükseklik yönünde 4 saat-5 cm'lik farklar



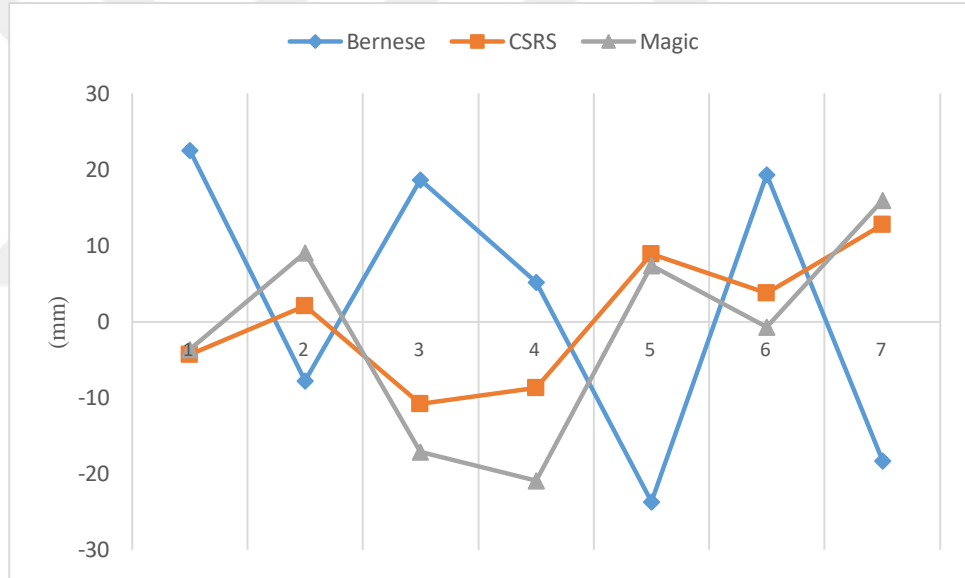
Doğu-batı yönünde 6 saat-1 cm'lik farklar



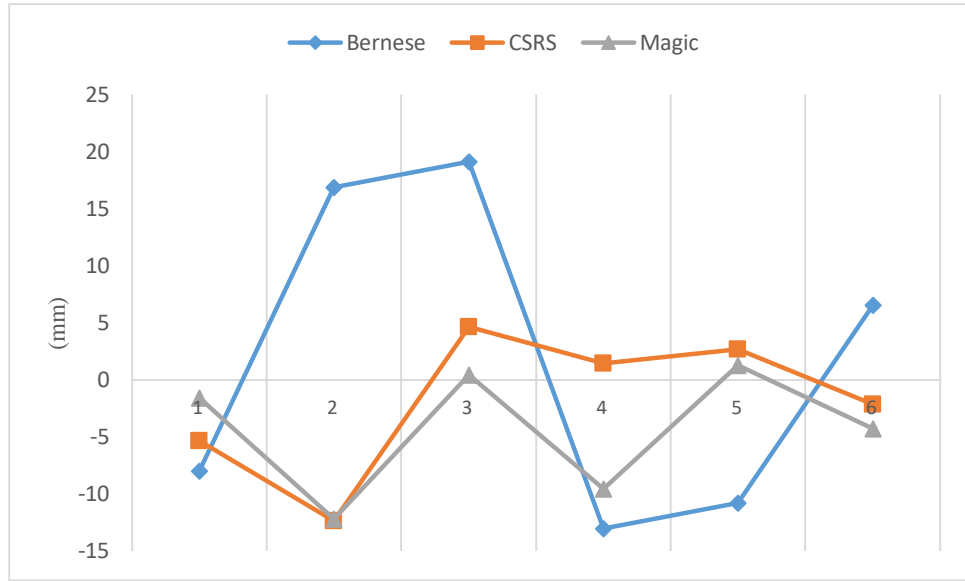
Doğu-batı yönünde 6 saat-2 cm'lik farklar



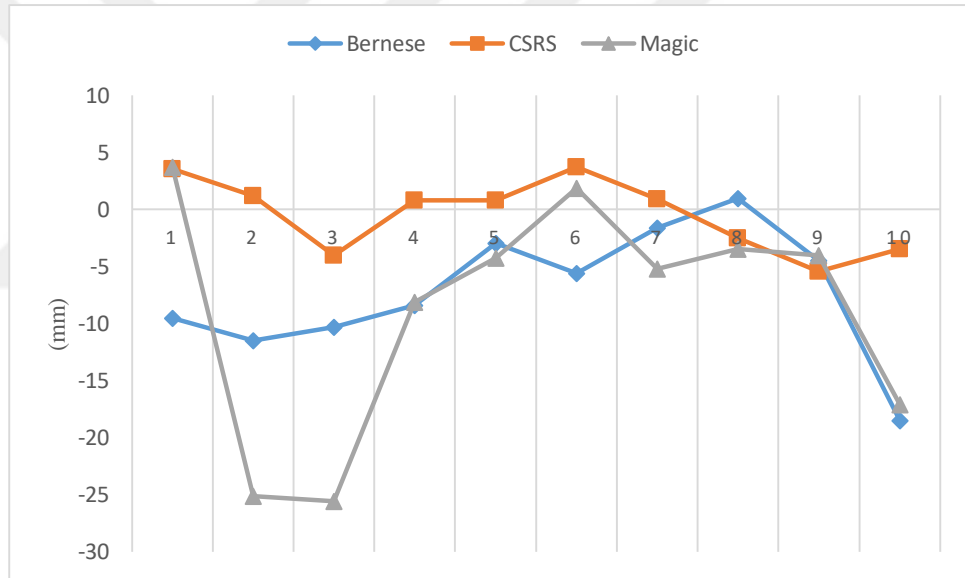
Doğu-batı yönünde 6 saat-3 cm'lik farklar



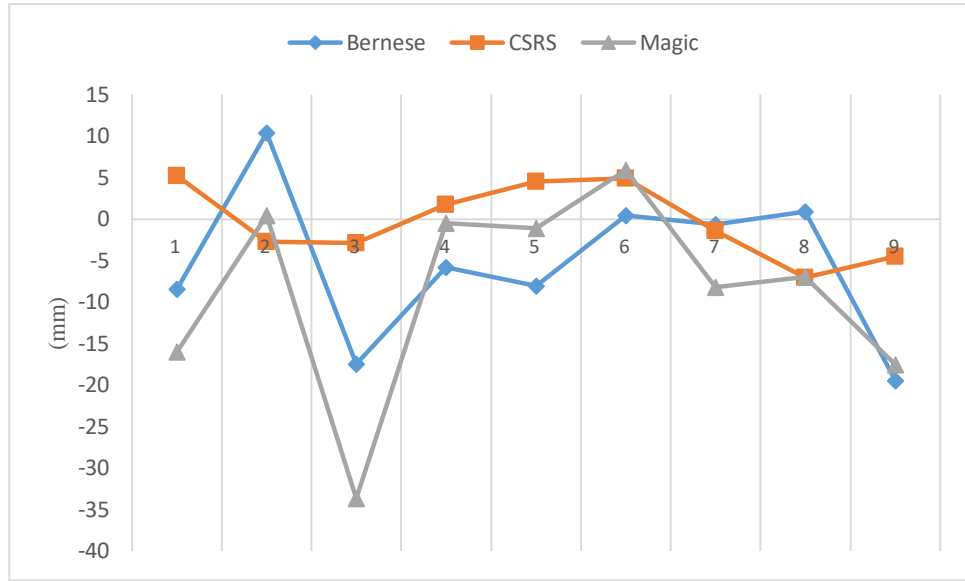
Doğu-batı yönünde 6 saat-4 cm'lik farklar



Doğu-batı yönünde 6 saat-5 cm'lik farklar



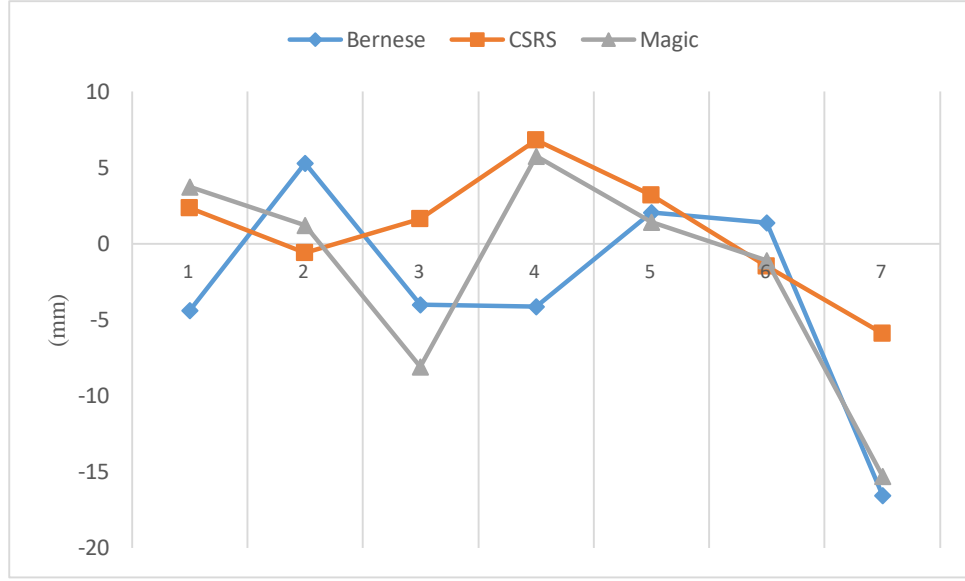
Kuzey-güney yönünde 6 saat-1 cm'lik farklar



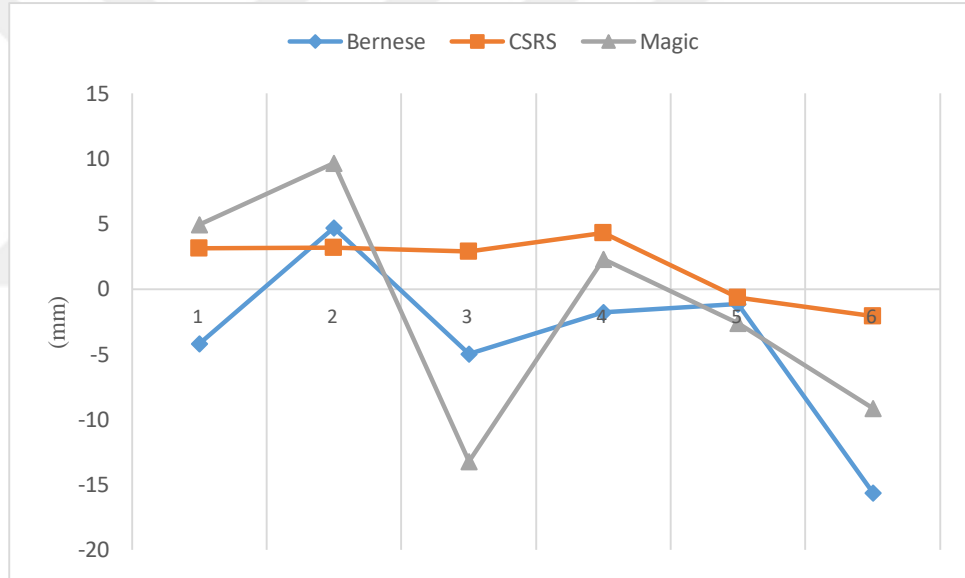
Kuzey-güney yönünde 6 saat-2 cm'lik farklar



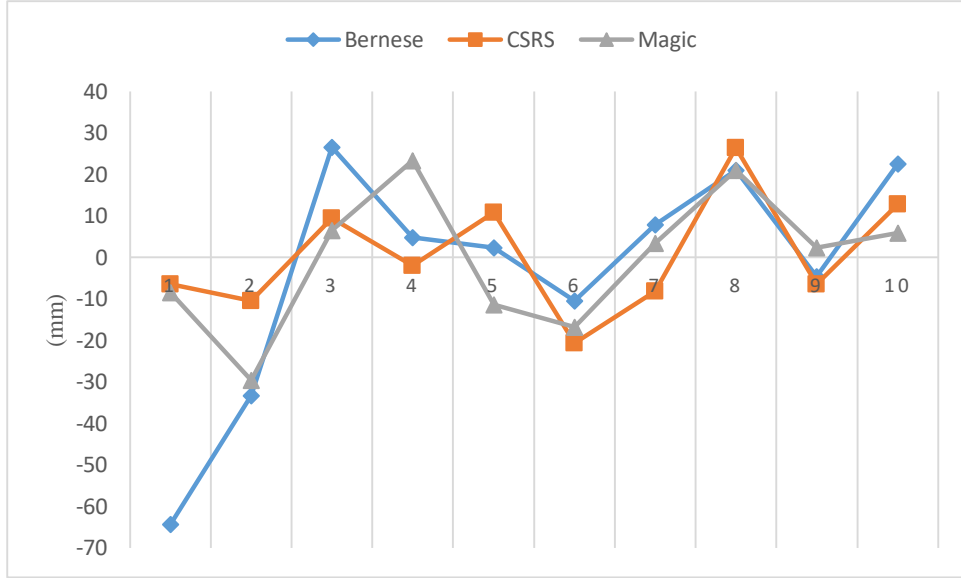
Kuzey-güney yönünde 6 saat-3 cm'lik farklar



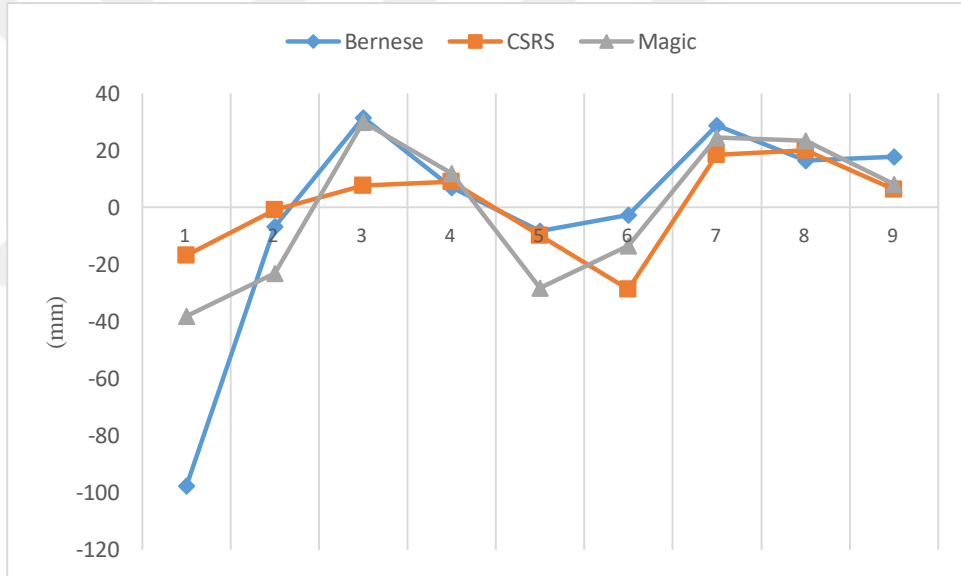
Kuzey-güney yönünde 6 saat-4 cm'lik farklar



Kuzey-güney yönünde 6 saat-5 cm'lik farklar



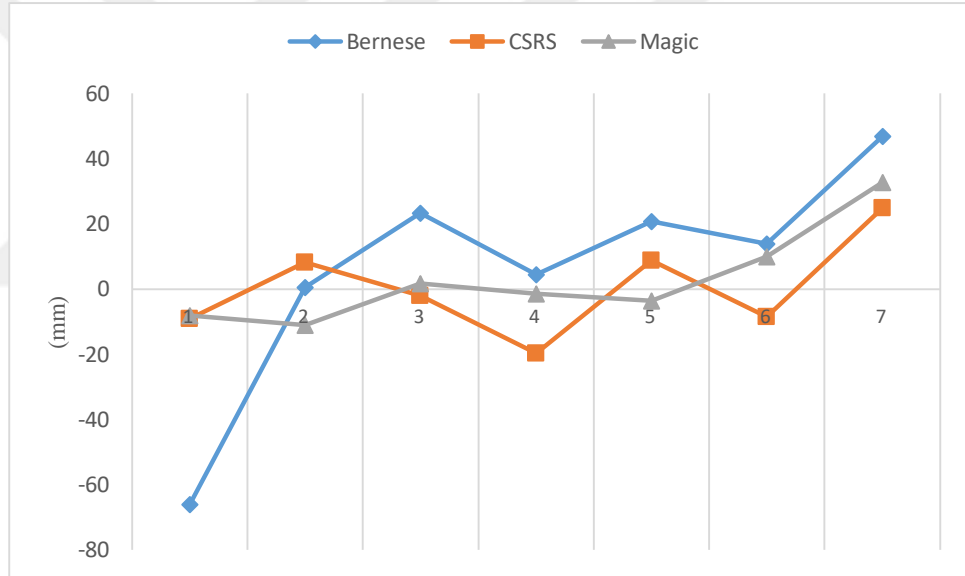
Yükseklik yönünde 6 saat-1 cm'lik farklar



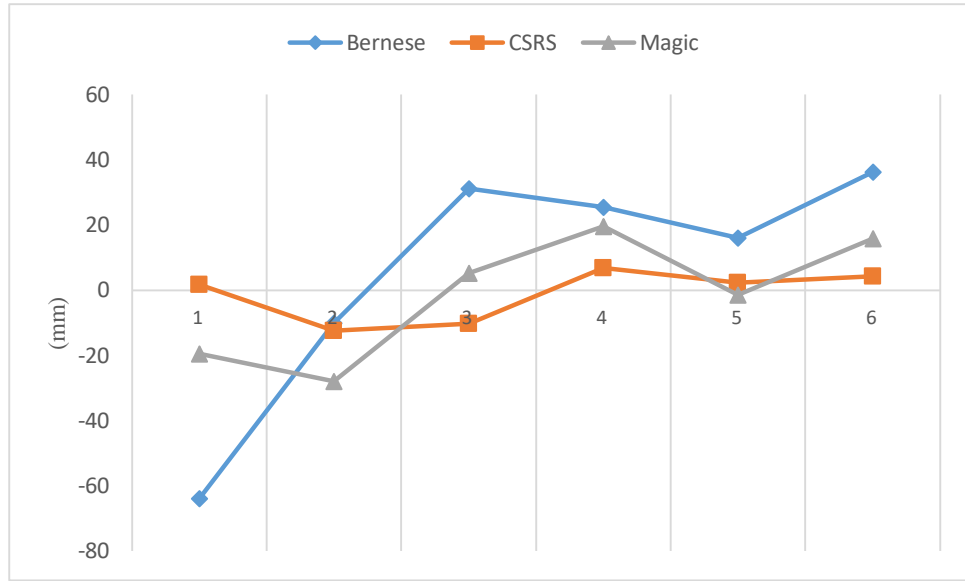
Yükseklik yönünde 6 saat-2 cm'lik farklar



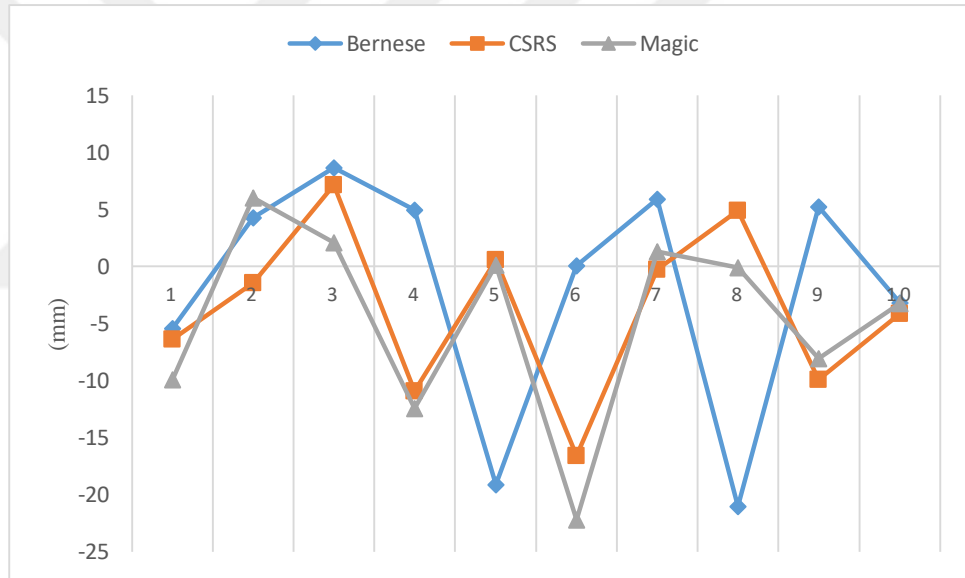
Yükseklik yönünde 6 saat-3 cm'lik farklar



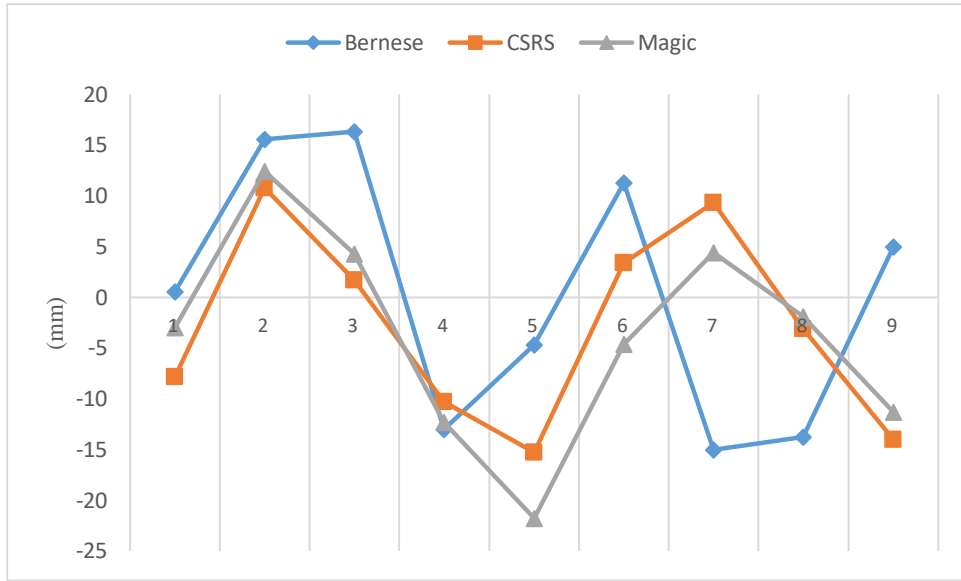
Yükseklik yönünde 6 saat-4 cm'lik farklar



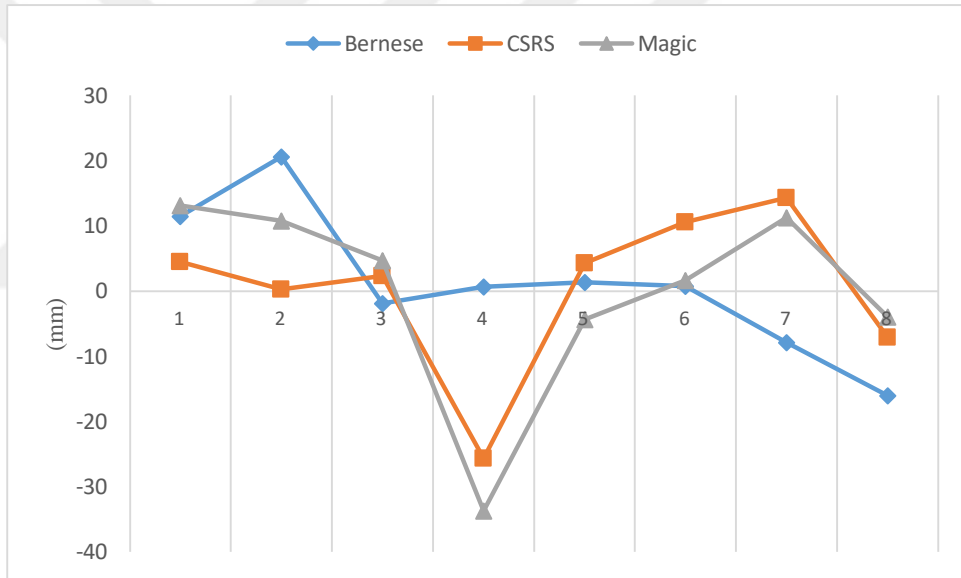
Yükseklik yönünde 6 saat-5 cm'lik farklar



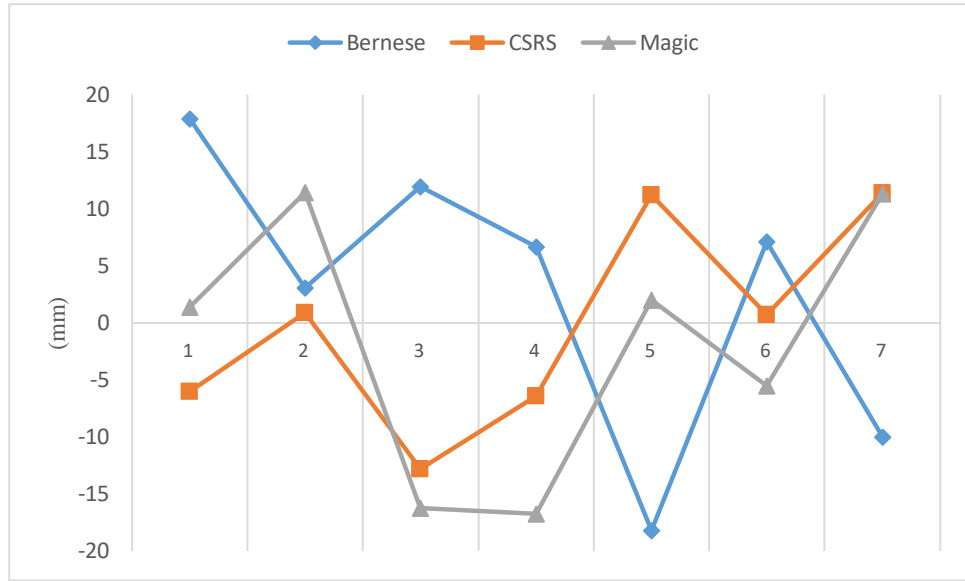
Doğu-batı yönünde 8 saat-1 cm'lik farklar



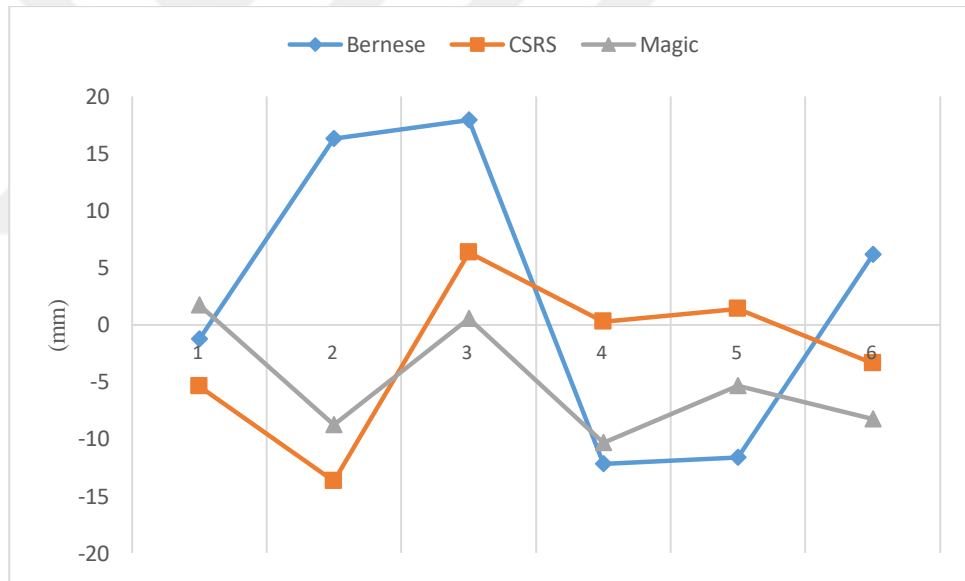
Doğu-batı yönünde 8 saat-2 cm'lik farklar



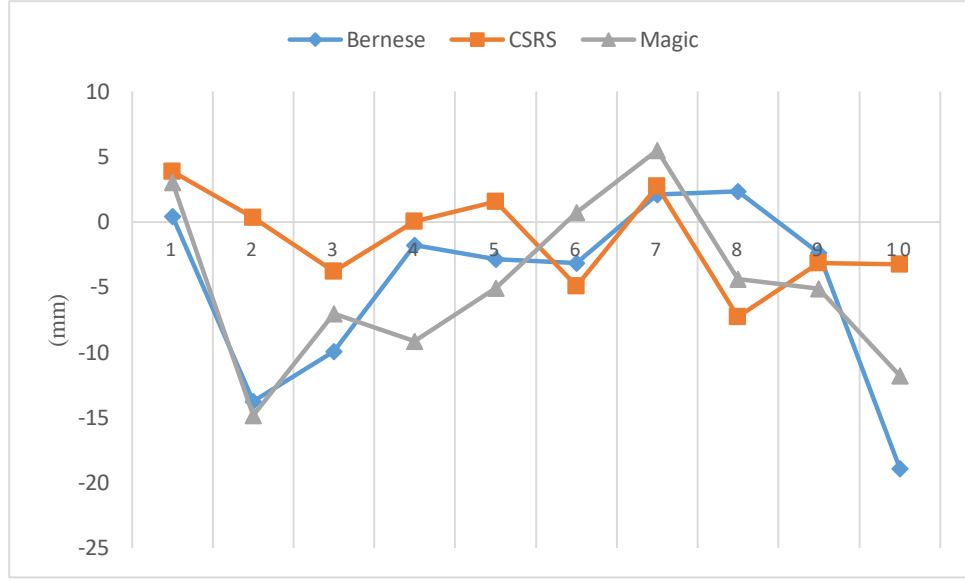
Doğu-batı yönünde 8 saat-3 cm'lik farklar



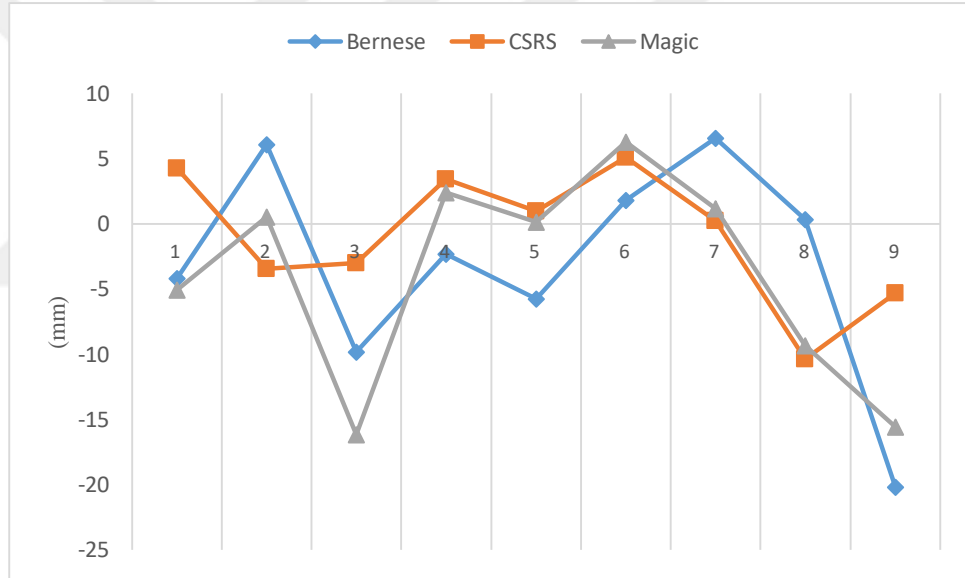
Doğu-batı yönünde 8 saat-4 cm'lik farklar



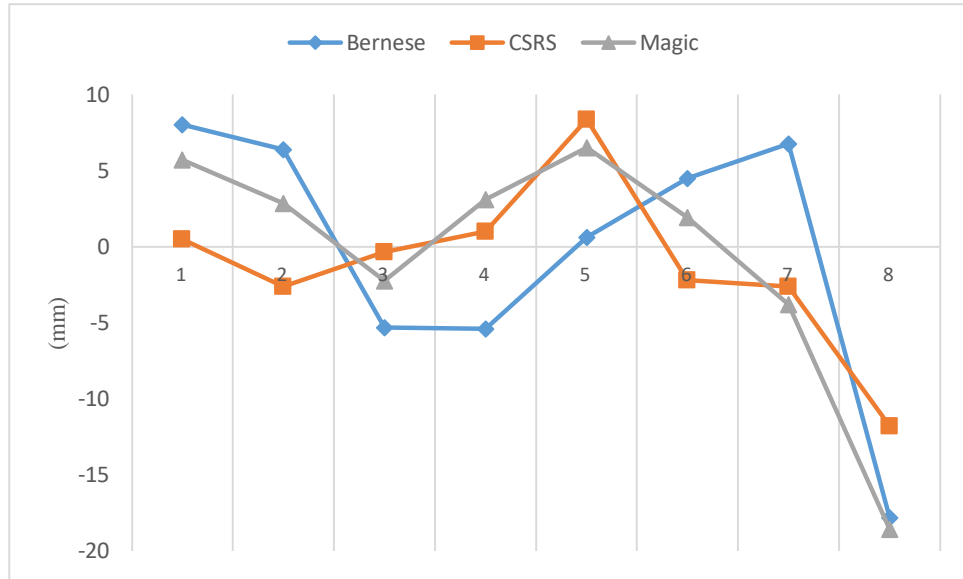
Doğu-batı yönünde 8 saat-5 cm'lik farklar



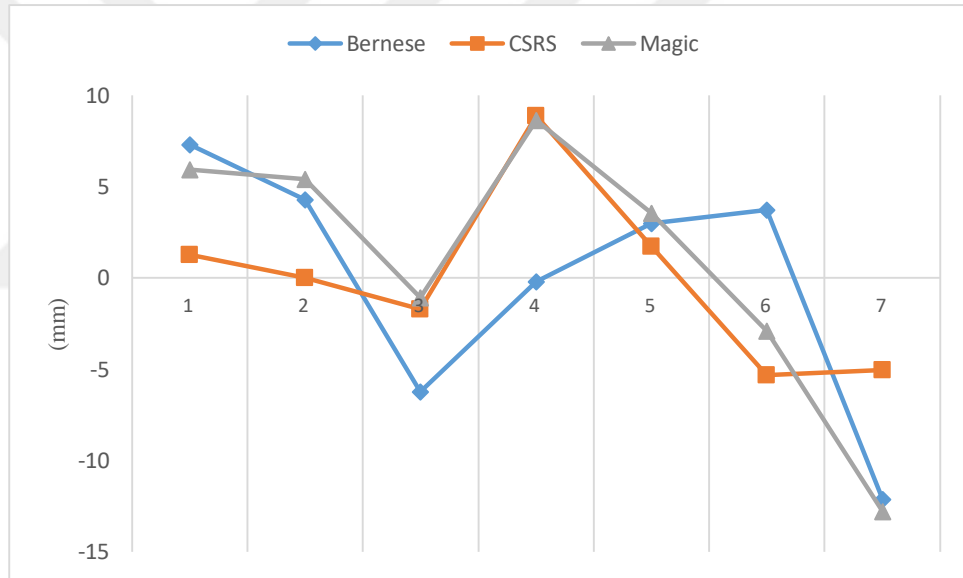
Kuzey-güney yönünde 8 saat-1 cm'lik farklar



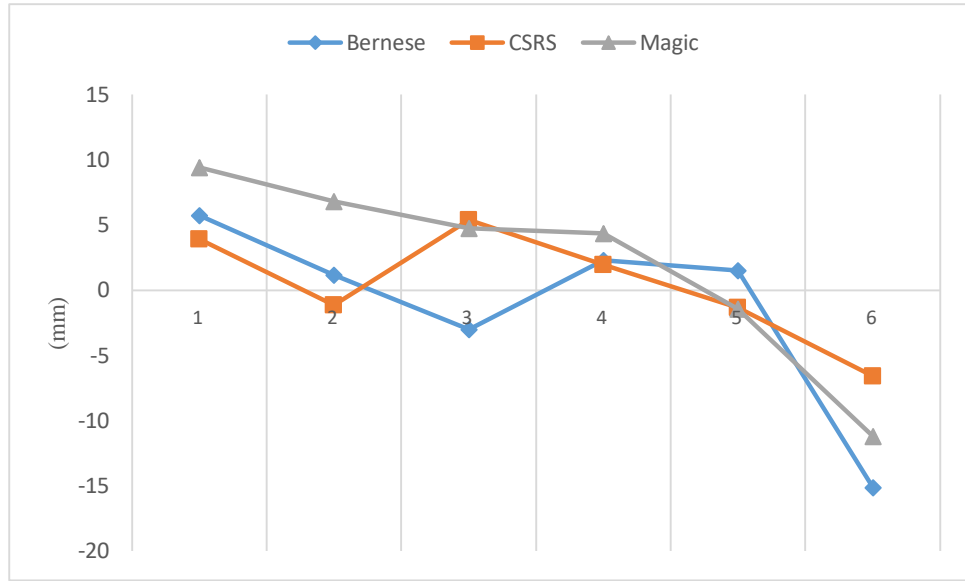
Kuzey-güney yönünde 8 saat-2 cm'lik farklar



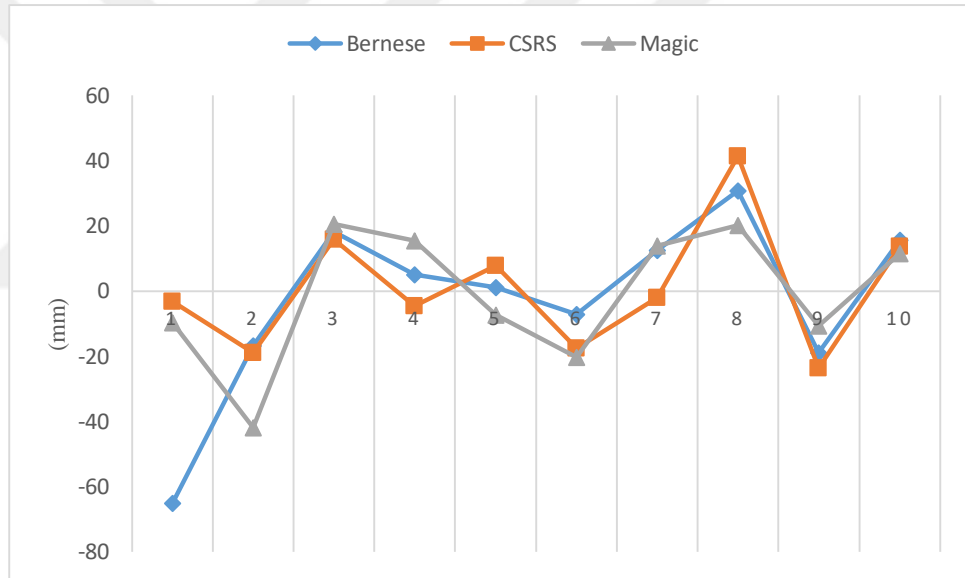
Kuzey-güney yönünde 8 saat-3 cm'lik farklar



Kuzey-güney yönünde 8 saat-4 cm'lik farklar



Kuzey-güney yönünde 8 saat-5 cm'lik farklar



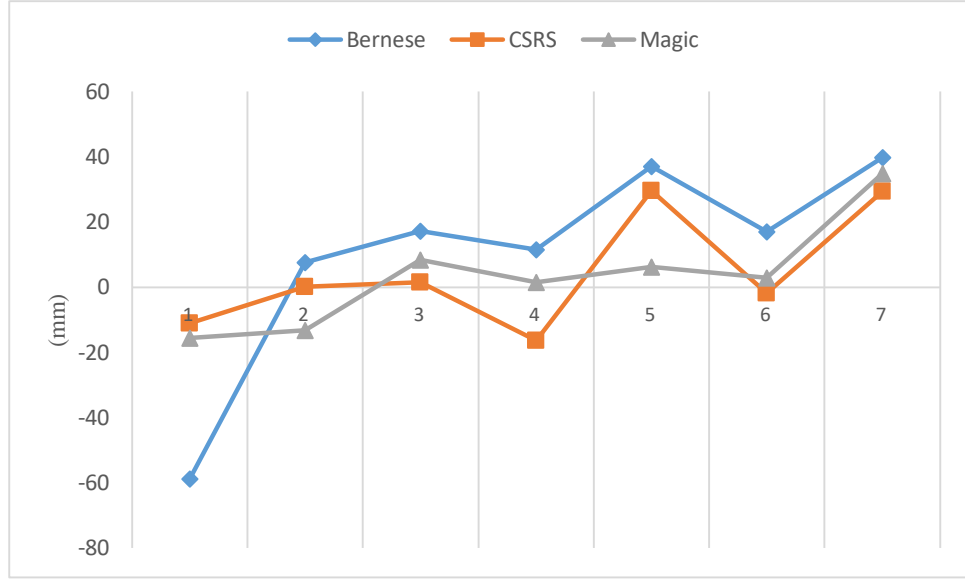
Yükseklik yönünde 8 saat-1 cm'lik farklar



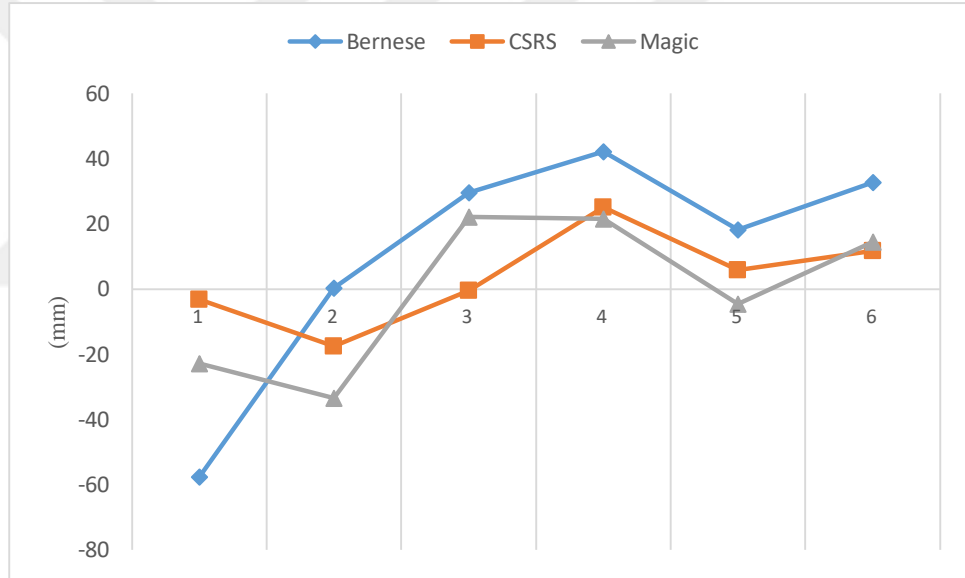
Yükseklik yönünde 8 saat-2 cm'lik farklar



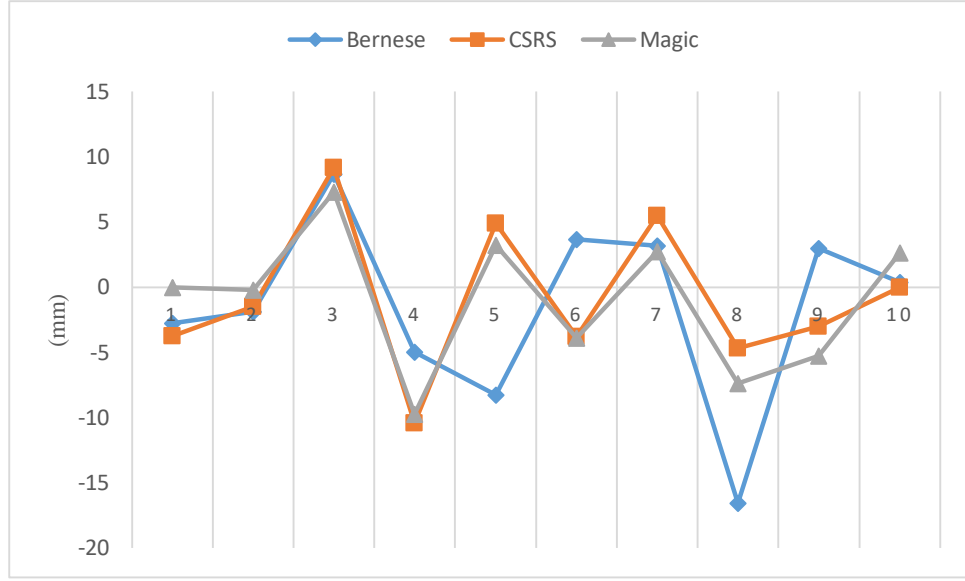
Yükseklik yönünde 8 saat-3 cm'lik farklar



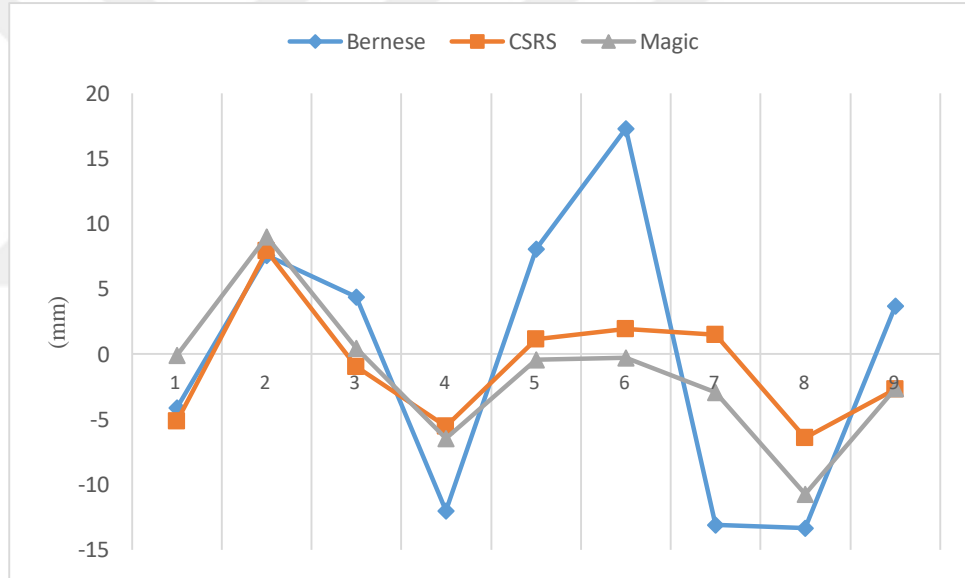
Yükseklik yönünde 8 saat-4 cm'lik farklar



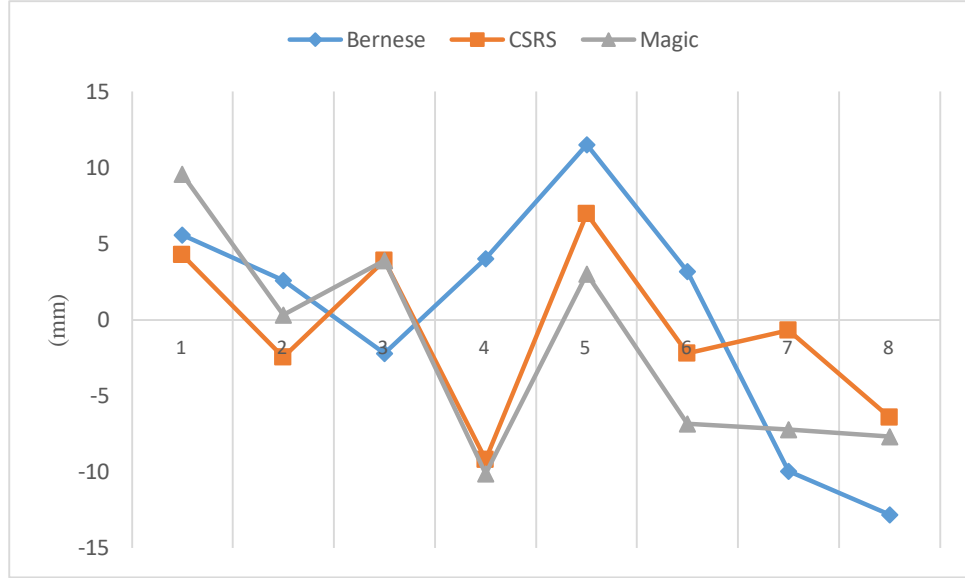
Yükseklik yönünde 8 saat-5 cm'lik farklar



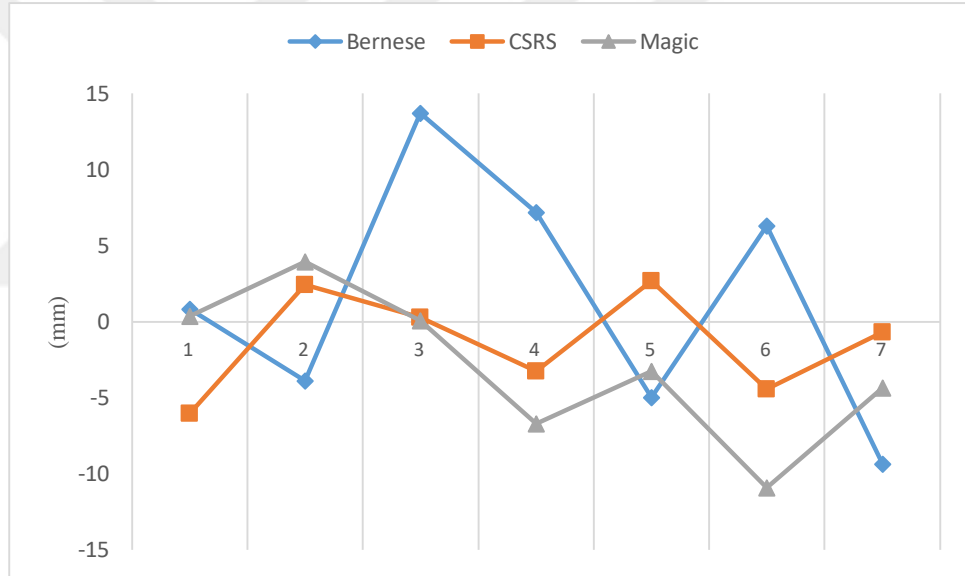
Doğu-batı yönünde 12 saat-1 cm'lik farklar



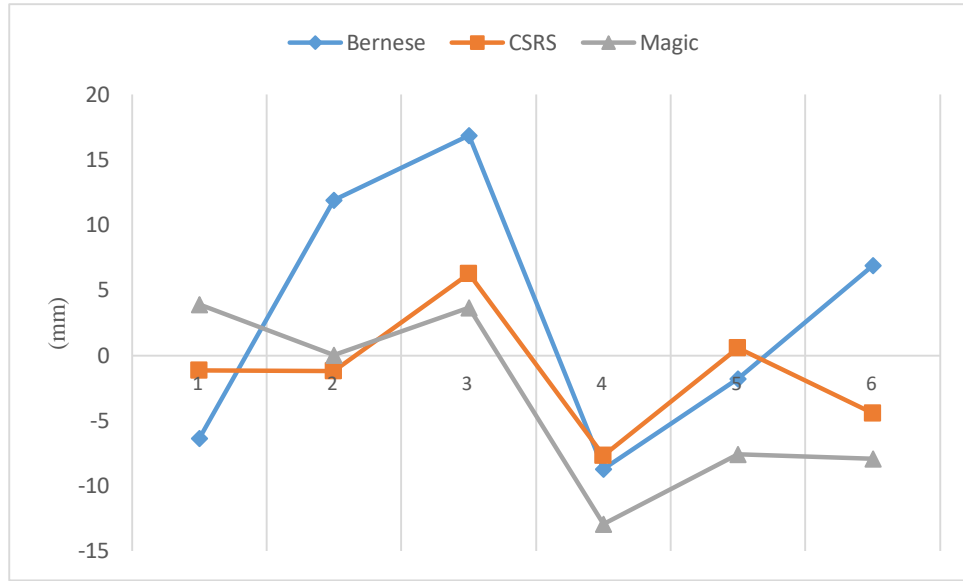
Doğu-batı yönünde 12 saat-2 cm'lik farklar



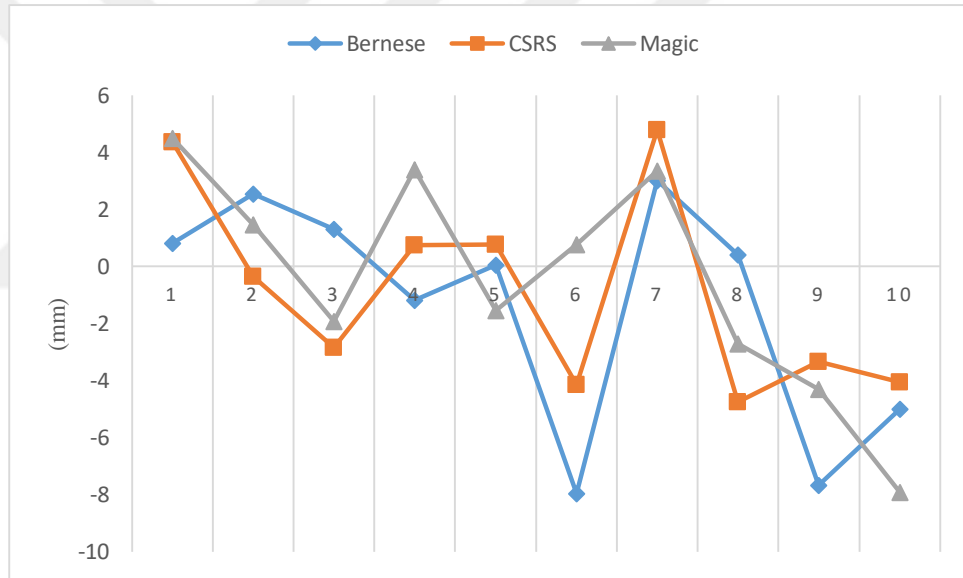
Doğu-batı yönünde 12 saat-3 cm'lik farklar



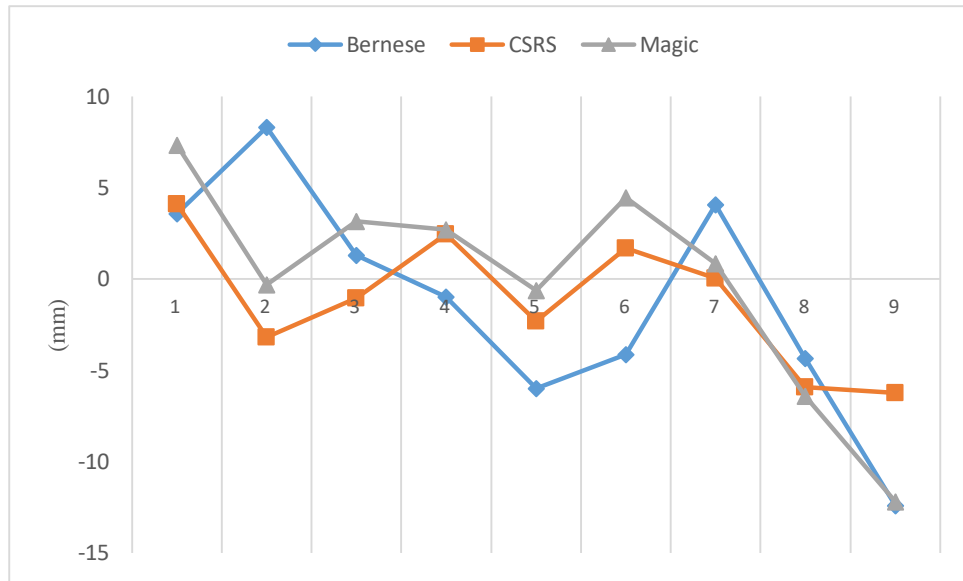
Doğu-batı yönünde 12 saat-4 cm'lik farklar



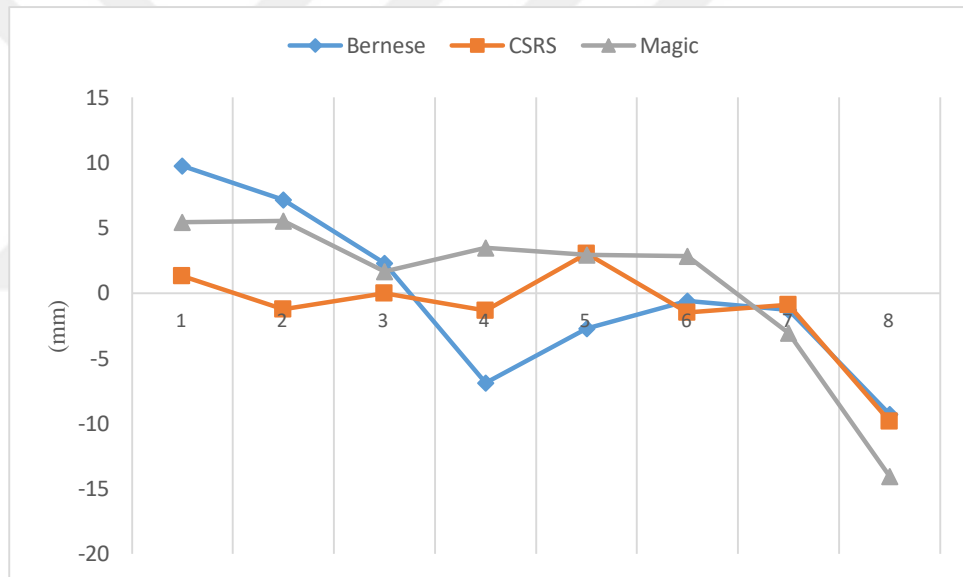
Doğu-batı yönünde 12 saat-5 cm'lik farklar



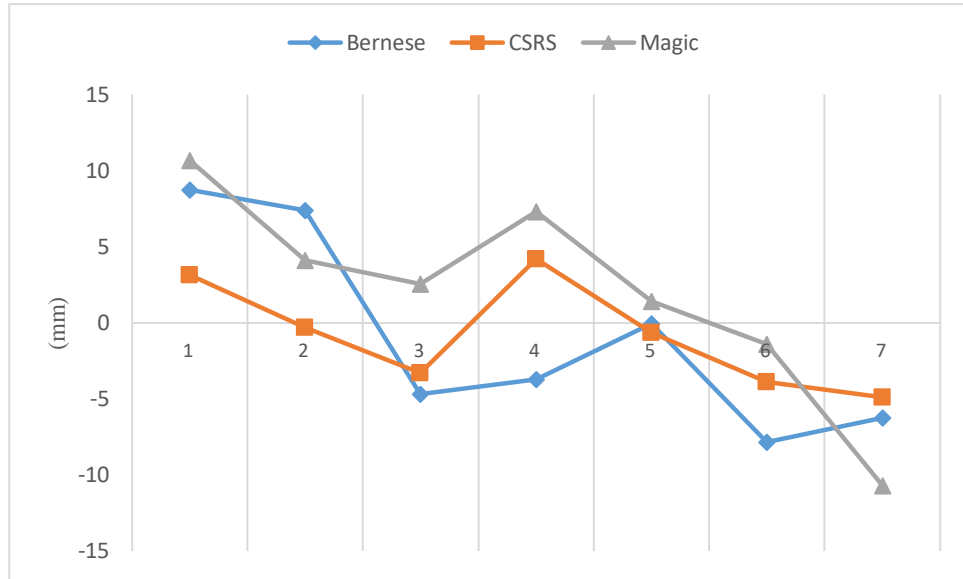
Kuzey-güney yönünde 12 saat-1 cm'lik farklar



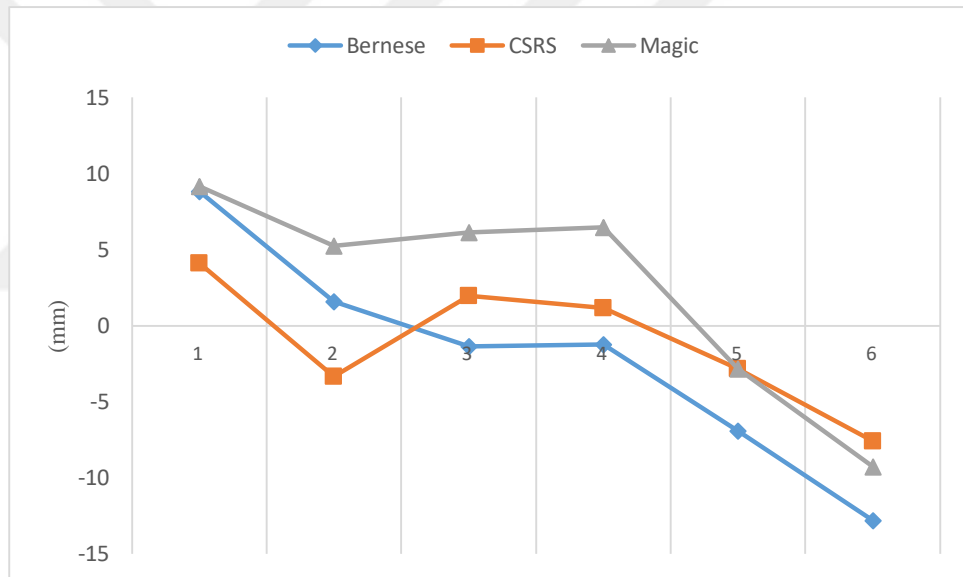
Kuzey-güney yönünde 12 saat-2 cm'lik farklar



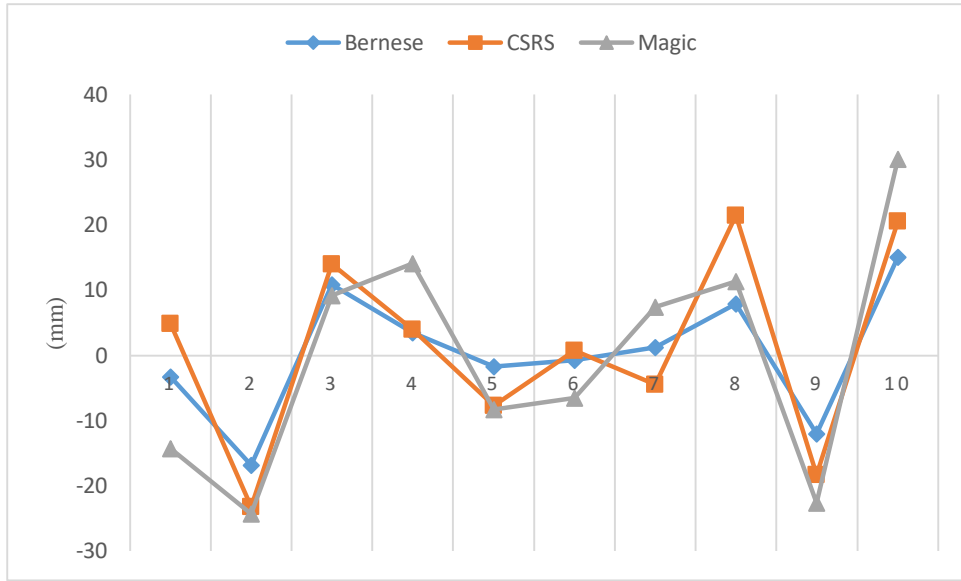
Kuzey-güney yönünde 12 saat-3 cm'lik farklar



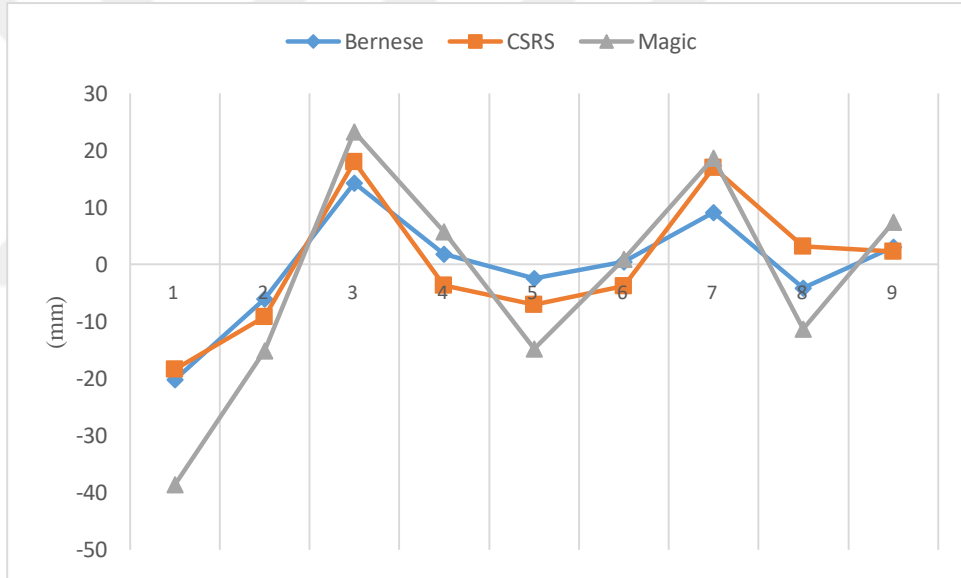
Kuzey-güney yönünde 12 saat-4 cm'lik farklar



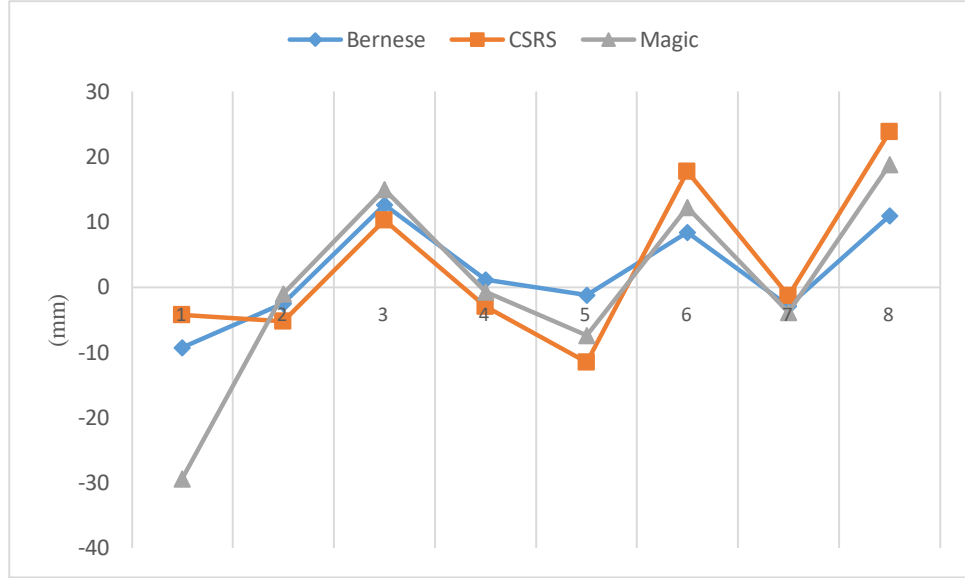
Kuzey-güney yönünde 12 saat-5 cm'lik farklar



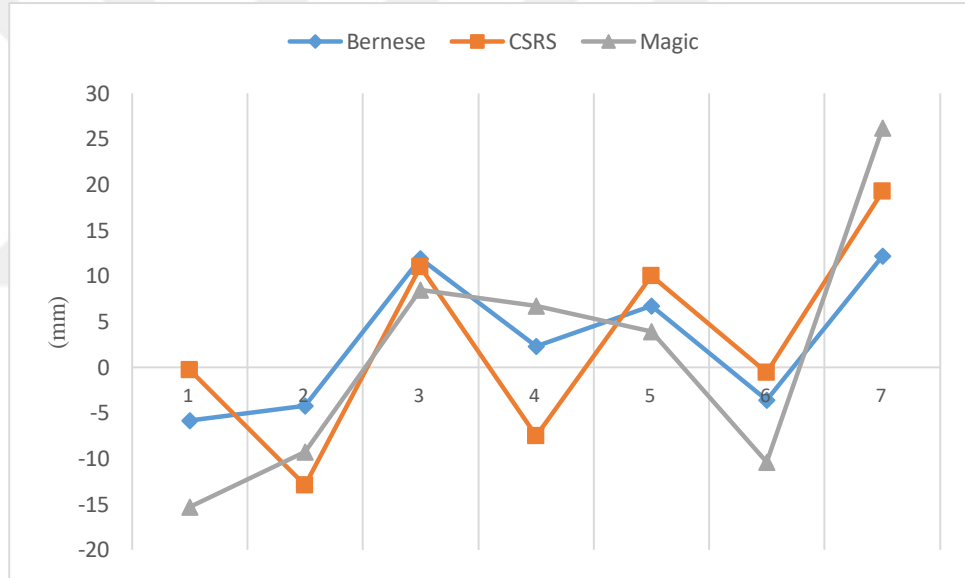
Yükseklik yönünde 12 saat-1 cm'lik farklar



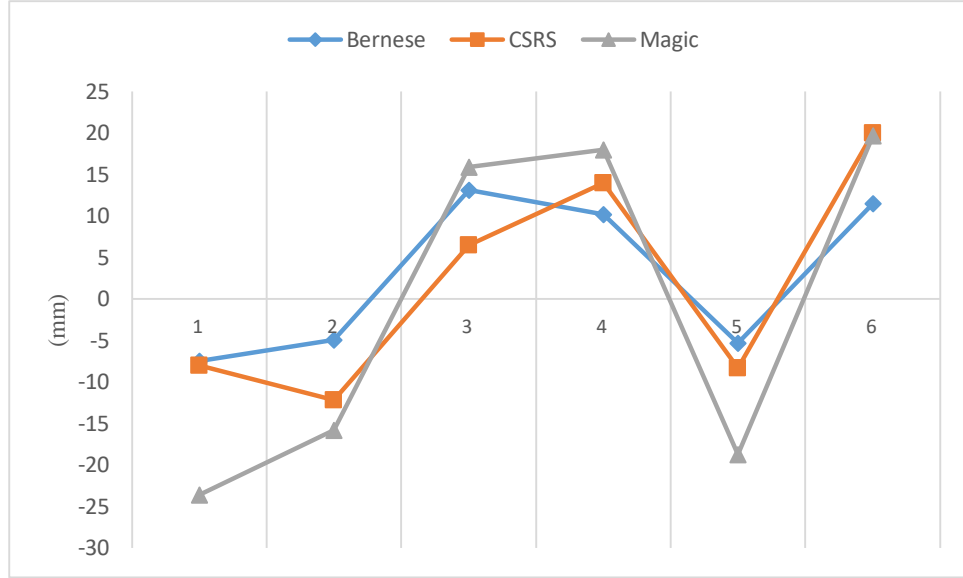
Yükseklik yönünde 12 saat-2 cm'lik farklar



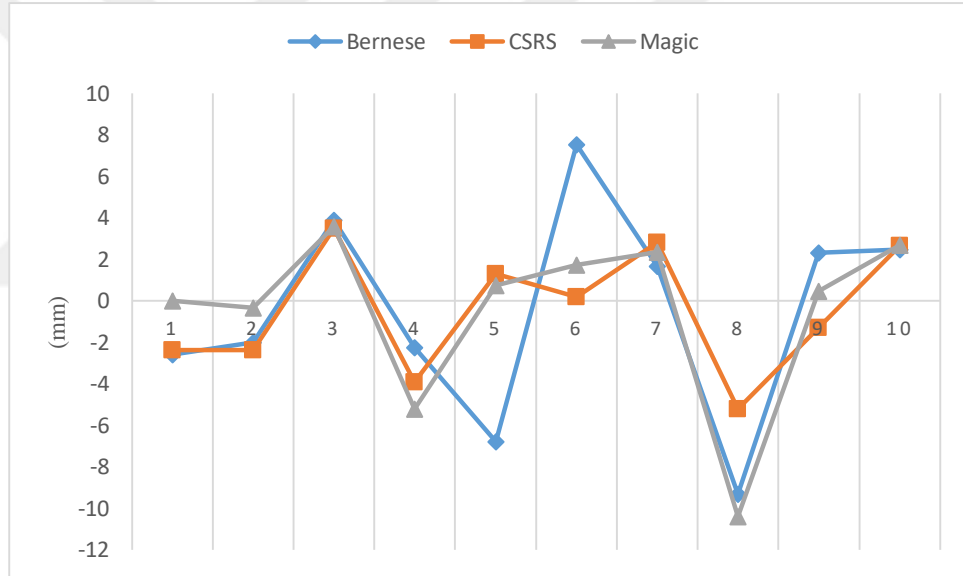
Yükseklik yönünde 12 saat-3 cm'lik farklar



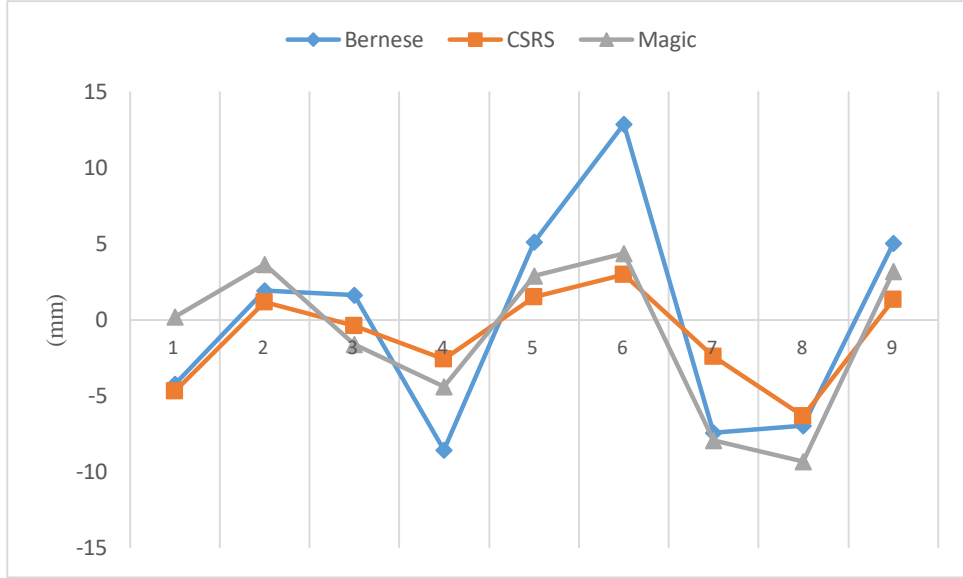
Yükseklik yönünde 12 saat-4 cm'lik farklar



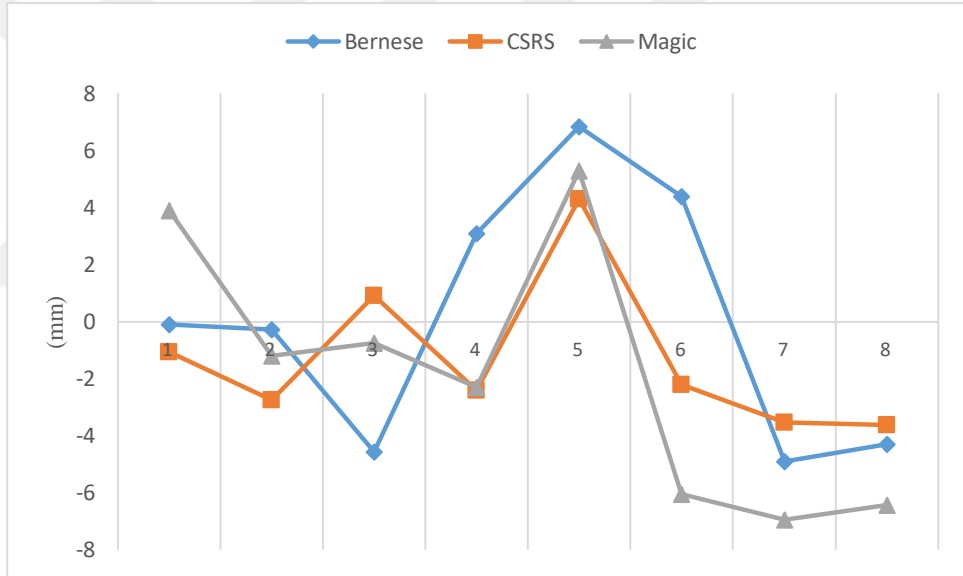
Yükseklik yönünde 12 saat-5 cm'lik farklar



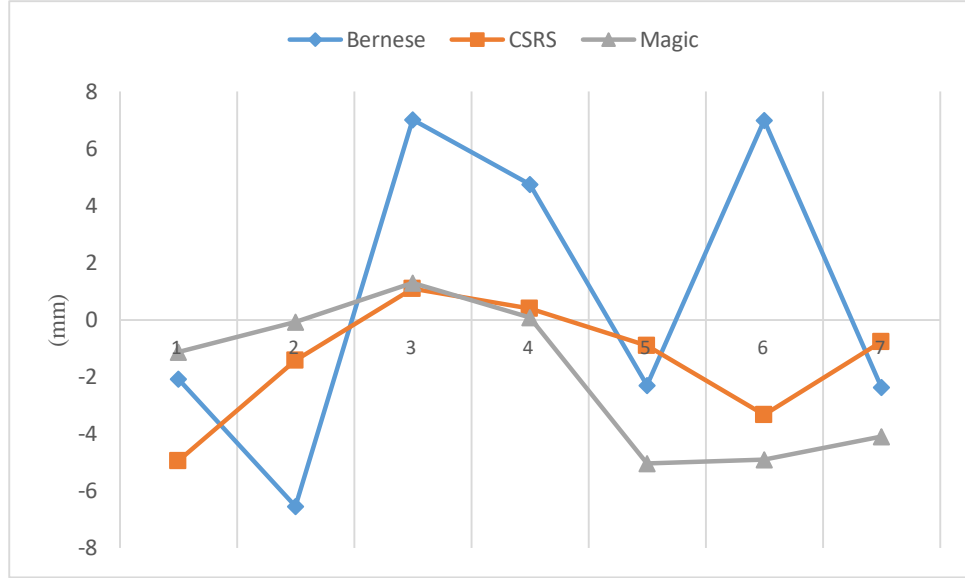
Doğu-batı yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar



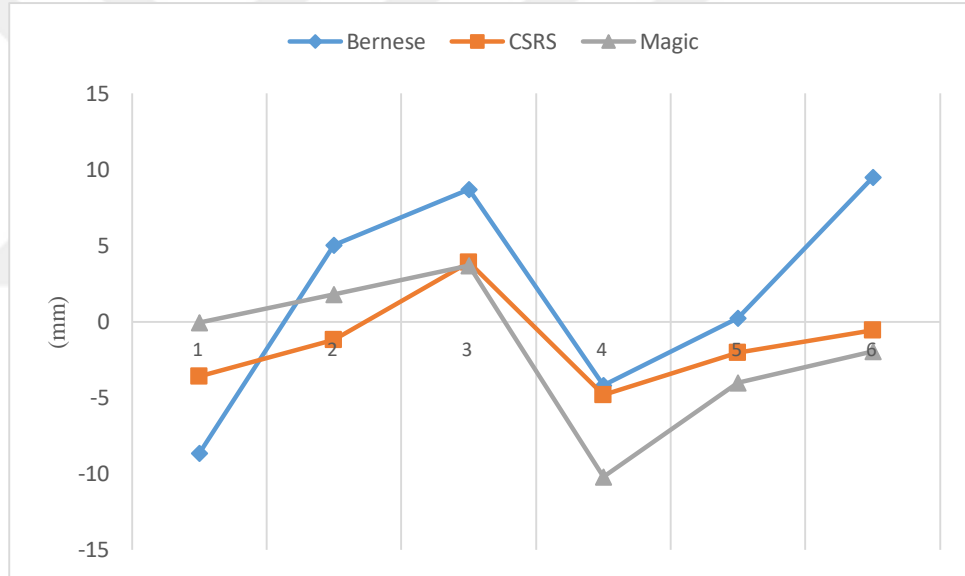
Doğu-batı yönünde 24 saat-2 cm'lik farklar



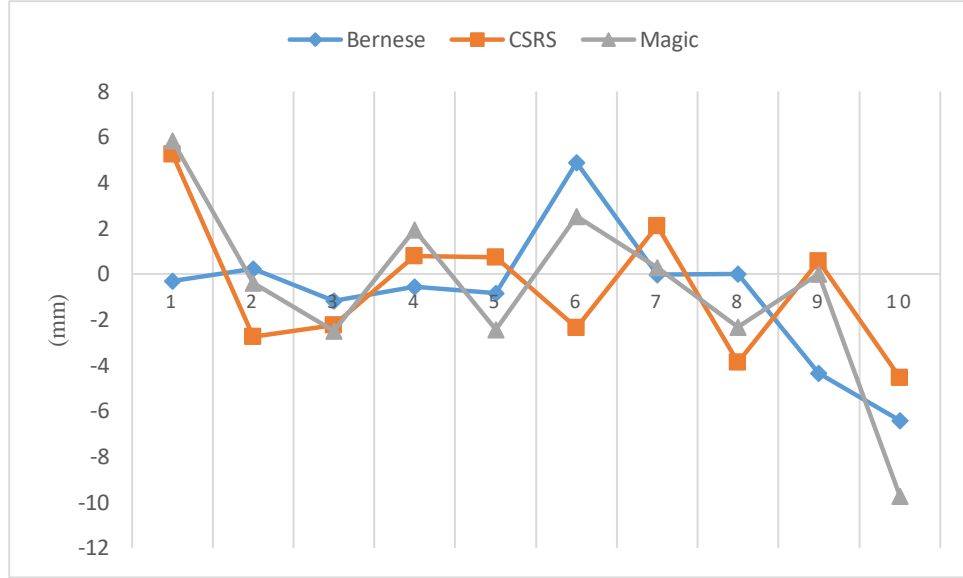
Doğu-batı yönünde 24 saat-3 cm'lik farklar



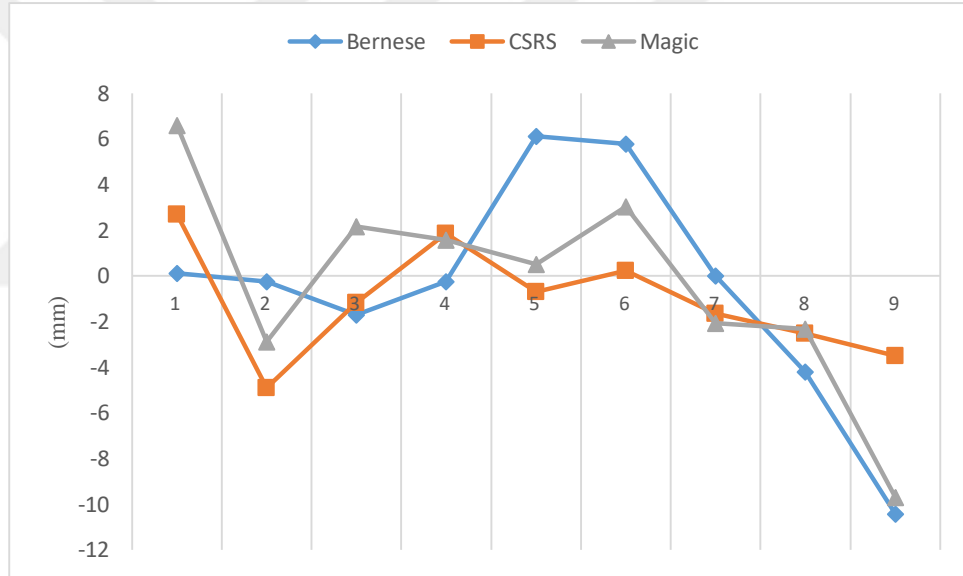
Doğu-batı yönünde 24 saat-4 cm'lik farklar



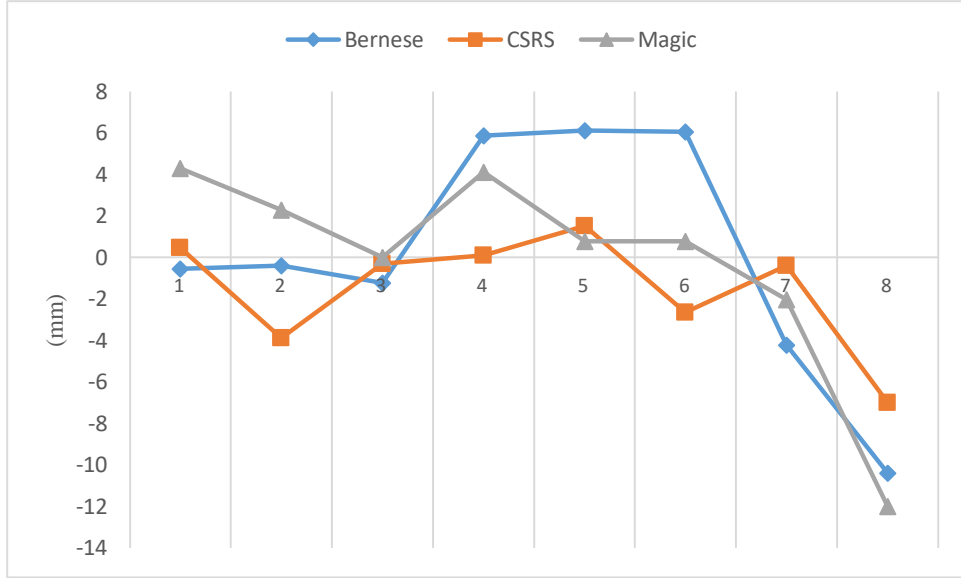
Doğu-batı yönünde 24 saat-5 cm'lik farklar



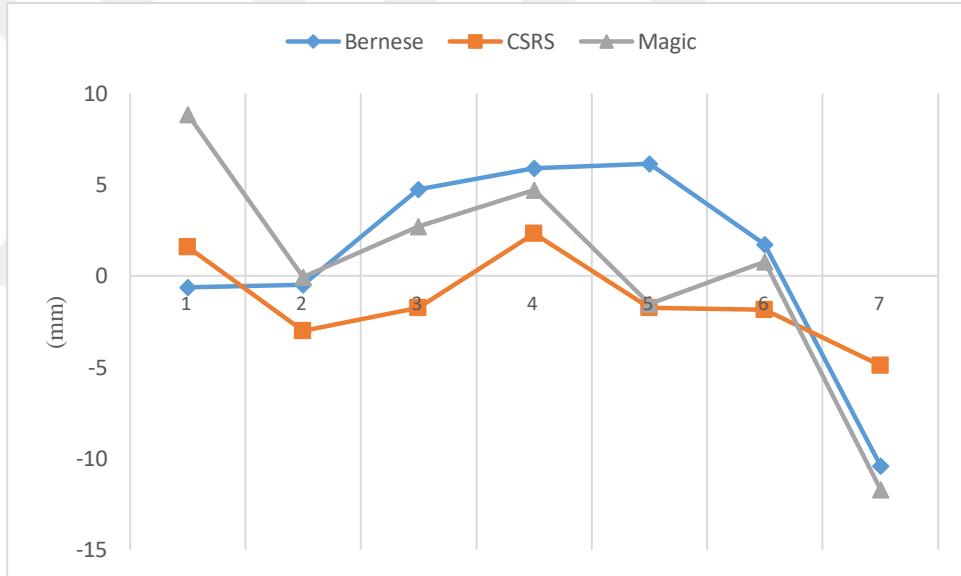
Kuzey-güney yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar



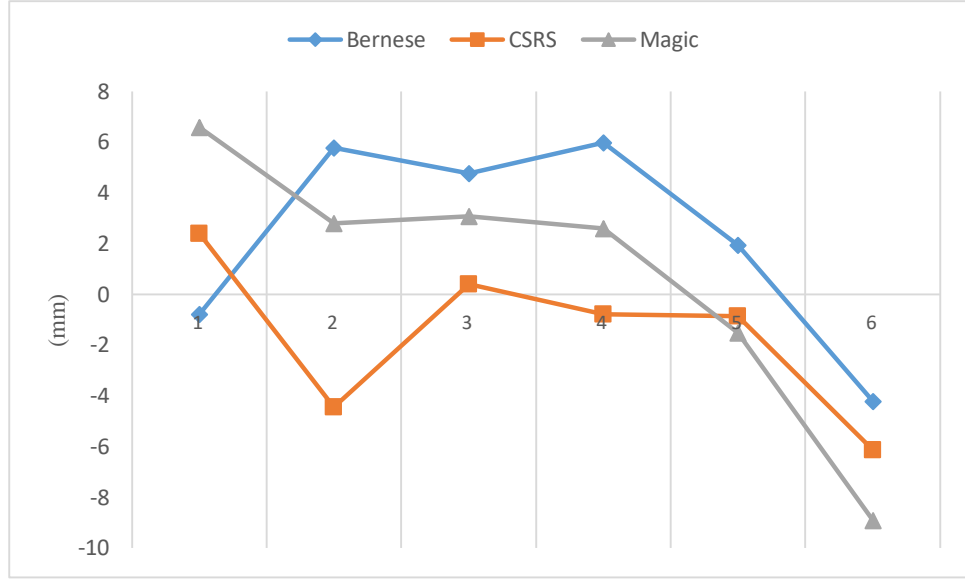
Kuzey-güney yönünde 24 saat-2 cm'lik farklar



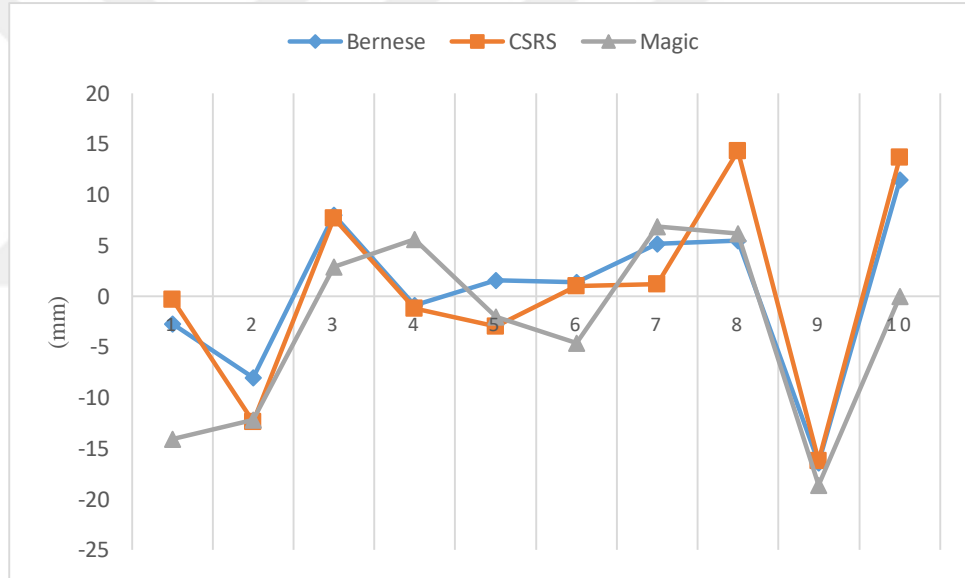
Kuzey-güney yönünde 24 saat-3 cm'lik farklar



Kuzey-güney yönünde 24 saat-4 cm'lik farklar



Kuzey-güney yönünde 24 saat-5 cm'lik farklar



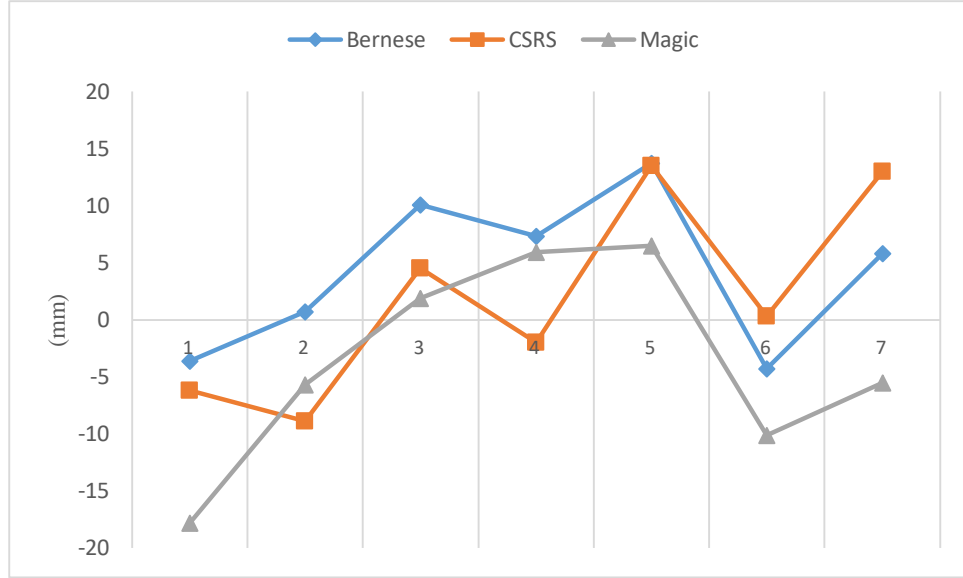
Yükseklik yönünde 24 saat-1 cm'lik farklar



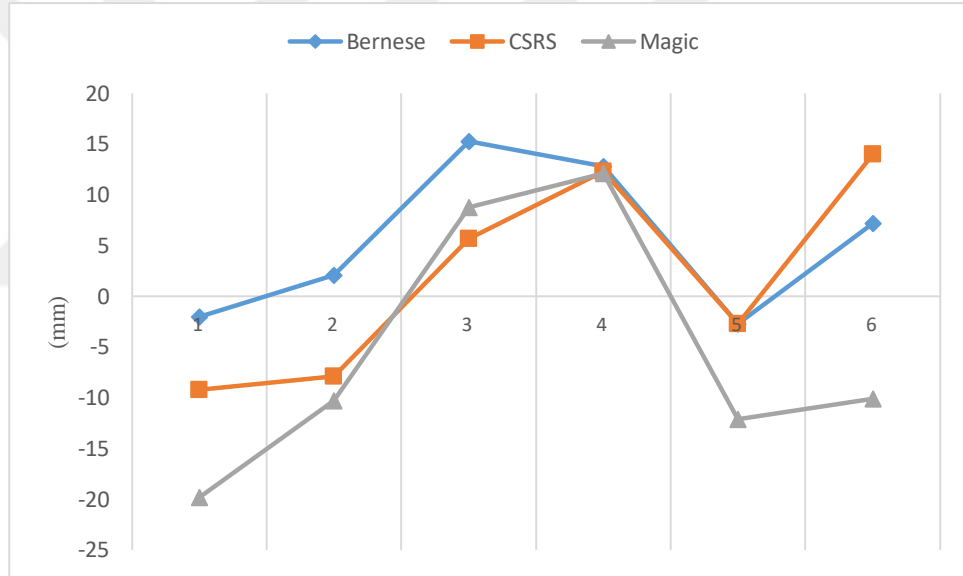
Yükseklik yönünde 24 saat-2 cm'lik farklar



Yükseklik yönünde 24 saat-3 cm'lik farklar



Yükseklik yönünde 24 saat-4 cm'lik farklar



Yükseklik yönünde 24 saat-5 cm'lik farklar

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şeyda GELİŞKAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Tatvan/BİTLİS- 29.01.1992
Telefon : 0 507 940 05 46
Faks :
e-mail : seyda.glskn@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Nurullah Eren Anadolu Öğretmen Lisesi, BİTLİS	2010
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2015
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	

YAYINLAR

Gelişkan, Ş., İnal, C., Bülbül, S. ve Gündüz, M., A. , 2018, The Comparison of Accuracies of Results Obtained from Bernese v5.2 Software and Web-Based PPP Services, *FIG International Congress 2018*.