

# MAGNET (MARMARA SÜREKLİ GPS AĞI) İSTASYONLARININ DÖNEMSEL ETKİLER AÇISINDAN KAMPANYA GPS ÖLÇMELERİNE KATKILARI

A. Özkan<sup>1</sup>, E. Tari<sup>2</sup>, R. Çakmak<sup>3</sup>, S. Ergintav<sup>4</sup>

<sup>1</sup>TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Gebze Kocaeli, [ali.ozkan@mam.gov.tr](mailto:ali.ozkan@mam.gov.tr)

<sup>2</sup>İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı Maslak İstanbul, [tari@itu.edu.tr](mailto:tari@itu.edu.tr)

<sup>3</sup>TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Gebze Kocaeli, [rahshan.cakmak@mam.gov.tr](mailto:rahshan.cakmak@mam.gov.tr)

<sup>4</sup>TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Gebze Kocaeli, [semih.ergintav@mam.gov.tr](mailto:semih.ergintav@mam.gov.tr)

## ÖZET

*Bu çalışmada TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütülen TÜRDEP (Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek Jeo-Stratejik-ancak tektonik rejimleri farklı-Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yaklaşımlarla Araştırılması) projesi kapsamında Marmara Bölgesi'nde toplamda 22 sürekli GPS istasyonu ile işletilen MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) bünyesindeki 11 istasyonda 2001–2006 döneminde toplanan veriler ve 2002–2005 döneminde Marmara Bölgesi'nde yapılan GPS kampanya ölçmeleri değerlendirilerek elde edilen koordinat zaman serileri, sinyal genlikleri, sinyal artıkları, hız kestirim değerleri ve zenit gecikme bilinmeyenlerinin mevsimsel etkiler açısından analizleri yapılmıştır.*

Anahtar Sözcükler: MAGNET, Mevsimsel Etkiler, Kampanya Ölçmeleri, Zaman Serisi, Zenit Gecikme Bilinmeyeni

## ABSTRACT

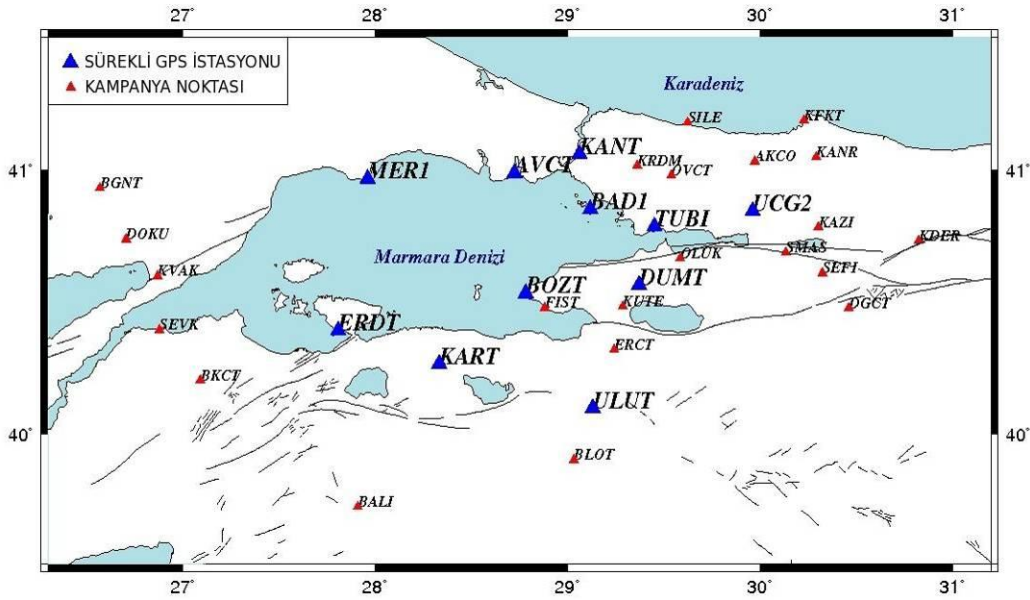
THE CONTRIBUTION OF MAGNET (MARMARA PERMANENT GPS NETWORK) STATIONS TO  
CAMPAIGN GPS MEASUREMENTS ON ACCOUNT OF SEASONAL EFFECTS

*In this study, the GPS data recorded both, in 2001–2006, in MAGNET (Marmara Permanent GPS Network) stations which are operated within TURDEP Project (Multi-Disciplinary Earthquake Researches in High Risk Regions of Turkey Representing Different Tectonic Regimes) directed by TUBITAK, Marmara Research Center, Earth and Marine Sciences Institute and in the GPS campaign surveys in Marmara Region in 2002–2005 were processed. The coordinate time series, signal amplitudes, velocity field estimations and zenith path delay parameters obtained from the GPS data processes were analysed to detect seasonal effects on GPS signals.*

Keywords: MAGNET, Seasonal Effects, Campaign Surveys, Time Series, Zenit Path Delay

## 1. GİRİŞ

Marmara Bölgesi, çok uzun yıllardır jeodezik ve jeofiziksel birçok bilimsel çalışmanın yürütüldüğü tektonik açıdan aktif bir bölgedir. Bu bilimsel çalışmaların bir bölümünü de bölgenin güncel hız alanının ortaya konulması oluşturmaktadır. Bu çalışmada 2001–2005 dönemindeki 5 yıl için MAGNET dahilindeki sürekli GPS istasyonlarında ve 2002–2005 dönemindeki 4 yıla ait periyodik dönemlerde kampanya tipi ölçme noktalarında toplanan verilerin bilimsel bir yazılım olan GAMIT (King and Bock, 2004) / GLOBK (Herring, 2004) ile değerlendirilmesinin ardından bir matlab uygulaması olan TSVIEW (URL 1) programı ile zaman serisi analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerle GPS gözlemleri üzerindeki dönemsel değişimlerin ortaya konulması, bu değişimlerin Marmara Bölgesi'nde önceden yapılan ve bundan sonra yapılacak GPS kampanyalarına etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı batıda Gelibolu yarımadasından başlayıp doğuda Marmara Bölgesi'nin doğusuna kadar uzanan alanı, kuzeyde Marmara Bölgesi'nin Karadeniz kıyısından güneyde Güney Marmara Bölgesi'nin tamamını içine alan bölgeyi kapsamaktadır. Toplam 11 sürekli GPS istasyonunun verisinden faydalanılmıştır. MAGNET içerisinde yer alan sürekli GPS istasyonları TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yürütülen TÜRDEP (Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek Jeo-Stratejik-ancak tektonik rejimleri farklı-Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yaklaşımlarla Araştırılması) projesi kapsamında işletilmektedir. Altı aylık periyotlar halinde tamamlanan GPS kampanya ölçmeleri ise 22 kampanya tipi ölçme noktası için değerlendirilmiştir. Kampanya ölçmeleri yıllık iki oturum olarak planlanmıştır ve bu oturumlardan her biri günlük en az 10 saatlik ölçü içermektedir. Ölçme hatalarının minimum seviyede tutmak amacıyla “mümkün olduğunca aynı noktaların aynı ölçme grupları tarafından aynı donanımlar kullanılarak yılın aynı dönemlerinde ölçülmesi” stratejisi benimsenmiştir. Çalışmanın esas konusu veri toplanan bu toplam 33 noktanın zaman serilerinin analizi neticesinde dönemsel etkilerin belirlenerek kampanya ölçmelerinin iyileştirilmesi yönünde stratejiler geliştirilmesidir.



Şekil 1: Çalışmaya dahil edilen MAGNET sürekli GPS istasyonları ve kampanya tipi ölçme noktaları

## 2. GPS VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 2.1 GAMIT

Bu çalışmada MAGNET içindeki 11 sürekli GPS istasyonunun ve 12 IGS istasyonunun 2001–2005 yıllarındaki GPS verileri ile 2002–2005 yıllarındaki Marmara kampanya GPS verileri değerlendirilmiştir. GAMIT çözümü sonucu gözlem noktalarına ait istasyon koordinatları ile zenit gecikmeleri ve yer küre dönme parametreleri elde edilmiştir. Bu aşamada değerlendirmeye her çözüm günü için 12 IGS istasyonu da dahil edilerek bölgesel ve global ağı ilişkilendirilmiştir. Çözümde koordinatları yüksek doğrulukla bilinen IGS istasyonları (ONSA, GRAZ, WTZR gibi) zorlanarak dengeleme yapılmıştır. Değerlendirmenin GAMIT çözümü aşamasında aşağıdaki stratejiler izlenmiştir.

1. Hassas yörünge bilgisi, Uluslararası GNSS Servisi (IGS) duyarlı yörünge bilgisi, Standard Ürün 3 (Standard Product 3 – SP3) olarak Scripps Institution of Oceanography (SIO) üzerinden Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)'a ait <ftp://garner.ucsd.edu/pub/products> web adresinden alınmıştır.
2. Yer dönme parametreleri (EOPS-Earth Orientation Parameters), USNO bull\_b (United States Naval Observatory bulletin\_b) değerlerinden alınmıştır.
3. Değerlendirmeye IGS global ağından 12 sürekli GPS istasyonu dahil edilmiştir. Tüm istasyonlara ait veriler yine SOPAC arşivinden; <ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex> yapısı içinden indirilmiştir.
4. Referans sistemi tanımlamada ITRF2000 (1997.0) koordinat çözümü kullanılmıştır.
5. Zenit gecikme bilinmeyenleri Saastamoinen öncül standart troposfer modeline dayalı olarak 2 saatlik aralıklarla hesaplanmıştır. Zenit modeli olarak her iki saatte bir hesaplanan değerler arasındaki her bir zaman aralığı için farklı bir doğrusal (lineer) fonksiyon tanımlayan “parça parça lineer fonksiyon” (piecewise linear function) kullanılmıştır. Çünkü 3 global troposferik model (Saastamoinen, Hopfield ve Neil modelleri) uygulanarak elde edilen Malezya RTK GPS Network dahilindeki baz çözüm sonuçlarına göre bu global troposferik modellerin istatistiksel olarak belirgin farklar içerdiği söylenemese de genel olarak Saastamoinen modeli yatay ve düşey bileşenler için sırasıyla %89 ve %92 oranlarında daha duyarlı baz çözüm sonuçları üretmektedir. Bunun yanında Hopfield ve Neil modelleri ise yine sırasıyla yatayda %82 ve %72, düşeyde de %85 ve %64 oranlarında daha duyarlı sonuçlar ortaya koymaktadır (Dodo ve Kamarudin, 2008).
6. Atmosferin kuru ve ıslak kısımları için “Niell Mapping Function” uygulanmıştır (Niell, 1996). Mapping function eğim açısına bağlı olarak değişen sinyal yolu eğriliği için zenit gecikme değerlerinin modellenmesi için kullanılır. Sinyalin yolculuğunu sürdürdüğü eğri yol ile uydu-alıcı arasındaki asıl olan doğru yol arasındaki fark zenit (başucu) doğrultusunda tam olarak sıfırdan yatayda birkaç metreye kadar ulaşmaktadır (Hopfield, 1977). 10°'nin altındaki eğim açılarında Niell Mapping Function (NMF) dışında IFADIS ve MTT gibi başka yüksek doğruluklu modeller de olmasına rağmen bu modellerin yüzeydeki güvenilir meteorolojik dataya ihtiyaç duymaları nedeniyle NMF tercih edilmiştir. Niell Mapping Function için troposferik gecikmenin kuru bileşeni atmosferin 1 km üzerindeki mevsime bağlı ortam koşullarına dayanır, ıslak bileşen ise enleme göre değişir.

7. Değerlendirmede L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC(L3) doğrusal lineer kombinasyonu kullanılmıştır.
8. GLOBK'ye girdi olarak gevşek kısıtlı ve başlangıç faz belirsizliği sabit çözümler alınmıştır.

## 2.2 GLOBK

GAMIT ile her gün için elde edilen gevşek zorlamalı günlük GPS çözümleri, ITRF referans sistemlerinden ITRF2000'e dayandırılmıştır. Bu referans 15 global IGS noktasından yararlanarak 7 parametrelilik (3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 ölçek) dönüşüm ile sağlanmıştır. GLOBK ile birbirinden ayrı oturumlardan elde edilen bağımsız tahmini koordinatlar kullanarak istasyon noktalarının günlük kestirim değerleri ve ölçme doğruluklarının değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen koordinatlardan Kalman Filtreleme ile seçilen istasyon noktalarına göre ölçülen noktalar için Avrasya referans sisteminde hız tahmini yapılmıştır.

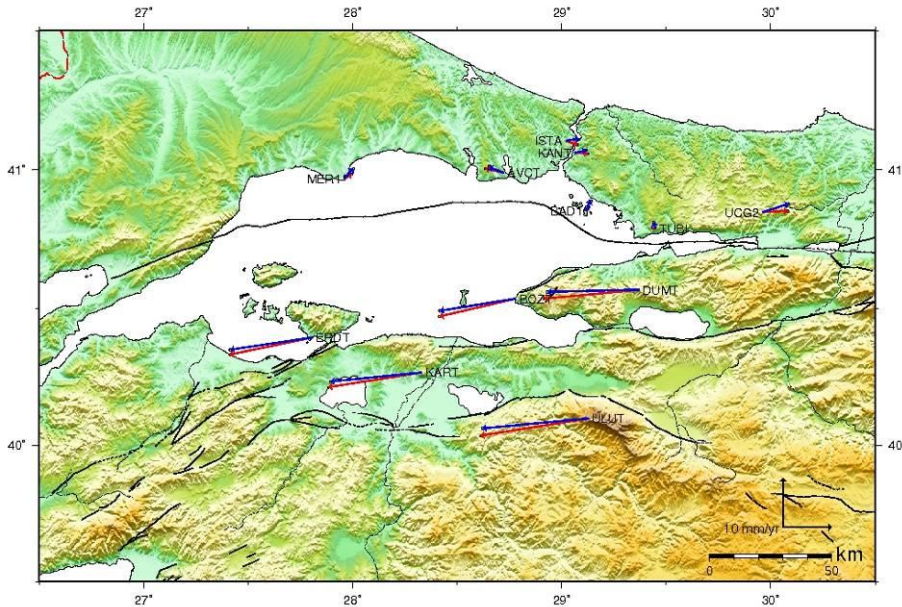
## 3. KOORDİNAT ZAMAN SERİSİ ANALİZİ

TSVIEW, Massachusetts Institute of Technology bünyesinde geliştirilen ve GAMT/GLOBK yazılımının GLRED modülü ile oluşturulan GPS zaman serilerini görüntüleme, oluşturulan zaman serilerinin kalitesini değerlendirme, seriler üzerinde düzeltmeler yapma ve seriler üzerinde çeşitli modeller uygulayarak hız tahminleri ile gürültü analizleri yapma olanakları veren bir matlab uygulamasıdır.

Çalışma kapsamındaki koordinat zaman serisi analizi TSVIEW yardımıyla gerçekleştirilmiştir. GLOBK tarafından üretilen ve nokta konum bileşenleri (Kuzey, Doğu ve Yükseklik bileşenleri) için parametre kestirim değerleri ile her bir kestirim değerine ait karesel ortalama hata değerlerini barındıran mb\_ dosyalarının içerdikleri kaba hatalardan arındırılması amacıyla “edit” ve/veya “block edit” modülleri yardımıyla kaba hatalı ölçmeler bir dosyaya yazdırılarak analiz dışında bırakılmıştır. Buna ek olarak TSVIEW uygulaması içindeki “outliers” veya “maksimum sigma” parametreleri gibi kısıtlayıcı kriterler ile zaman serilerinin kalitesi sınırlandırılabilir. Bu çalışmada hem TSVIEW uygulamasındaki outliers parametresi ile 3 sigma kısıtlama getirilerek hem de koordinat zaman serilerinin ağırlıklı karesel ortalama hata (Weighted Root Mean Square-WRMS) değerlerinin 3 katı büyüklüğünde değerler kullanılarak oluşturulan sınırlar ile veri kalitesinin kontrolü sağlanmıştır.

## 4. DÖNEMSEL ANOMALİLERİN HIZ DEĞERLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK UYGULAMA VE BULGULAR

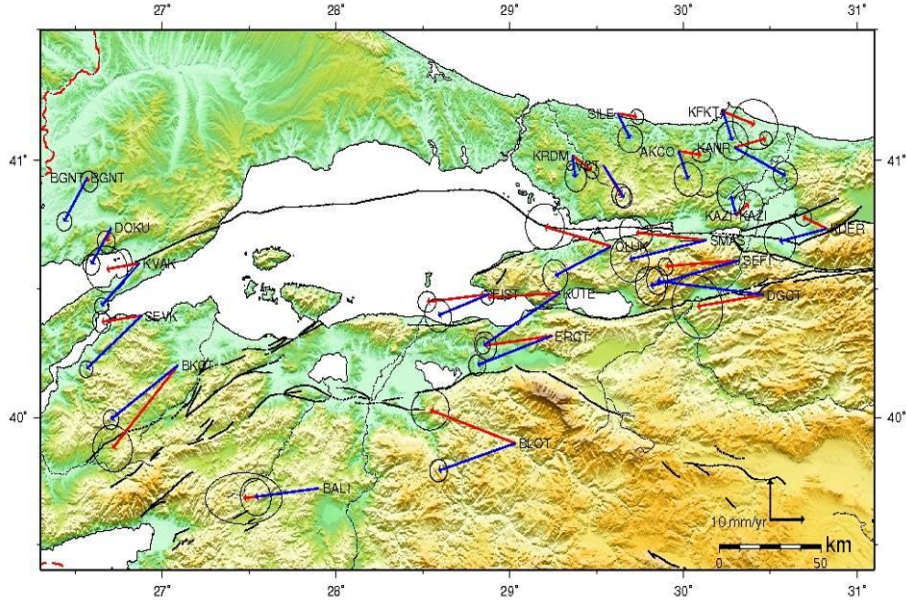
MAGNET istasyonlarında 2003–2005 döneminde toplanan GPS verileri kullanılarak yapılan hız trend tahminleri için 2 farklı yazılım ile 2 farklı çözüm ortaya konulmuştur. Dönemsel anomalileri de barındıran GPS sinyalleri ile bir hız trend tahmini yapabilmek için GLOBK yazılımından yararlanılmıştır. GPS sinyalleri üzerindeki yıllık ve yarı yıllık dönemsel değişim etkilerini kaldırarak hız trend tahmini üretmek için ise TSVIEW yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 2: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının Avrasya referans sisteminde yıllık yatay hız vektörleri (Kırmızı vektörler GLOBK yazılımı ile mavi vektörler de TSVIEW yazılımı ile elde edilen hız büyüklüklerini temsil etmektedir.)

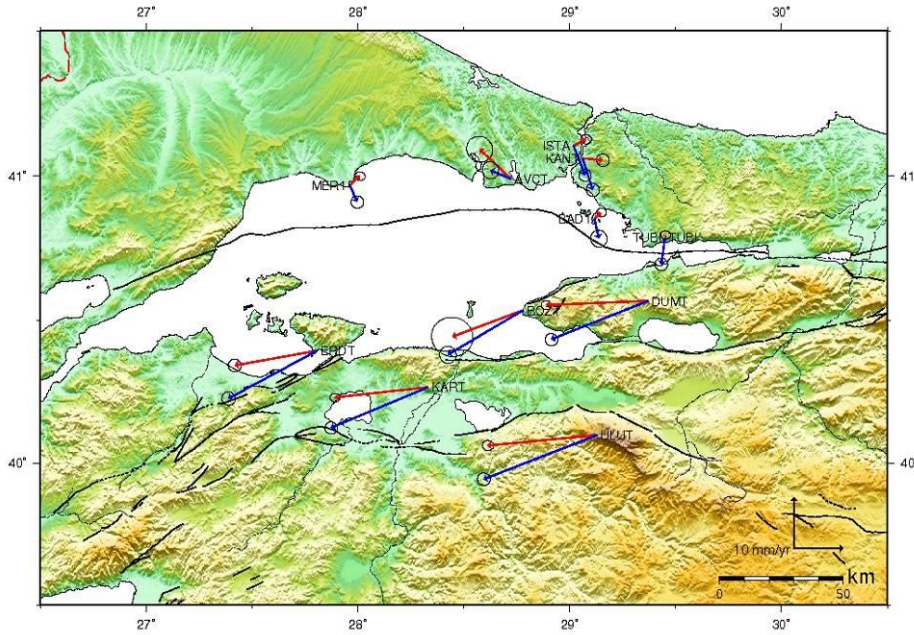
## MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları

2002–2005 yıllarında toplanan kampanya verileri ile hız kestirirken dönemsel anomalileri ortaya çıkarmak için veriler 6 aylık periyotlar halinde gruplandırılarak ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. 4 yıllık zaman diliminde mayıs-haziran ayları içinde toplanan kampanya GPS verileri ilk değerlendirme grubunu, ekim-kasım ayları içinde toplanan kampanya GPS verileri ise ikinci değerlendirme grubunu oluşturmaktadır.



Şekil 3: Kampanya tipi ölçme noktalarının Avrasya referans sisteminde yatay bileşenlere ait yıllık hız vektörleri ve %95 güven düzeyindeki hata elipsleri (Kırmızı vektörler mayıs-haziran, mavi vektörler de ekim-kasım döneminde yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen yatay hız büyüklüklerini temsil etmektedir.)

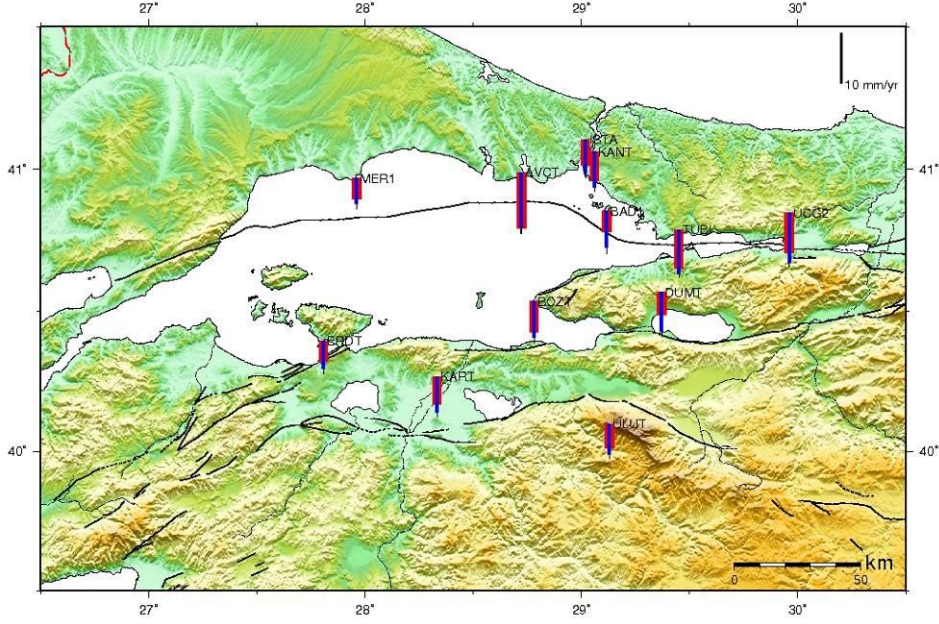
MAGNET sürekli GPS istasyonlarının 2002–2005 yılları arasındaki 4 yıllık dönemde GPS kampanyaları günlerindeki verileri kampanya verisi gibi kabul edilerek mayıs-haziran verileri ve ekim-kasım verileri ile 2 ayrı veri değerlendirme grubu oluşturulmuştur.



Şekil 4: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının kampanya günlerindeki verileri ile elde edilen Avrasya referans sisteminde yıllık yatay hız vektörleri ve %95 güven düzeyindeki hata elipsleri (Kırmızı vektörler mayıs-haziran, mavi vektörler de ekim-kasım döneminde yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen hız büyüklüklerini temsil etmektedir.)

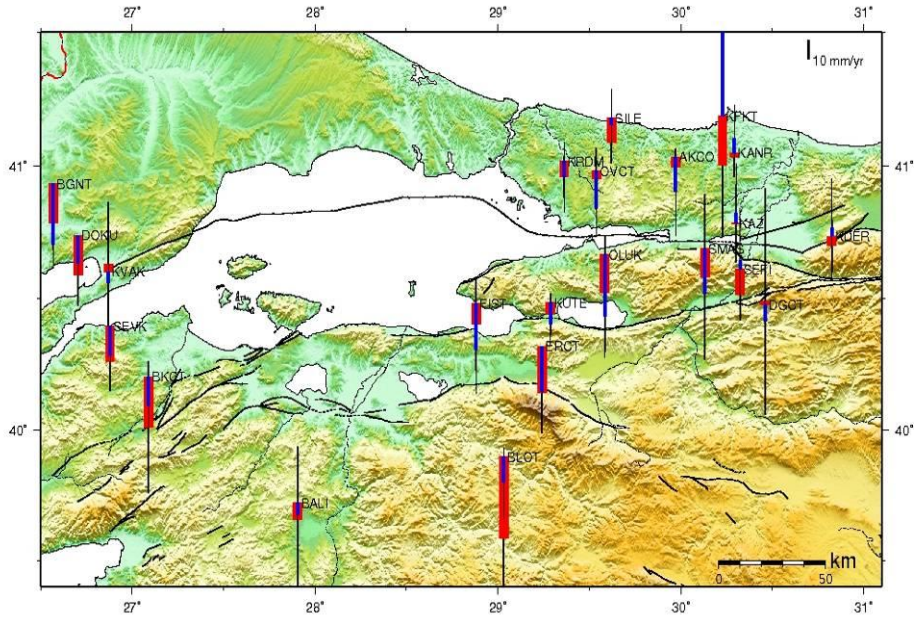
MAGNET sürekli GPS istasyonlarında düşey hız trend tahmini için kullanılan strateji yatay hız değerlerinin tahmininde olduğu gibi 2003–2005 dönemindeki 3 yıllık verilerin GLOBK ve TSVIEW yazılımları kullanılarak hesaplanmasına dayanmaktadır. Yatay hız değerlerinin kestiriminde olduğu gibi GLOBK yazılımı sonucu ortaya çıkan düşey hızlar da dönemsel değişimlerin etkisi altındadır. Sürekli GPS istasyonlarının düşey hız bazında ne kadar etkiye maruz kaldığını

açıklayabilmek için TSVIEW uygulaması yardımıyla zaman serilerinin yükseklik bileşeni üzerindeki yıllık ve yarıyıllık etkiler ile doğrusallık etkisi kaldırılarak düşey hız kestirimleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının Avrasya referans sisteminde yıllık düşey hız vektörleri (Kırmızı çubuklar GLOBK yazılımı ile mavi çubuklar TSVIEW yazılımı ile elde edilen hız büyüklüklerini temsil etmektedir. Siyah ince çizgiler düşey hız değerlerinin %95 istatistik güven düzeyini ifade etmektedir.)

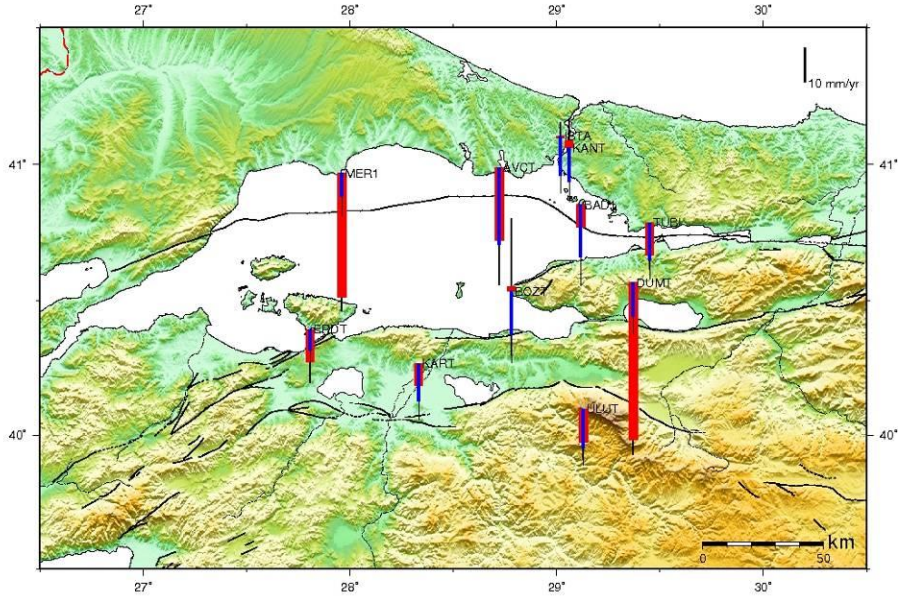
2002–2005 yıllarında toplanan GPS kampanya verileri ile düşey hız kestirirken yatay hızların belirlenmesindeki değerlendirme stratejisi tekrar edilmiştir. Veriler dönemsel anomalileri ortaya çıkarmak için 6 aylık periyotlar halinde gruplandırılarak ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. 4 yıllık zaman diliminde mayıs-haziran ayları içinde toplanan kampanya GPS verileri ilk değerlendirme grubunu, ekim-kasım ayları içinde toplanan kampanya GPS verileri ise ikinci değerlendirme grubunu oluşturmaktadır.



Şekil 6: Kampanya tipi ölçme noktalarının Avrasya referans sisteminde düşey bileşene ait yıllık hız vektörleri (Kırmızı çubuklar mayıs-haziran, mavi çubuklar da ekim-kasım döneminde yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen düşey hız büyüklüklerini temsil etmektedir. Siyah ince çizgiler düşey hız değerlerinin %95 istatistik güven düzeyini ifade etmektedir.)

MAGNET sürekli GPS istasyonlarının 2002–2005 yılları arasındaki 4 yıllık dönemde GPS kampanyaları günlerindeki verileri ile düşey hız kestirimi yapılırken yine MAGNET sürekli GPS istasyonlarında kampanya günlerinde toplanan veriler kampanya verisi gibi kabul edilerek mayıs-haziran verileri ve ekim-kasım verileri ile 2 ayrı veri değerlendirme grubu oluşturulmuştur.

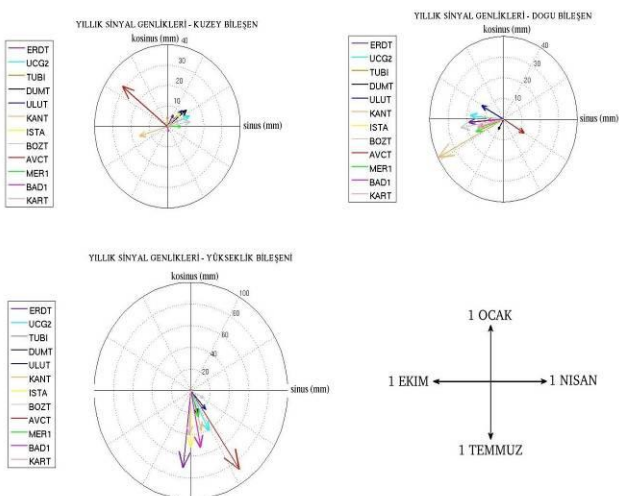
*MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları*



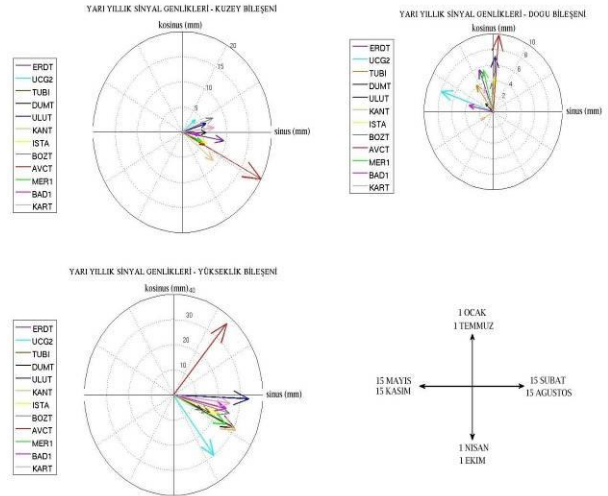
Şekil 7: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının kampanya günlerindeki verileri ile elde edilen Avrasya referans sisteminde yıllık düşey hız vektörleri (Kırmızı çubuklar Mayıs-haziran, mavi çubuklar da Ekim-kasım döneminde yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen yıllık düşey hız büyüklüklerini temsil etmektedir. Siyah ince çizgiler düşey hız değerlerinin %95 istatistik güven düzeyini ifade etmektedir.)

**5. MAGNET İSTASYONLARININ DOĞRUSAL HIZ MODELİNE BAĞLI SİNYAL ARTIKLARI İLE SİNYAL GENLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ VE ZENİT GECİKME BİLİNMEYENLERİ ÜZERİNDEKİ DÖNEMSEL ETKİLER**

GPS sinyallerinin üzerindeki dönemsel değişimler doğrudan hız trendi kestirimlerini etkilemektedir. Dönemsel değişimlerin yarattığı gürültüler neticesinde GPS sinyalinin hız modeline bağlı sinyal artıkları ve sinyal genlikleri incelenerek MAGNET sürekli GPS istasyonları üzerindeki dönemsel etkilerin büyüklüğünü tanımlamak mümkündür. Çalışmanın bu bölümünde MAGNET sürekli GPS istasyonlarının 2003–2005 yıllarındaki 3 yıllık döneme dair doğrusal hız modeline bağlı sinyal artıkları ile yıllık ve yarıyıllık sinyal faz diyagramları oluşturulmuştur.



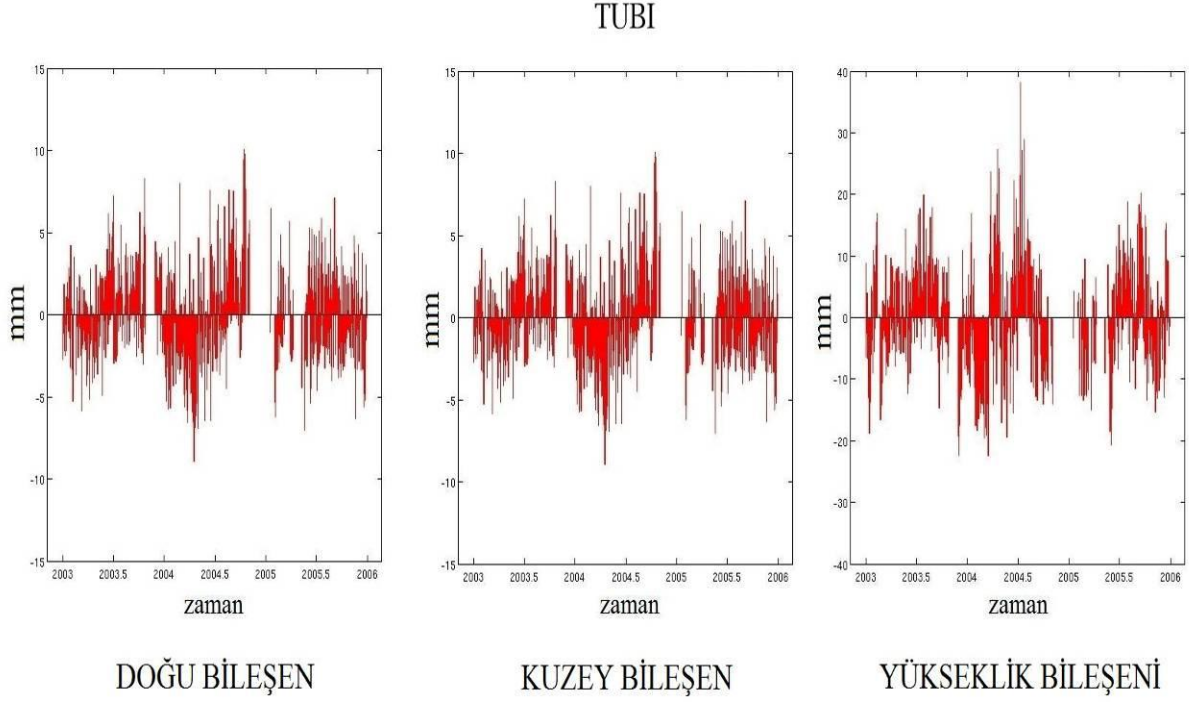
Şekil 8: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının 2003–2005 yıllarındaki 3 yıllık dönem için yıllık faz diyagramı



Şekil 9: MAGNET sürekli GPS istasyonlarının 2003–2005 yıllarındaki 3 yıllık dönem için yarıyıllık faz diyagramı

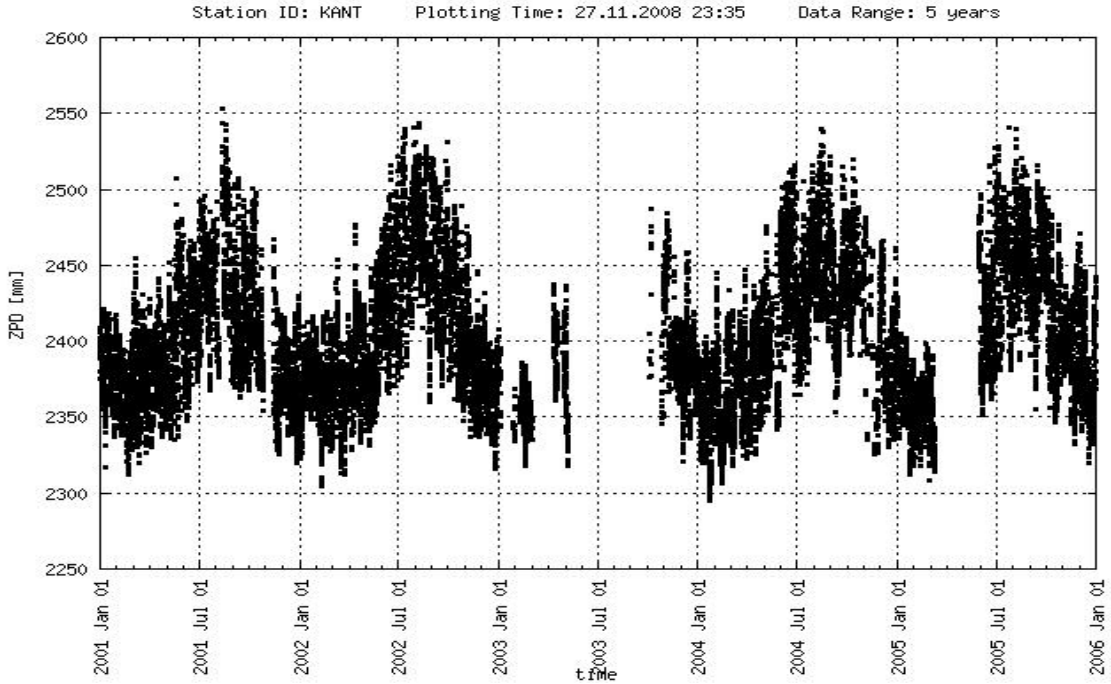
Sol üstteki grafikler kuzey yönündeki kosinüs ve sinüs bileşenleri için yarıyıllık ve yıllık sinyal genliklerini, sağ üstteki grafikler doğu yönündeki kosinüs ve sinüs bileşenleri için yarıyıllık ve yıllık sinyal genliklerini, sol alttaki grafikler düşey yöndeki kosinüs ve sinüs bileşenleri için yarıyıllık ve yıllık sinyal genliklerini göstermektedir. Genlik büyüklükleri 10 katsayısı ile çarpılarak elde edilen genlik değerleri grafik olarak verilmiştir. Sağ alttaki grafikler ise faz

yönü ile yarıyılık ve yıllık sinyal zamanları arasındaki korelasyonu göstermek için çizilmiş yardımcı şekildir. Sinyal fazları için referans 1 Ocak olarak alınmıştır ve zaman saat yönünde ilerlemektedir. Faz diyagramı ile ortaya konulan sinyal genlikleri üzerindeki yarıyılık ve yıllık maksimum etkinin hız modelinde sinyal artıkları (residual) şeklinde tezahür etmesi nedeniyle faz diyagramlarını residual değerleri ile desteklemek mümkündür.



Şekil 10: MAGNET ağındaki TUBI sürekli GPS istasyonunun doğrusal hız modeline bağlı sinyal artıkları

GAMIT yazılımı ile veri değerlendirme işlemi sonunda GPS istasyonu etrafındaki ortalama atmosferik etkileri yansıtan zenit gecikme bilinmeyenleri hesaplanabilmektedir. Atmosferik etkiler bu gecikme bilinmeyenlerinde de dönemsel anomaliler yaratmaktadır. KANT sürekli GPS istasyonunda GPS sinyalleri üzerinde en büyük gecikme Temmuz ayı içinde gerçekleşmektedir. Bu gecikme etkisi MAGNET sürekli GPS istasyonları yıllık faz diyagramındaki yükseklik bileşeni ile de desteklenmektedir.



Şekil 11: KANT sürekli GPS istasyonunun 2001–2005 dönemine ait 5 yıllık zenit gecikme bilinmeyenleri

## 6. SONUÇLAR

GLOBK ve TSVIEW yazılımları ile elde edilen hızların karşılaştırılması sonucu dönemsel anomalilerin MAGNET sürekli GPS istasyonlarındaki hız değerlerine etkisinin yatay bileşenler için 1-1,5 mm/yıl, yükseklik bileşeni için 1-3 mm/yıl ile sınırlı kaldığı ortaya konulmuştur. Tüm istasyonlardaki hız farklarının ortalaması ise yatayda doğu bileşen için  $0.38 \pm 0.20$  mm/yıl, kuzey bileşen için  $1.13 \pm 0.36$  mm/yıl ve düşeyde  $1.58 \pm 0.82$  mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Kampanya tipi ölçme noktalarındaki yıllık hız farkları doğu bileşen için 1-11 mm/yıl arasında, kuzey bileşen için 1-15 mm/yıl, yükseklik bileşeni için 1-29 mm/yıl arasında değişmektedir. Kampanya tipi ölçme noktalarında yıllık olarak iki dönem için ayrı ayrı kestirilen hızların farklar ortalaması doğu bileşen için  $3.93 \pm 2.51$  mm/yıl, kuzey bileşen için  $6.68 \pm 3.98$  mm/yıl, yükseklik bileşeni için  $9.61 \pm 6.23$  mm/yıl hesaplanmıştır. MAGNET istasyonlarının kampanya tipi ölçme noktası gibi değerlendirilmesiyle hesaplanan hız değerleri doğu bileşen için 1-2 mm/yıl, kuzey bileşen için 3-6 mm/yıl, yükseklik bileşeni için 1-35 mm/yıl arasında değişmektedir. Hız farklarının ortalaması ise doğu bileşen için  $1.02 \pm 0.58$  mm/yıl, kuzey bileşen için  $5.64 \pm 1.06$  mm/yıl ve yükseklik bileşeni için  $11.14 \pm 10.96$  mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

MAGNET sürekli GPS istasyonları için hesaplanan zenit gecikme bilinmeyenleri ise düşey yöndeki dönemsel etkileri tanımlamaktadır. Temmuz-Ağustos dönemindeki yüksek sıcaklık artışlarına bağlı olarak özellikle deniz seviyesine yakın bölgelerdeki su buharı yoğunluğunun artması nedeniyle bu yerlerdeki troposferik gecikme etkisi artmaktadır. Zenit gecikme bilinmeyenleri değerleri tüm MAGNET istasyonlarında en büyük değerlerine Temmuz-Ağustos döneminde ulaşmaktadır. Yıllık faz diyagramının yükseklik bileşeninde de maksimum genliklerin Temmuz dönemini işaret etmesi zenit gecikme bilinmeyenleri üzerindeki dönemsel etkiyi açıklamaktadır.

Gelecekte yapılması planlanan GPS kampanya planlamaları için daha kaliteli veri toplama ve ölçme stratejilerini geliştirme adına kampanya tipi ölçme noktalarının mümkün olduğunca deniz seviyesinden yüksek bir yerde konuşlandırılması, GPS kampanya ölçmelerinin yılın hep aynı dönemlerinde yapılması, bahar ve sonbahar dönemlerinde Marmara Bölgesi'nde görülen dönemsel değişimlerin göz önünde bulundurularak planlama yapılması, Temmuz-Ağustos dönemindeki maksimum güneşlenme etkisinden kaçınılması gibi stratejilerin kampanya veri kalitesini olumlu yönde etkileyeceği belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

Dodo, J. D., ve Kamarudin, M. N., 2008. *Investigation on the impact of tropospheric models on baseline precision in a local GPS Network: Case of the Malaysian RTKnet*, Journal of Geomatics, sayı: 2, No. 1

Herring, T.A., 2004, *GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, ABD.

Hopfield, H. S., 1977. *Tropospheric correction of electromagnetic ranging signals to a satellite: A study of parameters*, International Association of Geodesy Symposium, 23-28 Mayıs, Wageningen, Hollanda.

King, R. W., and Bock, Y., 2004, *Documentation of the MIT GPS analysis software: GAMIT*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, ABD.

Niell, A. E., 1996. *Global mapping functions for the atmospheric delay at radio wavelengths*, Journal of Geophysical Research, sayı: 101, sayfa: 3227-3246.

URL 1, Massachusetts Institute of Technology, Yer, Atmosfer ve Uzay Bilimleri Bölümü İnternet Sitesi, *GAMIT/GLOBK MATLAB TOOLS*, <http://www-gpsg.mit.edu/~tah/GGMatlab/>, Aralık 2008.