

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ACIPAYAM-SERİNHİSAR FAYININ JEOLojİK VE
PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NEBİL KENANOĞLU

DENİZLİ, MAYIS - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ACIPAYAM-SERİNHİSAR FAYININ JEOLJİK VE
PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NEBİL KENANOĞLU

DENİZLİ, MAYIS - 2021

Bu tez çalışması PAÜ, Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından 2020FEBE014 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Nebil KENANOĞLU

ÖZET

**ACIPAYAM-SERİNHİSAR FAYININ JEOLojİK VE
PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
NEBİL KENANOĞLU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. METE HANÇER)**

DENİZLİ, MAYIS- 2021

20 Mart 2019'da Türkiye saatine göre 09:34'te merkez üssü Acıpayam ilçesinin Yeniköy mahallesi içerisinde, KOERİ verilerine göre, 5.6 Mw büyüklüğünde, derinliği 5,5 km ve normal fay üzerinde olan Acıpayam depremi gerçekleşmiştir. 20 Nisan 2019 tarihine kadar büyüklüğü 4.9'a ulaşan 1386 artçı deprem meydana gelmiştir. Depremde can kaybı yaşanmamıştır. Ancak Apa, Kırca ve Ucar köylerinde büyük yıkıma neden olmuştur.

Acıpayam havzası, KD-GB uzanımlı Burdur-Fethiye Fay Zonu içerisinde kuzeyde Burdur güneyde Çameli segmenti arasında yer alır. Bu zonun segmentlerinden birisi KD-GB doğrultulu Acıpayam segmentidir. Ancak 2019 yılı depreminin Acıpayam fayından kaynaklanmadığı, havzada KB-GD doğrultulu normal bir fayın neden olduğu ortaya çıkmış bunun üzerine sahada çalışmalar yapılmıştır. Böylece daha önce diri fay haritasında işlenmemiş bir fayın varlığı ve aktif olduğu ortaya çıkmıştır. $K60^{\circ}B$ doğrultulu bu fayın eğimi 55° ile KD'ya doğrudur. Yaklaşık 12 km uzunluğunda haritalanan fay Acıpayam-Serinhisar fayı olarak adlandırılmıştır.

Paleosismolojik amaçlı 3 hendek açılmıştır. Açılan birinci hendekte 2, ikinci ve üçüncü hendekte ise birer fay tespit edilmiştir. Bu faylardan alınan 5 organik maddeye karbon 14 yaş analizi yapılmıştır. Yaş sonuçlarına göre depremin tekrarlanma aralığı 350-450 yıl aralığındadır. Kayma hızı 0,16 cm/yıl olarak tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Acıpayam Depremi, Paleosismoloji, Aktif Tektonik

ABSTRACT

GEOLOGICAL AND PALEOSISMOLOGICAL FEATURES OF THE ACIPAYAM-SERİNHİSAR FAULT

MSC THESIS

NEBİL KENANOĞLU

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGY DEPARTMENT**

(SUPERVISOR: PROF. DR. METE HANÇER)

DENİZLİ, MAY 2021

On March 20, 2019, at 09:34 according to Turkey time, the Acıpayam earthquake with a magnitude of 5.6 Mw, a depth of 5,5 km and above the normal fault occurred in Yeniköy village of Acıpayam district, according to KOERI data. Until April 20, 2019, 1386 aftershocks with a magnitude of 4.9 occurred. There was no loss of life in the earthquake. However, it caused great destruction in the villages of Apa, Kırca and Ucarı.

Acıpayam basin is located in the NE-SW trending Burdur Fethiye Fault Zone between Burdur in the north and the Çameli segment in the south. One of the segments of this zone is NE-SW trending Acıpayam segment. However, it was revealed that the earthquake of 2019 was not caused by the Acıpayam fault, but by a normal fault in the NW-SE direction in the basin, and studies were carried out in the field. Thus, it has been revealed that there is a fault that has not been previously worked on in the active fault map and that it is active. The dip of this fault, which strikes N60 ° W, is towards NE with 55 °. The fault mapped with an approximate length of 12 km was named the Acıpayam Serinhisar fault.

3 trenches were dug for paleoseismological purposes. There were 2 faults in the first ditch and one fault each in the second and third trench. Carbon 14 age analysis was performed on 5 organic materials taken from these faults. According to the age results, the recurrence interval of the earthquake is in the range of 350-450 years. The sliding speed has been determined as 0,16 cm / year.

KEYWORDS: Acıpayam Earthquake, Paleoseismology, Active Tectonic

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR VE SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı	1
1.2 Çalışmanın Amacı	1
1.3 Önceki Çalışmalar	3
2. STRATİGRAFİ	7
2.1 Çalışma Alanının Stratigrafisi	7
2.1.1 Likya Napları	7
2.1.2 Neojen Yaşlı Tortullar	7
3. Tektonik	10
3.1 Anadolu Levhası'nın Neotektoniği	10
3.1.1 Batı Anadolu Neotektoniği	12
3.1.1.1 Batı Anadolu'nun Kabuk Genişlemesinin Kökeni ve Oluşum Modelleri	13
3.1.1.1.1 Yay Gerisi Modeli	13
3.1.1.1.2 Epizodik Grabenleşme Modeli	14
3.1.1.1.3 Orojenik Çökme Modeli	14
3.1.1.1.4 Tektonik Kaçış Modeli	15
3.1.2 Denizli Tektoniği	15
3.1.3 Acıpayam Tektoniği	16
4. DEPREMSELLİK	19
4.1 Tarihsel Dönem Depremleri	19
4.2 Aletsel Dönem Depremleri	20
4.3 Acıpayam Depremselliği	20
5. Paleosismoloji	23
5.1 Paleosismoloji çalışmaları	23
5.1.1 1 Nolu Hendek	23
5.1.2 2 Nolu Hendek	29
5.1.3 3 Nolu Hendek	36
5.1.4 Paleosismolojik Yorumlama	41
6. Sonuç ve Öneriler	44
7. KAYNAKLAR	45
8. EKLER	52
8.1 Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	52
8.2 ACNE-1 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	53
8.3 ACNE-2 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	54
8.4 ACNE-3 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	55
8.5 ACNE-4 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	56
8.6 ACNE-5 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası. Türkiye jeoloji haritası 1/1.000.000 ölçekli (MTA 2015), İzmir, Denizli, Ankara ve Konya 1/500.000 ölçekli (MTA 2002), Denizli NJ-12 paftası 1/250.000 (MTA 2011).	2
Şekil 2.1: Çalışma sahasındaki kaya birimlerinin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik sütun kesiti (Akbaş ve diğ. 2002; Alçiçek ve Ten Veen 2008; Emre ve diğ. 2013; Elitez ve diğ. 2016; Yağmurlu ve diğ. 2017; Kaymakçı ve diğ. 2018).	8
Şekil 2.2: Acıpayam ve yakın bölgesinin jeoloji haritası (Akbaş ve diğ. 2002; Emre ve diğ. 2013; Kumsar ve diğ.).	9
Şekil 3.1: Anadolu'nun paleotektonikden neotektonik döneme geçişinin şematik gösterimi (Şengör 1980).	10
Şekil 3.2: Anadolu Levhası'nın batı yönlü hareketinin gösterimi (Dewey ve Şengör 1979).	11
Şekil 3.3: Anadolu'nun neotektonik yapılarını gösteren harita. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, KDFZ: Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, Ölü Deniz Fay Zonu (Şengör 1980).	12
Şekil 3.4: Batı Anadolu graben sistemleri (yerbilimleri.mta.gov.tr).....	13
Şekil 3.5: Ekstensiyonel yay orojeni (Dewey 1980).....	13
Şekil 3.6: Orojenik çökme modelleri (Selverstone 2005).....	14
Şekil 3.7: Anadolu'daki plaka sınırlarını gösteren harita (Şengör 1979).....	15
Şekil 3.8: Acıpayam GD'sunda Devlet Hastanesi yanındaki fay zonunun görünümü (G'e bakış)	16
Şekil 3.9 : Şekil 3.8'de gözlenen fayın güneyindeki faya paralel gelişen küçük faylar (GD'ya bakış).....	17
Şekil 3.10 : Acıpayam'ın güneyinde Çatalçeşme dolaylarında fayın uzaktan görünümü (K'e bakış).	17
Şekil 3.11 : Kaletepe güneyi (Çatalçeşme dolayı) fayın sintetik kırıklarının uzak ve yakın görünümleri (K'e bakış).	18
Şekil 3.12 : Şekil 3.10'da gözlenen fayın GB'sına doğru ortaya çıkan sintetik ve antitetik faylar (K'e bakış).	18
Şekil 4.1 : 20 Mart 2019 tarihindeki depremin ardından bölgedeki artçı sarsıntıların episantr dağılımı (deprem.gov.tr).....	21
Şekil 4.2: Depreme neden olan fayın odak derinliği ve merkez üssünü gösteren şematik blok diyagram.	21
Şekil 4.3 : MTA, 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Denizli (NJ35-12) paftası, seri no:12; SRTM 30 m [N37E029 paftası] verisi; AFAD, Deprem Kataloğu ve Fay Çözümleri. a) 13-20 Mart 2019; b) 20 Mart 2019; c) 20-27 Mart tarihlerinde oluşan depremlerin episantr dağılımları ve fay çözümleri.	22
Şekil 5.1: Artçı depremlerin dağılımı, fay ve 1 nolu hendek yerinin haritadaki görünümü.	25
Şekil 5.2: GD duvarı çalışılan 1 nolu hendeğin enine jeoloji kesiti.	25

Şekil 5.3: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 0-4 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	26
Şekil 5.4: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 4-8 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	26
Şekil 5.5: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 7-11 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	27
Şekil 5.6: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 8-13 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	27
Şekil 5.7: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 11-15 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	28
Şekil 5.8: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 14-17 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	28
Şekil 5.9: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 16-19 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	29
Şekil 5.10: Gencer tepenin kuzey yamacındaki bir yol yarmasında gözlenen K50 ⁰ B doğrultulu fay.	31
Şekil 5.11 : 2 nolu hendek yeri ve güzergahı.	31
Şekil 5.12: GD duvarı çalışılan 2 nolu hendeğin enine jeoloji kesiti.	32
Şekil 5.13: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 0-3 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	32
Şekil 5.14: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 1-5 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	33
Şekil 5.15: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 5-9 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	33
Şekil 5.16: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 7-12 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	34
Şekil 5.17 : 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 9-13 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	34
Şekil 5.18: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 10-14 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	35
Şekil 5.19: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 13-17 m arası görünümü (GD'ya bakış).....	35
Şekil 5.20 : Gölet yolu üzerinde Ayvazca Tepenin batı yamacında yol üzerinde gözlenen fay zonu (GD'ya bakış).....	37
Şekil 5.21 : 3 nolu hendek yerinin haritadaki görünümü.	37
Şekil 5.22 : KB duvarı çalışılan 3 nolu hendeğin enine jeoloji kesiti.	38
Şekil 5.23: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 0-3 m arası görünümü (KB'ya bakış).	38
Şekil 5.24: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 3-6 m arası görünümü (KB'ya bakış).	39
Şekil 5.25: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 5-8 m arası görünümü (KB'ya bakış).	39
Şekil 5.26 : 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 7-10 m arası görünümü (KB'ya bakış).	40
Şekil 5.27: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 9-12 m arası görünümü (KB'ya bakış).	40
Şekil 5.28 : Hendeklerden derlenen numunelerin karbon 14 yaş analizi sonuçlarına göre Acıpayam-Serinhisar fay zonundaki muhtemel depremlerin takvim yılına göre dağılım şeması.	43

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Denizli ve çevresindeki tarihsel dönem depremleri. (Ergin 1964; Soysal 1981; Ronchetta 1987; Altunel ve Barka 1996; Altunel 2000; Akyol ve diğ. 2007, Topal 2012; Koeri).....	19
Tablo 4.2: Denizli ve yakın çevresinin aletsel dönem etkinliğini gösteren tablo.....	20

KISALTMALAR VE SEMBOL LİSTESİ

AFAD	:	Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BFFZ	:	Burdur Fethiye Fay Zonu
BZKK	:	Bitlis Zagros Kenet Kuşağı
Cm	:	Santimetre
D	:	Doğu
DAFZ	:	Doğu Anadolu Fay Zonu
GB	:	Güneybatı
GD	:	Güneydoğu
K	:	Kuzey
KAFZ	:	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	:	Kuzeybatı
KD	:	Kuzeydoğu
Km²	:	Kilometrekare
Km	:	Kilometre
m	:	Metre
MI	:	Lokal (Yerel) büyüklük
M.Ö.	:	Milattan önce
M.S.	:	Milattan sonra
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama
Mw	:	Moment büyüklüğü
My	:	Milyon yıl

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimi sürecinin her aşamasında destek ve yardımını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Mete HANÇER'e

Lisans ve yüksek lisans dönemlerinde birlikte çalıştığım, desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen değerli dostum Elektrik-Elektronik Müh. Uğur Can TOPÇU'ya, bu tezin ortaya çıkmasında beni tetikleyen, yol gösteren ve büyük emekleri olan Yük. Jeo. Müh. Cihan ÇOLAK'a, Yük. Jeof. Müh. Elif Meriç İLKİMEN'e ve Arkeolog Özlem ÖNCÜL'e

Hendek kazı çalışmalarında gerekli olan araç ve personelin teminini sağlayan Acıpayam Belediye Başkanı Dr. Hulusi Şevkan'a ve personeline, ayrıca hendek çalışmasına yardım eden Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü lisans öğrencileri Burak YÜKSEL'e, Onur KARAKUŞ'a ve Tuğba TANRIKULU'na,

Bu çalışmanın yürütülmesi için maddi destek veren Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne,

Hayatımın her evresinde maddi ve manevi yanımda olan, beni yaşantım boyunca destekleyen aileme çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Bu tez çalışması, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne “Acıpayam – Serinhisar Fayı'nın Jeolojik ve Paleosismolojik Özellikleri” başlığı ile önerilmiştir. 20 Mart 2019 yılında meydana gelen Acıpayam depremi 5.6 Mw büyüklüğünde, 5,5 km derinliğindedir. Bu depremin, diri fay haritasında kuvaterner fayı olarak geçen Acıpayam fayı ile ilişkisi olup olmadığı çalışılmıştır. Fayların aktivitesini ve fay bileşenlerini ortaya çıkarmak amaçlı, en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olan paleosismoloji kullanılmıştır. Günümüzde depremleri elektronik ortamda çözümlenerek gerekli verilerin elde edilmesi mümkündür. Ancak aletsel dönem depremlerinin bir kısmı ve tarihsel dönem depremleri için bu teknoloji çok yenidir. Bu nedenden ötürü oluşmuş bazı depremler için paleosismoloji kullanılmaktadır. Aşağıda belirtilmiş olan ilgili konu başlıkları ile de özetlenmiştir.

1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı, Denizli ilinin Acıpayam ilçesi ve çevresini kapsamaktadır. 1/25.000'lik topografya haritasında M22-c4, M22-c3, N22-b1 ve N22-b2 paftalarını içermektedir (Şekil 1.1). Acıpayam'ın deniz seviyesinden yüksekliği 885 m ve yüzölçümü 1628 km² dir. Kuzeyde Çardak ve Serinhisar, güneyde Çameli ve Köyceğiz, batıda Tavas ve Beyağaç, doğuda ise Yeşilova ve Gölhisar ilçelerine komşudur. Serinhisar – Acıpayam arasına ulaşım E87 karayolu ile sağlanmakta olup, çalışma alanına yakınlık göstermektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Yüksek lisans tezi kapsamında yapılan bu çalışma, Acıpayam merkezli 20 Mart 2019 tarihinde 5.6 Mw depremi meydana getiren fayın paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlgili fayın, Batı Anadolu genişleme

tektoniğinin bir parçası olan KD-GB doğrultulu BFFZ ile ilişkisi, bölgenin aktif tektoniği ve Denizli yakın çevresinin deprenselliği ortaya konulmuştur.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası. Türkiye jeoloji haritası 1/1.000.000 ölçekli (MTA 2015), İzmir, Denizli, Ankara ve Konya 1/500.000 ölçekli (MTA 2002), Denizli NJ-12 paftası 1/250.000 (MTA 2011).

1.3 Önceki Çalışmalar

Akbulut ve Kadir (2003), Denizli'nin Serinhisar ve Acıpayam havzalarındaki gösel tortullar mineralojisi çalışılmıştır. Kocapınar ve Kuyucak lokasyonlarının depolanma ortamları litolojik özellikleri ile ortaya konulmuştur. Gösel tortullar içerisindeki Sepiyolit, Paligorskit ve Saponit minerallerinin SEM-EDX ile kimyasal bileşenleri tanımlanmıştır.

Alçıçek ve diğ. (2004), Çameli Havzası 10.8-8.5 My KD-GB uzanımında genişlemeye başlamıştır. 3.8-3.2 My arasında büyük bir faylanma neticesinde havza ikiye bölünmüştür. Genişleme etkisinin azalmasıyla havza göl ortamına dönüşmüştür. Geç Pliyosen'de fay sisteminin tekrar harekete geçmesi ile havzanın günümüz görüntüsü oluşmuştur. Havza dolgusu, fasiyeslere ayrılmış olup memeli fosilleri kullanılarak yaşlandırılmıştır.

Koçyiğit (2005), Denizli horst-graben sistemi çalışılmıştır. Babadağ Fayı, Pamukkale Fayı ve Honaz Fayı ayrı ayrı değerlendirilip haritalanmıştır. Babadağ Horstu ile Çökelezdağ Horstu arasında kalan bölgenin jeolojik enine kesiti çizilmiştir. Havzayı sınırlayan fayların kinematik analizleri ve Batı Anadolu'daki diğer tektonik rejim görüşleriyle ilişkilendirilmiştir.

Bozcu ve diğ. (2007), BFFZ'nin Burdur segmentindeki Kum Ocakları mevki ve Yassıgüme bölgelerinde paleosismolojik çalışma yapılmıştır. Bölgede meydana gelen 1914 ve 1971 tarihli depremlerden öngörülen tekrarlanma periyotları, radyometrik yaş tayini olmadığından hesaplanamamıştır. 1917 depreminin düşey yer değiştirmesi 2-2,5 metre aralığında, 1971 depreminin düşey yer değiştirmesi 70 cm olarak saptanmıştır.

Utku (2009), Denizli ili 37,26°-38,30° K enlemleri ile 28.39°-29.75° D boylamları arasında kalan bölge içerisinde oluşan depremler incelenmiştir.

Depremlerin yenileme periyotları 5.0 Mw büyüklüğü için 8 yıl, 6.0 Mw büyüklüğü için ise 73 yıl olarak hesaplanmıştır.

Hall ve diğ. (2014), Rodos Adası'ndan BFFZ'ye fay zonunun deniz içerisindeki uzanımı çalışılmıştır. Uygulanan sismik çalışmalar neticesinde deniz tabanında tespit edilen faylar 1/100.000 ölçeğinde haritalanmıştır. Pliny-Strabo Fay Zonu ile BFFZ arasındaki yapısal ilişkiler sismik veriler ile ortaya konulmuştur.

Alçıçek ve diğ. (2015), Çameli Havzası'nın tortul fasiyes analizi, biyostratigrafisi, KB-GD uzanımlı havzanın yapısal özellikleri ortaya çıkarılmıştır.

Özsayın (2015), BFFZ içerisinde bulunan Çameli Havzası jeolojik ve jeomorfolojik olarak incelenmiştir. Kullanılan Smf, Vf ve Hi gibi yöntemlerden elde edilen bulguların önceki çalışmalar ile uygunluk gösterdiğini belirtmiş, havzanın kuzey kısmının diğer bölgelere nazaran daha aktif olduğunu belirtmiştir.

Elitez ve Yaltırak (2016), BFFZ'nin 75-90 km genişliğinde ve 300 km uzunluğunda olduğu belirtilmiştir. BFFZ'nin orta kesimi olan Çameli ve Acıpayam havlarının tektonik evrimi kinematik analiz ile ortaya konulmuştur. Bölgenin yapısal evriminin Geç Miyosen'den günümüze kadar devam ettiği saptanmıştır.

Hançer ve Kaya (2016), BFFZ'nin sismojenik olarak nasıl davranacağını incelemek amaçlı Çendik-Yassıgüme segmentinde paleosismolojik çalışmalar yapılmıştır. Hendek çalışmasında bulunan fayın M.Ö. 53 yılında gerçekleşen depremin neticesinde olduğu yorumlanmıştır. Ayrıca radyokarbon yöntemi yaş analizi sonucunda 4260 ± 10 yıl yani M.Ö. 2250 yılı civarında bir yüzey yırtılması oluşturabilecek tektonik hareketin meydana gelmiş olabileceği ifade edilmiştir.

Kürçer ve diğ. (2016), 2011 yılında yayınlanmış olan Türkiye diri fay haritasında Acıpayam Fayı, Kuvaterner Fayı ve Holosen aktivitesi kuşkulu olarak nitelendirilmiştir. Çalışmada BFFZ içerisinde bulunan Acıpayam Fayı'nın aktif bir fay olabileceği irdelenmiş ve Örenköy bölgesinde paleosismolojik çalışma yapmıştır. Paleosismolojik çalışma sonucunda Acıpayam Fayı'nın kinematik özellikleri ortaya çıkmış küçük sol yanal bileşenli doğrultu atımlı bir fay olduğu ve karbon 14 yaşlandırma yöntemi kullanılarak edinilen sonuçların 3030 ± 30 BP ve 2410 ± 30 BP şeklinde olup Acıpayam Fayı'nın Holosen döneminde aktif olduğunu göstererek aktif bir fay olduğunu saptamıştır.

Büyükmeriç (2017), Acıpayam, Kale ve Tavas havzalarında mollusk türleri biyostratigrafik yönden çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre Yenidere Formasyonunun Akitaniyen döneminde geliştiğini, Kale Formasyonunun Burdigaliyen döneminde oluştuğunu belirlenmiştir.

Yağmurlu ve diğ. (2017), Acıpayam Havzası'nın GD'sunda Çamköy'de bulunan ofiyolitik kayalardan oluşan kromit plaserlerin mineral özellikleri çalışılmıştır. Acıpayam ovasının ise oldukça uzun bir graben yapısı olduğunu belirtilmiştir.

Elitez ve diğ. (2018), Narlı Fayı ve Söğüyköy bölgesinin yapısal ilişkisi ve stratigrafisi belirtilmiştir. Acıpayam, Çameli ve Gölhisar Havzaları ve çevresinde U-Pb Zirkon ve $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ yaşlandırılmaları yapılarak önceki literatürde Geç Pliyosen-Erken Pleistosen olarak yaşlandırılan bölgenin yaşının üst Miyosen olduğu belirtilmiştir.

Kaymakçı ve diğ. (2018), Bölgede yaptıkları paleomanyetik analizler sonucunda bölgeyi bloklara ayırarak Burdur bölgesinde saat ibresinin tersi yönünde 4 derecelik dönme olduğu ve daha güneybatıda ise saat ibresinin tersi yönünde 20

derecelik dönmenin olduğunu belirtilmiştir. Bu iki bloğun ise Acıpayam transfer zonu ile birbirinden ayrıldığını vurgulanmıştır.

Özkaptan ve diğ. (2018), BFFZ'nin kinematik özellikleri ve AMS ile elde edilen paleomanyetik veriler ile bölgenin tektonik rejimi sunulmuş olup, KD-GB uzanımlı BFFZ içerisinde bulunan Burdur Havzası ve Çameli Havzasını KB-GD uzanımlı transfer zonlar ile kesildiğini belirtmiştir. Acıpayam Havzası Acıpayam Transfer Zon olarak nitelendirilmiştir.

Coşkuner ve diğ. (2019), BFFZ'deki Burdur ve Yarışlı havzalarının tektonik aktivitesi jeomorfolojik indisler yardımıyla açıklanmıştır. Smf 1,03-1,66; Vf 0,28-10,85; SLK 1,84-7,95; T 0-0,6 arasında değişmekte olup, bölgenin yüksek ve orta seviyede tektonik aktivitesi olduğu yorumlanmıştır.

Hançer ve Kenanoğlu (2019), Acıpayam'da 20 Mart 2019 tarihinde 5.5 Mw büyüklüğündeki deprem incelenip ön çalışması yapılmıştır.

Yang ve diğ. (2020), Sismik açıdan 20 Mart 2019 tarihli Acıpayam Depremi çalışılmıştır. Line of sight (LOS) 'da alınan 4.6 cm, 4.8 cm'lik sonuçlara göre fayın normal fay olduğu anlaşılmıştır. InSAR sonuçlarına göre fayın normal fay ve küçük sol doğrultu atımlı bileşenlerinin varlığı gözlenmiştir. Depremde gerçekleşen ana atım 6 km derinliğinde 0.33 m olarak hesaplanmıştır. Sismik moment, Mw 5.7'ye karşılık gelen 3.96×10^{17} Nm olarak hesaplanmıştır.

2. STRATİGRAFİ

2.1 Çalışma Alanının Stratigrafisi

Çalışma sahasındaki kaya birimleri Mesozoyik yaşlı Likya napları, Neojen yaşlı tortullar ve Kuvaterner yaşlı genç çökeller olarak üç grup altında toplanabilir.

2.1.1 Likya Napları

İzmir-Ankara kenet zonu boyunca Neotetis kuzey kolunun kapanmasıyla Menderes masifini aşarak Beydağları otoktonu üzerine hareket eden Likya napları ofiyolitik kayalar, kireçtaşı blokları ve melanj türü birimlerden oluşur. GB Anadolu'da çeşitli tektonik dilimler ve seriler halinde gözlenirler (Graciansky 1967; Brunn ve diğ. 1970; Ersoy 1990). GB Anadolu'da Likya naplarının yerleşimi Alt Miyosen (Burdigaliyen) sonrasında tamamlanmıştır.

Allokton ofiyolit kuşağı egemen olarak peridotit, dünit, gabro, diyabaz gibi kayalardan meydana gelmiştir. Yer yer kromit içermesinden dolayı ekonomik olarak işletilen krom ocaklarının bulunduğu ofiyolitik kayalar genel olarak Acıpayam'ın güneyinde Mevlitler bölgesi başta olmak üzere Acıpayam'ın doğusunda ve uzak batısında geniş alanlarda mostra vermektedir. Acıpayam'ın güneyinde yer alan Akalan yerleşkesinin batı-kuzeybatısında da gözlenen ofiyolitler sahanın kuzeydoğusunda Pınarbaşı bölgesinde ve Alaattin yerleşkesi batısında ofiyolitler kısmen derin deniz sedimanlarıyla birlikte melanj niteliğindedir.

2.1.2 Neojen Yaşlı Tortullar

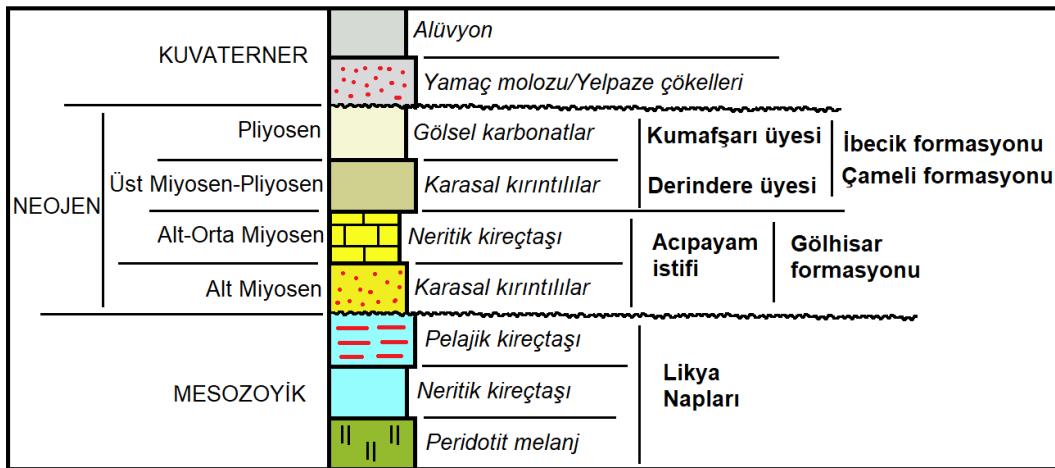
Likya naplarına ait melanj ve peridotit kayaları Acıpayam GB'sında mostra vermektedir. Neritik ve pelajik kireçtaşları ise sahanın doğusunda ve KB'sında Serinhisar dolaylarında gözlenir. Miyosen yaşlı tortullar ise çoğunlukla Acıpayam güney bölgesinde yayılım gösterirler. Pliyosen yaşlı tortullar ile Kuvaterner yaşlı

yamaç molozu, yelpaze çökelleri ve alüvyon ise KB-GD uzanımlı Acıpayam ovasını oluşturan genç çökellerdir (Şekil 2.1; 2.2).

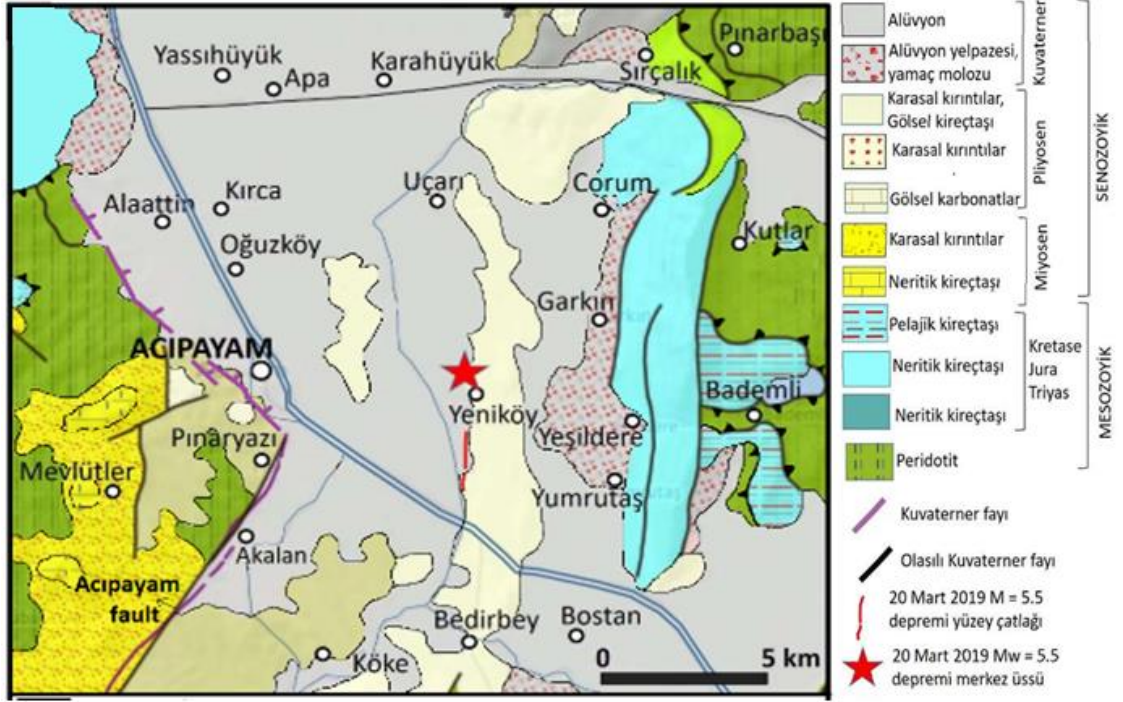
Çalışma sahası ve yakın çevresinde Neojen yaşlı tortullar alttan üste doğru Alt Miyosen (Akitaniyen-Burdigaliyen) yaşlı kıltaşı, kumtaşı ve çakıltaşı ardalamasından oluşan karasal kırıntılılar ile başlar ve üzerinde ise Alt-Orta Miyosen (Burdigaliyen-Langiyen) yaşlı neritik kireçtaşları mostra vermektedir. Bu birimlere önceki çalışmacılar tarafından Acıpayam istifi ve Gölhisar formasyonu gibi isimler verilmiştir (Alçıçek ve Ten Veen 2008; Emre ve diğ. 2013; Elitez ve diğ. 2016; Yağmurlu ve diğ. 2017; Kaymakçı ve diğ. 2018).

Daha üstte ise Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal kırıntılı tortullar bulunur. Önceki çalışmalarda bu birim Çameli formasyonu Derindere üyesi gibi isimlerle anılırlar. Daha da üstte ise Pliyosen yaşlı gölsel karbonatlar ile karasal kırıntılı tortulların ardalanmasından oluşan bir istif vardır. Bu istif ise bazı çalışmalarda Çameli formasyonu Kumafşarı üyesi olarak, bazı çalışmalarda ise İbecik formasyonu olarak adlandırılır (Alçıçek ve Ten Veen 2008; Emre ve diğ. 2013; Elitez ve diğ. 2016; Yağmurlu ve diğ. 2017; Kaymakçı ve diğ. 2018).

Daha üstte ise Kuvaterner yaşlı gevşek tutturulmuş düzensiz kil, kum çakıl ve bloklardan oluşan yamaç molozları ve alüvyon bulunur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Çalışma sahasındaki kaya birimlerinin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik sütun kesiti (Akbaş ve diğ. 2002; Alçıçek ve Ten Veen 2008; Emre ve diğ. 2013; Elitez ve diğ. 2016; Yağmurlu ve diğ. 2017; Kaymakçı ve diğ. 2018).

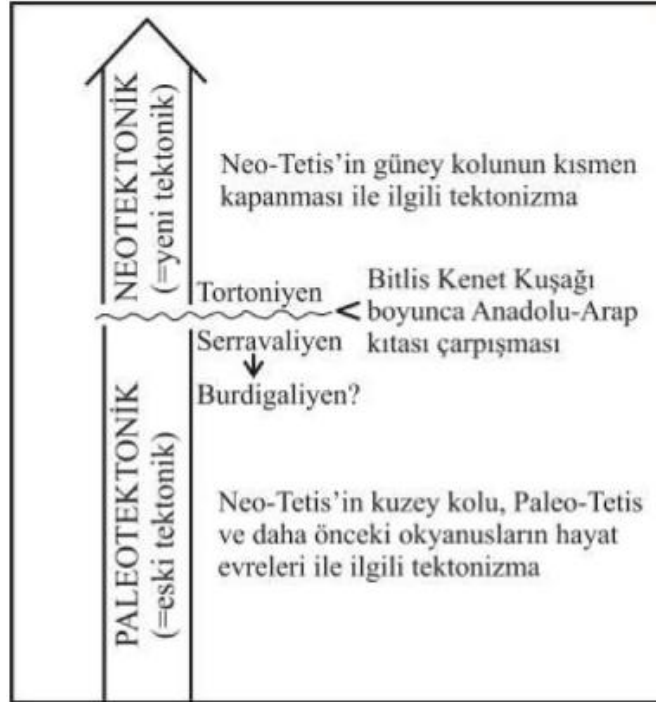


Şekil 2.2: Acıpayam ve yakın bölgesinin jeoloji haritası (Akbaş ve diğ. 2002; Emre ve diğ. 2013; Kumsar ve diğ.).

3. Tektonik

3.1 Anadolu Levhası'nın Neotektoniği

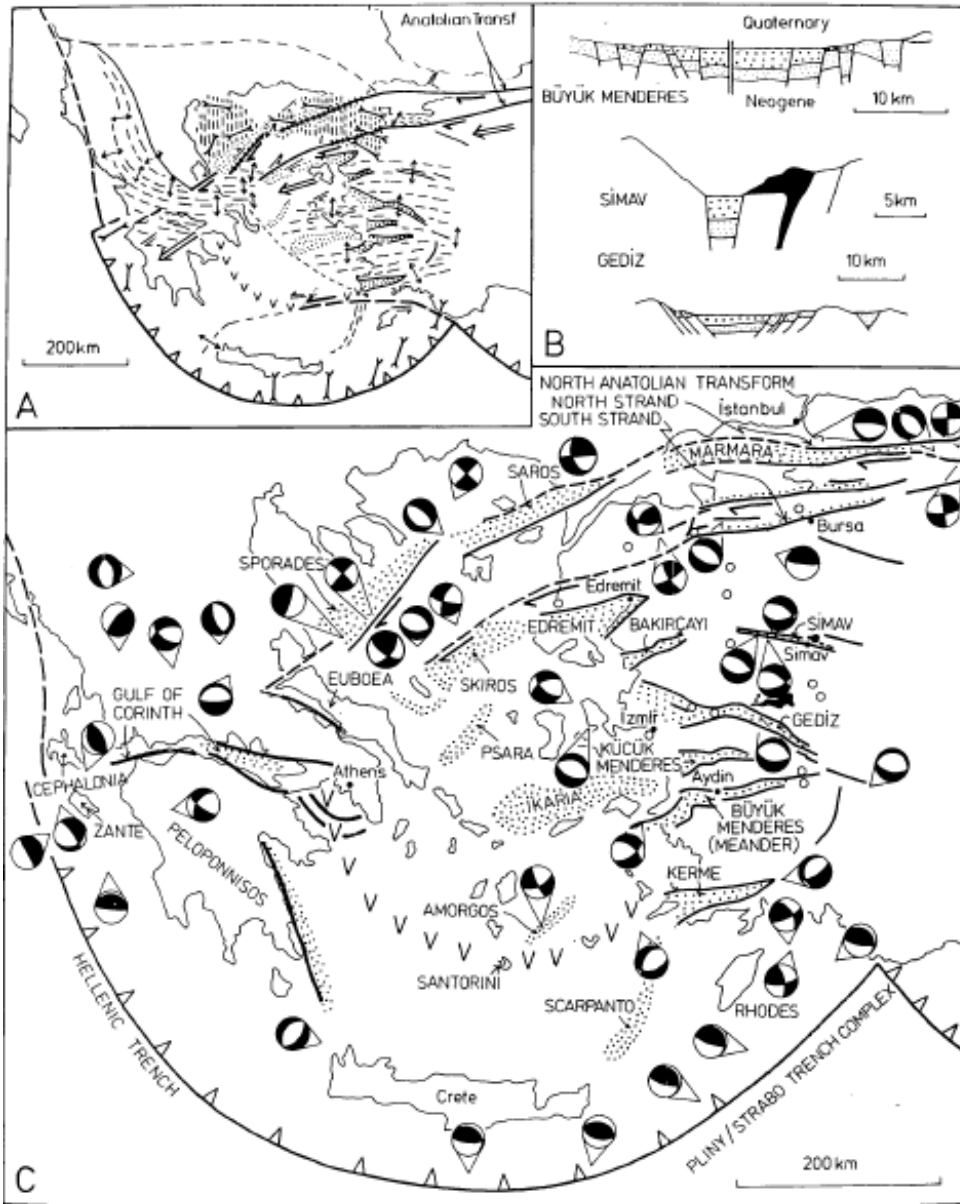
Neotektonik yeni tektonik, paleotektonik eski tektonik anlamlarına gelmektedir. Bir bölgede meydana gelen en son tektonik rejim değişikliğinin öncesine paleotektonik, sonrasına ise neotektonik denmektedir (Şengör 1980), (Şekil 3.1). Neotektonik bir bölge için jeolojik açıdan genç, başka bir bölge için ise yaşlı olabilmektedir.



Şekil 3.1: Anadolu'nun paleotektonikden neotektonik döneme geçişinin şematik gösterimi (Şengör 1980).

Neotektonik dönem Geç Miyosen'de Neo-Tetis Okyanusu'nun güney bölümünün Bitlis Zagros Kenet Kuşağı boyunca kapanmasıyla başlamıştır (Şengör 1979; Hempton, 1985; Görür 1992; Yılmaz 1992; Selim ve diğ. 2006). Arap Yarımadası kuzey yönlü hareketine devam etmiş ve Anadolu Levhası'nın doğu bölgesini sıkıştırmaya başlamıştır. Başlangıç aşamasında bu rejime karşı olarak

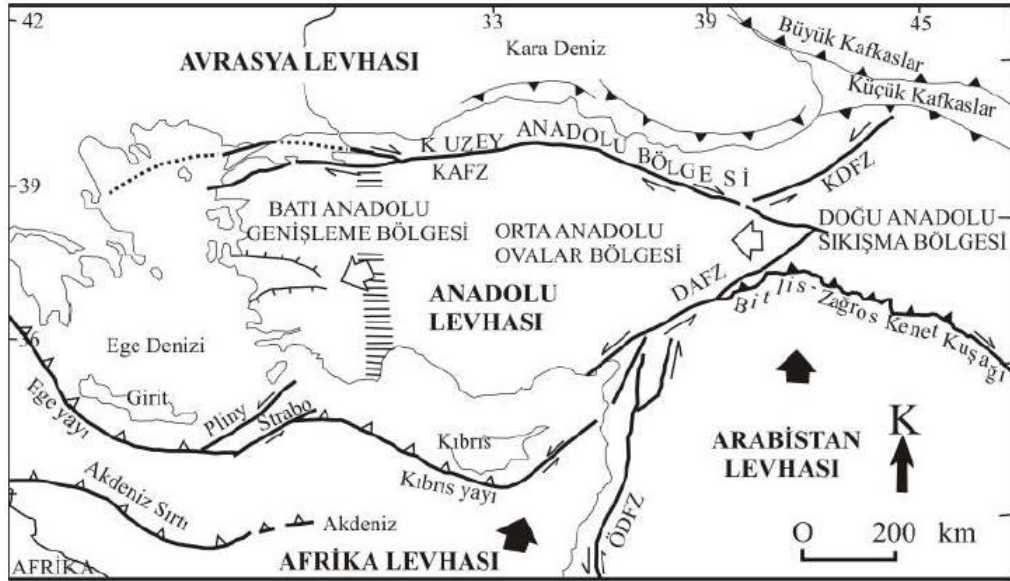
Anadolu Levhası yükselme ile mukavemet etse de daha fazla yükselemeyip batı Anadolu'ya doğru KAFZ ve DAFZ boyunca kaymaya başlamıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Anadolu Levhası'nın batı yönlü hareketinin gösterimi (Dewey ve Şengör 1979).

Anadolu'nun neotektonik yapıları, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Batı Anadolu Genişleme Bölgesi ve Orta Anadolu Ovalar Bölgesidir. KAFZ ve DAFZ'nin kesiştiği Karlıova'nın doğusu ve BZKK'nin kuzeyi arasında olan bölge Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'dir (Şekil 3.3). Bu bölge K-G doğrultulu sıkışma tektoniğine maruz kalarak deforme olmaktadır (Bozkurt 2001). Isparta üçgenin batısında kalan bölge Batı Anadolu Genişleme bölgesidir. Bu bölge K-G yönlü

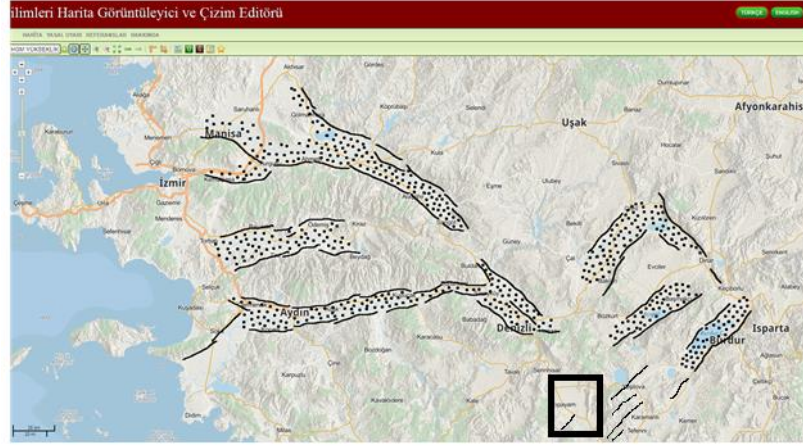
açılmadan ötürü gerilme etkisi göstermektedir. Bu iki bölge arasında Orta Anadolu Ovalar Bölgesi yer alır. Oblik faylarla sınırlı gerilme kökenli havzalardan oluşmaktadır.



Şekil 3.3: Anadolu'nun neotektonik yapılarını gösteren harita. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, KDFZ: Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, Ölü Deniz Fay Zonu (Şengör 1980).

3.1.1 Batı Anadolu Neotektoniği

Arap Yarımadası'nın kuzey yönlü hareketinin sonucunda Anadolu KAFZ boyunca batı yönlü hareket etmektedir. Batıda Helen Yayı ve Anadolu arasında dalma- batma zonu ilişkisi vardır. Bu iki sistem neticesinde Batı Anadolu K-G yönlü (3-6 cm/yıl) gerilme deformasyonu etkisindedir (Yılmaz 2000). Batı Anadolu'da iki tip havza gelişimi mevcuttur. Bunlar, D-B uzanımlı grabenler ve KD-GB uzanımlı havzalardır (Şekil 3.4). Yaklaşık olarak D-B uzanımlı grabenler, aralarında bulunan horstlar ve aktif normal faylar, Batı Anadolu'nun en bilinen neotektonik özellikleridir (Hançer 2019). Graben kenarları genel olarak listrik şekilli normal faylardan oluşmaktadır.



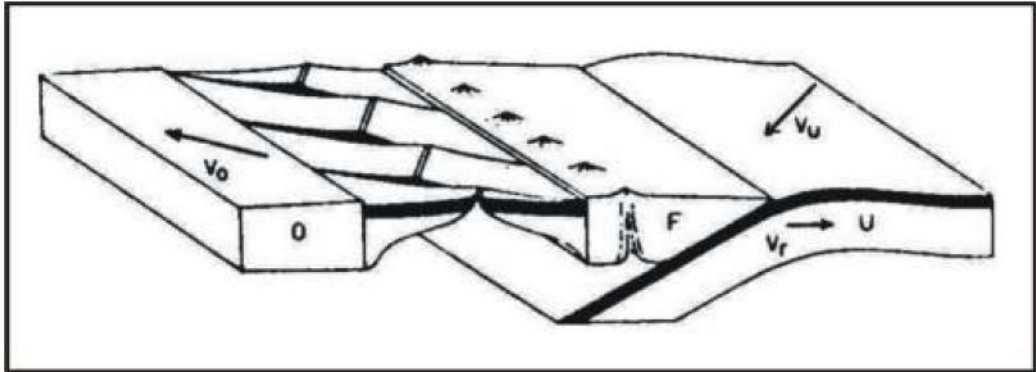
Şekil 3.4: Batı Anadolu graben sistemleri (yerbilimleri.mta.gov.tr).

3.1.1.1 Batı Anadolu'nun Kabuk Genişlemesinin Kökeni ve Oluşum Modelleri

Batı Anadolu'nun K-G yönlü genişlemenin kökeni birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre birbirinden farklı görüş ve modeller ileri sürülmüştür.

3.1.1.1.1 Yay Gerisi Modeli

Anadolu'nun güneybatı yönüne doğru ilerlemesiyle oluşmuş Helen Yayı gerisindeki gerilme olarak tanımlanmıştır (McKenzie 1978; Le Pichon ve Angelier 1979), (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Ekstensiyonel yay orojeni (Dewey 1980)

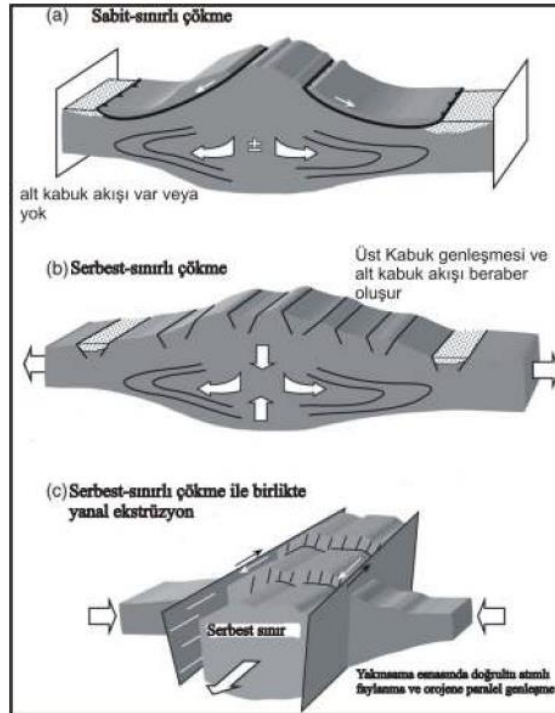
Bu modelin başlangıcının ne zaman olduğu ile alakalı 60 My ile 5 My arasında farklı görüşler belirtilmektedir (McKenzie 1978; Le Pichon ve Angelier 1979; Le Pichon ve Angelier 1981; Kissel ve Laj 1988; Meulenkamp ve diğ. 1988).

3.1.1.1.2 Epizodik Grabenleşme Modeli

Sistemin oluşumu iki evreye ayrılmıştır. İlk olarak Miyosen-Erken Pliyosen dönemleri arasında gerçekleşen orojenik çökme nedeniyle oluşmuştur. İkinci evre Pliyo-Kuvaterner olarak isimlendirilmiştir. Batı Anadolu iki farklı çekme tektoniği etkisinde oluşmuştur. (Westaway 1994; Koçyiğit ve diğ. 1999; Bozkurt 2000; Yılmaz ve Karacık 2001; Genç ve diğ. 2001; Gürer ve diğ. 2001).

3.1.1.1.3 Orojenik Çökme Modeli

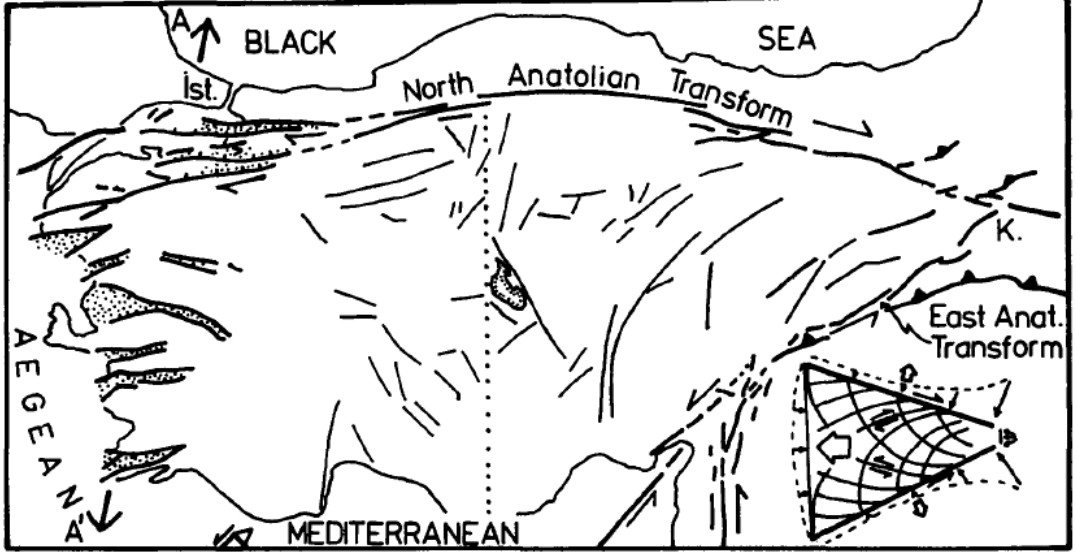
Gec Paleosen'de gerçekleşen Neotetis çarpışmasında kalınlaşıp yükselen kıta kabuğunun, geç Oligosen-Erken Miyosen'de yayılması sonucu oluşan incelmeye (Seyitoğlu ve Scott 1991, 1992), (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Orojenik çökme modelleri (Selverstone 2005)

3.1.1.1.4 Tektonik Kaçış Modeli

Anadolu Levhasının KAFZ ve DAFZ boyunca geç Serravaliyen’ den 12 My beri batı yönlü ilerlemesi (Dewey ve Şengör 1979; Şengör 1979; Şengör ve diğ. 1985; Şengör 1987).



Şekil 3.7: Anadolu'daki plaka sınırlarını gösteren harita (Şengör 1979).

3.1.2 Denizli Tektoniği

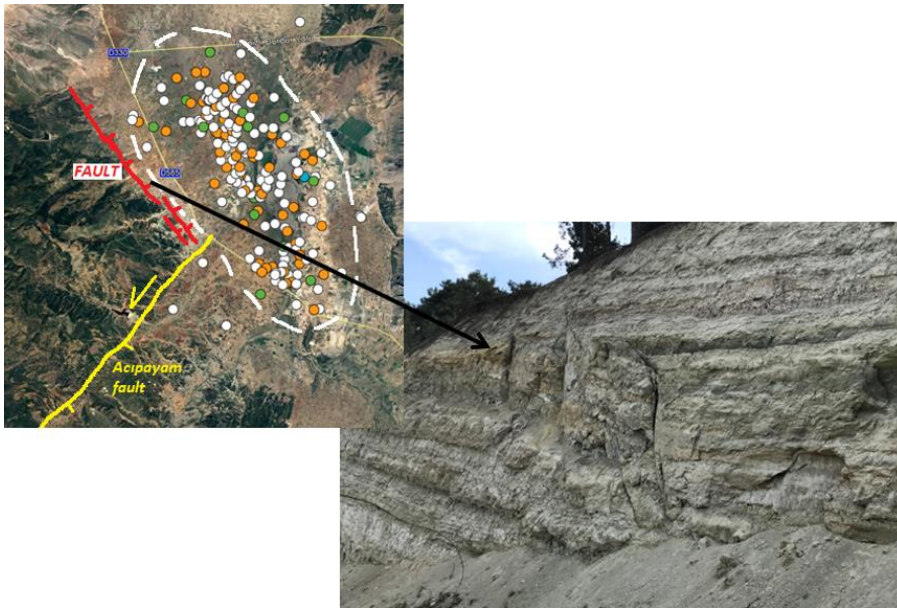
Denizli Batı Anadolu'nun doğusunda bölge grabenlerini (kuzeybatıda Gediz, batıda Büyük Menderes ve doğuda Acıgöl, Çivril-Baklan, Dinar ve Burdur) sınırlayan aktif fayların kesişim bölgesindedir (Hançer 2019). Denizli Havzası 14 My KD-GB yönlü bir genişleme deformasyonu etkisinde açılmaktadır. Açılmanın başlangıcı 14 My önce başlamıştır (Westaway 1993). Denizli havzası 7-28 km genişliğinde ve 62 km uzunluğundadır (Koçyiğit 2005) KB-GD yönlü bir doğrultuya sahiptir. Denizli Horst-Graben Sistemi'nin kenar diri fayları KD da Pamukkale Fayı, GB da Babadağ Fayı ve güneyde Honaz Fayı'dır.

3.1.3 Acıpayam Tektoniği

20 Mart 2019 tarihinde meydana gelen Acıpayam (Yeniköy) depreminden sonra AFAD ve Kandilli gibi kuruluşların deprem raporlarında deprem üreten fayın odak mekanizması çözümlerinin KB-GD doğrultulu normal fay vermesi üzerine arazi çalışmaları yapılmıştır.

Arazi çalışmaları neticesinde daha önce haritalanmayan bir fayın varlığı tespit edilmiş ve haritalanarak depremi üreten fay olduğu ortaya çıkmıştır. Bu fay FBFZ'nin KD-GB uzanımlı ve kaynaklarda Acıpayam fayı olarak geçen faydan farklı ve bağımsız bir faydır. Fay, Acıpayam'dan KB'daki Serinhisar ilçesine doğru uzanır. Bu nedenle bu fay Acıpayam-Serinhisar fayı olarak adlandırılmıştır.

Bu fay ortalama $K40^0-60^0B$ doğrultulu olup eğimi ise KD'ya doğru 50^0 dolaylarındadır. Fay Acıpayam'ın güneyinde Pınaryazı köyü dolaylarından başlar ve KB'ya doğru Acıpayam'ın güneyinden geçerek Alaattin yerleşkesi dolaylarına kadar uzanır. Yaklaşık 12-14 km uzunluğunda gözlenen fayın taban ve tavan bloklarında çok sayıda küçük atımlı sentetik ve antitetik kırıklar da mevcuttur. Fayın en iyi gözlendiği yerlerden birisi Acıpayam Devlet Hastanesi'nin hemen güneyindedir (Şekil 3.8). Bu lokasyonun 100-150 m güneyinde bu fayın sentetik ve antitetik kırıkları gözlenmiştir (Şekil 3.9). Acıpayam'ın güneyinde Çatalçeşme dolaylarında da ana fayın sentetik ve antitetik kırıkları gözlenmektedir (Şekil 3.10; 3.11; 3.12).



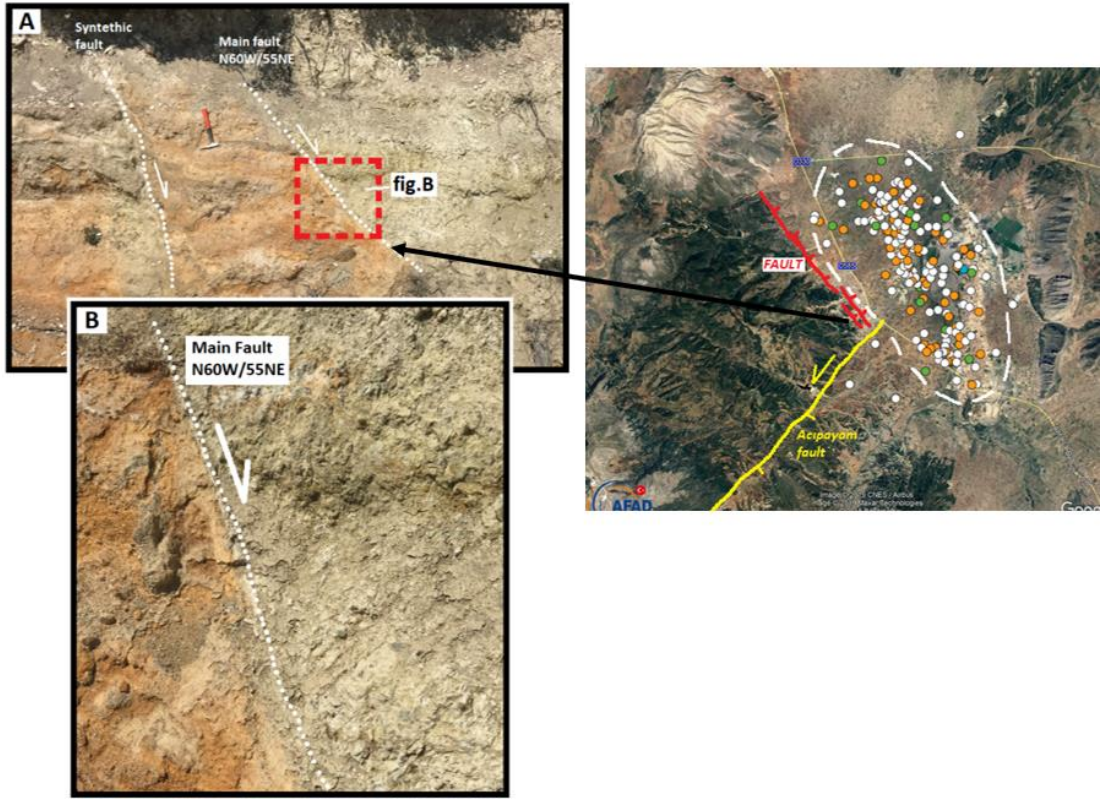
Şekil 3.8: Acıpayam GD'sunda Devlet Hastanesi yanındaki fay zonunun görünümü (G'e bakış)



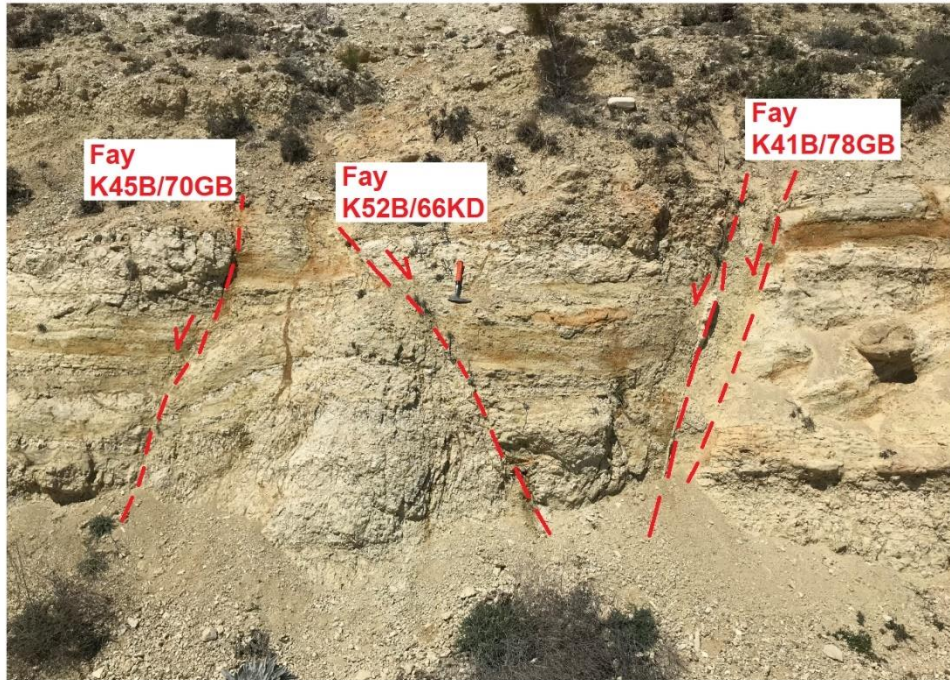
Şekil 3.9 : Şekil 3.8’de gözlenen fayın güneyindeki faya paralel gelişen küçük faylar (GD’ya bakış)



Şekil 3.10 : Acıpayam’ın güneyinde Çatalçeşme dolaylarında fayın uzaktan görünümü (K’e bakış).



Şekil 3.11 : Kaletpe güneyi (Çatalçeşme dolayı) fayın sintetik kırıklarının uzak ve yakın görünümleri (K'e bakış).



Şekil 3.12 : Şekil 3.10'da gözlenen fayın GB'sına doğru ortaya çıkan sintetik ve antitetik faylar (K'e bakış).

4. DEPREMSELLİK

Batı Anadolu genişleme bölgesi içerisinde bulunan Denizli ve çevresi tektonik açıdan oldukça aktiftir. Bölge graben ve horst yapılarının kenar fayları diri faylardan oluşmaktadır. Bu faylar geçmişten günümüze kadar geçen süreçte birçok deprem üretmiştir. Depremler 1900'lü yılların başlarından itibaren sismograf cihazlarıyla ölçülmektedir. Bu tarih depremleri ikiye ayırmaktadır. 1900'den öncesine tarihsel dönem depremleri sonrasına ise aletsel dönem depremleri denmektedir.

4.1 Tarihsel Dönem Depremleri

Denizli ve çevresinde tarihsel dönemde birçok deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin bazıları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Denizli ve çevresindeki tarihsel dönem depremleri. (Ergin 1964; Soysal 1981; Ronchetta 1987; Altunel ve Barka 1996; Altunel 2000; Akyol ve diğ. 2007, Topal 2012; Koeri).

Tarih	Şiddet	Yer
M.Ö 65	XIII	Denizli
M.S 17	IX	Manisa-Aydın
M.S 60	IX	Pamukkale, Honaz, Denizli
700		Denizli
1358		Denizli
1653	IX	Aydın
1702 (1703)		Denizli
1717		Denizli
1851	IX	Fethiye, Muğla
1862	IX	Turgutlu, Manisa
1873	IX	Aydın, İzmir
1875	IX	Dinar, Çivril
1878		Denizli
1895	IX	Aydın
1899	IX	Aydın, Denizli

4.2 Aletsel Dönem Depremleri

Denizli ve yakın çevresinin aletsel dönem deprem etkinliği (www.koeri.boun.edu.tr) sitesinden alınan verilere göre 01.01.1900-01.01.2021 tarihleri arasında, tablo 4.2'deki gibidir. Tablo 4.2'te bulunan magnitüd değerleri M_w ya da M_l değerleridir. Tablo 4.2'e göre 3-4 büyüklükleri arasında oluşan depremler 1265, 4-5 büyüklükleri arasında 56, 5-6 büyüklükleri arasında ise 15 deprem meydana gelmiştir. Çalışma bölgesinde 6 M_w ve daha yüksek magnitüd büyüklüğüne sahip 1 deprem meydana gelmiştir ve bu deprem 16.03.1926 tarihinde 6.3 magnitüd büyüklüğünde olan Medet-Tavas depremidir.

Tablo 4.2: Denizli ve yakın çevresinin aletsel dönem etkinliğini gösteren tablo.

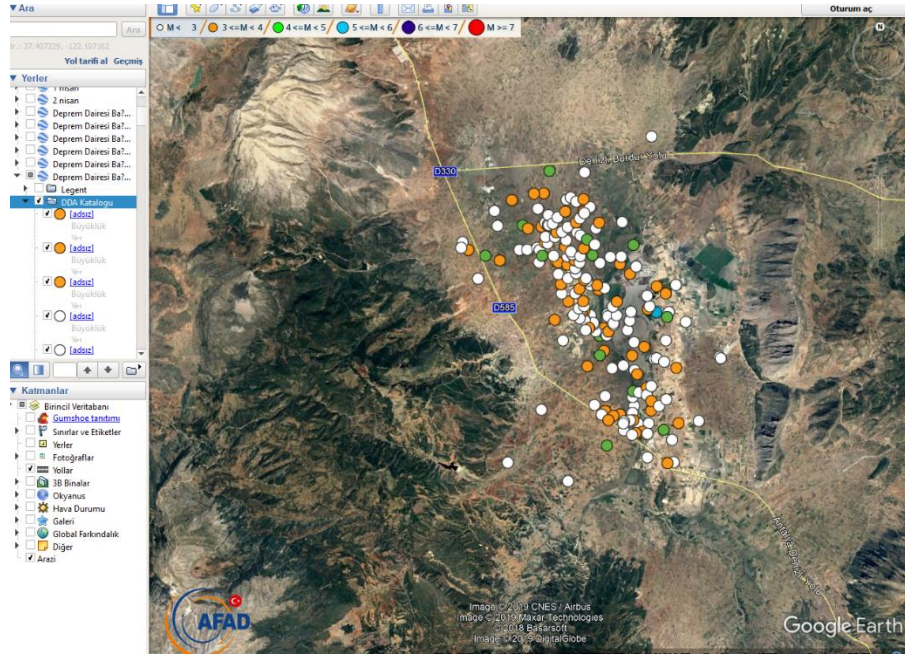
$M_w - M_l$	Deprem Sayısı
3 – 4	1265
4 – 5	56
5 – 6	15
6 +	1

4.3 Acıpayam Depremselliği

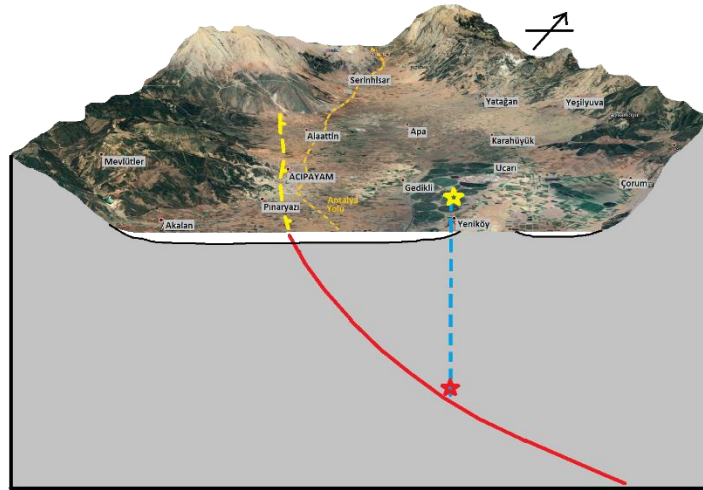
Tarihsel ve aletsel dönemde Acıpayam'da kayda değer bir deprem yoktur. Ancak kaynaklarda 1936 yılında 5,3 büyüklüğünde bir deprem meydana geldiği belirtilmektedir. Ancak bu depreme güneydeki Burdur-Fethiye Fay Zonu'na ait Acıpayam fayının neden olup olmadığına dair net bir veri yoktur.

20 Mart 2019 tarihinde saat 04:41'de 3,7 büyüklüğünde bir öncü deprem ile başlayan ve saat 09:34'de 5,6 büyüklüğünde ana şok ile devam eden depremden sonraki iki ay içerisinde büyüklüğü 2,1 ile 5,1 arasında değişen artçı sarsıntılar meydana gelmiştir. Artçı sarsıntılarının dağılımı KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır. Ana depremden sonraki ilk üç ay içerisinde magnitudu 4.0'dan büyük 13 adet deprem meydana gelmiştir. İlgili depreme ait AFAD ve Kandilli'nin deprem raporlarında odak çözüm mekanizması $K45^0B$ doğrultulu normal fayı işaret etmiştir

(Şekil 4.1). Depremin derinliği ise bu kuruluşlar tarafından 5 km ile 5,5 km olarak hesaplanmıştır (AFAD 2019; KOERİ 2019), (Şekil 4.2).

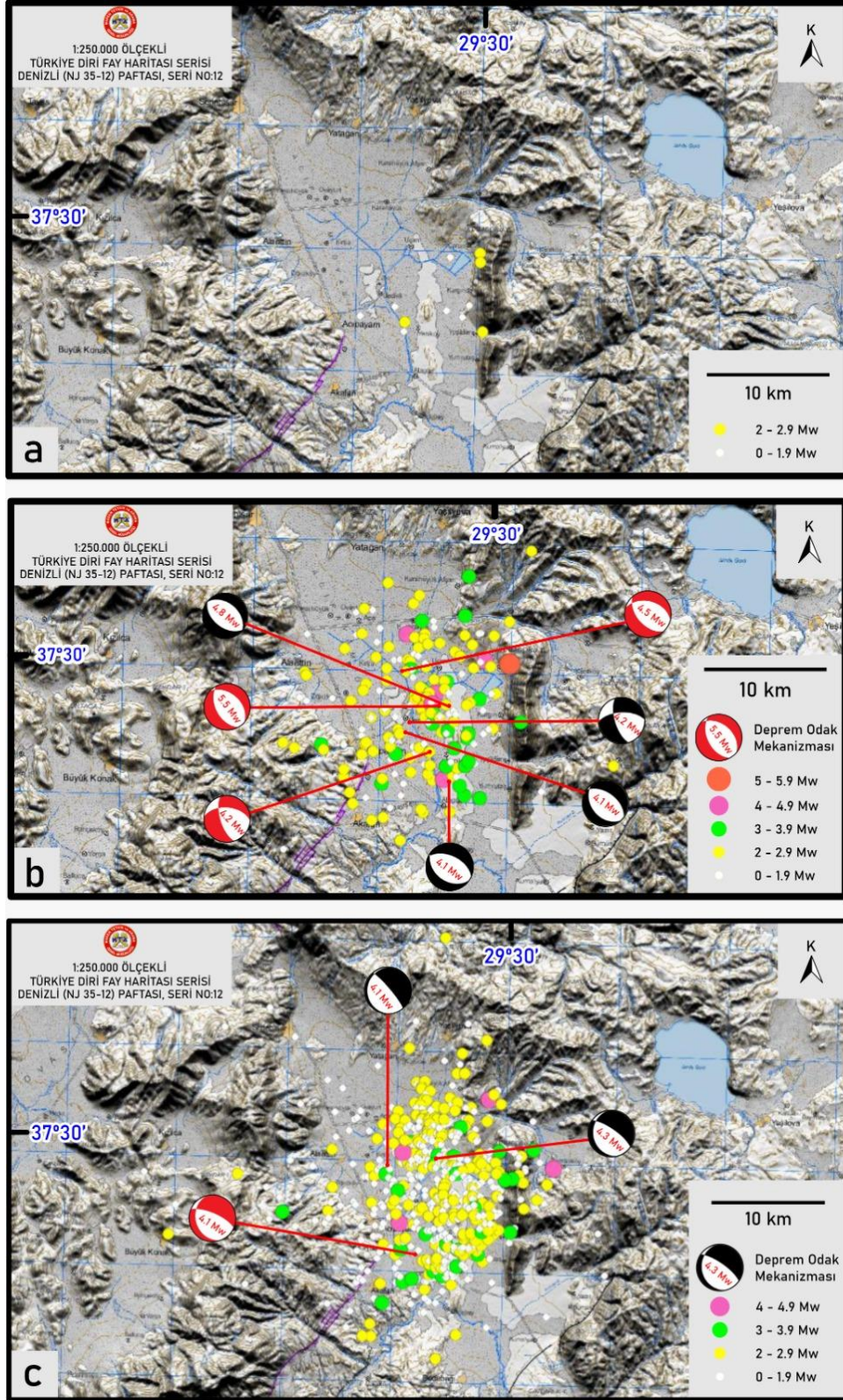


Şekil 4.1 : 20 Mart 2019 tarihindeki depremin ardından bölgedeki artçı sarsıntılarının episantr dağılımı (deprem.gov.tr).



Şekil 4.2: Depreme neden olan fayın odak derinliği ve merkez üssünü gösteren şematik blok diyagramı.

20 Mart'ta gerçekleşen depremlerin dağılımı, 13-20 Mart 2019 ve 20-27 Mart 2019 tarihleri arasında meydana gelen öncü ve artçı depremlerin dağılımı verilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : MTA, 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Denizli (NJ35-12) paftası, seri no:12; SRTM 30 m [N37E029 paftası] verisi; AFAD, Deprem Kataloğu ve Fay Çözümleri. a) 13-20 Mart 2019; b) 20 Mart 2019; c) 20-27 Mart tarihlerinde oluşan depremlerin episantr dağılımları ve fay çözümleri.

5. Paleosismoloji

Paleosismoloji etimolojik olarak eski deprem bilimi anlamına gelmektedir. Paleosismolojinin çalışma alanı aktif fayların bulunup haritalanması ve fay parametrelerini (tekrarlanma aralığı, deprem büyüklüğü, yer değiştirme, fay üzerindeki kayma hızı, depremin etkilediği alan, son depremden günümüzü geçen zaman, oluşan yüzey kırığı, fayın kinematik özellikleri) belirleme esasına dayanmaktadır. Fay parametrelerinin birçoğu günümüz koşullarında sismograf cihazı ile hesaplanıp, elektronik ortamda elde edilebilmektedir. Bu teknoloji jeolojik olarak çok yenidir. Dolayısıyla tarihsel dönemde oluşan depremler ve aletsel dönemde yaşanmış depremlerin bir kısmı hakkında fay parametreleri ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır.

5.1 Paleosismoloji çalışmaları

Haritalanan fayın geçtiği hatlar boyunca paleosismoloji amaçlı hendek açmak için uygun lokasyonlar aranmıştır. Bu hatlar boyunca açılacak olan hendeklerde deprem üreten faya ait parametreler irdelenecek ve fayın deprem tehlikesi üzerine yorumlamalar yapılacaktır. Bu amaçla ilk hendek Acıpayam Devlet Hastanesi'nin hemen batısındaki bir lokasyonda 1 nolu hendek açılmıştır.

5.1.1 1 Nolu Hendek

Acıpayam Devlet Hastanesi'nin yakın batısında açılan 1 nolu hendek yaklaşık K45⁰D doğrultusunda ve 21 m uzunluğunda açılan hendeğin GD duvarı çalışılmıştır. Hendeğin GB ucu 29.33385765;37.42816728 koordinatlarında, KD ucu ise 29.33398103;37.42835472 koordinatlarındadır (Şekil 5.1).

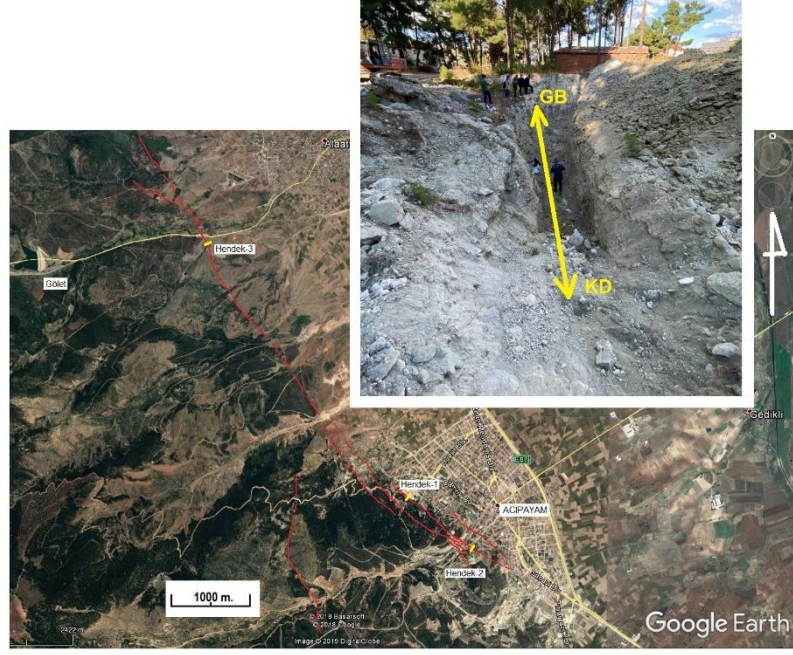
Hendek stratigrafisi olarak en tabanda gri beyaz marn vardır (Şekil 5.2). Daha üstte ise kalınlığı 2 m'yi aşan koyu gri kil bulunmaktadır. Bu birim içerisinde yer yer ince beyaz-gri beyaz marn seviyeleri yer alır. Daha üstte ise hendeğin KD ucuna

doğru 2 m kalınlıklara ulaşan açık gri kil vardır. Bu birimin de üzerinde 70-80 cm kalınlıklarda açık gri sarı renkli kil ve daha da üstte ise kahverengi sarı kil bulunur. Neojen yaşlı tortullara ait olan bu birimler daha üstteki genç kahverengi kil, kum ve çakıl ile örtülmüştür. Hendeğın en KD ucunda yaklaşık 3 m'ye ulaşan yapay dolgu gözlenir (Şekil 5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.7; 5.8; 5.9).

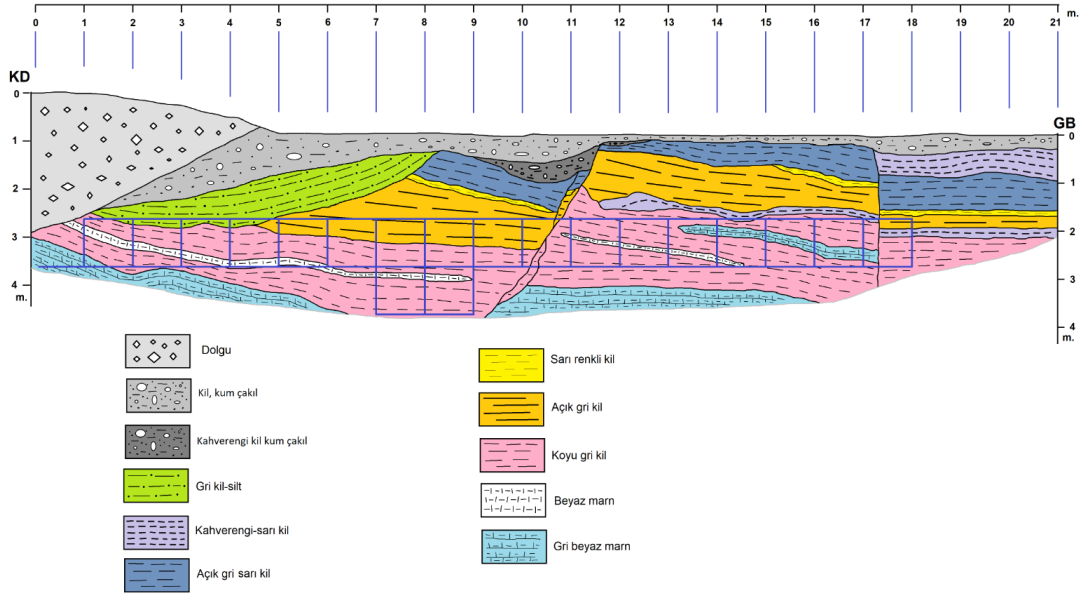
1 nolu hendeğın KD ucundan itibaren 11-12 m arasında bir fay zonu tespit edilmiştir. Birden fazla düzlemler halinde gözlenen bu zondaki ana kırık K52⁰B/58⁰KD konumlu normal bir faydır. Fayın toplam 105 cm eğim atımı vardır. Fay zonu kahverengi kil, kum ve çakıl ile düzensiz kil kum çakıl karışımı gibi iki ayrı genç tortul paket tarafından örtülmüştür (Şekil 5.6). Bu tortul paketlerden ilki olan kahverengi kil, kum- çakıl fay zonundaki eski kırık tarafından örtülmüştür. Aynı kırığın daha sonra yeniden çalışması ile bu tortul yeni fay düzlemi tarafından da kesilmiştir. Yeni oluşan düzlem ise daha üstteki kil, kum ve çakıl karışımı ikinci tortul paket tarafından örtülmüştür. Bu kesimdeki fayın atımı ise 55 cm dolaylarındadır. Buradaki fayın iki ayrı dönemde çalıştığı yorumlanmış ve fayları örten tortulardan alınan örnekler paleosismoloji amaçlı olarak incelenmiştir. Her iki tortul paketin taban seviyelerinden alınan örneklerin karbon 14 yaş analizi yaptırılmıştır. Altındaki tortul paketten kahverengi kil kum çakıl seviyesinden alınan örneğın (ACNE-1) karbon 14 yaş analizi 840 ± 24 yaşını vermiştir. Takvim yaşı MS 1168-1263 yılları arasındadır. Bu tortulu örten üstteki seviyeden alınan örneğın (ACNE-2) karbon 14 yaş analizi sonucu 344 ± 30 yaşını verirken, takvim yaş aralığı ise MS 1471-1638 yılları arasında ortaya çıkmıştır.

ACNE-1 kodlu örnek ile üst tortul paketten alınan ACNE-2 kodlu örneğın yaş analizi sonuçlarına ve değerlendirmesine paleosismolojik sonuçların yorumlaması kısmında yer verilecektir.

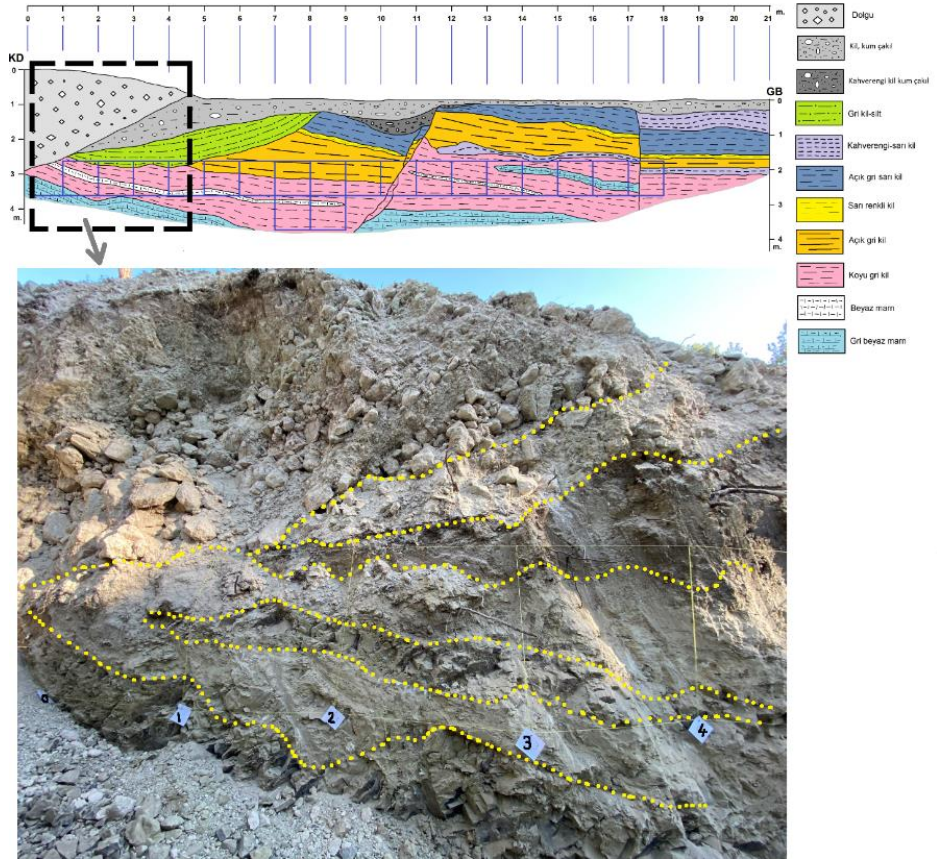
Hendeğın KD ucundan itibaren 17 m dolaylarında K40⁰B konumlu düşey bir fay daha gözlenmiştir. Bu fay ise 65 cm düşey atıma sahiptir ve hendeğın 11-12 m arasında gözlenen ana fay zonuna yaklaşık paralel gelişen antitetik bir kırık olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.9).



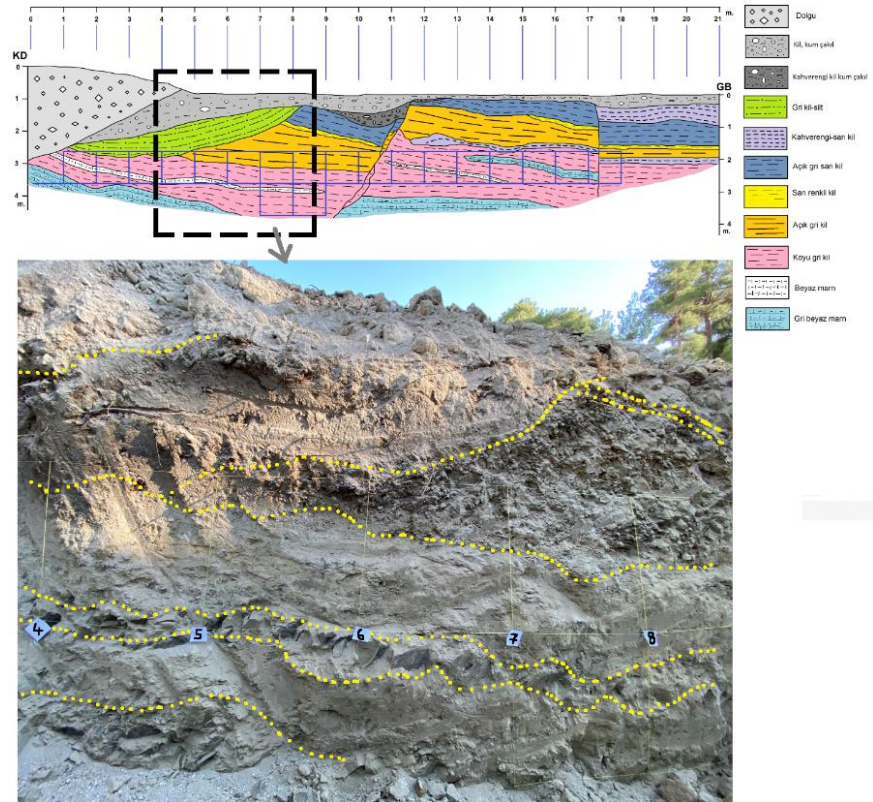
Şekil 5.1: Artçı depremlerin dağılımı, fay ve 1 nolu hendek yerinin haritadaki görünümü.



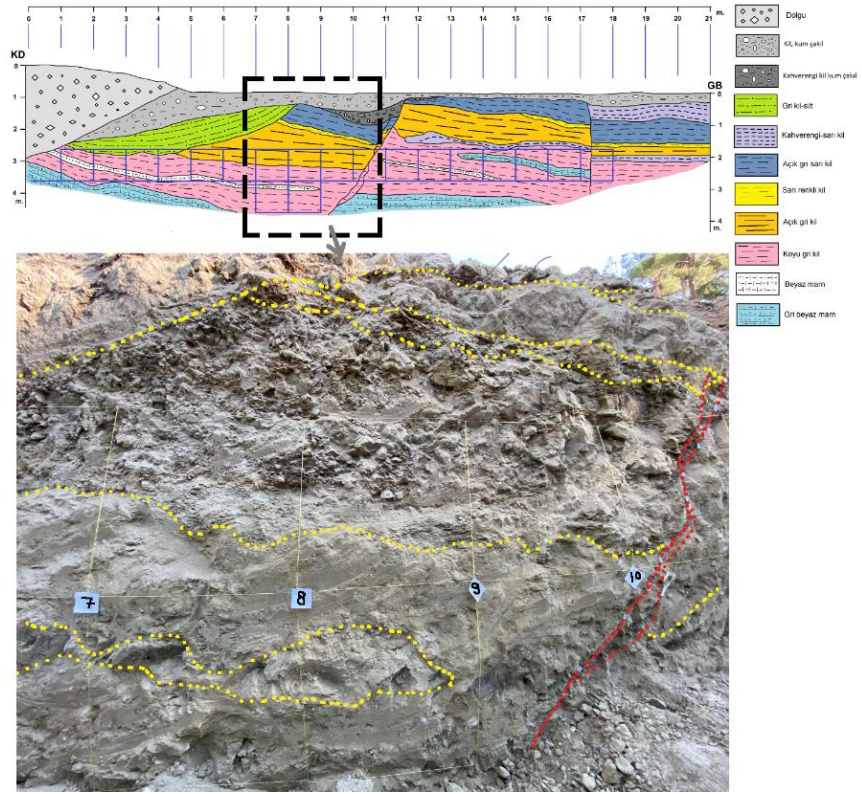
Şekil 5.2: GD duvarı çalışılan 1 nolu hendegın enine jeoloji kesiti.



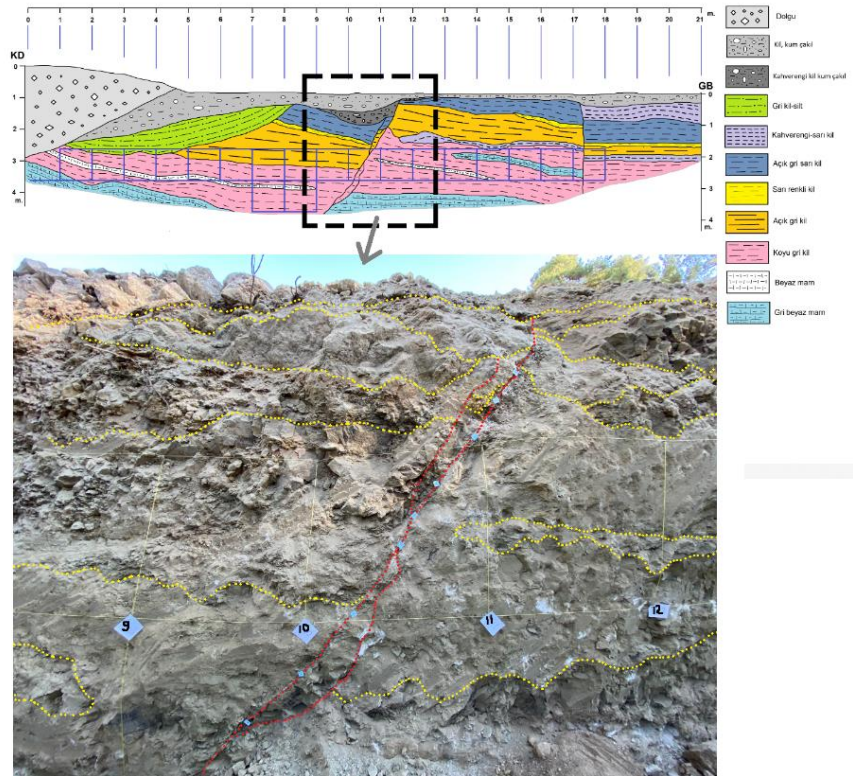
Şekil 5.3: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 0-4 m arası görünümü (GD'ya bakış).



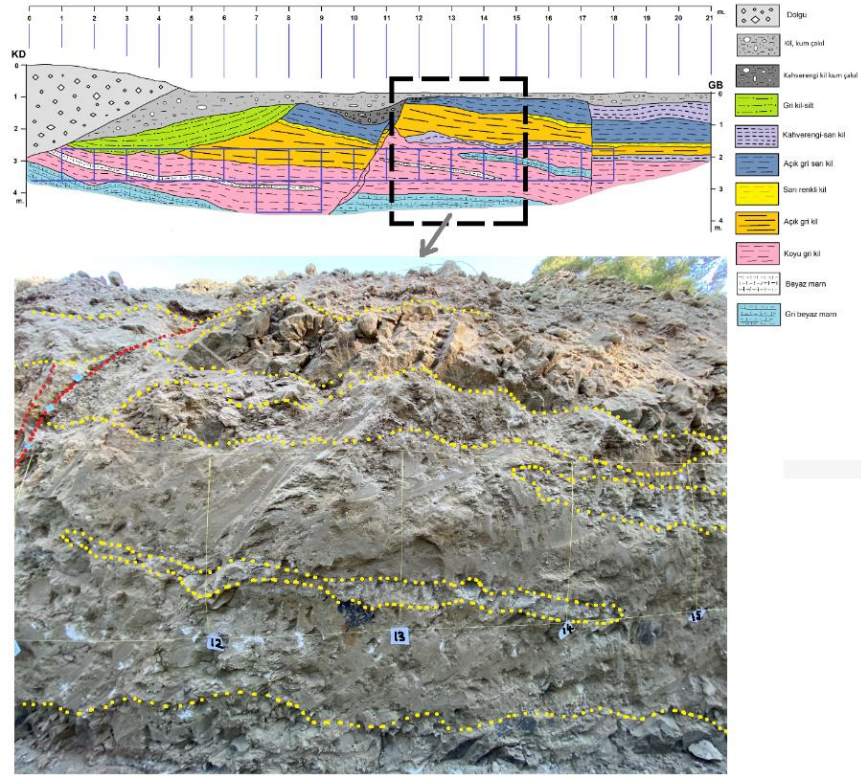
Şekil 5.4: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 4-8 m arası görünümü (GD'ya bakış)



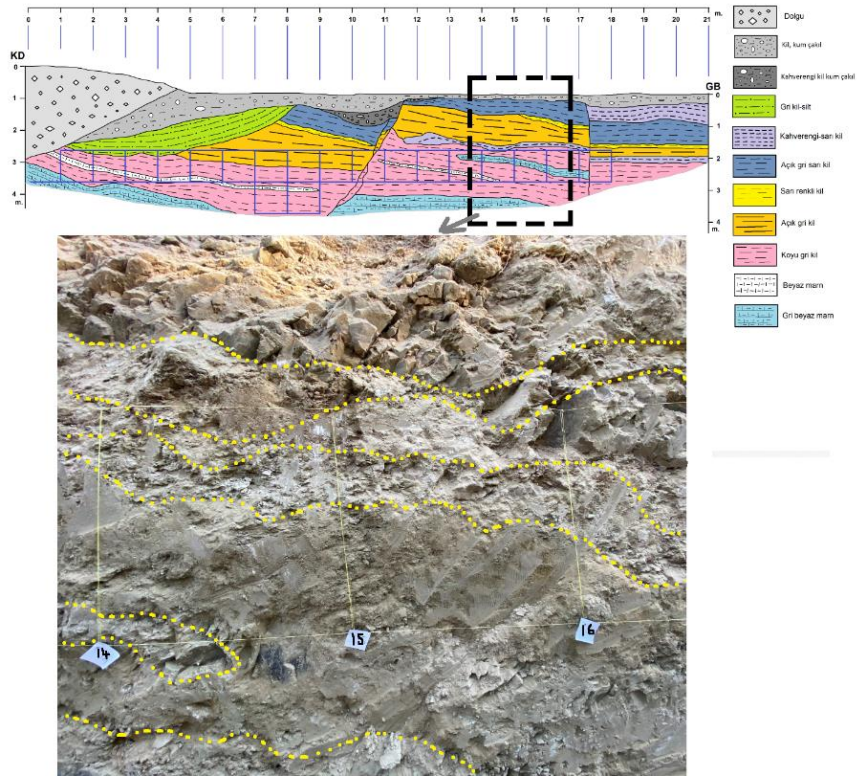
Şekil 5.5: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 7-11 m arası görünümü (GD'ya bakış)



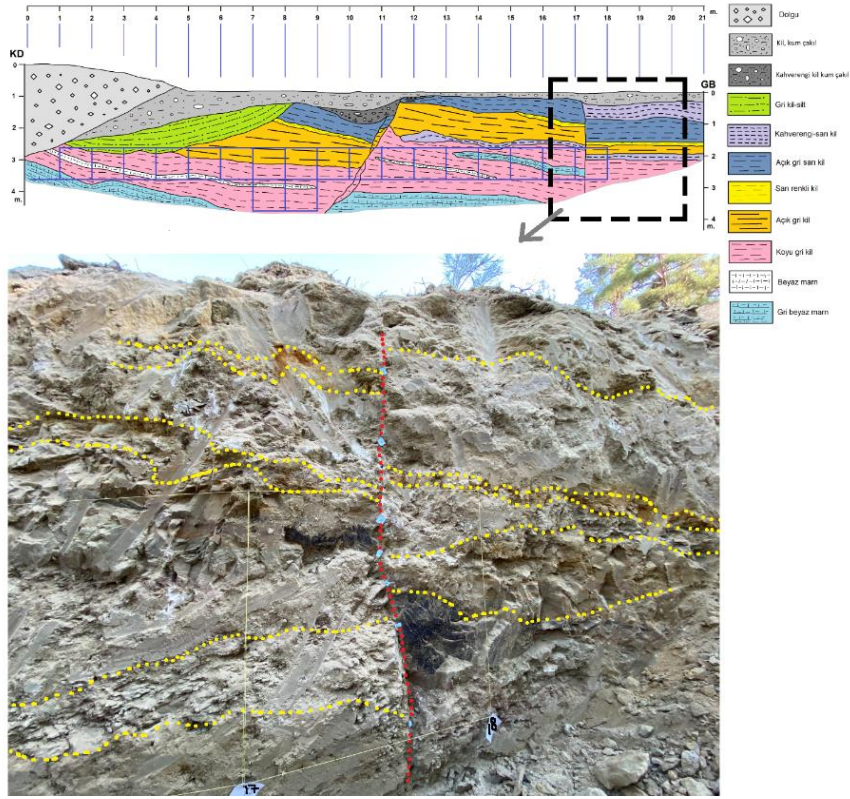
Şekil 5.6: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 8-13 m arası görünümü (GD'ya bakış)



Şekil 5.7: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 11-15 m arası görünümü (GD'ya bakış)



Şekil 5.8: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 14-17 m arası görünümü (GD'ya bakış)



Şekil 5.9: 1 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 16-19 m arası görünümü (GD'ya bakış)

5.1.2 2 Nolu Hendek

Acıpayam Devlet Hastanesi güneyinde ve 1 nolu hendeğe tespit edilen fayın GD'ya doğru devamı takip edilmiş ve Acıpayam'ın güneyinde bulunan Çatalçeşme (Yukarı Mahalle) güneyindeki Gencer tepesinin kuzey yamacında fay tespit edilmiştir (Şekil 5.10). Yol yarmasında gözlenen fay $K45^0B/70^0KD$ konumundadır. Bu lokasyonda gözlenen fayın KB'ya doğru devamı takip edilerek yaklaşık 40 m KB'sında uygun bir alanda 2 nolu hendek açılmıştır. Hendeğin GB ucu $29.34738135;37.42036261$, KD ucu ise $29.34762275;37.42057989$ koordinatlarındadır. $K40^0D$ doğrultusunda ve 17 m uzunluğunda açılan hendeğin GD duvarı çalışılmıştır. 2 nolu hendek 1 nolu hendeğin yaklaşık 1,5 km GD'sundadır (Şekil 5.11).

Hendek stratigrafisi olarak tabanda gri kil bulunmaktadır (Şekil 5.12). Daha üstte hendeğin GB ucuna yakın ve yaklaşık 20-30 cm kalınlığında olan beyaz kumlu kil bulunmaktadır. Daha üstte yine hendeğin GB ucuna yakın yer yer kalınlığı 1 m'yi aşan kırmızı çakıl birimi bulunmaktadır. Daha üstte hendeğin KD ucundan itibaren 2.

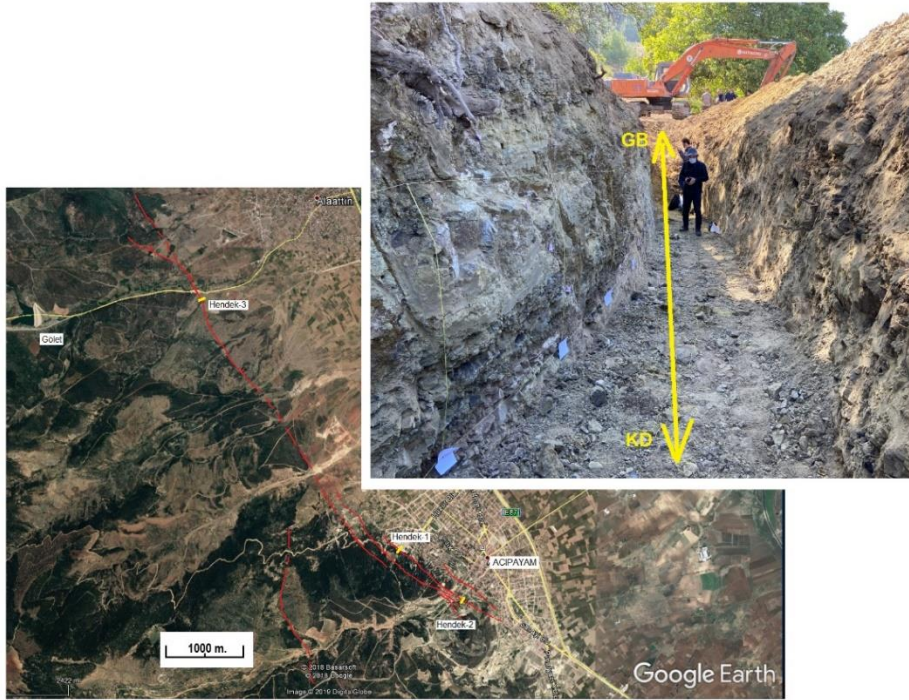
metresinde gözlemlenmeye başlayan ve kalınlığı 10-50 cm arasında değişen kahverengi silt, kil birimi bulunmaktadır. Daha üstte hendeğin 14. metresinde gözlemlenmeye başlayan kalınlığı yaklaşık 10 cm olan açık sarı kum bulunmaktadır. Daha üstte kalınlığı 20-50 cm arasında değişen gri sarımsı kil bulunmaktadır. Daha üstte hendeğin GB ucuna doğru kalınlaşan gri, açık kahve kil bulunmakta olup üzerinde açık sarı kil onun üzerinde de beyaz kumlu kil bulunmaktadır. Hendeğe bulunan birimler Neojen yaşlı tortullara ait olan tabakalı koyu kahve yeşilimsi kil ve beyaz kum ile örtülmüştür. Hendeğin KD ucunda 50 cm kalınlığında başlayıp GB ucuna doğru kalınlığı azalan doğal toprak bulunmaktadır (Şekil 5.13; 5.14; 5.15; 5.16; 5.17; 5.18; 5.19).

2 nolu hendeğin KD'dan itibaren 9-10 m arasında ana fay tespit edilmiş olup ana faya paralel gelişen antitetik faylarla birlikte yaklaşık 8-12 m arasında bir fay zonu gözlenir (Şekil 5.16). Burada fayın konumu K48⁰B/44⁰KD konumlu olup fayın eğim atımı ise 40 cm dolaylarındadır. Buradaki ana fayı örten seviyeden alınan numunelerin (ACNE-3 ve ACNE-4) karbon14 analizi yaptırılmış ve elde edilen sonuçlar raporun paleosismoloji kısmında tartışılmıştır. 2 nolu hendeğin KD'dan itibaren 2-3 m arasında bir antitetik kırık daha gözlenmiş olup atımı ise 15 cm dolaylarındadır (Şekil 5.14). Hendeğin KD'dan itibaren 14-16 m arasında yine küçük bir graben yapısını andıran iki adet fay gözlenmiş olup bu faylardan ana faya sentetik olan antitetik konumda olan fayı kesmiştir (Şekil 5.19). Her iki fayın da atımları 15-20 cm dolaylarındadır.

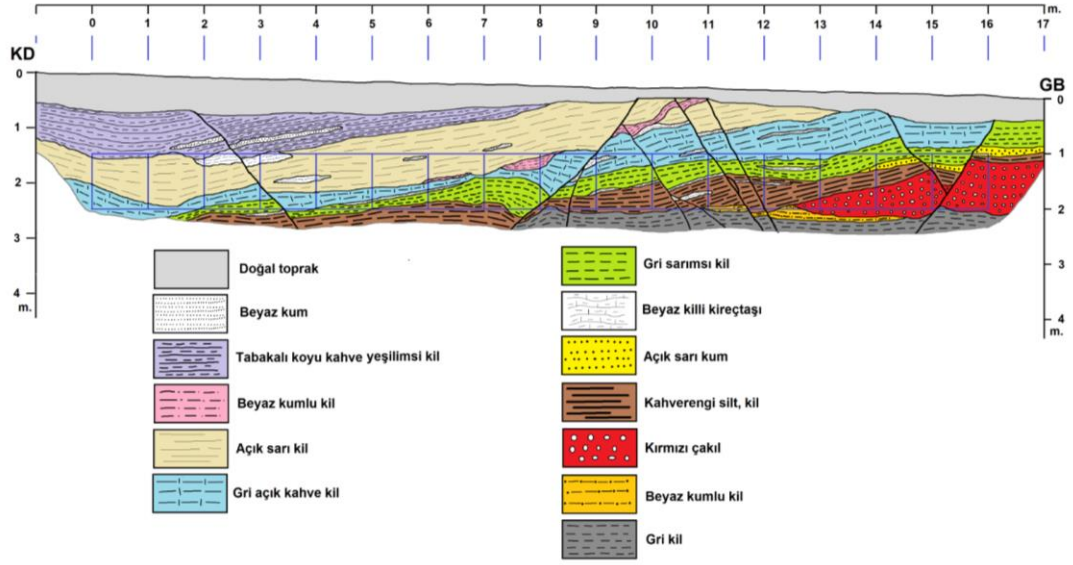
2 nolu hendeğin KD'dan itibaren 9-10 m arasında tespit edilen fay hendeğin ana fayı olarak, diğerleri bu faya paralel gelişen sentetik ve antitetik kırıklar olarak değerlendirilmiştir. Ana fayı örten tortul seviyenin tabanından alınan örneğin, (ACNE-3) karbon 14 yaş analizi 720 ± 36 yaşını vermiştir. Takvim yaşı ise, MS 1227-1308 yılları arası ve düşük olasılıkla MS 1363-1385 yılları arasındadır. Aynı seviyeden alınan diğer örneğin (ACNE-4) karbon 14 analizi, MS 2002-2006 ve düşük olasılık olarak MS 1957 yaşını vermiştir. Bu sonuçlar oldukça güncel sonuç verdiği için örnek alımındaki hata payı da dikkate alınarak değerlendirme dışı tutulmuştur. ACNE-3 nolu örneğin yaş değerlendirmesine tezin paleosismolojik yorumlama kısmında açıklanacaktır.



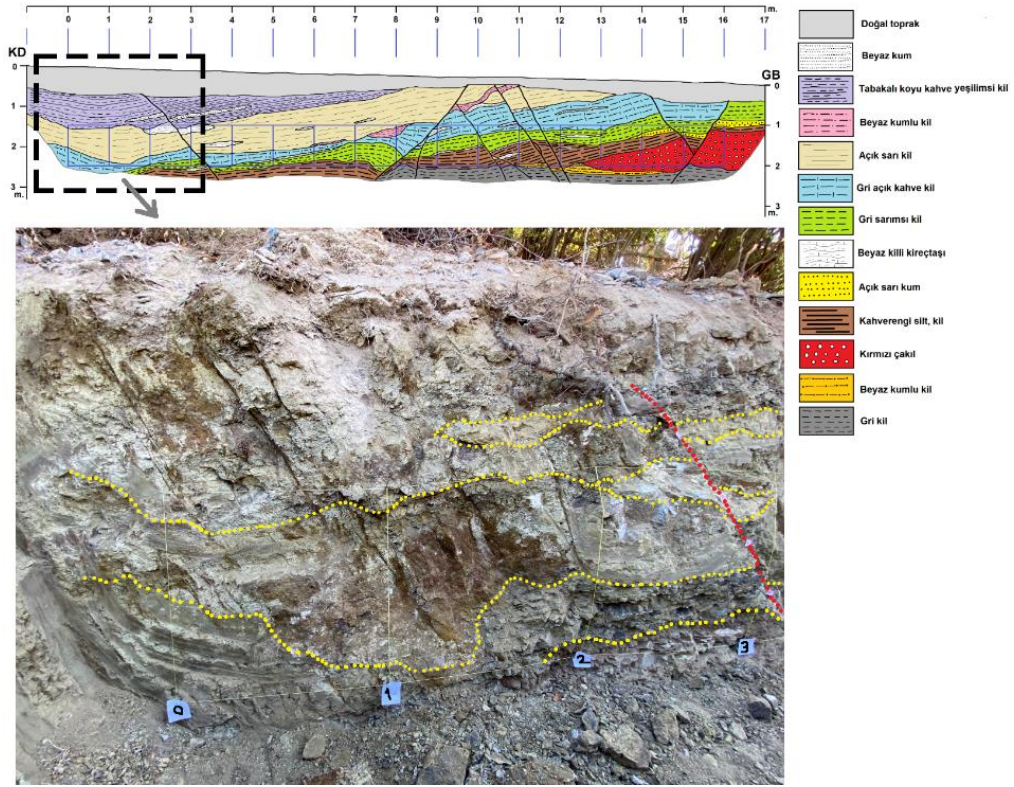
Şekil 5.10: Gencer tepenin kuzey yamacındaki bir yol yarmasında gözlenen K50⁰ B doğrultulu fay.



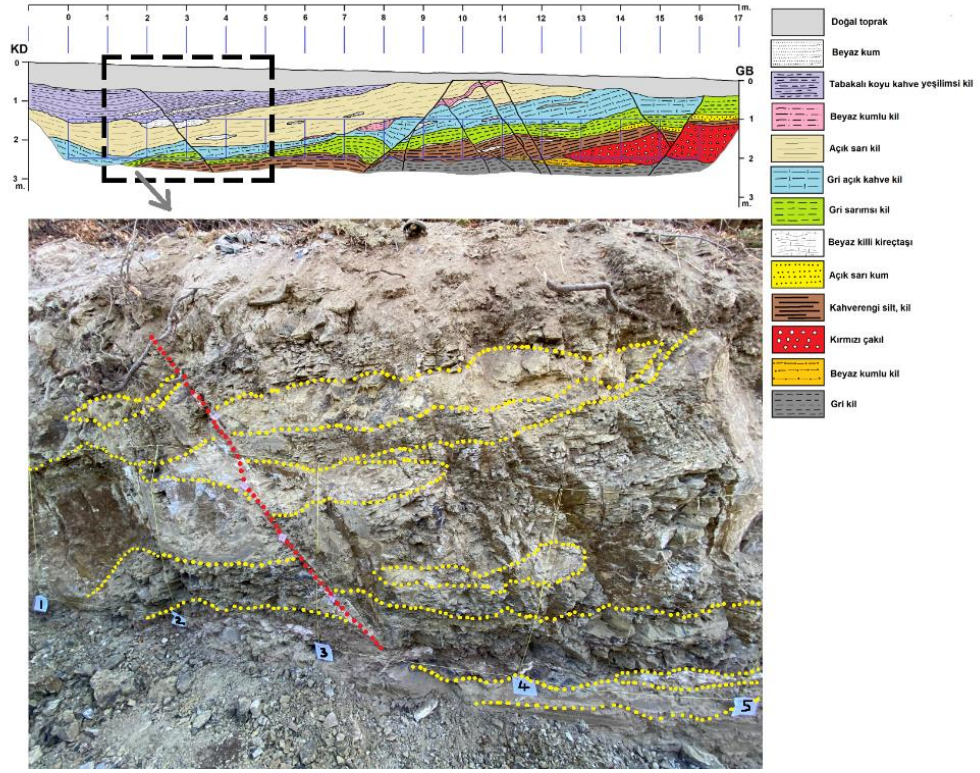
Şekil 5.11 : 2 nolu hendek yeri ve güzergahı.



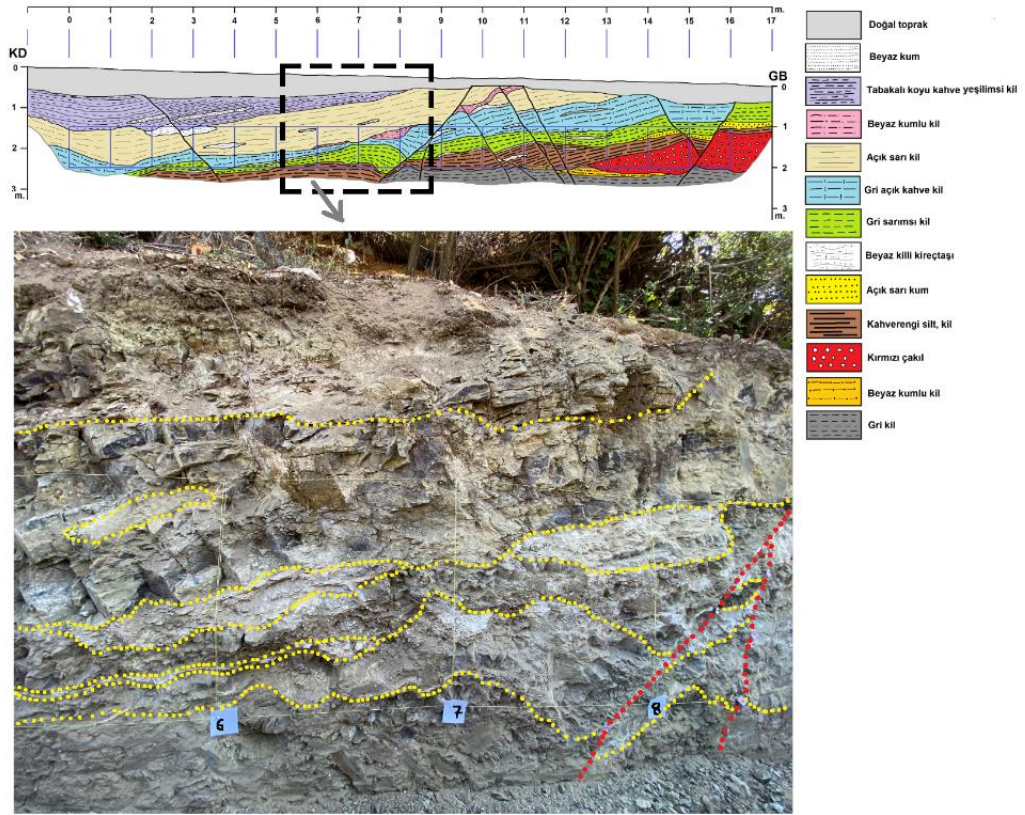
Şekil 5.12: GD duvarı çalışılan 2 nolu hendeğin enine jeoloji kesiti.



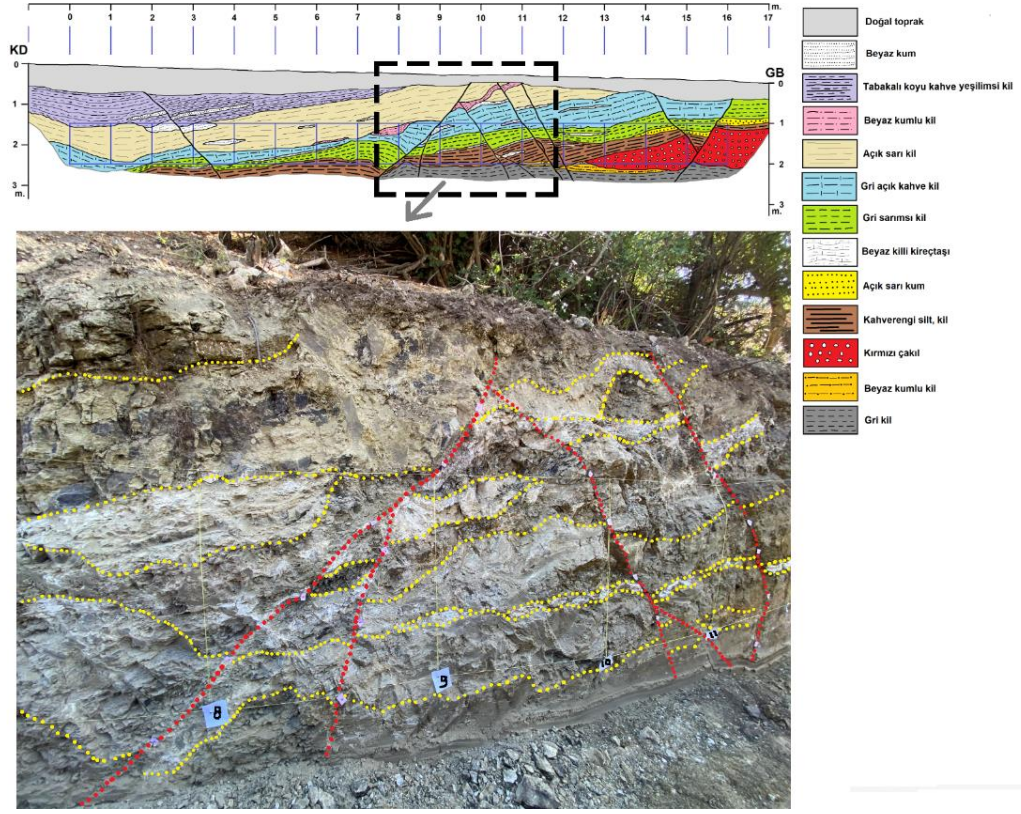
Şekil 5.13: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 0-3 m arası görünümü (GD'ya bakış).



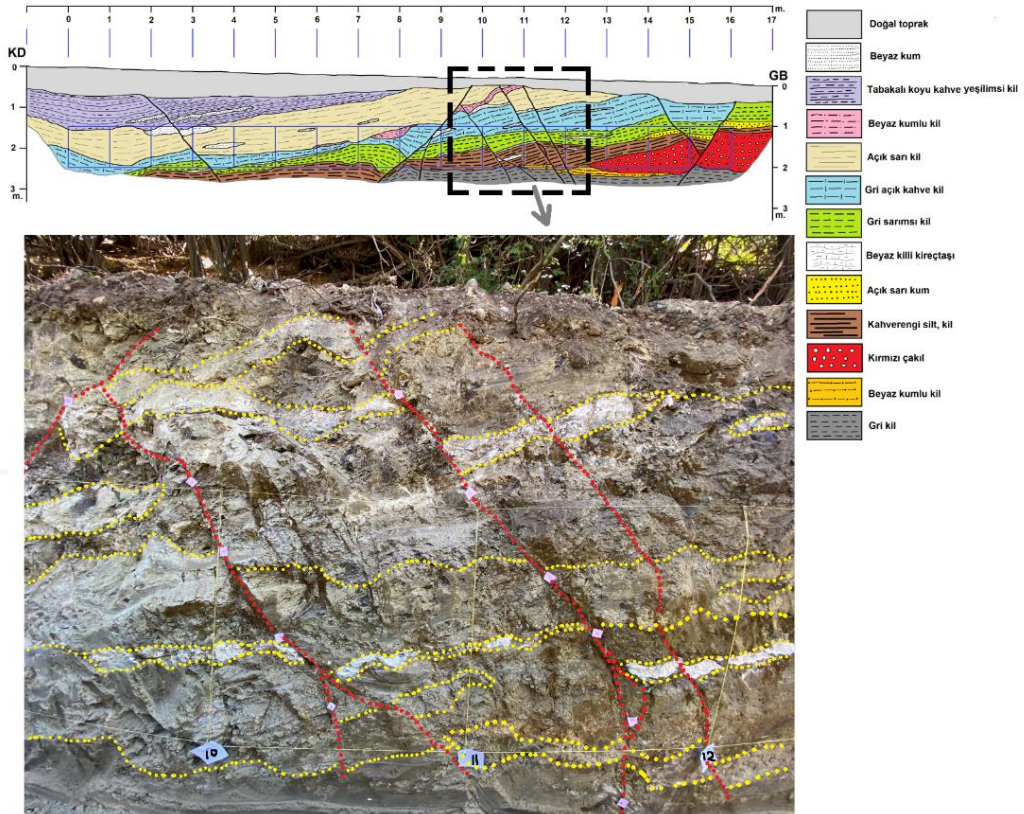
Şekil 5.14: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 1-5 m arası görünümü (GD'ya bakış).



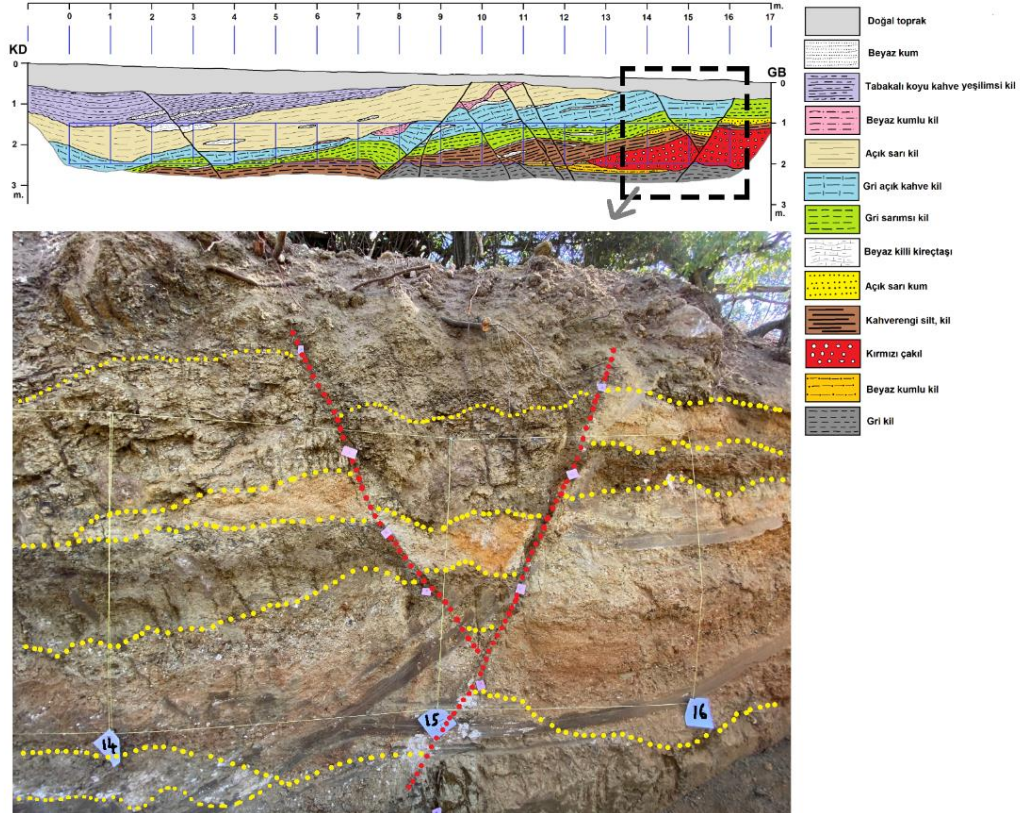
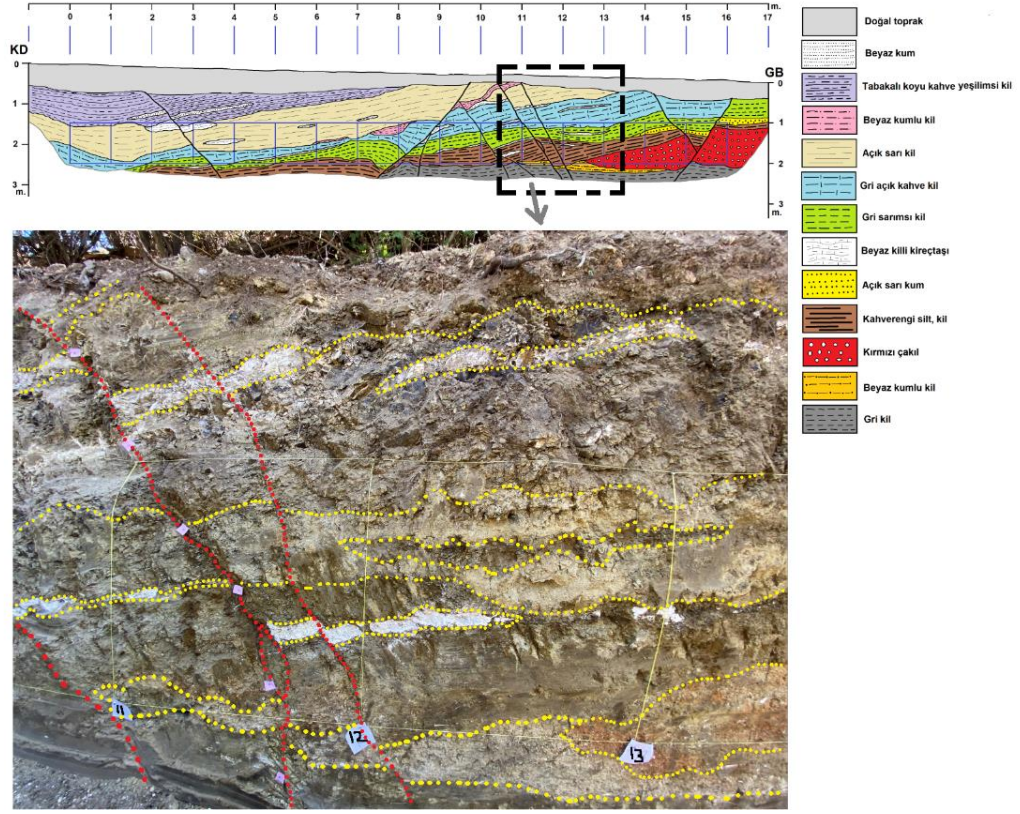
Şekil 5.15: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 5-9 m arası görünümü (GD'ya bakış).



Şekil 5.16: 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 7-12 m arası görünümü (GD'ya bakış).



Şekil 5.17 : 2 nolu hendeğin KD ucundan itibaren 9-13 m arası görünümü (GD'ya bakış).

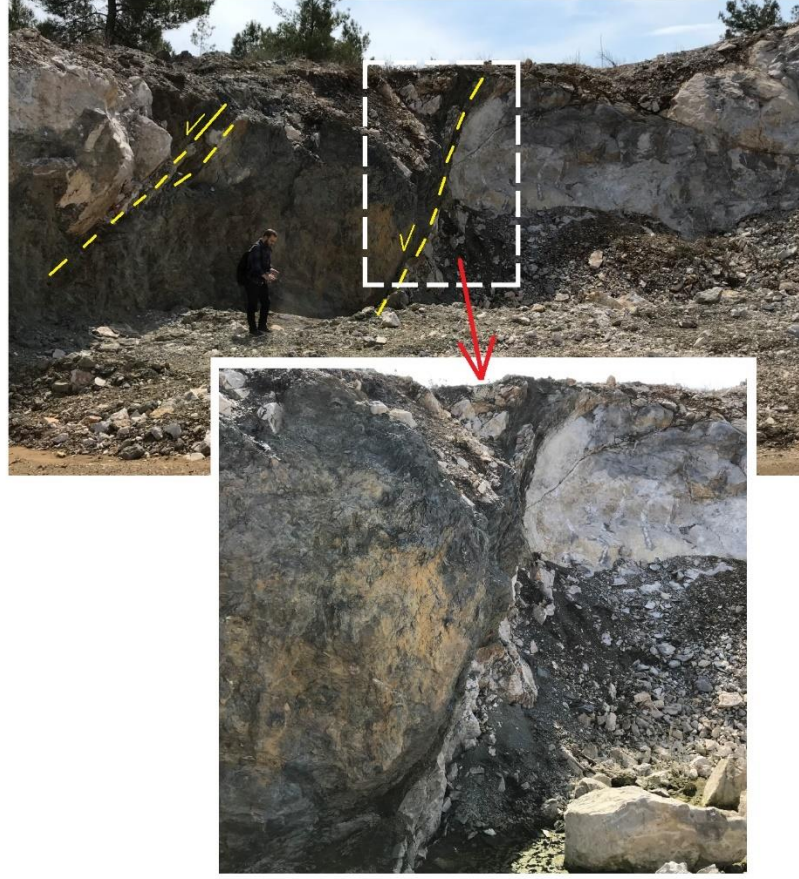


5.1.3 3 Nolu Hendek

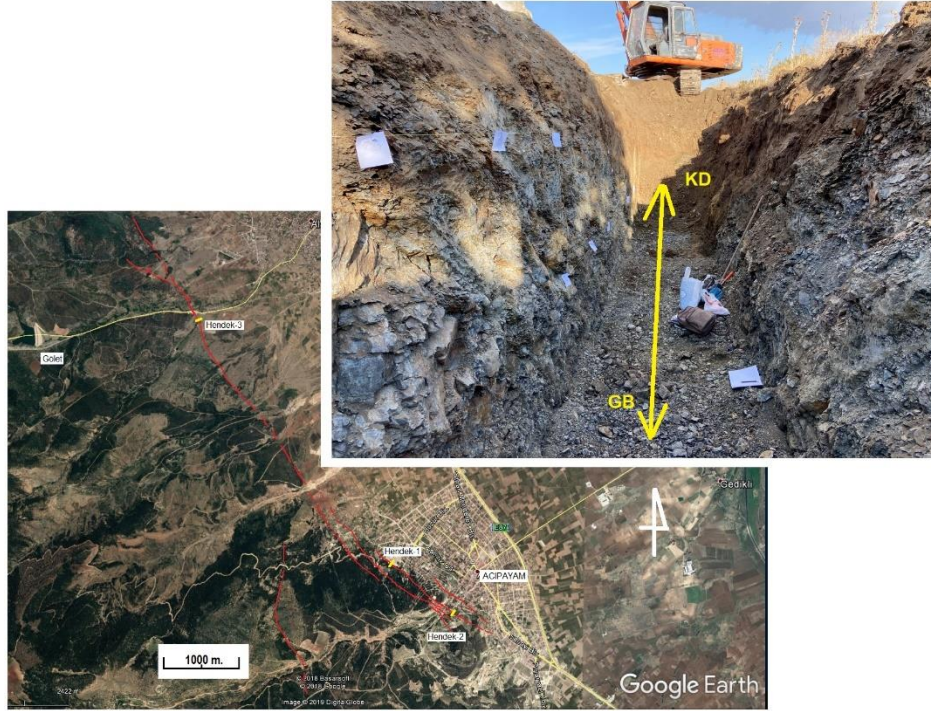
Depreme neden olan fay KB'ya doğru takip edilmiş ve Acıpayam'ın KB'sındaki Alaattin yerleşkesinin B-GB'sında, gölet yolu üzerinde, Ayvazca tepenin batı yamacında yol üzerinde bir fay zonu gözlenmiş olup (Şekil 5.20) bu lokasyonun yaklaşık 100 m güneyinde uygun bir alanda 3 nolu hendek açılmıştır. 17 m uzunluğunda ve K80⁰D doğrultusunda açılan hendeğin KB duvarı çalışılmıştır. Hendeğin GB ucu 29.29897820;37.46046792 koordinatlarında, KD ucu ise 29.29937517;37.46044237 koordinatlarındadır (Şekil 5.21).

Hendek stratigrafisi olarak tabanda hendeğin GB ucunda kalınlığı 1 m'yi aşan ayrılmış serpantinit bulunmaktadır (Şekil 5.22). Daha üstte yer yer kalınlığı 1 m'yi geçen serpantin yer almaktadır. Daha üstte hendeğin 0-7 m aralığında serpantin ile doğal toprak arasında kalan, 8-11 m arasında ise serpantin ile kahverengi kil arasında kalan melanj birimi bulunmaktadır. Daha üstte hendeğin 8. metresinde fay ile beraber gözlenen kahverengi kil ve kahverengi kilin içerisinde kendisinden daha genç killi çakıl birimi bulunmaktadır. Bu birimleri örten doğal toprağın kalınlığı 20-30 cm aralığındadır (Şekil 5.23; 5.24; 5.25; 5.26; 5.27).

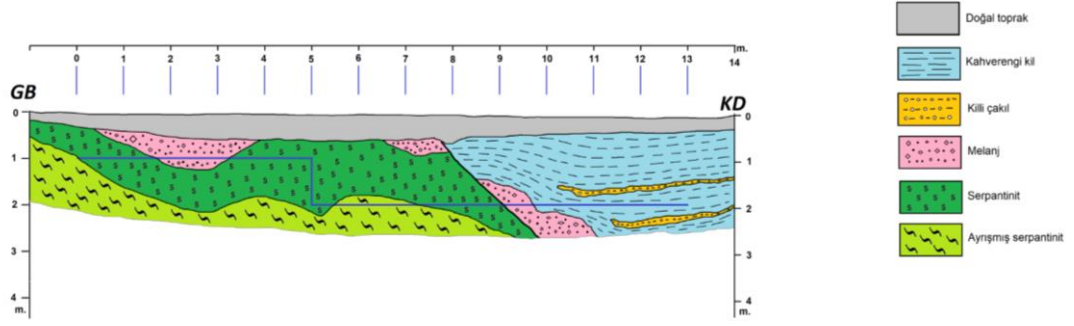
3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 7-9 m arasında fay tespit edilmiştir. Bu fay K30⁰B/42⁰KD konumlu normal bir faydır. Fayın taban bloğunda serpantinit gibi kaya birimleri bulunurken tavan bloğunda ise sedimanter kayalar bulunur (Şekil 5.26). Fayın toplam 60 cm eğim atımı vardır. Fayı örten genç tortulun taban seviyesinden karbon 14 yaş analizi için numune alınmıştır. Alınan numune ACNE-5 kodlu olup karbon 14 yaş analizi ortalama 2162 ± 34 yaşını vermiştir. Takvim yaşında farklı sonuçlar çıkmıştır. İlk sonuç %53,9 olasılıkla MÖ 235-95 yılları arasındadır. İkinci sonuç ise %36,6 olasılıkla MÖ 359-276 yılları arasındadır. Düşük olasılıkla MÖ 74-56 yılları arasında ve MÖ 261-244 yılları arasında sonuçlar elde edilmiştir. ACNE-5 örneğinin yaş analizi değerlendirilmesine paleosismoloji sonuçlarının yorumlaması kısmında yer verilecektir.



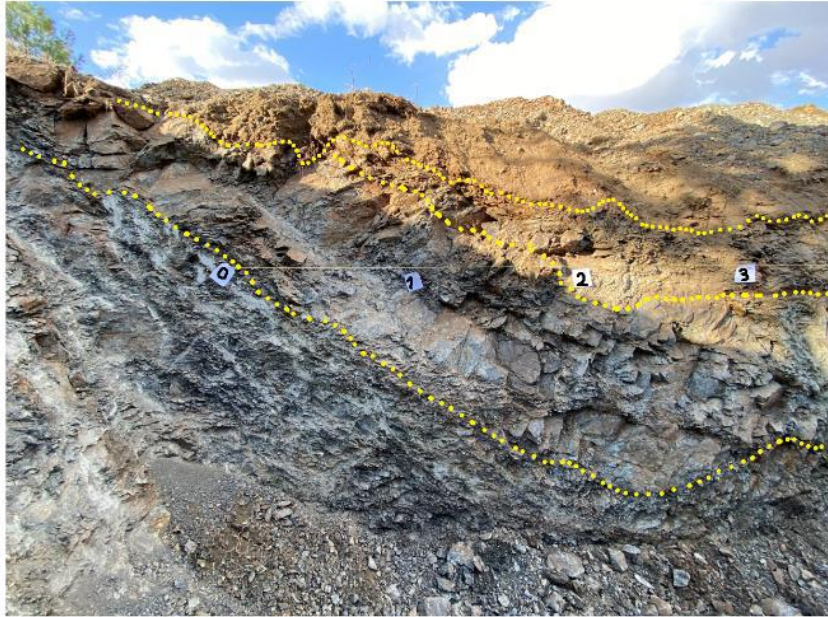
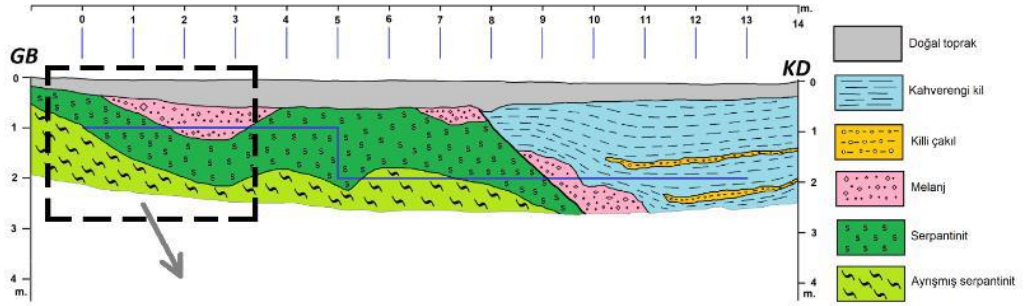
Şekil 5.20 : Gölet yolu üzerinde Ayvazca Tepenin batı yamacında yol üzerinde gözlenen fay zonu (GD'ya bakış)



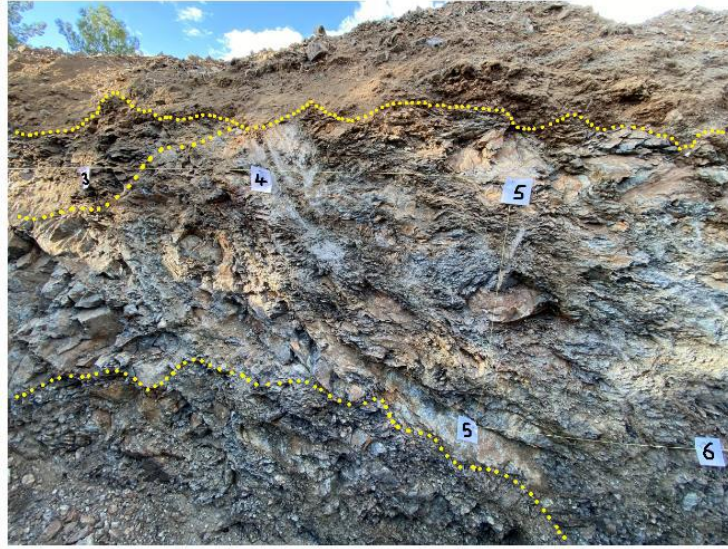
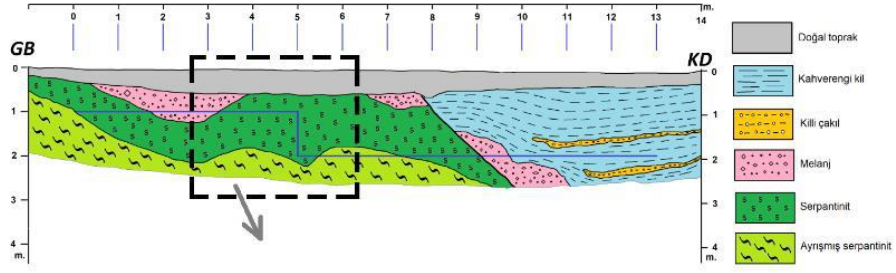
Şekil 5.21 : 3 nolu hendek yerinin haritadaki görünümü.



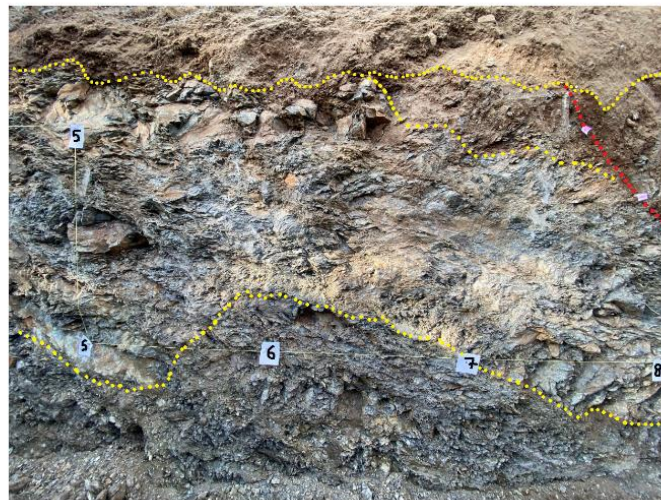
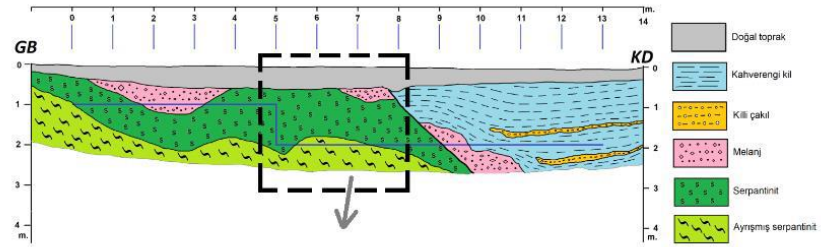
Şekil 5.22 : KB duvarı çalışılan 3 nolu hendeğin enine jeoloji kesiti.



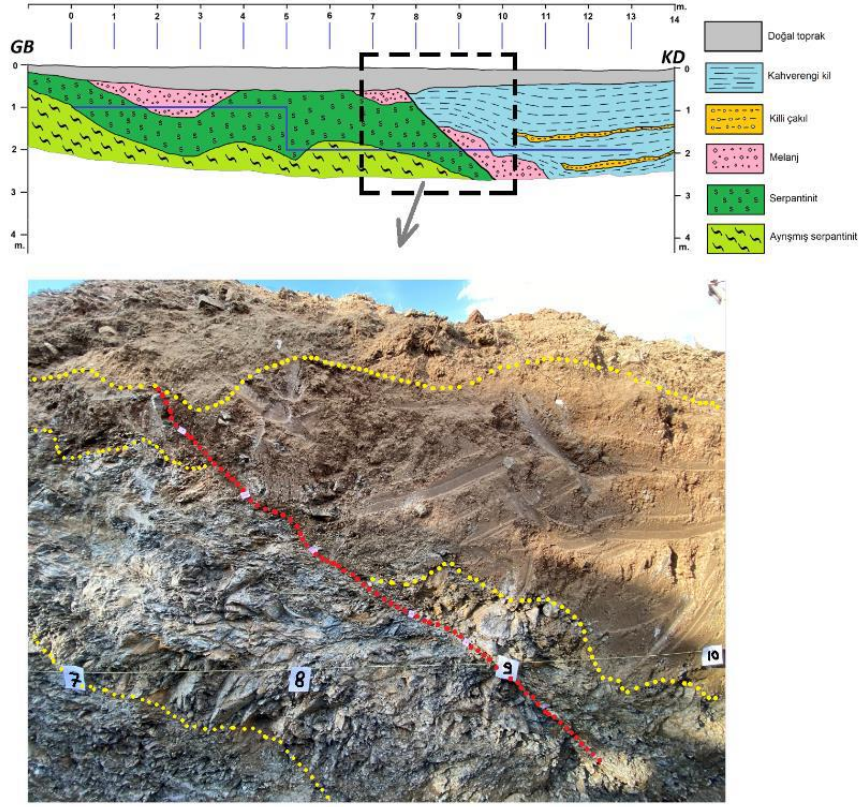
Şekil 5.23: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 0-3 m arası görünümü (KB'ya bakış).



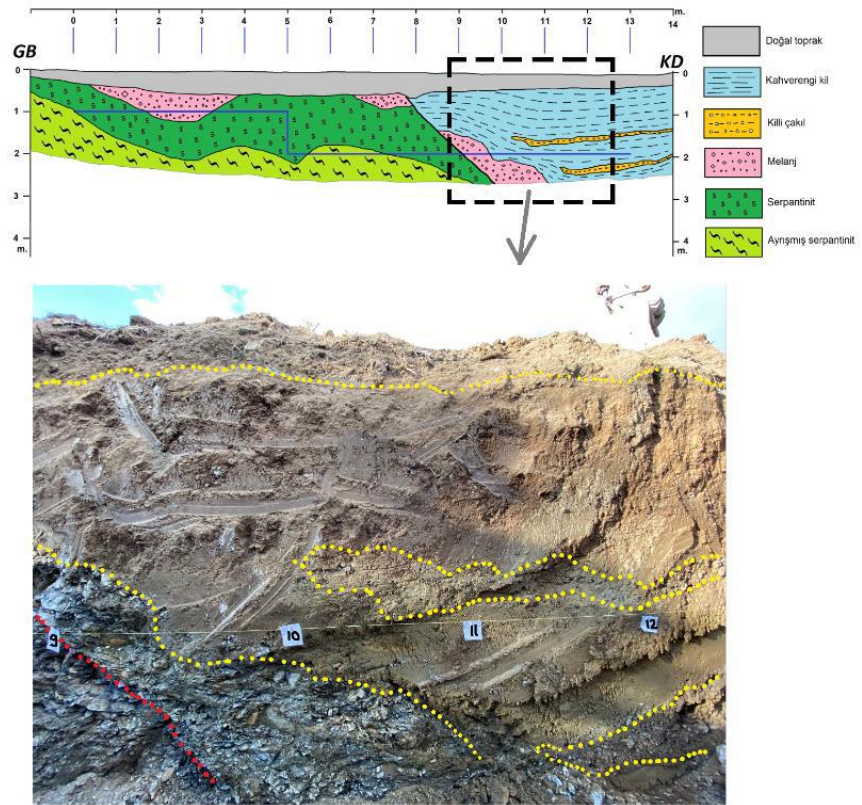
Şekil 5.24: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 3-6 m arası görünümü (KB'ya bakış).



Şekil 5.25: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 5-8 m arası görünümü (KB'ya bakış).



Şekil 5.26 : 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 7-10 m arası görünümü (KB'ya bakış).



Şekil 5.27: 3 nolu hendeğin GB ucundan itibaren 9-12 m arası görünümü (KB'ya bakış).

5.1.4 Paleosismolojik Yorumlama

Acıpayam-Serinhisar fay zonunda açılan 3 adet hendek üzerinde paleosismoloji çalışmaları yapılmış ve alınan numunelerin karbon 14 yaş analizi sonuçlarına göre hendekler yorumlanmıştır. Buna göre 3 nolu hendek içerisinde 60 cm atımı bulunan KB doğrultulu, KD'ya eğimli bir fay tespit edilmiş ve fayı örten tortul seviyesinden alınan örneğin (ACNE-5) yaş analizi 2162 ± 34 karbon yaşını vermiştir. Takvim yılı olarak ise %53,9 olasılıkla MÖ 235-95, %36,6 olasılıkla MÖ 359-276, %2,6 olasılıkla MÖ 74-56 ve %2,4 olasılıkla MÖ 261-244 takvim aralığına ait veriler elde edilmiştir. Olasılık verilerine göre Acıpayam-Serinhisar fay zonu üzerinde MÖ 235-95 takvim yılı aralığında 60 cm bir atım oluşturan bir depremin meydana gelmiş olabileceği düşünülebilir. Ancak hendek içerisinde sadece bir faya rastlanmış olması ve karbon 14 yaş aralığının geniş olması nedeniyle sağlıklı bir yorum yapmak güçtür.

Acıpayam-Serinhisar fay zonunda açılan 2 nolu hendekte ise 8-12 m arasında bir fay zonu gözlenmiş olup bu zonda irili ufaklı 7 adet fay tespit edilmiştir. Bunlardan ana fay yine KB doğrultulu, KD'ya eğimli fay üzerinde değerlendirme yapılmış ve fayı örten genç tortul seviyesinin tabanından alınan örneklerin (ACNE-3 ve ACNE-4) karbon 14 yaş analizi yapılmıştır. ACNE-4 örneği oldukça güncel bir sonuç verdiği için (MS 2002-2006 takvim yılı) ilgili tarihte herhangi bir depremin olmaması ve hata payı da dikkate alınarak bu örnek değerlendirme dışı tutulmuştur. Ancak aynı hendekten alınan ACNE-3 kodlu örnek 720 ± 36 karbon 14 yaşını vermiştir. Bu ise %83,1 olasılıkla MS 1227-1385 takvim yılına, %12,4 olasılıkla ise MS 1363-1385 takvim yılına karşılık gelmektedir.

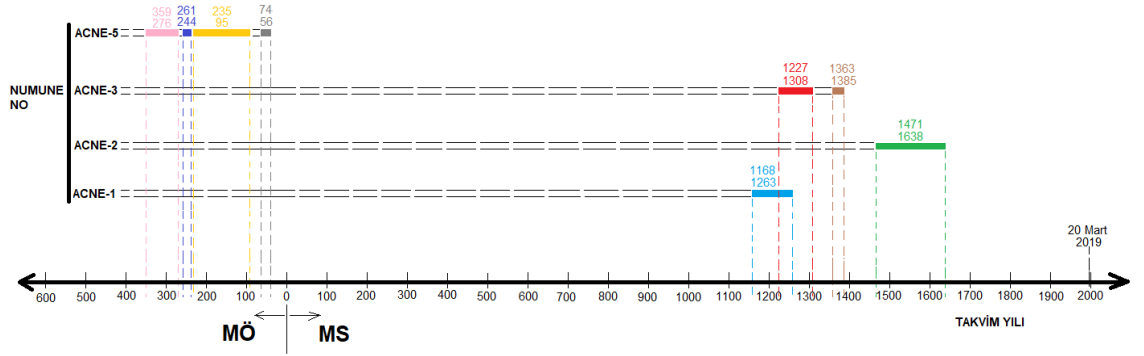
Acıpayam-Serinhisar fay zonunda açılan 1 nolu hendekte ise 2 nolu hendekte gözlenen fay yeniden gözlenmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. 1 nolu hendek içerisinde tespit edilen fay zonu dikkatle incelendiğinde fayın iki ayrı zamanda çalışmış olabileceği düşünülmüştür. Çünkü fay zonu birkaç düzlemden oluşmaktadır ve aynı fay zonunu örten genç tortul seviyelerden birisi (kahverengi kil, kum, çakıl) fayın bir kısmını örtmüş, diğer kısmı ise fay tarafından kesilmiştir. Bu tortul seviye birinci genç tortul paket olarak değerlendirilmiştir. Hendeğin GB'sında fayın tavan bloğunda aynı seviye çok az da olsa gözlenmektedir. Diğer tortul seviye ise

(düzensiz kil, kum ve çakıl seviyesi) fayı örtmüştür. Bu seviye ise ikinci genç tortul paket olarak adlandırılmış olup fayı tamamıyla örttüğü açık olarak gözlenmiştir. Bu durumda birinci genç tortul paketin taban seviyesinden alınan ACNE-1 kodlu örnek 840 ± 24 olan karbon 14 yaşı tespit edilmiştir. Bu örnek MS 1168-1263 takvim yaşını vermektedir. 2. Hendekte tespit edilen aynı faya ait yaş verisi ise (ACNE-3 örneği) MS 1227-1308 takvim yılını göstermektedir. Bu durumda bu yıllar arasında özellikle MS 1227-1263 yılları arasında bu fay yüzey kırığı oluşturmuş bir deprem üretmiş olabileceği düşünülmektedir (Şekil 5.28). Tarihsel kayıtlarda böyle bir deprem görülmemektedir. Fay 1 nolu hendekte 55 cm dolayında, 2 nolu hendekte ise 40 cm dolayında atıma sahiptir. Fayın aynı sismik olayda maksimum 55 cm atım oluşturduğu düşünülürse yukarıda belirtilen tarihler arasında deprem-fay parametre ampirik bağıntılarına göre $M_w = 6.3$ ile 6.4 arasında bir depreme karşılık gelir (Wells ve Coppersmith 1994). Yine ilgili bağıntılara göre fayın uzunluğu ise 20-25 km dolayında olup ilgili depremde muhtemel yüzey kırığı uzunluğu ise 15-20 km dolayında olmalıdır (Wells ve Coppersmith 1994).

1 nolu hendekte yukarıda bahsedilen sismik olaydan sonra ikinci bir sismik olayın daha meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Birinci genç tortul paketi ve onu tekrar kesen fayı örten ikinci genç tortul paketin taban seviyesine ait örnek (ACNE-2) 344 ± 30 karbon 14 yaşını vermiş, ilgili örneğin takvim yaşı ise MS 1471-1638 yılları arasına karşılık gelmiştir. Bu durumda söz konusu fay MS 1471-1638 yılları arasında tekrar çalışmış, 50 cm bir atım oluşturacak şekilde ikinci defa kırılmıştır. Yine bölgeye ait tarihsel kayıtlarda böyle bir depremden bahsedilmez. Bu sismik olay da muhtemelen $M_w = 6.3$ dolayında bir depreme karşılık gelmektedir. Bu durumda deprem parametrelerine ait verilerin kısıtlı olması sebebiyle sağlıklı yorum yapmak güçtür ancak bu fay ortalama 1200 yılının ortalarında ve 1500-1600 yılları dolaylarında olmak üzere iki defa yüzey kırığı oluşturacak şekilde deprem üretmiş olabileceği yorumlanır. Bahsedilen bu depremlere ait tarihsel kayıtlarda bir bilginin olmaması ise $M_w = 6.3$ veya 6.4 dolaylarında bir depremin o zamanki küçük beldelerde verdiği zararın sınırlı olması, büyük yerleşim yerlerine uzak olması nedeniyle de tarihsel kayıtlara geçmemiş olabileceği düşünülmektedir.

Fayın geçmişe yönelik bu parametrelerinin kısıtlı olması sebebiyle kayma hızı, tekrarlanma periyodu gibi yorumları yapmak pek sağlıklı olmamakla birlikte

yine de elde edilen verilere göre genel olarak ortalama fayın kayma hızı 300 yılda 0,5 m kayma olduğu varsayılırsa 0,16 cm/yıl olarak verilebilir. Deprem tekrarlanma periyodu ise ortalama 350-450 yıl arasında olması gerektiği yorumlanmıştır. Bu tekrarlanma periyoduna göre 1200 yılından geriye doğru olması gereken depremler ise tıpkı 20 Mart 2019 da meydana gelen deprem gibi odak noktaları derinde olup yüzeyde kırığa ait bir veriye rastlanmamasından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 5.28 : Hendeklerden derlenen numunelerin karbon 14 yaş analizi sonuçlarına göre Acıpayam-Serinhisar fay zonundaki muhtemel depremlerin takvim yılına göre dağılım şeması.

6. Sonuç ve Öneriler

20 Mart 2019 tarihinde gerçekleşen Acıpayam Depremi'nin BFFZ ile ilişkisi irdelenmiştir. Depremi oluşturan fayın, fay çözümleri BFFZ ile farklılık göstermesi nedeniyle ve güncel diri fay haritasında da mevcut olmayan yeni bir fay olduğu anlaşılmıştır.

Arazi çalışmalarında tespit edilen ana fay K60⁰B/50KD doğrultu ve eğim yönüne sahiptir. Aynı doğrultuyu takip eden üç ayrı lokasyonda fay tespit edilip bu lokasyonlarda paleosismolojik çalışmanın bir parçası olan hendekler açılmıştır.

Bir nolu hendekte gözlenen fay K52⁰B/58⁰KD konumlu normal bir faydır. Aynı fay 2 farklı dönemde çalışmıştır. İlk kırıkta 105 cm, ikinci kırıkta ise 55 cm eğim atım mevcuttur. İlk seviyede yapılan karbon 14 yaş analizi sonucu (ACNE-1) takvim yaşı olarak MS 1168-1263, İkinci seviyenin karbon 14 yaşı (ACNE-2) ise MS 1471-1638 yılları arasındadır. İki nolu hendekte gözlenen fay K48⁰B/44⁰KD konumlu normal bir faydır. Fayın eğim atımı 40 cm'dir. Fayı örten seviyenin tabanından alınan (ACNE-3) numunenin karbon 14 yaş analizi sonucu, takvim yaşı olarak 1227-1385 yılları arasındadır. Üç nolu hendekte gözlenen fay K30⁰B/42⁰KD konumlu normal bir faydır. Fayın eğim atımı 60 cm'dir. Fayı örten seviyenin tabanından alınan (ACNE-5) numunenin karbon 14 yaş analizi sonucu, takvim yaşı olarak MÖ 235-95 yılları arasındadır.

Arazi çalışmaları neticesinde Acıpayam-Serinhisar fayının 350-450 yıl aralığında deprem ürettiği hesaplanmış olup, kayma hızı ise 0,16 cm/ yıl olarak ölçülmüştür. Acıpayam'da kayıtlara geçmiş 1936 yılı depremi bulunan sonuçlarla örtüşmemektedir. Eski bir deprem olmasından ötürü veri eksikliği mevcuttur. Bu deprem bölgeye yakın farklı faylarda gerçekleşmiş olabileceği gibi Acıpayam fayında da gerçekleşmiş olabilir. Karbon 14 yaşlandırmasında hata payını da dikkate almak gerekir.

7. KAYNAKLAR

AFAD., [online], (20.04.2021), <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>. (2021).

Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. ve diğ., “Türkiye Jeoloji Haritası”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara-Türkiye, (2002).

Akbulut, A. ve Kadir, S., “The geology and origin of sepiolite, palygorskite and saponite in Neogene lacustrine sediments of the Serinhisar- Acıpayam Basin, Denizli, SW Turkey”, *Clays and Clay Minerals*, 51 (3), 279-292, (2003).

Alçıçek, M.C., Kazancı, N. ve Özkul, M., “Çameli (Denizli) Neojen Havzasının tortul dolgusu ve jeolojik evrimi”, *MTA Dergisi*, 128, 99-123, (2004).

Alçıçek, M.C., Ten Veen, J.H. ve Özkul, M., “Neotectonic development of the Çameli Basin, southwestern Anatolia, Turkey”, *Cornell University Library*, 25, (2015).

Bozcu, M., Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., “Fethiye-Burdur Fay Zonunun bazı neotektonik ve paleosismolojik özellikleri, GB-Türkiye”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31 (1), (2007).

Bozkurt, E., “Neotectonics of Turkey – a synthesis”, *Geodinamica. Acta*, 14, 3–30, (2001).

Bozkurt E., “Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications”, *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area*, 173, Londra: Geological Society, 385-403, (2000).

Büyükmeriç, M., “Kale-Tavas ve Acıpayam Havzalarında erken Miyosen çökellerinin mollusk biyostratigrafisi (Denizli, GB Türkiye)”, *MTA dergisi*, 155, 49-73, (2017).

Coşkuner, B., Eren, Y., Demircioğlu, R. ve Aksoy, R., “Fethiye Burdur Fay Zonu'nun kuzeydoğu kesiminin (Burdur-güneybatı Anadolu) göreceli tektonik aktivitesinin jeomorfik indislerle incelenmesi”, *Geological Bulletin of Turkey*, 62, 221-246, (2019).

Dewey, J.F., “Episodicity, sequence and style at convergent plate boundaries, In: D.W. Strangway, ed. The continental crust and its mineral deposits”, *Geol. Assoc. Can.*, 20, 553-573, (1980).

Dewey J.F., Şengör A.M.C., “Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone”, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 90, 84-92, (1979).

Elitez İ. ve Yaltrak, C., “Miocene to Quaternary tectonostratigraphic evolution of the middle section of the Burdur-Fethiye Shear Zone, south-western Turkey: Implications for the wide interplate shear zones”, *Tectonophysics*, 690 (B), 336-354, (2016).

Elitez İ., Yaltrak, C. ve Sunal, G., “A new chronostratigraphy (40Ar-39Ar and U-Pb dating) for the middle section of the Burdur-Fethiye Shear Zone, SW Turkey (eastern Mediterranean)”, *Turkish J. Earth Sci*, 27, 405-420, (2018).

Emre,Ö., Duman,T.Y., Özalp,S., Elmacı H., “1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Denizli (NJ35-12) Paftası, SeriNo:12”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara-Türkiye, (2011).

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., ve Şaroğlu, F., “1/1.250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-30*, Ankara-Türkiye, (2013).

Genç, C., ve diğ., “The Çubukdağ graben, south of İzmir: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia”, *Geodinamica Acta*, 14, 45-56, (2001).

Görür, N., “A tectonically controlled alluvial fan which developed into a marine fan-delta at a complex triple junction: Miocene Gildirli Formation of the Adana Basin, Turkey”, *Sedimentary Geology*, 81, 243-252, (1992).

Gürer, F.O., ve diğ., “Neogene basin development around Söke- Kuşadası (western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region”, *Geodinamica Acta* 14, 57-70, (2001).

Hall, J., Aksu, A.E., Elitez, İ., Yaltrak, C. ve Çifçi, G., “The Fethiye-Burdur Fault Zone: A component of upper plate extension of the subduction transform edge propagator fault linking Hellenic and Cyprus Arcs, Eastern Mediterranean”, *Tectonophysics*, 635, 80-99, (2014).

Hançer, M., “Geological evidences belonging to late holocene seismic activity in South Of Denizli Graben (Southwestern Of Turkey, South-East European Part)”, *Carpath J Earth ENV*, 14 (1), 137-153, (2019).

Hançer, M. ve Kaya, Ş., “Burdur Fayının Çendik-Yassıgüme segmenti üzerindeki paleosismoloji çalışması ilk sonuçları”, *C.B.Ü. Soma MYO Tek. Bil. Der.*, 21 (1), (2016).

Hançer, M. ve Kenanoğlu, N., “Geological interpretation of March 20, 2019 Acıpayam (Denizli Turkey) earthquake”, *Proceedings of Academic World International Conference*, 136, Roma, 37-39, (2019).

Hempton, M.R., “Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, southeastern Turkey”, *Geological Society of America Bulletin*, 96, 233-243, (1985).

Kaymakcı, N., ve diğ., “Paleomagnetic evidence for upper plate response to a Step fault, SW Anatolia”, *Earth and Planetary Science Letters*, 498, 101-115, (2018).

Kissel C., Laj C., “Tertiary geodynamical evolution of the Aegean arc: a paleomagnetic reconstruction”, *Tectonophysics*, 146, 183–201, (1988).

Koçyiğit, A., “Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27 (1), 1-16, (1984).

Koçyiğit, A., “The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey”, *Geodinamica Acta*, 18 (3-4), 167-208, (2005).

Koçyiğit A., ve diğ., “Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey”, *J. Geol. Soc.*, 156, 605–616, (1999).

Koçyiğit, A., Unay, A. ve Saraç, G., “Episodic graben formation and extensional regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey: Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area”, *Geological Society*, 173, 405-421, (2000).

KOERİ., [online], (20.04.2021), <http://www.koeri.boun.edu.tr/new/tr>, (2021).

Kumsar, H., Özkul, M., ve Semiz, B., “Geotechnical site investigation and evaluation of 20 March 2019 Mw 5.5 Acıpayam (Denizli) earthquake”, *Pajes*, 26 (8), 1343-1352, (2020).

Kürçer, A., ve diğ., “The first paleoseismic trench data from Acıpayam Fault, Fethiye Burdur Fault Zone, SW Turkey”, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50 (1), 75-84, (2016).

Le Pichon X., Angelier J., “The Aegean Sea”, *Philop. Trans. R. Soc.*, 300, 357–372, (1981).

Le Pichon X., Angelier J., “The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area”, *Tectonophysics*, 60, 1–42, (1979).

McKenzie D.P., “Active tectonics of the Alpine–Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions”, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.* 55, 217–254, (1978).

Meulenkamp J.E., ve diğ., “On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete in the late middle Miocene”, *Tectonophysics* 146, 203–215, (1988).

MTA., [online], (14.03.2021), <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, (2021).

MTA., “1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Ankara, Konya, İzmir ve Denizli paftaları”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, (2002).

MTA., “1/1.000.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, (2015).

Özkaptan, M., ve diğ., “Age and kinematics of the Burdur Basin: Inferences for the existence of the Fethiye Burdur Fault Zone in SW Anatolia (Turkey)”, *Tectonophysics*, 744, 256-274, (2018).

Özsayın, E., “Relative tectonic activity assessment of the Çameli Basin, Western Anatolia, using geomorphic indices”, *Geodinamica Acta*, 28 (4), 241-253, (2016).

Selim, H.H., Tüysüz, O., Barka, A.A., “Güney Marmara bölümünün neotektoniği”, *itü dergisi*, 5 (1), 151-160, (2006).

Selverstone, J., “Are the Alps collapsing”, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33, 113-132, (2005).

Seyitoğlu G., Scott B., “Late Cenozoic crustal extension and basin formation in West Turkey”, *Geol. Mag.*, 128, 155–166, (1991).

Seyitoğlu G., Scott B., “The age of the Büyük Menderes Graben (western Turkey) and its tectonic implications”, *Geol. Mag.*, 129, 239–242, (1992).

Şengör A.M.C., “Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey”, *Continental Extensional Tectonics*, 28, Londra: Geological Society, 575-589, (1987).

Şengör A.M.C., Görür N., Şaroğlu F., “Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study”, *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, 37, Soc. Econ. Paleontol. Mineral, 227-264, (1985).

Şengör, A.M.C, “The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance”, *Journal of the Geological Society*, 136, 269-282, (1979).

Şengör, A.M.C., “Türkiye’nin neotektoniğinin esasları”, *Türkiye jeoloji Kurumu, Konferans serisi:2*, (1980).

Topal, Ş., “Denizli havzasındaki fayların tektonik jeomorfolojisi (GB Türkiye)”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı*, Denizli, (2012).

Utku, M., “Etkinlik ve yığımsal etkinlik dönemlerine göre Denizli depremlerinin analizi”, *MTA Dergisi*, 138, 9-34, (2009).

Yağmurlu, F., ve diğ., “Ofiyolitik kayaçların ağır mineral plaserlerinin oluşumundaki önemi: Burdur-Çamköy örneği, GB-Türkiye”, *Yerbilimleri*, 38 (3), (2018).

Yanga, J., ve diğ., “Sentinel-1 observation of 2019 Mw 5.7 Acipayam earthquake: A blind normal-faulting event in the Acipayam basin, southwestern Turkey”, *Journal of Geodynamics*, 135, (2020).

Wells, D.L.; Coppersmith, K.J.; “New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement”, *Bull. seism. Soc. Am.*, 84 (4), 974-1002, 1994.

Westaway R., “Neogene evolution of the Denizli region of western Turkey”, *J. Struct. Geol.*, 15, 37–53, (1993).

Westaway R., “Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean”, *J.Geophys. Res*, 12, 71-90, (1994^a).

Yılmaz, Y., “Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği”, *Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu*, 3-14, (2000).


Yılmaz, Y., “New evidence and model on the evolution of the southeastern Turkey”, *Geological Society of America Bulletin*, 105, 251-271, (1992).

Yılmaz, Y. ve Karacık, Z., “Geology of the northern side of the Gulf of Edremit and its tectonic significance for the development of the Aegean grabens”, *Geodinamica Acta*, 14, 31–40, (2001).

EKLER

8. EKLER

8.1 Karbon 14 Yaş Analizi Raporu



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
YER VE DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>


TEST/ANALİZ/ÖLÇÜM/KALİBRASYON RAPORU
(Endüstriyel Teknik Destek Hizmeti)

Rapor no : 82325108-125.05-8/732
Rapor tarihi : 28/01/2021
Talep eden : Prof. Dr. Mete Hançer




Adres : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ
Konusu : Karbon 14 ile Yaş Tayini Analizi

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.

Onaylayan
Doç. Dr. Mehmet Ergin



Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.	
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir.	
İmzasız analiz raporları geçersizdir.	
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.	Sayfa 1 / 6



Ek 1- 1 / 4

8.2 ACNE-1 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu

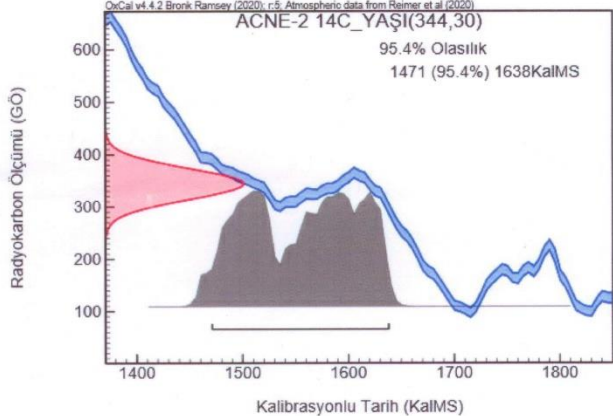
Rapor no	: 82325108-125.05-8/732	Son kullanım tarihi	:
Talep eden	: Prof. Dr. Mete Hañer	Enstitü örnek kayıt no	: 207/95
Talep edenin adresi	: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ	Kabul tarihi ve saati	: 14/12/2020
Örnek	: Sediman	Analiz tarihi	: 19/01/2021
Örnek sayısı	: 1		
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo		
Kabul anındaki durumu	: Uygun		
Şahit numune bilgileri	() Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır		
Lab. No:	Müşteri Numune No:	Karbon 14 Yaşı (G.Ö.)	d13C
TÜBİTAK-1522	ACNE-1	840±24	-21,7±0,6
Malzeme / Ön İşlem: Sediman / Asitle yıkama Karbon 14 Yaşı (G.Ö.): Numunede ölçülen 14C miktarına bağlı olarak delta 13C düzeltmesi yapılmış Karbon 14 yaşıdır. G. Ö.: Günümüzden önce (MS 1950'den önce) OxCal v4.4 Kullanılarak Kalibrasyonu Yapılmış Karbon 14 Yaşı (Takvim Yılı Aralıkları)			
2 Sigma Kalibrasyonu			
Takvim Yaşı	Olasılık		
MS	1168 - 1263	%95,4	
Referans: Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360. Reimer PJ et al (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62.			
Açıklamalar Asitle çözünmeyen toplam organik karbon prosedürü ile analiz yapılmıştır.			
Sorumlu İmzalar:	53068	53705	53127
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.			
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asil (1 asil müşteriye, 1 asil Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 2 / 6

Baskı Tarihi : 28.01.2021

P.K:21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Ek 1- 2 / 4

8.3 ACNE-2 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu

Rapor no	: 82325108-125.05-8/732	Son kullanım tarihi	:						
Talep eden	: Prof. Dr. Mete Hançer	Enstitü örnek kayıt no	: 207/95						
Talep edenin adresi	: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ	Kabul tarihi ve saati	: 14/12/2020						
Örnek	: Sediman	Analiz tarihi	: 19/01/2021						
Örnek sayısı	: 1								
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo								
Kabul anındaki durumu	: Uygun								
Şahit numune bilgileri	() Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır								
Lab. No:	Müşteri Numune No:	Karbon 14 Yaşı (G.Ö.)	d13C						
TÜBİTAK-1523	ACNE-2	344±30	-28,2±1,3						
Malzeme / Ön İşlem: Sediman / Asitle yıkama Karbon 14 Yaşı (G.Ö.): Numunede ölçülen 14C miktarına bağlı olarak delta 13C düzeltmesi yapılmış Karbon 14 yaşıdır. G. Ö.: Günümüzden önce (MS 1950'den önce) OxCal v4.4 Kullanılarak Kalibrasyonu Yapılmış Karbon 14 Yaşı (Takvim Yılı Aralıkları)									
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">2 Sigma Kalibrasyonu</th></tr><tr><th>Takvim Yaşı</th><th>Olasılık</th></tr></thead><tbody><tr><td>MS 1471 - 1638</td><td>%95,4</td></tr></tbody></table>				2 Sigma Kalibrasyonu		Takvim Yaşı	Olasılık	MS 1471 - 1638	%95,4
2 Sigma Kalibrasyonu									
Takvim Yaşı	Olasılık								
MS 1471 - 1638	%95,4								
									
Referans: Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360. Reimer PJ et al (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62.									
Açıklamalar Asitle çözünmeyen toplam organik karbon prosedürü ile analiz yapılmıştır.									
Sorumlu İmzalar: 53068 53705 53127									
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan Kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.									
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.									
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 3 / 6						

Baskı Tarihi : 28.01.2021

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Ek 1- 3 / 4

8.4 ACNE-3 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu

Rapor no	: 82325108-125.05-8/732	Son kullanım tarihi	:												
Talep eden	: Prof. Dr. Mete Haçer	Enstitü örnek kayıt no	: 207/95												
Talep edenin adresi	: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ	Kabul tarihi ve saati	: 14/12/2020												
Örnek	: Sediman	Analiz tarihi	: 19/01/2021												
Örnek sayısı	: 1														
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo														
Kabul anındaki durumu	: Uygun														
Şahit numune bilgileri	: () Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır														
Lab. No:	Müşteri Numune No:	Karbon 14 Yaşı (G.Ö.)	d13C												
TÜBİTAK-1524	ACNE-3	720±36	-26,4±1,6												
Malzeme / Ön İşlem: Sediman / Asitle yıkama Karbon 14 Yaşı (G.Ö.): Numunede ölçülen 14C miktarına bağlı olarak delta 13C düzeltmesi yapılmış Karbon 14 yaşıdır. G. Ö.: Günümüzden önce (MS 1950'den önce) OxCal v4.4 Kullanılarak Kalibrasyonu Yapılmış Karbon 14 Yaşı (Takvim Yılı Aralıkları)															
<table border="1"><thead><tr><th colspan="3">2 Sigma Kalibrasyonu</th></tr><tr><th>Takvim Yaşı</th><th>Olasılık</th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>MS 1227 - 1308</td><td>%83,1</td><td></td></tr><tr><td>MS 1363 - 1385</td><td>%12,4</td><td></td></tr></tbody></table>				2 Sigma Kalibrasyonu			Takvim Yaşı	Olasılık		MS 1227 - 1308	%83,1		MS 1363 - 1385	%12,4	
2 Sigma Kalibrasyonu															
Takvim Yaşı	Olasılık														
MS 1227 - 1308	%83,1														
MS 1363 - 1385	%12,4														
Referans: Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337–360. Reimer PJ et al (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). Radiocarbon, 62.															
Açıklamalar Asitle çözünmeyen toplam organik karbon prosedürü ile analiz yapılmıştır.															
Sorumlu İmzalar: 53068 53705 53127															
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.															
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.															
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 4 / 6												

Baskı Tarihi : 28.01.2021

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Ek 1- 4 / 4

8.5 ACNE-4 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu

Rapor no	: 82325108-125.05-8/732	Son kullanım tarihi	:												
Talep eden	: Prof. Dr. Mete Hançer	Enstitü örnek kayıt no	: 207/95												
Talep edenin adresi	: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ	Kabul tarihi ve saati	: 14/12/2020												
Örnek	: Sediman	Analiz tarihi	: 19/01/2021												
Örnek sayısı	: 1														
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo														
Kabul anındaki durumu	: Uygun														
Şahit numune bilgileri	: () Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır														
Lab. No:	Müşteri Numune No:	Karbon 14 Oranı (F14C)	d13C												
TÜBİTAK-1525	ACNE-4	1,0708±0,0034	-25,0,4±0,9												
Malzeme / Ön İşlem: Sediman / Asitle yıkama Karbon 14 Oranı (F14C): Numunedeki ölçülen 14C miktarına bağlı olarak delta 13C düzeltmesi yapılmış Karbon 14 oranıdır. OxCal v4.4 Kullanılarak Kalibrasyonu Yapılmış Karbon 14 Yaşı (Takvim Yılı Aralıkları)															
<table border="1"><thead><tr><th colspan="3">2 Sigma Kalibrasyonu</th></tr><tr><th>Takvim Yaşı</th><th>Olasılık</th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>MS 2002 - 2006</td><td>%87,5</td><td></td></tr><tr><td>MS 1957 - 1957</td><td>%7,9</td><td></td></tr></tbody></table>				2 Sigma Kalibrasyonu			Takvim Yaşı	Olasılık		MS 2002 - 2006	%87,5		MS 1957 - 1957	%7,9	
2 Sigma Kalibrasyonu															
Takvim Yaşı	Olasılık														
MS 2002 - 2006	%87,5														
MS 1957 - 1957	%7,9														
Referans: Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360. Reimer PJ et al (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62. Hua, Q., Barbetti, M., & Rakowski, A. J. (2013). Atmospheric Radiocarbon for the Period 1950-2010. Radiocarbon, 55(4)															
Açıklamalar Asitle çözünmeyen toplam organik karbon prosedürü ile analiz yapılmıştır.															
Sorumlu İmzalar: 53068 53705 53127															
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluşa ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.															
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.															
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 5 / 6												

Baskı Tarihi : 28.01.2021

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Ek 1- 5 / 4

8.6 ACNE-5 Nolu Örneğin Karbon 14 Yaş Analizi Raporu

Rapor no	: 82325108-125.05-8/732	Son kullanım tarihi	:																		
Talep eden	: Prof. Dr. Mete Hançer	Enstitü örnek kayıt no	: 207/95																		
Talep edenin adresi	: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, B Blok, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Yerleşkesi Pamukkale / DENİZLİ	Kabul tarihi ve saati	: 14/12/2020																		
Örnek	: Sediman	Analiz tarihi	: 19/01/2021																		
Örnek sayısı	: 1																				
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo																				
Kabul anındaki durumu	: Uygun																				
Şahit numune bilgileri	: () Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır																				
Lab. No:	Müşteri Numune No:	Karbon 14 Yaşı (G.Ö.)	d13C																		
TÜBİTAK-1526	ACNE-5	2162±34	-24,5±1,3																		
Malzeme / Ön İşlem: Sediman / Asitle yıkama Karbon 14 Yaşı (G.Ö.): Numunede ölçülen 14C miktarına bağlı olarak delta 13C düzeltmesi yapılmış Karbon 14 yaşıdır. G. Ö.: Günümüzden önce (MS 1950'den önce) OxCal v4.4 Kullanılarak Kalibrasyonu Yapılmış Karbon 14 Yaşı (Takvim Yılı Aralıkları)																					
<table border="1"><thead><tr><th colspan="3">2 Sigma Kalibrasyonu</th></tr><tr><th>Takvim Yaşı</th><th>Olasılık</th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>MÖ 235 - 95</td><td>%53,9</td><td></td></tr><tr><td>MÖ 359 - 276</td><td>%36,6</td><td></td></tr><tr><td>MÖ 74 - 56</td><td>%2,6</td><td></td></tr><tr><td>MÖ 261 - 244</td><td>%2,4</td><td></td></tr></tbody></table>				2 Sigma Kalibrasyonu			Takvim Yaşı	Olasılık		MÖ 235 - 95	%53,9		MÖ 359 - 276	%36,6		MÖ 74 - 56	%2,6		MÖ 261 - 244	%2,4	
2 Sigma Kalibrasyonu																					
Takvim Yaşı	Olasılık																				
MÖ 235 - 95	%53,9																				
MÖ 359 - 276	%36,6																				
MÖ 74 - 56	%2,6																				
MÖ 261 - 244	%2,4																				
<p>OxCal v4.4.2 Bronk Ramsey (2020); r-5; Atmospheric data from Reimer et al (2020) ACNE-5 14C_YAŞI(2162,34) 95.4% Olasılık 359 (36.6%) 276KalMÖ 261 (2.4%) 244KalMÖ 235 (53.9%) 95KalMÖ 74 (2.6%) 56KalMÖ</p>																					
Referans: Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360. Reimer PJ et al (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62.																					
Açıklamalar Asitle çözünmeyen toplam organik karbon prosedürü ile analiz yapılmıştır.																					
Sorumlu İmzalar:	53068	53705	53127																		
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.																					
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.																					
Bu rapor 6 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 6 / 6																		

Baskı Tarihi : 28.01.2021

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Ek 1- 6 / 4