

KAF Zonu üzerinde İzmit-Sapanca Gölü segmentinin fay morfolojisi ve paleosismolojisi

Aynur DİKBAŞ*, H. Serdar AKYÜZ

İTÜ Avrasya YerBilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Doğu Marmara Bölgesi'nde Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Bolu'dan batıya doğru çatallanarak kollara ayrılır ve farklı ana morfotektonik üniteleri sınırlar. Bu üniteler; Kocaeli pennepleni, Çamdağ-Akçakoca yükselimi, Adapazarı-Karasu koridoru, Armutlu yarımadasında yer alan Samanlı Dağları ve doğusundaki Almacık dağından oluşan Armutlu-Almacık yükselimi ile KAF zonudur. İzmit-Sapanca Gölü arasında KAF bir oluk morfolojisini takip eder ve kuzeyde ve güneyde iki farklı özellikte morfolojik alanı birbirinden ayırır. Kocaeli pennepleni olarak anılan kuzey kesim oldukça yumuşak bir topografya sunar ve ortalama yüksekliği 250-300 m civarındadır. Güney kesimde ise, Samanlı Dağları, kuzeye göre oldukça yüksek bir topografya izlenir ve bu kesimdeki en yüksek nokta olan Kel Tepe 1602 m yüksekliğindedir. İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasında kalan bölgede, 1999 İzmit depremi yüzey kırığı yaklaşık doğu batı yönde izlenen bu oluk morfolojisini takip etmiştir. Yüzey kırığı boyunca izlenen uzamış sırt, ötelenmiş dere ve tepeler, fay gölcükleri ve çöküntü alanları faylanmanın bir süredir bu güzergâhı takip ettiğini göstermektedir. Güncel GPS gözlemlerinden elde edilen kayma hızı değerlerine göre bu yapılar, İzmit-Sapanca Gölü segmenti üzerinde en az 20.000 yıldır KAF tarafından takip edilmiş olmalıdır. Segmentin doğu kesiminde eski deprem belirleme amacıyla açılan hendekte izlenen stratigrafik ve yapısal ilişkilerin değerlendirilmesi sonucunda 1999 İzmit depremi öncesi üç eski deprem seviyesi gözlenmiştir. Gözlenen eski deprem seviyeleri, tarihsel depremlerden M.S.120, 15 Ağustos 554 ve 26 Ekim 989 depremleri ile denştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuzey Anadolu Fayı, 1999 İzmit depremi, paleosismoloji, fay morfolojisi, İzmit-Sapanca Gölü segmenti.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Aynur DİKBAŞ. aynur.dikbas@mam.gov.tr; Tel: (262) 677 28 75.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Katı Yer Bilimleri Anabilim Dalı, Yer Sistem Bilimi Programı'nda tamamlanmış olan "Kuzey Anadolu fay zonunun İzmit-Gölyaka (DÜZCE) arasındaki segmentlerinin paleosismolojisi ve morfolojik özellikleri" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 06.07.2009 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 10.09.2009 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.09.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Fault morphology and paleoseismology of the İzmit-Sapanca Lake segment on North Anatolian Fault

Extended abstract

The North Anatolian Fault (NAF) is one of the most destructive fault zones of the world and it lies throughout the northern Turkey with 1500 km length nearly in east-west trending arc shape. It is almost totally broken with large earthquakes during 20th century except two main seismic gaps: Yedisu seismic gap in the east and Marmara seismic gap in the west. The last destructive earthquakes occurred in the eastern Marmara region in 17 August and 12 November 1999 and 150 km and 50 km sections of the NAF were ruptured between Yalova and Düzce respectively.

North Anatolian Fault has a relatively narrow deformation zone between Erzincan and Bolu, but it bifurcates to the west of Bolu and separates different main tectonic and morphological units from each other in the eastern Marmara Region. These units are; İstanbul-Zonguldak Zone (or Kocaeli penepain in morphotectonic manner), Armutlu-Almacık Zone (Armutlu-Almacık High or Samanlı Mountains in morphotectonic manner) and Sakarya Continent (or Bursa-Bilecik relief in morphotectonic manner).

Between the Gulf of İzmit and the Sapanca Lake the NAF follows an elongated depression and constitutes the boundary between Kocaeli penepain and the Samanlı Mountains. The 17 August 1999 earthquake ruptured five segments on NAF between Yalova and Gölyaka (Düzce). These segments are named as Yalova, Karamürsel-Gölcük, İzmit-Sapanca Lake, Sapanca-Akyazı and Karadere from west to east. The surface rupture of 1999 İzmit earthquake between the Gulf of İzmit and the Sapanca Lake, the İzmit-Sapanca Lake segment, has mainly followed this elongated depression morphology. The morphologic features, observed along the surface rupture, indicate that the surface rupture of 1999 İzmit earthquake was also followed by past earthquakes. These features are elongated ridges, offset streams and hills, sag ponds and depression areas.

In the eastern part of the Gulf of İzmit, in the southwestern part of Kullar village, Yaylacık Hill is offset as 420 m by the fault. The measured offset of the river next to the Yaylacık Hill is 380 m in minimum and

450 m in maximum. To the east, Sarımeşe Hill, on the south of Sarımeşe village, is mapped as an elongated ridge. The right step-overs on the west and east of Tepetarla village are represented by depression swampy areas. To the eastwards, around Acısu village, the deflected streams and the sag ponds are the results of long-term activity of the NAF in the region. The comparison of the measured offset along the segment and the slip rates derived from recent GPS measurements reveals that the NAF has been active along the same traces at least since 20.000 years on İzmit-Sapanca Lake segment.

In order to determine the past earthquakes that ruptured the segment, a trench is excavated on the eastern part of the İzmit-Sapanca Lake segment, east side of Acısu village, where the surface rupture follows the northern slope of an east-west trending ridge. On the trench site, 1999 İzmit earthquake surface rupture trends N85°E direction as two branches and limits a depressed area which is located on the easternmost part of the site. The trench, with a length of 21 m and a maximum depth of 2,5 m, is excavated perpendicular to these two branches of the surface rupture.

The stratigraphy of the trench is dominated by clay layers which have different physical properties. According to the stratigraphical and structural relationships three past event horizons are mapped in the trench. The event horizons are dated with radiocarbon dating (C14) of two charcoal samples.

The youngest event horizon (ACSP-1) is before A.D.1300 and should represent an earthquake which happened around A.D.1000's. Merging the results of previous paleoseismic investigations on the segment and correlation with historical records, 26 October 989 earthquake is a good candidate for this event horizon. The older event (ACSP-2) is before A.D.1300 and after A.D.79-140 dates. According to the calculated sedimentation velocity for the trench site with only these two dates, this event horizon may reveal the 15 August 554 historical earthquake. The oldest event horizon (ACSP-3) observed in the trench is before A.D.79-140 according to radiocarbon dating. The A.D.120 historical earthquake, which caused a considerable damage on the region is a possible earthquake for this event horizon.

Keywords: North Anatolian Fault, 1999 İzmit earthquake, paleoseismology, fault morphology, İzmit-Sapanca Lake segment.

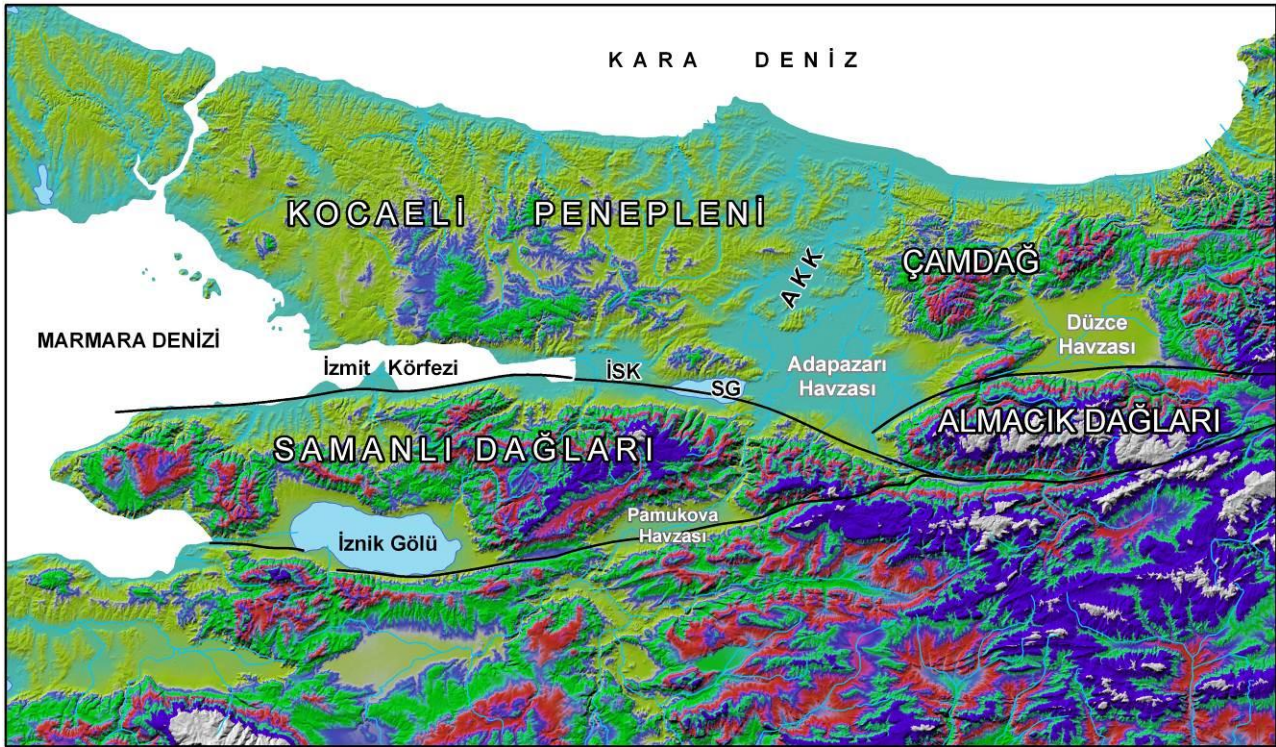
Giriş

Doğu Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Bolu'dan batıya doğru çatallanarak kollarına ayrılır ve farklı ana morfolojik üniteleri sınırlar. Bu üniteler; Kocaeli pennepleni, Çamdağ-Akçakoca yükselimi, Adapazarı-Karasu koridoru, Armutlu yarımadasında yer alan Samanlı Dağları ve doğusundaki Almacık dağından oluşan Armutlu-Almacık yükselimi ile KAF zonedir (Şekil 1).

KAF'ın kuzey kolunun kuzeyinde kalan eski bir aşım düzlüğü Kocaeli pennepleni ya da Trakya-Kocaeli pennepleni olarak anılır ve doğuda Sakarya nehri boyunca Adapazarı-Karasu Koridoru ile sınırlanır (Emre vd., 1998; Yiğitbaş vd., 2004). Erken-Orta Miyosen'de şekillenmiş ve neotektonik dönem öncesinde Marmara bölgesinde geniş alanlar kaplamış olan bu penneplen yüzeyinin ortalama yüksekliği 150-250 metredir ve yüzey kuzeye doğru eğimlidir (Emre vd., 1998). Adapazarı-Karasu koridoru boyunca Sakarya nehri doğusundan Zonguldak'a kadar olan

kesim, Yiğitbaş ve diğerleri (2004) tarafından Çamdağ-Akçakoca yükselimi olarak adlandırılmıştır. Yazarlar, aynı paleotektonik ünitelere sahip fakat aralarında 1000 m kot farkı bulunan bu iki farklı morfolojinin Adapazarı-Karasu koridoru boyunca, Üst Miyosen'de var olan bindirme bileşeni de olan bir doğrultu-atımlı fay ile sınırlandırıldığı görüşündedir.

KAF'ın kuzey kolunun güneyinde, batı kesimde Samanlı Dağları, doğu kesimde ise Almacık Dağları yer almaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından Samanlıdağ rölyefi, bazı araştırmacılar tarafından ise Armutlu-Almacık yükselimi olarak anılmaktadır. KAF'ın kuzey ve güney kolları arasında pozitif bir çiçek yapısı olarak yükselmiş olan Samanlı Dağları ve Almacık Dağı, kuzeyindeki Kocaeli pennepleni ve güneyindeki Bursa-Bilecik rölyefinden soyutlanarak ayrı bir morfolojik üniteye dönüşmüştür ve genelde Neojen öncesi temel kayalardan oluşmaktadır (Emre vd., 1998).



Şekil 1. Doğu Marmara bölgesinin morfolojik üniteleri (Emre vd., 1998 ve Yiğitbaş vd., 2004'ten değiştirilerek).

ISK: İzmit-Sapanca Koridoru; AKK: Adapazarı-Karasu Koridoru, SG: Sapanca Gölü

Samanlı Dağları ve Almacık Dağı'nın oluşturduğu bu yükselim, ortalama 700-1000 m arasında değişen yüksekliklere sahip bir plato özelliğindedir. Emre ve diğerleri (1998) bu yükselim üzerinde iki farklı drenaj sistemi ayırt etmiştir. Bunlardan biri plato düzlüklerinde gelişmiş kuzeye yönelimli geniş tabanlı vadi formlarıdır. Diğeri ise KAF zonuna yakın kesimlerde kısa boylu akarsular ve 'V' şekilli, sarp morfolojili vadilerle tanınan genç bir drenaj şebekesidir.

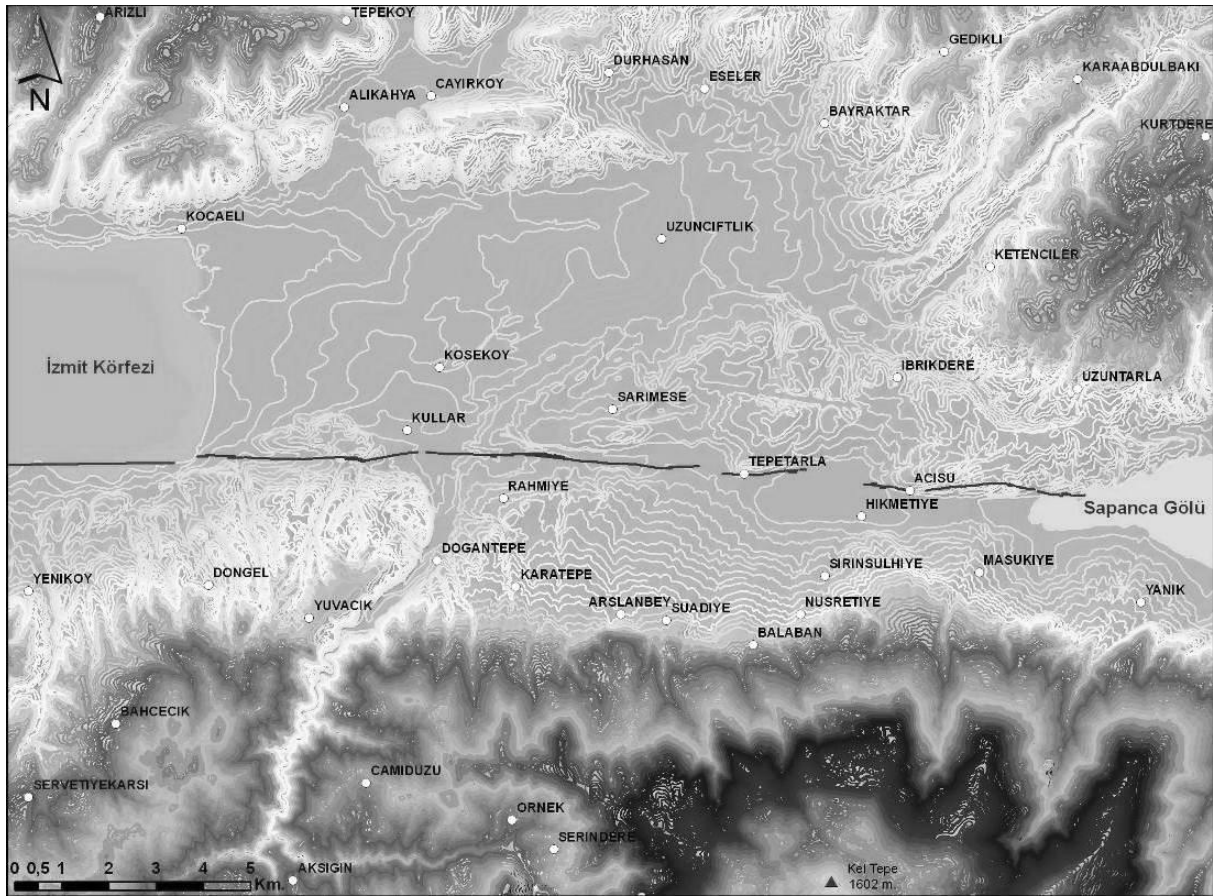
Yukarıda anlatılan morfotektonik üniteleri birbirinden ayıran KAF ayrı bir morfotektonik üniteyi temsil etmektedir. KAF'nın kuzey ve güney kolları üzerinde D-B uzanımında koridor şeklinde iki büyük morfolojik oluk yer almaktadır. Bunlar kuzeyde İzmit-Adapazarı koridoru, güneyde ise Gemlik-Geyve koridorudur (Bilgin, 1984; Emre vd., 1998). Güneydeki koridor üzerinde İznik Gölü ve Pamukova havzası yer alır. Kuzeydeki oluk üzerinde ise İzmit Körfezi ve

Sapanca Gölü çöküntü alanları olarak bulunur. Adapazarı ve Düzce havzaları ise KAF boyunca ve KAF'nın kuzeyinde Çamdağ-Akçakoca yükselimi üzerinde yer almaktadır.

İzmit Körfezi-Sapanca Gölü arasında fay morfolojisi ve ötelenmiş yapılar

İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasında 1999 İzmit depremi yüzey kırığı yaklaşık doğu-batı uzanır ve kuzeyde ve güneyde iki farklı özellikte morfolojik alanı birbirinden ayırır (Şekil 2). Kuzey kesim oldukça yumuşak bir topoğrafya sunar ve daha kuzeyde ortalama yüksekliği 250-300 m civarı olan topoğrafya izlenir. Güney kesimde ise kuzeye göre oldukça yüksek bir topoğrafya yer alır. Kuzeydeki en yüksek nokta 384 m iken güneyde Kel Tepe 1602 m yüksekliğindedir (Şekil 2).

Yüzey kırığı boyunca topoğrafyada uzun dönem ötelenmelerle oluşmuş fay morfolojisine ait ör-



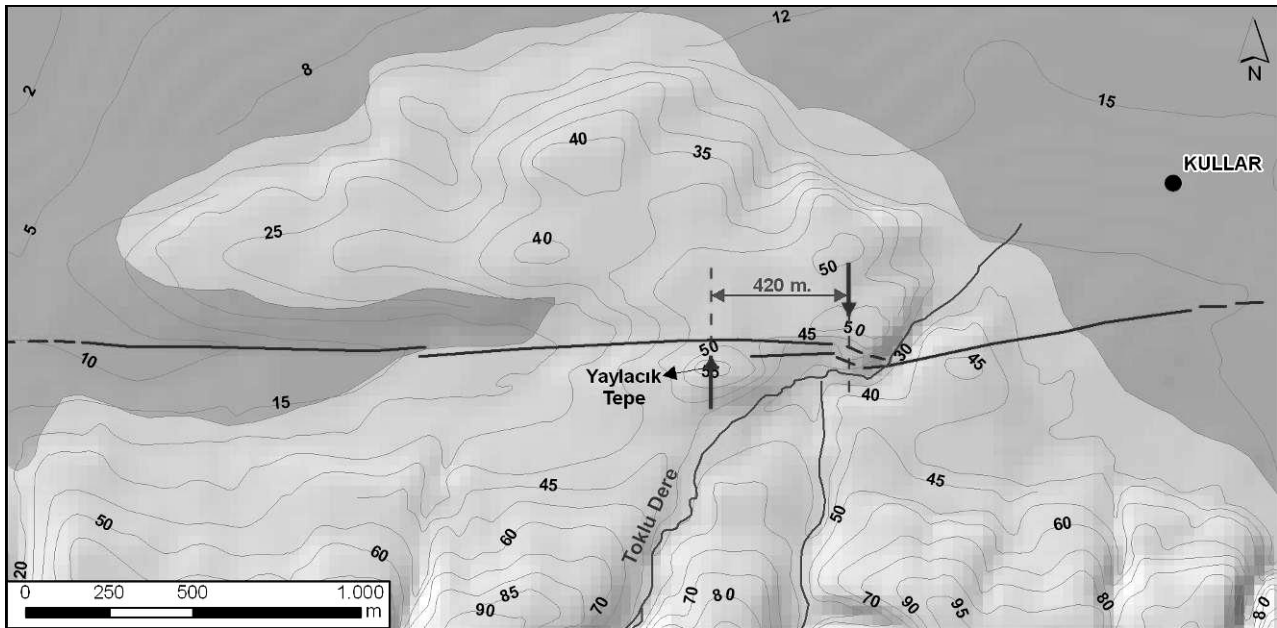
Şekil 2. İzmit Körfezi ve Sapanca Gölü arasında topografik görünüm (Düz siyah çizgiler 1999 İzmit depremi yüzey kırığını göstermektedir)

nekler yer almaktadır. Bu durum, faylanmanın belli bir süre bu güzergâhı takip ettiğini göstermektedir. Yüzey kırığı, İzmit Körfezi ve Sapanca Gölü arasında, gölün batısında yer alan Acısu köyü civarı haricinde bir oluk yapısını takip etmiştir (Şekil 2). İzmit Körfezi-Sapanca Gölü boyunca uzanan bu oluk yapısının tektonik kökeni ilk olarak Lahn (1948) tarafından tartışılmıştır. Bu oluk yapısının güneyinde, yüksek morfolojinin kuzey sınırını oluşturan, Yuvacık-Balaban köyleri arasında uzanan çizgisellik KAF'a bağlı oluşmuş morfolojik bir çizgisellik (Bilgin, 1967; Akartuna, 1968). Bilgin (1984) bu kesimden kuzeye doğru yer alan morfolojik kademelerden bahsetmektedir. Güneydeki bu morfolojik çizgisellik KAF tarafından önceki dönemlerde kullanılan güzergahı temsil eder. Bu durumda, KAF'ın bu bölgede güneyden kuzeye göç ettiğini söylemek mümkündür.

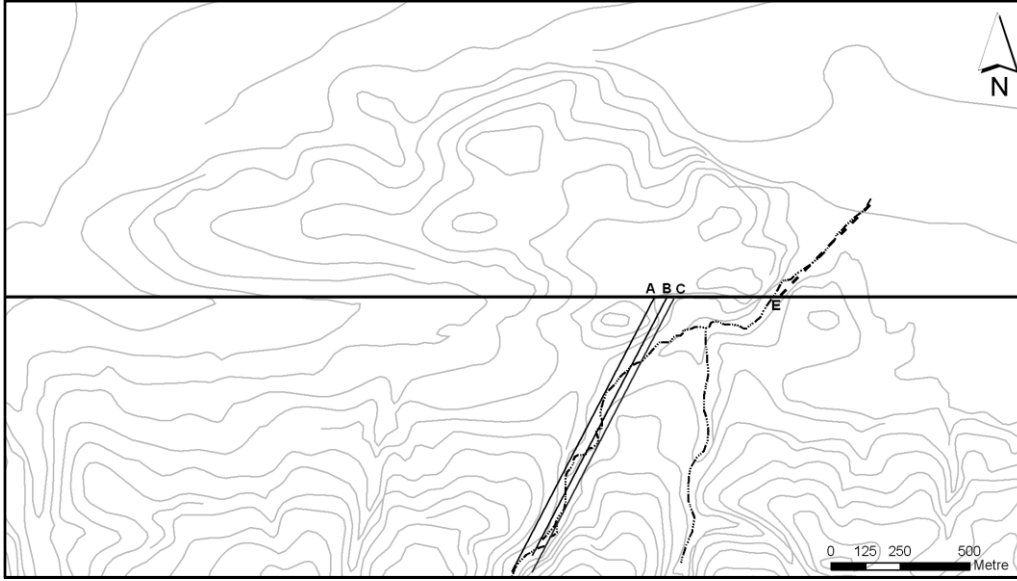
İzmit Körfezi doğusunda yüzey kırığı Pliyosen yaşlı Arslanbey formasyonunu (Akartuna, 1968) biçerek devam eder ve uzun dönem faylanma sonucu Pliyosen-Kuvaterner arası gelişen çökelilerin oluşturduğu morfolojide bir oluk yapısı gelişmiştir. Bu kesimde, Kullar köyünün yaklaşık 2.5 km güneybatısında, Yüceller mevki bu durumun en bariz izlenebildiği lokasyonlardan biridir.

Kullar köyü güneybatısında Yaylacık Tepe (68 m) ve Toklu Dere'de uzun dönemde gelişen sağ-yanal yerdeğiştirmeler meydana gelmiştir. Yaylacık Tepe yaklaşık 420 m sağ-yanal yerdeğiştirmiştir (Şekil 3). Bu kesimde, güneyden kuzeye akan Toklu Dere fay zonuna yaklaştığında doğuya doğru çarpılarak doğusunda bulunan bir diğer dere ile birleşip kuzeydoğu istikametine akmaktadır (Şekil 3 ve 4). Toklu Dere'de meydana gelen sağ-yanal ötelenme değerini ölçebilmek için Şekil 4'te gösterilen; güney kesimde A, B ve C noktaları; kuzey kesimde ise E noktası referans alınmıştır. Buna göre; A-E noktaları arasında 450 m, B-E noktaları arasında 410 m, C-E noktaları arasında ise 380 m toplam sağ-yanal yerdeğiştirme ölçülmüştür. GPS çalışmaları KAF üzerindeki kayma hızının yaklaşık 24 mm/yıl olduğunu göstermektedir (McClusky vd., 2000). Blok modelleme çalışmalarında İzmit-Adapazarı arası için öngörülen kayma hızı 28 mm/yıl'dır (Reilinger vd., 2006). Bu kayma hızları göz önünde bulundurulursa KAF'ın en az 20.000 yıldır bu güzergahı takip ettiği söylenebilir.

Kullar köyü doğusunda yüzey kırığı Sarımeşe ve Rahmiye köyleri arasında Mücadele kanalı boyunca devam ederek bir oluk morfolojisi içerisinde devam etmektedir. Yüzey kırığının ku



Şekil 3. Kullar köyü güneybatısında, Yaylacık Tepe'de meydana gelen sağ-yanal ötelenme



Şekil 4. Kullar köyü güneybatısında Yaylacık mevkiinde Toklu dere'de meydana gelen sağ-yanal ötelenme ve ölçümü için kullanılan referans noktaları

zeyinde ve Sarımeşe köyü güneyinde kalan yükseklik (Sarımeşe Tepe, 68 m.), Pliyosen çökellerinden oluşur (Herece ve Akay, 2003) ve KAF'ın uzun dönem hareketleri sonucunda uzamış bir sırt görünümü almıştır (Şekil 5).

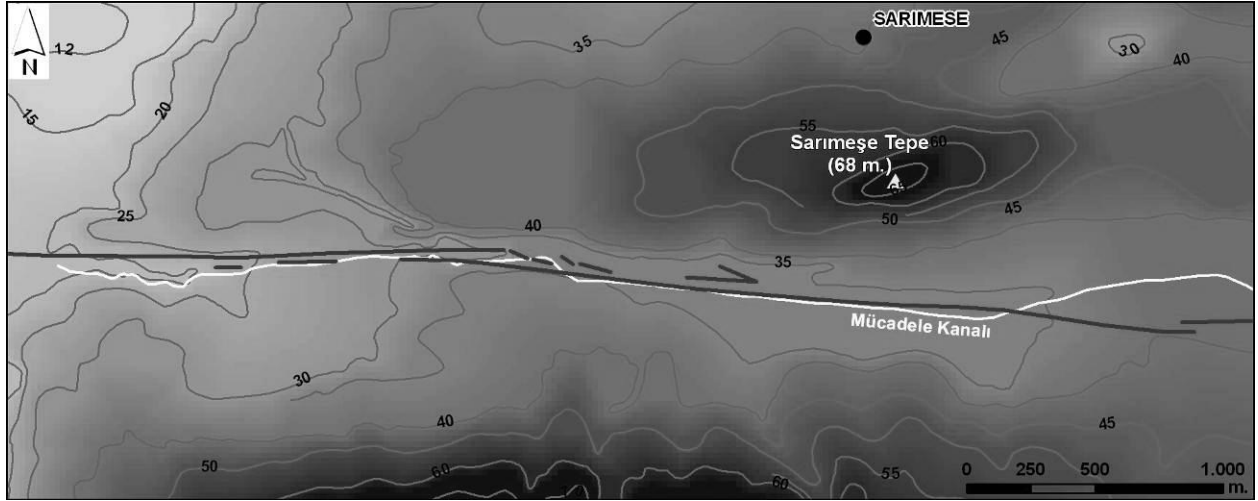
Sarımeşe köyü doğusunda yüzey kırığı sağa sıçramalar yaparak Tepetarla köyünden geçip Acısu köyüne doğru devam eder (Şekil 6). Tepetarla köyü güneyindeki morfolojik sarpılık, faylanmanın bir müddet bu kesimi kullandığını işaret eder. Fayın sağa sıçramalar yaptığı yerde oluşan çöküntü alanları ve bataklıklar faylanmanın bir süre bu güzergahı takip ettiğini göstermektedir. Birinci sağa sıçrama Tepetarla köyü batısındadır ve bataklık alanın kuzey-güney yönde kısa kenarı 400 m doğu-batı yönde yer alan uzun kenarı ise yaklaşık 830 m'dir. Bir sonraki sağa sıçrama Hikmetiye köyü kuzeyinde, Tepetarla ve Acısu köyleri arasındadır. Bu kesimde sağa sıçramaya bağlı oluşan çöküntü alan romboedrik bir şekil sunar ve romboedrik şeklin uzun kenar eksenini yaklaşık 2700 m kısa kenar eksenini ise yaklaşık 1200 m uzunluğundadır.

Acısu köyünün doğu ve batısında yer alan vadiler batıya doğru çarpılmış bir çizgisellik sunarlar ve güneyde yer alan bir morfolojik sarpılık ile sınırlanırlar. Acısu köyü güneyinden itibaren Sapanca Gölü'ne kadar izlenen morfolojik sarp-

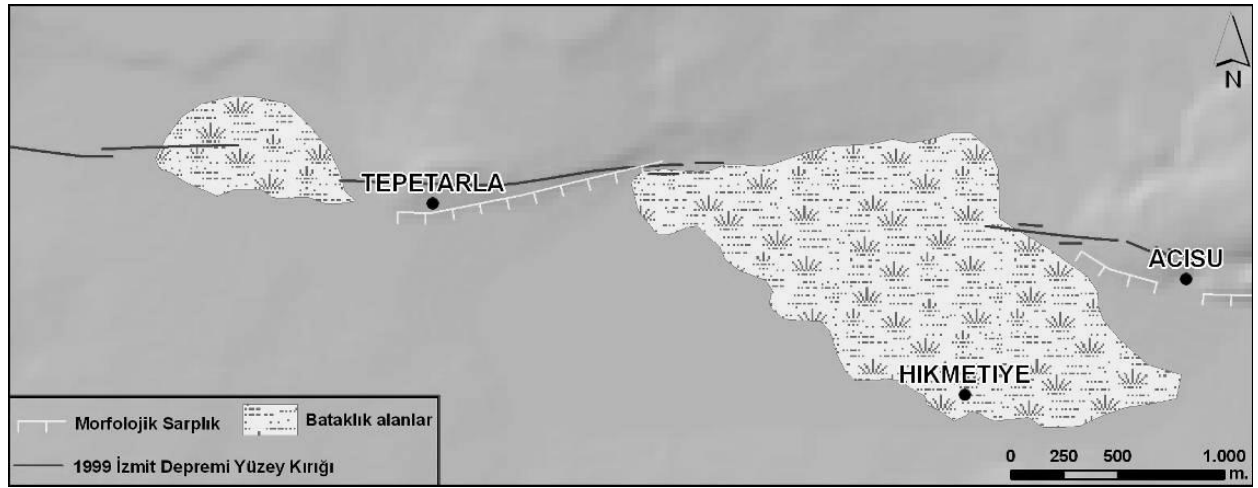
lık uzun dönem meydana gelen faylanmanın bir göstergesidir. Son depremin yüzey kırığı bu sarpılığı değil daha kuzeyde yer alan yüksek alanları izlemiştir (Şekil 7).

Bu kesimde yüzey kırığı takip edildiğinde üç ayrı çöküntü alanı dikkati çekmektedir. Bunlardan en batıda olan, Acısu köyünün hemen doğusunda yer alan D-B uzanımlı bir fay çöküntüsüdür. Çöküntünün doğu-batı yönde uzunluğu yaklaşık 85 m kuzey-güney yönde genişliği ise yaklaşık 20 m'dir (Şekil 8). Yüzey kırığı daha doğuya takip edildiğinde, Acısu köyünün 2 km doğusunda, yaklaşık 70 m uzunlukta 20 m genişliğinde D-B uzanan bir diğer fay çöküntüsü yer almaktadır. Bu çöküntünün 100 m doğusunda, yüzey kırığının kademeli sıçramalarına uyumlu olarak KB-GD uzanan, elips şeklinde bir çöküntü alanı yer alır. Bu çöküntünün uzun kenarı yaklaşık 130 m, kısa kenarı ise yaklaşık 65 m'dir.

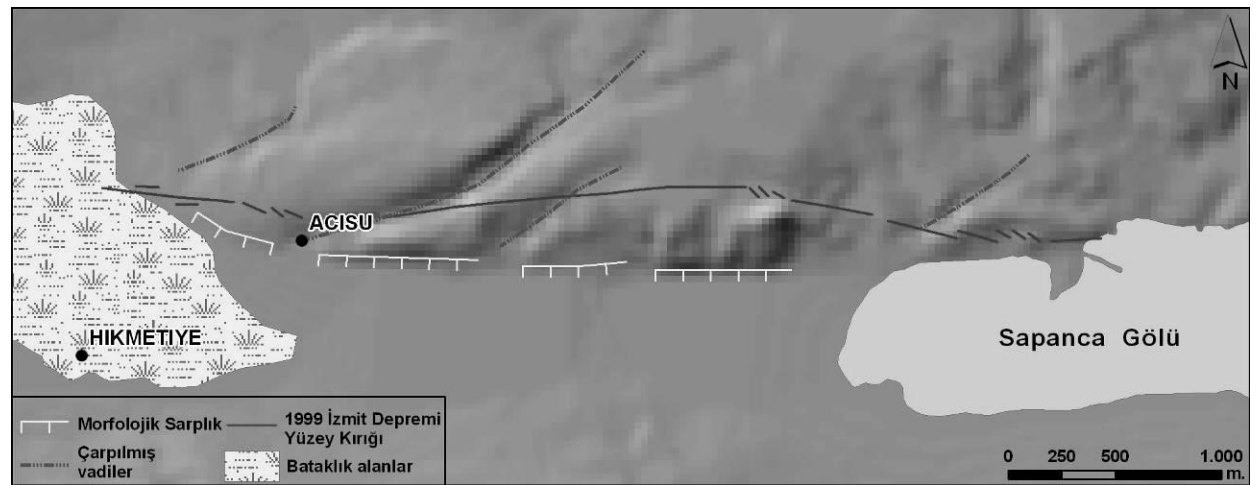
İzmit Körfezi ve Sapanca Gölü arasında kalan alanda 1999 İzmit depremi yüzey kırığı boyunca gelişmiş olan morfolojik yapılar ve toplam ötelenmeler yüzey kırığının bir süreden beri bu güzergahı izlediğini işaret etmektedir. Fayın önceki muhtemel güzergahı ise kuzey kesimdeki yüksek topoğrafik kesimi güneydeki yumuşak topografyadan ayıran, Acısu köyü ve Sapanca



Şekil 5. Sarımeşe köyü güneyinde 1999 İzmit depremi yüzey kırığı tarafından takip edilen oluk yapısı ve Sarımeşe Tepe (68 m)



Şekil 6. Tepetarla doğusu ve batısında yer alan bataklık alanlar ve izlenen morfolojik sarplıklar



Şekil 7. Sapanca Gölü batısında çarpılmış vadiler ve morfolojik sarplıklarının konumu



Şekil 8. Acısu köyü doğusunda yer alan fay çöküntüsü (Fotoğrafın bakış yönü DGD'ya'dır)

Gölü arasındaki çizgisellik boyunca olmalıdır. Bu gözlemlere dayanarak KAF'ın kuzeye doğru göç ettiğini söylemek mümkündür.

İzmit-Sapanca Gölü segmenti üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmaları

Sapanca Gölü'nün kuzeybatısında yer alan Acısu köyü doğusunda 1999 İzmit depremi yüzey kırığı, D-B uzanımlı bir sırtın kuzey yamacında, bir kaç on metre boyunca iki kol halinde, K85°D uzanımlı devam edip bir çöküntü alanının kenarını takip eder (Şekil 9). Seçilen lokalitenin 120 metre batısında 1999 depremi ile oluşan yol ötelenmesi Barka vd. (2002) tarafından 2.4 m, hemen doğusunda ötelenen bir tarla kenarında ise 2.2 m olarak ölçülmüştür. Buradaki yol ötelenmesi Emre ve diğerleri (2003) tarafından ise 2.75 m olarak ölçülmüştür.

Çöküntü alanının hemen batısında her iki kolu da kesecek şekilde bir hendek açılmış ve hidrolik payanda desteği ile tek duvar loglanarak çalışma tamamlanmıştır (Şekil 10 ve 11, Tablo 1). Bu hendek ACSP harfleri ile kodlanmıştır.

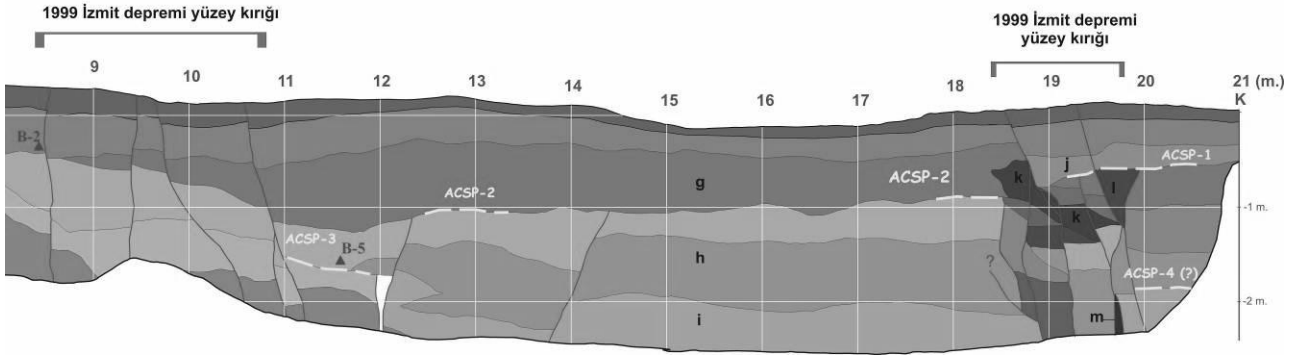
Eski deprem tespitleri

Lokalitede 1999 depremi öncesi en az 3 farklı deprem belirlenmiştir (Şekil 10 ve 11).

Bir önceki deprem (ACSP-1)

Hendek duvarının 20. metresinde haritalanan "1" birimi, koyu kahverengi kil matriks içerisinde düzensiz kum boyutlu taneler içerir ve düşey yönde kamalanmıştır. Her iki yönde kenarları faylanmış olan bu birim, deprem sonrası kırıklık içerisinde oluşmuş dolgu çökelleri (*infill*) olarak yorumlanmıştır (Şekil 11). Bu seviyeyi yaşlandırabilecek bir örnek bulunamamıştır, ancak duvarın 8. ve 9. metreleri arasında, daha üstte bulunan "b" biriminin alt kesimlerinden alınan kömür parçasının (ACSP/B-2) Karbon-14 (C-14) yaş tayini 1284-1301 yılları arasında bir tarih vermektedir (Şekil 12). Belirlenen bu deprem bulgusu, 1300 yılları öncesi bir tarihte bölgede faylanmaya sebep olmuş bir depreme ait olmalıdır.

Tarihsel dökümanlarda yer alan deprem kayıtlarında, bölgede 1000 tarihi civarında kümelenmiş olan birçok güçlü ve hasar yapıcı deprem yer



Şekil 11. ACSP hendeği batı duvarının kuzey kesiminin logu

Tablo 1. Şekil 2’de gösterilen ACSP hendeğine ait haritanın litoloji açıklamaları

Unite	Litoloji
a	güncel toprak
b	koyu kahverengi kil-seyrek çakıllı
c	gri kil
d	kahverengi kil
e	pembe kil
f	yeşil kil- seyrek orta çakıllı, kalış yumrulu
g	koyu yeşil -gri kil
h	koyu gri- yeşil kil
i	sarımsı kahverengi kil
j	açık kahverengi kil
k	koyu kahverengi kil-seyrek çakıllı
l	koyu kahverengi kil matriks içerisinde düzensiz taneler
m	koyu gri, kaotik çakıllar içeren, makaslanmış kil

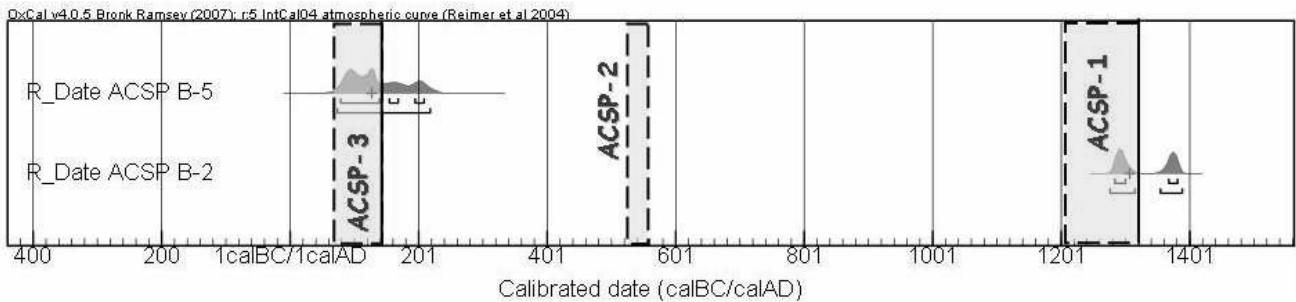
lığından sonra 1284-1301 tarih aralığından önce bölgede faylanma meydana getirmiş bir depreme ait olmalıdır.

B-2 numunesi B-5 numunesi arasındaki düşey mesafe 120 cm, B-2 numunesi ile hendek yüzeyi arasındaki düşey mesafe 70 cm’dir (Şekil 10 ve 11). Örneklerin C-14 sonucu ortalama değeri sırasıyla 1301 ± 23 ve 128 ± 25 olarak hesaplanmıştır. Her iki mesafe için hesaplanan sedimentasyon hızı yaklaşık 0.1 cm/yıl ’dır. Ortalama çökme hızının 0.1 cm kabul edilmesi halinde, bu depremin 528 ± 25 ya da 507 ± 23 yılları civarında gerçekleşmiş bir deprem olması muhtemeldir.

Tarihsel dökümanlarda, 554 yılında İzmit’de ciddi hasara neden olan bir deprem yer almaktadır. İkinci senaryo ile ACSP-2 için belirlenen tarih 554 yılında meydana gelen deprem ile uyumlu görünse de tarih hesaplamasındaki hata payından ötürü güvenilirliği düşüktür.

Üç önceki deprem (ACSP-3)

Bu depremin varlığına ait gözlemler hendek duvarının 11-12 metreleri arasında yer almaktadır. Duvarın güney kesimleri boyunca sürekli olarak izlenebilen “e” ve “f” birimleri bir süreksizlikle



Şekil 12. ACSP hendeğinde belirlenen eski deprem seviyelerinin bulunabilecekleri tarih aralıkları

Tablo 2. ACSP hendeğinde belirlenen deprem seviyelerine ait tarih aralıkları ve tarihsel depremler ile deneştirilmesi

Deprem seviyesi	Deprem tarih aralığı	Deprem deneştirme
ACSP-1	1300 ± 23 öncesi	1000 civarı (?)
ACSP-2	I 128 ± 25'den sonra 1300 ± 23'den önce	15 Ağustos 554 (?)
	II 528 ± 25 507 ± 23	
ACSP-3	79-140 yakın öncesi	M.S. 120
ACSP-4	79-140 öncesi	(?)

ani olarak kesilip; kuzey kesimde sürekli izlenebilen “h” ve “i” birimleri ile yanyana gelmektedir (Şekil 10 ve 11). Her ne kadar bu depremin verisi sadece bu aralıkta gözlenmişse de; bu faylanma ile kuzey ve güney kesimde birbirinden çok farklı olan birimlerin, izlenen süreksizlik ile yanyana gelmiş olması deprem seviyesinin güvenilirliği arttırmaktadır. Bu faylanmayı örten “c” biriminin alt kesimlerinden yaşlandırılan bir kömür örneğinin (ACSP B-5) sağladığı yaş aralığına göre bu deprem, 128 ±25 yılı öncesinde meydana gelmiş bir deprem nedeniyle oluşmuştur.

Tarihsel dökümanlarda yer alan 120 (veya 122 ya da 128) yılında meydana geldiği belirtilen deprem çok yüksek olasılıkla bu deformasyonu oluşturan depremdir.

Dört önceki deprem (ACSP-4)

Hendek duvarının 20. metresinde, “h” biriminin altında yer alan; ince ve düşey konumlu bir kil ünitesi haritalanmıştır (Şekil 11). Bu kil içerisinde gözlenmiş olan makaslanma izleri ve kaotik konumlu çakıllar, bu ünitenin, “h” biriminin çökeliminden önce gerçekleştirmiş bir depremin sebep olduğu deformasyon ile oluşabileceği şeklinde yorumlanmıştır. ACSP-4 deprem seviyesi, hendek tabanında dar bir alanda izlenmiş, özellikle alt kesimdeki devamı ve alttaki seviyelerle ilişkisi gözlenmemiştir. Bu aralıkta yapılan gözlemler ile bu seviyenin kendi başına ayrı bir depremi temsil ettiğini söylemek güçtür. Bu

deprem “i” biriminin çökeliminden sonra herhangi bir deprem (yüksek ihtimal ACSP-3) ile birlikte oluşmuş olabileceği gibi, ayrı bir depremi de yansıtabilir. Bu deprem seviyesinin tarihlendirme güvenilirliği çok düşük olduğundan sonuçlara eklenmemiştir.

Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İzmit Körfezi ve Sapanca Gölü arasında 1999 İzmit depremi yüzey kırığı boyunca uzun dönem faylanma ile gelişebilecek yapılar araştırılmıştır. Yüzey kırığı boyunca izlenen uzamış sırt, ötelenmiş dere ve tepeler, fay gölcükleri ve çöküntü alanlarına göre yüzey faylanmasının bir süredir bu güzergâhı takip ettiği anlaşılmıştır.
- Belli kabuller dâhilinde, bu yapıların KAF tarafından etkilenme sürelerinin en az değerleri hesaplanmıştır. Bu kabuller, güncel GPS çalışmalarında belirlenen kayma hızları, önceki çalışmalarda morfolojik yüzeylerden elde edilen kayma hızı değeridir. Buna göre, KAF İzmit-Sapanca Gölü segmenti üzerinde en az 20 bin yıldır aynı güzergâhı takip etmiştir.
- Segment üzerinde yapılmış olan diğer paleosismolojik çalışmalar (Klinger vd., 2003; Pavlides vd., 2006) ile bu çalışma sonuçlarının beraber değerlendirilmesi sonucunda; 120, 554, 989, 1509 ve 1719 depremlerinin bu segment üzerinde yüzey faylanması geliştirdiği belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Akurtuna, M., (1968). Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, **20**, 105.
- Barka, A., Akyüz, H.S., Sunal, G., Çakır, Z., Dikbaş, A., Yerli, B., Altunel, E., Armijo, R., Meyer, B., Chabaliier, 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. ve Page, W., (2002). The surface rupture and slip distribution of the August 17, 1999 Izmit earthquake, M=7.4, North Anatolian Fault, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92**, 1, 43-60.
- Bilgin, T., (1967). Samanlı Dağları, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları*, **50**, 196.
- Bilgin, T., (1984). Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğu'nun alüvyal morfolojisi ve kuaternerdeki jeomorfolojik tekamülü, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları*, **2572**, 199.
- Bronk Ramsey, C., (2007). Deposition models for chronological records, *Quaternary Science Reviews*, **27**, 1-2, 42-60.
- Emre, Ö., Awata, Y. ve Duman, T.Y., eds, (2003). 17 Ağustos 1999 İzmit depremi yüzey kırığı, *MTA Özel Yayın Serisi*, **1**, 280.
- Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E., (1998). Doğu Marmara Bölgesi'nin neojen-kuaternerdeki evrimi, *MTA Dergisi*, **120**, 289-314.
- Herece, A. ve Akay, E., (2003). Kuzey Anadolu Fay (KAF) atlası/Atlas of North Anatolian Fault (NAF), *MTA Özel Yayın Serisi*, **1**, 61.
- Klinger, Y., Sieh, K., Altunel, E., Akoglu, A., Barka, A., Dawson, T., Gonzalez, T., Meltzner, A. ve Rockwell, T., (2003). Paleoseismic evidence of characteristic slip on the western segment of the North Anatolian fault, Turkey, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **93**, 6, 2317-2332.
- Lahn, E., (1948). Türkiye gölleri jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında bir etüt, *M.T.A. Yayınları*, **12**, B, 56-62.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Kurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G., (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research*, **105**, B3, 5695-5719.
- Pavlidis, S.B., Chatzipetros, A., Tutkun, Z. S., Özaksoy, V. ve Doğan, B., (2006). Evidence for late Holocene activity along the seismogenic fault of the 1999 Izmit earthquake, NW Turkey, *Geological Society London, Special Publications*, **260**, 635-647.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia, Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Journal Geophysical Research*, **111**, doi:10.1029/2005JB004051.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuvier, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. ve Weyhenmeyer, C.E., (2004). IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, *Radiocarbon*, **46**, 3, 1029-1058.
- Yiğitbaş, E., Elmas, A., Sefunç, A. ve Özer, N., (2004). Major neotectonic features of the North Anatolian Fault Zone: The development of the Adapazarı – Karasu corridor and its significance, *Geological Journal*, **39**, 179-198.