

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANİSA FAYI DOĞU SEGMENTİNİN
PALEOSİSMOLOJİSİ VE DEPREM ÜRETME
POTANSİYELİ

İsmail DURAN

Kasım, 2023

İZMİR

MANİSA FAYI DOĞU SEGMENTİNİN PALEOSİSMOLOJİSİ VE DEPREM ÜRETME POTANSİYELİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Yüksek Lisans
Programı

İsmail DURAN

Kasım, 2023

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

İSMAİL DURAN tarafından PROF.DR. HASAN SÖZBİLİR yönetiminde hazırlanan “MANİSA FAYI DOĞU SEGMENTİNİN PALEOSİSMOLOJİSİ VE DEPREM ÜRETME POTANSİYELİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR

Danışman

Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Talip GÜNGÖR

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım ve lisans eğitimim süresince tüm çalışmalarına katkıda bulunarak, tarafıma olan güveni ile çalışma azmimi artırıp bilgi birikimi ve tecrübelerini esirgmeden gelişimime katkıda bulunan danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm arazi, ofis çalışmalarındaki akademik yönlendirmeleri, eleştirileri ve önerilerine ek olarak günlük yaşantımda da gösterdiği desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli büyüğüm ve hocam Sayın Öğr. Gör. Semih ESKİ'ye, arazi çalışmalarından elde edilen yaşlandırma örneklerinin proses süreçlerinde katkısı olan Araş. Gör. Dr. Mustafa SOFTA'ya ve hendek çalışmalarında yardımcı olan değerli arkadaşım Umut ÖNCÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları DEÜ-DAUM döner sermaye projeleri kapsamında yapılmıştır (Proje Kodu: JEO.DAN.18.A07). Desteklerinden dolayı Sanko Enerji Sanayi Anonim Şirketi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Manisa Valiliği, Manisa Şehzadeler Belediyesi ve Manisa Yunus Emre Belediyesi çalışanlarına lojistik desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez dönemim, tüm öğrenim sürecim ve sosyal yaşantım boyunca yaşadığım tüm mutlu ve zorlu anlarımda hiçbir zaman karşılık beklemeden tüm maddi ve manevi desteğini üzerimden eksik etmeden tüm güveniyle yanımda olan babam Muammer DURAN'a, annem Nevcan DURAN'a, ablam Özlem KUNDAK ve değerli aile üyelerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İsmail DURAN

MANİSA FAYI DOĞU SEGMENTİNİN PALEOSİSMOLOJİSİ VE DEPREM ÜRETME POTANSİYELİ

ÖZ

Bu çalışma, Manisa il merkezinin içerisinde bulunduğu Manisa Fayı doğu segmentini kapsayan kesimlerinde yapılan yapısal jeolojik ve paleosismolojik çalışmalar neticesinde bölgenin güncel tektonik özelliklerini ve depremselliğinin ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır.

Deprem kataloglarına göre, Manisa ili ve çevresinde tarihsel dönemde çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Fakat bu depremlerin sismik kaynakları ile ilgili çalışmalar çok kısıtlıdır. Bu depremlerin önemli bir kısmına kaynaklık ettiği düşünülen Manisa Fayının batı segmenti üzerinde gelişen eski depremler ortaya konduğu halde, doğudaki segmentin neden olduğu depremlerle ilgili bilgiler henüz elde edilememiştir. Bu çalışmada, Manisa Fayı'nın doğu segmentini oluşturan (Kayapınar doğusu ile Yukarıçobanisa arasında kalan) fay izleri, 1:25000 ve 1:5000 ölçeğinde haritalanmış ve uygun alanlar belirlenerek ilk kez hendek tabanlı paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Haritalama çalışmalarına göre, Manisa Havzasının güneyini sınırlayan Manisa Fayı, güncel morfolojide belirgin kuzeye eğimli fay sarplıklarına sahip olan aktif bir yapıdır. Doğuda, Yukarıçobanisa ile Manisa il merkezi arasında KB-GD doğrultuda dış bükey geometriye sahiptir. Batıya doğru Manisa il merkezi ve Kayapınar arasında yaklaşık B-D, Kayapınar ile Akgedik arasında ise tekrar BKB-DGD doğrultu sunan Manisa Fayı 45 km'lik uzunluğa sahiptir.

Yapılan arazi gözlemleri doğrultusunda, inceleme alanında 5 adet paleosismoloji amaçlı hendek kazı yeri belirlenmiştir. Açılan hendeklerde yapılan incelemeler sonucunda, kolüvyal kamalardan ve paleotoprak seviyelerinden optik uyarımlı lüminesans (OSL) ve radyokarbon (^{14}C) metodlarının uygulanması adına 26 adet örnek alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde Geç Pleyistosen-

Holosen aralığında 6 adet yıkıcı depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir. Bu depremler sırasıyla 30.6 ± 8.8 bin yıl (E1), 15.0 ± 5.0 bin yıl (E2), $6,6 \pm 1,3$ bin yıl (E3), $2,9 \pm 1,3$ bin yıl (E4), $0,8 \pm 0,4$ bin yıl (E5), ve $0,1 \pm 0,1$ bin yıla (E6) tekabül etmektedir. İlgili depremlerin tekrarlanma aralığı Holosen dönemi için 950 ila 3800 yıl arasında bulunmuş olup, Manisa Fayının orta ve doğu bölümü için, en son depremin MS 1862 meydana geldiği değerlendirildiğinde, fayın 161 yıldır yıkıcı nitelikte deprem üretmediği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Manisa Fay Zonu, paleosismoloji, aktif fay, Gediz Grabeni, batı Anadolu

PALEOSEISMOLOGY AND EARTHQUAKE POTENTIAL OF MANİSA FAULT

ABSTRACT

This study aims to reveal the current tectonic characteristics and seismicity of the region as a result of the structural geological and paleoseismological studies carried out on the eastern segment of the Manisa Fault where Manisa city center is located.

According to earthquake catalogs, many destructive earthquakes have occurred in and around Manisa province in the historical period. However, studies on the seismic sources of these earthquakes are very limited. Although old earthquakes on the western segment of the Manisa Fault, which is thought to be the source of a significant number of these earthquakes, have been revealed, information about the earthquakes caused by the eastern segment has not yet been obtained. In this study, the fault traces of the eastern segment of the Manisa Fault (between Kayapınar east and Yukarıçobanisa) were mapped at 1:25000 and 1:5000 scales and trench-based paleoseismology studies were carried out for the first time by identifying suitable areas.

According to the mapping studies, Manisa Fault, which borders the southern part of Manisa Basin, is an active structure with prominent north-trending fault steepnesses in the current morphology. In the east, it has a convex geometry in the NW-SE direction between Yukarıçobanisa and Manisa city center. Towards the west, the Manisa Fault has a length of 45 km and presents approximately NW-SE strike between Manisa city center and Kayapınar and again NW-SSE strike between Kayapınar and Akgedik.

As a result of the field observations, 5 trench excavations for paleoseismology were identified in the study area. As a result of the investigations carried out in the trenches, 26 samples were taken from colluvial wedges and paleotopsoil levels for the application of optically stimulated luminescence (OSL) and radiocarbon (^{14}C) methods. When the obtained analysis results were evaluated, it was determined that it was the source of 6 destructive earthquakes in the Late Pleistocene-Holocene interval. These earthquakes correspond to 30.6 ± 8.8 thousand years (E1), 15.0 ± 5.0 thousand

years (E2), 6.6 ± 1.3 thousand years (E3), 2.9 ± 1.3 thousand years (E4), 0.8 ± 0.4 thousand years (E5), and 0.1 ± 0.1 thousand years (E6), respectively. The recurrence interval of the related earthquakes was found to be between 950 and 3800 years for the Holocene period, and considering that the last earthquake occurred in 1862 AD for the central and eastern part of the Manisa Fault, it is seen that the fault has not produced a destructive earthquake for 161 years.

Keywords: Manisa Fault Zone, paleoseismology, active fault, Gediz Graben, western Anatolia



İÇİNDEKİLER

	Page
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iiv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ	xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Çalışma Alanı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Yöntemler	2
1.3.1 Literatür Çalışması	2
1.3.2 Arazi Çalışması	2
1.3.3 Büro Çalışması	3
1.4 Önceki Çalışmalar	4

BÖLÜM İKİ - STRATİGRAFİ 6

2.1 Temel Kaya Birimleri.....	7
2.2 Neojen Havza Çökelleri	8
2.2.1 Kızıldere Grubu.....	8
2.2.2 Yuntdağı Volkanik Birimi	8
2.2.3 Karadağ Grubu	8
2.3 Kuvaterner Yaşlı Birimler	9

BÖLÜM ÜÇ - YAPISAL JEOLojİ11

3.1 Manisa Fayı	11
-----------------------	----

BÖLÜM DÖRT - PALEOSİSMOLOJİ23

4.1 Sismotektonik	23
4.2 Şahindere-1 Hendeği (H-1)	28
4.2.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler	28
4.2.2 Tarihleme	28
4.2.3 Değerlendirme	28
4.3 Şahindere-2 Hendeği (H-2)	29
4.3.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler	29
4.3.2 Tarihleme	29
4.3.3 Değerlendirme	30
4.4 Yarıkkaya Hendeği (H-3)	30
4.4.2 Tarihleme	31
4.4.3 Değerlendirme	31
4.5 Kırtık Hendeği (H-4)	32
4.5.2 Tarihleme	32
4.5.3 Değerlendirme	32
4.6 Anıt Hendeği (H-5)	33
4.6.2 Tarihleme	34
4.6.3 Değerlendirme	34
5. Paleosismolojik Yorum	34
BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR	37
KAYNAKLAR	39
EKLER	47
EK-1: Şahindere-1 Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi	47
EK-2: Şahindere-2 Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi	48
EK-3: Yarıkkaya Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi	49
EK-4: Kırtık Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi	50
EK-5: Kırtık Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 a) Çalışma alanının Türkiye tektoniği içerisindeki konumu b) Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji ve diri fay haritası.....	1
Şekil 2.1 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası	6
Şekil 2.2 Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş litostratigrafik kolon kesiti.....	7
Şekil 3.1 Manisa Fay'ın geometrisi ve segment özellikleri, (a) birleşme öncesi fay geometrisi, (b) birleşme sonrası fay geometrisi, fay işaretlerinin yakınındaki numaralardan 1, önceki hareketi; 2 ise sonraki hareketi göstermektedir, (c) çalışma alanının güncel görünümünü temsil eden blok diyagram.	11
Şekil 3.2 Yukarıkeçiliköy ile Uncubozköy arasında gözlenen geç Miyosen yaşlı Karadağ Grubuna ait çakıltası ve kumtaşlarının arazi görünümleri.....	12
Şekil 3.3 a) Uncubozköy güneyindeki vadi içerisinde gözlenen fay ve sınırladığı kaya birimleri b) Kuvaterner yaşlı güncel birim il Bornova Karmaşığı kayalarının açısız uyumsuz dokanağı c-d) Kaynak mahallesi çevresinde gözlenen kuzeye eğimli normal fay düzlemleri.....	14
Şekil 3.4 Batı kışla içerisinde yer alan kaya birimleri. a-b) Bornova Karmaşığı kayalarından türeme yelpaze çökelleri, c-d) kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasını kesen normal fay düzlemi, f) geç Miyosen yaşlı Karadağ Grubuna ait algal fosilli gölsel kireçtaşı	15
Şekil 3.5 a) Dere mahalle batısında yer alan serpanit bloğu yüzleği ve b-c) üzerindeki fay düzlemleri.	16
Şekil 3.6 a) Çaybaşı deresinin üzerinde bulunan eski su kemeri b) kireçtaşı ve denizaltı volkaniklerinin arazi görümü c-d) kuzeye eğimli normal fay düzlemleri e-f) vadi içerisindeki doğrultu atımlı fay düzlemi	17
Şekil 3.7 Bornova Karmaşığı ve Spilitik volkanik birimleri deforme eden doğrultu atımlı ve normal faylar	18

Şekil 3.8 a-b) Fay gerisindeki düşük eğimli ve faya yaklaştıkça eğim açısı artan kireçtaşlarının arazi görünüşleri (c ve d taş ocağı içerisinde çekilmiştir)	19
Şekil 3.9 Manisa fayına ait fay şevleri ve fay düzlemi üzerindeki yapıların arazi görünüşleri.....	20
Şekil 3.10 İyi pekleşmiş çimentolu yamaç molozlarının tektar taşınarak oluşturduğu birimin arazi görünümü	21
Şekil 3.11 Manisa Fayı'nın en iyi gözlemlendiği Manisa-Turgutlu yolu üzerinde bulunan yüzleklerine ait arazi görünüşleri.....	22
Şekil 4.1 Manisa bölgesinin sismotektonik haritası	24
Şekil 5.1 Manisa Fayı'nda gerçekleştirilen 5 adet hendek kazısından saptanan tüm verilerin Oxcal ve R programlamasında fayın kaynaklık ettiği deprem olaylarını gösteren istatistiki değerlendirme.....	36

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1 Manisa ve çevresinin tarihsel dönem deprem kayıtları.....	25
Tablo 4.2 Manisa bölgesinde meydana gelmiş $M \geq 3$ aletsel dönem depremlerinin listesi	26
Tablo 4.3 Manisa Fay Zonu'nun doğusunda gerçekleşen depremler ve tekrarlanma aralıkları.....	35



BÖLÜM BİR

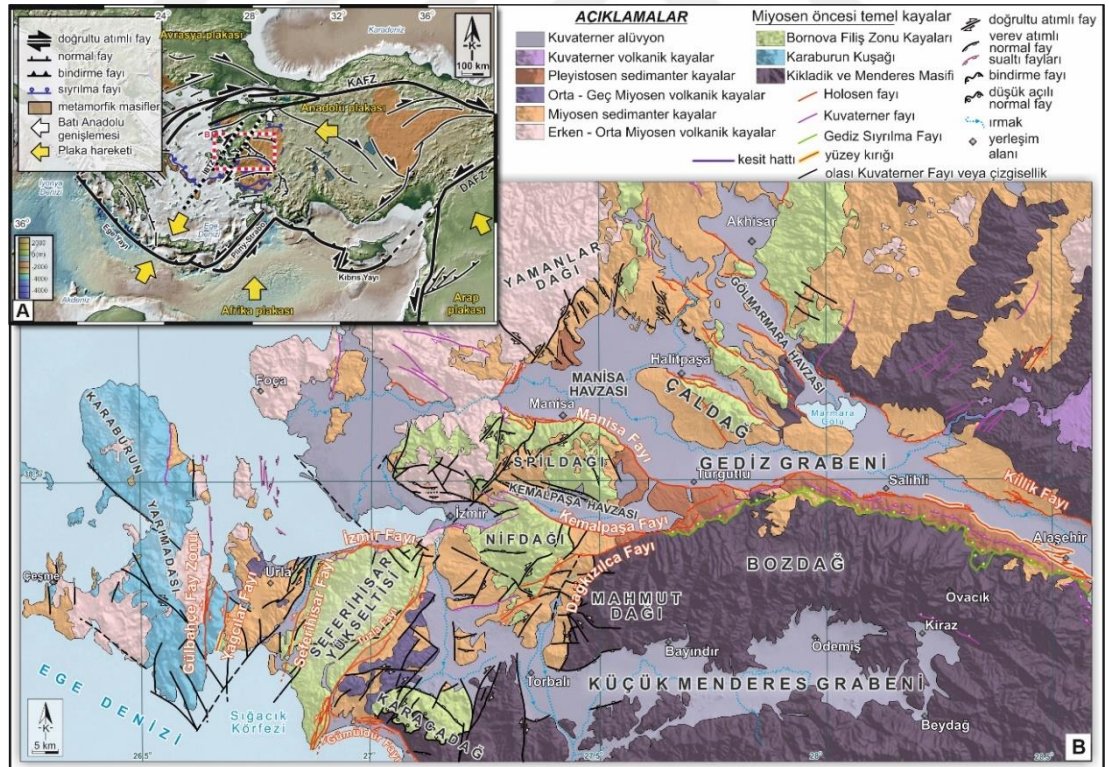
GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Yüksek lisans tez çalışma alanı Manisa Havzasının güney sınırındaki Manisa il merkezinden başlayarak doğuda Aşağıçobanisa'ya kadar uzanan Manisa Fayının parçalarını kapsamaktadır.

Manisa Havzası güneyinde yeralan Kemalpaşa Havzası ile arasında Spildağı yer almaktadır (Şekil 1.1). Batısında Yamanlar dağı, Doğusunda Çaldağ yükseltisi bulunmaktadır. Manisa Havzası, 27.1 ve 27.8 doğu boylamları ile 38.5 ve 38.9 kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır.

Bölgedeki önemli akarsular, Manisa Havzasındaki Gediz Nehrine birleşen Kum Nehri, Kemalpaşa Havzasından beslenen Nif nehridir. Gediz Nehri yaklaşık 200 metrelik uzunluğu sahiptir ve Ege Denizi'ne boşalmaktadır (Şekil 1.1b).



Şekil 1.1 a) Çalışma alanının Türkiye tektoniği içerisindeki konumu (b) Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji ve diri fay haritası (Eski vd., 2020 ve referanslarından değiştirilerek)

Manisa Havzası'nda Akdeniz iklimi ve bitki örtüsü baskındır, ancak kıyı kesimlerde yer yer İç Anadolu'nun karasal iklim özelliklerini de taşır. Yükseltiye bağlı olarak ova bitkileri, makiler, kuraklığa dayanıklı ve sürekli yeşil kalabilen akdeniz bitkileri ve ormanlar şeklinde bir yayılma göze çarpar. Ormanlık alanlar, güneyde Spildağı ve batıda Bozalan-Avdal arasında ve kuzeyde ise Sarıçam-Gökbel-Gökçe üçgeni arasında yoğunluk gösterir. Ormanlar yaygın olarak, Palamut, Meşe, Kızılçam, Karaçam ağaçlarından oluşur (Manisa Valiliği, 2013).

1.2 Çalışmanın Amacı

Yüksek Lisans Tez kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada Manisa Fayı'nın doğu kısmını oluşturan Yukarıçobanisa – Manisa arasında bulunan tarihsel dönemde yıkıcı deprem üretmiş ve gelecekte deprem üretmesi muhtemel diri fayların 1/10.000 ölçeğinde haritalanması, kinematik özelliklerinin belirlenmesi, yüzey faylanması tehlikesinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Manisa Fayı'nın doğu (Yukarıçobanisa – Manisa il merkezi) kısmında geçmiş dönemde ürettiği depremlerin belirlenmesi adına paleosismoloji tabanlı hendek çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

1.3 Yöntemler

1.3.1 Literatür Çalışması

Bu çalışma kapsamında, Manisa ve çevresinde daha önce yapılmış olan jeolojik, jeomorfolojik ve depremsellik ile ilgili çalışmalar incelenmiş, 1/100000, 1/25000, 1/10000 ve 1/5000 ölçekli topografik paftalar elde edilmiştir. Araziye çalışmaları öncesinde, proje alanı ve çevresinde konumlanan litolojik birimlere ait basılı kaynaklardan bilgi edinilerek bölgenin stratigrafisi yorumlanmıştır. Tez konusu olan ana yapısal unsur Manisa Fayı özelinde bölgede daha önce çalışma yapmış bilim insanlarının araştırmaları detaylı olarak incelenmiş ve özetlenmiştir. Bölgede meydana gelen tarihsel ve aletsel dönemlere ait kayıtlar incelenerek, Manisa Fayı'nın bu depremlere kaynaklık edip etmediği araştırılmıştır.

1.3.2 Arazi Çalışması

Çalışma alanını içeren 1/25000 ve 1/5000 ölçekli topografik ve imara esas haritalara, arazide gözlenen fayların konumları ve rake açıları ölçülerek çizilmiş ve arazi

defterine not alınmıştır. Fay düzlemlerinin net olarak gözleendiği lokal alanlarda fayın deforme ettiğı kaya birimleri incelenmiştir. Batıda Uncubozköy mahallesinden başlanarak doğuda Yukarıçobanisa mahallesine kadar olan kesimde fay izleri takip edilerek paleosismoloji çalışmaları için açılacak olan 5 adet hendek lokasyonu belirlenmiştir. Açılan hendek duvarlarında gözlenen fay ile ilişkili yapısal öğeler ile deforme ettiğı kaya birimleri arasındaki litostratigrafik/tektono-stratigrafik ilişkiler hendek içerisinde ve dışarısında ölçekli olarak milimetrik kağıtlara çizilerek (loglama) birimlere ait litolojik tanımlamalar yapılmıştır. Hendek duvarlarının fotoğraflamaları yapılmıştır. Hendek duvarlarında gözlenen fayların ölçümleri yapılarak fayın çalışma mekanizması hakkında veriler elde edilmiştir. Depremlerin tarihlendirilmesi ve önceki depremlerle korelasyonunun yapılabilmesi adına jeolojik birimlerden, kolüvyal kamalardan ve paleotopraklardan OSL ve C14 örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler; Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki tarihlendirme çalışmaları için örneklerin hazırlandığı laboratuvarında ve Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü'ndeki TL/OSL tarihlendirme laboratuvarında analiz edilmiştir.

1.3.3 Büro Çalışması

Arazide yapılan çalışmalar ve gözlemlerden elde edilen veriler dijital olarak bilgisayar ortamında belirli bir sistematik ile kayıt altına alınmıştır. 1/25000 ve 1/5000 ölçeğinde haritalanan faylar bilgisayar ortamında yeniden çizilerek jeoloji ve yapısal jeoloji haritaları oluşturulmuştur. Hendek duvarlarına ait fotoğraflar uygun program yardımıyla yanal olarak birleştirilmiştir. Hendek duvarı loglamalarına ait milimetrik kağıtlar taratılarak çizim programlarında dijitalize edilmiştir.

FaultKinWin yazılımı aracılığıyla, arazide gözlenen faylara ait kinematik veriler plotlar halinde gözlem bölgelerine ayrı ayrı analiz edilmiştir.

1.4 Önceki Çalışmalar

Allen (1974) tarafından Manisa Fay Zonu'na ait kayma düzlemleri ilk kez tanımlanmıştır. Çalışmacı, Manisa ilinin güneydoğusunda yer alan fay düzlemlerinde yaptığı incelemelerde Holosen'deki yüzey faylanmalarının bu faydan kaynaklı olabileceğini belirtmiştir.

Hancock ve Barka (1987)'nin yaptığı çalışmada, aktif Manisa Fay Zonu'nun geniş oluklu bir yapıya sahip olduğunu ve zon boyunca breşik yapıların gözlemlendiğini ifade edilmektedir. Fay düzlemleri üzerinde yaptıkları gözlemlere göre, K-G açılımlı rejimin etkisiyle Kuvaterner'de normal fay olarak çalıştığını belirtmişlerdir.

Paton (1992), Manisa'nın güneyinde ve doğusunda Mesozoik yaşlı temele ait karbonatlı kayalarda iyi korunmuş breşik haldeki fay düzlemlerinin varlığından bahsetmektedir. Çalışmacı, fay düzlemleri üzerinde yaptığı ölçümlere göre fayın eğim atımlı normal fay karakterinde olduğunu belirtmektedir. Ayrıca yer yer doğrultu-atımlı hareket vektörlerinden de bahseder.

Hakyemez vd. (1999), erken Holosen'de Manisa Fayı'nın eğimli atımlı normal fay karakterinde çalıştığını ve havzanın güneye doğru tiltlendiğinden bahsetmektedir. Bunun gerekçesi olarak da Gediz Nehri tabanının aşınarak 5 metre güneye taşındığını öne sürmektedir.

Emre vd. (2005)'e göre, Manisa Havzası'nın güneybatısında Gediz ovasının son bulunduğu Muradiye bölgesindeki Bağyolu ve Gediz Nehri arasında 8 km uzunluğa sahip KD-GB doğrultulu transfer zonu karakterindeki sol yanal doğrultu atımlı fay yer almaktadır.

Bozkurt ve Sözbilir (2006)'in Manisa'nın doğusunda kalan bölgede yer alan fayların kayma düzlemlerinde yaptıkları kinematik analiz çalışmalarına göre, Fay zonunun Kuvaterner süresince eğim atımlı normal fay niteliğinde çalıştığını belirtirler. Çalışmacılar, fay düzlemleri üzerinde iki tip kayma vektöründen bahsetmişlerdir. Buna göre, ilk fazda sol yanal doğrultu atım karakterinde çalıştığını, ikinci fazın ise batı Anadolu'daki genişlemeli tektonik rejim etkisiyle gelişen normal faylanma

olduğunu belirtmişlerdir. Ek olarak Manisa Fay Zonu'nun doğu kesimlerini temsil eden parçalarının aktarım rampası olabileceğini öne sürmüşlerdir.

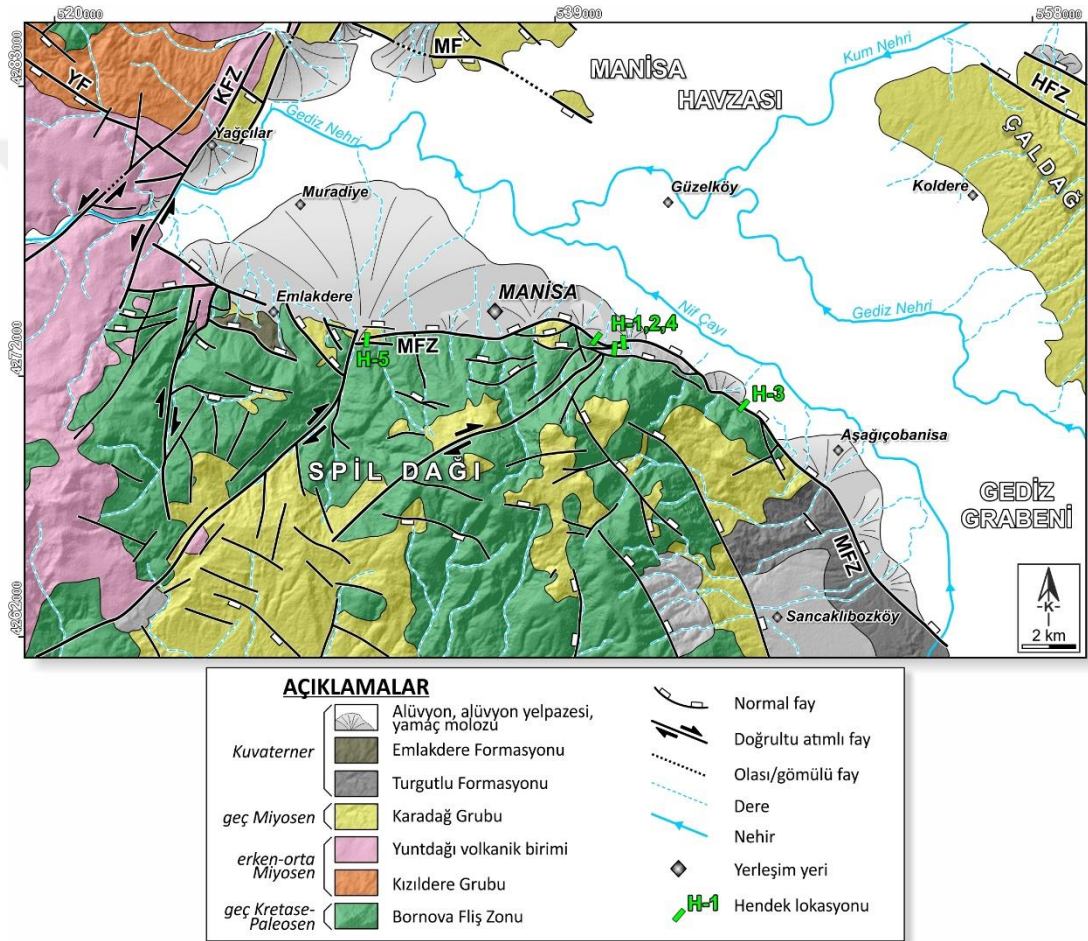
Özkaymak ve Sözbilir (2008), Manisa Fay Zonu'nun batı kesiminde reaktivasyonun varlığını gösteren stratigrafik ve yapısal verileri yorumlamışlardır. Çalışmacılar, Manisa Fay Zonu'nun Miyosenden bu yana üç kez hareket ettiğini belirtirler. Buna göre; Miyosen-Erken Pliyosen aralığındaki sıkışmanın etkisiyle sol yanal doğrultu atımlı faylanmanın geliştiğini, KD-GB uzanımlı Pliyo-Kuvaternerdeki genişlemeli rejim etkisiyle batı ucunda sağ yönlü verev atım bileşenli faylanmanın meydana geldiğini ve son olarak da KD-GB uzanımlı genişlemeli tektonik rejim etkisiyle Manisa Fay Zonu'nun yeniden aktif hale geçmesiyle saf eğim atımlı normal fay karakterinde çalıştığını belirtirler.

Özkaymak vd. (2011), ilk kez Manisa Fay Zonu'nun Holosen aktivitesine ait yaptıkları paleosismolojik çalışmada üç depreme ait izler tespit etmişlerdir; bunlar sırasıyla, 926, 1595 veya 1664 ve 1845 depremlerine karşılık gelmektedir. Manisa Fay Zonu'nun geç Pleyistosen ve Holosen'de bölgede meydana gelen ve yüzey kırığı oluşturan depremlere kaynaklık ettiğini belirtirler.

Özkaymak (2012), doktora tezi kapsamında Manisa Havzası'nın jeomorfolojik yapısı, bölgedeki Kuvaterner yaşlı kayaların stratigrafik konumları ve depremsellik çalışmaları ile Manisa Havzası'nın neotektonik ve aktif tektonik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir.

BÖLÜM İKİ STRATİGRAFİ

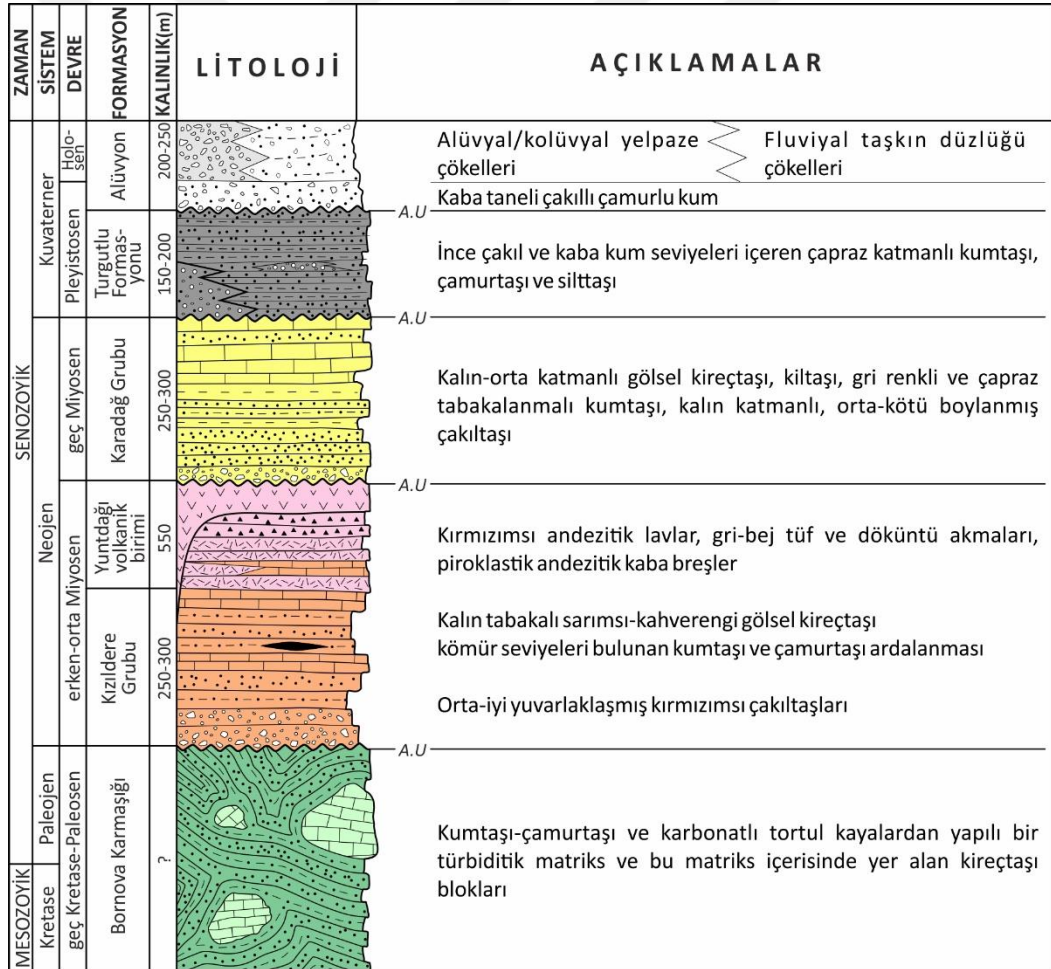
Çalışma alanı ve çevresi Geç Kretaseden itibaren günümüze kadar farklı litoloji ve yaşlarda kaya birimlerini içermektedir (Şekil 2.1). Geç Kretase–Paleosen yaşlı Bornova Fliş Zonu (Erdoğan, 1990; Okay vd., 1996) ile Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalar bölgede yüzlek veren Kuvaterner öncesi birimlerdir (Özkaymak, 2012).



Şekil 2.1 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Özkaymak vd., 2011; Özkaymak 2012; Duran vd., 2021’den değiştirilmiştir)

2.1 Temel Kaya Birimleri

Çalışma alanında yüzlek veren temel kaya birimleri, geç Kretase-Paleosen zaman aralığında çökelen kumtaşı ve şeyl matriksi içerisine sürüklenmiş olan Mesozoik yaşlı devasa kireçtaşı, çört, denizaltı volkanitleri ve serpantinit bloklarından oluşur (Özkaymak vd. 2013). Erdoğan (1990) bu çökelleri Bornova Karmaşığı; Okay ve Siyako (1993) ise Bornova Fliş Zonu olarak adlandırmıştır ve bu çalışmada Bornova Karmaşığı (BK) adı altında incelenmiştir. BK'nın yaşı Maastrichtiyen (geç Kretase)-Paleosen zaman aralığı olarak belirtilmiştir (Erdoğan, 1990; Okay vd. 1996). Menderes masifi ile İzmir-Ankara Kenet Zonu arasında kalan bölgede bulur ve düşük dereceli metamorfizmaya uğramıştır (Erdoğan, 1990; Okay ve Altınar, 2007; Okay ve Siyako, 1993).



Şekil 2.2 Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş litostratigrafik kolon kesiti (Özkaymak, 2012'den değiştirilmiştir). Kısaltmalar: A.U., aşıl uyumsuzluk

2.2 Neojen Havza Çökelleri

2.2.1 Kızıldere Grubu

Bornova Karmaşığı'nı açısız uyumsuzlukla üstleyen Erken-Orta Miyosen yaşlı Kızıldere Grubu, çalışma alanının batısında, Yunt dağı bölgesinde yüzlek vermektedir. Birim, tabanda aramaddesi kum olan temelden türeme gri ve kırmızımsı çakıltaşı ardalanması ile başlar. Çakıltaşları iyi-orta yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmışlardır. Üste doğru içerisinde yer yer kömür seviyeleri ve kireçtaşı ardalanması gözlenen kumtaşı ve çamurtaşına geçiş gösterir. Bu birimler orta derecede kıvrımlanmış ve KD-GB ve KB-GD uzanımlı doğrultu atımlı faylar ile deforme edilmişlerdir. Bununla beraber, Kızıldere Grubu'nun orta ve üst seviyelerinde büyük ölçekli çökelimle eşyaşı deformasyonlar yaygın olarak gözlenir. İstifin üst seviyeleri, kalın tabakalı sarımsı kahverengi gölsel kireçtaşları ile karakteristiktir (Şekil 2.2).

2.2.2 Yunt dağı Volkanik Birimi

Kızıldere Grubu'nu uyumlu bir şekilde üzerleyen Yunt dağı Volkanik Birimi, çalışma alanının batısında Yunt dağı bölgesindeki geniş alanlarda yüzlek vermektedir (Şekil 2.1). Genel olarak kırmızımsı andezitik lavlar, gri-bej tuf ve döküntü akmaları ile temsil edilir. Birimin alt düzeylerini oluşturan tuf düzeyleri Kızıldere Grubu'nun kireçtaşı düzeyleriyle ardalanır. Daha üst seviyelerde, piroklastik andezitik kaba breşler tüflerin üzerinde yer alırlar. Birimin en üst seviyeleri, topografik olarak da yüksek alanlarda haritalanan lav akışları ile temsil edilirler. Birimin yaşı erken-orta Miyosen (Aquitaniyan-Langhian) olarak verilmiştir (Borsi vd. 1972; Ercan vd. 1985, 1996; Savaşın, 1978). Akyürek ve Soysal (1983)'e göre Yunt dağı volkanik biriminin kalınlığı 550 metredir. Birim, Manisa Havzası'nda geniş alanlar kaplayan Karadağ Grubu'nu oluşturan flüviyal ve gölsel ardalanmalar ile uyumsuz olarak üzerlenir (Özkaymak, 2012).

2.2.3 Karadağ Grubu

Karadağ Grubu, tabanda karasal kırıntılar ile başlar, baskın litoloji, kalın katmanlı, gri renkli kumlu aramadde içerisine yerleşmiş olan kötü-orta boylanmış çakıltaşlarıdır. Tanelerin kökeni yoğun olarak Yunt dağı volkanik birimi kayalarına ve Bornova Fliş

Zonu'na aittir. Çakıltaşları gri-yeşil renkli kumtaşları ve kıltaşları ile ardalanmalı olarak yer alır. Birim, üst seviyelere doğru ince katmanlı kireçtaşları ve çapraz katmanlanmalı kumtaşlarına geçişlidir. Gri renkli, çapraz tabakalı kumtaşları baskın halde yer alırlar. Orta kesimlerde baskın olarak gri-bej gölsel kireçtaşları, marn ve kil içeren karbonat baskın istif ile karakteristiktir. Üst seviyelere doğru, istif sarımsı-kahverengi gölsel kireçtaşları ile sonlanır. Karadağ Grubu'nun üst seviyeleri Bozkurt ve Sözbilir (2006) tarafından Spildağı üzerinde haritalanmış ve tanımlanmıştır.

2.3 Kuvaterner Yaşlı Birimler

Turgutlu Formasyonu ilk defa Paton (1992) tarafından Turgutlu yerleşimi batısında tanımlanmıştır. Genel olarak ince çakıl ve kaba kum seviyeleri içeren çapraz katmanlı kumtaşları, çakıltaşları, killi çamurtaşı ve silt arakatmanlarından oluşur. Birim Karadağ Grubu üzerinde uyumsuz olarak bulunur ve Holosen yaşlı alüvyal-kolüvyal yelpaze çökelleri ile uyumsuz olarak örtülür. Turgutlu Formasyonu, Manisa Havzası'nın güneybatısında, Turgutlu ve Manisa yerleşim alanlarının arasında kalan bölgede geniş alanlar kaplar. Birimin tip kesiti Yukarıçobanisa Köyü güneydoğusunda açılan yol yarmaları boyunca açık olarak gözlenir. Birimin tabanı, iyi yuvarlaklaşmış kaba çakıllı ve kumlu seviyelerden oluşur. Çakıllar kötü-orta boylanmış, orta derecede yuvarlaklaşmıştır. Bazı seviyelerde tabakalı kumtaşlarını aşınmalı bir tabanla üzerlediği görülmektedir. Bileşenlerinin büyük çoğunluğunu kireçtaşı, kumtaşı ve volkanik parçalar oluşturmakta olup, bunlar Spildağı'nda yüzlek veren Bornova Fliş Zonu'na ait birimler ve Miyosen yaşlı sedimanter kayalardan türemiştir.

Manisa Havzası'nın kuzey bölümünde yer alan Bahadır Köyü kuzeybatısında 8 km uzunluğunda ve yaklaşık K-G uzanımlı tektonik koridor boyunca gözlenen birim genel olarak iyi yuvarlaklaşmış aramade destekli çakıltaşlarından oluşur. Bu çökeller, MTA (2008) tarafından Bahadır bölgesinde yapılan çalışmalarda Kuvaterner yaşlı eski alüvyon, taraça çökelleri olarak tanımlanmıştır.

Manisa Fay Zonu'nun batı bölümünde Emlakdere ve Gürle köyleri arasında yer alan alüvyal ve kolüvyal fay önü çökellerinden oluşmaktadır. Emlakdere Alloformasyonu'nun toplamda yaklaşık 200 m kalınlığa ulaşan tipik kesiti, Emlakdere

ile Gürle köyleri arasında yeralan yol yarmaları boyunca açık olarak gözlenmektedir (Özkaymak vd. 2013).

Arazi verileri, fay zonu boyunca saptanan 3 ana bölümün birleşim yerlerinde, kuzeydoğuya doğru akan derelerin yer aldığını ve bu derelerin önemli oranda çökel yüklü alüvyon yelpazeleri oluşturduğunu göstermektedir. Bunlardan bir tanesi olan Kırtık Deresi, grabene Manisa'nın 1 km güneydoğusunda, Manisa Fay Zonu'nun B–D doğrultusuna kıvrımlandığı bölgede girer. Karaçay Deresi, grabene Manisa şehrinin 6 km batısında, fay zonunun 0,5 km dirsek yaptığı bölgede, Gürleçayı ise Manastır Fayı'nın bittiği noktada girer. Bu dereler havzaya yüksek çökel yükü taşırlar ve dolayısıyla bölgede baskın alüvyal yelpaze çökelimlerinden sorumludurlar. Böylece, fay zonu bölümlerinin bitim noktalarında iri taneli çökellerden oluşan geniş alüvyal yelpaze çökelleri yer alır.

Kısaltmalar: GuR, Gürleçayı; KaR, Karaçay; KoR, Kocadere; ÇaR, Çaybaşı Deresi; K1R, Kırtık Deresi; S1R, Sırtlangöçü Deresi; KocR, Kocakızıl Deresi; ER, Eşref Deresi (Özkaymak, 2012)

Yapılan haritalama çalışmaları merkez bölüm ve doğu bölüm üzerinde toplam 25 km uzunluğa sahip fay parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara göre; Yukarıkeçiliköy ve Uncubozköy arasında yapılan gözlemlerde geç Miyosen yaşlı Karadağ grubuna ait kumtaşları ve çakıltaşları gözlenmiştir. Çakıltaşı yüzleği detaylı incelendiğinde, yuvarlaklaşması ve boylanması iyi, kumtaşı aramada destekli, yer yer tane destekli çört, kuvarsit, kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı gibi çok tane bileşenli olduğu görülmüştür. Söz konusu tanelerin bileşenleri Bornova Karmaşığı'na ait kayalardan türeme olduğu yorumlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Yukarıkeçiliköy ile Uncubozköy arasında gözlenen geç Miyosen yaşlı Karadağ Grubuna ait çakıltaşı ve kumtaşlarının arazi görünüşleri (Kişisel arşiv, 2020)

Uncubozköy güneyinde yer alan vadi içerisinde düzlemsel olarak belirgin bir şekilde gözlenemese de kabaca K16D/64GD konumuna sahip faylanmanın olduğu ve

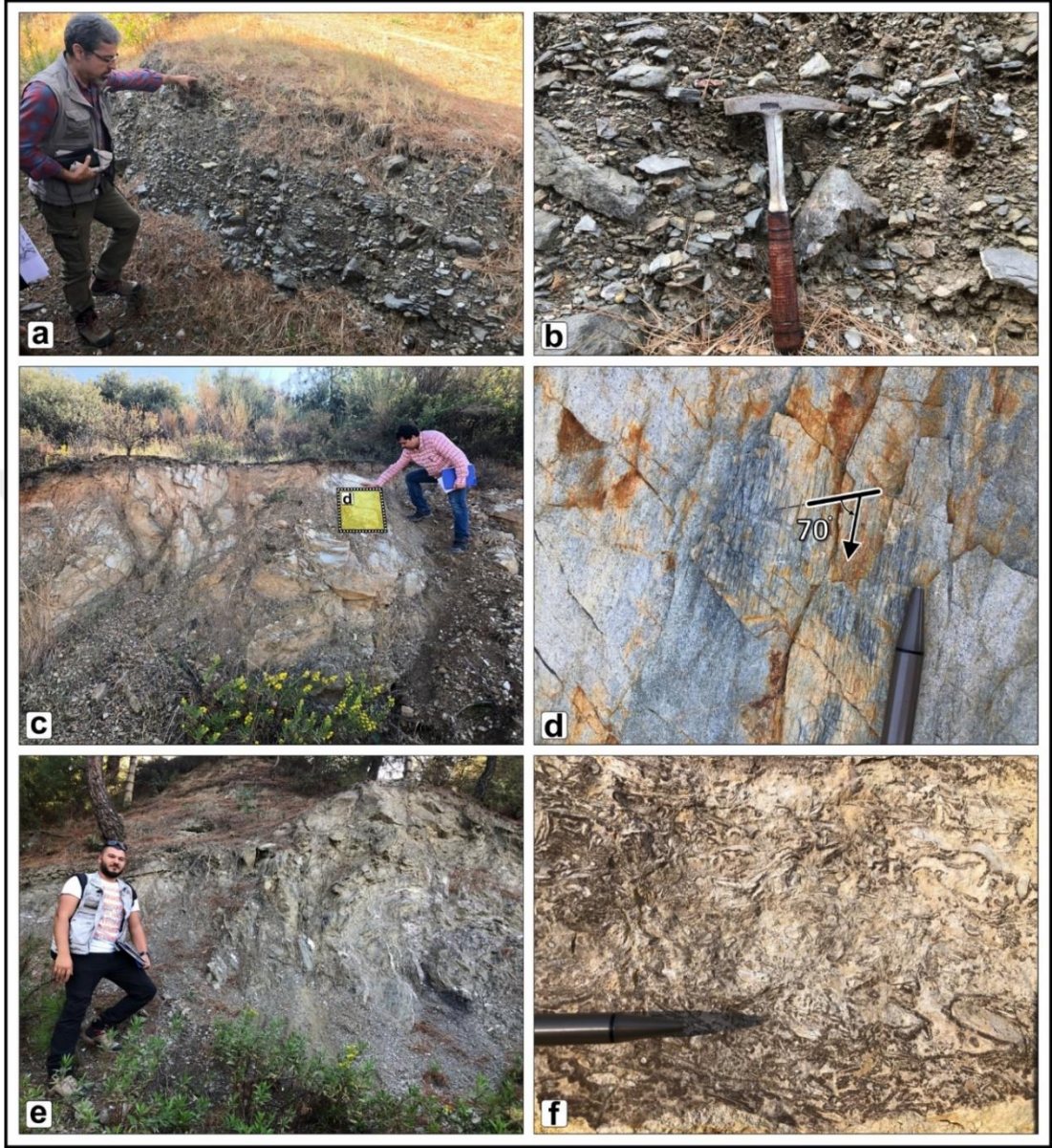
geç Miyosen birimler ile Bornova Karmaşığı kayalarını yan yana getirdiğı (Şekil 3.3a) ve yer yer K5B/21KD konumlu Kuvaterner yaşlı güncel çökellerin K80B/35GB konumlu karmaşığa ait kayaları açısız uyumsuzluk ile örttüğü gözlenmiştir (Şekil 3.3b).

Manisa Fayı'nın içerisinde geçtiğı Manisa Merkez Albay Arif Seyhun Kışlası (Batı kışla) sınırlarında yapılan arazi gözlemlerinde, askeri alanının güney kenarında Bornova Karmaşığı'nın matriksini oluşturan kumtaşı-çamurtaşı temel kayalarını sınırladılan normal fay ve bu kayalardan türeme taneler içeren yelpaze çökelleri gözlemlenmektedir. Alanın kuzeyine ilerledikçe Manisa Fayı'nın Bornova Karmaşığı kayaları ile geç Miyosen yaşlı algal fosiller içeren gölsey kireçtaşlarını sınırladığı görölmektedir (Şekil 3.4).

Kaynak mahallesi ile Sivricik Tepe arasında kalan alanda Manisa Fayı'na ait K84B/61KD, K72B/67KD konumlu düzlemler gözlenir ve fay düzlemi üzerinde bulunan hareket yönü çizikleri incelendiğinde verrev atımlı normal faylanmanın gerçekleştiğı anlaşılmaktadır. Buna ek olarak Terelik Bağları mevkiindeki vadi içerisinde yaklaşık K-G doğrultulu daha yaşlı faylar da gözlenmiştir. Dere mahalle batısında yüzlek veren ve Bornova Karmaşığı içerisinde yer alan serpantinitle bloğu yaklaşık B-D doğrultulu ve KB'dan 40-60° rake açısına sahip kuzeye eğimli verrev atımlı normal faylar ile kesilmiştir (Şekil 3.5). Çaybaşı deresinin konumlu olduğı vadi içerisinde (0563943/4273104) yine Bornova Karmaşığı'na ait kireçtaşı ve deniz altı volkanik kayalarının dokanağı görölmektedir (Şekil 3.6b). Çaybaşı deresinin bulunduğı vadi içerisinde daha önceki bir evreye ait yaklaşık K-G uzanan doğrultu atımlı faylanmanın izleri gözlenmektedir (Şekil 3.6e,f) Aynı yerde bulunan ve bu fayı ve vadiyi kesen Manisa Fayı'na ait K70-80B/56-59KD'ya eğimli fay düzlemleri bulunmaktadır. Fay düzlemi üzerindeki fay çizikleri GD'dan 63-65° rake açısına sahiptir. Bu veriler doğrultusunda kuzeye eğimli normal faylanmanın var olduğı gözlemlenmiştir (Şekil 3.6c,d).



Şekil 3.3 a) Uncubozköy güneyindeki vadi içerisinde gözlenen fay ve sınırladığı kaya birimleri b) Kuvaterner yaşlı güncel birim ile Bornova Karmaşığı kayalarının açısal uyumsuz dokanağı c- d) Kaynak mahallesi çevresinde gözlenen kuzeye eğimli normal fay düzlemleri (Kişisel arşiv, 2020)



Şekil 3.4 Batı kışla içerisinde yer alan kaya birimleri. a-b) Bornova Fliş Zonu kayalarından türeme yelpaze çökelleri, c-d) kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasını kesen normal fay düzlemi, f) geç Miyosen yaşlı Karadağ Grubuna ait algal fosilli gölsel kireçtaşı (Kişisel arşiv, 2020)

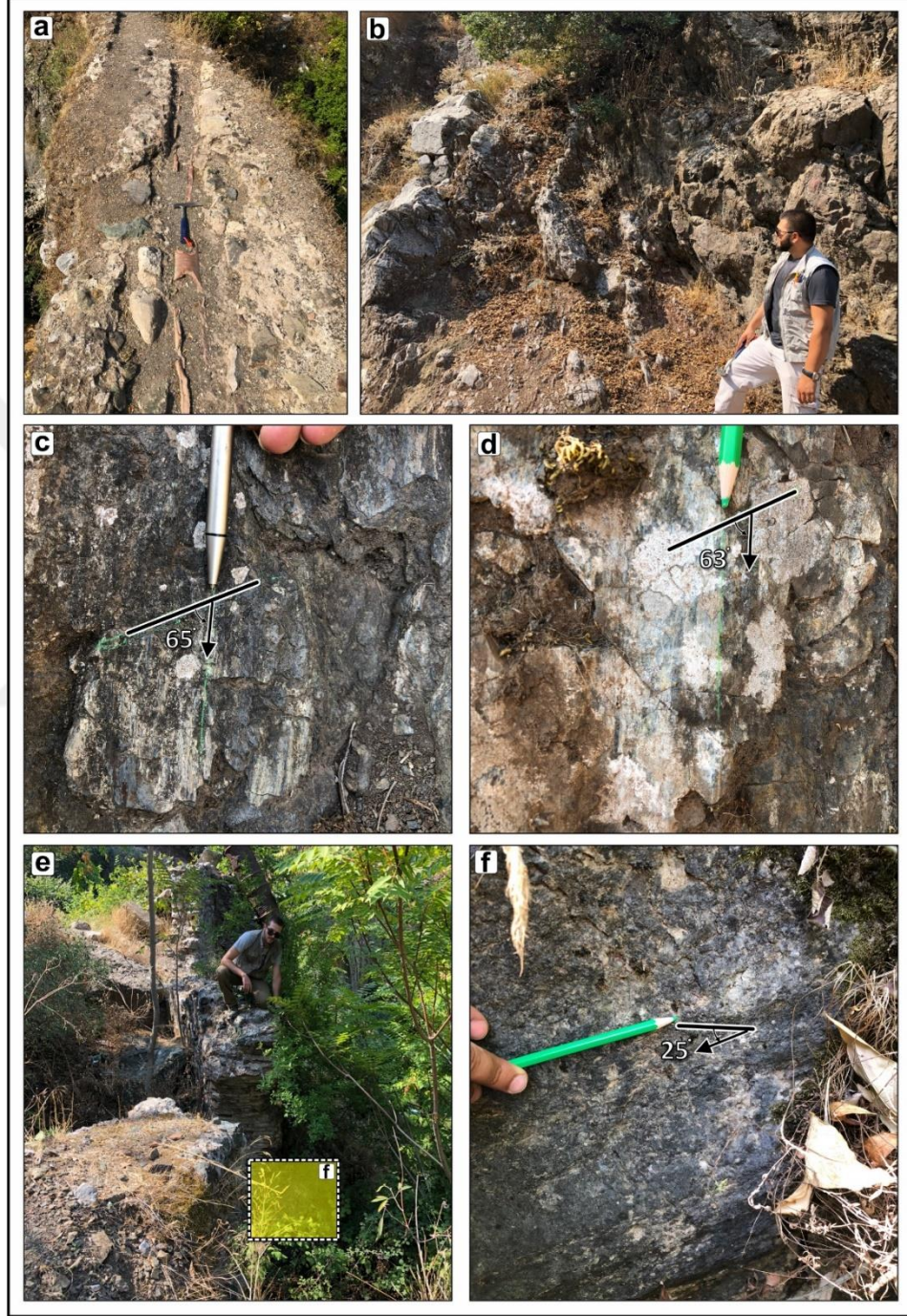
Amfi tiyatronun bulunduğu bu bölgede, Bornova Karmaşığı içerisinde yer alan volkanik kökenli ve gaz boşluklu kayaları deforme eden K-G uzanımlı doğrultu atımlı faylar ve bu fayları da kesen normal faylanma evrelerinin izleri yer almaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.5 a) Dere mahalle batısında yer alan serpanit bloğu yüzleği ve b-c)üzerindeki fay düzlemleri (Kişisel arşiv, 2020)

Vali Parkı Polis Lokali'nin kurulu olduğu bölgede Geç Miyosen yaşlı Karadağ Grubuna ait girimsi-bej renkli dolomitik kireçtaşları bulunmaktadır. Belirgin katmanlanma gösteren kireçtaşlarının konumu K60D/29KB olarak ölçülmüştür. İçerisinde sedimanter yapı olarak alev yapıları ve yük kalıbı yapıları gözlenmektedir (Şekil 3.8). Kireçtaşları doğuya doğru yanal devamlılık gösterir. Birinci Çatal Mezarlığı'nın güney sınırında daha önceden taş ocağı olarak işletilmiş olan kireçtaşları

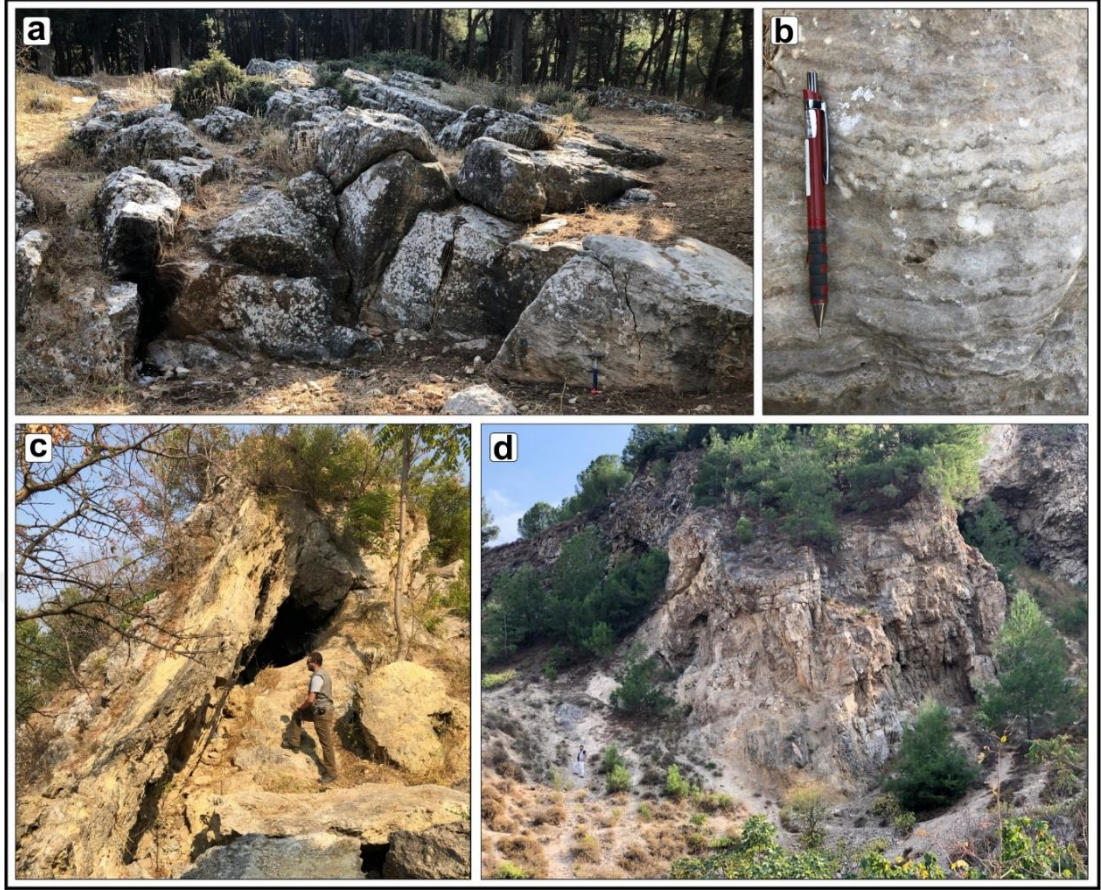
fayın gerisinde daha düşük eğim açısına sahipken faya yaklaştıkça eğiminin 42-53° derecelere ulaştığı ve tabaka düzlemlerinin de zayıflık zonuna dönüşerek faylandığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.8c). Bu düzlemler boyunca kalsit sıvamaları bulunmaktadır.



Şekil 3.6 a) Çaybaşı deresinin üzerinde bulunan eski su kemeri b) kireçtaşı ve denizaltı volkaniklerinin arazi görünümü c-d) kuzeye eğimli normal fay düzlemleri e-f) vadi içerisindeki doğrultu atımlı fay düzlemi (Kişisel arşiv, 2020)



Şekil 3.7 Bornova Karmaşığı ve Spilitik volkanik birimlerini deforme eden doğrultu atımlı ve normal faylar (0536937/4273224) (Kişisel arşiv, 2020)



Şekil 3.8 a-b) Fay gerisindeki düşük eğimli ve faya yaklaştıkça eğim açısı artan kireçtaşlarının arazi görünüşleri (c ve d taş ocağı içerisinde çekilmiştir) (Kişisel arşiv, 2020)

Kanlıdağ ile Yardibi mevkiindeki (eski çöp depolama alanı) kireçtaşlarından yapılmış basamaklı fay şevleri topoğrafyada oldukça dikkat çekicidir. Fay düzlemi konumları K63-76D/64-67KB ve K68B/51KD arasında değişkenlik göstermektedir. Fay düzlemleri üzerinde belirgin fay çizikleri ve fay olukları bulunmaktadır. Bu kinematik veriler birlikte değerlendirildiğinde fayın bu kesiminin verev atımlı normal fay karakterinde çalıştığını göstermektedir (Şekil 3.9).

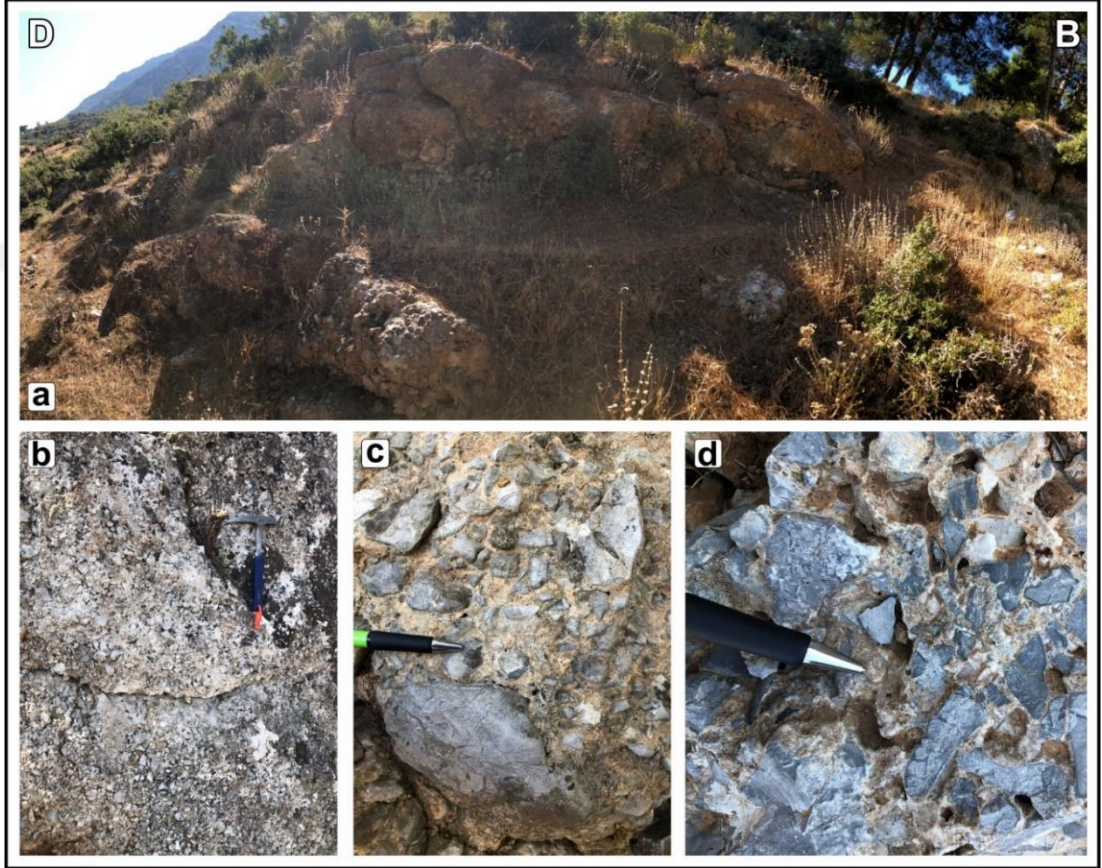
Konutların bulunduğu alana doğru ilerledikçe topoğrafyada gözlenen açılmalar, lokal ölçekte gelişen kaymalar, istinat duvarları ve asfaltta meydana gelen deformasyonlar burada aktif bir heyelanın var olduğunu göstermektedir. Bu tür deformasyonların koşut olarak bulunan K78D/74KB doğrultulu normal fayın

varlığından dolayı da kaynaklanabileceği yorumu yapılmıştır. Bu sebeple ilgili alan içerisinde paleosismolojik hendek lokasyonları belirlenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.9 Manisa fayına ait fay şevleri ve fay düzlemi üzerindeki yapıların arazi görünümleri (Kişisel arşiv, 2020)

Heyelan bölgesinden güneye doğru ilerledikçe K21B/12GB konumlu çakıltaşları yüzlek vermektedir. Çakıltaşları detaylı incelendiğinde iyi pekleşmiş, çimento aramaddeli yamaç molozu çökellerinin tekrar taşınarak oluşturduğu bir fasiyes olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.10c,d).



Şekil 3.10 İyi pekleşmiş yamaç çimentolu yamaç molozlarının tektar taşınarak oluşturduğu birimin arazi görünümü (Kişisel arşiv, 2020)

Manisa-Turgutlu yolu yolu üzerindeki atış poligonun bulunduğu mevkiide Manisa Fayı, yapısal özellikleri bakımından en iyi şekilde gözlemlenebilmektedir. Kireçtaşını sınırlayan fay düzlemi üzerindeki fay olukları, fay ketikleri ve fay çizikleri oldukça karakteristiktir. Manisa Fayı bu alanda K40-64B/47-51KD doğrultu ve eğime sahiptir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Manisa Fayı'nın en iyi gözlendiği Manisa-Turgutlu yolu üzerinde bulunan yüzleklerine ait arazi görüntüleri (Kişisel arşiv, 2020)

BÖLÜM DÖRT

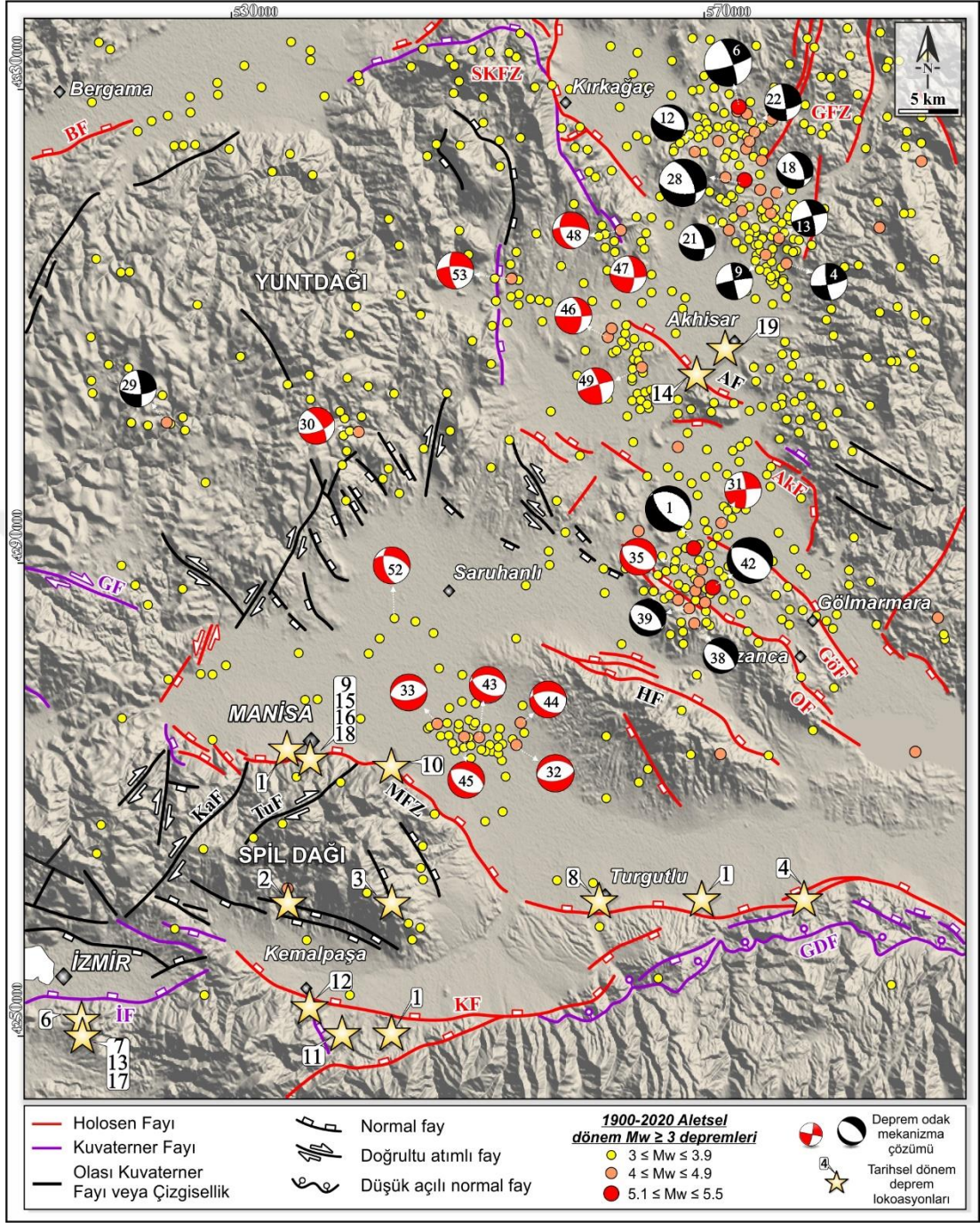
PALEOSİSMOLOJİ

4.1 Sismotektonik

Batı Anadolu dünyanın sismik açıdan en aktif bölgelerinden biridir (Şengör vd., 1985; Taymaz vd., 1991; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Pavlides, 1996; Papazachos ve Papazachou, 1997; Altunel, 1999; Koçyiğit vd., 1999; Bozkurt, 2001; Akyüz ve Altunel, 2001; Caputo vd., 2004; Pavlides ve Caputo, 2004; Caputo ve Helly, 2008; Akyol vd., 2006). Bugüne kadar yapılan jeolojik ve sismolojik çalışmalar, İzmir, Manisa ve çevresindeki alanın KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı ve KB-GD, KD-GB ve D-B uzanımlı eğim/verev atımlı normal faylanmanın hâkim olduğunu göstermektedir. Bu aktif yapılar birlikte çalışmaktadır ve hem tarihsel hem de aletsel dönemde bölgede meydana gelen birçok büyük depremden sorumludurlar (Taymaz vd., 1991; Emre vd., 2005; Akyol vd., 2006; Zhu vd., 2006; Aktar vd., 2007; Tan vd., 2008; Sözbilir vd., 2008, 2009; Özkaymak vd., 2011; Uzel vd., 2012).

Manisa Fayı ve bu faylara bağlanan çok sayıda aktif fay, Türkiye Diri Fay Haritasına göre (Emre vd., 2012, 2016) Holosen Fayı/Kuvaterner Fayı ve Çizgisellik sınıfında değerlendirilmektedir (Şekil 4.1). Bu fayların kuzeyde Bergama Fayı'ndan başlayarak güneyde Kemalpaşa Fayı'na kadar uzunluğu 5 ile 40 km arasında ve üretebileceği maksimum depremler ise 6,3 ile 6,9 arasında değişmektedir (Emre ve diğ., 2018). Son 10 yılda Manisa ve çevresinde gerçekleşen büyüklüğü 6,0'e ulaşan depremler bölgedeki sismik aktivitenin devam ettiğinin önemli bir göstergesidir.

Manisa merkezli 1900 yılı ve öncesini kapsayan şiddeti V'i geçen 19 adet tarihsel dönem depremleri ise MS 17 depremi ve MS 1873 arasında değişmektedir (örn. Soysal ve diğ. 1981; Ambraseys, 2009; Başarır Baştürk vd., 2016), (Tablo 4.1). Daha önce Manisa Fay Zonu'nun batı kesiminde gerçekleştirilen paleosismolojik çalışmalarda (Özkaymak vd., 2011) fayın ilgili bölümünün tarihsel dönem depremlerinden MS 1845 depremine kaynaklık ettiği saptanmıştır. Son 100 yılda bölgede oluşan Aletsel Dönem depremleri değerlendirildiğinde, AFAD-ERD ve KOERI kayıtlarından, büyüklüğü 3'ü aşan 50'nin üzerinde deprem listelenmiştir (Şekil 4.1 ve Tablo 4.2).



Şekil 4.1 Manisa bölgesinin sismotektonik haritası (Duran vd., 2021'den değiştirilerek). Sarı yıldızlar tarihsel depremleri, sarı, turuncu ve kırmızı noktalar ise aletsel dönem $M \geq 3$ den büyük depremlerin episantrını gösterir. Deprem verileri AFAD (ERD)' den alınmıştır. (Faylar ise şu çalışmalardan alınmıştır; Özkaymak vd., 2011; Emre vd., 2012; Eski vd., 2020). Kısaltmalar: (MFZ) Manisa Fay Zonu; (İF) İzmir Fayı; (KF) Kemalpaşa Fayı; (GDF) Gediz Sıyrılma Fayı; (KaF) Karaçay Fayı; (GF) Güzelhisar Fayı; (HF) Halitpaşa Fayı; (OZ) Ozanca Fayı; (GöF) Gölarmara Fayı; (AkF) Akselendi Fayı; (AF) Akhisar Fayı; (GFZ) Gelenbe Fayı Zone; (SKFZ) Soma-Kırkağaç Fay Zonu; (BF) Bergama Fayı

Tablo 4.1 Manisa ve çevresinin tarihsel dönem deprem kayıtları. Referanslar: (1) Ergin et al. 1967; (2) Soysal et al. 1981; (3) Ambraseys 1988; (4) Guidoboni et al. 1994; (5) Ambraseys & Finkel 1995; (6) Papazachos & Papazachou 1997; (7) Ambraseys & Jackson 1998; (8) Tan et al. 2008; (9) Ambraseys 2009; (10) Özkaymak et al. 2011; (11) Başarır Baştürk et al. 2016; (12) Papazachos & Papazachou 2003. MS: Milattan sonra

Sıra	Tarih	Şiddet	Koordinat (Enlem- Boylam)	Etkilenen Bölge	Referanslar
1	MS 17	IX	38,40 – 27,50 38,5 – 27,8 38,6168 – 27,3992	Manisa (Magnesia), Muradiye, Sart (Sardes), Temnos, Myrina, Ephesus Appolania, Hyrcanis, VS Mastheni, Aegae, Hierocaesaria, Euthena, Ulloron, Philadelphia, Tmolus, Cyme, Thyatira, Gediz Nehri, İzmir	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11
2	MS 44	VIII	38,50 – 27,40	Magnesia, Ephesus	1, 2, 8, 9, 10, 11
3	MS 8 Ağustos 926	VII	38,50 – 27,50	Manisa	7, 8, 9, 10, 11
4	MS Eylül 1592	VIII	38,50 – 27,90	Turgutlu, Salihli, Manisa	2, 10, 11
5	MS 22 Eylül 1595	VII	38,50 – 27,90	Manisa, Urganlı, Sart, Ahmetli, Gedik, Bostancı, Hamza Çavuş, Azizli köyleri	5, 7, 8, 9, 10, 11
6	MS 2 Haziran 1664	VII	38,41 – 27,20	İzmir, Manisa	1, 2, 5, 9, 10, 11
7	MS 10 Temmuz 1688	X	38,40 – 27,20	İzmir, Manisa (Magnesia), Turgutlu (Durgutli), Alaçehir (Philadephia)	2, 9, 11
8	MS 1 Eylül 1771	V	38,50 – 27,70	Aegean, Turgutlu	9, 11
9	MS 27 Eylül 27 1844	?	38,61 – 27,42	Manisa, İzmir	9, 11
10	MS 23 Haziran 1845	VIII IX	38,60 – 27,50	Manisa, İzmir	1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12
11	MS 3 Nisan 1850	VIII	38,40 – 27,45	İzmir, Kemalpaşa, Turgutlu	2, 11
12	MS 20 Nisan 1850	V	38,42 – 27,42	Kemalpaşa, Manisa, İzmir, Aydın, Ödemiş, Tire, Bayındır	2, 9, 11
13	MS 13 Ekim 1850	VIII	38,40 – 27,20	İzmir, Manisa, Turgutlu, Ödemiş	2, 11
14	MS 16 Haziran 1858	VI	38,90 – 27,80	Manisa, Akhisar, İzmir	2, 9, 11
15	MS 27 Temmuz 1859	?	38,61 – 27,42	Manisa	9, 11
16	MS 4 Mart 1860	V	38,61 – 27,42	Manisa	9, 11
17	MS 3 Kasım 1862	IX	38,40 – 27,70	Turgutlu - Manisa	2, 9, 11
18	MS 18 Ağustos 1866	?	38,61 – 27,42	Manisa	9, 11
19	MS 10 Kasım 1873	VI	38,92 – 27,83	Akhisar - Manisa	9, 11

Tablo 4.2 Manisa bölgesinde meydana gelmiş $M \geq 3$ aletsel dönem depremlerinin listesi (Deprem verileri AFAD-ERD ve KOERI’den alınmıştır)

Sıra	Deprem Kodu	Oluş Zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik	Yer
1	476470	2020-06-26 07:21:11	38.7676	27.8018	9.29	Mw 5.5	Saruhanlı
2	471616	2020-04-16 02:49:09	39.0911	27.8096	6.99	Ml 4.3	Kırkağaç
3	466867	2020-02-24 02:43:33	38.9796	27.8676	8.63	Mw 4.8	Akhisar
4	466594	2020-02-23 12:40:17	38.9833	27.8846	7.0	Mw 4.5	Akhisar
5	465698	2020-02-18 21:23:09	39.0941	27.8153	13.57	Mw 4.2	Kırkağaç
6	465625	2020-02-18 16:09:22	39.1015	27.8453	14.68	Mw 5.2	Kırkağaç
7	464005	2020-02-08 05:39:31	39.0315	27.8685	7.01	Mw 4.0	Akhisar
8	463838	2020-02-07 06:31:34	39.0146	27.8705	9.98	Mw 4.0	Akhisar
9	463229	2020-02-04 17:55:24	38.9893	27.8668	8.65	Mw 4.8	Akhisar
10	463223	2020-02-04 16:47:09	38.9906	27.8701	7.0	Mw 4.3	Akhisar
11	462615	2020-02-02 11:36:40	39.0858	27.8565	7.0	Mw 4.4	Kırkağaç
12	462444	2020-02-02 03:25:42	39.0696	27.8045	6.99	Mw 4.0	Kırkağaç
13	462395	2020-02-02 00:23:47	39.0065	27.873	7.02	Ml 4.6	Akhisar
14	460692	2020-01-30 14:03:54	39.098	27.849	6.98	Mw 4.0	Kırkağaç
15	460002	2020-01-28 20:10:26	39.0131	27.87	5.08	Mw 4.7	Akhisar
16	459919	2020-01-28 14:53:51	39.0831	27.8295	7.0	Mw 4.1	Kırkağaç
17	459836	2020-01-28 11:26:14	39.1001	27.8411	6.98	Mw 4.8	Kırkağaç
18	458486	2020-01-25 17:49:47	39.0293	27.843	7.84	Mw 4.1	Akhisar
19	457847	2020-01-24 21:16:13	39.054	27.8625	9.59	Mw 4.0	Akhisar
20	457179	2020-01-23 00:45:23	39.039	27.8658	6.98	Mw 4.2	Akhisar
21	457130	2020-01-22 22:39:18	39.025	27.8481	7.86	Mw 4.2	Akhisar
22	457115	2020-01-22 21:52:05	39.0715	27.8511	7.01	Mw 4.1	Kırkağaç
23	457101	2020-01-22 21:30:10	39.0475	27.846	7.29	Mw 4.0	Akhisar
24	457098	2020-01-22 21:24:07	39.0513	27.8638	6.98	Mw 4.0	Akhisar
25	457060	2020-01-22 20:17:38	39.0641	27.8646	6.95	Mw 4.3	Akhisar
26	457044	2020-01-22 19:48:30	39.0763	27.821	7.0	Mw 4.1	Kırkağaç
27	457039	2020-01-22 19:25:13	39.0723	27.8523	7.01	Ml 4.1	Kırkağaç
28	457038	2020-01-22 19:22:16	39.0488	27.8443	10.35	Mw 5.4	Akhisar

Tablo 4.2 devamı

Sıra	Deprem Kodu	Oluş Zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik	Yer
29	457007	2020-01-22 14:46:30	38.8658	27.2818	14.5	Mw 4.1	Yunusemre
30	395654	2017-11-11 08:56:37	38.857	27.4725	18.09	Mw 4.4	Saruhanlı
31	381299	2017-07-19 04:42:50	38.7851	27.8233	13.12	Mw 4.0	Akhisar
32	380201	2017-07-05 07:26:05	38.6205	27.62	10.26	Mw 4.1	Sehzadeler
33	377770	2017-06-22 08:56:33	38.6325	27.5446	16.53	Mw 4.0	Sehzadeler
34	373690	2017-05-28 11:04:58	38.7231	27.7921	10.82	Mw 4.8	Saruhanlı
35	373653	2017-05-28 08:49:47	38.7541	27.8043	11.75	Mw 4.1	Saruhanlı
36	373625	2017-05-28 07:34:01	38.7306	27.7743	3.24	Mw 4.1	Saruhanlı
37	373584	2017-05-28 04:38:19	38.7365	27.806	9.78	Mw 4.5	Saruhanlı
38	373559	2017-05-28 02:52:55	38.7115	27.7956	6.9	Mw 4.8	Saruhanlı
39	373557	2017-05-28 02:50:25	38.7206	27.791	4.28	Mw 4.6	Saruhanlı
40	373551	2017-05-28 02:16:41	38.7448	27.8465	6.95	Mw 4.0	Gölmarmara
41	373550	2017-05-28 02:14:59	38.7286	27.8005	8.88	Mw 4.4	Saruhanlı
42	373447	2017-05-27 15:53:23	38.7358	27.8156	11.03	Mw 5.1	Saruhanlı
43	369170	2017-04-21 14:12:21	38.6313	27.5873	13.2	Mw 4.9	Sehzadeler
44	368972	2017-04-19 11:23:11	38.636	27.6258	21.92	Mw 4.2	Saruhanlı
45	367411	2017-04-02 05:32:42	38.6275	27.5718	12.56	Mw 4.3	Sehzadeler
46	351969	2016-10-15 02:51:03	38.9298	27.7166	9.8	Mw 4.2	Akhisar
47	351968	2016-10-15 02:49:16	38.9333	27.72	8.14	Mw 4.1	Akhisar
48	351555	2016-10-09 06:21:00	39.0091	27.726	14.07	Mw 4.0	Akhisar
49	348625	2016-09-12 09:29:37	38.9023	27.7448	17.24	Mw 4.5	Akhisar
50	348611	2016-09-12 08:26:04	38.905	27.7451	17.78	Mw 4.6	Akhisar
51	342977	2016-07-03 18:05:43	38.763	27.8053	9.82	Mw 4.0	Saruhanlı
52	182924	2013-01-07 11:40:45	38.715	27.505	31.0	Mw 3.8	Merkez
53	173415	2012-09-05 15:49:02	38.974	27.6217	20.71	Ml 4.1	Akhisar

4.2 Şahindere-1 Hendeği (H-1)

4.2.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Manisa Fayı'nın doğu bölümünde açılan H-1, toplam 33 m uzunluğunda, 3,5 m genişlik ve derinliğindedir (EK-1). Her iki duvarda da güncel toprak seviyesi ile toplam 11 birim ayırtlanmıştır. Temel birimler (Birim A ve Birim B), sütlü ve yeşilimsi kahverengi renkli, boylanması kötü matriks destekli çakıllardan oluşmuştur. Yer yer kireçtaşı nodülleri barındıran birimler, çoğunlukla kırık ve çatlak içerir. Bu birimleri üzerleyen C birimi, açık kahve renkli matriks ve tane destekli orta boylanmalı yamaç molozundan oluşur. Bu birim KD ve GB uzanımlı faylarla yaklaşık 2 m eğim yönünde hareket etmiştir.

D birimi, kendinden önceki birimler üstler ve açık kahve renkli, matriks destekli, boylanması kötü çakıllardan oluşur. Koyu kahve renkli organik maddece zengin olan E birimi, D biriminin üstünde yer alır. Beyazımsı bej renkli tane destekli köşeli ve boylanması kötü çakıllardan oluşan F birimi, D biriminin üstünde yer alır. Kırmızımsı kahve renkli, boylanması kötü ve çamurlu kumlu ve köşeli çakıllardan oluşan G birimi, F biriminin üzerindedir. Koyu kahve renkli çamurlu çakıldan oluşan H birimi ve açık kahve renkli orta boylanmalı çamurlu çakıldan oluşan I birimi, G birimini üstlemektedir. Yeşilimsi kahve renkli organik maddece zengin killi çamurdan oluşan J birimi ve sütlü kahve renkli boylanması kötü çakıllardan oluşan K birimi kendinden önceki birimlerin üzerinde yer alır. Tüm bu birimlerin üzerinde ise bej renkli çakıllı kumlu çamurlu güncel topraktan oluşan L birimi yer alır.

4.2.2 Tarihleme

H-1 hendeğinde uygun seviyelerden toplam 5 adet optik uyarımlı lüminesans (OSL) örneği alınmıştır. Alınan örneklerin yaş sonuçları $24,98 \pm 5,05$ by ile $0,67 \pm 0,49$ by arasında değişmektedir.

4.2.3 Değerlendirme

Hendekten saptanan sedimantolojik, mikrostratigrafik ve yapısal veriler, yaşlandırma çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde hendek içerisinde toplamda 2 adet paleosismolojik olay belirlenmiştir. İlk olay, G biriminin çökeliminden sonra ve

I biriminin oluşumundan evveldir. Saptanan yaş verilerine göre, bu olay $10,65 \pm 1,41$ by'dan (ÇPÜ-3) sonra ve $6,56 \pm 0,55$ by'dan (ÇPÜ-4) önceki bir deprem olayına işaret etmektedir. Yaş verilerine göre ikinci olay I ve K birimleri arasında $6,56 \pm 0,55$ by'dan sonra ve $0,67 \pm 0,49$ by'dan önce gerçekleşmiştir.

4.3 Şahindere-2 Hendeği (H-2)

4.3.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Manisa Fayı'nın doğu bölümünde H-1 hendeğinin güneyinde yer alan fay basamağı üzerinde açılan H-2, toplam 34 m uzunluğunda, 3,5 m genişlik ve derinliğindedir (EK-2). Her iki duvarda da güncel toprak seviyesi ile toplam 10 birim ayırtlanmıştır. Temeldeki birimlerden olan Birim A, açık kahve renkli orta boylanmalı, ara madde destekli kaba çakıllardan oluşmaktadır. Hemen üzerindeki B birimi beyaz bej renkli kötü dayanımlı ve dokusal olgunluğa sahip, yer yer çimento destekli ve ara madde katkılı köşeli çakıllardan oluşur. B biriminin üstleyen B1 birimi ise, açık kahve renkli dayanımı oldukça kötü olan kum içermektedir. C birimi, kendinden önceki birimlerin üzerinde, sütlü kahve renkli dokusal olgunluk parametreleri kötü yer yer orta çakıl mercekleri içeren kaba çakıllardan oluşur. C biriminin üzerinde olan D birimi, kırmızımsı kahve renkli dokusal olgunluğu kötü, dayanımı orta seviyede ara madde destekli çakıllardan oluşur. Koyu kahve renkli, dokusal olgunluk parametreleri kötü, dayanımı orta ve ara madde destekli taban aşındırmalı alt dokanağa sahip çamurlu çakıllardan oluşan E birimi, D biriminin üzerinde yer alır. F birimi, koyu kahve renkli, genel olarak kaba çakıl ve blok içerikli çamurdan oluşur ve F biriminin üzerinde yer alır. G ve H birimi kendinden önceki tüm birimleri üstlemektedir ve koyu kahve renkli, genellikle kireçtaşı çakıllarından oluşur. H birimi ise kahve renkli orta-iyi boylanmalı çamurlu çakıllardan oluşur. En üstte bulunan I birimi ise, organik maddece zengin güncel topraktan oluşur.

4.3.2 Tarihleme

H-2 hendeğinde uygun seviyelerden toplam 6 adet optik uyarımlı lüminesans (OSL) örneği alınmıştır. Alınan örneklerin yaş sonuçları $54,46 \pm 3,07$ by ile $3,29 \pm 0,14$ by arasında değişmektedir.

4.3.3 Değerlendirme

Hendekten saptanan sedimantolojik, mikrostratigrafik ve yapısal veriler, yaşlandırma çalışmaları ile değerlendirildiğinde hendek içerisinde toplamda 3 adet paleosismolojik olay belirlenmiştir. İlk olay, C biriminin çökeliminden sonra ve D biriminin oluşumundan evveldir. Saptanan yaş verilerine göre, bu olay $44,63 \pm 2,44$ by'dan (ÇPA-4) sonra ve $24,94 \pm 1,9$ by'dan (ÇPA-1) önceki bir deprem olayına işaret etmektedir. Saptanan ikinci olay, D biriminin oluşumundan sonra ve E biriminin oluşumundan önce gerçekleşmiştir. Yaş verilerine göre son olaydan önceki olay, $24,94 \pm 1,9$ by'dan (ÇPA-1) sonra ve $9,39 \pm 0,37$ by'dan (ÇPA-3) önce gerçekleşmiştir. Saptanan en son olay ise F biriminden sonra ve G biriminin oluşumundan önceki bir döneme işaret etmektedir. Yaş verilerine göre son olay, $9,95 \pm 0,58$ by'dan (ÇPA-5) sonra ve $3,29 \pm 0,14$ by'dan (ÇPA-6) önce gerçekleşmiştir. C birimi, D birimi ve G birimi meydana gelen depremlerden sonra çökelen kolüvyal kama olarak değerlendirilmiştir. Hendek duvarındaki 23 m ve 26 m ler arasında 3 m den fazla düşey atım gözlenmiştir.

4.4 Yarikkaya Hendeği (H-3)

4.4.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Manisa Fayı'nın doğu bölümünde kazılan Yarikkaya hendeği (H-3), 27 metre uzunluğunda 3,5 m genişliğinde ve 4 metre derinliğindedir (EK-3). Her iki duvarda da 11 adet birim ayırtlanmıştır. Fay bresi olarak tanımlanan ilk birim (Birim A), kırmızımsı kahve renkli, orta-kötü dayanıma sahip, dokusal olgunluğu kötü, kumlu, çamurlu kötü yuvarlaşmaya sahip çapları 2 mm ye varan kireçtaşı çakılları içerir. B birimi, A biriminin üzerinde yer alır ve koyu kahve renkli köşeli kireçtaşı parçaları içeren, kötü dayanıma sahip kaba çakıllardan oluşur. Üzerine gelen C birimi, kırmızımsı kahve renkli, yüksek dayanıma sahip, kötü yuvarlaklaşmış, çamurlu, kumlu çakıllardan oluşur. Koyu kırmızı renkli, yer yer çamurlu çakıl ara katkılı, dokusal olgunluğu kötü, tane boyu 2 mm ye varan kireçtaşı çakıllarından oluşan D birimi, kendinden önceki birimlerin üzerinde yer alır. D biriminin üzerinde yer alan E birimi, sarımsı-beyazımsı bej renkli, organik maddece zengin killi çakıllardan oluşur. F birimi, koyu kahve renkli, yüksek dayanıma sahip, dokusal olgunluğu kötü çakıllardan

oluşur ve E biriminin üzerinde yer alır. G birimi ise, açık kahve renkli çamurlu çakıllardan oluşur ve kırık dolgusu niteliğinde olan birim, E biriminin üzerindedir. Kendinden önceki birimlerin üzerinde yer alan H birimi, koyu kahve ve kırmızımsı kahve renklerinde, kötü dayanıma sahip, ara maddesi olmayan (yıkanmış), boylanması iyi, alttan üste doğru kaba çakıldan ince kuma kadar derecelenen, tane destekli, kiremitvari dizilim gösteren çakıllardan oluşur. I birimi, G birimini üzerinde yer alır ve tamamen kömürleşmiş organik malzeme içeriği bakımından zengin olan çamurdan oluşur. J birimi ise I biriminin üzerinde, grimsi-koyu kahve renkli, kötü boylanmış siltli, killi çakıllardan oluşur. Tüm birimleri üzerleyen güncel toprak niteliğindeki K birimi, koyu kahve renkli organik maddece zengin çakıllı, kumlu çamurdan oluşur.

4.4.2 Tarihleme

Yarıkkaya hendeğinde uygun seviyelerden toplam 6 adet optik uyarımlı lüminesans (OSL) örneği ve 1 adet radyokarbon (^{14}C) örneği alınmıştır. Alınan OSL örneklerin yaş sonuçları $6,67 \pm 0,35$ by ile $2,17 \pm 0,2$ by arasında değişmektedir. ^{14}C sonucu ise 175 ± 30 GÖ (günümüz öncesi) olarak saptanmıştır.

4.4.3 Değerlendirme

Hendekten saptanan sedimantolojik, mikrostratigrafik ve yapısal veriler, yaşlandırma çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde hendek içerisinde toplamda 4 adet paleosismolojik olay belirlenmiştir. İlk olay, C biriminin oluşumundan sonra ve D biriminin oluşumundan önce gerçekleşmiştir. Yaş verilerine göre son olaydan önceki olay, $6,67 \pm 0,35$ by'dan (YH-X3) sonra ve $6,21 \pm 1,05$ by'dan (YH-2) önce gerçekleşmiştir. Saptanan ikinci olay, E biriminin çökeliminden sonra ve F biriminin oluşumundan evveldir. Saptanan yaş verilerine göre, bu olay $6,18 \pm 0,3$ by'dan (YH-6) sonra ve $3,09 \pm 0,3$ by'dan (YH-X1) önceki bir deprem olayına işaret etmektedir. Saptanan üçüncü olay ise H biriminden sonra ve I biriminin oluşumundan önceki bir döneme işaret etmektedir. Yaş verilerine göre bu olay, $2,17 \pm 0,2$ by'dan (YH-4) sonra ve 175 ± 30 GÖ'den (YH- ^{14}C) önce gerçekleşmiştir. Saptanan en son olay ise I biriminden sonra ve J biriminin oluşumundan önceki bir döneme işaret etmektedir. Olayın alt sınırı tarihlenmiş (YH- ^{14}C) ancak depremi üstten sınırlayacak yaş bu

hendekte belirlenememiştir. Bu sebeple son olay 175 ± 30 GÖ'den (YH- ^{14}C) sonraki bir dönemde gerçekleşmiştir.

4.5 Kırtık Hendeği (H-4)

4.5.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Manisa Fayı'nın doğu bölümünde açılan Kırtık hendeği, 13 m uzunluğunda, 3,5 m genişliğinde ve 3m derinliğindedir (EK-4). Her iki duvarda toplam 9 adet birim ayırtlanmıştır. Temel kaya niteliğinde olan A birimi, Bornova Karmaşığı olarak tanımlanan bol kıvrımlı, kırıklı, yeşilimsi-koyu gri-kahve renklerde kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Bu birimin üzerinde yer alan B birimi, kahve renkli orta dayanıma sahip çamurlu kumdan oluşur. C birimi, B biriminin üzerinde yer alır ve yeşilimsi kahve renklerde düşük dayanıma sahip ve dokusal olgunluğu kötü olan çakıllı çamurdan oluşur. Kendinden önceki birimleri üzerleyen D birimi, bej ve kahve renklerinde düşük dayanıma sahip ve dokusal olgunluğu kötü olan kumlu çamurdan oluşur. E birimi, grimsi kahve renklerde düşük dayanıma sahip, kötü boylanmış çakıllı kumdan oluşur ve D biriminin üzerinde yer alır. F birimi, sarımsı gri renklerde organik maddece zengin, kumlu çamurdan oluşur ve E biriminin üzerindedir. G ve H birimleri, kendinden önceki birimleri üzerler ve grimsi renklerde, düşük dayanıma sahip, seramik parçaları içeren, çamurlu kum (G birimi), orta dayanıma sahip ve kötü boylanmalı çakıllı çamurdan oluşur (H birimi). Tüm birimleri üzerleyen güncel toprak niteliğindeki I birimi ise, koyu kahve renklerde organik maddece zengin, çakıllı, kumlu çamurdan oluşur.

4.5.2 Tarihleme

H-4 hendeğinde uygun seviyelerden toplam 4 adet optik uyarımlı lüminesans (OSL) örneği ve 1 adet radyokarbon (^{14}C) örneği alınmıştır. Alınan OSL örneklerin yaş sonuçları $11,01\pm0,83$ by ile $1,25\pm0,13$ by arasında değişmektedir. ^{14}C örneği ise yeterli miktarda organik malzeme içermediğinden yaşı tespit edilmemiştir.

4.5.3 Değerlendirme

Hendekten saptanan sedimantolojik, mikrostratigrafik ve yapısal veriler, yaşlandırma çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde hendek içerisinde toplamda 2

adet paleosismolojik olay belirlenmiştir. İlk olay, E biriminin çökeliminden sonra ve F biriminin oluşumundan evveldir. Yaş verilerine göre son olaydan önceki olayın alt sınırı, $7,05 \pm 0,28$ by'dan (MF-2) sonraki bir dönemde gerçekleşmiştir. Üst sınırı oluşturan F biriminden yaş elde edilebilecek materyal tespit edilemediğinden, daha üstte bulunan H biriminin yaşı üst sınır kabul edilmiştir. Bu durumda ilk olay, $7,05 \pm 0,28$ by' ile $1,25 \pm 0,13$ by (MF-5) arasına kısıtlanmıştır. Saptanan ikinci olay ise H biriminden sonra ve I biriminin oluşumundan önceki bir döneme işaret etmektedir. Olayın alt sınırı tarihlenmiş (MF-5) ancak depremi üstten sınırlayacak yaş bu hendekte belirlenememiştir. Bu sebeple son olay $1,25 \pm 0,13$ by sonraki bir dönemde gerçekleşmiştir.

4.6 Anıt Hendeği (H-5)

4.6.1 Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Manisa Fayının orta bölümünde açılan Anıt hendeği, 38 m uzunluğunda, 3,5m genişliğinde ve derinliğindedir. Her iki hendek duvarında da güncel toprak ile birlikte toplam 22 adet birim ayırtlanmıştır. Temel kaya niteliğinde olan A-A1 ve A2 birimleri, Bornova Karmaşığı olarak tanımlanan bol kıvrımlı, kırıklı, yeşilimsi-koyu gri-kahve renklerde kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşur. Üzerinde yer alan B0-B-B1-B2 ve B3 birimleri, sütlü kahve renklerde, düşük-orta dayanıma sahip, iyi peklemiş, alttan üste doğru çakıllı ve kumlu seviyeden killi seviyelere geçiş gösteren, kumlu kiltaşından oluşur. Üzerinde yer alan C-C1-C2 ve C3 birimleri, yeşilimsi gri, kırmızımsı kahve, bej renklerde kötü dayanıma sahip, bol kıvrımlı, yer yer fosil parçaları içeren kilden oluşur. Yer yer kumtaşı mercekleri içeren birim, kama görünümü sergiler (C3). D-D1-D2 birimleri, kendinden önceki birimleri üzerler ve D ve D1 birimleri, koyu kahve ve yeşilimsi gri renklerde dayanımı kötü, fosil içerikli siltli kilden oluşurken, D2 birimi ise sarımsı bej renklerde orta dayanıma sahip, dokusal olgunluğu kötü olan çakıl içerikli kumtaşından oluşur.

Üzerinde bulunan E birimi, temel birimler olan A1 ve A2 birimlerden türemiş yeşilimsi gri renkli, dayanımı kötü, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmuştur. E1-E2 birimleri ise, turuncumsu ve yeşilimsi gri renklerde orta-kötü dayanıma sahip, kum ve kumlu çakıllardan oluşur. Bu birimleri üzerleyen F birimi, koyu kahve renkli,

dayanımı kötü, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmuş kama görünümü sergiler. Üzerinde yer alan G0 birimi ise, koyu kahve renkli organik maddece zengin kumlu çamurdan oluşur. G birimi ise G0 biriminin üzerinde, kahve renkli organik malzeme bakımından zengin çakıllı kumlu çamur içerikli kama görünümündedir. Tüm birimleri üzerleyen güncek toprak karakterindeki H birimi, kahve renkli organik malzeme içeriği zengin kumlu çamurdan oluşur.

4.6.2 Tarihleme

Anıt hendeğinde uygun seviyelerden toplam 4 adet optik uyarımlı lüminesans (OSL) örneği alınmıştır. Alınan OSL örneklerin yaş sonuçları $9,61 \pm 0,54$ by ile $0,67 \pm 0,17$ by arasında değişmektedir.

4.6.3 Değerlendirme

Hendekten saptanan sedimantolojik, mikrostratigrafik ve yapısal veriler, yaşlandırma çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde hendek içerisinde toplamda 3 adet paleosismolojik olay belirlenmiştir. İlk olay, E1 biriminin çökeliminden sonra ve E2 biriminin oluşumundan evveldir. Saptanan yaş verilerine göre, bu olay $9,61 \pm 0,54$ by'dan sonra ve $5,53 \pm 0,99$ by'dan önceki bir deprem olayına işaret etmektedir. Saptanan ikinci olay, E2 biriminin oluşumundan sonra ve F biriminin oluşumundan önce gerçekleşmiştir. Saptanan yaş verilerine göre, bu olay $5,53 \pm 0,99$ by'dan sonra ve $3,40 \pm 0,74$ by'dan önceki bir deprem olayına işaret etmektedir. Saptanan en son olay ise G0 biriminden sonra ve G biriminin oluşumundan önceki bir döneme işaret etmektedir. Yaş verilerine göre son olay, $3,40 \pm 0,74$ by'dan sonra ve $0,67 \pm 0,17$ by'dan önce gerçekleşmiştir.

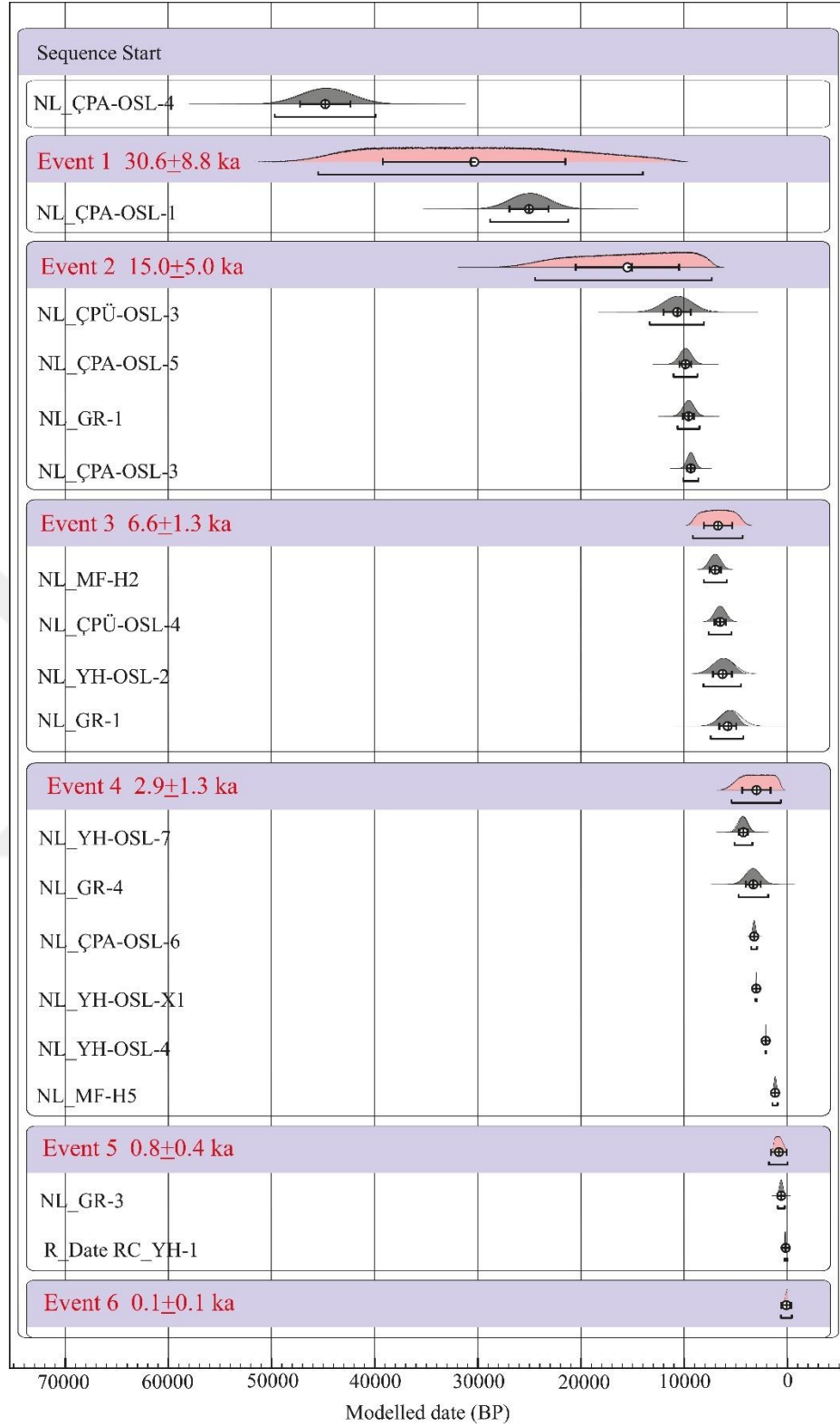
5. Paleosismolojik Yorum

Manisa Fayı'nın orta ve doğu bölümünde gerçekleştirilen 5 adet hendek kazısından saptanan olaylar birlikte değerlendirildiğinde fayın Holosen döneminde 6 adet yüzey faylanmasıyla sonuçlanan depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir. Her bir farklı olay (E) olarak saptanan bu depremler, Oxcal ve R programlama dilinde birlikte istatistiki değerlendirildiğinde; E1: $30,6 \pm 8,8$ by; E2: $15,0 \pm 5,0$ by; E3: $6,6 \pm 1,3$ by; E4: $2,9 \pm 1,3$ by; E5: $0,8 \pm 0,4$ by ve E6: $0,1 \pm 0,1$ by olarak bulunmuştur (Şekil 5.1). Fayın üretmiş olduğu

depremlerden yola çıkarak, fayın tekrarlanma aralığı Holosen dönemi için; 950 yıl ile 3800 yıl arasında değiştiği söylenilebilir. Fayın tipik karakteristik bir tekrarlanma aralığına sahip olmaması, fayın düzensiz tekrarlanma gösteren fay tipinde olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, saptanan olaylar, tarihsel dönem depremleri ile karşılaştırıldığında, E4, E5 ve E6 olaylarının sırasıyla MS 17, MS 926, MS 1845-1862 depremleriyle deneştirilebilir. Diğer E1-E3 olayları ise, fayın üretmiş olduğu ancak tarihsel kataloglarda bulunmayan MÖ tarih öncesi depremlere atfedilebilir. Sonuç olarak, Manisa Fayının orta ve doğu bölümü için, fayın en son depreminin MS 1862 meydana geldiği değerlendirildiğinde, fayın 161 yıldır yıkıcı nitelikte deprem üretmediği görülmektedir.

Tablo 4.3 Manisa Fay Zonu'nun doğusunda gerçekleşen depremler ve tekrarlanma aralıkları (Duran vd., 2021'den değiştirilmiştir)

E ^a	Olay Zamanları A (by)			Olaylararası zaman I (by) (AE ^{First} -AE ^{Second})			Tekrarlanma Aralığı ^b R (by)																	
				I _{min} (AE _{min} - AE _{max})	I _{average} (AE _{average} - AE _{average})	I _{max} (AE _{max} - AE _{min})	R _{min}	R _{average}	R _{max}	R _{min}	R _{average}	R _{max}	R _{min}	R _{average}	R _{max}									
E1	21.8 ^P	30.6 ^P	39.4 ^P	1.8 ^{PE}	15.6 ^{PE}	29.5 ^{PE}	0.95	2.2	3.8	1.8	12.0	22.1	1.1	6.12	11.1									
E2	10.0 ^H	15.0 ^P	20.0 ^P	2.1 ^{HE}	8.4 ^{PE}	14.7 ^{PE}																		
E3	5.3 ^H	6.6 ^H	7.9 ^H	1.1 ^{HE}	3.7 ^{HE}	6.3 ^{HE}																		
E4	1.6 ^H	2.9 ^H	4.2 ^H	0.4 ^{HE}	2.1 ^{HE}	3.8 ^{HE}																		
E5	0.4 ^H	0.8 ^H	1.2 ^H	0.2 ^{HE}	0.7 ^{HE}	1.2 ^{HE}																		
E6	0 ^H	0.1 ^H	0.2 ^H																					
a: Oxcal verilerine göre hesaplama (Ramsey, 2008, 2009; Reimer vd., 2009)																								
b*: Tekrarlanma aralığı için formülasyon																								
Formül: R _{min} : (AE1 _{min} -AE2 _{max}) +(AE2 _{min} -AE3 _{max}) +(AE3 _{min} -AE4 _{max})/n-1																								
R _{average} : (AE1 _{average} -AE2 _{average}) +(AE2 _{average} -AE3 _{average}) +(AE3 _{average} -AE4 _{average})/n-1																								
R _{max} : (AE1 _{max} -AE2 _{min}) +(AE2 _{max} -AE3 _{min}) +(AE3 _{max} -AE4 _{min})/n-1																								
E: Olay, N: olay sayısı, H: Holosen, P: Pleyistosen, HE: Holocene olayı, PE: Pleyistosen olayı																								



Şekil 5.1 Manisa Fayında gerçekleştirilen 5 adet hendek kazısından saptanan tüm verilerin Oxcal ve R programlamasında fayın kaynaklık ettiği deprem olaylarını gösteren istatistiki değerlendirme. Turkuaz renkteki “Event” yazıları deprem olaylarını göstermektedir (Duran vd., 2021)

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, Manisa Fayı'nın doğu segmentini oluşturan (Kayapınar doğusu ile Yukarıçobanisa arasında kalan) fay izleri, 1:25000 ve 1:5000 ölçeğinde haritalanmış ve uygun alanlar belirlenerek ilk kez hendek tabanlı paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yaş tayinleri için kolüvyal kamalardan ve paleotoprak seviyelerinden optik uyarımlı lüminesans (OSL) ve radyokarbon (^{14}C) metodlarının uygulanması adına 26 adet örnek alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde Geç Pleyistosen-Holosen aralığında 6 adet yıkıcı depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir. Bu depremler sırasıyla 30.6 ± 8.8 bin yıl (E1), 15.0 ± 5.0 bin yıl (E2), $6,6 \pm 1,3$ bin yıl (E3), $2,9 \pm 1,3$ bin yıl (E4), $0,8 \pm 0,4$ bin yıl (E5), ve $0,1 \pm 0,1$ bin yıla (E6) tekabül etmektedir.

Şahindere-1 hendeğinde (H-1) 2,5 m lik düşey yer değiştirme gözlenmiştir ve Kuvaterner döneminde en az 2 deprem meydana gelmiştir. Şahindere-2 hendeğinde elde edilen yaşlara göre tarihsel dönem deprem kaydı bulunamamıştır. Ancak 3 m lik düşey yer değiştirme gözlenmiştir. Yaş sonuçları Pleyistosen'de 3 depremin meydana geldiğini işaret etmektedir. Yarıkkaya Hendeği'nden elde edilen yaş verileri, E1 ve E3 olaylarının sırasıyla MS 926 ve 1862 depremleriyle deneştirilmesini sağlamıştır . Bu bağlamda Holosen döneminde 2 adet olay bulunmaktadır. Kırtık Hendeği'ndeki (H-4) yaş verileri E1 ve E2 olaylarının sırasıyla MS 17 ve 926 depremleriyle korele edilmesini sağlamıştır. Son olarak Anıt Hendeği'nden (H-5) elde edilen yaş verileri yine MS 17 ve 926 depremleriyle korele edilmiştir.

Manisa Fay Zonu'nun (45 km) üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü Wells ve Coppersmith (1994)'e göre hesaplanarak $M=7,04$ olarak ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde uzun dönem kayma hızı 0,1 mm/yıl ile 1 mm/yıl arasındadır.

Daha önce batı bölümünde yapılan paleosismoloji çalışmaları ile fayın doğu bölümünü kapsayan bu çalışmadan elde edilen veriler birlikte yorumlandığında MS 17, 926, 1845 ve 1862 depremlerinin kaynağının Manisa Fayı olduğu, ortaya konulan depremlerin tekrarlanma aralığı Holosen dönemi için 950 ila 3800 yıl arasında

değiştiği sonucuna varılmıştır. Manisa Fayı'nın orta ve doğu bۆlümü için, en son depremin MS 1862 meydana geldiği gۆz ۆnüne alındığında, fayın 161 yıldır yıkıcı nitelikte deprem ۆretmediđi gۆrۆlmektedir ancak bۆlge için sismik tehlike devam etmektedir.



KAYNAKLAR

- Aki K.,1957. Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with special reference to microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst. Tokio Univ., 25, 415-457.
- Akşit, O. (1983). *Manisa Tarihi (Magnesia Ad Sipylum) (Başlangıçtan M.S. 395 yılına kadar)*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yayınları no:3104, 167s.
- Aktar, M., Karabulut, H., Özalaybey, S. ve Childs, D. (2007). A conjugate strike-slip fault system within the extensional tectonics of Western Turkey. *Geophysical Journal International*, 171 (3), 1363–1375.
- Akyol, N., Zhu, L., Mitchell, B.J., Sözbilir, H. ve Kekovalı, K. (2006). Crustal structure ve local seismicity in western Anatolia. *Geophysical Journal International*, 166, 1259–1269.
- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1983). *Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama Ayvalık) temel jeoloji özellikleri*. MTA Dergisi 95/96,1-12.
- Akyüz, S. ve Altunel, E. (2001). Geological ve archaeological evidence for post-Roman earthquake surface faulting at Cibyra, SW Turkey. *Geodynamica Acta*, 14, 95–101.
- Altunel, E. (1999). Geologic ve geomorphologic observations in relation to 20th. september 1899. Menderes earthquake, western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 156, 241–246.
- Amato, M., Bitella, G., Rossi, R., Gómez, J. A., Lovelli, S., & Gomes, J. J. F. (2009). Multi-electrode 3D resistivity imaging of alfalfa root zone. *European Journal of Agronomy*, 31(4), 213-222.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F. (1995). *The seismicity of Turkey ve adjacent Areas: A historical review, 1500–1800*. İstanbul: Eren publishing ve booktrade.
- Ambraseys, N.N. ve Jackson, J.A. (1998). Faulting associated with historical ve recent earthquakes in the Eastern mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 390–406.

- Ambraseys, N.N. (1988). Engineering Seismology. *Earthquake Engineering ve Structural Dynamics*, 17, 1–105.
- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press.
- Annan, A.P. 2000; "Ground penetrating radar workshop notes". Sensors and Software Inc., Canada.
- Başarır Baştürk, N., Özel, N.M., Altınok, Y. Ve Duman, T.Y. 2016. Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000 – MS 1900-) deprem Katalogu. *Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı*, MTA Özel Yayınlar Serisi-35, 287 S. Ankara, 2016.
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (west Anatolia and Leovos Island). *Bulletin of Volcanology*, 36, 473–496.
- 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.
- Bozkurt, E. ve Sözbilir, H. (2006). Evolution of the large-scale active Manisa Fault, southwest Turkey: Implications on fault development ve regional tectonics. *Geodinamica Acta*, 19 (6), 427–453.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3–30.
- Caputo, R., Helly, B., Pavlides, S. ve Papadopoulos, G. (2004). Palaeoseismological investigation of the Tyrnavos Fault, Central Greece. A contribution to the seismic hazard assessment of Thessaly. *Tectonophysics*, 394 (1), 1–20.
- Caputo, R. ve Helly, B. (2008). The use of distinct disciplines to investigate past earthquakes. *Tectonophysics*, 453, 7–19.

- Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2007). Anomalous stress field ve active breaching at relay ramps: a field example from Gediz Graben, SW Turkey. *Geological Magazine*, 144, 687–699.
- Duran, İ., Sözbilir, H., Eski, S., Softa, M., Uytun, H., Yüksel, M. ve Topaksu, M. (2021). Paleoseismic history of Manisa fault zone, Western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30(Özel sayı 1), 806-832.
- Dziewonski A.M., Hales A.L. (1972). *Numerical analysis of dispersive seismic waves*, B.A. Bolt, (ED.), *Methods in computational physics(11)* içinde (271–295). Academic Press
- Emre, Ö., Ere, Ö., Özalp S., Doğan A., Özaksoy V., Yıldırım C., ve diğer. (2005). *İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri*. Ankara: MTA Raporu no:10754.
- Emre, Ö., Özalp S. ve Duman, T. (2012). *1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi İzmir (NJ 35-7) Paftası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Harita Arşivi.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., & Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3229-3275.
- Emre, T. ve Sözbilir, H. (2007). Tectonic evolution of the Kiraz Basin, Küçük Menderes Graben: Evidence for compression/uplift-related basin formation overprinted by extensional tectonics in west Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 441–470.
- Emre, T. (1996). Gediz Grabeni'nin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 171–185.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A. ve diğer. (1985). Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 28, 121–136.

- Ercan, E., Satır, M., Sevin, D., Türkecan, A., 1996. Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 119, 103–112.
- Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara zonunun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, 1–20.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967). *Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (MS. 11-1964)*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü yayınları, No 28.
- Ergül, T. (1988). *Mitolojide Manisa (Magnesia/Manisa–Sardes Salihli)*. Manisa Turizm derneği yayını. 92.
- Eski, S., Sözbilir, H., Uzel, B., Özkaymak, Ç., ve Sümer, Ö. (2020). Gölarmara Fayı'nın Morfotektonik Evriminin CBS Tabanlı Yöntemlerle Araştırılması, Gediz Grabeni, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(3), 345-372.
- Guidoboni, E., Comastri, A. ve Triana, G. (1994). Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century. Italy: Istituto Nazionale di Geofisica.
- Hakyemez, H.Y., Erkal, T. ve Göktaş, F. (1999). Late Quaternary evolution of the Gediz ve Büyük Menderes grabens, western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 18, 549–554.
- İnci, U., (1998). Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 7, 63– 78.
- İnci, U. (2002). Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 51, 1–29.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. ve Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two stage extension in western Turkey. *Journal of the Geological Society of London*, 156, 605–616.

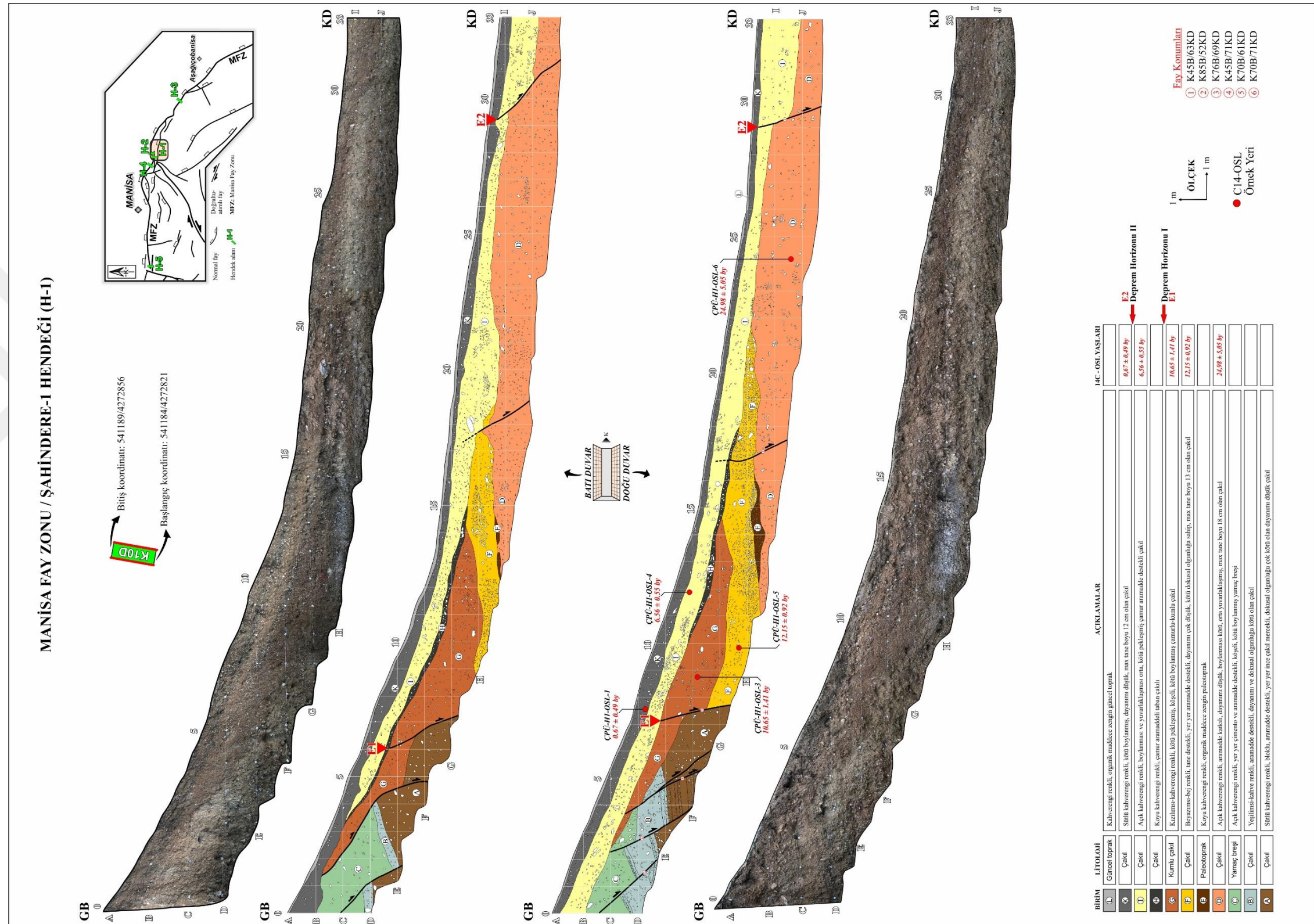
- Lay, T. and Wallace, T.C. (1995). Modern Global Seismology içinde (497.), San Diego: Academic Pres.
- Manisa Valiliği, (2013). *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Manisa Valiliği İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü Manisa İl Çevre Durum Raporu*. 673, 03 Nisan 2010, http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/manisaicd2011.pdf
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (2008). *1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, İzmir K18 paftası*. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- McMechan, G. A., and Yedlin, M. J. (1981). Analysis of dispersive waves by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869–874.
- Nolet, G., Panza, G.F. (1976). Array analysis of seismic surface waves: limits and possibilities, *Pure and Applied geophysics*, 114, 776–790.
- Okada, H. (2003). The Microtremor Survey Method, Geophysical Monograph Series 12, SEG, Tulsa.
- Okay, A.İ., Satır, M., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996). Paleo- ve Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic ve geochronologic constrains. In A. Yin, T.M. Harrison (eds.). *The tectonic evolution of Asia* (420–441). United States: Cambridge University Press.
- Okay, A.I. ve Altıner, D. (2007). A condensed Mesozoic section in the Bornova Flysch Zone: A fragment of the Anatolide-Tauride carbonate platform. *Turkish Journal of Earth Science*, 16, 257-279.
- Okay, A. ve Siyako, M. (1993). İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis kenedinin yeni konumu. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli. S. Turgut, (ed.), *Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri Kitabı* içinde (333-355). Ankara.
- Özkaymak, Ç. (2012). Manisa Havzasının Aktif Tektoniği Ve Depremselliği, Batı Anadolu, Türkiye. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü [Doktora Tezi].

- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. ve Uzel, B. (2013). Neogene–Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the Izmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics*, 65, 117–135.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Uzel, B. ve Akyüz, H. S. (2011). Geological and palaeoseismological evidence for late Pleistocene-Holocene activity on the Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences* 20 (4), 449–474.
- Özkaymak, Ç., ve Sözbilir, H. (2008). Stratigraphic and structural evidence for fault reactivation: the active Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17/3, 615–635.
- Papazachos, B. ve Papazachou, C. (1997). The Earthquakes of Greece. Thessaloniki: Ziti Publications western Anatolia. *Geomorphology* 173–174 (2012) 128–140.
- Park CB, Miller RD ve Xia J 1999 “Multichannel analysis of Surface Waves”, *Geophysics*, 64, No.3, 800-808.
- Paton, S. (1992). Active normal faulting, drainage patterns ve sedimentation in southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society of London*, 149, 1031–1044.
- Pavlidis, S. (1996). First Palaeoseismological results from Greece. *Annali Geofis*, 34, 545–555.
- Pavlidis, S. ve Caputo, R. (2004). Magnitude versus faults’ surface parameters: quantitative relationships from the Aegean. *Tectonophysics*, 380, 159–188.
- Ring, U., Susanne, L. ve Matthias, B. (1999). Structural analysis of a complex nappe sequence ve late orogenic basins from the Aegean Island of Samos, Greece. *Journal of Structural Geology*, 21, 1575–1601.
- Savaşçın, Y. (1978). Foça- Urla Neojen Volkanitlerinin Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi ve Kökensel Yorumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü [Doktora Tezi].
- Schlumberger, C. (1920). Etude sur la prospection electrique du sous-sol. Gauthier-Villars.

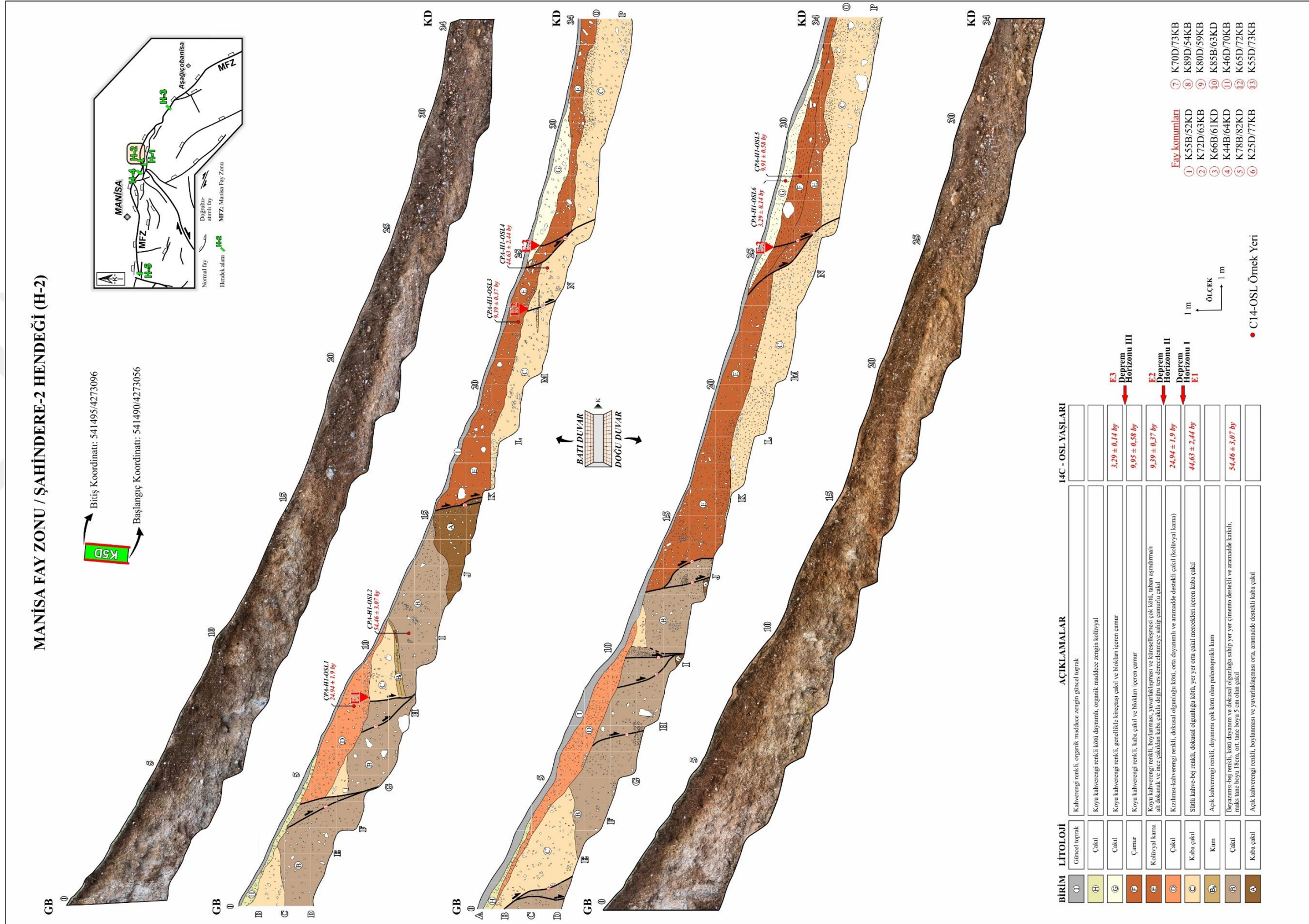
- Seyitoğlu, G., Çemen, İ. ve Tekeli, O. (2000). Extensional folding in the Alaşehir (Gediz) graben, western Turkey. *Journal of the Geological Society of London*, 157, 1097–1100.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1991). Late Cenozoic crustal extension ve basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155–166.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y. (1981). *Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.–1900 A.D.)*. TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341.
- Sözbilir, H. (2002). Geometry ve origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 15, 277–288.
- Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. ve Akkiraz, S. (2011). Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Research*, 23(4), 423-448.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U. ve diğer. (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 51(2), 217–238.
- Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics ve the geometry of related macroscopic structures: Field evidence from the Gediz detachment, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 10, 51–67.
- Stokoe KH, Wright GW, James AB ve Jose MR 1994 “Characterization of geotechnical sites by SASW method”, in Woods, R. D., Ed., *Geophysical characterization of sites: Oxford Publ.*
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu F. (1985). Strike-slip faulting ve related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, In: K. Biddle, N. Christie-Blick (eds), *Strike-slip Deformation, Basin Formation ve Sedimentation*. Society of Economic Paleontologists ve Mineralogists, Special Publications 37, 227–264.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C. ve Yörük, A. (2008). The Earthquakes Catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 17, 405–418.

- Taymaz, T., Jackson, J. ve Mckenzie, D. (1991). *Active tectonics of the North ve Central Aegean Sea. Geophysical Journal International*, 106, 433–490.
- Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 439-471.
- Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A first record of strike-slip basin in western Anatolia ve its tectonic implication: The Cumaovası basin as an example. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559–591.
- Viktorov, I.A. (1967). *Rayleigh and Lamb Waves, Physical Theory and Applications*, New York: Plenum Pres.
- Xia, J., Millera, R.D., Parka, C.B. and Tian, G., 2002. Determining Q of near-surface materials from Rayleigh waves, *J.App.Geophys.*, 51 (2-4), 121-129.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, O.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., ve diğer. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt E., Winchester J.A. ve Piper J.D.A. (eds), *Tectonics ve Magmatism in Turkey ve the Surrounding Area. Geological Society of London, Special Publication 173*, 353–384.
- Yusufoğlu, H. (1996). Northern margin of the Gediz graben: age ve evolution, west Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 5, 11–23.
- Zhu, L., Akyol, N., Mitchell, B.J. ve Sözbilir, H. (2006). Seismotectonics of western Turkey from high resolutions ve moment tensor determinations. *Geophysical Research Letters*, 33(7), L07316.

EK-1: Şahindere-1 Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi



EK-2: Şahindere-2 Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi



EK-3: Yarık kaya Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi



EK-5: Kırtık Hendeği Fotomozaik ve Log Çizimi

