



**YÜZEY DEFORMASYONLARININ HASSAS NİVELMAN TEKNIĞİ İLE
BELİRLENMESİ : SARIGÖL ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alperen DOĞAN

Danışman

Prof. Dr. Bayram TURGUT

İkinci Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

Bu tez çalışması AKÜ BAP 17.FEN.BİL.33 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜZEY DEFORMASYONLARININ HASSAS NİVELMAN
TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ: SARIGÖL ÖRNEĞİ

Alperen DOĞAN

Danışman

Prof. Dr. Bayram TURGUT

İkinci Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

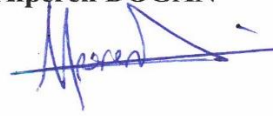
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

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

beyan ederim.

21/06/2019
Alperen DOĞAN



TEZ ONAY SAYFASI

Alperen DOĞAN tarafından hazırlanan “YÜZEY DEFORMASYONLARININ HASSAS NİVELMAN TEKNİĞİYLE BELİRLENMESİ: SARIGÖL ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/06/2019 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. Bayram TURGUT

İkinci Danışman : Doç.Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Doç.Dr. Fatih POYRAZ

Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof.Dr. Bayram TURGUT

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç.Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye :Doç.Dr. Tamer BAYBURA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye :Doç Doç.Dr. Mustafa YILMAZ

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

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**YÜZEY DEFORMASYONLARININ HASSAS NİVELMAN TEKNİĞİ İLE
BELİRLENMESİ: SARIGÖL ÖRNEĞİ**

Alperen DOĞAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bayram TURGUT

İkinci Danışman: Doç. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU

Depremlerin oluşturduğu etkileri azaltmak veya minimuma indirebilmek için, depremlere neden olan levha hareketlerinin incelenmesi gereklidir. Bu nedenle Manisa ili Sarıgöl ilçesi merkezleri ve çevresi incelenmeye alınmıştır. Çünkü bu bölge deprem riski olan bölgelerden birisidir. Geçmişte yaşanan 1969 depremi bunun en büyük örneğidir. Sarıgöl ilçesi sınırları içerisinde 1996 yılında başlayan düşey deformasyonları gözlemlenmeye başlamıştır. Bu nivelman hatları deformasyonlara dik 2 adet profilden oluşmaktadır. Bugüne kadar, Gediz Grabenin doğu kesiminde ayrıntılı olarak jeodezik çalışmalar gerçekleştirilmemiştir. Bu bölgenin sismik aktivitesi ve yüzeysel deformasyonları artarak devam ettiği için hassas sonuçlar elde edilebilen hassas nivelman tekniği yöntemine ihtiyaç vardır. Çalışma bölgesinde tektonik hareketler sonucu deformasyon etkisinde kalan bölge, GNSS yöntemi tekniği ile de takip edilmektedir. Bu bölge de deformasyonların ölçümüne ilişkin GNSS yöntemi haricinde çok daha hassas sonuçlar elde etmek için hassas nivelman tekniği de kullanılması gerekmektedir. Yüzey deformasyonlarını belirlemek amacıyla bir nivelman ağı kurulmuştur. Bu nivelman ağı 14 adet referans noktasından oluşmaktadır. Ölçümler 2017 ve 2019 yılları arasında 7 kampanya olarak gerçekleştirilmiştir. Hassas nivelman tekniği ile yapılan 1,5 yıllık ölçümler sonucunda çok sağlıklı ve hassas sonuçlar elde edilmiştir. Nivelman ölçümleri, yaklaşık 20 aylık süreçte 100 ile -120 mm arasında düşey yönde deformasyonların geliştiğini göstermektedir. Yaklaşık olarak her mevsim de 1 adet ölçüm yapılmaya çalışılmıştır. Bu sonuçlara göre özellikle yaz ve sonbahar aylarında deformasyon

miktarlarının artması deformasyonun yeraltı suları ile ilişkili olacağı düşüncesini vermiştir. Bölgede yapılan tarımsal sulamalar yaz aylarında yer altı su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durum yaz aylarındaki deformasyon miktarlarındaki artışın nedeni olarak görülebilir. Bununla birlikte kış ve bahar aylarında yoğun yağışla beraber yeraltı su seviyelerinin yükselmesine rağmen deformasyonun devam etmesi, deformasyonun kökeninde tektonik krip hareketinin olabileceği düşüncesi vermiştir.

2019, x + 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: Gediz Grabeni, Sarıgöl Fayı, Deformasyon, Hassas Nivelman
Düşey Deformasyon,

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**DETERMINATION OF CRUST DEFORMATIONS WITH PRECISE LEVELLING
TECHNIQUE: A CASE OF SARIGÖL**

Alperen DOĞAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bayram TURGUT

Co-Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In order to reduce or minimize the impacts of earthquakes, it is necessary to examine the plate movements causing the earthquakes. For this reason, the center of Sarigol and its surroundings have been examined since this region contains earthquake risks. The 1969 earthquake in the past is the biggest example of this. The vertical deformations started in 1996 within the borders of Sarigöl district has been observed with leveling technique. These leveling lines consist of 2 profiles perpendicular to the deformations. Up to date, no detailed geodetic studies have been carried out in the eastern part of Gediz Graben. Since the seismic activity and surface deformations of this region continue to increase, there is a need for a precise leveling technique that can achieve precise results. The region, which is affected by deformation as a result of tectonic movements, located in the study area has been monitored using GNSS method. In addition to the GNSS method for measuring deformations in this region, a precise leveling technique should be used to obtain more accurate results, vertically. A leveling network has been established to determine surface deformations. This leveling network consists of 14 reference points. The measurements were carried out as 7 campaigns between 2017 and 2019. As a result of 1.5 years of measurements made with precision leveling technique, very reliable vigorous and precise results were obtained. The leveling measurements showed that vertical deformations have been formed between -100 and -120 mm in approximately 20 months. It was attempted to carry out leveling measurements in approximately every season. According to these results, there is an increase in the amount of deformations especially in the summer and autumn months; it can be stated that the deformations could

be associated with the groundwater. Agricultural irrigation in the region causes the ground water level to drop during the summer months. This can be seen as the cause of the increase in the amount of deformation during the summer months. Despite the fact that there is an increase in the groundwater levels with the heavy rainfall in the winter and spring months, the continuation of the deformations gave the idea that the tectonic movements may be the origin of the deformations.

2019, x + 57 pages

Keywords: Gediz Graben, Sarıgöl Fault, Deformation, Precision Leveling, Vertical Deformation



TEŞEKKÜR

Haritacılık mesleğinin temeli olan arazi ölçümleri tek kişinin yapabileceği bir iş değildir. Bir ekip olarak çalışılması gerekmektedir ve bu çalışma güçlü bir ekibin özverili çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu ekipte yer alan Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sarıgöl Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören çok değerli öğrencilerimize, bu ekibe beni dâhil eden, ekibi yönlendiren ve engin tecrübelerini bizlerle paylaşmaktan çekinmeyen, saygıdeğer Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU' na, teşekkürü bir borç bilirim.

Bu proje AKÜ BAP 17.FEN.BİL.33 numaralı proje ile desteklenmiştir. Sağladıkları destekten dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Birimine teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer Prof.Dr. Bayram TURGUT hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde bana inanan ve desteklerini esirgemeyen saygıdeğer aile büyüklerime teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Son olarak her türlü destekte bulunan değerli eşim Özüm Doğan ve tez döneminde aramıza katılan oğlum Kutay'a teşekkür ederim.

Alperen DOĞAN

AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	11
2. YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	17
2.1 Uydu Bazlı Yükseklik Ölçmeleri	18
2.2 Hat Ölçmeleri (Aliyman)	18
2.3 Klasik Konum Ölçmeleri	19
2.4 Trigonometrik Nivelman Yöntemi.....	19
2.5 Hava ve Uydu Görüntüleri Yöntemi	19
2.5.1 INSAR Tekniği.....	19
2.6 Barometrik Nivelman.....	20
2.7 Geometrik Nivelman	20
2.7.1 Hassas (Prezisyonlu) Nivelman Yöntemi.....	22
2.7.2 Alet Donanımı	23
2.7.3 Hassas Nivelman Ölçme Yöntemleri	25
2.7.4 Hata Kaynakları.....	25
3. FAY TÜRLERİ ve ÇALIŞMA ALANI TEKTONİK YAPISI	28
3.1 Faylar ve Çeşitleri	28
3.2 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	29
3.3 Sosyo-Ekonomik ve İklim-Bitki Örtüsü Bilgileri	29
3.4 Çalışma Alanının Tektonik Yapısı.....	30
3.5 Gediz Grabeni Tektoniği.....	31
3.5.1 Emcelli Fayı	33
3.5.2 Selimiye Fayı.....	35
3.5.3 Sarıgöl Fayı	35

3.5.4 Tırazlar Fayı	36
3.5.5 Çapköy Fayı	36
3.6 Bölgenin Depremsellliği	36
4. HASSAS NİVELMAN TEKİNİĞİ İLE DEFORMASYON İZLEME; SARIGÖL ÖRNEĞİ	39
4.1 Uygulama Alanının Tanıtılması	39
4.2 İstikşaf ve Nokta Tesisleri.....	41
4.3 Nivelman Ağının Oluşturulması	43
4.4 Verilerinin Elde Edilmesi.....	43
4.5 Kampanya Ölçmeleri	44
5. SONUÇLAR.....	50
6. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	57

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
ZKÜ	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
LIDAR	Light Detection and Ranging
ICOLD	International Commission on Large Dams
RTK	Real Time Kinematic
INSAR	Interferometric Synthetic-Aperture Radar
AİGM	Afet İşleri Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Deformasyon Değişiklikleri.....	13
Şekil 2.1 Geometrik nivelman ana modeli.....	21
Şekil 2.2 İnvar mira ve mira çarığı.....	24
Şekil 2.3 Sayısal nivolar.....	25
Şekil 3.1 Fay çeşitleri.....	28
Şekil 3.2 Sarıgöl’ün ülke, bölge ve şehirdeki yeri	29
Şekil 3.3 Sarıgöl bölgesinin tektonik haritası.....	31
Şekil 3.4 Gediz Grabeni Alaşehir İlçesi Etrafındaki Fay Hatlar (Emre <i>et al.</i> 2011).....	32
Şekil 3.5 Bölgeye ait faylar (Koca vd. 2000).....	34
Şekil 3.6 Batı Anadolu’da meydana gelen depremler ve çözümleri (İnt. Kyn. 6).	37
Şekil 4.1 Uygulama alanı ve yüzey deformasyonları.....	39
Şekil 4.2 Yüzey deformasyonları ve hasarlı binalar.....	40
Şekil 4.3 Nivelman referans noktaları aparatları.....	41
Şekil 4.4 Nivelman Ölçüleri.....	42
Şekil 4.5 Sarıgöl fay hattı ve güzergahlar.(Beyaz çizgiler yerleşime riskli alanı yeşil çizgiler güzergahları göstermektedir)	42
Şekil 4.6 Nivelman kanavası.....	43
Şekil 4.7 Örnek Nivelman Klişesi.....	45
Şekil 4.8 A güzergahı 1-2 kampanyalar arası deformasyon miktarları.....	47
Şekil 4.9 A güzergahı tüm deformasyonların bulguları.	48
Şekil 4.10 C güzergahı tüm deformasyonların bulguları.	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Yükseklik belirleme yöntemleri (Kalkan 2014).....	17
Çizelge 3.1 Batı Anadolu’da meydana gelen bazı depremler	38
Çizelge 4.1 Ölçüm planı.....	44
Çizelge 4.2 Nivelman gidiş dönüş farklar	46
Çizelge 4.3 Lup kapanmalar.....	46



1. GİRİŞ

İnsanoğlu var oluşundan beri doğa olayları ve bunların getirdiği doğal felaket olarak adlandırılan oluşumları merak etmiş, araştırmış ve de korunma gerekliliğini görmüştür. Geçmişten günümüze çağın olanaklarına uygun olarak bilim ışığında, oluşan doğa olaylarının nasıl meydana geldiği konusunda çok fazla çalışma yapılmış ve teknikler geliştirilmiştir. Bilim ve teknik; bu olayların oluşmadan öncesine ait bilgiler ve bulgular bilmek istemiştir. Çalışmalar da en büyük etken doğa olaylarının gelişimini takip altında tutmak ve gelebilecek bir felaketi öncesinde tahmin ve tahlil etmektir.

Günümüzde insanlık yer kabuğunun hareketlerini ve bu hareketlenmeler sonucunda oluşan kırılma, parçalanma gibi olayları merak etmiş ve deprem olarak adlandırmıştır. Depremler, günümüz teknolojik gelişmelerine rağmen hala sırrını korumaktadır. Fakat oluşabilecek bölgelerde önlemler alınarak çalışmalar yapılmaktadır.

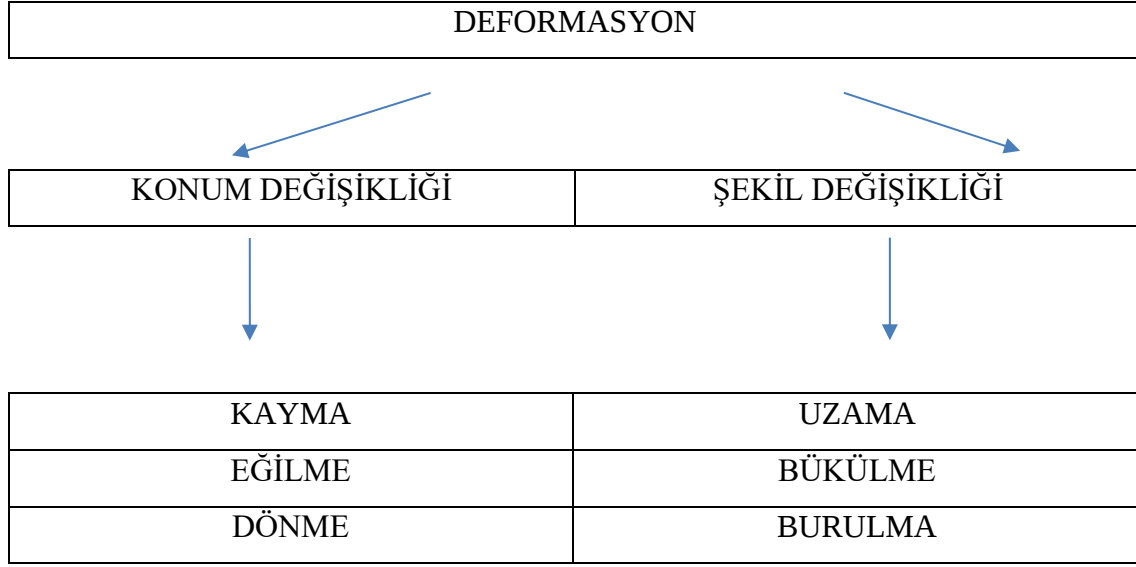
Deprem, insanların kendini güvende hissettiği hareketsiz olarak kabul edip ayaklarını bastığı yerkabuğunda oluşan kırılmalar nedeniyle ortaya çıkan enerji sonucu oluşan titreşimlerin yeryüzünü sarsması olarak tanımlanabilir. Bu yıkıcı sarsıntıların günümüzde ne zaman olacağına dair bilgiler gizemini korumakla beraber, nedenleri ve sonuçları araştırılarak ortaya koyulmaktadır.

Günümüzde dünyanın 7 kıta olduğunu biliyor ve kabul ediyoruz. Milyonlarca yıl önce dünya sadece Pangaea adı verilen tek bir kıtadan oluşuyordu ve bu Pangea dediğimiz kıtamız zamanla alttan gelen baskılara dayanamayarak ikiye ayrılır. Güneyde kalan bölümüne "Gondwanaland", kuzeyde kalan bölümüne ise "Laurasia" adı verilir. Bu iki kıta arasında da bugün Anadolu olarak tabir ettiğimiz yerde "Tethys" denizi oluşur. Daha sonra katmanların hareketleriyle bugünkü halini alarak 7 kıta şeklinde tanımlanmaktadır. 19.yy'ın başında birçok bilim adamı Afrika ve Güney Amerika kıyılarının yapboz parçaları gibi olduğunu fark ederler ve bu konuda çalışmaları başlatırlar. 1912 yılında Alman meteorolog ve yerbilimci olan Alfred Lothar Wegener kıtaların kayması kuramını ortaya attı. İlk başlarda önemsenmeyen bu kuram zamanla bilim insanları tarafından araştırılarak ve geliştirilerek Levha Tektoniği Teorisi (LTT) ile açıklanır. Depremlerin

meydana gelmesi bu teori ile birlikte açıklanmaktadır. Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine süründükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Parçaların her birine levha, levhaların sınırlarını oluşturan kırıklara da fay denilir. Halen 10 kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levhalar vardır. Levhalar daima, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla, sal gibi yüzmekte olup ve bu hareketler faylarda depremlerin olmasını sağlamaktadırlar.

Dünyanın oluşumundan beri, depremlerin sonucunda milyonlarca insanın ve yapıların yok olduğu bilinmektedir. Bilindiği üzere ülkemiz deprem kuşağının üzerinde bulunmaktadır. Bu deprem kuşağı dünyanın en etkin ve hareketli kuşaklarından biridir. Geçmişte yurdumuzda yıkıcı ve ölümcül depremler meydana gelmiştir. Geçmişte yaşadıklarımız ve bilimsel verilerde göstermektedir ki gelecekte de fazlaca yıkıcı ve ölümlerle sonuçlanacak depremlerin olacağı aşikardır. Deprem Bölgeleri Haritasına göre, yurdumuzun yaklaşık %90'sının deprem bölgeleri içerisinde olduğu, bu deprem bölgelerinde ülke nüfusunun büyük çoğunluğunun yaşadığı, yapılaşmanın ve mühendislik yapılarının bu bölgelerde bulunduğu bilinmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, yaklaşık 60.000 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 125.000 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 500.000 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden yaklaşık olarak her yıl ortalama 1.000 vatandaşımız ölmekte ve 7.000 bina yıkılmaktadır.

Bilindiği gibi yeryüzü noktaları devamlı olarak yatay ve düşey yöndeki değişimlerin etkisi altındadırlar. Tektonik levha hareketleri, kara parçalarının kayması, yer çekirdeğinin yer değiştirmesi, gel-git olayları, hidrosfer ve atmosferdeki olaylar ve insan eli ile oluşturulan yapay olaylar nedeniyle yerkabuğunun bazı bölgelerinde oluşan şekil değişimleri ile barajlar, köprüler, yollar, binalar gibi mühendislik yapılarında ya da bunların çevrelerinde oluşan şekil değişimlerine ve biçim bozukluklarına deformasyon denir. Değişimlerin belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlere deformasyon ölçmeleri, bu ölçülerin yer, zaman ve büyüklük parametrelerine bağlı olarak değişimlerinin belirlenip, yorumlanması işlemine de “Deformasyon Ölçülerinin Analizi” denir.



Şekil 1.1 Deformasyon değişiklikleri.

Büyük yüklerin, sarsıntıların etkisi altında kalan veya sağlam zemin üzerinde bulunmayan yapılar devamlı olarak değişmeye uğrarlar. Bu değişmeler;

- a) Bölgesel çatlamlar, bel verme ve eğilmeler gibi
- b) Yatay ve düşey yöndeki konum değişmesi diye iki grupta toplanabilirler.

Düşey yöndeki deformasyonların saptanmasında en çok uygulanan yöntem, ki bu çalışmamızda da kullandığımız hassas nivelman yöntemidir. Ölçü işlemi presizyonlu nivelman aleti ve invar miraları ile yapılır. Bu yöntemde de, yapı etki sahasının dışında kalan yerlerde RS noktaları seçilir. Değişik zamanlarda yapılan iki ölçü arasındaki fark yardımı ile yapıda meydana gelen deformasyon değerleri (çökme veya yükselmeler) hesaplanır.

Yer kabuğunun derin katmanlarının kırılıp yer değiştirmesi veya yanardağların püskürme durumuna geçmesi yüzünden oluşan sarsıntı ve hareketlenmeye deprem denir. Ayrıca yer kabuğunun üst kısımlarında geniş zaman aralıklarında biriken elastik enerjinin aniden boşalarak yeryüzünü sarsılması olayını da deprem olarak tanımlayabiliriz. İnsanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır. Depremi nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yeryuvarı içinde ne şekilde yayıldıklarını, ölçü aletleri ve yöntemlerini, kayıtların

değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına Sismoloji denir. Deprem, fay hareketleri gibi konularla günümüzde sadece jeoloji ve jeofizik mühendisleri ilgilenmemektedir. Harita ve geomatik mühendisleri de hareketlenmelerin fiziksel büyüklüklerini hız, zaman ve metrik olarak dengelemeler sonucunda hesaplayabilmektedirler.

Tarihteki ilk deprem kayıtlar, Milattan önce 18 yy.' a kadar dayanır. Aristo deprem sınıflandırması yapan ilk bilim insanı olarak bilinmektedir. Çin ilk deprem kayıt cihazına benzer aletleri M.S. 132 de yapmıştır. Bununla birlikte ilk bilimsel deprem makalelerini John Micheell isimli bilim insanı İngiltere de 1760'lı yıllarda yapmıştır. Yine geniş ölçekteki deprem katalogları 1840 yılında Von Hoff tarafından yayınlanmıştır.

Ülkemiz Arap ve Afrika plakalarının Avrasya plakasına doğru uyguladığı itme kuvveti sonucu batıya doğru bir kaçış hareketi yapmaktadır. Bu hareket sonucu bu coğrafya üzerinde birçok tektonik hareket meydana gelmekle beraber, büyük depremlerin geçmişten günümüze olduğu ve olmaya devam edeceği anlamına gelmektedir.

Fay hareketleri incelendiğinde, bazı fayların yüzeyleri boyunca bir kayma hareketi yaptığı görülmüştür. Bu hareket asismik kayma hareketi “krip” olarak adlandırılır. Krip hareketi, sabit ve sürekli veya geçici ve bölgesel olup, krip hareketi görülen fay segmentlerindeki uzun zamanlı hızı depremlerden önce veya sonra değişken olabilir.

Krip hareketi fay zonlarında iki şekilde görülmektedir. Bunlardan birincisi, krip hızının fayı oluşturan levhaların ortalama hızına eşit olması durumunda enerji birikiminin olmayacağı ve kripli segmentlerde büyük deprem oluşumunun engelleneceği şeklindedir. İkincisi ise, krip hareketinin sığ bir derinlikte olduğu ve levhaların hızından daha yavaş bir kayma hızına sahip olduğudur. Bu durumda enerji birikimini engellenemez. Dolayısıyla fay orta ve büyük depremlere neden olabilir. Bu bakımdan, bazı araştırmacılara göre krip, depremlerin habercisidir. Bu sebeplerden dolayı, doğrultu ve derinlik boyunca fay kripinin hız ve büyüklüğü, sismik risklerin değerlendirmesi ve deprem döngüsü ile fay davranışlarını anlayabilmemiz için anahtar parametrelerdir. Bu yüzden faylar sürekli olarak izlenmesi ve belirlenmesi gerekir (Görmüş 2011).

Görmüş (2011), yapmış olduğu çalışmanın sonucunda, ortalama Anadolu bloğunda 2.67 ± 0.46 Avrasya bloğunda ise 4.59 ± 0.35 cm deformasyon belirlenmiştir. Belirli periyotlarda gerçekleştirilen gözlemlerin sonucunda segmentte 2.06 cm krip hareketi hesaplanmıştır. 19 aylık bu periyotların değerlendirilmesi sonucunda yıllık krip miktarı 1.30 ± 0.39 cm olarak belirlenmiştir.

Dünyada asismik krip hareketleri nadir olarak gözlemlenmekte olup, bunlardan birisi de Kuzey Anadolu Fayı'na ait İsmetpaşa segmentidir. Bu segment konum olarak Ankara'nın 100 km kuzeybatısında ve İstanbul'un 350 km doğusunda yer almaktadır. İsmetpaşa segmentindeki bu hareket ilk olarak, tren istasyonu duvarlarında gözlemlenmiştir. Anadolu ve Avrasya plakalarını kapsayacak şekilde üçer noktalı mikro-jeodezik bir ağ tasarlanmıştır. Tasarlanan ağ değişik yöntemlerle birçok defa gözlemlenmiş ve 1990 yılına dek krip hızının azaldığı görülmüştür. 1999 yılından sonra ise 1999 Gölçük (M=7.6) ve Düzce (M=7.2) depremleri etkisiyle krip hızında artış görülmüştür.

Batı Anadolu'da Büyük Menderes, Gediz ve Denizli/Pamukkale grabeni çevresinde yoğunlaşan birçok deprem tarih boyunca Batı Anadolu'da etkisini göstermiştir. Batı Anadolu'nun en önemli yapılarından biri de K-G genişlemeli Alaşehir Grabenidir. 140 km uzunluğunda olan bu grabenin Batı tarafı D-B gidişli, Doğu tarafı ise KB-GB yönelimlidir. "Gediz Grabeni" olarak bilinir. Gediz grabeninde geçmişte ürettiği büyük depremlerle mal ve can kayıplarına sebep olduğu bilinmektedir. Tarihteki son deprem 28 Mart 1969'ta merkez üssü Alaşehir olan 6.5 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem Alaşehir Sarıgöl olmak üzere birçok ilçede hissedilmiştir. Bu deprem de o günkü kayıtlara göre toplam 50 kişi hayatını kaybetmiştir. Aynı zamanda bu deprem Sarıgöl merkez başta olmak üzere birçok noktada yüzey kırığı üretmiştir (Emre *et al.* 2011).

Bölgede genel olarak birçok araştırmacı jeolojik çalışmalar yapmıştır (Erinç 1954, Arpat ve Bingöl 1969, Eisma 1978, Dewey ve Şengör 1979, Erol 1982, Aksu ve Piper 1983, Aksu *et al.* 1990, Şengör 1987, Yağmurlu 1987, İztan ve Yazman 1990, Paton 1992, Cohen *et al.* 1995, Dart *et al.* 1995, Ediger *et al.* 1996, 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, Hakyemez *et al.* 2013.). Bu çalışmalarda Koca vd. 2011 de Sarıgöl yüzey deformasyonları geniş olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda 2000 yılı ve 2010 yılları arasındaki deformasyonlar ve yer değişiklikleri belirlenmiştir. Buna göre 10 yıllık süre boyunca oluşan yer değiştirme miktarı 60–85 cm’lik bir miktar belirlenmiştir.

Bölgede yapılan jeodezik çalışma sayısı oldukça azdır. Son olarak Poyraz *et al.* 2019 da Gediz grabeninde yapılan GNSS ölçüleri graben içerisinde yıllık 10 cm varan deformasyonlar olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile Gediz grabeni içerisinde Sarıgöl yerleşim alanında hassas nivelman ölçü noktaları tesis edilmiştir. Nivelman ölçmeleri belirli kampanyalar dahilinde 1,5 yıl boyunca yapılmış ve bölge gözlem altında tutulmuştur. Meydana gelen yüzey deformasyonlarını kapsayacak şekilde nivelman ağı kurulmuştur. Bu ölçmelerle meydana gelen yüzey deformasyonlarının miktarları hesaplanmıştır.

2. YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Günümüzde, gerek bilimsel amaçlı gerekse mühendislik hizmetlerine yönelik uygulamalarda, noktalar arası yükseklik farklarının belirlenmesi veya noktaların deniz seviyesinden yüksekliklerinin ölçülmesi istenmektedir. Yükseklik belirlemesi için 1850’li yıllara kadar trigonometrik nivelman kullanılmıştır. Trigonometrik nivelmandaki refraksiyon (ışığın kırılması) hatası nedeniyle bu yöntem yerini geometrik nivelmana bırakmıştır. Dijital ve elektronik nivolar ile yapılacak nivelman ölçmelerinde bir referans noktası ihtiyacı vardır. 20. yüzyılın başlarına kadar geometrik nivelmanda sadece silindirik düzeçli nivolar kullanılmakta iken daha sonraları kompansatörlü nivoların geliştirilmesiyle 1950’li yıllardan sonra bu tip nivolar tercih edilmiştir. Kompansatörlü nivolardan sonra elektronik ve lazer nivolar geliştirilmiştir. 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 1988). 1900’lü yıllardan sonra nivolar geliştirilerek yersel yükseklik ölçmelerinde mm hassasiyetinin altına inilmesi sağlanmıştır. Günümüzde dijital nivolar ve otomatik nivolarla yükseklik veya yükseklik farkı mm hassasiyetinin altında ölçülebilmektedir.

Çizelge 2.1 Yükseklik belirleme yöntemleri (Kalkan 2014).

Ölçme Yöntemi
Hassas Geometrik Nivelman Ölçmeleri
Hassas Trigonometrik Nivelman Ölçmeleri
Aliyman Ölçmeleri
Klasik Konum Ölçmeleri
Küresel Konum Ölçmeleri
Lazer Tarama Tekniği
Uydu Görüntüleme Tekniği

2.1 Uydu Bazlı Yükseklik Ölçmeleri

Yükseklik belirleme yöntemlerinden biri Küresel Navigasyon Uydu Sistemidir (GNSS). Uydu bazlı çalışan bu sistemlerde nivolar ile yapılan ölçmelerden farklı olarak yersel bir referans noktasına ihtiyaç yoktur. 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 güdülerek geliştirilmiş bir sistemdir (Tiryakioğlu *et al.* 2005). GPS, uydu bazlı olarak ilk konum belirleme sistemi olsa da günümüzde kullanılan tek sistem değildir. Günümüzde Rusya'ya ait olan GLONASS, uydularının fırlatılmasına devam edilen Avrupa Birliğine ait GALILEO, Çin Halk Cumhuriyetine ait BEIDOU, Japonya'ya ait QZSS, Hindistan'a ait IRNSS ve benzer uydu bazlı konum belirleme sistemleri mevcuttur. Mevcut olan bu konum belirleme sistemlerinden çalışır durumda olanlardan GPS, GLONASS ve GALILEO sistemleri birleştirilerek Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System, GNSS) adını almıştır.

2.2 Hat Ölçmeleri (Aliyman)

Obje üzerinde oluşturulmuş sabit bir noktadan doğruya olan dik uzunluklar ölçülür. Farklı zamanlarda yapılan ölçümlerden yararlanarak yatay yöndeki hareket miktarı belirlenir. Yöntemde sadece hat doğrultusuna dik yöndeki hareketler ölçüldüğü için yalnız yatay yöndeki hareket belirlenebilmektedir.

Belirlenen noktalarda sürekli ölçüm işlemleri sürdürülebilmesi için, noktalar deforme olmayacak sağlam zeminlerde atılmalıdır. Teknolojik gelişmelerle birlikte prezisyonu yüksek cihazlar ve cihazlarla birlikte uyum içinde olan ölçme yöntemleri geliştirmiştir.

2.3 Klasik Konum Ölçmeleri

Herhangi bir yapının üzerine atılmış ölçü noktaları ile belirli yerlere sabitlenmiş noktaların arasındaki mesafelerin farklı zaman dilimlerinde yapılacak ölçümlerle belirlenmesi ve bunun sonucunda deformasyon miktarının hesaplanması prensibine dayanır. Farklı periyotlarda yapılacak ölçümlerin sonuçları ve oluşan farklar deformasyonun görülmesini sağlamaktadır. Bu yöntemde prezisyonu yüksek mesafe ölçer cihazlar kullanılmalıdır.

2.4 Trigonometrik Nivelman Yöntemi

Yöntemin temelinde yataydaki ve düşeydeki deformasyonlar düşey açı gözlemleri ve yatay uzunluklar kullanılarak trigonometrik kestirme ile noktalar arasındaki yükseklik farkı hesaplanır ve bulunurlar. Günümüzde en çok başvurulanan yöntemdir. En basit uygulama şekli, deformasyon olacağı tahmin edilen yerlerdeki noktalar ile üçgenleme noktalarından yapılacak düşey açı ölçmeleri ile önden kestirilmelerinden oluşmaktadır. Bu yöntem genellikle baraj vb. gibi yüksek yapılarda kullanılır.

2.5 Hava ve Uydu Görüntüleri Yöntemi

Belirli bir yerin veya yapının deformasyonlarını milimetre seviyesinde belirlemek için başvurulanan teknik LIDAR tekniğidir. Lazer tarayıcıdan gönderilen ışınlar deformasyon yüzeyine çarparak geri yansır ve bununla birlikte ışığın gidiş-geliş arasındaki süre hesaplanır ve yansıyan yüzey ile alet arasındaki uzunluk hesaplanır ve dünya üzerindeki yeri belirlenir. Böylece yüzeyin her yeri taranarak haritalanmış olur. İlk yapılan ölçüm referans olarak kabul edilir. Sırasıyla yapılan diğer ölçümlerle referans ölçümleri arasındaki yükseklik farkları, noktasal/yüzeysel deformasyonları gösterir.

2.5.1 INSAR Tekniği

Yapay Açıklıklı Radar (SAR) sistemleri son yıllarda yüksek çözünürlüklü haritalama ve diğer uzaktan algılama uygulamaları için kullanılmaktadır. SAR sistemleri mikrodalga frekanslarında çalışıp, her hava koşulunda, ışık kaynağını kendi oluşturduğu için gece ve gündüz görüntüler sağlamaktadır. Klasik SAR sistemleri konum bilgisini yalnızca iki

boyutlu koordinat sisteminde belirleyebilmektedir. InSAR tekniğinin gelişimi ve kullanılması üçüncü boyutun ölçümüne de imkan sağlamıştır. Aynı aletten gelen fakat farklı yollar kullanan ışınlar bir ekran yüzeyinde toplanıp bindirme yapılarak yeni bir görüntü oluşturulur. Bu yöntem ile yüzey deformasyonları kolaylıkla belirlenebilir. Düşey hareketler, INSAR yöntemiyle milimetreler boyutunda ölçülebilir. GNSS ile birlikte kullanılan INSAR bulguları, GNSS verilerinin yatay yöndeki konum değerleri yeteri kadar hassas olmasından dolayı, deformasyon noktalarında düşeyde ve yatayda yüksek hassasiyetle sonuçlar bulunmasını sağlar. İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar (InSAR) ilk olarak Ayın topoğrafyasını ölçmek üzere kullanılmıştır. 1993'den sonra uydu SAR sistemleri kullanarak InSAR ile yeryüzünün veya yapıların deformasyonunu ölçme işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

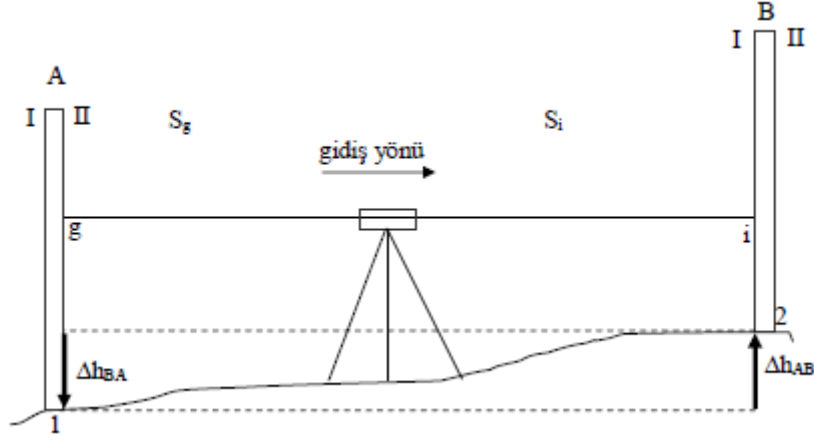
2.6 Barometrik Nivelman

Barometrik yükseklik belirlemesi, yüksekliğe çıkıldıkça hava basıncının düşmesi sonucundaki hesaplamalara göre yapılır. Kadranlı ve civalı olmak üzere iki çeşit barometre vardır. 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.

2.7 Geometrik Nivelman

Geometrik nivelmanda ölçme modeli, ölçü yüzeyi üzerinde oluşturulan; nivo dürbünündeki yatay gözleme çizgisinin, mira bölümlerini kestiği nokta okunup bu okuma farklarından iki nokta arasındaki yükseklik farklarının bulunmasına esasına dayanmaktadır (Şekil 2.1). Burada yatay düzlem için nivo aleti, düşey mesafelerin ölçülmesi için ise invar metrik miralar kullanılır. Nivelman ölçüleri, gidiş-dönüş olarak yapılır. Alet ile mira arasındaki mesafeler, geri ve ileri okumalarda belli başlı hataları azaltmak ve ortadan kaldırmak için yaklaşık eşit uzunluklar olarak alınır. Eğer şartlar mümkün ise, bütün ölçüm süresince uzaklıkları eşit almak yerinde olur. Bu sayede okuma sırasında nivo netliğini netleştirmeye gerek kalmadan ve okumalar aynı koşullarda yapılmış olur. Miralar, mira çarığı veya pabucu dediğimiz demir altlıklar üzerine

oturtularak okuma yapılır. Bunun nedeni miraların dönüşü sırasında yani ileri okumadan sonra aynı mira geri okunacağı zaman kolaylık ve hassasiyet sağlamaktır (Tüdeş 1994).



Şekil 2.1 Geometrik nivelman ana modeli.

Geometrik nivelman modeli oluşturulurken bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller;

- Yükseklik farkı belirlenecek noktalardan geçen nivo yüzeyleri ile nivonun gözleme düzlemi eksenini birbirine paralel düzlemlerdir.
- Bu noktalardan geçen düşey doğrular ile yatay düzlemler birbirini dik keserler.
- Nivelman ölçüleri sırasında miralar daima çekül doğrultusuna paralel ve düşey konumdadır.
- Mira bölüm çizgilerinde, kesin olarak tanımlanmış uluslararası kabul görmüş uzunluk birimlerinden hiçbir sapma yoktur ve herhangi bir etki nedeniyle böyle bir sapma ortaya çıkmamaktadır.
- Herhangi iki nokta arasındaki yükseklik farkı bir vektördür. Oluşan farkın işareti vektörün yönünü gösterir ve noktalar arasındaki yüksek ve alçaklığı ortaya koyar. Bu vektörün doğrultusu düşey doğrultu ile çakışıktır. Yönü ise nivelman gidiş yönüne göre seçilir,

$$\Delta h_{12} \geq 0 \text{ ise } \Delta h_{21} \leq 0 \quad (2.1)$$

veya

$$\Delta h_{12} \leq 0 \text{ ise } \Delta h_{21} \geq 0 \quad (2.2)$$

- 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;

$$\Delta H_{AB} = \Delta h_{A1} + \Delta h_{12} + \Delta h_{23} + \dots \Delta h_{nB} = \sum \Delta h \dots \quad (2.3)$$

Geometrik nivelmanda fonksiyonel model, bir ölçme noktasında alet kurulduktan sonra yapılan ilk okuma geri okuma (g), son okuma ise ileri okuma (i); nivelman kenarında gidiş ölçmesi (G), dönüş ölçmesi (D) parametreleriyle gösterilirse,

$$\Delta A_{AB} = \sum (g - i) \quad (2.4)$$

şeklinde formüle edilir. Gidiş ölçmeleri için;

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_G = \sum \Delta h_G = \sum gG - \sum iG \quad (2.5)$$

Dönüş ölçmeleri için;

$$\Delta H_{BA} = \Delta H_D = \sum \Delta h_D = \sum gD - \sum iD \quad (2.6)$$

yazılır. Gidiş ve dönüş ölçmeleri arasında;

$$\Delta H_G = -\Delta H_D \quad (2.7)$$

bağıntısı geçerlidir. Yükseklik farkı, gidiş-dönüş ölçümlerinin aritmetik ortalaması alınarak;

$$\Delta H_{AB} = \frac{|\Delta H_G| + |\Delta H_D|}{2} \quad (2.8)$$

formülüyle hesaplanır.

Nivelman yapılan noktaların yüksekliklerinin bulunabilmesi için en az bir noktanın yüksekliğinin bilinmesi gereklidir, bu nokta referans değeri olarak kabul edilir ve diğer noktaların yüksekliği ise;

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = H_A + \Delta H_G \quad (2.9)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

2.7.1 Hassas (Prezisyonlu) Nivelman Yöntemi

Bu yöntem düşey yöndeki yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesi, ülke nivelman ağıının oluşturulması ve yüksek prezisyon gerektiren işlerde kullanılır. Hassas nivelmanın ortalama hatası 0.5 mm/ $\sqrt{km}$ 'dir. Yüksek hassasiyet gerektiği için kullanılan aletler, noktaların işaretleneceği yerler, ölçü ve hesaplama metotları bu hassasiyeti sağlayacak şekilde seçilmelidir (Ünver 1988). Yüksek hassasiyet sağlamak için kullanmış olduğumuz aletlerin özellikleri hassasiyeti artıracak şekilde optimize edilmiştir.

Hassas nivelmanda yüksek doğruluk ön plandadır. Bu doğruluğa ulaşmak için kullanılan dijital nivoların düzeçleri ölçüm süresince kontrol edilmelidir. Bununla birlikte aletlerden kaynaklanan hataları en aza indirgeyebilmek için cihaz kalibrasyonları yapılmalıdır.

Kullanılan invar miralar üzerine eklenecek düzeçler sayesinde diklikleri kontrol altında tutulmalıdır. İnvar miraların da kalibrasyonları yapılarak aletten kaynaklanan hatalar en aza indirilmelidir. Ayrıca aşağıda belirtilen ölçü prensiplerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

1. Hassas nivelmanda ölçüm zamanı olarak sabah ve akşamüstü saatleri belirlenmelidir. Bu saatlerde refraksiyon hatası en aza inmektedir.
2. Kullanılan mira çarıkları öncelikle sağlam yerlere sabit ve düzgün biçimde koyulmalıdır ve daha sonra miralar altlıkların üstüne tutulmalıdır.
3. Alet kurma sayısını çift yaparak miraların sıfır hatasını gidermek mümkündür böyle yapılmalıdır.
4. Alet ile mira arası normal şartlarda 35-40 m'yi geçmemelidir ve sabit aralıklarla ilerlenmelidir, hava koşullarının uygun olmaması durumunda mesafe 25 m'yi geçmemelidir. Hassasiyeti daha da fazla arttırmak için bu mesafe 20 m civarı olmalıdır.
5. Rüzgarlı havalarda miranın düzeçte tutulması zorlaşacağı için bu tür havalar tercih edilmemelidir.
6. Refraksiyon etkisinden okumaların etkilenmemesi için miralarda 0,60 m'den daha yüksek değerler okunacak şekilde aletler ve mira konumlandırılmalıdır.

2.7.2 Alet Donanımı

Hassas nivelman ölçmelerinde kullanılan aletler sayısal nivolar, invar mira, mira çarıkları, miraları düzeçte tutmak için kullanılan aparatlar ve düzeçlerdir (Şekil 2.2).

Bu ölçü yönteminde geometrik nivelmandan farklı olarak çift rakamlandırılmış değişmez (invar) miralar kullanılmaktadır. Bu miralar invar şerit kullanılmasının genleşme katsayısı küçük olmasıdır. İnvar miraların tercih edilmesinin amacı miraların açılıp kapanması sonucu oluşabilecek hatalar ile nem ve sıcaklık farklılıklarından doğacak olan hata oranını en aza indirmek ve hassasiyeti artırmaktır. İnvar miralar kullanım amacına göre 2m ve 3 m olarak kullanılabilir. Ölçme modeli ve ölçüm yapılacak arazi uygun ise 2m'lik invar miralar tercih edilmelidir. Miraların üretildiği malzeme kontrol edilerek alınmalıdır. İnvar miralarda genleşme göz önünde bulundurularak hassasiyeti düşürmesi engellenmelidir. Miraların barkotlu kısımlarının zarar görmemesine özen gösterilmelidir

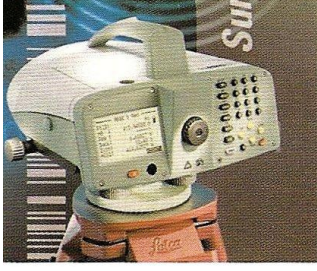
Çünkü sayısal nivolar direk olarak barkodu okurlar ve bu barkodda oluşacak deformeler hatalı okumaya yol açabilir.

Hassasiyetin st seviyelerde olması için miralar ölçüm esnasında çekül doğrultusuna paralel ve dzete tutulması gerekir. Mira tutarken zeminde oluşabilecek değişimleri ve hareket halinde oluşacak hataları engellemek için mira arıkları kullanılmalıdır. Miralar dzete tutulurken hava şartları ve çevresel faktörlerden etkilenmemeleri için mira destekleri ile miralar sabit tutulmalıdır. (şireci 2012).



şekil 2.2 İnv ar mira ve mira çarığı.

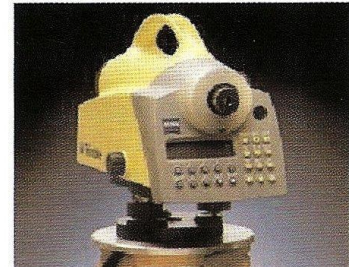
Sayısal nivolar kendi içinde hata gidermeye yarayan kompansatörlü nivolardır. Kompansatör sayesinde gözle görülemeyecek dzeleme hataları otomatik olarak giderilmektedir. Sayısal nivolarla klasik nivolar arasındaki fark elektronik kısmının bulunmasıdır. Bu elektronik algılayıcılar barkod miralardaki barkod şeritleri algılayarak değerlendirme yapar. Değerlendirme sonucunda mirada ki düşey mesafe okuması ve gözleme düzleme uzaklığı elde edilir. Sayısal nivolar marka ve modele göre değişiklik gösteren nivelman verilerini işleyen, kaydeden, depolayan ve gerektiğinde okunabileni, düzeltmeler yapılabilen programlarla desteklenmiştir (şekil 2.3).



Leica (Wild)



Topcon



Trimble(Zeiss)

Şekil 2.3 Sayısal nivolar.

2.7.3 Hassas Nivelman Ölçme Yöntemleri

Uygulamada hassas nivelman ölçmelerinde kullanılan yöntemler şunlardır.

G= geri okuma I= ileri okuma

- 1- GIIG
- 2- GIGI
- 3- IGIG
- 4- GGII
- 5- IGGI
- 6- IIGG

Bu yöntemlerden yaygın kullanılanı GIIG yöntemidir. Bu yöntemlerin her birinde iki değer okuması yapılır. Bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak hassasiyet artırılır ve yapılacak hatalar anında müdahale edilerek ortadan kaldırılırlar. Bu durum gidiş ve dönüş nivelmanı olarak düşünülecek olursa dört farklı okuma değeri elde edilerek hassasiyet üst seviyelere çıkarılmış olur (Ünver 1988).

2.7.4 Hata Kaynakları

Hassas nivelman ölçümlerini etkileyen hatalar, hem doğruluk parametrelerini, hem de yükseklik farkları sonuçlarını etkilemektedir. Bu nedenle hataların nelerden kaynaklandığı bilinmesi gerekmektedir. Dikkat edilmez ise güvenilir ve hassas sonuç elde etmek güçleşir ve bilimsel bulgu ve yargılara varılamaz. Hassas nivelmana etki eden hata kaynakları iki başlık altında düşünülebilir. (Ceylan 1993).

1. Alet ve donanımdan kaynaklı hatalar

- a. Nivolardan kaynaklanan hatalar

b. Miralardan kaynaklanan hatalar

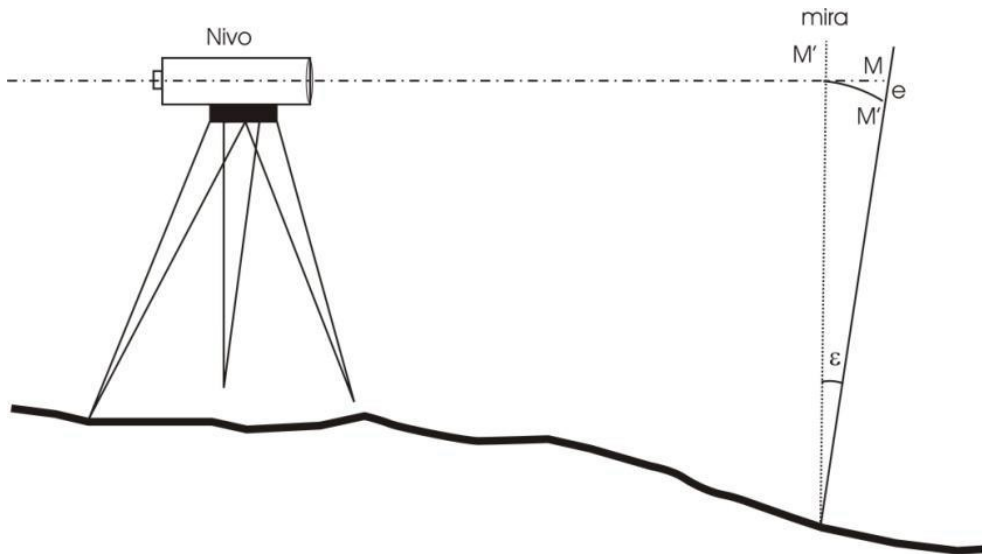
2. Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

Aletten kaynaklanan hatalar, hassas nivelman ölçmeleri için nivonun sehpa gibi bir donanıma sabitlenerek düzeşte olması gerekir. Bu şartı sağlamamasının nedenleri, nivo gözleme düzleme eksenini kayıklığı, kompansatörlü nivolarda kompansatörün kalibre hatası ve küresel düzecen düz ve yatay eksen şartını sağlamamasından oluşan hatalardır.

Hassas nivelmanda ölçüm işlemlerinde araç olarak mira kullanıldığından dolayı miradan kaynaklanan hatalar vardır, bunların nivelman sonucuna etkisi oldukça fazladır. Bazı hatalar şunlardır;

1. Miranın düz tutulmaması hatası
2. Mira çifti sıfır konum hatası
3. Mira tabanının düzlem olmaması hatası
4. Mira bölümlendirme hatası

Hassas nivelman ölçmelerinde miraların çekül doğrultusuna paralel ve düzeşte tutulması gerekir. Rüzgârın etkisi, mirayı tutan kişinin dikkatsizliği ve yorgun olması sonucunda mira düşey doğrultudan sapabilir ve bu sapmalar sonucunda uzaklığa da bağlı olarak miranın düşeyden ϵ kadar sapması her mira okumasında işareti pozitif olan bir hataya yol açmaktadır (Şekil 2.4). Bu gibi hataların yapılmaması için mira da kullanılan küresel düzeçlerin daima gözetim altında tutulması gerekmektedir (Ceylan 1993).



Şekil 2.4 Mira eğiklik hatası (Ceylan 1993).

Hassas nivelmanda ölçmelerinde kullanılan invar miraların, invar şeridin mira kasasına tam olarak yerleştirilmemesinden veya mira tabanının aşınarak düzlüğünü kaybetmesi sebebiyle mirada sıfır konum hatası oluşabilir. Mira çifti sıfır konum hatasını ortadan kaldırmak için ölçüm sırasında gidiş dönüş mantığına dayandırılarak istasyon sayısı çift olarak alınır ve anında hatanın etkisi saptanır ve ortadan kaldırılır (Ceylan 1993).

Hassan nivelmanda kullanılan miraların alt kısımlarının aşınmamış, düzlem ve invar şeride yani yatay düzleme dik olması gerekir. Alt kısmın düz olmaması sıfır konum hatasıyla karşılaşılmasını getirir. Mira çarığına tutulan mira her zaman çarığın aynı noktasına ve mira tabanında her zaman aynı noktaya gelecek şekilde altlığa yerleştirilmelidir.

Dış ortamdan kaynaklanan hatalar, ölçümler yeryüzünde yapıldığından fiziksel değişiklikler hataya neden olmaktadır. Bu hatalar;

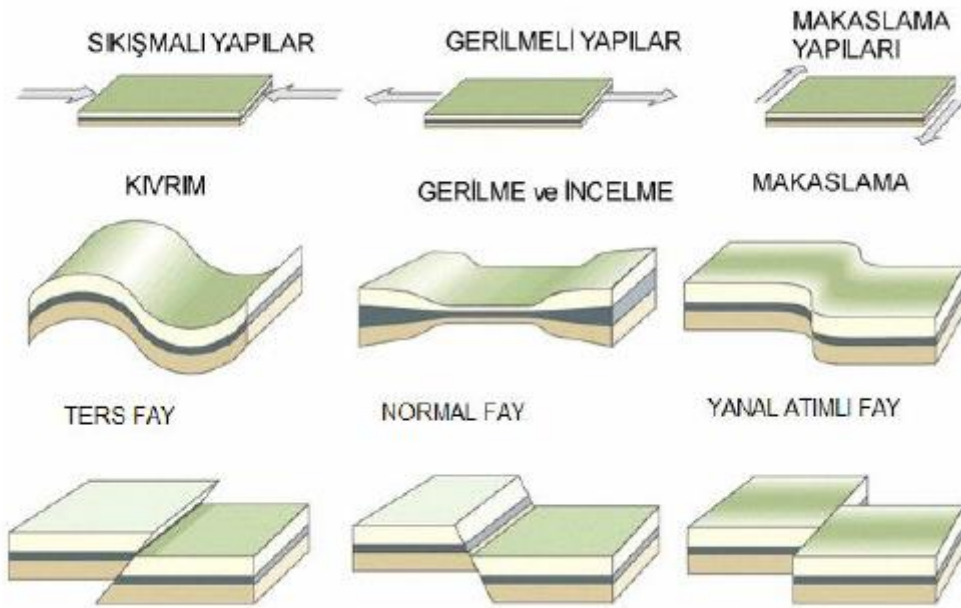
- Nivo ve miranın çökme hatası
- Manyetik alanların kompensatörlü nivolara etkisi
- Sıcaklığın nivo ve miraya etkisi
- Düşey refraksiyon etkisi
- Gravite alanın etkisi

3. FAY TÜRLERİ ve ÇALIŞMA ALANI TEKTONİK YAPISI

3.1 Faylar ve Çeşitleri

Dünyamızda oluşmuş yıkıcı ve ölümcül depremlerin oluşmasının ana nedenleri faylarla ilişkilidir. Bu sebep ile depremlerin analiz edilebilmesi için fayların anlaşılması gerekmektedir. Eğer yerkabuğundaki kırığın her iki tarafındaki kayalar birbirlerine göre ölçülebilecek miktarlarda 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 doğru olarak orantılıdır. Sığ ve büyük depremlerde gözlenen fayın boyu yüzlerce kilometreye ulaşmaktadır. 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 (Tüysüz1999).

Faylar, fay düzlemi ile bloklar arasındaki hareket yönüne göre; ters fay, normal fay ve doğrultu atımlı faylar olarak sınıflanırlar. Bu sınıflar gerilmeler, makaslanmalar ve sıkışmalar sonucunda oluşur ve kendine etki eden kuvvete bağlı olarak farklı şekiller alır ve adlandırılırlar (Şekil 3.1) (Tüysüz 1999).



Şekil 3.1 Fay çeşitleri (Tüysüz 1999).

3.2 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı olan Sarıgöl ilçesi coğrafi konum olarak Ege Bölgesinde ve Manisa İline bağlıdır. İlçenin doğusunda Güney ilçesi ve Eşme ilçesi, güneyinde Buldan ve Buharkent, kuzeyinde Kula ilçesi, doğusunda Alaşehir ilçesi kuzeydoğuda Uşak, güneydoğuda Denizli ve güneybatıda Aydın illeri ile komşudur. Arazi yüzölçümü 357 km² dir. Manisa'ya 131 km, Denizli'ye 80 km uzaklıktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Sarıgöl'ün ülke, bölge ve şehirdeki yeri.

3.3 Sosyo-Ekonomik ve İklim-Bitki Örtüsü Bilgileri

İlçenin 2019 yılı sayımlarına göre toplam 35957 kişidir. Nüfus genelde dağ eteklerinde ve ovalarda yaşar. Tarımsal üretim oldukça gelişmiştir. İlçenin en önemli gelir kaynağı tarımdır. İlçenin toprakları her çeşit ürünün yetişmesinde elverişlidir. Başlıca tarımsal ürünleri mısır darısı, elma, şeftali, erik, ceviz, badem, kestane, sofralık üzüm, çekirdeksiz üzüm, pamuk, tahıl, susam, meyve ve zeytindir.

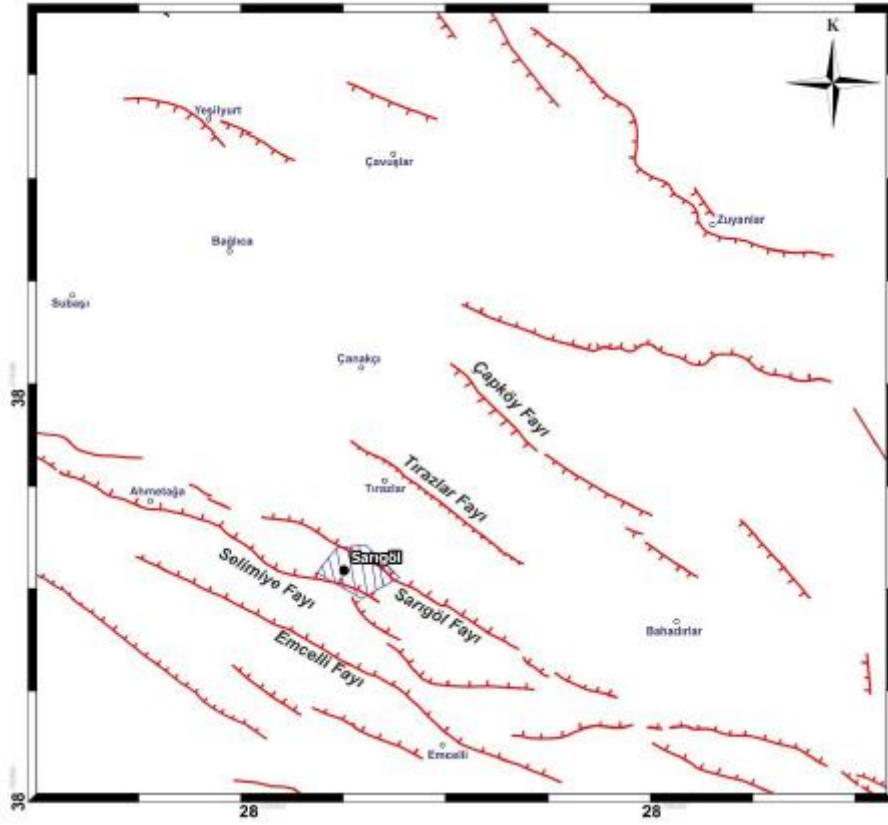
Sarıgöl İlçesinde tipik bir Akdeniz iklimi vardır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Yağışlar ekseri yağmur, Aralık ve Ocak aylarında kar şeklindedir. İlçe

merkezinine nadiren kar yağar. Kasım-Nisan aylarındaki yağışlar ve Buldan-Afşar barajlarından sulanan ilçe ovası her türlü tarıma elverişlidir. Yaz dönemi altı aylık sıcaklık ortalaması 32 derece, kış dönemi en düşük altı aylık sıcaklık ortalaması eksi 3 derecedir

3.4 Çalışma Alanının Tektonik Yapısı

İnceleme alanının yer aldığı Sarıgöl ve çevresini kapsayan Ege Çöküntü Sistemi (EÇS), genel olarak D-B doğrultulu normal faylar ile sınırlandırılmış birçok bloklardan meydana gelmektedir. Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı çöküntü alanları yer almaktadır. Bölge, genel olarak KKD-GGB yönlü bir çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Grabenin ana fayı güney kenarı boyunca uzanır, kuzeyde ise yer yer bu fayın antitetik bileşeni yer alır. Gediz Grabeninin Neojen çökellerini metamorfik temelden (Menderes Masifi) ayıran ana fay, güney sınır fayı (Seyitoğlu ve Scott 1996) ya da Karadut Fayı (Emre 1996b) olarak adlandırılmaktadır. Grabenin iç kesimlerine doğru bir yarı-paralel fay, Neojen-Kuvaterner çökellerini sınırlamaktadır (Seyitoğlu ve Scott 1996). Gediz grabeninin güney kenarını ve Büyük Menderes grabeninin kuzey kenarını oluşturan Bozdağ horstunun kenarlarındaki genişleme türü fay sistemlerine göre her iki havza, asimetrik yarı-graben olarak tanımlanmaktadır (Karamandere 1982; Patton 1992; Emre 1996b).

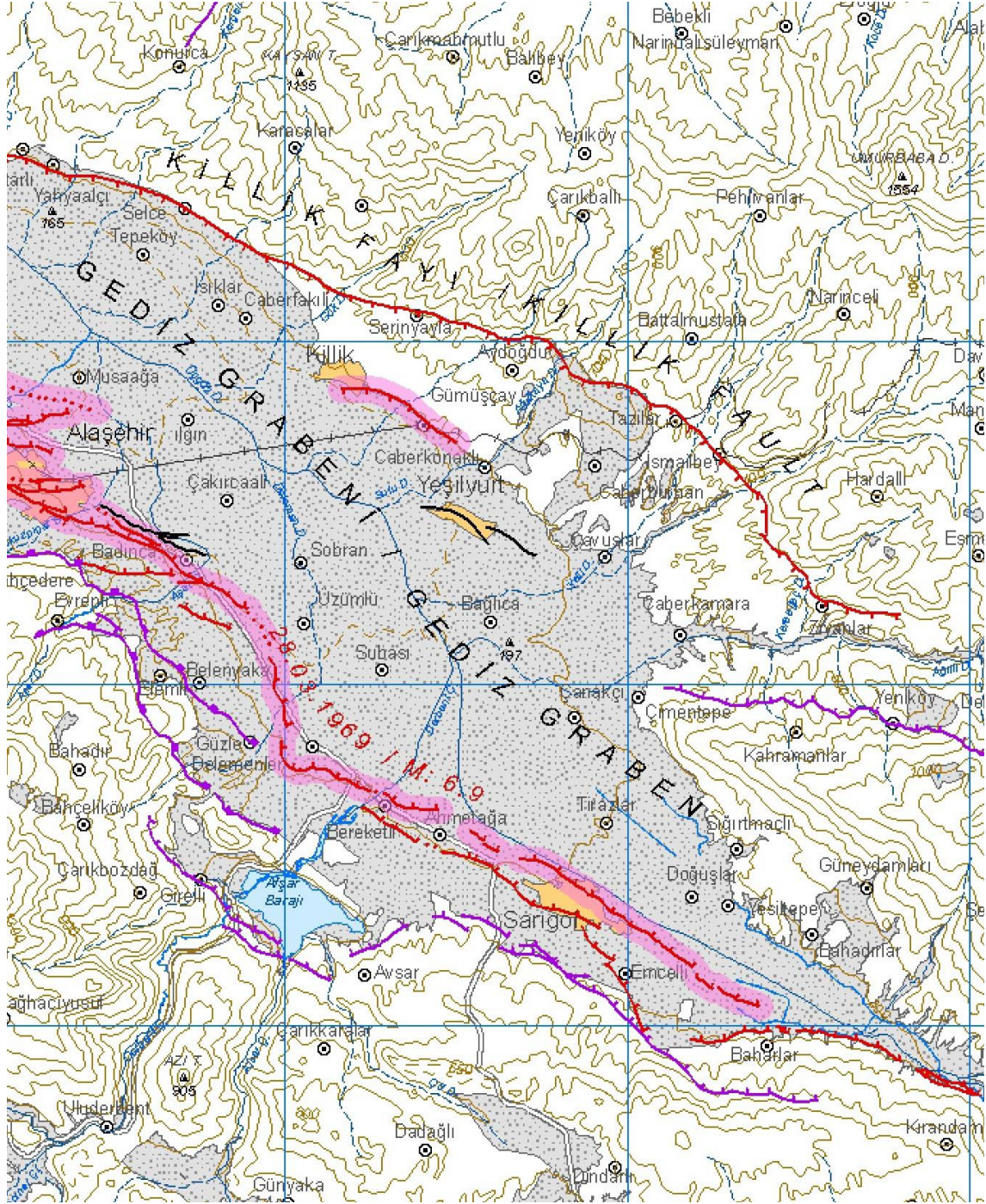
Ana tektonik hatlar genişleme doğrultusuna dik olacak şekilde gelişmiştir çünkü inceleme alanının bulunduğu Sarıgöl ve çevresi Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içinde yer alır. Güncel yüzey deformasyonlarının olduğu ve oluşacağı tahmin edilen Sarıgöl, Gediz çöküntü alanının doğu başlangıcında yer almaktadır. Sarıgöl ve bölgesinde çöküntü alanını sınırlayan eğim atımlı normal faylar çok belirgin olarak görülmektedir. Bu faylar güneyde kuzeybatıya eğimli Emcelli, Selimiye ve Sarıgöl faylarıdır. Kuzeydeki faylar ise güneydoğuya eğimli Tırazlar ve Çapköy faylarıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Sarıgöl bölgesinin tektonik haritası (Gül 2016).

3.5 Gediz Grabeni Tektoniği

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) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Gediz grabeni Alaşehir ilçesi etrafındaki fay hatlar (Emre *et al.* 2011).

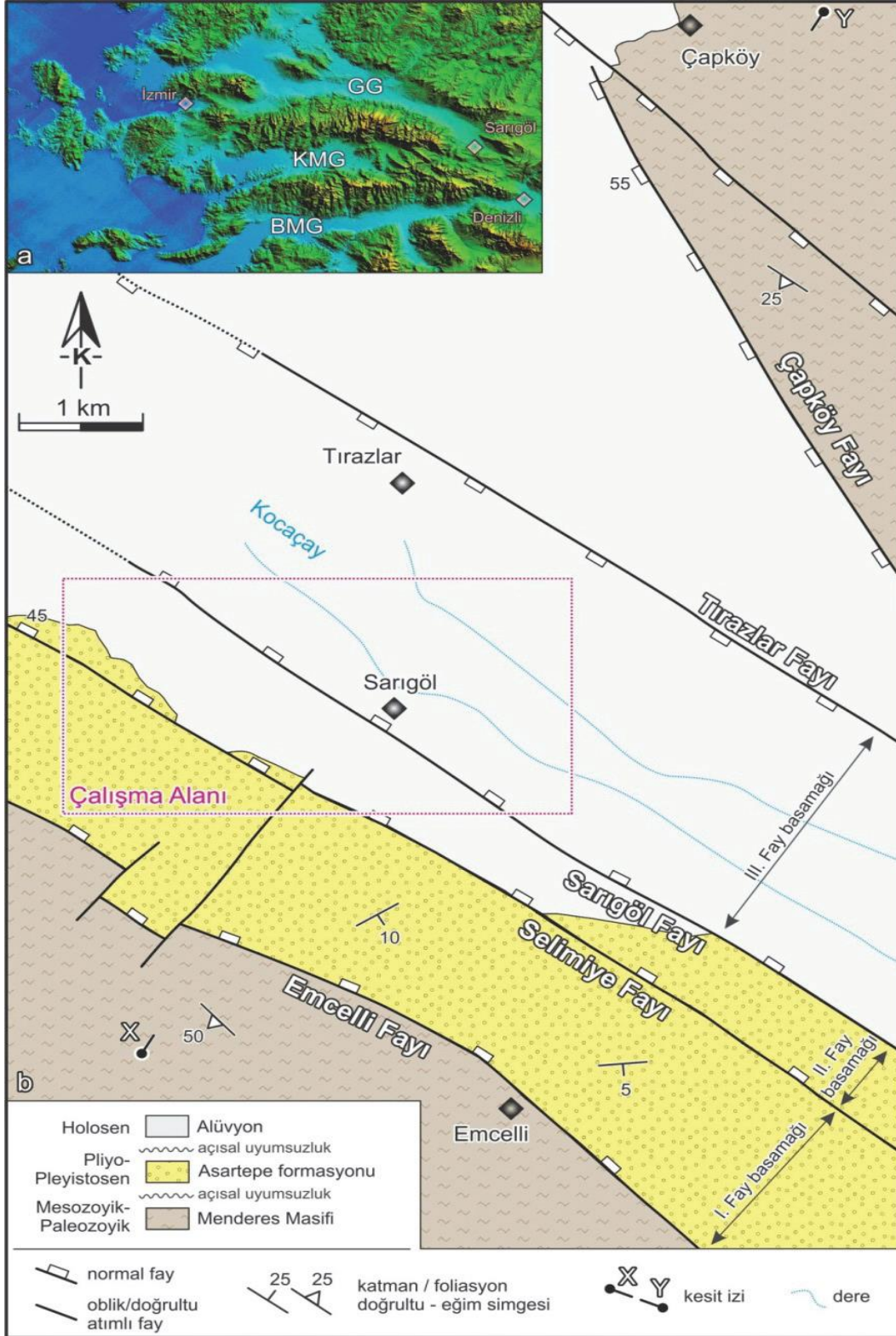
Gediz grabeni içinde bulunan Alaşehir-Sarıgöl bölgesi D-B uzanımlı birçok normal fay ile sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte graben kuzeyinde yer yer ana graben fayının antitetik bileşeni yer almaktadır. Bu bölgede bulunan Sarıgöl ve çevresi Batı Anadolu'nun genişleme alanı içinde bulunduğundan, oluşan tektonik hatlar bu doğrultuya dik olacak

şekilde oluşum göstermektedir. Özellikle Sarıgöl ilçe merkezi ve çevre ilçeleri sınırlayan eğim atımlı normal faylar gözlemlenmektedir (Gül 2016).

Son 20 yıldır güncel yüzey deformasyonlarının olduğu Alaşehir, Gediz çöküntü alanının doğu başlangıcında yer almaktadır. Alaşehir ve yakın çevresinde çöküntü alanını sınırlayan eğim atımlı normal faylar çok belirgin olarak izlenmektedir. Bu faylar güneyde kuzeybatıya eğimli Emcelli, Selimiye ve Sarıgöl faylarıdır. Kuzeydeki faylar ise güneydoğuya eğimli Tırazlar ve Çapköy faylarıdır (Gül 2016).

3.5.1 Emcelli Fayı

Bölgede KB-GD doğrultusunda uzanan eğim atımlı normal faylar güncel olarak izlenmektedir. Bu faylar Pliyo-Pleyistosen yaşlı birimleri kestiğinden jeolojik açıdan aktif faylardır. En güneyde yer alan kenar fay 250 m ile 650 m arasında dik bir yükselti oluşturmuştur. Bu fay boyunca en azından 400 metre ile 550 metre arasında bir görünür düşey atımın olduğu tahmin edilmektedir. Emcelli Fayı çalışma alanı içerisinde yaklaşık 8 km.'lik bir uzunluğa sahiptir. K50-70 B gidişli bu fay, Menderes Metamorfikleri ile Pliyo-Pleyistosen yaşlı Asartepe formasyonunu yan yana getirmiştir (Gül 2016) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Bölgeye ait faylar (Koca vd. 2000).

Emcelli Fayı Menderes Metamorfitleri ile Neojen-Kuvaterner yaşlı sedimanter istifini ayıran sınır boyunca uzanır ve KD'ya eğimli normal fay niteliğindedir. Bu fayın kuzey

bloğu ise düşmüş, güney bloğu ise yükselmiştir. Bu fay aynı zamanda grabenin güney sınır fayını oluşturur.

3.5.2 Selimiye Fayı

İnceleme alanının güney sınırı ve yakınında en güneydeki fay ile aynı yönelime sahip bir başka eğim atımlı normal fay tarafından sınırlandırılmıştır (Şekil 3.5). En güneydeki fay ile bu fay arasında Asartepe formasyonu içerisinde gelişmiş birbirine paralel çok sayıda kısa uzunlukta çok sayıda eğim atımlı faylar bulunmaktadır. Bu faylar Selimiye Fayı olarak adlandırılmıştır. Selimiye Fayı Pliyo-Pleyistosen yaşlı Asartepe formasyonunu keser ve bazı kesimlerde alüvyon ile dokanak yapar. Fayın konumu K65B 45 KD'dur. Söz konusu fayın güney bloğu yükselmiş kuzey bloğu düşmüştür (Gül 2016).

3.5.3 Sarıgöl Fayı

Sarıgöl fayı Sarıgöl içerisinde geçen normal faydır. Bu faya ait veriler yerleşim yeri içinde güncel olarak gözlemlenir. Fay özellikle belli doğrultuda yüzeyde kırıklar oluşturacak şekilde gelişmiştir. Bu yüzey kırığı ortalama 20 cm atım gösteren normal fay şeklindedir.

Sarıgöl Fayı üzerinde, Sarıgöl kent merkezinde, alüviyal çökeller içerisinde, KD bloğu 10-50 cm arasında düşen, gidişleri K50B ile D-B arasında değişen yaklaşık 4 km uzunlukta yüzey kırıkları meydana gelmiştir (Şekil 3.5). Bu kırıklar üzerinde bulunan yaklaşık 80-100 konutta ağır hasarlar oluşmuş ve çeşitli kurumların raporları sonucu yıkılmış ve o fay üzerinde bina kalmamıştır. Yöre halkından elde edilen bilgilere göre, yüzeyde gözlenen bu kırıkların 1969 depreminden bu yana meydana geldiği ve son 10 yıl içerisinde bu hareketin hızlandığına ilişkin bilgiler elde edilmiştir. 1969 depreminden günümüze kadar yüzey kırıkları boyunca maksimum 40-50 cm civarında düşey ötelenmeler oluşmuştur (Gül 2016, Koca vd. 2011).

Sarıgöl ilçesi kurulduktan sonra ise 20 cm'ye varan güncel atımların gelişmesi günümüzdeki mikrosismik aktiviteye bağlanabilir. Yüzey kırığının gözlemlendiği yerden yapılan ölçümlerde kırığın ortalama K65B doğrultulu ve KD'ya eğimli olduğu görülür.

Kırığın güney bloğu yükselmiş kuzey bloğu düşmüştür. Özellikle yerleşim yerindeki yol, bahçe duvarı ve evlerdeki deformasyon verilerinden çok net şekilde gözlenebilen bu yüzey kırığı doğrultusu boyunca 2,5 km boyunca izlenebilmekte, daha ileride ise tarlalarda kaybolmaktadır (Gül 2016).

3.5.4 Tırazlar Fayı

Tırazlar köyünde, alüviyal çökeller içerisinde, GB bloğu 10-20 cm arasında düşen, gidişleri K50-60 B arasında farklılık gösteren yaklaşık 4 km uzunlukta normal fay gözlenmektedir. Bu fay Tırazlar Fayı olarak adlandırılmıştır.

Bu fay da benzer veriler gözlenmesine karşın yanal devamlılığı daha sınırlıdır. Fay KB-GD doğrultulu ve GB'ya eğimlidir (Şekil 3.5). Fayın yükselen bloğu kuzeyde düşen bloğu ise güneydedir (Gül 2016).

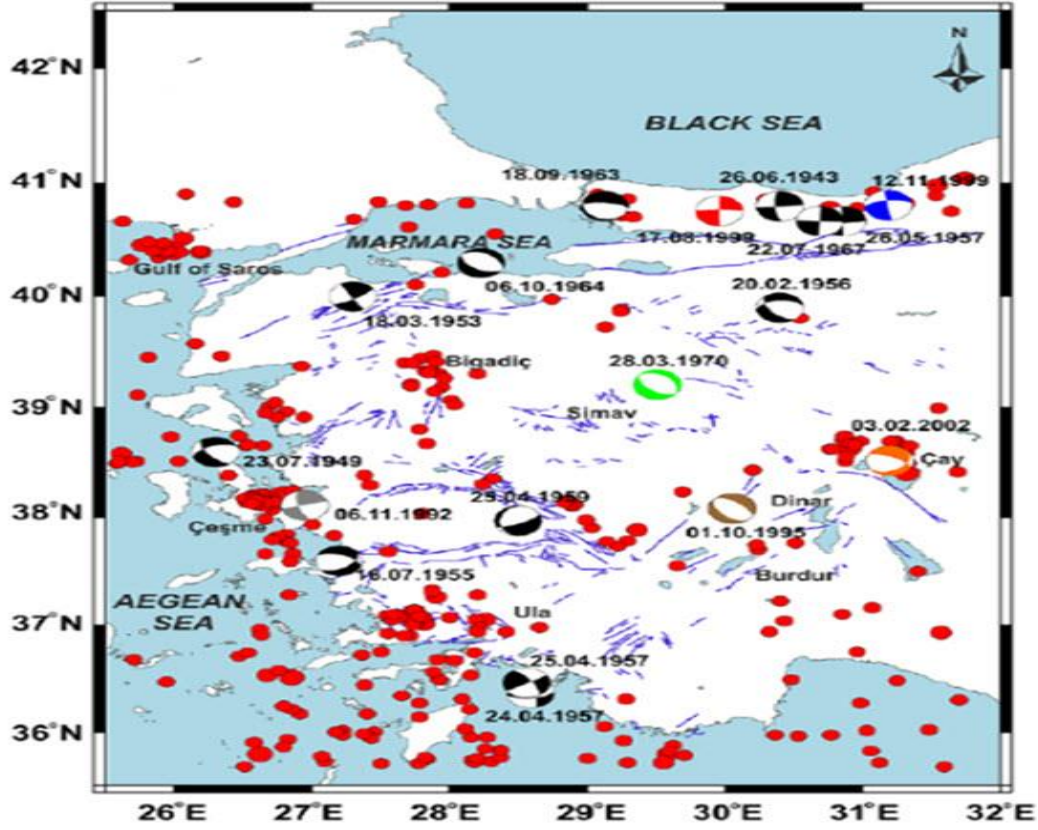
3.5.5 Çapköy (Çöpköy) Fayı

Grabenin kuzey kenarında birbirini belirli bir açıyla kesen iki normal fay gözlenir. Bunlardan güneydeki K30B doğrultulu ve 55 GB'ya eğimlidir. Bu fayın hemen kuzeyinde K40B doğrultulu olan normal fay metamorfik kayaların içinde gelişmiştir (Şekil 3.5). Bu faylar Çapköy fayı olarak adlandırılmıştır.

Bölge yukarıda belirtildiği gibi yapısal özelliklere göre KB-GD doğrultulu bir graben yapısına sahiptir. Gözlenen fayların tümü Neojen ve sonrası dönemde gelişmiştir. Sarıgöl ve Tırazlar içinden geçen yüzey kırıkları ise güncel deformasyonun varlığını kanıtlamaktadır (Gül 2016).

3.6 Bölgenin Depremselliği

Batı Anadolu Anadolu plakasının en aktif deprem bölgelerinde birisidir. Tarihi kayıtlardan bilindiği kadarıyla Batı Anadolu'da meydana gelmiş bazı depremler Çizelge 3.2 de ve Şekil 3.6 da verilmiştir.



Şekil 3.1 Batı Anadolu’da meydana gelen depremler ve çözümleri (İnt. Kyn. 6).

Bu tez çalışmasına konu olan Gediz grabeni Sarıgöl civarında en son 28 Mart 1969 tarihinde, yerel saatle 03.48 civarında, merkezi Manisa ili Alaşehir ilçesi olan bir deprem meydana gelmiştir. Kandilli Rasathanesi kayıtlarına göre Ms:6.5 büyüklüğünde yıkıcı ve ölümlerle sonuçlanan bu depremde toplam 50 kişi hayatını kaybetmiştir. Hayatını kaybeden kişilerin 21’i Sarıgöl nüfusuna, 29’u ise Alaşehir nüfusuna bağlıdır. Oluşan deprem başta Alaşehir, Sarıgöl ve Salihli ilçelerinde çok şiddetli şekilde hissedilmiştir. Deprem sonucunda 4651 adet ev, bina yıkılmıştır. Ölümünün birçoğu Alaşehir ilçesi ve bu ilçeye bağlı Tepeköy’ de meydana gelmiştir. Depremin etkisi Alaşehir – İzmir karayolunda görülen derin yarıklarla daha net anlaşılmaktadır. (Gören 2016).

Yeniköy, Delemenler, Tepeköy ve Subaşı mevkilerinde binalar, okul ve cami büyük derecede hasar görmüştür. Tepeköy özellikle tamamen yıkılmış ve daha sonra yeniden yer değiştirilerek tekrar inşa edilmiştir. Depremin etkili olduğu bölgeler özellikle tarım arazilerinin yoğun olduğu yerlerdir. Ova olan bölgelerde yer altı sularının yerin üstüne

çıkıldığı gözlemlenmiştir. Alaşehir otogarı yıkılmış, otogar örtü betonu tamamen çökerek 18 otobüsün hurda haline gelmesine sebep olmuştur. Alaşehir depremi toplam altı adet ayrı kırık üzerinde gelişmiştir. Bu kırıkların en uzununu 12 km'yi bulan uzunluklardadır. Bu kırıklar üzerinde deprem sonrasında yapılan çalışmalar ve ölçümlerde 3-13 cm aralığında düşey atım gözlemlenmiştir (Arpat ve Bingöl 1969). Faylanma eğim atımlı normal fay karakterindedir.

Çizelge 3. 1 Batı Anadolu'da meydana gelen bazı depremler.

Tarih	Konum	Büyükölük	Tarih	Konum	Büyükölük
20.09.1899	Menderes V	6,9	20.02.1956	Söğüt	6,1
18.12.1901	Ayvalık	5,9	14.09.1962	Balıkesir	4,5
3.10.1914	Burdur	7,0	11.03.1963	Buldan	5,6
18.11.1919	Soma	6,9	22.11.1963	Tefenni	4,6
26.09.1921	Argıthanı	5,9	13.06.1965	Honaz	5,6
20.11.1924	Altıntaş	6,0	25.03.1969	Demirci	6,1
7.08.1925	Dinar	6,0	28.03.1969	Alaşehir	6,5
31.03.1928	Torbalı	6,5	6.04.1969	Karaburun	5,8
2.05.1928	Emet	6,2	28.03.1970	Gediz	7,1
19.07.1933	Çal	5,8	23.02.1971	İvrindi	5,6
22.09.1933	Dikili	6,5	12.05.1971	Burdur	6,2
15.11.1942	Bigadiç	6,2	26.04.1972	Lesvos	4,9
25.06.1944	Şaphane	6,0	1.02.1974	İzmir	5,5
21.02.1946	Algıthanı	5,7	19.08.1976	Denizli	5,0
2.05.1953	Karaburun	5,6	1.10.1995	Dinar	5,9
16.07.1955	Söke	6,7	19.05.2001	Simav	5,9

4. HASSAS NİVELMAN TEKNİĞİ İLE DEFORMASYON İZLEME; SARIGÖL ÖRNEĞİ

4.1 Uygulama Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı içinde yeralan Gediz Grabeninin Sarıgöl Fayı, Manisa ilinin Sarıgöl ilçesinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Sarıgöl ilçesinde 1955 yılından sonra asismik yüzey deformasyonları meydana gelmiştir. Bu yüzey deformasyonları ilçe merkezinde D-B uzantılı olarak yaklaşık 2 km devam etmektedir.



Şekil 4.1 Uygulama alanı ve yüzey deformasyonları.

Deformasyonlar nedeniyle birçok ev ve iş yeri oturulamayacak duruma gelmiştir (Şekil 4.2). Bu deformasyonlar Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AİGM) tarafından etüt edilerek 1996 yılında jeolojik etüt raporu olarak hazırlanmıştır. Fakat bu raporda bir konutta ağır hasar ve birçok konutta, duvarlarda ve yollarda görülen deformasyonlar güncel hayatı etkilemediği şeklinde belirtilmiştir. Belediye sınırları içerisindeki bölgede 22.04.2008 yılında tekrar etüt işlemleri yapılarak AİGM tarafından tekrar bir jeolojik etüt raporu oluşturulmuştur. Bu raporda Sarıgöl’de meydana gelen olayların tektonik krip özelliği taşıdığı vurgulanarak 7269 sayılı yasa kapsamında afet niteliğinde olduğu değerlendirilmiştir. Tektonik krip terimi depreme bağlı olarak oluşan kütle hareketleri olarak raporda yer almıştır. Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından düzenlenen

raporda sismik aktiviteye bağlı olmaksızın oluşan krip türü şeklinde bir tanımlama yapılmıştır. Buna bağlı olarak 14.08.2008 tarihinde AİGM tarafından jeolojik çalışmalar yapılmış jeolojik etüt raporu yayımlanmıştır. Bu raporda ise tektonik krip terimi depreme bağlı olarak oluşan kütle hareketi olarak tanımlanmamıştır. Raporda 94 binanın tektonik krip afetine mazur kalarak bölge dışına taşınması gerektiği belirtilmiştir. 18.08.2008 tarihli AİGM raporunda Sarıgöl Fay Zonu ile ilgili olarak ‘Afete Maruz Bölge’ kararı alınmıştır. Hasar görmüş ve deformasyona uğramış bölge ise ‘Yerleşime Uygun Olmayan Alan’ olarak önceki çalışmalarda tanımlanmıştır. Bu bölgede hasar görmüş bazı yapılar yıkılarak fay hattının tam üzerindeki yerlerde yapı azaltılmıştır (Koca vd. 2011).



şekil 4.2 Yüzey deformasyonları ve hasarlı binalar.

4.2 İstikşaf ve Nokta Tesisleri

Düşey yönde oluşan yer kabuğu hareketleri çoğunlukla hassas nivelman yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntemi uygulamak için deformasyonun olması düşünülen bölgede ve çevresinde belirli bir ağ oluşturulmuştur. Arazide sabit noktalar tesis edilmesi için incelemeler yapılmıştır. İstikşaf yapılırken, çalışma alanının durumu ve meskun mahal olması göz önünde bulundurularak pilye ve poligon tesisi yapılmamıştır. Bunların yerine beton elektrik direkleri kullanılması uygun görülmüştür. Neden olarak direklerin kolon yapısının sağlamlığı ve uygulama alanında uzun yıllardır bulunmasına dikkat edilmiştir. Bu direkler zemine oturmalarını yıllar içinde tamamlayarak kendi içinde deformasyona uğrama olanakları kalmamıştır. Deformasyon oluşacak fay hattının geçtiği bölgeyi dikine kesen 8 adet profil belirlenmiştir. Ancak tesisler için elektrik direği kullanılacağı için Gediz Elektrik Dağıtım Şirketi tarafından sadece 2 profile tesis yapılmasına izin verilmiştir. Bu iki profile her bir profile 7 adet olmak üzere, toplam 14 adet beton elektrik direği belirlenmiştir. Nivelman tesisleri için yurt dışından özel duvar RS leri getirtilmiştir (Şekil 4.3 ,nŞekil 4.4). Bu tesislerin en büyük özelliği ölçü bitiminde çıkartılıp daha sonra tekrar takılabilmeleridir. Bu özelliği sayesinde noktaların tahrip edilmesi önlenmiştir. İstikşaf ve nokta tesisi 2017 yılının Temmuz ayında yapılmıştır.



Şekil 4.3 Nivelman referans noktaları aparatları.



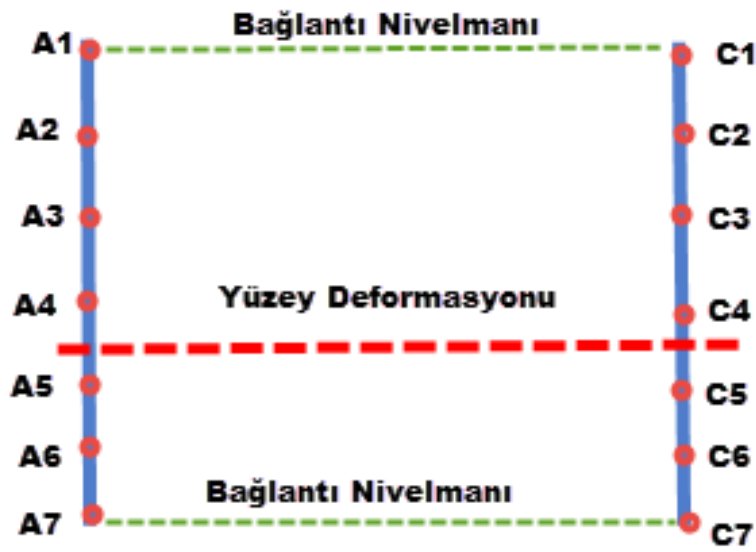
Şekil 4.4 Nivelman ölçüleri.



Şekil 4.5 Sarıgöl fay hattı ve güzergahlar (Beyaz çizgiler yerleşime riskli alanı Yeşil çizgiler güzergahları göstermektedir).

4.3 Nivelman Ağı'nın Oluşturulması

Nivelman güzergahları yüzey deformasyonlarının belirlenmesinden sonra bu deformasyonlara dik 2 profil şeklinde tesis edilmiş ve bu 2 güzergahta toplam 14 adet RS noktası ile nivelman ağı oluşturulmuştur. Ölçme ve hesaplamalar için kendi içinde birbirine referans olacak şekilde kotlandırma yapılmıştır. Bununla birlikte nivelman profilleri alt ve üst noktaları birbirine bağlanarak kapalı dörtgen lup oluşturulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Nivelman kanavası.

4.4 Verilerinin Elde Edilmesi

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından destek verilmiştir. Hassas nivelman yöntemi ile yedi kampanya olarak planlanmıştır ve ölçümler planlanan zamanlarda yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Ölçüm planı.

Kampanya Sayısı	Kampanya Zamanı
1	22 Temmuz 2017
2	30 Kasım 2017
3	15 Şubat 2018
4	14 Mayıs 2018
5	14 Temmuz 2018
6	27 Aralık 2018
7	14 Mart 2019

Hassas nivelman yöntemine uygun cihazlar kullanılmıştır. Bunlar;

- 1- Sayısal Nivo: Topcon DL-101c. Hassasiyeti 0,4 mm/km'dir.
- 2- Mira: 2-3 m boyunda katlanmayan invar mira.
- 3- Mira altlıkları

4.5 Kampanya Ölçmeleri

Deformasyon ölçü noktaları elektrik direkleri olduğu için mira payandası ve mira altlığı kullanılmamıştır. Ancak bağlantı ölçülerinde payanda ve altlık kullanılmıştır. Mira ile nivo arası mesafeler yaklaşık eşit alınmış (maksimum 30 m) ve okumalar yapılmıştır. Mira ve nivo arasındaki mesafeler yaklaşık eşit alınarak başta yer küreselliği eğriliği, refraksiyon etkisi, kolimasyon vb. hatalar elimine edilmiştir. Ölçüler esnasında gözlem çizgileri yerden en az 70 cm (deformasyon noktaları direkler üzerinde yerden 40-50 cm yukarıda tesis edilmiştir) üzerinde olacak şekilde nivolar kurulmuştur. Hassas nivelman ölçülerinde tek parçalı alet sehpası kullanılması gerektiği halde bu hatanın ölçülere etkisinin çok az olduğu bilinmektedir. Ölçümler gidiş-dönüş nivelmanı şeklinde yapılmıştır. Yöntem olarak GİİG (Geri-İleri-İleri-Geri) yöntemi kullanılmıştır. Mira okumaları her okumada üç kere tekrarlanmış ve ortalaması alınmıştır. Aynı okuma içinde geri okumalar veya ileri okumalar arasındaki farklar değerlendirilerek 0.3mm den büyük farklar çıkması durumunda ölçüm tekrarlanmıştır.

GÜZERGAH ADI:A (GİDİŞ) MAVİ			ÖLÇÜ YERİ: MANİSA SARIGÖL		
			Ölçü Tarihi: 14 Mart 2019		
NOKTA NO	ARA UZAKLIK (metre)		MİRA OKUMALARI (metre)		ORTALAMA GERİ-İLERİ (metre)
			GERİ 1	İLERİ 1	
			GERİ 2	İLERİ 2	
A-1	17.958		0.52318		
			0.52301		
A-2	12.856	15.823	0.60532	1.33715	-0.81397
			0.60540	1.33718	-0.81417
A-3	18.103	24.685	0.46501	1.28555	-0.68023
			0.46501	1.28548	-0.68008
A-4	25.991	13.831	0.39406	1.83138	-1.36637
			0.39402	1.83154	-1.36653
A-5	11.935	23.803	1.05130	1.75039	-1.35633
			1.05117	1.75042	-1.35640
A-6	23.475	15.784	0.41332	1.13745	-0.08615
			0.41338	1.13744	-0.08627
A-7		16.659		1.39911	-0.98579
				1.39904	-0.98566
					0.00000
					0.00000

Şekil 4.7 Örnek nivelman klişesi.

Gidişte bulunan kot farkı ile dönüşte bulunan kot farkının tecviz sınırı $4\sqrt{S}$ formülü ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Ayrıca her kampanyada alt ve üst nivelman bağlantıları ile lup kapanmaları yapılmıştır.

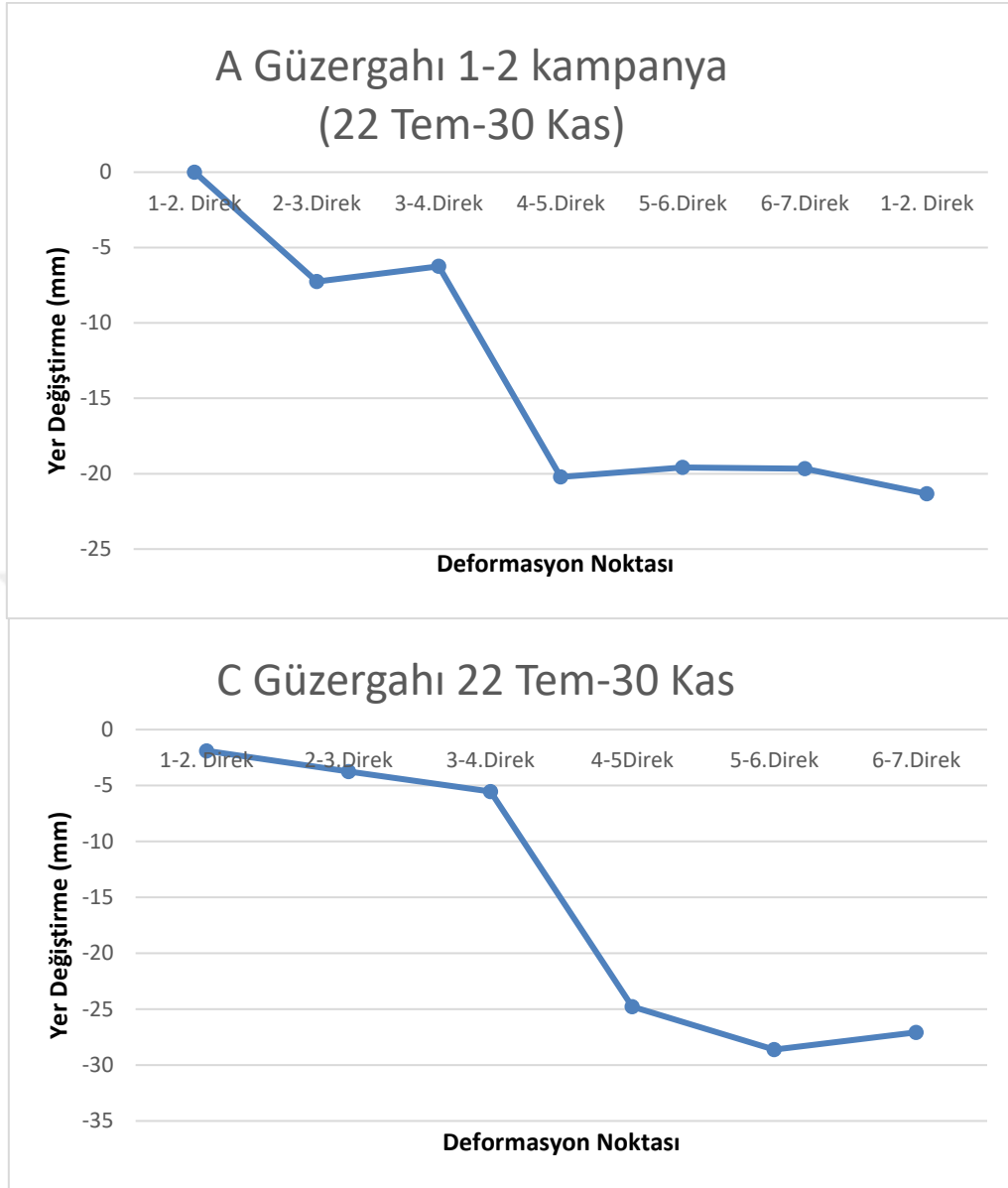
Çizelge 4.2 Nivelman gidiş dönüş farklar

Kampanya No	Gidiş-Dönüş Fark (mm)		Tecviz (mm)	Sonuç
	A Güzergahı	C Güzergahı		Kabul
1	0.7	0.8	2.5	Kabul
2	0.3	1.1	2.5	Kabul
3	0.4	1.5	2.5	Kabul
4	0.5	1.5	2.5	Kabul
5	0.9	0.6	2.5	Kabul
6	0.4	0.60.	2.5	Kabul
7	0.7	0.3	2.5	Kabul

Çizelge 4.3 Lup kapanmalar

Kampanya No	Lup Kapanmalar (mm)
1	6
2	-2
3	6
4	-1
5	5
6	-6

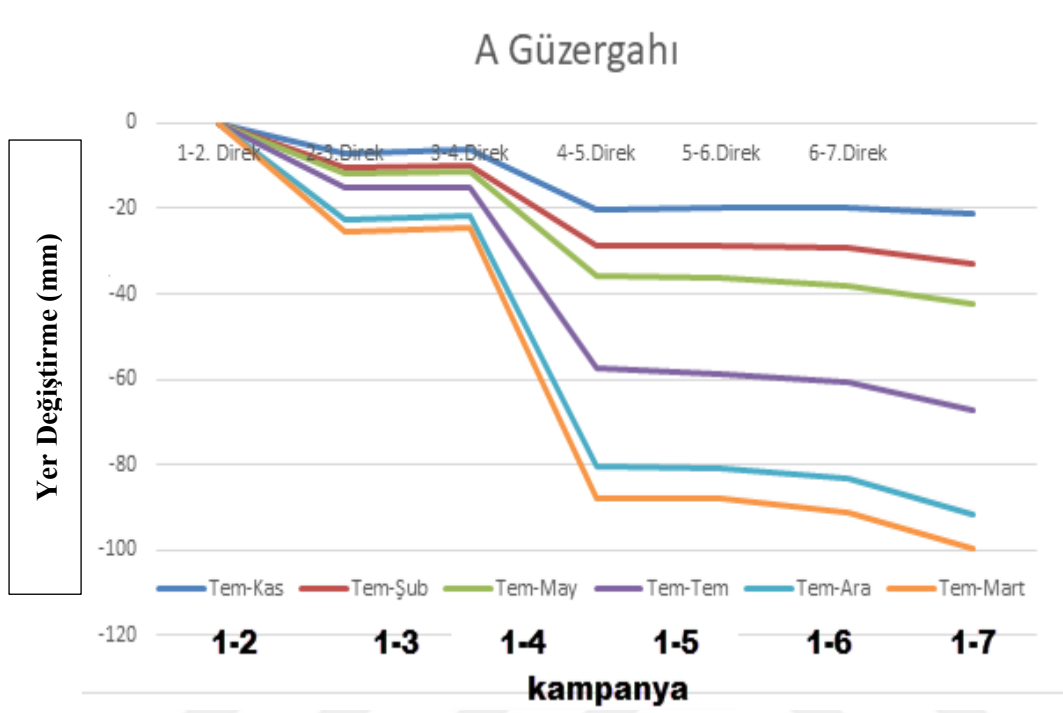
Tüm kampanyalarda 14 referans noktasının yükseklik farkları birbirlerine göre elde edilmiştir. Değerlendirmelerde her bir kampanyada hesaplanan yükseklik farkları kullanılmıştır. İki kampanya arasındaki yükseklik farklarının farkı yer değiştirme olarak yorumlanmıştır. Her güzergahta ilk kampanya ölçüsü (22 Temmuz 2017) referans alınarak diğer kampanyalar arasındaki farklar incelenmiştir. Her bir güzergah için kampanyalar arasındaki yer değiştirmeler şekil 4.8 – 4.10 arası verilmiştir.



Şekil 4.8 A güzergahı 1-2 kampanyalar arası deformasyon miktarları.

Şekil 5.7 incelendiğinde A güzergahında 1-2. Kampanya arasında 21 mm lik bir fark olduğu görülmüştür. Bu farkın meydana gelen yüzey deformasyonları nedeniyle olduğu düşünülmektedir. C güzergahında 1-2 Kampanya arasında benzer şekilde 28 mm lik bir yer değiştirme olduğu gözlemlenmiştir. Bölgede arazi incelemesi yapıldığında her iki güzergahta da 5 nolu direğin yüzey deformasyonlarından sonraki ilk direk olduğu tespit edilmiştir. Yaklaşık 120 günlük sürede 4. direktan sonra her iki güzergahtada ortalama 24 mm lik bir yer değiştirme hesaplanmıştır. Yine şekil 5.2 incelendiğinde iki profilde de

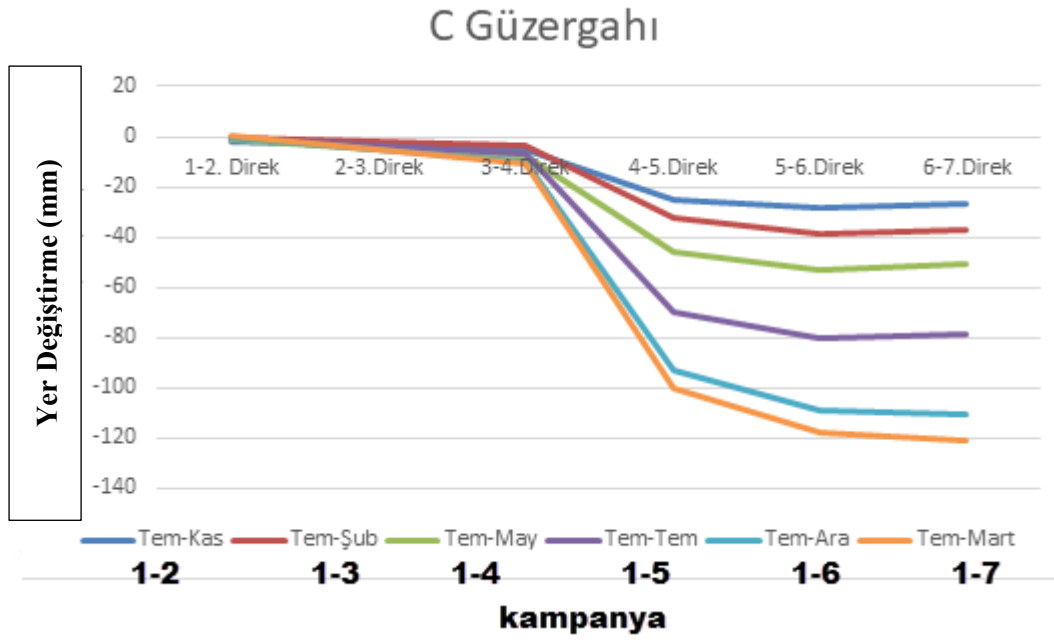
ilk 4 direkte 5-6 mm lik yer değiştirmeler görülmektedir. Yukarıda belirtilen şekilde diğer 7 kampanya ölçüleri şekil 5.8 ve şekil 5.9 da verilmiştir.



şekil 4.9 A güzergahı tüm deformasyonların bulguları.

şekil 4.9 incelendiğinde A güzergahına ait 7 kampanya ölçüden hesaplanan deformasyon miktarının zamanla arttığı görülmektedir. 2017-2018 temmuz ayları arasında (1-5. Kampanya arası) deformasyon miktarına bakıldığında yaklaşık yıllık 69 mm ye ulaştığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 2-3. Kampanya arasında yaklaşık 12 mm, 3-4. kampanya arası 10 mm 4-5. Kampanya arası 25 mm, 5-6. kampanya arası 22 mm 6-7. kampanya arası ise 8 mm’lik bir deformasyon olduğu gözlemlenmiştir. Devam eden kampanyalarımızda yapmış olduğumuz ölçümler ile gözlemlenen deformasyon miktarı 2017 yılının Temmuz ayından 2019 yılının Mart ayına kadar 100 mm olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte A güzergahında ilk direktten itibaren bir   k ş hareketi görülmektedir. Bu hareketin olması bu noktalarında deformasyon zonu içerisinde oluğu düşüncesini vermektedir.

Benzer şekilde C güzergahına ait 7 kampanya ölçüden hesaplanan deformasyon miktarları da şekil 4.10 da verilmiştir.



Şekil 4.10 C güzergahı tüm deformasyonların bulguları.

Şekil 4.10 incelendiğinde C güzergahında da deformasyon miktarının zamanla arttığı görülmektedir. 2017-2018 temmuz ayları arasında (1-5. Kampanya arası) deformasyon miktarına bakıldığında yaklaşık yıllık 78 mm ye ulaştığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 2-3. Kampanya arasında yaklaşık 10 mm, 3-4. kampanya arası 14 mm 4-5. Kampanya arası 28 mm, 5-6. kampanya arası 32 mm 6-7. kampanya arası ise 10 mm'lik bir deformasyon olduğu gözlemlenmiştir. Devam eden kampanyalarımızda yapmış olduğumuz ölçümler ile gözlemlenen deformasyon miktarı 2017 yılının Temmuz ayından 2019 yılının Mart ayına kadar 120 mm olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Sarıgöl ilçe sınırları içerisinde yer alan Gediz Grabeni Sarıgöl Fay'ı üzerinde 1996 yılından itibaren düşey deformasyonlar meydana gelmeye başlamışlardır. Bu yüzey deformasyonları GD-KB doğrultusunda yaklaşık 2 km uzunluğunda Sarıgöl yerleşim alanı içerisinde yer almaktadır. Bu yüzey deformasyonları 28.03.1969 Alaşehir depremi ile oluşan yüzey kırığının üzerinde gelişmektedir. Yüzey deformasyonlarını belirlemek amacıyla 14 adet noktalı bir nivelman ağı kurulmuş ve 2017 ile 2019 yıllarında 7 kampanya ölçüsü yapılmıştır. Bu nivelman hatları deformasyonlara dik 2 adet profilden oluşmaktadır. Bu ağlarda hassas nivelman ölçü yöntemiyle gidiş dönüş ölçüleri yapılmıştır. Gidiş dönüş nivelman ölçüleri arasında maksimum 1.5 mm farklar bulunmuştur. Bu farklar incelendiğinde Alman standartlarında (DIN-18710) kabul edilebilir sınırlarda olduğu görülmüştür.

Noktalar arasındaki yükseklik farkları incelendiğinde 20 aylık dönemde bir hat boyunca gelişen yüzey deformasyonlarında güneyde kalan bloğun düştüğüne işaret etmektedir. Nivelman ölçümleri, yaklaşık 20 aylık süreçte -100 ile -120 mm arasında düşey yönde deformasyonların geliştiğini göstermektedir. Bu durum Poyraz *et al.* 2019 da belirtilen TRAZ noktasında meydana gelen deformasyonla yaklaşık aynı büyüklüktedir. Yine Koca *et.al.* 2011 de on yıllık süre boyunca oluşan yer değiştirme miktarı 60-85 cm lik bir miktar belirlenmiştir. Bu sonuçlar Koca *et.al.* 2011'deki sonuçları destekler niteliktedir.

A güzergahı yüzey deformasyon hattında 2017-2018 yılları temmuz ayları arasında -69 mm iken 2018 temmuz -2019 mart ayları arasında -31 mm ye ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 4.9). C güzergahı yüzey deformasyon hattının 2017-2018 yılları temmuz ayları arasında -78 mm iken 2018 temmuz -2019 mart ayları arasında -42 mm ye ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 4.10). Yaklaşık olarak her mevsimde bir adet kampanya ölçüsü yapılmaya çalışılmıştır. Böylelikle deformasyonun mevsimlere göre dağılımı hesaplanmaya çalışılmıştır. A güzergahında 1-2. kampanya arasın yaz-sonbahar dönemine karşılık gelmektedir. Bu dönemde 21 mm deformasyon hesaplanmıştır. 2-3. kampanya arasın kış dönemine gelmektedir (2017 kasım-2018 şubat). Bu aylarda yaklaşık 12 mm deformasyon görülmektedir. 3-4. kampanya arası ilk bahar dönemine (2018 Şubat-2018 Mayıs) gelmektedir. İlkbahar döneminde 10 mm deformasyon hesaplanmıştır. 4-5.

kampanya arası ise yaz periyoduna denk gelmektedir (2018- Mayıs-2018 Temmuz). Yaz döneminde deformasyon hızlanarak 25 mm ye ulaşmıştır. 5-6. kampanya arası yine yaz-sonbahar dönemi olup 25 mm deformasyon hesaplanmıştır. 6-7. kampanya arası ise yine kış dönemi olup, 8 mm’lik bir deformasyon gözlemlenmiştir.

C güzergahında ise yukarı yazıldığı sırasıyla (yaz-kış-ilkbahar-sonbahar-kış-ilkbahar) 27, 10, 14, 27, 32, 11 mm’lik deformasyonlar hesaplanmıştır.

Deformasyon grafikleri incelendiğinde özellikle yaz ve sonbahar aylarındaki ölçüleri kapsayan deformasyonların A güzergahında ortalama 23 mm/yıl, C güzergahında ise 30 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Kış ve bahar aylarındaki ölçülerini kapsayan deformasyonlarda ise her iki güzergahta da yaklaşık 11 mm/yıl değeri hesaplanmıştır.

Özellikle yaz ve sonbahar aylarında deformasyon miktarlarının artması deformasyonun yeraltı suları ile ilişkili olacağı düşüncesini vermiştir. Bölgede yoğun tarım yapılması yaz dönemlerinde ise sulama faaliyetlerinin yüksek olması yeraltı su seviyelerinde düşmelere sebep olmaktadır. Bu durum yaz aylarındaki deformasyon miktarlarındaki artışın nedeni olarak görülebilir. Bununla birlikte kış ve bahar aylarında yoğun yağışla beraber yeraltı su seviyelerinin yükselmesine rağmen deformasyonun devam etmesi, deformasyonun kökeninde Koca vd. 2011 de belirtilen tektonik krip hareketinin olabileceği düşüncesi vermiştir. Bu çalışmanın en önemli sonucu 1996 yılında başlayan deformasyonların, 70-75 mm/yıl hızla günümüzde de devam ettiğinin gösterilmesi olarak verilebilir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen bilgiler ışığında bölgenin tektoniği ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Şehrin güneydoğu kısmından başlayarak kuzeybatı istikametine doğru bir hat boyunca devam eden yüzey kırıklarının bulunduğu alanların tamamını içine alan bir deformasyon ağı kurulmalıdır.

Sabit GNSS istasyonları ile sürekli veriler toplanmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Aksu, A.E., Piper, D.J.W. (1983). Progradation of the late Quaternary Gediz delta, Turkey. *Marine Geology*, **54**:1-25.
- Arpat, E. ve Bingöl, E. (1969). Ege bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler. *MTA Dergisi*, **73**:1-9.
- Arpat, E. ve Bingöl, E. (1969). Ege bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler. *MTA Dergisi*, **73**: 1-9.
- Bozkurt, E. ve Sözbilir, H. (2004). Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey. *Geological Magazine*, **141**: 63-79.
- Ceylan, A. (1988). Duyarlı Nivelmanda Önemli Sistemik Hata Kaynakları Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Ceylan, A., 1993. Presizyonlu Nivelman Yerine Trigonometrik Nivelman Yönteminin Kullanılabileceği Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Cohen, H. A., Dart, C.J., Akyüz, H. S., Barka, A. (1995). Syn-rift sedimentation and structural development of Gediz and Büyük Menderes graben, Western Turkey. *Journal of Geological Society*, **152**: 629-638.
- Dart, C., Cohen, H.A., Akyüz, H.S., Barka, A. (1995). Basinward migration of rift-border faults: Implications for facies distributions and preservation potential. *Geology*, **23**: 69-72.
- Dewey, J.F., Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions; complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, **90**: 84-92.
- Ediger, V.Ş., Batı, Z., Yazman, M. (1996). Paleopalynology of possible hydrocarbon source rocks of the Alaşehir-Turgutlu area in the Gediz graben (Western Anatolia). *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **8**: 94-112.

- Eisma, D. (1978). Stream deposition and erosion by the Eastern shore of the Aegean. In: The Environmental History of the Near and Middle East since the last ice age. (Ed.: W.C.Brice), London, New York, San Francisco, 67-81.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Göktaş, F. (2005). İzmir yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri. MTA Raporu, No: 10754, Ankara (yayımlanmamış).
- 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.
- Emre, T. (1996a). Gediz grabenin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*. **5**: 171-186.
- Emre, T. (1996b). Gediz grabeninin tektonik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **39**: 1-18.
- Erinç, S. (1955). Gediz ve Küçük Menderes deltalarının morfolojisi, 9. Coğrafya Meslek Haftası Tebliğler ve Konferanslar, İstanbul, 22-29 Aralık 1954, 33-66.
- Erol, O. (1982). Batı Anadolu genç tektoniğinin jeomorfolojik sonuçları. Türkiye Jeol. Kur. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli, 15-21, Ankara.
- Gören, R (2016) Alaşehir ve Çevresinde Gediz Grabeni Güney Kenar Faylarının Holosen Aktivitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Eskişehir.
- Görmüş S (2011). Kuzey Anadolu Fayı İsmetpaşa Segmentindeki Krip Hızı Değişiminin İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak
- Gül, D (2016) Sarıgöl (Manisa) Bölgesi Tektonik Hareketlerinin Gps İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Sivas.
- Gürsoy, H., Temiz, H., Tatar, O. (1998). Gediz grabeni güney kenarında güncel deformasyon verileri. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 1. Toplantısı, Makaleler, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul, 8-9 Aralık 1997, 103-112.

- Hakyemez, H.Y., Göktaş, F., Erkal, T. (2013). Gediz Grabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi (Quaternary Geology and Evolution of the Gediz Graben), *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **56**.
- İzitan, H. ve Yazman, M. (1990). Geology and hydrocarbon potential of the Alaşehir (Manisa) area, Western Turkey. IESCA, Int. Earth Sci. Congr. on Aegean Regions, 1-6 October, Proc., **1**: 327-338, İzmir.
- Kalkan, Y. (2014). Baraj Emniyeti ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği, İTÜ.
- Karamanderesi, İ.H. ve Yılmaz, S., (1982). Gediz Vadisinde Genç Tektonik Olaylar ve Buna Bağlı Jeotermal Enerji Olanakları, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, **66**.
- Kazancı, N., DüNDAR, S., Alçiçek, M.C., Gürbüz, A. (2009). Quaternary deposits of the Büyük Menderes Graben in Western Anatolia, Turkey: Implications for river capture and the longest Holocene estuary in the Aegean Sea. *Marine Geology*, **264**: 165-176.
- Kazancı, N., Gürbüz, A., Boyraz, S. (2011). Büyük Menderes Nehri'nin Jeolojisi ve Evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **54**: 25-55.
- Kazancı, N., Boyraz, S., Özkul, M., Alçiçek, M.C., Kadioğlu, Y.K. (2012). Late Holocene terrestrial tephra record at western Anatolia, Turkey: Possible evidence of an explosive eruption outside Santorini in the eastern Mediterranean. *Global and Planetary Change*, **80**: 36–50.
- Koca, M.Y., Sözbilir, H., Uzel, B. (2011). Sarıgöl fay zone boyunca meydana gelen deformasyonların nedenleri üzerine bir araştırma. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **35**: 151-174.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H., Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in Western Turkey. *Journal of the Geological Society*, **156**: 605-616.
- Patton, S. (1992). Active normal faulting drainage patterns and sedimentation in southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society*, **149**: 1031-1044.

- Poyraz F., Tatar O., Hastaoğlu K.Ö., Tiryakioğlu İ., Gürsoy Ö., Koçbulut F., Türk T., Demirel M., Duman H., Cığır 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.Ö., Koçbulut F., Tiryakioğlu İ., Tatar O., Demirel M., Determination of the block movements in the eastern section of the Gediz Graben (Turkey) from GNSS measurements, *Journal of Geodynamics*, **123**: 38-48 2019.
- Seyitoğlu, G., Scott, B. C. (1996). The age of Alaşehir graben (western Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, **31**: 1-11.
- Seyitoğlu, G., Çemen, İ., Tekeli, O. (2000). Extensional folding in the Alaşehir (Gediz graben, western Turkey). *Journal of the Geological Society*, **157**: 1097-1100.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş., Işık, V. (2002). The role of the flexural rotation/Rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. *Geological Magazine*, **139**: 15-26.
- Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **10**: 51-67.
- Sözbilir, H. (2002). Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, **15**: 277-288.
- Şengör, A.M.C. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting; Examples from western Turkey. In: Continental Extensional Tectonics. (Eds. M. P. Coward, J. F. Dewey and P. L. Hancock), *Geol. Soc. Pub.*, **28**: 575-589.
- Şireci, S.E. (2012). Sayısal Nivolar ve Ölçme Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Konya.
- Tiryakioğlu, İ., Güllü, M., Baybura, T. ve Erdoğan, S., 2005. GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması, HKMO 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.

- 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.
- Ünver, M. (1988). Düşey Yöndeki Yer Kabuğu Hareketlerinin Duyarlıklı Nivelman Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KATÜ, Fen Bilimleri Ens. Trabzon
- Yağmurlu, F. (1987). Salihli güneyinde üste doğru kabalaşan Neojen yaşlı alüvyonel yelpaze çökelleri ve Gediz Grabeni'nin tektonosedimanter gelişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **30**: 33-40.
- Yılmaz, Y. (2000). Ege Bölgesinin aktif tektoniği. Batı Anadolu'nun depremselliği Sempozyumu, BADSEM 2000, 24-27 Mayıs, Bildiriler, 3-14, İzmir.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop?, In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. ve Piper, J.A.D. (eds), Tectonic and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, *Journal of the Geological Society*, Special Publications **173**: 131-162.
- Yusufoğlu H., 1996. Northern margin of the Gediz Graben: age and evolution, west Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **5**: 11-23.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari> ,05.01.2019
- 2) <https://hgmkture.btk.gov.tr/> ,16.02.2019
- 3) <http://www.sarigol.bel.tr/sarigol-tarihi.aspx> ,15.05.2018
- 4) https://www.researchgate.net/publication/279977192_Gediz_Grabeni'nin_Kuvaterner_Jeolojisi_ve_Evrimi ,14.04.2019
- 5) <https://deprem.afad.gov.tr/depremdetay?eventID=401376> ,14.04.2019



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alperen DOĞAN
Doğum Yeri ve Tarihi : VAN – 05.01.1987
Yabancı Dil : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05056966382 / alperen.dogan@cbu.edu.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)

Lise : Cumhuriyet Lisesi, (2001 – 2005)
Lisans : Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Geomatik Mühendisliği, (2006 – 2014)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2015 – 2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Demirel Harita (2010 – 2014)

Manisa Celal Bayar Üniversitesi (2015 – Devam ediyor.)

Yayınları

Doğan, A. , Tiryakioğlu, İ. , Turgut, B. , Umutlu, A.İ. , Özkaymak, Ç. , Poyraz, F. , Sözbilir, H. (2018). "Jeodezik Yöntemlerle Güncel Yüzey Deformasyonlarının Belirlenmesi; Sarıgöl Örneği, Gediz Grabeni", *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 22. Çalıştayı*, Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.