

**GNSS HIZLARI İLE GÜNEYBATI ANADOLU'DAKİ GERİNİM  
ALANLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Halil İbrahim SOLAK**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Temmuz, 2015**

Bu tez çalışması TÜBİTAK 113Y004 numaralı proje desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GNSS HIZLARI İLE GÜNEYBATI ANADOLU'DAKİ GERİNİM**  
**ALANLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

**Halil İbrahim SOLAK**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Temmuz, 2015**

## TEZ ONAY SAYFASI

Halil İbrahim SOLAK tarafından hazırlanan ‘‘GNSS Hızları ile Güneybatı Anadolu’daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi’’ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, 10 / 07 / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : (Yrd. Doç. Dr., İbrahim TİRYAKİOğLU)

<b>Başkan</b>	: Doç. Dr., Tamer BAYBURA ..Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,	İmza
<b>Üye</b>	: Yrd. Doç. Dr., İbrahim TİRYAKİOğLU .. Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,	İmza
<b>Üye</b>	: Doç. Dr., Cemal Özer YİğİT ..Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**10/07/2015**

**Halil İbrahim SOLAK**

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

GNSS HIZLARI İLE GÜNEYBATI ANADOLU'DAKİ GERİNİM ALANLARININ  
ZAMANSAL DEĞİŞİMİ

Halil İbrahim SOLAK  
Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı  
**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Çalışma kapsamında Güneybatı Anadolu'daki hız ve gerinim alanı değişimini belirlemek için 2013 yılında, geçmiş yıllarda kurulan toplam 30 noktaya sahip Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı'nda (GATGA) GNSS ölçüleri yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 10–35 mm'lik hızla güneybatı yönünde bir hareket sergilediği görülmüştür. Güneybatı'ya doğru hızların büyüdüğü ve KNID noktasında maksimum 35 mm/yıl'a ulaştığı belirlenmiştir. Elde edilen hızlar kullanılarak çalışma alanının gerinim alanları belirlenmiş ve bu alanlar, bölgede meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleriyle karşılaştırılmıştır. Bölgedeki depremlerde genel olarak yüzey kırığı meydana gelmediği için faylanma yapılarıyla ilgili yorum yapmak zordur. Yapılan çalışmada, odak mekanizma çözümleri ile gerinim alanları arasında birçok bölgede gözlenen uyum, özellikle deprem çözümü olmayan bölgelere ilişkin yapılan yorumların doğruluğunun yüksek olduğunu işaret etmektedir. İki farklı zaman aralığında yapılan gerinim alanının analizinde gerinim alanları arasında büyük bir benzerlik olduğu görülmüştür. Gerinim alanlarındaki farklılıkların bölgede meydana gelen depremlerin yarattığı deformasyonlar ve ölçü hatalarından kaynaklandığı görülmüştür.

**2015, x + 81 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** GNSS, Gerinim, Güneybatı Anadolu

**ABSTRACT**  
M.Sc Thesis

TEMPORALLY CHANGE OF STRAIN AREA IN THE SOUTHWEST ANATOLIA  
WITH GNSS VELOCITIES

Halil İbrahim SOLAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

**Supervisor:** Assist. Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Within the scope, to determine velocity and strain field change in the Southwestern Anatolia, GNSS measurements are carried out in the Southwestern Anatolia Tectonic GNSS Network (SATGN) which has 30 stations established in the previous years. When velocity field is analysed, we observed that study field has moved to southwestern at 10-35 mm velocity per year with regard to Eurasia Reference System. It is determined that velocity values are getting grow up to southwestern and it reaches max. 35 mm/year at KNID station. Strain-stress fields of the study area are defined using GNSS velocities obtained from the measurements and these fields are compared with focal mechanism solutions of earthquakes occurred in the region. It is hard to make interpretation about faulting types because earthquakes do not form generally surface breaks in the region. In this study, the harmony observed in the many regions between focal mechanism solutions and strain fields, indicates high accuracy of the reviews, especially related to regions without earthquake solutions. A great similarity is observed among the strain fields analyses for two different time intervals. The differences in the strain fields are based on measurement errors and deformations caused by the earthquakes took place in the study region.

**2015, x + 81 pages**

**Key Words:** GNSS, Strain, Souhtwest Anatolia

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının fikir aşamasından itibaren ön hazırlık s¼reci, uygulama, değerlendirme ve sonuç kısmına kadar sağlamış olduğu katkılardan dolayı, ayrıca tez yazım aşamasında da vermiş olduğu destekten dolayı her zaman saygı duyduğum ve duyacağım tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOğLU'na en içten teőekk¼rlerimi sunarım. Tez için gerekli olan arazi çalışmalarında zor koşullarda g¼rev alan değerli hocalarıma da katkılarından dolayı teőekk¼r ederim. T¼rkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (T¼BİTAK) bu çalışma için verdiği 113Y004 numaralı proje desteğinden dolayı teőekk¼r ederim. Sayın Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya tez yazım ve d¼zenlemede verdiği destek ve g¼sterdięi sabır için teőekk¼r ederim.

Son olarak her zaman yanımda olduğunu hissettiğim ve bu çalışma boyunca bana g¼sterdikleri maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teőekk¼r ederim.

Halil İbrahim SOLAK  
AFYONKARAHİSAR, 2015

--

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMLERİ .....	2
2.1 GPS .....	3
2.2 GLONASS .....	5
2.3 GALİLEO .....	6
2.4 Diğer Konumlama Sistemleri .....	7
3. GNSS GÖZLEMLERİ VE KONUM BELİRLEME .....	10
3.1 Kod (Pseudorange) .....	10
3.2 Taşıyıcı Dalga Fazı (Carrier Beat Phase).....	11
3.3 GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi ve Kullanılan Yazılımlar .....	11
3.3.1 Bernese.....	13
3.3.2 Gamit/Globk .....	14
4. FAYLANMA TÜRLERİ VE GÜNEYBATI ANADOLU TEKTONİK YAPISI..	15
4.1 Faylanma Türleri.....	15
4.2 Güneybatı Anadolu Tektonik Yapısı .....	18
4.2.1 Büyük Menderes Grabeni .....	20
4.2.2 Gökova Grabeni .....	21
4.2.3 Knidos Fayı.....	22
4.2.4 Dinar ve Çivril Fayları .....	22
4.2.5 Fethiye-Burdur Fay Zonu .....	23
4.2.6 Isparta Açısı .....	23
4.2.7 Antalya Fay Zonu .....	24
4.2.1 Aksu Bindirmesi .....	25
4.2.1 Akşehir-Simav Fayı .....	25



5. GERİLME VE GERİNİM ANALİZİ .....	27
5.1 Gerilme Analizi.....	27
5.2 Gerinim Analizi .....	30
6. GÜNEYBATI ANADOLU HIZ VE GERİLİM ALANLARININ BELİRLENMESİ.....	33
6.1 Çalışma Alanı .....	33
6.2 GNSS Ağı .....	33
6.3 Ağ Ölçümü.....	37
6.3.1 Önceki Yıllarda Yapılan Ölçümler .....	37
6.3.2 GNSS Ölçümleri (2013) .....	38
6.4 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi .....	41
6.4.1 GAMIT ile Verilerin Değerlendirilmesi .....	41
6.4.2 GLOBK ile Değerlendirme.....	49
6.5 Global ve Bölgesel Hız Hesabı .....	52
6.6 Gerinim Hesabı .....	56
6.6.1 Bölgenin Güncel Gerinim Alanı .....	56
6.7 Gerinim Alanı Zamansal Değişimi .....	59
7. SONUÇLAR .....	67
8. KAYNAKLAR.....	71
8.1 İnternet Kaynakları .....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	81

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

---

GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
LORAN	Long Range Navigation
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GLONASS	Global Navigation Satellite Systems
QZSS	Quasi-Zenith Satellites System
NAVSAT	Navy Navigation Satellite System
PRN	Pseudo Random Noise

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1 GPS bölümleri.....	4
Şekil 2.2 Uydular ve seyir bilgileri .....	7
Şekil 2.3 Çalışma bölgesinden 24 saatte geçen uydu grafiği .....	9
Şekil 4.1 Eğim atımlı faylar .....	17
Şekil 4.2 Doğrultu atımlı faylar.....	17
Şekil 4.3 Oblik atımlı faylar .....	18
Şekil 4.4 Bölgede bulunan bazı tektonik yapılar.....	19
Şekil 4.5 Batı Anadolu grabenlerinin sadeleştirilmiş haritası .....	21
Şekil 4.6 Isparta Açısı (Büklümü) ve çevresindeki faylar.....	24
Şekil 5.1 Bir cisme etkileyen F dış kuvveti.....	27
Şekil 5.2 Çekme ve sıkışma gerilmesi.....	28
Şekil 5.3 Gerinim elipsi.....	32
Şekil 6.1 Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı (GATGA).....	35
Şekil 6.2 GAMIT klasör yapısı .....	42
Şekil 6.3 GAMIT klasör yapısı (process sonrası) .....	45
Şekil 6.4 BZKT ve MULA noktaları 2013 yılı ölçümleri günlük tekrarlılık grafikleri ..	48
Şekil 6.5 AKSI ve AFYN (TUSAGA-Aktif) noktaları yıllık tekrarlılık grafikleri.....	50
Şekil 6.6 KNID ve DLMN noktaları yıllık tekrarlılık grafikleri.....	51
Şekil 6.7 Anadolu ve Avrasya Plakalarının göreceli hareket yönleri.....	53
Şekil 6.8 Avrasya plakası sabit alınarak elde edilen hızlar .....	54

<b>Şekil 6.9</b> Güneybatı Anadolu gerinim alanı .....	57
<b>Şekil 6.10</b> Bölgede meydana gelen deprem çözümleri .....	58
<b>Şekil 6.11</b> İki zaman dilimi arasındaki Avrasya sabit hız değişimi .....	60
<b>Şekil 6.12</b> 98-13 yılları arasında Mw:3'ten büyük depremlerin yıllara göre değişimi ...	61
<b>Şekil 6.13</b> 10 Haziran 2012 depreminin FETH ve FINI istasyonlarına etkisi .....	63
<b>Şekil 6.14</b> 10 Haziran 2012 depreminin DATC ve DIDI istasyonlarına etkisi.....	64
<b>Şekil 6.15</b> 1998 – 2009 gerinim alanı.....	65
<b>Şekil 6.16</b> 2009 - 2013 gerinim alanı .....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Çizelge 6.1</b> GATGA noktaları, konumları ve tesis türleri .....	34
<b>Çizelge 6.2</b> Kurulan ağa dahil edilen sürekli gözlem yapan referans istasyonları.....	36
<b>Çizelge 6.3</b> Önceki ölçümlerde kullanılan GNSS ekipmanları.....	37
<b>Çizelge 6.4</b> Önceki yıllarda yapılan GNSS ölçüleri ve yılları .....	38
<b>Çizelge 6.5</b> 2013 yılı ölçümlerinde kullanılan GNSS ekipmanları.....	39
<b>Çizelge 6.6</b> 2013 yılı GNSS ölçü günleri .....	40
<b>Çizelge 6.7</b> Tables klasörü girdileri .....	42
<b>Çizelge 6.8</b> Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları .....	43
<b>Çizelge 6.9</b> GAMIT değerlendirme stratejisi .....	44
<b>Çizelge 6.10</b> GAMIT gün çözümleri NRMS değerleri .....	47
<b>Çizelge 6.11</b> Stabilizasyonda kullanılan IGS istasyonları.....	53
<b>Çizelge 6.12</b> Avrasya plakası sabit alınarak hesaplanan hız değerleri.....	55

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> GPS uydusu.....	3
<b>Resim 2.2</b> Glonass-K tasarımı.....	5
<b>Resim 4.1</b> Fay kırığı.....	14
<b>Resim 4.2</b> Kıvrım ve faylanma hareketi .....	15
<b>Resim 6.1</b> Pilye ve alet sehpası .....	36

## 1. GİRİŞ

Harita Mühendisliği 1980'li yıllara kadar klasik ölçme teknikleri ile deformasyon belirleme çalışmalarına katkı sağlamıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte klasik ölçme yöntemlerinin yerini GNSS (Global Navigation Satellite Systems) almaya başladı. GNSS teknolojisinin kullanılmaya başlanması ile birlikte deformasyon belirleme çalışmaları hız kazandı. Aktif (deprem üreten) fayların çevresine uygun geometri ile fayı en iyi şekilde temsil edecek deformasyon ağlarının kurulması ve izlenmesi yöntemiyle elde edilen GNSS hızları sayesinde ölçüm yapılan bölgeye ait gerinim alanları da belirlenmektedir. Bununla birlikte depremin zamanı tam olarak belirlenemese de faylar üzerinde biriken gerilmeler ile olası deprem yerleri tahmin edilebilmektedir.

Güneybatı Anadolu, bünyesinde birçok tektonik oluşum bulunduran kompleks bir yapıya sahiptir ve Türkiye'nin çoğu kesimi gibi tektonik açıdan aktif bir bölgede yer almaktadır. 1900 yılından günümüze kadar olan süreçte Güneybatı Anadolu'da 1200'den fazla büyüklüğü  $M_w=4.5$  ve üzeri olan deprem meydana gelmiştir (İnt.Kyn.1). Bu özelliği sayesinde geçmişten günümüze, yurt içi ve yurtdışında farklı disiplinlerden birçok bilim insanının çalışmalarına konu olmuştur. MIT, AKÜ, YTÜ gibi çeşitli üniversitelerin gerçekleştirdiği ve TÜBİTAK tarafından desteklenen çalışmaların sonucunda 1988 yılından bugüne kadar bölgeyi temsil eden birçok GNSS istasyonu kurulmuş ve bu istasyonların yıllık hızları kaydedilmiş ve bölgenin gerinim alanları belirlenmiştir.

TÜBİTAK tarafından desteklenen bu çalışma kapsamında Güneybatı Anadolu bölgesine ait geçmiş GNSS ölçümlerinden elde edilen verilere ek olarak 2013 yılında 1 kampanya ölçüsü yapılmıştır. GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen tüm veriler değerlendirilerek istasyonlara ait güncel hızlar ve bu hızlar sayesinde bölgenin güncel gerinim alanları belirlenmiştir. Ayrıca gerinim alanlarının yıllara göre dağılımı incelenerek bölgedeki gerinim alanı değişimleri belirlenmiştir.

## 2. KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMLERİ

Eski çağlarda insanlar yönlerini ve konumlarını belirleyebilmek için yıldızlar, rüzgâr, güneş ve gölgeden yararlanmışlardır. O dönemin gereksinimlerini karşılayan bu yöntemler yılların geçmesi ile birlikte insanoğlunun hassasiyet ihtiyacını karşılayamaz hale gelmiş ve önemini yitirmiştir.

Bilimsel çalışmaların artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte 1940'lı yıllarda geliştirilen LORAN (Long Range Navigation) ve Decca Gezgini gibi yer tabanlı radyo-seyir sistemleri ile ilk uydu tabanlı sistem olan ancak düşük doğruluğa sahip olan Transit, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tarafından geliştirilen GPS'in temelini oluşturmuştur (Jansky and Bailey 1962). Hassas ve doğru konum belirlemeye imkân veren GPS teknolojisi 1980'li yıllarda ticari kullanım amacıyla sivil kullanıcılara açılmıştır. GPS, alanında ilk olma özelliği nedeniyle uzun yıllar boyunca küresel konumlama sistemleri adı ile bütünleşik olarak anılmıştır. Ancak daha sonra sırasıyla Rusya Federasyonu tarafından geliştirilen ve işletilen GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) ve Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kurulan GALILEO uydu konumlama sistemlerinin kurulması ile birlikte küresel konumlama sistemleri GNSS adını almıştır. GNSS, ABD'nin GPS (31), Rusya'nın GLONASS (24) ve Avrupa'nın GALILEO (5 + (2 yanlış yörüngede)) uydu sistemleri başta olmak üzere benzer uydu sistemlerini kapsayan ve yaklaşık 60 aktif uyduya sahip, uydularla konum belirleme sisteminin genel ismidir.

Ayrıca Çin Halk Cumhuriyeti kendi konumlama sistemi COMPASS için çalışmalarını sürdürmekte olup 2011 yılı itibari ile 10 uyduyla Asya bölgesine konumlandırma, navigasyon ve yüksek doğruluk ve güvenilirlikle zaman belirleme alanında hizmet vermektedir. 10 yıl içinde ise toplam uydu sayısını 40'ın üzerine çıkarıp tüm Dünya üzerinde hizmet vermeyi planlamaktadır (İnt.Kyn.2). Japonya ise Quasi-Zenith (QZSS, Quasi-Zenith Satellites System) ile ilgili çalışmalar yürütmektedir (İnt.Kyn.3).



## 2.1 GPS

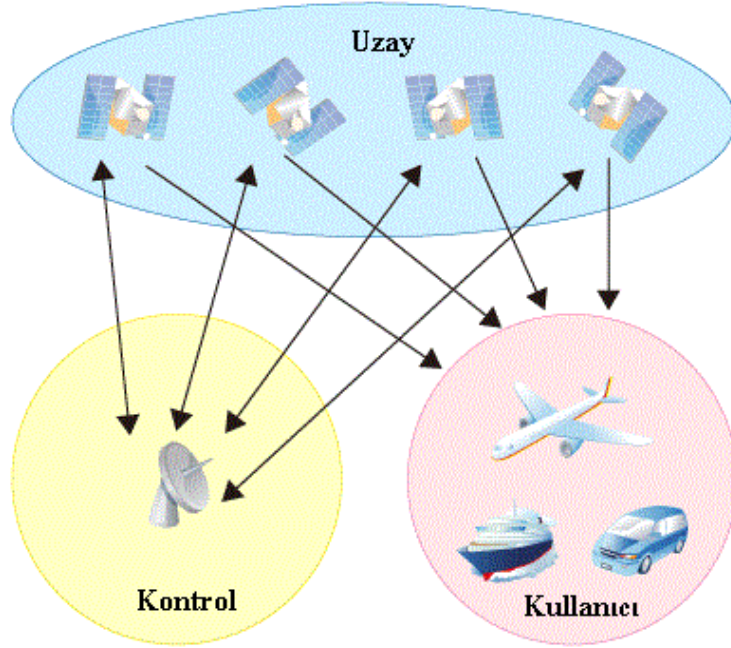
Çağdaş konum belirleme teknolojilerinin temelini oluşturan ilk uydu tabanlı konum belirleme sistemi, ABD Deniz Kuvvetleri tarafından kullanılan Transit'tir. ABD Deniz Kuvvetleri tarafından kullanıldığı için NAVSAT (Navy Navigation Satellite System) olarak da bilinmektedir. İlk prototip olan Transit 1A uydusu 1959 yılında uzaya fırlatılmış ancak yörüngeye yerleşememiştir. Daha sonra ikinci prototip olan Transit 1B uydusu 1960 yılında başarıyla yörüngeye yerleştirilmiştir. Sistem yeryüzünden yaklaşık 1100 km yükseklikteki 5 uydudan oluşup yörünge süresi 106 dakika olarak belirlenmiştir (Danchik 1998). 1967 yılında Başkan Yardımcısı Hubert Humphrey Transit sisteminin tüm ülkelerin ticari gemi ve uçaklarının kullanımına açıldığını duyurmuştur. İlk uydu tabanlı konum belirleme sistemi olmasının bir sonucu olarak Transit sistemi düşük bir doğruluğa sahip olmuştur. Bunun sonucu olarak yüksek doğrulukta konum belirlemeye yarayan sistemlere olan gereksinim doğmuştur. 1980'li yıllara gelindiğinde ise bu gereksinimi büyük ölçüde karşılayan GPS, ABD tarafından geliştirilmiştir (Resim 2.1) (Danchik 1998).



**Resim 2.1** GPS uydusu (İnt.Kyn.4).

GPS sistemi Uzay, Kontrol ve Kullanıcı bölümleri olarak bilinen üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Uzay bölümü sistemin merkezi olup Ekvator ile  $55^\circ$  eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş toplam 31 uydudan oluşmaktadır.

Uydular yeryüzünden yaklaşık 20000 km (yer merkezinden 26560 km) yüksekte olup 11 saat 58 dakikada bir tam devir yapmaktadırlar (Derelioğlu 2007).



**Şekil 2.1** GPS bölümleri.

Uyduların her biri iki değişik frekansta (L1 ve L2) radyo sinyalleri (taşıyıcı dalga) yayınlamaktadır. L1 sinyalinin frekansı 1575.42 MHz ve L2 sinyalinin frekansı 1227.60 MHz'dir. Birden fazla sinyalin kullanılması hem iyonosferden dolayı gerçekleşen kırılmayı engellemek hem de sinyal bozma durumlarına karşı güvenlik olarak uygulanmaktadır. L1 ve L2 sinyalleri, yeryüzündeki alıcıların uydu saat düzeltmeleri, yörünge parametreleri gibi bilgilere ulaşabilmesi için belirli kodlarla ve navigasyon mesajları ile donatılmıştır. Bu donatma işlemi ile her uyduya tek anlamlı PRN (Pseudo Random Numbers) kod numarası verilmiştir. Her bir uydu aynı taşıyıcı frekansta yayın yapmasına rağmen uydu sinyalleri PRN kod modülasyonu tekniği sebebiyle birbiri ile karışmamaktadır. L1 sinyali C/A kod, P kod ve navigasyon mesajı taşırken L2 sinyali ise P kod ve navigasyon mesajı taşır. GPS'in elektromanyetik spektrumunda 1381.05 MHz frekansında olan L3 taşıyıcısı da mevcuttur. Ayrıca GPS sinyal modernizasyonu kapsamında uydulara L2C ve L5 sinyali eklenmiştir. L5 sinyalinin taşıyıcı frekansı 1176.45 MHz'dir (İnt.Kyn.5).

## 2.2 GLONASS

GLONASS, GPS'den sonra ikinci işler hale gelmiş uydu konumlandırma sistemidir. 1970'li yıllarda Sovyet Rusya tarafından 4 uydu ve Rusya sınırları içerisinde 8 yer kontrol istasyonu ile kurulmuş olup COSMOS adı verilen ilk uydusu 12 Ekim 1982 yılında fırlatılmıştır. Ancak 1991 yılında Sovyetler Birliği'nin dağılmasıyla birlikte GLONASS çalışmaları yavaşlamış ve 2001 yılına kadar yalnızca 7 uyduyla devam etmiştir. Daha sonra Rusya Devlet Başkanı Vladimir Putin çalışmalara hız kazandırmış ve 2003 yılında GLONASS-M ve 2011 yılında GLONASS-K (Resim 2.2) işler hale getirilmiş ve sistem toplam 24 aktif uyduya ulaşılmıştır. 2010 yılına kadar GLONASS Rusya topraklarının tamamına erişim sağlamış ve 2011 yılı Ekim ayında, toplam 24 uydudan oluşan tüm yörünge takımları ile tam küresel kapsama alanına ulaşmıştır. Günümüzde Ekvator ile  $64.8^\circ$  eğim yapan 3 yörünge üzerinde bir tam devri 11 saat 15 dakikada tamamlamaktadır ve yeryüzünden yaklaşık 19100 km yüksekliktedir. C/A kod üzerinden 100 m, P kod üzerinden 10-20 m doğrulukla konum belirleme imkânı sunmaktadır. 0.5625 MHz aralıklarla 25 kanallı, L bant üzerinden iki sinyal taşıyıcı frekansı (1602.5625 - 1615.5 MHz ve 1240 - 1260 MHz) kullanılmaktadır (İnt.Kyn.6).



**Resim 2.2** GLONASS-K tasarımı (İnt.Kyn.7).

GLONASS sisteminde iki frekans bandında yayın yapılmaktadır. En son gönderilen GLONASS-K uyduları ise L3 CDMA olarak adlandırılan daha fazla konumlama için sistemin doğruluğunu geliştirmede modernize edilmiş GPS'e benzer modülasyonlu sinyalleri iletir. GLONASS-M uyduları ise L3 CDMA sinyalini 2014 yılından sonra iletmeye başlayacaktır. Bu frekans bantları L1 (2005 yılının sonuna kadar 1602–1609.31 MHz, 2005 yılından itibaren 1598.06–1605.38 MHz) ve L2 (7/9 L1) frekanslarıdır. P kod L1 ve L2 frekansları, C/A kod ise sadece L1 frekansı üzerinden yayınlanmaktadır. GLONASS navigasyon mesajının yayınlanması 2.5 dakika sürmekte, efemeris ve saat bilgileri 30 saniyede bir tekrar edilmektedir. P kod ise 12 dakikada yayınlanmakta olup, efemeris ve saat bilgileri 10 saniyede bir tekrar edilmektedir (İnt.Kyn.8).

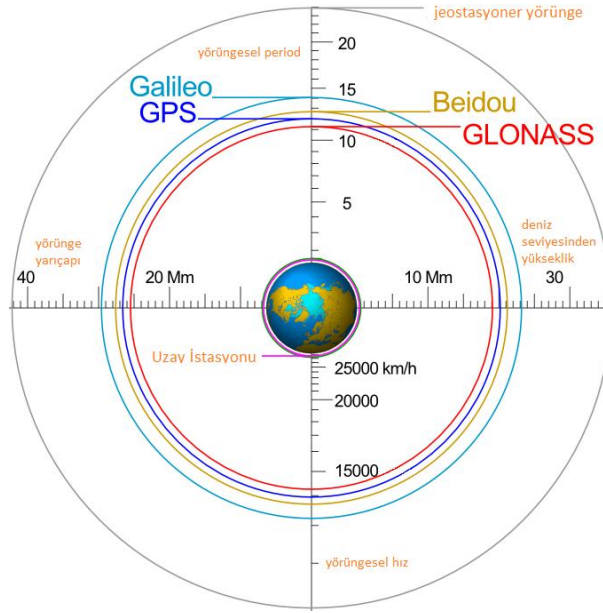
### **2.3 GALILEO**

Galileo tasarısı 1999 yılında Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'den gelen dört farklı tasarı önerisinin değerlendirilmesiyle başlamıştır. 26 Mayıs 2003 tarihinde Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından tasarı resmi olarak üstlenilmiştir. Tasarının resmi olarak açıklanan bütçesi 1.1 milyar Avro'dur. Galileo Uydu Sistemi için 2002-2005 yılları arasında uydu geliştirilmesi, yer istasyonları ile altyapı tesislerinin oluşturulması ve test çalışmaları yapılmıştır. Avrupa Birliği Uzay ajansı gerekli ekonomik kaynakları sağlamak amacıyla daha sonradan Çin, İsrail, Hindistan ve Ukrayna'yı tasarıya dahil etmiştir. 28 Aralık 2005 tarihinde ise sistemin ilk uydusu olan Giove-A uydusu Kazakistan uzay istasyonundan fırlatılmıştır. Daha sonra 2008 yılında 1, 2011 yılında 2 ve 2012 yılında 2 uydu olmak üzere toplam 6 uydu uzaya başarıyla fırlatılmıştır. Sistemin tamamlanma tarihi ise 2019 yılı olarak tahmin edilmektedir (İnt.Kyn.9).

Sistem Ekvator ile 56° eğim yapan üç yörünge üzerinde toplam 30 uydu (27 + 3 yedek) olarak planlanmış ve bir tam devri yaklaşık 14 saat 7 dakika olarak hesaplanmıştır. Yeryüzünden yüksekliği ise yaklaşık 23200 km'dir. Galileo uyduları 6 navigasyon sinyali gönderecek ve bu navigasyon sinyalleri 6 frekans bandında üretilecektir. Bunlar

L1F, L1P, E5a, E5b, E6C ve E6P sinyalleridir. Bu sinyallerin taşıyıcı frekansları E5 sinyali için 1164-1215 MHz, E6 sinyali için 1260-1300 MHz ve L1 sinyali için 1559-1592 Mhz olarak belirlenmiştir. Galileo E5 ve E2-L1-E1 sinyali sırasıyla GPS L5 ve L1 sinyalleri ile kısmi olarak örtüşerek kullanıcı alıcıların ortak kullanımına sunulmuştur.

Gelileo'nun hedefleri arasında şu an ki GPS sisteminden daha keskin konumlama bilgisine ulaşmak, İskandinavya ülkeleri gibi Dünya'nın Kuzey bölgelerinde de navigasyon sağlamak ve savaş zamanında dahi uyduların açık tutulmasını sağlamak yer almaktadır (İnt.Kyn.9).



Şekil 2.2 Uydular ve seyir bilgileri.

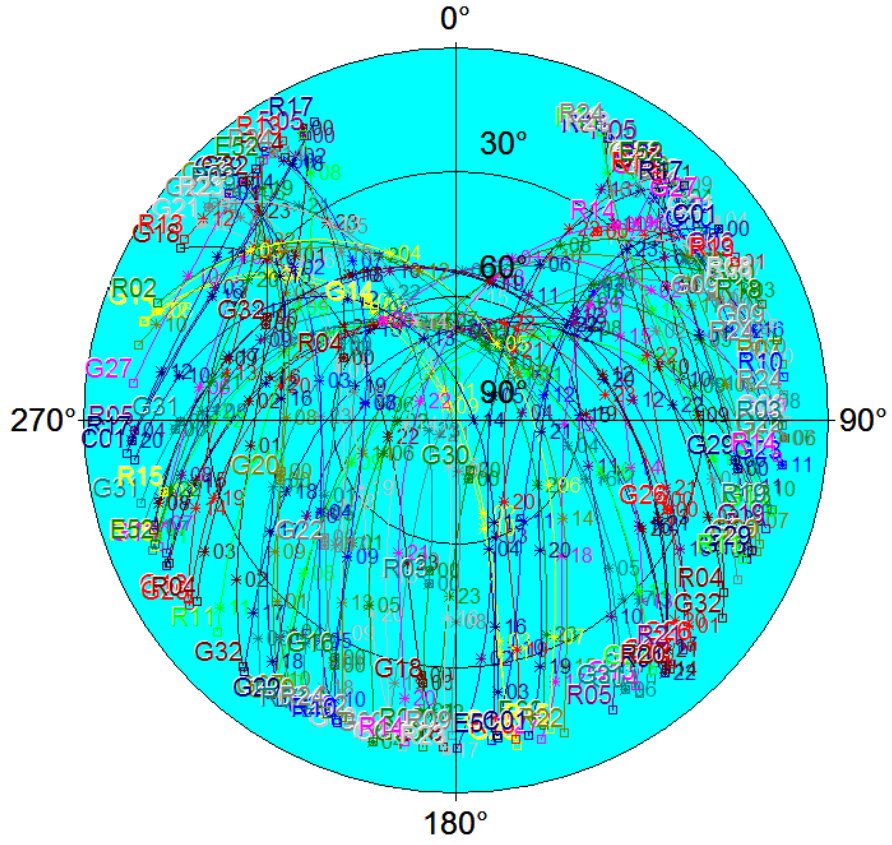
## 2.4 Diğer Konumlama Sistemleri

Beidou navigasyon sistemi Çin Halk Cumhuriyeti'nin bağımsız bir uydu navigasyon projesidir. BeiDou sistemi 4 uydudan oluşmakta ve deneysel olup, kısıtlı kapsama ve uygulama alanına sahiptir. Ancak Çin, 40'tan fazla uydudan oluşan COMPASS sistemi ile gerçek bir küresel uydu navigasyon sistemi geliştirmeyi planlamaktadır. Yeni sistemde 5 tanesi yer sabit yörünge uydusu ve 30 tane de orta yer yörüngesi uydusu bulunacak ve küresel kapsama sağlayacaklardır. Bu uyduların kaç farklı yörüngede

olacağı henüz planlanmamıştır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 21500 km olacaktır. Bir uydunun dolanım süresi 12 saat 35 dakikadır. Yörüngeler Ekvatorla 55° açı yapmaktadır. COMPASS uyduları sinyalleri 4 frekans bandında üretilmiştir. Bunlar B1, B1-2, B2 ve B3 sinyalleridir. B1 sinyali 1561.10 MHz, B1-2 sinyali 1589.74 MHz, B2 sinyali 1207.14 MHz, B3 sinyali 1268.52 MHz sinyalinin taşıyıcı frekansından yayınlanmaktadır. COMPASS, 10 servis sunacaktır; bunlardan beşi açık servisler olup diğer beşi de kısıtlı yetkili servisler olacaktır. Bu servislerin sekiz farklı taşıyıcı frekansla verilmesi öngörülmektedir. Açık servislerin 10 metrelik anlık konumlama doğruluğu sunarken yetkili (lisanslı) servisler açık servislerden daha doğruluklu olacak ve kullanıcıya sistem durumu hakkında bilgiler de sunacak (İnt.Kyn.2). 2011 yılı itibariyle COMPASS sistemi 10 aktif uyduya ulaşmış ve Asya-Pasifik bölgesinde kullanıcılara hizmet vermektedir. 2020 yılına kadar ise küresel ölçekte kullanıcılara hizmet vermesi planlanmaktadır (İnt.Kyn.2).

QZSS ise Japonya'nın geliştirmekte olduğu bir sistem olup 11 Eylül 2010 tarihi itibariyle ilk uydusu uzaya fırlatılmıştır. Eylül 2013 itibari ile ise 3 uydusu aktif olup L1C, L2C ve L5 sinyallerini barındırmaktadır. Birincil görevi Japonya'nın pek çok kentsel oluşumunda GPS uydularının daha kesin sonuçlar vermesini sağlamak ve GPS ile veri elde eden uygulamaların hassasiyetini, güvenilirliğini artırmak ve verimliliğini geliştirmektir. QZSS Uyduları hem GPS'in L1C/A sinyalleri ile uyumlu hem de geliştirilmiş L1C, L2C ve L5 sinyalleri ile uyumlu iletimde bulunmaktadır (İnt.Kyn.10).

Hindistan ise kendi konumlama sistemi olan IRNSS için 7 uyduluk bir plan yapmış ve bunlardan ilkini 1 Temmuz 2013 tarihinde uzaya fırlatmıştır (İnt.Kyn.11).



Şekil 2.3 Çalışma bölgesinden 24 saatte geçen uydu grafiği.

Çalışma bölgesinde, 24 saatlik zaman diliminde 30 GPS, 21 GLONASS, 2 GALILEO ve 1 BeiDou (Compass) uydusu görüş alanına girmektedir (Şekil 2.3).

### 3. GNSS GÖZLEMLERİ VE KONUM BELİRLEME

GNSS ile iki temel büyüklük gözlenmekte olup bunlar Kod (Pseudorange) ve Taşıyıcı Dalga Fazı (Carrier Beat Phase) olarak adlandırılmaktadır. Bu gözlemlerden Kod, yüksek doğruluk gerektirmeyen konumlama amaçlı anlık uygulamalarda kullanılırken Taşıyıcı Dalga Fazı ise yüksek doğruluk gerektiren bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır (Ray 2000).

#### 3.1 Kod (Pseudorange)

Kod, yeryüzünde bulunan alıcı anteni ile uzayda bulunan uydu arasındaki mesafenin belirlenmesi işleminin genel ismidir. Bu mesafe ise, uydudan yayınlanan sinyalin uydudan çıkış anı ile alıcıya ulaştığı süre arasında geçen zamanın ölçülmesi ve ışık hızı ile ölçeklendirilmesi sonucunda elde edilir. Elde edilen bu mesafe alıcı ve uydu saatlerindeki sapmalardan, sinyal gecikmelerinden ve çeşitli faktörlerden dolayı gerçek geometrik uzunluktan farklı olacaktır.

Kod, C/A ve P kodlarının her ikisi kullanılarak belirlenebilmektedir. Sinyalin uydu ve alıcı arasında geçirdiği süre, alıcı ve uydu tarafından üretilen PRN kodlarının karşılaştırılması ile elde edilmektedir. Bir diğer deyişle, uydunun yayınlamış olduğu PRN kodunun aynısı alıcı tarafından da üretilmektedir. Dolayısıyla, alıcı içerisinde bulunan kod izleme lupu bu iki PRN kodu arasında maksimum korelasyon sağlanana kadar alıcı tarafından üretilen kodu kaydırır. Bunun sonucunda sinyalin hareket süresi belirlenmiş olur. Sinyal ulaşım süresine etki eden faktörler göz önüne alındığında kod,

$$R_i^k(t_r, t_e) = \rho_i^k(t_r, t_e) - (\delta t_r - \delta t_k)c + \delta_{ion} + \delta_{trop} + \delta_{tide} + \delta_{rel} + \varepsilon_c \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada,  $\rho_i^k$  uydu-alıcı arası geometrik mesafeyi,  $i$  frekans indeksini,  $t_r, t_e$  sırasıyla sinyalin uydudan ayrılış zamanını ve alıcıya geliş zamanını,  $\delta t_r, \delta t_k$  sırasıyla alıcı ve uydu saat hatalarını,  $c$  ışık hızını,  $\delta_{ion}, \delta_{trop}$  iyonosferik ve troposferik,  $\delta_{tide}, \delta_{rel}$  gelgit ve rölativistik etkiyi,  $\varepsilon_c$  diğer etkileri gösterir (Ray 2000).



### 3.2 Taşıyıcı Dalga Fazı (Carrier Beat Phase)

Faz gözlemleri GNSS ölçülerinde en çok kullanılan gözlemlerdir. Faz gözlemleri, taşıyıcı dalganın P ve C/A kodları yerine modüle edilmemiş (L1 ve L2) haline yapılmaktadır. Uydudan alınan fazın benzeri alıcı içerisinde de üretilir ve bu iki faz arasında maksimum korelasyon sağlanır. Faz ölçüleri ise bu iki faz arasındaki faz farkı, başlangıç belirsizliği ya da tamsayı belirsizliği olarak tanımlanır. Bu belirsizlik GNSS faz ölçmelerinin üstün doğruluklu konumlama potansiyelinden yararlanabilmek için uygun yöntemlerle çözümlenmelidir (Wells *et al.* 1987).

Taşıyıcı dalga fazının dalga boyu, P ve C/A kod ile karşılaştırıldığında L1 için yaklaşık 19 cm ve L2 için yaklaşık 24 cm daha kısadır. Yani, taşıyıcı dalga fazı birkaç metre C/A kod veya birkaç desimetre P kod ile karşılaştırıldığında hassasiyet milimetre olarak ölçülebilir (Ray 2000).

### 3.3 GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi ve Kullanılan Yazılımlar

GNSS verilerinin değerlendirilmesi dört ana başlık altında incelenebilir. Bunlar sırayla; verilerin değerlendirmeye hazır hale getirilmesi, ön değerlendirme, parametre kestirimleri ve sonuçların elde edilmesidir.

Verilerin değerlendirmeye hazır hale getirilmesi aşamasında arazide farklı alıcılar yardımıyla elde edilmiş olan ham verilerin alıcıdan bağımsız formata dönüştürülmesi (RINEX: The Receiver Independent Exchange Format) gerekmektedir. Bu dönüşüm işlemi hazır programlar yardımı ile kolaylıkla yapılabilmektedir. Ham verileri RINEX formatında dönüştürdükten sonra GNSS verilerinin değerlendirilmesinde en önemli kısımlardan biri olan faz kesikliklerinin belirlenmesi işlemi yapılmaktadır. Düzeltilebilir ve düzeltilemez olmak üzere iki çeşit faz kesikliği bulunmaktadır. Faz kesiklikleri belirlenip düzeltildikten sonra uydu saat hatalarını modellemek için uydu yörünge bilgileri gerekmektedir. Uydu yörünge bilgileri hem IGS web ortamından hem de

uydulardan alınan navigasyon mesajları ile elde edilebilmektedir. Verilerin değerlendirmeye hazır hale getirilmesindeki son aşama ise fiziksel modellerin (troposferik, iyonosferik, rölativistik, güneş radyasyon, atmosferik sürüklenme, yeryüzü gelgit) belirlenmesi aşamasıdır (Tiryakioğlu *et al.* 2012, Xu 2007, Kahveci 2010). Bu fiziksel modeller kullanılacak GNSS değerlendirme programlarının (Gamit, Bernese vb.) kendi kütüphanelerinde bulunmaktadır.

GNSS verilerinin ön değerlendirmesi aşamasında, alıcıya ait mutlak konum belirlenmektedir. Mutlak konum belirleme ise tek nokta konum belirleme ve hassas nokta konum belirleme olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Her iki yöntemde de istasyon koordinatları ve alıcı saat hataları belirlenmektedir (Seeber 2003).

GNSS verilerinin değerlendirilmesi için çok sayıda ticari ve bilimsel yazılım bulunmaktadır. Ticari yazılımlar GNSS alıcı üreticileri tarafından geliştirilmekte ve kendi müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Ticari yazılımlarda kullanım kolaylığı ve arayüz gibi kullanıcılarına zaman kazandıracak etkenler bulunmasına rağmen yazılımın çalışma prensibi ve içerdiği algoritmaların kullanıcı tarafından inceleme, kontrol ve düzenlemeye kapalı olması ve bilinmeyenlerle dolu olması nedeniyle gizemini korumaktadır. TRIMBLE TOTAL CONTROL PINNACLE, ASHTECH OFFICE SUITE, LEICA GEO OFFICE, THALES GNSS örnek ticari yazılımlardan bazılarıdır. Bu yazılımlar genelde alıcı üreten firmalar tarafından satılan GNSS seti ile birlikte verilmektedir. Alıcılar uydulardan gelen sinyalleri kendine özgü formatta kaydettiği için, bu veriler alıcı ile birlikte satılan değerlendirme yazılımları ile okutulmaktadır. Bilimsel yazılımlar ise ülke jeodezik ağlarının kurulması, deformasyon ölçüleri, datum parametrelerinin belirlenmesi ve yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi bilimsel amaçlı projelerde kullanılmaktadır. Bilimsel yazılımlar ticari yazılımlara oranla daha hassas sonuçlar üretmektedir. Günümüzde yapılan çok sayıda bilimsel çalışmada GAMIT/GLOBK, ve BERNESE gibi bilimsel yazılımlar tercih edilmektedir (İnal ve Salgın 2008).

Ticari amaçlı yazılımlarda, yazılım kullanma kılavuzunda anlatılan işlem adımları takip edildiği ve önerilen kriterlere uyulduğu sürece elde edilecek sonuçlarda önemli bir problemle karşılaşılmamaktadır. Bilimsel amaçlı yazılımların kullanılması ise karmaşık olup, bu yazılımları kullanmak iyi bir eğitim, bilgi ve birikim gerektirmektedir. Çünkü değerlendirme aşamasında değiştirilecek olan bir parametre sonuçlarda önemli farklılıklar getirecektir. Bununla birlikte, uluslararası yürütülen projelerde değerlendirmedeki kullanıcı değişikliklerinden dolayı gelecek farklılıkları gidermek amacıyla, belirli standartlar konulmuştur. IGS yörünge bilgilerinin yedi farklı analiz merkezlerinde üretilmesine rağmen, uygulanan standartlar nedeniyle değerlendirme sonuçlarında önemli farklılıklar olmaması bu standartlara bir örnektir (Kahveci ve Yıldız 2012, İnal ve Salgın 2008).

### **3.3.1 Bernese**

Bernese, İsviçre Bern üniversitesi tarafından 1980'lerde geliştirilmiş bilimsel bir GNSS veri değerlendirme yazılımıdır. Yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, deformasyon ölçülerinin analizi, ülke temel GNSS ağlarının kurulması, referans sistemi oluşturulması, gibi bilimsel çalışmalarda kullanılan bir yazılımdır. Genel olarak kampanya tipi veriler Bernese yazılımı ile analiz edilirken sabit istasyon verileri GAMIT yazılımı ile analiz edilmektedir. Bu yaklaşımda aynı tip verilerin aynı yazılım ve stratejilerle analiz edilmesine dayanan tutarlılık ilkesinin etkisi söz konusudur (Özdemir *et al.* 2012).

Bernese yazılımında değerlendirme yapabilmek için öncelikle yazılım içerisinde bir campaign-kampanya oluşturulmalıdır. Kampanya oluşturulduktan sonra ise verilerin kampanyaya kopyalanması, öncül koordinat listesinin belirlenmesi, verilerin Bernese program formatına dönüştürülmesi, yer dönme ve yörünge bilgilerinin hazırlanması adımları uygulanmalıdır. Değerlendirme aşamasında web üzerinden IGS ürün dosyaları program tarafından otomatik olarak indirilmektedir. İndirilen dosyalar çözüme yardımcı genel dosyalar ve verilerin bulunduğu zaman dilimine ait dosyalar olmak üzere iki

gruptur. Değerlendirme sırasında çözüme yardımcı genel dosyaların bir kısmı yazılımın kurulma aşamasında yüklenir. Anten faz merkezi kayıklıklarını bulunduran PHAS\_IGS.REL dosyası, uydu saat hatalarını bulunduran CRX dosyaları, alıcı türlerini içeren RECEIVER dosyaları ve yörüngedeki uydu bilgilerini bulunduran SATELLIT gibi dosyalar ise düzenli olarak değerlendirme sırasında güncellenmektedir. Verilerin bulunduğu zaman dilimine ait dosyalar ise (hassas yörünge bilgileri, saat düzeltmesi, atmosferik düzeltme vb.) İnt.Kyn.12 web adresinden ve İnt.Kyn.13 ftp adresinden çevrimiçi olarak indirilebilmektedir.

### **3.3.2 Gamit/Globk**

GAMIT modülü ile halihazırda yalnızca GPS verileri analiz edilmekle birlikte, GLOBK modülü ile sadece yazılıma ait çözüm dosyalarının değil, aynı zamanda Bernese ve GIPSY/OASIS gibi diğer GPS/GNSS yazılımlarına veya VLBI/SLR gözlemlerine ait çözüm dosyalarını da bir referans sisteminde tanımlanmak üzere birleştirilebilmektedir. GLOBK, kalman filtrelemesi esasına dayanmakta olup, temel olarak şu amaçlarla kullanılmaktadır;

- Farklı gün ve oturumlara ait gözlemlerin birleştirilerek nokta koordinatlarının tahmini,
- Farklı yıllara ait gözlemlerin birleştirilerek nokta konum ve hızlarının tahmini,
- Koordinat zaman serilerinin oluşturulması ve müteakiben detaylı analiz için, söz konusu zaman serilerinin elde edilmesinde farklı model ve stratejilerin uygulanması (Herring *et al.* 2010, Tiryakioğlu 2012).

## 4. FAYLANMA TÜRLERİ VE GÜNEYBATI ANADOLU’NUN TEKTONİK YAPISI

### 4.1 Faylanma Türleri

Yer kabuğunda meydana gelen tektonik kuvvetler levhalar üzerinde bir takım enerji birikimine sebep olur. Tektonik kuvvetler sonucu oluşan enerji levhalarda birikerek zamanla levhanın enerji eşiğine ulaşmasıyla birlikte ortaya çıkar ve bir takım kırılmalara (faylanma) sebep olur. Geniş zaman aralıklarıyla biriken bu enerjinin aniden boşalarak yeryüzünün sarsılması olayı deprem olarak adlandırılır. Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapılarında hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır (Kibici 2005, Karaman 2006).

Yeryuvarında etkili olan tektonik kuvvetler bir takım deformasyonlara neden olup kayaçların şekillerini, hacimlerini ve yerlerini değiştirirler. Kayaçlar bu kuvvetlerin etkileri nedeni ile kırılırlar (Resim 4.1, Resim 4.2) ya da kıvrılırlar. Bir kırığın iki tarafındaki kayaçlar birbirlerine göre gözle görülür miktarlarda hareket etmişler ise (atım gelişmiş ise) bu kırık fay olarak adlandırılır (Kibici 2005).



**Resim 4.1** Fay kırığı (İnt.Kyn.14).

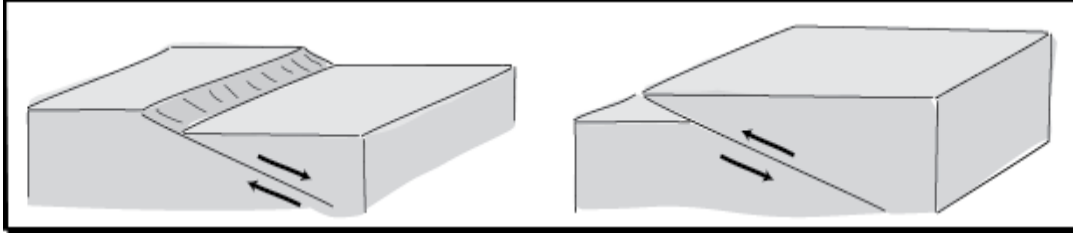


**Resim 4.2** Kıvrım ve Faylanma Hareketi (Int.Kyn.18).

Faylarda kayma hareketinin olduğu düzlem fay düzlemi (fay aynası) olarak adlandırılır. Kırılma yüzeyinin ayırdığı ve yüzeyin her iki tarafında bulunan kayaç topluluklarına ise blok adı verilmektedir. Fay düzlemi üzerine yaslanıldığında üstte kalan bloğa tavan, altta kalan bloğa ise taban bloğu denilmektedir. Fayların boyutları birkaç cm'den birkaç yüz hatta bin km'ye, atım miktarları ise birkaç cm'den onlarca hatta bazen yüzlerce km'ye kadar değişmektedir. Faylar, fay aynası ile blokların hareket yönü arasındaki geometrik ilişkiye göre üç grupta incelenmektedir. Bunlar; eğim atımlı (normal ve ters), doğrultu atımlı (sağ ve sol) ve yan atımlı (normal ve ters) faylardır.

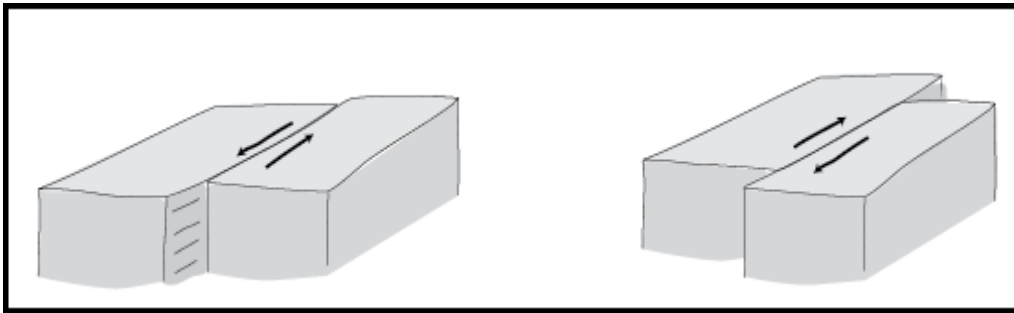
- **Eğim Atımlı Faylar:** Bu tür faylarda tavan ve taban blokları fay aynası boyunca birbirlerine göre aşağı ve yukarı yönlü hareket etmektedirler (Şekil 4.1). Eğer tavan bloğu taban bloğuna göre aşağı yönlü ya da taban bloğu tavan bloğuna göre yukarı yönlü olarak hareket ediyor ve bloklar birbirinden uzaklaşıyor ise bu tür faylar eğim atımlı normal fay olarak adlandırılırlar. Normal faylara Ege bölgesinde görülen Horst ve Graben örnek verilebilir. Tavan bloğu taban bloğuna göre yukarı yönlü ya da taban bloğu tavan bloğuna göre aşağı yönlü olarak hareket ediyor ve bloklar birbirine yaklaşıyor ise bu tür faylar eğim atımlı ters fay olarak adlandırılırlar. Ters faylara örnek olarak Bindirme ve Şaryaj

verilebilir. Bindirme faylarının eğim dereceleri 0 ve 10 arasında olanlarına nap adı verilmektedir (Kibici 2005).



Şekil 4.1 Eğim atımlı faylar.

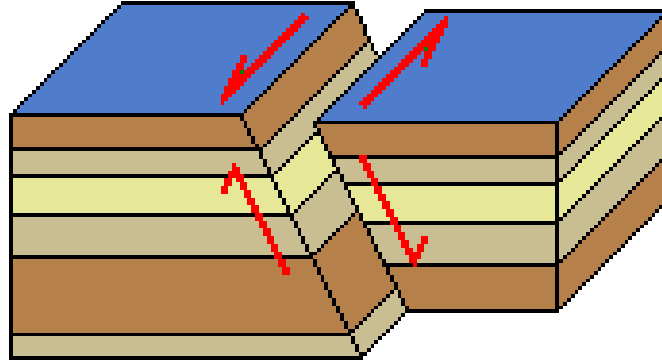
- **Doğrultu Atımlı Faylar:** Bu tür faylarda kırılan bloklar yatay olarak ve birbirlerine ters yönlü hareket ederler ve yatay atım söz konusudur (Şekil 4.2). Doğrultu atımlı faylarda her iki blok birbirinden yatay yönde uzaklaşır. Doğrultu atımlı faylar kayma ve atım yönlerine göre sağ ve sol yönlü olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Sağ yönlü doğrultu atımlı faylarda bloklardan birinden diğer bloğa bakan bir kişi baktığı bloğu sağa doğru hareket eder şekilde görmektedir. Sol yönlü doğrultu atımlı faylarda ise aynı durumda bakılan blok sola doğru hareket etmektedir. Türkiye’de en önemli doğrultu atımlı fay örneği Kuzey Anadolu Fayı (KAF) olarak verilebilir. Bu fay sağ yönlü olup yaklaşık 1400 km uzunluğundadır (Karaman 2006).



Şekil 4.2 Doğrultu atımlı faylar.

- **Oblik (Verev) Atımlı Faylar:** Bu tür faylarda kırık düzlemi aynı anda hem dikey hemde yatay yönlü olarak hareket gösterir (Şekil 4.3). Yani yatay ve dikey kuvvetlerin bileşkesi yönünde bir hareket meydana gelir. Yanal, oblik ve verev

bu tür fayların diğer adlarıdır. Normal ve ters faylar olmak üzere iki gruba ayrılır. Eğim atımlı ve doğrultu atımlı faylar incelendiğinde gerçekte birçoğunun yanal atımlı fay olduğu görülmüştür. Fay türlerini belirlemek için fay aynalarındaki fay çizgileri detaylı bir şekilde incelenmelidir (Karaman 2006).



Şekil 4.3 Oblik atımlı faylar.

#### 4.2 Güneybatı Anadolu Tektonik Yapısı

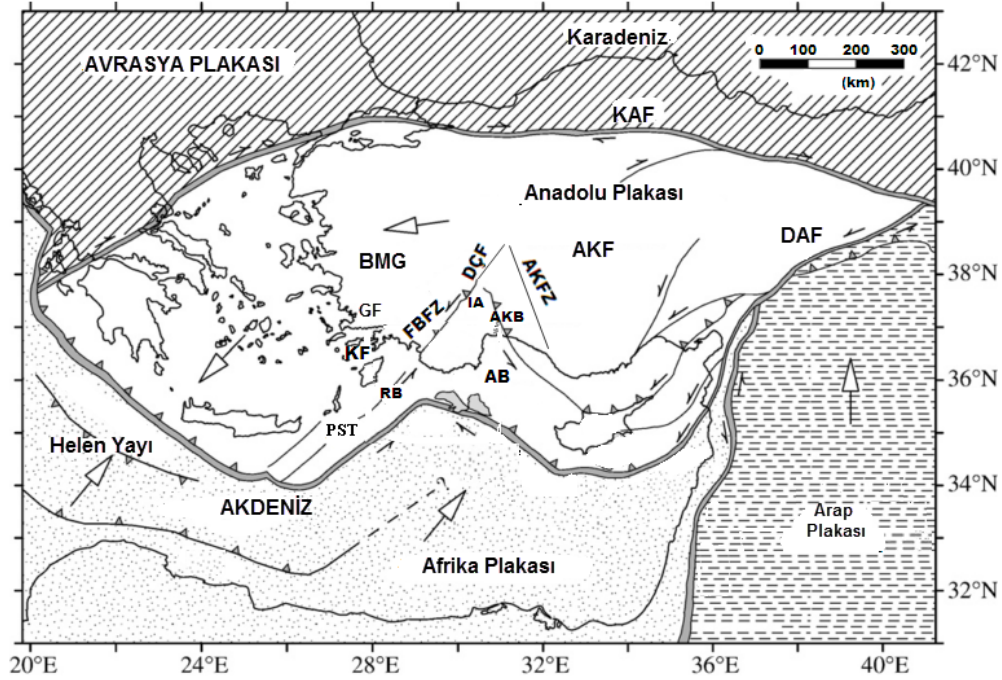
Güneybatı Anadolu üzerinde birçok karmaşık tektonik yapı bulunmaktadır (Şekil 4.4). Bu karmaşık yapı nedeniyle yerli ve yabancı birçok yerbilimcinin jeodezik, jeolojik ve jeofiziksel çalışmalarına konu olmuştur (Reilinger *et al.* 2006, Aktuğ *et al.* 2009). Ayrıca son yüzyılda bölgede birçok can ve mal kaybına sebep olan depremlerin meydana gelmesi, bölgenin tektonik aktivitesinin bir göstergesi olmuştur. Bölgede yaklaşık K-G yönlü genişleme tektoniğine bağlı olarak D-B ve BKB-DGD doğrultulu birçok graben gelişmektedir (Ketin 1968, McKenzie 1978, Dewey and Şengör 1979, Jackson and McKenzie 1984, Şengör 1982, 1987, Şengör *et al.* 1984). Bunlar Gökova, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Bakırçay ve Simav riftleridir. Bunların yanı sıra ters ve KD-GB doğrultulu fayların normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylar da bölgenin tektoniğinde önemli rol oynamaktadır. Bölge için son derece önemli olan ve karmaşık bir yapıya sahip Isparta Açısı (Büklümü), Kıbrıs ve Helenik yaylarının birleştiği alandır (Blumenthal 1962, Brunn *et al.* 1971, Poisson 1984, 1990, Macoux 1987, Kissel *et al.* 1993, Frizon *et al.* 1995).



Bölgenin en önemli tektonik yapıları;

- Büyük Menderes Grabeni
- Gökova Grabeni
- Knidos Fayı
- Dinar ve Çivril Fayı
- Fethiye – Burdur Fay Zonu
- Isparta Açısı (Büklümü)
- Antalya Fay Zonu (Kemer Çizgiselliği)
- Aksu Bindirmesi
- Akşehir-Simav Fayı

Güneybatı Anadolu'nun aktif fay haritası ve 16. yüzyıldan beri meydana gelen depremlerin dağılımı (Barka *et al.* 1997, Ambraseys and Finkel 1995).



**FBFZ:**Fethiye Burdur Fay Zonu, **IA:**Isparta Açısı, **KF:**Knidos Fayı, **GF:**Gökova Fayı, **AKB:** Aksu Basini, **AB:** Antalya Basini, **AKFZ:** Akşehir Simav Fay Zonu, **BMG:** Büyük Menderes Grabeni, **DCF:** Dinar Çivril Fayı, **RB:** Rodos Basini, **PTS:** Pliny Strabo Trench, **KAF:** Kuzey Anadolu Fayı, **DAF:** Doğu Anadolu Fayı,

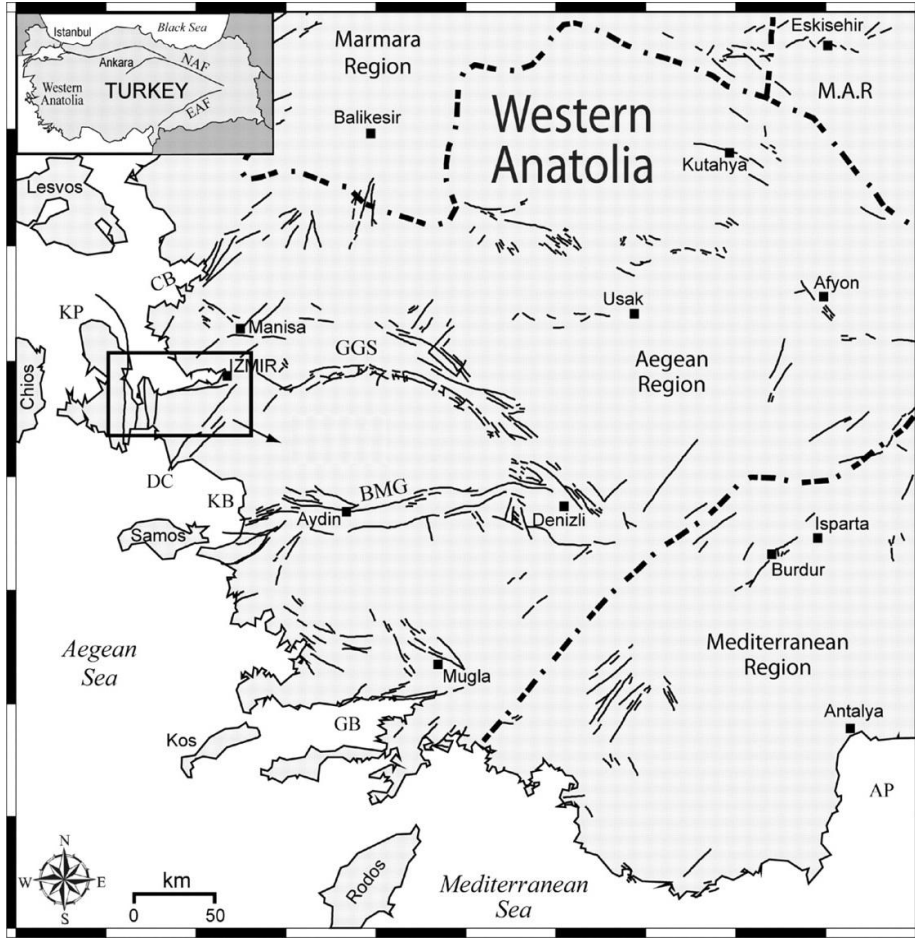
Şekil 4.4 Bölgede bulunan bazı tektonik yapılar.

#### 4.2.1 Büyük Menderes Grabeni

Büyük Menderes grabeni (Şekil 4.4), doğrultusu doğudan batıya doğru değişen ve doğrultu atım bileşenli normal faylanmalar sunan, batıda Ege Denizi ile doğuda Sarayköy'e kadar uzanan 10-25 km genişlikte ve 200 km uzunluktadır (Gülkan *et al.* 1993). Grabenin doğu ucu Pamukkale civarında Gediz grabeni ile kesişmektedir. Batı ucu ise Germencik civarında iki kola ayrılmaktadır. Kuzey kolu Kuşadası'na devam etmekte olup güney kolu GB'ya dönerek Ege Denizi'ne girmektedir. Bu grabenin ana fayı grabenin kuzey kenarı boyunca uzanır ve güneye doğru eğimlidir.

Aydın'ın doğusundan başlayarak Denizli'ye doğru K-G ve D-B doğrultulu fay takımları gelişmiştir. K-G doğrultulu olanlar Nazilli kuzeyinde, Kuyucak batısında ve Atça-Kılavuzlar arasında bulunur. Yaklaşık D-B doğrultusunda gelişen ikinci fay takımının, Büyük Menderes grabeninde basamaklar oluşturacak şekilde gelişmiş güneye eğimli normal faylar niteliğinde olduğu ve bahsedilen bu fayların oluşum yaşının Geç Miyosen'den itibaren başlayıp, günümüze kadar devam ettiği belirtilmiştir (Sözbilir 2001).

Büyük Menderes grabeninde tarihsel dönemde birçok deprem meydana gelmiştir (Guidobani *et al.* 1994, Ambraseys ve Finkel 1995). 17. Yüzyılda 1645, 1654 ve 1702 depremleri grabenin Denizli'den Aydın'a kadar uzanan kısmında etkin olmuştur.



Şekil 4.5 Batı Anadolu grabenlerinin sadeleştirilmiş haritası (Bozkurt 2001).

#### 4.2.2 Gökova Grabeni

Gökova fay zonu, Gökova körfezinin kuzey kenarı boyunca yer almakta olup körfezin doğusunda bulunan Ula Kasabası dolaylarından başlar ve İstanköy'ün güneybatısına kadar uzanmaktadır. Fay zonunun uzunluğu yaklaşık 180 km'dir. Fay zonu, birbirine paralel birkaç sıra ark şeklinde normal faylardan oluşmaktadır. Fay zonu Ören batısında tamamen deniz altında devam eder ve bu basen Bodrum ile Datça Yarımadaı arasında kalmaktadır. Bu basen, Batı Anadolu'daki Gediz ve Büyük Menderes gibi aktif genişleme basenlerin diğer bir tipik örneğidir. (Ersoy 1991, Görür *et al.* 1995). Gökova Grabeni günümüzde halen aktif fayların kontrolü altında olmakla birlikte bu bölgede görülen sismik aktiviteler bunun kanıtıdır (Tiryakioğlu 2012).

### 4.2.3 Knidos Fayı

Datça Yarımada'sının batı bölümünde KD-GB ve D-B doğrultulu iki çeşit normal fay sistemi gelişmiştir. Bunlardan D-B olanlar Knidos, Cumalı ve Yaka köy fayları olarak adlandırılmıştır. Diğer KD-GB uzanımlı faylar Knidos çevresinden başlayarak Datça yakınlarına kadar uzanır. Yarımada'nın batısında bulunan Knidos antik kenti de bu fay üzerinde yer almaktadır. Knidos kentinde bulunan deformasyona uğramış harabeler fayın aktif olduğunun göstergesidir. Knidos antik kenti, Datça yarımadasının batı ucunda Knidos fayı üzerinde ve güneyinde kurulmuş bir antik kenttir. Ambraseys (1970) MS 10-1000 yılları arasında Knidos'un bir kaç kere depremlerle yıkıldığını belirtmiştir (Tiryakioğlu 2012).

### 4.2.4 Dinar ve Çivril Fayları

Dölgedeki büyük çöküntü alanlarından biri olan Çivril Ovası KD-GB uzanımlı eğim atımlı normal faylarla sınırlıdır. Bu fayların uzunluğu yaklaşık 20-40 km arasında değişmektedir. Ayrıca doğuda Dinar'dan Çivril'e kadar uzanan diğer bir eğim atımlı normal fay da Çivril ovasını kuzeyden sınırlamaktadır. Başlıca faylar KB-GD doğrultulu Dinar-Çivril fayı zonu ve KKD-GGB doğrultulu Baklan Fayı zonedir. Birincisi Dinar, ikincisi Baklan grabenini sınırlar. Dinar fayı, çok az yanal bileşeni olan, normal bir faydır ve eğim miktarı  $40^{\circ}$  ile  $69^{\circ}$  arasında değişmektedir. Fay hattı güneydoğuda Keçiborlu ilçesinin yaklaşık 2-2.5 km batısından başlar ve Dinar ilçesinin yerleşim alanının içinden geçerek Akdağ kütesini keser ve Çivril ilçesinin yaklaşık 3 km kuzeydoğusuna kadar uzanır. Yaklaşık 55 km uzunluğa sahip olan Dinar fayı, güneybatıya doğru eğim göstermekte ve 1.5 km'den 15 km'ye kadar genişliğe sahip olan Dinar Grabenini denetlemektedir (Öztürk 1981, Koçyiğit 1984).

Baklan Fayı ise KKD-GGB uzanımlı olup, Dinar Grabeni'nin doğu kısmını sınırlar. Yaklaşık uzunluğu 10 km.'yi geçen Baklan Fayı, arazinin batı kısmını çöktürerek Baklan grabenini oluşturur.

#### 4.2.5 Fethiye – Burdur Fay Zonu

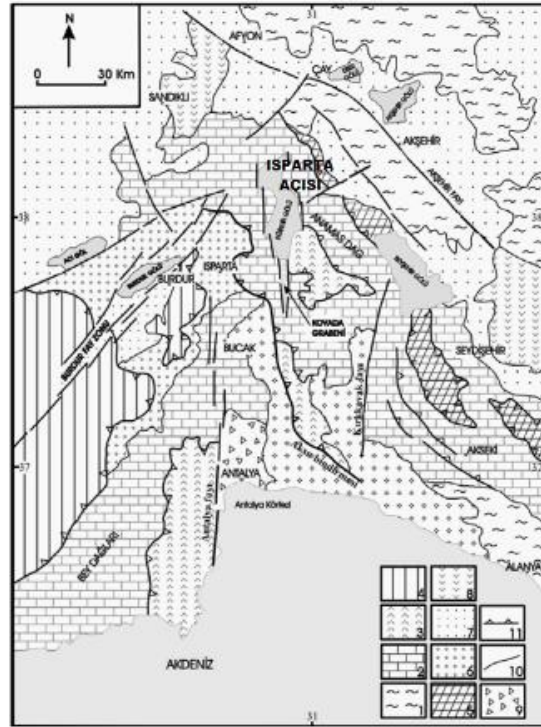
Fethiye – Burdur Fay Zonu, Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km uzanımlı ve sol oblik atım bileşenine sahip çok sayıda normal faylardan oluşmaktadır. Bu zon aynı zamanda, Güneybatı Anadolu'nun en önemli aktif faylarını kapsamaktadır. Fay zonu Kuzey Anadolu Fay Zonu gibi çoğu yerde tek bir yapısal çizgi halinde değildir. KD-GB yönünde kesikli bir uzanım gösteren Burdur fay zonu, KB gidişli faylar tarafından kesilerek farklı uzunlukta segmentlere ayrılır. Burdur Gölü'nün güney bölümünde yer alan Burdur ve Tefenni segmentleri 60-70 km' ye ulaşan uzunlukları ile bölgenin en aktif kırık hatlarını meydana getirir.

Fay zonu boyunca küçük ve orta büyüklükteki deprem aktivitesi yoğundur. Burdur yakınlarında bu yüzyılda iki önemli deprem (1914, Mw=7 ve 1971, Mw=6.2) meydana gelmiştir (Ambraseys 1988, Taymaz and Price 1992). 1957, Mw=7 depreminin de bu fay zonunun GB'sında meydana geldiği sanılmaktadır (Ambraseys 1981, Bozcu *et al.* 2007). Kuzeydoğuya doğru genişleyerek devam eden Fethiye-Burdur Fay Zonunun batı kesiminde KD-GB ve KB-GD yönlerinde olmak üzere birbirine hemen hemen dik yönde gelişmiş fay sistemleri mevcuttur.

#### 4.2.6 Isparta Açısı

Isparta Açısı (Şekil 4.6) (Blumenthal 1963), Otokton Toros Karbonat Ekseninin Antalya Körfezi kuzeyi ile Isparta çevresinde ters 'V' şeklinde bükülmesi sonucu oluşmuş bölgesel bir jeolojik yapıdır. Bu yapı K-G yönünde 180 km uzunluğa ve D-B yönünde ise yaklaşık 100 km'lik genişliğe sahiptir. Isparta açısını oluşturan otokton (batıda Beydağları Otoktonu, doğuda Anamas-Akseki Otoktonu) ve allokton birimler (Antalya napları, Beyşehir - Hoyrannapları, Likya napları) birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Tiryakioğlu *et al.* 2013, Blumenthal 1963, Altınlı 1944, Brunn *et al.* 1971, Graciansky 1972, Dumont and Kerey 1975, Dumond *et al.* 1979, Özgül 1976, Monod 1977, Poisson 1977, Marcoux 1987, Poisson *et al.* 1984, Poission *et al.* 2003,

Ricou *et al.* 1979, Gutnic 1977, Gutnic *et al.* 1979, Şenel 1984, Şenel *et al.* 1991, Şenel *et al.* 1996, Koçyiğit 1983, Koçyiğit 1984, Şengör ve Yılmaz 1981, Hayward 1984, Robertson and Woodcock 1984, Robertson *et al.* 2003). Isparta açısını batıdan KD gidişli Fethiye–Burdur Fay zonu (Barka *et al.* 1995), doğudan ise KB gidişli Akşehir-Simav Fay zonu (Koçyiğit 2000) sınırlamaktadır. K-G uzanımlı Eğirdir-Kovada Grabeni Isparta Açısı'nı iki farklı simetrik bölgeye ayırır. Batıda Eğirdir-Kovada simetri hattına paralel gelişmiş K-G doğrultulu fay sistemleri (Yağmurlu *et al.* 1997) tarafından “Antalya Fay Zonu” olarak, (Glover and Robertson 1998) tarafından ise “Kemer çizgiselliği” olarak tanımlanmıştır. Doğu kanat ise Kırkkavak Fayı, Aksu Bindirmesi ve açılma rejimine bağlı gelişmiş normal faylar ile karakterize edilmektedir.



Şekil 4.6 Isparta Açısı (Büklümü) çevresindeki faylar (Şenel 1984).

#### 4.2.7 Antalya Fay Zonu (Kemer Çizgiselliği)

Glover and Robertson (1998) tarafından ‘Kemer Çizgiselliği’, (Yağmurlu *et al.* 1997) tarafından ise ‘Antalya Fay Zonu’ olarak tanımlanan bu fay zonu, ana çizgilerde birbirine paralel gelişmiş ve K-G doğrultusunda kademeli (en-echelon) uzanımı

gösteren normal fay sistemlerinde yapılı olup, ve Isparta-Antalya arasında yer alan hiper alkalın volkanik çıkış merkezlerinin bu fay sistemleri üzerinde yer aldığı ifade edilmiştir. Termesos ve Phaselis kalıntılardaki sütunlarda blok dönmeleri olduğu için, her iki antik kentin de Antalya Fay Zonu'nda oluşan tarihsel depremlerden yıkıldığı tahmin edilmektedir. Antalya Zonu içinde Kemer-Korkuteli ve Elmalı-Acıpayam uzanımlı iki deprem etkinliği daha bulunmaktadır.

#### **4.2.8 Aksu Bindirmesi**

Aksu Bindirmesi (Poisson *et al.* 2003) ters fay sistemi Isparta ile Serik arasında, KB yönünde yaklaşık olarak 200 km'lik uzanım gösterir. Anadolu'nun batıya kaçışı ile KD-GB doğrultulu sıkışma rejiminde gelişen Aksu Bindirmesi, Üst Pliyosen'de yerini KD-GB doğrultulu açılma rejimine bırakmıştır (Glover and Robertson 1998). Son yüzyıl içinde Aksu Fay Zonu üzerinde büyüklüğü 5.0 ve üzeri depremler meydana gelmesi Aksu Fay Zonu'nda, aktivitenin günümüzde de devam ettiği şeklinde yorumlanmıştır (Yağmurlu ve Şentürk 2005).

#### **4.2.9 Akşehir-Simav Fayı**

Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS) ilk olarak (Koçyiğit 1984) tarafından adlandırılmış olup, Güneydoğuda Karaman ile kuzeybatıda Sındırgı arasındaki alanda, 10-30 km genişlikte, 500 km uzunlukta, KB-GD gidişli ve süreksiz verev atımlı normal bir fay sistemidir. ASFS bir seri graben-horst ve onların kenarını sınırlayan verev atımlı normal fay-fay zonuyla karakterize edilir. Eğim miktarı derinlikle azalan listrik (kürek biçimli) fay niteliği taşıyan sistem içerisinde yaklaşık K-G, KD-GB ve KB-GD gidişli ve daha kısa boyutlu çok sayıda ikincil faylar da vardır (Aktuğ *et al.* 2009, Tiryakioğlu 2012).

Akşehir-Simav Fay Sistemi'nin güneydoğu yarısı, kuzeyde yer alan Batı Orta Anadolu ile güneyde yer alan Isparta Açısı arasındaki coğrafik sınırı oluşturur. Buna karşın fay sisteminin kuzeybatı yarısı Batı Anadolu içinde uzanır ve en kuzeybatıda KD gidişli

Akhisar fay zonu ile birleşerek sona erer.

ASFS'nin güneybatı bölümünde, 1921 Argıthanı—Akşehir, 1946 Ilgın—Argıthanı, 2000 ve 2002 Sultandağı ile 2002 Çay depremleri meydana gelmiş olup, söz konusu depremlerden dolayı ASFS'nin bu bölümündeki enerji birikimi büyük ölçüde azalmıştır.



## 5. GERİLME VE GERİNİM ANALİZİ

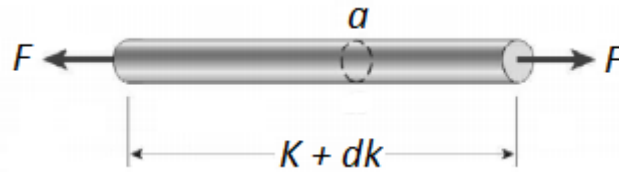
### 5.1 Gerilme Analizi

Gerilme, birim yüzeye düşen yük (kuvvet) olarak tanımlanabilir. Belirli bir kuvvet etkisinde kalan parçanın içerisinde oluşan zorlama miktarını gösterir. Gerilme vektörü yükleme çeşidine göre genel olarak iki gruba ayrılabilir. İncelenen kesitin yüzeye dik etki ettiği durumlarda normal gerilme, yatay etki ettiği durumlarda ise kayma gerilmesi meydana gelmektedir. Temelde bu iki gruba ayrılan gerilmeler değişik yüklemeler doğrultusunda çekme, basma, burulma, kesme vb. karma şekillerde de bulunabilir (Poyraz 2009).

Cisimlerin iç ve dış yüzeylerine iki tip kuvvet etki eder. Dış kuvvetler genellikle iki cismin karşı karşıya gelmesi ve birbirlerinin üstüne kuvvet uygulaması ile meydana gelir. İç kuvvetler ise genellikle gravite çekimi, merkezkaç etkisi ve diğer güçlerin etkisi ile meydana gelir. Gerilim kavramı katı maddelerin kırılmaya karşı dirençlerini ve dayanıklılıklarını hesaplamaya yönelik araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Dış kuvvetlere karşı koymaya yarayan iç kuvvetler sistemi gerilme (stres) olarak adlandırılmaktadır (Karaman 2006). Gerilim analizi Malzeme, Mukavemet, Mekanik, Zemin Mekaniği gibi birçok disiplin tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. (Poyraz 2009).

Uzunluğu  $L$  olan bir cisim merkezi yatay ekseninden  $F$  büyüklüğünde bir kuvvet ile çekilirse cismin boyunda bir miktar uzama meydana gelecektir (Şekil 5.1). Oluşan bu uzama  $dk$  olarak adlandırılır ise bu durumda gerilme;

$$\varepsilon = \frac{\text{UzamaMiktari}}{\text{GerçekUzunluk}} = \frac{dk}{K} \quad (5.1)$$



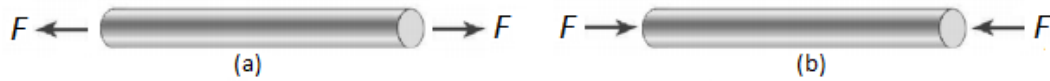
Şekil 5.1 Bir cisme etkiyen  $F$  dış kuvveti.

olarak tanımlanabilir. Elde edilen bu gerilme bağıntısında  $K=1$  (gerçek uzunluk) olarak kabul dilirse bu durumda  $\varepsilon = dk$  olacaktır. Bu eşitlik ise birim uzunluğun ölçek değişimini ifade etmektedir. Gerilmenin birimi  $\text{strain} = s'$ 'dir. Mikrostrain  $1\mu s = 1ppm$  olur. (Deniz 1990, Deniz 1997, Poyraz 2009)

Cisme uygulanan  $F$  kuvveti sonucunda cismin iç moleküler kuvvetleri tarafından bir direnç gösterilecektir. Cismin herhangi bir kesitinde alan "a" olarak kabul edilirse moleküler kuvvet veya gücün büyüklüğü  $f$  olmak üzere  $F$  kuvveti;

$$F = a \times f \quad (5.2)$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. Bu büyüklük birim alandaki kuvvet birimi olarak ( $kg / m^2$ ) tanımlanır (Deniz 1997, Poyraz 2009).



Şekil 5.2 a) Çekme b) Sıkışma gerilmesi.

Bir cisim dış kuvvetler tarafından çekme ya da germe etkisinde bulunuyorsa cisim üzerinde meydana gelen gerilme çekme gerilmesi olarak adlandırılır (Şekil 5.2 a). Eğer dış kuvvet tarafından sıkıştırılıyorsa bu durumda cisim üzerinde sıkışma gerilmesi meydana gelir (Şekil 5.2 b). Bir cisim aksenal doğrultuda çekilmediğinde ya da basıya maruz bırakıldığında üzerinde tek eksen doğrultusunda gerilmeler oluşur. Bu tip gerilmelerde eksen doğrultusundaki yüzeylerde kayma gerilmeleri oluşmaz sadece normal gerilmeler vardır. Bu nedenle çekme ve sıkışma gerilmeleri basit gerilmeler olarak adlandırılmaktadır. Tek eksenli çekme gerilmesi altındaki bir parça, gerilme yönünde uzarken aynı zamanda gerilmeye dik yönde daralır.

$$\nu = -\varepsilon_{daralma} / \varepsilon_{uzama} \quad (5.3)$$

oranına Poisson oranı adı verilir.

Dış kuvvetlerin etkisi altında malzemeler şekil ve boyut değiştirir. Elastik (tersinir)

deformasyon etkisi cisim üzerinde kalıcı değildir. Yani F dış kuvveti cisimden ayrıldığında cisim üzerindeki etkisi kaybolmakta ve cisim tekrar orijinal şekline ve boyutlarına dönmektedir. Elastik bölge malzemelerin çoğunda lineerdir. Lineer elastik ya da hemen hemen lineer-elastik davranış görülen bölgede gerilmenin kuvvete oranı sabittir. Buna göre;

$$\frac{Kuvvet}{Gerilme} = \frac{F}{\varepsilon} = f_x \frac{k}{dk} = \text{sabit} = E \quad (5.4)$$

olur. Burada E, elastisite modülü (elastiklik modülü) olarak tanımlanır. Birimi ise MPa veya  $(kg / m^2)$  olarak kullanılır.

Bir cisme etki eden kuvvet kesit içinde ise ve açı değişimine neden oluyorsa bu duruma kayma gerilmesi  $\zeta$  adı verilir. Normal gerilmeler (+) işaretli ise çekme, (-) işaretli ise basma anlamına gelir. Bir parçaya etki eden kuvvet ve momentler, parçada hem normal hem de kayma gerilmesi oluşturabilir. Gerilmelerin boyutu  $MN / m^2$ ,  $N / mm^2$  veya MPa'dır. Kayma gerilmeleri nedeniyle oluşan açısız şekil değişimi ise boyutsuz bir büyüklük olan  $\gamma$  açısı (radyan) ile verilir ve "birim kayma"  $\gamma$  olarak adlandırılır.

Bir dörtgen KLMN katı cismine K noktasından bir F dış kuvveti uygulanırsa KLMN cismi bir süre sonra F kuvvetinin etkisi ile deformasyona uğrayacaktır. Bu deformasyon sonucunda KLMN cismi KLAB halini alacaktır. Meydana gelen bu deformasyona ait bağıntı;

$$d\theta = \frac{KA}{NB} \quad (5.5)$$

olarak tanımlanır ve kayma gerilmesi olarak adlandırılır. Eğer cismin alanı a ise kesme kuvveti  $fs = \frac{F}{a}$  olur ve basit gerilmede olduğu gibi;

$$\frac{Kesme \ Kuvveti}{Kayma \ Gerilmesi} = \frac{fs}{d\theta} = \text{sabit} = G \quad (5.6)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıda elde edilen G değeri kayma modülü (rijitlik modülü) olarak tanımlanır. E elastiklik modülü, G kayma modülü ve  $\nu$  Poission oranı arasında;

$$E = 2G(\nu + 1) \quad (5.7)$$

bağıntısı vardır (Poyraz 2009).

## 5.2 Gerinim Analizi

Gerinim, ismin komşu noktaları arasında fiziksel ve mekanik bağ kopmadan, gerilmeler etkisiyle meydana gelen yer değiştirmelerdir. Diğer bir ifade ile gerilim sonucu oluşan kopma ya da uzunluk ve hacimde meydana gelen değişimdir. Ortalama gerinim ise uzunluktaki değişimin gerçek uzunluğa bölünmesi elde edilir.

Yer değiştirmelerin izlenmesi için deformasyon alanını en uygun şekilde temsil edecek noktalar seçilmelidir. Yer değiştirmeler ile hesaplanacak gerinim elemanları için gerinimin homojen olduğu kabul edilmelidir. Bu yaklaşımlar sonucunda gerinim problemi, aslında bir dönüşüm problemine dönecektir. Yer değiştirme, aynı noktanın iki farklı zamanda hesaplanan kartezyen koordinatları arasındaki fark olarak düşünülebilmektedir. Bir noktanın  $t_1$  zamanındaki koordinatının homojen deformasyona uğrayarak  $t_2$  zamanında koordinatına haline gelmesi arasındaki ilişki basit bir afin dönüşüm eşitliği ile açıklanabilmektedir (Brunner 1979).

Bu yaklaşımlar çerçevesinde bağıl konum değişimi,

$$du = (E + w)r + t_0 \quad (5.8)$$

şeklinde elde edilir (Kakkuri and Chen 1992). Burada  $E$  simetrik gerinim tensörü,  $w$  ters simetrik gerinim tensörüdür.  $t_0$  tüm noktalar için geçerli olan ötelenme katı blok hareketi,  $r$  ise koordinatları göstermektedir. Ayrıca ötelenme,

$$t_0 = [t_1 \ t_1]^T \quad (5.9)$$

$$d_u^T = [u_x \ u_y], \ r = [x \ y]^T \quad (5.10)$$

ile açıklanabilmektedir. Simetrik gerinim tensörü,

$$E = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

ile ifade edilir.

Simetrik tensörün köşegen elemanları koordinat eksenleri boyunca birim uzunlukta meydana gelen genişmeyi, köşegen dışındaki elemanlar ise koordinat eksenlerine göre deformasyon sonucu ortaya çıkan küçük açısız bozulmaları tanımlar (Doğan 2002). Ters simetrik tensör,

$$w = \begin{bmatrix} 0 & w \\ -w & 0 \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

ilgili koordinat eksenlerini içeren düzlemde deformasyon nedeniyle oluşan katı bloğun diferansiyel dönmesini tanımlar.  $d_u$  deformasyon vektörü ise bir  $t_1$  ve  $t_2$  epoklarında elde edilen koordinatların afin dönüşümünün sonucu olarak yazılacak olursa,

$$d_u = Bu \quad (5.13)$$

olarak ifade edilir (Brunner 1979).  $B$  katsayılar matrisi olmak üzere

$$B = \begin{bmatrix} x & y & 0 & y & 1 & 0 \\ 0 & x & y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

şeklinde gösterilir. Eşitlik 5.15'te yerine konursa,

$$\begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 0 & y & 1 & 0 \\ 0 & x & y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{yy} \\ w \\ t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} \quad (5.15)$$

elde edilir (Doğan 2002, Lambeck 1988, Brunner 1979, Deniz 1990, Prescott 1976). Gerinim parametreleri En Küçük Kareler Yöntemi'ne göre belirlenir. Bu

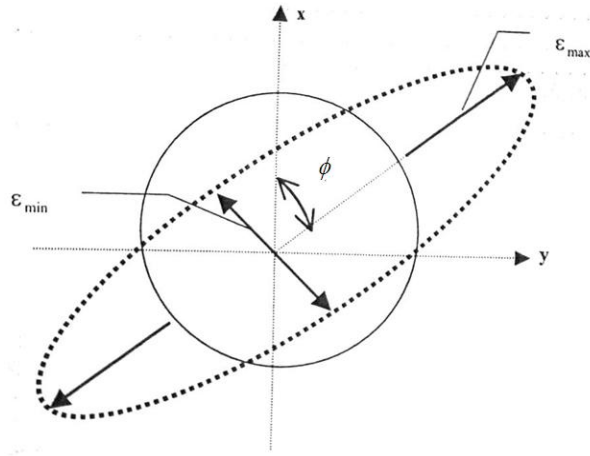
parametrelerden yararlanarak da gerinim elips parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanır. Maksimum ve minimum asal gerinimler,

$$\varepsilon_{\max} / \varepsilon_{\min} = \frac{1}{2} \left[ (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) \pm \sqrt{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + 4\varepsilon_{xy}^2} \right] \quad (5.16)$$

ile hesaplanır. Gerinim elipsinin büyük eksenini  $\varepsilon_{\max}$ , küçük eksenini  $\varepsilon_{\min}$  olur. Gerinim için ekstrem değerlerler  $\phi$  ve  $\phi + \frac{\pi}{2}$  doğrultularında meydana gelir ve

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan(2\varepsilon_{xy} / (\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})) \quad (5.17)$$

eşitliği ile hesaplanır. Hesaplanan bu ağı asıl eksen gerinim yönlendirilmesini açıklar. Bu doğrultu gerinim elipsinin büyük ekseninin ağıklık ağısıdır. Gerinim alanının homojen olması durumunda, deformasyondan önce bir daire üzerinde bulunan noktalar, deformasyondan sonra bir elips üzerinde yer alırlar (şekil 5.3). Gerinim elipsinde çıkan pozitif asal gerinim değerleri genleşmeyi, negatif asal gerinim değerleri sıkışmayı belirtir. Deformasyon gerinim parametrelerinin her ikisi de pozitif olacağı gibi biri pozitif diğer negatıf ya da ikisi de negatıf olabilmektedir. Asal gerinim değerlerinden herhangi biri negatıf ise gerinim elipsi sanal elips şeklinindedir. Grafik gösterimde genleşme yönü noktadan dışarıya doğru, sıkışma yönü ise bunun tersi işaretlerle gösterilir (Doğan 2002).



şekil 5.3 Gerinim elipsi (Doğan 2002).

## **6. GÜNEYBATI ANADOLU HIZ VE GERİLİM ALANLARININ BELİRLENMESİ**

### **6.1 Çalışma Alanı**

Çalışma bölgesi olan Güneybatı Anadolu toplam 9 ili kapsamaktadır. Bunlar; Afyon, Aydın, Konya, Uşak, Isparta, Denizli, Burdur, Muğla ve Antalya'dır. Bölgede en yüksek nüfusa sahip olan il 2158265 kişi ile Antalya'dır. 2013 yılı verilerine göre bu 9 ilin toplam nüfusu yaklaşık 9 milyon olup Türkiye nüfusunun yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır. Yanı sıra bu şehirlerin yıllık nüfus artışları önceki yıllara göre % 0.27 ile %1.82 arasında artış göstermektedir. Yaz aylarında turizmin etkisi ile bölge nüfusu daha da artmaktadır. Yüzölçümü bakımından ise; yüzölçümleri toplamı yaklaşık 130 bin kilometrekare olup Türkiye'nin yaklaşık % 17'sine karşılık gelmektedir. Bölgede yüzölçümü bakımından en büyük kent yaklaşık 41 bin kilometrekare ile aynı zamanda Türkiye'nin de en büyük yüzölçümüne sahip kenti olan Konya'dır (**Int.Kyn.15**).

### **6.2 GNSS Ağı**

Güneybatı Anadolu bölgesinde daha önceki yıllarda çeşitli projeler için MIT (Massachusetts Institute of Technology), YTÜ (Yıldız Teknik Üniversitesi), AKÜ (Afyon Kocatepe Üniversitesi) ve İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi) vb. tarafından da GNSS ölçüleri yapılmıştır.

Bu çalışmada ölçüm yapılacak noktaların yerlerinin belirlenmesi aşamasında disiplinler arası ortak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Projede Jeodezi, Jeofizik ve Jeoloji alanında çalışan bilim insanları bir araya gelmiştir. Önceki yıllarda kullanılan ve hali hazırda verileri bulunan noktaların birçoğu yeni ölçü noktası olarak seçilmiştir. Yeni noktaların belirlenmesi aşamasında bölgedeki blok sınırları, bölgenin jeolojik yapısı ve ölçme tekniğine uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu noktalara ilave olarak bölgenin tektonik etkinliğini belirlemede kullanılabilecek 6 nokta daha eklenerek toplam 30 noktalı bir

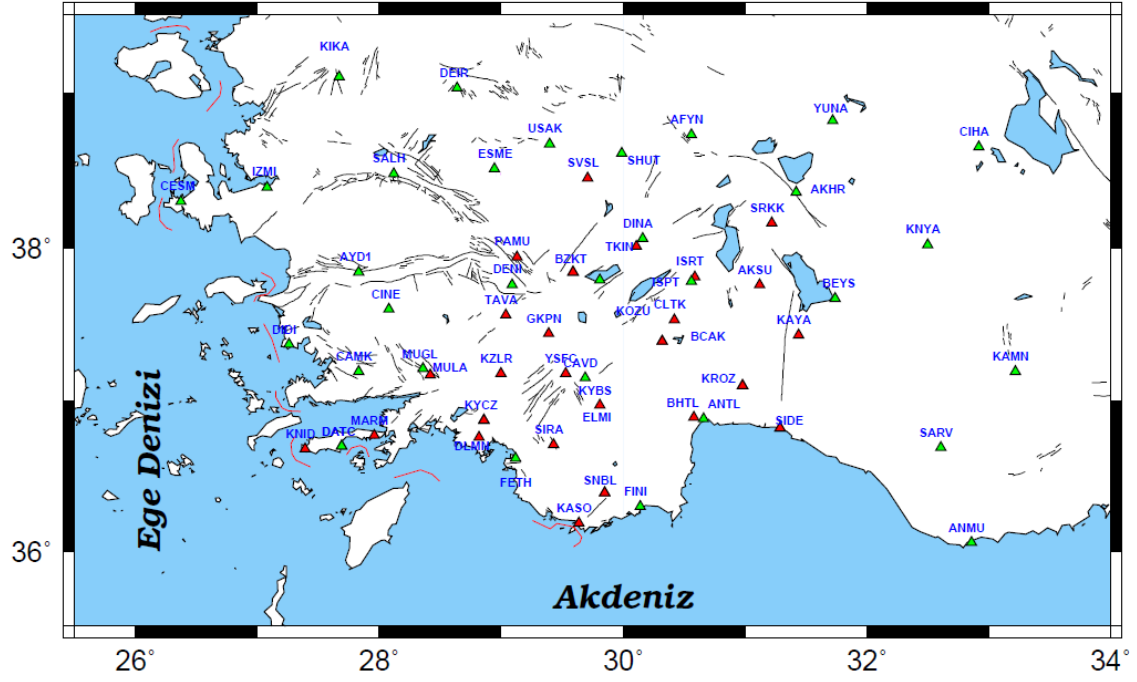
GNSS ağı kurulmuştur.

Çalışma bölgesinde TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağına ait olan 27 ve TUSAGA-Pasif ağına ait olan 7 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonu da kurulan ağa dâhil edilip toplam 64 noktaya sahip olan Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı (GATGA) kurulmuştur. GNSS ağına bulunan noktalar ve bu noktalara ait konum ve tesis bilgileri Şekil 6.1’de ve Çizelge 6.1’de verilmiştir.

**Çizelge 6.1** GATGA noktaları, konumları ve tesis türleri.

<b>Nokta Adı</b>	<b>İl</b>	<b>İlçe</b>	<b>Enlem(°)</b>	<b>Boylam(°)</b>	<b>Tesis Türü</b>
<b>AKSU</b>	Isparta	Aksu	37.762	31.121	Kayada Bronz
<b>BHTL</b>	Antalya	Merkez	36.896	30.589	Pilye
<b>BZKT</b>	Denizli	Bozkurt	37.833	29.614	Pilye
<b>CAMK</b>	Muğla	Milas	37.195	27.836	Kayada Bronz
<b>CINE</b>	Aydın	Çine	37.6092	28.08	Kayada Bronz
<b>CLTK</b>	Burdur	Çeltikçi	37.539	30.426	Kayada Bronz
<b>DLMN</b>	Muğla	Dalaman	36.762	28.826	Pilye
<b>GKPN</b>	Isparta	Acıpayam	37.448	29.392	Pilye
<b>ISRT</b>	Isparta	Merkez	37.82	30.592	Pilye
<b>KASO</b>	Antalya	Kaş	36.194	29.648	Kayada Bronz
<b>KAYA</b>	Konya	Derebucak	37.436	31.443	Pilye
<b>KNID</b>	Muğla	Datça	36.681	27.393	Kayada Bronz
<b>KOZU</b>	Burdur	Kozluca	37.495	30.099	Pilye
<b>KROZ</b>	Antalya	Karaöz	37.191	30.781	Pilye
<b>KYBS</b>	Burdur	Söğüt	36.971	29.81	Pilye
<b>KY CZ</b>	Muğla	Köyceğiz	36.978	28.686	Pilye
<b>KZLR</b>	Denizli	Beyağaç	37.187	29.003	Pilye
<b>MARM</b>	Muğla	Marmaris	36.772	27.963	Kayada Bronz
<b>MULA</b>	Muğla	Merkez	37.175	28.427	Kayada Bronz
<b>PAMU</b>	Denizli	Pamukkale	37.94	29.136	Kayada Bronz
<b>SIDE</b>	Antalya	Manavgat	36.767	31.39	Pilye
<b>SIRA</b>	Muğla	Fethiye	36.72	29.439	Kayada Bronz
<b>SLVR</b>	Afyon	Çay	38.503	30.72	Kayada Bronz
<b>SNBL</b>	Antalya	Sinekçibeli	36.496	29.651	Pilye
<b>SRKK</b>	Isparta	Şarkikaraağaç	38.163	31.227	Pilye
<b>SVSL</b>	Uşak	Sivaslı	38.458	29.711	Pilye
<b>TAVA</b>	Denizli	Tavas	37.566	29.048	Pilye
<b>TKIN</b>	Afyon	Dinar	38.016	30.114	Pilye
<b>YSFC</b>	Burdur	Yusufça	37.185	29.535	Pilye
<b>YSLV</b>	Burdur	Yeşilova	37.547	29.844	Kayada Bronz





Şekil 6.1 Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı (GATGA).

Kurulan GNSS ağında dâhil edilen sürekli gözlem yapan referans istasyonları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

**Çizelge 6.2** Kurulan ağı dâhil edilen sürekli gözlem yapan referans istasyonları.

<b>N. Adı</b>	<b>İl</b>	<b>İlçe</b>	<b>Enlem(°)</b>	<b>Boylam(°)</b>	<b>Tesis Türü</b>	<b>Proje</b>
<b>AFYN</b>	Afyon	Merkez	38.738	30.561	Zemin Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>AKSI</b>	Antalya	Akseki	37.048	31.787	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>AKHR</b>	Konya	Akşehir	38.369	31.43	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>ANMU</b>	Mersin	Anamur	36.069	32.865	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>ANTA</b>	Antalya	Merkez	36.829	30.609	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>ANTL</b>	Antalya	Merkez	36.888	30.666	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>AYDI</b>	Aydın	Merkez	37.841	27.838	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>BCAK</b>	Burdur	Bucak	37.321	30.718	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>BEYS</b>	Konya	Beyşehir	37.677	31.747	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>CAVD</b>	Isparta	Çavdır	37.156	29.69	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>CESM</b>	İzmir	Çeşme	38.304	26.373	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>CIHA</b>	Konya	Cihanbeyli	38.65	32.922	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>CINC</b>	Aydın	Çine	37.629	27.96	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>DATC</b>	Muğla	Datça	36.709	27.692	Zemin Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>DEIR</b>	Manisa	Demirci	39.035	28.648	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>DENI</b>	Denizli	Merkez	37.762	29.092	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>DIDI</b>	Aydın	Didim	37.372	27.269	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>DINA</b>	Afyon	Dinar	38.069	30.166	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>ELMI</b>	Antalya	Elmalı	36.789	29.811	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>ESME</b>	Uşak	Eşme	38.505	28.994	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>FETH</b>	Muğla	Fethiye	36.626	29.124	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>FINI</b>	Antalya	Finike	36.302	30.146	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>ISPT</b>	Isparta	Merkez	37.785	30.567	Zemin Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>IZMI</b>	İzmir	Merkez	38.395	27.082	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>KAMN</b>	Karaman	Merkez	37.193	33.22	Zemin Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>KNYA</b>	Konya	Merkez	38.022	32.505	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>KIKA</b>	Manisa	Kırkağaç	39.106	27.672	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>MUGL</b>	Muğla	Merkez	37.216	28.364	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>SALH</b>	Manisa	Salihli	38.483	28.124	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>SARV</b>	Konya	Sarıveliler	36.697	32.617	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>SHUT</b>	Afyon	Şuhut	38.334	30.432	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>USAK</b>	Uşak	Merkez	38.679	29.405	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF
<b>YUNA</b>	Konya	Yunak	38.802	31.73	Zemin Pilye	TUSAGA-PASİF
<b>YUNK</b>	Konya	Yunak	38.82	31.726	Çatı Pilye	TUSAGA-AKTİF

## 6.3 Ağın Ölçümü

### 6.3.1 Önceki Yıllarda Yapılan GNSS Ölçümleri

Çalışma bölgesi olan Güneybatı Anadolu'da daha önceki yıllarda farklı gruplar tarafından da GNSS ölçümleri yapılmıştır. Bölgede ilk olarak 1992 ve 2002 yılları arasında MIT tarafından 6 kampanya, 2003 ile 2006 yılları arasında ise 104Y035 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında 5 kampanya GNSS ölçümü yapılmıştır. AKÜ ve MIT arasında imzalanan protokol ile önceki yıllarda bölgeden elde edilen GNSS verileri proje çalışmasında kullanılmıştır. 2009 - 2010 - 2011 yıllarında ise 108Y298 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında 3 kampanya GNSS ölçümü daha yapılmıştır.

Önceki yıllarda yapılan GNSS ölçümleri 2-3 gün tekrarlı olarak yapılmış ve tüm ölçüler eş zamanlı olacak şekilde günlük minimum 8 saatlik veriler toplanmıştır. Bu ölçümlerde kullanılan donanımlara ait bilgiler Çizelge 6.3'te (Tiryakioğlu 2012), GNSS ölçü noktalarının isimleri ve ölçüm yapılan yıllar ise Çizelge 6.4'te verilmiştir (Gülal *et al.* 2012).

**Çizelge 6.3** Önceki ölçümlerde kullanılan GNSS ekipmanları.

<b>Kampanya</b>	<b>Alıcı-Anten Bilgileri</b>	<b>Kurumu</b>
<b>1997-2002</b>	TRIMBLE 4000-TRM14532 LEICA SR9500- LEIAT302	MIT
<b>2003-2006</b>	THAZMX-THA_ZMAX+RCVR ATGD4A -ASH701975.01	İTÜ-AKÜ
<b>2009-2011</b>	THAZMX-THA_ZMAX+RCVR ATGD4A -ASH701975.01	YTÜ-AKÜ

**Çizelge 6.4** Önceki yıllarda yapılan GNSS ölçüleri ve yılları.

<b>Ölçüm Yılı</b>	97	98	0	2	3	04/1	04/2	5	6	9	10	11
<b>N.Adı / Grup</b>	<b>MIT</b>			<b>104Y035</b>				<b>108Y298</b>				
<b>AKSU</b>	X	X	X	X						X	X	X
<b>BHTL</b>							X	X	X	X	X	X
<b>CAMK</b>	X	X		X						X	X	X
<b>CINE</b>	X	X		X						X	X	X
<b>CLTK</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>DLMN</b>	X		X	X						X	X	X
<b>GKPN</b>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>ISRT</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>KASO</b>	X	X		X			X	X	X	X	X	X
<b>KAYA</b>							X	X	X	X	X	X
<b>KNID</b>		X		X						X	X	X
<b>KYBS</b>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>KZLR</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>MARM</b>		X		X			X	X	X	X	X	X
<b>MULA</b>	X	X	X	X						X	X	X
<b>PAMU</b>	X	X								X	X	X
<b>SIRA</b>		X		X	X	X	X	X	X	X		
<b>SLVR</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>SRKK</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>SVSL</b>							X	X	X	X	X	X
<b>TAVA</b>	X		X	X			X	X	X	X	X	X
<b>TKIN</b>					X	X	X	X	X	X	X	X
<b>YSFC</b>	X		X	X						X	X	X
<b>YSLV</b>					X	X	X	X	X	X	X	X

### 6.3.2 GNSS Ölçümleri (2013)

TÜBİTAK 113Y004 numaralı proje kapsamında 2013 yılı ölçümleri 24-29 Ağustos tarihleri arasında yapılmıştır. Ölçümler 9 arazi ekibi ile 30 noktada yapılmış olup her ekip sorumlu olduğu üç noktayı 2 günlük tekrarlı olarak ölçmüştür. Veriler eş zamanlı olarak 8 saatlik olarak toplanmıştır. Yapılan tüm ölçümlerde kayıt aralığı olarak 15 sn alınmıştır. Çalışma bölgesinde bulunan 27 TUSAGA-AKTİF ve 7 TUSAGA-Pasif istasyonlarına ait veriler temin edilip bu 34 istasyon sabit istasyon olarak kullanılmıştır.

Ölçümlerde AKÜ ve YTÜ GNSS alıcıları birlikte kullanılmıştır. Kullanılan GNSS alıcılarının bilgileri Çizelge 6.5’de verilmiştir.

**Çizelge 6.5** 2013 yılı ölçümlerinde kullanılan GNSS ekipmanları.

<b>GNSS Alıcısı</b>	<b>Anten Bilgileri</b>	<b>Adedi</b>	<b>Kurumu</b>
THALES	THAZMX-THA_ZMAX+RCVR	8	YTÜ+AKÜ
ASHTECH	ATGD4A -ASH701975.01	3	AKÜ

GNSS antenini etkileyen ve ufuk çizgisine yakın olan verileri kaybetmemek ve atmosferik gecikmeleri veya anten faz merkezi değişimlerini modellemede verilerin yetersiz kalmaması için kayıta minimum yükseklik açısı  $5^\circ$  olarak belirlenmiştir. GNSS ölçülerinde pilye tesisleri (Resim 6.1 A) ve kayada bronz şeklinde tesis edilen noktalar için alet sehпасı (Resim 6.1 B) kullanılmıştır.



**Resim 6.1** A) Pilye üzerinde B) Alet sehпасı üzerinde GNSS alıcısı.

2013 yılı GNSS ölçü günleri Çizelge 6.6’da verilmiştir.

**Çizelge 6.6** 2013 yılı GNSS ölçü günleri.

<b>Nokta Adı/ Ölçüm Günü</b>	<b>236</b>	<b>237</b>	<b>238</b>	<b>239</b>	<b>240</b>	<b>241</b>
<b>AKSU</b>					X	X
<b>BHTL</b>					X	X
<b>BZKT</b>					X	X
<b>CAMK</b>					X	X
<b>CINE</b>			X	X		
<b>CLTK</b>	X	X				
<b>DLMN</b>					X	X
<b>GKPN</b>					X	X
<b>ISRT</b>			X	X		
<b>KASO</b>	X	X				
<b>KAYA</b>	X	X				
<b>KNID</b>	X	X				
<b>KOZU</b>					X	X
<b>KROZ</b>			X	X		
<b>KYBS</b>	X	X				
<b>KYCZ</b>					X	X
<b>KZLR</b>	X	X				
<b>MARM</b>	X	X				
<b>MULA</b>	X	X				
<b>PAMU</b>			X	X		
<b>SIDE</b>	X	X				
<b>SNBL</b>			X	X		
<b>SRKK</b>			X	X		
<b>TAVA</b>			X	X		
<b>TKIN</b>					X	X
<b>YSLV</b>	X	X				
<b>YSFC</b>			X	X		

Son yıllarda efemeris bilgilerinin duyarlılığı 20 m'den, 1 m'ye, IGS Final efemeris verilerinin duyarlılığı 15 cm'den 2.5 cm'e düşmüştür (Kouba 2003). Bunun sonucu olarak uzun süreli gözlemlerde, ölçü duyarlılığının baz uzunluğunun etkisini yitirdiği gözlenmiştir (Eckl *et al.* 2001, Aktuğ ve Lenk 2010, Tiryakioğlu *et al.* 2010).

## 6.4 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen GNSS verilerinin değerlendirilmesinde MIT tarafından geliştirilmiş olan GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/GLOBK (GLOBal Kalman) yazılımı kullanılmıştır. (Herring *et al.* 2009) Bu yazılımla değerlendirme yapmadan önce değişik alıcılardan elde edilen veri formatları, alıcıdan bağımsız hale getirilmiş ve RINEX (The Receiver Independent Exchange Format) formatına dönüştürülmüştür. Verileri RINEX formatına çevirmek için geliştirilmiş birçok program bulunmaktadır. Bir çok ticari yazılımın içine modül olarak bu dönüştürücü programlar yerleştirilmektedir. Bu çalışmada verilerin formatını değiştirirken TEQC ve ASHTECH Office Converter programı kullanılmıştır.

### 6.4.1 GAMIT ile Verilerin Değerlendirilmesi

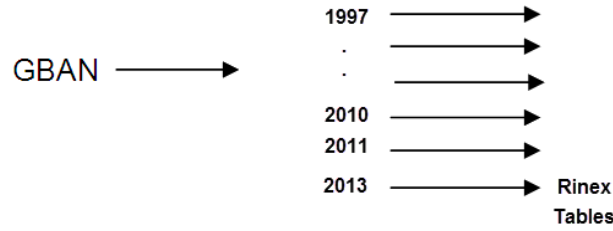
GAMIT ile değerlendirme yapılmadan önce bir takım ön hazırlıklar yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- Farklı alıcılar yardımıyla elde edilen veriler RINEX Converter vb. programlar yardımı ile RINEX formatına dönüştürülmektedir.
- GLOBAL veriler GAMIT programı tarafından doğrudan bu formatta web üzerinden Sopac, BKG vb. merkezlerden temin edilmektedir.
- Hassas yörünge bilgileri veri analiz merkezlerinden SP3 formatında temin edilmektedir.
- GAMIT programının değerlendirme aşamasında kullandığı global ölçekli dosyalar. (“antmod.dat” anten faz merkezlerini, “gdetic.dat” jeodezik datum parametrelerini, “rcvant.dat” alıcı ve anten özelliklerini, “luntab” ay efemeris tablosu, “nutabl.” nutasyon efemerisi, “soltab” yer ve güneş efemerisi, “svnav.dat” uydu tanıma bilgileri, “tform.dat” koordinat dönüşüm parametreleri, “pole” IERS bulteni B değerleri, “leap.sec” UTC’ye eklenen 1 saniyelik ofsetler, “itrf00.apr” IERS ITRF00\_GPS.SSc dosyasından çevrilerek kullanılan itrf 2000 referans sisteminde global ölçekte koordinat bilgileri, “ut1” IERS bulteni UT1

değerlerini içerir.)

- Girdi dosyalarının hazırlanması. (station.info, session.info, sestbl, sittbl, lfile, autcln.cmd) (Poyraz 2009).

Verilerin değerlendirilmesi ve GAMIT tarafından yorumlanabilmesi için gerekli klasör yapısı oluşturulur (Şekil 6.2). Oluşturulacak ilk klasöre (tüm verileri barındıracak olan en dış klasör) proje adı verilir. Bu klasör adı projeyi ifade edecek 4 karakterden oluşmalı ve Türkçe karakter (ç,ş,ğ,ü,ı) barındırmamalıdır. Proje adı ile açılan klasörün içine ölçüm yıllarına ait klasörler, her yıl klasörünün içine ise bir tane rinex klasörü açılır. Her yıl klasörünün içinde ayrıca tables klasörü olmalıdır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 GAMIT klasör yapısı.

Çizelge 6.7. Tables klasörü girdileri.

Girdi Adı	Girdi İçeriği
gdetic.dat	Jeodezik datum parametreleri
tform.dat	Koordinat dönüşüm parametreleri
antmod.dat	Anten faz merkez değerleri
rcvant.dat	Alıcı ve anten özellikleri
svnav.dat	Uydu tanıma bilgileri
leap.sec	UTC'ye eklenen 1 saniyelik ofsetler
luntab.	Ay efemeris tablosu
nutabl.	Nutasyon efemerisi
soltab.	Yer ve güneş efemerisi
pole	IERS bülteni B değerleri
ut1	IERS bülteni UT1
itirf05.apr	Koordinat değerleri

Tables klasörü GAMIT yazılımının verileri değerlendirmek için ihtiyaç duyduğu, standart girdileri içermektedir. Bu standart girdiler ve içerikleri Çizelge 6.7'de verilmiştir.



“**sites.defaults**” dosyası, tekrarlılık analizi ve stabilizasyon için kullanılabilir noktaların barındırmaktadır. GAMIT ile değerlendirme yapılırken günlük nokta koordinatları, noktalar için atmosferik gecikmeler ve yörünge bilgileri, değerlendirme aşamasında kullanılan parametrelerin hiçbirinde kısıtlama yapılmadan elde edilmektedir. Bu aşamada, hem lokal ağı global bir ağ ile ilişkilendirmek, hem de mm duyarlıktaki koordinatlardan yararlanarak, yörünge ve Dünya dönme parametrelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlamak amacıyla IGS global ağına bağlı noktalardan faydalanılması gerekmektedir (Herring *et al.* 2009, Poyraz 2009). Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları Çizelge 6.8’de listelenmiştir.

**Çizelge 6.8.** Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.

<b>Nokta Adı</b>	<b>Şehir/Ülke</b>
<b>MATE</b>	Matera, İtalya
<b>NICO</b>	Nicosia, Güney Kıbrıs
<b>NSSP</b>	Yerevan, Ermenistan
<b>MERS</b>	Mersin Türkiye
<b>CRAO</b>	Simeiz Ukrayna
<b>TEHN</b>	Tahran İran
<b>ANKR</b>	Ankara Türkiye
<b>LAUG</b>	Lübnan
<b>ZECK</b>	Zelenchukskaya Rusya
<b>SOFI</b>	Sofya Bulgaristan
<b>ISTA</b>	İstanbul Türkiye
<b>GLSV</b>	Kiev Ukrayna
<b>RAMO</b>	Mitzpe Ramon İsrail
<b>BUCU</b>	Bükreş Romanya
<b>TELA</b>	Telaviv İsrail
<b>KUVT</b>	Kuveyt

GAMIT tables klasöründe son olarak **process.defaults** dosyası hazırlanmaktadır. Daha sonra GAMIT yazılımının tüm kontrol aşamalarını içeren komutları barındıran **sestbl** dosyası hazırlanmaktadır. **sestbl** dosyası ile verilerin değerlendirilmestrtejileri tanımlanmaktadır. Bu stratejiler kısaca ölçülerin ağırlıklandırılması, tamsayı belirsizliği çözümü, atmosferik parametrelerin ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi ve model parametreleri (yer dönüş, yeryuvarı gel-git ve anten faz merkezi parametreleri) için

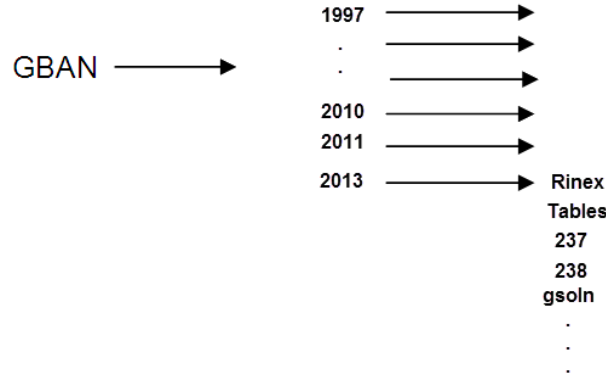
yapılan kestirimlerdir (Poyraz 2009).

sestbl. dosyası içinde değerlendirme stratejilerinde radyasyon modeli için BERN1, BERN2, SPHRC gibi farklı modeller, çözümün yapılacak ölçme türü için L1\_ONLY, L2\_ONLY, LC\_ONLY, L1,L2\_INDEPEND ve LC\_HELP gibi opsiyonlar bulunmaktadır. Ayrıca **sestbl.** dosyasının zenit gecikmesi kestirimi büyük ölçekli ağlarda atmosfer parametrelerin özellikle de zenit gecikme parametrelerinin kestirimi için gerekmektedir. Atmosferik gecikmeler, faz merkezi değişimleri ve istasyon nokta yükseklikleri, uydudan alıcıya gelen sinyalin yükseklik açısına bağlı olarak değişmektedir. GAMIT kontrol dosyası olan oturum tablosunda bu kontrol satırlarının yanı sıra yer dönme parametreleri, uydu yörünge parametreleri ve ölçüleri ağırlıklandırma ile ilgili kontrol satırları bulunmaktadır (Herring *et al.* 2009). Proje çalışması için seçilen ve sestbl. dosyasına girilen çözüm stratejileri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

**Çizelge 6.9** GAMIT değerlendirme stratejisi.

<b>Veri Toplama Aralığı</b>	15 saniye
<b>Uydu Yükseklik Açısı</b>	10 °
<b>Yörünge Bilgisi</b>	IGS-F
<b>Anten Faz Merkezi Bilgisi</b>	Yüksekliğe Bağlı Model
<b>Yer Dönme Parametre Bilgisi</b>	USNO_bull_b
<b>Çözüm İçin İterasyon Sayısı</b>	4
<b>Kullanılan Troposfer Model</b>	Sastamoinen öncül (2 saat aralıklı)
<b>Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği</b>	İyonosferden Bağımsız (Ionosphere-free)

Bu işlemlerin tamamlanmasından sonra **sh\_gamit** komutu çalıştırılır ve değerlendirme yapılır. **sh\_gamit** komutu çalıştırıldıktan sonra işlemin hatasız tamamlanabilmesi için için herhangi uyarı ve hata mesajı alınmamalıdır. **sh\_gamit** komutu çalıştırıldıktan sonra yıl klasörünün içerisinde aşağıdaki dosyalar otomatik olarak program tarafından oluşturulur (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 GAMIT klasör yapısı (process sonrası).

İşlem sırasında herhangi bir hata ortaya çıkması durumunda gün dosyalarının içinde GAMIT.fatal dosyası oluşur. Bu durum dosyanın oluştuğu günlerde çözümün tamamlanmadığını gösterir. Hatanın nerede olduğu GAMIT.fatal dosyasının içinde yazmaktadır. Kontrol olarak gün klasörlerinin içinde oluşan **qXXXXa.ddd** ile **autcln.post.sum.XXXX** dosyaları kontrol edilir. (XXXX proje adı, ddd yılın günü). Bu dosyalarda kontrol edilecek parametreler ile çözüm için kurulan modelin doğruluğu kontrol edilebilir. İlk aşama olarak gün klasörlerinde bulunan q dosyalarının içinde son satırda bulunan **postfit.nrms** değerine bakılır. Analiz sonuçlarının yazdırıldığı q dosyasında bulunan nrms (Chi-kare [ $\chi^2$ ]’nin serbestlik derecesine oranı) değerlerinin  $0.15 < nrms < 0.25$  arasında olması gerekmektedir. Bu dosyada normlandırılmış karesel ortalama hata (nrms-Normalized Root Mean Square) bilgisi yanında istasyon koordinatları, yer dönüş parametreleri ve uydu yörünge bilgileri sınırlamaları da bulunmaktadır. GAMIT ile yapılan günlük çözümlerde nrms değeri bu değerler arasında olduğu zaman kurulan modelin doğruluğu ve ölçülerin gürültü (noise) seviyelerinin kabul edilebilir seviyede olduğu anlaşılır (Herring *et al.* 2009). Gün çözümlerinden elde edilen nrms değerleri Çizelge 6.10’da verilmiştir.

GAMIT için bir diğer kontrol dosyası ise **autcln.post.sum.XXXX** dosyasıdır. Bu dosya içerisinde GNSS ölçüsü yapılan noktalara ait sonuçlar bulunmaktadır. İlk yapılacak kontrol **Allan SD@100** değeridir. Her GNSS ölçümü yapılan nokta için bu değer 50 ppb (parts per billion) küçük olması beklenir. Atomik oskilatörlü saatlere sahip alıcıların

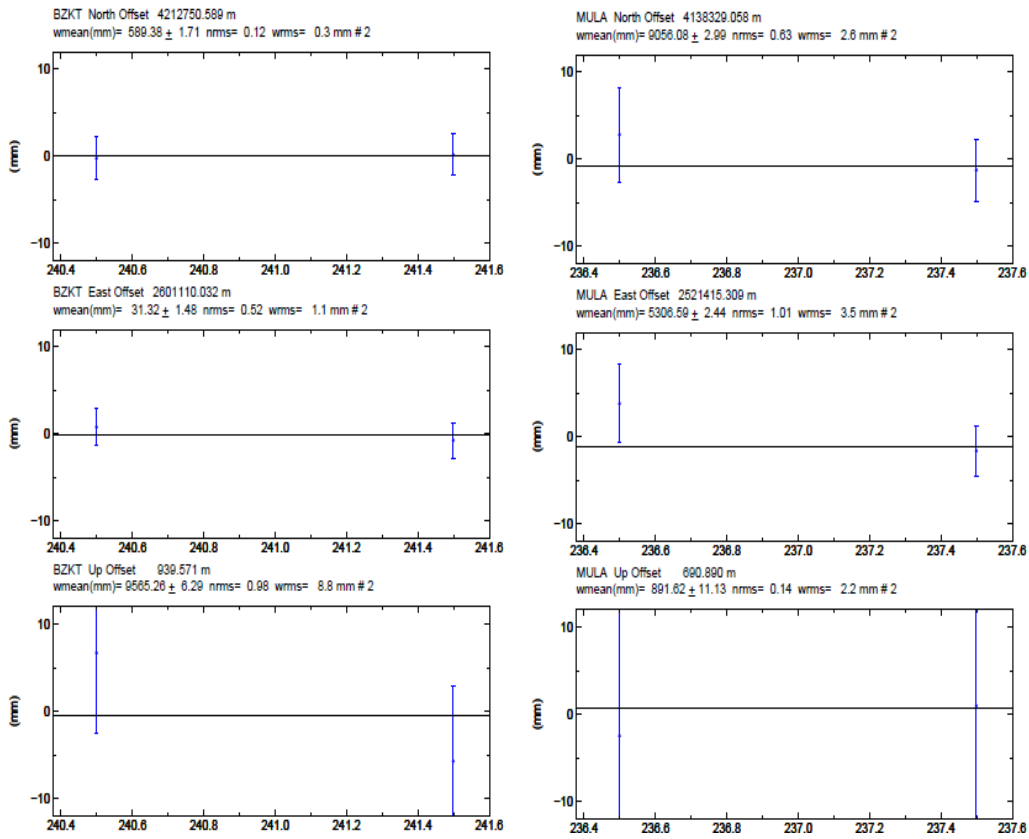
1 ppb den küçük olması beklenir. Bu değerin beklenen değerlerden büyük olması kötü faz ölçüsü anlamına gelmemektedir. Fakat bu değerlerin yüksek olduğu noktalarda faz sıçraması (cycle slips) olma ihtimalini ve bu faz sıçramalarının düzeltilememe ihtimallerini arttırdığı bilinmektedir (Tiryakioğlu 2012).

İkinci yapılacak kontrol istasyonların **Range rms** değerleridir. P kod için Anti-spoofing olmadan alıcılarda bu değerin metre altında olması beklenir. Anti-spoofing altında bu değer 1000-2000 mm arasında olmalıdır (Herring *et al.* 2009). Bu değerlerin üzerinde bir değer varsa o nokta için öncül nokta koordinatlarının gerçek koordinatlarından 10 metreden daha fazla hatalı olduğu ya da noktaya ait RINEX dosyasında hata olduğu düşünölmelidir. GAMIT bu noktayı hesaba katmayacak ve ilerleyen safhalarda koordinatları hesaplamayacaktır.

**Çizelge 6.10** GAMIT gün çözümleri NRMS değerleri.

Yıl	Gün	NRMS	Yıl	Gün	NRMS	Yıl	Gün	NRMS	Yıl	Gün	NRMS	Yıl	Gün	NRMS	Yıl	Gün	NRMS
1997	282	0.158	1998	257	0.185	2002	279	0.18	2003	237	0.175	2006	239	0.169	2010	257	0.174
	283	0.204		258	0.191		280	0.184		238	0.169		240	0.174		258	0.172
	288	0.201		259	0.184		281	0.184	2004	82	0.176		241	0.172		259	0.171
	289	0.21		260	0.182		282	0.191		83	0.178		242	0.172		260	0.172
	297	0.207		261	0.187		283	0.182		255	0.178		243	0.172		261	0.174
	299	0.197		262	0.181		284	0.185		256	0.176	2009	248	0.174		262	0.172
	300	0.207		263	0.184		285	0.182		257	0.172		249	0.175	2011	253	0.175
	302	0.188		264	0.188		286	0.184		258	0.171		250	0.172		254	0.175
	303	0.178		265	0.186		287	0.18		259	0.175		251	0.171		255	0.174
	304	0.204		266	0.182		288	0.184		260	0.172		252	0.174		256	0.171
1998	249	0.184		267	0.178		289	0.185	2005	228	0.178		253	0.175		257	0.178
	250	0.182		268	0.176		290	0.181		229	0.171		254	0.171		258	0.176
	251	0.185	2000	286	0.183		291	0.179		230	0.173		255	0.171	2013	236	0.171
	252	0.187		287	0.181					231	0.175		256	0.176		237	0.173
	253	0.189		289	0.179					232	0.173		257	0.174		238	0.173
	254	0.181		290	0.182					233	0.176		258	0.177		239	0.172
	255	0.184		292	0.184				2006	238	0.172		259	0.177		240	0.174

Bu kontroller sonucunda yukarıda belirtilen kriterlere uygun sonuçlar bulunuyor ise GAMIT çözümü tamamlanmıştır. Sonraki aşama ise GNSS ölçümü yapılan noktalara ait zaman serileri (günlük ve yıllık tekrarlılıklar) elde etmektir. **sh\_glred** komutu **gsoln** klasörünün içinde günlük tekrarlılıkları ve GAMIT çözümünde GLOBK çözümüne geçmek için kullanılan H dosyalarını üretmek için kullanılmaktadır. Bu komut çalıştırıldıktan sonra **gsoln** klasörü içinde gün sayısı kadar **glr**, **org** ve **prt** dosyaları oluşur. Çalışma için yapılan tüm gün çözümlerinden elde edilen günlük tekrarlılık örnekleri Şekil 6.4’ de verilmiştir.



Şekil 6.4 BZKT ve MULA noktaları 2013 yılı ölçümleri günlük tekrarlılık grafikleri.

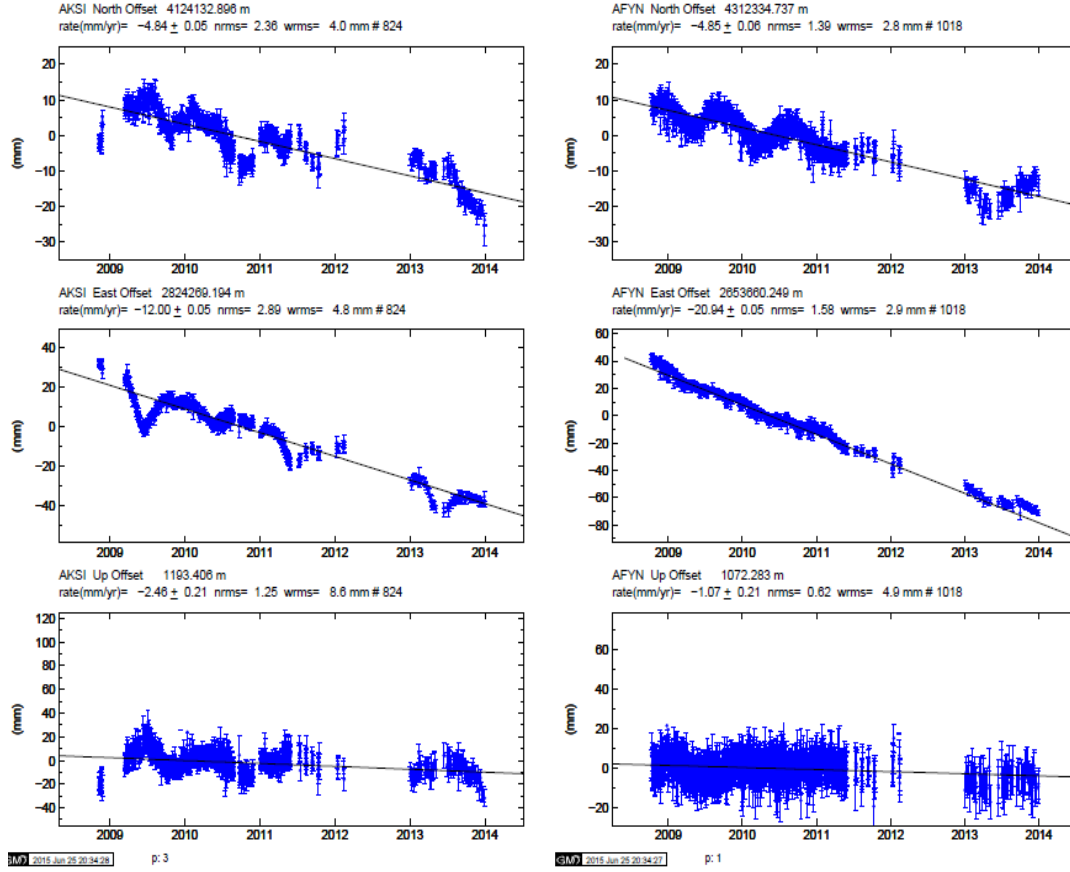
Günlük tekrarlılıklar özellikle aynı ölçü noktasında farklı günlerde yapılan ölçülerin yorumlanmasında önemli rol oynamaktadır. Günlük tekrarlılıklardan elde edilen normlandırılmış karesel ortalama hata ve ağırlıklandırılmış karesel ortalama hata sonuçlarına bakılarak tekrarlı ölçüler hakkında yorum yapabilmek mümkün olmaktadır.

GNSS'ten elde edilecek konum belirsizliğine bilinen hataların yanı sıra anten yüksekliğinin yanlış ölçülmesi veya anten özelliklerinin hatalı girilmesi de etkili olabilmektedir. Koordinat belirsizlikleri, 24 saatlik ölçümlerle yatay koordinatlar için WRMS değeri 1-2 mm, yüksekliklerde ise, WRMS değeri 2-4 mm olarak elde edilebilir. 8 saatlik ölçümlerde, yatay koordinatlar için WRMS değeri 2-4 mm, yüksekliklerde ise, WRMS değeri 10-15 mm olmalıdır (Herring *et al.* 2009).

#### 6.4.2 GLOBK ile Değerlendirme

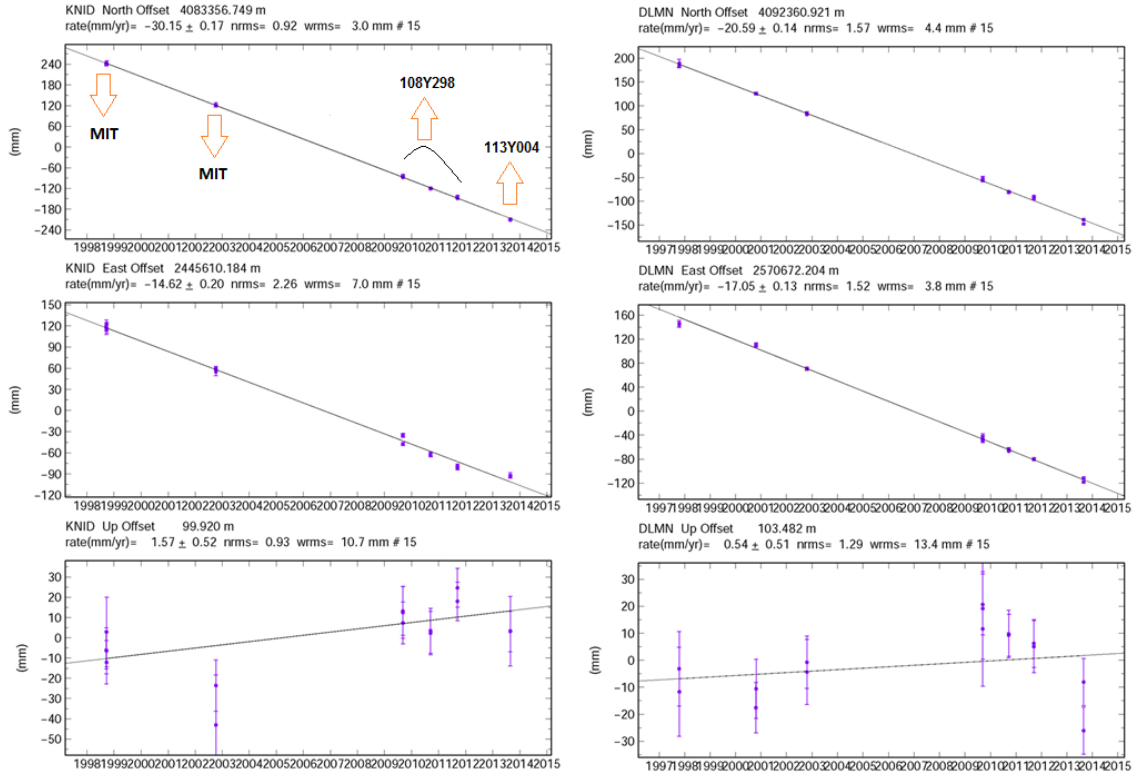
GLOBK modülü, farklı zamanlarda yapılan yersel veya uzaysal ölçüleri Kalman Filtreleme yöntemini kullanarak birleştirmektedir. GLOBK aşamasında öncelikle yıllık (uzun dönem) tekrarlılıkların zaman serilerinin üretilmesidir. Noktalara ait hız analizine geçmeden önce zaman serisi grafikleri üretilir ve grafiklerin tektonik açıdan kabul edilebilirliği ve yorumlanabilirliği incelenir. Zaman serisi grafiklerini çizdirmek için yıllarla aynı dizin içerisinde **vsoln** klasörü oluşturulur. **sh\_plotcrd** komutu vsoln klasörünün içerisinde çalıştırılır ve zaman serileri üretilir. Sürekli gözlen yapan GNSS istasyonlarının zaman serisi grafikleri incelenerek noktanın uzun dönem hareketi hakkında yorum yapmak ve trend elde etmek mümkün olmaktadır. Kalman Filtresi ile çözümlenme sırasında meydana gelen hatalar çözümün tümünü etkilediği için üretilen zaman serisi grafikleri dikkatli bir şekilde incelenmeli ve yorumlanmalıdır. Çalışma bölgesinde bulunan 30 istasyon (Çizelge 6.2) incelendiğinde bu istasyonların tesis cinsinin büyük bir bölümünün çatı pilye olduğu görülmektedir. Çatı pilye tesislerinin tektonik hareketlerin yanı sıra üzerinde bulunduğu binadan kaynaklanacak etkilere de maruz kalabileceği dikkate alınmıştır. Bundan dolayı TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait veriler 2008-2012 yılları arasında günlük olarak değerlendirilmiştir. Daha sonraki dönemler için ise aylık baz 2-3 günlük veriler satın alınarak değerlendirmeye dahil edilmiştir. Günlük değerlendirme işleminde diğer 12 kampanyada kullanılan IGS istasyonları ile aynı değerlendirme stratejileri kullanılmıştır. Oluşturulan zaman serilerinin ve wrms değerleri incelenmiş ve bu istasyonların uzun dönem hareketleri hakkında bilgi elde edilmiştir (Şekil 6.5, Şekil 6.6).

GAMIT adımıyla yapılan çözümlerin yazıldığı h dosyaları GLOBK aşamasının temel girdileridir. GLOBK ile birleştirme işlemi sırasında her bir h dosyası (h-file) bağımsız olarak değerlendirilmeye katılır (Herring *et al.* 2009).



Şekil 6.5 AKSI ve AFYN (TUSAGA-Aktif) noktaları yıllık tekrarlılık grafikleri.





**Şekil 6.6** KNID ve DLMN noktaları yıllık tekrarlılık grafikleri.

Çalışma bölgesinde bulunan lokal ağın GAMIT çözümleri (h dosyaları) ile daha büyük ve global bir ağın çözümlerini birleştirmek istenmesi durumunda SOPAC veya MIT tarafından IGS istasyonlarının GAMIT çözümleri yapılarak H dosyaları oluşturulan ağlarla birleştirme yapılır. Çalışma kapsamında yapılan değerlendirmelerde MIT tarafından oluşturulan H dosyaları kullanılmış ve MIT internet sitesinden indirilmiştir (URL 16). Böylece datum dönüşümünde kullanılacak yer dönme parametreleri ile hassas yörünge parametrelerinin IGS'ten alınarak, bölgesel yörünge modülü ile global yörünge modülünün uyumlu olması sağlanmıştır. Elde edilen H dosyaları kullanılarak hız çözümlerinin yapmak için oluşturulan vsoln klasörünün içine proje adı ile başlayan bir gdl uzantılı boş bir metin belgesi oluşturulur. sh\_gfred komutu ile günlük tekrarlılıklar üretildikten sonra yıl dosyaları içinde ki glbf klasörleri içinde her ölçü gününe ait bir tane hyymmdd1200\_XXXX.glx dosyası oluşur (yy:yıl, mm:ay, dd:gün, XXXX:proje adı). gdl dosyaları oluşturulduktan sonra gamit klasörü altında bulunan tables klasöründen GLOBK modülünü yönetecek olan globk\_vel.cmd, glorg\_vel.cmd

dosyaları kopyalanılır. Bu komut dosyaları sayesinde IGS tarafından belirlenen genel referans sistemine dönüşüm için kullanılan istasyon noktalarına, uydu yörünge parametrelerine ve yer dönüş parametrelerine kısıtlamalar getirilir. GLOBK modülü referans sistemini tanımlamadan birleştirme işlemini yapmaktadır. Bu nedenle globk\_vel.cmd dosyasındaki düzenlemelerin başında hızları belirlemek istediğimiz referans çatıyı seçmek gerekir.

### **6.5 Global ve Bölgesel Hız Hesabı**

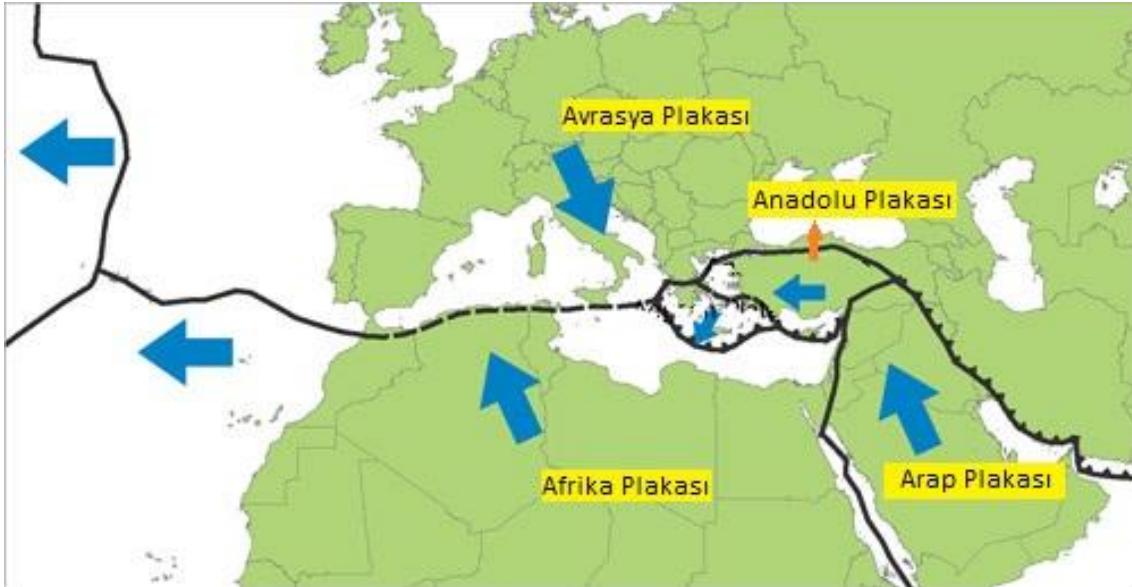
Stabilizasyon çalışmaları GLOBK için en önemli aşamadır. Global stabilizasyonda GAMIT adımıyla değerlendirmeye katılan IGS istasyonlarından yalnızca uygun olanları stabilizasyon işlemi için kullanılmalıdır. Bu nedenle GAMIT adımıyla IGS istasyonlarının seçimi önemlidir. Bu çalışmada Anadolu plakası merkez olacak şekilde yaklaşık 1000 km çapında bulunan 21 IGS istasyonundan zaman serileri istikrarlı olan (yatay konum için wrms değeri 1-2 mm, nrms değeri 1 mm) 14 istasyonun kullanılması öngörülmüştür.

GLOBK programı stabilizasyon için seçilen tüm noktaları kullanmayabilir. Değerlendirmede gerçekleştirilen 4 iteratif çözüm sonucunda en iyi sonuç veren noktalar stabilizasyon için kullanılmıştır (Çizelge 6.11).

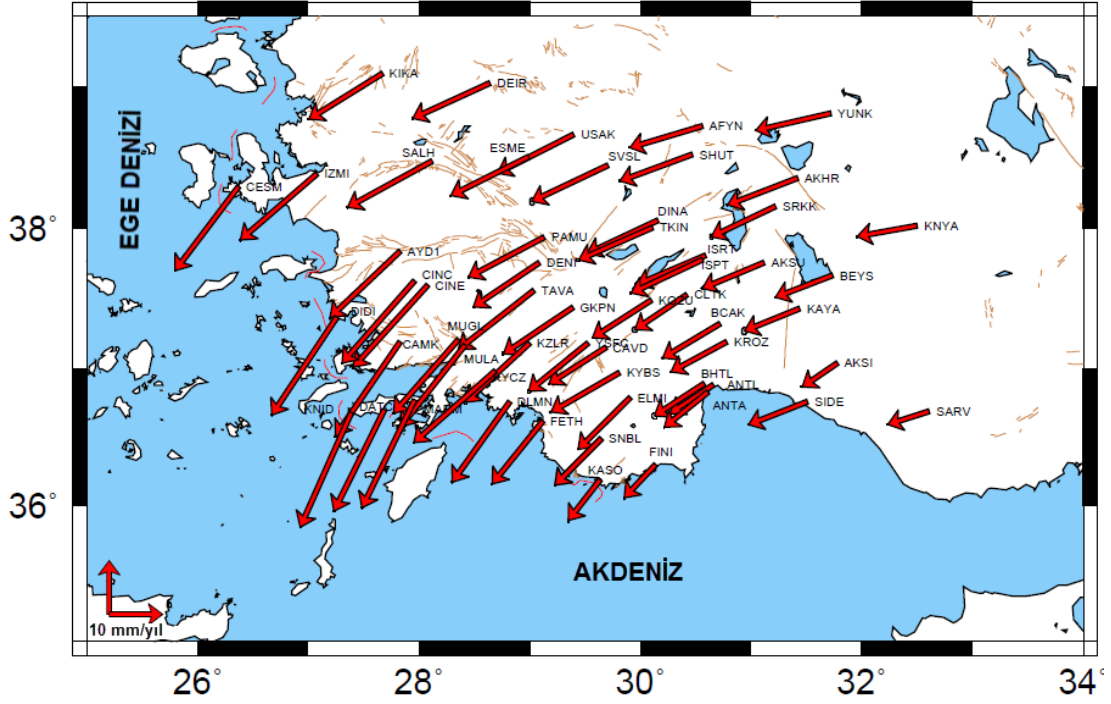
**Çizelge 6.11** Stabilizasyonda kullanılan IGS istasyonları.

<b>Nokta Adı</b>	<b>Şehir/Ülke</b>
MATE	Matera, İtalya
NICO	Nicosia, G. Kıbrıs
NSSP	Yerevan, Ermenistan
CRAO	Simeiz, Ukrayna
TEHN	Teheran, İran
ANKR	Ankara, Türkiye
LAUG	Lebanon
ZECK	Zelenchukskaya, Rusya
SOFI	Sofia, Bulgaristan
ISTA	İstanbul, Türkiye
GLSV	Kiev, Ukrayna
RAMO	Mitzpe Ramon, İsrail
BUCU	Bucharest, Romanya
TELA	Tel Aviv, İsrail

GLOBK stabilizasyon sonrası hesaplanan hız değerlerinin post RMS değerleri 1 mm/yıl altında, Avrasya plakası (Şekil 6.7) için 0.2 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucundan Avrasya plakası sabit kabul edilerek elde edilen hız değerleri Çizelge 6.12 ve Şekil 6.8’de verilmiştir.



**Şekil 6.7** Anadolu ve Avrasya Plakalarının göreceli hareket yönleri (Int.Kyn.17).



Şekil 6.8 Avrasya plakası sabit alınarak elde edilen hızlar.

Hesap sonucu elde edilen doğruluğun bu kadar küçük olmasının temel sebebi ölçü sayısının fazla olmasıdır. Bu nedenle bu doğruluklar GNSS'in doğruluğu değil hesaplanan hız bileşenlerinin iç doğruluğu olduğu unutulmamalıdır. Hız alanına genel anlamda bakılacak olursa 3 kampanyadan fazla ölçüsü olan noktalarda Kuzey yönünde yaklaşık 2 mm daha az hesaplandığı görülmüştür. Bunun temel sebebi olarak geçmiş yıllardan farklı olarak yeni IGS istasyonlarının katılması ve stabilizasyon sağlayan GNSS istasyonlarının değiştirilmesi olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 6.12** Avrasya plakası sabit alınarak hesaplanan hız değerleri.

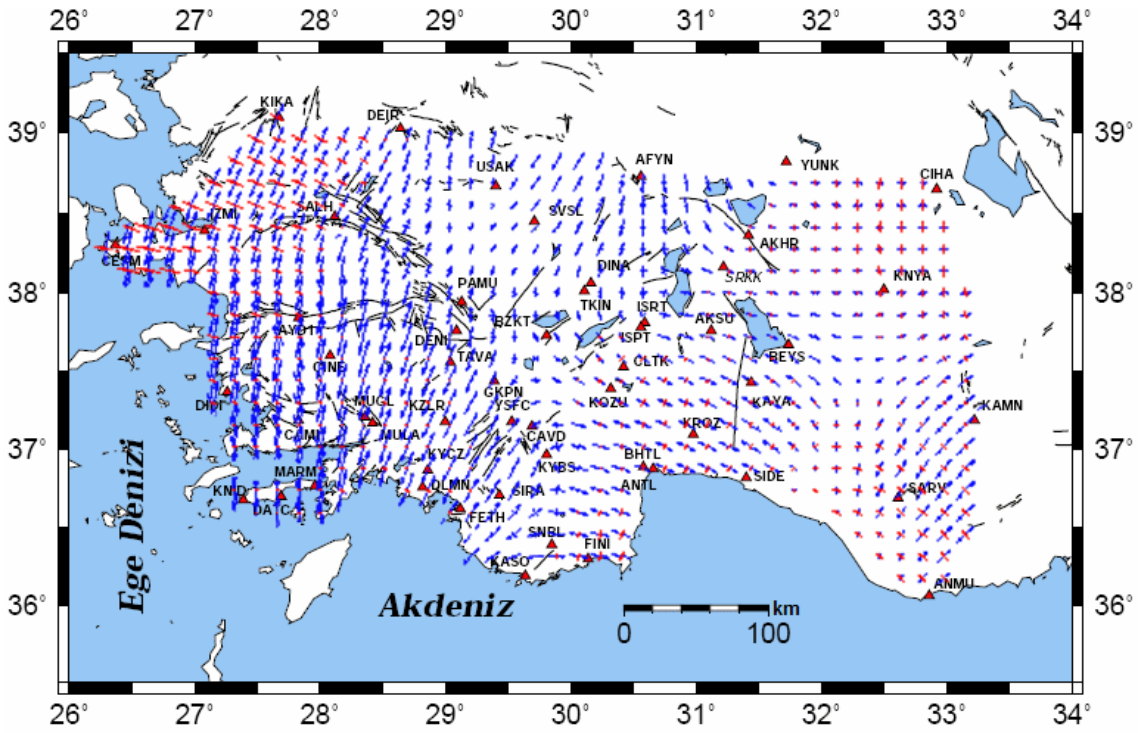
Nokta Adı	Hız (mm/yıl)		Hata Miktarı (mm)		Nokta Adı	Hız (mm/yıl)		Hata Miktarı (mm)		Nokta Adı	Hız (mm/yıl)		Hata Miktarı (mm)	
	V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>	V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>		V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>	V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>		V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>	V <sub>Doğu</sub>	V <sub>Kuzey</sub>
AFYN	-20.48	-6.1	0.1	0.1	DENI	-18.58	-12.4	0.1	0.1	KYCZ	-20.1	-22.89	0.9	1
AKHR	-19.69	-7.6	0.1	0.1	DIDI	-18.26	-27.32	0.1	0.1	KZLR	-18.12	-16.66	0.2	0.2
AKSI	-10.06	-6.9	0.1	0.1	DINA	-19.83	-9.31	0.1	0.1	MARM	-14.63	-30.0	0.1	0.1
AKSU	-17.28	-7.33	0.2	0.2	DLMN	-16.19	-22.6	0.1	0.2	MUGL	-17.31	-20.63	0.1	0.1
ANMU	-9.53	-1.86	0.1	0.1	ELMI	-14.68	-10.71	0.2	0.2	MULA	-18.29	-22.99	0.2	0.3
ANTA	-12.26	-9.81	0.1	0.1	ESME	-21.97	-10.87	0.1	0.1	PAMU	-21.27	-11.17	0.1	0.1
ANTL	-12.32	-8.26	0.1	0.1	FETH	-14.3	-17.72	0.1	0.1	SALH	-23.76	-12.9	0.1	0.1
AYDI	-19.7	-18.53	0.1	0.1	FINI	-8.76	-9.25	0.1	0.1	SARV	-11.58	-3.66	0.1	0.1
BCAK	-16.09	-9.16	0.1	0.1	GKPN	-19.48	-13.03	0.2	0.2	SHUT	-20.34	-7.53	0.1	0.2
BEYS	-16.2	-6.05	0.1	0.1	ISPT	-19.96	-9.54	0.1	0.1	SIDE	-16.38	-6.51	0.7	0.8
BHTL	-14.13	-9.12	0.2	0.3	ISRT	-19.18	-8.27	0.2	0.3	SNBL	-12.92	-13.29	0.8	0.9
BZKT	-21.63	-9.59	0.7	0.8	IZMI	-21.56	-18.77	0.1	0.1	SRKK	-17.98	-8.48	0.2	0.3
CAMK	-18.11	-26.02	0.2	0.2	KAMN	-11.69	1.78	0.1	0.1	SVSL	-21.35	-10.08	0.3	0.3
CAVD	-16.01	-10.26	0.1	0.1	KASO	-8.82	-11.46	0.2	0.2	TAVA	-21.25	-16.53	0.1	0.2
CESM	-17.93	-23.56	0.1	0.1	KAYA	-15.57	-6.48	0.3	0.3	TKIN	-20.77	-9.08	0.2	0.2
CIHA	-19.27	-3.16	0.1	0.1	KIKA	-20.71	-12.8	0.1	0.1	USAK	-21.52	-10.96	0.1	0.1
CINC	-20.42	-23.02	0.2	0.2	KNID	-14	-32.31	0.1	0.1	YSFC	-16.7	-13.39	0.2	0.2
CINE	-21.05	-23.09	0.2	0.2	KNYA	-16.83	-3.02	0.1	0.1	YSLV	-17.96	-11.35	0.3	0.3
CLTK	-14.62	-9.81	0.2	0.3	KOZU	-16.57	-10.39	0.5	0.4	YUNA	-20.69	-5.92	0.2	0.2
DATC	-14.03	-28.73	0.1	0.1	KROZ	-15.53	-8.4	0.8	0.9	YUNK	-21.07	-4.88	0.1	0.1
DEIR	-21.69	-9.84	0.1	0.1	KYBS	-19.28	-11.19	0.2	0.2					

## 6.6 Gerinim Hesabı

Bölgedeki gerinme alanlarını hesaplamak için iki farklı gerinim analizi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında güncel gerinim analizi, bölgenin güncel hız alanı kullanılarak grid\_strain yazılımı ile yapılmıştır (Pesci ve Teza 2007).

### 6.6.1 Bölgenin Güncel Gerinim Alanı

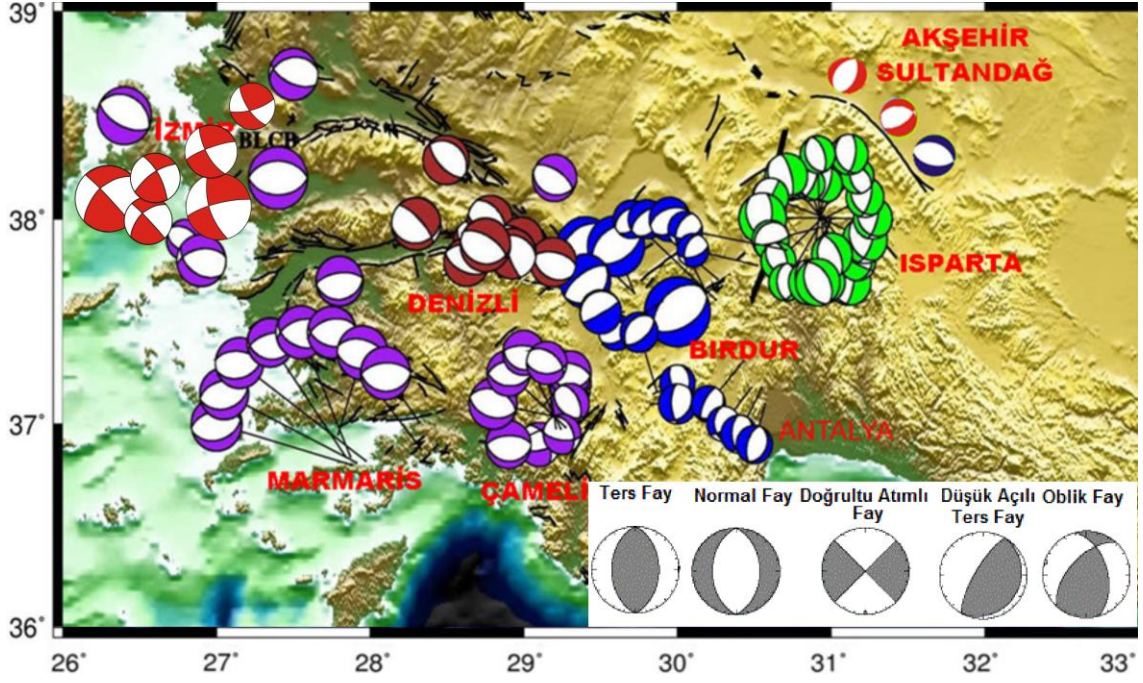
Grid\_strain yazılımı 2 boyutlu gerinim alanlarının hızlı ve çabuk hesaplayabilen MatLAB ortamında kodlanmış bir programdır. Programın temel girdileri elde edilen hızlar ve hızlara ait karesel ortalama hatalardır. Grid\_strain yazılımı (Shen *et al.* 1996)'de verilen En Küçük Kareler yaklaşımı kullanarak gerinim analizi parametrelerini hesaplamaktadır. Bu çalışmada 2 boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. Bunun temel sebebi GNSS ile konum belirlemede yükseklik bileşeninin bu çalışma kapsamında beklenen hassasiyete ulaşmış olmamasıdır (Tiryakioğlu 2012). Çalışma bölgesi 15 x 15 km'lik gridlere ayrılarak her grid köşesine ilişkin gerinim alanları hesaplanmıştır. Elde edilen gerinim alanları Şekil 6.9'da gösterilmektedir.



Şekil 6.9 Güneybatı Anadolu gerinim alanı.

Şekil 6.9'da görülen mavi oklar açılmayı kırmızı oklar sıkışmayı siyah çizgiler ise aktif fayları göstermektedir. Grid\_strain yazılımı GNSS noktaları arasındaki gerinim miktarını iteratif olarak hesaplamaktadır. Şekil 6.9'da verilen açılma ve sıkışma yönlerinde, veri yoğunluğu ve gerinim büyüklüğü iteratif sonucu etkileyen büyüklüklerdir.

Gerinim alanlarının büyüklükleri ve yönleri, olan ve olabilecek depremlerin izlerini taşıdığı bilimsel çalışmalarla desteklenen bir gerçektir. Bu nedenle bölgede daha önce meydana gelen depremlerin deprem çözümleri hesaplanan anlamlı gerinim alanları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.10 Bölgede meydana gelen deprem çözümleri (Gülal *et al.* 2012, Uzel *et al.* 2013).

Çalışma bölgesi kuzeyden güneye incelenerek aşağıdaki yorumlar yapılmıştır. CESM, IZMI ve KİKA noktalarında KKD-GGB yönlü genişleme ve BKB-DGD yönlü sıkışma gerinim alanları gözlenmektedir. Elde edilen veriler bu bölgede son yıllarda yapılan jeolojik çalışmalarda haritalanan KD-GB uzanımlı İzmir Balıkesir transfer zonunun (İBTZ) kinematik analiz çalışmaları ile uyum göstermektedir (Sözbilir *et al.* 2009, Özkaymak *et al.* 2013, Uzel *et al.* 2013).

Şekil 6.9 de SALH, DEIR ve USAK bölgelerinde elde edilen veriler günümüzde Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin K-G den KKD-GGB yönlü genişlemeli tektonik rejim kontrolünde geliştiğini göstermektedir.

Şekil 6.9 incelendiğinde K-G açılma D-B yönünde sıkışmalar ile bölgede doğrultu atımlı fayların olduğunu görmek mümkündür. Yine Şekil 6.8’de PAMU, DENI ve TAVA bölgesinde K-D, G-B açılmaları olması ve daha kuzey bölgelerde bu açılmanın görülmemesi bölgenin Anadolu blogundan ayrıldığını göstermektedir.

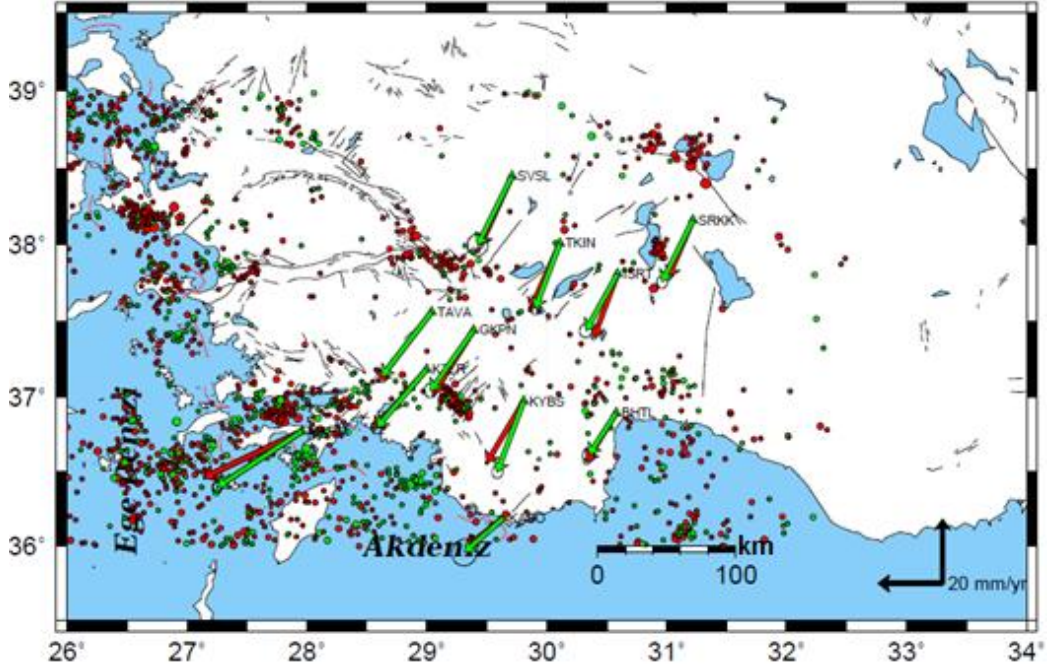


Şekil 6.9 incelendiğinde Afyon ve çevresinde KKD-GGB, K-G ve KKB-GGD yönlü genişleme kuvvetlerinin etkili olduğu gözlenmektedir. Yine Isparta bölgesinde ISRT, ISPT ve AKSU noktalarında D-B yönlü açılmaları görmek mümkündür.

Marmaris, Datça bölgesi incelendiğinde K-G yönlü açılmaları ege açılma bloğunu destekler niteliktedir. Burdur ve Antalya bölgesinde KB-GD yönlü açılmaları yerini Antalya civarında D-B yönlü olarak göstermektedir. Şekil 6.9'da Burdur civarında bulunan YSLV, CLTK ve TKIN noktalarında görülen açılmalar küçük miktarda da olsa KB-GD yönündedir. Tarihte birçok yıkıcı depreme neden olan Burdur fayında gerinimlerin (CAVD, YSLV ve BZKT civarı) çok küçük olması dikkat çekmektedir.

### **6.7 Gerinim Alanı Zamansal Değişimi**

Çalışma bölgesinde 1998 yılında MIT tarafından 9 noktanın ölçümü yapılmıştır. Daha sonra bölgede çeşitli projeler kapsamında ölçümler yapılmış ve ağ genişletilerek bölgedeki nokta sayısı 2004 yılında 16'ya ulaşmıştır. Bölgenin karmaşık bir tektonik yapıya sahip olması araştırmacıları bu bölgeye yoğunlaştırmış ve bölge 2009 yılında 60 noktaya ulaşmıştır. Gerinim alanının zamansal değişimini incelemek için 1998-2013 yılları arasında sürekli olarak her kampanyada ölçülmeye çalışılan noktalar seçilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda 1998-2009 ve 2009-2013 zaman dilimlerindeki en az 4 kampanya ölçüsü olan noktalardan 11 tanesi seçilerek Avrasya plakası sabit hızları hesaplanmıştır. Bütün hesaplamalarda aynı değerlendirme stratejileri kullanılmıştır. Özellikle stabilizasyon işlemi sırasında aynı IGS noktaları kullanılmıştır. Her iki zaman diliminde elde edilen hız alanlarının değişimi Şekil 6.11'de verilmiştir.

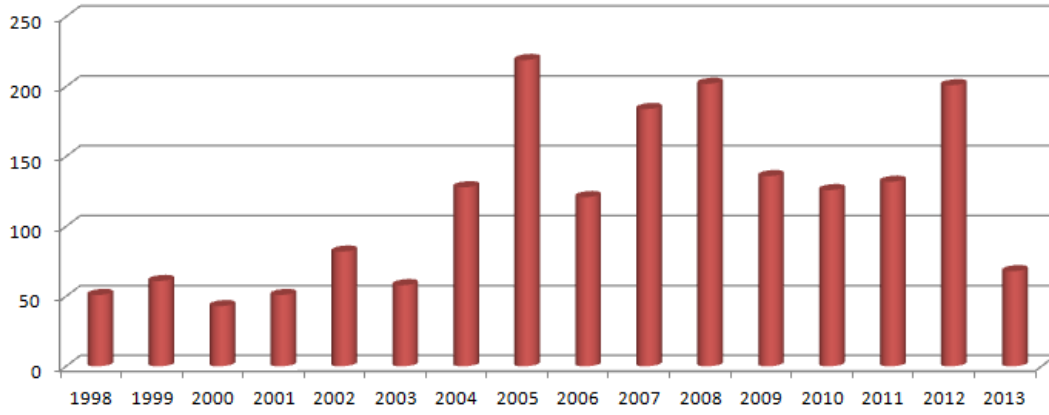


Şekil 6.11 İki zaman dilimi arasındaki Avrasya sabit hız değişimi (1998-2009 ve 2009-2013).

Şekilde kırmızı oklar 1998-2009, yeşil oklar 2009-2013 yılları Avrasya sabit hızlarını göstermektedir. Aynı zamanda kırmızı noktalar 1998-2009, yeşil noktalar 2009-2013 yılları arasında meydana gelen Mw:3'den büyük depremleri göstermektedir.

Her iki dönem için elde edilen hızların doğruluklarının 1 mm civarında olduğu, hız değişimlerinde, 0 ile 4 mm arasında olduğu görülmüştür. SVSL, TKIN, GKP ve KZLR gibi noktalardaki hız değişimi yaklaşık 1 mm iken maksimum değişimler MARM, KYBS ve ISRT noktalarında olmuştur.

1998-2013 yılları arasında bölgede birçok deprem aktiviteleri meydana gelmiştir. Bölgede meydana gelen depremlerin yıllara göre değişimi Şekil 6.12'de verilmiştir.

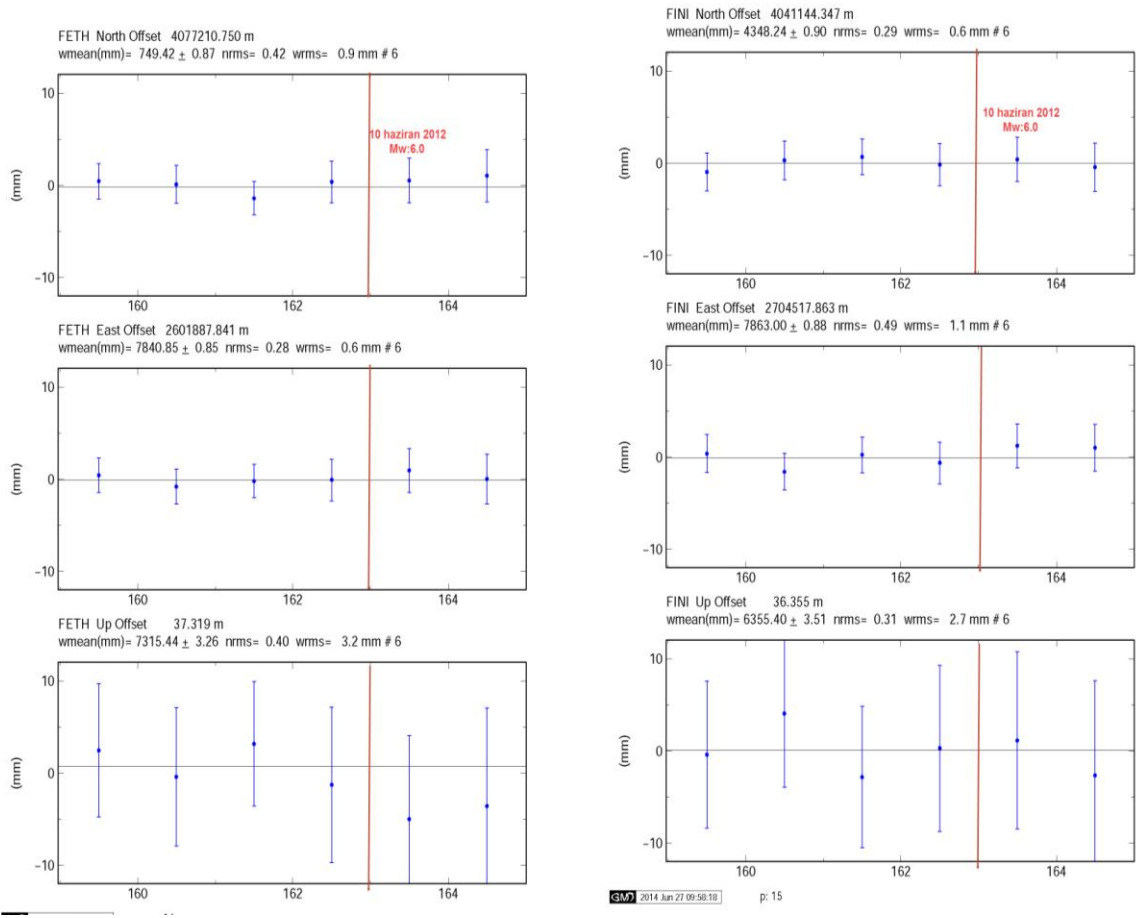


**Şekil 6.12** 1998-2013 yılları arasında Mw:3 den büyük depremlerin yıllara göre değişimi

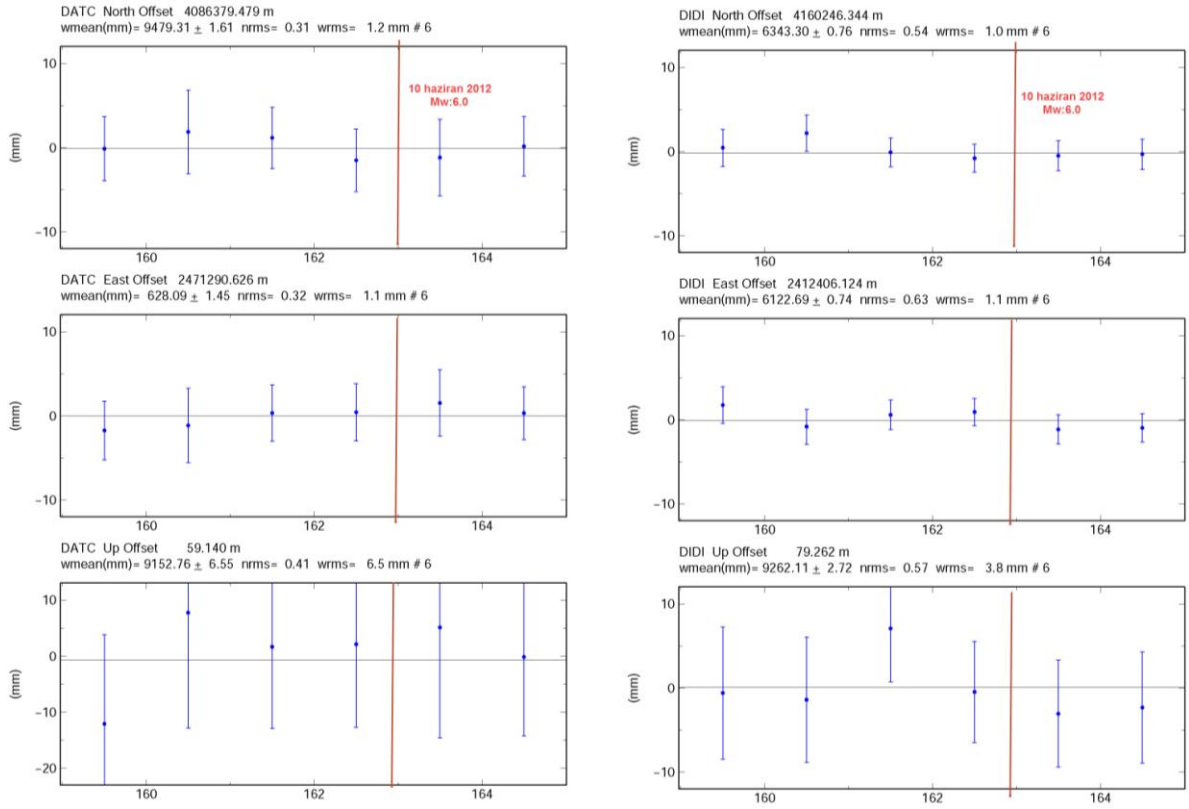
Elde edilen hızlar için kullanılan 2009-2013 yılı ölçüleri 2007 sonrasında yapılmıştır. Bölgedeki depremlerden Çameli aktivitelerinin en büyüğü 29.10.2007 tarihinde Mw=5.3 şiddetindeki depremdir (Över *et al.* 2010). 15 Temmuz 2008 günü, saat 03:26 (GMT)'de Rodos Adası'nın hemen güneyinde şiddetli bir deprem meydana gelmiştir (Mw=6.4). Ayrıca 10 Haziran 2012 de meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki öludeniz depremi ile 2012 Kasım ayındaki Marmaris-Bozburun deprem aktiviteleri bölgedeki diğer deprem aktiviteleridir. Meydana gelen depremler sonrası GNSS noktalarında postsismik deformasyon meydana geleceği birçok kaynakta belirtilmiştir (Ergintav *et al.* 2009). Bu nedenle Çameli ve Rodos bölgesine yakın olan noktalarda Coulomb 3.2 programı kullanılarak depremin meydana getirebileceği deformasyonlar araştırmacılar tarafından hesaplanmıştır (Gülal *et al.* 2013). Çalışma alanı 10 km x 10 km lik gridlere bölünmüştür. Ayrıca deformasyon miktarını hesaplayabilmek için meydana gelen depremlerin faylanma yapıları, büyüklükleri, derinlikleri gibi bilgiler çeşitli kaynaklardan elde edilerek Coulomb 3.2 programına girilmiştir (Över *et al.*, 2010). Çameli ve Rodos depremlerinin ölçü noktalarına kabuk üzerindeki yatay yönde olan etkileri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda Çameli (Mw=5.3) depreminin KZLR, GKPN ve YSLV noktalarına yatay yönde 1 mm civarında, KYBS noktasına ise 2-3 mm civarında etkisi olduğu hesaplanmıştır. Yine Rodos depreminin MARM noktasına etkisinin 2-3 mm civarında olduğu görülmüştür. Şekil 6.11 incelendiğinde iki farklı dönemlerde hesaplanan Avrasya sabit hızlar arasındaki farkların fazla olduğu MARM

ve KYBS noktalarındaki değişimlerin bu depremlerden meydana geldiği düşünölmektedir. ISRT noktasındaki hız değişimininde lokal bir deformasyondan meydana geldiği düşünölmektedir.

Günümüzde birçok çalışmada deprem etkileri özellikle sabit GNSS istasyonları verilerinin değerlendirilmesiyle hesaplanmaktadır. Bu nedenle 10 Haziran 2012 de meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki Ölüdeniz depreminin çalışma bölgesine olan etkisini araştırmak için 2012 yılı 7-13 Haziran tarihleri arası bölgede bulunan TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarının verileri temin edilmiştir. Temin edilen verilerin değerlendirilmesiyle deprem merkez üssüne en yakın sabit GNSS istasyonlarının deprem öncesi ve sonrası zaman serileri elde edilmiştir. Elde edilen zaman serilerinin incelenmesi sonucu depremin bu istasyonlara etkisinin olmadığı görölmüştür (Şekil 6.13 ve 6.14). Bu hesaplamalar göz önüne alındığında 1998-2009, 2009-2013 hız alanlarında ki değişimin bir bölümüne bu depremlerin neden olabileceği düşünölmüştür.

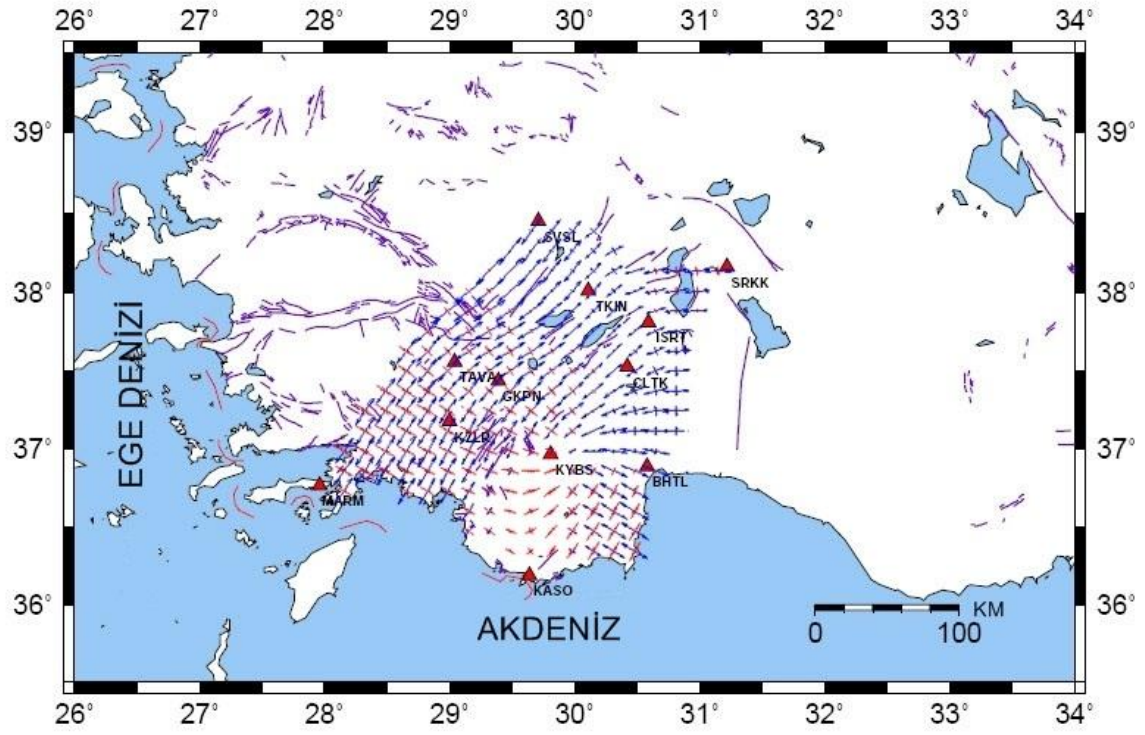


Şekil 6.13 10 Haziran 2012 depreminin FETH ve FINI istasyonlarına etkisi.

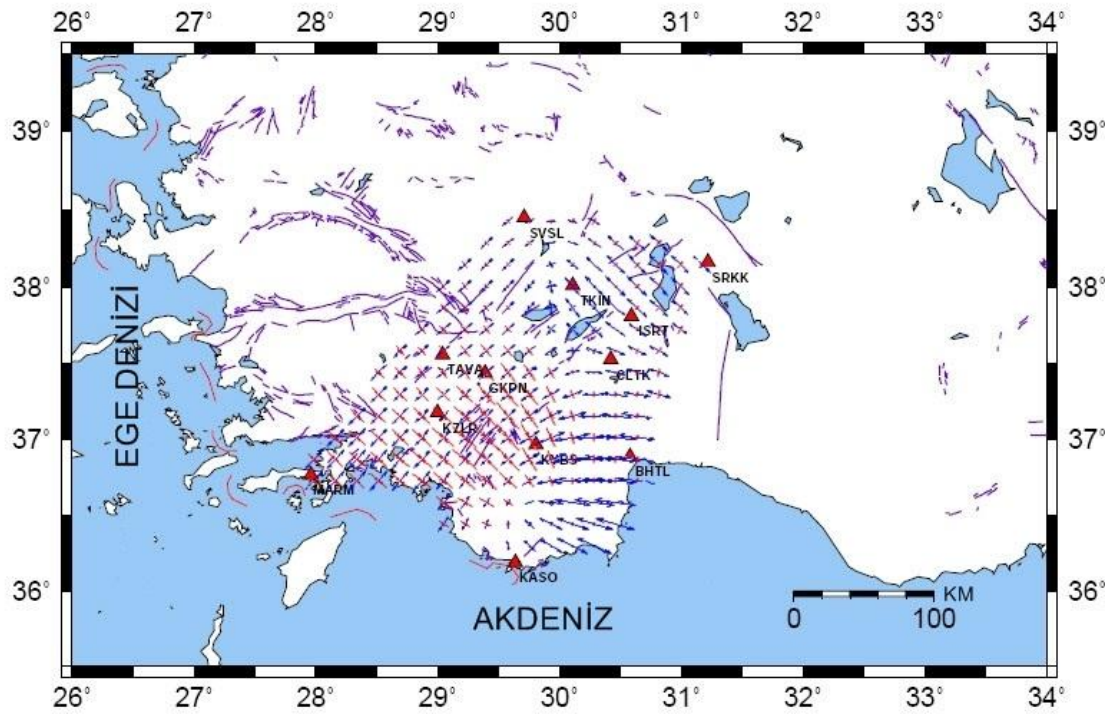


Şekil 6.14 10 Haziran 2012 depreminin DATC ve DIDI istasyonlarına etkisi.

Elde edilen hız alanları yardımıyla yukarıda belirtilen zaman dilimlerinde gerinim analizleri yapılmıştır. Gerinim analizi sonuçları Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da verilmiştir.



Şekil 6.15 1998-2009 gerinim alanı.



Şekil 6.16 2009-2013 gerinim alanı.

Gerinim analizleri incelendiğinde genel yapı olarak gerinim alanlarının benzer oldukları görülmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde gerinim alanları değişiminde ISRT, SRKK ve TKIN istasyonları civarındaki farkın sebebinin ISRT noktasındaki hız değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 6.11). Ayrıca gerinim alanındaki değişimlerin temel sebebinin analiz için kullanılan hızlarının doğrulukları arasındaki farklar olduğu düşünülmektedir.



## 7. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında yapılan araştırma faaliyetleri maddeler halinde, araştırmalardan elde edilen bulgu ve sonuçlar alt maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Güneybatı Anadolu'daki hız ve gerilme alanı değişimini belirlemek için 2013 yılında, geçmiş yıllarda kurulan toplam 30 noktaya sahip Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağında (GATGA) GNSS ölçüleri yapılmıştır. Bölgede 2008 yılında kurulan 27 tane TUSAGA-Aktif ve 7 adet TUSAGA-Pasif istasyonları da bu ağa dahil edilmiştir. Çalışma Bölgesinde geçmiş yıllarda farklı gruplar tarafından yapılan GNSS ölçüleri de kullanılarak 13 kampanya ölçü GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir.

- Güneybatı Anadolu'nun güncel hız alanı elde edilmiştir.
- Elde edilen hız alanı (Şekil 6.11) incelendiğinde çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 10–35 mm'lik hızla güneybatı yönünde bir hareket sergilediği görülmüştür. Güneybatıya doğru hız değerlerinin büyüdüğü ve KNID noktasında maksimum 35 mm/yıl'a ulaştığı görülmektedir. Bu hareketin birçok çalışmada belirttiği gibi Anadolu'nun saat hareketinin tersi yönünde yaptığı dönüş hareketini desteklemektedir (Reilinger *et al.* 2006, McClusky *et al.* 2000, Tiryakioglu *et al.* 2013).

2. GNSS ölçülerinin değerlendirme sonucu elde edilen hızlar kullanılarak bölgenin gerinim alanları belirlenmiştir. Gerinim alanları bölgede meydana gelen depremlerin mekanizma çözümleri ile karşılaştırılmıştır.

- Batı Anadolu tektonik yapıları içinde olan İzmir Balıkesir transfer zonunun (İBTZ) civarında bulunan CESM, IZMI ve KIRK noktalarında KKD-GGB yönlü genişleme ve BKB-DGD yönlü sıkışma gerinim alanları gözlenmektedir. Elde edilen veriler bu bölgede son yıllarda (Sözbilir *et al.* 2009, Özkaymak *et al.* 2013, Uzel *et al.* 2013) tarafından yapılan yayınlarda belirtilen fay kinematiki ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Son yıllarda bu zon üzerinde meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleri de, doğrultu atımlı yırtılmaların meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 6.10). Bu gerinim alanı verileri İBTZ'nin günümüzde aktif bir yapı olduğunu göstermektedir.

- Yine bu veriler bölgedeki doğrultu atımlı zonun Küçük ve Büyük Menderes grabenlerinin batısında etkili olduğunu göstermektedir. Bölgedeki gerinim büyüklükleri geçmişte meydana gelen (ortalama Mw:6.0) depremlerin gelecekte de tekrarlanabileceğini göstermektedir.
- Şeil 6.9’da SALH, DEIR ve USAK bölgelerinde elde edilen veriler günümüzde Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin K-G den KKD-GGB yönlü genişlemeli tektonik rejim kontrolünde geliştiğini göstermektedir. Bu durum batı Anadolunun bölgesel K-G yönlü genişlemeli tektonik rejimi ile uyumludur. Aletsel dönemde meydana gelen 1969 Alaşehir ve Büyük Menderes doğusunda meydana gelen orta büyüklükteki depreminin odak mekanizma sonuçlarında ((Şekil 6.10) kahverengi deprem çözümleri) GNSS verileri ile uyum göstermektedir.
- Şekil 6.9 incelendiğinde K-G açılma D-B yönünde sıkışmalar ile bölgede doğrultu atımlı fayların olduğunu görmek mümkündür. Yine Şekil 6.9’da PAMU DENI ve TAVA bölgesinde K-D G-B açılmaları olması ve daha kuzey bölgelerde bu açılmanın görülmemesi bölgenin Anadolu blogundan ayrıldığını göstermektedir.
- Şekil 6.9 incelendiğinde Afyon ve çevresinde KKD-GGB, K-G ve KKB-GGD yönlü genişleme kuvvetlerinin etkili olduğu gözlenmektedir. Bu veriler 2000 yılı sonrası bölgede meydana gelen depremlerin odak mekanizma sonuçları ile uyumludur (Şekil 6.10 Akşehir Sultandağı depremleri). Elde edilen gerinim alanı Afyon-Akşehir Grabeni’nin yaklaşık K-G yönlü genişlemeli tektonik rejim etkisi altında olduğunu göstermektedir.
- Yine Isparta bölgesinde ISRT, ISPT ve AKSU noktalarında D-B yönlü açılmaları görmek mümkündür. Bu hareket Isparta bölgesinde genişleme yönündeki sapmaları göstermektedir. Bu sapmalar Tiryakioğlu vd. 2013’te belirtilen blok sınırlarını yansıtmaktadır.
- Marmaris, Datça bölgesi incelendiğinde K-G yönlü açılmaları Ege açılma bloğunu destekler niteliktedir. Burdur ve Antalya bölgesinde KB-GD yönlü açılmaları yerini Antalya civarında D-B yönlü olarak göstermektedir. Şekil

6.9'da Burdur civarında bulunan YSLV, CLTK ve TKIN noktalarında görülen açılmalar küçük miktarda da olsa KB-GD yönündedir. Tarihte birçok yıkıcı depreme neden olan Burdur fayında gerinimlerin (CAVD, YSLV ve BZKT civarı) çok küçük olması dikkat çekmektedir.

- Bölgede meydana gelen depremlerde genel olarak yüzey kırığı meydana gelmemektedir. Bu durum özellikle faylanma yapıları ilgili yorum yapmayı oldukça güçleştirmektedir. Odak mekanizma çözümleri ile gerinim alanları arasındaki uyum elde edilen gerinim alanlarından, deprem çözümü olmayan bölgelere ilişkin yapılacak yorumların doğruluğunun da oldukça yüksek olacağının bir göstergesidir.

3. Bölgede meydana gelen depremlerin ölçü noktalarına etkisi ve bölgenin gerinim alanı değişimi araştırılmıştır.

- Daha önceki bölümlerde anlatılan bölgede meydana gelen önemli depremlere yakın olan noktalarda, Coulomb 3.2 programı kullanılarak depremin meydana getirebileceği deformasyonlar hesaplanmıştır. (Gülal *et al.* 2013) Çameli ve Rodos depremlerinin KYBS ve MARM ölçü noktalarına 2-3 mm civarında etkisi olduğu hesaplanmıştır.
- 10 Haziran 2012 de meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki Ölüdeniz depreminin çalışma bölgesinde olan TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarına etkisinin olmadığı görülmüştür.
- İki farklı zaman aralığında yapılan gerinim alanının analizinde gerinim alanları arasında büyük bir benzerlik olduğu görülmüştür. Gerinim alanlarındaki farklılıkların bölgede meydana gelen depremlerin yarattığı deformasyonlar ve ölçü doğruluklarından kaynaklandığı görülmüştür.

Çalışmanın bilime katkısı maddeler halinde özetlenmiştir.

- Birçok çalışmaya altlık olacak Güneybatı Anadolu güncel hız alanı elde edilmiştir.
- İzmir Balıkesir Transfer Zonu'nun (İBTZ) üzerinde meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümlenmeleri fayın doğrultu atımlı yırtılmaların meydana geldiğini göstermektedir. (Şekil 6.10) Gerinim alanı verilerinde bunu destekler

niteliktedir. Bu gerinim alanı verileri İBTZ nin günümüzde aktif bir yapı olduğunu desteklemektedir.

- Bölgenin güncel tektoniği hakkında önemli bilgiler elde edilmiş ve bölgenin jeolojisinin yeniden gözden geçirilmesine sebep olacak bilgiler elde edilmiştir.

Proje çalışması sonucunda elde edilen bilgiler ışığında tektonik amaçlı yapılacak GNSS ölçmelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar ve bölgenin tektoniği ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen günlük ve yıllık tekrarlılıklar incelendiğinde, zorunlu merkezlendirme olan pilye tesislerinde yapılan ölçülerin zemin tesislerinde alet sehpasıyla yapılan ölçülerden daha stabil olduğu görülmüştür. Bu nedenle ölçülerde zorunlu merkezlendirme türü tesislerin kullanılması sonuçların kalitesini doğrudan etkilemektedir.
- Güneybatı Anadolu'da bulunan TUSAGA-Aktif istasyonlarının verileri günlük değerlendirilerek noktaların davranışları belirlenmelidir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda çatı tesislerinin de zemin tesisleri kadar sağlıklı ölçü topladığı görülmektedir.
- Bölgede kurulan GATGA'da yeni tesis edilen noktaların sonuçlarının iyileştirilmesi için GNSS ölçülerine devam edilmelidir.
- Sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarının bölgede sıklaştırılması ile çevrimiçi izleme ağları, kampanya ağları ile desteklenmelidir.

## 8. KAYNAKLAR

- Akçığ, Z., Polat, O., Çeken, U. ve Gök, E. (2010). 26 Mart 2010 Çeşme-İzmir Depremi (M<sub>L</sub>=4.7) *Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu*.
- Aktuğ, B. ve Lenk, O. (2010). Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi, *Harita Dergisi*, **135**: 40-50.
- Aktuğ, B., Kaypak, B. ve Çelik, R. N. (2009). Source Parameters for the Mw = 6.6, 03 February 2002, Çay Earthquake (Turkey) and Aftershocks from GPS, Southwestern Turkey, *Journal of Seismology*, **14(3)**: 445-456.
- Aktuğ, B., ve Kılıçoğlu, A. (2006). Recent Crustal Deformation of İzmir, Western Anatolia And Surrounding Regions as Deduced from Repeated GPS Measurements and Strain Field, *Journal of Geodynamics*, **41(5)**: 471-484.
- Allen, C.R., Amand, P., Richter, C.F., Nordquist, J.M. (1965). Relation between seismicity and geological structure in the Southern California region. *Bulletin of Seismological Society of America*, **55**: 752-797.
- Altunel, E., Barka, A. ve Akyüz, H.S. (1999). Palaeoseismicity of the Dinar Fault, SW Turkey, *Terra Nova*, **11(6)**: 297-302.
- Barka, A.A., ve Reilinger, R. (1997). Activite Tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, Neotectonics and Seismicity Data, *Anali di Geofisica*, **6(3)**: 587-610.
- Blumenthal, M. M. (1963). Le systeme structural du Taurus sud Anatolien. Paul Fellot, 2, *Soc. Geol. France*, 611-662.
- Bozcu, M., Yağmurlu, F., Şentürk, M. (2007). Fethiye Burdur Fay Zonunun Bazı Nanotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* **31(1)**
- Brunner, F. K. (1979). “On the Analysis of Geodetic Networks for the Determination of the Incremental Strain Tensor”, *Survey Review*, **XXV(192)**: 56-67.

- Danchik, R. J. (1998). An Overview of Transit Development. *Johns Hopkins Apl Technical Digest*, **19(1)**.
- Demirtaş, R., Karakısa, S., Demir, M., İravul, Y., Baran, B., Bağcı, G., Yatman, A., Zünbül, S. ve Yılmaz, R. (1995). 1 Ekim 1995 Dinar Depremi. *Deprem Araştırma Bülteni*, **72**: 5-38,
- Deniz, R. (1990). "Jeodezik Ölçmelerden Yerkabuğundaki Lokal Gerilimlerin Belirlenmesi", *İTÜ Dergisi*, **48(4)**.
- Derelioğlu, B. (2007). GPS ve GPRS Tabanlı Geniş Alan Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Dewey, J. F. ve Şengör, A. M. C. (1979). Aegean And Surrounding Regions. Complex Multiplate and continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geol. Soc. Of America Bull*, **90**: 84-92.
- Dirk, K., Türkmenoğlu, A., Tuna, N. ve Dirican, M. (2003). Datça Yarımadası'nın Neotektoniği, Jeomorfolojisi ve Bunların Eski Medeniyetlerin Yerleşimi ve Gelişimi Üzerindeki Etkisi", O.D.T.Ü. AFP-00-07-03-13 Kod Nolu Proje, Ankara.
- Doğan, U. (2002). 17 Ağustos 1999 İZMİT Depreminden Kaynaklanan Deformasyonların Kinematik Modellerle Araştırılması, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Dolmaz, M. N. (2007). An aspect of the Subsurface Structure of the Burdur-Isparta Area, SW Anatolia, Based on Gravity and Aeromagnetic Data, and Some Tectonic Implications, *Earth Planets Space*, **59**: 5-12.
- Dumont, J. F., Uysal, S., Simsek, S., Karamanderesi, H., ve Letouzey, J. (1979). Formation of the Grabens in Southwestern Anatolia. *Bull. Min. Res. Explor. Ins. Turk*, **92**: 7-18.
- Eckl, M.C., R. Snay, Soler, T., Cline M.W. ve Mader, G.L. (2001). Accuracy Of GPS-Derived Relative Positions As A Function Of Interstation Distance and

Observing-Session Duration. *Journal of Geodesy*, **75(12)**: 633-640.

Erdoğan, S. (2005). Burdur Fethiye Fay Zonunun GPS ile İzlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erdoğan, S., Şahin, M., Yavaşoğlu, H., Tiryakioğlu, İ., Erden, T., Karaman, H., Tari, E., E., Bilgi, S., Okan, Tüysüz O., Baybura, T., Güllü, M., Taktak, F., Telli, A.K., Yılmaz, İ. ve Boz, Y. (2008). Monitoring of Deformations Along Burdur-Fethiye Fault Zone with GPS. *J Earthquake Eng* **12(2)**: 109–118.

Ergin, K., Güçlü U., Uz, Z. (1967). Türkiye ve civarının deprem kataloğu. *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları*, İstanbul.

Ergintav S, McClusky S, Hearn E, Reilinger R, Cakmak R, Herring T, Ozener H, Lenk O, Tari E. (2009). Seven years of post seismic deformation following the 1999,  $M = 7.4$  and  $M = 7.2$ , Izmit-Düzce Turkey earthquake sequence. *J Geophys Res* **114**: B07403.

Glover, C.P. ve Robertson, A.H.F. (1998). Role of Regional Extension and Uplift in the Plio-Pleistocene Evolution of the Aksu Basin, SW Turkey. *Geol. Soc. London* **155**: 365–387.

Gülal, E., Tiryakioğlu, I., Erdoğan, S., Baybura, T., Erdoğan H., Soycan, M., Yılmaz, İ., Kalyoncuoğlu, Ü.Y., Dolmaz, M.N., Elitok, Ö., Taktak, F., Telli, A.K., Öcalan, T., Gümüş, K. (2012). Güneybatı Anadolu Bölgesi'ndeki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının GNSS Ölçümleri ile Belirlenmesi, Proje No: 108Y298. *TUBİTAK Projesi Sonuç Raporu*.

Gülal, E., Tiryakioğlu, I., Erdoğan, S., Baybura, T., Erdoğan H., Soycan, M., Yılmaz, İ., Kalyoncuoğlu, Ü.Y., Dolmaz, M.N., Elitok, Ö., Taktak, F., Telli, A.K., Öcalan, T., Gümüş, K. (2013). Tectonic Activity Inferred From Velocity Field of GNSS Measurements in Southwest of Turkey, *Acta Geodaetica et Geophysica*, **48(2)**: 109–121.

Hall, J., Aksu, A. E., Yalıtırak, C. ve Insor, J. D. (2009). Structural Architecture Of The Rhodes Basin: A Deep Depocentre That Evolved Since The Pliocene At the

Junction of Hellenic And Cyprus Arcs, Eastern Mediterranean. *Marine Geology*, **258(1-4)**: 1-23.

Herring, T.A., King, R.W. ve McClusky, S.C. (2009). GAMIT reference manual, Release 10.4. Department of Earth, *Atmospheric and Planetary Sciences*, Mass. Inst. Of Technol.

İnal, C., Salgın, Ö. (2008). Farklı GPS Yazılımları ile Değerlendirilen GPS Baz Uzunluklarının Bilinen Değerler İle Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, **23(2)**.

Jackson, J. ve McKenzie, D. (1988). The Relationship Between Plate Motions And Seismic Moment Tensors, And The Rates Of Active Deformation İn The Mediterranean And The Middle East. *Geophys. J.R. Astron. Soc.* **93**: 45–73.

Kahle, H.-gert, Straub, C., Reilinger, R., McClusky, S., King, R., Hurst, K., Veis, G., Kastens, K. ve Cross, P. (1998). The Strain Rate Field in The Eastern Mediterranean Region, Estimated by Repeated GPS Measurements, *Jet Propulsion*, **294**: 237-252.

Kahveci, M. (2010). GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, **102**: 3-9.

Kakkuri, J., Chen, R., (1992). On Horizontal Crustal Strain in Finland”, *Bull Geiod*, **66**: 12–20.

Karaman, E. (2006). Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları, *Gelişim Yayınevi*.

Ketin,İ. (1968). Relations between general tectonic features and the main earthquakes regions of Turkey. *Bull. Min. Res.and explo. Inst.* 66.

Kibici, Y. (2005). Deprem, *A.K.Ü. Yayınları*, **59**.

Koçyiğit, A. (1983). Hoyran Gölü (Isparta büklümü) Dolayının Tektoniği, *Türkiye Jeol. Kur. Bülteni*, **26**: 1-10.

Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişimi, *TJK Bülteni*, **27**: 1-16.



- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Kaymakçı, N. ve Şaroğlu, F. (2002). 3 subat 2002 Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı ve Ağır Hasarların Nedenleri: Akşehir Fay Zonu, Jeolojik Ön Rapor, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Tektonik Araştırma Birimi, Ankara.
- Koçyiğit, A. ve Özacar, A. (2003). Extensional Neotectonic Regime Through the NE Edge of Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data”, *Turkish J. Earth Sci.*, **12**: 67-90.
- Koçyiğit, A. ve Deveci, Ş. (2007). N–S-Trending Active Extensional Structure, the Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of the Extensional Neotectonic Period in the Isparta Angle, SW Turkey. *Turk. J. Earth Sci.*, **16**: 391–416.
- Kouba, J. (2003). A Guide To Using International GNSS Service (IGS) Products, <http://graypantherssf.igs.org>, 15 Aralık 2011.
- Lambeck, K., (1988). Geophysical Geodesy the Slow Deformation of the Earth, *Oxford University Pres.* Oxford
- Mckenzie, D.P. (1978). Active Tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and Surrounding Regions. *Geophys. Jour. Royal Astro. Soc.*, **55**: 217-254.
- Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, 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. ve Veis, G. (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucaus. *Journal of Geophysical Research*, **105**: 5695.
- Özdemir, S., Kurt, M., Aktuğ, B. (2012). GNSS ile Elipsoit Yükseklik Tayini ve Katı Yer Gelgit Modellerinin Belirlenen Elipsoit Yüksekliklerine Etkisi, *TUJK Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Çalıştayı*.
- Öztürk, A. (1981). Ophiolitic Melange and the Young Autochton Units in the Homa-Dinar Region. *Bull. Selçuk Uni. Fac. Sci.*, **1**: 47-65.

- Över, S., Pinar, A., Ozden, S., Yilmaz, H., Can, U. ve Kamaci, Z. (2010). Late Cenozoic Stress Field in The Cameli Basin, SW Turkey. *Tectonophysics*, **492(1-4)**: 60-72.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. and Uzel B. (2013). Neogene–Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics Special issue: Tethyan Evolution, Anatolia*, **65**: 117-135.
- Pe-piper, G. ve Piper, D.J.W. (2002). The Igneous Rocks of Greece: The Anatomy of an Orogen. *Gebrüder Borntraeger*, Berlin.
- Pesci, A. ve Teza, G. (2007). Strain rate analysis over the central Apennines from GPS velocities:the development of new free software. *Boll. Geodesia Sc. Aff.*, **56**: 69-88.
- Poyraz, F. (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Prescott, W. H. (1976). “An Extension of Frank’s Method for Obtaining Crustal Shear Strains from Survey Data”, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **66(6)**: 1847-1853.
- Reilinger, R., McClusky, S., Paradissis, D., Ergintav, S. ve Vernant, P. (2010). Tectonophysics Geodetic Constraints on the Tectonic Evolution of the Aegean Region and Strain Accumulation Along The Hellenic Subduction Zone. *Tectonophysics*, **488(1-4)**: 22-30.
- Ray, J. K. (2000). Mitigation of GPS Code and Carrier Phase Multipath Effects Using a Multi-Antenna System. Phd Thesis, University of Calgary.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of

- plate interactions. *Tectonics*, **111**: 1-26.
- Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy*, Walter de Gruyter, Berlin
- Scordilís, E.M. (2006). Empirical global relations converting MS and mb to moment magnitude. *Journal of Seismology* **10**: 225–236.
- Shen, Z.-K., Jackson, D.D. ve Ge, X.B. (1996). Crustal Deformation Across and Beyond the Los Angeles Basin from Geodetic Measurements. *Journal of Geophysical Research*, **101**: 27957–27980.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy Y., Erkül F., İnci U., Helvacı C. ve Özkaymak, Ç. (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Sismik Jeomorfolojisi Ve Bölgedeki Gerilme Alanları ile İlişkisi, Batı Anadolu (The Seismic geomorphology of the Sığacık Gulf (İzmir) earthquakes of October 17 to 20, 2005 and their relationships with the stress field of their Western Anatolian region) *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **52(2)**: 217-238.
- Şapaş, A. ve Boztepe Güney, A. (2009). SKS splitting in the Isparta Angle, Southwestern Turkey: Anisotropic Complexity in the Mantle. *Journal of Earth System Science*, **118**: 71-80.
- Şenel, M.1984. Discussion on the Antalya nappes. In: *Geology of the Taurus belt*. ( Ed. By O. Tekeli and C. Göncüoğlu), 41–51.
- Şaroğlu, F. Boray, A. ve Emre, O. (1987). Active faults of Turkey, *Mineral Res. Explor. Inst. Turkey. Unpubl. Report*, 8643, 394.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. (1981). “Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach”, *Tectonophysics*, **75**: 181-241.
- Taymaz, T., Jackson, J. A., and Mckenzie, D. P. (1991). Activetectonics of the North and Central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.*, **106**: 433–490.
- Taymaz, T.ve Price, S. (1992). The 1971, Burdur Earthquake Sequence, SW Turkey: A Synthesis of Seismological and Geological Observations. *Geophys. J. Int.*, **108**: 589–603.

- Tiryakioğlu, İ., Dereli, M. A., Gülal, E. ve Erdoğan, S. (2010). Tektonik Hareketlerin Belirlenmesine Yönelik Ölçü Kampanyalarında GNSS Gözlem Sayı ve Sürelerinin Konum Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergi*, **1**: 32-38.
- Tiryakioğlu, İ. (2012). GNSS Ölçüleri İle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri Ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, Doktora tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens. İstanbul.
- Tiryakioğlu, I., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R. (2013). GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophys. J. Int.*, **195**: 1455–1463.
- Uluğ, A., Duman, M., Ersoy, ř., Özel, E. ve Avcı, M. (2005). Late Quaternary Sea-Level Change, Sedimentation and Neotectonics of the Gulf of Gökova: Southeastern Aegean Sea. *Marine Geology*, **221**: 381-395.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N., and Langeris, C. G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balıkesir Transfer Zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics Special issue: Tethyan Evolution, Anatolia*, **65**: 94-116.
- Yağmurlu, F. (2000). Burdur Fayının Sismotektonik Özellikleri. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir.
- Yağmurlu, F., Bozcu, M. ve şentürk, M. (2005). Burdur Fethiye Arasındaki Bölgede Burdur Fayının Sismoteknik Özellikleri; Teknik Rapor TÜBİTAK, 101Y027, Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu.
- Yolsal, S. ve Taymaz, T. (2010). Gökova Körfezi Depremlerinin Kaynak Parametreleri ve Rodos-Dalaman Bölgesinde Tsunami Riski. *Transform, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **212**: 53-65.
- Xu, G. (2007). GPS Theory, Algorithms and Applications, *Springer*, Berlin.
- Wells, D, E., Lindlohr, W., Schaffrin, B., and Grafarend, E. (1987). GPS Design: Undifferenced Carrier Beat Phase Observations and The Fundamental

Differencing Theorem, Geodesy and Geomatic Engineering UNB, Technical  
Report No:116

## 8.1 İnternet Kaynakları

Numara	Bağlantı	Erişim Tarihi
İnt.Kyn.1	<a href="http://www.koeri.boun.edu.tr/2/tr/">http://www.koeri.boun.edu.tr/2/tr/</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.2	<a href="http://en.beidou.gov.cn/introduction.html">http://en.beidou.gov.cn/introduction.html</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.3	<a href="http://global.jaxa.jp/press/2010/09/20100919_michibiki_e.html">http://global.jaxa.jp/press/2010/09/20100919_michibiki_e.html</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.4	<a href="https://tr.wikipedia.org/wiki/GPS">https://tr.wikipedia.org/wiki/GPS</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.5	<a href="http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html">http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.6	<a href="http://tf.nist.gov/general/enc-g.htm">http://tf.nist.gov/general/enc-g.htm</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.7	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS-K">https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS-K</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.8	<a href="https://www.glonass-iac.ru/en">https://www.glonass-iac.ru/en</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.9	<a href="http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm">http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm</a>	14.6.2015
İnt.Kyn.10	<a href="http://global.jaxa.jp/about/history/index.html">http://global.jaxa.jp/about/history/index.html</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.11	<a href="http://www.isro.gov.in">http://www.isro.gov.in</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.12	<a href="http://www.auib.unibe.ch/download">http://www.auib.unibe.ch/download</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.13	<a href="ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/product">ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/product</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.14	<a href="http://www.mucizeler.com/2011/03/yeryuzundeki-fay-hatlari">http://www.mucizeler.com/2011/03/yeryuzundeki-fay-hatlari</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.15	<a href="http://www.tuik.gov.tr">http://www.tuik.gov.tr</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.16	<a href="ftp://everest.mit.edu/pub/MIT_GL">ftp://everest.mit.edu/pub/MIT_GL</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.17	<a href="http://www.air-worldwide.com/Publications/AIR-Currents/2010/Earthquakes-in-Europe--The-Case-for-Kinematic-Modeling">http://www.air-worldwide.com/Publications/AIR-Currents/2010/Earthquakes-in-Europe--The-Case-for-Kinematic-Modeling</a>	17.6.2015
İnt.Kyn.18	<a href="http://www.rci.rutgers.edu/~schlisch/structureslides/thrustOregon_MM.html">http://www.rci.rutgers.edu/~schlisch/structureslides/thrustOregon_MM.html</a>	29.6.2015

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil İbrahim SOLAK  
Doğum Yeri ve Tarihi : Çivril / DENİZLİ – 03.11.1990  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0532 328 19 13

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Buca Gürçeşme Lisesi - 2007  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi - 2012  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2012 - Halen

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Atatürk Üniversitesi 2013 – 2015  
Gebze Teknik Üniversitesi 2015 - Halen

Yayınları (SCI ve diğer) :

Tiryakioğlu, İ., **Solak, H. İ.**, Gulal E., Erdogan S., Uysal M., Yılmaz M., Dindar A. A. (2014). Determination of contemporary velocity field of southwest Anatolia and change of strain area. *1st International Geomatics Applications "GEOMAPPLICA" Conference*, Skiathos island, Greece.

**Solak, H. İ.**, Tiryakioğlu, İ., Gülal, E., Erdoğan, S., Özkaymak, Ç., Akpınar, B., Yılmaz, M., Uysal, M., Aykut, N.O., Baybura, T., Yılmaz, İ., Dindar, A.A., Acar, M., Dereli, M.A., Yalçın, M., Polat, N., Toprak, A.S., Çapadış, A. (2014). Güneybatı Anadolu'nun Güncel Yamulma Alanlarının Belirlenmesi. 7. *Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Hitit Üniversitesi – Çorum.