

129653

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ AVRASYA YER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İZMİT-SAPANCA ARASININ GENÇ TEKTONİK  
VE  
PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Murat Ersen AKSOY**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : Mayıs 2002**

**Tezin Savunulduğu Tarih : Mayıs 2002**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Aykut BARKA**

**Doç. Dr. Serdar AKYÜZ**

**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Okan TÜYSÜZ**

**Doç. Dr. Semih ERGİNTAV**

128653

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**AVRASYA YER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mayıs 2002**

## ÖNSÖZ

Çığ, sel, deprem gibi doğal olayları, bir tehlikeye dönüştüren insanın kendisidir. Doğayı ve onu oluşturan sistemleri göz ardı etmek büyük bir kumara girmek demektir. Aslında bu tür “doğal” olayların insan tarafından afet olarak tanımlanması, ödenen bedelin ifadesidir. Türkiye özellikle depremler nedeniyle hep ağır bedeller ödemek zorunda kalmıştır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi, doğanın kendi üstünlüğünü bize yeniden hatırlatışı olarak düşünölmelidir.

Bu tezin konusunu oluşturan çalışma Kocaeli depreminin meydana geldiği bölgede gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Jeodinamik Programı kapsamında, Prof. Dr. Aykut Barka ve Doç. Dr. Serdar Akyüz'ün danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada bölgenin deprem tarihine ışık tutmak ve bölgenin depremlere bağlı jeolojik gelişiminin belirlenmesi, amaçlanmıştır.

Bana bu tezi değerli hocam Prof. Dr. Aykut Barka önermiştir. Kendisi, çalışmamı başarılı bir biçimde yürütebilmem için çok iyi imkanlar sunmuştur. Çalışmamı uluslararası bir proje kapsamında gerçekleşmesi sayesinde çok değerli bilim adamları ile tanışma fırsatı buldum. San Diego Eyalet Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Thomas K. Rockwell'in bana paleosismoloji konusunda çok değerli öğretileri oldu. Kendisinin ve Strasburg Üniversitesi'nden Prof. Dr. Mustapha Megrahoui desteğiyle yapılan fay kazılarında çok şey öğrendim. Kazılarda birçok arkadaşım bana yağmur çamur demeden yardımcı oldular. Gülsen Uçarkuş'a, Dilek Şatır'a, Burcak Akbalık'a, Mathwey Ferry'e, Rob Langridge'e, ve Daniel Ragona'a, çok teşekkür borçluyum. Fay kazılarından sonra, arazi çalışmalarında da arkadaşlarım, desteklerini sürdürdüler, Umut Barış Ülgen, Gülsen Uçarkuş, M. Korhan Erturaç, Gürsel Sunal, Ufuk Tarı ve Aynur Dikbaş'la yaptığımız arazi gezilerinde çok değerli veriler topladık. Arazi çalışmalarında önemli bir desteği de M. Celalettin Balım'dan aldım. Arkadaşlarımın karşılık beklemeden verdikleri destekleri asla unutmayacağım.

Bilişim teknolojisi bakımından bana iyi bir altyapı sunan İstanbul Bilgi Üniversitesi'ne ve beni destekleyen tüm Bilgi Üniversiteli arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Bilimsel veri üretmede teknolojinin sundu olanaklardan sonuna kadar yararlanmak bir çoğumuzun başarısız olduğu, gerekli ilgiyi göstermediği bir konu. Coğrafi Bilgi sistemleri konusundaki bilgi eksikliğini gidermeme ve görüntü işlemleri konusunda bilgilenmeme yardımcı olan Korhan'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Ziya Çakır'ın bana sağladığı veriler çalışmamı çok daha başarılı bir biçimde sürdürebilmemi sağladı. Cenk Yaltrak'la yaptığımız tartışmaların da tezime önemli katkıları olmuştur, ona da teşekkürlerimi sunmak isterim.

Tez çalışmamı yoğun bir biçimde sürdürürken ne yazık ki çok üzücü bir olay meydana geldi ve değerli hocam Prof. Dr. Aykut Barka aniden rahatsızlanarak vefat etti. Onun kaybı öğrencileri ve çalışma arkadaşları olarak hepimizi derinden sarstı. Yerbilimlerinde yol alırken yolum onun güleç yüzü ve bilgili ama mütevazı kişiliğiyle aydınlanıyordu. Aykut hocanın vefatından sonra tezimde, kendimize ağabey bellediğimiz Doç Dr. Serdar Akyüz destek verdi. Bu değişiklik onun en meşgul zamanına denk gelmiş olsa da; sabırla bana yardımcı olmayı sürdürdü. Tezimi tamamlayabilmem onun sayesinde. Ona burada teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Son olarak, bana her zaman destek olan aileme, maddi manevi her tür desteklerini esirgemeyen değerli dostlarım Umut ve Gülsen'e, yüksek öğrenim sürecim ve tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan herkese teşekkürlerimi tekrar sunarım.

Mayıs 2002

Prof Dr. Aykut Barka anısına...

M. Ersen AKSOY

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
ÖZ .....	x
SUMMARY.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve yöntem.....	1
1.2 İzmit-Sapanca bölgesinin genel özellikleri .....	2
1.2.1 Coğrafya .....	2
1.2.2 Tarihçe.....	4
1.2.3 Yerleşim ve yol durumu .....	5
2 KUZEY ANADOLU FAYI VE MARMARA BÖLGESİNİN KİNEMATİĞİ ....	6
2.1 Kuzey Anadolu Fayı.....	6
2.2 Marmara bölgesi.....	9
3 İZMİT-SAPANCA DOLAYININ JEOLojİSİ VE GENÇ TEKTONİK ÖZELLİKLERİ.....	12
3.1 Jeoloji.....	13
3.1.1 Paleozoyik-Mezozoyik .....	14
3.1.1.1 İznik Metamorfik Topluluğu (Alt Paleozoyik-Üst Kretase).....	15
3.1.1.2 Akveren Formasyonu (Üst Kretase – Paleosen) .....	17
3.1.2 Senozoyik .....	17
3.1.2.1 Eşme Formasyonu (Paleosen – Eosen) .....	17

3.1.2.2	Kızderbent Volkanitleri (Paleosen – Eosen) .....	19
3.1.2.3	Arslanbey Formasyonu (Orta Pleyistosen).....	20
3.1.2.4	Kıyı ovası, alüvyal yelpaze, bataklık ve alüvyon çökelleri (Holosen-güncel).....	22
3.2	Bölgenin morfolojik özellikleri .....	24
3.2.1	İzmit-Sapanca arasının morfolojisi. ....	26
3.2.1.1	Yükselim ve düzlükler.....	26
3.2.1.2	Akarsu örgüsü.....	29
3.3	17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ( $M_w = 7.4$ ).....	32
3.3.1	Yüzey kırığı .....	32
3.3.2	İzmit-Sapanca fay parçası.....	34
3.3.3	Kocaeli depremi öncesi bölgenin sismik hareketliliği .....	39
3.3.4	17 Ağustos 1999 ( $M_w=7.4$ ) depremi anı ve sonrası bölgenin sismik hareketliliği .....	40
3.4	Paleosismoloji.....	41
3.4.1	Tarihsel depremler .....	42
3.5	Fay kazıları.....	48
3.5.1	Köseköy bölgesindeki fay kazıları.....	48
3.5.1.1	T-1 Hendeği.....	50
3.5.1.2	T-2 Hendeği .....	56
3.5.1.3	T-3 Hendeği.....	56
3.5.1.4	T-4 ve T-5 Hendekleri.....	56
3.5.2	Osmanlı kanalı fay kazısı .....	57
3.5.2.1	Osmanlı kanalı .....	57
3.5.2.2	Osmanlı kanalı hendeği.....	60

4 SONUÇLAR.....	64
KAYNAKLAR.....	66
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	76



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3-1 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin, USGS ve Kandilli Rasathanesinden alınan bilgileri. ....	40
Tablo 3-2 Son 2000 yılda İzmit civarında meydana gelen depremler .....	43
Tablo 3-3 T-1 hendeğinden alınan kömür örneklerinin yaş tayini sonuçları.....	55



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 Kocaeli'nin kuzey ve güneyindeki yüksek alanlar İzmit-Sapanca oluşunun sınırlarını oluşturur.....	3
Şekil 2.1 Kuzey Anadolu Fayı Avrasya levhası ile Anadolu levhası arasındaki sınırı oluşturur.....	6
Şekil 2.2 1939'dan bu yana meydana gelen depremler (Barka vd. 2000). ....	7
Şekil 2.3 GPS sonuçları Anadolu levhasının, Avrasya levhasına göre saatin ters yönünde dönerek batıya kaçtığını göstermektedir (Mc Clusky, 2000) .....	8
Şekil 2.4 Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremler ve depremlerin atım miktarları (Barka vd. 2000).....	9
Şekil 2.5 Marmara denizinin evrimine ilişkin modeller (Tüysüz vd. 2002). ....	10
Şekil 3.1 İzmit körfezinin eş yükselti eğrileri haritası (Kuşcu 2002 baskıda).....	12
Şekil 3.2 Doğu Marmara bölgesinin Neojen-Kuvaterner çökelleri ve İzmit-Adapazarı koridorunun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Emre 1998). ....	14
Şekil 3.3 Çalışma alanı çevresinin tektonik birlikleri (Tüysüz 2002'den alınmıştır) .....	15
Şekil 3.4 İzmit-Sapanca bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Doğan, 1998, Emre 1998, Göncüoğlu vd., 1987'den derlenmiştir.).....	16
Şekil 3.5 Kocaeli doğusunda, İstanbul – Ankara karayolu üzerindeki yol yarmalarından Eşme Formasyonu'nun görünümü. ....	18
Şekil 3.6 Arslanbey civarında Kızderbent volkaniklerinden bir görünüm.....	20
Şekil 3.7 Siltaşı, kumtaşı, çakıltası ardalanmasından oluşan Arslanbey formasyonu içinde çok sayıda faylanma mevcuttur. Resimde görülen horst-graben tipi yapı Kullar güneyindeki bir yol yarmasında belirlenmiştir. ....	21
Şekil 3.8 İzmit-Sapanca civarına ait sayısal arazi modeli görüntüsü.....	25
Şekil 3.9 İzmit-Sapanca arasındaki bölgenin eş yükselti alanları haritası. ....	27
Şekil 3.10 İzmit-Sapanca arasının eğim haritası.....	29
Şekil 3.11 İzmit-Sapanca çevresinin drenaj ağı ve Hovard (1967)'ye göre dentritik ve trellis tipi akarsu ağı. ....	30
Şekil 3.12 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin dış merkezi ve yüzey kırığı (Barka vd. 2002). ....	32
Şekil 3.13 Gölcük civarında, fay tarafından kesilen merdivenler 4,5 m ye yakın ötelenmiştir. ....	33
Şekil 3.14 Başiskele mevkiinde 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin yüzeyde meydana getirdiği deformasyon 30m genişliğinde bir alana yayılır. ....	34



Şekil 3.15 Başiskele doğusunda yüzey kırığı tek bir kırık halindedir. ....	35
Şekil 3.16 Başiskele doğusunda bir kanal üzerinde meydana gelen 2,40 m 'lik atım. ....	35
Şekil 3.17 Kullar batısında kırığın oluşturduğu köstebek izleri. ....	36
Şekil 3.18 Kullar batısında bir site duvarından 330 cm'lik bir sağ yanal ötelenme ölçülmüştür (Barka vd. 2000). ....	37
Şekil 3.19 İzmit-Sapanca fay parçasının haritası ve üzerinde meydana gelen atımların büyüklük ilişkisini veren şekil. ....	37
Şekil 3.20 İzmit-Sapanca arasının 3 boyutlu görüntüsü ve Kocaeli depremi kırığının üzerinde meydana gelen atım değerleri. ....	38
Şekil 3.21 Tepetarla batısında, demiryolunda 300 cm sağ yanal ötelenme ölçülmüştür. ....	39
Şekil 3.22 1986-1996 yılları arasında Marmara bölgesinin depremlerine bakıldığında, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ( $M_w = 7.4$ ) öncesi İzmit civarında bir deprem etkinliği olduğu görülür (Kandilli; Gürbüz 2000'den alınmıştır). ....	40
Şekil 3.23 Marmara Denizi ve çevresinde son 2000 yılda meydana gelen depremler (Ambraseys and Finkel 1991). Beyaz daireler bu yüzyılda meydana gelen depremlerin yaklaşık dışodaklarını göstermektedir. ....	42
Şekil 3.24 Ambraseys ve Jackson 2000 deki verilerden elde edilmiş tarihsel deprem haritası. ....	44
Şekil 3.25 Köseköy'de yapılan fay kazı alanını gösteren hava fotoğrafı. ....	49
Şekil 3.26 T-1 Fay hendeğine ait ölçülü kesit. ....	51
Şekil 3.27 T-1 Hendeğinde, 1999 depremi öncesinde belirli bir çökel paketinin (A) kesintisiz bir stratigrafi gösterdiği anlaşılır. Bu paket 1719 depremi sonrası gelişmiş olan çökelleri içerir. ....	53
Şekil 3.28 T-3 Hendeğine ait ölçülü kesit. Hendek duvarında sadece 17 Ağustos depreminin izine rastlanmıştır. ....	58
Şekil 3.29 Osmanlı kanalının havadan görünümü. Kanal iki ayrı hendekten oluşuyor. Batı kanalı Osmanlı döneminde, doğu kanalı ise Roma döneminde inşaa edilmiştir. 17 Ağustos depreminin yüzey kırığı Tepetarla civarında kanalın içinde gelişmiştir. ....	59
Şekil 3.30 Osmanlı kanalı fay kazısının havadan görünümü. ....	59
Şekil 3.31 Osmanlı kanalında açılan hendekte 1509 sonrası çökeller yer alır. Bu çökeller içinde iki adet deprem izine rastlanmıştır. ....	62

## ÖZ

İzmit-Sapanca arasında Neojen öncesi bir temel üzerine uyumsuz olarak Orta Pleyistosen ve Holosen yaşlı tortullar gelişmiştir. Bu tortullar Kuzey Anadolu Fayı'nın bölgedeki etkinliği ile birlikte çökelmiştir. Kuzey Anadolu Fayı İzmit-Sapanca arasındaki morfolojiyi doğrudan denetlemektedir. Sapanca gölü ile İzmit körfezi arasında yer alan oluk morfolojisi Kuzey Anadolu Fayı'nın etkinliği sonucunda meydana gelmiştir. Bölgenin güney alanlarında gelişen normal faylanmalar ise bölgenin çökmesine neden olmuştur. Güney yükselimlerden doğan akarsular, oluk içerisinde sonlanır. Oluğun ortasında yer alan Kuzey Anadolu Fayı, oluşturduğu morfoloji içerisinde bu akarsuları kesmekte ve Çuhahane deresi üzerinden batıya yönelmektedir.

İzmit-Sapanca arasında gerek tarihsel gerekse aletsel dönemde çok sayıda deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin araştırılması amacıyla bölgede altı adet fay kazısı gerçekleştirilmiştir. Fay kazılarının ikisinde tarihsel depremlerin izine rastlanmıştır. Kazı alanındaki birimlerin stratigrafik ilişkileri, C<sub>14</sub> yaş tayinleri, ve yazılı tarihsel kayıtlar dikkate alınarak 1719 depreminin bu bölgede bir yüzey kırığı meydana getirdiği anlaşılmıştır. Ayrıca İzmit-Sapanca arasında deprem tekrarlanma aralığının 250 yıl olduğu ve 1999 depreminin ardından bu bölgede yeniden yıkıcı bir depremin meydana gelebilmesi için en az 200 yılın geçmesi gerektiği belirlenmiştir.

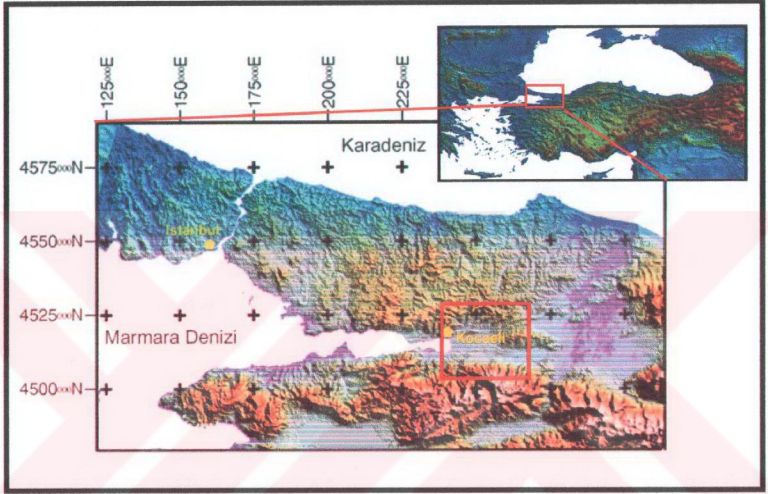
## **SUMMARY**

The Izmit-Sapanca region consists of Middle Pleistocene and Holocene sediments, which overlay unconformably a Pre-Neogene basement. These sediments are settled by the control of the North Anatolian Fault. The North Anatolian Fault also controls the morphologic structure between Izmit and Sapanca. The linear valley morphology between the Izmit Coast and Sapanca Lake is a result of the activity of the North Anatolian Fault in this region. The normal faults on the southern hills of the region, generate a depression extension. The south to north flowing streams on the southern hills are ending at center of the valley. The dextral North Anatolian Fault deflects the streams and directs them westward through the Izmit coast.

Many earthquakes are recorded through the historical and instrumental period in the Izmit-Sapanca region. Paleoseismic study is performed to define the presence, location and date of the previous earthquakes of the region. Six trenches are opened and evidence for three earthquakes (including the 1999 Kocaeli earthquake) are defined from the trench walls. The correlation of the stratigraphic units,  $C_{14}$  dating and historical records, brought to the conclusion that the 1719 earthquake formed a surface rupture in the Kōsekōy-Tepetarla region. The approximate recurrence interval for this region is 250 years. Therefore it is possible to estimate that after the 1999 Kocaeli earthquake, the next destructive earthquake to happen at least 200 years later in the Izmit-Sapanca region.

# 1 GİRİŞ

Bu çalışmada İzmit-Sapanca arasının genç tektonik özellikleri ve paleosismolojik özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanı, 29.90-30.20 D boylamları ile 40.70-40.90 K enlemleri, diğer bir ifadeyle Kocaeli ili ile Adapazarı ili Sapanca ilçesi arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.

## 1.1 Amaç ve yöntem

Araştırmada İzmit-Sapanca arasının neotektonik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Başlıca inceleme konuları, bölgenin tarihsel deprem etkinliği, faylanma niteliği, faylanmaya bağlı gelişen yapılar ve jeomorfolojik özellikler olarak sayılabilir.

Araştırma hem saha araştırmaları, hem de ofis çalışmasıyla yürütülmüştür. Çalışmada 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan, 1/15.000 ve 1/20.000 ölçekli hava fotoğraflarından, sondajlardan, sayısal yükseklik modellerinden, coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmış, sahada gözlemler yapılmış ve fay kazıları için uygun alanlar belirlenmiştir. Fay kazılarından elde edilen veriler bölgenin tarihsel deprem kayıtları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan sayısal görüntüler coğrafi bilgi sistemleri verisi ve yazılımları aracılığıyla oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modeli verisi, 10 m çözünürlüklü radar verilerinden, ER Mapper 6.0 yazılımı ile işlenerek elde edilmiştir. Diğer görsel malzemelerin oluşturulmasında ise ArcView 3.1, MicroDEM, TNT Products 6.6, CorelDraw 10 gibi yazılımlar kullanılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda İzmit-Sapanca bölgesinin jeoloji haritası, jeomorfoloji haritası ve fay kazalarına ait kesitler çıkarılmıştır. Ayrıca bölgenin bazı neotektonik özellikleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

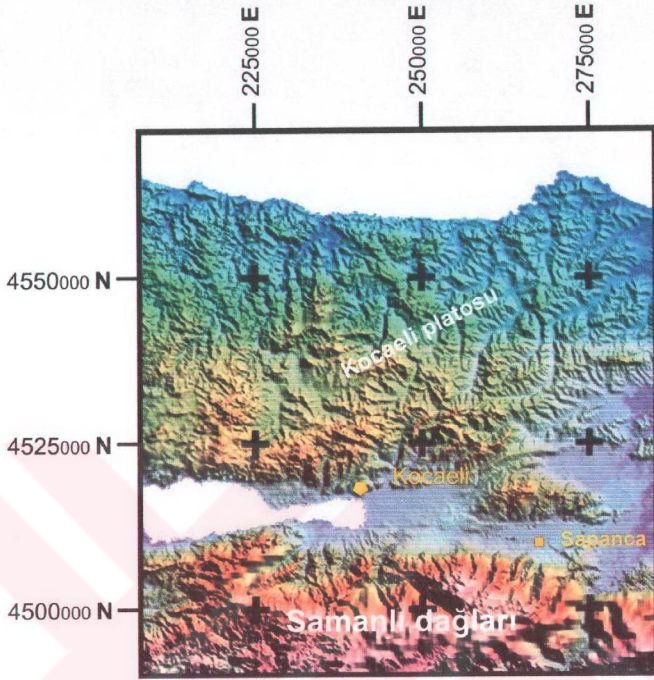
## **1.2 İzmit-Sapanca bölgesinin genel özellikleri**

### **1.2.1 Coğrafya**

Kocaeli bölgesi coğrafi yapısı bakımından, üçe ayrılmaktadır. Bunlar, kuzeyde Kocaeli platosu, güneyde Samanlı dağları ve ortada yer alan çöküntü alanıdır (Şekil 1.2).

Kocaeli platosu daha çok Karadeniz'e yönelen küçük akarsularla parçalanmıştır; üzerinde az sayıda tepe vardır. Bu tepeler arasında en yüksekği kuzeybatıda Çene dağı (646 m)'dir. Kocaeli platosunun güneyinde bir çöküntü alanı bulunur. Bu alanın batısında İzmit körfezi, orta kesimde İzmit ovası, doğuda da Sapanca gölü bulunmaktadır. Bu yerlerin güneyinde, doğu-batı doğrultulu uzanan Samanlı dağları bulunur. Samanlı Dağları Sapanca gölü çevresinde dik yamaçlarla yükselir. 1400-1500 m yüksekliğindeki platolar, batıda İzmit Körfezi'nin güney kıyılarını takip eder. Samanlı dağlarından inen akarsuların oluşturduğu deltalar kıyıda düzlükler oluşturur. Keltepe, çevrenin en yüksek noktasıdır (1602 m).

İnceleme alanının doğusunda Sapanca gölü yer alır. İzmit Körfezi'nin 17 km doğusundan başlayan Sapanca gölünün kuzey-güney yönündeki en geniş yeri 5,5 km'dir. Yüzölçümü 42 km<sup>2</sup> olan Sapanca gölü deniz yüzeyinden 30 m yüksektedir. Gölün en derin yeri 61 m'dir ve yıl içinde gölün su yüzeyinde yaklaşık 75 cm değişim olur.



Şekil 1.2 Kocaeli'nin kuzey ve güneyindeki yüksek alanlar İzmit-Sapanca oluğunun sınırlarını oluşturur.

Kocaeli çevresinin doğal bitki örtüsünde, Karadeniz ve Akdeniz bitki topluluklarının iç içe geçtiği görülür. İzmit körfezi kıyılarında kışın yapraklarını dökmeyen makiler, zeytin ağacı ve kızıl çam gibi Akdeniz'e özgü bitkiler görülürken, Kocaeli yarımadasının kuzey kesimlerinde ve Samanlı dağlarının yüksek kesimlerinde Karadeniz kıyılarında rastlanan bitki toplulukları (kayın ağacı, köknar gibi) yer alır. Dağın 200-250 m yüksekliklere kadar olan kesimi makilerle kaplıken, daha yükseklerde geniş orman örtüsü bulunur.

Kocaeli bölgesinin Karadeniz'e açık kesimlerinde kışlar daha soğuk geçer, ama İzmit körfezi kıyıları kuzeyden sınırlayan dağların koruduğu kıyı kesiminde, daha yumuşak bir iklim görülür. Bu kesimde yer alan İzmit meteoroloji istasyonunun verilerine göre, en soğuk ay ortalaması 5,7°C en sıcak ay ortalaması 23,5°C'dir

bugüne değin ölçülen en düşük sıcaklık -18°C (9 Şubat 1929), en yüksek sıcaklık ise 42.9°C'dir (21 Ağustos 1945) yıllık ortalama yağış tutarı 768 mm'dir.

### 1.2.2 Tarihçe

Kocaeli'nin eski adı Nikomedia, Hurdaz-beh ve İdris-i de Nikumidiya şeklinde geçer. Bu isimler zaman içinde dönüşümlere uğramıştır. Yakın tarihte, Türkçe eserlerde İznikmid olarak kullanılır. İznikmid adı zamanla halk tarafından kısaltılarak İzmi-d'e çevrilmiştir ve bugün yaygınca kullanılan İzmit şeklini almıştır. İzmit adının Kocaeli ile değişmesi ise 11 Şubat 1922 de İçişleri Bakanlığına bir teklif yazılması ve teklifin onaylanmasıyla gerçekleşir. Böylece İzmit Bağımsız Sancağının adı Kocaeli'ye çevrilir.

Tarihsel başlangıcı paleolitik çağa kadar uzanan Kocaeli söylencelere göre Sit'lerin, Amazon'ların ve Ast'ların en eski kavimler olarak yaşadıkları çok eski bir yerleşim yeri olmuştur. İlk köklü yerleşmeler M.Ö. 8. yy 'da batıdan göç eden Megaralılarca gerçekleştirilmiş ve bugün Başiskele denilen mevkide "Astakos" şehrini kurmuşlardır.

Başlangıçta Atina 'ya bağlı bir kent devletçığı olan Astakos, M.Ö. 378 'de Bitiniya devleti'nin bağımsız olarak kurulmasıyla merkez durumuna gelmiştir. M.Ö. 281 yılında Bitiniya Kralı I. Nicomedes, bugünkü İzmit kentinin merkezinde Nikomedia şehrini kurarak Bitiniya devlet merkezini buraya almıştır. Zamanla dönemin en önemli kentlerinden biri olan Nikomedia, uzun yıllar Bitiniya Krallığı'nın başkenti olarak kalmış ve M.Ö. 74 yılında da Roma'nın eyalet merkezi haline gelmiştir. M.S. 395 yılında Roma İmparatorluğu'nun ikiye ayrılmasıyla, kent Bizans İmparatorluğu'nun egemenliğine geçmiştir.

1078 yılında Anadolu Selçukluları tarafından alınan şehir, 1337 yılında da Osmanlı Devleti'ne katılmıştır. "Kocaeli" adı, Osman ve Orhan Gazi döneminde il topraklarının büyük bölümünü savaşıla Osmanlı Devleti'ne kazandıran ünlü kumandan Akçakoca Ney'in adından kaynaklanmaktadır. İzmit, Osmanlı İmparatorluğu döneminde 1888 yılında "İzmit Müstakil Mutasarıflığı" adı altında bağımsız bir sancak olmuştur. 1. Dünya Savaşı sonrası 6 Temmuz 1920 'de İngilizler tarafından işgal edilen kent, 27 Ekim 1920 'de Yunan işgaline uğramıştır. Kurtuluş Savaşı'yla 28 Haziran 1921 'de işgalden kurtarılan İzmit, 11 Şubat 1922 'de "İzmit Sancağı" iken "Kocaeli Sancağı" olmuştur. 16 Ocak 1923'te Mustafa Kemal Atatürk

ilk basın toplantısını İzmit'te yapmıştır. Aynı yıl 29 Ekim 'de Türkiye Cumhuriyeti kurulmuş ve 20 Nisan 1924'te Kocaeli il, İzmit ise il merkezi olmuştur.

### **1.2.3 Yerleşim ve yol durumu**

Kocaeli'nin toplam yedi ilçesi bulunmaktadır. Bunlar, merkez ilçe İzmit olmak üzere , Derince, Gebze, Gölcük, Karamürsel, Kandıra ve Körfez'dir. Yüzölçümü açısından küçük bir il olan Kocaeli, nüfus bakımından tam tersi bir konumdadır. İnsan kaynakları açısından yetişmiş bir nüfusa sahip ilin 2000 yılı nüfus sayımı kesin olmayan sonuçlarına göre nüfusu 1.203.335'dir.

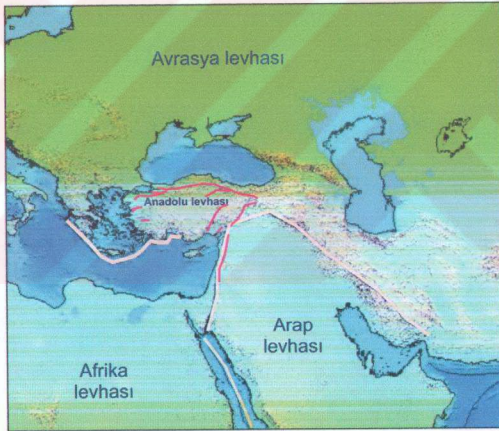
E-5 ve E-80 İstanbul-Ankara karayolları üzerinde yer alan Kocaeli, ulaşım açısından çok önemli bir konuma sahiptir. İnceleme alanı içerisinde yerleşim yerlerinin yaygın olması nedeniyle de gelişmiş bir ulaşım ağı mevcuttur. Ayrıca İzmit körfezi üzerinden deniz ulaşımına da açık olan bölge, bu nedenle gelişmiş bir yerleşim ve üretim merkezi konumundadır.



## 2 KUZEY ANADOLU FAYI VE MARMARA BÖLGESİNİN KİNEMATİĞİ

### 2.1 Kuzey Anadolu Fayı

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) dünya tektoniği açısından bakıldığında dünyanın önemli diri, yanal atımlı faylarından biridir. Kuzey Anadolu Fayı, İzmit-Sapanca çevresinde bugünkü jeolojinin oluşmasında etkindir. Kuzey Anadolu Fayı, genel olarak Anadolu levhası ile Avrasya levhası arasındaki sınırı oluşturur (Şekil 2.1). Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşumu Afrika kıtası ve Arabistan Levhası'nın hareketi ile ilişkilidir. Her iki kıtanın kuzey yönlü hareketi Anadolu levhasının doğusunda K-G yönlü bir sıkışma meydana getirir. Sıkışmanın etkisiyle gelişen Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) Anadolu levhasının batıya doğru kaçışını sağlamaktadır (Mc Kenzie, 1972; Şengör vd. 1985 ; Dewey vd. 1986).

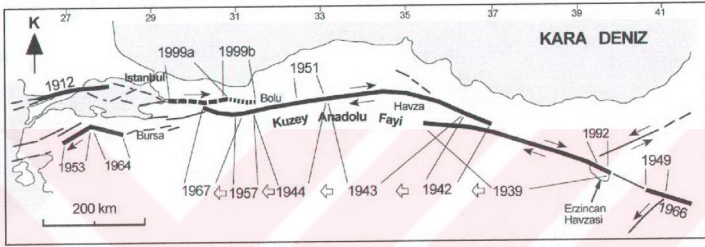


Şekil 2.1 Kuzey Anadolu Fayı Avrasya levhası ile Anadolu levhası arasındaki sınırı oluşturur.

Türkiye'nin en büyük diri fayı olan Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Karlıova üçlü eklemiyle başlar ve batıda Yunanistan ana karasına kadar uzanır. KAF zonu yaklaşık 1500 km uzunluğunda, birkaç 100 metreden 120 km genişliğe kadar değişiklik gösterebilen tek bir kuşaktan oluşur (Şengör, 1979; Barka 1992). Fay doğudan batıya genellikle tek ve dar bir hat şeklinde gelişmiştir ve batıda Bolu'dan itibaren önce iki kola, sonra daha batıda üç kola ayrılır. Kuzey Anadolu Fayı, karakter açısından sağ

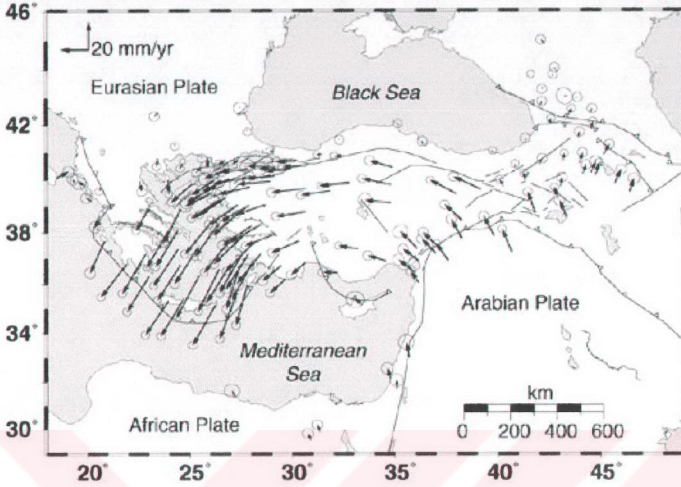
yönlü, doğrultu atımlı bir faydır ve Anadolu levhasının saatin ters yönünde döndürerek batıya doğru kaçmasını sağlamaktadır (Barka vd., 2000), (Şekil 2.3).

Kuzey Anadolu Fayı deprem potansiyeli yüksek bir faydır. Sadece 1939'dan günümüze kadar 8 adet büyük depreme neden olmuştur. Doğudan batıya doğru göç ederek gelişen bu depremler sonucu 1000 km'ye yakın bir yüzey kırığı oluşmuştur (Şekil 2.4). Bu depremler serisi birbirini 3 aydan 32 yıla kadar değişebilen aralıklarla takip etmiştir (Şekil 2.2). 17 Ağustos 1999, Kocaeli ( $M_w=7.4$ ) ve 12 Kasım 1999, Düzce ( $M_w=7.2$ ) depremleri 1939 da başlayan göç dizisinin devamını oluşturur.



Şekil 2.2 1939'dan bu yana meydana gelen depremler (Barka vd. 2000).

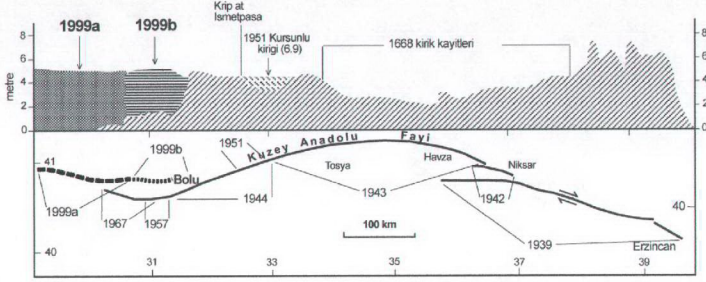
Kuzey Anadolu Fayı'nın hızını belirlemeye yönelik, jeolojik, sismik veya küresel konum belirleme (GPS) verilerine dayanan pek çok çalışma yapılmıştır. Barka (1992), Kuzey Anadolu Fayı ile ilgili makalesinde jeolojik yöntemlerin KAF'ın ayrı yerlerde, farklı hızlar verdiğini vurgulamıştır. Değerlerdeki bu farklılık Kuzey Anadolu Fayı'nın yaşı ve toplam atımı ile ilgili farklı görüşlerin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin Pavoni (1961)'nin verdiği atım değerleri dikkate alındığında ve fayın Miyosen ile Pliyosen arasında bir zamanda oluştuğu düşünüldüğünde yaklaşık 33-80 mm/yıllık bir hız ortaya çıkmaktadır; bu değer çok yüksektir. GPS ölçümlerinden elde edilen hızlara göre Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara çevresinde, İstanbul'a göre ortalama hızı  $23 \pm 3$  mm/yıl'dır (Straub, 1997). Euler rotasyon kutubu ise KAF üzerindeki atım hızını  $26 \pm 3$  mm/yıl olarak vermektedir (Barka, 1997) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 GPS sonuçları Anadolu levhasının, Avrasya levhasına göre saatin ters yönünde dönerek batıya kaçtığını göstermektedir (Mc Clusky, 2000)

Kuzey Anadolu Fayı'nın yaşı hakkında çeşitli görüşler vardır. Şengör (1985) ve Dewey (1986) KAF'ın, Arabistan levhası ile Avrasya levhasının çarpışmasından hemen sonra oluştuğuna kanaat getirmiş ve bu nedenle yaşı Erken-Geç Miyosen olarak belirlemişlerdir. Diğer bir görüş ise Barka ve Hancock (1984), Barka (1985) ve Barka ve Gülen (1988, 1989) tarafından öne sürülmüştür ve Kuzey Anadolu Fayı'nın Pliyosende, yaklaşık 5 milyon yıl önce geliştiğini söylemiştir. Hempton (1987) ise KAF'ın Erken Miyosen ile Erken Pliyosen arasında bir zamanda oluştuğunu vurgulamıştır.

En çok fikir ayrılığı Kuzey Anadolu Fayı'nın toplam atımı üzerinedir. Toplam atımın ilk tanımlaması Pavoni (1961) tarafından yapılmıştır. Pavoni, KAF'ın iki tarafındaki Jura-Kretase birimlerini karşılaştırmıştır ve 350-400 km'lik bir atım ölçmüştür. Seymen (1975) ve Şengör (1979), KAF üzerindeki toplam atımın 85 km olduğunu vurgulamıştır. Barka vd. (2000) ise Tasova-Erbaa ve Niksar havzalarının uzunluklarına dayanarak Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen yer değiştirmenin ~80 km olduğunu belirtmiştir.



**Şekil 2.4** Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremler ve depremlerin atım miktarları (Barka vd. 2000).

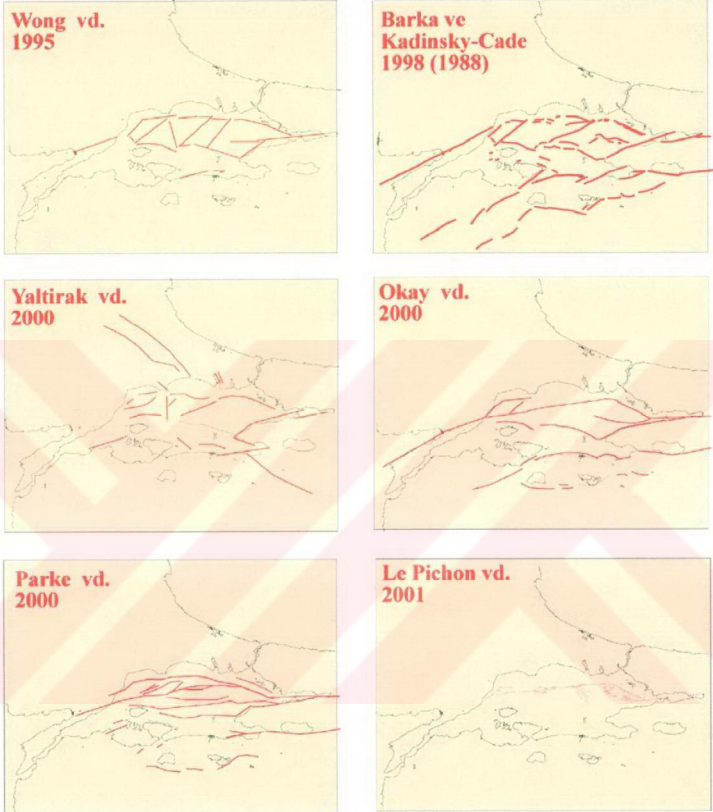
## 2.2 Marmara bölgesi

Kuzey Anadolu Fayı doğuda dar bir fay zonu şeklinde başlar ve batıya doğru kollara ayrılır. Bolu batısında önce iki kola ayrılan fay, daha batıda, güney kolun tekrar bölünmesiyle üçe ayrılır. En kuzeyde yer alan kol, Sapanca gölü üzerinden İzmit körfezine, oradan da Marmara'ya uzanır. 3 kol arasında en etkin kuzey koldur ve KAF üzerinde meydana gelen hareketin çoğunluğu bu kol üzerinde meydana gelir.

Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara bölgesindeki yapısı ve bu havzayı nasıl oluşturduğu üzerine çok sayıda tartışma mevcuttur. O nedenle, Marmara bölgesinin oluşumuyla ilgili öne sürülen çok sayıda görüş vardır (Şekil 2.5). İlk görüş Pinar (1943) tarafından ortaya atılmıştır ve Marmara denizin ortasından tek bir fayın geçtiği ifade edilmiştir. Bu kanyaya, Marmara'nın hem doğusunda, hem batısında, karada tek bir fay izinin görülmesi nedeniyle varılmıştır. Daha sonra Pfannenstiel (1944) Marmara denizini Ege'deki gerilme sisteminin bir devamı olarak yorumlamış ve normal faylarla sınırlı horst-grabenlerden meydana geldiğini belirtmiştir.

Marmara denizi için öne sürülen modeller hep bu iki görüş etrafında sürmüştür. 1969'da Marmara denizini kesen tek fay görüşü Kopp vd.(1969) tarafından tekrar ortaya atılmıştır; ancak Crampin ve Evans (1986) horst-graben görüşünü destekleyecek şekilde Marmara denizini D-B uzanımlı bir grabenden oluştuğunu belirtmiştir. Marmara denizindeki üç adet çukurluğu ve Marmara'nın hem batısı hem de doğusunda yer alan doğrultu atımlı fay sistemlerini dikkate alan ilk görüş Barka ve Kandinsky-Cade (1988) tarafından ortaya atılmıştır. Bu görüşe göre Marmara

denizi doğrultu atımlı fay sistemlerinde meydana gelen çek-ayrı tipi havzalardan oluşmaktadır.



Şekil 2.5 Marmara denizinin evrimine ilişkin modeller (Tüysüz vd. 2002).

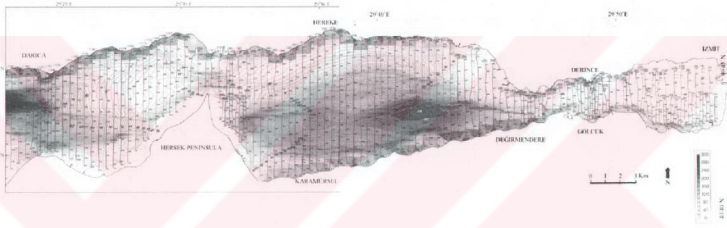
Barka ve Kadinsky'nin öne sürdüğü bu model daha sonra Wong vd. (1995) tarafından, Dokuz Eylül üniversitesi sığ sismik verileri ile desteklenerek biraz değiştirilmiştir. Okay vd. (1999) ise MTA'nın ürettiği sismik verilerden Marmara'nın içerisinde iki ana fayın bulunduğunu ve bu fayların, çukurluğun kuzey ve güney kenarlarında yer aldığını söylemiştir. Aynı verilerden yararlanan Parke vd. (2000), Okay (1999)'dan farklı bir görüş ortaya koymuşlardır. Onlara göre Marmara, havzaları kesen en-echelon faylardan oluşmaktadır. 17 Ağustos 1999 depreminden

sonra Marmara bölgesinde çok sayıda ulusal ve uluslararası araştırma gerçekleştirilmiştir. Yerli ve yabancı gemiler binlerce kilometrelik sismik veri toplamıştır. Bu verilerin işlenmesinden sonra, ortaya yeni görüşler atılmıştır. Siyako vd. (2000) TPAO'nun sismik verilerini dayanarak, diğer görüşlerden çok farklı bir şekilde Marmara'nın çok sayıda faydan oluştuğunu öne sürmüştür. Okay (2000), yeni veriler ışığında, daha önceki modeli üzerinde değişiklikler yaparak yeni bir fay haritası üretmiştir. Marmara denizinin oluşumuyla ilgili olarak ortaya atılan bir diğer model, Marmara'nın oluşumunda Kuzey Anadolu Fayı'nın haricinde eski fay sistemlerinin etkili olduğunu öne süren modeldir (Yaltrak, 2000). Yaltrak bu modelinde Marmara havzaları oluşumunun ilk önce Trakya-Eskişehir Fayı (TEF) ile başladığını, ancak TEF'in duraylı hale gelmesinin ardından Kuzey Anadolu Fayı'nın TEF'i keserek Marmara'nın bugünkü şeklini meydana getirdiğini öne sürmüştür. Eylül 2000'de Le Suroit gemisinin çok kapsamlı araştırmasının ardından Marmara'nın yüksek hassasiyetli derinlik haritası oluşturulmuştur. Le Pichon (2001) bu haritaya dayanarak Marmara'da tek bir ana fayın bulunduğunu belirtmiş ve buna "Ana Marmara Fayı" ismini vermiştir.

17 Ağustos 1999 depreminin ardından çok sayıda veri toplanmış olsa da, Marmara bölgesinin genel kinematiki ile ilgili tartışmalar halen sürmektedir. Ancak ortaya atılan görüşlerde çoğunlukla birleşilen konu, Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara'ya girdiği kısım olan İzmit körfezinde tek bir ana kırktan meydana geldiğidir.

### 3 İZMİT-SAPANCA DOLAYININ JEOLJİSİ VE GENÇ TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Kuzey Anadolu Fayı İzmit körfezine, körfezin en güney ucundan girmektedir ve deniz içinden Gölcük üzerinden körfezin güney kıyısını takip ederek batıya doğru uzanmaktadır. İzmit körfezi üç adet havzadan oluşmaktadır (Şekil 3.1). En batı havza Çımarcık havzasının en doğu ucudur. Körfezin ortasında 150 m derinliğe ulaşan ikinci bir havza daha yer almaktadır. Doğudaki havza diğerlerine nazaran çok daha sığdır ve İzmit ovası güney kıyılarına yakın yerdedir. Bu havzaların oluşumu Barka (1988) tarafından çek-ayır mekanizması ile açıklanmaktadır.



Şekil 3.1 İzmit körfezinin eş yükselti eğrileri haritası (Kuşcu 2002 baskıda).

Kuzey Anadolu Fayı, İzmit-Sapanca arasında D-B doğrultulu tek bir faydan oluşmaktadır. Doğuda, Sapanca gölünün kuzeybatı ucundan, batıda Başiskele mevkiine kadar uzanmaktadır ve bir basamaklanma yaparak Gölcük kırığına bağlanır (Şekil 3.12). İzmit Körfezi ile Sapanca gölü arasında yer alan İzmit-Sapanca koridoru, bölgenin Kuzey Anadolu Fayı'nın etkinliği sonucu gelişmiş önemli yapılarındandır.

Emre (1998) İzmit körfezinin kenarlarında KD-GB uzanımlı ölü fayların bulunduğu, bu fayların körfezin ilk oluşum evresine ait olduğunu ve Kuzey Anadolu Fayı'nın günümüzde, İzmit körfezinde tek bir faydan oluştuğunu vurgulamıştır. Ayrıca Sapanca gölüne doğru, karada da tek bir fay olarak ilerleyen KAF'ın Sapanca batısında Pleyistosen yelpazelerinde 10 km'ye varan sağ yönlü ötelenmeler meydana getirdiğini belirtmiştir (Emre 1998).

### 3.1 Jeoloji

İzmit-Sapanca arasının jeolojisi, metamorfik bir temel üzerinde uyumsuz gelişmiş sedimenter ve volkanik birimlerden oluşmaktadır (Şekil 3.4). Kuzey alanlarda filiz karakterli birimler, yaygınca görülürken, güneyde daha ziyade alüvyal yelpaze çökellerine rastlanır (Ek-1).

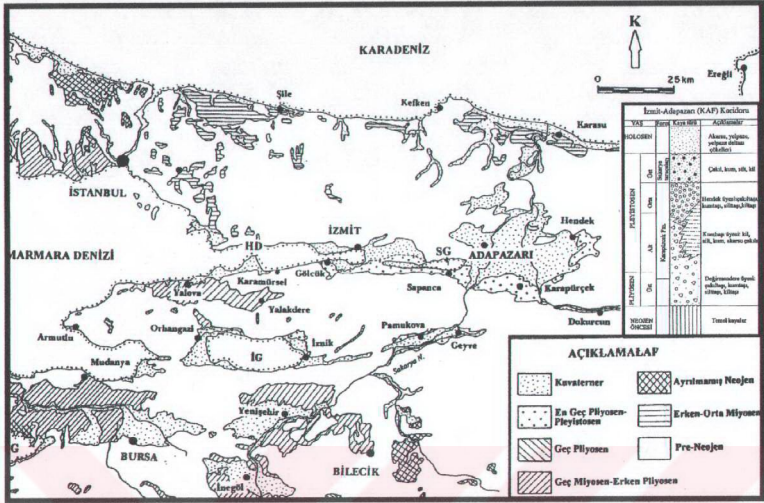
İzmit ve yakın çevresi, geçmişte bir çok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bölgenin jeolojisini kapsayan ilk çalışmalardan biri Akartuna (1968) tarafından gerçekleştirilmiştir. Akartuna (1968), tüm Armutlu yarımadasını incelerken, Mesozoik ve Tersiyer çökellerinin metamorfik bir temel üzerine uyumsuz olarak çökeldiğini belirtmiştir. Ayrıca, İzmit-Sapanca güneyinde yer alan çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan çökellerin yaşının Ponsiyen-Pliyosen olduğunu bildirmiştir.

Bir diğer çalışma Emre (1998) tarafından yürütülmüştür. Doğu Marmara'yı kapsayan çalışmada Emre (1998), Doğu Marmara'nın Neojen Kuvaterner çökellerini farklı yaş ve fasiyeslerde gelişmiş üç ana çökel istife ayırmaktadır (Şekil 3.2). Buna göre, Erken-Orta Miyosen yaşta olanlar Kocaeli yarımadası, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı olanlar Armutlu yarımadası ile Bilecik Bursa yöresi, en Geç Pliyosen-Kuvaterner arasındakiler ise KAF zonu boyunca yer alan havzalarda görülmektedir. Bu birimler belirgin aşıl uyumsuzluklarla birbirlerinden ayrılmaktadır.

Emre (1998) İzmit-Sapanca güneyinde ve Sapanca gölünün kuzeybatısında yer alan; Neojen öncesi temelin üzerine aşıl uyumsuzlukla gelişmiş, Pliyosen-Alt-Orta Pleyistosen çökellerinin Karapürçek Formasyonu'nun Hendek üyesine karşılık geldiğini belirtmiştir. Ayrıca, Hendek üyesinin Orta Pleyistosen yaşlı olduğunu, alüvyon yelpazesi çökellerinden oluştuğunu ve üzerinde yer alan Holosen çökellerinin, birimin üzerine aşıl uyumsuzlukla çökelmiş, akarsu ve alüvyon yelpaze çökellerinden meydana geldiğini bildirmiştir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ





Şekil 3.2 Doğu Marmara bölgesinin Neojen-Kuvaterner çökeltileri ve İzmit-Adapazarı koridorunun geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Emre 1998).

Doğan (1998), Sapanca'nın güneybatısında yürüttüğü çalışmada bölgenin jeolojik ve tektonik özelliklerini incelemiştir. Bölgedeki Orta Pleyistosen çökeltilerinin, Neojen öncesi kayalardan oluşan bir temel üzerine aşılal uyumsuzlukla geliştiğini belirtmiş ve bu çökeltileri, malzeme akıntısı çökeltileri, kanal çökeltileri, elek çökeltileri ve taşkın çökeltileri olmak üzere dört gruba ayırmıştır. Birimin adını da, Göncüoğlu vd.(1986)'nin adlamasına dayanarak Arslanbey formasyonu olarak kullanmıştır.

17 Ağustos 1999 depreminin ardından gerçekleştirilen çalışmalardan biri de Keçer'e aittir. Keçer (1999) bu çalışmada Sapanca kuzeyindeki Eosen çökeltilerini Çaycuma formasyonu, Kocaelini kuzeybatısında yer alan Kretase çökeltilerini Akveren formasyonun Korucu üyesi ve Pliyo-Kuvaterner çökeltilerini Karapürçek formasyonu olarak değerlendirmiştir.

### 3.1.1 Paleozoyik-Mezozoyik

Doğu Marmara'nın Neojen öncesi temelini, paleotektonik dönemde gelişmiş olan İstanbul zonu ve Sakarya zonuna ait kayaç toplulukları oluşturmaktadır (Şekil 3.3). (Şengör ve Yılmaz, 1981 ; Okay 1989 ; Okay vd., 1995 ; Yılmaz vd., 1995). Bu iki zon, Erken Eosen-Oligosen'de İntra-Pontid okyanusun kapanması sonucu bir araya

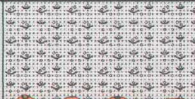
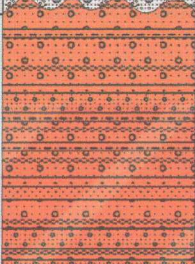


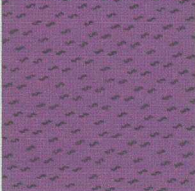
gelmiştir. İstanbul kıtası Ordovisyen-Alt Tersiyer yaşlı tortul kayalardan, Sakarya kıtası ise metamorfik kayalar ve Karakaya karmaşığından oluşan bir temel ve üzerine gelişmiş olan Mesozoik-Tersiyer yaşlı volkano-tortul kayalardan oluşmaktadır (Okay 1989; Okay vd., 1995 Yılmaz vd., 1995). Kuzey Anadolu Fayı (KAF) bu iki kıtanın arasında yer alan, İntra-Pontid Keneti boyunca gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay 1989; Okay vd., 1995). Çalışma alanında temelini, Armutlu metamorfiklerinin bir parçası olan İznik Metamorfik Topluluğu oluşturmaktadır. Bu topluluk Sakarya zonu üzerinde yer alan Armutlu metamorfiklerinin bir parçasıdır.



Şekil 3.3 Çalışma alanı çevresinin tektonik birlikleri (Tüysüz 2002'den alınmıştır)

### 3.1.1.1 İznik Metamorfik Topluluğu (Alt Paleozoyik-Üst Kretase)

İznik metamorfik topluluğu bölgenin temelini oluşturur ve şist, mermer, fillat, kuvarsit, meta-kırıntılı ve meta-karbonatlardan oluşmuştur. İznik kuzeyinde iyi yüzlemler veren birim, Göncüoğlu vd. (1986), Yılmaz vd. (1990), Yılmaz (1992) ve Bozcu (1992) tarafından İznik Metamorfik Topluluğu olarak adlanmıştır ve bu çalışmada da bu adlama esas alınmıştır.

ÜST SİSTEM		SENOZOYİK		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SERİ	FORMASYON	HOLOSEN	ORTA PLEYİSTOSEN		
		Alüvyon 50-60 m	Arslanbey		Kıyı ovası, alüvyal yelpaze, bataklık, alüvyon çökelleri
					<b>Uyumsuzluk</b>  Kötü boylanmalı, az tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ardalımalı alüvyal yelpaze çökelleri; yüzey rengi sarı, açıkahve, gri renkte
		PALEOSEN-EOSEN	Kızderbent / Eşme		<b>Uyumsuzluk</b>  <i>Kızderbent</i> andezit, bazalt, diyabaz, riyodasit, tuf, gri, sarı, yeşil, mor renkte   <i>Eşme</i> kumtaşı, silttaşı, marn ardalımalı, filiş çökelleri; kahverengi, sarı renkte
		ÜST KRETASE - PALEOSEN	Akveren		<b>Uyumsuzluk</b>  İnce orta tabakalı marn ve silttaşı; yer yer kumtaşı aradüzeyleri; yüzey rengi gri, sarı renkte; ekinid, lamelibrans, foraminifer fosilli
PALEOZOYİK	ALT PALEOZOYİK - ÜST KRETASE		İzmit Metamorfik Topluğu		<b>Uyumsuzluk</b>  Metakırıntılı: klorit-şist, serizit-şist, kalk-şist, mika-şist Metakarbonatlar: rekrystalize kireçtaşı ve mermer; yüzey rengi gri, koyugri, kahverengi, siyah renkte

Şekil 3.4 İzmit-Sapanca bölgesinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Doğan, 1998; Emre, 1998; Gönçoğlu vd., 1987'den derlenmiştir).

Topluluk çalışma alanında, Mahmudiye köyü ile Nusretiye köyü arasındaki güney yükselimleri oluşturur (Ek-1). Bölgenin temeli konumunda olan İzmit Metamorfikleri, Suadiye köyü güneyinde Eosen volkanitleri tarafından kesilir, güneyde Arslanbey formasyonu, kuzeyde de Akveren Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülür. Birim metakırıntılı ve metakarbonatlardan oluşur. Metakırıntılılar, klorit şist, serizit şist, kalk şist, mika şistlerden oluşur ve yeşilşist fasyesinde metamorfizmaya uğramıştır. Metakarbonatlar ise rekristalize kireçtaşı ve mermer blokları halinde izlenmektedir. Topluluğun üst kesimleri daha düşük bir metamorfizmaya sahiptir (Yılmaz 1992; Doğan 1998). Sapanca güneyinde iyi yüzlekler veren birim alterasyona uğramıştır ve genellikle gri, koyu gri, kahverengi, siyah renktedir. Birimin yaşı; rekristalize kireçtaşları ve mermerlerden elde edilen fosil bulgularına dayanılarak Alt Paleozoik-Üst Kretase'dir (Akartuna, 1968; Kaya ve Kozur, 1987; Göncüoğlu vd., 1987; Önder ve Göncüoğlu, 1998; Yılmaz vd. 1990, Bozcu, 1992; Yılmaz, 1992; Yılmaz, 1994).

#### **3.1.1.2 Akveren Formasyonu (Üst Kretase – Paleosen)**

Akveren Formasyonu Üst Kretase-Paleosen tortullardan oluşmuştur. Kocaeli'nin kuzey ve kuzeydoğusundaki iki yükselimi oluşturan birim Keçer (1999) tarafından Akveren formasyonu olarak tanımlanmıştır (Ek-1). Kocaeli kuzeyinde, D-B uzanımlı yer alan birim, alttan İzmit Metamorfikleri üstten de Eşme formasyonu tarafından uyumsuzlukla sınırlanır. Birim yeşilimsi gri renktedir ve ince-orta tabakalı marn, kiltası ve siltaşından oluşur, yer yer kumtaşı ara düzeyleri içermektedir. Birim içinde ekinitid, lamelibrans ve foraminifer fosilleri bulunur. Akveren Formasyonun yaşı Üst Kretase-Alt Paleosen'dir (Abdüsselamoğlu, 1963; Ketin 1983, Keçer 1999).

#### **3.1.2 Senozoyik**

Senozoyik kayaçları, Paleozoyik-Mesozoyik kayaçlarının üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. Birimlerin bölgenin hem güneyinde, hem de kuzeyinde geniş alana yayılır.

##### **3.1.2.1 Eşme Formasyonu (Paleosen – Eosen)**

İzmit-Sapanca hattının kuzeyinde yer alan Eşme formasyonu, Eosen-Paleosen yaşlı filişlerden meydana gelmektedir. Doğan (1998) birimi Sapanca civarında en iyi yüzlek veren yer olan Eşme'ye göre adlayarak, Eşme Formasyonu olarak

kullanmıştır. Keçer (1999) ise birimi Çaycuma formasyonu olarak tanımlaştır. Birim bölgenin kuzeyinde yaklaşık D-B uzanlı olarak yayılmaktadır (Ek-1). Sapanca gölünün hemen



**Şekil 3.5 Kocaeli doğusunda, İstanbul – Ankara karayolu üzerindeki yol yarmalarından Eşme Formasyonu'nun görünümü.**

kuzeyinden başlayan birimin güney sınırı İbrikdere-Bayraktar-Durhasan hattı boyunca devam etmektedir. Formasyon kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn ardalılarından meydana gelmiştir ve fliš niteliğindedir Armutlu yarımadası ile İzmit'in güney kesimlerinde yer alan ve birimin eşdeğeri olduğu düşünülen kırıntılardan elde edilen yaş verileri çeşitlilik göstermektedir. Göncüoğlu vd. (1986) *Discocyclina* sp., *Miscellanea* sp., *Millioliidae* fosillerinden Üst-Paleosen yaş belirlemiştir. Akartuna, flišlerdeki *Truncorotalia*, *Acaririna*, *Globigerina* fosillerine dayanarak birimin yaşını Eosen olarak tanımlamıştır. Bargu ve Sakinç (1989) ise Sapanca kuzeyindeki birimlerin, Armutlu yarımadasındaki Karamürsel grubu ile

eşdeğer olduğunu vurgulamış ve Karamürsel grubuna; içindeki bentik foraminiferlere dayanarak, Alt-Orta Eosen yaş vermiştir. Bu verilere göre formasyonun yaşı Paleosen-Eosen olarak değerlendirilmiştir. Eşme formasyonu kayaç ve fosil niteliği açısından sığ denizel ve yer yer derin denizel ortamı temsil etmektedir.

### 3.1.2.2 Kızderbent Volkanitleri (Paleosen – Eosen)

Bu birim, Yuvacık-Suadiye arasında kalan alanın güneyinde yer almaktadır. Andezitlerden oluşan birim, Akartuna (1968) tarafından Armutlu yarımadasında andezit, bazalt, diyabaz, riyodasit, tuf, ve aglomera şeklinde tanımlanmıştır. Bargu ve Sakınç (1984) bu birimi Kızderbent Volkanitleri, Göncüoğlu vd. (1986) ise birimi Sarısu Volkaniti olarak adlandırmıştır.

Volkanitler çalışma sahası içersinde, Suadiye köyünün batısından, güney-batısına doğru bir alanda görülür (Ek-1). Birim, çalışma alanında İznik Metamorfik Topluğunu örtmektedir. Bargu ve Sakınç (1990) bu birimin, çalışma alanın güneybatısında; İznik kuzeyinde Eşme Formasyonu'nu kestiğini belirtmiştir. Volkanikler, Pleyistosen yaşlı Arslanbey formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Andezitlerden oluşan birimin yüzey rengi gri, sarı, yeşil, mor'dur. Andezitler yoğun alterasyona uğramıştır ve kahverengi ve siyah ayrışma yüzeylerine sahiptir (Şekil 3.6). Dağılgan özellikteki birimin, hornblend ve biotit miktarı düşük olup, mineral bileşimini plajoklas ve piroksenler oluşturmuştur. Akartuna (1968), andezitler içersinde İpresiyen-Lütesiyen yaşlı kireçtaşlarının mercek ve sürekli tabakalar halinde görüldüğünü ve Geyve civarında İpresiyen-Alt Lütesiyen'i örten volkanik tüflerin bulunduğunu belirtmiştir (Akartuna ve Atan 1981). Bargu ve Sakınç (1990) birimin yaşının Alt-Üst-Paleosen'den genç, Miyosen'den de yaşlı olduğunu vurgulamıştır. Göncüoğlu vd. (1986)'da volkanitlerin yaşını volkano sedimenterler içinde buldukları Assilina cf. Exponens (Sowerby), Numulites sp., Orbistodes sp., Alveolinidae, Rotalidae, fosillerine dayanarak Orta Eosen (Lütesyen) olarak vermiştir. Bu bilgilere göre birimin yaşı Orta Eosen olarak kabul edilmiştir.

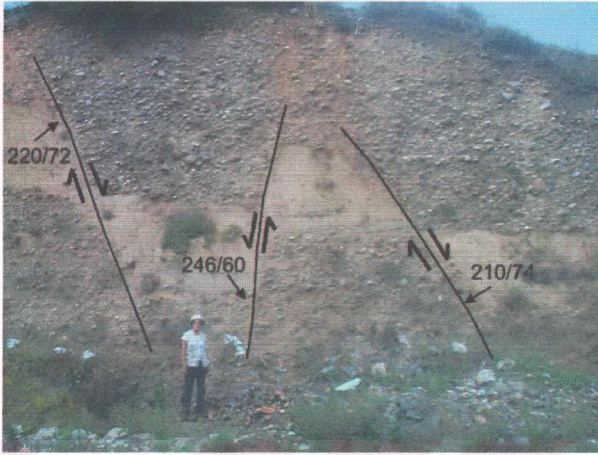


Şekil 3.6 Arslanbey civarında Kızderbent volkaniklerinden bir görünüm.

### 3.1.2.3 Arslanbey Formasyonu (Orta Pleyistosen)

Gevşek, tutturulmamış kırıntılardan oluşan bu birim çalışma alanının güneyinde ve doğusunda yer alır. İlk olarak Akartuna (1968) tarafından çalışılan birim marn, kil, gre konglomera, kum ve çakıllardan oluşan tortullar olarak tanımlanmıştır. Göncüoğlu vd. (1986) birimi Arslanbey konglomerası olarak tanımlamıştır. Bargu (1993) birimi iki farklı litolojiye ayırarak Karaçam ve Maşukiye Formasyonları olarak adlandırmıştır. Birimin Arslanbey Formasyonu tanımlaması ise Doğan (1998) tarafından yapılmıştır, Doğan (1998) Formasyonu en iyi görüldüğü yer olan Arslanbey'e dayanarak adlandırmıştır. Emre (1998), ise bu birimleri, Karapürçek civarında görülen Sakarya nehri çökellerinin eşleniği olarak değerlendirmiştir ve bu nedenle Karapürçek formasyonu olarak tanımlamıştır. Çalışma alanında, birimin en iyi görüldüğü yerin Arslanbey olması dikkate alınarak, çalışmada Arslanbey Formasyonu adlanması kullanılmıştır.

Arslanbey Formasyonu, İzmit Körfezi güneyinden doğuya doğru D-B doğrultulu olarak uzanmaktadır; ayrıca Sapanca Gölünün batısında ve GD kıyılarında görülmektedir (Ek-1). Birim en iyi Kullar, Maşukiye, Nusretiye ve Arslanbey'de yüzlek vermektedir. Arslanbey Formasyonu alttan Kızderbent volkanitleri, üstten de Holosen çökelleriyle açılal uyumsuz olarak sınırlanır. Arslanbey Formasyonu, Samanlı dağlarının eteğinde D-B uzanımlı olarak yer alır. Birim, alüvyal yelpaze



**Şekil 3.7** Silttaşı, kumtaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşan Arslanbey formasyonu içinde çok sayıda faylanma mevcuttur. Resimde görülen horst-graben tipi yapı Kullar güneyindeki bir yol yarmasında belirlenmiştir.

çökelleri niteliğindedir; kötü boylanmalı, az tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşmuştur (Şekil 3.7).

Genellikle sarı, açık kahve, gri renklerde yüzlek vermektedir. Yuvacık-Kullar arası, birim kötü boylanmış, kötü yuvarlanmış konglomeratik kalın bir istiften oluşmaktadır. Çakıllar metamorfik kayalar ve andezitlerden meydana gelmiştir. Bu çakıllar, İznik Metamorfik Topluluğu ve Kızderbent volkanitleri kökenlidir ve kum-silt matriks içinde yer alır. Formasyon eteğinin yüksek kesimlerinde kaba tanelilerden başlayıp, aşağıya doğru ince tanelilere doğru geçmektedir. Arslanbey formasyonu içinde; Kullar güneyi ve güneybatısında yer alan çakıl ocaklarında, çok sayıda fay belirlenmiştir (Şekil 3.7) Bu faylar KAF'ın bölgede etkin olmaya başladığı döneme aittir.

Akartuna (1968) birimin yaşını, bulduğu Viviparus aff altus NEUM (Ponsiyen-Levantın), Rissoia, Pseudocardita, Unio, Planorbis fosillerine göre Ponsiyen-Pliyosen olarak vermiştir. Bargu (1991) ise çalışma alanının dışında Sapanca gölünün güneydoğusundaki eşdeğer çökeller içerisindeki Planorbis corneus (Linne), Dreissena polymorpha (Pallas), Zebrina (Zebrina), Detrita(Müller) fosillerine dayanarak Orta Pleyistosen ve Arslanbey formasyonu içersinden elde edilen fosillerde termoluminesans yöntemi ile 350.000 yıl (Bargu,1992) yaş belirlemiştir.



Orta Pleyistosen yaşlı Arslanbey Formasyonu karasal çökel niteliğindedir. Emre (1998) formasyonu alüvyal yelpaze çökelleri olarak değerlendirmektedir. (Doğan,1998) ise formasyonun alüvyal yelpazeden bir göl ortamına geçen çökeller olarak tanımlamaktadır.

#### **3.1.2.4 Kıyı ovası, alüvyal yelpaze, bataklık ve alüvyon çökelleri (Holosen-güncel)**

Holosen çökelleri çalışma sahasında geniş bir alanda görülür. Kuzey ve güney birimler arasında, İzmit körfezi ile Sapanca gölü arasındaki koridor boyunca yüzeylenir. Holosen çökelleri, DSI'nin bölgede yaptığı sondajlarda 50-60 m' derinliğe kadar kesilmiştir. Temel sadece İzmit-Sapanca koridorunun güneyinde, yelpazelerin yüksek kesimlerinde kesilebilmiştir. Sondajlardan bölgede Holosen çökellerinin genellikle kil, marn ve kil-silt-kum ar dalanmasından oluştuğu gözlenmiştir. Güncel çökelim ortamlarına göre çalışma alanında dört farklı çökelim ortamı ayırtlamak mümkündür. Bunlar alüvyal yelpaze, alüvyon, bataklık ve kıyı ovası çökelleridir.

Sapanca gölünün güneyindeki yamaçlarda genç alüvyal yelpaze oluşumları meydana gelmektedir. Bu yelpazeler çakıltı, kumtaşı, silttaşı, kil ar dalanmasından oluşur. Yelpazelerin yüksek kesimlerinde yamaç molozu gelişmiştir. Bunlar iri bloklar ve kötü yuvarlanmış kötü boylanmış iri çakıllardan oluşmaktadır. Yelpazede daha alçak seviyelere doğru indikçe tane boyu azalmaktadır ve kumtaşı, silttaşı, kil ar dalanması görülmektedir. Yelpazelerin en iraksak kesimleri Sapanca gölüne bir kilometreden az yaklaşmaktadır ve buralarda genellikle kil, silt ar dalanması gelişmektedir. Bölgede yapılan sondajlar (DSİ) yelpaze kalınlıklarının, etek kısımlarında 50 m civarında olduğunu göstermektedir.

Sapanca gölünün kıyıları, güney ve kuzeyde, yelpazelerin iraksak kısımlarına denk düşmektedir. Bu alçak alanlarda ince taneli plaj tortulları çökeltmektedir. Göl çevresi, alüvyal kıyı ovası niteliğindedir ve kıyı boyunca ince kumtaşı, silttaşı, kil ar dalanmaları görülür. Yeraltı su seviyesi göl çevresinde çok yüksektir bu nedenle yer yer bataklık ve sazlıklar ve buna bağlı olarak organik maddece zengin bataklık çökelleri gelişmiştir. Bununla beraber gölün kuzey ve güney kıyılarında küçük delta oluşumları gözlenmiştir.

Sapanca gölünün batısına doğru, İzmit-Sapanca koridoru boyunca ve İzmit ovasında alüvyon yer alır. Koridor çevresindeki akarsularla taşınan, çakıl, kum, silt, kil boyutlu malzemeler bu alanda kalın bir istif oluşturmaktadır. Çoğunlukla kil ve marndan oluşan birim yer yer çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı mercikleri içermektedir. Bu kırıntılılar genellikle orta boylanmalı ve orta yuvarlanmalıdır. Sondajlardan, bölgede genellikle akarsu kanal çökelleri ile taşkın ovası çökellerinin oluştuğu anlaşılmaktadır.

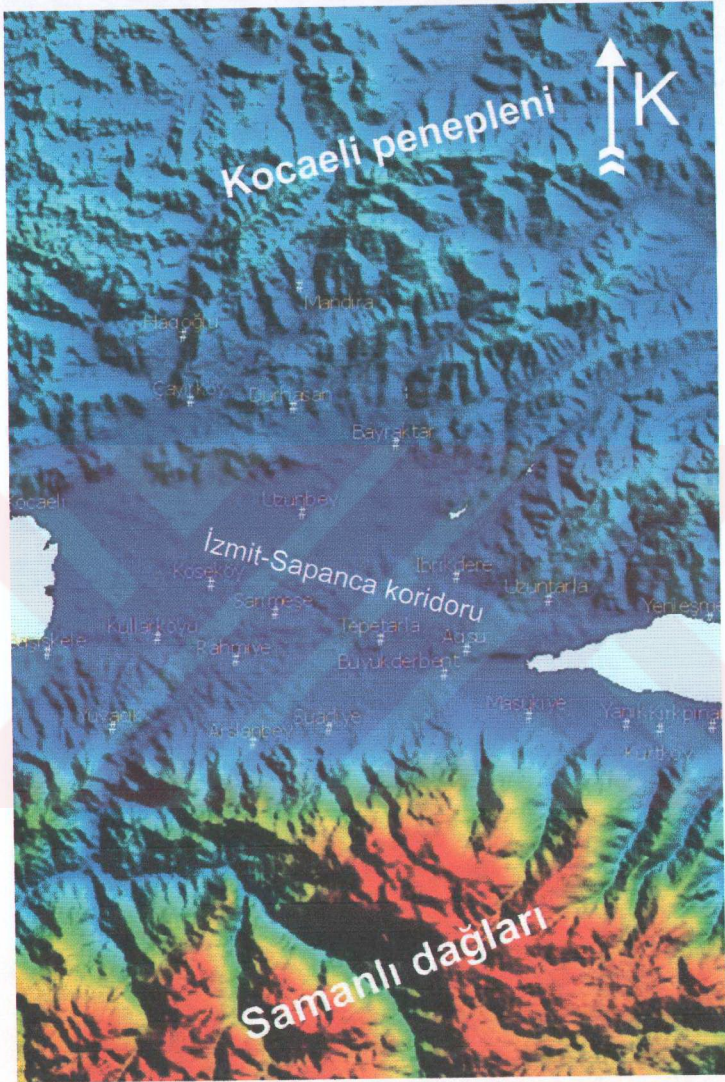
Sapanca gölü batı kıyısı, İzmit körfezi doğu kıyısında ve İzmit-Sapanca koridorun doğu kesiminde (Acısu batısı) bataklık alanlar meydana gelmiştir. Bu alanlar organik maddece zengin killerden oluşmaktadır.

### 3.2 Bölgenin morfolojik özellikleri

İzmit-Sapanca civarındaki başlıca morfolojik elemanlara bakıldığında ilk dikkat çeken öğeler kuzey ve güneyde yer alan yüksek alanlardır (Şekil 1.1). Bu alanların ortasında D-B uzanımlı bir çöküntü alanı bulunur. Kuzeydeki yüksek alan Kocaeli'nin hemen kuzeyinden başlamakta ve Karadeniz'e kadar uzanmaktadır. Ortalama yüksekliği 250-350 m arasında değişmektedir. Bu alan Kocaeli penepleni olarak anılır. Peneplenin eğimi genellikle kuzeye doğrudur ve peneplen üzerinde yer alan en yüksek tepeler Çenedağı (646 m), Elmacık (359 m) ve Oflak dağı (353 m)'dir. Kocaeli penepleninin rölyefi akarsuların kontrolünde gelişmiştir. Akarsu örgüsü penepleni aşındırarak bugünkü yüzey şekilleri meydana getirmiştir. Peneplenin üzerinde yer alan tepeler, dayanımsız kayaların akarsularla aşındırılmasının ardından kalan dayanımlı kayalardan meydana gelmiştir. Bu tür tepeler sertgen tepeler olarak anılmaktadır (Güney, 1994). Peneplen üzerindeki akarsuların bir bölümü Karadeniz'e diğerleri ise İzmit Körfezi ya da Marmara'ya dökülür. Karadeniz'e dökülen akarsuların su kaynakları ve su toplama alanları hayli güneydedir. Marmara Denizi'ne dökülen akarsular ise İzmit Körfezi'nin kuzeyinden doğmaktadır.

Bölgenin güneyinde Samanlı dağları yer alır. İzmit çevresindeki en büyük yükselimler buradadır. Samanlı dağları İzmit-Sapanca güneyinde dik yamaçlarla yükselir. 1400-1500 m yüksekliğindeki platolar körfezin güney kıyısı boyunca batıya doğru uzanır. Uzunluğu 130 km, genişliği 30 km dolaylarında olan Samanlı dağlarının en yüksek noktası Kartepe (Keltepe)'dir (1602 m). Samanlı dağlarından inen akarsuların oluşturduğu deltalar körfezin kıyısında düzlükler meydana getirir.

Bölgenin en alçak alanı Kocaeli platosu ile Samanlı dağları arasındadır. Bu alan batıda İzmit Körfezi, orta kesimde İzmit Ovası, doğuda Sapanca Gölü'nden oluşmaktadır. İzmit körfezi iki çukurluktan meydana gelmiştir ve derinliği en çok 150 m ulaşmaktadır (Şekil 3.1; Şekil 3.8). Daha doğudaki İzmit ovasında yükseklik 0-50 m arasında değişmektedir. Ova dar bir koridorla, doğudaki Sapanca gölüne bağlanır. Koridorun oluşumu Kuzey Anadolu Fayı ile ilgilidir. Körfezin 17 km doğusunda yer alan Sapanca Gölü D-B uzanımlıdır; uzunluğu 16 km ve K-G yönündeki en geniş yeri 5,5 km'dir. Sapanca Gölü'nün deniz yüzeyinden yüksekliği 30 m'dir ve gölün en derin yeri 61 m'dir



Şekil 3.8 İzmit-Sapanca civarına ait sayısal arazi modeli görüntüsü.

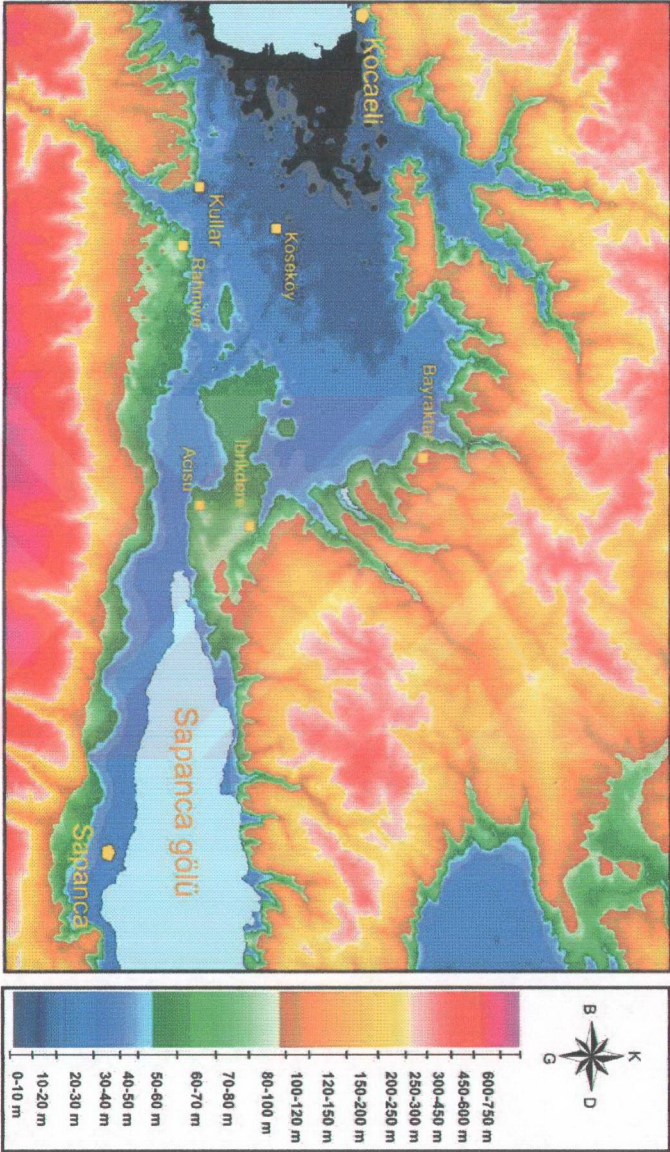
### 3.2.1 İzmit-Sapanca arasının morfolojisi.

#### 3.2.1.1 Yükselim ve düzlükler

Yukarıda da belirtildiği gibi İzmit- Sapanca arasında yer alan çöküntü alanı kuzey ve güney yükselimlerle sınırlıdır (Şekil 3.8). Bu çöküntü, alüvyal bir tabanı temsil eder ve K-G genişliği 6-11 km arasında değişmektedir. İzmit körfezinde K-G genişliği yaklaşık 6,3 km'dir. Doğuya doğru önce genişleyen düzlük Sapanca gölüne yaklaştıkça daralır ve 1,5 km'ye düşmektedir.

Kuzey alanların özelliklerine bakıldığında alüvyal düzlüğün, Kocaeli ilinin kuzeydoğusunda geniş bir girinti yaptığı görülür. Boğaz şeklindeki bu girinti 100-150 m aralığında değişen yükselimlerle sınırlıdır. Yükselimleri oluşturan yapılar, batıda Tavşanlı Tepe'dir (146m); doğuda ise Pekişme Tepe (139m) ve Tepedüzler Tepe'lerin (164m) bulunduğu sırttır. Bunlar Kretase yaşlı dayanımlı kayalardan oluşan sertgen tepelerdir. Boğazın hemen kuzeyinde havza niteliğinde geniş bir alan bulunur. KKD-GGB uzanan bu havzanın yüksekliği 15-25m arasındadır. Kuzey yüksek alanlardan doğan akarsularla beslenen havzanın kuzeyinde 4 km uzunluğa varabilen ve 250 m genişliğine üç vadi bulunmaktadır.

Boğazın her iki yakasındaki yükselimlerin kuzey kenarları oldukça çizgisel bir yapı sunar. Vadilerden oluşan bu çizgisellik aynı zamanda bölgedeki Üst Kretase çökelleri ile Paleosen-Eosen kayalarının dokanağını temsil eder. Alüvyal alan tepelerin hemen doğusunda; Durhasan köyünden İbrikdere köyüne kadar, GGD doğrultulu bir yay şeklinde, devam eder ve Paleosen birimleri ile sınırlanır. Sımira yakın alanlarda yükseklik 30-40 m arasındadır. 20 m ve 10 m yüksekliğindeki daha alçak alanlara doğru, 8-10 km<sup>2</sup> genişliğinde düzlükler görülür (Şekil 3.9). Bu düzlükler batıya doğru çok düşük bir eğime sahiptir ve İzmit körfezine kadar uzanır. İbrikdere'nin güneyinde ve batısında iki kademeli yüksek alanlar mevcuttur. Güney alanın ortalama yüksekliği 75m'dir, batıya doğru yaklaşık 65 m kotunda yer alan geniş, ve batıya eğimli bir düzluğe geçilir. Bu yükseltiler Orta Pleyistosen yelpaze çökellerinden meydana gelmiştir. Bu alan aynı zamanda İzmit-Sapanca koridorunun kuzey sınırını oluşturur. Sapanca gölünün kuzeyinde Paleosen-Eosen filişlerinin oluşturduğu yüksek rölyef göl kıyısına kadar sokulur. Bu alan 150-200 m arasında bir yüksekliğe sahip tepelerden oluşur.

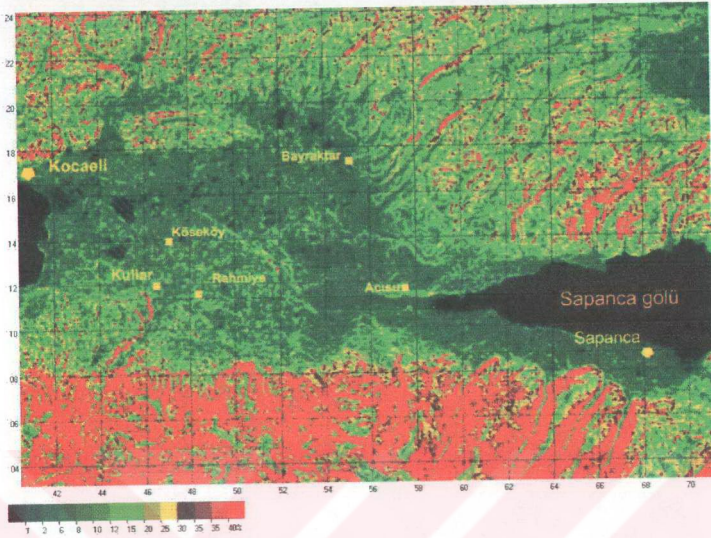


Şekil 3.9 İzmit-Sapanca arasındaki bölgenin eş yükselti alanları haritası.

Tepelerin güney eteklerinde gelişen küçük deltalar kıyı ovaları meydana getirmiştir (Ek-2). Bu ovalar D-B yayılır ve K-G genişlikleri 400 m civarındadır. Gölün batı ucunda, Acısuya kadar, yine D-B uzanan, ortalama 70 m yükseklikte bir sırt gelişmiştir. Sırtın güneyinde ise İzmit-Sapanca koridoru yer almaktadır.

İzmit-Sapanca koridoru, 50-30 m yüksekte bulunan, D-B uzanımlı bir oluk şeklindedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu bu alandan geçmektedir. Oluğun oluşumu fay tarafından denetlenir. Doğuda, Sapanca gölünün batı ucunda başlar. Koridorun en dar kısmı burasıdır, K-G genişliği 800 m dolayındadır. Batıya doğru, Acısu batısında bir bataklık gelişmiştir. Kuzey kenarı fay kontrollüdür. Burası İzmit-Sapanca koridorunun K-G en çok genişlediği yeridir. 17 Ağustos 1999 depreminin yüzey kırığı bu alana, bataklığın doğu ucundan, K85°D doğrultulu olarak girmekte ve batıda sağ bir basamaklanma yaparak, bataklığın kuzey batı ucundan D-B doğrultulu olarak çıkmaktadır. İzmit-Sapanca koridoru batıya doğru daralarak 45 m kotuna yükselir, ancak Rahmiye'den sonra çok düşük eğimle alçalarak İzmit ovasında deniz seviyesine iner. Köseköy çevresi, Çuhahane-Sarımışe arası, Körfezden sonra oluğun en alçak yerlerini oluşturmaktadır. İzmit körfezi kıyısı bataklık bir alandır. Günümüzde kurutulmuş yapılaşmaya açıktır. Körfezin kuzey kıyısında 1 km'lik iki lob gelişmiştir. Burası, kuzey sahalardan doğan akarsulardaki asılı yüklerle oluşmuş bir deltadır.

Koridorun daha güneyinde dik yamaçlar yer alır (Şekil 3.10) Maşukiye doğusunda yamaçlar doğrudan ova tabanına ulaşır. Buradaki tepeler % 30-45 eğimli sarpıklarla 1000 m'ye kadar yükselmektedir. Sırtlar KKB-GGD uzanımlıdır ve aynı yönde derin V tipi vadiler gelişmiştir. Gölün güneyini oluşturan bu kısımda, alüvyal kıyı ovası ve birikinti koniler gelişmiştir. Vadi önlerinde, 90 m kotuna kadar sokulan yelpazelerin eğimleri 10-25% civarındadır. Maşukiye'nin batısında dağların yüksekliği 700 m'ye düşer ve yamaçlar doğudakilere nazaran daha düşük bir eğime sahiptir. Dağ önlerinde 80-55 m aralığında değişen ve kuzeye 10-13 % eğime sahip düzlükler bulunur. Orta Pleyistosen yelpaze çökellerinden oluşan bu alanlar İzmit-Sapanca koridorunun güney sınırını oluşturur. Koridorunun güney şeridi hem birbiri üzerinde gelişmiş hem de yanal olarak birbirine eklenmiş yelpazelerden oluşan dağ önü düzlüklerinden (Piedmont) meydana gelmiştir (Bilgin 1984). Güneydeki, 60-70 m yükseltilerinin kuzey kenarlarındaki D-B uzanımlı, çizgisel yapı dikkat çekicidir (Şekil 3.9). Bu çizgisellik KAF nedeniyle oluşmuştur.



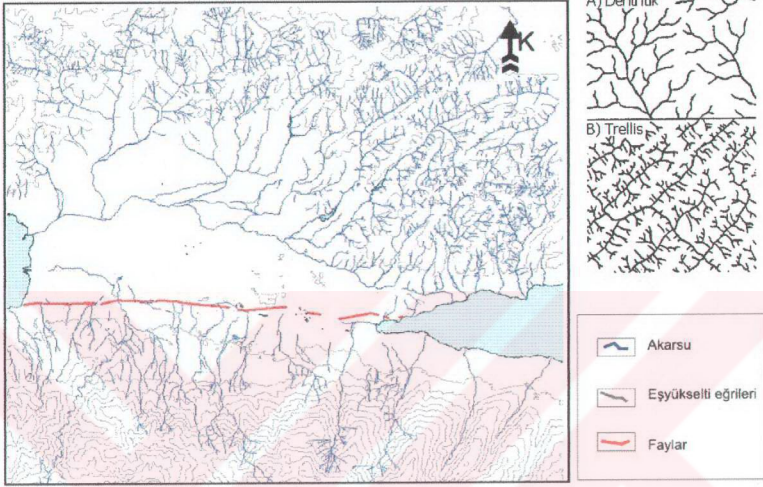
Şekil 3.10 İzmit-Sapanca arasındaki eğim haritası.

### 3.2.1.2 Akarsu örgüsü

İzmit ile Sapanca'nın kuzeyinde yer alan yüksek alan KD-GB yönlü derin vadiler ve bu vadilere dik, ikincil vadilerden oluşan bir rölyef sunar. Bu rölyef bölgede gelişmiş olan akarsu ağının düşük eğimli filişleri aşındırarak oluşturduğu bir yapıdır. Buradaki gelişmiş olan drenaj ağı, dentirik ile trellis tipi arası bir akarsu ağıdır (Şekil 3.11). Kocaeli'nin kuzeyindeki başlıca akarsuları Bıçkı dere ve Yirim dere'dir. Bu iki dere, kuzeyde Paleosen çökelleri içinden doğmaktadır ve 4 km uzunluğunda ve 250 m genişliğine vadiler oluşturmaktadır. Güneyde Akarca deresine birleşen dereler, Kocaeli'nin kuzeydoğusundaki sertgen tepelerin oluşumunda önemli rol oynar. İzmit ovasında drenaj çok gelişmiş değildir. Bölgenin alçak ve düşük eğimli oluşu bu gelişmeyi engellemiştir. Ovanın doğusunda görülen en büyük akarsu Yirim dere'dir. Kaynağı doğudaki yüksek alanlarda olan akarsulardan beslenir; BKB-DGD yönünde gelişmiştir.



Sapanca gölünün kuzey batısında Şeytan dere, Kefence (veya Kurt) dere, Çatalarmut dere ve Üçtepel deresi KD-GB yönünde, güneye doğru akan derelerdir, ancak tümü derin vadilerini terk ettikten sonra, batıya dirsek yaparak Yirim deresine bağlanır. En doğuda yer alan Uzuntarla deresi, Sapanca gölü havzasına 800 m kadar



Şekil 3.11 İzmit-Sapanca çevresinin drenaj ağı ve Hovard (1967)'ye göre dentritik ve trellis tipi akarsu ağı.

yaklaşmaktadır, ancak bu noktadan sonra batıya dönerek Yirim deresine bağlanır. Derenin hemen güneyinde, Acısu kuzeyinde D-B uzanımlı bir vadi bulunmaktadır. Bu vadi Uzuntarla deresinin eski yatağına aittir (Bilgin1984).

Sapanca gölünün güneyinde yer alan akarsular ise genellikle KKD yönlüdür ve V tipi çok derin vadiler oluşturmuştur. Bu akarsular güney alanlarda yelpazeler meydana getirmiştir. Batı'ya doğru, vadilerin derinlikleri azalır ve KKB'ya doğru yön değiştirir. Batıdaki en büyük akarsu Kiraz deresidir. Kocaeli ve çevresinin, su ihtiyacının önemli bir kısmı bu dereden sağlanır. Dere Çuhahane güneyinde 400 m genişliğinde ve 100 m kotuna kadar sokulan derin bir vadi oluşturmuştur. Kirazlı barajı bu vadinin hemen güneyine kurulmuştur.

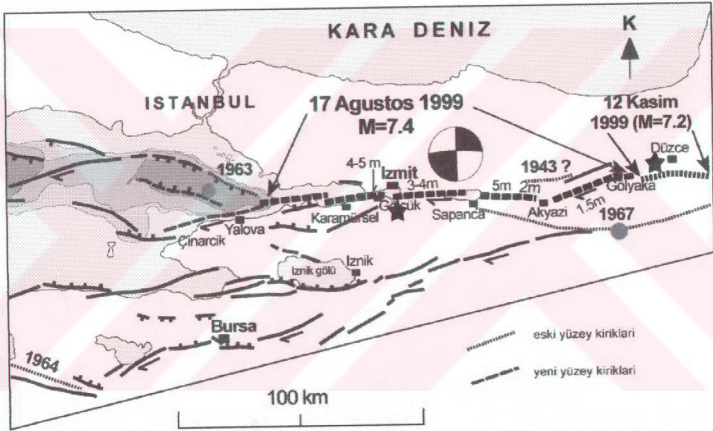
İzmit-Sapanca koridorunun alçak alanlarında gelişmiş olan derelerin tümü kuzeye doğru akmakta ve oluk tabanına ulaştığı yerde sonlanmaktadır. Sonlandıkları alanlarda genellikle bataklıklar görülür. Daha batı kısmında yer alan dereler ise,

oluğun tabanında bulunan D-B uzanlı Çuhahane deresine bağlanmaktadır. Örneğin Rahmiye doğusundaki Camışdibi deresi, en düşük kota ulaştıktan sonra batıya doğru dirseklenir ve Çuhahane deresine bağlanır. Derelerin sonlandıkları veya bağlandıkları noktalar dikkate alındığında bunları D-B uzanlı bir hat üzerinde yer aldıkları görülür. Bu hat aynı zamanda Kuzey Anadolu Fayı'nın geçtiği yerdir. Çuhahane deresi koridor boyunca fay çizgisini takiben gelişmiştir. Çuhahane'de sağa doğru bir dirsek yaparak kuzeye İzmir körfezine boşalmaktadır. Camışdibi dere ise fayın etkisiyle dirseklenmektedir. Günümüzde, Çuhahane deresinin bir bölümü ve dereye bağlanan kollar kanallar yardımıyla kontrol altına alınarak, İzmit körfezine boşaltılmaktadır. Ancak bu tür mühendislik önlemleri, akarsuların sadece belirli kısımlarında yapılmış olduğundan, akarsular ilksel konumları korunmuştur. Bu nedenle Kuzey Anadolu Fayı'nın, İzmit-Sapanca koridorunda gelişmiş olan drenajı kestiği ve fay hattı boyunca, fayın oluşturduğu oluk morfolojisi içerisinde batıya yönelttiği söylenebilir.

### 3.3 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ( $M_w = 7.4$ )

Kocaeli depremi, çalışmayı kapsayan alanda, aletsel dönem içinde meydana gelmiş en büyük depremdir. 17 Ağustos 1999 tarihinde, saat 03:01:37 de meydana gelmiştir. Deprem oldukça geniş bir coğrafyada hissedilmiştir; İzmir, Ankara, Mersin gibi illerin dışında, Yunanistan ve Bulgaristan da etkili bir biçimde depremi hissetmiştir. Kocaeli ile civarındaki yoğun ve uygunsuz yapılaşma, depremin şiddetinin yüksek olmasına neden olmuştur. Resmi rakamlara göre 18,000 kişi hayatını kaybetmiş ve yaklaşık 20 katrilyon TL 'lik zarar oluşmuştur.

Kocaeli depreminin büyüklüğü  $M_w = 7.4$  olarak belirlenmiştir (USGS, Kandilli) ve dış merkezi, Kocaeli ilinin yaklaşık 11 km doğusunda yer alır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin dış merkezi ve yüzey kırığı (Barka vd. 2002).

#### 3.3.1 Yüzey kırığı

Kocaeli depremi yaklaşık olarak 145 km'lik bir yüzey kırığı oluşturmuştur. Kırık, Hersek deltasının batısından başlar ve doğuya doğru çeşitli basamaklanma ve çekayır alanlarıyla bölünerek doğuda, Gölyaka'ya kadar uzanır. Toplam beş adet fay parçasına ayrılmıştır. Bu parçalar; batıdan doğuya doğru, Hersek, Gölcük-Karamürsel, İzmit-Sapanca, Sapanca-Akyazı ve Karadere parçasıdır (Şekil 3.12).

Hersek parçası yaklaşık  $K80^{\circ}D$  doğrultuludur. Deltanın batısında başlar, deltayı keserek doğusunda, deniz içinde sonlanır. Doğuya doğru Gölcük-Karamürsel kırığı

yer alır ve yaklaşık 28 km uzunluğundadır. İzmit körfezinin güney kıyısına paralel olarak, deniz içinden doğuya doğru uzanır. Kırık Gölcük civarında karaya çıkar ve bir sağ basamaklanma yaparak İzmit-Sapanca kırığına bağlanır. Bu basamaklanma 2 km uzunluğundadır ve önemli normal faylanmalara neden olmuştur.

İzmit-Sapanca parçasının karadaki ilk izine İzmit körfezinin güneyinde, Başiskele mevkiinde rastlanır. Kırık buradan D-B doğrultu olarak Sapanca gölüne kadar takip edilebilir. Uzunluğu 20 km civarındadır. Sapanca gölünde kırık yine bir sağ basamaklanma yaparak Sapanca-Akyazı parçasına geçer. Bu fay parçası da D-B doğrultuludur ve uzunluğu 26 km'dir. Akyazı'nın 1 km doğusuna kadar uzanan yüzey kırığı buradan GD 'ya doğru bir sıçrama ile Karadere fay parçasına bağlanır. Karadere fay parçasının doğrultusu diğer parçalara göre daha farklı; KD doğrultuludur. Eften gölüne kadar uzanan kırık 30 km'ye yakın bir uzunluğa sahiptir.



**Şekil 3.13 Gölcük civarında, fay tarafından kesilen merdivenler 4,5 m ye yakın ötelenmiştir.**

17 Ağustos Depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde hem yurtiçinden, hem yurtdışından, çok sayıda araştırmacı çalışmıştır. Yüzey kırığı boyunca atım ölçümü yapılmıştır. Atım değerleri en çok 5m'ye kadar çıkmaktadır. Genellikle en yüksek atım değerleri fay parçalarının ortalarına yakın kesimlerde; en düşük değerlerin ise uç kesimlerde olduğu belirlenmiştir.

Karadere fay parçası üzerinden ölçülen atımlar genellikle 1,5 m 'nin altındadır. Batıya doğru Sapanca-Akyazı parçasında değerler artmaktadır. Buradan elde edilen

ölçümler doğuda 0,3-2,5m arasındadır, ancak kırığın batısında değerler 2,5-5 m'ye varmaktadır. Gölcük-Sapanca kırığınınındaki atımlar ise ortalama 2 m'dir. En batıda, Karamürsel-Gölcük fay parçası üzerinden ölçülen atım değerleri 3-5 m arasındadır. Gölcük'te donanma'nın batı duvarında ölçülen atım  $5 \pm 0,3$ .

### 3.3.2 İzmit-Sapanca fay parçası

Çalışma alanında, İzmit-Sapanca kırığının dağılımı ve atım miktarları ayrıntılı bir biçimde ele alındığında, yüzey kırığının batıda ilk, Körfezin güneyinde, Başiskele mevkiinde olduğu görülür. Tutturulmamış plaj çökellerinden oluşan bu bölgede, 17 Ağustos 1999 kırığı, 30-80 cm genişliğindeki çatlak sistemlerine bölünerek 30 m'lik bir deformasyon alanına yayılır(Şekil 3.14).



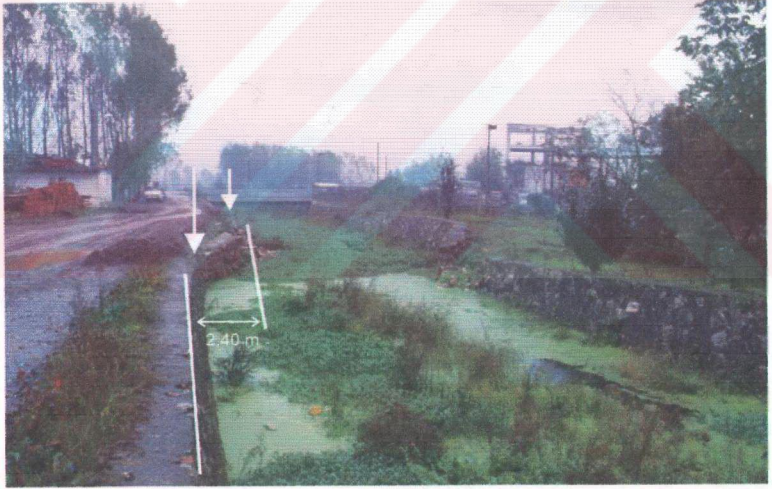
Şekil 3.14 Başiskele mevkiinde 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin yüzeyde meydana getirdiği deformasyon 30m genişliğinde bir alana yayılır.

Burada, bir sıra direk üzerinden ölçülen atım miktarı 300 cm dir. Fay doğuya doğru,  $K80^{\circ}D$  doğrultulu tek bir yüzey kırığına dönüşür(Şekil 3.15). Başiskele ile Kullar köyü arası ölçülebilen atım değerleri 170-300 cm arasında değişmektedir. Atımlar genellikle yol, duvar kanal gibi yapılardan ölçülmüştür. Şekil 3.16'de fayın bir kanalı dik olarak kestiği görülür. Kanalda ölçülen atım miktarı 240 cm'dir.

Ayrıca yine Kullar doğusunda yer alan bir sitenin duvarından 330 cm'lik atım ölçülmüştür (Şekil 3.18). Sitenin biraz daha batısında fay bir dereyi kesmektedir.



Şekil 3.15 Başiskele doğusunda yüzev kırığı tek bir kırık halindedir.



Şekil 3.16 Başiskele doğusunda bir kanal üzerinde meydana gelen 2,40 m 'lik atmm.



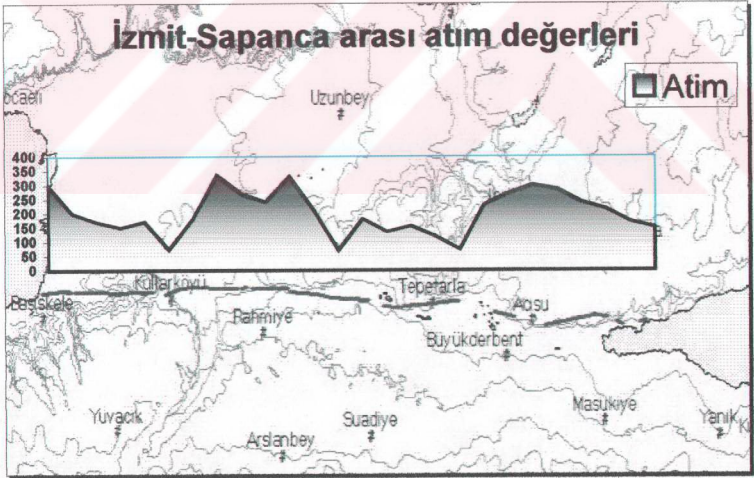
**Şekil 3.17 Kullar batısında kırığın oluşturduğu köstek izleri.**

Derenin toplamda 28m yakın atıma uğramış olması, 1999 dan öncesi depremlerde de fayın bu bölgeden geçtiğini göstermektedir. Genel olarak bakıldığında yüzey kırığı Kullar köyüne kadar belirgin, tek bir hat şeklinde devam etmektedir ve kırık boyunca köstek izleri ve çöküntü alanları meydana gelmiştir (Şekil 3.17). Fay burada 50-100 cm yüksekliğinde köstek izi oluşturmuştur.

Kullar köyü yakınında fay sol basamaklanma yaparak doğuya doğru yine yaklaşık  $K80^{\circ}D$  doğrultulu, tek kırık olarak devam eder. Doğuya doğru fayın atım miktarı 110 cm'ye kadar düşmektedir. Köseköy güney-güneybatısında fayın ortalama atımı 140 cm'dir. Yüzey kırığı bu bölgede Çuhahane deresine paralel olarak gelişmiştir; doğuda Sarımeşe'ye doğru yaklaştıkça atım değerlerinde artış meydana gelir. Sarımeşe güneyinde fayın doğrultusu  $K84^{\circ}B$ 'dir ve 300 cm ye yakın atım ölçülmüştür. Doğuya doğru fay bataklıkları keser, o nedenle yüzey kırığını burada görmek mümkün değildir. Ancak Tepetarla'nın batısında tren raylarını kestiği görülür. Burada ölçülen atım miktarı 300 cm'dir. Tepetarla'nın doğusundaki bataklık alanda yüzey kırığını yine Acısu batısına kadar görmek mümkün değildir.

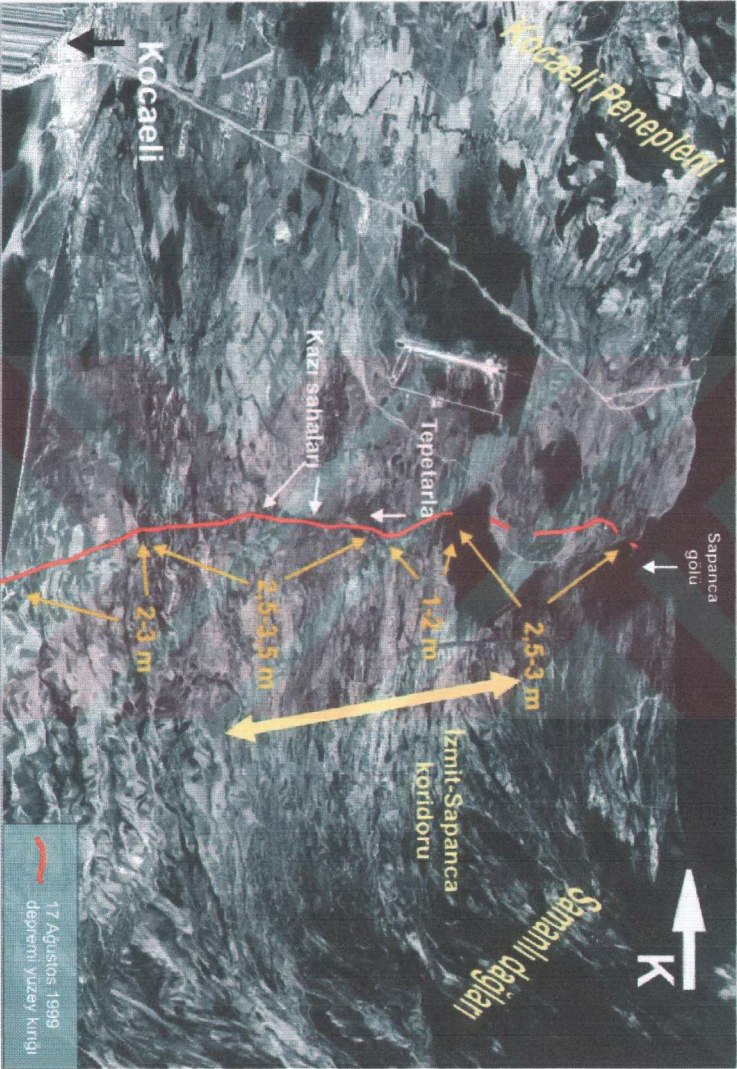


Şekil 3.18 Kullar batısında bir site duvarından 330 cm'lik bir sağ yanal ötelenme ölçülmüştür (Barka vd. 2000).



Şekil 3.19 İzmit-Sapanca fay parçasının haritası ve üzerinde meydana gelen atımların büyüklük ilişkisini veren şekil.





Şekil 3.20 Izmit-Sapancaya arasındaki 3 boyutlu görüntüsü ve Kocaali yarımadası üzerindeki meydana gelen atım değerleri.

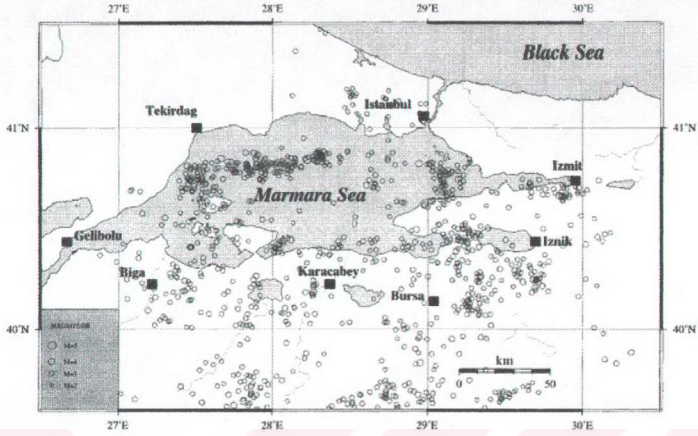
Acısu batısında fay otoyolu düşük bir açıyla keserek 270 cm'lik kısaltmaya neden olur. Doğu'ya doğru fay bir sıçrama yapar ve K85°D doğrultulu olarak; 95m yüksekliğindeki Akürgentürbesi tepesinin kuzey eteğine kadar devam eder. Fay burada KB-GD doğrultulu en-echelon kırıklar meydana getirir. Akgürgentürbesi'nin batısında atım 230 cm civarındadır; doğuda ise atım 150 cm'ye düşmektedir. Daha doğuya doğru yüzey kırığı K80°B doğrultulu olarak Sapanca gölüne ulaşır.



Şekil 3.21 Tepetarla batısında, demiryolunda 300 cm sağ yanal ötelenme ölçülmüştür.

### 3.3.3 Kocaeli depremi öncesi bölgenin sismik hareketliliği

Kocaeli depreminde büyük şok öncesi, odağın çevresinde çok sayıda  $M \leq 3$  depremler meydana gelmiştir. Bu depremler genellikle 17 Ağustos 1999 ( $M_w=7.4$ ) şokunun yakın çevresinde yer alır (Gürbüz, 2000). 17 Ağustos 1999 öncesi dikkat çeken önemli bir durum, Gölcük doğusu ve batısındaki fay parçalarının bulunduğu alanlardaki deprem suskunluğudur. Bu alanlarda ana şok sonrasına kadar herhangi deprem etkinliği gözlenmemiştir. Ana şok öncesinde 12 günlük bir sessizlik olmuştur ve 100 sn öncesinde, ana şok ile aynı yerde ve eş mekanizmada (sağ yanal atım)  $M = 3$  'lük bir deprem meydana gelmiştir (Eyidoğan vd., 2000). Ayrıca odağa 13 km yakınlıktaki bir istasyondan, 16 Ağustos 1999 akşamı yerel saat ile 23:17:33 – 23:59:54 arası 8 adet  $M \leq 2.5$  depremlerin meydana geldiğini belirtmektedir (Özalaybey, 2001; Ergin vd., 2000).



Şekil 3.221986-1996 yılları arasında Marmara bölgesinin depremlerine bakıldığında, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ( $M_w = 7.4$ ) öncesi İzmit civarında bir deprem etkinliği olduğu görülmüştür (Kandilli; Gürbüz 2000'den alınmıştır).

### 3.3.4 17 Ağustos 1999 ( $M_w=7.4$ ) depremi anı ve sonrası bölgenin sismik hareketliliği

Kocaeli depremi, 17 Ağustos 1999 sabahı, yerel saatle 03:01:37'da ve 17 km derinlikte meydana gelmiştir. Depremin odağı 40.7 K enlemi ile 29.9 D boylamı üzerinde yer alır ve büyüklüğü  $M_w = 7.4$  olarak belirlenmiştir (Kandilli, USGS). Dış merkez noktası yüzey kırığının 0.8 km kuzeyinde bulunmaktadır. Anaşok sonrası deprem etkinliği artmıştır. Artçı şokların bir çoğu ilk üç gün içerisinde gerçekleşmiştir. Artçılar D-B 170 km, K-G 50 km'lik bir alanda dağılmakta ve genellikle yüzey kırığına paralel bir çizgi üzerinde dizilmektedir.

Tablo 3-1 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin, USGS ve Kandilli Rasathanesinden alınan bilgileri:

Kaynak	Enlem	Boylamı	Derinlik	$M_w$	$M_s$	$M_b$	g max (m/s <sup>2</sup> )
USGS-NEIC	40.702 K	29.987D	17 km	7.4	7.8	6.3	
B.Ü.Kandilli Rasathanesi	40.76 K	29.97 D	18 km	7.4	7.8	7.4	DB 2.14

### 3.4 Paleosismoloji

Paleosismoloji, genç-tektonik çalışmalar kapsamında, tarihsel depremlerin varlığını, zamanını, konumunu ve büyüklüğünü belirlemeyi amaçlayan bir araştırma dalıdır. Tarihsel depremlerin saptanması, depremlerin tekrarlanma aralığının hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. Paleosismoloji’de araştırmalar yazılı tarihi kayıtların incelenmesi, uzaktan algılama yöntemleriyle morfolojik etüdlerin yapılması, ayrıntılı topoğrafik haritaların oluşturulması saha da faylanmalara bağlı yapıların araştırılması ve fay kazısı ile depremlerin jeolojik kayıtlarının saptanması gibi çalışmalarla yürütülür. Paleosismoloji, depremlerin jeolojik ve jeomorfolojik kayıtlarını incelediğinden, günümüzden Pleyistosen’e kadar uzanan bir zaman aralığını kapsamaktadır. Bu aralık, bir-iki bin yıllık, yazılı tarih ve aletsel dönem kayıtlarının çok ötesi bir zamanda deprem araştırmalarını mümkün kılar.

Tarihsel depremler kendilerini arazide belirli yapılarla gösterirler. Bunlar şu şekilde özetlenebilir.

- Fay yüzlekleri
- Faylanmış yüzey şekilleri. (Ör. ötelenmiş akarsular, akarsu sekileri, denizel veya gölsel taraçalar.)
- Fay sarplıkları. (Bir veya birden çok depremin sonucunda oluşmuş sarplıklar)
- Stratigrafik yapılar. (Ör. tortullar içinde yer alan, kolüviyal kamalanma, sıvılaşma yapıları, kum volkanları, çatlak dolguları.)
- Kıvrımlanmış, alüvyal çökeller ve kayaçlar

Yukarıda verilen yapıların incelenmesinde belli başlı yöntem ve araçlar kullanılır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

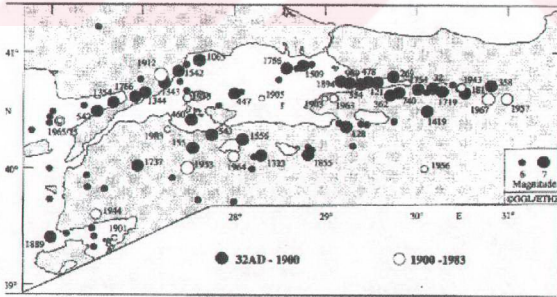
- Jeolojik haritalama, fayların belirlenmesi ve fayların oluşturduğu jeolojik ve morfolojik yapıların saptanması. Kullanılan araçlar:
  - Hava fotoğrafı
  - Düşük açılı hava fotoğrafları
  - Jeoloji haritası
  - Ayrıntılı topoğrafik haritalar

- Tarihsel kayıtların incelenmesi. Kullanılan araçlar:
  - Depremlere işaret edebilecek her türlü yazılı ve basılı tarihi kayıtlar
- Fay kazaları açarak depremlerin jeolojik kayıtların incelenmesi. Kullanılan araçlar:
  - Hendek duvarlarının ölçülü kesitleri
  - Fosil veya kömür örnekleriyle yaş tayini
  - Hendek duvarlarını fotoğraflama

Paleosismoloji'nin temelinde amaç; aktif tektoniğin diğer yöntemlerinde olduğu gibi, depremlerin meydana geliş biçimlerini daha iyi anlayarak, gelecekte meydana gelebilecek depremleri saptamak ve bu sayede depremlerden dolayı oluşabilecek zararları asgariye indirmektedir. Gelişmiş bir yerleşim ve sanayiye sahip İzmit-Sapanca civarının tarihsel depremlerini belirlemek ve özelliklerini anlamak, bölgedeki deprem zararlarının azaltılması açısından önemlidir.

### 3.4.1 Tarihsel depremler

İzmit-Sapanca bölgesinde depremlerin daha önceden de varolduğu gerek tarihsel gerekse aletsel kayıtlardan bilinmektedir. Bölgenin depremsel özellikleri yakın çevresi ile ilişkili olduğundan, Marmara bölgesinin depremselliği de dikkatle incelenmelidir.



Şekil 3.23 Marmara Denizi ve çevresinde son 2000 yılda meydana gelen depremler (Ambraseys and Finkel 1991). Beyaz daireler bu yüzyılda meydana gelen depremlerin yaklaşık dışdaıklarını göstermektedir.

Marmara bölgesinde 20. yüzyılın dışında, tarihte meydana gelmiş bir çok deprem vardır. Bu depremlerin varlığı, tarihsel kayıtlardan anlaşılmaktadır. Tarihsel depremleri belirleme konusunda yürütülmüş birkaç çalışma vardır. Örneğin Ambraseys ve Finkel (1991) yayınlarında, M.S. 32-1912 yılları arasında Marmara denizi ve yakın çevresinde 93 adet tarihsel depremin meydana geldiğini vurgulamıştır. Bu depremlerin dağılımı Şekil 3.23 gösterilmiştir.

**Tablo 3-2 Son 2000 yılda İzmit civarında meydana gelen depremler:**

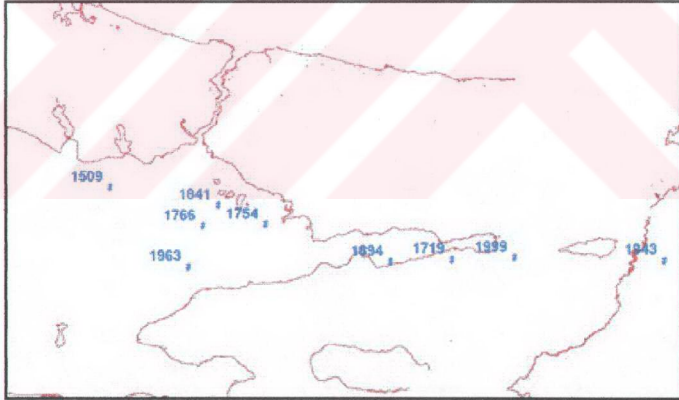
TARİH (MS)	YER	BÜYÜKLÜK/ ŞİDDET	Kaynak
32	İzmit-Adapazarı	VIII	1,6
3 Mayıs 181	İzmit-Sapanca-Mudurnu	VI	1,6
2 Aralık 362	Karamürsel	VIII	1,5,6
25 Eylül 478	Karamürsel-Gölcük	IX	1,5,6
15 Ağustos 554	Karamürsel-Yalova	---	1,4
26 Ekim 740	Karamürsel-Gölcük	VIII	1,4,5,6
25 Ekim 989	Yalova	---	1,4
10 Eylül 1509	İstanbul	IX	1,2,3,5,6
25 Mayıs 1719	Gölcük	IX	1,2,5,6
2 Eylül 1754	Tuzla	IX	1,5,6
10 Temmuz 1894	Karamürsel	X	1,5,6
1.-Ambraseys ve Finkel (1991)		3.- Ambraseys ve Finkel (1990)	
2.-Ambraseys ve Jackson (2000)		4.-Işın Demirkent (2001)	
5.-Esin Ozansoy (2001)		6.-Soysal vd. (1981)	

Diğer bir çalışma Soysal vd. (1981) tarafından gerçekleştirilmiştir. Soysal'ın TÜBİTAK için oluşturduğu Türkiye deprem kataloğunda, 39.5° K-42° K enlemleri ve 26° D-32° D boylamları arasında kalan, M.Ö. 2100-M.S. 1900 yılları arasında 231 adet depreme işaret etmiştir. Ozansoy (2001) 1200-1453 tarihleri arasında, İstanbul çevresinde meydana gelmiş depremleri Bizans kaynaklarından yararlanarak incelemiştir. Bu çalışmada Ozansoy (2001) 19 adet depremin kaydının bulunduğunu ve bu depremlerin İstanbul ve çevresinde hasara yol açtığını vurgulamıştır. Demirkent (2001) IV-IX yy.'larda Bizans kaynaklarına göre 51 adet depremin kaydedildiğini yazmıştır.

Bu depremlerin içinden çalışma sahasını etkilemiş olabilecek 10 adet deprem göze çarpar (Tablo 3-1).

M.S. 32

Bu deprem İstanbul ve çevresinde (Bizans-Bithynia) güçlü bir şekilde hissedilmiş. İznik (Nicaea) de evlerin çoğu yıkılmış. Deprem Atina 'da hissedilmiş (Ambraseys ve Finkel,1991).



Şekil 3.24 Ambraseys ve Jackson 2000 deki verilerden elde edilmiş tarihsel deprem haritası.

3 Mayıs 181

İzmit (Nicomedia), Mudurnu (Mudupolis) ve Sakarya (Sakaria) nehri civarı büyük bir depremden dolayı yıkılmış. Roma hükümeti onarım çalışmaları için özel bir bütçe oluşturmuştur (Ambraseys ve Finkel,1991).

2 Aralık 362

Bu depremde İzmit tamamen, İznik'in de önemli bir kısmı yıkılmış. Kayıtlara, bölgedeki pınarların kuruduğu, ayrıca hükümetin temel ihtiyaç maddelerinde önemli indirimlere gitmek zorunda kaldığı yazılmış. Deprem İstanbul' da etkisini göstermiştir. Yeni onarılan Ayasofya kilisesinde hasar meydana gelmiş (Ambrasey ve Finkel, 1991). Sosyal vd. (1981) bu depremin şiddetini VII olarak vermiştir.

25 Eylül 478

Marmara denizin doğusunda çok yıkıcı bir deprem meydana gelmiş. Karamürsel (Helenopolis), İzmit (Nicomedia) tamamen yıkılmış, çok sayıda can kaybının meydana geldiği bildirilmiştir. Deprem, İstanbul'da ciddi hasarlara neden olmuş. Depremin hemen ardından büyük dalgalar meydana gelmiş ve yıkıma sebep olmuş. Artçı depremler 40 gün kadar sürmüştür. Ayrıca Trakya ve Bizans-Bithynia da hasar meydana gelmiş. Yıkılan şehirler özel kraliyet hazinesinden desteklenerek onarılmıştır. Sosyal vd. (1981) bu depremin şiddetini IX olarak vermiştir.

15 Ağustos 554

Deprem İzmit (Nicomedia) da ciddi hasarlara sebep olmuştur. İstanbul'da (Constantinople) birçok ev ve kamu binası zarar görmüştür. Surların bir kısmı yıkılmış. Can kaybının çok olduğu ve denizin karadan 2 mil içeriye taşıdığı bildirilmiştir.

26 Ekim 740

Can ve mal kaybının çok yüksek olduğu depremlerden biridir. Trakya ve Bizans-Bithynia da kiliseler, manastırlar, kamu binaları, konutlar önemli ölçüde zarar görmüştür. İzmit (Nicomedia)'in bir kısmı, Karamürsel (Helenopolis), ve İznik (Nicaea) acilen onarıma ihtiyaç duyulacak kadar çok zarar görmüşler. İstanbul (Constantinople) da yıkımlar aynı ölçüde olmuş (Ambraseys ve Finkel,1991; Demirkent, 2001). Artçı depremler bir yıl kadar sürmüştür. İmparatorluk, zararları



karşılatabilmek için özel vergiler oluşturmak zorunda kalmış. Soysal vd. (1981) bu depremin şiddetini VIII olarak vermiştir.

25 Ekim 989

Marmara'nın doğusunda meydana gelen bu deprem Trakya ve Bizans-Bithynia'daki köy ve şehirlerde önemli yıkımlara neden olmuştur. İstanbul'da (Constantinople) çok sayıda ev çökmüş, kamu binaları ve surlar yıkılmış. Deprem İzmit (Nicomedia)'de de aynı şiddete hissedilmiş. Denizde taşmaların meydana geldiği bildirilmiştir. Depremin muhtemelen güney Yunanistan'da da hissedilmiş (Ambraseys ve Finkel,1991). Demircent (2001) Ayasofya'nın batı kubbesinin yıkıldığını, ayrıca depremin İtalya da hissedildiğini belirtmiştir. Soysal vd. (1981) raporlarında bu depreme hiç yer vermemişlerdir.

10 Eylül 1509

Marmara denizinde, Gelibolu'dan Bolu'ya, Edirne'den Bursa'ya kadar geniş bir alanda hasar yaratan bir deprem olmuştur. İstanbul da 1000 konutun yıkıldığı ve 5000 insanın öldüğü bildirilmiştir. Deprem yaklaşık olarak 750 km'lik bir alan içerisinde hissedilmiş. Artçı depremlerin iki yıl kadar sürdüğü belirtilmiştir (Ambraseys ve Finkel,1991). Soysal vd. (1981) bu depremin şiddetini IX olarak vermiştir.

25 Mayıs 1719

Birkaç öncü depremin ardından meydana gelen depremin sonucunda İzmit körfezinin her iki kıyısındaki köy ve şehirlerde önemli zararlar oluşmuştur. Yalova, Pazarköy, Karamürsel, Kazıklı, İzmit, Sevenit (Sapanca?) ve Düzce'ye kadar varan genişlikteki bir alanda ciddi yıkımlar meydana gelmiş. 6000 civarında insanın öldüğü düşünülmektedir. Birçok evin yanı sıra 40 camii ve 27 kule yıkılmıştır. Deprem, Akviran, Çatalca, Çekmece, Heybeliada ve Edirne'de şiddetli olarak hissedilmiş ve bazı hasarlara neden olmuştur. İzmir, Atina, Selanik ve Anadolu da bazı yerlerde deprem hissedilmiştir (Ambraseys ve Finkel,1991). Soysal vd. (1981) bu depremin şiddetini IX olarak vermiştir.

2 Eylül 1754

İzmit (Nicomedia) tamamen yıkılmıştır. Yaklaşık olarak 2000 kişinin öldüğü tahmin edilmekte. Ereğli (Bendereğli)'deki deniz feneri yıkılmıştır. Deprem İstanbul'da da önemli hasarlara sebep olmuştur. Balat ve Üsküdar yıkımlar kaydedilmiştir. İstanbul'da 60 kişinin öldüğü bildirilmiştir. Depremden sonra haftalarca artçı depremler meydana gelmiştir. Deprem Marmara güneyinde önemli hasarlara sebep olmamıştır, bu nedenle merkezi İzmit'e yakın olduğu belirtilmiştir (Ambraseys ve Finkel,1991). Soysal vd. (1981) bu depremin şiddetini IX olarak vermiştir

10 Temmuz 1894

İzmit körfezi içerisinde meydana gelen bu depremde Silivri, Adapazarı ve Katırlı arasında kalan bölgede yıkımlar meydana gelmiştir. Yıkımların çoğu İstanbul, Heybeliada, Sapanca ve Yalova'da meydana gelmiştir. Bu bölgelerde köyler tamamen yıkılmıştır. Bu depremle ilgili çok sayıda kayıt bulunmaktadır. Adapazarı'nda 83, Sapanca da 990, İstanbul da 276 kişi can vermiştir. Soysal vd. (1981) bu depremin şiddetini X olarak vermiştir.

Yukarıda adı geçen depremlerin tümü, tarihi kayıtlardan anlaşılacağı gibi çalışma sahasında bir hasar yaratacak güçte hissedilmiştir. Depremlerden hangilerinin Kocaeli-Sapanca arasında bir yüzey kırığı meydana getirdiğini anlayabilmek ve bu sayede yeri ve büyüklüğü hakkında daha iyi fikir sahibi olmak amacıyla bölgede toplam 6 adet fay kazısı gerçekleştirilmiştir.

### 3.5 Fay kazıları

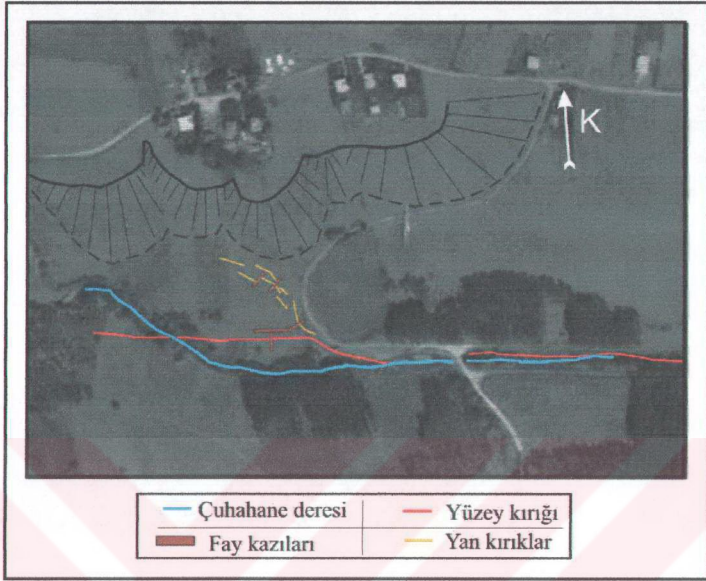
İzmit-Sapanca arasında, başka araştırmacıların da yürüttüğü paleosismik araştırmalar mevcuttur. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ile Japon Jeolojik Araştırma Kurumunun ortaklığında Tepetarla'da, Sarımeşe civarında, 1999 depreminde oluşan yüzey kırığı üzerinde birkaç fay kazısı gerçekteştirilmiştir. Emre (2000) kazılarda son 500 yıl içersinde meydana gelmiş, 3 büyük deprem izine rastlandığını bildirmiştir. Yaş tayinleri sonucunda, bu depremlerin 1509, 1719 ve 17 Ağustos 1999 depremleri olduğunu belirtilmiş ve bölge için 250 yıllık bir deprem tekrarlanma aralığı verilmiştir.

Bir diğer araştırma da Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Rahmiye köyü-Kullar arasında, 1999 depreminin yüzey kırığı üzerinde yapılan çalışmada, Demirtaş (2000) 1999 depremi dahil olmak üzere 3 adet deprem izine rastlandığını bildirmiştir. Çalışmada kömür örnekleri toplanmış ancak yaş tayinleri henüz gerçekteştirilmemiş. Bu nedenle depremlerin yaşları sadece tarihsel kayıtlara dayanarak verilmiştir. Buna göre depremlerden birinin 1719'da meydana gelmiş olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca GPS verilerine dayanarak bölge için 250-300 yıllık bir deprem tekrarlanma aralığı verilmiştir.

Daha öncede vurgulandığı gibi bu çalışmada 6 adet fay kazısı gerçekteştirilmiştir. Fay kazısı için en uygun yeri tayin ederken, 17 Ağustos depreminin yüzey kırığı önemli bir kolaylık sağlamıştır. Kazılardan 5 tanesi Köseköy bölgesinde 1 tanesi de Tepetarla bölgesinde Osmanlı kanalı üzerinde yapılmıştır.

#### 3.5.1 Köseköy bölgesindeki fay kazıları

Gerçekteştirilen kazı çalışmalarından ilki Köseköy'ün güneyindeki Çuhahane deresini kıyısında yer alır. Aşağıdaki hava fotoğrafında (Şekil 3.25) görüldüğü gibi, söz konusu bölge Çuhahane deresinin bir taşkın düzlüğüdür. Bu taşkın düzlüğü bu alanda iyi bir stratigrafi oluşturmaktadır. Kazı sahası derenin kuzey kenarında yer alır. Taşkın düzlüğünün kuzeyinde yaklaşık 10-15 m yüksekliğinde bir sırt bulunur. Sırt, az derecede güneye eğimli taşkın düzlüğünü kuzeyden sınırlamaktadır. Alanın bu tür jeolojik ve morfolojik özellikleri ve 17 Ağustos 1999 depreminin yüzeyi kırığı, kazı sahası olarak bu alanın tercih edilmesinde nedendir.



Şekil 3.25 Köseköy'de yapılan fay kazı alanını gösteren hava fotoğrafı.

Kazı alanı, Köseköy ilçe merkezinin yaklaşık 3 km güney-doğusundadır. 1999 depreminin kırığı D-B uzanlı olarak buradan geçmektedir. Burada 5 adet fay kazısı gerçekleştirilmiştir. Kazıların tümü 17 Ağustos 1999 da meydana gelen yüzeý kırığı üzerinde yer almaktadır. T-3 hendeği ana kırık üzerindedir, T-1, T-4 ve T-5 hendekleri ise ana kırıktan KB yönünde ayrılan bir kol üzerindedir. T-2 hendeği de faya paralel olarak açılmıştır. Ana kırık sağ yanal bileşenin haricinde yaklaşık olarak bir metrelik bir düşey bileşene sahiptir. KB yönlü kol üzerinde ise düşey bileşen sadece 50 cm civarındadır. Hendeklerde yaklaşık olarak 2,5 m derinliğe inilmiştir. Hendeklerden sadece T-1 ve T-3 üzerinde ayrıntılı inceleme yapılmıştır. Diğer hendeklerde ise kayda değer bir bilgi elde edilmemiştir.

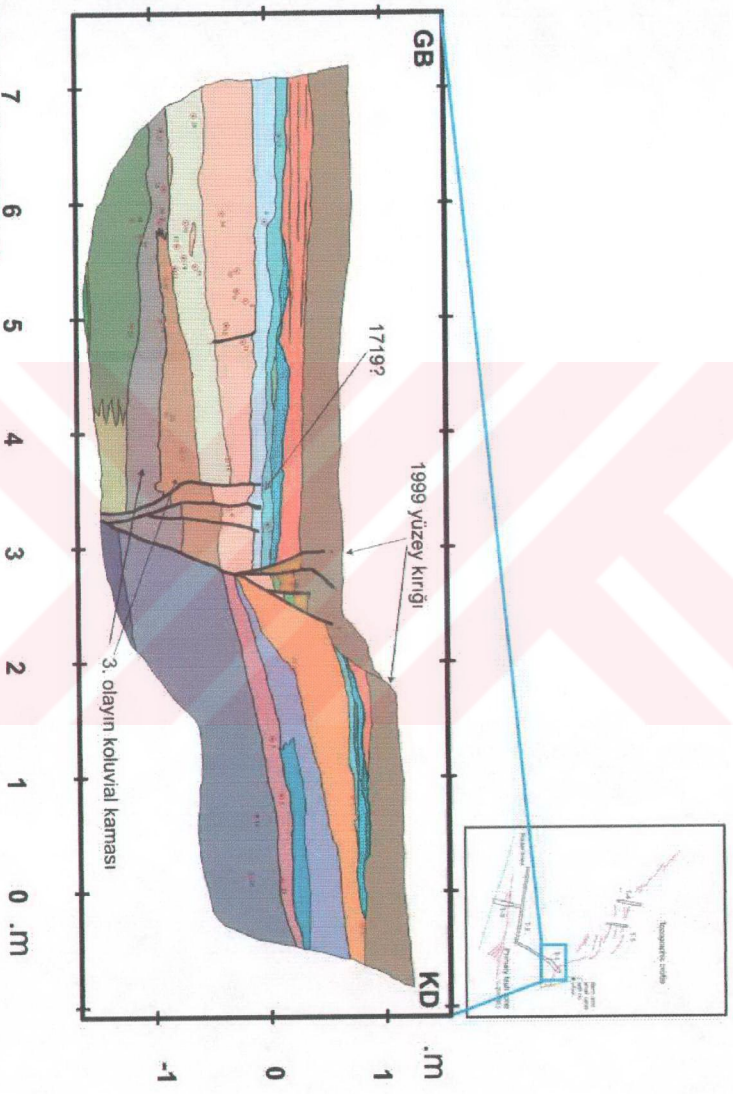
### 3.5.1.1 T-1 Hendeği

T-1 hendeği 17 Ağustos 1999 (M=7.4) depreminin yüzey kırığının KB gidişli kısa bir yan kolu üzerinde, kola dik (KD-GB) olarak açılmıştır. Yaklaşık olarak 7 m uzunluğunda ve 1,5 m genişliğindedir. Derinliği 2,5 m'dir. Kazıda hendeğin KB duvarı çalışılarak ölçülü bir kesiti çıkarılmıştır. bu duvar üzerinde 12 adet çökel paketi ayırt edilmiştir (Şekil 3.26).

Kazı alanındaki çökeller genellikle akarsu ortamına ait çökellerdir. Çuhahane deresinin taşıdığı malzemeler burada belirgin ve düzenli bir tabakalanma meydana getirmiştir. Çökeller incelendiğinde, fayın kuzey-doğusundaki birimler ile güney-batısındaki birimlerin farklı olduğu göze çarpar. GB'daki birimlerde genellikle yatay bir tabakalanma görülür. Buna karşın KD çökelleri GB'ya doğru hafif eğimlidirler.

Hendeğin GB'sındaki taban birim çok az çakıllı, killi siltten oluşur. İçindeki çakıl tanelerinin boyu ve miktarı faya yaklaştıkça artar ve dereceli olarak daha kumlu bir birime geçer. Ender olarak 13-15cm uzunluğunda ve 1-2cm kalınlığında kum mercerlerine rastlanır. Tabakanın kalınlığı faya yakın kesimde 20 cm civarındadır ve faydan uzaklaştıkça arttığı görülür. Birim sadece fayın GB'sında bulunur ve rengi koyu kahve-gridir. Bu birimin üzerine yumuşak plastik özellikli, homojen kil bulunur. Kil tabakasının kalınlığı hendeğin en GB kısmında 16 cm'dir ve KD'ya doğru artarak 30 cm'ye ulaşır. Gri renklidir ve fay tarafından sonlanır. Kilin üzerinde yine kumlu, killi silt yer alır. Başlangıç kalınlığı 30 cm olan birim GB'ya doğru kamalanarak son bulur. Bu birim, içersinde az miktarda ince kum bulunan killi silt tarafından örtülür. İçersinde yer yer kum mercerlerine rastlanır. Bu tabakanın kalınlığı belirgin bir değişiklik göstermeksizin, hendeğin GB'sı boyunca 23 cm civarındadır ve GB ya doğru hafif eğimlidir. Üste doğru killi ve siltli kuma geçilir. Bu kum, yaygınca oksitlenmeye maruz kalmıştır ve açık kahve-kırmızı renktedir. Diğer birimlere göre daha iyi tutturulmuş ve serttir. Bu tabakadan sonra yer alan birimleri hendek boyunca, fayın her iki tarafında bulunur. Oksitlenmiş kumu örten birim iyi tabakalaşmıştır ve içinden üç farklı özellikte tabaka ayırt edilir. Bunlar alttan üste doğru, killi silt-kum, çok ince kum ve kaba kum olarak dizilir.

Şekil 3.26 T-1 Fay hendeğine ait düşüklü kesit.



1  
0  
-1  
.m

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
.m

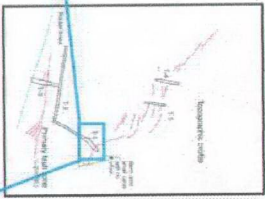
GB

KD

1719?

1999 yüzey kırığı

3. olayın kolüvial kamasi

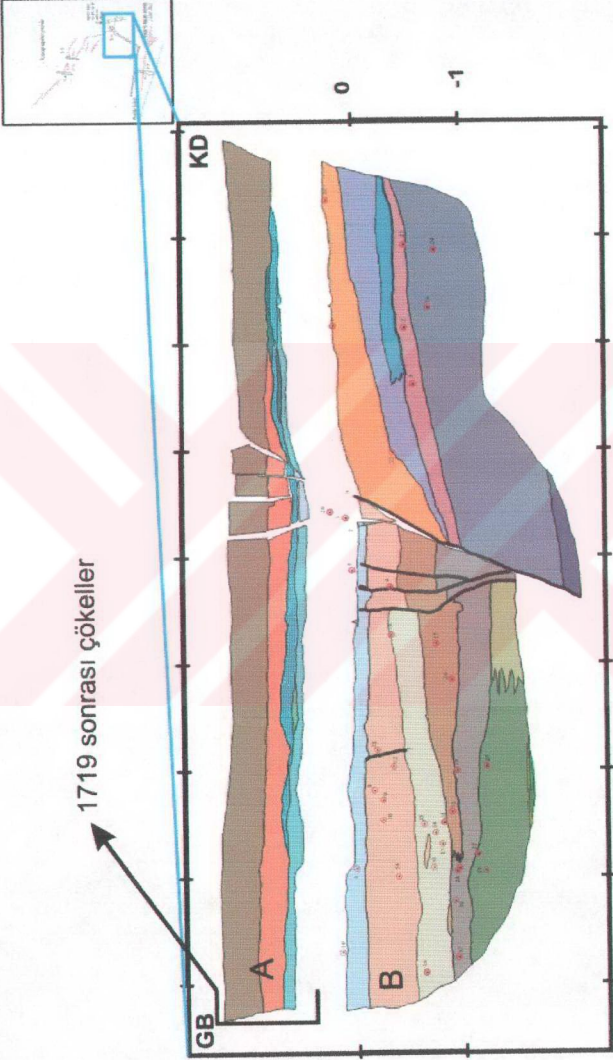


Hendeğin GB'sında 30 cm kalınlığa sahiptir ve KD'sunda kamalaşarak sonlanır. Benzer özelliklere sahip olmaları ve eş zamanlı oluştukları düşünüldüğünden tek bir istif olarak değerlendirilmiştir. Bu istif yine aynı şekilde kamalaşarak sonlanan, çok iyi tabakalaşmış, iyi boylanmış çakıllar içeren bir kum tabakası ile örtülür. En üstü güncel toprak örtü yer alır.

Fayın KB tarafı, diğer taraftan farklı çökeller içerir. Hendeğin bu kısmında taban birimi 17 cm kalınlığında bir kaba kum tabakasıdır. Üste doğru kalın bir çakıl tabakası yer alır. Çakıllar çok kötü boylanmış ve iyi yuvarlanmıştır. Boyları 3 ila 18 cm arasında değişmektedir. Birimin içinde yassı çakıllara ve yuvarlanmış kiremit parçalarına rastlanmıştır. Çakıllar, kum matrisi ile çevrilidir. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 90 cm'dir ve GB'ya doğru fayla sınırlanır. Bol çakıllı bu birimi, siltli çok ince kum örter. İnce kumun içersinde saçılmış halde küçük çakıllar bulunur. Bu tabakanın kalınlığı 20 cm'dir ve kaba kumlu, killi çakıllarla örtülür. Çakıllar kötü boylanmış ve kötü yuvarlanmıştır. İçersinde killi kumlu bir çakıl merceği bulunur. Bu birimin üstünde kil, silt ve genellikle kaba kumdan oluşan bir birim bulunur. Birimin içinde, fayın GB'sında yer alan, kötü boylanmış çakıllar içeren killi silt ve oksitlenmeye uğramış killi, siltli kum çökelleri bulunur. Bir kama şeklinde olan tabaka, faya yakın kesimde 45 cm kalınlığındadır ve KD ya doğru incelik. Bu birim, GB'da yer alan, iyi tabakalaşmış kum istifi ve üstündeki çökeller tarafından örtülür.

Kesitin jeolojisi bir bütün olarak değerlendirildiğinde, çökellerin bir akarsu ortamına ait olduğu anlaşılır. Bu akarsu çökelleri çok kaba taneliden, ince tanelilere kadar değişmektedir. Ayrıca ince taneli çökellerdeki düzgün tabakalanmalar, ortamın zaman zaman taşkınlarla maruz kaldığını ve bu nedenle burada taşkın çökellerinin geliştiği gösterir. Çökellerin nasıl bir ortamda geliştiğini anlamak önemlidir, çünkü kesitten tektonik kökenli yapıları belirlerken, tektonik harici yapıların bilinmesi, deprem işaretlerini ayırmayı kolaylaştıracaktır.

Tabakaların yapısal ilişkilerinin çıkarılması, depremleri belirlerken önemli bir aşamadır. Bu aşamada teker teker yapısal süreksizlikler belirlenir ve oluşum mekanizmaları anlaşılmasına çalışılır. Şekil 3.26'de 17 Ağustos depreminin izleri, hem jeolojik kayıta hem de yüzey morfolojisinde açıkça görülmektedir.



1719 sonrası çökelmeler

Şekil 3.27 T-1 Hendeğinde, 1999 depremi öncesinde belirli bir çökel paketinin (A) kesintisiz bir stratigrafi gösterdiği anlaşıyor. Bu paket 1719 depremi sonrası gelişmiş olan çökelileri içerir.



Kırığın çevresi ve topografyada neden olduğu değişim incelendiğinde, kırığın yanal bileşenin bulunmadığı ve sadece 50 cm'lik bir düşey yer değiştirme gerçekleştirdiği gözlenir. 1999 depreminin dışında başka depremlerin varlığını araştırabilmek için 17 Ağustos 1999 depreminin neden olduğu değişiklikler geri alınmalıdır. En son yaşanan deprem 50cm'lik bir düşey yer değiştirmeye neden olmuştur. Bu yerdeğiştirme dikkate alındığında güncel toprak altında yer alan tabakaların (A) bir kısmı sürekli ve yatay bir tortulaşma özelliği gösterdiği anlaşılır. Bu tortullar ince taneli kırıntılılardan oluşur ve çok iyi tabakalanmaya sahiptir. Bu nedenle bu tortulların bir taşkın düzlüğüne ait taşkın çökelleri olduğu düşünülebilir. Bu birim içerisinde herhangi bir deformasyon ve süreksizlik bulunmadığından tektonik açıdan durağan bir zaman aralığına karşılık gelir. Böyle bir dönemi temsil eden birimlerin kesitten çıkarılması başka depremlerin belirlenmesinde kolaylık sağlayacaktır (Şekil 3.27).

Bu birimlerin altındaki çökellerde iki önemli yapı dikkat çeker. Birincisi, hendeğin GB'sında yer alan killi silt ile oksitlenmiş ince kumların yanal devamının hendeğin orta bölümüne kadar gelip burada bir fayla dilimlenerek sona ermesi; ikincisi bu noktanın KD'suna doğru kama şeklindeki bir kil, silt ve kaba kumdan oluşan paketin bulunmasıdır. Kama şeklindeki birim fay sarplığına karşı çökemiş bir kolüvyal kamadır. Bu yapılar ikinci bir depremin izini temsil eder. Bu yapıların altında, fayın GB'sında yine kama şeklinde bir killi, kumlu bir silt tabakası bulunmaktadır. Bu kama üçüncü bir depremin izi olabilir, ancak hendek içersinden elde edilen bilgiler daha ileri bir yoruma elvermemektedir.

Hendek içersinde bir çok tortul seviyesinden kömür örnekleri toplanmıştır. Bu örneklerden altı tanesinin yaşı belirlenmiştir. Yaş tayinleri Lavrence Livermore Milli Laboratuvarında, Gordon Seitz tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3-3). Buna göre ikinci depremin etkilediği en üst tortulların yaşı günümüzden 150-390 yıl öncesine karşılık gelmektedir ki bu da tarih olarak 1610-1850 yıllarına karşılık gelir. Tarihsel kayıtlar dikkate alındığında bu iz, 1719 yılında yaşanmış olan depreme ait olduğu sonucuna varılabilir. Belirlenen diğer deprem izi için bir tarih verebilmek eldeki verilerle mümkün değildir. Bir sonuca varabilmek için daha fazla fay kazısı gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 3-3 T-1 hendeginden alınan kömür örneklerinin yaş tayini sonuçları:

**CENTER FOR ACCELERATOR MASS SPECTROMETRY**  
*Lawrence Livermore National Laboratory*

<sup>14</sup>C results

Rockwell/SDSU

September 6, 2000

```

=====
CAMS #      Sample Name      Other ID      δ13C      fraction Modern      ±      D14C      ±      14C age      ±
=====
68683      T1-19              -25          0.9809      0.0043      ±      -19.1      4.3      150          40
68684      T1-6               -25          0.9526      0.0043      ±      -47.4      4.3      390          40
68685      T1-25              -25          0.9922      0.0048      ±      -7.8       4.8      60           40
68686      T1-27              -25          0.9760      0.0047      ±      -24.0     4.7      200          40
68687      T1-23              -25          0.8183      0.0040      ±      -181.7    4.0     1610         40
68688      T1-16              -25          0.8281      0.0040      ±      -171.9    4.0     1520         40
=====
    
```

1) Delta <sup>13</sup>C values are the assumed values according to Stuiver and Polach (Radiocarbon, v. 19, p.355, 1977) when given without decimal places. Values measured for the material itself are given with a single decimal place.

2) The quoted age is in radiocarbon years using the Libby half life of 5568 years and following the conventions of Stuiver and Polach (ibid.).

3) Radiocarbon concentration is given as fraction Modern, D<sup>14</sup>C, and conventional radiocarbon age.

4) Sample preparation backgrounds have been subtracted, based on measurements of samples of <sup>14</sup>C-free coal.

5) Comments: The material dated was acid-base-acid treated charcoal.

### 3.5.1.2 T-2 Hendeği

T-2 hendeği, T-1'de yer alan çökellerin yanal devamlılığını incelemek ve T-3 çökelleri ile ilişkisini belirlemek amacıyla açılmıştır. Yaklaşık 70 cm eninde ve 2,5 m derinliktedir, D-B doğrultu olarak yer alır. Hendekten, T-1 hendeğinin GB'sında yer alan tortulların T-3 hendeğine kadar sürekli olduğu ve sahada geniş bir alana yayıldığı sonucuna varılmıştır. Bunun dışında, hendekte tarihsel depremlerle ilişkilendirilebilecek herhangi başka bir bulguya ulaşılamamıştır.

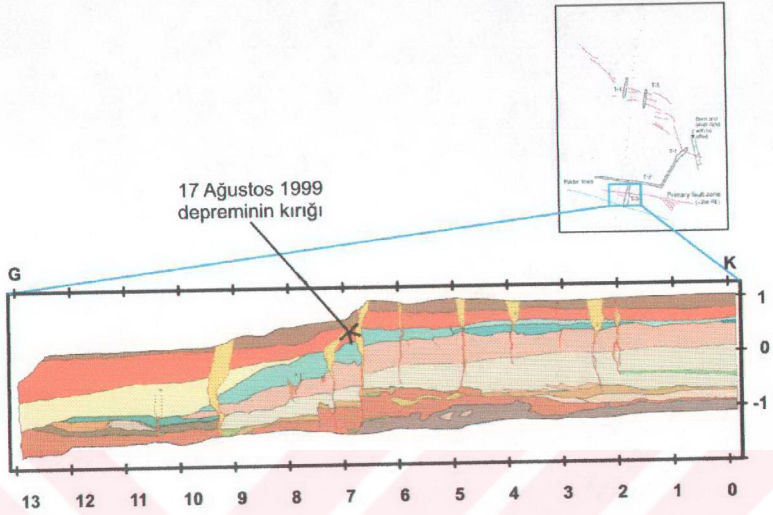
### 3.5.1.3 T-3 Hendeği

T-3 hendeği 13 m uzunluğunda ve 2 m genişliğindedir. 17 Ağustos 1999 yüzeı kırığı üzerinde ve 2,5 m derinlikte açılmıştır. Aşağıdaki kesit K-G doğrultulu olarak açılan hendeğin batı duvarına aittir. Bu duvarda 8 ayrı çökel paketi tespit edilmiştir. Tabakalar genellikle yatay konumdadır, ancak 1999 kırığı güneyindeki birimler güneye eğimlenmiştir. Çökeller genellikle ince taneli kırıntılılardan meydana gelmiştir ve T-1 kazısında belirlenen tabakaların yanal devamıdır. Taban birim siltli kilden olmuştur ve kazının sadece kuzey kısmında bulunur. T-1 kazısının GB'sında yer alan yumuşak plastik özellikli kilin yanal devamıdır. Bu birimin üzerine gelişen çökellerin tamamı T-1 kazısının, GB'sıyla aynıdır. Bu nedenle ayrıntılı olarak açıklanamayacaktır.

Yapısal açıdan dikkat çeken öğeler 17 Ağustos kırığı ve buna bağlı olarak gelişmiş çatlak sistemleridir. Bu bölgede yüzeı kırığı yaklaşık olarak 220 cm'lik sağ-yanal ve 80 cm'lik bir düşey bileşene sahiptir. Kazıda 17 Ağustos depreminden başka bir depremin izi belirlenememiştir.

### 3.5.1.4 T-4 ve T-5 Hendekleri

Bu hendekler T-1 hendeğinin yer aldığı kırığın KB'sında yer alan çatlaklar üzerinde açılmıştır. Hendeklerde de 2 m derinliğe inilmiştir. Genellikle çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardalanmasında oluşan tortullar içersinde, 17 Ağustos 1999 depreminin neden olduğu küçük çatlaklardan başka herhangi bir yapı belirlenememiştir. Hendeklerde herhangi bir tarihsel deprem bulgusuna rastlanmamıştır ve bu nedenle çalışmada ayrıntılı yer verilmeyecektir.



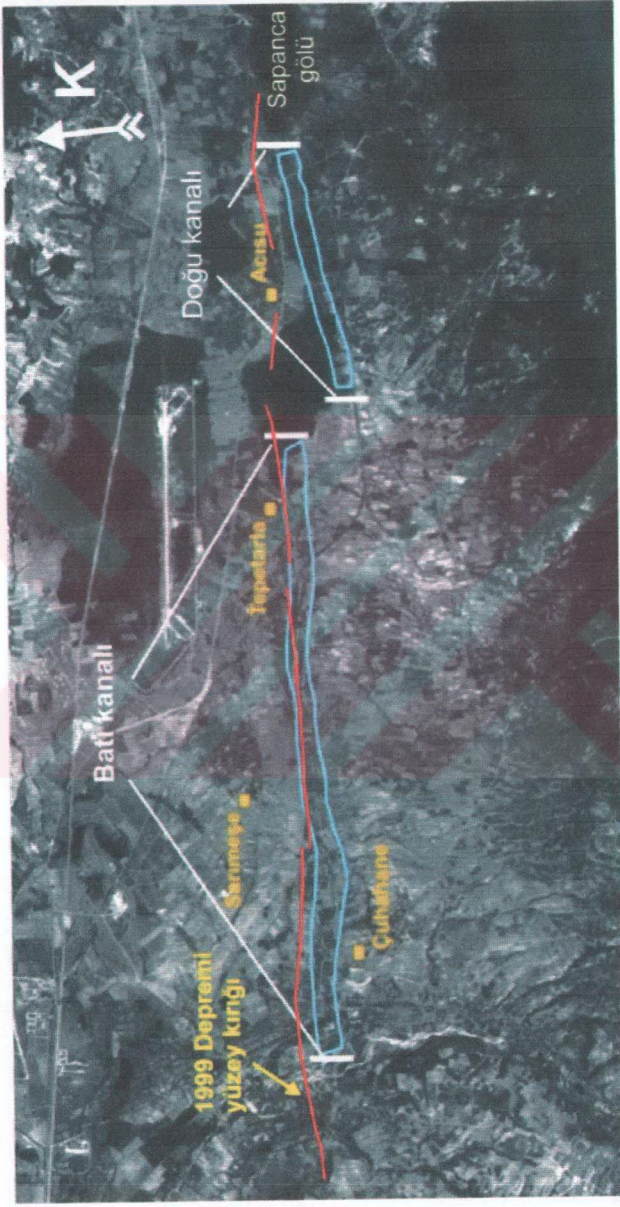
Şekil 3.28 T-3 Hendeğine ait ölçülü kesit. Hendeğin duvarında sadece 17 Ağustos depreminin izine rastlanmıştır.

### 3.5.2 Osmanlı kanalı fay kazısı

#### 3.5.2.1 Osmanlı kanalı

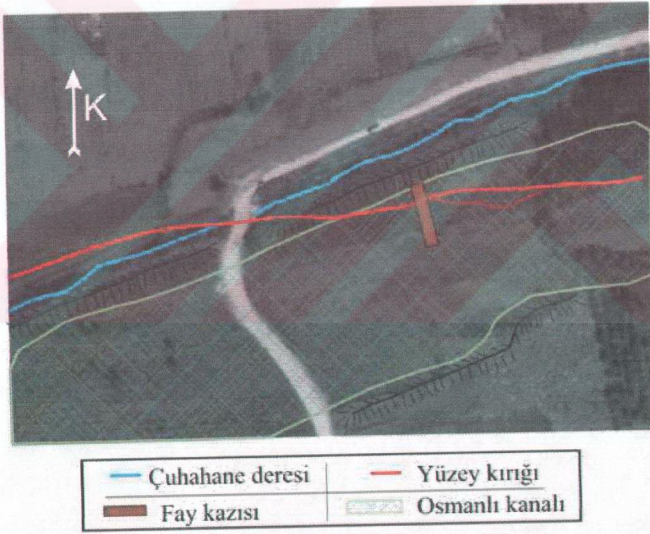
Fay kazılarında bir diğeri, Osmanlı kanalı olarak anılan tarihi bir kanal üzerinde gerçekleştirildi. Osmanlı kanalını, hava fotoğrafında (Şekil 3.29) açıkça görmek mümkündür. Kanal iki parçadan oluşmuştur. Batı da yer alan hendek 6 km uzunluğundadır. Buna karşın, doğu hendeğinin uzunluğu 2 km'dir.

Kanalın tarihçesi ve özellikleri Finkel ve Barka (1997) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tarihsel kayıtlar, ilk kazı girişimlerinin MÖ 294-74 yıllarında başladığını göstermektedir. Sapanca gölü ile bir derenin birleştirilmesi veya civardaki bataklık alanların kurutulması amacıyla o dönemlerde bir kazının yapıldığından söz edilmektedir. Aynı amaçlı, tarihteki bir sonraki girişimin Osmanlı dönemine olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde 6 ayrı girişim saptanmıştır. En kapsamlı çalışma Kanuni Sultan Süleyman (1520-1566) zamanında yapılmış ve İznik ve Sapanca göllerinin, Sakarya nehri ile birleştirilerek, kanaldan gemiler vasıtasıyla donanmaya gerekli olan kerestenin ve İstanbul ordusunun nakli düşünülmüştür.



Şekil 3.29 Osmanlı kanalının havadan görünümü. Kanal iki ayrı hendeekten oluşuyor. Batı kanalı Osmanlı döneminde, doğu kanalı ise Roma döneminde inşa edilmiştir. 17 Ağustos depreminin yüzey kırığı Tepetarla civarında kanalın içinde gelişmiştir.

O dönemde bu iş için Mimar Sinan ve Girez Nikola adında bir Rum kalfası görevlendirilmiştir. Birçok hazırlık ve arazi tesviyeleri yapılmıştır. Bu dönemde hendeğin ne kadarlık kısmının açıldığı hakkında çelişkiler vardır. Kanalın tamamının açıldığını bildiren kaynakların bulunmasına rağmen, saha çalışmalarında bu tür bir bulguya rastlanmamıştır. 1591 yılında, kereste ihtiyacının artması nedeniyle hükümet kanalın inşasına yeniden girişmiştir. Kazılarla ilgili en iyi kayıtlar bu döneme aittir. Bir çok kıtadan otuz bin işçi getirilmiş ve kanalın açılmasına başlanmıştır. Batı hendeğin yaklaşık olarak 1/3'lük kısmının bu tarihte açıldığı düşünülmektedir, ancak kazı tamamlanamamıştır. Kanal işi daha sonra 17, 18 ve 19. asırlarda da tekrarlanmış ise de, her seferinde çıkan bir engel nedeniyle bitirilememiştir. Sonuç olarak, tarihsel kaynakların ışığında, kanallardan kısa olanın (doğu) Roma döneminde, uzun ve geniş olanın ise (batı) Osmanlı döneminde açıldığı sonucuna varılmıştır (Finkel ve Barka, 1997).



Şekil 3.30 Osmanlı kanalı fay kazısının havadan görünümü.

Tarihsel veriler dışında, kanalın saha üzerinde de izleri bulunmaktadır. Finkel ve Barka (1997) 1/35.000 hava fotoğraflarından ve saha gözlemlerinden yararlanarak yaptıkları incelemede batı kanalının 6 km uzunlukta ve 40 m genişlikte, doğu hendeğinin ise 2 km uzunlukta ve 20 m genişlikte olduğunu belirlemişlerdir. Hendek

ortalama 20 m derinliktedir. En çok derinlik 22.7 m'yle Tepetarla civarında erişilmiştir. Burası aynı zamanda İzmit-Sapanca oluğunun 45 m'yle en yüksek noktasıdır. Kanalin en doğudaki ucu Sapanca gölünden başlamaktadır ve D-B uzanımlı olarak, batıya doğru, gölden 1m yüksekte yer alan Kargonlar bataklığının güney sınırına kadar devam etmektedir. Burada, batı ile doğu hendek arasında 150 m'lik bir sekme vardır. Batı hendeği de yaklaşık olarak D-B uzanımlıdır, Kargonlar bataklığının güney-batısından başlar, Tepetarla'nın güneyinden ilerleyerek Sarımeşe güneyi ve Çuhahane'ye kadar uzanır. Hendeğin doğudan ilk 4 km'si açık olarak izlenebilmektedir, ancak batıya doğru Çuhahane civarında belirginliğini kaybetmektedir.

Fay kazısının için belirlenen yer Tepetarla'nın 1,5 km batısı, Sarımeşe'nin de 2 km güney doğusundadır. 17 Ağustos 1999 depreminin yüzey kırığı bu bölgede yine D-B uzanımlı olarak Osmanlı kanalının içinden geçmektedir. Fay kazısını bu kanal üzerinde açmak yaş tayini açısından son derece önemli bir kolaylık sağlamaktadır, çünkü kanala ait çökeller 1591 sonrasına aittir. Böyle bir tarihin bilinmesi bu tarihten sonra gerçekleşmiş depremleri tarihlendirmek için iyi bir anahtardır.

### 3.5.2.2 Osmanlı kanalı hendeği

1999 depreminin yüzey kırığı Osmanlı kanalına paralel olarak gelişmiştir (Şekil 3.30). Fay kazısının gerçekleştirildiği alanda, kırığın yanal atım bileşeni baskındır; kazının hemen batısındaki yol üzerinden 300 cm'lik sağ-yanal atım ölçülmüştür. Ancak burada fay ufak basamaklanma ve kıvrılmalar yaptığından çöküntüler meydana gelmiştir. Yüzeye bakıldığında fayın burada yaklaşık olarak 30 cm'lik bir düşey bileşeni olduğu görülür.

Fay hendeği kanala dik olarak, yaklaşık 8 m uzunlukta ve 1,5 m eninde açılmıştır. 2,5 m'lik bir derinliğe inilmiştir. Kesiti çıkarılan yüzey, hendeğin doğu duvarına aittir. Bu duvarda 7 çököl paketi ayırt edilmiştir. Şekil 3.31 doğu duvarına ait jeolojiyi göstermektedir. Kazıda kesilen birimler genellikle durgun bir ortama işaret eden çökellerdir.

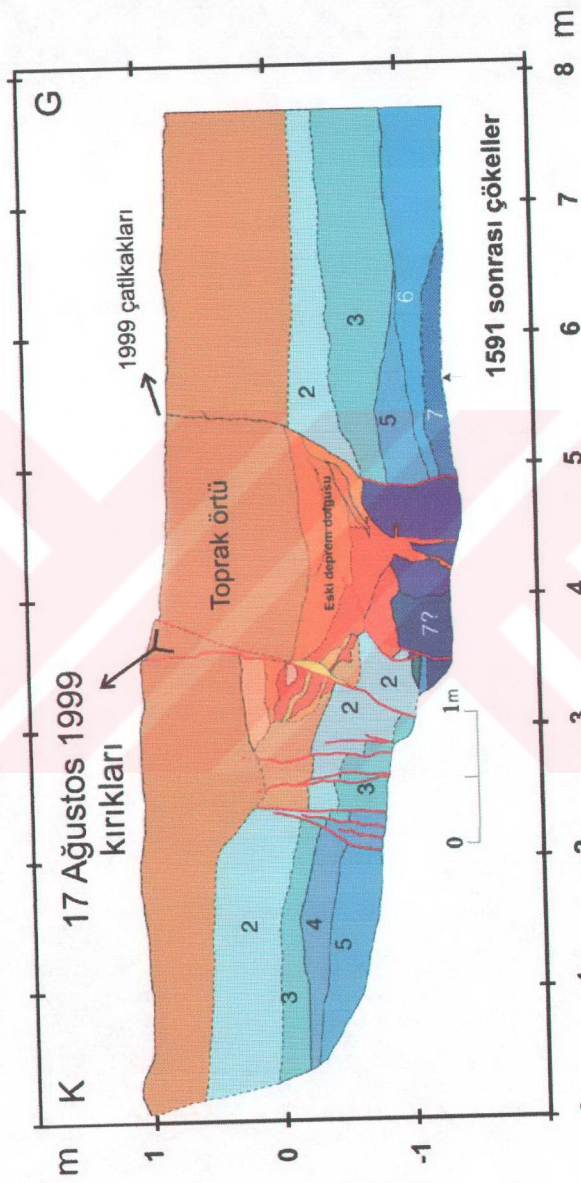
Birimler birbirine çok yakın karakterdedir. Hendek duvarından ayrılan tabakalar genellikle yatay konumdadır. Hendeğin taban birimi plastik özellikte, koyu gri ve genellikle homojen yapıda kilden meydana gelmiştir. Üste doğru ilerledikçe diğer birimlerin içindeki kum ve çakıl miktarı artar. Tortullar bir kanala ait olduğundan

belirgin çökelim yapıları göstermezler, ancak belirli tabakaları ayırmak mümkündür. Hendeğin en üstünde ise 0,5-1 m arasındaki değişim gösteren sürülmüş toprak örtü yer alır. Çökel paketlerinin yapısal ilişkileri incelendiğinde, göze ilk çarpan yapı 1999 depreminin yarattığı biçim değişiklikleridir. Bu depremin izi yüzeyde de kendini 30 cm'lik bir düşey atım ve kırığın iki yanındaki tabakalarda kalınlık farkıyla kendini göstermektedir. Örneğin toprak örtü, hendeğin kuzey tarafında 70 cm civarındayken, güney kısımda 115 cm'yi bulmaktadır. Bir diğer önemli yapısal öge ise orta kesimde yer alan sıvılaşma yapısıdır. 17 Ağustos kırığı bu yapıyı kesmiştir ve yer değiştirmiştir. Bu belirti sıvılaşma yapısının önceden meydana gelmiş bir depreme ait olması gerektiğini gösterir. Bu bölgede yanal atımlı bir hareketliliğin varlığını gösteren bir diğer işaret ise kazının kuzey kesiminde yer alan 4 No'lu birimin güney kesimde görülmemesidir. Muhtemelen bir mercek yapısında olan birim, yanal yer değiştirme nedeniyle güney ucundan ayrılmıştır. Sonuç olarak bu kazıdan çıkarılabilecek sonuç, Osmanlı kanalının inşasından bugüne, Tepetarla mevkiinde iki adet büyük ölçekli depremin meydana geldiğidir.

Yapılan kazı çalışmalarının tümü incelendiğinde özet olarak bazı sonuçlara varmak mümkündür. Buna göre İzmit-Sapanca arasında kalan sahada, gerek tarihsel gerekse aletsel dönemlerde sürekli bir deprem etkinliğini mevcuttur. Bu etkinliğin en son kaydı, 17 Ağustos 1999 ( $M_w=7.4$ ) depremdir. Yapılan kazıların hepsi, bu depremin yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilmiştir ve iki kazıda geçmiş depremlerin izine rastlanmıştır. Kocaeli (1999) depreminin dışında rastlanan en genç deprem izinin 1719 depremine ait olduğu düşünülmüştür. T-1 hendeğinde, izin bulunduğu çökellerden elde edilen yaş bulguları, günümüzden 150-390  $\pm$ 40 yıl öncesini işaret etmektedir. Osmanlı kanalı kazısında belirlenen deprem ise 1591 sonra çökeller içerisinde yer almaktadır.

Bununla birlikte, Emre (2000). ve Demirtaş (2000). gerçekleştirdikleri kazılarda da 1719 depremine ait bulgulara rastladıklarını bildirmişlerdir. Bu verilere dayanarak, tarihsel kayıtlarda yer alan 1719 depreminin yüzey kırığının bir kısmının Kullar ve Sarımeşe'nin güneyi arasından geçtiği söylenebilir.





Şekil 3.31 Osmanlı kanalında açılan hendekte 1509 sonrası çökeller yer alır. Bu çökeller içinde iki adet deprem izine rastlanmıştır.

T-1 yarmasında belirlenen diğler izi 1509 depremi ile ilişkilendirmek mümkün olsa da bu konuda kesin bir yorum yapabilmek için daha ayrıntılı çalışma ve yeni fay kazaları yapılması gerekir. Ancak Emre (2000). kazısında 1719 öncesine ait deprem izlerine rastladığını bildirmiş ve bunların 1509 depremi ile deneştirmiştir.

1999 ile 1719 depremleri arasında 280 ve 1719 ile 1509 (depremin İzmit-Sapanca arasını etkilediğini düşünülecek olursa) 210 yıllık bir zaman dilimi vardır. Bu veriler ışığında, İzmit-Sapanca arasında kalan saha için deprem tekrarlanma aralığının yaklaşık olarak 250 yıl olduğu söylenebilir ve Kuzey Anadolu Fayı'nın bu kesiminin 1999 da kırıldığı düşünülürse bu kesimde yeniden büyük bir depremin meydana gelmesi için en az 200 yılın geçmesi gerekmektedir.

#### 4 SONUÇLAR

İzmit-Sapanca arasında bulunun kayaçların temelini Neojen öncesi kayaçlar oluşturmaktadır. Bölgede Neojen kırıntılıları, Kuzey Anadolu Fayı'nın etkinliği ile birlikte gelişmiştir. Orta Pleyistosen yaşlı Arslanbey formasyonu temel üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Bu formasyon alüvyal yelpaze çökellerinden meydana gelmiştir. En üstte, uyumsuz olarak Holosen çökelleri yer alır. Bu çökeller İzmit-Sapanca arasında, kıyı ovası, alüvyal yelpaze, bataklık, ve alüvyon çökelleri olmak üzere dört farklı ortamda gelişmektedir.

Bölgede yürütülen morfolojik incelemeler sonucunda İzmit-Sapanca arasında bir çok yapının Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle oluştuğu gözlenmiştir. Güney yükselimleri KAF'a bağlı olarak gelişen normal faylanımlarla şekillenmektedir. Sapanca gölünün güneyinde bu tektonizmaya bağlı yelpaze oluşumları gözlenmektedir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fayı İzmit-Sapanca arasında bir oluk morfolojisinin gelişmesine sebep olmuştur. Bu oluk Sapanca gölünden başlar ve batıya doğru İzmit körfezine kadar uzanır. Bölgenin drenaj özellikleri incelendiğinde Kuzey Anadolu Fayı'nın güneyden kuzeye akan akarsuları etkilediği görülür. Güney yüksek alanlarında beslen bu akarsular İzmit-Sapanca oluşuna eriştiğinde Kuzey Anadolu Fayı tarafında kesilmekte ve fayın oluşturduğu oluk morfoloji içerisinde, Çuhahane deresi aracılığıyla batıya yönelmektedir.

Paleosismolojik araştırmalar kapsamında, İzmit-Sapanca arasında gerek tarihsel gerekse aletsel dönemlerde sürekli bir deprem etkinliğini olduğu belirlenmiştir. Bu depremlerin varlığını, yerini ve büyüklüğünü saptamak amacıyla bölgede 6 adet fay kazısı gerçekleştirilmiştir. Buna göre İzmit-Sapanca arasındaki deprem etkinliğinin en son kaydı, 17 Ağustos 1999 ( $M=7.4$ ) depremdir. Yapılan kazıların hepsi, bu depremin yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilmiştir ve iki kazıda geçmiş depremlerin izine rastlanmıştır. T-1 hendeğinde, deprem izinin bulunduğu çökellerden elde edilen yaş bulguları, günümüzden  $150-390 \pm 40$  yıl öncesini işaret etmektedir. Osmanlı kanalı kazısında belirlenen deprem izi ise 1591 sonrası çökeller içerisinde yer almaktadır. Bölgenin yazılı tarihsel kayıtlardan ise bu tarihlere en yakın depremin 1719 yılına ait olduğu görülür. Bu sonuçlara göre 1719 depreminin yüzey kırığı İzmit-Sapanca arasında geliştiği saptanmıştır.

T-1 hendeğinde belirlenen diğer izi 1509 depremi ile ilişkilendirmek mümkün olsa da bu konuda kesin bir yorum yapabilmek için daha ayrıntılı çalışma ve yeni fay kazıları yapılması gerekir.

1999 ile 1719 depremleri arasında 280 ve 1719 ile 1509 (depremin İzmit-Sapanca arasını etkilediğini düşünülecek olursa) arasında 210 yıllık bir zaman dilimi vardır. Bu zaman aralıklarından, İzmit-Sapanca arasında kalan saha için deprem tekrarlanma aralığının yaklaşık olarak 250 yıl olduğu söylenebilir ve Kuzey Anadolu Fayı'nın bu kesiminin 1999 da kırıldığı düşünülürse bu kesimde yeniden büyük bir depremin meydana gelmesi için en az 200 yılın geçmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdülsselamoğlu, F.M.**, 1963, Kocaeli yarımadasının jeolojisi, M.T.A. Enst. Rapor No: 3249, Ankara.
- Akartuna, M., ve Atan O.**, 1981, Geyve-;hsaniye-Fındık suyu (Adapazarı) Dolayının jeolojisi., *Selçuk Üniv. Fen. Fak. Derg. Seri A*, 1 S: 25-46
- Akartuna, M.**, 1968, Armutlu yarımadasının jeolojisi, İ.Ü.F.F. Monografisi, İstanbul.
- Alpar B., Yaltrak C.**,1999, Kuzey Anadolu Fayı'nın İzmit körfezi içindeki özellikleri ve 17 Ağustos 1999 depreminin etkileri, *ATAG 3 Toplantısı, Makaleler*, s.51 - 57
- Ambraseys N.N. ve Jackson J.A.**,2000,Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500,*Geophysical Journal International*,**151**,F1-F6
- Ambraseys, N.N., and C.F. Finkel**, 1990, The Marmara Sea earthquake of 1509, *Terra Nova*, **2**, 167-174,
- Ambraseys, N.N. ve C.F. Finkel**, 1991.Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Nova* **3**, 527-539.
- Bargu S., Sakınc, M.**, 1984, Armutlu Yarımadasında Karamürsel ile İznik Gölü arasının doğal agrega potansiyelinin araştırılması ve değerlendirilmesi. TÜBİTAK, **TBAG – 587**. Ankara
- Bargu S., Sakınc M.**,1990,İzmit Köfezi ile İznik gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri,İstanbul Üniv. Müh. Fak. *Yerbilimleri Dergisi*,**C. 6**, S. 1-2, SS. 45-76, Y. 1989/1990
- Bargu, S. ve Sakınc, M.**, 1989, İzmit Körfezi ile İznik Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri. İstanbul Üniv. Müh. Fak.*Yerbilimleri Dergisi*, **6**, 1-2, 45-76 .
- Bargu S.**, 1992 Sapanca Gölü çevresindeki Orta Pleyistosen çökellerinin stratigrafisi, yakın dolayındaki çökellerle karşılaştırılması ve tektonik özellikleri. İstanbul Üniv. Müh. Fak. *Yerbilimleri Dergisi*, *Eğitimde 60.yıl Özel sayısı C.8* s 1-3.

- Bargu, S.**, 1993, Sapanca Gölü çevresindeki Orta Pleyistosen çökellerinin stratigrafisi, yakın dolayındaki çökellerle karşılaştırılması ve tektonik özellikleri. İstanbul Üniv. Müh. Fak. *Yerbilimleri Dergisi*, **8** (2-3), 35-49.
- Barka A.A. ve Hancock P.L.**, 1984, Neotectonic deformation patterns in the convex-northwards arc of the North Anatolian fault. In "*The geological evolution of the Eastern Mediterranean*". Edited by J.G. Dixon & A.H.F. Robertson. Spec. Publ. Geol. Soc. London, 763-773.
- Barka A.A.**, 1992, The North Anatolian fault zone, *Annales Tectonicae*, Special Issue Vol **6**, 164-195
- Barka A.A.**, 1997, Active Tectonics of the Eastern Mediterranean region : deduced from GPS, neotectonics and seismicity data, *Annali Di Geophysica*, Vol. **XL**, N. 3 June
- Barka A.A., Akyüz S., Altunel E., Sunal G., Çakır Z., Dikbaş A., Yerli B., Rockwell T., Dolan J., Hartleb R., Dawson T., Fumal T., Langridge R., Stenner H., Christofferson S., Tucker A., Armijo R., Meyer B., Chabaliier J.B. Lettis W., Page W., Bachhuber J.**, 2000, The August 17, İzmit earthquake, M=7.4, Eastern marmara region, Turkey: study of surface rupture and slip distribution, *The İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results*, İTÜ, İstanbul
- Barka A.A., Nalbant S.**, 1998, 1700 ve sonrası Marmara depremlerinin modellenmesi, *ATAG 1 Toplantısı, Makaleler*, s. 32 - 40
- Barka, A.A.**, 1985. Geology and Tectonic evolution of some Neogene-Quaternary basins in the North Anatolian fault zone. (In Turkish with English abstract), in "*Ketin Symposium* ", Spec. Publ. Geol. Soc. Turkey, 209-227.
- Barka, A. A., Cohen, H., Akyüz, S., and Watchorn, F.** 2000. Tectonic evolution of the Nıksar and Tasova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: Their significance for the motion of the Anatolian Block. *Tectonophysics*, v. **322**, 3-4, 243-264.
- Barka, A., Akyüz, H.S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, Z., Dikbaş, A., Yerli, B.**, 2000. 17 Ağustos 1999 İzmit depremi (M=7.4) ve Kuzey Anadolu Fayı. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantısı Makaleler Kitabı*, (Eds: O. Tatar, K.Ş. Kavak., S. Özden), 100-114

- Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K.,** 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*. 7, 663-684.
- Barka, A. A. ve Gülen, L.,** 1988. New constraints on age and total offset of the North Anatolian fault zone; Implications for tectonics of the Eastern Medditeranean region: In "1987 Melih Tokay Symp." Spec. Publ. METU. Ankara, Turkey, 39-65.
- Bilgin T.,** 1984, Adapazarı ovası ve Sapanca oluğunun alüvyal morfolojisi ve kuvaternerdeki jeomorfolojik tekamülü, *İ.Ü. Edebiyat Fak. Yayınları* No: 2572
- Bozcu, M.,** 1992. Geyve (Adapazarı ili) Sapanca dolayının jeolojik ve petrolojik incelenmesi. *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, 247 sf.
- Bozkurt E.,** 2001, Neotectonics of Turkey - a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3 – 30
- Crampin, S., and Evans, R.,** 1986, Neotectonics of the Marmara Sea region of Turkey: *Geological Society [London] Journal*, v. 143, p. 343-348.
- Demirkent I.,** 2001 Bizans kaynaklarına göre IV-XI yüzyılda İstanbul ve çevresindeki depremler, Editör: Şahin İ., *Tarih boyunca Anadolu'da afetler ve depremler semineri: 22-23 Mayıs 2000 Bildiriler kitabı* İstanbul Üniv. Edebiyat Fak. Tarih Araştırma Merkezi, Globus-Dünya basımevi, İstanbul – 20001, s. 51-66.
- Demirtaş R.,** 2000, 17 Ağustos 1999 İzmit körfezi depremi raporu, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Demirtaş, R.,** 1999, Kuzey Anadolu fayı, Sapanca-Gölcük Segmentinde Paleosismolojik Çalışmalar; 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi: Kullar Hendek Çalışması Ön sonuçları, *ATAG 3 Toplantısı, Bildiri Özleri Kitapçığı*, s.14
- Dewey J.F., Hempton M.R., Kidd W.S.F., Şaroğlu F., Şengör A.M.C.,** 1986, Shortening of continental lithosphere: the tectonics of Eastern Anatolia - young collision zone., *Collision Tectonics*, Spec. Publ. Geol. Soc. London, 19, 3-36.
- Doğan B.,** 1998, Yuvacık (İzmit) - Sapanca (Adapazarı) arası bölgenin jeolojisi ve tektonik özellikleri, Kocaeli Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü., *Doktora tezi*, Kocaeli
- Emre Ö.,** 1998, Doğu Marmara Bölgesinin Neojen - Kuvaternerdeki Evrimi, *MTA dergisi*, 120, 289-314.
- Emre Ö., Sugai T., Toda S.T., Duman T.Y., Okumura K., Awata Y., Doğan A., Özalp S., Haraguchi T., Furuhashi T.,** 17 Ağustos 1999 İzmit depremi yüzey kırığının

Paleosismolojisine ilişkin ön sonuçlar, 2000, *ATAG 3 Toplantısı, Makaleler*, s.51 - 57

- Ergin M., Özalaybey, S., Aktar, M.T., Tapırdamaz, C., Yörük, A., Biçmen, F.**, 1999, Aftershock Analysis of the August 17, 1999 İzmit, Turkey, Earthquake . In The 1999 İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results. Ed: Barka, A.A., Kozacı, Ö., Akyüz, S. and Altunel E., *The İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results*, İTÜ, İstanbul
- Eyidoğan, H., Haessler, H., Polat, O., Cisternas, A., Gurbuz, C., Frogneux, M., Aktar, M., Üçer, B., Bouchon, M., Comte, D., Philip, H., Kaypak, B., Ergin, M., Karabulut, H., Akinci, A., Kuleli, S., Yörük, A.** 2000, Aftershock analysis of the August 17, 1999 İzmit, Turkey, Earthquake, *The İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results*, İTÜ, İstanbul
- Finkel, C. ve Barka, A. A.**, 1997, The Sakarya river-Lake Sapanca-izmit Bay canal project, A reappraisal of the historical record in the light of new morphological evidence. *İstanbul Mittelungen*, Band 47, 429-442.
- Göncüoğlu, M.C., Eredil, M., Tekeli...Kuşcu, İ.**, 1986, Armutlu Yarımadası doğu kesiminin jeolojisi. M.T.A. Rapor No: 7943, Ankara.
- Güney E.**, 1994, Jeoloji – Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü, *Dicle Üniversitesi, Eğitim Fakültesi yayınları* No: 6
- Gürbüz, C., Aktar., Eyidoğan, H., Cisternas, A., Haessler, H., Barka, A. A., Ergin, M., Türkelli, N., Biçmen, F., Üçer, B., Kuleli, S and Arpat, E.**, 2000. Seismotectonics of the Marmara region (Turkey): results from a microseismic experiment. *Tectonophysics* , 316, 1-17
- Hempton M.R.**, 1987, Constrains on Arabian plate motions; an extensional history of the Red Sea. *Tectonics*, 6,688-705.
- Howard**, 1967, 4-2: SIR-A Data Take 24C, 11/ 13/8 1; 4-3: 2436-08080-7; 4-4: V. Baker, 4-5: Schumm and Kahn (1975).
- Kaya, O. Kozur, H.**, 1987, A new and different Jurassic to Early Cretaceous sedimentary assemblage in Northwestern Turkey (Gemlik, Bursa) : Implications for the pre – Jurassic to Early Cretaceous evolution. *Yerbilimleri*, Hacettepe Üniv. 14 s. 253-268.



- Kahle H.-G., C. Straub, R. Reilinger, Mc Clusky, R. King, K. Hurst, G. Veis, K. Kastens, P. Cross**, 1998, The Strain Field in the Eastern Mediterranean, estimated by repeated GPS measurements. *Tectonophysics*, **294**: 237-252.
- Kahle H.-G., M. Cocard, Y. Peter, A. Geiger, R. Reilinger, S. McClusky, R. King, A. Barka, G. Veis**, 1999. The GPS strain rate field in the Aegean Sea and western Anatolia. *Geophysical Research Letters*, Vol. **26** (16): 2513-2516
- Keçer M., Ateş Ş., Erkal T., Doğan A., Osmañcelebi R., Karakaya F., Durmaz S., Emre Ö., Duman T.Y.**, 1999, 17 Ağustos 1999 depremi sonrası Kocaeli (İzmit) Metropolünün olası gelişme alanlarına ön yaklaşım, M.T.A. Rapor No: **10289**, Ankara
- Ketin, İ.**; Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İTÜ Vakfı, Kitap Yayın No: 32; İstanbul, 1983
- Kopp, K., Pavoni, N., Schindler, C.**, 1969. Geologie Thrakien. V : Das Ergene Becken. *Beihefte der geologischen Jahrbuch*, **76** : 1-136.
- Kuşçu İ., Okamura, M., Matsuoka, H. and Awata, Y.**, 2002, Active faults in the Gulf of İzmit on the North Anatolian Fault, NW Turkey: a high-resolution shallow seismic study: *Marine Geology* (in press).
- Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., Tok, B.**, 2001, The active Main Marmara Fault, *Earth and Planetary Science Letters*, **192**, 595-616.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, 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., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N., Veis, G.**, 2000, Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.* Vol. **105**, No. B3, p. 5695-5719
- McKenzie, D.**, 1972. Active tectonics of the Mediterranean region: *Geophys. J. R. Ast. Soc.*, **30**, 109-185.

- Önder, F., Göncüoğlu M.C.**, 1989, Armutlu Yarımadasında (Batı Pontidler) Üst Triyas conodontları, *M.T.A. Dergisi* No: **109** s. 147-152.
- Özalaybey S., Karabukut, H., Ergin, M., Aktar, M., Bouchon, M.**, 2001, The 1999 İzmit Earthquake sequence in NW-Turkey: Seismological Apect, Symposia on *Seismotectonics of the North – Western Anatolia – Aegean and recent Turkish earthquakes*, İTÜ, s. 78-87
- Okay A.İ. ve Görür N.**, 1995, Batı Karadeniz ve Trakya havzalarının kökenleri arasında zaman ve mekan ilişkisi. *Sym. Geol. Thrace basin*, Ankara, 9-11
- Okay A.İ.**, 1989, Tectonic units and sutures in the Pontids, northern Turkey. Tectonic evolution of the Thetyan Region (Ed: A.M.C. Şengör) Dordrecht / Boston / London. Kluwer Academic Publishers, 109-116.
- Okay, A. I.**, 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. A. M. C., Şengör (Ed), Tectonic evolution of the Tethyan region: Nato Advanced Science Institute (ASI) Series, C 259: 109-116.
- Okay, A.I., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N., Kuşçu, İ.**, 1999, An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian fault in Turkey, *Tectonics*, **18** (1),129-147.
- Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., Boztepe-Güney, A., ve Kuşçu, İ.**, 1999, Marmara Denizi'nde İstanbul'u tehdit eden kırıklar. *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, 28 Ağustos 1999, Sayı: **49**, p. 8-10.
- Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E., Kuşçu, İ.**, 2000, Active faults and evolving strike-slip in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study, *Tectonophysics*, **321**, 189-218.
- Oral M.B.**, 1994, Global Positioning System (GPS) measurements in Turkey (1988 - 1992) : Kinematics of the Africa - Arabia - Eurasia Plate Collosion Zone. Massachusetts Institute of Technology, *PHD thesis*, Massachusetts
- Ozansoy E.**, 2001, Bizans kaynaklarına göre 1200-1453 İstanbul depremleri, Editör: Şahin İ., Tarih boyunca Anadolu'da afetler ve depremler semineri: 22-23 Mayıs 2000 Bildiriler kitabı İstanbul Üniv. Edebiyat Fak. Tarih Araştırma Merkezi, Globus-Dünya basımevi, İstanbul – 20001, s. 1-28.

- Parke, J.R., Minshull, T.A., Anderson, G., White, R.S., McKenzie, D., Kuşçu, İ., Bull, J.M., Görür, N., Şengör, C.,** 1999. Active Faults in the Sea of Marmara, Western Turkey, imaged by seismic reflection profiles, *Terra Nova*, **11**, 5, 223-227.
- Parke J.,** 2000, The Sea of Marmara – A Comparison of the Influence of Sedimentation and Faulting on the Bathymetry in the three major Basins, NATO Advanced Research Seminar: *Integration of Earth Sciences Research on the 1999 Turkish and Greek Earthquakes and Needs for Future Cooperative Research Seminar*, Abstract book, p. 65
- Pavoni N.,** 1961, Die Nordanatolische Horizontal-verschiebung. *Geol. Rdsch.*, **51**, 122-139.
- Pfannenstiel, M. ,** 1944. Diluviale Geologie des Mittelmeergebietes: die diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmara Meer und Bosporus. *Geol. Rund.* **34**, 342-334.
- Pınar, N.,** 1943, Marmara Denizi Havzasının Sismik Jeoloji ve Meteorolojisi, PhD Thesis, Institut de Physique Generale de l' Universite d'Istanbul, Kenan Matbaası, Istanbul, 64s..
- Seymen İ.,** 1975, Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu fay zonunun tektonik özelliği. *Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Istanbul.*
- Siyako, M., Tanış, T., Şaroğlu, F.,** (2000), Marmara denizinin aktif fay geometrisi., *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, sayı:**388**, sayfa: 66-71
- Straub C., Kahle, H.-G., and Schindler, C.,** 1997, GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia: *Journal of Geophysical Research*, v. **102**, p. 27,587–27,601.
- Şengör A.M.C. Canitez N.,** 1982.The North Anatolian fault.*Geodynamics Series*.Vol. 7 p. 205-216.
- Şengör A.M.C., Görür N. Şaroglu F.,** 1985, Strike Slip Deformation - Basin Formation and Sedimentation (Turkey as a case study), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication No. 37
- Şengör A.M.C.İ,** 1979, The North Anatolian transform fault: its age, offset, and tectonic significance. *J. Geol. Soc., London*, **136**, 269-282.

- Şengör VE Yılmaz Y.**, 1981, Thetyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, **75**, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F.**, 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (Eds.), *Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication No. 37, pp. 227-264
- Soysal, H., S. Sipahioğlu, D. Kolçak, Y. Altınok**, 1981Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK Proje No: **TBAG 341**, İstanbul,
- Tüysüz, O., Erturaç, M.K., Tarı, U.**, 2002. Marmara Denizi Kıyıları Veri Tabanı, TÜBİTAK YDABÇAG proje raporu, **100Y080**.
- Turoğlu H.**, 1993 İzmit şehri doğusundaki güncel gelişme alınımın mühendislik jeomorfolojisi etüdü, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniv. Deniz bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Jeomorfoloji Anabilim dalı, İstanbul.
- Wong, H.K., Lüddman, T., Uluğ, A., and Görür, N.**, 1995. The Sea of Marmara: a plate boundary sea in a tectonic escape regime, *Tectonophysics*, **224**, 231-250.
- Yaltırak, C., Alpar, B., Sakınç, M., Yüce, H.**, 2000, Origin of the Strait of Çanakkale (Dardanelles): regional tectonics and the Mediterranean-Marmara incursion, *Marine Geology*, **164**, 139-159.
- Yılmaz K.**, 1992,Mekece (Adapazarı)-Bahçecik (Kocaeli) dolayının jeolojik ve petrolojik incelenmesi, İstanbul Üniv. ,S: 260
- Yılmaz Y.**, 1993, Türkiyenin metamorfik masiflerine toplu bakış, İstanbul Üniv. Müh. Fak. *Yerbilimleri Dergisi*, Jeoloji Eğitiminde 60. Yıl Özel Sayısı **C.8**, S.1-3
- Yılmaz Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş E., Bozcu M. ve Yılmaz K.**, 1995, Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Nortwestern Anatolia, *Tectonophysics*, **243**, 155-171
- Yılmaz Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., Yılmaz K.**, 1994. Kuzeybatı Anadolu'da Geç Kretase yaşlı kıta kenarının jeolojik evrimi. Türkiye 10. Petrol kongresi bildiriler kitapçığı.

**Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaşı, E., Bozcu, M. and Yılmaz, K.,** 1995. Geological evolution of the Late Mesozoic continental margin of northwestern Anatolia. *Tectonophysics*, **243**, 155-172.

**Yılmaz Y. Gürpınar O., Genç Ş. C., Bozcu M., Yılmaz K., Şeker H., Yiğitbaşı E., Keskin M.,** 1990, Armutlu yarımadası ve dolayının jeolojisi TPAO Raporu No: 2796, s. 210

## **EKLER**

Ek-1 : İzmit-Sapanca dolayının jeoloji haritası.

Ek-2 : İzmit-Sapanca dolayının jeomorfoloji haritası

## ÖZGEÇMİŞ

24 Haziran 1973 de İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Hamburg / Almanya'da tamamladı. Orta öğrenimini, İstanbul'da Üsküdar Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 4 yıl boyunca turizm alanında faaliyet gösterdi. 1994'te İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde okumaya başladı. İTÜ'deki öğrenimi süresince birçok bilimsel ve sosyal etkinlikte görev aldı. 1999'da mezun olduktan sonra yine aynı üniversitenin, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Araştırmalarını genç tektonik ve paleosismoloji üzerinde sürdüren Murat Ersen AKSOY, halen İstanbul Bilgi Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır (2002).

# İZMİT-SAPANCA DOLAYININ JEOLOJİ HARİTASI

## AÇIKLAMALAR

Alüvyon, kıyı yelpaze,  
bataklık, alüvyal yelpaze



Arslanbey Formasyonu



Orta Pleyistosen

Kızderbent Volkanitleri



Eosen-  
Paleosen

Eşme Formasyonu



Eosen-  
Paleosen

Akveren Formasyonu



Paleosen-  
Üst Kretaşe

İznik Metamorfik  
Topluğu



Üst Kretaşe-  
Alt Paleozoyik

Sağ yanal doğrultu  
atımlı fay



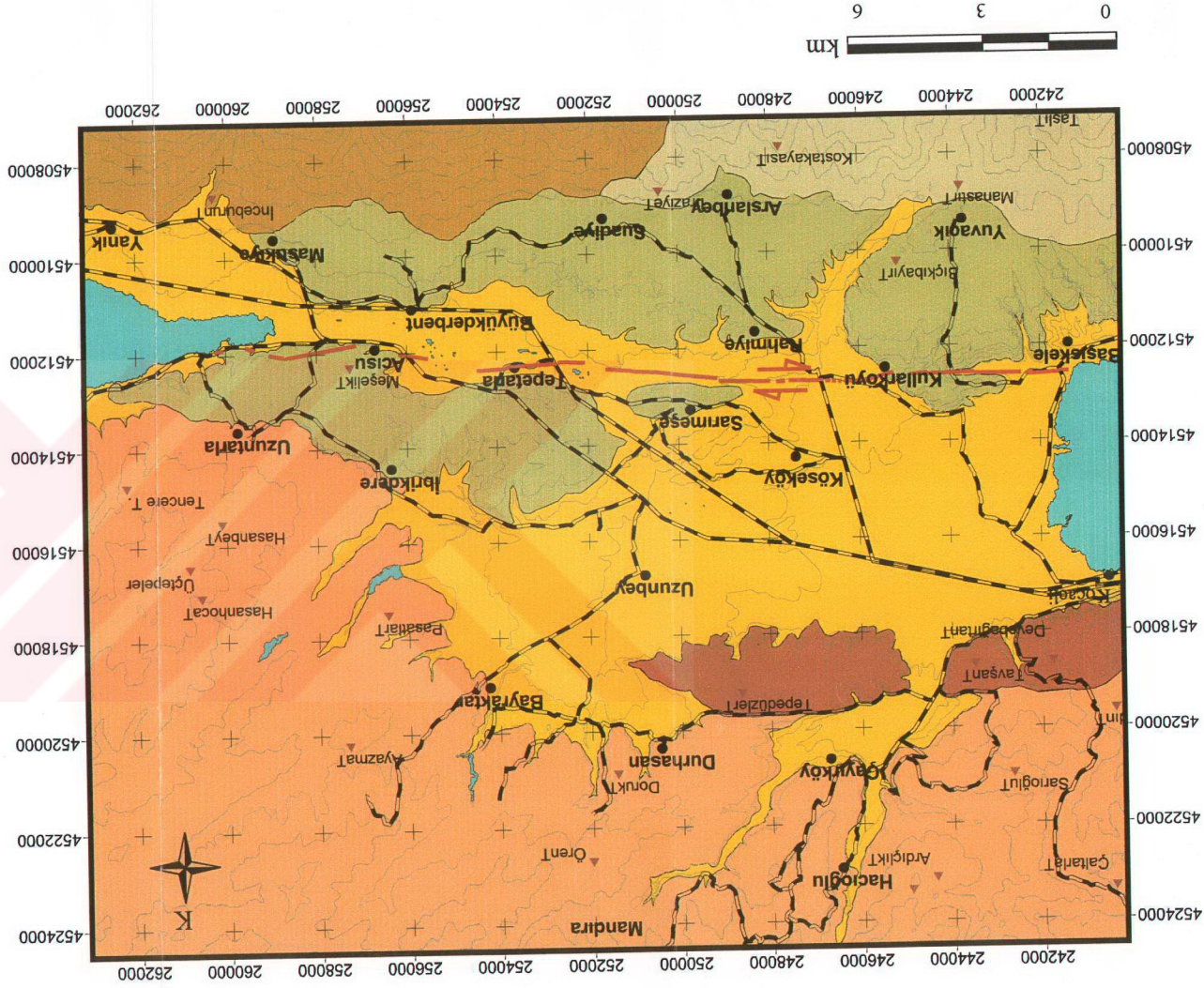
Eş yükselti eğrileri



Verteşimler



Tepeler



Turoğlu 1993, Doğan 1998, Emre 1998, Keçer 1999'den derlenmiştir.



## İZMİT -SAPANCA DOLAYININ JEOMORFOLOJİ HARİTASI

