

**DİNAR FAYI TEKTONİK HAREKETLERİNİN  
PRESİZYONLU NİVELMAN YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burak Çelebi KARAGÖZ**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**OCAK 2008**

**Bu tez çalışması 06. MUH. 04 numaralı proje ile AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri  
Komisyonu tarafından desteklenmiştir.**

**AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DİNAR FAYI TEKTONİK HAREKETLERİNİN PRESİZYONLU  
NİVELMAN YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

**Burak Çelebi KARAGÖZ**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**OCAK 2008**

## ONAY SAYFASI

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>TEŞEKKÜR</b>	viii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	ix
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	x
<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	xii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. TEKTONİZMA</b>	3
2.1 Faylar ve Çeşitleri	6
2.2 Türkiye'nin Tektoniği	9
2.3 Güneybatı Türkiye'nin Tektoniği	12
2.4 Dinar'ın Tektoniği	16
2.5 Dinar'ın Jeolojisi ve Depremselliği	20
2.5.1 Dinar'ın Jeolojisi	20
2.5.2 Dinar'ın Depremselliği	23
2.5.2.1 1 Ekim 1995 Depremi	26
<b>3. YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ</b>	29
3.1 Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)	30
3.1.1 GPS'in Çalışma Prensipleri	32
3.1.2 GPS ile Yüksekliklerin Belirlenmesi	32
3.2 Trigonometrik Nivelman	35
3.2.1 Karşılıklı ve Eşzamanlı Trigonometrik Nivelman	35
3.2.2 Ortadan (Atlamalı) Gözlemlenilen Trigonometrik Nivelman	36
3.2.3 Trigonometrik Nivelmanda Hata Kaynakları	37
3.2.3.1 Aletsel Hatalar	38

3.2.3.2 Diğer Hata Kaynakları	39
3.3 Barometrik Yükseklik Belirlenmesi	39
3.4 Geometrik Nivelman	40
3.4.1 Ana Model	41
3.4.2 Fonksiyonel Model	42
3.4.3 Geometrik Nivelmanda Önemli Hata Kaynakları	43
3.4.3.1 Alet ve Donanımdan Kaynaklanan Hatalar	43
3.4.3.2 Dış Ortamdan Kaynaklanan Hatalar	44
3.5 Hassas (Presizyonlu) Nivelman	44
3.5.1 Hassas Nivelmanda Alet Donanımı	45
3.5.1.1 Sayısal Miralar ve Yapıları	46
3.5.1.2 Sayısal Nivolar ve Yapıları	48
3.5.2 Hassas Nivelmanda Hatalar ve Hataların Elimine Edilmesi	49
3.5.2.1 Miralardan Kaynaklanan Hatalar	49
3.5.2.2 Nivolardan Kaynaklanan Hatalar	52
3.5.2.3 Dış Ortamdan Kaynaklanan Hatalar	57
3.5.3 Hassas Nivelman Tekniğinin Uygulama Alanları	60
<b>4. UYGULAMA</b>	<b>61</b>
4.1 Güzergahların İstikşaf ve Tesisi	62
4.1.1 Birinci Güzergah	62
4.1.2 İkinci Güzergah	63
4.1.3 Üçüncü Güzergah	64
4.2 Periyotlar (Ölçmeler)	65
4.2.1 Birinci Periyot Ölçmeleri	65
4.2.2 İkinci Periyot Ölçmeleri	71
4.2.3 Üçüncü Periyot Ölçmeleri	74
4.3 Periyotların Sonuçları	76
<b>5. PERİYOTLARIN SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ, JEODEZİK VE JEOLJİK YORUMLAR</b>	<b>80</b>

<b>6. KAYNAKLAR</b>	93
6.1 İnternet Kaynakları	105

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **DİNAR FAYI TEKTONİK HAREKETLERİNİN PRESİZYONLU NİVELMAN YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

Burak Çelebi KARAGÖZ

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Birinci derece deprem bölgesinde bulunan Dinar, çağlar boyunca büyük depremlere sahne olmuştur. Son olarak 1 Ekim 1995 tarihinde  $M=6.1$  büyüklüğündeki deprem büyük can ve mal kaybına neden olmuştur. Depremlerin önceden belirlenebilmelerine katkıda bulunacak tüm çalışmalar her zaman önem taşımıştır. Bu nedenle bu çalışmada Dinar fayı tektonik hareketlerinin jeodezik çalışmalarla tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Dinar şehir merkezi ve civarında 3 adet güzergah oluşturulmuştur. Güzergahlara 172 adet nokta tesis edilmiştir. Tesislerin uzun süre muhafazası için, çelik çivilerin etrafına beton blokaj yapılarak sağlanmıştır. Birinci güzergahta 44 adet nokta olup güzergah uzunluğu 1689 m, ikinci güzergahta 63 adet nokta olup güzergah uzunluğu 1675 m ve üçüncü güzergahta 65 adet nokta olup güzergah uzunluğu 1054 m'dir. Tektonik hareketin belirlenebilmesi amacıyla üç periyotluk ölçüm yapılmıştır. Birinci periyot ölçümleri 01 Ağustos-15 Ağustos 2006 tarihleri arasında, ikinci periyot ölçümleri 07 Nisan-10 Nisan 2007 tarihleri arasında ve üçüncü periyot ölçümleri ise 28 Ağustos-30 Ağustos 2007 tarihleri arasında yapılmıştır.

Ölçümler Topcon DL-101C marka dijital nivo ve Topcon barkotlu miraları kullanılarak gidış-dönüş şeklinde yapılmıştır. Şehir merkezinde bulunan düşey kontrol noktalarından

güzergahtaki ölçü noktalarına yükseklik taşınmıştır. Topcon GTS 702 elektronik ölçü aletiyle yatay açı ve yatay mesafe okumaları yapılarak güzergahların konumunun belirlenmesi sağlanmıştır.

Gidiş-dönüş ölçümleri sırasında dijital nivonun okuma presizyonu 0.04 mm mertebesine ayarlanarak yüksek presizyonlu ölçü değerleri elde edilmiştir. Ölçümlerden elde edilen presizyon BÖHY' de verilen tecviz sınırının üzerindedir. Güzergahlar ABD'de Federal Geodetic Control Committee'nin düşey kontrol noktaları için tespit etmiş olduğu sınıflandırmalardan birinci derece ikinci sınıf (first-order, class II) standartlarındadır.

Birinci periyotta mira altlıklarının tesisler üzerine hatalı oturtulması, bu periyodun değerlendirme dışında kalmasına neden olmuştur. Bu nedenle sadece ikinci ve üçüncü periyotlar ele alındığından yorumlar fayda belirlenen 6 aylık hareketin üzerine bina edilmiştir. Proje kapsamında yapılacak diğer periyotlara ait ölçüler de fayın deformasyonunun belirlenmesinde katkıda bulunacaktır.

2008, 105 sayfa

Anahtar Kelimeler : Dinar fayı, tektonik, hassas nivelman.



## **ABSTRACT**

Master of Thesis

### **DETERMINING OF TECTONIC MOVEMENT ON DİNAR FAULT WITH PRECISION LEVELING**

Burak Çelebi KARAGÖZ

Afyonkarahisar Kocatepe University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geodesy and Photogrammetry Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN

Dinar, which is in the first order earthquake area, has been the centre of destructive earthquakes for centuries. The latest 1<sup>st</sup> October 1995 earthquake with the magnitude of 6.1 (M=6.1) caused a lot of damage and death. The studies to guess the earthquakes beforehand have a vital importance so in this study it is aimed to identify the tectonic movements of Dinar fault by geodesic works. For this reason in the centre of Dinar and surroundings 3 routes were determined and 172 benchmarks were based on the route. To keep the benchmarks for a long time they were stabilized by concrete blockage around the steel nails. On the first route there are 44 benchmarks and it's 1689 m long, On the second route there are 63 benchmarks and it's 1675 m long, and on the third route there are 65 benchmarks and it's 1054 m long. In order to identify the tectonic movements a three period indication was carried out with precision leveling. First period indications were between the dates of 1<sup>st</sup> August-15<sup>th</sup> August 2006, second period indications were between the dates of 7<sup>th</sup> April-10<sup>th</sup> April 2007 and the third period indications were between the dates of 28<sup>th</sup> August- 30<sup>th</sup> August 2007.

The indications were realised by using Topcon DL-101C digital level and Topcon levels as return. Some altitudes were carried to the test benchmarks on the route from the

vertical check benchmarks in the city centre. Through the Topcon GTS 702 horizontal angle and horizontal distance readings, the situation of the routes was identified.

During the return indications the precision of digital level was fixed to 0.04 level and high precision indication rates were obtained. The precision obtained from the indications on the allowing level stated in BÖHYY. The routes are of the first-order class II standarts of vertical control benchmarks identified by Federal Geodetic Control Committee, USA.

In the first period because the legs of levels were misreplaced, it caused this period to be out of evaluation. Because only the second and the third periods were considered, all the comments were built on the 6 month period movement of the fault. New measurements about the other periods related to the project will contribute the determination of the deformation of the fault.

2008, 105 pages.

Keywords : Dinar fault, tectonic, precision leveling.

## TEŞEKKÜR

Bilim adamı sezginliği ile alışmama yön verirken, dosta yaklaşımdan vazgemeyerek tevazu örneği olan, hocam olmasından mutluluk duyduğum değerli arkadaşım sayın Yrd. Do. Dr. Saffet ERDOĞAN'a, bizden yardımlarını esirgemeyen bölüm başkanımız sayın Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya, yüksek lisans eğitimimde emeği geçmiş olan hocalarım sayın Yrd. Doç. Dr. Mevlüt GÜLLÜ'ye ve sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim YILMAZ'a, çalışmamın her aşamasında destek olan sayın Arş. Gör. A. Kazım TELLİ'ye, sayın Arş. Gör. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na, sayın Arş. Gör. Fatih TAKTAK'a, çalışmayı finanse ederek maddi yükü üzerimizden alan AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'nun sayın yetkililerine, arazi ekibinin rahat çalışabilmesi için imkanlarını seferber eden Dinar Belediye Başkanı sayın Mustafa TARLACI'ya ve yanımda olmalarının bana güç verdiğine inandığım sevgili eşim ve oğullarıma teőekkürü borç bilirim.

Burak Çelebi KARAGÖZ  
ANKARA, Ocak 2008

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

X, Y, Z	Kartezyen koordinat sistemindeki dik koordinatlar
$\phi, \lambda, h$	Coğrafi koordinatlar
g	Geri mira okuması
i	İleri mira okuması

### 2. Kısaltmalar

DPT	Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
BÖHYY	Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği
FGCC	Federal Geodetic Control Committee

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Yerkürenin katmanlı iç yapısı	4
Şekil 2.2	Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram	4
Şekil 2.3	Dünyanın tektonik yapısını belirleyen başlıca levhalar	5
Şekil 2.4	Esnek serbeslenme kuramı ışığında esnek bir yer bloğunun tektonik kuvvetler altında kırılması (faylanması) aşamaları	7
Şekil 2.5	Fayların gelişimi	8
Şekil 2.6	Horst ve graben yapısı	9
Şekil 2.7	Türkiye'yi etkileyen tektonik hareketler ve Türkiye'nin genelleştirilmiş tektonik haritası	11
Şekil 2.8	Türkiye ve yakın çevresinde gelişen güncel deformasyonlar ile levhaların hareket hızı ve yönleri	12
Şekil 2.9	Güneybatı Anadolu ve yakın çevresinin ana tektonik birimleri	15
Şekil 2.10	Güneybatı Türkiye'nin önemli neotektonik yapıları ve Dinar fayının yeri	17
Şekil 2.11	Dinar ve Dombayova grabenlerinin kesitleri	18
Şekil 2.12	Dinar ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	21
Şekil 2.13	Dinar fayının kesiti	21
Şekil 2.14	Dinar ve civarının fay hattı entegre edilen jeoloji haritası	22
Şekil 2.15	Bölgede son yüzyılda meydana gelen depremler	25
Şekil 2.16	Dinar ve çevresinde tarihsel ve aletsel dönemlerde meydana gelen depremler	25
Şekil 2.17	Aletsel dönemde meydana gelen büyük depremlerin lokasyonları	26
Şekil 2.18	Dinar ve yakın çevresinde can kaybına neden olan depremler	28
Şekil 3.1	Referas elipsoidi üzerinde $\varphi$ , $\lambda$ , $h$	33
Şekil 3.2	Yüksekliklerin şematik gösterimi	34

Şekil 3.3	Karşılıklı trigonometrik nivelman	35
Şekil 3.4	Ortadan trigonometrik nivelman	37
Şekil 3.5	Geometrik nivelmanın ana modeli	41
Şekil 3.6	Farklı çizgi kullanılarak 7 bitlik bilginin oluşumu	47
Şekil 3.7	Förstner yöntemine göre gözleme eksenini hatasının belirlenmesi	53
Şekil 3.8	Kırmızı Pantolon yönteminde ardışık iki istasyon noktasında yapılan ölçmeler	55
Şekil 3.9	Schwarz yönteminde bir istasyon noktasında yapılan ölçmeler	56
Şekil 4.1	Toprak ve asfalt zeminlerde yapılan tesislere ait kesitler	63
Şekil 4.2	Hassas nivelman yapılan güzergahların kapanma değerleri (d) ve yükseklik farkları ( $\Delta h_{ort}$ )	67
Şekil 4.3	Güzergahların topoğrafik profili	79
Şekil 5.1	Birinci güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi	81
Şekil 5.2	İkinci güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi	82
Şekil 5.3	Üçüncü güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi	83
Şekil 5.4	Birinci güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi	86
Şekil 5.5	İkinci güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi	87
Şekil 5.6	Üçüncü güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi	88
Şekil 5.7	Birinci güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi	90
Şekil 5.8	İkinci güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi	91
Şekil 5.9	Üçüncü güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi	92

## RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1	Geniş açılı uydu görüntüsüne entegre edilen fay hattı (1/50000)	19
Resim 3.1	Sayısal mira ve E tipi santimetre bölümlendirmeli mira	47
Resim 3.2	Sayısal nivolar	48
Resim 4.1	Cebri boruda bulunan ölçü noktası tesisi	64
Resim 4.2	Uydu görüntüsüne entegre edilen güzergahların fay hattına göre konumları (1/25000)	77

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Yükseklik belirleme yöntemlerinin kullanımına göre tarihsel gelişimi	30
Çizelge 4.1	Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	68
Çizelge 4.2	İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	68
Çizelge 4.3	Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	69
Çizelge 4.4	Birinci güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri	70
Çizelge 4.5	İkinci güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri	70
Çizelge 4.6	Üçüncü güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri	71
Çizelge 4.7	Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	72
Çizelge 4.8	İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	73
Çizelge 4.9	Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	73
Çizelge 4.10	Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	75
Çizelge 4.11	İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	75
Çizelge 4.12	Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar	76



## 1. GİRİŞ

Depremler rasgele olaylar olmayıp yerküreyi şekillendiren tektonik hareketler ile yakından ilişkilidir. Tarih boyunca insanların depremlerden büyük zararlar görmüş olmaları, Türkiye’de son 100 yılda meydana gelen 158 hasar oluşturan depremde 97.200 kişinin hayatını kaybetmesi, maddi zararların -yapılarda oluşan hasar ile işletmelerin üretim kaybı da göz önüne alındığında- gayri safi milli hasılanın % 3-4’ü kadar olması (DPT 2000) gerek Türkiye’de, gerekse dünyada depreme dayalı çalışmaların gereğini ve önemini göstermektedir.

Levha ve fay hareketleri nedeniyle litosfer (taşküre) parçalarında deformasyon meydana gelmektedir. Bu deformasyon sonucunda levha ve fayların iki taraflarındaki noktalar birbirine göre hareket etmekte, hatta bu hareketin miktarı yıllık 100 mm’ye kadar çıkabilmektedir (Herring 1999). Birkaç yıl süren araştırmalar sonucunda bir nokta üzerinde deformasyon olduğunun belirlenmesi, bu bölgede gerilim olduğunun ve bölgenin tektonik anlamda aktif olduğunun habercisi anlamına gelmektedir. Bu gibi durumlarda meydana gelen deformasyon birikimleri genellikle depremlerle sonuçlanmaktadır. Jeolojik gözlemler ve jeofizik ölçümler sonucu bu depremlerin önceden tahmin edilebilmeleri tüm bilimsel çalışmaların genel hedefini oluşturmaktadır (Erdoğan 2006).

Türkiye, yeryüzünün en önemli deprem kuşaklarından birisi olan, Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır (McKenzie 1972). Anadolu levhası güneyde K-KB yönünde hareket eden Afrika ve Arap levhaları ile kuzeydeki Avrupa levhası arasında yer almakta olup, batıya doğru kaymaya zorlanmaktadır (Şengör 1980, Şengör vd. 1985, Yalıtırak vd. 1998). Bu nedenle depremler genellikle Anadolu levhasının, çevresindeki levhalarla olan sınır zonlarında meydana gelmektedir. Bu zonlar Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Bitlis Bindirme Kuşağı olarak adlandırılır (Ketin 1966, Ketin 1968, Arpat ve Şaroğlu 1972). Ayrıca batıya kaymaya zorlanan Anadolu levhasının hareketi batıda Ege levhasınca durdurulmaya çalışıldığından bölgede K-G yönlü genişlemenin söz konusu olduğu Ege grabenleri oluşmuştur (Dewey ve Şengör 1979, McKenzie 1972). Dinar’daki tektonik yapı bu şekilde oluşmuş bir horst-graben yapısıdır.

Tarih boyunca yıkıcı depremlere sahne olmuş Dinar’da son büyük deprem 1 Ekim 1995 tarihinde olmuştur. 6.1 M büyüklüğündeki bu deprem büyük maddi hasara ve 96 kişinin ölümüne yol açmıştır (Parlak ve Şahin 2004).

Bu çalışmanın amacı, Dinar (Afyonkarahisar) ile Çivril (Denizli) arasında yer alan yaklaşık 55 km uzunluğundaki Dinar fayının horst graben yapısının Dinar kenti ve yakın çevresindeki hareketinin şeklini ve büyüklüğünü belirlemektir. Bu amaçla Dinar’ın şehir merkezinden geçmekte olan fayın bu kısmında ve birbirlerine yaklaşık olarak 1-2 km mesafede 3 adet güzergah oluşturulmuştur. Güzergahların fayı KD-GB yönünde kesecek şekilde tesisi ile KB-GD yönünde uzanan fayın horst ve graben kesimlerindeki göreceli hareketin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla 3 adet güzergahta toplam olarak 172 adet tesis yapılmıştır. Hassas nivelman yöntemiyle yapılan periyodik ölçmeler, birbirini takip eden nokta tesislerinin ve böylece horst-graben yapısının düşey hareket miktarının yüksek presizyonla belirlenmesini sağlayacaktır.

Çalışmada, ikinci bölümde Türkiye’nin tektonik yapısı incelenerek, buna bağlı olarak gelişen Ege graben sisteminin oluşumu ve özellikleri ile Dinar’ın jeolojik yapısına kısaca değinilip Dinar’ın tektoniği ve depremselliği irdelenmektedir. Üçüncü bölümde tektonik hareketlerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler açıklanmaktadır. Hassas nivelman yöntemi çalışmanın esasını teşkil ettiği için detaylandırılmaktadır. Dördüncü bölümde Dinar’da yapılan arazi çalışmaları ve sonuçları açıklanarak jeolojik ve jeodezik yaklaşımlarla çalışmaların sonuçları değerlendirilmektedir.

## 2. TEKTONİZMA

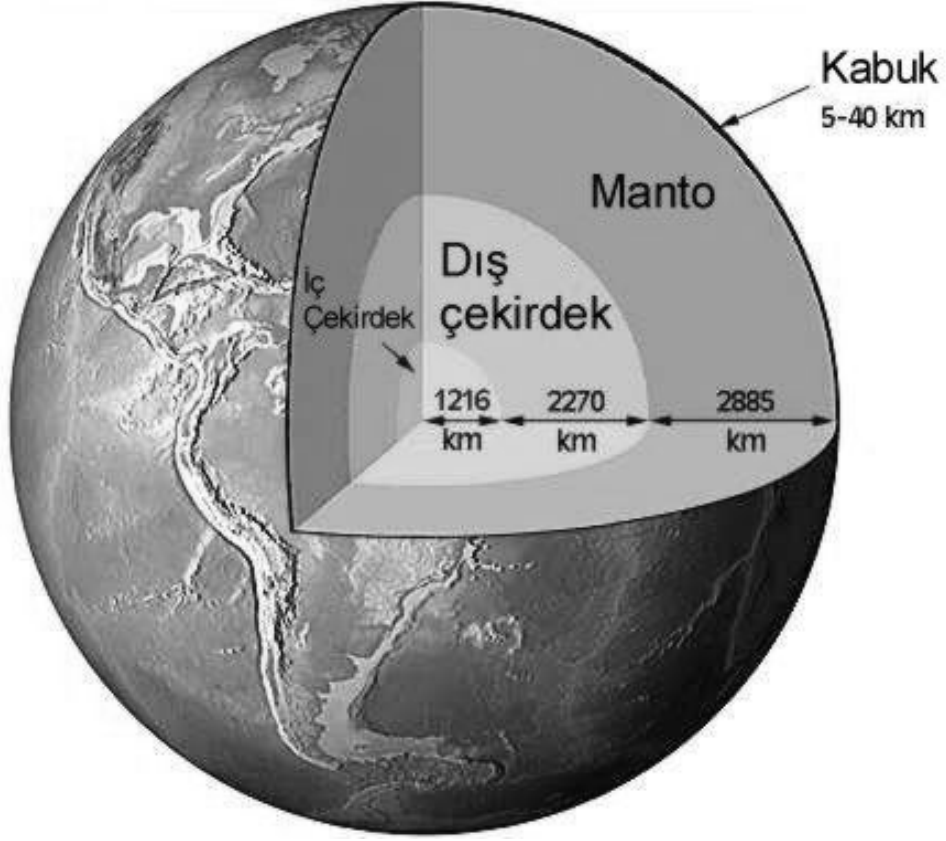
Tektonik en geniş anlamıyla litosferin yapısını ve bu yapıyı doğuran döngüyü araştıran jeoloji bilimidir (Şengör 1980).

İnsanoğluna çeşitli nimetler bahşedilirken bazı doğal afetler de yaşanmaktadır. Bu doğal afetlerden en tehlikelilerinden biri olan depremler çeşitli nedenlerle oluşurlar. Bu nedenler arasında en önemlisi ise yerkabuğu içerisindeki kırıklar olan faylardır. Fayların oluşumunu anlamak için yerküresinin yapısına göz atmak faydalı olacaktır.

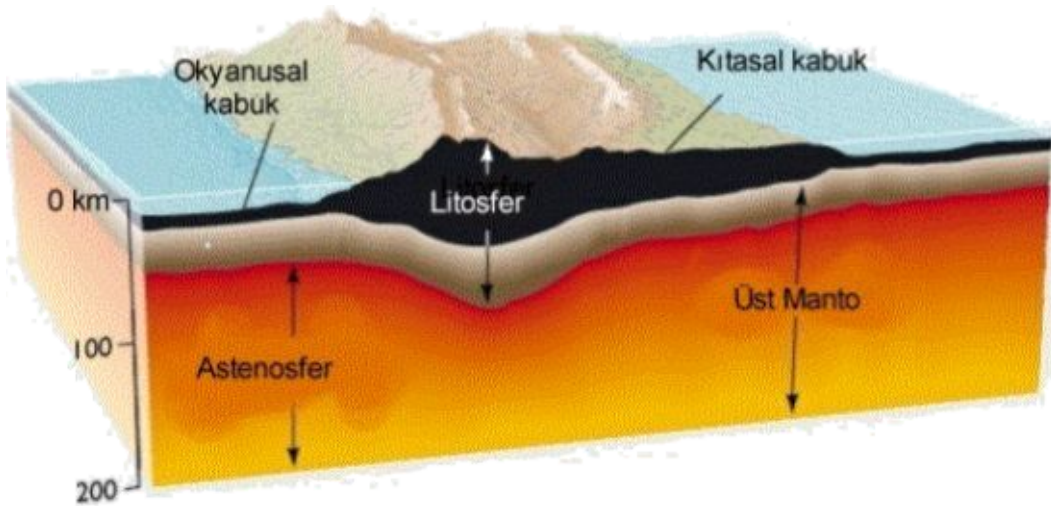
Yerküremiz, dıştan içe doğru yerkabuğu, manto ve çekirdek olarak adlandırılan katmanlardan oluşmuştur (Şekil 2.1). Yerin en dıştaki katmanı olan yerkabuğu, kıtalar altında 35-40 km, okyanusların altında ise 8-10 km'lik bir kalınlığa sahiptir (Şekil 2.2). Yerkabuğu kendisi gibi katı olan ve litosfer adı verilen ve yaklaşık olarak 70-100 km kalın bir katmanın en üst kısmını oluşturur. Litosferin altında ise üst mantonun daha yumuşak (akıcı) bölgesi olan ve astenosfer olarak adlandırılan bölüm yer alır (Tüysüz 1999)

Okyanus tabanlarını ve kıtaları oluşturan yerkabuğu buralarda farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Kıtaları oluşturan kabuk alüminyum oksit ve silisyum oksitçe zengin ve az yoğun ( $2.7-2.9 \text{ gr/cm}^3$ ) kayalardan, okyanus tabanlarını oluşturan kabuk ise demir ve magnezyum oksitçe zengin daha yoğun ( $2.9-3.0 \text{ gr/cm}^3$ ) kayalardan oluşur. Litosferin katı ve rijid yapısına karşılık astenosfer kendi içerisinde senede santimetre mertebesinde bir hızla hareket etmektedir. Astenosferin bu hareketleri ısıtılan bir kaptaki suyun konveksiyon akımları ile kıyaslanabilir. Nasıl ki bir kaptaki ısıtılan su hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar alta doğru hareket etmekte ise astenosfer de dünyanın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle benzeri bir hareket yapmaktadır. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki litosferin parçalara ayrılmasına ve farklı yönlerde sürüklenmesine neden olurlar. Astenosferin senede santimetre mertebesindeki hareketleri sonucunda litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer

parçalarına *Levha*, bunların hareketini inceleyen bilim dalına da *Levha Tektoniği* adı verilir (Tüysüz 1999)



Şekil 2.1 Yerkürenin katmanlı iç yapısı (Press ve Siever 1999)

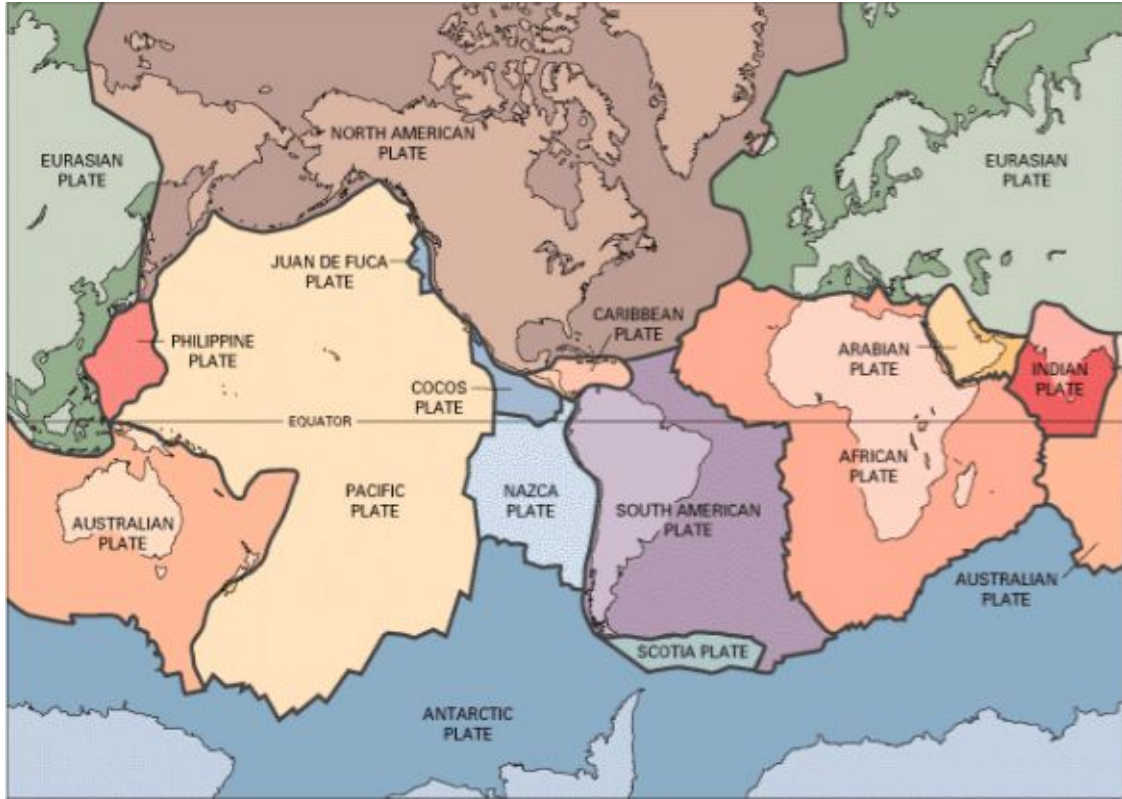


Şekil 2.2 Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram (Press ve Siever 1999)

Dünyada 7 tane büyük, çok sayıda küçük levha bulunmaktadır . Şekil 2.3’de gösterilen levhalardan büyük olanları Avustralya, Pasifik, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Afrika, Avrupa-Asya ve Antartika levhalarıdır. Küçük levhalar ise Antiler, Filipinler, Kokos, Nakza, Hindistan levhacıklarıdır.

Levhalar birbirlerine göre uzaklaşır, yaklaşır ya da yanıl olarak kayarlar. Her yıl birbirlerine göre 1 ile 10 cm arasında hareket etmektedirler. Bu hareketlere bağılı olarak yer kabuğı parçaları da gerilerek, sıkıştırılarak, ya da makaslanarak deforme olurlar. Bu deformatsyon sünek kayalarda kıvrılma ve akma yolu ile kırılğan kayalarda ise kırılma yolu ile sonuçlanır (Tüysüz 1999).

Üzerine stres uygulanan kayalar deforme olurken (yamulurken) bu strese (gerilmeye) farklı yanıtlar verirler. Bu yanıtlardan biri de kayaların fay adı verilen kırıklar boyunca yırtılmalarıdır. Bu yırtılma anında meydana gelen yer sarsıntısına ise deprem adı verilir (Tüysüz 1999).



Şekil 2.3 Dünyanın tektonik yapısını belirleyen başlıca levhalar

(<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/slabs.html>)

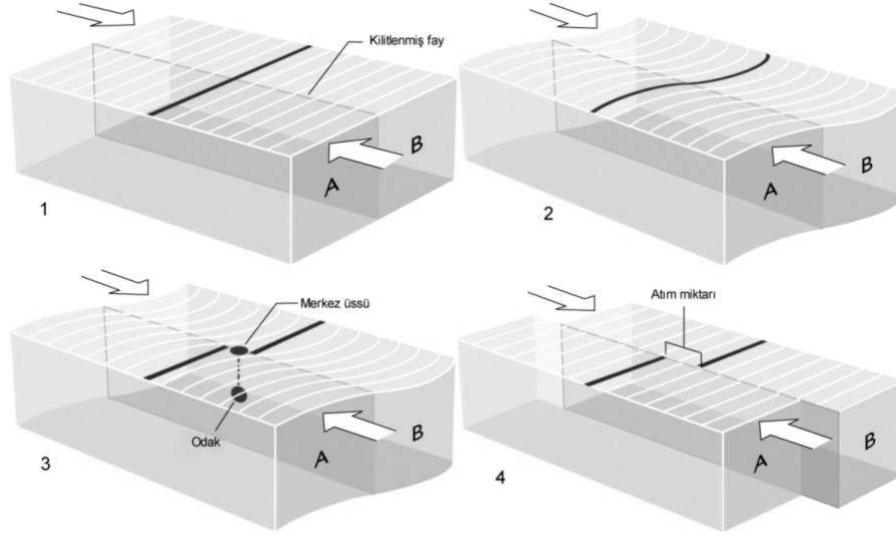
Bugün bilinen ve kabul edilen gerçek depremin yerin hareketleri sonucunda oluştuğudur. Depremler çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Bunlar arasında başlıcaları olarak volkanik patlamalara bağlı olarak oluşan depremler, yerkabuğu içerisindeki boşlukların çökmesi ile oluşan depremler ve en önemlisi olan faylanmaya bağlı olarak oluşan depremler sayılabilir (Tüysüz 1999).

Depreminin en önemli kuramlarından biri Amerikalı esnek yamulma enerji salınması (elastic rebound) kuramıdır (Reid 1910). Bu kurama göre mevcut bir fayın iki tarafındaki bloklar fay düzlemi boyunca birbirlerine sürtündükleri için hareket edemez, üzerlerine gelen kuvvetleri deforme olarak karşılarlar. Bu durumdaki faylara kilitli fay denir. Üzerlerine yüklenen enerjiyi biriktiren ve deforme olan kayalar deformasyonun gücü sürtünme gücünü ya da bloklardan birini oluşturan kayaların kırılma dayanımını yenecek seviyeye gelince aniden kırılırlar ve böylece fay oluşur. Kayalar içerisinde o zamana kadar biriken enerji depremin odak noktasında boşalır, fay harekete geçerek bloklar bir miktar atılır. Fayın iki tarafındaki kayalar ise deformasyon öncesindeki hallerine dönerler. Kayalara etki eden kuvvet devam ettikçe bu döngü de böylece sürer (Keller ve Pinter 1996). Fay blokları arasında kaymanın başladığı yere depremin odak noktası, bu noktanın yeryüzündeki izdüşümüne merkez üssü ya da dış merkez denir. Şekil 2.4 esnek serbeslenme kuramına göre katı bir ortamda yerkabuğunun kırılması (faylanması) ve depremin oluşumunu zaman içinde aşamalı olarak göstermektedir.

## 2.1 Faylar ve Çeşitleri

Dünyamızda oluşan yıkıcı depremlerin hemen hemen tamamı faylarla ilişkilidir. Bu nedenle faylar depremlerin anlaşılması açısından en önemli unsurlardan biridir. Eğer bir kırığın iki tarafındaki kayalar birbirlerine göre gözle görülür miktarda hareket etmişlerse bu kırığa fay adı verilir. Fayların boyutları birkaç santimetreden birkaç yüz hatta bin kilometreye, atım miktarları ise birkaç santimetreden onlarca hatta bazen yüzlerce kilometreye kadar değişmektedir. Fayların boyu depremin büyüklüğü ile logaritmik olarak oranlıdır. Büyük ve sığ depremlerde yeryüzünde gözlenen fayın boyu yüzlerce kilometreye erişebilmektedir. Örneğin 1939 Erzincan depreminde oluşan fayın boyu

360 km olup üzerindeki en büyük yer değiştirme (atım) ise 750 cm'dir. Faylar segmentler (birbirinin devamı şeklindeki fay parçaları) şeklinde olabilirler (Tüysüz 1999).



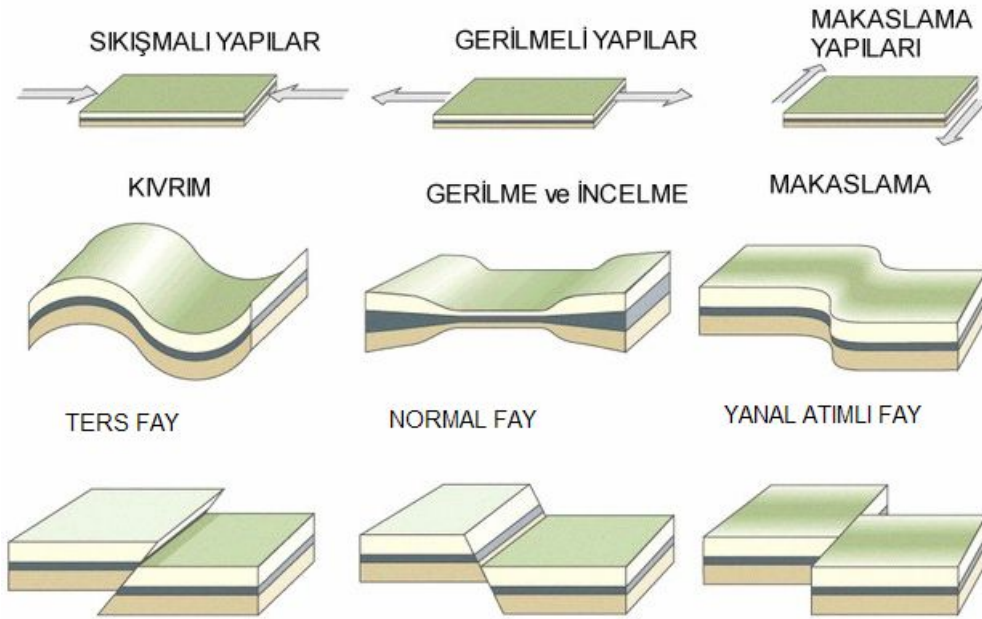
Şekil 2.4 Esnek serbeslenme kuramı ışığında esnek bir yer bloğunun tektonik kuvvetler altında kırılması (faylanması) aşamaları (Press ve Siever 1999)

Faylar, blokların hareket yönü ile fay düzlemi arasındaki ilişkiye göre; eğim atımlı, verrev (oblik) ve doğrudan atımlı faylar olarak sınıflanırlar. Bunlar sıkışma, gerilme ya da makaslama kuvvetlerinin etkisi ile gelişir, kendilerini oluşturan kuvvete bağlı olarak farklı şekiller alırlar (Şekil 2.5) (Tüysüz 1999).

Blokların fay düzlemi boyunca birbirinden uzaklaşma miktarına atım veya ötelenme denir. Bir fay düzleminin iki tarafında yer alan ve fay tarafından birbirine göre ötelenen kayalar fay bloklarını oluştururlar. Fay düzlemi düşey ise bu bloklar hareket ettikleri yöne bağlı olarak alçalan veya yükselen blok adı ile bilinirler. Eğer fay düzlemi eğimli ise fay düzleminin eğimi yönündeki bloğa tavan bloğu, tersi yönündeki bloğa da taban bloğu adı verilir. Faylar, fay bloklarının fay düzlemine göre hareket ettikleri yön dikkate alınarak adlandırılırlar (Tüysüz 1999).

Eğim atımlı faylar blokların fay düzleminin eğimi yönünde (doğrultusuna dik olarak) hareket ettiği faylardır. Tavan bloğu taban bloğuna göre aşağı düşmüşse eğim atımlı normal faydan, tavan bloğu taban bloğuna göre yukarı çıkmışsa eğim atımlı ters faydan sözedilir. Normal faylar gerilmeli tektonik rejim altında gelişir ve bölgenin genişlemesine neden olurlar. Ters faylar ise sıkışmalı tektonik rejim altında gelişir ve bölgenin kısılmasına neden olurlar (Tüysüz 1999).

Doğrultu (yanal) atımlı faylar blokların fay düzleminin doğrultusu boyunca hareket ettiği faylardır. Bloklardan biri üzerinde durulup karşı bloğa bakıldığında karşı blok sağa doğru hareket etmişse sağ yanal, sola doğru hareket etmişse sol yanal atımlı faydan sözedilir. Bu tür faylar makaslama kuvvetleri etkisinde gelişirler (Tüysüz 1999). Örneğin Kuzey Anadolu Fayı (KAF) sağ, Doğu Anadolu Fayı (DAF) sol yanal atımlı bir faydır (Ambraseys, 1970, Le Pichon vd. 1973).

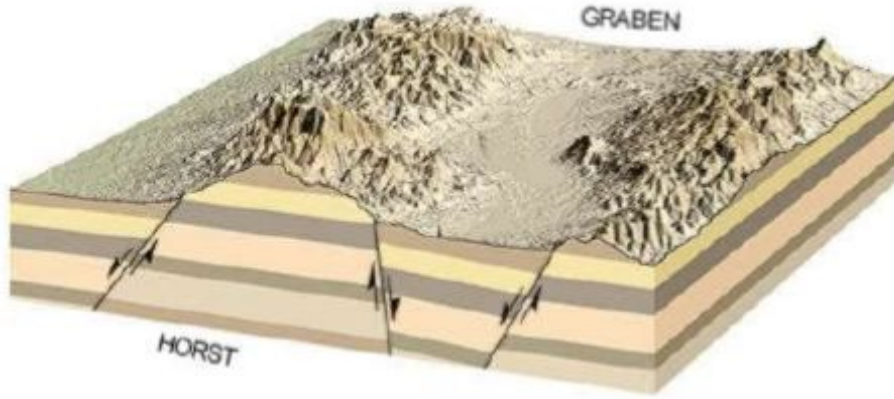


Şekil 2.5 Fayların gelişimi (Press ve Siever 1999)

Oblik (verev) faylar blokların hem doğrultu hem de eğim yönünde hareket ettiği faylardır. Bunlar eğer tavan bloğu alçalmışsa oblik normal fay, eğer tavan bloğu yükselmişse oblik ters fay olarak adlandırılır (Tüysüz 1999).



Ters fayların eğim açısı düşükse bindirme fayı adını alırlar. Yatay ya da yataya yakın eğimdeki ters faylara ise nap adı verilir. Bunlar atımı yüzlerce kilometreyi bulan ve büyük dağ sıralarının oluşumu esnasında gelişen sıkışmalı yapılardır. Karadeniz Bölgesinde, İç Anadolu'da, Toroslar'da ve Güneydoğu Anadolu'da ilginç örnekleri vardır. Bir bölgede normal faylar ardışıklı olarak geliştikleri zaman horst-graben yapısının gelişimine yol açarlar (Şekil 2.6). Horstlar yükselen, grabenler ise alçalan fay bloklarına karşılık gelirler. Horstlar dağlık ve yüksek alanları, grabenler ise alçak ve düzlük alanları oluştururlar. Ege bölgesi bu tür horst-graben yapıları için iyi bir örnektir (Tüysüz 1999).



Şekil 2.6 Horst ve graben yapısı (Press ve Siever 1999)

## 2.2 Türkiye'nin Tektoniği

Türkiye yer kabuğu hareketleri açısından dünyada benzeri az bulunan doğal bir laboratuardır. Türkiye; Avrupa, Afrika ve Arabistan levhalarının doğrudan dokanak halinde bulunduğu Alp-Akdeniz orojenik kuşağı içinde yer almaktadır (Ketin 1977). Bu oluşum, Anadolu yarımadasında doğuda sıkışma ve batıda ise genişleme tektonizmasına bağlı olarak karmaşık bir tektonik yapı meydana getirmiştir. Afrika, Avrasya ve Arap levhaları arasında kalan Türkiye ile yakın çevresindeki güncel tektonik hareketler ve depremsellik McKenzie (1972) tarafından Ege, Karadeniz, İran ve güney Hazar levhacıklarının göreceli hareketleri ile açıklanmaya çalışılmıştır. Türkiye, Arabistan levhası ile Asya'nın çarpışması, ardından da bu çarpışmanın neticesi olarak oluşturulan

asimetrik tektonik uzaklaşma sisteminin en iyi geliştiği bir bölgeyi temsil eder. Bu tektonik şema içerisinde en önemli ve en büyükleri doğrultu atımlı faylarla temsil edilen bir yapı ailesi ile karakterize edilir. Gerek eldeki deprem verilerinin odak mekanizması çözümleri, gerekse büyüklükleri açısından doğrultu atımlı faylar diğer yapılara daha baskın çıkarlar.

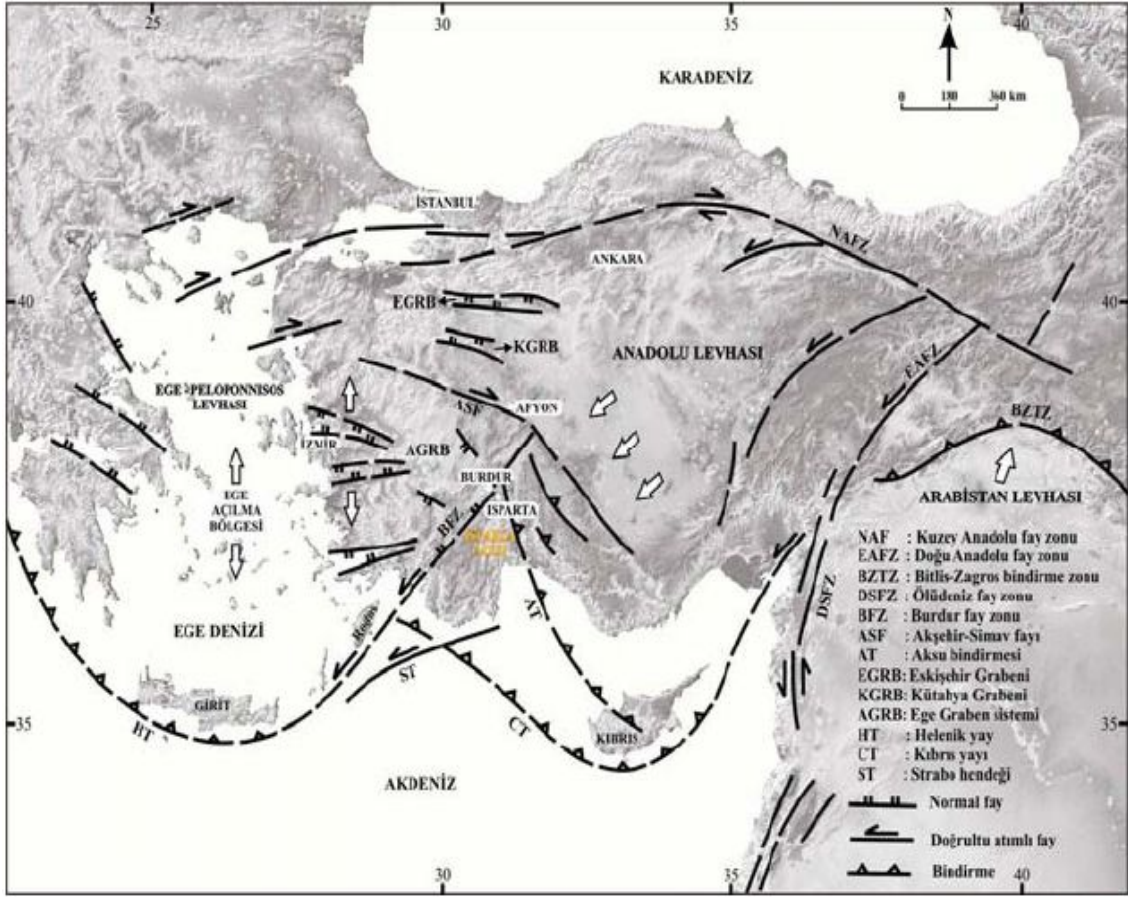
Herhangi bir bölgede meydana gelmiş olan, günümüze kadar geçmiş olan zaman içerisindeki tektonizmanın tümüne neotektonik denir (Şengör 1980). Türkiye için Anadolu levhası ile Arabistan levhasının Orta Miyosendeki çarpışması bu dönemin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu değişimler ülkemizin neotektonik gelişmesini paleotektonik gelişmesinden ayırmak için uygun bir dönüm noktasını oluşturur.

Türkiye ve yakın çevresinde yeni tektonik dönemi denetleyen önemli yapı unsurları Helenik yayı (Ege yayı), Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Ege Graben Sistemi'dir (Toksöz 1975, Le Pichon vd. 1973) (Şekil 2.7).

Helenik yayı, Kıbrıs'ın batısı ile yaklaşık Korint körfezi arasında 1550 km uzunluklu, dışbükey, 3 km derinlikli diri bir bindirme kuşağı olup, bu kuşak boyunca, Afrika levhası kuzeye Ege-Anadolu levhasının altına 2-5-2.7 cm/yıl'lık bir hızla dalmaktadır (Toksöz 1975, Le Pichon vd. 1973). Helenik yayı, Girit adasının güneyini geçtikten sonra Antalya körfezine doğru bir kavis yaparak Anadolu levhasını bu hat boyunca yırtmaya başlamıştır (Şekil 2.7). Astenosfere doğru yönelen bu hareket dalma-batma hareketine bir örnek teşkil etmektedir (Ketin 1993)

Arap levhasının kuzey yönünde 1.9 cm/yıl'lık hızla (Mc Clusky vd. 2000) Anadolu bloğu ile çarpışması sonucu, eski bir yitim kuşağı boyunca, Pliyosen sırasında, devam eden K-G yönlü sıkışma sonucu yaklaşık 1200 km uzunluklu, sağ yönlü yanal atımlı, Ege-Anadolu ve Karadeniz levhaları arasındaki sınırı oluşturan, yapılan jeodezik çalışmalarla saptanan görelî devinim hızı 3 cm/yıl olan, 10-12 milyon yıldan bu yana hareket halinde bulunan Kuzey Anadolu Fayı (Ambraseys 1970, Aytun 1973, Seymen 1975, Tatar 1978, Koçyiğit 1983, Oral vd. 1993, Straub ve Kahle 1994,1995, Le Pichon vd. 1995, Yavaşoğlu 2003) ile Erken Miyosen ya da Orta Miyosen sonunda sol yönlü

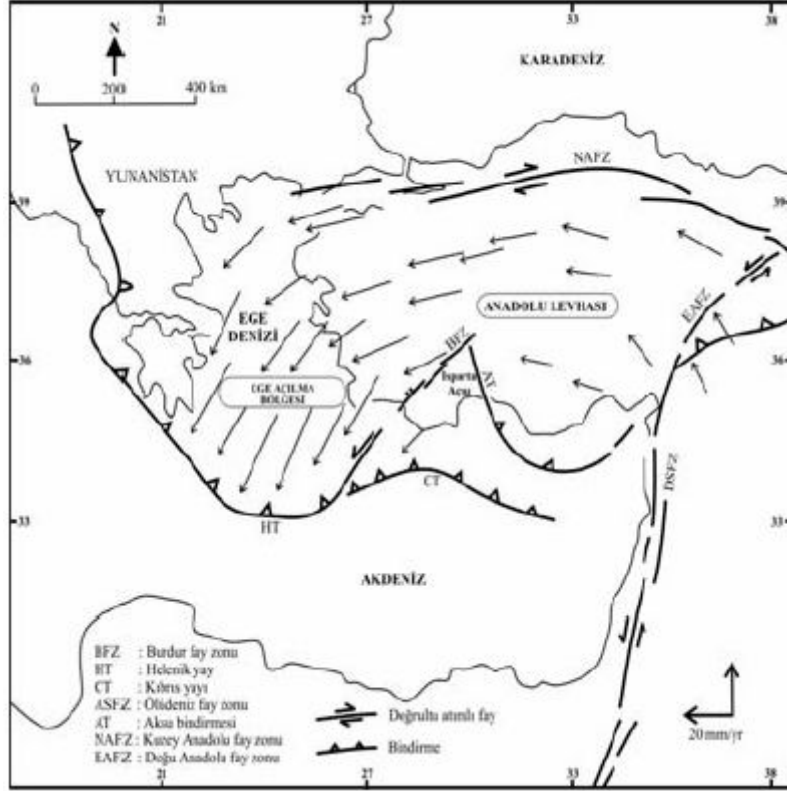
yanal atımlı 400 km uzunlukta, Ege-Anadolu levhasının güneydoğu sınırını oluşturan Doğu Anadolu fayı meydana gelmiştir (Toksöz 1975, Le Pichon vd. 1973).



Şekil 2.7 Türkiye’yi etkileyen tektonik hareketler ve Türkiye’nin genelleştirilmiş tektonik haritası (Yağmurlu ve Şentürk 2005)

Anadolu bloğu bu faylar boyunca batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Arap levhasının kuzeye doğru olan hareketi durmamış ve Kuvaterner boyunca da devam etmiştir. Bu hareket Kuzey ve Doğu Anadolu fayları ile telafi edilmeye çalışılmıştır. Ancak bu hareketin tümü karşılanmamaya başlayınca Anadolu bloğu içsel deformeasyona uğrayarak birbiriyle bileşik fay sistemi oluşturan faylar meydana gelmeye başlamış ve bu faylar boyunca küçük bloklar çıkmaya başlamıştır. Anadolu bloğunun batıya doğru hareketinde zorlanması, Anadolu bloğunun bu kesiminde K-G yönlü genişlemesine, dolayısı ile D-B doğrultulu Ege Graben Sisteminin gelişmesine neden olmuştur (Demirtaş ve Yılmaz 1996). Anadolu bloğu Yunan makaslama zonunun engellemesi sonucu daha fazla batıya doğru hareket edememiş ve yön değiştirerek GB

ya doğru yıllık 25-35 mm hızla Akdeniz okyanusal kabuğu üzerine hareket etmeye başlamıştır (McClusky vd. 2000) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Türkiye ve yakın çevresinde gelişen güncel deformasyonlar ile levhaların hareket hızı ve yönleri (McClusky vd. 2000).

Afrika levhasının kuzey-kuzeybatıya hareketi, Anadolu-Ege levhasının güney sınırı boyunca (Helenik yayı) günümüze değin karşılanı gelmiştir (Koçyiğit 1984).

### 2.3 Güneybatı Türkiye'nin Tektoniği

Ege-Anadolu levhasının bir parçasını oluşturan güneybatı Türkiye, blok-faylanma tektoniği ve bu tektonik rejime bağlı olarak gelişmiş yapılar bakımından özgün bir alandır (Koçyiğit 1984). Bölge, Alp-Akdeniz orojenik kuşağının Akdeniz'deki en aktif bölgelerinden olup levha hareketlerinin incelenebileceği, Ege, Anadolu ve Afrika levhalarının doğrudan dokanak halinde bulunduğu bindirme zonu içindedir (Şahin 1997).

Ege hendeği boyunca Afrika levhasının Ege-Anadolu levhası altına dalmasıyla, dalan levhanın üst yüzeyinde büyük sürtünme ısı ve hidrodinamik kuvvetler oluşmaktadır. Bu kuvvetler sıcak magmayı yukarıya Ege-Anadolu levhası içine doğru göçe zorlamakta ve manto hacminin artmasına neden olmaktadır. Artan hacim, Ege-Anadolu levhasının kuzeye ve güneye doğru genişlemesine, dolaylı olarak da manto malzemesinin kabuk içine sokulmasına, volkanik aktiviteye, yüksek ısı akışına, manyetik anomaliye, kabuk yapısı ve kalınlığının değişmesine, Ege-Anadolu levhasının orta-iç kesimlerinde sığ odaklı ve çekme gerilimine bağlı depremlerin, kenar kesimlerinde ise sıkışma gerilimine bağlı depremlerin oluşmasına yol açmaktadır (Papazachos ve Comninakis 1977).

Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında tektonik gelişim üç döneme ayrılır. Bunlar Eski tektonik dönem, geçiş dönemi ve yeni tektonik dönemdir. Geçiş dönemi, Alp dağoluşum kuşağının birçok kesiminde de gözlenmiş olduğu gibi, kaim bir molas istifiyle ıralanmaktadır. Yerel olarak Orta Oligosen sonunda, fakat genel olarak Geç Miyosen-Erken Pliyosen sırasında başlamış olan yeni tektonik dönem ise, çekme tektoniği denetiminde gelişen karasal tortullaşma, onunla yaşıt kıta içi volkanizma ve blok faylanma ile belirginlik kazanır (Koçyiğit 1984).

Günümüzde güneybatı Türkiye, Ege denizi ile aynı deformasyon biçimine sahiptir ve başlıca K-G ile KD-GB genişlemesi egemendir (Arpat ve Bingöl 1969, McKenzie 1972, McKenzie 1978, Ritsema 1973, Ritsema 1974, Bingöl 1976, Mercier 1977). Ege 13 milyon yıldan beri genişleme rejiminin denetimi altında olup, güney Ege'de KKD-GGB doğrultusunda % 30-80, orta ve kuzey Ege'de K-G doğrultusunda % 50-70, güneybatı Türkiye'de ise KKD-GGB doğrultusunda % 20 oranında genişleme olmuştur (Le Pichon ve Angelier 1979). Egemen olan K-G ile KD-GB yönelimli genişlemeden başka KB-GD, D-B yönelimli genişlemelerin varlığı büyük boyutlu horst-graben sistemleri, onları sınırlayan normal faylar ve deprem odaklarının dağılımıyla kanıtlanmıştır. Gelişmiş olan görelî düşey hareket miktarı 500-2000 m arasında, düşey hareket hızı ortalama olarak 1mm/yıl ile 1 mm/2.5 yıl arasında ve ortalama genişleme miktarı ise toplam % 5-20 arasında değişmektedir (Koçyiğit 1984).

Mc Clusky vd. (2000) ve Lenk vd. (2003) GPS verilerini kullanarak Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının çarpıştığı aktif bir alanda bölgenin kinematığını izleyerek batıya kaçış ve levha konumlarını modellemişlerdir (Erdoğan 2006, Yüksel 2004). Bölgede yapılan GPS çalışmaları incelendiğinde, Burdur fayının kuzeyinde, Ege levhasının GB' ya doğru genişlediği görülmektedir (Erdoğan 2006, Oral vd. 1995). Ege Bölgesi'nin güneybatıya hareketi, kuzeybatı gidişli fayların aktif olmasına yol açmıştır. Bu nedenle batı Anadolu'da günümüzde kuzeybatı yönlü Muğla, Acıpayam, Denizli, Alaşehir, Dinar, Simav ve Afyon fayları sismik açıdan son derece aktif karaktere sahiptir. KB gidişli olan bu faylar, D-B gidişli faylara oranla daha aktiftirler (Yağmurlu 2000, Mc Clusky vd. 2000).

Güneybatı Türkiye'de önemli iki sismik kuşaktan birincisi Girit adası-Rodos adası-Fethiye-Burdur boyunca, diğeri ise Simav-Emet-Gediz-Altıntaş-Afyon boyunca uzanmaktadır. Bu iki kuşak, güneybatı Türkiye'de deprenselliği en yüksek alanlardır (Ergin vd. 1967). Derinliği 0-150 km arasında değişen oluşan deprem episantrları da bu iki kuşak üzerinde yoğunlaşmış bulunmaktadır (Koçyiğit 1984) (Şekil 2.9).

Karaman ve Yılmaz'ın (1982) yaptıkları çalışmalar, bölgede değişik doğrultulu ve birbirini kesen fay sistemlerinin geliştiğini göstermektedir.

Güneybatı Türkiye'de dört ayrı grabenleşme evresi saptanmıştır. Bunlar sırayla Miyosen sonu-Erken Pliyosen (KB-GD sıkışma, KD-GB çekme), Pliyosen (K-G sıkışma, D-B çekme), Eski Kuvaterner (Burdur dolayında K-K sıkışma, D-B çekme; Sarayköy dolayında KB-GD sıkışma, KD-GB çekme) ve Genç Kuvaterner (Burdur yöresinde KB-GD çekme, Menderes grabeninde ise KD-GB çekme) grabenleşmeleridir (Kocaefe ve Ataman 1976). Burdur ve Menderes grabenlerinin oluşumu, bir sıkışma fazını izleyen ona dik yönde gelişen çekme gerilimine bağlı normal faylarla açıklanmaktadır (Dumont vd. 1979).

Bölgede, Paleozoyik yaşlı kayalar Yerkesik'in batısında Marcal Dağları'nda görülür (Philippson 1915, Onay 1949). Güneyde Nif alüvyal ovası ile Fethiye peridotit masifinin kuzey kontağı arasında karbonifer, marnlı ve kumlu kalkerler halindedir.

Güneybatıda Fethiye ve çevresinde çok kalın ve masif şeklinde olan dolomitik kalker serisi Jura'yı kapsamaktadır. Marmaris bölgesinde Alt Mesozoik'e ait masif kalkerler üzerinde, kalınlığı nispeten az fakat litolojisi çok çeşitli olan formasyon izlenir (Şahin 1997).



Şekil 2.9 Güneybatı Anadolu ve yakın çevresinin ana tektonik birimleri  
(Mc Kenzie 1978)

Denizli'nin güneydoğusunda Mesozoik kalker serileri Tavas ile Acıpayam arasındaki dağların sırtını teşkil ederler. Üst Kretase sonu-Daniyen yerleşim yaşlı Antalya Napları Eğirdir Gölü batısında Barla Dağı ile Davraz Dağı arasında ve Isparta'nın güneydoğusunda izlenir (Gutnic vd. 1968). Eosen, Köyceğiz Gölü sahasında, Fethiye

etrafında, güney sahillerindeki dağlarda ve Elmalı etrafındaki dağlık arazide görülür (Ersoy 1989).

## 2.4 Dinar'ın Tektoniği

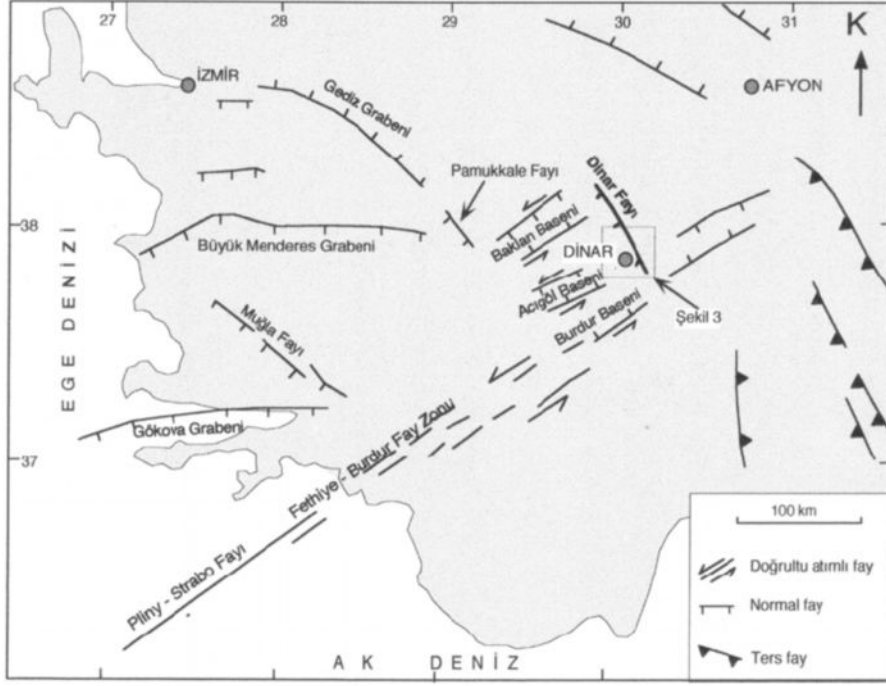
Türkiye'de neotektonik dönem, 11 milyon yıl önce Arap levhasının Anadolu levhasına çarpması, bu çarpışmanın ardından Anadolu'nun, batıya doğru hareket etmesiyle başlamıştır (Şengör 1980). Ege ve güneybatı Anadolu, Hellenik dalma-batma zonunun etkisi ile K-G ve KD-GB yönlü gerilmelere maruz kalmış ve buna bağlı olarak Batı Anadolu'da horst-graben yapılar oluşmuştur (Alptekin 1973). Dinar'ın da bulunduğu Güneybatı Anadolu'da K-G uzanımlı normal fayların yanı sıra, KB-GD gidişli normal ve oblik faylara da rastlanır (Poisson vd. 1997).

Bölgenin aktif fay haritası incelendiğinde Dinar'ın doğusunda sol yönlü doğrultu atımlı Tatarlı ve Kumdanlı fayları geçerken güney ve güney batısında sol yönlü doğrultu atımlı Burdur ve Acıgöl fayları geçmektedir. Dinar'ın kuzey batısında ise Menderes ve Gediz grabenleri uzanmaktadır (Şaroğlu vd. 1991), konumu itibariyle güneybatı Anadolu ve Isparta üçgeni arasındaki tektonik sınırı oluşturmaktadır (Barka vd. 1995) (Şekil 2.10).

Dinar ve çevresinde iki önemli tektonik yapı göze çarpar. Bunlar KD-GB doğrultulu Fethiye-Burdur fay zonu ve KB-GD doğrultulu Dinar-Çivril fayıdır. Dinar-Çivril fayı, Westaway (1990) tarafından Çatmadağ fayı olarak adlandırılmıştır. Barka vd.'ye (1995) göre Fethiye-Burdur fay zonu Pliny Strabo Fay zonunun kuzeydoğu uzantısıdır ve Fethiye'den Afyonkarahisar'a doğru uzanır. Acıgöl ve Baklan fayları Fethiye-Burdur fayına paralel uzanır ve sol yanal atım ve düşey atım bileşenleri taşırlar. Barka vd. (1995) Fethiye-Burdur fayının batı Anadolu bloğu ile Isparta açısını ayıran önemli bir fay zonu olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla Dinar ve civarını da içine alan Ege bölgesi bu iki önemli tektonik rejimin etkisi altında kalmıştır. Bu rejimlerin ortak etkisi sonucu bu bölge, KB-GD yönünde sıkışmaya, KD-GB yönünde çekilmeye maruz kalmaktadır. Price ve Scott (1994), Dinar Fayı'nın Burdur, Acıgöl ve Baklan fayları ile



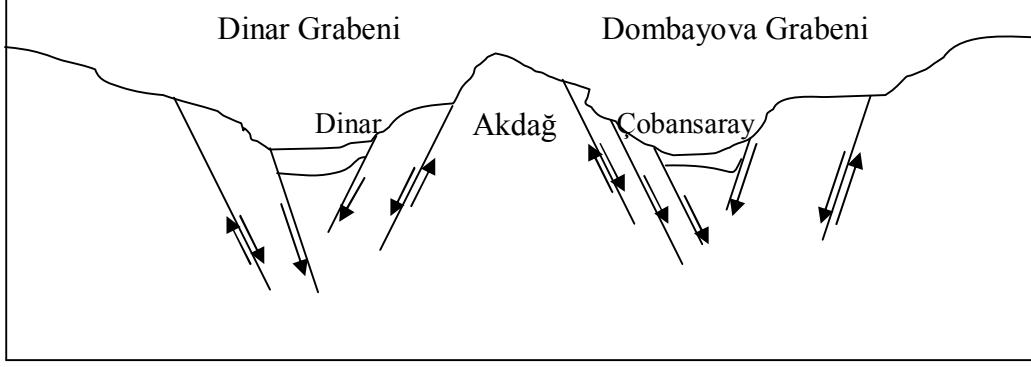
birlikte kaçma (açılma) fayı olabileceği iddialarına karşı, yapısal ve sismolojik kanıtların bu fayın bölgede büyük çaplı bir kaçma fayı özelliği taşımadığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.10 Güneybatı Türkiye'nin önemli neotektonik yapıları ve Dinar fayının yeri (Eyidoğan ve Barka 1996)

Dinar ilçesi ve yakınında yer alan KB-GD ve KD-GB doğrultulu Dinar-Çivril ve Akdağ fay sistemleri nedeniyle Dinar ve çevresi iki büyük çöküntü havzası (graben) ve onları birbirinden ayıran bir yapısal yükselim alanına (horst) bölünmüştür. Grabenlerden doğuda yer alanı, Dombayova, batıdaki ise Dinar Grabeni olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.11).

Dinar Grabeni KB-GD uzanımlıdır ve kuzeydoğuya doğru genişliği 1.5 km'den 15 km'ye kadar artar. Dinar Grabeninin doğu-kuzeydoğu kenarını, yaklaşık K20°-50°B doğrultusunda uzanan Dinar fayı sınırlar (Öztürk 1982, Koçyiğit 1984). Topoğrafik yükselti, yaklaşık 1000 m olup, basit bir havza yüzeyinden ibarettir. Dinar-Çivril fay zonu, alan içerisinde ana bir yapı oluşturmaktadır (Poisson 1977, Gutnic vd. 1979).

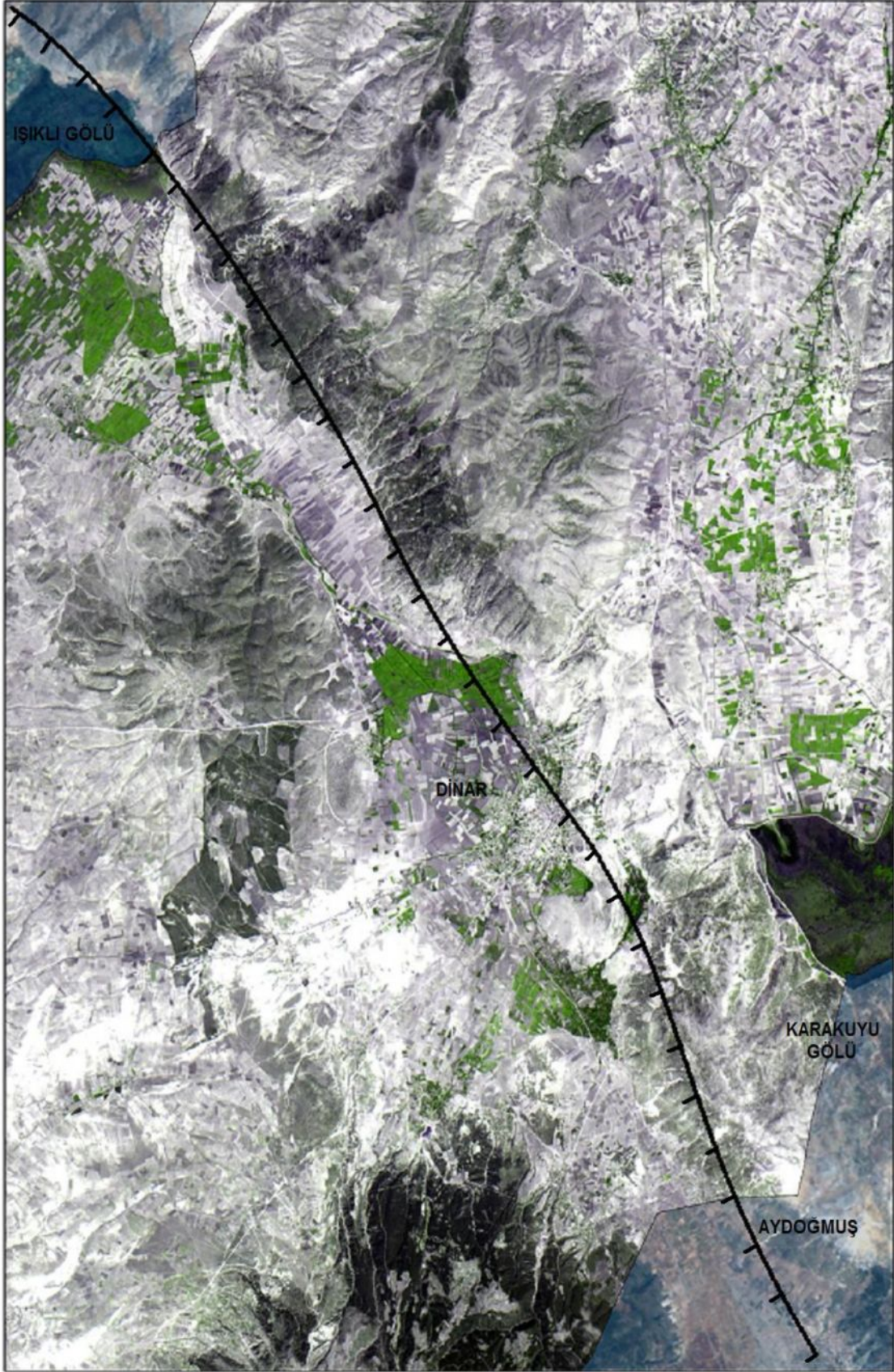


Şekil 2.11 Dinar ve Dombayova grabenlerinin kesitleri  
(Price ve Scott 1994'ten değiştirilerek)

Resim 2.1'de Dinar-Çivril fayının Aydoğmuş Beldesi ve Işıklı Gölü arasında kalan kesimi uydu görüntüsü üzerinde işlenmiş olarak gösterilmektedir.

Dinar fayı, çok az yatay bileşeni olan, eğim atımlı bir faydır ve eğim miktarı  $40^{\circ}$  ile  $69^{\circ}$  arasında değişmektedir. Dinar fayının kayma yüzeyinden ve Akdağ'ın yamacı boyunca ilerlemesinden dolayı normal fay olduğu kesindir. Fay hattı güneydoğuda Keçiborlu ilçesinin yaklaşık 2-2.5 km batısında başlar ve Dinar ilçesinin yerleşim alanının içinden geçerek kuzeybatıdaki Çivril ilçesinin yaklaşık 3-4 km kuzeydoğusuna kadar uzanır. Bu uzanım içinde, Dinar fayının uzunluğu yaklaşık 55 km'dir. Dinar fayı güneybatıya eğimli olup, batı bloğu düşen, doğu bloğu ise yükselen bloktur (Öztürk 1982, Koçyiğit 1984).

Pınar ve Kalafat (1996) ile Pınar'ın (1998) Dinar bölgesinde yaptıkları 3 boyutlu deprem etkinliğini içeren çalışmalarda 0-10 km derinliğinde yoğun bir aktivitenin olduğu, 10-20 km derinlikte ise bu aktivitenin zayıfladığı ve 20 km'den daha derinlere doğru aktivitenin biraz daha yoğunlaştığı tespit edilmiştir



Resim 2.1 Geniş açılı uydu görüntüsüne entegre edilen fay hattı (1/50000)

## 2.5 Dinar'ın Jeolojisi ve Depremselliği

### 2.5.1 Dinar'ın Jeolojisi

Dinar havzası ve civarındaki Baklan, Burdur havzaları Pliyo-Kuvaterner ve Kuvaterner yaşlı karasal birimlerden oluşur. Şekil 2.14'te Dinar ve civarının jeoloji haritasında gösterilen bu karasal çökelleri akarsu ve göl fasiyesli detritikler meydana getirir. Dinar havzasını kaplayan alüvyonal yelpaze çökellerine geçerler. Bu çökeller Dinar'dan Çivril'e doğru uzanan fayı genellikle örtmüşlerdir (Ersoy 1989). Diğer taraftan Dinar'ın kuzeybatı ve güneydoğusunda grabeni oluşturan fayların önündeki blok, çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerden oluşmaktadır (Yalçınkaya 1989).

Yaklaşık 200 milyon yıl (Jura) öncesinden günümüze kadar değişen yaşlardaki malzemeyle oluşmuş olan bu bölge, Türkiye tektoniğini meydana getiren bileşenlerden olan batı Anadolu çöküntü sistemi ile orta Anadolu ova rejiminin, karşı karşıya geldiği bir konumdadır (Koçyiğit 1984, Koçyiğit vd. 2000). Yani, bir geçiş bölgesinde bulunmaktadır (Şengör vd. 1985) .

Dinar ve yakın civarındaki istifler, alttan üste doğru; Mesozoyik melanjı, Mesozoyik karbonatları, Eosen karbonatları (Garipçe formasyonu), Üst Paleosen-Eosen denizel kırıntılıları, Üst Eosen-Oligosen konglomeraları, Pliyo-Kuvaterner volkanikleri, Pliyo-Kuvaterner karasal çökelleri ve güncel sedimanlar olarak ayrılmıştır (Görmüş vd. 2007) (Şekil 2.12).

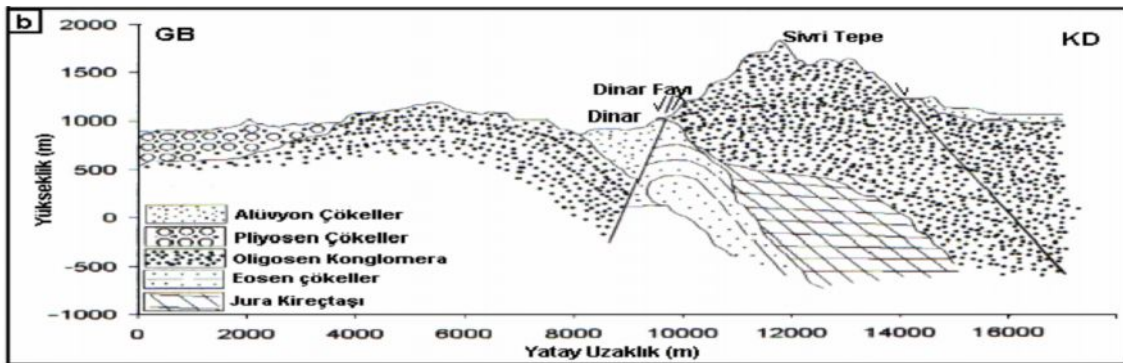
Dinar-merkez ve çevresinde litoloji formasyonu, tabanda kireçtaşı litolojisinin hakim olduğu ve üste doğru yer yer kumlu killi kireçtaşı şeklinde devam etmektedir. Tabandaki kireçtafları içerisinde iri bentik foraminiferlerden alveolinidler ve ayrıışmış kumlu-killi kireçtafları içerisinde ise bol miktarda nummulit türleri bulunmaktadır (Görmüş vd. 2007).

Dinar-Suçukan'da yapılan ölçülü stratigrafi kesitlerinde formasyon kalınlığı Kaleyığı'nda yaklaşık 100-105 m, Suçukan Tepe'de ise 50 m dolaylarında ve Dinar-Merkez'de 20 m civarında ölçülmüştür (Görmüş vd. 2007).

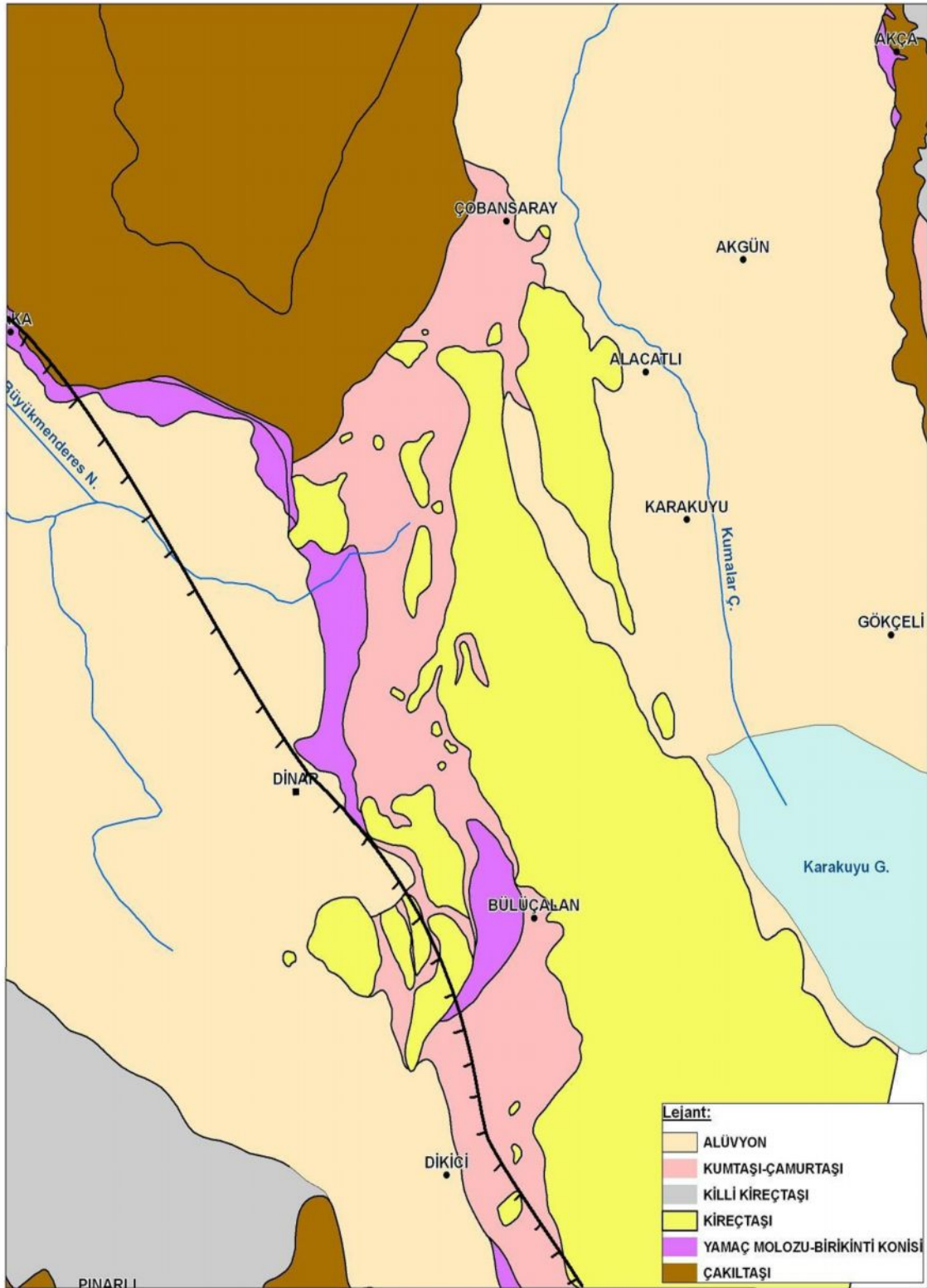
MESOZOYİK		SENOZOYİK					ÜST SİSTEM	
JURA-KRETASE	ÜST KRET ASE	EOSEN		ÜST EOSEN-OLİGOSEN	PLİYOSEN	PLİYO KUVAT ERNER	KUVATERNER	SERİ
Gökçebağ Karışığı	Akdağ Kireç taşı	Garipçe	Isparta	İncesu	Gölcük Volkanitleri	Burdur		FORMASYON
								LİTOLOJİ

Şekil 2.12 Dinar ve Çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Görmüş vd. 2007'den değiştirilerek)

Dinar fayı, üzeri Pliyosen sedimentleri ile kaplanan (Şekil 2.13) ve Isparta Büklümünün temelini işaret eden ve Paleotektonik bir yapı arz eden Aksu Fayı'ndan itibaren uzanır (Şengör ve Yılmaz 1981). Buradaki ana fay düzlemi, Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile Neojen tortulları birbirinden ayırır ve Dinar'ın güneydoğusundan, Işıklı Gölü'ne kadar kesintisiz olarak uzanmaktadır (Temiz vd. 1998, Price ve Scott 1994).



Şekil 2.13 Dinar fayının kesiti (Parlak ve Şahin 2004)



Şekil 2.14 Dinar ve civarının fay hattı entegre edilen jeoloji haritası (MTA 2007).

### 2.5.2 Dinar'ın Depremselliği

Dinar fayının depremsellik aktivitesini belirleyebilmek için 20.yy'dan önce bu fay üzerinde deprem olup olmadığının bilinmesi gerekir. Antik dönemlerdeki adı Apamea Kibotos olan Dinar, M.Ö. 8.yy'da kurulmuştur (Akurgal 1995). Yani Dinar'ın tarihi günümüzden yaklaşık 2800 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Dolayısıyla Dinar hakkında tarihsel bilgiler mevcuttur. Tarihsel ve modern kayıtlara göre; M.Ö. 400, M.Ö. 88, M.S. 53 ( $I_0 = VIII$ ), 1875 ( $I_0 = IX$ ,  $M = 6.9$ ), 1914 ( $I_0 = IX$ ,  $M = 6.9$ ), 1925 ( $I_0 = IX$ ,  $M = 6.8$ ), 1971 ( $I_0 = VIII$ ,  $M = 5.9$ ) ve 1995 ( $I_0 = VIII$ ,  $M = 6.1$ ) depremleri antik Apamea Kibotos kenti ve modern Dinar kentinde yıkımlara ve ağır hasarlara neden olmuşlardır (Soysal vd. 1981, Guidobani vd. 1994).

Tarihsel kayıtlara göre Dinar bölgesinde M.Ö. 400, 88, M.S. 53, 1875, 1914, 1925 ve 1971 yıllarında depremler meydana gelmiştir. Ancak, bu depremlerin hangilerinin Dinar fayı üzerinde meydana geldikleri belli değildir. 1995 yüzey kırığına dik olarak açılan iki adet hendekte yapılan ayrıntılı çalışmalar, bu fay üzerinde 1995 depreminden önce tarihsel devirlerde en az iki adet büyük depremin olduğunu ortaya koymuştur. Radyokarbon yaş analizleri ve tarihsel kayıtlar bu depremlerin M.Ö. 1500 ile M.S. 53 yılları arasında meydana geldiklerini ortaya koymaktadır. Birinci büyük deprem muhtemelen M.Ö. 1500 yılları civarında meydana gelmiş, ikinci büyük deprem ise M.Ö. 80 li yılların başında meydana gelmiş ve antik kent Apamea Kibotos' u yıkmıştır. Dinar bölgesinde tarihsel kayıtlarda yer alan depremlerden sadece M.Ö. 88 yılında meydana gelen deprem muhtemelen Dinar fayı üzerinde meydana gelmiştir. Diğer depremler Dinar bölgesini etkilemişler ancak Dinar fayı üzerinde meydana gelmemişlerdir. Birinci ve ikinci depremler için elde edilen düşey yer değiştirmeler her iki depremin de  $M > 6.5$  olduğunu ortaya koymaktadır (Altunel vd. 1999).

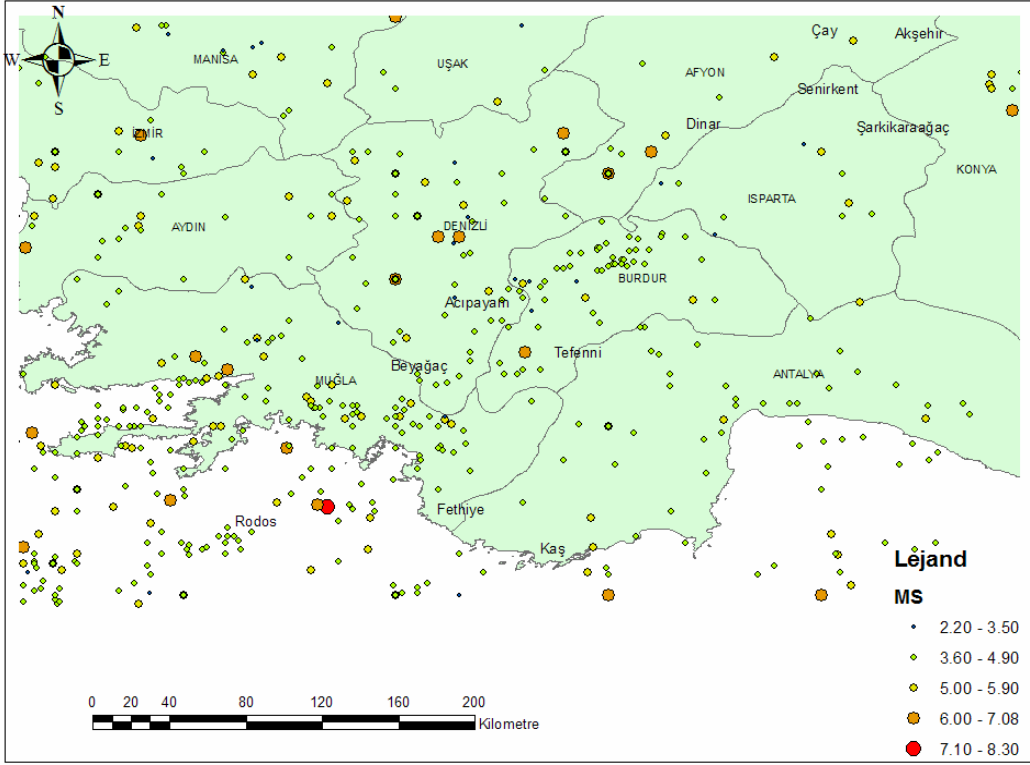
M.Ö. 400 ve M.S. 53 depremleri Apamea Kibotos antik kentinde hasara neden olduğu tahmin edilmektedir ancak bu depremler muhtemelen Dinar fayı üzerinde meydana gelmemişlerdir. Altunel vd. (1999) tarihsel kayıtlar ile arazi verileri ve gözlemleri ışığında, Dinar bölgesinde büyük depremlerin olma periyodunu 1500-2000 yıl olarak

belirtmişlerdir. Fakat depremlere bağı olarak meydana gelen faylar üzerindeki atım miktarlarının farklı olması depremlerin büyüklüklerinin farklı olduğunu göstermektedir.

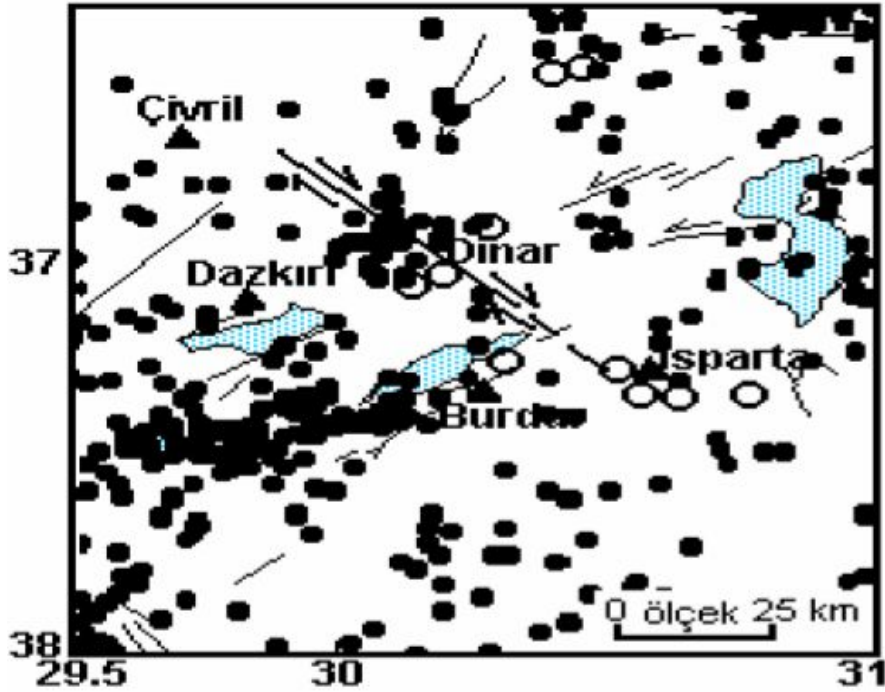
Dinar ve Çivril arasında 1875’de meydana gelen deprem 1300 kişinin ölümüne neden olmuştur (Demirtaş vd. 1995). Dinar ve Çivril arasında büyük bir yıkıma neden olan 1875 depreminin daha sonra yapılan çalışmalarla fay zonunun 20 km’sinin kırılmasına neden olduğu belirlenmiştir (Pınar ve Lahn 1952, Ambraseys 1975, Koral 2000)

Bölgede son yüzyılda meydana gelen depremlerin yerleri ve büyüklükleri Şekil 2.15’de, tarihsel ve aletsel dönemlerde meydana gelen depremlerin lokasyonları Şekil 2.16’da gösterilmektedir. Buna göre 1900-1995 yılları arasında aletsel olarak kaydedilen ve magnitüdüleri 4.0 ile 6.9 arasında değişen 212 deprem meydana gelmiştir. Aletsel dönemde (1900-1995 arası) bölgede tahripkar depremler görülmektedir. 1900’den sonra 3 Ekim 1914 Burdur Depremi ( $M = 6.9$ ) ve bölgedeki diğer orta büyüklükteki depremler hasar yapıcı olmuştur. 3 Ekim 1914 Burdur Depreminin, Burdur, Isparta ve Dinar’da ağır hasara, 400 kişinin ölümüne neden olduğu ve GB-KD doğrultulu 40 km uzunlukta faylanma oluşturduğu bilinmektedir. 7 Ağustos 1925 Dinar Depremi de yörede hasara neden olmuş ve 3 kişi ölmüştür. Dinar civarında 1925’de meydana gelen depremin ( $M = 6.8$ ) artçıları yaklaşık 6 ay sürmüştür (Ambraseys 1988). 19 Temmuz 1933’de Çivril’de meydana gelen deprem ( $M = 5.7$ ) hasara neden olmuş ve 20 kişi ölmüştür. 02.08.1936 tarihinde Dinar’a 47 km uzaklıkta, Göller Bölgesi’nde aletsel büyüklüğü  $M = 4.8$  olan iki deprem meydana gelmiştir. 12.05.1971 Burdur Depremi’nde ( $M = 5.9$ ), Burdur ve çevresinde 57 kişi hayatını kaybetmiş ve 3227 bina ağır hasar görmüştür. Artçı şok etkinliği 12 gün sürmüştür (Ayhan 1988). 27 Şubat 1991 tarihinde Dinar ve çevresinde aletsel büyüklüğü 3.0-3.7 olan 6 adet, 04 Mart 1991 tarihinde 3.2-3.9 arasında değişen 5 adet, 30 Ekim 1993 tarihinde 3.0-4.1 arasında değişen 9 adet deprem meydana gelmiştir (Pınar ve Kalafat 1996).





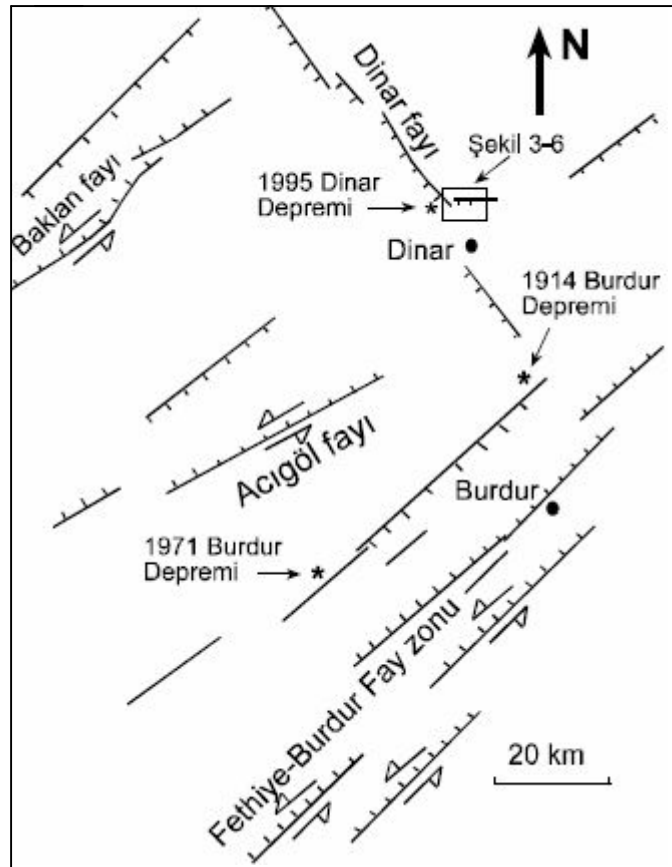
Şekil 2.15 Bölgede son yüzyılda meydana gelen depremler  
(Reilinger ve Mc Clusky 2003)



Şekil 2.16 Dinar ve çevresinde tarihsel ve aletsel dönemlerde  
meydana gelen depremler (Soysal vd. 1981 ve Demirtaş vd. 1995)  
İçi boş daireler tarihsel, siyah noktalar aletsel dönem depremlerini göstermektedir.

### 2.5.2.1 1 Ekim 1995 Depremi

1 Ekim 1995 tarihinde Dinar’da meydana gelen ( $M = 6.1$ ) deprem 96 kişinin ölümüne, 200’den fazla kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Depremde 4340 bina ağır hasar görenek oturulamaz hale gelirken, 3712 bina orta derecede ve 6104 bina hafif derecede hasar görmüştür. Depremın odağı KB-GD doğrultulu Dinar-Çivril Fayı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2.17). Deprem, yaklaşık 55 km uzunluktaki Dinar-Çivril Fayı’nın yaklaşık 15 km’lik kısmını kırmıştır. Karmaşık telesismik dalgaların ters çözüm işlemi, bu kırığın 6 saniye aralıkla oluşan iki şok ile meydana geldiğini göstermiştir (Eyidoğan ve Barka 1996, Pınar 1998). Pınar ve Kalafat 1996, çalışmalarında ilk şokun, kırığın GD kısmında meydana geldiğini ve ikinci şok ile kırığın KB ya doğru geliştiğini göstermektedir. İlk şokun odak derinliği 8 km, ikincisinin ise 12 km’dir (Şahin 1997). Deprem, Yakaköy, Kızıllı ve Yapağılı gibi komşu köylerde de hasara yol açmıştır (Koral vd. 1997).



Şekil 2.17 Aletsel dönemde meydana gelen büyük depremlerin lokasyonları  
(Eyidoğan ve Barka 1996)

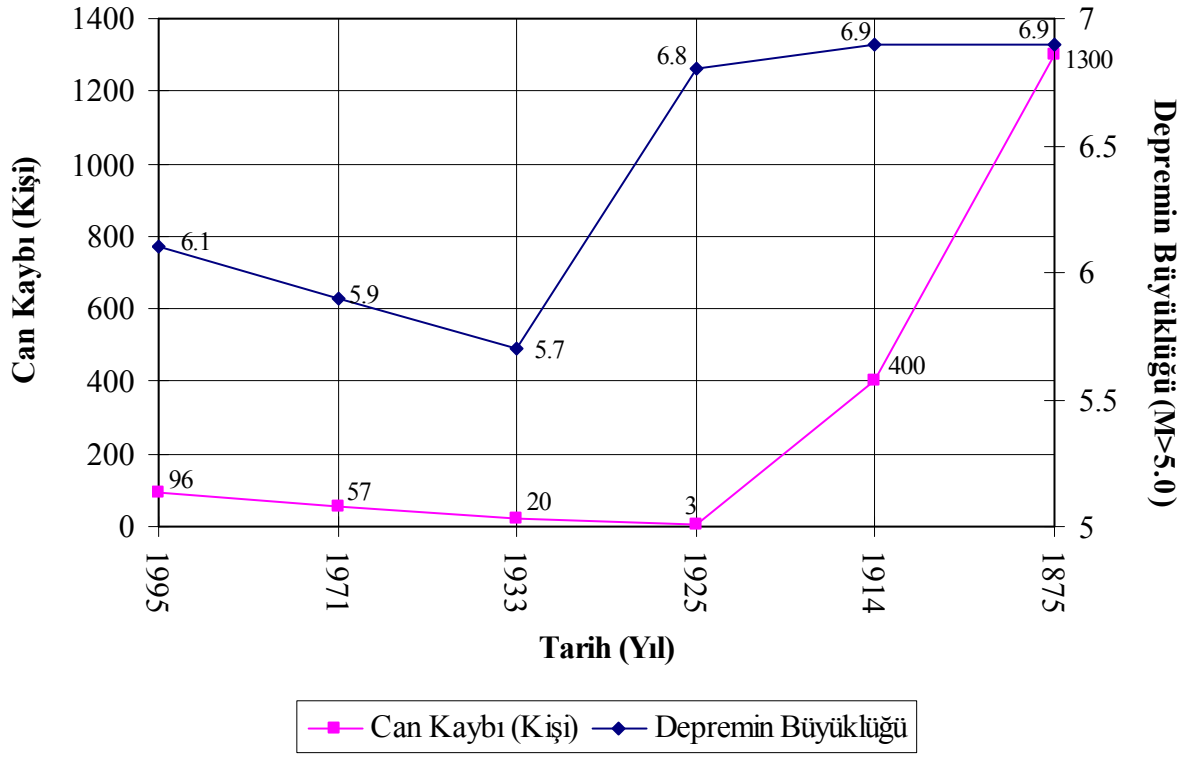
Dinar depremi kendisine has özelliklere sahiptir. Öncü şok faaliyeti depremden 7 ay önce başlamış ve ana şoktan 6 gün önce yoğunlaşmıştır. Bu zaman içinde şiddeti 1.5 ile 5.4 arasında değişen 77 öncü şok gelişmiştir. Depremin ana şokunu takip eden ilk ay içerisinde 2.9 ile 5.1 arasında değişen büyüklükte 660 artçı şok gelişmiştir (Öncel vd. 1998).

Depremin odak mekanizması çözümü Eyidoğan ve Barka (1996), Pınar (1996), Wright vd. (1999) ve Şahin (1997) tarafından yapılmıştır. Dinar depreminde normal atım bileşeninin etkin olduğu görülür (Şahin 1997). Sağ yönlü yanal atım bileşeni ise küçüktür (Parlak ve Şahin 2004). Yüzey kırığı ana faya paraleldir ancak ana fayın yüzeydeki izini takip etmemiştir. 1995 kırığı çok az doğrultu bileşeni olan normal faylanmadır (Eyidoğan ve Barka 1996). Normal fay karakterli 130°-140° azimutlu yüzey kırığı boyunca 20-30 cm lik düşey atımın yanı sıra çok küçük oranda doğrultu atım bileşeni de gözlenmiştir (Eyidoğan ve Barka 1996, Kalafat 1996).

Deprem sonrasında oluşan 15 km uzunluğundaki kırığın yanı sıra, Dinar yerleşim merkezinin 2-2.5 km kuzeyinde D-B doğrultulu ve yaklaşık 2 km uzunluğunda bir başka yüzey kırığı meydana gelmiştir. Bu kırık üzerinde ortalama 30 cm'lik düşey atım ölçülmüştür. Yüzey kırıkları yaklaşık 1000 m'lik topoğrafik yükseltiye sahip olan Çatmadağ eteklerini takip etmiştir. Yaklaşık 2 km uzunluğunda D-B yönlü yüzey kırığını oluşturan depremin oluşum süresi tahminen 1 sn'den küçüktür (Över vd. 1999).

Afyon ve civarı, yaklaşık olarak 5 ayda bir en az 4.0 büyüklüğünde deprem üreten aktif bir tektonik sistemin içinde yer almaktadır. Bu özelliğiyle, 6.0 büyüklüğündeki depremin 30 yılda bir yaşanma olasılığı % 78, 7.0 büyüklüğündeki bir depremin ise aynı sürede yaşanma % 35'tir (Utku vd. 2002).

Şekil 2.18'de Dinar ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin büyüklüğü-can kaybı ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 2.18 Dinar ve yakın çevresinde can kaybına neden olan depremler

Sonuç olarak, birinci derece deprem kuşağında kalan bölge sismik etkinlik bakımından oldukça risklidir.

### 3. YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Günümüzde, gerek bilimsel amaçlı gerekse mühendislik hizmetlerine yönelik uygulamalarda, nokta yüksekliklerinin veya noktalar arası yükseklik farklarının belirlenmesi istenmektedir. Yükseklik belirlemesi için 1850'li yıllara kadar trigonometrik nivelman kullanılmıştır. Trigonometrik nivelmandaki refraksiyon hatası nedeniyle bu yöntem yerini geometrik nivelmana bırakmıştır. 1936'da Hollanda'da Hidrostatik nivelman kullanılmıştır. Kısa bir süre sonra hidrostatik nivelman geliştirilerek hidrodinamik nivelman metodu kullanılmıştır. 20. yüzyılın başlarına kadar geometrik nivelmanda sadece silindirik düzeçli nivolar kullanılmakta iken daha sonraları kompansatörlü nivoların geliştirilmesiyle 1950'li yıllardan sonra bu tip nivolar kullanılmıştır. Kompansatörlü nivolardan sonra lazer ve elektronik nivolar geliştirilmiştir. Pescel tarafından 1962'de motorize geometrik nivelman tekniği geliştirilerek  $\pm 2 \sim \pm 4$  mm/km'lik doğruluğa ulaşılmıştır. 1970'lerde Bahnert, gözleme uzunluklarının birkaç yüz metre ile sınırlı tutulması, açıların eş zamanlı karşılıklı olarak ölçülmesi, uzunlukların da elektronik uzunluk ölçer kullanılması şartı ile trigonometrik nivelman tekniğini tekrar gündeme getirmiştir (Ceylan 1993).

1985'de hızlı bir şekilde cm hassasiyetinde yükseklik taşınmasına imkan veren lazer nivolar kullanılmaya başlanmış, 1993'de lazer nivonun geliştirilerek yersel yükseklik ölçmelerinde mm hassasiyetinin altına inilmiş ve dijital nivolar üretilmiştir. Günümüzde dijital nivolar ve uydu bazlı konum belirleme tekniği olan GPS yaygın olarak kullanılmaktadır. Yükseklik belirleme tekniklerinin tarihsel gelişimi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Yükseklik belirleme yöntemlerinin kullanımına göre tarihsel gelişimi

1850		1900		1950		1960		1970		1980		1990	
Trigonometrik Nivelman		Sadece Dağlık Alanlarda						Trigonometrik Nivelman					
Geometrik Nivelman													
Silindirik Düzeyli				Kompan satörlü		Motorize				Lazer			
										Dijital			
												GPS	
										Hidrostatik Nivelman			
										Hidrodinamik Nivelman			

### 3.1 Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)

En basit anlamda GPS (Global Positioning System); herhangi bir kullanıcının, uydu sinyallerinden yararlanarak, herhangi bir yerde ve anda, her türlü hava koşulunda, ortak bir koordinat sisteminde, konum (enlem, boylam, yükseklik), hız ve zaman bilgilerini elde etmesine olanak veren uzay teknolojisine dayalı bir radyo seyrüsefer sistemidir. Navigation Satellites Timing And Ranging, Global Positioning System (NAVSTAR GPS) programı, TRANSIT ve diğer navigasyon sistemlerindeki yetersizlikleri gidermek, yeterli doğrulukta anlık konumlama gereksinimini karşılayabilmek amacıyla, Amerikan Savunma Dairesi tarafından askeri amaçlar güdümlenerek geliştirilmiş bir sistemdir (Tiryakioğlu vd. 2005) .

Yermerkezli üç boyutlu konum belirleme sistemi (GPS) uydulardan yayımlanan radyo dalgaları yardımıyla, uydu yörünge parametrelerinin ve yayın zamanının yerdeki

alıcılarla kaydedilmesi yoluyla uydu ile yer noktası arasındaki uzaklığın belirlenmesi temeline dayanır. Aynı yer noktasından dört uyduya olan uzaklıklar belirlenerek “Uzunluklarla Geriden Kestirme” yöntemiyle yer noktasının yermerkezli üç boyutlu koordinatları  $(X,Y,Z)_{WGS84}$ ; uydu yörüngelerinin tanımlanmış olduğu Dünya Jeodezik Sistemi WGS84’de (World Geodetic System, 1984) hesaplanabilmekte ve GPS alıcılarının saat hataları belirlenebilmektedir (Öztürk 1993).

Bugün GPS gözlemleriyle bir referans sisteminde global ölçeklerde nokta konumlarında mm, nokta hızlarında ise mm altı doğruluklara ulaşmak mümkündür (Koçak ve Ayan 2005).

Dünyadan 20.000 km uzaklıktaki yörüngelere yerleştirilmiş olan 48 adet uydu, güneş enerjisiyle beslenmekte ve 7000 mil hızla hareket etmektedir. Bu sayede 12 saatte bir dünyanın etrafında dönmektedirler. Bu uyduların dışında yaklaşık olarak dünyadan 40.000 km yükseklikte geostasyoner uydu bulunmaktadır. Bu uydu bir turunu 24 saatte yaptığından dünyadaki herhangi bir noktaya göre hareketsiz gibi görünmektedir (Collins 2000).

GPS uydularını sürekli olarak takip eden beş görüntüleme istasyonu (Hawaii and Kwajalein in the Pacific Ocean; Diego Garcia in the Indian Ocean; Ascension Island in the Atlantic Ocean; and Colorado Springs, Colorado) bulunmaktadır. Görüntüleme istasyonları uydulara ilişkin veri toplamaktadır. Aldıkları bu verileri düzeltmesi için ana istasyona (Schriever Air Force Base in Colorado Springs, Colorado) gönderirler. Ana istasyon aldığı verilerle uydu yörüngelerini, uydu saat düzeltmelerini hesaplar ve bunları toplam 4 adet olan yer antenleri aracılığı ile uydulara gönderir. Yer antenleri uydulardan gelen verileri alan ve her 8 saatte bir ana istasyondan gelen verileri uydulara yükleyen birimlerdir (Eren ve Uzel 1995).

GPS ölçmelerinde uydu-alıcı arasındaki veri transferi, GPS uyduları tarafından yayınlanan ve elektromanyetik spektrumun mikro dalga bölümünde yer alan sinyallerle yapılır (Sickle 1996).

GPS uydularından yayınlanan radyo sinyalleri oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı, GPS'e çok yönlülük kazandırmak için geliştirilmiştir (Arslanoğlu 2002).

### 3.1.1 GPS'in Çalışma Prensibi

GPS'in çalışma prensibi uzaklık kavramı üzerine kurulmuştur. GPS doğru çalışması için uyduların nerde olduklarını ve kendisine olan uzaklıklarını bilmek zorundadır. GPS uyduların konumlarını hesaplamak için uydulardan iki adet kod alır. Almanak ve efemeris kodlarını alan GPS, uyduların tam konumlarını algılamaktadır (Zhao 1997).

Uyduların GPS' e olan uzaklıklarını hesaplamak için işaretin ulaşma zamanı ile işaret hızı çarpılır. Yani,

$$\text{Mesafe}=\text{Hız} \times \text{Zaman} \quad (3.1)$$

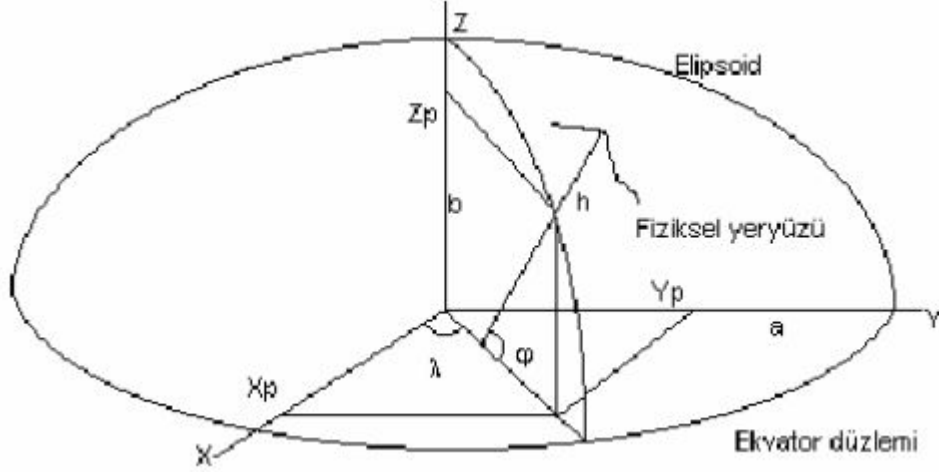
Hız olarak ışık hızı kullanılır. Bu da saniyede 300.000 m'dir. Zamanı hesaplamak için ise uydudan gelen ve gürültü işaretine benzediği için "pseudo-random" adı verilen kod kullanılır. Uydular ve GPS bu kodu aynı anda oluşturur. GPS isareti aldığı anda uydu kodu ile kendi kodunu karşılaştırarak aradaki zaman farkını hesaplar. Bu zaman farkı kodun ulaşım zamanıdır ve hız ile çarpılarak mesafe bulunur. Arada oluşabilecek zaman farkını gidermek için GPS dördüncü bir uydu kullanarak kendi saatini uydulara göre ayarlamaktadır (Dirik 2001).

### 3.1.2 GPS ile Yüksekliklerin Belirlenmesi

GPS, başlangıcı yeryuvarının ağırlık merkezi ile çakıştığı varsayılan üç boyutlu bir kartezyen koordinat sisteminde, bir alıcının X, Y, Z koordinatlarını verir. WGS84 (yerel) koordinat sistemindeki bu dik koordinatlar, aynı sistemde tanımlanmış bir elipsoide ilişkin jeodezik koordinatlara ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h) dönüştürülebilir (Şekil 3.1).



GPS' den elde edilen sonuçlar üç boyutlu olsa da konum belirlemede yatay ve düşey bileşenlerinden söz edilir. Yeryüzündeki bir noktanın yüksekliği, noktanın iz düşürüldüğü yüzey üzerindeki konumu ve aynı yada başka bir yüzeyden uzaklığı ile tanımlanır.

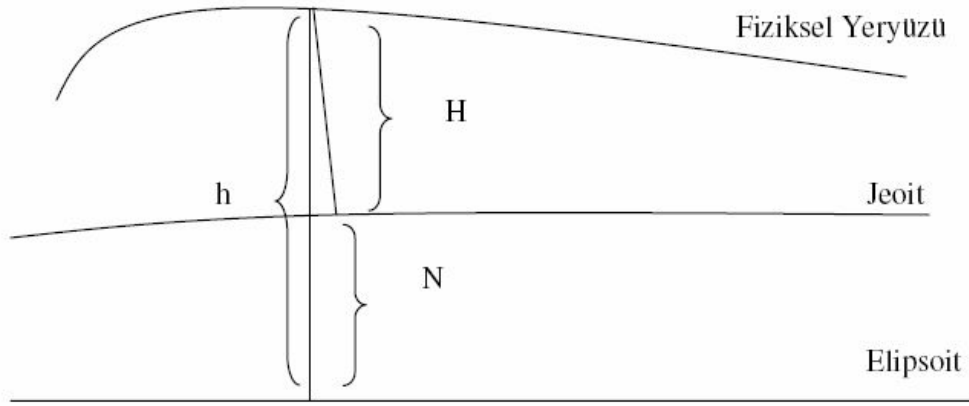


Şekil 3.1 Referans elipsoidi üzerinde  $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$

Fiziksel bir yüzey olan jeoide oldukça yaklaşan ortalama deniz yüzeyi, yükseklikler için pratiğe elverişli bir referans yüzeyin tanımlanmasına kolaylık sağlar. Bu tanıma uyan ortometrik yükseklikler uygulamada en çok kullanılan yüksekliklerdir. GPS yükseklikleri ise referans elipsoidi olarak dönül elipsoide aittir. GPS yüksekliklerinin mühendislik hizmetleri için kullanılabilir hale getirilebilmesi için ortometrik yüksekliğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm işlemi iki yüzey arasındaki yükseklik farkına gelen jeoit yüksekliği kullanılarak yapılır (Şekil 3.2).

$$H = h - N \quad (3.2)$$

H: Ortometrik yükseklik, h : Elipsoidal yükseklik, N : Jeoit yüksekliği.



Şekil 3.2 Yüksekliklerin şematik gösterimi

h elipsoidal yüksekliklerin GPS ölçülerinden elde edilmesi, GPS nivelmanı kavramını gündeme getirir.

Geometrik nivelmanla belirlenen yükseklik farkı gravite ölçüleriyle birleştirilirse, ortometrik yükseklik ya da diğer yükseklik sistemlerine geçiş yapılır. GPS'in yüksek doğruluğu ve ekonomik olması avantajları nedeniyle düşey kontrol ağlarının güncelleştirilmesi ve ulusal yükseklik sistemleri v.b. çalışmalarda GPS'in önemi büyüktür.

GPS ile belirlenen elipsoidal yüksekliklerinden başka referans sistemlerine dönüştürülmesinde en önemli adımı doğruluğu yüksek bir jeoidin belirlenmesi oluşturur. Kullanılan veri türleri ve kalitesi, çalışma bölgesinin genişliği ve yapısı, teknolojik olanaklar belirlenecek jeoit ile doğrudan ilgilidir. Geçmişte astrojeodezik, gravimetrik ve bunların kombinasyonlarıyla bölgesel uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise konum bilgileri ve yeryuvarının ağırlık alanına ilişkin değerler daha hassas bir şekilde belirlenebilmekte ve jeodezik teknikler (uydular, taşınabilir zenit ve CCD kameralar v.b.) yardımıyla hızlı bir şekilde toplanabilmektedir. Böylece veri sayısı artırılmış ve doğruluğun yükseltilmesinde jeoidin belirlenmesi çözümü hız kazanmıştır. Heterojen verilerin kullanıldığı ve gravimetrik jeoit modelleriyle doğruluk daha da arttırılmıştır. GPS ile belirlenen elipsoidal yüksekliklerinden yerel yükseklik sistemine dönüştürülmesinde henüz istenilen doğruluğa ulaşamamıştır.

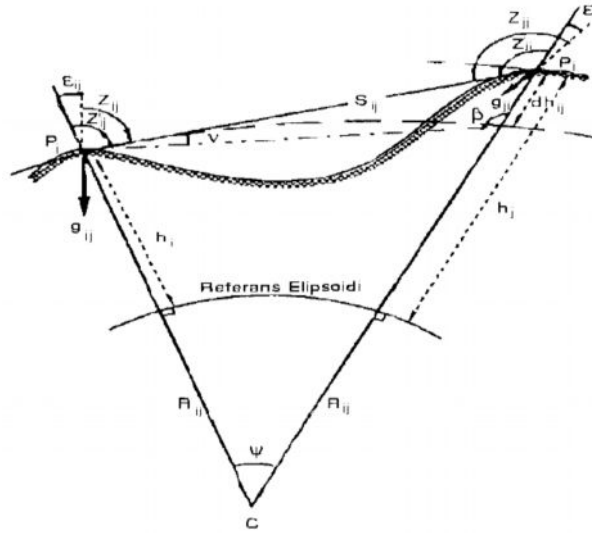
## 3.2 Trigonometrik Nivelman

Trigonometrik nivelmanda düşey açı gözlemleri ve yatay uzunluklar kullanılarak iki nokta arasındaki yükseklik farkı hesaplanır. Düşey açı gözlemleri için teodolit, yatay uzunluklar için elektronik uzaklık ölçerler kullanılır. Trigonometrik nivelmanda kullanılan yöntemler iki başlık altında incelenir. Bunlar;

- Karşılıklı ve eşzamanlı gözlemler ile trigonometrik nivelman
- Atlamalı (ortadan) gözlemler ile trigonometrik nivelman

### 3.2.1 Karşılıklı ve Eşzamanlı Trigonometrik Nivelman

Düşey açı gözlemlerinin her iki yönde aynı anda yapıldığı ve teodolit üzerine hedef levhalarının monte edildiği ayrıca eğik uzunlukların ölçülmesi için de elektronik uzaklık ölçerler ve yansıtıcının da monte edilmesine olanak verecek özel donanımlara gerek vardır. Karşılıklı trigonometrik nivelmanın ölçme modeli Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Karşılıklı trigonometrik nivelman

Şekil 3.3'te;

$Z_{ij}$  ve  $Z_{ji}$  : İstasyon noktalarından yere indirilen düşey açıları,

$Z'_{ij}$  ve  $Z'_{ji}$  : Elipsoidal düşey açıları,

$S_{ij}$  : Eğik uzaklığı,

- $\varepsilon_{ij}$  ve  $\varepsilon_{ji}$  : Çekül sapmalarını,  
 $g_{ij}$  ve  $g_{ji}$  : Gravite vektörlerini,  
 $R_{ij}$  : Referans elipsoidinin eğrilik yarıçapını,  
 $dh_{ij}$  : Elipsoidal yükseklik farkını göstermektedir.

$$dh_{ij} = dH_{ij}^K - \frac{S_{ij} \sin Z_{ij}}{2} (\varepsilon_{ij} + \varepsilon_{ji}) \quad (3.3)$$

$dH_{ij}^K$  normal yükseklik farkı,

$$dH_{ij}^K = \frac{S_{ij}^2}{2} (\cos Z_{ij} - \cos Z_{ji}) \quad (3.4)$$

bulunur (Ceylan 1993).

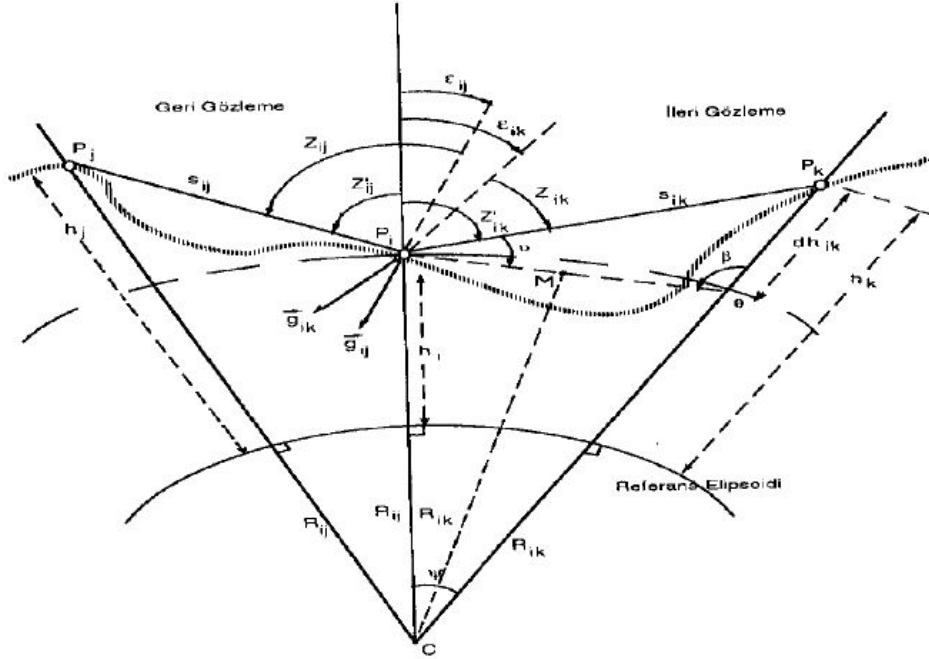
### 3.2.2 Ortadan (Atlamalı) Gözlemlenmiş Trigonometrik Nivelman

Geometrik nivelmana benzer bir şekilde alet geri ve ileri hedeflerin arasına kurulur. Bu teknikte kullanılan nivelman miralarının üzerine, düşey açı gözlemleri ve uzaklık ölçmeleri için yansıtıcı ve hedef levhaları yerleştirilmelidir. Ortadan trigonometrik nivelmanın ölçme modeli Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Şekil 3.4'te;

- $Z_{ij}$  ve  $Z_{ik}$  :  $P_i$  istasyon noktasından  $P_j$  ve  $P_k$  noktasında gözlenen yere indirgenen düşey açıları,  
 $S_{ij}$  ve  $S_{ik}$  :  $P_i$  istasyon noktasından  $P_j$  ve  $P_k$  noktalarına ölçülen eğik uzunlukları,  
 $g_{ij}$  :  $P_i$  ve  $P_j$  noktalarına ait bileşke gravite vektörünü,  
 $g_{ik}$  :  $P_i$  ve  $P_k$  noktalarına ait bileşke gravite vektörünü,  
 $\varepsilon_{ij}$  ve  $\varepsilon_{ik}$  : Bileşke çekül sapmalarını,  
 $Z'_{ij}$  ve  $Z'_{ik}$  : Elipsoidal düşey açıları,  
 $h_i$ ,  $h_j$  ve  $h_k$  :  $P_i$ ,  $P_j$  ve  $P_k$  noktalarının elipsoidal yüksekliğini,  
 $R_{ij}$  ve  $R_{ik}$  : Elipsoidal eğrilik yarıçaplarını,

$R_m$  : Gauss eğrilik yarıçapını,  
 $dh_{jk}$  : Elipsoidal yükseklik farkını göstermektedir.



Şekil 3.4 Ortadan trigonometrik nivelman

$$dh_{jk} = dH_{jk}^A - (S_{ik} \sin Z_{ik} \varepsilon_{ik} + S_{ij} \sin Z_{ij} \varepsilon_{ij}) \quad (3.5)$$

şeklinde yazılır. Buradan  $dH_{jk}^A$  normal yükseklik farkı;

$$dH_{jk}^A = S_{ik} \cos Z_{ik} - S_{ij} \cos Z_{ij} + \left( \frac{1}{2R_m} \right) (S_{ik}^2 \sin^2 Z_{ik} - S_{ij}^2 \sin^2 Z_{ij}) \quad (3.6)$$

elde edilir (Ceylan 1993).

### 3.2.3 Trigonometrik Nivelmanda Hata Kaynakları

Trigonometrik nivelmanda hata kaynakları iki grupta toplanabilir. Bunlar:

- Aletsel Hata Kaynakları
- Diğer Hatalar

### 3.2.3.1 Aletsel Hatalar

- Uzunluk ölçmelerindeki hatalar
- Düşey açı gözlemlerindeki hatalar
- Miralardan kaynaklanan hatalar

biçiminde sıralanır.

#### Uzunluk ölçmelerindeki hatalar

Uzunluk ölçümünde, trigonometrik nivelmanda kullanılan kısa mesafeli elektro-optik uzaklık ölçerlerdeki hatalar incelenir. Bu aletlerde uzunluktan bağımsız ve uzunluğa bağımlı etkilerin toplamı olarak bir uzunluk ölçmesinin karesel ortalama hatası;

$$m_s = \pm \sqrt{a^2 + b^2} \cdot S^2 \quad (3.7)$$

a : Uzunluktan bağımsız hataların toplamını,

b : Uzunluğa bağlı hataların toplamını,

S : Ölçülen uzunluğu ifade eder.

Kısa mesafe elektro-optik uzaklık ölçmelerindeki hatalar dört ana grupta incelenir.

Bunlar:

- Düzenli ölçek hataları
- Uzunluktan bağımsız düzenli hatalar
- Uzunluğa bağımlı periyodik olmayan düzenli hatalar
- Uzunluğa bağımlı periyodik olmayan düzenli hatalar

biçiminde sıralanır.

#### Düşey açı gözleme hataları

Düşey açı gözleme hataları üç grupta incelenir. Bunlar:

- Uygun gözleme yöntemleriyle elimine edilebilen veya minimuma indirilebilen düzenli hatalar
- Kalibrasyonla giderilebilen düzenli hatalar
- Giderilemeyen rastlantısal hatalar

biçiminde sıralanır.

### 3.2.3.2 Diğer Hata Kaynakları

Çekül sapmasının etkisi ve atmosferik refraksiyon etkisi diğer hata kaynaklarını oluşturmaktadır.

Çekül sapması, gözleme istasyonlarındaki çekül sapmaları biliniyorsa elipsoidal yükseklik farkları hesaplanabilir. Çoğu zaman çekül sapmaları bilinmez ve bu nedenle de hesaplamalarda dikkate alınmaz. Bu durumda, düzeltilmiş trigonometrik farkların indirgenmemiş geometrik nivelmana eşit olması istenir. Bu nedenle geometrik nivelman ve trigonometrik nivelmanın fiziksel özellikleri incelenir. Ortadan (atlamalı) ve karşılıklı trigonometrik nivelman ile geometrik nivelmanın incelenmesi sonucu elde edilen hata büyüklüklerinin eşit çıkmasından sonuç üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı anlaşılır.

Atmosferik refraksiyon etkisinin incelenmesi sonucu  $S \leq 200$  m'lik gözleme uzaklıklarında karşılıklı ve eş zamanlı trigonometrik nivelmanın düzenli refraksiyon hatasından etkilenmediği, atlamalı yöntemde ise hatanın ihmal edilecek kadar küçük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 1.5 m ve 4.5 m arası değişen hedef yüksekliklerinde ve farkı atmosfer koşullarında yapılan ölçmeler sonucunda refraksiyon hatasının rastlantısal olması için en uygun zaman günün 10.00 ile 16.00 saatleri arasında olduğu belirlenmiştir (Ceylan 1993).

### 3.3 Barometrik Yükseklik Belirlenmesi

Barometrik yükseklik belirlemesi, yüksekliğe çıkıldıkça hava basıncının düşmesi esasına dayanır. Barometreler civalı ve aneroid olmak üzere iki çeşittir.

Civalı barometrelerde basınç, havası boşaltılmış bir boru içerisinde bulunan civa sütunu ile madeni barometrelerle ise havası boşaltılmış bir madeni kutunun hava basıncı altındaki hareketleri yardımıyla ölçülür.

Deniz seviyesindeki hava basıncı 760 mm'lik civa sütununa eşittir. Yükseklerle çıkıldıkça hava basıncı ve civa seviyesi düşer. Deniz seviyesinde ve 20 °C'lik ısıda yaklaşık olarak her 11 m yükseklik için civa düzeyi 1 mm düşer (Tüdeş 1989). Ancak yükseklerle çıkıldıkça bu miktar değişir. 3000 m'de civa sütununun 1 mm düşmesi için yaklaşık olarak 14 m yüksekliğe çıkmak gerekmektedir.

### **3.4 Geometrik Nivelman**

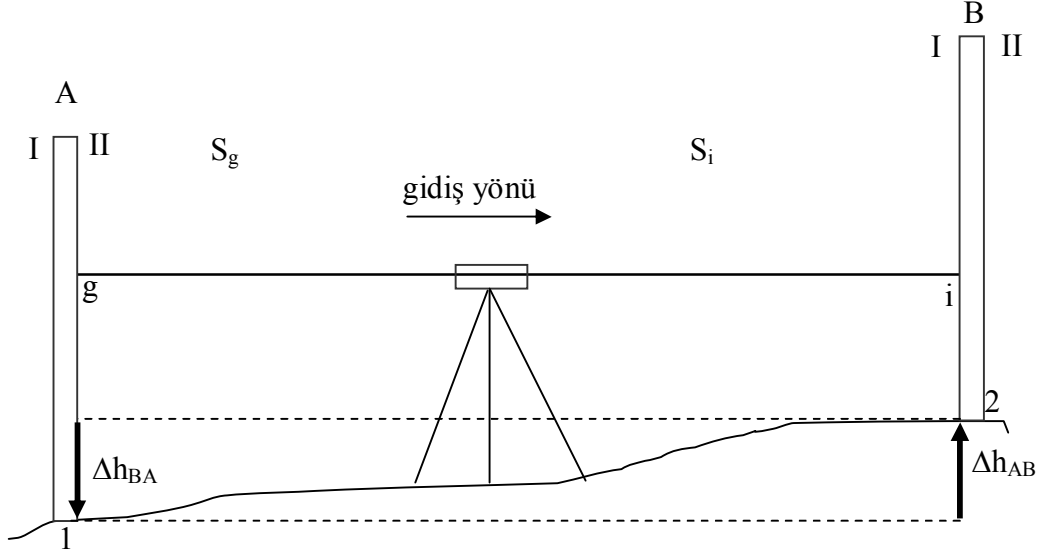
Geometrik nivelmanın ölçme modeli, ölçü yüzeyi üzerinde oluşturulan; bölüm çizgileri oluşturulmuş yatay bir düzlemden olan düşey uzaklıkların ölçülmesi esasına dayanır. Burada yatay düzlem için nivo aleti, düşey uzaklıkların ölçülmesi için ise miralar kullanılır.

Nivelman ölçüleri, gidiş-dönüş olarak yapılır. Alet ile mira arasındaki uzaklıklar, geri ve ileri okumalarda bir takım hataları ortadan kaldırmak için eşit alınır. Eğer şartlar zorlamıyorsa, bütün ölçü boyunca uzaklıkları eşit almak yerinde olur. Bu sayede okuma sırasında görüntüyü netleştirmeye gerek kalmaz ve okumalar aynı şartlarda yapılmış olur. Miralar, çarık ve pabuç denilen altlıklar üzerine oturtularak okuma yapılır. Bilhassa miranın dönüşü sırasında bir hata kaynağı olmaması için bu altlıklarla çalışılması yerinde olur (Tüdeş 1994).



### 3.4.1 Ana Model

Geometrik nivelmanın ana modeli Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Geometrik nivelmanın ana modeli

Geometrik nivelman modeli oluşturulurken bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller:

- Yükseklik farkı belirlenecek noktalardan geçen nivo yüzeyleri ile nivonun gözleme düzlemi birbirine paralel düzlemlerdir.
- Bu noktalardan geçen düşey doğrular ile yatay düzlemler birbirine diktir.
- Nivelman ölçüleri sırasında miralar daima düşey konumdadır.
- Mira bölüm çizgilerinde, kesin olarak tanımlanmış uzunluk birimlerinden hiçbir sapma yoktur ve herhangi bir etki nedeniyle böyle bir sapma ortaya çıkmamaktadır.
- Herhangi iki nokta arasındaki yükseklik farkı bir vektördür. Bu vektörün doğrultusu düşey doğrultu ile çakışıktır. Yönü ise gidiş yönüne göre seçilir,  
 $\Delta h_{12} \geq 0$  ise  $\Delta h_{21} \leq 0$   
veya  
 $\Delta h_{12} \leq 0$  ise  $\Delta h_{21} \geq 0$
- İki nokta arasındaki yükseklik farkı, söz konusu iki noktadan geçen nivo yüzeyleri arasındaki düşey uzaklığa eşittir.

- A ve B gibi birbirinden uzak iki sabit nokta arasındaki yükseklik farkını belirlemek için;

$$\Delta H_{AB} = \Delta h_{A1} + \Delta h_{12} + \Delta h_{23} + \dots + \Delta h_{nB} = \sum \Delta h \quad (3.8)$$

denklemini kullanılır.

### 3.4.2 Fonksiyonel Model

Fonksiyonel model, bir istasyon noktasında yapılan geri okuma (g), ileri okuma (i); nivelman kenarında gidiş ölçmesi (G), dönüş ölçmesi (D) indisleriyle gösterilirse,

$$\Delta H_{AB} = \sum (g - i) \quad (3.9)$$

yazılır.

Gidiş ölçmeleri için;

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_G = \sum \Delta h_G = \sum g_G - \sum i_G \quad (3.10)$$

Dönüş ölçmeleri için;

$$\Delta H_{BA} = \Delta H_D = \sum \Delta h_D = \sum g_D - \sum i_D \quad (3.11)$$

yazılır.

Gidiş ve dönüş ölçmeleri arasında;

$$\Delta H_G = - \Delta H_D \quad (3.12)$$

bağıntısı geçerlidir.

Yükseklik farkı, gidiş-dönüş ölçülerinin ortalaması alınarak;

$$\Delta H_{AB} = \frac{|\Delta H_G| + |\Delta H_D|}{2} \quad (3.13)$$

Nivelman yapılan noktaların yüksekliklerinin bulunabilmesi için en az bir noktanın yüksekliğinin bilinmesi gereklidir. Diğer noktaların yüksekliği ise;

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = H_A + \Delta H_G \quad (3.14)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

### **3.4.3 Geometrik Nivelmanda Önemli Hata Kaynakları**

Nivelman ölçmelerindeki model hataları, yükseklik farkları ve buna bağlı olarak doğruluk kriterlerini etkilemektedir.

Nivelmanda oluşabilecek model hataları;

- Alet ve donanımdan kaynaklanan hatalar
  - Miralardan kaynaklanan hatalar
  - Nivelardan kaynaklanan hatalar
- Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

biçiminde sıralanır.

#### **3.4.3.1 Alet ve Donanımdan Kaynaklanan Hatalar**

##### **Miralardan kaynaklanan hatalar**

Nivelman ölçmelerinde ölçeklendirme elemanı olan miralardan kaynaklanan hataların nivelman sonuçlarına etkisi önemlidir. Miralardan kaynaklanan hataları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Miranın eğik tutulması hatası
- Mira çifti sıfır konum hatası
- Mira tabanının düzlem olmaması hatası
- Mira bölümlendirme hatası

##### **Nivolardan kaynaklanan hatalar**

Nivelman ölçmelerinde kabul edilen ana modeldeki varsayımlardan biriside nivo gözleme ekseninin yatay bir düzlem oluşturması ve bunun bir istasyon noktasında sabit kalmasıdır. Eğer gözleme ekseni yataydan sapar veya dürbün geri doğrultudan ileri

doğrultuya döndürülürken gözleme ekseninde bir sıçrama meydana getirirse hatalı ölçüler yapılmış olur.

Nivolardan kaynaklanan hatalar aşağıdaki ana başlıklar halinde sıralanabilir:

- Nivo gözleme ekseninin düzensizliği (kolimasyon hatası)
- Kompansatörlü nivolarla artık kompensasyon hatası
- Küresel düzeç ekseninin düzensizliği

### **3.4.3.2 Dış Ortamdan Kaynaklanan Hatalar**

Atmosfer ve fiziksel yeryüzü ile doğrudan ilgili olan hata kaynaklarıdır. Nivelman ölçülerinde dış ortamın fiziksel parametrelerdeki değişimler ölçmelerde hatalara neden olur. Bu hatalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Nivo ve miranın çökmesi
- Sıcaklığın nivoya etkisi
- Sıcaklığın miraya etkisi
- Geomagnetik alanın kompansatörlü nivoya etkisi
- Gel – git etkisi
- Gravite alanının etkisi

### **3.5 Hassas (Presizyonlu) Nivelman**

Bir memlekette bütün yükseklik ölçülerinin çerçevesini teşkil edecek yükseklik sisteminin kurulması maksadı ile yapılan hassas nivelmanın aynı zamanda yer kabuğu hareketleri, mevzi ölçmeler gibi bir takım bilimsel konularda da yardımcı bir metot olarak büyük önemi vardır (Tüdeş 1989).

Geometrik nivelman için açıklanan esaslar hassas nivelman için de geçerlidir. Ancak yüksek hassasiyet elde etmek için kullanılan aletler farklı olduğu gibi ölçü şekli de farklılık arz etmektedir. Bu teknik yardımıyla noktalar arasındaki yükseklik farkları  $\pm$

0.5 mm/√km presizyonla belirlenebilmekte, düzenli hata kaynaklarına karşı etkin önlemler alınması durumunda bu presizyon daha da yükselebilmektedir (Baykal 2002).

Günümüzde yerkağu düşey hareketlerinin izlenmesinde (0.1–0.5 mm/yıl) hareket hızlarının signifikant olarak belirlenmesi gerekli görülmekte, talep edilen bu doğruluk ise sadece hassas nivelman tekniği ile karşılanmaya çalışılmaktadır.

### **3.5.1 Hassas Nivelmanda Alet Donanımı**

Hassas nivelmanın alet donanımı, geometrik nivelmana özdeş olarak mira ve nivodur. Bunlara ek olarak miraların tutulacağı zemin noktalarındaki çökmeleri azaltmak için mira altlıkları ile miraları sallantısız ve düşey tutabilmek için mira destekleme donanımı kullanılır (Baykal 2002).

Hassas nivelmanda bir çift invar mira kullanılır. Bu miraların koruyucu kasası sert ağaç ya da metalden yapılmıştır. Günümüzde çalışmalara hız kazandırmak ve sonucu etkileyecek olan hataların bir kısmını elimine etmek için elektronik hafızalı nivolar (sayısal nivo) ve barkodlu miralar (sayısal mira) kullanılmaktadır (Baykal 2002).

Sayısal nivolarda mira görüntüsü sayısal görüntü sağlanarak değerlendirilmektedir. Bu aletlerde göz yerini alan sıralı elektronik algılayıcılar, (detektör diyot dizisi) barkod tekniği ile kodlanmış mira bölümlerini tanımakta ve bu görüntüden bir sinyal modeli oluşturarak korelasyon modeli ile değerlendirme yapan elektronik birime göndermektedir. Değerlendirme neticesinde gözlem ekseninin mirada rastladığı yer okunmakta ve analitik noktaya göre hedef uzaklığı elde edilmektedir.

Sayısal nivo ile yapılan nivelman, verileri işleyen ve depolayan programlar ve kontrol hesaplamaları ile desteklenmiştir. Böylece mira okumaları ile mira alet uzaklıkları kayıt birimine kaydedilmektedir.

Sayısal nivolar normal olarak barkodlu miralar ile kullanılmakta olup gerektiğinde klasik miralar ile de kullanılabilir. Dürbünün görüş alanındaki miranın görünen

kısımının uzunluğu, nivonun miraya uzaklığının bir fonksiyonudur. Bu nedenle bu görüntünün işlemin bir parçası olarak, sayısal nivoda mira ile nivo arasındaki uzaklık da hesaplanır. Sayısal nivolarla,  $\pm 0.5$  mm doğrulukla 100 metreye kadar yatay uzaklık okuması yapılmaktadır.

Geometrik nivelmanda rastlanan hata kaynaklarından hepsi, yapılan işteki hassasiyeti doğrudan etkilemektedir. Çeşitli ölçme yöntemleri üretilerek bu hata kaynaklarının ölçüye etkisi minimuma indirgenmeye çalışılmış fakat tamamen ortadan kaldırılamamıştır.

Mira görüntüsünün sayısal olarak değerlendirilmesi, yükseklik ve mesafe ölçmelerinin kaydedilmesi ile, klasik nivolarda meydana gelecek kişisel hataların ve atmosferik koşullardan meydana gelen hataların önüne geçilmiş olacaktır. Aynı zamanda insan duyu organlarından kaynaklanan hatalar da yok edilecek, zamandan ve ekonomiden tasarruf fazlasıyla sağlanacaktır.

### **3.5.1.1 Sayısal Miralar ve Yapıları**

Sayısal miralar genel olarak genleşme katsayısı oldukça düşük (10 ppm'den az) alaşımlardan üretilmektedir. Miralar, bir yüzünde elektronik okuma yapmaya olanak verecek şekilde barkod ile bölümlendirilmiştir (Resim 3.1). Günümüzde sayısal nivolar ile birlikte kullanılacak miralar, çeşitli amaçlarla, bir yüzü barkodlu diğer yüzü metrik olarak bölümlenmiş veya sadece barkodlu olarak veya bir yüzünde bir kenar barkodlu diğer kenar metrik bölümlenmiş;

- Alüminyum (sürgülü) mira : 5 m,
- Fiberglas mira : 1 cm bölümlü,
- İnvar mira : 3 m olarak üretilmektedir.

Miradaki siyah ve beyaz ikili kodlar yaklaşık 2000 adet 2 mm'lik elemanlardan oluşmaktadır. Görüntü işlemede genel olarak korelasyon tekniği kullanıldığından, elemanlar istatistiksel kod biçiminde sıralanmıştır. Bu kodlama; korelasyon işlemi 1.8

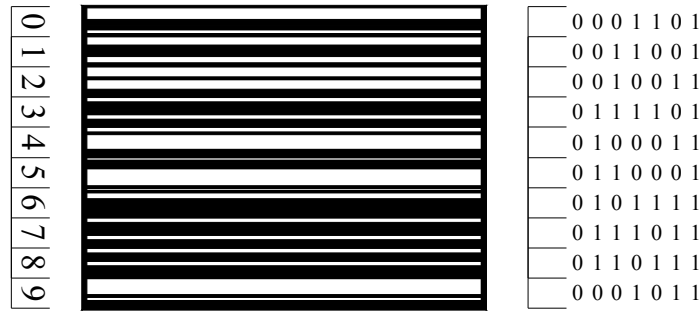
m ile 100 m uzaklıkta yapılabilecek şekildedir. Tek bir mira okumasında standart sapmasının 50 m’de 0.3 mm, 100 m’de ise 0.5 mm olması istenir. Sayısal nivelman tekniğinde kullanılmak üzere firmalar tarafından farklı amaçlarla özel miralar geliştirilmiştir.



Resim 3.1 Sayısal mira ve E tipi santimetre bölümlendirmeli mira

### Barkod sistemi

Barkod, harf ve sayıların siyah ve beyaz çizgilerle ifade edilmesidir. Barkodlar yaygın olarak verilerin bilgisayar ortamına girilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Farklı çizgi kullanılarak 7 bitlik bilginin oluşumu

Barkodlar, özel optik sistemli okuyucuları ile üzerlerine düşürülen güçlü ışık demeti ile taranırlar. Tarama sırasında çizgiler koyu renkte olmaları nedeniyle ışığı emerken, beyaz olanlar ışığı yansıtırlar. Bu yansımalar mantıksal olarak kodlanır. 0 ve 1 değerlerinden oluşan ikili bilgi şekline çevrilirler. Bu değerler kodlamanın dayandığı sisteme göre karakterlere dönüştürülür. Böylece barkodun bilinen sisteme dönüşümü sağlanmış olur.

### 3.5.1.2 Sayısal Nivolar ve Yapıları

Sayısal nivolar normal otomatik nivonun sahip olduğu optik ve mekanik aksamlara sahip olup, tek farklılığı elektronik mira okuması yapma üzere nivoya; barkod görüntüsünü detektör diyot dizinine dönüştüren bir ışın ayırıştırıcısı eklenmiş olmasıdır. Barkoddan yansıyan yalnızca beyaz elemanlara ait ışık, ışın ayırıştırıcısı yardımı ile kızıl ötesi ve görünen ışınlar ayırıştırılır. Buradan kızıl ötesi ışık diyot dizisine, görünen ışık gözlemci tarafına geçer. Alınan barkod görüntüsü daha sonra alette kayıtlı bulunan referans kodu ile karşılaştırılacak olan analog video sinyaline dönüştürülür. Korelasyon işlemi, daha sonra kodların yer değiştirmesi ile yüksek bir ilişki elde eder. Bu arada nivo-mira uzaklığı alınan kodun görüntü ölçeğine bağlıdır. Ölçme değerlendirme işlemi tek çipli küçük bir mikro işlemci ile yapılır. Değerlendirilen veri daha sonra ekranda görüntülenir. Ölçme işlemi nivodaki görüntü netleştirme vidasının hemen yanındaki bir düğmeye basılarak yapılır ve veriler veri kayıt modülüne kaydedilir (Resim 3.2).



Topcon DL-101C



Topcon DL-102C

Resim 3.2 Sayısal nivolar

#### Sayısal nivoların üstünlükleri ve sağladığı yararlar

- Dijital ekran,
- Ölçümü yapacak kişinin gözle mira okuması yapmaması nedeni ile yorulmaması,
- Tek tuş ile ölçme fonksiyonu,
- Kullanıcı tarafından sistem kontrol ve ayarı,
- Kolay ve doğru sonuç alma,



- Otomatik veri depolama,
- Ölçüm sonuçlarını bilgisayara direkt aktarım,
- Otomatik yükseklik ve nivelman kapanma hesabı,
- Tecviz değerinin aşılması durumunda otomatik ölçümü durdurma,
- Tutarlılık ve güvenilirlik,
- Otomatik netleştirme,
- Hızlı ve ekonomik ölçme,
- Uzaklık miktarında artış (100 m uzaklık ölçümü),
- Klasik nivonun kullanılabilirdiği bütün koşullarda kullanım,
- Bazı modellerde klasik nivo gibi kullanım.

### **3.5.2 Hassas Nivelmanda Hatalar ve Hataların Elimine Edilmesi**

Hassas nivelmanda rastlanılan hataların geometrik nivelmanda rastlanılan hataların aynısı olduğu bilinmektedir. Bunlar:

- Alet ve donanımdan kaynaklanan hatalar
  - Miralardan kaynaklanan hatalar
  - Nivolardan kaynaklanan hatalar
- Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

biçiminde sıralanır.

#### **3.5.2.1 Miralardan Kaynaklanan Hatalar**

Hassas nivelman ölçmelerinin ölçeklendirme elemanı miralar olduğu için, miralardan kaynaklanan hataların nivelman sonucuna etkisi önemlidir. Bu hatalar şöyle sıralanır:

- Miraların eğik tutulması hatası
- Mira çifti sıfır konum hatası
- Mira tabanının düzlem olmaması hatası
- Mira bölümlendirme hatası (Baykal 2002).

### **Miranın eğik tutulması hatası**

Hassas nivelman ölçmeleri esnasında miraların daima düşey doğrultuda olması gerekir. Ancak mira üzerindeki küresel düzecen eksen şartının düzensizliği, ölçme sırasında rüzgarın şiddeti, miracının yorgunluğu ve dikkatsizliği nedeniyle mira düşey doğrultudan sapabilir. Bu hatanın en aza indirgenebilmesi için mira düzeçlerinin sık sık kontrol edilmesi gerekir.

### **Mira çifti sıfır konum hatası**

Hassas nivelman ölçmelerinde kullanılan bir çift invar miraya ait ana ve yardımcı bölümlendirmelerin sıfır çizgilerinin gerek invar şeridinin mira kasasına yerleştirilmesi esnasında gerekse mira tabanlarının farklı aşınması nedeniyle mira tabanlarından değişik uzaklıkta olmalarından kaynaklanır.

Mira çifti sıfır konum hatasının sabit olması durumunda nivelman kenarı ölçmelerinde istasyon noktası sayısı çift alınarak bu hatanın etkisi azaltılabilir (Baykal 2002).

### **Mira tabanının düzlem olmaması hatası**

Hassas nivelmanda kullanılan miraların tabanları düzlem olmalı ve bu düzlem invar şerit yüzeyine dik olmalıdır. Aksi durumda nivelman ölçmeleri sırasında mira tabanının mira altlıkları üzerine rastgele konulması durumunda değişken sıfır konum hatası ortaya çıkar. Bu nedenle mira altlığı üzerine mira tabanının hep aynı noktası tutulmalıdır (Baykal 2002).

### **Mira bölümlendirme hatası**

Bu hata, mira bölüm çizgilerinin standart uzunluk birimlerinden olan sapmalarıdır. Hassas nivelman ölçmelerinde kullanılan invar miraların bölümlendirilmesinde genellikle “püskürtme boyama tekniği” ve “lazer–interferans komparatörü” kullanılmaktadır.

Püskürtme boyama tekniğinde kullanılan şablonların uç uca sıkıştırılması ve her bir bölümlendirme sonucunda şablon üzerindeki boyaların temizlenmesi sırasında şablonun yıpranması nedeniyle, kazıma tekniğinde ise, bölümlendirme de kullanılan frezenin adım genişliğinin 1 m olması ve kazıyıcı uçtaki düzensizlikler nedeniyle mira bölümlendirme hataları ortaya çıkmaktadır.

Mira bölümlendirme hatalarının ölçülere etkisini azaltmak için her bir mira bölüm çizgisine ait bölümlendirme hatasının belirlenmesi ve mira okumalarının düzeltilmesi gerekir. Bölümlendirme hataları, lazer–interferans komparatörü ile ve  $\pm 4-5 \mu\text{m}$  doğrulukta belirlenebilmektedir.

Bahsedilen mira hatalarından bazıları sadece klasik nivelman miralarında görülen hatalar olup, bazıları da hem klasik hem de dijital nivo miralarında görülmektedir.

Dijital nivo miralarında görülen hataları en aza indirebilmek için aşağıda belirtilen şartların mutlaka sağlanması zorunludur:

- Mira gün ışığı ile veya aynı kalitedeki ışık ile yeterince aydınlanmalıdır. Aksi takdirde “karanlık hatası” meydana gelmektedir.
- Doğrudan güneşe doğru (güneş gökyüzünde alçak konumda iken) asla ölçüm yapılmamalıdır. Direkt gelen güneş ışığından dolayı mira okunamayacak ve “aydınlık hatası” meydana gelecektir. Bu hata operatörün elinin gölgesini mercek üzerine düşecek şekilde öne getirmesiyle bir ölçüde giderilebilecektir. Güneş çok fazla ise şemsiye kullanılmalıdır.
- 5 m’den az mesafelerde mira tamamen açık olmalıdır.

Aydınlatmanın kötü olması ve kötü netleştirme ölçülerin dikkatli bir biçimde yapılmasıyla önlenabilir. Miranın bir kısmının kapalı ve gölge altında olması ölçü duyarlılığını olumsuz olarak etkilemektedir. Pratikte yapılan çalışmalarda mira görüşünün ölçüm boyunca açık olmasına özen gösterilmelidir.

### 3.5.2.2 Nivelardan Kaynaklanan Hatalar

Hassas nivelman ölçmeleri için kabul edilen ana modeldeki varsayımlardan birisi de nivo gözleme ekseninin yatay bir düzlem oluşturması ve bunun bir istasyon noktasındaki ölçme süresince sabit kalmasıdır. Eğer gözleme eksenini yataydan sapar veya dürbün geri doğrultudan ileri doğrultuya (veya tersine) döndürürken gözleme ekseninde bir sıçrama meydana gelirse hatalı ölçmeler yapılmış olur. Nivelardan kaynaklanan hataları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Nivo gözleme eksenini şartının düzensizliği ( kolimasyon hatası )
- Kompansatörlü nivelarda artık kompensasyon hatası
- Küresel düzeç eksen şartının düzensizliği

#### **Nivo gözleme eksenini şartının düzensizliği ( kolimasyon hatası )**

Nivoda yatay gözlemeyi sağlayan donanımlar (silindirik düzeç veya kompensatör) ile nivo gözleme eksenini arasında belirli bir şartın bulunması gerekir. Söz konusu şart, nivo gözleme eksenini şartıdır ve gözlemeyi sağlayan donanıma bağılı olarak değişik şekilde ifade edilebilir. Silindirik düzeçli nivelarda silindirik düzeç eksenini nivo gözleme eksenine paralel olmalıdır. Şayet paralel değilse kolimasyon hatası var demektir.

Kompansatörlü nivelarda küresel düzeç ortalandığında kompensatör alet yatayına karşılık olan gözlemeyi sağlamalıdır. Bu şartları taşımayan nivo ile yapılan ölçmelerdeki mira okumaları eğik gözleme doğrultusunda yapılmış olur ve düzenli bir hata etkisi taşırlar.

Bir mira okumasındaki hata:

$$P = S * \frac{\gamma}{\rho} \quad (3.15)$$

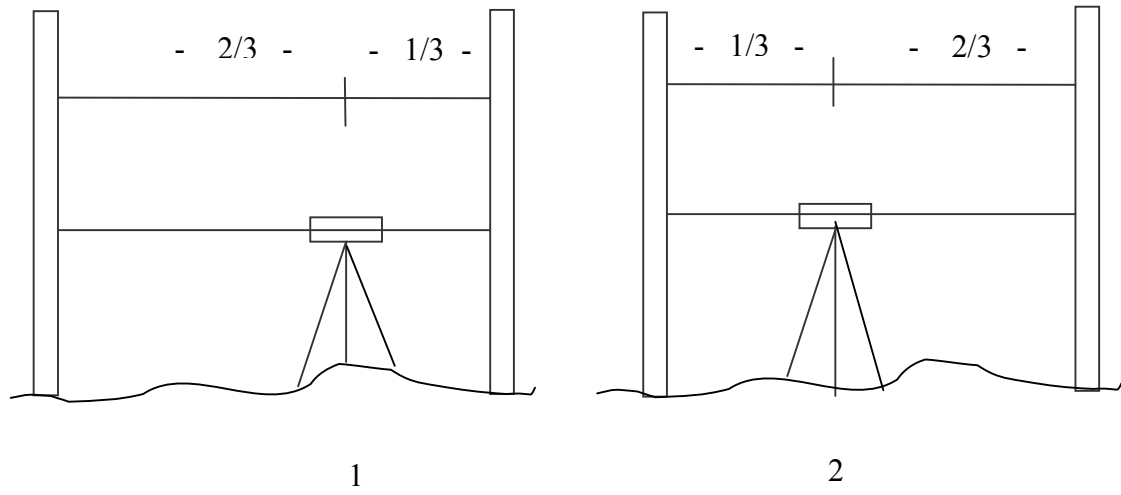
bağıntısı ile ifade edilir.

$\gamma$  : Gözleme ekseninin yataydan sapma açısını

S : Gözleme uzaklığını ifade eder (Baykal).

Bu hatanın etkisini en aza indirebilmek için geri ve ileri gözleme uzaklıkları eşit alınmalı ve her ölçme gününe başlanılmadan nivo gözleme ekseni şartı kontrolü yapılmalı, gerekiyorsa alet düzeltilmelidir.

Arazide gözleme ekseni yataylığının ayarlanması ve kontrolü Förstner yöntemine göre yapılabilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Förstner yöntemine göre gözleme ekseni hatasının belirlenmesi

Miralar arasındaki mesafe 45 m olarak seçilir ve üç eşit parçaya bölünür. Ölçüler ilk önce 1. sonra 2. nokta da yapılır. Böylece hesaplanan elektronik ölçü sisteminin gözlem ekseni kayıklığı kaydedilir ve yapılan ölçüler kaydedilen bu değerlere göre düzenlenir. Normal atmosferik şartlar altında gözlem ekseni hatası 2''– 3'' lik bir standart sapma ile belirlenebilmektedir. Gözlem ekseni kayıklığı 2.9'' lik bir standart sapma ile elde edilmektedir. Bu değer 30 m'lik bir mesafede gözlem ekseni kayıklığı için 0.42 mm'ye karşılık gelmektedir. Bu kayıklık, nivelman işleminin akışı içinde geri ve ileri mira mesafelerinin eşit tutulması ile elimine edilebilir. Geri ve ileri mira mesafelerinin birbirinden 1 m farklı olması durumunda bu hata 0.01 mm değerine ulaşmaktadır. Buna göre nivelman esnasında geri ve ileri mira mesafeleri farkının 1 m'nin altında tutulmasıyla bu hatanın ölçüler üzerindeki etkisi ortadan kaldırılabilir.

## **Kompansatörlü nivolarda artık kompensasyon hatası**

Kompansatörlü nivolarda kompensatör sistemi sınır değerleri içerisinde gözlem eksenini yatay kılar. Ancak bazı sebeplerden dolayı kompensatör gözlem eksenini tam yataya getiremez. Dolayısıyla ölçme sonuçları etkilenir. İşte ölçme sonuçlarını bu denli etkileyen sebepleri şöyle sıralayabiliriz:

- Kompansatör askı tellerinin zamanla zayıflayarak ve özelliklerini kaybetmesi.
- Kompansatörün dürbün içindeki konumunun zamanla değişmesi.
- Askı tellerinin dürbüne bağlandığı eklemlerde zamanla sürtünmenin ortaya çıkması.
- Değişik gözleme uzaklıklarında netleştirme sırasında alet yatayının az da olsa değişmesi.
- Alette ısı birikimi nedeniyle küresel düzeç kabarcığının ortalama doğruluğunun değişmesi.
- Trafik, rüzgar gibi dış nedenlerle titreşimlerin kompensatörün denge konumunu etkilemesi.

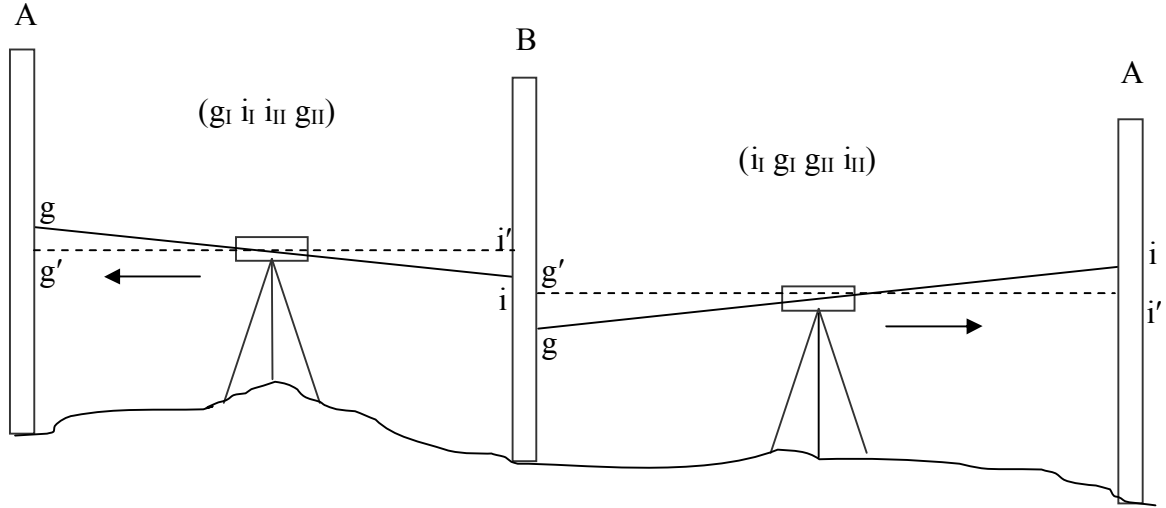
Sıralanan nedenlerden ilk üçü için aletin gözlem eksen şartının sık sık kontrolü gerekir. Böylece hataların büyük bir bölümü giderilmiş olur. Diğer nedenler ise kompensasyon hatasına yol açabilir. Bunun için hassas nivelman ölçmeleri sırasında eşit gözleme uzaklığı, aletin aşırı sıcaklıktan korunması, trafik ve rüzgar gibi dış etkenlerden kaçınmak gerekir (Baykal 2002).

Kompansasyon hatasını en aza indirebilmek için Kırmızı Pantolon yöntemi ve Schwarz yöntemi kullanılmaktadır.

### **Kırmızı Pantolon yöntemi**

Kırmızı Pantolon yönteminde, tek numaralı istasyon noktalarında  $g_I$ ,  $i_I$ ,  $i_{II}$ ,  $g_{II}$ ;  $i_I$ ,  $g_I$ ,  $g_{II}$ ,  $i_{II}$  gözlem sırası uygulanır. Yani tek numaralı istasyon noktalarında dürbün geri miraya yöneltildikten sonra küresel düzeç kabarcığı ortalanmakta, çift numaralı istasyon noktalarında ise dürbün ileri miraya yöneltildikten sonra küresel düzeç kabarcığı

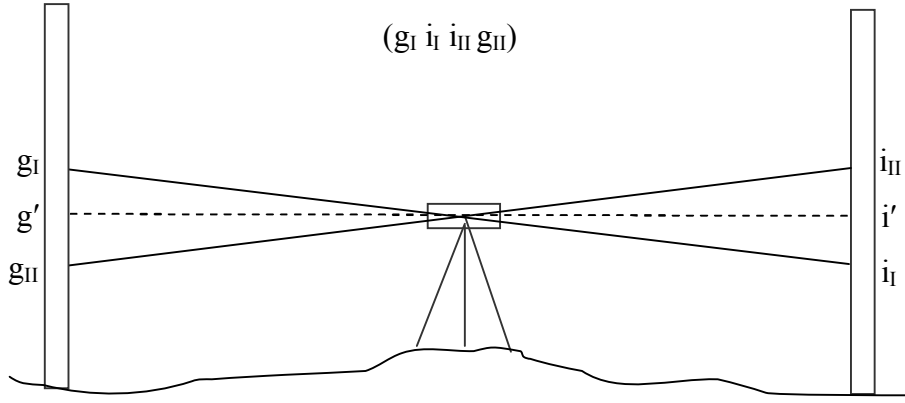
ortalanmaktadır. Şekil 3.8'de okla gösterilen yerler küresel düzeç kabarcığı ortalanırken dürbünün bulunması gereken doğrultuyu göstermektedir. Sıfır konum hatasını gidermek için miraların belirli bir düzen içinde yer değiştirmesi gerektiğinden dürbün daima aynı miraya (A mirasına) yöneltilir. Yanlışlık yapılmaması için bu mirayı taşıyan miracıya kırmızı pantolon giydirilmesi önerilir. Yöntem adını buradan almaktadır (Baykal 202).



Şekil 3.8 Kırmızı Pantolon yönteminde ardışık iki istasyon noktasında yapılan ölçmeler (Baykal 202)

### Schwarz yöntemi

Bu yöntemde tüm istasyon noktalarında küresel düzeç kabarcığı iki defa ortalanır. Nivo istasyon noktasına kurulduğunda gözlemeye hazır mira geri mira olduğundan dürbün bu miraya yöneltilerek küresel düzeç kabarcığı ortalanır,  $g_1$  okuması yapılır. Daha sonra ileri mira gözlenerek  $i_1$  okuması yapılır. Son durumda dürbün ileri miraya yöneltilmişken küresel düzeğin tesviyesi bozulur ve düzeç kabarcığı tekrar ortalanır, sırayla  $i_2$  ve  $g_2$  okumaları yapılır. Tüm istasyon noktalarında bu işlemler aynen uygulanır (Şekil 3.9). Kompansatörün denge konumu belirsizliğinden doğacak hataları önlemek için, küresel düzeğin her ortalanışından sonra ve mira okumasından önce alet asal eksen etrafında biraz döndürülmeli ve dürbüne hafifçe vurulmalıdır (Baykal 202).



Şekil 3.9 Schwarz yönteminde bir istasyon noktasında yapılan ölçmeler (Baykal 2002)

### **Küresel düzeç eksen şartının düzensizliği**

Nivolarda küresel düzeç eksen düzlemi asal eksene dik olmalıdır. Bu şartın sağlanmadığı durumlarda, küresel düzeç ortalandığı zaman asal eksen düşey doğrultudan yönü ve büyüklüğü aynı olan bir sapma gösterir. Bu hatanın sonuçlara etkisi silindirik düzeçli ve kompensatörlü nivolarda farklı olmaktadır (Baykal 2002).

Silindirik düzeçli nivolarda yatay gözleme fenklaj vidası yardımıyla sağlandığı için pek fazla etkili olmayabilir. Ancak silindirik düzeç kabarcığının ortalanması güçleşir ve zaman kaybına neden olur. Bu durum ise daha başka hataların oluşmasına neden olur. Bu hatanın etkisini minimuma indirebilmek için nivelmanda kullanılan nivonun küresel düzeç duyarlılığı yüksek olmalı ve her bir istasyon noktasında küresel düzeç kabarcığı dikkatle ortalanmalıdır (Baykal 2002).

Kompensatörlü nivolarda, kompensatörün tam olarak çalışması asal eksen eğikliğinin belli bir değerden küçük olması gerekir. Aksi durumda kompensatör görevini tam olarak yapamaz ve gözleme düzlemi eğikliği ortaya çıkar. Diğer bir sakıncası da dürbün geri mira doğrultusundan ileri mira doğrultusuna (veya ileriden geriye) döndürülürken gözleme doğrultusunda yükseklik sıçramasının ortaya çıkmasıdır. Bu nedenle kullanılacak olan kompensatörlü nivodaki düzeç duyarlılığı yüksek olmalı ve küresel düzeç eksen şartı mutlaka düzenli olmalıdır (Baykal 2002).



### 3.5.2.3 Dış Ortamdan Kaynaklanan Hatalar

Nivelman ölçülerinde dış ortamın fiziksel parametrelerdeki değişimler ölçmelerde hatalara neden olur. Bu hatalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Mira ve nivonun çökmesi.
- Sıcaklığın miraya etkisi.
- Sıcaklığın nivoya etkisi.
- Geomağnetik alanın kompanseörlü nivoya etkisi.
- Gel-git etkisi.
- Düşey refraksiyonun etkisi.

#### **Mira ve nivonun çökmesi hatası**

Nivelman ölçmeleri sırasında alet kurulan veya mira tutulan zeminin fiziksel özellikleri, istasyon noktalarındaki ölçme ve istasyon noktası değiştirmede kullanılan mira tipi veya uygulanan gözleme sırasına bağılı olarak miralar ve nivo düşey yönde hareket edebilir. Bu düşey hareketlerin tamamı çökme hatasını oluşturur.

Çökme hatasının ölçme sonuçlarına etkisi kesin olarak belirlenemez. Bu hatanın en aza indirmenin yolu hatayı oluşturan nedenleri belirlemek bunların etkilerinin araştırılıp bu hataya karşı etkili uygun ölçme planı hazırlanmaktır.

#### **Sıcaklığın miraya etkisi**

Miralara sıcaklığın etkisi iki farklı türdedir. Mira kalibrasyon sıcaklığı ile nivelman sırasındaki miraların sıcaklığı arasındaki farktan dolayı oluşan hatadır. İkinci hata ise nivelman ölçmeleri sırasında güneş ışığı miraların birinin ön yüzüne diğer miranın arka yüzüne etkilirse birinci mira güneş ışığına doğrudan maruz kalırken diğer miranın bölümlendirme çizgileri gölgede kalmaktadır ve miralar arasında sıcaklık farkı oluşmaktadır.

Bu etkiyi azaltmak için genleşme katsayıları yeterli doğrulukta belirlenmeli ve düzeltme olarak getirilmelidir.

### **Sıcaklığın nivoya etkisi**

Sıcaklık değişmelerine bağlı olarak cisimler boyut değiştirirler. Bu durum nivolardaki optik ekseni etkiler. Bu etki iki grup altında incelenir:

- Ortam sıcaklığının ani değişiminin etkisi
- Güneş ışığının tek taraflı ve direk olarak nivoya gelmesi etkisi

Ani sıcaklık değişimleri nivo gözleme doğrultusunda eğikliğe neden olur. Geri ve ileri gözleme uzaklıkları eşit alınması durumunda sapma açısı her iki yönde aynı olur ve etki kendiliğinden ortadan kalkar.

Güneş ışığının tek taraflı direk olarak nivoya gelmesi sonucu nivo gözleme doğrultusunu etkiler. Bu etki gözleme doğrultusu ile güneş ışığının doğrultusu arasındaki farka bağlıdır. Sıcaklığın etkisini azaltmak için nivo bir semsiye ile korunur ve ölçüler hızlıca yapılır (Ceylan 1993).

### **Geomağnetik alanın kompensatörlü nivoya etkisi**

Kompensatörlü nivolarda sarkaç salınımı gravite etkisiyle düşey doğrultuda denge konumuna gelir. Nivo gözleme ekseni sarkaç ile dik açı yapacak şekilde bağlanmıştır. Bunun anlamı ise diğer hatalar ihmal edilerek gözleme ekseni tam olarak yataylanır. Fakat sarkaç gravite etkisiyle birlikte geomağnetik alandan da etkilenir. Bu ise kompanstörün hata yapmasına neden olur. Hatanın büyüklüğü ve yönü kompanstörün yapısına ve yapısını oluşturan materyalin özelliklerine bağlıdır. Geomağnetik alanın yatay bileşeni ile nivonun gözleme doğrultusu paralel olduğunda sapma maksimum olur (Ceylan 1993).

Bu hatanın giderilmesi kolay olmamaktadır. Çünkü gözleme doğrultusunun mağnetik kuzeyle yapmış olduğu açuya bağlı olarak değişmektedir. Bu hatadan uzaklaşmanın en etkili yolu geomağnetik alanda etkilenmeyen (nonmağnetik) kompensatörlü nivolar kullanılır.

### **Gel – git etkisi**

Nivolarda yatay gözleme silindirik düzeç veya kompanstör yardımıyla sağlanır ve gözlem eksenini çekül doğrultusuna dik konuma getirilir. Çekül doğrultusu güneş ve ay kütlelerinin ortaya çıkardığı ve zamanla değişim gösteren gel-git kuvveti etkisi altındadır. Bu nedenle çekül doğrultusu küçük bir açısal sapma gösterir. Dolayısıyla ölçüler o istasyon noktasına ait gerçek gravite vektörüyle yürütülemez.

### **Düşey refraksiyonun etkisi**

Nivelmanda gözleme ısını farklı kırılma indislerine sahip atmosfer tabakalarından geçerken bilinen kırılma kanunlarına bağlı olarak ısın yolu eğilerek nivoya ulaşır. Fiziksel yapı farklılığı gösteren düz bir nivelman kenarında refraksiyonun etkisi tüm mira okumalarında yaklaşık aynı büyüklüktedir. Dolayısıyla yükseklik farkının bu hatalardan etkilenmesi rasgele özelliği taşır. Sabit eğimli arazilerde ise nivelman kenarında yapılan ölçmelerde yere yakın mira okumaları yerden uzakta olanlara göre refraksiyon hatasından çok daha fazla etkilenir. Bu nedenle büyük ölçüde hata birikimi oluşur. Ölçüler genellikle sıcaklığın düşey değişiminin ( $dt/dh < 0$ ) negatif olduğu zamanlarda yapıldığından, pozitif yükseklik farkları olması gerekenden daha küçük, negatif yükseklik farklarında ise daha büyük olarak bulunur. Bu nedenle bu hata benzer atmosfer koşullarında yapılan gidiş-dönüş ölçüleriyle ortadan kaldırılamaz. Bu hata etkisi ölçülere sonradan düzeltme getirilerek giderilebilir. Ancak pratik uygulamalarda ölçülere sonradan hesapla düzeltme getirme yerine dönüş ölçüleri sıcaklığın düşey dağılımının ters işaretli olduğu farklı atmosfer koşullarında yapılarak bu hata giderilmektedir.

### 3.5.3 Hassas Nivelman Tekniğinin Uygulama Alanları

Hassas nivelman tekniğinin uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- Yerkabuğu düşey hareketlerinin izlenmesi.
- Fiziksel yeryüzünü ve jeoidi belirlemeye yönelik olarak noktalar arasındaki potansiyel farklarının bulunması.
- Ülke nivelman ağlarının ölçülmesi.
- Yüksek doğruluk gerektiren yapı ve makinelerin yükseklik aplikasyonu.
- Önemli yapılarda bakım-kontrol ölçmeleri (düşey deformasyon ölçmeleri).
- Otoyol, demiryolu, boru hattı gibi mühendislik işlerinde hata birikiminin önlenmesi ve yeterli sıklıkta, güvenilir yüksekliğe sahip nivelman noktalarının oluşturulması.
- Yer altı maden işletmelerinin yeryüzüne etkilerinin belirlenmesi.

#### 4. UYGULAMA

Deprem biliminde temel sorun fayın yerinin belirlenebilmesi ve deprem öncesine göre deprem sonrasında deformasyona uğrayan kütlenin hareket yönünün ve hareket miktarının belirlenebilmesidir (Hauksson 1991).

Geçen yüzyılın başına kadar yer kabuğu hareketlerinin gözlemlenmesi insanoğlunun nadiren ilgi duyduğu bir uğraştı. Reid (1910) Farralon adalarının, Mount Hamilton'a doğru senede 5 mm'lik bir hareketinin olduğunu gözlemlemiştir. 1938'de Icelanders'da neovolkanik alanların jeodezik yöntemlerle gözlemlenmesine başlandı (Niemczyk 1943). Steinbrugge vd (1960), San Andreas fayının orta kısımlarında jeodezik çalışmalar yaparak senelik 30 mm'ye varan hareketler gözlemlemiştir. Yapılan ilk araştırmalardan ortaya çıkan sonuçlar, Jeodezik çalışmaların deprem biliminde kullanılması için çığır açmıştır. Günümüzde yersel jeodezik gözlemler, deprem öncesi ve deprem sonrası deformasyonların saptanmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Ruiz vd. 2002).

Fay hareketlerini gözlemlemek titizlik ve sabır gerektiren bir iştir. Periyodik gözlemler yapmak, küçük hareketlerin belirlenebilmesi için uzun süreli ve olumsuz arazi koşullarında çalışmak pek çok insan için sıkıntı vericidir (Sylvester 1984, 1986, 1995).

Amerika, Japonya ve Avrupa'da hassas nivelman tekniği, depremin neden olduğu düşey deformasyonların belirlenmesinde kullanılan bir yöntem olmasına rağmen ülkemizde bu güne kadar çok fazla ilgi görmüş bir teknik değildir. Bunun nedenlerinin başında tekniğin zahmetli oluşu gelmektedir.

Daha önce bölgede hassas nivelman yöntemiyle literatüre geçmiş olan herhangi bir çalışma yapılmadığı bilinmektedir.

## 4.1 Güzergahların İstikşaf ve Tesisi

Dinar grabeninin ilçe merkezine isabet eden kesiminde düşey hareket miktarının hassas nivelman ile belirlenebilmesi amacıyla, fayın KD ve GB istikametlerinde zemin tesisi yapılabilecek uygun güzergahların belirlenebilmesi için topoğrafik yapının fazlaca bozuk olmadığı, nokta sayısının artmasına neden olabilecek eğim miktarının fazla olmadığı, tesislerin mümkün olabildiğince uzun süre muhafazası düşüncesiyle zemin durumunun sağlam olduğu 3 adet güzergah belirlenmiştir. Refraksiyon hatasını minimize edebilmek amacıyla, alet ve mira arasındaki mesafenin 20-25 m'yi geçmemesi (Castle vd. 1994) tasarlanarak nokta sıklıklarının 40 m'nin üzerine çıkmamasına özen gösterilmiştir.

### 4.1.1 Birinci Güzergah

Birinci güzergah Afyonkarahisar-Denizli karayolu üzerinde seçilmiştir. İlk tesis yeri Trafik Şube Müdürlüğünün karşı tarafında, Denizli'ye gidiş istikametinde yol kenarında seçilmiştir. İlk noktayı takip eden noktalar karayolunun kenarında KD-GB istikametinde devam etmiştir.

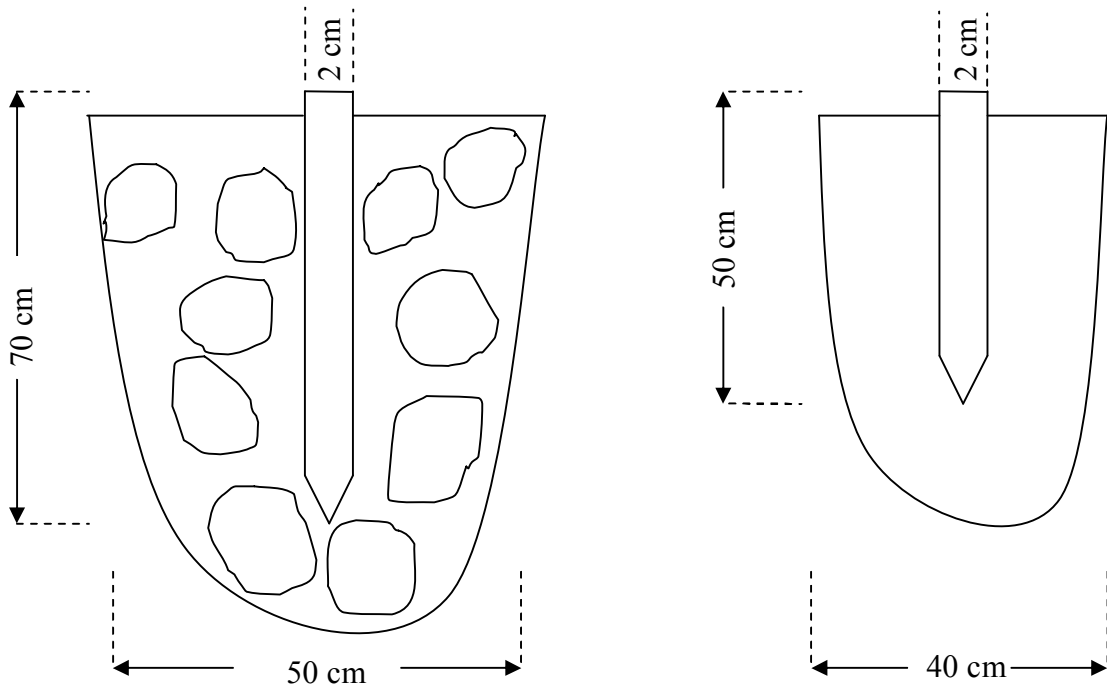
Güzergah karayolunun Çivril-Uşak yolu sapak noktasında fay hattını kesmiştir. Güzergahın son noktası, köy garajının ~ 250 m, üst geçidin karayolu güzergahı üzerinde ~ 80 m ilerisindedir. Güzergaha 50 cm uzunluğunda ve 2 cm çapında çelik çiviler tesis edilmiştir. Tesisler asfalt zemine, yer yer asfalt kenarındaki sert dolgu malzemesinin üzerine yapılmıştır. Tesislerin tamamında öncelikle noktaların deformasyonunu önlemek için çukurlar açılmış, çukurların ortasına çiviler çakılmıştır. Daha sonra çukurların içi yüksek dozajlı betonla doldurulmuştur. Çukurların çok geniş olması istenilmediğinden, murç ve balyoz yardımıyla kazı yapılmıştır. Birinci güzergahta 44 adet nokta tesisi yapılmıştır.

#### 4.1.2 İkinci Güzergah

Dinar şehir mezarlığının ~ 150 m batı istikametinde ilk noktanın yeri seçilmiştir. Kudret Çeşmesi caddesini takiben Çivril-Banaz yoluna inilmiş, Ilıca mahallesinde bulunan havuzların önünden geçerek belediye binasının arkasındaki Yenyol caddesini takip eden güzergah Adliye lojmanlarının önünde bitmiştir.

İkinci güzergah Ilıca mahallesinde bulunan havuzların yakınında fayı kesmiştir.

Güzergahın meskun saha içerisinde bulunmasının avantajıyla hilti yardımıyla çukurlar derinleştirilmiş, toprak dolgu zeminde 70 cm, asfalt zeminde 50 cm uzunluğunda 2 cm çapında çelik çiviler balyoz yardımıyla tesis metaryeli olarak kullanılmıştır (Şekil 4.1). Toprak dolgu olan yerlerde, zeminin elverişli olmaması nedeniyle kazı geniş tutularak 50 cm çapında çukurlar açılmıştır. Çiviler çakıldıktan sonra yüksek dozajlı beton taşla beslenerek muhtemel deformelerin önüne geçilmiştir. İkinci güzergahta 65 adet nokta tesisi yapılmıştır.



Şekil 4.1 Toprak ve asfalt zeminlerde yapılan tesislere ait kesitler

### 4.1.3 Üçüncü Güzergah

Televizyon yansıtıcısının bulunduğu Kanlıkaya Tepesinin eteklerinde güzergahın ilk noktasının yeri seçilmiştir. Güzergah tepeden Dinar II. Hidroelektrik Santralının cebri borusu beton ayaklarına 11 nolu noktada indirilmiş, 61 nolu noktaya kadar cebri boruyu takip etmiştir. Borunun zemine bağlantı yerlerinde bulunan büyük beton bloklarda monteli 1.5 cm çapındaki vidalar tesis yerleri olarak seçilerek yağlı boya ile belirginleştirilmiştir (Resim 4.1). Güzergah Dinar-Çivril yoluna kadar inerek, son nokta yol kenarına tesis edilmiştir.

Üçüncü güzergah hidroelektrik santralının cebri borusunun üzerinde yaklaşık olarak 890 m kotu civarında fay hattını kesmiştir.



Resim 4.1 Cebri boruda bulunan ölçü noktası tesisi

Ölçü noktası olarak kullanılan cebri boru tabanında bulunan beton blokların üzerindeki vidaların haricindeki tesislerde, olabildiğince sert zeminler tercih edilerek 50 cm genişliğinde açılan çukurlara 70 cm uzunluğunda, 2 cm çapındaki çelik çiviler balyozla çakıldıktan sonra taşlarla beslenerek yüksek dozajlı beton doldurularak deformasyonun önüne geçilmesi sağlanmıştır. Üçüncü güzergahta 63 adet nokta tesisi yapılmıştır.



22 Temmuz 2006 tarihinde güzergah yerlerinin seçilmesi ve bunu takiben tesislerin yapılması maksadıyla çalışmalara başlanılmıştır. İstikşaf ve tesis çalışması 10 gün sürmüştür.

#### **4.2 Periyotlar (Ölçmeler)**

Düşey hareketin tespit edilebilmesi maksadıyla yapılan ölçümlerde dijital nivo kullanılarak insan faktöründen kaynaklanabilecek hataların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ölçmeleri yaparken hataların önüne geçilmesi amacıyla;

- Ölçmelerin gidiş-dönüş şeklinde yapılmasına,
- Güzergahın ilk noktasına tutulan miranın güzergahın son noktasına tutulmasına,
- Geri okuması yapılan miranın bir sonraki istasyon noktasında ileri okuması yapılan noktaya taşınmasına,
- Okuma sırasının ( $g_i, i_i, i_{ii}, g_{ii}$ ) şeklinde bozulmadan sürdürülmesine, miraların zeminden kaldırılmadan kendi eksenleri etrafında döndürülerek nivoya yöneltilmesine,
- Ara noktalarda mira altlıklarının hatalı okumaya neden olmaması için zemine iyice sabitlenmesine,
- Miraların eğikliğinden kaynaklanabilecek hatanın elimine edilmesi için 2.60 m'nin üzerinde okuma yapılmamasına,
- Refraksiyondan kaynaklanabilecek hatanın elimine edilmesi için 0.40 m'nin altında okuma yapılmamasına

özen gösterilmiştir.

##### **4.2.1 Birinci Periyot Ölçmeleri**

Birinci periyot ölçmelerine 01 Ağustos 2006 tarihinde tesisi ilk önce yapılarak kurumuş olan birinci güzergahtan başlanılmıştır. Ölçmeler Topcon DL-101C sayısal nivosu ve 2

adet Topcon barkodlu miralarıyla yapılmıştır. Arazide yapılan ölçümler sırasında miraların altında çarık kullanılmıştır.

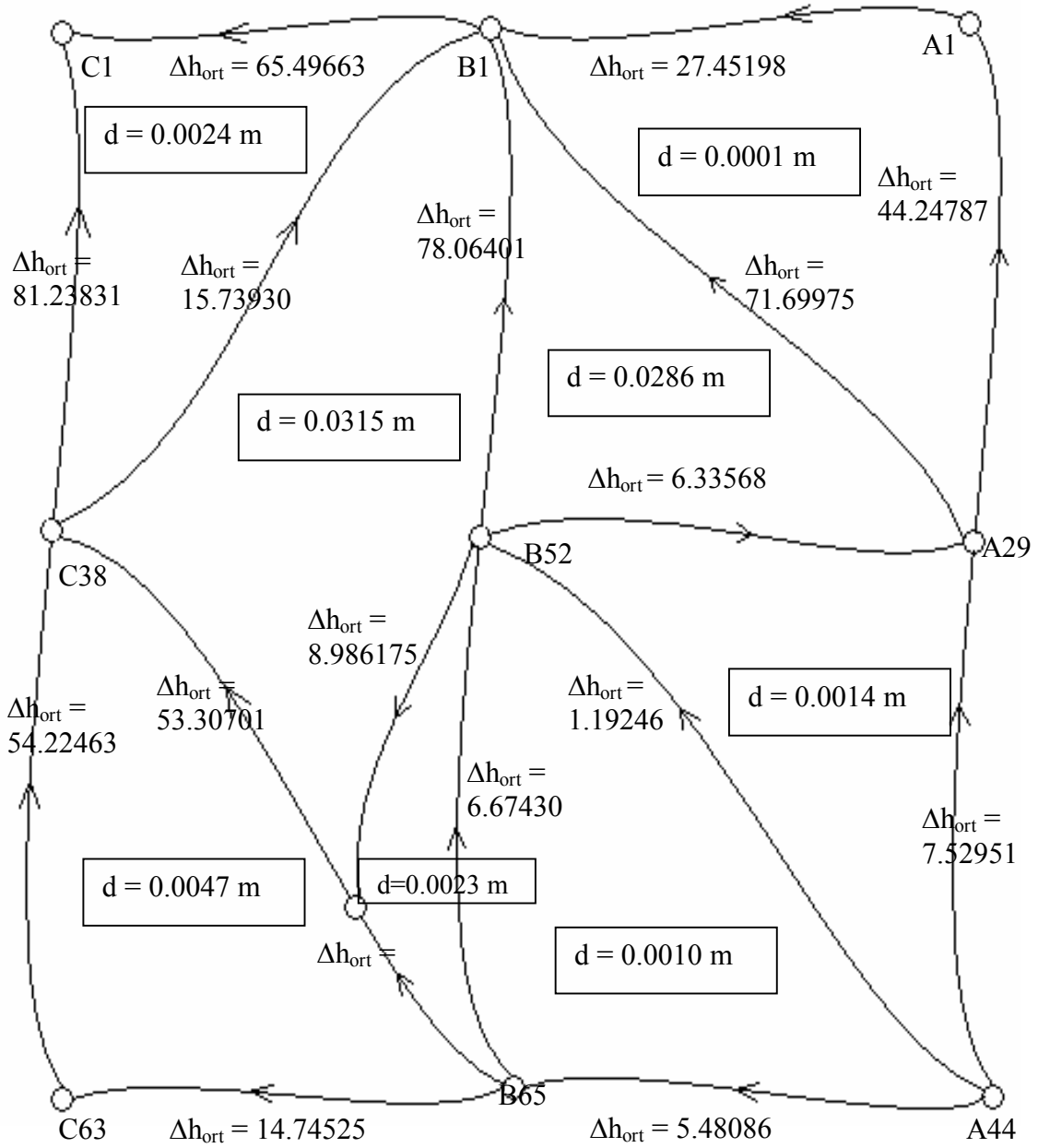
Bu periyotta ölçülen güzergahların dengelenebilmesi maksadıyla nivelman ağı oluşturularak bütün güzergahlar başlangıç, orta ve sonlarında elverişli olan noktalardan birbirine bağlanmıştır. Birinci ve ikinci güzergahların hassas nivelman yöntemiyle ortadan birbirlerine bağlanabilmesi için arazinin topoğrafik yapısı elverişli olmadığından dolayı, üçüncü güzergahın ortasından (3/38), ikinci güzergahının sonuna (2/65) yapılan bağlantı hattının yaklaşık olarak ortalarından ikinci güzergahın 52. noktasına bağlantı ölçüleri yapılarak lup kapanması sağlanmıştır.

Hassas nivelman yapılan ana güzergahların başlangıç ve son noktaları arasındaki yükseklik farkları ile nivelman luplarının kapanma değerleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Yapılan hassas nivelman çalışmasına ilave olarak, Topcon GTS 702 elektronik ölçü aleti ve iki adet Topcon reflektör yardımıyla yatay açı-yatay mesafeler ölçülerek noktaların konumları tespit edilmiştir.

1975 tarihinde yapılan halihazır harita çalışmaları sırasında Cumhuriyet meydanında bulunan Ulu Cami’nin doğu cephesine dökme demir olarak tesis edilen RS.23 noktasından çıkış alınarak 1/33 noktasına geometrik nivelmanla yükseklik taşınmıştır. 1/33 noktasının yüksekliği 865.226 m hesaplanmıştır.

Birinci periyot ölçmeleri 15 gün devam etmiştir, 15 Ağustos 2006 tarihinde ölçmeler tamamlanmıştır.



Şekil 4.2 Hassas nivelman yapılan güzergahların kapanma değerleri (d) ve yükseklik farkları ( $\Delta h_{ort}$ )

Birinci periyot ölçümlerinin sayısal verileri değerlendirilerek ardışık noktalar arasındaki yükseklik farkları ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3)

Çizelge 4.1 Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.03970	0.00026	16-17	-1.76214	0.00029	30-31	-1.19980	0.00063
2-3	-1.16459	0.00038	17-18	-1.76818	0.00028	31-32	-1.21687	0.00044
3-4	-1.19446	0.00017	18-19	-1.86947	0.00019	32-33	-0.84520	0.00096
4-5	-1.72517	0.00039	19-20	-1.78517	0.00008	33-34	-1.14524	0.00256
5-6	-1.39567	0.00010	20-21	-1.60515	0.00033	34-35	-0.96178	0.00218
6-7	-1.23575	0.00025	21-22	-1.63567	0.00059	35-36	-0.93891	0.00066
7-8	-0.97764	0.00021	22-23	-1.95764	0.00056	36-37	-0.58351	0.00315
8-9	-1.42311	0.00014	23-24	-1.77682	0.00042	37-38	-0.19043	0.00417
9-10	-1.74929	0.00024	24-25	-1.64792	0.00041	38-39	-0.11651	0.00089
10-11	-1.85886	0.00033	25-26	-1.43573	0.00051	39-40	0.16305	0.00262
11-12	-1.86811	0.00031	26-27	-1.40685	0.00115	40-41	0.02696	0.00101
12-13	-1.90391	0.00019	27-28	-1.29628	0.00202	41-42	0.17019	0.00023
13-14	-1.94791	0.00128	28-29	-1.15304	0.00323	42-43	0.31107	0.00153
14-15	-1.85292	0.00048	29-30	-1.14021	0.00384	43-44	0.13771	0.00018
15-16	-1.81073	0.00046						

Çizelge 4.2 İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-0.89295	0.00301	23-24	-1.83514	0.00030	44-45	-1.67721	0.00040
2-3	-0.90773	0.00228	24-25	-1.72818	0.00012	45-46	-1.29314	0.00008
3-4	-1.37085	0.00021	25-26	-1.41409	0.00024	46-47	-2.24067	0.00034
4-6	-3.20817	0.00031	26-27	-1.39488	0.00027	47-48	-1.59026	0.00014
6-7	-1.32240	0.00025	27-28	-1.90697	0.00038	48-49	-2.03306	0.00084
7-8	-1.25491	0.00036	28-29	-1.47554	0.00048	49-50	-0.98392	0.00044
8-9	-1.39388	0.00079	29-30	-1.49143	0.00048	50-51	-1.29602	0.00027
9-10	-1.46911	0.00025	30-31	-1.60562	0.00020	51-52	-1.51095	0.00019
10-11	-1.75471	0.00267	31-32	-1.23326	0.00027	52-53	-1.44201	0.00035
11-12	-1.53067	0.00017	32-33	-1.39567	0.00009	53-54	-1.27264	0.00023
12-13	-1.59224	0.00018	33-34	-1.30923	0.00029	54-55	-1.24676	0.00019
13-14	-1.75209	0.00017	34-35	-0.67990	0.00037	55-56	-0.96957	0.00009
14-15	-1.62046	0.00019	35-36	-0.79261	0.00018	56-57	-0.47643	0.00013
15-16	-1.82604	0.00014	36-37	-0.82911	0.00084	57-58	-0.53451	0.00024
16-17	-1.57502	0.00026	37-38	-1.08124	0.00015	58-59	-0.14038	0.00025
17-18	-1.11146	0.00012	38-39	-2.31403	0.00038	59-60	-0.32411	0.00084
18-19	-2.58751	0.00037	39-40	-1.52716	0.00074	60-61	-0.10155	0.00067
19-20	-2.06031	0.00008	40-41	-1.80989	0.00042	61-62	-0.12018	0.00182
20-21	-1.88355	0.00043	41-42	-1.69739	0.00100	62-63	0.02884	0.00044
21-22	-1.65601	0.00005	42-43	-1.27210	0.00175	63-64	-0.03127	0.00044
22-23	-1.72316	0.00064	43-44	-2.15902	0.00048	64-65	-0.04375	0.00022

Çizelge 4.3 Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.32627	0.00012	23-24	-1.63083	0.00015	43-44	-1.68482	0.00017
2-3	-2.19705	0.00075	24-25	-2.15047	0.00015	44-45	-1.88413	0.00010
3-4	-0.61810	0.00010	25-26	-2.10258	0.00020	45-46	-1.91991	0.00009
4-5	1.63084	0.00036	26-27	-2.07495	0.00027	46-47	-1.95199	0.00011
5-6	-2.03795	0.00019	27-28	-2.23990	0.00037	47-48	-1.77090	0.00010
6-7	-1.95342	0.00009	28-29	-2.14672	0.00024	48-49	-1.92637	0.00045
7-8	-1.72777	0.00055	29-30	-2.08470	0.00026	49-50	-1.02566	0.00024
8-9	-1.96058	0.00137	30-31	-2.68538	0.00010	50-51	-1.02592	0.00017
9-10	-1.71235	0.00009	31-32	-1.90589	0.00021	51-52	-2.00997	0.00030
10-11	-1.73995	0.00016	32-33	-1.87062	0.00003	52-53	-1.87367	0.00012
11-13	-4.91186	0.00019	33-34	-1.87060	0.00010	53-54	-1.90639	0.00015
13-14	-3.53021	0.00011	34-35	-1.88090	0.00017	54-55	-2.02136	0.00034
14-15	-3.75737	0.00003	35-36	-1.87032	0.00017	55-56	-1.95192	0.00007
15-16	-3.81369	0.00012	36-37	-1.83238	0.00014	56-57	-1.95631	0.00043
16-17	-3.25945	0.00007	37-38	-2.95783	0.00031	57-58	-1.94709	0.00004
17-18	-3.39095	0.00012	38-39	-3.82793	0.00020	58-59	-2.11766	0.00008
18-19	-2.95447	0.00063	39-40	-3.77238	0.00019	59-60	-2.01674	0.00015
19-20	-2.63999	0.00087	40-41	-3.81291	0.00009	60-61	-2.09611	0.00047
20-21	-2.75138	0.00014	41-42	-3.69473	0.00008	61-62	0.37158	0.00097
21-22	-2.74317	0.00026	42-43	-4.62741	0.00020	62-63	-1.77395	0.00005
22-23	-2.53913	0.00036						

RS.23 ( $H_{RS.23} = 863.473$  m) noktasından 1/33 noktasına taşınan yükseklik değeri ( $H_{33} = 865.2260$  m); birinci, ikinci ve üçüncü güzergahların arasında yapılan bağlantı nivelmanlarının yardımıyla tüm noktalara taşınmıştır. Elde edilen ortometrik yükseklikler Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 Birinci güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri

<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>
1	913.87594	16	890.72814	31	867.28807
2	912.83624	17	888.96600	32	866.07120
3	911.67165	18	887.19782	33	865.22600
4	910.47719	19	885.32835	34	864.08076
5	908.75203	20	883.54319	35	863.11897
6	907.35636	21	881.93804	36	862.18006
7	906.12061	22	880.30237	37	861.59655
8	905.14296	23	878.34472	38	861.40612
9	903.71985	24	876.56791	39	861.28961
10	901.97056	25	874.91999	40	861.45266
11	900.11170	26	873.48426	41	861.47962
12	898.24359	27	872.07741	42	861.64981
13	896.33969	28	870.78112	43	861.96087
14	894.39178	29	869.62809	44	862.09858
15	892.53886	30	868.48787		

Çizelge 4.5 İkinci güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri

<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>
1	941.33170	24	905.00333	46	872.91567
2	940.43875	25	903.27515	47	870.67500
3	939.53101	26	901.86106	48	869.08474
4	938.16016	27	900.46618	49	867.05168
6	934.95199	28	898.55922	50	866.06776
7	933.62959	29	897.08367	51	864.77174
8	932.37468	30	895.59224	52	863.26079
9	930.98080	31	893.98662	53	861.81879
10	929.51170	32	892.75337	54	860.54614
11	927.75699	33	891.35769	55	859.29938
12	926.22631	34	890.04846	56	858.32981
13	924.63407	35	889.36857	57	857.85338
14	922.88198	36	888.57596	58	857.31887
15	921.26152	37	887.74684	59	857.17849
16	919.43548	38	886.66561	60	856.85439
17	917.86047	39	884.35157	61	856.75284
18	916.74901	40	882.82442	62	856.63266
19	914.16150	41	881.01453	63	856.66150
20	912.10119	42	879.31714	64	856.63023
21	910.21764	43	878.04504	65	856.58648
22	908.56163	44	875.88602		
23	906.83847	45	874.20881		

Çizelge 4.6 Üçüncü güzergahta bulunan noktaların ortometrik yükseklik değerleri

<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>	<b>Nokta No</b>	<b>Yükseklik (H)</b>
<b>1</b>	1006.82986	<b>25</b>	953.11429	<b>47</b>	898.41529
<b>2</b>	1005.50359	<b>26</b>	951.01171	<b>48</b>	896.64439
<b>3</b>	1003.30653	<b>27</b>	948.93676	<b>49</b>	894.71803
<b>4</b>	1002.68843	<b>28</b>	946.69686	<b>50</b>	893.69237
<b>5</b>	1004.31928	<b>29</b>	944.55014	<b>51</b>	892.66645
<b>6</b>	1002.28132	<b>30</b>	942.46544	<b>52</b>	890.65648
<b>7</b>	1000.32790	<b>31</b>	939.78006	<b>53</b>	888.78281
<b>8</b>	998.60013	<b>32</b>	937.87417	<b>54</b>	886.87642
<b>9</b>	996.63956	<b>33</b>	936.00355	<b>55</b>	884.85506
<b>10</b>	994.92721	<b>34</b>	934.13295	<b>56</b>	882.90314
<b>11</b>	993.18726	<b>35</b>	932.25206	<b>57</b>	880.94683
<b>13</b>	988.27540	<b>36</b>	930.38173	<b>58</b>	878.99974
<b>14</b>	984.74519	<b>37</b>	928.54935	<b>59</b>	876.88208
<b>15</b>	980.98783	<b>38</b>	925.59152	<b>60</b>	874.86534
<b>16</b>	977.17414	<b>44</b>	904.17133	<b>61</b>	872.76923
<b>17</b>	973.91469	<b>45</b>	902.28719	<b>62</b>	873.14081
<b>23</b>	956.89559	<b>46</b>	900.36729	<b>63</b>	871.36686
<b>24</b>	955.26476				

#### 4.2.2 İkinci Periyot Ölçmeleri

Ölçmelere başlanılmadan önce güzergahlar dolaşarak tesislerin durumu gözlemlenmiştir. Birinci ve üçüncü güzergahlarda bulunan noktalarda herhangi bir tahribata rastlanılmamıştır. İkinci güzergahın 5 adet noktası (2/4, 2/5, 2/14, 2/17, 2/18), Belediyenin yol çalışması yapması nedeniyle tahrip olmuştur. Bu nedenle tahrip olan noktaların yakınlıklarına yeniden tesisler yapılmıştır. Tesisler, diğer noktaların tesislerinde çalışıldığı gibi açılan çukurlara 50 cm uzunluğundaki çelik çivilerin balyozla çakılarak yüksek dozajlı betonla sağlamlaştırılması şeklinde yapılmıştır.

İkinci periyot ölçmelerine 7 Nisan 2007 tarihinde başlanılmıştır.

Ölçmeler sırasında, birinci periyotta kullanılmış olan Topcon DL-101C sayısal nivo ile Topcon barkodlu miralar kullanılmıştır.

Ölçümler sırasında miraların altında çarık kullanılmamıştır. Böylelikle miralar tesislerin üzerinde daha rahat dönmüştür ve düzeçlenen miralar tesislerin üzerinde standart bir şekilde oturtulabilmektedir. Bunun haricinde ölçme prensibinde birinci periyoda göre bir değişiklik yapılmamıştır. Güzergahlar gidiş-dönüş olarak ölçülmüştür.

İkinci periyot ölçümlerinin sayısal verileri değerlendirilerek ardışık noktalar arasındaki yükseklik farkları ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9)

İkinci periyot ölçmeleri 4 gün devam etmiştir, 10 Nisan 2007 tarihinde ölçmeler tamamlanmıştır.

Çizelge 4.7 Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.03810	0.00031	16-17	-1.76265	0.00009	30-31	-1.20256	0.00034
2-3	-1.16170	0.00004	17-18	-1.76433	0.00018	31-32	-1.21646	0.00029
3-4	-1.19743	0.00011	18-19	-1.87118	0.00028	32-33	-0.85102	0.00023
4-5	-1.72142	0.00002	19-20	-1.78484	0.00008	33-34	-1.14017	0.00008
5-6	-1.39770	0.00000	20-21	-1.60748	0.00045	34-35	-0.95819	0.00012
6-7	-1.23588	0.00018	21-22	-1.63433	0.00016	35-36	-0.94183	0.00021
7-8	-0.97713	0.00004	22-23	-1.96004	0.00013	36-37	-0.58753	0.00018
8-9	-1.42269	0.00013	23-24	-1.77619	0.00001	37-38	-0.18509	0.00002
9-10	-1.74936	0.00018	24-25	-1.64656	0.00048	38-39	-0.11466	0.00047
10-11	-1.85803	0.00004	25-26	-1.43633	0.00003	39-40	0.15920	0.00014
11-12	-1.86660	0.00000	26-27	-1.40659	0.00046	40-41	0.02649	0.00013
12-13	-1.90260	0.00017	27-28	-1.29788	0.00042	41-42	0.17226	0.00006
13-14	-1.94824	0.00017	28-29	-1.15466	0.00025	42-43	0.30983	0.00025
14-15	-1.85323	0.00018	29-30	-1.13815	0.00045	43-44	0.13607	0.00016
15-16	-1.81049	0.00004						



Çizelge 4.8 İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-0.72335	0.00040	23-24	-1.83623	0.00029	44-45	-1.67368	0.00018
2-4	-1.40167	0.00017	24-25	-1.72466	0.00003	45-46	-1.29233	0.00008
4-5	-2.27884	0.00033	25-26	-1.41648	0.00011	46-47	-2.24189	0.00012
5-6	-3.01073	0.00003	26-27	-1.39831	0.00007	47-48	-1.58257	0.00018
6-7	-1.32561	0.00004	27-28	-1.89945	0.00004	48-49	-2.03186	0.00022
7-8	-1.24795	0.00000	28-29	-1.46852	0.00015	49-50	-0.98472	0.00020
8-9	-1.42787	0.00018	29-30	-1.49253	0.00006	50-51	-1.29698	0.00025
9-10	-1.43137	0.00008	30-31	-1.60033	0.00001	51-52	-1.51018	0.00016
10-11	-1.75605	0.00010	31-32	-1.23571	0.00021	52-53	-1.44048	0.00006
11-12	-1.52406	0.00011	32-33	-1.40035	0.00026	53-54	-1.28082	0.00037
12-13	-1.59305	0.00004	33-34	-1.31041	0.00042	54-55	-1.23662	0.00023
13-14	-1.65777	0.00001	34-35	-0.67269	0.00059	55-56	-0.97067	0.00021
14-15	-1.71870	0.00004	35-36	-0.79964	0.00038	56-57	-0.47912	0.00039
15-16	-1.82460	0.00006	36-37	-0.82990	0.00034	57-58	-0.53215	0.00003
16-17	-1.57344	0.00007	37-38	-1.07900	0.00000	58-59	-0.14432	0.00019
17-18	-0.87208	0.00000	38-39	-2.30884	0.00006	59-60	-0.32644	0.00025
18-19	-2.81737	0.00008	39-40	-1.52734	0.00028	60-61	-0.10206	0.00023
19-20	-2.06868	0.00015	40-41	-1.81089	0.00018	61-62	-0.12016	0.00045
20-21	-1.87686	0.00040	41-42	-1.69757	0.00019	62-63	0.03348	0.00026
21-22	-1.66054	0.00011	42-43	-1.26609	0.00017	63-64	-0.02570	0.00027
22-23	-1.71962	0.00003	43-44	-2.15748	0.00048	64-65	-0.05070	0.00064

Çizelge 4.9 Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.32605	0.00022	22-23	-2.53984	0.00025	43-44	-1.68542	0.00030
2-3	-2.20036	0.00023	23-24	-1.63204	0.00001	44-45	-1.88459	0.00016
3-4	-0.60898	0.00025	24-25	-2.15165	0.00004	45-46	-1.91955	0.00013
4-5	1.63035	0.00035	25-26	-2.10376	0.00013	46-47	-1.95138	0.00019
5-6	-2.03735	0.00000	26-27	-2.07471	0.00024	47-48	-1.77127	0.00025
6-7	-1.95468	0.00004	27-28	-2.24065	0.00007	48-49	-1.93207	0.00008
7-8	-1.73155	0.00011	28-29	-2.14740	0.00017	49-50	-1.02258	0.00006
8-9	-1.95276	0.00006	29-30	-2.08572	0.00023	50-51	-1.02471	0.00016
9-10	-1.71537	0.00010	30-31	-2.68542	0.00016	51-52	-2.01055	0.00003
10-11	-1.73981	0.00018	31-32	-1.90704	0.00021	52-53	-1.87489	0.00006
11-12	-1.43338	0.00006	32-33	-1.87090	0.00014	53-54	-1.90710	0.00006
12-13	-3.47934	0.00016	33-34	-1.87123	0.00005	54-55	-2.02397	0.00008
13-14	-3.53142	0.00016	34-35	-1.88067	0.00018	55-56	-1.95110	0.00014
14-15	-3.75827	0.00095	35-36	-1.87137	0.00013	56-57	-1.95827	0.00017
15-16	-3.81369	0.00033	36-37	-1.83255	0.00002	57-58	-1.94542	0.00066
16-17	-3.26174	0.00009	37-38	-2.95697	0.00025	58-59	-2.11844	0.00004
17-18	-3.39023	0.00018	38-39	-3.82798	0.00048	59-60	-2.01614	0.00018
18-19	-2.96078	0.00004	39-40	-3.77273	0.00003	60-61	-2.09569	0.00044
19-20	-2.63592	0.00014	40-41	-3.81208	0.00010	61-62	0.37897	0.00006
20-21	-2.75201	0.00001	41-42	-3.69599	0.00017	62-63	-1.77489	0.00016
21-22	-2.74310	0.00020	42-43	-4.62684	0.00064			

### 4.2.3 Üçüncü Periyot Ölçmeleri

Ölçmelere başlanılmadan önce ikinci periyotta olduğu gibi güzergahlar gezilmiştir. Noktalarının tamamının durduğu görülmüştür.

Hassas nivelman ölçmelerine 28 Ağustos 2007 tarihinde başlanılmıştır.

Üçüncü periyot ölçmelerinde, birinci ve ikinci periyotlarda kullanılmış olan Topcon DL-101C sayısal nivo ile Topcon barkodlu miralar kullanılmıştır.

1975 tarihinde Dinar Belediyesi'nin yaptırmış olduğu halihazır çalışmada, Üçlerce mahallesindeki su deposunun batı cephesine dökme demir olarak tesisi yapılmış olan RS.47 noktasından çıkış alınarak, Ulu Cami'nin doğu cephesinde tesisli RS.23 noktasına geometrik nivelmanla yükseklik taşınmıştır. Yükseklik farkı ( $\Delta h_{23-47}$ ) 43.839 m bulunmuştur.

Ölçme prensibi ikinci periyodun aynısıdır. Güzergahlar gidiş-dönüş olarak ölçülmüştür.

Ölçümlerin sayısal verileri değerlendirilerek ardışık noktalar arasındaki yükseklik farkları ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12)

Üçüncü periyot ölçmeleri 3 gün devam etmiştir, 30 Ağustos 2007 tarihinde ölçmeler tamamlanmıştır.

Çizelge 4.10 Birinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.03800	0.00007	16-17	-1.76276	0.00011	30-31	-1.20219	0.00025
2-3	-1.16211	0.00025	17-18	-1.76496	0.00021	31-32	-1.21596	0.00000
3-4	-1.19784	0.00006	18-19	-1.87121	0.00029	32-33	-0.85121	0.00000
4-5	-1.72169	0.00022	19-20	-1.78476	0.00008	33-34	-1.13894	0.00001
5-6	-1.39742	0.00020	20-21	-1.60678	0.00012	34-35	-0.95843	0.00037
6-7	-1.23695	0.00018	21-22	-1.63466	0.00026	35-36	-0.94365	0.00021
7-8	-0.97547	0.00016	22-23	-1.95942	0.00004	36-37	-0.58718	0.00013
8-9	-1.42299	0.00001	23-24	-1.77662	0.00024	37-38	-0.18555	0.00001
9-10	-1.75049	0.00001	24-25	-1.64779	0.00013	38-39	-0.11434	0.00001
10-11	-1.85754	0.00035	25-26	-1.43874	0.00021	39-40	0.16112	0.00001
11-12	-1.86635	0.00012	26-27	-1.40600	0.00009	40-41	0.02763	0.00008
12-13	-1.90281	0.00026	27-28	-1.29655	0.00008	41-42	0.17166	0.00016
13-14	-1.94866	0.00041	28-29	-1.15500	0.00001	42-43	0.31029	0.00010
14-15	-1.85535	0.00025	29-30	-1.13787	0.00021	43-44	0.13563	0.00027
15-16	-1.80885	0.00001						

Çizelge 4.11 İkinci güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-0.72408	0.00035	23-24	-1.83866	0.00041	44-45	-1.67419	0.00012
2-4	-1.39872	0.00029	24-25	-1.72129	0.00002	45-46	-1.29345	0.00007
4-5	-2.27670	0.00011	25-26	-1.42060	0.00004	46-47	-2.24158	0.00042
5-6	-1.78154	0.00016	26-27	-1.39577	0.00013	47-48	-1.58422	0.00016
6-7	-1.32939	0.00011	27-28	-1.89901	0.00011	48-49	-2.03423	0.00017
7-8	-1.24549	0.00024	28-29	-1.46810	0.00000	49-50	-0.98483	0.00023
8-9	-1.42584	0.00008	29-30	-1.49223	0.00008	50-51	-1.29866	0.00042
9-10	-1.43359	0.00017	30-31	-1.60633	0.00010	51-52	-1.51048	0.00023
10-11	-1.75942	0.00013	31-32	-1.23182	0.00035	52-53	-1.44156	0.00079
11-12	-1.52426	0.00011	32-33	-1.39815	0.00009	53-54	-1.28129	0.00035
12-13	-1.59207	0.00008	33-34	-1.31163	0.00035	54-55	-1.23810	0.00022
13-14	-1.65628	0.00009	34-35	-0.67432	0.00024	55-56	-0.96806	0.00093
14-15	-1.71874	0.00017	35-36	-0.80059	0.00019	56-57	-0.47887	0.00030
15-16	-1.82545	0.00007	36-37	-0.82970	0.00037	57-58	-0.53122	0.00008
16-17	-1.57381	0.00008	37-38	-1.07879	0.00041	58-59	-0.14696	0.00014
17-18	-0.87219	0.00005	38-39	-2.31047	0.00030	59-60	-0.32523	0.00049
18-19	-2.82110	0.00011	39-40	-1.52708	0.00038	60-61	-0.10093	0.00017
19-20	-2.06567	0.00011	40-41	-1.81145	0.00013	61-62	-0.11826	0.00006
20-21	-1.87722	0.00013	41-42	-1.69826	0.00004	62-63	0.03442	0.00039
21-22	-1.65809	0.00012	42-43	-1.26914	0.00011	63-64	-0.02596	0.00025
22-23	-1.72149	0.00012	43-44	-2.15759	0.00018	64-65	-0.05466	0.00015

Çizelge 4.12 Üçüncü güzergahta ardışık noktalar arası ortalama yükseklik farkları ve ortalama hatalar

Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)	Nokta No	$\frac{\Sigma\Delta h}{n}$	Ort.Hata (m)
1-2	-1.32620	0.00009	22-23	-2.53933	0.00001	43-44	-1.68524	0.00008
2-3	-2.19872	0.00024	23-24	-1.63177	0.00018	44-45	-1.88447	0.00045
3-4	-0.61418	0.00002	24-25	-2.15096	0.00017	45-46	-1.91920	0.00003
4-5	1.62896	0.00009	25-26	-2.10317	0.00021	46-47	-1.95110	0.00003
5-6	-2.03483	0.00002	26-27	-2.07454	0.00005	47-48	-1.77086	0.00013
6-7	-1.95642	0.00028	27-28	-2.24034	0.00011	48-49	-1.93195	0.00021
7-8	-1.72907	0.00013	28-29	-2.14690	0.00006	49-50	-1.02248	0.00011
8-9	-1.95490	0.00014	29-30	-2.08533	0.00008	50-51	-1.02472	0.00008
9-10	-1.71286	0.00002	30-31	-2.68475	0.00001	51-52	-2.01033	0.00011
10-11	-1.73835	0.00041	31-32	-1.90685	0.00016	52-53	-1.87437	0.00024
11-12	-1.43300	0.00029	32-33	-1.87068	0.00018	53-54	-1.90605	0.00001
12-13	-3.47933	0.00003	33-34	-1.87081	0.00011	54-55	-2.02319	0.00013
13-14	-3.53152	0.00021	34-35	-1.88040	0.00013	55-56	-1.95362	0.00042
14-15	-3.75830	0.00004	35-36	-1.87117	0.00001	56-57	-1.95429	0.00039
15-16	-3.81385	0.00018	36-37	-1.83200	0.00004	57-58	-1.95076	0.00024
16-17	-3.26150	0.00066	37-38	-2.95698	0.00008	58-59	-2.11448	0.00086
17-18	-3.39005	0.00028	38-39	-3.82762	0.00006	59-60	-2.01632	0.00004
18-19	-2.95985	0.00022	39-40	-3.77271	0.00008	60-61	-2.09739	0.00002
19-20	-2.63528	0.00013	40-41	-3.81224	0.00001	61-62	0.37864	0.00031
20-21	-2.75134	0.00012	41-42	-3.69629	0.00005	62-63	-1.77787	0.00013
21-22	-2.74274	0.00013	42-43	-4.62734	0.00011			

### 4.3 Periyotların Sonuçları

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'nun desteklediği Dinar-Çivril fay zonunun Dinar şehir merkezi ve yakınındaki düşey deformasyonun hassas nivelman ölçümleriyle tespiti amacıyla yapılan üç periyotluk arazi çalışmasında şartlar bakımından güzergahlar kıyaslandığında, birinci ve ikinci güzergahların şehir merkezinde olması arazi ekibi için üçüncü güzergaha göre daha olumludur. Şehir merkezinde bulunan ikinci güzergahta yapılan tesisler hilti yardımıyla zemine kolay inşa edilirken, üçüncü güzergahın şehir merkezinin dışında olması hilti kullanımını engellemiştir. Bu durum üçüncü güzergahta taşlık zemine yapılan beton blokajın inşasını zorlaştırmıştır.

Resim 4.2’de tesisi yapılan güzergahlar ve fayın güzergahlara göre konumu uydu görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.



Resim 4.2 Uydu görüntüsüne entegre edilen güzergahların fay hattına göre konumları  
(1/25000)

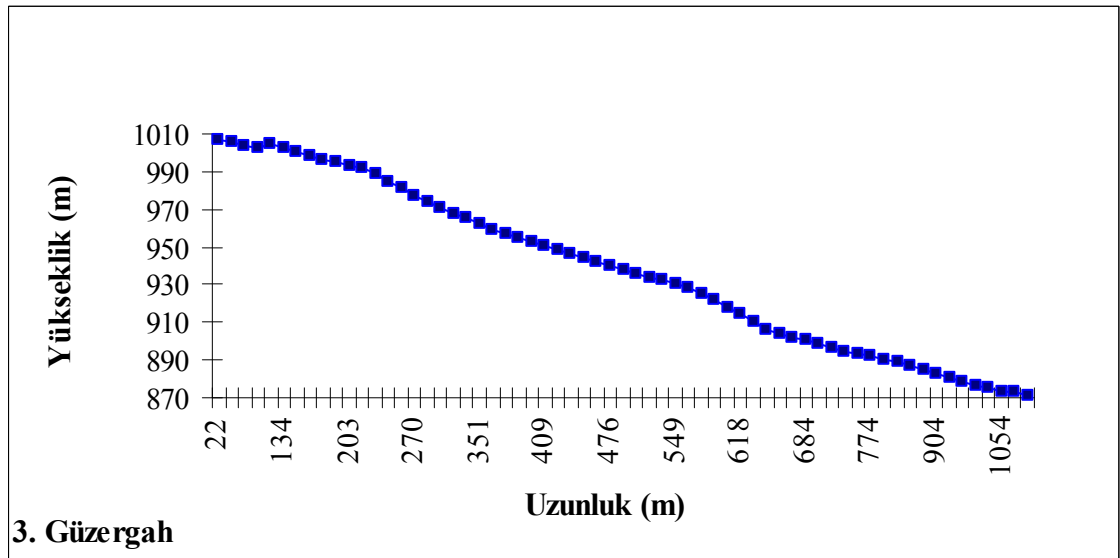
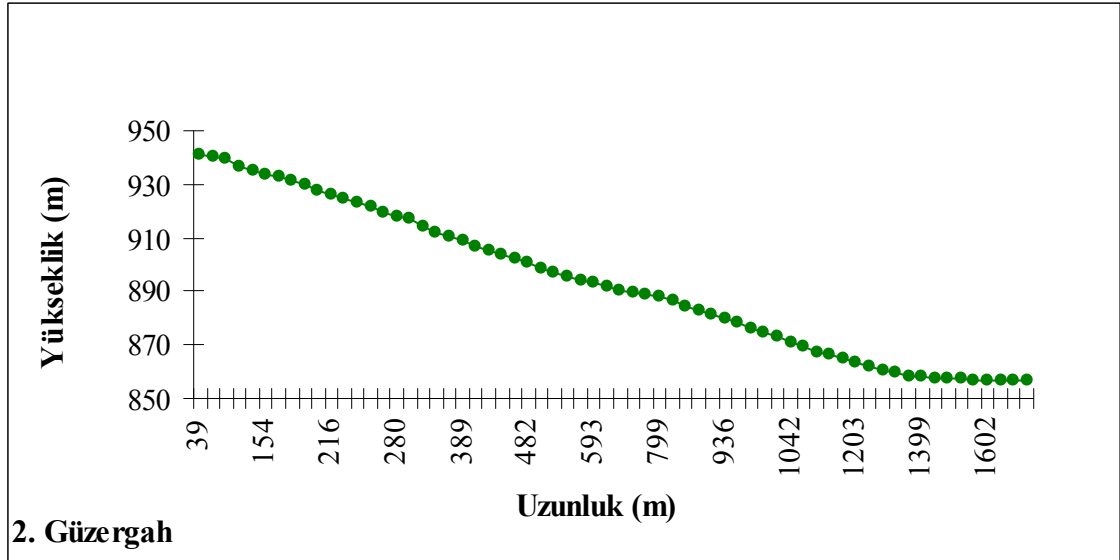
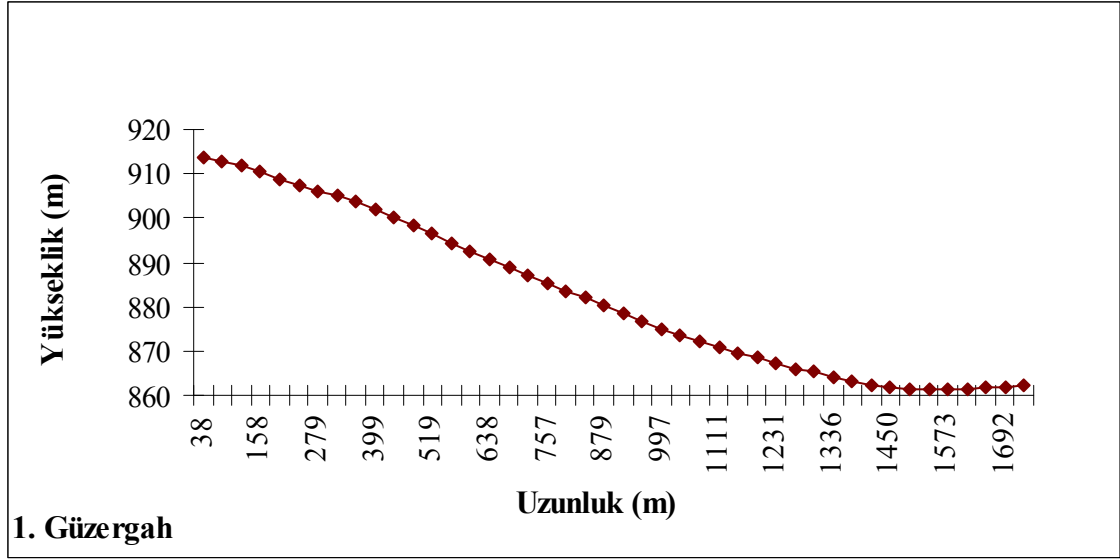
Şekil 4.3’de hassas nivelman güzergahlarının topoğrafik profilleri gösterilmektedir. Üçüncü güzergahın eğiminin fazla olması çok sayıda ara nokta okuması yapılmasını gerektirmektedir. Yatay uzunluk bakımından en kısa güzergah olan üçüncü güzergah,

eğimin yüksek olması ve taşlık zeminin olumsuz etkilerinden dolayı gidiş-dönüş nivelmanı en uzun sürede tamamlanan güzergahtır.

İkinci güzergahın tamamının yerleşim alanında oluşundan dolayı noktalara ait tesislerin üzerine araç park edilmektedir. Bu nedenle yer yer ölçümler aksamaktadır.

Birinci periyottan sonra Dinar Belediyesinin asfalt ve parke taş çalışması yaptığı Kudret Çeşmesi caddesinde iş makinelerinin tahrip ettiği ikinci güzergaha ait (2/4, 2/5, 2/14, 2/17, 2/18) noktaların yerine yeni tesisler yapılmıştır.

Birinci periyot ölçümleri sırasında 2/5 ve 3/12 noktaları, ikinci periyot ölçümleri sırasında 2/3 noktası, üçüncü periyot ölçümleri sırasında ise yine 2/3 noktası sehven ölçüm yapılmadan atlanmıştır.

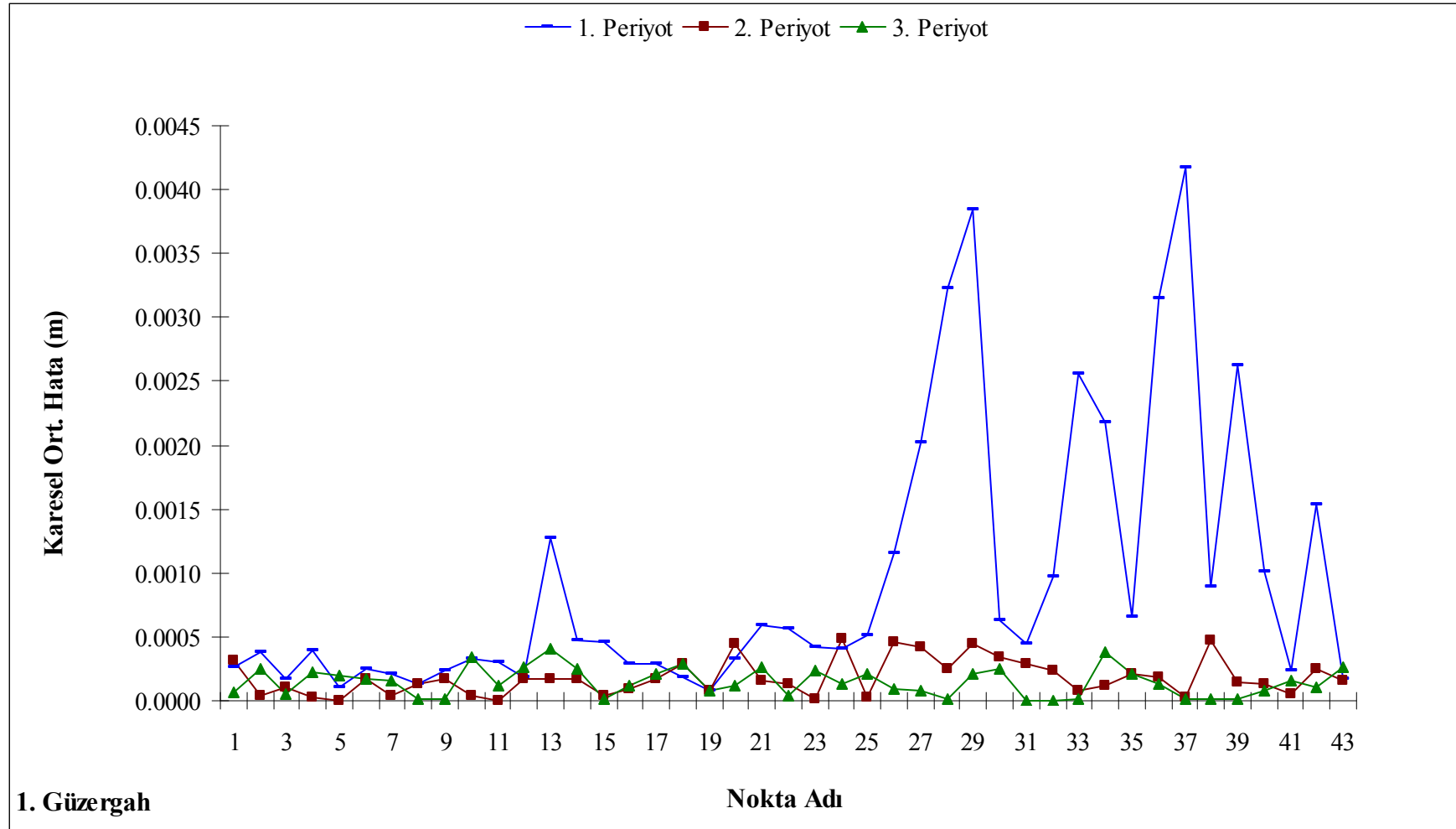


Şekil 4.3 Güzergahların topoğrafik profili

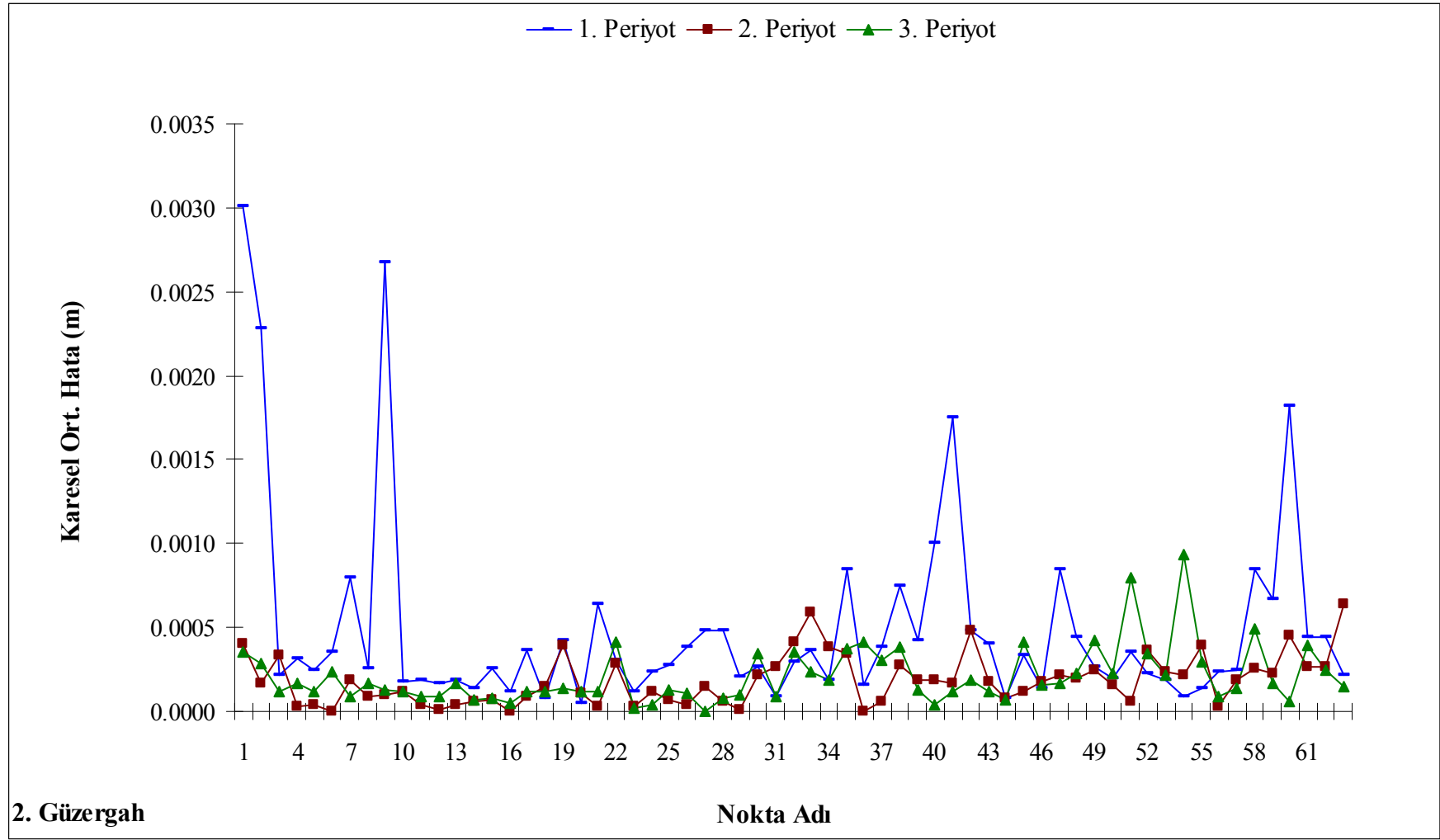
## 5. PERİYOTLARIN SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ, JEODEZİK VE JEOLJİK YORUMLAR

Demirtaş, 1925 yılındaki depremden 1995 yılına kadar geçen 70 yıllık süre zarfında bölgedeki deformasyonun 20-30 cm'lik bir düşey hareketle depreme dönüşmesine vurgu yaparak Dinar grabeninin muhtemel deformasyonunun 5 mm değerinin daha altında olduğunu belirtmiştir (Demirtaş 2007). Bölüm 4.2'de verilen ardışık noktalar arasındaki gidiş-dönüş ölçümlerine ait dengelenmiş yükseklik farklarının karesel ortalama hataları her üç periyotta ortak olarak değerlendirilirse; birinci periyoda ait ölçümlerin hassasiyetinin Dinar-Çivril fayının yıllık deformasyonunu tespit etmemizde beklenen değeri veremeyecek kadar düşük olduğu görülmektedir. Güzergahların üçünde de aynı durumun varlığı benzer hataların tekrar etmiş olduğunu göstermektedir. Birinci periyotta miraların altına eklenen çarıkların miracılar tarafından her noktada farklı yerinden tesisin üzerine oturtularak nivoya yöneltmesi nedeniyle gidiş-dönüş ölçümleri arasındaki yükseklik farkları ile karesel ortalama hatalar fayın deformasyonunun izlenmesinde istenen değerleri vermemektedir. Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3'de ikinci ve üçüncü periyotlarda mira çarıklarının çıkartılmasıyla birlikte gidiş-dönüş ölçümlerinde dengelenmiş yükseklik farklarının karesel ortalama hatalarının istenilen düzeye geldiği görülmektedir

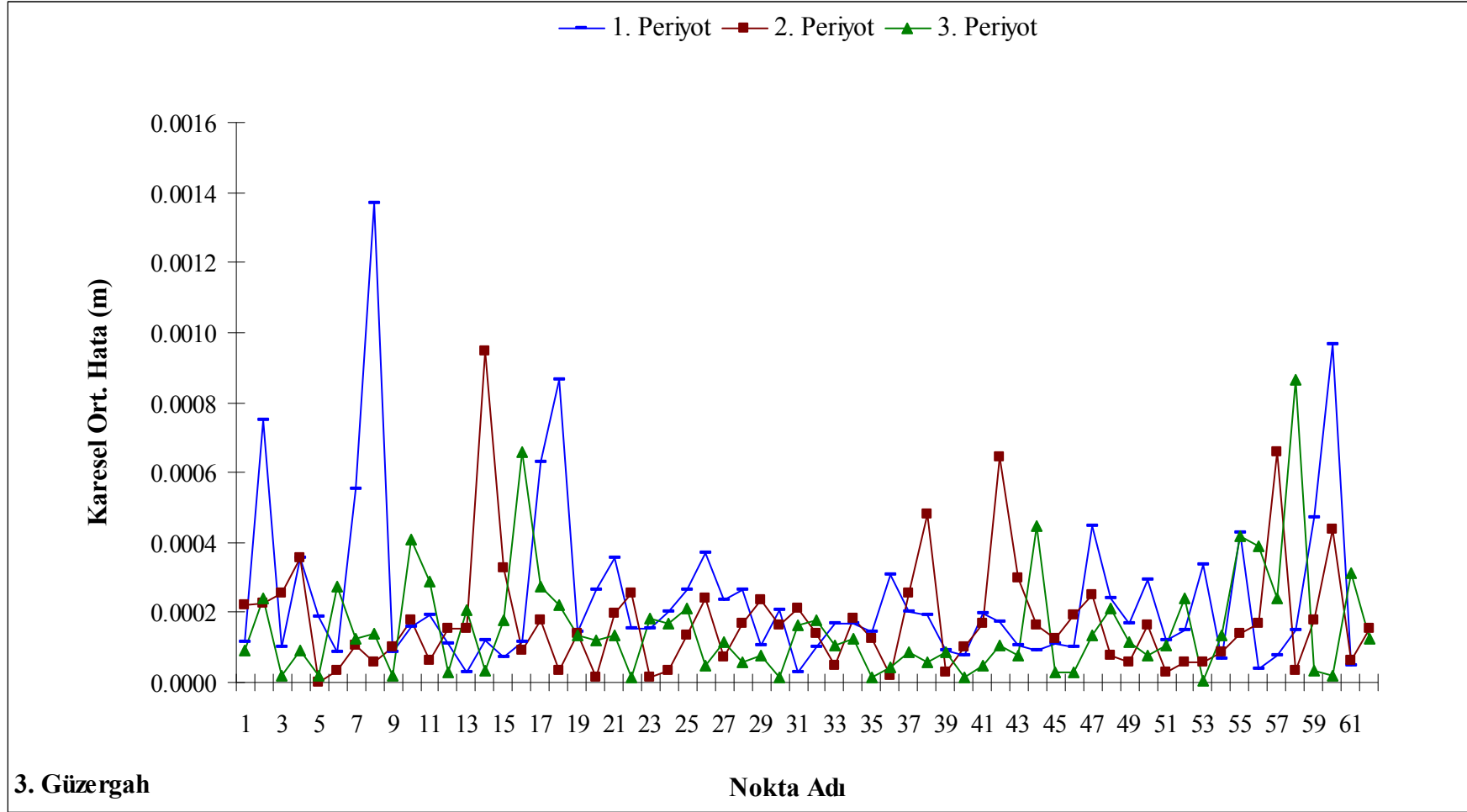




Şekil 5.1 Birinci güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi



Şekil 5.2 İkinci güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi



Şekil 5.3 Üçüncü güzergahın karesel ortalama hatalarının üç periyotta değerlendirilmesi

Üçüncü periyot ölçümleri sırasında yapılan geometrik nivelmanla RS.47 ve RS.23 noktalarının yükseklik farkının 43.839 m bulunduğu Bölüm 4.2.3’de bahsedilmektedir. 1975 tarihli halihazır çalışmasına ait hesap-röper ciltlerinde  $H_{RS,47} = 908.003$  m ve  $H_{RS,23} = 863.473$  m olarak verilmektedir. Verilen değerlerden 1975 senesine ait  $\Delta h_{23,47} = 44.530$  m elde edilmektedir. Bu durumda RS.23 ve RS.47 noktalarının 1975’ten 2007’ye kadar geçen süre içindeki yükseklik değişimi

$$\Delta h_{23,47}^{2007} - \Delta h_{23,47}^{1975} = -0.691 \text{ m}$$

olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen değer Dinar grabeninin muhtemel hareketini doğru bir şekilde göstermekten uzaktır. Çünkü yapılmış olan jeolojik ve jeofizik çalışmalar RS.47’nin bulunduğu fayın kuzeydoğu kesiminin yükseldiğini (horst), RS.23’ün bulunduğu fayın güneybatı kesiminin ise nispeten alçaldığını (graben) göstermesine rağmen  $\Delta h_{23,47}^{2007} - \Delta h_{23,47}^{1975}$  değeri tersi bir hareketi ifade etmektedir. Ayrıca 30 sene içerisinde yaklaşık 69 cm’lik bir hareket Dinar-Çivril fayının yol açabileceği muhtemel deformasyonun çok üzerindedir.

Fay hattını kesen güzergahlarda yapılan geometrik nivelman çalışmasının ölçüm hassasiyetinin yüksekliği göz önüne alındığında, 1975 tarihli nivelman işleminin hatalı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle Dinar’a ait nivelman ağının yenilenerek tekrar ölçülmesi gerekmektedir.

2007 senesinde yapılan ölçümlerdeki hassasiyet (0.04 mm), BÖHYY’de istenilen tecviz sınırının üzerindedir (BÖHYY 1988).

b: Hassasiyet oranı,

S: Karesel ortalama hata,

d: Güzergah uzunluğu

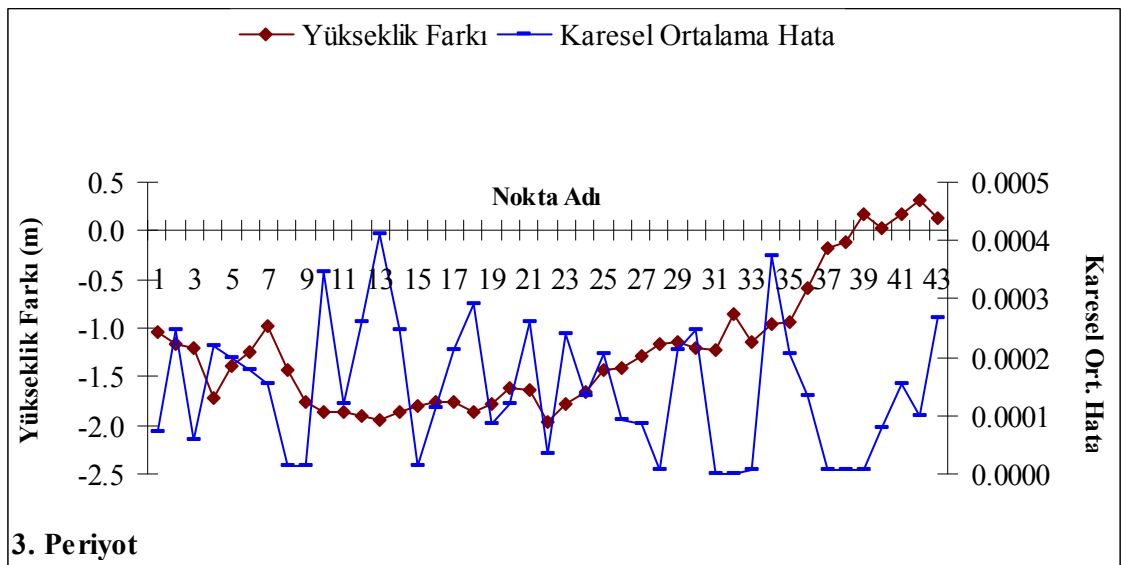
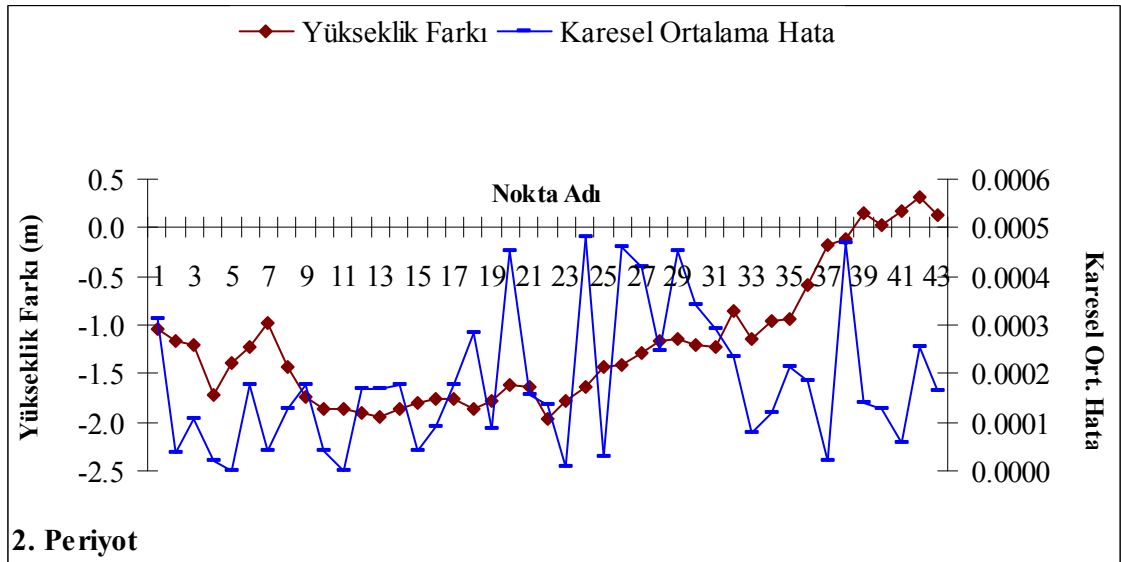
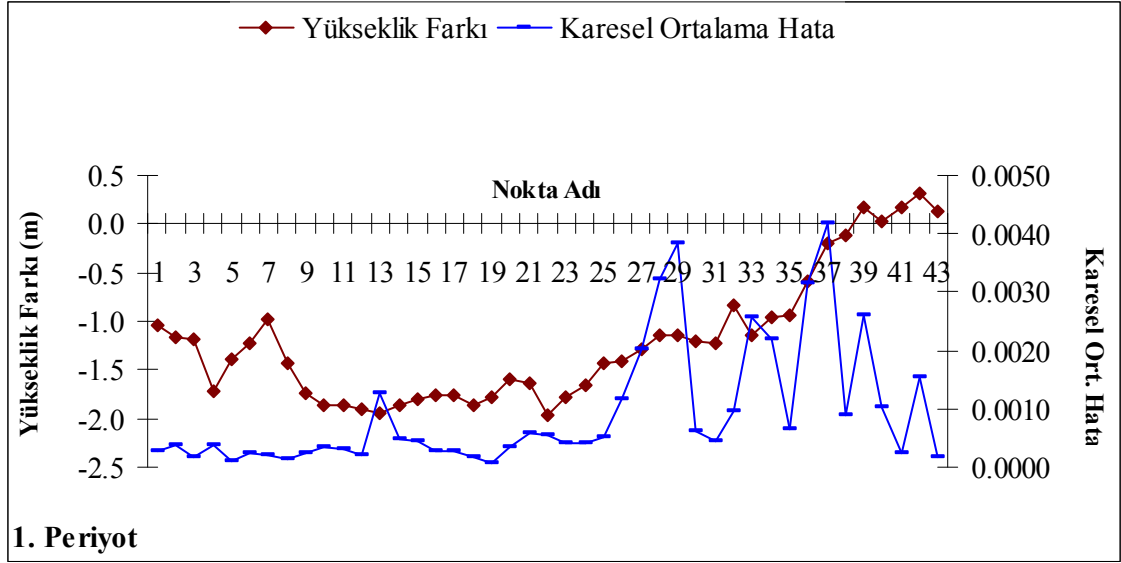
olmak üzere;

Yapılan ölçümlerden elde edilen

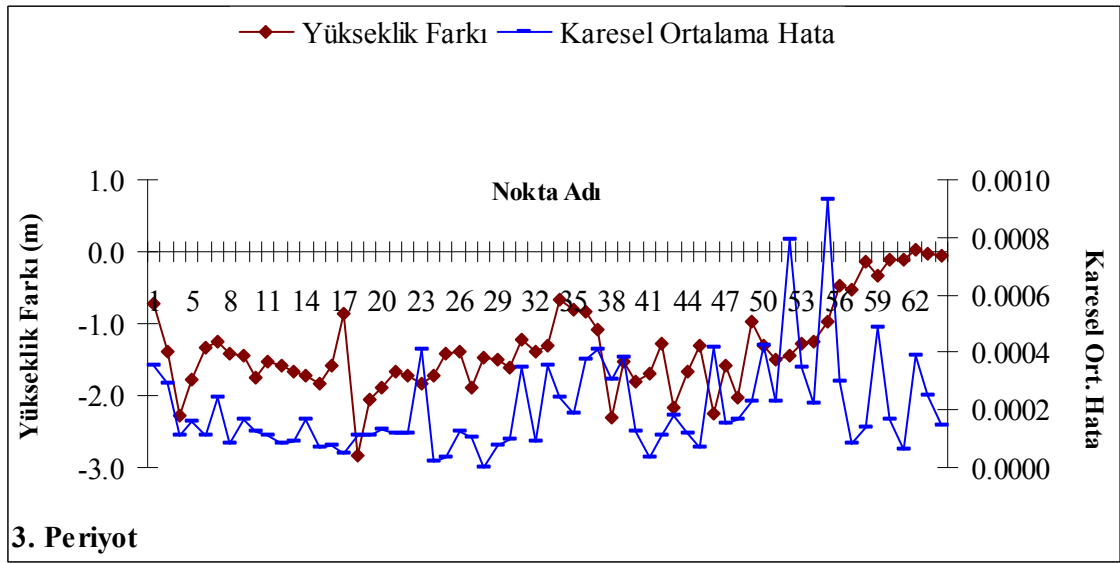
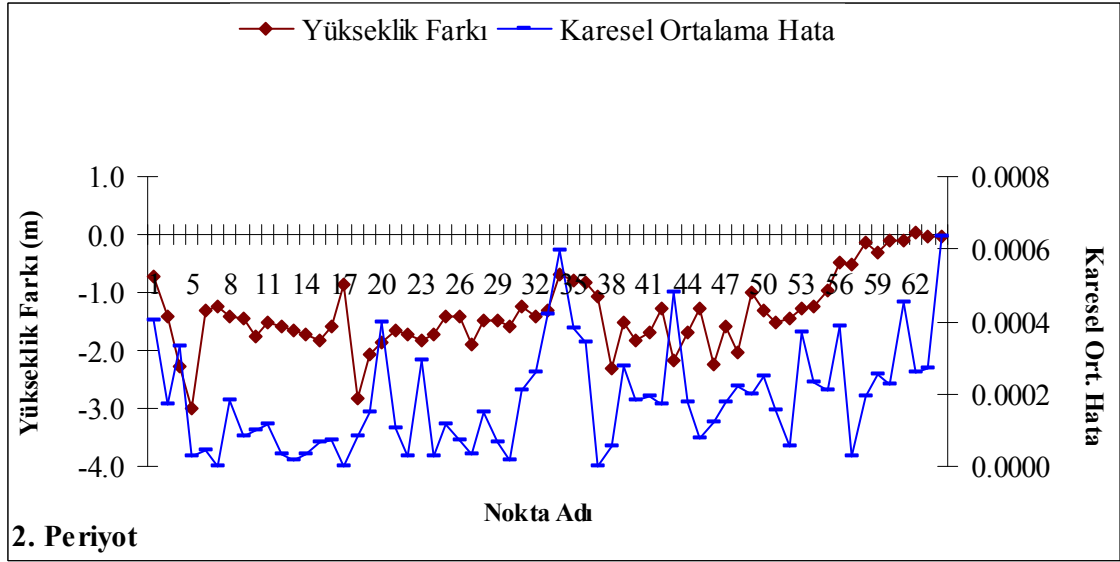
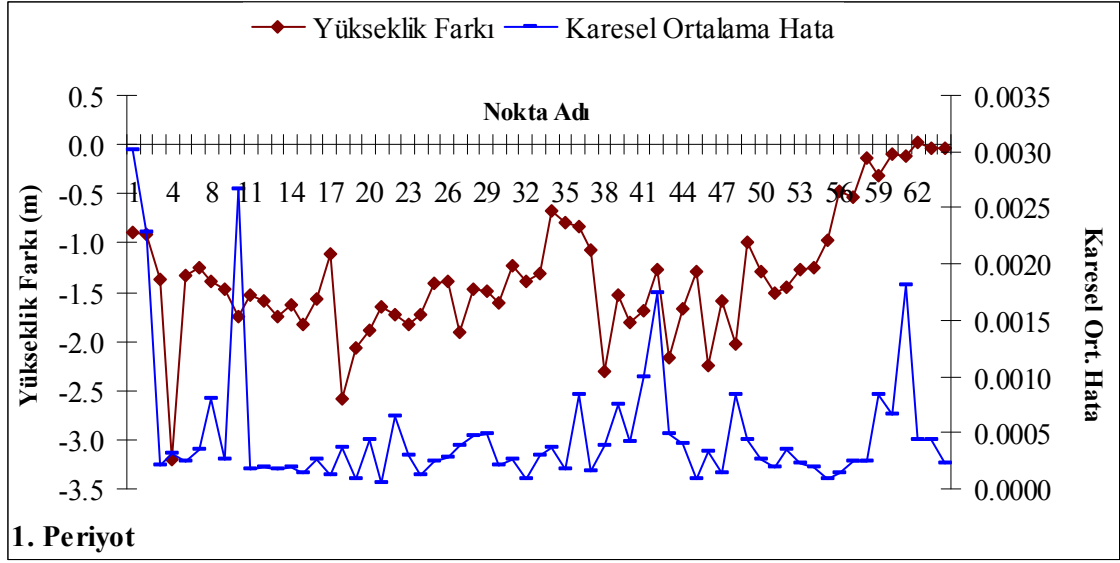
$$b = \frac{S}{\sqrt{d}} \quad (5.1)$$

değeri Amerika Birleşik Devletleri standartlarında birinci derece ikinci sınıf (first-order, class II) aralığındadır (FGCC 1984).

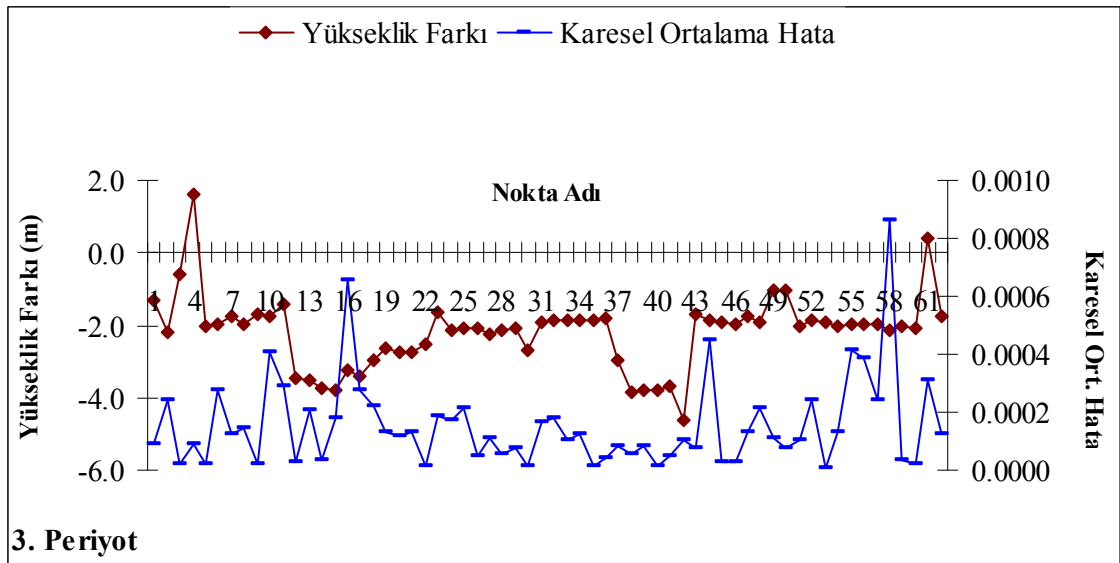
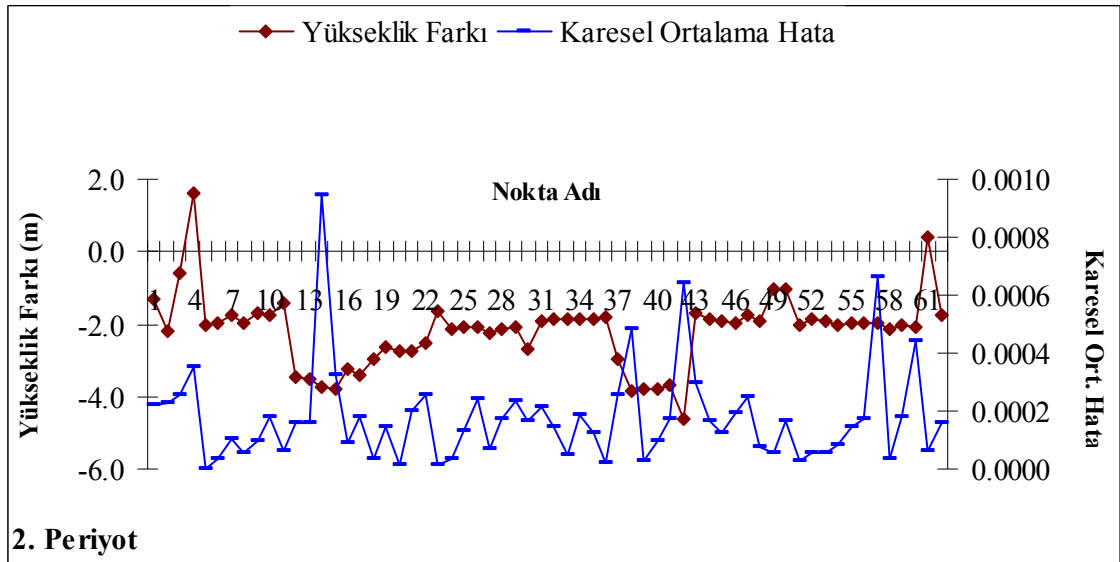
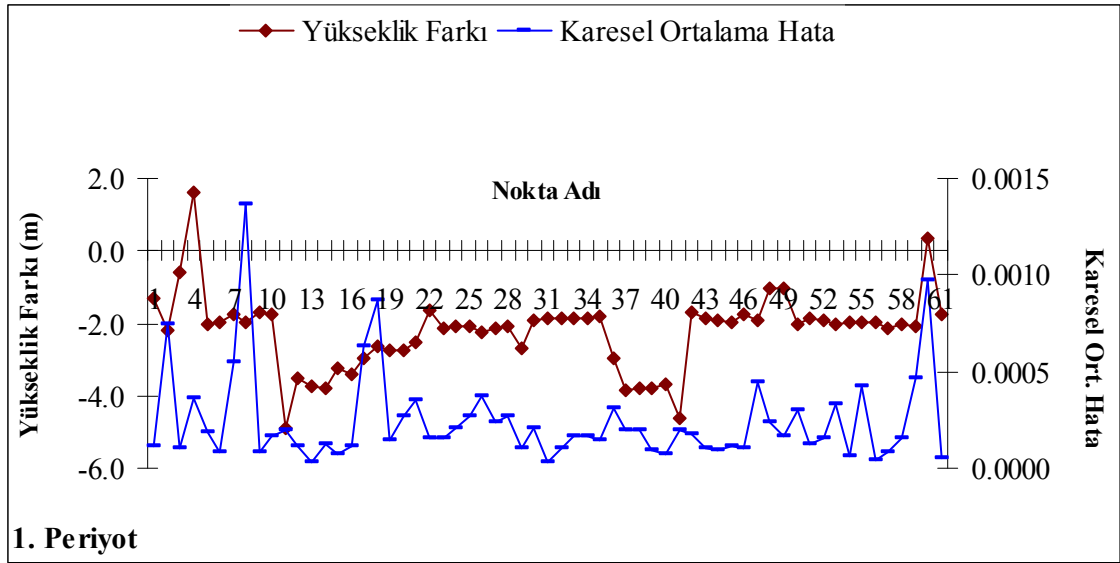
Ardışık noktalar arasındaki dengelenmiş yükseklik farklarının karesel ortalama hataları ile Bölüm 4.3'te verilen arazinin topoğrafik yapısı arasında herhangi bir korelasyon olmadığı Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da görölmektedir.



Şekil 5.4 Birinci güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi



Şekil 5.5 İkinci güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi

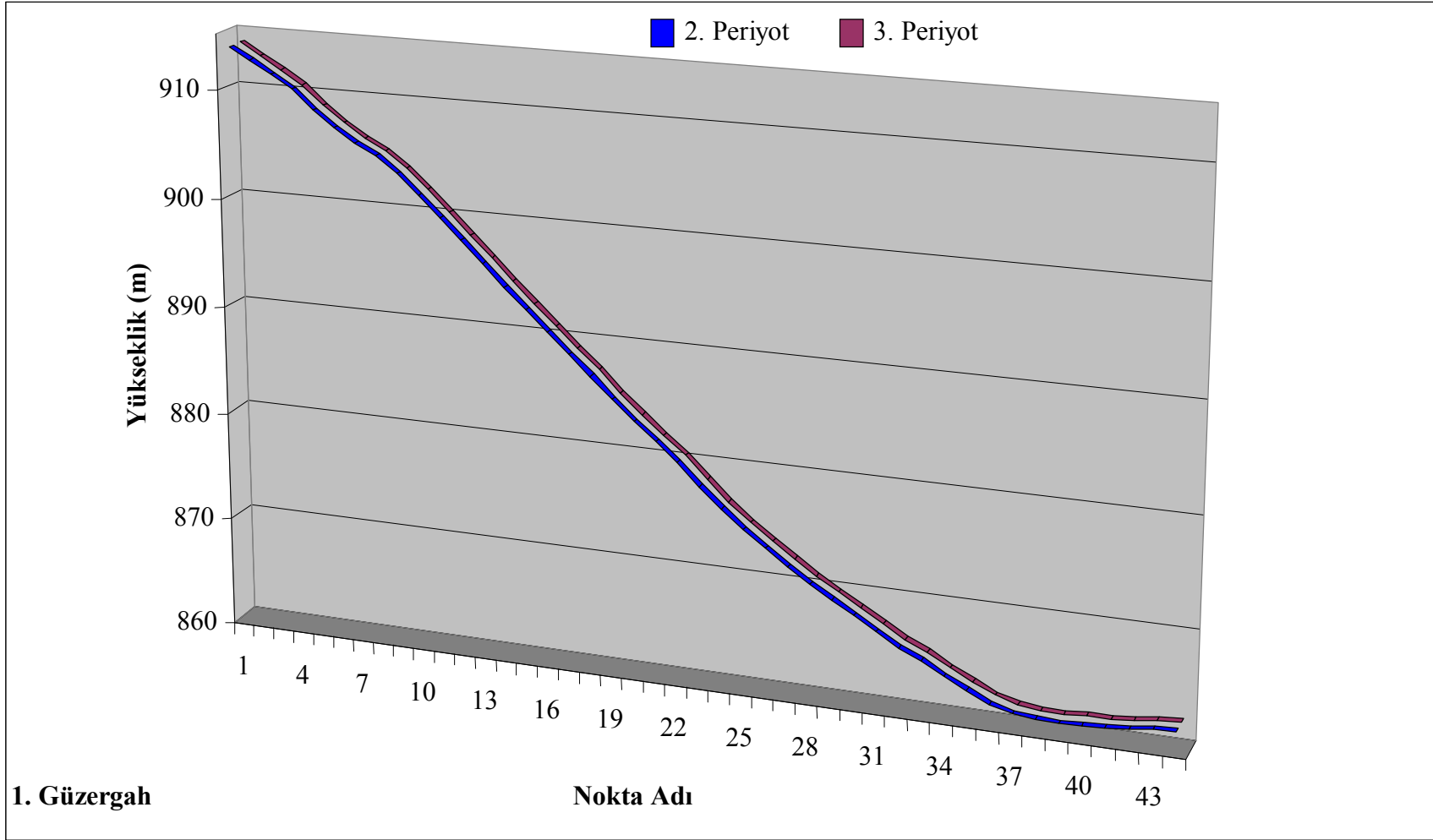


Şekil 5.6 Üçüncü güzergahta yükseklik farkı-karesel ortalama hata ilişkisi

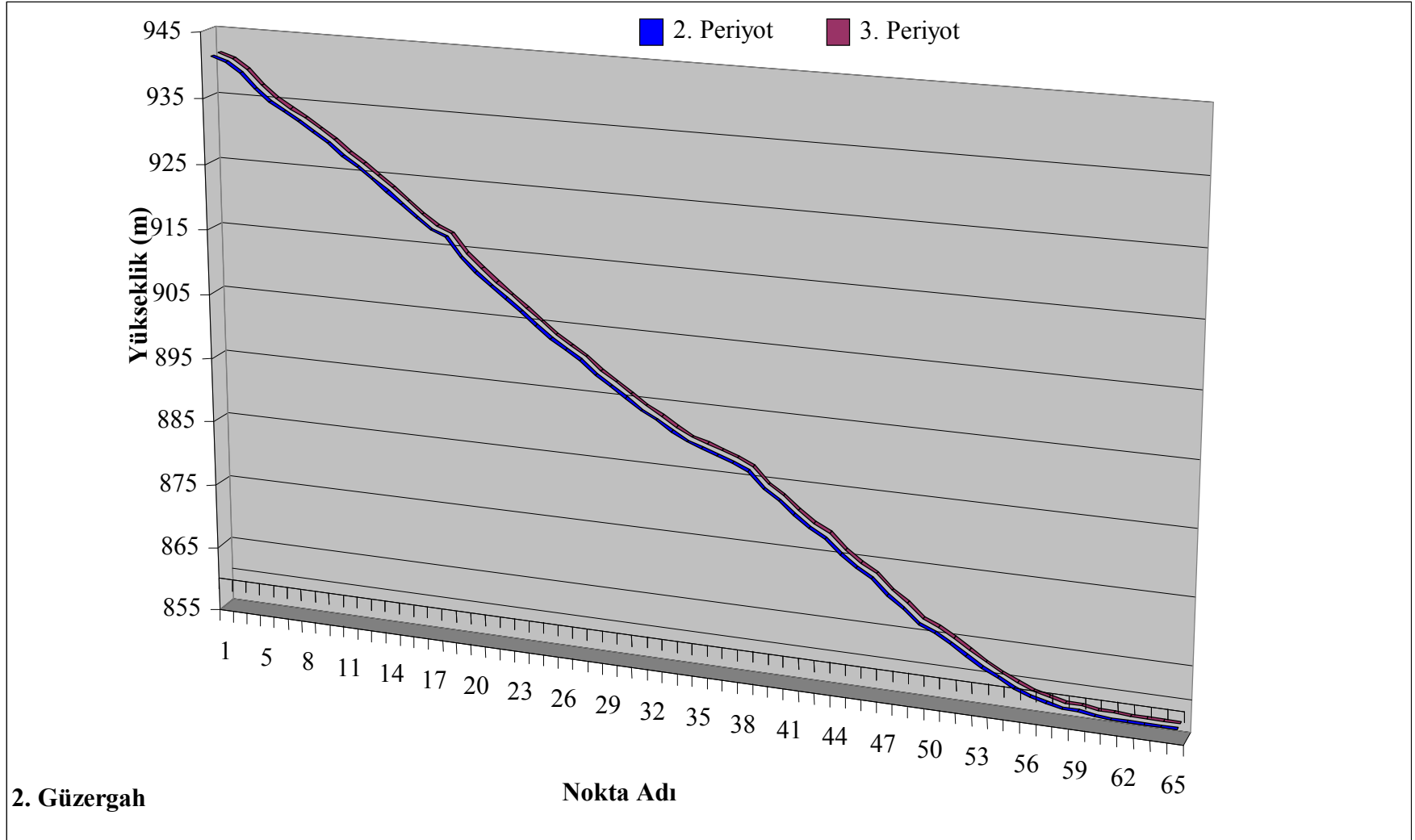


Birinci periyot ölçmeleri sırasında RS.23 noktasının yüksekliğinin geometrik nivelmanla birinci güzergahın 33. noktasına (1/33) taşındığı, 1/33 noktasından güzergahlarda ölçüye dahil edilen tüm noktalara nivelman ağı yardımıyla yükseklik taşındığı Bölüm 4.2.1'de belirtilmektedir. İkinci ve üçüncü periyotlarda, birinci, ikinci ve üçüncü güzergahların ilk noktalarının (1/1, 2/1, 3/1) yükseklikleri sabit alınarak, geometrik nivelman okumalarından elde edilen ardışık noktaların dengelenmiş ortalama yükseklik farkları  $\left(\frac{\sum \Delta h}{n}\right)$  yardımıyla güzergahlarda ölçüye dahil edilen tüm noktalara yükseklik değeri taşınmıştır. Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da güzergahlardaki noktaların ikinci ve üçüncü periyotlarda hesaplanan ortometrik yükseklikleri gösterilmektedir.

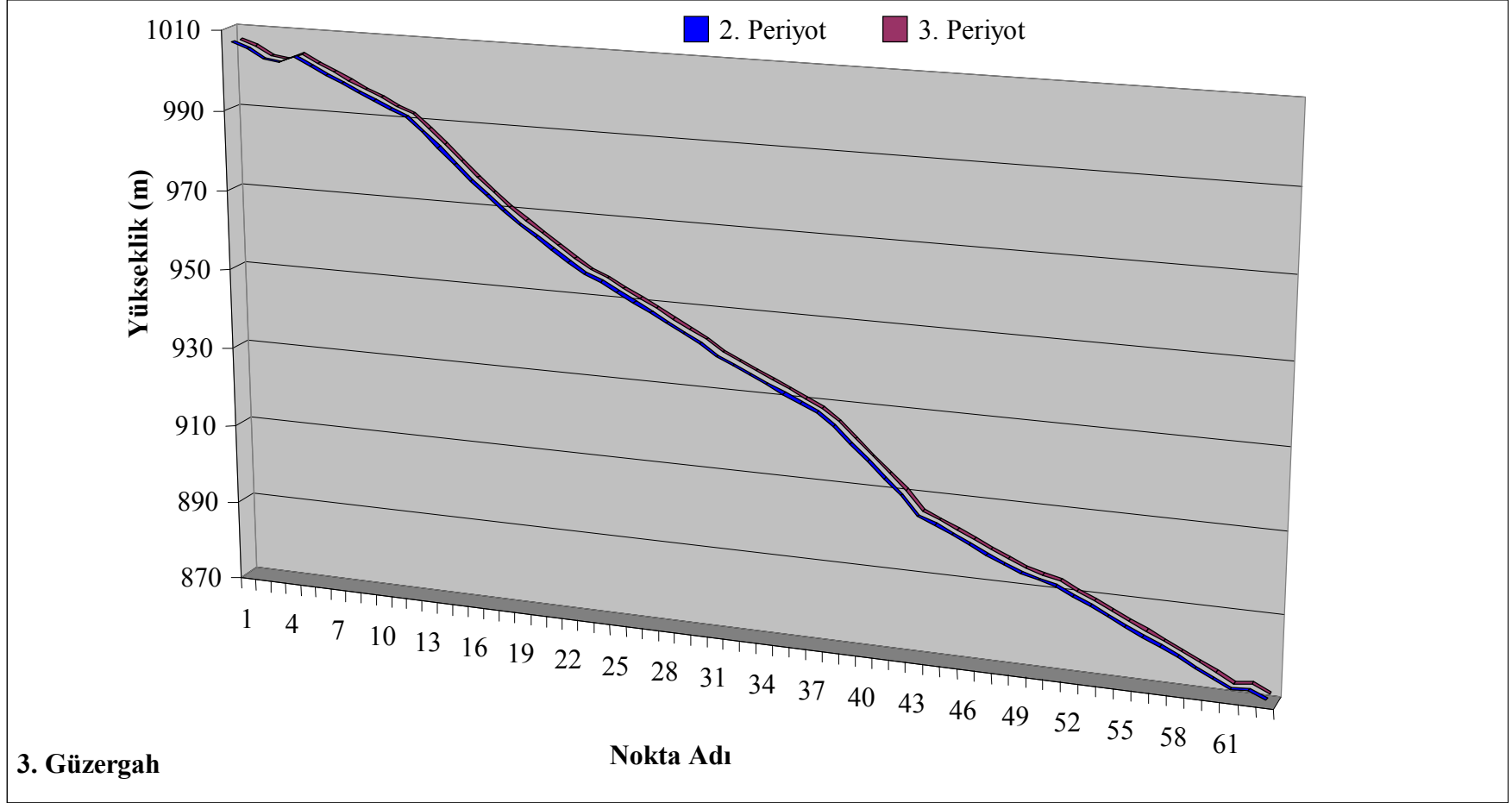
Bir sene içerisinde yapılan üç periyotluk ölçmelerin sonucu ilk periyottaki çarık hatası ile birlikte düşünüldüğünde, 6 aylık süreçteki hareketi belirleme açısından, fay hattında meydana gelmiş deformasyonun belirlenmesi güçtür. 6 aylık süreçte belirlenen bazı kesimlerde 3 mm'ye varan değişimler ölçüm presizyonunun altında kalmakta ve yorum yapmayı imkansız hale getirmektedir. Fayda meydana gelen deformasyonun tespiti için yılda bir defa olmak üzere 2-3 yıl daha ilave ölçmelerin yapılması fayın karakterinin belirlenmesi açısından önemlidir. Çalışma, bölgenin hareketlerini uzun yıllar takip etmek açısından bir altlık oluşturma görevini görmüştür. Jeodezik çalışmaların en sıkıntılı ve masraflı parçası olan istikşaf ve tesis çalışması tez çalışması yardımıyla çözülmüş ve ilk periyot ölçüleri yapılmıştır. Tez çalışması ile verilen araştırma projesi kapsamında yapılacak ikinci ve üçüncü ölçü kampanyaları ile anlamlı sonuçların ortaya çıkması beklenmektedir.



Şekil 5.7 Birinci güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi



Şekil 5.8 İkinci güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi



Şekil 5.9 Üçüncü güzergahta ortometrik yüksekliklerin grafik gösterimi

## 6. KAYNAKLAR

- Akurgal, E., 1995. Anatolian Civilations, Net Yayınları, 637 s., İstanbul.
- Alptekin, Ö., 1973. Focal Mechanisms of Earthquakes in Western Turkey and Their Tectonic Implications. Ph.d. Thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology Socorro, New Mexico.
- Altunel, E., Barka, A., Akyüz, S., 1999. The Activitiy of the Dinar Fault Before October, 1, 1995 Dinar Earthquake, Terra Nova, 11, 297-302.
- Ambraseys, N.N., 1970. Some Characteric Features of the Anatolian Fault Zone, Tectonophysics, 9, 143-165.
- Ambraseys, N.N., 1975. Studies in Historical Seismicity and Tectonics, Geodynamics of Today, 1, pp. 7-16, The Royal Society, London.
- Ambraseys, N. N., 1988. Engineering Seismology, Earthquake Engineering Struct. Dyn., 17, 1-105.
- Arpat, E. ve Bingöl, E., 1969. Ege Bölgesi Graben Sisteminin Gelişimi Üzerine Düşünceler, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 73, 1-9, Ankara.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile İlgili Bazı Gözlemler ve Düşünceler, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 78, 44-50.
- Arslanoğlu, M., 2002. Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Kent Bilgi Sistemi Uygulamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, 124 s., Zonguldak.

- Ayhan, E., 1988. Türkiye’de 1981-1988 Yılları Arasında Oluşmuş Şiddetli Depremler ( $M_s \geq 5.5$ ) ve Sonuçları, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 61, Ankara.
- Aytun, A., 1973. İsmetpaşa İstasyonu Civarında Krip Ölçmeleri, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, 114-121, Ankara.
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C., 1995. The Isparta Angle, It’s Evolution and Importance in the Tectonics of the Eastern Mediterranean Region. Abstract, Iesca, İzmir.
- Baykal, O., 2002. İstanbul Teknik Üniversitesi, Presizyonlu Nivelman Teniği Yüksek Lisans Ders Notları, Yayımlanmamış, İstanbul.
- Bering, D., 1971. Lithostratigraphie, Tektonische Entwicklung und Seengeschichte der Neogenen und Quaternären Intramontanen Becken der Pisidischen Seenregion (Südanatolien) (Kanozoikum und Braunkohlen der Türkei. 5), Beih. Geol. Jb., 101, 1-150.
- Bingöl, E., 1976. Batı Anadolu’nun Jeotektonik Evrimi, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 86, 14-35, Ankara.
- BÖHYY, 1988. Büyük Ölçekli Haritaların Kontrol Yönetmeliği, Düşey Kontrol Noktaları 100. madde.
- Castle, R.O., Mark, R.K. ve Shaw, R.H., 1994. An Empirical Assessment of Refraction Error in Leveling as a Function of Survey Order and Environment, U.S. Geological Survey Bulletin, 2114.
- Ceylan, A., 1993. Presizyonlu Nivelman Yerine Trigonometrik Nivelman Yönteminin Kullanılabileceği Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Collins ,D., 2000. Understanding GPS Priciples and Applications, Artech House, 1-100, Norwood.

Demirtaş, R., 2007. Kişisel Görüşme, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

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, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Bülteni, 72, 5-38, Ankara.

Demirtaş, R. ve Yılmaz, R., 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği, Sismisitedeki Uzun Süreli Değişim ve Güncel Sismisiteyi Esas Alarak Deprem Tahminine Bir Yaklaşım, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dergisi, 91 s, Ankara.

Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and Surrounding Regions, Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone, Bull. Geo. Soc. Am., 90, 84-92.

Dirik, A.E., 2001. GPS İle Çevrim İçi Araç Takip Sistemi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 74 s., Bursa.

DPT, 2000. Disaster Management and Economic Impacts of Disasters, Devlet Planlama Teşkilatı Doğal Afetler İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Dumont, J.F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamanderesi, İ.H. ve Letouzey, J., 1979. Güneybatı Anadolu'daki Grabenlerin Oluşumu, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 92, 7-17, Ankara.

Erdoğan, S., 2006. Burdur Fethiye Fay Zonu Tektonik Hareketlerinin GPS ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Eren, K. ve Uzel, T., 1995. GPS Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yayın No 301, 142 s., İstanbul,
- Ergin, K., Güçlü, U., ve Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Katoloğu, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayını, 169 s., İstanbul.
- Ersoy, Ş., 1989. Gölhisar (Burdur)-Fethiye (Muğla) Arasındaki Kelebeklidağ ile Güney Dağı ve Dolayının Jeolojisi, Doktora Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 264 s., İstanbul.
- Eyidoğan, H. ve Barka, A., 1996. The 1 October 1995 Dinar Earthquake, SW Turkey, Terra Nova 8, 479-485.
- FGCC, 1984. Vertical Control Networks Standarts, Standarts and Specifications for Geodetic Control Networks, Federal Geodetic Control Committee, Rockville, USA.
- Görmüş, M., Avşar, N., Dinçer, F., Uysal, K., Yeşilot, S., Kanbur, S. ve İç, Z., 2007. Dinar (Afyon) Yöresi ve Eosen (Lütesiyen) Sedimanlarının Bentik Foraminifer Biyostratigrafisi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 28 (1), 1-13.
- Guidobani, E., Canastari, A. ve Traina, G., 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Meditterreanean Area Up to the 10<sup>th</sup> Century, Istituto Nazionale di Geofisica, pp:504.
- Gutnic, M., Ketler, D. ve Monod, O., 1968. Decouverte du Nappes de Charriage Dans le Nord du Taurus Occidental (Turquie Meridionale), C.R. Acad. Sci., 226, 988-991.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. ve Dumont, J.K., 1979. Geologie des Taurides Occidentales (Turquie), Mem. Soc. Geol. France, 58/137, 1-112.



- Hauksson, E., 1991. Seismotectonics, Reviews of Geophysics, 721-733.
- Herring, T.A., 1999. Geodetic Applications of GPS, IEEE, 87, 1.
- Kalafat, D., 1996. 1 Ekim 1995 Dinar Depremi ve Saha Gözlemleri, Deprem Araştırma Bülteni, 74, 95-113.
- Karamanderesi, İ.H. ve Yılmaz, S., 1982. Gediz Vadisinde Genç Tektonik Olaylar ve Buna Bağlı Jeotermal Enerji Olanakları, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, 66.
- Keller, E. A. ve Pinter, N., 1996. Active Tectonics, Prentice Hall Press, New Jersey.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, 66, 20-34, Ankara.
- Ketin, İ., 1968. Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu ile Başlıca Deprem Bölgeleri, MTA Dergisi, 71, 63-67.
- Ketin, İ., 1977. Genel Jeoloji, C.1., İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Ketin, İ., 1993. Genel Jeoloji, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Kocaefe, S. ve Ataman, G., 1976. Anadolu'da Sismotektonik Olaylar-I, Antalya-Fethiye-Denizli Üçgeni İçinde Yer Alan Bölgenin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri, 2, 55-70, Ankara.
- Koçak, M.G. ve Ayan, T., 2005. GPS Sabit İstasyonlarında Zaman Serileri Analizi, İTÜ Mühendislik Dergisi, 3, 126-134, İstanbul.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayının Tektoniği, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 1,2, 39-45.

- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 1-16, Ankara.
- Koçyiğit, A., Ünay, E. ve Saraç, G., 2000. Episodic Graben Formation and Extensional Neotectonic Regime in West Central Anatolia and the Isparta Angle, a Case Study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey, Geol. Soc. Spec, Publ, 173, 285-301.
- Koral, H., Laçın, D. ve Şahin, Ş., 1997. 1 Ekim 1995 Dinar Depreminin Yüzey Çatlakları, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 50, 52-58.
- Koral, H., 2000. Surface Rupture and Rupture Mechanism of the October 1, 1995 ( $M_w=6.2$ ) Dinar Earthquake, SW Turkey, Tectonophysics 327, 15-24.
- Le Pichon, X., Franheteau, J. ve Bonnin, J., 1973. Plate Tectonics. Developments in Geotectonics, Elsevier, 300 p., Amsterdam.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J., 1979. The Hellenic Arc and Trench System, a Key to the Neotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Area, Tectonophysics 60, 1-42.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Lallemand, S., Noomen, R. ve Veis, G., 1995. Geodetic Determination of the Kinematics of Central Greece with Respect to Europe, Implications for Eastern Mediterranean Tectonics, J. Geophys. Int. 100, 12675-12690.
- Lenk, O., Türkezer, A., Ergintav, S., Kurt, A.İ. ve Belgen, A., 2003. Monitoring the Kinematics of Anatolia Using Permanent GPS Network Stations, Turkish Jour. of Earth Sci, 12, 55-65.
- Mc Clusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kantens, K., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Perilepin, M., Reilinger, R., Şanlı, I.,

Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Vis, G., 2000. Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics and Dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.*, 105, 5695-5719.

McKenzie, D.P., 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Nature*, 226, 239-243.

McKenzie, D.P., 1978. Active Tectonics of the Alpide-Himalayan Belt, The Aegean Sea and Surrounding Regions (Tectonics of Aegean Region), *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254.

Mercier, J., 1977. L'arc Egeen, une Bordure Deformee de la Plaque Eurasiatique. Reflexions sur un Exemple A'etude Neotectonique, *Bull. Soc. Geol. Fr.*, (7), XIX, 663-672.

MTA, 2007. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nden Satın Alınmıştır.

Niemczyk, O., 1943. Spalten auf Iceland, Konrad Witter, Stuttgart.

Onay, T.S., 1949. Uber die Smirgelgesteine SW- Anatoliens, Schweiz- Mineral Petrogr. Mitt., v. 29 29, Pt.2. 357-491, Zürich.

Oral, M.B., Robert, E.R., Toksöz, N.M., Barka, A.A. ve Kinik, L., 1993. Preliminary Results of 1988 and 1990 GPS Measurements in Western Turkey and Their Tectonic Implications, *Crustal Geodynamics*, 23, 407-416.

Oral, B., Reilinger, R., Toksöz, N.M., King, R., Barka, A., Kınık, I. ve Lenk, O., 1995. Coherent Plate Motion in the Eastern Mediterranean Continental Collision Zone, *Eos Trans AGU* 76 (2), 9-11.

- Öncel, A.O., Alptekin, H. ve Koral, Ö., 1998. The Dinar Earthquake ( $M_w=6.2$ ; October 1, 1995; Afyon-Turkey) and Eactquafce Hazard of the Dinar-Çivril Fault, Pure and Appl. Geophys., 152, 91-105.
- Över, S., Pınar, A. ve Kalafat, D., 1999. Dinar Bölgesinde K-G Yönlü Açılma Rejimi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Makaleler Kitabı, 79-88., İstanbul.
- Öztürk, A., 1981. Ophiolitic Melange and the Young Autochton Units in the Homa-Dinar Region, Bull. Selçuk Uni. Fac. Sci., 1, 47-65, Konya.
- Öztürk, A., 1982. Tectonics of Dinar-Sandıklı-Işıklı Region, Comminucations of Faculty of Science, Univ. of Ankara, C1, 25, 1-58, Ankara.
- Öztürk, E., 1993. Ülke Nirengi Ağ Sıklaştırılması İçin Yersel Gözlemlerle GPS Ölçülerinin Birlikte Değerlendirilmesi, Prof. Dr. H. Wolf Jeodezi Sempozyumu, 3-5 Kasım, 81-89, İstanbul.
- Parlak, J. ve Şahin, Ş., 2004. Dinar Fayının Depremselliği; Sismolojik ve Jeolojik Sentez, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Isparta.
- Papazachos, B.C. ve Comninakis, P.E., 1977. Modes of Lithospheric Interaction in the Aegean Area; Bijou-Duval, B. ve Montadert, L. (eds.), Structural History of the Mediterranean Basins de, Editions Technip, Paris, 319-332.
- Philippon, A., 1915. Reisen und Forschungen im Westlichen Kleinasien, Patterm., Mittl. Eg. Hette 167, 172, 177, 180, 183 Goha, 1910-1915.
- Pınar, A. ve Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yağı ve İmar İşleri Reisliği, Yayın no 6, Ankara.

- Pınar, A., 1996. Uzun Periyotlu Telesismik Cisim Dalgalarının 1 Ekim 1995 Dinar Depreminin Kinematik ve Dinamik Kaynak Parametreleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi IX. Mühendislik Sempozyumu, 91-96, Isparta.
- Pınar, A. ve Kalafat, D., 1996. Aspriti ve Barrier Deprem Modelleri Açısından 1995 Dinar Depremi, Deprem Araştırma Bülteni, 73, 46-59, Ankara.
- Pınar, A., 1998. Source Inversion of the October 1, 1995, Dinar Earthquake ( $M_s=6.1$ ): a Rupture Model with Implications for Seismotectonics in SW Turkey. *Tectonophysics*, 292, 255-266.
- Poisson, A., 1977. Recherches Geologiques Dans les Taurides Occidentales (Turquie). These Doct. Etat Univ., Paris-Sud, 795 p., Paris.
- Poisson, A., Temiz, H., Andrieux, J. ve Barka, A., 1997. Kinematics of Plio-Quaternary Burdur-Dinar Crossfault System in SW Anatolia (Turkey), *Annales Tectonica*, Vol., XI, N.1-2, 102-113.
- Press, F. ve Siever, R., 1999. Understanding Earth, W.H. Freeman and Company.
- Price, S. ve Scott, B., 1994. Fault-Block Rotations at the Edge of a Zone of Continental Extension, Southwest Turkey, *J. Struct. Geol.*, 16, 381-392.
- Reid, M., 1910. The Mechanism of the Earthquake, The California Earthquake of April 8, 1906, Report of the State Investigation Commission (Carnegie Institution of Washington), 2.
- Reilinger, R., Mc Clusky, S., 2003. GPS Constraints on Continental Deformation in the Eastern Mediterranean and Caucasus Region, East Mediterranean GPS Consortium, *Geophysical Research Abstracts*, 5.

- Ritsema, A.R., 1973. Fault Plane Mechanisms of Balkan Earthquakes, Proceedings of the Seminar of the Seismotectonic Map of the Balkan Region, Skopje, 229-238.
- Ritsema, A.R., 1974. The Earthquake Mechanisms of Balkan Region, R. Netherl. Meteorol. Inst., Sci. Rep., 74, 1-36.
- Ruiz, A.M., Ferhat, G., Alfaro, P., Sanz de Galdeano, C., de Lacy, M.C., Rodriguez-Caderot, G. ve Gil, A.J., 2002. Geodetic Measurements of Crustal Deformation on NW-SE Faults of the Betic Cordillera, Southern Spain, 1999-2001., Journal of Geodynamics, 35 (2003) 259-272.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Maden Fakültesi Yayını, 192 s., İstanbul.
- Sickle, V.J., 1996. GPS For Land Surveyors, First Edition, Ann Arbor Pres Inc., Michigan.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (M.Ö. 2100-M.S. 1900). TÜBİTAK yayınları, Ankara.
- Steinbrugge, K.V., Zacher, E.G., Tocher, D., Whitten, C.A. ve Clair, C.N., 1960. Creep on the San Andreas Fault, Bull. Seismol. Soc. Am. 50, 396-404.
- Straub, C. ve Kahle, G., 1994. Global Positioning Estimantes Crustal Deformation in the Marmara Sea Region, North Western Anatolia, Earth Planet. Sc. Lett., 121, 495-50.
- Straub, C. ve Kahle, G., 1995. Active Crustal Deformation in the Marmara Sea Region, NW Anatolia, Inferred From GPS Measurements. Geophys. Res. Lett., 22, 2533-2536.

- Sylvester, A.G., 1984. Leveling Precision and Benchmark Motions, Pinon Flat Observatory, California, J. Geophys. Res. 89, 7949-7956.
- Sylvester, A.G., 1986. Nearfield Tectonic Geodesy, National Academy Pres, Washington, 164-180.
- Sylvester, A.G., 1995. Nearfield Vertical Displacement in the Creeping Segment of the San Andreas Fault, Central California, 1975 to 1994 , Tectonophysics 247, 25-47.
- Şahin, Ş., 1997. 1 Ekim 1995 Dinar Depremi ve Göller Bölgesinin Sismotektoniğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 5, 59 s., İstanbul.
- Şaroğlu, F., Kuşçu, İ. ve Emre, Ö., 1991. Türkiye'nin Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları, Türkiye Jeoloji Kongresi Konferans Dizisi, 2, 40 s., İstanbul.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu F., 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape, Turkey as a Case Study, Strike-Slip Deformation Basin Formation and Sed İmentatiton, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ., No 37, 227-264.
- Tatar, Y., 1978. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Erzincan-Refahiye Arasındaki Bölümü Üzerinde Tektonik İncelemeler, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri 4, 1-2. 201-236. Ankara.

- Temiz, H., Gürsoy, H. ve Tatar, O., 1998. Kinematics of Late Pliocene-Quaternary Normal Faulting in the Sotheastern end of the Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey, *International Geology Review*, 40, 638-646.
- Tiryakioğlu, İ., Güllü, M., Baybura, T. ve Erdoğan, S., 2005. GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması, HKMO 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.
- Toksöz, N., 1975. Subduction of the Lithosper, *Scientific American*, 233, 89-101.
- Tüdeş, T., 1989. Ölçme Bilgisi, 408-426 s., Trabzon.
- Tüdeş, T., 1994. Kadastro Bilgisi, 239 s., Trabzon.
- Tüysüz, O., 1999. Yeryuvarının iç Yapısı Depremler ve Türkiye, *Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Utku, M., Danışman, M.A., Akyol N. ve Akçığ, Z., 2002. 3 Şubat 2002 Çay Depremi Eşşiddet Haritası ve Deprem Riski. *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir.
- Westaway, R., 1990. Block Rotations in Western Turkey, 1. Observational Evidence, *J. Geophys. Res.*, 95/19, 857-1984.
- Wright, T.J., Parsons, B.E, Jackson, J.A., Haynes, M., Fielding, E.J., England, P.C. ve Clarke, P.J., 1999. Soarce Parameters of the 1 October Dinar (Turkey) Earthquake from SAR Interferometry and Seismic Bodywavw Modeling, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 172.
- Yağmurlu, F.,2000. Burdur Fayının Sismotektonik Özellikleri, *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu*, 143-151 s., İzmir.



- Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun Güncel Tektonik Yapısı, İ.T.Ü. Avrasya Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, 2-5 Haziran, İstanbul.
- Yalçınkaya, S., 1989. Isparta-Ağlasun Dolayının Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Yaltırak, C., Alpar, B. ve Yüce, M., 1998. Tektonic Elements Controlling the Evolution of the Gulf of Saros (Northwestern Aegean Sea, Turkey), Tectonophysics 300, 227-248.
- Yavaşoğlu, H., 2003. Kuzey Anadolu Fayının Orta Bölümünün Kinematığının 2001 ve 2002 GPS Ölçmeleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksel, A.F., 2004. Batı Anadolu Bouguer Anomalilerinin İki Boyutlu Alçak Geçişli Rekursiv Filtreler Kullanılarak Filtrelenmesi ve Yer kabuğu Kalınlık Dağılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Zhao, Y., 1997. Vehicle Location and Navigation Systems, Artecj House, 345 s., Norwood.

## **6.1 İnternet Kaynakları**

## **Erişim Tarihi**

1- <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/slabs.html>

15.11.2007