



YALAKDERE FAYI'NIN AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ, KOCAELİ, TÜRKİYE

Ercan SANĞU^{1*}

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Paleosimoloji, Yalakdere Fayı, Aktif Tektonik.</i>	Paleosismoloji, tarih öncesi depremlerle ilgili veri elde ederek gelecekteki deprem riskini değerlendirmeye yardımcı olur. Bu bilim dalı, özellikle sismojenik fayların yerini ve jeolojik etkilerini inceleyerek geçmiş depremlerin büyüklüğü ve aralıklarını belirler. Yalakdere Fayı'nda yapılan paleosismolojik çalışmalar kapsamında, Armutlu Yarımadası'nın kuzeyindeki KD-GB yönelimli fay üzerinde altı farklı lokasyonda hendekler açılmıştır. Hendeklerde yapılan gözlemlerde, farklı deformasyon bölgeleri ve faylanma izleri tespit edilmiştir. Fay, Türkiye Diri Fay Haritası Bursa paftasında sağ yanal atımlı Holosen yaşlı bir fayı olarak tanımlanmıştır. Ancak, bu çalışmada paleosismolojik amaçla açılan hendeklerde ve mostralarda yapılan gözlemlerde normal fay karakterini yansıtan bulgular elde edilmiştir. Çalışmada, beş hendekte sismik aktiviteyle ilişkili faylanma izleri tespit edilirken, yalnızca Yalakdere-2 hendeginde herhangi bir deformasyon verisine rastlanmamıştır. Hendekler, yüzeydeki faylanma özelliklerini açığa çıkararak fayın geometrik yapısını ve hareket yönünü incelemeye katkı sağlamıştır. Elde edilen veriler, Yalakdere Fayı'nın doğrultu atımlı değil, normal faylanma özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu tür paleosismolojik çalışmalar, bölgenin deprem riskini anlamak için kritik öneme sahiptir.

ACTIVE TECTONIC AND PALEOSEISMOLOGICAL FEATURES OF YALAKDERE FAULT, KOCAELİ, TURKEY

Keywords	Abstract
<i>Paleoseismology, Yalakdere Fault, Active Tectonics.</i>	Paleoseismology helps assess future earthquake risk by obtaining data on prehistoric earthquakes. This branch of science determines the magnitude and ranges of past earthquakes, especially by examining the location and geologic effects of seismogenic faults. Within the scope of paleoseismological studies on the Yalakdere Fault, trenches were opened at six different locations on the NE-SW trending fault north of the Armutlu Peninsula. Observations made in the trenches revealed different deformation zones and traces of faulting. The fault is identified as a right-lateral strike-slip Holocene age fault on the Bursa map of Turkey. However, observations made in the trenches and outcrops opened for paleoseismological purposes in this study yielded findings reflecting the normal fault character. In the study, faulting traces associated with seismic activity were detected in five trenches, while no deformation data were found only in Yalakdere-2 trench. The trenches revealed the faulting features on the surface and contributed to the study of the geometrical structure and direction of movement of the fault. The data obtained show that the Yalakdere Fault has normal faulting characteristics, not strike-slip. Such paleoseismological studies are critical for understanding the earthquake risk of the region.

Alıntı / Cite

Sanğu, E., (2025). Yalakdere Fayı'nın Aktif Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, Kocaeli, Türkiye, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(2), 426-439.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
E. Sanğu, 0000-0002-3529-8316	Başvuru Tarihi / Submission Date Revizyon Tarihi / Revision Date Kabul Tarihi / Accepted Date Yayın Tarihi / Published Date
	31.10.2024 06.03.2025 20.03.2025 27.06.2025

* İlgili yazar / Corresponding author: esangu@kocaeli.edu.tr, +90-262-303-3132

ACTIVE TECTONIC AND PALEOSEISMOLOGICAL FEATURES OF YALAKDERE FAULT, KOCAELI, TURKEY

Ercan SANĖU^{1†},

¹ Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Geology Engineering, Kocaeli, Türkiye

Highlights

- Turkey Active Fault Map Bursa Sheet Yalakdere Fault
- Palaeoseismological studies on the Yalakdere Fault
- Study of the components of the Yalakdere Fault

Purpose and Scope

Determination of the characteristics and past earthquake activities of the Yalakdere fault, which is defined as a Holocene active fault in the Turkey Active Fault Map

Design/methodology/approach

In this study, data were collected to determine the surface faulting traces of past earthquakes along the Yalakdere Fault. For this purpose, trenching was carried out on the western segment of the four segments of the NW-SE trending Yalakdere Fault. Trenches were dug at six different locations in the 3.5 km section west of Avcıköy on the west segment, which has a total length of approximately 11 km. Trench locations were selected taking into account the geological and morphotectonic features of the region.

Findings

Data indicating normal faulting were detected in 5 of the 6 trenches. In addition, in the observations made in the outcrop in the area where the Yalakdere-6 trench is located, the fault lines belonging to the faulting detected within the shear zone were measured and the angle of the fault lines was determined between 80°-90°. This supports the normal faulting data detected in the trenches.

Originality

Both the field observations and the data obtained from the trenches show that the Yalakdere Fault in the part of the study area is a normal fault, not a strike-slip fault as indicated in the Active Fault Map of Turkey.

[†] Corresponding author: esangu@kocaeli.edu.tr, +90-262-303-3132

2.2. Örtü Birimleri (Cover Units)

İnceleme alanı içinde, iki örtü birimi ayırtlanmış olup, bunlar; Pliyo-Kuvaterner yaşlı az tutturulmuş çakıltı, kumtaşı ve kıltaşıdan oluşan Arslanbey formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüviyal çökellerdir (Şekil 1).

2.3. Arslanbey Formasyonu (Arslanbey Formation)

Çalışma alanının kuzeyini kaplayan örtü çökelleri Göncüoğlu vd. (1986) tarafından Arslanbey formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim inceleme alanı içerisinde genel olarak sarımsı kahve renkli olan az tutturulmuş çakıl, kum, silt, kil, çamurtaşı ve marn ardalanmasından oluşur. Tabanda kırmızımsı kahve renkli çakıltı ve kumtaşı ardalanması ile başlar. Taneler, temeldeki şist, mermer, kuvarsit ve volkanitlerden derlenmiştir. Çakıltısında, taneler zayıf tutturulmuş ve boylanmıştır. Kumtaşları bej, sarı ve pembe renkli, litik grovak, litik arenit bileşimli, orta-zayıf boylanmalı ve taneleri gevşek tutturulmuştur. İstif üstte doğru bej-kahverengi, ince-orta katmanlı ve yer yer kömür bantlı çamurtaşı düzeyleri içerir.

Formasyon, Armutlu Yarımadası genelinde tüm paleotektonik dönem birimlerinin üzerinde açıl diskordan olarak yer almaktadır. Akartuna (1968), Armutlu Yarımadası'nın batısındaki Sarmasiyen çökelleri üzerinde uyumsuz olarak yer alan bu birimlerin Ponsiyen-Pliyosen çökelleri olduğunu belirtir. Üstte alüvyon ile uyumsuz olarak örtülen birimden elde edilen rodent fosillerine göre yaşı Geç Villanyian (Geç Pliyosen) ve Biharian (Erken Pleyistosen) kabul edilmiştir (Ünay vd. 2001). Arslanbey formasyonu'nun kaya türü özellikleri akarsu ve alüviyal yelpaze ortamını karakterize eder.

2.4. Alüvyon (Alluvium)

Armutlu yarımadasının kuzey kısımlarında geniş alanlar kaplayan alüvyon birikimleri, morfolojik eğimin düştüğü alanlarda düşük kotlar boyunca gözlenir. Ana akarsular genellikle K-G, yan kolları ise D-B gidişlidir ve Marmara Denizi'ne dike yakın yüksek açılarla kavuşurlar.

3. Tektonik (Tectonics)

Türkiye, jeolojik olarak birbirinden farklı kıtasal ve okyanusal zonlardan oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Tetis Okyanusu'nun aktif ve pasif kıta kenarlarında yer almış olan bu zonlar, Türkiye'nin ana tektonik birimlerini oluşturur. Bölgenin paleotektonik dönemi, Geç Kretase-Paleosen döneminde, İstanbul ve Sakarya kıtalarının İç Pontid Okyanusu'nun kapanmasıyla Kocaeli-Sapanca koridorunda birleşmesiyle şekillenmiştir.

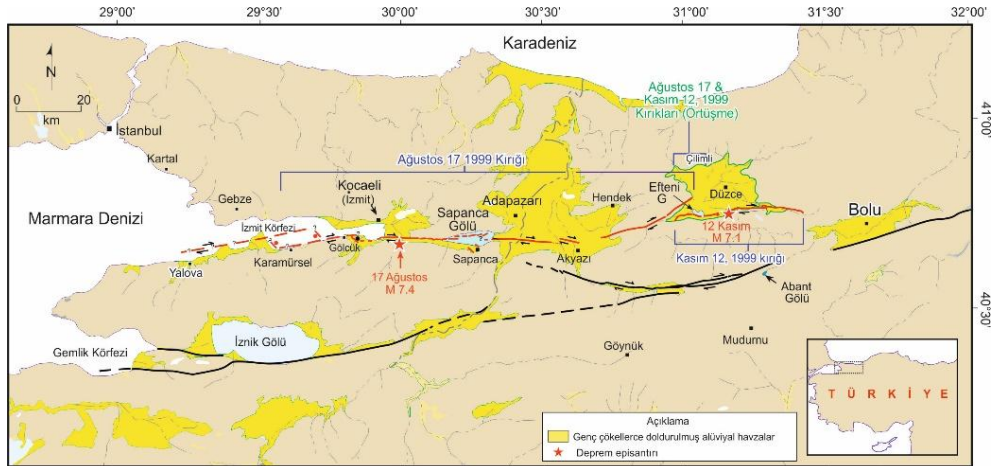
Tüm bu morfotektonik ünitelerin ortak özelliği Üst Miyosen- Alt Pliyosen yaşlı ortak bir çökel istif içermeleridir. Bu istif tüm doğu Marmara'da olgun bir peneplen topografyası üzerinde gelişmiş başlıca karasal-akarsu-göl çökellerinden oluşmaktadır. Bu istif, bölgenin neotektonik dönem öncesi kritik bir birimdir ve ilk neotektonik ipuçları bu istifin üst seviyelerinde görülmeye başlanır. Bu dönemde, kompresif stresin etkisiyle KB-KD doğrultulu eşlenik fay sistemi gelişmiş ve peneplen topografyasını parçalayan bu faylar, KAFS tarafından yeniden şekillendirilerek bugünkü morfotektonik yapılar oluşmuştur (Emre vd. 1998).

Bölgedeki Neotektonik dönem, Pliyo-Kuvaterner'de başlamış ve devam etmektedir. Bölgenin neotektonizması, Geç Pliyosen'den itibaren Ege Bölgesi'nde etkili olan K-G yönlü gerilme rejimi ve KAFS'ye bağlı doğrultu atımlı rejimle şekillenmiştir (Gürer vd. 2003, 2006). Sapanca Gölü, Geç Pliyosen'de asimetric bir çek-ayır havza olarak gelişen İzmit-Sapanca koridorunun üzerinde bu havzayı biçen fay kolları arasında Orta-Geç Pleyistosen'de ayrı bir çek-ayır havza olarak gelişmiştir (Gülbüz ve Gürer, 2009).

Geç Pliyosen'de KAFS'nin ortaya çıkışıyla, Karadeniz'den Samanlı Dağları'na doğru yükselen morfolojik yapı bozulmuş ve Samanlı Dağları basınç sırtı olarak yükselip çevre morfolojisinden soyutlanmıştır. KAFS'nin kuzeyinde yer alan Kocaeli Yarımadası ise kuzeye doğru eğimlenmiştir (Emre vd. 1998).

Karlıova'dan doğu Marmara'ya kadar dar bir zon boyunca uzanan Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), Türkiye'nin en büyük ve aktif doğrultu atımlı fay hatlarından biridir. Bolu civarında iki kola ayrılan fay, Marmara Denizi'nin kuzey ve güney kesimlerinden geçip Ege Denizi'ne ulaşır. 1939'dan bu yana KAFS üzerinde doğudan batıya ilerleyen depremler, can kayıplarına, hasara ve yüzey kırıklarına yol açmıştır. Bu depremlerden sonuncusu 1999'daki İzmit ve Düzce depremleridir. İzmit depremi ile Yalova'dan Düzce'ye kadar yaklaşık 145 km uzunluğunda bir yüzey kırığı oluşmuştur (Şekil 2). Bu kırıklar çeşitli araştırmacılar tarafından haritalanmış (Örn: Barka vd. 2002; Langridge vd. 2002; Hartleb vd. 2002; Lettis vd. 2002; Herece ve Akay, 2003) ve Hersek, Karamürsel-Gölcük, İzmit-Sapanca, Sapanca-Akyazı ve Karadere segmentleri olarak adlandırılmıştır (Barka vd.

2002). Segmentler arasında sağa sıçramalar nedeniyle farklı ölçeklerde çek-ayır havzaları gelişmiştir (Dikbaş 2009).

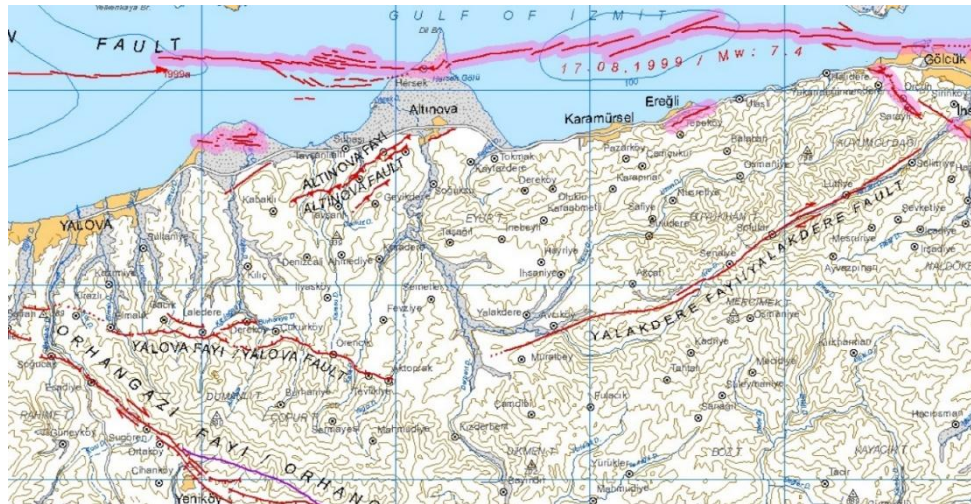


Şekil 2. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinin merkez üsleri ile fayları gösterir harita (Map showing the epicenters and fault lines of the earthquakes of August 17 and November 12, 1999) (Hitchcock vd. 2003)

Çalışmaya konu olan Yalakdere Fayı, Türkiye Diri Fay Haritası Serisi Bursa (NK 35-12) paftası (Emre vd. 2011) içerisinde toplam uzunluğu yaklaşık 26 km olan sağ yanal atımlı bir Holosen fayı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.). Bargu ve Sakıncı (1989), İzmit Körfezi ile İznik Gölü arasındaki bölgenin jeolojisi ve yapısal özelliklerine yönelik yapmış oldukları çalışmada tanımladıkları Merdigöz Fayı konum olarak Yalakdere Fayı ile örtüşmektedir. Bargu ve Sakıncı (1989), Merdigöz Fayı'nı K60°D ve K70°B doğrultulu, 80°-85° kuzeye eğimli bir normal fay olarak tanımlamışlardır. Fayın, İznik metamorfikleriyle (Paleozoyik) Arslanbey formasyonu (Geç Pliyosen-Erken Pleistosen) arasındaki dokanakta gözlemlendiğini, batıya doğru Arslanbey formasyonunun altında devam ettiğini ve bölgenin asimetrik yapısını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, fayın, Geç Pliyosen sonrasında tekrar aktif hale geldiğini ve Arslanbey formasyonunu keserek ilerlediğini, başlangıç yaşının da Paleosen veya Erken Eosen dönemlerine ait olabileceğini ifade etmişlerdir.

4. Hendek Çalışmaları (Trench Works)

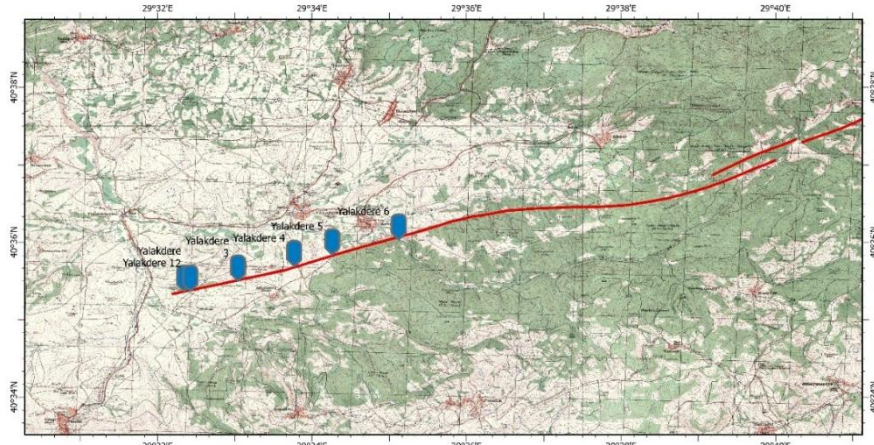
Paleosimolojik hendek çalışmaları dört segmentten oluşan KB-GD yönelimli Yalakdere Fayı'nın batı segmenti üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3. ve 4.). Yaklaşık uzunluğu 11 km olan batı segmentinin Avcıköy batısında kalan 3,5 km lik kısımda 6 farklı lokasyonda (Şekil 4, Tablo 1) hendekler açılmıştır. Hendek yerleri, çalışma alanının jeolojik ve morfolotektonik özellikleri ile arazi kullanım ve ulaşım koşulları göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Fayın doğrultusuna yaklaşık dik olarak açılan hendekler, yaklaşık 2 metre genişliğinde, 8-33 metre uzunluğunda ve 2-3 metre derinliğinde kazılmıştır.



Şekil 3. Türkiye Diri Fay Haritası Bursa paftasında Yalakdere Fayı'nın konumu (Location of the Yalakdere Fault on the Bursa sheet of the Active Fault Map of Turkey) (Emre vd. 2011)

Açılan hendeklerde, geçmiş depremlerin yüzeydeki faylanma izlerine ilişkin veriler incelenmiştir. Yüzey faylanması, fay hattındaki hareketin yer yüzüne yansımaları olarak tanımlanır. Yüzey faylanması gerçeğe

olasılığı ve yüzeydeki atım miktarı; depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın geometrisi, kırılma süreci ve yüzeye yakın zeminin özellikleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.



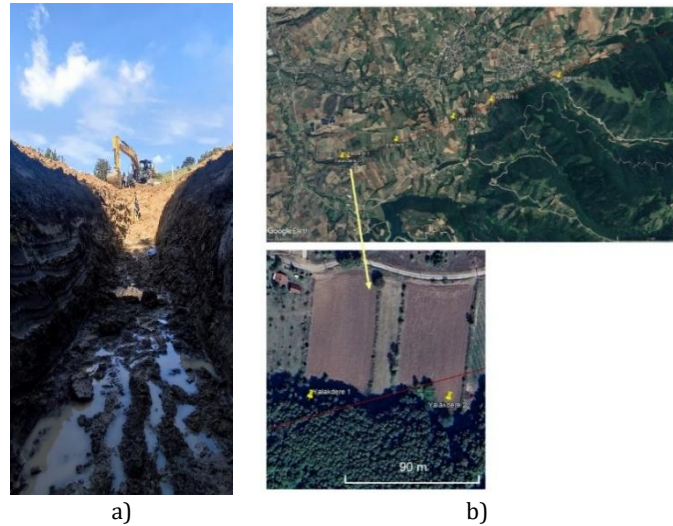
Şekil 4. Açılan hendeklerin topoğrafik harita üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (The location of the trenches on the topographic map (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map))

Tablo 1. Açılan hendeklere ait bilgiler (Information about the trenches that were excavated)

HENDEK ADI	YERİ	KOORDİNAT	UZUNLUK (M)	DERİNLİK (M)	FAY
Yalakdere-1	Karamürsel	40° 35.374'K 29° 32.348'D	20	2.2	Var
Yalakdere-2	Karamürsel	40° 35.373'K 29° 32.425'D	15	3.3	Yok
Yalakdere-3	Karamürsel	40° 35.503'K 29° 33.043'D	18	2	Var
Yalakdere-4	Karamürsel	40° 35.691'K 29° 33.771'D	31	2	Var
Yalakdere-5	Karamürsel	40° 35.843'K 29° 34.262'D	33	2.5	Var
Yalakdere-6	Karamürsel	40° 36.035'K 29° 35.126'D	8	3	Var

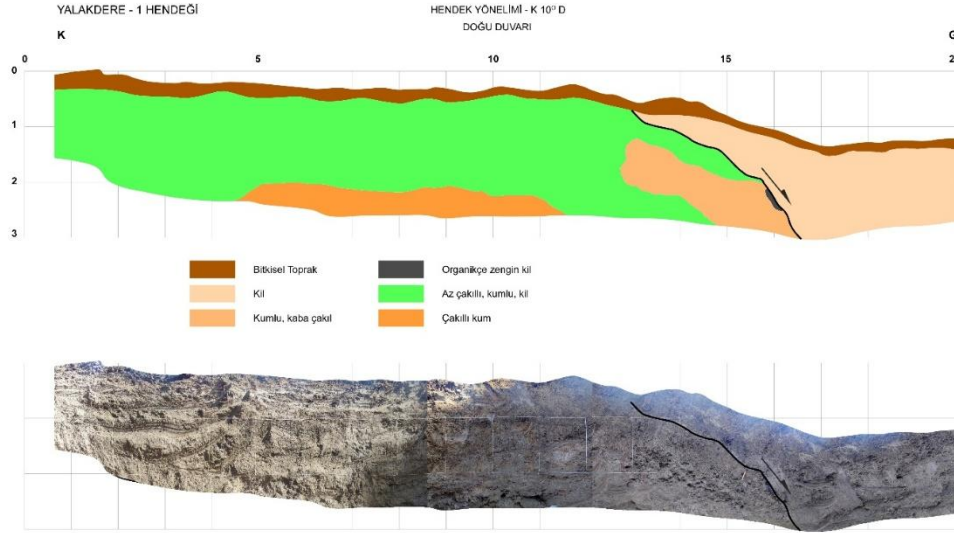
4.1. Yalakdere-1 Hendeği (Yalakdere-1 Trench)

Yalakdere-1 olarak adlandırılan hendek kazısı, K10°D yönelimli ve 20 m uzunluğundadır (Şekil 5a). Hendek, morfolojik belirtilere bakılarak Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki hattın 12 m kuzeyinde açılmıştır (Şekil 5b.).



Şekil 5. a) Yalakdere-1 hendeğinden bir görünüm, b) Yalakdere-1 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-1 trench, b) Location of Yalakdere-1 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map))

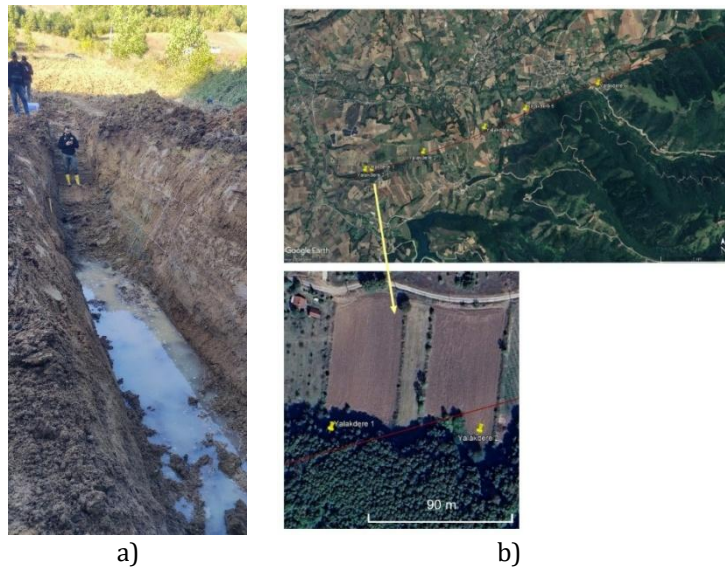
Şekil 6. da hendeğin doğu duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendeğin içindeki birimler incelendiğinde, hendeğin kuzey kısmında tabanda görünür kalınlığı 40-60 cm arasında değişen çakıllı kum seviyesi ile başlar. Bu birimin üzerinde kalınlığı 150-190 cm arasında değişen az çakıllı, kumlu bir kil seviyesi gözlenmektedir. Bu litolojinin içerisinde merccek şeklinde kumlu, kaba çakıllı bir seviye bulunmaktadır. Hendeğin güney kısmında ise 120-160 cm arasında değişen bir kalınlığa sahip kil görülmektedir. Bütün bu seviyelerin üzerinde de 20-40 cm arasında değişen kalınlıkta bitkisel toprak seviyesi örtü olarak gözlemlenir. Hendeğin kuzeyden itibaren 13-16,5 metreleri arasındaki bölgede faylanmaya ait bulgulara rastlanılmıştır (Şekil 6.). Az çakıllı kumlu kil ile kumlu kaba çakıl seviyelerini, kil seviyesi ile yan yana getiren bu fay zone içerisinde faylanmaya paralel uzanan organik malzemece zengin killi bir seviyede bulunmaktadır. Hendeğin içerisinde tespit edilen faylanma yaklaşık KD-GB uzanımlı olup güneye doğru 40° eğimlidir.



Şekil 6. Yalakdere-1 hendeği doğu duvarının logu ve fotomozayığı (Yalakdere-1 trench, log and photomosaic of the eastern wall)

4.2. Yalakdere-2 Hendeği (Yalakdere-2 Trench)

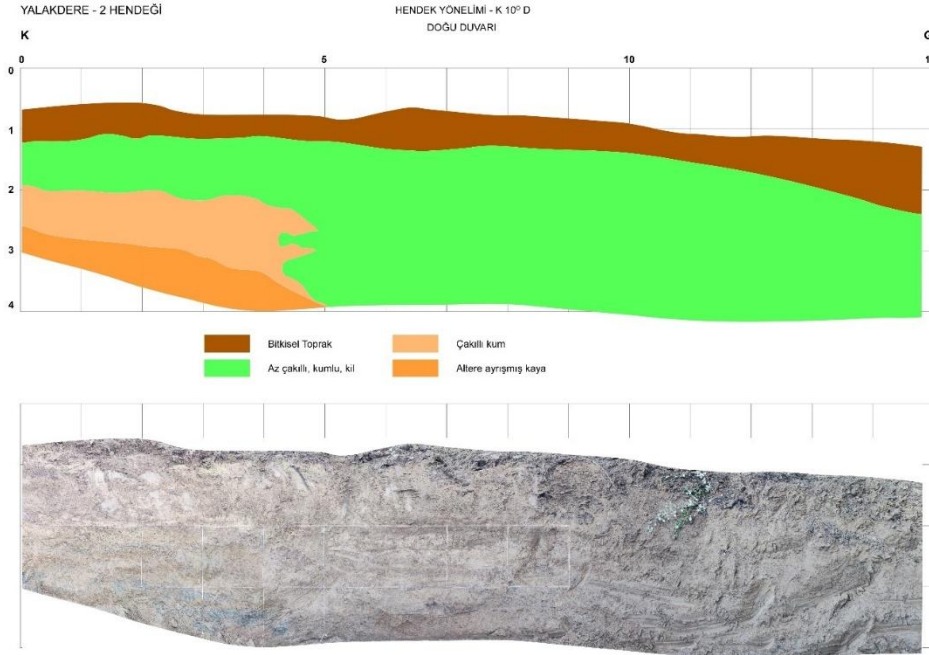
Yalakdere-2 olarak adlandırılan hendeğin kazısı, K10°D yönelimli ve 15 m uzunluğundadır (Şekil 7a). Hendeğin morfolojik belirtilere bakılarak Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki hattın 17 m güneyinde açılmıştır (Şekil 7b.).



Şekil 7. a) Yalakdere-2 hendeğinden bir görünüm, b) Yalakdere-2 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-2 trench, b) Location of Yalakdere-2 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map)

Şekil 8'de hendeğin doğu duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendeğin içindeki birimler incelendiğinde, hendeğin kuzey kısmında tabanda görünür kalınlığı 40-80 cm arasında değişen kalınlığa sahip altere

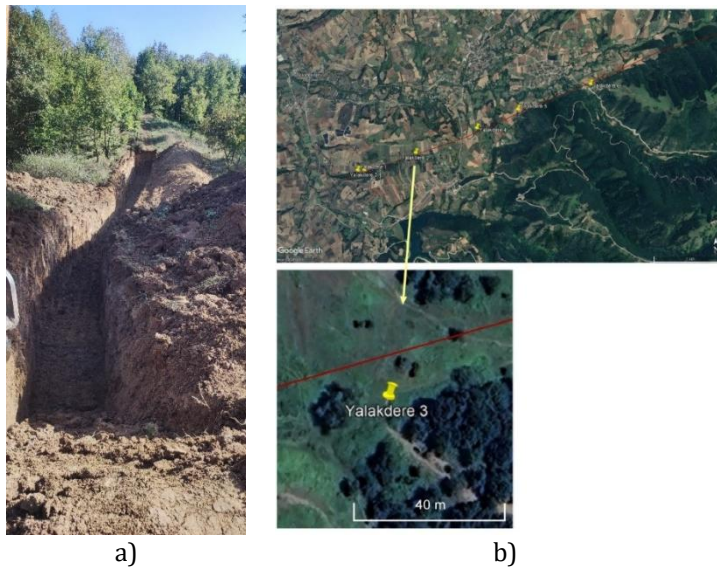
birim ile başlar. Bunun üzerine 80-120 cm arasında değişen kalınlıkta çakıllı kum bulunur. Bu çakıllı kum seviyesi hendek içerisinde görünür kalınlığı 220 cm kadar ulaşan az çakıllı kumlu kil seviyesi ile yatayda ve düşeyde geçişlidir. Bütün bu seviyelerin üzerinde de 40-70 cm arasında değişen kalınlıkta bitkisel toprak seviyesi örtü olarak gözlemlenir. Açılan hendekte sismik aktiviteyi belli edecek herhangi bir veri bulunamamıştır. Farklı düzeylerin, stratigrafik yanal ve düşey devamlılığını kontrol eden veya kesen herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır (Şekil 8.).



Şekil 8. Yalakdere-2 hendeği doğu duvarının logu ve fotomozayığı (Yalakdere-2 trench, log and photomosaic of the eastern wall)

4.3. Yalakdere-3 Hendeği (Yalakdere-3 Trench)

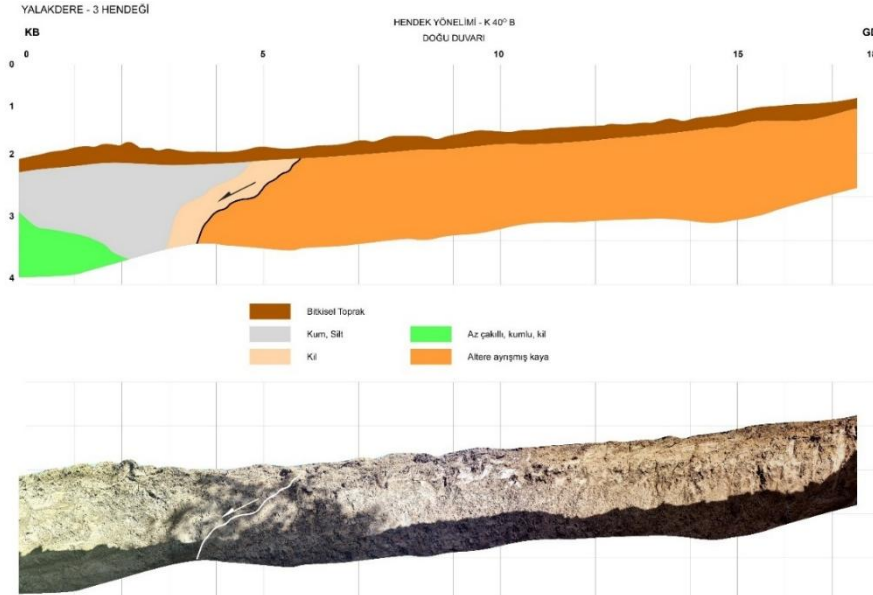
Yalakdere-3 olarak adlandırılan hendek kazısı, K40°B yönelimli ve 18 m uzunluğundadır (Şekil 9a). Hendek, morfolojik belirtilere bakılarak Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki hattın 14 m güneyinde açılmıştır (Şekil 9b).



Şekil 9. a) Yalakdere-3 hendeğinden görünüm, b) Yalakdere-3 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-3 trench, b) Location of Yalakdere-3 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map)

Şekil 10'da hendeğin doğu duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendek içindeki birimler incelendiğinde, hendek kuzey batı kısmında tabanda görünür kalınlığı 20-110 cm arasında değişen az çakıllı,

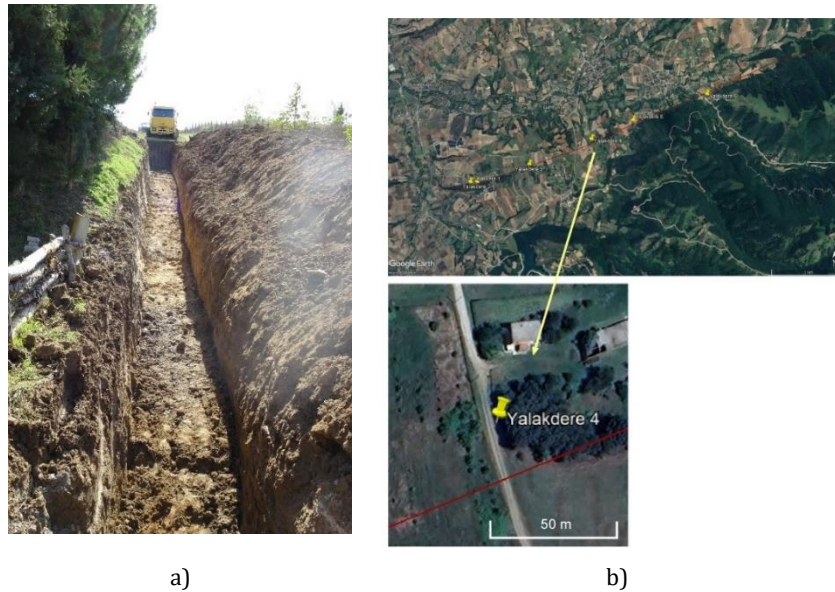
kumlu, kil ile bulunmaktadır. Bu seviyenin üzerine 20-210 cm arasında değişen kalınlığa sahip kumlu siltten oluşan alüvyon gelir. Hendeğin güneydoğu kısmında ise tabanda görünür kalınlığı 180-200 cm arasında değişen kalınlığa sahip altere ayrılmış kaya bulunmaktadır. Bütün bu seviyelerin üzerinde de 20-60 cm arasında değişen kalınlıkta bitkisel toprak seviyesi örtü olarak gözlemlenir. Hendeğin kuzey batı kısmından itibaren 3-6 metreleri arasında bir deformasyon zonu bulunmaktadır. Yaklaşık 60 cm kalınlığında bir kilde oluşan bu deformasyon zonu altere ayrılmış kaya ile kum ve siltten oluşan seviyeler arasındadır. Hendek içerisinde tespit edilen faylanma yaklaşık kuzey doğu-güney batı uzanımlı olup kuzey batıya doğru 40° eğimlidir.



Şekil 10. Yalakdere-3 hendeği doğu duvarının logu ve fotomozayığı (Yalakdere-3 trench, log and photomosaic of the eastern wall)

4.4. Yalakdere-4 Hendeği (Yalakdere-4 Trench)

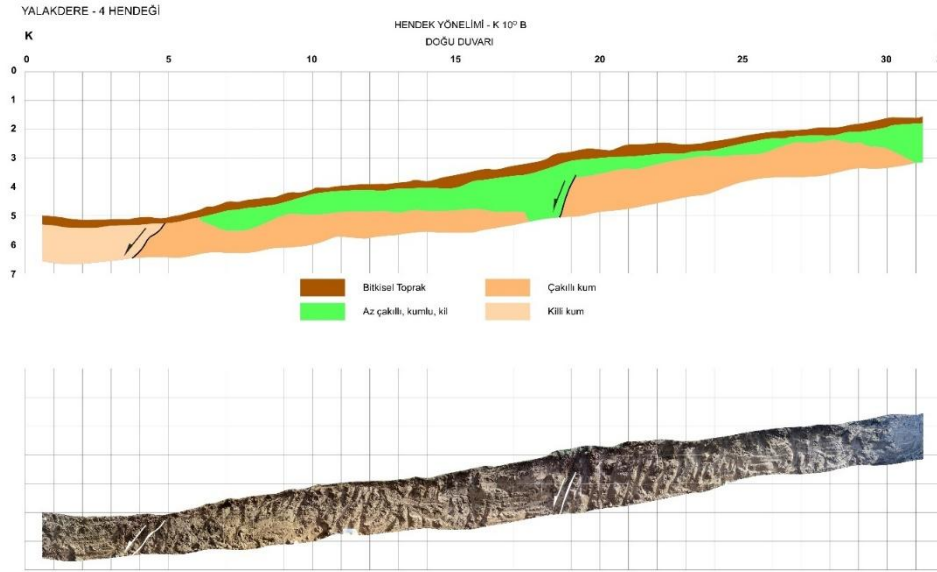
Yalakdere-4 olarak adlandırılan hendek kazısı, K10°B yönelimli ve 31 m uzunluğundadır (Şekil 11a). Hendek, morfolojik belirtilere bakılarak Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki hattın 20 m kuzeyinde açılmıştır (Şekil 11b.).



Şekil 11. a) Yalakdere-4 hendeğinden görünümler, b) Yalakdere-4 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-4 trench, b) Location of Yalakdere-4 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map))

Şekil 12'de hendeğin doğu duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendek içindeki birimler incelendiğinde, hendek kuzey kısmından itibaren hendeğin 4-31 metreleri arasında tabandaki görünür kalınlığı 50-130 cm arasında değişen çakıllı kum seviyesi ile başlar. Bu seviyenin üzerinde kalınlığı 20-160 cm arasında

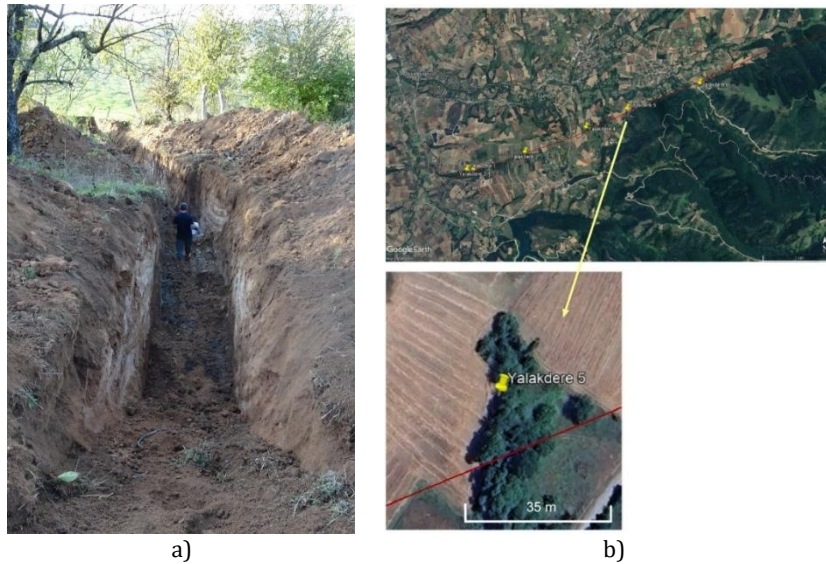
değişen az çakıllı kumlu kil seviyesi bulunmaktadır. Hendeğin kuzey kısmından itibaren ilk 4 metrelik bölümünde ise killi kum seviyesi bulunur. Bu killi kum seviyesi 3,5-5 metreler arasındaki bölgede faylı bir dokanakla çakıllı kum seviyesi ile yan yana gelmektedir. Ayrıca hendeğin 19-20 metreleri arasındaki bölgede çakıllı kum seviyesi ile az çakıllı kumlu kil seviyeleri arasında da bir faylanma tespit edilmiştir. Hendeğin içerisinde tespit edilen faylanmalar yaklaşık KD-GB uzanımlı olup kuzeye doğru 45° ve 70° eğimlidirler.



Şekil 12. Yalakdere-4 hendeği doğu duvarının logu ve fotomozayığı (Yalakdere-4 trench, log and photomosaic of the eastern wall)

4.5. Yalakdere-5 Hendeği (Yalakdere-5 Trench)

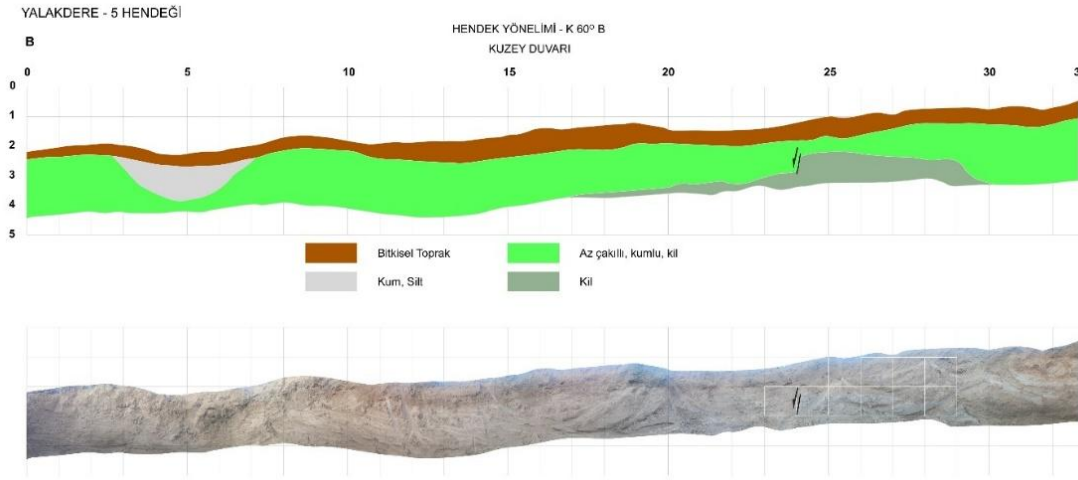
Yalakdere-5 olarak adlandırılan hendeğin kazısı, K60°B yönelimli ve 33 m uzunluğundadır (Şekil 13a). Hendeğin morfolojik belirtilere bakılarak Türkiye Diri Fay Haritası'nda belirtilen hattın 25 m kuzeyinde açılmıştır (Şekil 13b.).



Şekil 13. a) Yalakdere-5 hendeğinden bir görünüm, b) Yalakdere-5 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-5 trench, b) Location of Yalakdere-5 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map))

Şekil 14'te hendeğin kuzey duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendeğin içindeki birimler incelendiğinde, hendeğin tabanda istif görünürlüğü 10-110 cm arasında değişen gri renkli bir kil seviyesi ile başlar. Bu seviyenin üzerinde 40-190 cm arasında değişen kalınlığa sahip az çakıllı kumlu kil seviyesi bulunmaktadır. Hendeğin batı kısmından itibaren 2,5-7 metreleri arasında kalan kısmında eski dere yatağına ait

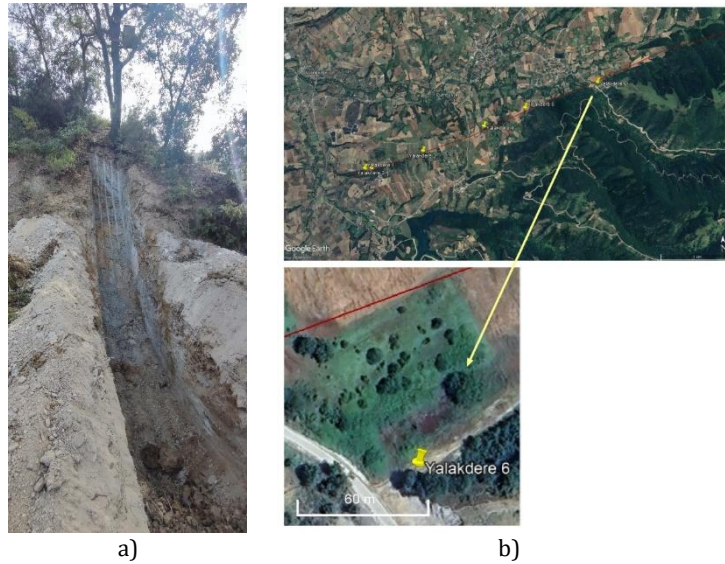
kum ve silt den oluşan alüvyon birimi görülür. Tüm bu seviyelerin üzerinde kalınlığı 40-80 cm arasında değişen bitkisel toprak seviyesi örtü olarak gelir. Hendeğin batı kısmından itibaren 24 metresinde gri renkli kil seviyesinde faylanma sonucu yaklaşık 50 cm lik bir düşüm mevcuttur. Hendeğin içerisinde tespit edilen bu faylanma yaklaşık kuzey doğu-güney batı uzanımlı olup kuzey batıya doğru 75° eğimlidir.



Şekil 14. Yalakdere-5 hendeği kuzey duvarının logu ve fotomozayığı (Yalakdere-5 trench north wall log and photomosaic)

4.6. Yalakdere-6 Hendeği (Yalakdere-6 Trench)

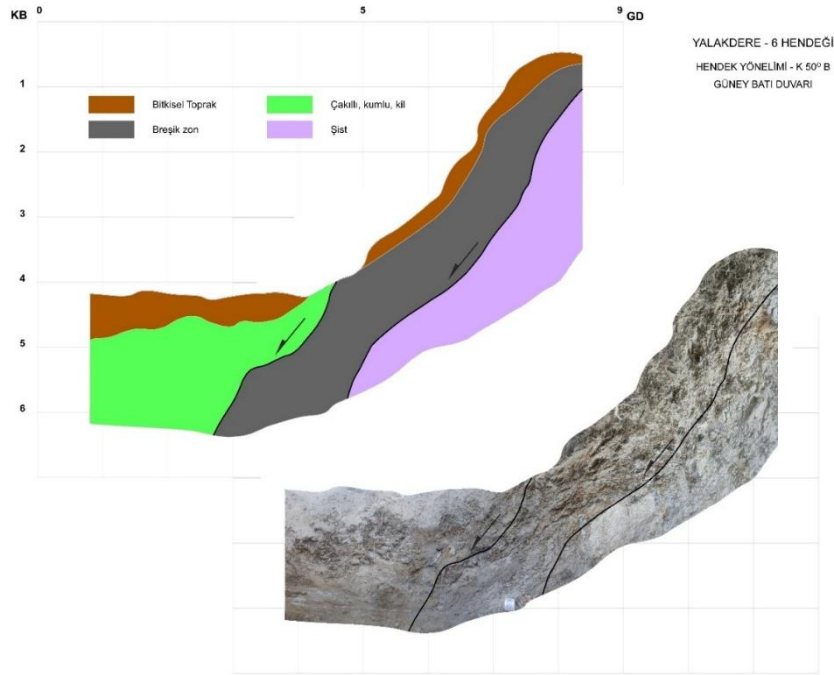
Yalakdere-6 olarak adlandırılan hendeğin kazısı, K50°B yönelimli ve 8 m uzunluğundadır (Şekil 15 a-b). Bu hendeğin yerinin seçimi sırasında yol kenarında bulunan daha önceden malzeme almak için yapılan kazı sahası incelenmiştir. Bu mostrada iki farklı birim arasındaki faylı kontak gözlemlenmiş ve bu faylanmanın derinlerdeki devamını görmek amacıyla kazı yapılmıştır. Hendeğin, Türkiye Diri Fay Haritası'nda belirtilen hattın 55 m güneyinde açılmıştır (Şekil 17c).



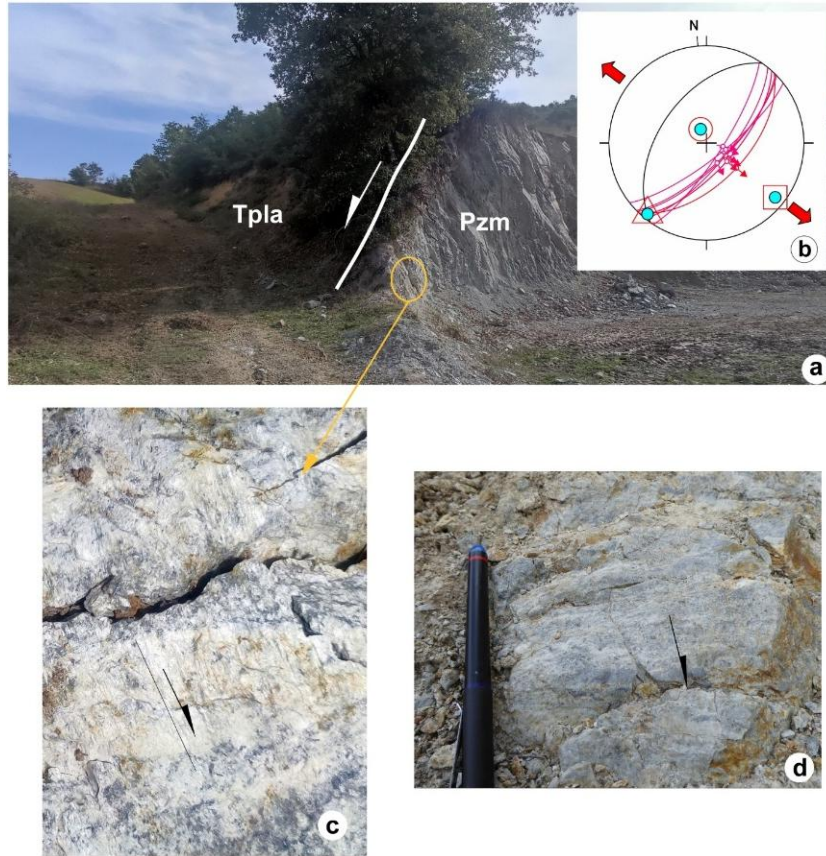
Şekil 15. a) Yalakdere-6 hendeğinden bir görünüm, b) Yalakdere-6 hendeğinin Google Earth görüntüsü üzerindeki konumu (Kırmızı çizgi Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki Yalakdere Fayı'nın konumunu göstermektedir) (a) View of Yalakdere-6 trench, b) Location of Yalakdere-6 trench on Google Earth image (The red line indicates the location of the Yalakdere Fault on the Turkey Active Fault Map))

Şekil 16'da hendeğin güney batı duvarının çizimleri ve fotomozayığı görülmektedir. Hendeğin içindeki birimler incelendiğinde, hendeğin tabandaki görünür kalınlığı 60-240 cm arasında değişen beyaz-gri renkli bir şist seviyesi ile (İznik metamorfite) başlar. Bu seviyenin üzerinde 40-130 cm arasında değişen kalınlığa sahip breşik bir zon bulunmaktadır. Tüm bu seviyelerin üzerinde de kalınlığı 30-70 cm arasında değişen bitkisel toprak seviyesi örtü olarak görülür. Hendeğin güneybatı kenarından itibaren ilk 6 metrelik kısmında bir deformasyon alanı tespit edilmiş olup, bu alandaki şistler faylanma sonucunda breşik bir yapı kazanmıştır. Faylanma sonucunda temele ait

Paleozoyik yaşlı birimler ile Pliyosen yaşlı genç birim (Arslanbey fm) yan yana gelmiştir. Hendek içerisinde tespit edilen bu faylanma yaklaşık KD-GB uzanımlı olup kuzey batıya doğru 50° eğimlidir.



Şekil 16. Yalakdere-6 hendeğinin güney batı duvarının logu ve fotomozayığı (The log and photomosaic of the southwestern wall of the Yalakdere-6 trench)



Şekil 17. a) Avcıköy güney doğusundaki yol yarmasında Iznik metamorfikleri ile Arslanbey formasyonu arasındaki normal faylanma, b) fay çizliği verilerinden oluşturulan paleostress analizinin tensör konfigürasyonu, c) Lambert alt yarı küre (eşit alan) projeksiyonu, d) Iznik metamorfiklerine ait şistler üzerinde gelişen fay çizikleri (a) Normal faulting between the Iznik metamorphics and the Arslanbey Formation in the road cutting southeast of Avcıköy b) Tensor configuration of the paleostress analysis created from fault slip data, c) Lambert lower hemisphere (equal area) projection, d) Fault slip lines developing on schists belonging to the Iznik metamorphics)

5. Sonuçlar ve Öneriler (Conclusions and Recommendations)

- MTA tarafından hazırlanan 1/250.000 ölçekli diri fay haritasında inceleme alanı içinden geçen Yalakdere Fayı, Holosen fayı (Holosen'de (11.000 yıl) yüzey faylanması oluşturan fay) olarak tanımlanmıştır. Yalakdere Fayı'nın batı kısmındaki yaklaşık 3,5 km kısmında yapılan hendek çalışmalarında geçmişte yüzey faylanması oluşturan deprem izleri tespit edilmiştir.
- Yalakdere Fayı'na yaklaşık dik doğrultuda açılan 6 hendekten 1,3,4,5,6 nolu hendeklerde sismik aktiviteyi yansıtabilecek faylanma verileri elde edilirken 2 numaralı hendekte herhangi bir veriye rastlanmamıştır.
- Yalakdere-1 olarak adlandırılan hendeğin kuzeyden itibaren 13-16,5 metreleri arasındaki bölgede faylanmaya ait bulgulara rastlanılmıştır. Hendek içerisinde tespit edilen faylanma yaklaşık KD-GB uzanımlı olup güneye doğru 40° eğimlidir.
- Yalakdere-2 olarak adlandırılan hendekte sismik aktiviteyi belli edecek herhangi bir veri bulunamamıştır. Farklı düzeylerin, stratigrafik yanal ve düşey devamlılığını kontrol eden veya kesen herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır.
- Yalakdere-3 olarak adlandırılan hendeğin kuzey batı kısmından itibaren 3-6 metreleri arasında bir deformasyon zonu bulunmaktadır. Yaklaşık 60 cm kalınlığında bir kilde oluşan bu deformasyon zonunu oluşturan faylanma yaklaşık KD-GB uzanımlı olup fay düzlemi 40° KB'ya eğimlidir.
- Yalakdere-4 olarak adlandırılan hendek içerisinde killi kum seviyesi 3,5-5 metreler arasındaki bölgede faylı bir dokanakla çakıllı kum seviyesi ile yan yana gelmektedir. Ayrıca hendeğin 19-20 metreleri arasındaki bölgede çakıllı kum seviyesi ile az çakıllı kumlu kil seviyeleri arasında da faylanma tespit edilmiştir. Hendek içerisinde tespit edilen faylanmalar yaklaşık KD-GB uzanımlı olup kuzey doğru 45° ve 70° eğimlidirler.
- Yalakdere-5 olarak adlandırılan hendeğin batı kısmından itibaren 24 metresinde gri renkli kil seviyesinde faylanma sonucu yaklaşık 50 cm lik bir düşüm mevcuttur. Hendek içerisinde tespit edilen bu faylanma yaklaşık KB-GD uzanımlı olup 75° KB'ya eğimlidir.
- Yalakdere-6 olarak adlandırılan hendeğin güneybatı kenarından itibaren ilk 6 metrelik kısmında bir deformasyon alanı tespit edilmiş olup, bu alandaki şistler faylanma sonucunda breşik bir yapı kazanmıştır. Faylanma sonucunda temele ait Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Pliyosen yaşlı genç birim (Arslanbey fm) yan yana gelmiştir. Hendek içerisinde tespit edilen bu faylanma yaklaşık KD-GB uzanımlı olup 50° KB'ya eğimlidir. Sismik aktiviteye işaret eden verilerin elde edildiği bu 5 hendeğin tamamında normal faylanmayı gösteren kanıtlar söz konusudur.
- Sismik aktiviteye işaret eden verilerin elde edildiği bu 5 hendeğin tamamında normal faylanmayı gösteren kanıtlar söz konusudur. Ayrıca Yalakdere-6 hendeğinin bulunduğu alandaki mostrada yapılan gözlemlerde makasalanma zonu içerisinde tespit edilen faylanmaya ait çizikler de yapılan ölçümlerde fay yatım açısı 80°-90° arasında tespit edilmiştir. Elden edilen fay çizizi verileri yapılan paleostres analizinde KB-GD yönlü genişlemeyi işaret etmektedir (Şekil 17 a-b-c.). Bu da hendeklerde tespit edilen normal faylanma verilerini desteklemektedir. Hem arazi gözlemleri hem de hendeklerden elde edilen veriler inceleme alanı içerisinde Yalakdere Fayı'nın doğrultu atımlı değil normal fay olduğunu göstermiştir.
- Çalışılan hendeklerde faylanmanın olduğu alanların üzerinde Holosen yaşlı örtü çökelleri yer alır. Fay izlerinin bu çökelleri kesmemiş olması ve fayın kestiği en genç çökelin (Arslanbey formasyonu) Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşlı olması fayın olası bir Kuvaterner fayı olduğunu düşündürmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Kocaeli İli, Karmürsel İlçesi sınırları içerisinde İmar Planı çalışmalarına esas olarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda saha ve ofis çalışmalarındaki katkılardan dolayı Prof. Dr. Ö. Feyzi GÜNER'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmayı yapma imkanını sunan Jeofizik Müh. Ergün HANE'ye de teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Akyüz, H.S., Karabacak, V., Zabcı, C., (2015). Paleoseismic Trenching. In: Beer, M., Kougioumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, S.K. (eds) Encyclopedia of Earthquake Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Akartuna, M., (1968). Armutlu yarımadasının jeolojisi. İstanbul Üniv. Fen. Fak. Monog. 20, 1 – 105.
- Bargu, S. Sakıncı, M., (1989), İznik körfezi-İznik gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri, İÜ Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 6, 45-76.
- Barka, A.A.; Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7 (3), 663-684.
- Barka, A., Akyüz, H. S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, Z., Dikbas, A., Yerli, B., Armijo, R., Meyer, B., Bernard de Chabaliere, J. B., Rockwell, T., Dolan, J. R., Hartleb, R., Dawson, T., Christofferson, S., Tucker, A., Fumal, T., Langridge, R., Stenner, H., Lettis, W., Bachhuber, J., and Page, W., (2002). The surface rupture and slip distribution of the 17 August 1999 Izmit earthquake (M 7.4), North Anatolian fault, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 1, 43-60
- Boulton, S.J., (2015). 'Paleoseismology' Encyclopedia of Earthquake Engineering Springer Berlin Heidelberg 1792-1799
- Dikbaş A., (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonunun İzmit-Gölyaka (Düzce) arasındaki segmentlerinin paleosismolojisi ve morfolojik özellikleri, doktora tezi, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 287 sf.
- Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. & Ünay, E. (1998). Neogene-Quaternary evolution of the eastern Marmara region, northwest Turkey. Mineral Research and Exploration (MTA) Bulletin 120, 119-145.
- Emre, Ö., N. Kazancı, Erkal, T., (1998). Güney Marmara Bölgesi Kuaterner olayları ve muhtemel tarihçesi, TÜBİTAK-Üniversite-MTA Ulusal Deniz Araştırmaları Programı WORKSHOP IV (14-15 Mayıs 1998), Bildiri Özleri Kitabı, s. 4, İstanbul
- Emre, Ö., Doğan, A., Duman, T. Y., Özalp, (2011) 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Bursa (NK 35-12) Paftası, Seri No:9, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara- Türkiye
- Göncüoğlu, M.C.; Erendil, M.; Tekeli, O.; Ürgün, B.M.; Aksay, A. ve Kuşçu, İ., (1986), Armutlu Yarımadasının doğu kesiminin jeolojisi : MTA Rap. 7786 (yayımlanmamış), Ankara .
- Göncüoğlu, M.C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, and A., Ürgün, B., (1992). Introduction to the geology of the Armutlu Peninsula. ISGB-92, Guide Book, pp. 26-36.
- Gürbüz, A. ve Gürer, Ö.F., (2009) Middle Pleistocene extinction process of pull-apart basins along the North Anatolian Fault Zone, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 173, 177-180.
- Gürer, Ö. F., Kaymakcı, N., Çakır, Ş., & Özbüran, M., (2003). Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, vol.21, 1041-1051.
- Gurer, O. F., Sangu, E., & ÖZBURAN, M., (2006). Neotectonics of the SW Marmara region, NW Anatolia, Turkey. GEOLOGICAL MAGAZINE, vol.143, no.2, 229-241.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Akyüz, H.S., Dawson, T.E., Tucker, A.Z., Yerli, B., Rockwell, T.K., Toraman, E., Çakır, Z., Dikbaş, A. & Altunel, E. (2002). Surface rupture and slip distribution along the Karadere segment of the 17 August 1999 Izmit and the western section of the 12 November 1999 Düzce, Turkey, earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America 92, 67-78
- Herece, A., & Akay, E. (2003). Atlas of North Anatolian Fault (NAF). Mineral Research and Exploration (MTA) Special Publications
- Hitchcock, C., Altunel, E., Barka, A.A., Bachhuber, J., Lettis, W., Kozacı, Ö., Helms, J. & Lindvall, S. (2003). Timing of Late Holocene earthquakes on the eastern Düzce fault and implications for slip transfer between the southern and northern strands of the North Anatolian Fault system, Bolu, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 12, 119-136.
- Langridge, R.M., Stenner, H.D., Fumal, T.E., Christofferson, S.A., Rockwell, T.K., Hartleb, R.D., Bachhuber, J. & Barka, A.A. (2002). Geometry, slip distribution and kinematics of the surface rupture on the Sakarya fault segment during the 17 August 1999 Izmit, Turkey, Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America 92, 107-125
- Lettis, W., Bachhuber, J., Witter, R., Brankman, C., Randolph, C. E., Barka, A., Page, W. D., and Kaya, A., (2002). Influence of releasing step-overs on surface fault rupture and fault segmentation: Examples from the 17 August 1999 Izmit earthquake on the North Anatolian Fault, Turkey, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 1, 19-42
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., (1981). Tethyan evolution of Turkey : A plate tectonic approach: Tectonophysics, 75,181 - 241.
- Ünay, E., Emre, Ö., Erkal, T., and Keçer, M., (2001). The rodent fauna from the Adapazari pull-apart basin (NW Anatolia): Its bearings on the age of the North Anatolian Fault, Geodinamica Acta, 14, 169-175
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. and Yılmaz, K., (1995). Geological evolution of the Late Mesozoic continental margin of northwestern Anatolia, Tectonophysics, 243, 155-172