T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN GEYVE ve İZNİK ARASINDAKİ MORFOTEKTONİĞİ ve PALEOSİSMOLOJİSİ

Onur TIĞLI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hayrettin KORAL

II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Serdar AKYÜZ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 16.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Hayrettin KORAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Namık AYSAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Gülsen UÇARKUŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, UDAP-G-13-16 numaralı TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tezimin ortaya çıkması için imkan sağlayan AFAD destekli UDAP G-13-16 numaralı projenin yürütücüsü ve aynı zamanda tez danışmanlarımdan olan saha ve büro çalışmalarının her aşamasında desteğini gördüğüm, hayatımın bazı evrelerinde yaşadığım zorluklardan dolayı tezim dâhil olmak üzere tüm çalışmalarıma ara vermek zorunda kalmamı anlayışla karşıladığı için Prof. Dr. Serdar AKYÜZ'e minnettarım.

Lisans dönemimden beri ve bu çalışma için, gece gündüz demeden her daim akademik ve manevi desteğini aldığım tez danışmanlarımdan Prof. Dr. Hayrettin KORAL'a minnettarım.

Saha çalışmalarında olan proje yardımcı yürütücüleri (UDAP G-13-16) olarak her birinin tezin oluşmasında büyük katkısını gördüğüm Dr. Bülent DOĞAN, Dr. Cengiz ZABCI ve Dr. M. Ersen AKSOY'a; LİDAR çalışmalarına sundukları katkıdan dolayı ve UDAP G-13-15 nolu proje yürütücüsü Doç. Dr. Volkan KARABACAK'a ve ekibine (örn. Dr. Sevgi ALTINOK ile Esra TUNÇEL'e); GPR çalışmalarına sundukları katkıdan dolayı UDAP G-13-14 projesi yürütücüsü Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER'e ve aynı ekipteki Jeofizik Y.Müh.Yunus Can Kurban'a ve ayrıca saha çalışmalarına misafir olarak katılan Sinem HACIOSMANOĞLU'na ve Nazlı ŞIK'a minettarım. Coğrafi bilgi sistemleri tabanında sunacağım şekillerin düzenli olarak işlememde yardımlarını gördüğüm Doç. Dr. Namık AYSAL'a, Jeoloji Y.Müh.'leri; İbrahim KUŞKU'ya ve Abdelrahman KHALİFİ'ye, Serdal KARAAĞAÇ'a, Jeoloji Mühendisleri; Tufan DALKIRAN'a, Mohammed MOHSANİ ve Uğur Can AYHAN'a minettarım. Değerli görüşlerinden faydalandığım ve/veya kaynaklar konusunda yardımını gördüğüm Prof. Dr. Ziyadın ÇAKIR'a, Prof. Dr. Cenk YALTIRAK'a, Dr. İsak YILMAZ'a, Dr. Selim ÖZALP'a, Dr. Fuat ŞAROĞLU'na, Dr. Aynur AKYÜZ'e, Dr. Fatih ŞEN'e, Dr. Akın KÜRÇER'e, Y. Jeofizik Müh. Asen SABUNCU'ya ve Jeoloji Y. Müh. Burak YALAMAZ'a Jeoloji Müh. Emre Çakır'a minettarım. Tez düzeni ve noktalama işaretlerinin kontrolü gibi hususlarda ise kontrol sağlayıp gerekli kısımlarda uyarı yaptığı için Y. İktisatçı Burak SAYKAL'a, Jeoloji Müh. Cengiz UZUN'a, Uzm. Biyolog Ebru KARAKAŞ'a, Jeoloji Y. Müh. Serdar ÇALGIN'a, Jeoloji Müh. İlyas Can AYDINER'e ve sadece maddi manevi desteklerle kalmayıp aynı zamanda bu konuda da yardımlarını gördüğüm, her ikisi de öğretmen olan fedakar anneme, babama ve onlarla beraber manevi desteklerini her zaman hissettiren ablama, tüm akrabalarıma ve dostlarıma minettarım.

Jeoloji bilimine özellikle aktif tektonik alanında ve aynı zamanda bu teze saha çalışmalarında katkı sağlamış olan hocalarımın çoğunu veya onların hocalarını bizzat yetiştiren rahmetli Prof. Dr. İhsan Ketin'i ve Prof. Dr. Aykut Barka'yı şükranla anıyorum ve son olarak bu tezin oluşmasına dolaylı yoldan katkı sağlayan, kaynaklar bölümünde adlarını refere etmiş olduğum tüm yazarlara minettarım.

Tez çalışması AFAD'ın desteği ile MTA'nın koordinatörlüğünde ve Üniversitelerle yapılan işbirliği sonucu UDAP G-13-16 projesi adı altında desteklenmiştir. İlgili kurumların yanı sıra fay kazısı çalışmalarında özveri ile çalışan tüm emekçilere ve desteğini esirgemeyen yöre halkına minettarım

Temmuz 2019 Onur TIĞLI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **xiv**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvi**
SUMMARY ..... **xviii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI 3
2.2. İNCELEME ALANININ TANITIMI 4
2.2.1. İnceleme Alanının Konumu 4
2.2.2. Topoğrafya ve Morfoloji 5
2.2.3. Bitki Örtüsü 6
2.2.4. Yerleşim ve Ulaşım 6
2.3. BÖLGENİN JEOLOJİSİ 6
3. MALZEME VE YÖNTEM **19**
3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI 19
3.2. BÜRO ÇALIŞMALARI 19
4. BULGULAR **21**
4.1. BÖLGENİN AKTİF TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ 21
4.2. MORFOTEKTONİK 27
4.2.1. Geyve Fayı ve Morfolojik Yapıları 29
4.2.2. İznik-Mekece Fayı ve Morfotektonik Özellikleri 49
4.3. PALEOSİSMOLOJİ 64
4.3.1. Önceki Çalışmalar 64
4.3.2. Tarihsel Depremler 69
4.3.3. GPR Çalışmaları 76
4.3.4. Hendek Çalışmaları 87
4.3.4.1. Geyve-1 Hendeği 89

4.3.4.2 Geyve-2 Hendeği 93
4.3.4.3. Mekece-1 Hendeği 97
4.3.4.4. Mekece-5 Hendeği 103
4.3.4.5. Çerkeşli Hendeği 113
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 117
KAYNAKLAR 120
EKLER 125
ÖZGEÇMİŞ 131

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Marmara Bölgesi'nde elastik blok modelinden elde edilmiş yıllık kayma miktarları (mm/yıl) (Reilinger ve diğ.,2006).....2

Şekil 2.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası ve diri fayları (Emre ve diğ., 2013' ten alınmıştır). 5

Şekil 2.2: Türkiye ve çevresindeki süturlar ve başlıca kıtasal parçalar (Okay ve Tüysüz, 1999).....7

Şekil 2.3: Geç Kretase ve Erken Tersiyer sırasında evrimin ilerleyen aşamalarını ve bölgenin ön planda deformasyonunu gösteren plaka tektoniği modeli. (a) Kuzeyine bakan kıta kenarı, Mesozoyik döneminde oluşmuş ve Geç Kretase'ye kadar devam etmiştir. Günümüzde Batı Pontidlere (Rodop-Pontid parçası) tekabül eden kuzey kıta, Laurasia'nın güney bölümünü içermektedir (Yılmaz ve diğ. 1995). 9

Şekil 2.4: Türkiye'nin süturlar tarafından ayrılmış ana tektonik birimleri (Yiğitbaş ve diğ. 1999).....11

Şekil 2.5: Çalışma alanı çevresindeki Paleosen-Alt Eosen arasındaki yaşlardaki birimlerin dağılımı ve stratigrafik konumları (Elmas ve Yiğitbaş, 2001: Doğan,2010'dan düzenlenmiş hali alınmıştır). 13

Şekil 2.6: Geyve Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir). 15

Şekil 2.7: Geyve Fayı üzerindeki bir lokasyonun jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir). 15

Şekil 2.8: Çalışma alanının doğu kısmının sadeleştirilmiş jeoloji haritası ve farklı kesimlerinde gözlenen stratigrafi (Doğan, 2010). 16

Şekil 2.9: İznik-Mekece Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir). 18

Şekil 4.1: Doğu Akdeniz'de kıta ekstrüzyonu. Ege-Anadolu bloğu, Arabistan-Avrasya çarpışma bölgesinden Helenik dalma yörüngesine doğru batıdan kaçma ve vektörel hızları gösteren şekil, (Armijo ve diğ. 1999).....23

Şekil 4.2: Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı'nın Aktif Kolları ve çalışma alanının bu sistemdeki konumu (Emre ve diğ. 2013).....24

Şekil 4.3: Trakya-Eskişehir Fayı'nın Kuzey Anadolu Fayı'nın kolları tarafından ötelenmesi (Yaltırak, 2002). A: 4 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki. B: 3,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki C: 3 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki D: 2,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki E: 2 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki (Sağ yanal ötelenme belirginleşmeye başlamıştır). F: 1,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki G: 1 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki H: 4 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki J: 0,5 Milyon yıl önceki Trakya-Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki. 25

Şekil 4.4: Marmara bölgesinin doğu kısmının sismotektonik haritası (Duman ve diğ. 2017). 27

Şekil 4.5: Geyve-Pamukova havzası sayısal yükseklik modeli ve yaklaşık 20 km ötelenmiş Sakarya Nehri. Şekilde Geyve Fayı ve İznik-Mekece Fayı'nın bir kısmı görülmektedir. 29

Şekil 4.6: Saha gözlemleri sonucu çizilen Geyve Fayı'nın görünümü. 30

Şekil 4.7: Geyve Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası. Jeolojik birimler için (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir). 31

Şekil 4.8: Doğantepe'nin 2 km güneyindeki fay denetimli çizgisel vadide ayrışmış serpantinlerin genel görünümü (Bakış yönü doğuya doğrudur). 32

Şekil 4.9: Doğantepe'nin güneyindeki lokasyonda tabakalarda oluşan tiltlenme. Bakış yönü doğuya doğrudur. 33

Şekil 4.10: Geyve Fayı'nın batı kısmı ve çevresinin morfotektonik yapıları (Kesikli kırmızı çizgiler fayın aslında zonlu yapıda olduğunu ve deformasyonun genellikle ana faya paralel olarak dağıldığını göstermektedir). Üçgen tepe ile sırtın arasında oluk yapısının, Domuz Dere'nin batısındaki ise eyer yapısının yaklaşık konumu kesikli siyah çizgilerle gösterilmektedir. 34

Şekil 4.11: Kovalca Dere ve sağ yanal ötelenmesi. Ötelenen dere ekseni çizilmiştir. Bakış yönü güneye doğrudur. 35

Şekil 4.12: LİDAR istasyonlarının numaraları ve lokasyonları. 36

Şekil 4.13: Domuz Dere'nin doğusunda yer alan eyer yapısı (LİDAR-18 lokasyonunun doğu kısmı). Bakış yönü kuzeydoğuya doğrudur. 36

Şekil 4.14: LIDAR-18 lokasyonu ve morfolojide eyer yapısı. Bakış yönü kuzeye doğrudur. 37

Şekil 4.15: Domuz Dere'nin doğusunda yer alan eyer yapısı. Şekil 4.14'deki bölgenin LİDAR lokasyonuna (LİDAR-18 lokasyonu) ait işlenmemiş nokta bulutudur. 37

Şekil 4.16: LIDAR-16 lokasyonu ve bu bölgenin morfolojisi. Bakış yönü kuzeye doğrudur. Şekilde kabaca yeşil ve sarı bitkilerin sınırını izleyen ani eğim kesikliği görülmekte ve bu ani eğim kesikliğinden yukarıda sırtın güney yamacı gözükmektedir. 39

Şekil 4.17: Genel görünümü Şekil 4.16'te verilen bölgenin LIDAR-16 lokasyonuna ait nokta bulutu. Şekilde kabaca ani eğim kesikliği görülmekte ve bu ani eğim kesikliğinden yukarıda sırtın güney yamacı gözlenmektedir. 39

Şekil 4.18: Safibey Yarma'sındaki Kuvaterner birimler ve onları kesen faylar. A: Yarmanın genel görünümünde faylar 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır. B: 2 numaralı faya ait düzlemin görünümü, fayın doğrultusu K85D eğimi 82 KB'dır ve üzerinde yaklaşık 40 cm'lik düşey atım gözlenmektedir. Ba: 2 numaralı düzleme ait fay düzlemindeki çiziklerin görünümü, çiziklerin gidişi K75D dalımı 32KD'dur. Ba ve Bb: 2 numaralı fay düzlemindeki çiziklerin daha belirgin ve yakından görünümü. C: 3 numaralı fay üzerinde gelişen ezik zon. K65D doğrultulu 80KB eğimli 3 numaralı fay bir ezik zon geliştirmiştir. Bu fayda iki parmak arasında gösterildiği gibi yaklaşık 40 cm'lik bir düşey bir atım bulunmakta olup düşey atım yönüne de (sinistral hareket) uygun olacak şekilde ezik zonda S şeklinde budinaj yapıları bulunmaktadır. Fayların doğrultusu Geyve Fayı'nın genel doğrultusuyla uyumlu olup 2 numaralı fay çizikleri de yanal hareketi desteklemektedir. Bu sebepten fayın aktif fay düzlemlerine ait olabileceği düşünülmektedir. Tüm şekillerde bakış yönü yaklaşık olarak güneye doğrudur.....40

Şekil 4.19: Şekil 4.18A'da genel görünümü verilen Safibey Yarma'sındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı seviyeler ve bu seviyeleri kesen fayların taslak kesiti. 41

Şekil 4.20: Çengel Köyü güneyinde kireçtaşları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel arasındaki faylı sınır. Bakış yönü güneye doğrudur. 43

Şekil 4.21: Kireçtaşı çakılları ve blokları içeren, kum matriksli alüvyal yelpaze ürünü çökellerin görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur. 44

Şekil 4.22: Kozan köyü güneyinde fliş istifinin üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri. Bakış yönü güneye doğrudur. 44

Şekil 4.23: A: Kozan'da faya paralel giden yol ve daha önceden doğal olduğu düşünülen bir su kanalı. Doğal halinin fay tarafından sağ yanal olarak ötelendiği ve yapay olarak da bu ötelenen eski dere kanalının güzergahının tercih edildiği düşünülmektedir. B: Kozan Köyü güneyinden alçak kotlara doğru görünüm (Bakış yönü kuzeye doğrudur). 45

Şekil 4.24: Ciciler Köyü batısındaki fay düzlemi ve sarı renkli karbonatlı kum matriksle gözlenen fay breşi. 47

Şekil 4.25: Daha geniş açıdan Şekil 4.24'te gösterilen fay düzlemi üzerinde breşleşme, fay çizikleri ve korugasyon yapısının görünümü. 48

Şekil 4.26: Saha gözlemleri sonucu çizilen İznik-Mekece Fayı'nın görünümü. 49

Şekil 4.27: İznik-Mekece Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası. 50

Şekil 4.28: İznik-Mekece Fayı ve çevresindeki morfotektonik yapılar (doğu kesimi). A:Mekece hendekleri ve çevresi. B: Çerkeşli hendeği ve çevresi.....50

Şekil 4.29: LIDAR-13 lokasyonu ve morfolojisi. Kapan sırtı ve ötelenmiş güncel dere yatağı gözükmektedir. Bakış yönü batıyadır. 52

Şekil 4.30: Genel görünümü Şekil 4.29' te verilen LIDAR-13 lokasyonuna ait nokta bulutu. Kapan sırtı, eyer yapısı ve ötelenmiş dere görülmektedir. 52

Şekil 4.31: İznik-Mekece Fayı üzerindeki LİDAR-13 lokasyonuna ait İşlenmiş yersel lidar görüntüsü. Şekilde kapan sırtının yanı sıra topografyada eyer yapısı da görülmektedir. 53

Şekil 4.32: İznik-Mekece Fayı üzerindeki LİDAR-13 lokasyonuna ait işlenmiş yersel lidar görüntüsü. Şekilde, fay tarafından sağ yanal olarak ötelenmiş güncel bir dere yatağı ve kapan sırtının yanı sıra en derin noktasını fayın izlediği topografyada eyer yapısı da görülmektedir. Şekil 4.31'den farklı olarak ve fayın izi ve ötelenen dere yatağı da çizilmiştir. 53

Şekil 4.33: Kapan sırtındaki temel kayaçları (flişleri) kesen faylar. Bakış yönü batıya doğrudur. 54

Şekil 4.34: A: Çerkeşli Göleti batısındaki eyer yapısı(bakış yönü kuzey). B: Aynı bölgenin LİDAR lokasyonuna ait (LİDAR-12) nokta bulutuna karşılık gelmektedir. 55

Şekil 4.35: A: Çerkeşli Göleti batısındaki ötelenmiş sırt. B: Aynı bölgenin dem görüntüsü verilmiştir. 56

Şekil 4.36: Sağ yanal olarak ~160 m. ötelenmiş sırtın uydu görüntüsü 3 kat abartılmış olarak görülmektedir. Mor renkli çizgi sırt eksenini simgelemektedir, açık mavi çizgiler atım ölçümü için referans çizgileridir, kırmızı çizgi ise fayı simgelemektedir. Şekil 4.35'deki lokasyonun daha yakın görünümüdür. 56

Şekil 4.37: İznik-Mekece fayı üzerinde gözlenen boyun yapısı A: Eyer yapısı olan bölgenin uydu görüntüsü. B: Eyer yapısı olan bölgenin DEM görüntüsü. C: A ve B de görülenbölgenin Çiçekli ve Kaynarca köyleri arasındaki dar kısmı (Bakış yönü yaklaşık doğuya doğru oblik bir açıdır).....57

Şekil 4.38: İznik-Mekece Fayı üzerinde Kaynarca Köyü'nün doğusunda, K65D doğrultusunda yaklaşık 300 metre devamlı olarak giden bir şev üzerinden bir görünüm (Bakış yönü doğuya doğrudur). 58

Şekil 4.39: Volkanik bir bloğu kesen fayın düzlemi ve fay çiziklerinin görünümü. 59

Şekil 4.40: A:Kaynarca Köyü'nün batısındaki İznik-Mekece Fay Zonu'ndan görünüm. B: Aynı fay zonunun daha yakından görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur. 60

Şekil 4.41: Kaynarca köyü batısında topoğrafik kırıklık. Bakış yönü Güney'dir. 61

Şekil 4.42: A: LIDAR-7 lokasyonu ve morfolojisi. Bakış yönü güneye doğrudur. B: Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında yer alan, birbirine paralel konumlu K70D doğrultulu topoğrafik diklikler (LİDAR-7 lokasyonu). Bakış yönü güneye doğrudur. 62

Şekil 4.43: Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında yer alan, birbirine paralel konumlu K70D doğrultulu topoğrafik diklikler. Şekil 4.42'de genel görünümleri verilen LIDAR-7 lokasyonuna ait işlenmemiş nokta bulutu. 63

Şekil 4.44: Beşevler Köyü doğusundaki topoğrafik diklik (bakış yönü doğuyadır). 63

Şekil 4.45: Dırazali çevresinde görülen ütü altı yapıları. Morfoloji yapıyı belirgin ve anlaşılır hale getirmek adına 3 kat abartılı görünümüyle verilmiştir. Bakış yönü güneyedir. 64

Şekil 4.46: Kataloglardan derlenen tarihsel depremlerin olası dış merkezleri (Tablo 4.2'de verilen koordinatların güvenirliliği Google Earth üzerine yerleştirilmiş ve güvenirliliğin az olduğu sonucuna varılmıştır, bu sebeple dış merkez bölgeleri için sadece kataloglardaki haritalar ve metin kısımlar dikkate alınmıştır, altık olarak kullanılan Diri Fay Haritası; Emre ve diğ. 2013'ten alınmıştır). 74

Şekil 4.47: GPR istasyonlarının numaraları ve lokasyonları. 76

Şekil 4.48: Geyve Fayı üzerindeki GPR istasyonlarının lokasyonları. 77

Şekil 4.49: GPR_14. PRF 1066 – 1067 (aynı alanda ''git-gel'' profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 65. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır. 77

Şekil 4.50: Geyve Fayı üzerinde Geyve doğusunda, Taraklı yolu üzerindeki GPR profillerinin yeri. Batıdan doğuya Şekil 4.47'deki GPR_16 ve GPR_17 lokasyonlarına karşılık gelmektedir. 79

Şekil 4.51: GPR_16. PRF 1068 – 1069 (aynı alanda ''git-gel'' profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 57. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali). 79

Şekil 4.52: GPR_17. PRF 1070 – 1071 (aynı alanda ''git-gel'' profilleri): Profillerin yatayda yaklaşık 82. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali). 80

Şekil 4.53: GPR_18. PRF 1072 – 1073. (aynı alanda ''git-gel'' profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 68. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali). 81

Şekil 4.54: İznik-Mekece Fayı üzerindeki GPR istasyonlarının lokasyonları. 82

Şekil 4.55: : GPR_6. PRF 925 – 926 (aynı alanda ''git-gel'' profilleri). Profillerde herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır. 82

Şekil 4.56: GPR_7. PRF 927 – 928 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 58. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır. 83

Şekil 4.57: İznik-Mekece Fayı üzerinde Mekece batısında GPR profilinin yeri. Şekil 4.54’deki GPR_13 lokasyonuna karşılık gelmektedir. 84

Şekil 4.58: GPR_13. PRF 1060 – 1065 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 68. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır. 85

Şekil 4.59: GPR_13. PRF 1061 – 1062 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 25. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır. 86

Şekil 4.60: GPR_13. PRF 1063 – 1064 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 13. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır. 87

Şekil 4.61: Çalışma alanında açılan tüm hendeklerin yaklaşık lokasyonlarını gösterir harita. 88

Şekil 4.62: Geyve güneydoğusunda fayın çöküntü alanı içerisindeki konumu kırmızı oklarla gösterilmiştir. Üzerinde yaklaşık 580 m ötelenme ölçülen bir derenin yanı sıra, faya paralel uzanan sırt dikkati çeken başlıca morfotektonik yapılar arasında yer alır. Geyve-1 hendeği bu sırtın hemen güney kenarında konumlandırılmışken, Geyve-2 hendeği ilk lokasyonun güneybatısında bir yerel çöküntü alanının kenarındadır. Görüntü Google Earth veri tabanından alınmış, bakış yönü oblik bir açıyla kabaca GB’dan KD’ya doğrudur. 89

Şekil 4.63: Geyve-1 hendek yerinin görünümü. A: bakış yönü güneye B: Bakış yönü kuzeyedir. 90

Şekil 4.64: Geyve-1 hendeğinin genel görünümü. 92

Şekil 4.65: Geyve-1 hendeğinin 20. metresinde görülen fay. 92

Şekil 4.66: Geyve-1 hendeği doğu duvarının ölçekli logu. 93

Şekil 4.67: Geyve-2 hendek yeri. Bakış güneye doğrudur. 94

Şekil 4.68: Geyve-2 hendeğinin genel görünümü 95

Şekil 4.69: Geyve-2 hendeği doğu duvarının ölçekli logu. 95

Şekil 4.70: Mekece hendek alanının morfotektonik özellikleri 96

Şekil 4.71: İznik-Mekece Fayı denetiminde gelişmiş olan eyer yapısı 96

Şekil 4.72: İznik-Mekece Fayı kuzeyinde bulunan kapan sırtı. Bakış yönü güneybatıya doğrudur. 97

Şekil 4.73: Mekece-1 hendeği lokasyonu (Bakış yönü güneye doğrudur). 98

Şekil 4.74: Mekece-1 hendeği doğu duvarının ölçekli logu. 100

Şekil 4.75: Mekece-1 hendeği doğu duvarında 4. Metredeki fay zonu. 100

Şekil 4.76: Mekece-1 batı duvarındaki 5.ve 6. metreler arasındaki fay zonu. Şekilde etiket üzerinde 4 yazmaktadır fakat bu rakam batı duvarının logunda (Şekil 4.77) 6. metreye karşılık gelmektedir, çünkü hendeğin doğu duvarı ile korele edebilmek adına metreler sonradan simetrik olarak ters çevrilmiştir. 102

Şekil 4.77: Mekece-1 hendeği Batı duvarının ölçekli logu.....102

Şekil 4.78: Mekece-5 hendeğinin genel görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur. 104

Şekil 4.79: Mekece 5 hendeği doğu duvarında 8.ve 10. metreler arasındaki fay zonu.....106

Şekil 4.80: Mekece-5 hendeği doğu duvarında 1.-2. metreler arasında gözlenen fay. (Fotoğraf çekildikten sonra oluşturulan hendek logunda şeklin kuzey tarafına 1 metre daha eklenmiştir). 107

Şekil 4.81: Mekece-5 doğu duvarının ölçekli logu. 107

Şekil 4.82: Mekece-5 hendeği batı duvarında 7. metrede görülen fay.....110

Şekil 4.83: Mekece-5 batı duvarında kuzey ucunda görülen fay. 110

Şekil 4.84: 12. ve 14. metreler arasındaki fay zonunun hendek tabanındaki izi.....111

Şekil 4.85: Mekece-5 hendeği batı duvarının ölçekli logu. 111

Şekil 4.86: A: Çerkeşli hendek yeri ve hendeğin açılması süreci. Bakış yönü güneydoğuya doğrudur. B: Çerkeşli hendeğinin içeriden genel görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur. 115

Şekil 4.87: Çerkeşli hendeği doğu duvarının ölçekli logu. 116

Şekil 5.1: Mekece hendeklerinin yaş sonuçlarına göre tarihsel depremlerin zaman aralığı. İşaretler örnek numarasını göstermektedir. Açık renkler geniş, koyu renkler dar zaman aralığını göstermektedir. 119

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1: Geyve ve İznik-Mekece fayları tarafından sağ yanal ötelenen akarsular ve ötelenme miktarları.....46

Tablo 4.2: KAF'ın orta kolu üzerinde olan tarihsel depremler((a): Soysal ve diğ. 1981; (b): Guidoboni vd., 1994; (c): Ambraseys ve Jackson, 1998; (d):Ambraseys ve Jackson ,2000; (e): Ambraseys, 2002. (f): Guidoboni ve Comastri, 2005; (g): Ambraseys, 2009).....75

Tablo 4.3: Geyve-1 hendeğine ait C14 yaşlandırması sonuçları. 93

Tablo 4.4: Mekece-1 hendeğinden alınan örneklerin yaş analizi sonuçları. 103

Tablo 4.5: Mekece-5 hendeğinden alınan örneklerin yaş analizi sonuçları. 112

Tablo 4.6: Mekece hendeklerinden alınan örnekler yardımıyla ortamın çökelme hızının yaklaşık değerlerinin hesaplamaları. 113

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

m : Metre

km^2 : kilometrekare

Kısaltmalar **Açıklama**

KAF : Kuzey Anadolu Fayı

DAF : Doğu Anadolu Fayı

GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)

GPR : Ground Penetration Radar (Yer Radarı)

LIDAR : Laser Imaging Detection and Ranging

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN GEYVE ve İZNİK ARASINDAKİ MORFOTEKTONİĞİ ve PALEOSİSMOLOJİSİ

Onur TIĞLI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hayrettin KORAL

II. Danışman : Prof. Dr. Serdar AKYÜZ

Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara bölgesindeki Geyve (Sakarya)-İznik (Bursa) arasında kalan kısmının morfotektonik ve paleosismolojik özellikleri araştırılmıştır.

Çalışılan fay parçaları, MTA tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nda Geyve Fayı ve İznik-Mekece Fayı olarak adlandırılmıştır. Bu faylar üzerinde yüzey kırığı oluşturmuş eski depremleri belirlemek amacıyla hendek çalışmaları yapılmıştır. Morfotektonik özellikler önce uzaktan algılama çalışmaları ile daha sonra ise saha gözlemleri ile detaylı olarak belirlenmiştir. Fay verisi içeren alanlarda GPR çalışmaları ve LIDAR ile mikrotopoğrafya yapılmıştır.

Geyve Fayı üzerinde, Geyve'nin 3 km güneydoğusunda belirlenen hendek alanında faylanma, uzamış bir sırt ve yer değiştirmiş kuzeye akan bir drenaj sistemi ile karakterize edilir. Stratigrafi ve yapısal ilişkilerbir arada değerlendirilerek Geyve-1 hendeği duvarında 2 (veya muhtemelen 3) eski olay ortaya çıkarılmıştır. İznik-Mekece Fayı üzerinde iki alanda hendek çalışmaları yürütülmüştür. Mekece lokasyonu Mekece Köyü'nün 2500 metre batısında yer alır. Faylanma bu bölgede belirgin olarak bir kapan sırtı ve yer değiştirmiş güncel kanal ile temsil edilir. Stratigrafi ve yapısal ilişkilerle kırık analizleri yapılmış Mekece-1 hendek duvarında 2 eski olay ve Mekece-5 duvarlarında 3 eski olay ortaya çıkarılmıştır. Bunlardan ikisi Mekece-1 hendeğindeki depremlerle aynı olaya aittir. Çerkeşli hendeği yapay bir gölün batısında açılmıştır. Bu hendekte herhangi bir olay izine rastlanmamıştır. Açılan hendeklerde stratigrafi ve yapı analizleri ile 3 eski olay belirlenmiştir. Bu depremler MÖ 1500 sonrası, MÖ 500 civarı ve MÖ 20 - MS 660 arası (MS 368 ?) olarak tarihlenmiştir.

Bu çalışma TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından desteklenmiştir (Proje no: UDAP-G-13-16).

Temmuz 2019, 150 sayfa.

Anahtar kelimeler: Aktif fay, Paleosismoloji, Geyve Fayı, İznik-Mekece Fayı, Hendek.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

MORPHOTECTONIC and PALEOSEISMOLOGY OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT BETWEEN GEYVE and İZNİK

Onur TIĞLI

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hayrettin KORAL

Co-Supervisor : Prof. Dr. Serdar AKYÜZ

Morphotectonic and paleoseismologic characteristics of North Anatolian Fault between Geyve-İznik were investigated in this study.

These fault segments are named as Geyve Fault and İznik-Mekece Fault in Active Fault Map of Turkey published by MTA. Trenching studies were performed on these fault segments in order to determine past earthquake ruptures. Morphotectonic characteristics of the fault were studied by detailed field observations following the remote sensing studies. Microtopographic surveys performed by LIDAR and Ground Penetrating Radar (GPR) surveys were also conducted on selected sites. The faulting on Geyve trench site on Geyve Fault, located 3 km towards soutwest of Geyve city, is characterized by a linear ridge and offset drainage flowing to the north. According to the structural and stratigraphical relationships observed on trench walls of Geyve-1 trench, two (or possible three) paleo events were revealed. Trenching studies on İznik-Mekece Fault were performed at two different sites. Mekece site is located 2500 m towards west from Mekece village. Faulting on Mekece site is characterized by a shutter ridge and a displaced recent channel. Stratigraphic and structural relationships reveal two past events in Mekece-1 and 3 past earthquakes in Mekece-5 trench which two of them represent the same paleo events in Mekece 1. Çerkeşli trench, which was excavated on west of an artificial lake,

does not reveal any past events. The trenching studies reveal three past earthquakes. Dating of event horizons suggest that two past earthquakes occurred around 1500 B.C.E. and around 500 B.C.E., and another earthquake happened between 20 B.C.E. - 660 C.E., which can be compared to 368 C.E. historical earthquake.

This study was supported by Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) of Turkish Republic (project no: UDAP-G-13-16)

July 2019, 150 pages.

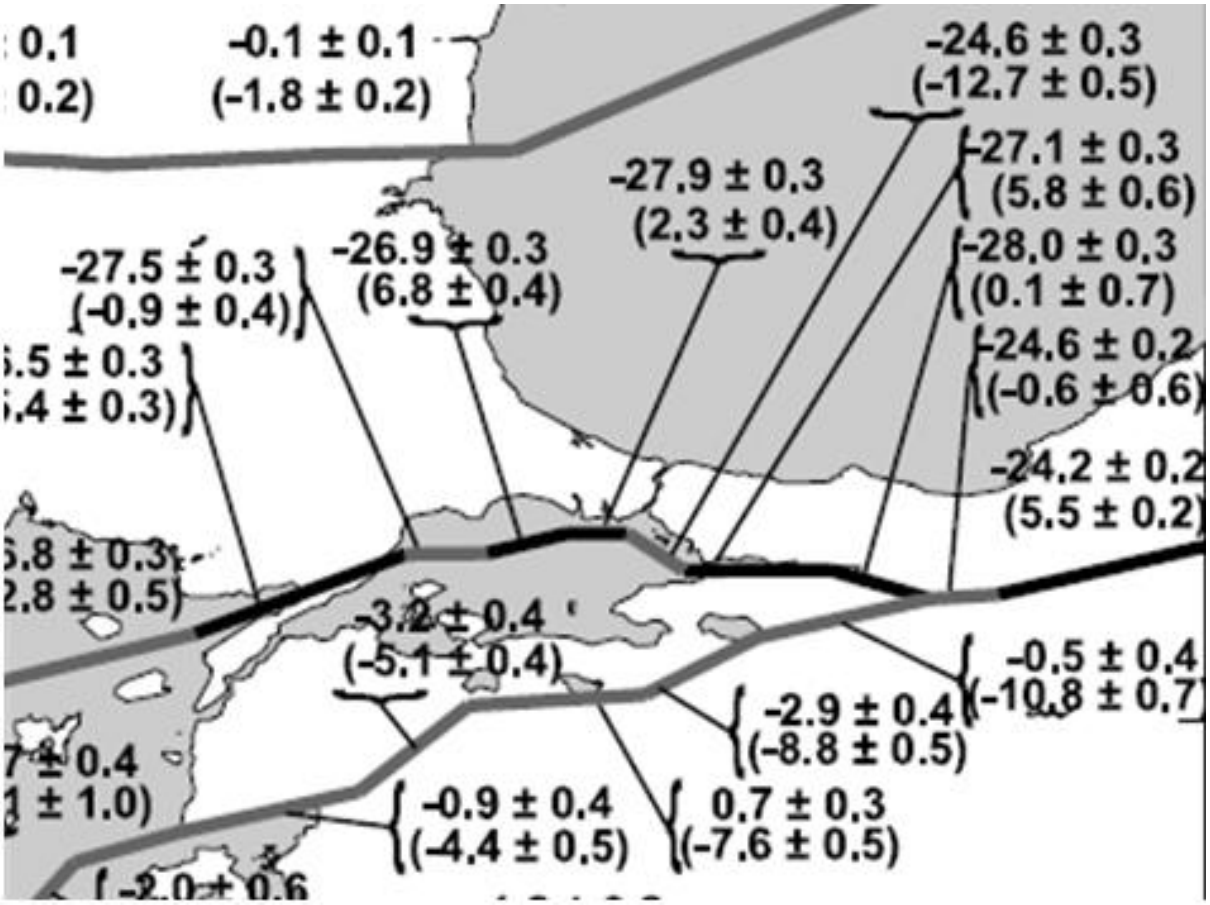
Keywords: Active fault, Paleoseismology, Geyve Fault, İznik-Mekece Fault, Trench.

1. GİRİŞ

Neotektonik dönem içerisinde oluşmuş olan ve ilk defa Ketin (1969) tarafından tanımlanan Kuzey Anadolu Fayı (KAF), dünyadaki en sık deprem üreten faylardan biri olup Marmara Bölgesi'nde birbirinden farklı kayma hızlarına sahip olan farklı kollara ayrılır. Ana deformasyon ve yüksek kayma hızlarına sahip olan "Kuzey Kol" olarak adlandırılırken Dokurcun (Sakarya)'dan ayrılan ve göreceli olarak daha düşük kayma hızına sahip olan kol "Güney Kol" olarak adlandırılır (Şengör ve diğ.,2005). Bazı araştırmacılar ise daha güneyde yer alan ve aynı kinematik özelliklere sahip kolların varlığını dikkate alarak KD'da Dokurcun yakınlarında başlayıp, önce Geyve İlçesi'nin güneyinden daha sonra sırası ile İznik Gölü'nün güneyi, Karsak boğazı ve Gemlik ilçesinin içerisinden geçerek Gemlik Körfezi'nden Marmara Denizi'ne girip batıya devam eden fay kısmına "Orta Kol" adını kullanmıştır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Yaltırak, 2002).

Kuzey Anadolu Fayı batıya doğru hareket eden Anadolu bloğunun kuzey sınırında yer alır, Kuzey Batı Ege'de Ege genişlemeli rejimi ile Doğu Anadolu yüksek platosunu birbirine bağlar. KAF, Marmara Bölgesi'nin doğu kısmında 3 kola ayrıldığı yer dışında tek bir kol boyunca temsil edilir."Orta Kol" (OK-KAF) doğuda Geyve (Sakarya) ve batıda Biga (Çanakkale) arasında 400 km boyunca, K70D-K80D doğrultusu ile Gevye ve İznik civarında, Gemlik ve Erdek arasında orta kısmı çoğunlukla deniz altında yaklaşık D-B doğrultulu olarak ve Biga-Bayramiç civarında GB doğrultulu olarak gözlenir. Düşük kayma hızına karşın OK-KAF boyunca bazı yıkıcı depremler olmuştur.

Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Bölgesi içerisinde yapılan GPS çalışmalarına göre yatay kayma hızı Kuzey Kol üzerinde ortalama 25 mm/yıl iken Orta Kol'un yatay kayma hızı İznik Gölü'nün doğusunda 0.5 mm/yıl, İznik Gölü'nün güneybatısında ise 2.9 mm/yıl civarındadır (Reilinger ve diğerleri, 2006; Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Marmara Bölgesi'nde elastik blok modelinden elde edilmiş yıllık kayma miktarları (mm/yıl) (Reilinger ve diğ.,2006).

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

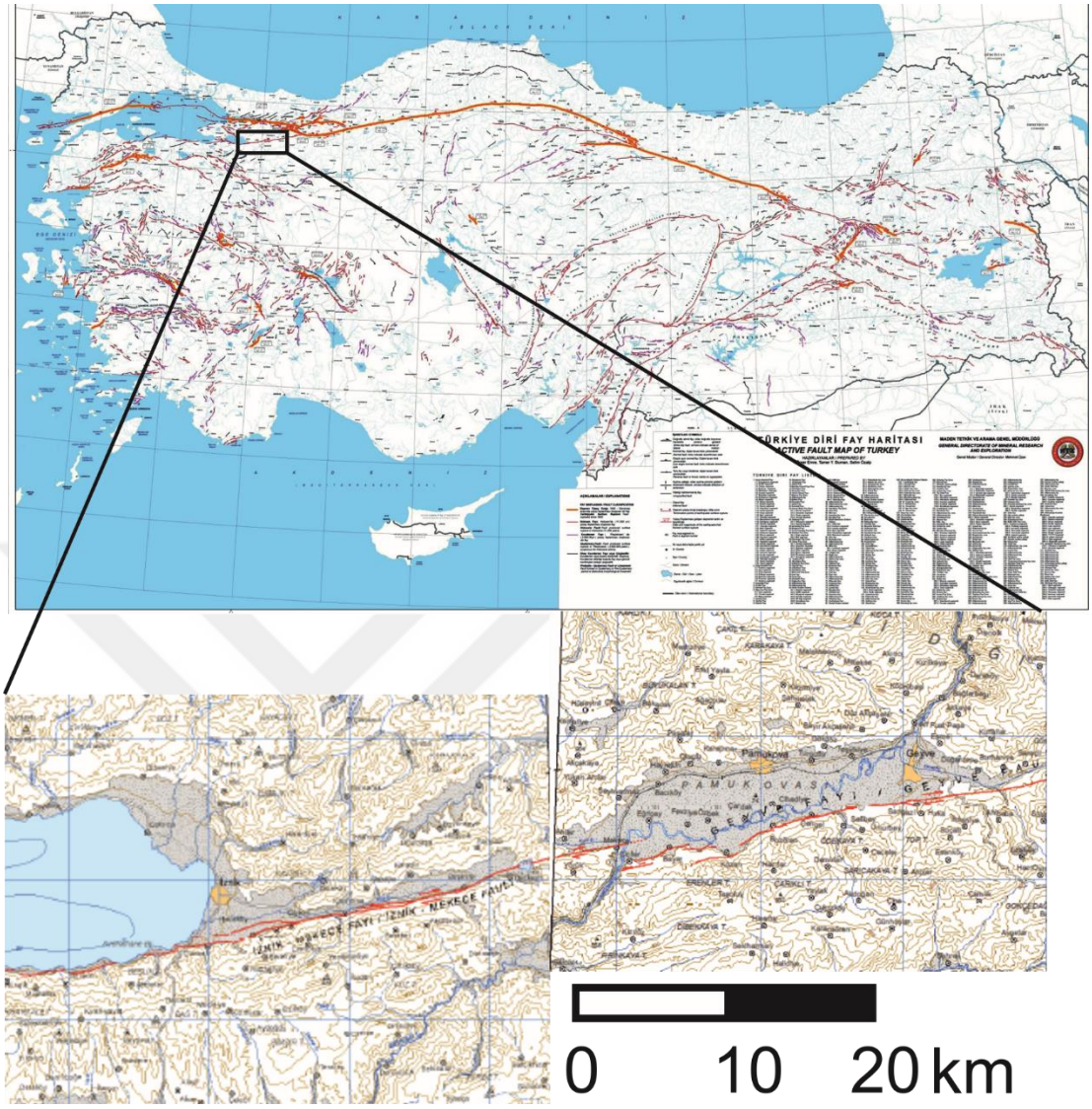
Kuzey Anadolu Fayı dünyadaki en aktif ve en sık deprem üreten faylardan biri olup üzerinde yoğun yerleşim bölgeleri ve önemli sanayi tesisleri bulunması nedeniyle can güvenliği ve ülke ekonomisi açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Toplum sağlığının, sanayinin ve ülke ekonomisinin bu tehdit unsurundan dolayı en az zarar görmesini sağlamak amacıyla son yıllarda fayların deprem üretme potansiyelinin belirlenmesine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır. Bu araştırmalar çok çeşitli olup fayların morfotektonik ve paleosismolojik özelliklerinin ortaya konması en önemli adımlardan birini oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın ana kolu olan Kuzey kolu oldukça hızlı hareket etmektedir ve bu kol üzerine yapılan bir çok çalışma sayesinde geometrisi, karakteri ve davranış stili hakkında çok önemli bilgiler sağlanmıştır (Örneğin; Şengör, 1979; Barka ve Kadinsky, 1997; Barka ve diğ.,1999 ; Akyüz ve diğ.,1999; Le Pichon ve diğ.,2001; Hubert-Ferrari ve diğ., 2002; Alpar ve Yaltırak, 2002). Daha yavaş hareket etmesi ve yakın geçmişte büyük depremler üretmemiş olması nedeniyle Orta Kol hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın Geyve ve İznik arasında kalan kısmının morfotektoniğinin ve paleosismolojisinin araştırılmasına yönelik olacak olan bu çalışmada fayın geometrisi, son birkaç bin yılı kapsayan tarihsel depremleri ve bu depremler sebebiyle oluşmuş olan deformasyonlar ve deprem tekrarlama periyodu aralığı belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde çalışılan segmentlerin deprem üretme potansiyeli ortaya konulacaktır.

Kuzey Anadolu Fayı'nın Geyve-İznik arasındaki morfotektonik ve paleosismolojik özelliklerinin araştırdığı bu çalışmada ilk olarak uzaktan algılama metotlarıyla fay zonu belirlenmiş ve arazi çalışmaları için bir altlık oluşturulmuştur. Daha sonra arazi çalışmaları ile fay zonu haritalanmış morfotektonik yapılar ölçülerek ve uygun hendek yerleri belirlenmiştir. Hendek açma yöntemiyle genç çökellerdeki deformasyonlar belirlenmiş ve eski depremlerin tarihlendirilmesi amacıyla kritik seviyelerden yaş örnekleri alınmıştır.

2.2. İNCELEME ALANININ TANITIMI

2.2.1. İnceleme Alanının Konumu

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fayının orta kolunun bir kısmını içermektedir. 40° 21'-40° 32' enlemleri ile 29° 39'- 30° 22' boylamları arasında kalmaktadır ve Sakarya İli Geyve İlçesinden başlayarak batıya doğru İznik Gölü güneyine kadardır. G24-c4, H23-a1, H23-a2, H24-a1, H24-a2 paftalarında ve doğudan batıya doğru Geyve İlçesine ait Sarıgazı Köyü, Çengel Köyü, Bozören Köyü, Bilecik ili Osmaneli ilçesine ait Ciciler Köyü, Ericek Köyü, Sakarya ili Pamukova İlçesine ait Mekece Köyü, Bursa-İznik İlçesine ait Çamdibi Köyü, Hocaköy Köyü ve Drazali Köyü gibi yerleşim yerlerini kapsamaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası ve diri fayları (Emre ve diğ., 2013' ten alınmıştır).

2.2.2. Topoğrafya ve Morfoloji

İnceleme alanın topografyasının şekillenmesinde faylar etkili olmuştur. Özellikle aktif olan Kuzey Anadolu Fayı'nın ''Orta Kolu'' bölgedeki havzaların açılmasında etkili olmuş olup ve morfolojide boğaz şeklindeki yapıların oluşmasını sağlamıştır. Fay boyunca ''morfotektonik'' bölümünde detaylarından bahsedilen birtakım havzalar açılmasına sebep olmuştur ve yine tezin aynı bölümünde özelliklerinden bahsedilen Sakarya Nehri ve bölgedeki derelerin akaçlama yönlerinin genel olarak bu açılan havzalara doğru oluşmasını sağlarken aynı zamanda bazı lokasyonlarda özellikle dağ önleri kısımlarında bu akarsuların sağ yanal olarak yer değiştirmesine sebep olmuştur. İnceleme alanındaki başlıca akarsulardan ve genel morfoloji özelliklerinden ''morfotektonik'' bölümünde bahsedilecektir.

2.2.3. Bitki Örtüsü

Çalışma alanının güney kesimleri genellikle ormanlık olup çam türü ağaçları barındırmaktadır. Özellikle dağ önleri kesimlerindeki az eğimli yamaçlarda zeytin ağaçları bolca bulunmaktadır. Pamukova havzasında elma ağaçları şeftali ağaçları gibi birçok meyve ağacı bulunmakta olup bu yöredeki yaşayan insanların birçoğu tarımla uğraşmaktadır. Dağ eteklerinde de meyve ve sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır

2.2.4. Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanında yer alan Sakarya'nın Geyve ve Pamukova ilçeleriyle Sakarya merkezi arasındaki karayolu bağlantısı D-650 yolu ile sağlanmaktadır. Bu yol Pamukova'dan geçerek güneye doğru Bilecik İl'ine geçiş sağlamaktadır. D-650 karayolu Alifuatpaşa ilçesinde Taraklı ilçesine ulaşımı sağlayan D-150 karayolu ile birleşmektedir. Taraklı yolu çalışma alanın doğu kısmına ulaşım sağlamaktadır. Pamukova'dan İznik bağlantısı ise D-150 karayolu ile sağlanmaktadır. İnceleme alanında şehirlerarası ulaşımı sağlayan demiryolları mevcuttur.

2.3. BÖLGENİN JEOLOJİSİ

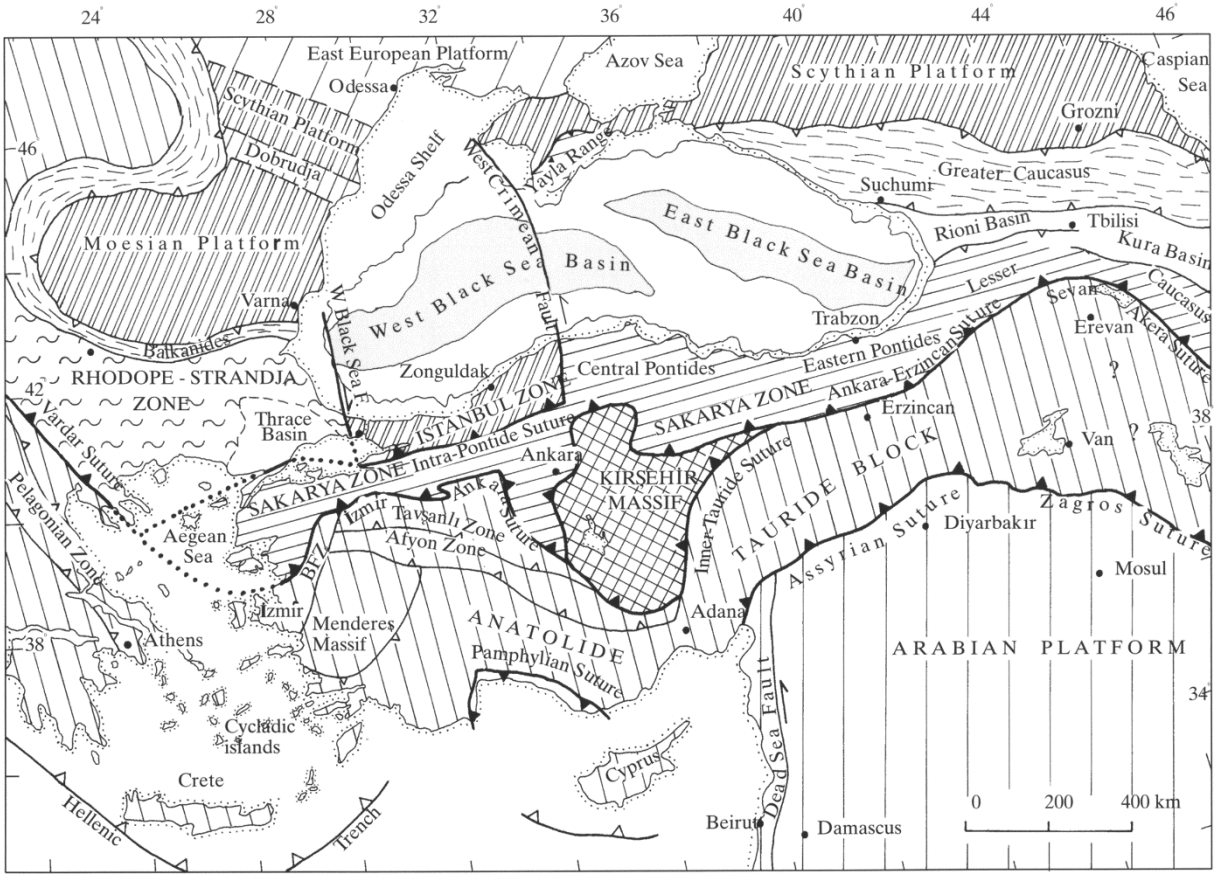
Türkiye'nin jeolojisinin şekillenmesinde Tetis okyanusları ve bu okyanusların kollarına ait kenet kuşakları etkili olmuştur (Şengör,1981). Günümüzden yaklaşık 250 my öncesinde Gondwana ve Lavrasya kıtalarının kenetlenmesi ile Pangea kıtası oluşmuştur. Paleozoyik sonunda Pangea'nın toplanmaya başladığı Dönemde Tetis Okyanusu oluşmuştur (Şengör, 1981).

Neotetis okyanusu Karniyen-Noriyen aralığında açılmış ve Gondwana-land'in kuzeyinden Kimmer adlı bir kıtayı ayırmıştır. Bu Kimmer kıtası Paleotetis ve Neotetis'in arasında yer almıştır. Neotetis açılırken Kimmer kuzeye doğru hareketini sürdürmüştür, Paleotetis ise güneye ve Kimmer kıtasının altına doğru daldığı için Orta Jura'da kapanmıştır (Şengör vd.1979a; Şengör ve diğ. (1980); Şengör ve Yılmaz, 1981).

Türkiye Tetis evrimine katılmış olan kıta parçaları kuzeyden güneye sırasıyla şunlardır; Rodop-Pontid parçası (fragment), Sakarya kıtası, Anatolid-Torid platformu ile bunun uzantısı olan Bitlis /Pötürge masifleridir (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Paleotetis okyanusunun kapanması Orta Jura'da Kimmer kıtasının ve Skitiyen Platformu'nun çarpışması ile son bulmuştur (Şengör ve diğ.1980). Türkiye'nin levha tektoniği evrimi kısaca Paleo-Tetis'in kapanışı ve ardından ortaya çıkan Neo-Tetis'in doğması ve sonra kapanması ile şekillenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Farklı fragmanların tek bir kıta kütlesine nihai karışımı, Geç Tersiyer'de Arap plakası Anadolu levhasıyla çarpıştığında meydana gelmiştir (Okay ve Tüysüz, 1999). Bu çarpışmalar sonucu oluşan süturlar ve bu süturların ayırdığı zonlar aşağıdaki şekildedir (Okay ve Tüysüz, 1999; Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Türkiye ve çevresindeki süturlar ve başlıca kıtasal parçalar (Okay ve Tüysüz, 1999).

Lavrasya ilişkilerini gösteren bloklar klasik olarak Pontidler olarak anılır. Bunlar, Kırşehir Masifi'nden ve Anadolu-Torid Bloğu'ndan İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ile ayrılmışlar, Anatolit-Torid bloğu Asur-Zagros Süturu boyunca Arap Platformu ile temas halindedir (Okay ve Tüysüz, 1999). Türkiye'nin kuzeyinde iki sütur; Ege Denizi'nden Gürcistan'a 2000 km olarak uzanan İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ve 800 km uzunluğundaki İntra-Pontid, Lavrasya ilişkilerini gösteren bloklar klasik olarak Pontidler olarak anılır. Bunlar, Kırşehir Masifi'nden

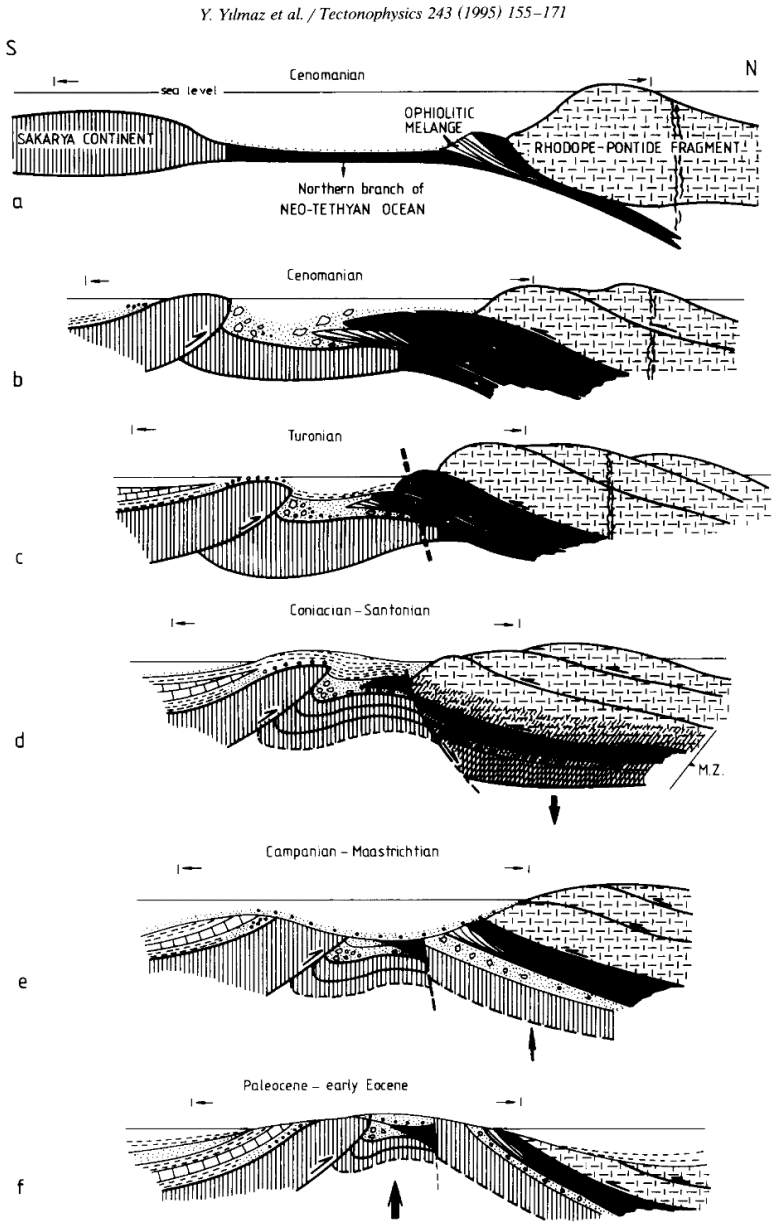
ve Anadolu-Torid Bloğu'ndan İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ile ayrılmışlar, Anatolit-Torid bloğu Asur-Zagros Süturu boyunca Arap Platformu ile temas halindedir (Okay ve Tüysüz, 1999). Türkiye'nin kuzeyinde iki sütur; Ege Denizi'nden Gürcistan'a 2000 km olarak uzanan İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ve 800 km uzunluğundaki İntra-Pontid, İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu arasında kalan ve Neotetis'in kuzey kolu olan İç Pontid Okyanusu'nun kuzeydeki İstanbul Zonu altına dalması ve bu iki zonun Geç Kampaniyen'e kadar çarpışmaları sonucu Armutlu Yarımadası oluşmuştur (Yılmaz ve diğ.1995; Okay ve Tüysüz, 1999).

Gondwana kıtasına ait olan Sakarya kıtası ile Laurasya kıtasına ait olan kuzeyde yer alan Rodop-Pontid fragmanının arasında kalan Neotetis'in kuzey kolunu da temsil eden İntrapontid Okyanusunun Rodop-Pontid fragmanı (batı pontid veya İstanbul Zonu olarak da adlandırılıyor) altına dalması ile İntra-Pontid Kenedi meydana gelmiştir. Bu sütur zonu Geyve Ofiyolitleri ile temsil edilmektedir (Şengör ve yılmaz, 1981, Yılmaz ve diğ. 1995).

Okay ve Tüysüz, (1999)'da Güney Marmara bölgesindeki kıta bloklarını İstanbul zonu ve Sakarya zonu olarak ikiye ayırmıştır ve arada kalan süturu önceki çalışmalarla (Şengör ve Yılmaz, 1981) paralel olarak İntra-Pontid Kenedi olarak kabul etmiştir. İntrapontid-sütur zonu'nun aynı zamanda Geyve Ofiyolitleri ile temsil edildiği belirtilmiştir (Yılmaz ve diğ. 1995). Yılmaz ve diğ. (1995)'e göre bu çalışma alanı da tektonik ve stratigrafik açıdan ilgiliendiren, Armutlu yarımadası bölgesini, Sakarya kıtasının, Rodop-Pontid parçasının ve ofiyolitin bir bölümünden oluşan kompozit tektonik bir yapıda olarak belirtmiştir. Bu bölge günümüz tektoniğinde KAF'ın geçtiği bölgeyi temsil etmektedir ve Kuzey Anadolu Fayı'nın iki kolunun da sınırlayıcı etkisini de gözeterek üçe ayrılmıştır.

Yılmaz ve diğ. (1995), bu çalışma alanındaki evrimi ve İntra-Pontid okyanusunun Rodop – Pontid fragmanı altına dalıp yitmesi arasındaki süreçte gelişen jeolojik olaylar ve çökelen birimlerle açıklamıştır. Yitim süresince bir okyanusal kabuk dilimler halinde ofiyolit olarak Senomaniyen boyunca Sakarya kıtasına yerleşmiştir. Geç Kampaniyen sonunda her iki kıtadaki bindirme ve kıvrımlanmalara yol açan şiddetli tektonik aktivite sıkışmaya bağlı olarak önce bölgeyi yükseltmiş daha sonra Sakarya kıtasına doğru taşınan naplar sonucunda Sakarya kıtasının ön ülke havzası bölümüne artarak binen bu yükler sonucu bölge çökmüştür. Çarpışmanın olduğu bölgenin bir süre deniz seviyesi altında kalması sonucu önce sığ deniz çökelleri daha sonra derin deniz flişleri oluşmuştur. Kıtaların birbirine yakınlaşmasının devam etmesinin sonucu olarak bölge ve bölgedeki tekrar deniz seviyesi üstüne çıkmıştır ve fliş

çökelleri üstüne Paleosen ve Erken Eosen'de sığ deniz kumtaşları ve marn ardalanması gelmiştir (Yılmaz ve diğ. 1995). Tüm bu tektonik evrim sonucu bölge yeni bir morfolojiye sahip olmuştur (Şekil 2.3).

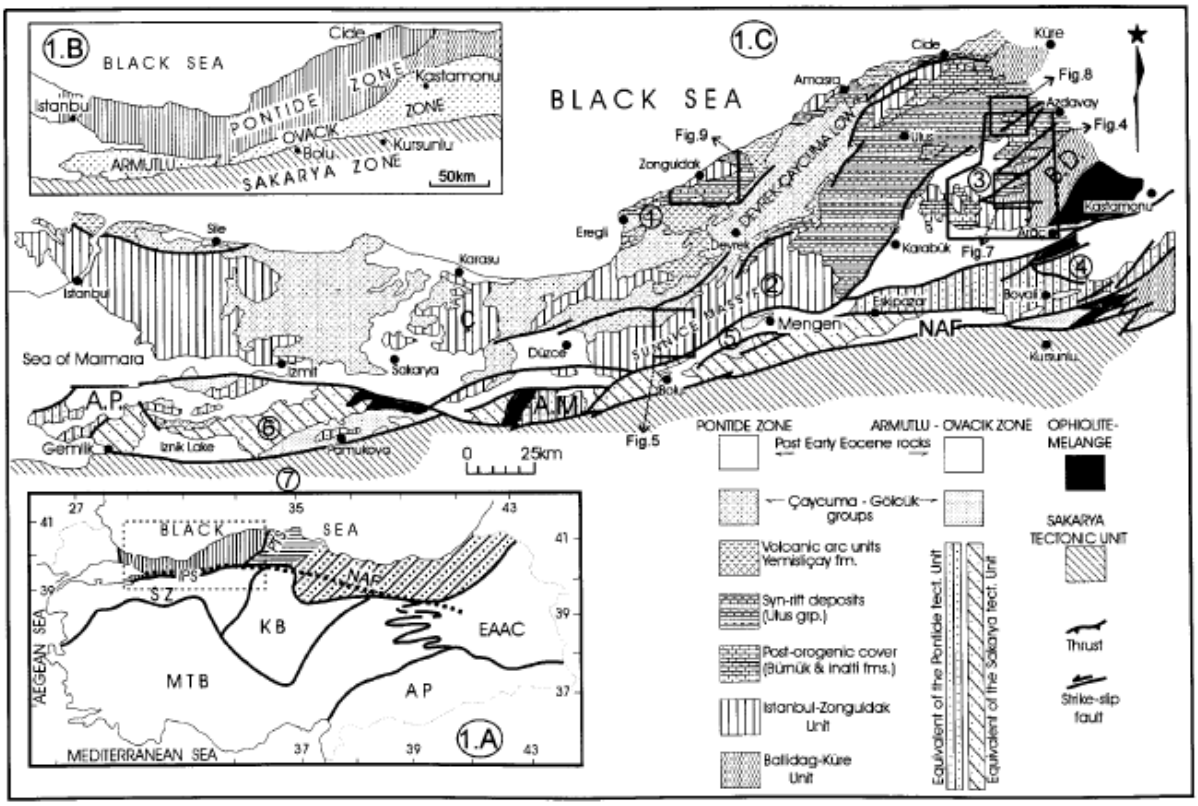


Şekil 2.3: Geç Kretase ve Erken Tersiyer sırasında evrimin ilerleyen aşamalarını ve bölgenin ön planda deformasyonunu gösteren plaka tektoniği modeli. (a) Kuzeyine bakan kıta kenarı, Mesozoyik döneminde oluşmuş ve Geç Kretase'ye kadar devam etmiştir. Günümüzde Batı Pontidlere (Rodop-Pontid parçası) tekabül eden kuzey kıta, Laurasia'nın güney bölümünü içermektedir (Yılmaz ve diğ. 1995).

Gondwana kıtasına ait olan Sakarya kıtası ile Laurasya kıtasına ait olan kuzeyde yer alan Rodop-Pontid fragmanının arasında kalan Neotetis'in kuzey kolunu da temsil eden İntra-Pontid

okyanusunun Rodop-Pontid fragmanı (literatürde Batı Pontid veya İstanbul Zonu olarak da adlandırılmaktadır) altına alması ile İntra-Pontid Süturu meydana gelmiştir. Bu kenet (sütur) zonu Geyve Ofiyolitleri ile temsil edilmektedir (Şengör ve yılmaz, 1981, Yılmaz ve diğ. 1995).

Bu çalışma neotektonik dönemi ilgilendirdiği ve çalışmanın amacının dışında kalmamak adına eski çalışmalarda bahsedilen formasyon adlamalarının hepsine değinilemeyecektir, çünkü farklı yazarlar tarafından önerilen modeller, esasen karmaşık veri seti nedeniyle birbiriyle uyumsuz ve yorumda yeni sorunlar yaratmıştır (Yiğitbaş ve diğ.1999). Stratigrafik olarak temelde Yiğitbaş ve Elmas (1999) ve Elmas ve diğ. (2001), çalışmalarından yararlanılıp bölge genelindeki stratigrafi tanıtılacaktır. Jeoloji haritası olarak ise MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından hazırlanan jeolojik haritaların sadeleştirilmiş ve değiştirilmiş hali sunulacaktır.Yiğitbaş ve diğ.(1999), Batı Pontidleri aşağıdaki tektonik zonlara (Şekil 2.4) ayırtlamıştır: Pontid Zonu, Armutlu Ovacık Zonu ve Sakarya Zonu. Bu zonlar sırasıyla; Rodop-Pontid fragmanı (Yılmaz ve diğ.,1995), Intra-Pontid Süturu (Şengör ve Yılmaz, 1981, Yılmaz ve diğ., 1995, Okay ve Tüysüz, 1999) ve Şengör ve Yılmaz'ın Sakarya kıtasına (1981) karşılık gelmektedir.



Şekil 2.4: Türkiye'nin süturlar tarafından ayrılmış ana tektonik birimleri (Yiğitbaş ve diğ. 1999).

Çalışma alanı; Geyve, Geyve-Pamukova havzası ve İznik Gölü havzasının doğu kısmından oluşmaktadır. Çalışma alanındaki birimler genel olarak ve kabaca kuzeyde Armutlu-Ovacık Zonu'ndaki güneyde ise Sakarya Zonu'ndaki birimlere aittir (Yiğitbaş ve diğ. 1999, Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Bu zonların tektonik evrimine daha önceki paragraflarda değinilmiştir.

Yiğitbaş ve diğ. (1999)'da bahsedilen Armutlu-Ovacık Zonu; Pontidler ile Sakarya Zonu arasında sıkışmış olan 20-50 uzunluğunda bir D-B yönünde uzanan (Şekil 2.4) bir bölgedir, bu bölge Yılmaz ve diğ. (1995)'in orta (merkez) bölgesine karşılık gelmektedir. Her iki komşu bölge ile olan kontak zonları faylarla tanımlanır. Armutlu-Ovacık Zonu, çevredeki birimlerden tektonik olarak ayrılmış, tektono-stratigrafik birimlerden oluşan tektonik bir mozaik içermektedir. Birimlerin her biri ayrı ayrı litostratigrafi karakteri ve iç düzen içerir. Hem Pontid Bölgesi hem de Sakarya Zonu'nun ardıllarına benzemektedirler. Dolayısıyla, bu çevreleyen iki bölge tarafından tektonik olarak sınırlandırılmış olan Armutlu-Ovacık Zonu, her iki bölgenin tektonik karışımını temsil ediyor gibi görünmektedir. Her bölme ya bindirme ya da doğrultu atım faylar ile sınırlandırılmıştır. Faylar Geç Kampaniyen-Erken Eosen döneminde meydana

gelmiştir, zira faylar Alt Kampaniyen zamanda Erken Kampaniyen dahil olmak üzere ardalanmayı kesmiş ve Orta Eosen klastikleri altına gömülmüşlerdir (Yiğitbaş ve diğ. 1999).

İznik-Geyve eğilimi boyunca, Armutlu Yarımadası'nın batı kısmı ve Almacık Dağı'nda, ofiyolitik dilimlerden oluşan bir dizi ofiyolit mostrası bulunmaktadır; bunların hepsi sıralı tabakalarını okyanus tabanı sedimanlarını içeren ofiyolitleri topluca temsil etmektedir. İznik-Geyve bölgesinde bloklar Sakarya Zonu'nun Üst Kretase birimleri üzerine bindirilir. Almacık Dağları'nda, ofiyolit dilimleri kuzeyden taşınan Pontid Zonu ile Sakarya Zonu arasında sıkışmıştır (Yiğitbaş ve diğ.1999).

Bindirme fayının güney kısmı Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları tarafından sonradan nakledilmiştir (Yiğitbaş ve diğ.1999; Şekil 2.4).

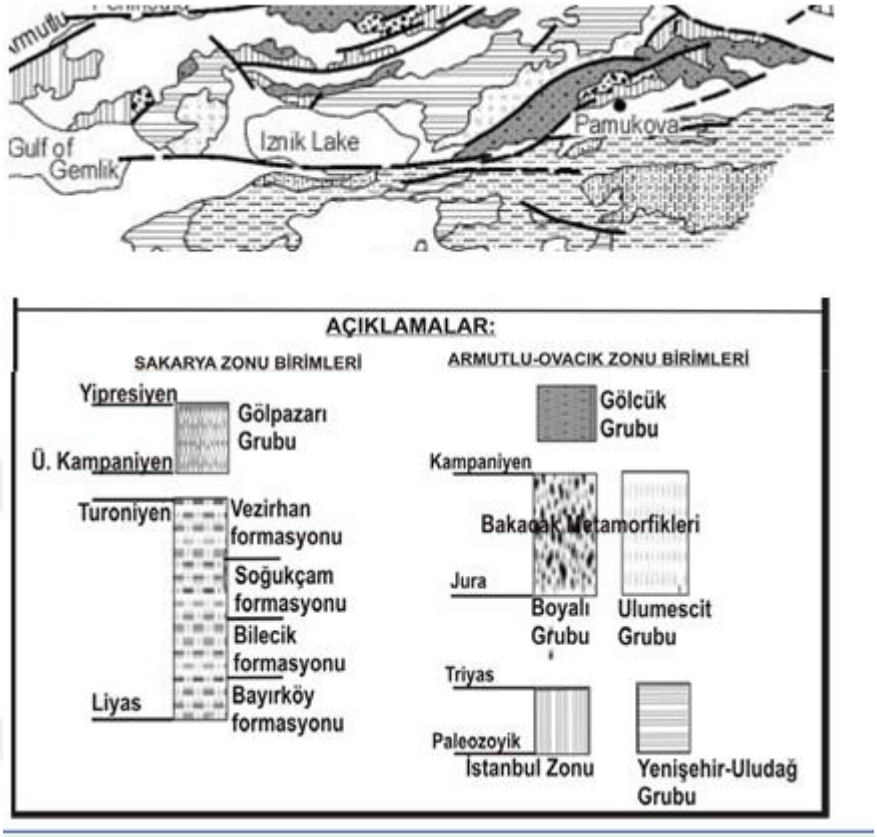
Armutlu-Ovacık Zonu'ndaki Kretase birimleri Ulumescit ve Boyalı grupları ile temsil edilmektedir (Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Çalışma alanında Sakarya Zonu 'nun temeli kabaca iki farklı metamorfik topluluktan meydana gelmiştir: Uludağ ve Yenişehir grupları (Yılmaz ve diğ. 1997; Yiğitbaş ve diğ. 1999).

İki metamorfik topluluk üzerinde, Liyas-Tureniyen aralığında kalın bir transgresif sekans oluşur. Bu dizi Liyas yaşlı flüvyal bir çökel ile başlar (Bayırköy Formasyonu), Orta- Geç Jura yaşlı olan Bilecik Formasyonu platform (sığ deniz) karbonatlarına doğru geçer (Altınlı 1973; Koçyiğit ve diğ. 1992). Bunun yerini çörtlü ince kalkerli pelajik beyaz kireçtaşları (Soğukçam Formasyonu) alır, ardından kırmızı pelajik kireçtaşı ve radyolaritlerden oluşan Senomaniyen-Turoniyen yaşlı Vezirhan Formasyonu izlenir. Sakarya Zonu'ndaki kayaçların en üstünde bulunan Gölpazarı grubu ise Konisiyen-Kampaniyen yaşlı bir fliş istifidir (Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Fliş kısmen bir ofiyolitik alt tabaka üzerinde gelişmiştir (Yılmaz ve diğ. 1995) ve daha kuzeydeki Armutlu-Ovacık Zonu'na kadar uzanır (Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Armutlu-Ovacık Zonu kuzeyine kadar geniş alanı kapsayan birim Koniasiyen-Santoniyen aralığında oluşan birkaç aşamalı erozyondan sonra gelişmiştir. Birimin tabanında Kampaniyen-Maastrihtiyen fosilleri içeren pelajik, olistostromal ve malzeme akıntısı (debris-flow) çökel seviyeleri bulunur. Maastrihtiyen-Yipresiyen aralığında ise derin denizel ortamdan sığa doğru

hızlı bir geçiş fasiyesi izlenir ki bu seviye de resifal kireçtaşları ve sığ denizel kumtaşlarından oluşur (Yiğitbaş ve diğ.1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001; Şekil 2.5: Doğan, 2010'dan).



Şekil 2.5: Çalışma alanı çevresindeki Paleosen-Alt Eosen arasındaki yaşlardaki birimlerin dağılımı ve stratigrafik konumları (Elmas ve Yiğitbaş, 2001: Doğan,2010'dan düzenlenmiş hali alınmıştır).

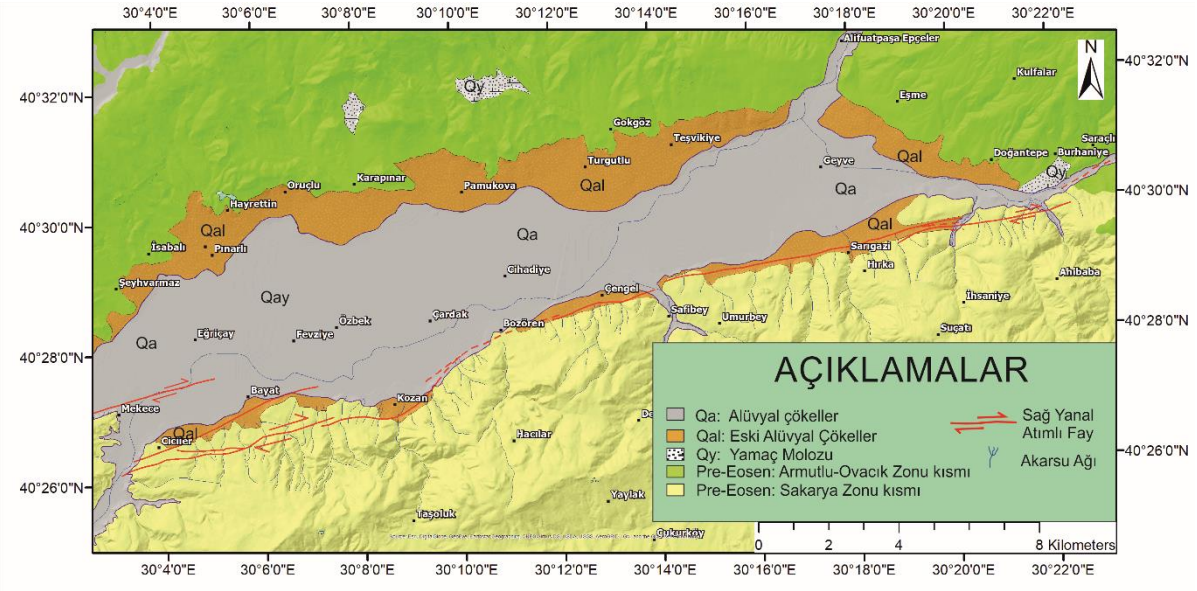
İnceleme alanının fay çevresindeki stratigrafisinde MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan harita ve raporlarda Geyve ve Ciciler arasındaki kesiminin güney kısmında temel kayaçlarla Pliyo-Kuvaterner birimlerin sınırları genellikle tektonik dokanaklı olarak izlenmektedir. Fakat, başta alüvyal yelpaze birimleri ve eski alüvyon çökelleri olmak üzere her yerde ilişki bu şekilde bir düzen göstermemektedir. Pliyo-Kuvaterner birimleri Sakarya Nehri'nin ve kollarının getirdiği çökellerin yanı sıra aynı zamanda Sakarya Nehri'ni de atıma uğratan Kuzey Anadolu Fayı denetlemektedir. Fayın güney tarafı sadeleştirilmiş haritada (Şekil 2.6; EK 1) genellikle temel kayaçlardan ya da fay tarafından da kesilen Pliyo-Kuvaterner birimlerden oluşmakta iken kuzey tarafı Sakarya nehrine ait çökellerden oluşmaktadır (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı; Doğan, 2010). MTA, Pliyo-Kuvaterner birimleri, Alüvyon ve alüvyon yelpazesi karasal çökeller olarak genel bir tanımlama içinde belirtmiştir. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından tarafından alüvyal yelpaze

olarak değerlendirilen birimler bu çalışmada eski alüvyal çökeller olarak değerlendirilmiş, alüvyal yelpaze birimleri faylarla ilişkisini vurgulamak adına sadece ‘’morfotektonik’’ bölümündeki haritalarda gösterilmiştir. Doğan (2010) ise bölgedeki stratigrafiyi detaylı olarak tanımlamıştır.

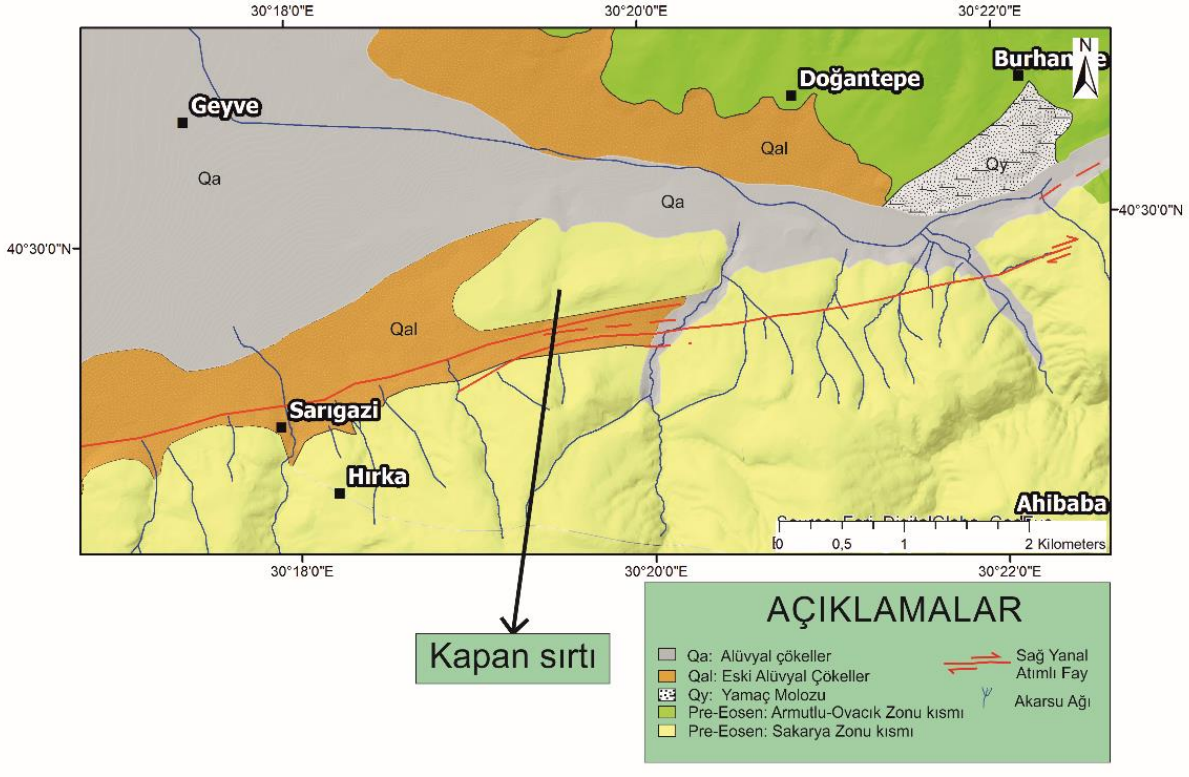
Geyve Fayı’nın çevresinin jeolojisi doğudan batıya doğru aşağıda belirtilen şekildedir ve Şekil 2.6’da ve EK 1’de MTA Jeoloji Etütleri Dairesi’nin hazırladığı haritalardan sadeleştirilmiş hali verilmiştir:

Karaçay deresinin izlediği boğaz, Kuvaterner yaşlı Alüvyon çökellerinden oluşmaktadır. Bu boğazın hemen güneyi serpantinitlerden oluşmaktadır.

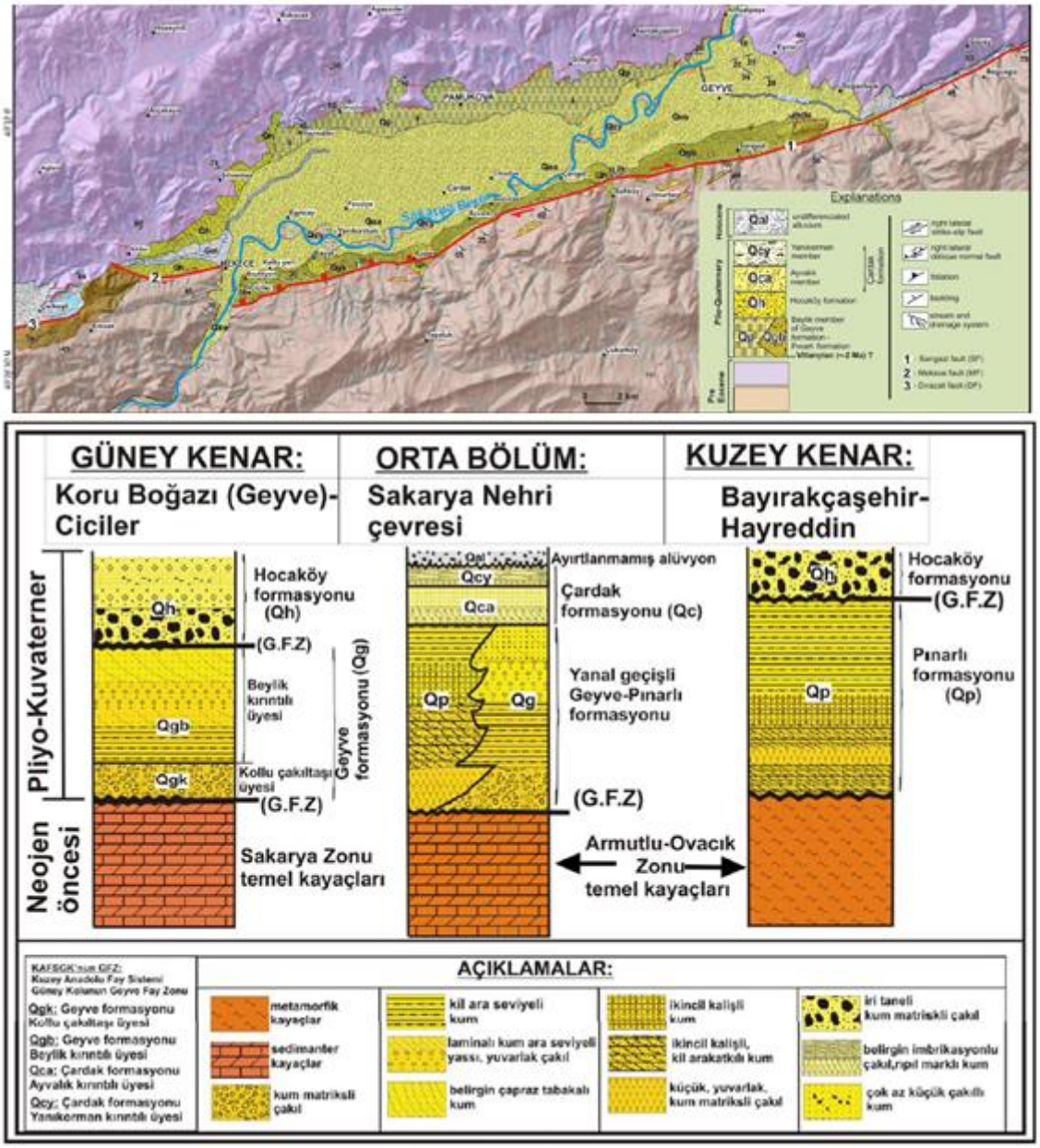
Geyve ilçe merkezinin güneydoğusunda yer alan Geyve-1 ve Geyve-2 hendeklerinin de açıldığı uzamış sırt (aynı zamanda kapan sırtı) ; Şekil 2.7’de temel kayaçlar olarak gözüken Orta Eosen yaşlı, konglomera, kumtaşı-çamurtaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Sırtın özellikle doğu kısmı, Doğan, (2010) tarafından Geyve Formasyonu’nun Beylik Üyesi olarak haritalanmıştır. Sırtın doğu kısmı MTA haritalarında Üst Kretase yaşlı serpantinitten (ofiyolitik kaya) batı kısmı ise alüvyal yelpaze olarak tanımlanmıştır. Doğan, (2014) ise bu sırtı Geyve Formasyonu’nun Beylik Üyesi olarak haritalanmışken sırtın batı kısmını ise Hocaköy Formasyonu olarak haritalamıştır. Geyve’den Ciciler’e kadar temel kayaçlar genellikle bu litolojiden oluşmaktadır ve bu temel kayaçlar kuzey tarafında alüvyal birimlerle ya da alüvyal yelpaze birimleri ile temas halindedir. Doğan (2010) tarafından ise Hocaköy Formasyonu olarak tanımlanan alüvyal yelpaze birimleri ile ya da yine aynı yayın tarafından Geyve Fm. olarak tanımlanmış birimlerle temas halinde olarak haritalanmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.6: Geyve Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).



Şekil 2.7: Geyve Fayı üzerindeki bir lokasyonun jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).



Şekil 2.8: Çalışma alanının doğu kısmının sadeleştirilmiş jeoloji haritası ve farklı kesimlerinde gözlenen stratigrafi (Doğan, 2010).

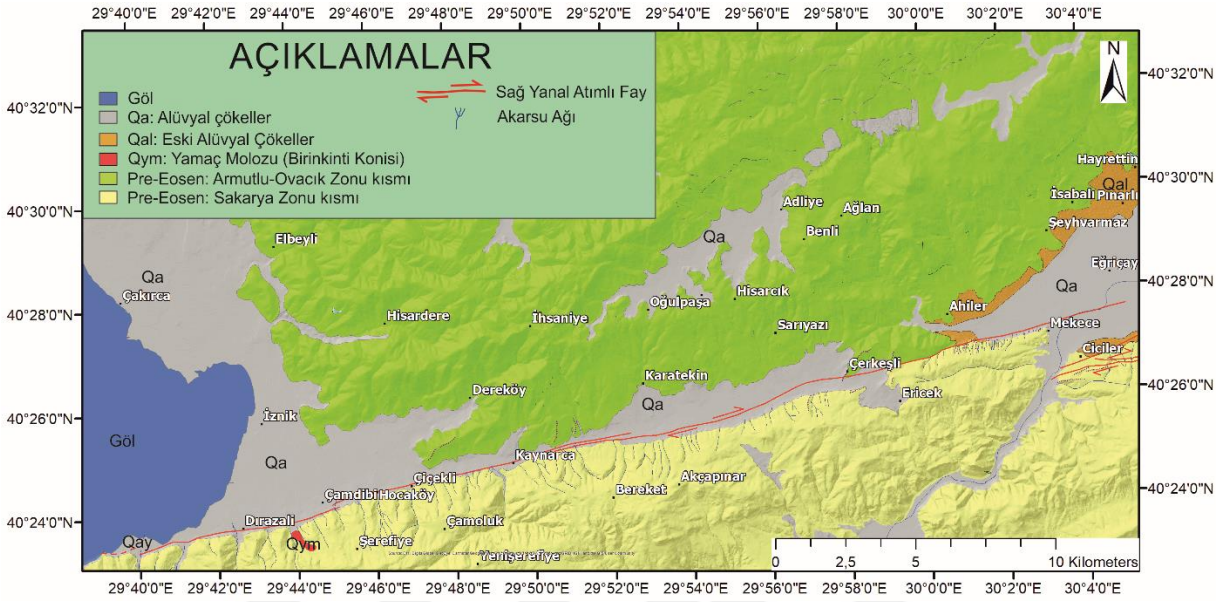
İznik-Mekece Fayı'nın çevresinde, tıpkı Geyve Fayı'nda olduğu gibi temel kayaçlar ile Pliyo-Kuvaterner birimlerin dokanağı genellikle İznik-Mekece Fayı tarafından denetlenmekte olup bu düzenli gözüken ilişki yer yer istisnalar göstermektedir. Doğudan batıya doğru birimler tanımlanırsa; Mekece Köyü yerleşim alanı ve çevresindeki kısımda İznik-Mekece Fayı güneyi Eosen yaşlı fliş istifinden kuzeyi ise alüvyon ve eski alüvyon birimlerinden oluşmaktadır (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi; Şekil 2.9; EK 2). Doğan (2010) bu kısımları alüvyal yelpaze ürünü olarak tanımladığı Hocaköy Formasyonu olarak haritalamıştır. Ahiler Köyü'nün doğu kısmı

eski alüvyal birimlerden oluşmaktadır. Ahiler Köyü ve batısı ise Alt-Orta Eosen yaşlı aglomera, tüf, andezit, bazalt ve volkanojenik kumtaşından oluşmaktadır.

Ericek ve Çerkeşli yerleşim merkezinin kuzeyi alüvyal çökellerle, güneyi ise Alt-Orta Eosen yaşlı Ahiler Köyü batısında da görülen volkanitlerden oluşmaktadır. Çerkeşli'nin kuzeydoğusundaki Çerkeşli Göleti'nin doğusunda bu birimlerin tekrar gözükmesi ve Ericek yakınlarında Lütesiyen yaşlı volkanit-çökel kayaçlar olarak haritalanan (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi) keskin sınır yapması sağ yanal bir atıma işaret olabileceğini düşündürmüştür. Çerkeşli Köyü ve Ahiler Köyü'nün güney kısmı arasındaki bölgede Sakarya Zonu'na ait olduğu düşünülen birimler ile Armutlu-Ovacık Zonu'na ait olduğu düşünülen birimler arasındaki sınırı İznik-Mekece Fayı denetlemektedir. Bu birim Doğan (2010) tarafından Sarısu volkanitleri olarak haritalanmıştır. Ericek çevresinde Albiyen-Paleosen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı ve kireçtaşından oluşan çökel kayaçlar ve stratigrafik olarak daha üstte bulunan Paleosen yaşlı volkanitler ve çökel kayaçlar gözlenir. Ericek'in kuzeydoğusu ve Çerkeşli Göleti çevresi alüvyon birimlerden oluşmaktadır. Çerkeşlinin batısındaki Ahiler Köyü de dâhil olmak üzere Kaynarca yakınlarına kadar Üst Kretase yaşlı kumtaşı ve çamurtaşından oluşan çökel kayaçlardan oluşmaktadır. Kaynarca merkezinde gözlenen Üst Miyosen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimi MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından sağ yanal atıma işaret edebilecek şekilde Kaynarca'nın ve İznik-Mekece Fayı'nın kuzeydoğusunda tekrarlanacak şekilde haritalanmıştır. Bu birim aynı zamanda daha batıdaki Gülistan merkezinde küçük bir alanda bulunmakta iken Gülistanın güneyi ve Hocaköy çevresi genel olarak Lütesiyen yaşlı andezit-trakit kayacı içeren volkanik kayaçlardan oluşmaktadır.

Bahsedilen tüm bu kayaçlar, Doğan (2010), Elmas ve Yiğitbaş, (2001) ve Yiğitbaş ve diğ. (1999)'dan sadeleştirilerek Pre-Eosen yaşlı (Eosen öncesi) temel kayaçlar olarak haritalandırılmış olup bu çalışmada da benzer mantık yürütülerek bahsi geçen yayınlar, MTA raporları ve Doğan (2010), Doğan, (2014) çalışmaları incelenmiş ve jeoloji haritası oluşturulurken MTA haritaları sadeleştirilip Pliyo-Kuvaterner öncesi kayaçlar temel kayaçlar olarak gösterilmiştir. Pre-Eosen birimleri önceki çalışmalar dikkate alınarak Sakarya Zonu'na ait temel kayaçlar ve Armutlu-Ovacık Zonu'na karşılık gelen temel kayaçlar olarak ikiye ayrılmıştır. Bulgular bölümünde bahsedilecek olan hendek açılan bölgelerin çevresinde harita sınırlarında değişiklik yapılmıştır.

Metin içinde MTA Jeoloji Etütleri Dairesi olarak atfedilen harita atıfları veya rapor atıfları: Duru ve diğ. (2002) tarafından hazırlanmış olup (Örneğin: H24:1/100.000 lik jeoloji paftası) bazı kısımlarda ise yazar adı verilmemiş, sadece kurum ve daire verilmiştir.



Şekil 2.9: İznik-Mekece Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmaları hem büro çalışmalarından sonra hem de bu çalışmalarla eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Topografya haritalarından yararlanılarak jeolojik birimler özellikle temel birimler ve Pliyo-Kuvaterner birimler arasındaki ilişkileri öncelikli tutulmak üzere gözlenmiş, uzaktan algılama çalışmaları ile belirlenen kritik noktalarda morfotektonik yapılar ve fayların kayaçlar ve çökeller içerisindeki izleri gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bulgular bölümünde bahsedilecek olan GPR, LİDAR ve hendek çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasındaki temel kayaçların litolojik yapısı detaylı olmamakla beraber incelenmiş, Pliyo-Kuvaterner çökeller ve fayların bularda bıraktığı izler ise hassas olarak araştırılmıştır. Genç birimler içinde bu çalışmada Safibey yarması olarak adlandırılan bir lokasyonda bir krono-litostratigrafik kesit alınmış ve muhtemelen 10000 yıldan yaşlı fakat Pliyosen yaşlı çökeller içinde farklı zamanlara ait eski deprem izleri gözlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında; topoğrafik harita, Brunton tipi pusula, çekiç, seyreltilmiş Hidroklorik asit, çeşitli markalarda fotoğraf makineleri, GPS cihazı, Kinematik GPS cihazı, GPR cihazı, LİDAR cihazı, hendek duvarların temizlenmesi, karelajlı ve ölçekli olarak kronolitostratigrafisinin işlenmesi için keser, spatula, çeşitli ebatlarda çiviler, ip, marker kalem, sprey boya kullanılmıştır. Örnek alımı için alüminyum folyo, kilitli poşet kullanılmış ve örnek noktaları üzeri numaraları yazılı olacak şekilde bantla işaretlenmiştir.

3.2. BÜRO ÇALIŞMALARI

İnceleme alanında morfolojik ve aktif tektonik yapıların incelenmesi için uzaktan algılama çalışmaları yapılmıştır. 1:25000 ölçekli sayısal topoğrafya haritaları kullanılarak (10 m çözünürlüklü) Dr. Cengiz Zabcı'nın yardımı ile sayısal yükseklik modelleri üretilmiştir. Bu DEM modelleri ve Google Earth gibi görsel veri programları kullanılarak öncelikli alanlar belirlenmiş ve bu noktalar yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Yürütülen bütün uzaktan algılama çalışmaları CBS tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler sonucunda İznik-Mekece Fayı üzerinde 6 nokta (6, 7, 8, 11, 12, 13) Geyve fayı üzerinde 4 nokta (14, 16, 17, 18) olmak üzere toplam 10 istasyon noktası belirlenmiştir. GPR çalışmaları ve LİDAR çalışmaları Prof. Dr. Serdar Akyüz'ün yürütücülüğündeki ekibimizin (UDAP-G-13-16 ekibi) yine UDAP kapsamındaki diğer iki ekip ile ortak çalışmaları sonucu

gerçekleşmiştir. GPR çalışmaları Dr. Öğretim Üyesi Cahit Çağlar Yalçıner'in yürütücülüğündeki UDAP-G-13-14 ekibinin, Lidar çalışmaları ise Doç. Dr. Volkan Karabacak yürütücülüğünde olan UDAP-G-13-15 ekibinin arazideki ve büro çalışmaları ile beraber sonuçlanmıştır.

Tez çalışmasında Google Earth Pro vb. uydu görüntüleri, hazırlanan bütün çizimler Corel X6 program ve ArcGIS 10.2 programları tabanında katmanlar halinde birleştirilmiş ve işlenmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında alınan karbon örnekleri seçilip laboratuvar analizi sonuçlarına göre paleosismolojik yorum yapılıp sonuca varılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. BÖLGENİN AKTİF TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

Bu çalışma Kuzey Anadolu Fayı'nın ''Orta Kolu''nun bir kısmını kapsadığı için bu bölümde KAF ile ilgili genel bilgiler ve çalışma alanını ilgilendiren kısımlar anlatılacaktır. Kuzey Anadolu Fayı 1200 km uzunluğunda Karlıova'dan Saros Körfezi'ne uzanan doğrultu atımlı bir fay sistemidir (Şengör,1979). Kuzey Anadolu Fayı, Orta-Geç Miyosen'de Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması sonucunda oluştuğu düşünülmektedir ve göreceli hareketini Anadolu ve Karadeniz levhaları arasında gösteren Helen Dalma Batma Zonu'nu, Doğu Anadolu Çarpışma Zonu'na bağlayan bir davranış gösterir (Şengör, 1979). Kuzey Anadolu Fayı'nın genel evrimine bakıldığında, fay sistemi 2 ayrı kıtasal hareketin etkisi altında şekillenmiştir. Geç Miyosen'de Kuzey-Güney sıkışma nedeniyle özellikle doğuda başlayan deformasyon, Pliyosen'de devam etmiştir. Bu süreç atımın en çok görüldüğü süreçtir. Doğu-Batı arasındaki atımın farklı olması fayın doğudan batıya doğru ilerlediğini göstermektedir. Marmara bölgesinin bu sisteme dahil olması Ege'nin açılmasıyla da benzeştirilmektedir. Bu süreçler boyunca Miyosen'den beri Anadolu'yu deforme eden asıl etken Kuzey Anadolu Fayı olmuştur (Şengör,1979, Barka,1992).

Miyosen yaşlı sedimanlar incelendiğinde ve bölge boyunca oluşmuş çek-ayır havzaların boyutları incelendiğinde, toplam atımın doğudan batıya azaldığı görülmektedir. Bu atım Erzincan dolaylarında 40±5 km iken, Bolu civarlarında 25±5 km civarındadır. Bu hesaplamalar sonunda doğudan batıya doğru yıllık hareket miktarı 1 cm/yıl'dan 0,5 cm/yıl'a kadar düştüğü görülmektedir (Barka,1992).

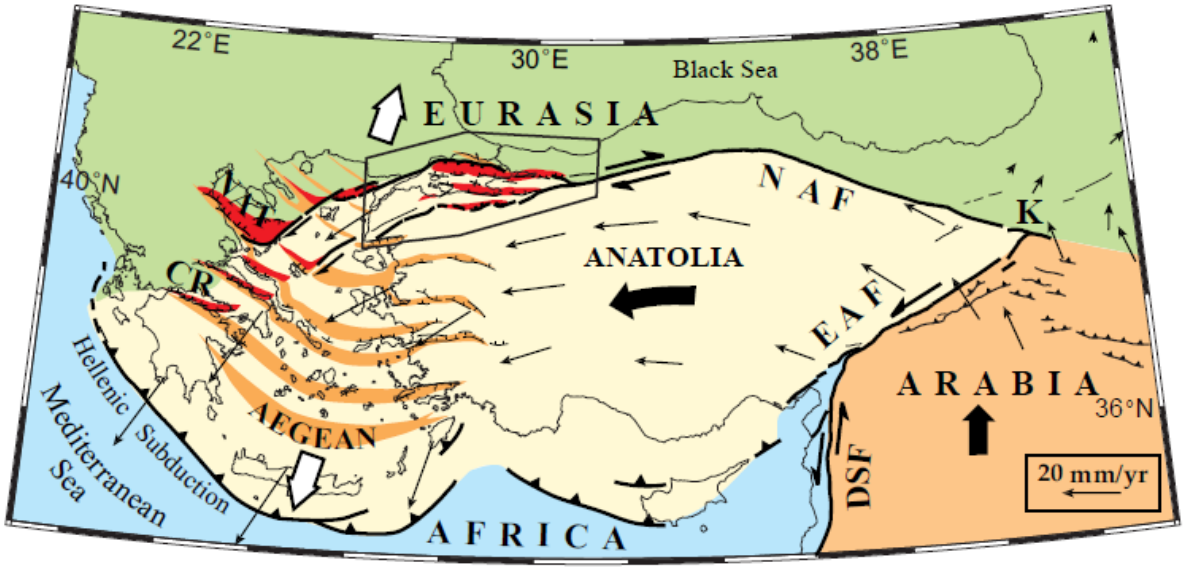
KAF üzerinde meydana gelmiş büyük depremler sırasında oluşan atımlara bakıldığında doğudaki atımların 7,5 m'ye varması buna karşın, fayın orta ve batı kısımlarında atımın yaklaşık 2,5 m'ye düştüğü görülmekte, bu fark makalede Anadolu bloğunun içsel deformasyonu nedeniyle olduğu söylenmektedir. Yine buna benzer bir farklılık Bolu ve Mudurnu bölgesindeki fay kırıklarında da saptanmıştır. Atımlar 3.5m'den 1,9 m'ye düşmüştür (Barka,1992).

Bu çalışmalarda fay geometrisinin stres aktarımı üzerinde değişikliklere engellemelere neden olduğu çıkarımı yapılmıştır (Barka, 1992). Kuzey Anadolu Fayı için segmentler arası atlama

(step-over) ve fay burkulmaları (bending) genelde stresin bir sonraki segmente aktarılmasında zorluk çıkardığı geçmiş kayıtlara bakıldığında gösterilmiştir (Barka,1992). Kuzey Anadolu Fayı doğudan batıya doğru sistematik olarak kırılmıştır (Barka, 1992, Yaltırak, 2002). Doğu-batı kırık sisteminin yer yer sismik boşluklar göstermektedir. Bu sismik boşlukların oluşmasının nedenleri fay geometrisi ve segmentasyondur. Faydaki dönmeler ve atlamalar segmentler arası stres aktarımını engellemektedir. Bununla beraber fayın asismik kayma gösterdiği bölgelerden de bahsedilmiştir (Barka, 1992).

Genel morfolojisine bakıldığında bilindik doğrultu atım davranışı gösteren sistem, atımlar, atlamalar, adımlamalar göstermekte ve bunlara bağlı morfolojik unsurları da barındırmaktadır. Fay zonu boyunca yaratılan deformasyon temel kayayı birçok yerde deforme etmiştir. Bu oluşan deformasyonun nedeni fay zonu boyunca ana fayın yanı sıra oluşmuş sintetik doğrultu atımlı fayların varlığıdır (Şengör, 1979).

KAF ve eşlenik Doğu Anadolu Fayı, batıya doğru ilerleyen Anadolu'yu Arabistan ile Avrasya arasındaki çarpışmasıyla itilen bir blok olarak sınırlandırmaktadır (Ferrari ve diğ. 2002; Şekil 4.1). Bu ilerlemeler sonucu KAF için oluşan toplam atımların miktarı hakkında farklı tahminler mevcuttur. Kuzey Anadolu Fayı'nın toplam atımının tahminleri 30 ila 100 km arasında değişmektedir ([Koçyiğit, 1989; Barka ve Gülen, 1988; Barka, 1992; Westaway, 1994]: Hubert-Ferrari ve diğ. 2002'den).



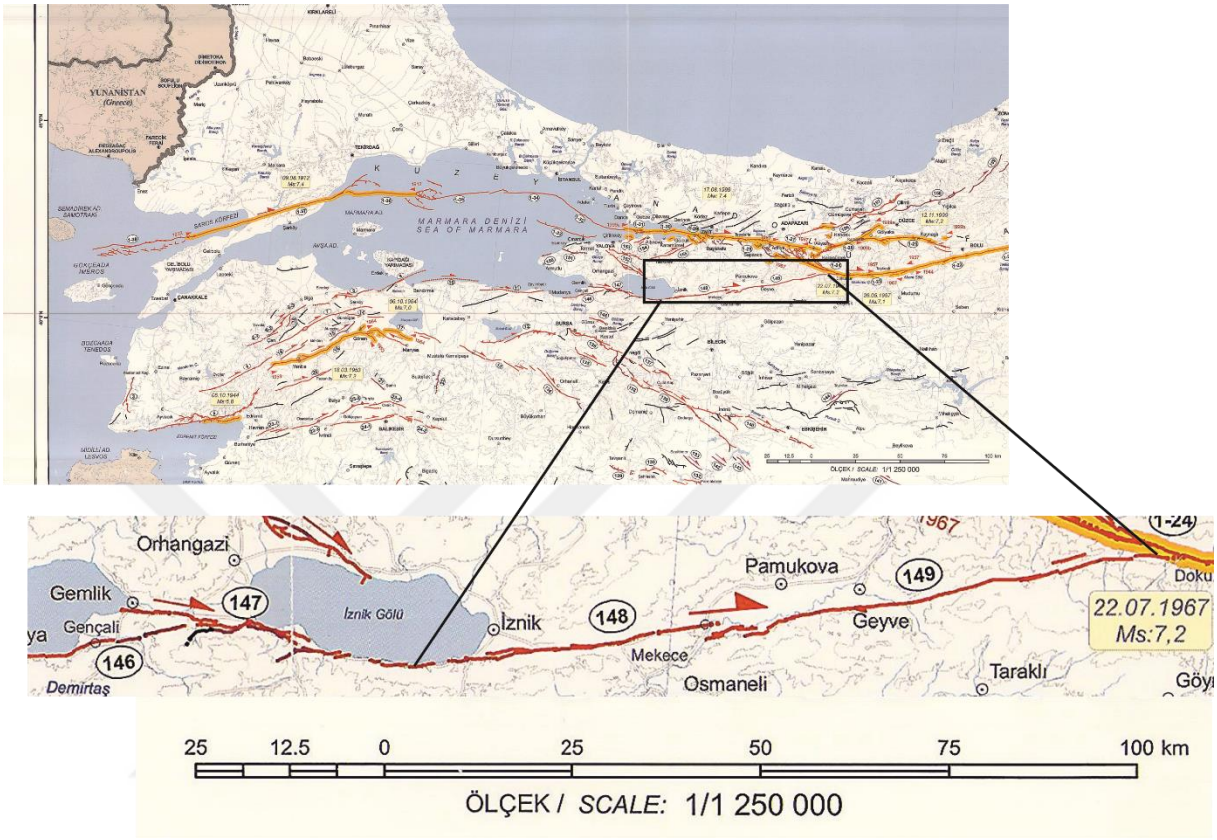
Şekil 4.1: Doğu Akdeniz'de kıta ekstrüzyonu. Ege-Anadolu bloğu, Arabistan-Avrasya çarpışma bölgesinden Helenik dalma yörüngesine doğru batıdan kaçma ve vektörel hızları gösteren şekil, (Armijo ve diğ. 1999).

Şengör ve diğ. (1985), KAF'ın Erken Miyosen zamanında doğu Türkiye'de Arap ve Avrasya levhaları arasındaki çarpışmasını takiben 13 milyon yıl önce oluştuğunu ileri sürmektedir. Armijo ve diğ. (1999) ise fay yaşının batı kısımda çok daha genç (5 milyon yıl önce) olduğunu açıklamaktadır. Ferrari ve diğ. (2002) ise batıdaki bu yaşın doğru olması durumunda, fayın birkaç milyon yıl boyunca batıya doğru yayılmış olması ve uzun dönem kayma oranının doğuda 6,5 mm / yıl ve batıda 17 mm/yıl arasında değişmesi gerektiğini hesaplamıştır. GPS verileri KAF için 22 ± 3 mm / yıl oranını göstermektedir ([Straub ve diğerleri, 1997; McClusky ve diğ. 2000]: Hubert-Ferrari ve diğ. 2002'den değişirilerek alınmıştır.)

Neotektonik evrenin ilerleyen zamanlarında Kuzey Anadolu Fay sistemi batıya ilerlemesine devam ederek Ganos, Bandırma-Behramkale ve Manyas-Edremit fay zonları ile kesişmiştir. Bu ilerleme ve yaratılan deformasyon Marmara Denizi içerisindeki havzaların ve yükseltilerin oluşmasına sebebiyet vermiştir (Yaltırak, 2002).

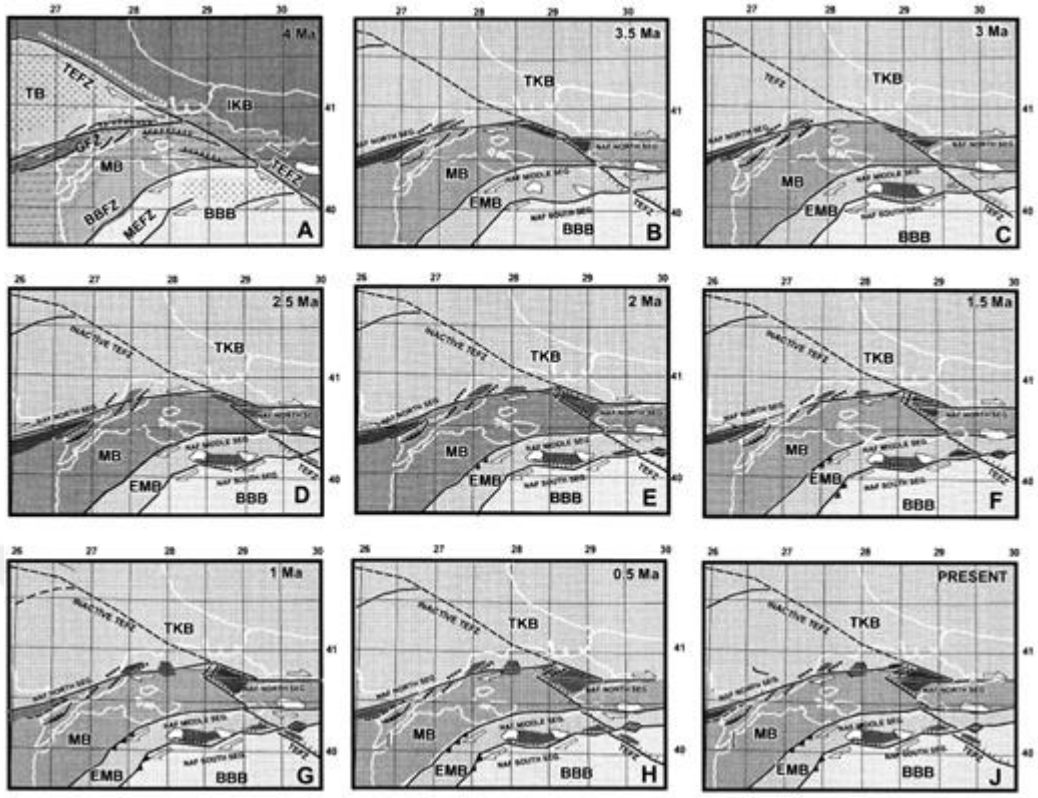
En aktif kol olan Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara'daki Kuzey kolu Ganos Fayı ile birleşmiş iken, İznik'ten Bandırma'ya uzanan orta kol ise Bandırma-Behramkale fayı ile birleşmiş ve dönüş sergilemiştir. Bu nedenledir ki, bölgede sıkışma görülmektedir. Bu hareket sonucunca Bandırma ile Gemlik Körfezi'nin doğu kısmında doğrultu atımlı bir faylanma görülmektedir (Yaltırak, 2002). Bunlara ek olarak ''Güney Kol'' ise Yenişehir, Bursa ve Manyas'ta 3 çek-

ayır havza oluşturarak deformasyona neden olmuştur. Bu kol Manyas-Edremit fayı ile birleşmiştir (Yaltırak, 2002; Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı'nın Aktif Kolları ve çalışma alanının bu sistemdeki konumu (Emre ve diğ. 2013).

Kuzey Anadolu Fayı'nın kollarının bu hareketi Miyosen-Erken Pliyosen döneminde aktif olan Trakya-Eskişehir Fay Zonu'nu 3 yerde keserek fayı 4 parçaya ayırmıştır. Kesişmenin yaşandığı bölgeler: Doğu Marmara Denizi'nde, Gemlik körfezinde ve Bursa'nın doğusunda bulunmaktadır. Yaltırak, (2002) toplam atımları yine sırası ile 58-59, 7-8, 10-11 km olarak hesaplanmış, toplam faydaki atım 75-80 km arası olarak bakıldığında bu fay atımları, Kuzey Anadolu Fayı'nın yaklaşık 3,5 milyon sene önce Marmara'ya ulaştığını göstermektedir (Şekil 4.3). Yaltırak (2002), bu atım miktarı ile yaş ilişkisinden yola çıkarak KAF'ın batıya doğru olan ortalama yıllık hareketini oran olarak 3 kola paylaştırmıştır. Kuzey kol bu hızın %77'sini orta kol %9'nu güney kol ise %14'ünü kapsamaktadır (Yaltırak, 2002). Yaltırak, (2002) KAF'ın yıllık hareket miktarını da 22 mm olarak verdiği için buradan yola çıkarak kuzey, orta ve güney kollarda sırasıyla ve yaklaşık olarak yıllık ortalama hareket miktarının (17 mm, 2 mm ve 3 mm) olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3: Trakya-Eskişehir Fayı'nın Kuzey Anadolu Fayı'nın kolları tarafından ötelenmesi (Yaltırak, 2002). A: 4 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki. B: 3,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki C: 3 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki D: 2,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki E: 2 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki (Sağ yanal ötelenme belirginleşmeye başlamıştır). F: 1,5 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki G: 1 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki H: 4 Milyon yıl önceki Trakya Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki J: 0,5 Milyon yıl önceki Trakya-Eskişehir Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kolları arasındaki ilişki.

Vardar ve diğ. (2014), Gemlik ve Bandırmadaki eski göllerin günümüzde deniz seviyesinin altında kalmasından ve bunların kıyı çizgileriyle ilişkilerinden, gömülmüş gölsel deltalardaki ötelenmeler gibi birtakım verilerden elde ettiği hesaplamalar ile kuzey kolun yatay kayma hızını 19 mm, orta kolun ise yılda 2 mm olarak bulmuştur.

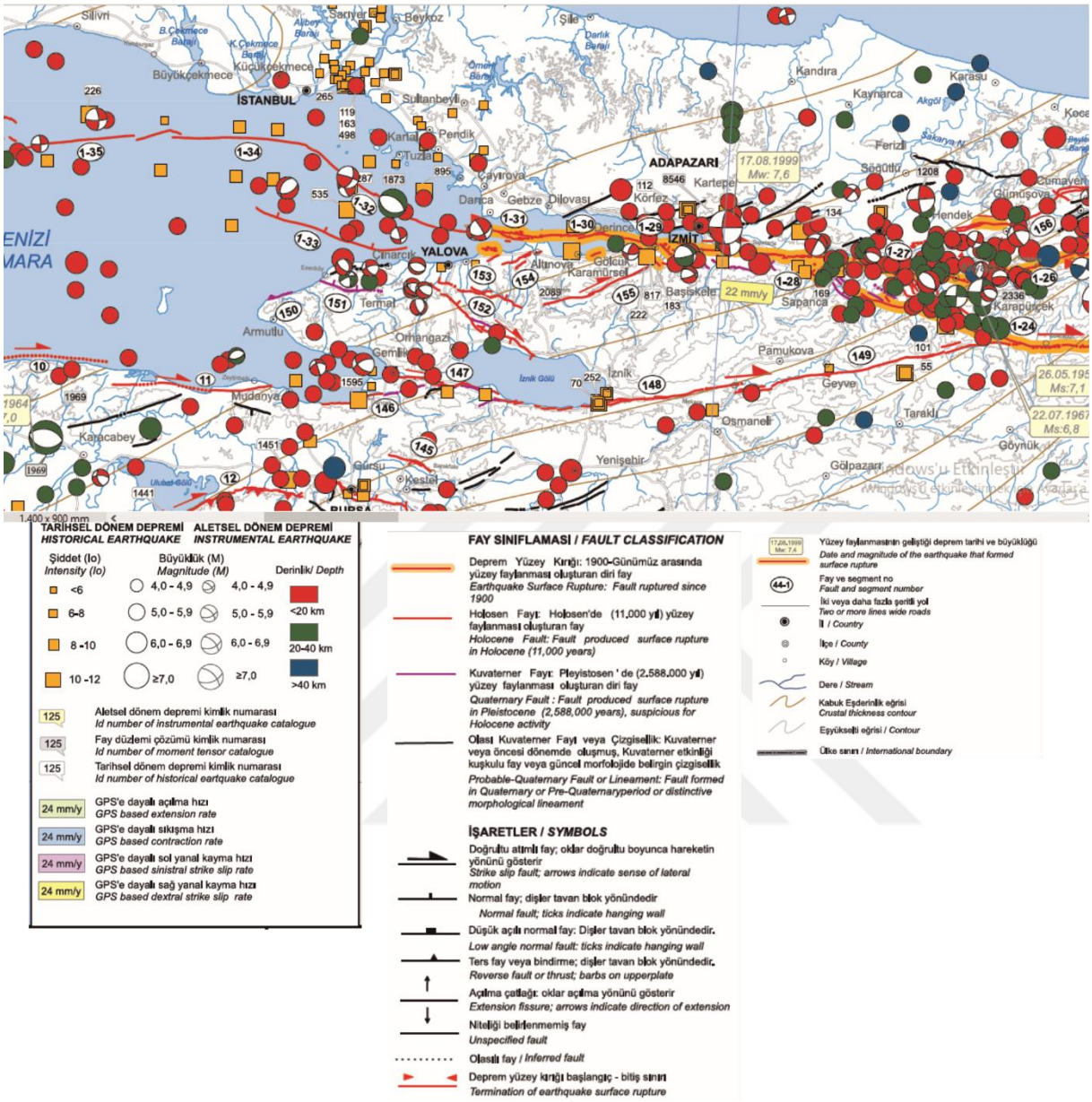
Gasperini ve diğ. (2011), jeolojik kayma hızını kuzey kolda ve orta kolda beklenilen ve kabul edilen jeodetik modellerden farklı bulmuştur. Kuzey kolun jeolojik kayma hızı 10 mm/yıl orta kolun ise 4 mm/yıl olarak hesaplamıştır ve yine jeodetik modellerden farklı olarak Gemlik'te

KAF'ın orta kolunun kümülatif toplam hareketinin Anadolu'nun Avrasya' ya göre hareketinin %30-40 'ını kapsadığını ileri sürmektedir (Gasperini ve diğ. 2011).

Maede ve diğ.(2002) ve **Özalp ve diğ., (2013),** yıllık güney kolda (bu çalışmada orta kola karşılık gelmektedir) 5mm/yıl kayma hızı olduğunu ileri sürmektedir.

Duman ve diğ. (2017) ,tarafından hazırlanmış olan aşağıdaki şekilde (Şekil 4.4) görünen sismotektonik haritasına göre; Geyve fayı yakınında veya üzerinde olan tarihsel depremler MS 00.00.32 yılında X şiddetinde ve Geyve merkezinin doğusunda olmuştur. Bunun dışında şiddeti 6-8 arasında olduğu tahmin edilen bir tarihsel deprem Geyve de meydana gelmiştir. Aletsel dönemde Geyve Fayı'na paralel olarak seyreden bir hat boyunca (güney kısmı) ve fayın batı ucunda yer alan Ciciler Köyü'nde büyüklüğü 4-4,9 arasında olan ve odak derinlikleri sığdan derine kadar değişen depremlerin dış merkezi şekilde görülmektedir (Duman ve diğ. 2017).

İznik-Mekece fayı üzerinde görülen depremlerin olası dış merkezleri haritada görüldüğü üzere İznik civarında yoğunlaşmıştır. Aynı bölgede MS 02.01.69 tarihinde IX şiddetinde ve MS 00.00.715 tarihinde IX şiddetinde depremler meydana gelmiştir. Bu faydaki 3 adet aletsel dönem depremlerinin büyüklüğü de 4-4,9 arasında değişmekte olup Mekece güneyinde iki adet ve güneybatısında bir deprem olmuştur. Bu depremler sığ odaklıdır (Duman ve diğ. 2017).



Şekil 4.4: Marmara bölgesinin doğu kısmının sismotektonik haritası (Duman ve diğ. 2017).

4.2. MORFOTEKTONİK

Bu bölümde tez kapsamında çalışılan alanın temel morfotektonik özellikleri tanıtılacaktır. İnceleme alanını içeren kesimin topografyası daha önceki çalışmalara sadık kalarak 3 farklı morfotektonik birliğe ayrılmıştır (Doğan, 2010). Bunlar: 1. Geyve-Pamukova havzası, 2. Mekece-İznik koridoru. 3. İznik havzası (Çalışma alanı sadece doğu kısmını içermektedir).

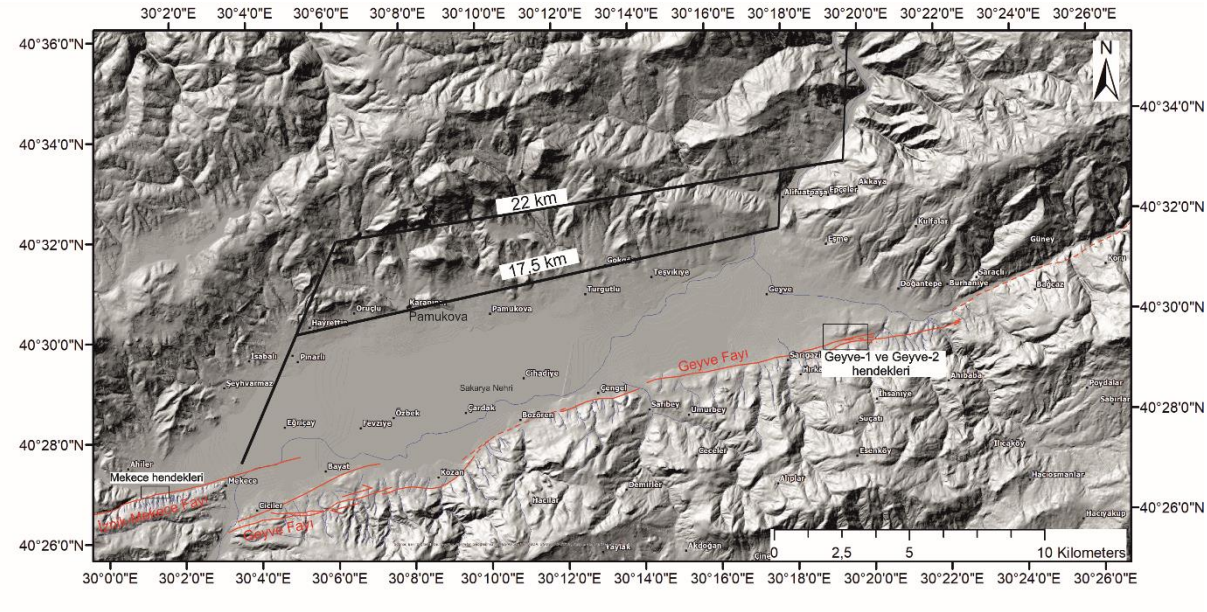
Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin ''Orta Kolu'', Geyve-Pamukova havzasını morfolojik olarak güneyden sınırlamaktadır (Doğan,2010; Özalp ve diğ. 2013). Havza doğuda Alifuatpaşa, batıda

Mekece Köyleri, kuzeyde Katırlı dağları güneyde Katırlı dağlarının doğu kısmı tarafından sınırlanır (Duran,1986; Doğan,2010: Doğan:2010'dan sentezlenmiştir). Bu havzanın alanı 210 km²dir. Havza içindeki Sakarya Nehri Mekece'den Çengel'e kadar D-B, K20º-50ºB ve K10º-60ºD, Çengel-Alifuatpaşa arasında ise K20º-40ºD doğrultularında ve menderesli şekilde havzayı kateder (Doğan, 2010).

Geyve-Pamukova havzası ve Geyve Fayı boyunca morfolojide eyer yapıları, üçgen yüzeyler, sağ yanal olarak ötelenen dereler mevcuttur. Havzadaki en belirgin ötelenmiş yapı ise Sakarya nehridir. Sakarya Nehri'ndeki sağ yanal atım en az 17,5, en fazla ise 22 km'dir (Şekil 4.5).

Mekece-İznik koridoru, Katırlı Dağlarının doğu bölümü ile Samanlı Dağları'nın güney bölümü arasında KAFSGK üzerinde yer almaktadır. Bu koridorun yüzölçümü 72,5 km^2'dir (Duran, 1986; Emre ve diğ. 1998: Doğan, 2010'dan). Koridor; doğudan Mekece, batıdan ise Çamdibi ile sınırlanır, kuzey-güney yönünde ise en geniş yerini oluşturan kısımsa Karadin -Kaynarca arasıdır (Doğan, 2010).

İznik havzası ise Katırlı Dağları'nın batı kısmının kuzeyinde ise İznik havzası bulunmaktadır. Bu havza batıdan Karsak doğudan da Çamdibi tarafından sınırlanmaktadır. Kuzey-güney yönünde ise en geniş yerini oluşturan kısımsa Yeniköy-Akharem arasıdır. İznik Havzasının yüzölçümü ise 500 km^2'dir (Doğan, 2010). Ardel (1954), İznik Gölü'nü bir depresyon (çöküntü) alanı olarak tanımlamıştır (Doğan, 2010'dan alınmıştır). Bu çalışma alanının batı sınırı ise Dırazali Köyü civarında sonlanmaktadır.



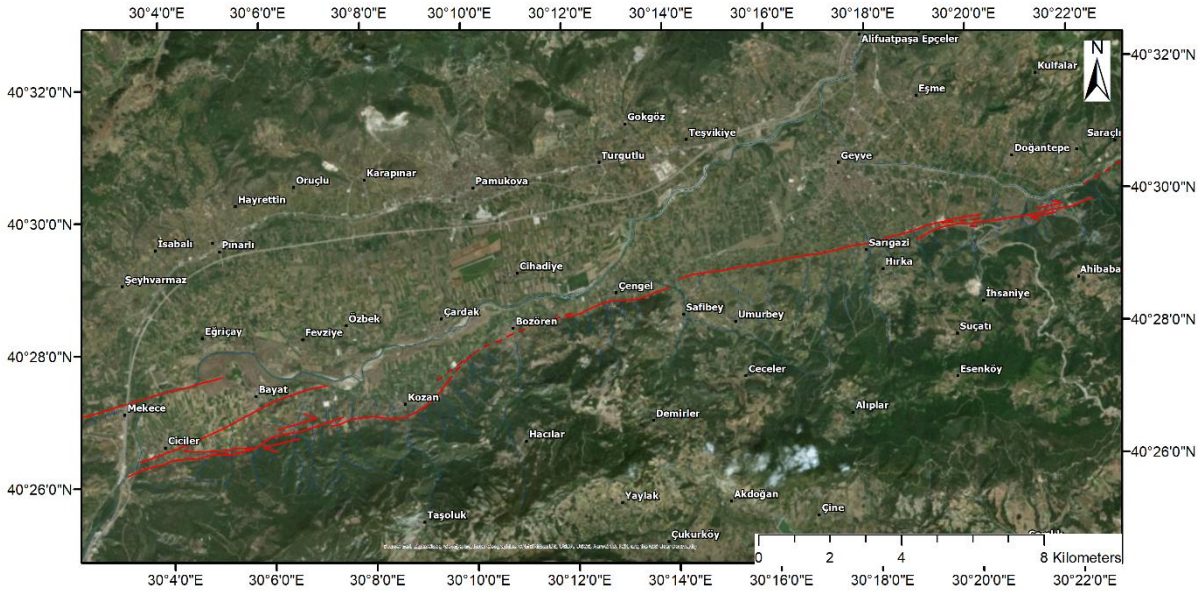
Şekil 4.5: Geyve-Pamukova havzası sayısal yükseklik modeli ve yaklaşık 20 km ötelenmiş Sakarya Nehri. Şekilde Geyve Fayı ve İznik-Mekece Fayı'nın bir kısmı görülmektedir.

Geyve-Pamukova havzasında Geyve ve İznik-Mekece fayları bulunmaktadır. Barka ve Kadinsky-Cade (1988) ve Bozkurt (2001), bu bölgedeki fayı Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi Orta kolu olarak tanımlamıştır. Emre ve diğ. (1998) ise, bölgedeki fayı İznik-Geyve Segmenti olarak haritalamış ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi Orta koluna ait olduğunu belirtmiştir. Şengör ve diğ. (2005) ise bu fayın içinde olduğu kolu, KAFSGK olarak tanımlamıştır (Bu paragraf, Doğan (2010)'dan değiştirilerek alınmıştır).

4.2.1. Geyve Fayı ve Morfolojik Yapıları

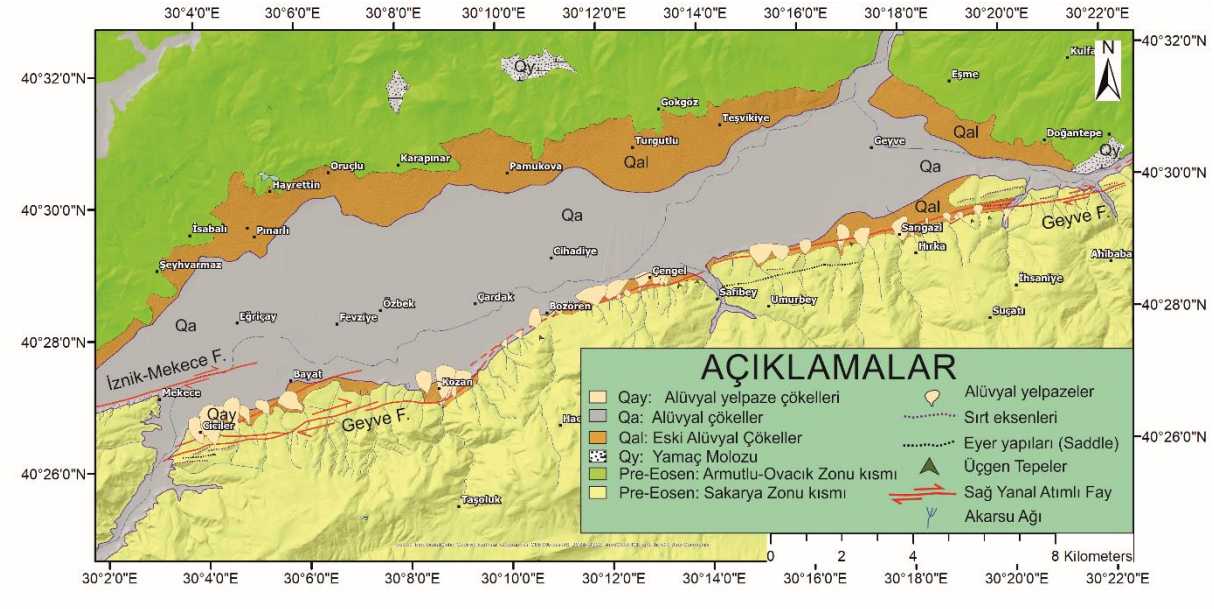
Doğuda Koruboğazı'ndaki (Geyve) Setçe Köyü'nden batıda Ciciler Köyü'ne kadar uzanan fay, ilk kez Koçyiğit (1988a) tarafından Karamurat, Akseki, Karaçay, Güney ve Saraçlı fayları olarak haritalanmış ve bu fayların bileşimini Geyve Fay Zonu (GFZ) olarak isimlendirilmiştir (Doğan,2010). Bu faya Doğan (2010) tarafından da Sarıgazi Fayı adı verilmiştir. Emre ve diğ. (2013), Geyve Fayı olarak adlandırmıştır. Bu çalışma Geyve Fayı'nın tamamını değil, doğuda Burhaniye Köyüne kadar olan kısmını kapsamaktadır. Bu çalışmada segment, Geyve Fayı olarak Emre ve diğ. (2013)'ün adlandırılması tercih edilmiştir, fakat fayın aslında zonlu bir yapı gösterdiği, dolayısıyla deformasyonun bazı bölgelerde dağılmış olduğu, gerek Geyve güneyindeki birkaç ayrı yerde ve birbirlerine paralel olarak ötelenen derelerin varlığından, gerekse bazı kısımlarda çatallanma göstermesinden anlaşılmaktadır.

Geyve-Pamukova havzasının güney sınırını denetleyen Geyve Fayı inceleme alanının doğu kesimini oluşturur. Sıçrama veya bükülme yaptığı kısımları mevcuttur (Şekil 4.6; EK 3).



Şekil 4.6: Saha gözlemleri sonucu çizilen Geyve Fayı'nın görünümü.

Geyve Fayı'nın morfotektonik belirteçleri olarak sağ yanal olarak ötelenmiş dereler, morfolojide eyer yapısı (saddle), çizgisel vadi, topoğrafik fay dikliği, üçgen yüzeyler, kapan sırtı, uzamış sırt, dağ önlerinin yer yer çizgisellik göstermesi, Sag-pond (çöküntü gölü) gibi morfolojik belirteçlerin yanı sıra tektonik gözlem olarak da gerek temel kayaçları gerekse açılan yarmalardaki Kuvaterner yaşlı çökelleri kesen fay izleri ve bazı temel kayaçlarda tabakalarda tiltlenmeler belirlenmiştir (Şekil 4.7; EK 4).



Şekil 4.7: Geyve Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası. Jeolojik birimler için (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).

Geyve ilçesinin özellikle güneydoğu kesiminde Geyve fayının birçok morfotektonik belirteci görülebilmektedir. Örneğin; birbirlerine paralel ve de genel drenaj yönleri kuzey güney olan, İllet Dere ve Domuz Dere ve Kovalca Dere'sinde sağ yanal atım gözlenmektedir. Bahsedilen bu atım dolayısıyla kıvrılan kısımlar D-B yönünde bir sapma göstermektedir. Ayrıca, bu doğrultuda ve aynı hizada D-B gidişli bir vadinin gözleniyor olması, bu yapının fay kontrolünde gelişen bir çizgisel vadi olduğunu düşündürmektedir. Doğantepe'nin 2 km güneyindeki Sarıçalılık mevkide doğu batı yönünde giden çizgisel vadi genç bir morfolojik oluşum olmasına karşın derinliği oldukça fazladır. Bu vadide ve civarında genel olarak serpantinler gözlenmektedir. Bu serpantinler çoğunlukla ilksel oluşumunu koruyacak şekilde serttirler, fakat vadi içerisinde ayrışmış bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 4.8). Ayrıca, vadinin güneyinde alüvyal yelpaze ürünü tabakalar, derenin oluşumunu kontrol ettiği düşünülen faya doğru tiltlenme göstermektedir. Bu kısımda tabakalardan alınan ölçüm K41D 17KB'dır (Şekil 4.9).

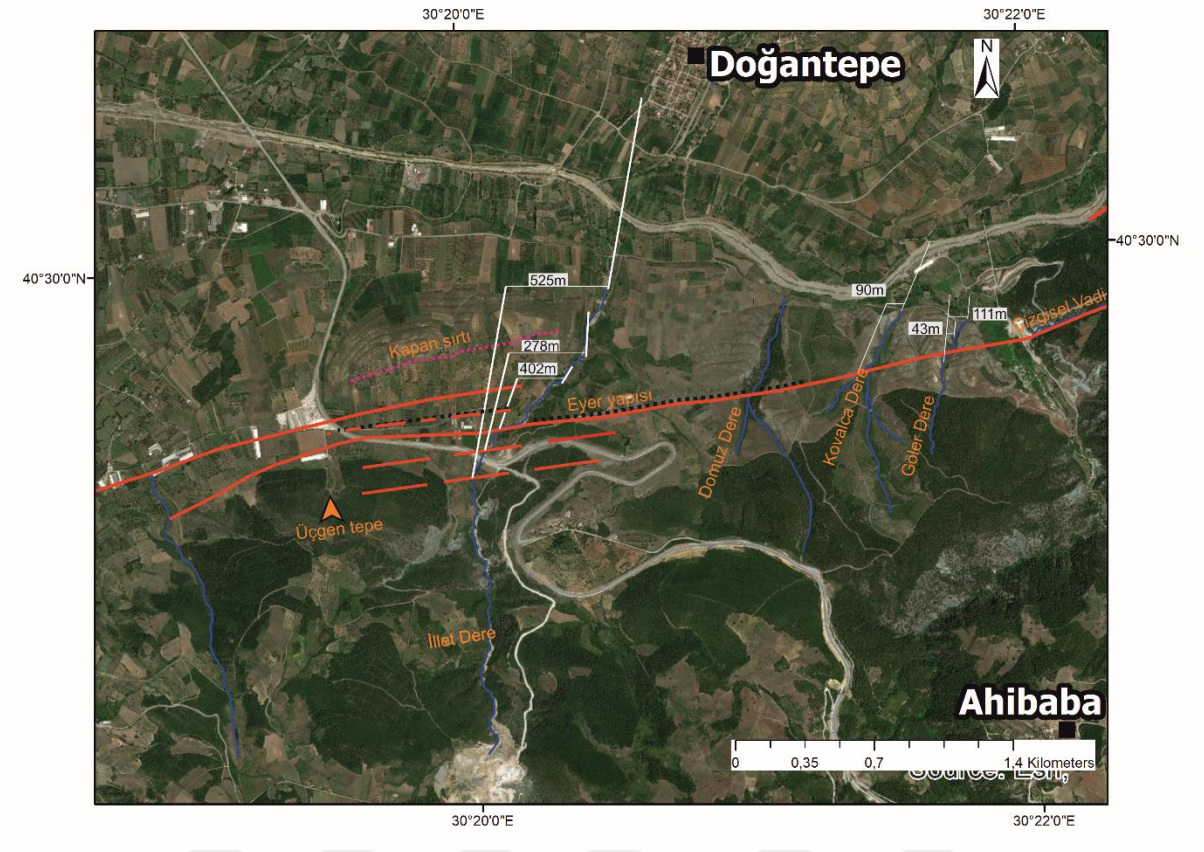


Şekil 4.8: Doğantepe'nin 2 km güneyindeki fay denetimli çizgisel vadide ayrışmış serpantinlerin genel görünümü (Bakış yönü doğuya doğrudur).



Şekil 4.9: Doğantepe'nin güneyindeki lokasyonda tabakalarda oluşan tiltlenme. Bakış yönü doğuya doğrudur.

İllet derenin doğusunda kalan kısımda vadi ağzını kapatan bir uzamış sırt mevcuttur. Bu sırt fay boyunca ötelenmiştir ve aynı zamanda bir kapan sırtıdır (Şekil 4.10). Bu lokasyonda Geyve-1 hendeği açılmış olup bu hendekte elde edilen bilgilerden ve hendeklerin bu bölgedeki coğrafik yerinden paleosismoloji başlığı altında detaylı olarak bahsedilmiştir. Lokasyonda fayın doğrultusu K80D'dur. Hendek ve çevresini kapsayan geniş bir oluk yapısı mevcuttur ve oluk yapısını güneyden üçgen tepe sınırlamaktadır. Bu üçgen tepe, Geyve Fayı'nın oluşturduğu bir başka morfotektonik yapıdır (Şekil 4.10). Geyve hendeklerinin de açılmış olduğu lokasyonda ve çevresinde İllet Dere 'den üç ayrı kısımda atım miktarı ölçülmüştür. Atım miktarları güneyden kuzeye doğru 402 m, 278m ve 525 m'dir. Doğusundaki Domuz Dere'den sağa doğru sapma görülürken miktarı daha doğudaki Kovalca Dere'nin (Şekil 4.11) atım miktarı 90 metredir. En doğudaki Göler Dere'den alınan atımlar güneyden kuzeye doğru sırasıyla 43m ve 111m'dir.

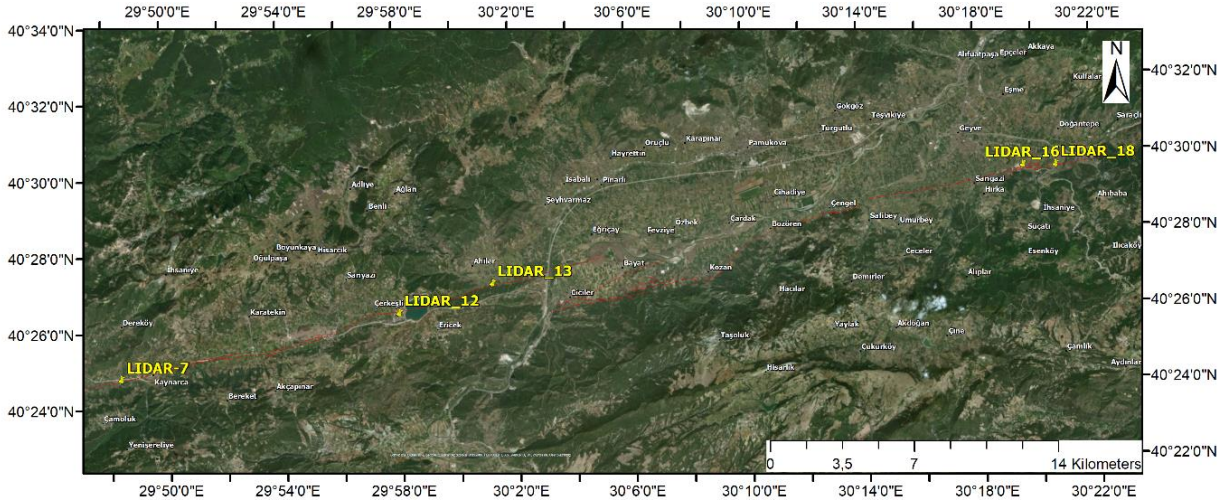


Şekil 4.10: Geyve Fayı'nın batı kısmı ve çevresinin morfotektonik yapıları (Kesikli kırmızı çizgiler fayın aslında zonlu yapıda olduğunu ve deformasyonun genellikle ana faya paralel olarak dağıldığını göstermektedir). Üçgen tepe ile sırtın arasında oluk yapısının, Domuz Dere'nin batısındaki ise eyer yapısının yaklaşık konumu kesikli siyah çizgilerle gösterilmektedir.



Şekil 4.11: Kovalca Dere ve sağ yanal ötelenmesi. Ötelenen dere ekseni çizilmiştir. Bakış yönü güneye doğrudur.

Doğantepe Köyü'nün yaklaşık 1500 metre güneyinde 3 ayrı noktadan koordinatlı LIDAR ölçümü (LIDAR-18) yapılmıştır (Şekil 4.12). Domuz Dere'nin yaklaşık 50 metre batısında yer alan bu lokasyonda belirgin olarak gözlenen topoğrafik eyer yapısı mevcuttur (Şekil 4.13). Ekseni D-B yönünde uzanan bu eyer yapısının oluşturduğu morfolojiyi ortaya çıkaracak şekilde lokasyonda aşınmanın güçlü olması sebebiyle genç çökel kalınlığının fazla olmadığı kısımlar mevcuttur. Eyer yapısının ekseninde yaklaşık K80D doğrultulu fay bulunmaktadır (Şekil 4.13, 4.14, 4.15).



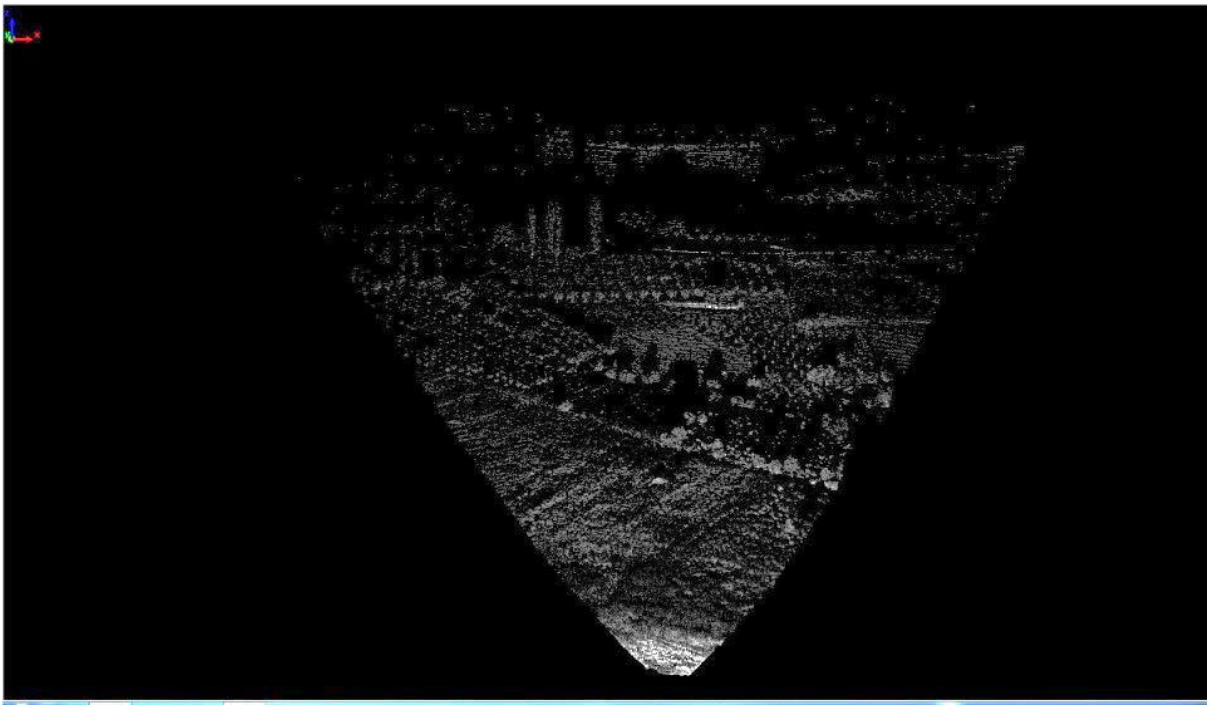
Şekil 4.12: LİDAR istasyonlarının numaraları ve lokasyonları.



Şekil 4.13: Domuz Dere'nin doğusunda yer alan eyer yapısı (LİDAR-18 lokasyonunun doğu kısmı). Bakış yönü kuzeydoğuya doğrudur.



Şekil 4.14: LIDAR-18 lokasyonu ve morfolojide eyer yapısı. Bakış yönü kuzeye doğrudur.

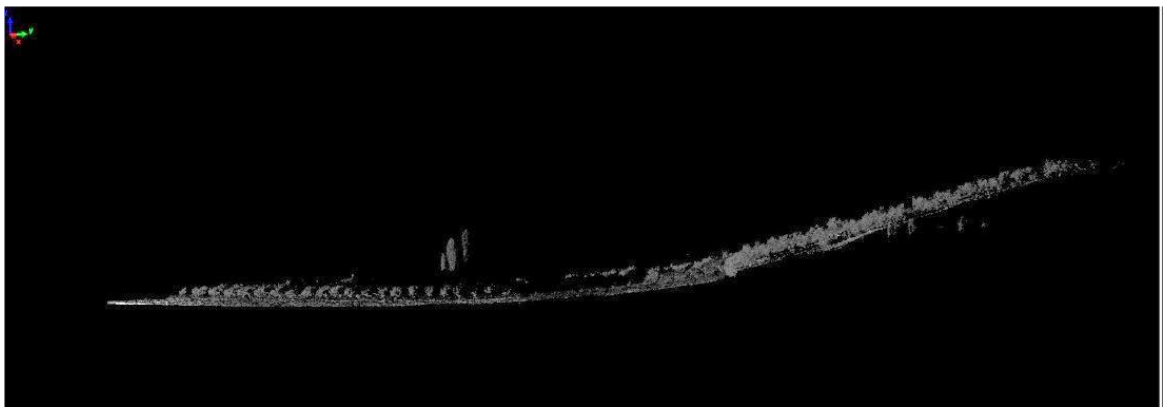


Şekil 4.15: Domuz Dere'nin doğusunda yer alan eyer yapısı. Şekil 4.14'deki bölgenin LİDAR lokasyonuna (LİDAR-18 lokasyonu) ait işlenmemiş nokta bulutudur.

LIDAR-16 (GPR_16) lokasyonu ise; aynı fayın üzerinde Geyve İlçesi'nin yaklaşık 1,7 km güneydoğusunda yer alır. Güney yamacı ani eğim kesikliğe uğrayan bir sırtın oluşturduğu morfolojiyi ortaya çıkaracak şekilde tek noktadan kuzeye bakışlı LIDAR ölçümü yapılmıştır (Şekil 4.16, Şekil 4.17). Lokasyon aynı zamanda Geyve-1 hendeğinin açılmış olduğu lokasyondur. Bölgenin morfotektonik özelliklerinin birtakım detayları hendek yeri çevresini içerdiği Paleosismoloji başlığı altında anlatılacaktır.



Şekil 4.16: LIDAR-16 lokasyonu ve bu bölgenin morfolojisi. Bakış yönü kuzeye doğrudur. Şekilde kabaca yeşil ve sarı bitkilerin sınırını izleyen ani eğim kesikliği görülmekte ve bu ani eğim kesikliğinden yukarıda sırtın güney yamacı gözükmektedir.



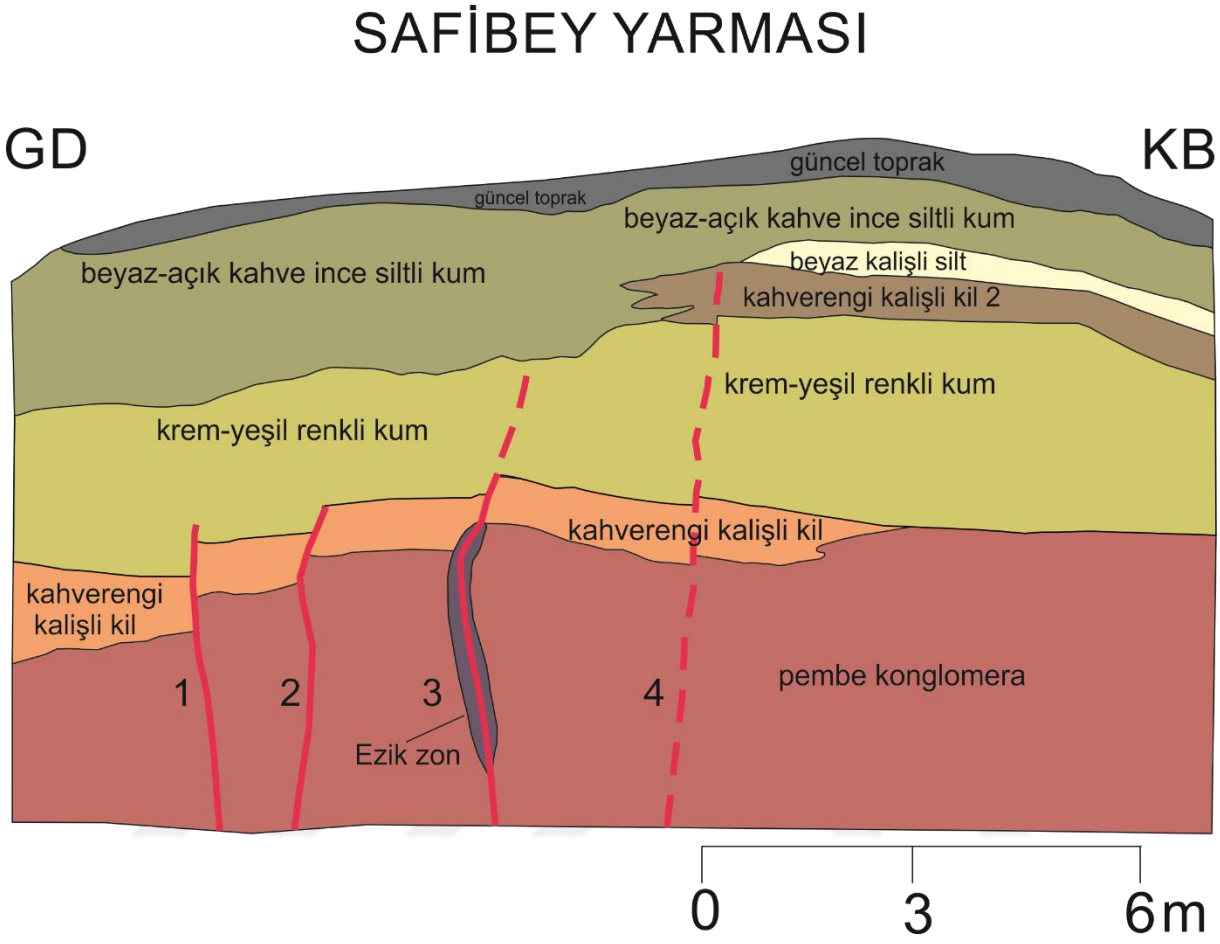
Şekil 4.17: Genel görünümü Şekil 4.16'te verilen bölgenin LIDAR-16 lokasyonuna ait nokta bulutu. Şekilde kabaca ani eğim kesikliği görülmekte ve bu ani eğim kesikliğinden yukarıda sırtın güney yamacı gözlenmektedir.

Safibey Köyü'nün yaklaşık 800 metre kuzeydoğusundaki bir yarmada, Geyve Fayı'nın Pliyo-Kuvaterner çökellerini kestiği net olarak gözlenen birbirine paralel birkaç fay düzlemi belirlenmiştir. Bu lokasyona ''Safibey Yarması'' adı verilmiştir. Burada faylar Pliyo-Kuvatener yaşlı alüvyal yelpaze ürünlerinin değişik fasiyeslerini kesmiş ve bazı seviyeler tarafından da örtülmüştür (Şekil 4.18, Şekil 4.19).



Şekil 4.18: Safibey Yarma'sındaki Kuvaterner birimler ve onları kesen faylar. A: Yarmanın genel görünümünde faylar 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır. B: 2 numaralı faya ait düzlemin görünümü, fayın doğrultusu K85D eğimi 82 KB'dır ve üzerinde yaklaşık 40 cm'lik düşey atım gözlenmektedir. Ba: 2 numaralı düzleme ait fay düzlemindeki çiziklerin görünümü, çiziklerin gidişi K75D dalımı 32KD'dur. Ba ve Bb: 2 numaralı fay düzlemindeki çiziklerin daha belirgin ve yakından görünümü. C: 3 numaralı fay üzerinde gelişen ezik zon. K65D doğrultulu 80KB eğimli 3 numaralı fay bir ezik zon geliştirmiştir. Bu fayda iki parmak arasında gösterildiği gibi yaklaşık 40 cm'lik bir düşey bir atım bulunmakta olup düşey atım yönüne de (sinistral hareket) uygun olacak şekilde ezik zonda S şeklinde budinaj yapıları bulunmaktadır. Fayların doğrultusu Geyve Fayı'nın genel doğrultusuyla uyumlu olup 2 numaralı fay çizikleri de yanal hareketi

desteklemektedir. Bu sebepten fayın aktif fay düzlemlerine ait olabileceği düşünülmektedir. Tüm şekillerde bakış yönü yaklaşık olarak güneye doğrudur.



Şekil 4.19: Şekil 4.18A'da genel görünümü verilen Safibey Yarma'sındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı seviyeler ve bu seviyeleri kesen fayların taslak kesiti.

Safibey Yarma'sında alt kısımlarda genel olarak pembe konglomera hakimdir. Bu birimin tabanı, sarı-turuncu siltli-ince kum matriksli-köşeli ve kötü boylanmalı bloklu birimdir. Blok boyutu max. 20 cm'dir. Bunun üzerine pembe renkli iyi boylanmalı gevşek tutturulmuş konglomeralı birim gelir. Fakat bu seviyelerin sınırı net olmadığı için pembe konglomera birimi olarak adlandırılmıştır. Pembe çakıllı konglomera içerisinde yer alan ve alt birim olarak değerlendirilen birim kahverengi kalişli kildir. Taban kısmı ise, maksimum boyutu 15-20 cm olan köşeli bloklar içerir ve kızılımsı kahve renkli kil matriks içerisinde yer almaktadır. Kaliş içeren üst kısımlar ise beyaz renktedir, tane boyutu silt boyutundadır ve bu kısım blok içermemektedir. Taban ve tavan seviyelerindeki farklı özellikler, yarmanın GD kesiminde daha net gözlenirken; KB kesimlerde keskin olmadığından dolayı iki seviyede kahverengi kalişli kil adı altında değerlendirilmiştir. Bu seviye GD da yaklaşık 80 cm kalınlığa sahipken, KB' ya doğru gittikçe kamalanmaktadır. Pembe konglomera ve içerdiği bu alt birim, kalınlığı ortalama

110 cm olan krem-yeşil renkli kum seviyesi tarafından örtülmektedir. Bu birim maksimum boyutu 10 cm olan köşeli çakıllar içermektedir. Birim beyaz-açık kahve siltli ince kum tarafından örtülmektedir. Bu birim yer yer blok içermektedir. Ortalama kalınlığı 1 metre olan bu birim, yarmanın GD kısımlarından KB ya gittikçe kalınlığı azalmaktadır. Birim yalnızca KB kısımda gözlenmekte olan ve yarmanın KB ucuna doğru kamalanarak sonlanan beyaz kalişli silt seviyesini örtmektedir. Beyaz kalişli silt seviyesi de, altındaki kahverengi kalişli kil seviyesini örtmektedir. Bu kahverengi kalişli kil birimi pembe konglomeranın üzerinde KB ya doğru kamalanarak sonlanmaktadır. Bu seviye adlandırmada kendisiyle aynı adı taşıyan fakat stratigrafik olarak daha altta olan birim ile karıştırılmaması, yanlış yorumlanmaması için kahverengi kalişli kil 2 seviyesi olarak adlandırılmıştır.

Bu yarmada gözlenen stratigrafide iki (2) olay tanımlanabilir. Bunlardan daha eski olanı sadece pembe konglomerayı kestiği gözlenen ve ezik zon içeren 3 numaralı fay izidir. İkinci olay için ise, yarmanın KD kesiminde yer alan birbirine paralel olan ve tabandan tavana sırasıyla pembe konglomerayı, kahverengi kalişli kil birimini ve krem-yeşil renkli kum birimlerini kesmiş ve atıma uğratmış 1 ve 2 adı ile 2 tane fay belirlenmiştir.

Bunlardan daha KB kesimde yer alan 2 numaralı fayın doğrultusu K85D eğimi 82 KB'dır (Şekil 4.18, 4.19). Bu fay üzerinde fay çizikleri de mevcut olup gidişi K75D dalımı 32KD' dur. 1 numaralı fay bu faya paraleldir. K65D doğrultulu 80KB eğimli 3 numaralı fay belirgin bir ezik zon geliştirmiştir (Şekil 4.18C, Şekil 4.19). 4 numaralı düzlemin ise belirteçleri tam olarak belirlenmediği için fay olup olmadığı belirgin değildir.

Bu yarmada yaşlandırma amacıyla 5 tane kavkı örneği ve 2 tane karbon örneği alınmıştır.

Geyve Fayı'nın Çengel Köyü güneyindeki bir lokasyonunda kireçtaşları ile Pliyo-Kuvaterner birimin sınırı gözlenmektedir. Bu sınır, fay tarafından denetlenmiş olup, fayın güney bloğundaki kireçtaşları yükselmiştir. Pliyo-Kuvaterner birim; alüvyal yelpaze ürünü olup, kum matriks içerisinde köşeli çakıllar ve bloklar içermektedir. Bu bloklar genellikle kireçtaşı bloklarıdır. Kireçtaşlarının üzerinde ise, uyumsuz olarak Pliyo-Kuvaterner birimi kolüvyal kamaya benzer bir geometriye sahip bir biçimde yer almaktadır. Faylı sınırın doğrultusu K70D'dur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: Çengel Köyü güneyinde kireçtaşları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel arasındaki faylı sınır. Bakış yönü güneye doğrudur.

Bozören Köyü'nün yaklaşık 200 metre doğusundaki gözlem noktasında, maksimum 80 cm boyutlu köşeli çakıllar ve bloklar içeren alüyval yelpaze ürünü çökeller bulunmaktadır. Bu lokasyonun güney kısmına genel olarak kireçtaşlarından oluşan temel kayaçlar hakimdir. Buradaki çakılların genellikle kireçtaşı kökenli, köşeli olması ve blok boyutuna varana kadar büyük olması, kireçtaşı ile Pliyo-kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze arasındaki faylı sınıra yakın bir lokasyon olduğunun belirteci olarak düşünülebilir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Kireçtaşı çakılları ve blokları içeren, kum matriksli alüvyal yelpaze ürünü çökellerin görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur.

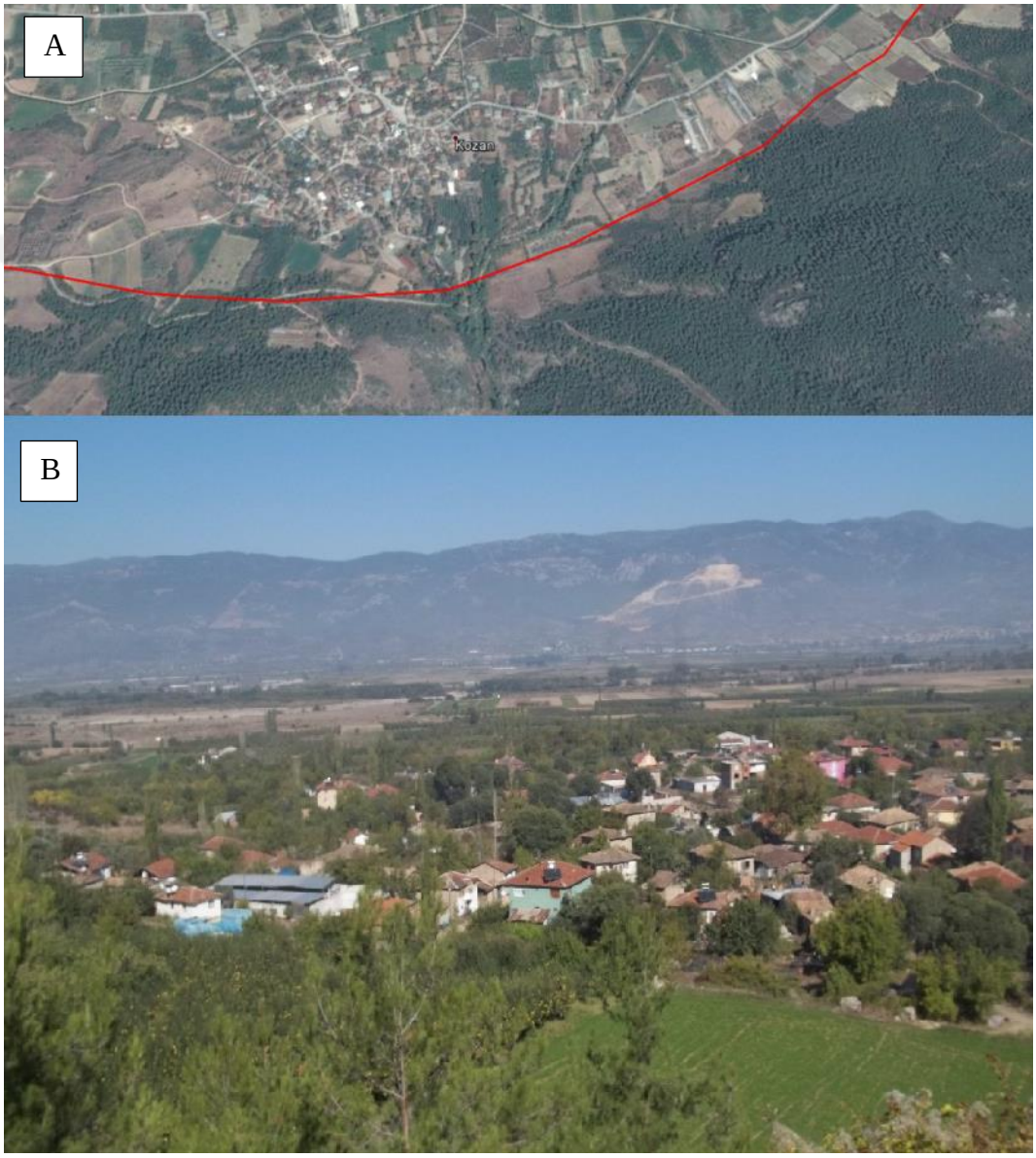
Geyve Fayı'nın Kozan köyü güneyindeki bir yol yarmasında fliş istifinin üzerine uyumsuz olarak alüvyal yelpaze ürünü olan Pliyo-Kuvaterner birim gelmiştir. Bu birimin devamlılığı gözlenmemektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Kozan köyü güneyinde fliş istifinin üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri. Bakış yönü güneye doğrudur.

Yolun hemen güneyi ise topoğrafik olarak oldukça aşağıdadır. (Şekil 4.22)'daki fliş ve alüvyal yelpaze ürünü olan birimler arasındaki dokanak ilişkisi yol yarmasında mostra vermektedir. Bu yarma ise yolun diğer tarafındaki topoğrafik yükseltiye yakın olup, bu yükseltinin fay

dolayısıyla oluşmuş bir şev olabileceğini düşündürmektedir. Çünkü temel kayaçlar ile alüvyal yelpazeler arasındaki dokanakları genellikle fay belirlemektedir. Yol şeve paraleldir ve K70D doğrultusundadır. Şev doğrultusuna paralel olarak sağa dönüş yapmış bir güncel su kanalı bulunmaktadır. Bu su kanalının daha önceden fay tarafından sağ yanal olarak ötelenen Değirmenkaya Dere'nin yatağı üzerine yapıldığı düşünülmektedir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23: A: Kozan'da faya paralel giden yol ve daha önceden doğal olduğu düşünülen bir su kanalı. Doğal halinin fay tarafından sağ yanal olarak ötelendiği ve yapay olarak da bu ötelenen eski dere kanalının güzergahının tercih edildiği düşünülmektedir. B: Kozan Köyü güneyinden alçak kotlara doğru görünüm (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

Değirmenkaya Dere de dahil olmak üzere Geyve Fayı tarafından sağ yanal olarak ötelenmiş tüm akarsulardan alınan ötelenme ölçümleri Tablo 4.1' de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Geyve ve İznik-Mekece fayları tarafından sağ yanal ötelenen akarsular ve ötelenme miktarları.

Akarsu Adı	1. ölçülen atım	2. ölçülen atım	3. ölçülen atım
Sakarya Nehri	17,5 km	22 km	-
İllet Dere	402 m	278 m	525 m
Kovalca Dere	90 m	-	-
Göler Dere	43 m	111 m	-
Değirmen kaya Dere	131m	-	-

Ciciler Köyü'nün batısındaki bir yol yarmasında kireçtaşlarını kesen bir fay düzlemi gözlenmiştir. Kireçtaşlarının üstünde uyumsuz olarak Pliyo-Kuvaterner yaşlı bir birim yer almaktadır ve bu birim geometri olarak kolüyval kamayı andırmaktadır. Fay düzleminde breşleşme gözükmektedir. Fayın doğrultusu K78D olup eğimi 78KB'dır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24: Ciciler Köyü batısındaki fay düzlemi ve sarı renkli karbonatlı kum matriksle gözlenen fay breşi.

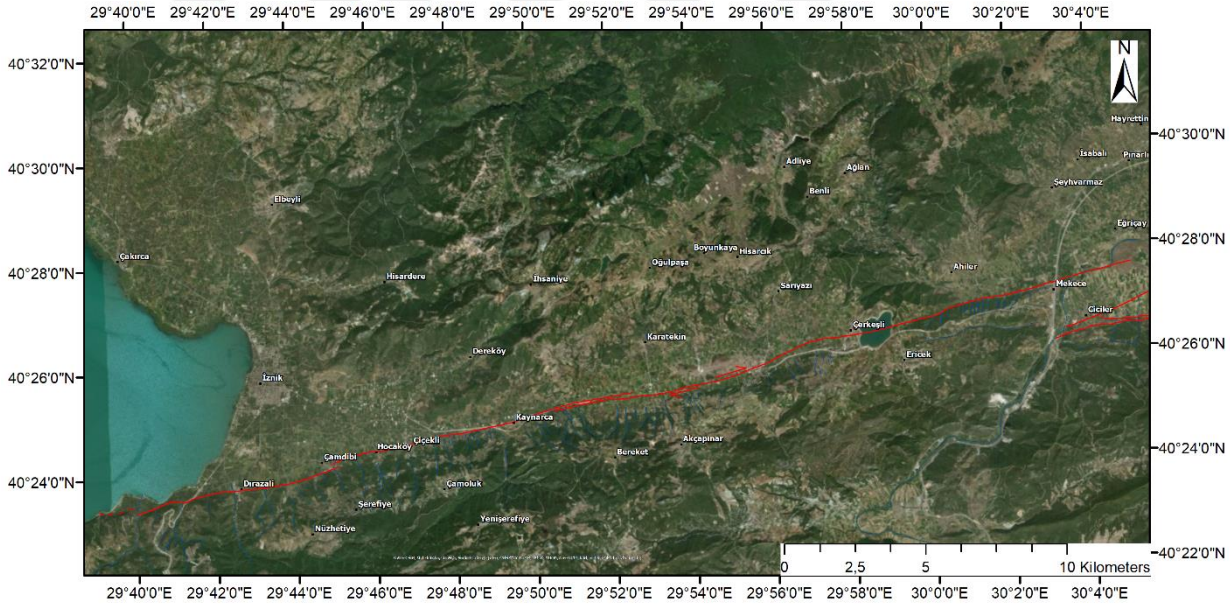
Fay düzlemi üzerindeki çiziklerin gidişi K70D ve dalımı 32KD olarak ölçülmüştür (Şekil 4.25). Fay düzlemi üzerinde bulunan bu çiziklerin yanı sıra kertiklerde bulunmaktadır. Bu çizik ve kertikler yardımıyla fayın normal bileşeni olan sağ yanal atımlı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Fay düzlemi üzerinde korugasyon yapısı mevcuttur (Şekil 4.25). Fayın doğrultusu boyunca uzanan uzamış sırtlar gibi yakın çevresindeki morfotektonik verilerin ışığında fayın aktif olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.25: Daha geniş açıdan Şekil 4.24'te gösterilen fay düzlemi üzerinde breşleşme, fay çizikleri ve korugasyon yapısının görünümü.

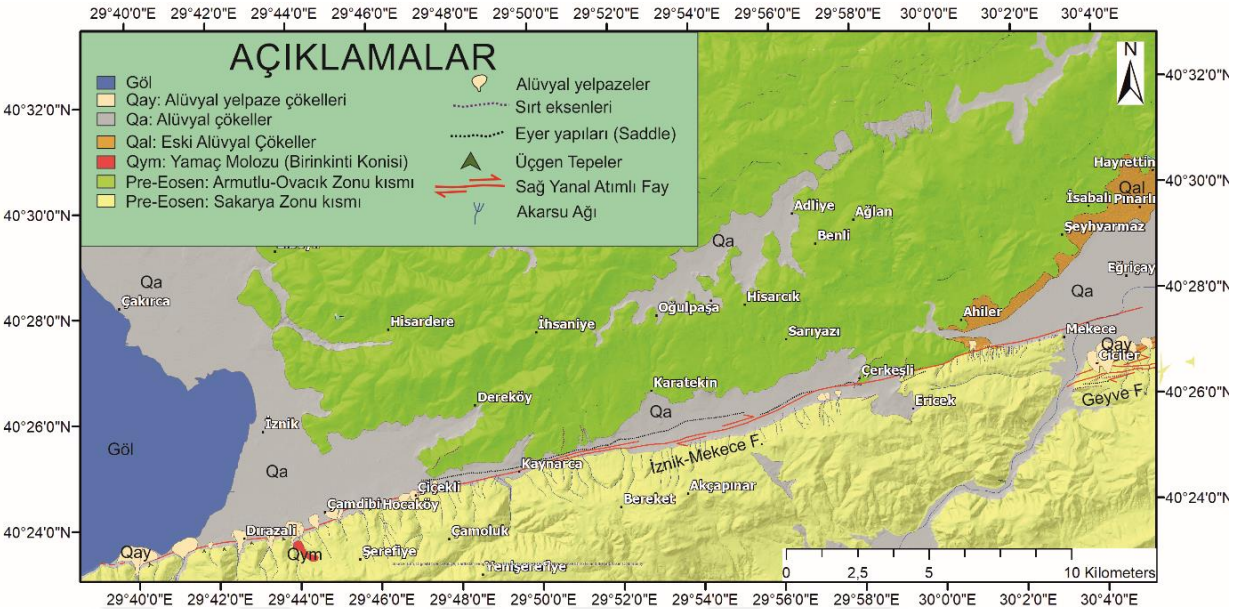
4.2.2. İznik-Mekece Fayı ve Morfotektonik Özellikleri

Doğu kısmı Mekece Köyü civarından başlayıp batı ucu ise İznik Gölü arasında sınırlanmış olan İznik Mekece Fayı birçok eski çalışmada da İznik-Mekece Fayı olarak adlandırılmış olup Doğan (2010) tarafından doğu kesimi Mekece Fayı batı kesimi ise Dırazali Fayı olarak adlandırılmıştır. Özalp ve diğ. (2013) ise İznik Fayı olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada (Emre ve diğ.(2013)'ün adlandırılması tercih edilmiştir. Fay, yaklaşık 40 km uzunluğundadır (Emre ve diğ.2013).Fay doğu kısmında K80-85D, batı kısımlarında ise, yaklaşık doğu batı doğrultulu olarak uzanmaktadır (Özalp ve diğ. 2013). Baskın karakteri Sağ yanal atım karakterli olan fay batı ucuna doğru ve özellikle İznik gölü güney kenarındaki kısmında ise kuzeye eğimli düşey bileşenini de belirgin olarak göstermeye başlar (Doğan, 2010). İznik-Mekece Fayı ve morfotektonik yapıları aşağıda görülmektedir (Şekil 4.26; EK 5).



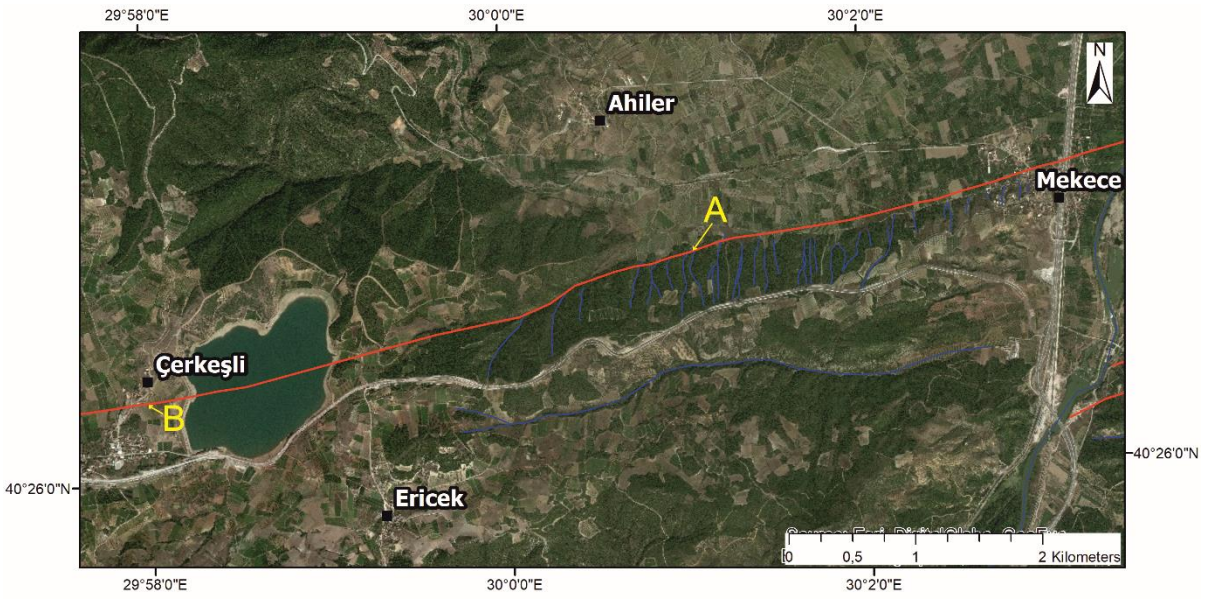
Şekil 4.26: Saha gözlemleri sonucu çizilen İznik-Mekece Fayı'nın görünümü.

İznik-Mekece Fayı ile ilgili morfolojik belirteçler; sağ yanal ötelemiş dereler ve sırtlar, derelerin ve bazı sırtların uç kısımlarının sağ yanal harekete uyacak şekilde bükülme göstermesi veya derelerin sağ yanal ötelenmesi, üçgen tepeler, morfolojide boyun ve eyer yapıları, kapan sırtı olarak belirtilebilir (Şekil 4.27; EK-6).



Şekil 4.27: İznik-Mekece Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası.

Mekece hendekleri ve Çerkeşli hendeği açılan lokasyon ve çevresinde bu belirteçlerden birçoğu mevcuttur (Şekil 4.28).



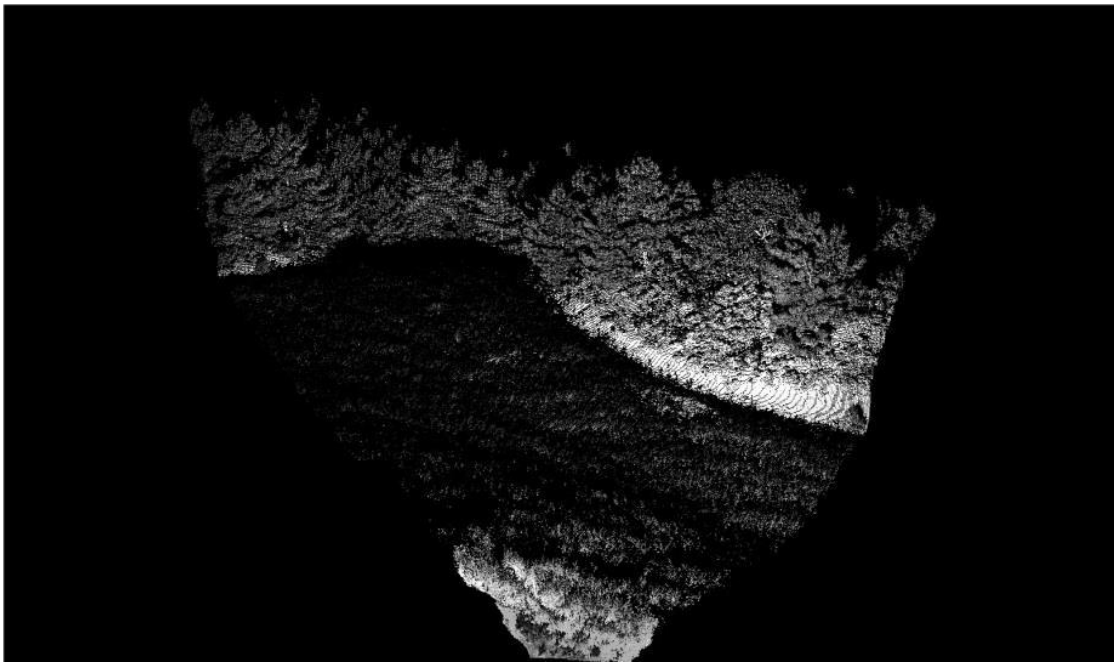
Şekil 4.28: İznik-Mekece Fayı ve çevresindeki morfotektonik yapılar (doğu kesimi). A:Mekece hendekleri ve çevresi. B: Çerkeşli hendeği ve çevresi.

İznik-Mekece fayının batı kesimi; Çerkeşli-Müşküre arasında ana fay olarak bölgeyi deforme eder ve güney yükselimin kenarı boyunca izlenir, Mekece-İznik koridorunun güney kenarını izler (Doğan, 2010). İznik-Mekece fayı güneye doğru sıçrama yapar ve Pamukova havzasının güney kenarı boyunca ve batıya doğru devam eder (Doğan, 2010). Bu fayın yaklaşık 20 km'lik kesimi Çerkeşli Göleti güney kenarı, Kaynarca, Çiçekli ulaşan sağ yanal genişlemeli (transtensional) sıçramalar ve K70°-80°D doğrultuları arasında izlenir (Doğan, 2010).

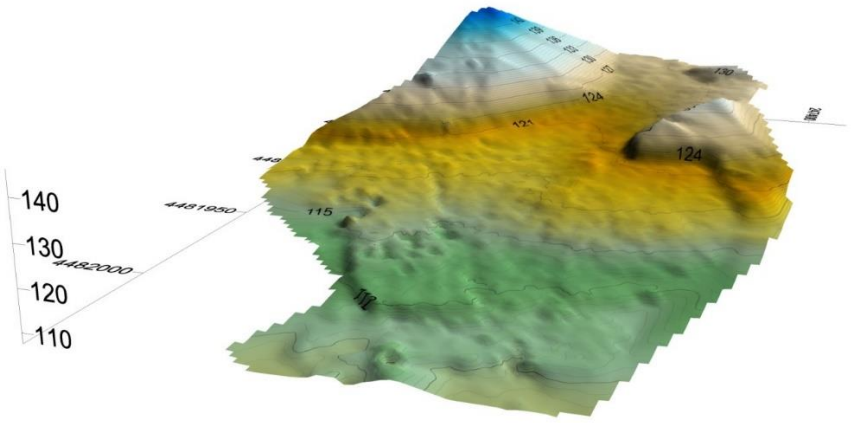
Mekece Köyü'nün 2500 metre batısındaki bir lokasyon Mekece-İznik Fayı'nın morfotektonik özelliklerinin büyük bir kısmını barındırmaktadır (Şekil 4.29). Bu bölgede 3 boyutlu hendek çalışması yapılmıştır. Bölgede detaylı LİDAR çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.30, 4.31, 4.32). Hendek çalışması yapıldığından dolayı hendek çevresindeki morfotektonik özelliklerin birtakım detayları paleosismoloji başlığı altında anlatılmıştır.



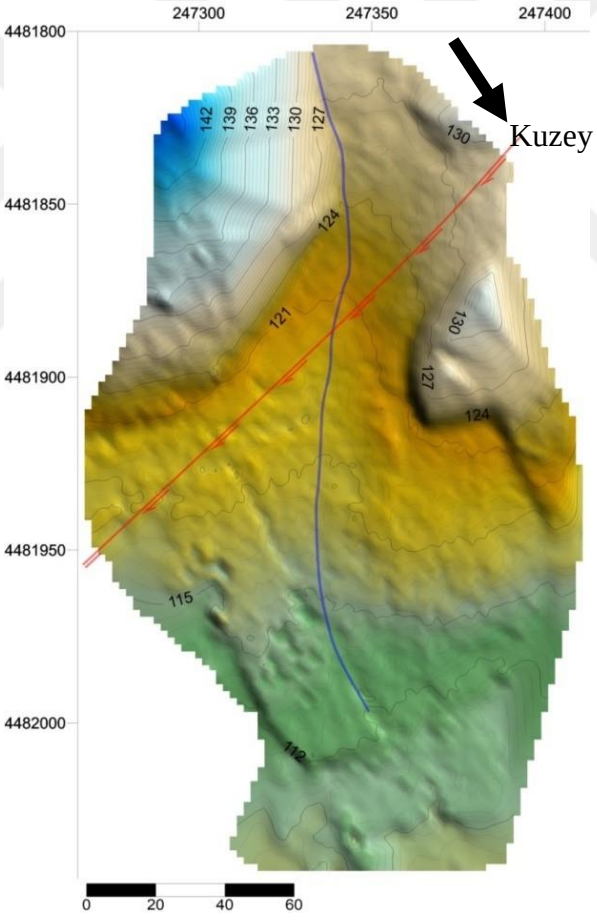
Şekil 4.29: LIDAR-13 lokasyonu ve morfolojisi. Kapan sırtı ve ötelenmiş güncel dere yatağı gözükmektedir. Bakış yönü batıyadır.



Şekil 4.30: Genel görünümü Şekil 4.29' te verilen LIDAR-13 lokasyonuna ait nokta bulutu. Kapan sırtı, eyer yapısı ve ötelenmiş dere görülmektedir.



Şekil 4.31: İznik-Mekece Fayı üzerindeki LİDAR-13 lokasyonuna ait İşlenmiş yersel lidar görüntüsü. Şekilde kapan sırtının yanı sıra topografyada eyer yapısı da görülmektedir.



Şekil 4.32: İznik-Mekece Fayı üzerindeki LİDAR-13 lokasyonuna ait işlenmiş yersel lidar görüntüsü. Şekilde, fay tarafından sağ yanal olarak ötelenmiş güncel bir dere yatağı ve kapan sırtının yanı sıra en derin noktasını fayın izlediği topografyada eyer yapısı da görülmektedir. Şekil 4.31'den farklı olarak ve fayın izi ve ötelenen dere yatağı da çizilmiştir.

Yukarda bahsedilen lokasyondaki kapan sırtının litolojisini oluşturan flişleri kesen ayrıca bir fay zonu bulunmaktadır (Şekil 4.33).

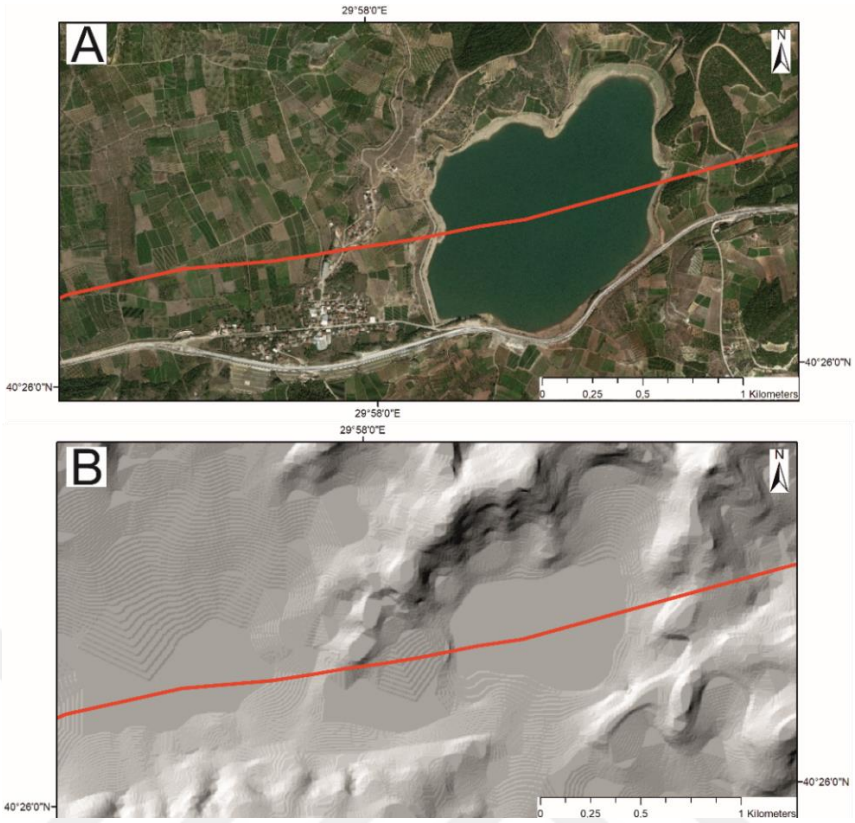


Şekil 4.33: Kapan sırtındaki temel kayaçları (flişleri) kesen faylar. Bakış yönü batıya doğrudur.

İznik-Mekece Fayı'nda gözlenen bir diğer morfolojik unsur ise Çerkeşli Göleti batısında gözlenen eyer yapısıdır. Bu eyer yapısının ekseni fayın doğrultusuna uygun olarak K70D yönelimlidir (Şekil 4.34). Bu bölgede Çerkeşli hendeği açılmış ve lidar çalışması yapılmıştır (Şekil 4.34B). Ayrıca bu bölgede sağ yanal olarak yaklaşık 160 m. ötelenmiş bir sırt bulunmaktadır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).



Şekil 4.34: A: Çerkeşli Göleti batısındaki eyer yapısı(bakış yönü kuzey). B: Aynı bölgenin LİDAR lokasyonuna ait (LİDAR-12) nokta bulutuna karşılık gelmektedir.

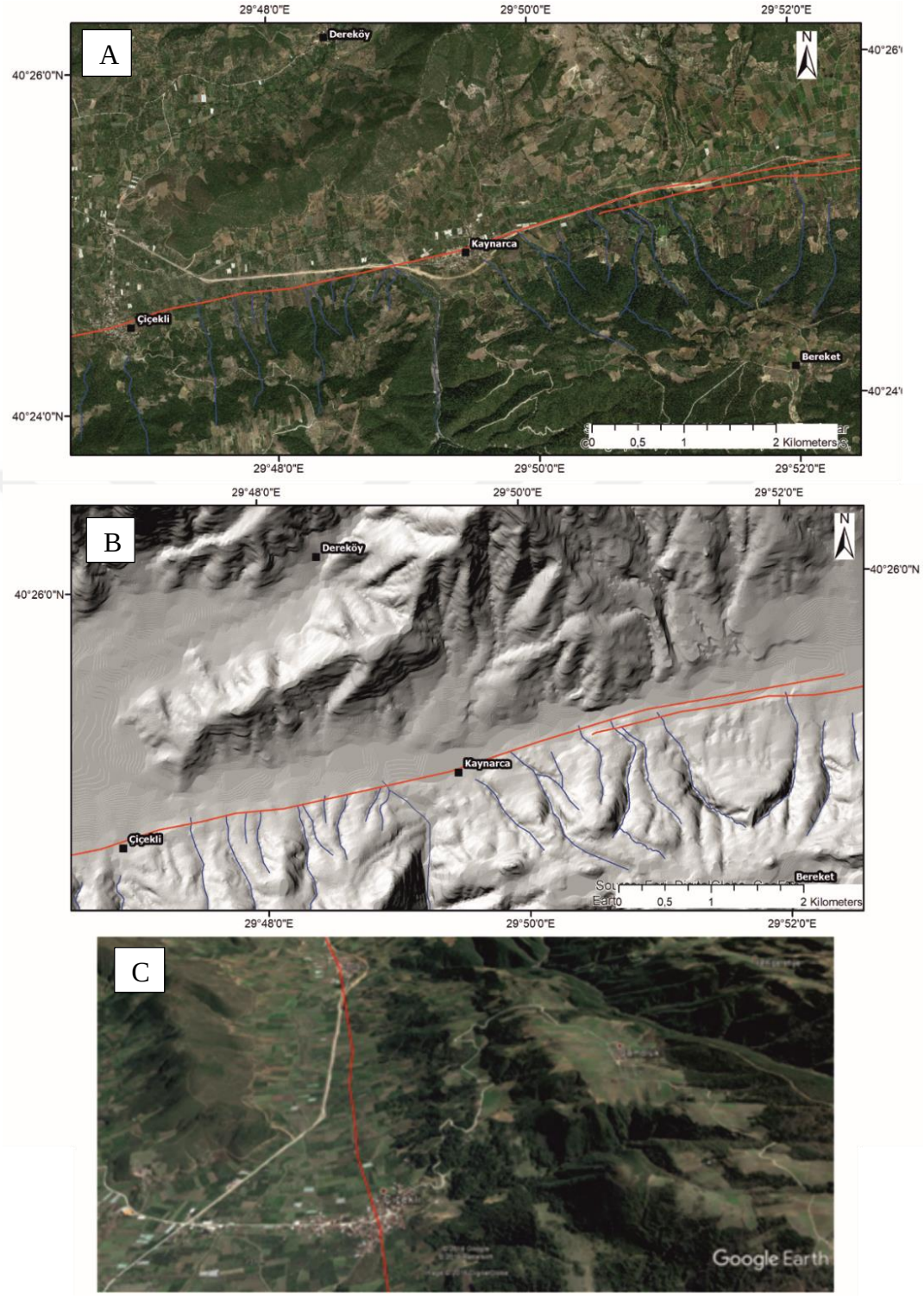


Şekil 4.35: A: Çerkeşli Göleti batısındaki ötelenmiş sırt. B: Aynı bölgenin dem görüntüsü verilmiştir.



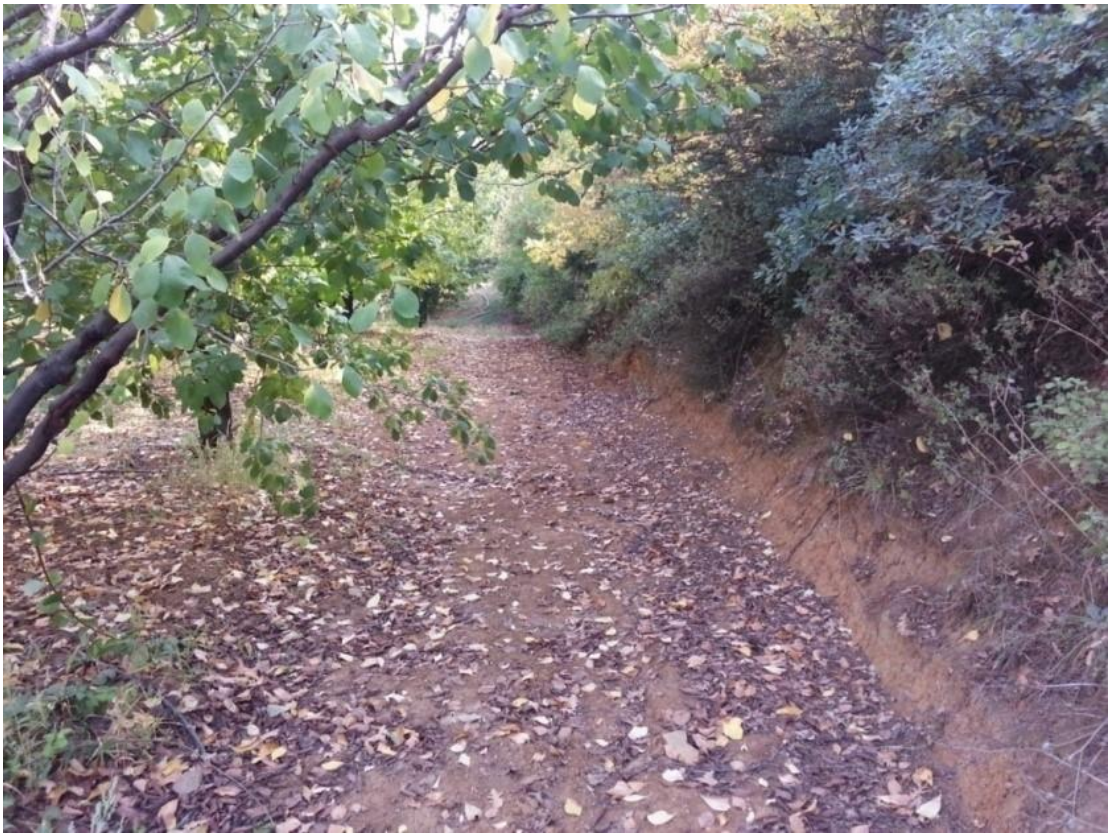
Şekil 4.36: Sağ yanal olarak ~160 m. ötelenmiş sırtın uydu görüntüsü 3 kat abartılmış olarak görülmektedir. Mor renkli çizgi sırt eksenini simgelemektedir, açık mavi çizgiler atım ölçümü için referans çizgileridir, kırmızı çizgi ise fayı simgelemektedir. Şekil 4.35'deki lokasyonun daha yakın görünümüdür.

İznik-Mekece Fayı üzerinde Kaynarca Köyü'nün doğusundan Çiçekli'ye kadar eyer yapısı görülmektedir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37: İznik-Mekece fayı üzerinde gözlenen boyun yapısı A: Eyer yapısı olan bölgenin uydu görüntüsü. B: Eyer yapısı olan bölgenin DEM görüntüsü. C: A ve B de görülenbölgenin Çiçekli ve Kaynarca köyleri arasındaki dar kısmı (Bakış yönü yaklaşık doğuya doğru oblik bir açıdır).

İznik-Mekece Fayı üzerinde Kaynarca Köyü'nün doğusunda, K65D doğrultusunda yaklaşık 300 metre devamlı olarak giden bir şev bulunmaktadır (Şekil 4.38). Bu şev yolun güneyinde yer almakta olup yolun kuzeyinde yer alan eyer yapısına paraleldir.



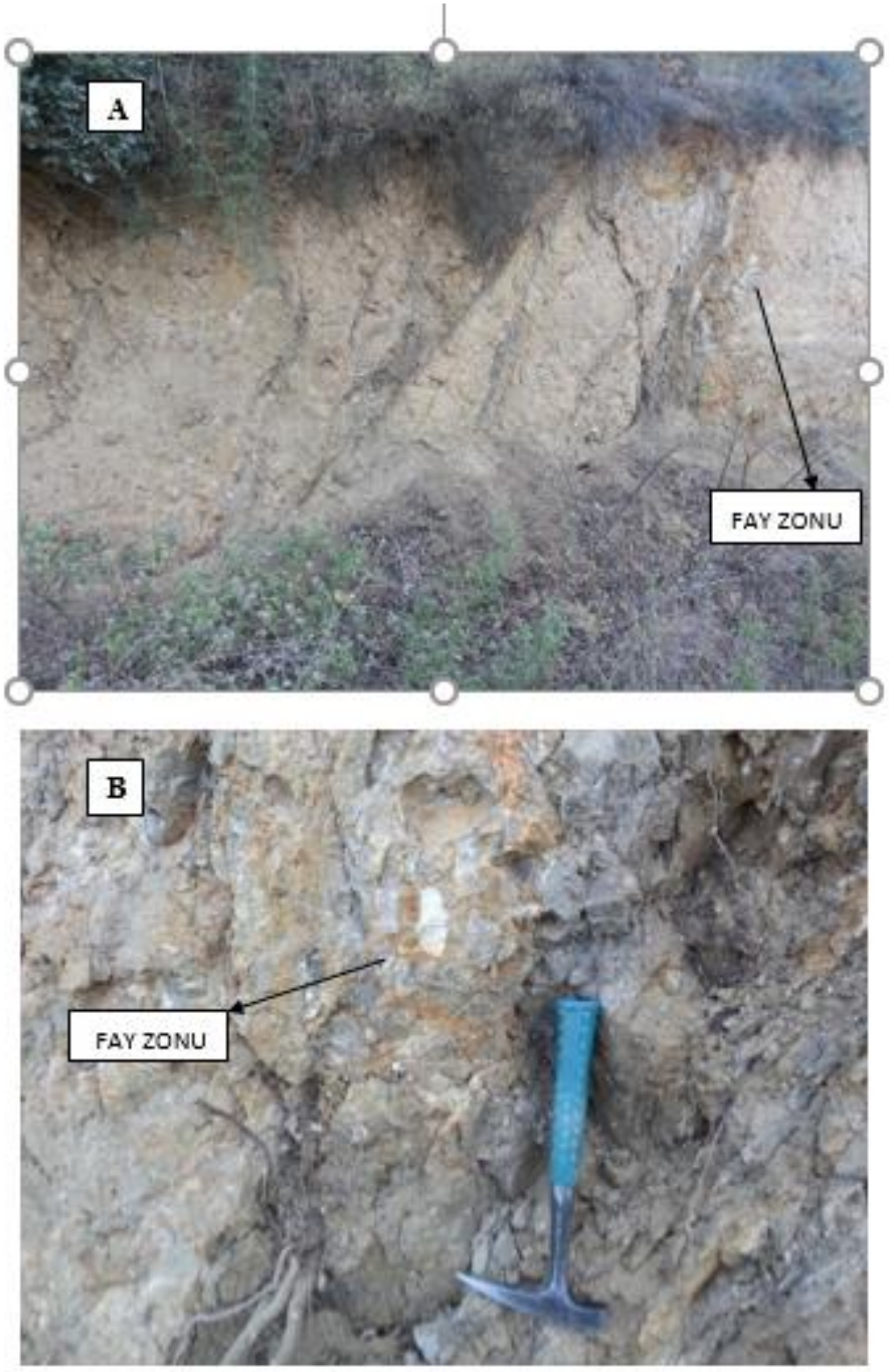
Şekil 4.38: İznik-Mekece Fayı üzerinde Kaynarca Köyü'nün doğusunda, K65D doğrultusunda yaklaşık 300 metre devamlı olarak giden bir şev üzerinden bir görünüm (Bakış yönü doğuya doğrudur).

Şevin daha da güneyinde yer alan bir vadide volkanik bir bloğu kesen K80D 85 KB doğrultu ve eğim ölçümlü bir fay bulunmaktadır (Şekil 4.39). Fayın aktif olup olmadığı bilinememektedir, fakat morfolojiye bakıldığı zaman devamlılık gözlenmemektedir. Bu da büyük olasılıkla aktif olmadığına işaret etse de ana segmentin genellikle izlediği doğrultuya paralel olması sebebiyle göz önünde bulundurulması gereken bir veridir.



Şekil 4.39: Volkanik bir bloğu kesen fayın düzlemi ve fay çiziklerinin görünümü.

İznik-Mekece Fayı, Kaynarca köyünün batısında çakıl içeren kum matriksli dağılgan bir birimde gözlenmiştir. Bu birimi, K65D doğrultulu, 75KB eğimli olarak kesmektedir. Fayın düzlemi bir zon şeklindedir (Şekil 4.40). Fayın kestiği birimlerin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olması olasılıkla aktif bir fay olduğuna işaret etmektedir.



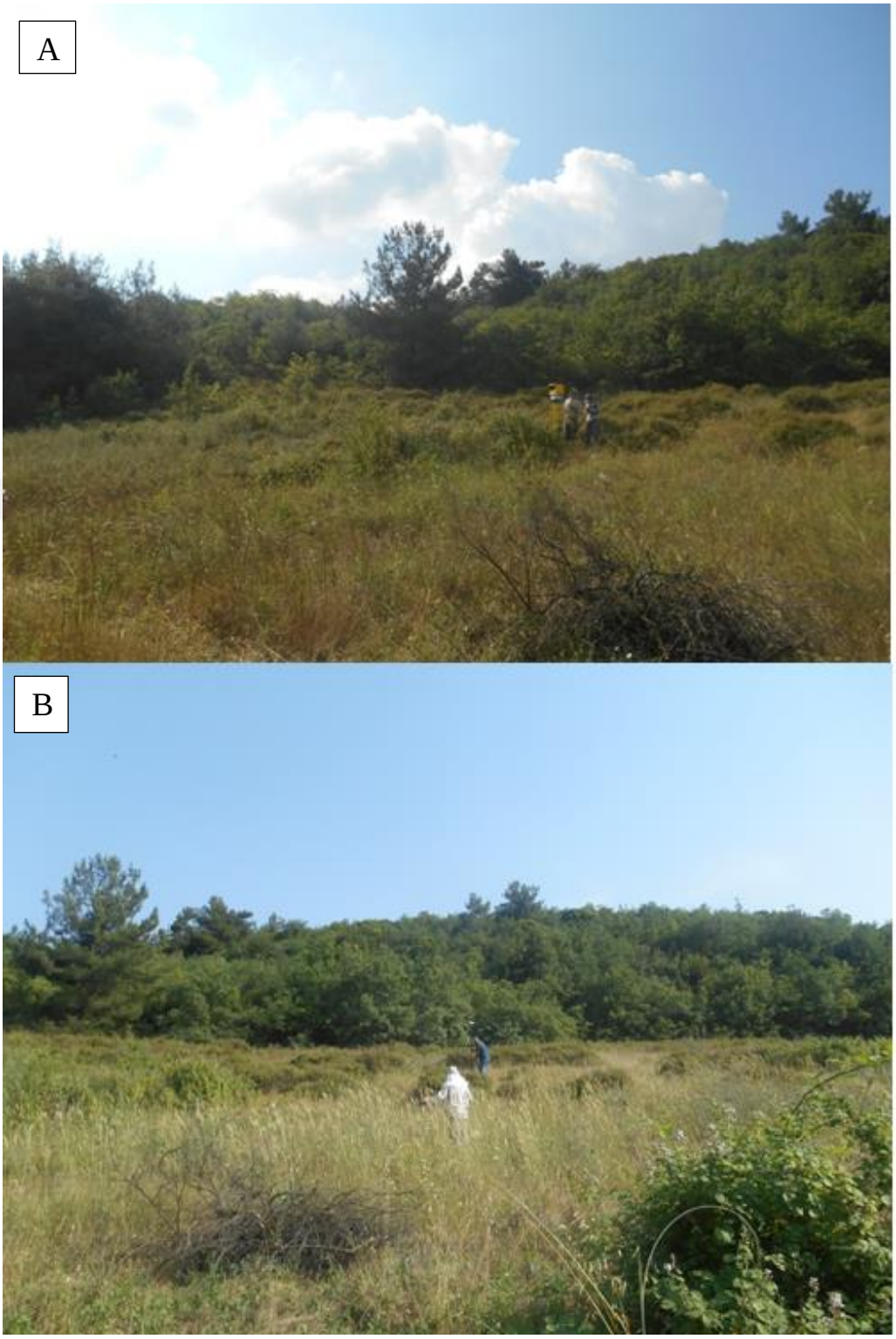
Şekil 4.40: A:Kaynarca Köyü'nün batısındaki İznik-Mekece Fay Zonu'ndan görünüm. B: Aynı fay zonunun daha yakından görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur.

Kaynarca Köyü'nün 1500 metre batısında topografyada bir kırıklık gözlenmiştir (Şekil 4.41). Morfolojideki kırıklığın gözlendiği bir başka lokasyon ise, Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında yer alır, bu lokasyonda birbirine paralel olarak K70D doğrultulu iki tane topoğrafik diklik gözlenmiştir (Şekil 4.42).

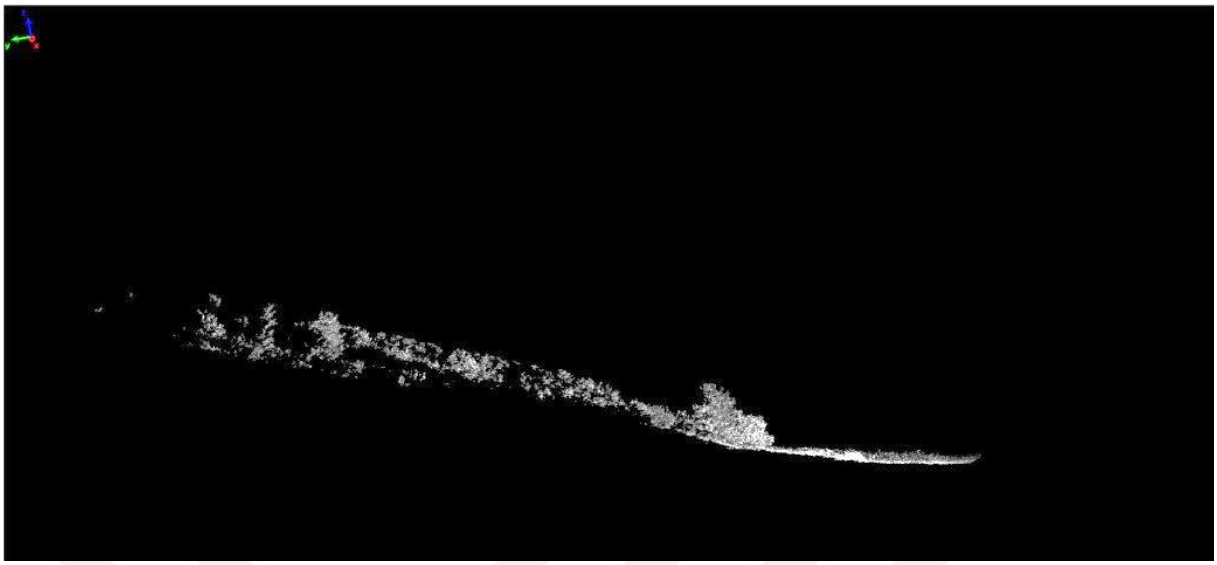


Şekil 4.41: Kaynarca köyü batısında topoğrafik kırıklık. Bakış yönü Güney'dir.

Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında KD-GB yönünde ve kademeli olarak iki tane topografik dikliğe sahip morfolojiyi detaylı olarak çalışmak amacıyla 2 adet koordinatsız LIDAR 7 ölçümü alınmıştır (Şekil 4.42, 4.43). Gözlenen dikliklerden K70D doğrultulu fay geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 4.42: A: LIDAR-7 lokasyonu ve morfolojisi. Bakış yönü güneye doğrudur. B: Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında yer alan, birbirine paralel konumlu K70D doğrultulu topoğrafik diklikler (LİDAR-7 lokasyonu). Bakış yönü güneye doğrudur.



Şekil 4.43: Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 1250 metre batısında yer alan, birbirine paralel konumlu K70D doğrultulu topoğrafik diklikler. Şekil 4.42'de genel görünümleri verilen LIDAR-7 lokasyonuna ait işlenmemiş nokta bulutu.

Beşevler Köyü doğusunda dikliğin yaklaşık K65D yönelimli bir sırtın kuzey kenarındaki morfolojiden kaynaklandığı düşünülen topoğrafik bir diklik bulunmaktadır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44: Beşevler Köyü doğusundaki topoğrafik diklik (bakış yönü doğuyadır).

İznik-Mekece Fayı'nın çalışma alanı içindeki batı kısmında Dırazali Köyü civarı ve İznik Gölü kıyısının güneydoğu kısımlarında morfotektonik belirteç olarak peş peşe ütü altı yapıları görülmektedir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45: Dırazali çevresinde görülen ütü altı yapıları. Morfoloji yapıyı belirgin ve anlaşılır hale getirmek adına 3 kat abartılı görünümüyle verilmiştir. Bakış yönü güneyedir.

4.3. PALEOSİSMOLOJİ

4.3.1. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanında daha önce paleosismoloji çalışmaları mevcuttur. Bunlardan bazıları fayın kayma hızının düşük olması ve hendek için uygun görülebilecek lokasyonlarda lokal olarak sedimantasyon hızının yüksek olması veya hızlı aşınma nedeniyle hendek lokasyonlarındaki sedimanların ve mevcudiyeti tahmin edilen eski fay izlerinin de silinmiş olma ihtimali, sebeplerle ortaya çıkartılan tarihsel depremlerin de zaman aralıklarının fazla olmasından ve ayrıca bölgedeki başta zeytin ağaçları olma üzere doğaya tahribat vermeden hendek açmanın zorluğu vb. sebeplerden dolayı tam olarak amaçlarına ulaşamamıştır. Bölgede yapılan çalışmalardan fay kazısı yöntemi ile eski deprem izlerine ulaşılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

İkeda ve diğ. (1989); İznik-Mekece fayı üzerinde, hendek açmıştır. Bu hendeğin açılmasının amaçları (1): Son faylanma aktivitelerinin yaşlandırılması ve (2):Holosen zamanda bu faya ait kayma miktarının net bir şekilde belirlenmesi şeklindedir. Son faylanma olaylarına ait

yaşlandırma çalışmasında radyokarbon yaşlandırma tekniği kullanılmış, fakat kayma miktarının tespiti başarılı olamamıştır.

Yoshioka ve Kuşçu (1994); İznik Gölü'nün doğusunda Çerkeşli Köyü'nde yer alan Çorak deresi yaklaşık sağ yanal olarak 40 metre atıma uğramıştır. Hemen çevrede fay doğrultusu boyunca fay sarplığı gözlenmesi sebebiyle çorak deresi doğusunda Çorak deresi tarafından şekillendirilmiş bir alüvyal fan üzerinde bir hendek açılmıştır. Hendek stratigrafisi 4 birimden oluşmaktadır. Bu birimler tabandan üste doğru; çakıl-kum içeren çamur akıntısı birikintisi, köşeli çakıl ve çakıl taşlarından oluşan alüvyon birimi, daha üstte toprak ve en üstte tarım uygulamaları ile tahrip olmuş zemin ve topraktan oluşmaktadır. Bahsedilen birimlerden tabandaki 2 birim minör faylar tarafından kesilmiş olup yapılan radyoaktif karbon yaş sonuçlarına göre fay aktivitesi 200-500 yıl aralığı öncesinde yaşanmıştır.

Honkura ve Işıkara (1991); İznik-Mekece arasında Çerkeşli Köyü'nde Çorak Dere kenarında iki lokasyonda hendek açmıştır. Bunların birinde yeterli veri olmadığından sonuç alınamamış, fakat diğerinde ise son depreme ait yüzey kırığı izi belirlenmiştir. Faya dik ve K-G doğrultulu açılan hendeğin derinliği 4,5 m olup, uzunluğu ise 16 m'dir. Hendeğin batı duvarında belirlenen ve bölgedeki son depremi oluşturduğu belirtilen fay, günümüzden 520 ± 100 yıl önce çökelmiş bir çökeli kesmiştir ve 230 ± 80 yıl yaşlı seviye ile örtülmüştür. Doğan (2010),bu yaşların bölgedeki tarihsel deprem kayıtları ile uyuşmadığını ileri sürer.

Barka (1993); Bu çalışmada hendek açılmadan önce uygun lokasyon belirlemek amacıyla hava fotoğrafları ve arazi gözlemleri ile hendek yerleri seçilmiş, hendek açılmadan önce ise manyetik ölçümler, sismik yansıma ve kırılma yöntemleri ile 3 boyut hakkında bilgi toplanmıştır. Bu çalışmada Kaynarca (1.2.3,4a,4b,5,6) ve Dırazali Köyü'nde Dırazali (1,2) olmak üzere toplam 9 hendek açmıştır. Özellikle Kaynarca-2 hendeğin çevresindeki morfolojik veriler ve ayrıca hendekten elde edilen tüm verileri birlikte değerlendirmiştir hendekte 3 teras tespit etmiştir. Bu terasların en az bir tanesinin eski deprem aktivitesi ile ilgili olduğunu tespit etmiş ve kesin olarak yalnızca bir deprem yorumlamanın mümkün olabileceğini (4130 ± 500 yıl) belirtmiştir. Diğer terasların flüvyal sistemin aşındırması ve daha sonra vadinin dolarak yanlara doğru yayılmış olması sonucunda meydana geldiği şeklinde yorumlamıştır. Eğer üç terasın birden dahi fayın aktivitesi ile oluştuğu varsayılsa bile, farklı seviyelerdeki birimler ve içindeki karbon örneklerinden alınan yaş verileri ile künklerin manyetik şiddet yaşı verileri birlikte

değerlendirildiğinde, fayın aktivitesinin maksimum düzeyde olduğu varsayılırsa deprem tekrarlanma aralığının minimum 1350+150 yıl olması olabileceği belirtilmiştir.

Kaynarca-3 hendeği altında bir fayın olup olmadığı belirsiz olan monoklinal bir kıvrım tespit edilmiştir. Bu monoklinal yapının kuzey bloğu aşağı doğru 20 cm'lik bir eğim atım göstermiştir. Kaynarca 2 hendeği ile aynı hat üzerinde bulunup yaş analizleri de birbiriyle tutarlı olduğu için Kaynarca 2 hendeğinde yorumlanan 1200 yıl önceki depremle ilişkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynarca-4a hendeğinde herhangi bir fay izine rastlanmamıştır. Kaynarca-4b hendeğinde toprak eski toprak, yamaç molozu ve alüvyal çökellerinden oluşmaktadır. Yamaç molozu-fan tipi olan çökeller tabakalı bir yapı göstermekte iken bu tabakalı yapı hafif monoklinal bir yapı gösterir hemen monoklinal yapının altında üçgen şeklinde bir çukurluk gözlenir. Bu çukur yapının, bu birim henüz çökelmemişken deprem sarsıntısı ile ilişkilendirilmiş ve hemen üst kesiminde eski topraktan alınan çanak örneğinin paleomanyetik şiddete göre yaşı günümüzden 1200 yıl öncesini vermiştir (Barka, 1993).

Kaynarca-5 hendeğinde fay kilinden oluşan bir zon tespit edilmiş fakat fayı örten seviyenin modern toprak örtüsü veya tarım toprağı olması sebebiyle yaş alınması sağlıklı sonuç veremeyeceğinden örnek alınmamıştır. Kaynarca-6 hendeklerinde eski fay izleri bulunmuş fakat örnek alınabilecek uygun bir karbon numunesi bulunamamıştır (Barka, 1993).

Dırazali-1 hendeğinde fay izi bulunmuş fakat alınan C14 numunelerinin mangan, mineral olduğu ortaya çıkmış ve sonuç vermemiştir. Alınan çanak parçasının analizine göre muhtemel depremin göreli olarak 1200 yıldan eski olabileceği sonucuna varılmıştır (Barka, 1993).

Dırazali-2 hendeğinde hava fotoğraflarında görülen çizgisellikten şüphelenilip sismik çalışma sonucunda fay olasılığı belirlenmiş ve hendek açılması gerçekleştirilmiştir. Fakat hendeğin kestiği fan çökellerinde herhangi bir süreksizliğe rastlanmamış şüphelenilen çizgiselliğinde eski bir yol kalıntısı olduğu sonucuna varılmıştır (Barka, 1993).

Barka (1993) bu çalışmasında elde ettiği sonuçları Kuzey Anadolu Fayı'nın İznik-Mekece arasındaki kesiminde en son depremin yaklaşık 1200 yıl önce (MS 740, Guidoboni vd. 1994; Ambraseys, 2002; Tablo-1) olmuş olabileceği ve 4150+500 yıldan 1993 yılına kadar sadece bir

deprem olduğu sonucuna varmıştır. Daha az olasılıklı bir sonuca göre ise son depremin 1200 yıl önce olduğu ve her 1350+150 yılda tekrarlanma olduğudur (Barka, 1993).

Uçarkuş (2002); Bu çalışmada Gemlik'in Karsak, Gemiç ve Akharem köyleri civarında Karsak Kazısı, Gemiç Kazısı, Akharem Kazı-1 ve Akharem Kazı-2 olarak adlandırılan 4 adet fay kazısı gerçekleştirilmiştir. Karsak kazısındaki çökeller iri taneli olmaları ile (özellikle hendek tabanındaki sel çökelleri olduğu düşünülen birim) yüksek enerjili ortamı ifade eder ve dolayısıyla kısa sürede kalın bir çökel istif birikmesine sebep olmuş olabilir. Kazıda herhangi bir deformasyon izine rastlanmamış olunmasını yüzeyde görülen oluk yapısının fay ile ilintili olmayabileceği veya deformasyon izinin yaklaşık 4 metre olan hendek duvarındaki çökellerin daha da derininde olabileceği yorumuna varılmıştır.

Gemiç kazısı açılmasına karar verilmeden önce morfolojide bir şev gözlenmiş ve Karsak kazısında tecrübe edilen sel çökellerinin devamının burada gözlenebileceği düşüncesine dayanarak kazının daha derin (6m) olmasına karar verilmiştir. Bu hendekteki stratigrafi ise masif bir yapıda ve çökel taneleri kaba olduğu için eğer varsa bile herhangi bir deformasyon izinin tespit edilmesini olanaksızlaştırmıştır (Uçarkuş, 2002).

Akharem Kazı-1 hendeğin morfolojide gözlenen bir şeve dik olarak açılmış ve hendeğin içerdiği çökellerde kolüvyal malzeme içeren ve yer yer ince çakıl içeren kil biriminden kopan merceklerin başka bir birim içinde gözlenmesine dayanarak burada bir deformasyon izi olabileceği sonucuna varılmış ve örnekleme yapılmıştır. Laboratuvar sonuçlarında kömür örneklerinin stratigrafide genç olan birimin içindeki numunenin daha altta olan birimin içindeki numunenin yaşından daha eski çıkmış olması nedeniyle bu genç çökel içindeki numunenin ya başka bir ortamdan taşınarak geldiği ya da kirlenmiş olduğunu düşündürmüştür. Tabana yakın birimden elde edilen 2975 ± 35 yıl öncesi yaşını ortamın çökelme özellikleri homojen kabul edilerek yapılan hesaba göre; 3000 yılda 3 m'lik (numunenin yüzeyden itibaren derinliği) bir çökelme olduysa deformasyonların belirteçlerinin gözlendiği birimlerin derinliği bilindiğinden günümüzden 2000 yıl öncesinde bir hareket olmuş olabileceği tahmini yürütülmüştür. Çökelme hızı sabit kabul edilerek hesap yapıldığı için ise bu tahmin kesin bir sonuç olarak değerlendirilememiştir (Uçarkuş, 2002).

Akharem-2 kazısı Akharem Kazı-1'deki şevin yaklaşık 50 metre güneydoğusunda yer alan bir lokasyonda olduğu için güneyden kuzeye akan Mahmutoğlu Deresi sağ yanal olarak sapma

gösterdiği için ve aynı deformasyon zonu içerisinde yer alabileceği düşünülerek burada hendek açılmasına karar verilmiştir fakat deformasyon izine rastlanamamıştır (Uçarkuş, 2002).

Bölgede hendek açılmasına karar verilen uygun alanlarda önceki paragraflarda bahsedildiği gibi genellikle yüksek enerjili ortamda çökelme hızının fayın kayma hızını aştığından dolayı deformasyon izlerinin daha çok derinlerde kalmış olabileceği tahmin edilmektedir (Uçarkuş, 2002).

Doğan (2010); Toplam 11 hendek açmıştır. Bunlardan çeşitli sebeplerle 5 tanesinden sonuç alınamamıştır, sonuç alınan hendekler ise faylar hakkında oldukça geniş bilgiler verip, yapılan en kapsamlı paleosismoloji çalışmalarından olduğu için sonuçlar özetlenerek anlatılacaktır. Sarıgazi fayı olarak adlandırdığı(bu çalışmada Geyve Fayı'na karşılık gelmektedir) kısımda Bh2, Bh3, Bh6 hendekleri çökelleri kesen fay izlerini ve kesilen çökellerin yaş verilerini içermektedir. Bu üç hendekteki eski deprem izlerinin en genci bölgede Tablo-1'de bahsedilen MS 1065 depremine karşılık gelebilmektedir. Bh3 hendeği Bh2 hendeğinin 8 km batısındadır, Bh6 ise Bh3 hendeğinin 14 km batısında olduğu için bu üç hendekteki veriler birlikte değerlendirilmiştir ve MS 1065 depreminin Sarıgazi (Geyve fayı) Fayı üzerinde yaklaşık 22 km'lik yüzey kırığı oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mekece Fayı (bu çalışmada İznik-Mekece Fayı'nın doğu kısmına karşılık gelmektedir) üzerinde açılan Bh7 hendeğindeki eski deprem izi ve yaş verilerine göre tarihsel kataloglarda bahsedilen MS740 depreminin bu bölgede yüzey kırığı oluşturduğu anlaşılmaktadır.

İznik Fay Zonu'nda (bu çalışmada İznik-Mekece Fayı'nın bir kısmına karşılık gelmektedir) ve Bh7 hendeğinin Barka (1993) çalışmasında açılan Kaynarca (2,3,4bve 5) hendeklerinden de MS 740 depremine ait yüzey kırığı izi belirlendiğinden dolayı, ayrıca yine Barka (1993) çalışmasında bahsedilen Dırazali-1 hendeğinde de MS 740 depremine ait fay izi bulunduğu için bu hendeklerden elde edilen tüm bu veriler korele edildiğinde MS 740 depremi ile Dırazali Fayı'nın (bu çalışmada İznik-Mekece Fayı'nın batı kısmı) yaklaşık 27 km'lik kısmı ile Mekece Fayı'nın (Bu çalışmada İznik-Mekece Fayı'nın doğu kısmı) tamamının kırıldığını Doğan, (2010) tarafından tespit edilmiştir.

Doğan (2010) tarafından Dırazali Fayı olarak adlandırılan fayın batı segmenti üzerinde Bh9 ve Bh10 hendekleri açılmıştır. Bh10 Bh9 hendeğinin 15 km batısında yer almakta olup fayı kestiği

en genç çökellerden alınan örneklerden elde edilen yaş verileri MS 1863 depreminin yüzey kırığına işaret etmekte olabilir.

Sonuç olarak Güney kol (bu çalışmada orta kol) içinde Sarıgazi fayının (Geyve fayı) tümünün M.S. 1065, Mekece fayının tümü ile Dırazali Fayı'nın doğu segmentinin MS 740 depremi ile kırıldığı, Dırazali Fayı'nın 15 km'lik batı segmentinin ise MS 1863 depremi ile kırıldığı belirlenmiştir (Doğan, 2010).

Özalp ve diğ. (2013); Gemlik körfezi doğusunda terme adlı hendek çalışması yapmış ve iki adet faylanma olayı bulmuştur. Bunlardan daha eski olanı 4 m'lik bir deformasyon zonu içerir, bu deformasyon zonu içerisinde aynı zamanda bir kolüvyal kama bulunmaktadır ve bu kolüvyal kamada daha yeni bir fay tarafından kesilmektedir. Özalp ve diğ. (2013) Daha eski deprem kataloglardaki 1419 ve 1857 depremlerine karşılık gelebileceği sonucuna varılmıştır Özalp ve diğ. (2013). Ancak 1419 depreminin özellikle Gudioboni ve Comastri (2005) tarafından güneydeki Bursa ve Mudurnu civarını etkilediği vurgusu yapılmıştır.

4.3.2. Tarihsel Depremler

Kuzey Anadolu Fayı'nın orta kolu ile ilişkili olabileceği düşünülen bellibaşlı depremlerin alt başlıkları mevcut kataloglara göre ayrıntıları aşağıda alt başlıklar halinde verilmiş ve de tabloda gösterilmiştir (Tablo, 4.1).

M.S. 24.11.29 İznik, Bithynia (Kocaeli yarımadası ve Batı Karadeniz)

Phlegon tarafından kaydedilmiş bir depremdir. Bir güneş tutulması olmuş gün karanlığa dönüp yıldızlar görülebilir hale gelmiş ve Bityhnia deprem ile sallanmıştır. Nicea'da (İznik) bir çok bina yıkılmıştır (Guidoboni ve diğ.1994).

M.S. ??.??.32 İznik

Bithynia bölgesi deprem ile sarsılmış ve İznik'te birçok ev yıkılmıştır (Ambraseys, 2009).

M.S. ??.??.69 İzmit

İzmit şiddetli bir depremle harap olmuştur. Roma hazinesinin sağladığı ödenekle yeniden inşa çalışmaları yapılmıştır (Ambraseys, 2009; Şekil 4.46).

M.S. 121 İzmit

121 yılında Bithynia'da (Kocaeli yarımadası ve Batı Karadeniz) büyük bir deprem olmuştur. İzmit ve İznik'in bir kısmında yaşam kayıpları olmuştur. İzmit ve İznik halkın bağışları ile yeniden inşa edilmiştir. Her iki şehrin yıkılan eski duvarları yeniden inşa edilmiştir (Ambraseys, 2009).

MS 123 Erdek depremi

Guidoboni ve diğ. (1994) ve Ambraseys (2009) tarihsel kaynakları araştırarak MS 123 tarihinde Erdek'i büyük ölçüde etkileyen bir depremden bahsederler. İznik ve İzmit'i de etkileyen bu depremde Erdek tamamen tahrip olmuştur. Depremin Marmara denizi kıyılarında tsunamiye de yol açtığı ileri sürülmektedir. İmparator Hadrian önemli bir bütçe ayırarak bu kentlerin yeniden inşasını sağlamıştır.

M.S.02.12.362 İznik, İzmit

Amminus tarafından kaydedilmiştir. 2 Aralıkta İzmit tamamen yıkılmış ve aynı şekilde İznik'in de önemli bir kısmı yıkılmıştır (Guidoboni ve diğ.,1994). Depremde İstanbul'da yer alan Ayasofya etkilenmiş, çatısı çökmüş ve vaiz kürsüsü hasar görmüştür. Depremden hemen önce muhtemelen öncü şoklarla ilişki olarak kaynaklar kurumuş ve su kesintisi olmuştur (Ambraseys, 2009).

Yunan yazarlar İznik şehrinin çirkin bir hal aldığını ve asla eski güzel halini alamayacağını belirtmişlerdir (Guidoboni ve diğ.,1994; Şekil 4.46).

M.S.11.10.368 İznik, Bithynia (Kocaeli yarımadası ve Batı Karadeniz)

Deprem İznik'i tamamen yıkmıştır. Sismik deniz dalgaları oluşmuştur. İznik Meclisi toplanmış, depremi ve oluşan hasarı kaydetmiştir (Guidoboni ve diğ.,1994; Şekil 4.46). Guidoboni ve diğ. (1994) ve Ambraseys (2009) tarihsel kaynakları tutulan kayıtların da yardımıyla 11 Ekim 368 tarihinde İznik ve batı marmarayı etkileyen önemli bir depremden bahseder. İznik yerleşiminde çok büyük yıkımlara yol açan bu deprem, İzmit, Bursa, İstanbul gibi çevre yerleşimlerde de surların, evlerin ve ibadethanelerin tahrip olmasına yol açmıştır (Guidoboni ve diğ.1994; Ambraseys.2002; Ambraseys.2009; Şekil 4.46).

MS 543 Erdek depremi

Guidoboni ve diğ. (1994) ve Ambraseys (2009), 543 yılında meydana gelen şiddetli bir depremde Cyzicus (Erdek) kentinin yarısının tahrip olduğunu, diğer yarısının ağır hasar gördüğünü, deprem sonrasında sismik deniz dalgalarının kenti etkilediğini belirtir.

M.S.26.10.740 İstanbul, İznik, İzmit, Praenetus, Trakya

Bu yıkıcı deprem Marmara Denizi'nin doğu kısmında etkili olmuştur. Birçok kilise, manastır ve ev yıkılmış veya harap olmuştur. Büyük insan kaybı meydana gelmiştir. İzmit ve İznik'in duvarları ciddi derecede hasar görmüş ve acilen restorasyonu istenmiştir. İznik'te hiçbir kilise ayakta kalamamıştır. Bazı bölgelerde deniz çekilmiş ve kıyı çizgisi kalıcı olarak değişmiştir. Kesin olmamakla beraber bu olay kıyının yükselmesinin bir sonucudur (Ambraseys, 2009).

Georgius Monachus'un kayıtlarına göre bu esnada İstanbul'da birçok kilise ev ve tarihi duvarda çökmeler meydana gelmiştir (Guidoboni ve diğ.1994).

M.S.09.1065 İznik

23 Eylül 1063'te başlayıp 2 yıl süren sismik bir periyot sonunda öncekilerden daha güçlü olarak Eylül 1065'te yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem İznik'i vurmuştur. St Sophia kilisesinin yanı sıra birçok tarihi duvar ve ev yıkılmıştır. İznik'te insanlar hastalıktan dolayı çok acı çekmiş ve büyük oranda ölümler olup hasarlar meydana gelmiştir. Birçok büyük ve eşsiz kiliseler yıkılmıştır. Ortodoks konseyi depremden sonra toplanmıştır ve güneşin eskisinden daha parlak ve açık olduğunu belirtmiştir (Guidoboni ve Comastri, 2005, Şekil 4.46).

M.S.26.11.1143 Bursa

Bursa'da (Prusa) önemli ölçüde hasara ve yaşam kaybına sebep olan bir depremdir. Şehrin içinden akan nehir üç gün boyunca durmuştur. Şiddetin İstanbul'dan hissedilmiş olması muhtemeldir. Bursa'daki bu deprem binalara hasar vermiştir. Herhangi bir ölüm olup olmadığı bilinmemektedir. Şehrin içinden geçen nehrin kurumasına ek olarak, halk panik halindeydi ve görünüşe göre toplu dualar düzenlenmiştir. Üç gün sonra bir artçı sarsıntı yaşanmış ve nehir yeniden akmaya başlamıştır (Ambraseys, 2009).

M.S. ??.01.1400 Bursa

Bursa' (Prusa) da yaşanan ve yıkıcı olma olasılığı taşıyan deprem. İstanbul'da yazılmış olması muhtemel olan 15. yüzyıl kısa Bizans günlüklerine göre; (Schreiner 1975, i.623), Bursa harap olmuştur. Yıkımın sebebi belirtilmemiştir (Ambraseys, 2009).

Başka bir 15. Yüzyıl yazıtı (Lampros 1910a) Manuel II' nin hükümdarlığı sırasında (1391-1425), Ocak a.M.(Byz.) 6908 (1400)'de gerçekleşen muazzam bir depremi içerir. Yeteri kadar detaya yer verilmemiştir, aynı olayın etkilerinin burada betimlendiği öne sürülebilir (Montfaucon, 1739, 549) (Ambraseys, 2009; Şekil 4.46).

M.S. 15.03.1419 Bursa

Üç gün üç gece sürdüğü düşünülen, evlere, Bursa'nın (Prusa) duvarlarına ve büyük ihtimalle bölgedeki diğer kasabalara ağır hasar veren bir depremler dizisi olmuştur. Civardaki dağın bir parçası kopmuş ve zemin yer yer yarılmıştır. Kaynaklar Mavi Vadi'ye akmaya başlamış ve nehirler taşmıştır. Artçı sarsıntılar yaklaşık 40 gün boyunca günde 3-4 sarsıntı ile hissedilmiş ve yıl boyunca sıklıkları azalarak devam etmiştir. Şehir sakinlerinin 3 ay boyunca şehir dışında kamp yapmış olma ihtimali vardır (Ambraseys, 2009, Şekil 4.46).

M.S. 05.08.1794 Bursa

Bu depremin kanıtları düzensizdir. Bursa'da Sultan Orhan'ın türbesine yapılan onarımlar 1209 a.H.yılında? bir depremin ardından yapılmıştır a.H. (29 Temmuz 1794'ten 18 Temmuz 1795'e kadar): Türbenin bir depremde çatlayan kubbesini kaplamak ve doğu duvarını onarmak için demir şeritler eklenmiştir. Onarım Ocak 1795 yılında yapılmıştır (Ayverdi 1966, 106), ki bu da depremin 1794'ün ikinci yarısında bir zamana tarihlendirmektedir. Bu olay, çağdaş takvimlerde Temmuz 1794'te Anadolu'nun merkezinde gerçekleşen depremle karıştırılır (Takvim no. 125). Sarsıntı aynı zamanda Söğüt'te zaten yıkık dökük bir durumda olan Sultan Çelebi Mehmet camisinin kubbesine de zarar vermiştir (BBA MD 203.123). Bu olayın, aynı zamanda kayıtlara göre; 1210 yılında onarılmış olan Afyon'daki Gedik Ahmet Paşa Camii'ne hasar veren deprem olduğu da muhtemeldir, a.H.(1795-96): İki kubbe tamamen çökmüştür ve diğerleri çatlamıştır (Ayverdi, 1973, 15). Bu depremin Hendek'te hissedildiği rapor edilen (al-Umari al-Athar, 271) ve hatalı olarak Çorum depremine bağlanan deprem olması muhtemeldir. Ayrıca depremin İznik'te (Dallaway 1797,156) ve İstanbul'da (Panzac, 1985, 38) da hissedildiği öne sürülebilir

(Ambraseys, 2009). Bu depremin büyüklüğü veya şiddeti ile ilgili bilgilere ulaşılamamıştır, fakat tartışmalara katkı olması açısından değerlendirilebilir.

M.S. 28.02.1855 Bursa

28 Şubat 1855'te 15 dakika kadar öncü şokları takip eden yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem on saniye sürmüş ve Bursa'nın kuzeyi ile Kemalpaşa arasında kalan kesimi etkilemiştir. Mudanya ve Apollon Gölü civarındaki köylerde büyük yıkıma yol açmıştır. Apollon Gölü Bursa arasında 300 kişi hayatını kaybetmiştir. Ulubat'ta birçok ev ve o dönemde yeni inşa edilen Yunan kilisesi çökmüş fakat duvarlarında büyük bir hasar olmamıştır.

Aralarında Geyve Hanı'nında bulunduğu birçok han hasar görmüştür (Ambraseys, 2009).

M.S. 11.04.1855 Bursa

Bu deprem Bursa ve şehrin kuzeyini etkileyen 28 Şubat depreminden sonraki en büyük artçı şok olmuştur. 25-30 saniye süren deprem bir dakika öncesindeki öncü şoklardan sonra akşam saat 19.40'ta Bursa'da meydana gelmiştir. Deprem (artçı şok) şehrin kuzeyindeki ve doğu-batı yönünde yer alan köyleri etkilemiştir. Bunlardan bazıları daha önce ana şok tarafından zarar gören köylerdir. Bursa'da bazı köyler hasar görürken bazıları ise tümüyle yıkılmıştır. Tepecik'teki 160 evden sadece biri ayakta kalabilmiştir; birçok hayvan ve 40 (ya da 48) insan ölmüştür.

Kırıklar zemini açmış ve bazı yaşlı ve büyük ağaçlar dönmüştür. Tam olarak bilinmeyen bazı yerlerde yeni kaynaklar ortaya çıkarken diğer kaynaklar ise kurumuştur. Ana şok sonrası kuruyan Kükürdlü'deki bir sıcak kaynak daha yoğun bir şekilde akmaya başlamıştır. Yıkım ana şoktaki kadar uzağa genişlememiştir. Deprem, Mudanya, Kurşunlu ve Gemlik'te güçlü bir şekilde hissedilmiştir.

M.S. 17.09.1857 Gemlik

Akşam saat 10 civarında, Gemlik ve Yalova arasında kalan alanı ciddi bir şekilde etkileyen deprem meydana gelmiştir. Özellikle Gemlik'te birçok ev ve bir han yıkılmış, limanın bir bölümü hasar görmüştür. Katırlı'da bir cezaevi yıkılmıştır. Bursa'da 30 ev yıkılmış ve birçoğu da hasar görmüştür. 20 saniye kadar süren bu deprem Prens Adaları (İstanbul) ve İznik'te güçlü

bir şekilde hissedilmiştir. Ana şoktan 12 saat sonra meydana gelen bir sarsıntı İstanbul ve Bursa'dan hissedilmiştir (Ambraseys, 2009).



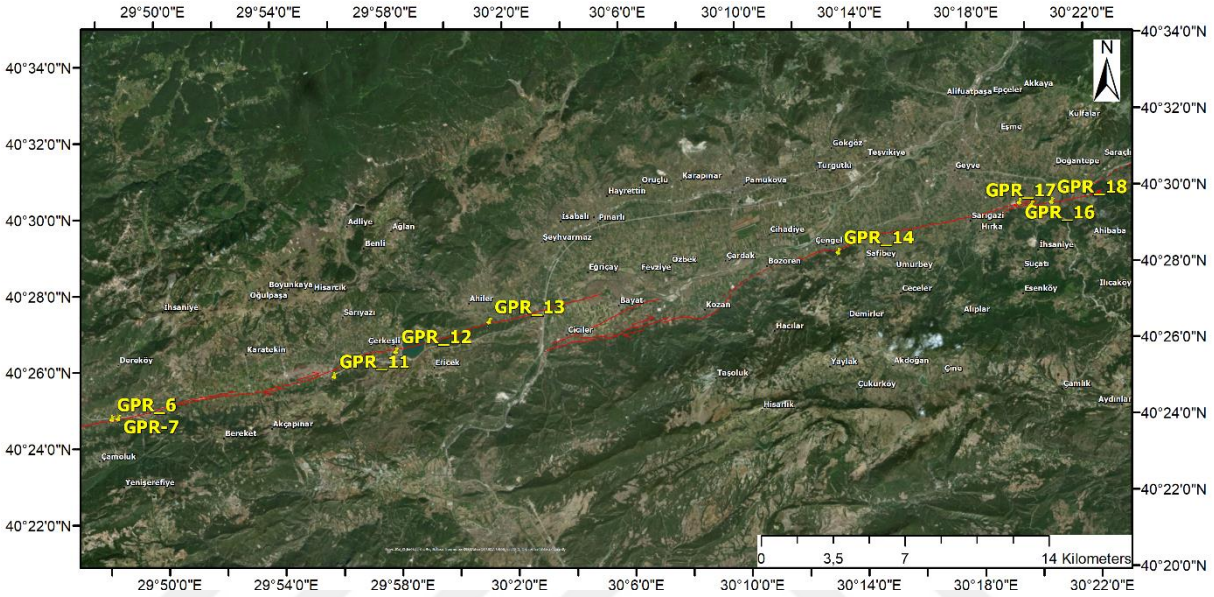
Şekil 4.46: Kataloglardan derlenen tarihsel depremlerin olası dış merkezleri (Tablo 4.2'de verilen koordinatların güvenirliliği Google Earth üzerine yerleştirilmiş ve güvenirliliğin az olduğu sonucuna varılmıştır, bu sebeple dış merkez bölgeleri için sadece kataloglardaki haritalar ve metin kısımlar dikkate alınmıştır, altık olarak kullanılan Diri Fay Haritası; Emre ve diğ. 2013'ten alınmıştır).

Tablo 4.2: KAF'ın orta kolu üzerinde olan tarihsel depremler((a): Soysal ve diğ. 1981; (b): Guidoboni vd., 1994; (c): Ambraseys ve Jackson, 1998; (d):Ambraseys ve Jackson ,2000; (e): Ambraseys, 2002. (f): Guidoboni ve Comastri, 2005; (g): Ambraseys, 2009).

No	Tarih	Koordinat	Olası dış merkez	Büyüklük (Ms)	Şiddet (Io)	Kaynaklar
1	24.11.29 (b)	40,50 K - 28,90 D (b)	İznik (b)	?	IX≤ Io ≤XI (b)	a,b
		40,40 K - 27,70 D (a)	İznik (b) İzmit (a)		IX (a)	
2	??.??.32 (b)	40,50 K - 30,50 D (e)	İznik (e)	7.0 (e)		a,b,c,e
		40,50 K - 31,50 D (c)	Gerede (c)		IX≤Io≤ XI (b)	
		40,40 K - 29,70 D (a)	İznik, Kocaeli, Bursa (a)		VIII (a)	
3	??.??.68-69 (b)	40,70 K - 30,50 D (e)	İznik (e,a)	7.0 (e)	VIII ≤ Io ≤ X (b)	a,b,e
		40,40 K - 29,70 D (a)	İzmit (a,b)		VII (a)	
4	120/128 (e)	40,50 K - 30,10 D (d)	İzmit (e,g) Erdek , İznik, İzmit, Aoria (b)	7.4 (e)	IX≤ Io ≤XI (b)	b,d,e,g
5	??.??.121 (b)	40,50 K - 30,10 D (e)	İzmit (b,e,a)	7.0 (e)	IX≤Io≤ XI (b)	a,b,e
		40,40 K - 29,70 D (a)	İznik(a)		VIII (a)	
6	11.10.123 (e,g)	40,30 K - 27,70 D (e)	Erdek (e, g)	7.0 (e)	?	e,g
7	??.??.160 160/161?	40,00 K - 27,50 D (e)	Erdek, Efes, Midilli Adası, İzmit, Bithynia, Çanakkale (b, g, e)	7.1 (e)	IX≤ Io ≤XI (b)	b,d,e,g
8	02.12.362 (b)	40,00 K - 20,20 D (e)	İznik (b,a)	6.8 (e)	VIII-IX (b)	a,b,e
		40,40 K - 29,40 D (a)	İzmit (e)		VIII (a)	
9	11.10.368 (b)	40,50 K - 30,50 D (e)	İznik (b,c,a) Persis (e)	6.8 (e)	IX≤ Io ≤XI (b)	a,b,c,e
		40,50 K - 29,50 D (c)			VII (a)	
		40,40 K - 29,70 D (a)			IX (a)	
10	07.04.460 (g) 07.04.460 (c)	40,10 K - 27,60 D (e)	Manyas (c),Erdek (a, e, g), Bandırma (a)	6.9 (e)	VIII-IX (b)	a,b,c,e,g
		40,50 K - 29,50 D (c)			VIII (a)	
		40,40 K - 27,85 D (a)				
11	06.09.543 (a)	40,30 K - 27,80 D (a)	Erdek (a,b) Bandırma (a)	?	IX (b)	a,b
					IX-X (a)	
12	??.??.715 (a)	40,40 K - 29,70 D (a)	İznik,İstanbul (a)	?	?	a
13	26.10.740 (b)	40,70 K - 28,70 D (e)	İstanbul, İznik, İzmit (b,a)	7.1 (e)	IX≤ Io ≤XI (b)	a,b,e
		40,80 K - 29,00 D (a)	Marmara (e)		VIII (a)	
14	??.09.1065 (f) (23.09.1064) (a)	40,00 K - 30,00 D (e)	İznik (e)	6.8 (e)	IX (a)	a,e,f
		40,40 K - 28,90 D (a)	İznik, Bandırma, Mürefte, İstanbul (a)			
15	26.11.1143 (f)	40,11 K -29,04 (f)	Bursa (f)	?	VII-VIII (Imax) (f)	f
16	??.01.1400 (f,g)	40.11 K - 29,04 (f)	Bursa (f)	?	VIII-IX (Imax) (f)	f,g
17	15.03.1419 (e)	40,40 K - 29,30 D (e)	Bursa (e)	7.2 (e)	VIII (Imax) (f)	c,e
		40,40 K - 30,50 D (c)	Mudurnu (c)			
18	05.08.1794 (g)	?	Bursa (g)	?	?	g
19	28.02.1855 (a,c,g,e)	40.40 K - 28.50 D (c)	Ulubat(c)	7.4 (c)	IX (a)	a,c,e,g
		40.10 K - 28.60 (e)	Bursa (e)	7.1 (e)		
20	11.04.1855 (a,c,d,g)	40,30 K - 29,10 D (c)	Gemlik (c)	6.6 (c)	X (a)	c,d,g
		40,20 K - 28,90 D (d)	Bursa (g)	6.3 (d)		
21	21.05.1857 (g)	?	Bursa (g)	?	?	g
22	17.09.1857 (g)	?	Gemlik (g)	?	?	g
23	06.11.1863	?	Gemlik (g)	?	?	g

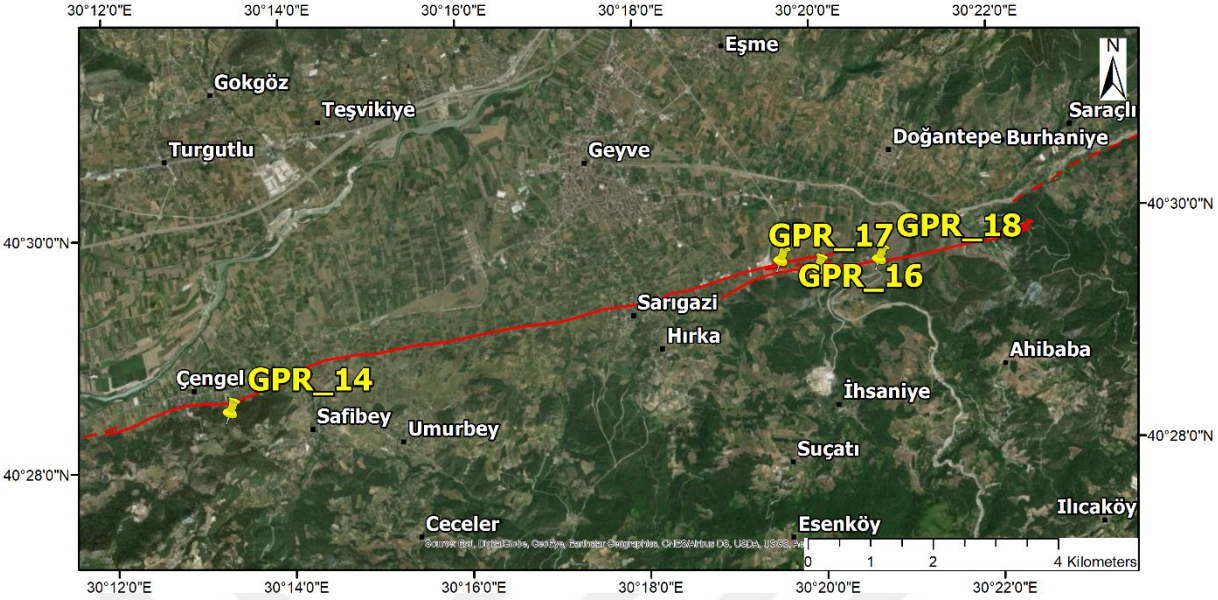
4.3.3. GPR Çalışmaları

Hendek açılan lokasyonları da kapsayan ve bu çalışma için değerlendirmeye alınan tüm GPR istasyonlarının numaraları GPR-6, GPR-7, GPR-11, GPR-12, GPR-13, GPR-14, GPR-6, GPR-16, GPR-17 ve GPR-18'dir (Şekil 4.47).

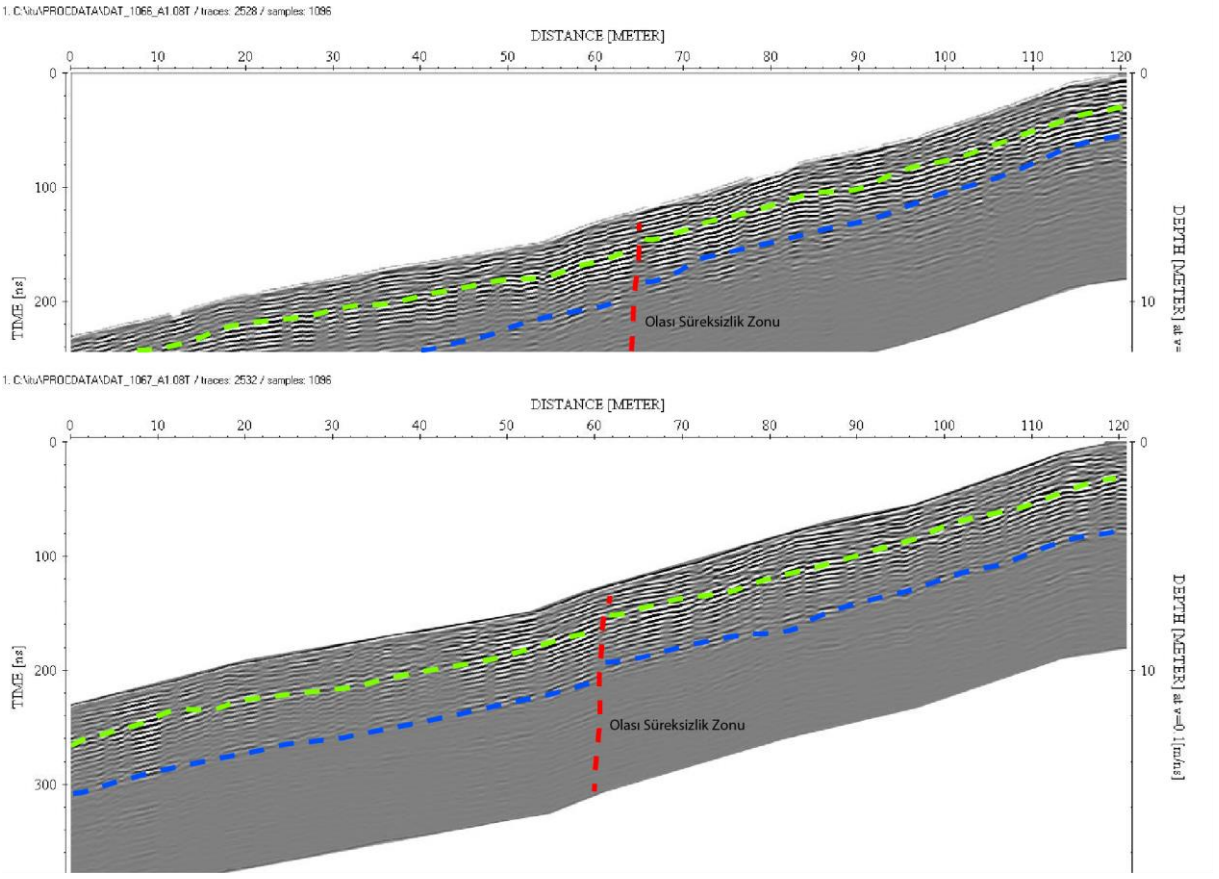


Şekil 4.47: GPR istasyonlarının numaraları ve lokasyonları.

Geyve Fayı üzerinde yapılan GPR istasyonları GPR-14, GPR-6, GPR-16, GPR-17 ve GPR-18 olup bunlardan GPR-16 hendek açılan lokasyonda yapılmıştır. Yapılması planlanan GPR-15 istasyonundan bölgedeki çökellerin oldukça homojen olmasından dolayı vazgeçilmiştir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48: Geyve Fayı üzerindeki GPR istasyonlarının lokasyonları.



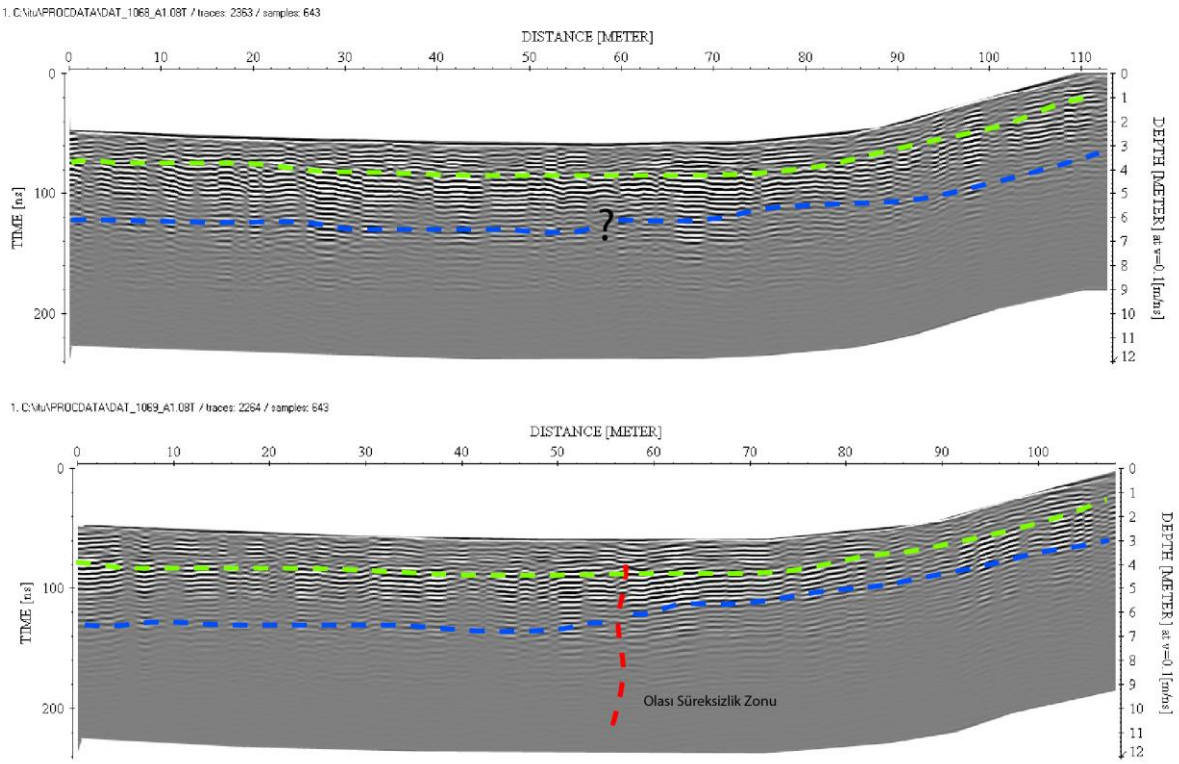
Şekil 4.49: GPR_14. PRF 1066 – 1067 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 65. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.

Lokasyon GPR_16, Geyve ilçesinin güneydoğusunda, Taraklı yolu yakınındadır (Şekil 4.50). Bu noktada en çok dikkati çeken yapı, yaklaşık 600 m ötelenmiş K-G yönlü akan dere sistemidir. Faya paralel olarak uzanan ve Geyve havzası ile fayın arasında bir yükseklik yaratan sırt ise dikkati çeken morfolojik bir yapıdır. Geyve-1 hendeği bu sırtın hemen güney yamacında yer alır. Fayın gidişatı, bu sırtın yanı sıra ani eğim kesikliği ile belirgindir. Ayrıca, mevsimlik göl oluşturan bir çöküntü alanı da mevcuttur. Özellikle yamaçlardan yerçekimine bağlı olarak gerçekleşen malzeme taşınması, başlıca çökel kaynağı oluşturur.

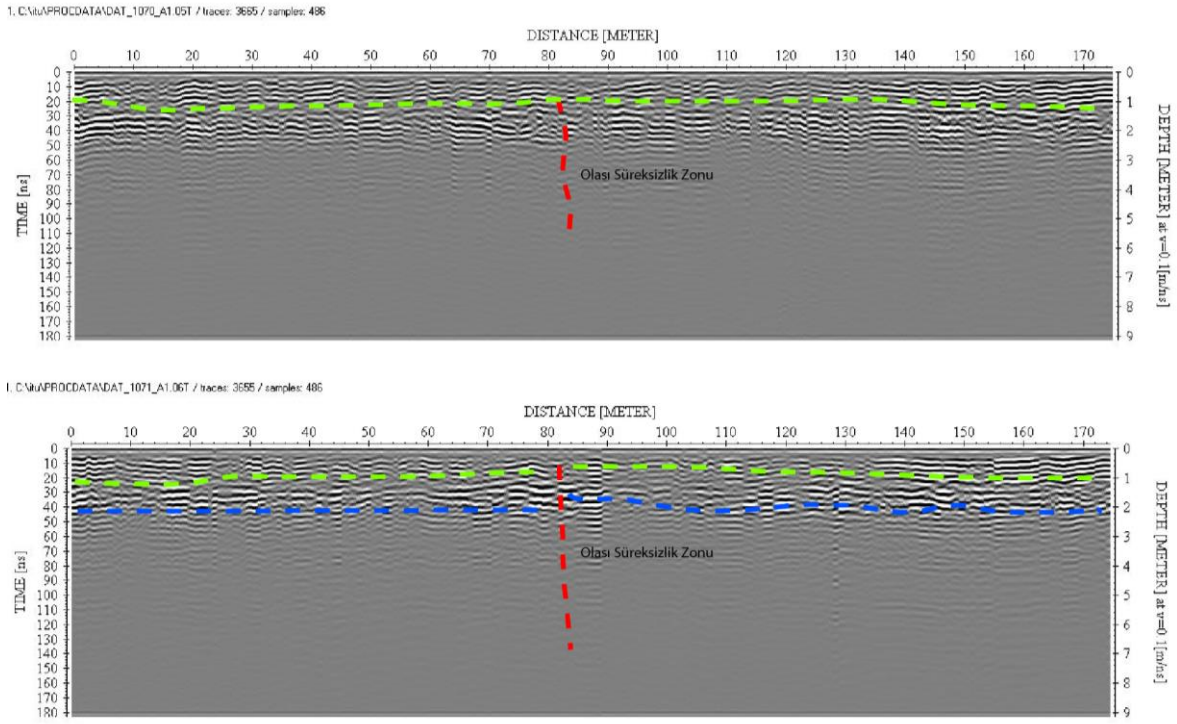
Hendek alanı olarak belirlenen bu bölgede yapılan GPR çalışmasında alınan gel-git profillerinde (PRF 1068–1069) Profillerin yatayda yaklaşık 57. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (Şekil 4.51, 4.52).



Şekil 4.50: Geyve Fayı üzerinde Geyve doğusunda, Taraklı yolu üzerindeki GPR profillerinin yeri. Batıdan doğuya Şekil 4.47'deki GPR_16 ve GPR_17 lokasyonlarına karşılık gelmektedir.

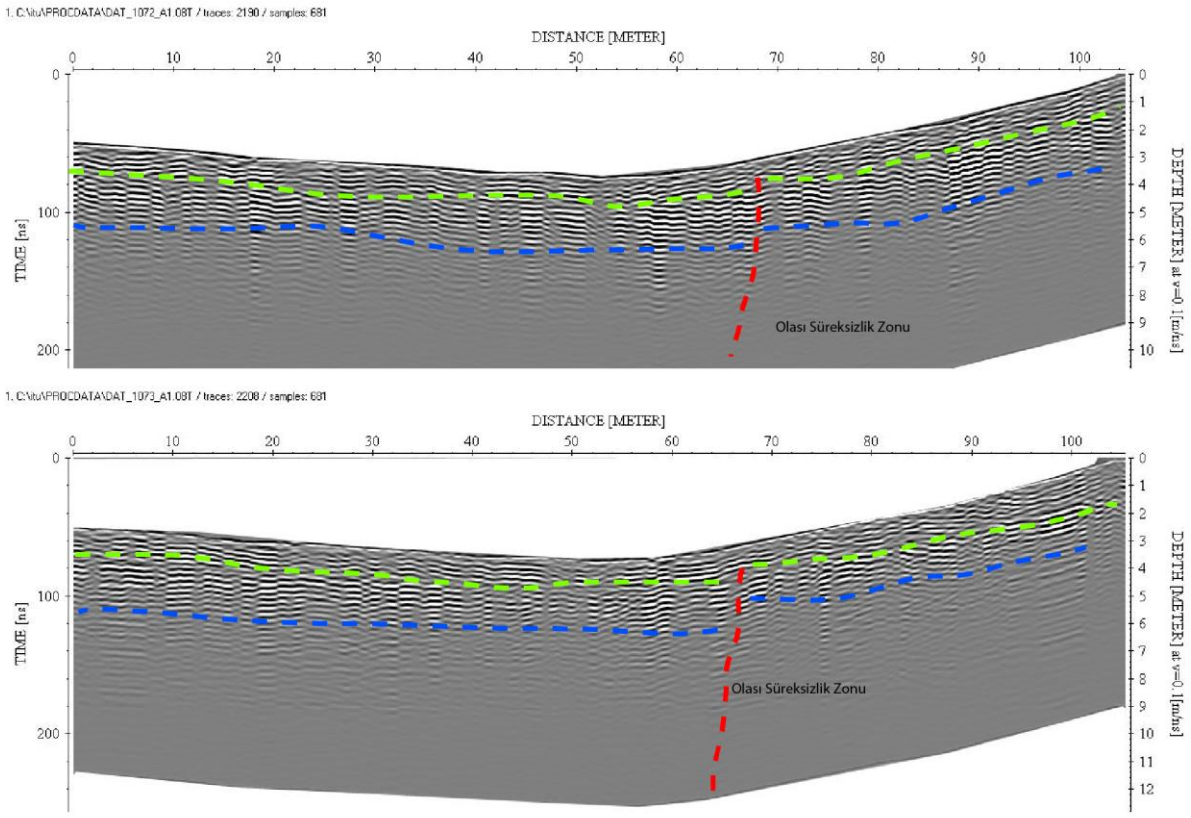


Şekil 4.51: GPR_16. PRF 1068 – 1069 (aynı alanda ''git-gel'' profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 57. m'sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali).



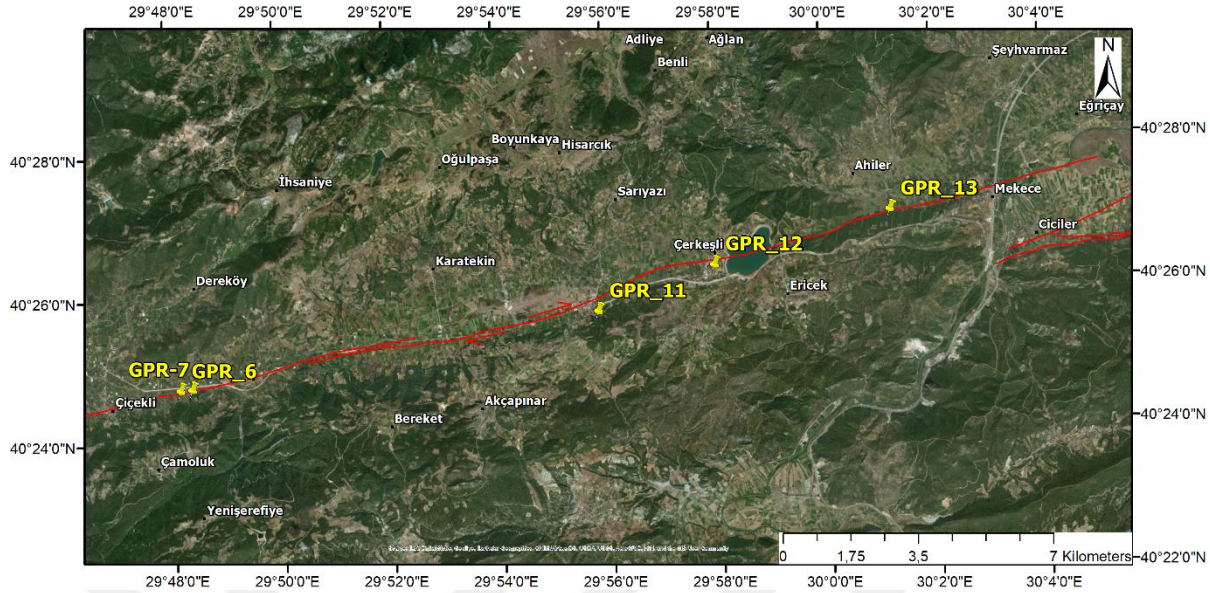
Şekil 4.52: GPR_17. PRF 1070 – 1071 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri): Profillerin yatayda yaklaşık 82. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali).

Sağ yanal olarak ötelenmiş olan İllet Dere civarında yapılan (batı kısmı) GPR 18 çalışması yapılmıştır (Şekil 4.53).

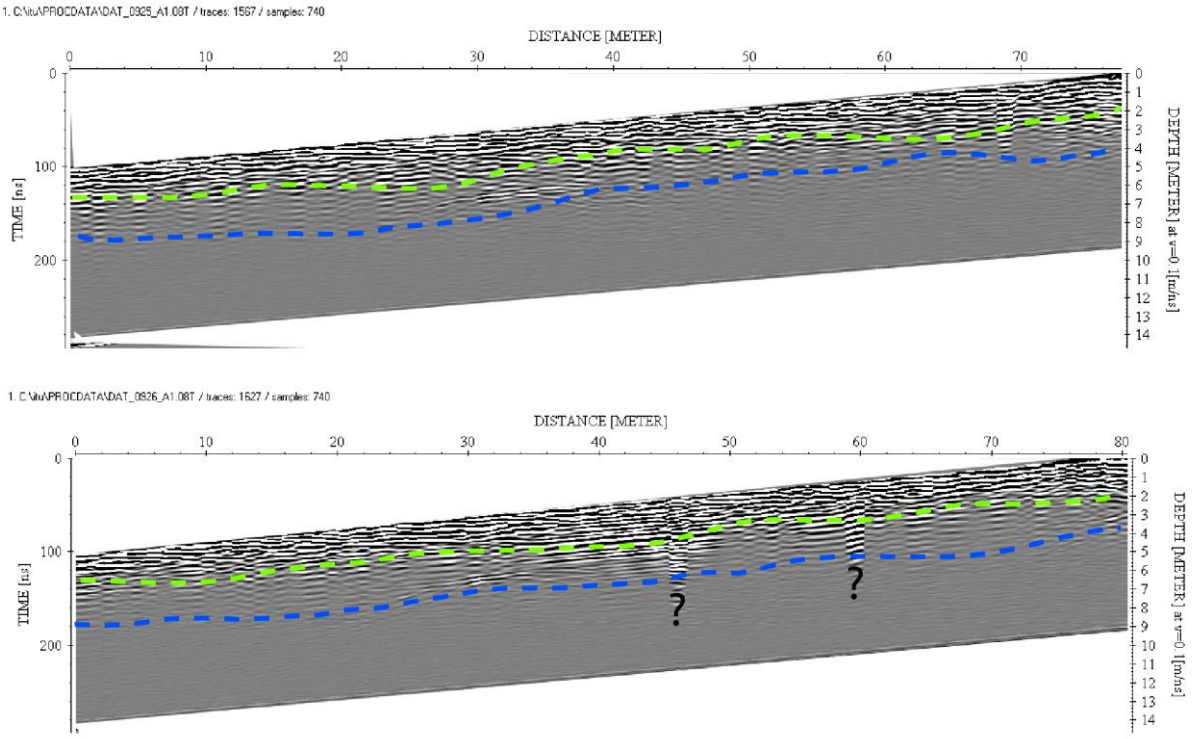


Şekil 4.53: GPR_18. PRF 1072 – 1073. (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 68. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır (çok zayıf anomali).

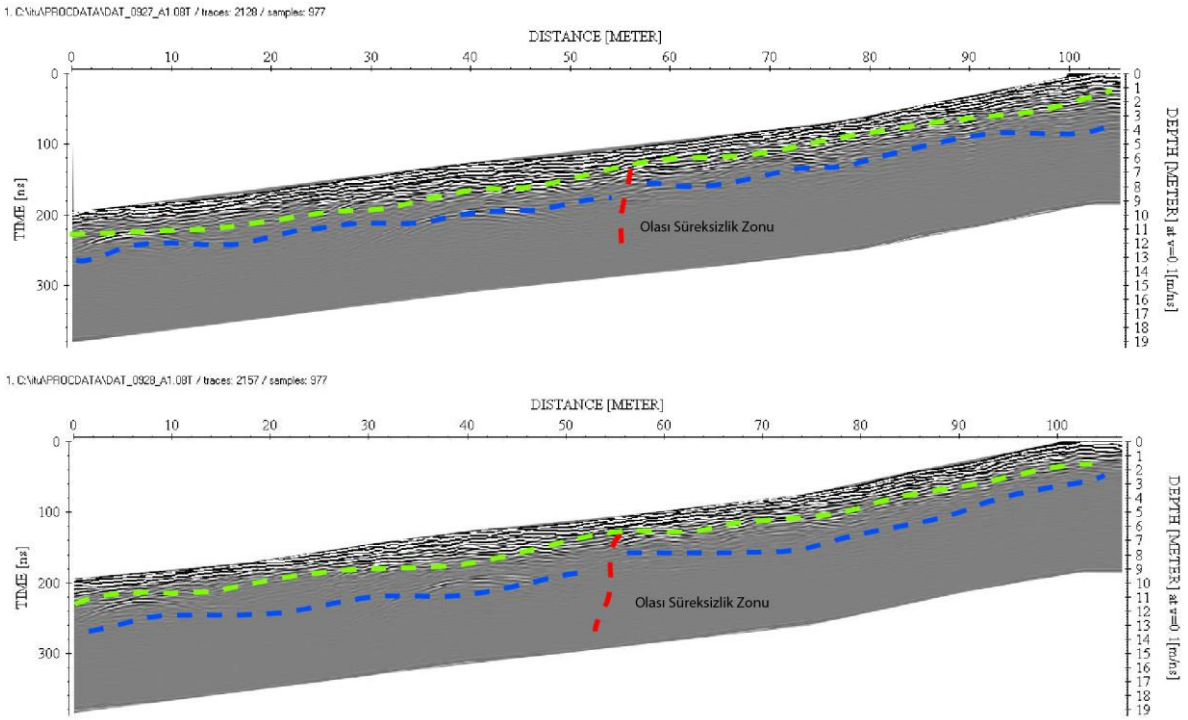
İznik-Mekece fayı üzerinde üzerindeki GPR İstasyon numaraları GPR-6, GPR-7, GPR-11, GPR-12, GPR-13 tür. GPR-13 bölgesinde 3B hendek çalışması yapıldığı için 3 ayrı hat ölçülmüştür. GPR-11 ve GPR-12 noktasında ise bitki örtüsü yoğunluğundan dolayı planlanan çalışma gerçekleşememiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54: İznik-Mekece Fayı üzerindeki GPR istasyonlarının lokasyonları.

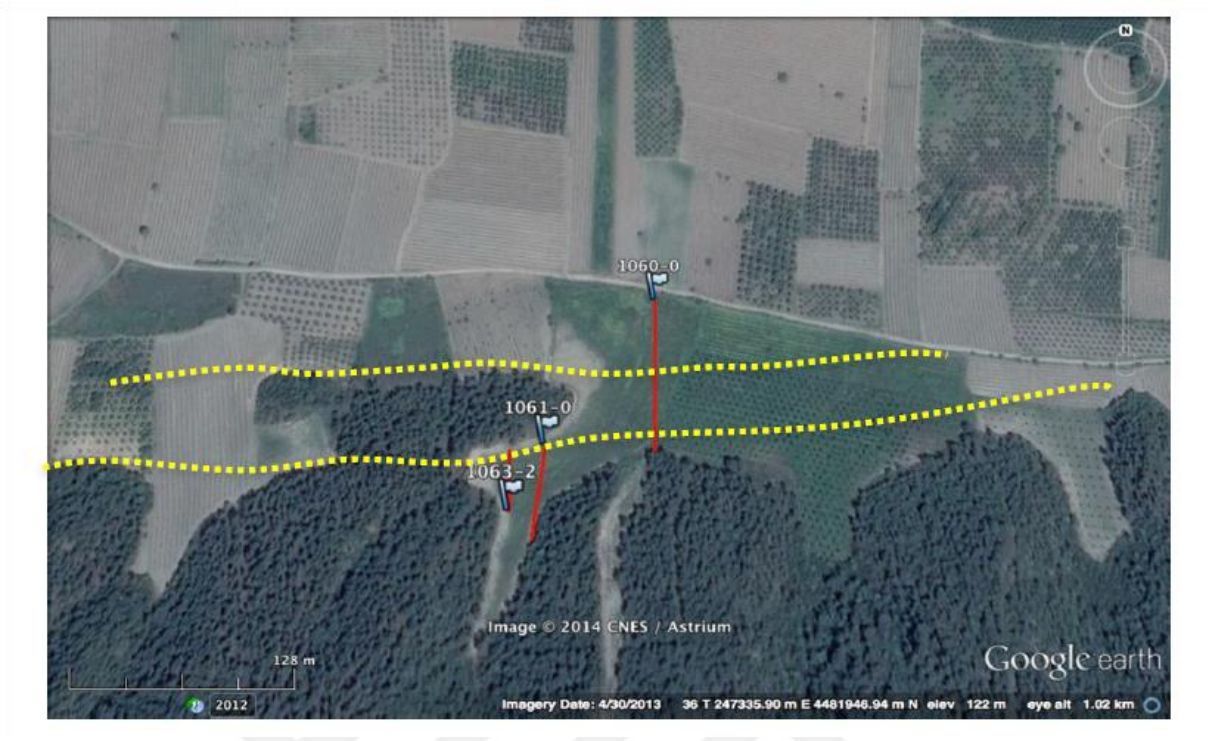


Şekil 4.55: : GPR_6. PRF 925 – 926 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerde herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır.



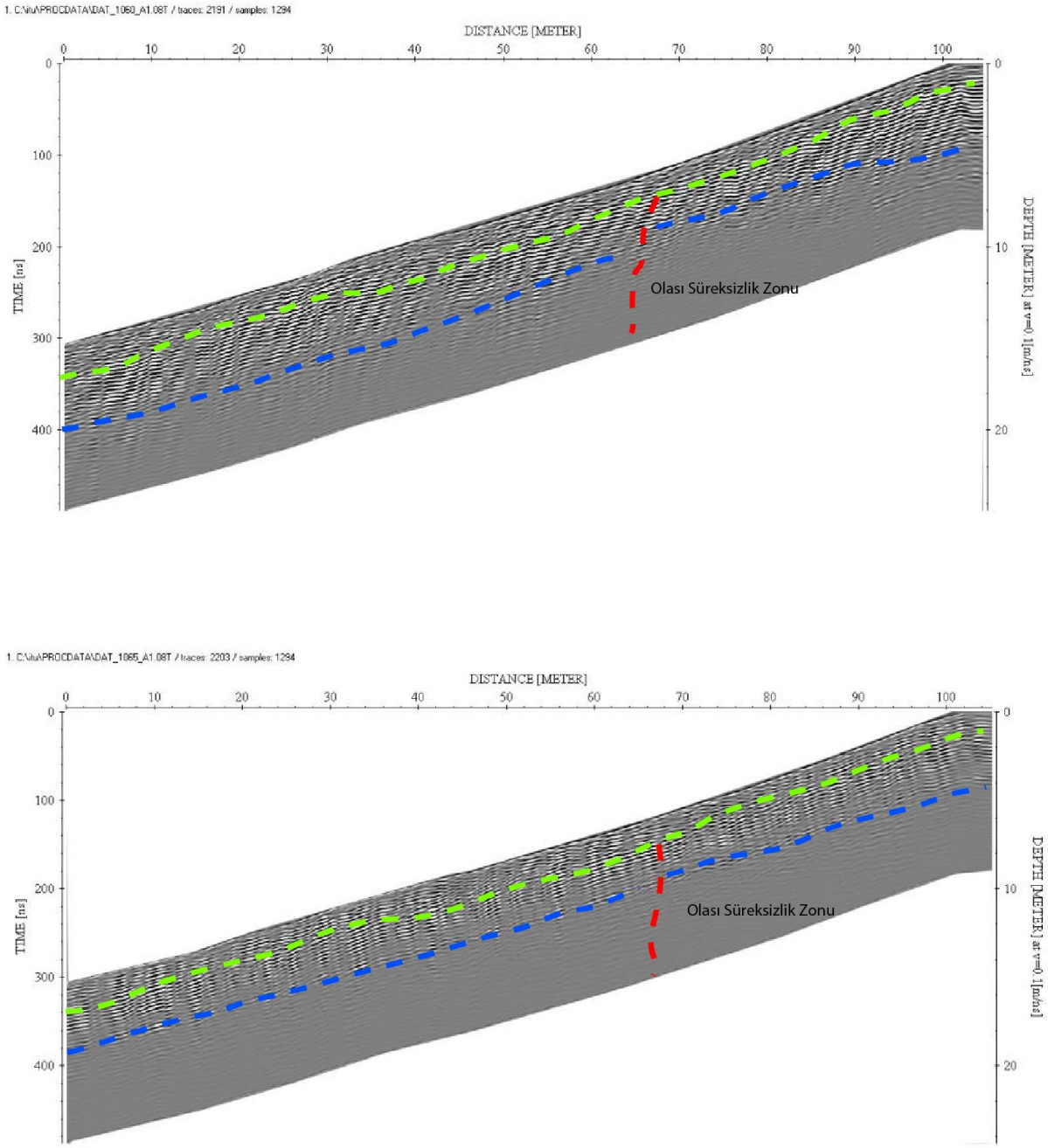
Şekil 4.56: GPR_7. PRF 927 – 928 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 58. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.

Lokasyon GPR_13, Mekece köyünün 2.5 km batısında çizgisel bir oluk geometrisinin güney kesiminde yer alır. K-G uzanan bir sırtın kuzey ucunun fay tarafından kesilmesi sonucu oluşan bir “kapan sırtı” (shutter ridge) yapısı görülmektedir (Şekil 4.57).

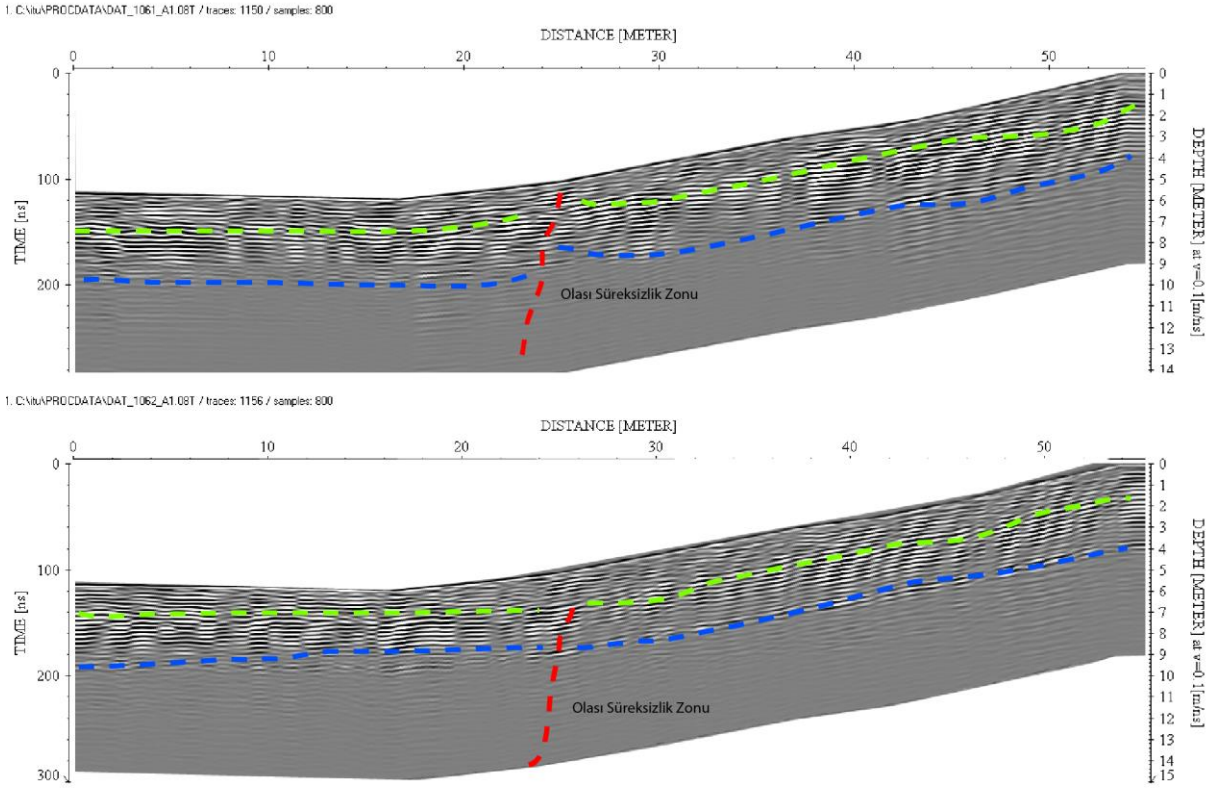


Şekil 4.57: İznik-Mekece Fayı üzerinde Mekece batısında GPR profilinin yeri. Şekil 4.54'deki GPR_13 lokasyonuna karşılık gelmektedir.

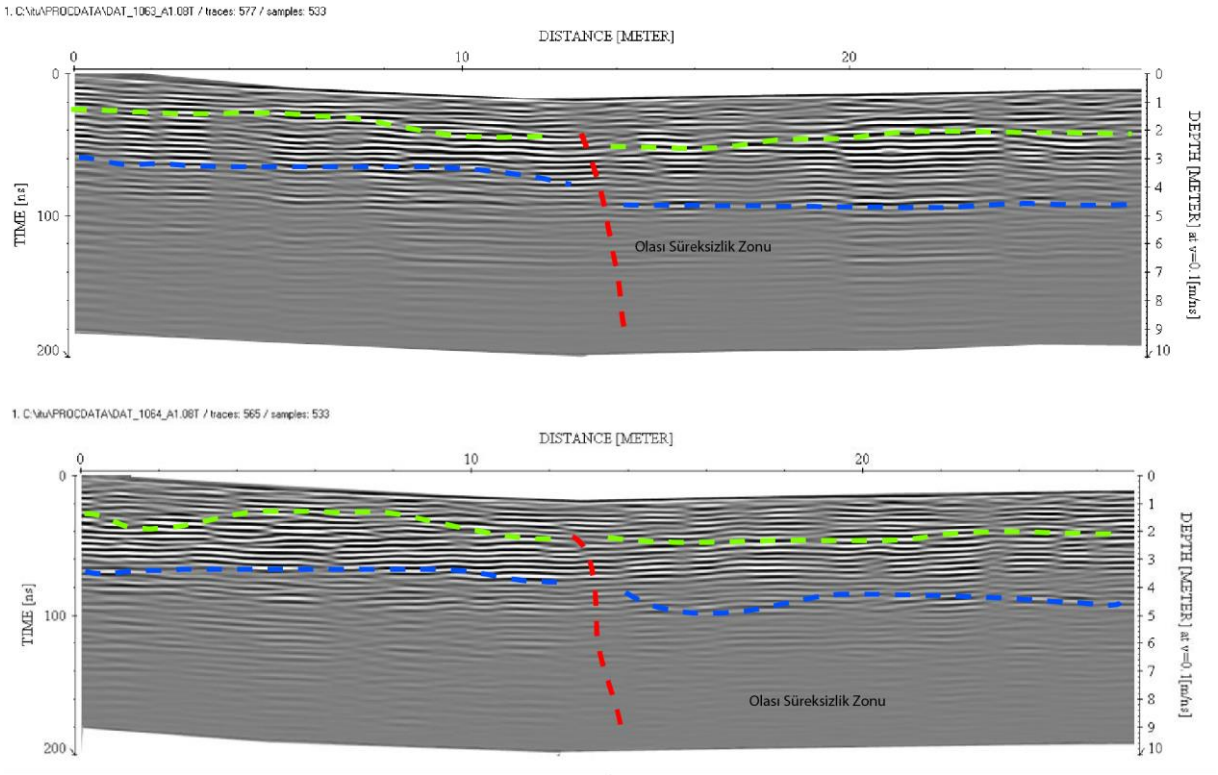
Bu lokasyonda faya dik olarak 3 adet ''git-gel'' GPR profilleri atılmıştır. Doğudan batıya doğru bu profiller sırasıyla aşağıda verilmiştir (Şekil 4.58, 4.59, 4.60). Profillerin tümünde olası süreksizlik zonu belirlenmiştir. PRF 1060 – 1065 hattında, profillerin yatayda yaklaşık 68. m'sinde (Şekil 4.58), PRF 1061 – 1062 profillerin yatayda yaklaşık 25. m'sinde (Şekil 4.59) ve PRF 1063 – 1064 profillerin yatayda yaklaşık 13. m'sinde (Şekil 4.60) olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.



Şekil 4.58: GPR_13. PRF 1060 – 1065 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 68. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.



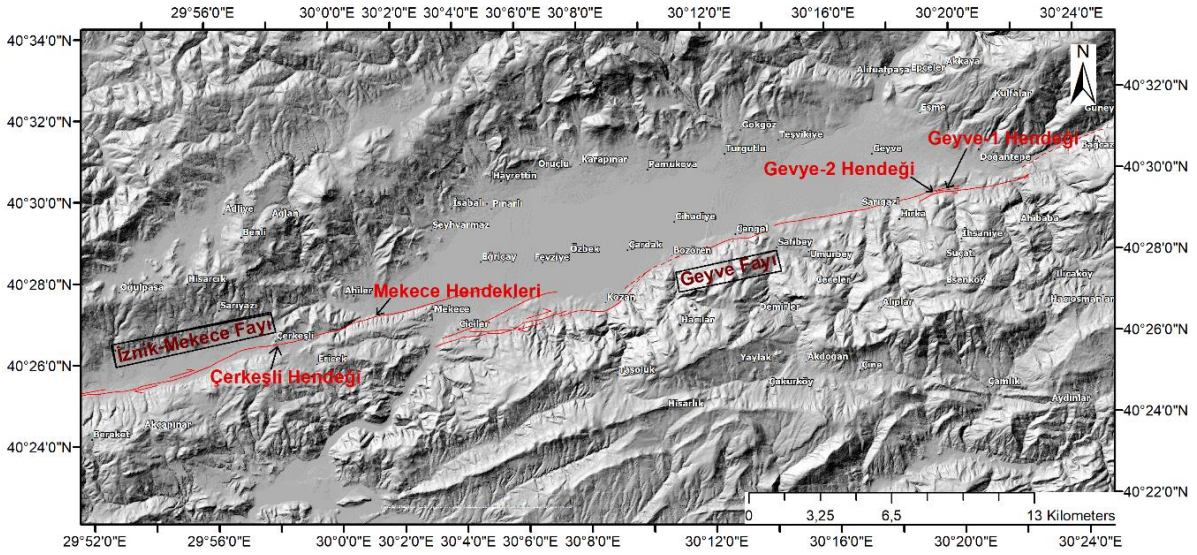
Şekil 4.59: GPR_13. PRF 1061 – 1062 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 25. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.



Şekil 4.60: GPR_13. PRF 1063 – 1064 (aynı alanda ‘’git-gel’’ profilleri). Profillerin yatayda yaklaşık 13. m’sinde olası süreksizlik zonuna rastlanmıştır.

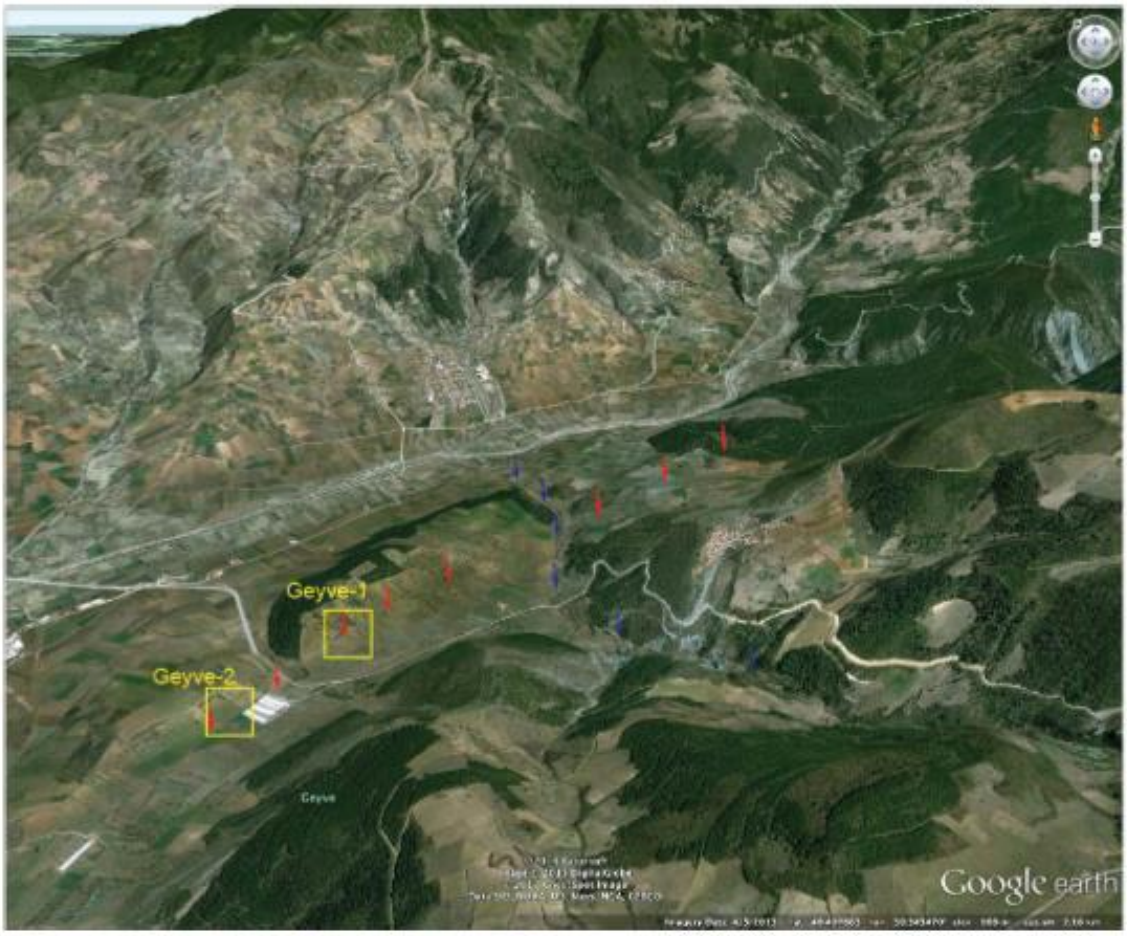
4.3.4. Hendek Çalışmaları

Proje çerçevesinde Geyve-İznik arasında yapılan ön arazi çalışmasında belirlenen hendekler Geyve, Mekece Köyü batısı ve Çerkeşli Göleti batısı olmak üzere 3 farklı alanda açılmıştır. Geyve bölgesinde açılan hendekler Geyve ilçesinin hemen doğusunda Göynük yolu yakınında yer alır (Şekil 4.61). Geyve-1 ve Geyve-2 hendeği olarak adlandırılan hendekler aşağıda tanıtılacaktır. Mekece-1 ve Mekece-5 hendek olmak üzere 2 tanesi tanıtılacak olan Mekece hendekleri, Mekece Köyü’nün 2500 metre doğusunda açılmıştır. Çerkeşli Göleti batısında ise bir tane hendek açılmıştır.



Şekil 4.61: Çalışma alanında açılan tüm hendeklerin yaklaşık lokasyonlarını gösterir harita.

Proje çerçevesinde Geyve-İznik arasında yapılan ön arazi çalışmasında belirlenen hendek alanlarından Geyve civarında olanlar açılarak fayın tarihçesi araştırılmıştır. Bu hendek alanları Geyve ilçesinin hemen doğusunda Göynük yolu yakınında yer alır. Geyve-1 ve Geyve-2 hendeği olarak adlandırılan hendekler aşağıda tanıtılacaktır (Şekil 4.62).



Şekil 4.62: Geyve güneydoğusunda fayın çöküntü alanı içerisindeki konumu kırmızı oklarla gösterilmiştir. Üzerinde yaklaşık 580 m ötelenme ölçülen bir derenin yanı sıra, faya paralel uzanan sırt dikkati çeken başlıca morfotektonik yapılar arasında yer alır. Geyve-1 hendeği bu sırtın hemen güney kenarında konumlandırılmışken, Geyve-2 hendeği ilk lokasyonun güneybatısında bir yerel çöküntü alanının kenarındadır. Görüntü Google Earth veri tabanından alınmış, bakış yönü oblik bir açıyla kabaca GB'dan KD'ya doğrudur.

4.3.4.1. Geyve-1 Hendeği

Geyve-1 hendeği konum olarak, faya kabaca paralel uzanan bir sırtın güney yakasında yer alır (Şekil 4.63). Fayın gidişatı, bu sırtın yanı sıra ani eğim kesikliği ile belirgindir. Ayrıca, mevsimlik göl oluşturan bir çöküntü alanı da mevcuttur. Özellikle yamaçlardan yerçekimine bağlı olarak gerçekleşen malzeme taşınması, başlıca çökel kaynağı oluşturur.



Şekil 4.63: Geyve-1 hendek yerinin görünümü. A: bakış yönü güneye B: Bakış yönü kuzeyedir.

Geyve-1 Hendeği bölgedeki fay izine dik olarak K10B konumunda açılmıştır. Hendeğin uzunluğu 30, derinliği ise 3 metredir (Şekil 4.64). Düz hendek tipinde açılan hendeğin her iki duvarı da temizlenmiş, doğu duvarı birer metre aralıklarla gridlenmiştir. Hendeğin kuzeyinde bulunan topoğrafyadan beslenen ince taneli yıkama/yamaç çökelleri hakim stratigrafik birimleri oluşturur. Hendek stratigrafisinin en altında kahvemsi gri kumlu/siltli kil görülür. Bu seviye erozyonal bir yüzeye sahiptir ve koyu kahverengi, kalişli bir kil ile örtülmüştür. Bu seviyenin

de üzeri erozyonaldır ve kahvemsi sarı kumlu silt ile üzerlenmiştir. Hendeğin kuzeyinde yaklaşık olarak 2 metre olan birim güneye doğru tedrici olarak incelir. Bu üç ana seviye daha ince bazı seviyeler de içerir. 9. ve 18. metreler arasında koyu kahve kil ile sarı silt arasında maksimum 20 cm kalınlığında yeşilimsi kahve kumlu kil yer alır. 4. metre ile 18. metre arasında kahvemsi sarı kumlu siltin üzerinde güneye doğru incelerek kamalanan bloklu bir kahverengi kil görülür. Bunun üzerinde yine ince seviyeler halinde 19. metrede kamalanan açık kahve kumlu silt ve kahvemsi sarı çakıllı/kumlu silt depolanmıştır.

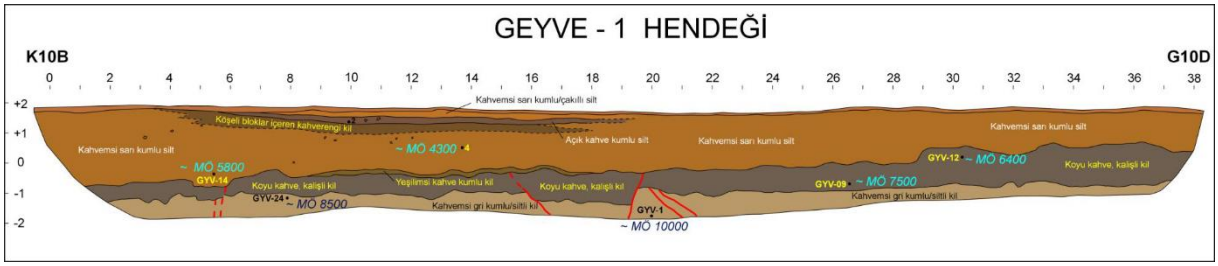
Hendek stratigrafisi ve yapı ilişkisine bakıldığında iki olay tanımlanmıştır. Daha eski olan 20-22. metrelerde birbirine paralel iki fay kolu ile temsil edilir. Hendeğin tabanındaki kahvemsi gri kumlu/siltli kil seviyesini kesen bu faylar 40-50 derece güneye eğimlidir. Faylar koyu kahve kalişli kil ile örtülmüştür. Bu iki seviye arasındaki sınır, hemen 1 metre kuzeyde (20. metre) dikçe kuzeye eğimli daha genç bir fay tarafından kesilir (Şekil 4.65). Benzer bir ilişki 15. metrede güneye eğimli bir fay ile belirgindir. Bu seviyelerin üzerine gelen kahvemsi sarı kumlu silt fayları örter ve bu çökel sınırlarında herhangi bir yer değiştirme görülmemiştir. İki olayı yansıtan benzer stratigrafik ve yapısal ilişkiler çok belirgin olmasa da 6. metrede de tespit edilmiştir. Hendek duvarlarında başka yüzey kırığı oluşturmuş bir deprem verisi görülmemiştir (Şekil 4.66). Eski depremleri tarihlendirmek ve sedimantasyon hızını anlamak amacıyla 20 adet kömürleşmiş bitki parçası örneği alınmıştır ve bu örnekler Amerika'daki Beta Analytics Laboratuvarında yaşlandırılmıştır (Tablo 4.3). Yaş verileri tahmin edilenden daha eski çıkmıştır. Bunun nedeni daha yeni depremlerle ilişkili fayların bu hattın dışında ve kuvvetle muhtemel olarak hendeğin güney kısmında kalmış olması olabilir. Buna rağmen yaş verileri iki eski depremi alttan ve üstten sınırlamaktadır. Bu hendekten gelen yaş verileri, tespit edilen iki depremin yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte yaklaşık olarak MÖ 6000 ve MÖ 8000 yıllarında meydana geldiğini gösterir (Şekil 4.66).



Şekil 4.64: Geyve-1 hendeğinin genel görünümü.



Şekil 4.65: Geyve-1 hendeğinin 20. metresinde görülen fay.



Şekil 4.66: Geyve-1 hendeği doğu duvarının ölçekli logu.

Tablo 4.3: Geyve-1 hendeğine ait C14 yaşlandırması sonuçları.

Submitter No.	Measured Age	13C/12C	Conventional Age	2 Sigma Calibration
GYV-01	10270 +/- 30 BP	-22.7 o/oo	10310 +/- 30 BP	Cal BC 10205 to 10065 (Cal BP 12155 to 12015)
GYV-04	5460 +/- 30 BP	-25.0 o/oo	5460 +/- 30 BP	Cal BC 4300 to 4260 (Cal BP 6250 to 6210)
GYV-09	8540 +/- 30 BP	-25.4 o/oo	8530 +/- 30 BP	Cal BC 7590 to 7540 (Cal BP 9540 to 9490)
GYV-12	7570 +/- 30 BP	-25.3 o/oo	7570 +/- 30 BP	Cal BC 6460 to 6400 (Cal BP 8410 to 8350)
GYV-14	6940 +/- 30 BP	-25.3 o/oo	6940 +/- 30 BP	Cal BC 5890 to 5740 (Cal BP 7840 to 7690)
GYV-24	9170 +/- 40 BP	-24.8 o/oo	9170 +/- 40 BP	Cal BC 8530 to 8515 (Cal BP 10480 to 10465

4.3.4.2 Geyve-2 Hendeği

Geyve-2 hendeği Geyve-1 hendeğinin yaklaşık olarak 500 metre batısında benzer bir morfolojik oluk yapısı içinde açılmıştır. Geyve-2 hendeği, morfolojik olarak, KD kısımlarında daha belirgin olan, ancak yeni hendek lokasyonunda yükseltisi azalan sırtın güney yamacındadır (Şekil 4.67). Sırt yamacının ani kesilmesi ve bu sınır kesiminde görülen belirgin bir şevin varlığı bölgenin hendek çalışması seçilmesinde başlıca etken olmuştur. Burada bulunan çimento fabrikası ve tavuk çiftliği yapılarının varlığına rağmen kısmen korunmuş, sazlık halindeki çöküntü alanı dikkati çeker. Sazlık bitki örtüsünün hakim olduğu ve yerel olarak mevsimlik su birikimine açık olan bu kesimin ideal çökel ortamı sağlayacağı düşünülerek Geyve-2 hendek çalışmasının bu noktada yapılmasına karar verilmiştir.



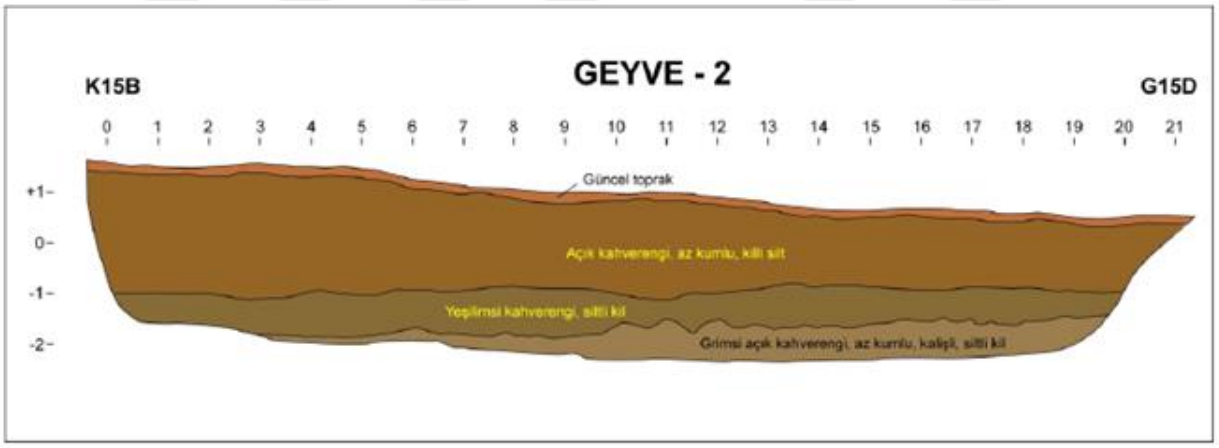
Şekil 4.67: Geyve-2 hendek yeri. Bakış güneye doğrudur.

Bölgedeki fay izine dik olarak K15B konumunda açılan hendeğin uzunluğu 21 metre, derinliği ise 3 metredir (Şekil 4.68). Düz hendek tipinde açılan hendeğin her iki duvarı da temizlenmiş, doğu duvarı 1'e 1 metre boyutlarla gridlenmiştir ve loglanmıştır. Oluk geometrisinin kuzey ve güneyinde yükseltiler bulunsa da hendeğin stratigrafisi, kuzeyinde bulunan topoğrafyadan beslenir. İnce taneli yıkama/yamaç ve süprüntü çökelleri hendek duvarlarında gözlenen hakim stratigrafik birimleri oluşturur. Grimsi açık kahverengi, kalişli, siltli kil, hendekte görülen en alt birimi oluşturur. Erozyonal bir yüzeye sahip olan bu birim, yeşilimsi kahve siltli kil tarafından üzerlenir. Yaklaşık olarak 80-100 cm kalınlığındaki bu seviye yer yer nodüler kaliş içerir. Bu birim, yaklaşık 2 metre kalınlığında açık kahverengi kumlu/siltli kil tarafından uyumlu olarak üzerlenir. En üstte ise güncel toprak yer alır.

Hendek stratigrafisinde yapısal bir unsur görülmemiştir, bu nedenle herhangi bir olay tanımlanmamıştır. Bunun sebebi yapının daha derinde gömülü kalması veya hendek dışında kalmış olması olarak değerlendirilmiştir. Herhangi bir deprem verisi olmadığı için hendekten örnek alınmamıştır (Şekil 4.69).



Şekil 4.68: Geyve-2 hendeğinin genel görünümü



Şekil 4.69: Geyve-2 hendeği doğu duvarının ölçekli logu.

Mekece hendekleri; Mekece Köyü'nün 2500 metre batısındaki bir bölgede yer alır. Hendek açılan bölge alüvyal yelpaze ve yamaç çökellerinden oluşmaktadır. Çökeller bölgenin morfolojisini şekillendirmektedir. Hendek yeri çevresinde morfotektonik belirteç olarak sağ yanal ötelenmiş dere yatağı, belirli kısımlarında üzerindeki yapay dolgu sebebiyle çok belirgin olarak gözükmeyen fay denetiminde gelişen eyer yapısı bulunmaktadır (Şekil 4.70 ve 4.71). Ayrıca sağ yanal ötelenmiş bir kapan sırtı (shutter ridge) bulunmaktadır (Şekil 4.72).



Şekil 4.70: Mekece hendek alanının morfotektonik özellikleri



Şekil 4.71: İznik-Mekece Fayı denetiminde gelişmiş olan eyer yapısı



Şekil 4.72: İznik-Mekece Fayı kuzeyinde bulunan kapan sırtı. Bakış yönü güneybatıya doğrudur.

Hendek alanında kuzeye eğimli bir yamaçta yer alan geçici dere yatağının ve buna dik bir kapan sırtının oluşturduğu bir morfoloji vardır. Güncel sedimantasyonun kaynağı esas olarak vadiden gelen kaba taneli malzeme kısmen de yamaç-yıkama çökelleridir. Fayın konumu D-B hendeğin konumu ise yaklaşık kuzey-güneydir. Hendek basamaklı olarak açılmış ve doğu ve batı duvarları temizlenmiştir. Alt basamaklardaki duvarlar kısmen daha kısadır. Hendek duvarlarında hem geçici dere çökellerinden kaynaklanan kaba malzeme hem de sakin dönemlerde yamaçlardan süpürülen ince taneli malzeme görülür.

4.3.4.3. Mekece-1 Hendeği

Mekece-1 hendeği ötelenmiş dere yatağının batı kenarında ve faya dik olarak açılmıştır (Şekil 4.73).



Şekil 4.73: Mekece-1 hendeği lokasyonu (Bakış yönü güneye doğrudur).

14 metre uzunluğundaki Mekece-1 hendeği doğu duvarı üst kısmının derinliği 3 metredir. Hendek duvarları 1x1 metre aralıklı olarak gridlenmiş ve loglanmıştır (Şekil 4.74). Hendek stratigrafisinin en altında ve 8. ve 14. metreler arasında ortalama kalınlığı 50 cm olan grimsi yeşil kil gözükmektedir. Bu seviyenin üzerinde eğimli olarak alttan üste doğru sırasıyla yeşilimsi koyu kahve, siltli kil, yeşilimsi kahve çakıllı kil, açık yeşil, kalişli kil ve kahverengi çakıllı, kalişli, siltli kil vardır. Bu eğimli birimler kuzeyden bir fay (4. metrede) tarafından (Şekil 4.75) sınırlandırılmış olup kalınlığı ortalama 20 cm olan sarı silt tarafından örtülmektedir. Sarı silt birimi de 4. metrede fay ile sınırlandırılmış olup 7.metrede ise kamalanmaktadır.

Hendek tabanının en altındaki (doğu duvarının güney kısmında) grimsi yeşil kil birimi örten bir diğer birim, erozyonal tabanlı ve merceğimsi bir görünüm kazanmış olup 8. ve 10,5. metreler arasında gözlenen grimsi yeşil, az çakıllı, killi silttir. Bu birimin üzerinde erozyonal tabanlı olup 7. ve 9,5. metreler arasında merceğimsi bir görünüme sahip olan kahvemsi sarı, ince kumlu silt bulunur.

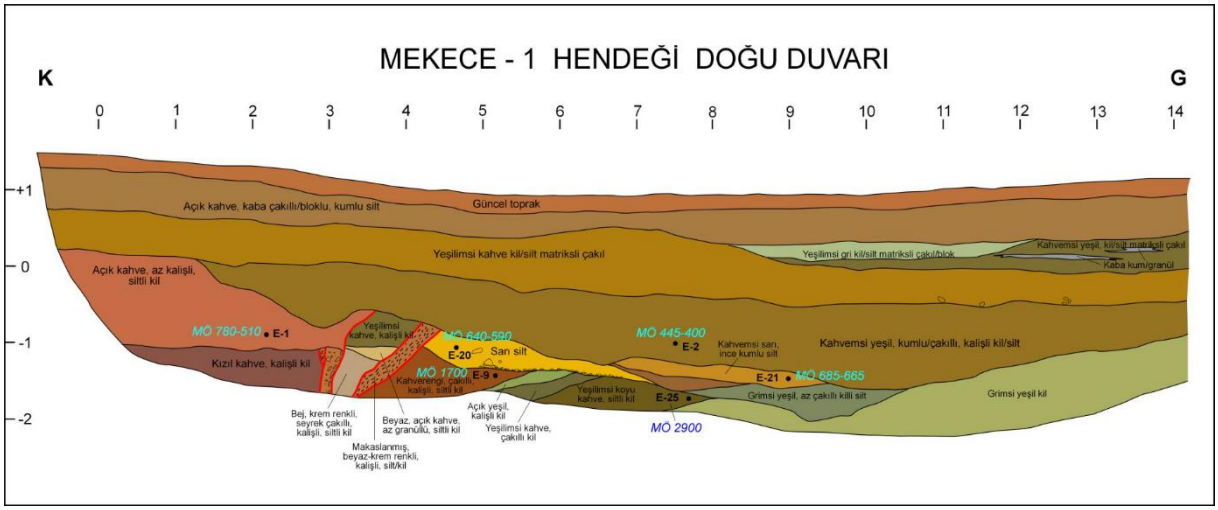
Hendeğin tabanının kuzey kısmında (doğu duvarı) ise kızıl kahve kalişli kil bulunur. Bu birim açık kahve, az kalişli, siltli kil tarafından üzerlenir ve bu iki birim 3. metredeki faylar tarafından sınırlanır.

Duvarın 3. ve 5. metreleri arasında faylar ve bunların aralarında birtakım birimler yer alır. Tabanda iki fayın arasında kalan bej, krem renkli, seyrek çakıllı, kalişli (kaliş nodüllü) siltli kil bulunur. Bu birimi beyaz açık kahverengi, az granüllü, siltli kil üzerler ve bu birim de yeşilimsi kahve renkli, kalişli kil tarafından üzerlenir. 3. ve 4. metreler arasında bulunan iki fay tarafından makaslanmış olarak dar bir aralıkta beyaz-krem renkli, kalişli, siltli/kil bulunur.

Şimdiye kadar bahsedilen birimlerin kuzeyden güneye kadar en üst seviyede olanlarını kahvemsi yeşil, kumlu/çakıllı, kalişli kil/silt erozyonal tabanlı olarak üzerler. Kahvemsi yeşil, kumlu/çakıllı, kalişli kil/siltin tümü ve açık kahve, az kalişli, siltli kilin kuzeydeki kısmı yeşilimsi kahve kil/silt matriksli çakıl tarafından üzerlenir. Bu birimdeki çakıllar köşeli ve yarı köşelidir ve maksimum çakıl çapı 5 cm'dir. Bu birimin üzerine 8. ve 14. metreler arasında yer alan kahvemsi yeşil kil/silt matriksli çakıl depolanmıştır. Bu birim ise 8. ve 12. metreler arasında yeşilimsi gri kil/silt matriksli çakıl/blok içeren kanal dolgusu tarafından aşındırılmıştır. Kahvemsi yeşil kil/silt matriksli çakılın ve yeşilimsi gri kil silt matriksli çakılın (kanal dolgusu) üzerine açık kahve, kaba çakıllı/bloklu kumlu silt depolanır. Bu birimin üzerine de güncel toprak gelir.

Yapı-stratigrafi ilişkisi birlikte değerlendirildiğinde 3. metrede eski bir deprem izi görülmektedir. Bu fayı örten seviyenin de faylandığı ve muhtemelen bir kanal çökeli ile örtüldüğü anlaşılmaktadır. Bu olay ise hendekteki son depremi yansıtır. Hendek tabanında görülen eğilmenmiş genç çökeller eski depremler ile ilintili olarak eğim kazanmış olabileceği gibi, daha önceki depremlerin de izleri olarak değerlendirilmiştir.

Mekece-1 hendeği doğu duvarından alınan örnekler Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Bu yaş verilerine göre M.Ö. 500 civarında ve M.Ö. 500 öncesinde olmak üzere yüzey kırığı üretmiş iki deprem olayı belirlenmiştir.



Şekil 4.74: Mekece-1 hendeği doğu duvarının ölçekli logu.



Şekil 4.75: Mekece-1 hendeği doğu duvarında 4. Metredeki fay zonu.

Mekece-1 hendeği batı duvarı temizlenmiş, 1x1 metre aralıklarla gridlenmiş ve loglanmıştır. Düz hendek tipinde olan duvar 10 metre uzunlukta ve 3 metre derinliktedir. Doğu duvarında bulunan birimlerin karşılığı batı duvarında da gözlenmekte olduğundan bu kısımda özellikle doğu duvarındaki ilişkilerden farklı olan kısımlar anlatılacaktır. Doğu duvarda 4. metrede fayla sınırlanan eğimli birimlere benzer birimler bu duvarda da mevcuttur, fakat bu birimleri örten birimler doğu duvardaki gibi detaylandırılmamıştır. Örneğin; sarı silt, doğu duvarda dar bir

aralıkta gözlenirken bunun batı duvardaki karşılığı olduğu düşünülen kahvemsi sarı, az çakıllı silt tüm eğimli birimleri tek başına örtmektedir. Bu birimi ise erozyonal tabanlı olarak ve 6.-9. Metreler arasında gözlenen sarı silt örtmektedir. Kahvemsi sarı, az çakıllı silti ve sarı silti çakıl/blok (kanal) aşındırmaktadır.

Hendeğin kuzey kısmında ve tabanda kızıl kahve, az çakıllı kil yer almaktadır ve bu birimin doğu duvardaki kızıl kahve, kalişli kilin karşılığı olduğu düşünülmektedir. Bu birimi koyu sarı, kumlu/çakıllı killi silt, erozyonal tabanlı olarak örtmektedir.

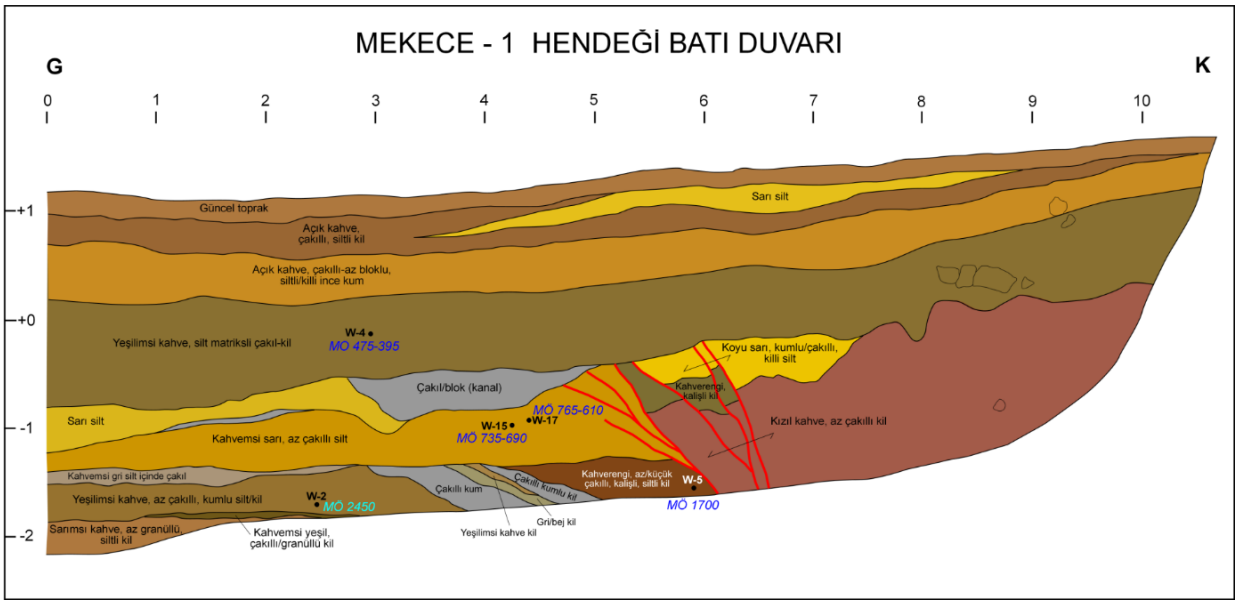
Bu kısma kadar bahsedilen tüm birimler yeşilimsi kahve, silt matriksli çakıl-kil tarafından erozyonal tabanlı olarak üzerlenir. (Bu birimin doğu duvardaki karşılığı kahvemsi yeşil, kumlu/çakıllı, kalişli kil/siltdir). Yeşilimsi kahve, silt matriksli çakıl-kil birimini, açık kahve çakıllı-az bloklu, siltli/killi ince kum örtmektedir. Açık kahve çakıllı-az bloklu, siltli/killi ince kumun üstünde açık kahve, çakıllı, siltli kil bulunmaktadır. Bu birim kendi içerisinde 4. ve 9. metrelerde kama şeklinde sonlanan, merceğimsi bir görünüme sahip olan sarı silt birimini içerir. En üst seviyede ise güncel toprak bulunmaktadır.

Yapı-stratigrafi ilişkisi birlikte değerlendirildiğinde 5. ve 6. metreler arasında faylar 60-70 derece kuzeye eğimlidir (Şekil 4.76). Bu fay kollarının bir kısmı kanal tarafından aşındırılmış ve örtülmüştür. Diğer kollar ise ince taneli, çakıllı, yer yer bloklu yamaç/yelpaze çökelleri ile örtülmüştür (Yeşilimsi kahve, silt matriksli çakıl-kil birimi; Şekil 4.77). Batı duvardaki fay-stratigrafi ilişkisi erozyon ve kanal dolgusu nedeniyle net olarak belirlenemese de eğimlenmiş seviyeler ve bunu örten yatay seviyeler bir deprem olayını, fay kollarını örten seviye ise daha genç bir deprem olayını üstten sınırlamaktadır.

Yaş verileri değerlendirildiğinde genç deprem olayının MÖ 500 yılları civarında meydana geldiği söylenebilir (Tablo 4.4). Daha önceki depremin alt ve üst sınırları geniş bir zaman aralığı içerse de MÖ 700 ve MÖ 1700 yılları arasında büyük bir deprem olduğu görülmektedir.



Şekil 4.76: Mekece-1 batı duvarındaki 5.ve 6. metreler arasındaki fay zonu. Şekilde etiket üzerinde 4 yazmaktadır fakat bu rakam batı duvarının logunda (Şekil 4.77) 6. metreye karşılık gelmektedir, çünkü hendeğin doğu duvarı ile korele edebilmek adına metreler sonradan simetrik olarak ters çevrilmiştir.



Şekil 4.77: Mekece-1 hendeği Batı duvarının ölçekli logu.

Tablo 4.4: Mekece-1 hendeğinden alınan örneklerin yaş analizi sonuçları.

Submitter No.	Measured Age	13C/12C	Conventional Age	2 Sigma Calibration
MKC1-E01	2480 +/- 30 BP	-24.5 o/oo	2490 +/- 30 BP	Cal BC 780 to 510 (Cal BP 2730 to 2460)
MKC1-E02	NA	NA	2370 +/- 30 BP	Cal BC 445 to 400 (Cal BP 2395 to 2350)
MKC1-E09	3370 +/- 30 BP	-23.3 o/oo	3400 +/- 30 BP	Cal BC 1750 to 1625 (Cal BP 3700 to 3575)
MKC1-E20	NA	NA	2550 +/- 30 BP	Cal BC 640 to 590 (Cal BP 2590 to 2540)
MKC1-E21	2530 +/- 30 BP	-24.2 o/oo	2540 +/- 30 BP	Cal BC 685 to 665 (Cal BP 2635 to 2615)
MKC1-E25	4260 +/- 30 BP	-22.3 o/oo	4300 +/- 30 BP	Cal BC 2925 to 2885 (Cal BP 4875 to 4835)
MKC1-W02	3460 +/- 30 BP	-22.9 o/oo	3490 +/- 30 BP	Cal BC 2485 to 2465 (Cal BP 4435 to 4415) Cal BC 2440 to 2420 (Cal BP 4390 to 4370)
MKC1-W04	1900 +/- 30 BP	-24.4 o/oo	1910 +/- 30 BP	Cal BC 475 to 395 (Cal BP 2425 to 2345)
MKC1-W05	3390 +/- 30 BP	-24.5 o/oo	3400 +/- 30 BP	Cal BC 1750 to 1625 (Cal BP 3700 to 3575)
MKC1-W15	2400 +/- 30 BP	-24.5 o/oo	2410 +/- 30 BP	Cal BC 735 to 690 (Cal BP 2685 to 2640)
MKC1-W17	2450 +/- 30 BP	-24.3 o/oo	2460 +/- 30 BP	Cal BC 765 to 610 (Cal BP 2715 to 2560)

4.3.4.4. Mekece-5 Hendeği

Mekece-5 hendeği, Mekece-1 hendeğinin 5 metre doğusunda açılmıştır. Dolayısıyla Mekece-1 hendeğinde görülen morfolojiye benzer olarak; hendek alanında kuzeye eğimli bir yamaçta yer alan geçici dere yatağının ve buna dik bir kapan sırtının oluşturduğu bir morfoloji vardır. Hendek duvarlarında hem geçici dere çökellerinden kaynaklanan kaba malzeme hem de sakin dönemlerde yamaçlardan süpürülen ince taneli malzeme ve ayrıca temel birimler görülür.12 metre uzunluğunda maksimum 4,5 metre derinliğindeki Mekece-5 hendeği doğu duvarı, 1x1 metre aralıklarla gridlenmiş ve loglanmıştır (Şekil 4.78).



Şekil 4.78: Mekece-5 hendeğinin genel görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur.

Hendek tabanının kuzey tarafında temel kayaç olan sarı/gri renkli kumtaşı/silttaşı birimi yer alır. Bu birimin ortalama kalınlığı 2 metre olup bir tarafı fay ile kesilmiştir üzerine eğimlenmiş konumda olan açık kahve, kalişli silt gelir. 15 cm kalınlığındaki açık kahve, kalişli siltin üzerine uyumlu olarak açık kızıl kahve, az çakıllı kil gelir. Hendek tabanından yaklaşık 2 metre yukarıya kadar uzanan ve 8. ve 10. metrelerde gözlenen faylar arasında kalan birimler fay zonunu oluşturur(Şekil 4.78). Fay zonunda temelden türemiş yeşilimsi kahve/gri makaslanmış kil/silt vardır. Fay zonunda gri renkli, altere ve parçalanmış kumtaşı tabakaları, parçalanmış silttaşı, silt matriksli, çakıllı birim ve seyrek çakıllı birimler muhtelif yerlere dağılmış olarak gözlenir. Ayrıca 9,5. metredeki fayın kolları arasındaki fay zonu ise çakıllı, siltli kilden türemiştir. 8.-9. metrelerde görülen fay zonunun güneyinde ise yine eğimlenmiş konumda olan yeşilimsi gri-sarı kil silt ardalanması görülür bu birimlerden en yaşlısı yeşilimsi gri, kalişli, siltli kildir. Bu birim 10. metrede 1,5 metre kalınlığında ve fay ile sınırlandırılmış olup güneye doğru incelenerek sonlanır. Yeşilimsi gri, kalişli, siltli kil birimi içerisinde yer yer kamalar şeklinde çakıllı siltli kil birimleri görülür. Bu kama şekilli birimlerin en belirgin olanı ortalama 30 cm kalınlığa sahiptir. Fay zonu, temel kayası ve eğimlenmiş genç birimler, erozyonal bir süreç sonrasında daha genç birimlerle uyumsuz olarak örtülmüştür. Yeşil-gri-kahverengi çakıllı yer

yer bloklu kil-silt boyutlu seviyeler aşmalı olarak deforme birimlerin ve deformasyon yapılarının üzerine gelir. Hendek tabanında şimdiye kadar bahsedilen birimleri ve fay zonunu örten bir uyumsuzluk düzlemi bulunur. Bu uyumsuzluk düzleminin büyük bir bölümünün üzerinde kahvemsi sarı, az çakıllı, siltli kil yer alır. Kahvemsi sarı, az çakıllı siltli kil birimi hendeğin güneyinde 1 metre olarak izlenirken kuzeyde 30 cm ye kadar incelir. Bu birimin 6. ve 9. metreler arasındaki kısmında genellikle orta boylanmalı çakıllar içeren killi siltli alt birimler bulunur. Kahvemsi sarı az çakıllı, siltli kil biriminin güney kısmı (10 ve 14. metreler arası) biraz daha farklıdır; üst seviyesinde açık kahvemsi-yeşil çakıllı (2 cm den küçük) az kumlu siltli kil alt birimi vardır, bu birimin altında da grimsi- yeşil siltli kil alt birimi yer alır. Bu birimin altında ise açık kahve, çakıllı bloklu kil ve kahvemsi yeşil kil yer alır. Kahvemsi sarı, az çakıllı, siltli kilin üzerine erozyonal olarak sarı, çakıllı /bloklu, killi silt birimi gelir. Bu birim de güneyinde yaklaşık 1,2 metre kalınlığa sahip olup kuzeye doğru 50 santimetreye kadar incelerek gözlenir. Bu birimin üzerine erozyonal tabanlı olarak yaklaşık 1 metre kalınlığındaki bej/gri az çakıllı kumlu silt seviyesi gelir. Bu birimi en geniş kısmı 1 metre olan kanal dolgusu aşındırmıştır. Bu seviyeleri sarı, küçük ve az çakıllı silt üzerler. Sarı, küçük ve az çakıllı silt, kuzey kısımda yaklaşık 50 cm kalınlığa sahipken hendek duvarının ortasından güney ucuna kadar yaklaşık 80 cm kalınlığında gözlenir. Bu birimin üzerine güncel toprak gelir.

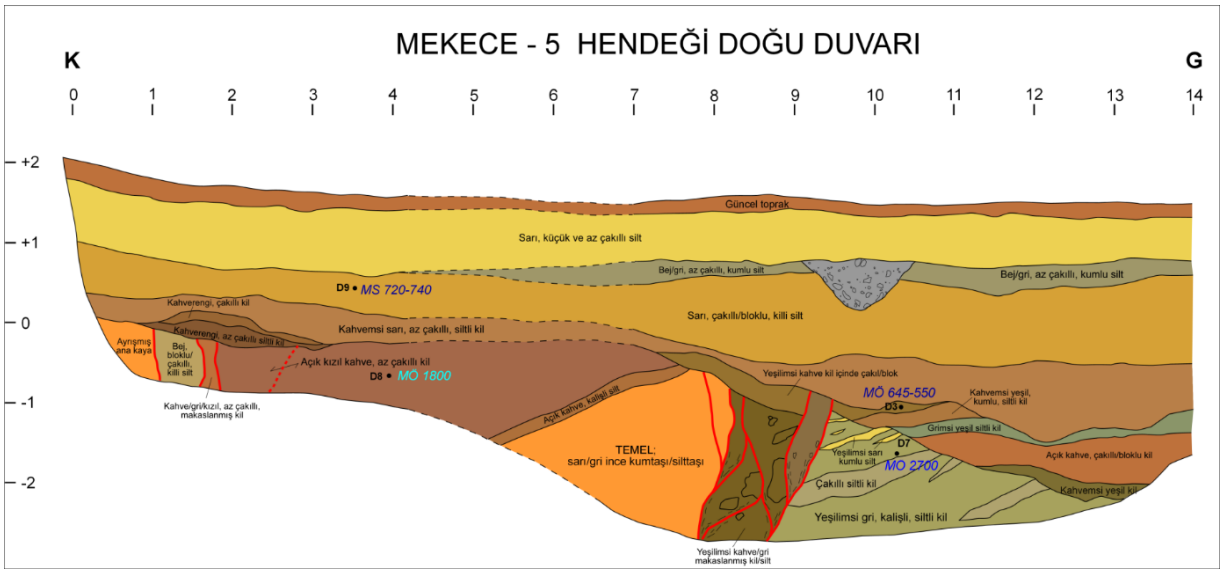
Doğu duvarı incelendiğinde 1.-2. metrelerde ve 8.-10. metrelerde fay kollarının bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.79, 4.80, 4.81). Fay kollarını örten seviyeler ve eğimlenmiş tabakaları örten seviyeler birlikte değerlendirildiğinde en az iki tane eski bir deprem izi görülmektedir. 9.5. metredeki fay kollarının eğimlenmiş tabakaları örten yatay seviyeleri de kesmesi hendek duvarındaki en genç deprem olayını yansıtır (Şekil 4.81). Örten seviyeden alınan yaş örneği MÖ 645-550 öncesi bir depremi işaret eder (Tablo 4). Bu zon içindeki fay kolları bir önceki depremi yansıtır. Hendeğin ilk metrelerindeki fay kolları ile zon içindeki diğer kolların aynı depremi mi farklı depremleri mi yansıttıkları bu duvardaki stratigrafiye ve erozyonal seviyelere göre açık değildir. Ancak hendek duvarlarında en az iki deprem verisi görülmektedir. Yaş verileri bir önceki depremi veya depremleri sınırlamaya yeterli olmamıştır.



Şekil 4.79: Mekece 5 hendeği doğu duvarında 8.ve 10. metreler arasındaki fay zonu.



Şekil 4.80: Mekece-5 hendeği doğu duvarında 1.-2. metreler arasında gözlenen fay. (Fotoğraf çekildikten sonra oluşturulan hendek logunda şeklin kuzey tarafına 1 metre daha eklenmiştir).



Şekil 4.81: Mekece-5 doğu duvarının ölçekli logu.

Mekece-5 hendeğinin batı duvarı, 14 metre uzunluğunda 2,5 metre derinliğindedir. Doğu duvardaki stratigrafiye benzer şekilde yer yer çakıllı bloklu seviyeler ve kanallar içerse de genelde ince taneli çökeller hakimdir. Geçici dereye ait kanal ve yelpaze ve buna eşlik eden

yamaç döküntüsü/süprüntü çökelleri ana beslenme malzemeleridir. Hendek tabanında eğimlenmiş seviyeler en yaşlı kesimi oluşturur.

Hendek duvarının (batı duvarı) tabanında, 2.-6. metreler arasında sarımsı kahve, az ve küçük çakıllı kil bulunmaktadır. Güney kenarında 2. metrede kamalanarak sonlanmaktadır. Bu birim 4. metrede en geniş kısmı (tavan) yaklaşık 1 metre olan kanal tarafından aşındırılmıştır. Bu birimin üstünde 6. metrede oksitlenmiş olarak koyu sarı kil birimi bulunur, bu birimin kuzeyinde, 6. ve 7. metreler arasında kahvemsi yeşil az/küçük çakıllı, siltli kil bulunmaktadır ve bu birimin üstünde çakıllı beyaz kil birimi bulunmaktadır. Bu iki birim kuzeyden (7.metredeki) fayla sınırlandırılmıştır (Şekil 4.82). 7. metredeki fayın kuzeyinde koyu kahve, çakıllı, kalişli kil birimi bulunmaktadır. Bu birimin hemen kuzeyindeki bitişiğinde ve üzerinde açık yeşil, kalişli kil birimi yer alır. Bu birimin üstünde ise ortalama 1 metre kalınlığında olan ve 9. metrede kamalanarak sonlanan açık kahve kalişli (kaliş nodüllü) kil yer alır. Açık kahve kalişli (kaliş nodüllü) kil biriminin üzerinde açık kızıl kahve, kalişli kil bulunmaktadır. Bu birim kuzeyden fayla sınırlandırılmıştır. Bu birimin üzerinde 12,5. metredeki fayla ötelenmiş olan açık kahve, siltli kil ve bu biriminde üzerinde fayı da örten kızıl kahve, çakıllı kil bulunmaktadır. 13. metrede hendeğin doğu duvarında da karşılığı gözlenen fay zonu yer almaktadır (Şekil 4.83). Bu fayın izi ayrıca hendek tabanında da gözlenmektedir (Şekil 4.84). Fay zonu kızıl kahve, az çakıllı, kalişli kil birimi olarak adlandırılmıştır. Bu birimin bitişiğinde 14. metredeki fayın kuzeyinde doğu duvarda da karşılığı olan yeşilimsi kahve, çakıllı, siltli kil birimi bulunmaktadır (Şekil 4.85).

Şimdiye kadar anlatılan ve hendek tabanında yer alan tüm bu birimlerin üzerinde bir uyumsuzluk düzlemi vardır. Bu düzlemin üzerinde ve güney kısmında yeşilimsi kahve, az çakıllı, siltli kil bulunmaktadır. Bu birimin üzerine üst sınırı kesin olarak belirlenemeyen açık kahve, az/küçük çakıllı, killisilt birimi gelir. Bu birimin rengi güney kısımlarda griye doğru kayar, birimin üstüne kahvemsi yeşil, çakıllı, siltli kil gelir. Kahvemsi yeşil, çakıllı, siltli kil biriminin üzerine sarı çakıllı, silt/kil gelir. Bu birimin de üzerine kalınlığı 1 metre olan ve hendek duvarı boyunca gözlenen sarı/bej, az ve küçük çakıllı, silt gelir. En üstte güncel toprak yer alır.

Yapı ve stratigrafi ilişkisi birlikte incelendiğinde 2 eski deprem izi gözlenmektedir. Bunlardan eski olayı yansıtan ve doğu duvarda da karşılığı olan yaklaşık 7. metrede gözlenen deprem izidir. Göreceli olarak daha yeni olayı yansıtan deprem izleri 12 ile 14. metrelerde gözlenir ve

bunların doğu duvarda da karşılığı bulunmaktadır. 12. metredeki fayın bir belirteci olarak açık kahve, siltli kil biriminin ötelemesi gösterilebilir. Bu fay zonunun sıkışma (push-up) olayı sonucu olduğu düşünülmektedir.

En kuzeyde bulunan (14. metrede) ve çatallanan fay kolları kahvemsi yeşil, çakıllı siltli kil ile örtülür (Şekil 4.85). Bu fay kolları hendek duvarındaki en son depremi temsil eder. Fay kollarını örten seviyeden alınan MS 640-680 yaşı, bu tarihten önce olmuş bir depremi işaret eder (Tablo 4.5). Bu seviyenin altında yer alan en genç seviye hendeğin güney yarısında eğimli seviyeleri örten açık kahverenkli killi silttir. Bu seviyeden alınan yaş MÖ 90-MS 50 olarak son depremi alttan sınırlar. Hendeğin kuzeyindeki faylardan 12. metredeki fay kolu kızıl kahve renkli çakıllı kil ile örtülür ve bir önceki depremi işaret eder. Bu seviyeden alınan MÖ 345-320 yaşı bu depremi üstten sınırlar. Hemen altında yer alan ve bu fay kolu tarafından kesilmiş en genç birim olarak görülen açık kahve renkli siltli kil seviyesinden alınan MÖ 765-410 yaşı ise depremi alttan sınırlar. Bu fay kollarının yansıttığı depremler dışında 7. metrede görülen ve eğimlenmiş tabakaları kesen fayın daha eski bir depremi yansıtması kuvvetle muhtemeldir. Her ne kadar bu fay kolunun üzeri erozyona ile aşınmışsa da fayın kuzey bloğunda eğimli seviyelerden alınan yaşlar MÖ 1595-1480 aralığındadır. Bu seviyelerin üzerinde yatay seviyeler olması bu tarihten sonra bir deprem olduğuna işaret eder. Bir sonraki deprem ise yukarıda belirtildiği gibi MÖ 765-410 sonrası olduğundan, bu depremin daha önce olduğu anlaşılmaktadır.



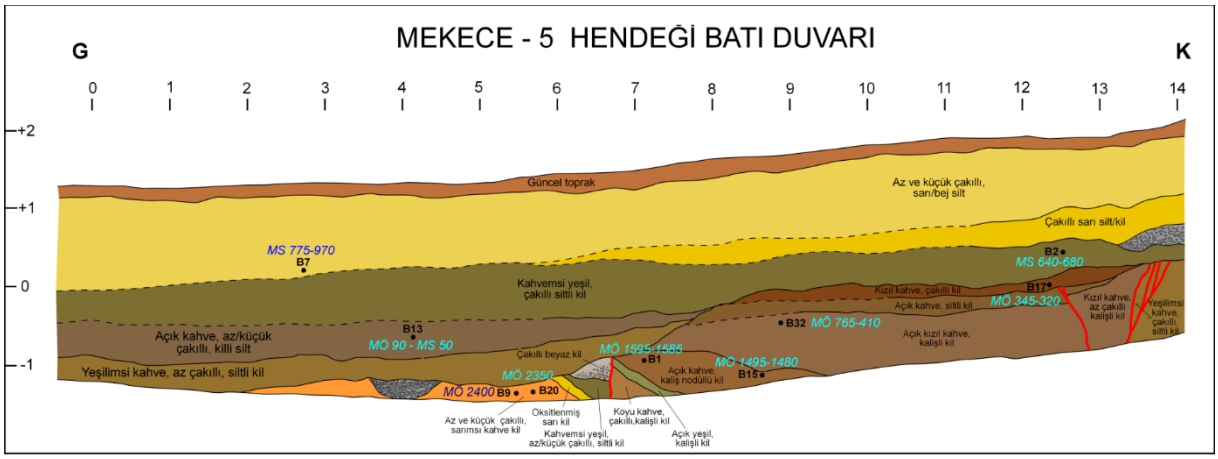
Şekil 4.82: Mekece-5 hendeği batı duvarında 7. metrede görülen fay.



Şekil 4.83: Mekece-5 batı duvarında kuzey ucunda görülen fay.



Şekil 4.84: 12. ve 14. metreler arasındaki fay zonunun hendek tabanındaki izi.



Şekil 4.85: Mekece-5 hendeği batı duvarının ölçekli logu.

Tablo 4.5: Mekece-5 hendeğinden alınan örneklerin yaş analizi sonuçları.

Submitter No.	Measured Age	13C/12C	Conventional Age	2 Sigma Calibration
MKC5-D3	2520 +/- 30 BP	-23.6 o/oo	2540 +/- 30 BP	Cal BC 645 to 550 (Cal BP 2595 to 2500)
MKC5-D7	3810 +/- 30 BP	-23.5 o/oo	3830 +/- 30 BP	Cal BC 2770 to 2610 (Cal BP 4720 to 4560)
MKC5-D8	2850 +/- 30 BP	-22.7 o/oo	2890 +/- 30 BP	Cal BC 1830 to 1730 (Cal BP 3780 to 3680)
MKC5-D9	1170 +/- 30 BP	-23.3 o/oo	1200 +/- 30 BP	Cal AD 720 to 740 (Cal BP 1230 to 1210)
MKC5-B1	3210 +/- 30 BP	-24.4 o/oo	3220 +/- 30 BP	Cal BC 1595 to 1585 (Cal BP 3545 to 3535)
MKC5-B2	1360 +/- 30 BP	-25.2 o/oo	1360 +/- 30 BP	Cal AD 640 to 680 (Cal BP 1310 to 1270)
MKC5-B7	1120 +/- 30 BP	-22.5 o/oo	1160 +/- 30 BP	Cal AD 775 to 970 (Cal BP 1175 to 980)
MKC5-B9	3890 +/- 30 BP	-23.2 o/oo	3920 +/- 30 BP	Cal BC 2475 to 2335 (Cal BP 4425 to 4285)
MKC5-B13	2030 +/- 30 BP	-25.6 o/oo	2020 +/- 30 BP	Cal BC 90 to AD 55 (Cal BP 2040 to 1895)
MKC5-B15	3140 +/- 30 BP	-25.1 o/oo	3140 +/- 30 BP	Cal BC 1495 to 1480 (Cal BP 3445 to 3430)
MKC5-B17	2130 +/- 30 BP	-25.0 o/oo	2130 +/- 30 BP	Cal BC 345 to 320 (Cal BP 2295 to 2270)
MKC5-B20	3450 +/- 30 BP	-22.7 o/oo	3490 +/- 30 BP	Cal BC 2360 to 2325 (Cal BP 4310 to 4275)
MKC5-B32	NA	NA	2460 +/- 30 BP	Cal BC 765 to 410 (Cal BP 2715 to 2360)

Tüm Mekece hendeklerinden alınan bazı karbon örneklerinin yaşların hendek duvarlarındaki toprak seviyesinin tabanından itibaren derinliği dikkate alınarak çökelme ortamın çökelme hızı sabit kabul edilmiş ve erozyonal seviyelerin tabanında aşınmasının miktarı bilinemeyeceği için bu kayıp çökel miktarları dikkate alınmadan Tablo 4.6'da verilen yılda kaç mm çökeldiği verilmiştir. Buna göre 0,8 mm/yıl ortalama çökelme hızı bulunmuştur. Bu çökelme hızı, erozyonal süreçlerle kaybolan çökel seviyeleri karbon numunesi derinliğine dâhil edilmediği alınmadığı için aslında daha yüksek çıkması gerekmektedir. Hesaplamalarda güncel toprak seviyesinin altından itibaren derinlik hesabı yapılmasının sebebi ise güncel toprak seviyesinin insan faktörüne de maruz kalmasındandır. Önceki çalışmalar dikkate alındığında başta Reilinger ve diğ. (2006) olmak üzere fayın yaklaşık 0,5 mm/yıl olan yatay kayma hızı bu çalışmada minimum kabul edilen 0,8 mm/yıl olan sedimantasyon hızına göre çok daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.6: Mekece hendeklerinden alınan örnekler yardımıyla ortamın çökelme hızının yaklaşık değerlerinin hesaplamaları.

Hendek Duvarı	Örnek numarası	Örnek yaşı (2015 ten geriye doğru hesaplanmıştır)	Örneğin Toprak Seviyesi Tabanına Uzaklığı	1 cm çökelmesi için gereken süre	1 mm çökelmesi için gereken süre	1 yılda kaç mm çökelir (mm/yıl)
Mekece-1 Doğu	E21	2690	221 cm	12,17 yıl	1,27 yıl	0,79
Mekece-1 Doğu	E2	2550	158 cm	14,24 yıl	1,42 yıl	0,7
Mekece-1 Batı	W4	2450	106 cm	23,11 yıl	2,3 yıl	0,43
Mekece-5 Doğu	D9	1285	101 cm	12,27 yıl	1,22 yıl	0,82
Mekece-5 Doğu	D3	2612	254 cm	10,28 yıl	1,03 yıl	0,97
Mekece-5 Batı	B7	1145	97 cm	11,8 yıl	1,18 yıl	0,85
Mekece-5 Batı	B13	2085	181 cm	11,51 yıl	1,15 yıl	0,86
Mekece-5 Batı	B2	1355	132 cm	10,26 yıl	1,026 yıl	0,97
Ortalama mm/yıl						0,8

4.3.4.5. Çerkeşli Hendeği

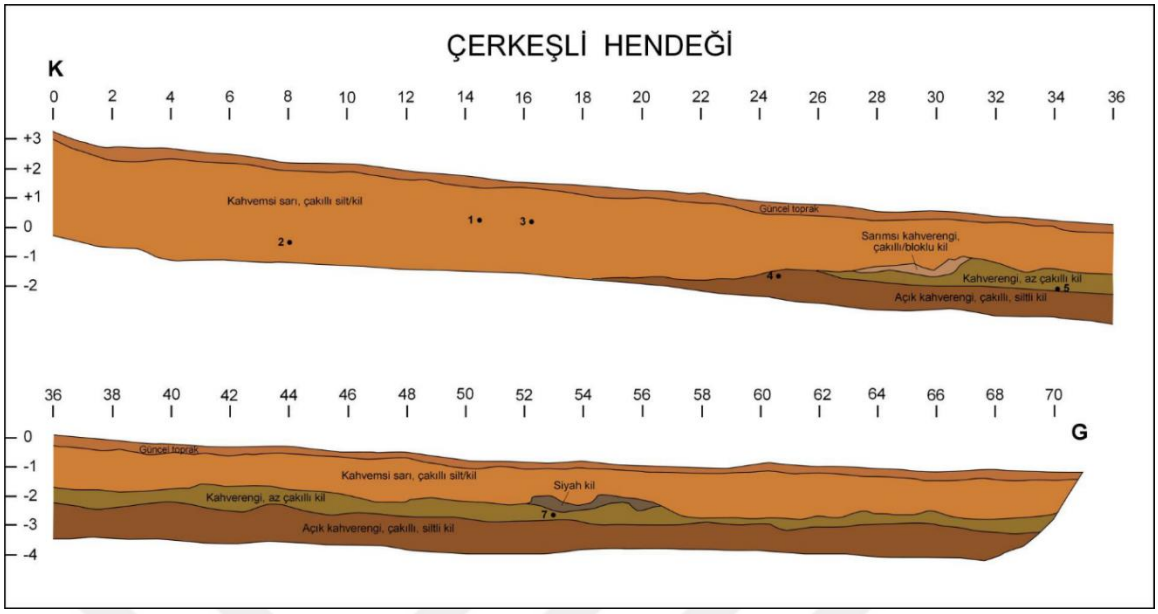
Bu lokasyon Çerkeşli Göleti'nin 200 metre batısında yer almaktadır. Ekseni yaklaşık K70D doğrultusunda olan oluk yapısının oluşturduğu morfolojide açılan hendek, oluk yapısının kuzey yamacında açılmıştır (Şekil 4.86A). Çerkeşli hendeği 70 metre uzunluğundadır. Hendek 2x1 metre aralıklarla gridlenmiş ve loglanmıştır (Şekil 4.86B.). Hendek kuzeyden güneye doğru eğimli bir topografyada yaklaşık 3 metre derinliğinde açılmıştır. Hendek stratigrafisini genellikle ince taneli yamaç yıkama çökelleri ve güncel dereden beslenen çökeller oluşturur. Hendek stratigrafisinde tabanda kahverengi çakıllı killi silt gözlenmektedir. Çakılların maksimum tane boyu 5 cm'dir. Bu birim yaklaşık olarak 1 metre kalınlığa sahip olup 20. ile 70. metre arasında gözlenmektedir. Birimin 20. metrede kaybolmasının sebebi hendeğin kuzeye doğru eğiminin artmasıdır. Bu birimin üzerine uyumlu olarak kahverengi çok az çakıllı kil birimi gelir. Bu birim kuzey kısımda yaklaşık 3 metre iken güneye doğru 2 metreye kadar incelenerek tüm hendek duvarı boyunca gözlenir. Kahverengi çok az çakıllı kil birimi kendi içerisinde yaklaşık mercek şeklinde olan iki farklı birim içerir. Bunlardan daha alt seviyede yer alanı 52. ve 56. metreler arasında gözlenen siyah yağımsı dokulu kildir. Diğeri ise 27. ve 31.

metreler arasında yer alan kaba çakıllı kil birimidir. Bu birimdeki blokların maksimum çapı 30 cm'dir. Hendekte herhangi bir olay verisine rastlanılmamıştır (Şekil 4.87).

Hendek duvarlarında herhangi bir deformasyon yapısı gözlenmemiştir. Fay ya daha derinlerde, ya da hendek sınırlarının dışında kalmış olmalıdır. Hendek duvarlarından kömürleşmiş bitki parçası örnekleri alınsa da herhangi bir deprem verisine rastlanılmadığı için bu örnekler yaşlandırılmamıştır.



Şekil 4.86: A: Çerkeşli hendek yeri ve hendeğin açılması süreci. Bakış yönü güneydoğuya doğrudur. B: Çerkeşli hendeğinin içeriden genel görünümü. Bakış yönü güneye doğrudur.



Şekil 4.87: Çerkeşli hendeği doğu duvarının ölçekli logu.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölgede daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen paleosismolojik bulgular, ilgili bölümünde bahsedilen sebeplerden dolayı yetersiz kalmıştır. Dolayısıyla kontrol edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışmanın amaçlarından biri tekrarlanma aralığını bulmak olmasına karşın daha önceki çalışmalarda olduğu gibi bu alandaki bu çalışmada da tekrarlanma periyodu belirlenememiştir. Bu çalışmada çizilen fay haritalarında morfotektonik açıdan kapsamlı veriler elde edilmiş bazı lokasyonlarda özel morfotektonik belirteçler hassas olarak araştırılmıştır (kapan sırtı, çizgisel vadi, eyer yapısı vb.).

Bu tez çalışmasının saha araştırmaları aşaması iki yaz boyunca sürmüştür. 2013 yılında özellikle Geyve bölgesi üzerinde 2014 yılında ise Mekece ve İznik civarı üzerinde yoğunlaşılmıştır. Kuzey Anadolu Fayı "Orta Kolu"nun Geyve (Sakarya) - İznik (Bursa) arasındaki morfotektonik ve paleosismolojik özelliklerinin incelenmesi amacıyla uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden de yararlanılarak kritik lokasyonlar tespit edilmiş ve sahada gözlenmiştir. Bu lokasyonların önemli olanları LİDAR teknolojisi ile işlenmemiş nokta bulutları elde edilmiş ayrıca Mekece'de bir adet 3 boyutlu işlenmiş LİDAR görüntüsü elde edilmiştir. GPR çalışmalarında karşılaşılan önemli bir zorluk bazı istasyonlarda elektrik tellerinin olması ve ağaçlıklı bölgelerin olmasıdır. GPR küresel bir saçılım yaptığı için etrafındaki bu tür yapılar görüntünün netliğini bozabilmektedir. Ayrıca meyilli ve bitki örtülü alanlar radar dalgalarının geliş ve gidiş açısını değiştirdiğinden dolayı verinin net gözükmesinde bir takım problemlere yol açabilmektedir. İnceleme alanında bu tür sorunlarla sık sık karşılaşılmasına rağmen GPR teknolojisinin yardımıyla süreksizlik düzlemleri belirlenmiştir.

İnceleme alanında morfotektonik belirteçler olarak sağ yanal ötelenmiş veya sapmış dereler, üçgen tepeler, kapan sırtları, çizgisel vadi, eyer yapıları, boyun yapısı mevcuttur. Fayın sıçrama veya bükülme yaptığı yerler bulunmaktadır (Örneğin; Şekil 4.5; 4.6; 4.10, 4.37; 4.45).

Eski deprem yüzey kırıklarını belirleyebilmek için tarihsel deprem literatürlerinden ve daha önceki açılmış olan hendek alanları ile de karşılaştırma yapılarak Geyve, Mekece ve Çerkeşli olmak üzere üç ayrı bölgede hendekler açılmıştır.

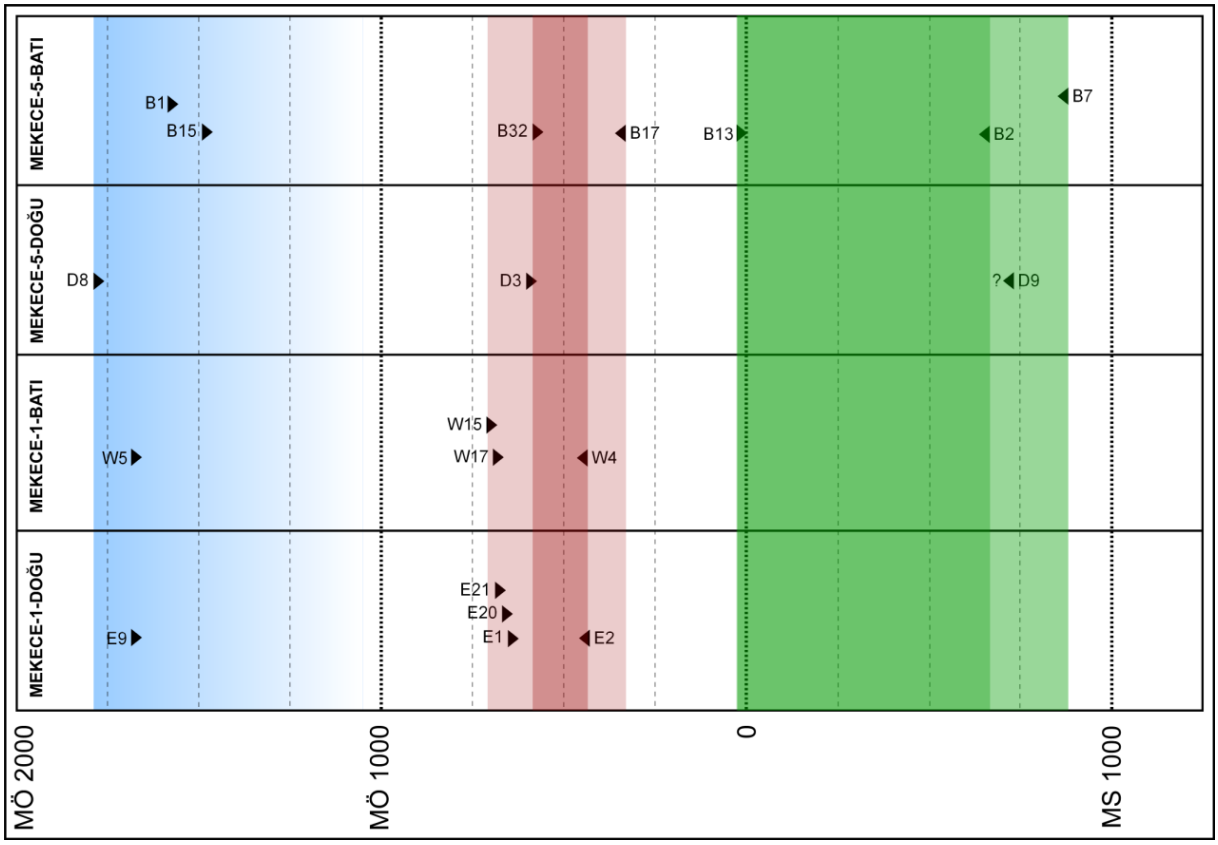
Geyve‘nin güneydoğusunda iki adet hendek açılmıştır bunlardan Geyve-1 hendeğinde eski depremleri tarihlendirmek ve sedimantasyon hızını anlamak amacıyla kömürleşmiş bitki parçası ve gastropoda örnekleri alınmıştır. Ayrıca sedimantasyon hızı yaklaşık ve minimum 0,8 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.6). Yaş verileri beklenilen sonuçtan daha eski çıkmıştır. Bunun sebebi daha yeni depremlerle ilişkili fayların bu hattın dışından kalmış olması veya bölgede fay zonunun genişlik kazanması olabilir. Yaş verileri iki eski depremin alt üst sınırlarını saptayabilmektedir. Buna göre yaklaşık olarak MÖ 6000 yılında ve MÖ 8000 yılında yüzey kırığı oluşturacak büyüklükte iki deprem olmuştur.

Geyve-2 Hendek stratigrafisinde yapısal bir unsur görülmemiştir, bu nedenle herhangi bir olay tanımlanmamıştır. Bunun sebebi yapının ya daha derinde gömülü kalması ya da hendek dışında kalmış olması olarak değerlendirilmiştir. Herhangi bir deprem verisi olmadığı için hendekten yaşlandırma için örnek alınmamıştır. Bölgede topoğrafik diklik ve sazlık alan mevcuttur ve fayın sıçramış olma ihtimali vardır. Bu nedenle bu bölgenin aynı zamanda sag pond yapısı olma ihtimali de vardır.

Mekece-1 ve Mekece-5 hendeklerinden birinde 2 adet deprem diğerinde 3 adet deprem vardır bunlardan ikisi ortaktır.

Mekece hendekleri incelendiği zaman Geyve’deki hendeklere nazaran çok daha genç depremlerin oluşturduğu faylanmalara ilişkin veriler bulunmuştur. Mekece-1 hendeğinde kesilen-örten seviye ilişkileri yardımı ile iki eski deprem verisi belirlenirken Mekece-5 hendeğinde 3 adet deprem verisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrı ayrı değerlendirildiğinde toplam beş adet deprem verisinin iki tanesi aynı döneme ait depremi yansıtır, dolayısıyla birbirlerine paralel olup aralarında 5 metre mesafe bulunan Mekece-1 ve Mekece-5 hendeklerinin doğu ve batı duvarları birlikte değerlendirildiğinde üç tane deprem verisi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.74; 4.77; 4.81; 4.85). Bu depremlerden en eski olanı MÖ 1800 sonrasında olasılıkla 1500 (Örnek no B15; Şekil 4.85) sonrasında meydana gelmiş olmalıdır. Bu depremi üstten sınırlayan bir veri elde edilemediğinden dolayı sadece bir sonraki depremin alt sınırı olan MÖ 700 öncesi kullanılabilir. Hendeklerden elde edilen ikinci deprem verisi fay kırığının kesmiş olduğu seviye ve onu örten seviyelerden elde edilen yaş verileriyle çok iyi sınırlandırılmış olup, MÖ 710 (örnek no: W15) ile MÖ 330 (örnek no: B17) arasında yüzey kırığı üretebilecek büyüklükte bir deprem meydana geldiği saptanmıştır. Yaş verilerinin daha dar bir zaman aralığı kullanıldığında bu depremi MÖ 585 (örnek no: B32) ile MÖ 435 (örnek no: W4) aralığına

koymak mümkündür (Şekil 5.1). Hendeklerde belirlenen en genç deprem izi MÖ 20 (B13) ile MS 660 (örnek no: B2) gibi geniş bir aralık verir. Bu deprem tarihsel kataloglarda bahsedilen MS 368 depremidir (Guidoboni ve diğ.,1994; Ambraseys 2009).



Şekil 5.1: Mekece hendeklerinin yaş sonuçlarına göre tarihsel depremlerin zaman aralığı. İşaretler örnek numarasını göstermektedir. Açık renkler geniş, koyu renkler dar zaman aralığını göstermektedir.

Sonuç olarak, Mekece hendeklerinde MÖ 1800 ile MS 1000 yılları arasında 3 adet yüzey kırığı oluşturmuş depremler belirlenmiştir. MS 1000 yılı sonrasında ya yüzey kırığı üretecek büyüklükte deprem olmamış, ya da bu yüzey kırıkları açılan hendeklerin dışında kalmıştır. Belirlenen depremler arasında tekrarlanma aralığı oluşturacak kadar belirgin yaş verileri yoktur. En belirgin deprem sınırı MÖ 500 civarındadır. Bu çalışma sırasında daha eski deprem, veri elde edilemediğinden dolayı üstten sınırlanamamıştır. Hendek duvarlarında belirlenen son deprem ise 700 yıla yakın bir zaman aralığı verir. Bu nedenle herhangi bir tekrarlanma aralığı vermek mümkün olmamıştır.

KAYNAKLAR

Akyüz.,S, Zabcı, C., Doğan, B., Aksoy, M.E., Tığlı, O., 2016. Geyve (Sakarya)-Bandırma (Balıkesir) arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Paleosismolojisi. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Ulusal Deprem Araştırma Projesi-Proje No: UDAP- G-13-16.

Alpar, B., Yaltırak, C., 2002. Characteristic features of the North Anatolian Fault in the eastern Marmara region and its tectonic evolution Marine Geology, 190, 1-2, 329-350.

Ambraseys, N.N. & Finkel. C., 1991. Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region. Terra Nova, 3, 527-539.

Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A., 2000. Seismicity of the sea of Marmara (Turkey) since 1500. Geophys. J. Int. 141, F1-F6.

Ambraseys, N.N., 2002. The Seismic Activity of the Marmara Sea Region over the last 2000 Years. Bull. Of Seismological Society of America, 92, 1, pp. 1-18.

Ardel, A., 1954. İznik depresyonu ve Gölü. İst.Üniv. Coğr. Enst.Dergisi, 5-6, 225-229.

Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A., Barka, A., 1999. Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics. Geology, 27, 3, 267-270.

Barka, A. A., Kadinsky-Cade, K. and Toksöz, M. N., 1987. The North Anatolian Fault geometry and earthquake activity. Abstract, BSSA / 87 Meeting.

Barka, A.A. & Gülen, L., 1988. New constraınts on age and total offset of the North anatolian fault zone: implacations for tectonics of eastern mediterranean region. Metu Jour of Pure and Applıed Sciences 21, 1- 3, 39-63.

Barka, A.A. & Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7, 663-684.

Barka, A.A., 1992. The North Anatolian Fault Zone. Anneles Tectonicae, 6, 174-

195.

Barka, A.A., 1993. Kuzey Anadolu Fayının Sapanca-İzmit, Geyve-İznik Kolları Üzerinde Paleosismik Araştırmalar, Tübitak Proje no: YBAG-4/7551, 85p.

Barka, A., 1997. Neotectonics of the Marmara region. Active Tectonics of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project. 55-87.

Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 1- 3, p:3-30.

Doğan, B.,2010, Kuzey Anadolu Fay Sistemi Güney Kolunun Geyve-Gemlik arasındaki Kesiminin Morfotektonik, Tektonostratigrafik ve Paleosismolojik Evrimi, Doktora Tezi ,İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü.

Elmas A, Yigitbas E., 2001. Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontid Zone and the Sakarya Zone in the northwestern Anatolia, Turkey. International Journal of Earth Scıences, 90 (2): 257-269.

Emre, Ö., Erkal, T., Kazancı, N., Görmüş, S., Görür, N., Kuşçu, İ. ve Keçer, M., 1997. Güney Marmara'nın Neojen-Kuvaterner tektoniği ve jeomorfolojisi (Tectonics and geomorphology of the southern Marmara region during the Neogene and Qutarnery). In:

Marmara Denizi Araştırmaları Workshop III, 2,3 Haziran 1997. Genişletilmiş Bildiri Özleri, Ankara, 55-60.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay, E., 1998. Neogene-Quaternary evolutıon of the Eastern Marmara Regıon, Northwest Turkey. Reprinted from Bulletın of the Mıneral research and exploration, No. 120, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş.,Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi: 30, 89 s., Ankara.

Duman, T.Y., Çan, T., Emre , Ö., Kadiroğlu, F,T, Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., Özalp, S., Kartal, R,F, Kalafat, D., Karakaya, F., Eroğlu Azak, T., Özel N,M., Ergintav, S., Akkar, S, Altınok, Y., Tekin., S., Cingöz, A., Kurt, A.İ., 2017, Türkiye Sismotektonik Haritası, 1: 500.000, Ankara-Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-34.

Duru, M., Gedik, M., Aksay, A., 2002, 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları: Adapazarı H-24 Paftası.

Guidoboni, E., Comastri, A and Traina, G., 1994. Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century. Istıtuto Nazionale di Geofisica, 2, 6, 275-364.

Guidoboni, E., Comastri, A., 2005. Catalogue of earthquakes and tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15 century. Istıtuto Nazionale di Geofisic Vulcanologia,

Hancock, P. L. and Barka, A. A., 1980. Plio-Pleistocene reversal of displacement of the North Anatolian Fault Zone, Nature, 286, 591-594.

Hancock, P. L. and Barka, A. A., 1983. Tectonic interpretations of enigmatic structures in the North Anatolian Fault Zone: Journal of Structural. Geology, 5, 217-220.

Hempton, M.R., 1987. Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea. Tectonics, 6, 6, 687-705.

Honkura, Y. and Işıkara, A.M., 1991. Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault zone. Tectonophysics, 193, 347-357.

Hubert-Ferrari, A., Armijo, R., King, G., Meyer, B., Barka, A., 2002. Morphology displacement and slip rates along the North Anatolian Fault, Turkey. Jour of Geophy Resech, 107, NO. B10 2235, doi: 10/102972001JB000393.

İkeda, Y., 1988. Recent activity of the İznik- Mekece fault at Çorak stream, east of İznik. In Multidiciplinary research on fault Activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone, ed.Y. Honkura & A. M. Işıkara, 15-27.

İkeda, Y. Suzuki, Y. and Herece, E., 1989. Late Holocene activity of North Anatolian Fault Zone in the Orhangazi plain, Northwestern Turkey. In Multidiciplinary Research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone, ed. Y. Honkura & A.M. Işıkara, 16-30.

İkeda, Y., 1991. Geomorphological observations of the North Anatolian Fault, West of Mudurnu. Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the NAFZ (Y.Honkura and A.M.Işıkara, Eds.), 6-14.

İkeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E., Şaroğlu, F., Işıkara, A.M. & Honkura, Y., 1991. Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian Fault Zone in the Mudurnu Valley, western Turkey. Tectonophysics 193, 335-345.

Ketin, İ., 1969. Über die nordanatolische horizontal vershiebung. Bull. Mineral. Res. Explor. Inst, 72, 1-28.

Koçyiğit, A., 1988. Tectonic setting of the Geyve Basin: Age and total displacement of the Geyve Fault Zone. In, 1987 Melih Tokay Symposium Special Published Middle-East Technical University, Ankara, Turkey, 81-104.

Koçyigit, A., 1989. Suşehri basin: An active fault wedge basin, Tectonophysics, 167, 13–29,

Koçyiğit, A., 1990. Tectonic setting of the Gölova Basin: total offset of the North Anatolian Fault Zone, E Pontide, Turkey. Ann. Tecton. Spec. IV:155–70.

Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lapinay, M., Meyer, B., Saatçılar, R and Tok, B., 2001. The Active Main Marmara fault, Earth and Platernary Science Letters, 192, 4, 595-616.

Meade, B.J., Hager, B.H and Reilinger, R.E., 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara Region from block models of secular deformation constrained by GPS measurements, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 208-215.

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., Ouzonis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilenger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N and Veis, G., 2000. Global Positioning System Constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research, 105, 5695-5719. 279

Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lapinay, M., Meyer, B., Saatçılar, R and Tok, B., 2001. The Active Main Marmara fault, Earth and Platernary Science Letters, 192, 4, 595-616.

Meade, B.J., Hager, B.H and Reilinger, R.E., 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara Region from block models of secular deformation constrained by GPS measurements, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 208-215.

Okay, A.İ. and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of nothern Turkey. The Mediterranean Basin: Tertiary extension with in the Alpine Orogen (eds: B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath and M. Séranne), Special Publication Geological Society of London, 156, 475-515. Tectonics, 18, 129-147. 280

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrance, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, İ., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis D., Aydrus, A., Prilepin M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa,

A., Filikov, S., Gomez, F., Ghazzi, R and Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. J. Geophys. Res, 111, B05411, doi: 10.1029/2005JB004051. 281.

Soysal, H., Sipahioğlu. Ş. Kolçak D ve Altınok, Y., 1981. Türkiye tarihsel deprem kataloğu. Tubitak Project No: TBAG 341, 86pp.

Straub, C., Kahle, H. G. and Schindler, C., 1997. GPS and Geologic estimates of the tectonic activity Marmara Sea region, NW Anatolia. Jour. Geophys. Res, 102, 27587-27601.

Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. Jour. Geol. Soc. London, 136, 269-282.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeol Kur. Yay.,40s.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.283

Şengör, A.M.C., Tuysuz, O., Imren, C., Sakınc, M., Eyidoğan, H., Gorur, G., Le

Pcihon, X., 2005 The North Anatolian Fault: A new look. Annual Review of Earth and Planetary Scıences, 33, 13-112.

Uçarkuş, G., 2002, Gemlik Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniv., Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.

Url-4 <http://maps.google.com>. ziyaret tarihi: 17.03.2019

Westaway, R., 1994. Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean, J. Geophys. Res., 99, 12,071–12,090.

Yaltırak, C., 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. Marine Geology, 190, p:493-529.

Yaltırak, C., Alpar, B., 2002. Evolution of middle strand of North Anatolian Fault and Shallow sesimic investigation of the southeastern Marmara Sea (Gemlik Bay). Marine Geology, 190, p:307-327.

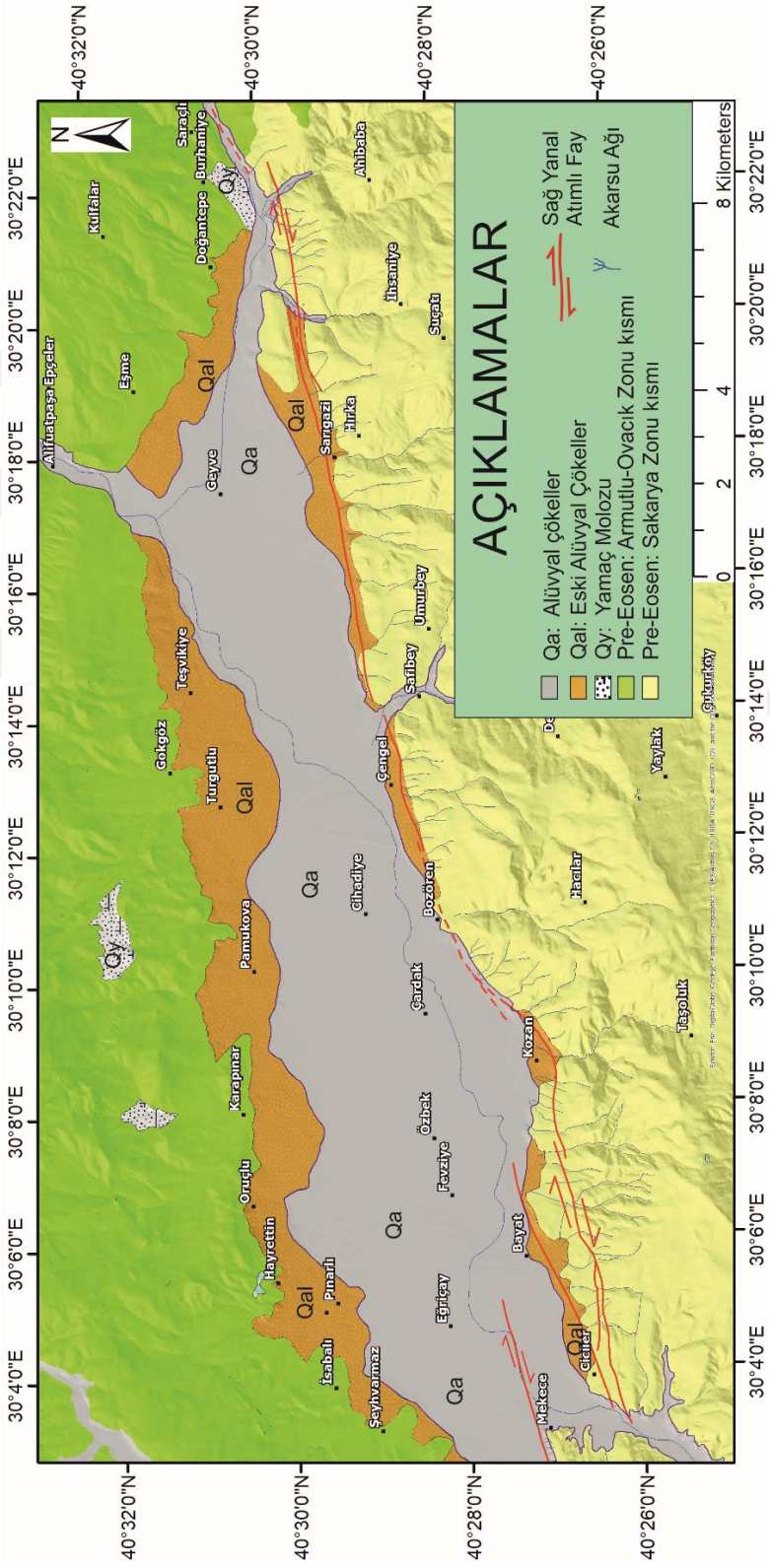
Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. and Yılmaz, K., 1995. Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia, Tectonophysics, 243, 155-171.

Yiğitbaş, E., Elmas, A. and Yılmaz, Y., 1999. Pre-Cenozoic tectono-stratigraphic components of the Western Pontides and their geological evolution. Geological Journal, 34, pp: 55-74.

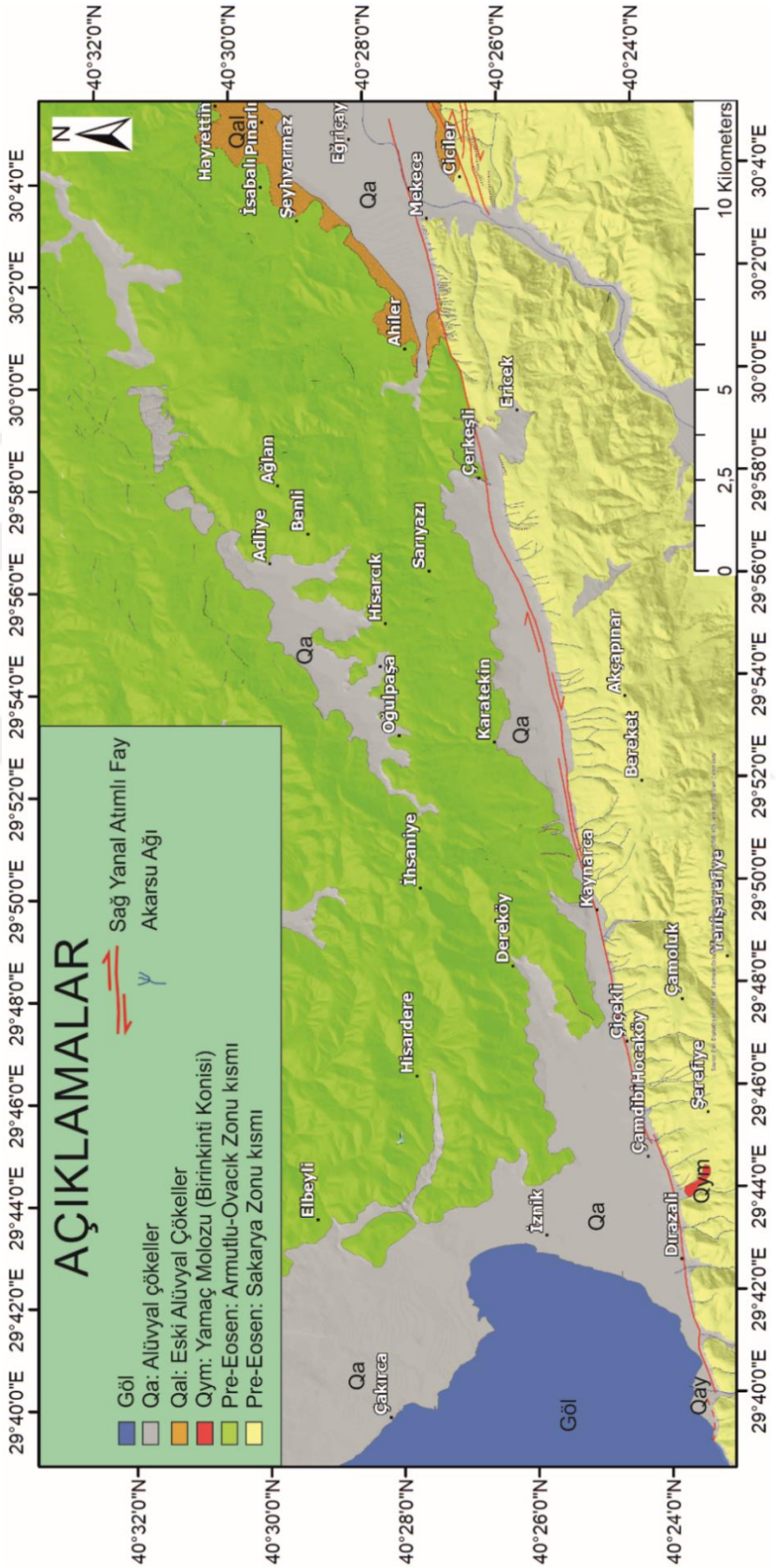
Yoshıoka,T., Kuşçu, İ., 1994. Late Holocene faulting events on the İznik-Mekece fault in the western part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Bulletin of the Geological survey of Japan, 45 (11), p.677-685.

EKLER

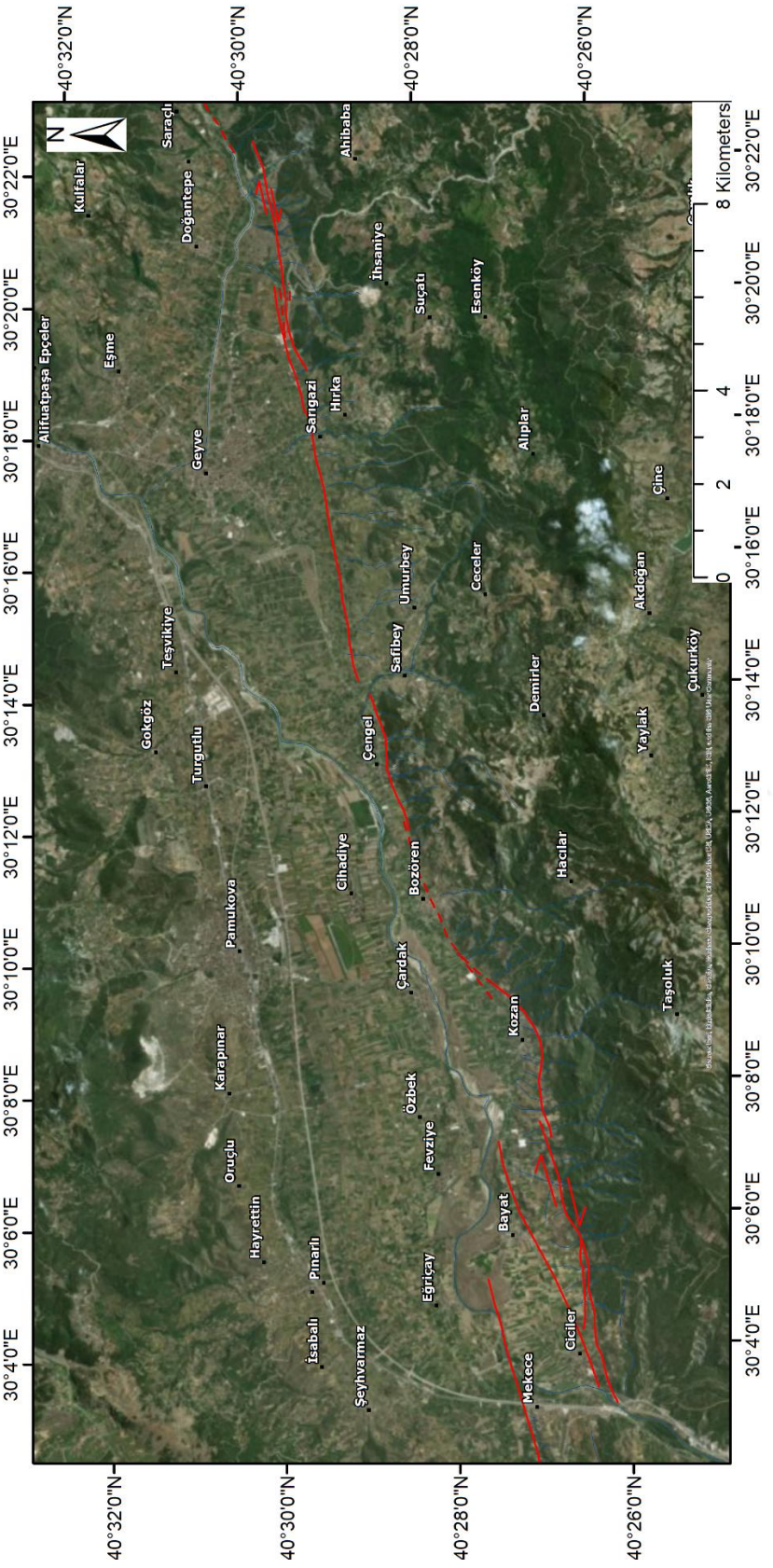
EK 1: Geyve Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).



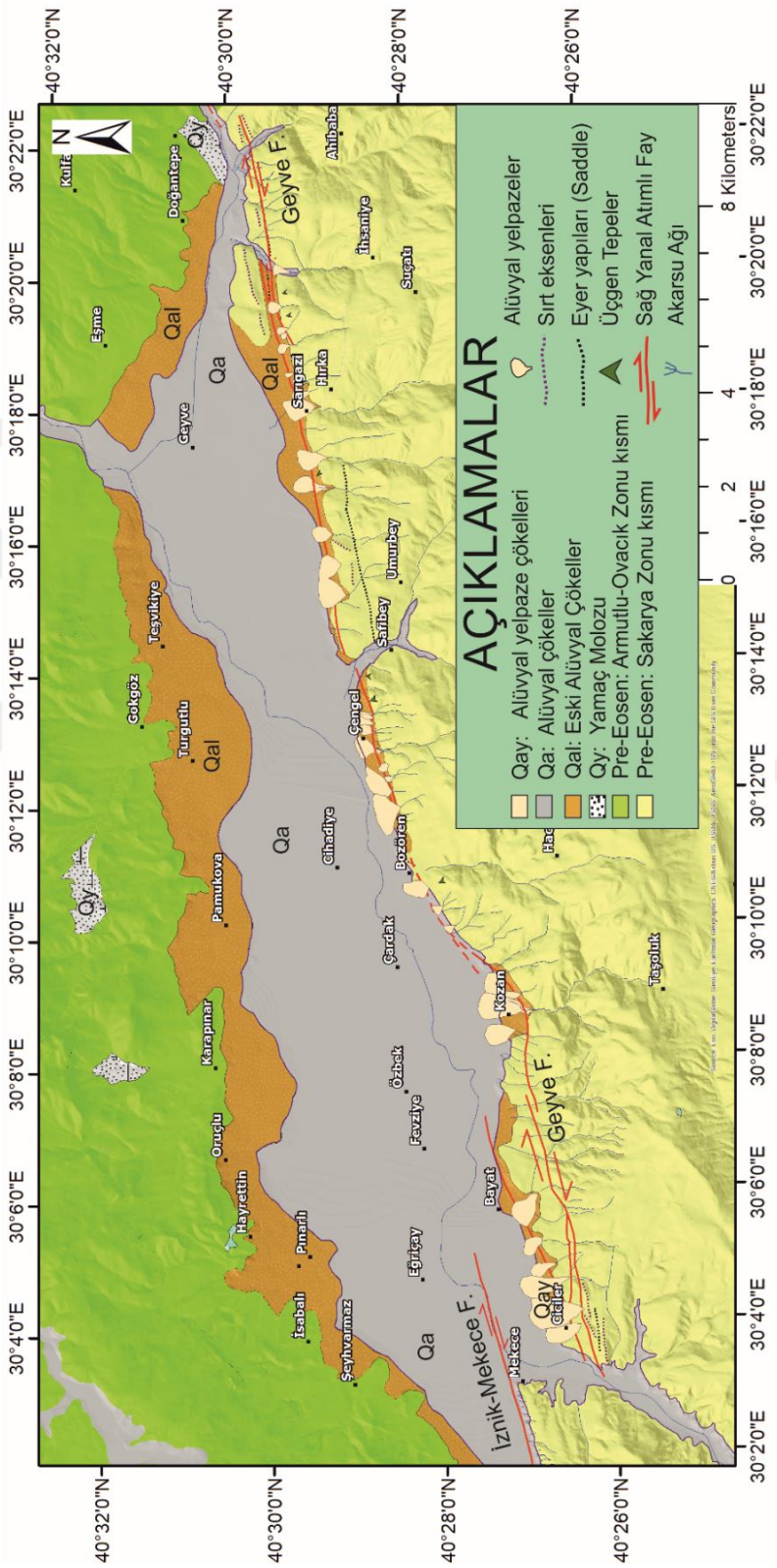
EK 2: İznik-Mekece Fayı çevresinin jeolojik haritası (MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir)



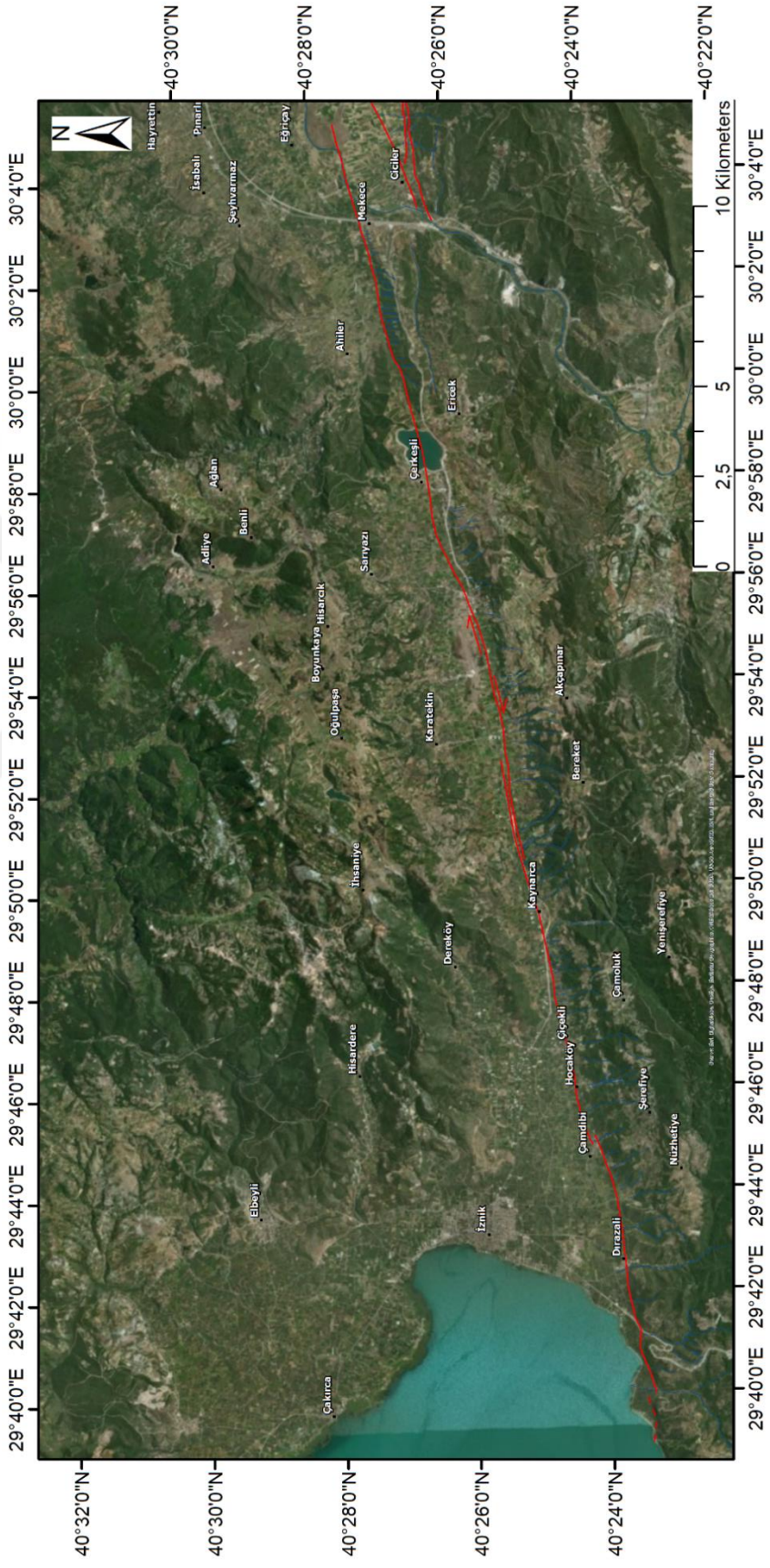
EK 3: Saha gözlemleri sonucu çizilen Geyve Fayı'nın görünümü.



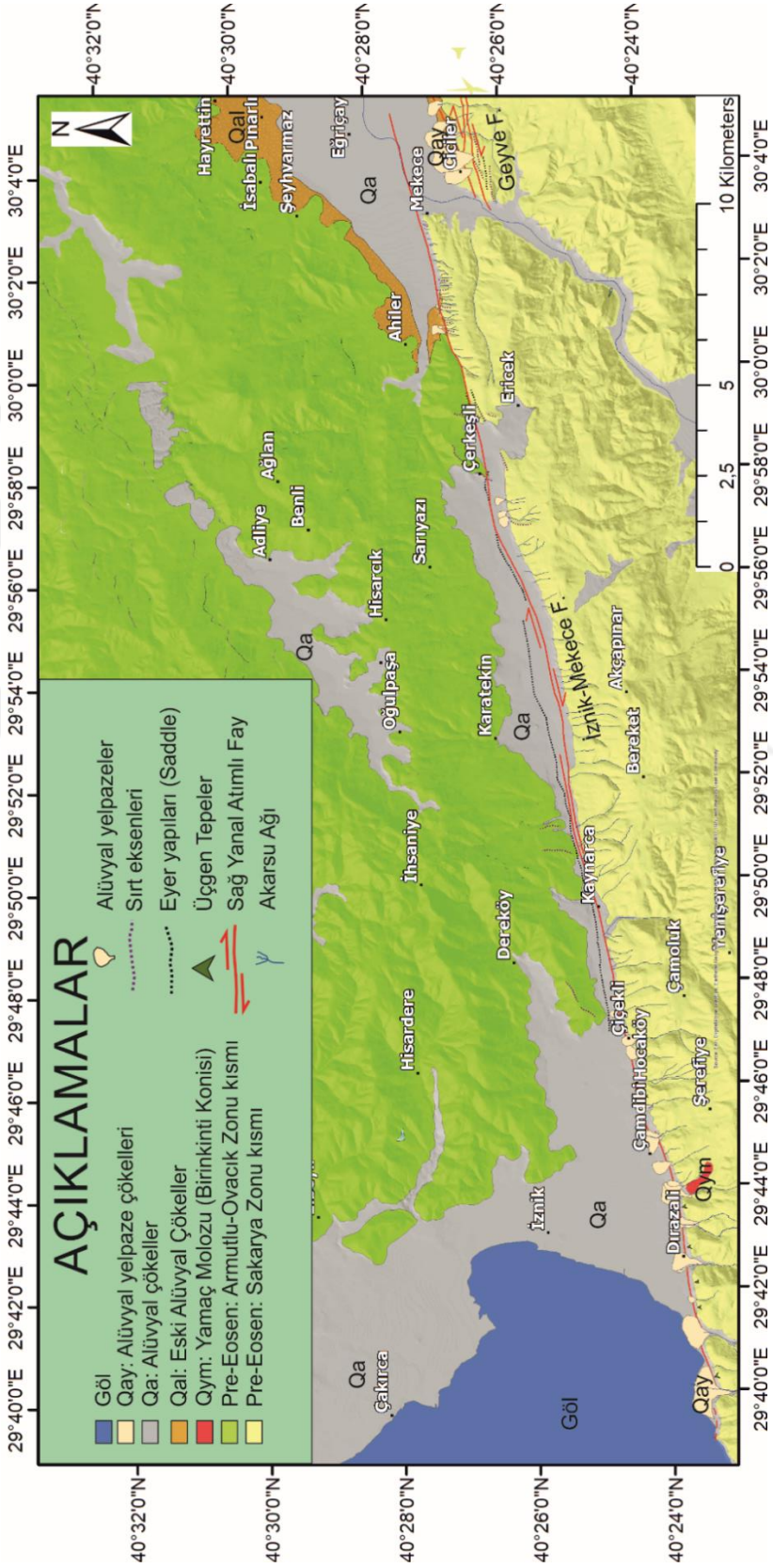
EK 4: Geyve Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası (Jeolojik birimler için MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).



EK 5: Saha gözlemleri sonucu çizilen İznik-Mekece Fayı'nın görünümü.



EK 6: İznik-Mekece Fayı ve çevresinin morfotektonik haritası (Jeolojik birimler için MTA Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından oluşturulan haritalar derlenmiş, sadeleştirilmiş ve değiştirilmiştir).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Onur TIĞLI
Doğum Yeri	Antalya
Doğum Tarihi	26.01.1990
Uyruğu	❒ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05056756814-05418616439
E-Posta Adresi	tiglionur@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği-Maden Mühendisliği (Çift Anadalı)
Mezuniyet Yılı	2011-2012 (Çift anadal mezuniyeti)

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeoloji Mühendisliği

Makale ve Bildiriler
Akyüz, H.S., Zabcı, C., Aksoy, M.E., Doğan,B., Tığlı, O., 2014, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı (ATAG 18), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü.
H. Serdar Akyuz, Bulent Dogan, M. Ersen Aksoy, Onur Tigli and Cengiz Zabci, 2014, Preliminary Paleoseismological results of the Middle Strand of the North Anatolian Fault (NAF) in the Marmara Region, NW Turkey, 2014, European Geosciences Union (EGU), General Assembly, Vienna, Austria, 2014. https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-5451.pdf