

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AFYON SULTANDAĞI FAYI ÇAY SEGMENTİNDE AKTİF TEKTONİK
VE PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMASI**

Hasret Ozan AVCI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASIM 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AFYON SULTANDAĞI FAYI ÇAY SEGMENTİNDE AKTİF TEKTONİK
VE PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMASI**

Hasret Ozan AVCI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASIM 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AFYON SULTANDAĞI FAYI ÇAY SEGMENTİNDE AKTİF TEKTONİK VE
PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMASI**

Hasret Ozan AVCI
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 28/11/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdal KOŞUN
Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ
Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ÖZET

AFYON SULTANDAĞI FAYI ÇAY SEGMENTİNDE AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMASI

Hasret Ozan AVCI

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Kasım 2022; 48 sayfa

Isparta Büklümü'nün kuzeyinde bulunan, Sultandağı'nın KKD'sunu sınırlayan Sultandağı Fayı, Türkiye Diri Fay Haritasına göre 115 km uzunluğunda ve K30-60B / 60 KD doğrultu ve eğimli, eğim atımlı normal bir faydır. Sultandağı Fayı Emre vd. (2016)'ya göre 6 segmentten oluşmaktadır. Bu çalışmada Çay Segmenti üzerinde fayın paleosismolojik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla, hendekli paleosismoloji ve aktif tektonik araştırmaları yapılması amaçlanmıştır. Çay Segmenti, yaklaşık 12 km uzunluğunda olup K80D/64KB olarak uzanım göstermektedir. Tezin çalışma alanları içerisinde Paleozoik'ten günümüze birçok birim bulunmakta Sultandağı Fayı bu birimlerin hepsiyle ilişkili olup, çalışmada odaklandığımız Maltepe Köyü çevresinde Kuvaterner birimleri içerisinde gözlenebilmektedir.

Çay Segmenti üzerinde meydana gelen ve yüzey kırığı oluşturan son deprem, 3 Şubat 2002 tarihli Mw:6,5 büyüklüğündeki depremdir. Çay Segmenti'nin Holosen devrindeki aktivitesi ve faylanma kinematiki hakkında bilgiler elde edilmesi amacıyla paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. Açılan hendek duvarında Holosen devrinde meydana gelen üç deprem belirlenmiş ve tarihlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Aktif Tektonik, Güneybatı Anadolu, Paleosismoloji, Sultandağı Fayı

JÜRİ: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ABSTRACT

THE STUDY OF ACTIVE TECTONICS AND PALEOSEISMOLOGY OF ÇAY SEGMENT OF AFYON SULTANDAĞI FAULT

Hasret Ozan AVCI

MSc Thesis in Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

November 2022; 48 pages

Sultandağı Fault located in the north of Isparta Angle delimits NNE of Sultandağı Mountain. According to Emre et al. (2016), Sultandağı fault is 155 km long and trending with N30–60W/60NE, dip-slip normal fault. In this study, it is aimed to reveal the paleoseismological features of the Çay Segment, which is one of the six segments of the Sultandağı fault. The Çay Segment is 12 km long and striking with, trending N80E/64NW. There are many units from Paleozoic to present in the study area, affected by Sultandağı Fault. It is focused on Quaternary units cut by this fault in the area around Maltepe Village.

The last earthquake resulted in surface rupture of the Çay Segment (Mw: 6,5) occurred on 3 February 2002. It is aimed to find the paleoseismicity, kinematics of faulting of the Çay segment. In this study, the results of the paleoseismic trench study carried out on the Çay segment is explained. It is determined that three paleo events occurred in Holocene.

KEYWORDS: Active Tectonic, Southwest Anatolia, Paleoseismology, Sultandağı Fault.

COMMITTEE: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ

Assoc. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ÖNSÖZ

Tez çalışmasının her aşamasında değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Erdal KOŞUN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasının bir MTA projesi ile desteklenmesine olanak sağlayan ve çalışmanın her aşamasında bana bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Proje Başkanı Hasan ELMACI'ya ve Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasının içerisinde temel birimlerin jeolojisi gibi konular başta olmak üzere, çok önemli katkılarda bulunan Adil DOĞAN'a teşekkür ederim.

Araştırmanın her aşamasında Türkiye Paleosismoloji Projesi'nin bünyesinde olan ve her alanda bu süreçte yanımda olan, başta Meryem KARA, Suzan ÖZMEN, Hakan AYDOĞAN ve diğer bütün çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak daima yanımda olan ve sabırla desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Bölgesel Jeoloji	3
2.2. Tektonik	5
2.3. Stratigrafi	10
2.3.1. Geyikdağ Birliği– Sultandağı Birimi	10
2.3.2. Aladağ Birliği – Çay Birimi	16
2.3.3. Afyon Metamorfikleri	18
2.3.4. Bozkır Birliği	21
2.3.5. Neojen kırıntılıları	22
2.3.6. Neojen volkanizması	24
2.3.7. Senozoyik birimler	26
2.4. Paleosismoloji Çalışmaları.....	26
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. Hava Fotoğraflarının İncelenmesi.....	29
3.2. Arazi Çalışmaları	29
3.3. Tarihlendirme Yöntemleri.....	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	35
4.1. Paleosismoloji Çalışmaları.....	35
4.1.1. Yer seçimi	35
4.1.2. Stratigrafi ve yapısal özellikleri	37
4.1.3. Tarihlendirme	41
4.1.4. Yorum	41
5. SONUÇLAR.....	42

6. KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Afyon Sultandağı Fayı Çay Segmentinde Aktif Tektonik ve Paleosismoloji Çalışması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/11/2022

Hasret Ozan AVCI



KISALTMALAR

Kısaltmalar

AAGS	: Afyon Akşehir Graben Sistemi
FBFZ	: Fethiye Burdur Fay Zonu
DAF	: Doğu Anadolu Fay Zonu
Fm	: Formasyon
GB	: Güney Batı
GÖ	: Günümüzden Önce
KAF	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My	: Milyon yıl
SF	: Sultandağı Fayı
Not	: Tez metninde ondalık ayracı olarak “.” kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye diri fay haritası (a), 1:250.000 ölçekli Afyon (NJ 36-5) paftasında (b) çalışma alanını ve çevresindeki diri fayları gösteren yer bulduru haritası (Emre vd. 2011, 2013).....	1
Şekil 2.1. Türkiye ve çevresinin suture zonlarını ve Neotektonik'ini gösteren harita (Okay ve Tüysüz 1999).....	3
Şekil 2.2. Anadolu Bloğu'nun Neotektonik haritasında çalışma alanı dörtgen ile gösterilmiştir (Üner vd. 2017, Biryol vd. 2011)	6
Şekil 2.3. Sultandağı Fayı ve çevresinin Alospalsar uydu verileri ile hazırlanmış 12.5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (Üzerine Emre vd. (2013)'de göre Diri Fay sayısallaştırılmıştır)	8
Şekil 2.4. MTA Türkiye Sismotektonik Haritası (Duman vd. 2017a).....	9
Şekil 2.5. 2002 Sultandağı Çay depremi sonrasında KOERI'den alınan odak noktaları ve çözümleri (Emre vd. 2003 çalışmasından sayısallaştırılmıştır)	9
Şekil 2.6. Çay - Bolvadin yolundan Çay barajına bakış yönüyle Sultandağı'nın genel görüntüsü (36 S 4279440/329762 bakış yönü: G).....	10
Şekil 2.7. Çalışma alanının jeoloji haritası (Öcal vd. 2011a, b)	11
Şekil 2.8. Arazi çalışmaları sonucu hazırlanmış A - B enine jeolojik kesit	12
Şekil 2.9. Geyikdağ Birliği - Sultandağı Birimi'nin genelleştirilmiş kolon kesiti (Özgül vd. 1991; Öcal vd. 2011a, b).....	13
Şekil 2.10. Çay baraj yol yarmasında görülen Gökoluk Fm.(peg) üzerine Çaltepe fm. (εç) ve Seydişehir Fm. (εOs) (36 S 4268258/327849 bakış yönü: D).....	14
Şekil 2.11. Çay baraj yakınlarında birimlerin genel görüntüsü ve 2002 Çay depremi ile oluşan yüzey kırıklarının yaklaşık konumları (sarı renk ile çizilmiştir). (εOs: Seydişehir Fm., De: Engilli Fm., Cha: Harlak Fm., çDCd: Değirmendere Fm., çPd: Deresine fm.)	15
Şekil 2.12. Öcal (2011a, b) çalışmalarından yararlanılarak çizilmiş Aladağ Birliği - Çay Biriminin genelleştirilmiş dikme kesiti	16
Şekil 2.13. Çay baraj yolunda yol yarmasında gözlenen Seydişehir fm. (εOs) üzerine bindiren Değirmendere fm. (çDCd) (36S 4270606/328313 bakış yönü: GD).....	17
Şekil 2.14. Sultandağı'nın yüksek kısımlarında gözlenebilen Hacılabaz Fm. (Jkh) üzerine bindiren Çay birimlerinde Deresine fm. (çPd) (36S 4264518/327998 bakış yönü: KD).....	18
Şekil 2.15. Öcal vd. (2011a) çalışmasından Afyon metamorfikleri olarak değerlendiren birimlerin genelleştirilmiş dikme kesiti	19
Şekil 2.16. Çobanlar, Bolvadin karayolu üzerinde gözlenen Afyon metamorfiklerine ait birimler, mermer olan kısımlarında madencilik faaliyetleri bol miktarda yürütülmektedir (36S 4284432/319003 bakış yönü: K)	20

Şekil 2.17. Çay ilçesi batısında, Sultandağı'nın Kuzey yamaçlarında, Çay birimleri üzerine bindirmiş olarak gözlenen Yunak Ofiyoliti (bKy). 36S 4272768/326993 bakış yönü: KB.....	22
Şekil 2.18. Değirmendere köyü yakınlarında yol yarmasında, Işıklar fayı ile deformasyona maruz kalmış Gebeciler Formasyonunun Gölsel çökelleri (Nmg2). 36S 4278431/309998 bakış yönü: D.....	23
Şekil 2.19. Afyon Akşehir graben sistemi içerisinde Neojen dönemi boyunca çökelmiş birimlerin genelleştirilmiş dikme kesiti (Öcal vd., 2011a, b).....	25
Şekil 2.20. Bolvadin ilçesi Dipevler köyü yakınlarında gözlenen volkanik birimlerle (Nmaka), Neojen gölsel kırıntılılar (Nmg2). 36S 4289269/334592 bakış yönü: D.....	26
Şekil 3.1. Yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte (A blok Mw: 6 ve B blok Mw: 7) depremin oluşturabileceği deformasyonların gösterildiği blok diyagramı (McCalpin 2009).....	30
Şekil 3.2. Kondo vd. 2010 çalışmasından alınan görselde (soldaki) doğrultu atımlı bir fayın üzerinde açılan hendeklerde, hem faya dik hem faya paralel hendekler açılarak fayın tayini yapılmaktadır. McCalpin 2009 kitabından alınan görselle (sağdaki) birlikte açılan hendeğin şekli ve derinliği gibi, formunda ne gibi değişiklikler gösterebildiğini görebilmekteyiz.....	31
Şekil 3.3. Hendek temizlemek için kullanılan aletlerden bir tanesi (hasan-gama) (a), hendek temizleme işlemi sırasında bir görüntü (b).....	31
Şekil 3.4. Hendek duvarının temizlenip, karelaçlanarak fotomozaik için fotoğraflandırılmaya uygun halleri (a batı duvarı, b doğu duvarı).....	32
Şekil 3.5. McCalpin 2009 kitabından alınan bu görselde normal atımlı bir fayda açılan hendeğin bir duvarında gözlenen yapıların ne gibi bir mekanizmayla çalıştığı tasvir edilmeye çalışılmıştır. Mekanizma açıklanmaya çalışılırsa; A, faylanmadan önceki stratigrafî. B, İlk faylanma ile birlikte fay düzleminde ve düşen blokta bir takım atımlar ve mikro bir havza oluşturması. C, bu mikro havzaya ilk fay önü çökeline (5) eski birimleri aşındırarak da çökmesi. D, ikinci bir olayla tekrardan yeni bir fay düzleminin oluşması ve havzanın büyümesi. E, ikinci fay önü çökellerinin çökmesi (4). F, 3. bir faylanma ile oluşan fay düzlemi ve atımlar. G, 3. Fay önü çökeli (3). H, 1 ve 2 numaralı alüvyal çökellerle kesilmiş fay sarplığımızın son hali ve hendek duvarında görülen durum.....	33
Şekil 4.1. Çalışma alanının Alospalsar uydusunun verileri ile hazırlanmış 12.5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (üzerine Emre vd. (2013)'ne göre sayısallaştırılmış diri faylar ve mavi dikdörtgen ile hendek yeri gösterilmiştir)	36
Şekil 4.2. a) Google Earth görüntüsü üzerinde Maltepe Hendek alanın genel konumu. b) Maltepe hendek alanı ve açılan hendeğin arazi görünümü (Bakış yönü: Güney).....	37
Şekil 4.3. Maltepe hendeği doğu duvarına ait fotomozaik (A), yorumlanmış taslak çizim (B) ve faya ait fay düzlemi çözümü (C) (Faultkin programı ile oluşturulmuştur).....	40

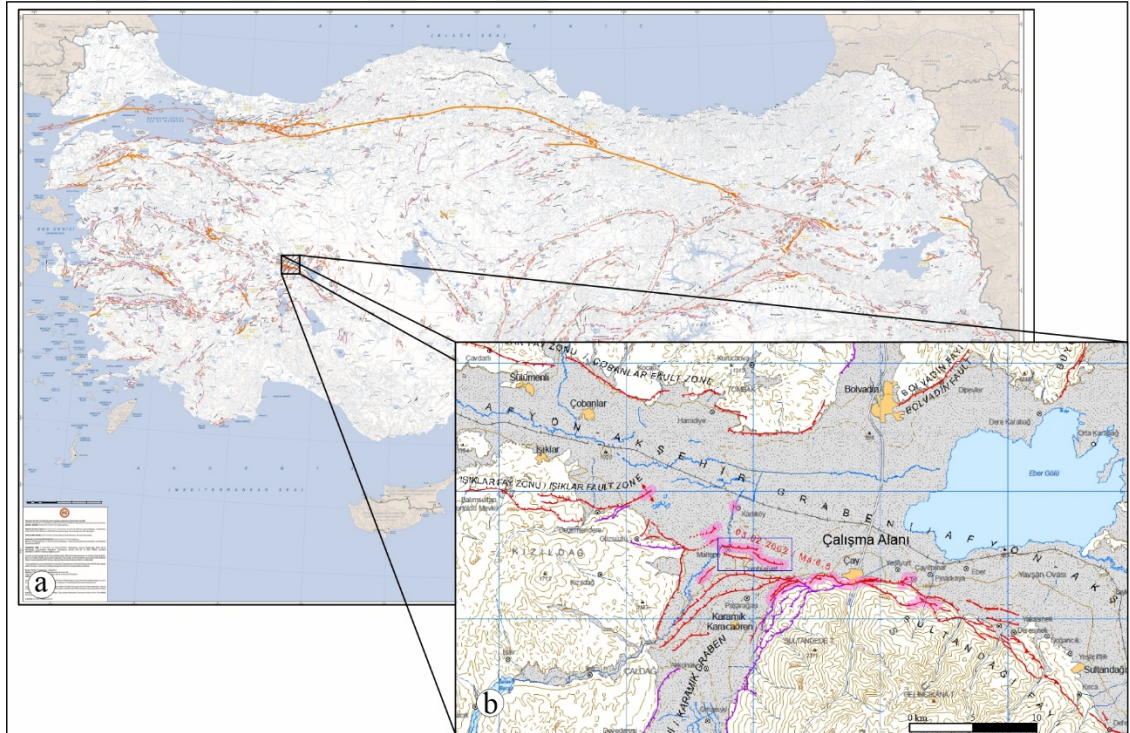
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Sultandağı fayı Çay Segmenti Maltepe hendeğinden alınan ^{14}C örneklerine ilişkin tarihlendirme sonuçları	41
--	----



1. GİRİŞ

Ülkemiz dünyanın en aktif orojenez kuşaklarından biri olan Alp - Himalaya orojenezi içerisinde bulunduğundan, birçok aktif tektonik faaliyetlere maruz kalmakta ve doğal afetler yaşamaktadır. Bunların başında deprem gelmektedir. Depremlerin insan canına ve malına doğrudan ve dolaylı yoldan verdiği zararlar bu coğrafyanın tarihi boyunca birçok defa görülmüştür. Bu kayıpların azaltılmasında, depremler üzerinden mekansal ve zamansal olarak elde edilecek her veri çok önemlidir. Günümüz teknolojisinde oluşacak depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü tam olarak bilinmemekte ancak geçmiş deprem kayıtları tespit edilip üzerinde paleosismolojik çalışmalar yapılarak geçmiş depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü gibi veriler ile deprem potansiyelleri ve sismik tehlike analizleri yapılabilmektedir. Sismik tehlike analizleri yapılırken bölgeyi etkileyebilecek faylar çalışılır ve fayların potansiyelleri çıkarılması amaçlanır. Fayların potansiyelleri bulunabilmesi için fayın geometrik özellikleri, niteliği, fayın kırılma hızı ve tekrarlanma aralığı gibi parametrelere bakılır. Bu parametrelerin gerçeğe olabildiğince yakın olup potansiyeli en doğru şekilde saptanması için fayın doğru yerinde, doğru tekniklerle paleosismoloji ve aktif tektonik çalışmaları yapılması gerekmektedir. Paleosismoloji, tarihsel dönemde yüzey yırtılması ile sonuçlanmış depremlerin, oluşum zamanı, en büyük yer değiştirme miktarı, kayma hızı, deprem tekrarlanma aralığı ve büyüklüğü gibi parametreleri araştıran bilim dalıdır (McCalpin 2009).



Şekil 1.1. Türkiye diri fay haritası (a), 1:250.000 ölçekli Afyon (NJ 36-5) paftasında (b) çalışma alanını ve çevresindeki diri fayları gösteren yer bulduru haritası (Emre vd. 2011, 2013)

Bu tezde Alp - Himalaya orojenezi içerisinde; Anadolu Bloğu'nun, güneybatısında bulunan Isparta Açısı'nın kıvrım yaptığı noktada, Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde paleosismoloji çalışması yapılmıştır. Sultandağı Fayı, Afyon ili ile Konya Akşehir ilçesi arasında KB-GD uzanımlı Sultandağı'nın kuzey yamaçları boyunca uzanmaktadır. Çalışma alanında, Paleozoik yaştan günümüze kadar oluşmuş birimler gözlenmektedir. Bu birimlerin Geç Miyosen yani Neotektonik rejime kadar sıkışmalı olarak oluşturmuş olduğunu ve Geç Miyosen'den sonra Anadolu'nun jeolojik evrimi sonucu bölgedeki genişlemenin ürünleri görülmektedir. Sultandağı Fayı, Sultandağı'nın kuzey yamaçlarında KB-GD doğrultulu Isparta Açısı'nın doğu kanadını oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Aynı zamanda Emre vd. (2016)'nin hazırladığı Türkiye'nin Aktif Tektonik Veri Tabanı'na göre Afyon – Akşehir Graben Sistemi içerisindeki 14 faydan birisidir (Şekil 1.1). Sultandağı Fayı uzanımı boyunca yer-yer Paleozoik birimleri keserken, bazı yerlerde de Paleozoik yaşlı birimlerle Miyosen birimleri arasında, bazı noktalarda da Miyosen yaşlı birimlerle Afyon – Akşehir Grabeni'nin içerisinde oluşan kuvaterner yaşlı birimlerin dokanağını oluşturmaktadır. Çalışma alanında ise havzanın içerisine doğru ilerleyerek güncel birimleri de kesmektedir. Sultandağı Fayı, Türkiye Diri Fay Veri Tabanı'na göre yaklaşık 115 km uzunluğunda aktif eğim atımlı normal bir faydır. Sultandağı Fayı Çay Segmenti ise veri tabanında 6 segmente ayrılan Sultandağı Fayı'nın batıdan ikinci segmentidir ve K39D – K29D doğrultulu, Kuzey'e 50-70 eğimli yaklaşık 11 km uzunluğunda, 2002 Çay depremi ile yüzey kırığı oluşturmuş, aktif eğim atımlı normal fay olarak tanımlanmıştır. Bu tez çalışmasında 2002 Çay depremi ile oluşmuş yüzey kırıkları incelenmiş, fayın özellikleri ortaya konulmuş ve fayın üzerinde uygun yerlere hendekler açılarak segmentin deprem tekrarlanma aralığı gibi parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bölgesel Jeoloji

Alp – Himalaya orojenezi içerisinde bulunan Anadolu Bloğu Gondwana’dan ayrılarak kuzeye ilerleyen mikro kıtaların Avrasya kıtasına çarpması sonucu oluşmuştur. İlk kopan mikro kıtaların kuzeye ilerlemesi ile, Paleotetis denizini kapanmış ve Neotetisin açılması başlamıştır, böylelikle Pontitler oluşmuştur. Sonrasında gelecek olan mikro kıtaların yerleşmesi sonucu Anatolitler ve Toritler oluşmuştur. Bu mikro kıtaların hareketleri en erken Geç Kretase’de başlayıp Eosen’e kadar uzanmaktadır. Orta Miyosen’den itibaren Afrika ve Arap platformları, birbirleri ile göreceli olarak farklı hızlarda kuzeye doğru ilerlemesi ile Anadolu Bloğu’nun altına dalmakta ve Anadolu’nun Neotektonik rejimini oluşturmaktadır. Bu süreç birçok araştırmacı tarafından modellenmiş, hala çalışılmaya devam edilmekte ve birçok tartışmaya konu olmaktadır (Şekil 2.1) (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay 2008).

Bu çalışma alanı çevresinde, Kuzeye Pontitlerin batı kısmı olan Sakarya Zonu, ardından İzmir - Ankara Suture Zonu ile bölgede sınıırı oluşturan Anatolid – Toridler; kuzeyden güneye Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları bulunmaktadır (Şekil 2.1) (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay 2008).



Şekil 2.1. Türkiye ve çevresinin suture zonlarını ve Neotektonik’ini gösteren harita (Okay ve Tüysüz 1999)

Çalışma alanında ise hakim temel birimler Anatolid Torid Bloğu içerisinde Afyon Zonu birimleridir. Afyon Zonu, doğu batı doğrultulu Kütahya ili Simav ilçesinden, Bolkar Dağlarına kadar uzanan, ilk başta yeşil şist fasiyesi oluşum koşulları altında karakterize, pasif kıta kenarı olarak tanımlanmıştır (Okay 1984). Stratigrafisi altta Pre-Kambriyen yaşlı çekirdeği, Paleozoik ve Mesozoik yaşlı örtü kayaçları olarak Tavşanlı Zonu'na, Likya Napları'nın Mesozoik – Erken Paleojen bölümlerine ve Menderes Masifinin örtü birimlerine benzerlikleri vurgulanarak tanımlanmıştır (Candan vd. 2005; Pourteau vd. 2010; Okay 1984, 1996).

Afyon Zonu'nun tabanında Prekambriyen yaşlı birimler; granat-biyotit-mikaşist, klorit-albit şist, kuvarsitler, glokofan içerikli metamorfizma geçirmiş gabbro ve lökokrat metagranitler içeren kayaçlardır. (Candan vd. 2005; Pourteau vd. 2010).

Paleozoik yaşlı örtü kayaçları ise Menderes Masifi'nde de benzeri görülen metamorfizma geçirmiş Paleozoik yaşlı sedimanter ve volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Afyon Zonu'nun, Kütahya ili Simav ilçesi çevresinde Devoniyen öncesi kırıntılı ve karbonatlı kayaçların Devoniyen orojenezi (395 - 385 My Pb/Pb zirkon yaşlandırmaları) ile düşük metamorfizma geçirmiş halleri bulunmaktadır. Konya yakınlarında gözlenen Paleozoik sekanslarında ise Silüriyen – Devoniyen yaşlı neritik kireçtaşlarının metamorfizma geçirmiş biçimleri ile Alt Karbonifer yaşlı bloklu birimleri (Robertson ve Ustaömer 2009; Pourteau vd. 2010), metamorfizma geçirmiş Erken Permiyen yaşlı volkanikler (Pourteau vd. 2010) bulunmaktadır. Bolkar Dağları çevresinde gözlenen Afyon Zonu birimlerinde Afyon Zonu'nun alt seviyelerine karşılık gelen Geç Permiyen yaşlı re-kristalize platform tipi siyah kireçtaşları bulunmaktadır (Demirtaşlı vd. 1984; Pourteau vd. 2010). Daha doğuda Kayseri ili Yahyalı ilçesi yakınlarında Silüriyen – Devoniyen yaşlı fillitler, Devoniyen yaşlı mercanlı mermerler, Karbonifer yaşlı fillitler ve Üst Permiyen yaşlı platform mermerleri bulunmaktadır (Gençalioglu-Kuşçu vd. 2001; Pourteau vd. 2010).

Mesozoik yaşlı örtü kayaçları, diğer metamorfik temel birimlerin üzerine uyumsuz bir şekilde gelmektedir, Mesozoik yaşlı metamorfizma geçirmiş sedimanlar ve volkanikler olarak tanımlanmıştır. Afyon çevresinde Alt Triyas karasal karbonatlı ve silisiklastik çakıllı taban konglomeraları gözlenmektedir (Candan vd. 2005; Pourteau vd. 2010). Simav yakınlarında ise volkanikler riolitik ve dasitik lav akışları bulunmaktadır (Pourteau vd. 2010). Bu alanlarda metakonglomeraların üzerine sarımsı kırmızımsı fillitler, metamorfizma geçirmiş kumtaşları ve mermer gibi, mercerler içeren mafik metavolkanik birimler bindirme fayıyla gelmektedir (Pourteau vd. 2010). Bu Erken Triyas yaşlı silisiklastik kayaçlarda Geç Triyas'da yavaş yavaş ince re-kristalize oluşmaları gözlenir, Geç Kratese'de ise dolomitik platformlarla farklı renklerde şeylleri, sarımsı dolomitleri ve kuvarsarenitleri içeren bir geçiş zonuna evrildiği izlenir. Bu Mesozoik sekansın en üstünde ise çört ara seviyeli Maastrichtiyen yaşlı pelajik mermerler ile tanımlanmıştır (Candan vd. 2005; Pourteau vd. 2010).

Neojen öncesi temel birimler olarak sınıflandırabileceğimiz birimlerden sonra bölgeye yerleşen birimlere baktığımızda, tektonik ve jeolojik evrime bağlı olarak jeolojik birimler değişmektedir. Anadolu'nun batısındaki Neojen yaşlı birimlerinde volkanikler ve volkaniklerle eş zamanlı çökelmiş gölsel sedimanlar dikkat çekmektedir. (Gürsoy vd. 2003; Prelevic vd. 2010; Prelevic vd. 2015; Öcal vd. 2011a, b). Çalışma alanı ve çevresindeki volkanik birimlerin en yaşlısı 14 my. önce en kuzeyde, en genci ise 4 my. önce en güneyde aktivitesi belirlenmiş birimlerdir. Bu birimler kalk-alkalin magmatizma ile başlamış Üst Eosen – Orta Miyosen aralığında kuzeye dalan Afrika kıtasına bağlı olarak alkalin volkanizma olarak devam etmektedir. Çıkan malzemenin değişiminin sebebi orojenez (kıtasal manto) sisteminden, orojenez olmayan sisteme evrime işaret olarak birçok araştırmacı tarafından yorumlanmıştır (Gürsoy vd. 2003; Prelevic vd. 2010, 2012, 2015; Öcal vd. 2011a, b).

Aktif güney ege volkanizması, kuzeyden güneye sistematik olarak gençleşmektedir. En yaşlı volkanikler en kuzeyde Eosen ve Oligo-Miyosen yaşlıdır. Bu birimler orta – yüksek potasyum şoşonit karakterli ve genellikle dalma batma zonunda çarpışma sonrası gelişen genişlemeli tektonik rejimin ürünleridir. (Garfunkel 1998; Besong vd. 1977; Yılmaz 1989; Yılmaz vd. 2000, 2001). Yüksek Mg mantodan oluşmuş ultrapotasik kayalara tek kökenli volkanlarda, konilerde, pluglarda ve lav akış ürünlerinde olmak üzere İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zonu boyunca, Menderes Masifi'nde, Afyon Zonu'nda, Likya Napları'nda ve Neojen - Paleojen yaşlı genişlemeye bağlı sedimanter formasyonlarda gözlenmektedir (Prelevic 2012).

Çalışma alanında, MTA tarafından 2011 yılında raporlanmış K25 ve K26 1/100.000 paftaları ayrıntılı stratigrafi vermektedir. Öcal vd. (2011a, b) hazırladığı raporlara göre Geç – Erken Miyosen yaşlı kalk-alkalin riyolitik “Seydiler İgnimbiritler” ve Orta Miyosen boyunca alkali potasik ürünler veren “Afyon Grubu Volkanikleri” ile simgelenmiştir (Öcal vd. 2011a, b). Seydiler İgnimbiritleri bölgenin birimsel stratigrafisinde yer alan Geç Erken – Orta Miyosen yaşlı karasal tortul istifleri ayırmaktadır. Kalk-alkalin riyolitik volkanizmanın tükenişinden sonra aktivitesi başlayan ve ağırlıklı olarak porfirik lavlar ile türdeş volkaniklastikler üreten Afyon Volkanizması Orta Miyosen tortullaşmasından önce başlayarak Gebeciler Formasyonu tortullaşması boyunca alttan üste yanal ilişkili gelişim gösterir. Köroğlu kalderası çevresindeki küçük hacimli afirik lavların simgelendiği “Karakara Volkanitleri” biriminin erken dönem ürünleri, Gebeciler Formasyonu ile yanal geçişlidir (Öcal vd. 2011a, b). Bu Neojen karasal kırıntılı tortullaşmalarının üzerinde uyumsuz olarak Yamaç molozları, Alüvyon yelpazeleri ve Alüvyonlar bulunmaktadır.

2.2. Tektonik

Gondwana'dan kopan parçaların kuzeye doğru ilerleyerek günümüzdeki konumlarına ulaşması Eosene kadar uzanmaktadır. Orta Miyosen'den itibaren Anadolu'nun Neotektonik rejiminin önemli karakterlerinden biri olan Bitlis Sütur Zonu

Afrika platformunun Anadolu Bloğu ile çarpıştığı dokanakta oluşmuştur. Böylelikle Anadolu Bloğu'nun doğusundan sıkıştırılması sonucu batıya doğru bir kaçışı başlamıştır. Arap platformu ile Afrika kıtasının hareket yönleri kuzey olmasına rağmen Arap platformunun daha hızlı kuzeye hareketi sonucu oluşan sol yönlü doğrultu atımlı fay Ölü Deniz Fayı olarak adlandırılmıştır. Helen Yayı olarak adlandırılan Girit adasının güneyinden yay çizerek önce Kıbrıs adasına ve devamında Hatay'a uzan Anadolu Bloğu'nun altına dalan Afrika kıtasının Kuzey sınırlarını gösteren faydır. Hatay'da Ölüdeniz Fayı ile kesişen Helen Yayı, Anadolu'nun güneydoğusunda KD/GB doğrultulu olarak sol yönlü doğrultu atımlı fay oluşturur. Hatay'dan Karlıova'ya kadar uzanan DAF (Doğu Anadolu Fayı) doğu sınırını oluşturmaktadır. Karlıova'dan bütün Anadolu Bloğu'nun kuzey sınırını, sağ yönlü doğrultu atımlı karakterli KAF (Kuzey Anadolu Fayı) sınırlandırmaktadır. Anadolu Bloğu'nun dış kenarları böylelikle oluşmaktadır. Bu birincil fayların etkisi altında Anadolu Bloğu'nun genelinde bir batıya kaçış gözlenmekte ve Anadolu Bloğu'nun içerisinde doğrultu, eğim ve oblik birçok fay oluşmaktadır. Bu ikincil faylarla birlikte Anadolu'daki etkin tektonik rejimleri çalışma alanının bulunduğu batı Anadolu'da horst – graben sisteminin çalıştığı görülmektedir. Ayrıca Anadolu'nun güneybatısının (~30 mm/yıl), Anadolu'nun merkezine (~15 mm/yıl) ve Isparta Açısı bölgesine (~10 mm/yıl) nazaran daha hızlı olması, Anadolu'nun batıya kaçışında saat yönünün tersine rotasyon ve Isparta Açısı'nı oluşturur (Barka ve Reilinger 1997; Biryol vd. 2011) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Anadolu Bloğu'nun Neotektonik haritasında çalışma alanı dörtgen ile gösterilmiştir (Üner vd. 2017, Biryol vd. 2011)

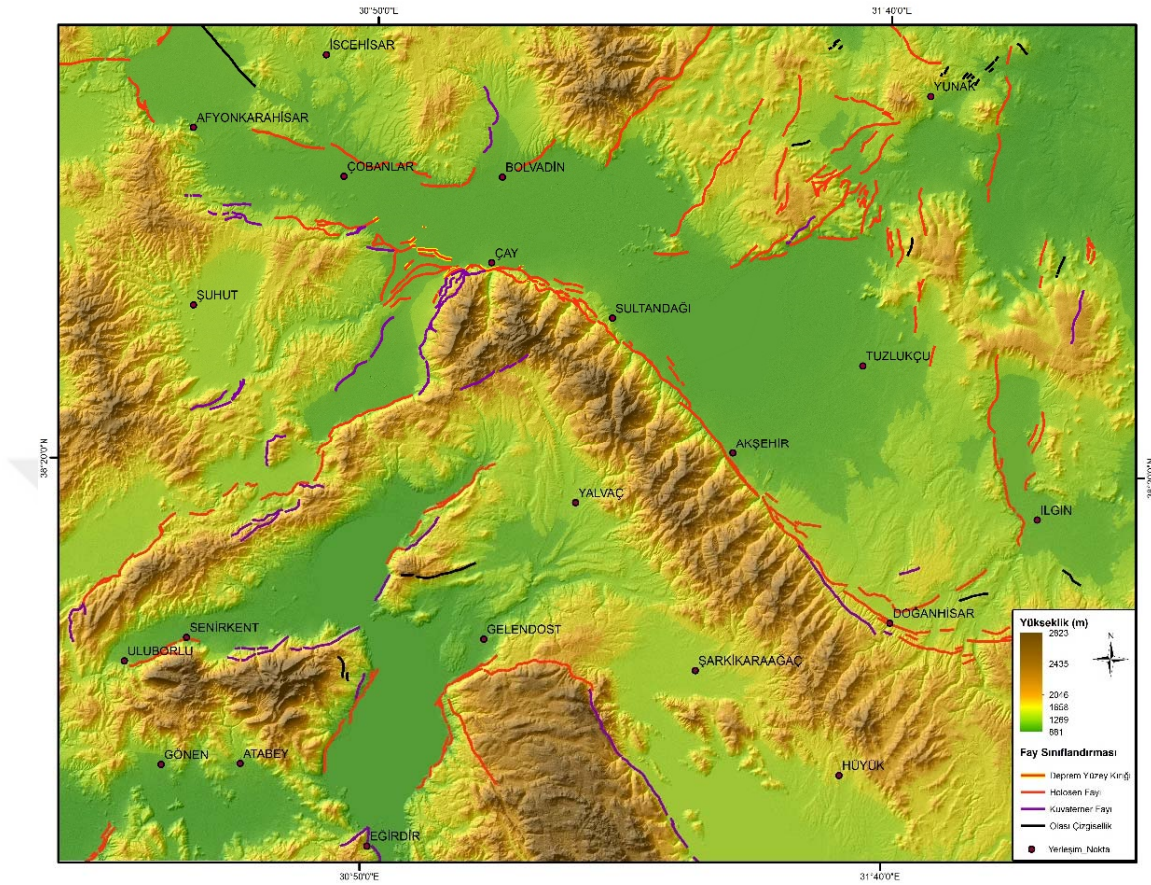
Isparta Açısının özellikle Geç Miyosen’de sıkışmalı rejim aktif olduğuna dair birçok çalışma varken daha sonra ki dönemlerde karakteri ve aktifliği konusunda birçok tartışmaya konu olmaktadır. Horst ve grabenlerin oluşumu ile ilgili de birçok model oluşturulmuştur.

- Tektonik Kaçış Modeli: Yaklaşık 12 my’dir Anadolu’nun batıya kaçışıyla birlikte batısında genişlemeye bağlı horst – grabenler- oluşmuştur. (McKenzie 1972).
- Dalma Batma Zonunun Ardındaki Yayılım Modeli: Helen Yayı’nda Afrika kıtasının daldığı bölümlerinden itibaren kuzeye doğru yayılan alanda yaydaki sıkışmaya bağlı olarak gelişen genişlemeyi gösteren modeldir. Bu yayılım dalma batma zonunun yaklaşık 60 km. kuzeyine kadar uzanır. (LePichon ve Angelier 1979; Meulenkamp vd. 1988).
- Orojenik Yıkılma Modeli: Geç Oligosen – Erken Miyosen’den günümüze kadar Neotektonik rejim içerisinde yükselen Anadolu Bloğu’nda yanal olarak dağılan blokların hareketi sonucu horst graben modeli oluşmaktadır. (Dewey 1988; Seyitoğlu ve Scott 1996).
- II Aşamalı Graben Modeli: Bu model Anadolu’nun batısında oluşan havzaların sınıflandırılmasında oluşturulmuştur. Anadolu’nun batısında ki havzalar Erken – Orta Miyosen ve Pliyosen’den günümüze kadar iki faz olarak ayrılmıştır. Erken faz çökelleri orojenik yıkılma modeline uygun deliller sunmaktadır. (Dewey 1988; Seyitoğlu ve Scott 1996). Çökeller Geç Miyosen – Erken Pliyosen yaş aralığındadır. Geç genişlemeli faz DKD-BGB doğrultulu Geç Miyosen’den itibaren gözlenmektedir.

Ortalama olarak Anadolu’nun batıya 2,5 cm kaymasının devamında batı Anadolu’da K-G doğrultulu genişleme rejiminin etkisi altında birçok kompleks tektonik deformasyon yapıları oluşmaktadır. Bu yapıların biri de Sultandağı Fayı’dır. Sultandağı Fayı yaklaşık 115 km uzunluğunda KB - GD, D-B, KD-GB, doğrultulu Paleozoik’ten, günümüze birçok birimi kesen, eğim atımlı normal, Holosen faydır (Emre vd. 2016).

Isparta Açısı ve çevresinde yapılan çalışmalarda çok kez ileriye sürülen Oligosen - Miyosen dolaylarında evrim geçiren tektonik rejim, Isparta Açısının doğu kanadını oluşturan Sultandağı Fayı’nda da gözlenmektedir (Şekil 2.3). Bölge Geç Miyosen öncesinde sıkışmalı rejim altında olup Geç Miyosen’den sonra genişlemeli rejime evrildiği birçok çalışmada belirtilmiştir (Francalanci vd. 2000; Koç vd. 2017; Koçyiğit vd. 2000; Koçyiğit ve Özacar 2003). Sultandağı’nın Holosen aktivitesi ile ilgili çalışmalar Emre vd. (2002), Şaroğlu vd. (1987), Koçyiğit vd. (2000) ile başlamıştır. Çay Segmenti’nde 3 Şubat 2002’de gerçekleşen depremin devamında bölgeye ilgi artıp birçok çalışma yapılmıştır. 2013’de MTA’da yayınlanan Türkiye Diri Fay Haritasında da 2002 yüzey kırıkları ile beraber yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda yapılan arazi çalışmaları sonucunda özellikle Eber gölünün G-GB’sında olmak üzere BKB-DGD

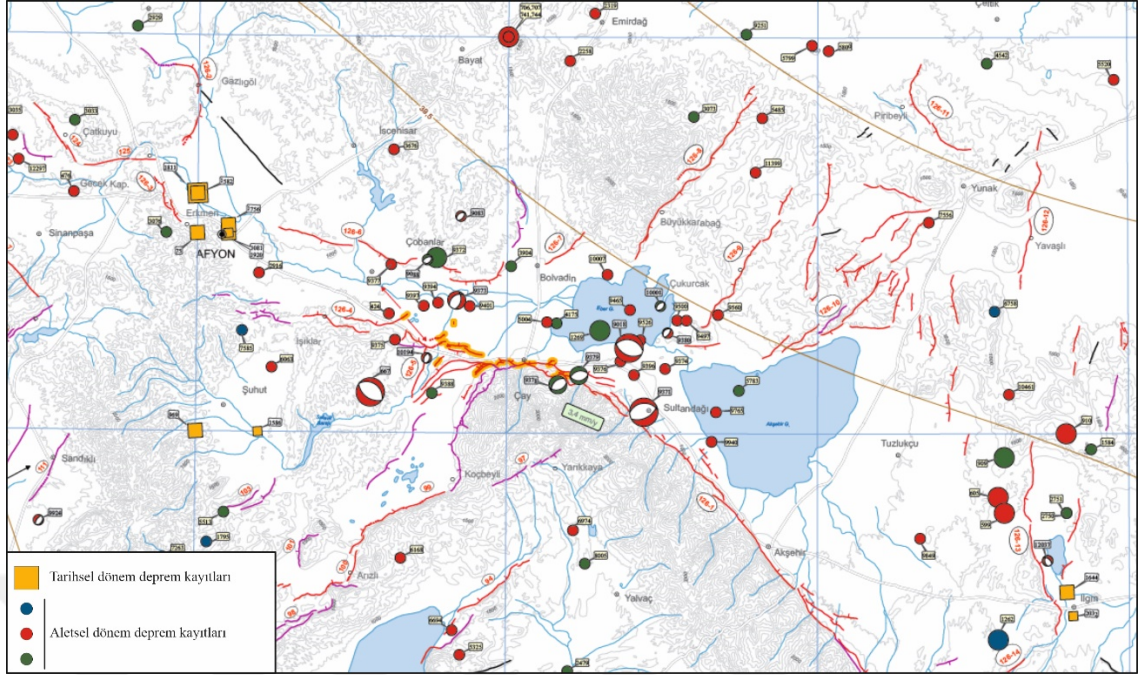
doğrultulu olarak birçok deprem etkileri gözlenmiştir. (Emre vd. 2002; Kalafat vd. 2020).



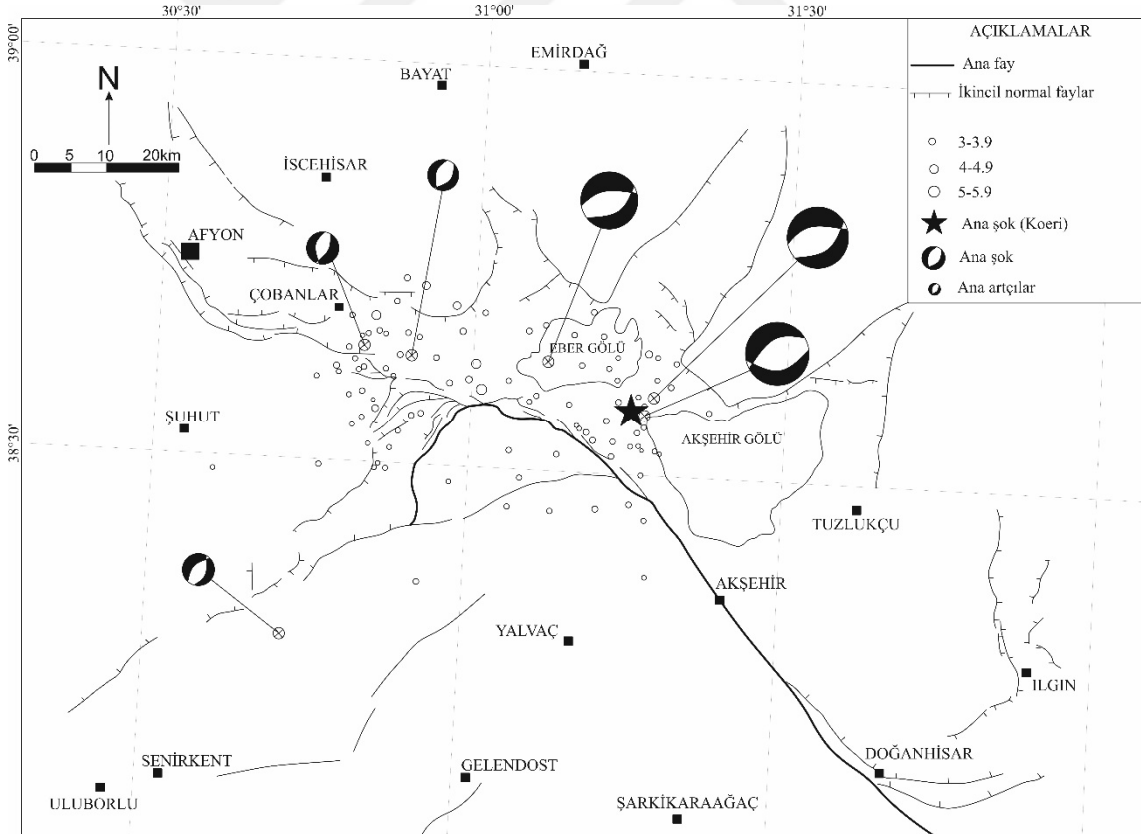
Şekil 2.3. Sultandağı Fayı ve çevresinin Alospalsar uydu verileri ile hazırlanmış 12.5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (Üzerine Emre vd. (2013)'de göre Diri Fay sayısallaştırılmıştır)

Kalafat (2017) coloumb stres değişim analiz çalışmasına göre K-G ve KD-GB eğimli normal fayların aktivesinin varlığına deliller çıkmıştır. Sultandağı Fayı kuzeybatısında meydana gelen deprem sonrasında, stresin batıya doğru ilerlediği saptanmıştır. AAGS içerisindeki bütün materyallerin tektonik olarak birbirlerine bağlı olduğu ve coloumb stres aktarımı analizleri ile teyit edilmiştir. Bu aktarım sonucu, K-G yönlü genişlemeli rejim etkisi altında oluşan D-B doğrultulu normal faylar dışında blokların konumu ve doğrultuları sonucu transfersiyonel yapılar gelişmiştir.

Tarihsel dönem deprem kayıtları incelendiğinde Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde meydana gelmiş herhangi bir depreme rastlanılmamıştır. Ancak yakın alana bakıldığında bazı tarihsel veriler saptanmıştır (Şekil 2.4) (Duman vd., 2017a). Sultandağı'nda son yüzyılda 5'den büyük altı deprem meydana gelmiştir. Bu depremler; 1921 Argıthanı (Mw: 5,4), 1946 Argıthanı (M: 5,5), 15/12/2000 Çobanlar (Mw: 6.0), 03/02/2002 Sultandağı (Mw: 6,5) (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. MTA Türkiye Sismotektonik Haritası (Duman vd. 2017a)



Şekil 2.5. 2002 Sultandağı Çay depremi sonrasında KOERI'den alınan odak noktaları ve çözümleri (Emre vd. 2003 çalışmasından sayısalştırılmıştır)

2.3. Stratigrafi

Çalışma alanın jeoloji haritası çizilirken ve stratigrafisi belirlenirken 1/100.000'lik MTA haritaları ve raporlarından (Öcal vd. 2011a, b) yararlanılmıştır. Çalışma alanında Pre-kambriyenden günümüze kadar birçok birim bulunmaktadır. Bu birimler, Neojen öncesi temel birimler, Neojen yaşlı birimler ve güncel birimler olmak üzere 3 başlık olarak incelenmiştir ve 19 formasyona ayrılmaktadır. Bu birimlerin çalışma alanı içerisindeki konumlarını gösteren jeoloji haritası Şekil 2.7 ve çalışma alanında gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile oluşturulmuş A – B enine jeolojik kesiti Şekil 2.8'da gösterilmiştir.

Neojen öncesi temel birimler 5 gruba ayrılmıştır; Geyikdağ Birliği– Sultandağı Birimi, Aladağ Birliği – Çay Birimi, Afyon Metamorfikleri, Bozkır Birliği.

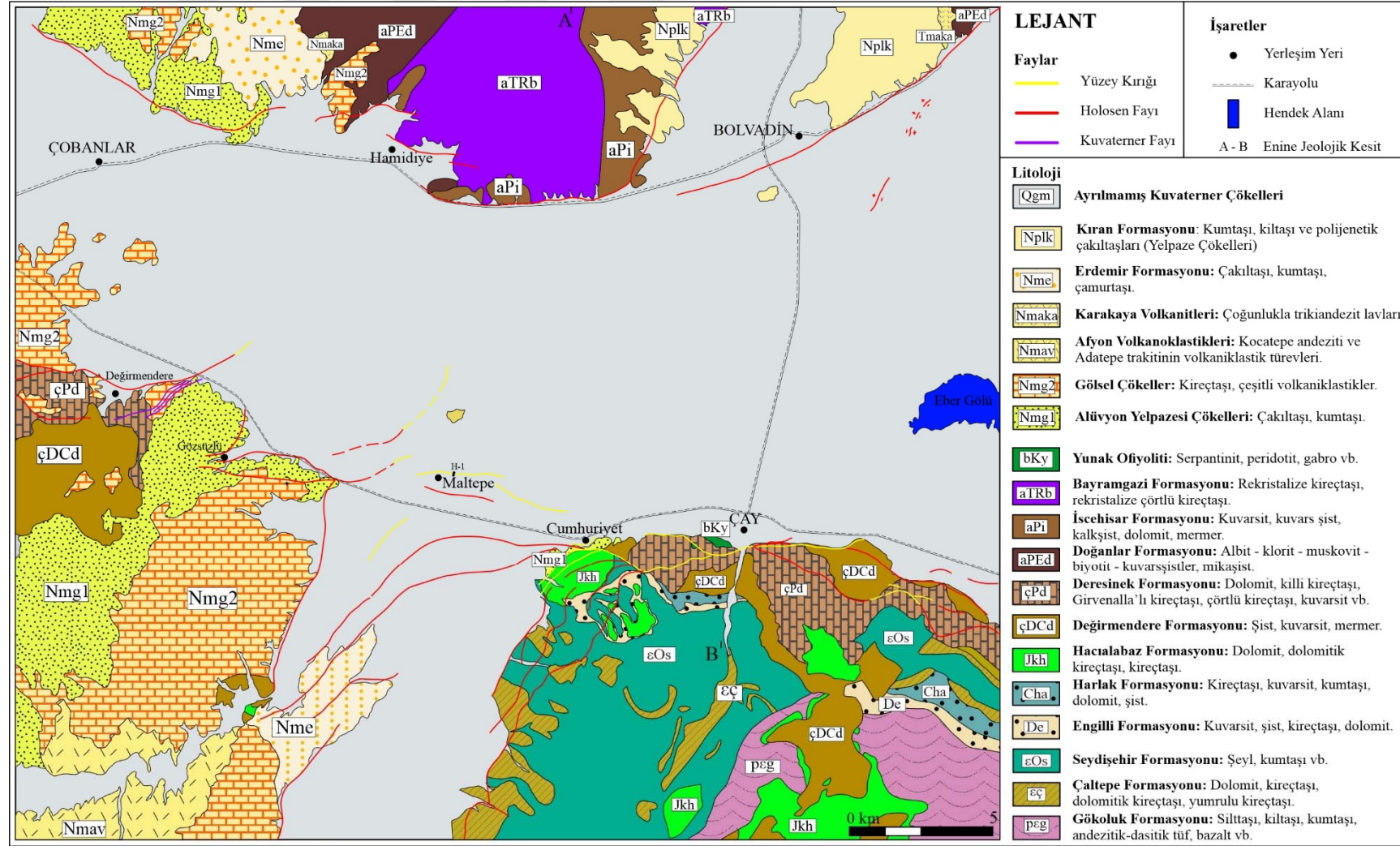
2.3.1. Geyikdağ Birliği– Sultandağı Birimi

Isparta Açısı içerisinde Torosların kuzeyinde paraotokton olarak bulunan birimler, Özgül (1976) tarafından Geyik Dağı Birliği olarak adlandırılmıştır. Sultandağı'nın İç Anadolu'ya bakan birimler Özgül (1991) tarafından Sultandağı Birimi olarak incelenmiştir (Şekil 2.6).

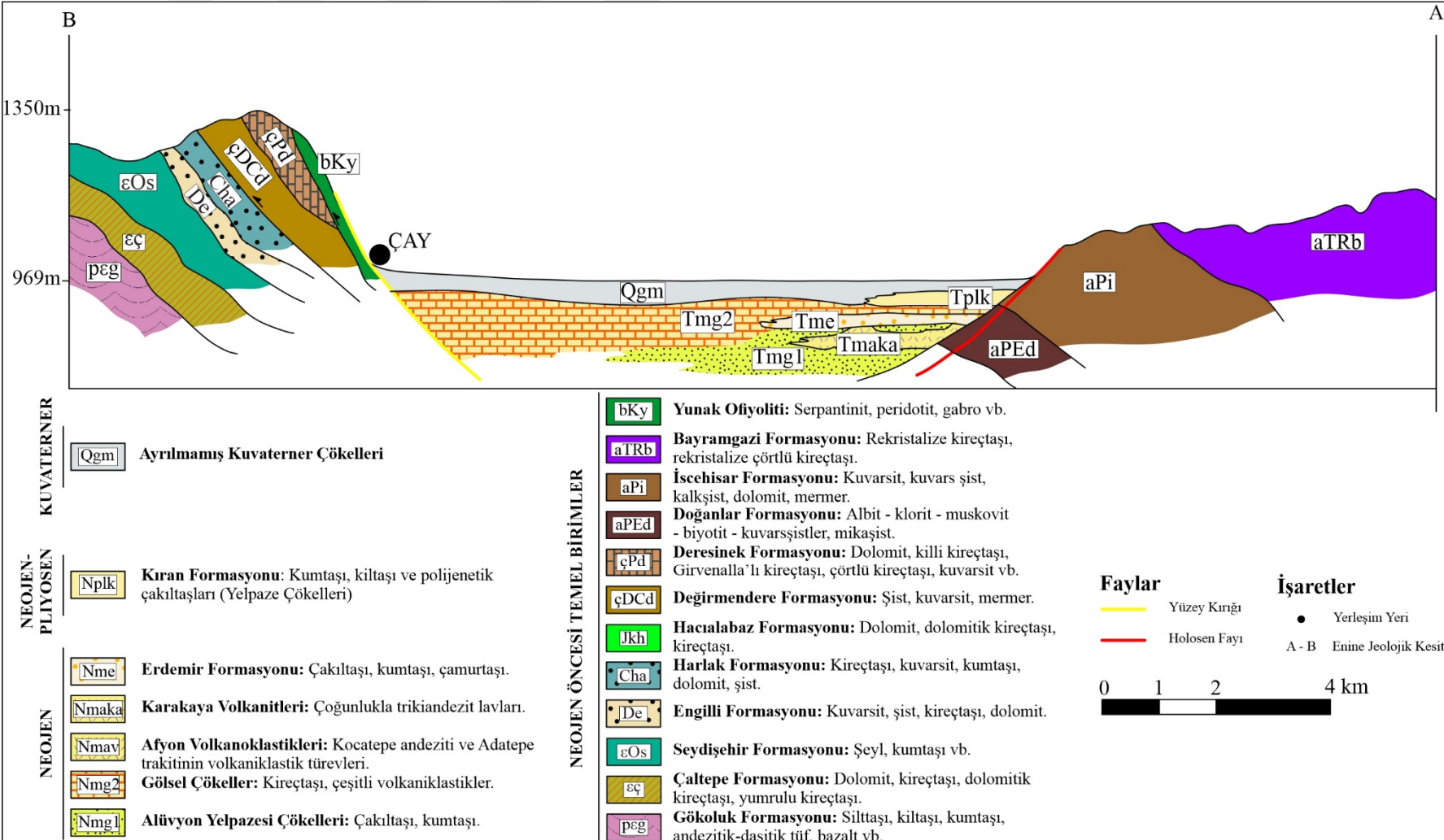


Şekil 2.6. Çay - Bolvadin yolundan Çay barajına bakış yönüyle Sultandağı'nın genel görüntüsü (36 S 4279440/329762 bakış yönü: G)

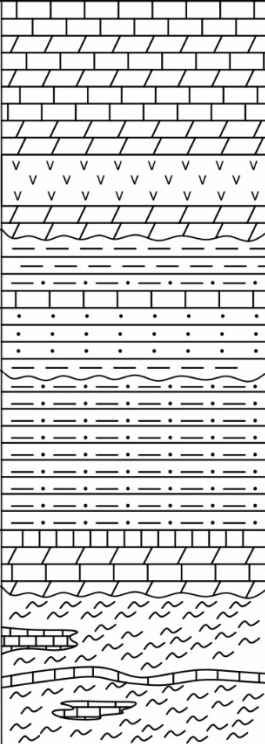
Geyikdağı - Sultandağı Birimi'nin çalışma alanı içerisinde gözlenen bölümleri ise; Gökölük Formasyonu, Çaltepe Formasyonu, Seydişehir Formasyonu, Çay Grubu altında incelenen Engilli Formasyonu, Harlak Formasyonu ve en üstede Hacıalabaz Formasyonudur (Şekil 2.9).



Şekil 2.7. Çalışma alanının jeoloji haritası (Öcal vd. 2011a, b)



Şekil 2.8. Arazi çalışmaları sonucu hazırlanmış A - B enine jeolojik kesit

ÜST KRETASE		Dolomit arakatkılı kireçtaşı Dolomit Spilitik bazalt Dolomit Mor renkli yeşil metamorfik Kuvarsit, metakırıntılı Dolomitik metakarbonat Kuvarsit Şist, metakarbonat arakatkılı Şist, metakırıntılı Metakarbonat Dolomitik metakarbonat Dolomitik metakarbonat arakatkılı şist ve kuvarst şist	HACIALABAZ FORMASYONU
KARBONİFER		Uyumsuzluk	HARLAK FORMASYONU
ÜST DEVONİYEN		ÇAYÖZÜ GRUBU	ENGİLLİ FORMASYONU
ORDOVİSİYEN ÜST KAMBRİYEN		Uyumsuzluk	SEYDİŞEHİR FORMASYONU
ALT - ORTA KAMBRİYEN		Tektonik	ÇALTEPE FORMASYONU
PREKAMBRİYEN			GÖKOLUK FORMASYONU

Şekil 2.9. Geyikdağ Birliği - Sultandağı Birimi'nin genelleştirilmiş kolon kesiti (Özgül vd. 1991; Öcal vd. 2011a, b)

2.3.1.1. Gökölük Formasyonu (Pre-Kambriyen – P_{eg})

Düşük dereceli (yeşil şist) metamorfizma özellikleri sergileyen, koyu tonlarda gri, yeşil, mor renklerde, şist, kuvarsit ve dolomitik metakarbonatlardan oluşan Gökölük Formasyonu Özgül vd. (1991) tarafından Çayın güneyinde Karamık köyü yanlarında tanımlanmıştır. Alt dokanağı gözlenmeyen formasyon, yer yer Devoniyen yaşlı Engilli Formasyonu, yer yer Jura - Kretase yaşlı Hacıalabaz Formasyonu tarafından transgresif olarak üstlenir. Stratigrafik olarak yeterli veri olmadığından kesin bir yaş verilememiş ancak İnfrakambriyen yaşta olabileceği belirtilmiş, formasyonun geçirdiği metamorfizma ve tektonik deformasyonlar birimlerin ilksel hallerini büyük ölçüde kaybına sebep olduğu ifade edilmiştir (Şekil 2.10). Formasyonda gözlenen kuvars ve dolomitik merccekler karadan bol malzemenin geldiği sık denizel koşullarını belirtmektedir (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.1.2. Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen - ϵ)

Altta üste grimsi renklerde re-kristalize dolomit, re-kristalize kireçtaşları ve duraylı plaj koşullarının ardından, ortamın platform tipi karbonat çökelimine elverişli, duraylı şelf koşullarını yansıtır. En üstte şeyl arakatkılı alacalı metakarbonatlardan oluşan Çaltepe Formasyonu, ilk kez Blumenthal (1947) tarafından Konya ili Seydişehir ilçesinin 10 km kuzeyinde Çaltepe köyünde tanımlanmıştır (Haude 1968; Özgül ve Gedik 1973; Demirkol vd. 1977). Metamorfizma geçirmiş neritik kireçtaşları, dolomitli

düzeylerinde fosil bulunmamasına karşın, en üstte Seydişehir Formasyonu ile geçiş zonu sağlayan Çaltepe Formasyonu ile denestirilen yumrulu kireçtaşlarında bol fosil yer almaktadır ve Orta Kambriyen göstermektedir (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.1.3. Seydişehir Formasyonu (Ordovisiyen – Üst Kambriyen – εOs)

Metamorfizma geçirmiş silttaşı, şeyl ar dalanmasından oluşan formasyon ilk kez Blumenthal (1947) tarafından, Seydişehir bölgesinde tanımlanmıştır. Seydişehir Formasyonu'nun tabanından itibaren başlayan kuvarsit ve metakarbonat arakatlı seviye, bol fosilli yumrulu kireçtaşları ile geçiş zonu göstermektedir. Önceki araştırmacılar ilgili birimlerde fosillerin az gözlemlendiğini, Çaltepe Formasyonu'nun yumrulu kireçtaşları ile yaptığı geçiş zonundan dolayı (Şekil 2.10) ve diğer alanlardaki fosil kayıtlarından, Geç Kambriyen ve Erken Ordovisiyen (Tremadosiyen) olması gerektiğini belirtmişlerdir (Öcal vd. 2011a, b).



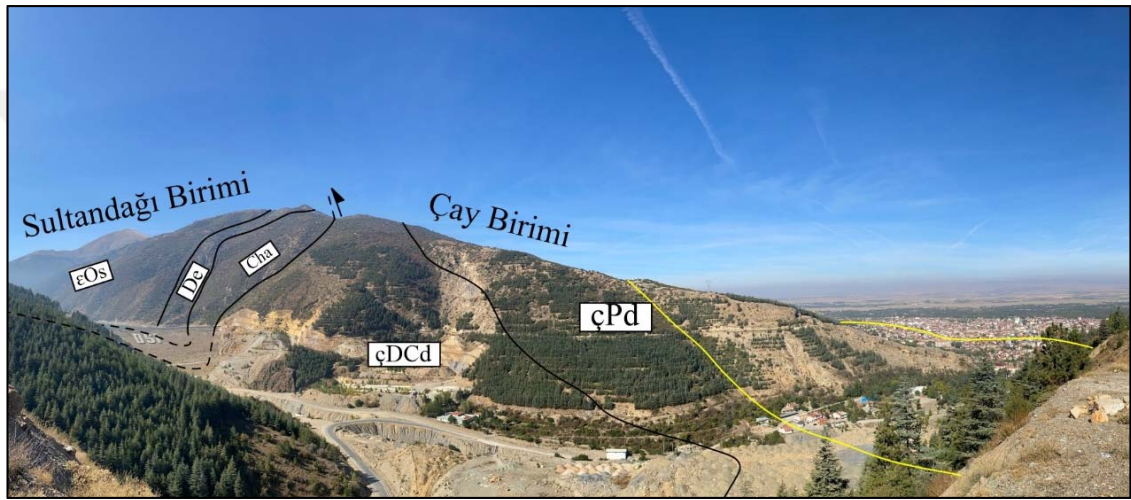
Şekil 2.10. Çay baraj yol yarmasında görülen Gökölük Fm.(pεg) üzerine Çaltepe fm. (εÇ) ve Seydişehir Fm. (εOs) (36 S 4268258/327849 bakış yönü: D)

2.3.1.4. Çayözü Grubu

Geç Devoniyen – Geç Permiyen aralığında çökelmiş kırıntılı ve karbonat kökenli kaya birimleridir. Çayözü grubu içerisinde Devoniyen yaşlı Engilli Formasyonu, Karbonifer yaşlı Harlak ve Permiyen yaşlı Ilıcak Formasyonları bulunmaktadır. Çalışma alanı içerisinde Ilıcak Formasyonu bulunmamaktadır. Bu formasyonlar birbirlerinden ayırt edilmediğinde ise direkt Çayözü grubu olarak kullanılmıştır (Özgül vd. 1991). İnceleme alanında Engilli ve Harlak Formasyonlarına ait kaya birimleri yer alır (Şekil 2.11) (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.1.5. Engilli Formasyonu (Devoniyen – De)

Haude (1968) tarafından “Engilli Kuvarsitleri” olarak tanımlanan formasyon çoğunlukla kuvarsitlerden oluşan, koyu şist metakarbonat arakatkılı ve mercekli olarak tanımlanmıştır. Engilli Formasyonu’nun bulunduğu yerlerde ilk olarak hafif metamorfizma, yönlenme görülür ve üste seviyelerine doğru orta-kalın laminalı, iri (kum boyu) tanelidir. Çalışma alanı dışarısında bulunan Şarkikarağaç yakınlarında yüzlek veren formasyonun alt bölümlerinde ise bol fosilli kireçtaşları gözlenmektedir. Böylelikle formasyonun yüksek enerjili kıyı fasiyesini yansıttığı güney kısımlardaki kireçtaşlarının lagün gibi bir sakin havzaların olduğunu araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Öcal vd. 2011a, b).



Şekil 2.11. Çay baraj yakınlarında birimlerin genel görüntüsü ve 2002 Çay depremi ile oluşan yüzey kırıklarının yaklaşık konumları (sarı renk ile çizilmiştir). (εOs: Seydişehir Fm., De: Engilli Fm., Cha: Harlak Fm., çDCd: Değirmendere Fm., çPd: Deresine fm.)

2.3.1.6. Harlak Formasyonu (Karbonifer – Cha)

Karbonifer yaşlı şistler olarak Haude (1968), Demirkol vd. (1977) ve Özgül (1991) çalışmalarında tanımlanan formasyon, metakarbonat, kuvarsit ve metakırıntılı arakatkılı koyu renkli şistlerle başlayan, üstüne mor - yeşil şistler olarak tanımlanmaktadır. Şistlerle başlayan Engilli Formasyonu, Harlak Formasyonu ile geçiş zonu oluşturup devam eden istif bize ortamın giderek derinleştiğini, daha üstlerdeki kireçtaşları ise ortamın sığlaştığını göstermektedir (Öcal vd. 2011a, b).

Çalışma alanının içerisinde gözlemlenemeyen Permian bölümünün alt dokanağı Engilli Formasyonu’nun Prekambriyen yaşlı Gökölük Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiği önceki çalışmalarda (Haude, 1968; Demirkol vd. 1977; Özgül vd. 1991) belirtilmiştir. Ancak çalışma alanında bu bulguya yönelik bir veri bulunamadığından Devoniyen’den Permian’e kadar olan istifin tektonik bir dilim olabileceği ve ileride çalışma yapılması gerektiği belirtilmiştir (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.1.7. Hacialabaz Formasyonu (Geç Kretase – JK_h)

Demirkol (1977) tarafından ilk kez Malm (Geç Jura), sonraki çalışmalarda da Dogger (Orta Jura) – Geç Kretase yaşında tanımlanan formasyon, genel olarak ara ara volkanik malzemelerin yerleştiği kalkerli birimler olarak gözlenir. Alt seviyelerinden itibaren biyomikritik katmanlı dolomit ve mikritik kireçtaşları ile başlar ve bazaltik volkaniklerle bir seviyeden sonra aynı şekilde dolomitik mikritik kireçtaşları ile devam eder. Formasyon boyunca hakim karbonatlı birimler sık kıta şelf ortamını ifade etmektedir (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.2. Aladağ Birliği – Çay Birimi

Öcal vd. (2011a, b) çalışma alanı içerisinde bulunan Geç Devoniyen-Geç Kretase aralığında çökelmiş şelf tipi karbonat ve kırıntılı kayalar Özgül (1976)'ün Aladağ Birliğine denestirmiştir. Bu çalışma alanının içerisindeki birimler, ilk olarak Aladağ Birliği - Çay Birimi olarak Özgül vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Özgül vd. (1991) Aladağ Birliği - Çay Birimini; Değirmendere Formasyonu, Deresinek Formasyonu ve Dereçine Formasyonu olarak tanımlamasına karşın çalışma alanı içerisinde Dereçine Formasyonu gözlenmemektedir (Şekil 2.12).

PERMİYEN	Çörtlü kireçtaşı	DERESİNEK FORMASYONU
	Dolomit, killi kireçtaşı	
	Kuvarsit	
	Fosilli kireçtaşı	
KARBONİFER ÜST DEVONİYEN	Şist, kuvarsit, metavolkanit arakatkılı kuvars şist, mermer	DEĞİRMENDERE FORMASYONU

Şekil 2.12. Öcal (2011a, b) çalışmalarından yararlanılarak çizilmiş Aladağ Birliği - Çay Biriminin genelleştirilmiş dikme kesiti

2.3.2.1. Değirmendere Formasyonu (Geç Devoniyen-Karbonifer – çDCd)

Yeşil şist fasiyesinde kırıntılı ve karbonat kökenli metamorfiklerle tanımlanan Değirmendere Formasyonu, ilk kez Metin vd. (1988) tarafından Çay grubu olarak incelenmiştir. Özgül vd. (1991) çalışmasında ise Değirmendere Formasyonu olarak adlandırmıştır. Değirmendere Formasyonu alttan üste yeşil şist fasiyesinde, kuvarsit, rekrystalize metakarbonatlar ve dolomitik metakarbonatlarla arakatkılı, başlıca klorit serisit kuvars şist ve şistlerden oluşur. Arakatkılı olarak bulunan kuvars şist, mor renkli genellikle kaba taneli, iyi yuvarlanmış olarak gözlenmiştir. Değirmendere Formasyonu'nun alt dokanağı çalışma alanının birçok noktasında Geyikdağ Birliği – Sultandağı Birimi üzerine tektonik dokanakla üstüne gelmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 2.13). Değirmendere Formasyonu'nun üstünde bulunan daha genç formasyonlar içerisinde bulunmayan ama Değirmendere Formasyonu'nda yeşil renkli, sil şeklindeki diyabaz türü volkanitler bu dönemde volkan aktivitesini göstermektedir. Farklı özelliklerde kırıntılı ve karbonatları kapsayan formasyon, genellikle sığ denizel kıyı koşullarını yansıtır. Kuvars şistler yüksek enerjili kıyı koşullarını temsil ederken, mercanlı, bol krinoidli kireçtaşları ve şist arakatkılı seviyeler bir geçiş ortamını göstermektedir (Öcal vd. 2011a, b).



Şekil 2.13. Çay baraj yolunda yol yarmasında gözlenen Seydişehir fm. (εOs) üzerine bindiren Değirmendere fm. (çDCd) (36S 4270606/328313 bakışyönü: GD)

2.3.2.2. Deresine Formasyonu (Permien - çPd)

Seyrek şeyl ve kuvarsit arakatkılı, neritik karbonatlardan oluşan bu formasyon ilk kez Demirkol (1977) tarafından adlandırılmıştır. Deresine Formasyonu, kuvarsit, dolomit, re-kristalize beyaz kireçtaşı ve Girvanella'lı kireçtaşı katmanlarını kapsayan bir

düzyer ile başlar. Üste doğru bol algli ve foraminiferli koyu renkli yeniden kristalleşmiş, orta kalın katmanlı kireçtaşlarına gezer. Alt düzeyleri şist ve kuvarsit arakatkılıdır. Bazı düzeylerinde metaşeyl ve şist arakatkılı olan bu kireçtaşları üste doğru killi kireçtaşı ve şistlere gezer (Öcal vd. 2011a, b).

Deresinek Formasyonu çoğu yerde altındaki birimlere bindirmiş olarak tektonik dokanaklıdır (Şekil 2.14). Değirmendere Formasyonunu şist arakatkılı seviyelerinin üstüne uyumlu gelmektedir. Kuvarsit, dolomit ve algli kireçtaşı birimi ile temsil edilen alt düzeyler, sığ deniz - kıyı ortam koşullarını yansıtır. Üst düzeyleri karadan türeme tortulların az olduğu, algli karbonatların çökmesine elverişli, sığ şelf koşullarını yansıtır. Daha üstte yer alan killi kireçtaşı ve metamorfik açık şelf koşullarına geçildiğini ve onunda üstünde yer alan çakmaktaşı yumrulu, az fosilli, pelajik görünüşlü mikrit katmanları denizin derinleştğini düşündürmektedir. Deresine Formasyonu'nun sığ kıyı koşullarıyla başlayan ve giderek derinleşen transgresif bir denizel ortamını temsil ettiği anlaşılmaktadır (Öcal vd. 2011a, b).



Şekil 2.14. Sultadağı'nın yüksek kısımlarında gözlenebilen Hacıalabaz Fm. (Jkh) üzerine bindiren Çay birimlerinde Deresine fm. (çPd) (36S 4264518/327998 bakış yönü: KD)

2.3.3. Afyon Metamorfikleri

Afyon Metamorfikleri, Kütahya Simav ilçesinden Bolkar Dağlarına kadar büyük bir alanda Prekamriyen'den Mesozoik zamana kadar birçok birimle tanımlanmaktadır. Çalışma alanının kuzey bölgelerinde gözlenen metasedimanterler, şistler ve mermerlerden oluşan, en altında yeşil şist fasiyesi karakteri gösteren birimler Afyon Metamorfikleri içerisinde değerlendirilmiştir.

Bu birimler; Doğanlar Formasyonu, İscehisar Formasyonu, Bayramgazi Formasyonu olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.15).

ALT - ORTA TRİYAS		Dolomitik kireçtaşı	BAYRAMGAZİ FORMASYONU
		Kuars-mika şist	
		Metaçakıltaşları	
		Mermer	
		Dolomitik metakarbonat	
ÜST PERMİYEN		Kalkşist	İSCEHİSAR FORMASYONU
		Kuars şist	
		Kuars-muskovit şist	
		Kuarsit	
		Albit-klorit-muskovit-biyotit kuvars şist	
PREKAMBRİYEN		Albit-klorit-muskovit-biyotit kuvars şist	DOĞANLAR FORMASYONU

Şekil 2.15. Öcal vd. (2011a) çalışmasından Afyon metamorfikleri olarak değerlendiren birimlerin genelleştirilmiş dikme kesiti

2.3.3.1. Doğanlar Formasyonu (Prekambriyen - aPEd)

Genellikle metasedimater olarak gözlenen formasyon, ilk kez Tolluoğlu vd. (1997) tarafından Doğanlar Şistleri adıyla tanımlanmıştır. Yeşilimsi gri, kahve, kıvımsız kahve, sarımsı renkli metasedimanterler, düşük dereceli (yeşil şist) metamorfizması ürünü olmakla birlikte Pan-Afrikan temele ait özellikleri de yansıtır. Şistlerin içerisinde çoğunlukla, albit - klorit - muskovit - biyotit - kuvars gözlenir. Mikaşistler granat - biyotit - muskovitten oluşma bir alpin öncesi parajenez içerirler. Mikaşistlerle birlikte görülen felsik magmatik kayalar, riyodasit - dasit birleşime sahip olup, mikaşistlerle deformasyon geçirmiş oldukları bilinmektedir. Yer yer kontakt metamorfizmadan etkilenmiş ve mineral ve cevherleşmeler gelişen birimin içerisinde büyük, küçük birçok kıvrım gözlenebilmektedir.

Metamorfizma nedeniyle fosil bulgusuna rastlanılamayan birimin Afyonkarahisar kuzeyinde Gürsu ve Göncüoğlu, (2008) tarafından deneştirilen karşılığı olan, Afyonkarahisar Temel Karmaşığı'ndan zirkon evaporasyon yöntemi ile elde edilen

intrüzyon yaşı 541 +/- 4 my olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla birimin yaşı Prekambriyen olarak önerilmiştir (Öcal vd. 2011a). Kökeni yoğun kırıntılı kayaçlar olan birim, duraysız bir havza, karaya yakın ve hızlı bir sedimantasyon sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Metin vd. 1987). Formasyon yaşı ve litolojisi olarak, İhsaniye Metamorfik Karmaşığı (Özcan vd. 1989)'nın üst kısımları, Göktepe Metamorfikleri (Göncüoğlu vd., 1996), Afyon Temel Karmaşığı (Gürsu ve Göncüoğlu, 2008), K25 paftasının 1/100.00 jeolojik raporunu hazırlayan Öcal vd. (2011b)'nın Afyon Metamorfiklerinin şist üyesi ile deneştirilebilir.

2.3.3.2. İscehisar Formasyonu (Geç Permiyen – aPi)

Sarı, gri, boz renkli kuvarsitler ve metaçakılda ile başlayan seri, kuvars şist, kuvars - muskovit şist ile devam ederek kalkışistlere geçer. Üzerinde krem, kahve renkli dolomitik mermerler ve beyaz, gri renklerde, ince kristalli mermerlerin yer aldığı formasyon ilk kez Metin vd. (1987) tarafından Paleozoik yaşlı İscehisar Mermerleri olarak tanımlanmıştır. Pembe renkli şist ve fillatlar ile yer yer arakatkılı olarak da gözlenebilen formasyonun şelf ortamı ürünü olduğu önerilmiştir. Doğanlar Şistleri üzerinde uyumsuzlukla yer alan İscehisar Formasyonu, Erken - Orta Triyas yaşlı Bayramgazi Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür. Ancak çalışma alanı içerisinde yalnızca taban kısımları küçük alanlarda gözlenmektedir (Şekil 2.16) (Öcal, 2011a, b).

Geç Permiyen yaşı önerilen formasyonun mermer kesimleri, İscehisar Mermerleri (Metin vd. 1987), Arikaysı Formasyonu (Akdeniz ve Konak, 1979) ve Eldeş Formasyonu (Özcan vd. 1990, Göncüoğlu, 2011, Şahin ve Ünlügenç, 2014) ile deneştirilebilir.



Şekil 2.16. Çobanlar, Bolvadin karayolu üzerinde gözlenen Afyon metamorfiklerine ait birimler, mermer olan kısımlarında madencilik faaliyetleri bol miktarda yürütülmektedir (36S 4284432/319003 bakışyönü: K)

2.3.3.3. Bayramgazi Formasyonu (Alt - Orta Triyas - aTRb)

1/100.000'lik K26 paftasının jeolojik haritasını hazırlayan Öcal vd. (2011a) tarafından Bayramgazi Formasyonu olarak tanımlanan formasyon pembe, gri renkli, orta - kalın tabakalı taban çakıllarıyla başlamaktadır. Üzerinde pembe - beyaz renkli, kalın, yer yer masif görünümlü kuvarsitler mikaşistler yer almaktadır. En üstte de dolomitik kireçtaşları, siyah, gri renkli, orta-kalın tabakalı, çatlakları kalsit dolgulu şistlerdir. Metaçakıltaşları kötü derecelenmeli olup yönlenmeye maruz kalmıştır. Tabanında karasal ortam fasiyesini yansıtırken, ortam gittikçe derinleşerek gelgit arası, gelgit altı ve açık şelf ortamına geçiş yapmıştır (Öcal vd. 2011b).

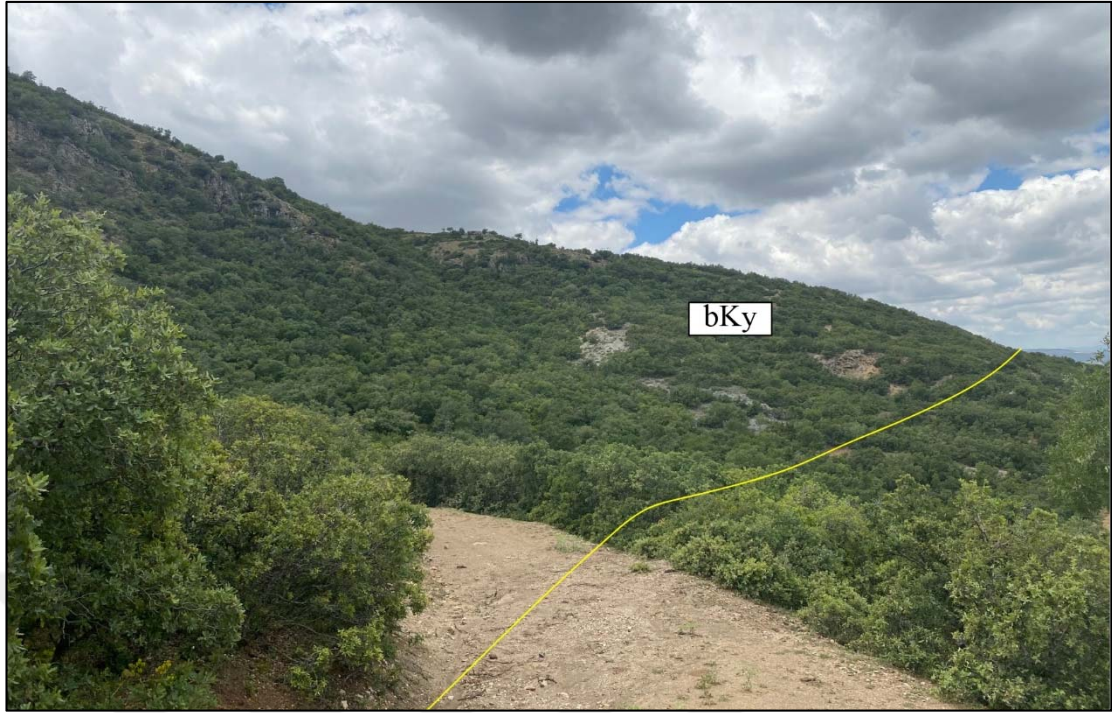
Birim Resulbaba Formasyonu (Metin vd. 1987), Kıyır Formasyonu (Özcan vd. 1989), Ardıçlı Formasyonu (Özcan vd. 1990) ve Gökçeyayla Formasyonu (Şahin ve Ünlügenç, 2014) ile deneştirilebilir.

2.3.4. Bozkır Birliği

Çalışma alanı içerisinde bulunan ofiyolitik birimler Bozkır birliği içerisindeki Yunak Ofiyoliti olarak tanımlanmıştır. Bozkır birliği ilk olarak Özgül vd. (1976) tarafından tanımlanmıştır (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.4.1. Yunak Ofiyoliti (Geç Paleosen - bKy)

Anadolu'nun kuzeybatı kısımlarında yaygın olarak gözlenen ve İzmir-Ankara-Erzincan Sütür Zonu'nun güneyinde yer alan ofiyolitlere Yenyol (1979) tarafından ilk kez Neotetis'in kuzey kolundan türemiş ofiyolitler olarak tanımlanmıştır. Bu ofiyolitlerden biri olarak çalışma alanı içerisinde gözlenen Yunak Ofiyoliti'nin hakim kaya türü serpantinize peridotit olup, dünit ve gabro türü kayalar da gözlenmektedir. Otokton konumlu kireçtaşları ile tektonik bir dokanakla üzerine gelmektedir (Şekil 2.17), üzerine Neojen yaşlı birimler uyumsuzlukla gelmektedir. Yunak Ofiyoliti'nin oluşum yaşı hala tartışma konusudur, üzerine uyumsuz olarak üstlenen Hanköy Formasyonuna göre Geç Paleosen yaşından önce oluşması gerekmektedir ve Öcal vd. (2011a) raporunda Maestrihtiyen olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.17. Çay ilçesi batısında, Sultandağı'nın Kuzey yamaçlarında, Çay birimleri üzerine bindirmiş olarak gözlenen Yunak Ofiyoliti (bKy). 36S 4272768/326993 bakış yönü: KB

2.3.5. Neojen kırıntılıları

Çalışma alanı içerisinde Neojen yaşlı kırıntılı ve volkanik birimler bulunmaktadır. Neojen yaşlı kırıntılı birimler bu başlık altında incelenmiştir. Neojen kırıntılıları altta Orta Miyosen yaşlı Gebeciler Formasyonu içerisinde Yelpaze çökelleri ve Gölsel çökelleri olarak ele alınmıştır. Gebeciler Formasyonu üzerinde gözlenen diğer Neojen yaşlı kırıntılı birimler ise Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı Erdemir Formasyonu ve Pliyosen yaşlı Kıran Formasyonudur (Öcal vd. 2011a, b) .

2.3.5.1. Gebeciler Formasyonu (Orta Miyosen - Nmg)

Afyon ve çevresinde gözlenen Orta Miyosen tortullaşmasını yansıtan Afyon volkanizmasının tortullarıyla yaşıt alttan üste değişen oranlarda kapsayan birim ilk kez Erişen (1972) çalışmasında adlandırılmıştır. Öcal vd. (2011b) raporlarında yelpaze çökelleri (Tmg1) ve üstündeki gölsel çökeller (Tmg2) olarak üyelere ayırarak çalışmıştır. Gebeciler Formasyonu, havzaya daha önceden yerleşmiş Paleozoik yaşlı metamorfiklerin üzerine ve havzadaki erken Miyosen ignimbiritlerinden Seydiler İgnimbiritleri'nin üzerini uyumsuzlukla örter. Karakaya volkanitleri ve Erdemir Formasyonu bazı yerlerde Gebeciler Formasyonu'nu örter (Öcal vd. 2011a, b). Formasyon içerisinde geniş bir memeli faunasına sahip olup birçok iklim ve dönem canlıları ile ilgili çalışmalarına malzeme olmuştur. Bu faunanın derlenmesi sonucu Orta Miyosen yaşı önerilmiştir (Saraç, 2003).

2.3.5.2. Yelpaze çökelleri (Nmg1)

Çakıltaşı kumtaşı, çamurtaşı aradüzeyleli kumtaşı egemen kanal çökelleri olarak tanımlanan istif, alt düzeylerinde soluk sarı renkli, üstlere doğru taneler incelmekte ve yanal süresiz Paleozoik yaşlı metamorfik birimler ve Seydiler ignimbiritlerinden beslenmiş çakıltaşı seviyeleri gözlenmektedir. Bu seviyelerde kaba taneli kötü boylanmış kumtaşı bulunmaktadır. En üst kısımlarına ise ince kırıntılı distal yelpaze çökelleri vardır. Bu çökeller göl tabanı çökellerine yanal olarak kamalanmış ve makro fauna bu seviyelerde bol olarak bulunmaktadır (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.5.3. Gölsel çökeller (Nmg2)

Alt düzeylerinde, soluk yeşil, makro memeli fosiller barındıran, gölsel çökellerdir. Oldukça kalın, çimentolanmamış bloklu kül akışı seviyeleri gözlenir. Trakit lav klastı, türdeş kaba kül matriks içerisinde düzensiz bulunur. Yelpaze çökelleri ile yanal ve düşey geçişlidir. Kalın bir kireçtaşı düzeyinin simgelediği (Şekil 2.18) yaygın transgresyonla sona erer.



Şekil 2.18. Değirmendere köyü yakınlarında yol yarmasında, Işıklar fayı ile deformasyona maruz kalmış Gebeciler Formasyonunun Gölsel çökelleri (Nmg2). 36S 4278431/309998 bakış yönü: D

2.3.5.4. Erdemir Formasyonu (Geç Miyosen - Pliyosen - Nme)

Öcal vd. (2011b) çalışmasında, Metin vd. (1987) çalışmasında Gebeciler Formasyonu içerisinde değerlendirdiği Erdemir Konglomera Üyesi ile Feleli Marn Üyesini, Erdemir Formasyonu olarak ele almıştır. Alüvyal istif, çakıltası – kumtaşı - çamurtaşı düzensiz ardalanmasından oluşmaktadır. Çakıltaları iyi yuvarlanmış, iyi - orta boylanmış ve tane desteklidir. Erdemir Formasyonu Gebeciler Formasyonu'nun gölsel kireçtaşlarını ve alüvyonal yelpazesi çökellerini uyumsuz şekilde üstler (Öcal vd. 2011b).

2.3.5.5. Kıran Formasyonu (Pliyosen - Nplk)

Formasyon ilk kez Acarlar vd. (2009) tarafından adlandırılmıştır. Polijenik çakıl taşlarından oluşan formasyon kötü boylanmış, gevşek tutturulmuş ve yer yer kumlu, killi bir matriks içerir. Formasyonun yelpaze ve küçük akarsu çökellerinden oluştuğu düşünülmüştür. Formasyona Pliyosen yaşı verilmiştir ancak Pleyistosen'e kadar çökelinin sürmüş olabileceği belirtilmiştir (Öcal vd. 2011b).

2.3.6. Neojen volkanizması

Anadolu'nun batısında, günümüzden 18 – 4 my öncesi aralığında aktivitesini gösteren volkanizma, Afyon ve çevresinde Erken Miyosen ve Orta Miyosen'de meydana gelmiştir. Çalışma alanında Orta Miyosen volkanizmalarından iki birim görülmektedir. Bunlar Öcal vd. (2011b) tarafından Afyon grubu volkanikleri olarak Erken Miyosen volkaniklerinden (Seydiler İgnimbiritleri) ayrılmıştır. Afyon ve çevresinde bu aralıkta aktivitesi gözlenen bu volkanikler Erken Miyosende kalk-alkalin riolitik (Seydiler İgnimbiritleri) olarak başlar Orta Miyosen'de ise alkali potasik ürünler (Afyon grubu volkanikler) olarak devam eder.

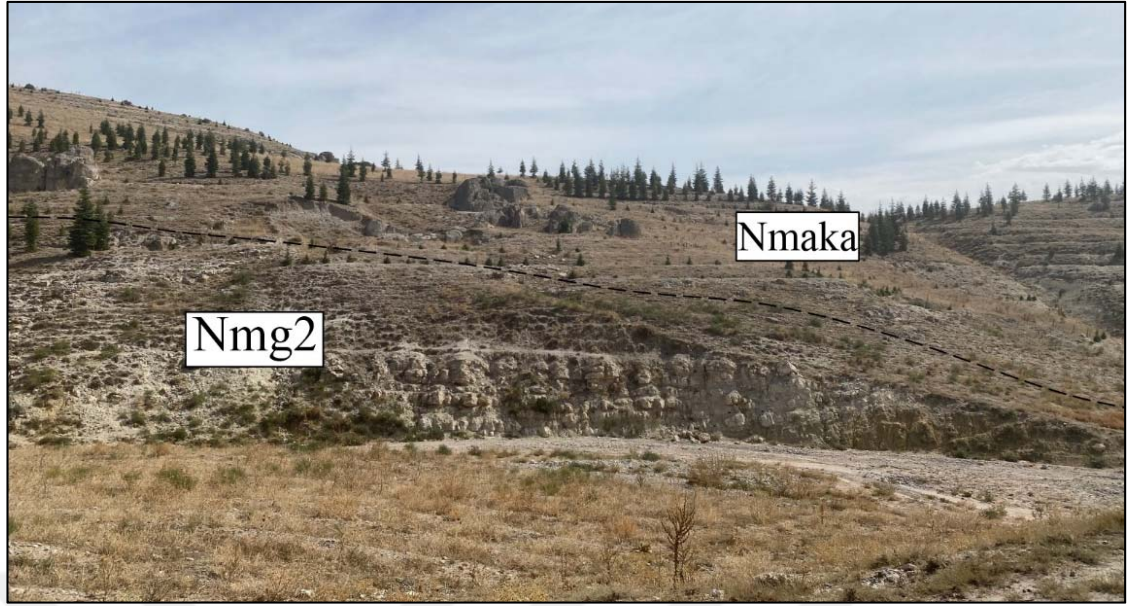
Çalışma alanı içerisinde gözlenen Afyon grubu volkanikleri Orta Miyosen'de başlayan kırıntılı birimlerden olan Gebeciler Formasyonun'dan önce başlar ve bütün çökelim boyunca yanal ilişki gözlenir (Şekil 2.19).

MİYOSEN	PLİYOSEN	KIRAN FORMASYONU		Polijenik çakıllardan oluşmuş kötü boylanmış gevşek tutturulmuş kil kum çakıllardan oluşan yelpaze çökeli				
	ORTA	ÜST	ERDEMİR FORMASYONU	Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı düzensiz ardalanması				
		GEBECİLER FORMASYONU	Gölsel Çökeller	UYUMSUZLUK	Kireçtaşı		UYUMSUZLUK	KARAKAYA VOLKANİTLERİ
				Makro fosil içeren soluk yeşil gölsel istif		Gölsel ortamda çökelmiş piroklastik akma ve kül döküntüsü	AFYON VOLKANİKLASTİKLERİ	
				Yelpaze Çökelleri	Kumtaşı egemen, çakıltı ve kumtaşı kanal dolgusu		Trakibazalt, bazaltik trakiandezit, trakiandezit	KARAKAYA VOLKANİTLERİ
ALT			UYUMSUZLUK		Gölsel ortamda çökelmiş piroklastik akma ve kül döküntüsü	AFYON VOLKANİKLASTİKLERİ		

Şekil 2.19. Afyon Akşehir graben sistemi içerisinde Neojen dönemi boyunca çökelmiş birimlerin genelleştirilmiş dikme kesiti (Öcal vd., 2011a, b)

2.3.6.1. Karakaya volkanitleri (Orta Miyosen - Nmaka)

Orta Miyosen boyunca aralıklarla devam eden Afyon volkanizmasının trakibazalt, bazaltik trakiandezit, andezit bileşim aralığındaki afirik lavlardır. İlk kez Metin vd. (1987) Karakaya bazaltı olarak tanımlamıştır. Aydar vd. (1998) çalışmasında çalışma alanının dışında, kuzeyinde kalan Köroğlu kalderasında çıkış yapan bu volkanik ürünleri kaldera içi ve dışı olarak ikiye ayırmıştır. Kadera dışı olarak sınıflandırdığı malzemelerin en az iki evreli olduğunu belirtmiştir. Metin vd. (1987) çalışmasında da bu çok evreli kaldera dışı volkanik malzemelerin Gebeciler Formasyonu'nun alüvyon çökelleri içine sinsedimanter olarak yerleşmiş olduğunu belirtmiştir (Şekil 2.20) (Öcal vd. 2011a, b).



Şekil 2.20. Bolvadin ilçesi Dipevler köyü yakınlarında gözlenen volkanik birimlerle (Nmaka), Neojen gölsel kırıntılılar (Nmg2). 36S 4289269/334592 bakış yönü: D

2.3.6.2. Afyon volkaniklastikleri (Orta Miyosen – Nmav)

Birimi Kocatepe volkanizmasıyla ilişkili olarak hem karasal hem gölsel ortamlarda çökelmiş kalın, yanal sürekli piroklastik akma ve epilkastik akma olarak nitelendirilmiştir. Çalışma alanın çok küçük bir kısmını kapsayan Çobanlar kuzeyinde bulunmaktadır. Stratigrafik olarak Orta Miyosen gölüne giren piroklastik akma ve kül döküntüleri ile yeniden işlenmiş türevleri, Gebeciler Formasyonu'nun görsel çökelleri ve kireçtaşlarıyla ardalanmalıdır (Öcal vd. 2011a, b).

2.3.7. Senozoyik birimler

Çalışma alanı içerisinde çökeli mi Pliyosen de başlayarak Pleyistosen'e kadar devam eden Kıran Formasyonu, Afyon – Akşehir Grabeni'nin eski göl çökelleri, bataklık çökelleri, etek çökelleri, alüvyon yelpazeleri, akarsu taşkın çökelleri, akarsu çökelleri olarak ayrılabilir. Kıran Formasyonun haritalanması ve stratigrafik olarak incelenmesinde Öcal vd. (2011a) hazırladığı 1/100.000 MTA jeolojik haritası raporundan yararlanılmış, diğer kuvaterner birimleri ise MTA TÜRKPAK kapsamında çalışılmış ve hazırlanılmıştır.

2.4. Paleosismoloji Çalışmaları

McCalpin (2009), 1980'lerde bütün dünyada yaygınlaşmaya ve birçok araştırmacının dikkatini çeken paleosismoloji araştırmalarında ilk uzmanlaşan ve bütün dünyada çalışmaları ile de McCalpin kabul görmüştür. McCalpin'in editörlüğünü yaptığı bu kitap, aktif tektonik ve paleosismoloji araştırması yapmak isteyen araştırmacıların çalışmalarını nasıl gerçekleştirebileceğini anlattığı, karşılaşılabilecekleri

birçok konuda problemlere çözüm sunduğu ve araştırmacıların sorularına cevap arayabildiği bir başucu kitabıdır.

Forman vd. (1988), 1988 yılında Denver Colorado yakınlarında Big Dry Creek bölgesinde akarsuyun oluşturduğu akarsu çökellerde ve Utah eyaletinin orta bölümlerinde K-G doğrultulu eğim atımlı normal bir fay olan Wasatch Fayı üzerinde yapılan hendekli paleosismoloji çalışmasından alınan fay önü çökellerinin yaş tayinini yapmıştır. Bu örneklerin TL (termoluminesans) yöntemi ile yaşlandırılması ve hendekli paleosismoloji çalışması olması bakımından alanlarında ilk çalışmalardan birisidir.

Pantosti vd. (1993), İtalya'nın Iripina şehrini kesen ve 1980 yılında üzerinde 6,9 büyüklüğünde deprem oluşturan Iripina Fayı üzerinde hendekli paleosismoloji çalışması yapmıştır. Bu çalışma sonucunda M.Ö. 8600 den M.S.1980 depremine kadar 5 olay tespit edilmiştir. Son 3 olayda yaklaşık olarak 50 cm'lik düşey atım gözlenirken ilk 2 olayda yaklaşık 80 cm'lik atımlar tespit edilmiştir ve sonuç olarak araştırmacılar en az 45 en fazla 98 cm gözlenen bu fayda ortalama olay başına 60 cm atım gözlenebileceğini belirtmiştir. Bu veriler ışığında fayın 2000 yıllık tekrarlanma aralığı ile yıllık kayma hızını 0,3 mm/yıl olarak belirtmişlerdir.

Rockwell vd. (2000), KAF'ın Gaziköy-Saros Segmentleri üzerinde paleosismoloji araştırması yaparak bölgenin sismik zarar modeli ve fayın tekrarlanma aralığını bulmuşlardır. Saros körfezi yakınlarında 5 hendek açan araştırmacılar 4000 yıllık bir sediman içerisinde birçok olay gözleyip son 1200 – 1000 yıl içerisinde 4 olayı tanımlamışlardır. Bu yaş sonuçlarına göre 400 yıldan daha az tekrarlanma aralığına sahip olan fay 18 mm/yıl kayma hızı ile yaklaşık 7.2 – 7.6 büyüklüğünde deprem oluşturabilme potansiyeline sahiptir.

Kondo vd. (2010), 1944 Gerede depreminin gerçekleştiği KAF'nın Gerede Segmenti üzerinde hendekli paleosismoloji araştırması gerçekleştirilmiştir. Doğrultu atımlı faylarda genellikle uygulanan akarsuların yanal saplamaları takip edilmiş ve deformasyonların gerçekleştiği yerlerde hem faya dik hem de faya paralel birçok hendek açılmıştır. Bu hendekler sonucunda 1035 ile 1944 yılları arasında 4 olay saptanmıştır ve yıllık kayma hızı 17 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Kara (2019), Yumurtalık Fayı olarak adlandırılan DAF'ın GB kollarının birinde hendekli paleosismoloji araştırması yapmıştır. Çalışmasında Yumurtalık Fayı üzerinde açılan hendekte 3 adet olay saptanmıştır. Yumurtalık Fayı'nın 1. ve 2. Olaylar arasında yaklaşık 1500 yıl 2. ve 3. olaylar arasında ise 1000 yıllık boşluk olmasından dolayı tam bir tekrarlanma aralığı verilemese de son olaydan günümüze 1500 yıl geçtiği için büyük risk barındırdığı ve yaklaşık 41 km uzunluğunda yaklaşık 1mm/yıl kayma hızına sahip Yumurtalık Fayı'nın, $M_w=6,97$ büyüklüğünde deprem oluşturabileceğini belirtmektedir.

Kürçer (2012), 200 km uzunluğunda KB doğrultulu aktif oblik fay olarak tanımlanan Tuz Gölü Fay Zonu üzerinde paleosismolojik araştırma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Akhisar-Kılıç ve Tuz Gölü Segmentleri üzerinde açılan hendeklerde birçok olay belirlenmiştir, kayma hız ve tekrarlanma aralığı gibi verilere ulaşılmıştır. Tuz Gölü Segmenti üzerinde açılan hendekte 31000 yılda, son depremden günümüze 8980 yıl geçmiş, 4010 yıl tekrarlanma aralıklı ve kayma hızı 0,05 mm/yıl hesaplanmış, 4 olay tespit edilmiştir. Akhisar-Kılıç Segmenti üzerinde son 23000 yılda 10390 yıl tekrarlanma aralığı olan, yılda 0,034 mm/yıl kayma hızına sahip ve son depremden günümüze 2340 yıl geçmiş, 3 olaya rastlanılmaktadır.

Duman vd. (2020)b, DAF'ın içerisinde konumlanmış Sürgü-Misis fay sistemi üzerinde hendekli paleosismoloji çalışması yapmıştır. Bu çalışma kapsamında 7 hendek açılmış ve hendeklerde birincil olarak doğrultu atımlı fayların, ikincil olarak normal ve oblik fayların oluşturabileceği yapısal ve stratigrafik birçok kanıta ulaşılmıştır. Karataş Fayı üzerinde açılan hendekte 9900 yıl içerisinde 2 olay belirlenmiş ve en güncel olayın günümüzden 1778 yıl önce gerçekleştiği belirtilmiştir. Yumurtalık Fayı üzerinde gerçekleşen 2 hendekte MS 395-540 ve MÖ 1625 -1500 aralığında 2 olay saptanmış ve günümüze en yakın olayın tarihsel kayıtlardaki MS 242 olayıyla denkleştirilmiştir. Toprakkale Fayı üzerinde açılan hendekte ise 2 olay belirlenmiştir ama alınan örneklerden yaş tayini yapılamamıştır. Düziçi-İskenderun Fay Zonu üzerinde açılan 2 hendekten son 12-15 yüzyılı içerisinde 3 veya 4 olay saptanmış. Sadece en güncel olayları Osmaniye Segmenti için MS 242, Düziçi Segmenti için MS 1115 tarihsel kayıtlarla denleştirilmiştir.

Emre vd. (2020), KAF'ın bir parçasını oluşturan Merzifon-Esençay Fayı'nda paleosismoloji ve kırılma modellemesi yapılmıştır. Hendek sonuçlarına göre 7 bin yıl içerisinde 1320-2200 yıl tekrarlanma aralıklı, 3700 yıldır sismik boşluk olmuş ve yaklaşık 3,7 m atım oluşturabilecek M_w : 6.8 – 7.2 büyüklüğünde deprem oluşturabilecek stres biriktirdiği saptanmıştır.

Akyüz vd. (2006), 3 Şubat 2002'de Çay üzerinde olan Sultandağı Fayı'nda paleosismoloji çalışması yapmıştır. Bu çalışmada yüzey kırıkları haritalandırılmış ve Çayda 2, Maltepe köyü üzerinde 1 olmak üzere 3 hendek açılmıştır. Bu hendeklerde MS 1150 sonrası ve MS 760 sonrası olarak 2002 depremi dışında 2 olay daha tanımlanmıştır. Bu veriler ışığında bölgede K bloğun her yüzey kırığı oluşturabilecek deprem oluşturduğunda yaklaşık 30 cm düştüğü saptanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Hava Fotoğraflarının İncelenmesi

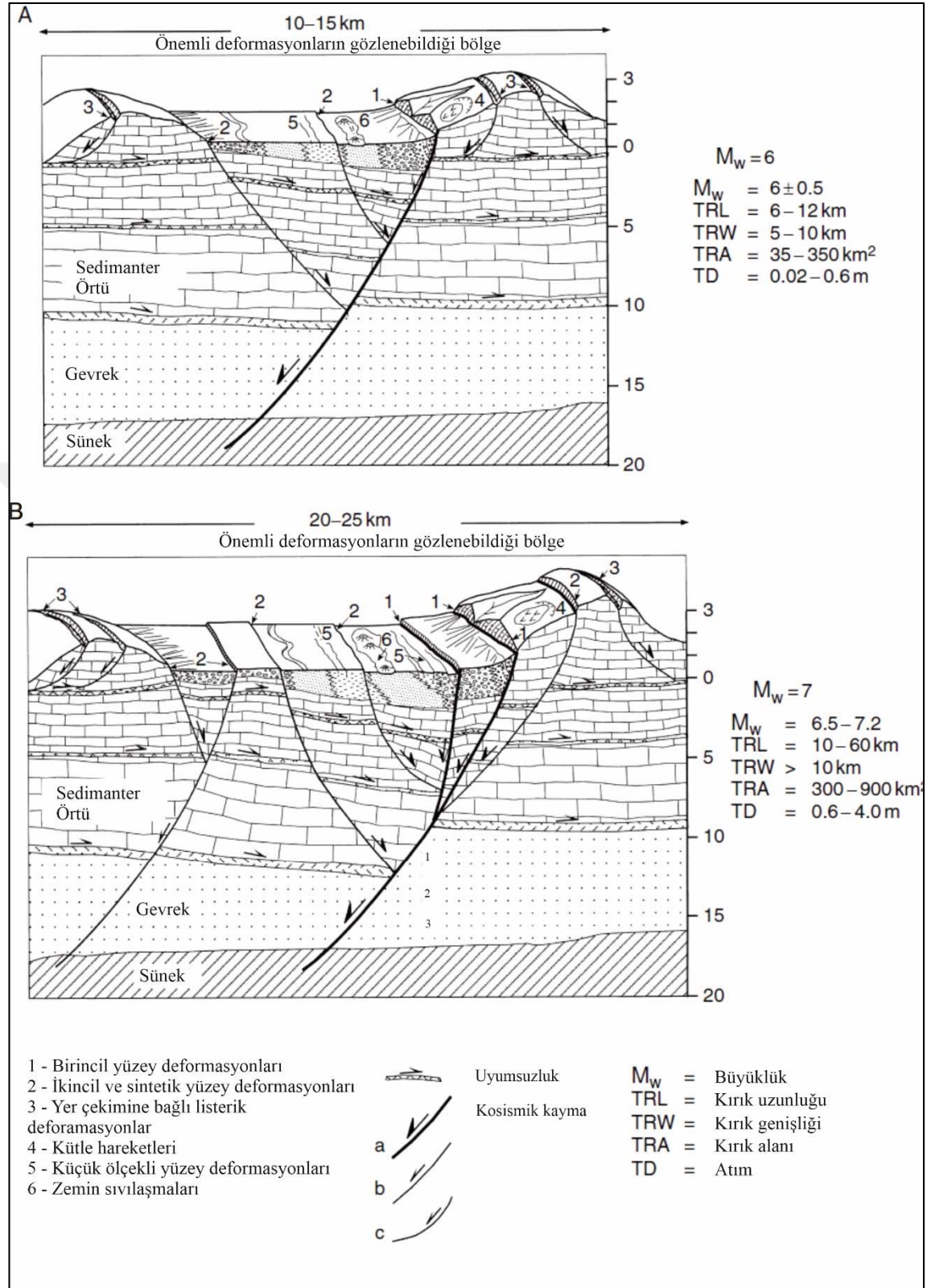
MTA Genel Müdürlüğünü Paleosismoloji Araştırmaları Projesinden temin edilen hava fotoğraflarından fayın morfolojisi ve kestiği birimler belirlenip 1/25.000'lik topografik haritalara aktarılmıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları

Hava fotoğrafları ile düzenlediğimiz topografik haritalarla fayın güncel birimleri kestiğini düşündüğümüz lokasyonlarda hendek açımı için en uygun noktanın tayini yapılmaktadır.

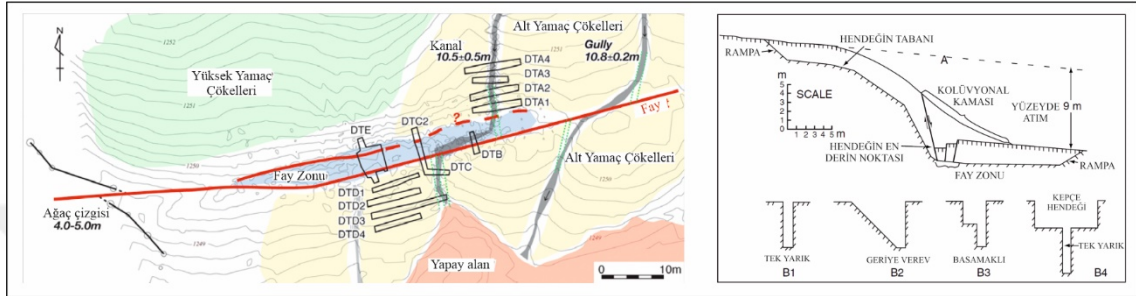
Öncelikle paleosismoloji eski depremlerin oluşturduğu kayıtların incelenmesiyle depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü gibi verilerin elde edilmesidir (McCalpin, 2009). Jeolojik kayıtlardan kasıt ise en az 6.5 büyüklüğünde gerçekleşen depremler sonucu oluşan fay sarplıkları, batık göller (sag ponds), ötelenmiş vadiler, tek yönlü olarak eğimlenmiş denizel teraslar, tektonik göller, yön değiştirmiş drenaj ağları, yükselmiş ya da çökmüş kıyı şeritleri, bir anda suyun bastığı alanlar, heyelan, taş düşmesi, zemin sıvılaşması, tsunami çökelleri gibi depremle direk alakalı veya depreme dolaylı yoldan bağlı oluşmuş yapılarıdır (Şekil 3.1) (McCalpin, 2009). Bu yapıların tanımlamaları doğru şekilde arazide tespiti yapıp, hangi stratigrafik seviyelerde bulunduğu ve olabildiğince kesintisiz yani erozyona maruz kalmamış çökeliyi yakalanacak yerin tespiti yapılmadıkça mükemmel hendek açılımı olmamaktadır.

Eğer arazide deprem kayıtları ve özellikle Kuvaterner birimlerinin stratigrafisi belirlendiyse, mümkünse ana fay düzleminin üzerinde güncel çökel paketinin korunduğu konumda fayın karakterine uygun şekilde ve yöntemle hendek açılımı gerçekleştirilir. Bu hendek açma işleminin yöntemi ve şekli eğim atımlı ve doğrultu atımlı faylarda değişiklik gösterdiği gibi topografya, güncel paketin kalınlığı ve hendekte açılırken veya açıldıktan sonra yapılan tespitler sonucu belirlenir veya değiştirilebilir (Şekil 3.1). Mesela doğrultu atımlı faylarda ana fay düzlemine hem dik hendekler açılarak fayın konumu belirlenir ve devamında fayı düzlemine paralel açılan hendeklerle atım miktarı gibi parametreler yakalamaya çalışılır. Sultandağı Fayı gibi eğim atımlı faylarda ise fay düzlemine dik açılan hendekler hem fayın konumunu hem de paleosismolojik araştırmaya yeterli olacaktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte (A blok M_w: 6 ve B blok M_w: 7) depremin oluşturabileceği deformasyonların gösterildiği blok diyagramı (McCalpin 2009)

Eğer doğru konumda doğru şekilde açılmış bir hendek ise istediğimiz şekilde fay ve deprem kayıtlarına hendeğin kenarı olan duvarlarda ulaşılır. Bu duvarların açılışı sırasında oluşan kepçe izleri veya sıvamalar dışında fazladan bir kez daha temizlenmesi loglamada büyük yarar sağlayacaktır. Temizlemede olan işlem ise nejiri gama olarak isimlendirilen veya onun muadili aletlerle 2-5 cmlik kısmını duvardan ayırma işlemidir (McCalpin 2009) (Şekil 3.3). Temizleme işlemine takiben 1'e 1 metre, iplerle karelaajlama hem log mozaığının hazırlanmasında hem de loglama işleminde bize referans olarak yarar sağlayacaktır (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Kondo vd. 2010 çalışmasından alınan görselde (soldaki) doğrultu atımlı bir fayın üzerinde açılan hendeklerde, hem faya dik hem faya paralel hendekler açılarak fayın tayini yapılmaktadır. McCalpin 2009 kitabından alınan görselle (sağdaki) birlikte açılan hendeğin şekli ve derinliği gibi, formunda ne gibi değişiklikler gösterebildiğini görebilmekteyiz



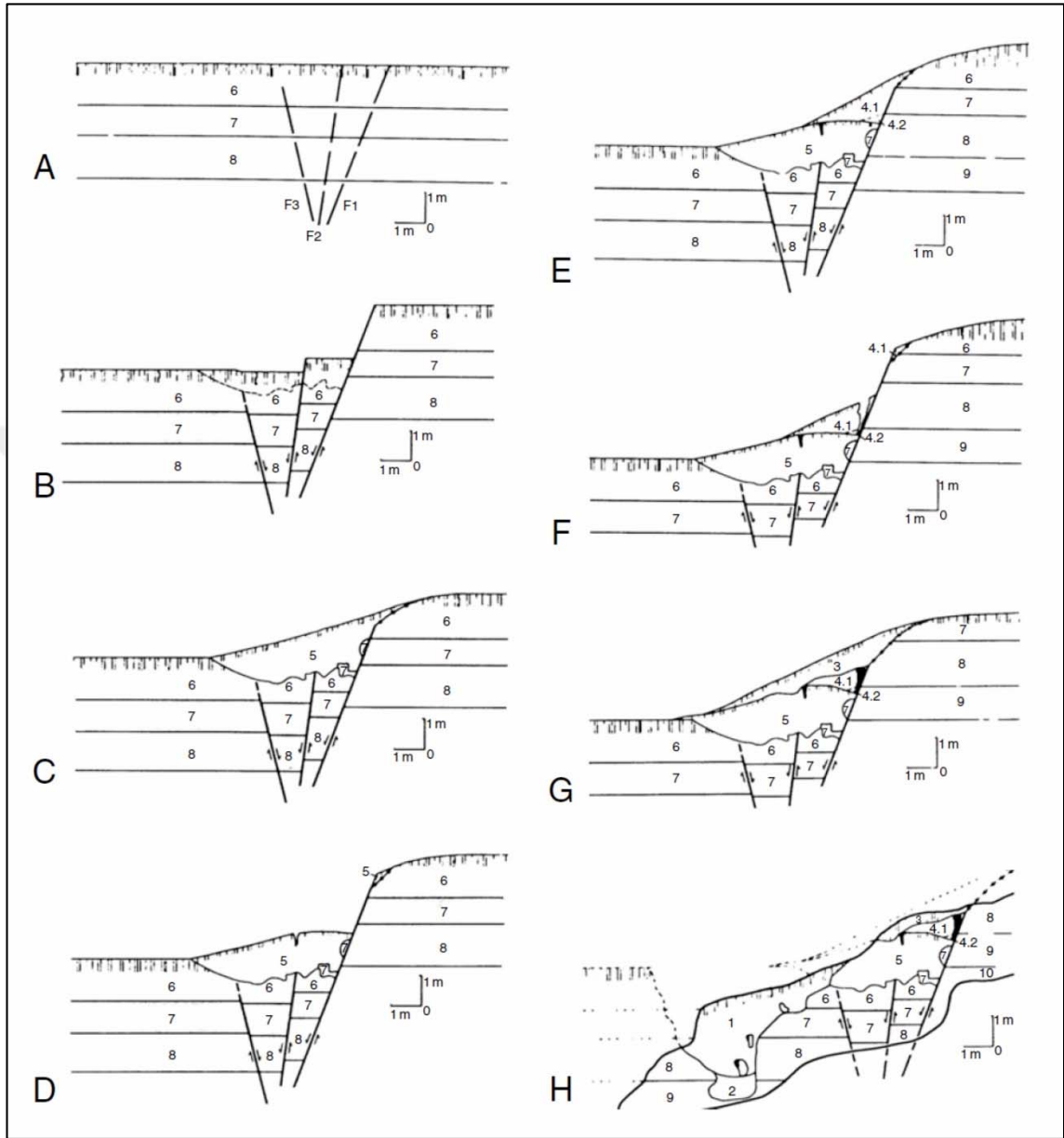
Şekil 3.3. Hendek temizlemek için kullanılan aletlerden bir tanesi (hasan-gama) (a), hendek temizleme işlemi sırasında bir görüntü (b)



Şekil 3.4. Hendek duvarının temizlenip, karelajlanarak fotomozaik için fotoğraflandırılmaya uygun halleri (**a** batı duvarı, **b** doğu duvarı)

Paleosismoloji çalışması yapacak araştırmacılar için en büyük problemlerden biri de bu kayıtların günümüze kadar şeklini koruyup koruyamadığı veya koruduysa ne kadar temiz olduklarıdır. Log çalışmasında da bu problemi göz önünde bulundurarak çalışılmalıdır. En önemli aşama duvarda gözlenebilir birimlerin stratigrafisini oluşturmak, alt üst ilişkisini belirlemek, fayı belirlemek, fayın hangi seviyelere kadar kesip hangi seviyelerde kesmediğini saptamak, fay önü çökeli, açılma çatlağı gibi depremle bağlantılı ve deprem yaşını doğrudan verecek birimler başta olmak üzere

deformasyonların belirlenmesi ile duvar yorumlanarak logun hazırlanmasıdır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. McCalpin 2009 kitabından alınan bu görselde normal atımlı bir fayda açılan hendeğin bir duvarında gözlenen yapıların ne gibi bir mekanizmayla çalıştığı tasvir edilmeye çalışılmıştır. Mekanizma açıklanmaya çalışılırsa; A, faylanmadan önceki stratigrafi. B, İlk faylanma ile birlikte fay düzleminde ve düşen blokta bir takım atımlar ve mikro bir havza oluşturması. C, bu mikro havzaya ilk fay önü çökelinin (5) eski birimleri aşındırarak da çökmesi. D, ikinci bir olayla tekrardan yeni bir fay düzleminin oluşması ve havzanın büyümesi. E, ikinci fay önü çökellerinin çökmesi (4). F, 3. bir faylanma ile oluşan fay düzlemi ve atımlar. G, 3. Fay önü çökeli (3). H, 1 ve 2 numaralı alüvyal çökellerle kesilmiş fay sarplığımızın son hali ve hendek duvarında görülen durum

3.3. Tarihlendirme Yöntemleri

Eğer yeteri kadar büyük bir deprem olursa yüzey kırığı oluşmakta ve hendek duvarında o depremin ötelemesini görmek mümkündür. Paleosismolojide yaşlandırma bu kırık oluşturmuş depremden önceki ilk birim ile sonra çökelmiş ilk birimden alınan örneklerle deprem yaşı ile ilgili bilgi elde edilmesi temelindedir. Aynı zamanda Fay önü çökeli (FÖÇ) ve açılma çatlağı olarak adlandırılan özellikle eğim atımlı normal faylarda deprem anında yükselen bloktan düşen fay sarplığının önünde çökelen birimler veya genişlemeli rejim sonucu oluşan çatlaklara dolan malzemelerden alınan örnekler deprem yaşını vermektedir.

Bu çalışma kapsamında radyokarbon (^{14}C) ve Optik Uyarılmış Işıma (OSL-optically stimulated luminescence) yaş tayin yöntemleri için örnekler alınmıştır.

Radyokarbon (^{14}C) yaş analizi; radyokarbon 0 - 50.000 yıl aralığındaki çökellerin içerisindeki karbonca zengin kömür, fosil, kabuk, turba, kemik, bitki parçası gibi malzemelerden ^{14}C izotopunun yarılanma ömrüne ve yoğunluğuna bakılarak bulunur (McCalpin 2009).

OSL (Optik Uyarılmış Işıma) yaş analizi; içerisinde organik malzeme olmayan birimlerde enerjiyi hapsedebilen kuvars, feldispat mineralleri gibi mineralleri içeren kum, silt boyutundaki malzemenin 150.000 – 200.000 yıl aralığında en son güneşe mağruz kaldığı zamandan günümüze kadar olan zamanı hesaplayarak çalışmaktadır (Obermeier 2009, McCalpin 2009).

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

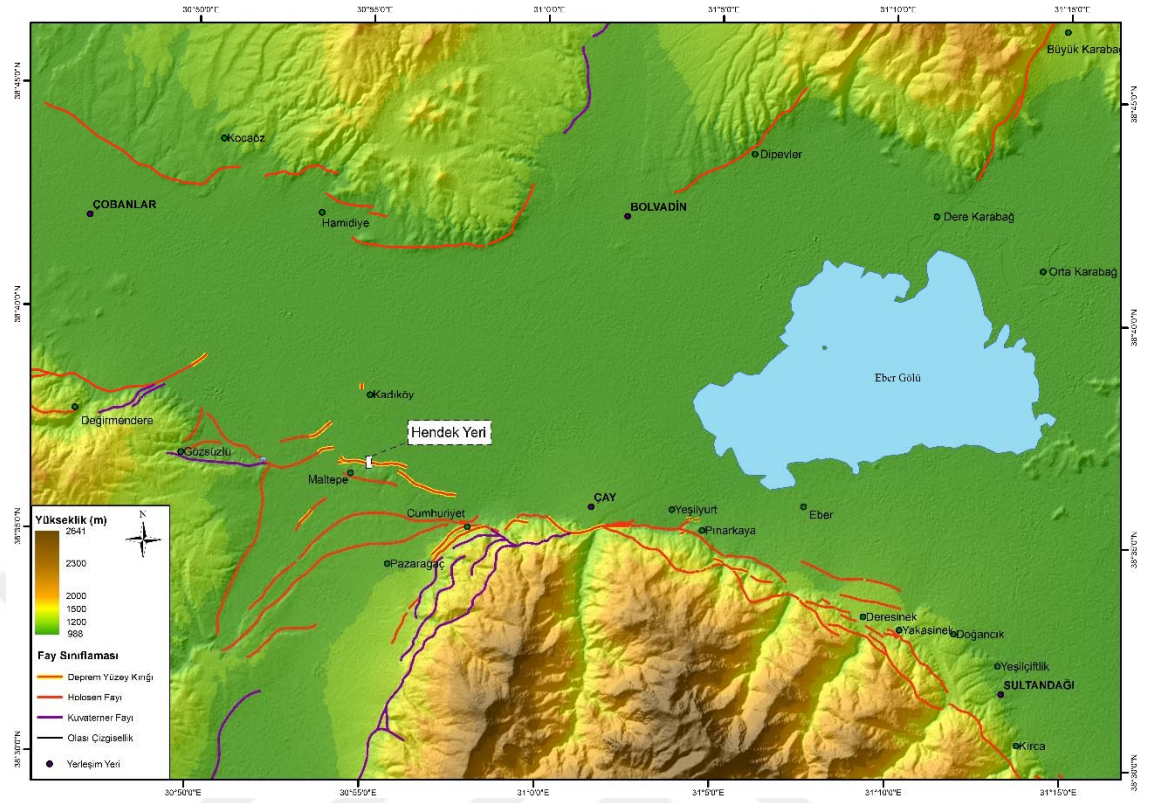
4.1. Paleosismoloji Çalışmaları

Paleosismoloji tarihsel dönemde yüzey yırtılması ile sonuçlanmış depremlerin oluşum zamanı, en büyük yer değiştirme miktarı, kayma hızı, deprem tekrarlanma aralığı ve büyüklüğü gibi parametreleri araştıran bilim dalıdır (McCalpin, 2009). Deprem sırasında yüzeyde meydana gelen deformasyonların belirlenmesi amacıyla kullanılan en yaygın yöntem fay boyunca Holosen devri çökel alanlarında hendek açma yöntemidir. Bu çalışmada da Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde (Şekil 4.1) paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Yer seçimi

Kazı yeri seçimi paleosismoloji çalışmalarının en önemli aşamasıdır. Kazı yeri seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, tarihsel dönemde veya sonrasında meydana gelmiş deprem kayıtlarının korunabileceği uygun sedimanter çökelim alanının seçilmesidir. Yer seçiminde yapılması gereken ilk olarak hava fotoğrafları kullanılarak eski depremlerle ilişkili yüzey kırığı olabilecek fay diklikleri, topografik depresyonlar ve eyer yapıları gibi morfolojik izler ve bu yapılarla ilişkili olabilecek Kuvaterner-günümüz aralığında çökel içeren alanların araştırılmasıdır.

Yer seçimi çalışmalarında öncelikle MTA Türkiye Diri Fay Haritası verilerinden faydalanılmıştır (Emre vd. 2013). Bununla birlikte, hava fotoğrafları, arazi çalışmaları ve yukarda sayılan nedenlerden dolayı uygun hendek alanı olarak Maltepe köyü yakın doğusunda yer alan kesim kazı alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.1. ve Şekil 4.2). Sultandağı Fayı Çay Segmenti Maltepe Hendeği Hendek alanı, Çay (Afyonkarahisar) ilçesinin yaklaşık 10 km Batısında ve Maltepe köyünün yaklaşık 400 m doğusunda yer almaktadır. Maltepe hendeği, 2002 yılında Mw:6,2 büyüklüğündeki Çay depreminde meydana gelmiş olan yüzey kırığı üzerinde ve fayın en belirgin şekilde izlendiği alanda açılmıştır. Maltepe ismi verilen bu hendek (36S 318589 D ; 4275421 K) Sultandağı Fayı Çay Segmenti'nin genel doğrultusuna dik olacak şekilde yaklaşık olarak K10⁰B genel doğrultusunda, 4,0-4,5 m genişliğinde 2,0-2,5 m derinliğinde, 12 m uzunluğunda açılmış ve 10 m'lik bölümü loglanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Çalışma alanının Alospalsar uydusunun verileri ile hazırlanmış 12.5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (üzerine Emre vd. (2013)'ne göre sayısallaştırılmış diri faylar ve mavi dikdörtgen ile hendek yeri gösterilmiştir)



Şekil 4.2. a) Google Earth görüntüsü üzerinde Maltepe Hendek alanının genel konumu. b) Maltepe hendek alanı ve açılan hendeğin arazi görünümü (Bakış yönü: Güney)

4.1.2. Stratigrafi ve yapısal özellikleri

Maltepe hendeğinde yaklaşık 6 m genişliğindeki fay zonu içerisinde, Holosen yaşlı birimler bulunmaktadır. Hendekte izlenen fayların genel doğrultuları (K70°D) ile fayın 1:25.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki genel doğrultusu ile uyumludur. Ayrıca Sultandağı Fayı Çay Segmenti'nin eğim atımlı normal bir fay olduğu bilinmektedir (Emre vd., 2013). Bu hendeğin elde edilen en önemli verilerden biri de fayın normal atım bileşeninin belirgin bir şekilde gözleniyor olmasıdır.

Hendek duvarında gözlenen birimler 7 birime ayrılmıştır. Bu birimler Afyon Akşehir Graben Sistemi içerisinde oluşmuş şuanda da Eber ve Akşehir gölleri olarak görebildiğimiz eski göllerin taban birimleri olduğu anlaşılmaktadır. Hendek duvarında

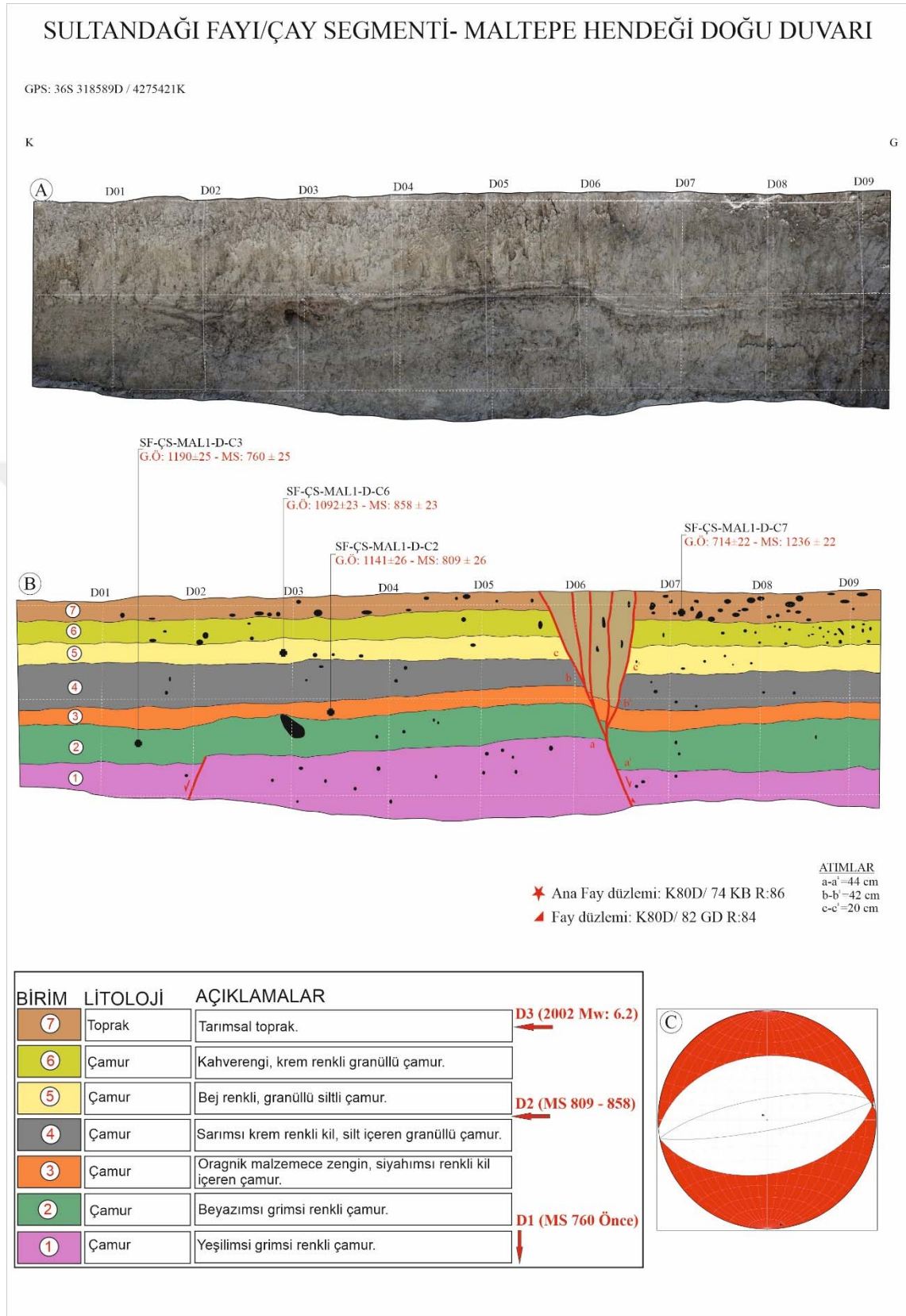
gördüğümüz birimler bolca killi ve silt - kum barındıran birimlerdir bu yüzden her birimin litolojisi çamur olarak tanımlanmıştır. Birimler birbirlerinden renk, kil, silt, kum bulunma ve yoğunluk oranlarına göre ayrılmıştır. Özellikle 2. Ve 3. birim olarak tanımlanan birimler çokça içerdiği karbon ve 2. Birimde bulduğumuz kemik bu zaman aralığında ortamın iyice sığlaştığı ve bu karbon kalıntılarının oluşabileceği ortamların sağlandığını göstermektedir. Duvarıda gözlediğimiz diğer birimler ise eski gölün taban seviyelerini yansıtan, yeşil, beyaz, sarı, bej, kahverengi gibi renklerde killi, silt kum içeren birimlerdir (Şekil 4.3).

Maltepe hendeğinde gözlenen en yaşlı birim kesitte 1 numara ile gösterilmiş olan ve yeşilimsi gri renkli killerden oluşmaktadır. 1 numaralı birimin yaşı ile ilgili tarihlendirilecek herhangi bir örnek derlenememiştir. Hendekte tarihlendirilebilecek en eski deprem izini (Deprem-1) taşıyan bu birim fay tarafından kesilmiş ve 2 nolu birim tarafından aşındırılmış ve örtülmüştür Hendek duvarının tamamında gözlenen bu birim, yataya yakın bir tabakalanma sergilemektedir (Şekil 4.3). Hendekte gözlenen ikinci stratigrafik birim ise kesitte 2 numara ile gösterilmiş olan beyazımsı grimsi renkli kil ve siltlerden oluşmaktadır. Birim 2'den derlenmiş olan ^{14}C örneğinden GÖ 1190±25 yaşı elde edilmiştir (Çizelge 4.1.) (Şekil 4.3). Ayrıca birim 2, hendekte belirlenmiş olan en eski deprem izini (Deprem-1) örtmektedir. Kesitte 3 numara ile gösterilen organik malzemece zengin siyahımsı renkli çamur, yer yer 15-20 cm kalınlığındadır. Hendekte tarihlendirilebilen ikinci deprem izini (Deprem-2) taşıyan bu birim fay tarafından kesilmiştir. Birim 3 üzerine uyumsuzlukla gelen ve sarımsı krem renkli çamurdan oluşan 4 nolu taşkın çökeli, 3 nolu birimi erozyonel olarak örtmektedir. Birim 4, Holosen döneminde hendekte belirlenmiş olan ikinci deprem (Deprem-2) tarafından kesilmektedir. Ayrıca bu birim hendekte yaşlandırılmış olan Deprem-2 tarafından birim 1, 2 ve 3 ile birlikte deformasyona uğramıştır (Şekil 4.3) Birim 4'den derlenmiş olan ^{14}C örneğinden GÖ 1141±26 yaşı alınmıştır (Çizelge 4.1.). Birim 5, bej renkli granüllü çamurlar tarafından temsil edilmektedir (Şekil 4.3). Tabanı erozyonel olan birim 5, Deprem-3 (2002, Mw:6,2) tarafından kesilmektedir (Şekil 4.3.). Birim 6, birim 5 üzerine erezyonel olarak gelen ve kesitte 6 numara ile temsil olunan kahvemsı krem renkli granüllü çamurlardan oluşmaktadır ve hendekte belirlenen son depremde fay tarafından kesilmektedir. Hendekte gözlenen son birim olan birim 7 ise koyu kahve renkli çamur ve yer yer köşeli çakıllar içeren tarımsal toprak ile temsil edilmektedir (Şekil 4.3). Yer yer kalınlığı 30-35 cm bulmaktadır ve son deprem tarafından kesilmektedir. Birim 7'den alınan ^{14}C örneğine göre birimin yaşının GÖ 714±22 yıl olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1.).

Holosen devrinden yüzey yırtılmasıyla sonuçlanmış ve hendek duvarlarında gözlenen en eski deprem (Deprem-1), 1 ve 2 nolu birimler arasında gerçekleşmiştir (Şekil 4.3). 1 nolu birimi kesmekte ve 2 nolu birim tarafından örtülmektedir (Şekil 4.3). Birim 2'den elde edilen yaş verisine göre Deprem-1 MS 760 yılından önceki bir dönemde meydana gelmiştir. Sonraki olay ise (Deprem-2), 4 ve 5 nolu birimler arasında

gerçekleşmiştir (Şekil 4.3). Deprem-2 ve Deprem-3 tarından deforma edilen aynı düzlem üzerindeki atım dağılımlarına bakıldığında a-a' ve b-b' ile temsil olunan seviyelerde sırasıyla 44 ve 42 cm'lik bir yer değiştirmenin olduğu saptanmıştır. Ayrıca c-c' ile temsil olunan ve hendekteki son depremin izini taşıyan birimlerdeki düşey yer değiştirme miktarı ise yaklaşık olarak 20 cm'dir. Tüm bu veriler dikkate alındığında yapılmış olan değerlendirme sonucunda 4 nolu birimi kesen ve 5 nolu birim tarafından örtülen deprem, hendekte izlenen ikinci depremdir (Şekil 4.3). Birim 4 ve birim 5'den elde edilen yaş verilerine göre Deprem-2'nin MS 809 ile MS 858 yıllarında arasındaki bir zamanda meydana geldiği anlaşılmaktadır. Maltepe hendeginde belirlenmiş olan en son deprem ise (Deprem-3), 7 nolu birimi kesmektedir. Deprem-3, 03.02.2002 yılında Mw:6,2 büyüklüğündeki Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığıdır (Şekil 4.3).





Şekil 4.3. Maltepe hendeği doğu duvarına ait fotomozaik (A), yorumlanmış taslak çizim (B) ve faya ait fay düzlemi çözümü (C) (Faultkin programı ile oluşturulmuştur)

4.1.3. Tarihlendirme

Hendekte belirlenmiş olan stratigrafik seviyelerin ve depremlerin oluş zamanlarını belirleyebilmek için bazı stratigrafik seviyelerden ^{14}C (Karbon 14) örnekleri derlenmiştir. ^{14}C yöntemine uygun dört örnek alınmıştır. ^{14}C örnekleri TÜBİTAK_MAM Gebze-Kocaeli laboratuvarına gönderilmiş ve analizleri yaptırılmıştır. Alınan yaş sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Sultandağı fayı Çay Segmenti Maltepe hendeğinden alınan ^{14}C örneklerine ilişkin tarihlendirme sonuçları

Örnek No	Laboratuvar No	Stratigrafik Birim	Örnek Malzemesi	Düzeltilmiş Radyokarbon Yaşı (GÖ)	Düzeltilmiş Yaş (2σ)
SF-ÇS-MAL1-D-C7	1735	Birim 7	Sediman	714±22	MS1236±22
SF-ÇS-MAL1-D-C6	1734	Birim 5	Sediman	1092±23	MS 858±23
SF-ÇS-MAL1-D-C2	1730	Birim 3	Kemik	1141±26	MS 809±26
SF-ÇS-MAL1-D-C3	1731	Birim 2	Kömürleşmiş Malzeme	1190±25	MS760±25

4.1.4. Yorum

Yapısal unsurlara ilişkin olarak yapılan incelemelerde, hendek duvarlarındaki stratigrafik birimlerin bir kısmını kesen faylar ile birlikte gelişmiş bir takım deformasyon yapıları gözlenmiştir. Maltepe hendeğinde Holosen döneminde yüzey yırtılması ile sonuçlanmış 3 ayrı deprem tarihendirilmiştir. Tarihendirilen depremlerden ilkinin, MS 760±25 yılından önce, ikinci depremin MS 809±26 ile MS 858±23 yılları arasında ve en son depremin ise 03.02.2002 tarihinde Mw:6,2 büyüklüğünde ki Çay depreminde meydana geldiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.3.).

Ayrıca hendekte belirlenen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde tekrarlanma periyoduna yönelik herhangi bir sonuca ulaşamamasına karşın, Maltepe hendeğinden elde edilen en önemli bulgulardan biriside hendekten derlenen ^{14}C örneklerinden elde edilen yaşlara göre, Deprem-2'den sonra Deprem-3 oluşana kadar geçen sürenin yaklaşık olarak 1144±26 - 1193±23 yıl aralığında olduğu görülmektedir. (Şekil 4.3.). Deprem-2 ve Deprem-3'ün kestiği birimlerdeki düşey atımlar göz önüne alındığında son iki depremin karakteristik olduğu düşünülebilir.

5. SONUÇLAR

Sultandağı Fayı'nın da içinde yer aldığı Afyon-Akşehir Graben Sistemi, doğuda Ilgın ilçesi yakınlarından başlayarak Afyonkarahisar ili batısına kadar devam eden değişik özelliklerde ve birbirini tamamlayan birçok eğim atımlı normal faylardan oluşmaktadır ve bu graben sistemi içerisinde çok sayıda tektonik yapı izlenmektedir (Emre vd., 2013).

Afyon-Akşehir Graben Sistemi içinde yer alan Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde gerçekleştirilmiş olan hendekli paleosismoloji çalışması sonucunda fayın, eğim atımlı normal bileşenine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hendekte Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde Holosen devrinde yüzey yırtılmasıyla neticelenmiş üç ayrı deprem tarihlendirilmiştir.

Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde açılan Maltepe hendeğinin duvarlarında izlenen seviyeler, stratigrafik ve yapısal unsurlar göz önüne alındığında, Holosen devrinde yüzey yırtılmasıyla sonuçlanmış üç ayrı depremi göstermektedir. Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde açılmış olan hendek değerlendirildiğinde normal bileşene sahip faylarla birlikte gelişmiş deformasyon yapıları gözlenmektedir. Açılmış olan hendekte izlenen fayların genel doğrultuları K80D'dur. Fay düzlemleri üzerinde yapılan ölçümlerde genellikle fay çiziklerinin yan yatım (rake) açılarının 80-85 civarında olduğu belirlenmiştir. Çay Segmenti'nin güncel paleosismolojik davranışının belirlenmesine yönelik olarak açılmış hendek çalışması ile fayın, Holosen devrinde en az üç depreme ev sahipliği yaptığı kesin olarak belgelenmiştir.

Hendeklerden elde edilen yaş verileri birlikte değerlendirildiğinde en eski depremin, MS 760 yılından önce meydana geldiği söylenebilir. Sondan bir önceki depremin ise MS 809-858 yılları arasında ki bir dönemde meydana geldiği belirlenmiştir. Sultandağı Fayı Çay Segmenti üzerinde yüzey yırtılmasıyla neticelenmiş en son depremin ise MS 2002 yılında meydana gelen ve Mw: 6,2 büyüklüğündeki deprem olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.3.). Belirlenen depremler arasında tekrarlanma periyoduna ilişkin herhangi bir yorum yapılamamakta ancak, son iki deprem arasında geçen sürenin 1000 yıldan az olmadığı söylenebilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akyüz H.S., Uçarkuş, G., Şatır, D., Dikbaş, A., Kozacı, Ö. 2006. 3 Şubat 2002 Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde paleosismolojik araştırmalar. *Yerbilimleri*, 27(1): 41-52.
- Aydar, E., Bayhan, H. Ve Gourgaud, A. 1998. Köroğlu Caldera, mid-west Anatolia, Turkey: volcanological and magmatological evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85: 83-98.
- Barka, A.A., Reiliger, R. 1997. Active tectonics of the Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Annali di Geophys.*, 11: 587-610.
- Besong, C., Eckhardt, F.-J., Harre, W., Kreuzer, H. ve Müller, P. 1977. Radiometrische altersbestimmungen an neogen eruptivgesteinen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch Reihe B.*, 25: 3-36.
- Biryol, C.B., Beck, S.L., Zandt, G. ve Özacar, A.A. 2011. Segmented African lithosphere beneath the Anatolian region inferred from teleseismic P-wave tomography. *Geophysical Journal International*, 184: 1037-1057.
- Blumenthal, M.M. 1947. Seydişehir-Beyşehir Hinterlandındaki Toros Dağları'nın Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Rapor No:2.
- Candan O., Çetinkaplan M., Oberhansli R., Rimmel G., Akal C. 2005. Alpine high-P/low-T metamorphism of the Afyon Zone and implications for the metamorphic evolution of Western Anatolia, Turkey. *Lithos*, 84: 12-124.
- Dewey, J. F., 1988. Extensional collapse of orogens. *Tectonics*, 7: 1123-1139.
- Demirkol, C. 1977. Yalvaç-Akşehir dolayının jeolojisi. Doçentlik Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Yerbilimleri Bölümü, Konya.
- Demirtaşlı, E., Turhan N., Bilgin A.Z., Selim M. 1984. Geology of the Bolkar Mountains, paper presented at International Symposium on the Geology of the Taurus Belt. Miner. Res. and Explor. Inst. of Turk., Ankara, Turkey.
- Duman, T.Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioğlu, F.T., Baştürk, N.B., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R.f., Kalafat, D., Karakaya, F., Azak, T.E., Özel, N.M., Ergintav, S., Akkar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A., Kurt, A.İ. 2017. Seismotectonic database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16: 3277-3316.
- Duman, T.Y., Robertson, A.H.F., Elmacı, H. ve Kara, M. 2017. Palaeozoic-Recent geological development and uplift of the Amanos Mountains (S Turkey) in the critically located northwesternmost corner of the Arabian continent. *Geodinamica Acta*, 29 (1): 103-138.
- Duman, T.Y., Elmacı, H., Özalp, S., Kürçer, A., Kara, M., Özdemir, E., Yavuzoğlu, A., Güldoğan, Ç.U. 2020. Paleoseismology of the western Sürgü-Misis fault system: East Anatolian Fault, Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2: 411-437.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., Kuşcu, İ. 2002. 3 Şubat 2002 Sultandağı Depremi Ön Değerlendirme Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10489.

- Emre, Ö., Duman, T., D., Doğan A., Özalp S., Tokay F. Ve Kuşcu İ., 2003. Surface Faulting Associated with the Sultandağı Earthquake (M_w 6.5) of 3 February 2002, Southwestern Turkey. *Seismological Research Letters*, 74 (4): 382-392.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş. ve Elmacı, H. 2011. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Afyon (NJ 36-5) Paftası. Seri No: 16, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30. Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. 2016. Active Fault Database of Turkey. *Bull Earthquake Eng*, 26: 3229-3275
- Emre, Ö., Elmacı, H., Özalp, S., Kırmacı E. 2020. Merzifon-Esençay splay fault within the North Anatolian Fault system: segmentation and timing of the last two surface faulting events on Esençay segment. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2: 359-382.
- Erişen, B. 1972. Afyon-Heybetli (Kızılkilise) araştırma sahasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. Maden tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 5490 (yayımlanmamış).
- Francalanci, L., Innocenti, F., Manetti, P. ve Savaşın, M.Y. 2000. Neogen alkaline volcanism of the Adyon-Isparta area, Turkey: petrogenesis and geodynamic implications. *Mineralogy and Petrology*, 71: 285-312.
- Forman, S.L., Jackson, M.E., McCalpin, J. Ve Maat, P. 1988. The Potential of Using Thermoluminescence to Date Buried Soils Developed on Colluvial and Fluvial Sediments From Utah and Colorado, U.S.A.: Preliminary Results. *Quaternary Science Reviews*, 7: 287-293.
- Garfunkel, Z. 1998. Constraints on the origin and history of the Eastern Mediterranean basin. *Tectonophysics*, 298: 5-35.
- Gençaliolu-Kuşcu, G., Göncüoğlu M.C., Kuşcu G.G. 2001. Post-collisional magmatism on the northern margin of the Taurides and its geological implications: Geology and petrology of the Yahyalı-Karamadağ granitoid. *Turk. J. Earth Sci.*, 10: 103-119.
- Gürsoy, H., Piper J.D.A., Tatar O. 2003. Neotectonic deformation in the western sector of tectonic escape in Anatolia: palaeomagnetic study of the Afyon region, central Turkey. *Tectonophysics*, 374: 57-79.
- Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C. 2008. Petrogenesis and geodynamic evolution of the Late Neoproterozoic Post-Collisional Felsic Magmatism in NE Afyon Area, Western Central Turkey. In: The Boundaries of the West African craton. In: ENNIH, N. & LIE' GEOIS, J.-P. (Eds.) The Boundaries of the West African Craton. Geological Society, London, Special Publications, 297: 409-431.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A., Işık A. 1996. Orta Sakarya'da Nallıhan-Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Raporu No: 10094, Ankara (yayımlanmamış).

- Göncüoğlu, M.C. 2011. Kütahya – Bolkardağ Kuşağının Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 142: 227-282.
- Haude, H. 1968. Zur Geologie des mittleren Sultan Dağ sudwestlich von Akşehir (Türkei): Unveröffentl. Dissertation, Münster. Haude, H., 1969, Das Alt Paleozoikum bis Silurium in der Türkei Zbl. Geol. Palaont. Teil, cA, 702-719.
- Kara, M. 2019. Yumurtalık Fayının Kuvaterner Aktivitesinin Paleosismolojik Yöntemler ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 82 s.
- Kondo, H., Özaksoy, V. ve Yıldırım, C. 2010. Slip history of the 1944 Bolu-Gerede earthquake rupture along the North Anatolian fault system: Implications for recurrence behavior of multisegment earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 115: 1-16.
- Kalafat, D. ve Görğün E. 2017. An example of triggered earthquakes in western Turkey: 2000 – 2015 Afyon-Akşehir Graben earthquake sequences. *Journal of Asian Earth Sciences*, 146: 103-113.
- Obermeier, S.F. 2009. Chapter 7 Using Liquefaction-Induced and Other Soft-Sediment Features for Paleoseismic Analysis. In: McCalpin, J.P. (Ed.), *Paleoseismology*, Elsevier International Geophysics 95, Burlington, s. 497-564.
- Kalafat, D., Güneş, Y., Kara M. Ve Kekovalı, K. 2020. An overview of the current seismicity of the Sultandağı Fault Zone (Afyonkarahisar-Konya, Western Anatolia). *Bull. Min. Res. Exp.*, 136: 187-210.
- Koç, A., Kaymakçı, N., Van Hinsbergen, D.J.J., Kuiper, K.F. 2017. Miocen tectonic history of the Central Tauride intramontane basins and the paleogeographic evolution of the Central Anatolian Plateau. *Global and Planetary Change*, 158: 83-102.
- Koçyiğit A., Ünay E. ve Saraç G. 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in West Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. ve Piper, J.D.A (Eds.) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications, 173, 405-421. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ. 173: 405-421.
- Koçyiğit, A. ve Özacar, A. 2003. Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data. *Turkish J. Earth Sci.*, 12: 69-90.
- Kürçer, A. Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 299 s.
- LePichon, X. ve Angelier, J. 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60: 1-42.
- Metin, S., Genç, Ş. ve Bulut, V. 1987. Afyon ve dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8103 (yayınlanmamış).

- Metin, S., Bulut, V., Ölmez, M., Kılıç, İ., Umut, M., Akıncı, A. ve Kurt, Z. 1988. Bolvadin (Afyon)-Yunak (Konya) dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8522 (yayınlanmamış).
- Meulenkamp, J.E., Wortel, W.J.R., Van Wamel, W.A., Spaskman, W. ve Hoogerduyn Strating, E. 1988. On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete in the late Middle Miocen. *Tectonophysics*, 146: 203-215.
- McCalpin J.P. 2009. Paleoseismology, Academic Press is an imprint of Elsevier International Geophysics 95, Burlington, 613 s.
- McKenzie, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30: 109-185.
- Okay, A.I. 1984. Distribution and characteristics of the North-west Turkish blueschist. Geological Society, London, Special Publications, 17: 455-466.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. Ve Akyüz S. 1996. Paleo and Neo Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints. In: Yin, A. and Harrison, T.M. (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge University Press. 420-440 s.
- Okay A.I. ve Tüysüz O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications, 156: 475-515.
- Okay A.I., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis. *Anschnitt*, 21: 19-42.
- Öcal, H., Alan, İ., Balcı, V., Keskin, H. 2011. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 160 Afyon-K26 Paftası. MTA, Ankara, No:160.
- Öcal, H., Turhan, N., Göktaş, F. 2011. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 259 Afyon – K25 Paftası. MTA, Ankara, No:259.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N. 1998. Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 8118, (yayınlanmamış).
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş. ve Işık, A. 1990. Konya-Kadınhan-İlgın dolayının temel jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 9535, (yayınlanmamış)
- Özgül, N. Ve Gedik, L. 1973. New data on stratigraphy of Central Taurus Range: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 16: 39-52.
- Özgül, N. 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19: 65-78.
- Özgül, N., Bölükbaşı, Ş., Alkan, H. ve Öztaş, Y. 1991. Göller Bölgesi ve Ispartanın jeolojisi ve stratigrafisi: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü Arama Grubu, Rapor No: 3028 (yayınlanmamış)
- Pantosti, D., Schwartz, D.P., Valensise, G. 1993. Paleoseismology Along the 1980 Surface Rupture of the Iripina Fault: Implications for Earthquake Recurrence in the Southern Apennines, Italy. *Journal of Geophysical Research*, 98 (B4): 6561-6577.

- Pourteau, A., Candan, O., ve Oberhansli, R., 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: Constraints on the Neotethyan closure history. *Tectonics*, 29: 1-18.
- Prelevic, D., Akal, C., Romer, R. Ve Foley, S. 2010. Macrocrystal populations retrieved from lamproites indicate accretion of young SSZ oceanic lithosphere in the assembly of W. Anatolia, Turkey. EGU General Assembly, 2010, Vienna, Geophysical Research Abstracts 12.
- Prelevic D., Akal, C., Foley, S.F., Romer, R.L., Stracke, A. ve Van Den Bogaard, P. 2012. Ultrapotassic Mafic Rock as Geochemical Proxies for Post-collisional Dynamics of Orogenic Lithospheric Mantle: the Case of Southwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Petrology*, 53 (5): 1019-1055.
- Prelevic, D., Akal, C., Romer, E.L., Mertz-Kraus, R., Helvacı, C. 2015. Magmatic Response to Slab Tearing: Constraints from the Afyon Alkaline Volcanic Complex, Western Turkey. *Journal of Petrology*, 56 (3): 527-562.
- Robertson, A.H.F. ve Ustaömer T. (2009). Formation of the Palaeozoic Konya Complex and comparable units in southern Turkey by subduction-accretion processes: Implications for the tectonic development of Tethys in the eastern Mediterranean region, *Tectonophysics*, 473: 113-148.
- Rockwell, T.K., Lindvall, S., Herzberg, M., Murbach, D., Dawson, T. ve Berger, G. 2000. Paleoseismology of the Johnson Valley, Kickapoo and Homestead Valley Faults: Clustering of Earthquakes in the Eastern California Shear Zone. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90 (5): 1200-1236.
- Saraç, G. 2003. Türkiye omurgalı fosil yatakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10609, (yayımlanmamış).
- Şahin, Ş. Ve Ünlügenç, U.C. 2014. Bayat-Bolvadin (Afyonkarahisar) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 29(1): 173-191.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray A. 1987. Türkiye'nin diri Fayları ve Depremselliği. Maden Tetkik ve Arama. Rapor No: 8174.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. 1996. The age of the Alaşehir graben (West Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, 31: 1-11.
- Üner, S., Özsayın, E., Dirik, R.K., Çiner, T.A., Karabıyıklıoğlu, M. 2017. Reconstructing the sedimentary evolution of the Miocene Aksu Basin based on fan delta development (eastern Mediterranean –Turkey). *Turkish J. Earth Sci.*, 26: 1-17.
- Yeniyol, M. 1979. Yunak (Konya) manyezitlerinin oluşumu sorunları, değerlendirmeleri ve yöre kayaçlarının jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Yılmaz, Y. 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In: Şengör, A.M.C. vd. Tectonic Evolutions of the Tethyan Region. Dordrecht: Kluwer Academic, s. 159-189.

- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Gurer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacik Z., Altunkaynak, S. Ve Elmas, A. 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkırt E., Winchester, J.A. ve Piper, J.D.A. vd. Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, 173: 353-384.
- Yılmaz, Y., genç, S.C., Karacik, Z. Ve Altunkaynak, S. 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics.*, 31: 243-271.

ÖZGEÇMİŞ

Hasret Ozan AVCI

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019 - 2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji A.B.D., Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2013 - 2019	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Jeoloji Müh.	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
2020- Devam ediyor	Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Projesi

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Elmacı, H., Özdemir, E., Doğan, A., Erşen, D., Kara, M., Özaksoy, V., Olgun, Ş., Özalp, S., Tekin, S., Avcı, H.O., Özmen, S., Mert, C., Yüce, A.A., Tanrıverdi, B., Kahraman, İ. 2022. Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Projesi: Tarihsel Dönem Depremlerinin Belirlenmesi. MTA Bilimsel Etkinlikler Haftası. ss. 59-60, 7-11 Mart, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 2- Avcı, H.O., Kara, M., Özaksoy, V., Elmacı, H. 2022. Sultandağı Fayı Çay Segmenti'nin Aktif Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB TÜRKİYE. ATAG 25. Çalıştay ss. 59, 1-2 Aralık, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

3- Elmacı, H., Özaksoy, V., Avcı, H.O., Kara, M., Özmen, S. 2022. Afyon-Akşehir Grabeninin Sisteminin Kuzey Kenarını Sınırlayan Fayların Paleosismolojik Özellikleri (Çobanlar ve Bolvadin Fayları) GB, Türkiye. ATAG 25. Çalıştay ss. 61, 1-2 Aralık, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

