



## 3 Şubat 2002 Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde paleosismolojik araştırmalar

*Paleoseismological investigations on surface rupture from the 3 February 2002 Çay earthquake*

H. Serdar AKYÜZ<sup>1</sup>, Gülsen UÇARKUŞ<sup>2</sup>, Dilek ŞATIR<sup>2</sup>, Aynur DİKBAŞ<sup>1</sup>,  
Özgür KOZACI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazağa Kampüsü, İSTANBUL

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa Kampüsü, İSTANBUL

Geliş (received) : 20 Ocak (January) 2006

Kabul (accepted) : 22 Mart (March) 2006

### ÖZ

Anadolu bloğunun içsel deformasyonunu yansıtan önemli faylardan biri de Akşehir fayıdır. Aletsel ve tarihsel dönemlerde bu fay üzerinde küçük-orta büyüklükte depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. 2002 yılında meydana gelen  $M_w=6.2$  büyüklüğündeki deprem yüzey kırığı oluşturmuş, can kaybına ve hasara yol açmıştır. Bu depreme ait yüzey deformasyonları haritalanmış ve kırık üzerinde hendek çalışmaları yapılarak Akşehir fayının özellikleri hakkında veri toplanmıştır. Depremde normal faylanma sonucu iki ayrı yüzey kırığı meydana gelmiştir. Maltepe köyünde ve Çay ilçesinde oluşan kırıklar Maltepe ve Çay segmentleri olarak adlandırılmıştır. Maltepe segmenti üzerinde 25 cm, Çay segmenti üzerinde 30 cm'lik maksimum düşey ötelenmeler ölçülmüştür. Bu segmentler, farklı deprem üretme tarihçelerine sahiptir. Maltepe kırığı MS 1150 sonrası, Çay kırığı ise MS 760 öncesi dönemde benzer büyüklükte depremler üretmiştir. Akşehir fayı üzerinde kırılmamış segmentler mevcut olup, bunların kırılmasıyla benzer (veya daha küçük) büyüklükte depremler meydana gelebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çay depremi, fay, hendek, paleosismoloji.

### ABSTRACT

The Akşehir fault is one of the most important faults reflecting internal deformation of the Anatolian block. Small to medium magnitude earthquakes due to this fault are known from both historical and instrumental records. The last earthquake was early in 2002 ( $M_w=6.2$ ) and it resulted in structural damage and loss of life. The surface deformations were mapped and paleoseismological studies were performed on the rupture with the aid of trenches to obtain data about the characteristics of the Akşehir fault. Two surface ruptures, which have formed in Maltepe village and Çay town due to normal faulting, are named as the Maltepe and Çay segments. A maximum vertical offset of 30 cm was measured on the Çay segment and one of 25 cm was measured on the Maltepe segment. The paleoseismological studies suggested that a previous earthquake had occurred on the Maltepe segment later than AD 1150, while the Çay segment had ruptured before AD 760 with nearly similar magnitudes. These results indicate that the Maltepe and the Çay segments have different earthquake histories. There are other unbroken segments on the Akşehir fault which produce similar or smaller magnitude earthquakes.

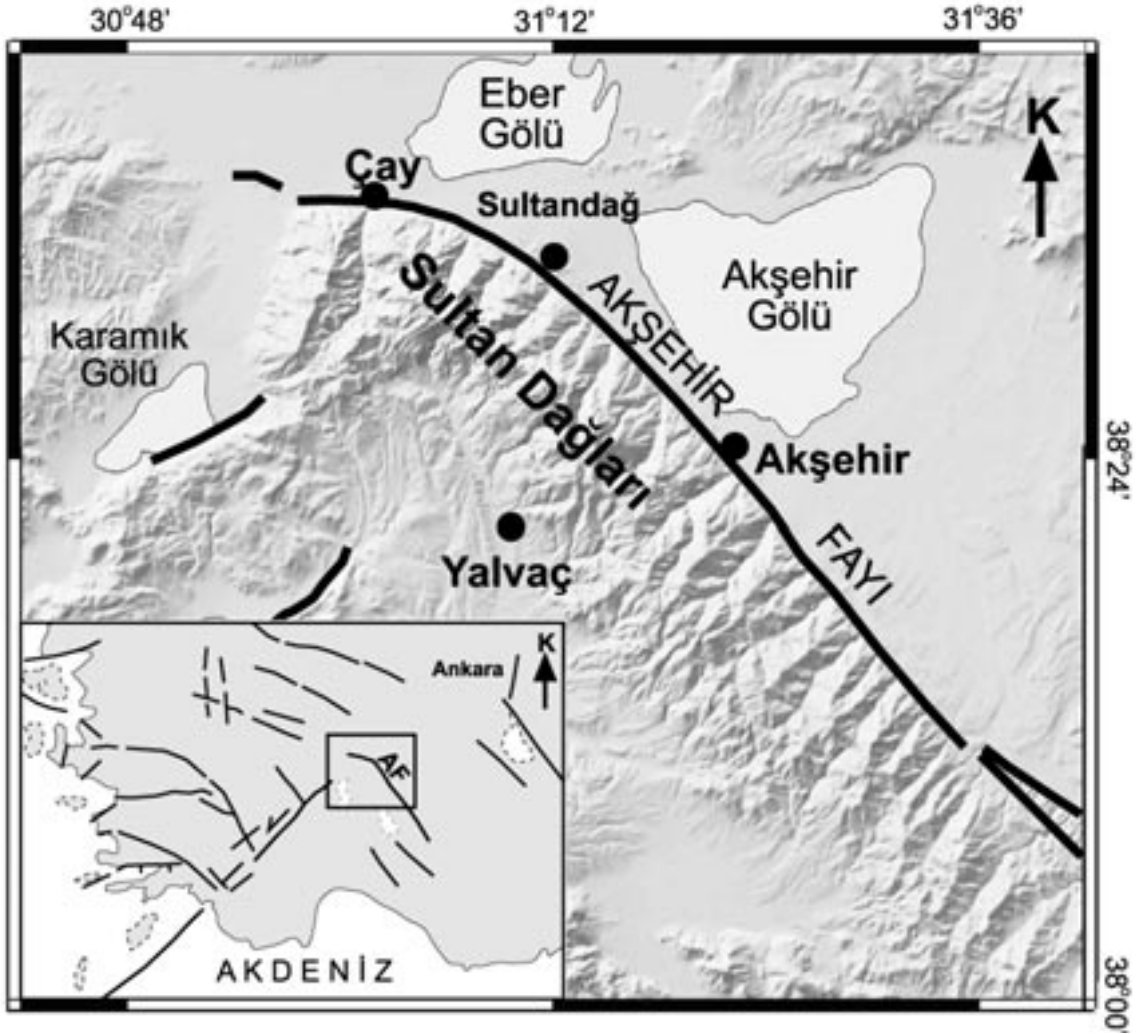
**Key Words:** Çay earthquake, fault, trench, paleoseismology.

## GİRİŞ

Akşehir fayı, Afyon'un Çay ilçesi ile Konya'nın Doğanhisar ilçeleri arasında KB-GD uzanan yaklaşık 90 km uzunluğunda aktif bir fay olup (Şekil 1; Şaroğlu vd., 1987; Koçyiğit vd., 2000), tektonik olarak, Isparta Büklümü ile sınırlanan Antalya bloğunun kuzeydoğu sınırını oluşturur (Barka vd., 1995). Akşehir fayının aktif bir fay olduğu gerek tarihsel dönem kayıtlarından, gerekse aletsel dönem kayıtlarından bilinmektedir.

Örneğin; Aralık 2000 ve Şubat 2002 tarihlerinde Akşehir fayı üzerinde 5.9 ve 6.2 büyüklüklerinde iki deprem meydana gelmiştir. Bölgede 1900'lü yıllarda büyüklüğü 4'ten büyük 40 deprem meydana gelmiş olup, bunlardan 6 tanesinin büyüklüğü 5'in üzerindedir.

Akşehir fayı civarındaki başlıca tektonik elemanlar "Sultandağ yükselimi", "Akşehir-Afyon çöküntüsü" ve "Akşehir fayı"dır. Jura öncesine ait metamorfik kayalarla temsil edilen Sultandağ



Şekil 1. Sultandağ civarının aktif fay haritası ve Akşehir fayının genel konumu (Şaroğlu vd., 1987; Koçyiğit vd., 2000'den derlenmiştir). Sayısal yükseklik modeli için SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verisi kullanılmıştır. Harita, Generic Mapping Tools (GMT) yazılımı (Wessel ve Smith, 1991) kullanılarak hazırlanmıştır.

Figure 1. Active fault map of the Sultandağ area and general location of the Akşehir fault (compiled from Şaroğlu et al., 1987; Koçyiğit et al., 2000). SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) data is used for the digital elevation model. Map was prepared with Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel and Smith, 1991).

yükselimi (Koçyiğit ve Özacar, 2003), faylarla yükseltilmiş kuzeybatı–güneydoğu uzanımlı bir yüksek dağ sırasıdır. Bu yükselimin kuzeydoğusunda yer alan Akşehir – Afyon çöküntüsü ise 5-20 km genişliğinde ve 90 km uzunluğunda çizgisel bir çöküntü alanıdır. Akşehir ve Eber göllerinin de içinde bulunduğu bu çöküntü alanı, Kuvarterner yaşlı kalın çökellerle doldurulmuştur. Sultandağ yükselimini Akşehir – Afyon çöküntüsünden ayıran fay Şaroğlu vd. (1987) tarafından hazırlanan Türkiye diri fay haritasında “Sultandağ fayı” olarak adlandırılmıştır. Boray vd. (1985) ile Barka vd. (1995), Isparta Bükümü’nü kuzeydoğudan sınırlayan bu fayın bindirme bileşenli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Koçyiğit (1984), Afyon-Akşehir havzasını güney-güneybatıdan sınırlayan fayı Akşehir fayı olarak adlandırmış ve normal fay olarak göstermiştir. Koçyiğit vd. (2000) ise, Sultandağ fayının aktif olmayan bindirme fayı olduğunu, Akşehir fayının ise bu bindirmeyi de kesen oblik atımlı normal aktif fay olduğunu belirtmiştir. 15 Aralık 2000 tarihinde meydana gelen Akşehir depremi ve 3 Şubat 2002 Çay depremine ait fay düzlemi çözümleri de faylanmanın normal fay üzerinde geliştiğini göstermektedir (Taymaz ve Tan, 2002). Sultandağ bölgesinde 2000 ve 2002 yıllarında meydana gelen depremler farklı kurumlar ve araştırmacılar tarafından değişik amaçlarla araştırılmıştır (Demirtaş vd., 2002; Koçyiğit vd., 2002; Ulusay

vd., 2002 ve 2004; Tezcan vd., 2002; Özden vd., 2002; Nurlu ve Kuterdem, 2002; Yürür vd., 2003; Emre vd., 2003). 3 Şubat 2002 depreminde meydana gelen yüzey kırıklarının tarihçesinin araştırılması, Akşehir fayının aktivitesini ve bölgenin deprenselliğini anlamak açısından önemlidir. Bu çalışmada, Çay depreminden hemen sonra yapılan arazi gözlemleri ile birlikte ilk kez paleosismoloji ağırlıklı bir araştırmanın sonuçları verilmektedir.

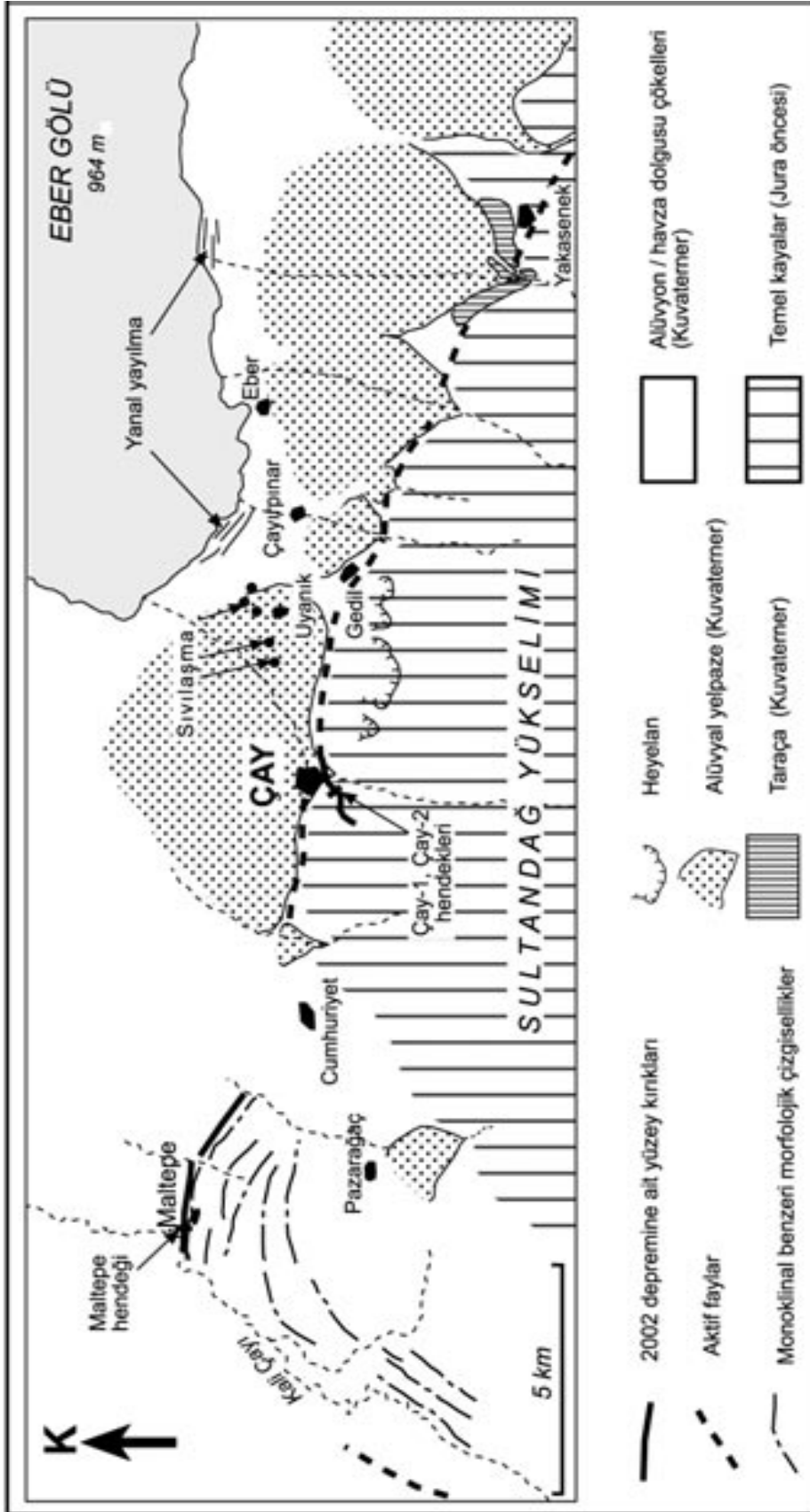
### SULTANDAĞ CİVARININ JEOMORFOLOJİSİ

Çay-Akşehir civarındaki morfolojik unsurlar oldukça belirgindir. Sultandağ bölgesi Atalay (1975a) tarafından morfolojik olarak incelenmiş ve bölgedeki morfolojik unsurların tektonik etkileri ile şekillendiği belirtilmiştir. Genel olarak bakıldığında, Akşehir ve Eber göllerinin yer aldığı bir çöküntü havzası ve bu havzayı GGB ve KKD’dan sınırlayan yükseltiler mevcuttur. Göllerin bulunduğu havza yaklaşık olarak 950-970 metre yüksekliğindedir. Eber gölünün kotu 964 metre, Akşehir gölünün kotu ise 955 metredir. Havza içinde gölsel taraçalar yaygın olarak görülür (Atalay, 1975b). Havzayı GGB’den sınırlayan Sultandağ yükselimi havzadan çizgisel bir sınırla ayrılır (Şekil 2 ve 3). Havzanın KKD sınırını oluşturan Emir Dağları yükselimi ise düzen-



Şekil 2. Akşehir fayının genel görünümü (Akşehir GD’su; Bakış GD’dan KB’ya).

Figure 2. General view of the Akşehir fault (SE of Akşehir; looking NW).



Şekil 3. Çay civarının morfotektonik unsurları, Çay depreminde oluşan yüzey deformasyonları ve açılan hendek yerleri.

Figure 3. Morphotectonic elements of the Çay area, surface deformations after earthquake, and locations of trenches.

siz cephe geometrisine sahiptir. Sultandağ yükselimi, havzanın kuzeyini sınırlayan yükseltilere oranla oldukça dik yamaçlara sahiptir. Çay ilçesinin hemen doğusunda ve havzanın kenarında yer alan Gedil (Pınarkaya) köyünün 7 km güneyinde yer alan Toprak Tepe 2519 m'lik bir yüksekliğe sahiptir. Çay-Akşehir arasında KB-GD gidişli bu ani yükselime bağlı olarak Sultandağ yükselimini kesen ve K-KD yönünde akan derelelerin taşıdığı malzemelerin oluşturduğu bir dizi alüvyal yelpaze gelişmiştir (Şekil 3). Bunlardan en belirgin olanı, Çay ilçesinin üzerine kurulmuş olduğu ve Çay deresinin oluşturduğu alüvyal yelpazedir.

Gedil köyünün güneyinde yüksek kotlarda geniş bir heyelan alanı, 2002 yılında meydana gelen deprem ile kısmen yeniden hareketlenmiştir. Çay ilçesinin batısında, Pazarağaç ve Maltepe köyleri arasında birbirini izleyen monoklinal yüzey morfolojisi mevcuttur (Şekil 3). Güneybatıya doğru dönen kavisli yapılar sedimanter veya tektonik kökenli olabilir. Ancak bölgedeki sedimentasyonun karakteri (örneğin bu yapıların bulunduğu bölgede büyük bir birikinti konisinin olmaması) ve son depremde oluşan yüzey kırığının bu yapının kuzey sınırına karşılık gelmesi, bu yapının genç tektonik ile ilgili olabileceğini göstermektedir.

### 3 ŞUBAT 2002 ÇAY DEPREMİ

3 Şubat 2002 tarihinde saat 09.11'de Çay ilçesi ve civarında meydana gelen  $M_w=6.2$  (USGS-NEIC, 2002) büyüklüğündeki deprem 50'ye yakın can kaybına ve önemli derecede yapısal hasara yol açmıştır. Ana şoktan yaklaşık iki saat sonra  $M_w=5.8$  (HARVARD, 2002) büyüklüğünde ikinci bir deprem (Ulusay vd., 2002, 2004; Özden vd., 2002; Demirtaş vd., 2002) meydana gelmiştir. Depremi izleyen günlerde ise 3 tanesi 5'ten büyük olmak üzere yüzlerce artçı şok kaydedilmiştir (KOERI, 2002).

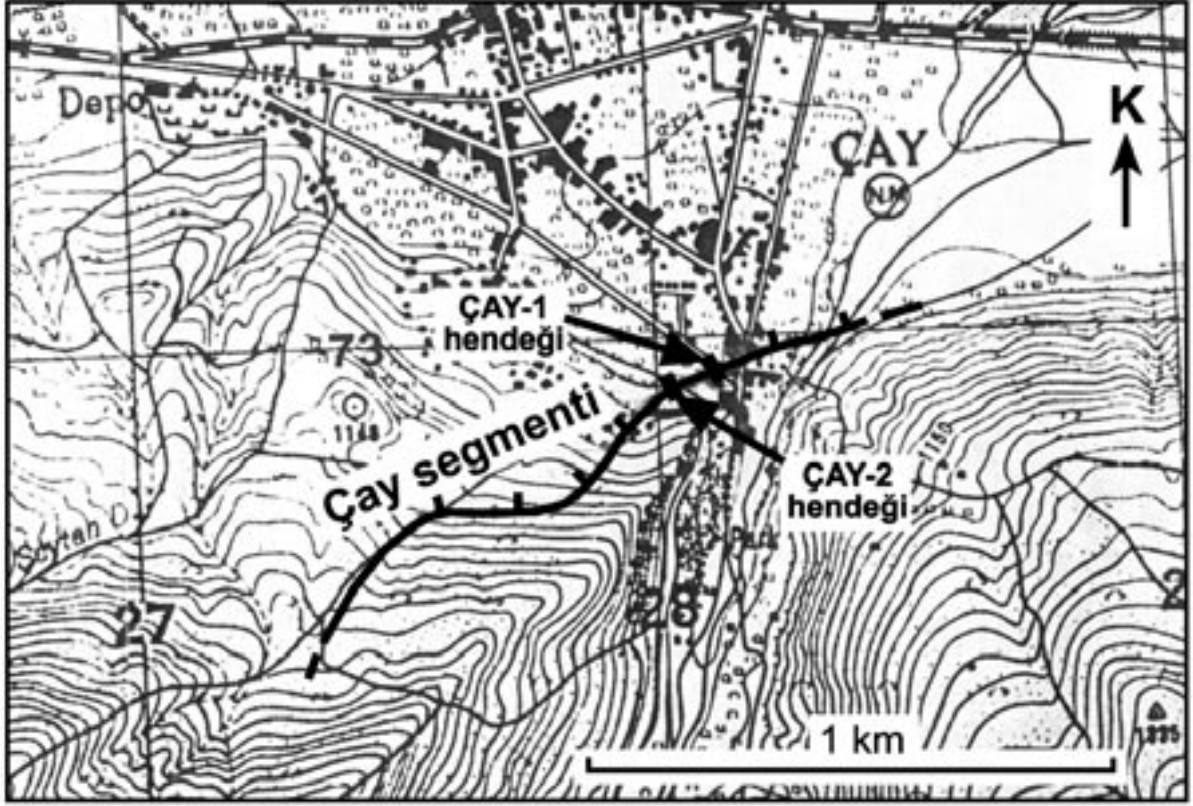
Çay depremi, ağırlıklı olarak Çay ilçesi ve köyleri olmak üzere, Sultandağ ve Bolvadin ilçeleri ile köylerinde önemli düzeyde hasara neden olmuştur. Hasarların en önemli nedeni yapı kalitesi ve zemin özellikleridir (Ulusay vd., 2002, 2004; Tezcan vd., 2002). Depremde Çay ilçesi-

nin içinden ve 12 km batısındaki Maltepe köyünden geçen iki farklı yüzey kırığı oluşmuştur (Şekil 3-5). Yüzey kırıklarının geometrisi birbirleriyle ilişkisizdir. Çay segmenti düz değil, az çok sinüzoidal geometriye sahip olup, yüzey kırığının uzunluğu 1.5 km'dir. Genel gidişi K60-70 D olsa da, güneybatı ucunda K20D'ya kadar dönmektedir (Şekil 3 ve 4). Çay ilçesi içinde kuzey blokta en fazla 30 cm'lik düşey ötelenme ölçülmüştür. Maltepe segmenti ise, ikişer kilometre uzunluğunda ve farklı geometriye sahip iki parçadan oluşur (Şekil 5). Maltepe köyünden geçen batıdaki parça yaklaşık D-B gidişlidir ve kuzey blokta 10-25 cm'lik düşmeler ölçülmüştür. Devamı niteliğinde olan doğudaki parça ise, K60B gidişlidir ancak üzerinde önemli miktarda ötelenmeler gözlenmemiş olup, daha ziyade küçük açılmalar söz konusudur.

Depremde meydana gelen yüzey deformasyonlarından biri de Gedil (Pınarkaya) köyünün 1.5 km G-GB'sında yer alan heyelanlı bölgenin bir kısmının yeniden hareketlenmesidir. Bölgede 20 cm'ye varan düşey yer değiştirmeler ve 30 cm'ye varan açılmalar meydana gelmiştir. Çay depremi ile oluşan yüzey kırığı ve deformasyonlar Ulusay vd. (2002, 2004), Demirtaş vd. (2002), Koçyiğit vd. (2002), Emre vd. (2003), Özden vd. (2002) tarafından da ayrıntılı olarak incelenmiş ve haritalanmıştır.

Bu yüzey kırıklarının dışında Çay ilçesinin doğusunda yer alan Uyanık köyü ve civarındaki düzlüklerde sıvılaşma yapıları izlenmiştir. Eber Gölü'nün güneyinde, gölün kıyısına yakın kesimlerde, Çayırpınar köyü kuzeyi ve Eber beldesi doğusunda ise yanal yayılma sonucu göl kenarına paralel bir dizi kılcal çatlak gelişmiştir (Şekil 3). Deprem sonrasında bölgede gelişen sıvılaşma ve yanal yayılma yapıları Ulusay vd. (2002, 2004) tarafından Çay ilçesinin kuzeybatısında da gözlenmiş ve ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Akşehir fayı boyunca Çay-Akşehir ilçeleri arasında fay morfolojisi ve geometrisi belirgin olarak görülsede, çoğunlukla yamaç molozu veya birikinti konileri ile örtülmüştür. 3 Şubat 2002 tarihinde meydana gelen depremle oluşan yüzey kırıkları hendek çalışmaları için olanak sağlamıştır. Maltepe köyü ve Çay ilçesi civarında meydana gelen yüzey kırıkları ayrıntılı olarak



Şekil 4. Çay ilçesi civarında meydana gelen yüzey kırığının haritası ve hendek yerleri.

Figure 4. Map of the surface rupture that occurred around Çay town, and location of trenches.

haritalanmıştır. Çay ilçesinde iki adet, ilçenin 12 km batısındaki Maltepe köyünde ise bir adet hendek açılmış ve önceki depremlerin belirlenmesi için veri toplanmıştır.

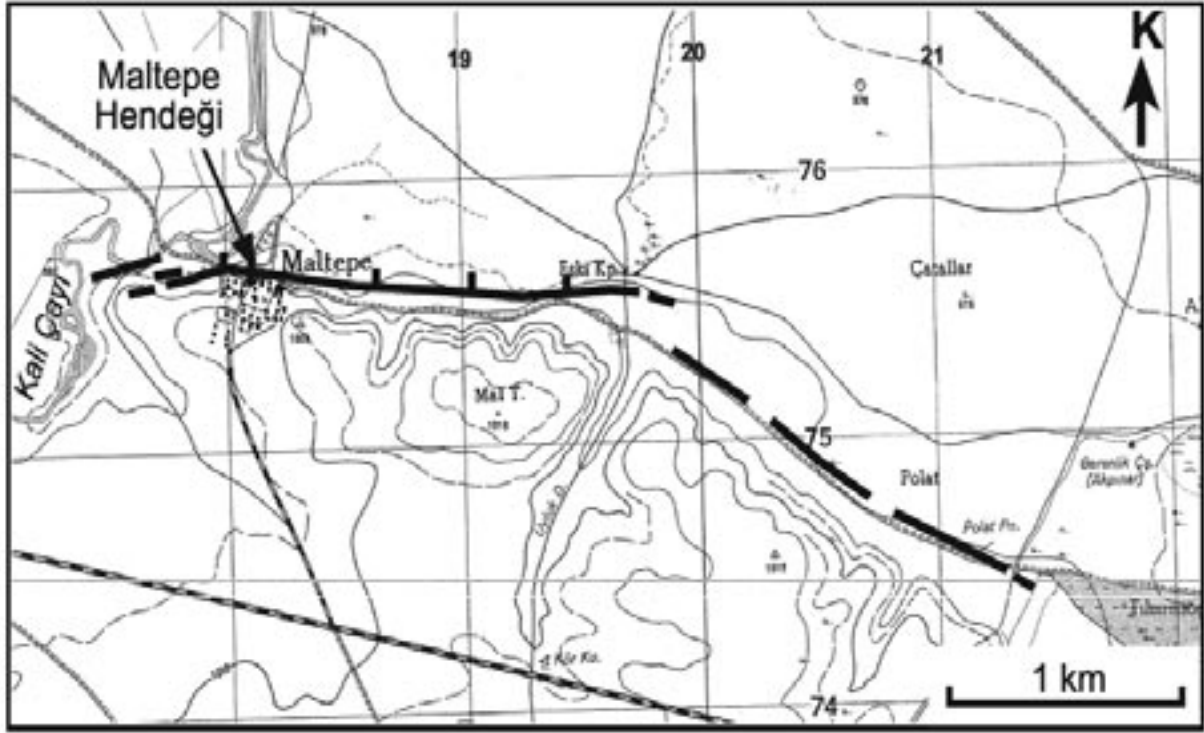
## PALEOSİMOLOJİ ÇALIŞMALARI

### Maltepe Segmenti Üzerinde Hendek Çalışmaları

Şubat 2002'de Maltepe köyünde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde bir adet hendek açılmıştır (Şekil 5). Bu hendek, 25 cm düşey ötelenmenin olduğu bir bölgede ve faya dik yönde açılmıştır. Hendeğin uzunluğu 7 m, derinliği ise 2.3 m'dir. Hendek duvarının ölçekli çizimi Şekil 6'da verilmiştir. Hendek içinde kil ve silt boyutunda ince taneli malzemeler görülür. Hendeğin en alt seviyesinde küçük tatlı su gastropod fosilleri içeren ve bataklık/göl ortamını yansıtan kil seviyesi

bulunmaktadır. Bunun üzerinde sarı kil ve kahverenkli kil seviyeleri ayırtdedir. Kahverenkli kil seviyesi, diğerlerine göre daha sıkışmıştır. Bu seviyenin üzerinde homojen ve 1 m kalınlıkta bol mikalı bir silt seviyesi görülür. Silt seviyesi üzerine ise, tedrici bir geçişle açık kahverenkli diğer bir kil seviyesi gelir. Renk ve boylanma farklılıkları ile ayrıtlanan seviyeler, 1 m genişliğinde bir kırık zonu ile kesilmiştir. Ana yerdeğiştirme en kuzeydeki kol üzerinde görülür. Tali kırıklar üzerinde 1-2 cm'lik düşme ve açılmalar görülür. Güncel yüzey kırığının derindeki devamında, yüzeyden 1.5 m aşağıda kahverenkli kil seviyesinin 50 cm düştüğü belirlenmiştir (Şekil 6 ve 7). Bu düşey ötelenme miktarı, incelenen yüzey kırığı üzerinde daha önce de benzer büyüklükte bir depremin meydana geldiğini göstermektedir.

Bir önceki depremin ne zaman meydana geldiğini anlamak için Maltepe hendeğinin doğu du-



Şekil 5. Maltepe köyü civarında meydana gelen yüzey kırığının haritası ve hendek yeri.

Figure 5. Map of the surface rupture that occurred around Maltepe village, and location of trenches.

varından alınan 4 adet kömür örneği yaş analizi için Polonya'daki Poznan Laboratuvarı'na gönderilmiş ve C14 analizleri yaptırılmıştır. Laboratuvarında elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Bu örneklerden MD-C5 ve MD-C6, 50 cm'lik düşey ötelenmenin belirgin olarak ölçüldüğü kahverengi kil seviyesinin hemen üstünü yaşlandırmaktadır. MD-C4 ve MD-C7 örnekleri ise, bir önceki depremin üst yaş sınırını belirlemek amacıyla gönderilmiştir. Ancak bu örnekler, daha üstte olmalarına karşın, daha eski yaşlar vermişlerdir. Bu nedenle, bu örneklerin yeniden işlenmiş/taşınmış örnekler olduğu anlaşılmış ve değerlendirme dışında tutulmuştur. Bu yaş verileri, MS 1150 yılından sonraki bir dönemde Maltepe segmentinin aynı yerde benzer büyüklükte bir deprem ürettiğini göstermektedir. Kahverengi kil seviyesinin üzerine gelen yaklaşık 1 m kalınlığındaki açık kahverengi silt seviyesinin oldukça homojen olması ve daha üst seviyelerden alınan örneklerin yeniden işlenmiş olması nedeniyle, bir önceki depreme ait bir üst yaş sınırı vermek mümkün olamamıştır.

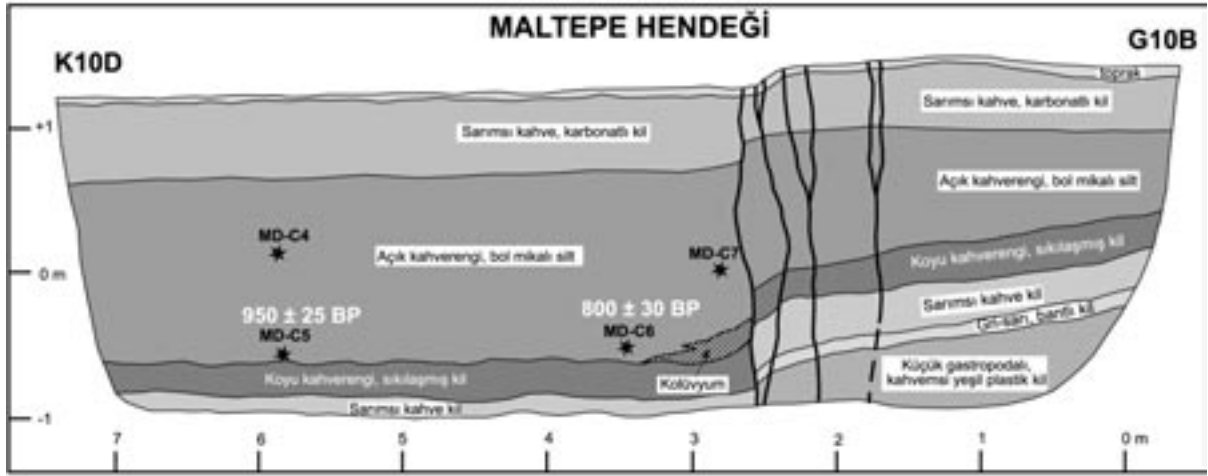
### Çay Segmenti Üzerinde Hendek Çalışmaları

Çay ilçesinde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde sedimantasyonun uygun olduğu yerlerde iki adet hendek açılmıştır (Şekil 4). Ötelenmenin en fazla olduğu kesimler yerleşim alanlarıdır. Yerleşim dışına çıkıldığında hem ötelenme miktarları düşer, hem de kırık yüksek kotlara doğru tırmandığından hendek açımına uygun sedimantasyon görülmez. Bu nedenlerle hendeklerin ikisi de yerleşim yerinin içinde ve birbi-

Çizelge 1. Maltepe ve Çay hendeklerinden alınan C14 yaşlarının listesi.

Table 1. The list of C14 dating collected from Maltepe and Çay trenches.

Örnek No.	Laboratuvar No.	C14 yaşı
Maltepe MD-C4	Poz-3298	2510 ± 40 BP
Maltepe MD-C5	Poz-3299	950 ± 25 BP
Maltepe MD-C6	Poz-3300	800 ± 30 BP
Maltepe MD-C7	Poz-3285	1330 ± 25 BP
Çay-1 C3	Poz-3286	1025 ± 25 BP
Çay-1 C7	Poz-3287	1190 ± 30 BP



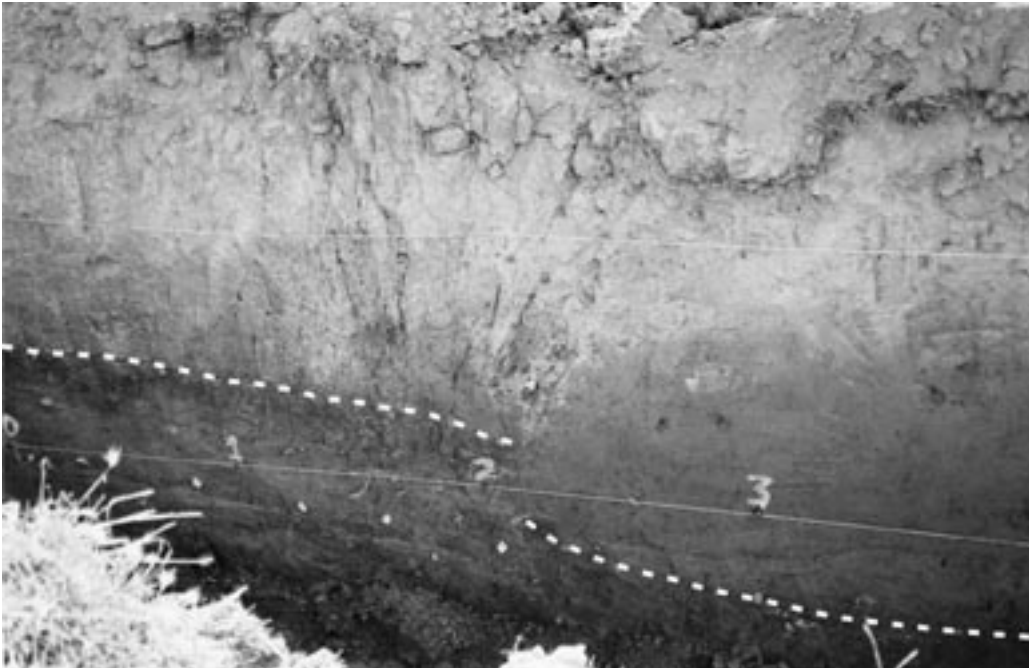
Şekil 6. Maltepe hendeki doğu duvarının logu.

Figure 6. Log of the eastern wall of the Maltepe trench.

rine yakın alanlarda açılmıştır. Bu hendeklerden birincisinin (Çay-1 hendeki; Şekil 8) güneybatı duvarında güncel yüzey kırığının 5 m güneyinde daha eski bir yüzey kırığı belirlenmiştir. Ancak bu yüzey kırığı ile oluşan açılmanın insan eliyle kısmen işlenmiş olması da mümkündür. Hendek içinde çakıllı kil, killi çakıl, kumlu çakıl, ince kum

gibi hem iri taneli hem de ince taneli malzemeler değişik seviyeler oluşturur.

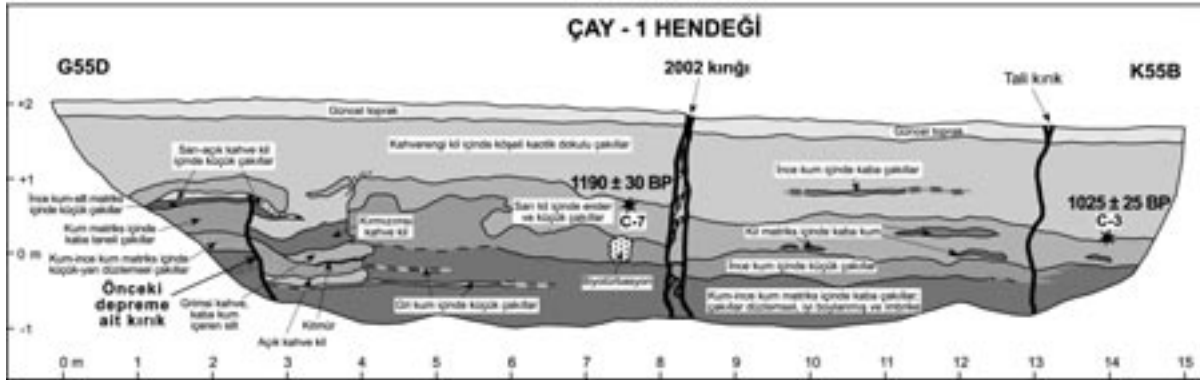
Çay-1 hendeki yüzey kırığına dik açılmıştır ve derinliği 3 m, uzunluğu ise 15 m'dir. Hendekte gözlenen seviyeler renk ve tane boyu farklılıklarıyla oldukça belirgindir. Hendeki en alt keski-



Şekil 7. Maltepe hendeki batı duvarının genel görüntüsü (Kesikli çizgi 50 cm düşey ötelenmenin ölçüldüğü kahverengi kilin üst seviyesini göstermektedir).

Figure 7. General view of the western wall of the Maltepe trench (The dashed line indicates the upper boundary of the brown clay level on which a 50 cm vertical offset was measured).





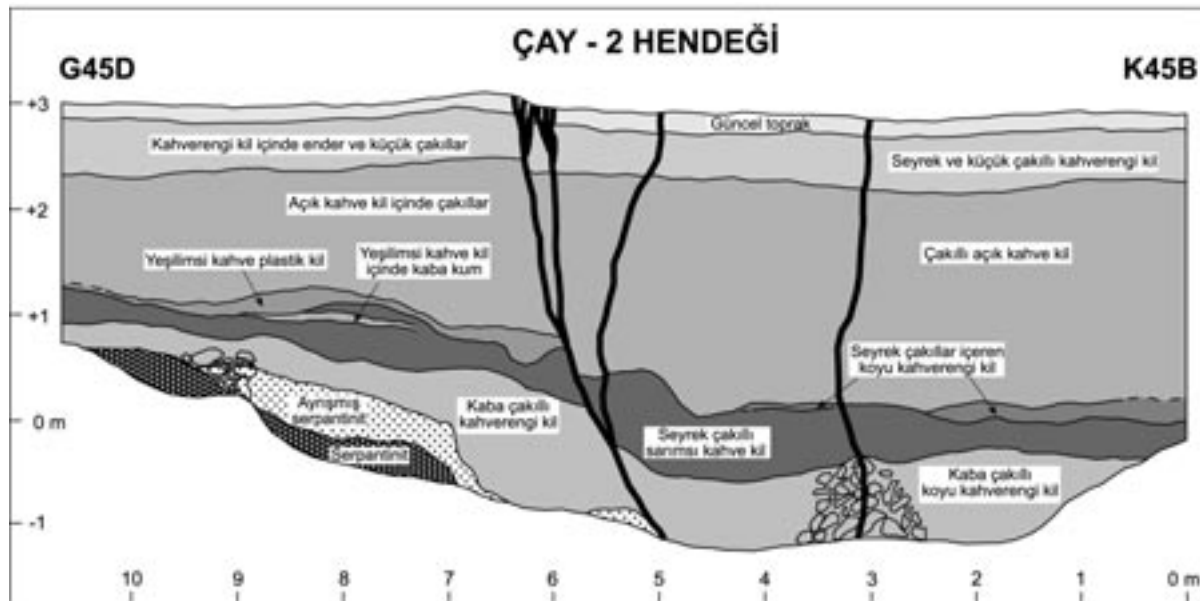
Şekil 8. Çay-1 hendeği güneybatı duvarının logu.

Figure 8. Log of the southwestern wall of the Çay-1 trench.

minde kum ve çakıl tane boyutunda malzemeler içeren seviyeler izlenir. Çakıllar düzlemseldir ve imbrikasyon gösterirler. Güncel yüzey kırığı hendeğin 8. metresinde iki kol halinde ve düşey bir konumdadır. Kuzey blokta 20-23 cm'lik bir düşme ölçülmüştür. Hendeğin 13. metresindeki görülen tali kırık üzerinde ise kuzey blokta 2-3 cm'lik düşme ve açılma görülür. Güncel yüzey kırığının 5 m GD'sunda çökel seviyeler, ani ve düşeye yakın bir sınırla kesilmiş ve olasılıkla daha sonra insan eliyle işlenmiştir. Bu süreksizlik, sarı bir kil seviyesiyle örtülür (bkz. Şekil 8). Sarı kil seviyesi üzerinde kaotik dokulu ve köşeli çak-

ıllar içeren kahverengi killer yer alır. Sarı kil süreksizliği örttüğü için bu seviyeden ve hemen bunun üstünden kömür örnekleri alınmıştır. Bu örneklerle ait yaşlar Çizelge 1'de verilmiştir. Bu yaş verileri, Çay segmentinin yaklaşık olarak MS 760 yılından daha önce de yüzey kırığı oluşturacak büyüklükte bir deprem ürettiğini göstermektedir.

Çay-2 hendeği, birinci hendeğin yaklaşık 100 m batısında açılmıştır (bkz. Şekil 4). Bu hendek içinde de, Çay-1 hendeğindeki benzer şekilde, iri ve ince taneli bir istifin oluşturduğu stratig-



Şekil 9. Çay-2 hendeği güneybatı duvarının logu.

Figure 9. Log of the southwestern wall of the Çay-2 trench.

rafi söz konusudur. Güncel yüzey kırığı, hendeğin 5. ve 6. metreleri arasında, hendek tabanına doğru birleşen üç kol halinde görülür. Bu kollar üzerinde toplam 18-20 cm'lik düşey yerdeğiştirme görülürken, hendeğin 3. metresinde görülen tali kırık üzerinde atım görülmez. Çay-2 hendeğinin güney ucunda temel kayaya (serpantinit) girilmektedir (Şekil 9). Serpantinit ile bunu örten güncel çökeller arasında düzenli bir sınır geometrisi olmasa da, güncel kırığın 2 m güneyin-

de temel ile genç çökeller arasında yaklaşık 75 cm'lik bir düşme mevcuttur. Ancak bu düşme, herhangi bir faylanmadan çok, olasılıkla eski topoğrafya ile ilgilidir. Temelin üzerinde yer alan ve hendek içinde en altta görülen birim, bol ve iri çakıllı kahverengi kilden oluşur. Bunun üzerinde 30-80 cm kalınlıkta, seyrek ve küçük çakıllar içeren sarı kil seviyesi yer alır. Bu kilin üzerinde kalın bir kahverengi kil seviyesi görülür. En üstte ise seyrek çakıllı ve daha koyu renkli bir kil sevi-



Şekil 10. Çay-2 hendeğindeki güncel fay yüzeyinde düşey kayma çizikleri.

Figure 10. Vertical slicken lines on the recent fault surface in the Çay-2 trench.

yesi yer alır. Hendekte saptanan güncel kırık yüzeyi üzerinde kayma çizikleri gözlenmiştir. Bu çizikler saf düşey atımı göstermekte olup, herhangi bir yatay atım bileşeni yoktur (Şekil 10). Bu hendekte, bir önceki depreme ait çok sağlıklı bir veri olmasa da, sarı renkli kilin taban düzeyinin güncel fay kırığı üzerinde düşey yönde 40-45 cm ötelenmesi ve bu seviyenin fayın kuzey bloğunda kalınlaşması bir önceki depreme ait bir veri olabilir.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3 Şubat 2002 tarihinde meydana gelen Çay depremi ile oluşan yüzey deformasyonları haritalanmış ve Çay ilçesi ve Maltepe köyünde meydana gelen yüzey kırıklarının geometrilerinin birbirlerinin devamı olmadıkları görülmüştür. Maltepe ve Çay segmentleri üzerinde depremden sonra kuzey blokta 30 cm'ye varan saf düşey yerdeğiştirmeler ölçülmüştür. Maltepe ve Çay segmentleri üzerinde yapılan hendek çalışmaları ile bu segmentlerin tarihçeleri araştırılmıştır. Maltepe segmenti üzerinde açılan hendekte bir önceki depreme ait izler belirlenmiş ve C14 yaşlandırması ile bu deprem MS 1150 sonrası olarak tarihlendirilmiştir. Bu depremde meydana gelen düşey yerdeğiştirmenin 2002 yılında meydana gelen depremdeki yerdeğiştirme ile aynı olması nedeniyle, büyüklüğünün de benzer olabileceği sonucuna varılmıştır. Çay ilçesi içinde açılan iki hendekte eski bir depreme ait izler görülmüş ve bu deprem de aynı yaşlandırma yöntemi ile MS 760 öncesi olarak tarihlendirilmiştir. Elde edilen yaş verileri sınırlı olsa da, Çay ve Maltepe segmentlerinin geçmişte, 2002 depreminde olduğu gibi aynı dönemde kırılmadıklarını göstermektedir. Bu veri, normal faylanmada meydana gelen tekrarlanma aralıklarının yanal atımlı sistemlerde olduğu gibi periyodik/yarı periyodik olmadığını göstermektedir. Akşehir fayı üzerinde gerek aletsel dönemde, gerekse tarihsel dönemde meydana gelen depremler çok büyük depremler değildir (en büyük  $M=6.2-6.3$ ). Ancak bölgedeki yapı kalitesi ve yerel zemin özelliklerine bağlı olarak bu büyüklükteki depremlerde önemli hasarlar meydana gelmektedir. Farklı araştırmacılar, Akşehir fayı üzerinde veya yakın civarında meydana gelmiş depremleri farklı fay parçaları üzerine yerleştirmişlerdir. Örneğin 1921 Doğanhisar ( $M_s=5.9$ ), 1946 Ilgın

( $M_s=5.7$ ), 2000 Akşehir ( $M_w=6.0$ ) depremleri, Demirtaş vd. (2002) ve Koçyiğit ve Özacar (2003) tarafından farklı segmentler üzerine yerleştirilmiştir. Bu depremlerin büyük olmaması, ayrıca yüzey kırığı oluşturmamış ve deprem dış merkezlerinin farklı kurumlar tarafından farklı yerlerde verilmiş olması geçmişte hangi fay parçalarının kırılmış olduğu konusunda belirsizlikler oluşturmaktadır. Bu nedenlerle, hangi fay parçalarının kırıldığı veya kırılmadığı kesin olarak söylenemese de, Akşehir fayı üzerindeki kırılmamış fay parçaları mevcut olup, 3 Şubat 2002 depremindekine benzer büyüklükte veya daha küçük depremler her zaman beklenmelidir.

### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK-YDABÇAG tarafından desteklenen 101Y019 no.lu araştırma projesinin bir kısmını içermektedir. Yazarlar, çalışmalarını sırasında kendilerine yardımcı olan Çay Belediyesi'ne, arazi ve büro çalışmalarında katkıda bulunan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nden Erhan Altunel ve Beyza Birinci'ye, İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Cengiz Zabcı ve Şafak Altunkaynak'a teşekkürlerini sunarlar.

### KAYNAKLAR

- Atalay, İ., 1975a. Tektonik hareketlerin Sultandağları'nın jeomorfolojisine olan etkileri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18(1), 21-26.
- Atalay, İ., 1975b. Akşehir, Eber ve Karamık gölleri havzalarının Kuvaterner depoları ve jeomorfolojisi. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı, MTA Yayını, 365-385.
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., and Şengör, A.M. C., 1995. The Isparta Angle, its importance in the neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. Proceeding of the International Earth Science, Colloquium on the Aegean Region, 1, 3-18.
- Boray, A., Şaroğlu, F. ve Emre, Ö., 1985. Isparta Bölümünün kuzey kesiminde Doğu-batı daralma için bazı veriler. Jeoloji Mühendisliği, 23, 9-20.
- Demirtaş, R., İravul, Y. ve Yaman, M., 2002. 03 Şubat 2002 Eber ve Çay depremleri. AİGM-DAD raporu, <http://sismo.deprem.gov.tr/deprem/depremler/eberson.pdf>.

- Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., and Kuşçu, İ., 2003. Surface faulting associated with the Sultandağ earthquake ( $M_w=6.5$ ) of 3 February 2003, southwestern Turkey. *Seismological Research Letters*, 74 (4), 382-392.
- HARVARD, 2002. <http://www.seismology.harvard.edu>.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27 (1), 1-15.
- Koçyiğit, A., and Özacar, A., 2003. Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 67-90.
- Koçyiğit, A., Ünay, E., and 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. *Geological Society of London Special Publication*, 173, 405-421.
- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Kaymakçı, N. ve Şaroğlu, F., 2002. 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) Depremi'nin Kaynağı ve Ağır Hasarın Nedenleri: Akşehir Fay Zonu, ODTÜ Tektonik Araştırma Birimi Raporu, <http://www.metu.edu.tr/~akoc/Afyon.pdf>.
- KOERI, 2002. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo>.
- Nurlu, M. ve Kuterdem, K., 2002. 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) Depremi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, Rapor No:4083.1 (yayımlanmamış).
- Özden, S., Kavak, K.Ş., Koçbulut, F., Över, S. ve Temiz, H., 2002. 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) Depremleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 45 (2), 49-56.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA Rapor No. 8174 (yayımlanmamış).
- Taymaz, T. ve Tan, O., 2002. Göller Bölgesi'nin depremselliği: Sultandağı Depremi. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 412, 54-55.
- Tezcan, S., İpek, M., Aydan, Ö., Akgüzel, U. ve Özbek, M., 2002. 3 Şubat 2002 Sultandağı, Afyon depremi inceleme raporu. *Türkiye Deprem Vakfı- Deprem Raporu, TDV/DR 011-75*.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Erken, A., Kumsar, H., Tuncay, E. ve Kaya, Z., 2002. 3 Şubat 2002 Çay-Eber depreminin saha incelemesi ve mühendislik açısından değerlendirilmesi. *Türkiye Deprem Vakfı – Deprem Raporu, TDV/DR 012-79*.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Erken, A., Tuncay, E., Kumsar, H., and Kaya, Z., 2004. An overview of geotechnical aspects of the Çay-Eber (Turkey) earthquake. *Engineering Geology*, 73, 51-70.
- USGS-NEIC, 2002. <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic>.
- Wessel, P., and Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data. *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 72, 445-446.
- Yürür, T., Köse, O., Demirbağ, H., Özkaymak, Ç., and Selçuk, L., 2003. Could the coseismic fractures of a lake ice reflect the earthquake mechanism? (Afyon Earthquakes of 02.03.2002, Central Anatolia, Turkey). *Geodynamica Acta*, 16, 83-87.