

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUZEY ANADOLU FAYININ BATI MARMARA BÖLÜMÜNDEKİ
HAREKETLERİNİN GPS ÖLÇMELERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Mehmet Ugur ALTIN**

Anabilim Dalı : JEODEZİ ve FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2006

**KUZEY ANADOLU FAYININ BATI MARMARA BÖLÜMÜNDEKİ
HAREKETLERİNİN GPS ÖLÇMELERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Mehmet Ugur ALTIN
501041610**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006**

Tez Danismanı : Prof.Dr. Ergin TARI

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Okan TÜYSÜZ

Doç. Dr. Mustafa YANALAK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışma sırasında bana bilgi ve birikimlerini aktaran, bstaan beni sabirle destekleyen danismanim Prof. Dr. Ergin TARI' ya, her türlü konuda yardimlarini esirgemeyen Aras. Gör. Hakan YAVASOGLU ve Yük. Müh. Gürsel RÜZGAR'a, sonsuz tesekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrica daima bana maddi ve manevi destek olan anneme, tez çalışmam süresince bana her konuda yardımcı destegini esirgemeyen arkadaşlarıma ve olan sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2006

M. Ugur ALTIN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LEVHA HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN JEODEZİK YÖNTEMLER	4
2.1. Giriş	4
2.2. Jeodezik Yöntemler	5
2.2.1. VLBI	5
2.2.2. SLR	7
2.2.3. GPS	8
3. DÜNYAMIZIN İÇ YAPISI ve LEVHA TEKTONİĞİ	17
3.1. Giriş	17
3.1.1. Uzaklaşan Levha Sınırları	19
3.1.2. Yakınlaştıran Levha Sınırları	21
3.1.3. Transform Faylı Sınırlar	22
3.2. Türkiye'nin Tektonik Levha Yapısı	22
3.3. Kuzey Anadolu Fayı (KAF)	24
3.3.1. KAF'in Tarihi	24
3.3.2. KAF'in Geometrik Karakteri	24
3.3.3. KAF'in Ötelenme Miktarı	26
3.3.4. Anadolu Fayının Yayı	26
3.3.5. Kuzey Anadolu Fayı'nın Evrimi	27
3.4. Levha Hareketlerinin GPS Teknolojisi ile Belirlenmesi	27
4. GPS VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	30
4.1. Giriş	30
4.2. TEQC Yazılımı	31
4.3. GAMIT/GLOBK Yazılımı	31
5. BATI-MARMARA PROJESİ	35
5.1. Bölgenin Tektoniği	35
5.2. BATI-MARM GPS Ağına Tasarımı	38
5.2.1. GPS Ölçmeleri	39
5.2.1.1. Birinci Kampanya GPS Ölçmeleri	39
5.2.1.2. İkinci Kampanya Ölçmeleri	41

5.2.1.3. Üçüncü Kampanya Ölçmeleri	42
5.3. GPS Verilerinin Değerlendirilmesindeki İşlem Adımları	43
6. GPS VEKTÖRLERİNİN YORUMLANMASI VE SONUÇLAR	50
6.1. Jeodezik Yorumlar	50
6.2. Jeolojik Yorumlar	59
 KAYNAKLAR	 61
EKLER	64
ÖZGEÇMİŞ	99

KISALTMALAR

KAF	: Kuzey Anadolu Fayi
VLBI	: Very Long Baseline Interferometry
SLR	: Satellite Laser Ranging
GPS	: Global Positioning System
HUAM	: Uydu- Alici mesafesi
DOP	: Dilution of precision
IGS	: International GPS Service
FAGS	: The Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service
IAU	: International Astronomy Union
CIO	: Conventional International Orgin
TRF	: Terrestrial Reference Frame
WGS-84	: World Geodetic system 1984
IERS	: International Earth Rotation Service
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
CEP	: Conventional Ephemeris Pole
IUGG	: International Union of Geodesy and Geophysics
IAU	: International Astronomical Union
IRF	: Inertial Reference Frame
RINEX	: The Receiver Independent Exchange Format
MAM	: Marmara Arastirma Merkezi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1.	Bölgede Meydana Gelen Büyük Depremler..... 36
Tablo.5.2.	GPS Ağındaki İstasyonların İsimleri ve En Yakın Yerleşim Bölgeleri 38
Tablo.5.3.	Birinci Kampanyada Kullanılan GPS Alıcı/Anten Bilgileri..... 40
Tablo.5.4.	İkinci Kampanyada Kullanılan GPS Alıcı/Anten Bilgileri..... 41
Tablo.5.5.	Üçüncü Kampanyada Kullanılan GPS Alıcı/Anten Bilgileri... 42
Tablo.5.6.	MAGNET Noktaları ve İsimleri..... 43
Tablo.5.7.	GAMIT Değerlendirmesinde Kullanılan Kisitlamalar 44
Tablo.5.8.	Değerlendirmede Kullanılan IGS İstasyonları 44
Tablo.5.9.	Stabilizasyon için Sabit Alınan İstasyon Noktaları..... 49
Tablo.6.1.	MAGNET Stabilizasyon Noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00).. 50
Tablo.6.2.	McClusky 2000 de Tanımlanan Stabilizasyon Noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)..... 52
Tablo.6.3.	Projede Kullanılan IGS Noktaları ile Stabilizasyon Hiz Bulguları(ITRF00)..... 53
Tablo.6.4.	Rüzgar 2004 te Tanımlanan Stabilizasyon Noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)..... 54
Tablo.6.5.	Aktug 2006 da Tanımlanan Stabilizasyon Noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)..... 55
Tablo.6.6.	MAGNET Projesi Stabilizasyon Noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)..... 56
Tablo.6.7.	Proje Noktalarının Yıllık Çözümlere Ait Ortalama σ_{rms} ve σ_{wms} Değerleri 56
Tablo.6.8.	ÜçYıllık Birleştirilmiş Çözümlerin Tekrarlılıklarına Ait σ_{rms} ve σ_{wms} Değerleri(Proje Noktaları) 57
Tablo.6.9.	Üç Yıllık Verilerden Elde Edilen Avrasya Plakası için MAGNET stabilizasyon noktaları sabit alınarak ITRF00 Hiz Değerleri.... 57

SEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Sekil 2.1 : VLBI Çalışma Prensipleri.....	6
Sekil 2.2 : SLR Çalışma Prensipleri	7
Sekil.2.3 : GPS Uyduları Dağılımı	9
Sekil.2.4 : IGS Gözleme İstasyonları	10
Sekil.2.5 : Tekli Fark Yöntemi	14
Sekil.2.6 : Çiftli Fark Yöntemi	15
Sekil.3.1 : Yeryükrelin Katmanlı İç Yapısı.....	17
Sekil.3.2 : Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram	18
Sekil.3.3 : Uzaklaşan Levhalar.....	19
Sekil.3.4 : Yakınlaşan Levhalar.....	22
Sekil.3.5 : Anadolu ve Arabistan Plakası Arasındaki İlişki.....	23
Sekil.3.6 : Kuzey Anadolu Fayı ve Türkiye.....	25
Sekil.5.1 : Anadolu Plakasının Hareketi	35
Sekil.5.2 : Batı Marmara Depremleri.....	37
Sekil.5.3 : BMARM Proje Alanı ve İstasyon Noktaları.....	39
Sekil.6.1 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(MAGNET Stabilizasyon Noktaları ile).....	51
Sekil.6.2 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(McCluskey 2000 Stabilizasyon Noktaları ile).....	52
Sekil.6.3 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Proje IGS Noktaları Stabilizasyonu ile).....	53
Sekil.6.4 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Rüzgar 2004 Stabilizasyon Noktaları ile).....	54
Sekil.6.5 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Aktug 2006 Stabilizasyon Noktaları ile).....	55
Sekil.6.6 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(MAGNET Stabilizasyon Noktaları ile).....	59

SEMBOL LİSTESİ

D	: Mesafe
c	: Hız (Işık Hızı)
t_g	: Lazer vurusunun gönderim zamanı
?t	: Zaman(gecikme zamanı)
t_d	: Lazer vurusunun dönüş zamanı
f₀	: Temel frekans
t_k	: k alıcısı tarafından üretilen zaman
t^p	: Uydu tarafından gönderilen nominal zaman
I_k^p	: İyonosferik gecikme
T_k^p	: Troposferik gecikme
r_k^p	: Uydu ile alıcı arasındaki toposentrik mesafedir.
Φ_A^k	: A noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz
r_A^k	: A'dan k'ya geometrik uzaklık
N_A^k	: Başlangıç tam sayı bilinmiyeni
Φ^k	: Uydu saat hatası
Φ_A	: Alıcı saat hatası
r	: Serbestlik derecesi
s	: Belirsizlik

KUZEY ANADOLU FAYININ BATI MARMARA BÖLÜMÜNDEKİ HAREKETLERİNGPS ÖLÇMELERİ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Deprem uzun yıllar boyunca insanların araştırdığı bir çalışma konusu olmuştur. Yer kabuğunun sürekli hareket halinde olan levhalardan oluştuğu gerçeği deprem çalışmalarına yepyeni bir boyut kazandırmıştır. Bu yeni bakış açılarının sağladığı yaklaşımlar sayesinde Jeodezik çalışmaların yirminci yüzyılın başlarından itibaren deprem çalışmalarına alt yapı sağlaması mümkün olmuştur.

Jeodezik olarak yapılan çalışmalar teknoloji ile doğru orantılı olarak ilerlemiştir. Önceleri klasik yöntemleri kullanılırken daha sonra teknolojinin gelişmesi ile uydu jeodezisi ortaya çıkmış ve çalışmalar bu alana doğru yoğunlaşmıştır.

Uydu jeodezisinde kullanılan yöntemler arasında VLBI, SLR ve GPS yer almaktadır. VLBI ve SLR'in karmaşık yapısı GPS tekniğinin kullanılmasını gerektirmiştir. GPS tekniği bir sırt çantasına girebilecek kadar küçük hacimli bir anten ve alıcıdan oluşmaktadır. GPS sayesinde levha hareketlerinin belirlenmesinde gerekli olan yüksek doğruluğu daha ucuz, çabuk ve bir o kadar da kolay gerçekleştirilmek mümkün olmuştur. Bu özellikleri sayesinde GPS sadece jeodezik olarak değil tüm disiplinlerle özellikle jeodinamik amaçlı kullanımlarda büyük bir yere sahip olmuştur.

Diğer ölçme tekniklerinde olduğu gibi GPS tekniğinde de hata kaynaklarının nedenleri bilinmektedir. Levha hareketleri gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda, bu hataların en aza indirilmesi ya da hataların elenebilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca hesap aşamasında, VLBI ve SLR ölçme teknikleri ile yüksek duyarlılıkta bilinen ve kabuk deformasyonu çalışmalarında önemli olan parametrelerin ve uygun modellerin kullanılması, bu hataların etkilerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Bu alısmada, ise Kuzey Anadolu Fayının Bati kesiminde yapılan GPS lmelerinin değerlendirilmesi ile KAF'ın Bati bölümündeki davranıslarının belirlenmesine iliskin jeodezik alt yapı sunulacaktır. alısmada bölgede hakkında kısa bilgiler ile bölgeye zel aę tasarımı ile değerlendirme yöntemleri anlatılacak ıkan sonulara iliskin jeodezik ve jeofizik değerlendirmeler yapılacaktır.

DETERMINATION OF THE MOVEMENT ALONG THE NORTH ANATOLIAN FAULT ON THE WEST MARMARA SEGMENT WITH GPS MEASUREMENTS

SUMMARY

The earthquakes has always been a subject of interest for scientists. The discovery of the earth crust's consisting of continuously moving plates, had brought a new perspective to earthquake studies. Therefore, since the beginning of the 20th century, the geodetic contribution to earthquake studies has been possible. The geodetic studies improved by the new technological inventions. By the way the classical terrestrial observations change into space geodesy.

VLBI, SLR and GPS are some of the methods that are used in satellite geodesy. Since VLBI and SLR are large sized, complicated and expensive systems, the necessity to make optimum campaigns has made GPS a unique technology. GPS technology, which consists of an antenna and a receiver, is so small that it can be carried easily in a rucksack. Due to technological advances, GPS receivers and antennas have become cheaper and they have become more affordable.

High precision, which is necessary in determination of plate movements, is supplied by GPS technology cheaply, quickly and easily. Furthermore, GPS has a wide usage not only in geodesy but also in all other disciplines, especially in geodynamic based applications. As the other surveying techniques, in GPS, the error sources' reasons are known. In studies that require high accuracy like plate movements, reducing these errors to minimum or eliminating them can be provided. Besides, in calculation stage, the usage of parameters and appropriate models that have an important role in crust deformation studies and that are known with high accuracy by VLBI and SLR surveying techniques, reduce the effects of these errors greatly.

The aim of the project is to obtain the information of the strain accumulation along fault lines and to determine the earthquake potential. Having information about the strain accumulation along the fault line may allow us to evaluate future probabilities of regional earthquake hazards and develop earthquake scenarios for specific faults.. In this work, the planning stage of the network is examined. Also pre-results from the first surveying campaign are presented.

1. GIRIS

Insanoglunun yasamini sürdürdüğü yer küre insanlik tarihi boyunca degismez görünse de canlı bir varlık gibi hareket ettiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Insanoglunu algılama alanında olan hareket eden nesneye karşı merak duygusu araştırma arzusunda çoğu zaman beraerinde getirir. Kendi doğasının hareketini keşfetmek isteyen insanoglu doğanın hareketinin en iyi belirtisi olan depremi araştırmaya başlamıştır. İnsan yasamini çoğukez ağır can ve mal kayıpları ile etkileyen deprem doğa ile ilgili araştırmaların basında gelmektedir.

Geçmisten günümüze kadar gelen süreçte deprem mekanizması için ortaya konulan teoriler teknolojinin gelişmesi ve bilimsel ilerlemeler bu sonuçların mantıksız ve tutarsız sonuçlarını ortaya çıkarmıştır. Tüm bu ilerlemeler dışında bilime ayrılan mali destek yaşam alanını etkileyen deprem üzerinde çalışılmasını ve nedeni tanımlamada önemli katkı sağlamıştır. Bu noktada günümüz bilimsel verilerin ışığında kesin olarak söylene bilecek tek şey depremin ana nedeninin dünyanın oluşumundan itibaren hareket halinde olan ve Pangea'dan kopup bu konuma gelmeyi sağlayan kabuk hareketleridir.

Yurdumuzun içinde bulunduğu Akdeniz – Himalaya deprem kusagi Cebelitarık'tan Endonezya'ya kadar uzanmaktadır. Sadece Türkiye için değil ayrıca tüm insanlık tarihi için de unutulamayacak olan 17 Ağustos 1999 İzmit, 12 Kasım 1999 Düzce depremleri önde olmak üzere siddeti bu depremler bunlar yanında küçümsemeyecek birçok deprem binlerce hayata mal olmuştur. Tabi ki insanoglu bu depremlerinin nedenini merak etmiş ve sonuçta bu depremlerin birçoğu dünyanın en önemli fay hatlarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı üzerinde olduğu ortaya çıkmış ve bu fay hattı hakkında daha fazla bilgi elde etmek için daha fazla çalışmanın gerekliliği görülmüştür.

Bilimsel ilerlemeler sayesinde ulaşılan tasküre (litosfer) tabakasının birçok plakadan oluşması gerçeğinin sonucu olarak levha hareketleri (kabuk hareketleri) incelenmesi deprem çalışmalarındaki en son bulgulardandır(McClusky, 2000, Oral, 1994). Bu

gerçeğe göre tasküre birçok parçadan olusan ve sürekli hareket halinde olan levhalardan olusmaktadır. Üst manto katmanında meydana gelen basınç degisimleri bu levhaların hareket etmesini saglamakta ve bu hareketler farkli yön veya dogrultuda olabildigi gibi ayni dogrultuda da olabilmektedir. Dolayisi ile bu hareketler genellikle levha sinirlari olan faylar üzerinde depreme neden olmaktadır.

Levha hareketlerinin belirlenmesinde birçok bilim dali çalismalar yapmaktadır. Fakat hareketin doga üzerindeki yansimasi ve sonuçta olusa bilecek muhtemel hasar ve can kayiplari için bir belirleme yapa bilmek ve kesin yargılara ulasmak için münferit çalismalara ek olarak disiplinler arasi çalismamin da gerekliligi tespit edilmistir. Bu noktada Jeodezi, Jeofizik; Jeoloji gibi yer küre ile dogrudan iliski olan ve Uzaktan algilama gibi dolayli destek saglayan bilimler ortak çalisma rotalari çizmektedir. Jeodezi bilimindeki önemli gelismeler konum belirlemeye dayali kabuk hareketi tespitinde yeni teknik ve teknolojilerinde kullanimini beraberinde getirmistir. Geçtigimiz yüz yildan buyana gelisen uzay teknolojileri Jeodezi’de VLBI(Very Long Base Interferometry), SLR(Satellite Laser Ranging), GPS(Global Positioning System) gibi tekniklerle kullanilmaya baslamistir. VLBI ve SLR yaklasik olarak ayni mantik çerçevesinde çalismakta olup ölçmelerde milimetre mertebesinde dogruluk elde edilmektedir. Tasima kolayligi olmamasi ve yüksek maliyet bu iki sisteminde uygula bölgelerini ve imkânlarini sinirlamaktadır. Tüm bu etkili nedenlerden dolayı günümüzde kabuk hareketi GPS teknolojisi ile belirlenmektedir.

GPS, 24 saat istenilen yerde her türlü hava kosulunda ölçme yapılabilmesi, asiri insan gücüne ihtiyaç duyulmaması, düşük maliyeti ve tasinabilir ekipmanlardan olusmasi sebebi ile diger jeodezik tekniklerden üstündür. Ayrıca uygun ölçme yöntemi ve veri isleme yazilimlari kullanildigi zaman santimetre altında dogruluklu sonuçlar vermekte olan GPS diger tüm jeodezik çalismalarda da kullanılmaktadır(Yavasoglu, 2003, Rüzgar, 2004). VLBI ve SLR tekniklerinden, büyük ölçekteki kabuk hareketlerinin tanımlanmasında, yerkabugunda diger gezegenler, ay ve güneşin çekim etkileri ile olusan gelgitlerin belirlenmesinde, yerin dönme ve çekim parametrelerinin belirlenmesinde faydalanılmaktadır(Dong, 1993, Murray, 1991). Bu iki teknik ile üretilen veriler GPS tekniginde altlik olarak yapılandırılarak istenilen dogruluga ulasılmaktadır.

Çalışmalar sonucu elde edilen verilerin doğruluklarına bakıldığında büyük ölçekteki levhalara bağli olarak küçük ölçekteki levhaların hareketlerinin jeodezik uzay teknikleri ve özellikle GPS tekniğı ile belirlenmesi en uygun teknik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fayının Gaziköy-Saroz körfezi çevresinde GPS ölçme tekniğinin kullanılarak bölgedeki faylar çevresindeki yer kabuğı hareketlerinin belirlenmesi amaçlanmış ve bu doğrultuda 2003, 2004 ve 2005 yıllarında ölçmeler gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, KAF'nin Batı kısmında kurulan GPS ağınin, değerlendirilmesi ve bölgenin depremselliğinin belirlenmesindeki kullanımı açıklanmıştır. Ayrıca BATI-MARM GPS ağınin kurulmasından günümüze kadar olan gelişim süreci ile yapılan kampanyalar ve bu kampanyalar sonucu elde edilen sonuçlar açıklanmaktadır.

2. LEVHA HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN JEODEZİK YÖNTEMLER

2.1. Giriş

Depremiñ nedeni yer kabuğundaki deformasyonlardır. Bu deformasyonları belirlemenin yollarından biri de jeodezik çalışmalardır. Jeodezik yöntemlerle çalışma bölgesine uygun bir şekilde bir ağı kurulur ve bu ağı üzerinde belli zaman aralıklarıyla yapılan uzaklık ve açı ölçmeleri ile jeodezik anlamda deformasyonlar ve dolayısıyla levha hareketleri belirlenmeye çalışılır. Yapılan bu ölçümler ile yataydaki ve düşeydeki değişimler belirlenebilir.

Jeodezik yöntemler ile yapılan ve sonucunda tektonik hareketlerle ilişki kurulan ilk çalışma 1892 yılında Sumatra’da Tapanuli, deprem bölgesinde Müller tarafından (Yeats ve diğ., 1997) yapılmıştır. Bu çalışmada bölgede deprem öncesi ve sonrasında yapılan açı ölçmelerinin tutarsızlığı farkedilerek bunların depreme bağlı deformasyonu işaret ettiği belirlenmiştir.

Geniş alanda jeodezik yöntemlerle veri toplanarak yapılan ilk çalışma ise San Andreas fayı üzerinde 1851-1865, 1874-1892 yılları arasında (depremden önce) ve 1906 (depremden sonra) yıllarında yapılan ve H. F. Reid’in elastik yer değiştirme teorisine altlık oluşturan çalışmadır. Bu çalışmada 1906 San Andreas depremi öncesi yapılan iki grup ölçme ile depremden çok kısa bir süre sonra yapılan üçüncü grup ölçme sonuçları karşılaştırılmış ve San Andreas Fayı’nın batı bloğunun doğu blokuna nazaran 3.2m kuzeye doğru hareket ettiği anlaşılmıştır. Yapılan bu çalışmalar ışığında H. F. Reid, deprem olmadan önce kabuk üzerinde yıllar boyunca biriken elastik gerilimin deprem ile birlikte boşaldığını ortaya koymuş, böylece bugün de kabul edilen elastik yeniden serbestlenme (elastic rebound, Reid, 1910) kavramı ortaya çıkmıştır.

Klasik jeodezik yöntemlerde de teknolojik gelişime uygun olarak değişimler yaşanmış ve açı ölçmelerinin yanında elektronik uzunluk ölçmelerinin de kullanılmasına başlanmıştır. Kilometrelerce uzaktaki iki noktanın üç boyutlu konumlarının çok kısa süre içinde milimetre hassasiyetinde belirlenebilmesi isteği jeodezik ağların ölçeğini büyütmüş, jeodezik çalışma alanlarını genişletmiş ve jeodezik sonuçlardaki güvenilirlik arttırmıştır (Yavasoglu, 2003).

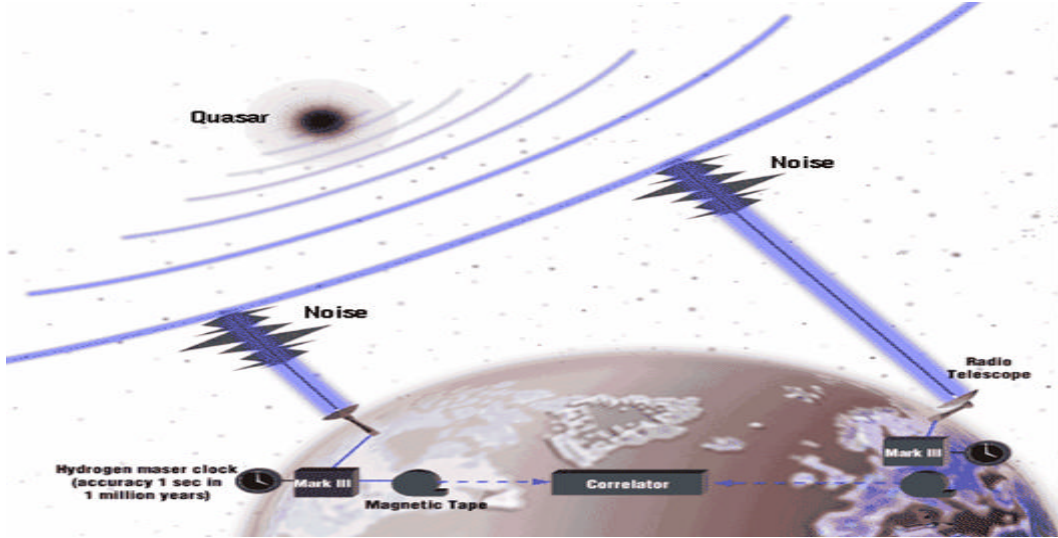
Jeodezide deformasyon ölçmeleri ilk olarak klasik mesafe ve açı ölçümü ile başlamış ve daha sonra elektronik uzaklık ölçerler ve en son olarak da 1980'li yıllarda sivil kullanıma açılan uzay jeodezisi kullanılmaya başlanmıştır. Bu bölümde günümüz teknikleri olan VLBI (Very Long Baseline Interferometry – Çok Uzun Bazlı Interferometri), SLR (Satellite Laser Ranging – Uydulara Lazerle Uzaklık Ölçmeleri) ve GPS (Global Positioning System – Küresel Konumlama Sistemi) özetlenecek ve tektonik amaçlı kullanımlarına değinilecektir.

2.2. Jeodezik Yöntemler

2.2.1. VLBI

Çok Uzun Bazlı Interferometri VLBI (Very Long Baseline Interferometry), ile uzayın dış kısımlarında bulunan astrogalakitik radyo kaynaklarının yayımladığı radyo sinyalleri toplanmakta ve bu istasyonların konumları bu radyo sinyalleri ile 1 cm'nin altında doğrulukla belirlenebilmektedir (Yeats ve diğ., 1997, Dong, 1993, Murray, 1991). Uzayda yaklaşık konumu bilinen birçok astrogalakitik radyo kaynağının gönderdiği 0.5GHz - 22GHz (75cm-13cm) frekans aralığındaki sinyallerin algılanabilmesi için özel antenler kullanılmaktadır. (Çakmak, 2001)

Dünya üzerindeki radyo teleskoplar astrogalakitik kaynakları izlemekte ve sinyal yayımladıklarında kaydetmektedirler. İstasyon noktalarında kaydedilen sinyaller kaydedilme zamanları dışında tamamen birbirinin aynısıdır. Sinyallerin bir istasyonda diğerinden daha geç algılanması sayesinde bu iki istasyon arasında uzaklık ilişkisinin kurulması mümkün olmaktadır. (Şekil.2.1, Formül 2.1) (Yeats ve diğ., 1997)



Sekil.2.1 : VLBI Çalışma Prensibi

$$D=c \cdot \Delta t \quad (2.1)$$

Burada, D ; Mesafe,

c ; Işık Hızı,

Δt ; Gecikme Zamanı

Birçok astrogalakitik radyo kaynağının es zamanlı izlenmesi ile bu radyo sinyalleri algılayan istasyonların oluşturduğu ağa ilişkin üç boyutlu konum bilgileri yüksek doğruluklarla tanımlanabilmektedir.

VLBI istasyonlarında toplanan veriler ile kutup hareketleri, yeryuvarının dönme hızı ve dönme ekseninin hareketleri ve kabuk deformasyonlarına ait yüksek doğruluklu bilgiler elde edilmektedir.

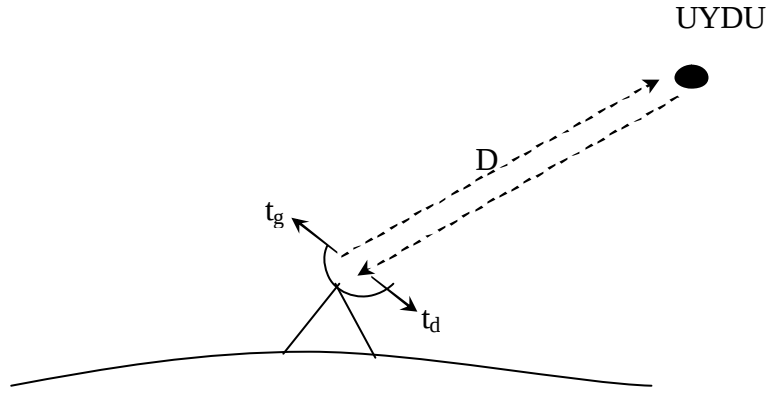
VLBI ölçmeleri 1977 yılında NASA tarafından başlatılmıştır. 1990 yılına gelindiğinde küresel bir ağ haline dönüşen VLBI şu anda dünya üzerinde değişik ülkelere dağılmış sabit ve gezici olmak üzere birçok istasyona sahiptir. (Murray, 1991; Yeats ve diğ., 1997; Çakmak, 2001)

VLBI, gök merkezli Jeodezik teknikler içinde en yüksek doğruluğa sahip olan tekniktir. Ayrıca hava koşullarından etkilenmemesi nedeni ile, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde, yeryuvarının dönme hızının ve dönme ekseninin hareketlerinin belirlenmesinde, göksel koordinat sisteminin temel altlığının

olusturulmasinda ve birçok tektonik hareket ve sismik deformasyonların belirlenmesinde basari ile kullanılmaktadır. Kaliforniya’da San Andreas fayının GPS ölçmeleri ile kinematiginin belirlenmesi sırasında da kullanılmistir (Yeats ve dig., 1997; Oral, 1994). Bu avantajlarının yani sıra tasınabilir olmaması, yüksek maliyeti ve geniş hacimli bir donanımına ihtiyaç duyması ve dünya üzerinde homojen dağılımlı sürekli istasyonları bulunmaması gibi dezavantajları vardır (Yavasoglu, 2003)

2.2.2. SLR

SLR (Satellite Laser Ranging – Yapay uydularla lazer ölçmeleri), Küresel levha hareketlerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer uzay jeodezisi teknigidir. Bu teknikte istasyon noktasından uyduya yöneltilen lazer vurusunun uyduya gidis-dönüş zamanı çok hassas biçimde ölçülmektedir. Böylelikle uydu ile istasyon arasındaki mesafe hassa bir şekilde ölçüle bilmektedir



Sekil.2.2 : SLR Çalışma Prensibi

$$D = \frac{1}{2} * (t_d - t_g) * c \quad (2.2)$$

Burada; D; yer istasyonu ile uydu arasındaki mesafe

c; atmosferdeki ışık hızı

t_g; lazer vurusunun gönderim zamanı

t_d; lazer vurusunun dönüş zamanı

Yer istasyonlarında SLR ölçmelerine ait üç çeşit veri saklanmaktadır: uydu ile yer istasyonu arasındaki mesafeler, istasyon noktasının ölçme uzayı içinde bulunan uyduların konumları ve ölçülen zamanlar.

Elde edilen bu verilerden iki şekilde yararlanılmaktadır. Birinci metodda kaydedilen veriler eşzamanlı olarak aynı SLR uydusuna yöneltme yapan diğer istasyon noktaları ile karşılaştırılmaktadır. Bu metod ile iki istasyon noktası arasındaki mesafe büyük bir doğrulukla hesaplanabilmektedir. İkinci metodda ise; istasyon konumlarını belirlemek için yeryüzü üzerindeki tüm SLR istasyonlarının verileri kullanılarak uydu yörüngeleri periyodik olarak hesaplanmaktadır.

Lazer uydularına bağlı olarak SLR istasyonlarının konum doğrulukları 1-3cm ile 1-6m arasında değişmektedir. Dünya üzerindeki yaklaşık 50 SLR istasyonu ile küresel yer kabuğu hareketlerinin modellenmesi, yeryuvarının dönüşü, çekim alanına ilişkin parametrelerin elde edilmesi ve yersel referans sisteminin/sistemlerinin oluşturulması mümkün olmaktadır (Çakmak, 2001, Yeats ve diğ., 1997).

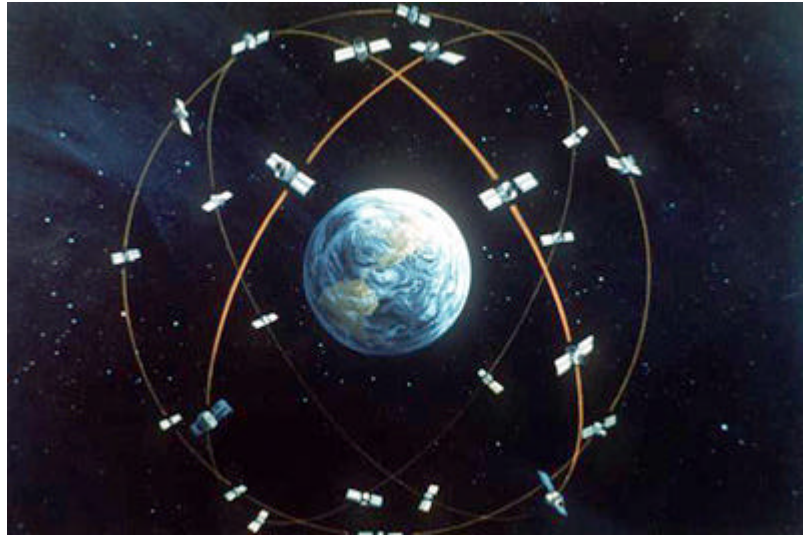
2.2.3. GPS

Uzay tabanlı konumlama sistemleri, A.B.D. silahlı kuvvetleri ve NASA tarafından 1960'lara doğru kullanılmaya başlanmıştır. Uzay tabanlı bu sistemlerden birisi ticari amaçlar için 1967'de kullanılmaya başlanan TRANSIT'tir. Kullanılan uyduların yüksekliği 1100 km'dir. Bu nedenle yerçekiminden çok etkilenmektedir. Bu gibi dezavantajlar nedeniyle, 1974 yılında ABD Savunma Bakanlığı gelecekteki askeri navigasyon amaçlarını karşılamak için bir proje başlatmış ve böylece NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System) doğmuştur. 28 Haziran 1983 tarihinde ise Savunma Bakanlığı tarafından GPS'in sivil kullanımına izin verilmiştir.

GPS üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki olan uzay bölümü GPS uydularından oluşmaktadır. Bu uydular iki modüle edilmiş frekansta yayın yaparlar. Bu iletim uydularında bulunan atomik saatlerle kontrol edilir. Uydular aynı zamanda navigasyon bilgilerini içeren mesajlar gönderirler.

Uzay bölümünü oluşturan uydular şu ana kadar üç blok olarak planlanmıştır. 1. bloku oluşturan ve 5 yıl süreyle fonksiyonel olması planlanan 11 uydudan ilki 1978 yılında

yörüngeye oturtulmuştur. Konum belirlemek amacıyla bu uydulardan sadece altısından yararlanılabilmektedir. Test amaçlı 1. blok uyduları ekvator düzlemiyle 63 derecelik açı yapan iki ayrı yörünge düzleminde bulunmaktadır. Yörünge düzlemlerinin ekvatorla arakesitleri arasında 120 derecelik açı vardır. 7.5 yıl boyunca fonksiyonel olacak şekilde planlanan 28 adet 2. blok uydudan 1995 itibarıyla 25 tanesi aktif konumdadır. 2. blok uyduları ekvator düzlemiyle 55 derecelik açı yapan 6 ayrı yörünge üzerinde hareket etmektedir. Bu yörünge düzlemleriyle ekvator düzleminin arakesitleri arasında 60 derecelik açı bulunmaktadır. 3. blok uyduları ise henüz tasarım aşamasındadır.



Sekil 2.3 : GPS Uydularının Dağılımı.

GPS uydularının ortalama dönüş zamanları 11 saat 58 dakika, dünyaya uzaklıkları ise 20200 km'dir. İçinde sinyal gönderici, sinyal kaydedici, anten, osilatör ve mikroislemci bulunan uydular ortalama 430 kg ağırlığındadır. Dünyanın her yerinden her an en az 4 uyduyu gözlemek olanaklıdır. Uydu herbiri 7.2 m² lik iki güneş kollektörü ile elektrik enerjisini sağlar. Güneş enerjisi panellerinin yüzeyi güneşe dik gelecek şekilde tutulur. Uydunun güneşi görmemesi durumunda enerji sağlamak için 3 tane nikel-kadmium pil bulunur. Zaman bilgisi ise 2 tane rubidyum 2 tane sezyum atomik saatinden üretilir.

Bütün uydu sinyalleri temel frekans olan 10.23 MHz'den üretilmiştir. Temel frekans atomik saatlerden üretilir. Temel frekans 154 ile çarpıldığında L1 taşıyıcı dalga

frekansi olan $L1 = 1575.42$ MHz, 120 ile çarpıldığında $L2$ taşıyıcı dalga frekansi olan $L2 = 1227.60$ MHz bulunur.

P ve C/A kodlarına PRN (Pseudo Random Noise) kodları denilmektedir. P kod dizisi 266 günde bir tekrarlanır. Bunların 1 haftalık kısımları uydulara ayrı ayrı tanımlanmıştır. Her hafta cumartesiye pazara bağlayan gece yarısı başlangıç değerine getirilir. C/A ve P kodları eş zamanlı gönderilir. Her uydü kendine has C/A kodu üretir. Böylece uydulardan gelen eş zamanlı sinyaller birbirinden ayrılır. $L1$ sinyali hem P hem de C/A kodu ile modüle edilmiştir. $L2$ sinyali sadece P kodu ile modüle edilmiştir. $L1$ ve $L2$ sinyalleri sürekli olarak navigasyon verileri (uydu mesajları) ile modüle edilmektedir

GPS isteminin ikinci bölümü olarak kontrol bölümü ele alınabilir. Bu kısım Colorado Springs'te bulunan bir ana istasyon ile dünya üzerinde bulunan 4 adet gözleme istasyonundan oluşmuştur. Kontrol kısmının amacı uydu sinyallerini gözleyip efemerisi (uydu yörünge parametrelerini) önceden belirlemek, uydu saatini kalibre etmek ve navigasyon mesajlarını periyodik olarak güncelleştirmektir. Dünya yüzüne dağılmış beş istasyon noktası şunlardır;

Colorado Springs (USA-Ana kontrol noktası)

Diego Garcia (Hint Okyanusu-Monitör istasyonu-Yükleme istasyonu)

Ascension Island (Güney Atlantik-Monitör istasyonu-Yükleme istasyonu)

Kwajalein (Pasifik Marshall adaları-Monitör istasyonu-Yükleme istasyonu)

Hawaii (Monitör istasyonu)



Sekil 2.4 : IGS İzleme İstasyonları

Monitör istasyonlarının görevi uydu sinyallerini sürekli kaydetmek ve toplanan verileri ana kontrol noktasına göndermektir. Ana kontrol noktasında, gönderilen verilerden yararlanılarak uydu yörünge parametreleri, uydu saati ve iyonosferik

model parametreleri hesaplanır. Hesaplanan bu degerlerden gelecek 26 saat için extrapolasyonla adi geçen parametreler tahmin edilir. Tahmin edilen bu degerler üç yükleme istasyonu tarafından S bandında 8 saatte bir gönderilir ve L1, L2 tasiyici dalgalarına uydu mesajlari (navigasyon) olarak modüle edilirler.

GPS istemindeki üçüncü bölüm ise kullanıcı bölümüdür. GPS sistemleri özellikle askeri ve sivil kuruluslardaki harita mühendisleri tarafından kullanılmaktadır. Buradaki kisiler alıcının yapısına göre elde edilen sinyalleri degisik sekillerde degerlendirirler.

Alici Tipleri:

1. C/A kod pseudorange alıcilari
2. C/A kod ve faz tasiyici dalgalar
3. P kod ve faz tasiyici dalgalar

C/A kod pseudorange alıcilari. C/A kod pseudorange alıcilar genellikle elde kullanılan ve enerjisini küçük pillerden saglayan tiplerdir. Bu tip cihazların birden altiya kadar bagimsiz alıcı kanallari vardır ve çıktı olarak üç boyutlu konum bilgisi verirler: enlem, boylam ve yükseklik ya da bir haritada sistemindeki dik koordinatlar. Alıcının hareketli olduğu uygulamalarda dört veya daha fazla kanalli olanlar tercih edilir. Çünkü uydu uzaklıklarının sürekli gözlenmesi ile daha dogru sonuçlar elde edilir. Diger taraftan alıcının sabit konumlarda olduğu uygulamalarda tek kanalli olanlar tercih edilir ve uzunluk ölçmeleri yapılır. C/A kodlu pseudorange alıcisi; yürüyüş yapan insanlar, denizciler ve aynı zamanda otomobiller için en uygun alıcı tipidir.

C/A kod ve faz tasiyici alıcilar: Oniki tane kanallari vardır. Bu alıcilar, her tipte tasarlanan ölçü yönteminde kullanılabilir ve aynı zamanda tasiyici fazi belleğinde tutma yetegine sahiptirler.

P kod ve faz tasiyici alıcilar: Ölçme, nokta konumlandırma ve navigasyon için 1984 yılında yapılmış ilk alıcılardır. P kod alıcilar ile çok uzun bazlar (100 km) bir santimetrenin altında presizyonla belirlenebilir. P kodu alıcılarının bir başka avantajı da orta mesafedeki (20 km) ölçü hassasiyetidir. Orta mesafelerde on dakikalık veri ile santimetre seviyesinde dogruluk elde edilebilir.

GPS ölçmelerinin iki önemli tipi vardır. Bunlar pseudo uzaklıkları ve taşıyıcı faz ölçmeleridir. Pseudo uzaklık teknikleri genellikle navigasyon amaçlı kullanılır. Yüksek presizyonlu ölçmelerde ise taşıyıcı faz kullanılır. Pratikte orjinal taşıyıcı faz gözlemlerinin belirli kombinasyonlarının işleminden geçirilmesi yaygındır. Bunlar tekli, ikili ve üçlü farklardır. Bu kombinasyonların kullanılmasının sebebi sırasıyla uydu saat hatası, alıcı saat hatası ve tamsayı belirsizliğini gidermektir.

Pseudo (kod ölçüsü) uzaklık uydu anteniyle alıcı anteni arasında ölçülen mesafedir. Sinyallerin iletim zamanı uydular tarafından ve alıcı tarafından üretilen belirleyici sahte rastgele kodlar olan PRN kodlarının korelasyonu ile ölçülür. Alıcıdaki kod izleme devresi maksimum korelasyon oluşuncaya kadar PRN kodunun içteki kopyasını değiştirir. Korelasyon oluştuğunda zaman ötelemesi yani zaman farkı belirlenir. Bu zaman farkı ışık hızıyla çarpılarak pseudo uzaklık bulunur. Uydu ve alıcı saatinde kaçınılamayan zaman hataları ve sinyaldeki gecikmeler ölçülen uzaklığın hatalı olmasına sebep almaktadır. Pseudo uzaklık ölçümü P veya C/A kodu ile yapılabilir, troposferik ve iyonosferik yayılım gecikmesi ölçülen pseudo uzaklığı direkt olarak etkileyen büyüklüklerdir.

Pseudo uzaklık ölçümünün genel ifadesi

$$[t_k + dt_k - (t^p + dt^p)] * c = r_k^p + I_k^p + T_k^p \quad (2.3)$$

elde edilir.

Gerçek pseudo uzaklığı

$$P_k^p = (t_k - t^p) * c \quad (2.4)$$

olup

t_k = k alıcısı tarafından üretilen zaman

t^p = Uydu tarafından gönderilen nominal zaman

I_k^p = İyonosferik gecikme

T_k^p = Troposferik gecikme

r_k^p = Uydu ile alıcı arasındaki toposentrik mesafedir.

dt_k = Alıcı zaman farkı

dt^p = Uydu zaman farkı

Pseudo uzaklik ölçmeleri navigasyon, araç izleme vb. amaçlar için kullanilir.

Faz gözlemleri GPS ölçmelerinde en çok kullanılan gözlemlerdir. Faz gözlemleri, tasiyici dalganin, P ve C/A kodlari yerine, modüle edilmemis (L1 ve L2) haline yapılmaktadır. Uydudan yayınlanan fazin benzeri alici içinde de üretilmekte ve bunlar arasında korelasyon saglanmaktadır. Baska bir deyişle, faz gözlemi; t zamaninda uydudan yayınlanan sinyalin (L1, L2) tasiyici fazi ile t_R zamaninda alici tarafından üretilen referans sinyalin fazi arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Leick ,2003).

Uydular konum belirlemek amacı ile dünyaya sürekli olarak sinyaller gönderirler. Alici açıldıktan sonra sürekli faz üretmeye baslar. Alicida sinyaller, uydudan gelen sinyalin tam devri ile birlikte sayilmaya baslanır ve uydu görüsten çıkincaya kadar sayilir. Uydu ve alici sinyalinin birlikte sayilmaya baslanmasından önceki uydu sinyalinin tam devir sayısı bilinmez ve bu integer ambiguity (tam sayi belirsizligi) olarak adlandırilir. Eger çeşitli engellerden dolayı uydu sinyali bloke edilmezse, bir uydu ve alici için integer ambiguity sabittir. Faz ölçmeleride bulunan diger bir önemli hata kaynagi, saatlerin tam olarak senkronize olmamasından dolayı ortaya çıkar. Ayrıca düzenli ve rastlantisal baska hata kaynaklari da vardır. Faz ölçmeleri; haritalama isleri, deformasyon ve deprem izleme vb gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda kullanilir. En genel sekliyle faz denkleminin matematiksel modeli asagıdaki biçimde verilmistir.

$$\Phi_A^k(t) = -\frac{f}{c} r_A^k(t) + N_A^k + \Phi^k(t) - \Phi_A(t) + \text{diger hatalar} \quad (2.5)$$

Φ_A^k = A noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

r_A^k = A'dan k'ya geometrik uzaklik

N_A^k = Baslangıç tam sayi bilinmiyeni

Φ^k = Uydu saat hatası

Φ_A = Alici saat hatası

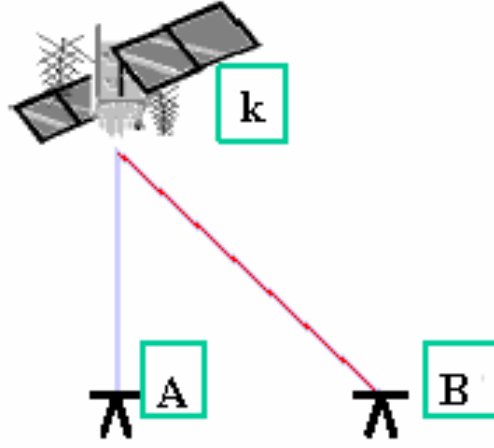
f = Frekans

c = Isigin bosluktaki hizi

Diger hatalar = Troposferik refraksiyon + Iyonosferik refraksiyon + Gürültü +
Degisik yüzeyden yansima + anten faz merkezi kayikligi vb.

Kod ve faz gözlemlerinden yararlanılarak oluşturulan farklar yardımıyla alıcı saat hataları, uydu saat hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi birçok ortak hata kaynağı giderilmektedir. Gözlem fark kombinasyonları farklı şekillerde oluşturulabilmektedir. Bunlar genel olarak; alıcı arasında, uydular arasında, ölçü epokları arasında ya da, L1 ve L2 frekansları arasında yapılmaktadır. Bu bağlamda jeodezik amaçlı olarak kullanılan faz gözlemleri arasındaki fark kombinasyonları aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Tekli farklar olarak iki farklı alıcı noktasında aynı uyduya eş zamanlı olarak yapılan faz gözlemleri arasındaki farklardır.



Sekil 2.5 : Tekli Fark Yöntemi

A noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

$$\Phi_A^k(t) = -\frac{f}{c} r_A^k(t) + N_A^k + \Phi^k(t) - \Phi_A(t) + \text{diğer}$$

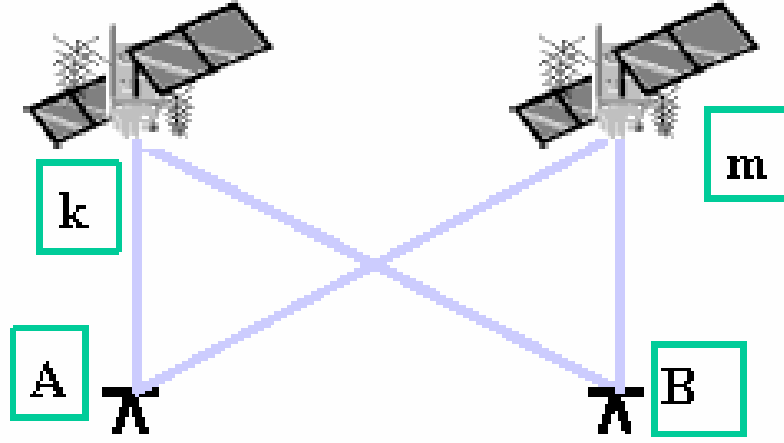
B noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

$$\Phi_B^k(t) = -\frac{f}{c} r_B^k(t) + N_B^k + \Phi^k(t) - \Phi_B(t) + \text{diğer}$$

Yukarıdaki eşitlikleri taraf tarafa çıkarırsak tekli fark yöntemiyle uydu saatlerindeki hatalar giderilmektedir

$$f_{AB}^k(t) = -\frac{f}{c} r_{AB}^k(t) + N_{AB}^k + f_{AB}(t) + \text{diğer} \quad (2.6)$$

İkili farklar (double differences) kısaca, iki tekli farkın farkı olarak tanımlanabilir. Baska bir deyişle aynı epokta iki farklı uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır.



Sekil 2.6 : Çiftli Fark Yöntemi

$$\text{K uydusu için tekli fark} \rightarrow f_{AB}^k(t) = -\frac{f}{c} r_{AB}^k(t) + N_{AB}^k + f_{AB}(t) + \text{diğer hatalar}$$

$$\text{M uydusu için tekli fark} \rightarrow f_{AB}^m(t) = -\frac{f}{c} r_{AB}^m(t) + N_{AB}^m + f_{AB}(t) + \text{diğer hatalar}$$

$$\text{ikili fark} \rightarrow f_{AB}^{km}(t) = -\frac{f}{c} r_{AB}^{km}(t) + N_{AB}^{km} + \text{diğer hatalar} \quad (2.7)$$

Bu yöntemle uydu ve alıcı saat hatalarının her ikisi birden giderilmektedir. Genellikle, GPS ölçülerini değerlendirme yazılımlarında temel gözlem eşitliği olarak ikili farklar kullanılmaktadır. Bu yöntemle ayrıca kısa baz uzunluklarında troposferik ve iyonosferik etkiler de giderilmektedir. (Leick, 2003)

Baslangıç faz belirsizliği (integer ambiguity) çözümü için çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu ölçme yöntemleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Bilinen Bazdan Ölçmelere Baslamak: Koordinatları bilinen noktalarda yapılan kısa süreli bir ölçme oturumundan sonra baslangıç faz belirsizliği bilinmeyi elde edilir. Daha sonra planlanan kinematik ölçmeye devam edilir.

Anten Yer Degisimi: Bu yöntemin temel ilkesi, koordinati bilinen bir nokta ve yakınında (yaklaşık 10 m) yardımcı bir noktada yapılan ölçme işlemi ile başlangıç faz belirsizliğinin hesaplanmasına dayanır. Bu yöntem kısaca şu şekilde özetlenebilir. Alıcılardan birisi A noktasına, diğeri ise B noktasına yerleştirilir. 1 dakikalık kısa bir oturumdan sonra, alıcılar kapatılmaksızın A noktasındaki alıcı B noktasına konurken, B noktasındaki alıcı da A noktasına kurur. Tekrar bir dakikalık ikinci bir oturumdan sonra B noktasındaki alıcı kaldırılarak ölçme yapılacak diğer noktalarda ölçmelere devam edilir. Bu yöntemde başlangıç belirsizliğinin çözümünde, her bir oturum için çift-fark ölçüleri ve bu farklardan üçlü fark ölçüleri oluşturulur. Fakat, alıcıların yer değiştirmesinden dolayı başlangıç faz belirsizliği elimine olmayıp, koordinatlar elemine olur. Dolayısıyla tek bilinmeyen olarak kalan başlangıç faz belirsizliği kolayca çözümlenir.

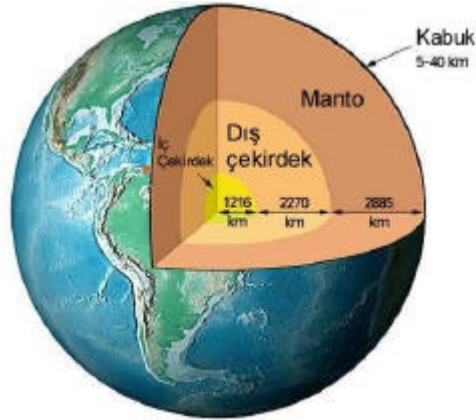
GPS sistemi bugüne kadar geliştirilmiş yüksek doğruluklu bir global konum belirleme ve navigasyon sistemi olmasına karşın, tüm diğer sistemlerde olduğu gibi, zayıf tarafları da vardır. Başka bir deyişle, GPS ölçmelerinden elde edilen sonuçları da etkileyen bazı raslantısal ve sistematik sapmalar (bias) söz konusudur. Bu sapmalar GPS'in bir çok kullanım alanı için fazla önemli bir sakınca oluşturmamakla beraber özellikle yüksek doğruluklu çalışmalarda bunların davranışının ve büyüklüğünün çok iyi değerlendirilmesi ve kontrol altında tutulması gerekir. Bu sapmalar çok farklı şekillerde olmakla beraber genel olarak uydulardan kaynaklanan hatalar, alıcı donanımına bağlı hatalar, ortam etkilerine bağlı hatalar olarak sınıflandırılabilir.

3. DÜNYAMIZIN İÇ YAPISI ve LEVHA TEKTONIGI

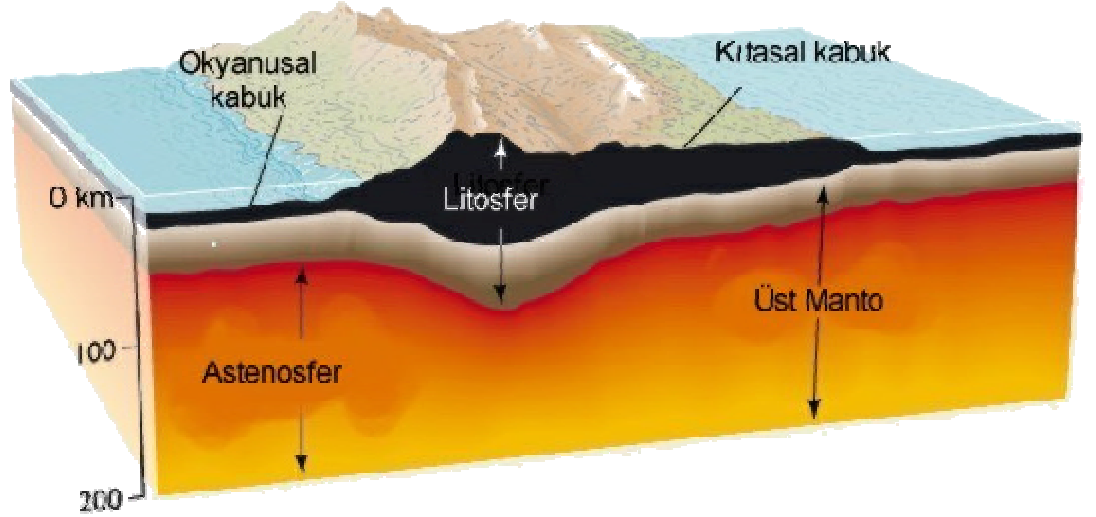
3.1 Giriş

Yerküremiz, distan içe doğru Yerkabuğu, Manto ve Çekirdek olarak adlandırılan katmanlardan oluşmuştur (Sekil 3.1). Bu katmanlardan en dista yeralan *litosfer* (tasküre), onun altında yeralan katman ise *astenosfer* adı ile bilinir. Astenosferin üst kesimi ile Litosferin alt kısmı Üst Mantoyu oluşturur. Litosferin 10-40 km kalınlığındaki en üst kesimine ise kabuk adı verilir (Sekil 3.2). Kabuk okyanus ve kıtalar altında farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.

Yerin en distaki katmanı olan yer kabuğu, kıtalar altında 25–80 km, okyanusların altında ise 5-8 km'lik bir kalınlığa sahiptir (Sekil 3.2). Yerkabuğu kendisi gibi katı olan ve Litosfer (Tasyuvar) adı verilen ve yaklaşık olarak 70-100 km kalınlığındaki katmanın en üst kısmını oluşturur. Litosferin altında ise Üst Mantonun daha yumuşak (akıcı) bölgesi olan ve Astenosfer olarak adlandırılan bölüm yer alır.



Sekil 3.1 : Yerkürenin katmanlı iç yapısı (Press ve Siever, 1999)



Sekil 3.2 : Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram (Press ve Siever, 1999'dan alınmıştır).

Litosfer ile Astenosferi birbirinden ayıran ve Moho süreksizliği adı ile bilinen düzlem, sismik dalgalarda kuvvetli kırılma ve yansımalarla yol açmakta, bu nedenle jeofizik çalışmalarla kolayca saptanabilmektedir. Bunun nedeni Moho süreksizliğinin üstünde yer alan litosferin katı halde, altında yer alan astenosferin ise plastik halde olması ve Moho süreksizliğinin bu iki farklı fiziksel haldeki katmanı birbirinden keskin bir sınırla ayırmasıdır. Diğer bir deyişle Litosfer, Astenosfer üzerinde yüzmektedir.

Litosferin katı ve rijit yapısına karşılık astenosfer kendi içerisinde yılda santimetre mertebesinde bir hızla hareket etmektedir. Astenosferin bu hareketleri ısıtılan bir kaptaki suyun konveksiyon akımları ile kıyaslanabilir. Nasıl ki bir kapta ısıtılan su hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar aşağıya doğru hareket etmekte ise Astenosfer de Dünya'nın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle benzeri bir hareket yapmaktadır. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki Litosferin farklı yönlerde sürüklenmesine neden olurlar. Astenosferin senede santimetre mertebesindeki hareketleri sonucunda Litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer parçalarına Levha, adı verilir.

Dünyada yedi tane büyük, çok sayıda da küçük levha bulunur. Bunlar her yıl birbirlerine göre 1 ile 10 santimetre arasında hareket etmektedirler. Çok yavaş olduğu için insan gözü ile fark edilmesi mümkün olmayan bu hareketler GPS

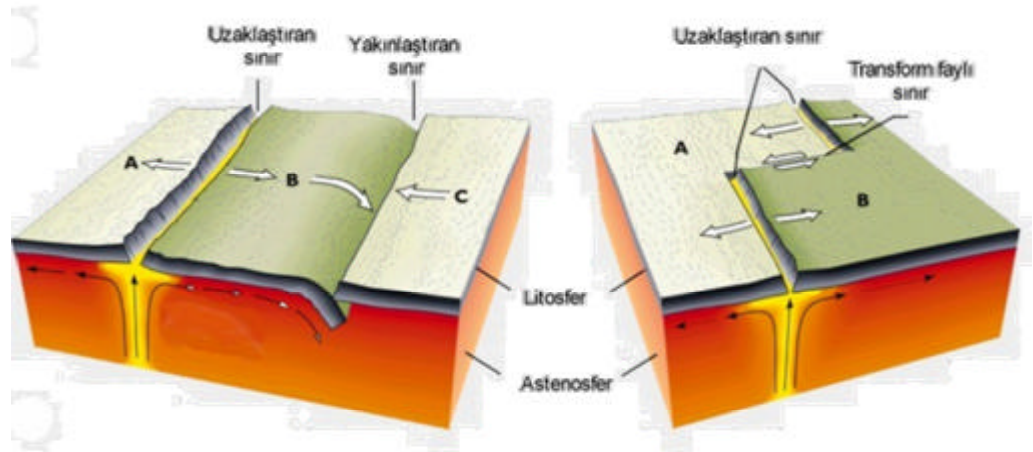
(Küresel Konumlama Sistemi) yöntemi yardımıyla ile presizyonlu olarak ölçülebilmektedir.

Levhalar birbirlerine göre üç tür hareket yaparlar (Sekil 3.3). Levhaların birbirlerinden uzaklastıkları yerlere uzaklastıran sınır, birbirlerine yaklastıkları yerlere yaklastıran sınır, levhaların birbirlerine göre yanıl olarak hareket ettikleri yerlere de transform faylı sınır adı verilir.

Tektonik açıdan Dünya'nın en hareketli yerleri olan levha sınırlarında farklı jeolojik olaylar meydana gelmektedir. Aşağıda levha sınırlarının baslıca özellikleri kısaca ele alınmıştır:

3.1.1.Uzaklastıran Levha Sınırları

Levhaların birbirlerinden uzaklastığı sınırlar okyanus tabanlarında ve kıtaların içlerinde görülmektedir. Batimetri (deniz tabanı) haritaları okyanusların dibinde karalardan çok daha uzun dağ sıralarının (okyanus ortası sırt) bulunduğunu göstermiştir. Bu dağ sıraları bugün Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanusları içerisinde binlerce kilometre uzunluğunda yer kaplamaktadır. Bu dağ sıralarının ortasında derin bir çukurluk (rift vadisi) bulunmakta, bu çukurluklarda sürekli bazalt volkanizması ve sig odaklı depremler meydana gelmektedir.



Sekil 3.3 Uzaklaşan Levhalar.

Okyanus ortası sırtlarında yapılan manyetik çalışmalar okyanus tabanının dağ sırasının ortasındaki rift vadisinin eksenine göre simetrik bir yapıya sahip olduğunu

göstermiştir. Bu durum okyanus tabanının okyanus ortası sirtta oluşup iki kenara doğru hareket ettiğini göstermektedir. Okyanus ortası sirttaki manyetik anomalilerin simetrik olması okyanus tabanı yayılmasını işaret etmektedir.

Benzer şekilde okyanus tabanının yaş dağılımının bakıldığında okyanus tabanını oluşturan kayaların okyanus ortası sirttan uzaya doğru simetrik olarak yaşlarının arttığı izlenmektedir. Bu durum da okyanus tabanının okyanus ortası sirtlarda oluşturulduğunu ve iki kenara doğru simetrik olarak yayıldığını işaret etmektedir.

Okyanus ortası sirtin iki tarafındaki levhalar alttaki konveksiyon akımlarının zorlaması ile sirt eksenine dik yönde birbirlerine zıt olarak hareket etmekte, arada meydana gelen boşluk astenosferden gelen sıcak magmanın her iki kenardaki levhalara eklenmesi yolu ile doldurulmaktadır (Şekil 3.3). Bu sürekli hareket sonucu okyanus tabanları her yıl uzaklaşma miktarı kadar büyümektedir.

Okyanus ortası sirtların altında büyük bir magma odası mevcuttur. Şekli okyanus tabanının yayılma hızına bağlı olarak değişen bu oda içerisinde yer alan magma iki kenardaki levhalara yapışarak ve okyanus ortasındaki rift vadilerinde püskürerek söğür ve litosfere ilave edilir.

Okyanus tabanları okyanus ortası sirtlarda birbirinden uzaklaşırken bir küre şeklinde olan dünyanın geometrisi gereği transform faylarla kesilir ve kendilerine has bir yapı oluştururlar (Şekil 3.3).

Uzaklaşan levha sınırları kıtalar içerisinde oluşmaya (riftleşmeye) başlarlar. Kıtalar riftleşme öncesi termal olarak yükselir, domlasırlar. Bu büyük dom üç kollu bir kırık sistemi ile parçalanır. Kollar normal faylarla parçalanarak gerilmeye ve açılmaya başlar. Bu açılma zonları içerisinde bazaltik volkanik aktivitenin geliştiği, sig odaklı depremlerle karakterize edilen normal faylarla sınırlı derin yarıklar halindedir. Riftleşmenin ileri aşamalarında iki kol giderek açılır ve aradaki boşluk magma tarafından doldurularak burada okyanusal kabuk oluşturulmaya başlar. Üçüncü kol ise okyanus aşamasına varamadan çökellerle dolarak kapanır. Bu kola Alakojen (basarisiz rift) adı verilir. Bu açılmanın en güzel örneği Kızıldeniz ve Doğu Afrika riftidir. Yaklaşık 10 milyon yıl önce Arap yarımadası Afrika'dan kopmaya başlamış, Doğu Afrika rifti basarisiz kalırken diğer iki kol açılmaya devam ederek Kızıldeniz'i oluşturmuşlardır.

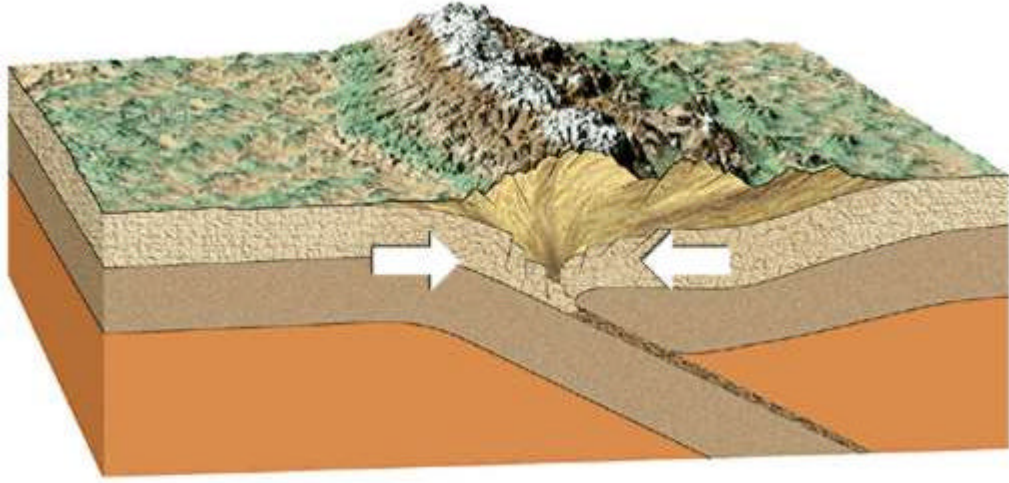
Yukarıda anılan açılma mekanizması jeoloji tarihi boyunca sürmüş ve Dünyanın çehresini sürekli olarak değiştirmiştir. Yaklaşık 250 milyon sene önce Dünya'daki kıtaların tek bir kıta halinde olduğu düşünülmektedir. Pangaea adı verilen bu süper kıta riftleşme yolu ile parçalanmış, farklı kıtalara bölünmüştür.

3.1.2. Yakınlaştıran Levha Sınırları

Okyanus ortası sirtlarda yaratılan levhalar bu sınırlardan uzaklaştıkça soğur, yasanır ve bu nedenle yoğunluğu giderek artar. Yaslı okyanus kabuğunun yoğunluğu astenosferin yoğunluğuna yakındır. Bu durum okyanusal litosferin kolayca astenosfer içerisine batmasına neden olur (Şekil 3.3). Okyanusal litosferin astenosfer içerisine batmasına dalma-batma (subduction) adı verilir. Pasifik çevresinde görüldüğü gibi derin okyanus hendekleri (trench) boyunca meydana gelen bu dalma-batma ile okyanusal litosfer yeniden astenosfere döner, burada eritilerek astenosfer içerisinde özümser ve tüketilir. Bu nedenle yakınlaştıran levha sınırlarına tüketen levha sınırları adı da verilir.

Astenosfere dalan okyanusal litosfer sürtünme ve derine doğru artan sıcaklık nedeniyle erimeye başlar. Okyanus kabuğu üzerinde çökelen ve kısmen astenosfere dalan çökellerdeki su da erimeyi hızlandırır. Eriyen malzeme sıcak ve az yoğun olduğu için yükselerek üstteki levha içerisine sokulur ve burada dalma-batma zonuna paralel uzanan magmatik bir kuşak (magmatik yay) oluşturur.

Dalma-batma okyanusun kapanarak okyanusun iki kuyusunu oluşturan iki kıtanın çarpışmasına kadar sürer (Şekil 3.4). Hafif olan kıtasal malzeme dalamaz, bu nedenle çarpışır. Çarpışma sonucunda aradaki çökeller ve çarpışan kıtalar sıkışır, bindirmelerle birbiri üzerine itilir ve sonuçta büyük dağ sıraları meydana gelir. Bu olaya orojenez (dağ oluşumu) adı verilir. Alp-Himalaya sistemi, Kayalık Dağlar gibi büyük dağ kuşakları bu şekilde kıtalar arasındaki okyanusların dalıp batarak tüketilmesi sonucunda oluşmuştur.



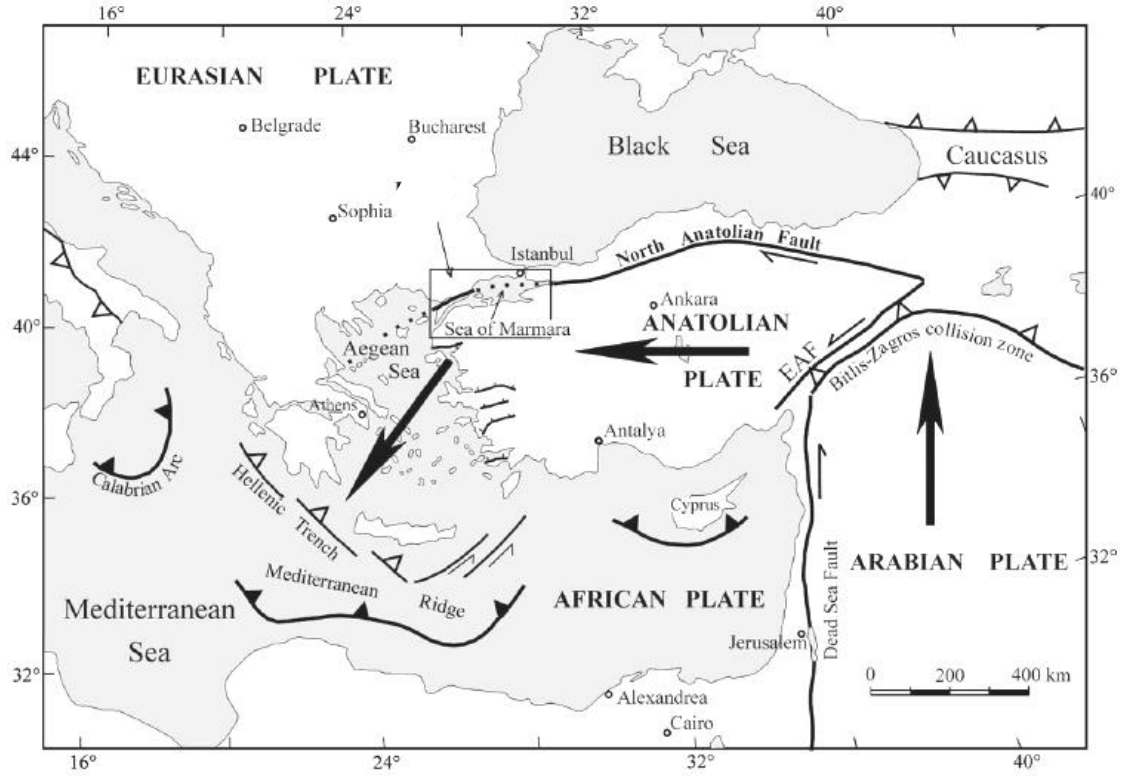
Sekil 3.4 : Yakınlaşan Levhalar (Press and Siever, 1999'dan alınmıştır).

3.1.3. Transform Faylı Sınırlar

Transform faylı sınırlar boyunca levhalar birbirlerine göre kayarlar. Buralarda levhalar ne yaratılır ne de tüketilirler. Transform fayların büyük bir kısmı okyanus tabanı içerisinde bulunur. Bunlar okyanus ortası sirtları biçerek birbirine bağlarlar. Transform faylar doğrultu atımlı faylardan farklı olarak sadece levha sınırları arasında uzanırlar (Sekil 3.3). Bunun yanı sıra kıta içlerinde de büyük transform faylar bulunmaktadır. San Andreas ve Kuzey Anadolu fayları kıtalar üzerinde yer alan büyük transform faylardır.

3.2. Türkiye'nin Tektonik Yapısı

Türkiye'nin tektonik hareketlerini anlamak için yakın çevresinin güncel tektonik hareketlerine bakılması gerekir. Aşağıdaki harita levha tektoniğine göre çizilmiş olup, Türkiye ve yakın çevresindeki genç ve güncel tektonik hareketlerini göstermektedir (Sekil 3.5) (McClusky, 2000).



Sekil 3.5 : Anadolu ve Arabistan Plakasi Arasindaki Iliski (Okay ve dig.,2004)

Alp-Himalaya dag kusagi üzerinde yeralan Türkiye depremsellik açısından en aktif ülkelerden biridir. Anadolu ile Arap yarımadası arasında bulunan Tetis okyanusu günümüzden yaklaşık olarak 11 milyon yıl önce bu okyanusun kuzeye (Anadolu levhası altına) dalıp batması ile kapanmıştır. Günümüzde hala kuzey yönünde dalıp batmaya devam eden Akdeniz bu devasa okyanusun bir kalıntısıdır. Tetis okyanusunun kapanması sonucunda Arap yarımadası Anadolu ile çarpışmış, Kizildeniz boyunca Afrikadan ayrılan Arap yarımadası kuzeye ilerlemeye devam ederek Doğu Anadolu'yu sıkıstırmaya devam etmiştir. Bu sıkısmayı başlangıçta kısıp kalınlaşarak karşılayan Anadolu daha sonra daha rahat bir ortam olan batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Anadolu'nun bu batıya hareketi Karlıova'dan başlayarak batıya uzanan iki büyük fay boyunca gerçekleşmiştir. Bunlardan güneyde yeralan Doğu Anadolu fayı Karlıova ile Antakya arasında uzanan 700 km uzunluğunda sol yanallı bir faydır. Batıda Kizildeniz'den gelmekte olan Ölü Deniz fayı ile kesilerek son bulur. Karlıova'dan başlayarak batıda Yunanistan'a kadar uzanan 1500 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı ise sağ yanallı bir faydır. Bu iki fay tarafından batıya taşınan Anadolu orta kısımdaki ova rejimini takiben, Ege bölgesinde kuzey-güney yönlü bir gerilme rejiminin etkisine girer.

Böylece doguda sikisan ve iki fay boyunca batıya kaçan Anadolu levhası burada gerilme etkisi ile bir horst-graben yapısı kazanmaktadır.

Yukarıda kısaca tanıtılan tektonik çerçeve, Türkiye'nin hemen hemen her kesiminin tektonik açıdan aktif olduğunu göstermektedir. Ülkenin depremselliğine bakıldığında depremlerin yukarıda tanımlanan tektonik hatlarla son derece uyumlu olduğu izlenmektedir

3.3. Kuzey Anadolu Fayı (KAF)

3.3.1. KAF'in Tarihi

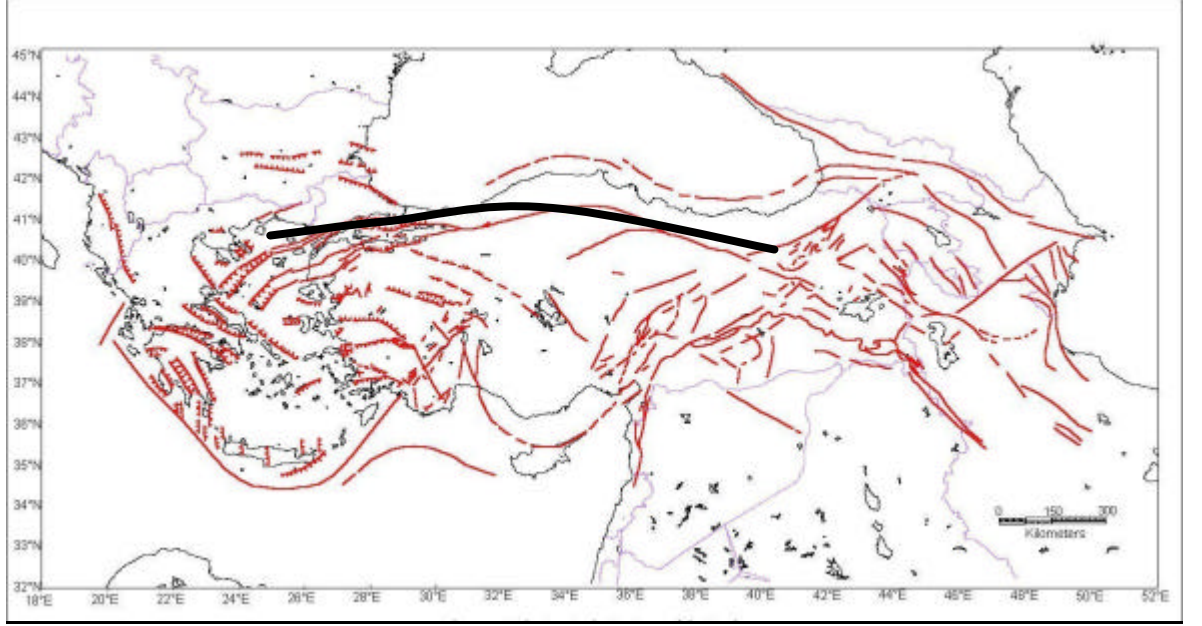
Kuzey Anadolu'da bir kırık hattının varlığı 1928 yılından beri bilinmekte, ancak bu aynı yerde bulunan (ve bugün bir okyanus kapanma çizgisi olduğu bilinen) bir yapı ile karıştırılmaktaydı. Daha doğrusu tüm jeologlar, 1948 yılına kadar, Kuzey Anadolu'da depremlerle de belirlenen kırık çizgisini daha önce meydana gelmiş dağ oluşum olaylarının devamı sanmaktaydılar. İlk defa 1948'de İhsan Ketin, bu çizginin daha önce Kuzey Anadolu'da meydana gelmiş olaylarla nedensel ilgisi olmayan bir fay hattı olduğunu ve bu fay hattı boyunca hareketin sağ yanal olarak meydana geldiğini gösterdi. Bu, dünyada yanal atımlı olduğu tüm güzergahı boyunca belirlenmiş ilk fay hattının keşfiydi (A.B.D.'deki meşhur San Andreas Fay hattının yanal atımlı karakteri tüm güzergah boyunca ilk kez 1953'te belirlendi).

1948'den yıllarca sonra dahi özellikle Türkiye'de Kuzey Anadolu Fayı'nın yanal atımlı karakteri tam olarak anlaşılamadı. Ancak bu konuda Nazario Pavoni ve Clarence T. Allen gibi yabancıların ve Ketin'in ellili ve altmışlı yıllarda yaptığı yayınlar, Türkiye'de Kuzey Anadolu Fayı'nın yanal atımlı karakterinin giderek daha yaygın tanınmasına neden oldu. Fayın yanal atımlı karakteri Anadolu Plakasının Batı'ya kaçmasına neden olmaktadır.

3.3.2. KAF'in Geometrik Karakteri

Kuzey Anadolu Fayı doğudan batıya doğru genişleyen bir yamulma bölgesi içine yerleşmiştir. Fay genel olarak bir fay çizgisi değil, doğudan batıya giderek dallanıp budaklanan bir fay ailesi sekline sahiptir. Bolu'dan batıya fayın iki ana kolu olduğu görülmektedir. Kuzey Kol adı verilen bir hat, Düzce, Adapazarı, Sapanca, İzmit üzerinden Marmara Denizi'ne girmekte ve Sarköy'ün hemen güneyinde karaya

ıkarak Gelibolu yarimadasini Trakya'nin geri kalan kismindan ayırmaktadır. Güney Kol denilen hat ise Pamukova ve Yenisehir zerinden Bursa-Ulubat ve Manyas çizgisini izleyerek Biga Yarimadasından Ege'ye çıkmaktadır. Iznik zerinden Gemlik'e ve güney Marmara sahilini yalılarak Kapıdağ'a ulasan bir fay çizgisi, bu güney kolun bir parçasıdır (Sekil 3.6).



Sekil 3.6 : Kuzey Anadolu Fayi ve Türkiye

Fay Kuzey Anadolu'da bulunan bir yigisim karmasiklari toplulugu içine yerleşmiştir. Yigisim karmasiklari, bir okyanus kapanırken, deniz tabanlarından krenen egemen olarak çökel karakterli kayaç paketleridir. Yigisim karmasiklari oluşturan kayalar, kita kabugu malzemesine nazaran daha kolayca yamulabilip yırtılabilirler. Görüldüğü gibi Kuzey Anadolu Fayi dedigimiz fay ailesi, bu kolay deforme edilebilen kayaçlardan olusan bir bölgenin içinde olusmustur. Fay'ın bu bölge disina dal gönderme tesebbsleri, Sungurlu Fayi rneğinde görüldüğü gibi basarisiz olmustur. Daha dogudaki Ovacık Fayi dahi, Munzurlarla daha güneyde yer alan Malatya baskalasim kayalari arasında bulunan daha eski bir sikisma hattini kullanmistir (Sengör ve dig., 2005).

3.3.3. KAF'in Ötelenme Miktarı

Seymen (1975) Resadiye-Kelkit vadisi bölgesinde fayın atımını 85 kilometre olarak ölçmüştür. Daha sonra Armijo ve arkadaşları ve Barka ve arkadaşları bu ölçümü destekler bilgiler bulmuşlardır (Armijo ve dig., Barka ve dig.). Ancak gene Armijo ve arkadaşları tarafından Ganos Dagi ve Gelibolu yarımadasından bildirilen 85 kilometrelik atım, Cenk Yaltırak ve arkadaşları ve Aral Okay ve arkadaşları tarafından yapılan kontroller esnasında doğrulanamamıştır (Yaltırak ve dig., Okay ve dig.). Marmara civarında fayın atımının 85 kilometreden daha az olduğu tahmin edilmektedir.

3.3.4. Kuzey Anadolu Fayının Yası

En büyük bilgi eksikliği Kuzey Anadolu Fayı boyunca fay faaliyeti sonucu oluşan havzalardaki çökel paketlerinin yaşlarının kesin tesbitindedir. Bunun nedeni kısmen mevcut paleontolojik çalışmaların eksikliğinde, kısmen de bizzat çökellerin kendi karakterinde yatmaktadır. Çökellerin büyük çoğunluğu karasal olduğundan bunlarda fosile dayalı yaş tahmini yapmak son derece güçtür. Paleontolojiye destek olabilecek eski kayaç manyetizması ve izotopik yaş tayini çalışmaları ise çok azdır.

Ancak eldeki veriler, daha önce de tahmin edildiği gibi fayın doğudan batıya yirtildiğini doğrular görünmektedir. Buna karşın, tüm fay boyunca fayın gelişimiyle ilgili havza oluşumu 11 milyon yıl önce başlamıştır. Buradan çıkan sonuç ise fay oluşmadan önce, Kuzey Anadolu'da ileride fayın içerisinde oluşacağı bir makaslama bölgesi meydana gelmiştir. Havza dağılımı, bu bölgenin doğudan batıya genişlediğini göstermektedir. Doğuda, Erzincan civarında 10 km kadar genişliğe sahip bu bölge, Marmara Denizi civarında 100 km'yi bulmaktadır. Doğudan batıya genişleyen bu makaslama bölgesi, Kuzey Anadolu'nun evrimi konusunda son derece önemli ipuçları vermektedir.

3.3.5. Kuzey Anadolu Fayı'nın Evrimi

Her fay, önce kendisinden çok daha geniş bir bölgede oluşan bir makaslama bölgesi içerisinde gelişir. Bu makaslama bölgesi içerisinde belirli bir sırayla tüm bölgeyi etkileyen muhtelif özelliklerde yapılar oluşur. Bu yapıların bir bölümü müstakbel ana fayın atımına paralel veya ters makaslama özelliği gösterirken diğerleri buna dik uzama veya daralma oluşturlar. Mesela Kuzey Anadolu Fayı ile ilgili çökel havzalarının çoğu bu tür uzamalı veya daralmalı yan yapılar üzerinde gelişmişlerdir. Tüm bölge boyunca makaslama yamulması arttıkça, doğrultu ve atımları müstakbel fayın doğrultusuna uygun yapılar birbirleriyle birleşerek fayı oluşturlar.

Bir makaslama bölgesinde, her atım miktarı için, makaslama yamulmasının değerleri, makaslama ugrayan bölgenin makaslama istikametine dik olarak ölçülen genişliği ile orantılıdır. Bu genişlik arttıkça birim atım için makaslama yamulmasının değeri düşer. Bu günümüzden yaklaşık sekiz yüz bin yıl önce Erzincan'da tek bir fay hattı tam faal olduğunu düşünülürse, Marmara içerisinde henüz tek bir fay sisteminin oluşmadığı anlaşılmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın doğudan batıya genişlemesi ve tek tek fay parçaları üzerinde değişik atımların ölçülmesi, fayın içinde olduğu büyük makaslama bölgesinin doğudan batıya genişlemesinin beklenen bir sonucudur. Bu genişlemenin nedenleri de Anadolu'nun kuzeyindeki yığışım karmasıklarının geometrisinde yatmaktadır.

3.4. Levha Hareketlerinin GPS Teknolojisi ile Belirlenmesi

Teknolojinin gelişimi ile doğru orantılı olarak düşen maliyetler sayesinde GPS'in kullanım olanakları artmış ve dolayısıyla kullanım alanları da genişlemiştir. Özellikle levha hareketlerinin belirlenmesi çalışmalarında GPS'in kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. GPS'in bu tür kullanımı için blokların her birini temsil edecek şekilde bir ağı tasarımı yapılır. Bu ağı kurulması esnasında yer yüzüne yayılmış, çok uzun süreden beri ölçülen ve koordinatları hesaplanan noktalardan da faydalanılır. Bölgesel çalışmalar için fayın yakın ve uzak çevresine yeteri kadar GPS noktası tesis edilir veya bölgede başka amaçlar için daha önceden tesis edilen istasyon noktalarının uygun olanlarından yararlanılır. Bu istasyon noktalarında gözlemler belli aralıklarla yapılır. Tesis edilen ağı noktaları belirli zaman aralıklarında (periyodik

olarak) ölçülerek zamana bağlı konumsal değişimler elde edilir. Elde edilen yer değişimleri istatistiksel olarak incelenir ve ölçü hatalarının neden olduğu değişimler ayıklanır. Böylece istasyon noktalarının değişimini etkileyen kuvvet, yer hareketlerinin doğurduğu kuvvet olacaktır. Bu bağlamda, bilinen yer değiştirme vektörleri ile bölgede oluşan deformasyonlar ve miktarları tahmin edilebilir. Bu sayede bir bölgedeki olası depremler konusunda da bilgilenme mümkün olmaktadır (Sahin ve Tari, 2000, McClusky, ve dig. 2000, Yavasoglu, 2004).

GPS istasyonlarından oluşan bir ağı ile levha hareketleri belirlenmeye çalışıldığı zaman, bu hareketin anlamlı bir biçimde belirlenebilmesi için levha çevresini de içeren kapsamlı bir çalışma gerekmektedir. Bunun için bölgeye yayılmış ve sürekli ölçülen istasyonlara gereksinim duyulmaktadır. Daha sonra bu istasyon noktalarındaki hız büyüklüklerinin ve yönlerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için yer yüzüne tesis edilmiş, küresel anlamda, birçok ağı bulunmaktadır. Bu ağlardan en büyüğü ise IGS (International GPS Services) ağıdır.

Çalışma sistemi ve teknoloji kullanımı bakımından büyük bir kapasiteye sahip olan IGS, GPS istasyonlarından aldığı sürekli verileri değerlendirerek es zamanlı olarak internet üzerinde yayınlanmasını sağlayan bir altyapıyı kullanıcılara sunmaktadır. Kullanıcıya dostu bir ara yüze sahip olan web sitesinde istenilen verilere kolayca ulaşılabilmesi sağlanmaktadır. IGS ürünleri, ITRF (Uluslararası Yersel Referans Ağı) sisteminin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi, yer dönme parametrelerinin belirlenmesi, deniz seviyesindeki ve buzullardaki değişimlerin izlenmesi, uydu yörünge bilgilerinin hesaplanması ve atmosferdeki su buharı değişimlerinin belirlenmesi için yeterli doğrulukta üretilirler. IGS, 350'nin üstünde GPS istasyonuna sahiptir. Bu istasyonlardan elde edilen veriler ondan fazla olan veri işlem merkezlerinde değerlendirilmektedir. Ayrıca IGS bünyesinde üç global veri merkezi ve yedi büyük analiz merkezi ve birkaç tane de yerel analiz merkezi bulunmaktadır. (<http://igscb.jpl.nasa.gov/>)

IGS tarafından yayınlanan arşiv bilgileri sayesinde bölgesel ağların IGS ağına bağlanması ve yüksek doğruluklarla bölgesel ağı istasyon noktalarının koordinatlarının ve bu noktalara ait hız vektörlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. IGS ağına ait istasyonların yatay hızları yıllık 5 mm'nin altında bir doğrulukta bulunabilmekte ve bu bilgiler sadece uydu yörünge bilgilerini elde

etmekte değil ayrıca yeryüzü dinamigi hareketlerini belirlemek için de kullanılabilir. Yeryüzü dinamigi çalışmalarında istasyonların ağ içindeki hareketleri, ağına yöneltilmesindeki temel değişimler ve ağına ötelenmesi incelenen temel büyüklükler arasındadır. Ülkemizde de IGS ağına bağlı noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar; Ankara, İstanbul, Diyarbakır, Trabzon, Mersin ve Gebze’de bulunmaktadır.

Levha tektonigi, Dünya yüzeyindeki deformasyonun, rijid plakalar arasındaki bağıl hareketler ile tanımlandığını göstermektedir. Plakalar arasındaki bu bağıl hareketler milyonlarca veya daha fazla yıllar boyunca oluşan hareketlerin tahminlerine dayanarak ortaya konmaktadır. Böyle büyük zaman aralıkları için yapılan saptamalar ile GPS ve diğer uzay teknikleri kullanılarak yapılan; kısa süreli denebilecek ancak bir kaç yıllık gözlemler ile ortaya konan hareketler birbirleri ile genel olarak karşılaştırılmaktadır. Bu bağlamda GPS ve diğer uzaysal ölçme teknikleri, levha tektonigi alanında eskiden beri varolan modelleri geliştirmek ve iyileştirmek görevini üstlenmiş durumdadırlar. Bunun yanında GPS yardımı ile daha önceden klasik jeodezi yardımıyla ortaya konamayan global levha dönüş hareketlerini de içeren referans sistemleri belirlenebilmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda GPS verilerinin analizinin yorumunda öncelikle analizin yapıldığı bölgenin jeolojik ve tektonik özellikleri dikkate alınır. Bunun için bölgenin içinde bulunduğu jeolojik levha ve faylara ilişkin ilgili (sismisite, paleosismisite, paleomanyetizma vb.) bilgiler GPS analizi sonucunda elde edilen bilgilerle birlikte değerlendirilir. Global olarak yapılan analizlerden elde edilen ilgili levhaya ve komşu levhalara ilişkin hareket bilgileri, çalışmaya konu bölgenin güncel tektonik bilgilerinin yorumlanması için önemli ipuçları sağlamaktadır (Yavasoglu ve diğ. 2003, Yavasoglu ve diğ.2004, Yavasoglu ve diğ.2005).

Özellikle, 1980’lerden itibaren, depremlere neden olan aktif kırık sistemleri boyunca deprem öncesinde (interseismic/preseismic), deprem sırasında (coseismic) ve deprem sonrasında (postseismic) meydana gelen deformasyonların belirlenmesinde, GPS etkin biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli gözlem yapan GPS istasyonları, anlık deformasyon hareketlerinin belirlenmesini ve sismik riskin sürekli olarak izlenmesi olanaklarını sağlamıştır.

4. GPS VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Giriş

GPS verilerinin değerlendirilmesi için ticari ve bilimsel birçok yazılım bulunmaktadır. Ticari yazılımlar daha çok alıcılarla beraber satılır ve firmanın kendine özgü bir yazılım paketi bulunmaktadır. Bu tür programlara örnek olarak Thales GNSS, ASHTech OFFICE SUITE ve SKI PRO verilebilir. Ancak, levha hareketlerinin belirlenmesi gibi, yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda veriler, ticari programlar ile gereken doğrulukta değerlendirilememektedir. Bilimsel programlar ise genellikle üniversitelerin ve enstitülerin kullanması amacıyla geliştirilmiştir. GAMIT/GLOBK, BERNESE ve GIPSY gibi bilimsel programlar kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada verilerin değerlendirilmesi MIT(Massachusetts Institute of Technology) bünyesinde geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılım takımı kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılım paketi geliştirmeye açık halde olabilmesi ve bilimsel çalışmalarda yeni ilerlemeler kaydedebilmek için linux ve benzeri Unix türevi işletim sistemleri üzerinde çalışmaktadır.

Her markanın kendine özgü olan sıkıştırma sistemlerinde elde edilen verilerin, alıcıdan bağımsız olarak kayıpsız bir şekilde ortak bir yapı içinde düzenlenebilmesi için olan RINEX (**R**eceiver **I**ndependent **E**Xchange Format) geliştirilmiştir. Bu çalışmada tüm veriler GAMIT/GLOBK yazılımına TEQC ile RINEX formatına çevrilerek aktarılmıştır.

Veriler GAMIT yazılımıyla çözümlenir ve değerlendirmenin sonucu ortaya çıkan işlenmiş veriler üzerinde kalman filtresinin kullanıldığı GLOBK yazılımıyla değişik amaçlı çözümler gerçekleştirilir. (Herring, 2000, King, ve Bock, 2002)

4.2. TEQC Yazilimi

Dünya üzerinde tanınmış GPS alıcılarının kendilerine has sıkıştırılmış formatını alıcı bağımsız format olan RINEX'e çeviren TEQC programı Dos ve Unix tabanlı tüm işletim sistemleri ile uyumlu modüllere sahiptir.

4.3. GAMIT/GLOBK Yazilimi

Temel olarak iki ana yazılım paketinden oluşan program küçük kodlarla da zenginleştirilmiş durumdadır. Veri değerlendirme sırasında ilk olarak RINEX formatındaki veriler GAMIT yazılımı ile işlenir. Bu aşamada her bir ölçme gününe ait ayrı ayrı çözümler yapılır ve istasyon koordinatları, atmosferik parametreler, uydu yörünge parametreleri, tam sayı belirsizlikleri ve yerin dönme elemanları kestirilir. Tüm bu kestirimler için ikili farklar oluşturulur. Optimal faz belirsizliklerinin belirlenebilmesi için genel olarak tek bir oturumdan lineer olarak bağımsız faz ölçmelerinin ikili farkları kullanılarak birden fazla dengeleme işlemi gerçekleştirilir (Rüzgar, 2004). Seçilen ve doğruluğu bilinen noktaların dengeleme öncesi doğrulukları artırılabilir.

Çözümlemede ilk aşamada uydulara ilişkin saat ve öncül yörünge bilgileri uydu tarafından yayınlanan yörünge bilgilerinden elde edilir. Yörünge ve pseudorange (ham uydu-almı mesafesi-HUAM) ile öncül nokta koordinatlarına dayanarak, saat bilgileri ile saat uydu alıcı saat düzeltmeleri hesaplanır. Sonraki aşamada ise uydudan gelen sinyale ilişkin devir kesiklikleri (cycle slips) hesaplanarak düzenlenir. Uydu yörüngeleri ve nokta koordinatlarının apriori modeli, gözlenen faz ve HUAM ölçmeleri ile karşılaştırılan teorik gözlemlerin hesaplanmasında kullanılır. Devir kesiklikleri, gözlem farkları hesaplanması ve iyonosfer ve saat hatalarının etkilerini ortadan kaldıran faz gözlemlerinin kombinasyonlarının değerlendirilmesi ile saptanır. GAMIT, güvenli olarak kaldırılması mümkün olmayan fakat yanlış kestirilmesi durumunda ilgili diğer jeodezik parametreleri zayıflatacak olan tamsayı devir kesikliklerini işaretleyerek belirleyen ek parametreler ekleme özelliğine de sahiptir (Yavasoglu, 2003).

Birkaç parametreye bağlı olarak uyduların yörüngeleri değişir, ay, yerküre ve güneşin çekim alanı ve güneşin radyasyon basıncı nedenlerin en önemlileri

arasındadır. Uyduya ilişkin hız ve ilk konumu tanımlayan bir vektör ile bu etkiler GAMIT tarafında değerlendirilebilir. Daha sonra yerin nutasyonu, presesyonu ve dönme parametreleri ile yersel referans sistemleri ile uydulara ilişkin konum bilgileri karşılaştırılabilir. GAMIT, bir uydunun hareketini sayısal olarak hesaplayabilmekte, faz ve HUAM kestirmelerine dayanarak solar radyasyon basıncının parametrelerinin bir bölümünü ve uydu durum vektörünün altı parametresinin lineer sapmalarının kestirimlerini sağlayabilmektedir.(Yavasoglu, 2003)

Teorik yayılma gecikmeleri, atmosferik kırılma modelleri ile uydu ve alıcıların apriori konumlarından saptanmaktadır. Güneşin ve ayın konumuna bağlı olarak kati yer gelgit etkisinden ileri gelen zamanla değişen bir düzeltme ise nokta koordinatlarına eklenmektedir. Genel olarak, alıcı ve uydu saatlerine ikinci dereceden polinom düzeltmeleri getirilmektedir. Hidrostatik (kuru) ve su buharı bileşimleri nedeniyle oluşan atmosferik yayılma gecikmeleri iki model ile saptanmaktadır.(Rüzgar, 2004)

En küçük kareler yöntemi ile dengeleme, teorik faz ve HUAM gözlemleri, nokta ve uydu konumlarının apriori (dengeleme öncesi) modellerine göre bir kere hesaplandıktan sonra bu apriori değerlere, oturumlar boyunca yapılan faz ve HUAM gözlemlerine dayalı şekilde uygulanır. GAMIT, birbirinden bağımsız ikili farkları oluşturmak üzere bir algoritma kullanmaktadır. Yapılan bu dengeleme sonunda, üç boyutlu koordinatlar, her bir uydunun altı başlangıç koşulu, radyasyon basıncı parametresi ve her bir noktaya ilişkin oturum boyunca geçerli modellenmeyen atmosferik refraksiyon etkisi için zenit gecikme parametresi ve birbirinden bağımsız ikili farklar ile faz belirsizlik parametreleri belirlenir (King ve Bock, 2002).

Yapılan ilk dengeleme sonrası iyonosferden bağımsız ikili fazlar ile tüm değişkenler belirlenir. Faz verisinin dağılımı ve baz uzunluğuna dayalı bir birleştirme ile orijinal taşıyıcı faz belirsizliği, bağımsız çiftli farkların faz belirsizlik parametreleri, üretilir. Bu birleştirme, kısa bazlardan elde edilen belirsizlik çözümünün daha güvenli olmasının avantajını ağırlıklı olarak kullanarak, en kısa bağımsız yola göre, birbirinden bağımsız ikili farklar kümesini oluşturur. Diğer adım ise çiftli farkları alınmış uzun dalga (wide-line) boylu belirsizlik parametreleri için en iyi tamsayıyı iterasyon ile hesaplamaktır. Bunu gerçekleştirirken L1 ve L2 faz gözlemleri bağımsız olarak kullanılırlar. Tamsayı değerleri saptanacak olan belirsizlik değerleri dışındaki

tüm parametreler ilk iyonosferden bağımsız dengelemeden elde edilen değerlerine sabitlenir. Uzun dalga (wide-lane) boylu belirsizlikler bir kere güvenli bir şekilde çözüldükten sonra doğru tamsayı değerlerine yuvarlanır ve tüm parametreleri saptamak ve ardışık olarak kısa dalga (narrow-lane) boylu belirsizlikleri çözmek için iyonosferden bağımsız çift-farklı gözlemler üzerinde başka bir dengeleme işlemi yapılır.(Herring, 2000, King ve Bock, 2002)

Belirsizlikler çözüldükten iki dengeleme daha yapılır. Bu dengelemelerin ilki tüm nokta ve uydu parametrelerinin ağırlıkları azaltılarak gerçekleştirilir. Bu dengelemelerde ortaya çıkacak sayısal yetersizlik problemlerinden etkilenmemek için uygun öncül değerlerin seçilmesi, GLOBK kestirmelerini yanlış yönde ve aynı zamanda GAMIT çözümlerinin de yeterli yaklaşıklıkta başlangıç değeri verilememesi nedeniyle etkilenmemesini sağlamak önemlidir. Tam sayı belirsizliklerinin çözümünün yapılmadığı ilk dengelemede, tüm parametreler serbest olarak (apriori değerlerden bağımsız) saptanır ve bu dengeleme iyonosfer bağımsız - eğilim bağımsız (biases-free) olarak adlandırılır. İkinci dengeleme iyonosfer bağımsız - eğilim bağımlı (biases-fixed) olarak adlandırılır ve tamsayı belirsizlikleri, apriori değerler kullanılıp kısıtlanarak yapılan dengelemeden ve belirlenen diğer tüm parametrelerden elde edilen önceki değerlere yuvarlatılırlar. Bu tek-ölçme (en fazla bir günlük) periyodu gözlemlerinin dengelenmiş değerleri, ağırlıklı ortalama nokta koordinatları, nokta hızları, uydu yörünge parametreleri ve GPS gözlemlerinin kısa ve uzun dönemli presizyonunu saptamak üzere GLOBK yazılımı tarafından kullanılır (Yavasoglu, 2003).

GLOBK, VLBI, SLR, GPS gibi uzay jeodezisi yardımıyla üretilen tüm çözümleri birleştirilerek bir araya getirilebilir ve kalman filtresi uygulayabilir. GLOBK, veri olarak hem ölçmelerin analizinden üretilen nokta koordinatları, yörünge parametreleri ve yerin dönüş parametrelerinin değerlendirilmiş büyüklükleri ile ilgili varyans-kovaryans matrislerini kabul eder(Herring, 2000). Kalman filtresi temel olarak değişkenlerin ardışık olarak kestirilmesi ile çalışan bir yapıya sahiptir. İki ayrı türde filtreleme mevcuttur. İlki ölçmelerin ağırlıklı ortalaması ve hız gibi diğer model parametrelerinin ardışık kestirimlerini veren “ileri çözüm”. İkincisi ise ve ileri çözüme göre ölçme düzeltmelerinin saptanmasını sağlayan bir sistematığı olan “geri çözüm”dür.

Tüm bunların yanında uygulanabilecek diğer bir filtreleme ise ağırları ayrı ayrı değerlendirilerek doğruluklarının kendilerine ağırlık olarak atanmasıdır. Bu ağırlıkların belirlenmesinden sonra birleşik kestirim yapılabilir.

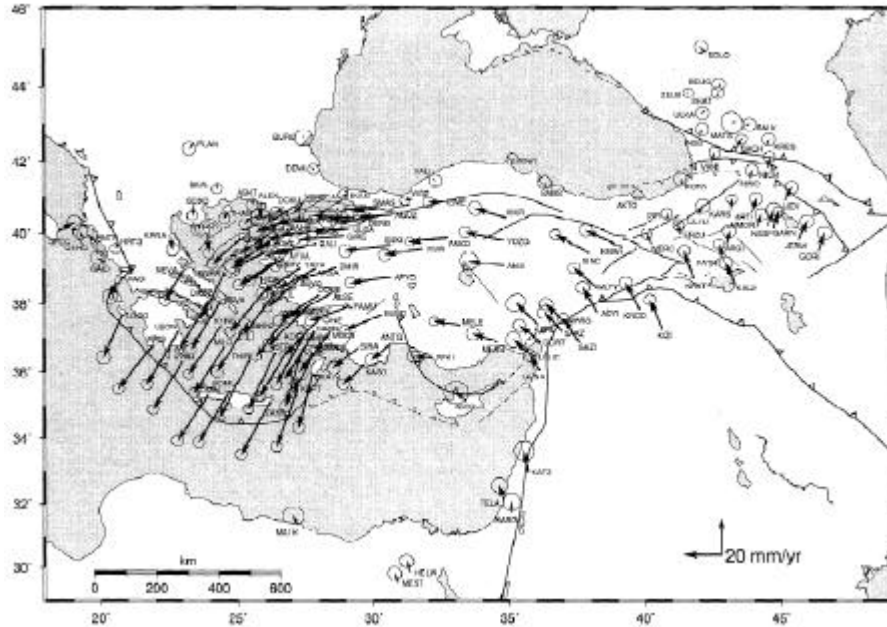
Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için GAMIT'te tüm nokta koordinatlarına ve uydu konum vektörlerine küçük değerlerle ağırlıklandırılmış apriori kabuller uygulanır. GAMIT'in nokta-uydu vektörü sonuçları, büyük varyanslı ve korelasyonlu bir kovaryans matrisine sahiptir, ancak yüksek miktarlarda (apriori değerleri) kısıtlanmış çözümler geometrik ilişkilerin sürmesine olanak sağlar. Bu sayede birden fazla oturumdan gelen dengelemeler bir araya getirilerek es zamanlı koordinat belirlemek mümkün olmaktadır. Ayrıca hem nokta hem de uydu parametrelerindeki farklı apriori kabullerin kullanımının etkisini test etmek için etkin bir yöntemdir. Bu sayede güvenilir farklı ağırlardan elde edilen dengelemeler tek anlamlı olarak birleştirilebilir. Eğer bir GPS kampanyasında ayrı ayrı oturumlar için tüm uydu yörüngeleri aynı başlangıç koşullarından elde edilmişlerse, uydu yörüngelerindeki yüksek ağırlıklı kısıtlama uygulaması teorik olarak; daha duyarlı koordinat kestirimi sağlaması gereken birden fazla oturum bilgisi kullanmaya esdegerdir. Noktaların hızlarını tanımlayan parametreler bu çerçeveye kolayca oturtulabilir ve bu hızlarla ilgili nokta koordinat kestirimlerinin dağılımı, oturumlar arasındaki nokta koordinatlarını serbest bırakmak için stokastik (zamana bağlı) süreçler koyularak kestirilebilir (Herring, 2000).

Tam sayı belirsizliklerinin bir kısmı daha güvenilir bir ağırlık ve baz uzunluklarının iyi bir dağılımı ile çözülebilir. Tek bir ölçme periyodu kalman filtre analizinde, GLOBK tarafından tek biçimli hale getirilmesinde, dengelemede tam sayı belirsizliklerinin tümü çözüldüğü sürece; güvenilir ağırlığın geometrisinde günden güne olan değişimler ve koordinatların belli bir hata aralığında sınırlandırılmış olması önemsizdir (Tari, 1999, Herring 2000, Çakmak 2001).

5. BATI-MARM PROJESİ

5.1. Bölgenin Tektoniği

1980'lerden sonra ülkemizin de içinde bulunduğu Dogu Akdeniz'de GPS çalışmaları baslamistir. Anadolu ile Arap ve Afrika levhalarini kapsayacak sekilde yGPS ölçümleri yapılmıştır, Elde edilen sonuçlarda Anadolu'nun, Kuzey Anadolu Fayı boyunca, Arap Yarımadasının yıllık 18 ± 2 mm kuzeybatıya yönlü baskisi ile 24 ± 2 mm batıya ilerledigini ve Sina yarımadasındaki bir kutup etrafında saat akrebinin tersi yönünde iya dogru döndüğünü açık bir biçimde göstermiştir(Sekil 5.1) (Oral, 1994, McClusky, 2000). Güneybatıya dogru saat ibresinin tersi yönünde dönen Anadolu burada hem rahat bir ortam bulması hem de Akdeniz'deki Hellenik dalma-batma zonunun etkisi ile gerilmeye uğramış ve böylece Batı Anadolu'da bir horst-graben yapısı oluşmuştur.(Tüysüz, 2003)

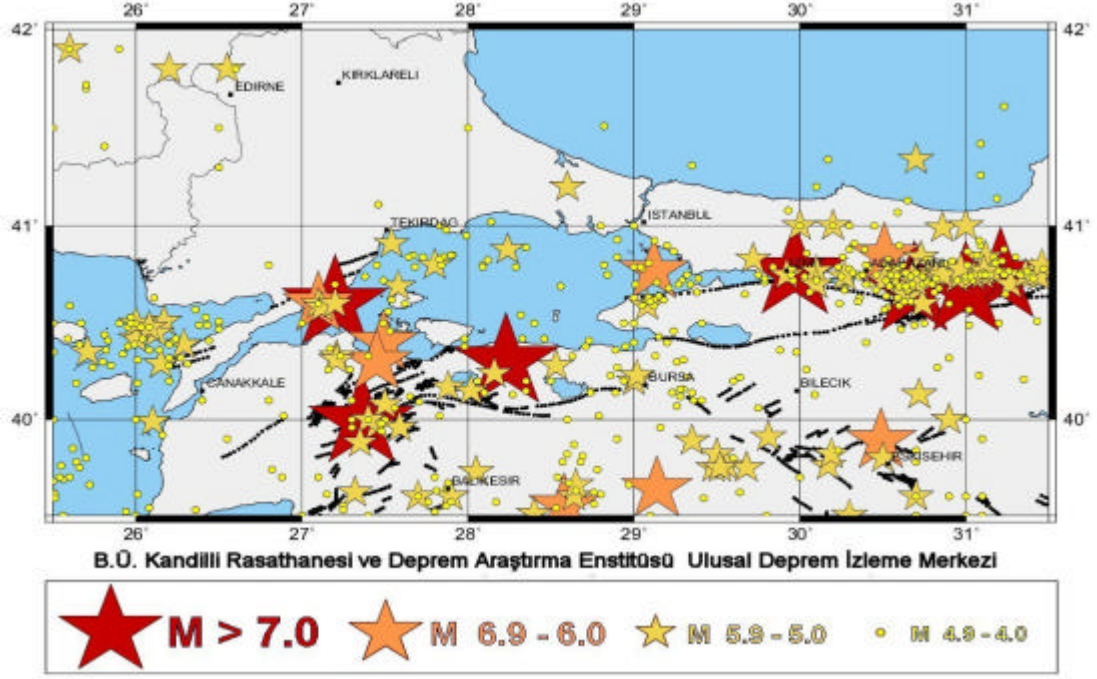


Sekil 5.1 : Anadolu Plakasının Hareketi(McClusky ve dig. 2000)

Tablo 5.1: Bölgede Meydana Gelen Büyük Depremler

Tarih	Mevkii	Büyükölük
9 Ağustos 1912	Saros-Marmara	7.4
4 Ocak 1935	Marmara	6.4
18 Mart 1953	Yenice-Göner	7.2
18 Eylül 1963	Yalova -Çınarcık	6.4
6 Ekim 1964	Manyas	6.9
23 Ağustos 1965	Saros	5.9
22 Temmuz 1967	Mudurnu- Adapazari	7.1
27 Mart 1975	Saros	6.6
17 Ağustos 1999	Gölcük	7.4
12 Kasım 1999	Düzce	7.2

Ülkemizde oluşan yıkıcı depremlerin önemli bir kısmı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde gerçekleşmektedir. Bu depremler KAF'in Marmara bölgesindeki sismik aktivitenin 20. yüzyıldaki belirtileridir(Tablo 5.1). Bunun yanı sıra tarihsel kayıtlara göre de Marmara Bölgesinde KAF kaynaklı çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir.(Şekil 5.2)



Sekil 5.2 : Batı Marmara Depremleri(1912-1999)(<http://www.koeri.boun.edu.tr>)

Doğu Anadolu’da Bingöl Karlıova’da başlayan ve batıya doğru 1200 km lik bir yay çizen KAF nin ülkemizdeki en batı ucu Saros Körfezi içerisinde bulunur. Saros Körfezi, kuzeydoğu Ege Denizi’nde Kuzey Anadolu Fay (KAF) zonu üzerinde oluşmuş bir grabendir (Tüysüz O. vd. 1998). Kuzey Ege ve Marmara Denizi K-G yönlü genişleme tektoniği ve sağ yanal atımlı fay tektonik rejimlerinin etkisi ile çok sayıda havzanın açıldığı bilinmektedir. Bu havzalardan Marmara Denizi’nin kuzeyindeki D-B yönlü üç derin çukurun, Kuzey Anadolu Fayı’nın KB-GD bölümleri arasında açılan çek-ayır (pull-apart) havzalar olabileceği daha önce öne sürülmüştür (Barka A. A. ve Kadinsky-Cade K. 1988; Barka A. A. ve Gülen L. 1988; Wong H. K. vd. 1995). Saros körfezinin de bu çukurların devami olarak aynı şekilde oluşmuş olduğu kabul edilmektedir (Tüysüz ve diğ. 1998)

Proje çalışması için bölgenin seçiminde önemli rol oynayan etken Saros Körfezindeki çalışmaların körfez içindeki durumu tanımlamadaki yetersizliği ve bu bölgeye uygulanan modellerin tamamında tek bir GPS noktası ve o noktanın kayma vektöründen yararlanılıyor olmasıdır (KVAK istasyonu). Bu kısıtlı veri ile bölgenin gelişiminin ve mevcut durumun modellenmesine ve projede hedeflenen deprem riskinin tanımlanması açısından tutarlı bir yorum üretilmemektedir. Batı Marmara

projesi kapsamında yerleştirilecek olan noktalar ve yapılacak olan ölçüm kampanyaları neticesinde literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

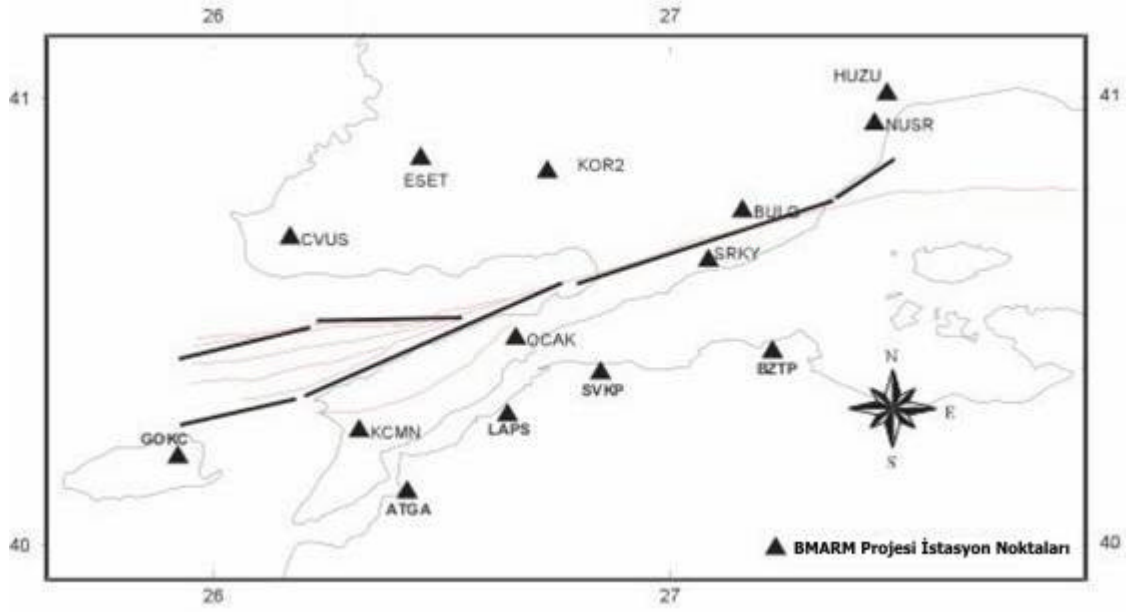
5.2. BATI MARMARA GPS Aginin Tasarımı

Kuzey Anadolu Fayı'nın bölgedeki hizi yaklaşık yılda 2-2.5 cm dir (Wilson, P. 1987, Smith, D.E. vd 1994, Le Pinchon, X. vd 1995, Reillinger, R. 1997, Barka, A. 1997, McClusky, S. Vd 2000). Bu kadar küçük hareketlerdeki, beklenen cm altı deformasyon birikim anomalilerinin belirlenmesi için tesis edilecek istasyonların zorunlu merkezleştirme sistemine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle kullanılabilir istasyon noktaları pilye olarak planlanmıştır.

Pilye inşaatı masraflı ve zahmetli bir iş olması nedeniyle öncelikli olarak bölgede var olan pilyelerin tespit edilmesi yoluna gidilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen istisna çalışmasında çalışma bölgesi ve çevresinde 50'ye yakın pilye bulunmaktadır. Bulunan pilyelerin yapılacak çalışmaya uygunluğu incelendiğinde 14 pilyenin kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bir pilye onarılmış (OCAK-Ocaklı) ve iki istasyon için yeni pilye yapılmıştır (SVKP-Sevketiye ve LAPS-Lapseki) (Şekil 5.3). Noktalara isimleri IGS normlarına göre dört karakterli olarak en yakın yerleşim yerlerini karakterize edecek şekilde verilmiştir (Tablo 5.2). Oluşturulan GPS ağının yaklaşık alanı 11540 km² 'dir. Noktalar arasında oluşank en kısa baz NUSR(Nusratlı) – HUZU(Tekirdag) arasında yaklaşık 7.8 km en uzun baz ise HUZU(Tekirdag) – GOKC(Gökçeada) arasında yaklaşık 161.6 km uzunluğundadır.

Tablo 5.2: GPS Ağındaki İstasyonların İsimleri ve En Yakın Yerleşim Bölgeleri

İSTASYON ADI	YERLEŞİM BÖLGESİ	İSTASYON ADI	YERLEŞİM BÖLGESİ
HUZU	Tekirdag Huzurevi	OCAK	Ocaklı Köyü
NUSR	Nusratlı (Tekirdag)	GOKC	Gökçeada
BULG	Bulgurlu Köyü	KCMN	Kocaçimentepe
SRKY	Sarköy	ATGA	Çanakkale
KOR2	Koru Dagi	LAPS	Lapseki
ESET	Esetçe	SVKP	Sevketiye
CVUS	Çavuş Köyü	BZTP	Boztepe



Sekil 5.3 : BMARM Proje Alanı ve İstasyon Noktaları

GPS istasyonları temel olarak fayların sınırladığı blokların özelliklerini yansıtacak şekilde seçilmiştir. Sekil 5.3'te de görüleceği gibi GPS istasyonları seçilirken, yakın zamanda depreme neden olmuş ve aktif olduğu düşünülen faylar ve bunların sınırladığı bloklar göz önüne alınmıştır.

5.2.1 GPS Ölçmeleri

5.2.1.1. Birinci Kampanya GPS Ölçmeleri

Proje kapsamında 2003 Ağustos ayı içerisinde birinci periyot GPS ölçmeleri tamamlanmıştır. Gerçekleştirilen kampanyada İstanbul Teknik Üniversitesi ORTA-KAF projesinden elde edilen ve TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nden temin edilen toplam 10 adet çift frekanslı GPS alıcısı kullanılmıştır. Kullanılan GPS ekipmanlarına ait özellikler Tablo 5.3 de verilmiştir.

Tablo 5.3. Birinci GPS Kampanyasında Kullanılan Donanımın IGS Kodlarına göre Teknik Özellikleri

Tablo 5.3: Birinci Kampanyada Kullanılan GPS Alici/Anten Bilgileri

GPS Alicisi	Anten Bilgileri	Adedi	Kurumu
TRIMBLE 4000SSI	L1/L2 microcentered TRM33429.00-GP	1	TÜBİTAK MAM
TRIMBLE 4000SSI	L1/L2 Dorne Margolin element with choke-rings TRM29659.00	2	TÜBİTAK MAM
TRIMBLE 5700	Zephyr 4-point feed antenna - Stealth Ground Plane TRM41249.00	3	TÜBİTAK MAM
ASHTECH Zxtreme	Geodetic IV, Rev A with groundplane ASH701975.01Agp	3	İTÜ

GPS antenlerine ait faz merkezi bilgileri IGS kodlarına göre tanımlanmıştır. Anten faz merkezlerini belirten diagramlar EK A'da verilmiştir. Kampanya süresince ekte sunulan diagramlar sayesinde yükseklik ölçmeleri hassas bir şekilde tamamlanmıştır. Diagramların kullanılmasının yani sıra ölçmelerin hedefine ulaşması için en az dört farklı yönden ölçülen yüksekliklerin ortalamaları esas alınmıştır. Belirtilen şekilde yapılan anten yüksekliği ölçmeleri daha önceden hazırlanan GPS ölçme çizelgelerine işlenmiştir. GPS ölçme çizelgelerine örnek EK B'de verilmiştir.

Ölçmeler iki aşamada ve toplam 6 günde tamamlanmıştır. Ağda oluşabilecek herhangi bir ölçme hatasına karşı kontrol amaçlı olarak ve farklı zamanlarda yapılan ölçmeleri birleştirmek için kampanya boyunca KOR2 (Korudagi) ve KCMN (Kocaçimentepe) noktaları sürekli istasyonlar olarak seçilmiştir. Kampanyanın ilk üç gününde BZTP (Boztepe), ATGA (Çanakkale), CVUS (Çavuş Köyü), SRKY (Sarköy) ve BULG (Bulgurlu) noktaları ve ikinci üç gününde ise GOKC (Gökçeada), LAPS (Lapseki), OCAK (Ocaklı Köyü), ESET (Esetçe), NUSR (Nusratlı), HUZU (Tekirdağ) ve SVKP (Sevketiye) noktaları ölçülmüştür. Tüm istasyon noktalarında ölçmeler en az 8 saat süre ile 15 saniye aralıklı ve GPS antenini etkileyen ve ufuk çizgisine yakın olan verileri kaydetmemek, atmosferik gecikmeleri veya anten faz merkezi değişimlerini modellemede yetersiz olmamak için 5° lik yükseklik açısıyla yapılmıştır. Birinci kampanyada en fazla veri 151 saat 20 dakika ile KCMN (Kocaçimentepe) noktasında toplanmıştır. Sabit olan noktalardan toplam 301 saat 49 dakika veri toplanmıştır. Bir günde en kısa süreli ölçü ise 6 saat 57 dakika ile SVKP (Sevketiye) noktasında, sabit noktalar dışında en uzun süreli ölçme tek günlük 24 saat ile GOKC (Gökçeada) noktasında gerçekleştirilmiştir(EK D).

5.2.1.2. İkinci Kampanya GPS Ölçmeleri

İkinci kampanya GPS ölçmeleri 2004 Temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. İkinci kampanyada da birinci kampanyada olduğu gibi TÜBİTAK MAM ve İTÜ İnşaat Fakültesi Ölçme Tekniği A.B.D. den temin edilen toplam 8 adet çift frekanslı GPS alicisi kullanılmıştır. Bu alicilerin özellikleri Tablo 5.4’de verilmektedir.

Tablo 5.4: İkinci Kampanyada Kullanılan GPS Alici/Anten Bilgileri

GPS Alicisi	Anten Bilgileri	Adedi	Kurumu
TRIMBLE 4000SSE	L1/L2 Dorne Margolin element with choke-rings TRM29659.00	1	TÜBİTAK MAM
TRIMBLE 5700	Zephyr 4-point feed antenna - Stealth Ground Plane TRM41249.00	2	TÜBİTAK MAM
ASHTECH Zxtreme	Geodetic IV, Rev A with groundplane ASH701975.01Agp	3	İTÜ
ASHTECH Zxtreme	Geodetic IV, Rev A with groundplane ASH701975.01Agp	2	AKÜ

İkinci kampanyada ölçmeler iki aşamada toplam 6 günde tamamlanmıştır. Birinci üç günde HUZU (Tekirdağ), GOKC (Gökçeada), OCAK (Ocaklı Köyü), BZTP (Boztepe), CVUS (Çavuş Köyü) ve NUSR (Nusratlı) noktaları ve ikinci üç günde ATGA (Çanakkale), SRKY (Sarköy), BULG (Bulgurlu), LAPS (Lapseki), ESET (Esetçe), ve SVKP (Sevketiye) noktaları ölçülmüştür. Kampanyanın farklı zamanlarda gerçekleştirilen iki bölümünü birleştirmek ve ölçme hatalarını kontrol etmek için KCMN (Kocaçimentepe) ve KOR2 (Korudagi) noktaları kampanya boyunca sürekli istasyonlar olarak seçilmişlerdir. İlk kampanyadaki ölçüm ilkeleri korunmuş olup her istasyon noktasında günlük en az 8 saatlik ölçmeler yapılmış, 15 saniye aralıklarla toplanan GPS verilerinin yükseklik açısı 5° olarak seçilmiştir. İkinci kampanyada en fazla veri 147 saat 55 dakika ile KCMN (Kocaçimentepe) noktasında toplanmıştır. Sabit olan noktalardan toplam 293 saat veri toplanmıştır. Bir günde en kısa süreli ölçü ise 8 saat 48 dakika ile GOKC (Gökçeada) noktasında, sabit noktalar dışında en uzun süreli ölçme ise 10 saat 51 dakika ile NUSR (Nusratlı) noktasında gerçekleştirilmiştir(EK E).

5.2.1.3. Üçüncü Kampanya GPS Ölçmeleri

Üçüncü kampanya GPS ölçmeleri 2005 Ağustos ayında gerçekleştirilmiştir. Üçüncü kampanyada da birinci kampanyada olduğu gibi TÜBİTAK MAM ve İTÜ den temin edilen toplam 8 adet çift frekanslı GPS alicisi kullanılmıştır. Bu alicilerin özellikleri Tablo 5.5’de verilmektedir.

Tablo 5.5: Üçüncü Kampanyada Kullanılan GPS Alici/Anten Bilgileri

GPS Alicisi	Anten Bilgileri	Adedi	Kurumu
TRIMBLE 5700	Zephyr 4-point feed antenna - Stealth G.P. TRM41249.00	7	TÜBİTAK MAM
ASHTECH Zxtreme	Geodetic IV, Rev A with groundplane ASH701975.01Agp	2	İTÜ

Üçüncü kampanyada ölçmeler ilk iki kampanyada olduğu gibi asamada toplam 6 günde tamamlanmıştır. Birinci üç günde HUZU (Tekirdağ), GOKC (Gökçeada), OCAK (Ocaklı Köyü), BZTP (Boztepe), ESET (Esetçe), ve NUSR (Nusratlı) noktaları ve ikinci üç günde ATGA (Çanakkale), SRKY (Sarköy), BULG (Bulgurlu), LAPS (Lapseki), CVUS (Çavuş Köyü) ve SVKP (Sevketiye) noktaları ölçülmüştür. Kampanyanın farklı zamanlarda gerçekleştirilen iki bölümünü birleştirmek ve ölçme hatalarını kontrol etmek için yine KCMN (Kocaçimentepe) ve KOR2 (Korudagi) noktaları kampanya boyunca sürekli istasyonlar olarak seçilmişlerdir. İlk kampanyadaki ölçüm ilkeleri korunmuş olup her istasyon noktasında günlük en az 8 saatlik ölçmeler yapılmış, 15 saniye aralıklarla toplanan GPS verilerinin yükseklik açısı 5° olarak seçilmiştir. İkinci kampanyada en fazla veri 150 saat 40 dakika ile KOR2 (Koru Dagi) noktasında toplanmıştır. Sabit olan noktalardan toplam 299 saat 35 dakika veri toplanmıştır. Bir günde en kısa süreli ölçü ise 8 saat 49 dakika ile BULG (Bulgurlu) noktasında, sabit noktalar dışında en uzun süreli tek günlük ölçme ise 23 saat 58 dakika ile GOKC (Gökçeada) noktasında gerçekleştirilmiştir(EK F).

5.3. GPS Verilerinin Değerlendirilmesindeki İşlem Adımları

Birinci, ikinci, ve üçüncü GPS ölçme kampanyalarında elde edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirilmiştir. Öncelikle arazide toplanan verilerin RINEX formatına dönüştürmek için TEQC programı kullanılmıştır. Program, farklı alıcılardan farklı tipte sıkıştırılmış dosyaların rahatlıkla RINEX'e çevrilmesini sağlamıştır. GPS verilerinin değerlendirmesi ise üç adımda gerçekleştirilmiştir.

Veri işlemede IGS istasyonları dışında bölgede 24 saat veri toplayan Marmara Sürekli GPS Ağına (MAGNET) ait bazı noktaların ölçme kampanyamızın süresini içeren verileri de değerlendirmeye katılmıştır (Tablo 5.6).

Tablo 5.6: MAGNET noktaları ve isimleri

İSTASYON ADI	YERİ	İSTASYON ADI	YERİ
AVCT	Avcılar (İSTANBUL)	MADT	Marmara Adası (BALIKESİR)
BAD1	Büyükdada (İSTANBUL)	MER1	Marmara Ereglisi (TEKİRDAG)
BOZT	Bozburun (YALOVA)	UCG2	Üçgaziler (KOCAELİ)
DUMT	Dumanlı Tepe (BURSA)	ULUT	Uludag (BURSA)
ERDT	Erdek (BALIKESİR)	KANT	Kandilli (İSTANBUL)

Birinci adımda GAMIT yazılımının kullanılabilmesi tüm istasyonlarda alınan veriler günlük olarak ayrılmıştır. GAMIT yazılımının çalıştırılabilmesi için gerekli dosyaların güncelleştirilmesi yapıldıktan sonra istasyon noktalarının bilgilerini içeren ve değerlendirmelerde temel alınacak olan tablo (station.info-EK.G) düzenlenmiştir. Daha sonra kısıtlamalar tablosu oluşturulmuş ve uzun süredir ölçülen noktaların koordinatlarının ağırlıkları artırılmıştır (Tablo 5.7)

Tablo 5.7: GAMIT Degerlendirmesinde Kullanilan Kisitlamalar

ISTASYON	KOORDINAT KISITLAMALARI					
	Enlem (m)		Boylam (m)		Çap(m)	
MATE	0.020		0.020		0.040	
ANKR	10.000		10.000		10.000	
GRAZ	0.020		0.020		0.040	
SOFI	1.000		1.000		1.000	
NICO	1.000		1.000		1.000	
ZECK	1.000		1.000		1.000	
ONSA	0.010		0.010		0.020	
TUBI	10.000		10.000		10.000	
Digerleri	100		100		100	
Yari Eksen	Dis Merkezlik	Egiklik	Yükselis	Perige Argümanı	Ort. anomali	Rady. Param.
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Proje kapsamında olusturulan GPS agini IGS noktalarından olusmus aga baglamak amacıyla IGS agina ait noktalar tüm degerlendirmelerde isleme katilmistir. Bu yöntem ile hem milimetre duyarlılıgındaki koordinatlardan yararlanılmakta hem de yörünge bilgilerinin ve dünya dönüş parametrelerinin daha hassas hesaplanması sağlanmaktadır. Asagidaki tabloda (Tablo 5.8) üç kampanyada da kullanılan IGS istasyonlarının listesi bulunmaktadır.

Tablo 5.8: Degerlendirmede Kullanilan IGS Istasyonlari

ANKR	Türkiye-Ankara
GRAZ	Avusturya-Graz
ISTA	Türkiye-Istanbul
TRAB	Türkiye-Trabzon
MATE	Italya-Matera
NICO	Kibris-Nicosia
SOFI	Bulgaristan-Sofya
ONSA	Isviçre-Onsala
TUBI	Türkiye-Gebze
WTZR	Almanya-Koetzting
ZECK	Rusya-Zelenchukskaya

GAMIT yazılımının analiz işlemlerinde oturum tablosu olarak anılan “session table” kullanılarak gerekli yönlendirmeler yapılabilmektedir. Bu yönlendirmeler arasında ölçülerin ağırlıklandırılması, tamsayı belirsizliğinin çözümü, atmosferik parametrelerin belirlenmesi, yörünge parametrelerinin saptanması ve model parametrelerinin kestirimi için gerekli birçok seçenek sayılabilir.

Oturum tablosunu daha detayli incelemek gerekirse (EK.H); ilk satirda degerlendirme yapan kurum, daha sonra sirasiyla istasyon numarası, istasyon kisitlamalarının kullanilip kullanilamayacağı, uydu numarası, uydu kisitlamalarının kullanilip kullanilamayacağı yer alır. Altinci satirda uydu kisitlaması kullanılacak ise yapılacak olan kepler yörünge elemanları ve dokuz bileşenli radyasyon modeli parametrelerine ilişkin kisitlamalar bulunur. Analiz kontrol bölümünde çözümün hangi ölçme türüne göre yapılacağı belirtilir.

LC_HELP ile iyonosfer bağımsız LC'ye (bir lineer kombinasyon) göre tam sayı belirsizliği bilinen ve bilinmeyen olarak alınan iki çözüm yapılmaktadır. Atmosferik parametrelerin belirlenmesinin ayrıntıları zenit gecikmesi kestirimi (zenith delay estimation) satırında belirtilmektedir. Bu çözümde yükseklik açısı , ölçmelerde en küçük 5° olarak alınmasına karşın (Elevation cutoff) 10° olarak alınmıştır.

İlk adımdaki önemli diğer bir dosya ise autcln.cmd dosyasıdır. GPS verileri içinde faz ölçmeleri, yörünge bilgilerinin belirlenmesinde ve buna bağlı olarak nokta konumlarının kestiriminde gerekli jeodezik doğruluğu sağlamaktadır. Ancak verinin kalitesi bazen bir istasyon noktası için o noktadaki ölçülerin içerdiği faz kesiklikleri ile orantili olarak azalabilir. Bu noktada ölçülere ek işlemler uygulanarak bu kesikliklerin neden olduğu sorunların kaldırılması gerekir. Analizin amacı ise mümkün olan en az olumsuz etkiyle çözümü gerçekleştirmektir. Fazla ek parametre bulunduğu durumlarda da bazı sakıncalar oluşabilir. Örneğin ek parametrelerin etkilediği çözüm birçok önemli jeodezik parametrenin yanlış belirlenmesine neden olabilir. Bu bağlamda en çok gecikmenin iyonosferde olduğu bilindiğinden iyonosferden bağımsız (LC-Lineer Kombinasyon) çözüm yapılması önem kazanmaktadır. Burada analiz için iki yöntem öngörülmektedir. Birincisi L_1 ve L_2 frekanslarında ölçü kaydedebilen modern alıcılarla yapılan ölçmelerin iki frekansı birleştirilerek saat ve iyonosfer hatalarından arındırılmış geniş dalga (wide-lane) kombinasyonunu elde etmektir. İkinci adım ise, ikili farkların sayısal olarak karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma ile faz kesikliklerinin büyüklüğü ve kaynağı tanımlanabilmektedir. Anlatılan analiz sistemi nokta sayısı fazla olan ağlarda genellikle AUTOCLN (Tom Herring tarafından geliştirilen GAMIT modülü) tarafından gerekli parametrelerin verilmesiyle otomatik olarak yapılmaktadır. Bir komut dosyası (autocln.cmd) yardımıyla kontrol edilebilen bu modül kullanılarak

sistematik hatalar ve faz kesiklikleri ile ilgili belirlenen sorunların, bu dosyadaki seçeneklere uygun şekilde yansıtılması ile çözülmesini sağlamak mümkündür (Yavasoglu, 2003).

İlk adımda verilerin kalitesini belirleyici değer GAMIT yazılımının çalıştırılması sonucu ortaya çıkan sonuç (q dosyası) dosyasında yer alan dengeleme sonrası doğrulukların dengeleme öncesi doğruluklara oranı olan nrms(normalized root means square) değeridir. Bu değer, gereken yaklaşıklıkta öncül (apriori) değerlerin verilmesi durumunda normal bir çözümün gerçekleştirilebilmesi durumunda (yeterli doğrulukta uydu yörüngeleri, çözülebilmis veya yeterince belirlenebilmiş devir kesiklikleri, kabul edilebilir saat hataları, yeterli yaklaşıklıkta hesaplanabilmiş öncül istasyon koordinatları, vb.) 0.20-0.25 değerleri arasında olması beklenir. Ayrıca bu dosyada değerlendirmenin yapıldığı gün için ortaya çıkan tüm değerlendirmelerin sonuçları ayrıntılı olarak görülebilir.

İkinci adımda ilk adım olan GAMIT yazılımının çalıştırılması ile ortaya çıkan işlenmiş veri dosyaları (h dosyaları) kullanılır. Bu dosyalar IGS ağlarından alınan diğer veri dosyaları ile yukarıda özetlenen parametrelerin daha başarılı bir şekilde kestirilebilmesi ve uzun veya kısa dönemli analizlerinin, ölçmelerin yapıldığı ağı dışında bulunan ve çok uzun sürelerden beri gözlenerek elde edilen sonuçlarla birlikte yapılabilmesini sağlamak için birleştirilir. Bu çalışma sırasında IGS tarafından üretilen igs1, igs2 ve eura genel ağları kullanılmıştır.(<http://sopac.ucsd.edu>)

GLOBK yazılımı kullanılarak istenirse günlük ölçmeler, zaman serileri ve özet doğruluk bilgilerinden yararlanarak analiz edilebilir. Analiz sonucuna göre ilk adıma geri dönülerek günlük çözümlerin tekrar değerlendirilmesi veya günlük çözümlerden yararlanarak yıllık işlenmiş ve birleştirilmiş veri dosyaları elde edilir. Yıllık veri dosyalarının birden fazla yıl için var olması durumunda istasyon noktalarının hız vektörlerinin kalman filtresi yardımı ile hesaplanması olasıdır.

Son adım olan üçüncü adımda ise tüm parametreleri belirlenen ve günlük değerlendirmelerden elde edilerek yıllık çözümleri elde etmek için birleştirilen işlenmiş ölçülerden, belli bir plaka üzerinde yatay hızları minimum olan (yani rijit bir plakayı temsil etmesi en olası olan) olurunca fazla sayıda nokta sabit seçilerek,

hizların o plakaya göre dönüşümü yapılır. Böylece anlamlı bir hız ve yön kümesi bulunmuş olmaktadır. Bu adım genel olarak ikinci adımla birlikte uygulandığı için değerlendirme işlemi iki adım olarak da tanımlanmaktadır.

Günlük olarak birleştirilen verilerin doğruluğu hakkında bilgi edinmek için tekrarlılıklara bakılması gerekir. Tekrarlılıkları bulmak için GLOBK kalman filtrelemesi yazılımının GLRED alt yazılımı kullanılmaktadır. Bu komutun çalıştırılması GLOBK yazılımının altında olup tekrarlılık için yazılmış bir komut dosyası ile yönetilir. Böylece ölçülerdeki kaba hataları belirlenebilmekte ve ölçülerin güvenilirliği hakkında bilgilere ulaşılabilir. Tekrarlılıklardan görülen herhangi bir kaba hata varsa o güne ait GAMIT yazılımıyla yapılan çözüm(ler) tekrarlanır veya güvenilir olmayan çözüm(ler) değerlendirmeden çıkartılabilir. GLRED alt yazılımının sonuçlarını yorumlayabilmek için zaman serilerinde hesaplanan nrms ve wrms değerlerine (EK.L) ve bunları da içeren zaman serisi tekrarlılıklarının incelenmesi gerekir. İstasyonların üç kampanyaya ait tekrarlılıkları EK-L’de verilmiştir. nrms ve wrms değerleri tekrarlılıkların doğrulukları hakkında bilgi verir.

$$nrms = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{r}{s}\right)^2}{n-1}} \quad (5.1)$$

$$wrms = \sqrt{\frac{\left(\frac{n}{n-u}\right) \sum \left(\frac{r}{s}\right)^2}{\sum \left(\frac{1}{s}\right)^2}} \quad (5.2)$$

r = Serbestlik derecesi

s = varyans

nrms = normalize edilmiş karesel ortalama hata

wrms = ağırlıklandırılmış karesel ortalama hata

Tekrarlılıkları kontrol edilen günlük işlenmiş verilerin daha sonra yıllık işlenmiş veri görevini yapmak üzere GLOBK yazılımı ile birleştirme işlemi yapılır. Birleştirme işlemi için de farklı bir komut dosyası kullanılır. Bu çalışmada günlük veriler birleştirilerek yıllık işlenmiş veri kümeleri elde edilmiş ve bu işlem üç kampanya için de yapılmıştır. Bu birleştirme işlemi dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda IGS

h dosyaları birleştirilir ve her bir işlenmiş veri dosyasının birlikte değerlendirileceği kendisinden öncekilerle uyumunu gösteren öncül chi-kare değeri kaydedilir. Kullanılan igs işlenmiş veri (h dosyaları) dosyaları igs1, igs2 ve eura aglarından alınmaktadır. Sonra eura h dosyalarını birleştirilir ve ortaya çıkan prt dosyasındaki öncül chi-kare değeri kaydedilir. Diğer adımda ise aynı işlem projenin h dosyaları ile yapılır. Kayıt edilen bu değerler tüm h dosyalarının birleştirmesi olan son aşamada dosyaların ağırlıkları olarak verilmektedir. Bu işlemler her yıl yapılan günlük ölçmeler için ayrı ayrı yapılır. Böylece her bir yıla ilişkin işlenmiş ve birleştirilmiş veri dosyaları elde edilir.

Günlük işlenmiş veri dosyalarının birleştirilerek yıllık birleştirilmiş işlenmiş dosyaların elde edilmesinden sonraki aşama hizmetlerin bulunmasıdır. Bu aşamada öncelikle yıllık verilerin kontrolü için tekrar GLRED alt yazılımı çalıştırılır ve tekrarlılıklara bakılarak kontrol edilir; eğer yıllık tekrarlılıklarda bir sorun yoksa devam edilir; aksi durumda problemli yıl(lar) gözden geçirilir. GLOBK ve GLORG yazılımları çalıştırılan bu son bölümde yine farklı komut dosyaları kullanılmıştır. GLOBK yazılımı GLORG alt yazılımını otomatik olarak çalıştırmasına rağmen ikisini de çalıştırırken farklı komut dosyaları kullanılmaktadır. GLOBK ile hizmet kestirimi yapılarak GLORG ile bu hizmetler, ele alınan levha için sabit olduğu öngörülen noktalar hizmet dönüşümü için sabit alınarak bu levhaya göre bağıl olarak hesaplanırlar. Bu çalışmada Avrasya Plakasını temsil etmek için kullanılan sabit istasyonlar Tablo 5.9'da verilmektedir.

Tablo 5.9: Stabilasyon için Sabit Alınan İstasyon Noktaları

BOR1	POLONYA
GRAZ	AVUSTURYA
METS	FINLANDIYA
ONSA	İSVEÇ
WTZR	ALMANYA
JOZE	POLONYA
TROM	NORVEÇ
MATE	İTALYA
POTS	ALMANYA
NYAL	NORVEÇ
ZIMM	İSVİÇRE
KOSG	HOLLANDA
BURS	BELÇİKA
HERS	İNGİLTERE

Üç senelik verilerin bulunması birçok kombinasyon yaparak, bölgedeki hız değişimini ve verilerin doğruluğu hakkındaki bilgileri kontrol etmemizi sağlar. Bu kombinasyonlarda (1., 2.ve 3.), (1. ve 2.) (2. ve 3.) (3. ve 1.) kampanyalar birleştirilmiştir (EK.K), böylece tüm kombinasyonlar karşılaştırılabilir. Sonuçlar hakkında yorum yapmak içinse üç senenin verileri ile beraber elde edilen hız farklarının kullanılması uygun olacaktır.

6. GPS VEKTÖRLERİNİN YORUMLANMASI VE SONUÇLAR

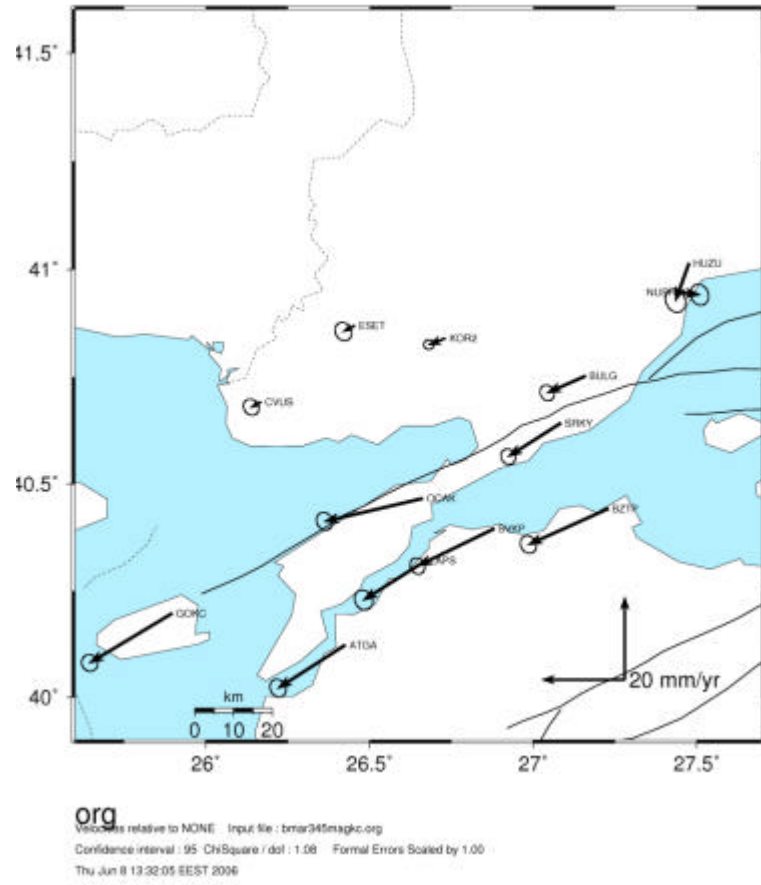
6.1. Jeodezik Yorumlar

Jeodezik degerlendirmelerin ayrıntıları ve işlem adımları Bölüm 5 içinde verilmiştir. Elde edilen sonuçların jeodezik anlamda incelenmesi ve yorumlanması ile yapılan çalışmanın kalitesi ortaya çıkarılabilir. GAMIT/GLOBK ile bu proje için elde edilen en önemli sonuç bölgenin üç yıllık ölçülere dayanan hız vektörlerinin hesaplanmasıdır.

Degerlendirmede Avrasya plakasını tanımlayabilmek için farklı stabilizasyon noktaları kullanılmıştır. Rüzgar 2004, McClusky ve diğ. 2000, Aktug ve diğ.2006 ve MAGNET ağında kullanılan referans noktaları ayrı ayrı bileştirilmeye tabi tutulmuştur. Bu Birleştirmeler sonucu aşağıdaki hız değerleri ve vektör haritaları oluşturulmuştur.

Tablo 6.1: MAGNET Stabilizasyon noktaları ile Hız Bulguları (ITRF00)

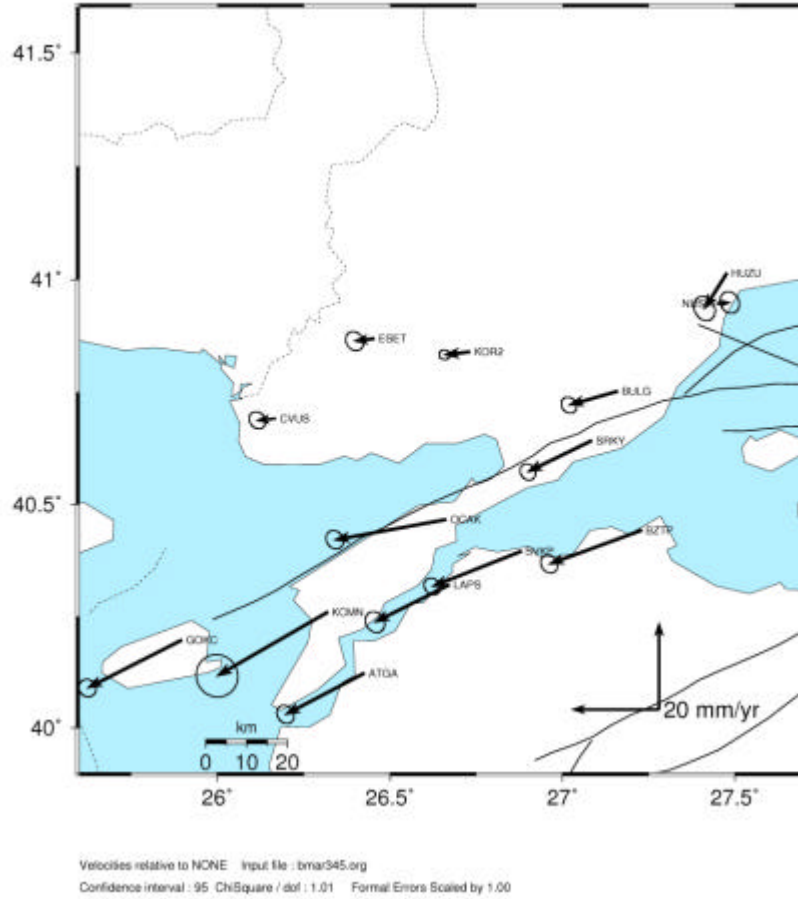
Boylam	Enlem	Dogu Hız Bileseni	Kuzey Hız Bileseni	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hızlar	azimut
<i>Derece</i>		<i>mm/yıl</i>	<i>mm/yıl</i>	<i>mm/yıl</i>			<i>mm/yıl</i>	$^{\circ}$
26,425	40,123	-16,09	-10,37	0,79	0,87	ATGA	19,14	237,20
27,159	40,752	-9,13	-4,04	0,7	0,77	BULG	9,98	246,13
27,229	40,443	-19,15	-8,65	0,79	0,86	BZTP	21,01	245,69
26,168	40,692	-2,31	-1,27	0,76	0,79	CVUS	2,64	241,20
26,454	40,869	-2,65	-1,38	0,82	0,9	ESET	2,99	242,49
25,896	40,197	-19,72	-11,87	0,79	0,82	GOKC	23,02	238,96
27,476	41,014	-3,22	-8,96	0,99	1,15	HUZU	9,52	199,77
26,731	40,840	-3,9	-1,52	0,5	0,46	KOR2	4,19	248,71
26,672	40,321	-14,93	-9,47	0,89	0,98	LAPS	17,68	237,61
27,448	40,947	4,76	-0,6	0,89	1,03	NUSR	4,80	97,18
26,662	40,467	-23,51	-5,53	0,8	0,87	OCAK	24,15	256,76
27,084	40,642	-12,58	-8,03	0,71	0,77	SRKY	14,92	237,45
26,880	40,396	-18,36	-8,97	0,73	0,79	SVKP	20,43	243,96



Sekil 6.1 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hız vektörleri(MAGNET için kullanılan stabilizasyon noktaları ile oluşturulmuştur.)

Tablo 6.2: McClusky 2000 de tanımlanan Stabilizasyon noktaları ile Hiz Bulguları (ITRF00)

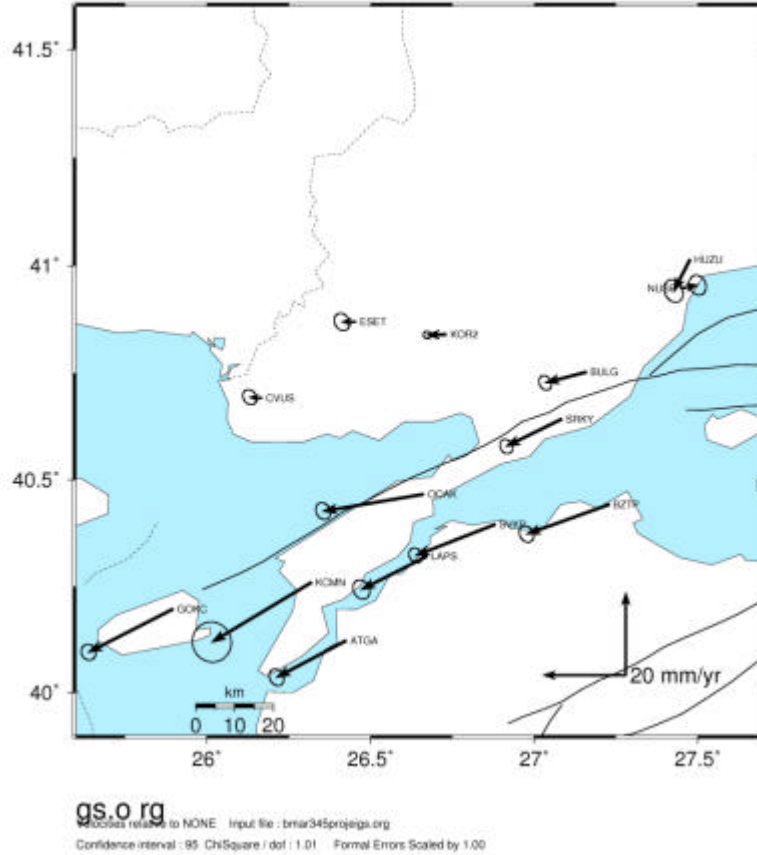
Boylam	Enlem	Dogu Hiz Bileseni	Kuzey Hiz Bileseni	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hizlar	azimut
Derece		mm/yil	mm/yil	mm/yil	mm/yil		mm/yil	°
26,425	40,123	-17,91	-9,46	0,8	0,86	ATGA	20,25	242,16
27,159	40,752	-11,01	-3,15	0,72	0,76	BULG	11,45	254,03
27,229	40,443	-21,02	-7,76	0,79	0,85	BZTP	22,41	249,74
26,168	40,692	-4,1	-0,42	0,77	0,79	CVUS	4,12	264,15
26,454	40,869	-4,42	-0,55	0,83	0,89	ESET	4,45	262,91
25,896	40,197	-21,43	-10,99	0,8	0,82	GOKC	24,08	242,85
27,476	41,014	-5,07	-8,12	0,99	1,14	HUZU	9,57	211,98
26,731	40,84	-5,72	-0,69	0,52	0,45	KOR2	5,76	263,12
26,672	40,321	-16,92	-8,58	0,9	0,98	LAPS	18,97	243,11
27,448	40,947	2,89	0,24	0,9	1,02	NUSR	2,90	85,25
26,662	40,467	-25,31	-4,67	0,81	0,86	OCAK	25,74	259,55
27,084	40,642	-14,5	-7,14	0,72	0,76	SRKY	16,16	243,78
26,88	40,396	-20,24	-8,07	0,75	0,78	SVKP	21,79	248,26



Sekil 6.2 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(McClusky 2000’de kullanılan stabilizasyon noktaları ile oluşturulmuştur.)

Tablo 6.3: Projede Kullanılan IGS Noktalarının Stabilizasyonu ile Hiz Bulguları (ITRF00)

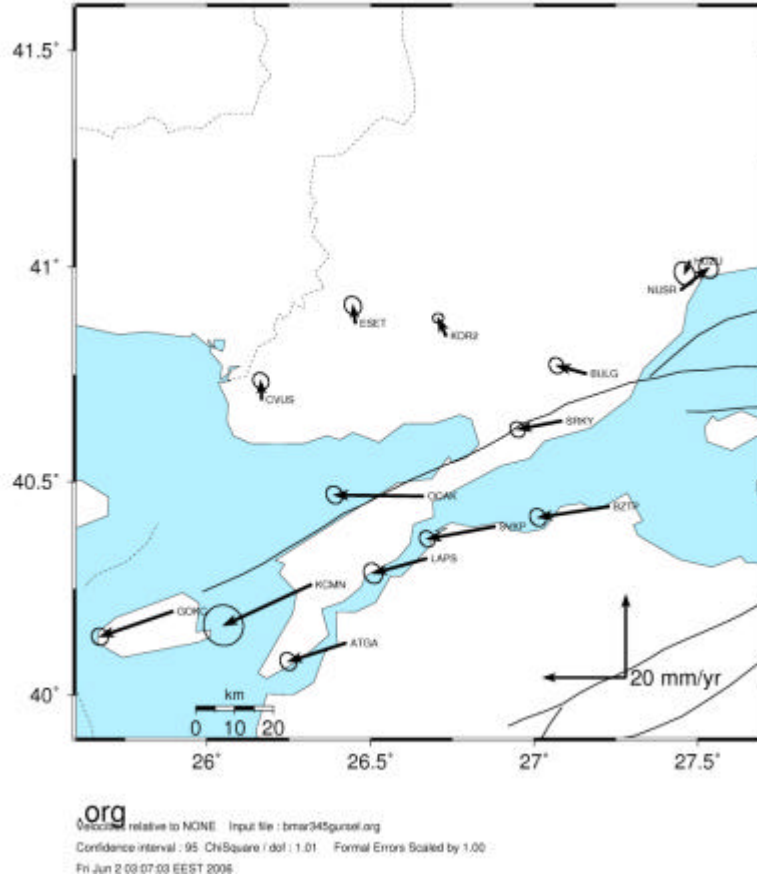
Boylam	Enlem	Dogu Hiz Bileseni	Kuzey Hiz Bileseni	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hizlar	azimut
Derece		mm/yil	mm/yil	mm/yil	mm/yil		mm/yil	°
26,425	40,123	-16,70	-8,86	0,72	0,82	ATGA	18,90	242,05
27,159	40,752	-9,83	-2,58	0,62	0,71	BULG	10,16	255,29
27,229	40,443	-19,84	-7,18	0,71	0,80	BZTP	21,10	250,11
26,168	40,692	-2,91	0,17	0,68	0,74	CVUS	2,91	93,34
26,454	40,869	-3,25	0	0,75	0,85	ESET	3,25	270,00
25,896	40,197	-20,25	-10,39	0,72	0,77	GOKC	22,76	242,84
27,476	41,014	-3,91	-7,57	0,93	1,11	HUZU	8,52	207,32
26,731	40,840	-4,55	-0,13	0,38	0,36	KOR2	4,55	268,36
26,672	40,321	-15,72	-8,01	0,83	0,94	LAPS	17,64	243,00
27,448	40,947	4,05	0,79	0,83	0,98	NUSR	4,13	78,96
26,662	40,467	-24,12	-4,10	0,73	0,82	OCAK	24,47	260,35
27,084	40,642	-13,31	-6,56	0,63	0,71	SRKY	14,84	243,76
26,880	40,396	-19,05	-7,48	0,65	0,73	SVKP	20,47	248,56



Sekil 6.3 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Projede kullanılan IGS noktaları stabilizasyonu ile oluşturulmuştur.)

Tablo 6.4: Rüzgar 2004'te tanımlanan Stabilizasyon noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)

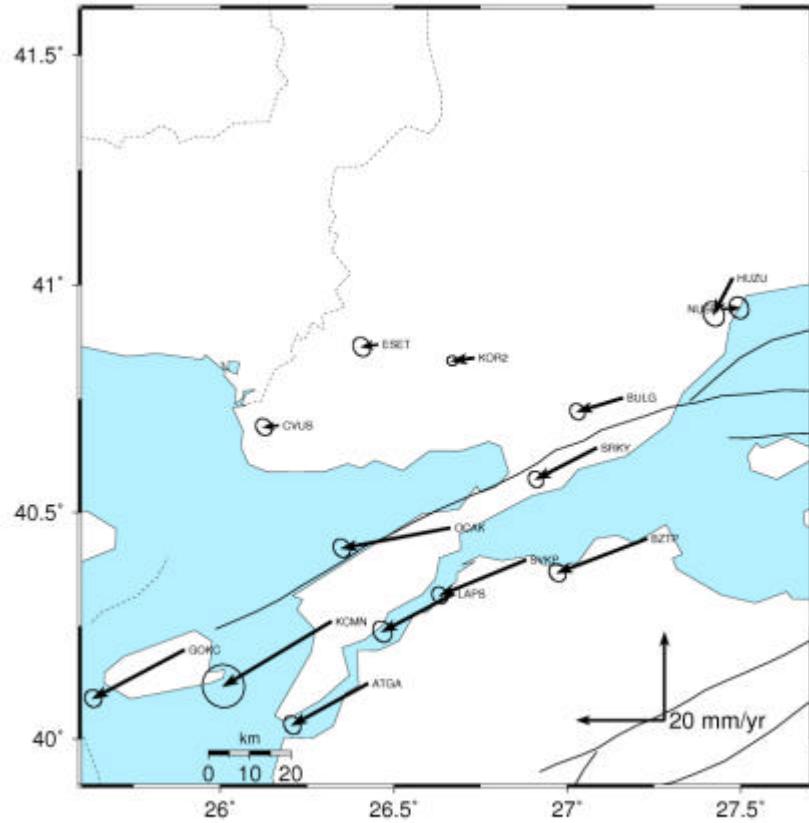
Boylam	Enlem	Dogu Hiz Bileseni	Kuzey Hiz Bileseni	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hizlar	azimut
Derece		mm/yil	mm/yil	mm/yil	mm/yil		mm/yil	°
26,425	40,123	-13,87	-4,47	0,81	0,87	ATGA	14,57	252,14
27,159	40,752	-7,13	1,97	0,72	0,78	BULG	7,40	285,45
27,229	40,443	-17,1	-2,67	0,8	0,86	BZTP	17,31	261,13
26,168	40,692	-0,22	4,49	0,78	0,8	CVUS	4,50	362,81
26,454	40,869	-0,62	4,31	0,83	0,9	ESET	4,35	351,81
25,896	40,197	-17,53	-6,08	0,81	0,83	GOKC	18,55	250,87
27,476	41,014	-1,28	-3,04	1	1,15	HUZU	3,30	202,83
26,731	40,84	-1,93	4,29	0,53	0,47	KOR2	4,70	335,78
26,672	40,321	-12,93	-3,58	0,91	0,99	LAPS	13,42	254,52
27,448	40,947	6,71	5,29	0,91	1,03	NUSR	8,54	51,75
26,662	40,467	-21,41	0,28	0,81	0,87	OCAK	21,41	270,75
27,084	40,642	-10,59	-2,05	0,73	0,77	SRKY	10,79	259,04
26,88	40,396	-16,28	-3	0,75	0,79	SVKP	16,55	259,56



Sekil 6.4 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Rüzgar 2004'te kullanılan stabilizasyon noktaları ile oluşturulmuştur.)

Tablo 6.5: Aktug 2006’da tanımlanan Stabilizasyon noktaları ile Hiz Bulguları(ITRF00)

Boylam	Enlem	Dogu Hiz Bileseni	Kuzey Hiz Bileseni	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hizlar	azimut
Derece		mm/yil	mm/yil	mm/yil	mm/yil		mm/yil	°
26,425	40,123	-17,1	-9,41	0,78	0,85	ATGA	19,52	241,18
27,159	40,752	-10,21	-3,10	0,69	0,75	BULG	10,67	253,11
27,229	40,443	-20,21	-7,72	0,78	0,84	BZTP	21,63	249,09
26,168	40,692	-3,31	-0,36	0,75	0,78	CVUS	3,33	263,79
26,454	40,869	-3,63	-0,52	0,81	0,88	ESET	3,67	261,85
25,896	40,197	-20,61	-10,96	0,78	0,80	GOKC	23,34	242,00
27,476	41,014	-4,28	-8,09	0,98	1,13	HUZU	9,15	207,88
26,731	40,840	-4,93	-0,65	0,49	0,43	KOR2	4,97	262,49
26,999	40,951	-3,10	-0,12	1,32	1,31	KRDT	3,10	267,78
26,672	40,321	-16,11	-8,53	0,88	0,97	LAPS	18,23	242,10
27,448	40,947	3,68	0,27	0,89	1,01	NUSR	3,69	85,80
26,662	40,467	-24,50	-4,63	0,79	0,85	OCAK	24,93	259,30
27,084	40,642	-13,70	-7,09	0,70	0,75	SRKY	15,43	242,64
26,880	40,396	-19,44	-8,01	0,72	0,77	SVKP	21,03	247,61



org

Velocities relative to NONE Input file : bmar345aktug.org
Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 1.01 Formal Errors Scaled by 1.00

Sekil 6.5 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş hiz vektörleri(Aktug 2006’da kullanılan stabilizasyon noktaları ile oluşturulmuştur.)

Degerlendirme sirasinda kullaniman IGS noktalarinin küresel aga ait çözümleri internet üzerinde yayınlanmaktadır (<http://sopac.ucsd.edu>). Bölgeye yakin IGS

istasyonlari karsilastirilarak yapilan kontrolün sonuçlarında (Tablo 6.6) MAGNET stabilizasyon noktaları ile en yakın çözümlere kavusuldugu gözlenmistir

Tablo 6.6: 15 Noktali MAGENT Stablizasyon Noktaları ile Bulunan Hiz Bulguları Karsilastirilmesi

Internet yoluyla alınan, IGS'in buldugu IGS istasyonlarının vektör uzunlukları	Degerlendirme sonucu bulunan IGS istasyonlarının vektör uzunlukları
ISTA → 3.06 mm/yıl	ISTA → 3,62mm/yıl
SOFI → 2.66 mm/yıl	SOFI → 2.31 mm/yıl
TUBI → 3.90 mm/yıl	TUBI → 3.86 mm/yıl

Sonuçlar göstermektedir ki IGS çözümleri ve bu çalışmada yapılan degerlendirmedeki kullanılan aynı IGS istasyonlarının vektör uzunlukları arasındaki fark 0.5 mm/yıl civarında ve bazı istasyonlarda daha da azdır.

Yıllık kampanyalar halinde gerçekleştirilen ölçmeler, her yıl için günlük islenmiş verilerden yola çıkarak ayrı ayrı degerlendirilmektedir. Günlük degerlendirmeler birleştirilerek o yılın sonuçları elde edilmektedir. Sonuçların kalitesi için öncelikle tekrarlılıklar incelenir ve bunun için nrms ve wrms büyüklüklerinin analizi yapılır. Üç yıla ilişkin ayrı ayrı (2003, 2004 ve 2005) tekrarlılıklara ait nrms ve wrms degerleri EK.I da verilmistir. Koordinat bileşenlerinin doğruluk beklentileri Kuzey ve Dogu bileşenleri için yaklaşık 1-2mm ve Yukari bileşeni için yaklaşık 3-4mm'dir (McClusky ve dig, 2000). EK.I tablo degerleri karsilastirildiginda ilk yıl ölçülerinin daha doğru olduğunu ve istenilen doğruluğa yaklastigini söyleye biliriz. Diğer ölçüleri ise veri isleme asamasında daha ayrıntili incelenerek ve varolan hata kaynaklarını araştırılıp elemine edilmesi gerekmektedir.

Tablo 6.7: Proje Noktalarının Yıllık Çözümlere Ait Ortalama nrms ve wrms Degerleri

YIL	Nrms			Wrms(mm)		
	Kuzey	Dogu	Yukari	Kuzey	Dogu	Yukari
2003	0,88	1,24	2,23	1,61	2,01	14,37
2004	0,46	0,37	0,37	2,23	1,83	6,71
2005	0,77	1,22	0,85	1,90	3,07	7,26

Tablo 6.8: ÜçYillik Birleştirilmiş Çözümlerin Tekarlılıklarına Ait nrms ve wrms Degerleri(Proje Noktalari)

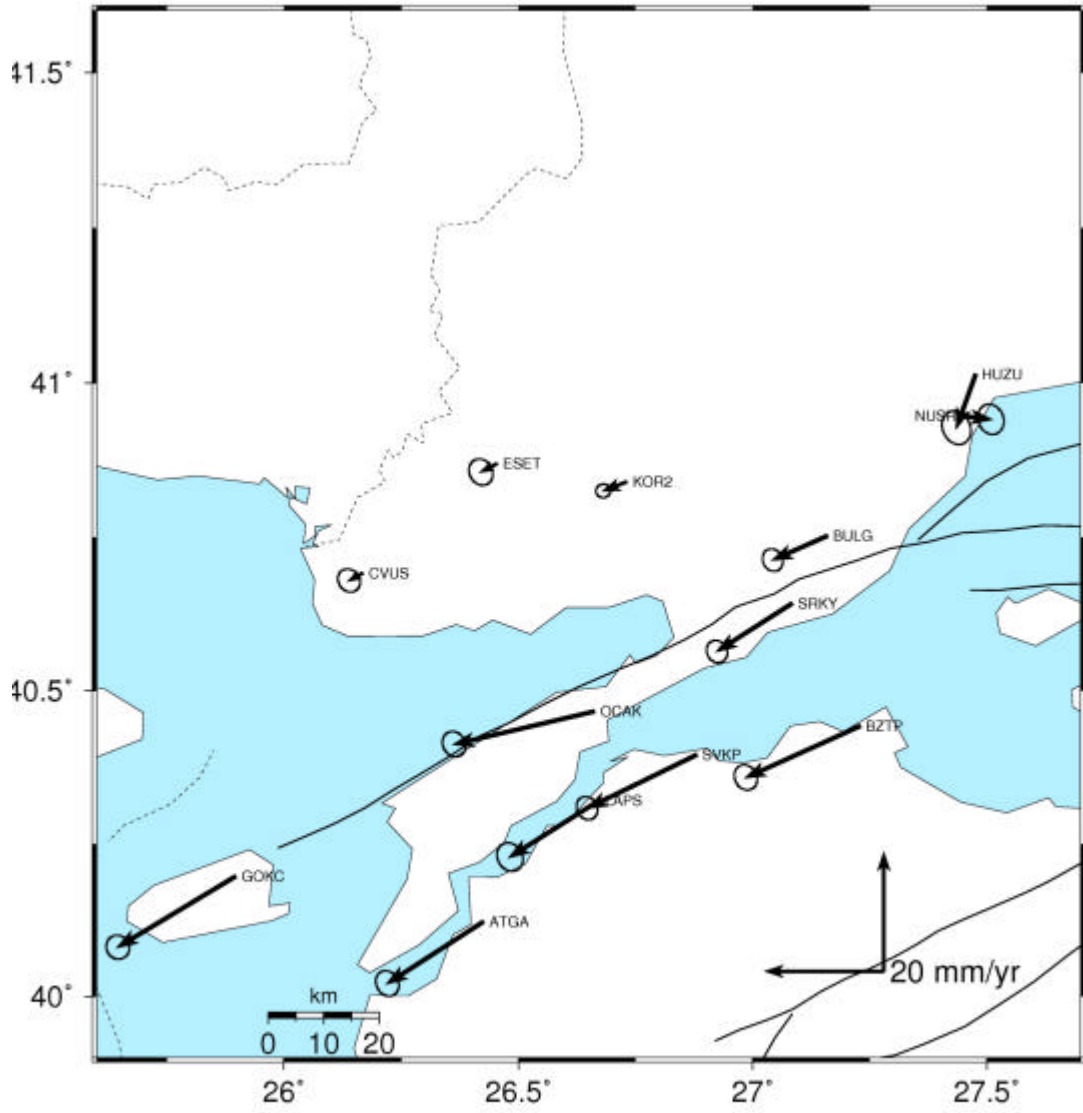
	NRMS			WRMS (mm)		
	Kuzey	Dogu	Yukari	Kuzey	Dogu	Yukari
ATGA	0,55	1,60	1,22	1,40	3,90	8,40
BULG	0,37	0,78	1,33	0,90	1,90	8,90
BZTP	0,03	0,12	0,08	0,10	0,60	0,70
CVUS	0,12	0,03	1,15	0,30	0,10	7,80
ESET	0,12	0,65	2,32	0,40	1,70	15,50
GOKC	0,00	0,23	1,48	0,00	0,70	10,10
HUZU	0,63	0,13	0,03	2,60	0,40	0,20
KCMN	1,00	1,00	1,00	2,80	2,80	8,50
KOR2	1,71	2,20	1,88	2,30	3,00	7,40
LAPS	1,07	0,45	0,71	2,50	0,90	4,30
NUSR	0,63	0,26	1,46	2,40	0,80	10,40
OCAK	0,14	0,09	0,53	0,50	0,20	3,60
SRKY	0,57	0,42	0,49	1,50	1,00	3,20
SVKP	1,13	0,89	2,22	2,00	1,50	10,50
ortalama	0,58	0,63	1,14	1,41	1,39	7,11
Max	1,71	2,20	2,32	2,80	3,90	15,50
Min	0,00	0,03	0,03	0,00	0,10	0,20

Tablo 6.9: Üç Yillik Verilerden Elde Edilen Avrasya Plakasi için MAGNET stabilizasyon noktaları sabit alınarak ITRF00 Hiz Degerleri

Boylam	Enlem	Dogu Hiz	Kuzey Hiz	Dogu $\pm$	Kuzey $\pm$	Istasyon	Yatay Hizlar	azimut
		Bileseni	Bileseni					
Derece		mm/yil	mm/yil	mm/yil	mm/yil		mm/yil	°
26,425	40,123	-16,1	-10,35	0,79	0,87	ATGA	19,14	238,84
27,159	40,752	-9,13	-4,00	0,71	0,77	BULG	9,97	241,97
27,229	40,443	-19,13	-8,66	0,79	0,86	BZTP	21,00	237,26
26,168	40,692	-2,31	-1,23	0,76	0,79	CVUS	2,62	241,96
26,454	40,869	-2,61	-1,39	0,82	0,9	ESET	2,96	256,70
25,896	40,197	-19,65	-11,88	0,79	0,82	GOKC	22,96	237,92
27,476	41,014	-3,15	-8,97	0,99	1,15	HUZU	9,51	248,48
26,731	40,840	-3,88	-1,53	0,50	0,46	KOR2	4,17	244,09
26,672	40,321	-15,09	-9,46	0,89	0,98	LAPS	17,81	237,65
27,448	40,947	4,81	-0,62	0,89	1,03	NUSR	4,85	246,34
26,662	40,467	-23,47	-5,55	0,80	0,87	OCAK	24,12	245,64
27,084	40,642	-12,63	-8,00	0,71	0,77	SRKY	14,95	97,34
26,880	40,396	-18,4	-8,94	0,74	0,79	SVKP	20,46	199,35

Sonuç olarak toplanan veriler ile üç yıllık degisime ait hiz degerleri elde edilmistir(Tablo 6.9) (Sekil 6.5). Ayrıca üç kampanya için hiz kestiriminde farklı yıllar birleştirilerek degisik yılların birleştirilmesinden hiz vektörleri elde

edilmistir(EK K). Üçüncü kampanyanın kullanildigi ve üçlü ikili birlesmelerde KCMN noktasinda farkliliklar görölmektedir. Görülen farkligin beklenen hareket yönüne aykiri olmasi istasyon noktasinda meydana gelmis olabilecek bir hasarin varligi düşündürmüs ve KCMN noktasina ait ölçüler processten çıkartilmistir. Ayrica tüm ölçmelerde farkliliklar gösteren HUZU ve NUSR noktalarına iliskin yapılan kontroller sonrasinda 2004 yili ölçmelerinden HUZU noktasina iliskin 204 güne ait ölçüler çıkarilmistir. Bu düzenlemelere ragmen alinan sonuçlarda bir degisiklik görölmemistir. Noktalarda olusan sorunlarin çevre kaynakli oldugu düşünölmektedir. 2004 yilinin dahilin oldugu birlestirmelerde sorunlarla karsilasilmis olup daha önceki projelerde kullanilmayan(Rüzgar 2004) TUBI noktası process isleminde çıkartilmistir. Fakat degisiklik beklenen olumlulukta gerçekleşmemis ve yine 3 yıla ait wrms ve nrms degerleri yıllık degerlerden farkliliklar göstermistir.



org

Velocities relative to NONE input file : bmar345magkc.org

Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 1.08 Formal Errors Scaled by 1.00

Thu Jun 8 13:32:05 EEST 2006

Sekil 6.6 : 2003-2004-2005 yıllık ölçülerin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş vektörleri(MAGNET için kullanılan referans noktaları ile oluşturulmuştur.)

6.2 Jeolojik Yorumlar

Bölgenin coğrafi ve jeolojik yapısı göz önünde bulundurulduğunda GPS ölçmeleri sonucu elde edilen hız vektörleri Prof. Dr. Okan Tüysüz tarafında şu şekilde yorumlandı:

1. Fayın kuzeyindeki noktalar beklenildiği gibi az bir hız sahipler

2. Fayin güney kesimindeki hareketin faya paralel ve beklenen hızlarda olduğu söylenebilir.
3. BULG istasyon noktasındaki hız vektörünün büyüklüğü faya yakın alanda deformasyon olarak belirtilebilir.
4. OCAK istasyon noktasının faya doğru olan hareketinin bir bindirme bileşeni sonucu oluştuğu ve bu bindirmesinde Gelibolu bindirmesi olduğu ifade edilmiştir

KAYNAKLAR

- Chen, Q.**, 2002, Crustal Deformation Along The San Andreas Fault And Within The Tibetan Plateau Measured Using GPS, *Doktora Tezi*, Alaska Fairbanks, Alaska
- Çakmak, R.**, 2001, Marmara Bölgesi'nde Kabuk Deformasyonlarının GPS Yardımıyla İzlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Demets, C., Gordon R. G., Argus, D. F. And Stein, S.**, 1990, Current Plate Motions, *Geophys. J. Int.*, **101**, p. 425-478
- Dong, D.**, 1993, The Horizontal Velocity Field In Southern California From A Combination Of Terrestrial And Space-Geodetic Data, Massachusetts Institute of Technology, ABD
- Feigl, K. L., Agnew, D.C., Dong, D., Donnellan, A., Hager, B. H., Herring, T. A., Jackson, D. D., Jordan, T. H., King, R. W. Larsen, S., Larson, K. M., Murray, M. H., Shen, Z. And Webb, F. H.**, 1993, Space Geodetic Measurement of crustal Deformation In central and South California, 1984-1992, *Journal of Geophysical Research*, **21**, p. 677-712
- Herring, T. A.**, 1999, Geodetic Applications Of GPS, *IEEE*, **87**, 1
- Herring, T. A.**, 2000, Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program, Massachusetts Institute of Technology, ABD
- Ince, C. D.**, 1999, Dinamik Sistemlerin GPS ve Kalman Filtresi ile Anlık Olarak İzlenmesi, *Doktora Tezi*, I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Ketin, I.**, 1993, Genel Jeoloji, I.T.Ü Matbaası, İstanbul
- Khazarade, G.**, 1999, Tectonic Deformation Western Washington State From Global Positioning System Measurements, *Doktora Tezi*, University Of Washington, ABD
- Kinik, I.**, 1999, GPS Ölçme ve Değerlendirmelerinde Hata Kaynakları Üzerine Bir İnceleme, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- King, R. W. And Bock, Y.**, 2002, Documentation For .The GAMIT GPS Analysis Software, Massachusetts Institute of Technology, ABD

- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan. O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N. And Veis, G., 2000, Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics And Dynamics In The Eastern *Journal of geophysical research* **105**, p. 5695-5719**
- Murray M. H., 1991, Global Position System Measurement of Crustal Deformation in Central California, Massachusetts Institute of Technology, ABD**
- Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S., Barka, A. A., 2002, Stress Accumulation and Increased Seismic Risk In Eastern Turkey, *Earth and Planetary Letters* ., **195**, p 291- 298**
- Nam, Y., 1999, GPS Determination Of Diurnal And Semidurnal Variations In Earth Rotation Parameters And The Geocenter, *Doktora Tezi*, The University Of Texas At Austin, ABD**
- Oral, B. C., 1994, GPS Measurement in Turkey (1988-1992) Kinematics of the Africa-Arabia Eurasia Plata Collision Zone, Massachusetts Institute of Technology, ABD**
- Park, K., 2000, Determination Of Glacial Isostatic Adjustment Parameters Based On Precise Point Positioning Using GPS, *Doktora Tezi*, Texas at Austin, ABD**
- Sella, G. F., 2001, Space Geodetic Constraints On Plate Rigidity And Global Plate Motions, , *Doktora Tezi*, Louisiana State University, ABD**
- Sengör, A.M.C., Tüysüz, O., Sakiñç, M., Imren, C., Eyidogan, H., Görür, N., 2003, Agustos. Kuzey Anadolu Fayından Haberler, Cumhuriyet Gazetesi Bilim ve Teknik eki, Sayı:856, pp.6-7**
- Tari, E., Baykal, O. Ve Sahin, M., 1999, GPS Data Processing For Geodynamics At ITU With GAMIT/GLOBK Software, p 335-347, Istanbul**
- Yavasoglu, H., 2003, Kuzey Anadolu Fayinin Orta Bölümünün Kinematiginin 2001 ve 2002 GPS Ölçmeleri ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul**
- Yeats, R. S., Sieh, K. And Allen, C. R., 1997, The Geology Of Earthquakes, Oxford University, New York**
- Zhang, J., 1996, Continuous GPS Measurements Of Crustal Deformation In Southern California, *Doktora Tezi*, University Of California, San Diego**

Zhang, J., 1999, Investigations Into The Estimation Of Residual Tropospheric Delays In A GPS Network, *Yüksek Lisans Tezi*, The University Of Calgary, Alberta

EKLER

EK A

Anten Faz Merkezi Semasi

ARP: Anten Referans noktası
L1 : L1 Faz Merkezi
TCR: Chokering Üzeri
TGP: Ground Plane Üzeri
TPA: Top of Preamplifier
Preamplifier
TOP: Top of Pole

L2 : L2 Faz Merkezi
BCR: Chokering Tabanı
BGP: Ground Plane Tabanı
BPA: Bottom of

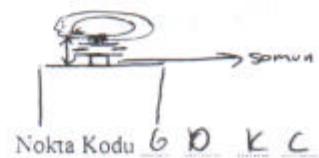
Tüm degerler metredir

ALET : TRIMBLE 4000 SSI
ANTEN : TRM29659.00
SERI NO. :

```

      /      +      \      <-- 0.128
L2
      |      +      |      <--
0.1098 L1
      +-----+      <-- 0.102
TCR
      |
      |
      |
      +-----+      <--
0.0381
      +-----+      <-- 0.035
BCR (ANTEN YUK.OLCULEN YER)
      |
      =|
      +-----x-----+      <-- 0.000
BPA=ARP
<-- 0.381 -->
```

EK B
GPS Ölçüm Çizelgesi

GPS ÖLÇÜM ÇİZELGESİ				Sayfa No: 1
Nokta Numarası	60KC	4 Karakterli ID	60KC	
Mevki	TIGEM	Nokta Türü	altıgen pilge	
Tarih	21.09.2004	Operatorün Adı	uçur altın	
Alıcı Türü	Ashtech 2xtreme	Anten Türü	Ash 301975 01 Agp	
Alıcı Seri No	22 120010207	Anten Seri No	5226	
		Ort. Anten Yüksekliği	0,1345 m	
☐ Eğik ☒ Dik ☐ Diğer				
Ölçüm Başlangıcı	Ölçüm Bitimi	Anten Yüksekliği	Çentik No	
UTC Günü : 203	UTC Günü : 203	0° deg. : 0,133 m	[...]	
UTC Saati : 5.15	UTC Saati : 14.30	90° deg. : 0,135 m	[...]	
		180° deg. : 0,135 m	[...]	
		270° deg. : 0,135 m	[...]	
Alıcıdan Alınan Nokta Koordinatları				
Enlem : 40° 11' 47", 9747		Boylam : 25° 53' 46", 0564 Yükseklik : 120,94 m		
Hava Durumu	Baş. Saati: 9.15	Baş. Saati: 10.00	Baş. Saati: 12.00	Baş. Saati: 14.00
	☒ Açık	☒ Açık	☒ Açık	☒ Açık
	☐ Par. bulutlu	☐ Par. bulutlu	☐ Par. bulutlu	☐ Par. bulutlu
	☐ Kapalı	☐ Kapalı	☐ Kapalı	☐ Kapalı
	☐ Yağmurlu	☐ Yağmurlu	☐ Yağmurlu	☐ Yağmurlu
	☐ Sağnak yağ.	☐ Sağnak yağ.	☐ Sağnak yağ.	☐ Sağnak yağ.
	Bit. Saati: 10.00	Bit. Saati: 11.00	Bit. Saati: 12.00	Bit. Saati: 13.00
Açıklama				
Anten yüksekliği Ground Plane alt yüzeyinden ölçüldü ve alıcıya girildi.				
pilge vidu boyu nedeniyle, triborah altına, somun takılarak alet kurulmuştur. yükseklikler ground plane alt yüzeyinden pilge yüzüne kote edilmiştir.				
(A) Vidu yüksekliği = 2,33 cm				
(B) Somun yüksekliği = 1,38 cm				
Tarih(UTC) : 203				
(A) 		(B) 		

EK C
Oturum Çizelgeleri

	2003 Yılı Oturum Çizelgesi											
	225	226	227	228	229	230	231	232		275	276	277
KOR2	X	X	X	X	X	X	X	X				
KCMN	X	X	X	X	X	X	X	X				
ATGA		X	X	X								
BULG		X	X	X								
BZTP		X	X	X								
CVUS		X	X	X								
SEVK		X	X	X				X				
SRKY		X	X	X								
SVK2		X	X					X				
ESET					X	X	X					
GOKC					X	X	X					
HUZU					X	X	X			X	X	X
LAPS				X	X	X	X					
NUSR					X	X	X					
OCAK					X	X	X			X	X	X
SVKP					X	X	X	X		X	X	X

	2004 Yılı Oturum Çizelgesi						
	202	203	204	205	206	207	208
KCMN	X	X	X	X	X	X	X
KOR2	X	X	X	X	X	X	X
ATGA					X	X	X
BULG					X	X	X
BZTP		X	X	X			
CVUS		X	X	X			
ESET					X	X	X
GOKC		X	X	X			
HUZU		X	X	X			
LAPS					X	X	X
NUSR		X	X	X			
OCAK		X	X	X			
SRKY					X	X	X
SVKP					X	X	X

	2005 Yılı Oturum Çizelgesi						
	218	219	220	221	222	223	224
KCMN	X	X	X	X	X	X	X
KOR2	X	X	X	X	X	X	X
ATGA					X	X	X
BULG					X	X	X
BZTP		X	X	X			
CVUS					X	X	X
ESET		X	X	X			
GOKC		X	X	X			
HUZU		X	X	X			
LAPS					X	X	X
NUSR		X	X	X			
OCAK		X	X	X			
SRKY					X	X	X
SVKP					X	X	X

EK D

Bati Marmara 2003 Yili GPS Kampanyasi Çizelgesi																											
	Tarih		13.08.2003			14.08.2003			15.08.2003			16.08.2003			17.08.2003			18.08.2003			19.08.2003			20.08.2003			
	GPS Günü		225			226			227			228			229			230			231			232			
#	Istasyon İsmi	Nokta Kodu	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayıt Süresi (sa:dk)	Oturum Kayıt Süresi (sa:dk)	Ekip No.	
1	Kocaçimentepe	KCMN	14:20	14:20		23:58	05:57		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		17:02	17:02					x
				x			19:00																				x
2	Koru Dağı	KOR2	15:19	03:16		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		15:10	15:10					x
				12:03			x			x			x			x			x			x					x
3	ATGA	ATGA		x		09:37	01:43		09:50	04:37		08:18	08:18			x			x			x					x
				x			07:54			05:13						x			x			x					x
4	Bulguru	BULG		x		10:17	10:17		11:16	11:16		08:15	08:15			x			x			x					x
5	Boztepe	BZTP		x		09:57	09:57		11:11	11:11		08:16	08:16			x			x			x					x
6	Çavuş	CVUS		x		11:15	11:15		12:47	12:47		08:41	08:41			x			x			x					x
7	Esetçe	ESET		x			x			x			x		10:57	10:57		09:30	00:33		09:12	00:20					x
				x			x			x			x						08:57			08:52					x
8	Gökçeada	GOKC		x			x			x			x		18:12	18:12		24:00	24:00		13:43	13:43					x
9	Tekirdağ	HUZU		x			x			x			x		09:36	09:36		09:28	09:28		08:37	00:19					x
				x			x			x			x									08:18					x
10	Lapseki	LAPS		x			x			x		08:54	08:54		10:54	00:14		10:24	10:24		09:31	09:31					x
				x			x			x			x			10:40			x			x					x
11	Nusratlı	NUSR		x			x			x			x		10:51	10:51		10:19	10:19		09:06	09:06					x
12	Ocaklı	OCAK		x			x			x			x			x			x			x					x
13	Sarköy	SRKY		x		11:13	11:13		11:56	11:56		08:59	08:59			x			x			x					x
14	Sevketiye Pilve	SVKP		x			x			x			x		10:21	00:02		09:42	09:42		09:59	09:59		06:57	00:58		
				x			x			x			x			10:19			x			x		x		x	05:59
15	Sevketiye Büyükçivi	SVK2		x		04:46	04:46		10:52	10:52			x			x			x			x		05:58	05:58		
16	Sevketiye Küçükçivi	SEVK		x		09:57	09:57		04:42	04:42		08:16	08:16			x			x			x		06:09	06:09		

Trimble 4000SSI+Micro Centered antenna
 Ashtech Zxtreme+GeodeticIV+GP
 Trimble 5700+Zephyr Geodetic
 Trimble 4000SSI+Chokering

EK E

Bati Marmara 2004 Yili GPS Kampanyasi Çizelgesi																							
	Tarih		20.07.2004			21.07.2004			22.07.2004			23.07.2004			24.07.2004			25.07.2004			26.07.2004		
	GPS Günü		202			203			204			205			206			207			208		
#	Istasyon Ismi	Nokta Kodu	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.
1	Kocacimentepe	KCMN	11:05	11:05		23:48	19:35		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		17:02	17:02	
				x			04:13			x			x			x			x			x	
2	Koru Dağı	KOR2	09:20	09:20		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		15:45	15:45	
3	ATGA	ATGA		x			x			x			x		08:54	08:54		09:13	09:13		10:10	10:10	
4	Bulgurlu	BULG		x			x			x			x		09:13	09:13		09:14	09:14		08:07	08:07	
5	Boztepe	BZTP		x		09:23	09:23		09:16	09:16		09:15	09:15			x			x			x	
6	Çavuş	CVUS		x		09:33	09:33		09:13	09:13		09:16	09:16			x			x			x	
7	Esetçe	ESET		x			x			x			x		09:03	09:03		09:06	09:06		10:11	10:11	
8	Gökçeada	GOKC		x		09:13	09:13		08:48	07:44		09:04	09:04			x			x			x	
				x			x			01:04			x			x			x			x	
9	Tekirdağ	HUZU		x		09:17	09:17		09:13	09:13		09:13	09:13			x			x			x	
10	Lapseki	LAPS		x			x			x			x		10:01	10:01		09:42	09:42		10:49	10:49	
11	Nusratlı	NUSR		x			x			x			x		10:51	10:51		10:19	10:19		09:06	09:06	
12	Ocaklı	OCAK		x		09:38	09:38		09:13	09:13		09:09	09:09			x			x			x	
13	Sarköy	SRKY		x			x			x			x		09:41	09:41		09:46	09:46		10:42	10:42	
14	Sevketiye	SVKP		x			x			x			x		09:08	09:08		09:05	09:05		10:08	10:08	

Ashtech Zxtreme+GeodeticIV+GP

Trimble 5700+Zephyr Geodetic

Trimble 4000SSE+Chokering

EK F

Bati Marmara 2005 Yili GPS Kampanyasi Çizelgesi																							
	Tarih		06.08.2005			07.08.2005			08.08.2005			09.08.2005			10.08.2005			11.08.2005			12.08.2005		
	GPS Günü		218			219			220			221			222			223			224		
#	Istasyon Ismi	Nokta Kodu	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.	Toplam Kayit Süresi (sa:dk)	Oturum Kayit Süresi (sa:dk)	Ekip No.
1	Kocacimentepe	KCMN	11:53	11:53		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		17:02	17:02	
2	Koru Dagi	KOR2	14:53	14:53		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		24:00	24:00		15:45	15:45	
3	ATGA	ATGA		x			x			x			x		09:16	09:16		10:09	10:09		09:09	09:09	
4	Bulgurlu	BULG		x			x			x			x		09:19	09:19		08:49	01:19		09:16	09:16	
				x			x			x			x			x			07:30			x	
5	Boztepe	BZTP		x		09:08	09:08		09:00	09:00		09:31	09:31			x			x			x	
6	Çavus	CVUS		x		09:19	09:19		10:23	10:23		09:10	09:10			x			x			x	
7	Esetçe	ESET		x		09:18	01:47		09:36	09:36		10:13	00:13			x			x			x	
				x			07:31			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
				x			x			x			01:00			x			x			x	
8	Gökçeada	GOKC		x		18:58	18:58		23:58	07:52		14:00	14:00			x			x			x	
				x			x			16:06			x			x			x			x	
9	Tekirdag	HUZU		x		09:17	09:17		09:06	09:06		09:10	09:10			x			x			x	
10	Lapseki	LAPS		x			x			x			x		09:55	09:55		10:41	10:41		09:46	09:46	
11	Nusratli	NUSR		x		09:29	09:29		09:54	09:54		09:51	09:51			x			x			x	
12	Ocakli	OCAK		x		09:02	09:02		09:12	09:12		09:12	09:12			x			x			x	
13	Sarköy	SRKY		x			x			x			x		10:18	10:18		11:15	11:15		09:54	09:54	
14	Sevketiye	SVKP		x			x			x			x		09:10	09:10		10:09	10:09		09:13	09:13	

Ashtech Zxtreme+GeodeticIV+GP

Trimble 5700+Zephyr Geodetic

EK G
Station.info Dosyasi

bmar pgga

(a1,2(a4,1x),a16,f7.4,2(1x,f8.4),2(1x,a6),1x,a5,1x,f5.2,1x,i4,1x,i3,1x,i2,6(1x,i2),2x,a)

TRCK	SITE	Station Name	Ant Ht	Ant N	Ant E	Rcvr	AntCod	HtCod	Vers	Year	Doy	SN	Start	Stop
------	------	--------------	--------	-------	-------	------	--------	-------	------	------	-----	----	-------	------

*

* Last updated via the SOPAC Database on 13-Mar-2001 23:00:51 UTC

* Send questions, comments or concerns to pjamason@josh.ucsd.edu

*

*TRCK	SITE	Station Name	Ant Ht	Ant N	Ant E	Rcvr	AntCod	HtCod	Vers	Year	Doy	SN	Start	Stop
-------	------	--------------	--------	-------	-------	------	--------	-------	------	------	-----	----	-------	------

*Bati Marmara GPS Kampanyasi I - II - III

*

SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0758	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	226	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0754	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	227	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0758	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	228	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0740	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	206	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0740	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	207	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0740	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	208	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0715	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2005	222	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0715	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2005	223	0	0	0	0	24	0	0
SRKY	SRKY	Sarkoy	(tutga)	0.0715	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2005	224	0	0	0	0	24	0	0

OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0810	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	229	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0795	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	230	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0808	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	231	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0822	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	203	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0825	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	204	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.0823	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	9.90	2004	205	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.1223	0.0000	0.0000	TR5700	TRMZGP	DHBGP	1.23	2005	219	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.1224	0.0000	0.0000	TR5700	TRMZGP	DHBGP	1.23	2005	220	0	0	0	0	24	0	0
OCAK	OCAK	Ocakli	(pilye)	0.1219	0.0000	0.0000	TR5700	TRMZGP	DHBGP	1.23	2005	221	0	0	0	0	24	0	0

GOKC	GOKC	Gokceada	(iller)	0.0953	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	229	0	0	0	0	24	0	0
GOKC	GOKC	Gokceada	(iller)	0.0953	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	230	0	0	0	0	24	0	0
GOKC	GOKC	Gokceada	(iller)	0.0953	0.0000	0.0000	ATUZ12	ATGP4A	DHPAB	0.00	2003	231	0	0	0	0	24	0	0

EK H

Session table (sestbl) Dosyasi

Session Table for regional + global analysis

Processing Agency = ITU

Station Number = *

Station Constraint = Y

Satellite Number = *

Satellite Constraint = Y ; Y/N

all	a	e	i	node	arg	per	M	rad1	rad2	rad3	rad4	rad5	rad6	rad7	rad8	rad9
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Type of Analysis = 0-ITER ; 0-ITER/1-ITER/2-ITER/1-CLEAN/2-CLEAN/3-CLEAN

Data Status = RAW ; CLN/RAW

Choice of Observable = LC_HELP ; L1_SINGLE/L1&L2/L1_ONLY/L2_ONLY/LC_ONLY/

Choice of Experiment = RELAX. ; L1,L2_INDEPEND./LC_HELP

Choice of Experiment = RELAX. ; BASELINE/RELAX./ORBIT

Ionospheric Constraints = 0.0 mm + 8.00 ppm ; Set for mid-solar max

Zenith Delay Estimation = YES ; YES/NO

Number Zen = 13 ; number of zenith-delay parameters

Zenith Constraints = 0.50 ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)

Zenith Model = PWL ; PWL (piecewise linear)/CON (step)

Zenith Variation = 0.02 100. ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs

Elevation cutoff = 10. ; Elevation angle cutoff for postfit solution

Atmospheric gradients = YES ; YES/NO (default no)

Number Grad = 3

Gradient Constraints = 0.03 ; gradient at 10 deg elevation in meters

Station Constraint = Y ; Y/N

Ambiguity resolution WL = 0.15 0.15 1000. 99. 1000. ; Increased chi-square ratio to stop searched

Ambiguity resolution NL = 0.15 0.15 1000. 99. 1000. ; values from being used.

Geodetic Datum = GEOCENTRIC ; GEOCENTRIC/WGS84/NAD82/WGS72

Reference System for ARC = IGS92 ; WGS84/WGS72/MERIT/IGS92(default)

Initial ARC = YES ; YES/NO default = NO for BASELINE/KIINEMATIC, YES for RELAX/ORBIT

Update T/L files = L_ONLY ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE

Final ARC = NO

Yaw Model = YES ; YES/NO default = YES

Delete eclipse data = NO ; ALL/NO/POST (Default = NO); 30 mins post shadow removal is

hardwired for ALL/POST

```

AUTCLN Command File = autcln.cmd ; Filename; default none (use default options)
AUTCLN Postfit = R ; Run autcln for postfit run; R causes repeat run.
Use N-file = Y ; Y/N (default no): automatic procedure to reweight by station
Delete AUTCLN input C-files = YES ; YES/NO default = NO ; I -- Intermediate keep (stops) second model
Earth Rotation = 7 ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 default=7
Estimate EOP = 15 ; Binary coded: 1 wob 2 ut1 4 wob rate 8 ut1 rate
Wobble Con = 0.01 0.01 ; default = 3. 0.3 arcsec arcsec/day
UT1 Con = 0.00001 0.01 ; default = .2 0.02 sec sec/day
Tide Model = 3 ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean default=7
Antenna Model = ELEV ; NONE/ELEV/AZEL default = NONE
Radiation Model for ARC = BERNE ; SPHRC/BERNE/SRDYB/SVBDY default = BERNE
Inertial frame = J2000 ; J2000/B1950
SCANDD control = NONE ; YES/NONE
Decimation Factor = 1 ; Decimation factor in solve
Quick-pre observable = LC_ONLY ; For 1st iter or autcln pre, default same as Choice of observable
Quick-pre decimation factor = 10 ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Station Error = ELEVATION 4.3 7.0 ; 1-way L1 ,  $a^2 + b^2/\sin(\text{elev})^2$  in mm, default = 4.3 7.0

```

Full list of controls:

Required:

Type of Analysis	PREFIT	: Prefit manipulations including cleaning (no solution)
	QUICK	: Quick solution
	0-ITERATION	: Full solution with good prior station coordinates and orbits
	1-ITERATION	: Full solution with approximate prior station coordinates
	2-ITERATION	: Full solution with approximate prior station coordinates and orbits
	SOLVE-only	: Do a solution from C-files (rarely used, better to run SOLVE batch file)

Data Status : RAW for automatic editing with AUTCLN; CLN (CLEAN) for no editing

Choice of Observable	LC_HELP:	Ambiguity-free and ambiguity-fixed solutions with LC
	LC_RANGE:	Same as LC_HELP but with pseudo-range priority
	LC_ONLY:	Ambiguity-free solution with LC
	L1_ONLY:	Ambiguity-free and ambiguity-fixed solutions with L1
	L2_ONLY:	Ambiguity-free and ambiguity fixed solutions with L2
	L1,L2_INDEPEND:	Ambiguity-free and -fixed solutions with L1 and L2
	L1&L2:	(see notes in manual)

```

Choice of Experiment = RELAX.      ; BASELINE/RELAX./ORBIT

Optional:
-----
Inertial frame                      ; B1950/J2000 (default = J20000)

Initial ARC                        ; YES/NO default = NO for BASELINE/KIINEMATIC, YES for RELAX/ORBIT
Final ARC                          ; YES/NO default = YES
Radiation Model for ARC            ; SPHRC/BERNE/SRDYB/SVBDY default = SPHRC
Reference System for ARC            ; WGS72/WGS84/MERIT/IGS92 (default = IGS92)
Tabular interval for ARC            ; 900. seconds (new default), 1350. seconds (old default)
Stepsize for ARC                    ; 75. seconds (new default), 168.75 seconds (old default)

Earth Rotation                      ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 4=Ray model;
default=7
Earth Rotation                      ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 default=3
Estimate EOP                        ; Binary coded: 1 wob 2 ut1 4 wob rate 8 ut1 rate; default=0 (BL) or 15
(orbits)
Wobble Constraint = 3. 0.3          ; Default 3. (arcsec) 0.3 (arcsec/day)
UT1 Constraint = 0.00002 0.02       ; Default .00002 (sec) 0.02 (sec/day)

Antenna Model                       ; NONE/ELEV/AZEL default = NONE
Tide Model                          ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean default = 1
Yaw Model                           ; YES/NO default = YES
I-file = N                          ; Use I-file (Y/N) (default Y)

Number Zen = 4                      ; number of zenith-delay parameters (default 1)
Zenith Constraints = 0.50            ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Model = PWL                  ; PWL (piecewise linear)/CON (step)
Zenith Variation = 0.02 100.         ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default .02 100.)
Gradient Constraints = 0.03          ; gradient at 10 deg elevation in meters
Tropospheric Constraints = NO        ; YES/NO (spatial constraint)

Choice of Observable = LC_HELP      ; L1_SINGLE/L1&L2/L1_ONLY/L2_ONLY/LC_ONLY/
; L1,L2_INDEPEND./LC_HELP
Choice of Experiment = RELAX.        ; BASELINE/RELAX./ORBIT
Quick-pre observable = LC            ; For 1st iter or autcln pre, default same as Choice of observable
Ambiguity resolution WL              ; default = 0.15 0.15 1000. 10.
Ambiguity resolution NL              ; default = 0.15 0.15 1000. 10.
Type of Biases                       ; IMPLICIT (default for quick), EXPLICIT (default for full)

```

```

H-file solutions                ; ALL ; LOOSE-ONLY
Station Error = BASELINE 10. 0. ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
Station Error = UNIFORM 10.      ; 1-way L1 in mm, default = 10.
Station Error = ELEVATION 4.3 7.0 ; 1-way L1 , a**2 + b**2/sin(elev)**2 in mm, default = 4.3 7.0
Satellite Error = UNIFORM 0.     ; 1-way L1 in mm (added quadratically to station error) default = 0.
Select Epochs                   ; Enter start and stop epoch number (applies only to SOLVE)
Decimation Factor                ; FOR SOLVE, default = 1
Elevation Cutoff = 10.          ; For SOLVE, overrides the MODEL or AUTCLN values if they are lower
Quick-pre decimation factor = 10
Correlation print                ; Threshold for printing correlations (default 0.9999)

Clean Option                     ; AUTCLN(default)/SINCLN/DBLCLN
AUTCLN Command File             ; Filename; default none (use default options)
Edit AUTCLN Command File       ; YES/NO; Add delete commands for bad clocks; default = NO
Clean Option = AUTCLN          ; SINCLN/AUTCLN(default)/DBLCLN
AUTCLN Postfit                  ; NO/YES/R: Yes=repeat AUTCLN and SOLVE R=repeat AUTCLN and SOLVE again
if bad nrms
Use N-file = Y                  ; Y/N (default no): automatic procedure to reweight by station
Delete AUTCLN input C-files = YES ; YES/NO default = NO ; I -- Intermediate keep (stops) second model
Delete eclipse data = POST      ; ALL/NO/POST (Default = NO)
SCANDD control                  ; BOTH (default) /NONE/FIRST/FULL/IFBAD see manual sec. 5.2
Iteration                       ; CFILES / XFILES (default)

Export Orbits = YES             ; YES/NO default = NO
Orbit id = IGS                  ; 4-char code read only if Export Orbits = YES
Orbit Format = SP3              ; SP1/SP3 (NGS Standard Products)
Orbit organization = IGS       ; 3-char code read only if Export Orbits = YES
Reference System for Orbit = ITR97 ; ITR92/ITR91/ITR90/WGS84/MERIT (for SP3 header)

Delete all input C-files        ; YES/NO default = NO
Delete MODEL input C-files      ; YES/NO default = NO
Delete SINCLN input C-files     ; YES/NO default = NO
Delete DBLCLN input C-files     ; YES/NO default = NO
Delete AUTCLN input C-files     ; YES/NO default = NO
Update T/L files                ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
                                ; (Applies only to update for full solution after quick)
Update tolerance                ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default .3 m
X-compress = YES                ; Uncompress/compress X-files default = NO
SCANDD control                  ; FULL (default), FIRST, BOTH, IFBAD, NONE
Run CTOX = YES                  ; Make clean X-files from C-files default = NO

```

EK I

2003 yılı NRMS ve WRMS degerleri

	NRMS			WRMS (mm)		
	North	East	Up	North	East	Up
ATGA	1,12	1,8	1,9	2,1	2,9	11,5
BOZT	0,69	0,39	0,85	1,1	0,6	4,5
BULG	1,2	1,77	2,34	1,9	2,5	11,7
BZTP	0,64	1,36	0,36	1	1,9	1,9
CVUS	1,54	1,52	1,31	2,6	2,2	7
ESET	0,64	0,83	1,48	1,2	1,4	8,9
GOKC	0,87	1,51	0,13	1,4	2,3	0,7
HUZU	0,93	0,41	1,2	2,1	0,7	8,5
KCMN	0,78	0,96	0,38	2,6	3	9,7
KOR2	0,97	1,39	0,91	1,1	1,7	3,5
LAPS	0,52	0,57	0,63	0,8	0,8	3,2
NUSR	0,8	0,33	1,19	1,6	0,5	7,3
OCAK	1,32	0,42	1,4	2,4	0,7	7,9
SEVK	1,52	1,77	9,68	3	3,2	63,2
SRKY	0,37	2,34	0,54	0,5	3,1	2,5
SVK2	0,22	2,46	12,53	0,5	4,8	86,6
SVKP	0,83	1,18	1,04	1,4	1,9	5,7
max	1,54	2,46	12,53	3	4,8	86,6
min	0,22	0,33	0,13	0,5	0,5	0,7
ort	0,88	1,24	2,23	1,61	2,01	14,37

2004 yılı NRMS ve WRMS degerleri

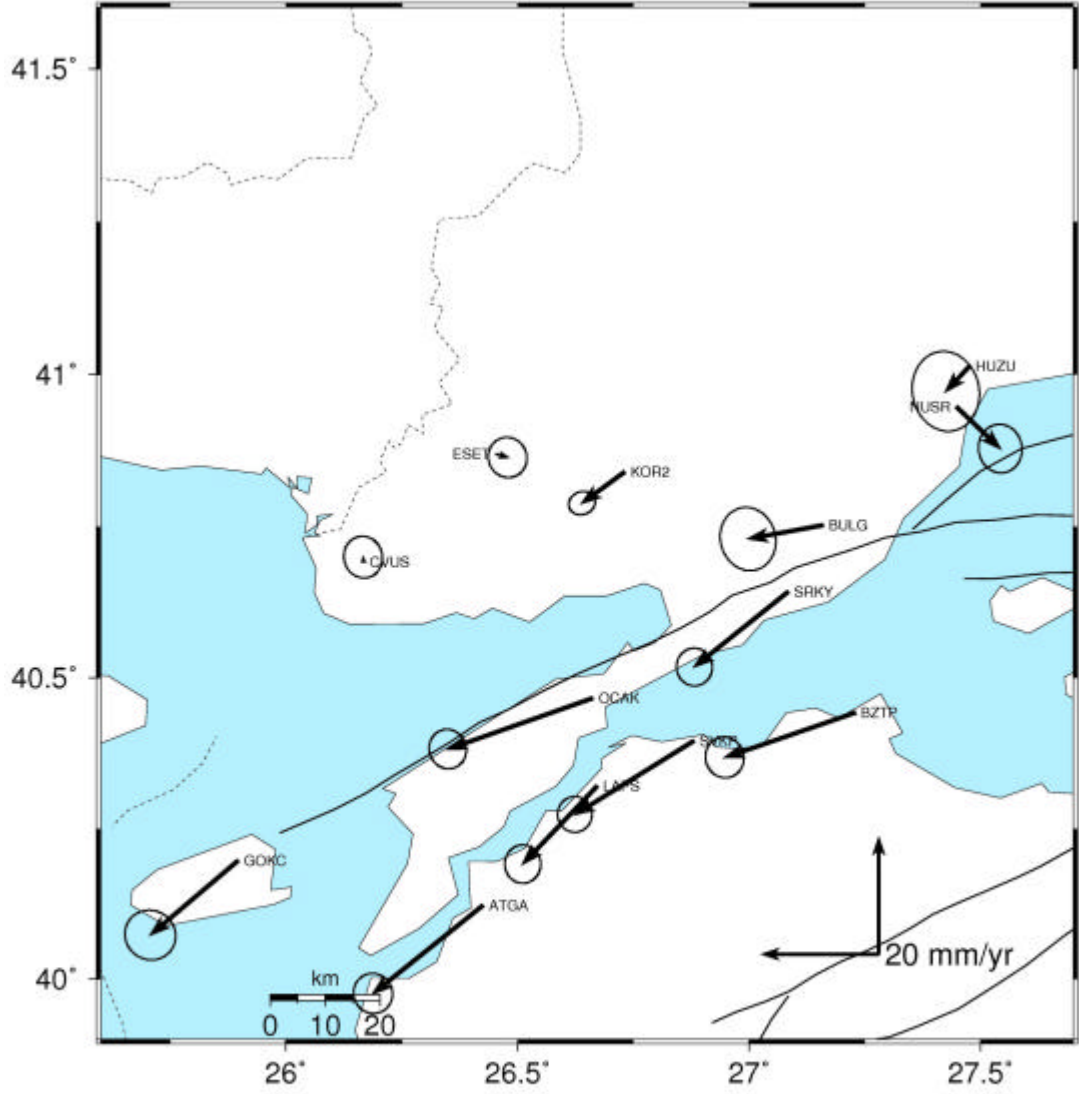
	NRMS			WRMS (mm)		
	North	East	Up	North	East	Up
ATGA	0,41	0,07	0,3	1,9	0,3	4,8
BULG	0,41	0,2	0,62	3,3	1,6	18
BZTP	0,38	0,31	0,4	1,8	1,4	6,6
CVUS	0,75	0,21	0,31	3,7	1	5,4
ESET	0,25	0,49	0,17	1,1	2,3	2,7
GOKC	0,63	1,07	0,21	3,7	6,6	4,4
HUZU	0,38	0,06	0,62	3	0,4	16,6
KCMN	0,81	0,41	0,43	2,9	1,7	5,6
KOR2	0,67	0,4	0,39	2,3	1,6	4,8
LAPS	0,31	0,5	0,25	1,4	2,2	3,9
MADR	0,39	0,3	0,29	1,5	1,7	1,5
NUSR	0,3	0,29	0,48	1,7	1,5	9,5
OCAK	0,51	0,55	0,56	2,3	2,4	8,8
SRKY	0,33	0,49	0,3	1,4	2,2	4,7
SVKP	0,36	0,13	0,23	1,5	0,5	3,3
max	0,81	1,07	0,62	3,7	6,6	18
min	0,25	0,06	0,17	1,1	0,3	1,5
ort	0,46	0,37	0,37	2,23	1,83	6,71

2005 yılı NRMS ve WRMS degerleri

	NRMS			WRMS (mm)		
	North	East	Up	North	East	Up
ATGA	1,5	0,63	0,93	3,8	1,8	8,4
BULG	0,59	0,62	0,75	1,4	1,6	6,1
BZTP	1,26	1,87	0,54	3,2	4,8	4,7
CVUS	0,21	1,08	1,01	0,5	3	8,5
ESET	0,95	1,8	1,15	2,3	4,5	9,9
GOKC	0,92	3,01	1,18	2,2	7,3	9,8
HUZU	0,7	0,65	0,37	2,3	2	4,2
KCMN	0,77	2,03	0,5	1,4	4,4	3,2
KOR2	0,8	1,63	1,13	1,4	3,4	6,9
LAPS	0,42	0,53	0,69	1,4	1,8	7,9
NUSR	0,85	1,1	0,57	2,5	3,1	5,9
OCAK	0,77	1,71	1,3	1,8	4,3	11,1
SRKY	0,43	0,16	1,23	1	0,4	10,2
SVKP	0,57	0,23	0,55	1,4	0,6	4,8
max	1,5	3,01	1,3	3,8	7,3	11,1
min	0,21	0,16	0,37	0,5	0,4	3,2
ort	0,77	1,22	0,85	1,90	3,07	7,26

EK K

2003-2004 yili ölçülerinden elde edilen hız vektörleri



org

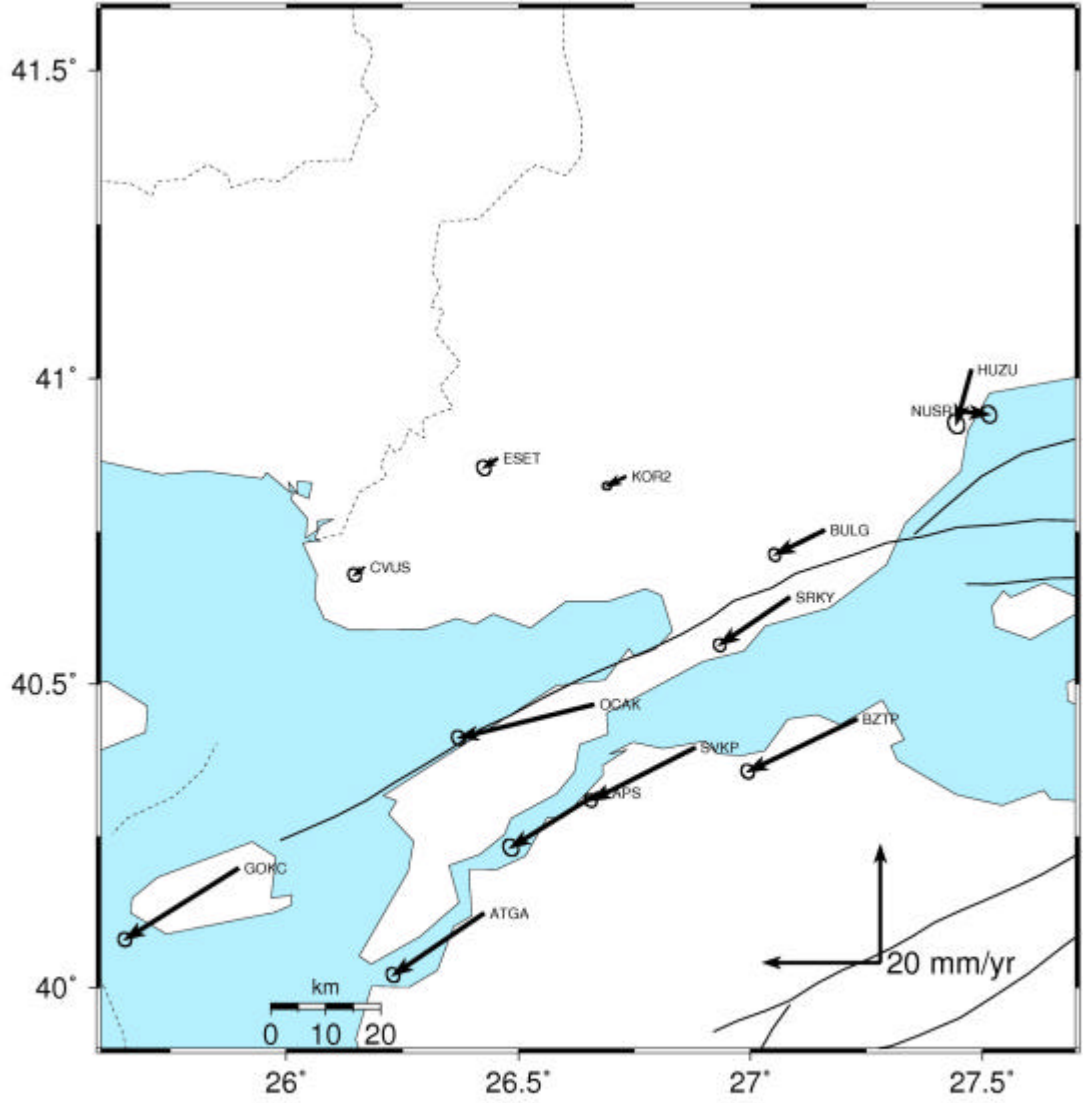
Velocities relative to NONE Input file : bmar34magkp4.org

Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 1.00 Formal Errors Scaled by 1.00

Mon Jul 10 03:22:19 EEST 2006

EK K

2003-2005 yılı ölçülerinden elde edilen hız vektörleri



org

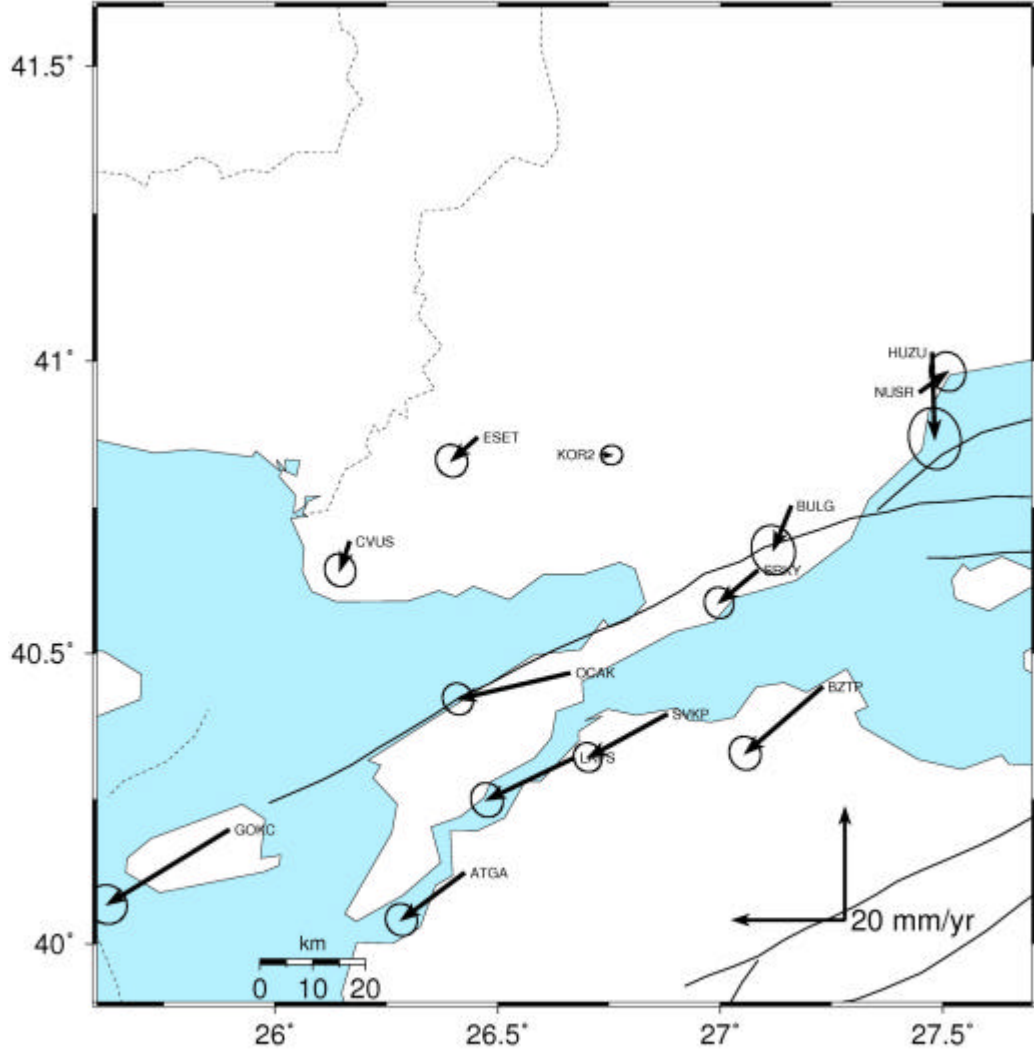
Velocities relative to NONE Input file : bmar35magkc4.org

Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 1.00 Formal Errors Scaled by 1.00

Mon Jul 10 03:08:29 EEST 2006

EK K

2004-2005 yili ölçülerinden elde edilen hız vektörleri



org

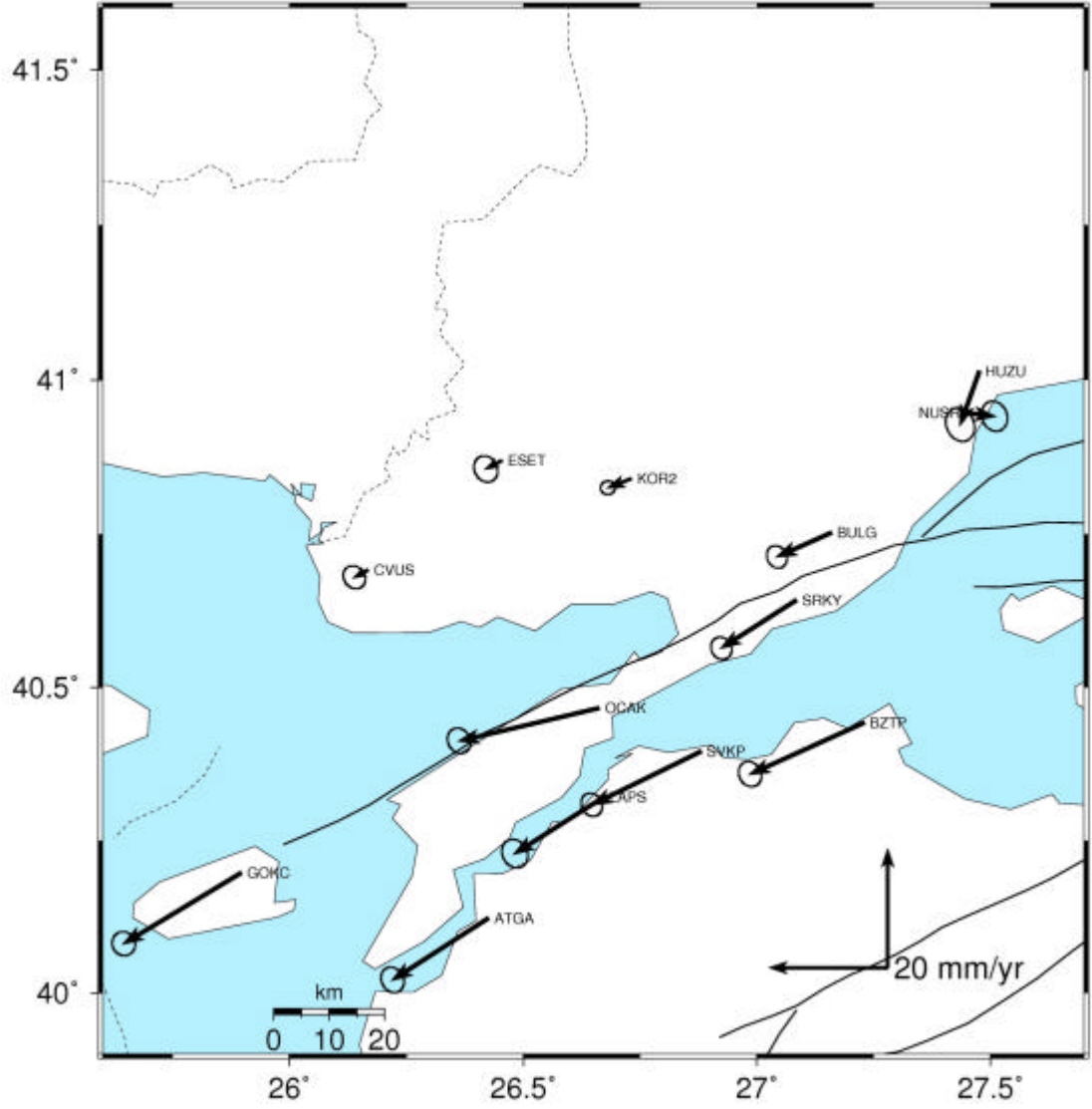
Velocities relative to NONE Input file : bmar45magkc3.org

Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 0.99 Formal Errors Scaled by 1.00

Mon Jul 10 03:37:44 EEST 2006

EK K

2003-2004-2005 yılları ölçülerinden elde edilen hız vektörleri



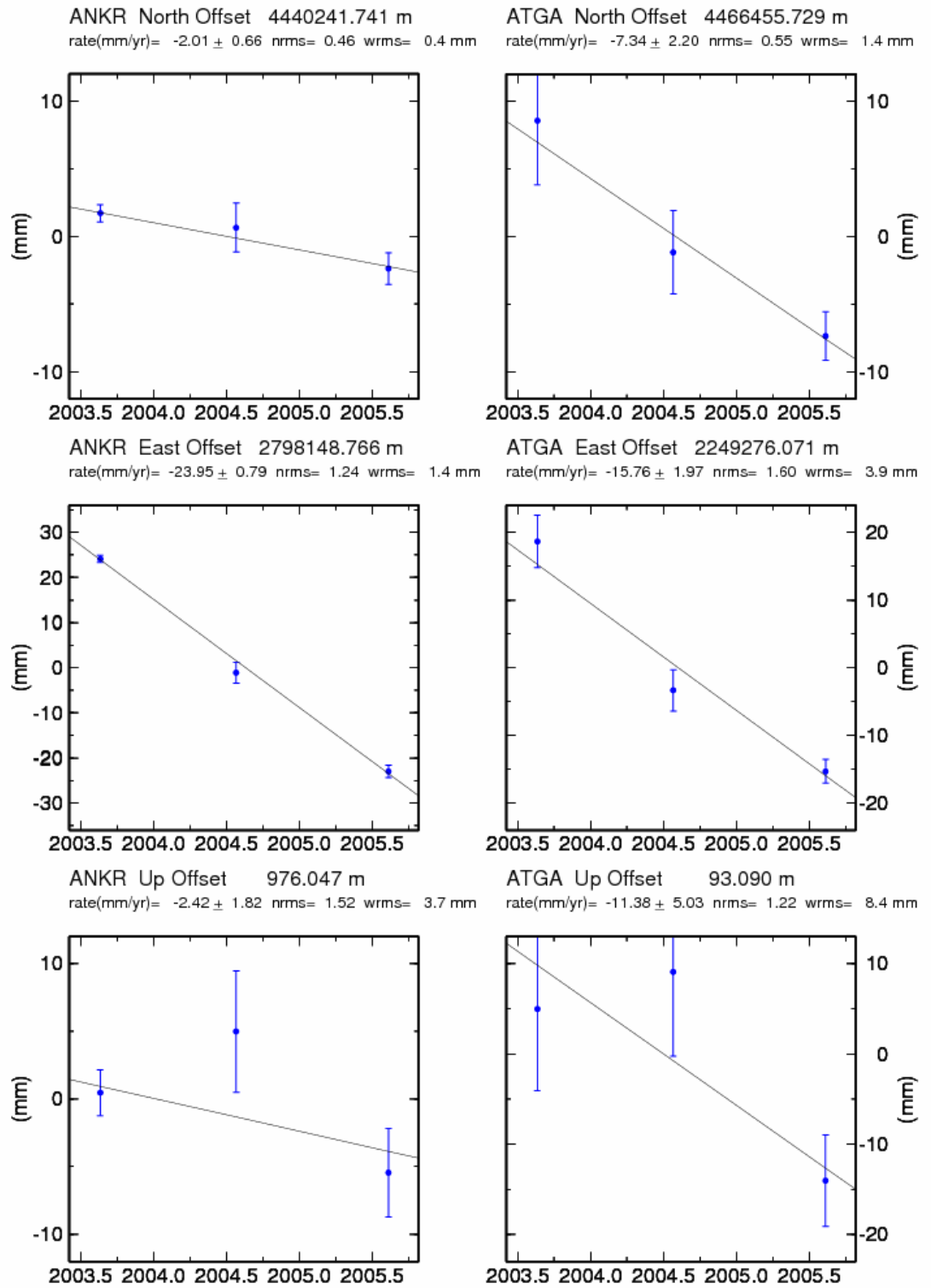
org

Velocities relative to NONE Input file : bmar345magkc.org

Confidence interval : 95 ChiSquare / dof : 1.08 Formal Errors Scaled by 1.00

Thu Jun 8 13:32:05 EEST 2006

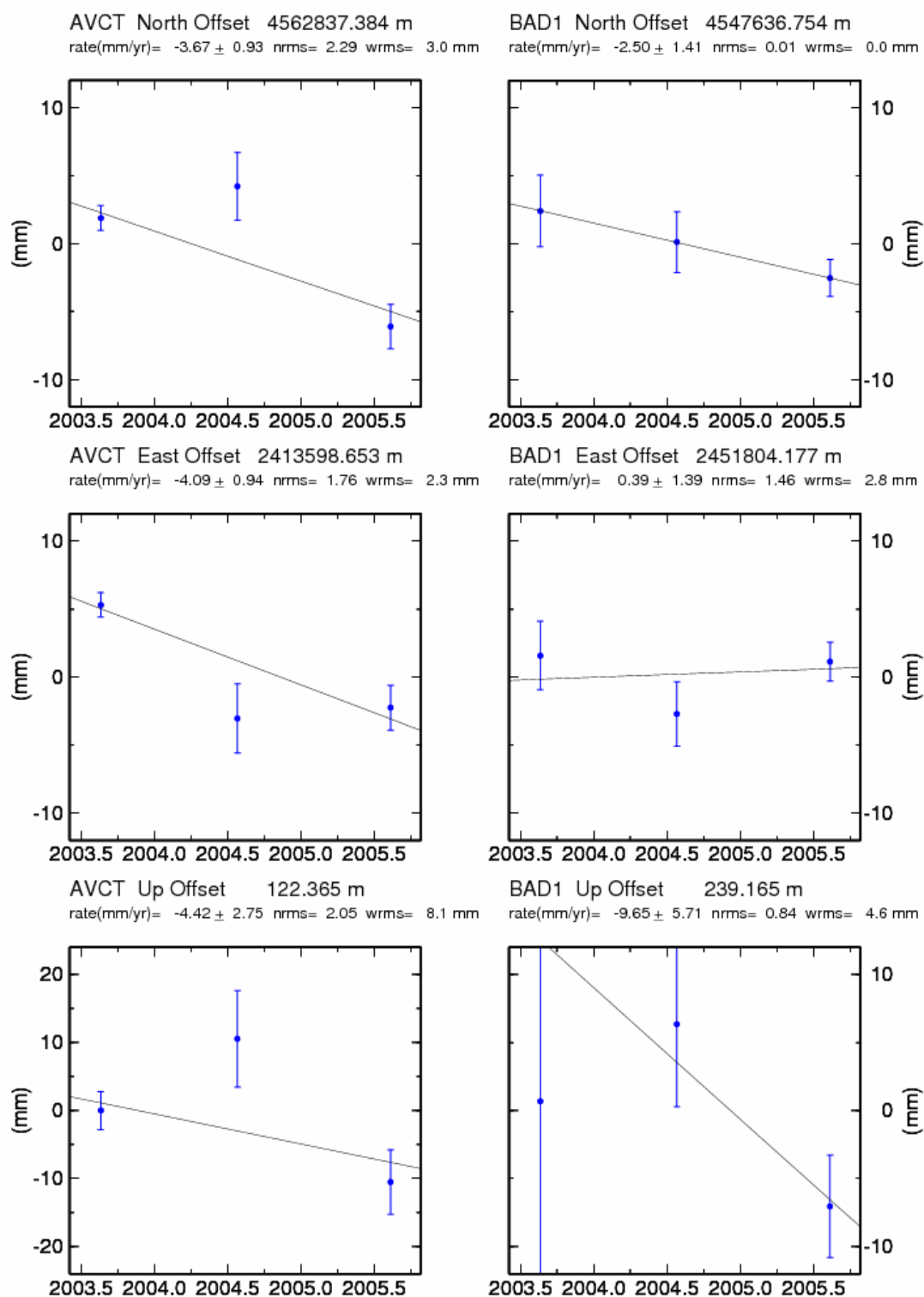
EK L



p: 1

GMT 2006 Jun 8 13:30:05

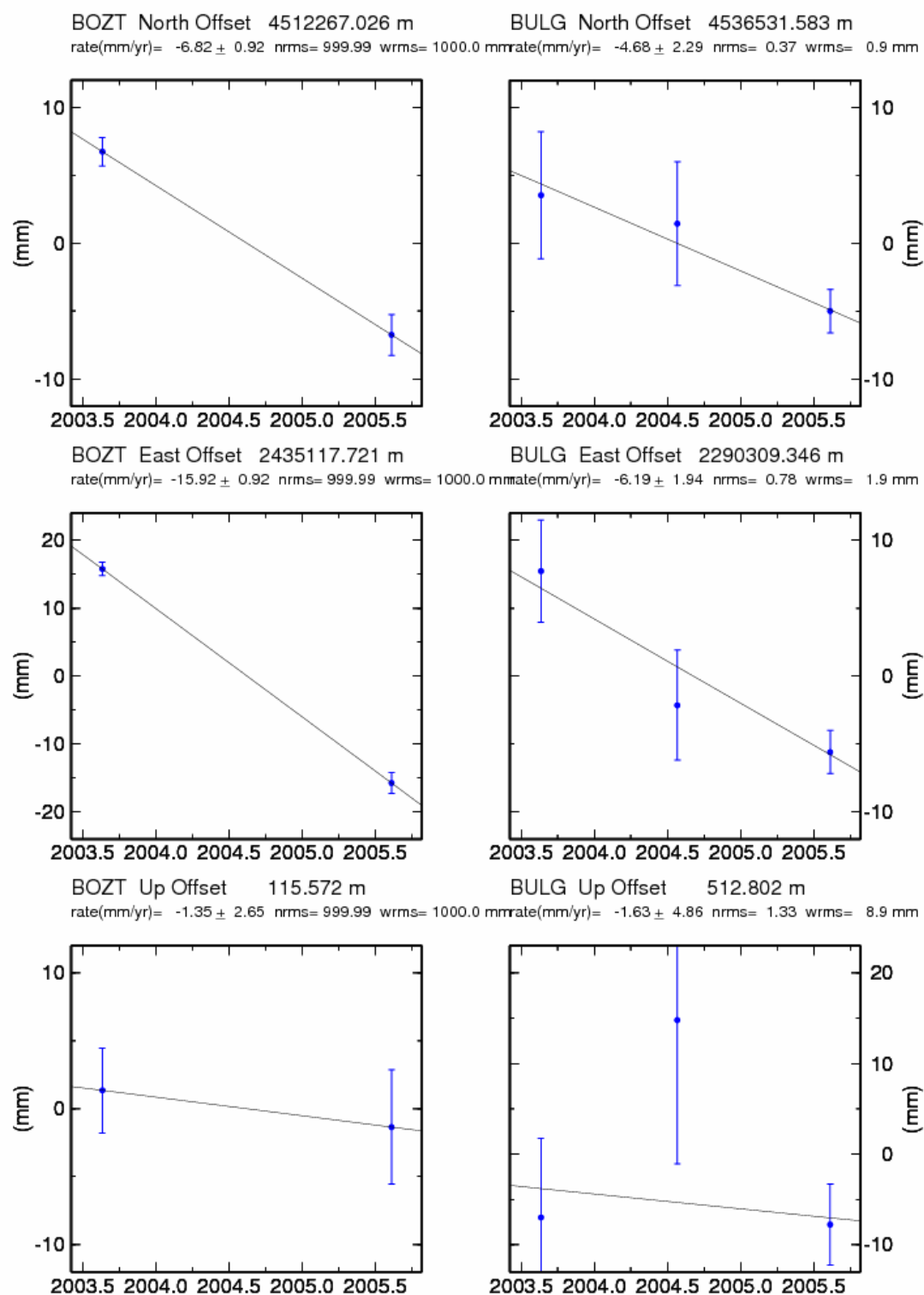
EK L



p: 2

GMT 2006 Jun 8 13:30:06

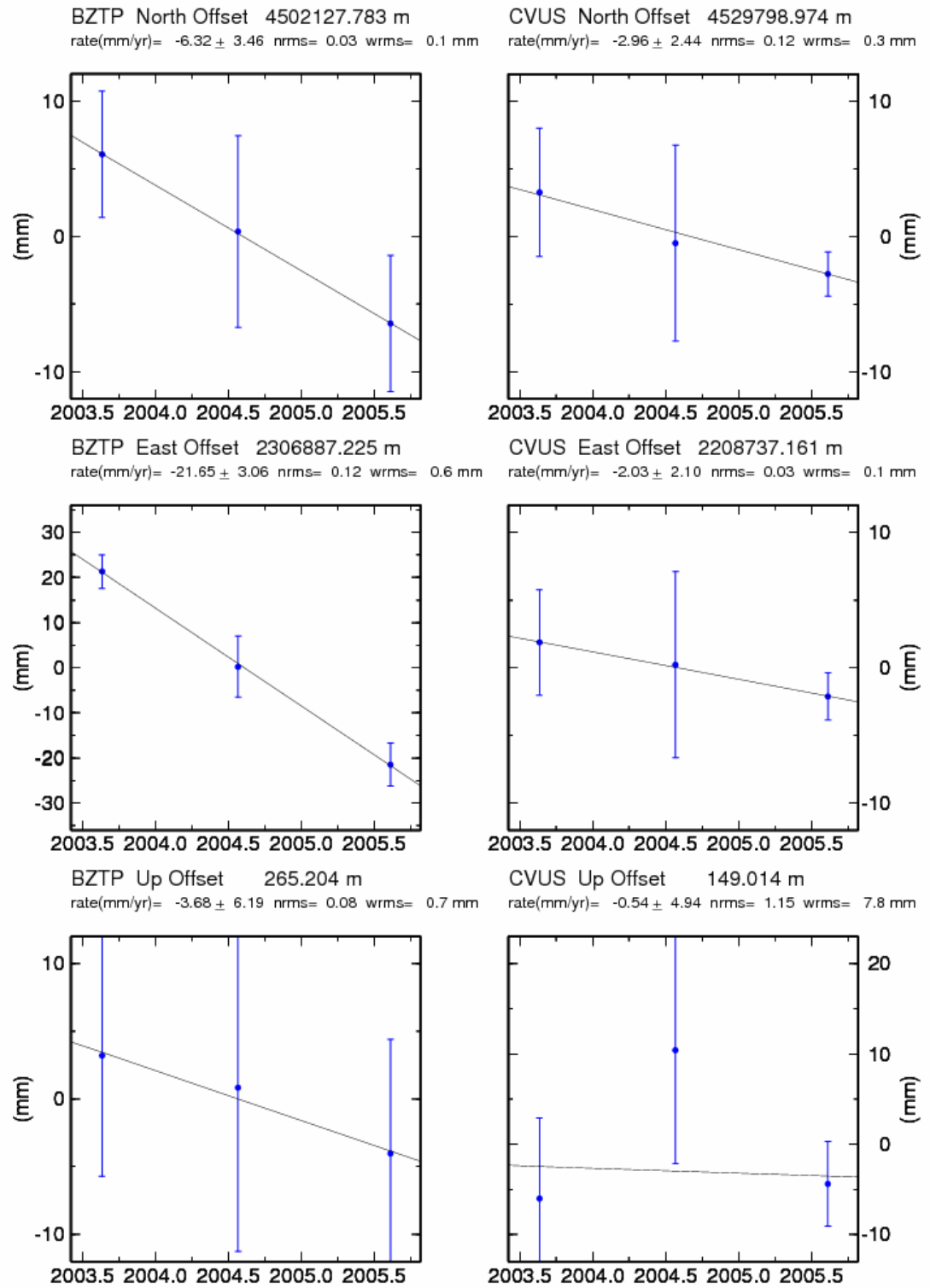
EK L



p: 3

GMT 2006 Jun 8 13:30:07

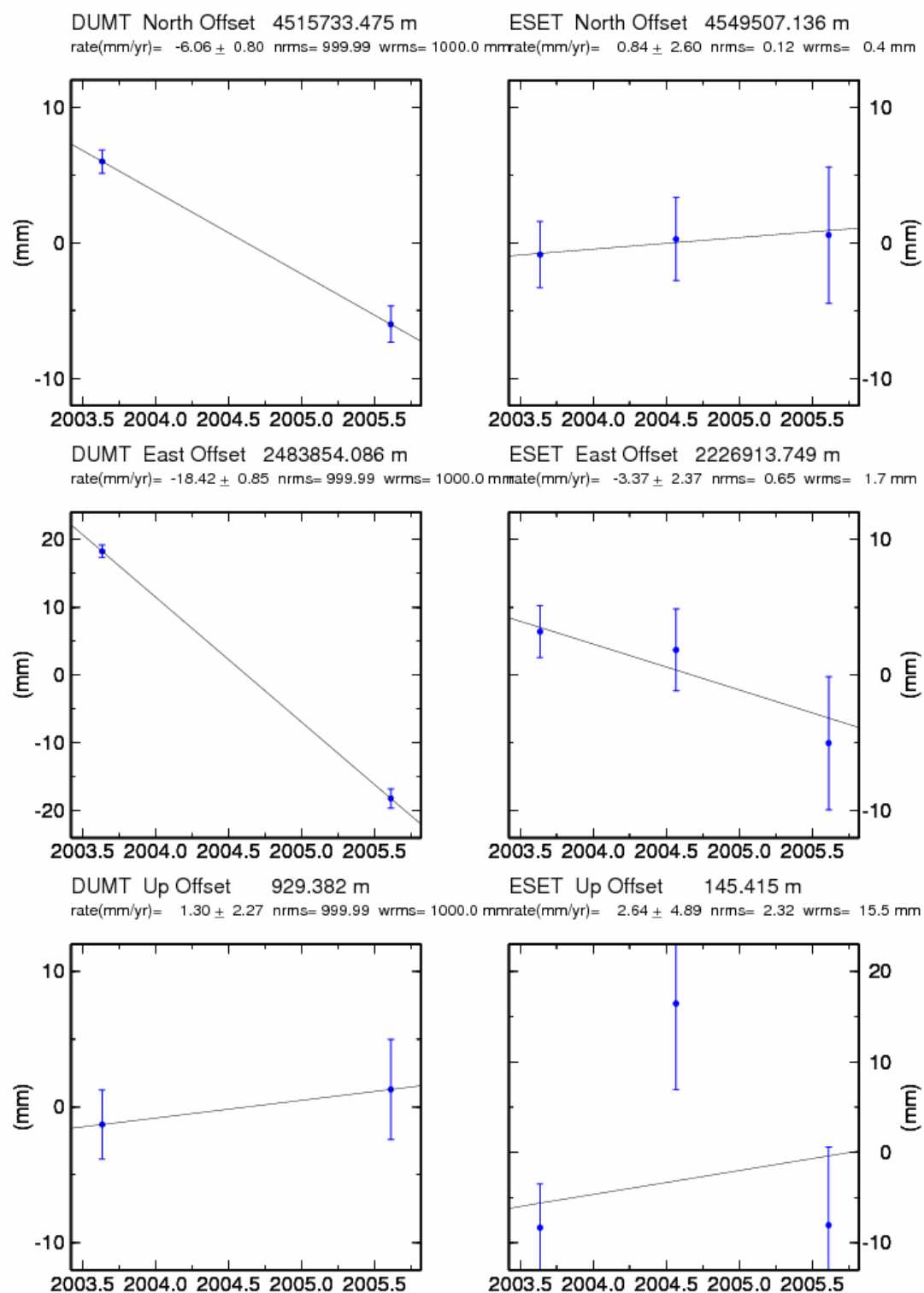
EK L



p: 4

GMT 2006 Jun 8 13:30:08

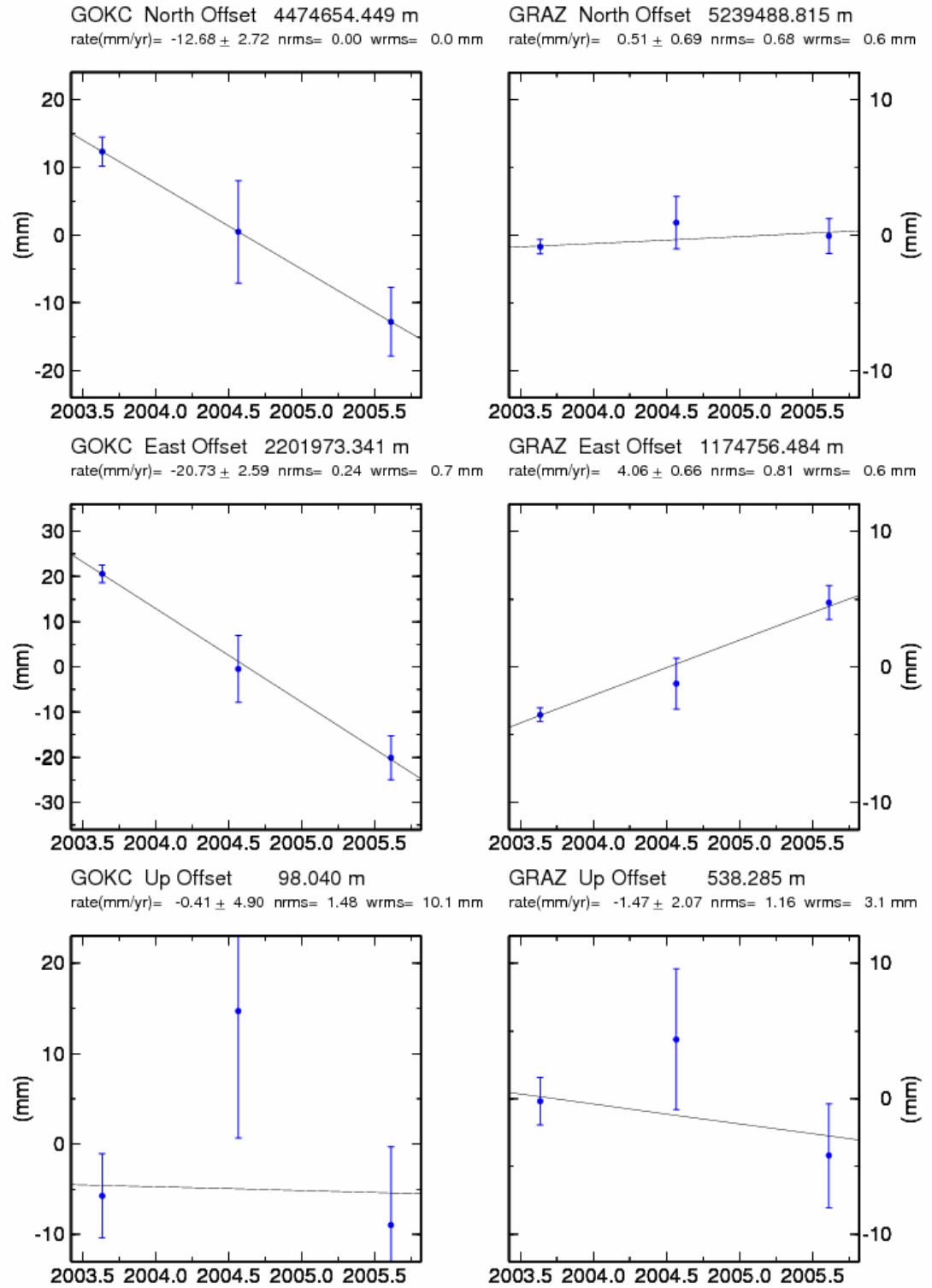
EK L



p: 5

GMT 2006 Jun 8 13:30:09

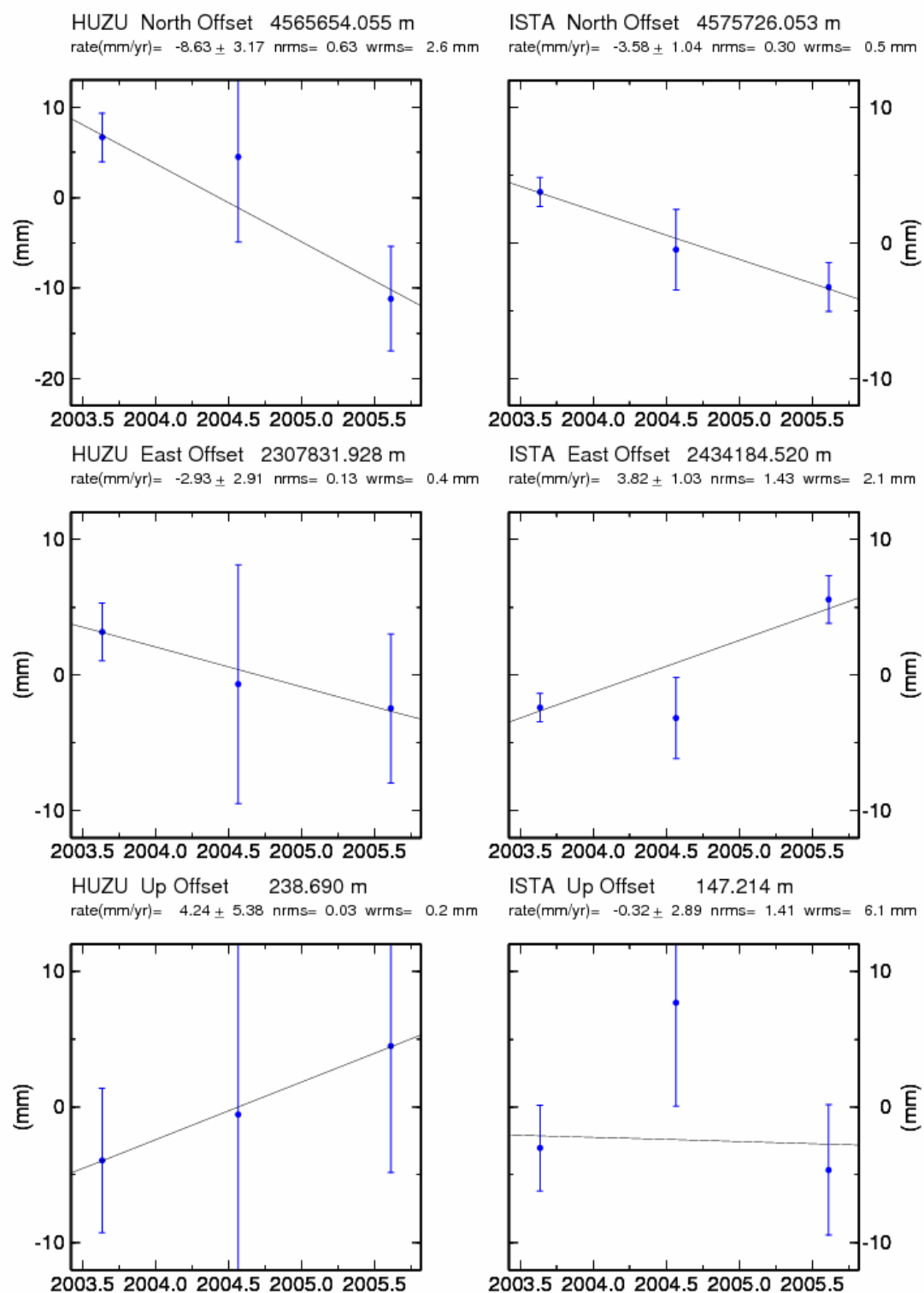
EK L



p: 6

GMT 2006 Jun 8 13:30:10

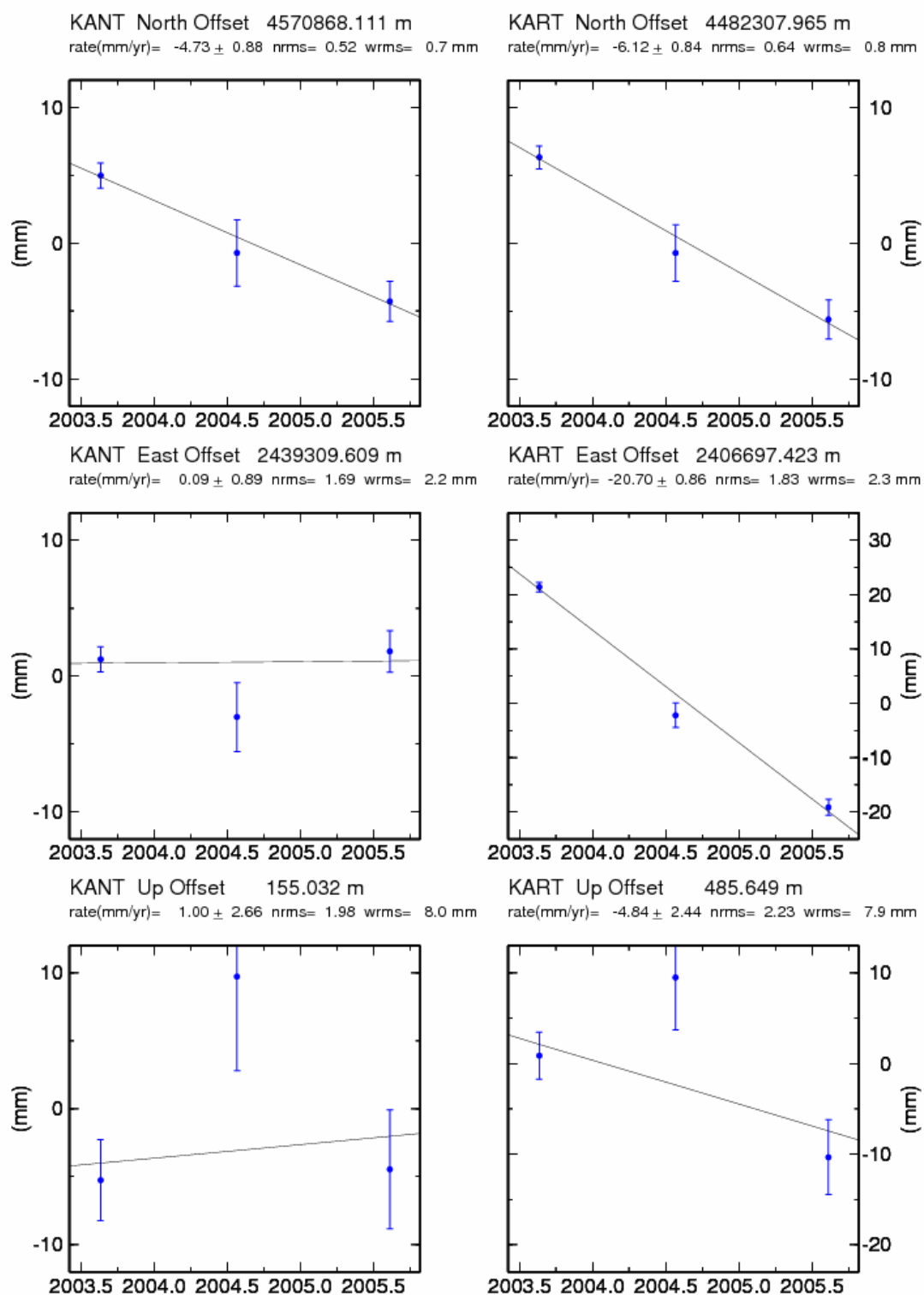
EK L



p: 7

GMT 2006 Jun 8 13:30:11

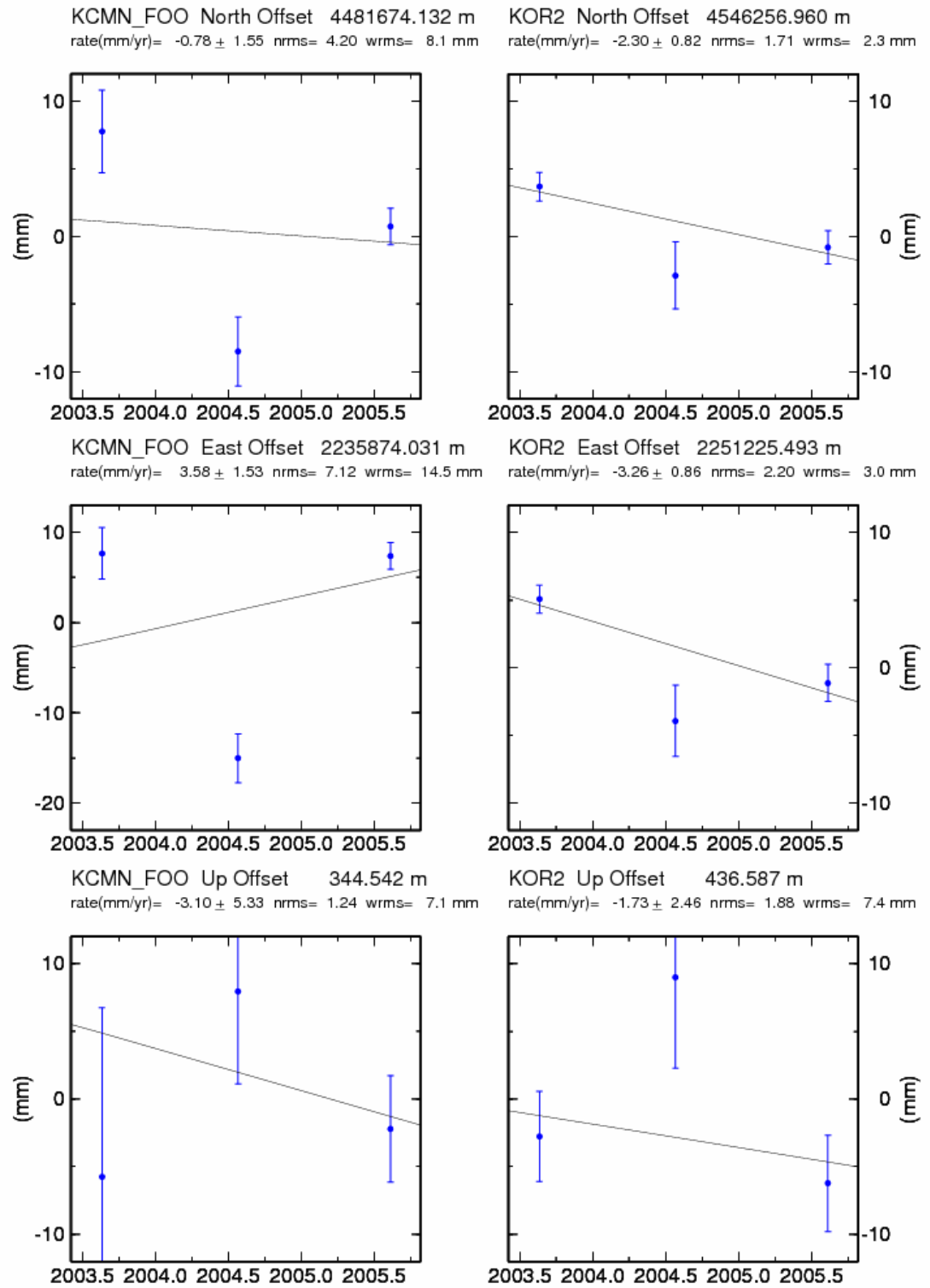
EK L



p: 8

GMT 2006 Jun 8 13:30:13

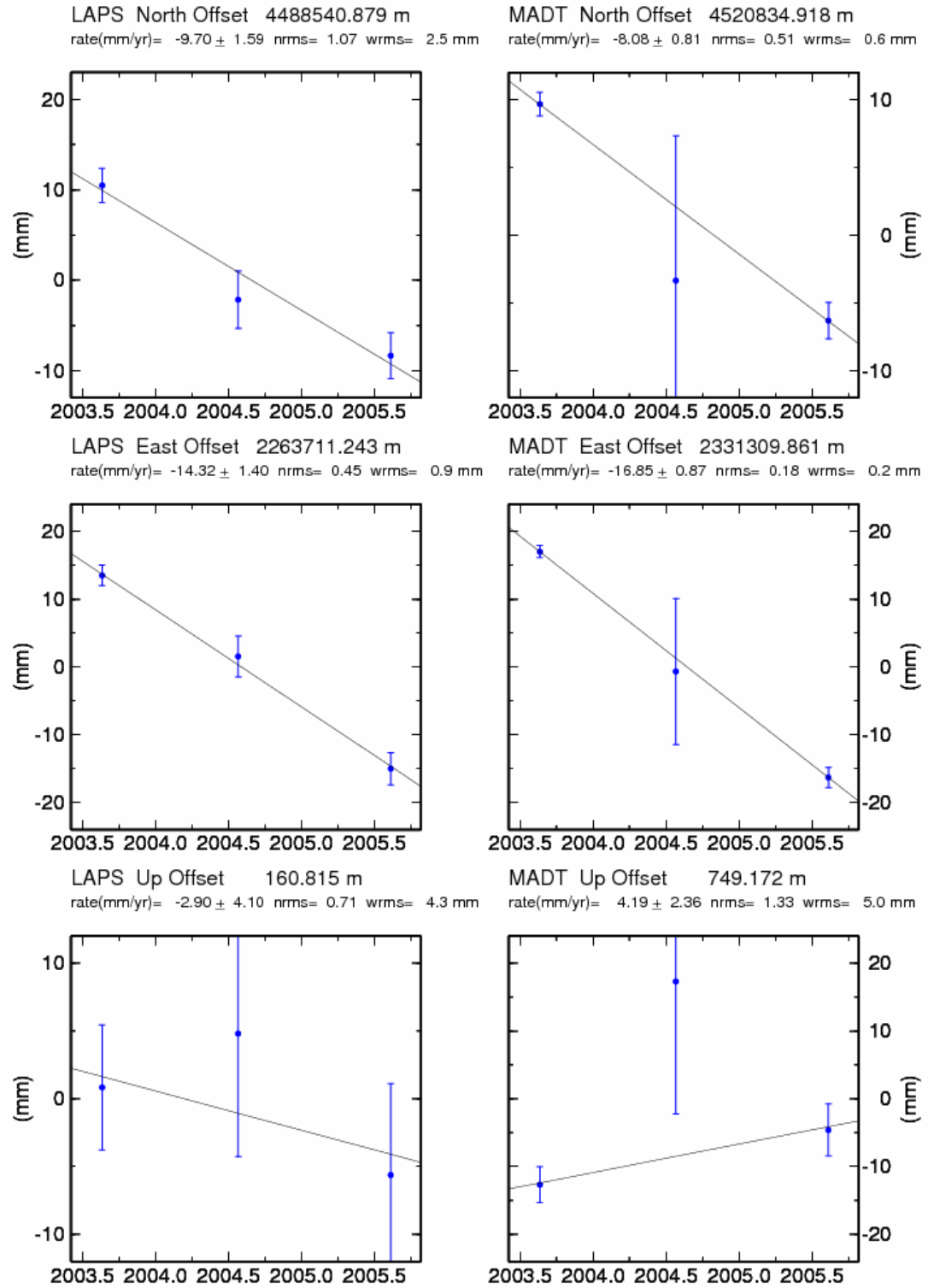
EK L



p: 9

GMT 2006 Jun 8 13:30:14

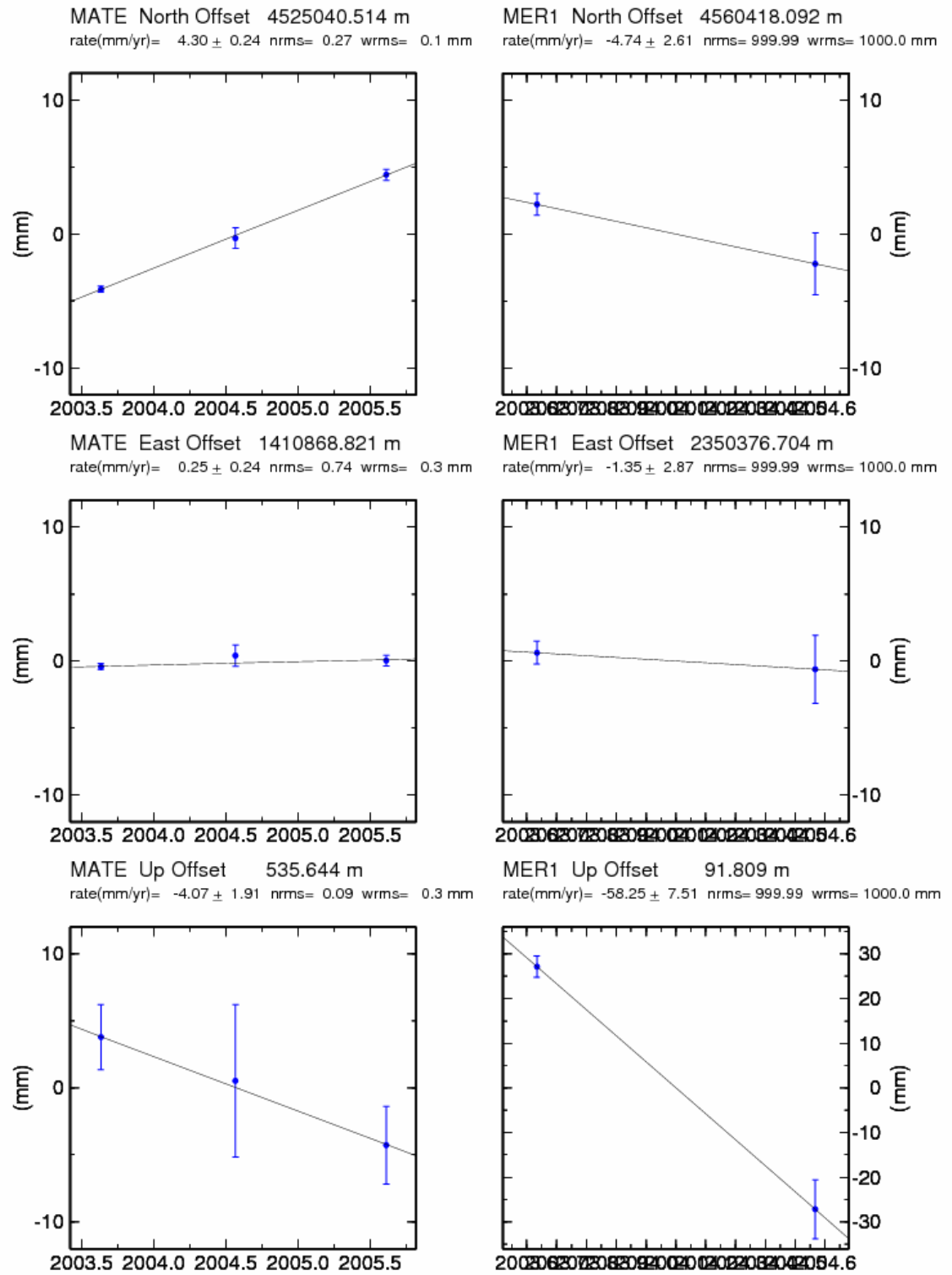
EK L



p: 10

GMT 2006 Jun 8 13:30:15

EK L



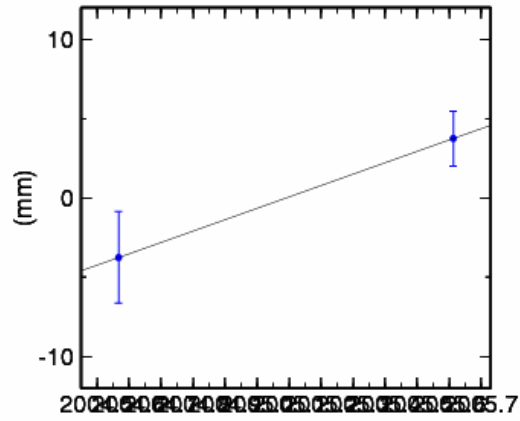
p: 11

GMT 2006 Jun 8 13:30:16

EK L

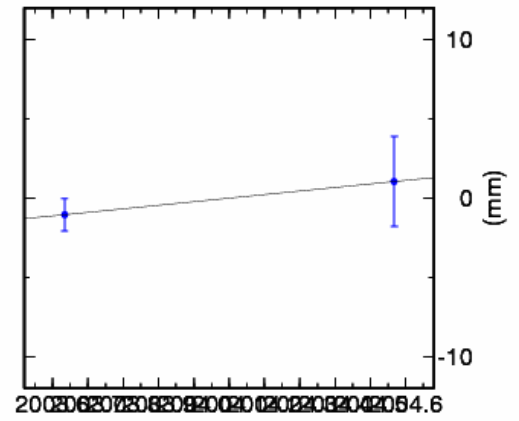
MERS North Offset 4070551.645 m

rate(mm/yr)= 7.16 ± 3.21 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



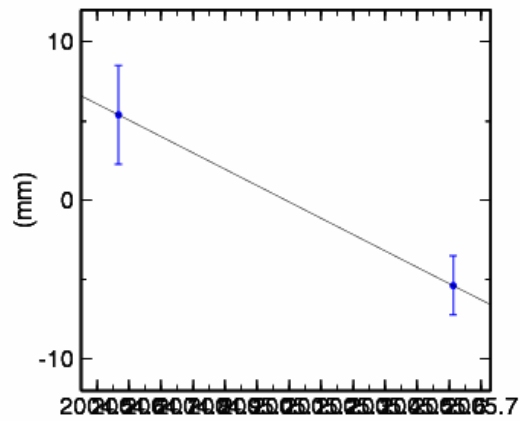
NICO North Offset 3911876.600 m

rate(mm/yr)= 2.24 ± 3.21 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



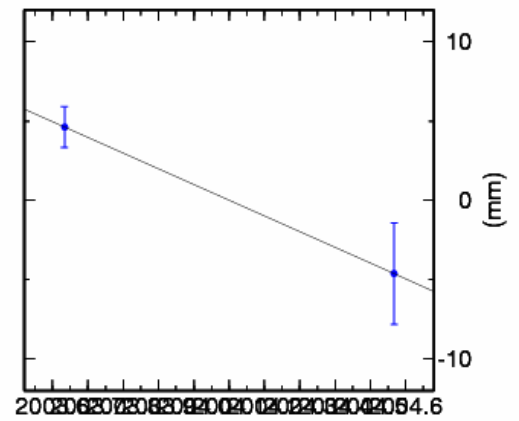
MERS East Offset 3062769.416 m

rate(mm/yr)= -10.28 ± 3.46 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



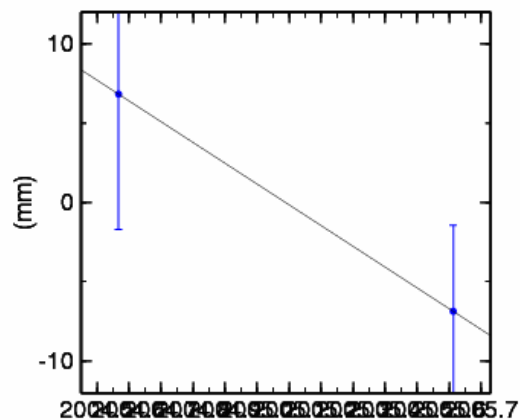
NICO East Offset 3040041.189 m

rate(mm/yr)= -9.92 ± 3.70 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



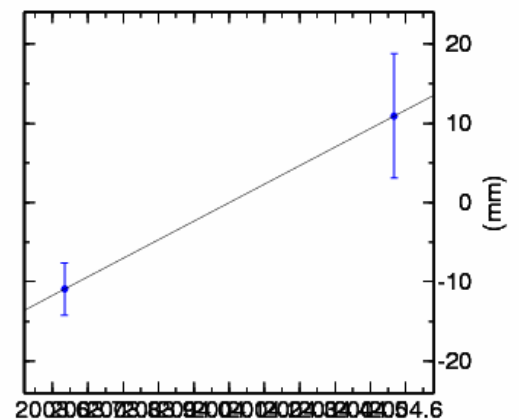
MERS Up Offset 38.489 m

rate(mm/yr)= -13.10 ± 9.65 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



NICO Up Offset 190.025 m

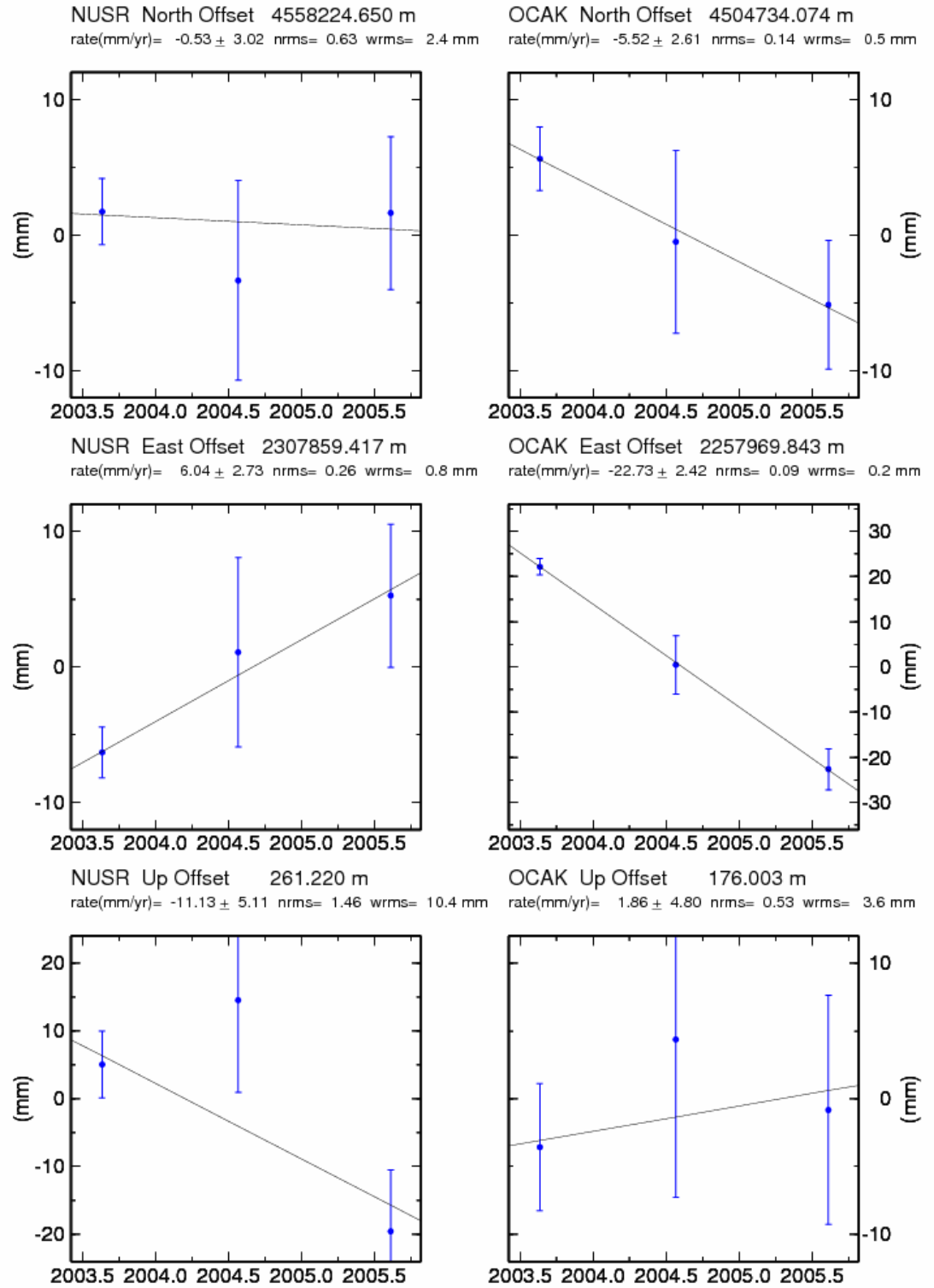
rate(mm/yr)= 23.42 ± 9.12 nrms= 999.99 wrms= 1000.0 mm



p: 12

GMT 2006 Jun 8 13:30:17

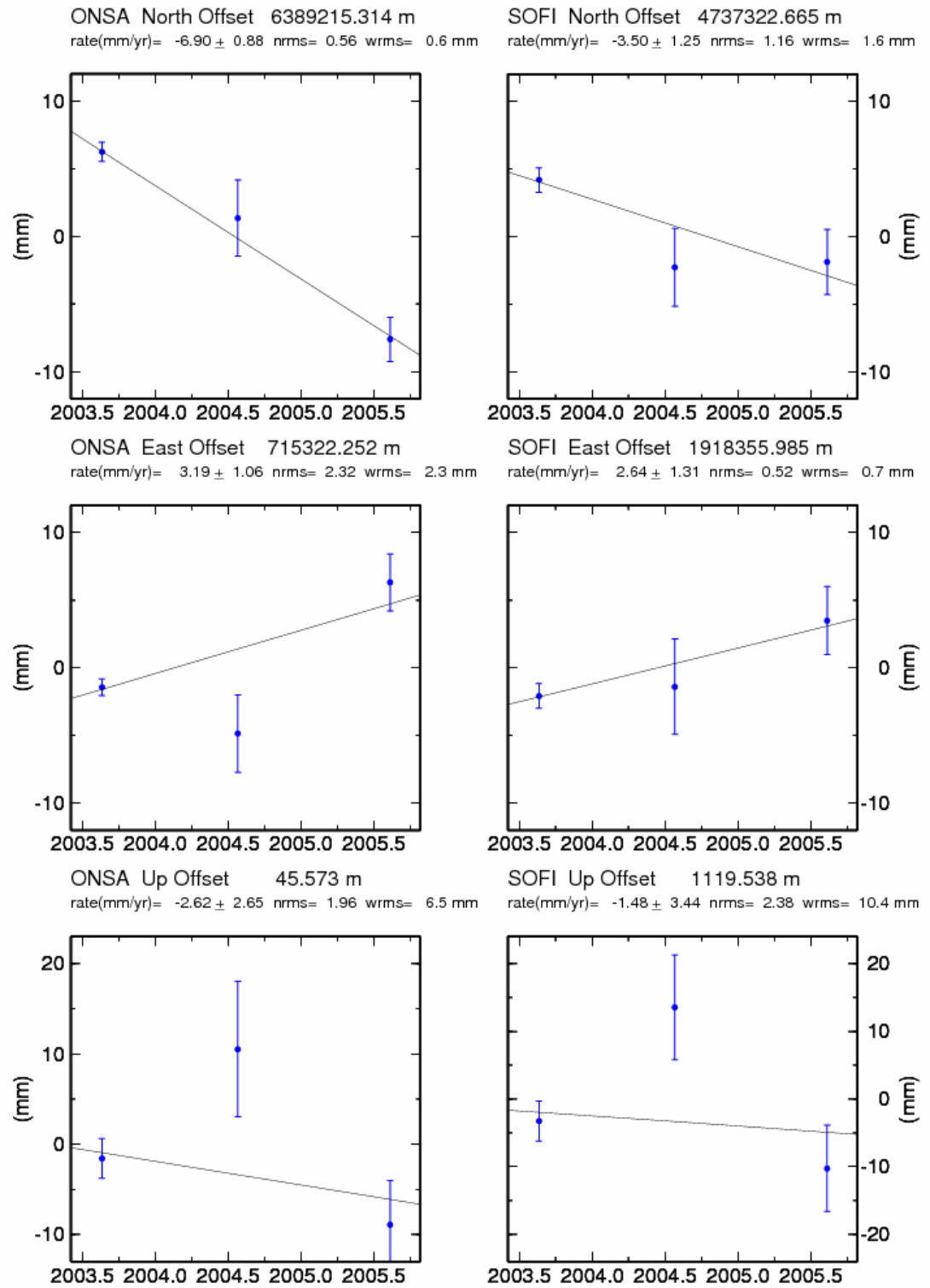
EK L



p: 13

GMT 2006 Jun 8 13:30:19

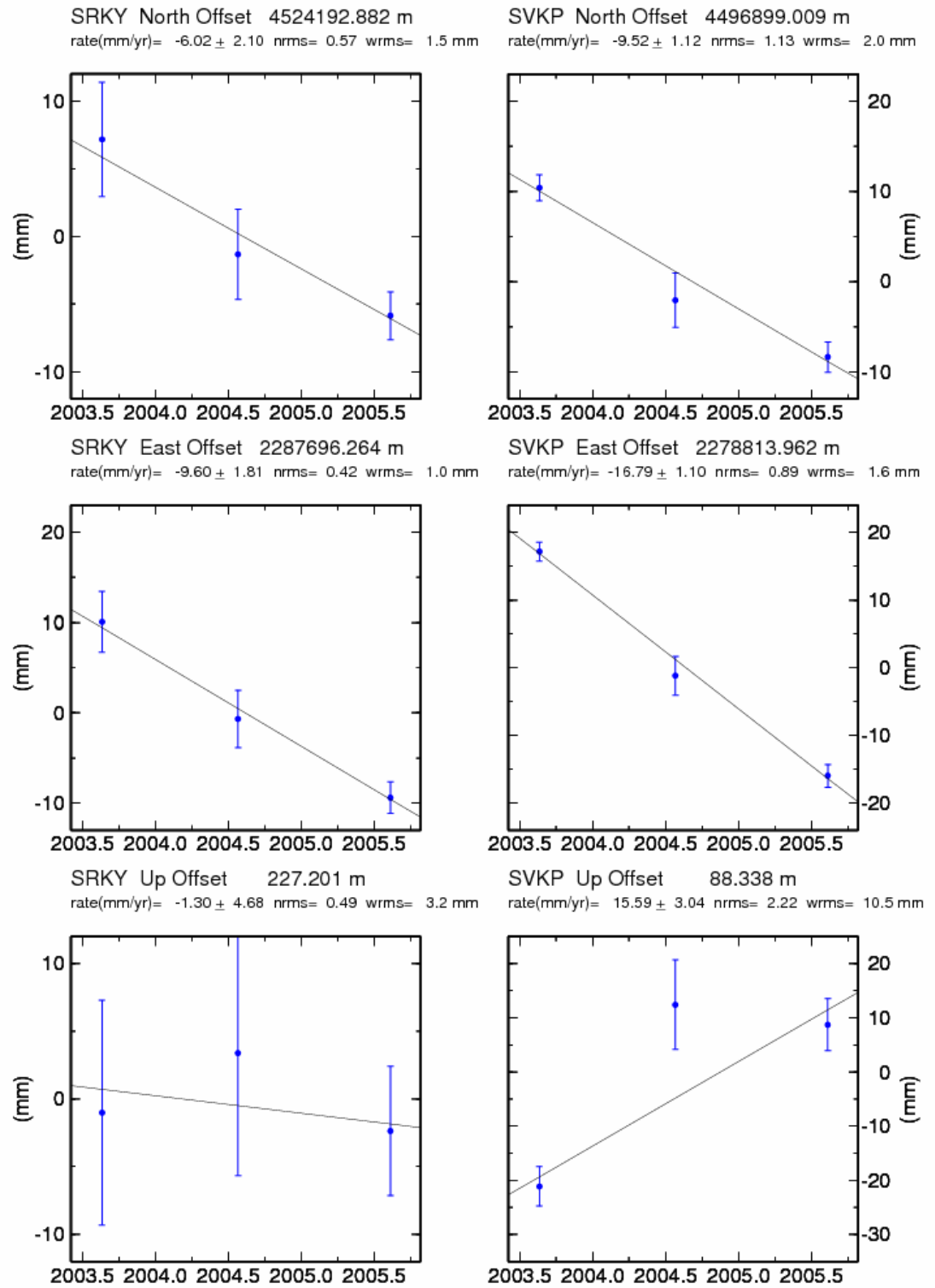
EK L



p: 14

GMT 2006 Jun 8 13:30:20

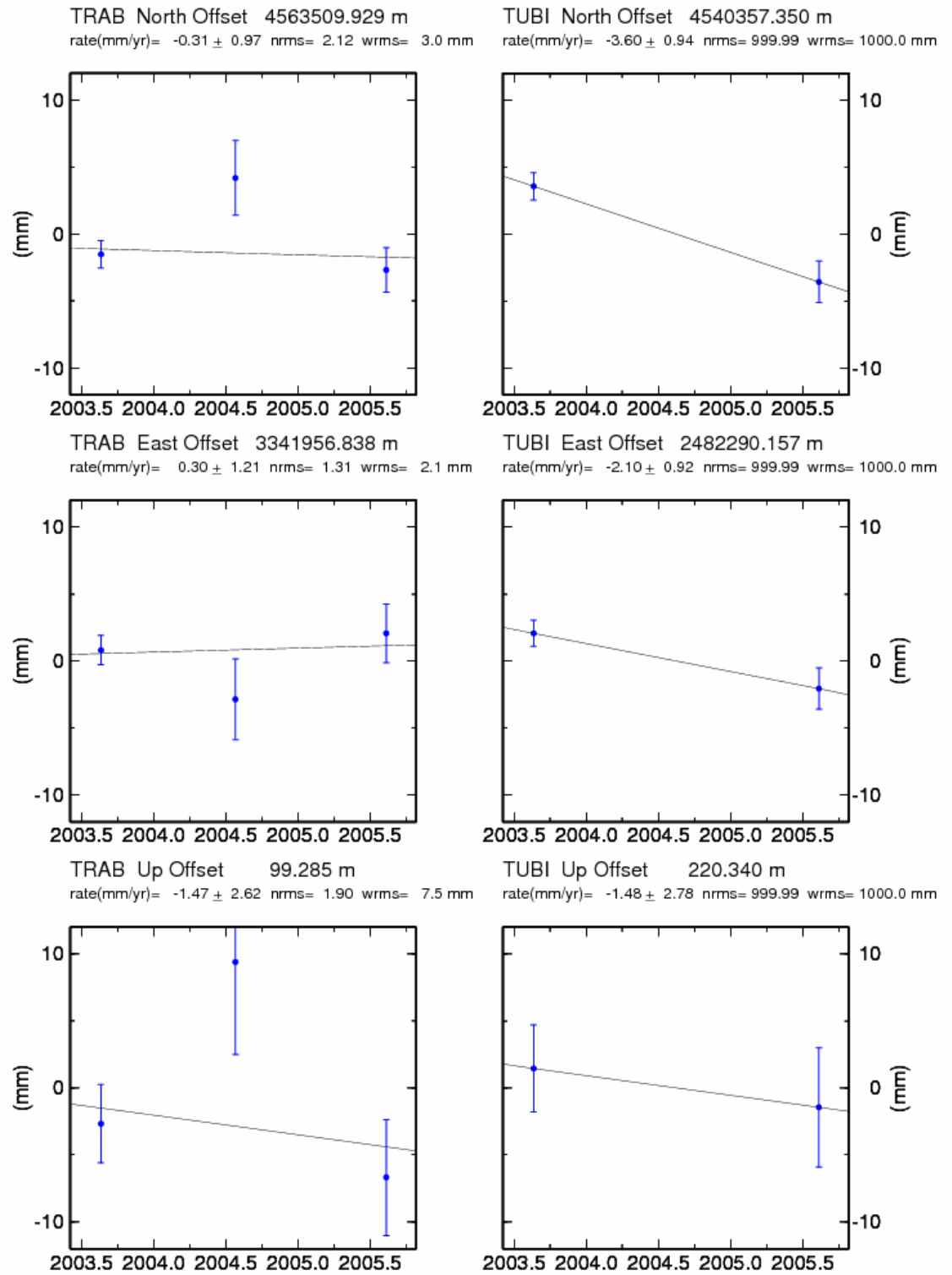
EK L



p: 15

GMT 2006 Jun 8 13:30:21

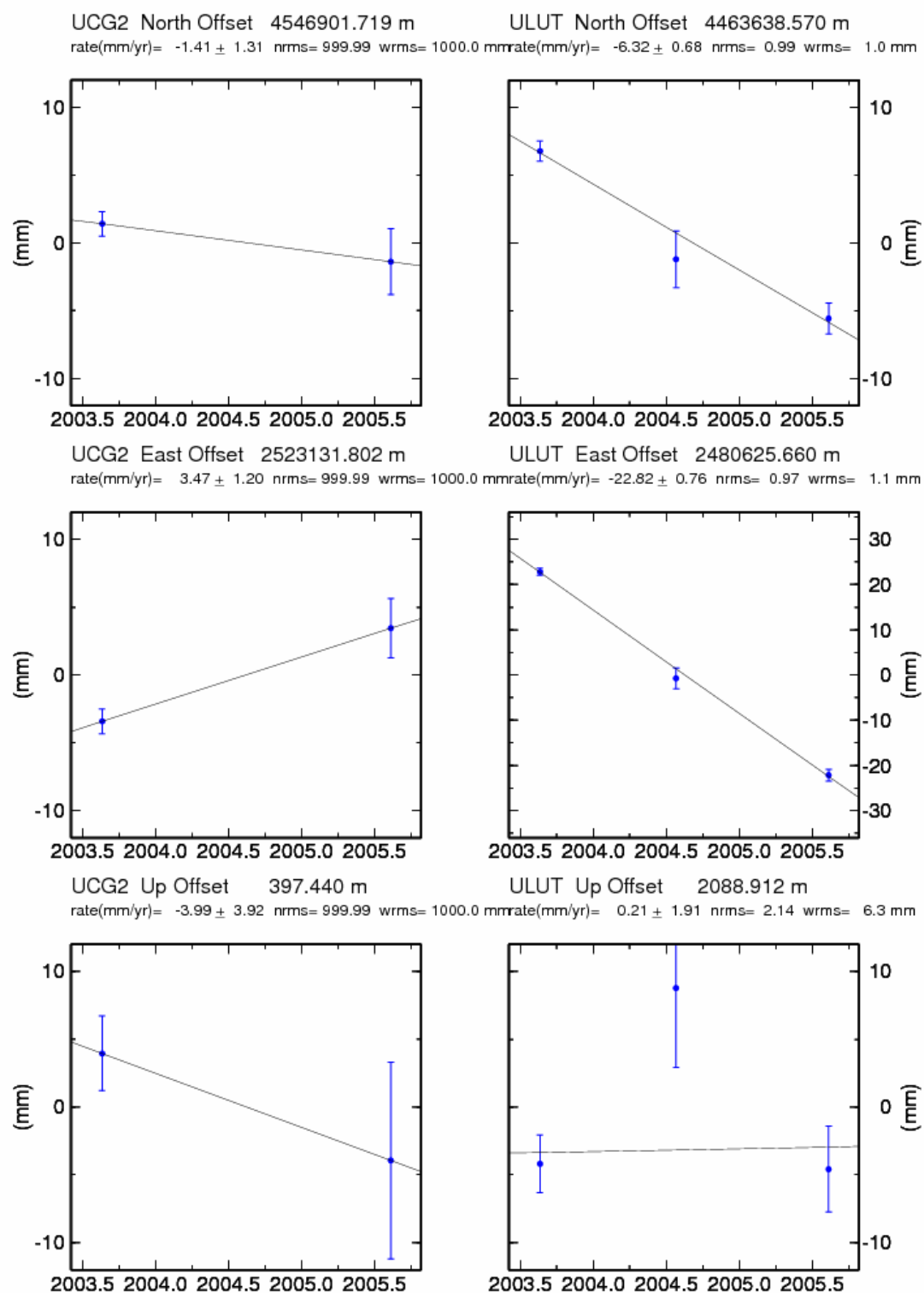
EK L



p: 16

GMT 2006 Jun 8 13:30:22

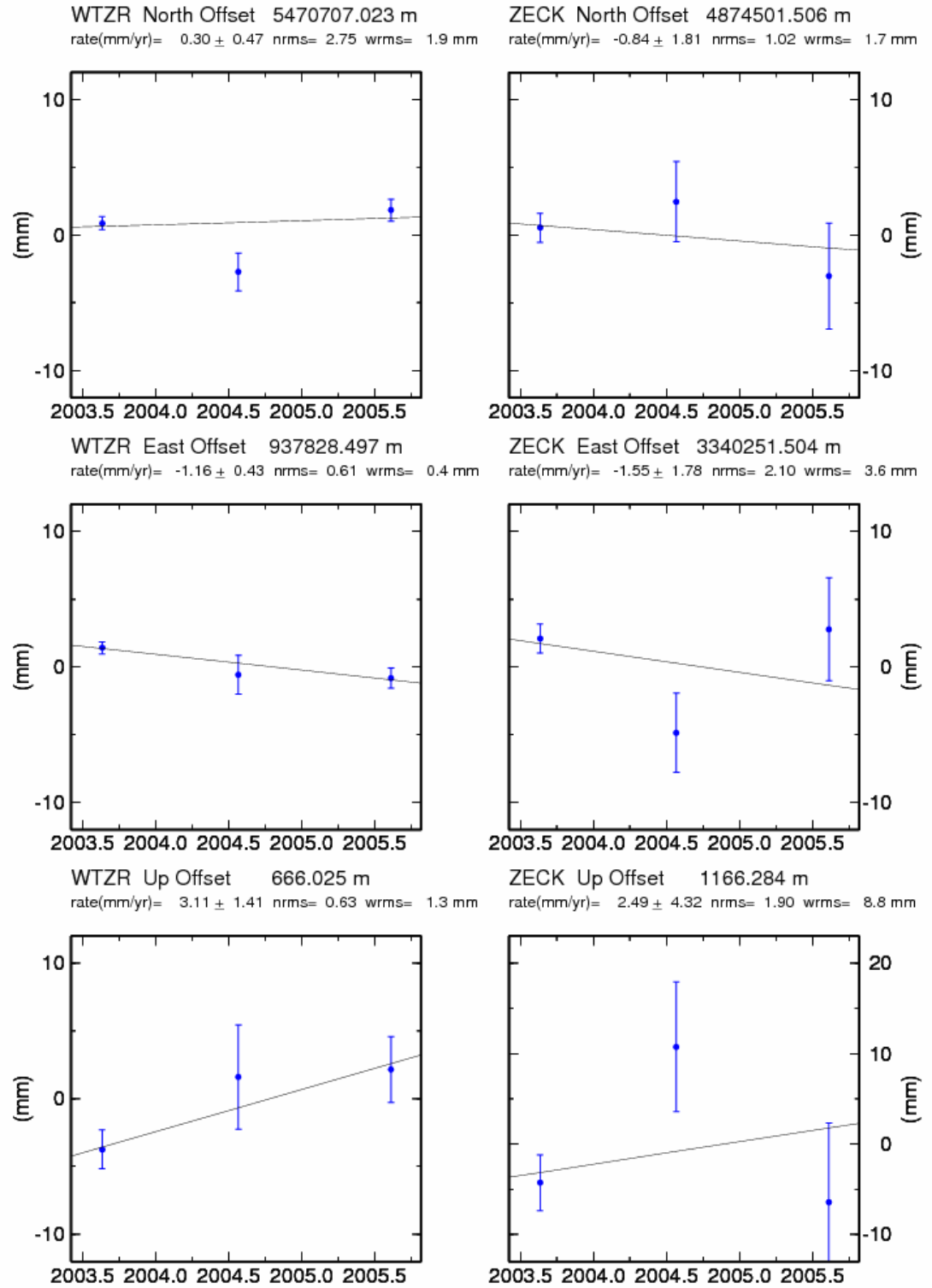
EK L



p: 17

GMT 2006 Jun 8 13:30:24

EK L



p: 18

GMT 2006 Jun 8 13:30:25

ÖZGEÇMİS

1980 yılında Mustafakemalpaşa'da doğan Mehmet Ugur ALTIN, 2004 yılında I.T.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılı Ekim ayı itibarı ile I.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsünde Jeodezi Fotogrametri Ana Bilim Dalı Geomatik Mühendisliği Yüksek Lisans Programına devam etmekte olan Mehmet Ugur ALTIN bir süre özel bir bankacılık kuruluşunda Gayrimenkul Değerleme Uzmanı olarak görev almıştır. 2005 yılı Aralık ayı itibarı ile I.T.Ü. İnşaat Fak. Ölçme Tekniği A.B.D. Araştırma Görevlisi olarak akademik hayatını sürdürmektedir.