

**SARIGÖL'DE MEYDANA GELEN YÜZEY  
DEFORMASYONLARININ JEODEZİK  
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağdaş KAYGUSUZ

Danışman

Prof.Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SARIGÖL'DE MEYDANA GELEN YÜZEY  
DEFORMASYONLARININ JEODEZİK YÖNTEMLERLE  
İNCELENMESİ**

**Çağdaş KAYGUSUZ**

**Danışman**

**Prof.Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Temmuz 2021**

## TEZ ONAY SAYFASI

Çağdaş KAYGUSUZ tarafından hazırlanan “Sarıgöl’de Meydana Gelen Yüzey Deformasyonlarının Jeodezik Yöntemlerle İncelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 27/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

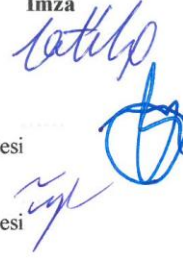
**Danışman** : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

**Başkan** : Prof. Dr. Fatih POYRAZ  
Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Prof. Dr. Tamer BAYBURA  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza



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

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

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

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

**beyan ederim.**

27 / 07 / 2021

  
imza

Çağdaş KAYGUSUZ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### SARIGÖL'DE MEYDANA GELEN YÜZEY DEFORMASYONLARININ JEODEZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Çağdaş KAYGUSUZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Bu araştırmada, Sarıgöl Fay hattının ilçe merkezinde gözlenen, 1969 Alaşehir depreminin oluşturduğu yüzey kırıklarının hassas nivelman yöntemi ile izlenmesi ve yer altı sularının fay hattına etkisi konu alınmıştır. Çalışma sahasında hassas nivelman yöntemi için oluşturulan nivelman ağı, yüzey deformasyonlarını dik kesecek şekilde 2 adet nivelman hattı, 14 adet referans noktası olmak üzere bölgeye 2017 yılında tesis edilmiştir. Bölgede toplamda 11 kampanya hassas nivelman ölçümü yapılmıştır. Hassas nivelman ölçümleri bölgedeki yoğun tarımsal sulamalar olması nedeni ile dört mevsim olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. 2017 yılının temmuz ayında yapılan ilk hassas nivelman ölçümü ile 2020 yılının ağustos ayında yapılan son ölçüm arasında 240 mm düşey yönde deformasyon olduğu görülmüştür. Bölgede ve yakın çevresinde bulunan DSİ'ye ait yer altı kuyularının su seviyelerini gösteren verileri DSİ'den temin edilmiştir. Elde edilen verilerde ilkbahar ve yaz aylarında su seviyelerinde düşüşler görülmüş, sonbahar ve kış aylarında ise yükselişler görülmüştür. Mevsim geçişlerinde (yaz ve kış) su seviyelerinde 10 m değişim olduğu gözlenmiştir. Genel olarak yeraltı su seviyelerinde dalgalı hareket yaşanmasına rağmen deformasyonlar sürekli olarak devam ettiği gözlenmiştir. Nivelman ölçü sonuçlarına göre mevsimsel geçişlerde de yüzey deformasyonunun devam ettiği görülmüştür.

**2021, xi + 53 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Sarıgöl fayı, Hassas nivelman, Yüzey deformasyonu

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### INVESTIGATION OF SURFACE DEFORMATIONS IN SARIGÖL BY GEODETIC METHODS

Çağdaş KAYGUSUZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

**Supervisor:** Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In this research, the Sarigöl fault line observed in the district center, the surface fractures caused by the 1969 Alaşehir earthquake were monitored by the sensitive nivelman method and the effect of groundwater on the fault line. The nivelman network, created for the sensitive nivelman method in the region, was established in 2017, including 2 nivelman lines and 14 reference points to cut the surface deformations perpendicular. A total of 11 precise leveling measurements were made in the region. Precision levelling measurements were carried out in four seasons due to the intensive agricultural irrigation in the region. Between the first precise nivelman measurement in July 2017 and the last measurement in August 2020, 240 mm of vertical deformation was observed. Data showing the water levels of DSI's underground wells in the area and its immediate vicinity were obtained from DSI. In the data obtained, drops in water levels were observed in spring and summer, and rises were observed in autumn and winter. It has been observed that there is a 10 m change in water levels during seasonal transitions (summer and winter). Although there is generally fluctuating movement at groundwater levels, deformations have been observed to persist continuously. According to the nivelman measurement results, surface deformation continued in seasonal transitions.

**2021, xi + 53 pages**

**Keywords:** Sarıgöl fault, Precision levelling, Surface deformation



## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bana her zaman destek olan, tecrübelerini her zaman bize aktarmaya çabalayan, beni bugünlere getiren değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOğLU'na teşekkür ederim.

Beni her zaman, her konuda destekleyen, doğru yolu gösteren, yardımlarını esirgemeyen babam Osman KAYGUSUZ, annem Ümmü KAYGUSUZ ve ablam Dilay KAYGUSUZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Arazi ölçümlerinde ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çağdaş KAYGUSUZ  
Afyonkarahisar 2021

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|  | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZET .....   | i     |
| ABSTRACT .....   | iii   |
| TEŞEKKÜR .....   | v     |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....  | vii   |
| KISALTMALAR DİZİNİ .....   | viii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....  | ixx   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....   | x     |
| RESİMLER DİZİNİ .....  | xii   |
| 1. GİRİŞ.....  | 1     |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ .....   | 3     |
| 3. ÇALIŞMA ALANI VE BÖLGE TEKTONİĞİ.....                           | 8     |
| 3.1 Sarıgöl Fayı.....  | 11    |
| 3.2 Emcelli Fayı.....  | 12    |
| 3.3 Selimiye Fayı .....  | 12    |
| 3.4 Tırazlar Fayı.....   | 13    |
| 3.5 Çapköy Fayı.....   | 13    |
| 4. HASSAS NİVELMAN TEKNİĞİ ve YÜKSEKLİK AĞLARINDA DENGEME<br>..... | 14    |
| 4.1 Jeodezik Ağlarda Dengeleme .....                               | 16    |
| 4.2 Gauss Markoff Modeli.....                                      | 16    |
| 4.3 Serbest Ağ Dengelemesi .....                                   | 17    |
| 4.4 Zorlamasız Klasik Dengeleme.....                               | 21    |
| 4.5 Kısmi İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme.....                 | 21    |
| 4.6 Tüm İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme.....                   | 23    |
| 4.7 Uyuşumsuz Ölçülerin Ayıklanması .....                          | 24    |
| 4.7.1 Baarda'nın B – Test Yöntemi .....                            | 25    |
| 4.7.2 Pope Yöntemi.....  | 26    |
| 4.7.3 t Yöntemi.....   | 27    |
| 4.8 Nivelman Ağlarında Duyarlılık Ölçütleri .....                  | 28    |
| 5. UYGULAMA.....   | 31    |

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Uygulama Alanı .....  | 31 |
| 5.2 Nivelman Ağı Oluşturulması .....                                | 32 |
| 5.3 Hassas Nivelman Ölçümleri ve Ölçümlerin Değerlendirilmesi ..... | 33 |
| 5.4 Yer Altı Su Seviyelerinin İncelenmesi .....                     | 44 |
| 6. TARTIşMA ve SONUÇ .....  | 47 |
| 7. KAYNAKLAR .....  | 50 |
| ÖZGEÇMİş .....  | 54 |

## KISALTMALAR DİZİNİ

### **Kısaltmalar**

---

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| AİGM | Afet İşleri Genel Müdürlüğü         |
| AKÜ  | Afyon Kocatepe Üniversitesi         |
| DSİ  | Devlet Su İşleri                    |
| EKK  | En Küçük Kareler                    |
| GNSS | Global Navigation Satellite Systems |

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 3.1 Fay çeşitleri .....   | 8            |
| Şekil 3.2 Gediz Grabeni (Emre et al.2011) .....   | 10           |
| Şekil 3.3 İnceleme alanının tektonik haritası (Gül 2016).....   | 11           |
| Şekil 4.1 İnvar mira ve mira düzeci .....   | 14           |
| Şekil 5.1 Sarıgöl ilçe merkezindeki yüzey deformasyonları (A,B,D) ve tesis edilen RS noktaları (C,E,F).....   | 32           |
| Şekil 5.2 Beyaz çizgi yerleşime riskli alanı, kırmızı çizgi yüzey deformasyonunu, siyah çizgiler belirlenen güzergâhları, numaralar direk yerlerini göstermektedir .... | 33           |
| Şekil 5.3 Örnek nivelman klişesi.....   | 34           |
| Şekil 5.4 A ve C Güzergâhına ait tüm ölçüm değerlerinin grafiği.....  | 37           |
| Şekil 5.5 3 ve 101 numaralı direklerin değişim miktarları.....  | 38           |
| Şekil 5.6 102 ve 103 numaralı direklerin değişim miktarları.....  | 38           |
| Şekil 5.7 104 ve 4 numaralı direklerin değişim miktarları.....  | 39           |
| Şekil 5.8 1 ve 301 numaralı direklerin değişim miktarları.....  | 41           |
| Şekil 5.9 302 ve 303 numaralı direklerin değişim miktarları.....  | 41           |
| Şekil 5.10 304 ve 305 numaralı direklerin değişim miktarları.....   | 42           |
| Şekil 5.11 2 numaralı direğin değişim miktarı .....   | 42           |
| Şekil 5.12 Çalışmada kullanılan yer altı gözlem kuyuları.....   | 44           |
| Şekil 5.13 Yer altı gözlem kuyularına ait su seviyeleri (Kızılçukur-Sobran-Kemaliye-İlgın-Delemenler) .....   | 45           |
| Şekil 5.14 Yer altı gözlem kuyularına ait su seviyeleri (Çimentepe).....  | 46           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>Çizelge 5.1</b> Güzergâhlardaki noktalar ve numaraları ..... | 33           |
| <b>Çizelge 5.2</b> Hassas nivelman kampanya ölçümleri .....     | 36           |

## RESİMLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>Resim 5.1</b> A Güzergâhı 102-103 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu (09.08.2020) .....   | 40           |
| <b>Resim 5.2</b> C Güzergâhı 302-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu (13.03.2020) .....   | 43           |
| <b>Resim 6.1</b> Resim A 2020 yılının Mart ayında, Resim B 2021 yılının Ağustos ayında çekilmiş görüntü (C Güzergâhı 303-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu).....    | 48           |
| <b>Resim 6.2</b> Resim C 2020 yılının Ağustos ayında, Resim D 2021 yılının Ağustos ayında çekilmiş görüntü (C Güzergâhı 303-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu)..... | 48           |

## 1. GİRİŞ

Yerkabuğunda oluşan yüzey kırılmaları, aniden ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılması ile geçtikleri yüzeyleri sarsma olayına deprem adı verilir, bu olay öngörülemeyen bir doğa olayıdır.

Depremler, yerkabuğundaki levha hareketleri sonucu meydana gelir, bu levha hareketlerine ise dünya merkezindeki yaklaşık 6000 dereceyi bulan çekirdeğin oluşturduğu konveksiyon ısısı sebep olur. Oluşan bu konveksiyon ısısı yeryüzündeki levhaların hareket etmesine sebep olur ve tektonik hareketleri oluşturur (Ocak 2016).

Sürekli hareket halinde olan yer kabuğundaki levhalar hareketlerini çok yavaş şekilde sürdürür ve düzensiz bir biçimde hareket ederler. Levhaların hareket türlerinde farklılıklar vardır. İki levha arasındaki hareketler birbirinden uzaklaşma, birbirine sürtme veya bir levhanın diğer levha üzerine çıkması ile oluşur. Örneğin Atlantik Okyanusunda levhalar birbirinden uzaklaşır, Güney Amerika'daki Peru-Şili Hendeği'nde levhalardan biri diğerinin üzerine çıkar, Kaliforniya'daki San Andreas Fayı'nda ise levhalar birbirine sürtünür. İki levha birbirini itmeye başladığında aralarında bir gerginlik oluşur ve bu zamanla artar, bir süre sonra bu kayalar gerginliğe dayanamayıp kırılır ve yıkıcı depremler meydana gelir.

Çalışma alanının bulunduğu Sarıgöl ilçesi Gediz Grabeni'nin güneydoğu ucunda bulunmakta ve çevresindeki birçok fay ile birlikte aktifliğini sürdürmektedir. Oluşan bu Sarıgöl Fay Zonu'nun yarattığı yüzey kırıkları ilçe içerisinde gözle görülür vaziyettedir. Bu yüzey kırıkları üzerindeki birçok konutta ağır hasarlar meydana getirmiştir. Gediz Grabeni Manisa'dan Pamukkale'ye kadar uzanan yaklaşık 200 km uzunluğunda, grabenin ana fayı güney kenarı boyunca uzanan, bir tektonik yapıdır. Graben içinde oluşan son yüzyılda 28 Mart 1969 tarihinde M=6.9 büyüklüğünde Alaşehir depremi meydana gelmiştir (Seyitoğlu ve Scott 1996, Emre 1996b)

Ülkemiz sismik aktivite bakımından dünya üzerinde en aktif bölgelerden birisidir ve bu nedenle ülkemizde aktif tektonik hareketlerin iyi anlaşılması, öğrenilmesi gereklidir.



Fayların zaman içerisinde enerjilerini nasıl biriktirdiklerini ve bu enerjilerin büyük depremler ile nasıl boşaldığını anlayabilmek için oluşan her depremi değerlendirilerek fay davranışları üzerinde bilgimizi arttırmamız gerekmektedir (Poyraz vd. 2015).

Yüzey hareketlerinin, tektonik hareketlerin, deprem sonrası oluşan yüzey kırıklarının izlenmesinde birçok yöntem kullanılır. Bunlardan bir tanesi de hassas nivelman yöntemidir. Hassas nivelman yönteminin ortalama hatası  $0,5 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$ 'dir. Yapılacak ölçü işleminde presizyonlu nivelman aleti ile invar mira kullanılır. Yapılacak çalışma da yüzey kırıklarının dışında kalan kısımlarda RS noktaları seçilir. Farklı zaman dilimlerinde yapılan ölçümler arasındaki fark ile meydana gelen çökme veya yükselmeler yani deformasyon miktarı hesaplanır. Hesaplanan deformasyon miktarları arasındaki farklar ise bölgedeki değişim hızını verir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Gediz grabeni çevresinde birçok jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Erinç 1954, Arpat ve Bingöl 1969, Erol 1982, Aksu ve Piper 1983, Aksu et al. ,1990, Şengör 1987, Yağmurlu 1987, İztan ve Yazman 1990, Emre 1996a 1996b, Seyitoğlu ve Scott 1996, Yusufoglu 1996, Gürsoy et al. 1998, Koçyiğit et al. 1999, Seyitoğlu et al. 2000, Yılmaz 2000, Yılmaz et al. 2000, Sözbilir 2001, 2002, Seyitoğlu et al. 2002, Bozkurt ve Sözbilir 2004, Emre et al. 2005, Kazancı et al. 2009, 2011, 2012).

Sarıkaya 2001’de Gediz Grabeni’nin Alaşehir ve Salihli arasındaki kesiminde Menderes Mafisi ile tersiyer örtü kayaçları arasındaki yapısal ilişki incelenmiştir. İncelenen alanda arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmış, fay konumları ölçülmüş, belirlenebilen yerlerde fay çizikleri kaydedilmiştir. Bölgenin 1/20000’lik hava fotoğrafları ve sayısallaştırılmış arazi modellemeleri kullanılarak çalışma alanının yapısal ve litolojik öğelerine daha geniş bir perspektiften bakılmıştır. Çalışma alanından alınan 71 adet kayaç örneği kesitleri Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İnce Kesit hazırlama laboratuvarlarında petrografik ve mineralojik incelemeleri yapılmıştır. İncelemeler neticesinde çalışma bölgesinde 3 tip kayaç grubu bulunmuştur. Bunlar; çalışma için temel kayaç olarak nitelendirilen ayrıtlanmamış Menderes masifi metamorfikleri ve granodiyorit sokulum kayaçları, örtü kayaçları olarak tanımlan Senozoyik yaşlı sedimanter kayaç toplulukları ve bu iki kayaç grubu arasında Karadut ayrılma fayına bağlı oluşmuş kataklastik kayaçlardır. Çalışma bölgesinde Karadut ayrılma fayına bağlı olarak, mikrobreş, milonit, metagranodiyorit, kataklazit, milonit şist ve ultramilonit olmak üzere 6 çeşit kataklastik kayaç tespit edilmiştir. Gediz grabeninin kuzey kenarları, Salihli ve Alaşehir arasındaki kısımda morfolojik, topoğrafik ve yapısal olarak belirli farklılıklar sunulmaktadır. Bölgedeki vadi ve sırt morfolojisi, yükseklik farkları gibi topoğrafik farklılıkların yanı sıra, güney kenarda bol miktarda bulunan faylara, kuzeyde rastlanmamıştır. (Sarıkaya 2001).

Koca vd. 2011’de Sarıgöl Fay Zonu boyunca uzanan yüzey deformasyonlarını geniş olarak incelenmiştir. Sarıgöl Fay Zonu AİGM tarafından hazırlanan 18.08.2008 tarihli raporunda “Afete Maruz Bölge” kararı alınmıştır. Bölgedeki 94 binanın yüzey

deformasyonlarından dolayı hasar görmesi “Yerleşime Uygun Olmayan Alan” olarak önceki çalışmalarda belirlenmiştir. 2010 yılının haziran ayında, özel şahıslar tarafından Sarıgöl ilçesinde güncel yüzey deformasyonlarının izlendiği yerleşim alanında “İmar Planı Ve Revizyonuna Esas Jeolojik Ve Jeoteknik Etüt Raporu” hazırlanmıştır. Bu raporda 18.08.2008 tarihinde AİGM tarafından “Afete Maruz Bölge” ilan edilen, Sarıgöl Belediyesi imar planı sınırları içerisinde kalan yüzey deformasyonlarını kapsayacak şekilde tampon bölge oluşturulan alanın, yeniden yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmış ve tampon bölge genişliği belirlenmiştir. 2000 yılının ağustos ayında Koca vd. tarafından Sarıgöl bölgesinin jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesini amaçlayan “Manisa İli, Sarıgöl İlçesi Yerleşim Alanına Ait Jeoteknik Etüt Raporu” isimli çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, 25 farklı noktada derinliği 10 ile 28 metre arasında değişen karotlu zemin sondajları yapılmıştır. Karotlu zemin sondajından alınan numuneler neticesinde Sarıgöl Fayı listrik normal fay olarak tanımlanmıştır. Fayın kayma yüzeyi boyunca eğim yönünde zemin katmanlarının uç kısımlarının döndüğü belirlenmiştir. 10 yıllık zaman diliminde bölgedeki kuyu sularında yapılan ölçümlerde yer altı su seviyelerini 10 metreden 30 metreye düştüğü belirlenmiştir. Yer altı su seviyelerinin düşmesi ile birlikte tabakaların ağırlıkları artmıştır. Bunun sonucunda toplamda 45 santimetreye varan oturmalar meydana gelmiştir. Sarıgöl Fayı az sıkışabilir kil özelliği gösterdiğinden, yükselen bloğu yer altı su seviyelerine bağlı gerçekleşen düşmelerde konsolidasyon oturmaları meydana gelmemiştir. 2000 ile 2010 yılları arasındaki 10 yıllık yer değiştirme miktarı 60-85 santimetre olarak belirlenmiştir.

Hakyemez vd. 2013’de Gediz Grabeni’nin kuvaterner jeolojisi ve evrimi hakkında bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada DSI’nin araştırma kuyularına başvurularak Holosen çökellerine ve Pleyistosen çökellerine ait litolojik bilgiler elde edilmiştir. Bölgenin batı kesiminde DSI’ye ait 22 adet kuyu logları incelenmiş ve yorumlanmıştır. İncelemeler neticesinde kuyulardaki kuvaterner çökelleri dört grupta toplanmıştır. Bunlar; alüvyon yelpaze çökelleri, akarsu çökelleri, gölsel çökel arakatlı yelpaze deltası ve delta çökelleri ve gölsel çökellerdir. Kuyu verileri güncel fasiyeslerin Gediz Grabeni içerisindeki dağılımını göstermektedir. Gediz Nehri havzasının batı kesiminde Holosen istifinin üst kesimi havza kenarlarından yelpaze deltası ve delta çökellerini oluştururken,

havza ortasında akarsu ve çökelleri yer almakta fakat havzanın batısındaki kuyularda ise kaba kırıntıların altında gölsel çökeller bulunmaktadır (Hakyemez vd. 2013). Pleyisosen’de yüzeyde gözlenen fasiyes dağılımı ve kuyu logları verilerine göre Gediz Grabeni içindeki fluvial sistemin akış yönünün Kuvaterner başından itibaren KB’ya doğru olduğu görülmektedir. Holosen’de kuzeye kaymış yeni yatağın önceki gibi KB’ya akmaya devam eden Gediz Nehri’nin Holosen başlarında da Manisa-Saruhanlı-Turgutlu arasında yer alan eski bir göle boşalmaya devam ettiğine işaret eder. Göllerin bulunduğu kısımlarda hiçbir antik kent izine rastlanılmaması havzanın batısındaki göllerin varlığını kanıtlar bir yaklaşımdır. Gediz Grabeni Kuvaterner tektonizması ile gelişmiş çökelinin izlenildiği en iyi bölgedir.

Poyraz vd. 2015’de Gediz Grabeninin doğu kesiminde Alaşehir-Sarıgöl arasında güncel deformasyonu belirlemek için GPS ve PS-InSAR çalışmaları yapılmıştır. Kampanya GNSS ölçümleri 2013 ile 2014 yılının eylül ayarında 10 noktada 10’ar saatlik sürelerle 3 gün boyunca ölçüm gerçekleştirilmiştir. GPS ölçümlerinin değerlendirme ve analiz aşamasında GAMIT/GLOBK akademik yazılım takımı kullanılmıştır. Çalışmada yapılan PS-InSAR sonuçları 2013 Mart ayından 2014 Ekim ayına kadar temin edilen uydu radar görüntülerinden elde edilmiştir. PS-InSAR sonuçlarından elde edilen değerlendirmeler neticesinde Gediz Grabeninde tektonik deformasyonunun bölgede daha önce yapılan Jeolojik ve Jeofizik çalışmalarda ortaya konulan sonuçlar ile benzerlikler görülmüştür. Grabenin bulunduğu kısımda çökmelerin grabenin kuzeyinde ve güneyinde ise yükselmelerin olduğu anlaşılmıştır. GPS ve PS-InSAR sonuçlarından Sarıgöl bölgesindeki düşey yöndeki hareketler çalışma bölgesindeki diğer yerlere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinde yapılan jeodezik değerlendirmelere göre Gediz Grabeninin tektonik olarak hareketli olduğu anlaşılmıştır. Tektonik hareketlerin izlenmesi için bu görüntülerin en az 2 senelik veri setinden olması gerektiği düşünülmüştür. Bu yüzden çalışma bölgesinde en az bir periyotluk GPS kampanya ölçüsü ve uydu radar görüntülerinin artırılması düşünülmüştür.

Gören 2016’da Alaşehir ve çevresinde Gediz Grabeni’nin güney kenarındaki fayların holosen aktivitesi incelenmiştir. 1969 Alaşehir depreminin oluşturduğu yüzey kırığının incelenmesi ve bu yüzey kırığı üzerinde devam eden asismik yüzey deformasyonlarının

kökensel açıdan yorumları yapılmıştır. Çalışma alanında morfolojik gözlemler, faylanmaya ilişkin gözlemler ve yer değiştirme ölçümleri yapılmıştır. Veriler neticesinde çalışma alanının yıllık hızı hesaplanmış ve deformasyon hızının en yüksek olduğu kesim Sarıgöl merkezi olarak belirlenmiştir (maksimum 5.2 cm/yıl). Uzunım boyunca zemin problemi ile ilgili oturma olabileceği ve deformasyonun tektonik kökenli olabileceği olmak üzere bölgedeki asismik yüzey deformasyonunun kökeni iki şekilde açıklamıştır. Çalışma alanının deformasyonunun alüvyonal zeminde geliştiğini gözlenmiştir. Deformasyonun Sarıgöl ilçesinden Köseali'ye kadar yaklaşık 45 kilometre boyunca devam ettiği gözlenmiştir.

Gül 2016'da Sarıgöl (Manisa) bölgesindeki tektonik hareketlerin GNSS tekniği ile belirlenmesi konu alınmıştır. 2013 yılında Gediz Grabenin doğu kesiminde 10 noktalı bir GNSS ağı kurulmuş, 2013 ve 2014 Eylül aylarında periyodik GNSS ölçüleri gerçekleştirilmiştir. GNSS ölçüleri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler neticesinde Tırazlar noktasında 10.8 cm/yıl, Akçakeçili noktasında 3.4 cm/yıl düşme miktarları tespit edilmiş, Gediz Grabeni'nin doğu kesiminin batıya oranla daha hızlı çöktüğü anlaşılmıştır.

Koçak 2018'de Büyük Menderes ve Gediz Grabeni doğusunun jeolojisi araştırılmıştır. Araştırmada likya naplarından oluşan temel kayaları ve neotokton örtü birimleri ile ilişkileri ayrıntılı olarak ele alınmış ve buna yönelik arazi çalışmaları, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır. Genellikle fosil içeren sedimanter birimlerden olmak üzere arazi çalışmalarında tüm birimlerden 120 adet noktasal örnek alınmıştır. Alınan örneklerin sert dokulu olanları Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ince kesit laboratuvarlarında ince kesit yapılmış, daha sonra örneklerin petrografisi, sedimentolojisi ve paleontolojisi detaylı olarak incelenmiştir. Mikropaleontolojik incelemeler neticesinde çokça fosil cins ve türü ayıklanmıştır. Likya Naplarına ait, metasedimanterler, çörtlü dolomitik kireçtaşları ile paraallokton konumlu Eosen yaşlı karbonatlı kırıntılardan oluşan temel üzerine Oligosen'de ilerleyen deniz sığ olmaktan ileri gidememiş ve havza içi kökenli bileşenler sahip karbonatlı kırıntıları bırakmıştır (Koçak 2018).

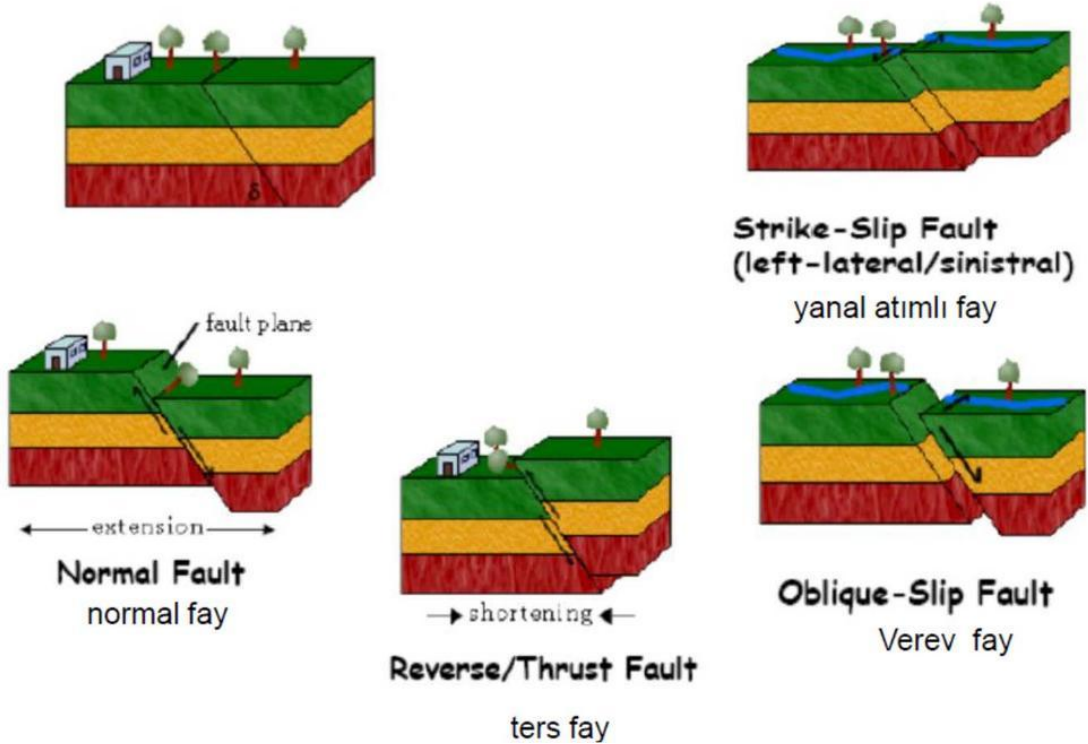
Doğan 2019'da Sarıgöl merkezindeki yüzey deformasyonlarının hassas nivelman yöntemi ile belirlenmesi için bölgeye fay hattını dik kesecek şekilde 2 profil oluşturulmuştur. Nivelman ağı oluşturulduktan sonra 7 adet kampanya ölçüsü hassas nivelman yöntemi ile gidiş dönüş olarak yapılmış, (2017-2019) bölgedeki yüzey deformasyonları izlenmiştir. Bu yüzey deformasyonları 1969 yılında meydana gelen  $M=6.9$  büyüklüğündeki Alaşehir depremi ile oluşan yüzey kırığı üzerinde gelişmekte olduğu görülmüştür. Elde edilen hassas nivelman verilerine göre 20 aylık dönemde bir hat boyunca yüzey deformasyonu geliştiği ve güneyde kalan bloğun düştüğü görülmektedir ve 20 aylık dönemdeki verilere göre -100 ile -120 mm arasında düşey yönde deformasyonların meydana geldiği görülmüştür. Özellikle yaz ve sonbahar aylarında deformasyon miktarının artması yer altı sularının yüzey deformasyonları ile ilişkisinin olacağı düşüncesine varılmıştır.

Umutlu 2019'da çalışma alanı Gediz Grabenindeki aktif faylar olan; Tırazlar, Emcelli, Selimiye, Çapköy ve Sarıgöl fayları ile birlikte Alaşehir ve Sarıgöl ilçe merkezlerini kapsayan bölge seçilmiş, bölgedeki hız ve gerinim alanını belirlemek için 10 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. 2013-2015 yılları arasında 3 kampanya GNSS ölçüsü yapılmıştır. Elde edilen veriler ilk aşamada GAMIT modülü ile ikinci aşamada GLOBK modülü ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonrasında Geodsuit yazılımı ile gerinim parametreleri ve gerinim alanları hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde Avrasya referans sistemine göre yatayda 18-29 mm/yıl'lık hızlar hesaplanmış ve bölgede yapılan diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışma bölgesinde deprem tekrarlama periyotları incelenmiş ve 6-7 büyüklüğünde depremlerin tekrarlama periyotları 400-1000 yıl olarak gözlenmiştir. Graben içerisindeki Sarıgöl ve Alaşehir bölgeleri civarında hesaplanan değer 2.7 olduğu görülmektedir, bu değer yaklaşık 500 yıla tekabül etmektedir. Bölgedeki en son yıkıcı deprem 1969 yılında meydana gelen  $M=6.9$  büyüklüğündeki deprem olduğu düşünölmüş, buna benzer bir depremin tekrar olma olasılığı 400-500 olarak gözlenmiştir.

### 3. ÇALIŞMA ALANI VE BÖLGE TEKTONİĞİ

Birçok levhadan oluşan yerkabuğu, levhaların hareketleri ile birlikte zaman zaman sıkışmalar ve gerilmeler meydana getirir. Bu sıkışmalar ve gerilmeler yer kabuğunda yüzyıllar boyunca enerji biriktirir ve bu enerjiler zaman zaman ortaya çıkar. Biriken bu enerjilerin açığa çıkması ile deprem adını verdiğimiz sarsıntılar meydana gelir. Sarsıntıyı meydana getiren bu hareketli kesimlere fay adı verilir.

Faylarda kayma hareketleri bir düzlem boyunca gerçekleşir buna fay aynası veya fay düzlemi adı verilir. Fay düzlemine göre üst tarafta kalan bloğa tavan, alt tarafta kalan bloğa ise taban adı verilir. Tavan bloğu ile taban bloğu arasında fay düzlemi boyunca meydana gelen hareketler fay türlerini oluşturur. Bu fay türleri eğim atımlı faylar, doğrultu atımlı faylar ve oblik (verev) atımlı faylardır.



Şekil 3.1 Fay çeşitleri.

Eğim atımlı faylar da tavan ve taban blokları fay düzlemine göre düşey yönde hareketler

yapar. Bu hareketler Normal Fay ve Ters Fay olmak üzere iki ayrı grupta incelenir. Normal faylarda tavan bloğu taban bloğuna göre fay düzlemi boyunca aşağı yönde veya taban bloğu tavan bloğuna göre yukarı yönde hareket eder. Ters faylar da tavan bloğunun taban bloğuna göre fay düzlemi boyunca yukarı yönde veya taban bloğunun tavan bloğuna göre aşağı yönde hareket etmesi ile oluşur. Bu tür faylarda fay düzlemi boyunca yükselen tavan bloğunun bir süre sonra taban bloğunun üzerine çıkması bindirme olarak adlandırılır (Tiryakioğlu 2012).

Eğim atımlı faylar da tavan ve taban blokları fay düzlemine göre düşey yönde hareketler yapar. Bu hareketler Normal Fay ve Ters Fay olmak üzere iki ayrı grupta incelenir. Normal faylarda tavan bloğu taban bloğuna göre fay düzlemi boyunca aşağı yönde veya taban bloğu tavan bloğuna göre yukarı yönde hareket eder. Ters faylar da tavan bloğunun taban bloğuna göre fay düzlemi boyunca yukarı yönde veya taban bloğunun tavan bloğuna göre aşağı yönde hareket etmesi ile oluşur. Bu tür faylarda fay düzlemi boyunca yükselen tavan bloğunun bir süre sonra taban bloğunun üzerine çıkması bindirme olarak adlandırılır (Tiryakioğlu 2012).

Doğrultu atımlı faylar da fay düzlemi boyunca her iki taraftaki bloklar birbirine ters olacak şekilde yatay yönde hareket eder ve yırtılma fayı olarak da adlandırılırlar. Kayma yönüne göre sağ veya sol yönlü doğrultu atımlı fay olarak adlandırılırlar.

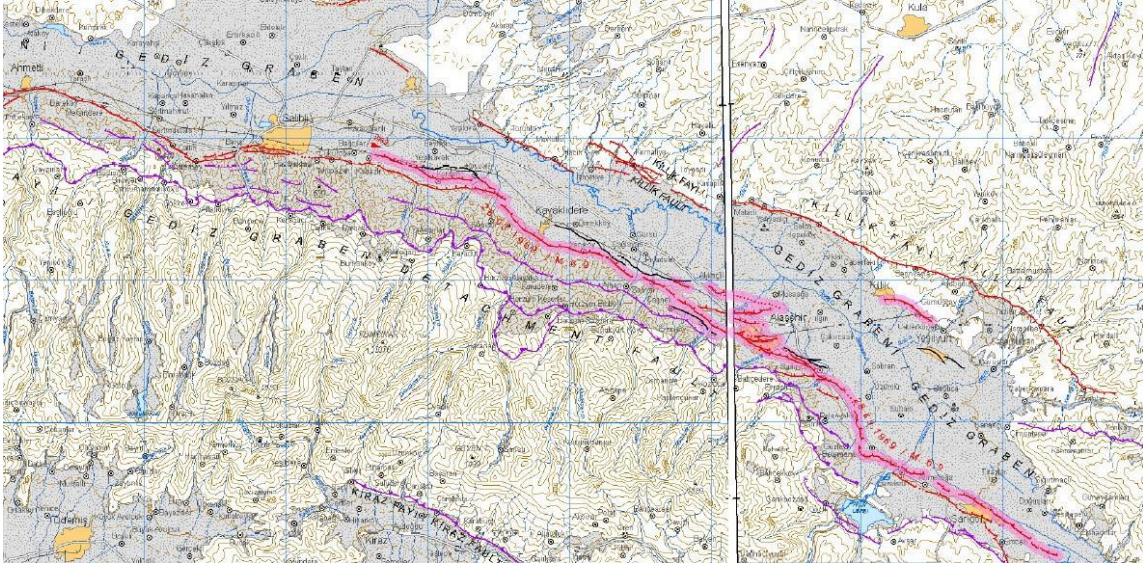
Doğrultu atımlı faylarda atım yönünü belirlemek için bir blok üzerinde durularak karşı bloğa bakılır, eğer karşıdaki blok sağ tarafa doğru hareket ediyorsa sağ yönlü doğrultu atımlı fay, sol tarafa doğru hareket ediyorsa sol yönlü doğrultu atımlı fay olarak adlandırılırlar (Tiryakioğlu 2012).

Oblik (Verev) faylar, fay düzlemi boyunca yatayda ve düşeyde olmak üzere iki yönde de hareket etmektedirler. Bu tür faylara yanal atımlı fay da denilmektedir. Yanal atımlı faylar eğim atımlı fayların ve doğrultu atımlı fayların bileşkesi biçimindedir (Tiryakioğlu 2012).

Çalışma alanını kapsayan, adını Gediz Nehrinden alan Gediz Grabeni Manisa'dan

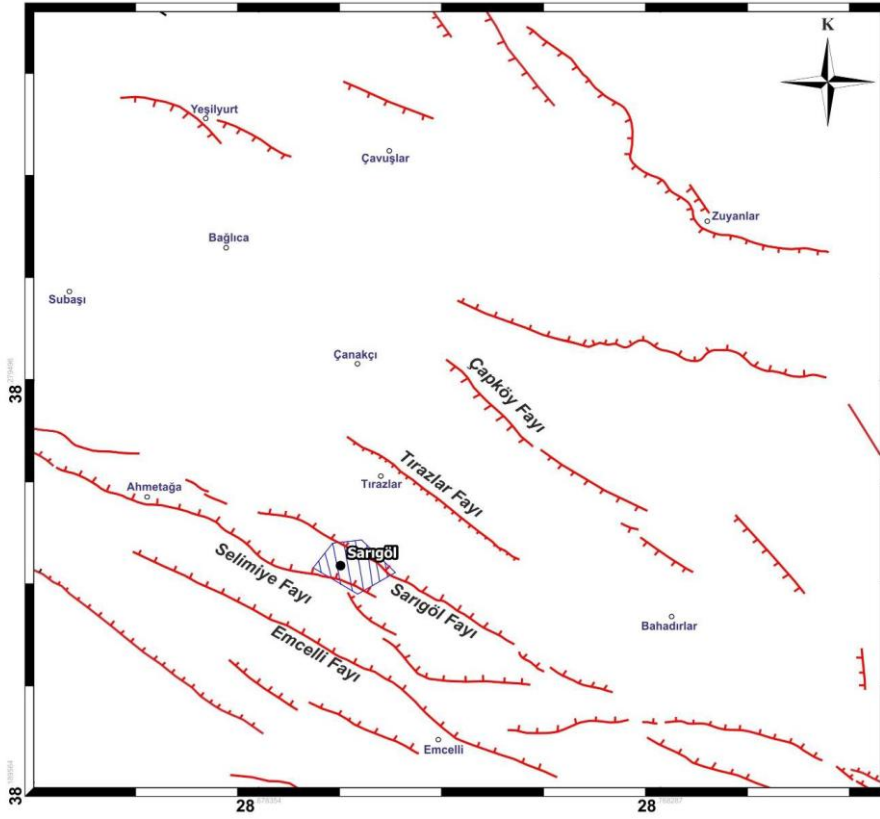


Pamukkale'ye kadar ulaşan bir tektonik yapıdır (Şekil 3.2). Gediz Grabeni yaklaşık 200 km uzunluğu bulmaktadır. 28 Mart 1969 tarihindeki merkez üssü Alaşehir ilçesi olan  $M_s=6.5$  büyüklüğündeki deprem ile yaklaşık 36 km boyunca uzanan yüzey kırığı oluşmuştur. Oluşan yüzey kırığı eğim atımlı normal fay şeklinde olup, KD bloğu düşmüştür.



**Şekil 3.2** Gediz Grabeni (Emre et al.2011).

Alaşehir ve yakın çevresi son 20 yıldır aktif yüzey deformasyonlarının olduğu bir bölgedir ve Gediz çöküntü alanının doğu kesiminde yer almaktadır. Alaşehir ve yakın çevresindeki bölgelerde eğim atımlı normal faylar yüzey üzerinde belirgin olarak izlenmektedir. Bu faylar güneyde kuzeybatıya eğimli Emcelli, Selimiye ve Sarıgöl faylarıdır. Kuzeyde güneydoğuya eğimli Tırazlar ve Çapköy faylarıdır (Şekil 3.3) (Gül 2016).



Şekil 3.3 İnceleme alanının tektonik haritası (Gül 2016).

Çalışma alanı olan Sarıgöl ilçesi güneyinde Selimiye ve Emcelli fayları kuzeyinde Tırazlar ve Çapköy fayları ile Gediz Grabeni'nin güneydoğu ucunda yer almaktadır. Sarıgöl ve yakın çevresindeki bu çöküntü alanında çok belirgin eğim atımlı normal faylar bulunmaktadır (Gül 2016).

### 3.1 Sarıgöl Fayı

Gediz Grabeni'nin güneydoğu ucu ve Büyük Menderes Grabeni'nin doğu ucu arasındaki alanda yer alan Sarıgöl Fayı Sarıgöl'ün içerisinde geçen normal faydır. Fay genel anlamıyla belli doğrultular üzerinde yüzey kırıkları oluşturacak şekilde gelişmiştir (Şekil 3.3). Bu yüzey kırıkları ortalama 20 cm atım gösteren normal fay şeklindedir.

Sarıgöl Fayı üzerinde yaklaşık 4 km uzunluğunda yüzey kırıkları meydana gelmiş ve bu yüzey kırıkları üzerindeki yaklaşık 80-100 yapıda ağır hasarlar tespit edilmiştir.

Meydana gelen yüzey kırığı üzerinde yapılan ölçümlerde yüzey kırığının ortalama K65B doğrultulu olduğu ve KD'ya eğimli olduğu görülür. Yüzey kırığının güney bloğu yükselmiş kuzey bloğu ise düşmüştür. Bu fayın Sarıgöl yerleşim yeri içerisindeki izleri net bir şekilde görülmekte ve önlem alınması gereken boyutlardadır. Özellikle yerleşim yerlerindeki yol, bahçe duvar ve evlerdeki deformasyonlar göz ile görülebilen boyutlarda ve bu yüzey kırığı doğrultusu boyunca 2.5 km izlenebilmekte, daha ileride ise tarlalarda kaybolmaktadır. (Gül 2016, Koca vd. 2011).

### **3.2 Emcelli Fayı**

Kuzeybatı – güneydoğu uzanımlı ve Asartepe formasyonu ile Menderes Masifi'ne ait kayaçlar arasındaki dokanağı temsil eden Emcelli Fayı, birinci fay basamağının güney sınırını oluşturur (Koca vd. 2011).

Emcelli Fayı yaklaşık 8 km uzunluğu ile birlikte KB-GD doğrultusunda uzanan güncel eğim atımlı normal fay olarak izlenmektedir. Fayın en güneyinde 250 m ile 650 m arasında dik bir yükselti oluşturmuştur. Fay boyunca en az 400-550 metrelik bir görünür düşey atımın olduğu tahmin edilmektedir ve fayın kuzey bloğu düşmüş, güney bloğu yükselmiştir (Gül 2016).

### **3.3 Selimiye Fayı**

Selimiye Fayı, KB – GD uzanımlı ve Asartepe formasyonu ile Menderes Masifi'ne ait kayaçlar arasındaki dokanağı temsil eden ikinci fay basamağını oluşturur ve eğim atımlı normal faydır.

Selimiye ve Emcelli fayları arasında Asartepe formasyonu içerisinde yaklaşık 80 m kadar düşey atım meydana gelmiştir. Bu faylar arasında çok sayıda birbirine paralel ve kısa uzunlukta eğim atımlı faylar bulunmaktadır. Bu faylar Selimiye Fayı olarak adlandırılmıştır. Bu faylanmalar bölgedeki akarsuların K-G ve GB-KD yönlü boşalım yapımları sonucu derin ve dar vadileri meydana getirmiştir. Fayın konumu K65B 45KD'dur. Söz konusu fayın güney bloğu yükselmiş kuzey bloğu düşmüştür (Gül

2016).

### **3.4 Tırazlar Fayı**

Tırazlar fayı normal fay olup, Tırazlar köyü içerisinde, alüviyal çökeller içerisinde, GB bloğu 10-20 cm arasında düşen, gidişleri K50-60B arasında değişen takriben 4 km uzunlukta olduğu gözlenmektedir. Tırazlar fayında benzer veriler gözlenmesine karşılık yanal devamlılığı daha sınırlıdır. Fay KB-GD doğrultulu ve GB'ya eğimlidir. Fayın yükselen bloğu kuzeyde düşen bloğu ise güneydedir (Gül 2016).

### **3.5. Çapköy Fayı**

Grabenin kuzey kenarında birbirini belirli bir açıyla kesen iki normal fay gözlenir. Bunlardan güneydeki K30B doğrultulu ve 55 GB'ya eğimlidir. Bu faylar Çapköy fayı olarak adlandırılmıştır. KB-GD doğrultulu bir graben yapısına sahiptir. Sarıgöl ve Tırazlar içinden geçen yüzey kırıkları güncel deformasyonun varlığını kanıtlamaktadır (Gül 2016).

#### 4. HASSAS NİVELMAN TEKNİĞİ ve YÜKSEKLİK AĞLARINDA DENGELEME

Hassas nivelman yöntemi yüksek hassasiyet gerektiren, ülke nivelman ağı, köprü, baraj, gökdelen gibi ölçümlerde kullanılan bir yöntemdir. Ortalama hatası  $0,5 \text{ mm}/\sqrt{km}$ 'dir. Bu yöntemde yüksek hassasiyete ihtiyaç duyulduğu için kullanılan ekipmanlar, ölçüm alanında seçilen güzergâh ve yapılacak hesaplamalar titizlikle yapılmalı, aletlerin kalibrasyonu hassasiyetle yapılmalı ve ölçüm boyunca nivo ve miraların düzeçleri kontrol edilmelidir.

Hassas nivelman ölçümünde kullanılacak olan miralar tek parça (sürgüsüz) olmalıdır. Genellikle invar miralar tercih edilir. İnvar miraların boyu 3m ve tek parça şeklindedir. İnvar miraların tam düşey konumda olmaları ölçüm esnasında çok önemlidir. Bu mira üzerinde bulunan küresel düzeç yardımı ile yapılır. Ölçüm esnasında miradan kaynaklı hataların giderilmesi için mira destekleri kullanılarak miranın sallanmadan durması sağlanmalıdır.



Şekil 4.1 İnvar mira ve mira düzeçi.

Hassas nivelman ölçümünde mutlaka çift mira kullanılmalı ve gidiş-dönüş şeklinde

mümkünse farklı zaman dilimlerinde yapılmalıdır. Bu sayede eşit atmosfer koşullarından kaynaklanabilecek hataların önüne geçilmiş olunur. Hassas nivelman ölçümleri genellikle geri1-ileri1-ileri2-geri2 şeklinde yapılır.

Hassas nivelman da ölçüm sonunda bir tecviz değeri elde edilir. Yapılan ölçüm sonucu bulunan bu tecviz değeri tecviz sınırının içerisinde kalmalıdır. Hassas nivelmanda tecviz sınırı şu formül ile belirlenir:

$$4 \times \sqrt{S_{km}} \quad (4.1)$$

Eğer, ölçüm sonunda hesaplanan tecviz değeri belirlenen sınırı aşıyorsa ölçüm baştan yapılmalıdır. Hassas nivelman ölçümünde yüksek doğruluk ön plandadır ve bunu korumak için aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

1. Alet ölçüm esnasında sallanmayacak konumda kurulmalı, alet sehpasının ayaklarına iyice basılmalı ve küresel düzeç yardımı ile tam düşey konumlandırılmalıdır.
2. Miralar mutlaka mira payandalarıyla desteklenmeli, mira altıkları üzerine tutulmalı ve her mira okumasında küresel düzeç ile tam düşey pozisyonda tutulmalıdır.
3. Yapılacak ölçümde alet ve mira arasındaki mesafe 35 metreden fazla olmamalı ve birbirine eşit mesafede olmalıdır. Ölçülen geri ve ileri uzaklıkları arasındaki fark 50 santimetreden fazla olmamalıdır.
4. Hassas nivelman ölçümleri sabahın erken saatlerinde, bulutlu havalarda veya akşam saatlerinde yapılmalıdır. Bu sayede refraksiyondan kaynaklanacak olan hataların önüne geçilmiş olunur.
5. Miralarda bölüm başlangıç hatalarının giderilebilmesi için ölçüme hangi mira ile başlandıysa o mira ile bitirilmelidir.
6. Gidiş dönüş olarak yapılan hassas nivelman ölçümlerinde gidiş ve dönüş güzergâhları aynı olmalıdır.

#### 4.1 Jeodezik Ağlarda Dengeleme

Bilinen değer sayısının bilinmeyen değer sayısından fazla olduğu durumda, bilinmeyen değerler arasında gerçek değere en yakın değeri elde etme işlemine “Dengeleme Hesabı” denir. Ölçülerin dengeleme hesabına göre değerlendirilmesi matematiksel modellere dayanır.

#### 4.2 Gauss Markoff Modeli

Dengeleme hesabının yapılabilmesi için ölçü değerleri ve bilinmeyen değerler arasında matematiksel ilişki kurulmalıdır. Dengeleme sonucu bilinmeyen değerlerin belirlenebilmesi için ölçülerin doğruluk verileri arasında stokastik model kurulur. Gauss-Markoff modeli stokastik ve fonksiyonel bağıntılardan oluşan lineer bir matematiksel modeldir. Bu model;

$\underline{l}$  :  $(n \times l)$  boyutlu ölçü vektörü

$E(.)$  : Ümit değer operatörü

$\underline{x}$  :  $(u \times l)$  boyutlu bilinmeyen parametreler vektörü

$\underline{A}$  :  $(n \times u)$  boyutlu katsayılar matrisi

$\underline{\varepsilon}$  :  $(n \times l)$  boyutlu gerçek hata vektörü

$\underline{\Sigma}_1$  :  $(n \times n)$  boyutlu ölçülerin varyans kovaryans matrisi

$\sigma_0^2$  : öncül (a-priori) varyansı

$\underline{Q}_1$  :  $(n \times n)$  boyutlu ölçülerin kofaktörler matrisi

$\underline{P}$  :  $(n \times n)$  boyutlu ölçülerin ağırlık matrisi

$\underline{v}$  :  $(u \times l)$  boyutlu düzeltmeler vektörü

olmak üzere,

$$E(l) = \underline{A} \underline{x} \quad (4.2)$$

$$E(\underline{\varepsilon}\underline{\varepsilon}^T) = \underline{\Sigma} = \sigma_0^2 \underline{P}^{-1} \quad (4.3)$$

şeklindedir. Bu modelde ölçülerin ümit değeri, bilinmeyen parametreler vektörü  $x$  ve katsayılar matrisi  $\underline{A}$ 'nın lineer bir kombinasyonu şeklinde ifade edilir. Eğer ilişki lineer değilse lineerleştirilir. Ölçülerin rastlantısal hatalarının bilinmeyenler üzerindeki etkisini azaltmak için ölçü sayısı  $n$ , parametre sayısı  $u$ 'dan yeterince büyük olmalıdır (Erol 1999).

$n > u$  olduğundan,  $E(l)$  yerine yazılacak  $l$  ölçü vektörü ile (4.1) eşitliği tutarsız olur. Bu tutarsızlık ölçülere ümit değeri  $\underline{Q}$  olan gerçek hata vektörünün eklenmesiyle giderilir. Bu durumda fonksiyonel model,

$$\underline{l} = \underline{A}\underline{x} + \underline{\varepsilon} \quad (4.4)$$

şeklindedir.  $\underline{X}$  ve  $\underline{\varepsilon}$  değerleri yerine dengeleme ile bulunacak tahmin değerleri  $\hat{\underline{x}}$  ve  $\underline{v}$  konulursa fonksiyonel model,

$$\hat{\underline{l}} = \underline{l} + \underline{v} = \underline{A}\hat{\underline{x}} \quad (4.5)$$

şekline girer.

Deformasyon analizinde, varsayımlardan mümkün olduğu kadar sakınmak ilkesine uygun olarak, ağın datumu üzerinde varsayımlara meydan vermeyen ve ağın iç presizyonunu gerçekçi bir biçimde yansıtan serbest ağ dengelemesi uygulanır.

### 4.3 Serbest Ağ Dengelemesi

Jeodezik bir ağın belirli bir koordinat sisteminde yönü, ölçeği ve konumu belirli olmalıdır, bunları belirleyen parametrelere datum parametresi denir. Yapılan jeodezik ölçüler bir jeodezik ağın yönü, ölçeği ve konumu ile ilgili bilgiyi vermez, oluşturulan bu



ağların datumu belirsiz olduğundan serbest ağ, bu ağların dengelemesine de Serbest Ağ Dengelemesi denir.

Serbest ağ dengelemesinde tüm noktalar bilinmeyen nokta olarak incelenir. Bu nedenle normal denklem katsayıları matrisinin determinantı sıfır olur. Yani bu matris singüler bir matristir. (Çalışkan 2021)

Serbest ağ dengelemesinde 3 farklı yol mevcuttur.

- Zorlamasız Klasik Dengeleme
- Kısmi İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme
- Tüm İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme

Serbest ağ dengelemesi genel olarak uyumsuz ölçülerin tespit edilmesi ve deformasyon analizi amaçlı çalışmalarda kullanılır. Deformasyon analizi çalışmalarında, varsayımlardan mümkün olduğunca sakınmak ilkesine uygun olarak ağın konumlandırılması, yönlendirilmesi ve ölçeklendirilmesi sırasında, ağın iç doğruluğunu gerçekçi bir biçimde elde etmek için, sabit nokta varsayımı yapılmaz ve bütün nokta koordinat bileşenleri ve ağın dış parametreleri bilinmeyen olarak alınır (Demirel, 2005; Ayan, 1982).

Jeodezik ağlardaki bu datum parametreleri;

- Nivelman ağlarında 1 adet (yükseklik)
- Nirengi ağlarında 4 adet (2 öteleme, 1 ölçek, 1 dönüklük)
- Üç boyutlu jeodezik ağlarda 7 adet (3 öteleme, 3 dönüklük, 1 ölçek)

şeklindedir.

Datumu belirli olan jeodezik ağların dayalı dengelemesi en küçük kareler yöntemine göre yapılır. Bu dengeleme yönteminde sabit alınan noktalar sayesinde diğer noktalara hesaplanan düzeltme değerleri eklenir. Bu durumda sabit alınan noktalardan ne kadar

sapılırsa düzeltme miktarı da o kadar artar. Datum parametresinde en az biri veya tümü bilinmeyen ağların dengeleme hesabında en küçük kareler yöntemine göre çözüm yapılmaz. Yapılan çözüm işleminde normal denklemlerde bilinmeyenlerin katsayılar matrisi  $N = (A^T P A)$  matrisinin tersi alınamaz. Bu durum da iki farklı çözüm yöntemi kullanılır.

İlk yöntemde ağın datumunu belirleyecek miktarda ölçünün sabit alındığı “zorlamasız” veya “kısmi iz minimum” çözümü yapılır.

İkinci yöntemde ağın çözümü için amaç fonksiyonu olarak seçilen  $(V^T P V) = \min.$  şartının yanına ağın oluşturulduğu koordinat dönüşümünü de sağlayacak  $(x^T x) = \min.$  şartı da eklenir ve “tüm iz minimum” çözümü yapılır.

Tüm iz minimum çözümünde tüm noktaların koordinatları bilinmeyen olarak alınır.

Kurulan bu matematik model;

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Fonksiyonel model   | Stokastik Model                    |
| $\ell_i + V_i = \phi_i(x, y, z, \dots, u); i = 1, 2, \dots, n$ ve | $P_{\ell\ell} = Q_{\ell\ell}^{-1}$ |

(4.6)

Şeklinde dir. Doğrusallaştırılmış düzeltme denklemleri,

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| $V = AX - \ell$ | $P_{\ell\ell} = Q_{\ell\ell}^{-1}$ |
|-----------------|------------------------------------|

(4.7)

Olarak elde edilir. Yazılan amaç fonksiyonu ile çözüm;

$$V^T Q_{\ell\ell}^{-1} V = V^T P_{\ell\ell} V = \min \quad (4.8)$$

$$(A^T P A) X - (A^T P \ell) = 0 \text{ Normal Denklemler} \quad (4.9)$$

$$NX - n = 0 \quad (4.10)$$

Elde edilir.  $N = (A^T P A)$  matrisinin tersini alabilmek ve  $iz\{N^+\} = min.$  ve  $(x^T x) = min.$  şartlarını sağlayabilmek için Moore-Penrose ters alma işlemi yapılır. Bu işlemde normal denklemler katsayılar matrisi  $N$ 'nin tersi  $N^+$  ile gösterilir ve

$$N^+ = (N + GG^T)^{-1} - GG^T \quad (4.11)$$

Eşitliğiyle bulunur. Bilinmeyenlerin çözümü için;

$$x = N^+ n = [(N + GG^T)^{-1} - GG^T](A^T P \ell) \quad (4.12)$$

eşitliği kullanılır.

Ayrıca Moore-Penrose ters için kullanılan  $G$  matrisi şu şartları da sağlar.

$$G^T x = 0, \quad AG = 0, \quad G^T n = 0, \quad N^+ G = 0, \quad G^T G = E(\text{birim matris}) \quad (4.13)$$

$G$  matrisinin görevi jeodezik ağın datumunu belirlemek yani ağın oluşturulduğu koordinat sistemine dönüşümünü sağlamaktır.

1D ağlarda (nivelman Ağları)  $G$  matrisi yapısı; ( $p$ : ağdaki nokta sayısı)

$$G_{(p,1)} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{p} \\ 1/\sqrt{p} \\ \vdots \\ 1/\sqrt{p} \\ 1/\sqrt{p} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

#### 4.4. Zorlamasız Klasik Dengeleme

Serbest dengeleme de tüm katsayılar bilinmeyen olarak alındığı için normal denklem katsayıları matrisi sıfır olur. Zorlamasız klasik dengelemede ise normal denklem katsayılar matrisi sıfırdan farklı olduğu bilinen durumlardaki dengeleme türüdür.

Tüm noktalar olduğu için düzeltme denklemlerinde matrisinden defekt sayısı kadar sütun çizilerek veya defekt sayısı kadar koordinat bilinmeyeni sabit kabul edilerek normal denklem katsayılar matrisinin regüler (determinantı sıfırdan farklı) bir matrise dönüştürülmesi işlemine dayanır. Normal denklem katsayılar matrisinden defekt sayısı kadar sütunun ve normal denklemlerden bu sütunlara karşılık satırların çizilmesiyle de aynı sonuca ulaşılır (DOĞANALP 2005).

Düzeltilme denklemi:  $V = Ax - l$

Defekt sayısı:  $d$

Normal denklem katsayılar matrisi:  $N = A^T P A$

Bu dengeleme türünün olumsuz bir yanı ise dengeleme sonuçları sabit kabul edilen nokta veya koordinatların ağ içindeki konumlarına bağlı olarak değişmesi; sabit kabul edilen noktalardan uzaklaştıkça hata miktarının artmasına sebep olur.

#### 4.5. Kısmi İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme

Bu yöntemde ağı oluşturan noktaların bir bölümü datumu belirlemektedir. Ağın bilinmeyenlerin bir kısmının kareleri toplamının (4.14) ve elde edilen ağırlık katsayıları matrisinin bu kısma dair alt matrisinin köşegen elemanlarının (izin) toplamının (4.15) minimum olmasına dayanılarak yapılan serbest dengeleme türüdür.

$$[(x_i^T x_i) = \min] \quad (4.15)$$

$$izQ_i = \min \quad (4.16)$$

Fonksiyonel modeli,

$$v = Ax_i - l \quad (4.17)$$

$$B_i^T x_i = 0 \quad (4.18)$$

Şeklinde oluşturulabilir veya  $x_1$  datum tanımlayan nokta koordinatları,  $x_2$  datum tanımına girmeyen nokta koordinatları gibi bilinmeyenler,  $G_1$  matrisi  $G$ 'nin datum noktalarına karşılık alt matrisi olmak üzere,

$$x_i = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \quad B_i = \begin{bmatrix} G_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad A = [A_1 \ A_2] \quad (4.19)$$

$$G_i^T = 0 \quad (4.20)$$

şeklindedir.

$E$  matrisi, köşegeni üzerinde datumu belirleyen nokta koordinatlarına karşılık "1", değerleri için "0" değerini içeren bir köşegen matris olmak üzere  $B$  matrisi; olmak üzere;

$$B = EG \quad (4.21)$$

olarak tanımlanır.

$Q_1 = N^{-1}, N (N = A^T P A)$  matrisinin ve  $x_i$  bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları matrisi olmak üzere;

$$Q_i = (N + B_i B_i^T)^{-1} - G(G^T B_i B_i^T G)^{-1} G^T \quad (4.22)$$

$x_i$  koordinat bilinmeyenleri;

$$x_i = Q_i n = (N + B_i B_i^T)^{-1} n \quad (4.23)$$

$$(n = A^T P l) \quad \text{ve} \quad (G^T A^T = 0) \quad (4.24)$$

olmaktadır (Doğanalp 2005).

#### 4.6. Tüm İz Minimum Yöntemine Göre Dengeleme

Bu yöntemde ağıın tüm noktaları, ağıın datumunu belirleyen noktalardır. Bilinmeyenlerin kareleri toplamı (4.24) ve elde edilen ağırlık katsayıları matrisinin köşegen elemanlarının (izinin) toplamının (4.25) minimum olmasına dayanılarak yapılan serbest dengeleme türüdür.

$$[(x_g^T x_g) = \min] \quad (4.25)$$

$$iz Q_g = \min \quad (4.26)$$

Fonksiyonel modeli,

$$v = A x_g - l \quad (4.27)$$

$$G^T x_g = 0 \quad (4.28)$$

Şeklinde oluşturulur.

$Q_g = N^+$ ,  $N$  ( $N = A^T P A$ ) matrisinin Moore – Penrose tersi ve  $x_g$  koordinat bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları matrisi olmak üzere;

$$Q_g = N^+ = (N + G G^T)^{-1} - G (G^T G G^T G)^{-1} G^T, \quad (G^T G) = E \quad (4.29)$$

$x_g$  koordinat bilinmeyenleri;

$$x_g = Q_g n = (N + G G^T)^{-1} n \quad (4.30)$$

$$(n = A^T P l) \quad \text{ve} \quad (G^T A^T = 0) \quad (4.31)$$

olmaktadır.

#### 4.7. Uyuşumsuz Ölçülerin Ayıklanması

Düzeltilme denklemleri “-l” kurulduktan sonra ölçüm esnasında meydana gelen kaba hatalar kendini belli eder. Bu ölçüler yinelenerek düzeltilir. Bu kaba hatalara örnek olarak; aletlerin yanlış merkezlendirilmesi, yanlış yazım veya okuma, yanlış hedeflere bakılması söylenebilir.

Fakat sistematik hatalar veya uyuşumsuz ölçüler kolay fark edilmezler ve dengeleme sonucu hesaplanan değerleri olumsuz yönde etkilerler. Bir ölçüdeki sistematik hatayı belirleyebilmek için onun tüm dengeleme sonuçlarına, özellikler düzeltmelerin kareleri toplamı  $V^T P V$  ‘ye olan etkisini araştırmak gereklidir (Hoşbaş 1992).

Dengeleme hesabının temel amacı ölçü hatalarının kareleri toplamının minimum olmasıdır. Yapılan ölçülerde kaba hataların yer almaması gerekmektedir. Deformasyon belirleme amacı ile oluşturulan nirengi, nivelman ağlarında da öncelikle uyumsuz ölçülerin ayıklanması önem sarf eder. Çünkü herhangi bir kaba hata deformasyon hakkında yanlış kararlara sebep olabilir (İnal 1989).

Uyuşumsuz ölçü testlerinin ayıklanmasında birden fazla yöntem vardır. Bunlar;

1. Baarda'nın B – Test Yöntemi
2. Pope Yöntemi
3. t Testi

#### 4.7.1. Baarda'nın B – Test Yöntemi

Bu yöntemde dengeleme modelinin testi yapıldıktan sonra bir model hatası olduğuna karar verilirse, hatanın bir ölçünün uyumsuz olmasından kaynaklandığı kabul edilir. Dengeleme sonrası bulunan varyans ile, dengeleme öncesi deneysel olarak bulunan varyansın uyum içinde olduğu  $H_0$  hipotezi ileri sürülür (Doğanalp 2005).

$$H_0: \sigma = \hat{\sigma} \quad (4.32)$$

$$\frac{v^T P v}{f \sigma^2} > F_{1-\alpha, f, \infty} \quad (4.33)$$

İse  $H_0$  hipotezi red edilir. (4.32) eşitliğinde;

- $f$  : Serbestlik derecesini  
 $v$  : Düzeltme değerlerini  
 $\sigma^2$  : Dengeleme öncesi deneysel varyansı

Göstermektedir. Herhangi bir  $l_i$  ölçüsünün uyumsuz olup olmadığına karar



verebilmek için;

$$T_{i,B} = \frac{v_i}{\sigma\sqrt{q_{v,v}}} \quad (4.34)$$

İse o ölçünün uyuşumsuz olduğuna karar verilir. O ölçü çıkartılarak dengeleme yeniden yapılır (İnal 1989).

#### 4.7.2. Pope Yöntemi

Bu yöntemde ilk olarak,

$$T_{i,P} = \frac{v_i}{\hat{\sigma}\sqrt{q_{v,v}}} \quad (4.35)$$

İle test büyüklükleri hesaplanır. Hesaplanan  $T_{max,P}$  değeri,

$$C = \left( \frac{(n-q)F}{n-q-1+F} \right)^{1/2} (q = u - d) \quad (4.36)$$

Eşitliğinden bulunacak  $C$  değerinden büyük çıkıyorsa, yani  $T_{max,P} > C$  ise ölçü uyuşumsuz sayılıp tekrar edilecektir. Burada;

- $F$  : 1 ve  $n - q - 1$  serbestlik derecelerinde  $F$  (fischer) dağılımının  $(1 - 0.05)^{1/n}$  test düzeyindeki tablo değerini
- $n$  : Ölçü sayını
- $u$  : Bilinmeyen sayısını
- $d$  : Defekt sayısını
- $\hat{\sigma}$  : Dengeleme sonrası standart sapmayı

göstermektedir (İnal 1989).

#### 4.7.3. t Yöntemi

$$T_{i,t} = \frac{v_i}{\sigma_l \sqrt{q_{v,v}}} \quad (4.37)$$

Test büyüklüğü yardımı ile

$$T_{max,t} > t_{f-1,1-\alpha/2} \quad (4.38)$$

İse o ölçü uyuşumsuz kabul edilir ve ölçüler arasından çıkartılır. İşleme diğer testlerde anlatıldığı biçimde devam edilir.

Formüllerdeki;

$\alpha_l$  : Şüpheli ölçü atıldıktan sonraki yani  $l_i$  ölçüsü hariç, diğer ölçülerin dengelemesi sonucu bulunan standart sapmayı

$Q_{v,v}$  : Düzeltmelere ilişkin ağırlık katsayılar matrisini

göstermektedir.

$$Q_{v,v} = P_{ll}^{-1} - A Q_{xx} A^T \quad (4.39)$$

Şeklinde hesaplanır. Burada;

$P_{ll}^{-1}$  : Dengelemeden önceki ağırlık katsayılar matrisinin tersini

$A$  : Katsayılar matrisini

$Q_{xx}$  : Bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları matrisini ( $N^{-1}$ )

göstermektedir (İnal 1989).

#### 4.8. Nivelman Ağlarında Duyarlılık Ölçütleri

Duyarlılık ölçütleri bir jeodezik ağın kalitesini belirlemek amacı ile kullanılır. Duyarlılık, jeodezik ağın ölçü planlamasına, ağın geometrik yapısına ve kullanılan aletlerin hassasiyetine bağlı olarak değişim gösterir. Jeodezik ağların kurulma amaçlarını yerine getirip getirmediği duyarlılık ölçütleri ile saptanır (Doğanalp 2005).

Bu ölçütler, dengeleme modeli geçerli olduğu durumlarda gerçeğe en yakın bilgiyi verirler. Dengelemenin matematiksel modeli, ölçüler ile bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri kapsayan fonksiyonel model ile ölçülerin hassasiyetlerini, aralarındaki korelasyonları yansıtan stokastik modelden oluşmaktadır (Çalışkan 2021)

Nivelman ağları için matematik model aşağıdaki gibi kurulur.

$H_i, H_j$  :  $i, j$  noktaların yüksekliklerini,

$\Delta h_{ij}$  :  $i, j$  noktaları arasında ölçülen yükseklik farkını,

$v_{ij}$  : ölçüye eklenecek düzeltme

olmak üzere ölçü denklemi şu şekilde yazılır;

$$\Delta h_{ij} + v_{ij} = H_j - H_i \quad (4.40)$$

Dengelemenin fonksiyonel modeli ve stokastik modeli aşağıdaki biçimde oluşturulur.

$$l + v = Ax \quad (4.41)$$

$$K_u = s_0^2 Qu \quad (4.42)$$

Burada;

$A$  : katsayılar matrisini,

$l$  : ölçüleri,

$x$  : bilinmeyenleri,

$K_u$  : ölçülerin varyans-kovaryans matrisini,

$s_0^2$  : birim ölçünün öncül varyansını,

$Q_u$  : ölçülerin ters ağırlık matrisini

göstermektedir.

Bu model en küçük kareler yöntemine göre  $v^T P v = \min.$  koşulunu sağlayacak şekilde çözümlenerek aşağıdaki eşitlikler bulunur.

$x = (A^T P A)^{-1} A^T P l$  : Dengeleme bilinmeyenleri

$Q_{xx} = (A^T P A)^{-1}$  : Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi

$Q_{vv} = P^{-1} - A Q_{xx} A^T$  : Düzeltmelerin ters ağırlık matrisi

$v - Q_{vv} P l$  : Düzeltmeler

$m_0^2 = \frac{v^T P v}{n-u}$  : Birim ölçümün varyansı

Burada,

$P_i = 1/s_i$  : ölçülerin ağırlıkları,

$s_i$  : nivelman geçkisinin uzunluğu,

$n$  : ölçü sayısı

$u$  : bilinmeyen sayısı (Yalçınkaya 1996, Uysal 2012, Çalışkan 2021)

**Model Hipotezinin Testi:** Birim ölçünün ortalama hatası  $s_0$  , bu büyüklüğün dengelemeden sonra elde edilen soncul değeri  $m_0$  ile gösterilirse;

$$H_0 = E\{s_0^2\} = E\{m_0^2\} = \sigma_0^2 \quad (4.43)$$

biçiminde kurulur.

Gerek öncül değer  $s_0$  ve gerekse soncul değer  $m_0$  aynı bir kurumsal standart sapma  $\sigma_0$ 'ın uygulamada elde değerleri olduklarından, umut değeri koruyan büyüklüklüdür (Öztürk ve Şerbetçi 2005, Turan 2007, Çalışkan 2021).

Test büyüklüğü  $T$  hesaplanır.

$$T = \frac{m_0^2}{s_0^2} \quad (4.44)$$

$T < F_{(f_1, f_0, 1-a/2)}$  ise dengeleme modeli geçersizdir. Kaba hatalı ölçü veya ölçüler bulunabilir. Ağırlıkların doğru kestirim edilip edilmedikleri denetlenmelidir. Aletlerin ayar hataları kontrol edilmelidir. Fonksiyonel modelin yeterliliği incelenmelidir (Turan 2007, Çalışkan 2021).

## 5. UYGULAMA

### 5.1 Uygulama Alanı

Manisa iline bağlı olan Sarıgöl ilçesi, içerisinden geçen Sarıgöl Fay'ı ile birlikte Gediz Grabeni'nin güneydoğu ucunda yer almaktadır. Sarıgöl ilçesinde 1955 yılından sonra asismik yüzey deformasyonları meydana gelmiştir. Bu yüzey deformasyonlarını ilçe merkezinde D-B uzantılı olarak yaklaşık 2 km devam etmektedir (Doğan 2019).

Sarıgöl fayı oluşturduğu yüzey kırıkları ve yapılar üzerinde meydana getirdiği tahribatlar çok sayıda gözlenmiş, birçok ev ve işyeri kullanılamayacak duruma gelmiştir (şekil 5.1-a-b-d). Hasar almış ve deformasyona uğramış olan bu alanlar "Yerleşime Uygun Olmayan Alan" olarak önceki çalışmalarda tanımlanmıştır. Fay hattı üzerinde bulunan hasar görmüş yapılar yıkılarak azaltılmıştır (Koca vd. 2011).

Hassas nivelman, düşey yöndeki yer kabuğunun hareketlerini belirlemede kullanılan yaygın bir yöntemdir. Doğan 2019'da deformasyonun olduğu düşünülen bölgede bir nivelman ağı oluşturulmuştur. 2017 yılının temmuz ayında tesis edilen bu ağ için tesis edilmeden önce arazi istikşafı yapılarak sabit noktalar bulunmuştur. RS noktaları Gediz Elektrik Dağıtım şirketine ait alçak gerilim direklerine tesis edilmiştir (şekil 5.1-c). RS noktaları direklere yerden 50 cm yukarıda olacak şekilde monte edilmiştir (şekil 5.1-e-f).



Şekil 5.1 Sarıgöl ilçe merkezinde yüzey deformasyonları (A,B,D) ve tesis edilen RS noktaları (C,E,F).

## 5.2 Nivelman Ağı Oluşturulması

Nivelman ağı bölgedeki deformasyonun anlaşılabilmesi açısından fay hattını dik kesecek 2 profil şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 5.2). Oluşturulan bu güzergâhlarda 14 adet olmak üzere direk üzerine monte edilen RS'ler kullanılmıştır. Lup kapaması için yapılan bağlantı nivelmanları ise güzergâhların ilk noktaları ile son noktaları arasında yapılmıştır. Ölçüler iki mira arası mesafe 35 metreyi geçmeyecek şekilde mira altıkları yardımcı ile yapılmıştır.



**Şekil 5.2** Beyaz çizgi yerleşime riskli alanı, kırmızı çizgi yüzey deformasyonunu, siyah çizgiler belirlenen güzergâhları, numaralar direk yerlerini göstermektedir.

**Çizelge 5.1** Güzergâhlardaki noktalar ve numaraları.

| Güzergâh Numarası | Güzergâh Üzerindeki Nokta Numaraları |
|-------------------|--------------------------------------|
| Güzergâh A        | 3 – 101 – 102 – 103 – 104 – 4        |
| Güzergâh C        | 1 – 301 – 302 – 303 – 304 – 305 – 2  |

### 5.3 Hassas Nivelman Ölçümleri ve Ölçümlerin Değerlendirilmesi

2017 yılında kurulan bu nivelman ağı hassas nivelman yöntemi ile yapılmıştır. 2017 ile 2019 yılları arasında bu ağda hassas nivelman ölçümleri Doğan 2019 da yapılmıştır. 2019 ile 2020 yılları arasındaki hassas nivelman ölçümleri ise bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.1). Çalışma alanındaki deformasyonun mevsimsel değişimlerini ve yeraltı su seviyelerinin deformasyona etkisini araştırmak için hassas nivelman ölçümleri her mevsimde yapılmıştır.

Hassas nivelman ölçülerinde 2 alet operatörü, 2 miracı, 2 yazıcı olmak üzere 6 kişi



görev almıştır. Uygulamada kullanılan aletler hassas nivelman yöntemine uygun olarak seçilmiş ve kalibrasyonu ilgili firmalar tarafından yapılmıştır. Ölçülerde Sayısal Nivo olarak Topcon DL-101c kullanılmıştır. Aynı zamanda 3 metre boyunda invar miralar ve mira altıkları kullanılmıştır. Ölçüler GİİG (Geri-İleri-İleri-Geri) şeklinde ve gidiş dönüş olarak yapılmıştır.

Kullanılan dijital nivo da 3 tekrarlı ölçüm modu kullanılmıştır. Geri ve ileri değerlerinin her biri için yapılan 3 okuma arasındaki fark 0.4 mm değerini geçmediği takdirde dijital nivo bu okumaların ortalaması almıştır ve her okuma bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Planlanan güzergâhlar boyunca miralar elektrik direkli üzerindeki RS noktalarına yerleştirilerek ölçüler yapılmıştır. Lup kapama ölçülerinde mira ile nivo arasındaki mesafelerin eşit alınmasına özen gösterilmiş ve maksimum 35 metre olacak şekilde yapılmıştır. Bu sayede yer küreselliği eğriliği ve refraksiyon etkilerinin ölçüye olan hatası minimize edilmiştir.

| GÜZERGAH ADI:A (Gidiş) |                        |        | ÖLÇÜ YERİ: MANİSA SARIGÖL   |         |                       |                        |
|------------------------|------------------------|--------|-----------------------------|---------|-----------------------|------------------------|
|                        |                        |        | Ölçü Tarihi: 9 Ağustos 2020 |         |                       |                        |
| NOKTA NO               | ARA UZAKLIK<br>(metre) |        | MİRA OKUMALARI<br>(metre)   |         | GERİ-İLERİ<br>FARKLAR | ORTALAMA<br>GERİ-İLERİ |
|                        |                        |        | GERİ 1                      | İLERİ 1 |                       |                        |
|                        |                        |        | GERİ 2                      | İLERİ 2 |                       |                        |
| 3                      | 15,691                 |        | 0,14826                     |         |                       |                        |
|                        |                        |        | 0,14818                     |         |                       |                        |
| 101                    | 15,592                 | 18,162 | 0,57234                     | 0,98772 | -0,83946              | -0,839485              |
|                        |                        |        | 0,57209                     | 0,98769 | -0,83951              |                        |
| 102                    | 19,024                 | 19,999 | 0,39959                     | 1,24878 | -0,67644              | -0,676580              |
|                        |                        |        | 0,39951                     | 1,24881 | -0,67672              |                        |
| 103                    | 21,696                 | 12,725 | 0,38899                     | 1,83866 | -1,43907              | -1,439140              |
|                        |                        |        | 0,38902                     | 1,83872 | -1,43921              |                        |
| 104                    | 13,856                 | 28,284 | 0,99161                     | 1,81266 | -1,42367              | -1,423630              |
|                        |                        |        | 0,99161                     | 1,81261 | -1,42359              |                        |
| 4                      | 22,715                 | 9,725  | 0,51193                     | 1,01430 | -0,02269              | -0,022705              |
|                        |                        |        | 0,51173                     | 1,01433 | -0,02272              |                        |
|                        |                        | 17,918 |                             | 1,50456 | -0,99263              | -0,992735              |
|                        |                        |        |                             | 1,50457 | -0,99284              |                        |
|                        |                        |        |                             |         | Δh= -5,394275         |                        |
|                        |                        |        |                             |         | Mesafe = 215,387      |                        |

Şekil 5.3 Örnek nivelman klişesi.

Yapılan hassas nivelman uygulamasında yüksek doğruluk elde edilebilmesi için şu hususlara dikkat edilmiştir:

- Alet operatörlerinden kaynaklı oluşabilecek göz hassasiyeti hatalarının giderilmesi için ölçüme başlayan kişi ölçüm bitene kadar değişmemiştir.
- Mira bölüm başlangıç hatalarının giderilebilmesi için ölçüme hangi mira ile başlandıysa o mira ile bitirilmiştir.
- Refraksiyon etkisini en aza indirebilmek için ölçüme öğlen saatlerinde ara verilmiş, ölçüm esnasında aletler olabildikçe yüksek kurularak, okumalar yerden en az 70 cm yüksekte yapılmıştır.
- Mira ile alet arasındaki uzaklık eşit alınmaya özen gösterilerek 30 metreyi aşmayacak şekilde yapılmıştır.
- Güzergâh ölçümlerinde mira yerleri elektrik direkleri olduğu için sadece kapama ölçümlerinde payandalar ve altıklar kullanılmıştır.
- Geri ve ileri okumalarında her bir okuma 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır, tekrarlı okumalardaki fark 0.4 mm değerini geçtiği takdirde ölçüm tekrarlanacak şekilde yapılmıştır.

Güzergâhların başlangıç ve bitiş noktaları nivelman ile birbirine bağlantı yapılarak dörtgen lup oluşturulmuştur. Ülkemizde Hassas Nivelman tekniği için tecviz sınır bağıntıları bulunmadığı için Alman standartlarında (DIN-18710) belirtilen tecviz sınırları  $4\sqrt{S_{km}}$  kullanılmıştır. Güzergâhlarda gidiş ve dönüşlerin ortalamaları alınarak yükseklik farkı elde edilmiş ve bu yükseklik farkları her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

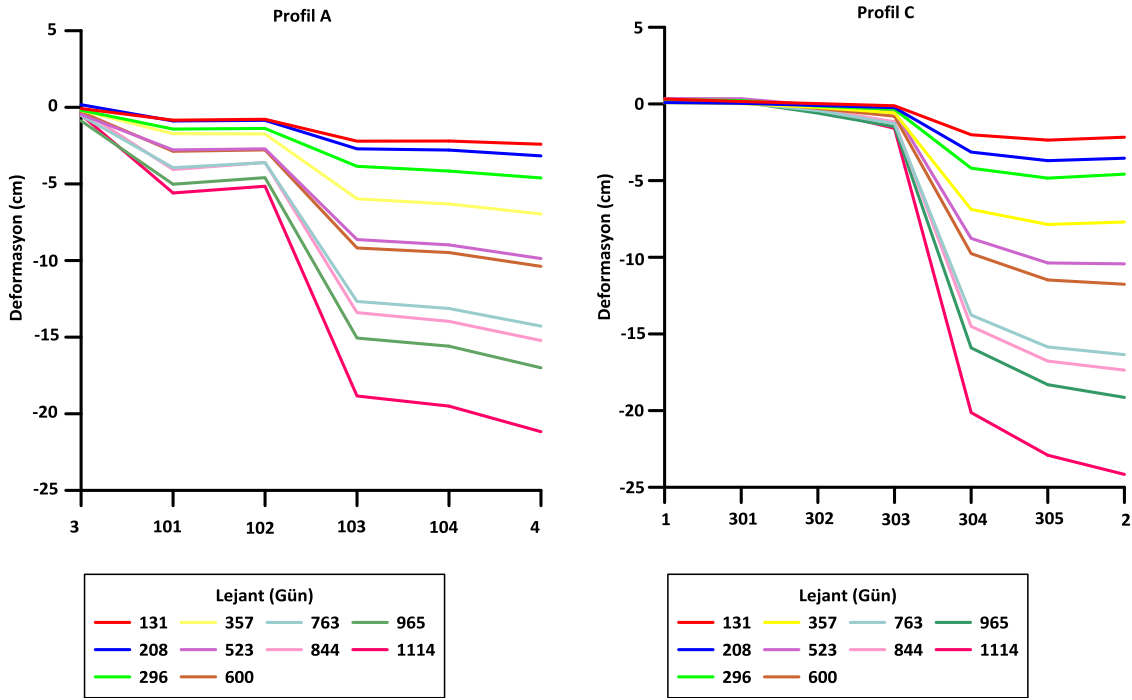
Yapılan tüm güzergâh ve kapama ölçülerinde gidiş dönüş arasındaki farklar ve dengeleme sonucu elde edilen  $M_0$  değerleri tecviz sınırını geçmemiştir (Çizelge 5.2).

Tüm hassas nivelman ölçüleri serbest ağ dengelemesinin en küçük kareler yöntemine göre yapılmış ve her nokta için dengelenmiş yükseklikleri hesaplanmıştır. Dengelenmiş ölçülerin uyumlu olup olmadığını anlamak için Pope yöntemi kullanılmıştır ve uyumsuz ölçü olmadığı görülmüştür.

**Çizelge 5.2** Hassas nivelman kampanya ölçümleri.

| <b>Ölçüm Tarihi</b> | <b>Dengelenmiş <math>M_0</math> Değerleri</b> | <b>Tecviz (mm)</b> | <b>Sonuç</b> |
|---------------------|---|--------------------|--------------|
| 22.Tem.17           | 3.20  | 5.66               | Uygun        |
| 30.Kas.17           | 3.29  | 5.66               | Uygun        |
| 15.Şub.18           | 3.85  | 5.66               | Uygun        |
| 14.May.18           | 2.52  | 5.66               | Uygun        |
| 14.Tem.18           | 3.91  | 5.66               | Uygun        |
| 27.Ara.18           | 4.30  | 5.66               | Uygun        |
| 14.Mar.19           | 0.74  | 5.66               | Uygun        |
| 24.Ağu.19           | 3.08  | 5.66               | Uygun        |
| 13.Kas.19           | 1.39  | 5.66               | Uygun        |
| 13.Mar.20           | 0.34  | 5.66               | Uygun        |
| 9.Ağu.20            | 2.85  | 5.66               | Uygun        |

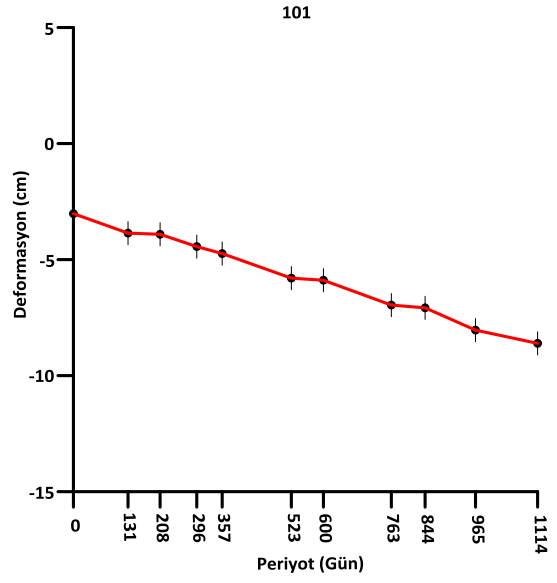
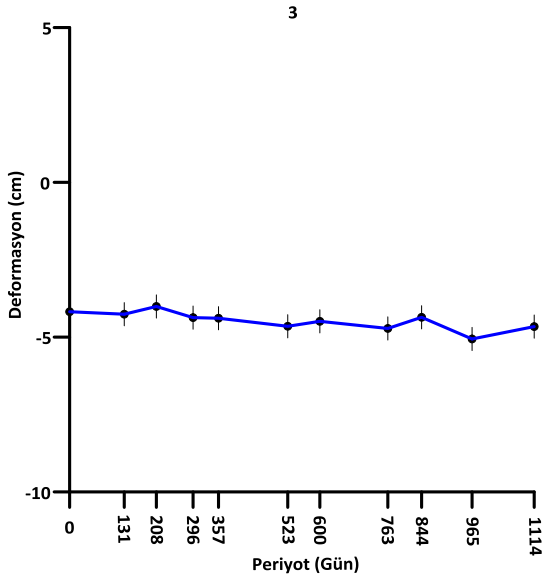
Uygulamada referans ölçüsü (sıfır ölçüsü) olarak 22 Temmuz 2017'deki dengelenmiş yükseklikleri alınmıştır. Diğer yapılan bütün kampanyalarda elde edilen dengelenmiş yükseklikler referans ölçüsü ile karşılaştırılmıştır. Mevsimsel hareketleri incelemek içinde her ölçü kendinden bir önceki kampanyadaki yükseklikler ile karşılaştırılmıştır. A ve C güzergâhının tüm kampanyaların referans ölçüsü ile karşılaştırılma grafiği Şekil 5.4'de verilmiştir.



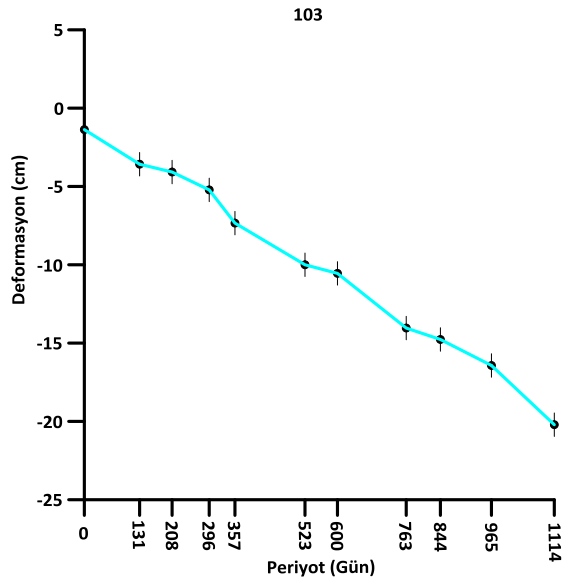
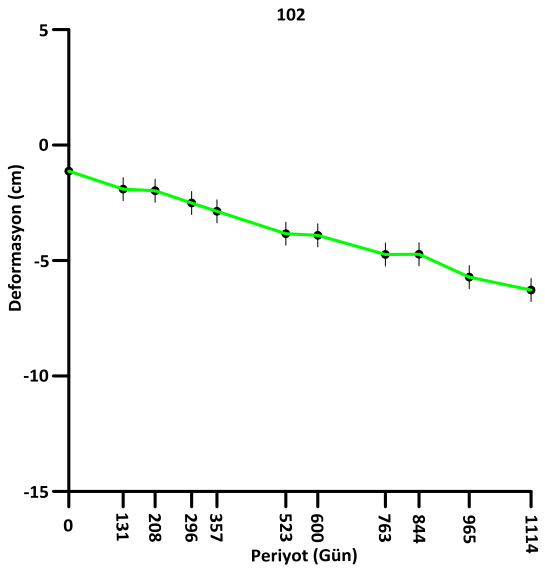
Şekil 5.4 A ve C Güzergâhına ait tüm ölçüm değerlerinin grafiği.

Grafikler incelendiğinde deformasyon miktarlarının yıllar geçtikçe arttığı gözlenmiştir. C Güzergâhına bakıldığında 303 numaralı direktten sonra deformasyon oluştuğu görülmektedir. A Güzergâhında ise 101 numaralı direktten başlayan deformasyon, 103 numaralı direktten sonra daha fazla artış gösterdiği görülmektedir. Referans ölçüsüne göre A Güzergâhında toplam deformasyon miktarının -21 cm, C Güzergâhında ise toplam deformasyon miktarının -24 cm olduğu görülmektedir.

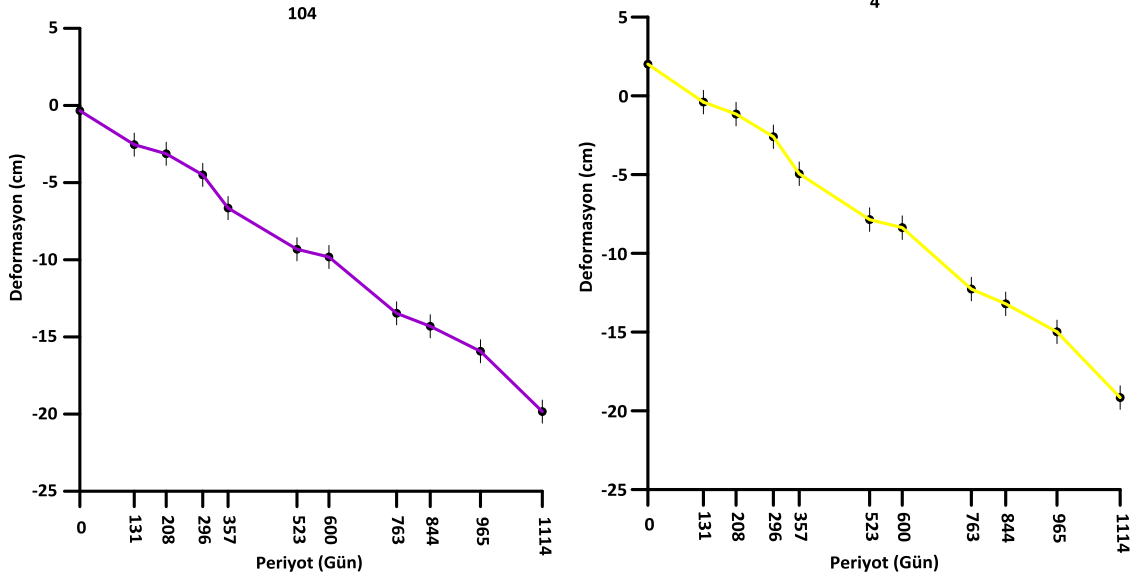
A Güzergâhındaki RS noktalarının değişim miktarları ise Şekil 5.5. – Şekil 5.7 da verilmiştir.



Şekil 5.5 3 ve 101 numaralı direklerin değişim miktarları.



Şekil 5.6 102 ve 103 numaralı direklerin değişim miktarları.



Şekil 5.7 104 ve 4 numaralı direklerin değişim miktarları.

Şekil 5.5’de 101 numaralı grafik incelendiğinde düşey yöndeki deformasyonun 101 numaralı direktten başladığı anlaşılmaktadır.

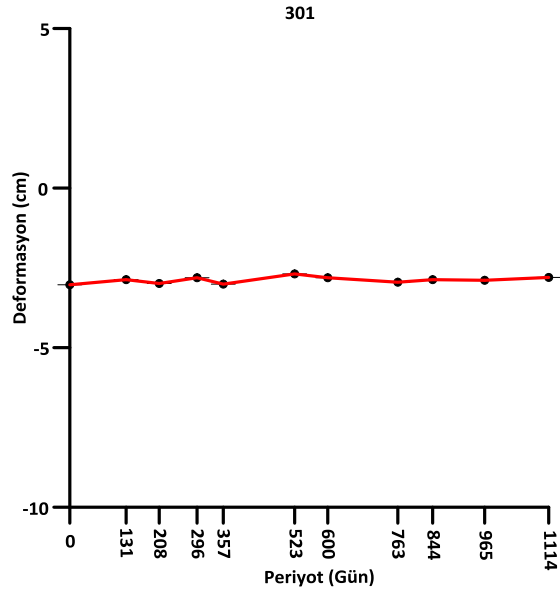
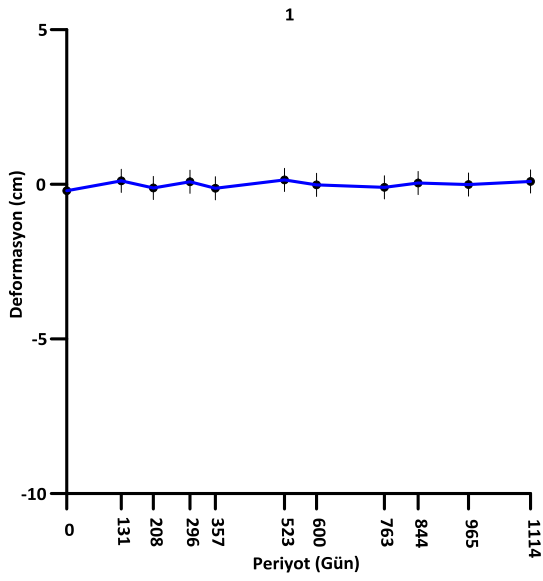
Şekil 5.6’ de 102 numaralı direğin 101 numaralı direk ile aynı miktarda deformasyona uğradığı, 103 numaralı direkte ise ciddi bir yüzey deformasyonunun görüldüğü hem grafik üzerinde hem de zemin üzerinde gözle görülür şekilde gözlenmiştir (Resim 5.1).



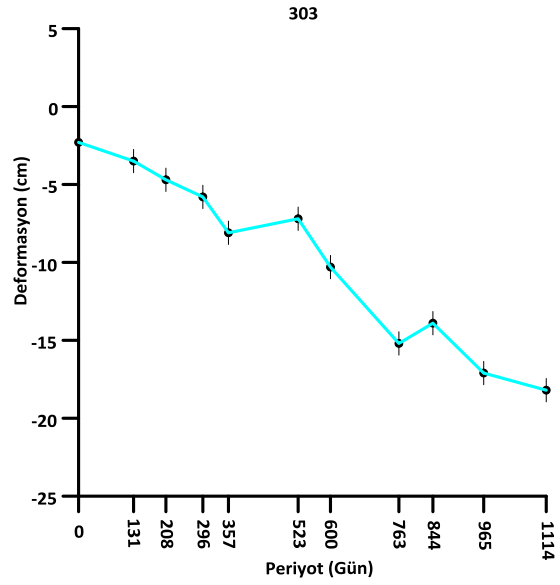
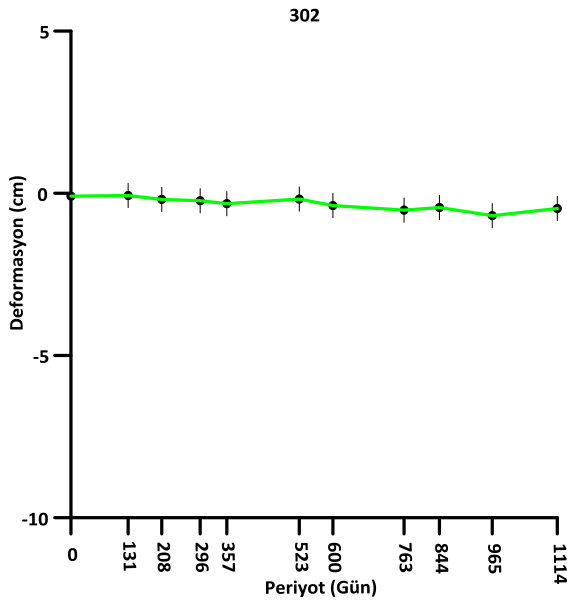
**Resim 5.1** A Güzergâhı 102-103 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu (09.08.2020).

Şekil 5.7 incelendiğinde ise 104 ve 4 numaralı direğin 103 numaralı direk ile aynı miktarda düşey yönde deformasyona uğradığı görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere A Güzergâhında 103 numaralı direkten sonra blok halinde çöken bir yüzey deformasyonu gözlenmektedir.

C Güzergâhındaki direk noktalarının değişim miktarları ise Şekil 5.8. – Şekil 5.11 da verilmiştir.

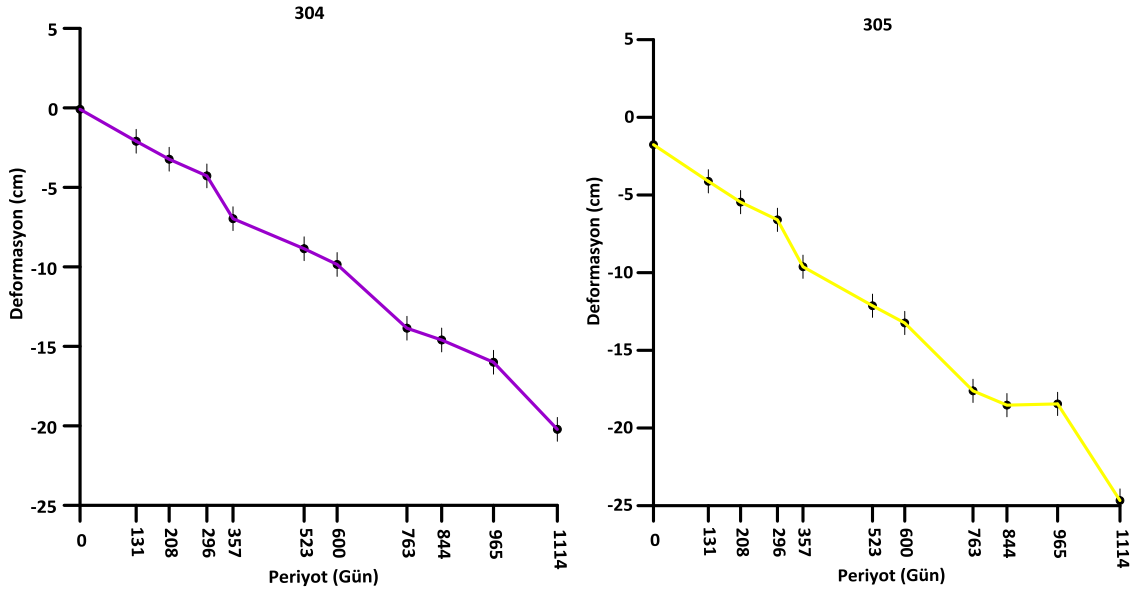


Şekil 5.8 1 ve 301 numaralı direklerin değişim miktarları.

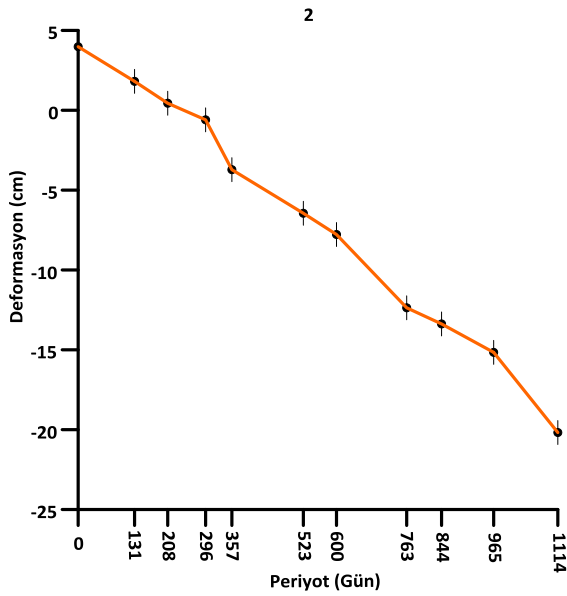


Şekil 5.9 302 ve 303 numaralı direklerin değişim miktarları.





Şekil 5.10 304 ve 305 numaralı direklerin değişim miktarları.



Şekil 5.11 2 numaralı direğin değişim miktarı.

Şekil 5.8’de 1 ve 301 numaralı direklerin deformasyona uğramadığı, Şekil 5.9’da 302 numaralı grafikte de bir deformasyon olmadığı görülmüş, 303 numaralı grafikte ise sert bir düşüş ile yüzey deformasyonun başladığı hem grafik, hem de zemin üzerinde gözle görülür bir şekilde gözlenmiştir (Resim 5.2).



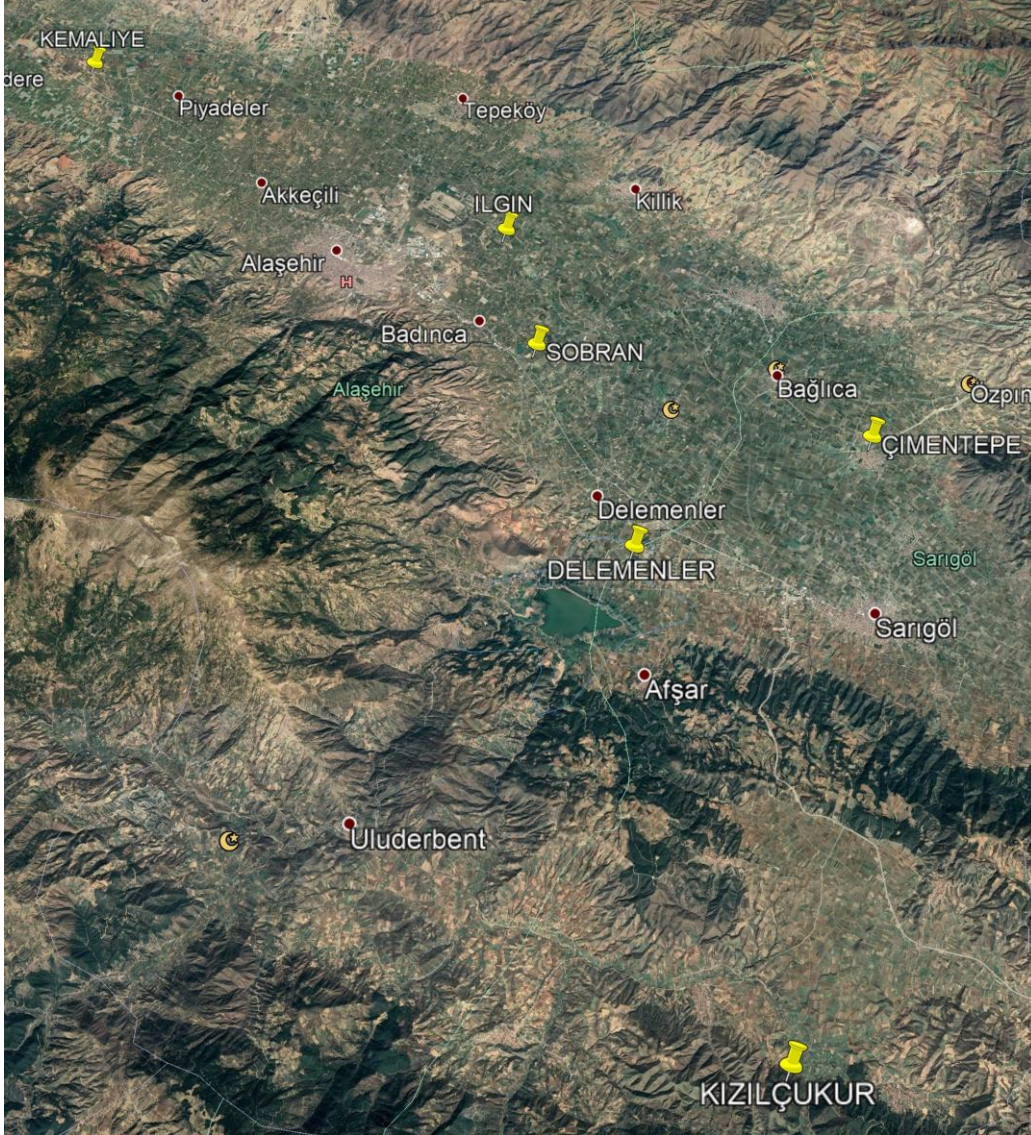
**Resim 5.2** C Güzergâhı 303-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu (13.03.2020).

Şekil 5.10 incelendiğinde 304 numaralı direğin -20 cm düşey yönde deformasyona uğradığı görülmüş, 305 numaralı direkte ise -23 cm deformasyon gözlenmiştir. Şekil 5.11 incelendiğinde ise 2 numaralı direğin düşey yöndeki en yüksek deformasyon olan -24 cm olduğu görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere A güzergâhındaki 103 numaralı direkten çökmeye başlayan yüzey deformasyonu, C güzergâhında ise 303 numaralı direkten başlayarak hat boyunca diğer kısımda kalan bloğun düşey yönde düşüşe uğradığı anlaşılmaktadır.



#### 5.4. Yer Altı Su Seviyelerinin İncelenmesi

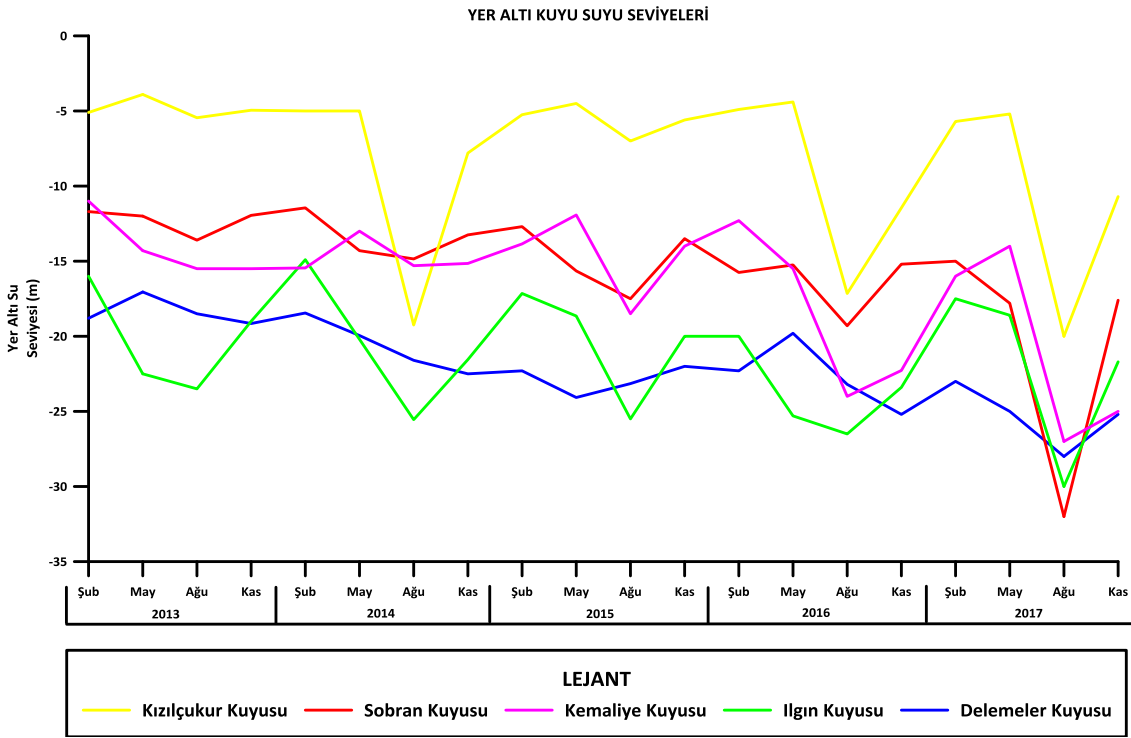
Sarıgöl ilçesi ve civarındaki belirli kuyu suları incelenmiş, yer altı sularının yüzey deformasyonuna olan etkisini araştırmak için bölgeye yakın 6 adet yer altı suyu gözlem kuyusu belirlenmiştir.



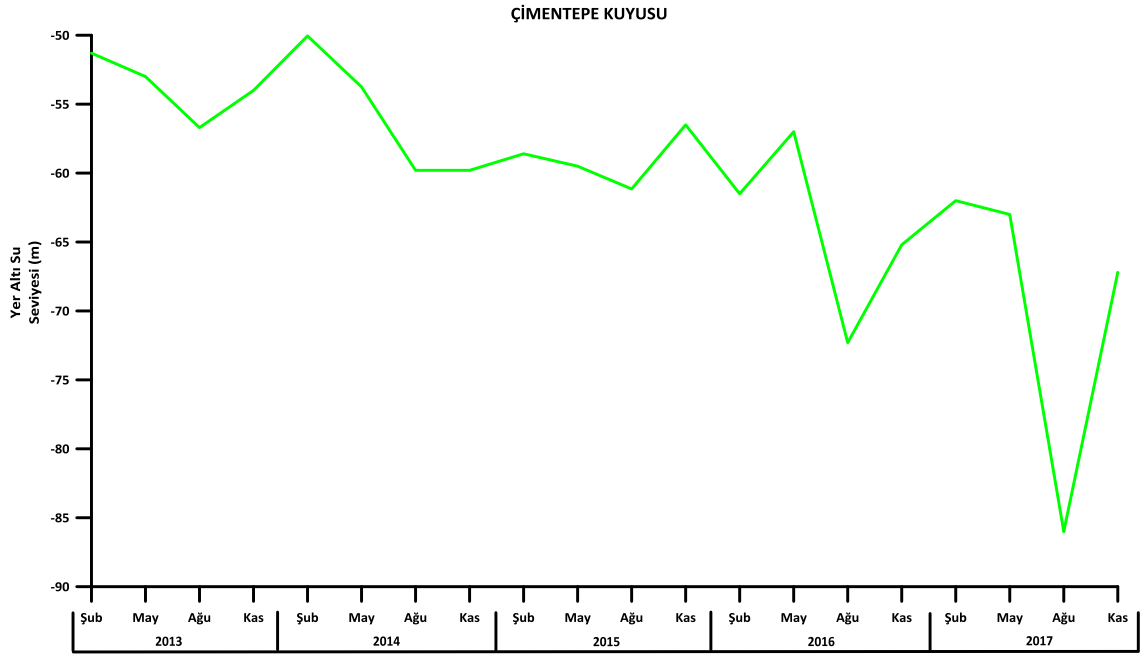
Şekil 5.12 Çalışmada kullanılan yer altı gözlem kuyuları.

Belirlenen bu yer altı gözlem kuyularına ait veriler Devlet Su İşleri (DSİ) İzmir Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Bu kuyuların 2011-2018 yılları arasındaki verileri çalışmada kullanılmıştır. 2018 yılından sonra bölgeden veriler alınmadığı için 2018-

2021 arası veriler temin edilememiştir. Tüm kuyulardaki su seviyelerinin mevsim geçişlerinde değişimlere uğrayarak periyodik olarak hareket ettikleri görülmektedir. İlkbahar yaz periyotlarında su seviyelerinde düşüşler görülürken sonbahar kış periyotlarında ise yükselişler gözlemlenmektedir. Yaz kış geçişlerinde su seviyelerinde 10 m değişim izlenmektedir. Özellikle yaz aylarında düşüşün hızlanması yağış azlığı ve bölgede bulunan yoğun tarımsal sulama kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kış aylarında tarımsal sulamanın olmaması ve yoğun yağış nedeniyle su seviyeleri tekrar yükselişe geçmektedir. Bununla birlikte 7 yıllık periyot içinde de yeraltı statik su seviyesinin 10 m (Çimentepe kuyusu hariç) düştüğü izlenmektedir (Şekil 5.13 – Şekil 5.14). Genel olarak yeraltı su seviyelerinde dalgalı hareket yaşanmasına rağmen deformasyonlar sürekli olarak devam etmektedir. Nivelman ölçü sonuçları incelendiğinde mevsimsel döngülerde de deformasyonun devam ettiği görülmüştür.



**Şekil 5.13** Yer altı gözlem kuyularına ait su seviyeleri (Kızılçukur-Sobran-Kemaliye-Ilgın Delemenler).



**Şekil 5.14** Yer altı gözlem kuyularına ait su seviyeleri (Çimentepe).

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

28 Mart 1969 Alaşehir depreminin oluşturduğu yüzey kırığı üzerinde gelişen Sarıgöl Fayı, Sarıgöl ilçesi içerisinde gözle görülebilecek ve yaşama engel olacak şekilde gelişmeye devam etmektedir. Zeminde gözlenen bu yüzey deformasyonlarının takip edilebilmesi için 2017 yılında bölgeye bir nivelman ağı kurulmuştur. 2017-2019 yılları arasında 7 kampanya hassas nivelman ölçümü yapılmıştır (Doğan 2019). Bu çalışma kapsamında mevcut ağ üzerinde 2019-2020 yıllarında 4 kampanya hassas nivelman ölçümü yapılmıştır. Toplamda 11 kampanya olan tüm ölçümler EKK yöntemine göre serbest ağ dengelemesi yapılmış ve her noktanın dengelenmiş yükseklikleri hesaplanmıştır. Dengeleme sonucu elde edilen veriler kullanılarak ölçüm kampanyaları arasında yükseklik farkı grafikleri oluşturulmuştur. Grafiklere göre;

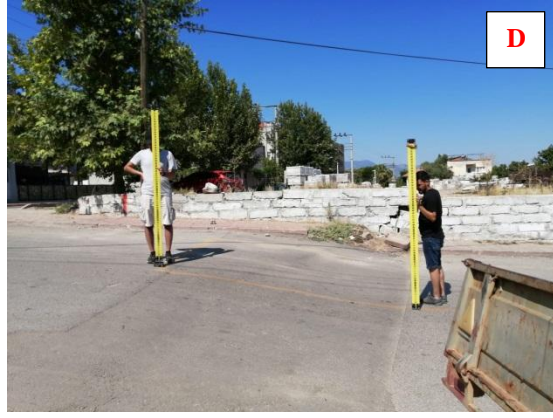
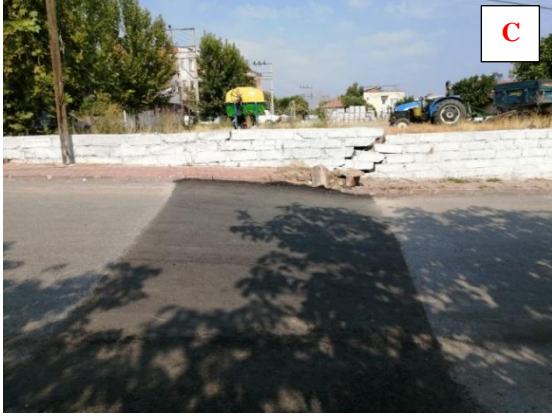
A güzergâhında 102 numaralı direktten sonra başlayan ve devamında yaklaşık olarak aynı düşüşte devam eden düşey yönde bir deformasyon tespit edilmiştir. Eldeki verilere göre düşey yönde; 102 numaralı direkte 190 mm, 103 numaralı direkte 200 mm ve 4 numaralı direkte 210 mm yüzey deformasyonu tespit edilmiştir. Arazi yapısı incelendiğinde hesaplanan verileri niteler şekilde gözle görülür bir yüzey deformasyonu olduğu görülmüştür (Resim 5.1).

C güzergâhında ise 303 numaralı direkte ve sonrasında (304-305-2) düşey yönde başlayan düşüş zaman geçtikte artış göstermektedir. Değerlendirmeler sonucunda C güzergâhında 2017 yılının temmuz ayındaki sıfır ölçüsü ile son ölçüm (ağustos 2020) arasında 240 mm düşey yönde düşüş söz konusudur. Arazi yapısı incelendiğinde 303 numaralı direktten sonra gelen 304 numaralı direk arasında gözle görülür bir yüzey kırığı gözlenmiştir (Resim 6.1 – Resim 6.2).





**Resim 6.1** Resim A 2020 yılının Mart ayında, Resim B 2021 yılının Ağustos ayında çekilmiş görüntü (C Güzergâhı 303-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu)



**Resim 6.2** Resim C 2020 yılının Ağustos ayında, Resim D 2021 yılının Ağustos ayında çekilmiş görüntü (C Güzergâhı 303-304 numaralı direkler arasındaki yüzey deformasyonu)

Veriler ve arazide gözlemlenen sonuçlar neticesinde A güzergâhında 102 numaralı direkten sonra ve C güzergâhında 303 numaralı direkten sonraki kısım blok halinde düşey yönde çöktüğü ve çökmeye devam ettiği anlaşılmaktadır.

Yer altı gözlem kuyularının su miktarları incelendiğinde kuyularda mevsimsel olarak değişimler olduğu görülmüştür. Yaz aylarında bölgedeki tarımsal sulamaların yoğun olması kuyulardaki su miktarlarının azalmasına, kış aylarında ise yoğun yağışlar ve sulamaların azalması ile tekrar yükselmesine neden olmuştur. Bölgedeki yer altı sularının mevsim geçişlerinde 10 m'ye varan değişimlerine rağmen yüzey deformasyonlarının sürekli olarak devam ettiği gözlenmiştir.

Nivelman verileri ile yeraltı su sevipleri arasında benzer hareketler görülmektedir. Özellikle yaz aylarında su seviyelerinin düşmesi ile deformasyon hızının arttığı görülmüştür. Ancak her iki nivelman profilleri de incelendiğinde kış aylarında da deformasyonların devam ettiği görülmüştür (Şekil 5.4). Şekil 5.4 de 2017 Kasım -2018 Şubat (kotu mavi ile gösterilen -208. Gün) ayları arasında, 2018 Aralık-2019 Mart (600. Gün) ayları arasında 2019 Aralık-2020 Mart ayları arasında deformasyonların devam etmesi ve şekil 5.13 deki yeraltı su değişimleri ile uyuşmadığı görülmektedir. Bu durum bölgede yoğun tektonik aktivitenin olmamasına rağmen deformasyonlarının olmasının başka bir tektonik kökeni olabileceği düşüncesini vermektedir. Ayrıca Koca vd. 2011 de bölgede konsolidasyon oturmalarından fazla deformasyon olmasının nedenini tektonik krip olarak açıklaması bu durumu destekler niteliktedir.

Poyraz vd. 2019 da elde edilen yatay ve düşey yer değiştirme değerleri bölgenin tektonik yapısı ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Graben içerisindeki en yüksek yıllık hız değişimleri TRAZ noktasında -90 mm/yıl, BGCL noktasında -33 mm/yıl ve AKCL noktasında -13 mm/yıl olduğu gözlenmiştir. Gediz grabeninin güney ve kuzey uçlarında Sarıgöl ve Alaşehir arasında elde edilen yatay ve düşey yer değiştirme değerleri aktif olan güney ucundan daha fazla yer değiştirme gösterdiği gözlenmiştir. Benzer şekilde Umutlu 2019 da TRAZ ve AKCL noktalarında meydana gelen yüzey deformasyonları net bir şekilde görülmektedir. TRAZ noktasının zaman serisi incelendiğinde 108 mm/yıl ve AKCL noktasının zaman serisi incelendiğinde ise 15 mm/yıl bir düşey deformasyon olduğu gözlenmiştir. TRAZ noktasındaki elde edilen bu deformasyon, tesis edildiği 2008 yılından beri devam ettiği net bir şekilde gözlenmiştir. Poyraz vd. 2019 ve Umutlu 2019'daki GPS, PS-InSAR, GNSS çalışmalarının sonucunda tez kapsamındaki sonuçların birbirini destekler şekilde olduğu görülmüştür.

Bu durumun net olarak belirlenmesi için özellikle bölgede yeniden konsolidasyon hesabının yapılması, Sabit GNSS istasyonlarının kurulması ve uzun dönem uydu görüntülerinden SAR çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- Ayan T, 1982, Jeodezik Ağlarla Deformasyon Analizine Genel Bakış, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 40, 20-25.
- Çalışkan K, 2021, Bolvadin/Afyonkarahisar Kent Merkezinde Meydana Gelen Düşey Deformasyon Hızlarının Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95, Afyonkarahisar.
- Demirel H, 2005, Dengeleme Hesabı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Doğan A, 2019, Yüzey Deformasyonlarının Hassas Nivelman Tekniği İle Belirlenmesi: Sarıgöl Örneği Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62, Afyonkarahisar.
- Doğanalp S, 2005, Kinematik Modelde Kalman Filtreleme Yöntemi ile Deformasyon Analizi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 150, Konya.
- Emre, T, 1996b, Gediz Grabeni'nin Tektonik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 39, 1-18.
- Emre, Ö. Özalp, S. ve Duman, T.Y. 2011, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Uşak (NJ35-8) Paftası, Seri No: 11. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Erol S, 1999, Karacasu Viyadüğünde GPS İle Deformasyon Ölçmeleri ve Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100, İstanbul.
- Gören R, 2016, Alaşehir ve Çevresinde Gediz Grabeni Güney Kenar Faylarının Holosen Aktivitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112, Eskişehir.
- Gül D, 2016, Sarıgöl (Manisa) Bölgesindeki Tektonik Hareketlerin Gns Tekniği İle Belirlenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95, Sivas.

- Hakyemez H Y, Göktaş F, Erkal T, 2013, Gediz Grabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 56.
- Hoşbaş R G, 1992, Baraj Deformasyonlarının Belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi ve Bir Öneri, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İnal C, 1989, Dengelemede Uyuşumsuz Ölçülerin Ayıklanması, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4, 1.
- Koca, M.Y., Sözbilir, H., Uzel, B. 2011, Sarıgöl Fay Zonu Boyunca Meydana Gelen Deformasyonların Nedenleri Üzerine Bir Araştırma. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 35, 151-174.
- Koçak F, 2018, Büyük Menderes Ve Gediz Grabeni Doğusunun Jeolojisi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57, Sivas.
- Öztürk E, Şerbetçi M, 1995, Dengeleme Hesabı Cilt II. Baskı, Sayfa 150-155, Trabzon.
- Poyraz F., Tatar O, Hastaoğlu K Ö, Tiryakioğlu İ, Gürsoy Ö, Koçbulut F, Türk T, Demirel M, Duman H, Ciğer A F, Gül D, 2015, Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 17-28.
- Poyraz F, Hastaoğlu K.O, Koçbulut F, Tiryakioğlu I, Tatar O, Demirel M, Duman H, Aydın C, Ciğer A.F, Gürsoy O, Türk T, Sığırcı R, 2019, Determination of the block movements in the eastern section of the Gediz Graben (Turkey) from GNSS measurements, Journal of Geodynamics 123, 38-48.
- Sarıkaya M A, 2001, Gediz Grabeni'nin Alaşehir - Salihli Arasındaki Kesiminde (Karadut Çevresi) Menderes Masifi İle Tersiyer Örtü Kayaçları Arasındaki Yapısal İlişkinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120, Ankara.
- Seyitoğlu G, Scott, B C, 1996, The Age Of Alaşehir Graben (Western Turkey) And Its Tectonic Implications, Geological Journal, 31, 1-11.

- Tiryakioğlu İ, 2012, Gnss Ölçüleri İle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri Ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 173, İstanbul.
- Tiryakioğlu İ, Umutlu A İ, Poyraz F, 2019, Jeodezik Yöntemlerle Deprem Tekrarlama Periyotlarının Belirlenmesi: Alaşehir Bölgesi Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 762-768.
- Turan F, 2007, Dolgu Tipli Barajlarda Düşey Değişimlerin Hassas Trigonometrik Nivelman Yöntemiyle Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107, İstanbul.
- Umutlu A İ, 2019, Alaşehir (Manisa) Bölgesindeki Gerilim Alanların Jeodezik Verilerden Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57, Afyonkarahisar.
- Uysal A, 2012, Alibey Barajı'nda Düşey Yöndeki Hareketlerin Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118, İstanbul.
- Yalçınkaya M, 1996, Nivelman Ağlarında Duyarlık ve Güven ölçütleri, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 80, 73-84.

### **İnternet Kaynakları**

1- <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/tektonik-hareketlerin-sebebi-nedir/>,

20.06.2021

2- <http://www.sektorharita.com/hassas-nivelman-yukseklk-olcmeleri.html/>, 20.06.2021

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Çağdaş KAYGUSUZ  
Doğum Yeri ve Tarihi : İZMİR 03.06.1995  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon / e-posta) : 5055984526 / c.kaygusuz95@gmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Konak Çınarlı Mesleki ve Teknik Anadolu Teknik Lisesi  
(2009 – 2013)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği  
Bölümü (2014 – 2018)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
İş Güvenliği Anabilim Dalı, (2019 – 2020)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2019 – 2021)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: DK Harita Otomotiv (2019 – 2020)  
: NP Polat Orman Mühendislik (2020 – Devam Ediyor)