İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ KAMPÜSÜ (GÜLBAHÇE-İZMİR) VE CİVARININ NEOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ-BATI ANADOLU-TÜRKİYE

NEOTECTONIC CHARACTERISTICS OF THE İZMİR INSTITUTE OF TECHNOLOGY CAMPUS (GÜLBAHÇE-İZMİR) AND SURROUNDING AREA-WESTERN ANATOLIA-TURKEY

TAYGUN UZELLİ

Prof. Dr. Kadir Dirik

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2013

TAYGUN UZELLİ'nin hazırladığı "**İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kampüsü (Gülbahçe-İzmir) ve Civarının Neotektonik Özellikleri-Batı Anadolu-Türkiye"** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'**nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Erdin Bozkurt

Danışman

Prof. Dr. Kadir Dirik

Üye

Prof. Dr. Cemal Tunoğlu

Üye

Prof. Dr. U. Kağan Tekin

Üye

Doç. Dr. Veysel Işık

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/07/2013

Taygun Uzelli

ÖZET

İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ KAMPÜSÜ (GÜLBAHÇE-İZMİR) VE CİVARININ NEOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ-BATI ANADOLU-TÜRKİYE

TAYGUN UZELLİ
Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir Dirik
Haziran 2013, 131 sayfa

Güneyde Sığacık Körfezi, kuzeyde Gülbahçe Körfezi'ne kadar devam eden, gidişi KB-GD ve KD-GB arasında değişen bir dizi faylardan oluşmuş Gülbahçe Fay Zonu ve Kuşçular-Urla Fay Zonu Batı Anadolu'da Karaburun yarımadasındaki en önemli yapısal unsurlar arasında yer alırlar. Gülbahçe Fay Zonu'nun İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) civarındakı kısımları ve Kuşçular-Urla Fay Zonu'nun kuzeybatı kesiminin neotektonik özellikleri ile sismik etkinliğinin incelenmesi ve tartışılması çalışmanın ana amacını oluşturur.

Bölgede yüzeyleyen kayaçlar, temel ve örtü kayaçlar olmak üzere ikiye ayrılırlar: Nohutalan formasyonu ve Bornova Filiş Zonu'na ait kaya toplulukları temel kayaçları oluşturmaktadır. Örtü birimleri ise Alt-Orta Miyosen Yağcılar formasyonu, Alt Miyosen Gülbahçe volkanitleri, Orta-Üst Miyosen Urla volkanitleri ve Pleyistosen Ballıkaya çakıltaşı biriminden oluşur ve temel kayaçları açısal uyumsuzlukla örterler. Alüvyon yelpazeleri, yamaç molozları ve alüvyonlar güncel çökelleri oluştururlar.

Ballıkaya segmenti, Söğütköy Fayı ve İçmeler Fayı, Gülbahçe Fay Zonu'nun kuzey kısmını oluşturmaktadır. Gülbahçe ve İYTE çevresindeki fayların topografik ve morfolojik belirtileri, bölgenin stres dağılımıyla olan ilişkileri, bu fayların genel olarak normal faylar ve doğrultu atımlı faylar olduğunu göstermiştir.

İzmir Körfezi ve çevresindeki büyük ölçekli yapıların kinematik analizleri Geç Senozoyik zamanında hakim olan üç farklı deformasyon evresini belirtmektedir. Birinci evre, K-G yönlü genişleme ve D-B sıkışması karakterinde olup, normal bileşene sahip doğrultu atımlı fayların oluşmasını sağlayan Erken-Geç Miyosen aralığında gerçekleştiği düşünülen açılmalı-makaslamalı evredir.

İkinci evre ise Miyosen yaşlı birimleri etkileyen, doğrultu atımlı faylar ve oblik/normal atımlı fayların kontrolünde şekillenen deformasyon ile açıklanmıştır. Bu evredeki gerilme rejimi K-G yöndeki sıkışmaya bağlı gelişen D-B açılma karakterindedir. İkinci evrenin Erken Pliyosen'de gerçekleştiği tahmin edilmektedir.

Üçüncü evredeki verilere göre Kuvaterner – Holosen döneminde İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) üzerinde, açılmalı-makaslamalı rejime bağlı, K-G, KD-GB yönde açılma, D-B ve KB-GD yönde ise sıkışma rejimleri etkilidir.

Win-Tensor programı ile Angelier tarafından geliştirilen programda yapılan kinematik analizler sonucunda tez bölgesinde; Erken-Orta Miyosen yaşlı birimlerde K-G sıkışması ve D-B açılması, Pleyistosen ve daha genç birimlerde ise K-G yönlü açılma olan iki farklı deformasyon evresi vardır. Bu sonuçların İBTZ çalışmaları kapsamında belirlenen bölgesel gerilme rejimleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Yapılan bu analizler ve depremlerin merkez üslerinin dağılımları bu fay zonlarının potansiyel aktif hatlar olmasının yanında sismik aktivitesinin olduğunu da açıkça ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, Neotektonik, Gülbahçe Fay Zonu, Kuşçular-Urla Fay Zonu, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu, Kinematik Analiz, Gülbahçe, Urla, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

ABSTRACT

NEOTECTONIC CHARACTERISTICS OF THE İZMİR INSTITUTE OF TECHNOLOGY CAMPUS (GÜLBAHÇE-İZMİR) AND SURROUNDING AREA-WESTERN ANATOLIA-TURKEY

TAYGUN UZELLİ

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kadir Dirik

June 2013, 131 pages

The Gülbahçe and Kuşçular-Urla Fault Zones are the most important structures in the Karaburun peninsula of Western Anatolia and are composed of series of NW-SE to NE-SW trending faults, extending from Sığacık Bay in the south to Gülbahçe Bay in the north. Researching and discussing neotectonic characteristics and seismic activity of the parts of Gülbahçe Fault Zone near İzmir Institute of Technology (IYTE) and northwestern parts of Kuşçular-Urla Fault Zones constitute the main subject of this research.

Rock units in the study area are divided into two main grups: basement and cover rocks. The Nohutalan Formation and rocks of The Bornova Flysch Zone form the basement rocks. The cover units, Lower-Middle Miocene Yağcılar formation, Lower Miocene Gülbahçe volcanics, Middle-Upper Miocene Urla volcanics and Pleistocene Ballıkaya conglomerate unit cover the basement with in angular unconformity. Alluvial fans, talus and alluvium form the recent deposits.

The Ballıkaya segment, Söğütköy Fault and İçmeler Fault form the northern part of Gülbahçe Fault Zone. Morphological expressions of the faults near Gülbahçe and IYTE and their relationships to regional stress system indicate that these faults are mostly normal and strike-slip faults.

Kinematic analyses of large-scale structures indicate that three different deformation phases in İzmir Bay region during the Late Cenozoic. The first phase is transtansional and characterized by N-S extension and E-W contraction are represented by strike-slip faults with normal components and took place during the Early-Late Miocene.

Second phase is described as the strike-slip and oblique-normal slip fault controlled deformation that took place in the Miocene units. The stress regime is characterized by E-W extension owing a N-S contraction. The second phase is probably took place during the Early Pliocene.

The data about third stage revealed that, N-S, NE-SW directed extension and E-W, NE-SW directed contraction due to transtansional regime effective on in Izmir-Balıkesir Transfer Zone (IBTZ) during Quaternary-Holocene time interval.

Kinematic analysis in Win-Tensor program and the program developed by Angelier reveals that the thesis area has two different deformation phases; N-S directed contraction and E-W directed extension in Early-Middle Miocene units and N-S directed extension in Pleistocene and the younger units. And these results appears to be consistent with the regional stress regimes based on İBTZ studies.

These analyses and distribution of the earthquake epicenters clearly show that these fault zones are seismically active and potentialy active tectonic lines.

Keywords: Western Anatolia, Neotectonic, Gülbahçe Fault Zone, Kuşçular-Urla Fault Zone, Izmir-Balıkesir Transfer Zone, Kinematic Analysis, Gülbahçe, Urla, Izmır Instıtute of Technology.

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanlığımı üstlenerek tezimle ilgili çalışmaya başladığım ilk günden itibaren bütün bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yardım, eleştiri ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kadir Dirik'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Arazi çalışmaları ve tez ile ilgili konularda desteğini ve bilgisini esirgemeden paylaşan, tez çalışması dışında da her türlü konuda bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Alper Baba'ya (İYTE) teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili her konuda yardımcı olan, bilgi ve yorumlarıyla bana farklı bakış açıları kazandıran, Dr. Erman Özsayın'a teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü yardım, düzeltme ve eleştirilerinden yararlandığım jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Erdin Bozkurt (ODTÜ), Sayın Prof. Dr. U. Kaan Tekin, Sayın Prof. Dr. Cemal Tunoğlu ve Sayın Doç. Dr. Veysel Işık'a (AÜ),

Destek ve yorumlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Hasan Sözbilir (DEÜ), Sayın Prof. Dr. Reşat Ulusay, Sayın Prof. Dr. Abidin Temel, Sayın Prof. Dr. Atilla Çiner, Sayın Yrd. Doç. Dr. Elif Varol, jeoloji mühendisi Halit Onur'a (MTA) ve

Son olarak destekleri, bana olan güvenleri ve saymakla bitmeyecek tüm yardımlarından ötürü aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.

Taygun Uzelli

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i

ABSTRACT iii

TEŞEKKÜR v

İÇİNDEKİLER vi

ŞEKİLLER DİZİNİ ix

ÇİZELGELER DİZİNİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1.GİRİŞ 1

1.1. Çalışmanın Amacı 1

1.2. Çalışma Alanının Tanımı 1

1.3. Çalışma Yöntemleri 5

1.4. Önceki Çalışmalar 5

2. BÖLGESEL JEOLOJİ 10

2.1. Bölgesel Tektonik 10

2.1.1. Batı Anadolu'nun Tektonik Birlikleri ve Genişlemeli Tektonik Rejim 13

2.1.2. Genişlemeli Rejimin Kökeni ve Başlangıcı ile İlgili Modeller 15

2.1.2.1. Yay-ardı Yayılma Modeli 16

2.1.2.2. Tektonik Kaçış Modeli 16

2.1.2.3. Orojenik Çökme Modeli 18

2.1.2.4. Aralıklı – İki Evreli Graben Modeli 19

2.1.2.5. Plakalardaki Hız Farkından Kaynaklanan Model 19

2.1.2.6. İzmir-Balıkesir Transfer Zonu 20

3. STRATİGRAFİ 22

3.1. Temel Kayaçlar 22

3.1.1. Nohutalan Formasyonu 22

3.1.2. Bornova Filiş Zonu Kayaları 26

3.2. Örtü Kayaçlar 27

3.2.1. Yağcılar Formasyonu 27
3.2.2. Gülbahçe Volkanitleri 31
3.2.3. Urla Volkanitleri 35
3.2.4. Ballıkaya Çakıltaşı 36
3.2.5. Güncel Çökeller 45
4. YAPISAL JEOLOJİ 46
4.1. Gülbahçe Fay Zonu 46
4.1.1. Ballıkaya Segmenti 46
4.1.1.1. Ballıkaya Tepesi ve Çevresindeki Faylar 55
4.1.1.2. Çıtırlıalan Tepesi ve Çevresindeki Faylar 61
4.1.2. Söğütköy Fayı 71
4.1.3. İçmeler Fayı 75
4.2. Kuşçular-Urla Fay Zonu 79
4.2.1. Batı Kuşçular Segmenti 81
4.3. Diğer Yapılar 84
4.3.1. Kıvrımlar 84
4.3.2. Çatlak Sistemleri 85
4.4. Kinematik Analizler 86
4.4.1. Teorik Altyapı 86
4.4.2. Faylara Ait Kinematik Analizler 89
4.4.2.1. Hacıgebeş Tepesi İstasyonu 89
4.4.2.2. Göçmen Konutları İstasyonu 91
4.4.2.3. Ballıkaya Deresi İstasyonu 92
4.4.2.4. Ballıkaya-1 İstasyonu 93
4.4.2.5. Ballıkaya-2 İstasyonu 95
4.4.2.6. Ballıkaya-3 İstasyonu 96
4.4.2.7. Ballıkaya-4 İstasyonu 98
4.4.2.8. Çıtırlıalan Tepesi İstasyonu 99
4.4.2.9. Tatar Deresi İstasyonu 100
4.4.3. Çatlak Sistemlerine Ait Kinematik Analizler 103

5. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ 107
6. SONUÇLAR 116
KAYNAKLAR 121
EK 129
ÖZGEÇMİŞ 131

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. (a) Çalışma alanının yer bulduru haritası (b) çalışma alanındaki morfolojik unsurları gösteren harita (OpenStreetMap ile hazırlanmıştır). 2

Şekil 1.2. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü (Arcgis 10.1 programındaki uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanmıştır). 3

Şekil 2.1. Batı Anadolu ve Doğu Yunanistan'ın kıtasal bloklarını ve temel tektonik yapılarını gösteren tektonik harita. 11

Şekil 2.2. Anadolu bloğu ve çevresinin neotektonik özelliklerini gösteren harita. 13

Şekil 2.3. Ege Bölgesi'ndeki genişlemeyi açıklamak için önerilen üç model için hazırlanmış model harita (Agostini vd. [63]'den değiştirilerek alınmıştır) 17

Şekil 2.4. Batı Anadolu'daki fay sistemlerini, temel birimleri ve İBTZ'nu gösteren basitleştirilmiş harita (Sözbilir vd. [85]'den alınmıştır)..... 21

Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kolon kesiti (Filiz ve Tarcan [16], Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'den değiştirilip, birleştirilerek alınmıştır). 23

Şekil 3.2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Filiz ve Tarcan [16], Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26], Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır)..... 24

Şekil 3.3. Malkaça İçmeleri ile İYTE arasındaki yolda bulunan Nohutalan formasyonuna ait kireçtaşları. 25

Şekil 3.4. Yağcılar formasyonundaki Urla Kireçtaşı ve marn seviyeleri (Koordinat: 35S, 474244 D, 4240938 K). 28

Şekil 3.5. Yağcılar formasyonuna ait ardalanmalı seviyeler (Çmt: çamurtaşı, kmt: kumtaşı, klt: kiltaşı, çkt: çakıltaşı ve koordinat: 35S, 468595 D, 4241597 K)..... 29

Şekil 3.6. (a) Ballıkaya Tepesi'nde (b) Çıtırlıalan Tepesi'nde yer alan Ballıkaya çakıltaşı ile Yağcılar formasyonuna ait kumtaşı-çamurtaşı seviyeleri arasındaki açısal uyumsuzluğa ait sınır fotoğraflarda kesik çizgiler ile gösterilmiştir. 29

Şekil 3.7. Hacıgebeş Tepesi'nde gözlenen Yağcılar formasyonuna ait kireçtaşları. 30

Şekil 3.8. Ballıkaya Deresi'nin aşındırmasına uğrayan Gülbahçe volkanitlerinden bir görünüm. 31

Şekil 3.9. Gülbahçe volkanitlerine ait Çeşme yolu kenarındaki aglomeralar (Koordinat: 35S, 467743 D, 4240457 K). 32

Şekil 3.10. (a) İYTE lojmanlarının kuzeyinde açılmış şevlerde volkanik breş ile pekişmemiş güncel çamurtaşları arasındaki sınır (b) volkanik breşteki blokların taze kaya rengi. 33

Şekil 3.11. Gülbahçe volkanitlerine ait andezitlerdeki tabakalanma benzeri yapılar. 34

Şekil 3.12. Karaburun ve çevresindeki volkanitlere ait radyometrik yaşlar (Türkecan vd. [18], Borsi vd. [98], Bellon vd. [99]'den alınmıştır). ... 35

Şekil 3.13. İYTE Teknoloji Geliştirme Bölgesi arkasındaki şevde yeralan Ballıkaya çakıltaşlarının görüntüsü (Koordinat: 35S, 467976 D, 4240795 K)..... 37

Şekil 3.14. Ballıkaya Tepesi'nde yer alan Ballıkaya çakıltaşlarından bir görünüm. 38

Şekil 3.15. Ballıkaya ve Çıtırlıalan Tepeleri'nin genel görünümü (www.iztekgeb.com adresinden alınmıştır)..... 39

Şekil 3.16. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki Ballıkaya çakıltaşlarındaki kumtaşı seviyeleri. 40

Şekil 3.17. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki farklı renkteki seviyeler (Kırmızı kutucuk ölçek olan çekici göstermektedir). 41

Şekil 3.18. (a) Çakılların üzerinde gözlenen kabuklaşma (b) volkanik kökenli çakıllarda gözlenen soğan kabuğu benzeri bozunma ürünleri..... 42

Şekil 3.19. Yapı, doku ve içerdiği birimlerin şekline göre alüvyal konglomera fasiyesleri (Ramos ve Sopena [103]'dan alınmıştır). 43

Şekil 3.20. Ballıkaya Tepesi'nde gözlenen eski kanal dolgusu. 44

Şekil 3.21. Ballıkaya Tepesi'ndeki çakıltaşlarının oluşturduğu yapılardan (a) Yanal ilerleme gösteren konglomeralar (b) faylanma ve döküntü akmaları. 44

Şekil 4.1. Çalışma alanı çevresindeki fay zonlarını gösteren jeoloji haritası (Sümer [25], Sözbilir vd. [26], Uzel vd. [27], Helvacı vd. [100] ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır)..... 47

Şekil 4.2. (a) 1/35000 ölçekli işlenmemiş hava fotoğrafı (b) belirlenen çizgisellikler ve Ballıkaya Segmenti..... 48

Şekil 4.3. (a) Fay düzlemlerinin yerlerini gösteren fotoğraf (b),(c),(d) ve (e) Normal fay karakterindeki fay düzlemleri..... 50

Şekil 4.4. Ballıkaya Deresi yakınındaki gözlenen fay düzlemi (Koordinat: 467635 D, 4241848 K). 51

Şekil 4.5. Normal fay çizikleri (Sapma açıları 75º-90º arasında değişmektedir ve bakış yönü B)..... 52

Şekil 4.6. Kayaç parçaları üzerinde gözlenen diğer fay çizikleri (Sapma açıları 75º-90º arasında değişmektedir ve bakış yönü B)..... 52

Şekil 4.7. Ballıkaya segmentinde yer alan normal fayın arazide görüldüğü Sineklikışla Deresi'nden bir görünüm. 53

Şekil 4.8. Ballıkaya segmenti ve çevresindeki derelerde gözlenen ötelenmeler. 54

Şekil 4.9. Ballıkaya Tepesi'nin doğu yamacında yer alan normal faylar (Bakış B'ya). 56

Şekil 4.10. Ballıkaya Tepesi'nin güneyinde düzensizleşen çakıltaşı seviyelerinde gözlenebilen faylar (Bakış B'ya). 57

Şekil 4.11. Ballıkaya Tepesi'nin güneyindeki şevlerde yer alan sol yönlü doğrultu atımlı faylar (Bakış KD'ya). 58

Şekil 4.12. (a) Ballıkaya Tepesi batısında yer alan alanda, Ballıkaya çakıltaşında gözlenen oblik faylar (b) aynı alanda yer alan 5-10 cm'lik düşey atıma sahip normal faylar. 59

Şekil 4.13. İYTE Kampüs Yemekhanesi'nin arkasında bulunan şevlerde Ballıkaya çakıltaşlarında gözlenen normal faylar. 60

Şekil 4.14. Ballıkaya Tepesi'nin alt seviyelerindeki normal faylar..... 60

Şekil 4.15. Ballıkaya çakıltaşı içerisindeki sin-sedimanter faylar..... 61

Şekil 4.16. Ballıkaya çakıltaşına ait farklı seviyelerden bir görünüm. 62

Şekil 4.17. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki çakıltaşlarındaki faya ait görüntüler (Sol alttaki fotoğrafta bakış KD'ya, sağ alttaki fotoğrafta bakış D'ya doğrudur)..... 63

Şekil 4.18. Şekil 4.17'de gösterilen faya ait (a) fay düzlemi (b) fay çizikleri (Bakış yaklaşık GB'ya). 64

Şekil 4.19. Çalışma alanında şevlerde çekilen fotoğrafların yerlerini belirten Google Earth görüntüsü üzerindeki kroki. 65

Şekil 4.20. Kazılarda açığa çıkan fay düzlemleri ve düzlemlerdeki fay çizikleri (Alttaki fotoğraflarda bakış yaklaşık GB'ya). 66

Şekil 4.21. Yağcılar formasyonu ve Ballıkaya çakıltaşlarına ait kazı görüntüsü. 67

Şekil 4.22. Kazılar sonrası ortaya çıkan normal faylar (Rektörlük binası karşısındaki alan). 67

Şekil 4.23. Kazılarda açılan fay düzlemleri (Şekil 4.21'deki şevin karşı tarafı). . 68

Şekil 4.24. Kazılar sonucunda fotoğraflanan şevlerden elde edilen model kesit. 68

Şekil 4.25. İYTE kampüsü ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'dan yararlanılmıştır ve A-B kesiti için Şekil 4.26'ya bakınız)..... 69

Şekil 4.26. İYTE çevresine ait jeolojik kesitin üç boyutlu Google Earth görünümü (Kesit yeri için Şekil 4.25'te A-B kesit hattına bakınız)..... 70

Şekil 4.27. İçme Tepe yamaçlarında sarplık oluşturan Söğütköy Fayı'nın arazi görüntüsü. 71

Şekil 4.28. Söğütköy Fayı'nın gözlendiği Tatar Deresi ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'den yararlanılmıştır ve C-D kesiti için Şekil 4.29'a bakınız)..... 72

Şekil 4.29. Kavaklı Deresi boyunca hazırlanan jeolojik kesitin üç boyutlu Google Earth görünümü (Kesitin yeri için Şekil 4.28'de C-D hattına bakınız). 73

Şekil 4.30. Çeşme otobanının güneyinde Söğütköy Fayı'na ait muhtemel fay sarplıkları..... 74

Şekil 4.31. İçme Tepe'nin batısında, Tatar Deresi kıyısındaki kireçtaşlarındaki fay düzlemleri. 75

Şekil 4.32. (a) İçmeler Fayı'nın bulunduğu alanın Google Earth görüntüsü (b) Google Earth görüntüsüne fayların işlenmiş hali. 76

Şekil 4.33. Söğütköy ve İçmeler Fayları'nın kesiştiği yer ile ilgili (a) önceki çalışmalardaki (b) bu çalışmadaki model. 77

Şekil 4.34. (a) Gülbahçe kaynağının dışarıdan görünümü (b) Gülbahçe kaynağının içeriden görünümü (Baba, A. [28]'dan alınmıştır ve bakış GD'ya). 78

Şekil 4.35. (a) Malkaça içmelerinden bir görünüm (b) süreksizlikler boyunca yüzeye çıkan kaynaklara bir örnek (Baba, A. [28]'dan alınmıştır ve bakış K'e). 79

Şekil 4.36. İçmeler ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26] ve Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır)..... 80

Şekil 4.37. İzmir-Çeşme yolunun Göçmen konutları yol ayrımındaki şevlerde yer alan sağ yönlü doğrultu atımlı fay düzlemi ve fay kertikleri (Koordinat: 35S, 474214 D, 4240905 K). 81

Şekil 4.38. İçmeler – Urla arasındaki bölgenin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26] ve Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır). ... 82

Şekil 4.39. Yol yarmalarındaki kireçtaşlarında gözlenen normal faylar. 83

Şekil 4.40. Deformasyona uğramış ve ufalanıp dağılmış olan kireçtaşlarından bir görünüm (Sarı oklar olası fay düzlemlerinin yerlerini belirtmektedir). 83

Şekil 4.41. Ballıkaya Tepesi'ndeki açık senklinalden bir görünüm. 84

Şekil 4.42. Göçmen konutları mevkisindeki kıvrımlardan bir görünüm (Sarı oklar yaklaşık olarak kıvrım eksenlerini göstermektedir. 85

Şekil 4.43. Ballıkaya Tepesi'nde gözlenen makaslama çatlağı çiftlerine örnekler (Bakış D'ya). 85

Şekil 4.44. Gerilme tensör tipi, Gerilme indeksi ve gerilme oranlarının gerilme elipsoidinin asal eksenleri ile birlikte karşılaştırıldığı örnekler. 88

Şekil 4.45. Hacıgebeş Tepesi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 90

Şekil 4.46. Göçmen konutları istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 91

Şekil 4.47. Ballıkaya Deresi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 93

Şekil 4.48. Ballıkaya-1 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 94

Şekil 4.49. Ballıkaya-2 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 95

Şekil 4.50. Ballıkaya-3 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 97

Şekil 4.51. Ballıkaya-3 istasyonu verilerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucunda elde edilen gerilme rejimleri. 98

Şekil 4.52. Ballıkaya-4 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 99

Şekil 4.53. Çıtırlıalan Tepesi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 100

Şekil 4.54. Tatar Deresi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri. 101

Şekil 4.55. Tatar Deresi istasyonuna ait düzlemlerdeki gerilme rejimi sonuçları ve bu düzlemlerin ilişkisi ile ilgili düşünülen modeller. 102

Şekil 4.56. 1 ve 2 no'lu istasyonlardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümlerin Win-Tensor programında elde edilen değerlendirme sonuçları. 103

Şekil 4.57. 3 no'lu istasyon kapsamında değerlendirilen noktalardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümlerin Win-Tensor programında elde edilen değerlendirme sonuçları. 106

Şekil 5.1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin deprem risk haritası (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır). 107

Şekil 5.2. İzmir ve yakın çevresinin diri fay haritası [22] üzerinde 17.10.2005 Sığacık (İzmir) depremlerinin dışmerkez lokasyonları ile son yüzyıldaki büyük depremlerin odak mekanizması çözümlerinin gösterildiği harita (MTA'nın 17 Ekim 2005 Sığacık-İzmir Depremleri Ön Değerlendirme Raporu [23]'ndan alınmıştır). 109

Şekil 5.3. Gülbahçe ve çevresinde 2007-14.05.2013 tarihleri arasında meydana gelen depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından Google Earth programına indirilmiş olan verilerden derlenmiştir). . 110

Şekil 6.1. Kinematik analiz verilerinin toplandığı istasyonları ve istasyonlara ait Win-Tensor programından elde edilmiş gerilme vektörlerini gösteren harita. 119

Şekil 6.2. Çatlak sistemlerinden toplanan verilerin Win-Tensor programında değerlendirilmesi ile ortaya çıkan gerilme vektörleri ve verilerin toplandığı yerleri gösteren harita. 120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Hacıgebeş Tepesi istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 90

Çizelge 4.2. Göçmen Konutları istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 91

Çizelge 4.3. Ballıkaya Deresi istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 92

Çizelge 4.4. Ballıkaya-1 istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 94

Çizelge 4.5. Ballıkaya-2 istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 95

Çizelge 4.6. Ballıkaya-3 istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 96

Çizelge 4.7. Ballıkaya-4 istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 98

Çizelge 4.8. Çıtırlıalan Tepesi istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 99

Çizelge 4.9. Tatar Deresi istasyonuna ait fay düzlemi verileri. 101

Çizelge 4.10. 1 ve 2 no'lu istasyonlardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümler. 104

Çizelge 4.11. 3 no'lu istasyonlardan toplanan eklemler ait ölçümler. 105

Çizelge 5.1. İzmir ve çevresinde tarihsel dönemde meydana gelen depremler. (Emre vd. [22]'ten alınmıştır). 111

Çizelge 5.2. İzmir ve çevresinde aletsel dönemde meydana gelen M>3 olan depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır). 113

Çizelge 5.3. İzmir ve çevresinde 05/05/2008'den sonra meydana gelen M>3 olan depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır). 114

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

σ_1	En Büyük Asal Gerilim
σ_2	Ortanca Asal Gerilim
σ_3	En Küçük Asal Gerilim
Φ, R	Gerilme Oranı

Kısaltmalar

İYTE	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
KAFS	Kuzey Anadolu Fay Sistemi
DAFS	Doğu Anadolu Fay Sistemi
İBTZ	İzmir – Balıkesir Transfer Zonu
K	Kuzey
G	Güney
D	Doğu
B	Batı

1.GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

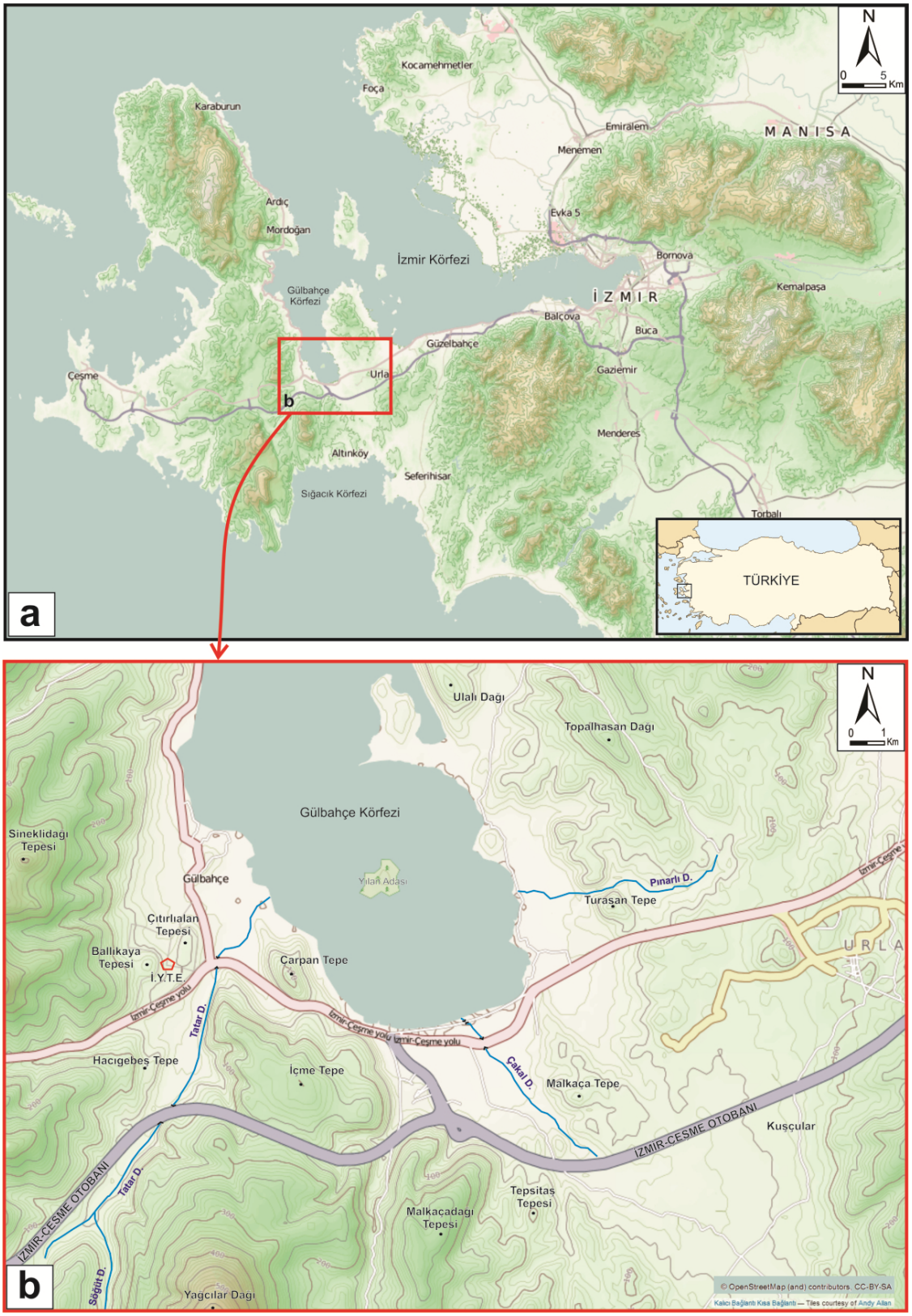
Ege Bölgesi'nin günümüzde ve geçmişte tektonik açıdan çok aktif bir bölge olduğu bilinmektedir. Tez çalışma alanı birinci derece deprem bölgesi olan İzmir ilinin Gülbahçe dolaylarında bulunmaktadır. Bu alan Karaburun – Seferihisar - Gülbahçe faylarının aktif olarak etkilediği bir alan olup buradaki jeotermal faaliyetler ve yakın tarihlerde meydana gelen depremler aktif fayların varlığını destekleyen önemli verilerdir.

Bu çalışmanın amacı, içinde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE)'nün de bulunduğu Gülbahçe ve çevresindeki bölgenin Neojen ve Kuvaterner stratigrafisinin ortaya konması, tektonik yapıların tespit edilmesi, fay düzlem verileri ile birlikte kinematik analizlerin yapılarak bu analizler sonucunda bölgeyi etkileyen tektonik kuvvetlerin bölgedeki rejimlerle ilişkilerinin ortaya konulmasıdır.

1.2. Çalışma Alanının Tanımı

Tez çalışması kapsamında çalışılan alan, Ege Bölgesi'nde, İzmir ili şehir merkezinin yaklaşık 40 km batısında yer almaktadır (Şekil 1.1). Yüz ölçümü bakımından yaklaşık 55 km^2'lik bir alan kaplar. 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan Urla L17-a3, L17-a4 ve L17-b4 paftalarında yer alan çalışma alanı UTM projeksiyonunda (Datum olarak ED50, zone 35N kullanılmıştır), UTM zonu 35S'te, doğuda 467000 ve 480000 koordinatları arasında kuzeyde ise 4237000 ve 4246000 koordinatları arasında yer alır (Şekil 1.2).

Çalışma alanının yakınında Urla ilçesine bağlı Gülbahçe, İçmeler, Torasan, Kuşçular, Yağcılar, Barbaros ve Uzunkuyu yerleşimleri bulunmaktadır. Çalışma alanının batı kısmında Gülbahçe Köyü'nün yakınında İYTE Gülbahçe yerleşkesi bulunmaktadır.



Şekil 1.1. (a) Çalışma alanının yer bulduru haritası (b) çalışma alanındaki morfolojik unsurları gösteren harita (OpenStreetMap ile hazırlanmıştır).



Şekil 1.2. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü (Arcgis 10.1 programındaki uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanmıştır).

Çalışma alanı bölgedeki morfolojiye uygun olarak doğu ve batı olmak üzere iki farklı bölgeye ayrılabilir. Batı kısım İYTE çevresinde yer alan birimler ile ilgili çalışmaları, doğu kısım ise Gülbahçe ve Kuşçular alt havzaları ile bunların arasında kalan alanlardaki çalışmaları kapsamaktadır.

Çalışma alanının batısındaki en önemli yükseltiler Yağcılar Dağı (580 m) ve Malkaca Dağı (272 m)'dır. Ayrıca Hacıgebeş Tepe, Ballıkaya Tepe, Çıtırlıalan Tepe, Çarpan Tepe, İçme Tepe ve Sineklidağ Tepe bölgedeki diğer yükseltilere örnek olarak verilebilir. Çalışma alanının doğusunda ise nispeten daha düşük yükseklikte bir topoğrafya vardır. Bu kısımda Ulalı Dağı, Topalhasan Dağı ile Turasan Tepe yer almaktadır.

Çalışma alanının genelinde önemli bir rejime sahip akarsu bulunmamaktadır. Ancak bölgede jeolojik yapıların kontrolünde gelişmiş mevsimlik dereler mevcuttur. Bu derelere örnek olarak fayların kontrolünde oluşan Tatar Deresi ile Kapıkaya Deresi ve diğer ufak dereler örnek olarak verilebilir. Bunların dışında Gülbahçe havzasındaki Çakal Dere ve daha doğudaki Pınarlı Dere diğer derelerdir.

Bölgedeki ulaşım genellikle iki önemli hat üzerinden gerçekleşmektedir. İlk ulaşım yolu eski Çeşme yolu adı da verilen D-300 numaralı İzmir-Çeşme karayoludur. Bu karayolu İzmir şehir merkezinden gelen ve Narlıdere üzerinden Güzelbahçe, Urla ve Gülbahçe'den geçerek Çeşme'ye kadar uzanan bir karayoludur. İkinci alternatif ise yaklaşık aynı güzergahtan geçen O-32 numaralı ücretli otoban olan İzmir – Çeşme otobanıdır. Otobanın Urla çıkışından çalışma alanının doğusuna ulaşılabilirken, Gülbahçe-Karaburun çıkışından ise tam olarak çalışma alanının ortasına varılabilmektedir. Bunun dışında belediye ve İYTE servisleri ile, ayrıca Üçkuyular'dan kalkan Balıklıova ve Gülbahçe dolmuşlarıyla da ulaşım sağlanabilmektedir.

1.3. Çalışma Yöntemleri

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, büro ve arazi çalışmaları olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Saha çalışması öncesinde literatür araştırması yapılmış, çalışma alanının topografik haritaları, hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri elde edilerek incelenmiş ve bölgedeki yapısal unsurlar ile ayrıntılı çalışılacak alanlar belirlenmiştir. Tezin yazım aşaması ve literatür araştırmaları da büro çalışmaları kapsamında yapılmıştır.

Çalışma alanında 2012 yılı yaz ve sonbahar aylarında yapılan arazi çalışmaları ile mevcut jeolojik haritalar kontrol edilmiş, revize edilmiş ve tabaka, fay ve çatlak düzlemlerine ait ölçümler ile birlikte, kinematik analiz için gerekli veriler toplanmıştır.

Tüm bu veriler Delvaux [1] tarafından geliştirilen Tensor programının Windows işletim sistemindeki uygulaması olan Win-Tensor programıyla incelenmiş, elde edilen sonuçlar Angelier [2] tarafından geliştirilmiş olan programdaki sonuçlar ile karşılaştırılarak ve yorumlanarak bölgeyi etkileyen asal gerilim dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma sırasında ArcGIS 10.1, ENVI, Microsoft Office, Google Earth, Global Mapper, CorelDraw gibi programlar da kullanılmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Karaburun Yarımadası'ndaki jeolojik çalışmalar çok eski yıllara dayanmasına rağmen, ilk jeolojik inceleme Kalafatçıoğlu [3] ile başlar. Kalafatçıoğlu, yarımadanın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak, Devoniyen'den başlayan bir stratigrafi belirlemiştir. Ayrıca Neojen'de volkanizmanın aktif olduğunu ve riyolit, andezit ile bazalt lavlarının yarıklardan çıkıp daha eski formasyonları örttüğünü ve bu esnada volkanizmanın sebep olduğu birçok kırık ve fayın oluştuğunu belirtmiştir.

Akartuna [4], İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgelerinde yaptığı çalışmalarda Kretase Filişi'nin özelliklerini vermiştir. Araştırmacı Kretase Flişi içinde yüzlek veren radyolarit seviyelerinin ve serpantinitlerin, Kretase devri denizi gibi

ultrabazik mağmatik faaliyetler sonucu meydana geldiğini, Kretase tabakalarının kıvrılmasını sağlayan daha sonraki tektonik hareketlerle de son konumlarını aldığını kabul etmektedir.

Öngür [5], Urla-İzmir jeotermal araştırma sahasında yapmış olduğu stratigrafik çalışmalarda bölgedeki birimleri alttan üste; Kocabelen gnays üyesi, Efemçukuru şist üyesi, Gödence kaba fliş üyesi, Kavacık kuvars şist üyesi, Kaya arkoz üyesi olmak üzere beş kaya birimine ayırmıştır. Bunların dışında temelde metagnays ile birlikte migmatitik granodiyoritin gözlendiğini ve filiş içinde değişik düzeylerde bazik denizaltı lavlarının yer aldığını ileri sürmüştür.

Brinkmann [6], Menderes Masifi'nin batısında, filiş türü kayalar, mafik volkanitler ve ofiyolitlerin yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı mostralar şeklinde bulunduğu kuşağa İzmir-Ankara Zonu adı altında tanımlamıştır ve Tetis okyanusunun Geç Kretase sırasında açılmış olan bir kolu olarak yorumlamıştır.

Savaşçın [7], İzmir çevresindeki volkanitler üzerine yapmış olduğu çalışmada, Urla volkanitlerinin Geç Miyosen yaşlı olduğunu ve volkanizmanın alkalin karakterli olduğuna işaret etmiştir. Urla Havzası'na ait neojen istifiyle ilgili çalışmalarda bulunmuş ve Bornova Filiş Zonu ile Neojen istifi arasındaki ilişkileri belirtmiştir.

Ercan [8], Urla-Seferihisar yörelerinde volkanik birimler üzerinde yaptığı çalışmada, alkalin nitelikli, Orta Miyosen yaşlı, hem bazik hem de asidik bir volkanizmanın meydana geldiğini, lavların ise alkali bazaltik, trakitik, alkali riyolitik ve riyolitik türde olduğunu belirtmiştir.

Kaya [9], çalışmasında Ege Bölgesi'nin kendine özgü yapısal stratigrafik özellikler taşıyan bloklardan yapılı olduğunu, Orta Ege kıyı kuşağında Neojen kayalarının başlıca KD ve K gidişli çizgisel yükselti ve çöküntü bloklarının kontrolü altında oluştuğunu, korunduğunu veya silindiğini belirtmiştir. Ayrıca Kuvaterner altyapı verilerinin, Neotektonik, volkanik ve tortullaşma çatıları göz önüne alındığında Orta-Doğu Ege çöküntüsünün özgül rift yapısını desteklediğini ifade etmiştir.

Konuk [10], Karaburun ve çevresinde yaptığı çalışmada önceki çalışmalarda Paleozoyik yaşı verilen grovaklar, çörtler, olistostromal katkılar ve kireçtaşı mercekleri içeren kayalara Triyas yaşını vermiş ve karbonat kayalarından yapılı Triyas istifinden ayrı bir birlik olarak yorumlamıştır. Kırıntılı Pelajik Triyas istifine Karaburun birliği adını vermiş ve ikincil birliğin birinci birlik üzerine nap şeklinde itildiğini ileri sürmüştür.

Filiz [11], çalışma alanında jeotermal amaçlı ilk çalışmayı yapmıştır. Araştırmacı inceleme alanındaki bazı kaynak sularında saptadığı izotopik verilerden yola çıkarak Gülbahçe ılıcasının hazne kaya sıcaklığının yüksek olabileceğini ve kökeninin ise deniz suyu olabileceğine değinmiştir. İçmeler kaynağının ise yağış suyu kökenli olabileceğini belirtmiştir.

Şahinci ve Gümüş [12], Urla-Gülbahçe ılıcası ile Malgaca içmeleri çevresinde yaptıkları hidrojeolojik çalışmalarda hazne kayanın Mesozoyik kireçtaşları, örtü kayanın Neojen tortulları olduğunu ve ılıca suyunun deniz suyu kökenli ve tektonik hatları izleyerek yüzeylediğini belirtmişlerdir.

Tarcan [13], Gülbahçe kaplıcası kaynağından boşalan suyun kökenini deniz suyunun oluşturduğu devirli sistem sınıfına koymuştur. Hazne kayacın İçmeler kireçtaşı birimi olup, yaklaşık 400 m derinlikte bulunduğunu, ısı kaynağını genç volkanik etkinlikerin oluşturduğunu, hazne kaya sıcaklığının 125-150 ºC civarında olduğunu, Söğütköy fayı ile yüzeylendiğini ve % 8-10 oranında tatlı su karışımının olduğunu belirtmiştir.

Erdoğan [14], çalışmasında İzmir çevresinde Menderes Masifi, İzmir-Ankara Kenet Kuşağı ve Karaburun kuşağı olmak üzere üç tektonik kuşak belirlemiştir. Ayrıca, Orta-Geç Miyosen'de başlayıp günümüzde kadar devam eden ve grabenleri oluşturan D-B uzanımlı neotektonik yapıların, bu tektonik kuşakları kesmiş ve parçalamış olduğuna değinmiştir. Çöküntü alanlarını dolduran Neojen ve Kuvaterner birimlerinin, bir çok yerde bu sınırları örterek gizlediğini ve özellikle Karaburun kuşağı ile İzmir-Ankara zonu arasındaki ilişkiyi, bazı alanlar dışında, genç tortullarının örttüğünü ifade etmiştir.

Erdoğan vd. [15], İzmir-Ankara zonunu batısında Karaburun yarımadasında yer alan, kalın bir Mesozoyik istif içeren tektonik bir kuşağın varlığını belirtmişlerdir. Karaburun kuşağının her tarafından Bornova Karmaşığı adı verilen bloklu bir birim tarafından çevrelendiğini ve Karaburun platformunun İzmir-Ankara zonu içerisine bu zonun açılımı sırasında tektonik bindirmelerle ilerlediğini öne sürmüşlerdir.

Filiz ve Tarcan [16], Gülbahçe Körfezi'nin güneyinde kalan alanın jeolojik, hidrojeolojik, jeokimyasal ve izotopsal incelemesini yapmıştır.

Kozur [17], Karaburun Yarımadası'nda yaptığı çalışma ile farklı tipteki Paleozoyik yaştaki kayaçlar üzerinde çalışmış ve Karaburun ve çevresi için Paleozoyik istifleri tanımlamıştır. Conodont, radyolarit ve diğer bazı faunalar tanımlanmış ve bunlarla birlikte yaş tespitleri yapılmıştır.

Türkecan vd. [18], çalışma alanının da içinde yer aldığı Karaburun yarımadasının, Erken Miyosen ve Orta Miyosen dönemlerinde, bazaltik andezitten riyodasite kadar değişen bileşimde ve yüksek potasyumlu kalkalkalen karakterli bir volkanizmanın etkinliği altında kaldığını belirtmişlerdir.

Çetiner vd. [19], İzmir ve çevresindeki bilinmeyen yeni jeotermal kaynakların tespit edilmesi, bilinen kaynaklarında geliştirilebilmesine yönelik yeni önerilerin ve gerekçelerin ortaya konması amacıyla Gülbahçe ve Güzelbahçe çevresinde jeotermal prospeksiyon ile birlikte detaylı jeolojik çalışmalar yapmışlardır.

Özel ve Günay [20], çalışmalarında, İzmir Körfezi içinde yer alan Gülbahçe Körfezi'nin neotektonik özelliklerini jeofizik yöntemler ile incelenmiş ve Doğu Ege yapısal sistemleri ile benzerlik ve farklılığı araştırmıştır. Bu amaç doğrultusunda Gülbahçe Körfezi'nde saptanan profiller üzerinde yansıma sismiği çalışmaları yapılarak bölgedeki mevcut sismoloji ve gravite verileri ile deneştirilmeye çalışılmıştır.

Çiçekli ve Pekatan [21], jeotermal enerji aramaya yönelik gradyan kuyuları açılması amacıyla İYTE ve çevresini incelemiştir. Sahada jeolojik çalışmalar sonucu belirlenen noktalarda kuyular açılmıştır.

Emre vd. [22], İzmir çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bölgede 13 tane diri fay olduğunu ve bu fayların D-B, KD-GB, K-G ve KB-GD uzanımlı olduklarından bahsetmiş ve fayları detaylı olarak tanımlamışlardır.

Emre vd. [23], 17 Ekim 2005 Sığacık-İzmir Depremleri ile ilgili ön değerlendirmeleri içeren MTA raporu hazırlamışlardır. Bu depremlerin bölgede yer alan Gülbahçe Fay Zonu'ndan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Çakmakoğlu ve Bilgin [24], çalışmalarında, Karaburun Yarımadası'nda, kendi içinde oldukça düzenli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı göreli bir otokton istif ile allokton konumlu çeşitli tektono-stratigrafik birimlerin bulunduğunu ifade etmişler ve buna göre açıklamışlardır. Bütün bu birimlerin, Neojen Kuvaterner yaştaki çeşitli kaya birimleri tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Sümer [25], Yüksek Lisans çalışması kapsamında, Güzelbahçe (İzmir) çevresinin alüvyonal sedimantolojisi ve aktif tektoniği ile ilgili bir çalışma yapmıştır.

Sözbilir vd. [26], Gülbahçe ve güneyindeki Demircili yerleşimlerinde, 17-20 Ekim 2005 tarihinde meydana gelen Sığacık Körfezi depremlerinin etkilerini araştırmış, depremlerin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisini değerlendirmiştir.

Uzel vd. [27], İzmir Körfezi çevresinde İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) ve Geç Senozoyik serilerindeki deformasyonu belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmaya göre İzmir Körfezi ve çevresinde üç farklı deformasyon evresi tespit etmiştir ve bulguları ile birlikte İBTZ'nuna ait veriler sunulmuştur.

Baba [28], İYTE Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından yürütülen projede, Gülbahçe jeotermal kaynağının geliştirilmesine yönelik jeofizik ve jeotermal çalışmalar gerçekleştirmiştir.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ

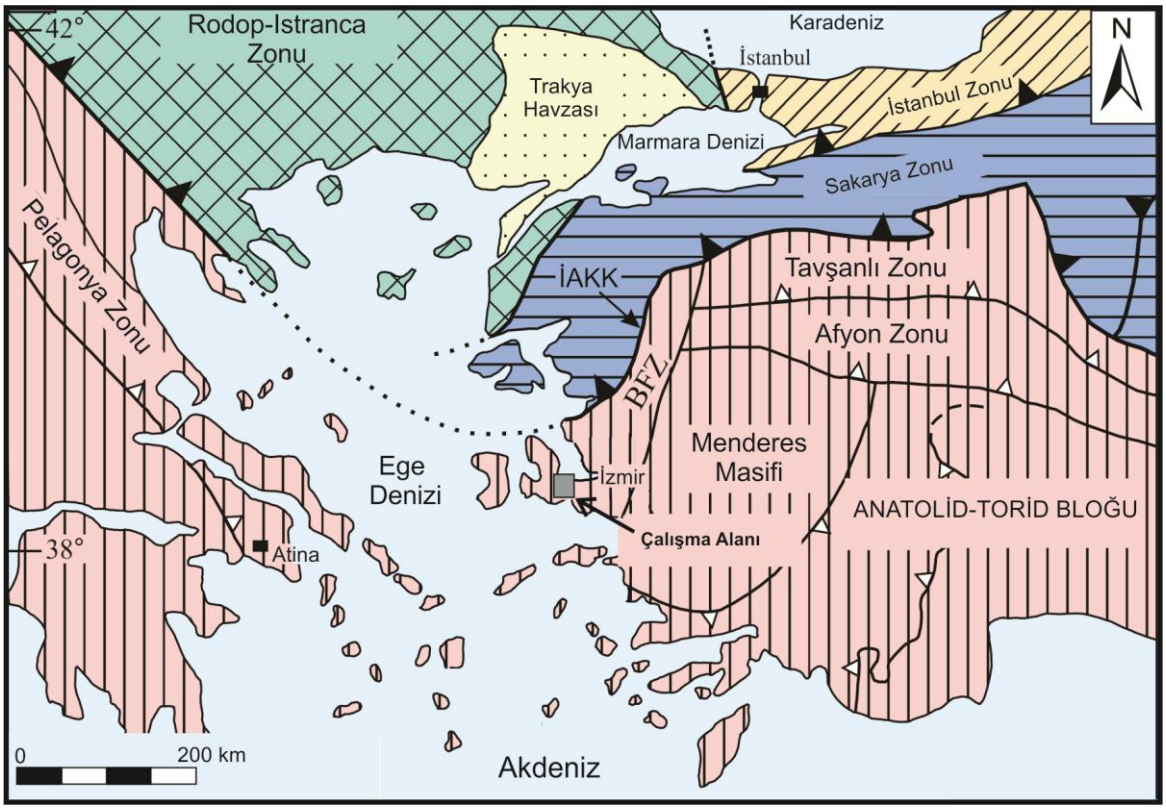
2.1. Bölgesel Tektonik

Geç Kretase - Erken Eosen dönemi, Anadolu için tektonik olarak aktif bir dönemdir. Ofiyolitlerin yerleşmesi, dalma-batma olayları ve yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizması ile Alpin orojenezinin ilk evreleri Tetis bölgesinde Geç Kretase sırasında gerçekleşmiştir. Afrika'nın Avrupa'ya göre farklı hareketine bağlı gelişen tektonik olaylar, Geç Kretase döneminde K-G yönlü yaklaşmalar ve atımlar ile tanımlanır ve bu orojenik olayların, Anadolu'nun batısında nispeten sınırlı bir alanda gerçekleştiği belirtilmektedir [29].

Kuzeybatı Anadolu'da Mesozoyik sırasında Pontidler ve İzmir-Ankara Okyanusu tarafından ayrılan üç önemli tektonik birim vardır [30, 29]. Kuzeyde yer alan Istranca ve İstanbul bölgeleri Avrasya'nın güney kenarının bir parçası olarak kabul edilebilir. Sakarya Bölgesi ise, Intra-Pontid ve İzmir-Ankara Neotetis okyanusu arasında bağımsız bir kıta parçası olarak bulunmuştur. Istranca, İstanbul ve Sakarya zonları ise birlikte Pontidleri oluşturur (Şekil 2.1).

Anatolid-Torid Bloğu Sakarya Zonu'ndan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, Gondvana'dan ise Pamphylian/Assyrian/Zagros Kenet Kuşağı ile ayrılır. Anatolid-Torid bloğu Mesozoyik zamanında büyük bir karbonat platformunun yer aldığı bir alandır. Geç Kretase-Erken Eosen döneminde yitim ve çarpışma olayları sırasında bu bölge alt plakayı oluşturmuş ve bu nedenle şiddetli deformasyona ve kısmen metamorfizmaya uğramıştır. Bu olay Anatolid-Torid bloğunun metamorfizma ve yapısal özellikler bakımından alt birimlere ayrılmasına yol açmaktadır [31].

Sonuç olarak dört ana tektonik olay Geç Kretase – Erken Eosen döneminde Anadolu'nun batısını etkisi altına almıştır. Bunlar; yitim, ofiyolitlerin yerleşmesi, yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizması ve kıta-kıta çarpışmasıdır.



Şekil 2.1. Batı Anadolu ve Doğu Yunanistan'ın kıtasal bloklarını ve temel tektonik yapılarını gösteren tektonik harita. BFZ—Bornova Filiş Zonu'nu, İAKK- İzmir-Ankara Kenet Kuşağı'nı ve içi dolu üçgenlerle gösterilen sınırlar eski tektonik zonları, içi boş üçgenlerle gösterilen sınırlar ise aktif tektonik zonları göstermektedir (Görür ve Tüysüz [32] ve Sarı [33]'den değiştirilerek alınmıştır).

Bu olayların dışında Paleojen-Neojen zamanında başka bir unsur Batı Anadolu'nun tektonik evrimini yönlendirmeye başlamıştır. Geç Oligosen-Erken Miyosen'den beri Anadolu Plakası'nın güney sınırı boyunca (Hellen Yayı) Afrika Plakası'ının kuzey yönde dalması ve sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) uyguladığı kuvvetler ile Batı Anadolu yaklaşık K-G yönlü genişlemeye maruz kalmıştır. Ayrıca Anadolu'nun batısı dolaylı olarak kuzey yönde hareketi bilinen Arap Plaka'sının Avrasya'ya göre farklı hareketi sebebiyle bu bölgede kabukta yitim, bölgesel yükselim ve kıtasal kalınlaşma süreçleri ile etki altında olmuştur [34].

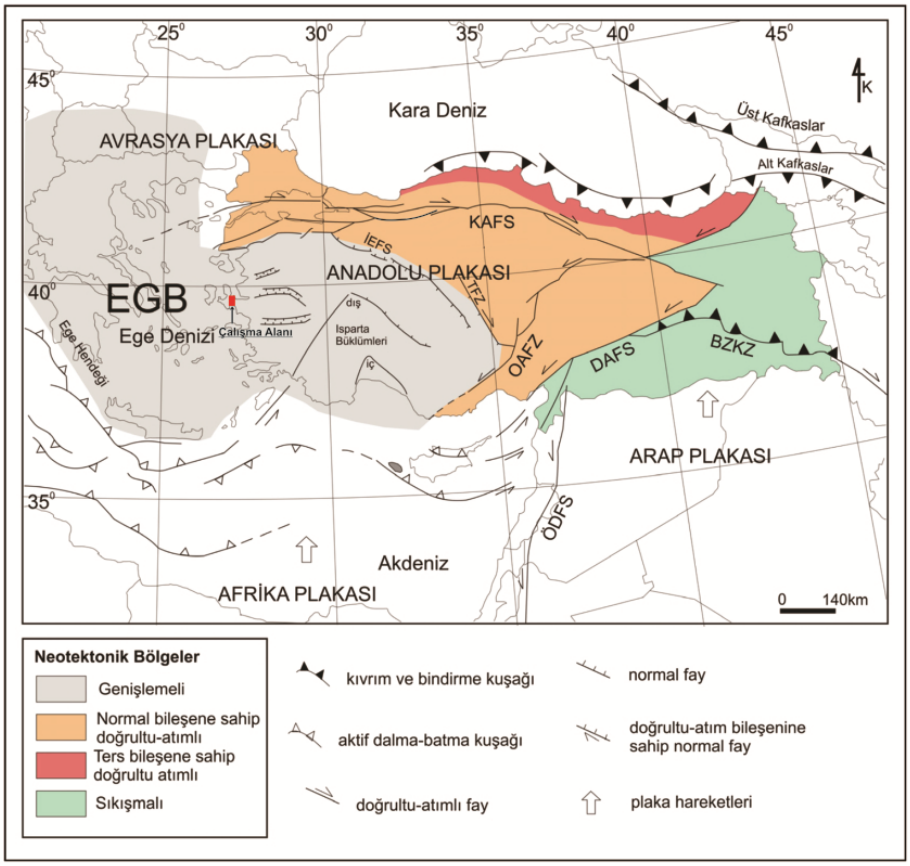
Önceki çalışmalarda [34, 35, 36, 37, 38] Anadolu'nun aktif deformasyonunda günümüzde 3 önemli unsurun etkili olduğunu belirtilmiştir;

1) Kıbrıs - Ege dalma batma zonu,
2) Güneyde yaklaşan ve kuzeydeki Anadolu Plakası'nın altına dalan Afrika Plakası'nın kuzey sınırı,
3) Sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), sağ yönlü doğrultu atımlı KAFS ve sol yönlü Ölüdeniz Fay Sistemi.

Anadolu levhasında kesişen KAFS ve DAFS, Anadolu'nun büyük bir kısmının kama şeklinde aralarında kalmasına neden olmuş ve doğuda Avrasya ve Arap Plakaları'nın hareketlerinden ötürü batıya doğru, saat yönünün tersinde bir harekete zorlanmıştır. KAFS ve DAFS boyunca devam eden deformasyon ve Anadolu'nun batıya doğru kaçışı Anadolu'da büyük deformasyonlara neden olmuştur. Bunun sonucunda günümüzde Anadolu birbirinden farklı dört neotektonik bölgeye ayrılmıştır. Bu dört bölgenin hepsi benzersiz yapısal unsurlar ve bunlarla ilişkili havzalarla karakterize edilir [34, 39].

- Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi,
- Kuzey Anadolu,
- Orta Anadolu (Ova),
- Batı Anadolu Genişleme Bölgesi.

Tez çalışma alanı bahsedilen "Batı Anadolu Genişlemeli Tektonik Bölgesi'nin içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.2). "Batı Anadolu Genişlemeli Tektonik Bölgesi" Yunanistan, Makedonya, Bulgaristan ve Arnavutluk bölgelerini kapsayan geniş bir alana sahip, "Ege Genişlemeli Tektonik Sistemi"nin doğu kısmını oluşturur. Batı Anadolu Genişlemeli Tektonik Bölgesi'nin tektonik evrimi Anadolu Plakası'nın tektonik evrimine bağlı olarak şekillenmiştir [35].



Şekil 2.2. Anadolu bloğu ve çevresinin neotektonik özelliklerini gösteren harita. KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, DAFS: Doğu Anadolu Fay Sistemi, ÖDFS: Ölüdeniz Fay Sistemi, OAFZ: Orta Anadolu Fay Zonu, TFZ: Tuzgölü Fay Zonu, İEFZ: İnönü-Eskişehir Fay Sistemi, BZKZ: Bitlis–Zagros Kenet Zonu, EGB: Ege Genişleme Bölgesi, Koçyiğit ve Özacar [40], Woolside vd. [41], Zitter vd [42], Çiftçi [43], Kutluay [44]'dan değiştirilerek alınmıştır).

2.1.1. Batı Anadolu'nun Tektonik Birlikleri ve Genişlemeli Tektonik Rejim

Batı Anadolu'daki tektonik evrim hakkında literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar sonucunda Batı Anadolu'daki neotektonik unsurlar ve Anadolu ile Batı Anadolu'nun tektonik ilişkisini ortaya koyan modeller ve yorumlar ortaya çıkmıştır. Bu bölüm Bozkurt ve Mittwede [35] tarafından gerçekleştirilen kapsamlı çalışmadan özetlenmiş olup, bu bölümde Batı Anadolu'daki önceki çalışmalar sonucunda ortaya konan Batı Anadolu'nun yapısal unsurları ve şuanda tartışmalı olan konulardan bahsedilecektir.

Yaklaşık Doğu-Batı uzanımlı grabenler (Edremit Körfezi, Simav, Bakırçay, Gediz, K. ve B. Menderes, Gökova Körfezi), kuzeydoğu uzanımlı havzalar (Gördes, Demirci, Selendi, Uşak-Güre, Kavacık) ve arada kalan horstlar Batı Anadolu'nun en önemli yapılarıdır. Grabenlerin arasında, akarsularıyla birlikte Gediz ve B. Menderes grabenleri Menderes Masifi'ni kesip parçalara ayırır ve günümüzde Menderes Masifi; kuzey, merkezi ve güney olmak üzere üç alt masif olarak sınıflandırılır.

Batı Anadolu'da yapılan çalışmalar temel olarak masif oluşumları, bu oluşumlarla bağlantılı havza evrimleri ve daha sonra gerçekleşen graben oluşumlarının ilişkilerini anlamaya yönelik çalışmalardır. Bu sebeple çoğu çalışma Menderes Masifi'nin yükselimi ve graben sistemlerini sınırlandıran yüksek açılı normal faylarla ilgilidir.

Günümüz literatürü Batı Anadolu'daki kabuk genişlemesini iki farklı yapısal türle açıklar [35], bunlar;

- Metamorfik çekirdek komplekslerinin hızla yüzeye çıkması,

- Kabuktaki geç gerilme ve bunun sonucunda Plio-Kuvaterner yaşlı yüksek açılı normal faylar ile birlikte gözlenen güncel graben oluşumlarıdır.

Bölgedeki genişleme hakkında benimsenen iki farklı yapı türü olmasına rağmen üç önemli konu bilimadamları arasındaki tartışmanın temelini oluşturmaktadır. Bunlar;

Menderes çekirdek kompleksine ait günümüz düşük açılı fayların kökeni:

Günümüzde bazı bilimadamları daha yüksek açıları tartışırken (48-53º), bazıları sıyrılma faylarının orjinal olarak düşük açılı (~30º) yapıda olduğunu iddia etmektedir. Literatür ise Buck'ın "Rolling Hinge" modelini benimsemiştir. Bu model Gediz Grabeninin güney sınırını oluşturan sıyrılma fayı ve Menderes Masifi'nin kuzey sınırını oluşturan yapı için geçerliliğini korumaktadır.

-İki farklı yapısal genişleme türü arasındaki deformasyonun devamlılığı:

Bazı araştırmacılar bu iki farklı türün tek bir devamlı genişlemeli tektonik rejimin aşamaları olduğunu ve zaman aralığı olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen'den günümüze kadar geldiğini söylerken diğer araştırmacılar aralarında az bir zaman aralığı bulunan iki farklı rejimden bahsetmektedir.

-Bahsedilen zaman aralığında hangi olayların gerçekleştiği konusu :

Koçyiğit ve diğerleri [45]; genişlemeyle eş zamanlı Miyosen sedimanlarının deformasyonunu, Gediz Grabeni'ndeki normal faylara benzer şekilde D-B eksenine paralel kıvrımlarla birlikte incelendiğinde, araya K-G yönlü bir sıkışma olayının gireceğini belirtmiştir. Bir süre sonra bazı yazarlar bu fay ve kıvrımların başlangıçta genişlemeli kökenli olduğunu [46] ve açık şekilde fay-rampa geometrisi özelliği taşıdığını ortaya atmışlardır [47, 48].

Diğer bir taraftan Bozkurt [49]; Seyitoğlu vd. tarafından genişlemeli köken ile ilgili kanıtı da tartışmaya açmıştır. Bu tartışmaları takriben Bozkurt iki genişlemeli sistem arasındaki kısa süreçte doğal süreçlerin tamamlanamadığını ve bu zaman periyodunun tektonik bir durgunluk veya K-G yönlü kıtasal sıkışma rejimine ait bir dönem olabileceğini belirtmiştir.

2.1.2. Genişlemeli Rejimin Kökeni ve Başlangıcı ile İlgili Modeller

Ege genişlemeli tektonik sistemi içerisindeki bölgeler için yapılan yapısal modeller ile tektonik evrimi açıklamaya çalışan birçok farklı çalışma mevcuttur. Seyitoğlu ve Scott [50], Bozkurt ve Mittwede [35] tarafından yapılan çalışmalarda bu modeller detaylı olarak açıklanmış olup, modeller arasındaki ortak ve farklı yönlerden bahsedilmiştir. Bu bölümde bu iki makaleden yararlanılarak günümüze kadar geçerlilik gören bu tektonik modellerden kısaca bahsedilecektir.

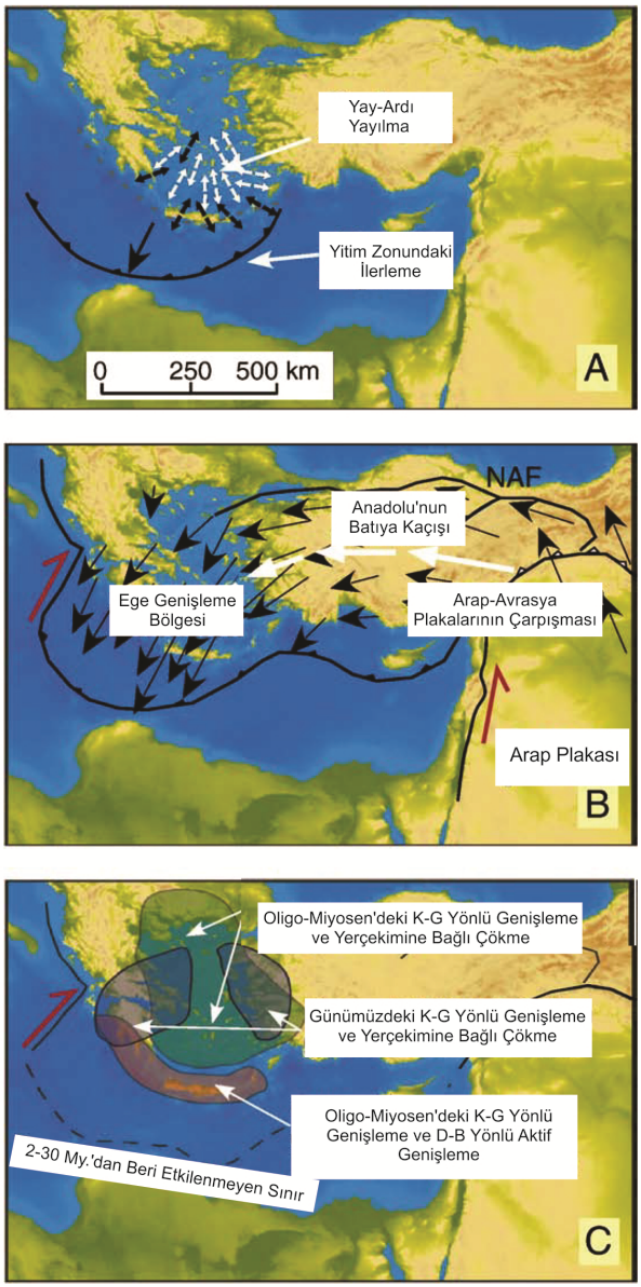
2.1.2.1. Yay-ardı Yayılma Modeli

Bu modele göre Batı Anadolu ve Ege'deki kıtasal kabuktaki genişleme; Kıbrıs-Ege dalma-batma zonunun (Hellen Yayı), Afrika Plakası Anadolu Plakası altına dalarken üst kısımda güney-batıya doğru ters şekilde yönlenmesi ve hareket etmesinin bölgede yay-ardı yayılmaya ve genişlemeye sebep olması şeklinde açıklanır (Şekil 2.3). Ancak hala dalma-batma süreci ve güneybatı yönde göçün ve yayılmanın başlangıç zamanı ile ilgili bir fikir birliği yoktur ve iddia edilen zaman 60-5 milyon yıl aralığında değişiklik göstermektedir [50, 51, 52, 53, 54].

Sonuç olarak bütün çalışmalar yay-ardı yayılmanın Ege Bölgesi'nde Geç Miyosen'deki genişlemenin başlangıcına sebep olabileceğini göstermiştir. Bu iddialara göre bu zaman aralığı D-B yönlü graben oluşumlarının yaşı olan Erken Miyosen'den daha gençtir ve Batı Anadolu'daki K-G yönlü genişlemeli tektoniğin başlangıcını açıklamak için yetersizdir [55, 56, 57]. Kazdağ Masifi'nden [58] ve Ege'den [59, 60] elde edilen jeolojik veriler yay-ardı yayılma ile ilgili aydınlatıcı rol oynamaktadır.

2.1.2.2. Tektonik Kaçış Modeli

Batı Anadolu'da Tortoniyen öncesi (>10 my) kuzey doğrultulu Erken Miyosen (~20 my) havzaları İzmir-Ankara Kenet Kuşağı boyunca uzanan Neotetis'in bir kısmının kapanmasından kaynaklanan Paleojen – Erken Neojen K-G doğrultulu kabuktaki incelme ile ilişkili olarak gelişmelerini sürdürmüştür. Bu incelme olayının Erken Miyosen sedimanlarının biriktiği kuzey-güney uzanımlı Tibet tipi grabenlerde sıkışma rejimi oluşturduğuna inanılmaktadır [34]. Tortoniyen (~ 10 my) ve daha genç yaşlı havzalarda, özellikle D-B uzanımlı Alaşehir ve Büyük Menderes grabenlerinde, Anadolu Plakası'nın tektonik kaçışına bağlı K-G yönlü genişlemeli rejimden bahsedilmektedir. Bu plaka, Arap ve Avrasya plakalarının Güneydoğu Anadolu'da Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışmasının bir sonucu olarak KAFS ve DAFS boyunca Langiyen – Serravaliyen zamanları sırasında batı yönde harekete zorlanmıştır [29, 34, 61, 62].



Şekil 2.3. Ege Bölgesi'ndeki genişlemeyi açıklamak için önerilen üç model için hazırlanmış model harita (Agostini vd. [63]'den değiştirilerek alınmıştır):(A) Yay-ardı yayılma modeli için hazırlanmış şekil; Siyah oklar karasal alandaki, beyaz oklar ise deniz tabanındaki genişlemeli alanları göstermektedir (B) Anadolu'nun batıya kaçışını gösteren model. Siyah oklar sabit hızdaki Avrasya'ya göre Anadolu'nun GPS hız vektörleridir. Bu modelde hareket kaynağı Arabistan Plakası'dır ve beyaz oklar Anadolu'nun sahip olduğu hızdaki değişim miktarını belirtmektedir (C) Kıtasal kabuktaki aşırı kalınlaşmaya bağlı gelişen yerçekimi kökenli çökme ile ilgili model.

Tektonik kaçış modeli'nin temeli Benda [64, 65, 66, 67]'nın çalışmalarının baz alındığı Becker-Platen [68] tarafından D-B uzanımlı Büyük Menderes grabenindeki kayaçlarda yapılan palinolojik yaş belirleme analizlerine dayanmaktadır. Bu analizlerde Tortoniyen yaşı belirlenmiş ve Batı Anadolu'da K-G yönlü genişlemeli tektonizmanın yaşı olarak kullanılmıştır [29, 34]. Ancak bazı çalışmalara göre, izotoplarca desteklenen değişiklikler ile Tortoniyen yaşı Batı Anadolu'daki genişlemenin başlangıcı olarak değerlendirilmemelidir [56].

Gördes ve Alaşehir havzalarında yapılan çalışmalara göre Batı Anadolu'da Oligosen sonu-Erken Miyosen'de daha önceki bir sıkışma rejimi yerini K-G yönlü bir genişlemeli tektonik rejime bırakmıştır [55, 56, 57]. Bu veriler K-G yönlü genişlemeli tektonizmanın, sonraki aşamalarında tetiklenen bir olay olan Langiyen – Serravaliyen (Orta Miyosen: ~ 15 my) dönemindeki Avrasya- Arabistan çarpışmasını içeren bu modelle uyuşmadığını göstermektedir.

Sonuç olarak bu model Batı Anadolu'da Serravaliyen'in sonlarına (~12 my) doğru başlayan ve KAFS ve DAFS boyunca batıya hareket ile sonuçlanan hareketi tanımlamaktadır (Bkz. Şekil 2.3). Temel olarak KAFS'nin harekete başladığı zamanı başlangıç kabul eden ve bu yaşla (son araştırmalara göre Pliyosen) birlikte sürekli revize edilen bir modeldir.

2.1.2.3. Orojenik Çökme Modeli

Ege Bölgesi'nde orojenik çökmeden bahsedilmesine rağmen, orojenik çökme ve geriye hareketin (roll-back) başlaması eş zamanlı olmuş ve eski rejimle yeni rejim Orta Miyosen'e (~15 my) kadar birbirlerini dengeleyerek devam etmiştir [69]. Bu yorum genişlemenin başlangıcı (Geç Oligosen-Erken Miyosen: ~24-20 my) ve geriye hareketin başlamasıyla (Orta Geç Miyosen ve Erken Geç Miyosen: 12-11 my) zaman olarak tutarsızlık yarattığından olası bir model olarak belirtilememiştir.

Şengör vd. [34] Batı Anadolu'daki kıtasal kabukta Paleojen sıkışması ile birlikte yaklaşık 50-55 km'ye varan bir kalınlaşma olduğundan bahsetmiştir. Halihazırda Makris [70], Makris ve Stobbe [71] ile Mindevalli ve Mitchell [72], Batı Anadolu için

kıyı kesimlerde daha ince (34 km), iç kesimlerde ise daha kalın (44 km) olmak üzere ortalama 40 km civarında bir kabuk kalınlığını belirtmiştir. Kalınlaşmış Erken Miyosen kıtasal kabuğu yerçekimi karşısında duraylılığını koruyamayacak ve kendi ağırlığı ile yayılıp çökme eğiliminde olacaktır. Paleojen sıkışması sonrası bu olayın gerçekleşmesi o zamanki litosferin termal profiline bağlı olarak meydana gelecektir [69, 73, 74]. Eğer termal profil yeterince sıcak ise litosferin dayanımı çökmeye karşı koymak için az olacak ve sıkışmanın bitmesi ile genişleme başlayacaktır [75, 76, 77].

Seyitoğlu ve Scott [56, 57] Batı Anadolu'da Geç Oligosen-Erken Miyosen'deki genişlemeli tektonizmayı Paleojen sıkışması sonrasındaki kabuktaki yayılma ve kalınlaşmaya bağlamaktadır. Bu genişlemenin, sıkışmanın kesilmesinden hemen sonra, litosferdeki yüksek termal profil sebebiyle gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

2.1.2.4. Aralıklı – İki Evreli Graben Modeli

Bu modele göre bahsedilen diğer modellerin hiçbiri tek başına genişlemeli rejimin yaşı ve kökeni ile farklı aşamalarını açıklayacak kadar yeterli değildir ve genişleme olayı iki farklı zamandaki iki farklı yapısal türde gerçekleşmiştir.

Genişlemeli rejim; birbirinden Geç Serravaliyen-Erken Pliyosen zamanlarındaki K-G kabuksal yitim dönemi ile ayrılan, çekirdek kompleksi oluşumunun Erken-Orta Miyosen fazı ile birbirini izleyecek şekilde gelişen Pliyo-Kuvaterner normal faylanması ve graben oluşumları ile karakterize edilir. İki ayrı evre ise orojenik çökme ve Anadolu'nun batıya kaçışı olarak atfedilir [49].

2.1.2.5. Plakalardaki Hız Farkından Kaynaklanan Model

Yakın zamanda, bu modelle birlikte Ege Bölgesi'ndeki ve Batı Anadolu'daki genişlemeli rejimin, Afrika Plakası'nın taban bloğu oluşturan Anadolu Plakası ile arasındaki farklı hızdaki hareketinden kaynaklandığı yorumu yapılmıştır. Bu modelde Yunanistan'ın Anadolu Plakasına göre GB'ya doğru göreceli hareketi de genişleme rejimiyle ilişkilendirilmiştir. Buna ek olarak Batı Anadolu'nun

genişlemesine kıtasal kabuktaki devamlı olarak süren ve kabuğun kendi gravitasyonel potansiyel enerjisinden kaynaklanan mekanizmaların varlığından da bahsedilmiştir [63].

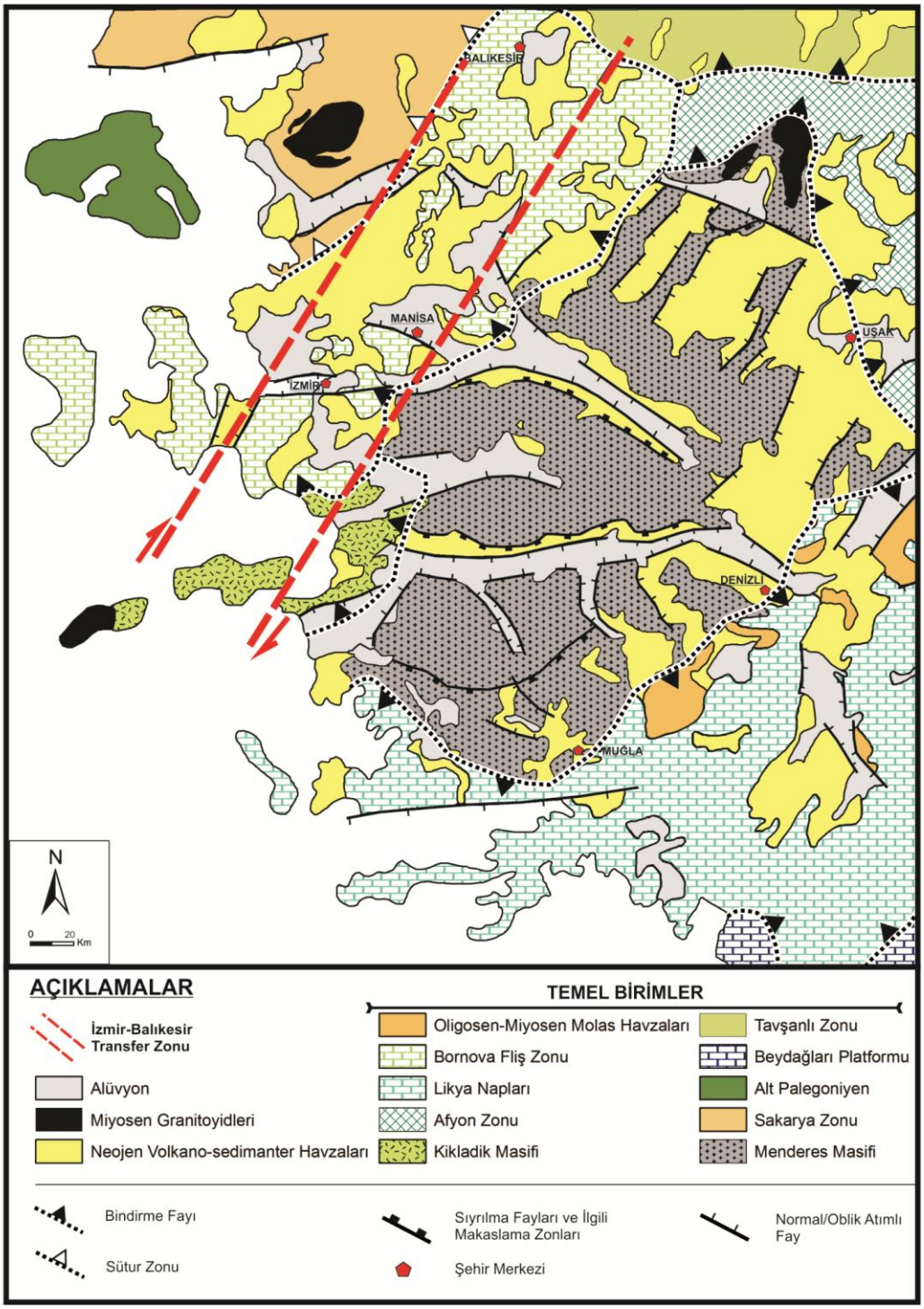
2.1.2.6. İzmir-Balıkesir Transfer Zonu

Ege Bölgesi'nde İzmir ve çevresi tarihsel dönemde birçok yıkıcı depremle karşı karşıya gelmiştir. Bu dönemdeki depremler ile aletsel dönemde meydana gelen depremlerin büyük bir kısmının D-B uzanımdaki Ege grabenleri ve çevresinde bunları sınırlayan normal faylardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ancak bölgede son yıllarda yapılan çalışmalar ve 1992-Doğanbey, 2003-Urla ve 2005-Sığacık Körfezi depremlerine ait odak mekanizması çözümleri, normal faylardan ziyade depremlerin doğrultu atımlı fayların kontrolünde gerçekleştiğini göstermiştir [78, 79, 80, 81, 82].

Bu değişim, Sözbilir ve diğerleri [83] tarafından İzmir ile Balıkesir arasında var olduğu belirtilen kabuksal ölçekte bir transfer zonunun varlığı ile açıklanmıştır (Şekil 2.4). Daha sonra bir çok çalışma ile bu zonun varlığı kanıtlanmaya çalışılmıştır [22, 26, 27, 84, 85, 86].

İBTZ doğu ve batıdan sınırlandırılmış bir zondur. Doğudaki sınırı, Seferihisar ve Kuşadası körfezlerinin güneyinden başlar, Torbalı, Kemalpaşa, Akhisar ve Bigadiç boyunca uzanır. Batıdan ise Urla havzası sınırlıdır ve Manisa ve Balıkesir yerleşimleri, Nif Dağı, Spil Dağı ve Seferihisar yükseltisi bu zon içerisine yer alır [87].

Bu zon Pliyosen sonunda İzmir körfezi ve Gediz grabeninin batı ucunda gelişen D-B doğrultulu faylarla parçalanmaya başlamış, fakat Pliyo-Kuvaterner sonunda yeniden etkin hale geçerek Kuvaterner çökellerini kesmiş ve günümüzde de deprem üretecek doğrultu atımlı fayların gelişmesine neden olmuştur. İBTZ'nun Miyosen ve öncesi etkinliği ve Miyosen sonrası ile günümüze kadar geçen süredeki etkinliği ile ilgili veriler birçok makalede sunulmuştur [9, 26, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90].



Şekil 2.4. Batı Anadolu'daki fay sistemlerini, temel birimleri ve İBTZ'nu gösteren basitleştirilmiş harita (Sözbilir vd. [85]'den alınmıştır)

3. STRATİGRAFİ

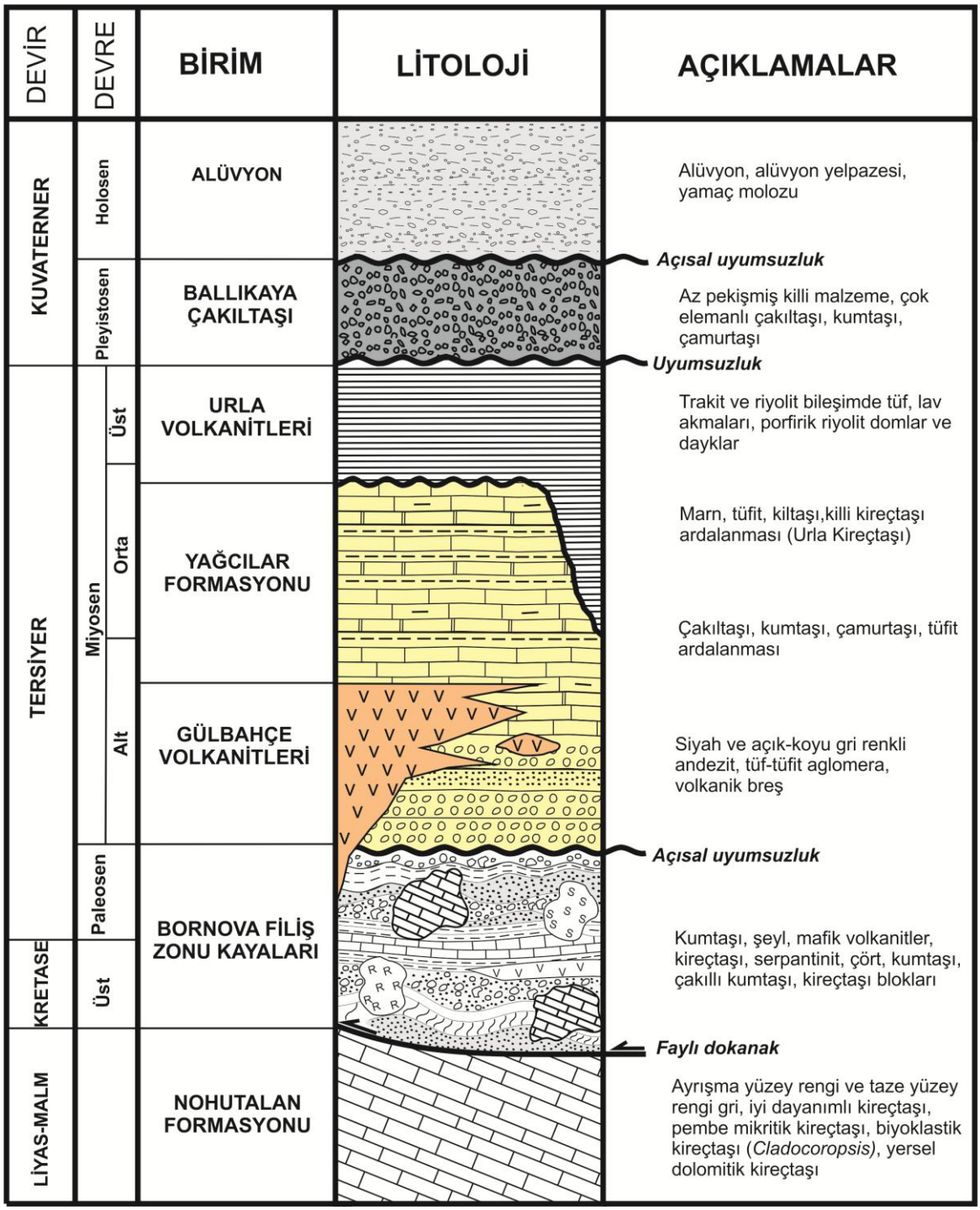
Bu bölümde inceleme alanı içinde yer alan kaya birimlerinin litolojik özellikleri, dokanak ilişkileri ve çalışma alanı içerisindeki konumlarından bahsedilecektir. Çalışma alanındaki kaya birimleri "Temel Kayaçlar" ve "Örtü Kayaçlar" olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

Çalışma kapsamında adı geçen temel kayaçlarla ilgili bilgiler için Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'den yararlanılmıştır ve formasyon adlandırmaları ile birimlerin yaşları, bu çalışmadaki veriler kullanılarak belirlenmiştir. Miyosen ve sonrası istif yani örtü kayaçlarda formasyon adlandırmaları ve yaş yorumları için ise Filiz ve Tarcan [16]'ın çalışmasından yararlanılmıştır. Ayrıca tez alanının stratigrafik istifi (Şekil 3.1) ve haritası (Şekil 3.2) hazırlanırken bu iki çalışma baz alınmıştır.

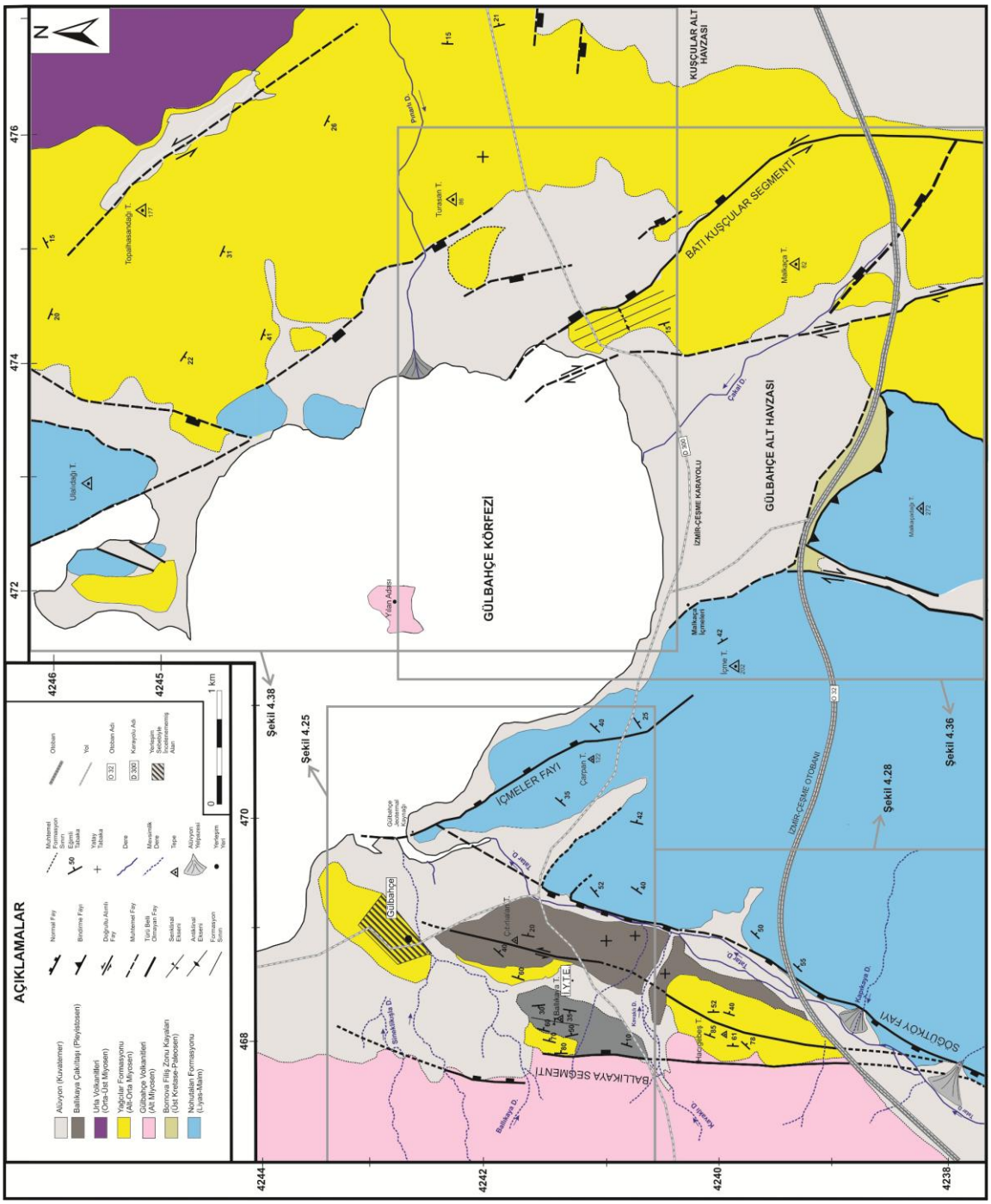
3.1. Temel Kayaçlar

3.1.1. Nohutalan Formasyonu

Çalışma alanında İçme Tepe ve Çarpan Tepe civarında yüzeyleyen bu birim ilk olarak Brinkmann vd. [6] tarafından "Cladocoropsis kireçtaşı" adıyla tanımlanmıştır. Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve Cladocoropsis'li kireçtaşından oluşan birim, Erdoğan [15] tarafından Kretase yaşlı "Aktepe birimi" [6, 91] ile birlikte değerlendirilmiştir. Işıntek vd. [92], Işintek ve Altıner [93] birimi Resiyen-Orta Liyas yaşlı "Nohutalan Formasyonu", "Kimmericiyen kireçtaşları" ve "Aktepe Formasyonu" olarak ayrı ayrı değerlendirmiş, Işintek ve Altıner [94]'de ise Nohutalan Formasyonu adı altında tanımlamıştır. Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Resiyen yaşlı kireçtaşlarını Güvercinlik Formasyonu adı altında incelemiş, Malm-Liyas arasında fasiyesinde bir değişim görülmemesi sebebiyle ve Jura-Kretase sınırındaki stratigrafik kesikliğe [92, 93, 94] dayanılarak Aktepe Formasyonu'nu ayrı incelemiş ve Nohutalan Formasyonu'nun yaş aralığını Liyas-Malm olarak almıştır. Bu çalışmada da Nohutalan formasyonunun yaşı Liyas-Malm olarak kabul edilmiştir.



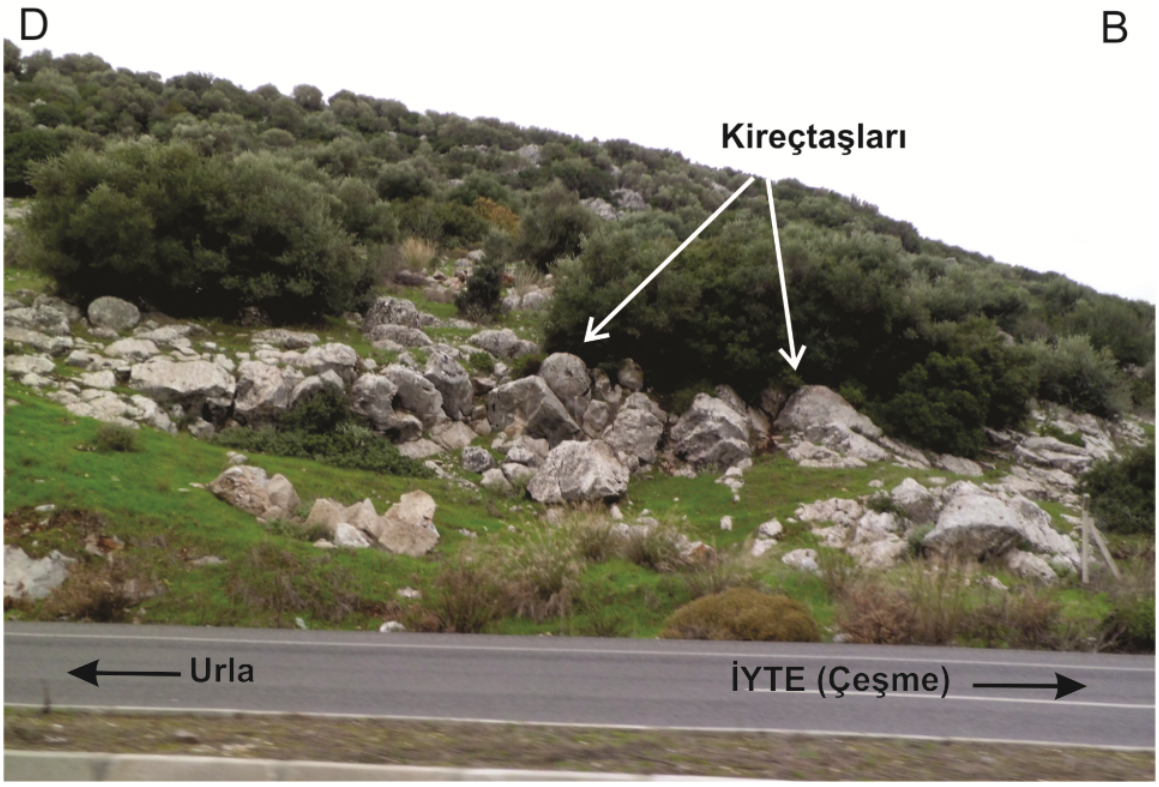
Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kolon kesiti (Filiz ve Tarcan [16], Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'den değiştirilip, birleştirilerek alınmıştır).



Şekil 3.2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Filiz ve Tarcan [16], Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26], Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır).

Nohutalan formasyonu kireçtaşları ve dolomitlerin oluşturduğu bir birimdir. Çalışma alanının batı kısmında Karaburun otoban çıkışı ile İYTE arasındaki Çeşme karayolunun etrafında gözlenir. Erdoğan [15]'a göre İçmeler mevkisinde sıvama lamelli fosilli kireçtaşları ile üst kesimlerde mercan, alg ve byrozoa yığışımlarından oluşmuş resifal özellikteki kireçtaşları belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Nohutalan formasyonu sığ denizel platform koşullarında oluşmuştur. Alt kesimleri gel-git düzlüğü ve sahil açığı karbonat tortullaşma ortamı ürünüdür. Özellikle orta ve üst kesimlerindeki bol alg, byrozoa, mercan ve lamelli yığışımları resifal bir ortamı belirtir. Bu üst kesimlerde Albiyen sırasında zaman zaman çok sığlaşan platform üzerinde merceksel ve devamsız boksit cepleri oluşmuştur [24].



Şekil 3.3. Malkaça İçmeleri ile İYTE arasındaki yolda bulunan Nohutalan formasyonuna ait kireçtaşları.

Bu cepler önemli bir karasal ortama dönüş olmadan gelişmiştir ve bunların üzerine litolojik ve paleontolojik bir kesiklik olmadan aynı tür karbonat çökelimi devam etmiştir [15]. Brinkmann ve diğerleri [6], birimin kalınlığınun yaklaşık 500 m olduğundan, Erdoğan ve diğerleri [15] ise 500 m veya daha fazla olabileceğinden bahsetmiştir.

3.1.2. Bornova Filiş Zonu Kayaları

Anadolu'nun paleotektonik dönem tektonik yapılardan olan İzmir-Ankara Kenet Kuşağı, Sakarya kıtası ile Torid-Anatolid Platformu arasında tektonik bir birliktir [95]. Bornova Filiş Zonu veya Bornova Karmaşığı olarak adlanmış olan bu tektonik birlik Geç Kretase–Paleosen yaşlı kaya topluluklarından oluşur. Filiş fasiyesindeki kırıntılı kayalar ile serpantinit, çört, diyabaz ve Mesozoyik kireçtaşları blokları birimi oluşturan kayaçlardır. Birimin bazı kesimleri metamorfizmaya uğramıştır [14, 15, 96, 97].

Bornova Filiş Zonu, Uzel vd. [27]'nde 60-90 km genişliğinde, yaklaşık 230 km uzunluğunda, Menderes metamorfik çekirdek kompleksi ile Karaburun platformu arasında KD uzanımlı bir tektonik zon olarak tanımlanmıştır. Karaburun Yarımadası'nda yüzeyleyen paleotektonik dönem kaya topluklarının bölgesel tektonik içerisindeki konumu tartışmalıdır. Bu bölgedeki kaya toplukları bölgesel değerlendirmelerde İzmir-Ankara kenet kuşağı içerisinde gösterilir [34].

Erken Karbonifer-Erken Kretase yaş aralığındaki bu kaya topluluğu bazı çalışmalarda Karaburun kuşağı veya Karaburun platformu olarak ayrı bir tektonik birlik şeklinde tanımlanmış bazılarında ise İzmir-Ankara zonu içerisindeki blokların kaynağı olarak gösterilmiştir. Erdoğan [96], Çakmakoğlu ve Bilgin [24] çalışmalarında bu kuşaktaki birimleri ayrıntılı olarak tanımlamışlardır.

Önceki çalışmalarda Nohutalan formasyonundan faylı dokanakla ayrılan [16, 24] Bornova Filiş Zonu kayaları, çalışma alanının güney sınırında İzmir-Çeşme otobanının Karaburun gişeleri çevresinde yer almaktadır (Bkz. Şekil 3.2). Birim bu alanda , kumtaşı-şeyl ardalanması, çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, serpantinit,

mafik (denizaltı) volkanitler, kireçtaşı, radyolarit ve katmanlı çörtler ile paketli kireçtaşı gibi değişik türde kayaçlardan oluşmaktadır ve birimin yaşı Geç Kratese-Paleosen olarak kabul edilmektedir [16, 24, 33]. Birim ile daha genç birimler arasında açısal uyumsuzluk vardır [24, 33].

3.2. Örtü Kayaçlar

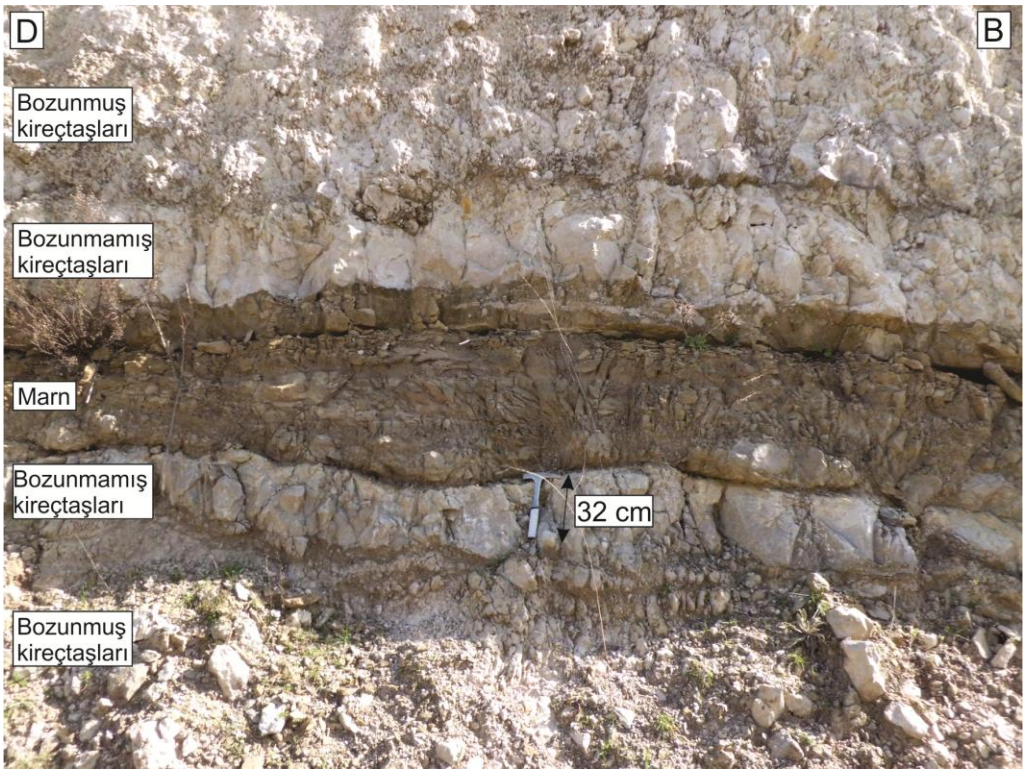
3.2.1. Yağcılar Formasyonu

Yağcılar formasyonu önceki çalışmalarda, Akartuna [4] tarafından Miyosen yaşlı birimler olarak alt ve üst seri olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Savaşçın [7] birimi Miyosen yaşlı kırıntılı tortul kayaçlar, tüfler ve kireçtaşları olarak tanımlamış, Kaya [9] ise Çamlı çakıltaşı, Karaburun şeyl-literanit birimi ve Urla kireçtaşı şeklinde üç ayrı birim olarak adlandırılmıştır.

Filiz ve Tarcan [16] birimi; tabanda gri-pembe renkli bir taban çakıltaşıyla başlayan, üstte kumtaşı, çamurtaşı, kil, marn ve yer yer tüfit ardalanmasıyla süren, üzerine açık beyaz-bej renkli, ince taneli, bol kırıklı, alg ve gastropod fosilleri içeren, yer yer ooid ve kuşgözü yapılarının bulunduğu gölsel kireçtaşları ile marn-kil ardalanması şeklinde tanımlamıştır.

Kaya [9] kireçtaşlarının; egemen olduğu düzeylerde beyazımsı, orta ile çok iyi arasında pekleşmiş, ince ile kalın arası tabakalara sahip, masif iç yapısız, yoğun veya bol çatlaklı olduğunu belirtmiştir. Marn ve kiltaşlarının, beyazımsı, yeşilimsi, grimsi, turuncu renklerde ve karbonatlı olduğunu ve ayrıca değişik kalınlık ve bollukta ara tabaka ve ara katkılar şeklinde bulunduğunu belirtmiştir (Şekil 3.4).

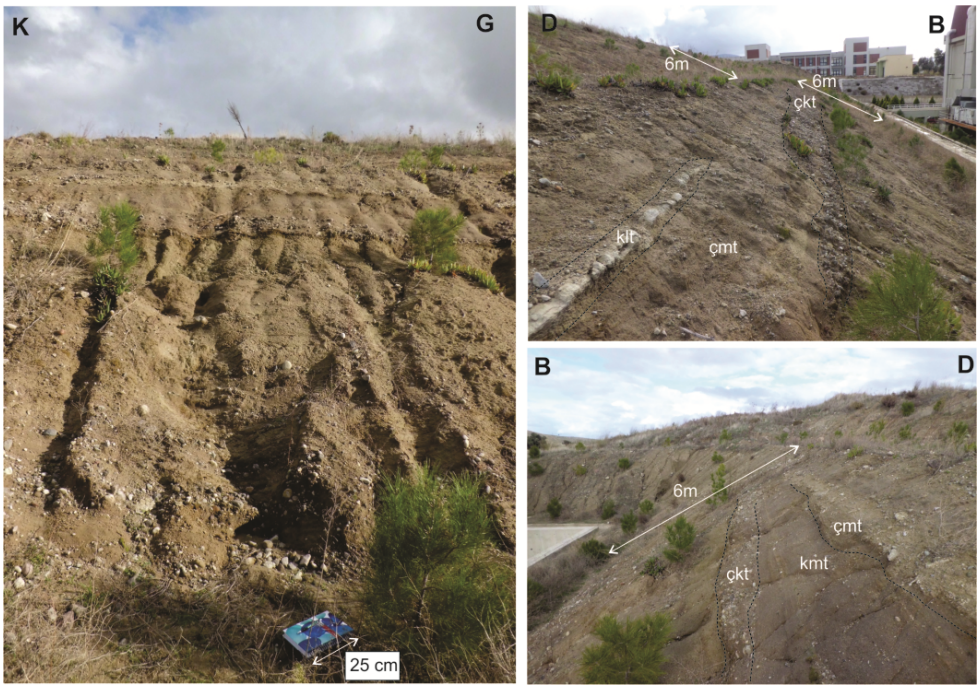
Yağcılar formasyonu içindeki kireçtaşları genellikle 25-30 metrelik kalınlıkları ile kiltaşı ve marnlarla ardalanmada bulunurlar. Yağcılar formasyonunun toplam kalınlığı Urla kireçtaşı ile birlikte yaklaşık 400 m.'dir [16].



Şekil 3.4. Yağcılar formasyonundaki Urla Kireçtaşı ve marn seviyeleri (Koordinat: 35S, 474244 D, 4240938 K).

İYTE kampüsü içinde Yağcılar formasyonu küçük bir alanda yüzlek vermiştir. Bunlardan ilki Ballıkaya Tepesi'nin batı tarafındaki yol yarmalarıdır. Ballıkaya çakıltaşı tarafından açısal uyumsuzlukla örtülen bu birim D ve GD yönde eğimli bir konumda bulunmaktadır. Yağcılar formasyonu bahsedilen bu alanın dışında Çıtırlıalan Tepesinin batısında da görülebilmektedir. Birim bu alanda da aynı doğrultu ve eğime sahiptir ancak ardalanmalar düzensiz şekilde gözlenmektedir. Ardalanmaların arasına çakıltaşı seviyeleri girmiştir (Şekil 3.5). Çıtırlıalan Tepesi'ndeki Ballıkaya çakıltaşları, birimi açısal uyumsuzlukla örtmüştür.

Filiz ve Tarcan [16]'a göre 400 metreye yakın bir kalınlığı olan birimin kampüsteki görünen kalınlığı yaklaşık 15-20 metre arasında değişmektedir. Ballıkaya Tepesi'nde daha fazla görünür düşey kalınlığa sahip olan Yağcılar formasyonuna ait çakıltaşları ile birim arasında açısal bir uyumsuzluk gözlenmiştir (Şekil 3.6).

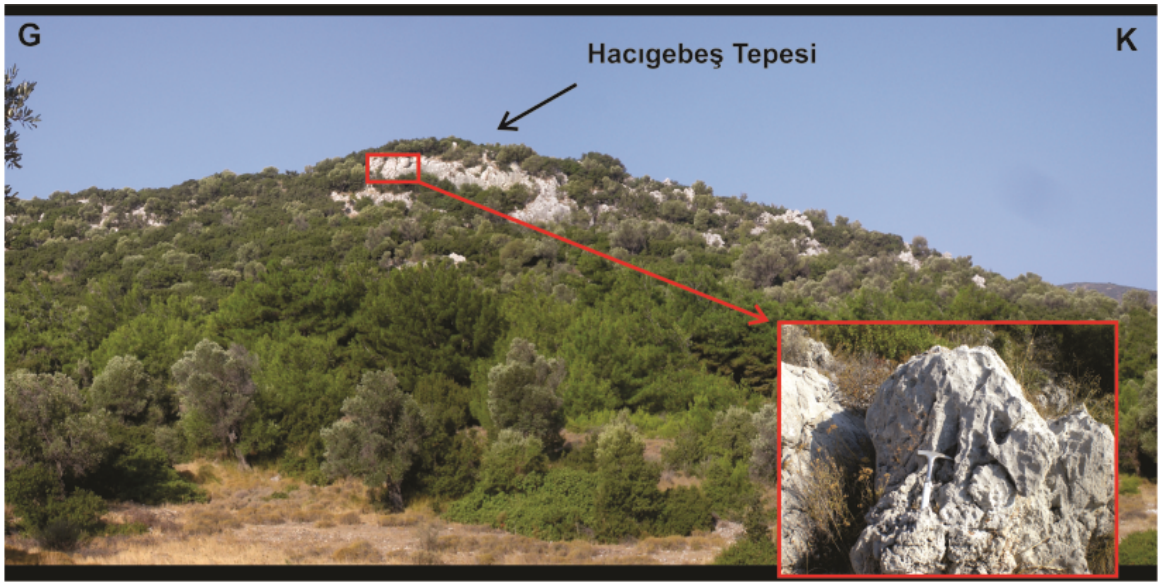


Şekil 3.5. Yağcılar formasyonuna ait ardalanmalı seviyeler (Çmt: çamurtaşı, kmt: kumtaşı, klt: kiltaşı, çkt: çakıltaşı ve koordinat: 35S, 468595 D, 4241597 K).



Şekil 3.6. (a) Ballıkaya Tepesi'nde (b) Çıtırlıalan Tepesi'nde yer alan Ballıkaya çakıltaşı ile Yağcılar formasyonuna ait kumtaşı-çamurtaşı seviyeleri arasındaki açısal uyumsuzluğa ait sınır fotoğraflarda kesik çizgiler ile gösterilmiştir.

Çalışma alanının güneyinde Hacıgebeş Tepe civarında Yağcılar formasyonuna ait kireçtaşları yüzeylenmektedir (Şekil 3.7). Kireçtaşlarında eklem setleri gözlenmiştir ve tabaka doğrultuları belirlenmiştir. Bu kireçtaşlarının tabaka doğrultuları yaklaşık K-G, eğimi ise D'ya ölçülmüştür. Gri-bej arası renk ve bozunma şekli ile Nohutalan formasyonuna ait kireçtaşlarına oldukça benzeyen bu birim Hacıgebeş Tepe civarında sınırlı bir alanda haritalanmıştır. Birimin üst sınırı Kuvaterner yaşlı güncel çökeller ve Gülbahçe volkanitleri ile uyumsuz şekilde örtülmüş durumdadır [16].



Şekil 3.7. Hacıgebeş Tepesi'nde gözlenen Yağcılar formasyonuna ait kireçtaşları.

Akartuna [4]'ya göre, Miyosen yaşı verilen Yağcılar formasyonu, Urla çevresinde Bornova Filiş Zonu'na ait kayaçlar üzerine açısal uyumsuzlukla geldiği ve çalışma alanının doğusunda yer alan Gülbahçe Köyü çevresinde Yağcılar formasyonunun Nohutalan formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiği kabul edilmiştir. Öngür [5], kireçtaşlarından saptadığı ostracoda ve gastropoda fosillerine dayanarak bu birime Alt-Orta Miyosen yaşını önermiştir. Gölsel kireçtaşları ve marn-kil ardalanmalarının varlığı sebebiyle birimin ortamı için zaman zaman karasallaşan sığ bir göl ortamı olduğu yorumu yapılabilir.

3.2.2. Gülbahçe Volkanitleri

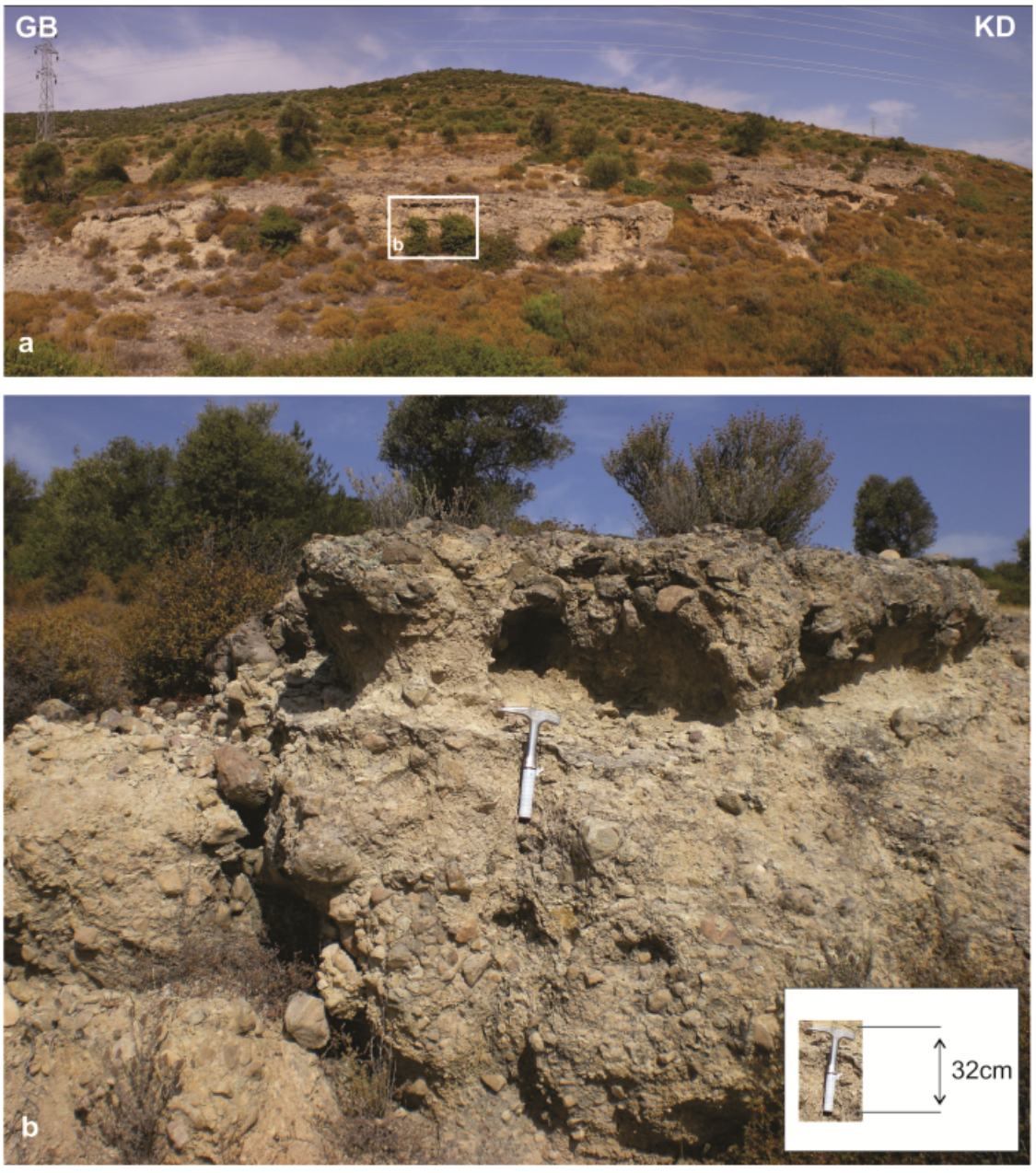
Çalışma alanının batı sınırını oluşturan birim Kocadağ çevresinde ve İYTE kampüsünün batı sınırı boyunca yayılım gösterir. Kocadağ volkanitleri olarakta tanımlanan birim tüf, aglomera ve andezitik lavlar ile alt kesimlerinde kirli beyaz renkli tüfler, arada aglomera, üst kesimlerinde ise kırıklı, yersel akma yapıları gösteren andezitlerden oluşmaktadır.



Şekil 3.8. Ballıkaya Deresi'nin aşındırmasına uğrayan Gülbahçe volkanitlerinden bir görünüm.

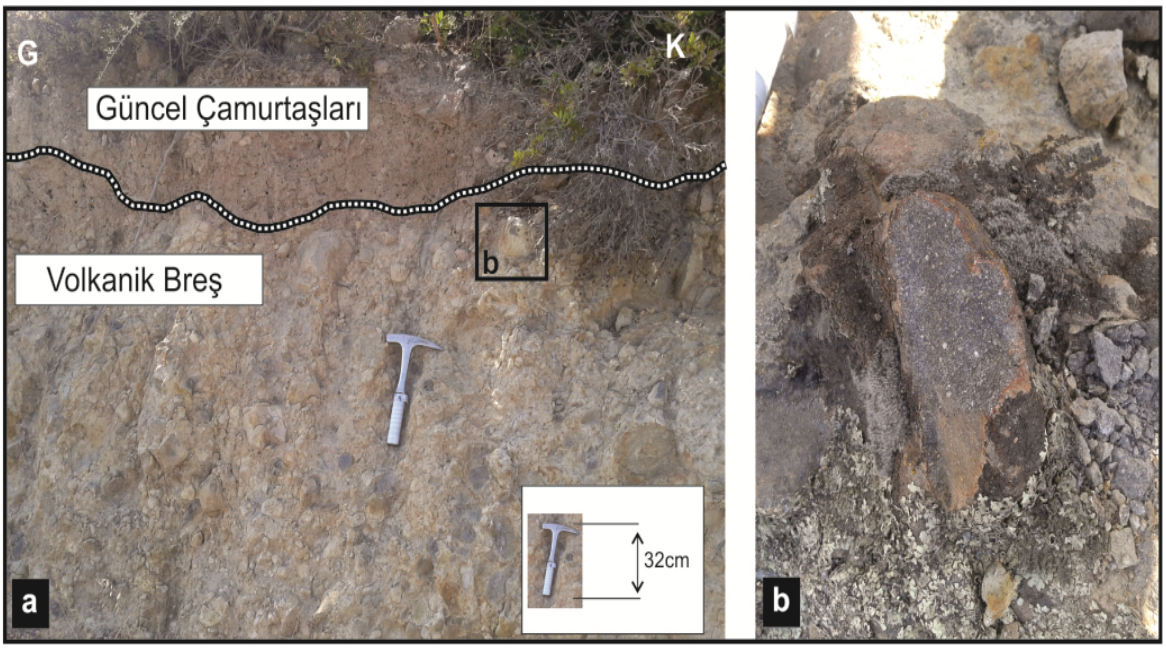
Kampüsün batısında birim, Ballıkaya ve Sineklikışla derelerin aşındırmasına uğramıştır (Şekil 3.8) ve bu bölgelde, Gülbahçe volkanitlerinin alt kısımlarındaki tüfler, aglomeralar ve üst kısımlardaki andezitleri görmek mümkündür. Çalışma için batıdaki sınır olarak kabul edilen bu alanda volkanik malzeme içerisinde oldukça büyük boyutlarda bloklar gözlenebilmektedir.

Aglomeralar, tüf matriks içinde yer alan andezit ve dasit bileşiminde kayaç parçalarından oluşmuştur [16] ve İYTE kampüsünün batı sınırında, Çeşme yolunun kuzey kenarında yer almaktadır (Şekil 3.9). Bu alanda volkanik malzeme doğuda kalan çakıltaşlarından Ballıkaya segmentine ait fay ile ayrılmış olup iki birim rahatlıkla ayırt edilebilmektedir.



Şekil 3.9. Gülbahçe volkanitlerine ait Çeşme yolu kenarındaki aglomeralar (Koordinat: 35S, 467743 D, 4240457 K).

Volkanik malzemenin taze kaya rengi siyah-gri iken ayrışmış malzeme baskın olarak gri tonlara sahiptir (Şekil 3.10). Birimin içerdiği tüfler kampüsün kuzeyinde yamaç molozu ile örtülmüş veya yer yer akaçlama sistemi tarafından aşındırılmış durumda bulunur. Ancak bu tüfleri haritalayacak kadar iyi takip etmek mümkün değildir. Tüfler daha çok riyodasitik ve latit andezitik bileşimde, gri, sarı, beyaz renklerde olup çok dayanımsız ve yer yer pekişmişlerdir. Ayrıca tüfler Yağcılar formasyonunun ardalanmaları arasında da gözlenmektedir [7, 98].



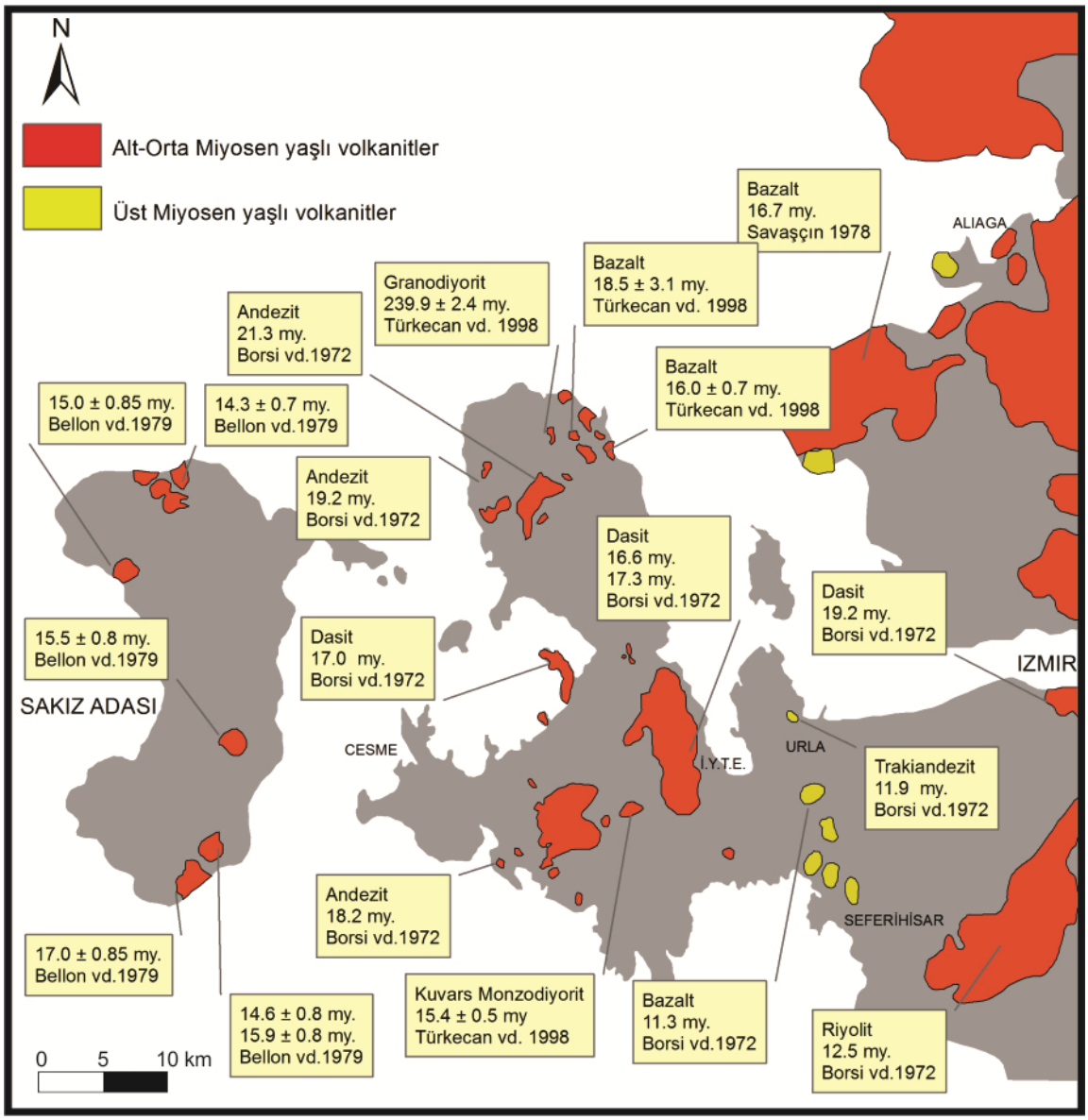
Şekil 3.10. (a) İYTE lojmanlarının kuzeyinde açılmış şevlerde volkanik breş ile pekişmemiş güncel çamurtaşları arasındaki sınır (b) volkanik breşteki blokların taze kaya rengi.

Gülbahçe Fay Zonu'na ait fayların düzlemlerinin bulunduğu kısımda volkanik breş sınıflamasına uyan ve yer yer bloklar içeren, bazı kısımlarda bağlayıcı malzemesi oldukça az olan kayaçlar bulunmaktadır. Bu kayaçların üzerinde ise yamaç molozu olarak değerlendirilebilecek bloklar ve çamurtaşları yer almaktadır. Şekil 3.11'de yer alan andezit veya trakiandezit bileşiminde olan gri renkteki birimlerde ayrışmadan dolayı bloksu bir görünüm gelişmiştir. Bu tabaka benzeri yapıların literatürde bahsedilen akma yapılarına karşılık gelebileceği düşünülmektedir [16].



Şekil 3.11. Gülbahçe volkanitlerine ait andezitlerdeki tabakalanma benzeri yapılar.

Filiz ve Tarcan [16]'da tüflerin Yağcılar formasyonunda da yer alması hatta çamurtaşlarıyla geçişli olmasından dolayı bölgede iki evreli bir volkanizmanın varlığından sözedilmiştir. Borsi vd. [98] Kocadağ ve çevresinden alınan (Şekil 3.12) örnekler ile bu volkanitler için 16.6-17.3 my aralığında yaş önermiştir (K–Ar). Volkaniklerin bileşimi için ise dasit tanımlaması yapmıştır.



Şekil 3.12. Karaburun ve çevresindeki volkanitlere ait radyometrik yaşlar (Türkecan vd. [18], Borsi vd. [98], Bellon vd. [99]'den alınmıştır).

3.2.3. Urla Volkanitleri

Urla volkanitleri Urla yerleşiminin kuzeyinde yaklaşık olarak 25 km^2'lik bir alan kaplar [100]. Çalışma alanında doğudaki sınır boyunca yüzlek veren volkanitler tez çalışması kapsamında detaylı olarak incelenmemiştir.

İnce taneli riyolitik lavlar, porfirik domlar ve trakit benzeri porfirik riyolit domlardan oluşan bu volkanitlere, Borsi vd. [98] tarafından 11.7-11.9 my (K-Ar) aralığında yaş önerilmiştir (Bkz. Şekil 3.12). Urla volkanitlerine ait dom ve dayklar kendinden önceki birimleri kesmekteyken lavlar ise uyumsuz olarak örtmektedir. Daykların, bölgedeki aktif genişlemeli rejime bağlı oluşan K ve KB uzanımlı normal faylara bağlı oluştuğu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir [98, 100, 101].

3.2.4. Ballıkaya Çakıltaşı

Ballıkaya çakıltaşı birimi Gülbahçe Körfezi'nin batısındaki yamaçlarda bulunan, farklı tipteki çakıl bileşenleri ve yer yer bloklardan oluşan az pekişmiş özellikte bir birimdir. Tarcan [13]'a göre az pekişmiş alüvyonal yelpaze oluşumuna örnek olan birim genellikle geniş tabanlı akarsu vadilerinde, akarsuların denize döküldüğü koy tabanlarında, transgresyon ve alüvyal getirimin olduğu geniş körfez ve koyların iç kesimlerinde yer alır.

Bu çalışmada Ballıkaya Tepesi çevresinde yer alan ve daha çok Gülbahçe volkanitlerine ait bileşenler içeren çakıltaşları ile Çıtırlıalan Tepesi çevresinde bulunan ve bileşen olarak Bornova Filiş Zonu ve daha yaşlı formasyonlar ile volkanitlere ait bileşenler taşıyan çakıltaşları, Ballıkaya çakıltaşı kapsamında incelenmiştir.

Ballıkaya çakıltaşı birimi genel olarak bir alüvyon yelpazesi ürünüdür. Ancak çalışma alanında bu yelpazenin farklı kısımları bulunmaktadır. Aynı sistemin farklı yerlerinde bulunan çakıllar doğal olarak farklı litolojik özellikler sunmaktadır. Ballıkaya Tepesi çevresindeki çakıllar alüvyon yelpazesinin en uç kısımlarındaki malzemeye denk gelmektedir. Çakıltaşı boyutlarının ufak olması, iyi yuvarlanmış ve iyi boylanmış olması bunun bir göstergesidir. Bu çakılları İYTE kampüsünün batı sınırı boyunca, İYTE Teknoloji Geliştirme Bölgesi civarında ve baskın olarak Ballıkaya Tepesi'nde görmek mümkündür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. İYTE Teknoloji Geliştirme Bölgesi arkasındaki şevde yeralan Ballıkaya çakıltaşlarının görüntüsü (Koordinat: 35S, 467976 D, 4240795 K).

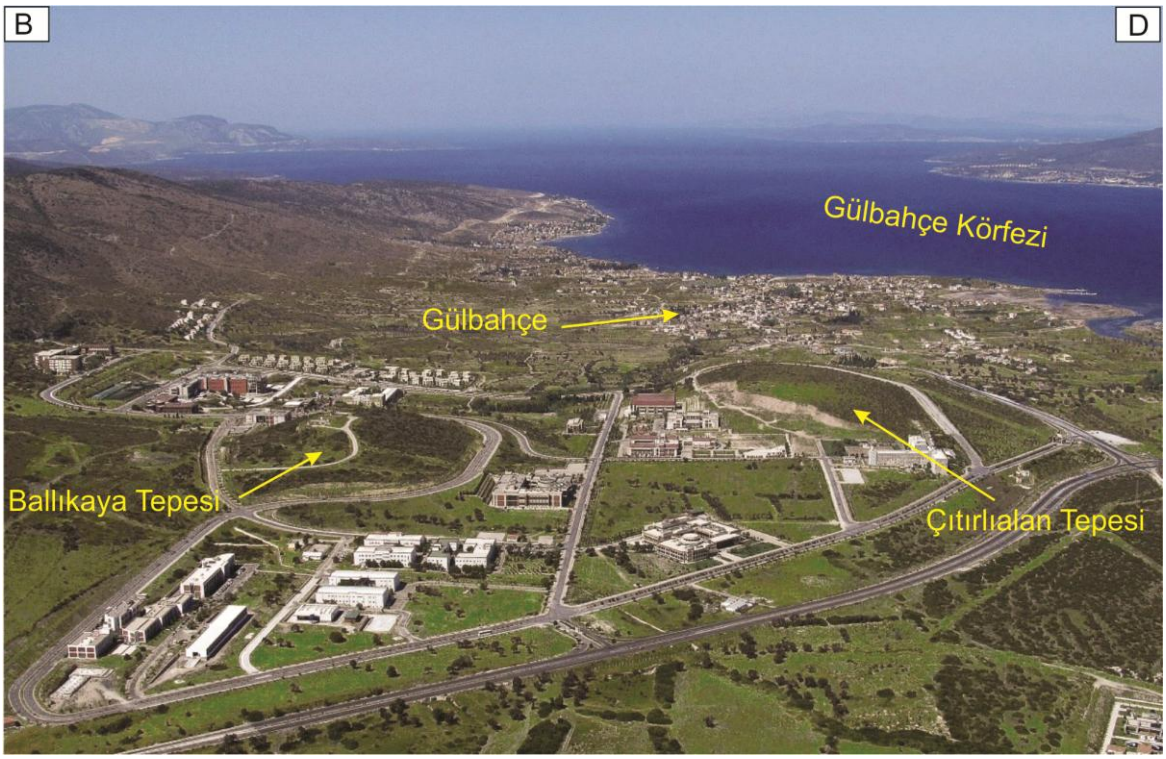
Ballıkaya Tepesi'nin üst kısımlarında çakıltaşı seviyeleri belirgin, bileşenleri baskın olarak volkanik kökenli olan çakıltaşları bulunmaktadır (Şekil 3.14). Üst seviyelerde çakıltaşları ile birlikte yamaç molozu olarak blok boyutunda volkanik malzemeler yer alırken, Ballıkaya Tepesi'nin etrafındaki yol boyunca gözlenebilen kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı çakıltaşı seviyeleri belirlenmiştir.

Ballıkaya çakıltaşları, Ballıkaya Tepesi'nde Çıtırlıalan Tepesi ve civarında gözlenen çakıltaşlarına göre nispeten daha ufak çakıllar içermektedir. Bu çakıltaşlarını bağlayan malzeme ya çok sert killi malzemedir yada çamurtaşı seviyeleri şeklinde düzensiz bir yapı sergilemektedir. Az pekişmiş durumda bulunan bu birim daha batıda bulunan Sineklidağ ve Çiftlikdağı'ndan gelen bloklar ile iç içe durumda bulunmaktadır.



Şekil 3.14. Ballıkaya Tepesi'nde yer alan Ballıkaya çakıltaşlarından bir görünüm.

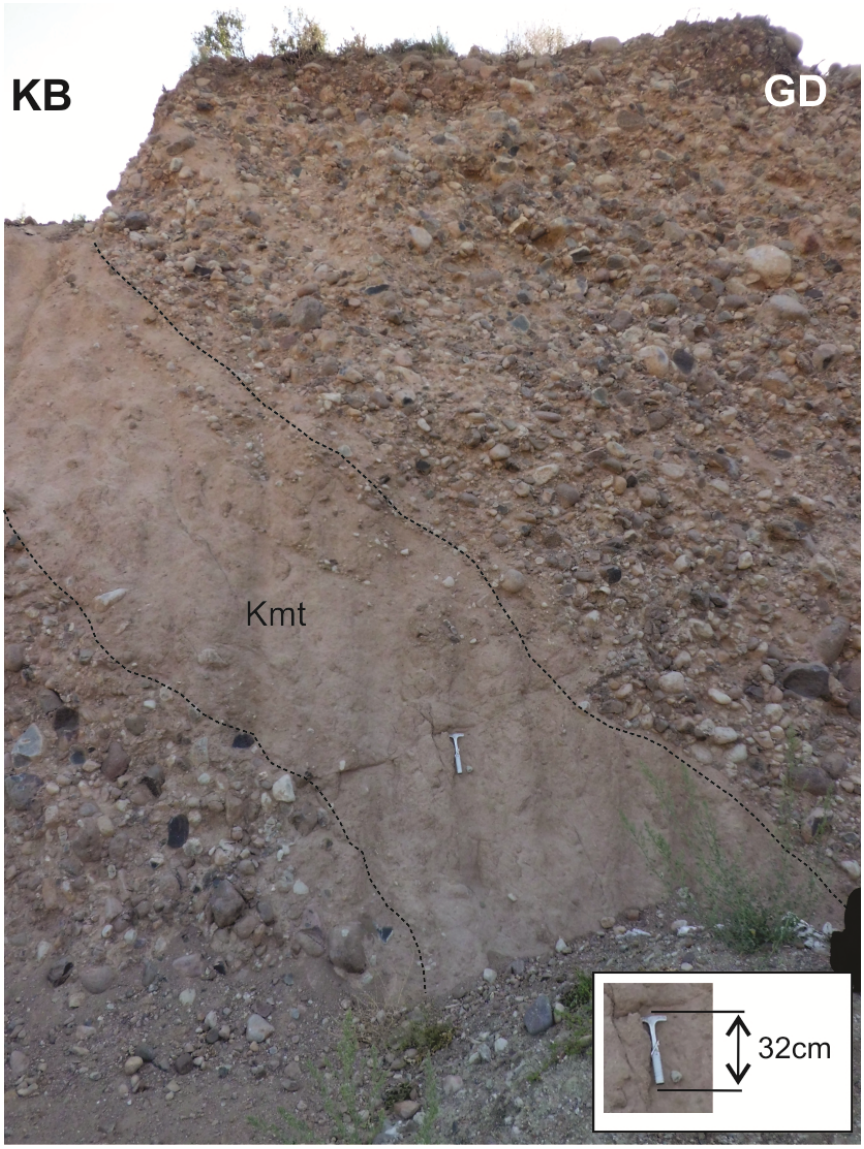
Çıtırlıalan Tepesi ve çevresindeki çakıllar Ballıkaya Tepesi'ndeki çakıllara göre belirgin farklılıklar içermektedir. Birbirine mesafe olarak yakın olan bu iki tepede (Şekil 3.15) yer alan çakıllar, farklı litolojik özelliklerde yüzlekler vermişlerdir. Çıtırlıalan Tepesi'nde yer alan çakıllar daha çok blok boyutunda malzeme ile çakıllardan oluşmuş olup içerisinde gri-sarı-açık kahve renkte kumtaşı, gri-sarı arası değişen renkte çamurtaşı, gri kireçtaşı, beyaz kuvarsit, serpantinit ve kırmızı çörtler bulunmaktadır. Bu sebeple bu kısımdaki çakılların ana kaynağı olarak Bornova Filiş Zonu kayaları ve daha yaşlı birimler gösterilebilir.



Şekil 3.15. Ballıkaya ve Çıtırlıalan Tepeleri'nin genel görünümü (www.iztekgeb.com adresinden alınmıştır).

Çakıllar gri, krem, sarı ve siyah renkte, genellikle iyi yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmış seviyeler halinde bulunmaktadır. İyi yuvarlaklaşmış büyük çakılların varlığı, yüksek enerjili bir sistemin varlığını kanıtlamakta iken çoğunluğun bloklardan oluşması Ballıkaya Tepesi'ne göre Çıtırlıalan Tepesi'ndeki çakılların alüvyal yelpazenin daha iç kısımlarında yer aldığı yorumunu desteklemektedir.

Çıtırlıalan Tepesi'nde çakılların arasında killi ve kumlu bir malzeme bulunur. Bu kumtaşı seviyeleri farklı kalınlıklarda kazılan şevlerde gözlenmiştir (Şekil 3.16). Kumtaşı tabakalarının kalınlığı 2-3 m arasında değişmektedir ve çakılların tabaka doğrultu ve bu tabakaların eğimleri ile uyumlu şekilde gözlenmiştir.



Şekil 3.16. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki Ballıkaya çakıltaşlarındaki kumtaşı seviyeleri.

Çakıltaşlarında gözlemlenen bir başka özellikte üst seviyeler ile alt seviyeler arasındaki bağlayıcı malzemedeki renk farkıdır. Üst seviyeler ve yüzeye yakın kısımlar kırmızı renge sahip iken alttaki seviyeler gri-ten rengi arasında bir renge sahiptir (Şekil 3.17). Bu renk değişikliği oksijenli ortama bağlı bir değişiklik, bağlayıcı maddede bir bozunma ile açıklanabilir. Ancak birimin genel yayılımı ele alındığında, renk değişiminin dağınık şekilde görülmesi ve bazı bölgelerde hiç gözlemlenmemesi genel bir yorum yapılmasını engellemektedir.



Şekil 3.17. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki farklı renkteki seviyeler (Kırmızı kutucuk ölçek olan çekici göstermektedir).

Çıtırlıalan Tepesi'nde Ballıkaya Tepesi'nde gözlenmeyen yapılar belirlenmiştir. Bu yapılardan ilki farklı ortamlardan gelen çakılların üzerinin yeni bir ortamda sedimantasyonu sırasında farklı bir malzemeyle kaplanması sonucu oluşan kabuklaşma veya kabuk oluşumudur (Şekil 3.18.a). Diğeri ise kimyasal ve fiziksel ayrışma nedeniyle oluşan ve genellikle volkanik kökenli çakıllarda gözlenen "Soğan Kabuğu Yapısı"dır (Şekil 3.18.b). Bu bozunma yapıları Çıtırlıalan Tepesi'nin kuzey kısımlarında yeralan çakıllarda yoğun olarak gözlenebilmektedir. Bu tür bozunma genellikle volkanik kayaçlarda gözlenen ve ortamdaki anlık sıcaklık farkları nedeniyle kayaçların köşelerinden itibaren soğan kabuğu şeklinde bozunmasına neden olan bir bozunmadır.

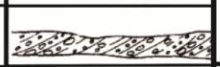


Şekil 3.18. (a) Çakılların üzerinde gözlenen kabuklaşma (b) volkanik kökenli çakıllarda gözlenen soğan kabuğu benzeri bozunma ürünleri.

Alüvyon yelpazeleri, bulundukları tektonik ortam ve buna bağlı gelişen beslenme alanı morfolojisi, litofasiyes, yüz ölçümleri, fasiyes geometrileri ve dağılımlarına göre üç ana grup altında toplanırlar [102]. Bunlar; (1) döküntü akması baskın yalpazeler, (2) örgülü akarsu yelpazeleri, (3) düşük kıvrımlı menderesli akarsu yelpazeleridir. Tektonik olarak aktif bir bölgede depolanma sürecini tamamlamış birimler, genel anlamda döküntü akması baskın yelpazeler ile temsil edilir [102]. Bu yelpazeleri, beslendikleri noktadan itibaren dışa doğru üç kısımda incelemek mümkündür. İç, orta ve dış kısımdan oluşan yelpaze, ayrı ayrı her kısmında değişik tipteki fasiyeslerde gelişmiş olabilir.

Ballıkaya çakıltaşı veya Ballıkaya konglomera birimi olarak adlandırılan bu birim fasiyes özellikleri bakımından incelendiğinde Ramos ve Sopena [103]'da belirlenen bazı modellere uyum göstermektedir. Tane, yapı ve doku özelliklerine göre yapılan sınıflandırmada Ballıkaya Tepesi çevresindeki şevlerde bu modellerden iki tanesine oldukça benzerlik gösteren yapılar belirlenmiş ve Ballıkaya çakıltaşları için fasiyes yorumu yapılmıştır.

Birim içerisindeki çakılların boyutları genellikle 15-20 cm aralığında değişmektedir. Bağlayıcı malzeme baskın olarak kumdur. Çakıllar çoğunlukla volkanik kökenlidir ve orta-iyi boylanmışlardır. Çakılların tane destekli olduğu kısımlarda imbrike yapılara benzer dizilimler gözlenmiş olup, şev boyunca yaklaşık aynı konumda eklem setleri belirlenmiştir. Bu özelliklere bakılarak Ballıkaya çakıltaşı birimi Şekil 3.19'daki modellerden fasiyes olarak "yanal yayılma gösteren konglomeralar" sınıfında da değerlendirilebilir. Bu fasiyesin diğer bir kullanım adı ise daha önce bahsedilen "Döküntü Akması"dır.

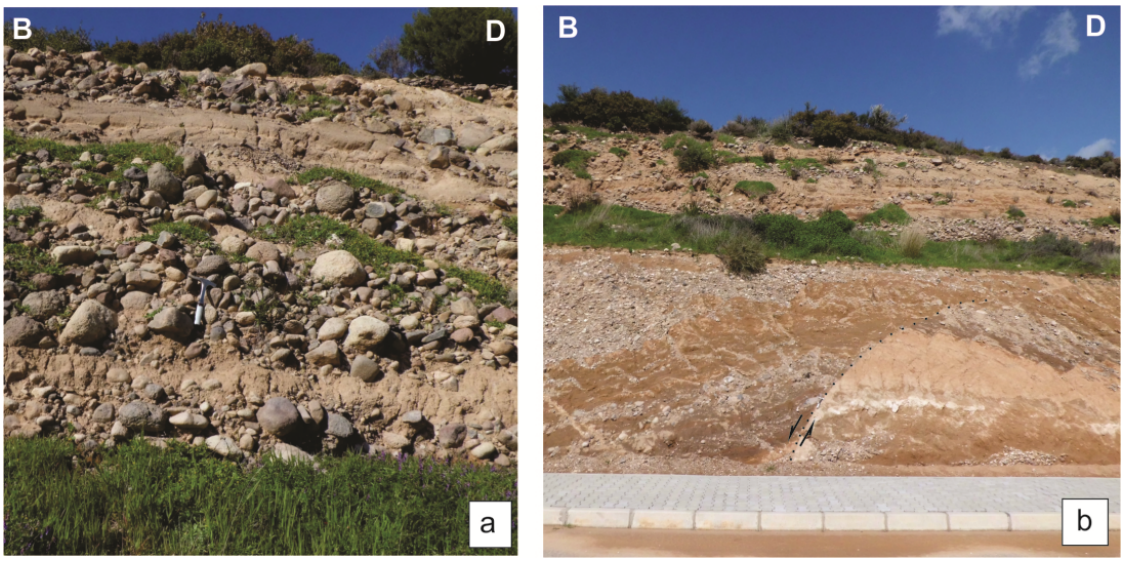
FASİYES	TABAKALANMA VE SEDİMANTER YAPILAR	MODEL	YAPI VE DOKU	KALINLIK (m)
MASİF KONGLOMERA TABAKALARI	MASİF VE İMBRİKE YAPI GÖSTEREN ÇAKILLAR		ÇAKIL BOYUTU: 5-30 cm YUVARLAK-YARI YUVARLAK ÇAKILLAR KUM ORANI AZ MATRİKS	0.5-1.5
	BASİT YATAY TABAKALANMA, İBRİKE YAPI GÖSTEREN ÇAKILLAR			
	TÜMSEK VE YIĞINLAR OLUŞTURAN İMRİKE YAPILI ÇAKILLAR			
ÇAPRAZ TABAKALANMALI KONGLOMERALAR	YASSI VE ÇAPRAZ TABAKALAR			0.8-1.0
YANAL YAYILMA GÖSTEREN KONGLOMERALAR	YANAL YAYILMA YAPILARI, İMBRİKE YAPILI ÇAKILLAR İLE KUMTAŞI ÖRTÜLERİ		ÇAKIL BOYUTU: 3-20 cm ORTA DERECEDE BOYLANMIŞ ÇAKILLAR KUMLU MATRİKS	0.6-1.8
	YANAL VE DÜŞEY YAYILMA YÜZEYLERİ-EKLEMLER			
KANAL DOLGUSU KONGLOMERALARI	MASİF YAPI		ÇAKIL BOYUTU: 3-20 cm YUVARLAK-YARI YUVARLAK ÇAKILLAR KUM ORANI FAZLA MATRİKS	1.0-1.8
	KARMAŞIK YAPILI, TABAKALI DOLGULAR			
	ÇAPRAZ TABAKALI ENİNE DOLGULAR			
	ÇAPRAZ TABAKALAR VE ÇOK KATLI OLUK BENZERİ DOLGULAR			
ORTA-KABA KUMTAŞI BİRİMLERİ	DÜZLEMSEL YADA DÜŞÜK AÇILI ÇAPRAZ TABAKALAR, NADİREN OLUK OLUŞUMU		ORTA-KABA TANE BOYUNDA MALZEME	0-5

Şekil 3.19. Yapı, doku ve içerdiği birimlerin şekline göre alüvyal konglomera fasiyesleri (Ramos ve Sopena [103]'dan alınmıştır).

Ballıkaya Tepesi'ndeki yol yarmalarında bazı yerlerde eski kanal dolgusu yapılarına rastlamak mümkündür. Şekil 3.20'de gösterilen kanal dolgusu, içerisinde tabakalanma gözlenmediğinden masif yapılı olarak kabul edilebilir. Şekil 3.21'de ise çakıltaşlarına ait farklı yapılardan örnekler gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Ballıkaya Tepesi'nde gözlenen eski kanal dolgusu.



Şekil 3.21. Ballıkaya Tepesi'ndeki çakıltaşlarının oluşturduğu yapılardan (a) Yanal ilerleme gösteren konglomeralar (b) faylanma ve döküntü akmaları.

Ballıkaya çakıltaşı Erken-Orta Miyosen yaşlı Yağcılar formasyonunu açısal uyumsuzluk ile örtmektedir. Çakıltaşlarının üzerinde ise batıdaki yükselti sebebiyle aşağı doğru hareket eden yamaç molozları ile yer yer pekişmemiş güncel çamurtaşları bulunmaktadır. Bu birim için Filiz ve Tarcan [16], Pleyistosen yaşını önermiştir.

3.2.5. Güncel Çökeller

İnceleme alanındaki dere yataklarında, akarsuların taşımasıyla biriken Kuvaterner yaşlı alüvyonal birimler, Tatar ve Kavaklı derelerinin kesiştiği bölümde ve Gülbahçe yerleşimi çevresinde yaygın olarak görülmektedir. Özellikle, İçmeler ovasında alüvyon birimi diğer alanlara göre daha kalındır. Birimin içerisinde çakıllar ve kumlar yaygın olarak görülmektedir. Gülbahçe jeotermal kaynağı çevresinde yapılan gradyan sondajların bu birimin kalınlığının 27 m olduğunu göstermektedir [28].

Bu alanın dışında Tatar Deresi yatağı ve çevresindeki temel kayaçların sınırlarındaki dere yataklarında yer alan bloklar, yamaçlarda yer alan yamaç molozları ve deniz kıyısında yer alan bazı çökeller Kuvaterner yaşlı alüvyon kapsamında değerlendirilmiş ve haritalanmıştır.

4. YAPISAL JEOLOJİ

Çalışma alanı ve çevresindeki Neojen ve Kuvaterner istifi genel olarak Karaburun ve Seferihisar yükseltileri arasında yer alan Urla ve Gülbahçe havzaları adı verilen yapısal çöküntüler içerisinde yer almaktadır. Gülbahçe ve Kuşçular alt havzaları adı verilen bölgelerde ise Kuvaterner istifi yer almaktadır (Ek-1).

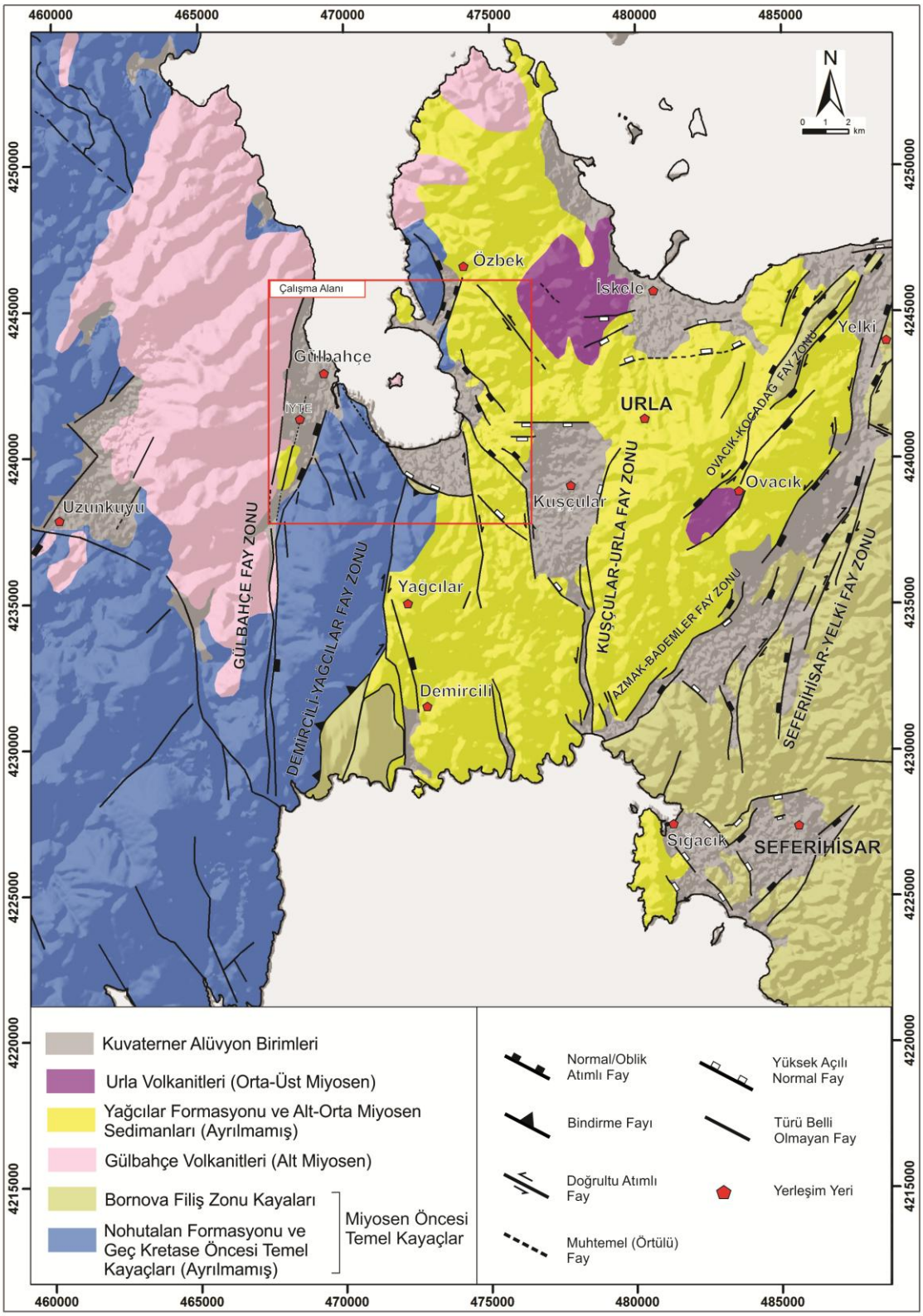
İnceleme alanınının yer aldığı bölgede üç fay zonu bulunmaktadır (Şekil 4.1). Bunlardan Gülbahçe Fay Zonu batıda, Kuşçular-Urla Fay Zonu doğuda çalışma alanını sınırlamaktadır. Bunların dışında Demircili-Yağcılar Fay Zonu çalışma alanının tam ortasında uzanan yaklaşık K-G yönlü bir zondur.

4.1. Gülbahçe Fay Zonu

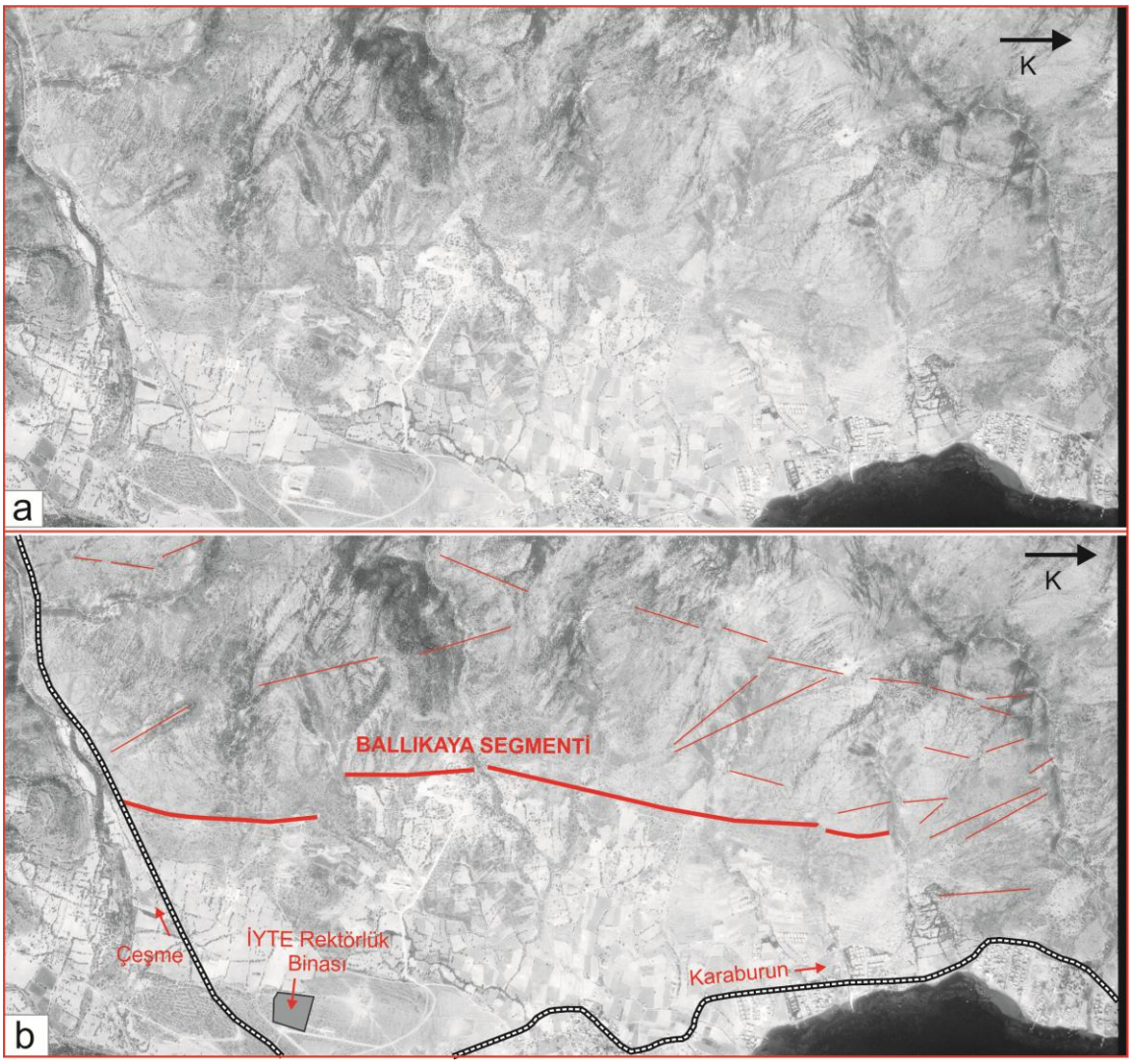
İnceleme alanının batı sınırını oluşturan bu fay zonu önceki çalışmalarda Karaburun Fay Zonu olarak adlandırılan, ancak son yıllarda yapılan denizaltı fayları ile ilgili çalışmalar ile adlandırma sorunları yaşanmaması için karadaki kısımdan itibaren Gülbahçe Fay Zonu adı verilen bir zondur [22]. K-G doğrultulu bu fay zonu kuzeyde Gülbahçe Körfezi'nden başlar güneyde Sığacık Körfezi'ne uzanır. Karadaki uzunluğu yaklaşık 20 km olan fay zonu sualtındaki bölümleriyle birlikte 60-70 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Zonda ilk kez bu çalışmada adlandırılan Ballıkaya segmenti ile Söğütköy Fayı ve İçmeler Fayı incelenmiştir (Ek-1).

4.1.1. Ballıkaya Segmenti

Arazi çalışmalarından önce, eski hava fotoğrafları incelenirken çalışma alanı çevresindeki çizgisellikler belirlenmeye çalışılırken fotoğraflarda göze çarpan en belirgin çizgisellik İYTE'nin batı sınırındaki bölgede bulunmuştur. Daha sonra uydu görüntülerinde de gözlenen bu çizgisellik hazırlanan jeoloji haritalarındaki faylarla karşılaştırılmış ve bazı kısımlarının faylara karşılık geldiği belirlenmiştir. İlk kez bu çalışmada tanımlanan segment adını kendisine en yakın olan Ballıkaya Tepesi ve Ballıkaya Deresi'nden almıştır.



Şekil 4.1. Çalışma alanı çevresindeki fay zonlarını gösteren jeoloji haritası (Sümer [25], Sözbilir vd. [26], Uzel vd. [27], Helvacı vd. [100] ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır).



Şekil 4.2. (a) 1/35000 ölçekli işlenmemiş hava fotoğrafı (b) belirlenen çizgisellikler ve Ballıkaya Segmenti.

İYTE kampüsü batısında bulunan faylar Ballıkaya segmenti adı altında incelenmiştir. Hava fotoğraflarında belirlenmiş olan bu segmente ait en büyük fay, kampüs alanı içerisinde batıya doğru bir sıçrama yapmaktadır (Şekil 4.2). Sıçrama yaptığı yerden sonra fay, fay sarplıkları oluşturmuştur.

Bu segmente ait güneydeki faylar, kampüste Teknoloji Geliştirme Bölgesi'nin yeraldığı kısımda, Gülbahçe volkanitleri ile Ballıkaya Tepesi çevresindeki çakıltaşları arasında gözlenmektedir. Bu kısım hava fotoğraflarında belirlenmiş, sahada ise herhangi bir kinematik veri bulunamamıştır. Ancak fay sebebiyle oluşmuş topoğrafik bir sınır belirlenmiştir. Çok derin olmayan bir akaçlama

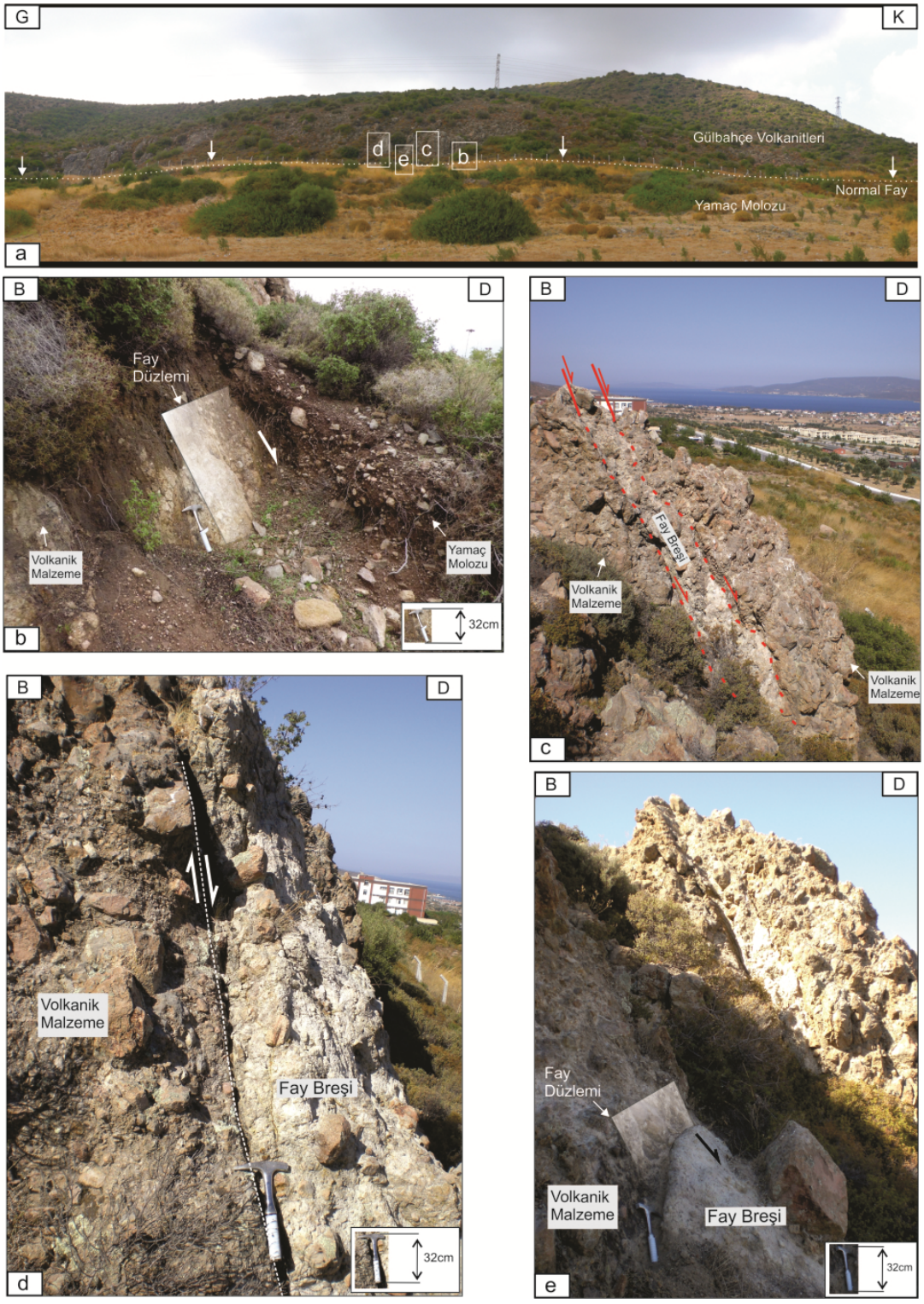
şeklinde gözlenen bu sınır güneye doğru Gülbahçe volkanitlerine ait aglomeralarla Ballıkaya çakıltaşlarını ayırmıştır. Aynı fay kuzeye doğru gidildikçe yer yer yamaç molozları tarafından örtülmüştür.

Fayın veri sunduğu ilk yer Mimarlık Fakültesi'ne ait binaların batısındaki yamaçlardır. Güneyden kuzeye doğru uzanan düzlemler sunan bu fay bazı lokasyonlarda volkanitlerin içerisinde fay breşi ile birlikte gözlemlenirken bazı lokasyonlarda breş bulundurmayan fay düzlemleri halinde volkanitlerle yamaç molozlarını birbirinden ayırmaktadır (Şekil 4.3). Bu düzlemler haritada çizgisel olarak devam ettirildiğinde birbirinin devamı olan aynı doğrultulu hatlar meydana gelmektedir. Farklı litolojiler arasında gözlemlenen faylar aslında hem volkanitleri kesmekte hem de volkanitlerle daha güncel çökelleri birbirinden ayırmaktadır.

Şekil 4.3'te gösterilen açık fay düzlemlerinde düşeye yakın çizikler bulunmuş ancak daha önceki çalışmalarda bahsedilen doğrultu atım bileşenine ait çizikler bu kısımda bulunamamıştır [27]. Bulunan düzlemlerde düşey hareket gözlemlenmiştir.

Şekil 4.3.a'da gösterilen bölgede gözlenen fay düzlemlerinden Şekil 4.3.b Gülbahçe volkanitleri ile pekişmemiş güncel çamurtaşları ve yamaç molozlarını ayırmakta iken diğer üç fotoğrafta volkanik malzeme içerisinde fay breşi ile birlikte görülen fay düzlemleri gösterilmiştir (Şekil 4.3.c, Şekil 4.3.d, Şekil 4.3.e). Bazı lokasyonlarda düşen blok aşınmış durumdadır ve sadece beyaz renkli fay breşi görülmektedir.

Biraz daha kuzeyde yer alan kısım (Mimarlık Fakültesi binalarının hemen arkası) daha önce Sözbilir vd. [26]'nin 2005 Sığacık Körfezi depremleri ile ilgili yaptığı çalışmada incelenmiş ve bu alanda depreme bağlı kütle hareketleri belirlenmiştir. Yamaçta heyelan şeklinde gözlenen bu hareketler sonucu bazı düzlemler açığa çıkmıştır. Bu düzlemlerin en belirgin olanı yamacın üst kısımlarında volkanik breş içerisinde gözlemlenmiştir (Şekil 4.4).

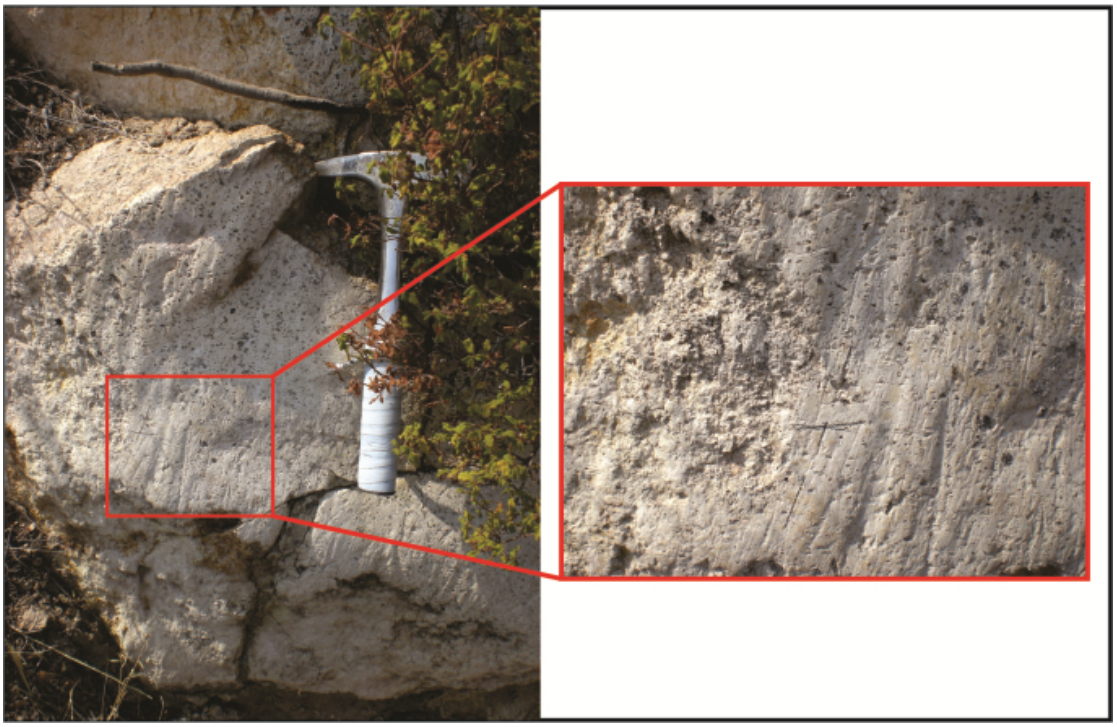


Şekil 4.3. (a) Fay düzlemlerinin yerlerini gösteren fotoğraf (b),(c),(d) ve (e) Normal fay karakterindeki fay düzlemleri.



Şekil 4.4. Ballıkaya Deresi yakınındaki gözlenen fay düzlemi (Koordinat: 467635 D, 4241848 K).

Bu düzlem üzerindeki çizikler baskın normal karakterde bir hareketi belirtmektedir. Kayaç parçaları üzerinde belirgin düşey çiziklere rastlanılmış olup bu çizikler genellikle 80º - 90º arasında sapma açılarına sahiptir (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Burada toplanan veriler Ballıkaya Deresi istasyonu adı altında kinematik analizde değerlendirilmiştir.

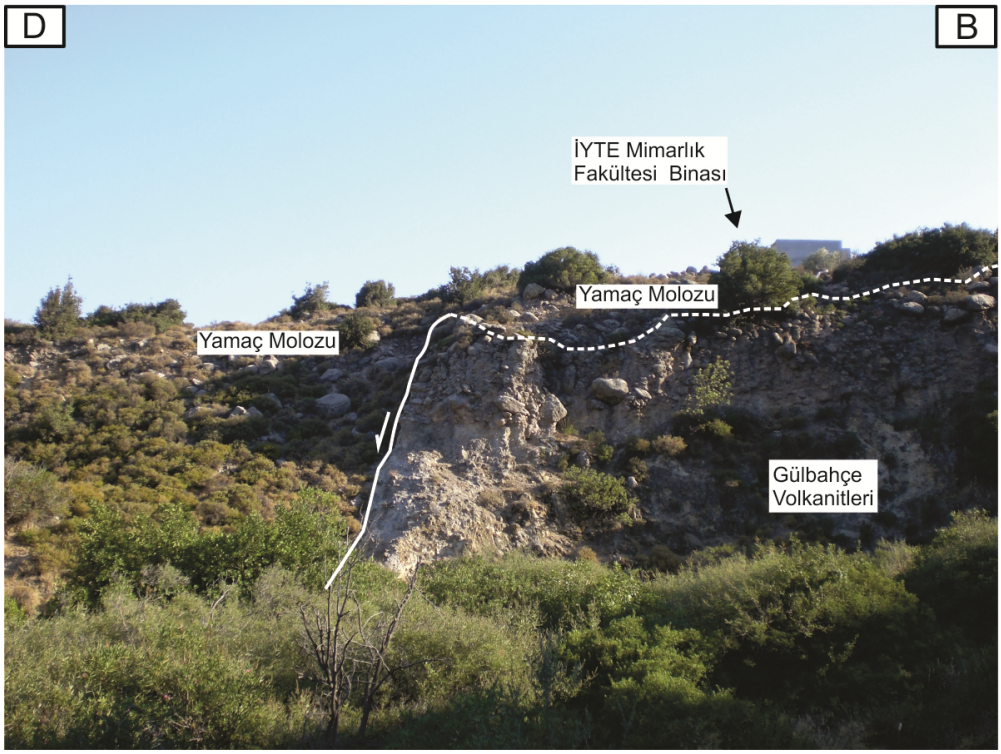


Şekil 4.5. Normal fay çizikleri (Sapma açıları 75º-90º arasında değişmektedir ve bakış yönü B).



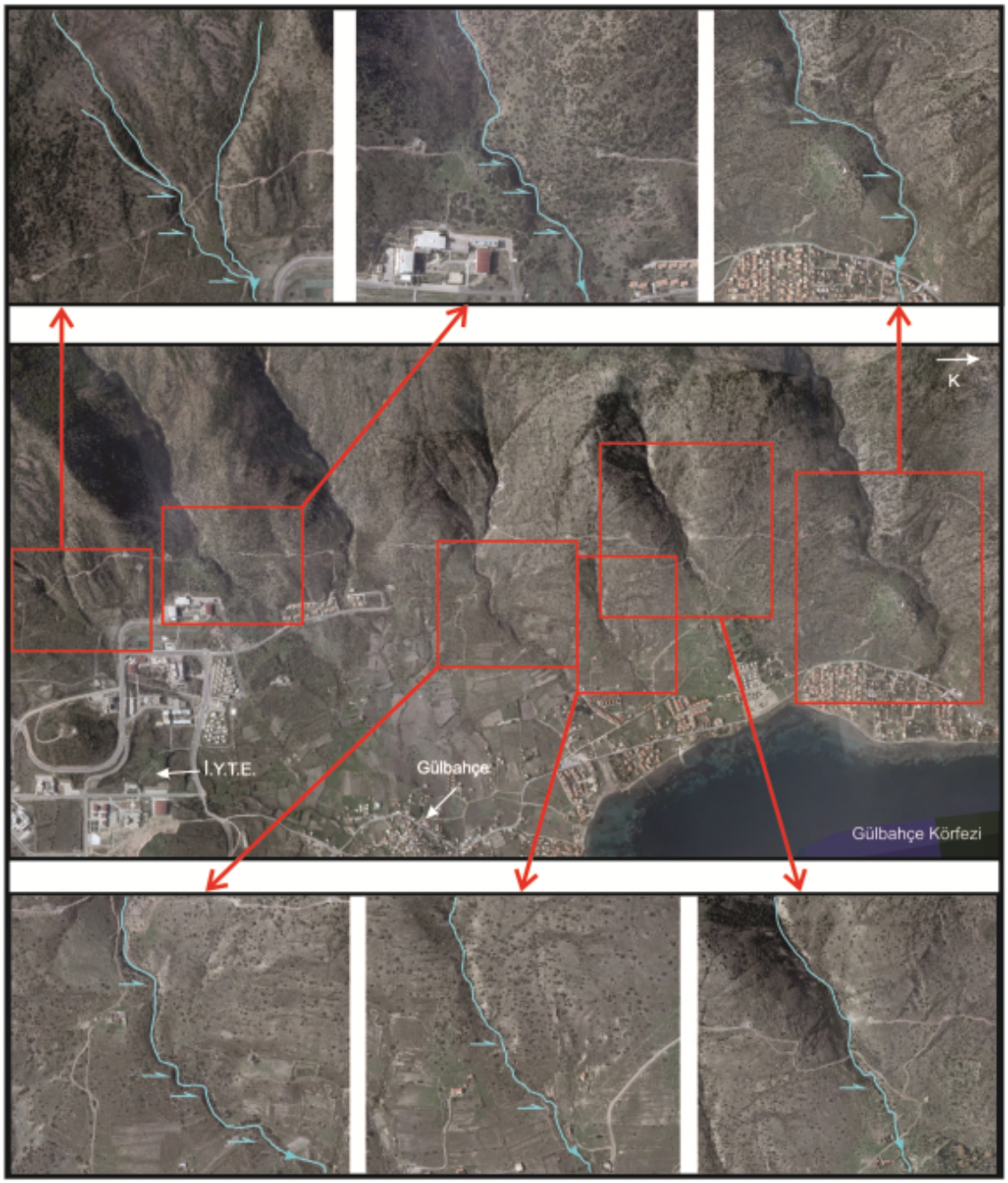
Şekil 4.6. Kayaç parçaları üzerinde gözlenen diğer fay çizikleri (Sapma açıları 75º-90º arasında değişmektedir ve bakış yönü B).

Fay düzlemleri devamlılığını Mimarlık Fakültesi binasının kuzeyindeki dere yatağında yitirmektedir (Şekil 4.7). Bu bölgede fay düzlemi ve doğudaki blok gözükmemektedir. Batı blokta ise Filiz ve Tarcan [16]'da bahsedilen alt kısımdaki kirli beyaz tüfler ve üst kısımda bulunan aglomera ve bloklar yer almaktadır. İki bloğun da üst seviyerinde ise yamaç molozu yer almaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Ballıkaya segmentinde yer alan normal fayın arazide görüldüğü Sineklikışla Deresi'nden bir görünüm.

Ballıkaya segmentindeki fay verileri normal fay karakterini göstermektedir. Bu veriler dışında uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarında inceleme yapılırken derelerde ötelenmeler belirlenmiştir (Şekil 4.8). Ötelenmeler sol yönlü doğrultu atımlı fay bileşenine işaret etmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda Gülbahçe Fay Zonu'ndaki faylarının doğrultu atım bileşeni hakkında kesin bir bulgudan bahsedilmemiştir. 17 Ekim 2005 tarihinde Sığacık Körfezi'nde meydana gelen depremlerden elde edilen odak mekanizması çözümleri, Gülbahçe Fay Zonu'nda K-KB yönlü kayma doğrultularında sol yönlü bir kırılma mekanizmasını göstermiştir. Bu veriler de fayın sol yönlü bir bileşene sahip olabileceği fikrini desteklemektedir [23].



Şekil 4.8. Ballıkaya segmenti ve çevresindeki derelerde gözlenen ötelenmeler.

Fayın güneydeki devamlılığı hakkında net bir veri elde edilememiştir ancak güneyde (Hacıgebeş Tepe çevresinde) yer alan ve Yağcılar formasyonu içerisinde kabul edilen kireçtaşları ile volkanik kayaçlar arasında devam ettiği düşünülmektedir.

4.1.1.1. Ballıkaya Tepesi ve Çevresindeki Faylar

Bu bölümde Gülbahçe Fay Zonu'nda yer alan, İYTE kampüs sınırları içerisindeki yol yarmaları, inşaat kazıları ve şevlerde belirlenen faylarla ilgili bulgulardan bahsedilecektir.

İYTE Gülbahçe Kampüsü, batı sınırı Ballıkaya segmenti, doğu sınırı ise İçmeler ve Söğütköy fayları tarafından sınırlanmış bir alanda yer almaktadır. Dolayısıyla bu alan, iki fay arasında sürekli deformasyona uğrayan bir alandır. Saha gözlemlerine göre bu iki büyük fay arasında bu faylara paralel bir çok fay belirlenmiştir. Bu faylar yüzeyde alüvyon ve yamaç molozları ile örtüldüğünden uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından belirlenememiştir. Ancak kampüsteki şevler ve inşaat kazılarında faylar açığa çıkmış ve özellikleri belirlenebilmiştir.

Kampüsün içerisinde yer alan Ballıkaya Tepesi ve Çıtırlıalan Tepesi Pleyistosen yaşlı çakıltaşlarının bulunduğu önemli yükseltilerdir. Fayların büyük bir kısmı bu birimler içerisinde gözlemlenmiş, bir kısmı ise bu çakıltaşları ile bu birimlerin altındaki Yağcılar formasyonunda bulunmuştur.

Ballıkaya Tepesi'ndeki çakıltaşı ve çamurtaşı seviyelerinde çoğunluğu normal fay olan çok sayıda fay belirlenmiştir. Ayrıca fayların dışında birçok eklem de belirlenmiştir. Bu eklem setleri K60º-80ºB ve K70º-80ºD doğrultuları arasında yer alan ve genel olarak D-B doğrultusuna yakın doğrultulara sahiptir. Normal faylar ise bu eklem setlerinin doğrultularında veya çok yakın doğrultularda gözlenmiştir.

Ballıkaya çakıltaşı içerisinde farklı seviyeler içeren bir birimdir. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilen faylar, çakıltaşı seviyelerinin daha yoğun olarak gözlendiği Ballıkaya Tepesi'nin doğu yamacındaki şevlerde belirlenmiştir. Çoğunluğu normal fay karakterinde olan bu fayların genelinde yamaçtaki harekete bağlı olarak doğu yönde hareketi sağlayan doğrultu atım bileşeni belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Ballıkaya Tepesi'nin doğu yamacında yer alan normal faylar (Bakış B'ya).

Doğrultuları D-B doğrultusuna yakın eklem setleri üzerinde gelişmiş fayların bazıları 4-5 metre uzunluğunda iken bazıları eklem setlerine bağlı olarak oluşmuş daha küçük faylardır. Şev boyunca G'ye doğru ilerlediğimizde çakıltaşı seviyeleri artmakta ve faylanmalar bir noktadan sonra D-B uzanımının dışına çıkmaktadır. Güneydeki yamaçta ise faylar şevin alt kısımlarında kaybolmaktadır.



Şekil 4.10. Ballıkaya Tepesi'nin güneyinde düzensizleşen çakıltaşı seviyelerinde gözlenebilen faylar (Bakış B'ya).

Ballıkaya Tepe'sinin Teknoloji Geliştirme Bölgesi'ne bakan güney yamacında şev, iki basamaklı bir yapıya sahiptir. Üst kısımda daha önce bahsedilen normal faylardan farklı olarak normal fay bileşenine sahip sol yönlü doğrultu atımlı faylar belirlenmiştir (Şekil 4.11). Yaklaşık aynı doğrultuya sahip (K50º-70ºB) ve sol yönlü olan bu faylardan dört tanesinde harekete ait veriler bulunabilmiştir ve bu faylar kinematik analizde Ballıkaya-2 istasyonunda değerlendirilmiştir.

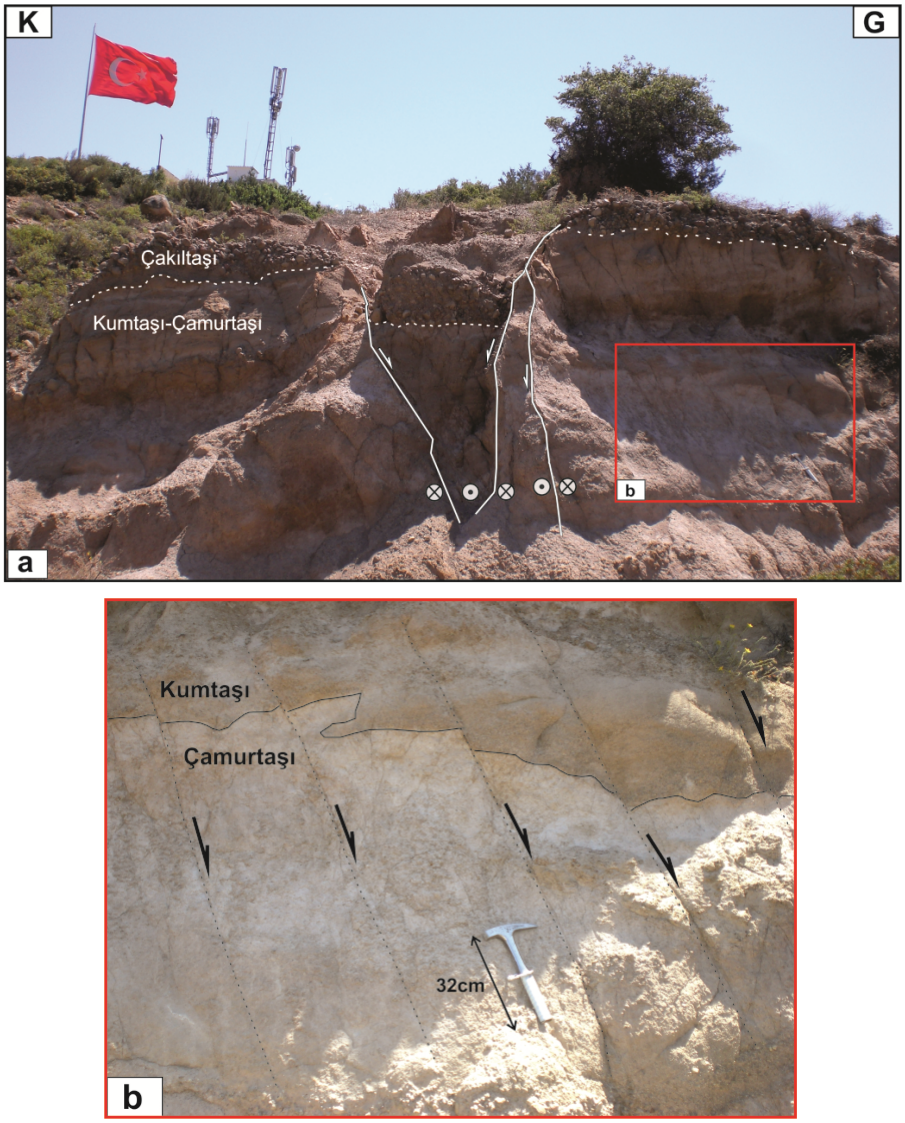
Fayların batıdaki blokları aşınmış yada yamaçtaki eğim sebebiyle duraylılığını kaybetmiştir. Bu sebeple fay düzlemleri alanda açık bir konumda bulunmaktadır. Birbirine yakın ve paralel durumda bulunan bu düzlemlerden elde edilen sapma açıları 18ºG, 15ºG,14ºG, 10ºG, 08ºG'dir.



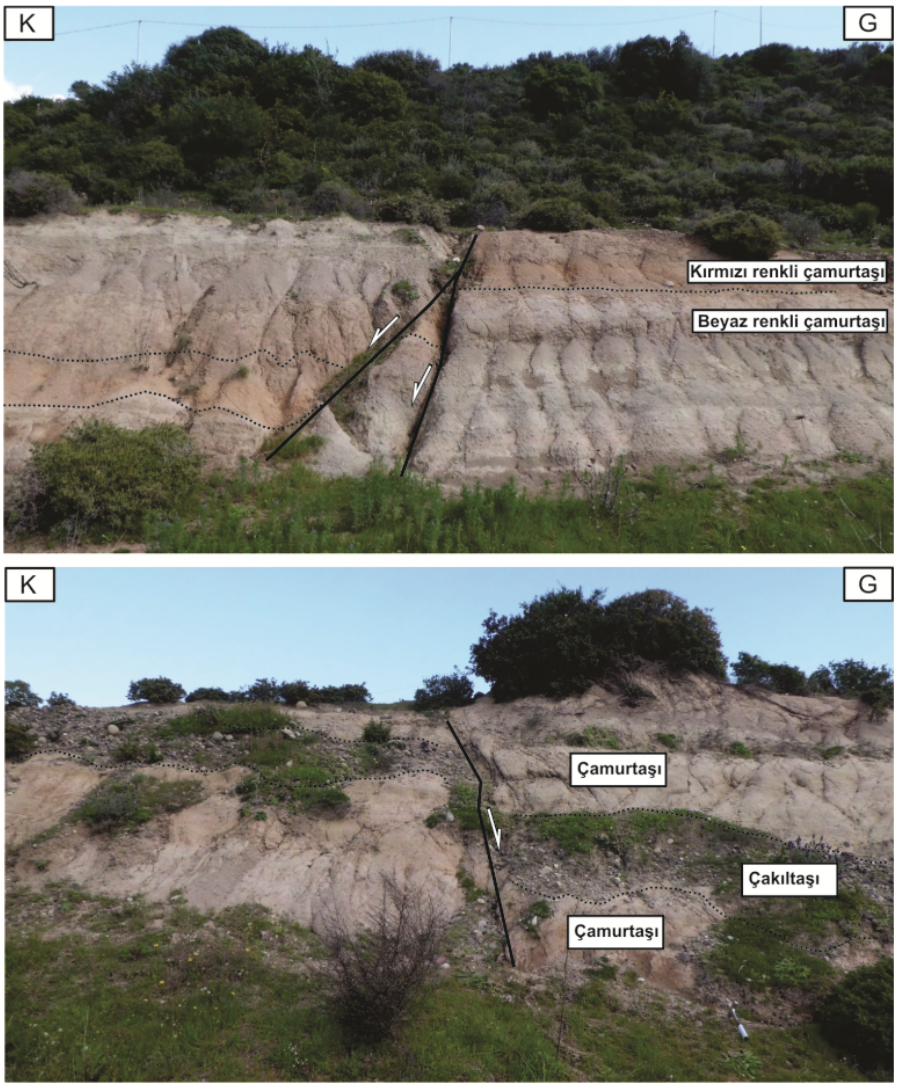
Şekil 4.11. Ballıkaya Tepesi'nin güneyindeki şevlerde yer alan sol yönlü doğrultu atımlı faylar (Bakış KD'ya).

Ballıkaya Tepesi daire şeklinde yapısı ve etrafında dolanan yollar olduğu için dört farklı doğrultuda açılmış şevlere sahiptir. Bu şevlerin batıda olanı diğerlerine göre nispeten daha az yüksekliktedir. Üst seviyelerinde Ballıkaya çakıltaşı altta ise Yağcılar formasyonuna ait tabakalar bulunduran bu şev aslında iki birim arasındaki açısal uyumsuzluk içeren sınıra karşılık gelmektedir. Makaslama eklemlerinin sık bulunduğu bu alanda bu şeve paralel, doğudaki şevde olduğu gibi D-B doğrultuda normal faylar belirlenebilmiştir (Şekil 4.12, Şekil 4.13).

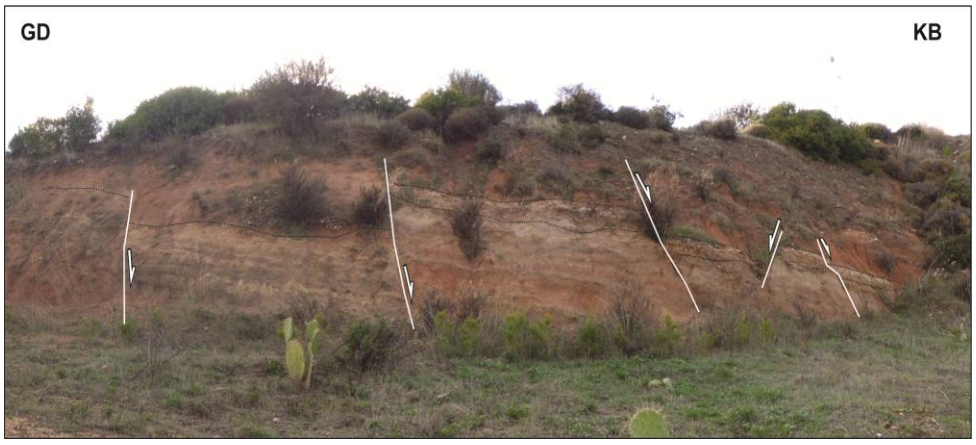
Bu alandaki iki birimde gözlenen faylar ve eklemler gerek çatlaklarda yer alan dolgu malzemesi, gerek doğrultuları düşünüldüğünde bir set olarak değerlendirilebilir. Şekil 4.12'de görülen doğrultu atımlı fay bileşenine sahip iki normal fay orta kısımda kama şeklinde bir blok oluşturmuş ve K-G açılması sonucunda bu blok fay düzlemleri boyunca batı yönde harekete maruz kalmıştır. Bu fayların güneyinde üzerinde küçük miktarda atımlar bulunan normal faylar görülmektedir (Şekil 4.12.b).



Şekil 4.12. (a) Ballıkaya Tepesi batısında yer alan alanda, Ballıkaya çakıltaşında gözlenen oblik faylar (b) aynı alanda yer alan 5-10 cm'lik düşey atıma sahip normal faylar.



Şekil 4.13. İYTE Kampüs Yemekhanesi'nin arkasında bulunan şevlerde Ballıkaya çakıltaşlarında gözlenen normal faylar.



Şekil 4.14. Ballıkaya Tepesi'nin alt seviyelerindeki normal faylar.

4.1.1.2. Çıtırlıalan Tepesi ve Çevresindeki Faylar

Çıtırlıalan Tepesi kampüs alanı içerisinde yer alan ikinci önemli yükseltidir. Bu tepe çevresinde yer alan faylar, Ballıkaya çakıltaşı ve Yağcılar formasyonuna ait çökellerde yer almaktadır. Çoğunluğu doğrultu atımlı fay karakterinde olan bu faylar aslında K-G uzanımlı bir hat boyunca yer alan büyük bir fayın parçaları olarak değerlendirilebilir. Jeofizik çalışmalar [28] ve topoğrafik haritalar incelendiğinde kampüsü Çıtırlıalan ve Ballıkaya Tepeleri arasından geçip iki farklı bölüme ayıran bir fayın olabileceği yorumu yapılabilmektedir. K-G yönlü bu hat boyunca gerek kampüs binaları gerekse de güncel alüvyon örtüsü sebebiyle yüzeyde fay varlığı ile ilgili bir yorum yapılamamaktadır.

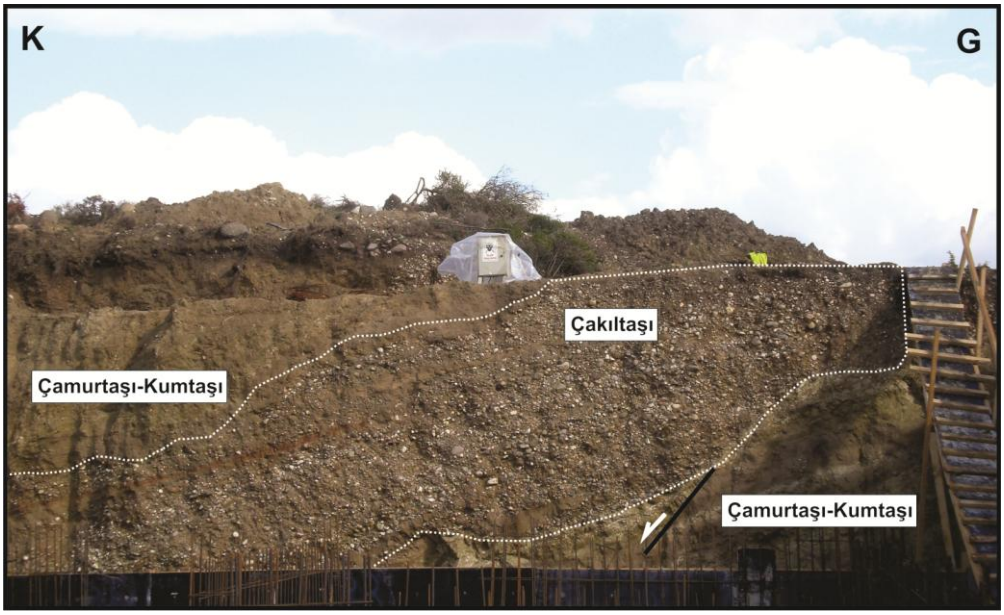
Yapılan çalışmalarda yeni bina inşaatı amacıyla açılmış şevlerde birçok fay düzlemi belirlenmiş ve kesitler hazırlanmıştır. Yapılan kazılarda Yağcılar formasyonu ile Ballıkaya çakıltaşı arasındaki ilişki, alandaki faylar ve birimlerin konumları bu alanlardan belirlenebilmiş ve yorumlanmıştır.



Şekil 4.15. Ballıkaya çakıltaşı içerisindeki sin-sedimanter faylar.

Şekil 4.15'te Ballıkaya çakıltaşına ait kumtaşı-çamurtaşı ardalanmaları ve çakıltaşları arasında oluşan sin-sedimanter faylar gösterilmiştir. Fotoğrafta gösterilen alan amfitiyatronun hemen yanında yer alan düzlüktür. Bu tip faylara sadece bu alanda rastlanmış olup, bu alan aslında Yağcılar formasyonu ile Ballıkaya çakıltaşlarının açısal uyumsuzlukla yanyana geldiği bir alandır.

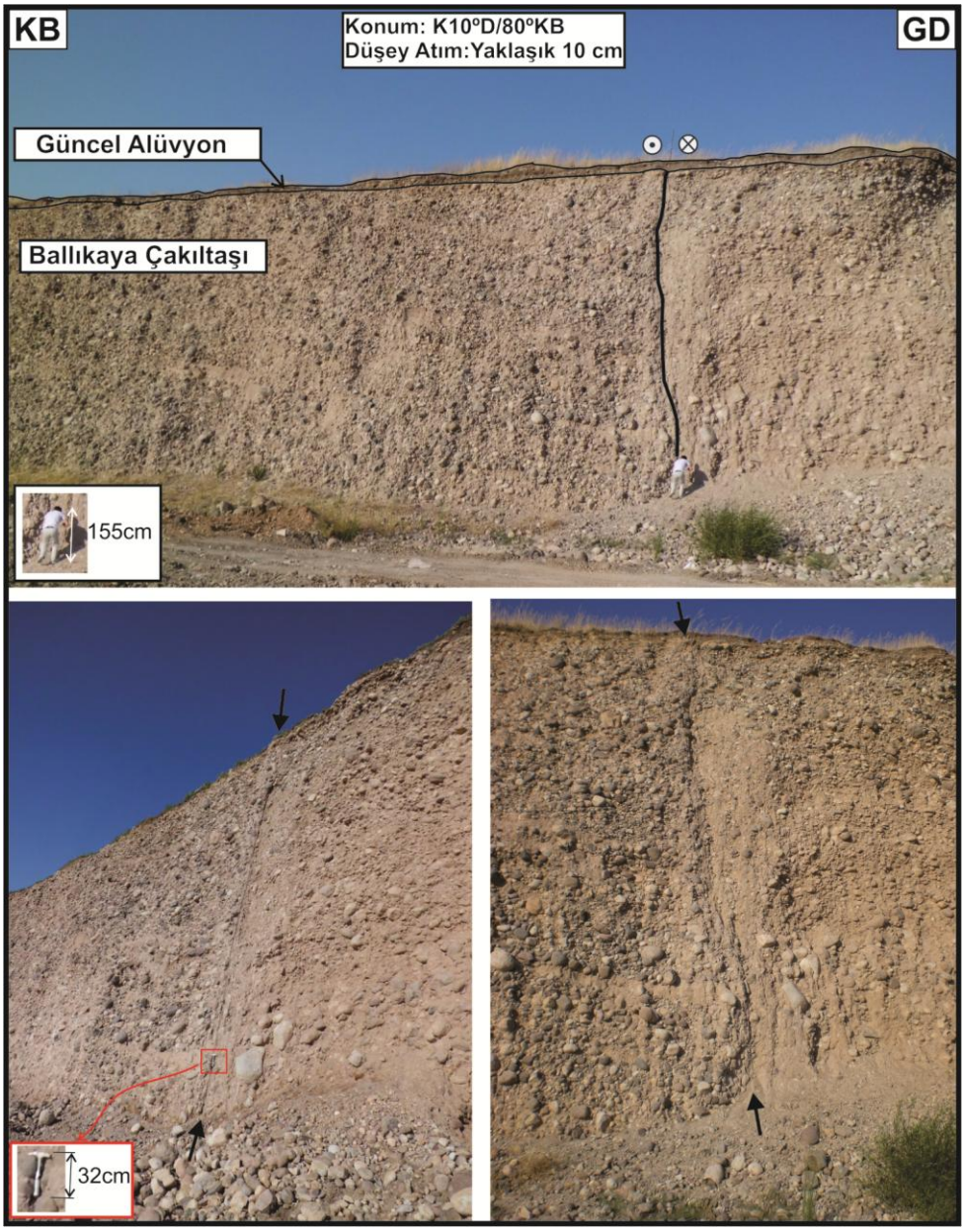
Ballıkaya çakıltaşı sadece çakıltaşlarından oluşan bir birim değildir. Birim içerisinde farklı çamurtaşları ve kumtaşlarıda bulunmaktadır. Çakıltaşları yüzlek veren alanlarda yekpare bir görüntü sergilerken yeraltında farklı bir durum vardır. Yapılan kazılardan çakıltaşlarının merceksi yapılar şeklinde cepler oluşturduğu, faylarla deformasyona uğradığı ve bazı yerlerde eski kanal dolguları halinde bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.16). Çakıltaşlarının düşey ve yanal devamlılığı hakkında kesin bir bilgi verilememektedir.



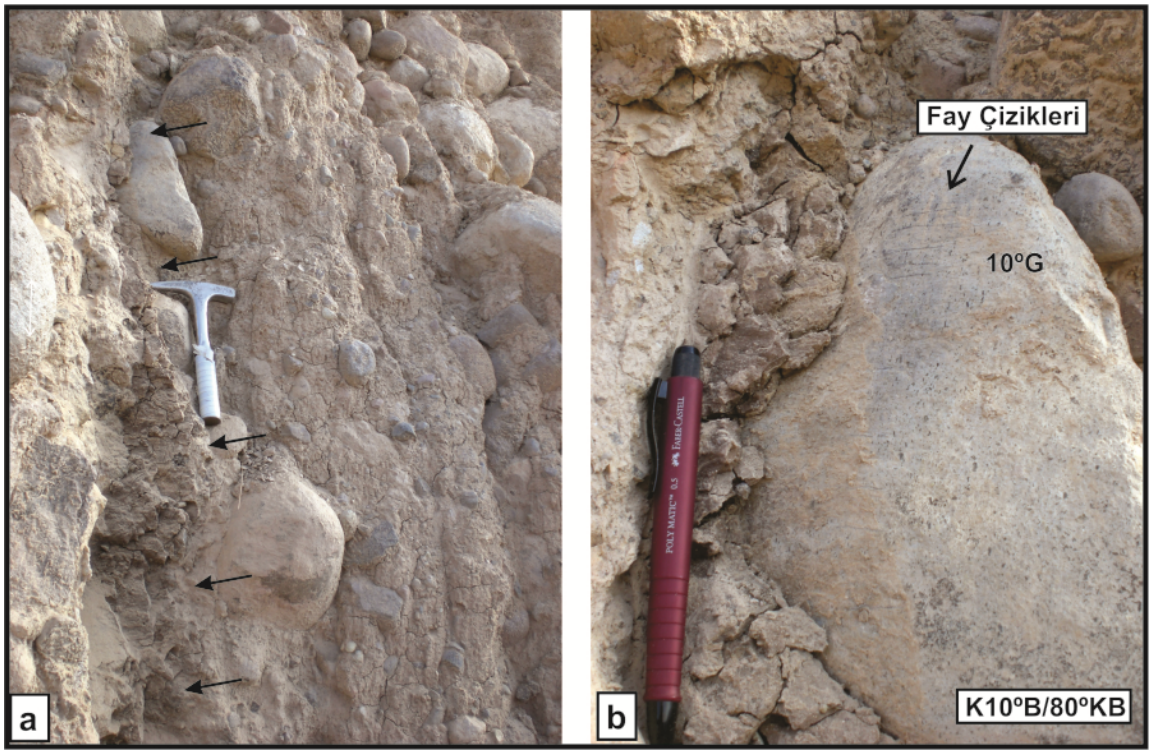
Şekil 4.16. Ballıkaya çakıltaşına ait farklı seviyelerden bir görünüm.

Ballıkaya çakıltaşı içerisinde gözlenen faylardan en büyüğü Çıtırlıalan Tepe içinde kazılan şevde gözlenmektedir. Fayın konumu K10ºD / 80º KB olarak ölçülmüştür ve bu düzleme paralel bir-iki düzlem daha belirlenmiştir. Ayrıca fay düzleminin B ve D blokları arasındaki çakıltaşlarında bazı görsel farklılıklar belirlenmiştir. Bunlardan ilki çakıltaşlarını bağlayan malzemenin, çamurtaşının rengidir. D'da kalan bloktaki çamurtaşı ve killi bağlayıcı malzeme ten rengine yakın bir renkte

iken B'da kalan bloktaki malzeme grimsi tonlarda bir bağlayıcı malzemeye sahiptir. Bu renk farklılığı şevin üst kısımlarında farkedilebilir ancak yağışlı mevsimlerde bu fark ortadan kalkmaktadır. Bu sebeple güvenilir bir belirteç değildir. Bunun dışında iki bloktaki çakıllar arasında da renk farkları vardır. B bloktaki çakıllar daha koyu renktedir fakat tüm şev için bir genelleme yapmak doğru değildir. Şekil 4.17'de fay düzlemine ait fotoğraflar verilmiştir. Şekil 4.18'de ise bu faya ait fay düzlemi ve fay çizikleri gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Çıtırlıalan Tepesi'ndeki çakıltaşlarındaki faya ait görüntüler (Sol alttaki fotoğrafta bakış KD'ya, sağ alttaki fotoğrafta bakış D'ya doğrudur).



Şekil 4.18. Şekil 4.17'de gösterilen faya ait (a) fay düzlemi (b) fay çizikleri (Bakış yaklaşık GB'ya).

Fay düzleminde belirlenen fay çizikleri yataya yakındır. Çakıllar üzerinde yakalanan bu çizikler ile fay kili olarak değerlendirilebilecek malzemede yatay hareketin yönünü belirlemek mümkün olmamıştır. Bu sebeple fayın doğrultusunda fayın devamlılığı araştırılmıştır. Fayın KD yöndeki devamlılığı araştırılmış ancak yüzeyde bir iz bulunamamıştır. Çünkü üst kısımda güncel alüvyon fay düzlemini tamamen örtmüştür ancak Çıtırlıalan Tepesi'nin KD kısmında bir akaçlama belirlenmiştir ve bu akaçlama fay ile aynı doğrultuya sahiptir. Uydu görüntülerinden belirlenen bu çizgisellik fayın devamı kabul edilmiş ve tepe boyunca haritalanmıştır. Fayın GB'daki devamlılığı ise yüzeyde gözlenememektedir. Ancak kampüs içerisinde yapılacak olan yeni binalar için kazılan alanlarda gözlemler yapılmıştır. Açılan şevlerin doğrultuları ve açıldığı yaklaşık yerler Şekil 4.19'da bir kroki şeklinde gösterilmiştir. Bu şevlerde fayların devamlılığı karşılıklı duvarlarda belirlenmiş ve haritalanmıştır. Fayların doğrultuları ve fay yüzeylerindeki çizikler kinematik analizde kullanılmıştır.



Şekil 4.19. Çalışma alanında şevlerde çekilen fotoğrafların yerlerini belirten Google Earth görüntüsü üzerindeki kroki.

Fayların hepsi Ballıkaya çakıltaşında bulunmuştur. Kuzeydeki doğrultu atımlı fay ile birlikte aynı doğrultulu iki fay düzlemi daha belirlenmiştir. Bu düzlemlere ait yüzeylerde fay çizikleri bulunmuş ve çakılların düzleme göre konumlarına dikkat edilerek hareketin sol yönlü olduğu yorumlanmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Kazılarda açığa çıkan fay düzlemleri ve düzlemlerdeki fay çizikleri (Alttaki fotoğraflarda bakış yaklaşık GB'ya).

Kazı alanlarında gözlemlenen bir diğer önemli yapı ise Yağcılar formasyonuna ait kıvrımlı tabakalardır. Bu tabakalar düşük eğimli kanatları olan antiklinal ve senklinal benzeri yapılar (Şekil 4.21) oluşturmuş ve D'ya doğru faylara yaklaştıkça tabakalar dikleşmiştir.

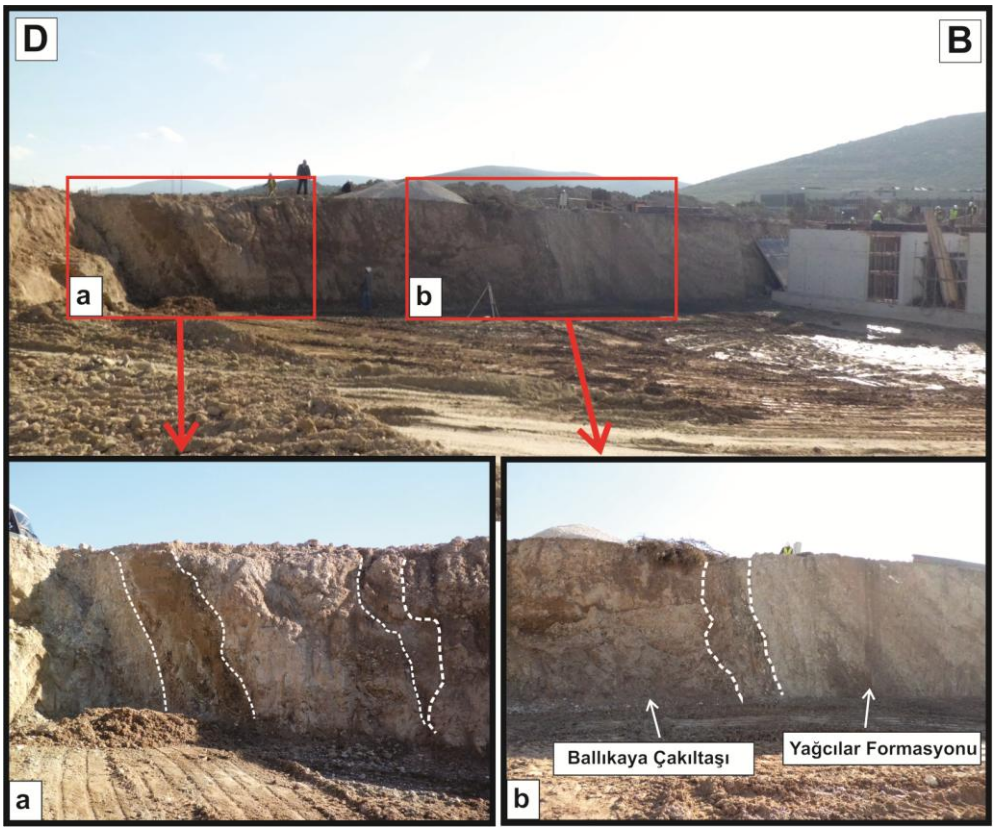


Şekil 4.21. Yağcılar formasyonu ve Ballıkaya çakıltaşlarına ait kazı görüntüsü.

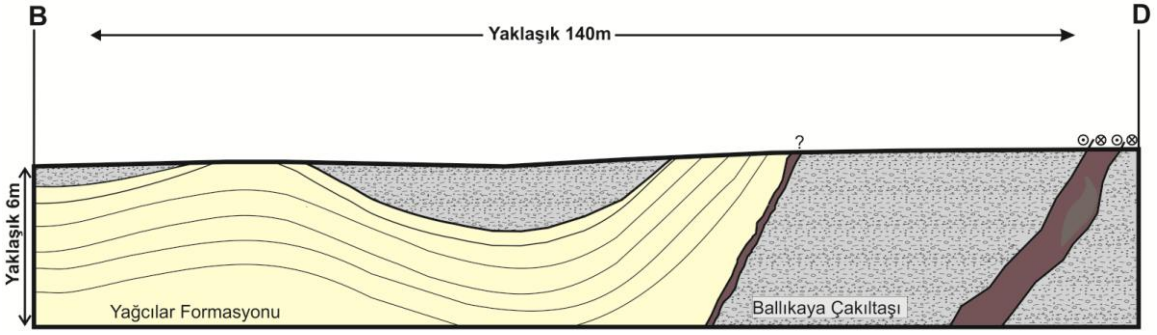
Şekil 4.21'deki kazı alanının güneyindeki başka bir kazı alanında ise çakıltaşları içerisinde normal faylar belirlenmiştir. Bu faylarda harekete bağlı oluşan kolüviyal kama benzeri yapılar gözlenmiştir (Şekil 4.22). Bu kazıda toplam 5 adet normal fay düzlemi belirlenmiştir. Faylarda kuzeydeki bloklar düşen blok karakterindedir.



Şekil 4.22. Kazılar sonrası ortaya çıkan normal faylar (Rektörlük binası karşısındaki alan).

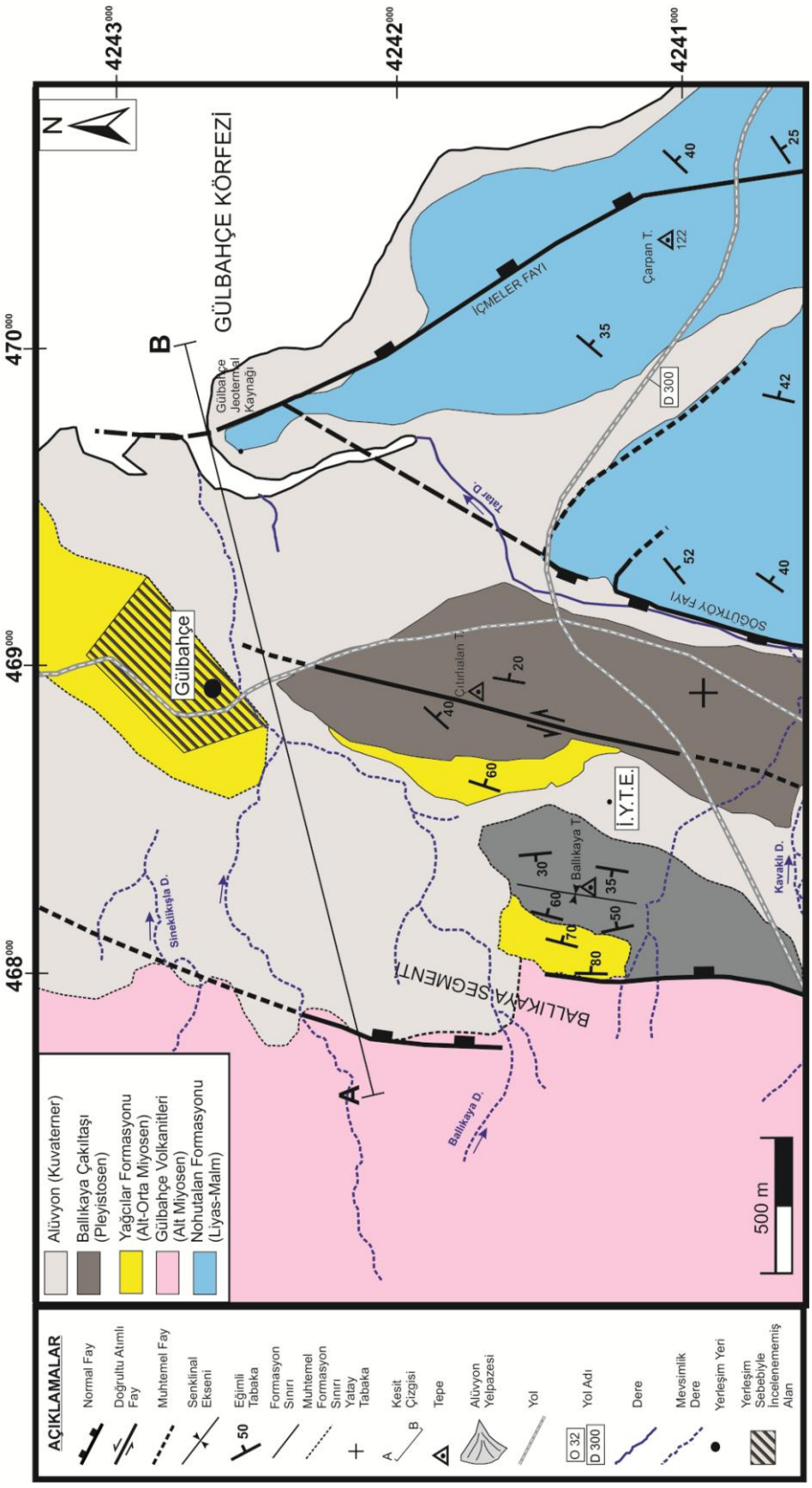


Şekil 4.23. Kazılarda açılan fay düzlemleri (Şekil 4.21'deki şevin karşı tarafı).

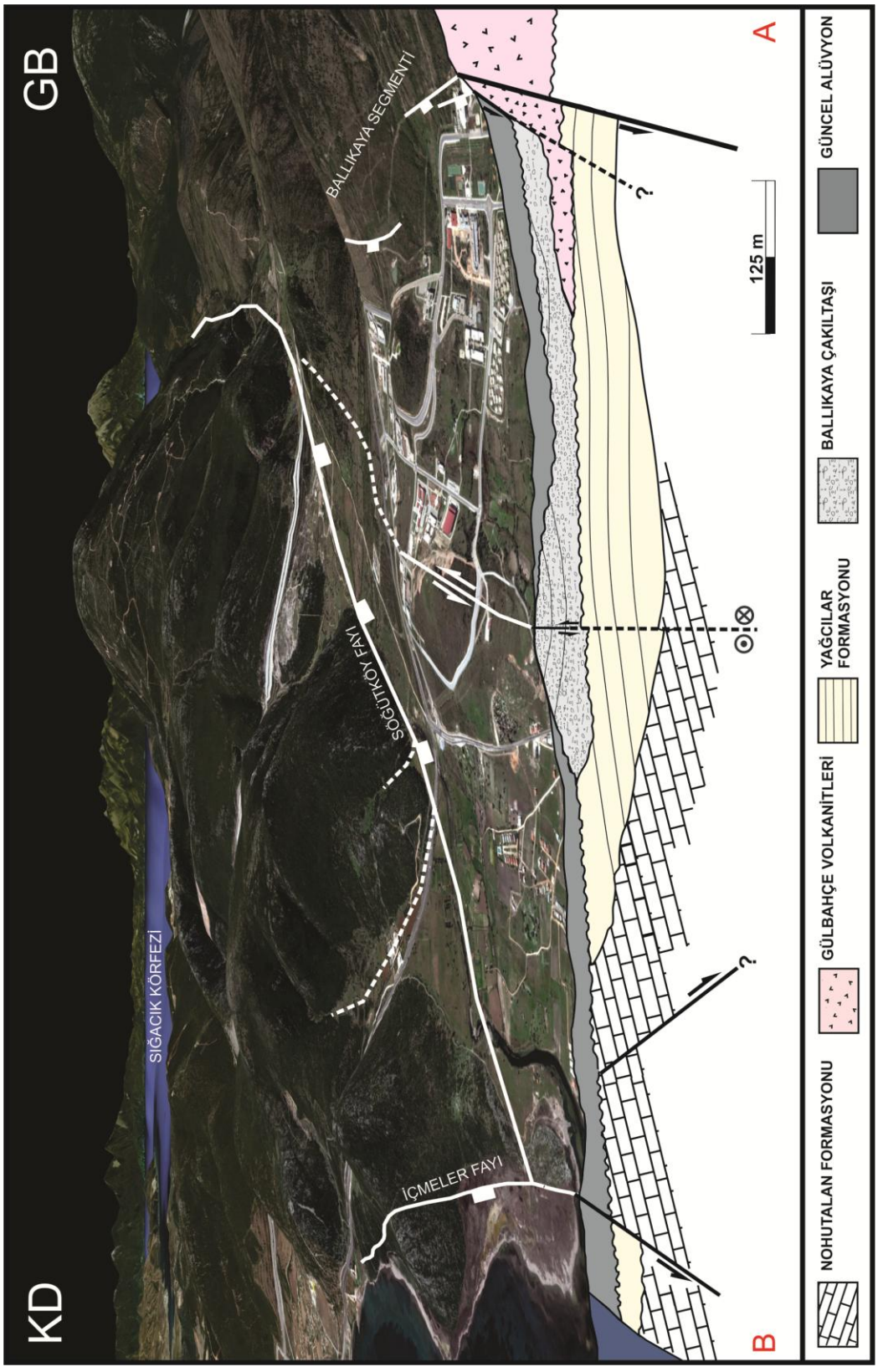


Şekil 4.24. Kazılar sonucunda fotoğraflanan şevlerden elde edilen model kesit.

Şekil 4.25 ve Şekil 26'da Ballıkaya segmentinin bulunduğu alana ait ayrıntılı jeoloji haritası ve jeofizik veriler ve sondajlardan yararlanılarak çizilen kesit gösterilmiştir.



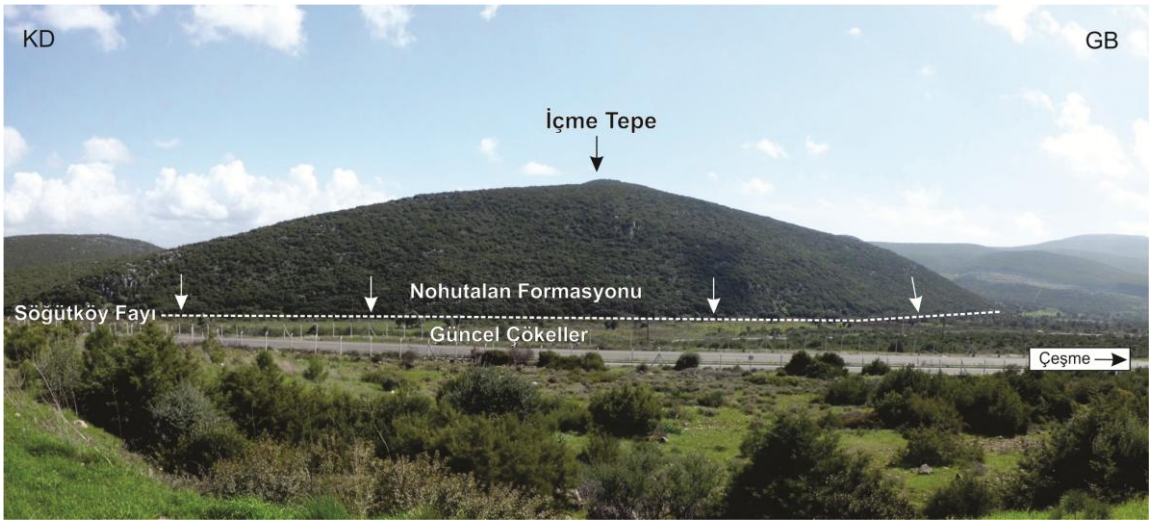
Şekil 4.25. İYTE kampüsü ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'dan yararlanılmıştır ve A-B kesiti için Şekil 4.26'ya bakınız).



Şekil 4.26. İYTE çevresine ait jeolojik kesitin üç boyutlu Google Earth görünümü (Kesit yeri için Şekil 4.25'te A-B kesit hattına bakınız).

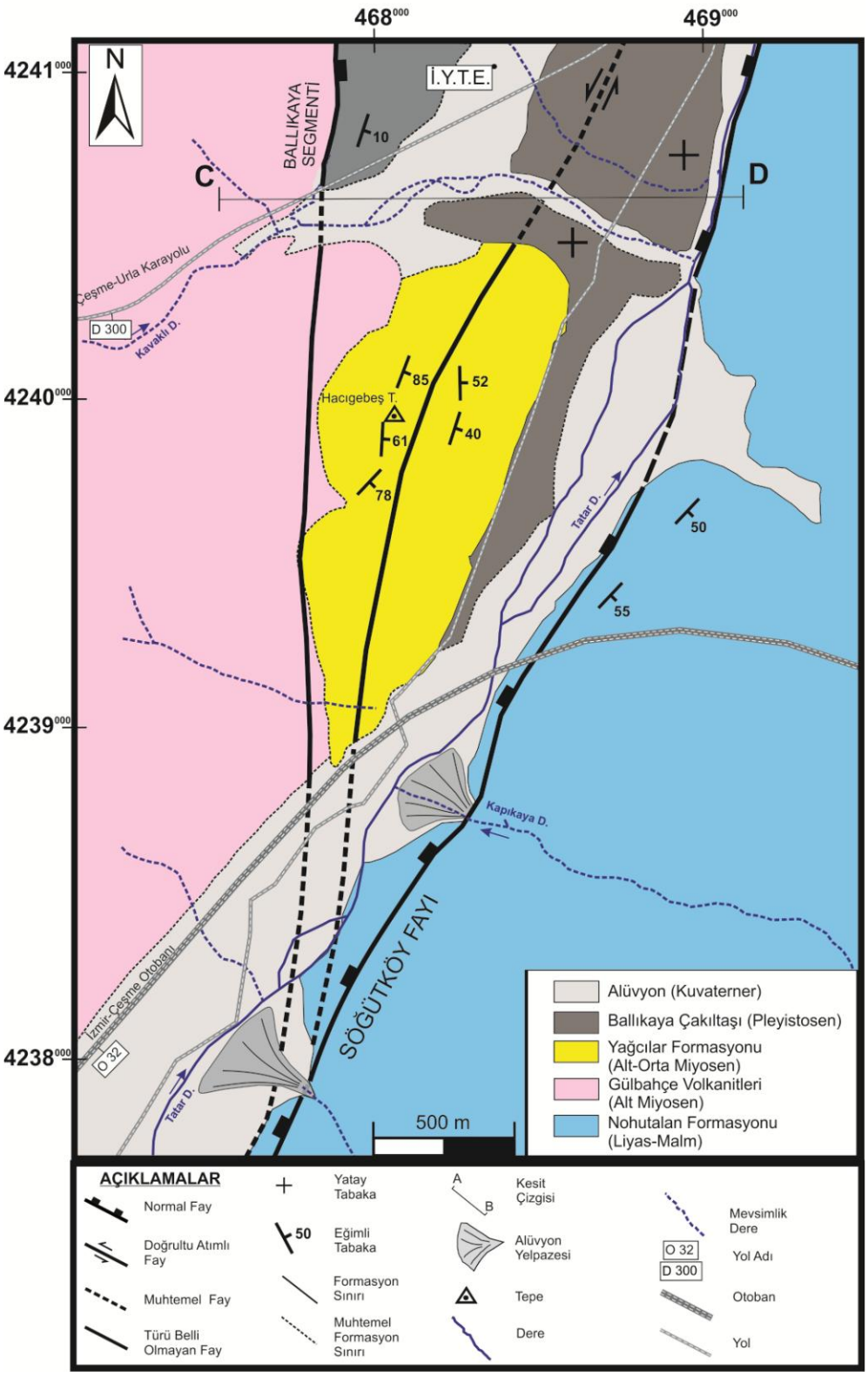
4.1.2. Söğütköy Fayı

Söğütköy Fayı adını, oluşturduğu fay sarplığı boyunca gözlenen Söğüt Deresi ve daha güneyde yer alan Söğütköy'den almıştır. Söğütköy Fayı arazide 100-200 metre uzunluğa sahip sarplıklar ve yükseklik farkları oluşturmuştur. Bu fay daha önceki çalışmalarda haritalanmış ve batıdaki bloğun düştüğü belirlenmiştir [19, 24]. Düşen batı blokta alüvyon ile birlikte örtü birimler bulunmakta iken doğu blokta temel olarak kabul edilen Nohutalan formasyonu kireçtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.27). Normal fay karakterinde olan bu fay Söğüt Deresi'nin Tatar Deresi ile birleştiği Çeşme - İzmir otobanı kenarındaki kısımda ve Tatar Deresi boyunca incelenmiştir (Şekil 4.28).

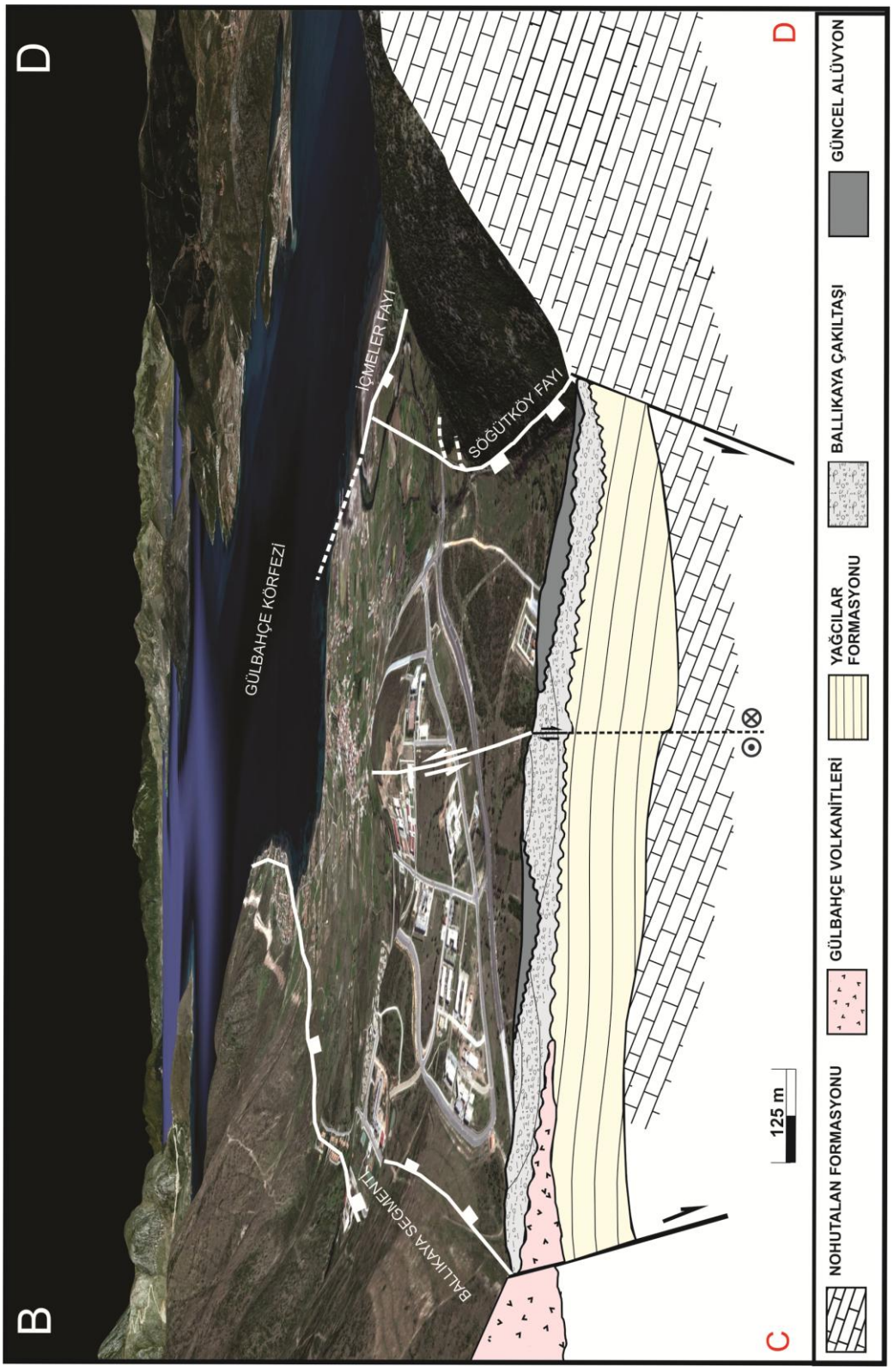


Şekil 4.27. İçme Tepe yamaçlarında sarplık oluşturan Söğütköy Fayı'nın arazi görüntüsü.

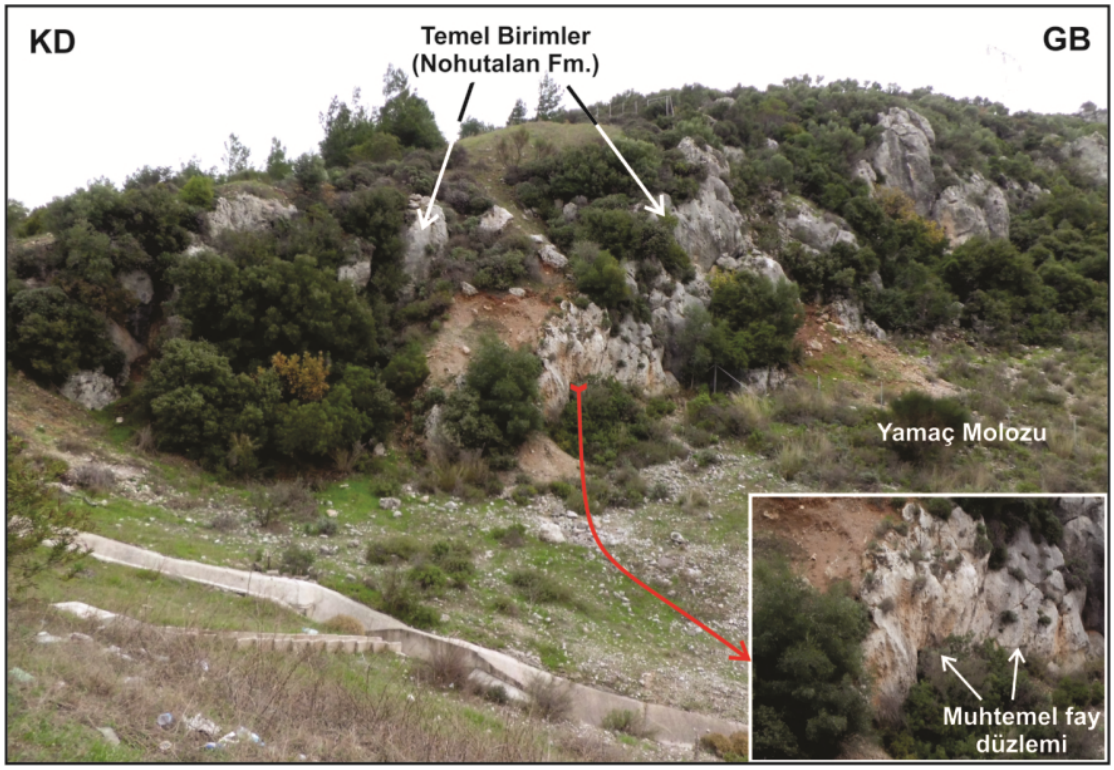
Söğütköy Fayı'nın Karaburun yol ayrımına yakın kısımlarında gelişmiş ve bu fayı kesen KB-GD doğrultulu fay seti belirlenmiştir. Hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinden ve üç boyutlu yükseklik modellerinden belirlenen bu çizgisellikler daha sonra arazide incelenmiş fakat herhangi bir düzlem yada fay belirteci bulunamamıştır. Muhtemel fay olarak değerlendirilen bu çizgiselliklerden biri Tatar Deresi'ne bağlanan bir drenaj şeklinde görülmekte iken ikincisi Urla-Çeşme karayolunun üzerinde yer aldığı temel birimleri KB-GD yönde ayıran bir çizgiselliktir ve İçmeler Fayı ile bir paralellik sunmaktadır (Bkz. Şekil 4.25).



Şekil 4.28. Söğütköy Fayı'nın gözlendiği Tatar Deresi ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24]'den yararlanılmıştır ve C-D kesiti için Şekil 4.29'a bakınız).



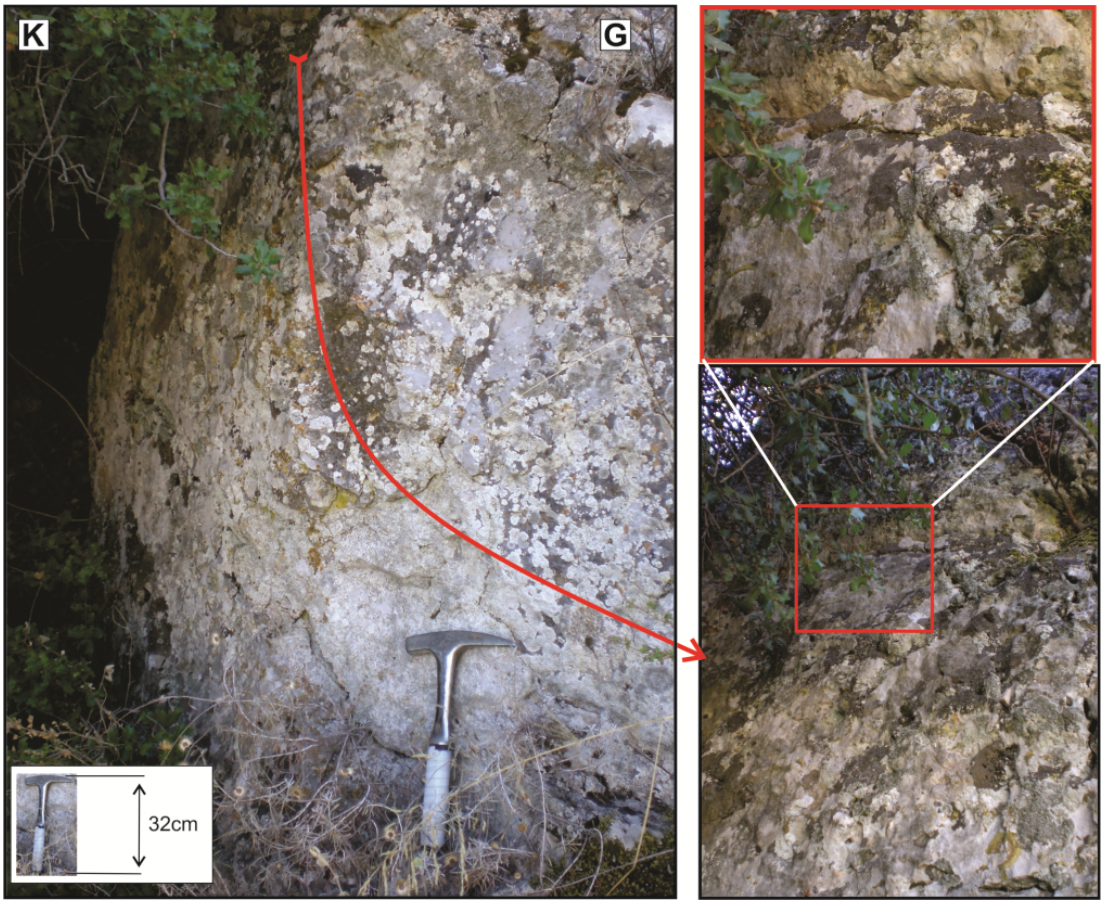
Şekil 4.29. Kavaklı Deresi boyunca hazırlanan jeolojik kesitin üç boyutlu Google Earth görünümü (Kesitin yeri için Şekil 4.28'de C-D hattına bakınız).



Şekil 4.30. Çeşme otobanının güneyinde Söğütköy Fayı'na ait muhtemel fay sarplıkları.

Çeşme otobanının geçtiği bölgede yer alan fay sarplıkları otobandan geçiş sağlanamadığı için ayrıntılı incelenememiş ancak olası fay düzlemleri ve fay sarplıkları belirlenmiştir (Şekil 4.30). Yaklaşık 2 km'lik sarplık boyunca haritalanabilen Söğütköy Fayı, İYTE kampüsü girişinden itibaren ise alüvyonla örtülmüştür ve sahada izlenememektedir. Ancak daha önceki çalışmalarda elde edilen verilere göre fayın aynı doğrultuda devam ettiği ve Çarpan Tepe'nin deniz ile buluştuğu burun kısmında İçmeler Fayı ile kesiştiği düşünülmektedir [19, 28].

Söğütköy Fayı yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzanan sırt boyunca incelenebilmiş ve bu sırttaki üç farklı fay düzlemi belirlenmiştir. Bu düzlemler K35°D, K75°D, K20°D konumlu olarak genellikle dike yakın, yüksek açılarla KB'ya eğimli düzlemlerdir ve normal fay karakterini belirten 80º ile 90º arasında sapma açıları belirlenmiştir (Şekil 4.31).

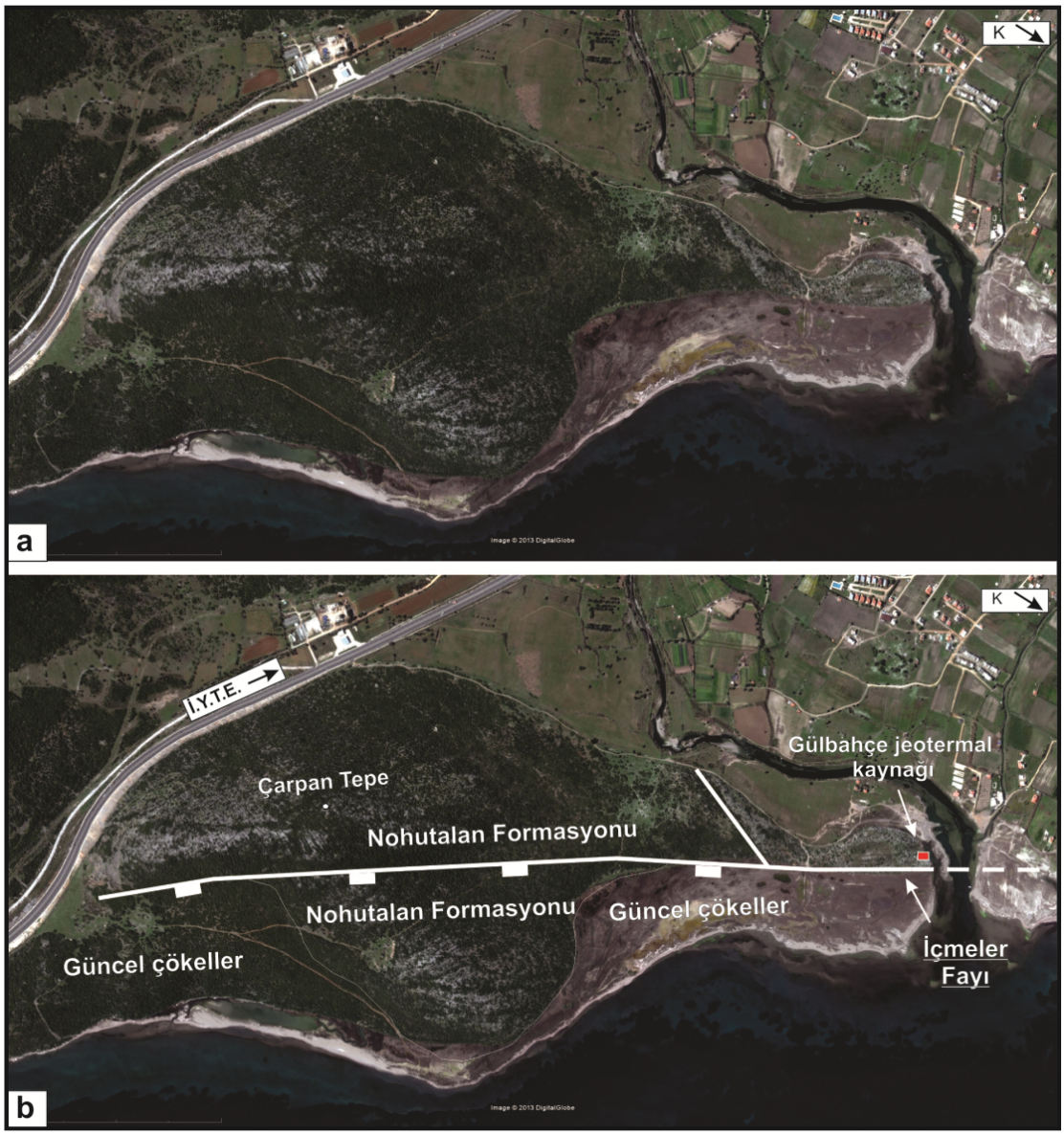


Şekil 4.31. İçme Tepe'nin batısında, Tatar Deresi kıyısındaki kireçtaşlarındaki fay düzlemleri.

4.1.3. İçmeler Fayı

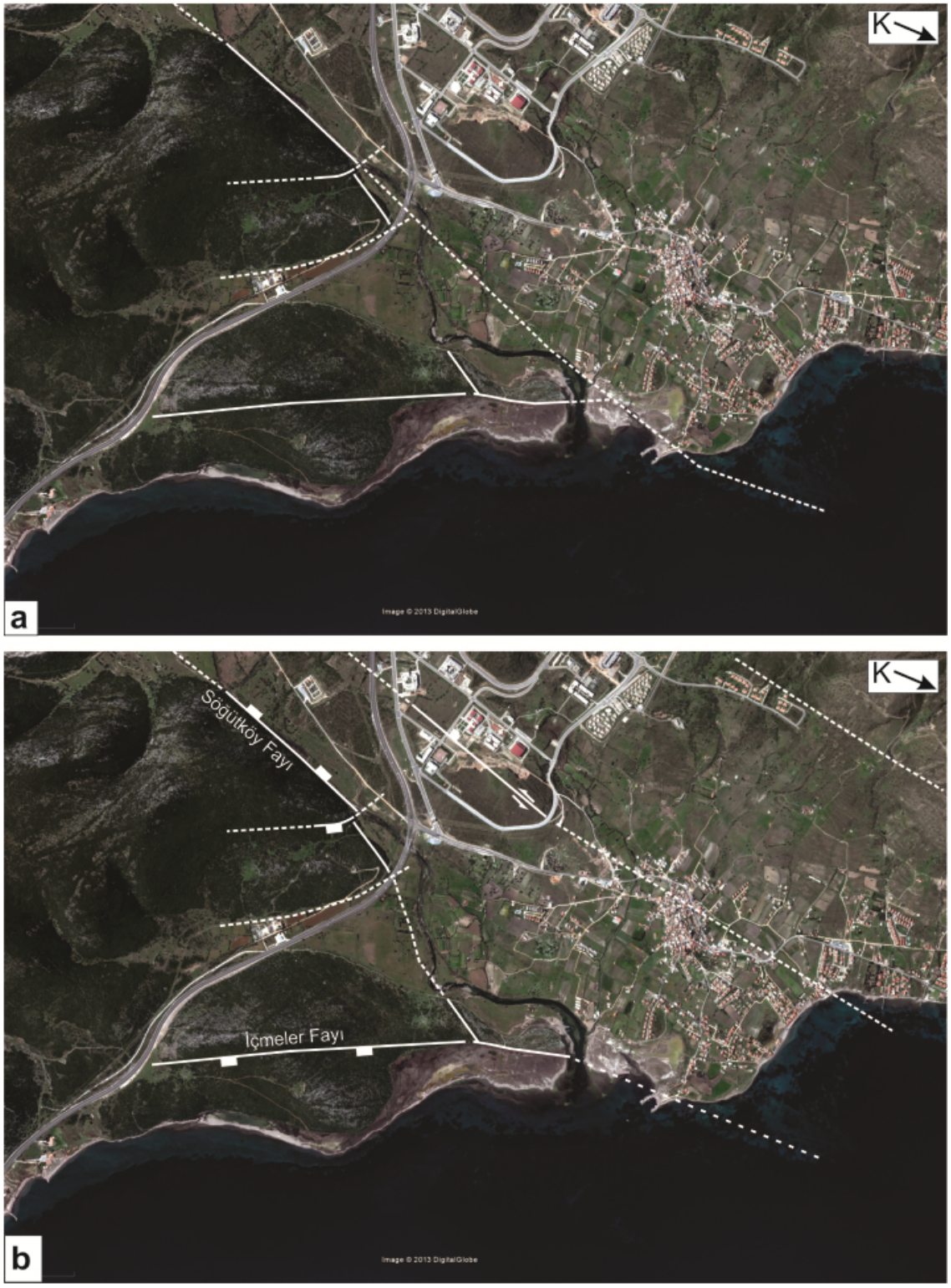
İçme Tepe'nin doğusundan başlayıp KB'ya doğru temel birimleri kesen bu fay Çarpan Tepe civarında temel birimlerle örtü birimleri birbirinden ayırır. Normal fay karakterinde olan bu fayın kuzeydoğusundaki blok aşağıya düşmektedir. Bu hareket topoğrafyadaki ani yükseklik değişiminden belirlenmiştir.

Yaklaşık K-G doğrultulu olan bu fayın İYTE kampüsü sınırları içerisinde, batı kısımda güncel alüvyon ile temel kayaçlara ait kireçtaşları birbirinden ayrılmakta iken doğudaki deniz kenarındaki kısımda temel kayalar ile neojen çökellerin birbirinden ayrıldığı belirtilmiştir [24] . Ancak saha gözlemlerinde Neojen yaşlı çökellerden ziyade daha çok yamaç molozlarına rastlanmış ve haritalanma buna bağlı yapılmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. (a) İçmeler Fayı'nın bulunduğu alanın Google Earth görüntüsü (b) Google Earth görüntüsüne fayların işlenmiş hali.

İçmeler Fayı, Söğütköy Fayı ile kesişir konumda bulunmaktadır. Çarpan Tepe'nin kuzeybatısında, kesiştiği düşünülen bu iki fayın devamlılığı hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır. Önceki çalışmalarda Söğütköy Fayı ile İçmeler Fayı kesişecek doğrultuda gösterilmiştir ancak nerede kesiştikleri hakkında bir veri yoktur [19]. Bulunan faylar ve doğrultuları incelendiğinde Şekil 4.33'teki model bu iki fayın kesişmeleri ile ilgili durumu açıklamaya yardımcı olabilir.



Şekil 4.33. Söğütköy ve İçmeler Fayları'nın kesiştiği yer ile ilgili (a) önceki çalışmalardaki (b) bu çalışmadaki model.

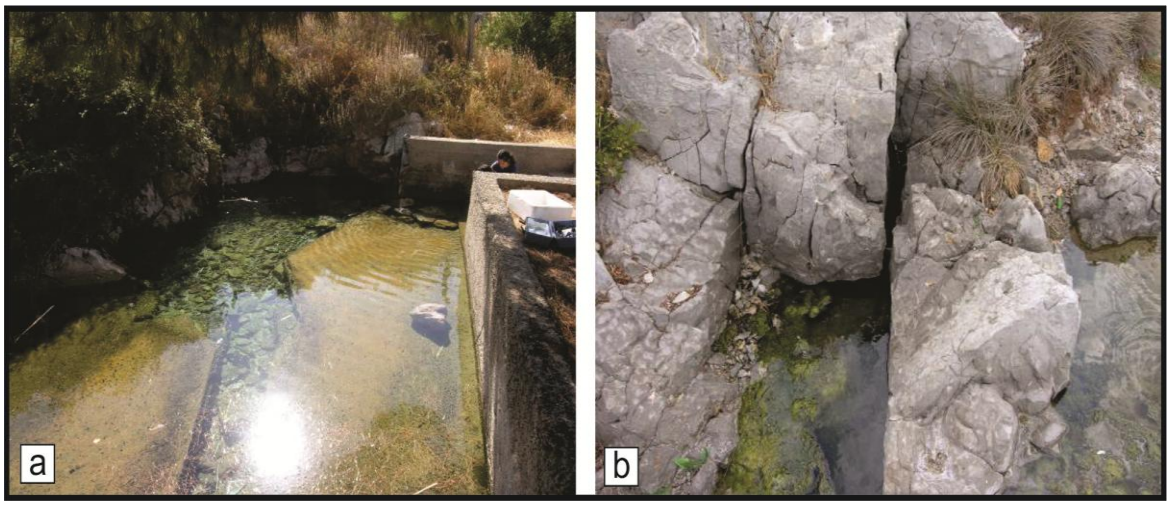
Çalışma alanında Gülbahçe kaynağı (Şekil 4.34) adı verilen bir adet sıcaksu, Malkaça adı verilen bir tane de soğuk su kaynağı bulunmaktadır. İçmeler ve Söğütköy fayları, K-G yönde uzanarak jeotermal faaliyeti düzenleyen tektonik faktörlerdir. Yağışlar ile yeryüzüne düşen sular, geçirimli birimler ve fay zonları boyunca süzülerek ısı kaynağına yakın kayaçlarda jeotermal gradyan etkisiyle ısınır ve süreksizliklerle faylara yönlenir. Sonuçta faylar jeotermal sistemin beslenme alanı ile ısı kaynağı arasında jeotermal akışkanın dolaşımını sağlamaktadır [28].



Şekil 4.34. (a) Gülbahçe kaynağının dışarıdan görünümü (b) Gülbahçe kaynağının içeriden görünümü (Baba, A. [28]'dan alınmıştır ve bakış GD'ya).

Tez kapsamında incelenen alan tektonik açıdan aktif bir bölgedir ve bu tektonik hareketler sonucunda alanda jeotermal kaynakların var olması doğal bir olaydır. Gülbahçe jeotermal kaynağı üzerinde geçmişte birçok çalışma yapılmıştır [13, 16, 19, 28, 104, 105]. Günümüzde bu kaynakların geliştirilmesi amacıyla İYTE Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından projeler üretilmekte ve çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

İnceleme alanındaki Nohutalan formasyonuna ait kireçtaşları jeotermal sistemin rezervuar kayacıdır. Bu birimlerde sonradan oluşan kırık ve çatlaklar ve İçmeler Fayı çevresindeki süreksizlikler boyunca gelişen karstik çözülmeler, bu birimlere geçirgenlik özelliğini kazandırmıştır (Şekil 4.35).

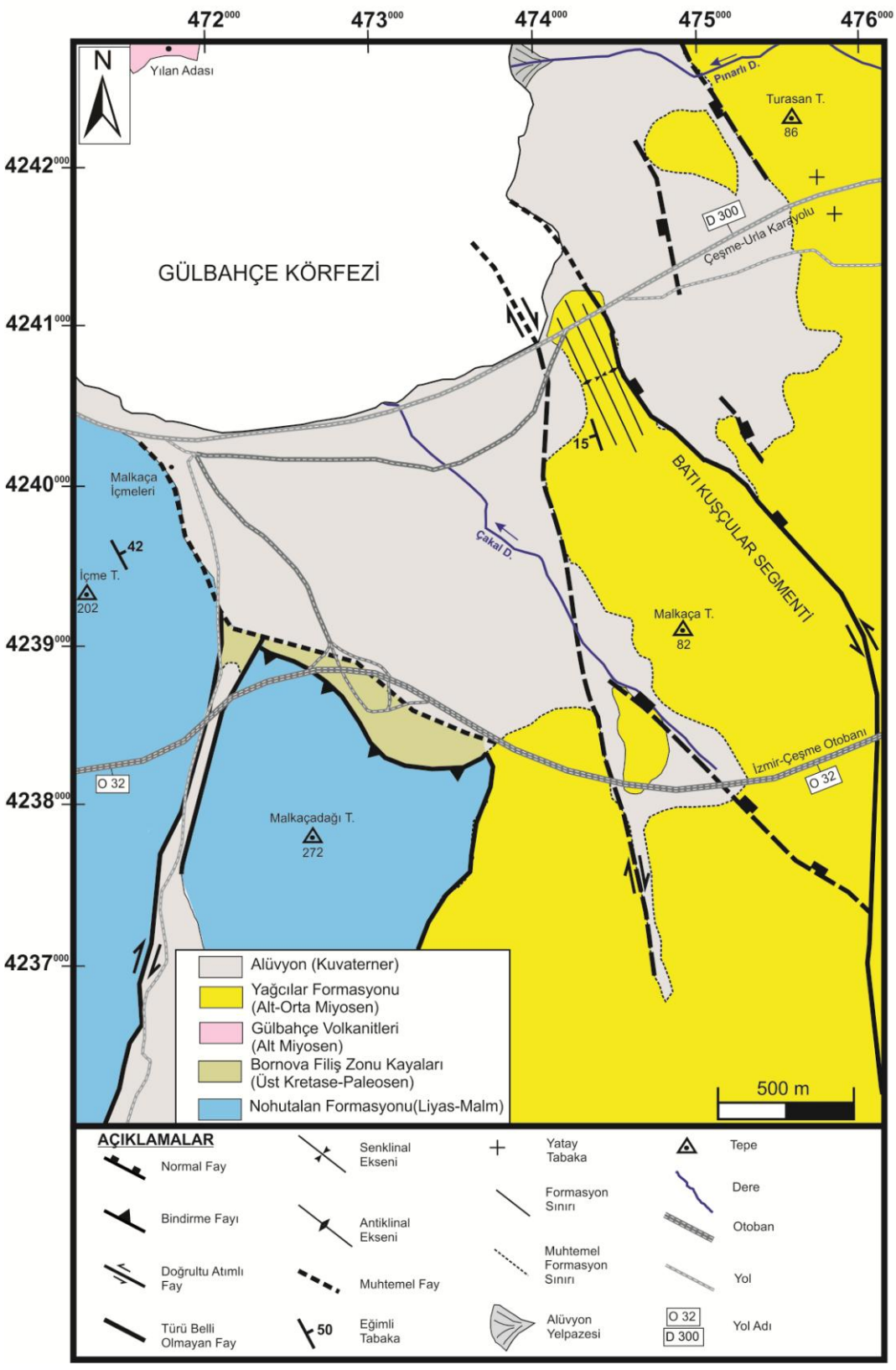


Şekil 4.35. (a) Malkaça içmelerinden bir görünüm (b) süreksizlikler boyunca yüzeye çıkan kaynaklara bir örnek (Baba, A. [28]'dan alınmıştır ve bakış K'e).

Bu kireçtaşı birimlerinin üzerindeki Neojen yaşlı birimler geçirimsiz özellikleri sebebiyle bu sistemde jeotermal örtü kayaç özelliği göstermektedir. Nohutalan formasyonu ve Bornova Filiş Zonu'na ait kayaçlar jeotermal sistemde geçirimsiz temel olarak kabul edilmektedir. Sistem üzerinde yapılan son çalışmalara göre İYTE'ne ait sahada yer alan Gülbahçe jeotermal kaynağının tektonik kontrollü ve denizel beslenmeli olduğu saptanmıştır ve yüzey sıcaklığı 33°C'dir. Yapılan çalışmalar sonucu alandaki kaynağın rezervuar sıcaklığının 100 °C geçeceği beklenmektedir. Jeotermometrelerden elde edilen veriler kaynağın rezervuar sıcaklığının 80°-100° C arasında değiştiğini göstermektedir [28].

4.2. Kuşçular-Urla Fay Zonu

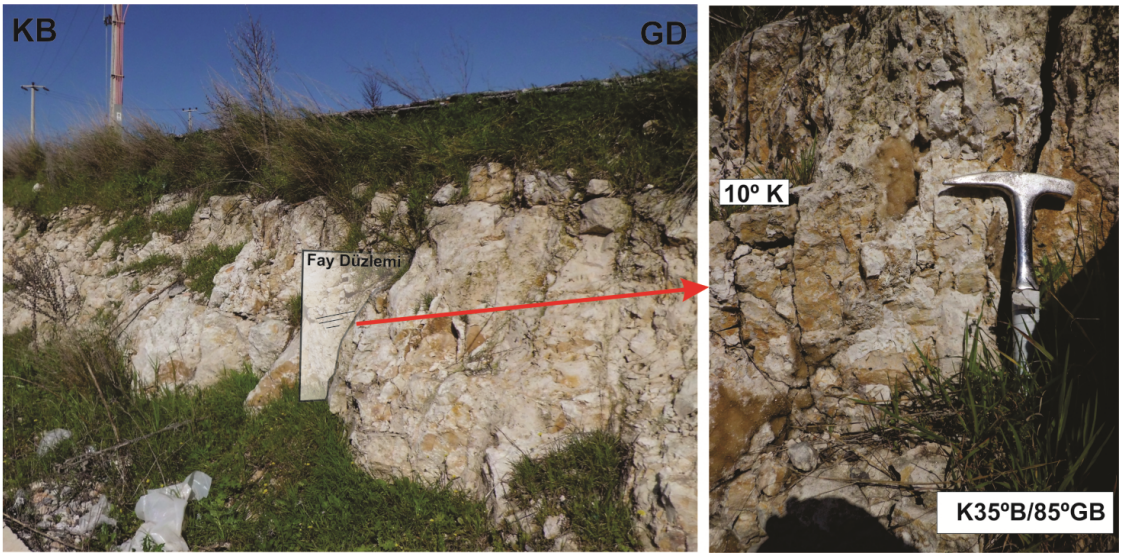
K-G uzanımlı olan bu fay zonu, güneyde dar bir hat boyunca gözlenirken kuzeyde Kuşçular Havzası ve Gülbahçe Körfezi'ne doğru iki kola ayrılır. Güneyde paralel iki fay seti ile başlayan bu zon daha sonra batı ve doğu olmak üzere iki kola ayrılır (Bkz. Şekil 4.1). Doğudaki faylanma normal karakterde gözlenirken batıda kalan fay seti sol yönlü doğrultu atımlı fay karakterindedir. Bu fay zonunun çalışma alanı içerisine giren en batıdaki kısmına Batı Kuşçular Segmenti adı verilmiş ve çalışma kapsamında incelenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. İçmeler ve çevresinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26] ve Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır).

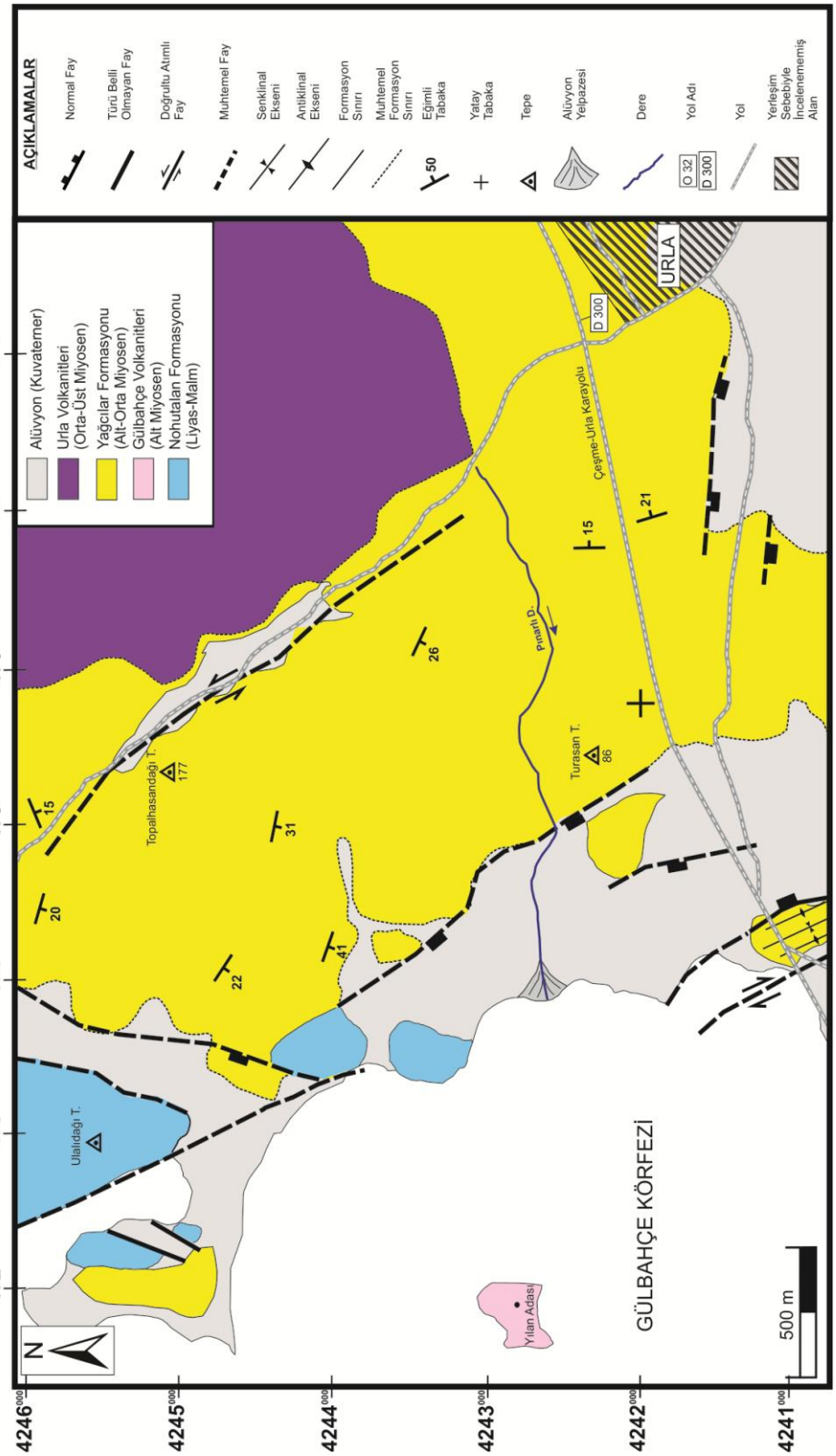
4.2.1. Batı Kuşçular Segmenti

Bu segment içerisinde, Gülbahçe ve Kuşçular arasında kalan alandaki faylar incelenmiştir. Fayların hepsi Yağcılar formasyonunda bulunmaktadır. Kireçtaşlarında, Gülbahçe alt havzasının doğu sınırını oluşturan yaklaşık K-G doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay bulunmaktadır. Bu fayın uzanımı hava fotoğraflarından belirlenmiş ve haritalanmıştır. Saha çalışmalarında birkaç bölgede bu faya ait veriler bulunmuştur. Düzlemlerde rastlanan çizikler yataya yakın iken fay kertikleri ile sağ yöndeki hareket belirlenmiştir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. İzmir-Çeşme yolunun Göçmen konutları yol ayrımındaki şevlerde yer alan sağ yönlü doğrultu atımlı fay düzlemi ve fay kertikleri (Koordinat: 35S, 474214 D, 4240905 K).

Bu düzlemlerin dışında İzmir-Çeşme yolunun Göçmen konutları yol ayrımındaki kavşakta açılmış olan şevlerde Urla kireçtaşlarında kıvrımlı tabakalar belirlenmiştir. Bu tabakalar antiklinal yapısı oluşturmuş ve antiklinal ekseni ile D'daki kanadın hemen bitiminde faylanmaya uğramıştır (Şekil 4.39). Antiklinalin batı kanadı sağ yönlü doğrultu atımlı fayla sınırlanmıştır. Şekil 4.39'teki normal fayın karşı şevdeki devamlılığı tam olarak belirlenememiştir, çünkü deformasyon sebebiyle fay düzlemleri belirginliğini kaybetmiş, ortada sadece deformasyon zonu ve belirgin olmayan fay düzlemleri kalmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.38. İçmeler – Urla arasındaki bölgenin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin [24], Sözbilir vd. [26] ve Uzel vd. [27]'den yararlanılmıştır).



Şekil 4.39. Yol yarmalarındaki kireçtaşlarında gözlenen normal faylar.



Şekil 4.40. Deformasyona uğramış ve ufalanıp dağılmış olan kireçtaşlarından bir görünüm (Sarı oklar olası fay düzlemlerinin yerlerini belirtmektedir).

4.3. Diğer Yapılar

4.3.1. Kıvrımlar

Çalışma alanında Yağcılar formasyonu ve Ballıkaya çakıltaşında gözlemlenen kıvrımlar mevcuttur. Bu kıvrımlardan ilki Ballıkaya Tepesi'ndeki senklinaldir. Bu senklinal ekseni yaklaşık K-G konumunda olan ve tepenin üst kısımlarında görülebilen bir yapıdır (Şekil 4.41). Tabaka konumları batı kanatta doğuya doğru iken, doğu kanatta batıya doğrudur. Senklinal ekseninin dalımı hakkında bir yorum yapılamamıştır. Senklinal Ballıkaya çakıltaşı ve Yağcılar formasyonu içerisinde gelişmiştir ve iki birime ait tabakalarda kıvrımlanmaya uygun olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.41. Ballıkaya Tepesi'ndeki açık senklinalden bir görünüm.

Çalışmada belirlenen diğer kıvrımlar ise Göçmen Konutları mevkisinde gözlenmiştir. Bir önceki bölümde bahsedilen fayların olduğu Urla-Çeşme karayolundaki yol yarmalarında gözlenen kıvrımlar doğudan ve batıdan faylarla sınırlandırılmış antiklinal ve senklinallerdir. Eksen kısımlarından faylanmaya uğramış olan Yağcılar formasyonu kireçtaşlarındaki bu kıvrımları kuzeydeki yol yarmasında görmek mümkündür. Kıvrımlar, iki antiklinal arasında belirgin olan bir senklinal şeklinde gözlenmiştir (Şekil 4.42). Karşılıklı iki şevde konumları ölçülen tabakalar, kireçtaşlarının oluşturduğu bir sırt oluşumunu işaret etmektedir.



Şekil 4.42. Göçmen konutları mevkisindeki kıvrımlardan bir görünüm (Sarı oklar yaklaşık olarak kıvrım eksenlerini göstermektedir.

4.3.2. Çatlak Sistemleri

Çalışma alanında Ballıkaya çakıltaşı ve Yağcılar formasyonunda makaslama çatlağı çiftleri belirlenmiştir(Şekil 4.43). Toplanan veriler Win-Tensor programında değerlendirilmiş, makaslama çatlakları ve eklemler ile faylarda olduğu gibi gerilme kuvvetleri arasındaki ilişkilere dair yorum yapılmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen veriler "kinematik analizler" başlığı altında anlatılmıştır.



Şekil 4.43. Ballıkaya Tepesi'nde gözlenen makaslama çatlağı çiftlerine örnekler (Bakış D'ya).

4.4. Kinematik Analizler

4.4.1. Teorik Altyapı

Sahada toplanan fay düzlemi verileri Tensor programının [1] Windows işletim sisteminde kullanılan uygulaması olan Win-Tensor programında değerlendirilmiştir. Bu program ilgili internet adresinden ücretsiz indirilebilmektedir (http://www.damiendelvaux.be/Tensor/WinTensor/win-tensor.html).

Paleo-gerilim tensörlerinin (paleostress tensor) belirlenmesinde ve fay verilerinin ayırt edilmesinde standart prosedürler [106, 107] ile sayısal/nümerik metot kulllanılmıştır. Ters çözüm (inversion) Bott'un varsayımına dayalıdır ve kaymanın en fazla makaslama gerilimi oluşturan düzlem üzerinde gerçekleştiği kabul edilmiştir [108]. Fay düzlemi üzerindeki kaymanın doğrultusu ve yönü, bloklar arasındaki sürtünmeye bağlı oluşan fay çizikleri ve kertiklerinden anlaşılmaktadır. Fay ve eklemlere ait veriler, indirgenmiş gerilme tensörlerine ait dört parametrenin; asal gerilme ekseni σ_1 (en büyük asal gerilim), σ_2 (ortanca asal gerilim), σ_3 (en küçük asal gerilim) ve asal gerilimlerin biribirine farklarının oranının ($R= (\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$) elde edilmesi için değerlendirilmiştir. Gerilme elipsoidinin şeklini de belirleyen gerilme oranı değeri ile ilgili literatürde birçok tanımlama mevcuttur [107, 109]. Bu yöntemde kullanılan gerilme oranı Angelier'de kullanılan Φ oranı ile eşdeğerdir [107]. En büyük asal gerilme büyüklüğü (σ_3/σ_1) ve litostatik yük parametreleri diğer dört parametreye ek olarak verilebilir ancak bu parametreler yalnızca fay verilerinden elde edilememektedir.

Bu program, farklı tiplerdeki fonksiyonları birlikte veya ayrı ayrı en iyi şekilde kullanıp değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bunlara örnek olarak fay düzlemleri üzerinde tahmin edilen ve belirlenen kaymalar arasındaki sapma açılarının (α) küçültülmesi (minimisation), makaslama eklemleri ve fay düzlemlerindeki makaslama gerilimi büyüklüğünün (σ_t) büyütülmesi (maximisation), açılmalı eklemlerdeki (tansiyon çatlakları vb.) normal gerilim büyüklüğünün (σ_n) küçültülmesi, sıkışmalı eklemlerdeki (dilinim, stilolit vb.) normal gerilim büyüklüğünün (σ_n) büyütülmesi verilebilir.

Gerilme tensörlerinin tipi, asal gerilme eksenlerinin kontrolü altında değişiklik gösteren bir unsurdur. σ_1 düşey yönde iken açılmalı, σ_2 düşey yönde iken makaslamalı ve σ_3 düşey iken sıkışmalı bir gerilme rejimi söz konusudur. Bu üç ana tip gerilme tipiyle birlikte gerilme rejiimi, gerilme oranının bir fonksiyonu (R) olarak değişik değerler ve adlandırmalar alabilmektedir [106, 107]. Bu adlandırmalar ve R değer aralıkları şu şekildedir; Radyal açılmalı (σ_1 düşey yöndeyken, $0<R<0.25$), saf açılmalı (σ_1 düşey yöndeyken, $0.25<R<0.75$), açılmalı-makaslamalı (σ_1 düşey yöndeyken, $0.75<R<1$ veya σ_2 düşey yöndeyken $1>R>0.75$), saf makaslamalı (σ_2 düşey yöndeyken $0.75>R>0.25$), makaslamalı-sıkışmalı (σ_2 düşey yöndeyken $0.25>R>0$ veya σ_3 düşey yöndeyken $0<R<0.25$), saf sıkışmalı (σ_3 düşey yöndeyken $0.25<R<0.75$) ve radyal sıkışmalı (σ_1 düşey yöndeyken $0.75<R<1$).

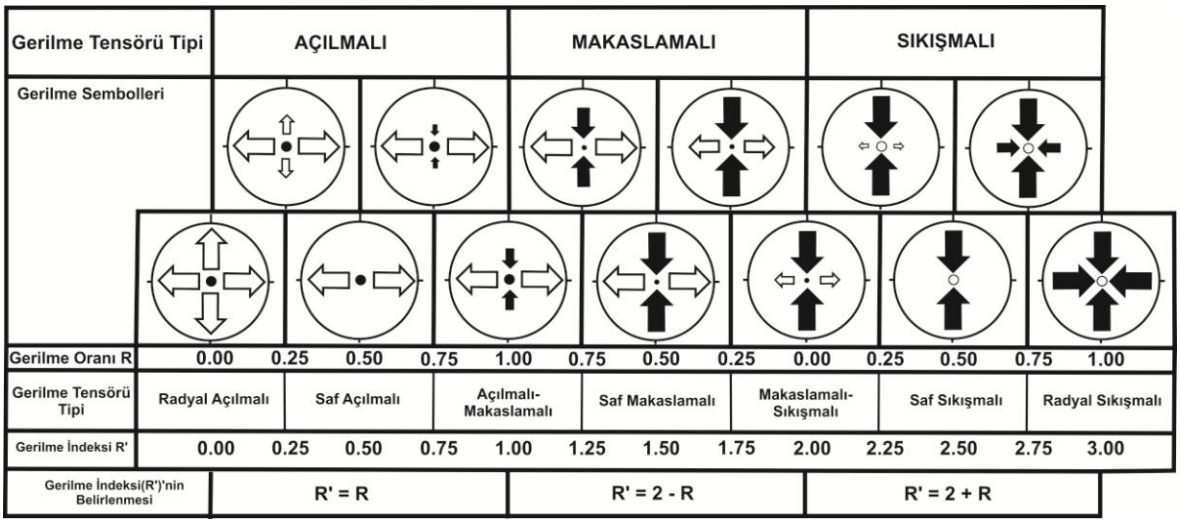
Gerilme rejiminin tipi, R' ye bağlı olarak değerleri 0.0 ile 3.0 arasında değişen, R´ indeksi adı verilen sayısal eşitlikler ile tanımlanmaktadır. Bu eşitlikler;

$R' = R$ σ_1 düşey yönde (Açılmalı gerilme rejimi)
$R' = 2 – R$ σ_2 düşey yönde (Makaslamalı gerilme rejimi)
$R' = 2 + R$ σ_3 düşey yönde (Sıkışmalı gerilme rejimi)

R' indeksi, belirlenen alan için elde edilen ve teker teker değerlendirilen gerilme tensörlerinden ortalama bölgesel gerilme rejiminin hesaplanmasında kullanılmaya uygundur ve gerilme rejimini tam olarak tanımlamaktadır.

Sonuç olarak yapısal haritalarda, Guiraud vd. [110]'de bahsedildiği gibi gerilme tensörleri hem yatay ana gerilme (S_{Hmax}) ile hemde yatay minimum gerilme (S_{hmin}) yönelimleri ile gösterilebilir (Şekil 4.44).

Bunların dışında QRw ve QRt adında veri kalitesini belirten tanımlamalar mevcuttur. QRw (World Stress Map Quality Rank) ve QRt (Tensor Quality Rank) veri sayısı, veri doğruluğu ve başka özelliklere göre verilen değerlere sahiptir. Örneğin 6'dan küçük sayıdaki veriler E, 6-10 arası D, 10-15 arası C, 15-25 arası B, 25'ten fazla sayıdaki veriler ise A sınıfında yer almaktadır [106, 107, 111].



Şekil 4.44. Gerilme tensör tipi, Gerilme indeksi ve gerilme oranlarının gerilme elipsoidinin asal eksenleri ile birlikte karşılaştırıldığı örnekler. Ayrıca gerilme oranının bir fonksiyonu olan yatay gerilme eksenlerine (S_{Hmax} ve S_{hmin}) ait semboller gösterilmiştir. Bu sembollerde okların uzunluk ve renkleri, izotropik gerilime (σ_i) göre yatay saptırıcı gerilimin (deviatorik stress) büyüklüğünü (σ_1- σ_3) tanımlamaktadır. Dışarı yöndeki beyaz oklar açılmalı saptırıcı gerilimi ($<\sigma_i$), içeri yöndeki siyah oklar sıkışmalı saptırıcı gerilimi ($>\sigma_i$) belirtmektedir. Düşey yöndeki gerilim ise (σ_v) açılmalı rejimlerde ($\sigma_1=\sigma_v$) orta kısımda koyu renkteki daire ile, makaslamalı rejimlerde ($\sigma_2=\sigma_v$) nokta şeklinde, sıkışmalı rejimlerde ($\sigma_3=\sigma_v$) ise içi boş daire ile sembolize edilmiştir (Delvaux vd. [111]'den alınmıştır).

Win-Tensor programında farklı modüller bulunmaktadır. Bu modüllerden PBT ve Dieder ters çözüm yapılmadan önce çözüme yaklaşmada kullanılan kinematik eksenler ve geometrik ilişkilere göre tanımlama ve sınıflama yapabilen yöntemlerdir. Ters çözüm için ise "Rotational Optimization" yöntemi kullanılmaktadır.

Win-Tensor programı ile Angelier'in programının arasındaki en büyük fark küçültme yada indirgemede kullanılan fonksiyonun farklı olmasıdır. Win-Tensor programında uygulanan optimizasyonda kullanılan, içerisinde Angelier [106, 107]'in geliştirdiği bazı fonksiyonları da dahil olmak üzere, toplam dokuz adet fonksiyon vardır.

F5 fonksiyonu üzerinde kayma çiziği içeren fay düzlemleri, makaslama kırıkları ve tansiyon ve sıkışma kırıklarının bir arada değerlendirilmesine olanak sağlayan karma bir fonksiyondur. Çok sayıda veriyi birlikte değerlendirebilen bu fonksiyonda daha iyi sonuç alınabilmesi için aynı aileye ait düzlemler (tüm düzlemler ve çizgiselliklerin yaklaşık birbirine paralel olduğu veriler) yerine farklı özellikte fay verisi kullanılması daha uygun olmaktadır. Tez kapsamında tüm veriler F5 fonksiyonu kullanılarak değerlendirilmiştir.

Genel olarak Angelier [106]'in programıyla değerlendirilmiş verilerde σ_1, σ_2 ve σ_3 eksenleri ile Win-Tensor'deki eksenlerin arasında farklılık olması beklenmektedir. Kullanılan fonksiyonun ve programın görsel özelliklerinin Angelier'in geliştirdiği programdan farklı olması sebebiyle farklı grafiksel sonuçlar elde edilmiştir.

4.4.2. Faylara Ait Kinematik Analizler

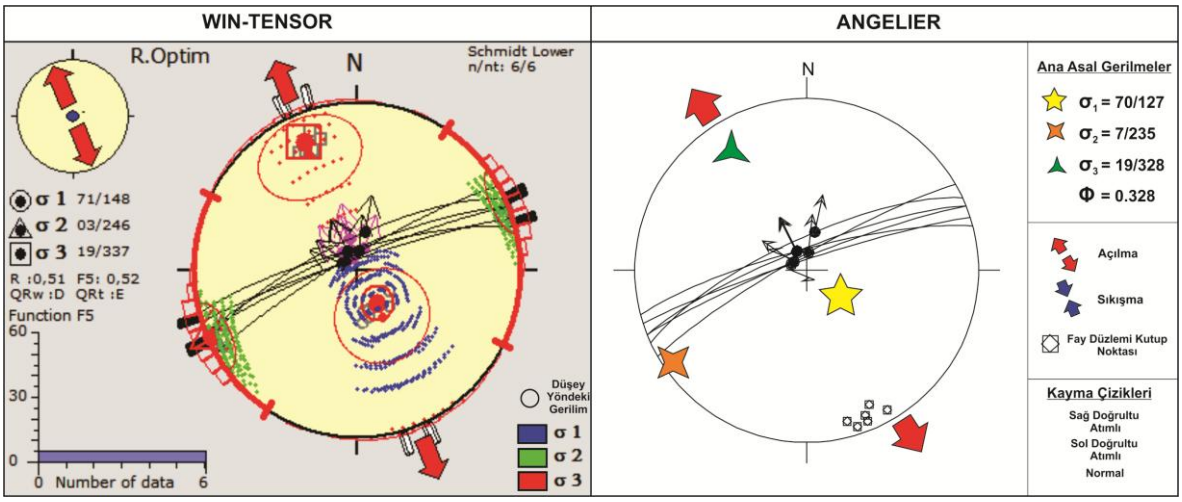
Arazi çalışmaları kapsamında Gülbahçe Fay Zonu'nda yer alan sekiz istasyon ve Kuşçular-Urla Fay Zonu'nun batısındaki bir istasyon (Göçmen konutları) olmak üzere 9 istasyondan toplam 81 fay düzlemi, fay çiziği ve sapma açısı ölçümü yapılmıştır. Win-Tensor programı ile değerlendirilen veriler yorumlanmış ve Angelier tarafından geliştirilen program (INVD yöntemi, versiyon 5.42) ile elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. İstasyon yerleri, sonuçlar bölümünde Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

4.4.2.1. Hacıgebeş Tepesi İstasyonu

Hacıgebeş Tepesi istasyonu, İYTE kampüsünün güneyindeki Hacıgebeş Tepe'de yer alan ve Yağcılar formasyonu içerisindeki kireçtaşlarından ölçülen fay düzlemlerine ait verileri kapsamaktadır (Çizelge 4.1). Bu istasyonda 6 adet fay düzlemi ölçülmüştür. Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 71º/148º, σ_2= 03º/246º ve σ_3= 19º/337º iken R = 0.51'dir (Şekil 4.46).

Çizelge 4.1. Hacıgebeş Tepesi istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
HACIGEBEŞ TEPESİ	1	060	83K	85K	NORMAL
	2	065	75K	79K	NORMAL
	3	068	80K	89G	NORMAL
	4	068	84K	86G	NORMAL
	5	075	80K	88G	NORMAL
	6	072	85K	84G	NORMAL



Şekil 4.45. Hacıgebeş Tepesi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

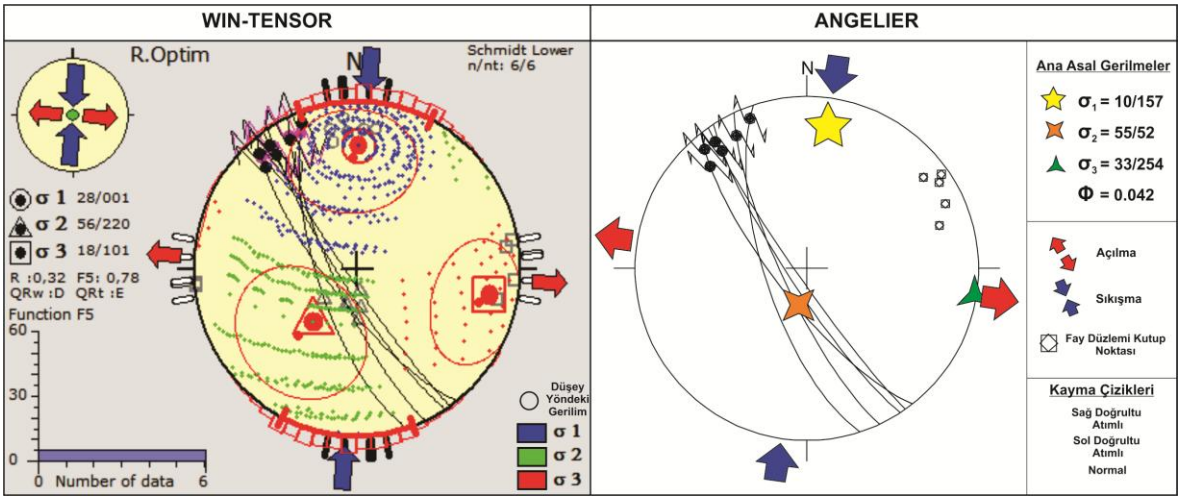
Win-tensor programından elde edilen gerilme tensörlerine göre, σ_1 düşey yöndedir ve yaklaşık KB-GD doğrultusunda açılmalı bir rejim söz konusudur (Şekil 4.45). Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise saf açılmalı bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in programının değerlendirmesi de yaklaşık olarak aynı sonucu vermektedir.

4.4.2.2. Göçmen Konutları İstasyonu

Urla yolu, Göçmen konutları mevkisindeki fayları kapsayan bu istasyonda Yağcılar formasyonundaki kireçtaşlarında yapılan 6 adet ölçüm yer almaktadır (Çizelge 4.2). Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 28º/001º, σ_2= 56º/220º ve σ_3= 18º/101º iken R = 0.32'dir (Şekil 4.47).

Çizelge 4.2. Göçmen Konutları istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
GÖÇMEN KONUTLARI	1	145	85G	10K	SAĞ
	2	155	78G	14K	SAĞ
	3	142	75G	20K	SAĞ
	4	142	75G	10K	SAĞ
	5	147	81G	17K	SAĞ
	6	162	70G	08N	SAĞ



Şekil 4.46. Göçmen konutları istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

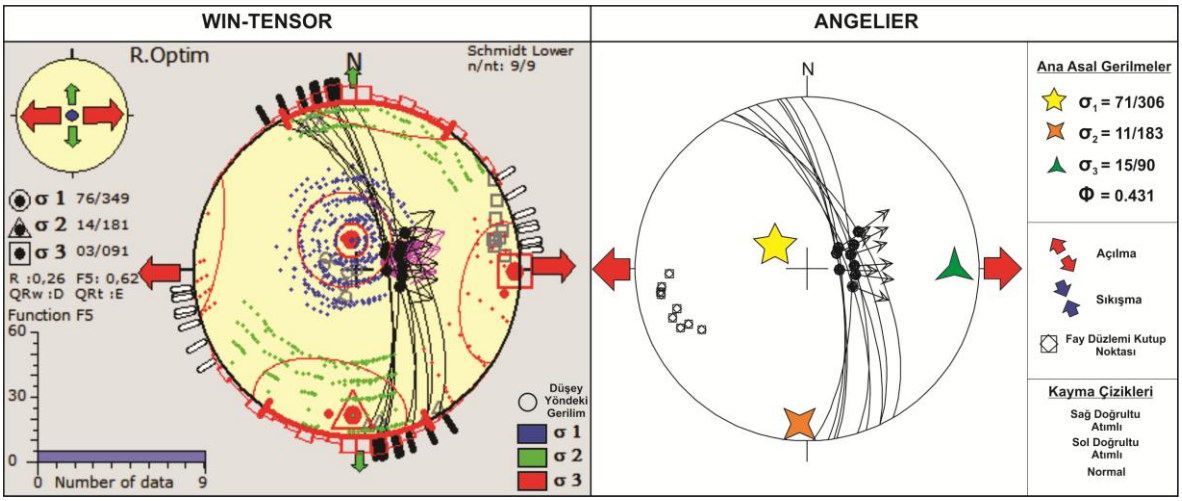
Win-Tensor'de yapılan değerlendirmelerde elde edilen asal gerilimlerin dağılımına bakıldığında σ_2 düşey yöndedir ve makaslamalı bir gerilim söz konusudur (Bkz. Şekil 4.46). K-G yöndeki sıkışma etkisi altında gelişen bir D-B açılmasından bahsedilebilir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise saf makaslamalı bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in geliştirdiği programın değerlendirmeside neredeyse aynı sonucu vermektedir.

4.4.2.3. Ballıkaya Deresi İstasyonu

Ballıkaya Deresi yakınındaki fay sarplıklarından alınan 9 adet fay düzlemi verisi bulunmaktadır (Çizelge 4.3). Bu düzlemler Gülbahçe volkanitleri ve alüvyonları kesmektedir. Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 76º/349º, σ_2= 14º/181º ve σ_3= 03º/091º iken R = 0.26'dır.

Çizelge 4.3. Ballıkaya Deresi istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
BALLIKAYA DERESİ	1	155	65K	89K	NORMAL
	2	150	60K	87K	NORMAL
	3	178	69K	84K	NORMAL
	4	170	75K	87G	NORMAL
	5	160	72K	75G	NORMAL
	6	155	70K	78G	NORMAL
	7	163	68K	85G	NORMAL
	8	171	75K	85K	NORMAL
	9	173	74K	82K	NORMAL



Şekil 4.47. Ballıkaya Deresi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

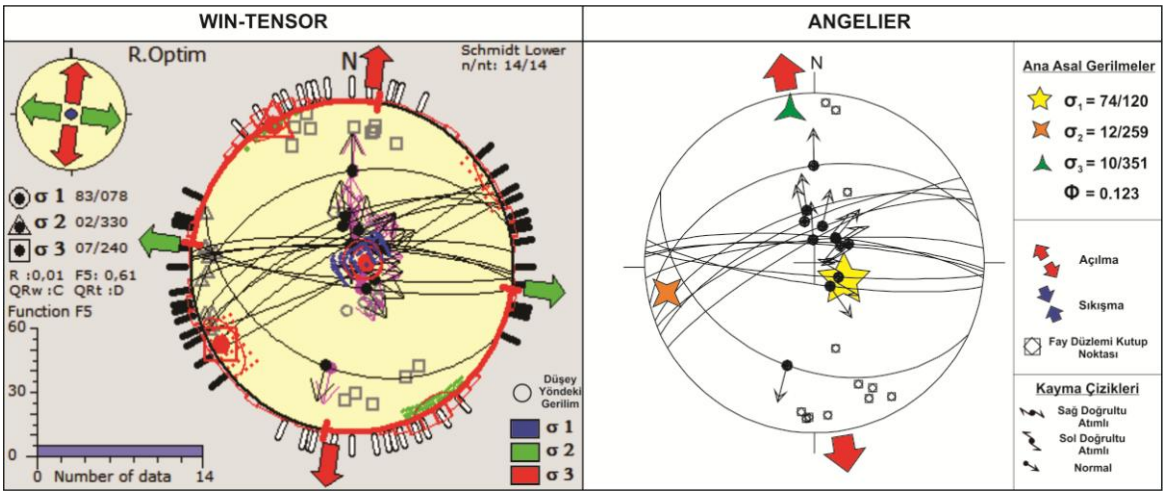
Win-Tensor programı sonuçlarında elde edilen asal gerilimlerin dağılımına bakıldığında σ_1 düşey yöndedir ve açılma söz konusudur (Şekil 4.47). Bu sonuç, normal faylanmayı desteklemektedir. Gerilme eksenleri incelendiğinde D-B yönde açılma görülmektedir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise radyal açılmalı ve saf açılmalı arasındaki bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in programının değerlendirmesi saf açılmalı bir rejimi belirtmektedir. Ancak programın baskın olan değer aralığında sonuç vermesi ve radyal açılmaları yani farklı yönlerde oluşabilecek açılmalara ait kuvvetleri grafiksel olarak gösterememesinden dolayı sonuçlarda sadece D-B yönde bir açılma gösterilmiştir.

4.4.2.4. Ballıkaya-1 İstasyonu

Ballıkaya-1 istasyonu, Ballıkaya Tepesi'nin doğusundaki yol yarmalarında yer almaktadır. Bu istasyondan 14 adet veri toplanmıştır (Çizelge 4.4). Faylar, Ballıkaya çakıltaşı içerisinde yer almaktadır. Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 83º/078º, σ_2= 02º/330º ve σ_3= 07º/240º iken R = 0.01'dir. Asal gerilimlerin dağılımına bakıldığında σ_1 düşey yöndedir ve açılmalı söz konusudur. Gerilme eksenleri incelendiğinde K-G ve D-B yönde açılma görülmektedir. Angelier'in programı ise sadece baskın K-G açılmasını göstermiştir (Şekil 4.48).

Çizelge 4.4. Ballıkaya-1 istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
BALLIKAYA-1	1	060	80K	85K	NORMAL
	2	076	43K	80K	NORMAL
	3	094	84G	78G	NORMAL
	4	067	86G	83K	NORMAL
	5	059	87G	84K	NORMAL
	6	098	80G	81G	NORMAL
	7	068	75K	80K	NORMAL
	8	070	65K	85K	NORMAL
	9	065	70K	86K	NORMAL
	10	085	79K	79K	NORMAL
	11	093	81K	78G	NORMAL
	12	095	77K	81G	NORMAL
	13	115	38G	82G	NORMAL
	14	092	80K	74G	NORMAL



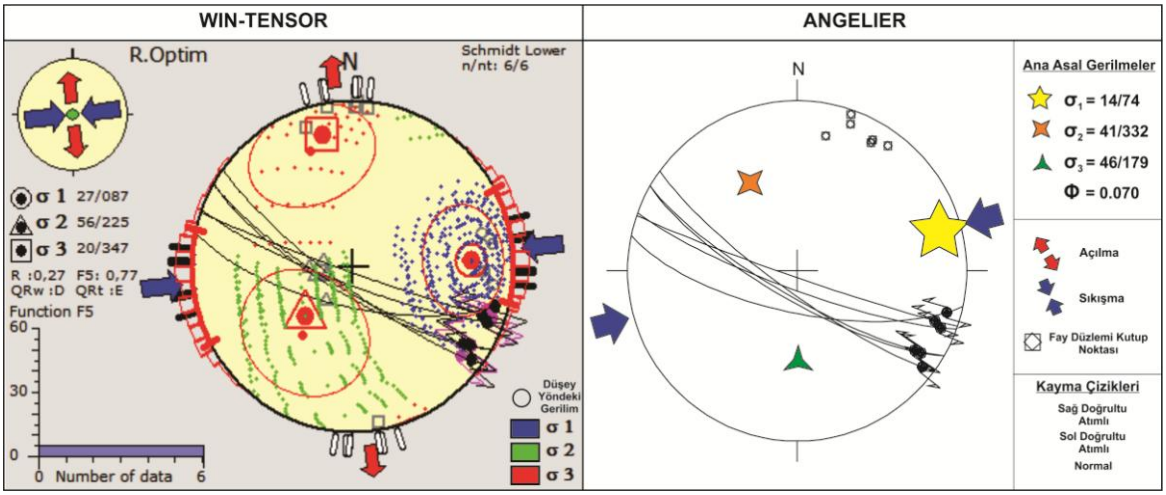
Şekil 4.48. Ballıkaya-1 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

4.4.2.5. Ballıkaya-2 İstasyonu

Bu istasyon Ballıkaya tepesinin güneyinde yer almaktadır. Faylar doğrultu atımlı karakterde olup düzlemlerde sol yönde hareket belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Belirlenen 6 fay Ballıkaya çakıltaşının üst seviyelerinde yer almaktadır. Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 27º/087º, σ_2= 56º/225º ve σ_3= 20º/347º iken R = 0.27'dir.

Çizelge 4.5. Ballıkaya-2 istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
BALLIKAYA-2	1	109	87G	15G	SOL
	2	110	81G	10G	SOL
	3	120	78G	18G	SOL
	4	126	80G	08G	SOL
	5	120	76G	14G	SOL
	6	102	70G	10G	SOL



Şekil 4.49. Ballıkaya-2 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

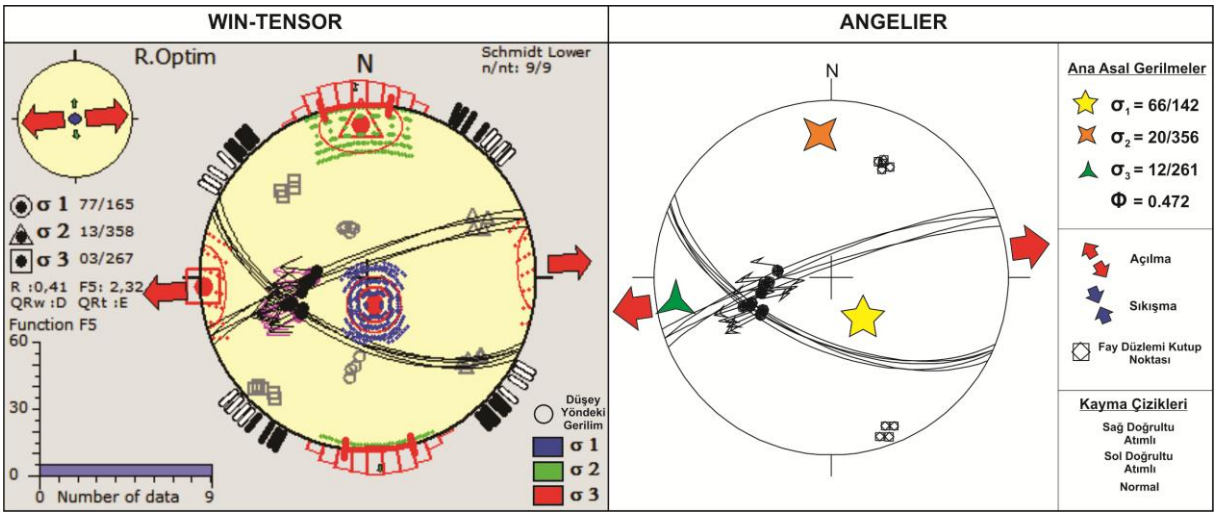
Win-Tensor programı değerlendirmelerine göre σ_2 düşey yöndedir ve makaslamalı rejim söz konusudur ve doğrultu atımlı faylanmayı desteklemektedir (Şekil 4.49). Gerilme eksenlerine ait grafik incelendiğinde D-B sıkışmasına bağlı oluşan K-G açılma görülmektedir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi saf makaslamalı bir rejimi belirtir. Angelier'in geliştirdiği programın değerlendirmesi Göçmen konutları istasyonunda olduğu gibi baskın olan kuvvetleri yani bu sistemdeki D-B sıkışmasını göstermiş olup K-G açılmasını grafiğe yansıtamamıştır. σ_3 düşeye yakın gösterilmiş olup daha çok sıkışmalı bir rejimi işaret eden bir sonuç elde edilmiştir.

4.4.2.6. Ballıkaya-3 İstasyonu

Ballıkaya-3 istasyonu Ballıkaya Tepesi'nde en üst kotlarda yer alan, Ballıkaya çakıltaşlarının yer yer aşındığı kısımlardaki yüzleklerden toplanan verilerden oluşmaktadır. Toplam 9 adet fay düzlemi tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 77º/165º, σ_2= 13º/358º ve σ_3= 03º/267º iken R = 0.15'tir.

Çizelge 4.6. Ballıkaya-3 istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
BALLIKAYA-3	1	115	57G	60K	SAĞ
	2	118	60G	64K	SAĞ
	3	112	60G	67K	SAĞ
	4	114	62G	68K	SAĞ
	5	114	60G	62K	SAĞ
	6	070	85K	57G	SOL
	7	073	83K	63G	SOL
	8	067	80K	60G	SOL
	9	070	78K	68G	SOL

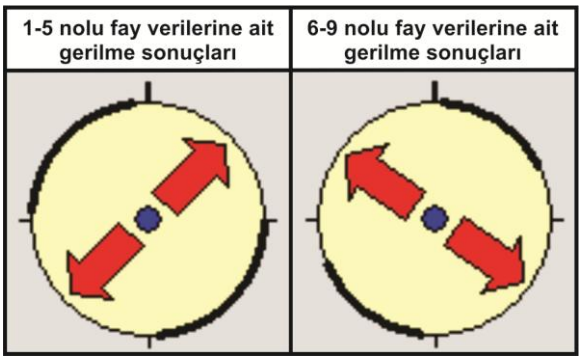


Şekil 4.50. Ballıkaya-3 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

Win-Tensor programında yapılan değerlendirmelerden elde edilen asal gerilimlere bakıldığında σ_1 düşey yöndedir ve D-B yönde açılma görülmektedir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise radyal tipte bir açılmalı rejimi işaret etmektedir. Angelier'in programının değerlendirmesi de D-B yönde saf bir açılma sonucunu vermiştir (Şekil 4.50).

Elde edilen sonuçlara göre D-B açılması söz konusudur. Ancak yakın lokasyonlarda ve aynı birimde bulunan bu fay setleri arazideki gözlemlere göre K-G yönde bir açılma rejimi etkisinde oluşmuştur. Arazi gözlemleri ile kinematik analiz sonuçları arasında bir uyuşmazlık söz konusudur.

Birlikte değerlendirildiğinde D-B açılmasını belirten bu veriler ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise Şekil 4.51'deki gibi KD-GB ve KB-GD açılmalarını göstermektedir. Bu istasyona yakın olan istasyonlarda hem D-B açılması hemde K-G açılması belirlenmiştir. Bu sebeple bu fay setleri ayrı ayrı analize sokulduğunda elde edilen veriler (Şekil 4.51), birlikte değerlendirildiğinde elde edilen verilere göre daha güvenilirdir.



Şekil 4.51. Ballıkaya-3 istasyonu verilerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucunda elde edilen gerilme rejimleri.

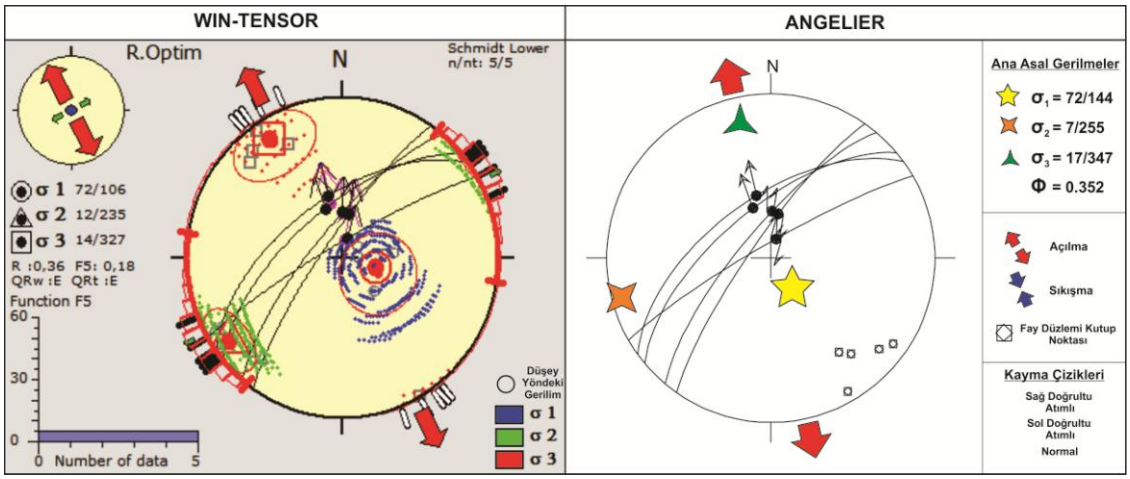
4.4.2.7. Ballıkaya-4 İstasyonu

Ballıkaya-4 istasyonu Ballıkaya Tepesi'nin KD'sunda, kampüs kütüphanesine inen yol üzerinde Ballıkaya çakıltaşlarının alt seviyelerinde ölçülen fayları içermektedir (Çizelge 4.7). Bu faylar birbirine paralel normal fay seti şeklinde şevde yer almaktadır. Bu alanda 5 adet fay düzleminden veri toplanabilmiştir. Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 72º/106º, σ_2= 12º/235º ve σ_3= 14º/327º iken R = 0.36'dır.

Çizelge 4.7. Ballıkaya-4 istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
BALLIKAYA-4	1	050	65K	81K	NORMAL
	2	040	75K	72K	NORMAL
	3	035	80K	70K	NORMAL
	4	054	60K	78K	NORMAL
	5	060	83K	83K	NORMAL

Asal gerilimlere bakıldığında σ_1 düşeye yakın yöndedir ve açılmalı bir gerilim söz konusudur. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise KB-GD yönlü saf açılmalı bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in programının değerlendirmeside yaklaşık olarak aynı sonucu vermektedir (Şekil 4.52).



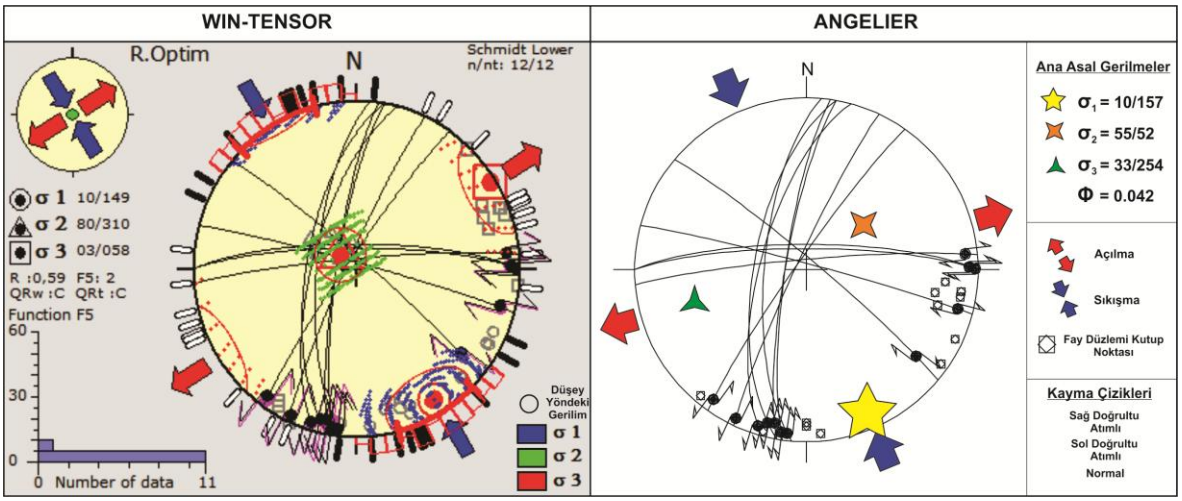
Şekil 4.52. Ballıkaya-4 istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

4.4.2.8. Çıtırlıalan Tepesi İstasyonu

Çıtırlıalan Tepesi'ndeki faylar Ballıkaya çakıltaşında bulunmaktadır (Çizelge 4.8). Win-Tensor programındaki analizler sonucunda belirlenen asal gerilim dağılımı σ_1= 10º/149º, σ_2= 80º/310º ve σ_3= 03º/058º iken R = 0.59'dur.

Çizelge 4.8. Çıtırlıalan Tepesi istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

İSTASYON	NO	DOĞRULTU (Kº)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (º)	SAPMA (º)	TÜR
ÇITIRLIALAN TEPESİ	1	090	80K	06D	SAĞ
	2	085	85K	08K	SAĞ
	3	090	78K	02D	SAĞ
	4	105	87K	10G	SAĞ
	5	130	85K	20G	SAĞ
	6	010	80K	10G	SOL
	7	025	85K	05G	SOL
	8	035	85K	08G	SOL
	9	008	80K	05G	SOL
	10	010	65K	10G	SOL
	11	005	70K	05G	SOL
	12	015	68K	06G	SOL



Şekil 4.53. Çıtırlıalan Tepesi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

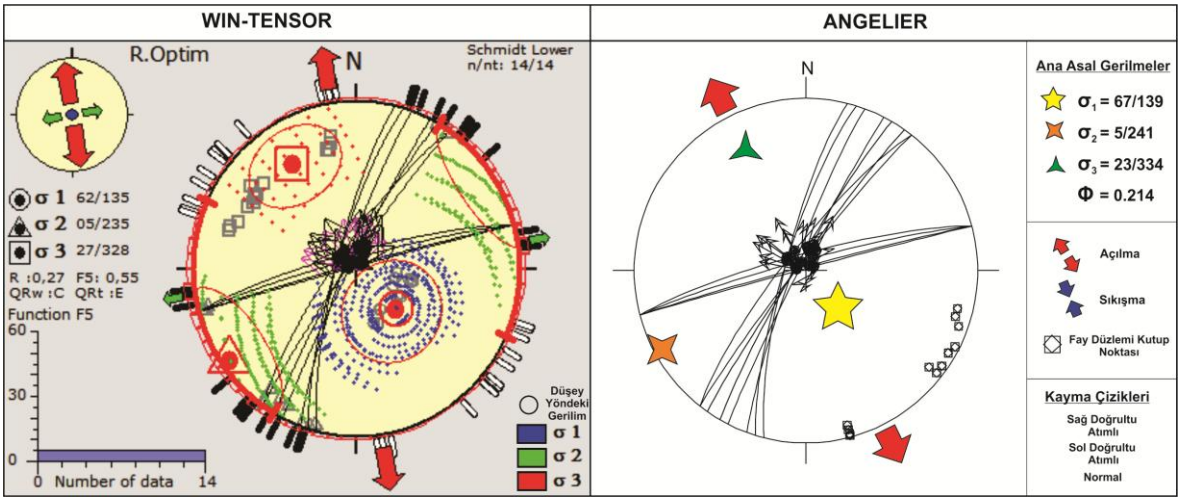
Win-Tensor programından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde σ_2 düşey yöndedir ve makaslamalı bir gerilim söz konusudur. KB-GD yöndeki sıkışma ve buna bağlı oluşabilecek KD-GB açılmasından bahsedilebilir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise saf makaslamalı bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in programının değerlendirmeside yaklaşık olarak aynı sonucu vermektedir (Bkz. Şekil 4.53).

4.4.2.9. Tatar Deresi İstasyonu

Tatar Deresi istasyonu adından da belli olduğu üzere Tatar Deresi boyunca gözlenen Söğütköy Fayı'na ait düzlemleri içermektedir. Bu fay düzlemleri temel kayaçlara ait Nohutalan formasyonu kireçtaşlarında ölçülmüş olup güncel çökeller ile temel kayaçları ayırmaktadır. İstasyonda 14 adet fay düzlemi ölçümü alınmıştır (Çizelge 4.9). Win-Tensor programında yapılan analizler sonucu elde edilen asal gerilim dağılımı σ_1= 62º/135º, σ_2= 05º/235º ve σ_3= 27º/328º iken R = 0.27'dir.

Çizelge 4.9. Tatar Deresi istasyonuna ait fay düzlemi verileri.

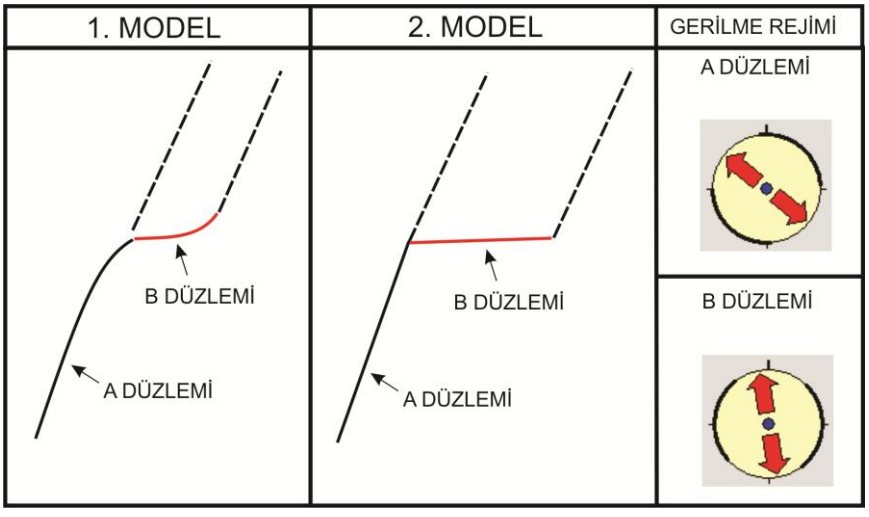
İSTASYON	NO	DOĞRULTU (K°)	EĞİM AÇISI/YÖNÜ (°)	SAPMA (°)	TÜR
TATAR DERESİ	1	035	86K	88K	NORMAL
	2	030	85K	80K	NORMAL
	3	038	80K	86K	NORMAL
	4	038	86K	88G	NORMAL
	5	035	86K	78K	NORMAL
	6	030	85K	89G	NORMAL
	7	017	80K	88K	NORMAL
	8	014	80K	86K	NORMAL
	9	020	84K	88K	NORMAL
	10	027	87K	81K	NORMAL
	11	075	89K	86K	NORMAL
	12	075	85K	85K	NORMAL
	13	075	82K	82K	NORMAL
	14	075	88K	88K	NORMAL



Şekil 4.54. Tatar Deresi istasyonuna ait fay düzlemleri ve çiziklerinin Win-Tensor programı ve Angelier'in geliştirdiği programdaki değerlendirme sonuçları ve Schmidt ağı eş alan izdüşümü alt yarım kürede gösterimleri.

Asal gerilimlere bakıldığında σ_1 düşey yöndedir ve açılmalı bir sistem söz konusudur (Şekil 4.54). Gerilme eksenleri incelendiğinde K-G yönlü açılma görülmektedir. Gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise KB-GD yönlü saf açılmalı bir rejimi işaret etmektedir. Angelier'in geliştirdiği programın değerlendirmesi de aynı sonucu vermektedir.

Bu istasyondaki fay düzlemleri birlikte değerlendirilen iki farklı fay setine ait verileri içermektedir. Analizlere göre iki fayın birlikte çalışabileceği düşünülebilir ancak saha gözlemlerinde durum biraz farklıdır. Yaklaşık K-G doğrultulu Söğütköy Fayı'na ait fay düzlemi (A düzlemi: 1-10 no'lu veriler) ve bu düzlemi kesen başka bir fay düzleminin (B düzlemi 11-14 nolu veriler) belirlendiği bu alanda, ilk önce fayın doğuya doğru kavis yaparak K yönde devam ettiği düşünülmüştür (Şekil 4.55'te 1.model). Ancak bu durumda faydaki çiziklerin düzlemin döndüğü kısımlarda ana düzleme oranla daha düşük sapma açılarına sahip olması gerekmektedir. Çizikler yüksek sapma açısı değerlerine sahip olduğundan ve iki fayın birbirine dike yakın konumda olmasından dolayı, iki fayın birlikte çalışmadığı yorumu yapılmıştır ve 2. model daha mantıklı bulunmuştur. Sonuç olarak A düzleminde KB-GD yönde saf açılmayı belirlenmiş iken B düzleminde yaklaşık K-G yönde bir açılma söz konusudur.

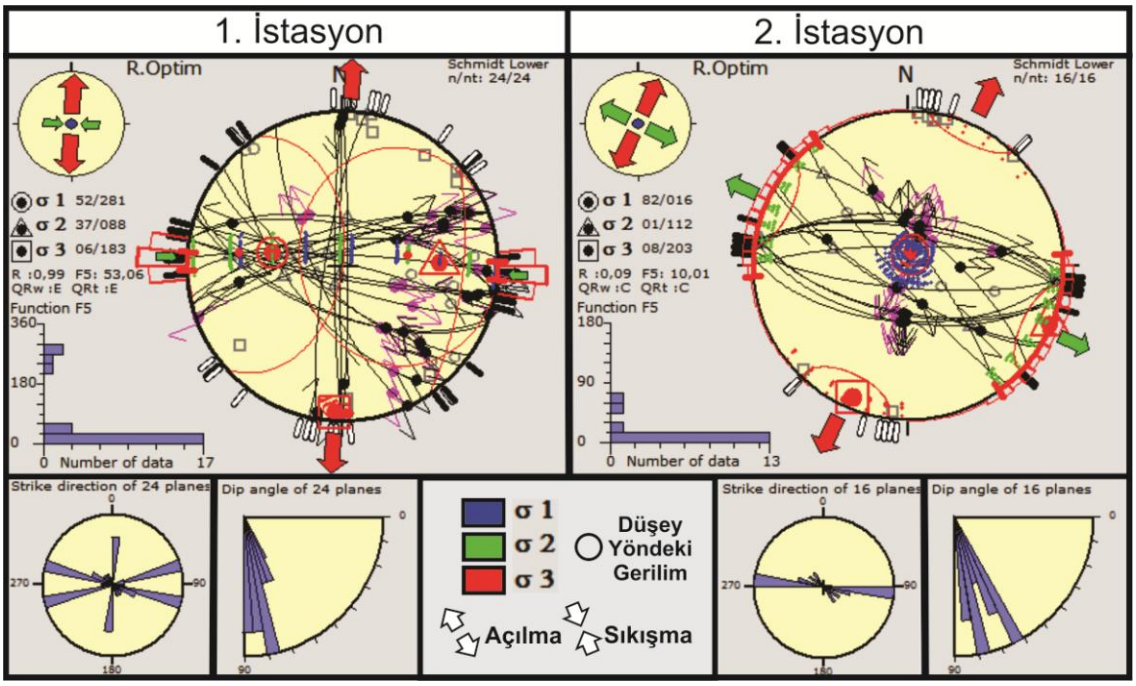


Şekil 4.55. Tatar Deresi istasyonuna ait düzlemlerdeki gerilme rejimi sonuçları ve bu düzlemlerin ilişkisi ile ilgili düşünülen modeller.

4.4.3. Çatlak Sistemlerine Ait Kinematik Analizler

Win-tensor programı farklı veri setlerine ait verilerden gerilme yönleri ve tiplerini belirleyebilmektedir. Arazide Ballıkaya Tepesi'nin çeşitli yerlerinden toplam 53 adet makaslama çatlağı çifti ve eklem verisi toplanmıştır. Verilerin toplandığı yerler sonuçlar bölümünde Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10'da makaslama çatlağı çiftlerine ait düzlem verileri verilmiş iken Şekil 4.56'de istasyonlardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait asal gerilim dağılımları ile düzlemlerin doğrultu ve eğimlerinin belirten gül diyagramları da gösterilmiştir. Sonuçlarda σ_1 düşey yöndedir ve bir açılma söz konusudur. K-G ve KD-GB yöndeki açılma yönleri belirlenmiş iken gerilme oranı (R)'na bağlı gerilme tensörü tipi ise 1. istasyonda açılmalı-makaslamalı rejimi gösterirken 2. istasyonda radyal açılmanın baskın olduğu bir rejim belirlenmiştir.



Şekil 4.56. 1 ve 2 no'lu istasyonlardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümlerin Win-Tensor programında elde edilen değerlendirme sonuçları.

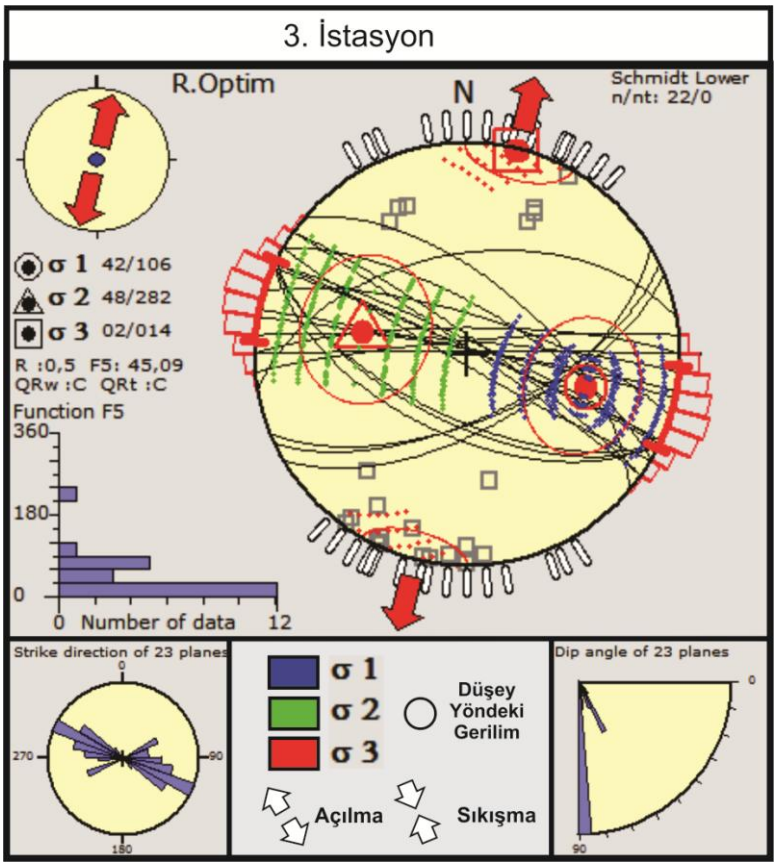
Çizelge 4.10. 1 ve 2 no'lu istasyonlardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümler.

ÖLÇÜM NOKTASI	NO	DOĞRULTU (º)	EĞİM AÇISI (º) VE EĞİM YÖNÜ
1. İSTASYON	1	140	63G
	2	070	84K
	3	130	76G
	4	070	74K
	5	112	65G
	6	075	70K
	7	100	68K
	8	076	82K
	9	105	88K
	10	070	78K
	11	125	74G
	12	078	75K
	13	155	76G
	14	100	83G
	15	100	85G
	16	180	89G
	17	093	84K
	18	009	81K
	19	180	86G
	20	108	79G
	21	180	87K
	22	100	65K
	23	110	64G
	24	087	76K
2. İSTASYON	1	022	76G
	2	135	80G
	3	120	75G
	4	090	80K
	5	102	64G
	6	099	75K
	7	140	82G
	8	130	72K
	9	100	60G
	10	097	68K
	11	093	60G
	12	095	63K
	13	095	78G
	14	098	68K
	15	101	65G
	16	099	70K

Çizelge 4.11. 3 no'lu istasyonlardan toplanan eklemler ait ölçümler.

ÖLÇÜM NOKTASI	NO	DOĞRULTU (º)	EĞİM AÇISI (º) VE EĞİM YÖNÜ
BALLIKAYA TEPESİ	1	125	84K
	2	114	88K
	3	095	85K
	4	100	88K
	5	090	89K
	6	090	80K
	7	080	51K
	8	130	62K
	9	115	85K
	10	107	75K
	11	085	85K
	12	125	88K
	13	115	88K
	14	115	65G
	15	116	63G
	16	115	58G
	17	068	64G
	18	065	65G
	19	060	61G
	20	120	72K
	21	120	86G
	22	102	88K
	23	100	85K

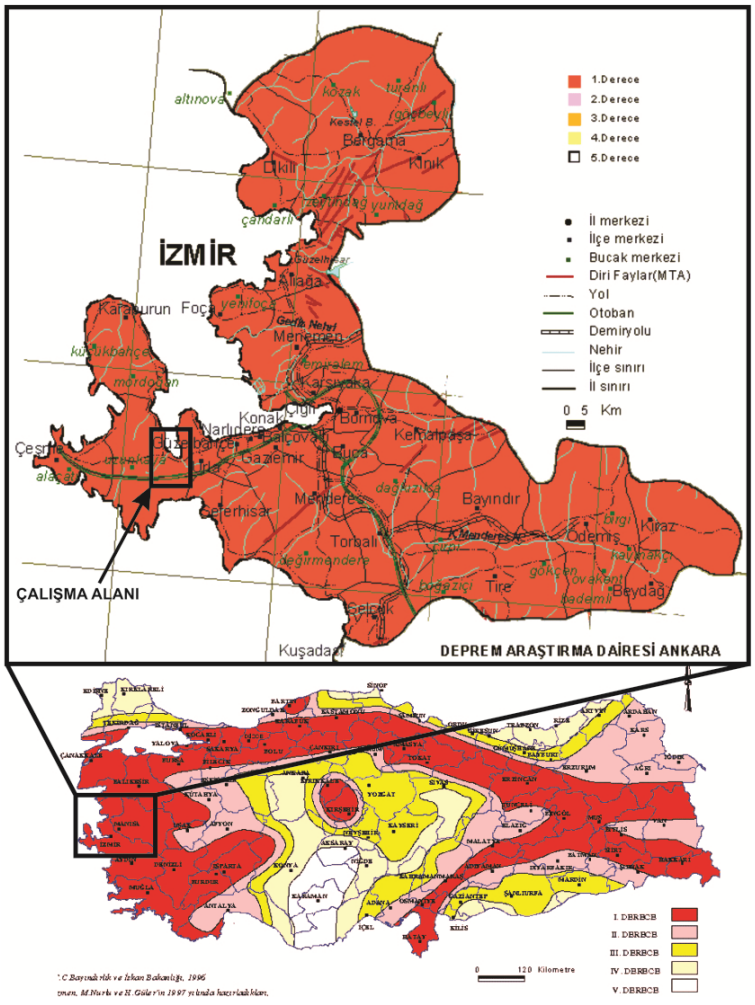
Ballıkaya Tepesi'nde farklı noktalardan alınan eklemlere ait veriler (Çizelge 4.11), makaslama çiftlerinden ayrı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.57). Bu değerlendirme sonuçlarında ise σ_1'in düşey yönde olduğu, yaklaşık K-G yönlü bir saf makaslama belirlenmiştir. Eklemlerden alınan sonuçlar ile makaslama çatlağı çiftlerinden alınan sonuçlarla yaklaşık olarak aynıdır ve K-G yöndeki açılmayı gösteren bu yapılar, yakın istasyonlarda yer alan faylarla uyumlu gerilme rejimlerini belirtmektedir.



Şekil 4.57. 3 no'lu istasyon kapsamında değerlendirilen noktalardan alınan makaslama çatlağı çiftlerine ait ölçümlerin Win-Tensor programında elde edilen değerlendirme sonuçları.

5. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ

Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi tarafıdan hazırlanan deprem risk ve deprem bölgeleri haritalarında çalışma alanınında içerisinde yer aldığı İzmir ili birinci derece deprem bölgesi olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1). Son yıllarda İzmir ve çevresinin deprem riskini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. MTA Genel Müdürlüğü'nce çok yakın zamanda tamamlanan, İzmir yöresinin diri fayları haritası ve deprem potansiyeli ile ilgili çalışmalar bunlara örnek olarak gösterilebilir [22].

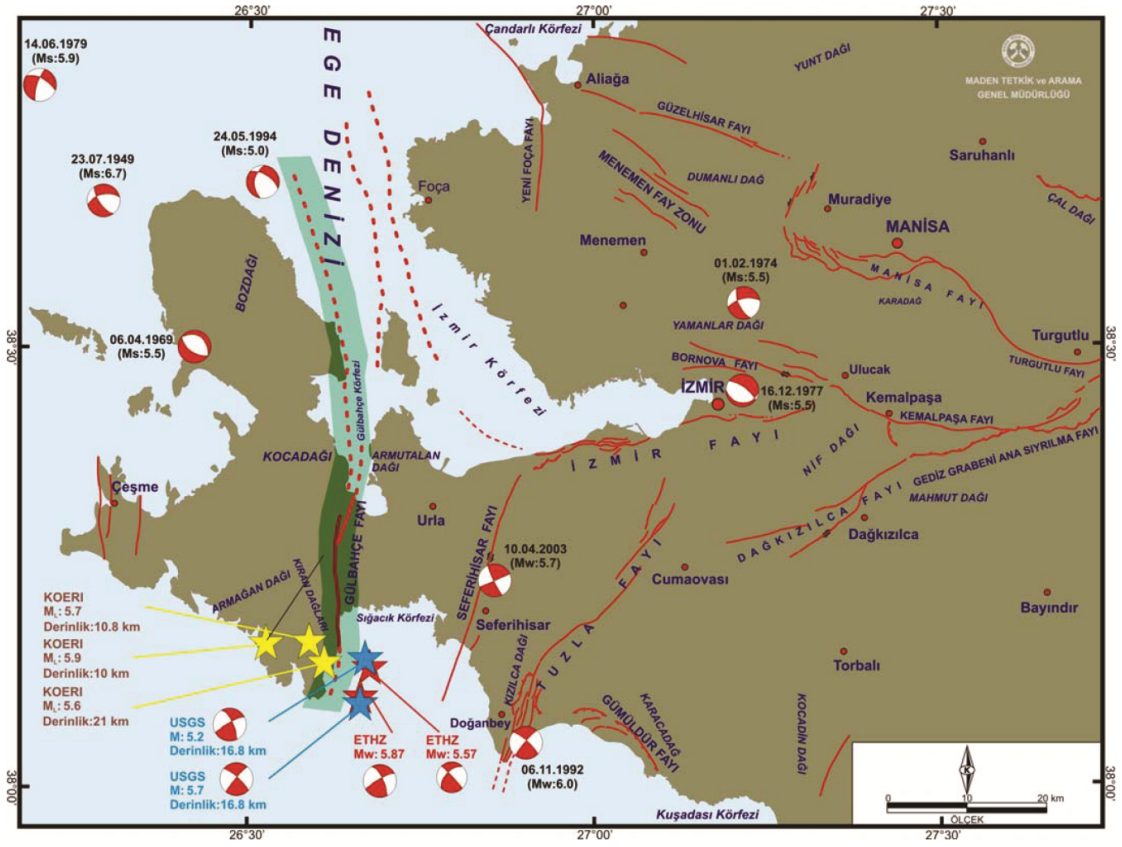


Şekil 5.1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin deprem risk haritası (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır).

İzmir ve yakın çevresi Batı Anadolu'da açılmalı tektonik rejimin en önemli yapısal elemanlarından olan Gediz Grabeni'nin batısında yer alır. Bölgedeki diri faylar KD-GB, K-G, KB-GD ve D-B doğrultularında uzanmaktadır. Gediz Grabeni'nin batısındaki faylar ile İzmir Fayı bölgedeki normal fayların başlıcalarıdır. KD-GB uzanımlı Tuzla Fayı ve Seferihisar Fayı ile KB-GD uzanımlı Güzelhisar Fayı ise doğrultu atımlı faylardır. Gerek tarihsel dönem gerekse son yüzyıldaki aletsel kayıtlar İzmir çevresindeki fayların orta ve büyük depremler üretebildiğini göstermektedir. Sağ yönlü doğrultu atımlı Tuzla fayı üzerinde 6 Kasım 1992 tarihinde Mw: 6.0, yine sağ yönlü doğrultu atımlı Seferihisar Fayı üzerinde ise Mw: 5.7 büyüklüğündeki 10 Nisan 2003 depremleri meydana gelmiştir.

Bölgede görülen deprem etkinliği deprem dizileri biçiminde sürmektedir. Deprem dizileri genellikle içlerinde birçok diri fay parçası barındıran fay zonlarında görülen bir deprem oluş düzenidir ve ülkemizde son yıllarda değişik yörelerde bu tür deprem oluş düzenleri görülmektedir. Bu tarz deprem serilerine 17 Ekim 2005 günü Sığacık-Urla yöresinde meydana gelen depremler örnek olarak gösterilebilir. Depremlerin odak noktaları incelendiğinde, Sığacık körfezi bölümünde Gülbahçe Fay Zonu'nun yakın çevresine rastladıkları görülür. Dolayısıyla bu depremlerin tez kapsamında incelenen alanda yer alan Gülbahçe Fay Zonu'yla ilgili olabileceği yorumu yapılabilir.

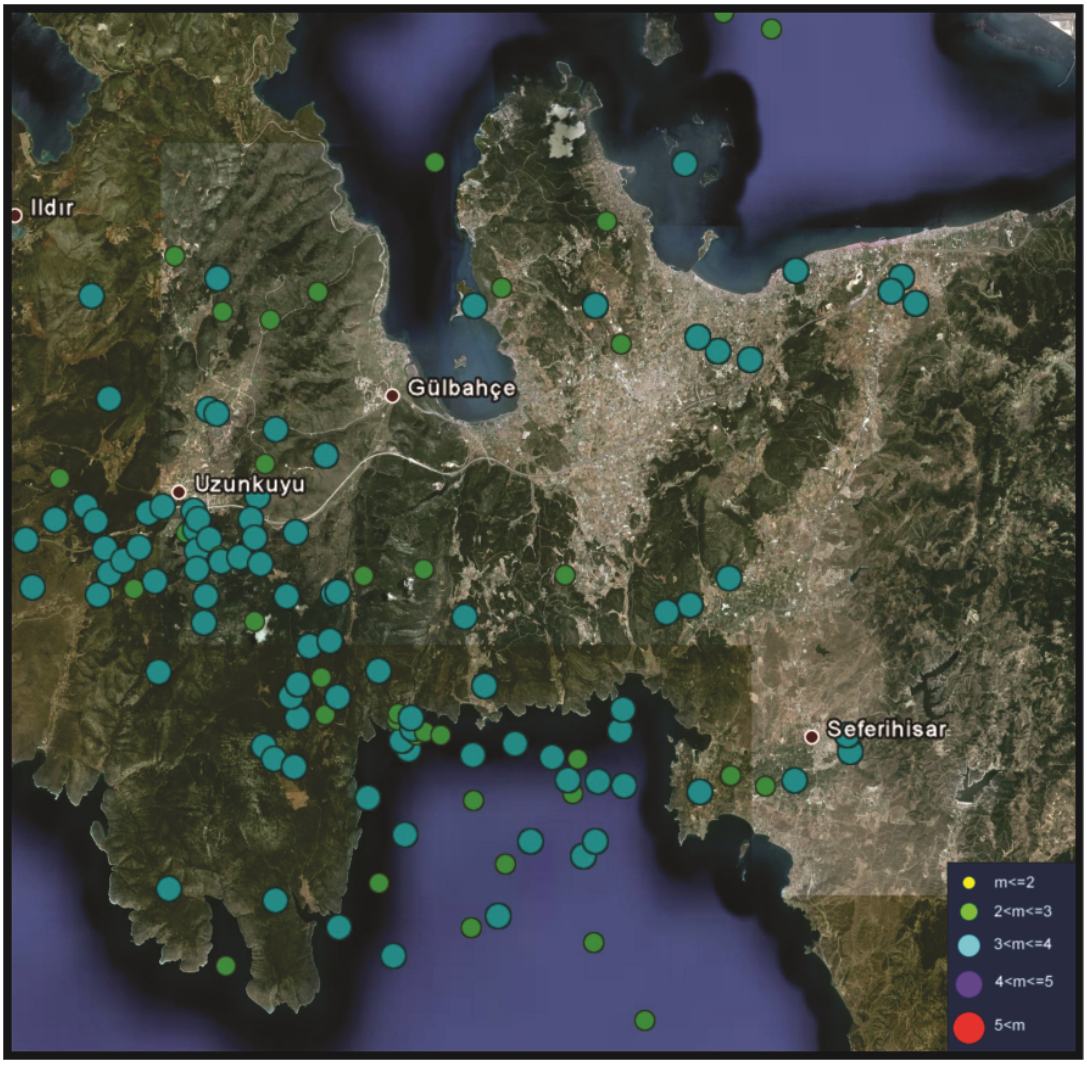
Çeşitli sismoloji istasyonlarından alınan kayıtlara göre 17 Ekim 2005 depremlerinin dış merkez lokasyonları fayın güney segmenti yakın çevresinde yoğunlaşmaktadır. Dağılımlarına göre son depremlerin fayın güney segmentinden kaynaklanmış olması muhtemeldir. Yapılan hızlı fay düzlemi çözümlerindeki kayma düzlemlerinin doğrultusu ile Gülbahçe Fayı'nın haritalanan doğrultusu arasında tam bir uyum izlenmez (Şekil 5.2). Bu çözümlerdeki KKB doğrultusu sol yönlü, KB-GD doğrultusu ise sağ yönlü kırılma mekanizmasını göstermektedir. Episantır bölgesi yakınındaki sağ yönlü doğrultu atımlı Seferihisar Fayı'nın uzanımı fay düzlemi çözümlerindeki KD doğrultusundaki ikinci düzlemlerle uyumludur. [23].



Şekil 5.2. İzmir ve yakın çevresinin diri fay haritası [22] üzerinde 17.10.2005 Sığacık (İzmir) depremlerinin dışmerkez lokasyonları ile son yüzyıldaki büyük depremlerin odak mekanizması çözümlerinin gösterildiği harita (MTA'nın 17 Ekim 2005 Sığacık-İzmir Depremleri Ön Değerlendirme Raporu [23]'ndan alınmıştır).

Tarihsel dönemde ve yakın zamanda gerçekleştiği bilinen depremlerin varlığı sebebiyle çalışma alanı çevresindeki fayların büyük ve çok sayıda deprem üretebilmesi mümkün gözükmektedir. Bu sebeple birinci derece deprem bölgesi sayılan İzmir ve çevresinde deprem konusunda gerekli çalışmaların yapılması ve önlemlerin alınması son derece önemli bir konudur.

Şekil 5.3'te ise 2007 ile 14.05.2013 tarihleri arasında, 38.10-38.40 enlemleri ile 26.60-26.90 boylamları arasında meydana gelmiş depremlerin büyüklükleri ve merkez üslerine ait depremler gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Gülbahçe ve çevresinde 2007-14.05.2013 tarihleri arasında meydana gelen depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından Google Earth programına indirilmiş olan verilerden derlenmiştir).

Çalışma bölgesi ve çevresinde, tarihsel dönemdeki depremler ile aletsel dönemde kaydedilmiş deprem verileri T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı'na ait internet sitesinden derlenerek sunulmuştur (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3).

Çizelge 5.1. İzmir ve çevresinde tarihsel dönemde meydana gelen depremler. (Emre vd. [22]'ten alınmıştır).

Tarih	Enlem (K)	Boylam (D)	Şiddet (Io)	Büyüklük (M)	Açıklama
17	38.40	27.50	X	7.0	İzmir, Efes, Aydın, Manisa, Alaşehir ve Sart şehirlerinde, Gediz ve Büyük Menderes nehirlerinin vadilerinde tahribat yapmıştır. Ege bölgesindeki büyük felaketlerden biri olduğu söylenir. Batı Anadolu'da Efes'le birlikte 13 önemli İyon şehri tamamen yıkılmıştır.
105	38.90	27.00	VIII	6.4	Eusebios'a göre, Aliağa, Myrina (Limni Adası), Çandarlı (Pitane) ve Nemrut Limanı (Cyme) bir depremle harap olmuştur.
176-177	38.60	26.65	VII	5.8	Milet, Sakız Adası ve Sisam adalarında deprem olmuştur. Bu depremde tamamen hasar gören İzmir Marcus Aurelius emri ile yeniden inşa edilmiştir.
178	38.30	27.10	VIII	6.5	İzmir şehri harap olmuş, pek çok yangın çıkmış, zeminde çatlaklar açılmış ve küçük iç liman kapanmıştır. Şehir tekrar inşası için 10 yıl süreyle vergilerden muaf tutulmuştur.
688	38.41	27.20	IX	6.5	İzmir'de şiddetli ve tahripkar bir deprem, 20.000 ölüden bahsedilmektedir.
1039	38.40	27.30	VIII	6.8	Cedrenos depremin çok felaket olduğunu bildirmiştir. Birçok bölge ve şehir bu deprem dolayısıyla hasar görmüştür. İzmir dehşetli bir manzaraya bürünmüştür, çünkü en güzel binalar çökmüş ve birçok insan ölmüştür.
20 Mart 1389	38.40	26.30	VIII	6.7	Palermo ve Vatikan'daki kütüphanelerde bulunan iki yazma eserde Castro'nun büyük bölümünün 20 Mart 1389 depreminde harap olduğu ve bu depremin birçok binayı çatlatıp kırdığı belirtilir. Bu depremden oluşan denizdeki dalga ticaret merkezinin ortasına kadar gelmiş ve insanları orayı terk etmeye zorlamıştır. İzmir, Foça (Phocaea) kulesi ve Ikaria Adası da (Sisam Nomos'u) harap olmuştur.
20 Mayıs 1654	38.50	27.10	VIII	6.4	Deprem İzmir'de, birçok kule ve caminin yıkılmasına ve birçok evin çökmesine, birçok da can kaybına neden olmuştur. 25 Haziran'a kadar her gün art sarsıntılar hissedildiler.
2 Haziran 1664	38.41	27.20	VII	5.8	Genel panik yaratan ve birkaç evi yıkan bir deprem.
1668	38.41	27.20	IX		İzmir'de tahribat yapmış, yangınlar çıkmıştır. Toprakta çatlaklar açılmıştır. 2000 kişinin öldüğünden bahsedilir.
14 Şubat 1680	38.40	27.20	VII	6.2	İzmir'e 10 mil uzaklıktaki 3 kasaba yerle bir olmuştur. İzmir'den 1.5 saat uzaklıktaki bir dağ Carbon köyünün üzerine çökmüştür (heyelan).
10 Temmuz 1688	38.40	26.90	X	6.8	İzmir'de büyük tahribat olmuştur. Kıyıda kaymalar olmuştur. Bunun neticesinde, 30 m genişliğinde bir kanal açılmıştır. 15.-20.000 kişinin öldüğünden bahsedilir. Deprem büyük bir alanda hissedilmiştir ve Tsunami oluşmuştur.

Çizelge 5.1. İzmir ve çevresinde tarihsel dönemde meydana gelen depremler. (Emre vd. [22]'ten alınmıştır).

Tarih	Enlem (K)	Boylam (D)	Şiddet (Io)	Büyüklük (M)	Açıklama
13 Ocak 1690	38.60	27.40	VII	6.4	Bu deprem İzmir ve ona yakın alanlarda hasara yol açmıştır.
Eylül (Ekim) 1723	38.40	27.00	VIII	6.4	İzmir'e gelen bir misafire göre, depremden iki ay sonra sarsıntı 60 evi yerle bir edip insanları öldürdü.
4 Nisan 1739	38.50	26.90	IX	6.8	İzmir'deki hasar geniş çapta denizin kenarındaki "Avrupa Kesimi"nde oluşmuştur. İzmir'de ölenlerin sayısı 80'i geçmemiştir. Sarsıntı eski Foça'nın dörtte üçünü tamamen yıkmış ve toprak açılıp içinden bitüm fışkırmıştır. Gediz (Agria) Nehri'nin ağzındaki kısmı depremde çökmüş ve depremden sonra sular altında kalmıştır.
24 Kasım 1772	38.80	26.70	VIII	6.4	Deprem ve deprem etkisiyle oluşan dalgalar Foça kalesinin 5 kapısını ve camisini tamamen yıktı. Lesbos'ta(Midilli) birkaç ev yıkıldı. Sakız Adası adasında deprem hissedildi, ama bir hasar meydana getirmedi.
3-5 Temmuz 1778	38.40	26.80	IX	6.4	15 saniye sürmüş ve İzmir'i tamamıyla harap etmiştir. Bazı yerlerde zemin açılmıştır. İki kaptan İzmir'e 18 mil uzaklıktaki Urla'da toprağın yarılıp açıldığını rapor etmişlerdir. Efes'in yakınlarında adı verilmeyen bir dağdan zemin çatlakları rapor edilmiştir. Hasar Seydiköy ve daha batıya doğru yayılmıştır. Toplamda bu depremlerdeki can kaybı 200 kişiden fazladır. 16 Haziran'da İzmir'de hasara yolaçan ön sarsıntıdan sonra en büyüğüdür. Art sarsıntılar ilave zararlar vererek aylarca sürmüştür. Birçoğu İzmir'in güneybatısında daha kuvvetli hissedilmiştir.
13 Ekim 1850	38.40	27.20	VIII		Batı Anadolu, İzmir, Manisa, Turgutlu, Bayındır, Ödemiş ve Tire'de çok şiddetli bir şekilde hissedilmiştir. Kemalpaşa'da yarıklar açılmıştır. Bölgede çeşitli hasarlar olmuştur.
3 Kasım 1862	38.50	27.90	X	6.9	Deprem Turgutlu Kasabası'ndaki tüm evleri yerle bir etmiş; 280 kişinin ölümüne sebep olmuştur. Afyon Karahisar'da, Isparta bölgesinde ve maksimum 300km uzaklığa kadar hissedilmiştir. 13 Kasım'da meydana gelen art sarsıntıda Afyon Karahisar'daki evlerde çatlaklar oluşmuş; İzmir, Aydın, Nazilli, Denizli ve Sakız Adası ve Midilli adalarında hissedilmiştir.
1 Şubat 1873	37.75	27.00	IX		Sisam adası, İzmir, Aydın.
29 Temmuz 1880	38.60	27.10	IX	6.7	İzmir ve Gediz çukurluklarında, Menemen, Bornova, Karşıyaka'da fazla miktarda hasar yapmıştır. İzmir-Turgutlu demiryolu yarıklarla kesilmiştir. Depremin merkezi Menemen civarındadır.
15 Ekim 1883	38.30	26.20	IX	6.8	Çeşme yarımadasının batı kısmında bulunan bütün köylerde geniş hasarlar olmuştur. İzmir'de hafif hasarlar yapmıştır. 15.000 kişinin öldüğü söylenir.
1 Kasım 1883	38.30	26.30	VIII		İzmir Körfezi ve Çeşme Yarımadasında şiddetli bir deprem olmuş; toprakta yarıklar açılmıştır.

Çizelge 5.2. İzmir ve çevresinde aletsel dönemde meydana gelen M>3 olan depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır).

Tarih	Enlem	Boylam	Tip	Büyüklük	İlçe
07/01/1915	38.3000	26.6500	MS	4.3	URLA
18/01/1915	38.3000	26.6500	MS	4.0	URLA
09/10/1967	38.3000	26.6000	MS?	3.8	URLA
20/11/1967	38.3000	26.7000	MS?	3.9	URLA
07/04/1969	38.3000	26.7000	MS?	3.7	URLA
06/05/1970	38.1600	26.8000	mb	4.8	
02/10/1976	38.3800	26.6641	ML	3.5	
03/10/1976	38.2375	26.6958	ML	4.0	URLA
07/11/1976	38.3643	26.7404	ML	3.7	URLA
26/09/1979	38.1579	26.6938	ML	3.6	
13/07/1983	38.2061	26.6187	mb	4.5	URLA
27/07/1983	38.3346	26.6106	Md	3.8	URLA
16/03/1984	38.3248	26.6011	Md	3.8	URLA
24/04/1984	38.3619	26.7153	Md	3.8	URLA
20/05/1986	38.3979	26.7239	Md	4.0	URLA
25/02/1987	38.3218	26.7119	Md	3.7	URLA
07/05/1988	38.3901	26.8567	ML	3.6	
17/10/1988	38.3661	26.6703	ML	3.7	
30/05/1989	38.3869	26.7668	Md	3.7	
08/11/1992	38.1783	26.8985	mb	4.2	SEFERIHISAR
10/04/2003	38.2466	26.8895	MS	5.5	SEFERIHISAR
10/04/2003	38.2053	26.8060	MD	4.0	SEFERIHISAR
29/01/2005	38.1569	26.8537	Md	3.8	SEFERIHISAR
17/10/2005	38.1012	26.6641	MS	5.1	
17/10/2005	38.1915	26.6257	ML	3.8	URLA
17/10/2005	38.1638	26.6529	MS	4.4	
17/10/2005	38.1500	26.6588	MS	3.6	
17/10/2005	38.1557	26.6518	Md	3.8	
17/10/2005	38.1889	26.7087	MS	5.7	
17/10/2005	38.2436	26.6955	Md	3.8	URLA
17/10/2005	38.1773	26.7105	MS	5.5	
17/10/2005	38.1690	26.6871	mb	4.3	
17/10/2005	38.1555	26.6113	ML	4.0	URLA
17/10/2005	38.1707	26.7213	MD	3.7	
17/10/2005	38.1581	26.6258	ML	3.9	URLA
17/10/2005	38.1893	26.6513	ML	3.8	
17/10/2005	38.1887	26.6700	ML	3.9	
17/10/2005	38.1370	26.7037	ML	3.6	
17/10/2005	38.1631	26.6549	ML	3.8	
18/10/2005	38.2504	26.7309	Md	4.0	URLA
18/10/2005	38.2156	26.6456	Md	3.8	URLA
18/10/2005	38.1761	26.6957	ML	3.9	
19/10/2005	38.1698	26.7027	Md	4.5	

19/10/2005	38.1493	26.6235	ML	3.9	URLA
20/10/2005	38.2302	26.6872	Md	3.9	URLA
20/10/2005	38.1139	26.7280	MS	5.6	
20/10/2005	38.2076	26.6865	ML	4.3	
20/10/2005	38.1801	26.6448	Md	3.9	
20/10/2005	38.2099	26.7100	Md	3.8	
20/10/2005	38.2087	26.6690	ML	4.0	URLA
20/10/2005	38.1454	26.6973	mb	3.6	
20/10/2005	38.1931	26.7354	Md	3.8	
20/10/2005	38.1990	26.7474	ML	4.0	
21/10/2005	38.1688	26.6453	ML	3.8	
21/10/2005	38.1697	26.6073	MS	3.5	URLA
22/10/2005	38.1621	26.6805	Md	3.8	
23/10/2005	38.1268	26.6001	ML	4.0	URLA
24/10/2005	38.1717	26.6040	ML	3.8	URLA
26/10/2005	38.1525	26.7554	Md	3.8	
29/10/2005	38.1852	26.6369	Md	4.2	
29/10/2005	38.2018	26.7143	Md	4.1	
31/10/2005	38.1495	26.6823	MS	4.3	
31/10/2005	38.1674	26.6545	Md	4.3	
16/11/2005	38.2757	26.6186	Md	3.8	URLA
12/06/2006	38.1688	26.7025	Md	4.0	
23/04/2007	38.3140	26.6147	ML	4.1	URLA
02/08/2007	38.2128	26.6469	ML	4.0	URLA
22/04/2008	38.1613	26.6960	ML	4.5	

Çizelge 5.3. İzmir ve çevresinde 05/05/2008'den sonra meydana gelen M>3 olan depremler (Deprem Araştırma Dairesi'nin internet sayfasından alınmıştır).

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Tip	Büyüklük	Ilçe
05/05/2008	38.2067	26.6550	15.83	Md	3.3	URLA
08/05/2008	38.2180	26.6877	5.79	Md	3.1	URLA
08/05/2008	38.2030	26.6557	17.19	Md	3.2	SIGACIK KORFEZI
09/05/2008	38.2060	26.6487	6.84	Md	3.0	URLA
09/05/2008	38.2568	26.7235	5.66	Md	3.0	URLA
09/05/2008	38.2068	26.6045	16.89	Md	3.2	URLA
10/05/2008	38.1988	26.6508	12.98	Md	3.3	SIGACIK KORFEZI
10/05/2008	38.1787	26.6358	7.02	Md	3.1	SIGACIK KORFEZI
11/08/2008	38.1233	26.6472	13.94	Md	3.1	SIGACIK KORFEZI
09/09/2008	38.1555	26.6970	17.25	Md	3.0	SIGACIK KORFEZI

03/11/2008	38.2023	26.7480	7.03	Md	3.2	SIGACIK KORFEZI
22/11/2008	38.3512	26.6830	5.00	Md	3.1	URLA
24/11/2008	38.2082	26.6492	4.77	Md	3.0	URLA
22/01/2009	38.2097	26.7493	6.95	Md	3.2	SEFERİHİSAR
05/02/2009	38.2078	26.6167	6.77	Md	3.0	URLA
07/02/2009	38.1923	26.7292	7.14	Md	3.0	SIGACIK KORFEZI
27/02/2009	38.3563	26.8690	25.28	Md	3.3	GÜZELBAHÇE
22/03/2009	38.1802	26.7270	7.00	Md	3.0	SIGACIK KORFEZI
24/04/2009	38.3575	26.6952	16.97	Md	3.0	URLA
15/05/2009	38.1948	26.8505	11.46	Ml	3.3	SEFERİHİSAR
10/06/2009	38.1778	26.6828	7.27	Md	3.0	SIGACIK KORFEZI
02/08/2009	38.2508	26.6223	6.73	Md	3.2	URLA
02/08/2009	38.3513	26.7370	6.32	Md	3.4	URLA
04/08/2009	38.2337	26.6188	25.57	Md	3.3	URLA
05/08/2009	38.2318	26.6097	6.56	Md	3.2	URLA
24/08/2009	38.1488	26.6408	6.83	Md	3.0	SIGACIK KORFEZI
17/11/2009	38.2007	26.8492	6.90	Md	3.2	SEFERİHİSAR
26/11/2009	38.2185	26.6047	7.23	Ml	3.3	URLA
26/01/2010	38.1830	26.7498	5.97	Ml	3.6	SIGACIK KORFEZI
07/02/2010	38.1373	26.6938	5.00	Md	3.4	SIGACIK KORFEZI
21/03/2010	38.2140	26.6223	10.01	Md	3.3	URLA
24/03/2010	38.1583	26.7317	6.99	Ml	3.2	SIGACIK KORFEZI
15/07/2010	38.1937	26.6825	1.98	Md	3.1	SIGACIK KORFEZI
05/10/2010	38.1895	26.6030	10.23	Md	3.1	URLA
27/12/2010	38.3635	26.8265	27.44	Md	3.1	GÜZELBAHÇE
18/01/2013	38.3353	26.7917	7.09	Ml	3.3	URLA
19/01/2013	38.3323	26.8060	7.10	Ml	3.3	URLA
20/01/2013	38.3402	26.7827	6.65	Ml	3.1	URLA
12/05/2013	38.3378	26.7485	7.17	Ml	3.0	URLA

6. SONUÇLAR

İYTE ve Gülbahçe Köyü'nün çevresindeki bölge daha öncede bahsedildiği üzere tektonik açıdan oldukça aktif bir bölgedir. Bölgedeki aktivite Gülbahçe Fay Zonu, Demircili-Yağcılar Fay Zonu ve Kuşçular- Urla Fay Zonu'ndan kaynaklanmaktadır. K-G uzanımlı bu fay zonlarından Gülbahçe Fay Zonu ve Kuşçular-Urla Fay Zonu'nun batısında yapılan incelemeler sonucunda çok sayıda fay belirlenmiştir ve bölgenin genel ve ayrıntılı jeoloji haritaları hazırlanarak, bölgenin neotektonik özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla daha önce hazırlanan bölgesel haritalar birleştirilmiş, revize edilmiş ve arazide kontrol edilmiştir. Önceki çalışmalarda varlığı belirtilen bazı faylar arazide tespit edilemediği için muhtemel fay olarak değerlendirilmiştir.

Bölgede yayılım gösteren kayaçlar Neojen öncesi temel kayaçlar ve örtü kayaçlar olarak iki ana grupta toplanmış ve örtü kayaçlar detaylı olarak incelenmiştir. Çalışma alanındaki temel kayaçlar Nohutalan formasyonu ve Bornova Filiş Zonu kayaları olmak üzere iki birim olarak incelenmiş ve haritalanmıştır. Örtü kayaçlar ise, Yağcılar formasyonu, Gülbahçe volkanitleri, Urla volkanitleri ve bunların üzerine açısal uyumsuzlukla gelen Kuvaterner birimlerinden oluşmaktadır. Kuvaterner birimlerinden olan Ballıkaya çakıltaşı ise az pekişmiş alüvyon yelpazesi ürünü olup çalışma alanında detaylı şekilde haritalanmıştır. Pleyistosen yaşı verilmiş bu birimlerin üzerine ise açısal uyumsuzlukla güncel alüvyon çökelleri gelmiştir.

Bu çalışmada ilk kez tanımlanan Ballıkaya segmenti ve Batı Kuşçular segmenti, bölgede yakın zamanda birçok depremin odağı olan fay zonlarının uzantılarında bulunan segmentlerdir. Bu fay zonları ve yakınlarında meydana gelen depremler ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin 17-20 Ekim 2005 tarihli Sığacık depremlerinin Gülbahçe Fay Zonu'ndan veya bu zonunda içerisinde yer aldığı Karaburun yarımadası ile Seferihisar arasında kalan bölgedeki faylarda gelişen negatif çiçek yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir [22, 26]. Orta büyüklükte depremlerin kaynağı olan bu fay zonları bölgedeki aktivitenin belirlenmesi açısından son derece önemlidir.

Bölgedeki neotektonik dönemde meydana gelen deformasyonları belirlemek amacıyla Gülbahçe yerleşimi ve İYTE kampüsü çevresindeki faylarda incelemelerde bulunulmuştur. Çalışma alanında dokuz farklı istasyonda 81 adet fay düzlemi ve fay çiziği ölçümü alınarak iki farklı kinematik analiz programında değerlendirilmesi yapılmıştır ve iki programın sonuçları karşılaştırılmıştır. İstasyon yerleri ve istasyonlara ait verilerin kinematik analizleri sonucunda elde edilen gerilim sembolleri Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

Uzel vd. [27] İzmir Körfezi çevresinde İBTZ ve Geç Senozoyik serilerindeki deformasyonu belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmaya göre İzmir Körfezi ve çevresinde üç farklı deformasyon evresi tespit etmiştir.

Birinci evre, Erken – Geç Miyosen aralığında olduğu tahmin edilen D-B sıkışması ve buna bağlı oluşan K-G yönlü açılma rejimine bağlı deformasyondur. Bu evrede volkano-sedimanter havzaların, K-G uzanımlı olan normal bileşene sahip doğrultu atımlı fayların kontrolünde oluşabileceği belirtilmiştir.

İkinci evre ise Miyosen yaşlı birimlerde gerçekleşen, doğrultu atımlı faylar ile birlikte oblik atımlı normal fayların kontrolünde şekillenen deformasyon ile açıklanmıştır. Bu evredeki gerilme rejimi K-G yöndeki sıkışmaya bağlı gelişen D-B açılma karakterindedir. İkinci evrenin Geç Pliyosen'e kadar sürdüğü tahmin edilmektedir.

Üçüncü evre; Pleyistosen ve Kuvaterner yaşlı genç birimlerdeki deformasyonla ilgilidir. Son dönemde yapılan çalışmalarda, Kuvaterner – Holosen döneminde İBTZ içinde, açılmalı-makaslamalı rejime bağlı, K-G, KD-GB yönde açılma, D-B ve KB-GD yönde ise sıkışma rejiminden bahsedilmiştir. Bu gerilme kuvvetleri etkisinde bölgenin, KD ve KB uzanımlı doğrultu atımlı faylar ve D-B uzanımlı normal fayların birlikte çalıştığı açılmalı-makaslamalı (transtansiyonel) tektonik rejim etkisinde deformasyona uğramaya devam ettiği belirtilmiştir [26, 86, 87, 90].

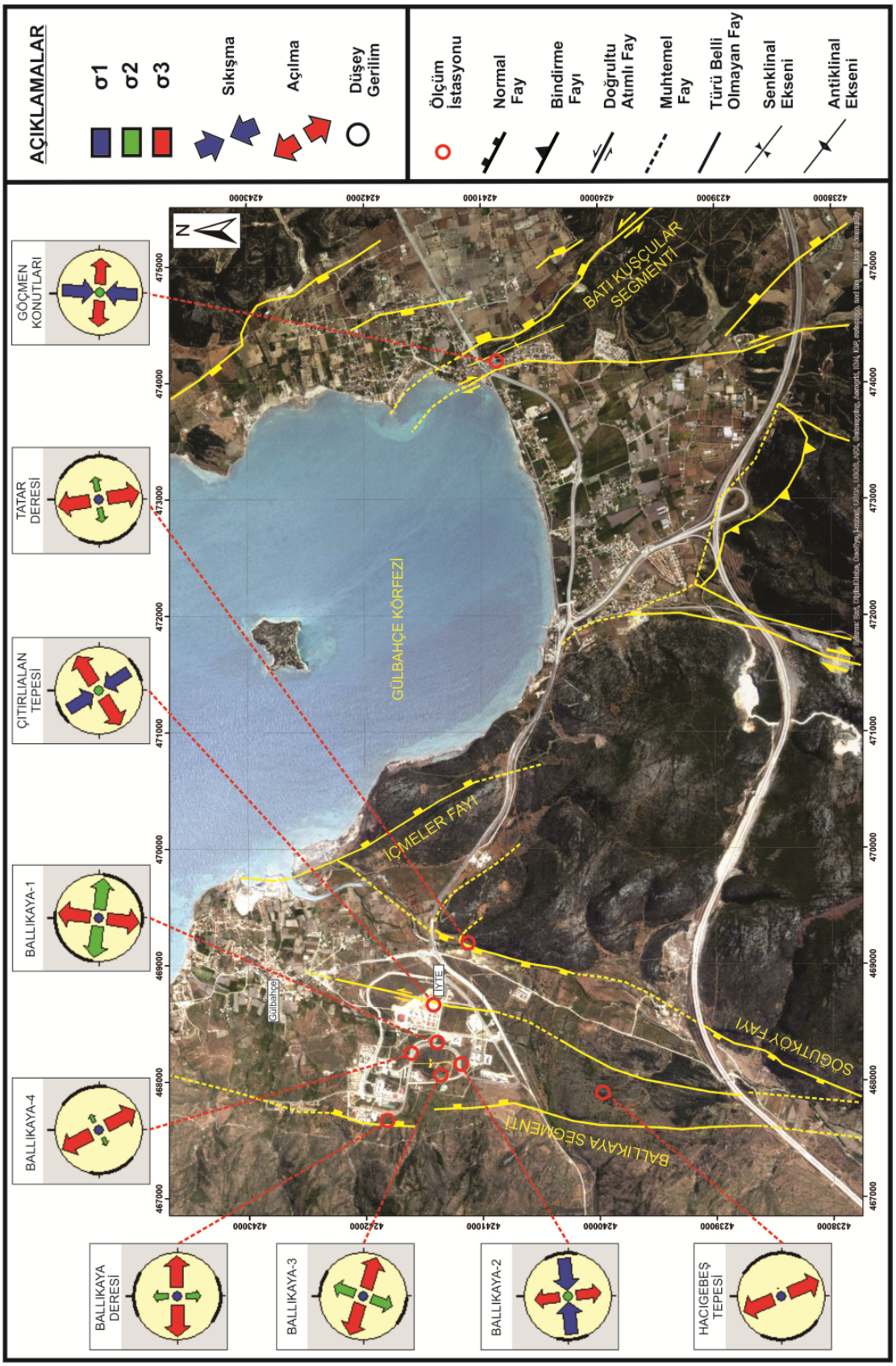
Kinematik analizler kapsamında incelenen Kuşçular-Urla Fay Zonu'ndaki tek istasyon olan göçmen konutları istasyonunun analiz sonuçlarında σ_2 düşey yöndedir ve saf makaslamalı bir rejim belirlenmiştir. Bu sonuç, fay zonundaki genel

faylanmaya uygun şekilde doğrultu atımlı karakterde faylanmayı desteklemektedir. Fayların bulunduğu birim Erken-Orta Miyosen yaşlı Yağcılar formasyonudur. Bu istasyonda belirlenen K-G yönlü sıkışmaya bağlı D-B açılması Uzel vd. [27]'de tanımlanan ikinci evreye örnek olarak gösterilebilecek bir sonuçtur.

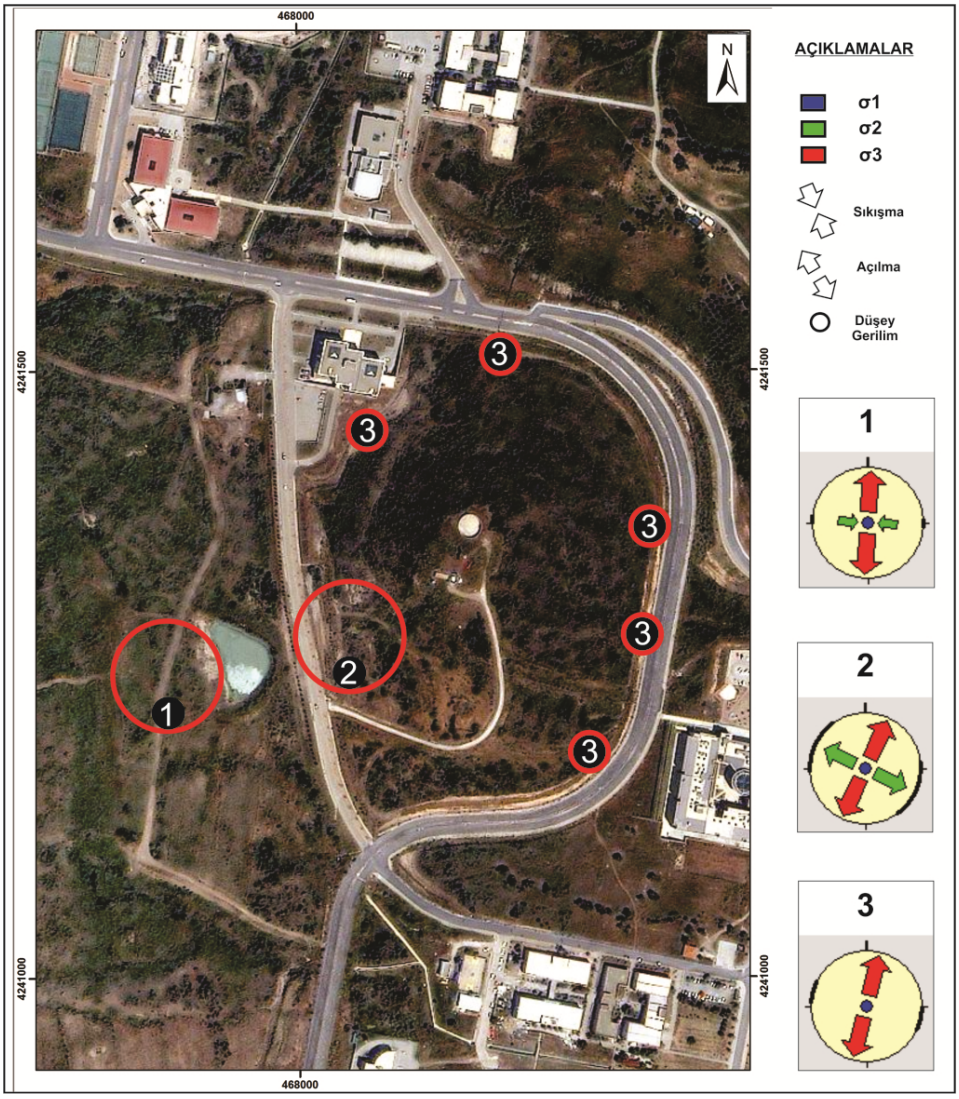
Gülbahçe Fay Zonu'nda yer alan sekiz istasyondaki kinematik analizler sonucunda ise iki farklı faylanma türü belirlenmiştir. Makaslamalı gerilimlerden kaynaklanan sol yönlü doğrultu atımlı faylanma ve açılmayla ilişkili normal faylar bölgedeki genel deformasyondan sorumludur. İYTE kampüsündeki Ballıkaya Tepesi ve Çıtırlıalan Tepesi arasındaki alanda Pleyistosen yaşlı birimlerde sol yönlü doğrultu atımlı faylar belirlenmiştir. K-G doğrultulu olan bu faylar KB-GD yönlü sıkışmaya bağlı GB-KD açılması ile oluşmuştur. Çıtırlıalan Tepesi istasyonundan elde edilen bu verilere yakın olan bir diğer veri Ballıkaya-2 istasyonunda elde edilmiştir.

Ballıkaya Tepesi çevresindeki diğer istasyonlardaki fay düzlemi verilerinin kinematik analizleri sonucunda ise KD-GB ve K-G yönde açılma belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre bölgede, farklı yönlerdeki açılmalara rağmen genel olarak K-G açılmasına ait veriler elde edilmiştir. Faylardan elde edilen K-G yönlü açılmayı destekleyen bir diğer önemli veri de eklemlerden elde edilen verilerdir. Kinematik analizlerde değerlendirilen makaslama çatlağı çiftleri ve diğer eklem setleri bölgede K-G yönde bir açılmanın olabileceğini belirtmektedir (Şekil 6.2).

Sonuç olarak makaslamalı ve açılmalı sistemin Pleyistosen-Kuvaterner yaş aralığındaki birimlerde birlikte gözlenmesi bu alandaki gerilme rejiminin İBTZ'na bağlı oluşmuş olabileceği durumunu ortaya koymaktadır. Uzel vd. [27], Sözbilir vd. [87] ve İBTZ ile ilgili diğer çalışmalardaki, İzmir Körfezi'nin de oluşmaya başladığı açılmalı-makaslamalı rejimin etkili olduğu üçüncü evre ile ilgili bulgular ile bu çalışmadaki eş yaşlı birimlerdeki bulgular paralellik göstermektedir (Bkz. Şekil 6.1). Bu sebeple çalışma alanında belirlenen doğrultu atımlı fayların İBTZ'yla ilişkili faylar olabileceği yorumu yapılabilir.



Şekil 6.1. Kinematik analiz verilerinin toplandığı istasyonları ve istasyonlara ait Win-Tensor programından elde edilmiş gerilme vektörlerini gösteren harita.



Şekil 6.2. Çatlak sistemlerinden toplanan verilerin Win-Tensor programında değerlendirilmesi ile ortaya çıkan gerilme vektörleri ve verilerin toplandığı yerleri gösteren harita.

KAYNAKLAR

[1] Delvaux, D., The TENSOR program for reconstruction: examples from the east African and the Baikal Rift Systems, *Abstract supplement Terra Nova*, 5, 216, **1993**.

[2] Angelier, J., Tectonic analysis of fault slip data sets, *Journal of Geophysical Research,* 89, 5835-5848, **1984**.

[3] Kalafatçıoğlu, A., Karaburun Yarımadasının jeolojisi, *MTA Bülteni*, 56, 53-62, **1961**.

[4] Akartuna, M., İzmir, Torbalı, Seferihisar, Urla bölgesinin jeolojisi hakkında,. *MTA Dergisi*, 59, 1-18, **1962**.

[5] Öngür, T., *Dikili-Bergama jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeoloji raporu*, MTA raporu, No.5444, **1972**.

[6] Brinkmann, R., Flügel, E., and Jacobshagen, Trias, Jura und Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West-Anatolien), *Geologie et Paleontologie*, 6, 139-150, **1972**.

[7] Savaşçın, Y., *Foça- Urla Neojen Volkanitlerinin Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi ve Kökensel Yorumu*, Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 74 s., **1978**.

[8] Ercan, T., Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9, 23-46, **1979**.

[9] Kaya, O., Ortadoğu Ege çöküntüsünün Neojen stratigrafisi ve tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 7/ 22, 35-58, **1979***.*

[10] Konuk, Y.T., *Karaburun Yarımadası'nın kuzeybatı kesiminin stratigrafisi ve tektonik özelliği*, Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 85 s., **1979**.

[11] Filiz, Ş., *Ege Bölgesi'ndeki Önemli Jeotermal Alanların O_{18}, H_2, H_3, C_{13} İzotoplarıyla İncelenmesi*, Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, İzmir, 95 s., **1982**.

[12] Şahinci, A. ve Gümüş, H., Gülbahçe Ilıcası ve Malkaça İçmesi Hidrojeoloji İncelemesi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5, 199-206, **1984**.

[13] Tarcan, G., Filiz, Ş., Hydrogeological studies in Urla-İçmeler (İzmir) Region*, IESCA-1990*-İzmir-Turkey, Abstracts, 246 s. **1989**.

[14] Erdoğan, B., İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının tektonik ilişkisi, *MTA Dergisi*, 110, 1-15, **1990**.

[15] Erdoğan, B., Altıner, D., Güngör, T., ve Özer, S., Karaburun Yarımadası'nın stratigrafisi, *MTA Dergisi*, 111, 1-23, **1990**.

[16] Filiz, Ş., Tarcan, G., Gülbahçe Körfezi güneyindeki jeotermal alanın hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopsal incelenmesi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2/1, 69-52, **1990**.

[17] Kozur, H., The age of the siliciclastic series ("Karareis formation") of the western Karaburun peninsula, western Turkey, *Paleontologica Polonica*, 58, 172-187, **1998**.

[18] Türkecan, A, Ercan. T., Sevin. D., Karaburun Yarımadası'nın Neojen volkanizması, MTA Raporu, No.10185, **1998**.

[19] Çetiner, L., Pekatan, R., Taşkıran, A., İldem, F., *İzmir-Güzelbahçe ve Gülbahçe jeotermal enerji arama projesi final raporu*, MTA raporu, No. 10739, **2000**.

[20] Özel, E., Günay, C., Gülbahçe Körfezi'nin neotektonik yapısı, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2, 27-38, **2000**.

[21] Çiçekli, K., Pekatan, R., *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü adına İzmir-Gülbahçe jeotermal enerji araması gradyan sondajları raporu*, MTA raporu, No.10707, 21 s., **2002**.

[22] Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C. ve Göktaş, F., *İzmir çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri*, MTA Raporu, No.107, **2005**.

[23] Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Yıldırım, C., *17 Ekim 2005 Sığacık (İZMİR) Depremleri Ön Değerlendirme Raporu,* MTA Raporu, No.10756, **2005**.

[24] Çakmakoğlu, A., Bilgin, Z.R., Karaburun Yarımadası'nın Neojen öncesi stratigrafisi, *MTA Dergisi*, 132, 33–61, **2006**.

[25] Sümer, Ö., *Güzelbahçe (İzmir) çevresinin alüvyonal sedimantolojisi ve aktif tektoniği,* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 103 s., **2007**.

[26] Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı C., Özkaymak Ç., 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52/2, 217-238, **2009**.

[27] Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N., Langereis, C.G., 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, **2012**.

[28] Baba, A., *Gülbahçe Jeotermal Kaynağının Geliştirilmesi Projesi Sonuç Raporu*, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir, **2013**.

[29] Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241, **1981**.

[30] Okay, A.I. and Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen* (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515, **1999**.

[31] Görür, N., Tüysüz, O. and Şengör, A.M.C., Tectonic evolution of the Central Anatolian basins, *International Geology Review*, 40, 831-850, **1998**.

[32] Görür, N., Tüysüz, O., Cretaceous to Miocene Palaeogeographic evolution of Turkey: Implications for hydrocarbon potential, *Journal of Petroleum Geology*, 24, 1-28, **2001**.

[33] Sarı, B., Late Maastrichtian-Late Palaeocene planktic foraminiferal biostratigraphy of the matrix of the Bornova Flysch Zone around Bornova (İzmir, Western Anatolia, Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 143-171, **2013**.

[34] Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Sungurlu, O., Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeotethys. *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (Eds., Robertson, A.H.F. and Dixon, J.E.), Geological Society, London, Special Publications, 17, 77-112, **1985**.

[35] Bozkurt, E., Mittwede, Steven K., Introduction: Evolution of continental extensional tectonic of western Turkey, *Geodinamica Acta* 18, 153-165, **2005**.

[36] Ketin, İ., About the North Anatolian Fault, *MTA Bülteni*, 72, 1-25, **1969**.

[37] Karig, D., E., Kozlu, H., Late Paleogene evolution of the triple junction region near Maraş, south-central Turkey, *Journal of Geological Society, London*, 147, 1023-1034, **1990**.

[38] Rotstein, Y., Counterclockwise rotation of Anatolian block, *Tectonophysics*, 108, 71-91, **1984**.

[39] Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30 **2001.**

[40] Koçyiğit, A., Özacar, A., Extensional neotectonic regime through the NE edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: new evidence field and seismic data, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 67−90, **2003**.

[41] Woodside, J.M., Mascle, J., Zitter, T.A.C., Limonov, A.F., Ergün, M., Volkonskaia, A., and shipboard scientists of the PRISMED II Expedition, The Florence Rise, the western bend of the Cyprus arc, *Marine Geology*, 185, 177–194, **2002**.

[42] Zitter, T.A.C., Huguen, C., Woodside, J.M., Geology of mud volcanoes in the eastern Mediterranean from combined sidescan sonar and submersible surveys, *Deep-Sea Research*, 52, 457–475, **2005**.

[43] Çiftçi, N. B., *Geological Evolution of The Gediz Graben, SW Turkey: Temporal And Spatial Variation Of The Graben*, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 289 s., **2007**.

[44] Kutluay, A., *Yenikent ve civarının (KB Ankara-Türkiye) Neojen Stratigrafisi ve Tektoniği*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s., **2007**.

[45] Koçyiğit, A.,Yusufoğlu, H., Bozkurt, E., Evidence from the Gediz graben forepisodic two stage extension in western Turkey, *Journal of Geological Society*, *London*, 605-616, **1999.**

[46] Seyitoğlu, G., Çemen, İ., Tekeli, O.,Extensional folding in the Alaşehir (Gediz) graben, western Turkey, *Journal of Geological Society London*, 157, 1097-1100, **2000**.

[47] Sözbilir, H., Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences* ,10, 51–67, **2001**.

[48] Sözbilir, H., Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey, *Geodinamica Acta,* 15, 277–288, **2002**.

[49] Bozkurt, E., Rojay, B., Episodic, two-stage Neogene extension and short-term intervening compression in western Anatolia: field evidence from Kiraz Basin and Bozdağ Horst, *Geodinamica Acta*, 18, 299-316, **2005**.

[50] Seyitoğlu, G., Scott, B.C., The cause of N-S extensional tectonics in western Turkey: Tectonic Escape vs Back-Arc Spreading vs Orogenic Collapse, *Journal of Geodynamics*, 22, 145-153, **2006**.

[51] Jackson, J. A. and McKenzie, D., The relationship between plate motions and seismic moment tensors and rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East, *Geophysics Journal*, 93, 45-73, **1988**.

[52] Le Pichon, X., Angelier, J., The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area, *Tectonophysics*, 60, 1–42, **1979**.

[53] McKenzie, D., Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: The Aegean sea and surrounding regions, *Geophysics Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, 217-254, **1978**.

[54] Meulenkamp, J. E., Wortel, W. J. R., Van Wamel, W. A., Spakman, W. and Hoogerduyn Strating E., On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete since the late Middle Miocene, *Tectonophysics*, 146, 203-215, **1988**.

[55] Hetzel R., Ring U., Akal C. and Troesch M., Miocene NNE directed extensional unroofing in the Menderes massif, southwestern Turkey, *Journal of Geological Society, London*, 152, 639–654, **1995**.

[56] Seyitoğlu, G., Scott, B.C., Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey, *Geology Magazine*, 128, 155–166, **1991**.

[57] Seyitoğlu, G., Scott, B.C., Rundle, C.C., Timing of the Cenozoic extensional tectonics in western Turkey, *Journal of Geological Society, London*, 149, 533-538, **1992**.

[58] Gürer, Ö. F. and Aldanmaz, E., Origin of the Cretaceous-Tertiary sedimentary basins within the Tauride-Anatolide platform in Turkey, *Geological Magazine*, 139(2), 191-197, **2002**.

[59] Avigad, D., Garfunkel, Z., Jolivet, L., Azanon, J.M., Back-arc extension and denudation of Mediterranean eclogites, *Tectonics*, 16, 24-41, **1997**.

[60] Jolivet, L., Faccenna, C., Goffé, B., Mattei, M., Rossetti, F., Brunet, C., Storti,F., Funiciello, R., Cadet, J.P., D'Agostino, N., Parra, T., Midcrustal shear zones in postorogenic extension: example from the northern

Tyrrhenian Sea, *Journal of Geophysical Reserch*, 103, 12123-12160, **1998**.

[61] Dewey, J. F. and Şengör, A. M. C., Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geological Society America Bulletin*, 90, 84-92, **1979**.

[62] Şengör, A.M.C., The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society, London*, 13, 268-282, **1979**.

[63] Agostini, S., Doglioni C., Innocenti, F., Manetti, P. and Tonarini, S., On the geodynamics of the Aegean rift, *Tectonophysics,* 488, 7-21, **2010**.

[64] Benda, L., Principles of the palynologic subdivision of the Turkish Neogene, *Newsletter Stratigraphy*, 1, 23-26. **1971**.

[65] Benda, L., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F. And Steffens , P., Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey, *Zeitschrift der Deutchen Geologischen Gesellschaft*,125, 183-193, **1974**.

[66] Benda, L. and Meulenkamp, J. E., Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene: 5. Calibration of sporomorph associations, marine microfossils and mammal zones, marine and continental stages and the radiometric scale, *Annales Geologiques Des Pays Helleniques*, 1, 61-70, **1979**.

[67] Benda, L. and Meulenkamp, J.E., Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene: 9. Sporomorph associations and the event stratigraphy of the Eastern Mediterrenean, *Newsletter Stratigraphy*, 23, 1-10, **1990**.

[68] Becker-Platen, J.D., Lithostratigraphisce Untersuchugen im Kanozoikum Südwest-Anatoliens (Türkei), *Beihefte zum geologischen Jahrbuch*, 97, **1970**.

[69] Dewey, J.F., Extensional collapse of orogens, *Tectonics*, 7, 1123-1139, **1988**.

[70] Makris, J., A dynamic model of Hellenic arc deduced from geophysical data, *Tectonophysics*, 36, 339-346, **1976**.

[71] Makris, J. and Stobbe, C., Physical properties and state of crust and upper mantle of the eastern Mediterranean sea deduced from geophysical data, Geological and Geodynamic Aspects on the Mediterranean. *Marine Geology* (Ed., Morelli C.), 55, 347-363, **1984**.

[72] Mindevalli, Y. Ö. and Mitchell, J. B., Crustal structure and possible anisotrophy in Turkey from seismic surface wave dispersion, *Geophysics Journal International*, 98, 93-106, **1989**.

[73] Lynch, H. D. and Morgan P., Finite-element models of continental extension, *Tectonophysics*, 174, 115-135, **1990**.

[74] Pinet, B. and Colletta, B., Probing into extensional sedimentary basins: Comparison of recent data and derivation of tentative models, *Tectonophysics*, 173, 185-197, **1990**.

[75] Sonder, L. J., England, P.C., Vertical averages of rheology of the continental lithosphere: relation to thin sheet parameters, *Earth Planet Sciences Letters*, 77, 81-90, **1986**.

[76] Sonder, L. J., England, P. C., Wernicke, B. P. And Christiansen, R. L., A physical model for Cenozoic extension of the western North American Cordillera, *Continental Extensional Tectonics*, Geological Society, London, Special Publication, 28, 187-201, **1987**.

[77] Wernicke, B. P., Christiansen, R. L., England, P. C. and Sonder, L. J., Tectonomagmatic evolution of Cenozoic extension in the North American Cordillera. In Continental Extensional Tectonics, *Geological Society, London*, Special Publication, 28, 203-221, **1987**.

[78] Aktar, M., Karabulut, H., Ozalaybey, S. and Childs, D., A conjugate strike-slip fault system within the extensional tectonics of Western Turkey, *Geophysical Journal International*, 171 (3) , 1363–1375, **2007.**

[79] Akyol, N., Zhu, L., Mitchell, B.J., Sözbilir, H. and Kekovalı K., Crustal structure and local seismicity in western Anatolia, *Geophysical Journal International*, 166 (3), 1259-1269, **2006**.

[80] Benetatos, C., Kiratzi, A., Ganas, A., Ziazia, M., Plessa, A. and Drakatos, G., Strike-slip motions in the Gulf of Sığacık (western Turkey): Properties of the 17 October 2005 earthquakes seismic sequence, *Tectonophysics*, 426, 263–279, **2006.**

[81] Tan, O., Taymaz, T., Source parameters of November 6, 1992 Doğanbey-Izmir (Mw=6.0, Western Turkey) and November 15, 2000 Van (Mw=5.7, Eastern Turkey) Earthquakes, *1st International Symposium of Istanbul Technical University the Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering*, 16–18 May, Istanbul, Turkey, Abstracts Book: SS-B-Poster, 70, **2002**.

[82] Zhu, L., Akyol, N., Mitchell, B.J. and Sözbilir H., Seismotectonics of western Turkey from high resolutions and moment tensor determinations, *Geophysical Research Letters*, 33 (7), L07316, **2006**.

[83] Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö., Gümüldür (İzmir) ve Bigadiç (Balıkesir) arasında uzanan Miyosen sonrası Yaşlı KD-Doğrultulu Accommodation Zonuna ait Saha Verileri, Batı Anadolu, *56. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 85-86, **2003**.

[84] Sözbilir, H., Sarı, B., Akgün, F., Gökçen, N., Akkiraz, S., Sümer, Ö., Erkül, F., First example of a transtensional supradetachment basin in western Anatolia: The Kemalpaşa-Torbalı Basin, Turkey, *Proceedings of the 32nd Internatinonal Geological Congress*, Italy, **2004**.

[85] Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö., Akkiraz, S., Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey, *Basin Research*, 23, 423–448, **2010**.

[86] Uzel, B., Sözbilir, H., A First record of strikeslip basin in western Anatolia and its tectonic implication: The Cumaovası basin as an example, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559-591, **2008**.

[87] Sözbilir, H., Kaymakçı, N., Langereis, C., Uzel, B., Özkaymak, Ç., Özkaptan, M., Gülyüz, M., Transfer zonlarının jeolojik evrimi ve bu zonların Batı Anadolu'daki K-G genişleme tektoniğine katkısı: İzmir–Balıkesir Transfer Zonu, 1*3. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Toplantısı, Bildiri özleri kitabı*, 51, **2009**.

[88] Ring, U., Laws, S. and Bernet, M., 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, **1999**.

[89] Sözbilir, H., İnci, U., Erkul, F., Sümer, Ö., An Active intermitten transform zone accommodating N-S Extension in Western Anatolia and its relation to the North Anatolian Fault System, *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, poster session P2/2*, 31 August-12 September, **2003**.

[90] Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, Y.E., Koçer, T., Demirtaş, R., Özkaymak, Ç., Evidence for a kinematically linked E–W trending İzmir Fault and NE-trending Seferihisar Fault: Kinematic and paleoseismogical studies carried out on active faults forming the İzmir Bay, Western Anatolia, *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 51/2, 91–114, **2008**.

[91] Lechner , H., Rendel, B., Trick, P., *Geologische karte von Mittel-Karaburun*, Marburg; 142s., **1967**.

[92] İşintek, İ., Altıner, D., Karaburun Yarımadası orta kesiminde (Batı Türkiye) Jura-Alt Kretase sınırının revizyonu, *51.Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, **1998**.

[93] İşintek, İ., Altıner, D. ve Koca, U., Karaburun Yarımadası'nda (Batı Türkiye) bir Triyas karbonat istifinin foraminifer paleontolojisi ve stratigrafisi, *51. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, **1998**.

[94] İşintek, İ., Altıner, D., Foraminifer micropaleontology and age assignment to Triassic sedimantary rocks in the Central Karaburun Peninsula Area, Western Turkey, *4.th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, 21-25 May, Isparta,Turkey, 38, **2001**.

[95] Okay , A.,İ., Altıner, D., A condensed Mesozoic succession north of İzmir: a fragment of the Anatolide-Tauride Platform in the Bornova Flysch Zone, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16,1-23, **2007**.

[96] Erdoğan, B., İzmir-Ankara Zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, 1-20, **1990**.

[97] Erdoğan, B., ve Güngör, T., Menderes Masifi'nin kuzey kanadının stratigrafisi ve tektonik evrimi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 4, 9-34, **1992**.

[98] Borsi, S., Geochronology and petrology of recent volcanics in the Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesbos Island), *Bulletin of Volcanology*, 36, 473-496, **1972**.

[99] Bellon, H., Grisollet, G., etSorel, D., Age de l'activité volcanique néogène de l'île de Chios (Mer Egée, Grèce). Comptes Rendus Academie des Sciences Paris, 288, 1255–1258, **1979**.

[100] Helvacı, C., Ersoy Y., E., Sözbilir, H., Erkül F., Sümer Ö., Uzel, B., Geochemistry and 40Ar/39Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research,* 185, 181-202, **2009**.

[101] Agostini, S., Tokçaer, M., Savaşçın, M.,Y., Volcanic Rocks from Foça-Karaburun and Ayvalık-Lesvos Grabens (Western Anatolia) and Their Petrogenic-Geodynamic Significance, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19, 157-184, **2010**.

[102] Stanistreet, I.G., McCarthy, T.S., The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems, *Sedimentary Geology*, 85, 115-133, **1993**.

[103] Ramos, A. and Sopena, A., Gravel bars in low-sinuosity streams*. Modern and Ancient Fluvial Systems*, (Eds.,J.D. Collison and J. Lewin) Special Publication International Association Sediment, 6, 310-312, **1983**.

[104] Filiz, Ş., ve Tarcan, G., Seferihisar (İzmir) güneyindeki jeotermal alanın hidrojeolojisi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni* , 5, 97-112, **1993**.

[105] Tarcan, G.,Filiz, Ş., Hydrogeological studies in Urla-İçmeler (İzmir) Regions, International *Earth Sciences Congress on Aegean Region* 1-6 October, Izmir-Turkey, Proceedings,1,171-184, **1991**.

[106] Angelier, J., Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress III: A new rapid direct inversion method by analytical means, *Geophysical Journal International*, 103, 363−376, **1990**.

[107] Angelier, J., Fault slip analysis and paleostress reconstruction. *Continental Deformation* (eds. P.L. Hancock), Pergamon Press, Oxford, 53−100, **1994**.

[108] Bott, M.H.P., The mechanism of oblique slip faulting, *Geological Magazine*, 96, 109-117, **1959**.

[109] Carey-Gailhardis, E., Mercier, J. L., 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, **1987**.

[110] Guiraud, M., Laborde, O., Philip, H., Characterization of various types of deformation and their corresponding deviatoric stress tensor using microfault analysis, *Tectonophysics*, 170, 289-316, **1989**.

[111] Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V., San'kov, V., Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia Part2, Cenozoic rifting, *Tectonophysics*, 282, 1-38, **1997**.

EK

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Taygun Uzelli
Doğum Yeri : Manisa
Doğum Tarihi : 14.11.1988
Medeni Hali : Bekar
E-posta : taygunuz@gmail.com
Adresi : Cemal Gürsel Caddesi, No: 72/9, Cebeci /Ankara

Eğitim

Lise : 2002-2006 İzmir Anadolu Kız Lisesi, İZMİR
Lisans : 2006-2011 Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA
Yüksek Lisans : 2011- . . . Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, ANKARA
(Halen devam ediyor).

Yabancı Dil ve Düzeyi

- İngilizce (2010-ÜDS Sonbahar Sınav Sonucu: 78.750)

İş Deneyimi

- Şubat-Mart 2013 Eser Proje ve Mühendislik A.Ş. **/**Jeoloji Mühendisi

Deneyim Alanları

- Yeraltı suyu planlaması, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Aktif Tektonik, Genel Jeoloji, Jeotermal Teknik Sorumluluk.

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar

EK 1. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

AÇIKLAMALAR

- Alüvyon (Kuvaterner)
- Ballıkaya Çakıltaşı (Pleyistosen)
- Urla Volkanitleri (Orta-Üst Miyosen)
- Yağcılar Formasyonu (Alt-Orta Miyosen)
- Gülbahçe Volkanitleri (Alt Miyosen)
- Bornova Filiş Zonu Kayaları (Üst Kretase-Paleosen)
- Nohutalan Formasyonu (Liyas-Malm)

- Normal Fay
- Bindirme Fayı
- Doğrultu Atımlı Fay
- Muhtemel Fay
- Türü Belli Olmayan Fay
- Senklinal Ekseni
- Antiklinal Ekseni
- Formasyon Sınırı
- Muhtemel Formasyon Sınırı
- 50 Eğimli Tabaka
- Yatay Tabaka
- Dere
- Mevsimlik Dere
- Tepe
- Alüvyon Yelpazesi
- Yerleşim Yeri
- Otoban
- Yol
- O 32 Otoban Adı
- D 300 Karayolu Adı
- Yerleşim Sebebiyle İncelenememiş Alan

0 — 1 km

Şekil 4.38
Şekil 4.25
Şekil 4.28
Şekil 4.36

472 474 476

4246 4245 4244 4242 4240 4238

468 470

N

Ulalıdağı T.
Topalhasandağı T. 177
Yılan Adası
Turasan T. 86
Çıtırlıalan T.
Ballıkaya T.
Çarpan T. 122
İçme T. 202
Hacıgebeş T.
Malkaça T. 82
Malkaçadağı T. 272

Gülbahçe
Gülbahçe Jeotermal Kaynağı
İ.Y.T.E.

Sineklikışla D.
Ballıkaya D.
Kavaklı D.
Tatar D.
Çakal D.
Kapıkaya D.
Pınarlı D.

BALLIKAYA SEGMENTİ
İÇMELER FAYI
SÖĞÜTKÖY FAYI
BATI KUŞÇULAR SEGMENTİ

GÜLBAHÇE KÖRFEZİ
GÜLBAHÇE ALT HAVZASI
KUŞÇULAR ALT HAVZASI
Malkaça İçmeleri

İZMİR-ÇEŞME KARAYOLU D 300
İZMİR-ÇEŞME OTOBANI O 32