

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

**İZMİR-BALIKESİR TRANSFER ZONU VE
KUZEY ANADOLU FAY ZONU ARASINDA
KALAN BÖLGENİN GEÇ SENOZOYİK
KİNEMATİK EVRİMİ (BATI ANADOLU)**

Elif ÇAKIR

Şubat, 2023

İZMİR

**İZMİR-BALIKESİR TRANSFER ZONU VE
KUZEY ANADOLU FAY ZONU ARASINDA
KALAN BÖLGENİN GEÇ SENOZOYİK
KİNEMATİK EVRİMİ (BATI ANADOLU)**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı

Elif ÇAKIR

Şubat, 2023

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ELİF ÇAKIR tarafından **Doç.Dr. BORA UZEL** yönetiminde hazırlanan **“İZMİR-BALIKESİR TRANSFER ZONU VE KUZEY ANADOLU FAY ZONU ARASINDA KALAN BÖLGENİN GEÇ SENOZOYİK KİNEMATİK EVRİMİ (BATI ANADOLU)”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç.Dr. Bora UZEL

Yönetici

.....
Jüri Üyesi

.....
Jüri Üyesi

Prof.Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince emeği geçen birçok kişi bulunmaktadır. Emeği geçenlere teşekkür etmeden önce çok kısa bu serüvenin nasıl başladığını anlatmak istiyorum. Benim bu maceram 2016 senesinde lisans 2. Sınıfta aldığımız Stratigrafi dersinin uygulama dersinde başladı. Stratigrafi dersinin uygulama dersini Bora hoca veriyordu ve dönem sonuna yaklaştığımız bir dersin sonunda tüm sınıfa “Ben aktif tektonikle ilgili çalışıyorum, konuya merakı olan ve benimle çalışmak isteyen olursa odam 2.katta her zaman beklerim” dedi. Bu sözü üzerine Bora hocanın yanına gittim ve yanında çalışmak isteyen herkese çevirmesi için verdiği Bozkurt (2001) makalesini bana da verip, “çevir gel bakalım” dedi. Ve Bora Hoca ile çalışma sürecim başladı. Lisans bitirme tezimi de yüksek lisans tezimi de Bora hoca gözetiminde ve yönetiminde tamamladım. Bana bu zamana kadar verdiği emeklerinden, benim kariyerimde olan büyük etkilerinden, bu çalışmayı yönettiği, yönlendirdiği için, bilimsel katkıları dışında manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, yöneticisi olduğu projede bana bursiyer olma fırsatı verdiği ve beni bilim dünyası ile tanıştırdığı için tez danışmanım Doç.Dr. Bora UZEL’e teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmalar esnasında tanışmış olduğum, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Prof.Dr. Nuretdin Kaymakçı ve Doç.Dr. Ersin Koralay’a teşekkür ederim.

Bu çalışma sırasında gerçekleştirilen arazi ve ofis çalışmaları esnasında destekleri bulunan Levent Tosun, İrem Avcu, Hande Alptekin Uzel, Tolga Uyar ve özellikle Mustafakemalpaşa alanında yapılan arazi çalışmalarına öncülük eden Ünal Kibar’a teşekkür ederim. Lisans eğitimime başladıktan sonra tanıştığım ve ailemden saydığım, yüksek enerjileriyle beni her konuda destekledikleri için Gülnur-Gökhan Arslan ve Eda-Hasan Özcan çiftine; desteği ile bana güç ve sabır veren konferanslarda yaptığım sunumda beni yalnız bırakmayan Yalçın Çam’a; yoğun iş temposuna rağmen benden manevi desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarım Çağdaş Kayacan ve Pınar Ceylan’a teşekkür ederim. Teşekkürün en büyüğünü aileme etmek istiyorum. Maddi ve manevi desteklerini eksik etmedikleri, her daim motivasyonumu

yüksek tuttukları ve sendelediğim zamanlarda bana hedeflerimi hatırlatıp yolumdan sapmamam için destek oldukları için aileme kocaman teşekkür ederim.

Yüksek linsansım devam ederken Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'de Arama Jeoloğu olarak işe başlama sürecimden sonra yüksek lisansın tez aşamasında zorlandığımı inkâr edemem. Ancak hedeflerime giden yolda ayakları üzerinde duran, hem akademik hem özel sektördeki çalışmaları titizlikle devam ettirmeye gayret eden bir kadın olarak kendimle gurur duyuyorum. İlerlediğim bu yolda benimle beraber yürüyen, destek olan herkese teşekkür ederim.

Bu çalışma 117R011 numaralı ve “İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Jeodinamik İlişkisi” adlı Tübitak Projesi tarafından desteklenmiştir.

Elif ÇAKIR

İZMİR-BALIKESİR TRANSFER ZONU VE KUZEY ANADOLU FAY ZONU ARASINDA KALAN BÖLGENİN GEÇ SENZOYİK KİNEMATİK EVRİMİ (BATI ANADOLU)

ÖZ

Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) içerisinde son yıllarda tanımlanmış olan İzmir- Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) ve Güney Marmara bölgesindeki en önemli yapı olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile arasındaki kinematik ilişki henüz bilinmemektedir. Bu amaçla çalışma alanındaki Neojen havzalarında yapılan arazi çalışmaları ve literatür bilgileri stratigrafik olarak korelasyon edildiğinde, Miyosen yaşlı volkanosedimanter havzaları, metamorfik çekirdek komplekslerinin yükselimi sırasında oluşan sıyrılma ve İBTZ'ye ait transfer faylarının denetlediği görülmektedir. Bu dönemde İBTZ'ye ait faylar Bursa'ya kadar uzanmaktadır. Geç Miyosen'den sonra bölgedeki havza gelişiminde yüksek açılı normal faylar ile KAFZ'nin rol oynadığı görülür. Saha çalışmalarında, fay düzlemleri boyunca 155 lokasyondan toplanan 6160 adet kinematik veri analiz edilmiştir. Paleostres analiz sonuçlarına göre İBTZ ile KAFZ arasında kinematik bir ilişki bulunmamaktadır. Bölgesel paleostres, kuzeyde K55°D yönlü genişlemeyle buna dik sıkışma kuvvetleri ile karakterize olurken, güneyde K5-45°D yönlü genişleme kuvvetiyle denetlenir.

Güney Marmara'da, KAFZ'nin kendi içerisinde 3 ana kola ayrıldığı bölgeden itibaren, kuzeyden güneye doğru sağ yanal bileşenin azalmaya başladığı kinematik açıdan ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi ise BAGB'nin KAFZ üzerindeki etkisi olmalıdır. Bu etki, KAFZ'nin orta ve güney kolu arasındaki havzaların rotasyonel kuvvetlerin etkisindeki transtansiyonel çek-ayır havzası olarak değerlendirilmeleri gerektiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Batı Anadolu, Kuzey Anadolu Fay Zonu, İzmir Balıkesir Transfer Zonu, kinematik analiz, Senozoyik.

LATE CENOZOIC KINEMATIC EVOLUTION OF THE AREA BETWEEN THE İZMİR-BALIKESİR TRANSFER ZONE AND THE NORTH ANATOLIAN FAULT ZONE (WESTERN ANATOLIA)

ABSTRACT

The kinematic relationship between the İzmir- Balıkesir Transfer Zone (IBTZ), which has been defined in the West Anatolian Extensional Region (WAER) in recent years, and the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), which is the most important structure in the Southern Marmara region, is not yet known. Field observation and literature information from the Neogene basins in the region indicate that these basins are controlled mainly by high to low normal faults and associated transfer faults, especially within the IBTZ coeval with the exhumation of the metamorphic core complexes. In this period, faults of IBTZ extend to Bursa. After the Late Miocene, high-angle normal faults and NAFZ played a role in the region. 6160 fault-slip data collected from 155 locations, are used to determine the kinematic analysis of the faults. The results have shown that there is no direct genetic relationship between the IBTZ and the NAFZ. In addition, N5-45°E trending extension dominates in the south, whereas the deformation in the north is characterized by approximately N55°E directed extension and orthogonal compression.

In the Southern Marmara, it has been kinematically revealed that the right lateral component starts to decrease from north to south, starting from the region where the NAFZ splits into 3 main branches. The reason for this should be the effect of the BAGB on the NAFZ. This effect showed that the basins between the middle and southern branches of the NAFZ should not be considered as transtensional pull-apart basins.

Keywords: Western Anatolia, North Anatolian Fault Zone, İzmir Balıkesir Transfer Zone, kinematic analysis, Cenozoic.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiv

BÖLÜM BİR – GİRİŞ1

1.1 Tezin Çıkış Noktası ve İçeriği.....	2
1.2 Çalışma Alanı	3
1.3 Amaç ve Yöntemler	5
1.4 Literatür Özeti	14
1.4.1 İBTZ ile ilgili önceki çalışmalar	14
1.4.2 KAFZ ile ilgili önceki çalışmalar	16

BÖLÜM İKİ – STRATİGRAFİ23

2.1 Bursa Alanı	23
2.2 Mustafakemalpaşa Alanı.....	30
2.3 Alaçamdağ Alanı	40
2.4 Kozak Alanı	42
2.5 Soma Alanı.....	50

BÖLÜM ÜÇ – YAPISAL JEOLojİ57

3.1 Bursa Alanı	58
3.2 Mustafakemalpaşa Alanı.....	62
3.3 Soma-Savaştepe Alanı	70

BÖLÜM DÖRT – KİNEMATİK ANALİZ.....	77
4.1 Bursa Alanı	77
4.2 Mustafakemalpaşa Alanı.....	82
BÖLÜM BEŞ – SİSMOTEKTONİK	101
5.1 Tarihsel Dönem Depremler.....	108
5.2 Aletsel Dönem Depremler	110
BÖLÜM ALTI – TARTIŞMA.....	116
6.1 KAFZ ile İlişkili Havzalar	116
6.2 İBTZ ile İlişkili Havzalar.....	119
6.3 Bölgesel Fay Kinematığı	121
6.4 Bölgesel Tektonik Evrim	124
BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	128
KAYNAKLAR.....	131
EKLER.....	146

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Anadolu levhası üzerinde yer alan tektonik yapılar ve çalışma alanının konumunu gösteren lokasyon haritası	1
Şekil 1.2 a) Anadolu levhası ve yakın çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası ve bölgede yayınlanmış belli başlı paleomanyetik rotasyon verileri, b) İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu arasında kalan çalışma alanının konumunu gösteren jeoloji haritası	4
Şekil 1.3 (a) Bir fay yüzeyinde oluşabilecek sintetik Riedel kırıkları (R), antitetik Riedel kırıkları (R'), P-kırıkları (P) ve açılma çatlaklarının ana fayla ilişkisini gösteren diyagram (ϕ : içsel sürtünme açısı); (b) tümü R ve R' düzlemlerinden oluşan fay yüzeyi; (c) yaklaşık 5-15° eğimli R-kırıkları içeren yoğunca çizilmiş fay yüzeyi; (d) R-kırıklarının oluşturduğu “yarım ay” şeklindeki içbükey yapı; (e) düşük eğimli düzlemsel ve çiziksiz “T” yüzeyleri ve fay çizikleri içeren P-yüzeyleri (Petit, 1987); (f) fay çizikleri içeren P-yüzeyleri hareket yönüne doğru gelişmektedir; (g) T-yüzeylerinin gelişmediği, ancak çizikli P-yüzeylerinin hareket yönüne doğru geliştiği durum, (h) ana fay düzlemi ile yaklaşık 45° açı yapan açılma çatlakları (burada ilerleyen deformasyon nedeniyle bu açı büyüyebilir (Hancock ve Barka, 1987); (i) hilal izleri, aşınmış bloğun hareketi doğrultusunda içbükey şeklini alan damarlar bu yapıyı oluşturur	7
Şekil 1.4 a) Genişlemeli bir alandaki fay terminolojisini anlatan şematik blok diyagram, b) Normal faylar üzerinde gelişen yapılar	9
Şekil 1.5 a) Faultkin uygulamasının görüntüsü, b) EGeo Compass uygulamasının görüntüsü	10
Şekil 1.6 Kinematik analizi için kullanılan WinTensor programından alınan örnek bir ekran görüntüsü, a) veri giriş ekranı, b) veri işleme ekranı..	11
Şekil 2.1 Uydu görüntüsü üzerinde yer alan bölgenin genel jeoloji haritası	24
Şekil 2.2 a) Bursa ili çevresinin bu tez kapsamında yapılan jeoloji ve diri fay haritası, b) Bursa ve çevresinde yüzlek veren kaya birimlerinin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kolon kesiti.	25

Şekil 2.3 Temel kayaç olarak tanımlanan birimlerin arazi görünüşleri, a) Kahverengi renkli yoğun deforme olmuş şist, b) Uludağ masifine ait şist, c) Uludağ granitinin yakından görünümü, d) Uludağ graniti içerisinde gözlenen aplitik dayklar, e) Oldukça deforme olmuş kırmızımsı kahverengi renkli Karakaya kompleksi, f) Gri renkte gözlenen Bilecik kireçtaşı arazi görüntüsü.....	26
Şekil 2.4 a) İnceleme alanında yüzlek veren Miyosen çökellerinin (Karasu Formasyonu) arazi görüntüsü, b) Şarabi kırmızı renkli karasal çökeller içerisinde mercek konumlu gözlenen kireçtaşı, c, d) Kireçtaşının yakından görüntüleri, e, f) İnkaya mevki çevresinde gözlenen travertenlerin arazi görüntüleri.	29
Şekil 2.5 a) Bursa Havzası'na doğudan bakış, b) Bursa Havzası'na batıdan bakış, c) Güvercinlik Deresinde gözlenen güncel alüvyon çökelleri, d) Kahverengi renkli dokusal olgunluğu kötü gözlenen kolüvyal çökeller.	30
Şekil 2.6 Mustafakemalpaşa alanının detaylı jeoloji haritası.	31
Şekil 2.7 Mustafakemalpaşa alanının genelleştirilmiş kolon kesiti.....	32
Şekil 2.8 Ovacık- Burhan Ofiyolitinin arazi görünüşleri. a-b) Serpantinleşmiş ve dayanımlı seviyelerin bir arada olduğu, c) serpantinleşmiş seviyenin yakından, d) silisifiye olmuş kireçtaşlarının görünüşleri, e) malakit ve azurit gözlenen birim içerisindeki makaslama düzlemleri.....	34
Şekil 2.9 Kızderbent Volkaniklerinin arazi görüntüleri. a) Derecik kuzeyinde birim içerisindeki aglomeraların uzaktan görünümü, b) aynı alandaki tüf seviyeleri, c) aglomeraların yakından görüntüsü.....	35
Şekil 2.10 Mustafakemalpaşa alanındaki kaya birimleri arasındaki jeolojik ilişkileri gösteren enine jeolojik kesitler.....	37
Şekil 2.11 a) Soma Formasyonun alt dokanağı, b) Mustafakemalpaşa güneybatısındaki Soma Formasyonu'nun arazi fotoğrafı, c) Biriminde gözlenen taban çakıldaşının yakından görünümü, d) Formasyonun Keltaş Köyü kuzeybatısındaki yüzleklerine ait arazi fotoğrafı, e) Birimin içinde gözlenen volkanik kaya çakılları	38

Şekil 2.12 a) Derecik Köyü güneyinde Alüvyon düzlüğü çökelleri, b-d) Mustafakemalpaşa Deresi boyunca Alüvyon düzlüğü çökelleri, c) Keltaş Tepenin güneyinde kolüvyal çökeller.....	40
Şekil 2.13 Kozak alanının jeolojik haritası	43
Şekil 2.14 Kozak alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafisi	46
Şekil 2.15 Bu çalışma kapsamında ayrıtılan evrelere ait arazi görünüşleri. 1. Evre: a) Temel birimleri kesen Kozak Plutonuna ait granitik kayalar, b) riyolitik lavlar, c) çamurtaşı, kumtaşı, tuf ve kireçtaşı baskın volkano-sedimanter kayalar, d) yine ilk evre volkanizmasına ait olan piroklastik seviyeler. 2. Evre: e) ilk evre volkanizmasını kesen bazaltik dayk.....	48
Şekil 2.16 Soma alanının jeoloji haritası	51
Şekil 2.17 Çalışma alanında yüzlek veren Neojen öncesi kayalara ait arazi görünüşleri, a) Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı sedimanter kayalar, b) Topoğrafik olarak yüksek kesimlerde yüzlek veren kireçtaşı, c) Nummulites fosilleri içeren kireçtaşı	52
Şekil 2.18 Soma-Yuntdağ alanındaki yüzlek veren Miyosen yaşlı Alt Sekans birimlerine ait arazi görünüşleri.....	53
Şekil 2.19 Soma-Yuntdağ alanındaki yüzlek veren Üst Sekans birimlerine ait arazi görünüşleri	55
Şekil 2.20 Soma-Yuntdağ alanında yüzlek veren alüvyal çökellerin arazi fotoğrafları.....	56
Şekil 3.1 Uydu görüntüsü üzerinde yer alan bölgenin genel jeoloji haritası ve alan içerisinde yer alan faylar	57
Şekil 3.2 Bursa havzası boyunca oluşturulan yapısal jeoloji haritası	59
Şekil 3.3 Kuvaterner Öncesi ve Kuvaterner yaşlı fayların arazi görüntüleri	60
Şekil 3.4 Holosen faylarına ait arazi görüntüleri.....	62
Şekil 3.5 Mustafakemalpaşa ve yakın çevresinin yapısal jeoloji haritası	64
Şekil 3.6 a) Karacalar Köyü kuzeybatısında gözlemlenen SC yapısı, b) SC yapısının yakından görünümü, c) Orhaneli Deresi doğrultusu boyunca yüzlek veren ofiyolitik kayalar üzerinde gözlemlenen doğrultu ve normal fay çizikleri, d) Ofiyolitik kayalar içerisinde gözlemlenen doğrultu atımlı fay çizigi.....	65

Şekil 3.7 a) Karacalar Köyü güneyinde gözlemlenen Kuvaterner öncesi ve Kuvaterner Fayların arazi kesiti, b) uyumsuzluk düzlemi, c) Miyosen yaşlı birimin arazi görünümü, d) Kuvaterner öncesi faya ait fay düzlemi, e) bu düzlem üzerindeki fay çiziklerinin yakından görünümü.....	67
Şekil 3.8 a) Mustafakemalpaşa Fay Zonu'nun arazi kesiti, b) Keltaş Tepenin kuzey yamacının, c) güney yamacı boyunca fay düzleminin arazi görünümü ..	69
Şekil 3.9 a) Derecik Fayı'nın D-B doğrultulu fay şevi, b) Google Earth üzerinde Derecik fayının görüntüsü, c) Derecik fayını dikine kesen yükseklik profili	70
Şekil 3.10 Soma-Savaştepe alanının skeç tektonik haritas.	71
Şekil 3.11 Soma-Yuntdağ alanında gözlenen normal faylara ait arazi görünümleri ..	72
Şekil 3.12 Soma-Yuntdağ alanında gözlenen doğrultu atımlı faylara ait arazi görünümleri	74
Şekil 3.13 Çalışma alanında haritalanan kıvrımlara ait arazi görünümleri.....	76
Şekil 4.1 Çalışma alanı içerisinde alınan kinematik verilerin dağılımını gösteren harita	78
Şekil 4.2 Bursa Havzasının yapısal jeoloji haritası ve bu çalışma kapsamında yapılan kinematik gözlem lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları.....	79
Şekil 4.3 Bursa civarındaki lokasyonların deformasyon evrelerine ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri ..	82
Şekil 4.4 Mustafakemalpaşa ve çevresinin yapısal haritası ve bu çalışma kapsamında yapılan kinematik gözlem lokasyonlarının dağılımı	84
Şekil 4.5 Mustafakemalpaşa civarındaki lokasyonların deformasyon evrelerine ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri	87
Şekil 4.6 a) İBTZ1-34 ve b) İBTZ 35-51 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları	88
Şekil 4.7 İBTZ1-51 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri	93
Şekil 4.8 c) İBTZ52-69 ve d) İBTZ 70-86 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları	94

Şekil 4.9 İBTZ52-86 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri	97
Şekil 4.10 e) İBTZ87-105 ve f) İBTZ 106-115 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları	98
Şekil 4.11 İBTZ87-115 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri	100
Şekil 5.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin sismotektonik ve bölgedeki faylanma paternine göre hazırlanan sismojenik zonların dağılımı	102
Şekil 5.2 a) Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen $M < 4$ depremlerin dağılımı, b-d) bu depremlerle ilişkili istatistiksel parametreler	111
Şekil 5.3 Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen depremlere ait odak mekanizma çözümleri.....	115
Şekil 6.1 KAFZ güney kolu üzerinde gelişen Bursa havzasının gelişimini gösteren 3B blok diyagram ve havzanın Uludağ Yükseltisinden görünümü	117
Şekil 6.2 Miyosen dönemine ait havza gelişimi, metamorfik kayaların yükselimi ve yükselim ile yaşıt granitik kütlelerin yerleşimini gösteren şematik harita, arazi kesiti ve arazi görünümleri	118
Şekil 6.3 İBTZ denetiminde gelişen havzaların şematik arazi kesiti. Erken-Orta Miyosen yaşlı istif, son çalışmalarda Alt Sekans, Orta-Geç Miyosen yaşlı istif ise Üst Sekans olarak anılmaktadır.....	120
Şekil 6.4 Çalışma sınırları içerisinde kalan alanın sismotektonik haritası, bölge içerisindeki faylanma geometrisine göre ayrılan sismojenik zonlar ve bu zonlardan toplanan tüm verilerin paleostres analiz sonuçları	122
Şekil 6.5 Çalışma alanı ve yakın çevresindeki (paleo)stress analiz sonuçlarını gösteren tektonik harita.....	126
Şekil 6.6 Doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili çek-ayır havza modelleri, a) Saf doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili klasik bir çek-ayır modeli, b) genişlemeli bir alanın etkisindeki transtansiyonal rotasyon ile ilişkili çek-ayır modeli	127

TABLÖLAR LİSTESİ

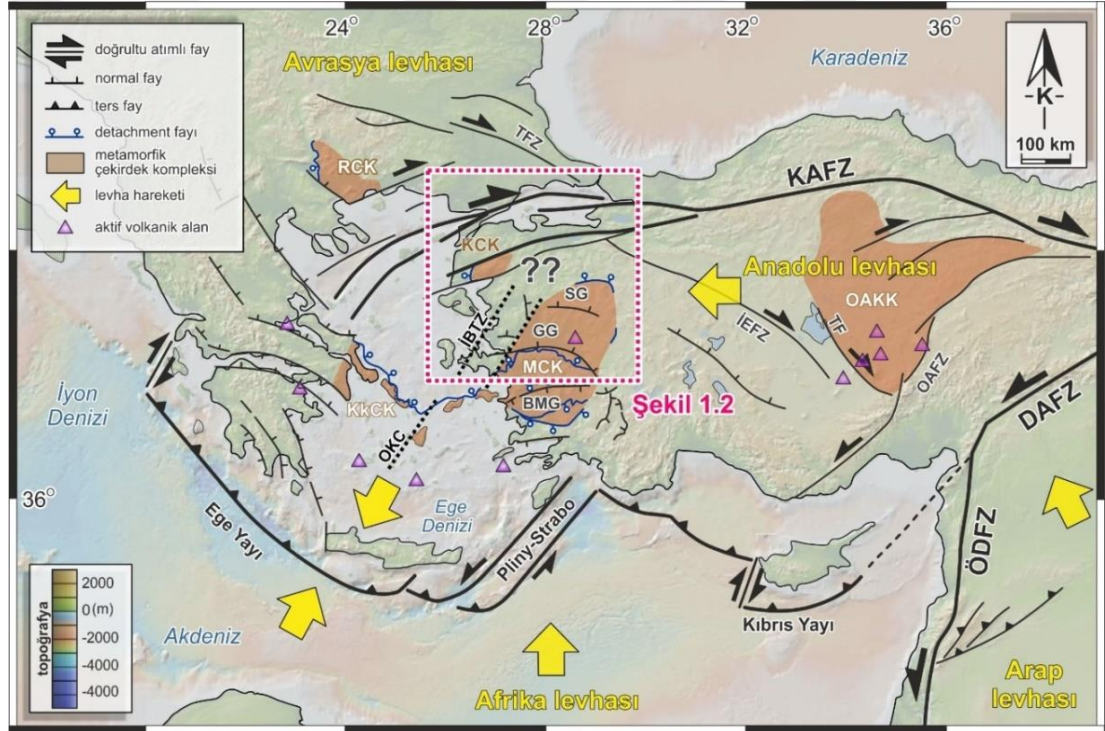
Sayfa

Tablo 1.1 Türkiye Diri Fay Haritası'nda kullanılan fay sınıflamasındaki jeolojik yaklaşım	12
Tablo 4.1 Bursa civarından toplanan kinematik verilerin analiz sonuçları.....	80
Tablo 4.2 Mustafakemalpaşa civarından toplanan kinematik verilerin analiz sonuçları.....	85
Tablo 4.3 İBTZ1-51 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları.....	89
Tablo 4.4 İBTZ52-86 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları.....	95
Tablo 4.5 İBTZ87-115 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları.....	99
Tablo 5.1 Çalışma alanında yer alan diri faylar ve faylara ait bazı parametreler.....	103
Tablo 5.2 Çalışma alanı içerisinde oluşmuş tarihsel dönem depremlerin listesi.....	109

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Günümüzde Ege-Kıbrıs dalma batma zonu (Helen ve Kıbrıs yayları) batıda Adriyatik Denizi'nden başlayıp Girit'in hemen güneyinden geçip Rodos Adası'nın kuzeydoğusunu kat ederek dışbükey yay şeklinde uzanmaktadır. Dalan levhanın üzerinde konumlu olan Anadolu levhasının batısı, iki farklı deformasyonun etkisi altında şekil değiştirmektedir. Bunlardan birisi kuzeyde Marmara civarında hüküm süren Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) bağlı doğrultu atımlı tektonik rejimi diğeri ise güneyde etkin olan genişleme rejimidir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Anadolu levhası üzerinde yer alan tektonik yapılar ve çalışma alanının konumunu gösteren lokasyon haritası (Şengör vd., 1985; Bozkurt, 2001; Koçyiğit ve Özaçar, 2003; Emre vd., 2018 ve bu çalışmadan birleştirilerek). BMG, Büyük Menderes Grabeni; GG, Gediz Grabeni; İBTZ, İzmir Balıkesir Transfer Zonu; OKC, Orta Kiklad Çizgiselliği; KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu

Bu genişlemeli deformasyona bağlı oluşan ana yapılar; (i) Menderes Metamorfik Çekirdek Kompleksi ve onunla ilgili normal ve sıyrılma fayları gibi tektonik yapılar, (ii) ve bu faylara bağlı gelişen graben havzaları ile (iii) genişleme tektoniğinin ana

eksenini Kiklad ile Menderes Çekirdek Kompleksleri arasında transfer eden ve Batı Anadolu'daki genişleme yapılarını batıdan sınırlayan İzmir–Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) ve onunla ilişkili yapılar olarak özetlenebilir. Son yıllarda sismik veriler kullanılarak oluşturulan tomografik modeller, dalan litosferin Pliny-Stabo boyunca hendeğe verev olarak yırtıldığına (Gans vd., 2009; Wortel ve Spakman, 2000; Hale vd., 2010; van Hinsbergen vd., 2010b; Biryol vd., 2011), bu yırtılmanın batı sınırında konumlanan İBTZ'nin, kabuk ölçeğinde, bölgenin tektoniği üzerinde önemli bir rol üstlendiğine işaret etmektedir (Sözbilir vd., 2011; Uzel vd., 2013, 2015, 2017, 2020). Bu rolü konu alan bilimsel çalışmalar ise, henüz son 20 yılı kapsamaktadır ve birçok bilinmeyen soru, hala cevaplanmayı beklemektedir.

1.1 Tezin Çıkış Noktası ve İçeriği

Batı Anadolu ve yakın çevresinin tektoniği kapsamında yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, Menderes Çekirdek Kompleksi tektoniğinin anlaşılmasından sonra, son yıllardaki en önemli gelişmenin İBTZ'nin varlığının önce teorik olarak (Ring vd., 1999), daha sonra saha verileri ve farklı disiplinlerdeki analiz yöntemleri ile (Sözbilir vd. 2011; Gessner vd., 2013; Uzel vd., 2013, 2015) ortaya çıkarılması olduğu görülür. Bu kapsamda, Batı Anadolu genişleme tektoniği içerisinde son yıllarda tanımlanmış olan ve ana genişleme doğrultusuna paralel/verev olarak gelişen transfer zonlarına en iyi örneklerden biri olan İBTZ, bölgenin jeolojik evrim yorumlamalarına yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu bakış açısına göre, Erken Miyosen'den itibaren Menderes ve Kiklad çekirdek komplekslerine ait yapısal elemanlar ile dönüşüm ve/veya kesişim içerisinde olan zon, metamorfik kütlelerin yüzeylemesi ve bununla ilişkili havza gelişimi olaylarında önemli bir rol oynamaktadır.

Ancak, literatürde bu zonun kuzeydeki devamı ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamış, KAFZ etkisinde deforme olduğu bilinen Güney Marmara'daki etkileri henüz saptanamamıştır. Bu alandaki cevapsız sorulara çözüm bulmak amacıyla kuzeyde KAFZ ile güneyde İBTZ arasında kalan bölge tez alanı olarak belirlenmiştir. Böylece, Anadolu Levhasının en batı bölümünü şekillendiren bu iki

önemli yapı ile ilgili bazı sorulara, bu tez kapsamında ışık tutulması amaçlanmıştır. Tezin çıkış noktasını oluşturan bu sorular şu şekilde sıralanabilir:

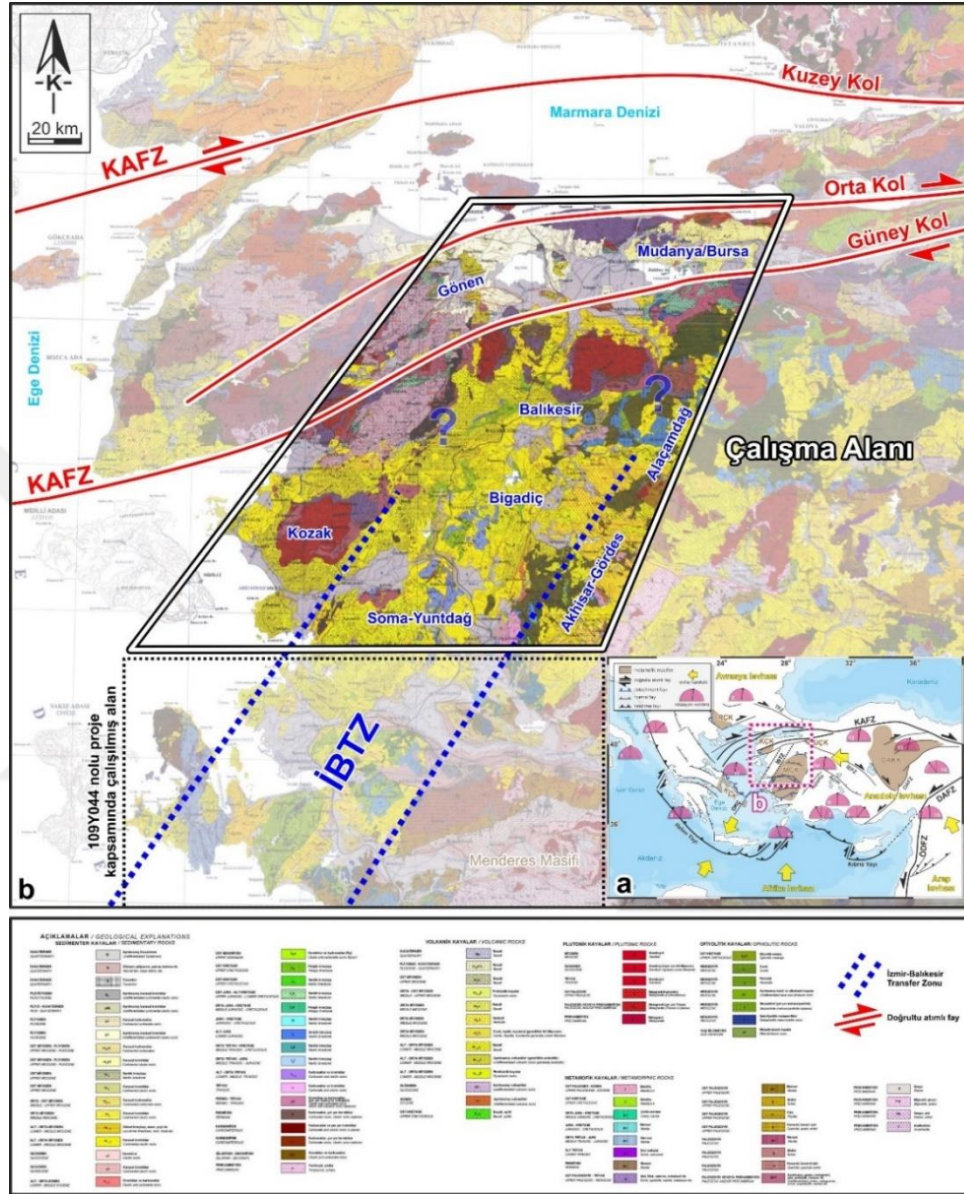
- KAFZ'nin Batı Anadolu'ya doğru ilerleyen kolları ile İBTZ arasında ne tür bir jeolojik ilişki olduğu,
- Belirlenen alanın Neojen'den günümüze yapısal ilişkisi detaylı stratigrafik ve yapısal çalışmalar ile ortaya konması,
- Bu bölgede yer alan faylar üzerinde kinematik analiz çalışmaları yapılması,
- Bölge içerisinde yer alan KD uzanımlı doğrultu atımlı fayların kuzeyde D-B uzanımlı normal faylar tarafından kesilirken; güneyde halen aktivitesini sürdürmesi ve deprem üretmesi (Gelembe Fayı ve Tuzla Fayı),
- Bölgenin depremselliğinin ortaya konulması.

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı kuzeyde Marmara Denizi, güneyde Yuntdağları, batıda Ege Denizi ve doğuda Bursa ile sınırlandırılmış bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 1.1). Seçilen çalışma alanına dair yerbilimsel literatürde, bazı havzaların tanımlandığı görülür. Bu tez kapsamındaki saha çalışmaları, önceki çalışmalara sadık kalarak, havza/alan bazında gerçekleştirilmiştir. Bunlar, kuzeyden güneye doğru; Mudanya-Bursa, Gönen, Balıkesir, Alaçamdağ, Bigadiç, Kozak, Akhisar-Görmüş ve Soma-Yuntdağ havzalarıdır (Şekil 1.2).

Bu kapsamda tezin ana çalışma motivasyonu olan, iki önemli büyük yapının Neojen'den bugüne bölgenin tektoniği üzerindeki rolü, jeolojik kayıtların en iyi saklandığı havzalarda yapılacak olan detaylı stratigrafik ve yapısal çalışmalar ile ortaya konması hedeflenmiştir. Bölgenin jeolojisine genel açıdan bakacak olursak, kuzeyde KAFZ etkisinde oluşan havzaların genel uzanımı D-B şeklinde olduğu gözlenmektedir. Tez alanının kuzeyinde yer alan havza çökellerinde ise stratigrafik olarak yaşlı kayalar üzerine baskın olarak pliyosen ve kuvaterner yaşlı çökellerin olduğu göze çarpmaktadır. Tez alanının daha güneyinde yer alan havzalarda ise Miyosen yaşlı çökellerin baskın olduğu gözlenmektedir. Havza geometrileri ise

herhangi bir uzanım sunmamaktadır. Havzaların detaylı jeolojileri stratigrafi bölümünde anlatılacaktır.



Şekil 1.2 a) Anadolu levhası ve yakın çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası ve bölgede yayınlanmış belli başlı paleomanyetik rotasyon verileri (Uzel vd., 2015), b) İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu arasında kalan çalışma alanının konumunu gösteren jeoloji haritası (MTA, 2002), KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, ÖDFZ: Ölüdeniz Fay Zonu, OAFZ: Orta Anadolu Fay Zonu, İEFZ: İnönü-Eskişehir Fay Zonu, TFZ: Trakya Fay Zonu, İBTZ: İzmir-Balıkesir Transfer Zonu, OKÇ: Orta Kiklad Çizgiselliği, MÇK: Menderes Çekirdek Kompleksi, KÇK: Kiklad Çekirdek Kompleksi, UÇK: Uludağ Çekirdek Kompleksi, KÇK: Kazdağ Çekirdek Kompleksi, RÇK: Rodop Çekirdek Kompleksi, OAKK: Orta Anadolu Kristalin Kompleksi

1.3 Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan, son yıllarda Batı Anadolu özelinde oldukça önemli bir tektonik yapı haline gelen İBTZ ile KAFZ arasındaki zamansal ve mekansal ilişkinin ortaya konması oldukça önem arz etmektedir. Bu kapsamda KAFZ ile İBTZ arasında kalan alanın Neojen'den günümüze tektonik gelişimi ve jeolojik evrimi; stratigrafi, fay kinematiki ve sismotektonik yöntemleri kullanılarak ortaya konulması amaçlanmıştır. Arazide gözlem yapılan lokasyonlardan çekilen fotoğrafların koordinatları "EKLER" bölümünde tablo halinde verilmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde, fay düzlemi verileri kullanılarak bölgesel paleostresin ters çözümü ve bölgeyi deforme eden kuvvetlerin saptanması ile ilgili birçok grafiksel (Angelier, 1984; Krantz, 1988) ve sayısal (Angelier vd, 1982; Angelier, 1984; Carey ve Mercier, 1987; Marret ve Almandinger, 1990; Nemcok ve Lisle, 1997) metod geliştirilmiştir. Bilgisayar destekli sayısal analiz yöntemlerinde kayma vektörünün ters çözüm (inversion) işlemi ile bölgesel deformasyondan sorumlu gerilme (stres) tensörü saptanabilmektedir. Fay kinematiki ile ilgili ilk çalışmaları yapan Anderson (1942), homojen ve izotropik bir ortamda fay geometrisi ile kinematikini karşılaştırarak bunların ana gerilme yönleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Ancak kayalardaki gerilme genelde anizotropik olup asal gerilmelerin büyüklükleri ile karakterize edilen stres elipsoidi eksenleri ile tanımlanmaktadır. Stres elipsoidinin en uzun ekseninde en büyük asal gerilme (σ_1), ortanca ekseninde ortanca asal gerilme (σ_2) ve en kısa ekseninde ise en küçük asal gerilme (σ_3) bulunur ve stres elipsoidinin geometrisi ve uzaydaki yönelimi o alandaki deformasyonu kontrol eder ve bu faylanmanın türü, dağılımı ve hareket yönünü belirler (Jeager ve Cook, 1969; Angelier, 1984). Bu mekanik yaklaşımların geliştirilmesiyle birçok araştırmacı tarafından, kırılmış kaya kütlelerindeki fayların yorumlanması için bilgisayar destekli kinematik analiz yöntemleri hazırlanmıştır. Bu yöntemlerin geçerliliği için birkaç ön kabul vardır:

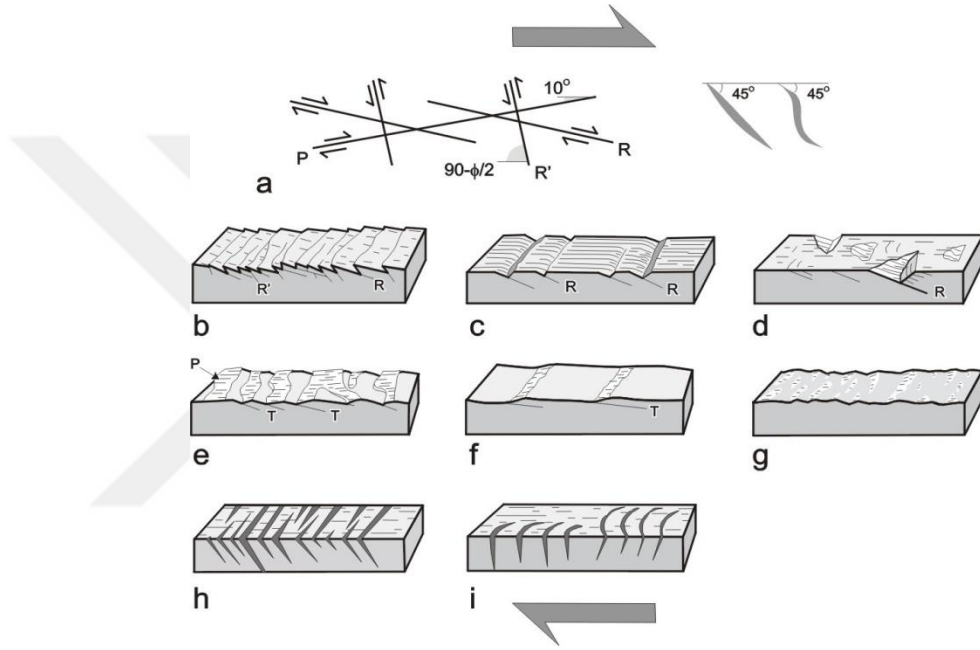
- Faylanmaya uğrayan kaya kütlesi fiziksel olarak homojen, izotrop ve rotasyona uğramamıştır. Eğer kaya çok yönlü kırılara sahipse mekanik olarak izotrop kabul edilir,

- Fay bloklarının hareketi fay düzlemi üzerine düşen azami makaslama gerilmine (τ_{max}) paralel gelişir ve bu yön meydana gelecek fay çiziklerine paraleldir,
- Bloklar arasındaki deformasyon, stres ve strain eksenlerinin paralel olmamasını sağlayacak büyüklükte olmayıp fay düzlemi rotasyona uğramamıştır (Carey ve Brunier, 1974; Carey, 1979; Angelier, 1984; Lisle, 1987; Means, 1987).

Bu kabuller ile bir tektonik faza ait gerilme tensörü, bu fazın sonucunda ortaya çıkan bağımsız kayma vektörlerinin ters çözümü ile elde edilebilir. Gerçekte kaya kütlelerinin homojen ve izotrop değildir ancak birkaç yüz metre ile birkaç kilometre arasında değişen kaya kütlelerinde yukarıda belirtilen varsayımlar geçerlidir ve elde edilen sonuçlar da genellikle bölgesel gerilme tensörü ile uyumludur (Mercier vd., 1991).

Yapılan arazi çalışmalarında fay türleri tanımlanırken fay düzlemleri üzerinde gelişen bazı kinematik göstergeler (asimetrik yapılar) hareket yönünü saptamada kullanılmıştır. Bu yapılar: (i) Riedel kırıkları ve açılma çatlaklarının geometrileri, (ii) fay yüzeyi üzerindeki saplanma/alet izleri, (iii) fiber lineasyonu ile fay kertikleri/basamaklar (chatter marks/steps). Riedel kırıkları ve açılma çatlaklarının geometrileri: İlk kez Tchalenko ve Ambraseys (1970) ve Wilcox vd. (1973) tarafından tanımlanan Riedel kırık geometrisi, ana yer değiştirme zonu boyunca bu zona yaklaşık paralel doğrultulu ve aynı atım yönlü R-kırıkları; yaklaşık dik doğrultulu ve ters atım yönlü R'-kırıklarını içerir ve bunlar gelişen diğer yapısal elemanlarla ideal geometrik bir dağılım sunar. Bu geometri fayın türünü ve hareket yönünü saptamada kullanılmaktadır (Şekil 1.3). Fay yüzeyi üzerindeki saplanma / alet izleri: Faylanma sırasında matriksten daha sert bir parçanın, hareket yönüne paralel bir şekilde fay yüzeyinde sürüklenerek oyması ve geride bir oluk ya da saplanma izi bırakması ile oluşur. Eğer fay yüzeyinde oluk izi gözleniyorsa bu hareketin doğrultusu, parçanın kendisi ve saplandığı yer görünüyorsa hareketin yönü bulunabilir. Fiber lineasyonu ile fay kertikleri/basamaklar (chatter marks/steps): Fay düzlemi üzerinde Riedel kırıklarından farklı, fay çiziklerine dik olarak gelişen,

birkaç milimetre ile birkaç santimetre boyutundaki asimetrik yapılardır. Hareket yönüne paralel açılmayla ilişkili olan kristal lif lineasyonu ile birlikte gelişen bu yapılar yüzeydeki küçük basamaklar halinde gözlenir. Bu anlamda elin fay düzlemi üzerinde hiç bir pürüze rastlamadan hareket ettiği yön, aşınmış olan bloğun hareket yönü olarak kullanılmıştır (elle dokunma yöntemi). Ancak elle dokunma yöntemi yalnızca, fay kertiği / basamakların geliştiği düzlemlerde kullanılmakta, Riedel kırıklarının geliştiği düzlemlerde doğru sonuç vermemektedir.



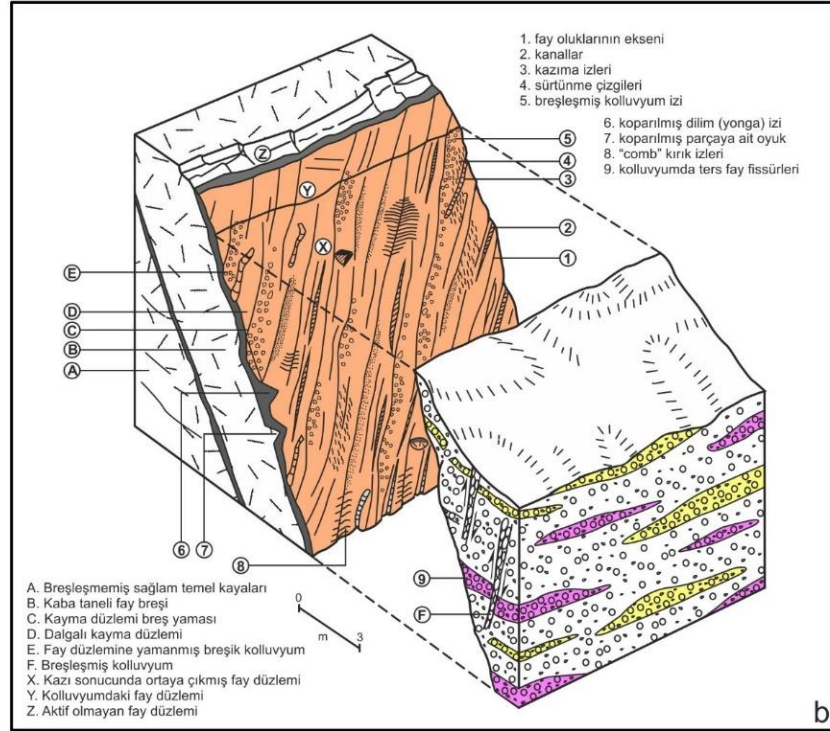
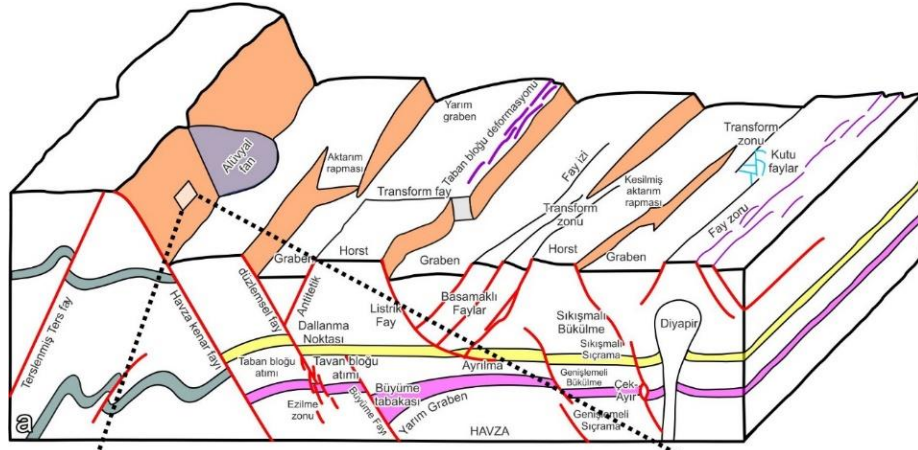
Şekil 1.3 a) Bir fay yüzeyinde oluşabilecek sintetik Riedel kırıkları (R), antitetik Riedel kırıkları (R'), P-kırıkları (P) ve açılma çatlaklarının ana fayla ilişkisini gösteren diyagram (ϕ : içsel sürtünme açısı), b) tümü R ve R' düzlemlerinden oluşan fay yüzeyi, c) yaklaşık 5-15° eğimli R-kırıkları içeren yoğunca çizilmiş fay yüzeyi, d) R-kırıklarının oluşturduğu "yarım ay" şeklindeki içbükey yapı, e) düşük eğimli düzlemsel ve çiziksiz "T" yüzeyleri ve fay çizikleri içeren P-yüzeyleri (Petit, 1987), f) fay çizikleri içeren P-yüzeyleri hareket yönüne doğru gelişmektedir, g) T-yüzeylerinin gelişmediği, ancak çizikli P-yüzeylerinin hareket yönüne doğru geliştiği durum, h) ana fay düzlemi ile yaklaşık 45° açı yapan açılma çatlakları (burada ilerleyen deformasyon nedeniyle bu açı büyüyebilir (Hancock ve Barka, 1987), i) hilal izleri, aşınmış bloğun hareketi doğrultusunda içbükey şeklini alan damarlar bu yapıyı oluşturur (b-i arasındaki diyagramlar Petit (1987)'den değiştirilerek alınmıştır)

Genişlemeli bir alanda oluşan yapılar havza, havza kenar fayı, sintetik ve antitetik faylar, aktarım rampası, horst, graben ve alüvyon yelpazesi olarak tanımlanır (Şekil 1.4a). Havzalar, sedimanların depolandığı çöküntü alanlarıdır. Havza kenar fayı ise

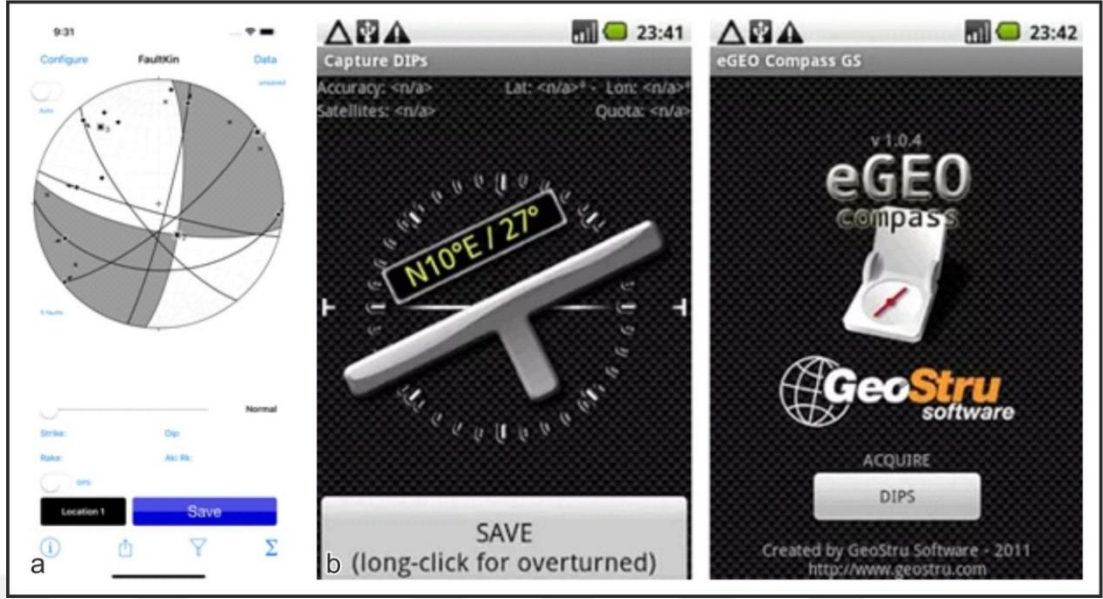
havzanın kenarı boyunca uzanan ve genellikle havzayı kontrol eden faylar olarak tanımlanmaktadır.

Normal faylar ile ilgili terimlerden bazıları şu şekilde tanımlanır. Sintetik faylar ana fayın eğim yönü ile aynı yönde olan faylar olarak tanımlanmaktadır. Antitetik faylar ise ana fayın eğim yönüne ters yönde oluşan faylardır. Aktarım rampası bir normal fayın doğrultusu boyunca sıçrama yaptığı alandır. Graben, iki kenarı normal faylar ile sınırlı çöküntü havzasıdır. Horst yapıları iki kenarı normal faylar ile sınırlı yükselti alanları olarak tanımlanmaktadır. Alüvyon yelpazesi ise tortulların yerçekimi yönünde yamaç aşağı kayarak eğimin azaldığı düzlüklerde birikmesiyle oluşur. Herhangi bir fay düzlemi üzerinde gelişen ve fayın türünü bulmaya yarayan yapılar ise kanallar, sürtünme çizgileri, breşleşmiş kolüvyal izi, koparılmış dilim izi, koparılmış parçaya ait oyuk ve tarak kırık izleridir ve teorik olarak bu yapılar fay çiziklerine paralel oluşmaktadır (Şekil 1.4b).

Fay kinematiki çalışmaları için lokasyon bazında fay yüzeyinde yapılan gözlemler (doğrultu, eğim ve rake açısı) o alandaki lokal gerilmeyi ve açılmayı göstermektedir. Bu sebeple çalışılan alanda yer alan fay zonu boyunca sistematik bir şekilde veri toplamak çok önemlidir. Bunun için ilgili lokasyondaki faylanma karakterizasyonu da dikkatlice yapılmalı, ilgili notlar saha defterine alınmalıdır. Tez kapsamında yapılan arazilerde hızlı ve daha fazla veri toplamak adına, pusulanın yanı sıra, “Faultkin Mobile” ve “e-geo compass” programları kullanılmıştır (Şekil 1.5). 2 programla da arazide ölçüm alınırken, fay düzlemi üzerindeki fay çiziklerine telefonun uzun eksenini paralel gelecek şekilde telefon yerleştirilir ve kaydet tuşuna basarak ölçümler kaydedilir. Bu sayede daha hızlı veri toplanarak, doğruya en yakın analizler gerçekleştirilir.

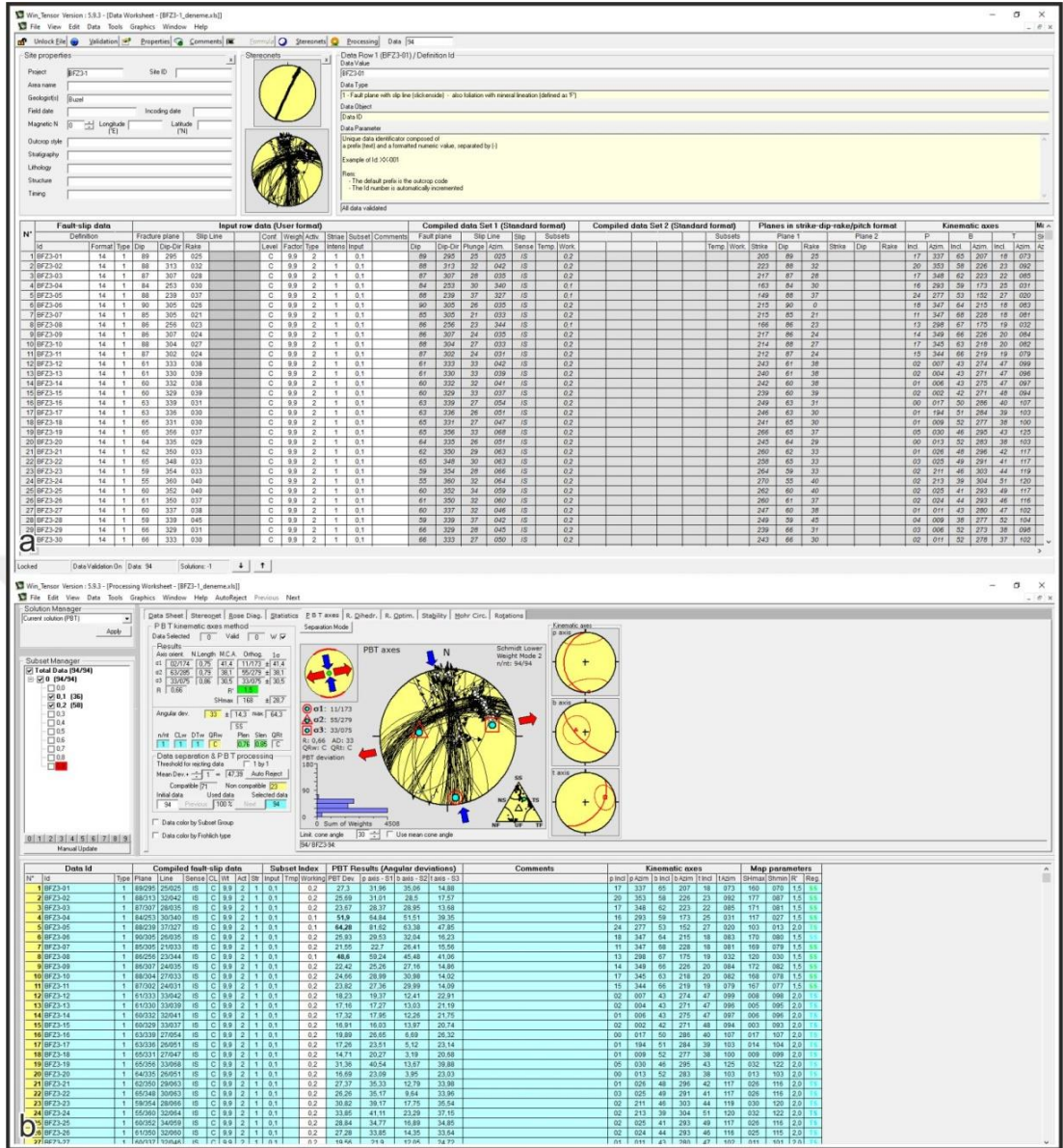


Şekil 1.4 a) Genişlemeli bir alandaki fay terminolojisini anlatan şematik blok diyagram (Peacock vd., 2000), b) Normal faylar üzerinde gelişen yapılar (Hancock ve Barka, 1987)



Şekil 1.5 a) Faultkin uygulamasının görüntüsü, b) EGeo Compass uygulamasının görüntüsü

Arazide toplanan kinematik verilerin ters çözüm (inversion) ve paleostres tensörünün saptanmasını temel alan kinematik analiz çalışması, ofis çalışmaları sırasında bilgisayar ortamında Wintensor programında analiz edilmiştir. Win-Tensor orjinal olarak Dos'ta geliştirilen tensor programının windows sürümüdür (Delvaux ve Sperner, 2003) ve Angelier (1984) tarafından geliştirilen ters çözüm algoritmasına dayanmaktadır. Program içerisinde veri giriş, sayısallaştırma ve işleme sayfalarının kolaylıkla kullanılabimesi sonucunda yer almaktadır (Şekil 1.6). Programdan üretilen stres analizi sonuçlarında ana asal gerilmelerin sayısal hesabı dışında grafiksel olarak, steografik izdüşümü üzerinde girilen fay düzlemlerini ve bu düzlemlere ait kutup noktalarını, bu yapısal öğeyi oluşturacak ana asal gerilmeleri ve bölgedeki yersel açılma ve sıkışma yönlerini görmek mümkündür. Bunların yanında düzlemsel/çizgisel yapılara ait istatistikler, fay düzlemi boyunca kırılmanın gerçekleşebilmesi için gerekli Mohr zarfı gibi bilgiler de çıktı olarak alınabilmektedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Kinematik analizi için kullanılan WinTensor programından alınan örnek bir ekran görüntüsü, a) veri giriş ekranı, b) veri işleme ekranı

Çalışma kapsamında inceleme alanında yer alan fayların aktivitelerinin belirlenmesi için, Türkiye Diri Fay Haritası çalışmalarına göre (Emre vd., 2018), diri fayların alt gruplara ayrılarak sınıflandırılmasında faylarda meydana gelmiş en son yüzey yırtılmasının oluşum zamanı jeokronolojik bir ölçüt olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda faylar: 1) Deprem yüzey kırığı, 2) Holosen fayı, 3) Kuaterner fayı ve 4) Olası kuaterner fayı ve çizgisellik olmak üzere 4 alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 1.1). Bu sınıflamada kullanılan kriterler, ilgili haritalarda şu şekilde verilmektedir:

Tablo 1.1 Türkiye Diri Fay Haritası'nda kullanılan fay sınıflamasındaki jeolojik yaklaşım. Jeokronolojik yaşlar faylardaki son yüzey faylanmasını göstermektedir (Emre vd., 2018)

Fay Sınıfı	Jeolojik Zaman		Zaman (yıl)	Tektonik Dönem	Aktivite
	Devir	Devre			
Deprem yüzey kırığı	Kuvaterner	Holosen	1900- Günümüz	Neotektonik	Aktif
Holosen fayı			 11,000		Potansiyel Aktif
Kuvaterner fayı		Pleyistosen	 2,588,000		
Çizgisellik	Tersiyer	Pliyosen	 5,000,000	Paleotektonik	İnaktif
		Geç Miyosen	 10,000,000		
		Geç Miyosen öncesi			

- 1) Deprem Yüzey Kırığı: 1900'den günümüze kadar olan zaman aralığında yüzey kırılması ile sonuçlanan büyüklükte deprem üretmiş olan fay
- 2) Holosen Fayı: Son 11.000 yılda yüzey kırılmasıyla sonuçlanan büyüklükte deprem üretmiş olan fay
- 3) Kuvaterner Fayı: Kuvaterner'de (son 2588 milyon yıl) yüzey kırılmasıyla sonuçlanan büyüklükte deprem üretmiş olan fay
- 4) Olası Kuvaterner Fayı ve Çizgisellik: Kuvaterner öncesi Neotektonik dönemde etkin ancak, Kuvaterner aktivitesi hakkında yeterli veri toplanamayan, depremselliği kuşkuyla fay veya güncel topoğrafyada belirgin çizgisellik.

Tarihsel dönem depremler ise 1900'lü yıllardan önce sismometre henüz icat edilmemişken gerçekleşen ve tarihsel kayıtlarda bulunan depremlerdir. Bu depremlerin şiddeti, depremin yeryüzünde meydana getirdiği hasardan yola çıkılarak yorumlanır. İnceleme alanında meydana gelen depremler aşağıda verilen Mercalli Şiddet Ölçeği yardımıyla yorumlanmıştır. Bu ölçeğe göre;

I- Hemen hemen hiç hissedilmez.

II- Binaların üst katlarında hareketsiz haldeki insanlar dışında kimse hissetmez. Sağlam asılmamış cisimler sallanabilir.

III- Özellikle binaların üst katlarındakiler açıkça hissederler. Pek çok kişi bunun bir deprem olduğunu fark etmez. Duran motorlu araçlar hafifçe sallanabilir. Sarsıntı, bir kamyonun yol açtığı sarsıntıya yakındır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilir.

IV- Gündüz olursa, binalarda bulunanların çoğunluğu, dışarıdakilerinse bir kısmı hisseder. Gece olursa, bazılarını uyandırır. Tabak-çanak yerinden oynar, pencereler, kapılar titrer; duvarlardan çatlama sesleri gelir. Ağır bir taşıtın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Hareket halinde olmayan motorlu araçlar görünür bir şekilde sallanır.

V- Hemen herkes hisseder; gece vakti pek çok insan uykudan uyanır. Tabak-çanak, pencere ve camlardan bazıları kırılır. Ağaç ve direk gibi yüksek cisimlerin sallandığı bazen fark edilir. Sarkaçlı saatler durabilir.

VI- Herkes hisseder, pek çok kişi korkar ve dışarı fırlar. Bazı ağır mobilyalar hareket eder. Sıvalar dökülebilir ve bacalar hasar görebilir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.

VII- İyi inşa edilmiş ve iyi tasarlanmış binalarda hasar göz ardı edilebilecek düzeydedir; iyi yapılmış sıradan yapılarda hasar ya çok hafiftir ya da orta düzeydedir. Kötü malzeme kullanılmış ya da kötü tasarlanmış binalarda önemli ölçüde hasar gözlenir; bazı bacalar yıkılır.

VIII- Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda çok az hasar görülür; dayanıklı, fakat deprem için özel tasarlanmamış sıradan binalarda kısmi çökme görülür. Kötü inşa edilmiş yapılarda büyük hasar görülür. Bacalar, kolonlar ve duvarlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir.

IX- Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda belirgin hasar olur. Taş ya da tuğladan yapılar ve demirli betondan yapılmış olanlar hafif eğilir. Sıradan binalarda hasar büyüktür; kısmen çökerler. Binalar temellerinden kayarlar.

X- İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları hasar görür, taş ve kafes yapıların çoğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.

XI- Birkaç yapı (özellikle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür.

XII- Mutlak bir hasar vardır. Bölge yerle bir olur, taş taş üstünde kalmaz. Cisimler havaya fırlar.

Bu tez kapsamında çalışma alanının sismotektoniği derlenirken, MTA tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd., 2018) ile Türkiye Sismotektonik Haritası (Duman vd., 2016) kullanılarak fay ve deprem envanteri oluşturulmuştur. Bu kataloglama sırasında gerekli olan daha detaylı bilgiler ise MTA Yerbilimleri Portalı (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>) üzerinden elde edilmiştir.

1.4 Literatür Özeti

Çalışılan bölge içerisinde birçok çalışmacı tarafından oluşturulmuş yayınlar bulunmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde, doğrudan bu tezin konusu ile ilgili olanlar, aşağıda verilmiştir. Burada derlenen önceki çalışmaların sırası çalışmanın konusu ve yayın yılı dikkate alınarak sıralanmış ve/veya gruplanmıştır.

1.4.1 İBTZ ile ilgili önceki çalışmalar

Batı Anadolu'nun Neojen tektonizması ve ilişkili havza dinamikleri ile ilgili birçok çalışmacı tarafından oluşturulan çok sayıda yayın olmasına rağmen (Bozkurt, 2001 ve referansları), İBTZ boyunca gelişen havzaların yapısal özelliklerini konu alan çalışmalar son 20 yıla dayanmakta (Uzel vd., 2013 ve referansları) ve çalışma alanı olarak belirlenen bölgede yapılan paleomanyetizma çalışmaları da yok denecek kadar azdır (Kissel vd., 1987; van Hinsbergen vd., 2010a) yada yayınlanmamış bilgilerden ibarettir (Orbay vd (1996, 1997, 1998, 2001 ve 2004)). Diğer yandan, bu tezin ana konusunu oluşturan İBTZ ile KAFZ ilişkisine dair herhangi bir çalışma henüz gerçekleştirilmemiştir.

İBTZ ile ilgili tektonik çalışmalar yaklaşık 40 yıl öncesine dayansa da, saha verileri ve gözlemler ile tanımlanması 2000'li yılları bulur. Net olarak bir transfer zonunun varlığından bahsetmemiş olsa da, İBTZ içerisinde yer alan havzaların stratigrafisi ve KD uzanımlı havza sınır faylarının varlığı ilk olarak Kaya (1979)

tarafından ortaya konmuştur. Kaya (1979, 1981), batıdan Karaburun-Midilli, doğudan Menderes yapısal yükselteri ile çevrili bölgeyi “Orta Doğu Ege Çöküntüsü” olarak tanımlar ve 16.2 ve 11 My arasında volkanizma ve tortullaşmada önemli bir kesikliğin olduğunu belirtir. Bu çöküntünün, Neojen öncesinden kalan (relict), başlıca KD ile K gidişli yapısal yüzeyler boyunca gelişmiş düşey yer değiştirmelerin ürünü olduğunu belirten bu çalışmalara göre, çöküntü; batıdan doğuya yapısal-stratigrafik basamaklardan oluşan Foça Çöküntüsü, Yamanlar Yükseltisi ve Akhisar Çöküntüsüne ayrılır. Okay vd. (1996), İzmir-Ankara Zonu’nun İzmir ile Balıkesir arasında kalan alanında yaptıkları stratigrafik ve jeodinamik çalışmalar sonucunda Bornova Filiş Zonu’nun Kretase sonundaki çökeliminin KD uzanımlı bir transform fayı boyunca gerçekleşmiş olduğunu belirtmiştir. Çalışmacılar, Soma transform zonu olarak isimlendirdikleri bu faya ait saha verilerinin Kretase sonrasında gelişen tektonizma ile silindiğini belirtir. Ring vd. (1999)’nin Samos Adası’nda yaptıkları deformasyon analizi sonuçlarına göre Kiklad ve Menderes çekirdek kompleksleri arasındaki genişleme farkını ve genişlemenin merkezlerini birbirlerine aktaran (transfer eden) kıtasal ölçekli bir makaslama zonu olmalıdır. Samos Adası ve Balıkesir arasında uzanan bu sol yanal zon KD doğrultuludur ve yaklaşık 50 km genişliğindedir. Çalışmacılar İzmir-Ankara Zonu’nun harita ifadesinde 150 km sol yanal ötelenmesinin sebebini bu zona bağlamaktadır.

İBTZ’ye ait ilk saha verileri ve jeolojik tanımlama Sözbilir vd. (2003) ile yapılmış ve bu zonu, güneyde Gümüldür (İzmir) ile kuzeyde Bigadiç (Balıkesir) arasında uzanan yaklaşık 150 km uzunluğunda ve 10 km genişliğinde KD-GB uzanımlı bir zayıflık zonu olarak nitelemişlerdir. İBTZ’ye ait arazi verilerinin Urla, Cumaovası, Kocaçay, Akhisar ve Bigadiç havzalarında belgelendiği vurgulanarak baskın tektonizmanın batı Anadolu’daki normal faylanmadan farklı olarak doğrultu atımlı olduğunu söylemişlerdir. Zon boyunca gelişen Miyosen-Kuvaterner havzaların çoğu bu zon ile ilişkili çek-ayır türde havzalardır. Araştırmaya göre, bu zon Kretase’den günümüze dek değişik zaman aralıklarında tekrar aktive olmuş, Pliyo-Kuvaterner yaşlı graben sistemi faylarının batı kenarlarını yer yer sınırlamıştır.

Uzel ve Sözbilir (2008) Cumaovası havzasının doğrultu atımlı ve verev atımlı normal fayların kontrolünde gelişen asimetrik bir (transtansiyonel) havza olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre, Cumaovası havzasının batı sınır fayı sol ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmayı belgeleyen veriler içerir ve bu durum havzanın içerisinde konumlandığı İBTZ'nin reaktivasyon geçirmesi ile açıklanmıştır. Özkaymak ve Sözbilir (2008) İBTZ içinde kalan Manisa fay zonunda yaptıkları çalışmada faylanma mekanizmasında yeniden aktif hale geçen fay segmentlerinin varlığını stratigrafik ve yapısal verilerle belgelemişlerdir. Araştırmaya göre Manisa fay zonunun erken dönem tektonizması ve kinematığı İBTZ ile ilişkilidir. Sözbilir vd. (2008)'in 17-20 Ekim 2005-Sığacık körfezi depremine yönelik yaptıkları çalışmalarda deprem sırasında oluşan yüzey deformasyonlarının KD-GB ve KB-GD uzanımlı doğrultu atımlı faylar ile D-B uzanımlı normal fay mekanizmasıyla ilişkili olduğunu belgelemişlerdir. Araştırmaya göre 2005-Sığacık Körfezi depremi, doğrultu atımlı fayların karakteristik özelliklerinden olan negatif çiçek yapısıyla ilişkilidir. Sözbilir vd. (2009) İzmir Körfezi ve çevresinde yaptıkları çalışmada körfezin D-B, KB-GD, KD-GB ve K-G doğrultulu fayların kontrolünde şekillendiğini savunmuşlardır. Araştırmada KD-GB uzanımlı Seferihisar fayı ile D-B uzanımlı İzmir fayı ve D-B uzanımlı Karşıyaka fayının birlikte çalışarak İzmir iç körfezinin oluşumunu sağladığını belirtilmiştir. Ayrıca, İzmir İç Körfezi K-G çekme ve D-B uzanımlı sıkışma kuvvetleri etkisinde transtansiyonel ortamda oluşumunu devam etmektedir. Sözbilir vd. (2011) Kocaçay havzasında yaptıkları çalışmada, havzanın doğu sınırını oluşturan Mahmutdağ Fay Zonu'nu, İBTZ'nin de doğu sınırı olarak nitelemiştir. İBTZ'nin merkezinde konumlu olan İzmir Körfezi'nin evrimini konu alan Uzel vd. (2012) ve zonun içerisindeki fay verilerini derleyen Uzel vd. (2013), bölgedeki doğrultu atımlı faylanmanın tarihçesini ve jeolojik kaya birilerinin oluşum/deformasyon evreleri ile olan ilişkisini Miyosen'den günümüze doğru ortaya koymaktadır.

1.4.2 KAFZ ile ilgili önceki çalışmalar

Bu tez de odaklanılan diğer bir ana yapı da, KAFZ'dir ve Dünya'nın en iyi bilinen ve en çok çalışılan tektonik yapılarından biridir (Şekil 1.1 ve 1.2). Üzerine yüzlerce

araştırma yapılan KAFZ'nin Güney Marmara'daki bölümü, bu çalışmanın odaklandığı konudur. Bu kapsamdaki literatürde bulunan Şengör vd. (1985), KAFZ boyunca gelişen havzalarla ilgili önemli bilgiler ve korelasyonlarını içerir. Çalışmada, farklı ölçeklerde ve doğrultulardaki doğrultu atımlı faylar, yakınsak levha zonlarında gözlemlenen deformasyonun en önemli bileşenlerinden biri olduğunu savunur. Kıtasal kayaçların aşırı heterojenliği ve düşük makaslama kuvveti, düzensiz çarpışmalar boyunca oluşan sıkışmalı alanlar, dalma bölgelerinin oluşturduğu serbest yüzlere doğru karmaşık 'kaçış yolları' oluşturmaktan sorumludur. Bu sürecin kökeni ise çok az anlaşılmaktadır. Tektonik kaçışın açıklandığı iki ana modelde, bu kaçışı, çarpışma ve kaçan parçanın (kamanın) sınırlara uyguladığı basınç nedeniyle kalınlaşan kabukta oluşan yüzdürme kuvvetlerine bağlarlar. Kaçış tektoniğinin aynı zamanda, fosil örneklerinin anlaşılmasını zorlaştıran karmaşık bir jeolojik imza bıraktığını söylemektedir. Araştırmaya göre, çalışma alanı içerisinde bulunan Bursa, Mustafakemalpaşa ve Gönen fayları, KAFZ'nin güney kolu üzerinde konumludur.

Barka (1992), doğuda Erzincan ile başlayıp batıda Bolu'ya kadar uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı fay olan KAFZ üzerinde yer alan çek ayır havza niteliğinde olan havzalardaki Miyosen çökellerinde gözlenen yer değiştirme miktarını ortaya koyar. Fay üzerindeki bu yer değiştirme yılda 1 cm ile 0.5 cm arasında değişmektedir. Araştırmacıya göre Bursa fayı D-B uzanımlı ve KAFZ güney kolu üzerinde konumlu olup Bursa Havzası KAFZ üzerinde çek ayır havza olarak tanımlanmıştır. Elmas (2003), Kuzey Anadolu Fay Zonunun, Geç Senozoyik tektoniği ve stratigrafisinin KB Anadolu bölgesindeki etkisini çalışmıştır. Araştırmacı KB Anadolu bölgesini birden fazla farklı morfo-tektonik segmentin birleşmesiyle oluşan bir mozaığe benzetmiştir. Elmas (2003)'e göre D-B uzanımlı Bursa Fayı normal fay karakterine sahiptir ve Bursa havzası Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca oluşan bir çek ayır havza niteliğindedir.

Şengör vd., (2005), çalışmasında, KAFZ'nin 1200 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip olduğunu ve batıya doğru genişleyen sağ yanal bir zon içerisinde şekillendiğini söylemiştir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999'da meydana gelen depremler, 1999'dan bu yana haritalanan fayın Marmara segmentinin

yüklenmesine yol açmış ve bu segment üzerinde önümüzdeki 50 yıl içerisinde büyüklüğü yaklaşık $M \leq 7,6$ olarak %50 olasılıklı deprem beklentisini ortaya koymuştur. Marmara denizi yakın çevresindeki güncel gerilme oldukça asimetrik olup, kuzey kolun güney kesiminde büyük bir yamulma gözlenmektedir.

Ketin (1948)'e göre KAFZ Marmara Denizi'nde sonlandırılmış, fakat Ketin ve Roesli (1953) Yenice-Gönen depremi üzerinde yaptıkları çalışmalara göre Bursa, Ulubat ve Manyas çöküntü alanlarının şekillendiği, Marmara Denizi'nin güneyinde bir dizi genç havzalar boyunca fayların devam ettiğini ortaya koymuştur. İznik Gölü'nün doğusunda birbirlerinden ayrılmış ve KAFZ'nin değişik kolları ile birbirine bağlanmış güney kol havzaları, Marmara bloğu ile KAFZ güney kolunun güneyinde kalan kolun saf doğrultu atımlı faylanma gösteren bir bölgede yer alırlar. Batıya doğru birbirleri ile bağlantılı Bursa-Ulubat-Manyas havzalarında da gözlemlendiği gibi KAFZ'nin ana kollarının birçoğu genişleme özelliği sunmaktadır. Manyas ve Ulubat havzaları normal- oblik ana fay boyunca güneye eğimlenmiş bir dağ sırası ile Marmara Denizi'nin güney kıyı bölgesinden ayrılmıştır. Bu havzalar akarsu sedimanları ile Geç Miyosen'de başlamış hızlı bir biçimde göl ortamında gelişmiştir. Manyas ve Ulubat gölleri bölgedeki çok daha büyük Pleyistosen göllerinin kalıntısıdır.

Tokay ve Altunel (2005), Eskişehir Fay Zonunun neotektonik aktivitesiyle ilgili çalışmasında, Eskişehir Fay Zonu'nun Batı Anadolu genişleme bölgesinin KD sınırını oluşturduğunu ve batıda İnegöl ile doğuda Tuzgölü arasında yer aldığını belirtir. Sağ yönlü doğrultu atımlı bileşenli oblik bir fay olan İnönü-Dodurga segmenti yaklaşık BKB-DGD ve D-B doğrultusunda uzanarak morfolojide keskin bir çizgisellik oluşturur ve fayda meydana gelen en büyük deprem 20 Şubat 1956 tarihinde ve $M=6$ büyüklüğünde olduğu kaydedilmiştir. Bu zon Şaroğlu vd. (1987) tarafından Eskişehir-Bursa fay zone olarak adlandırılmış, batıda Uludağ'dan doğuda Kaymaz'a kadar uzandığı belirtilerek İnönü yöresi, İnönü-Dodurga fay zone, Eskişehir fay zone ve Kaymaz fayı olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Şaroğlu vd. (1992) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay haritasında gösterilen tüm bu alt

bölümler Altunel ve Barka (1998) tarafından Eskişehir Fay Zonu olarak değerlendirilmiştir.

Okay vd., (2008), Türkiye'nin KB'sinde yer alan Uludağ Masifi'nin Oligosen yaşlı sünümlü deformasyonunu çalışmıştır. Araştırmacılara göre Uludağ Masifi 225 km uzunluğa ve 100 km sağ yanal doğrultu atımlı yer değiştirmeye sahip olan, Oligosen yaşlı, sünümlü bir doğrultu atımlı makaslama zonu ile yüzeylemiştir. Uludağ Masifi'ni oluşturan makaslama zonunun kökenini anlamak amacıyla yapılan çalışmada; (1) Aktif oblik atımlı Eskişehir Fayı'nın KB ucunda bulunması, (2) taban bloğunda yüzlek veren gnayslarda gözlenen mineral lineasyonlarının neredeyse yatay ve sağ yanal bileşenli olması, (3) foliasyon düzlemlerinin Bursa ve Eskişehir faylarına paralel bir doğrultuda uzanması, (4) düşeye yakın konumlu olan sinkinematik granitik sokulumların varlığını, (5) Eskişehir Fayı ile sinkinematik metagranitlerin, foliasyonların ve minerallerin çizgisel dizilimlerinin paralel olmasını gerekçe gösterilmiştir. Araştırmacılara göre makaslama zonu Eosen'den Oligosen'e kadar amfibolit fasiyesine ait granysları yüzeye getirmektedir. Makaslama zonu boyunca yüzeyleyen sinkinematik granitlerin kristalizasyon ve soğuma yaşlarına göre, bu deformasyon Geç Eosen'den Oligosen'e kadar aktif olmalıdır. Araştırmacılar Uludağ'ı, DGD uzanımlı olan ve düşeye yakın fay düzlemlerinin oluşturduğu bir dağ kuşağı olarak tanımlar. Bu dağ kuşaklarının kuzeyi aktif Bursa Fayı ile sınırlanmaktadır. Bu çalışmaya göre fay, birkaç lokasyonda 25- 50° arasında değişen eğim açıları ile K'ye eğimli olarak gözlenmiştir. Fay çizizi verilerine göre normal bileşene sahip sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. Bursa Fayı'ndan beslenen ve Bursa havzasına doğru gelişimini sürdüren geniş alüvyon yelpazeleri gözlenmektedir. GPS verilerine dayanarak Bursa Fay Zonu'nun yanal atım miktarı yılda 1- 2 mm arasında değişmekte olduğu hesaplanmıştır.

Selim vd., (2013), çalışmasında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güney kolunu batıdan doğuya doğru 4 segmente ayırır: Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Ulubat ve Bursa. Bu faylar aktif tektonizma altında bir çökelim modeli sunan, kuzeyde Bandırma-Mudanya yükselimi, güneyde ise Uludağ-Sularya yükselimi ile sınırlı olan Bursa-Gönen çökelimini kontrol eder. Fay

kinematiklerinden yararlanarak yapılan çalışmada, Bursa-Gönen çökeliiminin geç Pliyosen zamanında küçük bir çek ayrır havza olarak başlayıp sonrasında çökelim alanı evrilerek genişlemiş olduğu önerilir. Çökeliimi kontrol eden bu faylar aktifliklerini halen sürdürmekte olup gelecekte deprem üretme potansiyeline sahiptirler. Miyosen öncesi yaşlı kayalar bu çalışmada temel kaya olarak adlandırılmıştır. Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Ulubat ve Bursa faylarının oluşturduğu Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güney kolu Güney Marmara'nın jeomorfolojik evrimini kontrol etmektedir. Çalışma alanında bulunan Bandırma-Mudanya ve Uludağ-Sularya yükseltileri ve bunların arasındaki bölgede kalan Bursa-Gönen çökelim alanı bu bölgenin en önemli jeomorfolojik bileşenlerindendir. Araştırmacı Bursa fayını batıdan doğuya doğru Kayapa-Çalı, Misiköy, Çekirge-Hamamlıkızık ve Saitabat olmak üzere 4 segmente ayırır. Kayapa-Çalı segmenti üzerindeki derelerde herhangi bir atım gözlenemediği için bu segment tamamen normal karakterli olarak kabul edilmiştir. Misiköy segmenti üçgen yapılar ve akarsularda yaptırdığı atımlar sebebiyle keskin bir morfolojiye sahiptir. Çekirge-Hamamlıkızık segmenti Uludağ-Sularya yükseliminin kuzey sınırını oluşturmaktadır. Bu segment güneydeki taban bloğunda bulunan metamorfik kayalar ile kuzeyde tavan bloğundaki alüvyonel çökeller arasında keskin bir sınır oluşturur. Saitabat segmenti, Hamamlıkızık ve Sayfiye köyleri arasında uzanır. Fay çizikleri ölçümleri doğrultusunda fayın tamamen normal karakterli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu segmentin kuzeyinde, Kestel ve Deliçay olarak isimlendirilen ve sağ yanal atımlı karaktere sahip faylar yer almaktadır. Kükürtlü, Çekirge ve Hamamlıkızık bölgelerinde sıcak su çıkışlarına rastlanmıştır. Bursa fayının aktif olduğu kanısına, Çekirge-Hamamlıkızık segmenti boyunca gözlenen yaklaşık 60 m kalınlığındaki Bursa traverten, çeşitli alüvyal yelpazeler, kolüvyal çökel ve yamaç molozunun varlığı sonucunda varılmıştır.

Özalp vd. (2013), Kuzey Anadolu Fay Zonu güney kolu üzerinde yer alan Gemlik segmentinin paleosismolojisini çalışmıştır. Bu fay segmenti üzerinde, Orhangazi-Bursa karayoluna bitişik Eski Gemlik Devlet Hastanesi bahçesinde Terme hendeği açılmıştır. Bu hendekte belirlenen son deprem, tarihsel kayıtlarda Kemalpaşa-Bursa-Gemlik-İznik yörelerinde, 1850-1863 yılları arasında gerçekleşen 5 yıkıcı deprem

arasında değerlendirilebilir. Bu deprem serisi, Güney Marmara bölgesindeki aktif faylar üzerinde batıdan doğuya doğru 19 Nisan 1850, 28 Şubat 1855, 11 Nisan 1855, 17 Eylül 1857 ve 6 Kasım 1863 depremlerinden oluşur (Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys, 2002). Hasar kayıtlarına göre 19 Nisan 1850 depreminin Kemalpaşa, 28 Şubat 1855 depreminin Ulubat ve 11 Nisan 1855 depreminin ise normal fay niteliğinde olan Bursa Fayı'ndan kaynaklanmış olması muhtemeldir. 1857 yılında meydana gelen depremin ise Gemlik segmentinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bursa fayı güney içbükey bir aktif fay sistemi içerisinde yer alır ve Gemlik Fayı bu fayın tavan bloğunu kuzeyden sınırlar. Bu ilişkiden dolayı Gemlik fayı üzerinde gelişen 1857 depreminin Bursa fayı üzerinde meydana gelen 1855 depremi tarafından tetiklenmiş olması muhtemeldir. Çalışmada, Bursa'da 15 Mart 1419 tarihinde, şiddeti belirlenemeyen 7,2 büyüklüğünde bir depremin varlığından bahsedilmiştir ancak bu durumun bir yazım hatası olması muhtemeldir. Çünkü 1900 ve öncesi yıllarda deprem büyüklüğünü ölçebilecek bir makine olmadığı ve 1900 yılı öncesinde meydana gelen depremlerin şiddetleri doğrultusunda yorumlandığı bilinmektedir.

Polat vd., (2016), çalışmasında, güçlü P ve S dalgalarının yer kabuğu içerisindeki dağılım hızlarını kullanarak Marmara Bölgesi için yeni bir kabuk modeli oluşturmayı hedeflemiştir. Araştırmacı, Dünya'nın tektonik olarak en aktif bölgelerinden biri olan Marmara bölgesi üzerine yoğunlaşmıştır. Tarih boyunca bu bölgede 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ($M_w=7,4$) gibi bilinen birçok yıkıcı deprem kaydı bulunmaktadır (Ambraseys ve Zatopek, 1969; Karabulut vd., 2003). Bölgede meydana gelmiş olan yıkıcı depremlerin çoğu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile ilişkilendirilmiştir. Marmara bölgesi ve yakın çevresinde yer alan büyük şehirlerde KAFZ varlığı büyük bir tehlike yaratır. Türkiye'nin KB'sinde yer alan Marmara Denizi sağ yönlü doğrultu atımlı olan KAFZ ile genişlemeli rejim altındaki Ege Bölgesi arasındaki geçiş zonunda yer almaktadır. Model oluşturmak için kullanılan veriler KOERİ ve TÜBİTAK'tan alınmıştır. Bu verilerin alınmasında 5 adet denizaltı sismometresi kullanılmıştır. P ve S dalgaları kullanılarak oluşturulan modelde çıkan anomaliler genel olarak benzerdir. Farklı çıkan anomalilerin sebebi ise kabuğun karmaşık bir yapıda (kırık zonları ve kırıklara dolan akışkanlar) olması ile açıklanabilir. Tekirdağ,

Yalova ve Gaziköy' n sıĝ derinliklerde (0-5 km arası) P ve S dalgalarının hızı olması gerekenin tam aksine göreceli olarak daha yüksek bulunmuştur. Marmara Denizi'nin batısında P ve S dalgalarının hız modelleri için düşük hız anomlisi elde edilmiştir. Bunun sebebi yükselen astenosfer ile ilişkilendirilmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun iki kolu arasında uzanan yüksek hız anomalileri bu alandaki yüksek direnç bölgesine karşılık gelmektedir.

KAFZ'nin Güney Marmara'daki segmentasyonu ile ilgili yapılan bir diĝer çalışma ise, Emre vd. (2018) tarafından yayınlanan Türkiye Diri Fay Haritası'nın yenilenmesini içeren çalışmadır. Bu yayında araştırmacılar MTA envanterlerindeki diri fay segmentlerine ait bilgileri, en son gözlemler ve çalışmalar çerçevesinde yeniden ele almış ve tüm Türkiye  l eĝinde tanımlamalarını yapmıştır. Bu çalışmaya göre Bayramiç'in güneyinden itibaren Manyas ve Bursa'ya doĝru ilerleyen doĝrultu atımlı faylar, KAFZ'ye birleşmeden, Bursa civarında doĝuya doĝru geniş bir bent yaparak Eskişehir'e doĝru ilerlemektedir. Araştırmacılara göre KAFZ'nin güney kolu Bursa'nın hemen kuzeyinden Marmara Denizi kıyıları boyunca ilerler ve Bandırma civarından Biga Yarımadasına doĝru ilerlemektedir.

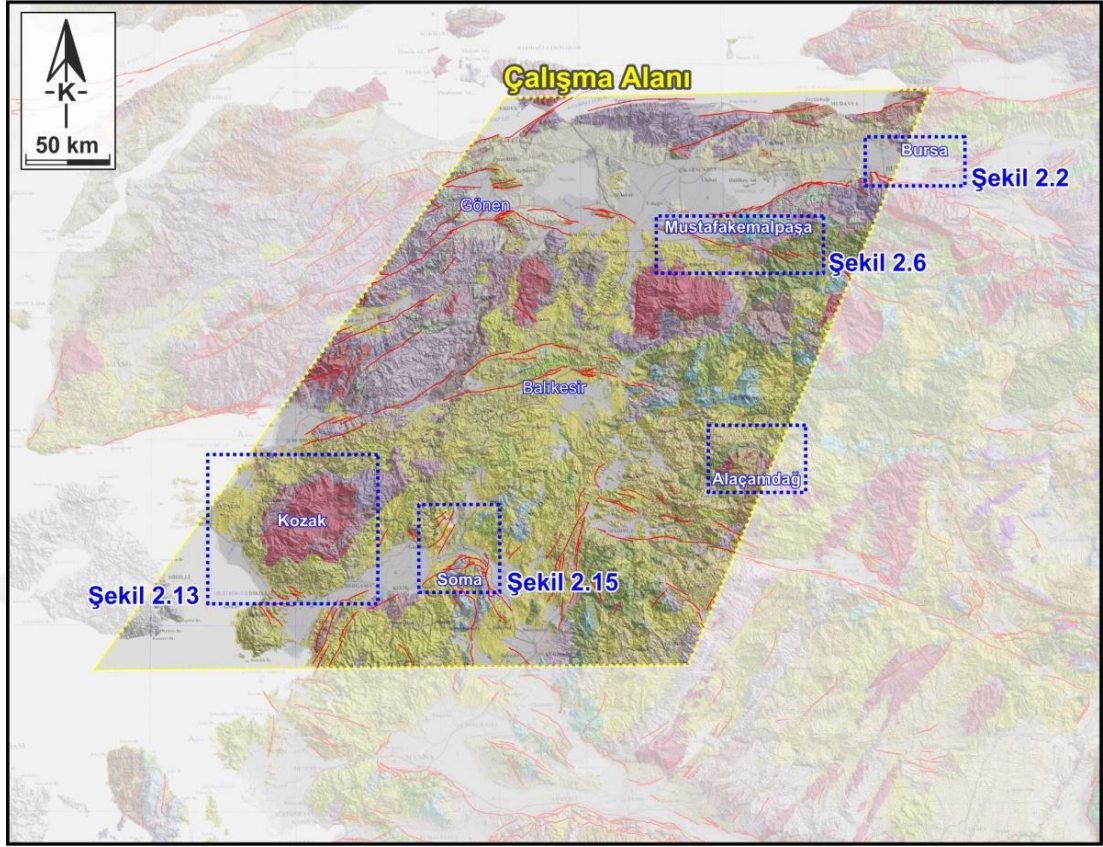
BÖLÜM İKİ

STRATİGRAFİ

Çalışılan alan içerisinde yer alan havzalar literatürde kuzeyden güneye doğru; Mudanya-Bursa, Gönen, Balıkesir, Alaçamdağ, Bigadiç, Kozak, Akhisar-Gördes ve Soma-Yuntadağ alanları olarak ayrılabilir (Şekil 1.1). Bu alanlardan KAFZ ile ilişkili olan Bursa, Mustafakemalpaşa ile İBTZ ile ilişkili Alaçamdağ, Kozak ve Soma bölgeleri, İBTZ ile KAFZ arasında kalan alan jeolojik açıdan daha detaylı çalışılmıştır. Havzaların stratigrafları genel olarak miyosen öncesi, miyosen ve miyosen sonrası çökeller olarak ayrılıp incelenmiştir, bu sayede havza stratigraflarının kendi içlerinde bir korelasyon olup olmadığı incelenebilir. Aşağıda bu havzalar kuzeyden güneye olacak şekilde anlatılacaktır (Şekil 2.1).

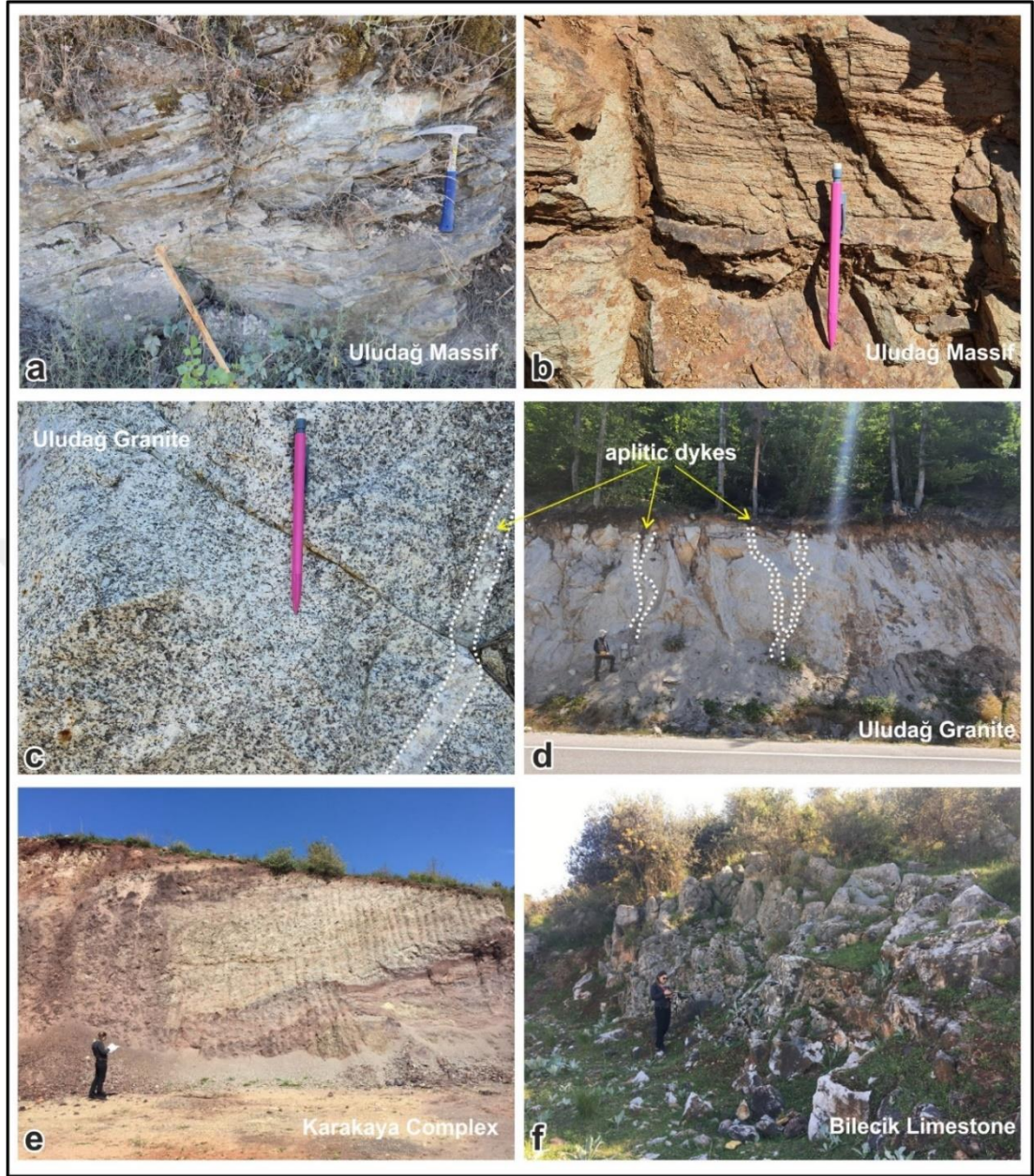
2.1 Bursa Alanı

Bursa alanı, Bursa ili merkez olacak şekilde uzun yarıçapı yaklaşık 30 km, kısa yarıçapı ise yaklaşık 15 km olacak bir elips geometrisinde ve yaklaşık 2200 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Alanın morfolojik olarak en dikkat çekici noktası, yüksekliği 2543 metreye ulaşan Bursa'nın güneyindeki Uludağ yükselimidir (Şekil 2.2). Bu alan içinde yüzlek veren Miyosen öncesi kaya birimleri temel kayalar olarak birleştirilmiştir. Bu kaya toplulukları Okay vd. (2008) ve Ersoy vd. (2017)'in ayırdığı şekilde, baskın olarak Paleozoyik yaşlı ve Pontitlere dahil edilen Uludağ Grubu'na ait mermer ve gnayslar ile Jura-Kretase yaşlı kırıntılı/karbonat sedimanlar, Sakarya'ya dahil edilen Karakaya Karmaşığı ile Anatolid-Torid Kuşağı'na dahil edilen yüksek basınç metamorfizması ile temsil edilen Tavşanlı Zonu'na ait mavişit fasiyesindeki Paleozoyik – Mesozoyik kırıntılı ve karbonat protolite sahip şist ve mermerler yanında İzmir-Anakara Zonu içindeki ofiyolitik melanj kayaları yer alır (Şekil 2.3).



Şekil 2.1 Uydu görüntüsü üzerinde yer alan bölgenin genel jeoloji haritası (MTA, 2002; Emre vd., 2018). Harita üzerindeki kırmızı çizgiler aktif fayları göstermektedir

Bu yaşlı temel kayalar, alanın kuzeydoğusunda Kızderbent volkanikleri güneyinde ise Uludağ graniti tarafından kesilmektedir. Ersoy vd. (2017) Kızderbent volkaniklerinin bazalttan riolite değişen bileşimlerde, lav akmaları, mafik dayklar ve pirklostik kayalardan yapıları olduğunu belirterek Sakarya orojenik volkanik kayaları içinde değerlendirir. Kızderbent volkanikleri üzerinde günümüze kadar yapılan jeokronolojik çalışmalarda K/Ar ve Ar/Ar tarihlemeleri 38.1 ± 1.9 ile 52.7 ± 0.5 arasında değişen yaş aralıkları sunmaktadır (Ercan vd., 1998; Kürkçüoğlu vd., 2008; Gülmez vd., 2013; Altunkaynak ve Dilek, 2013). Uludağ Graniti ise Okay vd. (2008) tarafından Uludağ Masifi içine kubbe morfolojisinde merkezi bir kütle şeklinde yerleşmiş 11 km'ye 6.5'km boyutlarında bir sokulum olarak tarif edilir.



Şekil 2.3 Temel kayaç olarak tanımlanan birimlerin arazi görünüşleri, a) Kahverengi renkli yoğun deforme olmuş şist, b) Uludağ masifine ait şist, c) Uludağ granitinin yakından görünümü, d) Uludağ graniti içerisinde gözlenen aplitik dayklar, e) Oldukça deforme olmuş kırmızımsı kahverengi renkli Karakaya kompleksi, f) Gri renkte gözlenen Bilecik kireçtaşının arazi görüntüsü

Bursa alanı içinde yüzlek veren daha genç jeolojik birimler ise isitifin üstünde gerek stratigrafik olarak oturan gerekse yapısal bir dokanakla ayrılan Selim ve Tüysüz (2013) tarafından Ezine volkanikleri ve Soma formasyonu olarak isimlendirilmiş birbirleriyle yanal ve düşey giriklik sunan volkanik ve sedimenter

kayalardan yapılı bir paketle temsil edilir. Ezine volkanikleri genelde andezitik bileşimde, dom, dayk ve baskın olarak piroklastik fasiyeslerde gözlenir. Alan sınırları içinde yüzlek veren bu volkanik kayaların oluşumuyla ilişkili jeokronolojik veri, alan sınırları dışındaki İzmit/Düzce'den Kürkçüoğlu vd. (2008)'in sunduğu Ar/Ar verilerine dayanır ve ortalama 20 milyon yıllık bir yaş ile alt Miyosen'e işaret eder. Diğer bir veri ise alan sınırları içindeki asidik bir tuf seviyesinden Okay vd. (2008) işaret ettiği 15.09 ± 0.10 my'lık apatit füzyon izi yaşıdır. Alan içindeki Soma formasyonu olarak tanımlanmış birim ise Selim ve Tüysüz (2013)'e göre tabanda kırmızı karasal konglomeralar ile başlar ve üste doğru incelenerek açık renkli silisifiye kireçtaşı litolojilerinde gözlenen linyit içerikli gölsel çökellere dönüşür. Formasyonun alan içindeki yüzleklerinde Mudanya/Yürükali ve İnegöl/Kirazdere'de sırasıyla Sickenberg vd. (1975) ve Saraç (2003)'in sunduğu rodent faunası verileri MN6 ve MN5 gibi memeli zonlarına denk gelir. Bütün bu yaş verileri beraber değerlendirildiğinde, Ezine volkanikleri ile Soma formasyonundan oluşan bu paketin jeolojik yaşının alt-orta Miyosen olduğuna işaret eder.

Manyas formasyonlarının dokanağı uyumlu bir şekilde gösterilmiştir. Selim ve Tüysüz (2013) Manyas formasyonunun sadece Bursa-Gönen depresyonunda çökeldiğini belirtirken formasyonun üyelerinin yüksek enerjili tane destekli ve düşük enerjili aramade destekli kırıntılı çökellerden yapılı olduğunu savunur. Selim ve Tüysüz (2013) bu birimlerin Adapazarı'nda gözlenen Karapürçek formasyonunun yanall eşleniği olduğunu ve Ünay vd. (2001)'in Karapürçek formasyonu içindeki rodent fauna bulgularına dayanarak jeolojik yaşının geç Pliyosen-erken Pleyistosen olması gerektiğini belirtir. Bursa alanı içinde yüzlek veren en genç kaya topluluğu ise Alüvyonlardır. Bu birimleri Selim ve Tüysüz (2013) yaşlı akarsu taraça çökelleri, alüvyal yelpaze çökelleri, yamaç molozu çökelleri, güncel kanal ve taşkın çökelleri ve travertenler olarak belirtir.

Bu paket üstüne aşsal uyumsuzlukla Karasu formasyonu gelir (Şekil 2.4). Bu jeolojik birim baskın olarak alanın kuzeyinde Selim ve Tüysüz (2013)'ün Bandırma – Mudanya Yükseltisi olarak tanımladığı bölgede yüzlek vermektedir. Formasyon başlıca açık beyazımsıdan alacalıya kadar değişen renklerde az pekleşmiş çakıltaşı ve kumtaşından ve çamurtaşı kumtaşı ardaalanmasından yapılıdır. Formasyon içindeki

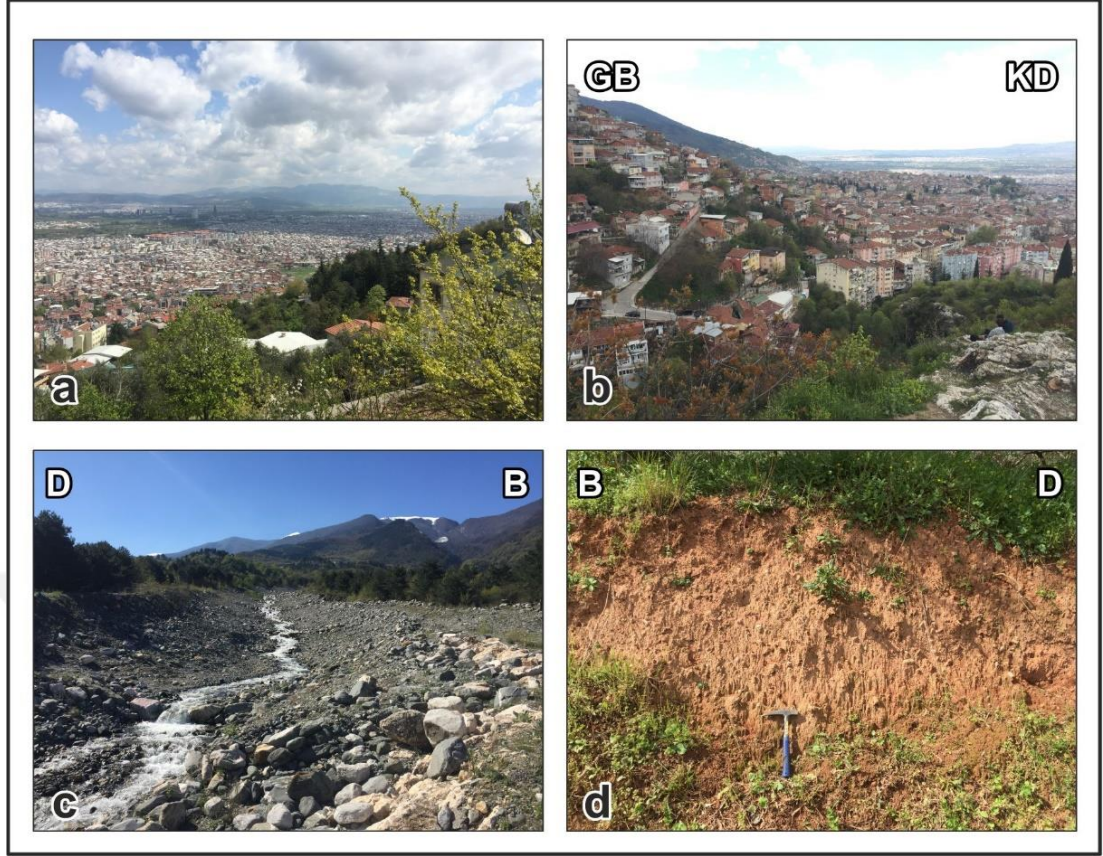
gastropod faunası Taner vd. (1997)'ye göre üst Miyosen yaşına işaret eder. Selim ve Tüysüz (2013) Karasu formasyonu veya daha yaşlı Miyosen birimleriyle üstteki Pliyo-Pleyistosen flüviyal çökellerin dokanağının alanın hiçbir yerinde stratigrafik olarak gözlenemediğini belirtirken isitifin üstte iki üyeden oluşan Manyas formasyonu ile temsil edildiğini raporlar.

Bursa Havzası'nın Holosen çökeller, temel kayalar üzerinde açışal uyumsuzlukla yer almaktadır. Bu çökeller bu çalışma kapsamında traverten, alüvyon düzlüğü çökelleri, kolüvyal çökeller ve alüvyon yelpazesi olarak 4 gruba ayrılmıştır (Şekil 2.2b). Bursa Havzası'nın kuzeybatısında İnkaya yükselimi etrafında traverten çökelimleri gözlenmiştir. Kentteki yerleşimin çokluğu sebebiyle bu traverten yüzlekleri ancak birkaç lokasyonda gözlenebilmiştir. Arazide gözlenen travertenler orta-kalın tabakalı, gri renkli ve gözenekli olarak not edilmiştir (Şekil 2.4e, f). Parlaktuna vd. (2008), benzer şekilde, bu birimin ana litolojisinin koyu ve kirli gri renkli olarak yorumlamıştır. Tabakalanma düzleminin doğrultusu, 22°GB eğimli K50B'dir. Saha gözlemlerimiz, travertenlerin Bursa Fayı'ndan dolayı güneybatıya doğru hafif bir eğime sahip olduğu şeklindedir (Şekil 2.2a).

Alüvyon düzlüğü çökelleri çalışma alanında gözlenen Miyosen ve daha yaşlı çökelleri uyumsuzlukla üzerlemiştir. Alüvyonu oluşturan kırıntılı sedimanlar Bursa ve çevresinde yüzlek veren tüm kaya birimlerinden tane içermektedir. Alüvyon, güneyden kuzeye akaçlanan Güvercinlik deresi boyunca ve havzanın merkezinde geniş yüzlekler vermiştir (Şekil 2.5). Bursa alanında aynı zamanda fay önü çökelleri olarak da adlandırılan, kırmızımsı kahverengi renkli kolüvyal çökeller, dokusal olgunluğu kötü olan, köşeli, kötü yuvarlaklaşmış tanelerden ve baskın tane boyu blok olan malzemeden oluşmaktadır. Fayın aktivitesi tarafından kontrol edilen kolüvyal çökeller, yer çekimi etkisiyle hemen fay önünde çökelirler. Alüvyonel çökelleri içinde ayırtılan bir diğer grup ise alüvyon yelpazesidir. Alüvyon yelpazesi çökelimi, bölgedeki güncel drenaj ağı ve genç faylar tarafından denetlenmektedir. Alüvyon yelpazesi çökelleri tane bileşenleri, yükselen tavan bloğunda bulunan birimlerden oluşmaktadır.



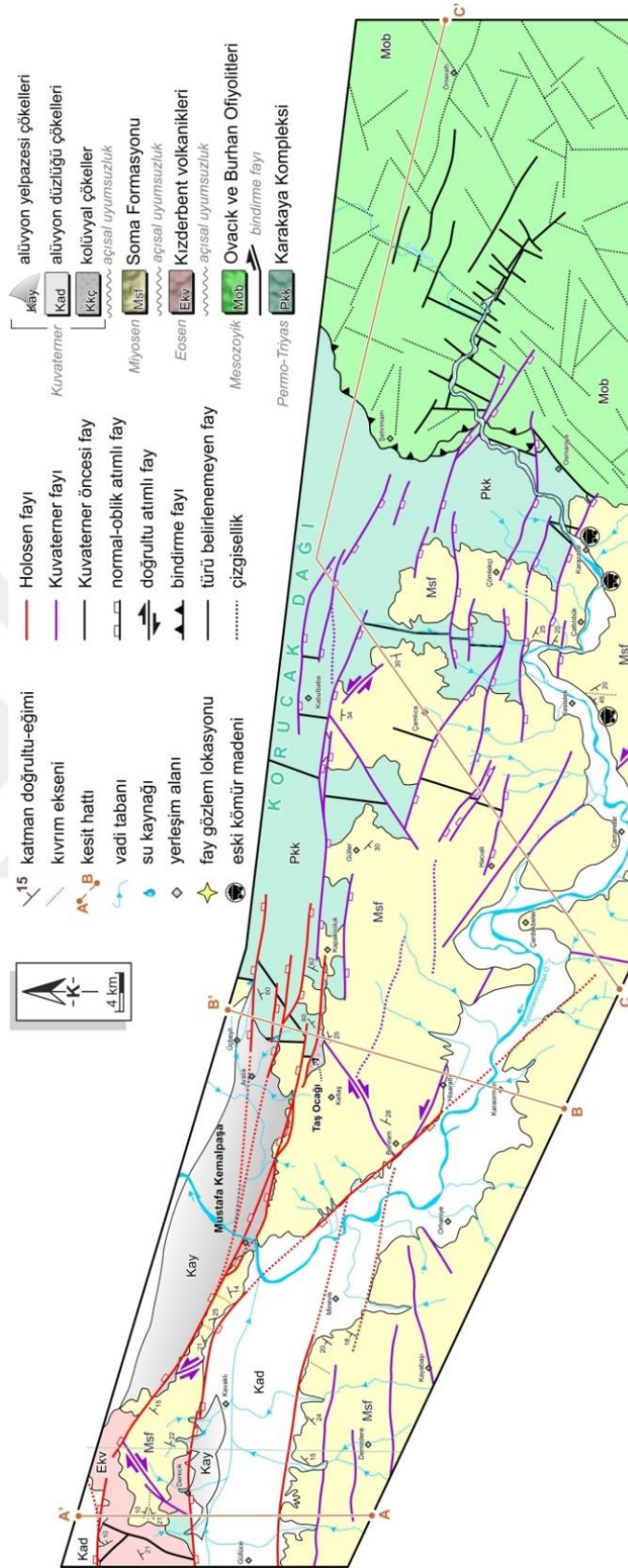
Şekil 2.4 a) İnceleme alanında yüzlek veren Miyosen çökellerinin (Karasu Formasyonu) arazi görüntüsü, b) Şarabi kırmızı renkli karasal çökeller içerisinde mercek konumlu gözlenen kireçtaşı, c, d) Kireçtaşının yakından görüntüleri, e, f) İnkaya mevki çevresinde gözlenen travertenlerin arazi görüntüleri



Şekil 2.5 a) Bursa Havzası'na doğudan bakış, b) Bursa Havzası'na batıdan bakış, c) Güvercinlik Deresinde gözlenen güncel alüvyon çökelleri, d) Kahverengi renkli dokusal olgunluğu kötü gözlenen kolüvyal çökeller

2.2 Mustafakemalpaşa Alanı

Mustafakemalpaşa alanı, Karacabey alanının güneyinde, kuzeydoğuda Mustafakemalpaşa ilçesi, güneyde Susurluk en batıda ise Manyas ilçesine kadar uzanan yaklaşık 1000 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2.6). Bu alanda yapılan arazi çalışmaları sonucunda bölgede yüzlek veren kaya birimlerinin litolojisi ve birbiriyle olan ilişkileri ortaya konmuştur. Bu kaya birimleri yaşlıdan gence doğru; (i) Permo-Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi ve Üst Kretase yaşlı Ovacık-Burhan Ofiyolitinden oluşan kayaçlar, (ii) Eosen yaşlı Kızderbent Volkanikleri, (iii) Miyosen yaşlı Soma Formasyonu ve (iv) Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimi olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.6 Mustafakemalpaşa alanının detaylı jeoloji haritası

YAŞ	BİRİM	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	FAY SINIFLAMASI
SENOZOYİK	Holosen	Alüvyon	Kad	Alüvyon düzlüğü çökelleri Kolüvyal çökeller	
	Miyosen	Soma Formasyonu	Msf	Alüvyon yelpazesi çökelleri açısal uyumsuzluk Kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı	
	Eosen	Kızderbent Volkanikleri	Ekv	açısal uyumsuzluk Tuf merceği Andezitik lav ve aglomera açısal uyumsuzluk	
MESOZOYİK	Kretase	Ovacık ve Burhan Ofiyolitleri	Mob	Tektonizma ile ilişkili, metamorfik, mafik ve ultramafik kayalardan oluşan ofiyolitik melanji Bindirme Fayı	
PALEOZOYİK	Triyas	Karakaya Kompleksi	Pkk	Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve içinde Permiyen yaşta kireçtaşı blokları	

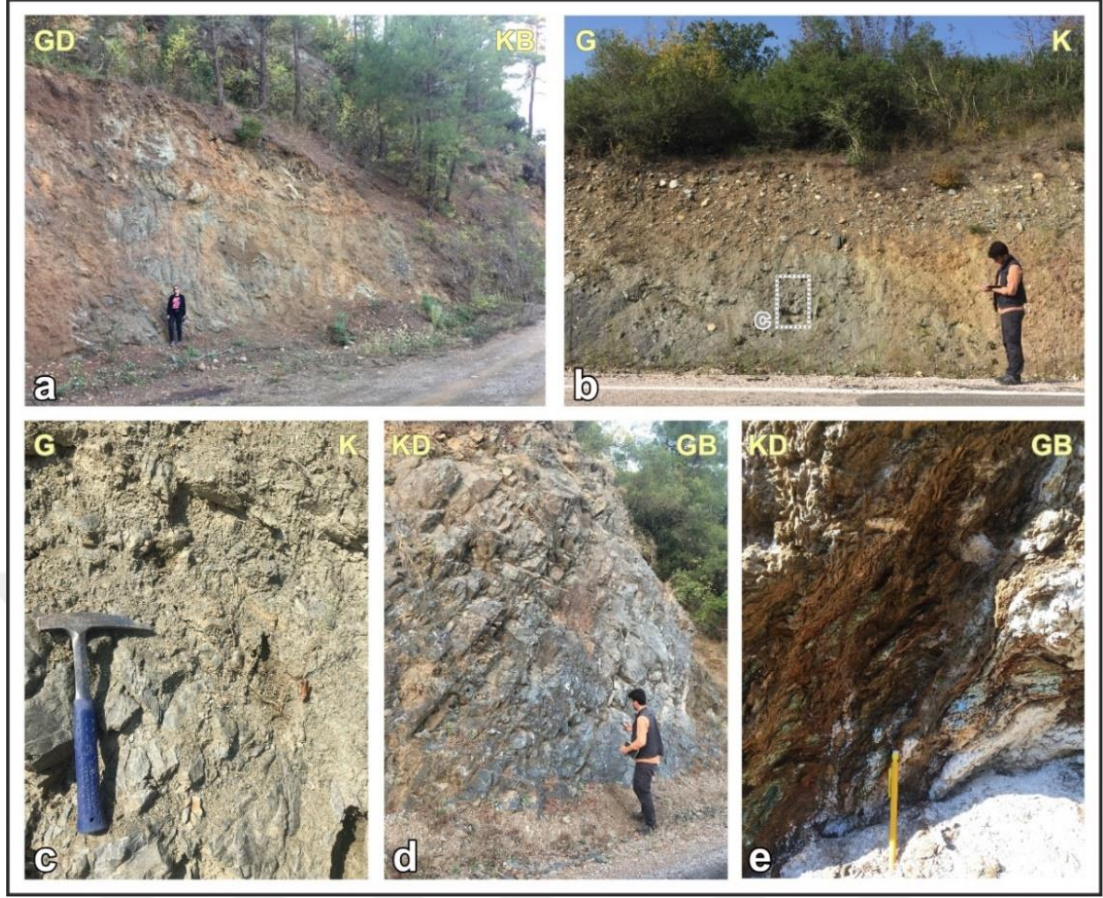
Şekil 2.7 Mustafakemalpaşa alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Okay ve Güncüoğlu, 2004; Kop vd., 2016; Ersoy vd., 2017 ve bu çalışmada yapılan gözlemler birleştirilerek)

Aşağıda bu birimlerde yapılan arazi gözlemleri ve önceki çalışmalardan derlenen bilgilere dayanarak yaşlıdan gence doğru detaylı olarak anlatılacaktır.

Bu kayalardan Karakaya Kompleksi, haritalama alanındaki Korucak Dağı güneyi ve çevresinde yayılım sunmaktadır (Şekil 2.6). Bingöl vd. (1973) tarafından ilk defa Karakaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Ergül vd. (1986) yaptıkları çalışmada

Karakaya Formasyonunun karakteristik özelliğini, kırıntılı kayaçlardan oluşan matriks içerisinde, bu matriksten daha yaşlı kireçtaşı bloklarının varlığı ile tanımlamıştır. Formasyonun kırıntılı seviyeleri; çamurtaşı, kumtaşı ve çakıldaşlarından oluşurken, blok konumlu seviyelerini ise rekrystalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Okay ve Güncüoğlu (2004) tarafından birim Karakaya Kompleksi olarak adlandırılmıştır ve birimin kısmen metamorfizma geçirerek Permien ve Triyas yaşta klastik ve volkanik seviyeleri içerdiği ifade etmiştir. Karakaya Kompleksini, Okay ve Güncüoğlu (2004), Alt Karakaya ve Üst Karakaya Kompleksi olarak iki farklı pakette değerlendirmiştir. Alt Karakaya Kompleksi, geç Paleozoyik-Triyas yaşlı yeşilist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı aralanmasından; Üst Karakaya Kompleksi ise kuvvetli deformasyona uğrayan Permien veya Triyas yaşlı klastik, volkanoklastik ve volkanik kayaçlardan oluşmaktadır (Okay ve Güncüoğlu, 2004). Önceki çalışmalardan edinilen bilgilere ve bağlı yaşlandırılması yapıldığında çalışma alanının en yaşlı kaya paketi olduğu sonucuna varılmıştır. Ergül vd. (1986) yaptığı çalışmalarda altında ve üstünde yer alan birimlerin ve taşıdığı kireçtaşı bloklarının yaşı dikkate alınarak birimin yaşını Permo-Triyas olarak belirlemiştir. Bu çalışma kapsamında, Karakaya Kompleksi Permo-Triyas yaşlı kabul edilmiştir.

Karakaya Kompleksi üzerinde tektonik dokanakla yer alan Ovacık-Burhan Ofiyoliti haritalama alanının doğusunda yayılım sunmaktadır (Şekil 2.7). Ergül vd. (1986) bu ilksel ilişkisi bulunmayan çökellerin, metamorfik ve ofiyolitik kaya topluluklarından meydana geldiğini belirtir. Ayrıca Okay (2011) bu birimi Ovacık Kompleksi olarak tanımlanmıştır, ancak bu çalışma kapsamında birim Ovacık-Burhan Ofiyoliti adı ile anlatılacaktır. Birim, yapılan haritalama çalışmaları sonucunda serpantinit ve kireçtaşı olmak üzere iki ana litoloji şeklinde, çalışma alanının doğusunda yüzlek vermektedir. Ayrışma yüzey rengi açık yeşil ve beyaz, taze yüzey rengi ise koyu yeşil olan birim, düşük-orta dayanımlı, bol kuvars damarları içeren, tabakalanma sunmayan, oldukça ayrılmış bölümlerden oluşmaktadır. Osmaniye Köyü ile Ömeraltı Köyleri arasındaki yol üzerinde tabakalanma sunmayan serpantinitleşmiş dayanımlı ve dayanımsız bölümlerden oluşan bir istif halinde gözlenmiştir (Şekil 2.8a).

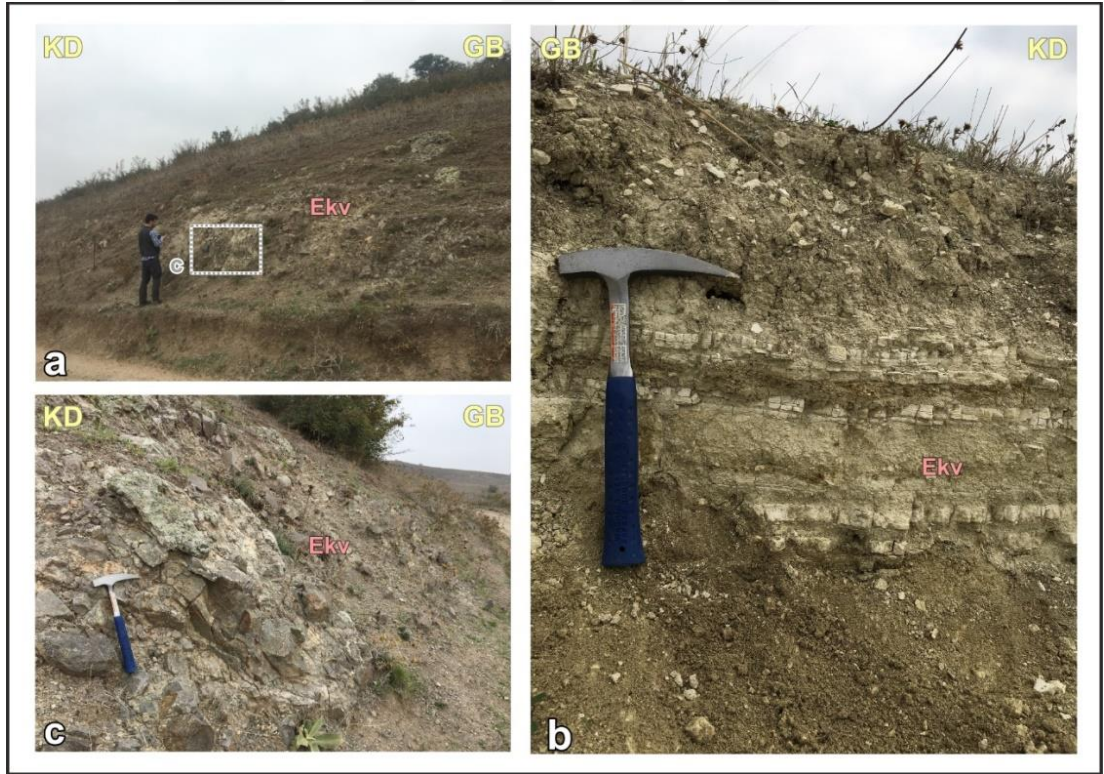


Şekil 2.8 Ovacık- Burhan Ofiyolitinin arazi görünüşleri. a-b) Serpantinitleşmiş ve dayanımlı seviyelerin bir arada olduğu, c) serpantinitleşmiş seviyenin yakından, d) silisifiye olmuş kireçtaşlarının görünüşleri, e) malakit ve azurit gözlenen birim içerisindeki makaslama düzlemleri

Bu iki köy arasındaki yolda KB'ye eğimli kireçtaşları tabakalarını kesen kuvars damarları gözlenmiştir (Şekil 2.8d). Kestelek ile Çaltılıbük köyleri arasında kalan yolda koyu yeşil renkli serpantinitleşmiş seviyeler tespit edilmiş ve bu birimin kolüvyal çökellerle uyumsuz olan üst dokanağı belirlenmiştir (Şekil 2.8b). Ayrıca serpantinitleşmiş seviyelerde ikincil malakit ve azurit mineralleri gözlemlenmiştir (Şekil 2.8e). Haritalama alanında yapılan gözlemler sonucunda Ovacık ve Burhan Ofiyolitleri biriminin alt dokanağı gözlenememiş, Karakaya Kompleksi arasındaki dokanak ise bindirme fayı olarak haritalanmıştır (Şekil 2.6). Asutay vd., (1989) yaptığı çalışmada çamurtaşı olarak nitelendirdiği seviyelerden aldığı örneklerde Globotruncana fosiline dayanarak birimin yaşını Üst Kretase olarak belirlemiştir. Bu

çalışmada Ovacık ve Burhan Ofiyolitleri, önceki çalışmalara paralel olarak Üst Kretase yaşlı olarak kabul edilmiştir.

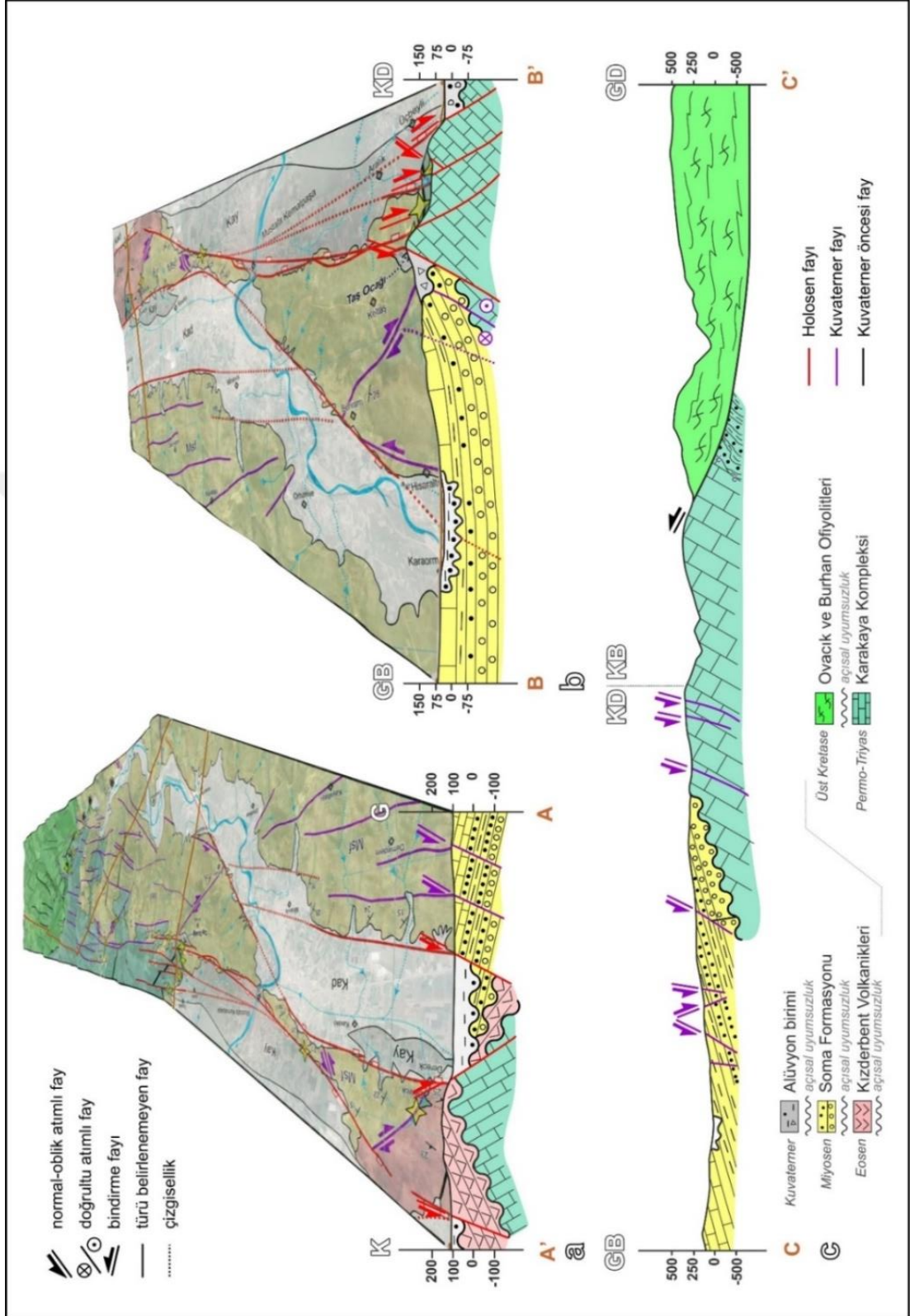
Kızderbent Volkanikleri haritalama alanın batısında yer alan Derecik Köyü'nün kuzeyinde yüzlek vermiştir ve yaklaşık 5 km² yayılım sunmaktadır (Şekil 2.6). Ergül vd. (1986) tarafından Biga Yarımadasında yapılan gözlemlere göre birim gri, beyaz, mor, pembe renkli lav, aglomera ve tüflerden oluşur ve bölgedeki bazı Neojen tortullarından arakatkılar içerir. Ersoy vd. (2017)'ye göre Kızderbent volkanikleri piroklastik kayalar ve bazaltik bileşimden andezitik bileşime sahip sin-sedimanter kayaları kapsamaktadır. Çalışma alanında Kızderbent volkaniklerinin andezitik lavlar ve tuf seviyelerinden oluştuğu saptanmıştır. Lavlar ince kristalli, ayrışma yüzey rengi grimsi yeşil, taze yüzey rengi gri, kristalleri eş boyutlu ve gözle seçilebilen litolojik özelliklere sahiptir. Tüfler ise düşük eğimli tabakalanma sunmaktadır (Şekil 2.9).



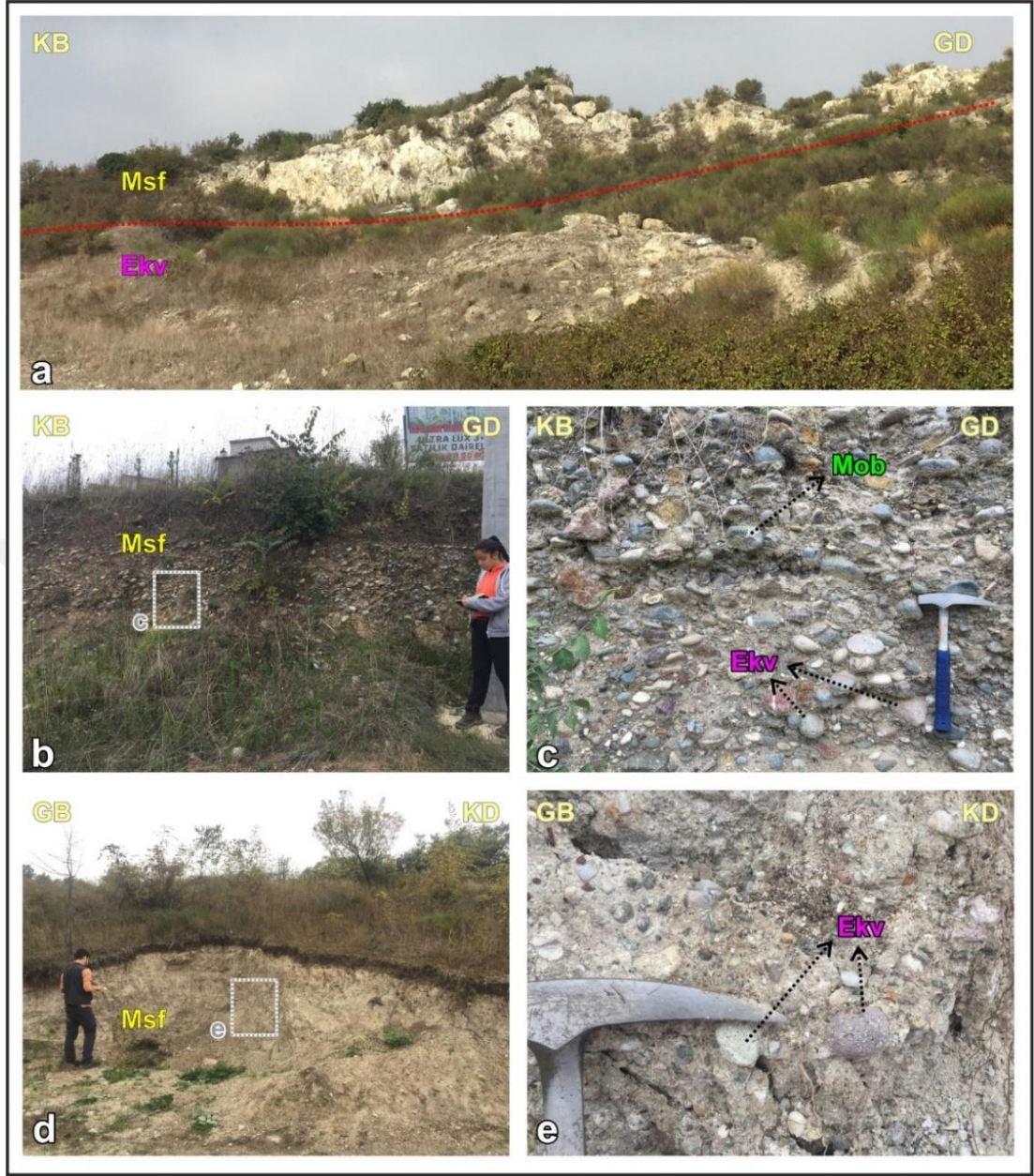
Şekil 2.9 Kızderbent Volkaniklerinin arazi görüntüleri. a) Derecik kuzeyinde birim içerisindeki aglomeraların uzaktan görünümü, b) aynı alandaki tuf seviyeleri, c) aglomeraların yakından görüntüsü

Çalışma alanında yapılan gözlemlerde birimin alt dokanağı net olarak gözlenemese de Derecik Köyü'nün kuzeybatısında Karakaya Kompleksi üzerine açısız uyumsuz bir dokanakla oturur (Şekil 2.10 A-A' kesiti). Bu alanda Karakaya Kompleksine ait litolojiler yüksek eğim açıları ile güneye doğru eğimli iken Kızderbent Volkaniklerine ait lav ve aglomeralar 25-40° kuzeye eğimlidir. Arazide yapılan gözlemlerde, birimin üst dokanağında Miyosen yaşlı Soma Formasyonu, yine açısız bir uyumsuzlukla yer almaktadır. Bu dokanağa ait detaylı gözlemler Soma Formasyonu'nda anlatılacaktır. Çalışma alanında yapılan gözlemlere göre Kızderbent Volkanikleri stratigrafik olarak Karakaya Kompleksi ve Ovacık-Burhan Ofiyoliti'nden daha genç ve Soma Formasyonu'ndan daha yaşlı olmalıdır. Birimin mutlak yaşı ile ilgili literatür bulguları incelendiğinde, Kızderbent Volkaniklerine ait bazı litolojilerin K-Ar ve Ar-Ar yöntemleri ile 53-38 My arasında yaşlar içerdiği görülür (Genç ve Yılmaz, 1997; Kürkçüoğlu vd., 2008; Gülmez, vd., 2013). Ersoy vd. (2017) ise, Sr-Nd ve Pb izotop yöntemleri ile birimin yaşını 50 My olarak önermiştir. Tüm bu veriler ışığında Kızderbent Volkaniklerinin yaşı bu çalışma kapsamında Eosen olarak değerlendirilmiştir.

Soma Formasyonu çalışma alanında doğudan batıya doğru akan Mustafakemalpaşa Deresi boyunca yayılım sunmaktadır (Şekil 2.6). Ergül vd. (1986) bu alanda yaptığı çalışmada birimin tabanda, Kızderbent Volkanikleri'ne ait çakıllar ile başladığını, iyi yuvarlaklaşmış az küresel kum boyu tanelerden oluşan kumtaşı ile devam ettiğini ve bu istifin üzerine killi ve silisifiye kireçtaşlarının geldiğini belirtir. Selim vd. (2013)'ye göre Soma Formasyonu tabanda kırmızı renkli karasal sedimanlar ile başlar ve üste doğru karbonat baskın bir istife geçiş sunar. Soma Formasyonu'nun alt dokanağı Derecik Köyü kuzeyinde gözlemlenmektedir (Şekil 2.11a). Burada birimin tabanı boyunca, üzerine oturduğu birim olan Eosen yaşlı Kızderbent Volkanikleri'nden türeme taban çakılları gözlenir. Bu iki birim arasındaki dokanağın konumu, altlayan ve üstleyen birimlerin katman doğrultu eğimleri ve içeren-içerilen ilişkisi dikkate alınarak, dokanağın türü açısız uyumsuz olarak nitelendirilmiştir.



Şekil 2.10 Mustafakemalpaşa alanındaki kaya birimleri arasındaki jeolojik ilişkileri gösteren enine jeolojik kesitler. Kesit hatları için Şekil 2.6'ya bakınız



Şekil 2.11 a) Soma Formasyonun alt dokanağı, b) Mustafakemalpaşa güneybatısındaki Soma Formasyonu'nun arazi fotoğrafı, c) Biriminde gözlenen taban çakıltaşının yakından görünümü, d) Formasyonun Keltaş Köyü kuzeybasındaki yüzleklerine ait arazi fotoğrafı, e) Birimin içinde gözlenen volkanik kaya çakılları

Yapılan arazi çalışmalarında Soma Formasyonu, tabanında ayrışma yüzey rengi süt kahve renkli ve bağıl olarak daha yaşlı kayalardan çakıllar (pembe renkli andezit, yeşil renkli ofiyolit ve rekristalize kireçtaşı çakılları) ile başlamaktadır (Şekil 2.11b-d). Aralık Köyü yakınlarında pekleşmesi çok kötü, kötü boylanmalı, dokusal

olgunluğu kötü, ince taneli çakıllardan kaba taneli çakıllara dizilmiş ve belli belirsiz tabakaları olan bir istifte yüzlek vermiştir. Çakıltaşları üzerine ara seviyelerinde kumtaşı ve çakıltaşı içeren bir istif gelmektedir. Bu gözlemler bize olasılıkla karasal bir ortam içerisindeki karbonat çökelimine uygun küçük göllerin Mustafakemalpaşa doğusunda, Miyosen'deki varlığını göstermektedir.

Çömlekçi Köyü güneyinde yapılan gözlemlerde ise Miyosen yaşlı Soma Formasyonu'nun Ovacık-Burhan Ofiyoliti üzerine uyumsuz bir dokanakla oturduğu gözlenmiştir. Şahinkaya Tepe'nin güney yamacında Kuvaterner yaşlı normal fayın tavan bloğunda yer alan Soma Formasyonu eğim yönünde düşmüştür. Hacıali Köyü güneybatısı ile Çardakbelen Köyü kuzeydoğusu civarlarında yapılan bir gözlemlerde taban aşınmalı seviyelerde kırık kavrıklar ve Gastropod fosillerine rastlanılmıştır. Bu veriler ile birimin karasal ortamda çökelindiği sonucuna varılmıştır.

Soma Formasyonu, Eosen yaşlı Kızderbent volkanikleri birimin üzerine uyumsuz olarak çökelmiş olması nedeniyle, bağıl olarak Eosen'den genç olmalıdır. Birimin yaşı ile ilgili literatür incelendiğinde, birimin tabanında yer alan polenler (Yalçinkaya ve Avşar, 1980), ostrakodlar (Akyürek ve Soysal, 1983), memeli fosilleri (Bernor ve Tobien, 1990) ve yumuşakça fosilleri (Yeşilyurt ve Taner, 1999) değerlendirilmiş ve Soma Formasyonu için orta-geç Miyosen yaşı önerilmiştir. Bunlara ek olarak, İnci (1998) tarafından tanımlanan yumuşakça faunasına göre birim erken-orta Miyosen olarak yaşlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında Soma Formasyonu, önceki çalışmalarda elde edilen tüm yaş verileri göz önünde bulundurularak Miyosen yaşlı olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.7).

Mustafakemalpaşa havzasının dolgusunu oluşturan Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimi, arazi çalışmalarında 3 farklı kaya grubu olarak yüzlek vermektedir (Şekil 2.6 ve 2.7). Bunlar: (i) Alüvyon düzlüğü çökelleri, (ii) Kolüvyal çökeller ve (iii) Alüvyon yelpazesi çökelleri olarak tanımlanmıştır. Mustafakemalpaşa ilçe merkezinin güneybatısında ve Derecik Köyünün kuzeybatısında Alüvyon düzlüğü çökelleri, Korucak Dağı batısında ise Alüvyon yelpazesi yayılım sunmaktadır. Alüvyon düzlüğü çökelleri çalışma alanında bulunan kaya gruplarını uyumsuz olarak

üzerlemekte ve çalışma alanındaki daha yaşlı kaya gruplarından blok ve çakıl boyu taneler içermektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 a) Derecik Köyü güneyinde Alüvyon düzlüğü çökelleri, b-d) Mustafakemalpaşa Deresi boyunca Alüvyon düzlüğü çökelleri, c) Keltaş Tepenin güneyinde kolüvyal çökeller

2.3 Alaçamdağ Alanı

Alaçamdağ alanı Balıkesir'in doğusunda yer alan Dursunbey İlçesi'nin güneyinde yer almaktadır. Bölgede baskın olarak magmatik kayalar ile simgelenen stratigrafisinin tabanında Alaçamdağ graniti yer alır (Şekil 1.2). U/Pb yöntemi ile yaklaşık 20 My (Hasözbe vd., 2011), Ar/Ar yöntemi ile yaklaşık 19 My civarında yaşlar elde edilen (Erkül, 2010) bu granitik sokulum uyumsuz bir dokanak ile Miyosen istifli tarafından örtülür. Miyosen istifli altta erken Miyosen yaşlı volkanosedimanter bir kaya grubu ile başlar. Dasitik, riylolitik ve andezitik dayk ve lavlar ile bunlara eşlik eden piroklastik çökeller, gölsel havza sedimanları ile girik bir

konumda bulunur. Literatürde bu volkanizmaya ait 19.1 My'lık bir Ar/Ar yaşı bulunur (Erkül, 2010). İstif, geç Miyosen yaşlı kumtaşı ve çakıltası aralanmasından yapıları olan karasal kırıntılılar tarafından uyumsuzlukla örtülerek son bulur.

Alaçamdağ merkezde olmak üzere çapı 20 km'ye ulaşan bu alan kuzeybatıda Bigadiç, doğuda Osmaniye ve güneyde ise Simav Fayı ile sınırlı yaklaşık 2000 km²'lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Bu alan içinde günümüze kadar yapılan stratigrafi ağırlıklı çalışmalarda Erkül ve Tatar-Erkül (2010) ön plana çıkar. Alan içindeki jeolojik olarak en yaşlı ve temel kayalar olarak ayrılan birimler, Menderes Masifi'nin örtü serisine ait genelde Paleozoyik yaşlı mikaşist, kuvarsit ve bantlı mermerler ile İzmir Anakara Zonu içindeki ofiyolitik kayalardan oluşmakta ve bu iki yaşlı kaya paketi kendi aralarında bir tektonik dokanakla ayrılmaktadır (Erkül ve Tatar-Erkül, 2010). Alan içinde, alana da ismini veren porfiritik dokulu granit bileşiminden ve orta-ince taneli aplitlerden oluşan Alaçam graniti ise Menderes Masifi ile gerek intrüzif ve gerekse olası bir yapısal dokanakla ayrılmaktadır. Bu yapısal sınırın bir sıyrılma fayı ile temsil edilip edilmediği ise literatürde hali hazırda tartışmalı bir konudur (örn. Erkül ve Tatar-Erkül, 2010 ve Hasözbe vd., 2010).

Günümüze kadar Alaçam graniti üzerinde yapılan K/Ar, Rb/Sr ve U-Pb izotoplarına dayanan jeokronolojik çalışmalarda 18.6 ± 0.7 ile 27.1 ± 1 arasında yoğunlaşan yaş verileri elde edilmiştir (Bingöl vd., 1982; Delaloye ve Bingöl, 2000; Hasözbe vd., 2011; Altunkaynak vd., 2012; Catlos vd. 2012). Diğer yandan Erkül (2010) ise Alaçam graniti özelinde deforme olmamış bölümleri ile milonitik bölümlerini farklı değerlendirerek, Ar/Ar yöntemiyle masif bölüm için 19.51 ± 0.11 - 20.82 ± 0.11 my arasında değişen plato, yapısal bölümü için ise 19.83 ± 0.06 my izokron yaşını önermiştir. Dolayısıyla Alaçam granitinin gerek soğuma gerekse yüzeyleme yaşının Oligo-Miyosen aralığına denk geldiği yorumlanmaktadır. Alan içinde temel kayalar ve Alaçam graniti üzerine uyumsuz gelen formasyon Sağırlar volkanik birimidir. Erkül ve Tatar-Erkül (2010) tarafından tanımlanmış bu birim, andezit ve dasit bileşimli intrüzyonlar, masif domlar, sütunsal çatlaklı dayklar, lav akmaları ve volkanojenik tortul kayalardan oluşmaktadır. Sağırlar volkanik birimi içinde günümüze kadar yapılan jeokronolojik çalışmalarda, Çoban vd. (2012)

Koyunoba Plütonu'nun kuzeybatısından aldığı dasit bileşimli örneklerin K/Ar mika yaşını 19.7 ± 0.6 my, Erkül ve Tatar-Erkül (2010) ise andezit bileşimli bir örneğin toplam kaya Ar/Ar yaşını 19.17 ± 0.18 my olarak verir. Sağırlar volkanik birimini, stratigrafik olarak uyumsuzlukla volkanik kayalar ve gölsel çökeller üzerler. Bu noktada Erkül ve Tatar-Erkül (2010) bu uyumsuzluğu alttaki Sağırlar volkanik biriminden türemiş andezitik bileşimli kaya kırıntılarının üstteki tortul birimlerin tabanındaki fasiyes dağılımına dayandırarak açıklar.

Volkanik kayaçlar ile alüvyonel/gölsel çökeller yanal ve düşey yönde birbirleri ile zaman aşmalı sınırlarla ayrılan tek bir paket olarak gözlenirler. Herhangi bir yaş bulgusu olmasa da, Erkül ve Tatar-Erkül (2010) bu paketin alt Miyosen yaşlı olduğunu yorumlarken, kolon kesitinde Alaçam alanı içinde orta Miyosen'in bir çökel topluluğu ile temsil edilmediğini gösterir. Aynı çalışmacılara göre, üst Miyosen – Pliyosen aralığı ise kahvemsî krem ve baskın olarak kıvımsız boz renklerdeki karasal çökellerle karakterize olur. Bu çökellerin kaba kırıntılı bölümlerinde iyi yuvarlaklaşmış ve/fakat kötü boylanmış dokusal özellikler dikkat çekici olmakla beraber kalınlığı 300 metrelere ulaşır (Erkül ve Tatar-Erkül, 2010). Arazi ve literatür çalışmalarında, bu çökeller içinde doğrudan yaş bulgusuna işaret eden bir veriye rastlanmamıştır. Alandaki en genç jeolojik birimler ise genelde alanın güneyinde ve Simav Fayı kontrolünde gelişmiş alüvyon yelpazeleri, kolüvyonel çökeller ve güncel drenajda biriktirilmiş akarsu fasiyesindeki sedimanlar Alüvyon ve yamaç molozu birimleri altında toplanmıştır.

2.4 Kozak Alanı

Kozak alanı güneyde Dikili kuzeyde Burhaniye ile sınırlı bir alandan oluşmaktadır. Kozak Plütonu'nun da içeren ve Batı Anadolu'da geniş alanlar kaplayan granitik kayaçlar ile ilgili literatür incelendiğinde, magmatizmanın Eosen ve Oligosen-Miyosen zaman aralığında bölgeye yerleştiği görülür. Batı Anadolu'daki granitoyitik kayaçların yaşları kuzeyde orta Eosen'den başlamakta, güneye gidildikçe gençleşmekte ve Oligo-Miyosen yaşları gözlenmektedir. Yapılan çalışmalarda, Batı Anadolu bölgesinde 17 farklı granitoyit ayırtlanmaktadır (Altunkaynak ve Dilek, 2006; Karacık vd., 2008; Boztuğ vd., 2009; Altunkaynak vd., 2012). Bu çalışma

üzerine uyumsuz olarak ilk önce erken-orta Miyosen yaşlı sedimanter-volkanik birlikler (kumtaşı, çamurtaşı, çakıltası, andezit, kül akması, riolit) ve bu birim üzerine yine aşıl uyumsuzlukla üzerleyen bazaltik lav, konglemera, kireçtaşı ve kaba taneli flüvial çökellerden oluşmuş Miyosen-Pliyosen yaşlı birimler gelmektedir.

Kozak alanında yüzlek veren, temel kayalar üzerine Oligosen'den başlayarak günümüze dek oluşan magmatik ve sedimanter birimler, bu çalışma kapsamında 3 farklı evreye ayrılmıştır. Bunlar, yaşlıdan gence doğru: Bölgedeki granitik yerleşimler ve bu yerleşime eşlik eden volkanizmayı içeren Kozak Magmatik Kompleksi'ni simgeleyen 1. Evre; Kozak Magmatik Kompleksi'ne ait kayaları kesen bazaltik dayk ve lav akmaları ile bunların uyumlu olarak yerleştiği gölge sedimanları içeren 2. Evre ve Bakırçay Grabeni'in oluşumu ile denetlenen alüvyal ve kolüvyal tortulları karakterize eden 3. Evre olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.14).

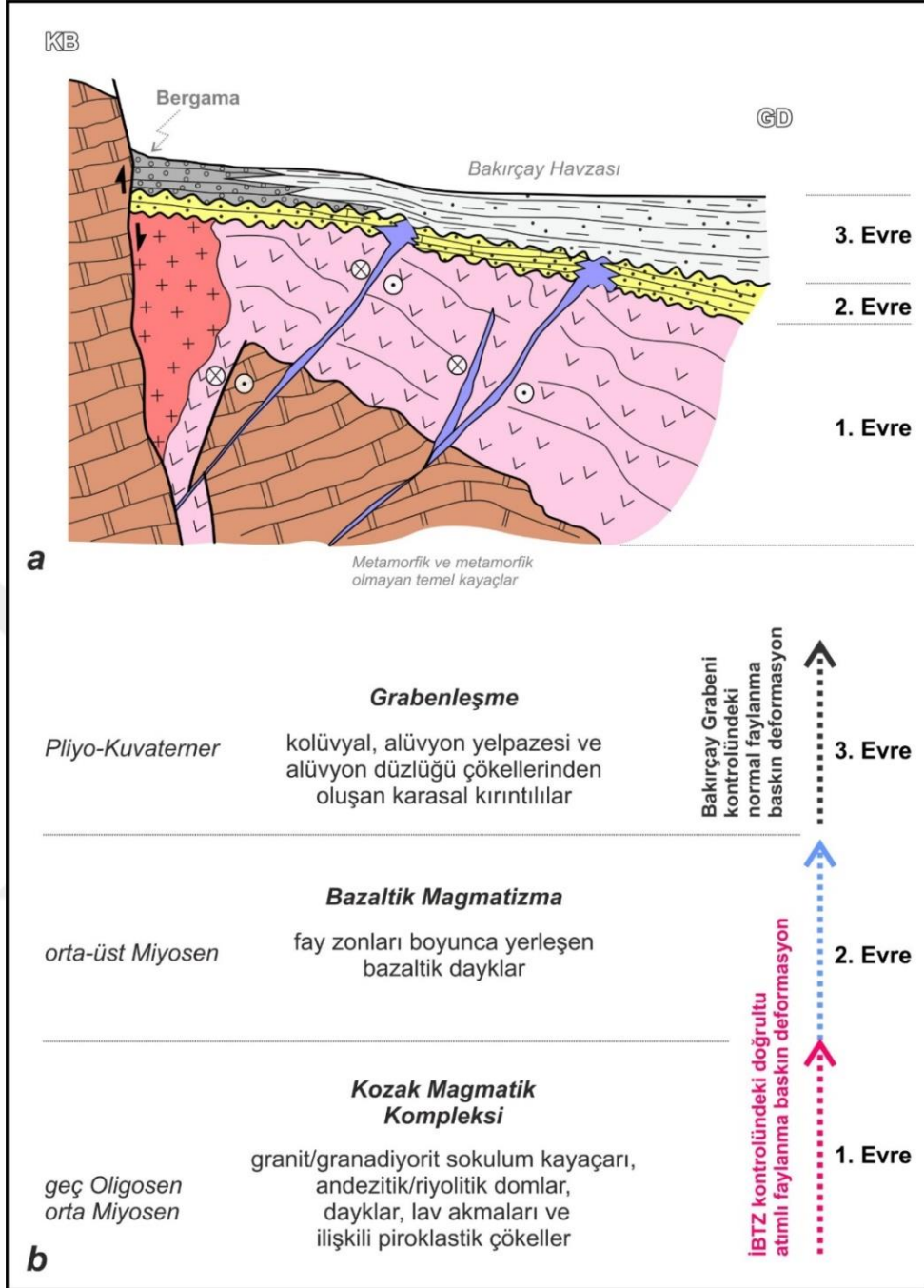
Kozak alanının temel kayalarını Sakarya Zonu (yada Karakaya Kompleksine) dâhil edilen düşük dereceli metamorfik kayalar oluşturur (Okay vd., 1991). Bu metamorfik kayaç toplulukları düşük dereceli metasedimanter ve metavolkanik kayalardan oluşur. Okay vd. (1991)'e göre Karakaya Kompleksi okyanus içi (intra-oceanic) yay-önü (fore-arc) çökelleridir. Çalışmacılar bu kompleksi üç farklı birimde inceler: Nilüfer Birimi (orta Triyas; Kaya ve Mostler, 1992), Ortaoba ve Çal Birimleri (Üst Permiyen). Nilüfer birimi yeşil renkli spilitik bazaltlardan, volkaniklastik sedimanter kayalardan, ignimbitlerden ve rekristalize kireçtaşlarından oluşur. Bazalt, silisik çamurtaşları, gri çörtler ve kumtaşlarından oluşan Ortaoba Birimi Nilüfer Birimi'ni tektonik olarak üstler. Bu birimler Çal Birimi'nin Üst Permiyen yaşlı platform tipi karbonat kayaları ve taban çakıltası tarafından tektonik olarak üzerlenir. Plüton, Sakarya Zonunun bir parçası olan Karakaya kompleksinin metamorfik kayalarına sokulur (Şekil 2.14a).

Karakaya kompleksi Permo-Triyas yaşlı çatlak veya yivli tip melanj birimlerinden oluşur (Aldanmaz vd., 2000; Altunkaynak ve Dilek, 2006). Plütonun çevresinde bulunan metamorfik kayalar Alt ve Üst Grup olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Alt Grup, yukarıya doğru metabazit-metapellit değişiminde, pelitik

şistler ve amfibolitlerden oluşur. Üst Grup ise, geçişli olarak kuvarsitik meta kumtaşı, meta şeyl-filit ve arduvaz ile temsil edilen ve esas olarak metapelitik bir birliktir. Bu birim içinde Permiyen mermerleri ve metapiroklastik kayaç parçaları ve blokları, metapelitik kayaçlar ile iç içe geçmiştir. Geç Triyas sırasında bu kayaçların, yeşilşist fasiyelerin klorit bölgesinden alt amfibolit fasiyesine kadar değişen bölgesel dinamo-termal metamorfizmaya uğradığı belirtilmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Altunkaynak ve Yılmaz, 1999; Aldanmaz vd., 2000).

Ayrıca, plütonun yerleşimi sırasında 300 ile 1500 m arasında değişen bir zon boyunca, plütonun dış çeperinde bir kontak metamorfizma zonunun da geliştiği, bu zonun özellikle plütonun güneydoğu kenarı boyunca net bir şekilde izlenebildiği ortaya konmuştur. Bu kontak metamorfizma zonunda, albit-epidot-hornfels fasiyesi ile hornblend-hornfels fasiyesine ait şistoziteli kayaçlar oluşmuştur. Altunkaynak ve Yılmaz (1999), buradaki maksimum P–T koşullarını yaklaşık 1-2 kbar / 550° C olarak hesaplanmıştır.

Kozak alanında tanımlanan **1. Evre** magmatizma sırasında Sakarya Zonu ve Karakaya Kompleksi'ne ait temel kayaçları Kozak Magmatik Kompleksine ait plütonik, damar (hipabisal) ve volkanik kayaçlar tarafından kesilir (Şekil 2.15a-b). Plütonik kayaçlar Kozak granodiyoriti, aplogranit ve mikrogranitden oluşur ve hepsi birlikte literatürde Kozak plütonu olarak isimlendirilir. Kozak plütonu yaklaşık 300–350 km² lik bir alan kapsar. KD–GB yönünde uzun eksene sahip eliptik bir şekilde yerleşmiştir. Kozak plütonuna ait kayaçlar başlıca granodiyorit ve adamellit bileşimine sahiptir. Bunun yanı sıra, geçişli dokanaklar boyunca granitler, kuvars-diyoritler ve kuvars-monzonitler de görülür (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, 1999).



Şekil 2.14 Kozak alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafisi

Kozak Plütunu, yüksek- K, kalk-alkalen ve I-tipi metaalümin karakterli granitoyit olarak tanımlanmaktadır (Boztaş vd., 2009) ve ana litolojiyi granodiyorit ve granit oluşturur. Farklı çalışmacılar farklı litolojik tanımlamalar getirmiş olsa da, Altunkaynak ve Yılmaz (1999) Kozak Plütunu içinde 5 farklı litoloji ayırtlar. Bunlar, granitin merkezinden dışına doğru: (i) iri taneli granodiyorit- kuvars monzonit, (ii)

plütunun merkezine yakın ince taneli mikrogranit sokulumu, (iii) bir iç halka oluşturan orta-ince taneli granodiyorit, (iv) bir dış halka oluşturan löko-aplo granit sokulumları ve (v) granodiyorit porfir tabakalarıdır. Magmatik farklılaşma, bu çalışma kapsamının dışında olduğu için gözlenen bu litolojiler tek tek ayırtlanıp haritalanmamış, Kozak Plütunu içerisinde değerlendirilmiştir (Şekil 2.13 ve 2.14). Kozak Plütunu için literatürdeki radyometrik yaş verileri K/Ar metoduyla ortoklas, biyotit ve hornblend mineralleri için 27-19 My (Delaloye ve Bingöl, 2000) ve biyotit-hornblend mineralleri için 21-16 My'dir (Boztuğ vd., 2009).

Kozak alanında yüzlek veren volkanik kayalar ise (Şekil 2.12 ve 2.15b, d, e) ayrıntılı olarak Aldanmaz (1998) tarafından incelenmiştir. Aldanmaz (1998) bölgedeki birimleri; Kıratlı volkanik birimi, Akçapınar volkanikleri, Madraçayı volkanikleri ve Salihler volkanikleri olarak ayırtlamış ve haritalamıştır.

Ayvacık ve Bergama batısında 70–80 km² lik bir alanda yüzlek veren Kıratlı volkanik birimi lav akmalarından ve silisifiye tüflerden oluşur. Kayalar genel olarak porfiritik andezit ve dasitlerden oluşur. Akçapınar volkanik birimine oldukça benzerlik sunar ancak bu birimden fenokristal oranları bakımından ayırt edilir. Lavlar kül akmalarından oluşan tüfler ile arakatlıdır. Tüfler genel olarak kristalce zengindir ve plajioklas, hornblend, kuvars ve biyotit içerir. Kül akmaları alterasyondan etkilenmiş ve silisleşmiş, bazı yerlerde oksitleşmiştir. Bazı yerlerde KB-GD uzanımlı dayklar lav-tüf aralanmasını kesmektedir. Dayklar genellikle afanitik andezit ve dasitlerden oluşur. Ayvalık ve Edremit çevresinde geniş yüzlekler veren Akçapınar volkanikleri başlıca porfiritik andezitik ve dasitik masiv lav akmalarından oluşur. Lavları kalınlığı en fazla 350 m kadardır. Volkanik kayalar genelde plajioklas, ojit, amfibol biyotit ve kuvars fenokristalleri içerir. Camsı matriks genelde plajioklas ve amfibol mikrofenokristaller içerir. Aksesuar olarak apatit, zirkon ve magnetit görülür. Birim, Ayvalık ve Dikili çevresinde KKD-GGB ve KKB-GGD uzanımlı porfiritik dayk toplulukları tarafından kesilir. Daykların bileşimi Akçapınar lavları ile aynıdır. Altınova çevresinde yüzlek veren Salihler volkanikleri otobreşik bloklu lav akmalarından oluşur. Blokların çapları 5–60 cm arasında değişir. Yüksek fenokristal oranlarına sahip porfiritik andezitlerden oluşan

birim plajioklas, hornblend, biyotit ve az miktarda sanidin içerir. Bazı bölgelerde kayaçlar aşırı derecede alterasyona uğramıştır. Bergama kuzeyinde bu evreye ait dayklar, piroklastik çökeller ve aglomeralar ile aynı evreye ait sedimanter kayaçlar gözlenmektedir.



Şekil 2.15 Bu çalışma kapsamında ayrıtılan evrelere ait arazi görünimleri. 1. Evre: a) Temel birimleri kesen Kozak Plutonuna ait granitik kayaçlar, b) riyoitik lavlar, c) çamurtaşı, kumtaşı, tuf ve kireçtaşı baskın volkano-sedimanter kayaçlar, d) yine ilk evre volkanizmasına ait olan piroklastik seviyeler. 2. Evre: e) ilk evre volkanizmasını kesen bazaltik dayk

Literatürde ilk evre volkanizmasına eşlik eden sedimanter kayaçlar için çok farklı adlandırmalar kullanılmış olsa da, bu tez kapsamında daha önce haritalanan ve Kozak alanının hemen doğusunda bulunan Soma havza istifi ile korelasyon sağlayabilmek adına, bu tortul kayaçlar Soma Formasyonu adı altında ayırtlanmıştır (Şekil 2.13 ve 2.15c). Alandaki 1.evreyi niteleyen Kozak Magmatik Kompleksine ait volkanik kayaçlar ile ilgili literatür incelendiğinde, birçok radyometrik yaş verisi derlenebilmektedir. Oyman (2010) plütunun batı kenarı boyunca gelişen kontak zonundan aldığı örnekleri Ar/Ar metodu ile yaşlandırmış, ortoklas minerallerinin oluşum yaşlarını 20.0 ± 0.1 My olarak saptamıştır. Bakırçay Grabeni'nin içinde yüzlek veren domlar ise Borsi vd. (1972) tarafından K/Ar metoduyla 18.5, 17.6 ve 17.3 My olarak tarihlendirilmiştir. Bu birime ait lavlar ise K-Ar metodu ile 19.7 ± 0.3 My olarak yaşlandırılmıştır (Aldanmaz, 1998).

Kozak alanında tanımlanan 2. Evre magmatizma, Aldanmaz (1998) tarafından Madraçayı volkanikleri olarak isimlendirilen bazaltik lavlar ile karakterize olmaktadır (Şekil 2.13 ve 2.14). Bu bazaltlar, Ayvalık GD'sundaki Madra Çayı boyunca Kıratlı volkanikleri olarak isimlendirilen 1. Evre volkanizmasını KB-GD uzanımlı dayklar şeklinde kesmektedir. Açık gri – bej renklerdeki dayklar tamamen porfiriktir ve çoğunlukla andezitik, bazı yerlerde dasitik bileşimlere sahiptir. Plajioklas, biyotit, ojit ve az miktarda K-feldispat, magnetit ve zirkon fenokristalleri içerir. En asidik örneklerde kuvars fenokristalleri de görülür. 2. Evreye ait magmatizma, Kozak alanı içerisinde bazaltik andezitten dasite kadar değişen kompozisyonlara sahip lavlar ve piroklastik kayalar içerir. Lavlar plütona daha yakındır ve daha uzak bölgelerde yanall olarak piroklastik kayalara geçmektedir. Özellikle bazaltik dayklar ilk evre volkanizmasını net bir şekilde kesmekte, ikinci evreye ait tortul ve piroklastik çökeller ve lavlar ise temeldeki metamorfik kayalar, plütomatik kayalar ve hipabisal kayaçlar üzerinde uyumsuz bir dokanak ile oturmaktadır. Bu evredeki volkanikler, bölgede kısıtlı alanlarda yayılım sunan gölgesel tortullarla yanall olarak geçişli bir dokanak sunar ve eş yaşı gelişir (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, 1999). Volkanizmanın Kozak Plütonundan Bakırçay Grabeni'ne doğru gidildikçe, dasitten bazaltik andezite doğru bir değişim gösterdiği önceki çalışmalarda belirtilmektedir. Bu evreye ait lavlar genellikle yüksek fenokristal

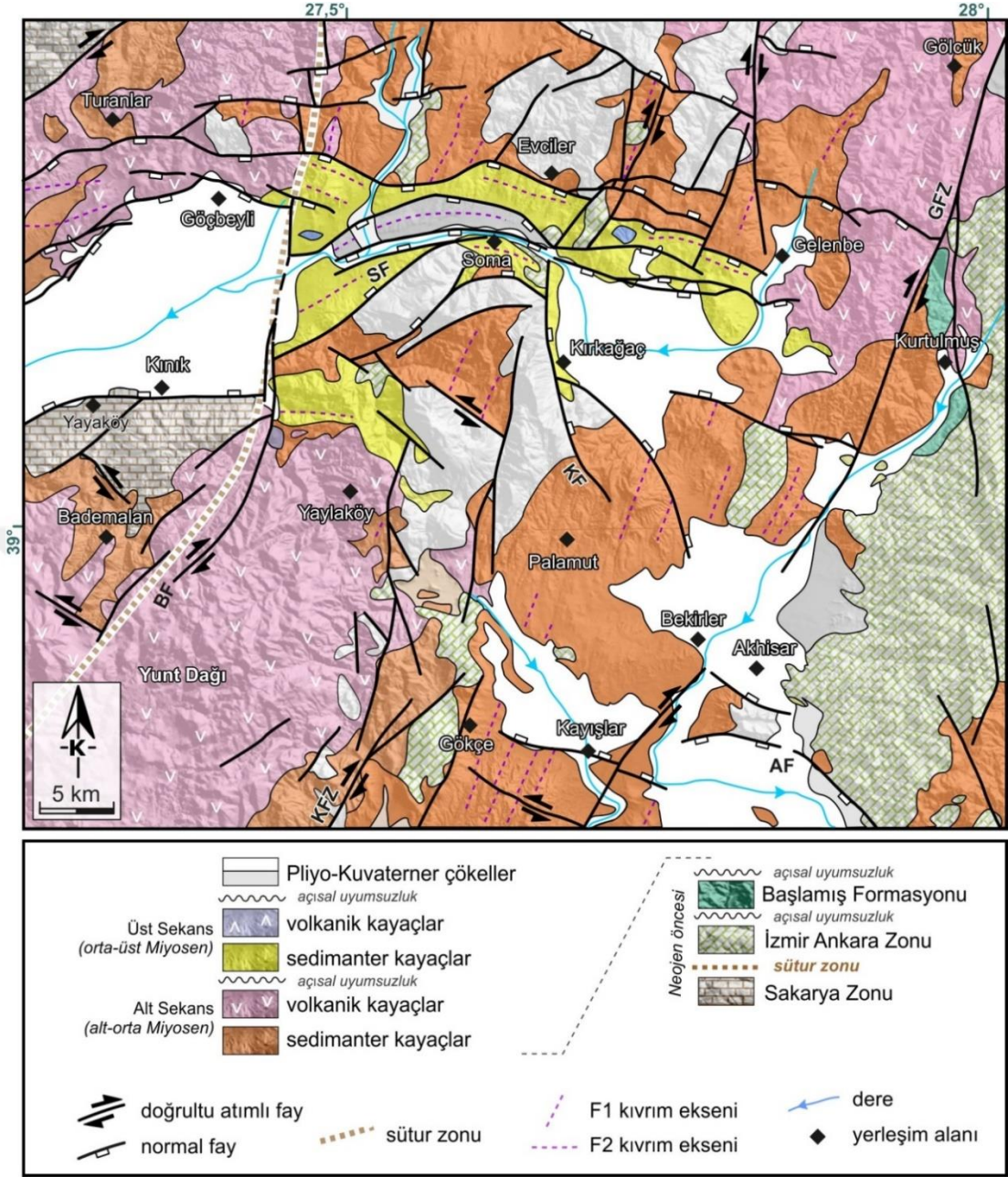
içeriği ile karakterizedir. Piroklastik birikintiler genellikle, lahar ve kül döküntüleri olan ignimbritlerdir. Bakırçay Grabeni'nin gelişiminden hemen önceki evreyi niteleyen bu volkanizma yer yer porfiritik, genel olarak ise afanitik dokuya sahip lav akmaları ve dayklar ile karakterize olur (Aldanmaz vd., 2000).

Bölgedeki 3. Evre havzayı simgeleyen Kozak Alanındaki grabenleşme, bölgedeki Pliyo-Kuavterner yaşlı normal faylar denetiminde gelişen Bakırçay Grabeni ve bu grabene ait karasal çökeller olarak tanımlanır. Bakırçay Grabeni'nin ürünlerini genel olarak kolüvyal döküntü akması çökelleri, alüvyon yelpazesi ve alüvyon düzlüğü çökellerinden oluşturur (Şekil 2.13 ve 2.14).

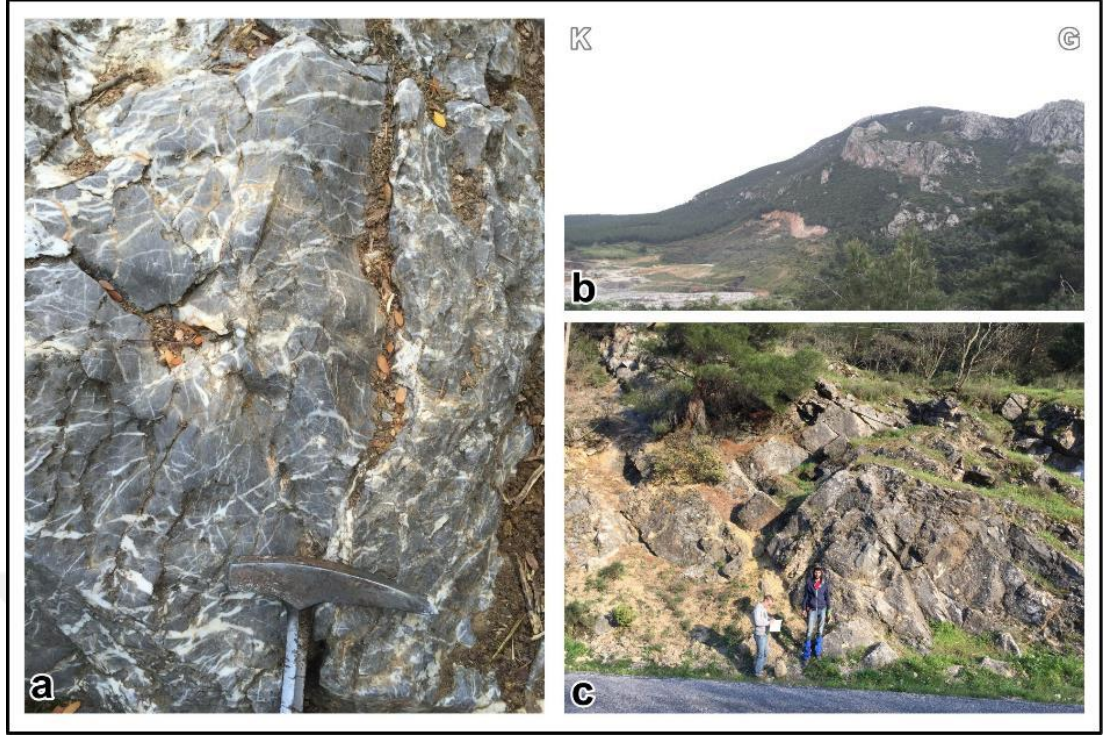
2.5 Soma Alanı

Soma-Yundağ civarında yapılan jeolojik haritalama çalışmaları kapsamında bölgede yüzlek veren kaya birimleri tanımlanmış ve alttan üste doğru 4 farklı pakete ayrılmıştır (Şekil 2.16). Bu kaya birimleri: (i) Neojen öncesi temel kayalar, (ii) erken Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayalardan yapılı olan Alt Sekans, (iii) orta-geç Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayalardan oluşan Üst Sekans ve (iv) Pliyo-Kuvaterner yaşlı Alüvyal çökeller olarak isimlendirilmiştir.

Soma alanında yüzlek veren temel kayalar yaşlıdan gence Sakarya Zonu, İzmir Ankara Zonu kayaları ve Başlamış Formasyonu' dur. Sakarya Zonu kayaları Kınık güneyinde yüzlek vermiştir. Bu kayalar Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı olup yüksek derecede deformasyona uğramış olan metamorfik ve sedimanter kayalardan oluşur (Şekil 2.17a). Sakarya Zonu kayaları üzerinde tektonik dokanakla İzmir Ankara Zonu kayaları bulunur. Bölgede bu kayaç paketi içerisinde kireçtaşı, serpantin ve magmatik kayaç blokları bulunan kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan bir matriks ile simgelenir. Özellikle kireçtaşı blokları çok büyük ölçekli olup bölgedeki yüksek topografyalı kesimlerde yüzlek vermektedir (Şekil 2.17b). Bu iki kaya paketi üzerine uyumsuz bir dokanakla gelen Başlamış Formasyonu Soma-Yundağ haritalama alanının en doğusunda yaklaşık K-G uzanımlı bir kuşak boyunca yüzlek vermektedir. Birimi oluşturan ana litoloji sıg denizel kireçtaşlarıdır ve içerisinde bol miktarda Nummulites fosilleri gözlenmektedir (Şekil 2.17c).

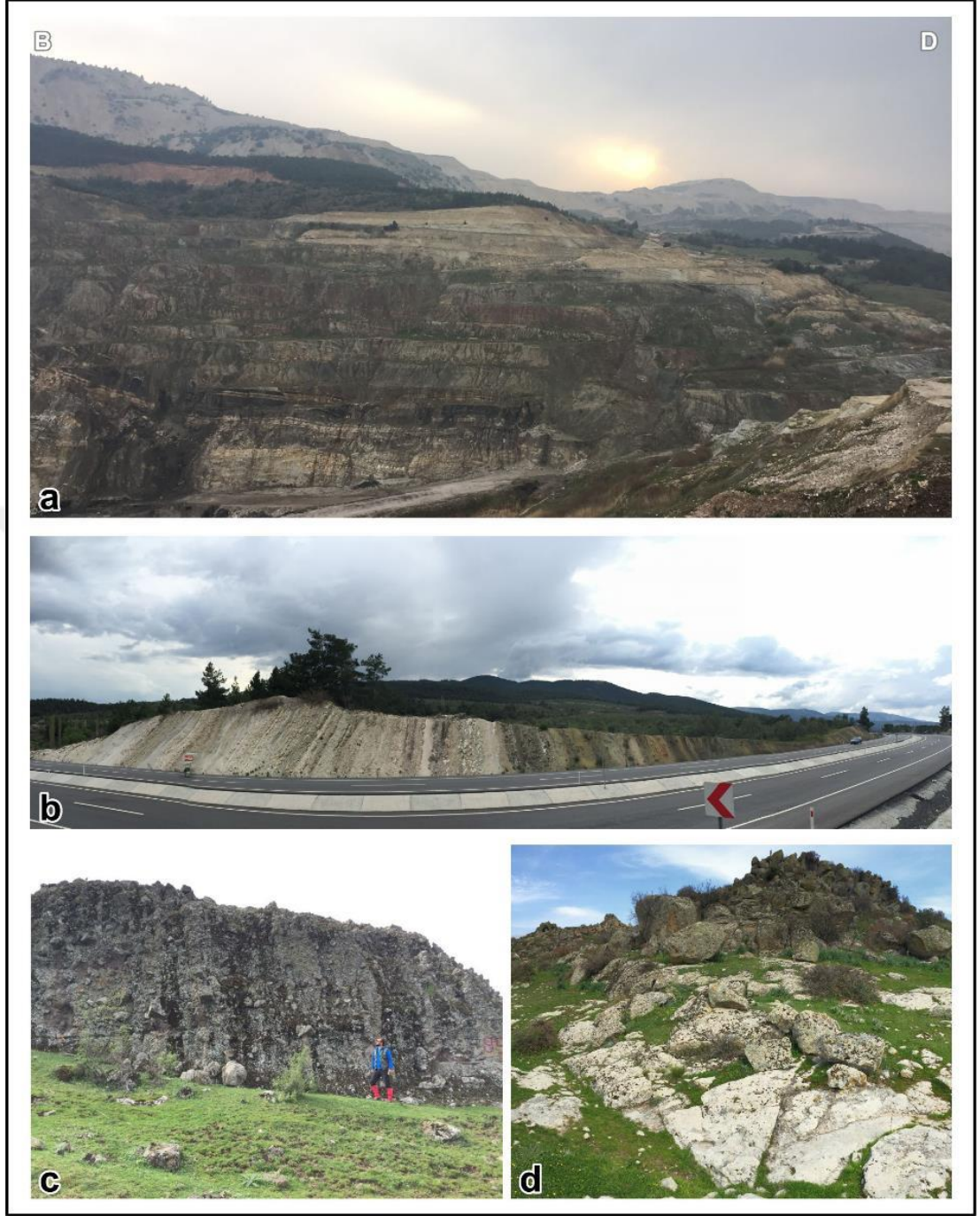


Şekil 2.16 Soma alanının jeoloji haritası (Westerweel vd., 2022). BF, Bademalan Fayı; KFZ, Kaleköy Fay Zonu; GFZ, Gelembe Fay Zonu



Şekil 2.17 Çalışma alanında yüzlek veren Neojen öncesi kayalara ait arazi görünümü, a) Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı sedimanter kayalar, b) Topoğrafik olarak yüksek kesimlerde yüzlek veren kireçtaşı, c) Nummulites fosilleri içeren kireçtaşı

Soma alanında yüzlek veren Miyosen yaşlı volkano-sedimanter istif bu çalışma kapsamında iki pakete ayrılmıştır, bunlar; alt Miyosen yaşlı Alt Sekans ve orta-geç Miyosen yaşlı Üst Sekans'tır (Şekil 2.18 ve 2.19). Alt Sekans biriminin tabanında bulunan tortul kayalar Soma Formasyonu olarak isimlendirilmiştir (İnci, 2002) ve bölgede yüzlek veren temel kayalarını uyumsuzlukla üzerler. Bu kayalar kırmızımsı koyu kahverengi renkli gölsel kireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve kömür seviyeleri içermektedir (Şekil 2.18a-b). Burdigaliyen yaşlı Yundağ volkanikleri Yuntdağ ve çevresinde yüzlek veren kırmızımsı pembe ve gri renkli, biotit ve plajiolasça zengin iri taneli, andezitik, riolitlik, dasitik lav akmalarından oluşur (Şekil 2.18c-d).



Şekil 2.18 Soma-Yuntdağ alanındaki yüzlek veren Miyosen yaşlı Alt Sekans birimlerine ait arazi görünüşleri

Soma civarında yaklaşık D-B uzanımlı bir koridor boyunca yüzlek veren ve Alt Sekans birimlerini uyumsuz olarak üzerleyen volkano-sedimanter istif Üst Sekans olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.19). Bu istif altta Deniz Formasyonu olarak

adlandırılan açık kahverengi, beyazımsı gri ve bej renkli çakılda, kumtaşı ardalanması ile başlar. Bu ardalanma içerisinde kömür seviyeleri gözlenir. Üste doğru volkanik çökeller, piroklastik seviyeler ve gölge kireçtaşları yer alır. Üst Sekans birimi içerisinde üste doğru Dededağ bazaltı Deniz Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunur. Bu birim koyu gri, koyu kahverengi ve yeşilimsi siyah renkli sütun bazaltları, bazaltik, andezitik lav akımları ve daykardan oluşur (Şekil 2.19).

Soma alanında yüzlek veren Alüvyal çökeller, Miyosen ve daha yaşlı tüm kayalar uyumsuzlukla üzerler. Pliyo-Kuvaterner olarak yaş verilen istif altında Kumköy Formasyonu ile başlar (İnci, 2002). Bu birim beyazımsı kahverengi renkli pisolitik gölge kireçtaşı ile çamurtaşı ve kumtaşı seviyelerinden oluşur. Kumköy Formasyonu üzerinde yer alan alüvyon haritalama çalışması yapılan alanda Kırkağaç'tan Kınık'a doğru akan dere boyunca ve Kınık kuzeyindeki düzlüklerde gözlenir (Şekil 2.20). Alüvyonu oluşturan kırıntılı geçit içerisinde Soma-Yuntdağ alanında yüzlek veren Miyosen ve öncesi döneme ait tüm kaya birimlerinin parçaları gözlenmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.19 Soma-Yuntadağ alanındaki yüzlek veren Üst Sekans birimlerine ait arazi görünümleri

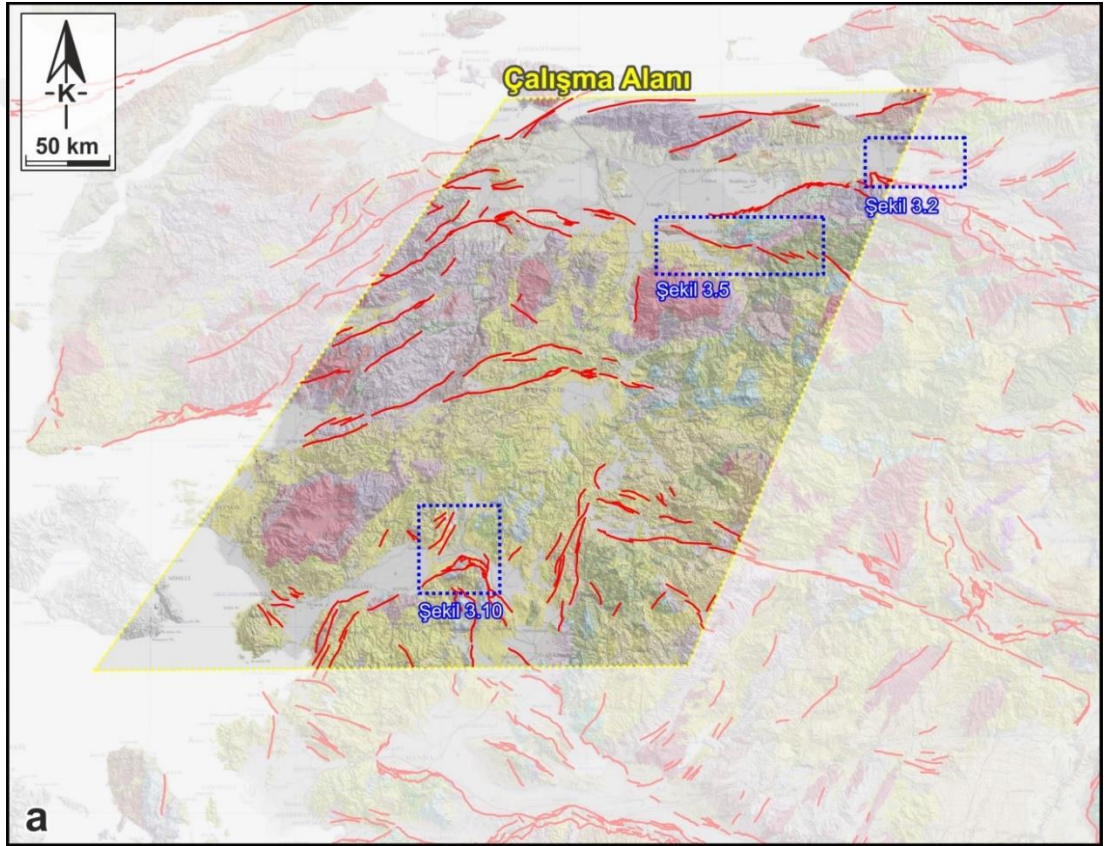


Şekil 2.20 Soma-Yuntadağ alanında yüzlek veren alüvyal çökellerin arazi fotoğrafları

BÖLÜM ÜÇ

YAPISAL JEOLojİ

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanı içerisinde yer alan diri fayların detaylı haritalama çalışması yapılmıştır. Bu tezin asıl konusunu oluşturan alanda bu çalışmalar daha detaylı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu havzalardan önce KAFZ ile ilişkili olan Bursa ve Mustafakemalpaşa alanları anlatılacaktır. Sonrasında ise İBTZ ile ilişkili Soma bölgesi anlatılacaktır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Uydur görüntüsünde yer alan bölgenin genel jeoloji haritası (MTA, 2002) ve alan içerisinde yer alan faylar (Emre vd., 2018, harita üzerindeki kırmızı çizgiler aktif fayları göstermektedir)

3.1 Bursa Alanı

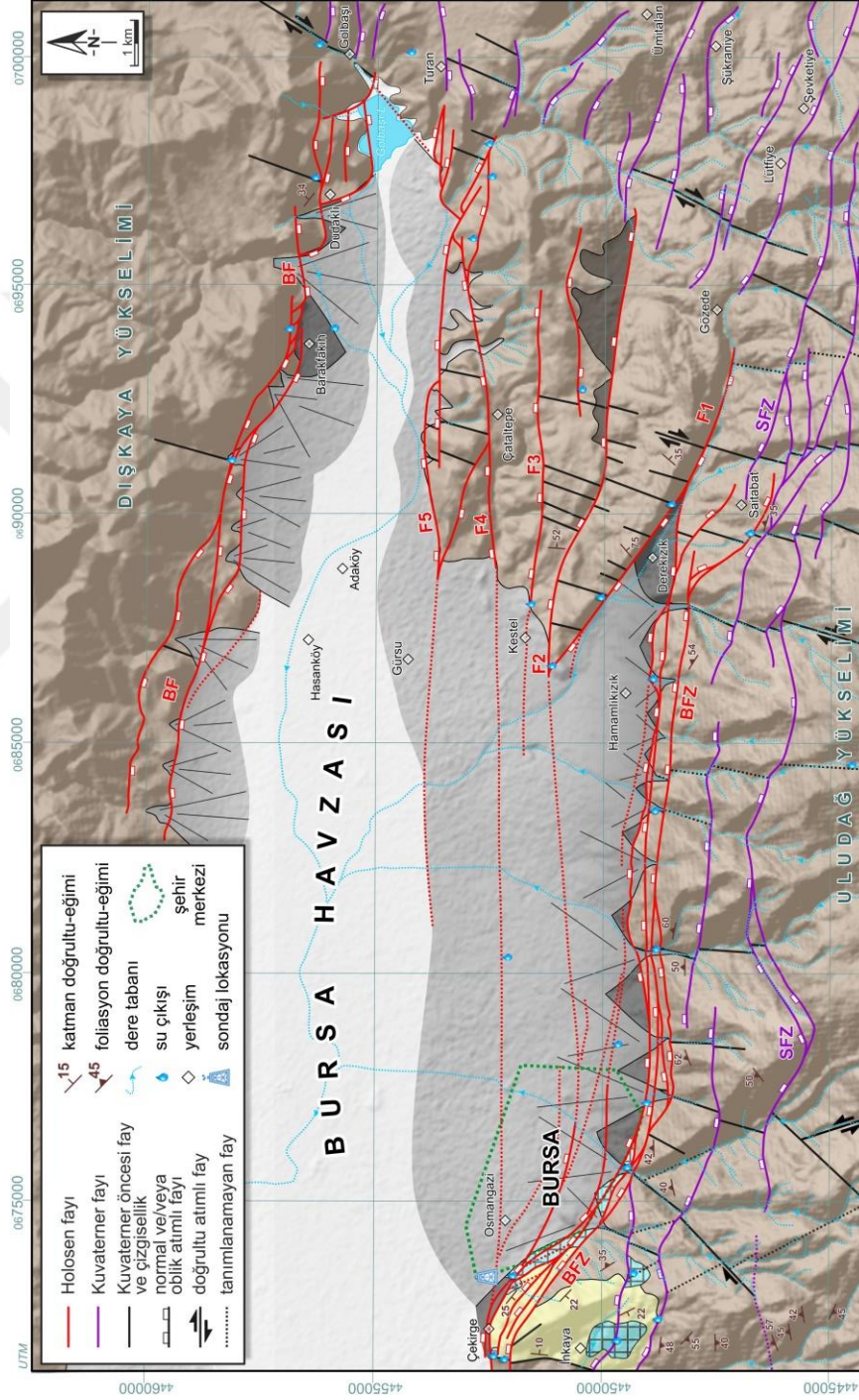
Bursa ili ve çevresinde tanımlanan tektonik yapılar yaklaşık D-B uzanımlı Holosen ve Kuvaterner yaşlı normal faylardan ve KD doğrultulu Kuvaterner öncesi yaşlı doğrultu atımlı faylardan oluşmaktadır. Bursa havzanın güney kenarında Bursa Fay Zonu (BFZ) ve kuzey kenarında yer alan Barakfaklıh Fayı (BFF)'nin aktiviteleri ise Holosen'dir ve genel uzanımları yaklaşık D-B olan bu faylar normal fay olarak tanımlanmışlardır (Şekil 3.2).

Bölgede saptanan bu faylar faaliyetleri açısından; (1) KD-GB uzanımlı Kuvaterner öncesi faylar, (2) D-B uzanımlı Kuvaterner fayları ve (3) D-B uzanımlı Holosen fayları olmak üzere üç grupta incelenmiştir (Şekil 3.2). Bu adlandırma yapılırken fay önü çökelleri (kolüvyal çökeller), kesilen dereceler, üçgen yüzeyler, fay düzlemi üzerinde gelişen fay çizikleri gibi parametreler ve MTA Diri Fay Haritası (Emre vd., 2018) göz önüne alınmıştır.

Kuvaterner öncesi faylar, oblik ve doğrultu atımlı karaktere sahiptir ve çalışma alanında KD uzanımlı vadiler içinde gözlenmiştir (Şekil 3.2). Bu tür fayların en iyi yüzlekleri Saitabat ve Çataltepe mevkieinde yer almaktadır. Arazide ölçülen fay düzlemi rake açıları 10 ile 50 derece arasında değişmektedir. Bu tür faylar sistematik olarak hem haritada hem de yüzlek görünümünde D-B uzanımlı faylar tarafından kesilip ötelenmiştir. Bu sebeple KD uzanımlı faylar bu çalışmada Kuvaterner öncesi fay olarak tanımlanmıştır ve inaktif olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.3).

Haritalama alanı içerisinde D-B uzanımlı Kuvaterner fayları olarak tanımlanan faylar, Uludağ yükseliminin kuzey yamacında gözlenmiştir ve Saitabat Fay Zonu (SFZ) olarak isimlendirilmiştir. Basamak benzeri fay segmentleri içeren bu faylar 5 km genişliğinde ve 24 km uzunluğundadır. Kuvaterner fayların en iyi yüzleği Saitabat mevkiinde yer almaktadır. Fay düzlemlerinde yapılan gözlemler sonucunda rake açıları 30 ile 70 derece arasında değişmektedir ve bu sebeple oblik normal fay olarak tanımlanmıştır. Haritalama çalışması yapılırken kuvaterner yaşlı faylar önünde Holosen yaşlı çökelere rastlanmamıştır (Şekil 3.2). İnceleme alanı içerisinde yer alan en genç yapısal öğeler, yaklaşık D-B uzanımlı ve Bursa Havzası sınırlarını

oluşturan Holosen faylarıdır. Holosen yaşlı çökelleri kesen bu faylar, Bursa havzası içerisindeki çökelleri de sınırlandırmaktadır. Aktif fay haritalarına göre uzunluğu 35 km olarak hesaplanmıştır (Emre vd., 2018). Aşağıda Holosen fayları güneyden kuzeye olacak şekilde anlatılacaktır.



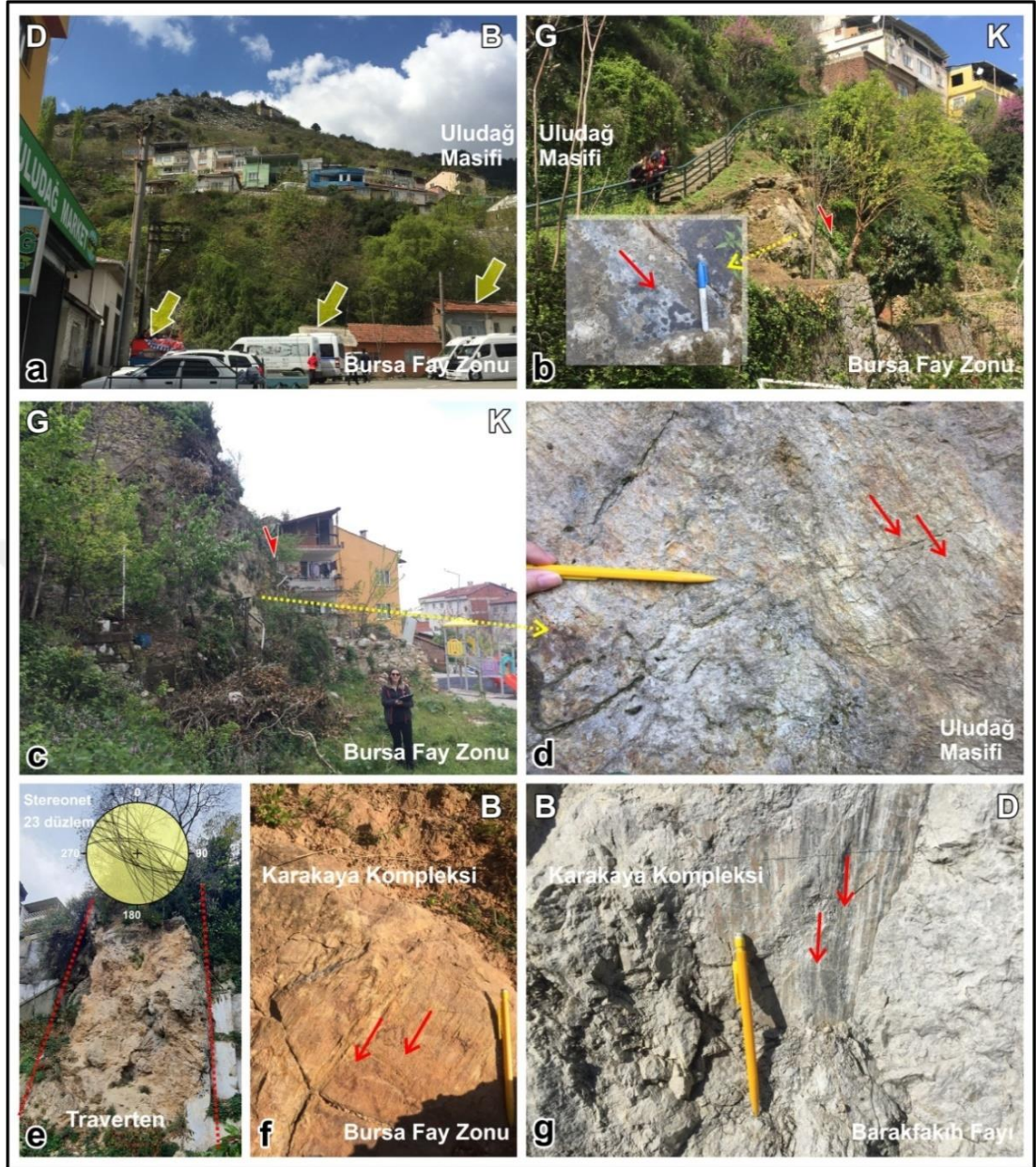
Şekil 3.2 Bursa havzası boyunca oluşturulan yapısal jeoloji haritası



Şekil 3.3 Kuvaterner Öncesi ve Kuvaterner yaşlı fayların arazi görüntüleri, a) Çataltepe civarında gözlenen KD doğrultulu faylar, b) Gürsu civarında gözlenen KD doğrultulu fay düzleminin yakından görünümü, c) Uludağ Graniti ve Uludağ Masifi arasında gözlenen fay düzlemi, d) Uludağ Graniti içerisindeki KD uzanımlı fay düzleminin yakından görünümü, e) Saitabat'ta gözlenen Kuvaterner fayı ve Kuvaterner öncesi fayın kesen-kesilen ilişkisini gösteren arazi görünümü, f) Saitabat'ta gözlenen fay düzleminin yakından görünümü

Bursa havzasının güneyinde yer alan birbirleriyle bağlantılı 5 farklı fay segmenti (F1-F5) ayırtladık ve bu çalışma kapsamında ayırtlanan faylar ile Bursa Fayı'nı Bursa Fay Zonu (BFZ) olarak adlandırdık (Şekil 3.2). Havzanın güneyinde yer alan Bursa Fay Zonu ise bu alandaki en belirgin ve önemli fay zonunu oluşturmaktadır. Bursa Fay Zonu Uludağ yükselimi ile Bursa havzası sınırında yer alır ve havzaya doğru basamaklı bir morfoloji sunar. Fay, Bursa İlinin Çekirge İlçesinden başlayıp şehir merkezi ile Uludağ yükselimi sınırında yer almaktadır. Çekirge İlçesinde kuzeye eğimli dışbükey bir geometriye sahiptir, şehir merkezinde doğrultusu değişip kuzeye eğimli içbükey şeklinde bir yapı sunar. Doğuya gidildikçe fay yaklaşık D-B uzanımlı bir yapı gösterir ve eğim yönü fay doğrultusu boyunca kuzeye doğrudur. Bursa Fay Zonu'nun eğim açısı 62 ile 86 arasında değişim gösterirken; rake açıları ise 55 ile 72 derece arasında ölçülmüştür. Bursa Fay Zonu'nun kuzeyinde, eğimi güneye doğru olan normal bir fay tespit edilmiştir. Uzunluğu yaklaşık 5 km olan ve Bursa Fay Zonu'nun antitetik fayı niteliğindeki bu fayın doğrultusu KB-GD'dur. Derekızık civarında gözlenen, GB'ye doğru eğimli olan bu fay (F1) düzleminden ölçülen eğim açıları 65-75°arasındadır. Bursa çevresinde tanımlanan bir başka Holosen normal fayı ise Kestel civarında gözlenmiştir (F2). Yaklaşık 11 km uzunluğunda olan bu fay doğrultusu yaklaşık D-B'dir ve fay kuzeye doğru eğimlidir. F2 no'lu segment normal fay karakterine sahiptir ve iç bükey bir geometriye sahiptir. Kuzeye doğru gidildikçe F3, F4 ve F5 no'lu faylar temel kayalar keserek havzanın güneydoğu kenarı boyunca basamak benzeri bir yapı sunar. Bu basamakların en kuzeydeki ucunu F5 no'lu segment oluşturur. Gürsu mevkiinde gözlenen bu D-B uzanımlı bu fay, kuzeye eğimlidir ve fayın uzunluğu 13 kmdir. Fay düzlemi K35B doğrultulu 70° KD'ye eğimli ve rake açısı 80°D olarak ölçülmüştür (Şekil 3.2).

Bursa havzasının kuzey kenarını oluşturan Barakfakih Fayı (BF) normal fay karakterine sahiptir (Şekil 3.2). Uzanımı KB-GD olan bu fay güneye doğru eğimlidir. Fayın en iyi yüzlek verdiği lokasyon, adından da anlaşılacağı üzere Barakfakih köyüdür. Arazi gözlemleri sonucunda fay uzunluğu yaklaşık 15 km uzunluğa sahiptir. Fay düzlemleri eğim açıları 65 ile 88 derece arasında ve rake açıları ise 62-82 derece arasında ölçülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.4 Holosen faylarına ait arazi görüntüleri, a) Bursa havzası ile Uludağ yükselimi arasında gözlenen Bursa Fayı, b) Bursa Fayı'na ait fay sarplığının arazi görünümü, c) Başka bir loksayonda yer alan Bursa Fay Zonu fay sarplığı, d) c'deki fay sarplığının yakından görünümü, e) F5 fay segmentine ait fay düzleminin arazi görünümü, f) Barakfaklı Fayı'na ait fay düzlemi üzerindeki fay çiziklerinin arazi görünümü

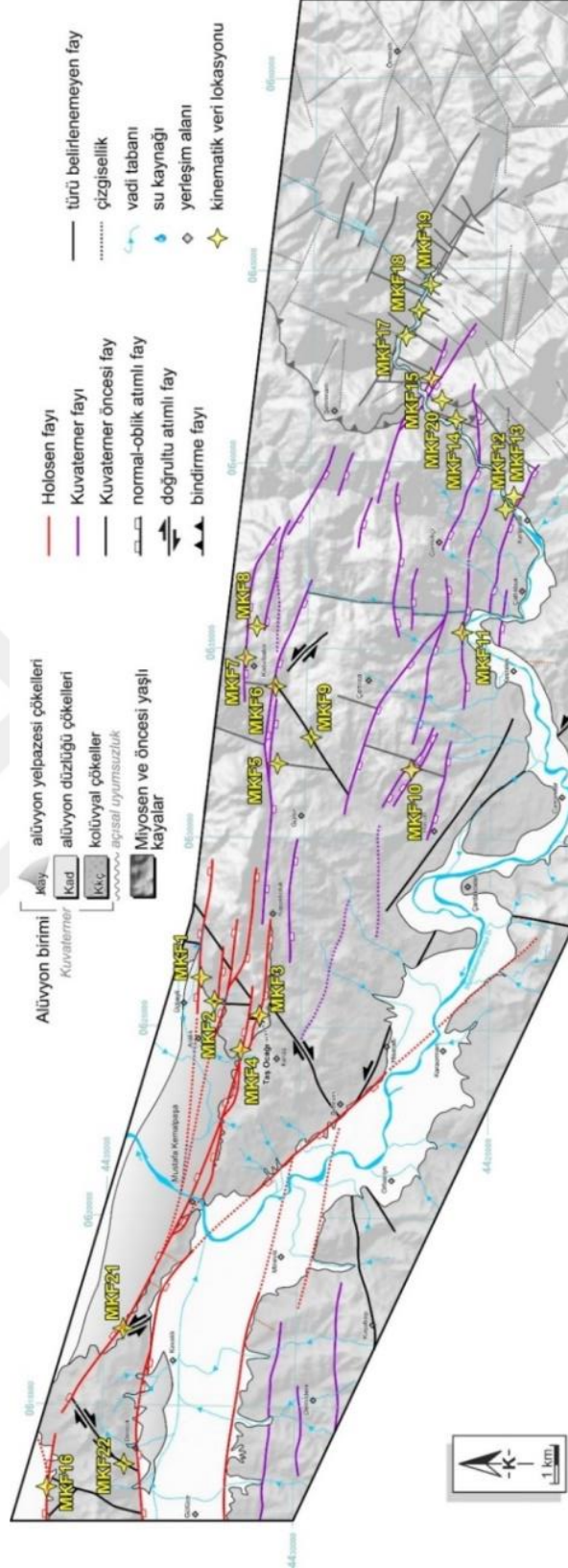
3.2 Mustafakemalpaşa Alanı

Çalışma alanında yapısal jeoloji haritası çıkarılmış bir başka alan ise Mustafakemalpaşa alanıdır. Haritalama çalışması sırasında; fayın kestiği en genç

birimin yaşına, fay önü çökellerinin varlığına, fay düzlemi üzerinde gelişen fay çiziklerinin konumuna göre tanımlanmış ve MTA'nın diri fay sınıflaması (Emre vd., 2018) dikkate alınmıştır (Şekil 3.5).

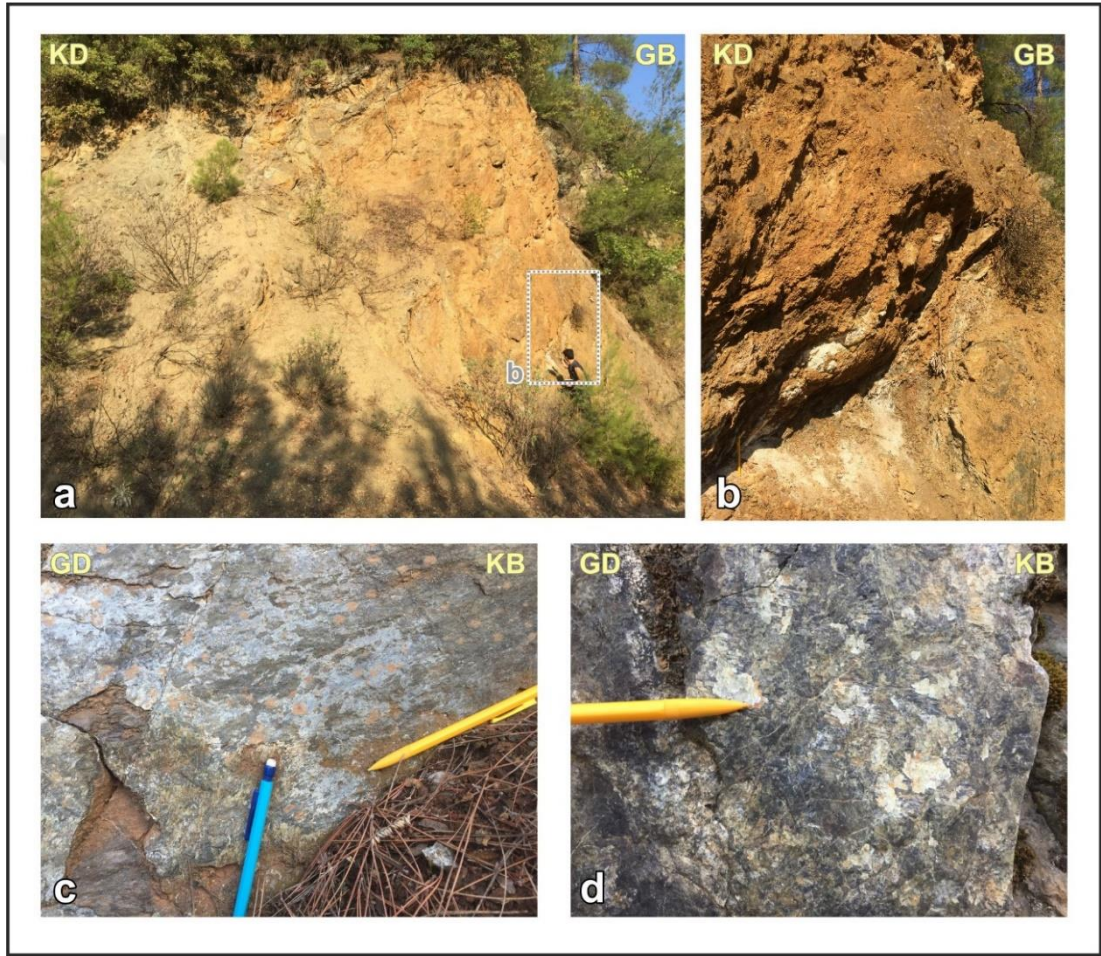
Yapılan arazi gözlemleri, haritalama çalışmaları ve literatürdeki sınıflama bilgilerine göre, çalışma alanındaki faylar 4 gruba ayrılmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru; (i) Kuvaterner öncesi fay, (ii) Olası Kuvaterner fayı veya çizgisellik, (iii) Kuvaterner fayı ve (iv) Holosen fayıdır. Karakaya Kompleksi ile Ovacık-Burhan Ofiyoliti boyunca gözlenen bindirme fayı ile ofiyolitik kayaçları kesen ancak bu birimin dışında herhangi bir alanda devamları gözlenemeyen faylar “Kuvaterner öncesi” fay olarak değerlendirilmiştir. Miyosen yaşlı çökelleri kesen, Kuvaterner yaşlı çökellerin oluşumunu denetleyen ve/veya sınırını oluşturan faylar ise diri fay olarak kabul edilip ilgili diri fay sınıflaması kapsamında bağıl olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanının doğusunda gözlenen Kuvaterner öncesi faylar boyunca Miyosen öncesi döneme ait kayaçların deforme olduğu saptanmış ve ters faylanma mekanizmasını yansıtan asimetrik yapılar gözlenmiştir. Şehriman Köyü güneyinde Osmaniye Köyü kuzeydoğusunda yapılan gözlemlerde kinematik veriler toplanmıştır (Şekil 3.6a-b). Çalışma alanının doğusunda yayılım sunan Ovacık ve Burhan ofiyolitleri içerisinde birçok ters bileşenli fay gözlenmiştir. Orhaneli Deresi boyunca ofiyolitik kayaçlar yüzlek vermekte ve bu kayaların neredeyse her yerinde fay düzlemleri ile karşılaşmak mümkündür. Bu düzlemlerden Orhaneli Deresi'ne paralel olanlar boyunca doğrultu atımlı, normal ve ters fay çizikleri ölçülmüştür (Şekil 3.6c-d). Çalışma alanında yapılan gözlemlerde Holosen ve Kuvaterner yaşlı faylar tarafından ötelenen ancak diri fay anlamındaki aktivitesi belli olmayan kuzeydoğu doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip faylar ve kuzeybatı doğrultulu sol yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip faylar tespit edilmiştir (Şekil 3.5). Ayrıca Hacıali Köyü güneyinde fay düzlemleri gözlenmiş ve bu düzlemlerden kinematik veriler toplanmıştır.



Şekil 3.5 Mustafakemalpaşa ve yakın çevresinin yapısal jeoloji haritası (Kop vd., 2016 ve bu çalışmada yapılan gözlemler birleştirilerek)

Mustafakemalpaşa civarında haritalanan Kuvaterner fayları, Karakaya Kompleksi içerisinde uzanan, Soma Formasyonu ile olan dokanakları öteleyen, morfolojide belirgin şekilde izlenebilen D-B doğrultulu ve güneye eğimli normal fay karakterine sahip parçalarından oluşmaktadır. Bu fayların en net yüzleklerinden biri Kabulbaba Köyü ve civarında yapılan arazi çalışmalarında saptanmıştır. Karakaya Kompleksi kayalarında gözlemlenen fay düzlemleri D-B doğrultulu ve 60° - 85° arasında değişen eğim açılarına sahiptir.



Şekil 3.6 a) Karacalar Köyü kuzeybatısında gözlemlenen SC yapısı, b) SC yapısının yakından görünümü, c) Orhaneli Deresi doğrultusu boyunca yüzlek veren ofiyolitik kayalar üzerinde gözlemlenen doğrultu ve normal fay çizikleri, d) Ofiyolitik kayalar içerisinde gözlemlenen doğrultu atımlı fay çizici

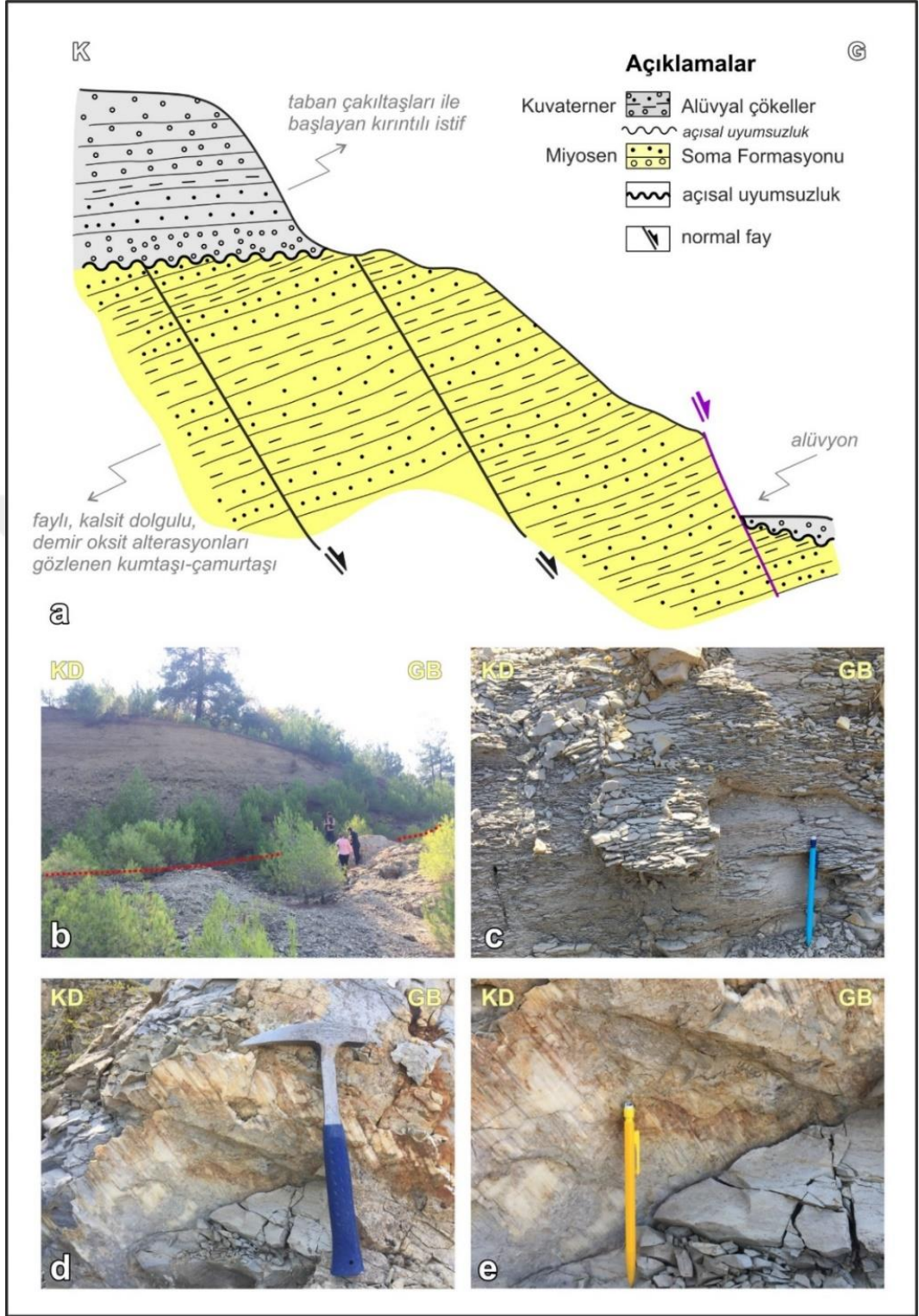
Çalışma alanının güneybatısında yapılan saha çalışmalarında morfolojideki D-B uzanımlı hat izlenerek ve Hacıali Köyü güneyinde Soma Formasyonu'nu kesen KB-

GD doğrultulu Kuvaterner faylar tespit edilmiş ve haritalanmıştır (Şekil 3.5). Soma Formasyonu ve Karakaya Kompleksi içerisinde farklı lokasyonlarda fay düzlemlerinden alınan doğrultu eğim ve rake açlarına göre D-B doğrultulu güneye eğimli normal fay karakterine sahip düzlemler tespit edilmiştir. Karacalar Köyü güneyinde eski kömür ocağı yakınlarında yapılan gözlemlerde Miyosen yaşlı Soma Formasyonu biriminin kendi içerisinde Kuvaterner öncesi ve birimi kesen Kuvaterner fay düzlemi gözlenmektedir (Şekil 3.7).

Ayrıca, haritalama alanının batısında Kızderbent Volkanikleri ile Soma Formasyonu birimlerini kesen ve KD-GB uzanımlı oblik bileşeni bulunan eğim atımlı normal fay düzlemleri ile Keltaş Köyü'nün doğusundaki taş ocağının güneyinde ve Güller Köyü'nün doğusunda sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterinde KD-GB uzanımlı faylar tespit edilmiştir (MKF9).

Çalışma alanındaki Holosen faylar ise Mustafakemalpaşa Fayı (MKF) ve Derecik fayı olarak isimlendirilmiştir. Bunlardan MKF, MTA Diri Fay Haritasının yayına dönüştürülmüş hali olan Emre vd. (2018)'de, 38 km uzunluğunda ve sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmaktadır. Bu tez kapsamında, Derecik Köyü kuzey batısından Kapaklıoluk kuzey doğusuna kadar yaklaşık 18 km uzunluğundaki alan 1/25000 ölçeğinde haritalanmış ve MKF adı altında birçok fay parçası tanımlanmıştır. Derecik Köyü'nün güneyinde ve Orhaneli Deresinin alüvyonlarını boşalttığı Kuvaterner havzasının kuzey sınırı boyunca haritalanan fay parçaları ise Derecik fayı olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.5).

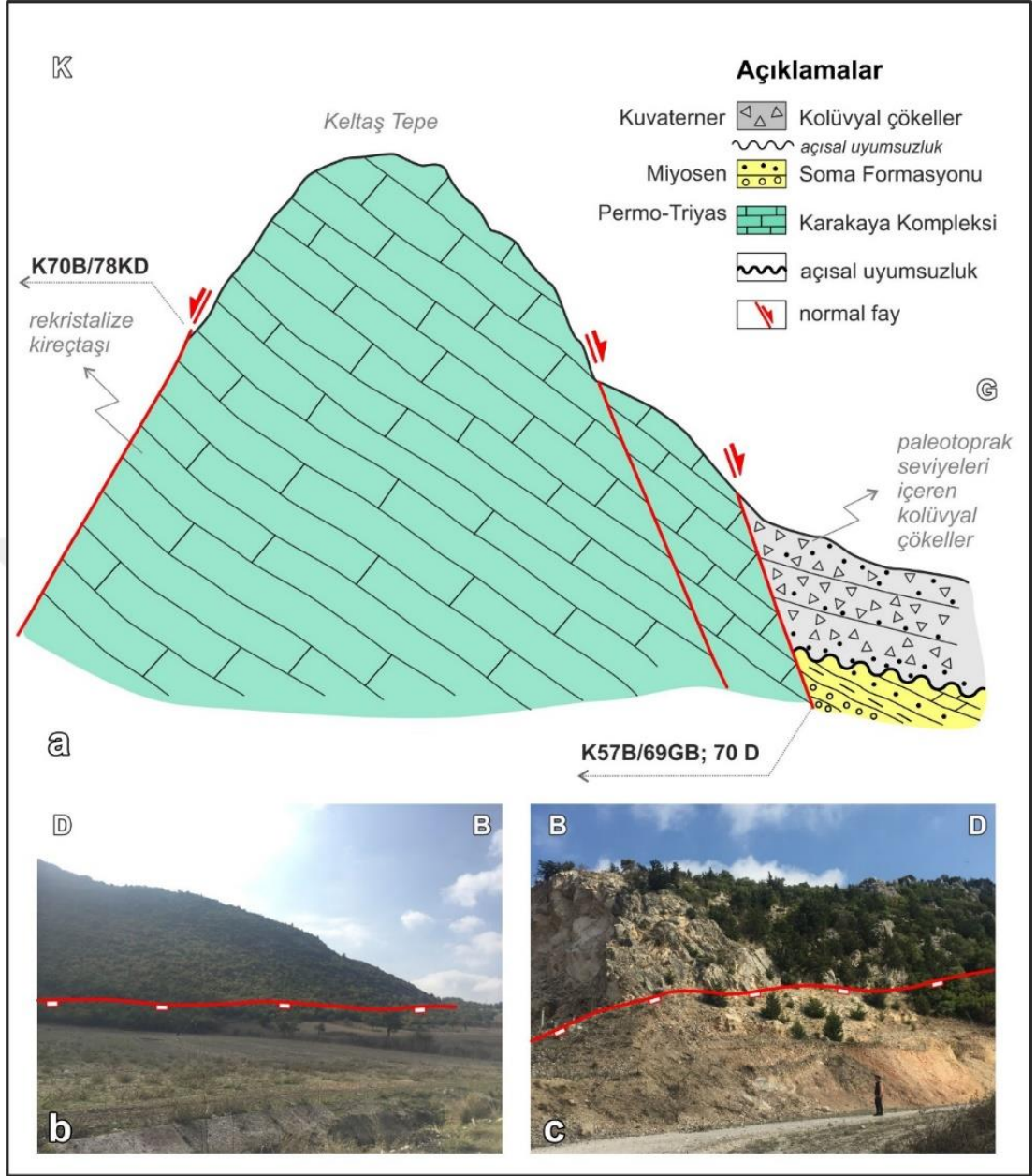
MKF haritalama alanının kuzey batısında yaklaşık D-B doğrultulu ve kuzeye yaklaşık 45° eğimli bir düzlem ile başlar. Bu düzlem Kızderbent Volkanikleri ile Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimini sınırlar. İki birim arasında ki sınır morfolojide belirgin bir çizgisellik sunmaktadır. Morfoloji doğuya doğru takip edildiğinde yaklaşık 18 km uzunluğunda KB-GD doğrultulu ve kuzeydoğuya 65° eğimli olarak devam etmektedir. Soma Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimini sınırlamaktadır. Fay, Mustafakemalpaşa ilçe merkezinden geçmektedir ve kuzeye basamaklar halinde sıçrama yaptığı gözlenmiştir.



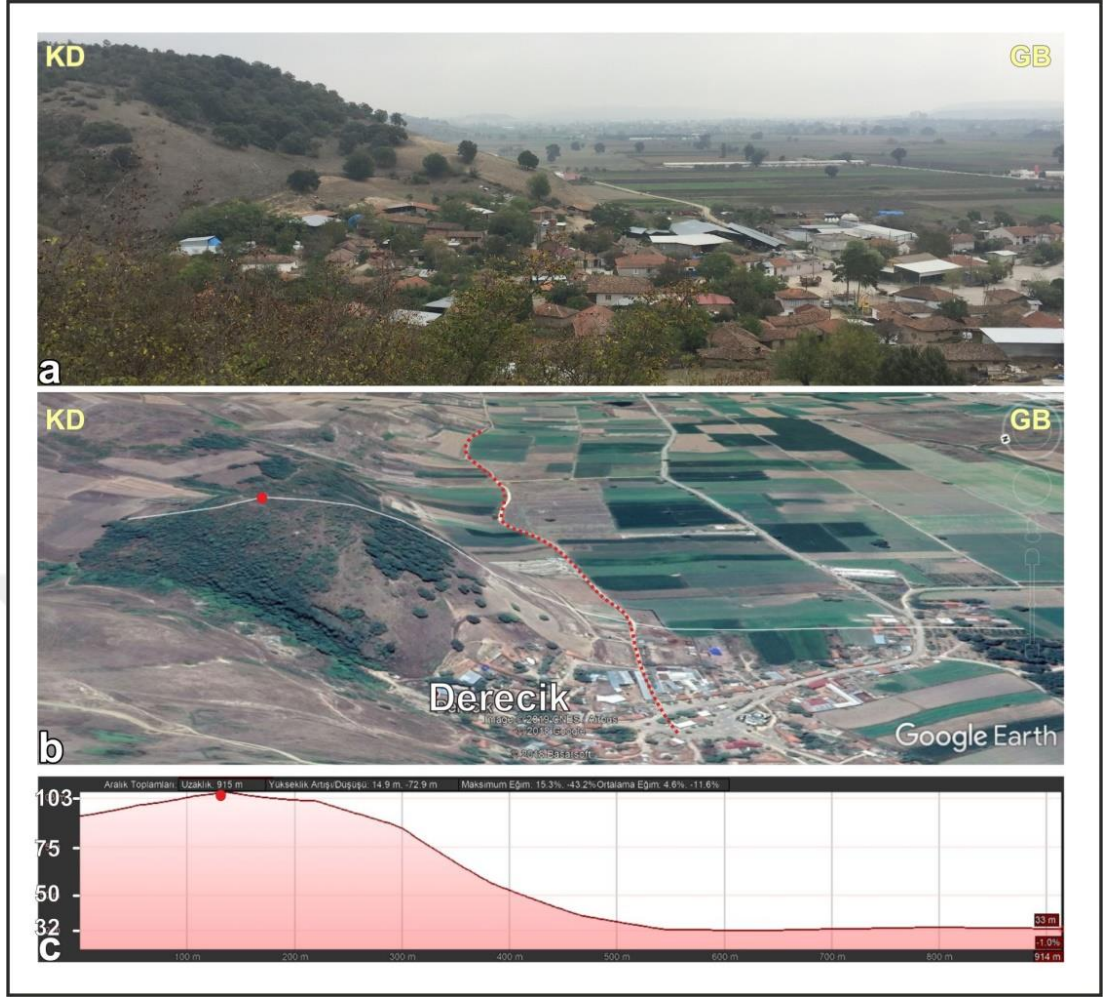
Şekil 3.7 a) Karacalar Köyü güneyinde gözlemlenen Kuvaterner öncesi ve Kuvaterner Fayların arazi kesiti, b) uyumsuzluk düzlemi, c) Miyosen yaşlı birimin arazi görünümü, d) Kuvaterner öncesi faya ait fay düzlemi, e) bu düzlem üzerindeki fay çiziklerinin yakından görünümü.

Arazi çalışmaları sırasında Keltaş Köyü kuzeyinde bulunan taş ocağında yapılan gözlemlerde güneye eğimli fay düzlemi önünde fay önü çökelleri olarak tanımlanan kolüvyal çökeller yer almaktadır. Taş ocağının kuzey yamacında ise fay sarplığı gözlenmiştir (Şekil 3.8a-b). MKF'in harita görünümüne bakıldığında ise, bu alanda batıdan doğuya doğru, birçok fay parçasına ayrıldığı görülmektedir (Şekil 3.5). Adeta bir yelpaze gibi ana faydan batıya doğu çıkan bu fay parçaları Güller Köyü kuzeybatısı ile Kapaklıoluk kuzeydoğusunda sonlanır. Ayrıca Keltaş Köyü kuzeyinde bulunan Keltaş Tepe'nin güney yamacında, MKF tarafından denetlenen kolüvyal çökeller içerisinde bazı paleotoprak seviyeleri gözlemlenmiştir (Şekil 3.8c). Bu organik maddece zengin seviyelerinden örnek alınarak yapılabilecek C14 veya OSL yaşlandırma yöntemleri ile MKF'nin depremsel geçmişi hakkında daha çok bilgi elde edilebilir. Bu bölgedeki boyunca tespit edilen fay düzlemi verileri MKF3, MKF4, MKF16 ve MKF21 olarak not alınmıştır.

Behram Köyü civarlarında yapılan gözlemlerde Soma Formasyonu ile Alüvyon birimi sınırının Derecik fayı boyunca KB-GD uzanımlı bir çizgisellik sunduğu gözlenmiştir (Şekil 3.5). Arazide saptanan genç fay şevleri ve fayın tavan bloğunda gelişen alüyal yelpazelerinin varlığı, bu fayın Holosen fayı olduğunu belirtir. Derecik fayının en iyi gözlemlendiği yer olan Derecik Köyü'dür. Bu alanda yapılan arazi çalışmaları, Eosen yaşlı Kızderbent Volkanikleri ile Miyosen yaşlı Soma Formasyonu'ndan oluşan ve yaklaşık D-B uzanımlı yükselti, Derecik fayı tarafından kesilmiştir ve Kuvaterner yaşlı çökellerle faylı bir dokanak oluşturacak şekilde yükseltilmiştir (Şekil 3.5 ve 3.9a). Bölgenin topoğrafik haritaları ve Google Earth görüntülerinde belirgin bir çizgisellik olarak izlenebilen bu fay, Google Earth üzerinden alınan yükseklik profili boyunca minimum 70 m'lik bir düşey atım içermektedir (Şekil 3.9b-c).



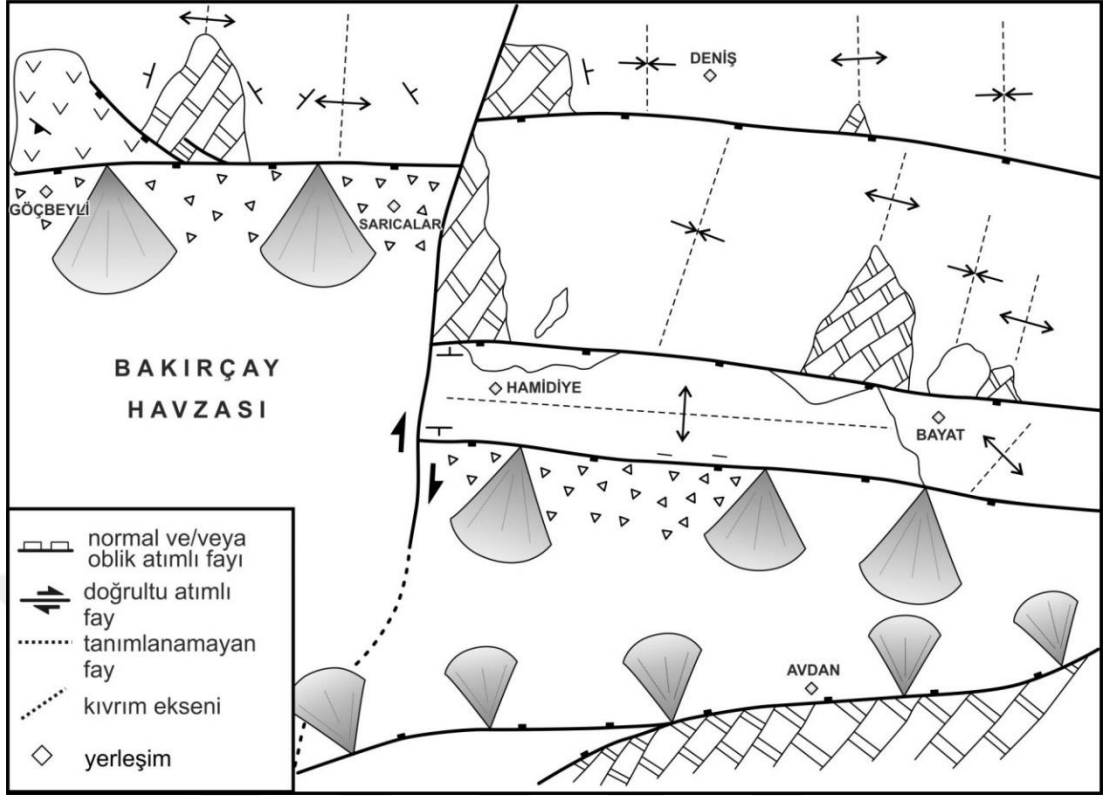
Şekil 3.8 a) Mustafakemalpaşa Fay Zonu'nun arazi kesiti, b) Keltaş Tepenin kuzey yamacının, c) güney yamacı boyunca fay düzleminin arazi görünümü



Şekil 3.9 a) Derecik Fayı'nın D-B doğrultulu fay şevi, b) Google Earth üzerinde Derecik fayının görüntüsü, c) Derecik fayını dikine kesen yükseklik profili

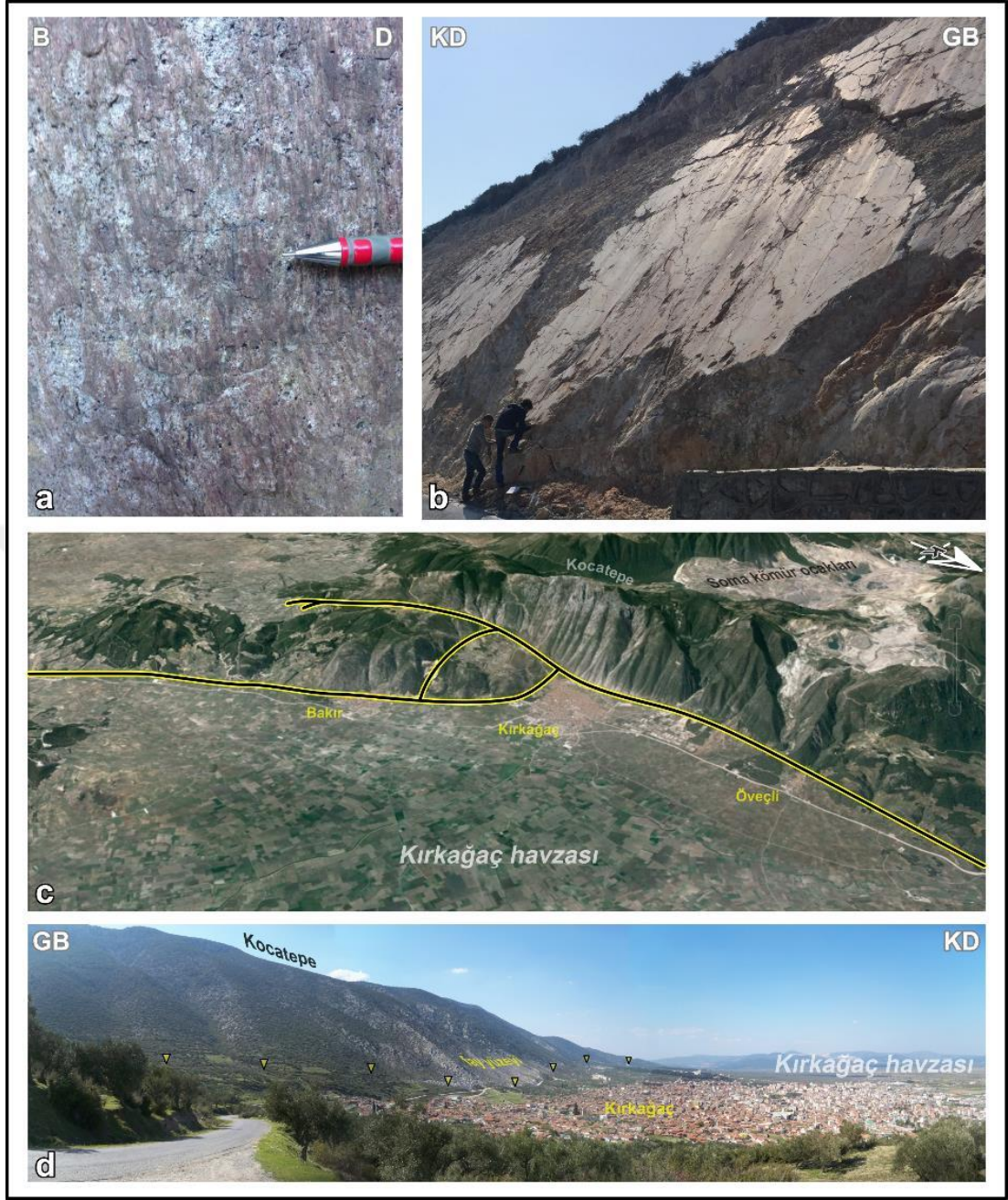
3.3 Soma – Savaştepe Alanı

Bu alanda yapılan arazi çalışmalarına göre bölgede üç farklı yapısal unsur haritalanmıştır. Bunlar; (i) normal faylar, (ii) doğrultu atımlı faylar, (iii) kıvrımlardır (Şekil 2.15, 3.10). Haritalanan alan içerisinde yüzlek veren normal faylar farklı doğrultulara sahiptir. Alanın batısındaki Bakırçay grabeni olarak isimlendirilen Kuvaterner havzasının kuzey ve güney sınırları boyunca haritalanan normal faylar yaklaşık K70D ile D-B arasında uzanır, eğim açıları 60° ve rake açıları 80° civarında ölçülmüştür.



Şekil 3.10 Soma-Savaştepe alanının skeç tektonik haritası. Farklı fay blokları arasında gelişen ve/veya askıda kalan kıvrım sistemlerine dikkat ediniz

Bir birine paralel fay basamakları şeklinde morfolojide izlenebilen bu faylardan, Kınık civarında olan, güneydeki normal fay KD uzanımlı bir doğrultu atımlı fay tarafından kesilmekte ve daha doğuya ilerlememektedir. Kuzeyde, Göçbeyli civarında haritalanan fayların ise morfolojideki belirgin izleri doğuya doğru devam ettiği gözlenebilmekte ve Soma'nın kuzeyini kat ederek Gelembe'ye kadar haritalanabilmektedir. Bu faylar en doğuda, baha sonra benzer bir yapısal ilişki ile Gelembe Fay Zonu'na ait KD uzanımlı doğrultu atımlı faylara tarafından sonlandırılmıştır. Akhisar güneyindeki yaklaşık D-B uzanımlı bir yükseltinin kuzey ve güney sınırları boyunca gözlenen fay düzlemleri yaklaşık 70° eğimli ve 80° rake açısına sahiptir (Şekil 3.11d).



Şekil 3.11 Soma-Yuntadağ alanında gözlenen normal faylara ait arazi görünüşleri

Haritalama alanındaki bir diğer önemli normal fay ise Kırkağaç Fayı'dır. KKB-GGD uzanımlı bu fay, Kırkağaç'ın hemen güneyinde bir aktarım rampası ile birleşen iki ana segmentten oluşur (Şekil 2.15 ve 3.11c). Bölgedeki diğer normal fayların aksine oldukça düşük bir eğim açısına sahip olan bu fay güneyde Akhisar ovası civarında morfolojik olarak kendini belli etmeye başlamakta, kuzeye doğru Soma kömür havzalarını askıda bırakarak Kocatepe Yükseltisinin doğu sınırı boyunca

Soma'ya doğru ilerler (Şekil 3.11a-b). Bu noktadan sonra Soma ovasını sınırlayan D-B uzanımlı normal faylar tarafından kesilen Kırkağaç Fayı, daha kuzeyde morfolojik olarak izlenemez. Palamut Köyü çevresinde alt Sekans içerisinde haritalanan KD uzanımlı kıvrım eksenlerinin fay boyunca kesilerek ötelendiği görülür. Ölçülen fay düzlemi verilerine göre Kırkağaç Fayı yaklaşık 60° eğim açısına sahiptir ve not alınan fay çizikleri 70° açı yapar.

Bölgede gözlenen doğrultu atımlı karaktere sahip olan faylar, İzmir-Ankara Zonu kayalarının oluşumu ve daha sonraki deformasyonu ile ilişkilendirilen eski süreksizliklerin, Miyosen ve sonrası dönemde yeniden harekete geçtiği faylar olarak nitelendirilmektedir (Kaya, 1981; Uzel vd., 2013). Oldukça kompleks bir jeolojik evrimleri olduğundan diğer faylarla olan dokanak ilişkileri ve kinematik açıdan karakterleri değişiklikler göstermektedir (Sözbilir vd., 2011; Uzel vd., 2013).

Soma-Yuntdağ alanında yapılan haritalama çalışmalarında irili ufaklı birçok doğrultu atımlı fay haritalanmıştır ve genel olarak KD uzanımlı olanlar sağ yönlü, KB uzanımlı olanlar ise sol yönlü doğrultu atımlı fay karakterindedir (Şekil 2.15 ve 3.12). Haritalama çalışmaları sonucunda, alandaki en belirgin faylar olarak Bademalan Fayı ile Kaleköy ve Gelembe Fay Zonları ön plana çıkmaktadır.

Yuntdağ yükseltisinin batı sınırını oluşturan Bademalan Fayı, en güneyde K20-40D uzanımlı en-echelon fay parçaları ile morfolojide izlenir ve kuzeye doğru yaklaşık K10D uzanımına döner. Bu dönüşten sonra, Soma kömür ocaklarının da içinde bulunduğu Miyosen yaşlı tortul paket ile Kuvaterner yaşlı Bakırçay ovası arasındaki yapısal sınırı oluşturur. Daha kuzeyde ise Göçbeyli civarından haritalama alanına giren normal faylar tarafından kesilerek ötelenir. Kaleköy Fay Zonu güneyde Gökçe Köyü civarından haritalama alanına girmektedir (Şekil 2.15).



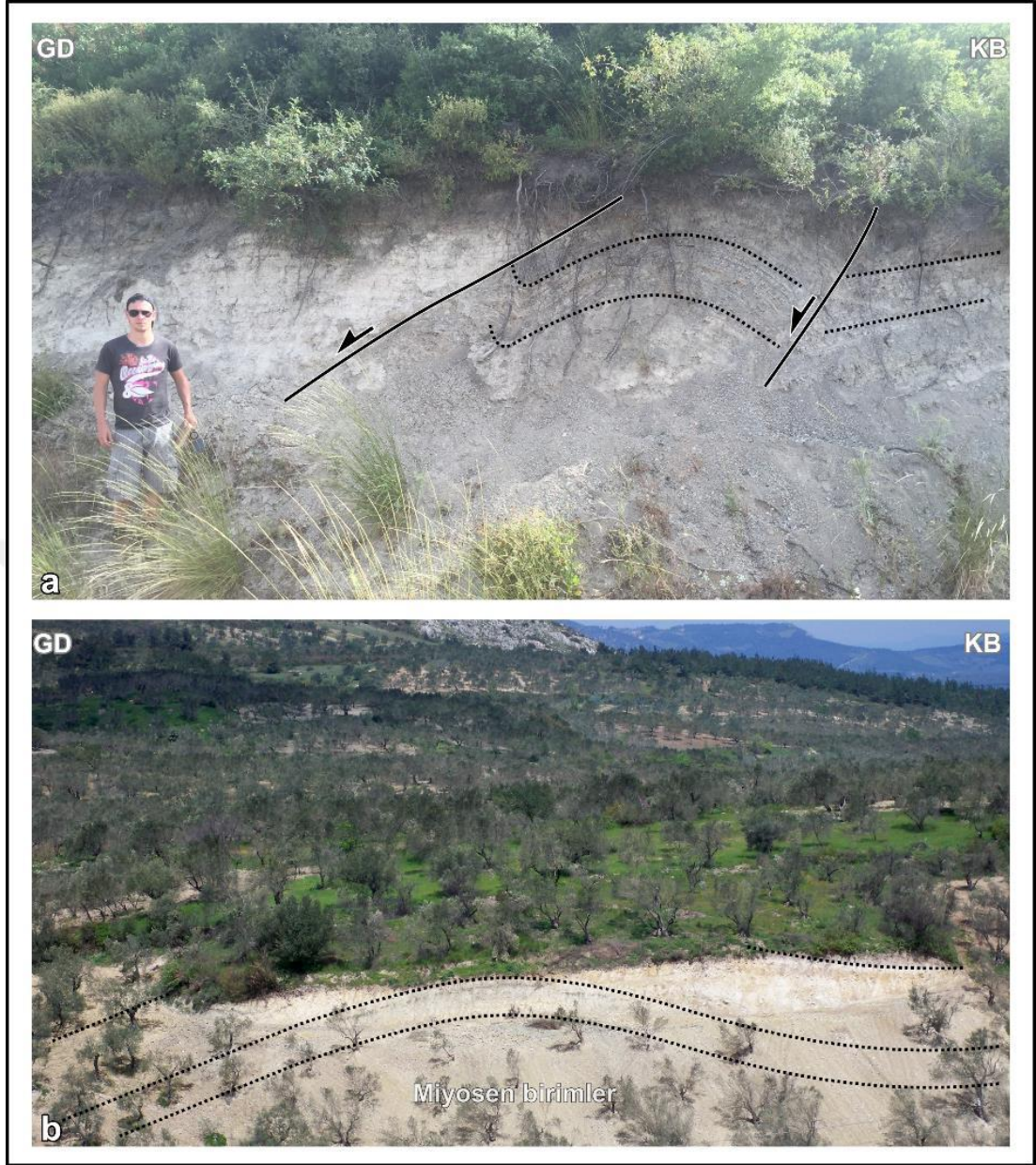
Şekil 3.12 Soma-Yuntadağ alanında gözlenen doğrultu atımlı faylara ait arazi görünüşleri

Yuntadağ yükseltisinin doğu sınırını oluşturan fay zone boyunca Miyosen yaşlı tortul birimler ile İzmir-Ankara Zonu kayalar yan yana gelir. Yaylaköy ile Gökçe Köyü arasında kalan alanda birbirine paralel/yarı paralel fay parçaları şeklinde izlenen Kaleköy Fay Zonu, bu alandaki fay düzlemlerinde K15-20D uzanımlı ve 75-80GD eğimlidir. Saptanan rake açıları ise $<30^\circ$ olarak not alınmıştır. Haritalama alanındaki en önemli doğrultu atımlı fay Gelembe Fay Zonu'dur ve Akhisar

çöküntüsü boyunca İzmir-Ankara Zonu kayaçlarının batı sınırını oluşturur. Bu alanda İzmir-Ankara Zonu, Başlamış Formasyonu ve Alt Sekans kayaçlarını keserek deforme eder ve birkaç Kuvaterner havzasını kontrol eder. Morfolojik olarak topoğrafyada oldukça belirgin bir rölyef sunan fay zonu MTA diri fay haritalarında Holosen Fayı olarak tanımlanmıştır (Emre vd., 2018). Çalışma alanındaki KD uzanımlı fay zonları arasında, bu faylar ile yaklaşık 60 açılı bir geometri sunan birçok sol yönlü doğrultu atımlı fay da haritalanmıştır (Şekil 2.15). Bu fayların en belirgin özelliği düşeye yakın eğim açıları ile hem batıya hem de doğuya eğimli olmaları ve morfolojik açıdan diğer faylar kadar belirgin olmamalarıdır. Bu faylar boyunca saptanan fay düzlemi verileri $>70^\circ$ fay düzlemleri ve $<30^\circ$ rake açıları ile karakterize olur.

Soma civarında iki farklı kıvrım seti haritalanmıştır. Bunlar; (i) KD uzanımlı kıvrımlar, (ii) D-B uzanımlı kıvrımlar olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.10). KD uzanımlı kıvrımlar alt Miyosen yaşlı Alt Sekans birimleri içerisinde gözlenmekte ve yer yer, yüksek dereceli deformasyonu simgeleyen kapalı kıvrımlar şeklinde izlenebilmektedir (Şekil 3.13a). Bu kıvrımlar haritalama alanı içerisinde gözlenen KD uzanımlı doğrultu atımlı faylara yarı paralel uzanır ve tüm normal faylar tarafından kesilerek ötelenir.

Bu alanda haritalanan diğer bir kıvrım seti ise D-B uzanımlıdır. Bu kıvrımlar Göçbeyli ile Gelembe arasında uzanan bir koridor boyunca, Üst Sekans birimleri içerisinde gözlenmektedir (Şekil 2.15). Bu koridoru sınırlayan D-B uzanımlı normal faylara paralel bir şekilde uzanan kıvrımlar genel olarak açık kıvrım geometrisine sahiptir ve KD uzanımlı –olasılıkla aktif fay sınıfındaki– doğrultu atımlı faylar tarafından kesilip ötelenirler (Şekil 3.13b).



Şekil 3.13 Çalışma alanında haritalanan kıvrımlara ait arazi görünümleri

BÖLÜM DÖRT

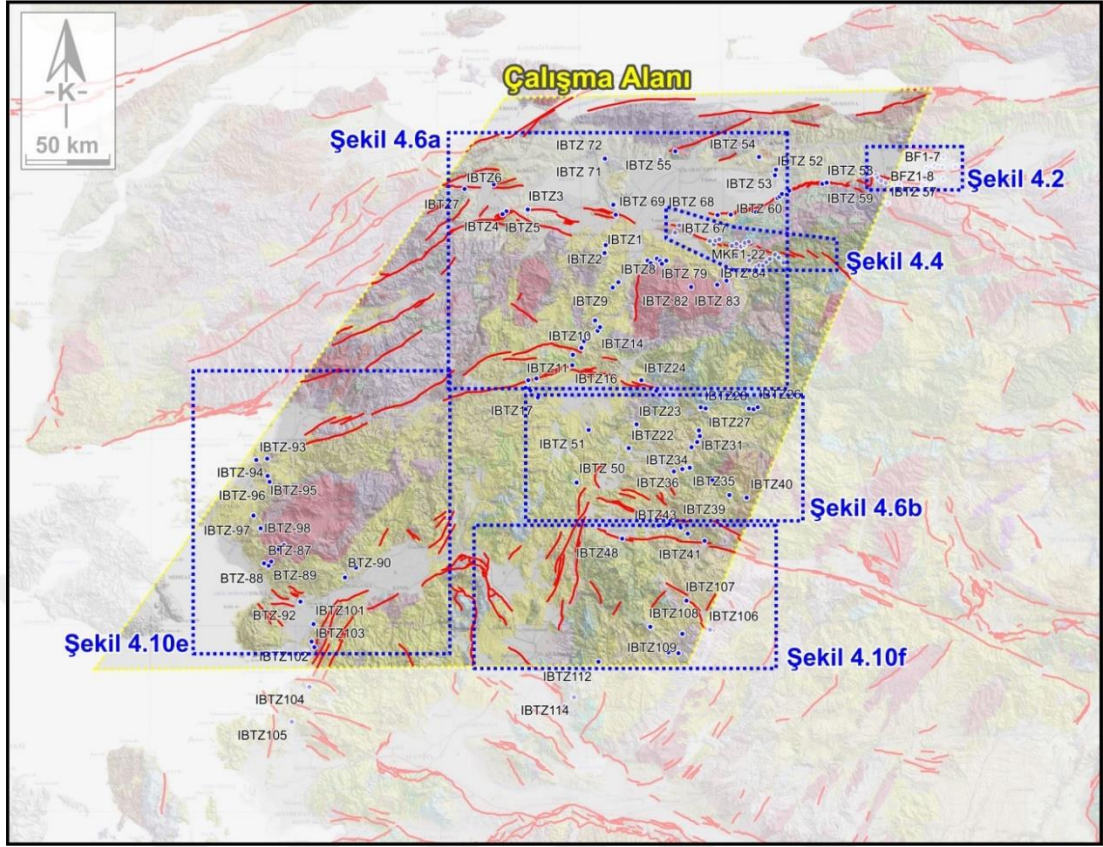
KİNEMATİK ANALİZ

Saha gözlemlerine dayanarak çalışılması planlanan bölgede baskın olarak normal faylar ve doğrultu atımlı faylar tanımlanmıştır. Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan; güneyde İBTZ ve kuzeyde KAFZ arasında kalan bölgenin kinematik davranışını ortaya koymak için Bursa ve Mustafakemalpaşa bölgelerinde daha detaylı veri toplanmış olup, bu başlık altında önce Bursa ve Mustafakemalpaşa alanları anlatılacaktır. Daha sonra ise güneye doğru olacak şekilde diğer alanlarda toplanan veriler aktarılacaktır. Bu kapsamda alan içerisinde toplam 155 kinematik veri lokasyonundan yaklaşık 6160 adet fay verisi toplanmıştır (Şekil 4.1).

4.1 Bursa Alanı

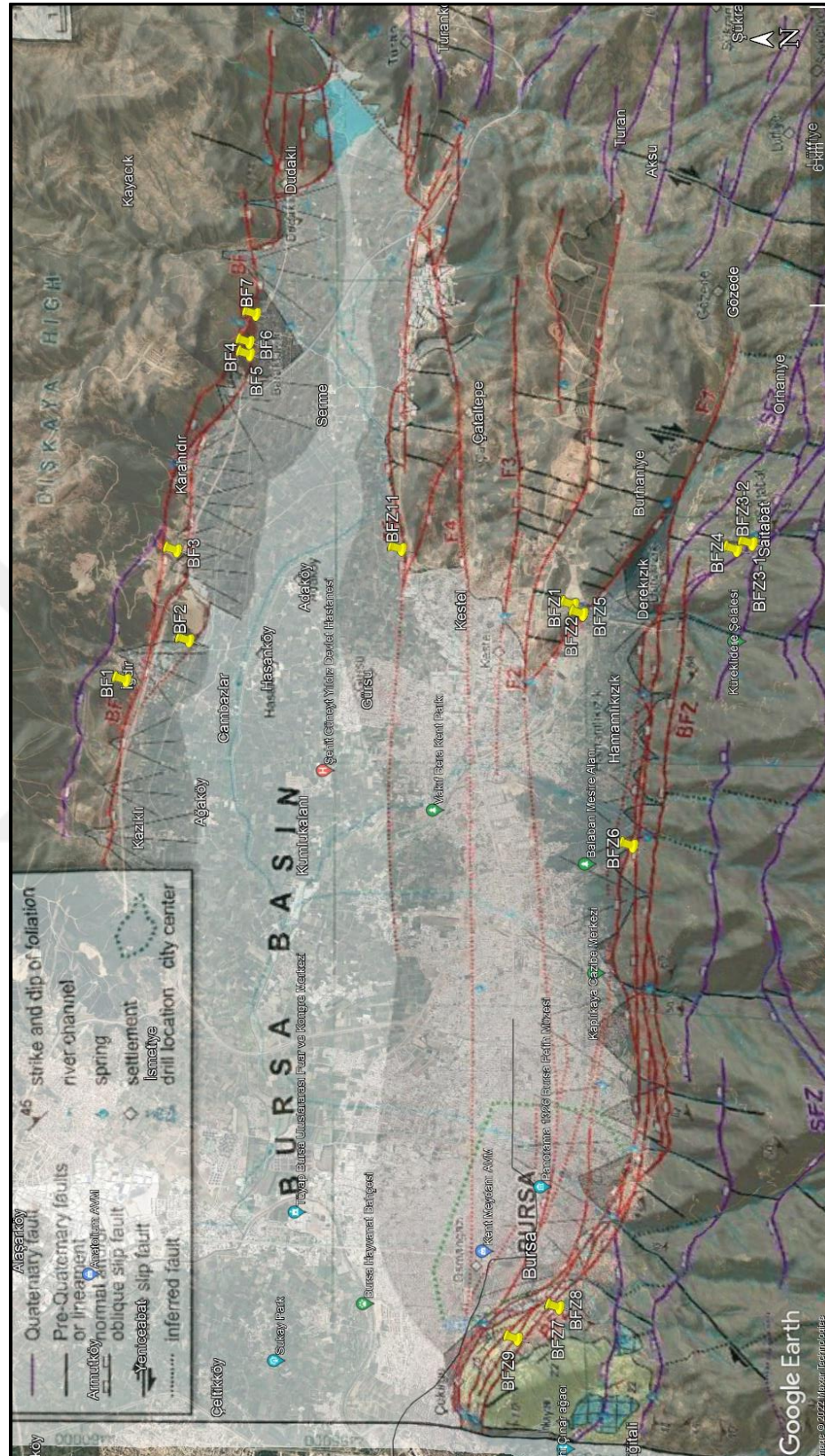
Kinematik analiz çalışmaları kapsamında Bursa ve çevresinde yer alan faylardan 18 lokasyonda toplamda 834 kinematik veri toplanmıştır (Şekil 4.2 ve Tablo 4.1). Toplanan kinematik verilerin 82'si kuvaterner öncesi faylar üzerinde, 98'i kuvaterner fayları üzerinde ve kalan 642 fay düzlemi verisi ise holosen fayları üzerinde yer almaktadır. Holosen faylarından toplanan veriler Bursa Havzası'nın kuzey sınırı olan Barakfakih Fayı'ndan (BFF1-7) ve havzanın güney sınırını oluşturan Bursa Fay Zonu'ndan (BFZ1-8) toplanmıştır (Şekil 4.2).

Bu alanda yapılan haritalama çalışmaları neticesinde Bursa havzası boyunca ayırtlanan 2 farklı fay popülasyonu bulunmaktadır. Bunlardan ilki KD uzanımlı vadiler boyunca gözlenen kuvaterner öncesi yaşlı doğrultu atımlı faylardır. Bir diğer grup fay ise KD uzanımlı fayları kesip öteleyen D-B uzanımlı kuvaterner ve holosen yaşlı normal faylardır. Bu sebeple bölgede en az 2 farklı paleostres evresinin varlığından söz edilebilir.



Şekil 4.1 Çalışma alanı içerisinde alınan kinematik verilerin dağılımını gösteren harita

Ölçülen kinematik veriler doğrultusunda hesaplanan paleostres sonuçlarına göre, ilk faz doğrultu atımlı faylarla ilişkilidir ve bölgede KD-GB yönlü genişleme ile KB-GD yönlü sıkışmaya sebep olmuştur. Bu ilk evre faz bölgede yer alan temel kayalarla ilişkilidir. Bir diğer paleostres evresi ise KD-GB yönlü açılma ile karakterize edilir ve Bursa Havzası'nın günümüzdeki konumunu şekillendiren aktif normal faylanmayı oluşturmaktadır.

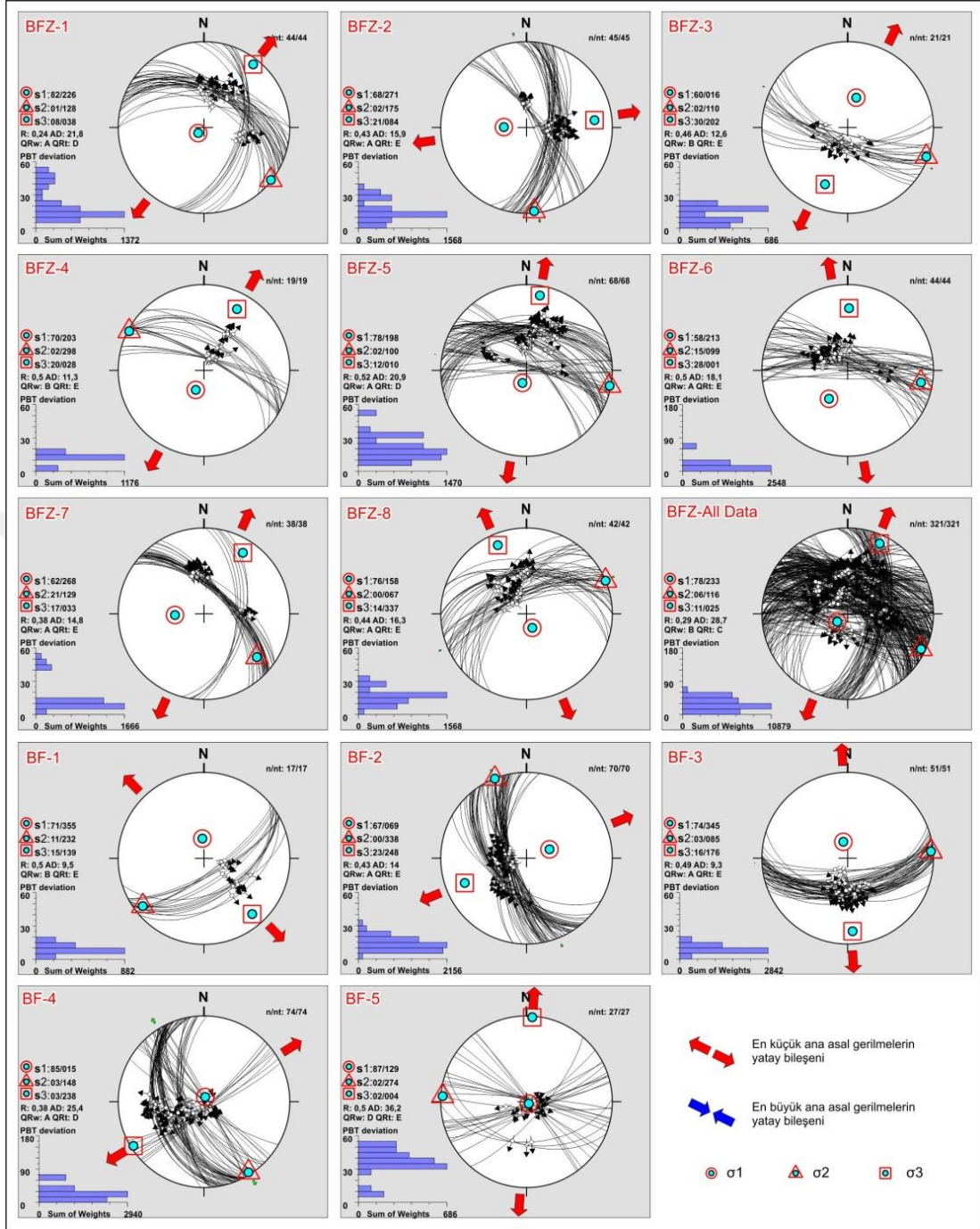


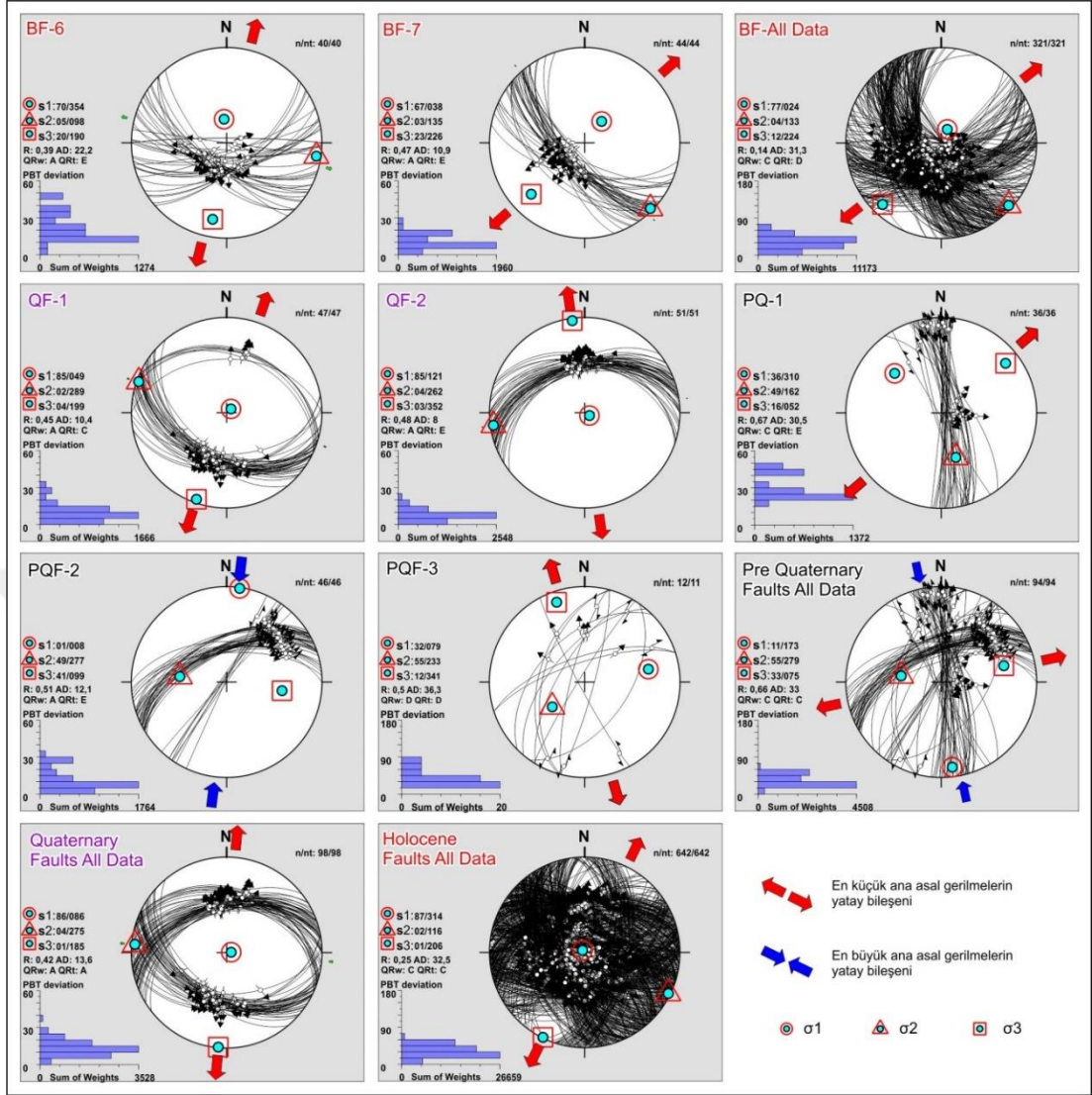
Şekil 4.2 Bursa Havzasının yapısal jeoloji haritası ve bu çalışma kapsamında yapılan kinematik gözlem lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları

Tablo 4.1 Bursa civarından toplanan kinematik verilerin analiz sonuçları

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Rejim	Stres Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
BFZ1	29°12'45.44"D	40°10'44.13"K	44	82	226	1	128	8	38	0,2	NF	Genişleme
BFZ2	29°12'45.58"D	40°10'44.98"K	45	68	271	2	175	21	84	0,4	NF	Genişleme
BFZ3	29°12'37.79"D	40°10'38.29"K	21	60	16	2	110	30	202	0,5	NF	Genişleme
BFZ4	29°9'24.40"D	40°10'7.86"K	19	70	203	2	298	20	28	0,5	NF	Genişleme
BFZ5	29°2'56.11"D	40°10'53.04"K	68	78	198	2	100	12	10	0,5	NF	Genişleme
BFZ6	29°2'56.24"D	40°10'53.17"K	44	58	213	15	99	28	1	0,5	NF	Genişleme
BFZ7	29°2'28.96"D	40°11'19.71"K	38	62	268	21	129	17	33	0,4	NF	Genişleme
BFZ8	29°13'33.87"D	40°12'34.75"K	42	76	158	0	67	14	337	0,4	NF	Genişleme
Bursa Fay Zonu Tüm Datalar			321	78	233	6	116	11	25	0,3	NF	Genişleme
BF1	29°11'42.47"D	40°15'33.38"K	17	71	355	11	232	15	139	0,5	NF	Genişleme
BF2	29°12'16.17"D	40°14'52.53"K	70	67	69	0	338	23	248	0,4	NF	Genişleme
BF3	29°13'32.80"D	40°15'0.64"K	51	74	345	3	85	16	176	0,5	NF	Genişleme
BF4	29°16'18.85"D	40°14'13.06"K	74	85	15	3	148	3	238	0,4	NF	Genişleme
BF5	29°16'19.02"D	40°14'13.14"K	27	87	129	2	274	2	4	0,5	NF	Genişleme
BF6	29°16'28.88"D	40°14'13.23"K	40	70	354	5	98	20	190	0,4	NF	Genişleme
BF7	29°16'53.28"D	40°14'9.16"K	44	67	38	3	135	23	226	0,5	NF	Genişleme
Barakfaklı Fayı Tüm Datalar			321	77	24	4	133	12	224	0,1	NF	Genişleme
QF1	29°22'57.40"D	40° 14'48.23"K	47	85	49	2	289	4	199	0,5	NF	Genişleme
QF2	29°26'25.81"D	40° 13'04.80"K	51	85	121	4	262	3	352	0,5	NF	Genişleme
PQF1	29°22'66.57"D	40° 14'12.86"K	36	36	310	49	162	16	52	0,7	DAF	Genişleme
PQF2	29°06'32.38"D	40° 16'84.14"K	46	1	8	49	227	41	99	0,5	DAF	Sıkışma
PQF3	29°25'05.71"D	40° 15'86"K	12	32	79	55	233	12	341	0,5	DAF+NF	Sıkışma
Kuvaterner Öncesi Faylar			94	11	173	55	279	33	75	0,7	DAF	Sıkışma
Kuvaterner Fayları			98	86	86	4	275	1	185	0,4	NF	Genişleme
BFZ-Holosen Fayları			642	87	314	2	116	1	206	0,3	NF	Genişleme

Bursa civarından toplanan kinematik veriler, Gürsu ve Derekızık mevkieleinde saptanan Kuvaterner öncesi döneme ait kinematik verilerin (KD uzanımlı doğrultu atımlı fayların) KD-GB yönlü genişleme ve KB-GD yönlü sıkışma ile geliştiği; Kuvaterner ve Holosen yaşlı (DB uzanımlı normal) faylardan toplanan verilerin de benzer şekilde KD-GB yönlü genişleme ile ilişkili oldukları hesaplanmıştır. Tüm verileri içeren bir hesaplama yapıldığında, yaklaşık K25D yönlü bir genişlemenin Bursa havzası boyunca hakim olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).





Şekil 4.3 Bursa civarındaki lokasyonların deformasyon evrelerine ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri

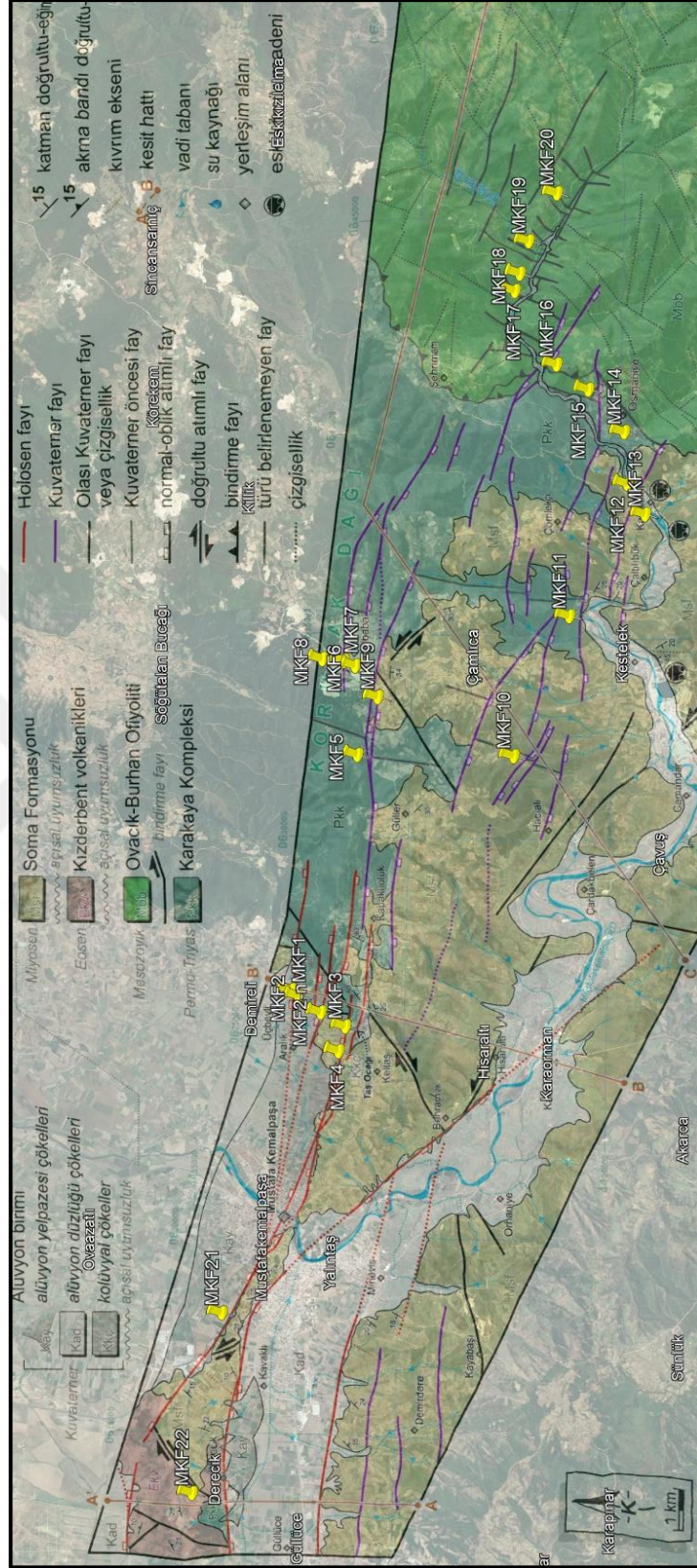
4.2 Mustafakemalpaşa Alanı

Arazi çalışmaları esnasında bu alanda yer alan aktif faylar üzerinde 22 lokasyondan 394 kinematik veri toplanmıştır (Tablo 4.2, Şekil 4.4.). Bu alanda yer alan faylar; (i) Kuvaterner öncesi faylar, (ii) Kuvaterner fayları ve (iii) Holosen fayları olmak üzere 3'e ayrılarak incelenmiştir.

Çalışma alanının doğusunda gözlenen Kuvaterner öncesi faylar boyunca Miyosen öncesi döneme ait kayaçların deforme olduğu saptanmış ve ters faylanma

mekanizmasını yansıtan asimetrik yapılar gözlenmiştir. Çalışma alanında yapılan gözlemlerde Holosen ve Kuvaterner yaşlı faylar tarafından ötelenen ancak diri fay anlamındaki aktivitesi belli olmayan KD doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip faylar ve KB uzanımlı sol yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip faylar da tespit edilmiştir. Arazide kuvaterner öncesi faylardan 224 adet kinematik veri toplanmıştır. Mustafakemalpaşa civarında haritalanan Kuvaterner fayları ise, Karakaya Kompleksi içerisinde ve Soma Formasyonu ile dokanak halinde olan ve morfolojide de belirgin şekilde izlenebilen D-B doğrultulu ve güneye eğimli normal fay karakterine sahip faylardan oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı faylardan 119 adet fay verisi toplanmıştır. Çalışma alanında yer alan normal faylar Mustafakemalpaşa Fayı ve Derecik Fayı'dır.

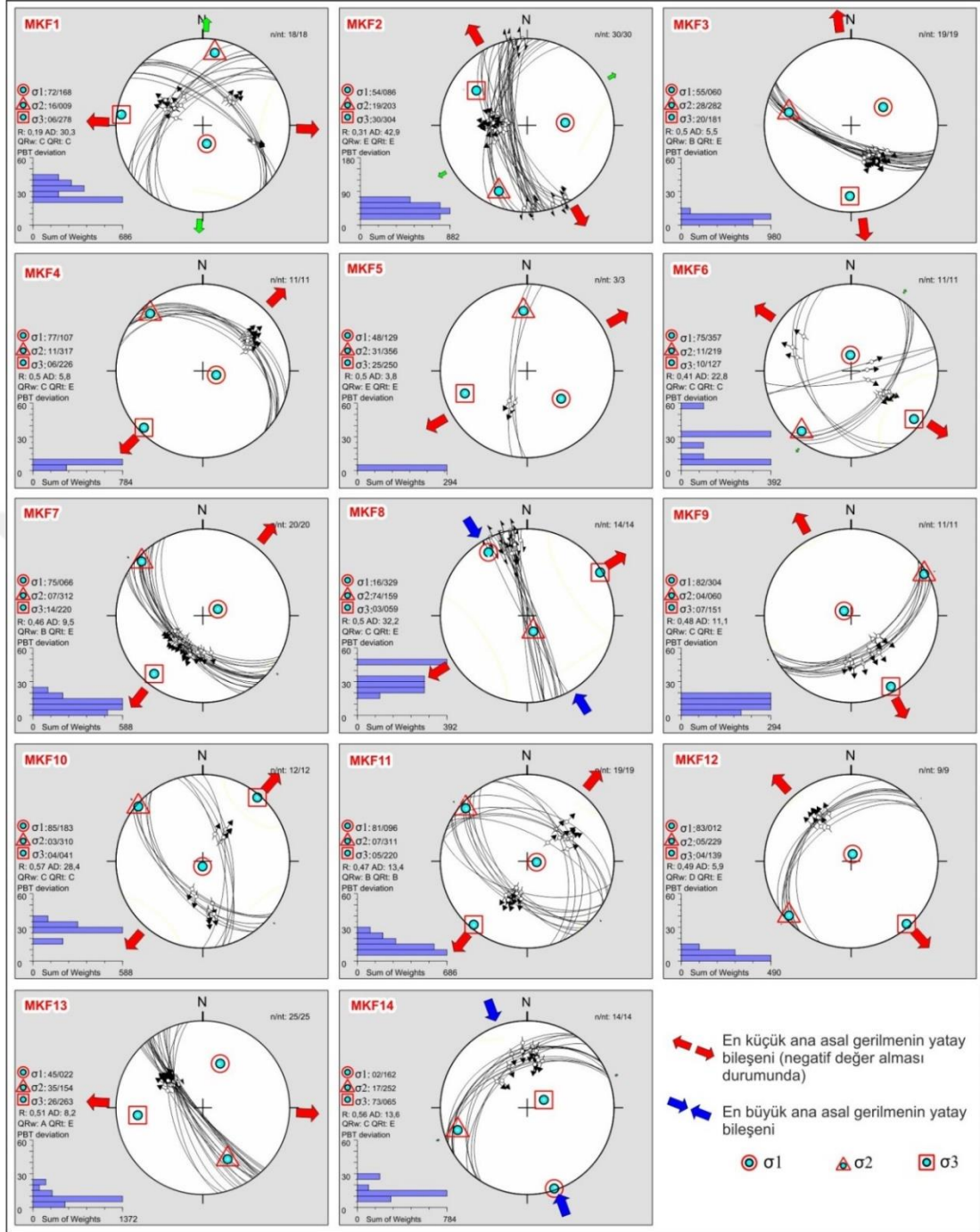
Mustafakemalpaşa ve civarlarından toplanan veriler ile yapılan analizler, bölgedeki faylanmanın KB-GD sıkışma, KB-GD genişleme ve KD-GB genişleme gibi farklı deformasyon yönleri ile karakterize olabildiğini göstermektedir (Şekil 4.5). Elde edilen sonuçlar haritalanan fayların bağlı yaşlarına göre gruplandığında ise, bölgedeki en yaşlı faylanma evresini niteleyen Olası Kuvaterner Fayı-Çizgisellikler ve Kuvaterner öncesi döneme ait kinematik verilerin KD-GB yönlü genişleme kuvvetleri etkisi altında geliştiği görülür. Kuvaterner yaşlı faylardan toplanan kinematik veriler ise KD-GB yönlü genişleme kuvvetlerini işaret etmiştir. Bölgedeki en genç faylar olan Holosen yaşlı faylardan toplanan kinematik veriler ise KD-GB yönlü genişleme ile ilişkilidir. Tüm verileri içeren bir hesaplama yapıldığında ise, heterojen verilerin bir arada kullanılmış olduğu da dikkate alınarak, yaklaşık K45D yönlü bir genişlemenin MKF boyunca hâkim olduğu hesaplanabilmektedir (Şekil 4.5).

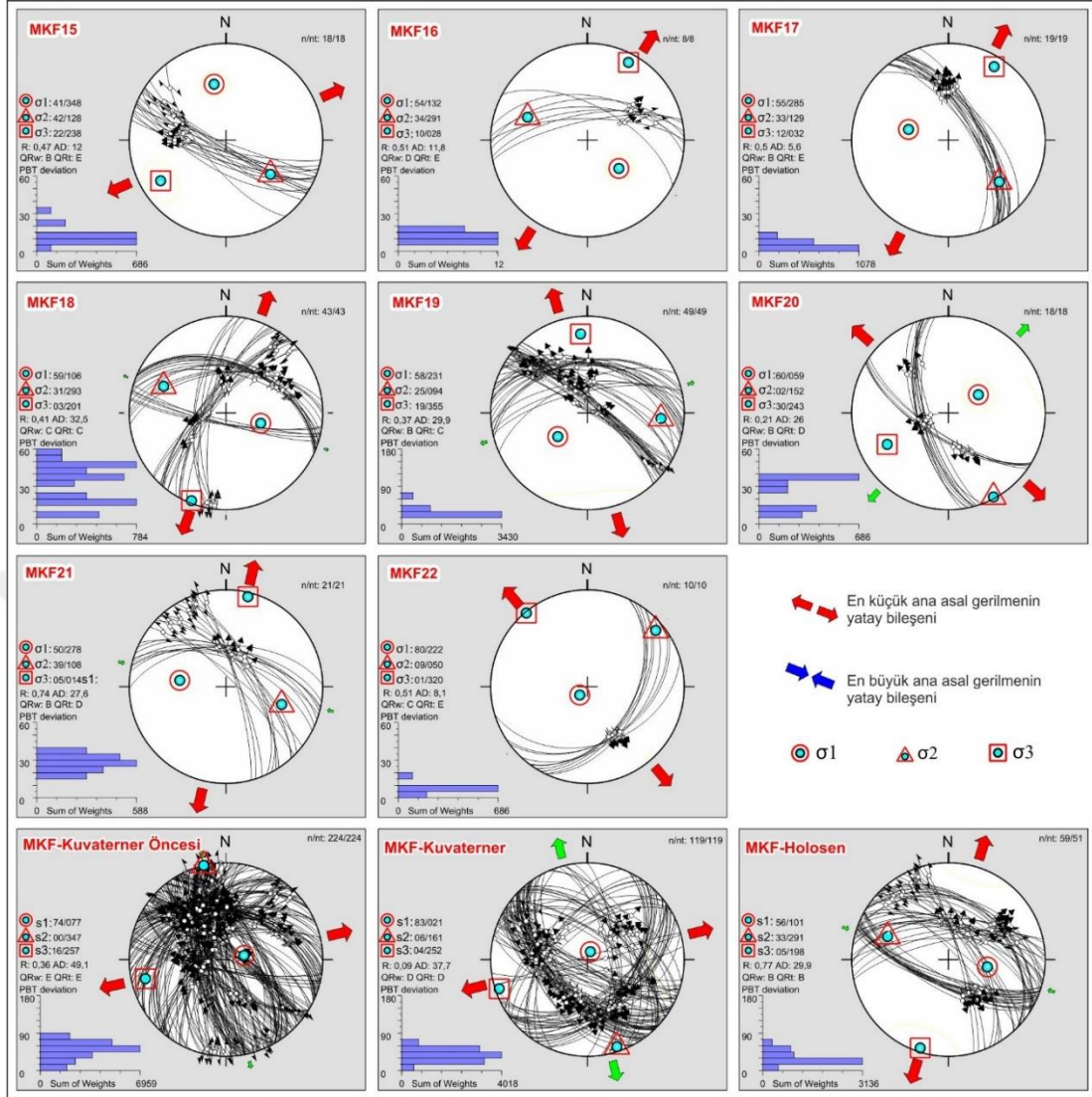


Şekil 4.4 Mustafakemalpaşa ve çevresinin yapısal haritası ve bu çalışma kapsamında yapılan kinematik gözlem lokasyonlarının dağılımı

Tablo 4.2 Mustafakemalpaşa civarından toplanan kinematik verilerin analiz sonuçları

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Reg	Stress Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
MKF2	28°28'27.95"D	40° 1'42.61"K	30	54	86	19	203	30	304	0,31	NF	Genişleme
MKF3	28°27'57.91"D	40° 1'5.01"K	19	20	181	28	282	55	60	0,5	NF	Genişleme
MKF4	28°27'31.07"D	40° 1'10.57"K	11	77	107	11	317	6	226	0,5	NF	Genişleme
MKF5	28°32'39.69"D	40° 0'55.55"K	3	48	129	31	356	25	250	0,5	NF	Genişleme
MKF6	28°34'11.04"D	40° 0'57.11"K	11	75	357	11	219	10	127	0,41	NF	Genişleme
MKF7	28°34'15.89"D	40° 1'6.15"K	20	75	66	7	312	14	220	0,46	NF	Genişleme
MKF8	28°34'17.50"D	40° 1'22.77"K	14	16	329	74	159	3	59	0,5	DAF	Sıkışma
MKF9	28°33'39.30"D	40° 0'39.41"K	11	82	304	4	60	7	151	0,48	NF	Genişleme
MKF10	28°32'38.16"D	39°58'51.54"K	12	85	183	3	310	4	41	0,57	NF	Genişleme
MKF11	28°35'4.30"D	39°58'6.40"K	19	81	96	7	311	5	220	0,47	NF	Genişleme
MKF12	28°37'21.51"D	39°57'20.36"K	9	83	12	5	229	4	139	0,49	NF	Genişleme
MKF13	28°36'50.03"D	39°57'6.11"K	25	45	22	35	154	26	263	0,51	NF	Genişleme
MKF14	28°38'14.72"D	39°57'23.15"K	14	2	162	17	252	73	65	0,56	TF	Sıkışma
MKF15	28°38'56.64"D	39°57'52.55"K	18	41	348	42	128	22	238	0,47	NF	Genişleme
MKF16	28°39'21.20"D	39°58'18.15"K	8	54	132	34	291	10	28	0,51	NF	Genişleme
MKF17	28°40'39.93"D	39°58'50.33"K	19	55	285	33	129	12	32	0,5	NF	Genişleme
MKF18	28°40'58.26"D	39°58'46.36"K	43	59	106	31	293	3	201	0,41	NF	Genişleme
MKF19	28°41'32.23"D	39°58'39.09"K	49	58	231	25	94	19	355	0,37	NF	Genişleme
MKF20	28°42'19.78"D	39°58'17.12"K	18	60	59	2	152	30	243	0,21	NF	Genişleme
MKF21	28°22'56.31"D	40° 2'43.85"K	21	50	278	39	108	5	14	0,74	NF	Genişleme
MKF22	28°19'50.52"D	40° 3'6.84"K	10	80	222	9	50	1	320	0,51	NF	Genişleme
MKF-Kuv. Öncesi			224	74	77	0	347	16	257	0,36	NF+DAF	Genişleme
MKF-Kuv.			119	83	21	6	161	4	252	0,09	NF+DAF	Genişleme
MKF-Holosen			51	56	101	33	291	5	198	0,77	NF+DAF	Genişleme



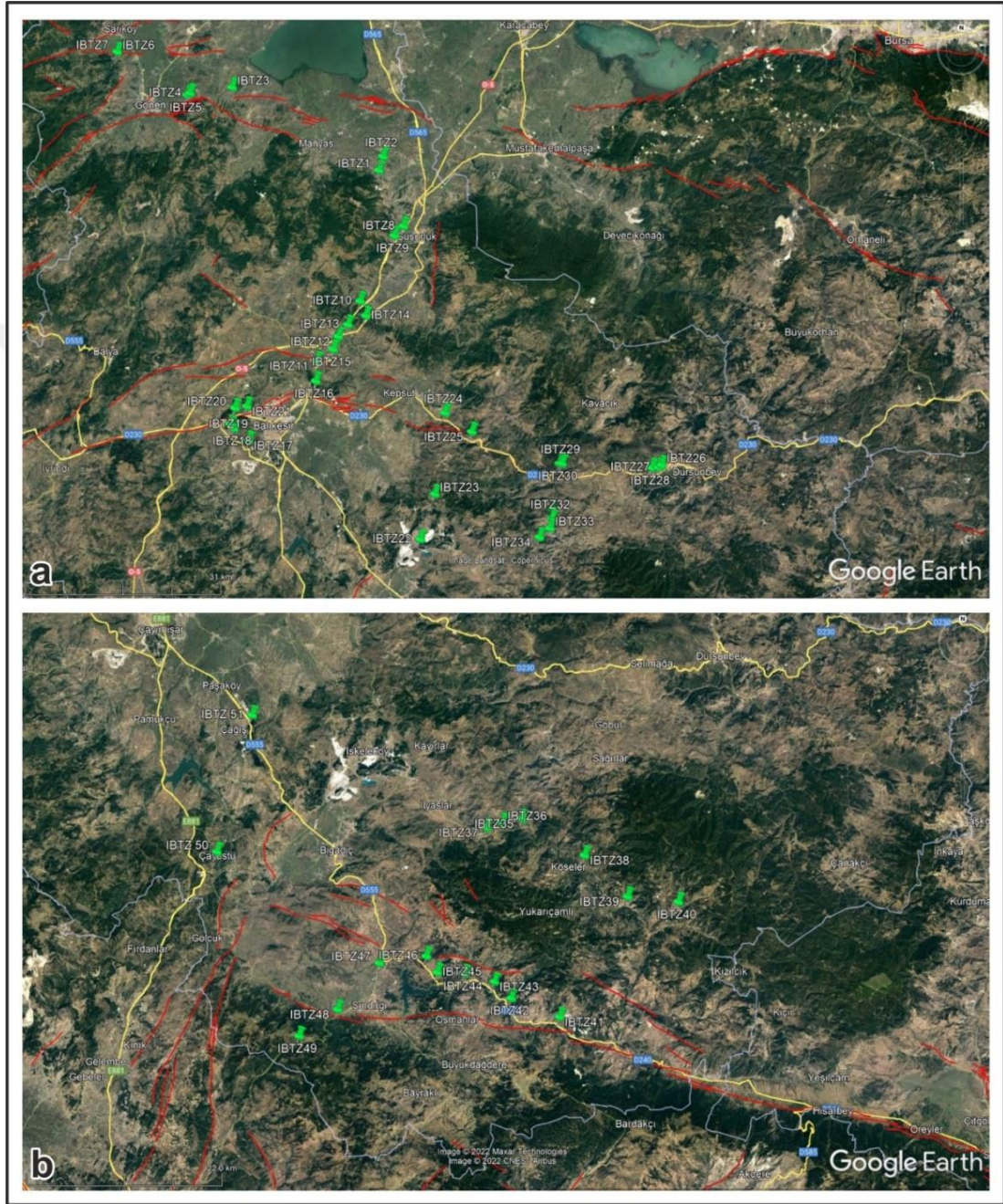


Şekil 4.5 Mustafakemalpaşa civarındaki lokasyonların deformasyon evrelerine ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri

Bu çalışma kapsamında toplanan diğer kinematik veriler, bölgenin gerilme durumunu yansıtmak ve bölgedeki farklı faylanma evrelerini içerecek şekilde çalışma alanında dağılım sunmaktadır (Şekil 4.1). İBTZ1 – 105 lokasyon kodları ile sahadan toplanan fay düzlemi verileri WinTensor programında analiz edilerek lokasyon bazında yersel gerilmeler hesaplanmıştır. Aşağıda sırasıyla;

- İBTZ 1-51 (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Tablo 4.3),
- İBTZ 52-86 (Şekil 4.8, Şekil 4.9, Tablo 4.4),
- İBTZ 87-115 (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Tablo 4.5)

adlı kinematik veri lokasyonları sırasıyla; önce harita üzerindeki dağılımları, sonra paleostres analiz sonuçları tablosu ve en sonda ise paleostres yönlerini gösteren streonet görüntüleri olarak verilecektir.

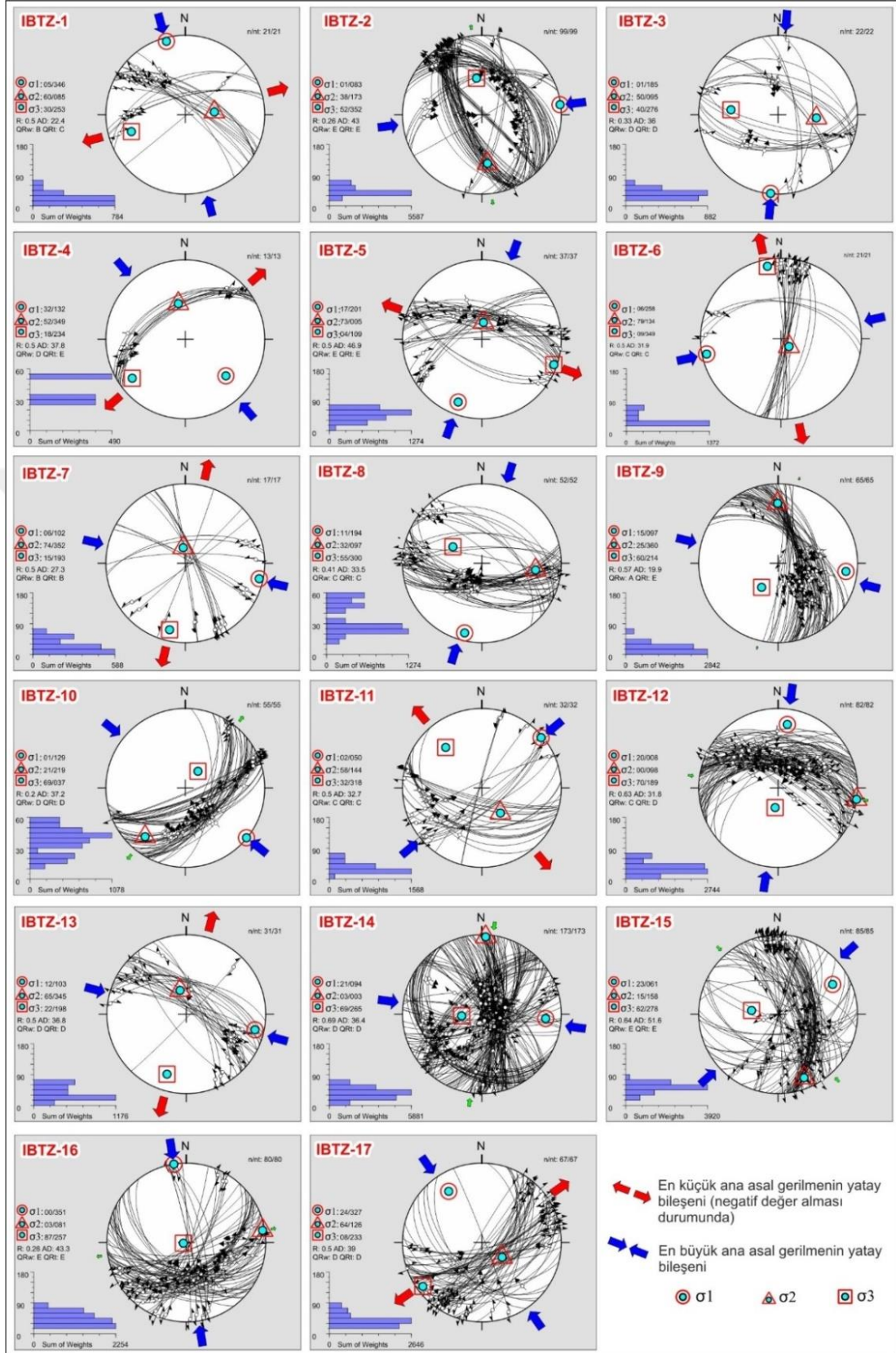


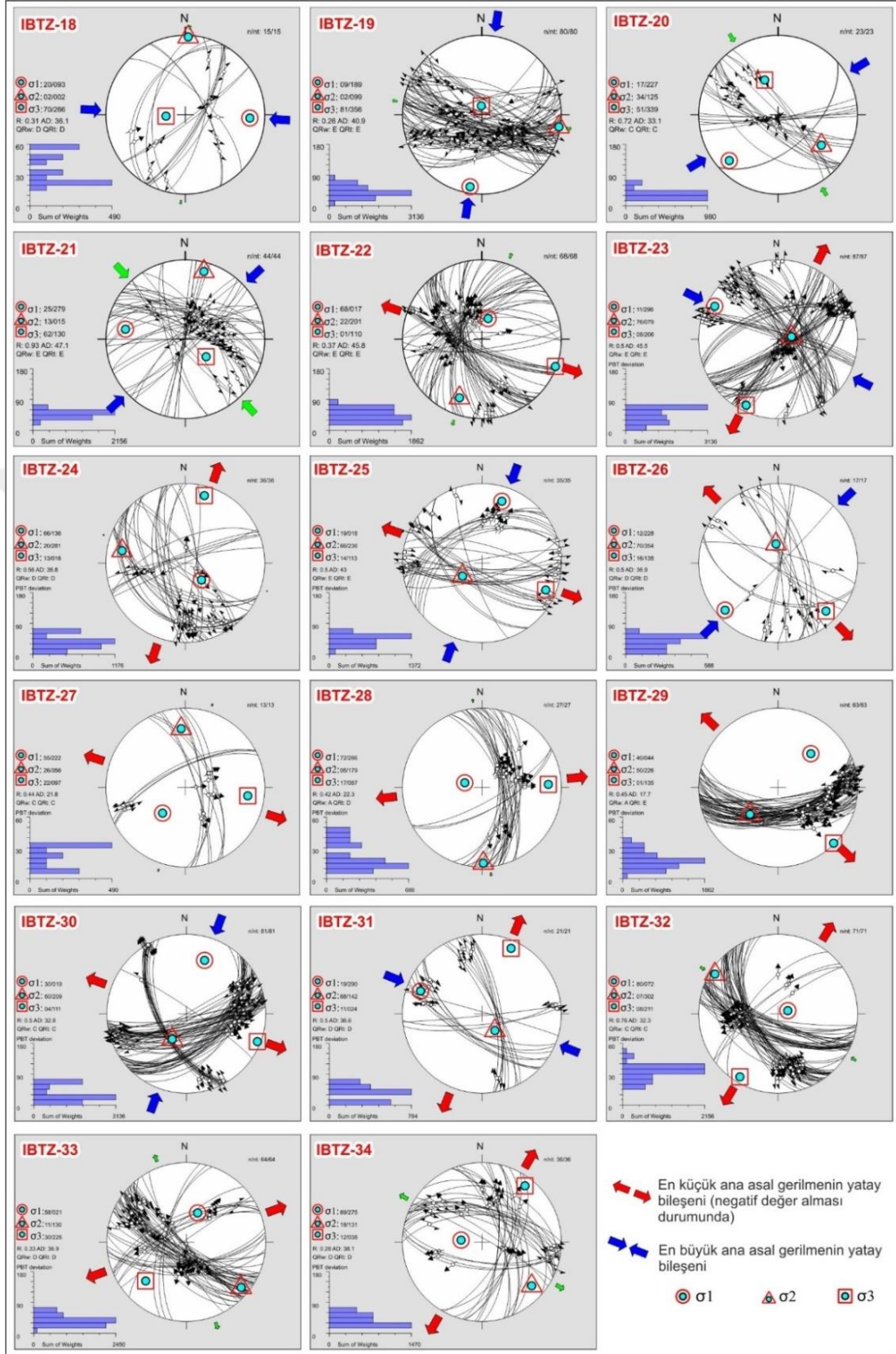
Şekil 4.6 a) İBTZ1-34 ve b) İBTZ 35-51 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları

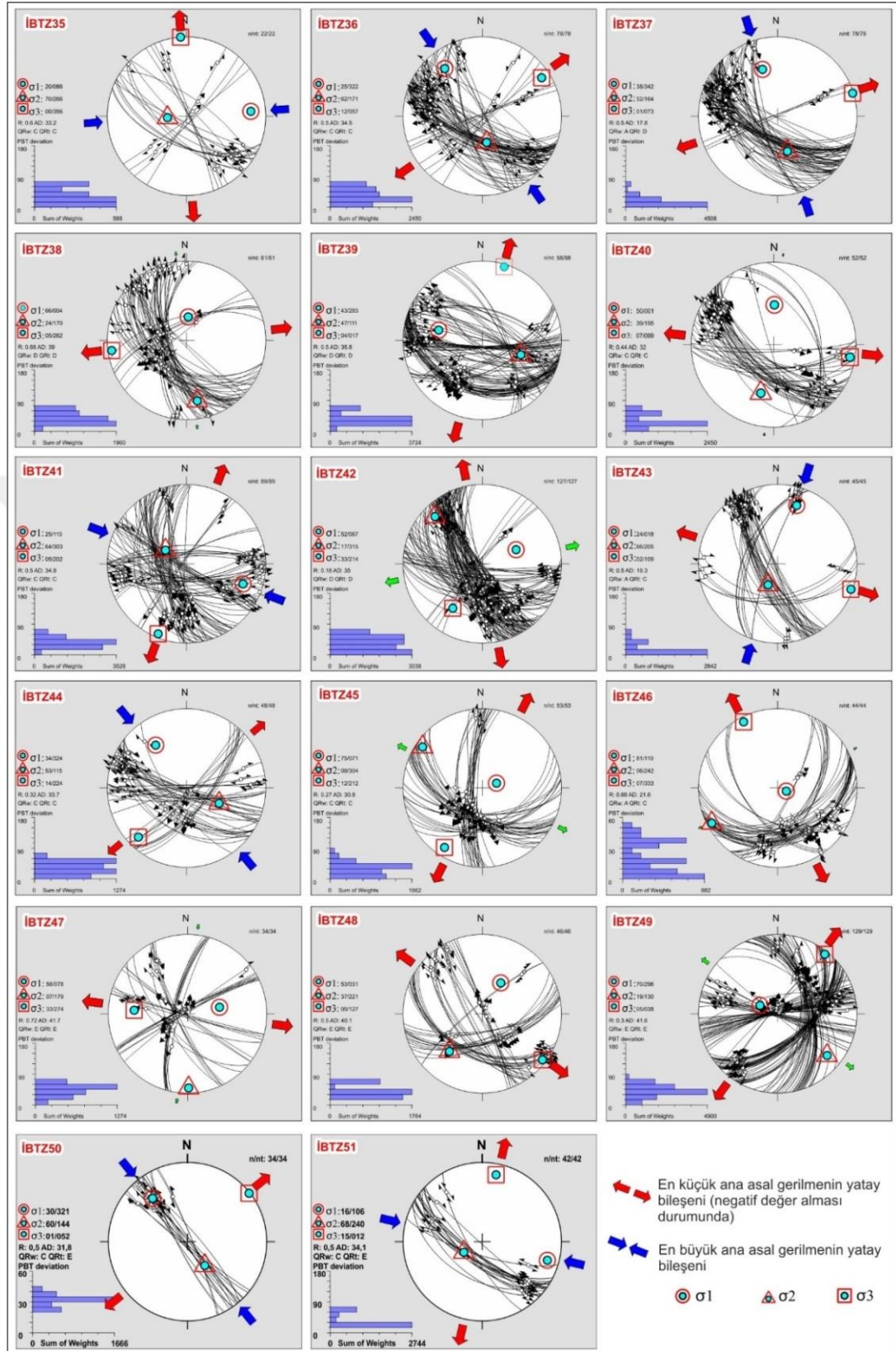
Tablo 4.3 İBTZ1-51 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Reg	Stress Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
IBTZ1	27°12'57.68"D	40°10'24.09"K	21	5	346	60	85	30	253	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ2	28°05'23.43"D	40°00'59.49"K	99	1	83	38	173	52	352	0,26	TF	Sıkışma
IBTZ3	27°48'27.32"D	40°06'58.32"K	22	1	185	50	95	40	276	0,33	TF	Sıkışma
IBTZ4	27°43'48.27"D	40°06'24.98"K	13	32	132	52	349	18	234	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ5	27°43'29.84"D	40°06'15.76"K	37	17	201	73	5	4	109	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ6	27°35'29.86"D	40°10'01.44"K	21	6	258	79	134	9	349	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ7	27°35'28.09"D	40°10'02.36"K	17	6	102	74	352	15	193	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ8	28°07'38.73"D	39°55'01.51"K	52	11	194	32	97	55	300	0,41	TF	Sıkışma
IBTZ9	28°06'37.24"D	39°54'12.80"K	65	15	97	25	360	60	214	0,57	TF	Sıkışma
IBTZ10	28°02'50.66"D	39°48'37.13"K	55	1	129	21	219	69	37	0,2	TF	Sıkışma
IBTZ11	27°58'00.77"D	39°43'29.68"K	32	2	50	58	144	32	318	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ12	28°00'23.08"D	39°45'35.75"K	82	20	8	0	98	70	198	0,63	TF	Sıkışma
IBTZ13	28°01'28.96"D	39°46'36.05"K	31	12	103	65	345	22	198	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ14	28°03'27.22"D	39°47'22.02"K	173	21	94	3	3	69	265	0,69	TF	Sıkışma
IBTZ15	27°59'50.39"D	39°44'34.54"K	85	23	61	15	158	62	278	0,64	TF	Sıkışma
IBTZ16	27°57'43.91"D	39°41'43.79"K	80	0	351	3	81	87	257	0,26	TF	Sıkışma
IBTZ17	27°50'23.45"D	39°36'42.44"K	67	24	327	64	126	8	233	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ18	27°48'44.74"D	39°37'43.44"K	15	20	93	2	2	70	266	0,31	TF	Sıkışma
IBTZ19	27°48'20.31"D	39°38'02.75"K	80	9	189	2	99	81	356	0,26	TF	Sıkışma
IBTZ20	27°48'52.45"D	39°39'28.33"K	23	17	227	34	125	51	339	0,72	TF	Sıkışma
IBTZ21	27°50'11.92"D	39°39'36.68"K	44	25	279	13	15	62	130	0,93	TF	Sıkışma
IBTZ22	28°09'25.65"D	39°28'13.07"K	68	68	17	22	201	1	110	0,37	NF	Genişleme
IBTZ23	28°11'03.88"D	39°32'05.11"K	87	11	298	76	79	8	206	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ24	28°12'13.82"D	39°39'02.69"K	36	66	136	20	281	13	16	0,56	NF	Genişleme
IBTZ25	28°15'12.68"D	39°37'25.27"K	35	19	18	66	236	14	113	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ26	28°36'08.07"D	39°34'31.85"K	17	12	228	70	354	16	135	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ27	28°35'49.07"D	39°34'18.91"K	13	55	222	26	356	22	97	0,44	NF	Genişleme
IBTZ28	28°35'04.20"D	39°34'17.70"K	27	72	286	5	179	17	87	0,42	NF	Genişleme
IBTZ29	28°25'10.37"D	39°34'42.76"K	63	40	44	50	226	1	135	0,45	NF	Genişleme
IBTZ30	28°24'53.79"D	39°34'42.36"K	81	30	19	60	209	4	111	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ31	28°24'00.43"D	39°30'46.69"K	21	19	290	68	142	11	24	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ32	28°24'01.11"D	39°30'00.51"K	71	80	72	7	302	8	211	0,76	NF	Genişleme
IBTZ33	28°23'46.94"D	39°29'11.66"K	64	58	21	11	130	30	226	0,33	NF	Genişleme
IBTZ34	28°22'37.44"D	39°28'26.30"K	36	69	275	18	131	12	38	0,28	NF	Genişleme

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Reg	Stress Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
IBTZ35	28°22'07.53"D	39°25'01.19"K	22	20	86	70	266	0	356	0,6	DAF	Sıkışma
IBTZ36	28°20'35.91"D	39°24'46.19"K	78	25	322	62	171	12	57	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ37	28°19'23.12"D	39°24'28.72"K	78	38	342	52	164	1	73	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ38	28°26'55.06"D	39°22'48.44"K	61	66	4	24	170	5	262	0,68	NF	Genişleme
IBTZ39	28°30'11.84"D	39°20'21.36"K	98	43	283	47	111	4	17	0,5	NF	Genişleme
IBTZ40	28°34'03.56"D	39°20'01.92"K	52	50	1	39	195	7	99	0,44	NF	Genişleme
IBTZ41	28°25'00.69"D	39°13'10.20"K	89	25	110	64	303	5	202	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ42	28°21'16.71"D	39°14'17.10"K	127	52	67	17	315	33	214	0,18	NF	Genişleme
IBTZ43	28°19'59.10"D	39°15'16.52"K	45	24	18	66	205	2	109	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ44	28°17'40.85"D	39°15'44.42"K	48	34	324	53	115	14	224	0,32	DAF	Sıkışma
IBTZ45	28°15'33.92"D	39°15'50.08"K	53	75	71	9	304	12	212	0,27	NF	Genişleme
IBTZ46	28°14'43.39"D	39°16'48.29"K	44	81	110	6	242	7	333	0,66	NF	Genişleme
IBTZ47	28°11'03.07"D	39°16'22.42"K	34	58	78	7	179	33	274	0,72	NF	Genişleme
IBTZ48	28°07'50.25"D	39°13'35.46"K	46	53	31	37	221	5	127	0,5	NF	Genişleme
IBTZ49	28°04'57.15"D	39°12'02.43"K	129	70	296	19	130	5	38	0,3	NF	Genişleme
IBTZ50	28°04'57.15"D	39°12'02.43"K	34	30	321	60	144	1	52	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ51	28°04'57.15"D	39°12'02.43"K	42	16	106	68	240	15	12	0,5	DAF	Sıkışma







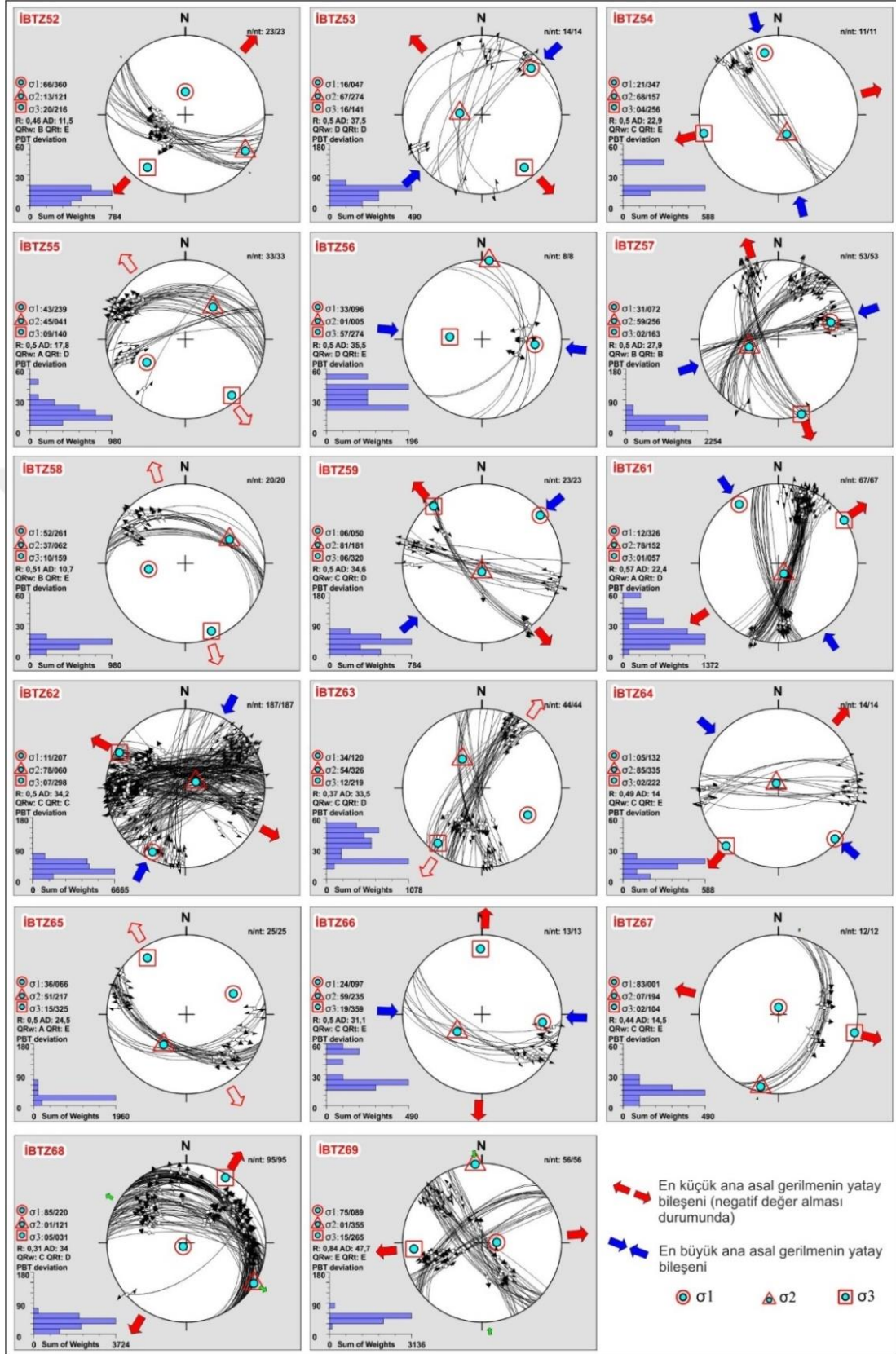
Şekil 4.7 IBTZ1-51 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri

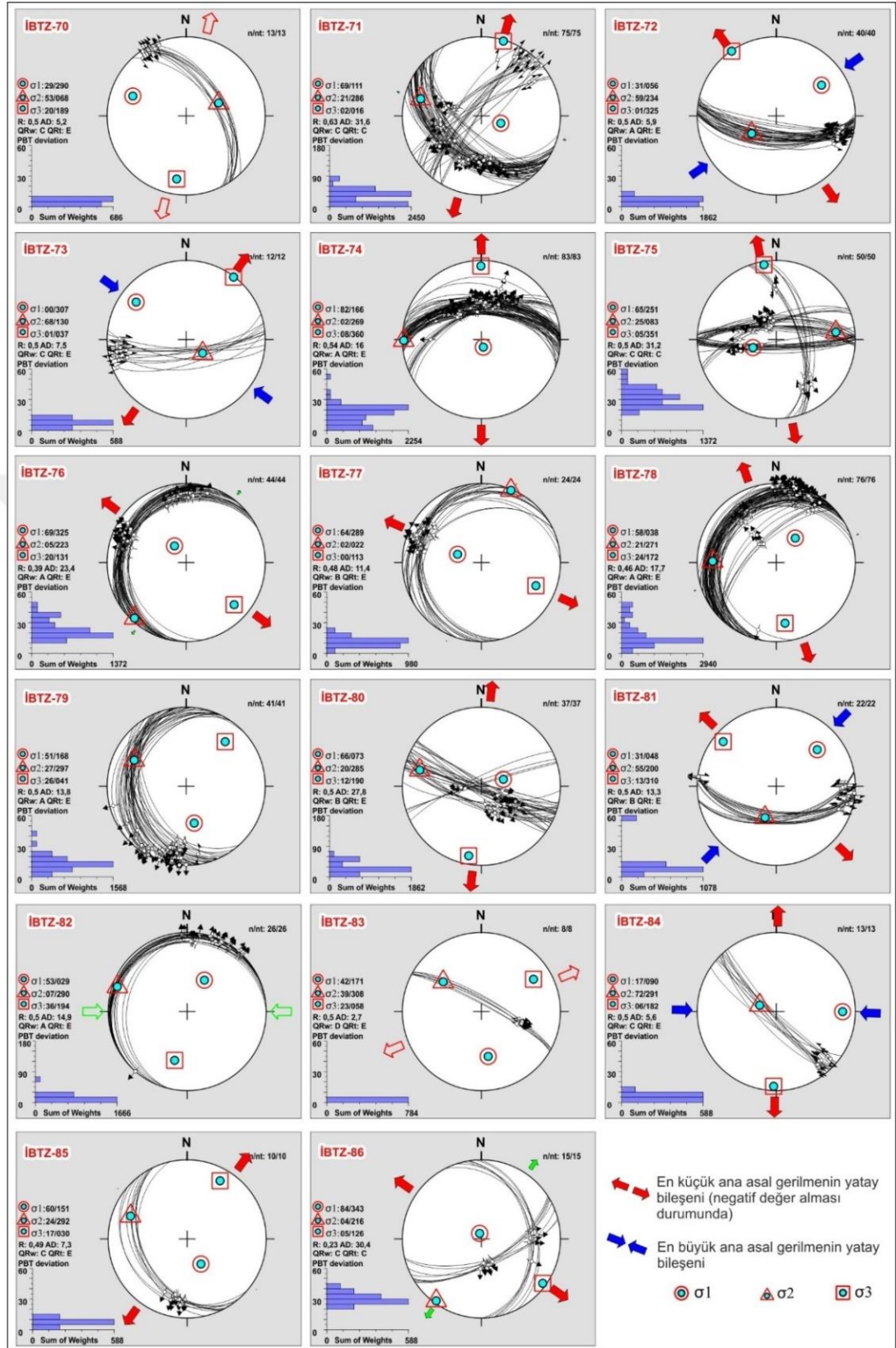


Şekil 4.8 c) İBTZ52-69 ve d) İBTZ 70-86 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları

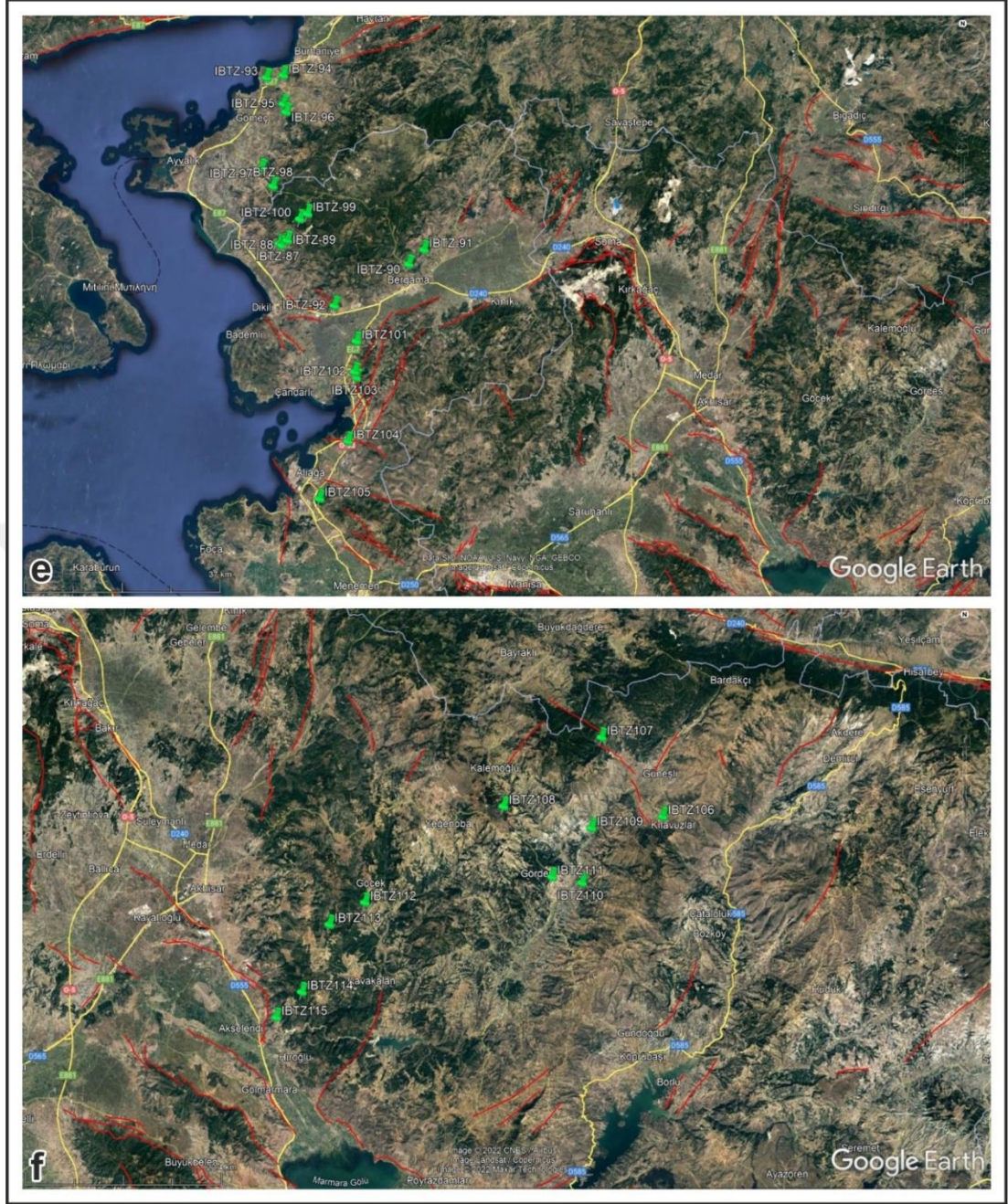
Tablo 4.4 İBTZ52-86 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Reg	Stress Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
IBTZ52	28°40'53.72"D	40°12'4.49"K	23	66	360	13	121	20	216	0,46	NF	Genişleme
IBTZ53	28°41'5.75"D	40°12'44.53"K	14	16	47	62	274	16	141	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ54	28°37'43.08"D	40°14'50.16"K	11	21	347	68	157	4	256	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ55	28°19'57.77"D	40°16'0.25"K	33	43	239	45	41	9	140	0,5	NF	Genişleme
IBTZ56	28°16'59.30"D	40°14'47.35"K	8	33	96	1	5	57	274	0,5	NF	Genişleme
IBTZ57	29° 4'38.32"D	40° 6'43.51"K	53	31	72	59	256	2	163	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ58	28°51'24.11"D	40°10'23.01"K	20	52	261	37	62	10	159	0,51	NF	Genişleme
IBTZ59	28°51'22.97"D	40°10'13.59"K	23	6	50	81	181	6	320	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ61	28°42'58.48"D	40° 8'44.60"K	67	12	326	78	152	1	57	0,57	DAF	Sıkışma
IBTZ62	28°42'9.56"D	40° 8'35.30"K	187	11	207	78	60	7	98	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ63	28°42'6.64"D	40° 8'28.27"K	44	34	120	54	326	12	219	0,37	NF	Genişleme
IBTZ64	28°41'32.45"D	40° 8'7.76"K	14	5	132	85	335	2	222	0,49	DAF	Sıkışma
IBTZ65	28°36'45.34"D	40° 5'46.95"K	25	36	66	51	217	15	325	0,5	NF	Genişleme
IBTZ66	28°36'45.43"D	40° 5'46.98"K	13	24	97	59	235	19	359	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ67	28°31'31.68"D	40° 5'40.95"K	12	83	1	7	194	2	104	0,44	NF	Genişleme
IBTZ68	28°28'47.69"D	40° 5'40.22"K	95	85	220	1	121	5	31	0,31	NF	Genişleme
IBTZ69	28° 7'30.11"D	40° 5'57.87"K	56	75	89	1	355	15	265	0,84	NF	Genişleme
IBTZ70	28° 6'55.76"D	40° 7'27.65"K	13	29	290	53	68	20	189	0,5	NF	Genişleme
IBTZ71	28° 5'19.38"D	40°15'4.38"K	75	69	111	21	286	2	16	0,63	NF	Genişleme
IBTZ72	28° 5'20.69"D	40°15'4.27"K	40	31	56	59	234	1	325	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ73	28°14'2.93"D	39°58'30.82"K	12	0	307	68	130	1	37	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ74	28°14'53.09"D	39°57'39.20"K	83	82	166	2	269	8	360	0,54	NF	Genişleme
IBTZ75	28°14'54.34"D	39°57'38.57"K	50	65	251	25	83	5	351	0,5	NF	Genişleme
IBTZ76	28°14'46.20"D	39°57'54.65"K	44	69	325	5	223	20	131	0,39	NF	Genişleme
IBTZ77	28°14'48.68"D	39°57'54.23"K	24	64	289	2	22	0	113	0,48	NF	Genişleme
IBTZ78	28°15'52.94"D	39°58'38.75"K	76	58	38	21	271	26	172	0,46	NF	Genişleme
IBTZ79	28°16'12.68"D	39°58'32.18"K	41	51	168	27	297	26	41	0,5	NF	Genişleme
IBTZ80	28°16'24.09"D	39°58'29.13"K	37	66	73	20	285	12	190	0,5	NF	Genişleme
IBTZ81	28°17'31.08"D	39°58'25.11"K	22	31	48	55	200	13	310	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ82	28°23'3.42"D	39°54'2.84"K	26	53	29	7	290	36	194	0,5	TF	Sıkışma
IBTZ83	28°23'3.38"D	39°54'2.62"K	8	42	171	39	308	23	58	0,5	NF	Genişleme
IBTZ84	28°28'30.05"D	39°54'11.21"K	13	17	90	72	291	6	182	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ85	28°28'29.87"D	39°54'10.85"K	10	60	151	24	292	17	30	0,49	NF	Genişleme
IBTZ86	28°30'17.59"D	39°55'10.05"K	15	84	343	4	216	5	126	0,23	NF	Genişleme





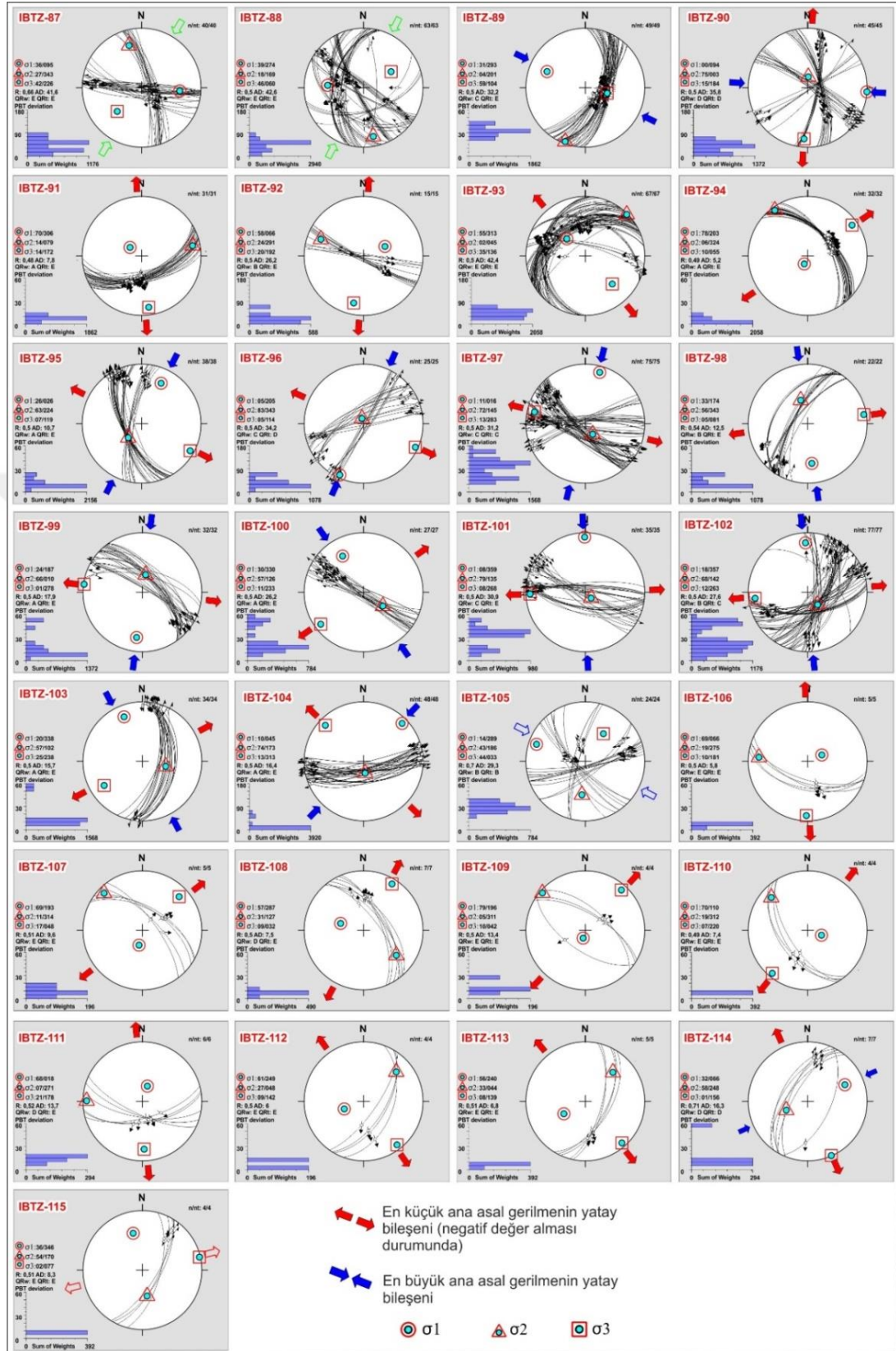
Şekil 4.9 IBTZ52-86 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri



Şekil 4.10 e) İBTZ87-105 ve f) İBTZ 106-115 numaralı kinematik veri lokasyonlarının harita üzerindeki dağılımları

Tablo 4.5 İBTZ87-115 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçlarının detayları

Lokasyon	Boylam	Enlem	n	σ_1		σ_2		σ_3		R	Reg	Stress Rejimi
				D	Yön	D	Yön	D	Yön			
IBTZ87	26°53'49.32"D	39°10'0.45"K	40	36	95	27	243	42	226	0,66	TF	Sıkışma
IBTZ88	26°54'11.09"D	39° 9'50.15"K	63	39	274	18	169	46	60	0,5	TF	Sıkışma
IBTZ89	26°54'53.52"D	39°10'20.36"K	49	31	293	4	201	59	104	0,5	TF	Sıkışma
IBTZ90	27°10'31.17"D	39° 8'0.99"K	45	0	94	75	3	15	184	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ91	27°12'29.46"D	39° 9'27.38"K	31	70	306	14	79	14	172	0,48	NF	Genişleme
IBTZ92	27° 0'55.14"D	39° 3'51.54"K	15	58	66	24	291	20	192	0,5	NF	Genişleme
IBTZ93	26°51'57.66"D	39°26'39.37"K	67	55	313	2	45	35	136	0,5	NF	Genişleme
IBTZ94	26°54'9.68"D	39°26'53.38"K	32	78	203	6	324	10	55	0,49	NF	Genişleme
IBTZ95	26°54'11.88"D	39°24'0.19"K	38	26	26	63	224	7	119	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ96	26°54'33.52"D	39°23'12.04"K	25	5	205	83	343	5	114	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ97	26°51'25.68"D	39°17'33.35"K	75	11	16	72	145	13	283	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ98	26°52'56.70"D	39°15'46.01"K	22	33	174	56	343	5	81	0,54	DAF	Sıkışma
IBTZ99	26°57'29.29"D	39°13'0.01"K	32	24	187	66	10	1	278	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ100	26°56'32.27"D	39°12'27.16"K	27	30	330	57	126	11	233	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ101	27° 3'46.51"D	39° 0'18.18"K	35	8	359	79	135	8	268	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ102	27° 3'33.47"D	38°57'14.51"K	77	18	357	68	142	12	263	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ103	27° 3'45.90"D	38°56'39.56"K	34	20	338	57	102	25	238	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ104	27° 2'44.22"D	38°50'16.62"K	48	10	45	74	173	13	313	0,5	DAF	Sıkışma
IBTZ105	26°59'6.40"D	38°44'31.56"K	24	14	289	43	186	44	33	0,7	TF	Sıkışma
IBTZ106	28°25'35.41"D	38°58'53.81"K	5	69	66	19	275	10	181	0,5	NF	Genişleme
IBTZ107	28°20'50.47"D	39° 3'39.39"K	5	69	193	11	314	17	48	0,51	NF	Genişleme
IBTZ108	28°13'13.06"D	38°59'28.74"K	7	57	287	31	127	9	32	0,5	NF	Genişleme
IBTZ109	28°20'4.00"D	38°58'13.23"K	4	79	196	5	311	10	42	0,5	NF	Genişleme
IBTZ110	28°19'19.38"D	38°54'55.08"K	4	70	110	19	312	7	220	0,49	NF	Genişleme
IBTZ111	28°16'59.56"D	38°55'16.38"K	6	68	18	7	271	21	178	0,52	NF	Genişleme
IBTZ112	28° 2'25.32"D	38°53'43.39"K	4	61	249	27	48	9	142	0,5	NF	Genişleme
IBTZ113	27°59'44.92"D	38°52'23.68"K	5	56	240	33	44	8	139	0,51	NF	Genişleme
IBTZ114	27°57'32.50"D	38°48'18.60"K	7	32	66	58	248	1	156	0,71	DAF	Sıkışma
IBTZ115	27°55'28.18"D	38°46'44.35"K	4	36	346	54	170	2	77	0,51	NF	Genişleme



Şekil 4.11 IBTZ87-115 kodlu lokasyonlara ait paleostres analiz sonuçları ve paleostres yönlerini gösteren stereonet görüntüleri

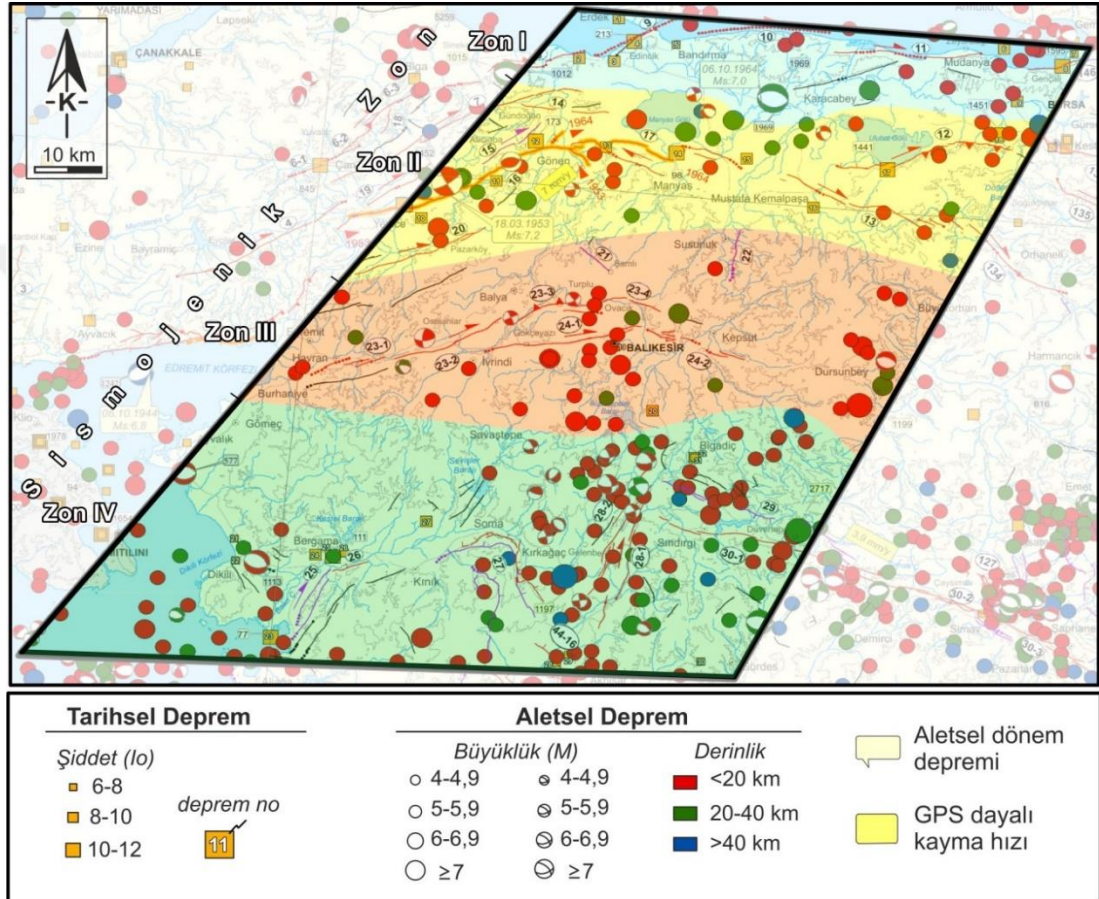
BÖLÜM BEŞ

SİSMOTEKTONİK

Kuzeyde KAFZ ile güneyde Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'ne ait fay parçaları ile deformasyona uğrayan çalışma alanı, sismotektonik açıdan, kuzeyden güneye doğru 4 farklı zona ayrılarak incelenmiştir. Aşağıda bölgenin diri fayları ve depremselliği, bu sismojenik zonlar temel alınarak, kuzeyden güneye doğru tanımlanacaktır (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Daha sonra, çalışma alanında meydana gelmiş aletsel ve tarihsel dönem depremler anlatılacaktır. Burada verilen bilgiler MTA tarafından hazırlanan diri fay (Emre vd., 2018) ile sismotektonik haritaları (Duman vd., 2016) ile KOERİ (2022) ve AFAD (2022)'in deprem kataloglarından oluşturulmuştur.

Çalışma alanı için tanımlanan ilk sismojenik zon (Zon I), en kuzeyde bulunur ve bu zonda bulunan faylar Marmara Denizi'nin güney sınırı boyunca gözlenirler. Gözlemlenen bu diri faylar, batıdan doğuya doğru; Edincik Fayı, Bandırma Fayı, Zeytinbağı Fayı ve Gençali Fayı'dır (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Bu zonda, Marmara Denizi'nin güney sınırı oluşturan faylardan Edincik Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Fay 45 km'lik uzunluğa ve K63D ile K77B arasında değişen bir uzanıma sahiptir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında değişen bu fayın, $M_w=7.01$ büyüklüğünde deprem üretebileceği beklenmektedir. Marmara Denizi güney kıyıları boyunca gözlemlenen fayların batıdan doğuya doğru sıralamasında Edincik Fayı'ndan sonra gözlemlenen Bandırma Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış olan sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Fayın uzunluğu 32 km, uzanımı ise K84D ile K86B arasında değişen bir uzanıma sahiptir. Fayın eğim açısı 87-90 olarak gözlemlenmiş olup, fayın üretebileceği deprem büyüklüğü Wells ve Coppersmith (1994) denklemleri kullanılarak $M_w=6.85$ olarak hesaplanmıştır. Zeytinbağı Fayı, MTA diri fay haritalarına göre Holosen bir fay olarak sınıflandırılmış olan, sağ yanal doğrultu atımlı faydır (Emre vd., 2018). Fayın uzunluğu 36 km, uzanımı ise K80D ile K79B arasında değişen bir değere sahiptir. Fayın eğim açısı 87-90 arasında değişen bir değere sahip olup, fayın üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.90$ olarak

belirlenmiştir. Marmara Denizi'nin güney sınırı oluşturan fayların en doğusunda bulunan Gençali Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanmış, sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Uzunluğu 23 km olup, uzanımı K77D ile K89B arasında değişmektedir. Eğim açısı 85-90 değerleri arasında olup, fayın üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.69$ olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Duman vd., 2016) ve bölgedeki faylanma paternine göre hazırlanan sismojenik zonların dağılımı. Kod numaralarına göre diri fay isimlendirmeleri için Tablo 5.1'e bakınız

Zon II içerisinde batıdan doğuya doğru; Gündoğan Fayı, Atıcıoba Fayı, Yenice-Gönen Fayı, Pazarköy Fayı, Manyas Fay Zonu, Ulubat Fayı, Mustafa Kemal Paşa Fayı ve Bursa Fayı yer almaktadır (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Bu zonun en batısında bulunan Gündoğan Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflanan sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Uzunluğu 23 km olan bu fayın

uzanımı K86D ile K80B arasında değişmektedir. Fayın eğim açısı 87-90 değerleri arasında değişir, üretebileceği deprem büyüklüğü ise $M_w=6.69$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1 Çalışma alanında yer alan diri faylar ve faylara ait bazı parametreler (Emre vd., 2018' den derlenmiştir)

Fay Numarası	Fayın İsmi	Fay Aktivitesi	Fay Türü	Uzunluk (km)	Uzanım (RHR) Min-Max	Eğim Açısı Min-Max	Gözlenen Deprem Büyüklüğü	Beklenen Deprem Büyüklüğü
9	Edincik Fayı	Holosen	Sağ yanal	45	243-283	87-90	-	7,01
10	Bandırma Fayı	Holosen	Sağ yanal	32	264-274	85-90	-	6,85
11	Zeytinbağı Fayı	Holosen	Sağ yanal	36	260-281	87-90	-	6,9
14	Gündoğan Fayı	Holosen	Sağ yanal	23	266-280	85-90	-	6,69
12	Uluabat Fayı	Holosen	Sağ yanal+Ters	44	238-281	70-90	-	7
136	Bursa Fayı	Holosen	Normal Fay	35	260-320	55-70	-	6,9
15	Atıcıoba Fayı	Holosen	Sağ yanal	18	221-249	87-90	-	6,57
17-1	Manyas Fay Zonu	Yüzey Kırığı	Sağ yanal	16	277-311	80-90	1964 Ms: 6,8	6,51
17-2	Manyas Fay Zonu	Yüzey Kırığı	Normal Fay	16				6,51
16	Yenice-Gönen Fayı	Holosen	Sağ yanal	70	87-305	85-90	1953 Ms: 7,3	7,3
13	Mustafakemalpaşa Fayı	Holosen	Sağ yanal	38	269-304	85-90	-	6,93
20	Pazarköy Fayı	Holosen	Sağ yanal	34	217-259	87-90	-	6,88
21	Şamlı Fayı	Kuvaterner	Normal Fay	9	311-311	45-60	-	6,12
22	Susurluk Fayı	Kuvaterner	Normal Fay	14	185-198	65-70	-	6,37
23-1	Havran Segmenti	Holosen	Sağ yanal	19	241-271	87-90	-	6,59
23-2	Havran Balya Fay	Holosen	Sağ yanal	28	234-263	87-90	-	6,78
23-3	Turplu Segmenti	Holosen	Sağ yanal	16	236-266	87-90	-	6,51
23-4	Ovacık Segmenti	Holosen	Sağ yanal+Ters	21	257-296	87-90	-	6,64
24-1	Gökçeyazı Segmenti	Holosen	Sağ yanal	39	253-270	87-90	-	6,94
24-2	Kepsut Segmenti	Holosen	Sağ yanal+Normal	25	265-308	87-90	-	6,73
28-2	Gelenbe Fay Zonu	Holosen	Sağ yanal	36	6-40	87-90	-	6,9
28-1	Doğu Segmenti	Holosen	Sağ yanal	35	3-50	87-90	-	6,89
25	Zeytinadağ Fay Zonu	Kuvaterner	Sağ yanal	18	204-218	87-90	-	6,52
26	Bergama Fayı	Holosen	Normal Fay	9	248-265	65-70	-	6,12
27-1		Holosen	Normal Fay	17	222-267	65-71	-	6,48
27-2		Holosen	Normal Fay	20	298-358	65-72	-	6,58
27-3	Soma-Kırkağaç Fay Zonu	Holosen	Normal Fay	27	0-359	65-73	-	6,9
44-16	Akhisar Fayı	Holosen	Normal Fay	12	297-322	65-74	-	6,37
29-1		Kuvaterner	Sağ yanal+Normal	19	90-121	85-90	-	6,41
29-2	Düvertepe Fay Zonu	Kuvaterner	Sağ yanal+Normal	9	90-115	85-90	-	6,23
29-3		Kuvaterner	Sağ yanal+Normal	16	112-136	85-90	-	6,51
30-1	Simav FZ	Sındırgı Segmenti	Holosen	35	267-306	87-90	-	6,89

Atıcıoba Fayı ise, MTA Diri Fay Haritalarına göre sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır ve Kuvaterner fayı olarak sınıflandırılır. Uzunluğu 18 km olup, uzanımı K41D ile K69D değerleri arasında değişen bir uzanıma sahiptir. Fayın üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.57$ olarak belirlenmiştir. Yenice-Gönen fayı, MTA diri fay haritalarında sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterine sahip bir Holosen Fayı olarak tanımlanmakta ve aletsel dönemde meydana gelmiş iki farklı Deprem Yüzey Kırığı içermektedir. Uzunluğu 70 km olup, uzanımı K87D ile K55B arasında

değişmektedir. Fayın eğim açısı ise 85-90 değerleri arasında değişmektedir. Yenice-Gönen Fayı'nın ürettiği ilk yüzey kırığı 1953 yılındaki $M_s=7.3$ depremi olarak kayıtlara geçmiştir. Diğer deprem ise 1964 yılında meydana gelmiştir ve büyüklüğü $M_s=7.0$ olarak kaydedilmiştir. Bu fayın üretebileceği maksimum deprem ise $M_w=7.30$ olarak hesaplanmaktadır. İki numaralı sismojenik zonun güneyinde bulunan Pazarköy Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmıştır ve bu sismojenik zondaki diğer faylar gibi sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. Uzunluğu 34 km olup, fayın uzanımı K37D ile K11B arasında değişir. Eğim açısı 87-90 arasında olan fayın üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.88$ olarak verilmektedir.

Bu zon içinde doğuya doğru gidildiğinde Manyas Fay Zonu yüzlek verir (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Manyas Fay Zonu 17-1 ve 17-2 şeklinde numaralandırılmış olan iki segmentten oluşur. 17-1 numaralı segment sağ yanal doğrultu atımlı bir fay iken, 17-2 numaralı segment ise normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. Segmentlerin oluşturduğu Manyas Fay Zonu, MTA Diri Fay Haritalarına göre Yüzey Kırığı olarak sınıflandırılmıştır. Uzunluğu 40 km olup, uzanımı K87B ile K49B arasında değişmektedir. 1953 yılında segmentin $M_s=6.8$ büyüklüğünde deprem ürettiği kayıdı bulunmaktadır, üretebileceği deprem büyüklüğü ise $M_w=6.51$ olarak değerlendirilmektedir. İki numaralı sismojenik zonun en doğusunda bulunan Ulubat Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fayı olarak sınıflandırılmış, ters bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 44 km olup, uzanımı K58D ile K79B arasında değişmektedir. Eğim açısı 70-90 derece arasında değişen fayın, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=7.00$ olarak değerlendirilmiştir. Ulubat Fayı'nın güneyinde bulunan Mustafakemalpaşa Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 38 km olup, uzanımı K89D ile K56B arasında değişmektedir. Eğim açısı 85-90 değerleri arasında değişen fayın, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.93$ olarak hesaplanmıştır.

Zon III batıda Edremit'den başlayıp, Balya'yı kat eder ve Balıkesir il merkezinden geçerek, doğuda Dursunbey'de son bulur. Zonun içinde gözlemlenen diri faylar,

batıdan doğuya doğru; Havran-Balya Fay Zonu, Samlı Fayı, Susurluk Fayı, Balıkesir Fayı'dır (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Bu zonun en batısında, Havran'dan başlayıp, Kepsut'a kadar uzanan Havran-Balya Fay Zonu bulunur. Havran-Balya Fay Zonu dört segmentten oluşmuştur. Bu segmentler; Havran Segmenti, Osmanlar Segmenti, Turplu Segmenti, Ovacık Segmenti olmak üzere tanımlanmıştır. Fay Zonunun en batısında bulunan Havran Segmenti, MTA diri fay haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanan sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 19 km olup, uzanımı K59D ile K89B arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında değişen segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.59$ olarak saptanmıştır. Fay Zonunun Havran'dan, Balya'ya uzanan Osmanlar Segmenti, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 28 km olup, uzanımı K54D ile K83D arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında değişen segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.78$ olarak belirlenmiştir. Turplu Segmenti, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanan sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 16 km olup, uzanımı K56D ile K86B arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında değişen segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.51$ olarak belirlenmiştir. Fay Zonunun Kepsut'a uzanan Ovacık Segmenti, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanmış, ters bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 21 km olup, uzanımı K77D ile K64B arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.64$ olarak değerlendirilmiştir.

Üç numaralı sismojenik zonun en güneyinde bulunan ve Balıkesir İl merkezinden geçen Balıkesir Fayı iki segmentten oluşmaktadır. Bu segmentler; Gökçeyazı Segmenti ve Kepsut Segmenti'dir (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Gökçeyazı Segmenti, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 39 km olup, uzanımı DB olarak saptanmıştır. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.94$ olarak değerlendirilmiştir. Balıkesir Fayının, Kepsut Segmenti, MTA diri fay haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 25 km olup, uzanımı K85D ile K52B arasında değişmektedir. Eğim

açısı 87-90 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.73$ olarak değerlendirilmiştir. Üç numaralı sismojenik zonun kuzeyinde ise Samlı Fayı ve Susurluk Fayı bulunmaktadır. Samlı Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Kuvaterner Fay olarak sınıflandırılmış normal faydır. Uzunluğu 9 km olup, uzanımı KB olarak saptanmıştır. Eğim açısı 45-60 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.12$ olarak değerlendirilmiştir. Susurluk Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Kuvaterner Fay olarak tanımlanmış, Normal Faydır. Uzunluğu 14 km olup, uzanımı KG olarak saptanmıştır. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.37$ olarak değerlendirilmiştir.

Dört numaralı sismojenik zon, batıda Aliğa'dan başlayıp, Soma'yı kat eder ve doğuda Düvertepe'de son bulur. Zon içinde bulunan aktif faylar, batıdan doğuya doğru; Zeytindağı Fay Zonu, Bergama Fayı, Soma-Kırkağaç Fay Zonu, Akhisar Fayı, Gerenbe Fay Zonu, Düvertepe Fay Zonu, Simav Fay Zonu 'dur (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Dört numaralı sismojenik zonun en batısında bulunan Zeytindağı Fay Zonu, Aliğa'dan, Bergama'ya kadar uzanır. Fay Zonu, MTA Diri Fay Haritalarına göre Kuvaterner Fay olarak sınıflandırılmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 18 km olup, uzanımı K24D ile K38D arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.52$ olarak değerlendirilmiştir. Bergama'nın güneyinde bulunan Bergama Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre, Holosen Fay olarak sınıflandırılmış bir normal faydır. Uzunluğu 9 km olup, uzanımı K68D ile K85D arasında değişmektedir. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olup, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.12$ olarak değerlendirilmiştir. Soma-Kırkağaç Fay Zonu, Soma'nın güney sınırını, Kırkağaç'ın ise batı sınırını oluşturan, üç adet segmentten oluşmaktadır. Bu segmentler; 27-1, 27-2, 27-3 şeklinde numaralandırılmıştır. Fay Zonu, MTA Diri Fay Haritalarına göre, Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, normal faydır. 27-1 numaralı segmentin uzunluğu 17 km olup, uzanımı KD'dir. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.48$ olarak değerlendirilmiştir. 27-2 numaralı segmentin uzunluğu 20 km olup, uzanımı KB'dir. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.58$ olarak değerlendirilmiştir. 27-3 numaralı segmentin uzunluğu 27 km olup, uzanımı K ile

KB arasındadır. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.90$ olarak değerlendirilmiştir. Gelenbe Fay Zonu, doğu ve batı yönlü olmak üzere iki segmente ayrılmıştır. Fay Zonu'nun Doğu Segmenti, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak tanımlanmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 35 km olup, uzanımı KB'dır. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.89$ olarak tanımlanmıştır. Fay Zonu'nun Batı Segmenti ise, MTA Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, Sağ Yanal Doğrultu Atımlı Faydır. Uzunluğu 36 km olup, uzanımı KB'dır. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.90$ olarak tanımlanmıştır.

Dört numaralı sismojenik zonun en güneyinde bulunan Akhisar Fayı, Gediz Graben Sistemi'nin parçasıdır (Şekil 5.1 ve Tablo 5.1). Akhisar Fayı, MTA Diri Fay Haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, normal faydır. Uzunluğu 12 km olup, uzanımı KB'dır. Eğim açısı 65-70 değerleri arasında olan fayın, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.37$ olarak tanımlanmıştır. Bigadiç'in güney sınırını oluşturan Düvertepe Fay Zonu, üç segmente ayrılmıştır. Bu segmentler; 29-1, 29-2, 29-3 olarak numaralandırılmıştır. Fay Zonu MTA Diri Fay Haritalarına göre Kuvaterner Fay olarak tanımlanmış, normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faydır. 29-1 numaralı segmentin uzunluğu 13 km olup, uzanımı KD'dir. Eğim açısı 85-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.41$ olarak değerlendirilmiştir. 29-2 numaralı segmentin uzunluğu 9 km olup, uzanımı KD'dir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.23$ olarak değerlendirilmiştir. 29-3 numaralı segmentin uzunluğu 16 km olup, uzanımı KD'dir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.51$ olarak değerlendirilmiştir. Dört numaralı sismojenik zon, çalışma alanı dâhilinde, Simav Fay Zonu'nun, Sındırgı Segmentini de içermektedir. Sındırgı Segmenti, MTA diri fay haritalarına göre Holosen Fay olarak sınıflandırılmış, sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Uzunluğu 35 km olup, uzanımı K87D ile K54B arasında değişmektedir. Eğim açısı 87-90 değerleri arasında olan segmentin, üretebileceği deprem büyüklüğü $M_w=6.89$ olarak değerlendirilmiştir.

5.1 Tarihsel Dönem Depremler

İlk sismojenik zon içinde bulunan tarihsel dönem deprem kayıtlarına bakıldığında 9 adet deprem kaydı olduğu görülmektedir (Şekil 5.1; Tablo 5.2). Zonun batısında bulunan Kapıdağı Yarımadası'nın güneyinde 5 adet deprem kaydı, doğusunda bulunan Mudanya'da ise 4 adet deprem kaydı bulunmaktadır. Bu 9 adet depremden sadece 2 tanesinin hangi yıllarda gerçekleşmiş olduğu bilgisine sahibiz. Bunlardan bir tanesi Kapıdağı Yarımada'sının güney sınırında bulunur ve 213 yılında gerçekleştiği ve şiddetinin 10-12 arasında olduğu bilinmektedir. Bir diğeri ise Manyas'ın doğusunda bulunur ve 1595 yılında gerçeklemiştir ve şiddeti 10-12 arasındadır.

Zon II içinde bulunan tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında 9 adet deprem kaydı olduğu görülmektedir (Şekil 5.1; Tablo 5.2). Zonun batısında bulunan deprem kayıtlarından 5 adedi, Yenice'den başlayıp, Manyas'a kadar uzanan ve yüzey kırığının etrafında yer almaktadır. Zonun doğusunda bulunan 4 adet deprem ise, Ulubat Fayı etrafında yer almaktadır. Bu depremlerden, 3 adet tarihsel depremin oluşum yılı kayıtlar ile uyushmaktadır. Bunlardan ilki, Gönen'in kuzeyinde bulunur ve kayıtlarda 173 yılında meydana geldiği ve şiddetinin 10-12 arasında olduğu geçmektedir. İkincisi ise Manyas'ın kuzeybatısında bulunmaktadır ve 98 yılında meydana geldiği, şiddetinin ise 10-12 arasında olduğu bilinmektedir. Bir diğer tarihsel deprem ise Ulubat Gölü'nün güney sınırında bulunmaktadır ve kayıtlarda 1451 yılında meydana geldiği ve şiddetinin 10-12 arasında olduğu geçmektedir.

Zon III içinde bulunan tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında 2 adet deprem kaydı olduğu görülmektedir (Şekil 5.1; Tablo 5.2). Tarihsel deprem kayıtlarında, depremlerden ilkinin Balıkesir il merkezinde gerçekleşmiş olduğu bulunmaktadır. Bahsi geçen tarihsel deprem ile ilgili yıl kaydı bulunmasa da, şiddetinin 6-8 arasında olduğu kayıtlarda geçmektedir. Zon içinde bulunan ikinci tarihsel depremin ise kayıtlarda Balıkesir'in güneybatısında gerçekleşmiş olduğu yazmaktadır. Deprem ile ilgili herhangi bir yıl kaydı bilinmese de, şiddetinin 8-10 arasında olduğu bilinmektedir.

Çalışma alanının en güneyinde yer alan Zon IV içinde bulunan tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında, 12 adet deprem kaydı olduğu görülmektedir (Şekil 5.1; Tablo 5.2). Zon içinde bulunan tarihsel depremler kayıtlarda, Dikili'den, Bigadiç'e kadar dağınık şekilde bulunmaktadır. Bu depremlerden, 2 adet tarihsel depremin oluşum yılı kayıtlar ile uyusmaktadır. Bahsi geçen depremlerden ilki, Bergama ilinde gerçekleşmiştir. Kayıtlarda, bu depremin 111 yılında gerçekleştiği ve şiddetinin 10-12 arasında olduğu bulunmaktadır. İkinci deprem ise, Aliağa'nın kuzeyinde gerçekleşmiş olan bu depremin kayıtlarda, 77 yılında meydana geldiği ve şiddetinin 10-12 arasında olduğu vurgulanmaktadır.

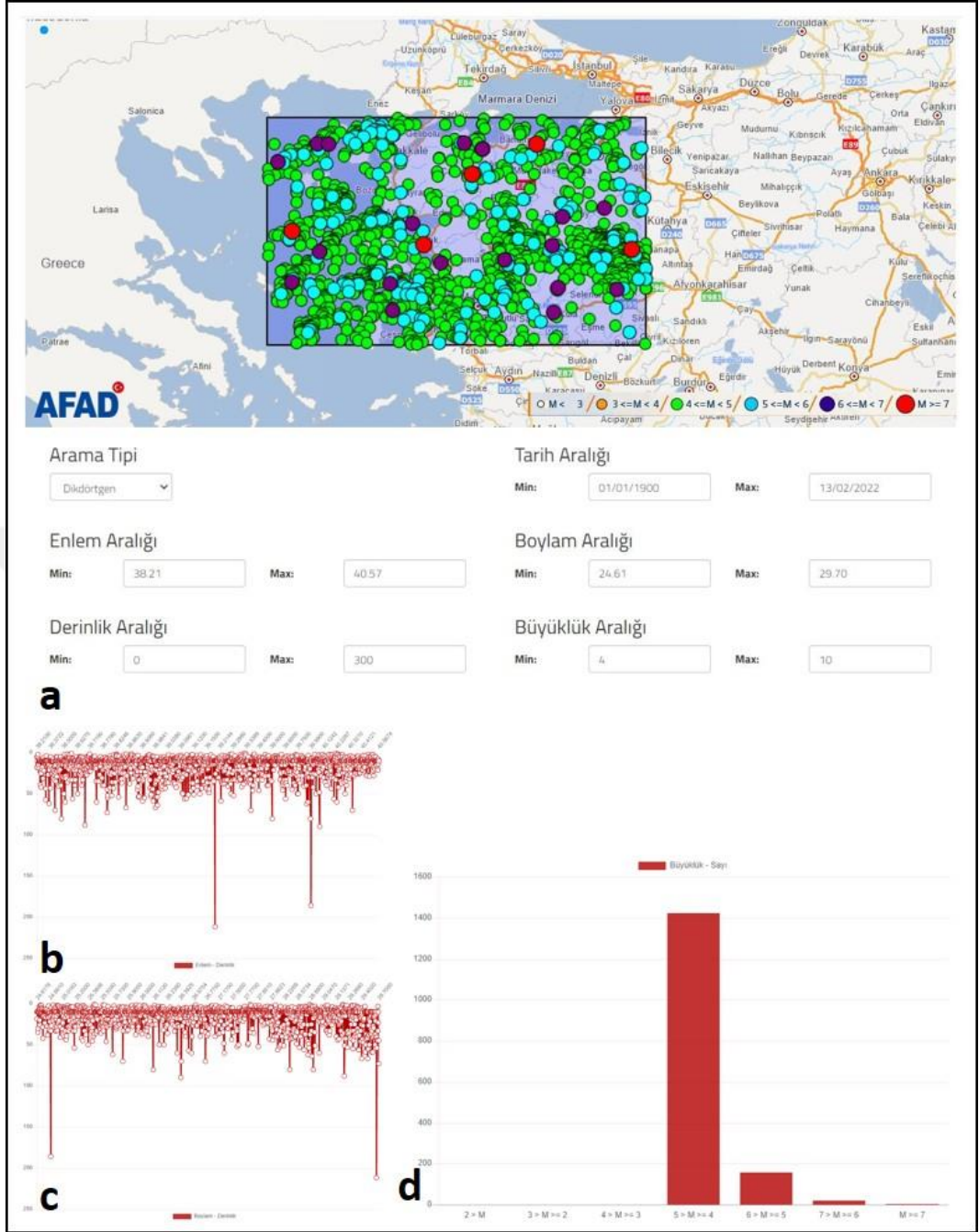
Tablo 5.2 Çalışma alanı içerisinde oluşmuş tarihsel dönem depremlerin listesi. Deprem lokasyonları için Şekil 5.1'e bakınız.

Sismojenik Zonlar	Deprem Numarası	Şiddet (I ₀)
Zon I	1	8-10
	2	8-10
	3	8-10
	4	10-12
	5	6-8
	6	8-10
	7	6-8
	8	10-12
	9	8-10
Zon II	10	8-10
	11	8-10
	12	10-12
	13	8-10
	14	10-12
	15	8-10
	16	8-10
	17	10-12
	18	10-12
Zon III	19	6-8
	20	8-10
Zon IV	21	6-8
	22	6-8
	23	10-12
	24	8-10
	25	10-12
	26	6-8
	27	8-10
	28	6-8
	29	6-8
	30	6-8
	31	6-8
	32	8-10

5.2 Aletsel dönem depremler

Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen aletsel dönem depremler AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) altındaki Deprem Dairesi Başkanlığı'na ait web sitesindeki katalogdan oluşturulmuş ve Şekil 5.2 olarak aşağıda verilmiştir. Ağustos 2020 tarihi baz alınarak elde edilen deprem verilerine göre kuzeyde Marmara Denizi, güneyde Kuşadası Körfezi, batıda Gökçeada ve doğuda Kütahya'yı içerisine alan alanda, $M < 4$ olan toplam 1572 deprem meydana gelmiştir. Bunlardan yaklaşık 1428 tanesi $4 < M < 5$, 157 tanesi $5 < M < 6$, 19 tanesi $6 < M < 7$ ve 5 tanesi de $7 < M$ olarak kaydedilmiştir. İstatistiksel olarak depremlerin yoğunlaştığı alanlar incelendiğinde, kuzeyde KAFZ'nin güney kolu boyunca, batıda Ege Denizi'nin içerisindeki su altı fayları boyunca, merkezde İBTZ'ye ait faylar ve doğuda Simav Grabeni kenar fayları üzerinde yoğunlaşmanın olduğu dikkat çekmektedir.

Bölgede odak mekanizma çözümü yapılan depremlere ait kayıtlar ilgili kataloglardan derlenmiş (McKenzie, 1972; Ritsema, 1974; Eyidoğan ve Jackson, 1985; NOA, 2021; AFAD, 2022) ve aşağıda Şekil 5.3 olarak verilmiştir. Depremlere ait lokasyonlar ve odak mekanizma çözüm sonuçları ile hesaplanan faylanma karakterleri göz önüne alındığında çalışma alanının güneyinde normal ve doğrultu atımlı fayların birlikte çalıştığı bir alan göze çarpmaktadır. Daha kuzeyde ise doğrultu atımlı faylanmanın egemen olduğu, ancak, Biga Yarımadası'nın en batı ucunda olduğu gibi, bazı lokal alanlarda normal faylanma baskın depremlerin de gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca, güneyde İBTZ'ye ait KD uzanımlı fay parçaları ile kuzeyde KAFZ'ye ait DB uzanımlı fayların olası kesişim alanında bazı ters bileşenli depremlerin meydana gelmesi dikkat çekicidir.



Şekil 5.2 a) Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen $M < 4$ depremlerin dağılımı, b-d) bu depremlerle ilişkili istatistiksel parametreler (AFAD, 2022)

Aletsel dönemde çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen 3 adet yıkıcı deprem meydana gelmiş, bunlardan 2 tanesinde ise yüzey kırığı oluşmuştur. Söz konusu yıkıcı depremlerden ilki 1953'te Yenice-Gönen Fayı'nda, ikincisi 1964 yılında Manyas Fayı üzerinde, sonuncusu ise 1969'dan yine Yenice-Gönen Fayı'nda

gerçekleşmiştir. Manyas Fayı batıda Saraçlar Köyü ile doğuda Ovaesemen Köyü arasında 38 km uzunlukta fay zonudur. Manyas Fayı ile Yenice-Gönen Fayı Güney Marmara Bölgesinde güneye bakan bir büküm oluşturur. Saraçlar bükümü Manyas Fayı ile Yenice-Gönen Fayını birbirinden ayırır. Manyas Fayı söz konusu bükümün doğu kanadında KB-GD genel doğrultusunda uzanır. Duru vd. (2012)'ye göre, çalışma alanı içerisinde meydana gelen ilk yıkıcı deprem olan 1953 Gönen Depremi (Ms:7,2) Yenice-Gönen Fayı'nda gerçekleşmiştir. Bu deprem ile fayın tamamına yakını kırılmış ve sıkışmalı/aralı-aşmalı sıçramalarla 62 km uzunluğunda bir yüzey kırığı gelişmiştir. Dirik vd. (2008)'de belirtildiği üzere, Yenice ile Gönen arasındaki yüzey kırığı, 1953'de meydana gelen ve büyüklüğü Ms:7,2 olan sağ yönlü doğrultu atım karakterindeki bir depremle ilişkilidir. Bu deprem için önceden haritalanan yüzey kırığı 50 km uzunluğunda, Yenice'nin güneybatısından Gönen'in güneydoğusuna kadar uzanan yer yer kuzey kenarın düştüğü düşey bileşen kazanmış sağ yanal yer değiştirme göstermektedir (Ketin ve Roesli, 1953; Herece, 1990). 10 km odak derinliğine sahip bu depremin episantırı Yenice'nin yaklaşık 12 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Depreminin odak derinliği 10-12 km'dir ve 1953 deprem kırığı üzerinde yapılan paleosismolojik hendek araştırmaları sonucu depremlerin tekrarlanma aralığı 666 yıldan fazla olduğu kanısına varılmış, 1964'te meydana gelecek olan Manyas Depremi'ne ait yüzey kırığının bu depremin kırığı ile birleştiği belirlenmiştir (Dirik vd., 2008; Duman vd., 2016).

Çalışma alanında yüzey kırığı oluşturan diğer deprem olan 1964 Manyas Depremi (Ms:7,0), Manyas Fayı'nda gerçekleşmiştir (Şekil 5.1). Sınırlı saha bulguları Manyas Fayı'nın tavan bloğu kuzeyde olan eğim atım bileşenli sağ yönlü oblik bir fay olduğunu vurgular (Duru vd., 2012). 1964 depreminde fayda gelişen yüzey kırığında sağ yönlü doğrultu atımı gösteren yüzey deformasyonları belirlenmiştir. Yüzey faylanması 40 km bir alanda izlenir (Emre vd., 2018). İzlenen kırıklarda sağ yönlü doğrultu atımlı deformasyon yapılarının yanı sıra açılma bileşenlerinde gözlemlendiği ve bunlardan su ve kum fışkırdığı rapor edilmiştir (Ketin, 1957). Manyas Gölü sularında gerçekleşen asimetrik değişimler ise göl tabanının depremden dolayı güneye doğru tektonik olarak eğimlendiğini açıklar. Bu depremin dış merkez üssü Manyas Gölü kuzeyine rastlar. Jeolojik ve sismolojik veriler birlikte

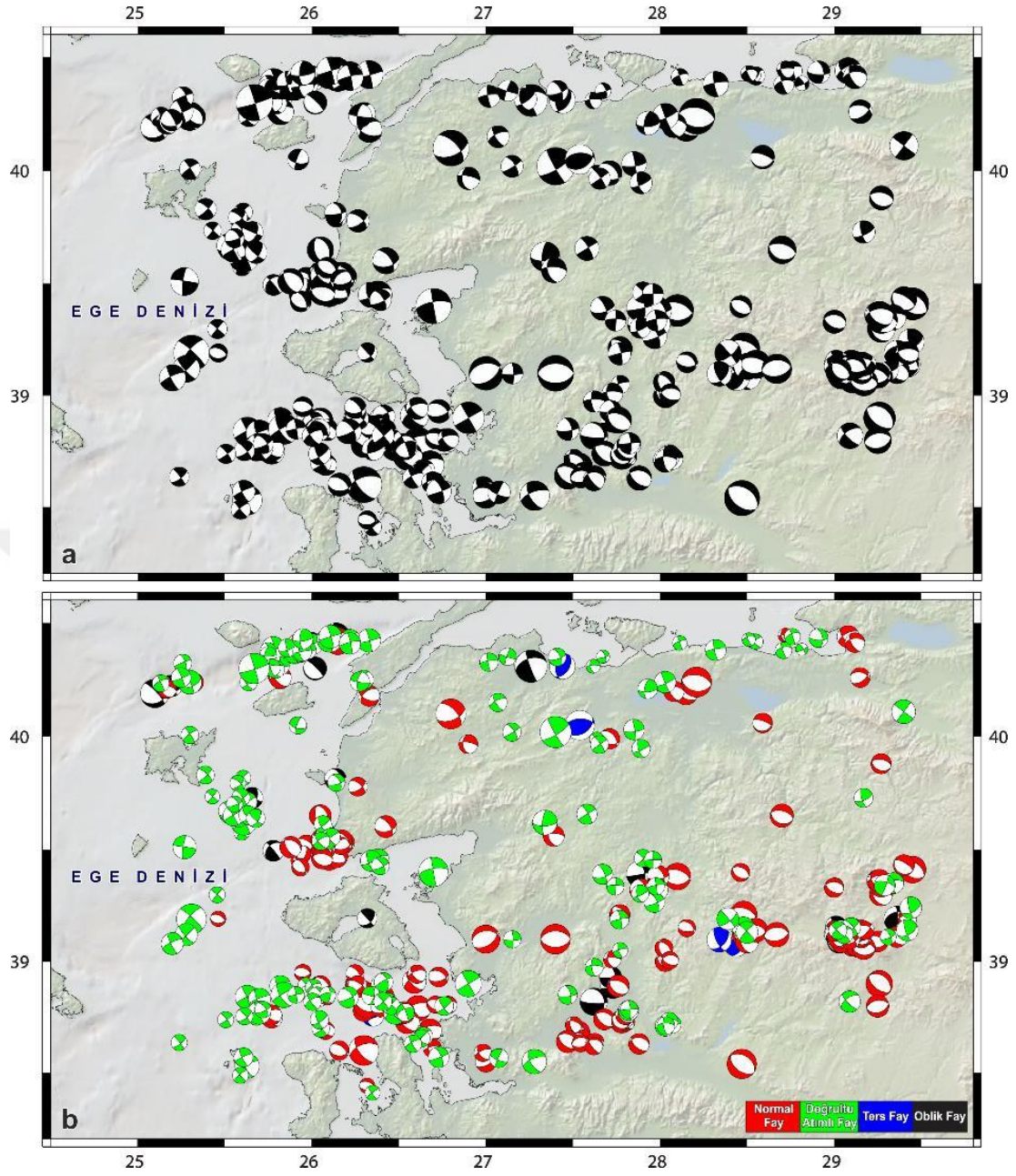
değerlendirildiğinde Manyas Fayı'nın sağ yönlü doğrultu atım bileşenli normal bir fay olduğu yorumlanır (Dirik vd., 2008; Duru vd., 2012; Duman vd., 2016). Çalışma alanında meydana gelen yıkıcı depremlerden 1969 Gönen Depremine (Ms:6,0) ait episandır, Ortaoba Köyü'nün yaklaşık 9 km kuzeydoğusunda bulunur (Dirik vd., 2008; Duru vd., 2012). Odak mekanizması çözümü yüksek açılı ters fay olarak verilmektedir ve kabaca K-G kısalma ifade eder (McKenzie, 1972; Taymaz vd., 1991). Bu deprem ile ilgili herhangi bir yüzey kırığı tespit edilememiştir.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, son 10 yıllık dönemde birçok önemli deprem meydana gelmiştir. Bu depremler kronolojik olarak; 27 Mayıs 2017 tarihinde meydana gelen Mw=5.2 olan Gölarmara depremi, 12 Haziran 2017 tarihinde Mw=6.3 büyüklüğüne sahip Midilli depremi, 22 Ocak 2020 tarihinde Mw=5.4 olan Sazoba-Akhisar depremi ve 30 Ekim 2020 tarihinde Mw=6.9 olan İzmir depremi olarak sıralanabilir. Bu depremler aşağıda KOERİ, DAUM ve AFAD'ın yayınladığı raporlar ışığında kısaca anlatılacaktır.

Gölarmara'da (Manisa), 27 Mayıs 2017 tarihinde 5.2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. 13 km derinde olduğu tespit edilen deprem, Manisa, İzmir, Balıkesir etrafında hissedilmiştir (KOERİ, 2017). Deprem odak mekanizma çözümüne göre, depreme KB uzanımlı normal faylanma sebep olmuştur. Depremde ölü ya da yaralı olmadığı kayıtlara geçmiştir. Aletsel dönem için önemli sayılabilecek bir diğer deprem ise, 12 Haziran 2017'de Karaburun açıklarında meydana gelen Midilli depremidir. Midilli'de ve İzmir'in bazı ilçelerinde hissedilen kuvvetlice depremin büyüklüğü 6.3 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca deprem sebebiyle Midilli'de 1 kişinin hayatını kaybettiği ve 10 kişinin yaralandığı tespit edilmiştir. Odak mekanizma çözümlerine göre depreme yaklaşık D-B uzanımlı olan Midilli Fayı sebep olmuştur (DAUM, 2017). 22 Ocak 2020 tarihinde büyüklüğü Mw=5.4 olan deprem Akhisar (Manisa)'da meydana gelmiştir (KOERİ, 2020a). Deprem Manisa İli başta olmak üzere birçok ilde de hissedilmiştir. KOERİ tarafından yapılan fay düzlemi çözümüne göre deprem normal faylanma ile meydana gelmiştir. İzmir için oldukça önemli ve yıkıcı bir diğer deprem ise Ege Denizi'nde meydana gelen depremdir. 30 Ekim 2020 tarihinde ve Mw=6.9 büyüklüğünde olan deprem Ege

Bölgesi ve Samos Adası'nda hissedilmiştir. Deprem sebebiyle ölü sayısı 113 olarak tespit edilirken binden fazla yaralı vatandaşın olduğu yetkililer tarafından açıklanmıştır. Çok şiddetli hissedilen bu depremde İzmir'in Bayraklı ve Bornova İlçeleri'nde zeminin sağlam olmadığı çok sayıda bina yıkılmıştır (KOERİ, 2020b).

Tüm simotektonik bilgiler, çalışma alanının güneyinin (Zon 3 ve 4) yaklaşık D-B uzanımlı normal ve KD uzanımlı doğrultu atımlı tarafından denetlendiğini; kuzeyinin (Zon 1) ise yaklaşık KB-GD uzanımlı doğrultu atımlı ve yaklaşık DKD-BKB uzanımlı normal faylar tarafından güncel olarak deformasyona uğrattığı ortaya koymaktadır (Şekil 5.1 ve 5.3). Zon 2 boyunca her iki deformasyon paternini yansıtan depremlerin varlığı, bu zonun kuzeydeki doğrultu atımlı faylanma ile güneydeki normal+transfer faylanma alanları arasında geçiş bölgesi olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.3 Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen depremlere ait odak mekanizma çözümleri (McKenzie,1972; Ritsema, 1974; Eyidoğan ve Jackson,1985; NOA, 2021; AFAD, 2022)

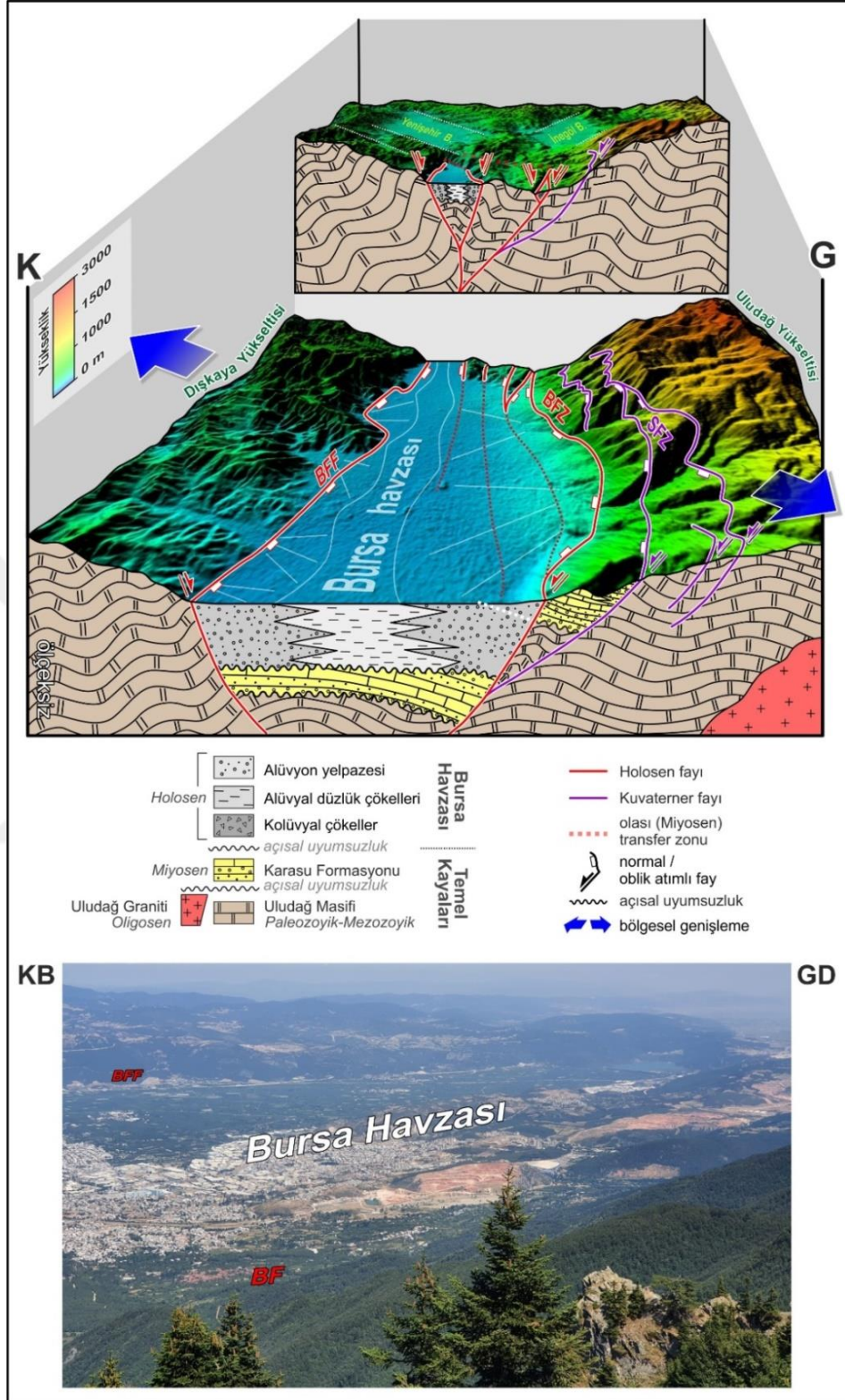
BÖLÜM ALTI

TARTIŞMA

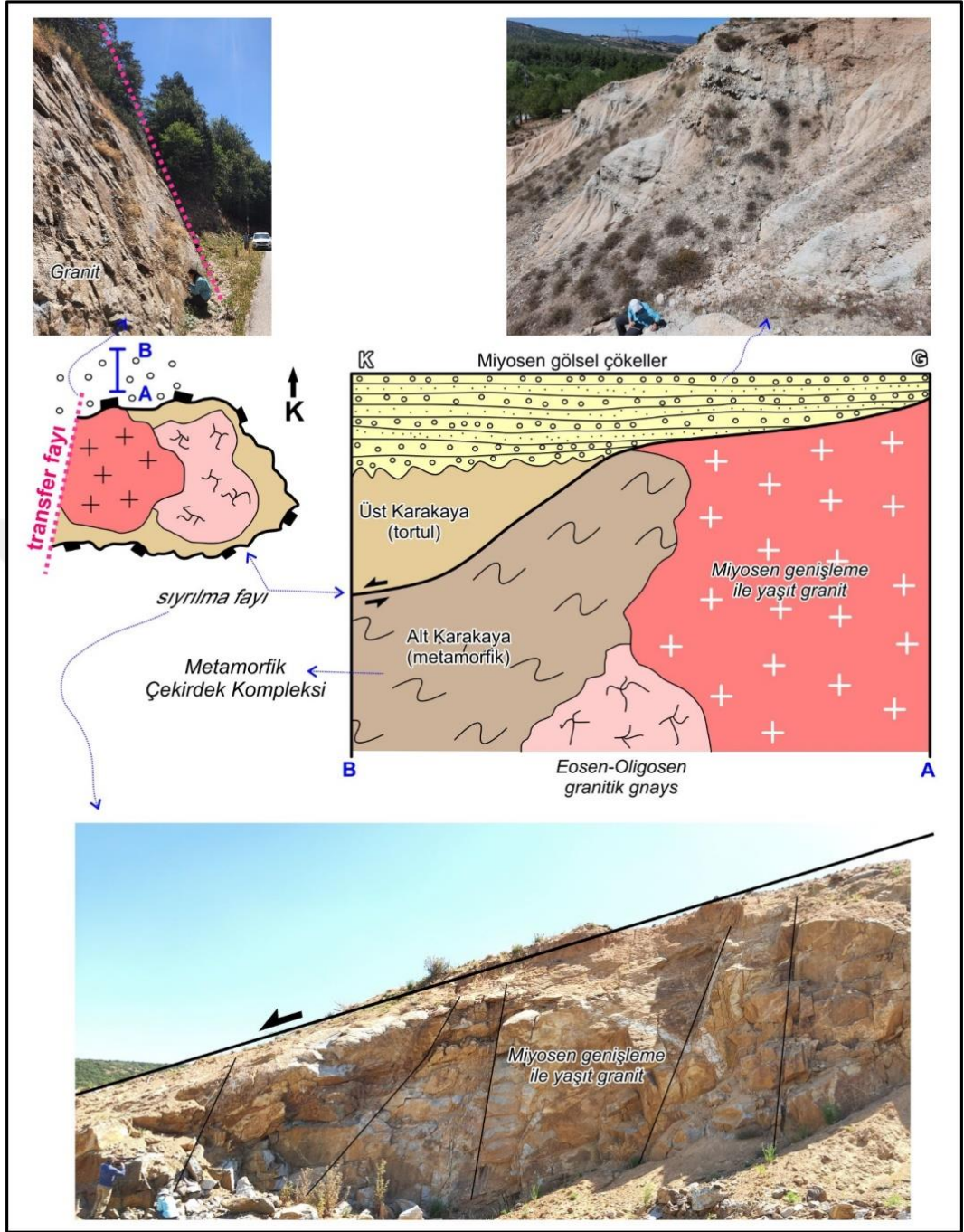
6.1 KAFZ ile İlişkili Havzalar

Bu çalışma kapsamında yapılan gözlemler, KAFZ orta ve güney kolu arasında gelişen havzaların geometrisinde farklılık olduğunu göstermektedir. Çalışma alanının doğusunda bulunan Bursa havzası, kuzey ve güney kenarlarında normal faylar ile kontrol edilmekte iken (Şekil 6.1), bu düşey atım batıya doğru yerini doğrultu atımlı faylanmaya bırakmakta, Gönen ve Manyas havzaları boyunca sağ yanal atımlı faylar, havza gelişiminde baskın hale gelmektedir. Kuvaterner havzalarının gelişimini kontrol eden bu durum, KAFZ'nin orta ve güney kolu arasında kalan mesafenin batıdan doğuya doğru artması ile de gözlenebilmektedir. Bu mesafe, doğuda Batı Anadolu Genişleme Sistemi'nin (BAGB) etkisinin artması ve dolayısıyla güney kol üzerinde düşey bileşenin artması ile açıklanabilir.

MKF'nin güneyinden itibaren KAFZ'nin sağ yanal deformasyonu BAGB'nin genişlemeli deformasyonuna yenik düşmektedir. Güney kol üzerindeki havzalardan biri olarak değerlendirilen MKF'nin hemen güneyinde, batıdan Susurluk civarındaki KD uzanımlı bir transfer fayı ile sınırlanan ve sıyrılma faylarının denetiminde yükselen bir metamorfik çekirdek kompleksi bulunur. Kamacı vd. (2017) tarafından da belgelenen bu yükselimin merkezinde, bir sıyrılma fayının taban bloğu boyunca metamorfik kayalar ve Miyosen yaşlı genişleme ile yaşıt granit yüzlek vermektedir. Sıyrılmanın tavan bloğunda ise, Miyosen yaşlı çökeller gözlenir. Şekil 6.2'de bu mekanizmanın arazi kesiti, yapısal unsurları ve yüzlek veren kayalara ait saha fotoğrafları verilmiştir. Bu çalışmada yapılan gözlemler, Kamacı vd. (2017) tarafından Eosen-Oligosen yaşlı Granit Gnays Migmatit kompleksi olarak isimlendirilen birimin yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, bu birim içerisindeki metamorfik kayalar ile granitlerin ayırtılarak haritalanması gerekmektedir.



Şekil 6.1 KAFZ güney kolu üzerinde gelişen Bursa havzasının gelişimini gösteren 3B blok diyagram ve havzanın Uludağ Yükseltisinden görünümü. BFFZ, Bursa Fay Zonu; SFZ, Saitabat fay zonu; BFF, Barakfakih Fayı



Şekil 6.2 Miyosen dönemine ait havza gelişimi, metamorfik kayaların yükselimi ve yükselim ile yaşlı granitik kütlelerin yerleşimini gösteren şematik harita, arazi kesiti ve arazi görünümü

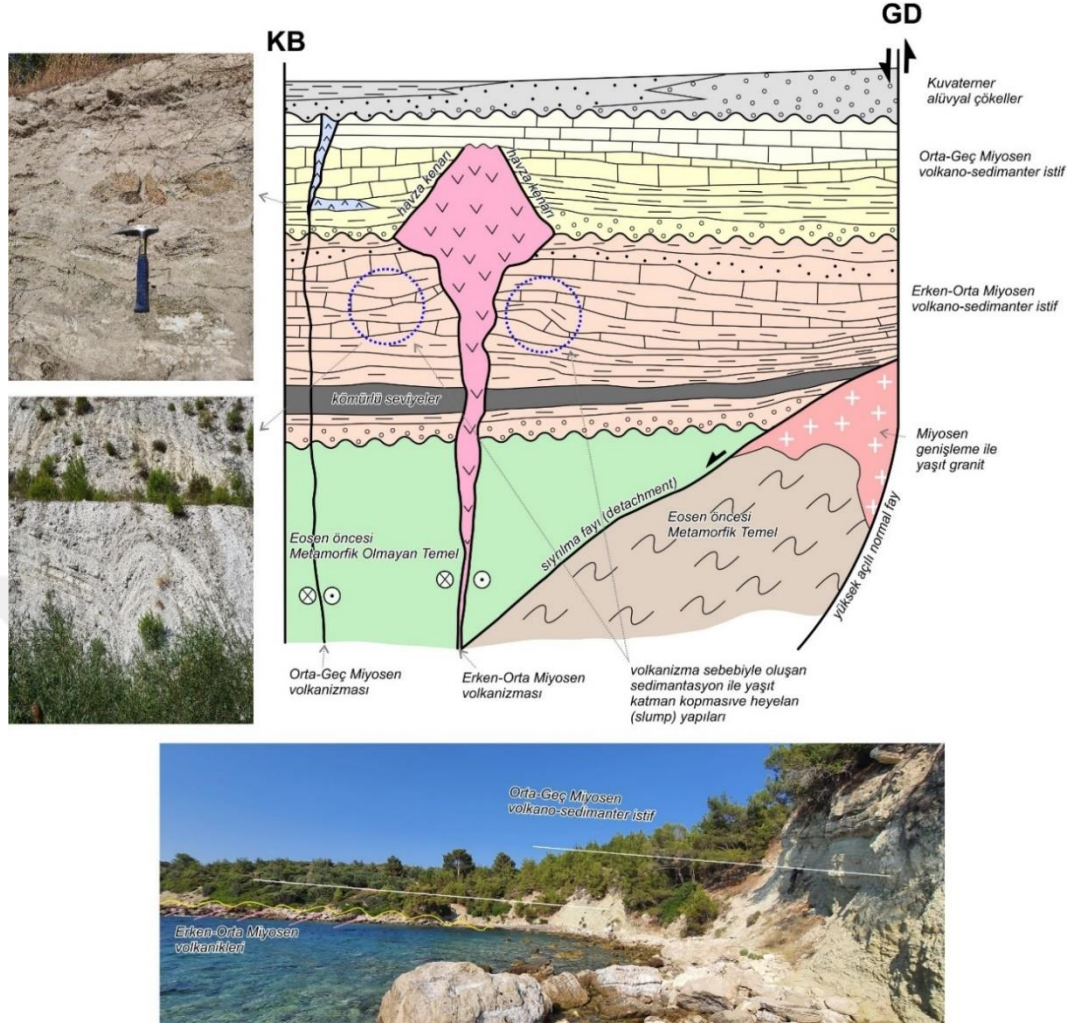
Sıyrılma faylarının bu bölgedeki etkinliği, BAGB içerisinde tanımlanan Menderes ve Kozak gibi diğer çekirdek komplekslerine benzer havza gelişiminin hakim olduğunu göstermektedir. Tüm bu gözlemler, KAFZ güney kolunun BAGB ile etkileşimde olduğunu, KAFZ boyunca doğrultu atımlı deformasyonun, güney

kolun hemen güneyinde genişlemeli bir tektonizmanın hüküm sürdüğünü ortaya koymaktadır.

6.2 İBTZ ile İlişkili Havzalar

Bu çalışma kapsamında yapılan gözlemler İBTZ denetiminde gelişen havzaların, Erken Miyosen'den günümüze 3 farklı pakete ayrıldığını göstermektedir. Bunlardan en alttaki Erken-Orta Miyosen yaşlıdır ve volkanosedimanter bir istifdir. Tabanda İzmir-Ankara Zonu'na ait metamorfik olmayan kayaçlar üzerine uyumsuz otururken, transfer ve sıyrılma fayları ile yükseltilmiş olan metamorfik kayaçlar üzerine ise tektonik dokanak ile gelmektedir (Şekil 6.3).

Bu metamorfik kayaçlara, yükselimleri sırasında genişleme ile yaşıt olan granit sokulumları eşlik etmiştir. Bunların en iyi örneklerini Alaçamdağ, Kozak ve Menderes metamorfik çekirdek komplekslerine sokulan granitler oluşturur (Sözbilir, 2001; Çiftçi ve Bozkurt, 2009; Erkül, 2010). Sıyrılma fayları ve doğrultu atımlı fayların denetiminde gelişen bu havzaların tabanını simgeleyen istif, altta çakıltaşları ile başlar, üste doğru yer yer kömür seviyeleri içeren kumtaşı ve çamurtaşlarına geçer ve en üstte gölsel karbonatlar ile son bulur. Bu istif içerisine andezitik, riyolitik ve şoşonitik volkanizma ürünleri sokulmuştur. Ana hatları KD uzanımlı olan asidik volkanizmanın en tipik ürünleri, dağ ölçeğindeki Yuntdağ ve Savaştepe volkanikleri olarak sahada izlenebilmektedir. Bu volkanların yakın çevresindeki sedimanlarda, patlamalı volkanizmanın etkisi ile gelişen tortullaşma ile yaşıt deformasyon yapıları sıkça gözlenmektedir (Şekil 6.3).



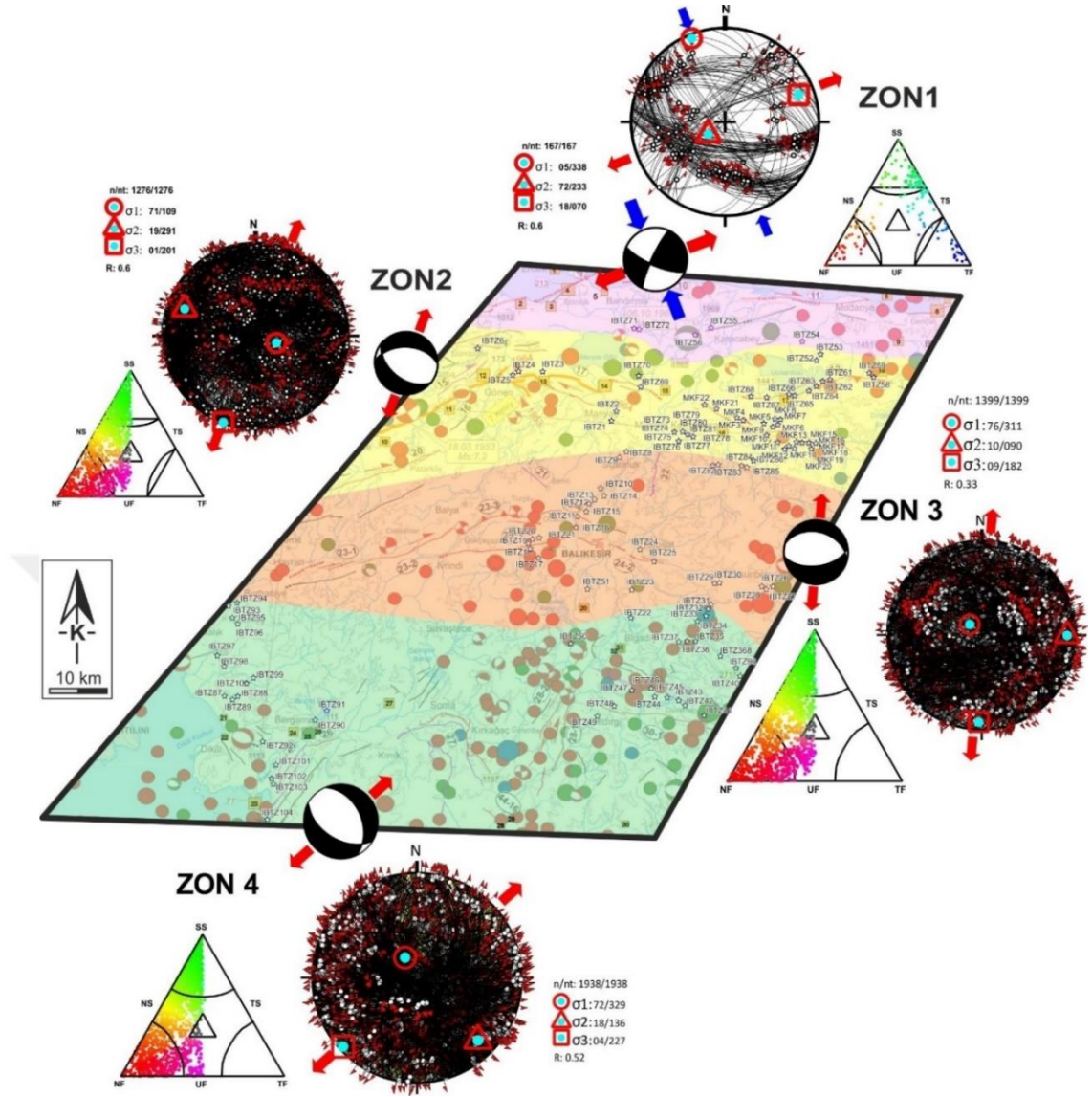
Şekil 6.3 İBTZ denetiminde gelişen havzaların şematik arazi kesiti. Erken-Orta Miyosen yaşlı istif, son çalışmalarda Alt Sekans, Orta-Geç Miyosen yaşlı istif ise Üst Sekans olarak anılmaktadır (Uzel vd., 2017, 2020; Westerweel vd., 2020)

Bu volkanlardan topoğrafik olarak en büyükleri, Orta-Geç Miyosen yaşlı ikinci bir gölsel istifin havza kenarlarını da oluşturmuştur. Bu gölsel istif, sedimanter açıdan alttaki istifin tekrarı gibi gelişse de, çökelime eşlik eden volkanik kayaçlar bu defa yalnızca şoşonitler ve olivin bazaltlardır. Kozak alanında net yüzlekleri görülen bu bazaltlar, kestikleri Erken-Orta Miyosen yaşlı volkaniklerde izlenen alterasyona uğramamışlardır. Yapılan gözlemler, bu bazaltların KD ve KB uzanımlı doğrultu atım bileşeni yüksek faylar boyunca yerleştiğini gösterir (Şekil 6.3). İBTZ içinde gelişen en genç istif ise Kuvaterner yaşlı karasal çökeller ile simgelenir ve bölgedeki en genç yapılar olan yüksek açılı normal faylar ve hala aktivitesini koruyan ve

İBTZ'den kalıntı olan doğrultu atımlı faylar tarafından denetlenir. Bu çökelleri içeren havzalar; graben havzaları olarak da nitelendirilen İzmir Körfezi, Manisa, Kırkağaç ve Simav havzaları ile, doğrultu atımlı faylarla sınırlı olan Cumaovası, Dikili-Bergama ve Akhisar havzası olarak örneklendirilebilir. Bu havza geometrisi, Miyosen'de 2 farklı volkanosedimanter havzanın gelişimini kontrol eden İBTZ'nin, Geç Miyosen-Kuvaterner döneminde yüksek açılı normal faylar tarafından parçalandığını ve birkaç KD uzanımlı doğrultu atımlı fayı içerecek şekilde lokalize olduğunu göstermektedir. Bu fayların bazıları, güneyden kuzeye doğru, Tuzla, Kaleköy, Zeytindağ ve Gelembe faylarıdır ve günümüzde halen deprem üretmeye devam etmektedirler.

6.3 Bölgesel Fay Kinematiki

Saha çalışmalarında toplanan fay düzlemi verileri bölgedeki ana tektonik yapıların daha iyi anlaşılması ve zaman/mekansal karşılaştırılması için oldukça önemli bilgiler verir. Bu doğrultuda, 139 lokasyondan toplanan 5360 adet kinematik verinin bölgesel ölçekte yorumlanması için, 'Bölüm 5- Sismotektonik' başlığı altında belirtilen sismojenik zonlar baz alınarak yeniden incelenmiştir (Şekil 6.4). Bu zonlar, kuzeyde KAFZ ve güneyde Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) içerisindeki faylar dikkate alınarak ayrılmıştır. En kuzeyde yer alan Zon1 içerisinde KAFZ'nin güney koluna ait doğrultu atımlı fay parçaları yer almaktadır. Zon2 KAFZ'nin güney kolu üzerinde bulunurken, Zon3 KAFZ ile BAGS arasında kalan geçiş bölgesi olarak tanımlanır. En güneydeki Zon4 içerisinde ise BAGB'ye ait normal faylar ve İBTZ'ye ait doğrultu atımlı fay parçaları bulunmaktadır.



Şekil 6.4 Çalışma sınırları içerisinde kalan alanın sismotektonik haritası (Duman vd., 2016), bölge içerisindeki faylanma geometrisine göre ayrılan sismojenik zonlar ve bu zonlardan toplanan tüm verilerin paleostres analiz sonuçları

Çalışma alanı içerisinde toplanan 5000’i aşkın fay verisi incelendiğinde, verilerin çokluğu ve farklı türdeki yapıların varlığı nedeniyle, lokasyon bazında oldukça heterojen veri setleri ile farklı gerilme durumları içeren sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.1). Buna rağmen, yapılan paleostres analizleri bölgesel olarak incelendiğinde anlamlı sonuçlar içermiştir. Sonuçlara göre, sismojenik zonlar için hesaplanan gerilmeler birbirleri ile belirgin bir ilişki sunmaktadır. KAFZ’nin orta kolunu içeren Zon1, genel hatlarıyla sağ yanal doğrultu atımlı faylanmayı ile simgelenen bir

deformasyonun etkisi altındadır. Sahada gözlenen fayların dağılımına bakıldığında, bir doğrultu atımlı fay zonuna ait deformasyon alanında beklenene üzere, her türden fay kaydedilmiştir. 167 adet kinematik veriyi içeren paleostres analizi sonucunda, en büyük ana asal gerilme yatayda konumlanmıştır. Bu bölgedeki yersel deformasyon KB-GB yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü genişleme kuvvetleri ile denetlenmektedir (Şekil 6.4).

Güney kolu içeren Zon2, beklenin aksine saf genişlemeli bir paleostres alanı ile deforme olmaktadır. Sahadan ölçülen fay türlerine bakıldığında, normal ve doğrultu atımlı fayların bu alanı karakterize ettiği görülür. Yenice-Gönen, Mustafakemalpaşa, Ulubat ve Bursa faylarını içeren bu zondan 1276 adet fay verisi analiz edilmiştir. Arazi gözlemleri ve lokasyon bazındaki analizler, bu alanın batıdan doğuya doğru, doğrultu atımlı faylanmadan normal faylanmaya doğru bir geçiş gösterdiğini belgeler. Elde edilen tümsel analiz sonucu, yaklaşık düşeyde konumlu olan en büyük ana asal gerilme ve KD-GB yönlü genişleme kuvveti ile simgelenmiştir (Şekil 6.4). Bu zona ait analizde MKF'den ölçülen verilerin sayısal olarak ağırlıkta olması, tümsel analizin bu fay tarafından bir miktar domine edildiği olasılığını da bulundurmaktadır. KAFZ'nin orta ve güney kollarından elde edilen genişleme yönleri değerlendirildiğinde, Zon1'den Zon2'ye doğru saat yönünün tersi yönde bir değişim olduğu göze çarpmaktadır.

Zon3 içerisinden toplanan 1399 adet fay verisi normal ve doğrultu atımlı faylardan oluşur. Havran-Balıkesir Fay Zonu'nu ve Susurluk civarındaki çekirdek kompleksi ile ilişkili fayları ana yapılar olarak içeren bu zon için yapılan analiz sonucu, ana asal gerilemenin düşeyde konumlu olduğu bir gerilme ile simgelenmiştir (Şekil 6.4). Zon3'ün batı kesiminden, yoğun alterasyon sebebiyle yoğun bir veri seti sağlanamamış olsa da, Sümer vd. (2018) tarafından derlenen analizler, Havran-Balıkesir Fay Zonu'nun bu kesimi için hem sıkışmalı hem de genişlemeli alanlar içeren sağ yanal bir deformasyonun varlığını belgelemiştir. Çalışma alanının en güneyinde bulunan Zon4 içerisinde, hem normal hem de doğrultu atımlı faylar bulunur ve Simav, Soma, Zeytinadağ ve Gelembe fay zonları bunlardan bazılarıdır. Bu zondan toplanan 1938 adet kinematik veri analiz edildiğinde, en büyük ana asal

gerilmenin düşeye yakın olarak konumlandığı görülür. Elde edilen analiz sonucuna göre bölge KD-GB yönlü genişleme kuvveti ile deforme olmaktadır. Bu yön, Zon3'e göre yaklaşık 20 derece saat yönünde rotasyona uğramıştır (Şekil 6.4).

Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kuzeydeki doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili deformasyon alanının, güneye doğru, MKF civarına gelindiğinde, Batı Anadolu Genişleme kuvveti ile etkileştiğini ve baskın faylanmanın dereceli bir şekilde normal faylanmaya evrildiğini göstermektedir. Bu etkileşim sırasında ana asal gerilmelerin uzaydaki konumları da değişerek, yatayda konumlu olan σ_1 , düşeye geçmektedir. σ_3 ise kabaca saat yönünün tersi yönde rotasyona uğrayarak hakim genişlemenin KD yönünden KKD yönüne geçmesini sağlamıştır. Bu durum, bölgede yapılmış olan paleostres çalışmaları (Gürer vd., 2003, 2006; Dirik vd., 2008; Özden vd., 2008; Bonev vd., 2009; Yıldız vd., 2013; Gürbüz ve Seyitoğlu, 2014; Sözbilir vd., 2016; Özalp vd., 2016; Sümer vd., 2018) ve bölgede meydana gelmiş önemli depremlere ait odak mekanizma çözümleri (Heidbach vd., 2010; KOERI, 2022) ile uyumludur.

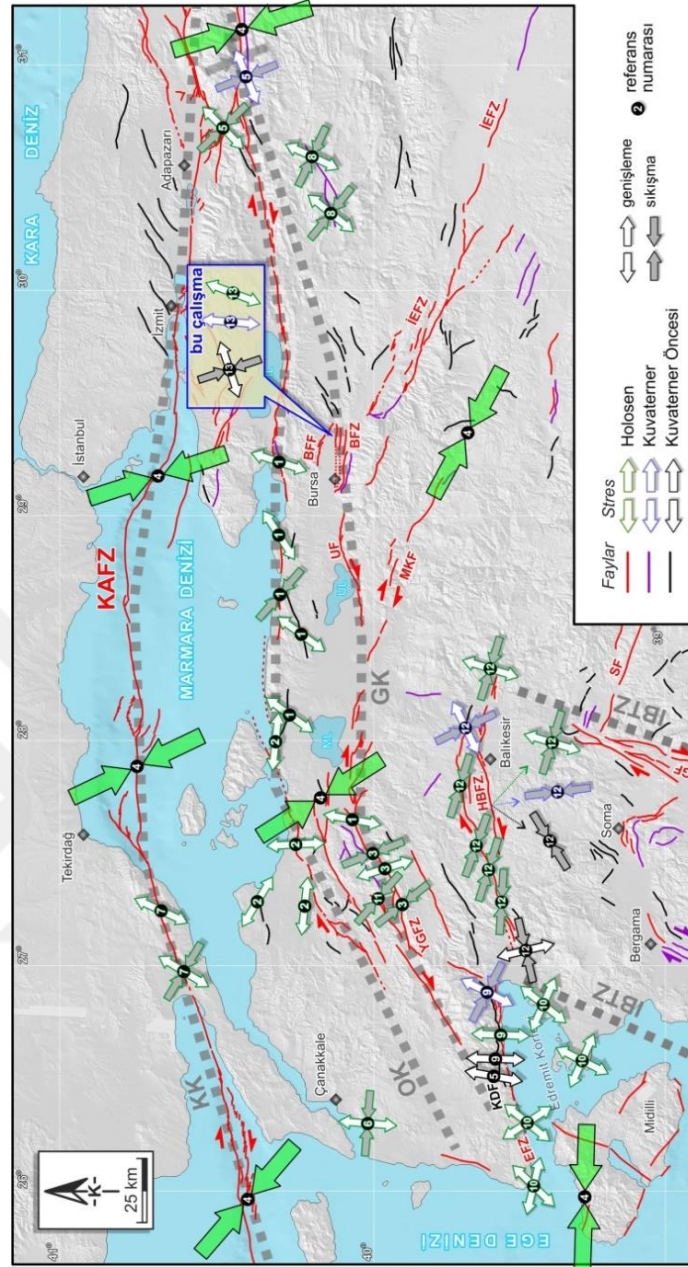
6.4 Bölgesel Tektonik Evrim

Bu çalışmanın en önemli sonucu IBTZ gelişimi ile Kuzey Anadolu Fayının gelişimi arasında zaman ve mekânsal açıdan bir ilişkinin varlığına dair her hangi bir kanıt olmadığıdır. Bu iki yapı birbirlerinden tamamen bağımsız olarak gelişmişlerdir. IBTZ'nin kendi içi yanında bu zonlu hem batıdan hem de doğudan sınırlayan blokların Geç Miyosen'den itibaren saatin tersi yönde dönmesi, bu zonun güncel GPS verilerinin de gösterdiği şekilde tüm Anadolu bloğu ile birlikte hareket ettiğinin, yani fay zonunun içinde fayı KAFZ ile doğrudan ilişkilendirecek her hangi bir diferansiyel rotasyonun mevcut olmadığını göstermektedir.

Diğer yandan kinematik veriler, özellikle KAFZ'nin egemen olduğu Zon-1'de, baskın düşey stresin ortaç stres (σ_2) olması nedeniyle, doğrultu atımlı tektoniğe işaret ederken, daha güneydeki zonlarda en büyük stresin (σ_1) düşey olması bu bölgelerde genişleme tektoniğine işaret eder. Bu nedenle, Zon 1'in güney sınırı yaklaşık olarak doğrultu atımlı (sıkışma-genişleme) tektonik ile genişlemeli tektonik

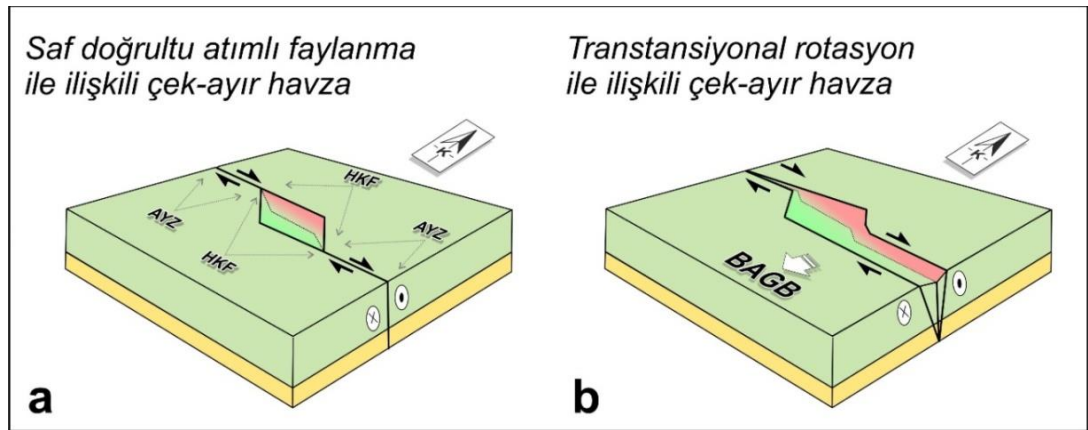
rejimlerinin yaklaşık sınırını teşkil eder. Ayrıca, Pliyosen ve daha genç havzalar Zon-1'de yaygın olarak gelişmiş olmasına rağmen, özellikle İBTZ içerisinde benzeri havzaların mevcut olmayışı en azından bu iki önemli yapının karakteristiklerinin farklı olduğunun en önemli göstergesidir.

Literatürdeki veriler karşılaştırıldığında, Anadolu Bloğu'nun batıya doğru hareketinin büyük ölçüde KAFZ'nin kuzey kolu tarafından karşılanmakta olduğu görülmektedir (Şekil 1.1; ayrıntılar için bkz. Zabcı, 2019). Bu hareket beraberinde Marmara Denizi ve İznik Gölü gibi derin ve büyük ölçekli çek-ayır havzaları oluştururken, orta ve güney kollarda ise Bursa, Ulubat ve Manyas havzaları gibi romb şekilli grabenleri oluşturur (Şengör vd., 2005). KAFZ'nin kuzey kolunun tek bir faydan oluşurken; orta ve güney kolların henüz birleşmemiş fay segmentlerinden oluşması bu havza geometrisinin oluşmasını açıklayabilir. Düşeydeki eğim atımın kuzeye doğru artmasının bir başka sebebi de BAGS'nin etkisidir. Bu bağlamda, genişlemenin bölgesel etkisi KAFZ'nin Güney Marmara Bölgesi'nde de etkili olmasıdır. Bu genişleme ayrıca; (i) yatayda en küçük ana asal gerilmenin saatin tersi yönünde rotasyona uğraması (Şekil 6.5; Michel vd., 1995; Kissel vd., 2003; McClusky vd., 2003; Rellinger vd., 2006; Ergintav vd., 2014; Uzel vd., 2015; Sümer vd., 2018; Westerweel vd., 2020), (ii) Adapazarı'nın doğusunda ana yer değiştirme sağ yanal iken Adapazarı'nın batısında bu yanal deformasyon transtansiyonel havza oluşumu ile dengelenmektedir (Zabcı, 2019 ve buradaki referanslar).



Şekil 6.5 Çalışma alanı ve yakın çevresindeki (paleo)stress analiz sonuçlarını gösteren tektonik harita. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, KK: Kuzey kol, OK: Orta kol, GK: Güney kol, İBTZ: İzmir-Balıkesir Fay Zonu, BFF: Barakfakih Fayı, BFZ: Bursa Fay Zonu, UF: Ulubat Fayı, MKF: Mustafakemalpaşa Fayı, İEFZ: İnegöl Eskişehir Fay Zonu, YGFZ: Yenice-Gönen Fay Zonu, EFZ: Edremit Fay Zonu, KDF: Kaz Dağı Detachment Fayı, HBFZ: Havran-Balıkesir Fay Zonu, GF: Gelembe Fayı, SF: Simav Fayı. Diri faylar Emre vd. (2018)'den alınmıştır. Paleostres referansları; 1- Gürer vd. (2003), 2- Gürer vd. (2006), 3- Dirik vd. (2008), 4- Heidbach vd. (2010), 5- Bonev vd. (2009), 6- Kürçer vd. (2012), 7- Yıldız vd. (2013), 8- Gürbüz ve Seyitoğlu (2014), 9- Sözbilir vd. (2016), 10- Gürer vd. (2016), 11- Özalp vd. (2016), 12- Uzel vd. (2016); 13- Sümer vd. (2018), 14- Westerweel vd. (2020)

Şengör vd. (2005)'e göre, KAFZ yaklaşık olarak 11-13 milyon yıl önce Türkiye'nin doğusunda şekillenmiş ve Marmara'ya doğru ilerlemiştir. Ancak, sağ yanal makaslama ile ilişkili geniş bir alandaki deformasyon Geç Miyosen'den daha önce başladığı önerilmiştir. KAFZ'nin sağ yanal kolları üzerinde oluşan havzaların hemen hemen hepsi, birer klasik çek-ayır havza olarak tanımlanmaktadır (Şekil 6.6a). Paleostres analiz sonuçları ile arazi gözlemleri birlikte değerlendirildiğinde; Geç Miyosen'e dek Güney Marmara'da sağ yanal deformasyona dair bir bulguya rastlanmadığı görülür. Sonrasında ise, güneyde İBTZ içindeki hatlar normal faylar tarafından parçalandığını, İBTZ'den kalıtsal olan ve halen aktif kalan bazı doğrultu atımlı fay parçalarının ise Havran-Balıkesir Fay Zonu'nun kuzeyine geçmediği bu çalışma kapsamında yapılan arazi gözlemlerinde ortaya konmuştur. Ayrıca, KAFZ'nin farklı kollara ayrıldığı bölgeden (Dokurcun, Sakarya) itibaren Güney Marmara'da, kuzeyden güneye doğru sağ yanal bileşenin azalmaya başladığı, bunun sebebinin ise BAGB'nin KAFZ üzerindeki etkisidir. Bu etki, KAFZ'nin orta ve güney kolu arasındaki havzaların klasik birer çek-ayır havzası olarak değil, rotasyonel kuvvetlerin de etkisindeki transtansiyonel çek-ayır havzası olarak değerlendirilmeleri gerektiğini göstermiştir (Şekil 6.6b). Bu havzalara en güzel örnekler ise Bursa, Karacabey ve Manyas havzalarıdır.



Şekil 6.6 Doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili çek-ayır havza modelleri, a) Saf doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili klasik bir çek-ayır modeli (Mann vd., 1983), b) genişlemeli bir alanın etkisindeki transtansiyonel rotasyon ile ilişkili çek-ayır modeli (Wu vd., 2009; Farangitakis vd., 2020'den değiştirilerek), AYZ: Ana Yer Değiştirme Zonu, HKF: Havza Kenar Fayı, BAGB: Batı Anadolu Genişleme Bölgesi

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel sonuçları aşağıdaki gibidir:

- Bu çalışma kapsamında, kuzeyde KAFZ denetimli havzalarda (Bursa, Mustafakemalpaşa) ve güneyde İBTZ denetimli havzalarda (Alaçamdağ, Kozak, Soma) havzalarda incelenen havzaların stratigrafileri Miyosen öncesi, Miyosen ve Miyosen'den genç çökeller olmak üzere 3 farklı pakete ayrılarak incelenmiştir.
- Alan içerisindeki aktif faylar, baskın olarak; (i) KAFZ ile ilişkili olan yaklaşık D-B uzanımlı doğrultu atımlı faylar, (ii) BAGB ile ilişkili D-B uzanımlı normal faylar ve (iii) İBTZ'den kalıntı olan KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylardır. Ayrıca Geç Miyosen'e dek Güney Marmara'da KAFZ ile ilişkili olabilecek sağ yanal deformasyona dair bir bulguya rastlanmadığı görülür. Bu döneme kadar, metamorfik kayaların yükselimi ve buna eşlik eden İBTZ ile ilişkili faylar bölgedeki deformasyondan sorumludur. Sonrasında ise, güneyde İBTZ içindeki hatlar normal faylar tarafından parçalanmıştır ve İBTZ'den kalıtsal ve halen aktif kalan bazı doğrultu atımlı fay parçaları ise olasılıkla Balıkesir'in kuzeyine geçmemiştir. İBTZ boyunca görülen doğrultu atımlı faylar, transfer fayları olup farklı genişleme bölgelerini kompanse eden ve normal fayların arasında deformasyona eşlik eden yapılardır, doğrultu atımlı tektonikle (transcurrent veya compressional-extensional tectonics) ilişkili değildirler.
- Çalışma alanı içerisinde paleostres analizi için 155 lokasyondan toplamda 6160 adet fay düzlemi verisi toplanmıştır. Yapılan paleostres analizlerine göre, KAFZ içinde hakim deformasyon σ_2 'nin düşey olduğu doğrultu atımlı tektonik iken, İBTZ'yi içeren bölgelerde hakim deformasyon σ_1 'in düşey olduğu genişleme rejimiyle ilgilidir. Bölgesel paleostres durumu ise çalışma alanının güneyinde K5-45°D yönlü genişleme kuvveti ile karakterize olurken, kuzeydeki deformasyon alanı yaklaşık K55°D yönlü genişleme ile buna dik sıkışma kuvvetleri ile denetlenmektedir.

- Çalışma alanı sismotektonik açıdan incelendiğinde, şiddeti 6 ve üzerinde olan 32 adet tarihsel dönem, büyüklüğü 5 ve üzerinde olan 81 adet aletsel dönem deprem kaydına ulaşılmıştır. Aletsel dönem depremlerin 3 tanesi yıkıcı depremdir ve ilki 1953'te Yenice-Gönen Fayı'nda, ikincisi 1964 yılında Manyas Fayı üzerinde, sonuncusu ise 1969'dan yine Yenice-Gönen Fayı'nda gerçekleşmiştir. Bunlardan 2 tanesinde ise yüzey kırığı oluşmuştur.
- IBTZ gelişimi ile KAFZ gelişimi arasında zaman ve mekânsal açıdan bir ilişkinin varlığına dair her hangi bir kanıt olmadığıdır. Bu iki yapı birbirlerinden tamamen bağımsız olarak gelişmişlerdir. IBTZ'nin kendi içi yanında bu zonu hem batıdan hem de doğudan sınırlayan blokların Geç Miyosen'den itibaren saatin tersi yönde dönmesi, bu zonun güncel GPS verilerinin de gösterdiği şekilde tüm Anadolu bloğu ile birlikte hareket ettiğinin, yani fay zonun içinde fayı KAFZ ile doğrudan ilişkilendirecek her hangi bir diferansiyel rotasyonun mevcut olmadığını göstermektedir.
- Güney Marmara'da, Manyas ile Bursa arasındaki KAFZ'ye ait segmentler kuzeyden güneye doğru, belirgin bir şekilde düşey bileşen kazanmaktadır. Öyle ki, diri fay haritalarında sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak nitelendirilen Bursa ve Mustafakemalpaşa fayları, bu tez kapsamında yapılan saha çalışmalarına göre normal fay olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple bölge, detaylı bir GPS ve INSAR veri seti ile incelenmeli, son dönemde oluşan yatay ve düşey hareketler (deformasyon) ortaya konmalıdır. Böylece, yakın geçmişte birçok yıkıcı depremler geçirmiş bu alandaki aktif yapılar olan doğrultu atımlı ve normal faylar jeodetik olarak ortaya konabilir ve bu alandaki deformasyonu nasıl paylaştıkları belirlenebilir.
- Çalışma kapsamında haritalanan ve kinematik özellikleri ortaya konan Bursa ve Mustafakemalpaşa üzerinde yeni paleosismolojik hendek çalışmaları yapılmalıdır. Bu faylar önemli düşey atımlara sahiptir ve olası deprem üretmeleri durumunda, Manyas-Karacabey-Bursa ovası boyunca tüm yerleşim alanları ve sanayi bölgeleri etkilenebilir, önemli hasarlar ve can kayıpları meydana gelebilir.
- Çalışma alanındaki Manyas ve Ulubat gölleri, KAFZ'nin bu alanda geçmişte ürettiği depremler için kayıtcı niteliğindedir. Bu göllerde acilen göl

paleosismolojisi yapılmalı, elde edilecek sonuçlar bölgenin simotektonik özellikleri ve tarihsel/aletsel dönem depremleer ile birlikte değerdendirilmelidir.

- Bölgesel tektoniğın daha iyi anlaşılması adına çalışma alanı kuzeyinde yer alan Uludağ Çekirdek Kompleksi ve bu çekirdek kompleksinin yüzeylemesiyle ilişkili olan Bursa detachment fayı daha detaylı çalışılmalıdır.



KAYNAKLAR

- AFAD (2022). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. web sayfası, <https://deprem.afad.gov.tr/event-instrumental>
- Aldanmaz, E. (1998). Petrogenesis of late Cenozoic collision volcanism in western Anatolia, Turkey [Doktora Tezi]. Durham University.
- Aldanmaz, E., Pearce, J., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J. (2000). Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67–95.
- Altunel, E. ve Barka, A. (1998). Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(2), 41-52.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y. (1998). The mount Kozak magmatic complex, western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 211-231.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y. (1999). The Kozak Pluton and its emplacement. *Geological Journal*, 34(3), 257-274.
- Altunkaynak, S. ve Dilek, Y. (2006). Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications. *Special Papers-Geological Society of America*, 409, 321-351.
- Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, C., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Foland, K.A. ve Yang, J. (2012). Spatial, temporal and geochemical evolution of Oligo–Miocene granitoid magmatism in western Anatolia, Turkey. *Gondwana Research*, 21, 961–986.
- Altunkaynak, Ş. ve Dilek, Y. (2013). Eocene mafic volcanism in northern Anatolia: its causes and mantle sources in the absence of active subduction. *International Geology Review*, 55(13), 1641-1659.
- Ambraseys, N. N. ve Zatopek, A. (1969). The Mudurnu Valley, West Anatolia, Turkey, earthquake of 22 July 1967. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 59(2), 521-589.
- Ambraseys, N. N. (1970). Some characteristic features of the Anatolian fault zone. *Tectonophysics*, 9(2-3), 143-165.
- Ambraseys, N. N. ve Finkel, C. F. (1991). Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Nova*, 3(5), 527-539.

- Ambraseys N.N. (2002). The seismic activity of the Marmara Sea Region over the last 2000 years. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92(1), 1-18.
- Anderson, R. L. (1942). Distribution of the serial correlation coefficient. *The Annals of Mathematical Statistics*, 13(1), 1-13.
- Angelier, J. (1984). Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, 89, 5835–5848.
- Angelier, J. (1984). Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, 80, 5835-5848.
- Asutay, H. J., Küçükayman, A. ve Gözler, M. Z. (1989). Dağköplü (Eskişehir Kuzeyi) Ofiyolit Karmaşığının stratigrafisi, yapısal konumu ve kümülatların petrografisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 109, 1-8.
- Barka, A.A. (1992). The North Anatolian fault zone. *Annales Tectonica*, 6, 164-195.
- Bernor, R. L. ve Tobien, H. (1990). The mammalian geochronology and biogeography of Paşalar (Middle Miocene, Turkey). *Journal of Human Evolution*, 19(4-5), 551-568.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyet'in 50. Yılı Yer bilimleri kongresi tebliğler dergisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları*, 70-76.
- Biryol, C.B., Beck, S.L., Zandt, G. ve Özacar, A.A. (2011). Segmented African lithosphere beneath the Anatolian region inferred from teleseismic P-wave tomography. *Geophysical Journal International*, 184, 1037–1057.
- Bonev, N., Beccaletto, L., Robyr, M. ve Monié, P. (2009). Metamorphic and age constraints on the Alakeçi shear zone: implications for the extensional exhumation history of the northern Kazdağ Massif, NW Turkey. *Lithos*, 113(1-2), 331-345.
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (west Anatolia and Leivos Island). *Bulletin of Volcanology*, 36, 473–496.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey- a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.

- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Jonckheere, R., Can, I. ve Sari, R. (2009). Geochemistry and K-Ar cooling ages of the Ilıca, Çataldağ (Balıkesir) and Kozak (İzmir) granitoids, west Anatolia, Turkey. *Geological Journal*, 44(1), 79-103.
- Carey, E. ve Brunier, B. (1974). Analyse théorique et numérique d'une modèle mécanique élémentaire appliqué a l'étude d'une population de failles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Series D* 279, 891-894.
- Carey, E. ve Mercier, J.L. (1987). A numerical method for determining the state of stress using focal mechanisms of earthquake populations: application to Tibetan teleseisms and microseismicity of southern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 82, 165-179.
- Carey E. (1979). Recherche des Directions Principales de Contraintes Associées au Jeu D'une Population de Failles. *Revue Geological Dynamic and Géography Physic*, 21, 57-66.
- Catlos, E., Jacob, L., Oyman, T. ve Sorensen, S. (2012). Long-term exhumation of an Aegean metamorphic core complex granitoids in the Northern Menderes Massif, western Turkey. *American Journal of Science*, 312(5), 534-571.
- Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E. (2009). Pattern of normal faulting in the Gediz Graben, SW Turkey. *Tectonophysics*, 473(1-2), 234-260.
- Çoban, H., Karacık, Z. ve Ece, Ö. I. (2012). Source contamination and tectonomagmatic signals of overlapping Early to Middle Miocene orogenic magmas associated with shallow continental subduction and asthenospheric mantle flows in Western Anatolia: a record from Simav (Kütahya) region. *Lithos*, 140, 119-141.
- DAUM (2017). 12 HAZİRAN 2017 Midilli Depremi (Karaburun açıkları) ve bölgenin depremselliği. *Dokuz Eylül Üniversitesideprem Araştırma Ve Uygulama Merkezidir Fay Araştırma Grubu, Deprem Raporları*, 14s.
- Delaloye, M. ve Bingöl, E. (2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42(3), 241-268.
- Delvaux, D. ve Sperner, B. (2003). New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. *Geological Society*, 212, 75-100.

- Dirik, K., Belindir, F., Özsayın, E. ve Kutluay, A. (2008). Yenice-Gönen Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi. TUJJB-UDP Project.
- Duman, T.Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioğlu, F.T, Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., vd. (2016). Seismotectonic map of Turkey and Explanatory Text. *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication series-34*, Ankara-Turkey.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y. ve Kar, H. (2012). Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi. *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi MTA Özel Yayın Serisi*, 28, 7-77.
- Elmas, A. (2003). Late Cenozoic tectonics and stratigraphy and northwestern Anatolia: The effects of the North Anatolian Fault to the region. *International Journal of Earth Sciences*, 92(3), 380-396.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 3229-3275.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D. ve Şaroğlu, F. (1998). Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 120, 199-221.
- Ergintav, S., Reilinger, R. E., Çakmak, R., Floyd, M., Cakir, Z., Doğan, U., vd. (2014). Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap. *Geophysical Research Letters*, 41(16), 5783-5788.
- Ergül, E., Gözler, Z., Akçagören, F. ve Öztürk, Z. (1986). Geology map of Turkey, Bandırma E6 section, Scale 1: 10 000. *Mineral Research and Exploration of Turkey*, Ankara.
- ERKÜL, F. ve ERKÜL, S. T. (2010). Geology of the Early Miocene Alaçamdağ (Dursunbey-Balıkesir) magmatic complex and implications for the Western Anatolian extensional tectonics. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 141(141), 1-25.
- Erkül, F. (2010). Tectonic significance of synextensional ductile shear zones within the Early Miocene Alacamdağ granites, northwestern Turkey. *Geological Magazine*, 147, 611-637.

- Ersoy, H., Karahan, M., Babacan, A. E. ve Sünnetçi, M. O. (2017). Kayaçlarda Farklı Ölçüm Teknikleri ile Belirlenen Boyuna Dalga Hızlarının Değerlendirilmesi. *Yerbilimleri*, 38(2), 129-140.
- Eyidoğan, H. ve Jackson, J. (1985). A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969–70 in western Turkey: Implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophysical Journal International*, 81(3), 569-607.
- Farangitakis, G. P., Heron, P. J., McCaffrey, K. J. W., van Hunen, J. ve Kalnins, L. M. (2020). The impact of oblique inheritance and changes in relative plate motion on the development of rift-transform systems. *Earth and Planetary Science Letters*, 541, 116277.
- Gans, C.R., Beck, S.L., Zandt, G., Biryol, C.B. ve Özaçar, A.A. (2009). Detecting the limit of slab break-off in Central Turkey: new high-resolution Pn tomography results. *Geophysical Journal International*, 179, 1566–1572.
- Genç, S. C. ve Yilmaz, Y. (1997). An Example Of Post-Collisional Magmatism In Northwestern Anatolia: The Kızderbent Volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6(1), 33-42.
- Gessner, K., Gallardo, L.A., Markwitz, V., Ring, U. ve Thomson, S.N. (2013). What caused the denudation of the Menderes Massif: Review of crustal evolution, lithosphere structure, and dynamic topography in southwest Turkey. *Gondwana Research* 24(1), 243–274.
- Gülmez, F., Genç, Ş. C., Keskin, M. ve Tüysüz, O. (2013). A post-collision slab-breakoff model for the origin of the Middle Eocene magmatic rocks of the Armutlu–Almacık belt, NW Turkey and its regional implications. *Geological Society, London, Special Publications*, 372(1), 107-139.
- Gürbüz, E. ve Seyitoğlu, G. (2014). Gölpazarı Havzası'nın Kuvaterner Gelişimi (KB Türkiye). *Geological Bulletin of Turkey*, 57(2), 1-17.
- Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş. ve Özburan, M. (2003). Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 1041-1051.
- Gürer, Ö. F., Sangu E. ve Özburan M. (2006). Neotectonics of the SW Marmara region, NW Anatolia, Turkey. *Geological Magazine*, 143, 229-241.

- Gürer, Ö. F., Sangu, E., Özbüyük, M., Gürbüz, A., Gürer, A. ve Sinir, H. (2016). Plio-Quaternary kinematic development and paleostress pattern of the Edremit Basin, western Turkey. *Tectonophysics*, 679, 199-210.
- Hale, A.J., Gottschaldt, K.D., Rosenbaum, G., Bourguoin, L., Bauby, M. ve Mühlhaus, H. (2010). Dynamics of slab tear faults: Insights from numerical modeling. *Tectonophysics*, 483, 58–70.
- Hancock, P.L. ve Barka, A.A. (1987). Kinematic indicators on active normal faults in western Turkey. *Journal of Structural Geology*, 9, 419–427.
- Hasözbek, A., Akay, E., Erdoğan, B., Satır, M. ve Siebel, W. (2010). Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey). *Journal of Geodynamics*, 50(2), 67-80.
- Hasözbek, A., Erdoğan, B., Satır, M., Siebel, W., Akay, E., Doğan, G.D. ve Taubald, H. (2011). Al-in-hornblende thermobarometry and Sr–Nd–O–Pb isotopic compositions of the early Miocene Alacam Granite in NW Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Earth Science*, 21, 37–52.
- Heidbach, O., Tingay, M., Barth, A., Reinecker, J., Kurfess, D. ve Müller, B. (2010). Global crustal stress pattern based on the World Stress Map database release 2008. *Tectonophysics*, 482, 3–15.
- Herece, E. (1990). 1953 Yenice-Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu fay sisteminin Biga Yarımadası'ndaki uzantıları. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi*, 111, 47-59.
- İnci, U. (1998). Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 7, 63–78.
- İnci, U. (2002). Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 51, 1–29.
- Jaeger, J.C. ve Cook, N.G.W. (1969). Fundamentals of Rock Mechanics. Methuen, London, 73s.
- Kamacı, Ö., Ünal, A., Altunkaynak, S., Georgiev, S. ve Billor, Z.M. (2017). The Çataldag Plutonic Complex in Western Anatolia: roles of different granites on the crustal buildup in connection with the core complex development. *Active Global Seismology: Neotectonics and Earthquake Potential of the Eastern Mediterranean Region*, 225, 189.

- Karabulut, H., Özalaybey, S., Taymaz, T., Aktar, M., Selvi, O. ve Kocaoğlu, A. (2003). A tomographic image of the shallow crustal structure in the Eastern Marmara. *Geophysical Research Letters*, 30(24), 10-1, 10-4.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y. ve Pearce, J.A. (2007). The Dikili-Çandarlı volcanics, Western Turkey: magmatic interactions as recorded by petrographic and geochemical features. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16(4), 493-522.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A. ve Ece, O.I. (2008). Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 1181-1200.
- Kaya, O. (1979). Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 22, 35-58.
- Kaya, O. (1981). Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia. *Newsletters on Stratigraphy*, 10, 164-191.
- Kaya, O. ve Mostler, H. (1992). A Middle Triassic age for low-grade greenschist facies metamorphic sequence in Bergama (Izmir), western Turkey: the first paleontological age assignment and structural-stratigraphic implications. *Newsletters on Stratigraphy*, 1-17.
- Ketin, İ. (1948). Ü ber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. *Geol. Rund.*, 36, 77-83.
- Ketin, İ. ve Roesli, F. (1953). Makroseismische Untersuchungen über das nordwest-Anatolische Beben vom 18 Marz 1953. *The Eclogae Geologicae Helvetiae*, 46, 187-208.
- Ketin, İ. (1957). Kuzey Anadolu Deprem Fayı. *Istanbul Technical University Bulletin*, 15, 14-52.
- Kissel, C., Laj, C., Şengör, A. M. C. ve Poisson, A. (1987). Paleomagnetic Evidence for Rotation in Opposite Senses of Adjacent Blocks in Northeastern Aegea and Western Anatolia. *Geophysical Research Letters*, 14(9), 907-910.
- Kissel, C., Laj, C., Poisson, A. ve Görür, N. (2003). Paleomagnetic reconstruction of the Cenozoic evolution of the Eastern Mediterranean. *Tectonophysics*, 362(1-4), 199-217.

- Koçyiğit, A. ve Özacar, A. (2003). Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: new field and seismic data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12(1), 67-90.
- KOERİ (2017). 27-29 Mayıs 2017 Deynekler-Gölmarmara (Manisa) Deprem Etkinliği. *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Raporu*, 6s.
- KOERİ (2020a). 22 Ocak 2020 Musalar-Akhisar-Manisa Depremi. *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Raporu*, 7s.
- KOERİ (2020b). 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi. *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Raporu*, 10s.
- KOERİ (2022). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. web sayfası, <http://www.koeri.boun.edu.tr>.
- Kop, A., Özalp, S., Elmacı, H., Kara, M. ve Duman, T. Y. (2016). Active tectonic and palaeoseismological features of the western section of Mustafakemalpaşa Fault; Bursa, NW Anatolia. *Geodinamica Acta*, 28(4), 363-378.
- Krantz, R.W. (1988). Multiple fault sets and three-dimensional strain: theory and application. *Journal of Structural Geology*, 10, 225–237.
- Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S. Z., Pavlides, S., Özden, S., Syrides, G. vd. (2012). An assessment of the earthquakes of Ancient Troy, NW Anatolia, Turkey. *Tectonics – Recent Advances*, 7, 171-200.
- Kürkcüoğlu, B., Furman, T. ve Hanan, B. (2008). Geochemistry of post-collisional mafic lavas from the North Anatolian Fault zone, Northwestern Turkey. *Lithos*, 101(3-4), 416-434.
- Lisle, R. (1987). Principal stress orientations from faults: an additional constraint. *Annales Tectonicae*, 1, 155-158.
- Mann, P., Hempton, M.R., Bradley, D.C. ve Burke, K. (1983). Development of pull-apart basins. *Journal of Geology*, 91, 529-554.
- Marrett, R. ve Allmendinger, R. W. (1990). Kinematic analysis of fault-slip data. *Journal of structural geology*, 12(8), 973-986.

- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D. ve Tealeb, A. (2003). GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophysical Journal International*, 155(1), 126-138.
- McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- Means, W.D. (1987). A newly recognized type slickenside striation. *Journal of Structural Geology*, 9, 585-590.
- Mercier, J. L., Carey-Gailhardis, E., Sebrier, M., Stein, S., Mercier, J. L., Hancock, P. ve England, P. (1991). Palaeostress Determinations from Fault Kinematics: Application to the Neotectonics of the Himalayas-Tibet and the Central Andes [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 337(1645), 41-52.
- Michel, G.W., Faldhor, M., Neugebauer, J. ve Appel, E. (1995). Sequential rotation of stretching axes, and block rotations, a structural and paleomagnetic study along the North Anatolian Fault. *Tectonophysics*, 243, 97-118.
- MTA, 2002. “1/250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları”, İzmir ve İstanbul Paftaları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, İstanbul, Ankara.
- Nemcok, M. ve Lisle, R.J. (1997). A stress inversion procedure for polyphase fault/slip data sets. *Journal of Structural Geology*, 17, 1445-1453.
- NOA (2021). Atina Ulusal Gözlemevi Merkezi. web sayfası, <http://www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs>.
- Okay, A., Siyako, M. ve Burkan, K. A. (1991). Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula, northwest Turkey. *Bulletin-Technical University of Istanbul*, 44.
- Okay, A.İ., Satır, M., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996). Paleo- ve Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic ve geochronologic constrains. In A. Yin, T.M. Harrison (Eds.), *The tectonic evolution of Asia (420-441)*, United States: Cambridge University Press.
- Okay, İ.A., Satır, M., Zattin, M., Cavaza, W. ve Topuz, G. (2008). An Oligocene ductile strike-slip shear zone: The Uludağ Massif, northwest Turkey-Implications for the westward translation of Anatolia. *GSA Bulletin*, 7(8), 893-911.
- Okay, İ.A. ve Göncüoğlu, M.C. (2004). The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.

- Okay, A. İ. (2011). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142, 195-226.
- Orbay, N., Düzgit, Z., Gündoğdu, O., Hisarlı, M. ve Özçep, F. (1996). Batı Anadolu'nun Paleomağnetizması ve Tektonik Gelişimi. *Tübitak Projesi, No: YBAG-0017*.
- Orbay, N., Sanver, M., İşseven, T., Özçep, F., Tapırdmaz, C. ve Hisarlı, M. (1997). Ege Bölgesi Genişleme Rejiminin Paleomağnetik Verilerle İncelenmesi. *Tübitak Projesi, No: YDABÇAG-232/G*.
- Orbay, N., Sanver, M., Tapırdmaz, C., Özçep, F., İşseven, T. ve Hisarlı, M. (1998). Güney Trakya ve Kuzey Biga Yarımadası'nın Paleomağnetizması. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 11, 113-124.
- Orbay, N., Sanver, M., Tapırdmaz, C., Hisarlı, M. ve Özçep, F. (2001). Batı Anadolu Mikrobloklarının Paleomağnetizması ve Genç Tektonik Evrimi. *Tübitak Projesi, No: YBAG-127*.
- Orbay, N., Ustaömer, T., Hisarlı, M., Cinku, M.C., Özçep, F., Bachtadse, V. ve Tait, J.A. (2004). Marmara Havzası Sedimanter Kayaçlarının Paleomağnetizması ve Jeodinamik Evrimi. *Tübitak Projesi, No:101Y078*.
- Oyman, T. (2010). Geochemistry, mineralogy and genesis of the Ayazmant Fe–Cu skarn deposit in Ayvalık,(Balıkesir), Turkey. *Ore Geology Reviews*, 37(3-4), 175-201.
- Özalp, S., Emre, Ö. ve Doğan, A. (2013). The segment structure of southern branch of the North Anatolian Fault and paleoseismological behaviour of the Gemlik Fault, NW Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 147(147), 1-17.
- Özalp, S., Kürçer, A., Özdemir, E. ve Duman, T. Y. (2016). The Bekten Fault: The palaeoseismic behaviour and kinematic characteristics of an intervening segment of the North Anatolian Fault Zone, Southern Marmara Region, Turkey. *Geodinamica Acta*, 28(4), 347-362.
- Özden, S., Over, S., Kavak, K. S. ve Inal, S. S. (2008). Late Cenozoic stress states around the Bolu basin along the north Anatolian fault, NW Turkey. *Journal of Geodynamics*, 46(1-2), 48-62.

- Özkaymak, Ç. ve Sözbilir, H. (2008). Stratigraphic and structural evidence for fault reactivation: the active Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(3), 615–635.
- Parlaktuna, M., Güçer, Ş., Güleç, N., Savaşçın, Y., Mutlu, H., Tokçae, M., Tut, F.S., Erhan, Z., Süer, S., Arkan, S., Gök, E. ve Çetinoplu, A., 2008. Geothermal energy potential assessment of Bursa-Turkey. *Tübitak project number: 102Y156*.
- Petit, J.P. (1987). Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks. *Journal of Structural Geology*, 9, 597-608.
- Polat G., Özel, M.N. ve Koulakov, I. (2016). Investigating P and S wave velocity structure beneath the Marmara region (Turkey) and the surrounding area from local earthquake tomography. *Earth, Planets and Space*, 68, 132.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., vd (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B5).
- Ring, U., Susanne, L. ve Matthias, B. (1999). Structural analysis of a complex nappe sequence and late orogenic basins from the Aegean Island of Samos, Greece. *Journal of Structural Geology*, 21, 1575–1601.
- Ritsema, A. R. (1974). The earthquake mechanisms of the Balkan region. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- Saraç, G. (2003). Türkiye omurgalı fosil yatakları, MTA Rapor No 10609, Ankara (yayınlanmamış).
- Selim, H. H., Tüysüz, O., Karakaş, A. ve Taş, K. Ö. (2013). Morphotectonic evidence from the southern branch of the North Anatolian Fault (NAF) and basins of the south Marmara sub-region, NW Turkey. *Quaternary international*, 292, 176-192.
- Selim, H. ve Tüysüz, P. (2013). The Bursa-Gönen Depression, NW Turkey: a complex basin developed on the North Anatolian Fault. *Geol. Mag.*, 150, 801-821.
- Sickenberg, O. (1975). Die Gliederung des höheren Jungtertiars und Altquartars in der Türkei nach Vertebraten und ihre Bedeutung für die internationale Neogen-

- Gliederung. *Geologisches Jahrbuch (Regionale Geologie Ausland)*, Hannover, Reihe B, 15, 167.
- Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10(2), 51-67.
- Sözbilir, H., İnci, U., Erkul, F. ve Sümer, Ö. (31 Ağustos-12 Eylül 2003). An Active Intermitten transform zone accommodating N-S Extension in Western Anatolia and its relation to the North Anatolian Fault System [Poster, Bildiri Özeti]. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Paleoseismology, and Field Training Course in Paleoseismology.
- Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y. ve Koçer, T. (2008). D-B Uzanımlı İzmir Fayı ile KD-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlikte Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik Ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 51 (2), 91–114.
- Sözbilir, H., Kaymakçı, N., Langereis, C., Uzel, B., Özkaymak, Ç., Özkaptan, M. ve Gülyüz, M. (8-11 Ekim 2009). Transfer zonlarının jeolojik evrimi ve bu zonların Batı Anadolu'daki K-G genişleme tektoniğine katkısı: İzmir-Balıkesir Transfer Zonu [Bildiri Özeti]. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 13. Toplantısı.
- Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. ve Akkiraz, S. (2011). Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Research*, 23(4), 423–448.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Özkaymak, Ç., Uzel, B., Güler, T. ve Eski, S. (2016). Kinematic analysis and palaeoseismology of the Edremit Fault Zone: evidence for past earthquakes in the southern branch of the North Anatolian Fault Zone, Biga Peninsula, NW Turkey. *Geodinamica Acta*, 28, 273–294.
- Sümer, Ö., Uzel, B., Özkaymak, Ç. ve Sözbilir, H. (2018). Kinematics of the Havran-Balıkesir Fault Zone and its implication on geodynamic evolution of the Southern Marmara Region, NW Anatolia. *Geodinamica Acta*, 30(1), 306-323.

- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. (1987). Türkiye'nin aktif fayları ve depremsellikleri. *MTA Raporu*, (8174).
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ. (1992). Türkiye Diri Fay Haritası. *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112.
- Taner, G., Kapan-Yesilyurt, S. ve Isık, U. (1997). Neogene Mollusca fauna of the Bursa-Balıkesir area. In Neogene and Quaternary Evolution of the South Marmara Region. Programme of National Marine Research, Projects of Marine Geology (co; N. Kazancı, N. Görür), 244–51. Ankara: Tübitak Project YDABÇAĞ-426/G.
- Taymaz, T., Jackson, J. ve McKenzie, D. (1991). Active tectonics of north and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106, 433-490.
- Tokay, F. ve Altunel, E. (2005). Eskişehir Fay Zonunun İnönü - Dodurga Çevresinde Neotektonik Aktivitesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 130, 1-15.
- Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A first record of strike-slip basin in western Anatolia ve its tectonic implication: The Cumaovası basin as an example. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559–591.
- Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic evolution of an actively growing superimposed basin in western Anatolia: The inner bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 439–471.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. ve Langeris, C.G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balıkesir Transfer Zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics*, 65, 94–116.
- Uzel, B., Langeris, C.G., Kaymakçı, N., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç. ve Özkaptan, M. (2015). Paleomagnetic evidence for an inverse rotation history of Western Anatolia during the exhumation of Menderes core complex. *Earth and Planetary Science Letters*, 414, 108–125.

- Uzel, B. (2016). Field evidence for normal fault linkage and relay ramp evolution: the Kırkağaç Fault Zone, western Anatolia (Turkey). *Geodinamica Acta*, 28(4), 311-327.
- Uzel, B., Sümer, Ö., Özkaptan, M., Özkaymak, Ç., Kuiper, K., Sözbilir, H., Kaymakçı, N., İnci, U. ve Langereis, C.G. (2017). Palaeomagnetic and geochronological evidence for a major middle Miocene unconformity in Söke Basin (western Anatolia) and its tectonic implications for the Aegean region. *Journal of the Geological Society*, 174(4), 721-740.
- Uzel, B., Kuiper, K., Sözbilir, H., Kaymakci, N., Langereis, C. G. ve Boehm, K. (2020). Miocene geochronology and stratigraphy of western Anatolia: Insights from new Ar/Ar dataset. *Lithos*, 352, 105305.
- Ünay, E., Emre, Ö., Erkal, T. ve Keçer, M. (2001). The rodent fauna from the Adapazarı pull-apart basin (NW Anatolia): its bearings on the age of the North Anatolian Fault. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 169-175.
- Van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Bozkurt, E. ve Koopman, M. (2010a). Exhumation with a twist: paleomagnetic constraints on the evolution of the Menderes metamorphic core complex (western Turkey). *Tectonics*, 29(3), 1-33.
- Van Hinsbergen, D.J.J., Kaymakci, N., Spakman, W. ve Torsvik, T.H. (2010b). Reconciling the geological history of western Turkey with plate circuits and mantle tomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 674–686.
- Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the seismological Society of America*, 84(4), 974-1002.
- Westerweel, J., Uzel, B., Langereis, C. G., Kaymakci, N. ve Sözbilir, H. (2020). “Paleomagnetism of the Miocene Soma basin and its structural implications on the central sector of a crustal-scale transfer zone in western Anatolia (Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences*, 193, 104305.
- Wilcox, R. E., Harding, T. P. ve Seely, D. R. (1973). Basic-wrench tectonics. *A. A. P. G. Bulletin*, 57, 74-90.
- Wortel, M.J.R. ve Spakman, W. (2000). Subduction and slab detachment in the Mediterranean–Carpathian region. *Science* 290, 1910–1917.

- Wu, J.E., McClay, K., Whitehouse, P. ve Dooley, T. (2009). 4D analogue modelling of transtensional pull-apart basins. *Marine and Petroleum Geology*, 26, 1608-1623.
- Yalçinkaya, S. ve Avşar, Ö.P. (1980). “Mustafakemalpaşa (Bursa) ve dolayının jeolojisi. *MTA Raporu*.
- Yeşilyurt, S. ve Taner, G. (1999). Neogene stratigraphy and mollusc fauna of the Manisa (Soma) district (West Anatolia). *In Proceedings of the 1st Symposium on Raw Material Resources in West Anatolia (BAKSEM'99), Izmir*, 157–65.
- Yıldız, S. Ç., Özden, S., Tutkun, S. Z., Ateş, Ö., Poyraz, S. A., Yeşilyurt, S. K. ve Karaca, Ö. (2013). Ganos Fayı Boyunca Geç Senozoyik Yaşlı Gerilme Durumları, KB Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(1), 1-22.
- Zabcı, C. (2019). Spatio-temporal behaviour of continental transform faults: implications from the late Quaternary slip history of the North Anatolian Fault, Turkey. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 56(11), 1218-1238.

EKLER

EK 1 Gözlem Noktalarındaki Fotoğrafların Koordinatları

Şekil Numarası		Koordinat (UTM)		Şekil Numarası		Koordinat (UTM)	
		x	y			x	y
Şekil 2.3	a	672213	4448582	Şekil 2.19	a	543290	4334190
	d	677303	4442444		b	543118	4334004
	e	693015	4449755		c	542573	4333346
	f	692715	4453623		d	542573	4333346
Şekil 2.4	a	672568	4452033	Şekil 3.3	a	691093	4449715
	e	671990	4449744		b	692446	4453377
Şekil 2.8	a	639675	4423953		d	677115	4442400
	e	639801	4424075		e	689595	4446589
Şekil 2.9	a	613592	4434049		f	689604	4446593
Şekil 2.12	b	619067	4432927	Şekil 3.4	b	673790	4450725
	d	622776	4431522		d	674437	4449921
	c	625225	4430881		e	673853	4451180
	d	619064	4433236		f	689445	4453400
Şekil 2.15	a	502050	4349901	Şekil 3.7	g	693515	4456554
	b	491336	4343340		d	638015	4423720
	c	522728	4345874	Şekil 3.11	a	532761	4341826
	d	520709	4345505		b	560526	4325804
	e	4953306	4337917		d	557914	4327763
Şekil 2.17	a	530562	4324647	Şekil 3.12	a	559812	4340978
	b	548557	4335109		b	5616629	4346368
	c	584063	4327181		c	554345	4346300
Şekil 2.18	a	552411	4331453		d	553410	4333079
	b	565630	4320433		e	549699	4332631
	c	539118	4319330	Şekil 3.13	a	5537704	4336235
	d	537742	4321425		b	561911	4323720