İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ GÜNEY KOLUNUN GEYVE – GEMLİK ARASINDAKİ KESİMİNİN MORFOTEKTONİK, TEKTONOSTRATİGRAFİK VE PALEOSİSMOLOJİK EVRİMİ

DOKTORA TEZİ

Bülent DOĞAN

Anabilim Dalı : Jeoloji Mühendisliği

Programı : Jeoloji Mühendisliği

ARALIK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ GÜNEY KOLUNUN GEYVE – GEMLİK ARASINDAKİ KESİMİNİN MORFOTEKTONİK, TEKTONOSTRATİGRAFİK VE PALEOSİSMOLOJİK EVRİMİ

DOKTORA TEZİ
Bülent DOĞAN
(505982111)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 – 10 - 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 – 12 - 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Haluk EYİDOĞAN (İTÜ)
Prof. Dr. Serdar AKYÜZ (İTÜ)
Prof. Dr. Aral. I. OKAY (İTÜ)
Prof. Dr. Şükrü ERSOY (YTÜ)

ARALIK 2010

Prof. Dr. Aykut BARKA'ya

Bana Neotektonik kavramını, genç ve aktif faylar üzerindeki bilimsel disiplinleri ilk öğreten olmanız, lisans tezimin danışmanlığını yapmanız ayrıca bu doktora tezinin önerilmesinde ve başlangıcında bana olan tavsiyeleriniz her an zihnimde canlı yer tuttu."Bülent orta kolda sen çalışacaksın" dediğinizde inanılmaz heyacanlanmıştım. Bu heyecanım sizinle ilk yaptığımız keşif amaçlı saha çalışmasında bir kat daha artmıştı. Bundan sonra ise ilk yaptığım haritayı büroda tartışırken katkılarınızla çalışmalarımı yönlendirmeye devam ettiniz. Daha sonra ani bir şekilde ebedi hayata göç etmeniz hepimizi derin bir üzüntüye boğdu. Ben ise hem lisans tezimi hazırlarken hem de doktora tezimin başlangıcında sizden aldığım bilimsel misyonu hep geliştirmeye çalıştım. Bu misyonu ve çalışma anlayışınızı hayatım boyunca rehber edineceğim.

Rahat uyuyun hocam!

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması yoğun saha ve büro çalışmaları sonucunda oluşturulmuştur. Çalışmanın başlangıcını Prof. Dr. Aykut Barka yönetmiş, kendisinin ebediyete göçmesi sonrasında tezin yönetimini Prof. Dr. Okan Tüysüz üstlenmiştir.

Öncelikle tez çalışmalarım esnasında bana gerek sahada ve gerekse büroda değerli bilimsel katkılarını esirgemeyen ve sabırla her an destek olan tez danışmanım Prof. Dr. Okan Tüysüz'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmasının çalışma raporlarının sunulması ve tartışılması esnasında gerekli yönlendirmeleri yapmaları ve çalışmaya gösterdikleri katkıdan dolayı Prof. Dr. Serdar Akyüz ve Prof. Dr. Haluk Eyidoğan'a teşekkür ederim.

Tez çalışması, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Şerif Barış'ın yönettiği 104Y325 no'lu TÜBİTAK araştırma projesi ve tez danışmanım Prof. Dr. Okan Tüysüz'ün yönettiği İTÜ BAP projesi ile desteklenmiş olup ilgili yönetici ve birimlere ayrıca teşekkür ederim.

Tezin oluşması sürecinde saha verilerimi kendisi ile tartışma imkanı bulup değerli görüşlerinden faydalandığım Prof. Dr. A.İ.Okay ve Prof.Dr. Şükrü ERSOY'a her zaman bürosunda çalışma imkanı bulduğum, bilgilerinden faydalandığım ve tartıştığım Doç. Dr. Ziyadin Çakır ile Doç. Dr. Cenk Yaltırak'a, ayrıca tez içinde kullandığım çeşitli fay düzlemi çözümlemeleri ile ilgili verileri paylaşan Doç. Dr. Semih Ergintav ve Dr. Onur Tan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında edindiğim bilgileri tartışma imkanı bulduğum Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ö. Feyzi Gürer'e, bazı taslak çizimleri hazırlayan Yrd. Doç. Dr Özkan Coruk ve Yrd. Doç. Dr Ahmet Karakaş'a da teşekkür ederim.

Bu çalışma: Geyve, Pamukova, İznik ve Orhangazi kaymakamlıkları tarafından lojistik olarak önemli şekilde desteklenmiştir. Ayrıca çalışma bölgesi içindeki tüm köy muhtarları ve bölge halkı, özellikle tezin paleosismoloji bölümünün oluştrulmasına esas teşkil eden hendeklerin açılmasında çok yardımcı olmuştur.

Tezin saha çalışmaları esnasında fedakar yardımlarını esirgemeyen Kocaeli Üniversitesi öğrencileri Seferhan Burak, Eren Aydın, Enes Zengin, Dilek Birben, Yeşim Birlikbaş, Muzaffer Benli, Tansu Aydın, Banu Var, Merve Kanbur, Esra Karabulut, Burçe Maytalman, Tuğbay Şeker, Özhan Azman ve Tuğçe Biçerer'e teşekkür ederim.

Aralık 2010

Bülent Doğan

(Jeoloji Yük Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xxix**
SUMMARY ..... **xxxii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Amaç, Kapsam ve Problemler 1
1.2 Veri ve Yöntem 2
1.3 Tez Düzeni 3
2. PALEOTEKTONİK DÖNEM **5**
3. NEOTEKTONİK DÖNEM **11**
3.1 Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) 12
3.2 Marmara Bölgesi'nde KAFS 16
3.3 KAFS Marmara Bölgesi Güney Kolu (KAFSGK) 19
4. STRATİGRAFİ **21**
4.1 Geyve-Pamukova Havzasının Pliyo-Kuvaterner Stratigrafisi 21
4.1.1 Geyve-Pamukova havzasının güneyinin Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi 24
4.1.1.1 Geyve formasyonu (Qg)……. 24
4.1.1.2 Hocaköy formasyonu (Qh)……. 40
4.1.2 Geyve-Pamukova havzasının ortasının Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi 53
4.1.2.1 Çardak formasyonu (Qc)……. 53
4.1.3 Geyve-Pamukova havzasının kuzeyinin Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi .. 65
4.1.3.1 Pınarlı formasyonu (Qp)……. 65
4.2 Mekece-İznik Koridoru ve İznik Havzasının Pliyo-Kuvaterner Stratigrafisi ... 73
4.2.1 İznik formasyonu (Qi) 75
4.2.2 Solöz formasyonu (Qs) 83
4.2.3 Alüvyon ve yalıtaşları (Qal) 85
5. MORFOTEKTONİK **87**
5.1 Geyve-Pamukova Havzası ve Geyve Fay Zonu (GFZ) 88
5.1.1 Sarıgazi fayı ve morfolojik yapıları 90
5.1.2 Geyve-Pamukova havzasındaki basınç sırtları 94
5.1.3 Geyve-Pamukova havzasında morfometrik analiz 105
5.1.3.1 Geyve-Pamukova havzasında dağ cephesi eğrilik oranı (Smf)…….. 105
5.1.3.2 Geyve-Pamukova havzasında vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)…… 108
5.1.4 Geyve-Pamukova havzası ve Sakarya Nehri 114

5.2 Mekece-İznik Koridoru, İznik Havzası ve İznik Fay Zonu (İFZ) 118
5.2.1 Mekece fayı ve morfolojik yapıları 120
5.2.2 Dırazali fayı ve morfolojik yapıları 124
5.2.3 Gürle fayı ve morfolojik yapıları 128
5.2.4 Orhangazi fayı fayı ve morfolojik yapıları 130
5.2.5 İznik Fay Zonunun basınç sırtları 132
5.2.6 Mekece – İznik koridoru, İznik havzasında morfometrik analiz 136
5.2.6.1 Mekece fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (Smf) 136
5.2.6.2 Mekece fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)..... 137
5.2.6.3 Dırazali fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (Smf)..... 140
5.2.6.4 Dırazali fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)..... 141
5.2.6.5 Gürle fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (Smf)..... 144
5.2.6.6 Gürle fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)..... 145
5.2.7 İznik Gölü ve batimetrisi 147
5.3 Gemlik- Karsak Koridoru, Gemlik Fay Zonu (GMFZ) 151
6. YAPISAL JEOLOJİ 153
6.1 Sarıgazi Fayı ve Yapısal özellikleri 153
6.2 Geyve-Pamukova Havzasının Kinematik Analizi 166
6.3 Mekece Fayı ve Yapısal özellikleri 173
6.4 Dırazali Fayı ve Yapısal özellikleri 173
6.5 Gürle Fayı ve Yapısal özellikleri 181
6.6 Orhangazi Fayı ve Yapısal özellikleri 190
6.7 Umurbey Fayı ve Yapısal özellikleri 193
6.8 Mekece İznik Koridoru ve İznik Havzasının Kinematik Analizi 193
7. PALEOSİSMOLOJİ 207
7.1 Tarihçe ve Tarihsel Depremler 207
7.2 Bu Çalışmadan Önce Açılan Hendeklerin Değerlendirilmesi 214
7.3 Bu Çalışma Kapsamında Açılan Hendeklerin Değerlendirilmesi 217
7.3.1 Bh2 Hendeği 220
7.3.1.1 Hendek yeri ve morfolojisi 220
7.3.1.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması 221
7.3.1.3 Hendek sonuçları 222
7.3.2 Bh3 Hendeği 223
7.3.2.1 Hendek yeri ve morfolojisi 223
7.3.2.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması 224
7.3.2.3 Hendek sonuçları 225
7.3.3 Bh6 Hendeği 226
7.3.3.1 Hendek yeri ve morfolojisi 226
7.3.3.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması 227
7.3.3.3 Hendek sonuçları 228
7.3.4 Bh7 Hendeği 229
7.3.4.1 Hendek yeri ve morfolojisi 229
7.3.4.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması 230
7.3.4.3 Hendek sonuçları 231
7.3.5 Bh9 Hendeği 232
7.3.5.1 Hendek yeri ve morfolojisi 232
7.3.5.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması 233

7.3.5.3 Hendek sonuçları..... 234
7.3.6 Bh10 Hendeği 235
7.3.6.1 Hendek yeri ve morfolojisi 235
7.3.6.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması……..... 236
7.3.6.3 Hendek sonuçları..... 237
7.4 Bölgede Açılan Bütün Hendeklerin Sonuçları..... 237
7.5 Bölgedeki GPS Ölçümleri..... 243
8. JEOLOJİK EVRİM..... 245
9. SONUÇLAR 263
KAYNAKLAR……267
EKLER……286
ÖZGEÇMİŞ……288

KISALTMALAR

KAFS : Kuzey Anadolu Fay Sistemi
KAFSGK : Kuzey Anadolu Fay Sistemi Güney Kolu
KAFSKK : Kuzey Anadolu Fay Sistemi Kuzey Kolu
KAFSGKa : Kuzey Anadolu Fay Sistemi Güney Kolu a
KAMZ : Kuzey Anadolu Makaslama Zonu
KDAFS : Kuzey Doğu Anadolu Fay Sistemi
BSZZ : Bitlis-Zagros Sütur Zonu
EGS : Ege Graben Sistemi
DAFS : Doğu Anadolu Fay Sistemi
EFS : Ecemiş Fay Sistemi
HY : Helenik Yayı
IFS : İerapetra Fay Sistemi
ÖDFZ : Ölü Deniz Fay Zonu
GFZ : Geyve Fay Zonu
İFZ : İznik Fay Zonu
GMFZ : Gemlik Fay Zonu
R', X fault : Antitetik fay
P, R fault : Sintetik fay
Y fault : Ana doğrultu atımlı fay
n : Sağ yanal oblik normal fay
t : Sağ yanal oblik ters fay
bs : Basınç sırtı
fs : Fay segmenti
Ms : Yüzey Dalga Büyüklüğü
GPS : Küresel Konumlandırma Sistemi
CFT : Deprem yüzey kırığı (Coseismic Fault Trace)
RFS : Sintetik Fay Sistemi (Riedel Fault System)
K : Kuzey
G : Güney
B : Batı
D : Doğu
maks : maksimum
Smf : Dağ Cephesi Eğrilik Oranı
Vf : Vadi genişliğinin vadi yüksekliğine oranı
Qg : Geyve formasyonu
Qgk : Geyve formasyonu Kollu kırıntılı üyesi
Qgb : Geyve formasyonu Beylik kırıntılı üyesi
Qp : Pınarlı formasyonu
Qh : Hocaköy formasyonu
Qc : Çardak formasyonu
Qca : Çardak formasyonu Ayvalık kırıntılı üyesi
Qcy : Çardak formasyonu Yanıkorman kırıntılı üyesi
Qal : Ayırtlanmamış alüvyon
Qi : İznik formasyonu

Qs : Solöz formasyonu
Ts : Sarısu volkanitleri
σ_1 (Z) : Maksimum Gerilme
σ_2 (Y) : Ortaç Gerilme
σ_3 (X) : Minumum Gerilme
P : Sıkışma alanı
T : Gerilme alanı
R, R' : Gerilme indeksleri
ø: : İçsel sürtünme açısı
% : Yüzde miktar
cm : Santimetre
m : Metre
km : Kilometre
sn : Saniye
Ph : Asitlik veya bazlık derecesi
my : Milyon yıl
$HClO_4$: Per klorik asit
HNO_3 : Nitrik asit
H_2SO_4 : Sülfirik asit
HF : Florik asit
HCl : Hidro klorik asit
Fe_2O_3 : Demir di oksit
FeO : Demir oksit
MnO : Mangan oksit
OSL : Optik Işınımlı Lüminesans
TL : Termo Lüminesans
ESR : Elektro Spino Rezonans
DSİ : Devlet Su İşleri
BÜ : Boğaziçi Üniversitesi
KRDAE : Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
UDİM : Ulusal Deprem İzleme Merkezi
HGK : Harita Genel Komutanlığı
MARNET : Marmara Denizi Sismik İstasyon Ağı
IZINET : İznik Sismik İstasyon Ağı
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
MS : Milattan Sonra
MÖ : Milattan Önce
BP : Günümüzden Önce

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Anadolu'nun farklı bölgelerinde KAFS'nin yaş, atım ve jeolojik hızına ilişkin parametreler.…….....15
Çizelge 4.1 : Beylik kırıntılı üyesi içindeki çakılların petrografik dağılımı.….....28
Çizelge 4.2 : Beylik kırıntılı üyesi içinden alınan örneklerin demir ve manganoksit değerleri. ….....29
Çizelge 4.3 : Ayvalık kırıntılı üyesi içinde farklı lokasyonlarda yapılan çakıl petrografik dağılımı. …….....54
Çizelge 4.4 : Ayvalık kırıntılı üyesi içinden alınan örneklerin analiz sonuçları.…...59
Çizelge 6.1 : İnceleme alanının tümünden alınan fay düzlemi ve çiziği verilerinin lokasyonları. …….203
Çizelge 7.1 : KAFSGK üzerinde olan bazı tarihsel depremler (A: Ergin ve diğ. 1967; B: Soysal ve diğ. 1981; C: Ambraseys ve Finkel, 1991; D: Ambraseys ve Jackson, 2000; E: Ambraseys, 2002; F: Guidoboni ve diğ. 1994; G: Guidoboni ve Comastri, 2005). ……..….....209
Çizelge 7.2 : Bölgede açılan hendeklerden elde edilen radyokarbon analiz sonuçları. ……...236

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Anadolu'nun Paleotektonik dönem birlikleri ve çalışma alanının yeri (Okay ve Tüysüz, 1999). …….....5
Şekil 2.2 : Batı Pontid'lerin Paleotektonik dönem (Senomaniyen- Erken Eosen) evrimi (Yılmaz ve diğ. 1995). ……7
Şekil 2.3 : Marmara Bölgesi'nin Paleotektonik birlikleri ve KAFS'nin bölgedeki kolları (Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yigitbaş, 2001). ……....8
Şekil 2.4 : Armutlu Yarımadası'nın çalışma alanı kesiminde Paleozoyik-Alt Eosen arası birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesitlerindeki yeri ve ilişkileri (Elmas ve Yigitbaş, 2001). …..……..……....9
Şekil 3.1 : Anadolu'nun Paleotektonik dönemden Günümüze Evrimi a-Miyosen öncesi, b- Orta-Geç Miyosen, c- Pliyosen, d- Holosen, KDAFS: Kuzey Doğu Anadolu Fay Sistemi, BSZZ: Bitlis-Zagros Sütur Zonu, EGS: Ege Graben Sistemi, KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, DAFS: Doğu Anadolu Fay Sistemi, EFS: Ecemiş Fay Sistemi, HY: Helenik Yayı, IFS: İerapetra Fay Sistemi, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu (Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör, 1980). ……..……..11
Şekil 3.2 : Çalışma alanı ve Kuzey Anadolu Makaslama Zonu ile ilişkili havzalar 1: Gelibolu, 2: Yalova, 3: Gölcük-Derince, 4: Adapazarı, 5: Düzce, 6: Bolu, 7: Çerkeş-Kurşunlu, 8: Tosya, 9: Kargı, 10: Vezirköprü, 11: Havza-Ladik 12: Taşova-Erbaa, 13: Niksar, 14: Suşehri, 15: Kamos, 16: Biçer, 17: Refahiye, 18: Erzincan, 19: Bayramiç (Etili), 20: Manyas-Ulubat, 21: Yenişehri, 22: Pamukova, 23: Merzifon, 24: Kazova (Şengör ve diğ. 2005). ..……....13
Şekil 3.3 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki geometrisi ve çalışma alanı Barka (1992), Barka (1997)'den değiştirilerek. ...……..17
Şekil 3.4 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey ve güney kolları üzerindeki havza alanları (kısaltmalar Şekil 3.3'te açıklanmıştır). 18
Şekil 3.5 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey, güney kolları ile güney kolun oluşturduğu fay zonları ve bu kol üzerindeki havzalar. 19
Şekil 4.1 : Geç Pliyosen – Pleistosen yaşlı Karapürçek formasyonunun: (a) Marmara Bölgesi'ndeki haritası, (b) fosil lokasyonları. İG: İznik Gölü, UG: Uluabat Gölü, SG: Sapanca Gölü, 1: Değirmendere, 2: Kumbaşı, 3: Çaybaşı (Ünay ve diğ. 2001). …….....22
Şekil 4.2 : Geyve-Pamukova havzasının kuzey, orta ve güney kesiminin genelleştirilmiş stratigrafi kesitleri. …….23
Şekil 4.3 : Ciciler'de Geyve formasyonunun yayvan topoğrafyadaki görünümü (bakış batıyadır). ……..24
Şekil 4.4 : Ciciler'de Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin ilişkisi. Qgk: yakın kaynaklı kum matriksli çakıl, Qgb: kum araseviyeli uzak kaynaklı kum matriksli çakıl. …….25

Şekil 4.5 : Ciciler'de Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin litolojisi. ……...26
Şekil 4.6 : Ciciler'de, Beylik kırıntılı üyesinin kum araseviyeli çakıllarının yatay tabakalı görünümü (bakış batıyadır). ……..……..27
Şekil 4.7 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesi içinde yassı-yuvarlak çakıl, kum ardalanmasının görünümü (bakış doğuyadır). …….……...27
Şekil 4.8 : Bozviran doğusunda Beylik kırıntılı üyesinin nokta seti fasiyesine ait açık kahverengi kum seviyesinin genel görünümü (bakış doğuyadır). ……...28
Şekil 4.9 : Beylik kırıntılı üyesi içindeki ve Çizelge 4.1'deki lokasyonlara göre kayaç yüzdelerinin dağılımı……...…….29
Şekil 4.10 : Kozan Köyü güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriskli çakıl düzeyleri içinde gelişmiş çakıl imbrikasyonu ve Hocaköy formasyonu ile ilişkisi (bakış doğuyadır)……...31
Şekil 4.11 : Ciciler doğusunda Beylik kırıntılı üyesinin kumlu seviyelerinde izlenen levha şekilli çapraz tabakalanma ve paleoakıntı yönünün görünümü (bakış güneyedir). ….……..……..….....31
Şekil 4.12 : Bayat Köyü güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriksli çakıl seviyelerinde izlenen paleoakıntı yönü ve tekne tipi çapraz tabakalanma (bakış güneyedir). …..…….……..32
Şekil 4.13 : Ciciler Köyü'nde Beylik kırıntılı üyesinin (a), (b) düzlemsel tip çapraz tabakalanması (c) kama tipi çapraz tabakalanmasının görünümü ve paleoakıntı yönü (bakış batıyadır). …...……32
Şekil 4.14 : Geyve-Pamukova havzası güney kenarında, Beylik kırıntılı üyesinin (a) Geyve ve güneyi, (b) Sarıgazi çevresi, (c) Kozan çevresi, (d) Bayat, (e) Ciciler köyleri çevresindeki paleoakıntı yönlerini gösteren gül diyagramları. …….33
Şekil 4.15 : Geyve-Pamukova havzasında Geyve ve Çardak formasyonlarında siyah okla gösterilen paleoakıntı yönleri. …….....34
Şekil 4.16 : Kozan güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriksli belirgin imbrikasyonlu çakıl seviyelerindeki paleoakıntı yönleri ve menderesli akarsu kanal fasiyesi geometrisi (bakış doğuyadır). ..…….....34
Şekil 4.17 : Bozviran güneyinde 90-105 m yükseltileri arasında Beylik kırıntılı üyesi içindeki kum seviyesinin genel görünümü…..…….……....35
Şekil 4.18 : Kozan güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin dağılgan kum seviyelerinin görünümü. …….…….....35
Şekil 4.19 : Kuzey Tayland'da Mekong Nehri kenarı çökellerinin alttan üste doğru tane boyu ve oranı değişim grafiğini gösteren stratigrafik sütun kesitleri (Spencer ve diğ. 2008). ..…….....36
Şekil 4.20 : Nil Nehri civarındaki Armant ve Qena formasyonlarının ölçülü stratigrafik kesitleri (Rafat, 2007). ……... 37
Şekil 4.21 : Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerini geliştiren Sakarya Nehri'nin kanal geometrisi ve yakın civarı çökelme ortamları (Nichols, 1999). ……38
Şekil 4.22 : Geyve –Pamukova havzasının güney kenarında: (a) Ciciler'de, (b) Ciciler güneyinde, (c) Geyve doğusunda, (d) Kozan güneyinde, (e) Bozviran batısında, (f) Sarıgazi'de, (g) Bayat'ta izlenen Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin farklı litolojik seviyelerini gösteren ölçülü sütun kesitler ve bu üyelerin Hocaköy formasyonu ile ilişkisi. ……39
Şekil 4.23 : Bayat Köyü doğusunda Hocaköy formasyonunun genel görünümü. ….42

Şekil 4.24 : Hocaköy formasyonunun Geyve – Pamukova havzasının (a) Bayat güneyi, (b) Kozan, (c) Bayat doğusu, (d) Sarıgazi, (e) Turgutlu, (f) Sarıgazi batısı, (g) Ciciler, (h) Bozviran, (ı) Şıhvarmaz, (k)-Umurbey ve (m) Bozviran köylerindeki ölçekli sütun kesitleri.….....43
Şekil 4.25 : Mekece-İznik koridorunda Hocaköy doğusunda Hocaköy formasyonu litofasiyeslerinin görünümü (bakış kuzeyedir). …….…….....44
Şekil 4.26 : Hocaköy formasyonunun Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasında; (a) Hocaköy, (b) Hocaköy batısı, (c) Dırazali, (d) Kaynarca, (e) Göllüce, (f) Müşküre, (g) Keramet, (h) Narlıca, (ı) Çakırlı, (k) Yeniköy, (m) Orhaniye'deki litolojik içeriğinin ölçekli sütun kesitlerdeki görünümü. ……..…45
Şekil 4.27 : Dırazali'de Hocaköy formasyonunun belirgin tabakalanması ve tane imbrikasyonuna göre paleoakıntı yönü (bakış doğuyadır). 46
Şekil 4.28 : Kozan doğusunda: (a) Hocaköy formasyonunun iri taneli kum matriksli çakıl seviyelerinin kireçtaşları ile dokanağı, (b) tümüyle sağ yanal atımlı fay yüzeyi, fay çizikleri ve fay breşinin görünümü (bakış güneyedir). …….....46
Şekil 4.29 : Hocaköy formasyonunun (sarı ile boyanmış) gelişimi ve bununla ilişkili morfolojik elemanların blok diyagramda görünüşü. ….....47
Şekil 4.30 : Bir alüvyal yelpazenin bölümleri ve topoğrafya ile ilişkili stratigrafik sütun kesitleri (Boothroyd, 1972). ……...48
Şekil 4.31 : (a) tipik bir alüvyal yelpaze olan Hocaköy formasyonunun gelişimi, bölümleri ve çökeldiği alandan alınan farklı topoğrafik kesitler, (b) Fay denetimli alüvyal yelpazenin bölümlerinde çökelen litolojinin yelpaze morfolojisine göre konumu (Collinson, 1972'den değiştirilmiştir). ….49
Şekil 4.32 : İnceleme alanında Hocaköy formasyonunun morfoloji ve fay ile ilişkili görünümü (a) Dırazali batısında birime ait fasiyes gelişiminin en kesitte, (b) Hocaköy doğusunda birimin morfolojiye göre içerdiği litofasiyes alanları ve bu alanlardaki litolojinin sütun kesitlerdeki görünümü (beyaz ve siyah oklar lokasyonu, mavi oklar ise akarsu akış yönünü ve hızının büyüklüğünü göstermektedir). ……..51
Şekil 4.33 : Ayvalık kırıntılı üyesinin Eğriçay güneyindeki genel görünümü (bakış güneyedir). ……53
Şekil 4.34 : Yanıkorman kırıntılı üyesinin Fevziye civarındaki genel görünümü (bakış kuzeyedir). ….…….53
Şekil 4.35 : Ayvalık ve Yanıkorman kırıntılı üyelerinin lokasyon-% kayaç türü dağılım grafiği. 54
Şekil 4.36 : Geyve-Pamukova havzası ortasında bazı lokasyonlarda DSİ tarafından yapılan derin sondaj loglarının görünümü. …….....55
Şekil 4.37 : Cihadiye Köyü civarında Ayvalık kırıntılı üyesi içinde çakıl imbrikasyonu ve farklı tip çapraz tabakalı kumların görünümü. ……..56
Şekil 4.38 : Ayvalık kırıntılı üyesinin (a) Eğriçay, (b) Fevziye ve (c) Geyve'deki farklı görünümleri. ……...57
Şekil 4.39 : Ayvalık kırıntılı üyesinin (a) Cihadiye, (b) Eğriçay, (c) Çardak civarındaki kumlar içindeki çapraz tabakalanma eğim ve çakıl imbrikasyon yönlerinden elde edilen paleoakıntı yönlerinin gül diyagramlarında görünümü. ……..….....58
Şekil 4.40 : Eğriçay civarında Ayvalık kırıntılı üyesinin kanal çökellerine ait dağılgan kum matriksli çakıllarının görünümü. ……....59

Şekil 4.41 : Cihadiye civarı Yanıkorman kırıntılı üyesinin nokta seti fasiyesine ait yatay tabakalı dağılgan kumlarının görünümü. ……..……...…60
Şekil 4.42 : Eğriçay'da (a) küçük çakıllı (maks tane boyu 2 cm) kum, (b) sade kum ardalanmasından oluşan Yanıkorman kırıntılı üyesinin tabaka içi sedimanter yapıların görünümü. ……...……....61
Şekil 4.43 : Ciciler'de Yanıkorman kırıntılı üyesinin farklı dalga boylu ripıl izlerinin görünümü. ……61
Şekil 4.44 : Asimetrik dalga ripıllarının geometrik şekilleri ve geliştikleri ortamların göreceli enerjisi (Nichols, 1999). …..……...……62
Şekil 4.45 : Geyve-Pamukova havzasının ortasında Çardak Köyü civarında Sakarya Nehri ve Sarıgazi fayının görünümü (bakış doğuyadır) ile birlikte nehir kanalı boyunca Yanıkorman ve Ayvalık kırıntılı üyeleri arasındaki ilişki ve birimlerin litolojik özelikleri (mavi oklar bugünkü Sakarya Nehri'nin konumuna göre kesitlerin lokaliterini gösterir). ……...63
Şekil 4.46 : Flüvyal bir çökel ortamının yakınsak zonundan ıraksak zonuna kadar kanaliçi ve civarındaki çökellerin özellikleri: kanal şekilleri ve akarsu düzlüğü çökelleri (Nichols and Fisher, 2007). ……..64
Şekil 4.47 : Pamukova batısında havzanın kuzey kenarındaki Pınarlı formasyonunun yüzeylediği alanın yüksek morfolojiye göre konumu (bakış kuzeyedir). ….....65
Şekil 4.48 : Pınarlı formasyonunun (a) Pamukova, (b) Hayreddin, (c) Bayırakçaşehir civarındaki farklı litolojik seviyelerin görünümü. ….....66
Şekil 4.49 : Pamukova ilçe merkezi sınırlarında Üçler Mühendislik tarafından yapılan sığ sondaj loglarının görünümü. ...……..…….....67
Şekil 4.50 : Hayreddin civarında Pınarlı formasyonunun küçük tane boyu hakim litolojisinin görünümü. ……...……...68
Şekil 4.51 : Pamukova'da çakıllı kum seviyeleri ile ardalanmalı çamurun Pınarlı formasyonu içindeki yatay tabakalı görünümü. ……69
Şekil 4.52 : Bir menderesli nehirdeki fasiyesler, gelişen litolojiler ve bazı morfolojik elemanlar ve Geyve – Pamukova havzası birimlerinin konumu (Nichols, 1999). ……...…….……...70
Şekil 4.53 : Geyve-Pamukova havzasındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin bazı ayırd edici özelikleri. ……72
Şekil 4.54 : KAFSGK, Mekece-İznik arası ile İznik havzasının Pliyo-Kuvaterner birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti. ...……....74
Şekil 4.55 : (a) İznik havzası güney kenarında Solöz doğusunda, (bakış güneyedir), (b) İznik havzası kuzeybatısında Çakırlı batısında Yeniköy doğusunda İznik formasyonunun bölgedeki temel kayaçlar ile ilişkisi ve morfolojideki yeri (bakış kuzeyedir). ……...75
Şekil 4.56 : Heceler'de İznik formasyonunun litolojisinin görünümü. ……76
Şekil 4.57 : İznik formasyonunun: (a) Heceler, (b) Solöz'deki görünümü. 77
Şekil 4.58 : İznik formasyonunun: (a) Solöz'de, (b) Solöz batısındaki görünümleri ……78
Şekil 4.59 : Solöz'de İznik formasyonunun görüntüsü (bakış güneyedir). ……...79
Şekil 4.60 : İznik-Gemlik arasındaki bazı lokasyonlarda DSİ tarafından yapılan derin sondaj loglarının görünümü. ..…….....80
Şekil 4.61 : Dutluca'da İznik formasyonu içinde izlenen beyaz renkli, yumru şekilli kalişler. ….....81
Şekil 4.62 : Heceler'de İznik formasyonunun kum matriksli çakıl düzeylerindeki beyaz renkli tüp şekilli kaliş. …..……...…….…….81

Şekil 4.63 : Solöz doğusunda İznik ile Hocaköy formasyonları arasındaki diskordans. ……82
Şekil 4.64 : İznik Gölü güney kenarındaki Solöz formasyonunun (a) Göllüce, (b) Paşapınar köylerindeki görünümü. …….....83
Şekil 4.65 : İznik Gölü kuzey kenarı Boyalıca'da Solöz formasyonunun genel görünümü. ……...84
Şekil 4.66 : Yalıtaşlarının İznik Gölü'nün a- güney kenarında, b- kuzey kenarındaki görünümü. ...…….....…….....85
Şekil 4.67 : Yalıtaşlarını oluşturan çakıl tanelerinin görünümü. ...……86
Şekil 5.1 : Doğrultu-atımlı faylanma boyunca gelişen morfolojik yapıların görünümü (http://3dparks.wr.usgs.gov/haywardfault/html). …….....87
Şekil 5.2 : Geyve – Pamukova havzasında Sarıgazi fayı (1) ile diğer ikincil segmentlerin oluşturduğu Geyve Fay Zonu'nun (GFZ) haritası……..89
Şekil 5.3 : Güney-Burhaniye kuzeyi arasında Sarıgazi fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve ikincil segmentlerin görünümü (bakış güneyedir). ……...91
Şekil 5.4 : Sarıgazi fayının Koruboğazında (Geyve) oluşturduğu sarı renk ile işaretli üçgen yüzeyler ve fayın genel gidişinin görünümü. ……91
Şekil 5.5 : Sarıgazi fayının doğu kesiminde İllet Dere'de oluşan sağ yanal atım. …92
Şekil 5.6 : Gemikovası mevkiinde Kızılbayır Dere'de izlenen sağ yanal atım, fayın batısındaki fay sarplığı (fault-scarp) ve atım lokalitesinin Sarıgazi fayına göre aster görüntüsündeki konumu. …….93
Şekil 5.7 : Sağ yanal atım miktarının artması ile basınç sırtı uzun eksen çizgisi ile fay düzlemi doğrultusu arasındaki açının ($\propto$) azalmasının görünümü (McClay ve Bonora, 2001). …….94
Şekil 5.8 : Geyve doğu girişindeki bs1 ve bs2 sırtlarını oluşturan segmentlerin ve sırt uzun eksen çizgisi doğrultularının Sarıgazi fayı doğrultusuna göre gül diyagramı ile birlikte sol sırtın kuzey bölümünden bir görüntü (sırt eksen çizgisinin izdüşümü sarı renk ile ifade edilmiştir). …….....95
Şekil 5.9 : Geyve girişindeki bs1 ve bs2 basınç sırtlarını oluşturan segmentler ve beyaz renkli sırt uzun eksen çizgilerinin gidişlerinin Sarıgazi ana fayına göre konumları. ……....95
Şekil 5.10 : Sarıgazi doğusu İllet Dere mevkiindeki bs3 basınç sırtının ve basınç sırtı uzun eksen çizgisinin (beyaz çizgi) fay doğrultusu ile yaptığı açının doğrultu gül diyagramındaki görünümü (bakış kuzeyedir). …….96
Şekil 5.11: Sarıgazi fayı boyunca İllet Dere'de oluşan sağ yanal atım ile birlikte bölgedeki bs3 basınç sırtının sayısal yükseklik haritası ve aster görüntüsündeki görünümü. ……...96
Şekil 5.12 : Geyve'nin batısında izlenen bs4 basınç sırtını oluşturan ikincil segmentlerin fotoda görünümü ayrıca doğrultuya göre gül diyagramındaki yeri ile birlikte bu sırtın Sarıgazi fayına göre yeri (beyaz ok sırt lolaksyonunu gösterir, fotoda bakış güneyedir). ……97
Şekil 5.13 : Bozviran kuzeyinde izlenen bs5 basınç sırtını oluşturan segmentlerin ve Sarıgazi fayının görünümü ile birlikte doğrultuya göre gül diyagramınında tüm fayların ifadesi (beyaz ok sırtın izlendiği lokasyonu kesikli beyaz çizgi ise sırt uzun eksen çizgisini gösterir, fotoda bakış güneyedir). …….....98
Şekil 5.14 : Safiköy'de Sarıgazi fayı üzerinde izlenen basınç sırtı uzun eksen çizgisinin ve sırtı oluşturan fayların doğrultuya göre gül diyagramındaki görünümü ile birlikte Sarıgazi fayının aster görüntüsündeki konumu (fotoda bakış güneyedir).……...99

Şekil 5.15 : Kozan doğusunda Sarıgazi fayı üzerinde gelişen bs7 ve bs8 basınç sırtlarının görünümü ve Sarıgazi fayı ile ikincil segmentlerin doğrultuya göre gül diyagramı (beyaz çizgiler sırt uzun eksen çizgisidir, fotoda bakış yönü güneyedir). ……100
Şekil 5.16 : Sağ yanal atımlı makaslama boyunca oluşan sintetetik ve antitetik faylar ayrıca gelişen sıkışmalı yapısal bileşenler ve bunların ana yer değiştirme zonu ile geometrik ilişkisinin harita görünümü (Woodcock ve Shubert, 1994). ……...101
Şekil 5.17 : (a) Sağ yanal atımlı fay ile topoğrafyada oluşan basınç sırtının blok diyagramda görünüşü, (b) Ana fay ve bununla açılı ikincil segmentlerin arasında oluşan basınç sırtının ve açısal ilişkilerin haritada görünüşü (Angelier ve diğ. 2004). ……..101
Şekil 5.18 : D-B doğrultulu sağ yanal basit makaslamalı sistemde gelişen yapısal elemanların harita görünüşü. Y: ana makaslama fayı, P, R: sintetik fay, X, R^1: antitetik fay, e: gerilme çatlağı, n: normal fay, t: ters fay, St: sitilolit, f: kıvrım ve uzun ekseni (Wilcox ve diğ. 1973, Bartlett ve diğ. 1981). ……..102
Şekil 5.19 : Geyve-Pamukova havzası GFZ Sarıgazi fayı civarındaki basınç sırtlarının uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre gül diyagramı ve bölgesel sıkışma yönleri. ……....103
Şekil 5.20 : Doğrultu atımlı faylanma ile oluşan pozitif çiçek yapısı olarak bilinen farklı doğrultularda uzun eksen çizgilerine sahip basınç sırtlarının morfolojisi ve ortalama sıkışma yönlerinin görünümü (McClay ve Bonora 2001). ……104
Şekil 5.21 : Sarıgazi fayının (a) Geyve Koruboğazı, (b) Sarıgazi-Safıköy arasında bulunan dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}). ……106
Şekil 5.22 : Sarıgazi fayının (a) Çengel-Bozviran, (b) Bozviran batısı Kozan arasında hesaplanan dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}). ……....107
Şekil 5.23 : Geyve Koruboğazı mevkiinde bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları. ……...108
Şekil 5.24 : Geyve Koruboğazı mevkiinde bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları. ……...109
Şekil 5.25 : Sarıgazi-Safıköy arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları. ……...110
Şekil 5.26 : Çengel-Bozviran arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları. ……...111
Şekil 5.27 : Bozviran-Kozan arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları. ……...112
Şekil 5.28 : Geyve-Pamukova havzasının (a) kuzey ve (b) güney su bölüm çizgilerinin görünümü. ……...….114
Şekil 5.29 : KAFSGK ve Sakarya Nehri'nin; havzada, havzanın güney ve kuzey blokunda aktığı derin vadilerin görünümü. ……115
Şekil 5.30 : Sakarya Nehri'nin aktığı kuzey ve güney blok vadilerde oluşan en az ve en fazla sağ yanal atım değerlerini gösteren modeller (sağdaki şekiller KAFSGK öncesi dönemi soldaki şekiller ise sonrası dönemi gösterir). ……..116
Şekil 5.31 : Sarıgazi fayına göre Geyve-Pamukova havzasının güney ve kuzey blokunda Sakarya Nehri'nin izlediği vadilerin ortalama profillerinin görünümü. ……...117

Şekil 5.32 : Mekece-İznik koridorunda ve İznik havzasında İFZ'yi oluşturan faylar ve diğer segmentlerin haritası. ……119
Şekil 5.33 : Mekece fayı (2) ve çevresinin morfotektonik haritası. ……....120
Şekil 5.34 : Mekece ve batısına doğru fay belirteci üçgen yüzeylerin bulunduğu alanın görüntüsü. ……121
Şekil 5.35 : Mekece fayı boyunca oluşan üçgen yüzeylerin görünümü (bakış güneyedir). ……..121
Şekil 5.36 : Mekece fayı üzerindeki üçgen yüzeylerin a, b, c bölgelerindeki yeri ve fayın doğrultu değişimi. ……..122
Şekil 5.37 : Mekece fayı boyunca sıralanmış üçgen yüzeylerin doğrultu gül diyagramı. ……...122
Şekil 5.38 : Ahiler Köyü güneyinde Mekece fayı üzerinde oluşan sağ yanal ötelenmeler ve ikincil fay düzlemlerinin genel görünümü (beyaz çizgiler kuru dere yataklarını belirtir, bakış güneyedir). ……..123
Şekil 5.39 : Mekece fayı güneyinde ikincil faylanma sonucu kuru dere yataklarında oluşan sağ yanal ötelenmeler. ……123
Şekil 5.40 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arasındaki görünümü ve beyaz okla işaretli ügen ve yamuk şekilli fay denetimli morfolojinin konumu (bakış güneyedir). ……..125
Şekil 5.41 : Dırazali fayının Çerkeşli – Kaynarca arasındaki kesiminde beyaz okla işaretlemiş fay denetimli yüzeyler (bakış güneyedir). ……126
Şekil 5.42 : Dünya'da bazı genç faylar boyunca oluşan morfolojik yüzeylerin (fault-scarp) görünümü (a) Rowsley fayı (Avusturalya) boyunca oluşmuş ve kısmen aşınmış yüzey, (b) Basin ve Range boyunca oluşmuş morfolojideki birincil fay düzlemleri (düzlemler sarı boyalıdır) ve (c) Awatere (Yeni Zelanda) (d) Aorere (Yeni Zelanda) bölgelerindeki aşındırılmış fay yüzeyleri (Cotton, 1950). ……126
Şekil 5.43 : (a) Çerkeşli-Kaynarca arasında Çorak Dere'de, (b) Karadin batısındaki Dereköy Dere'de sağ yanal ötelenmelerin görünümü (bakış kuzeyedir). ……..127
Şekil 5.44 : Dırazali fayı güneyinde ikincil segment üzerindeki kuru derede izlenen sağ yanal ötelenme (bakış güneyedir). ……....128
Şekil 5.45 : KAFSGK, İFZ Gürle ana fayının İznik Gölü güney kenarındaki genel gidişi. ……..128
Şekil 5.46 : Solöz'ün doğusunda Gürle fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve fay doğrultusundaki açılmalı değişimler (bakış doğuyadır). ……129
Şekil 5.47 : Müşküre Köyü'nün doğusunda Gürle fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve fay doğrultusundaki açılmalı değişimler (bakış doğuyadır). ……..129
Şekil 5.48 : Orhangazi fayının genel gidişi (bakış kuzeyedir). ……...130
Şekil 5.49 : Orhangazi fayının 1/40.000 ölçekli hava fotoğrafındaki görünümü ve oluşturduğu morfolojik yüzeyler. ……...130
Şekil 5.50 : Orhangazi fayı boyunca nadiren izlenen (a) sarı boyalı üçgen ve (b) yamuk şekilli genç fay ilişkili morfolojik yüzeyler (bakış kuzeyedir). ……..131
Şekil 5.51 : Orhangazi fayı boyunca Değirmen ve Tekeci derelerde oluşan sağ yanal atımlar ve kesilmiş sırtların görünümü (beyaz çizgiler sırt uzun eksenlerini gösterir). ……...132
Şekil 5.52 : Beşevler batısında gelişen bs9 basınç sırtının ve uzun eksen çizgisinin Dırazali fayına göre konumu (bakış güneyedir). ……....132

Şekil 5.53 : Kaynarca doğusunda Dırazali fayı boyunca gelişen bs10 basınç sırtının görünümü ve fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu gül diyagramı (bakış güneyedir). ……..133
Şekil 5.54 : Kaynarca doğusunda Dırazali fayı boyunca gelişen bs11 basınç sırtının görünümü ve alt yarıküredeki fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu diyagramı (bakış güneyedir). ……..133
Şekil 5.55 : Kaynarca batısında Dırazali fayı boyunca gelişen bs12 basınç sırtının görünümü ve alt yarıküredeki fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu diyagramı (bakış güneyedir). ……..……134
Şekil 5.56 : Hocaköy doğusunda sağ yanal doğrultu atımlı fayla ilişkili gelişen uzamış bs13 basınç sırtının görünümü (bakış kuzeyedir). ……..134
Şekil 5.57 : Hocaköy-Çamdibi arasında Dırazali fayı boyunca oluşan bs14 basınç sırtının ve ikincil faylanmanın oluşturduğu morfolojinin görünümü (bakış güneyedir). ……...135
Şekil 5.58 : Çerkeşli-Hocaköy-Müşküre arasında Dırazali ana fay (Y) doğrultusu ile bu fayın üzerindeki basınç sırtlarının uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre yapılan alt yarıküredeki gül diyagramı. ……..136
Şekil 5.59 : Mekece fayının (a) batı, (b) doğu kesimindeki dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}). ……..137
Şekil 5.60 : Mekece fayı doğu kesiminde hesaplanan V_f değerleri. ……138
Şekil 5.61 : Mekece fayı batı kesiminde hesaplanan V_f değerleri. ……139
Şekil 5.62 : Dırazali fayının doğu bölümünde seçilen bazı alanlarda hesaplanan S_{mf} değerleri. ……140
Şekil 5.63 : Dırazali fayının batı bölümünde seçilen bazı alanlarda hesaplanan S_{mf} değerleri. ……141
Şekil 5.64 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arası doğu kesiminde hesaplanan V_f değerleri. ……142
Şekil 5.65 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arası batı kesiminde hesaplanan V_f değerleri. ……142
Şekil 5.66 : Dırazali fayının Kaynarca-Dırazali arası kesiminde hesaplanan V_f değerleri. ……143
Şekil 5.67 : Gürle fayının Müşküre-Narlıca arasındaki kesiminde dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}). ……..…144
Şekil 5.68 : Gürle fayının orta bölümünde Solöz-Gölyaka arasında hesaplanan S_{mf} değerleri. ……144
Şekil 5.69 : Gürle fayının doğu kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri. ……..145
Şekil 5.70 : Gürle fayının doğu kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri. ……..145
Şekil 5.71 : Gürle fayının batı kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri. ……146
Şekil 5.72 : Gürle fayının batı kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri. ……146
Şekil 5.73 : İznik havzası ve Mekece-İznik koridorunun (a) kuzey ve (b) güney blok su bölüm çizgilerinin görünümü. ……...147
Şekil 5.74 : İznik Gölü'nün DSİ tarafından hazırlanan batimetri haritası ve üç boyutlu görünümü. ……..148
Şekil 5.75 : İznik Gölü'nün üç boyutlu sayısal batimetrisi, çukurlukları ile birlikte kara kesiminin birleştirilmiş fay haritası (kesikli çizgiler muhtemel faylar olup diğer açıklamalar için bkz Şekil 5.32). ……149
Şekil 5.76 : İznik Gölü'nün güney ve kuzey çukurlukları civarında alınan batimetrik profiller ve çukurlukların kenar faylarının görünümü. ……...150
Şekil 5.77 : Gemlik-Karsak koridorunda ve Karsak Boğazı'nda GMFZ'nu oluşturan faylar, Gençali fayı ve diğer segmentlerin haritası. ……...152

Şekil 6.1 : İnceleme alanındaki ana fay ve diğer segmentlerin haritası. ……154
Şekil 6.2 : Bayat güneybatısında temel kayaçlar ile Hocaköy formasyonu arasındaki sınırda gelişen fay düzlemi ve üzerindeki yapısal belirteçler. ……...155
Şekil 6.3 : Bayat Köyü doğusunda Bilecik kireçtaşları ile Hocaköy formasyonu arasında Sarıgazi fayının gidişi ile uyumlu beyaz çizgi ile çevreli fay düzleminin görünümü. ……...155
Şekil 6.4 : Bayat doğusunda Bilecik kireçtaşları üzerinde izlenen fay çizikleri ve fay breşleri ile beraber düzlemin görünümü. ……...156
Şekil 6.5 : Koruboğazı'nda üçgen tepe yüzeyinde gelişmiş Sarıgazi fayı ile uyumlu fay yüzeyi ve fay çiziklerinin görünümü. ……..156
Şekil 6.6 : Kozan güneyinde Sarıgazi fayı ile ilgili fay yüzeyi ve fay çizikleri. ….157
Şekil 6.7 : Bozören güneyinde Bilecik kireçtaşlarında izlenen sağ yanal fay çizikleri ve fay breşinin görünümü. ……157
Şekil 6.8: Umurbey'de Sarıgazi fayı ile uyumlu gelişen fay düzlemi, fay çiziklerinin görünümü. ……..158
Şekil 6.9 : Gökgöz Köyü'nün kuzeyinde temel kayaçlar ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanakta sağ yanal faylanmaya uygun fay düzleminin görünümü. ……..158
Şekil 6.10 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesini kesen bir fay düzleminin görünüşü (siyah ve diğer kesikli çizgiler taban ve tavan bloktaki tabakalanmayı gösterir). ……..159
Şekil 6.11 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesini kesen sağ yanal oblik normal faya uygun çizik içeren (1) ve eş yaşlı (2) nolu fay düzlemlerinin oluşturduğu düşey atımların görünümü. ……159
Şekil 6.12 : Bayat batısında Beylik kırıntılı üyesini kesip Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı olan fay düzleminin üzerindeki düşey atım miktarlarının görünümü. ……...160
Şekil 6.13 : Ciciler doğusunda Beylik kırıntılı üyesini kesen fay düzleminin altından üstüne doğru eğim açısındaki değişim ile birlikte fayın taban ve tavan blokundaki birimlerde oluşan tabaka eğim açısı değişikliklerinin görünümü. ……...161
Şekil 6.14 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesi içinde Sarıgazi fayına bağlı oluşan negatif çiçek yapısı (yeşil çizgiler tabakalanmayı gösterir). ……...162
Şekil 6.15 : Ciciler'de Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı fay düzleminin görünümü. ……..162
Şekil 6.16 : Ciciler'de havza birimlerinin dağa (Sarıgazi fayına) doğru geri eğimlenmesi. ……...163
Şekil 6.17 : Ciciler batısında Beylik kırıntılı üyesi içinde sedimantasyon ile eş yaşlı (sintetik) gelişmiş fay düzlemlerinin görünümü. ……....163
Şekil 6.18 : Sarıgazi güneyinde Sarıgazi fayı ile uyumlu ve Beylik kırıntılı üyesini kesen fay düzlemi. ……..164
Şekil 6.19 : Çengel güneyinde Beylik kırıntılı üyesi ile eş yaşlı ve Sarıgazi fayı ile uyumlu fayın görünümü. ……164
Şekil 6.20 : Geyve'de birbirine paralel gelişmiş sinsedimanter fayların görünümü. ……..165
Şekil 6.21 : Pamukova doğusunda Pınarlı formasyonunu kesen yüksek açılı fay ve alt yarıkürede kutup noktası ile birlikte görünümü. ……165
Şekil 6.22 : Farklı geometriye sahip; (a) normal, (b) ters ve (c) doğrultu-atımlı faylanma modelinde gerilme eksenlerinin blok diyagramda ve stereonet üzerindeki görünümü (Anderson ve diğ. 1974). ……166

Şekil 6.23 : Farklı kırılma düzlemleri üzerinde gerilme oranlarına göre değişen "R" ve "R'" değerlerinin tanımladığı fay tiplerinin sembolleri (Delvaux ve diğ. 1997). ……...167
Şekil 6.24 : Geyve-Pamukova havzasında Sarıgazi fayı boyunca temel kayaçlar ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki tüm fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). .168
Şekil 6.25 : Geyve-Pamukova havzasında Pliyo-Kuvaterner çökelleri kesen a- fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, b- fay düzlemleri ve c- σ_1 gerilme yönlerinin konumu. ….169
Şekil 6.26 : Geyve-Pamukova havzasındaki bütün (22 adet) fayların alt yarıküreye göre; a- eğim açısı, b- doğrultu gül diyagramları ile c- Schmidt alt yarıküre eşit alanlı projeksiyonları. …….170
Şekil 6.27 : KAFSGK üzerindeki Geyve-Pamukova havzasının yapısal haritası ve yamulma elipsoidi ile kıyaslama. ……171
Şekil 6.28 : Mekece batısında Sakarya Zonu temel kayaçları içinde, Mekece fayı ile birlikte gelişen ikincil fay segmenti üzerinde ölçülen sağ yanal atıma uygun fay düzlemi, fay çiziği, fay breşinin görünümü. ……..173
Şekil 6.29 : Çerkeşli güneybatısında Dırazali fayı boyunca gelişen basit makaslamalı (simple-shear) deformasyon düzlemi ve düzlemin hareket vektörünün görünümü. ……...174
Şekil 6.30 : Çerkeşli batısında Hocaköy formasyonunun sağ yanal atım baskın fay (Dırazali fayı) denetimli gelişiminin ve fay yüzeyindeki hareket vektörünün görünümü. ……174
Şekil 6.31 : Dırazali fayı boyunca: (a) Hocaköy güneyindeki basamaklı morfoloji ile temel kayaçları içindeki sarı üçgen ile işaretli yüzeyin görünümü, (b) bu yüzeyin doğu kenarında izlenen fay düzlemi ve fay çiziğinin görünümü. ……..175
Şekil 6.32 : Karadin batısında Armutlu-Ovacık Zonu temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasında safa yakın normal fay düzleminin görünümü. ..176
Şekil 6.33 : Dırazali güneyinde sağ yanal atımlı faylanma ile uyumlu fay aynası ve üzerinde gelişen lif şekilli hareket vektörlerinin görünümü. ……..176
Şekil 6.34 : Dırazali doğusunda Hocaköy formasyonunun fay denetimli gelişiminin görünümü. ……...177
Şekil 6.35 : Dırazali batısında Hocaköy formasyonunu kesen fayların görünümü..177
Şekil 6.36 : Çamdibi güneyinde Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü. ……...178
Şekil 6.37 : Hocaköy güneyinde andezitler ile Hocaköy formasyonu arasındaki ters fay ile birlikte taban bloktaki kıvrımlanma ile düzlemi ile birlikte kıvrım eksen çizgisinin alt yarıküredeki konumu. ……..178
Şekil 6.38 : Göllüce batısında Sarısu volkanitlerinin andezitleri ile Hocaköy formasyonu arasındaki sağ yanal atıma uygun faylı dokanak ile birlikte fay düzlemi ve çiziklerinin görünümü. ……...179
Şekil 6.39 : Göllüce güneyinde Sarısu volkaniti (andezit) ile Hocaköy formasyonu arasındaki sağ yanal atıma uygun faylı dokanak ile birlikte fay düzlemi ve fay çiziklerinin görünümü. …….179
Şekil 6.40 : Aydınlar'da Hocaköy formasyonunun fay denetimli görünümü. ……180
Şekil 6.41 : Aydınlar batısında andezitler ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanakta sağ yanal atımlı faylanma ve fay çiziklerinin görünümü. .180

Şekil 6.42 : Göllüce doğusunda Sarısu volkanitlerine ait andezitler ile Solöz formasyonu arasındaki sağ yanal atım hakim oblik normal faylanmanın görünümü ile birlikte fay düzlemi ve çiziklerinin görünümü. ……....181
Şekil 6.43 : Müşküre batısında güney temel birimler (kireçtaşı) ile Hocaköy formasyonu arasında sağ yanal atımın hakim olduğu fay aynası ve fay çiziklerinin görünümü. ……182
Şekil 6.44 : Heceler güneyinde güney temel kayaçları ile İznik formasyonu arasındaki sınırda Gürle fayının gidişi ve sarı üçgen ile işaretli bir üçgen yüzeyde gelişen fay aynası ile birlikte çiziklerin görünümü. …….182
Şekil 6.45 : Narlıca güneyinde İznik formasyonunu kesen Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı bir fayın görünümü. ……183
Şekil 6.46 : Müşküre batısında $K20^0D$ doğrultulu sol yanal atımlı fay düzlemi ile birlikte çiziklerin görünümü. ……..183
Şekil 6.47 : Narlıca batısında Hocaköy formasyonunu kesen bir fayın oluşturduğu 40 cm'lik düşey atım ve fayın alt yarıküredeki konumu. ……184
Şekil 6.48 : Solöz'de 140 m kotunda en yoğun yapısal verilerin izlendiği İznik formasyonu ve Gürle fayının görünümü. ……184
Şekil 6.49 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen konjuge faylar ile birlikte birim içinde gelişen çatlak düzlemlerinin görünümü (kırmızı oklar göreceli blok hareketlerini gösterir). ……..185
Şekil 6.50 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen konjuge faylar ile birlikte birimdeki çatlak düzlemlerinin görünümü……..186
Şekil 6.51 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen fay düzlemlerinden biri üzerinde izlenen sağ yanal atım baskın fay düzlemi ve fay çiziğinin görünümü. ……...187
Şekil 6.52 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen ve üzerinde farklı düşey atım miktarları içeren fay düzlemlerinin görünümü. ……187
Şekil 6.53 : İznik formasyonunu kesen faylar ve oluşturdukları düşey atım miktarlarının görünümü. ……188
Şekil 6.54 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunda izlenen çatlak düzlemlerinin doğrultuya göre gül diyagramı. ……...189
Şekil 6.55 : Orhangazi fayının: a- Keramet-Çakırlı, b- Üreğil-Yeniköy arasındaki görünümü. ……...190
Şekil 6.56 : Keramet Köyü batısında Orhangazi fayının Hocaköy formasyonunu denetler şekilde görünümü ve düzlem üzerinde gelişen yapısal elemanların konumu. ……...191
Şekil 6.57 : Keramet'te Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü. ……..191
Şekil 6.58 : Üreğil'de Hocaköy formasyonunu kesen bir fay düzleminin oluşturduğu 40 cm'lik düşey atımın görünümü. ……192
Şekil 6.59 : Çakırlı batısında Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü. ……...192
Şekil 6.60 : Orhangazi fayı üzerinde Keramet Köyü'nde izlenen sıcak su göleti ve su çıkış noktalarının görünümü. ……..193
Şekil 6.61 : Mekece fayı boyunca temel kayaçları içindeki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……194
Şekil 6.62 : Dırazali fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……195

Şekil 6.63 : Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasının doğusunda Dırazali fayı boyunca Pliyo-Kuvaterner çökelleri kesen (a) fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, (b) fay düzlemleri ve (c) σ_1 gerilme yönünün görünümü. ……..195
Şekil 6.64 : Dırazali fayı boyunca bütün (26 adet) fayların; (a) eğim açısı, (b) doğrultu gül ve (c) Schmidt alt yarıküre düzlem diyagramları. …….196
Şekil 6.65: İznik havzası Gürle fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……....197
Şekil 6.66 : Müşküre batısında Gürle fayı üzerinde temel kayaç-Pliyo-Kuvaterner sınırına yaklaşık 50 m, fayın güney blokunda gelişmiş olan sol yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……197
Şekil 6.67 : Gürle, Orhangazi fayları boyunca ve İznik havzasında; İznik ile Hocaköy formasyonlarını kesen (a) fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, (b) fay düzlemleri ve (c) σ_1 gerilme yönünün görünümü. ……198
Şekil 6.68 : Solöz'de Gürle fayı yakınında İznik formasyonunu kesen çatlak (fissure) düzlemlerinden elde edilen gerilme yön ve indeksleri (n/nt: ölçü sayısı). ……..199
Şekil 6.69 : Orhangazi fayı üzerinde temel kayaç- Hocaköy formasyonu sınırında gelişmiş olan sağ yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……...199
Şekil 6.70 : İnceleme alanının bütününde temel kayaçları ile Pliyo-kuvaterner yaşlı birimlerin sınırında gelişmiş olan sağ yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı). ……200
Şekil 6.71 : KAFSGK üzerindeki Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasının yapısal haritası ve yamulma elipsoidi ile kıyaslama. ……..201
Şekil 6.72 : KAFSGK'nun inceleme alanında yer alan tüm fayları boyunca gerilme tensörü bileşenlerinin sonuçları. …….204
Şekil 6.73 : Batı Anadolu ve Marmara bölgeleri ile inceleme alanında farklı çalışmacıların GPS verilerine göre oluşturdukları bölgesel gerilme analizlerinin (kısalma ve açılma yönleri) dağılım haritaları. ……..205
Şekil 7.1 : Çalışma alanında Milattan sonra meydana gelen tarihsel depremlerin muhtemel episantrları. (a) Ambraseys (2002), (b) Ambraseys ve Finkel (1991), (c) Guidoboni ve Comastri (2005), (d) Guidoboni ve diğ. (1994), (e) Guidoboni ve Comastri (2005). ….....208
Şekil 7.2 : Marmara Bölgesi'ndeki bazı tarihsel depremlerin muhtemel oluş yerlerinin birleştirilmiş haritası (Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys ve Jackson, 2000; Ambraseys, 2002; Guidoboni ve diğ. 1994; Guidoboni ve Comastri, 2005)'den derlenmiştir. ...…….209
Şekil 7.3 : Bithynia ve Pontus bölgelerinin görünümü (Url – 3) ..……...……...210
Şekil 7.4 : İznik-Adapazarı yolu üzerinde; (a) D-B doğrultulu dört sıra, (b) üç sıra tuğla ve moloz taşlardan oluşmuş surların görünümü. (c), (d) Surlar üzerindeki deformasyonun oluşturduğu blok haraketleri. 212
Şekil 7.5 : Çalışma alanı KAFSGK üzerinde önceki çalışmacılar tarafından ve bu çalışma ile açılan hendeklerin lokasyon haritası. ……...217
Şekil 7.6 : Bh2 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurları ile hendeğin genel görünümü (1. Sarıgazi fayı), (Url – 4) …….219

Şekil 7.7 : Bh2 hendeğinin batı ve doğu duvarlarının ölçeklendirilmiş kesitleri ve elde edilen karbon yaşı. ……..220
Şekil 7.8 : Bh2 hendeğinin: (a) batı duvardaki fay izinin, (b) doğu duvardaki fay izi ve çakıl imbrikasyonu değişiminin yorumlanmış görünümü. ……221
Şekil 7.9 : Bh3 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü. …….222
Şekil 7.10 : Bh3 hendeğinin batı duvarının ölçeklendirilmiş kesiti ile birlikte fay izi ve oluşturduğu separasyon miktarı. ……223
Şekil 7.11 : Bh3 hendeğinin (a) yorumlanmış, (b) batı duvarındaki fay izinin görünümü. …….. 224
Şekil 7.12 : Bh6 hendeği çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü (1: Sarıgazi fayı, 2: Mekece fayı). ……225
Şekil 7.13 : Bh6 hendeğinin (a) doğu, (b) batı duvarlarının yorumlanmış görünümleri. ……....226
Şekil 7.14 : Bh6 hendeği doğu ve batı duvarlarının ölçeklendirilmiş stratigrafik kesitleri ve fay izleri. ……...227
Şekil 7.15 : Bh7 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü (1: Sarıgazi fayı, 2: Mekece fayı). ……..228
Şekil 7.16 : Bh7 hendeğinin ölçeklendirilmiş doğu ve batı duvarlarının kesitlerinin görünümü. ……...229
Şekil 7.17 : Bh7 hendeğinin a- batı, b- doğu duvarlarının yorumlanmış görünümleri. ……..230
Şekil 7.18 : Bh9 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü. ……..231
Şekil 7.19 : Bh9 hendeğinin ölçeklendirilmiş doğu ve batı duvarlarının kesitlerinin görünümü. ……...232
Şekil 7.20 : Bh9 hendeğinin a- batı, b- doğu duvarlarının yorumlanmış görünümleri. ……..233
Şekil 7.21 : Bh10 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü. ……...234
Şekil 7.22 : Bh10 hendeği batı duvarının ölçeklendirilmiş stratigrafik kesiti ve duvardaki fayların izleri. …….235
Şekil 7.23 : Bh10 hendeğinin batı duvarının yorumlanmış görünümü. ……..236
Şekil 7.24 : KAFSGK üzerinde radyokarbon yaşlarına göre belirlenen en son depremler ve bu depremleri oluşturan faylar (F: fay, S: segment). …238
Şekil 7.25 : KAFSGK içindeki bazı faylar üzerinde, bu ve önceki çalışmalarda açılan hendeklerde bulunan bazı tarihsel depremler ile kırılan en az fay uzunlukları. …….239
Şekil 7.26 : Ocak 1985- Aralık 2006 tarihleri arasında çalışma bölgesi ve civarında meydana gelen deprem dağılımı (Barış ve diğ. 2002, Ito ve diğ. 2002, Iio ve diğ. 2002; Nakamura ve diğ. 2002'den alınmıştır). ……..240
Şekil 7.27 : MARNET ve IZINET deprem ağları tarafından Marmara Bölgesi'nde kaydedilmiş deprem dağılımı verilmektedir. Yeşil üçgenler bölgede şu an faaliyette olan B.Ü, KRDAE, UDİM'e bağlı deprem istasyonlarını göstermektedir. ……...240

Şekil 7.28 : McClusky ve diğ. (2000)'e göre çalışma alanı ve civarındaki GPS hız alanı, Şaroğlu ve diğ. (1992) ve Armijo ve diğ. (2002)'ye göre fayların konumu. 1988-1999 yılları arasında bölgede ölçülen GPS vektörleri (mavi oklar) Avrasya ve Anadolu plakalarının birbirine göre olan hareketlerini göstermektedir; (a) Avrasya sabit, (b) Anadolu sabit vektörlerin; (c) doğu-batı ve (d) kuzey-güney bileşenlerini rakamlar ise miktarlarını belirtmektedir). …….....242
Şekil 8.1 : Sol yanal atımlı fay denetiminde gelişen çek-ayır havzaların farklı türlerine ait harita görünümleri (Mann ve diğ. 1983). ……...246
Şekil 8.2 : Geyve-Pamukova havzasının tektonostratigrafik açılma modelinin blok diyagramda görünüşü. …….....248
Şekil 8.3 : Geyve-Pamukova havzasının oluşmasını sağlayan GFZ'a ait ana fayların sağ yanal atımlı geometrisi (Url – 4). …….....……252
Şekil 8.4 : İznik havzasının tektonostratigrafik açılma modelinin blok diyagramda görünüşü. …….……...255
Şekil 8.5 : İznik havzasının oluşmasını sağlayan İFZ'a ait ana fayların sağ yanal atımlı geometrisi (Url – 4). …….……...259
Şekil 8.6 : (a) Geyve-Pamukova ve (b) İznik havzalarının oluşum modelleri (Cu ve diğ. 2009'dan değiştirilerek). …….....260

KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ GÜNEY KOLUNUN GEYVE-GEMLİK ARASINDAKİ KESİMİNİN MORFOTEKTONİK TEKTONOSTRATGİRAFİK VE PALEOSİSMOLOJİK EVRİMİ

ÖZET

Bu doktora tezi kapsamında, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) Marmara Bölgesi'ndeki kolları tekrar adlanmış olup bu fay sisteminin Marmara bölgesi'nde at kuyruğu şeklinde; Kuzey Anadolu Fay Sistemi Kuzey Kolu (KAFSKK), Kuzey Anadolu Fay Sistemi Güney Kolu (KAFSGK) ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi Güney-a Kolu (KAFSGK-a) olmak üzere üç koldan oluştuğu belirlenmiştir. Bu çalışmada KAFSGK'nun Geyve (Sakarya), Mekece (Sakarya), İznik (Bursa) ve Gemlik (Bursa) arasındaki kesiminde, kuzeyde Armutlu-Ovacık Zonu, güneyde ise Sakarya Zonu ile sınırlanan Geyve-Pamukova ve İznik havzalarının litostratigrafisi, morfotektonik elemanları, yapısal jeolojisi, havza gelişim modelleri ve bölgedeki tarihsel depremler çalışılmıştır.

Bölgede KAFSGK, altı ana fay (Sarıgazi, Mekece, Dırazali, Gürle, Orhangazi, Umurbey) ve bunlarla ilişkili ikincil segmentlerin oluşturduğu üç fay zonu Geyve, İznik, Gemlik) şeklinde haritalanmıştır. İnceleme alanının doğusunda Geyve-Pamukova havzasında Sarıgazi ana fayı ve havzanın güney blokunda kuzeye oranla daha yoğun olan ikincil segmentlerin oluşturduğu Geyve Fay Zonu (GFZ) tanımlanmıştır. Geyve-Pamukova havzasındaki çökeller litostratigrafik olarak fasiyes özelliklerine göre belirlenerek haritalanmıştır. Havzanın altından üstüne doğru birimler; bölgedeki genç faylar ile ilişkilerine, beslenme alanına, tane kayaç türüne ve geometrisine, sedimanter yapılarına ve oluşma ortamlarına göre Geyve (Qg), Pınarlı (Qp), Çardak (Qc) ve Hocaköy (Qh) olmak üzere dört formasyona ayrılmıştır. Yukarıda belirtilen özellikler dikkate alınarak Geyve formasyonu Kollu çakıltaşı (Qgk) ve Beylik kırıntılı olmak üzere (Qgb), Çardak formasyonu ise Ayvalık kırıntılı (Qca) ve Yanıkorman kırıntılı (Qcy) olmak üzere ikişer üyeye ayırtlanmıştır.

Geyve-Pamukova havzasının en altında bulunan Geyve formasyonu Kollu çakıltaşı üyesi akarsu malzeme akıntısı çökeli niteliğinde olup kaynağı Sakarya Nehri ve buna bağlanan küçük kollardır. Bu birimin üzerine gelen Geyve formasyonu Beylik kırıntılı üyesi ise yine aynı nehrin kanal ve nokta seti ortamlarını tanımlar. Bu birimlerin günümüzde havza güney kenarında depolanması ise Sarıgazi fayının Sakarya Nehri'nde oluşturduğu sağ yanal atıma bağlı deformasyon ile doğrudan ilişkilidir. Sarıgazi fayı ile birlikte güney blokun yükselmesi ve blok içindeki drenajın da kaynaklık etmesi sonucu oluşan alüvyal yelpaze özelliğinde havzada çökelen Hocaköy formasyonu ise bu birimleri örter. Havzanın güney kenarı sağ yanal atımlı fay ile şekillenirken, deformasyonun daha az izlendiği kuzey kenarda ise taşkın düzlüğü çökeli niteliğindeki Pınarlı formasyonu depolanır. Bölgedeki en genç birim ise Geyve formasyonuna benzeyen Çardak formasyonudur. Havzanın ana yapısal elemanlarını Sarıgazi fayı oluşturmuştur. Havzanın güney kenarında gelişen basınç sırtları, sağ yanal atımlı olan bu fayın sıkışma bileşeninin belirteci olup, sıkışmanın yönü ise basınç sırtı uzun eksen çizgilerine dik yön olan KKB-GGD'dur.

Bölgede bulunan sağ yanal ve oblik normal faylanmayı gösteren fay çizikleri ise sağ yanal atımlı faylanmanın kendi içinde basit makaslamalı türünde olduğunu ve açılmalı şekilde döndüğünü belirtir. Geyve-Pamukova havzasının bütününde yapılan saha gözlemleri ve fay kinematiğini esas alan bulgular havzanın sağ yanal atımlı faylanma ile ilişkili olan ve KKD-GGB yönlü açılma ile gerçekleşen "gevşek S biçimli" çek-ayır havza şeklinde oluştuğunu gösterir.

İnceleme alanının batısında KAFSGK, Mekece, Dırazali, Gürle ve Orhangazi ana fayları ve ikincil segmentler ile birlikte haritalanarak İznik Fay Zonu (İFZ) tanımlanmıştır. Dırazali fayı Mekece-İznik koridorunda özellikle güney kenarda oluşturduğu üçgen tepeler ve yamuk şekilli morfolojik fay düzlemleri ile belirlenmiştir. Yaklaşık son 5 my içinde Geyve-Pamukova havzasında olduğu gibi Mekece'den İznik'e kadar olan bölgede de sağ yanal atımlı tektonik, Dırazali fayı ile bölgeyi denetlemiş ve deforme etmiştir. Bu alanda fayın güney bloku yükseltmesi ile birlikte bölgedeki temel kayaçlardan türeyen taneler, daha çok güney blok drenajının da desteği ile Hocaköy formasyonunun gelişmesini sağlamıştır. Dırazali fayı boyunca izlenen basınç sırtları ise bölgedeki sıkışmanın kökeninin sağ yanal atımlı faylanma ve sıkışma yönünün de KKB-GGD olduğunu gösterir.

İznik havzasının günümüze değin güney kenardan daha belirgin şekilde sağ yanal faylanma ile ilişkili düşey yerdeğiştirmesi, bölgedeki genç ve aktif faylanmadan önce deniz bağlantısı olan havzanın bu bağlantısının kesilmesine neden olmuştur. Bunun sonucu olarak ta acı-tuzlu su ortamı özelliğindeki İznik formasyonu gelişmiştir. İznik Gölü'nü içeren havzanın bu ilk çökelme evresinden sonra Umurbey ve Dırazali fayları arasındaki Gürle fayının sağ yanal egemen oblik normal şeklinde davranması, İznik formasyonunun havza yüzeyinden itibaren yaklaşık 60 m daha yüksekte olmasını sağlamıştır. Bununla birlikte Gürle fayı ile aynı özellikte olan Orhangazi fayı da havzanın kuzey kenarının batı bölümündeki İznik ve Hocaköy formasyonlarının çökelimini denetlemiş ve İznik formasyonunun da havza yüzeyinden itibaren kuzey kenarda yaklaşık 25 m daha yüksekte olmasını sağlamıştır. Dırazali ve Gürle faylarının bölgenin güney kenarını deforme etmesi, sağ yanal oblik normal faylanma ile güney bloku günümüze değin yükseltmiştir. Bu yükselme inceleme alanı boyunca Hocaköy formasyonunun güney kenarda yanal devamlı şekilde, kuzey kenarda ise kısmen çökelmesini sağlarken, havza oluşumunun son evresinde de fay aktivitesine bağlı su seviyesi değişimlerinden kaynaklanan Solöz formasyonu ve yalıtaşlarının gelişmesine neden olmuştur. İznik Gölü'nün güney, batı ve kuzey kenarlarında izlenen yalıtaşlarından özellikle güney kenarda olanların göle doğru eğimlenmesi fayların göl içine kadar basamaklanma oluşturarak devam ettiğini gösterir. Gölün güneyinde kuzeyine oranla daha geniş ve derin gelişen 75 m derinliğindeki elips şekilli çukurluk ta faylanmanın zon şeklinde olduğunun bir başka verisidir.

KAFSGK üzerindeki İznik havzasının oluşumu, güney kenardan kuzeydoğu doğrultulu Dırazali fayının, kuzeybatı doğrultulu Gürle fayına sıçraması ve bu fayın da batıya doğru D-B doğrultulu Umurbey fayına sıçraması sonucu basit makaslamalı sağ yanal atımlı faylanma kinematiği eşliğinde ve KKD-GGB yönlü açılma ile gerçekleşmiştir. Bu açılma evrimini havzanın kuzey kenarındaki güneye eğimli sağ yanal oblik normal olan Orhangazi fayı da desteklemiştir.

Bu genç tektonizma, İznik havzasının sağ yanal faylanma tektoniği ile gelişen genişlemeli şekilde açılan bir çek-ayır havza türü olduğunu gösterir. Havzanın açılma evresinin tümünde sağ yanal basit makaslamalı yamulma elipsoidinin hemen hemen bütün yapısal elemanları oluşmuştur.

Gemlik Fay Zonu (GMFZ) ise Karsak-Gemlik arasındaki bölgede ortalama D-B doğrultulu Umurbey fayı ve güney bloktaki ikincil segmentlerden oluşur. Bu alanda yine güney blok kenarında Umurbey fayı denetiminde oluşan üçgen yüzeyler belirgindir.

KAFSGK üzerinde toplam onbir hendek açılmıştır. Bu hendeklerden Bh2, Bh3, Bh6, Bh7, Bh9 ve Bh10 olmak üzere toplam altı hendekten fay izi ve yaş verileri elde edilmiştir. Buna göre bu kolun en doğusundan itibaren Bh2, Bh3 ve Bh6 hendeklerinden elde edilen yaş verileri Sarıgazi fayının en az 22 km'lik kesiminin M.S 1065 depremi ile kırıldığını gösterir. Mekece fayı üzerinde açılan Bh7 hendeğinden bulunan yaş ise M.S 740 depremine karşılık gelirken, Dırazali fayının en az 27 km uzunluğundaki doğu segmentinin de aynı deprem ile kırıldığı anlaşılır. Bölgede açılan Bh9 ve Bh10 hendeklerindeki fay izi ve bu izin kestiği stratigrafik düzeyden alınan karbon yaş verileri ise Dırazali fayının 15 km uzunluğundaki batı segmentinin M.S 1863 depremi ile kırıldığını ortaya koyar. KAFSGK üzerinde önümüzdeki dönemde İznik Gölü'nün batı kesiminde Umurbey fayı ve Gürle fayı üzerinde olabilecek deprem veya depremler ile KAFSGK'nun Geyve-Gemlik arasındaki kesiminin kırılmasının tamamlanabileceği belirtilebilir.

İnceleme alanındaki neotektonik dönem yaklaşık son 5 my'ı kapsamakta olup bu dönem bütünüyle sağ yanal atımlı faylanma ve bunun ikincil yapısal ürünleri ile temsil edilir.

THE MORPHOTECTONIC, TECTONOSTRATIGRAPHIC AND PALEOSEISMOLOGIC EVOLUTION OF THE GEYVE-GEMLİK FRAGMENT OF THE SOUTHERN STRAND OF NORTH ANATOLIAN FAULT SYSTEM

SUMMARY

Strands of the North Anatolian Fault System (NAFS) in the Marmara Region were re-named within the content of this Ph. D. thesis. This fault system has been defined as horse-tail splitting into three strands as the Northern Strand of the North Anatolian Fault System (NAFSNS), Southern Strand of the North Anatolian Fault System (NAFSSS) and Southern-a Strand of the North Anatolian Fault System (NAFSSS-a). Lithostratigraphy, morphotectonic features, structural geology, basin models and historical earthquakes of the region were studied by this study for the Geyve-Pamukova and İznik basins located between Geyve (Sakarya), Mekece (Sakarya), İznik (Bursa) and Gemlik (Bursa) on the NAFSSS and bordered by the Armutlu-Ovacık Zone in north and the Sakarya Zone in south.

Six main faults (Sarıgazi, Mekece, Dırazali, Gürle, Orhangazi, Umurbey) and three fault zones developed by the secondary segments related to the six main faults were mapped as the NAFSSS in the region. The Sarıgazi main fault in the east of the study area and in the Geyve-Pamukova basin and the Geyve Fault Zone (GFZ) created by the secondary segments that are more frequent in the south block than the north block of the basin have been defined. Deposits of the Geyve-Pamukova basin were mapped based on the features of the lithostratigraphic facies. The units from the bottom to the top of the basin were classified into four formations as Geyve (Qg), Pınarlı (Qp), Çardak (Qc) and Hocaköy (Qh) based on their relationship with the young faults, catchment drainage area, lithology and geometry of the grains sedimentary strucrutes and depositon enviroment. The Geyve formation was divided into Kollu pebblestone (Qgk) and Beylik clastic (Qgb) members and Çardak formation was sub-divided into Ayvalık (Qga) and Yanıkorman (Qcy) clastic members.

The Kollu pebblestone member accumulated at the bottom of the Geyve-Pamukova basin is a debris-flow deposit. The source for this member is Sakarya River and its small tributaries. Beylik clastic member on the Kollu pebblestone defines channel and set-point enviroments of the same river. The present deposition of these units in the southern edge of the basin is directly related to the deformation caused by the right lateral displacements by the Sarıgazi fault in Sakarya River. Alluvial fan Hocaköy formation overlies these bottom units with raising of south block by the Sarıgazi fault and proper drainage conditions on this block. The southern edge of the basin is formed by the right lateral fault. However, flood-plain sediments of the Pınarlı formation are deposited on the northern edge where the deformation effect is less. The youngest unit is the Çardak formation located in the middle of the basin. This formation resembles to the Geyve formation.

The Sarıgazi fault constitutes the main structural features of the basin. The pressure ridges developed along the southern edge of the basin indicate a compression component of this right lateral fault. The direction of this compression is NNW-SSE which is perpendicular to the long axis-lines of the pressure ridges.

The slickenlines pointing out a right lateral oblique normal faulting indicate a rotation with simple shearing and transtension for the right lateral fault system. The basin was formed as lazy S shaped pull-apart basin that was created by the right lateral faulting and NNE-SSW dilatation based on the evidences of the fault kinematics and field works within the boundaries of the Geyve-Pamukova basin.

In the west of the study area, the NAFSSS has been defined as İznik Fault Zone (İFZ) including the Mekece, Gürle and Orhangazi main faults and secondary fault segments. The Dırazali fault was characterized by the triangular facets and trapezium shaped morphologic fault planes that are especially observed in the south edge of the Mekece-İznik corridor. The right lateral Dırazali fault has been the dominant tectonic feature in controlling and deforming the region from Mekece to İznik same as the Geyve-Pamukova basin in the last 5 My. Grains derived from the bedrocks of southern block raised by the Dırazali fault and proper drainage from the south block constituted the Hocaköy formation. Pressure ridges observed along the Dırazali fault indicate the origin of compression as right lateral faulting and the direction of compression as NNW-SSE.

The vertical displacement of southern edge of the basin by the right lateral faulting caused disconnections to the sea level. As a result, the İznik formation was deposited in a brackish water environment. After the sedimentation phase in the basin, the dominant right lateral oblique movement of the Gurle fault located between the Umurbey and Dırazali faults elevated the İznik formation approximately 60 m from the basin surface. Additionally, the Orhangazi fault which has the same charter as the Gurle fault controlled the İznik and Hocaköy formations located in the western section of northern edge of the basin. This fault elevated İznik formation approximately 25 m from the basin surface. The deformation of the southern edge of the basin by both Dırazali and Gurle fault has resulted in elevation of southern block until present. Along the study area, the Hocaköy formation deposited continuously in the southern edge and partially in the nothern edge due to the uplift developed by the right lateral faulting system. At the last stage of basin opening, the Solöz formation and beachrocks were deposited by the sea level variations related to the activities of the fault. Beachrocks deposited in southern, western and northern edges of Lake İznik. Especially, dipping of the beachrock layers toward to the lake in the southern edge indicates that the faults continue into the lake as a stepping way. An elipsoid shaped depression with a 75 m depth developed in the southern side of the lake is another evidence for the faulting as a zone.

Architecture of the Iznik Basin along the KAFSGK was developed when the step-over of the northwesterly striking Dirazali fault to Gurle fault triggered westerly step-over of the Gurle fault to east-westerly striking Umurbey fault due to simple dextral shear kinematics and north-nortwesterly, south-southwesterly transtensional deformation. This basin architecture was also supported by the southerly dipping, dextral oblique Orhangazi fault that is identified at the northern edge of the Iznik fault.

This neo-tectonism shows that the İznik basin is a pull-apart basin developed with a transtensional right lateral faulting. Almost all of the structural features of the right

lateral simple shearing strain elipsoid were developed during the all stages of the basin opening.

The Gemlik fault zone consists of the E-W striking Umurbey fault and the secondary segments of the southern block between Karsak and Gemlik. The triangle facets developed by the Umurbey fault in the southern edge of the basin are noticeable in this region.

A total of 11 trenches were excavated on the NAFSSS. The fault traces and dating data were only obtained from Bh2, Bh3, Bh6, Bh7, Bh9 and Bh10 trenches. The dating data obtained from the Bh2, Bh3, Bh6 trenches located in the for east of the NAFSSS indicate that at least 22 km section of the Sarıgazi fault ruptured during the 1065 A.D earthquake. The dating data was obtained from the Bh7 trench excavated on the Mekece fault point to the 740 A.D earthquake. It is also observed that the same earhtquake ruptured at least 27 km east segment of the Dırazali fault. Carbon dating data of the samples taken on the stratigraphic levels in the Bh9 and Bh10 trenches prove that the 15 km west section of the Dırazali fault ruptured during the 1863 earthquake. It is expected that the NAFSSS would complete ıts rupturing process in the next period from Geyve to Gemlik by rupturing the area in the west of Lake İznik, the Umurbey fault and partially the Gürle fault.

At the investigation area, the neotectonic period is characterized by the right lateral faulting and its secondary structural elements. This period covers approximately the last 5 My.

1. GİRİŞ

Anadolu'nun Neotektonik dönemindeki en önemli yapılarından biri de Kuzey Anadolu Fay Sistemidir. Bu fay sistemi, Marmara bölgesi'nde üç farklı kol şeklinde ve birbirinden ayrı alanları izleyen bir geometri sunar. Bu doktora tezi, güney kolun belirli bir kesimini içermekte olup bölgedeki neotektonik dönemde gelişmiş olan jeolojik birimlerin litostratigrafisini, aynı dönemde bölgeyi deforme eden yapısal faktörlerin analizini, bölgedeki tarihsel deprem döngüsünü ve bölgenin tektonostratigrafik gelişimini açıklamaktadır.

1.1 Amaç, Kapsam ve Problemler

Bu çalışmada Marmara bölgesi'nde Kuzey Anadolu Fay sistemi'nin (KAFS) güney kolu içindeki Geyve, Mekece, İznik, Gemlik bölgelerini kapsayan ve 40^0 $21^{'}$, – 40^0 $32^{'}$ enlemleri ile 29^0 $10^{'}$ – 30^0 $25^{'}$, boylamları arasında kalan kesim araştırılmıştır. Bu bölgede Geyve-Pamukova ve İznik havzaları, bunları birbirine bağlayan Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasının batı kesiminde bulunan Gemlik-Karsak koridorunun genç faylar ile ilişkisi belirlenmiştir. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Programında hazırlanan bu tez çalışmasının önceliğini, yükselimler (Armutlu-Ovacık Zonu ve Sakarya Zonu) ile düzlük alan sınırlarında ve düzlük alanların içinde daha önce net tanımlanamamış birimlerin makro kayaç türü ve sedimanter gelişiminin detaylı şekilde çalışılması ve özellikle birimlerin litostratigrafik özeliklerine göre alttan üste doğru ayırtlanması oluşturmuştur.

Bu birimlerin hem çevredeki hem de Dünya'daki diğer benzerleri ile korelasyonu yapılarak oluşma ortamları belirlenmiştir. Bölgede neotektonik dönemin erken evresinden günümüze kadar etkin olan genç ve aktif fayların havza çökellerinin gelişmesindeki etkinliği, sedimantasyon ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma alanındaki sedimantasyonda meydana gelen litofasiyes değişimleri detaylandırılmıştır. Neotektonik dönem ile birlikte gelişmeye başlayan bütün jeolojik birimlerin havza içerisindeki konumları belirlenmiştir.

Bölgenin paleotektonik döneminde oluşan jeolojik birimler temel kayaçlar olarak değerlendirilmiştir. Bölgenin neotektonik döneminin varsa farklı evrelerinde hangi yapısal izlerin hangi evrede nasıl oluştuğu ve hangi tektonik kökenleri neden işaret ettiğinin aydınlatılması, bölge tektonostratigrafisinin anlaşılması açısından önem arz etmiştir. Bu amaçla yapısal elemanların hem topoğrafyada hem de havzaların dolgu çökellerinde oluşturduğu deformasyon izleri detaylandırılmış ve bunların tektonik kökenleri açıklanmıştır. Bu anlamda bölgedeki birincil faylar ile ikincil segmentlerin haritalaması yapılmış ve bölgenin bütününün zon şeklinde deformasyona uğradığı belirlenmiştir. Bu deformasyonun morfoloji ve stratigrafideki elemanları tek tek ölçülendirilerek kinematik davranışları analitik çözümlemeler ve diyagramlar ile belirlenmiştir. Bölgenin Neotektonik döneminin başlangıcına esas teşkil eden yapısal elemanların KAFSGK ile ilişkili olduğu ve bu kolun aktivite süreci içinde bölgeyi nasıl şekillendirdiği detaylandırılmıştır. Bununla birlikte bölgenin Neotektonik dönemini karakterize eden havzaların nasıl ve hangi türde açıldıkları, bu havzaların açılmasında etkin olan fayların bölgedeki sedimantasyonu nasıl denetlediği, havzaların tektonostratigrafik evrim modelinde açıklanmıştır.

Bölgedeki bir diğer amaç ise önceki çalışmalarda belirli bir düzeni bulunmayan ancak hasar dağılımlarına göre yaklaşımda bulunulan ve bölgeyi içine alan büyük tarihsel depremlerden hangisinin inceleme alanı içinde odak oluşturduğunu tespit etmektir. Bu amaçla bazı depremler belirlenmiş olup bu depremlerde oluşan yüzey kırıklarının minumum uzunlukları tespit edilmiş ve bölgenin önümüzdeki dönemde deprem riski taşıyan alanı tahmin edilmiştir.

1.2 Veri ve Yöntem

Bu kapsamda bölgeyi içine alan ve bölgenin Neotektonik evrimine benzeyen alanlarda yapılan literatür çalışmaları incelenmiştir. Bundan sonra büro ve sahadaki veri ve yöntemler kullanılmıştır. Büro çalışmaları:

- 1/40.000 ve 1/65.000 ölçekli siyah-beyaz hava fotoğraflarının aynalı streoskop altında incelenmesi.
- 1/25.000 ölçekli "dgn" uzantılı sayısal topoğrafya haritalarının HGK'dan temini ve bunların ArcGIS9© ve RiverTools© bilgisayar programlarında işlenmesi.

- 2006 yılına ait 3 adet Aster level 3A uydu görüntüsünün ArcGIS9© programı kullanılarak incelenmesi.
- Sahada yapılan haritalama işlemlerinin sayısal topoğrafya haritalarına işlenmesi ve hava fotoğrafları ile karşılaştırmalı olarak süreksizliklerin detaylı şeklide haritalanması.
- Saha alınan "eğim yönü açısı /eğim açısı" şeklinde tüm tabaka ve süreksizlik ölçülerinin Stereonet Version 2.46, 3.01 bilgisayar programlarına işlenmesi ve değerlendirilmesi, bununla birlikte Daiien Delvaux tarafından 2003'te geliştirilen Wintensor Version 1.4.23 isimli programına ilgili ölçülerin işlenmesi ve bölgenin kinematik (paleostress) analizlerinin yapılması şeklinde gerçekleşmiştir.

Saha çalışmaları ise:

- 1 / 25. 000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılarak havza çökellerinin tabalanma konumlarının, içindeki çizgiselliklerin ve Neotektonik dönemi ilgilendiren tüm süreksizliklerin bu haritalara Brunton pusulası, jeolog çekici, el GPS'i ve fotoğraf makinesi kullanılarak işlenmesi.
- Hava fotoğraflarının verileri değerlendirilerek belirlenmiş olan atım bölgelerinde çelik şeritmetre yardımı ile yerdeğiştirmelerin ölçümü
- Bölgede yapılan fay haritası ve morfolojik unsurlarda olan yerdeğiştirme bilgilerini esas alarak hendek açılacak uygun yerlerin ve alternatiflerinin belirlenmesi ile hendeklerin açılması

şeklinde gerçekleştirilmiştir.

1.3 Tez Düzeni

Bu tez çalışması 9 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölümü içeren Giriş'i takiben;

2. Bölümde inceleme alanının Paleotektonik döneminde gelişen stratigrafik birimleri ve yapısal unsurları anlatılmıştır.

3. Bölümde Türkiye'nin, Marmara Bölgesi'nin ve inceleme alanının neotektonik dönemi genel olarak anlatılmıştır.

4. Bölümde İnceleme alanının neotektonik döneminde gelişen birimlerin stratigrafisi hakkında bilgi verilmiştir.

5. Bölümde bölgenin morfotektonik unsurlarının bölgedeki genç faylanma ile ilişkisine değinilmiştir.

6. Bölümde bölgenin yapısal unsurları detaylandırılarak kinematik analizler yapılmıştır.

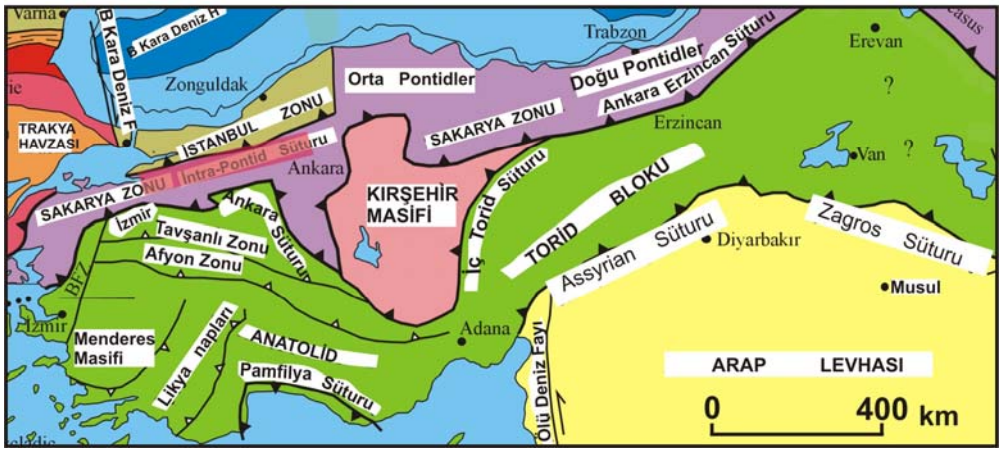
7. Bölümde bölgenin deprem geçmişi, paleosismoloji başlığı ile anlatılmıştır.

8. Bölümde jeolojik evrim başlığı ile bölgede gelişen havzaların tektonostratigrafik evrimi açıklanmıştır.

9. Bölümde ise tez konusu olan tüm çalışma ve bölümlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. PALEOTEKTONİK DÖNEM

Neotektonik periyot, bir bölgede mevcut ve etkin tektonik dönemin başlangıcı olup bunun öncesindeki tüm jeolojik olaylar paleotektonik dönemi içerir. Anadolu'da Paleotektonik dönem, Neotetis okyanus kollarının kapanma periyotları ile sınırlanır. Paleotetis Permiyen-Liyas aralığında, Neotetis ise Triyas ile Eosen aralığına varlıklarını sürdürmüşlerdir. Kuzey Anadolu'da Geç Kampaniyen- Erken Maastrihtiyen'de İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu İntra-Pontid Süturu boyunca, Geç Paleosen'de ise Sakarya Zonu ile Anatolid-Torid bloku İzmir –Ankara Süturu boyunca çarpışmışlardır. Böylece hem Türkiye'nin hem de Batı Anadolu'nun paleotektonik evrimi şekillenmiştir (Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör ve Yılmaz, 1981), (Şekil 2.1).



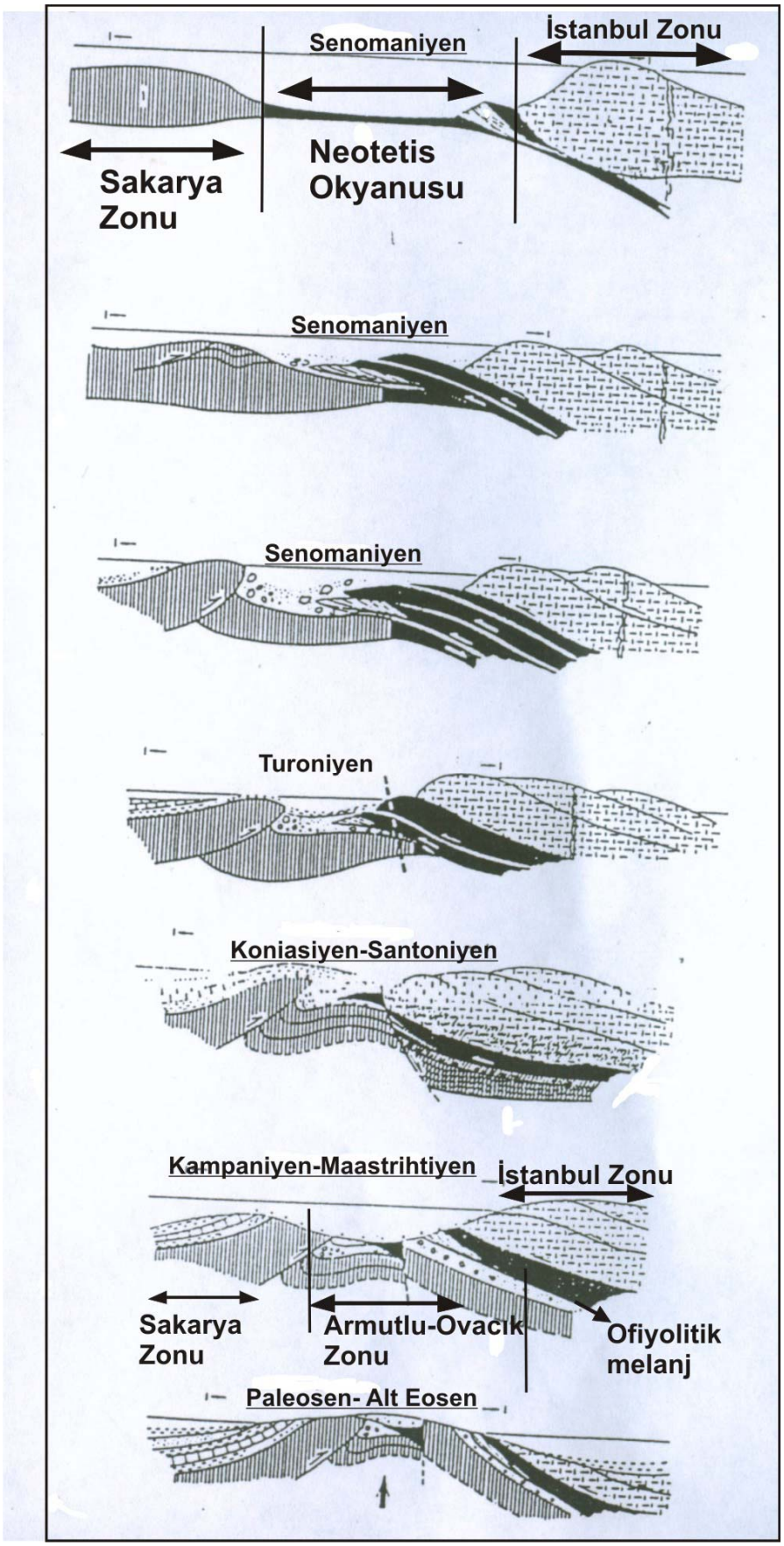
Şekil 2.1 : Anadolu'nun Paleotektonik dönem birlikleri ve çalışma alanının yeri (Okay ve Tüysüz, 1999).

Armutlu Yarımadası ve dolayındaki jeolojik kayıtlar da bu görüş ile uyumludur. Armutlu Yarımadası; İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu arasında kalan ve Neotetis'in kuzey kolu olan İç Pontid Okyanusu'nun kuzeydeki İstanbul Zonu altına dalması ve bu iki zonun Geç Kampaniyen'e kadar çarpışmaları sonucu oluşmuştur (Yılmaz ve diğ.1995; Okay ve Tüysüz, 1999). Senomaniyen'den itibaren kıta-kıta çarpışması başlamış, bu çarpışma sonucunda okyanus tabanı yiterek bölgeye dilimler halinde ofiyolitik melanj yerleşmiştir. Geç Kampaniyen'e kadar her iki kıtada da şiddetli kıvrımlanma ve şaryajlanmanın belirgin olduğu tektonik aktivite, bölgeyi sıkışma kaynaklı olarak yükseltmiştir. Paleosen'den itibaren yükselmenin ardından bölge

deniz altında kalarak, önce sığ denizel birimler çökelmiş daha sonra ise fliş türü birimler gelişmeye başlamıştır. Eosen'in sonuna kadar kıtaların çarpışmaya devam etmesi bölgenin su üstü olmasını sağlamış ve fliş havzası varlığını yitirmiştir (Şekil 2.2). Paleosen'den Eosen'e kadar gelişen bu çarpışmalı tektonik, bölgeye kabuk kalınlaşmasına bağlı yeni bir morfoloji kazandırmıştır (Yılmaz ve diğ. 1995; Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Böylece Armutlu Yarımadası'nı oluşturan Paleotektonik üniteler; kuzeyde İstanbul Zonu, ortada Armutlu-Ovacık Zonu ve ofiyolitik melanj güneyde ise Sakarya Zonu şeklinde belirlenmiştir (Yılmaz ve diğ. 1995; Okay ve Tüysüz, 1999; Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

İstanbul Zonu kuzeyde Karadeniz, güneyde Armutlu-Ovacık Zonu, doğuda ise Araç-Daday Makaslama Zonu ile sınırlanır. İstanbul Zonu, Paleozoyik'ten Günümüz'e kadar değişik yaşta ve fasiyeste birimler içerir. Bu birimlerin Paleotektonik döneme ait olanları en altta Sünnice masifine ait Paleozoyik yaşlı Demirci metamorfitleri en üstte ise Eosen yaşlı fliş nitelikli kumtaşı-kiltaşı ardalanmasından oluşan Halidiye formasyonudur.

Armutlu-Ovacık Zonu doğu-batı doğrultulu ve 20-50 km genişliğinde olup Sakarya Zonu ile İstanbul Zonu arasında yer alır. Bölgenin paleotektonik ünitelerini batıdan doğuya doğru Boyalı, Bolu-Mengen ve Armutlu Yarımadası olmak üzere üç ayrı zon oluşturur.



Şekil 2.2 : Batı Pontid'lerin Paleotektonik dönem (Senomaniyen – Erken Eosen) evrimi (Yılmaz ve diğ. 1995).

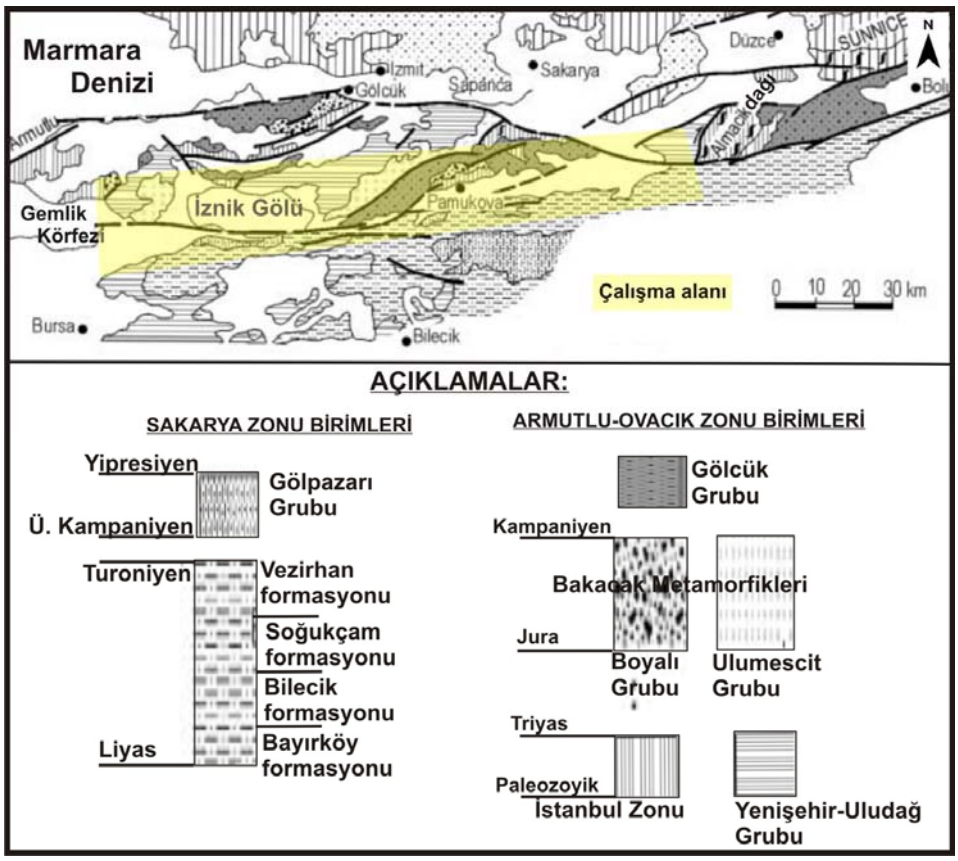
Çalışma alanı Armutlu Yarımadası içi ve güneyinde yer almakta olup kuzeyi Armutlu-Ovacık Zonu, güneyi ise Sakarya Zonu kayaçlarından oluşur (Şekil 2.3). Eosen sonuna kadar bu iki zon, bindirme bileşenli yüksek açılı ters faylar ile sınırlanır (Yılmaz ve diğ. 1995; Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Eosen'den sonra bölgede kalınlaşan kıtasal kabukta aşınma ve erozyonu içeren süreç devam etmiştir. Günümüzde ise bu sınırı Kuzey Anadolu Fay Sistemi kuzey ve güney kolları ile izler. (Yılmaz, 1981; Yılmaz ve diğ. 1995; Yiğitbaş ve diğ. 1999) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Marmara Bölgesi'nin Paleotektonik birlikleri ve KAFS'nin bölgedeki kolları (Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Çalışma alanının Gemlik Körfezi, İznik Gölü havzası, Geyve-Pamukova havzası ile Mudurnu çayı güneyine kadar olan kesiminin kuzeyini Armutlu-Ovacık Zonu, güneyini ise Sakarya Zonu kayaçları oluşturur. Armutlu-Ovacık Zonunun Gemlik Körfezi ile İznik Gölü arasındaki kesiminin temel kayaçlarını tabanda; Paleozoyik yaşlı meta-lav, grafit-şist, metaklastik ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan Yenişehir-Uludağ grubu oluşturur (Yiğitbaş ve diğ. 1999). Bu birimi, Gemlik Körfezi ile İznik arasında; Jura-Kampaniyen yaşlı, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş bazik volkanitler, pelajik kireçtaşları ve şeyl-çamurtaşı-türbiditik kumtaşlarından oluşan Ulumescit grubu diskordans ile örter. Yenişehir-Uludağ grubu, Pamukova kuzeyinde ise Jura-Kampaniyen yaşlı, kumtaşı ve breşleşmiş dolomitik kireçtaşlarından oluşan Boyalı grubu tarafından diskordans ile örtülür. Boyalı ve Ulumescit grupları Bakacak Metamorfitleri olarak adlanmıştır (Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Armutlu-Ovacık Zonundaki bütün bu birimleri, İznik-Geyve Boğazı (Alifuatpaşa) arasında Maastrihtiyen yaşlı resifal kireçtaşları ve türbiditik istif ardalanmasından oluşan Gölcük grubu uyumsuz örter (Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Çalışma alanının güney kesimi Sakarya Zonu olarak bilinir (Okay ve Tüysüz, 1999). Bu zonun temelinde iki farklı metamorfik birim, bindirmeler ile yanyana gelmiştir. Bunlardan biri Karbonifer yaşlı gnays-amfibolit ve şistlerin oluşturduğu Uludağ grubudur. Diğeri ise Geç Triyas yaşlı volkanik ve sedimanter kayaçların metamorfizması sonucu oluşmuş Yenişehir gurubu'dur (Yılmaz, 1977; Genç ve Yılmaz, 1993). Bu birimleri Liyas'tan Turoniyen'e kadar transgresif istif şeklinde ve kendi içinde uyumlu alttan üste doğru Bayırköy, Bilecik, Soğukçam ve Vezirhan formasyonları uyumsuzlukla örter. Bu birimlerin üzerine ise Üst Kampaniyen-Yipresiyen yaşlı Gölpazarı grubu uyumlu olarak gelir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Armutlu Yarımadası'nın çalışma alanı kesiminde Paleozoyik-Alt Eosen arası birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesitlerindeki yeri ve ilişkileri (Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Bayırköy formasyonu Liyas yaşlı olup iyi tutturulmuş kötü boylanmalı çakıllardan oluşan bir flüvyal çökel niteliğindedir. Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik formasyonu sığ denizel karbonatlardan oluşur. Alt Kretase yaşlı Soğukçam formasyonu, çört ardalanmalı, ince tabakalanmalı beyaz renkli kireçtaşlarından oluşan derin denizel birim olup üzerine gelen Senomaniyen-Turoniyen yaşlı Vezirhan formasyonu da radiolarialı mikritik kireçtaşlarından oluşan derin (pelajik) denizel bir çökeldir. Sakarya Zonu'ndaki temel kayaçların en üstünde bulunan Gölpazarı grubu ise

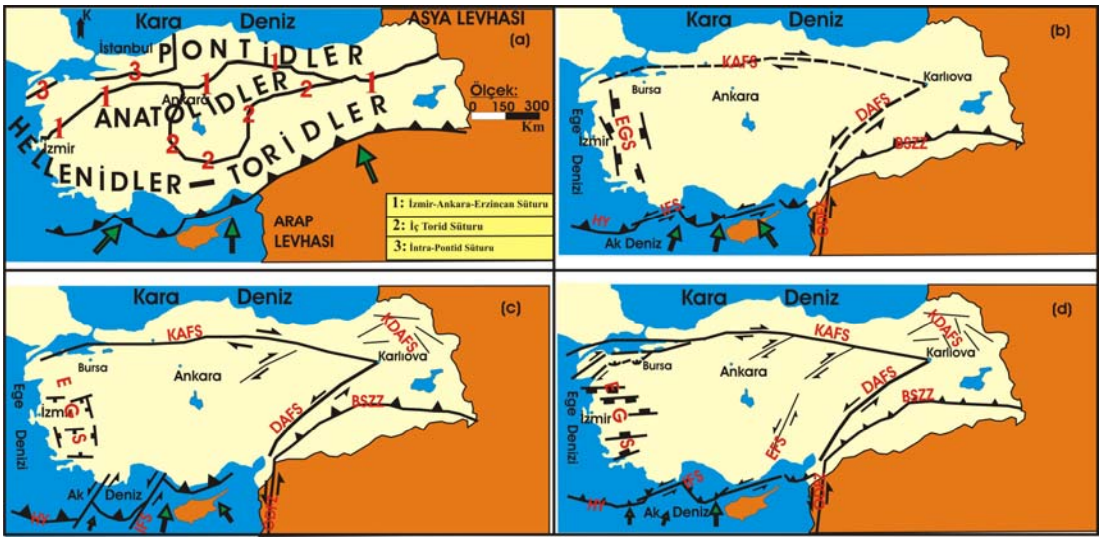
Ü.Kampaniyen-Yipresiyen yaşlı bir fliş istifidir. Armutlu-Ovacık Zonu kuzeyine kadar geniş alanı kapsayan birim Koniasiyen-Santoniyen aralığında oluşan birkaç aşamalı erozyondan sonra gelişmiştir. Birimin tabanında Kampaniyen-Maastrihtiyen fosilleri içeren pelajik, olistostromal ve malzeme akıntısı (debris-flow) çökel seviyeleri bulunur. Maastrihtiyen-Yipresiyen aralığında ise derin denizel ortamdan sığa doğru hızlı bir geçiş fasiyesi izlenirki bu seviye de resifal kireçtaşları ve sığ denizel kumtaşlarından oluşur (Yiğitbaş ve diğ. 1999; Elmas ve Yiğitbaş, 2001). Marmara Bölgesi kuzeyinde İzmit Körfezi güneyi ile Sapanca Gölü arasında Orta Eosen yaşlı andezitlerden oluşan birim ise Sarısu volkanitleri olarak haritalanmıştır (Akartuna, 1968; Göncüoğlu ve diğ. 1987). İnceleme alanının Sakarya Zonu bölümünde Mekece-Karsak arasının güneyinde tarafımızdan haritalanan bu birim, bölgedeki Bilecik ve Vezirhan formasyonlarını keser (Ek-1).

Armutlu Yarımadası'nda Orta Eosen volkanizmasının ardından Eosen sonunda Paleotektonik dönemin bitmesi ile bölge genel olarak peneplen şeklini almıştır. Eosen'nin sona ermesi ile birlikte aşınma ve erozyon süreci devam etmiş, Geç Miyosen'den itibaren Neotektonik dönem bölgede yaklaşık son 5 my'dan beri Kuzey Anadolu Fayı'nın kolları aktif olmaya başlamıştır (Şengör ve diğ. 2005).

3. NEOTEKTONİK DÖNEM

Neotektonik periyot bir bölgede mevcut ve etkin tektonik dönemin başlangıcı olarak tanımlanır. Anadolu, tektonik açıdan Dünya'nın en aktif bölgelerinden biridir. Bitlis-Zagros Süturu boyunca Tetis Okyanusu'nun kapanması sonucu, Serravaliyen'de (~11 my) Avrasya ile Arap levhaları çarpışmış, Doğu Anadolu sıkışmaya başlamıştır (Dewey ve Şengör, 1979; Dewey ve diğ. 1986; Şengör ve diğ. 1985; Şengör ve Barka, 1992).

Bu sıkışma rejimi etkisinde Doğu Anadolu'da kıtasal kabuğun kalınlaşması ve yükselmesi yaklaşık son 5 my'a kadar sürmüştür. Bunu takiben sıkışmalı tektonik yerini Kuzey ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fay sistemleri boyunca batıya kaçışa bırakmıştır (Şengör, 1980), (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Anadolu'nun Paleotektonik dönemden Günümüze Evrimi (a)Miyosen öncesi, (b) Orta-Geç Miyosen, (c) Pliyosen, (d) Holosen, KDAFS: Kuzey Doğu Anadolu Fay Sistemi, BSZZ: Bitlis-Zagros Sütur Zonu, EGS: Ege Graben Sistemi, KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, DAFS: Doğu Anadolu Fay Sistemi, EFS: Ecemiş Fay Sistemi, HY: Helenik Yayı, IFS: İerapetra Fay Sistemi, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu (Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör, 1980).

Anadolu'nun Neotektonik döneminde yaklaşık son 5 my'dan günümüze kadar sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Ege-Kıbrıs (Helenik) Yayı, sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi, ve Ölü Deniz Fay Zonu etkin olmuştur (Bozkurt, 2001). Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri boyunca Anadolu'nun batıya kaçışı ile farklı neotektonik alanlar ortaya çıkmıştır. Bunlar: a) Doğu Anadolu sıkışma

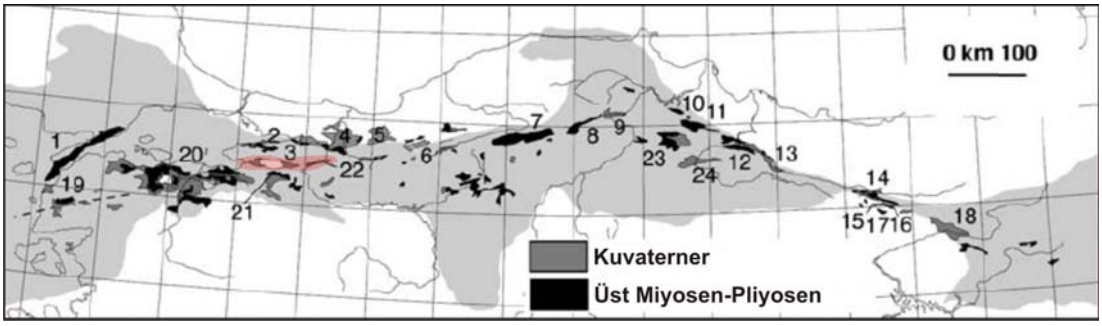
alanı; Kuzey Anadolu ile Doğu Anadolu faylarının kesişim noktaları ile kuzeyden Kuzeydoğu Anadolu Fay zonu, güneyden Bitlis-Zagros Sütur Zonunun sınırladığı yaklaşık kuzey-güney kısalmanın ürünü olan alandır. b) Kuzey Anadolu alanı; Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin kuzeyinde bulunan ve tektonik açıdan düşük aktivite gösteren alandır. c) Kuzey-güney gerilme ile oluşan Batı Anadolu genişleme (gerilme) alanı; bu bölge ise doğudan Eskişehir Fay Zonu, kuzeyden Kuzey Anadolu Fay Sistemi, güneyden ise Isparta Büklümü ve Burdur-Fethiye Fay Zonu ile sınırlanır. d) Orta Anadolu ova alanı; kuzeyden Kuzey Anadolu Fayı, güneydoğudan Doğu Anadolu fayı ve Ölü Deniz Fayı, batıda ise Batı Anadolu gerilme alanı ile sınırlanır. Orta Anadolu'nun doğusunda: Doğu Anadolu Fay Sistemi, Malatya-Ovacık Fay Zonu, Yakapınar-Göksun Fay Zonu, Kangal Fayı, Orta Anadolu Fay (Ecemiş) Zonu ve Niğde Fayında sol yanal atımlı tektonik ile kuzeydoğu-güneybatı kısalma ve kuzeybatı-güneydoğu genişleme hakimdir. Bölgenin batısında ise Yağmurlu-Ezinepazarı Fay Zonu, Taşova-Çorum Fay Zonu, Tuz Gölü Fay Zonu, Delice Fayı, Akpınar Fayı ve Salanda Fayı ile sağ yanal atımlı tektonik ile kuzeydoğu-güneybatı gerilme ve kuzeybatı-güneydoğu kısalma egemendir (Şengör, 1980; Bozkurt, 2001).

3.1 Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)

Dünya'da son yaklaşık 5 milyon yıldan'dan beri Afrika ile Arap levhaları, Zagros-Orta İran bindirme sınırı boyunca Anadolu levhası ile çarpışmaktadır. Bu çarpışma Orta Anadolu ve Ege'yi, Avrasya'ya göre göreceli olarak, saatin tersi yönünde 20-30 mm/yıl hızla hareket ettirmektedir.

Anadolu ve Arabistan levhalarının Zagros Süturu boyunca kıta-kıta çarpışması Zagros dağları boyunca litosferik kısalmaya sebep olurken, Ege'de içsel deformasyon sonucunda yaygın kabuk incelmesi gerçekleşmiştir. Anadolu levhasının batıya yanal hareketinin başlaması, Arap levhası sınırında sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi'ni, Anadolu levhasının kuzeyinde ise sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi'ni (KAFS) oluşturmuştur (Reilinger ve diğ. 2006). KAFS, 1500 km uzunluğunda, Karadeniz ve Anadolu Blokları arasındaki sınırı belirleyen, aktif sağ yanal atımlı fay sistemi şeklindedir (Ketin, 1948; Ketin, 1966; Şengör, 1979; Barka, 1985; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992). KAFS, birkaç yüz metreden 10 km'ye kadar değişen genişliğe sahiptir (Bozkurt, 2001). Türkiye'nin

doğusunda Karlıova'dan başlayan KAFS, Karlıova ve Mudurnu Vadisi arasında doğudan batıya; Yedisu, Erzincan, Refahiye, Niksar, Erbaa, Ladik, Tosya, Havza, Çerkeş, Gerede'yi izler. Bu fay sistemi, Erzincan-Havza arasında KB-GD doğrultulu olup Anadolu bloku içinde bazı bölgelerde KAFS ile antitetik (R^1) bazı bölgelerde ise sintetik (P) fay zonları şeklinde balık kılçığı (fish-bone) yapısı oluşturmuştur (Şengör, 1979). Doğudan batıya doğru KD-GB doğrultulu olan bu fay zonları: sol yanal atımlı Malatya-Ovacık Fay Zonu ve Yakapınar-Göksun Fay Zonu (R^1 fault), sağ yanal atımlı Almus Fay Zonu, Yağmurlu-Ezinepazarı Fay Zonu ve Taşova-Çorum Fay Zonu (P fault) şeklindedir (Bozkurt, 2001). KAFS, Havza-Ilgaz arasında yaklaşık D-B doğrultuya sahip iken, Ilgaz'dan sonra KD-GB doğrultulu ile Gerede'yi izleyerek Mudurnu Çayı'na (Bolu) ulaşır. KAFS, Paleozoyik ve Tersiyer yığışım kompleksi içinde bir makaslama zonundan oluşmaktadır. Kuzey Anadolu Makaslama Zonu (KAMZ) olarak adlandırılan bu deformasyon zonu içinde çok sayıda havza bulunur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Çalışma alanı ve Kuzey Anadolu Makaslama Zonu ile ilişkili havzalar 1: Gelibolu, 2: Yalova, 3: Gölcük-Derince, 4: Adapazarı, 5: Düzce, 6: Bolu, 7: Çerkeş-Kurşunlu, 8: Tosya, 9: Kargı, 10: Vezirköprü, 11: Havza-Ladik 12: Taşova-Erbaa, 13: Niksar, 14: Suşehri, 15: Kamos, 16: Biçer, 17: Refahiye, 18: Erzincan, 19: Bayramiç (Etili), 20: Manyas-Ulubat, 21: Yenişehri, 22: Pamukova, 23: Merzifon, 24: Kazova (Şengör ve diğ. 2005).

Serravaliyen'den günümüze kadar yaştaki çökelleri içeren bu havzalar esas olarak üç farklı geometri gösterirler. 1: Fayların büyük sıçrama yaptığı alanlarda oluşan çek-ayır havzalar; Niksar, Taşova-Erbaa, Erzincan ve Adapazarı havzası (Şengör, 1979; Barka, 1983; Barka, 1985; Koçyiğit, 1988b; Barka ve Gülen, 1989). 2: Fay kaması havzaları; Suşehri, Gölova ve Vezirköprü havzaları (Koçyiğit, 1989; Koçyiğit, 1990; Dirik, 1993). 3: Negatif çiçek yapısı havzaları; Kazova havzası (Bozkurt ve Koçyiğit, 1996). KAMS denetiminde açılan bu havzaların stratigrafisi ve yapısal gelişimi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Irrlitz, 1972; Tatar, 1975; Hancock ve Barka,

1983; Barka ve Hancock, 1984; Barka, 1985; Barka ve diğ. 2000, Şengör ve diğ. 2005).

KAFS'nin yaşı, atımı ve jeolojik hızı ile ilgili çok farklı görüşler vardır (Çizelge 3.1). Bunların içinden temelde dördü şu şekildedir: 1. KAFS'nin Oligosen'den itibaren geliştiği belirtilmiştir (Kopp ve diğ. 1969; Okay ve diğ. 2006; Zattin ve diğ. 2010). 2. Sağ yanal atım hareketinin Orta-Geç Miyosen'de başladığı belirtilmiştir (Ketin, 1976; McKenzie, 1970; Şengör, 1979; Şengör ve diğ. 1985; Barka, 1992; Armijo ve diğ. 1999). 3. KAFS Erken Pliyosen'den sonra oluşmuştur (Şaroğlu, 1988; Emre ve diğ. 1998; Koçyiğit, 1988b; Barka ve diğ. 2000). 4. Şengör ve diğ. (2005) ise KAFS'nin doğuda Geç Miyosen'de oluştuğunu batıda Marmara Denizi'ne ulaşmasının 200 bin yıl olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 3.1 : Anadolu'nun farklı bölgelerinde KAFS'nin yaş, atım ve jeolojik hızına ilişkin parametreler.

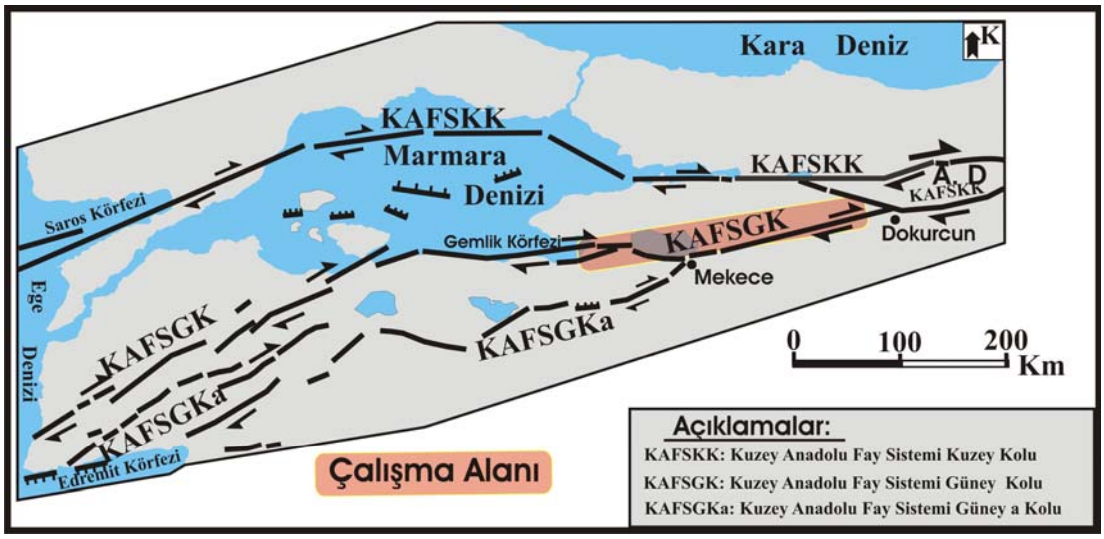
Literatür:	Kullanılan Veri:	Toplam Yerdeğiştirme:	Jeolojik Yaş:	Jeolojik Hız:
Pavoni (1961)	KAFS boyunca Jura-Kretase yaşlı birimler	350-360 km	-------	-------
Ketin (1968)	---------	Birkaç 10 km'den fazla	Pliyosen	-------
Kopp ve diğ. (1969)	Tekirdağ antiklinalinde	30 km	Oligosen	-------
Tokay (1973)	Gerede-Ilgaz arası paleotektonik birimler	60-80 km	Pliyosen	10-15 mm/yıl
Seymen (1975)	Anatolid-Torid süturu ofiyolitleri	85± 5 km	Burdigaliyen	5 mm/yıl
Bergougnan (1975)	Anatolid-Torid süturu ofiyolitleri	100-120 km	-------	
Tatar (1978)	Erzincan havzası Miyosen çökelleri	~ 30 km	Miyosen	~ 22 mm/yıl
Şengör (1979)	Anatolid-Torid süturu ofiyolitleri	~ 85 km	Burdigaliyen Pliyosen	--------
Barka (1981)	Tokat (Kargı) Kızılırmak Nehri boyunca	26± 2 km	Pliyosen	~ 22 mm/yıl
Barka, Hancock (1984)	Havza-Ladik havzasında	25± 5 km	Geç Tortoniyen Pliyosen	~ 24 mm/yıl
Sipahioğlu, Matsuda (1986)	İznik-Mekece arasında Tersiyer yaşlı kayaçlarda	~ 26 km (Marmara Bölgesi Orta Kolu)	-------	-------
Dewey ve diğ (1986)	Sütur kuşağı boyunca	85±5 km	Geç Miyosen - Erken Pliyosen	3.9 – 8.9 mm/yıl
Barka, Gülen (1988)	Karlıova-Varto arası sütur zonunda	30± 5 km	Geç Miyosen	5-10 mm/yıl
Şaroğlu (1988)	Karlıova civarı fay zonundaki volkaniklerde	~ 7.5 km	Geç Pliyosen	-------
Şaroğlu (1988)	Gerede-Yeniçağ arası Eosen yaşlı volkaniklerde	~ 25 km	--------	--------
Koçyiğit (1989)	Suşehri havzası Lütesiyen yaşlı volkaniklerde	~ 35 km	--------	---------
Koçyiğit (1988a)	Geyve havzası, Sakarya Nehri'nde	~ 22 km	--------	---------
Barka (1992)	Sütur kuşağı boyunca aynı litolojideki Paleozoyik yaşlı birimler arasında	25-45 km	Alt Pliyosen	---------
Yaltırak (2002)	Gemlik Körfezi ve İznik Gölü arası ile İznik-Yenişehir zonunun toplamı olarak Geyve havzasında Sakarya Nehri üzerinde	18 km (Marmara Bölgesi Orta kolunda)	---------	---------
Yaltırak (2002)	Adapazarı-Düzce arası, Paleosakarya Nehri vadisinde	~ 58 km (Marmara Bölgesi Kuzey Kolunda)	---------	---------

3.2 Marmara Bölgesi'nde KAFS

KAFS, Marmara Bölgesi'nde Anadolu'nun doğusuna göre farklı geometride izlenir (Yılmaz ve diğ. 1995; Barka ve Kuşçu, 1996; Barka, 1997; Emre ve diğ. 1998; Yaltırak, 2002; Şengör ve diğ. 2005). Marmara Bölgesi'nde KAFS, Almacık Dağı yükseliminin kuzey ve güney kenarında Mudurnu Çayı ile Sapanca Gölü arasında farklı iki kol oluşturur. Yükselimin kuzey kenarını izleyen hat, D-B ve KD-GB doğrultu ile; Bolu, Düzce, Gölyaka, Arifiye, Sapanca Gölü, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve Ganos Dağı güney eteğini takiben Saros Körfezi'ne girer (Barka, 1992; Barka ve Kuşçu, 1996; Yaltırak, 2002). Almacık Dağı güney hattı ise; Bolu güneyi Mudurnu Çayı Vadisi'nden Dokurcun'a kadar uzanarak buradan tekrar iki kola ayrılır. Kuzey kol; Dokurcun, Akyazı ve Sapanca Gölü arasında KB-GD ve D-B doğrultulu olarak Kuzey Anadolu Fay Sistemi Kuzey Kolunun (KAFSKK) batı ucunu oluşturur (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Şaroğlu ve diğ. 1987; Barka ve diğ. 1987; Şaroğlu, 1988; Barka ve diğ. 1996).

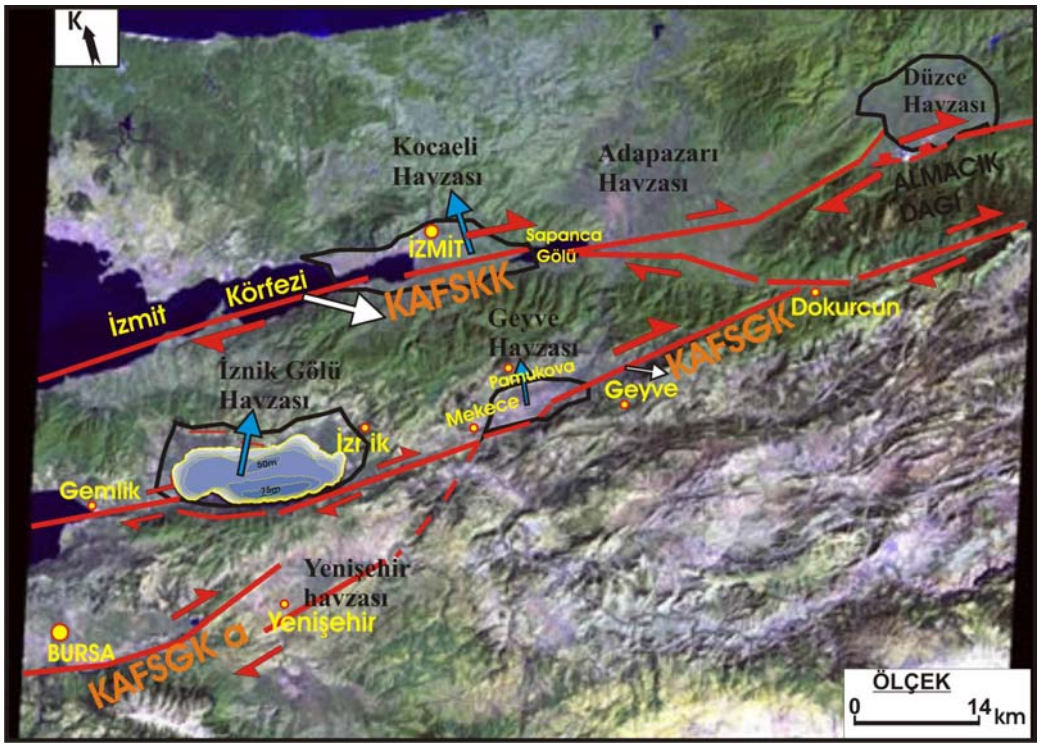
Marmara Bölgesi'nde KAFS Almacık Dağı güney kesiminde Dokurcun'dan (Sakarya) itibaren; Geyve (Koruboğazı), Geyve, Mekece ve İznik arasını KD-GB ve D-B, İznik Gölü güney kenarı ve Gemlik Körfezi arasını ise KB-GD ve D-B doğrultu ile izler. Bandırma'ya kadar uzanan bu kol; Barka (1992), Barka (1997), tarafından Orta, Şengör ve diğ. (2005) tarafından ise Güney kol olarak tanıtılmış olup; KD-GB doğrultu ile Biga, Çan, Bayramiç'i izleyerek Ege Denizi'ne girer (Barka, 1992; Şaroğlu, 1988) (Şekil 3.3).

Bu tez çalışmasında bu kol güney kol olarak tanıtılacaktır (KAFSGK). KAFS'nin Geyve ile Gemlik Körfezi arasındaki bu kolu, Mekece güneyi Sakarya Nehri vadisinden itibaren; KD-GB doğrultu ile bir kola daha ayrılarak, sağ yanal atım etkin oblik normal fay zonu şeklinde; Yenişehir, Bursa güneyi, Ulubat Gölü, Mustafakemalpaşa, Manyas Gölü, Yenice, Gönen ve Pazarköy'ü takiben Edremit Körfezi'nden Ege Denizi'ne girer. Barka (1992) ve Barka (1997)'de güney kol olarak adlanan bu kol ise bu tez çalışması ile KAFS'nin KAFSGKa olarak adlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki geometrisi ve çalışma alanı (A. D: Almacık Dağı) Barka (1992,1997)'den değiştirilerek.

KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey ve güney kolları bazı havzaları açmış ve deforme etmiştir (Şekil 3.4). Kuzey kolun Almacık Dağı kuzey kesimi Düzce ovasını açmış ve deforme etmiştir (Barka, 1983; Barka, 1992). Pucci ve diğ. (2007) Düzce havzasının KD-GB doğrultulu yüzey kırıkları (Coseismic Fault Trace, CFT) ve geniş bir deformasyon zonu içinde yer alan daha eski KB-GD doğrultulu sintetik fay sistemleri (RFS, Riedel Fault System) ile günümüzdeki şeklini aldığını belirtmiştir. Ayrıca KAFS kuzey kolu doğudan batıya doğru Sakarya, Sapanca Gölü ve Kocaeli havzalarını denetleyerek İzmit Körfezi'nden D-B doğrultu ile Marmara Denizi'ne girer (Şengör, 1979; Barka, 1992, 1993; Barka ve Kuşçu, 1996). Şengör ve diğ. (2005)'e göre KAFS'i, KAMZ ile denetlenen bu havzaları keser.



Şekil 3.4 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey ve güney kolları üzerindeki havza alanları (kısaltmalar Şekil 3.3'te açıklanmıştır).

İzmit Körfezi batısına doğru Marmara Denizi'ne açılan alanda KAFSKK'nun D-B doğrultusu, KB-GD'ya döner ve Çınarcık çukurluğunu denetleyip, merkez sırtı D-B doğrultu ile denetler ve keser. Kumburgaz çukurluğunu ise KD-GB doğrultu ile izleyen KAFSKK, Orta Marmara çukurluğunu batı sırtı kesen D-B doğrultulu ana segment ile denetler. Marmara Denizi'nin en batısında sağ yanal atımlı fay sisteminin denetiminde oluşan diğer batimetrik unsur Tekirdağ çukurluğu olup, KD-GB doğrultulu Ganos fayı ile D-B doğrultulu Batı segment arasında açılmış çek-ayır havza niteliğindedir. KAFSKK, Ganos fayı ile KD-GB doğrultulu olarak Saros Körfezi'ne girer (Yaltırak, 1996; Yaltırak ve diğ. 1998; Kaya ve diğ. 2004), (Şekil 3.3). KAFSKK, Marmara Denizi'nde; Çınarcık, Orta Marmara, Kumburgaz ve Tekirdağ havzalarını sağ yanal atımın çekme bileşeni ile denetler. Havzalar ile iç içe, uzun eksenleri KD-GB olan merkez ve batı sırtları ise sağ yanal atımlı oblik ters faylar oluşturur ve deforme eder (Barka ve diğ. 1987; Barka, 1992; Okay ve diğ. 1999; Okay ve diğ. 2000; İmren ve diğ. 2001; Le Pichon ve diğ. 2001; Armijo ve diğ. 2002).

Marmara Denizi içinde, KAFSKK'nun denetlediği havzaların benzerleri KAFSGK üzerinde de gelişmiş olup bunlar doğudan batıya doğru Geyve-Pamukova ve İznik havzalarıdır. Bu havzalar KD-GB ve D-B doğrultulu sağ yanal atımlı faylar ile

denetlenerek deforme edilir (Barka, 1985; Sipahioğlu ve Matsuda, 1986; Eisenlohr, 1995; Koçyiğit, 1988a; Eikichi ve diğ. 1998).

3.3 KAFS Marmara Bölgesi Güney Kolu (KAFSGK)

KAFS, Şekil 3.4'e göre Marmara Bölgesi'nde bir at kuyruğu yapısı sergiler. KAFSGK, önceki çalışmacılar tarafından haritalanmış ve farklı adlanmıştır (Ketin, 1966; Akartuna, 1968; Arpat ve Şaroğlu, 1975; Şengör, 1979; Bargu, 1982; Barka ve diğ. 1987; Barka, 1992; Emre ve diğ. 1998; Koçyiğit, 1988a; Şaroğlu ve diğ. 1987; Yılmaz ve diğ. 1995; Yaltırak, 2002).

Bu tez çalışması ile KAFSGK ayrıntılı olarak haritalanmış olup tezin yapısal jeoloji bölümünde daha ayrıntılı bilgileri belirtilen faylar büyükten küçüğe; zon, fay ve segment esasına göre adlanmıştır. Almacık Dağı güney koridorundan itibaren KD-GB doğrultu kuzey koldan ayrılan KAFSGK, Geyve havzası güneybatı kenarında D-B doğrultu kazanarak Geyve ile Pamukova arasındaki alanda Geyve Fay Zonunu (GFZ) oluşturur. Mekece-İznik arasında da KD-GB genel doğrultuya sahip olan KAFSGK, Kaynarca'nın güneybatısı ve İznik havzası güneydoğu kenarında D-B doğrultu ile izlenir. İznik havzası güneybatı kenarında KB-GD doğrultu devam eden bu kol, Mekece-İznik Gölü en batısı arasında ve İznik ile Orhangazi arasında ise İznik Fay Zonu (İFZ) ile tanımlanmıştır. Gölün daha batısında Karsak'tan iki kola ayrılan KAFSGK'nun bir kolu KD-GB doğrultulu Gençali fayı olarak Karsak Boğazı güneybatısına devam eder. Diğer kol ise kuzeye sıçrama ile D-B doğrultu ile Gemlik Körfezi'ne girer. Karsak'tan Gemlik Körfezi'ne kadar olan bu deformasyon alanı ise Gemlik Fay Zonu (GMFZ) ile adlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey, güney kolları ile güney kolun oluşturduğu fay zonları ve bu kol üzerindeki havzalar.

Yukarıda belirtilen bu fay zonlarının Mekece-İznik koridoru, Gemlik-Karsak koridoru Geyve-Pamukova ve İznik havzalarındaki morfoloji ve havza içi çökellerde

oluşturduğu tüm deformasyon verileri tez çalışmasının morfotektonik ve yapısal jeoloji bölümünde ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

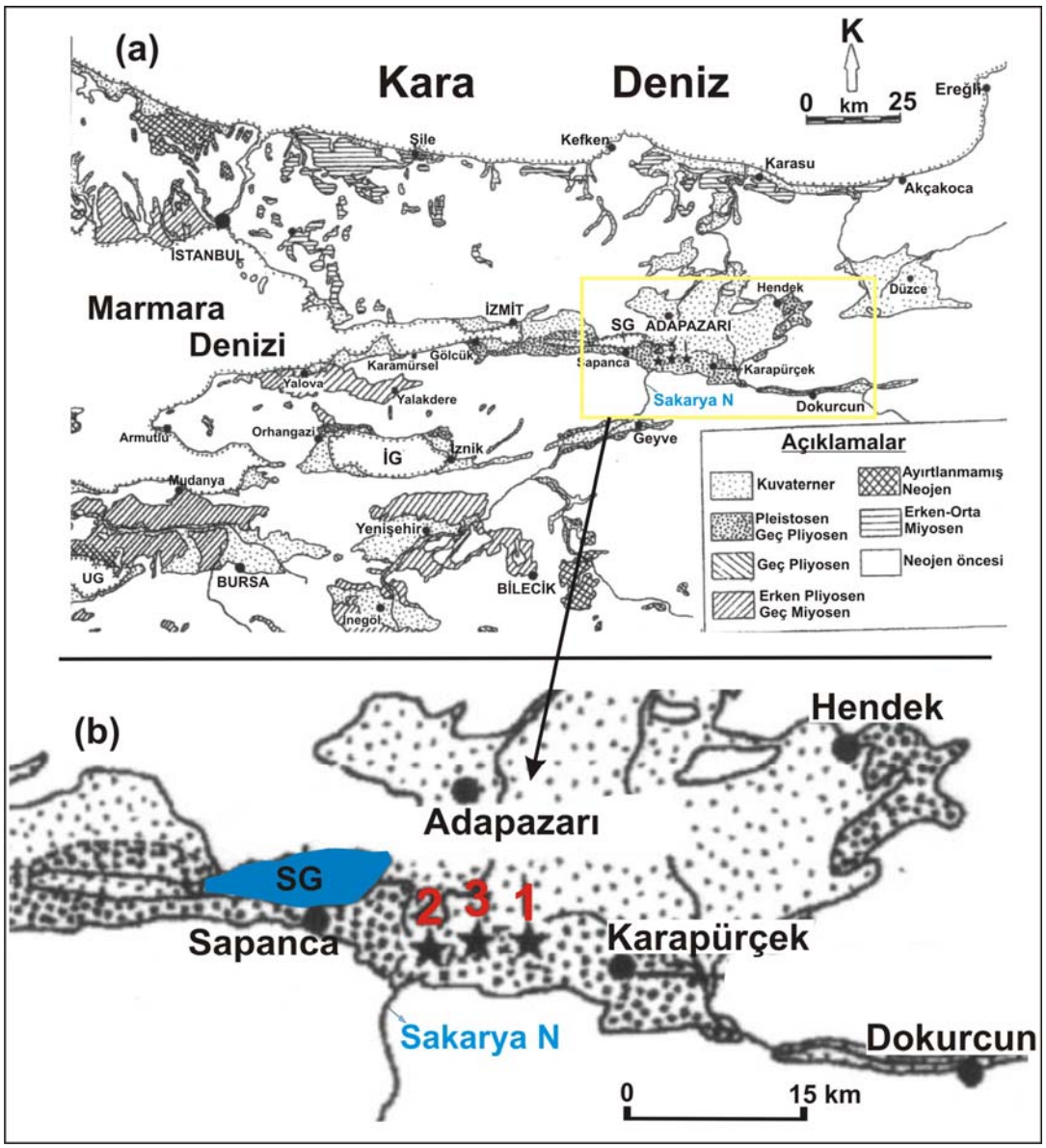
4. STRATİGRAFİ

Bu bahiste Mekece-İznik Koridoru, Geyve-Pamukova ve İznik Gölü havzalarının dolgusunu oluşturan Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel birimler ele alınacaktır.

4.1 Geyve-Pamukova Havzasının Pliyo-Kuvaterner Stratigrafisi

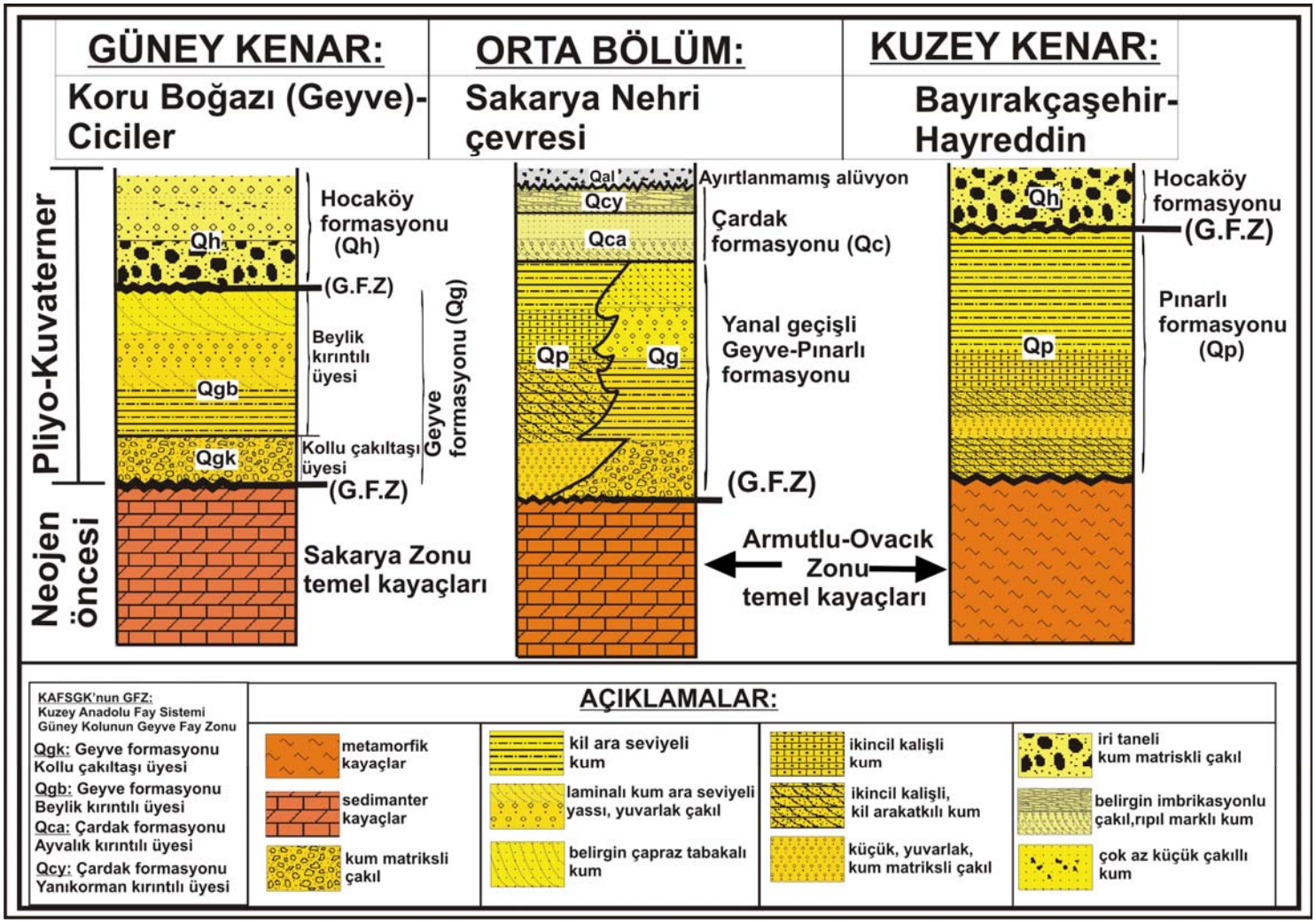
İnceleme alanındaki önceki çalışmacılar Geyve-Pamukova havzasındaki çökelleri farklı özelliklerde tanımlamıştır. Bölgenin kuzeyinde İzmit Körfezi – Sapanca Gölü koridorunun güneyinde ve Samanlı Dağları'nın kuzey eteğinde yüzeyleyen genç çökeller Gastropod, Lamellibranş ve Mollusk türü fosiller ile Ponsiyen-Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır (Akartuna, 1968). Akartuna ve Atan (1981) ise Geyve-Pamukova havzasının güney ve kuzeydoğu kesiminde yüzeyleyen neotektonik dönem çökellerini Çınardibi formasyonu olarak tanıtmıştır. Bu yazarlara göre birim kalın tabakalı kumtaşı, silttaşı ve marn seviyelerinden oluşmuş olup, kuzeydeki çökeller ile benzer kabul edilerek Ponsiyen-Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Koçyiğit (1988a) ise Geyve-Pamukova havzasındaki neotektonik dönem çökellerini, litostratigrafik olarak, alttan üste doğru; A, B, C, D, E üyelerinden oluşan Doğantepe formasyonu olarak adlamıştır. Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimin A üyesi aktif fay ilişkili kolüvyal (colluvial), B üyesi saç örgüsü şekilli akarsu, C üyesi alüvyal yelpaze önü, D ve E üyeleri ise yanal geçişli bataklık çökelleri olarak belirlenmiştir. Emre ve diğ. (1998), Geyve-Pamukova havzasındaki çökelleri, Adapazarı ovası güneyindeki Karapürçek formasyonu adıyla tanımlamış ve haritalamıştır. Birimin Değirmendere üyesi konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından Kumbaşı üyesi kil, silt, kum ve flüvyal çakıldan Hendek üyesi ise konglomera, kumtaşı silttaşı, ve kiltaşından oluşur. Ünay ve diğ. (2001), Karapürçek formasyonunu içindeki rodent faunasına ait fosillere göre Üst Pliyosen – Pleistosen (Villaniyen) olarak yaşlandırmıştır. Yazar, Adapazarı ovasının güneyi, Karapürçek batısı; Değirmendere, Kumbaşı ve Çaybaşı'ndan topladığı fosil örnekleri ile Karapürçek formasyonunu yaşlandırmıştır. Birimin İzmit Körfezi – Sapanca Gölü havzası çökellerinin en

altında yer aldığını ve KAFSKK'nun da birimle eş yaşlı olduğunu belirtmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Geç Pliyosen – Pleistosen yaşlı Karapürçek formasyonunun: (a) Marmara Bölgesi'ndeki haritası, (b) fosil lokasyonları. İG: İznik Gölü, UG: Uluabat Gölü, SG: Sapanca Gölü, 1: Değirmendere, 2: Kumbaşı, 3: Çaybaşı (Ünay ve diğ. 2001).

Geyve – Pamukova havzasında temel kayaçların üzerine gelen çökeller, yukarıda belirtilen iki ayrı çalışma ile farklı şekilde olmak üzere Ponsiyen – Pleistosen aralığında yaşlandırılmıştır (Akartuna, 1968; Ünay ve diğ. 2001). Bu tez çalışmasında da ayrıntılı litofasiyes özellikleri belirlenen Geyve – Pamukova havzası çökelleri, yukarıda yaşlandırılan çökellere benzediği için, Pliyosen'den daha yaşlı olamayacağı düşünülmüş ve Pliyo – Kuvaterner yaşlı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.2 : Geyve-Pamukova havzasının kuzey, orta ve güney kesiminin genelleştirilmiş stratigrafi kesitleri.

Geyve-Pamukova havzası D-B yönünde 24 km (Koruboğazı-Mekece) uzunluğunda ve K-G yönünde 6 km (Ciciler-Hayreddin) genişliğindedir. Bu tez çalışması ile havzada Pliyosen'den Holosen'e kadarki zaman aralığında çökelmiş olan havza çökelleri irdelenmiş, litofasiyes detayları belirlenerek ayırtlanmış ve Sakarya Nehri'nin güney, orta ve kuzeyinde olmak üzere üç ayrı çökelme alanında haritalanmıştır (Şekil 4.2), (Ek-1). Güney kenarda iki formasyon ayırt edilmiş olup en altta yer alan Geyve formasyonu (Qg) iki üyeye ayrılmıştır. Birimin tabanında Kollu çakıltaşı üyesi (Qgk) bulunmakta, bunun üzerine ise Beylik kırıntılı üyesi (Qgb) uyumlu gelmektedir. Daha üstteki Hocaköy formasyonu (Qh) ise bu birimleri uyumsuzlukla örter.

Havzanın orta bölümünde ise temel kayaçların üzerine uyumsuzlukla gelen Geyve ve Pınarlı formasyonları birbirleri ile yanal geçişlidir. Bu birimler üzerine altta Ayvalık (Qca) tavanda ise Yanıkorman (Qcy) olmak üzere iki kırıntılı üyeye ayrılan Çardak formasyonu (Qc) uyumsuzlukla gelir.

Havzanın kuzey kenarında altta Pınarlı formasyonu (Qp) ile onu uyumsuzlukla örten Hocaköy formasyonu (Qh) yer alır.

4.1.1 Geyve-Pamukova havzasının güneyinin Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi

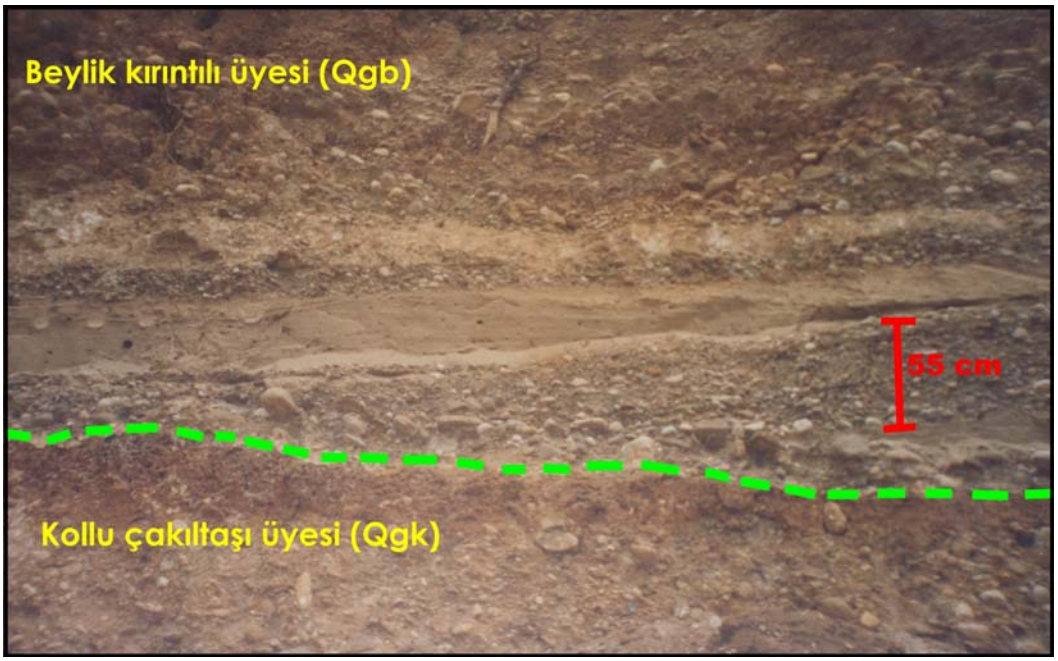
4.1.1.1 Geyve formasyonu (Qg)

Bu formasyon Geyve – Pamukova havzasında D-B uzanımlı Sakarya Nehri'nin güneyinde doğudan batıya doğru; Koruboğazı mevkii, Sarıgazi, Çengel, Bozviran, Kozan, Bayat ve Ciciler köylerinde 80-130 m arasında değişen topoğrafik yükseltilerde yüzeyler (Şekil 4.3).

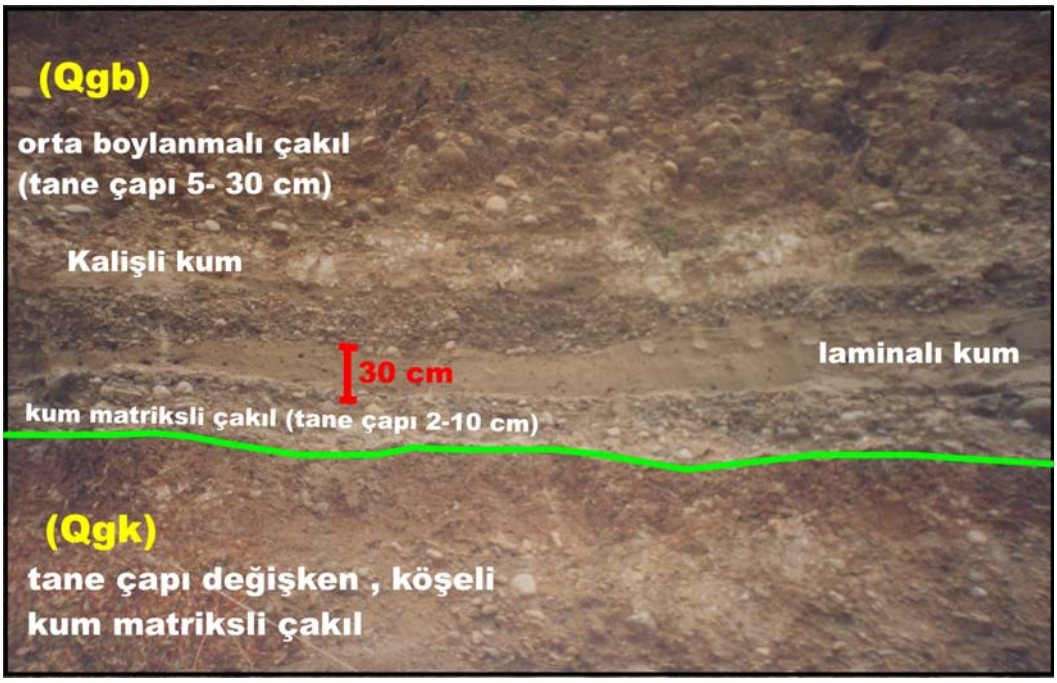


Şekil 4.3 : Ciciler'de Geyve formasyonunun yayvan topoğrafyadaki görünümü (bakış batıyadır).

Birim Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı olmak üzere ikiye ayırtlanmıştır. Geyve formasyonunun en alt kesimini oluşturan ve 1/25.000 ölçeğinde haritalanabilecek kadar geniş yayılımı olmayan Kollu çakıltaşı üyesi iri taneli kum matriksli çakıllardan oluşmaktadır. Geyve, Sarıgazi, Bozviran, Bayat ve özellikle Ciciler Köyü'nün Kollu mevkiinde izlenen üyenin görünür kalınlığı en fazla 20 m'dir. Kollu çakıltaşı üyesi kahverengi ve tonları ile izlenir. Birim içinde tabakalanma ve imbrikasyon belirgin olmayıp herhangi bir sedimanter yapı izlenmez. Kollu üyesi çakıllarının tane çapı 10-30 cm arasında, yuvarlaklık ve küreselliği kötü, matriksi kum, tutturulma derecesi zayıftır (Şekil 4.4). Üye çakıllarının tane çapı değişkenliği, tanelerin kötü boylanması çökelme ortamı enerjisinin yüksek olduğunu anımsatır (Şekil 4.5). Birimin tane kökeni Geyve güneyi, Sarıgazi ve Ciciler'de çoğunlukla Gölpazarı Grubuna ait kumtaşlarından oluşurken, Bozviran ve Bayat'ta ise bu tanelere Vezirhan, Bilecik ve Soğukçam formasyonlarının değişik özellikteki kireçtaşları katılır. Önceki çalışmacıların çalışma alanının kuzeyinde yaptığı yukarıda bahsedilen yaşlandırmalar ve stratigrafik pozisyonu dikkate alınarak, Geyve-Pamukova havzasındaki Geyve formasyonunun tabanını oluşturan Kollu çakıltaşı üyesi, Pliyo-Kuvaterner dönemin en yaşlı birimi olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4 : Ciciler'de Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin ilişkisi. Qgk: yakın kaynaklı kum matriksli çakıl, Qgb: kum araseviyeli uzak kaynaklı kum matriksli çakıl.



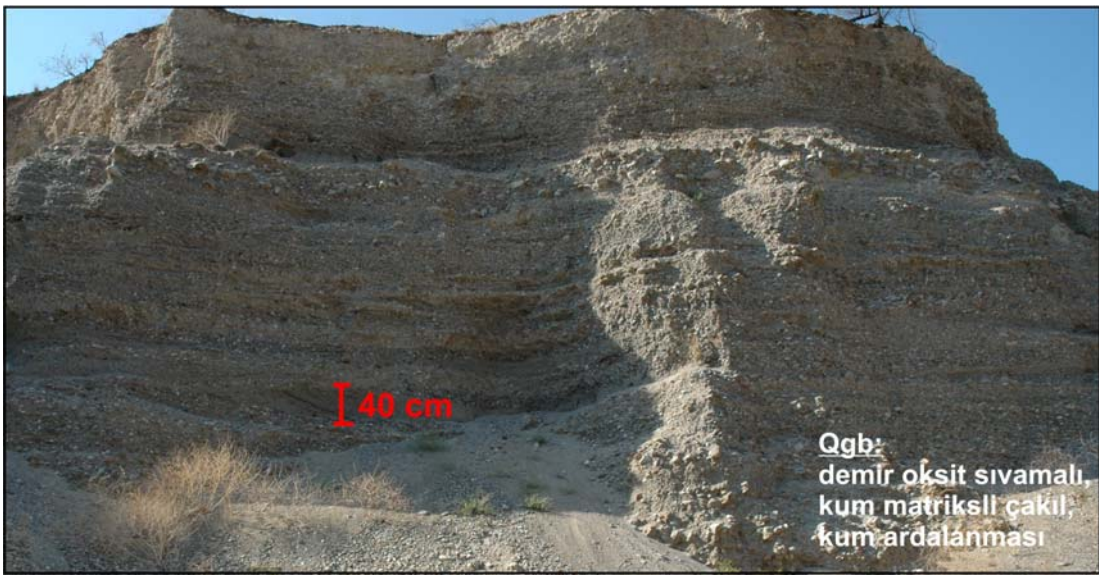
Şekil 4.5 : Ciciler'de Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin litolojisi.

Kollu çakıltaşı üyesi, yukarıda belirtilen litolojisi ve sedimanter özellikleri ile Sakarya Nehri vadisinde hem Sakarya Nehri'nin hem de bu nehre bağlanan diğer küçük kolların oluşturduğu nehir malzeme akıntısı çökellerine benzer. Jakob ve Friele (2010) tarafından da Kanada'da Cheekye Nehri civarında tanımlanan köşeli, kum matriksli farklı tane çaplı, kötü tutturulmuş çakıl birimi, Kollu çakıltaşı üyesine benzer. Yine bu üyeye benzeyen bir başka birim Kanada'da Squamish Nehri civarında Holosen yaşlı tanıtılmıştır (Eisbacher, 1983). Yazar, birimi %50'den fazlası kum matriksli kötü boylanmış çakıl, %10-30 arasında ise silt ve kil'den oluşan malzeme akıntısı çökeli olarak tanımlamıştır. Kollu çakıltaşı üyesinin ise hemen hemen tamamı kum matriksli kötü boylanmış çakıllardan oluşur.

Buna göre Kollu çakıltaşı üyesi, Sakarya Nehri vadisinde havza açılımının jeolojik evrimine bağlı olarak gelişmiş farklı boyuttaki kötü boylanmalı çakıl taneleri ile akarsuyun yüksek enerjili evresinde oluşmuş malzeme akıntısı (debris-flow) çökelidir. Havza güneyindeki Sakarya Zonu temel birimlerini Ciciler'de diskordans ile örten Kollu çakıltaşı üyesi Ciciler–Bayat arasında ise Beylik kırıntılı üyesi tarafından konkordan olarak örtülür.

Geyve formasyonunun en kalın seviyesini Beylik kırıntılı üyesi oluşturur. Birimin üstünü oluşturan bu üyenin izlenebilen en az kalınlığı 40 m'dir. Üye, havzanın güney kenarında Geyve güneyi ve batıya doğru Sarıgazi, Bozviran, Çengel, Kozan, Bayat

ve Ciciler köyleri ve Beylik mevkiinde izlenir. Beylik kırıntılı üyesi: kum matriksli çakıl, kum ardalanmalı çakıl, kil ara seviyeli kum-sade kum seviyelerinin ardalanmasından oluşur (Şekil 4.6, 4.7, 4.8).



Şekil 4.6 : Ciciler'de, Beylik kırıntılı üyesinin kum araseviyeli çakıllarının yatay tabakalı görünümü (bakış batıyadır).



Şekil 4.7 : Ciciler'de Beylik kırıntılı içinde yassı-yuvarlak çakıl, kum ardalanmasının görünümü (bakış doğuyadır).

Beylik kırıntılı üyesi arazide sarı, açık kahverengi ve açık gri renklerde izlenir (Şekil 4.7). Kum matriksli çakıllar yassı, yuvarlak ve iyi boylanmıştır. Çakılların petrografik bileşiminin şist, çört, şeyl, granit, serpantin gibi kayaçlardan oluşması tane kaynağının farklı birimlerden türediğini gösterir. Havzanın görünür güney

temelindeki birimlerin kayaçları genellikle kireçtaşı, çört, kumtaşı ve kiltaşından oluştuğuna göre birimin çakılları uzak kaynaklıdır. Ayrıca tanelerin iyi yassılaşmış, yuvarlanmış ve boylanmış olması da bu bilgiyi destekler.



Şekil 4.8 : Bozviran doğusunda Beylik kırıntılı üyesinin nokta seti fasiyesine ait açık kahverengi kum seviyesinin genel görünümü (bakış doğuyadır).

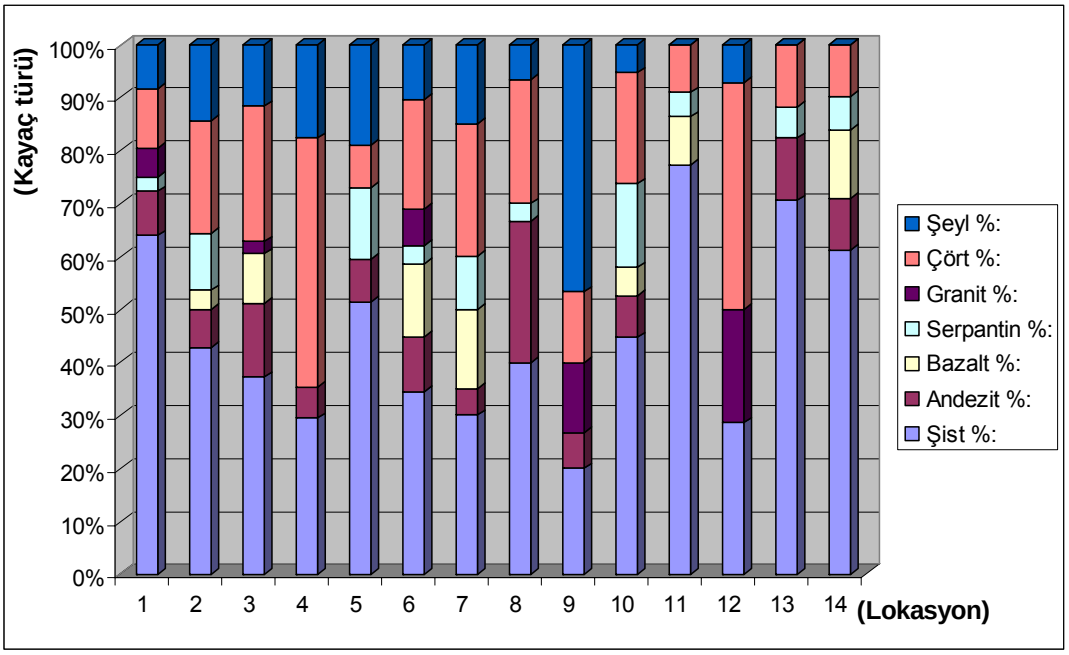
Beylik kırıntılı üyesinin kum matriskli çakıllarının tane çapı 5-20 cm arasında değişir. Birimin kum ardalanmalı çakıl seviyelerinde ise tane boyu 2-10 cm'dir. Genellikle sarı ve açık kahverengi renklerinde izlenen kumlar kötü tutturulmuş olup tabaka içi yapı olarak yer yer laminasyon izlenir. Ayrıca üyenin tabakalanması yarı belirgin-belirgindir.

Üye içindeki litolojik seviyelerin hemen hepsinde ve farklı lokasyonlarda çakılların makro kayaç türü analizi yapılmış olup kaynak kayacın güney blokun su bölümü içinde kalan temel birimlerden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Bunun sonucu olarak inceleme alanının güney su bölüm çizgisinin çok daha güneyindeki temel birimlerden de üyeye önemli yoğunlukta tane katılımı olduğu ortaya çıkar.

Çizelge 4.1 : Beylik kırıntılı üyesi içindeki çakılların petrografik dağılımı.

Lok No:	Enlem	Boylam	Analiz edilen çakıl adedi	Şist	Andezit	Bazalt	Serpantin	Granit	Çört	Şeyl
1	40^0 29'	30^0 18'	36	23	3	0	1	2	4	3
2	40^0 29'	30^0 16'	28	12	2	1	3	0	6	4
3	40^0 28'	30^0 15'	43	16	6	4	0	1	11	5
4	40^0 28'	30^0 13'	17	5	1	0	0	0	8	3
5	40^0 28'	30^0 12'	37	19	3	0	5	0	3	7
6	40^0 28'	30^0 11'	29	10	3	4	1	2	6	3
7	40^0 28'	30^0 10'	20	6	1	3	2	0	5	3
8	40^0 27'	30^0 08'	30	12	8	0	1	0	7	2
9	40^0 26'	30^0 03'	15	3	1	0	0	2	2	7
10	40^0 26'	30^0 04'	38	17	3	2	6	0	8	2
11	40^0 26'	30^0 05'	22	17	0	2	1	0	2	0
12	40^0 26'	30^0 06'	14	4	0	0	0	3	6	1
13	40^0 27'	30^0 07'	17	12	2	0	1	0	2	0
14	40^0 28'	30^0 13'	31	19	3	4	2	0	3	0

Çizelge 4.1'de izlenen kayaç cinslerinin grafik diyagramları da yapılmış olup üye içindeki tane petrografisinin toplam numune içindeki oranları ayrı ayrı belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Beylik kırıntılı üyesi içindeki ve Çizelge 4.1'deki lokasyonlara göre kayaç yüzdelerinin dağılımı.

Beylik kırıntılı üyesinin genellikle kum matriksli çakıl seviyesi içinde siyah renkli ve eli boyayan bazı sıvamalar izlenmiştir. Bu sıvamaların türünü ve nedenini belirlemek amacıyla havzanın güney kenarında Geyve-Ciciler arasındaki, Çizelge 4.1'de belirtilen lokasyonlardan alınan örnekler önce 100 mesh altında öğütülmüş daha sonra ise 105 C^0 etüvde iki saat kurutulmuştur. Kurutulan örneklerden 0,1 gram hassas terazide tartılarak teflon kaplara alınmıştır. Teflon kaplardaki her bir örneğin üzerine;

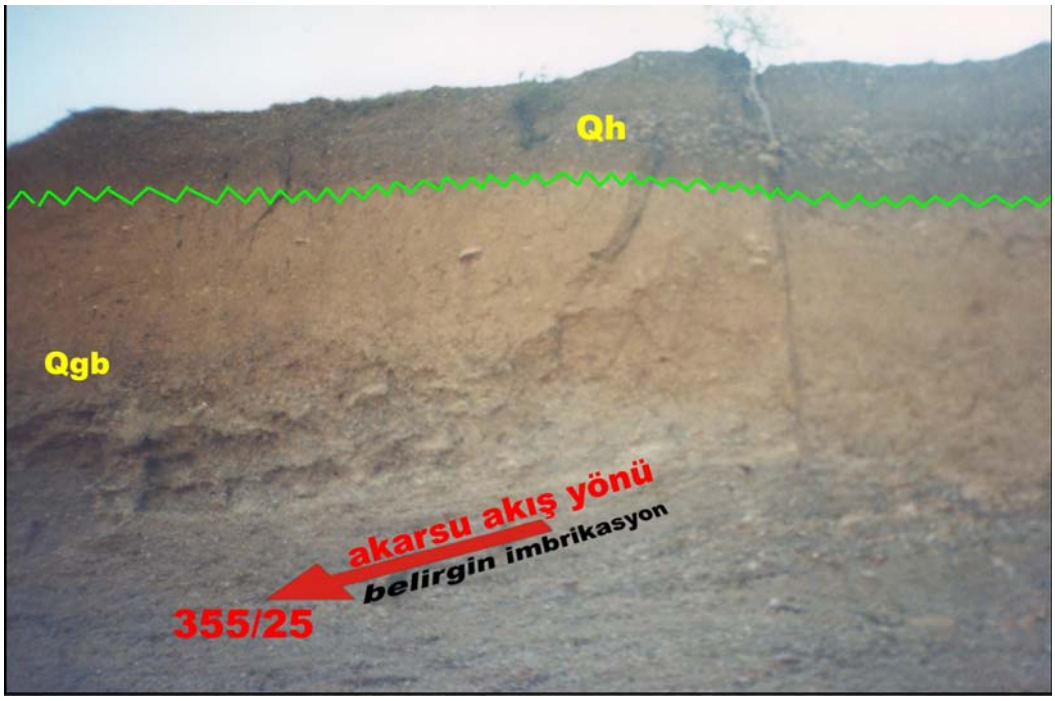
10 ml $HCLO_4$ + 5 ml HNO_3 + 5 damla H_2SO + yaklaşık 20 ml HF

asitleri eklenerek 200C^0 etüvde çözünmeye bırakılmıştır. Örnekler tamamen kuruduktan sonra 5 ml HCL ile saf su ısıtılıp filtre kağıdı geçirilmiş hunilerden süzülerek 100 ml'lik cam balon jojelere alınıp saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. 100 ml'ye tamamlan örnekler, Fe ve Mn lambaları kullanılarak atomik absorsiyon cihazında okunmuştur (Örgün, 2008). Bu değerlere göre her örnekte demir içeren Fe_2O_3 miktarı, MnO miktarına oranla daha fazla izlendiğinden birimdeki siyah izlerin demir oksit sıvaması olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bu sıvamaların, Şekil 4.9'da belirtilen farklı petrografik bileşimdeki çakıl tanelerinin uzun mesafeden taşınması esnasında bünyelerindeki demir elementinin çözünmesi ve daha sonra geçirimli zonlarda yoğunlaşarak bu zonları oluşturan tanelere tutunması şeklinde oluştuğu belirtilebilir.

Çizelge 4.2 : Beylik kırıntılı üyesi içinden alınan örneklerin demir ve mangan oksit değerleri.

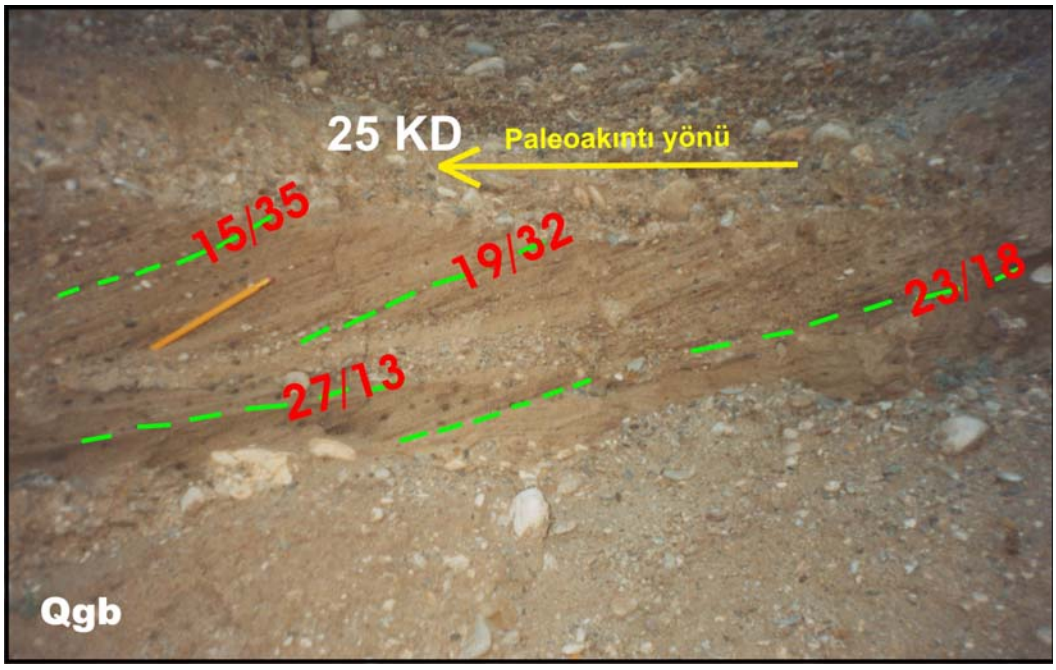
Örnek No	Enlem	Boylam	$FeO+Fe_2O_3$ (mg/l) %	MnO (mg/l) %
1	40^0 26^1	30^0 05^1	3.15	0.18
2	40^0 26^1	30^0 03^1	3.15	0.30
3	40^0 26^1	30^0 07^1	3.00	0.18
4	40^0 26^1	30^0 04^1	2.86	0.19
5	40^0 29^1	30^0 19^1	3.00	0.28
6	40^0 29^1	30^0 16^1	3.00	0.18

Üye içindeki kum matriskli çakıl seviyelerinde belirgin imbrikasyon olup kumlu kesimlerde ise laminasyon yarı belirgin-belirgindir (Şekil 4.10). Birim içindeki demir oksit sıvamaları ise imbrike olmuş tanelerin yüzeyinde zar şeklindedir.

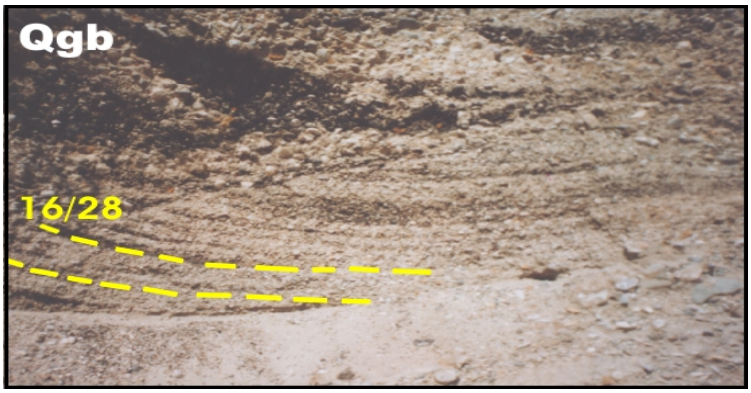


Şekil 4.10 : Kozan Köyü güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriskli çakıl düzeyleri içinde gelişmiş çakıl imbrikasyonu ve Hocaköy formasyonu ile ilişkisi (bakış doğuyadır).

Üye içindeki bu imbrikasyon, çökeli geliştiren akarsuyun akış (paleoakıntı) yönü hakkında bilgi verir. Birimde belirgin imbrikasyon ve yarı belirgin küçük ölçekli levha tipi çapraz tabakalanma izlenirken tabaka kalınlığı 5-40 cm arasında değişir. Ayrıca kum seviyeleri içinde izlenen düzlemsel tip çapraz tabakalanmanın eğim yönü de paleoakıntı yönüne paraleldir. (Şekil 4.11, 4.12).

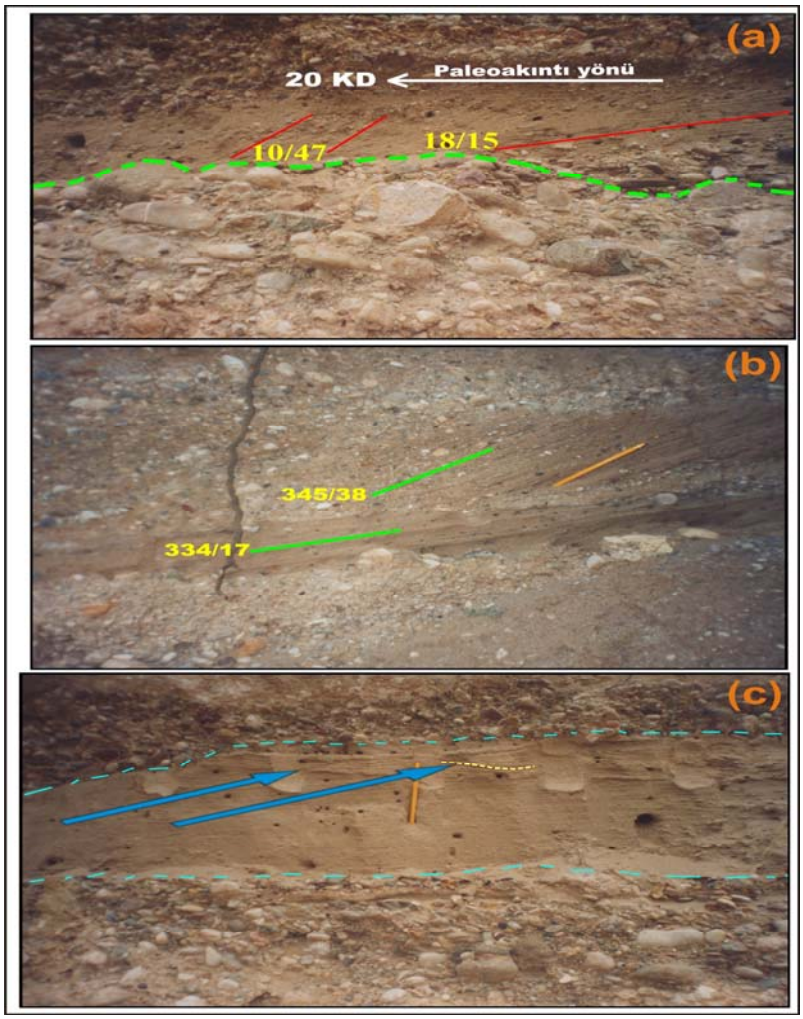


Şekil 4.11 : Ciciler doğusunda Beylik kırıntılı üyesinin kumlu seviyelerinde izlenen levha şekilli çapraz tabakalanma ve paleoakıntı yönünün görünümü (bakış güneyedir).



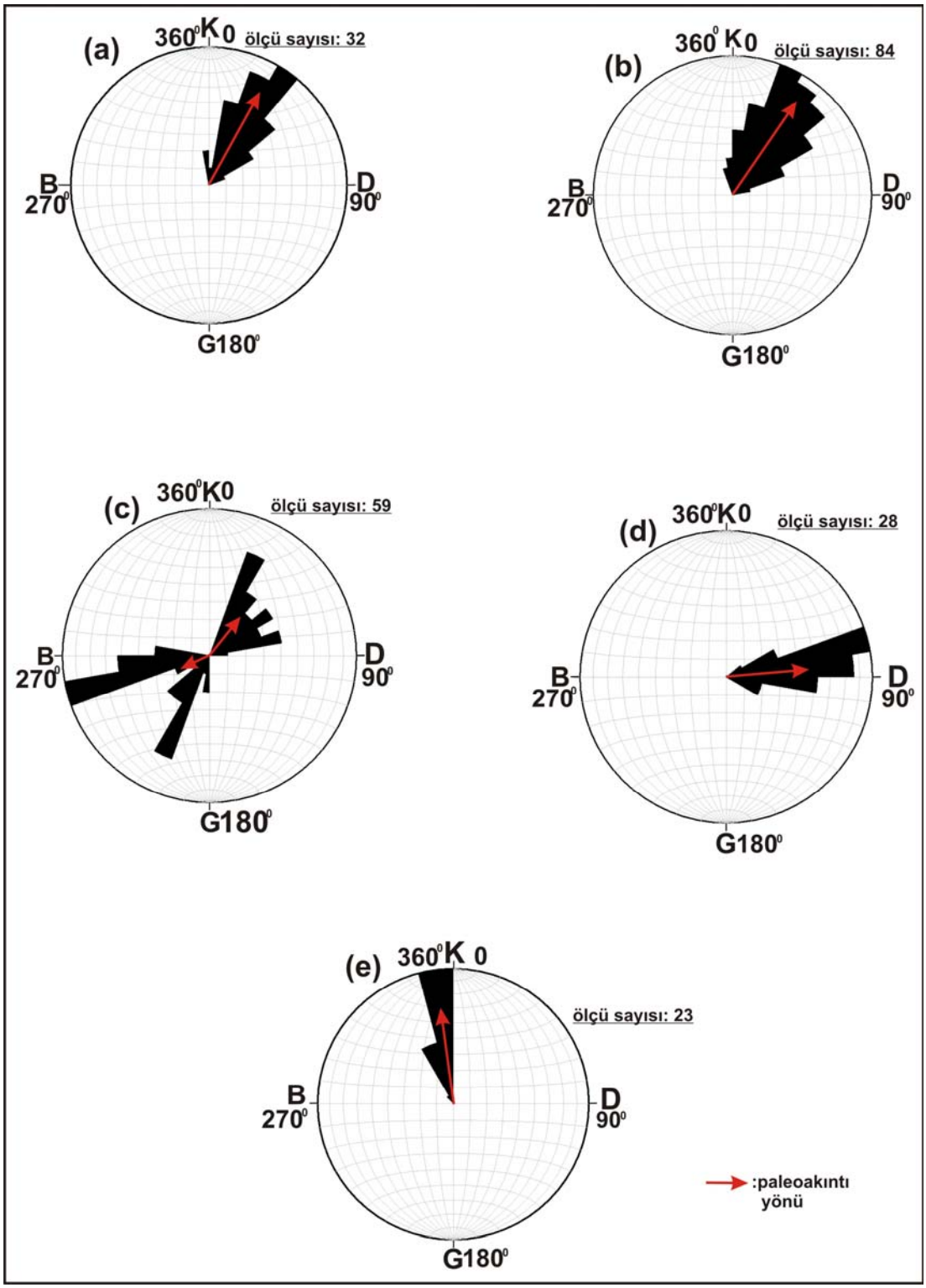
Şekil 4.12 : Bayat Köyü güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriksli çakıl seviyelerinde izlenen paleoakıntı yönü ve tekne tipi çapraz tabakalanma (bakış güneyedir).

Birimi geliştiren paleoakıntı yönü ile birebir ilişkili olan Beylik kırıntılı üyesi içindeki imbrikasyon ve laminasyon, farklı konumlarda ve türlerde izlenir (Şekil 4.13).



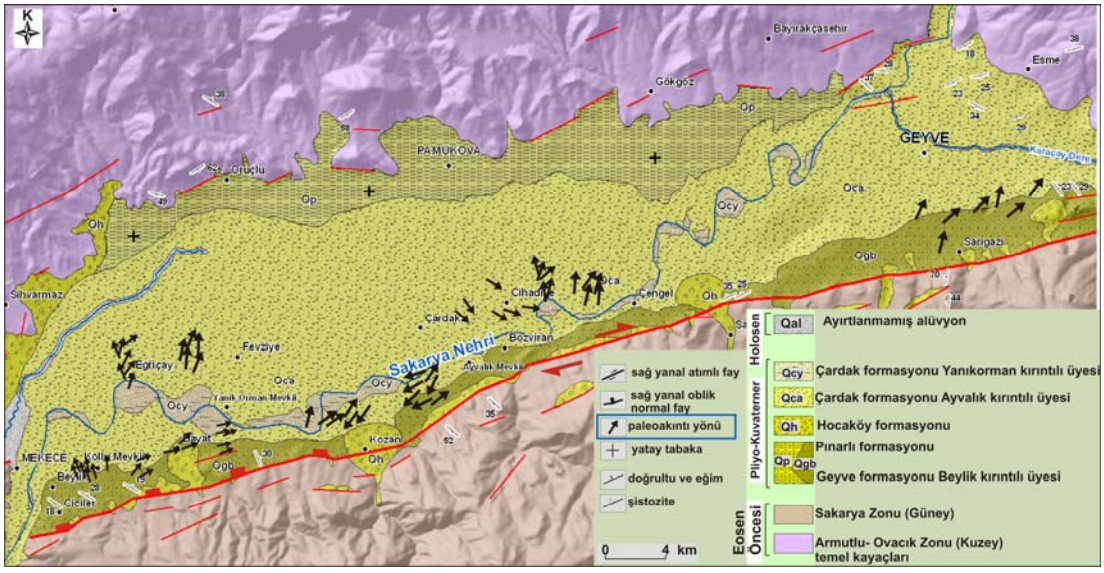
Şekil 4.13 : Ciciler Köyü'nde Beylik kırıntılı üyesinin: (a), (b) düzlemsel tip çapraz tabakalanması (c) kama tipi çapraz tabakalanmasının görünümü ve paleoakıntı yönü (bakış batıyadır).

Akarsu fasiyesinin özelliklerini içeren Beylik kırıntılı üyesini geliştiren drenajın akış yönünü belirlemek amacıyla ölçülen bu paleoakıntı yönleri, eşit alanlı gül diyagramına işlenmiştir (Şekil 4.14).

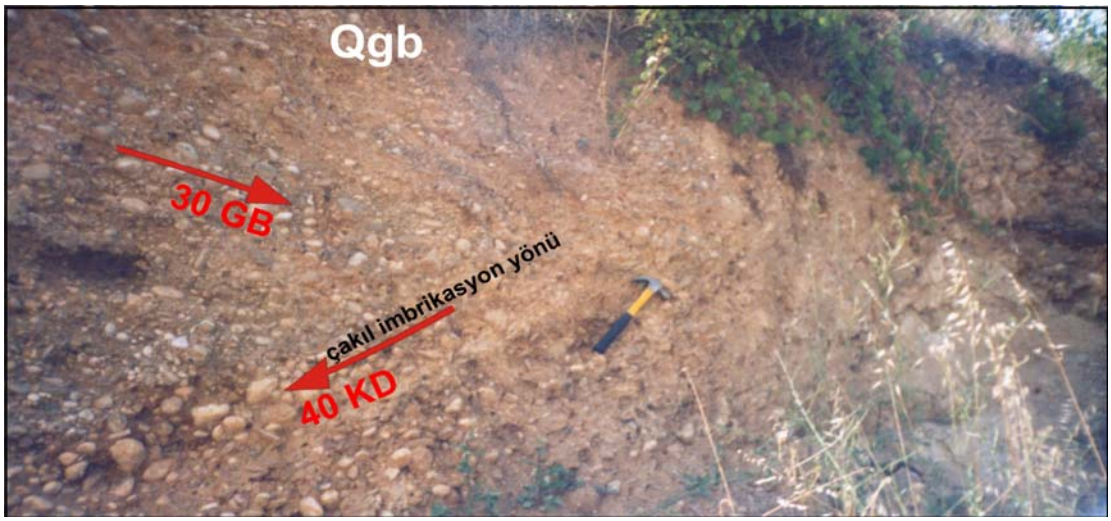


Şekil 4.14 : Geyve-Pamukova havzası güney kenarında, Beylik kırıntılı üyesinin: (a) Geyve ve güneyi, (b) Sarıgazi çevresi, (c) Kozan çevresi, (d) Bayat, (e) Ciciler köyleri çevresindeki paleoakıntı yönlerini gösteren gül diyagramları.

Beylik kırıntılı üyesi içindeki çakıl imbrikasyonu ve düzlemsel tip çapraz tabakalı kum seviyelerinden elde edilen paleoakıntı yönleri Geyve güneyi, Sarıgazi çevresinde 20^0 – 40^0 KD arasında iken, Ciciler'de 20^0 - 30^0 KB ve Bayat'ta 70^0 - 85^0 KD arasındadır. Kozandaki paleoakıntı yönleri ise 40^0 KD ve 20^0-70^0 GB yönleri arasında değişir (Şekil 4.15). Üyenin çökelmesini sağlayan akarsuyun, akıntı yönünü tanımlayan bu değerler, genellikle kuzeye doğru olup bugünkü Sakarya Nehri'nin akış yönü ve şekli ile uyumludur. Üye içinde güneye doğru izlenen imbrikasyon ise birimi geliştiren akarsuyun menderesli olduğunu gösterir (Şekil 4.16).



Şekil 4.15 : Geyve-Pamukova havzasındaki Geyve ve Çardak formasyonlarında siyah okla gösterilen paleoakıntı yönleri.



Şekil 4.16 : Kozan güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin kum matriksli belirgin imbrikasyonlu çakıl seviyelerindeki paleoakıntı yönleri ve menderesli akarsu kanal fasiyesi geometrisi (bakış doğuyadır).

Beylik kırıntılı üyesinin diğer bir litolojik seviyesini nadiren kil ara seviyeli kum ve sade kum seviyeleri oluşturur. Çengel, Bozviran ve Kozan güneyindeki kumlar açık sarı ve gri renklerinde izlenir. Üye içindeki bu seviyeler Geyve-Pamukova havzası güneyinde farklı topoğrafik yükseltilerde yüzeyler (Şekil 4.17). Orta-kötü tutturulmuş kum düzeyleri, 2-20 cm arasında kalınlığa sahip yarı belirgin tabakalanma gösterirler. Kumlar içinde ardalanmalı olarak gözlenen kil seviyeleri ise açık kahverengi ve 2-10 cm kalınlığında tabakalar şeklindedir. Üye içindeki kum düzeyleri kum matriksli çakıl düzeylerine oranla akarsu enerjisinin kanal dışına (kanal enine) doğru göreceli azalması ile gelişir (Şekil 4.18).



Şekil 4.17 : Bozviran güneyinde 90-105 m yükseltileri arasında Beylik kırıntılı üyesi içindeki nokta seti fasiyesine ait kum seviyesinin genel görünümü.

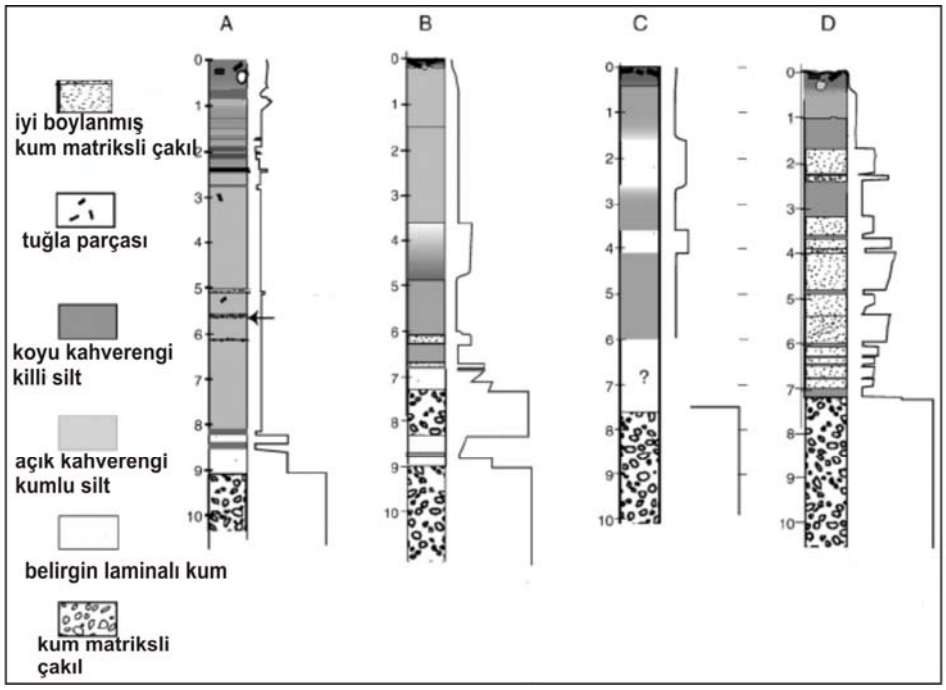


Şekil 4.18 : Kozan güneyinde Beylik kırıntılı üyesinin dağılgan kum seviyelerinin görünümü.

Beylik kırıntılı üyesi, yukarıda açıklanan litolojik içeriği, tane morfolojisi ve sedimanter yapılarının özellikleri ile Kollu çakıltaşı üyesine göre daha düşük enerjiye sahip akarsu kanal (channel) ve nokta seti (point-bar) çökel ortamlarına benzer.

Geyve formasyonunun tabanındaki Kollu çakıltaşı ve bunu uyumlu örten Beylik kırıntılı üyeleri Geyve – Pamukova havzası güney kenarında farklı lokasyonlarda yukarıda açıklanan farklı litolojik seviyelerde ve özelliklerde izlenmiştir.

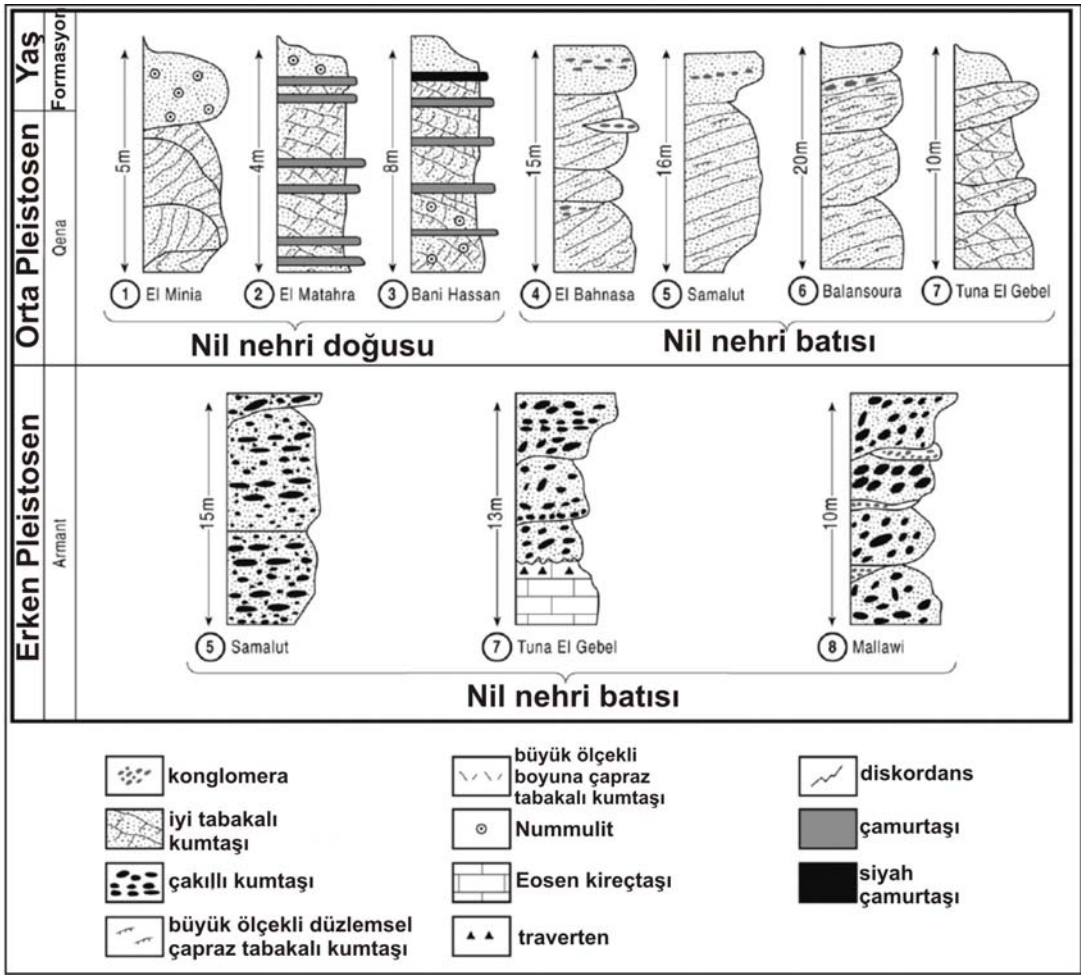
Dünya'nın bazı bölgelerinde menderesli nehir çökellerinin sedimantolojik özellikleri tanımlanarak stratigrafik sütun kesitlerde litolojik içeriği açıklanmıştır. Bunlardan bir tanesi Kuzey Tayland'da Mekong Nehri'nin civarında yaklaşık 200 km^2'lik alanda haritalanmıştır. Bu nehrin yakın alanındaki çökeller dört ayrı lokalitede haritalanmış olup çökellerin litostratigrafisi, tabanda kötü boylanmalı kum matriksli çakıl ile başlar. Bunun üzerine ise belirgin laminalı kum- kumlu silt- killi silt şeklinde ardalanmalı paket gelir (Şekil 4.19). Birim içindeki tane morfolojisinin özellikleri akarsu akış hızı ile değişir.



Şekil 4.19 : Kuzey Tayland'da Mekong Nehri kenarı çökellerinin alttan üste doğru tane boyu ve oranı değişim grafiğini gösteren stratigrafik sütun kesitleri (Spencer ve diğ. 2008).

Spencer ve diğ. (2008) tarafından tanımlanan bu birim, A, B, C, D lokasyonlarındaki alttan üste doğru litolojik ve sedimantolojik özelliklerine göre Mekong Nehri'nin kanalı (channel) ve nokta seti (point-bar) çökelleri şeklinde açıklanmıştır. Bu tez çalışması ile haritalanan Kollu çakıltaşı üyesi: köşeli kum matriksli kötü tutturulmuş

çakıllı içeriği ile Beylik kırıntılı üyesi de iyi boylanmış belirgin imbrikasyonlu kum matriksli çakıl ve belirgin laminalı kum seviyeleri ile bu çökellere benzer. Rafat (2007), bir diğer menderesli çökel litostratigrafisini Nil Nehri civarında Armant ve Qena formasyonları ile açıklamıştır. Qena formasyonu alttan üste doğru belirgin çapraz tabakalı kumtaşı ve az çamurtaşı ardalanması şeklinde izlenirken, en üstte ise çakıllı kumtaşlarından oluşur. Armant formasyonu ise temeli örten kötü boylanmalı kum araseviyeli çakıl, üstte ise iyi boylanmış belirgin imbrikasyonlu çakıl şeklinde dizilim gösterir (Şekil 4.20).

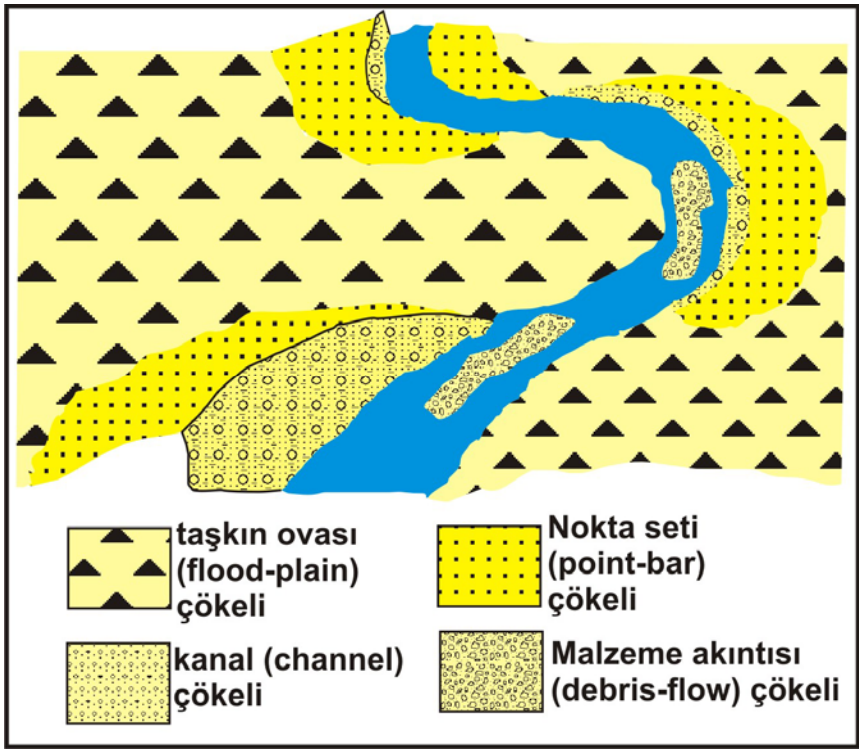


Şekil 4.20 : Nil Nehri civarındaki Armant ve Qena formasyonlarının ölçülü stratigrafik kesitleri (Rafat, 2007).

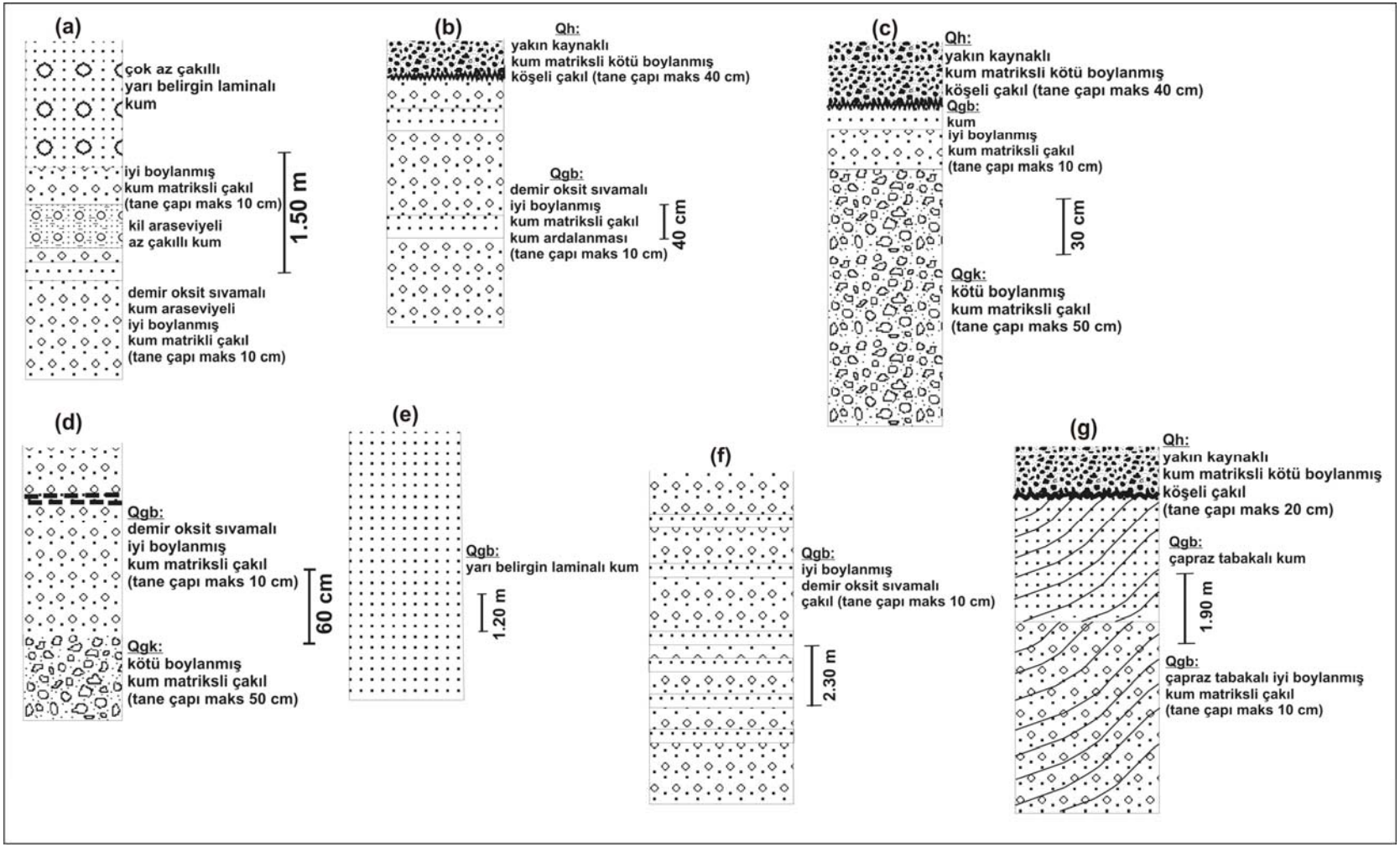
Geyve-Pamukova havzasındaki Geyve formasyonunun farklı lokalitelerdeki ölçekli litostratigrafik sütun kesitleri birimin çeşitli özellikleri ile birlikte belirlenmiştir (Şekil 4.22).

Mısır'ın hemen kuzeyinde Nil Nehri civarında haritalanan Armant ve Qena formasyonları bu nehrin kanal (channel) ve nokta seti (point-bar) çökelleri olarak tanımlanmıştır. Geyve formasyonu; kalınlığı, tane litolojisinin cinsi, tane morfolojisinin özellikleri ve sedimanter yapılarının yukarıda açıklanan nitelikleri ile benzerleri Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gözüken menderesli nehir çökeli litostratigrafisine uygunluk gösterir. Birimin tabanındaki Kollu çakıltaşı üyesinin kötü boylanmış kum matriksli çakıl seviyesi, Nil Nehri tabanındaki köşeli çakıllardan oluşan Armant formasyonu ile benzerdir. Kollu çakıltaşı üyesinin üstüne uyumlu gelen Beylik kırıntılı üyesi ise farklı litolojileri (kil ara seviyeli kum, demir sıvamalı laminalı kum ara seviyeli yassı-yuvarlak çakıl ve yarı belirgin-belirgin laminalı kum) ile daha çok Armant formasyonunun üst kesimini oluşturan iyi boylanmış belirgin imbrikasyonlu çakıl ve Qena formasyonunun belirgin çapraz tabakalı kumtaşı ve az çakıllı kumtaşı seviyelerine benzer.

Bu tez çalışması ile Geyve-Pamukova havzasının güney kenarında haritalanan Geyve formasyonunun çökelme ortamı, yukarıda özellikleri belirtilen birimlere benzer. Buna göre Kollu çakıltaşı üyesi büyük bir akarsuyun ve buna bağlanan kolların oluşturduğu malzeme akıntısı, Beylik kırıntılı üyesi ise aynı akarsuyun kanal ve nokta seti çökellerini birlikte tanımlar (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerini geliştiren Sakarya Nehri'nin kanal geometrisi ve yakın civarı çökelme ortamları (Nichols, 1999).



Şekil 4.22 : Geyve –Pamukova havzasının güney kenarında: (a) Ciciler'de, (b) Ciciler güneyinde, (c) Geyve doğusunda, (d) Kozan güneyinde, (e) Bozviran batısında, (f) Sarıgazi'de, (g) Bayat'ta izlenen Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin farklı litolojik seviyelerini gösteren ölçülü sütun kesitler ve bu üyelerin Hocaköy formasyonu ile ilişkisi.

KAFSKK ile ilişkili Adapazarı, İzmit-Sapanca havzalarında Geyve formasyonuna stratigrafik pozisyon olarak benzeyen birim Emre ve diğ. (1998) tarafından Karapürçek formasyonu olarak adlanmış, Ünay ve diğ. (2001) tarafından rodent içeriğine göre Üst Pliyosen – Pleistosen (Villaniyen) olarak yaşlandırmıştır. Tezin neotektonik, yapısal jeoloji ve jeolojik evrim bölümlerinde açıklandığı üzere Geyve-Pamukova havzası da KAFSGK ile ilişkili açılmıştır. Buna göre Geyve formasyonunun yaşı, kuzey kol denetiminde açılan havzaların tabanında çökelen birimin yaşından daha yaşlı olamıyacağına göre Pliyosen veya daha genç olmalıdır. Bununla beraber bu tez çalışması ile havzada haritalanan Geyve formasyonunda: demir oksit sıvamalarının bulunması, sade kum seviyelerinin oluşu (nokta-seti çökeli), paleoakıntı yönünün genellikle kuzey yer yer de güneye olması ve çakıllarında yapılan kayaç türü analizi, birimin Karapürçek formasyonu ile aynı olmadığını sadece benzediğini gösterir.

Buna göre birim, Pliyo-Kuvaterner dönem (son 5 my) içinde detayları tezin yapısal jeoloji ve jeolojik evrim bölümlerinde belirtildiği üzere Sakarya Nehri'nin, KAFSGK'na ait faylar ile sağ yanal atılması sonucu havzada çökelen en yaşlı dolgudur. Geyve formasyonu, güney temel kayaçları havza güney kenarında Geyve Koru Boğazı-Ciciler arasında diskordans ile örterken, Sarıgazi, Bayat ve Kozan'da Hocaköy formasyonu, havzanın orta bölümünde Eğriçay, Cihadiye ve Çardak'ta ise Çardak formasyonu tarafından diskordans ile örtülür.

4.1.1.2 Hocaköy formasyonu (Qh)

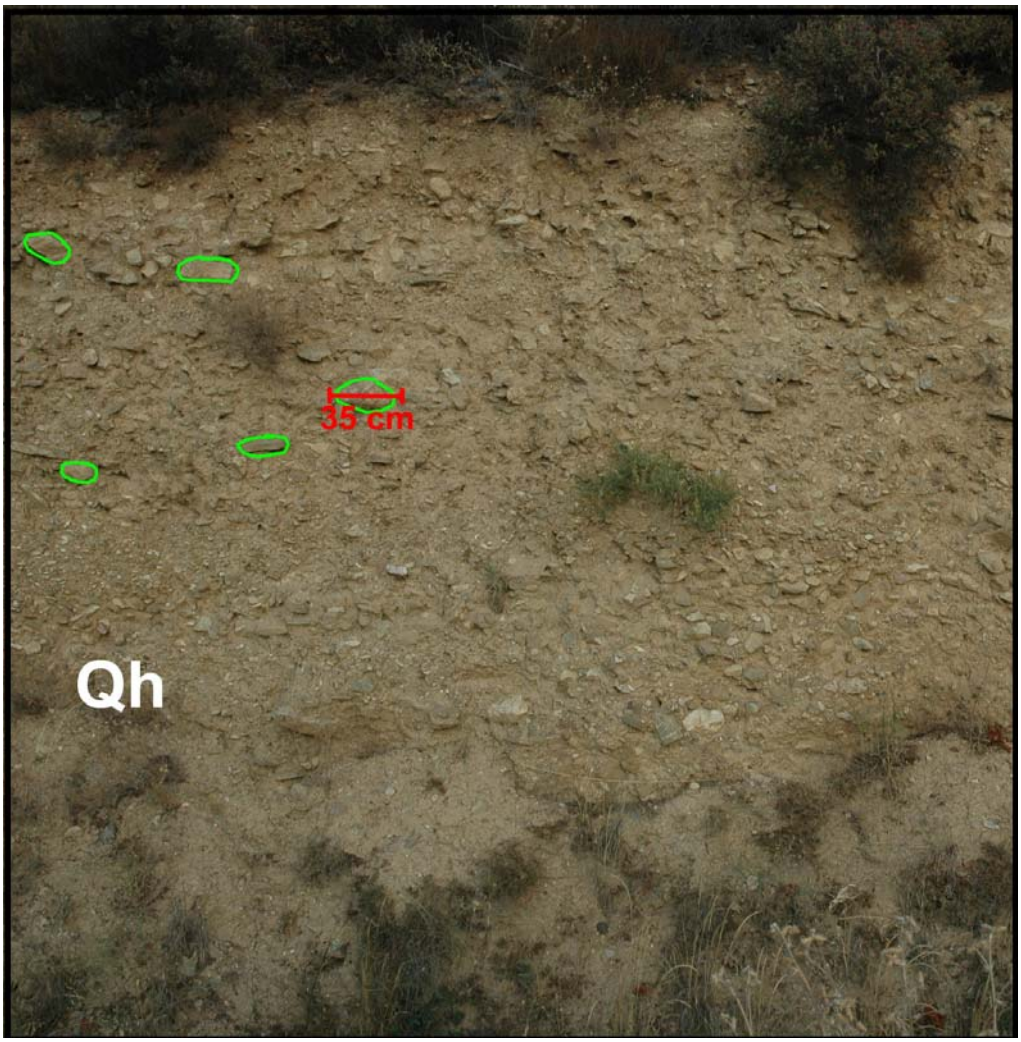
Birimin tabanında kum matriksli iri çakıl seviyesi yer alırken, bunun üstünde ise az çakıllı kum- kum matriksli küçük tane çaplı çakıl seviyeleri ardalanmalıdır. Çalışma alanında birim, 80-140 m yükseltileri arasında Geyve-Pamukova havzasının özellikle güneyinde, Mekece-İznik arasında ve İznik Gölü havzasının etrafında geniş bir alanda yüzeyler. Geyve-Pamukova havzası güney kenarında yer alan Hocaköy formasyonu (Qh), Koçyiğit (1988a) tarafından Doğantepe formasyonunun içinde aktif fay ilişkili kolüviyal (colluvial) (A) ve alüvyal yelpaze önü (C) üyeleri şeklinde belirtilmiştir. Emre ve diğ. (1998) ise birimi Karapürçek formasyonunun Değirmendere ve Hendek üyeleri olarak belirtmiştir.

Koçyiğit (1988a), birimi Doğantepe formasyonu olarak adlamış ancak bu tez çalışmasında birim Doğantepe Köyü civarında izlenememiştir. Bunun yanında "A"

ve “C” üyesi adlamaları stratigrafi kurallarına uymamaktadır. Emre ve diğ. (1998), bu birimin Marmara Bölgesi kuzeyinde haritalanan Karapürçek formasyonu olduğunu belirtmiştir. Formasyonun Geyve-Pamukova havzasındaki sedimanter özellikleri detaylı irdelenmediğinden yukarıdaki Geyve formasyonu da birimin içine katılmış ve tümünün aynı formasyon olduğu belirtilmiştir. Bundan farklı olarak birim, Geyve-Pamukova havzasının bütününde Geyve formasyonunun üzerindedir. Bu tez çalışması ile birim 1/25.000 ölçekte haritalanmış olup en iyi Hocaköy ve Bayat köylerinde gözlenmiştir. Buna ilaveten birimde yapılan aşağıdaki detaylı litostratigrafik analiz birimin Hocaköy formasyonu olarak diğerlerinden farklı adlanmasını sağlamıştır.

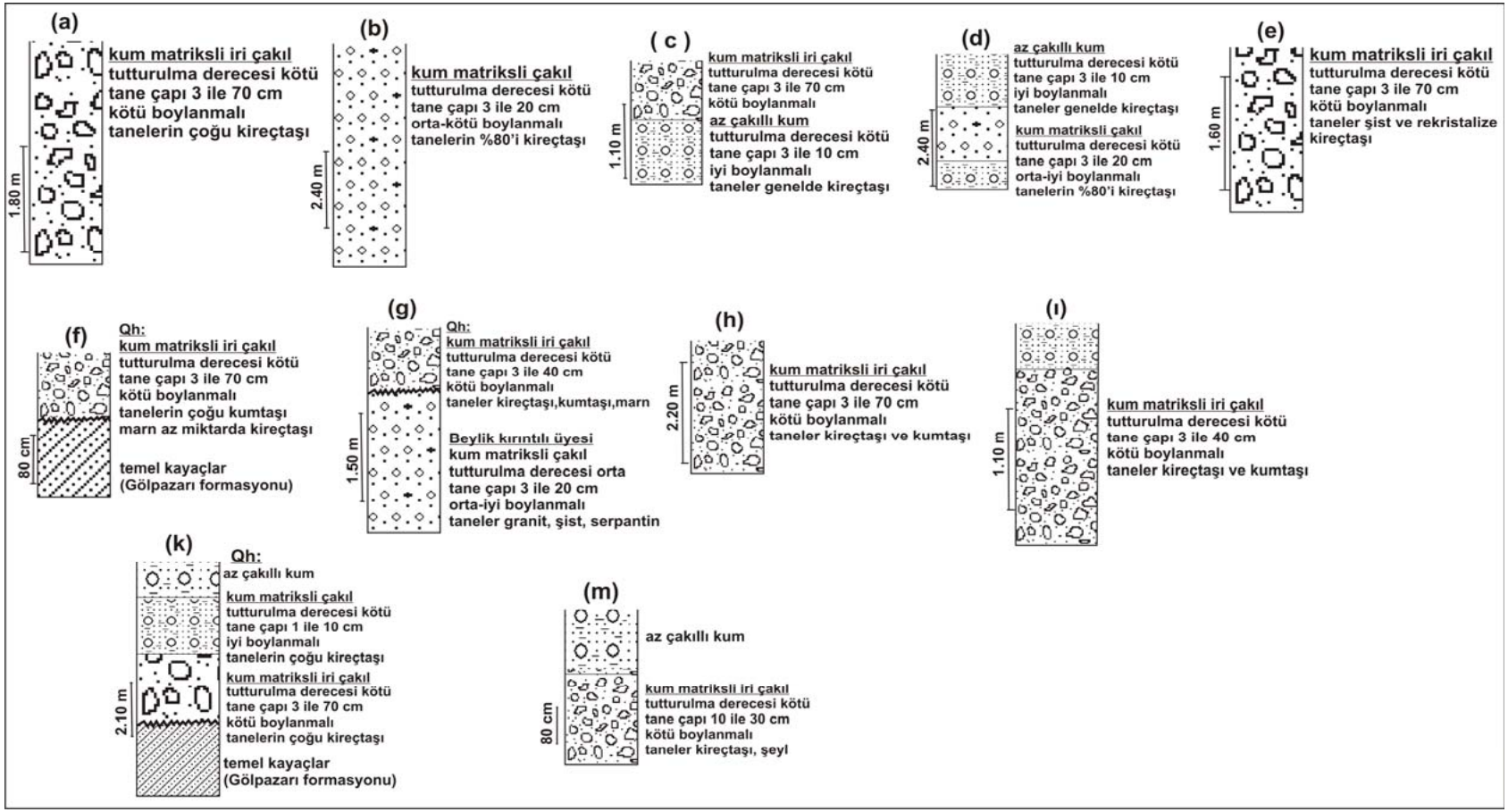
Birim, Geyve-Pamukova havzasının güney kenarında Geyve güneyi, Bozviran, Çengel, Kozan, Bayat, Ciciler köyleri civarında ve temel kayaçların yaygın olduğu güney temel blokta yer yer izlenir. Havzanın kuzey kenarında ise Turgutlu kuzeyi, Bayırakçaşehir batısı, Hayreddin, Şıhvarmaz köyleri ve batısında görülür. Birim Geyve –Pamukova havzasında açık gri, kahverenkli izlenir. Havzanın güneybatısında egemen tane bileşeni açık renkli kireçtaşı iken, doğuda Koru Boğazı (Geyve) kesiminde Gölpazarı formasyonunun kumtaşı ve marnları tane bileşenine katılır. Havza kuzey kenarında ise başlıca taneler Bakacak metamorfitlerine ait şistler, rekristalize kireçtaçları ve Gölcük grubuna ait kireçtaşlarıdır (Elmas ve Yiğitbaş, 2001).

Birimin kum matriksli iri çakıl seviyelerinde tane çapı 5 ile 70 cm arasında değişirken, taneler bütünüyle çok kötü şekilli ve köşeli olup buna göre kısa mesafeden taşınmışlardır (Şekil 4.23). Formasyonun kalınlığı yaklaşık 20 m olup, tabakalanması yarı belirgin veya belirsizdir. Birimin az çakıllı kum-kum matriksli çakıl ardalanmalı seviyeleri, Beylik kırıntılı üyesinin kumlarına oranla daha açık renklidir. Az çakıllı kum seviyelerinin çakıl taneleri orta-iyi yuvarlaklıkta ve tane çapı 5-10 cm arasında değişirken, kum matriskli çakıl seviyelerinde yuvarlaklık orta olup orta – iyi boylanmalıdır.



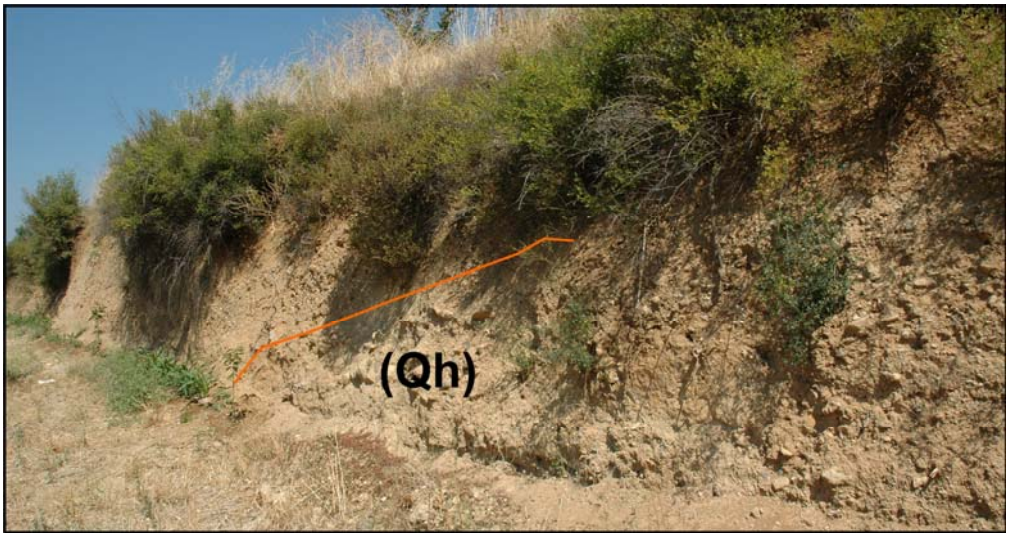
Şekil 4.23 : Bayat Köyü doğusunda Hocaköy formasyonunun genel görünümü.

Bu seviyelerdeki çakıl imbrikasyonu yarı belirgin olup yönü, inceleme alanının tümünde hep kuzeyedir. Birimin bütün seviyelerinde taneler çok kötü tutturulmuştur. Birim havzanın kuzey kenarında özellikle Turgutlu ve Hayreddin köyleri kuzeyinde ise sadece kum matriksli iri çakıl düzeyleri ile gözlenir. Bu alandaki tane petrografisi, rekristalize kireçtaşları ve şistler ile güney blok temel kayaçlarına göre farklıdır. Geyve-Pamukova havzasında birimin bütün mostralarındaki ölçekli stratigrafik sütun kesitlerinde tane boyu alttan üste doğru küçülür (Şekil 4.24).



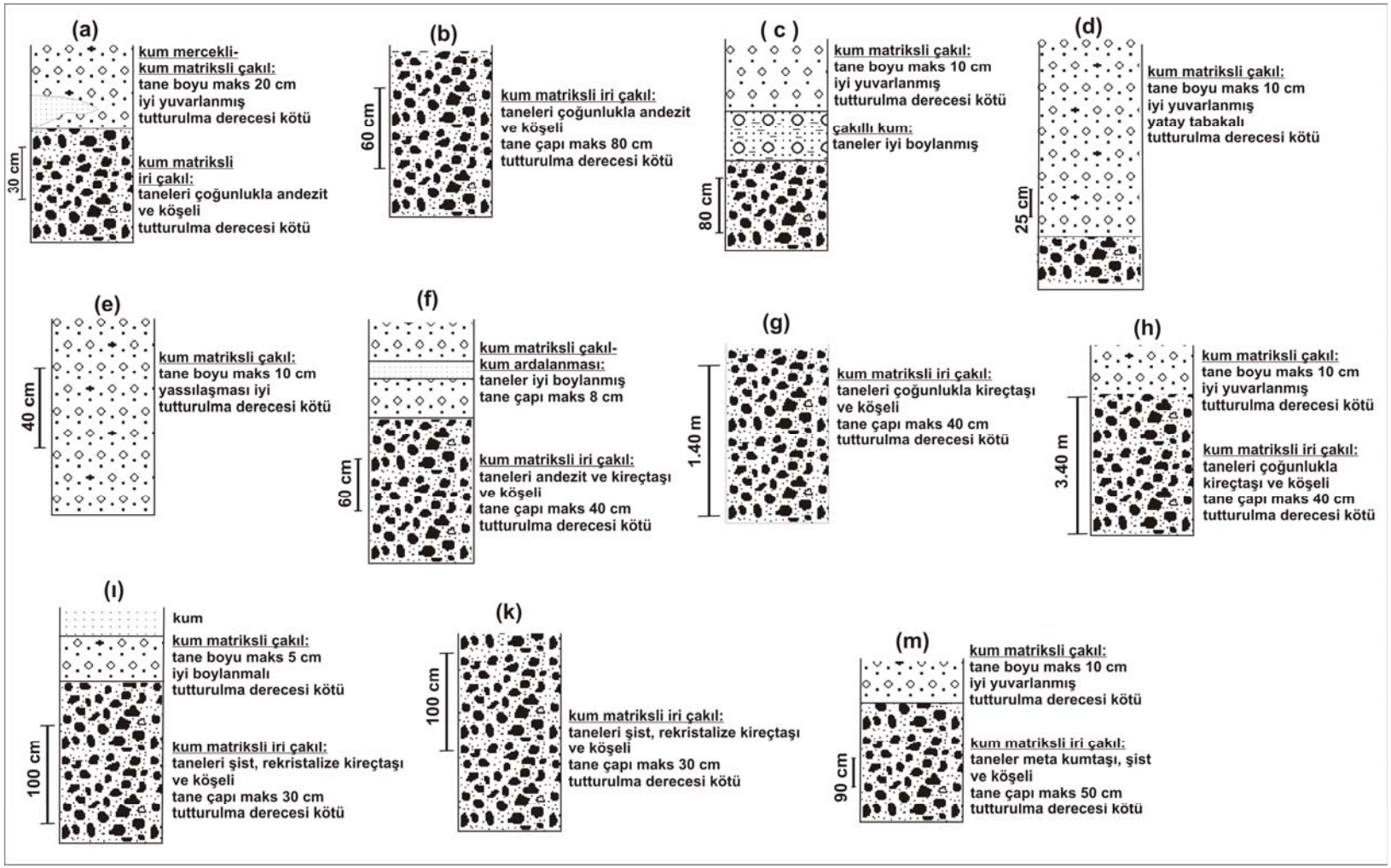
Şekil 4.24 : Hocaköy formasyonunun Geyve – Pamukova havzasının (a) Bayat güneyi, (b) Kozan, (c) Bayat doğusu, (d) Sarıgazi, (e) Turgutlu, (f) Sarıgazi batısı, (g) Ciciler, (h) Bozviran, (ı) Şıhvarmaz, (k) Umurbey ve (m) Bozviran köylerindeki ölçekli sütun kesitleri.

Çalışma alanında Mekece-İznik koridorunda ve bunun batı devamındaki İznik havzası çevresinde de yüzeyleyen birim, koridor ve havza güney kenarında: Kaynarca, Gülistan, Hocaköy, Çamdibi, Dırazali, Paşapınar köyleri arasında izlenir. Kuzey kenarda ise Karadin'de belirgin görülür. İznik Gölü batısına doğru ise havza güneyinde Dırazali ile Karsak arasında izlenen birim, göl havzası kuzeyinde ise Ömerli-Orhaniye köyleri arası ve Keramet-Yeniköy arasında gözlenir. Bu alanda birimin tabanındaki kum matriksli iri çakıl seviyelerinin tane çapı 90 cm'e kadar çıkarken, çakıl içerikli kum (maks tane çapı: 10 cm)-kum matriksli küçük çakıl seviyeleri yanal geçişlidir (Şekil 4.25).



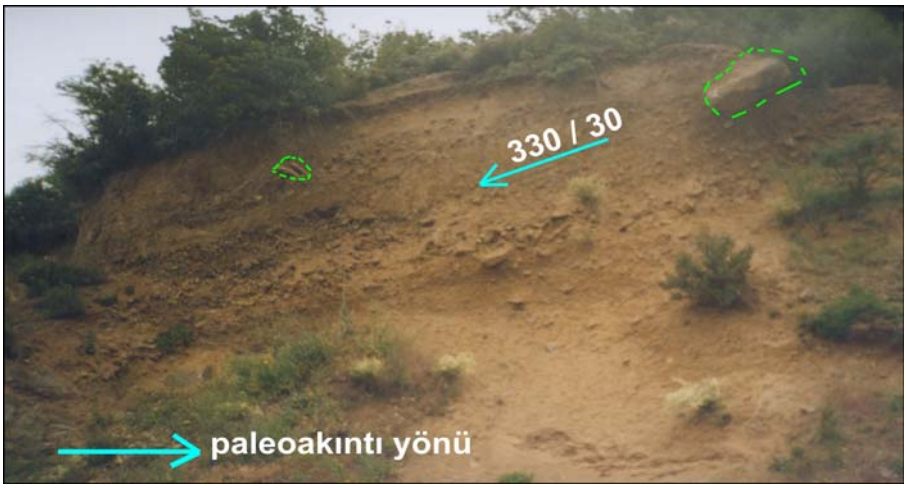
Şekil 4.25 : Mekece-İznik koridorunda Hocaköy doğusunda Hocaköy formasyonu litofasiyeslerinin görünümü (bakış kuzeyedir).

Mekece-İznik koridoru ve İznik Gölü havzasında birim çoğunlukla Geyve-Pamukova havzasındaki litofasiyes özelliklerinin aynısını gösterir. Bunun yanında sedimantolojik özellikleri de batıya doğru tane türü dışında değişmez. Mekece-Kaynarca arasında birimin içindeki taneler çoğunlukla Sarısu volkanitlerine ait andezitlerden oluşurken, Kaynarca batısı ile Göllüce arasında ise taneleri hem kireçtaşları hem de Sarısu andezitleri yaklaşık eşit oranda oluşturur. Göllüce'nin daha batısında ise kireçtaşları daha egemendir (Şekil 4.25). Koridorun kuzey kenarında en iyi mostraları Karadin civarında izlenen birimin taneleri rekristalize kireçtaşları iken, yine kuzey hatta Epsede Köyü güneyindeki seviyelerde ise çakıl taneleri genellikle şist türlerinden oluşur. İznik-Mekece koridoru ve İznik Gölü havzasında da izlenen birimin sedimanter özelikleri ve tanelerin kayaç türü detaylı olarak incelenmiştir (Şekil 4.26).



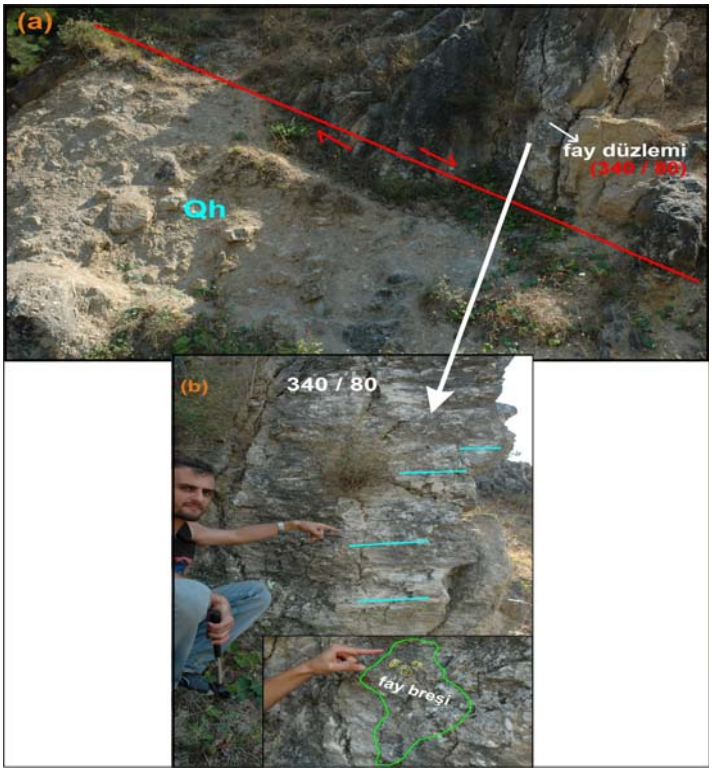
Şekil 4.26 : Hocaköy formasyonunun Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasında; (a) Hocaköy, (b) Hocaköy batısı, (c) Dırazali, (d) Kaynarca, (e) Göllüce, (f) Müşküre, (g) Keramet, (h) Narlıca, (ı) Çakırlı, (k) Yeniköy, (m) Orhaniye'deki litolojik içeriğinin ölçekli sütun kesitlerdeki görünümü.

Birimin bu alanda tabakalanması yer yer belirgin olup tane imbrikasyonu koridorun ve havzanın güney kenarındaki mostralarda yer yer belirgin şekilde kuzeye doğru izlenir (Şekil 4.27).



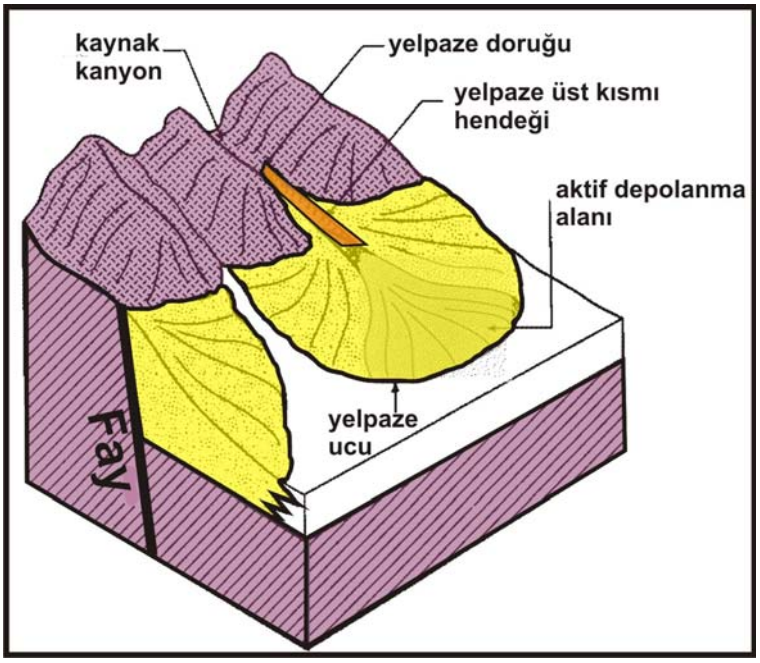
Şekil 4.27 : Dırazali'de Hocaköy formasyonunun belirgin tabakalanması ve tane imbrikasyonuna göre paleoakıntı yönü (bakış doğuyadır).

İnceleme alanının bütününde birimin temel kayaçlar ile sınırını ayrıntıları tezin yapısal jeoloji bölümünde belirtilen genç sağ yanal faylar belirler (Şekil 4.28).



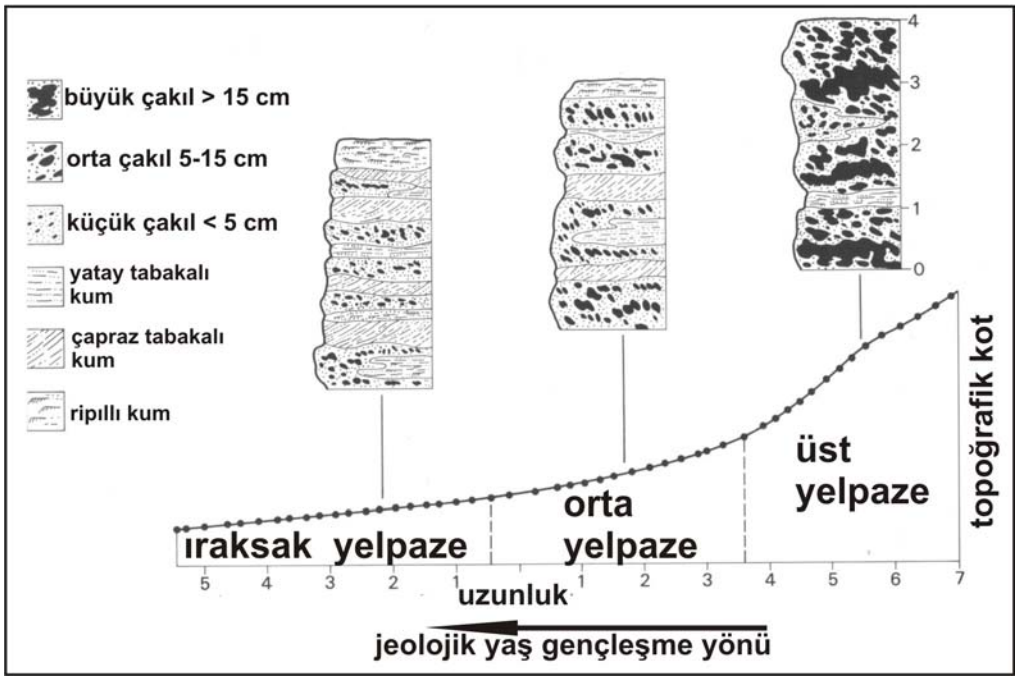
Şekil 4.28 : Kozan doğusunda: (a) Hocaköy formasyonunun iri taneli kum matriksli çakıl seviyelerinin güney blok temel kayaçları (kireçtaşları) ile dokanağı (b) tümüyle sağ yanal atımlı fay yüzeyi, fay çizikleri ve fay breşinin görünümü (bakış güneyedir).

Yukarıda sedimantolojik özellikleri açıklanan birim morfolojik konumu ile de benzerleri Dünya'nın çeşitli bölgelerinde tanımlanan alüvyal yelpaze çökellerine uygunluk gösterir (Blair ve McPherson, 1994). Bu anlamda kaynağa yakın kesim yakınsak alan (üst yelpaze) iken ve yüksek morfolojide bulunurken, kaynaktan uzaklaşıldıkça daha düşük morfolojide ıraksak alan bulunur. Birimin yakınsak alanı olarak tanımlanan kesimi üst yelpaze çökellerini içerirken bu seviyenin litolojisi kötü boylanmalı, köşeli, blok boyutunda tane içeriği olan, tutturulma derecesi kötü kum matriksli çakıllardan oluşur. Buna benzer olarak Hooke (1967), California Death Valley'de, Trollheim alüvyal yelpazelerinin çökeldiği alanı topoğrafik olarak modellemiş ve yüksek topoğrafyanın olduğu alanda yoğun olarak malzeme akıntısı (debris –flow) çökeli şeklinde kötü boylanmalı iri çakılları tanımlamıştır. Birimin üst yelpaze bölümü (yelpaze doruğu, yelpaze üst kısmı hendeği) ıraksak yelpazeye (aktif depolanma alanı, yelpaze ucu) oranla akarsu kaynağına yakın olduğundan yüksek enerjili çökelme ortamıdır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 : Hocaköy formasyonunun (sarı ile boyanmış) gelişimi ve bununla ilişkili morfolojik elemanların blok diyagramda görünüşü.

Alüvyal yelpazeler hem fay denetimli hem de buzul erimesi sonucu oluşabilir. Boothroyd (1972), Alaska'daki alüvyal yelpazeleri topoğrafya ve litostratigrafik içeriğine göre sınıflamıştır. Buna göre yakınsak alanda yani üst yelpaze bölümünde daha iri taneli seviye kalın iken, yelpazenin orta kesimi ve uç kesiminde daha ince taneli seviye kalındır (Şekil 4.30).

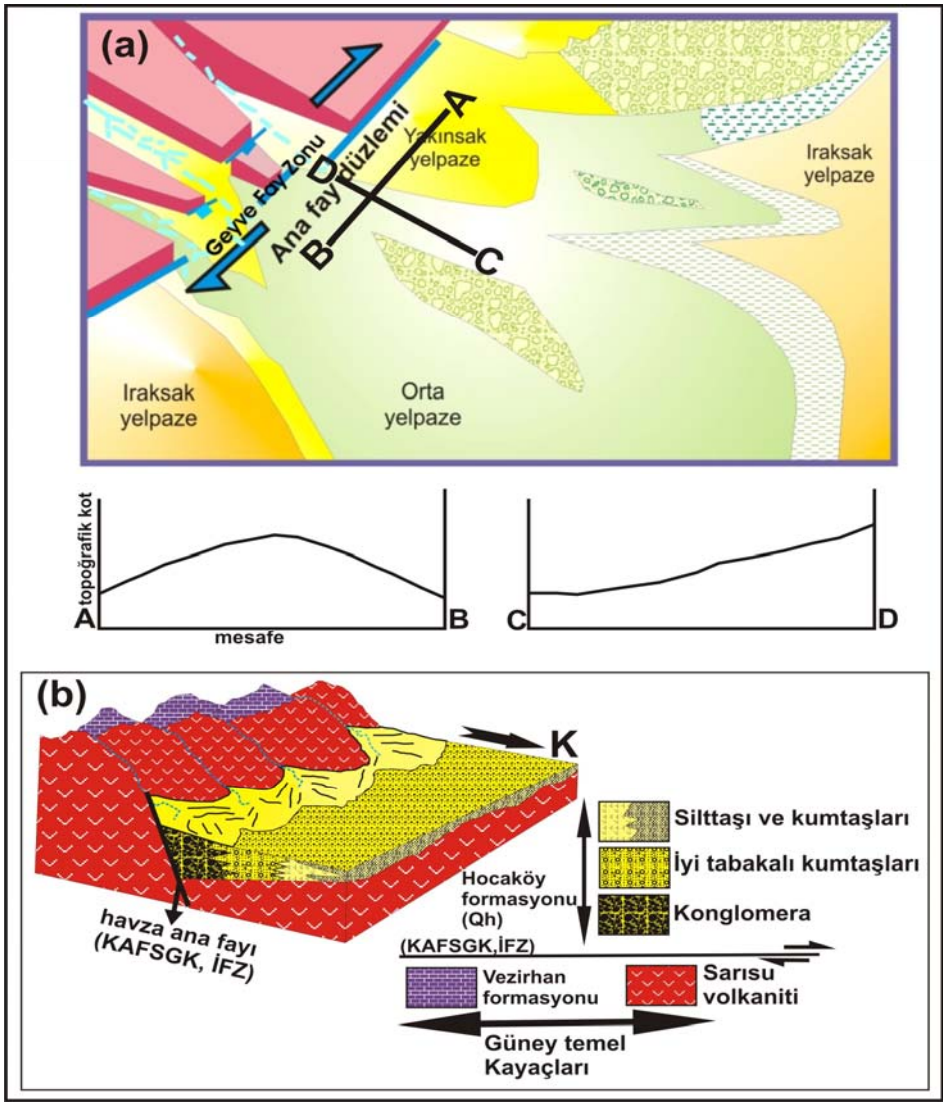


Şekil 4.30 : Bir alüvyal yelpazenin bölümleri ve topoğrafya ile ilişkili stratigrafik sütun kesitleri (Boothroyd, 1972).

Alçiçek ve diğ. (2007), Denizli havzasında Erken Miyosen yaşlı Kızılburun formasyonunu alüvyal yelpaze çökeli olarak tanımlamış, birimin kaynağa yakın (proximal) kesimde kötü boylanmalı çakıl ve kumtaşlarından oluştuğunu, kaynaktan uzaklaşıldıkça (distal) ise kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşının hakim olduğunu belirtmiştir.

Sancho ve diğ. (2008), Kuzeybatı Arjantin'de sıkışma etkin tektonik ve iklimsel değişimlerin de etkisi ile oluşan Tilcara alüvyal yelpaze çökelinin sedimanter gelişimini ve jeomorfolojisini belirlemiştir. Birimin malzeme akıntısı (debris-flow), bölümlü akıntı (sheet-flow) ve örgülü kanal (braided-channel) olmak üzere temelde üç fasiyesten oluştuğunu saptamıştır. Ters faylar ile deforme edilen bu alanda faya ve fan doruğuna yakın alanda kaba taneli kum matriksli çakıllar, fan ucuna yakın alanda ise ince taneli kum kil ve çamur seviyeleri çökelmiştir. Yazar ayrıca alüvyal yelpazenin fan doruğundan fan ucuna kadar alçalan bir topoğrafya gösterdiğini vurgulamıştır. Wells ve Dorr (1987) ile Harvey ve diğ. (1999) alüvyal yelpaze çökellerinde akarsu enerjisinin, akış hızı ile doğru orantılı olduğunu vurgulamışlar ve üst yelpaze bölümünde akarsu akıntı hızının ıraksak yelpazeye oranla göreceli olarak daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. İnceleme alanında birimin oluşturduğu yelpaze morfolojisi Şekil 4.31'de ayrıca hem blok diyagram hem de kaynağa paralel ve dik topoğrafik kesitler ile açıklanmıştır. Buna göre topoğrafya, kaynağa paralel

kesitte (D-C); kaynaktan uzaklaşıldıkça alçalırken, kaynağa dik kesitte (A-B) ise; kaynak ortasından dışa doğru bileteral şekilde alçalır (Şekil 4.31).

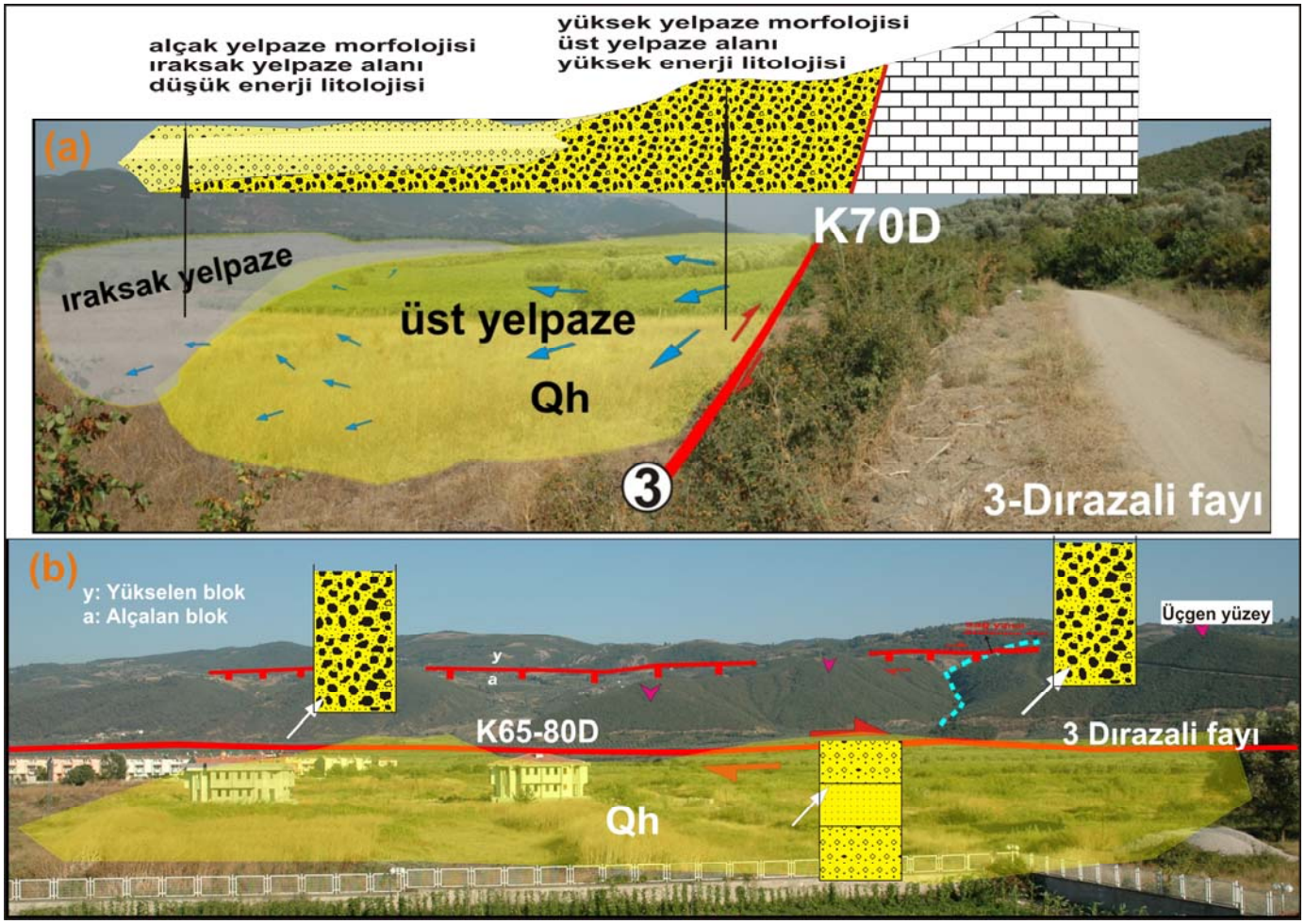


Şekil 4.31 : (a) Tipik bir alüvyal yelpaze olan Hocaköy formasyonunun gelişimi, bölümleri ve çökeldiği alandan alınan farklı topoğrafik kesitler, (b) Fay denetimli alüvyal yelpazenin bölümlerinde çökelen litolojinin yelpaze morfolojisine göre konumu (Collinson, 1986'dan değiştirilmiştir).

İnceleme alanında da birim, KAFSGK'nun bölgedeki aktivitesi ile birlikte ve bu sistemin fay zonları ile ilişkili gelişmiş olup yelpaze morfolojisi gösterir. Birimin alttan üste doğru tane boyunun küçülmesi ve en altta kum matriksli iri taneli kötü boylanmalı çakıl (tane boyu maks 80 cm) ile başlayıp üstte doğru çakıl içerikli kum-kum matriskli küçük çakıl (tane boyu maks 20 cm) şeklinde devam etmesi, Cavinato ve diğ. (2002) tarafından, İtalya'nın merkezi Fucino yarı-graben havzasında belirlenen normal fay düzlemleri önündeki alüvyal yelpaze stratigrafisine uyar. Bayona ve Lawton (2003), Meksika'da normal faylar ile sınırlanan Bisbee

havzasında alüvyal yelpaze fasiyesinde Bobcat Hill formasyonunu tanımlanmıştır. Bu birimin, A ve B üyelerinin yelpazenin yukarı ve orta yelpaze morfolojisinde çökelen iri taneli çakıl (debris-flow) ve kum matriksli iyi boylanmış kum ara seviyeli çakıl (channel deposits) litolojisinden oluşması, Hocaköy formasyonuna benzerliğini gösterir. Ayrıca birimin tabanında bulunan kötü boylanmalı iri çakıl düzeylerinin yüksek enerjiye sahip akarsu ile gelişmesi bir başka benzerliktir.

İnceleme alanında Hocaköy formasyonu, tane boyunun alttan üste doğru küçüldüğü bir birimdir. Altta yer alan kaba taneli iri çakıllar kötü boylanmalı olup kum matrikslidirler. Bu litoloji, yukarıdaki özellikleri Dünya'nın çeşitli yerlerinde olan benzerleri ile karşılaştırıldığında alüvyal yelpazenin üst yelpaze bölümüne ve enerjisi yüksek alana ait malzeme akıntısı (debris-flow) çökelidir. Birimin bu seviyesi, bölgedeki aktif fayların etkisi ile özellikle güney blokun yükselmesi ve bu yükselmeye güney drenaj sisteminin eşlik etmesi sonucu oluşmuştur. Birimin üstünde yer alan kum matriksli küçük çakıl – kum ardalanmalı seviyesi ise tane boyunun küçüklüğü ile belirgindir. Tanelerin daha iyi boylanmış olması yer yer imbrikasyonun kuzeye doğru ve belirgin olması bu seviyenin uzun mesafeli taşınma sonucu oluştuğunun kanıtlarıdır. Ayrıca bu litoloji daha düşük topoğrafyada yüzeylemekte, akarsu hızı ve enerjisinin düştüğü alanı karakterize etmektedir. Yukarıda benzerleri açıklanan alüvyal yelpazenin ıraksak alanında çökelen bu seviye, aynı zamanda çökelin fay ile ilgili gelişme evrimine uygun olarak ana aktif faylardan da uzakta bulunur (Şekil 4.32). Bu seviye tanımlanan özellikleri ile göreceli olarak daha düşük enerjiye sahip alüvyal yelpazenin kanal (channel) çökellerine uygundur.



Şekil 4.32 : İnceleme alanında Hocaköy formasyonunun morfoloji ve fay ile ilişkili görünümü (a) Dırazali batısında birime ait fasiyes gelişiminin en kesitte, (b) Hocaköy doğusunda birimin morfolojiye göre içerdiği litofasiyes alanları ve bu alanlardaki litolojinin sütun kesitlerdeki görünümü (beyaz ve siyah oklar lokasyonu, mavi oklar ise akarsu akış yönünü ve hızının büyüklüğünü göstermektedir).

Marmara Bölgesi İzmit Körfezi güneyinde birime benzeyen çökellerin yaşı Akartuna (1968) tarafından Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir. Öte yandan Hocaköy formasyonu Koçyiğit (1988a) tarafından Geyve-Pamukova havzasında adlanan Doğantepe formasyonu ile aynı düşünülmüş ve bu birimin Pliyosen'den daha yaşlı olamıyacağı, birim içindeki "C" üyesinin de alüvyal yelpaze önü çökel olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışması ile adlanan Hocaköy formasyonu, bu "C" üyesine karşılık gelir. Bargu ve Sakınç (1989) ise yine İzmit Körfezi güneyindeki çökeller içinde bulduğu acı su fosilleri ile yukarıdaki aynı birimi Üst Pliyosen olarak yaşlandırmıştır. İnceleme alanının kuzeyinde Adapazarı ovası güneyinde Ünay ve diğ. (2001) ise birimin benzeri olan Karapürçek formasyonunu rodent fosilleri ile Üst Pliyosen – Pleistosen (Villaniyen) olarak yaşlandırmıştır. İslamoğlu (2008) ise İznik Gölü havzasında bulduğu acı su bivalv fosilleri ile bu birimin altında bulunan İznik formasyonuna Orta Pleistosen (Erken Khazarian) yaşını vermiştir. Bulunan fosil türlerinin farklılığı ve geniş zaman aralığı belirtmesi bu iki yaş arasındaki çelişkiyi açıklayabilir.

Bu tez çalışması ile birimde yaş verisi bulunamamıştır. Bununla beraber birim Geyve formasyonunun üzerinde bulunduğundan Pliyo-Kuvaterner dönem içinde yaşlandırılmıştır.

Birim, Geyve-Pamukova havzası güney kenarında Sarıgazi-Ciciler arasında Geyve formasyonunu, kuzey kenarında ise Hayreddin-Şıhvarmaz arasında temel kayaçları diskordans ile örter. İznik Gölü havzasında İznik formasyonunu Dırazali-Karsak arasında diskordans ile örten birim, Solöz formasyonu tarafından güneyde Göllüce-Solöz arasında, kuzeyde ise Çakırlı-Yeniköy arasında diskordans ile örtülür. Birimin havzanın kısmen güney ve kuzeyindeki temel kayaçlar arasındaki sınırı, Şekil 4.28'de ve tezin yapısal jeoloji bölümünde belirtildiği üzere güney blokun yükselmesini sağlayan doğuda Sarıgazi, batıya doğru Dırazali, en batıda ise Gürle ve Orhangazi fayları ile ikincil segmentleri belirler.

4.1.2 Geyve-Pamukova havzası ortasının Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi

4.1.2.1 Çardak formasyonu (Qc)

Çalışma alanında Pliyo-Kuvaterner dönemde Geyve-Pamukova havzası orta bölümünde çökelen birimlerinden biri olan Çardak formasyonu Geyve kuzeyi, Geyve, Çardak, Cihadiye, Fevziye, Ayvalık, Yanıkorman ve Eğriçay bölgelerinde yüzeyler. Önceki çalışmalarda alüvyon olarak belirlenen birim, bu tez çalışması ile 1/25.000 ölçekte haritalanmış, özellikle Çardak Köyü civarında izlenen mostraları, aşağıda belirtilen litolojik özellikleri ve diğer birimler ile olan dokanak ilişkilerinden dolayı bu tez çalışması ile Çardak formasyonu olarak adlanmıştır. Birimin altında kum matriksli çakıl-kum ardalanması ile Ayvalık (Qca) üstünde ise küçük çakıl mercekli kum litolojisi ile Yanıkorman (Qcy) kırıntılı üyeleri yer alır (Şekil 4.33, 4.34).



Şekil 4.33 : Ayvalık kırıntılı üyesinin Eğriçay güneyindeki genel görünümü (bakış güneyedir).

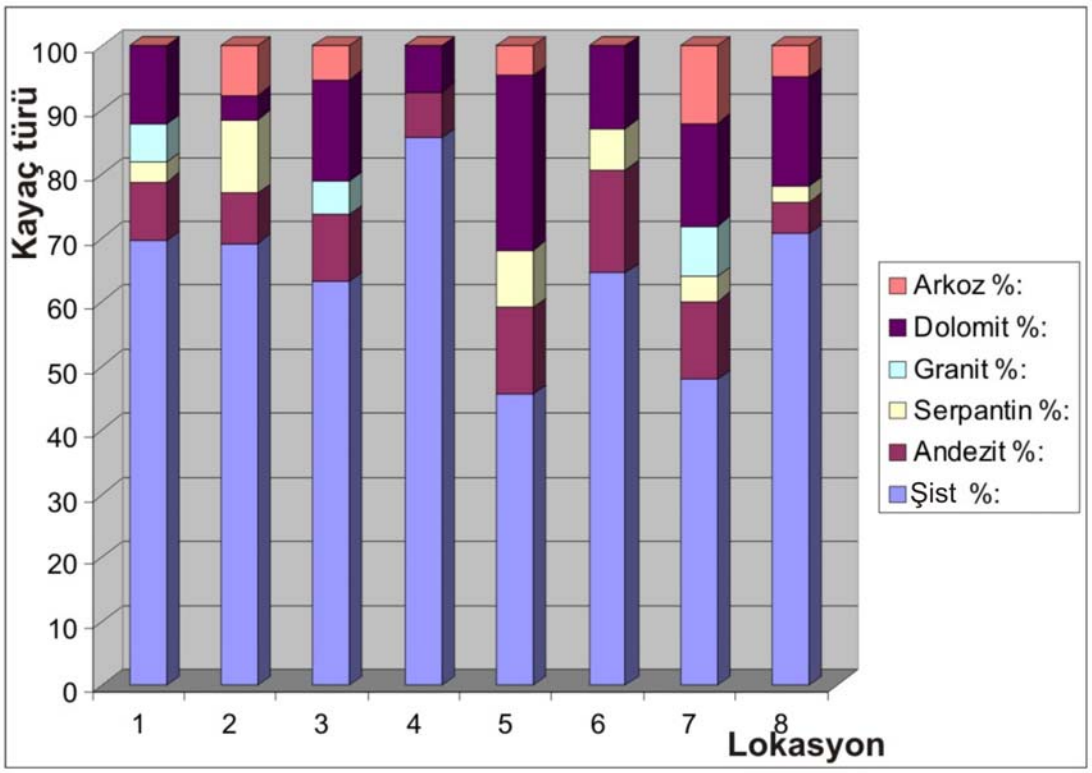


Şekil 4.34 : Yanıkorman kırıntılı üyesinin Fevziye civarındaki genel görünümü (bakış kuzeyedir).

Ayvalık kırıntılı üyesi, genellikle koyu kahverengi, sarı renklerinde izlenir. Üye çakıllarının maksimum tane çapı 20 cm olup genellikle 2-10 cm arasındaki çakıllar birim içinde yoğunluk gösterir. Tanelerin kayaç türü ise Beylik kırıntılı üyesi ile benzerlik gösterir (Çizelge 4.3), (Şekil 4.35).

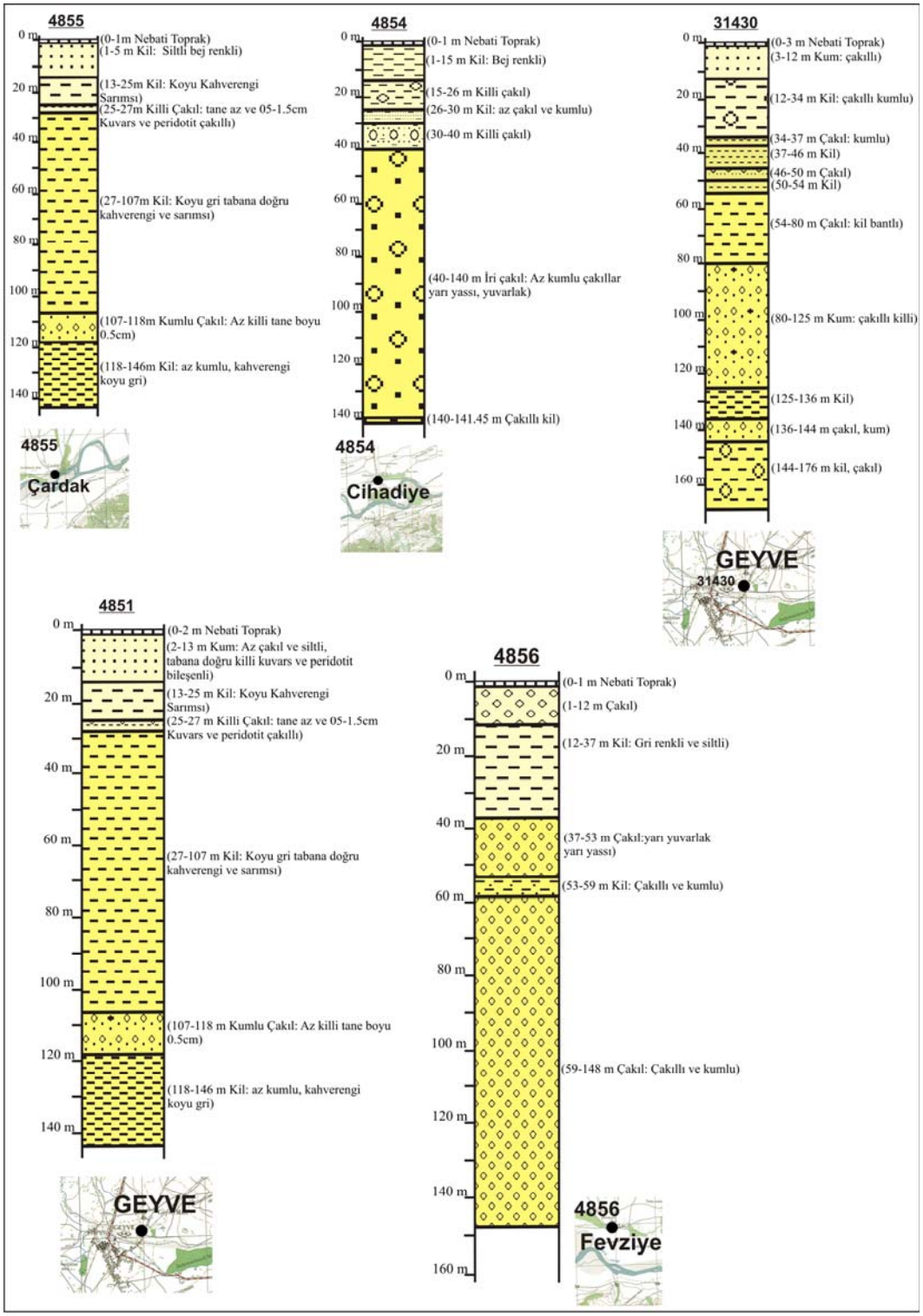
Çizelge 4.3 : Ayvalık kırıntılı üyesi içinde farklı lokasyonlarda yapılan çakıl petrografik analizi.

Lokasyon No	Enlem	Boylam	Analiz edilen çakıl adedi	Şist	Andezit	Serpantin	Granit	Dolomit	Arkoz
1	40^0 27'	30^0 08'	33	23	3	1	2	4	0
2	40^0 28'	30^0 10'	26	18	2	3	0	1	2
3	40^0 30'	30^0 14'	19	12	2	0	1	3	1
4	40^0 27'	30^0 05'	14	12	1	0	0	1	0
5	40^0 27'	30^0 04'	22	10	3	2	0	6	1
6	40^0 27'	30^0 06'	31	20	5	2	0	4	0
7	40^0 28'	30^0 09'	25	12	3	1	2	4	3
8	40^0 28'	30^0 10'	41	29	2	1	0	7	2



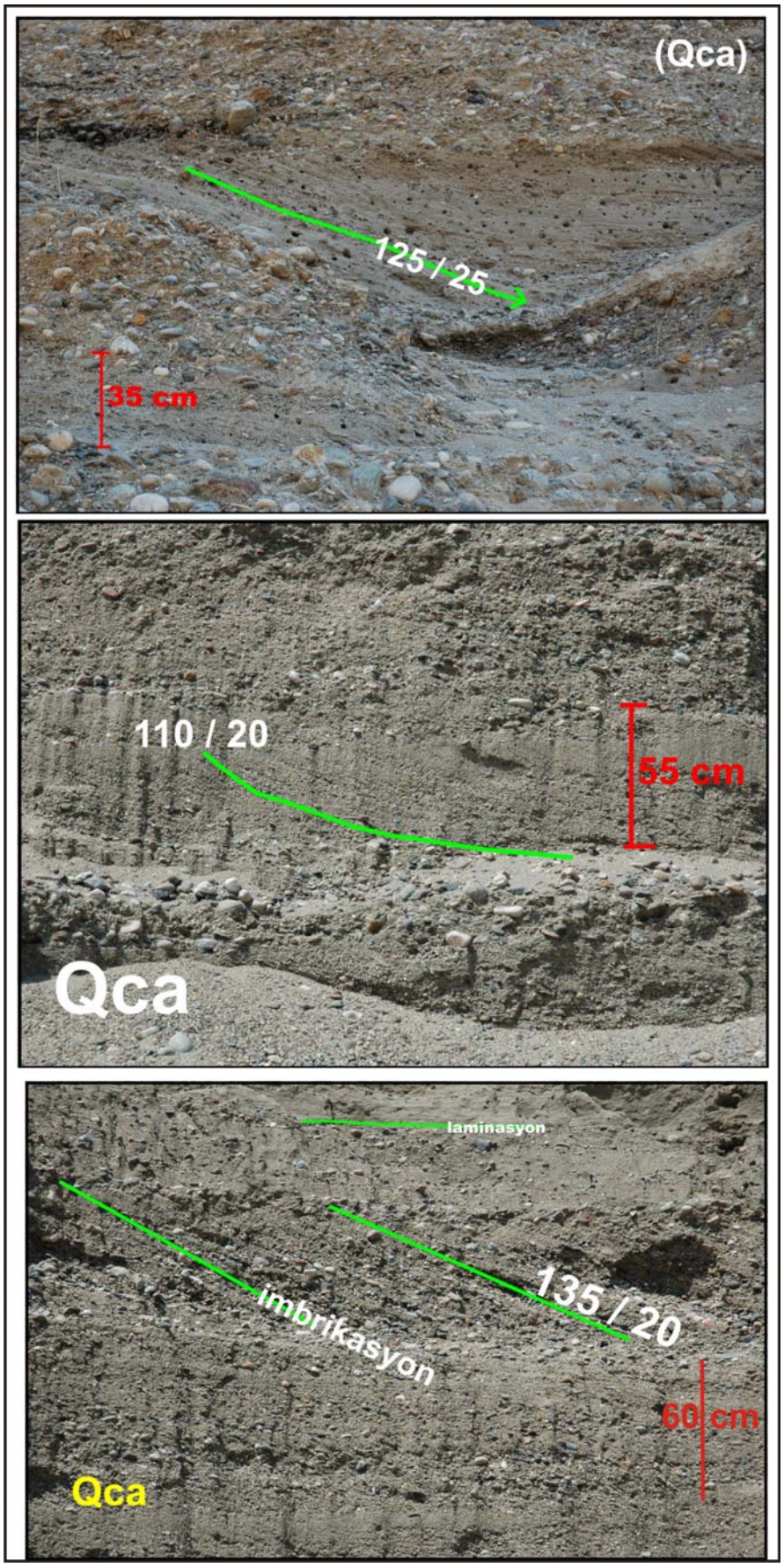
Şekil4.35 : Ayvalık ve Yanıkorman kırıntılı üyelerinin lokasyon-% kayaç türü dağılım grafiği.

Geyve-Pamukova havzasında birimin mostra gösterdiği lokasyonlar çevresinde DSİ tarafından yapılan derin sondajlarda yüzeyden itibaren 160 m derinliğe kadar birime benzer litolojinin devam ettiği görülmektedir. Bununla birlikte sondajlarla kesilen seviyelerde çakıl yoğunluğunun fazla olması Ayvalık kırıntılı üyesi ile benzerlik gösterir (Şekil 4.36).

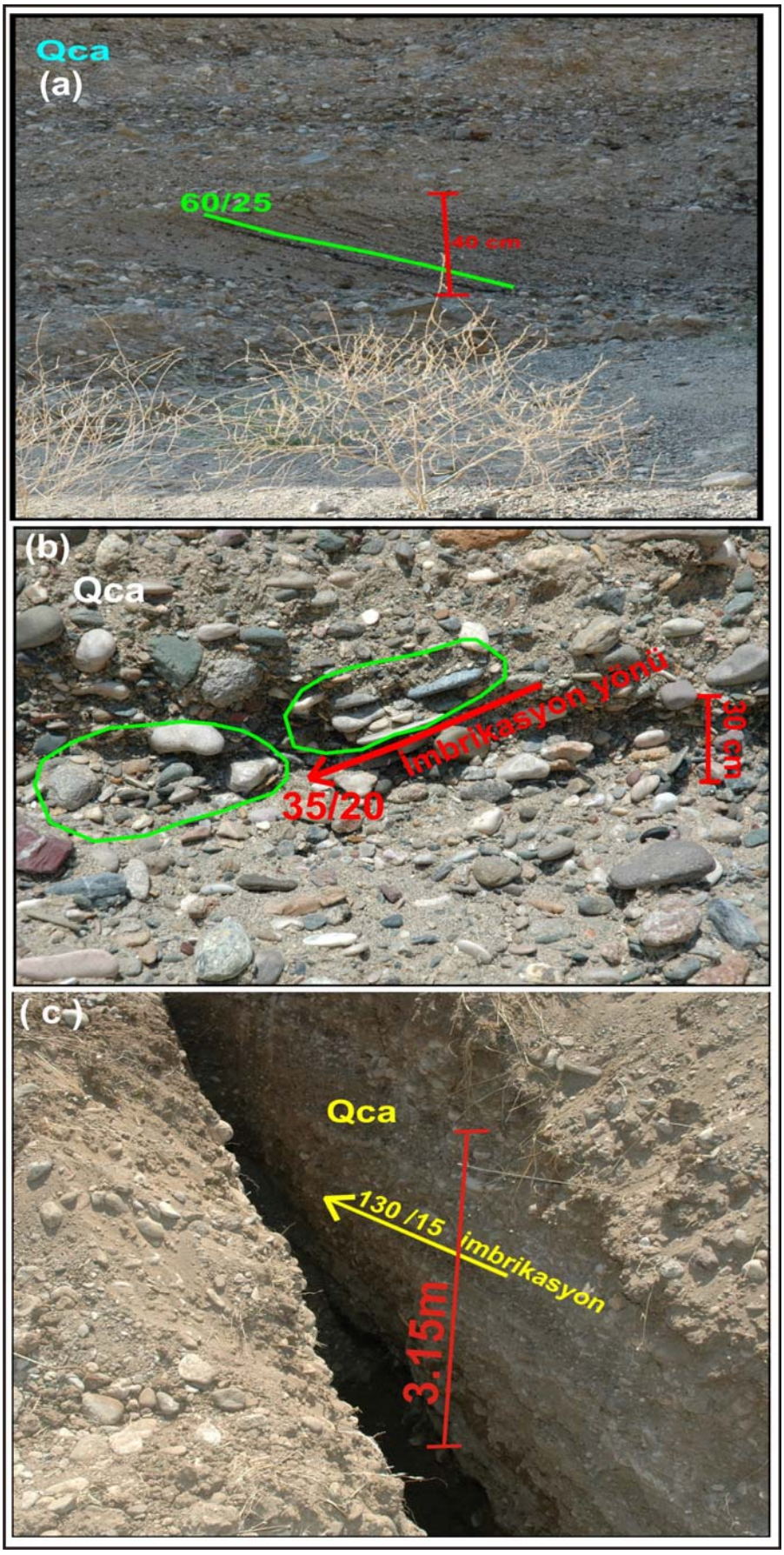


Şekil 4.36 : Geyve-Pamukova havzası ortasında bazı lokasyonlarda DSİ tarafından yapılan derin sondaj loglarının görünümü.

Ayvalık kırıntılı üyesinin taneleri iyi yuvarlaklaşmış olup tutturulma derecesi ise orta-kötüdür. Birimin çakıl seviyelerindeki imbrikasyon ile kum seviyelerindeki çapraz tabakalanma çok belirgindir (Şekil 4.37, 4.38).

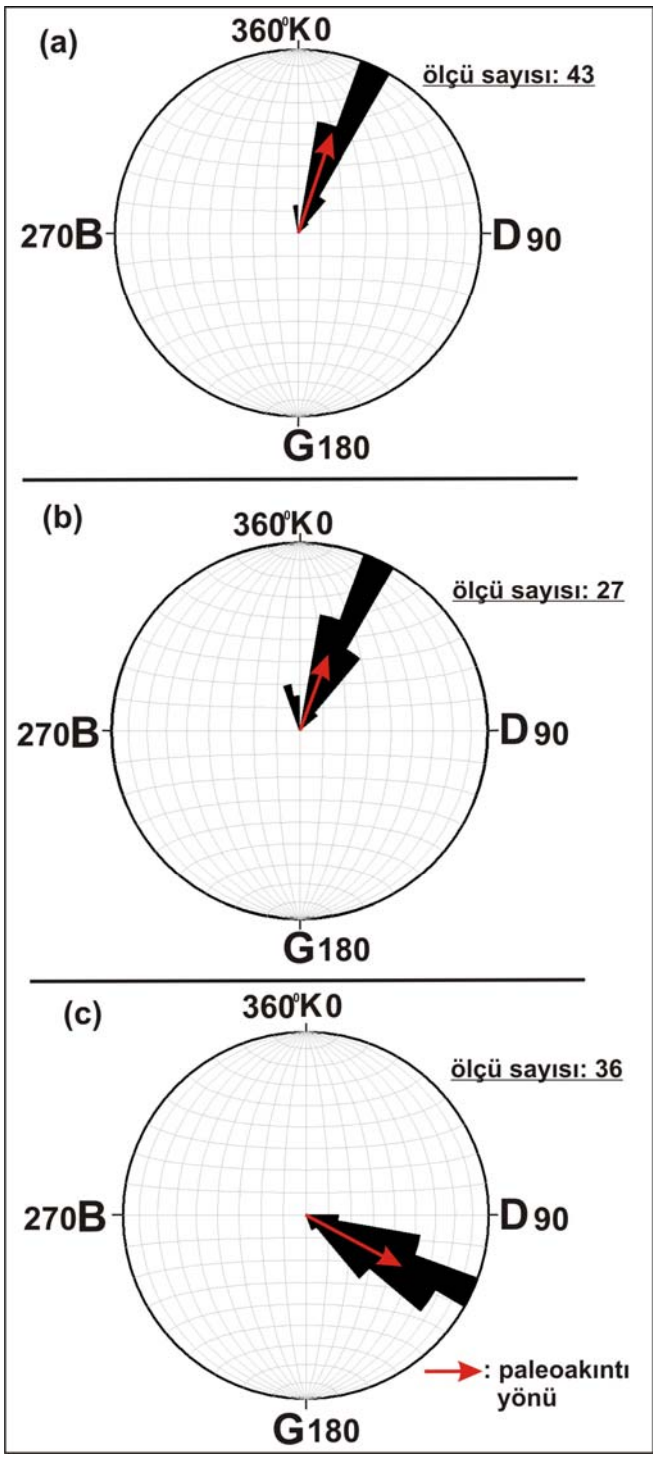


Şekil 4.37 : Cihadiye Köyü civarında Ayvalık kırıntılı üyesi içinde çakıl imbrikasyonu ve farklı tip çapraz tabakalı kumların görünümü.



Şekil 4.38 : Ayvalık kırıntılı üyesinin ve içindeki imbrikasyonun (a) Eğriçay, (b) Fevziye ve (c) Geyve'deki farklı görünümleri.

Ayvalık kırıntılı üyesinin kum seviyelerindeki düzlemsel çapraz tabakalanmanın eğim yönleri ve çakılların imbrikasyon yönü ölçülmüştür. Bu değerlerden elde edilen paleoakıntı yönleri baskın olarak 20^0-30^0 KD, 20^0-35^0 GD arasında değişir. Bu değer aralıkları, aynı akarsuyun farklı dönemlerinde çökelen iki birim olmasından dolayı Beylik kırıntılı üyesi ile benzerlik gösterir (Şekil 4.39).



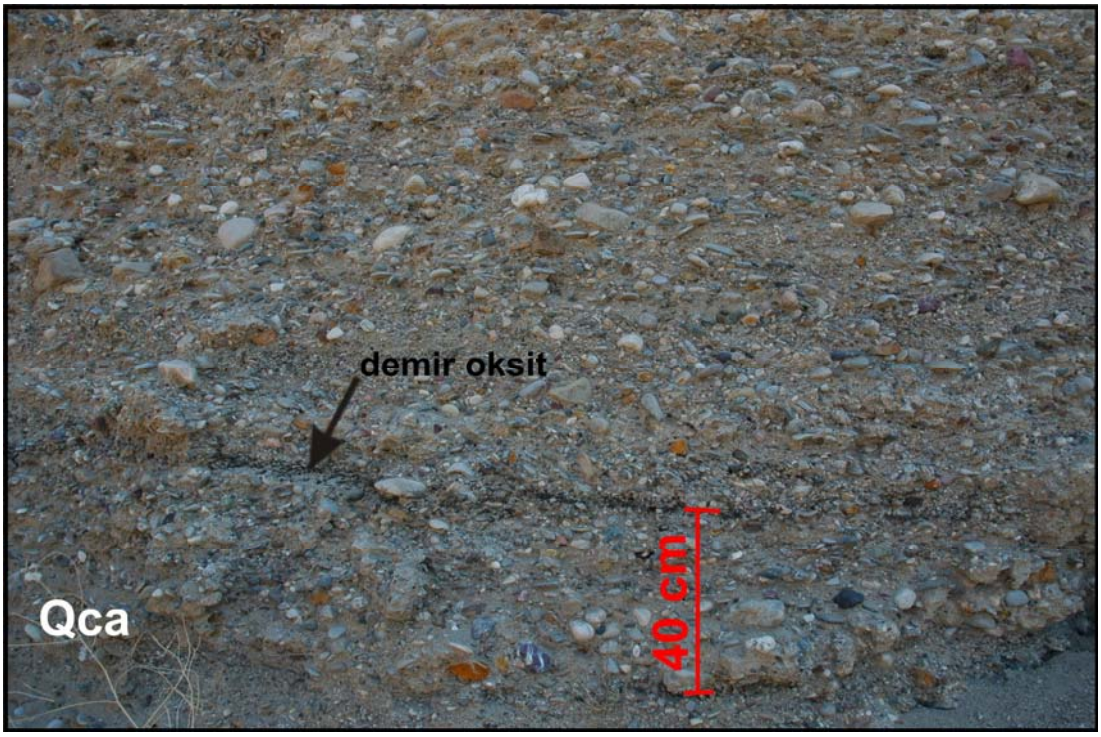
Şekil 4.39 : Ayvalık kırıntılı üyesinin (a) Cihadiye, (b) Eğriçay, (c) Çardak civarındaki kumlar içindeki çapraz tabakalanma eğim ve çakıl imbrikasyon yönlerinden elde edilen paleoakıntı yönlerinin gül diyagramlarında görünümü.

Buna göre birimi çökelten akarsuyun kanalında ölçülen bu değerler, genel olarak kuzeye ancak kanal dönüşleri ile de güneye akış gösteren menderesli bir geometri gösterir. Üyenin içinde Beylik kırıntılı üyesine benzer bazı siyah renkli sıvamalar izlenmiştir. Bu amaçla dört farklı lokasyondan alınan örnekler, Beylik kırıntılı üyesine uygulanan analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Ayvalık kırıntılı üyesi içinden alınan örneklerin analiz sonuçları.

Lokasyon No	Enlem	Boylam	Fe_2O_3 (mg/l) %	MnO (mg/l) %
1	40^0 $27^{\prime}$	30^0 $09^{\prime}$	3.15	0.18
2	40^0 $28^{\prime}$	30^0 $10^{\prime}$	3.15	0.30
3	40^0 $27^{\prime}$	30^0 $06^{\prime}$	3.00	0.18
4	40^0 $30^{\prime}$	30^0 $13^{\prime}$	2.86	0.19

Birim içinde izlenen bu sıvamaların demir oksit olduğu belirlenmiş olup bunların nedeni yukarıda açıklandığı gibidir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 : Eğriçay civarında Ayvalık kırıntılı üyesinin kanal çökellerine ait dağılgan kum matriksli çakıllarının görünümü.

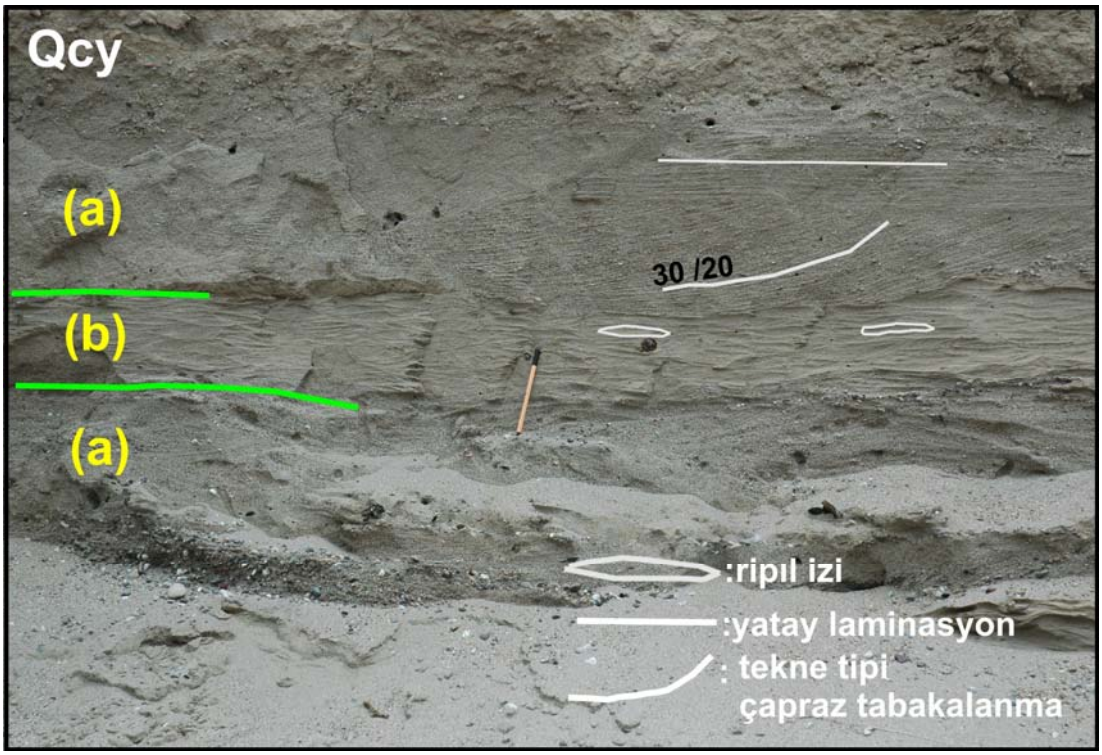
Yanıkorman kırıntılı üyesi ise Ayvalık kırıntılı üyesini uyumlu örter. Günümüz Sakarya Nehri kanalının çok yakın civarında çok küçük (tane çapı maksimum 5 cm) ve çok az çakıllı kum ve sade kum şeklinde ardalanmalı izlenen bu üye; Ciciler, Cihadiye, Yanıkorman, Eğriçay ve Çardak köylerinde belirgin görülür. Açık gri ve

kahverengi renklerinde izlenen birimde tabakalanma belirgin olup yataydır (Şekil 4.41).



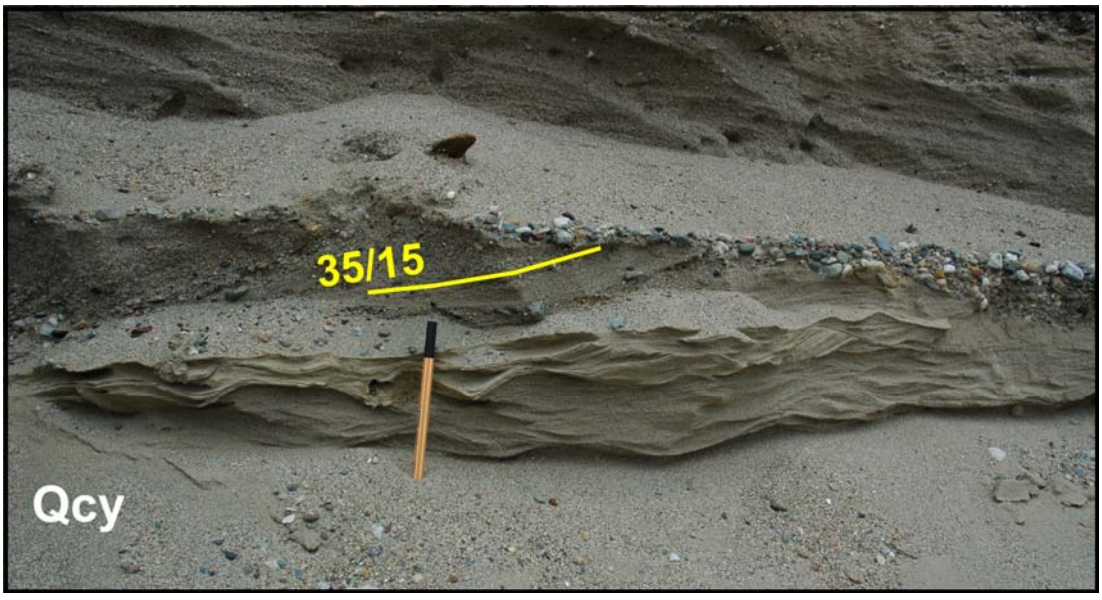
Şekil 4.41 : Cihadiye civarı Yanıkorman kırıntılı üyesinin nokta seti fasiyesine ait yatay tabakalı dağılgan kumlarının görünümü.

Birimin tabaka kalınlığı 5 ile 50 cm arasında değişirken içindeki çakıl taneleri oldukça az olup yuvarlak ve kötü tutturulmuştur. Üye içinde gelişmiş en iyi tabaka içi sedimanter yapı ripıl-izleridir (Şekil 4.42). Yarı belirgin- belirgin gelişmiş bu sedimanter yapıların dalga boyları değişken olup genellikle asimetriktirler. Rıpil izlerinin geliştiği bu düzlemler aynı zamanda akarsu akış hızının belirteci olup, kum tanelerinin boyutu, akarsu akış hızı ve sedimanter yapı grafiğinde; hızın 30-65 cm/sn arasında değiştiğini gösterir (Harms ve diğ. 1975; Walker, 1992). Akış hızının büyüklüğü, akarsu enerjisi ile de doğru orantılıdır. Buna göre Yanıkorman kırıntılı üyesi, akarsu kanal ortamına göre daha düşük enerjiye sahiptir.



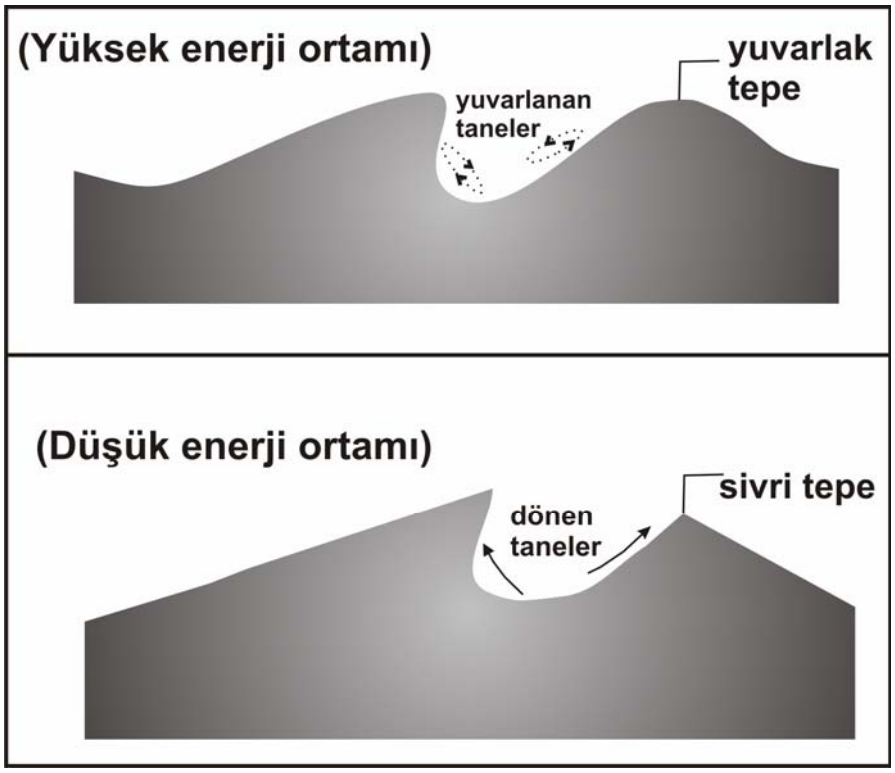
Şekil 4.42 : Eğriçay'da (a) küçük çakıllı (maks tane boyu 2 cm) kum, (b) sade kum ardalanmasından oluşan Yanıkorman kırıntılı üyesinin tabaka içi sedimanter yapıların görünümü.

Yarı belirgin-belirgin gelişmiş bu sedimanter yapıların dalga boyları değişken olup genellikle asimetriktirler (Şekil 4.43).



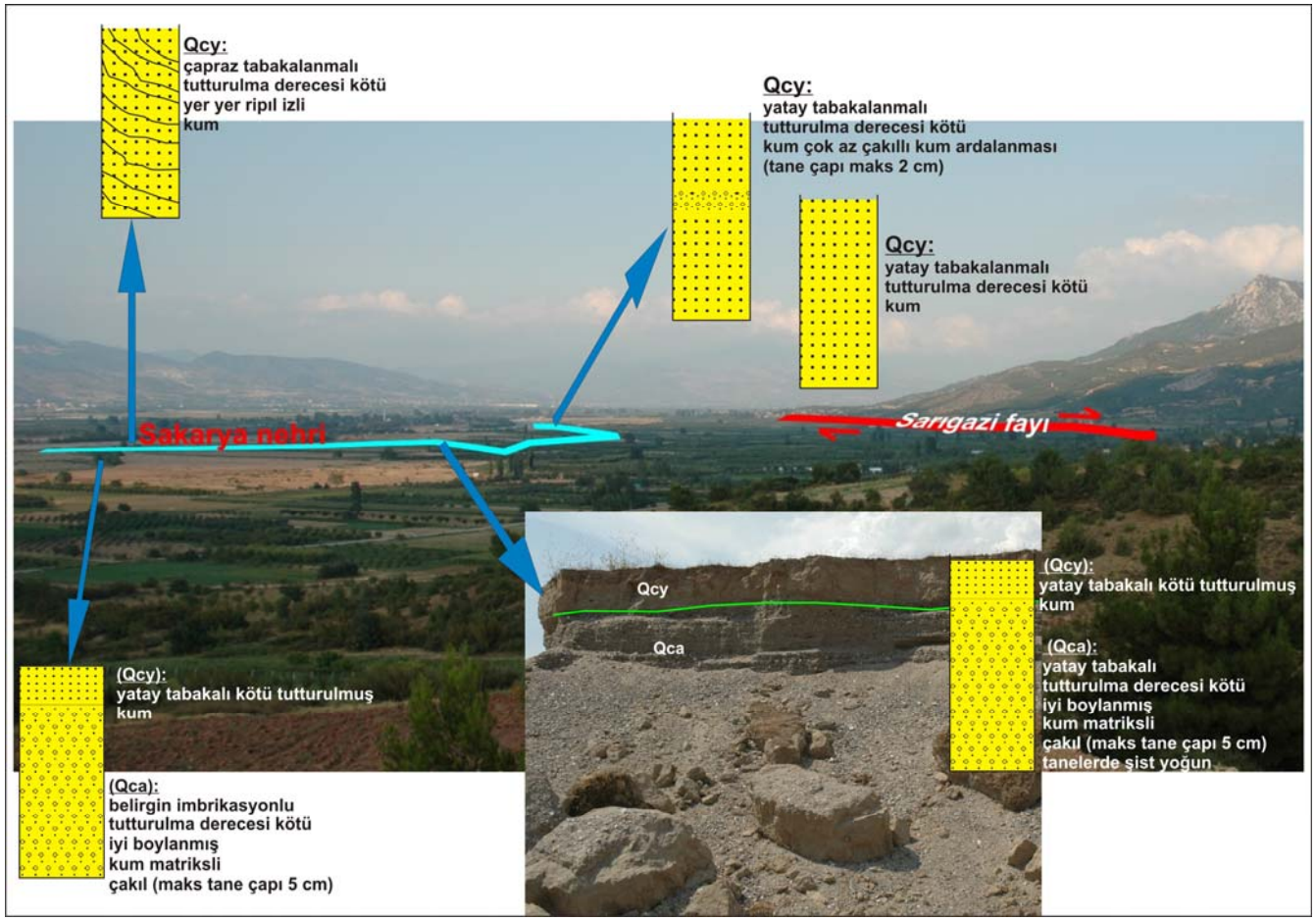
Şekil 4.43 : Ciciler'de Yanıkorman kırıntılı üyesinin farklı dalga boylu ripıl izlerinin görünümü.

Üye içinde gelişen ripıl izleri, yuvarlak tepeli olup akış hızının ani artışını tanımlarken aynı zamanda tanelerin iyi yuvarlandığı yüksek enerjili ortamı belirtirler (Bagnold, 1946; Nichols, 1999), (Şekil 4.44).



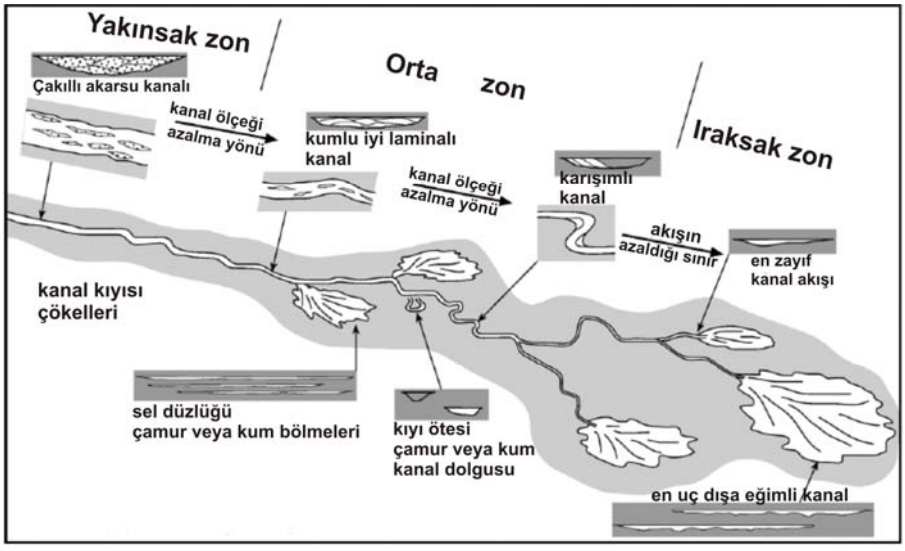
Şekil 4.44 : Asimetrik dalga ripıllarının geometrik şekilleri ve geliştikleri ortamların göreceli enerjisi (Nichols, 1999).

Ayvalık ve Yanıkorman kırıntılı üyeleri içindeki çakılların tane morfolojik özellikleri, tanelerdeki egemen kayaç türü ve gelişen sedimanter yapıların geometrik özellikleri karşılaştırıldığında Geyve formasyonu ile benzerdir. Birimdeki tane boyu alttan üste doğru küçülür. Sakarya Nehri boyunca Çardak formasyonunun Ayvalık ve Yanıkorman üyeleri arasındaki dokanak birbiri ile uyumludur. Nehir boyunca Yanıkorman kırıntılı üyesi, Sakarya Nehri kanalı civarında izlenirken, Ayvalık kırıntılı üyesi ise nehrin 200-800 m daha güney ve kuzeyinde yüzeyler (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 : Geyve-Pamukova havzasının ortasında Çardak Köyü civarında Sakarya Nehri ve Sarıgazi fayının görünümü (bakış doğuyadır) ile birlikte nehir kanalı boyunca Yanıkorman ve Ayvalık kırıntılı üyeleri arasındaki ilişki ve birimlerin litolojik özelikleri (mavi oklar bugünkü Sakarya Nehri'nin konumuna göre kesitlerin lokaliterini gösterir).

Ayvalık kırıntılı üyesi, iyi boylanmış ve belirgin imbrikasyonlu çakılları ile Yanıkorman kırıntılı üyesi ise çapraz tabakalı ve iyi gelişmiş ripıl izi yapıları ile Erkens ve diğ. (2009) tarafından Güneybatı Almanya'da Ren Nehri bugünkü kanalının civarında tanımlanan çakıl ve kumlardan oluşan kanal (channel), kum barlarından oluşan (point-bar) çökelleri ile benzerdir. Cunhai (2004), Kuzeybatı Çin'de Tian shan ve Chaiwopu kuzey yay önü havzasında Urumqi Nehri boyunca iklim ve tektonik kontrollü kum matriskli, iyi yassılaşmış, kötü tutturulmuş çakılları bu nehrin kanal (channel) çökelleri olarak tanımlamış ve uzun süreli akarsu taşıması ile oluştuğunu belirtmiştir. Bununla beraber çapraz tabakalanması belirgin kumlardan oluşan litolojiye ise enerjisi daha düşük akarsuyun oluşturduğu nokta seti (point-bar) çökeli olarak açıklamıştır. Ayrıca ölçülü stratigrafik kesitlerde altta kanal üstte nokta seti çökelleri olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanındaki Çardak formasyonu da iyi boylanmış kum matriksli çakıl düzeylerinden oluşan Ayvalık kırıntılı üyesi ve tabakalanması belirgin olan sade kum düzeylerinden oluşan Yanıkorman kırıntılı üyesi ile akarsuyun kanal ve nokta seti çökellerini tanımlar. Tane boyu alttan üste doğru küçülür. Bir menderesli flüviyal sistemde üç farklı zon belirlenmiş kanal çökelleri yakınsak zonda bulunurken, kanaldan uzaklaşıldıkça kum bölmelerinden oluşan nokta-seti çökelleri tanımlanmıştır (Şekil 4.46).



Şekil 4.46 : Flüvyal bir çökel ortamının yakınsak zonundan ıraksak zonuna kadar kanaliçi ve civarındaki çökellerin ve özellikleri: kanal şekilleri ve akarsu düzlüğü çökelleri (Nichols ve Fisher, 2007).

Çardak formasyonu, yukarıda tanımlanan özellikleri ve Şekil 4.45'teki konumu ayrıca havzadaki Geyve formasyonuna bire bir benzerliği ile Geyve-Pamukova

havzasının açılma sürecinin (~5 my) son evresinde Sakarya Nehri'nin kaynaklık ettiği çökeldir.

Birim, havzanın güney kenar bölümünde Koru Boğazı (Geyve)-Bayat arasında Beylik kırıntılı üyesini havzanın kuzey kenarında ise Alifuatpaşa-Hayreddin arasında, Sakarya-Bilecik karayolunun güneyinde Pınarlı formasyonlarını diskordans ile örter.

4.1.3 Geyve-Pamukova havzası kuzeyinin Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi

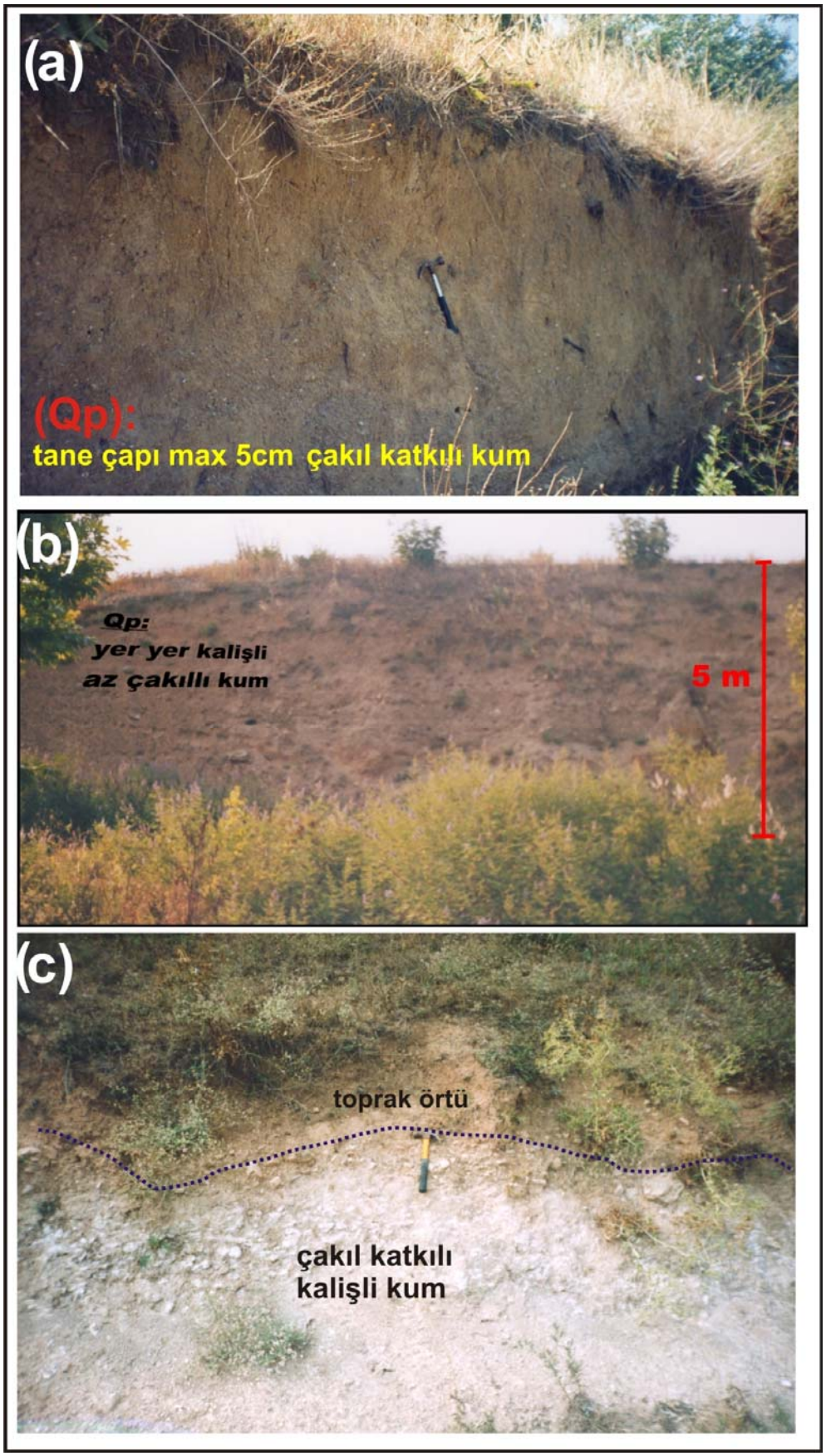
4.1.3.1 Pınarlı formasyonu (Qp)

Birim, Geyve-Pamukova havzasının kuzey kenarında Alifuatpaşa, Bayırakçaşehir, Turgutlu, Pamukova, Hayreddin ve Sakarya-Bilecik karayolu ile kuzeydeki yüksek morfoloji arasında yüzeylenir (Şekil 4.47). Akartuna ve Atan (1981) tarafından alüvyon olarak tanımlanan birim, Koçyiğit (1988a) tarafından da Pliyo-Kuvaterner yaşlı Doğantepe formasyonu içinde belirtilmiştir. Birim, bu tez çalışması ile 1/25.000 ölçekli haritalanmış olup litolojik özellikleri ayrıntılı belirlenerek Pınarlı formasyonu (Qp) olarak adlanmıştır.

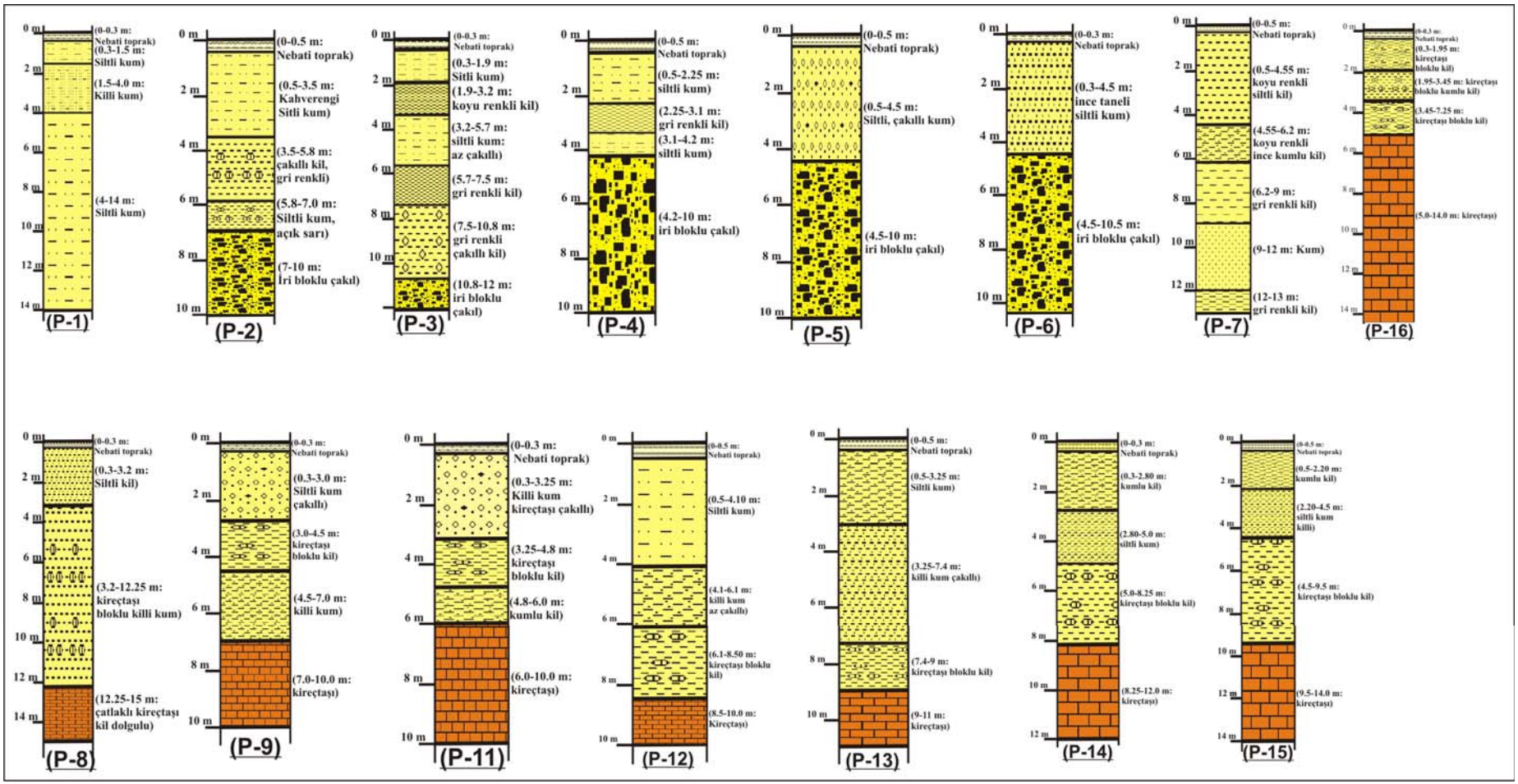


Şekil 4.47 : Pamukova batısında havzanın kuzey kenarındaki Pınarlı formasyonunun yüzeylediği alanın yüksek morfolojiye göre konumu (bakış kuzeyedir).

Birim, açık kahverengi ve sarı renkli kil ara seviyeli kum matriksli çakıl (tane çapı maks 5 cm)-kum-az miktarda çamur ve kil bantlarının ardalanmasından oluşur (Şekil 4.48). Tüm bu birimler içerisinde yaygın kaliş oluşumlarına rastlanır. İnceleme alanının Sakarya-Bilecik karayolunun kuzeyinde Pamukova ilçesi sınırları içinde yapılan sığ sondajlarda da izlenen birimin kalınlığı yaklaşık 20 m'dir (Şekil 4.49). Birimde tabakalanma az belirgin olup yataydır. Birim içindeki kum matriksli çakıl seviyelerinde taneler orta-iyi yuvarlak ve orta – iyi tutturulmuştur.

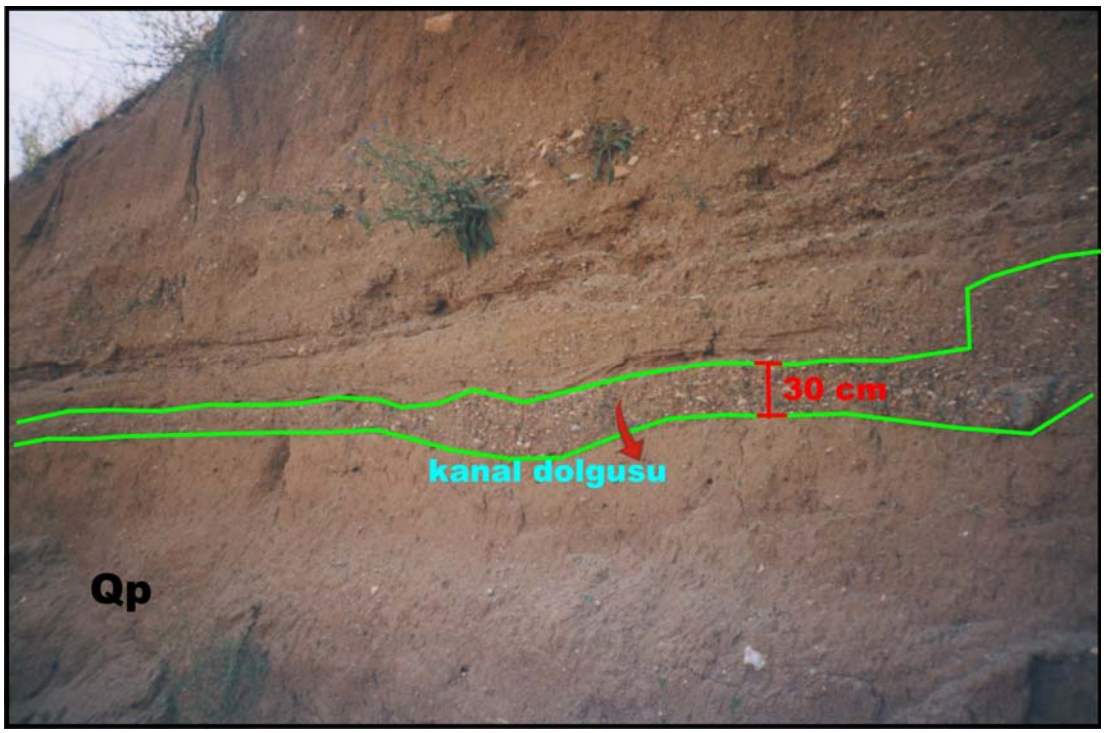


Şekil 4.48 : Pınarlı formasyonunun (a) Pamukova, (b) Hayreddin, (c) Bayırakçaşehir civarındaki farklı litolojik seviyelerin görünümü.



Şekil 4.49 : Pamukova ilçe merkezi sınırlarında Üçler Mühendislik tarafından yapılan sığ sondaj loglarının görünümü.

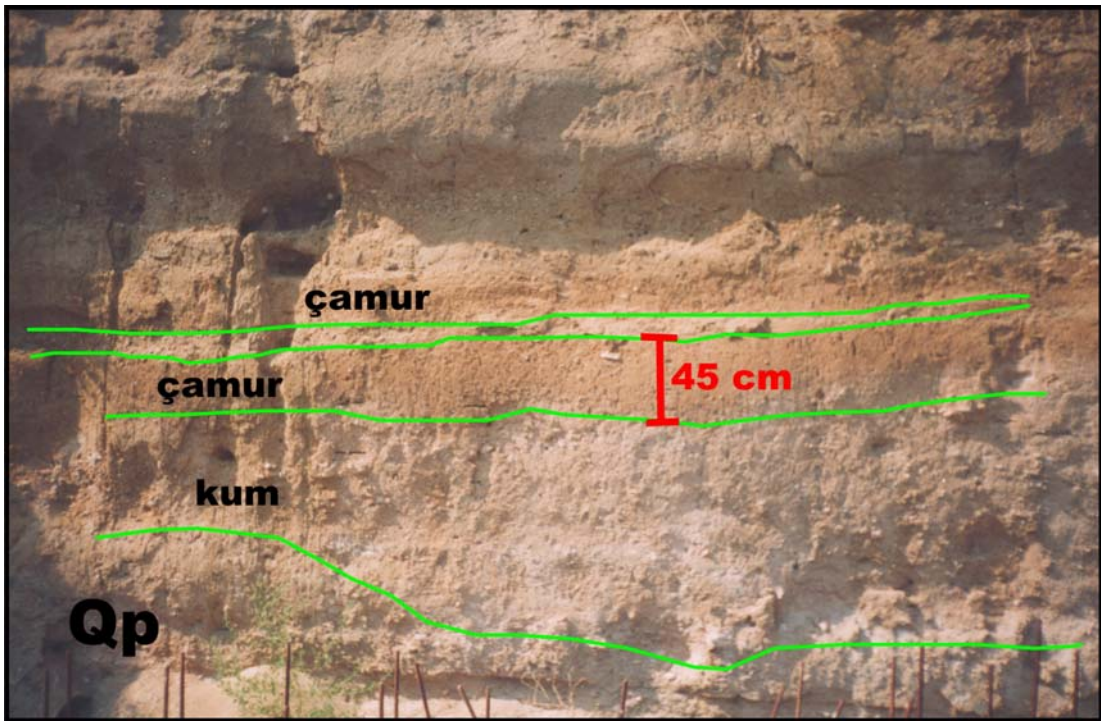
Pamukova ilçe sınırlarındaki sığ sondajlar, Sakarya-Bilecik karayolunun kuzey ve güneyi olmak üzere iki alanda yapılmıştır. Yolun kuzeyinde yapılan P8-P16 arasındaki sondajlarda ince kırıntılı litolojinin kalınlığı güneyde yapılan P1-P7 arasındaki sondajlara oranla daha azdır (Şekil 4.49). Geyve-Pamukova havzası kuzey kenarında yüzeyleyen birimin tane içeriği az kalişli kil ve küçük çaplı çakıllı kumdur. Birim içinde kum matriskli çakıl (maks tane boyu 5 cm) düzeyleri merceksi geometride olup kanal dolguları şeklinde ve çok nadir izlenir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 : Hayreddin Köyü civarında Pınarlı formasyonunun küçük tane boyu hakim litolojisinin görünümü.

Birimin mostra verdiği lokalitelerin yakın civarında yapılan sığ sondajlardan da anlaşılacağı üzere genellikle kum ve daha ince taneli litolojinin hakim olduğu görülmektedir. Dolayısıyle birim bir flüvyal sistemin akış hızının azaldığı, enerjinin düşük olduğu ortamı karakterize eder.

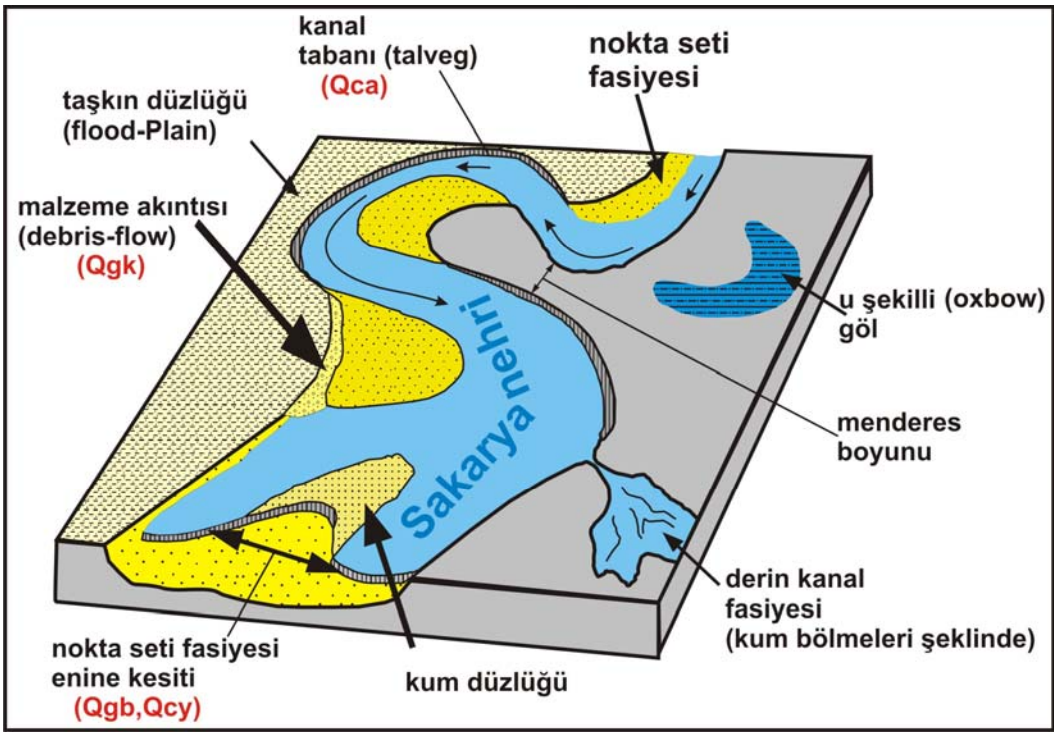
Geyve-Pamukova havzası birimleri içinde çamurlu düzeylerin tek izlendiği birim olan Pınarlı formasyonundaki bu seviyeler açık kahverengi olup kötü tutturulmuştur. Birim içinde az çakıllı kum seviyeleri ile ardalanmalı ve yatay tabakalı olarak izlenirler (Şekil 4.51).



Şekil 4.51 : Pamukova'da çakıllı kum seviyeleri ile ardalanmalı çamurun Pınarlı formasyonu içindeki yatay tabakalı görünümü.

Havza kuzeyinde yer alan bu birim, zaman zaman yüksek enerjiye sahip bir flüvyal sistemin içinde gelişmiştir. Bölgede bu kadar yayılımlı ve kalın flüvyal çökelmeyi sağlayıcı tek kaynak akarsu Sakarya Nehri'dir. Nehir, havzanın açılmaya başlaması ile birlikte KAFSGK ile ilişkili faylar boyunca sağ yanal atıma uğrar (Koçyiğit, 1988a; Yaltırak, 2002). Ayrıca bu ve diğer çökellerin günümüzde 90-130 m kotları arasında bulunması bölgedeki aktif tektoniğin etkisini gösterir. Aynı zamanda nehir enerjisinin muhtemelen iklimsel kaynaklı değişmesi de bu çökellerin gelişmesinde etken olmuştur. Bu anlamda formasyon, yukarıda gerekçeleri açıklanan diğer birimler ile beraber havzada büyük bir flüvyal sistemin (Sakarya Nehri) bir parçasını temsil eder.

Nichols (1999), bir menderesli flüvyal çökelmeyi hem morfolojik hem de litolojik olarak tanımlamıştır. Buna göre ana kanalın uzağında akarsu taşkın düzlüğü (flood plain) kesiminde tane boyu kum ve daha ince litolojiden oluşan bir stratigrafik dizilim tanımlamıştır. Geyve-Pamukova havzasındaki menderesli nehir (Sakarya) desteği ile gelişmiş birimler de bu sistemin sedimanter ürünleridir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52 : Bir menderesli nehirdeki fasiyesler, gelişen litolojiler, bazı morfolojik elemanlar ve Geyve – Pamukova havzası birimlerinin konumu (Nichols, 1999).

Nichols ve Fisher (2007) menderesli flüvyal sistemde akarsu akış hızı ile birebir ilişkili gelişen litolojiyi yakınsak, orta ve ıraksak olmak üzere Şekil 4.46'daki gibi üç ayrı çökel zonunda tanımlamıştır. Buna göre akarsu kanalı içinde ve yakın çevresinde yer yer çapraz tabakalı belirgin imbrikasyonlu çakıl düzeylerini belirlemiş, orta zona doğru ise tane büyüklüğününün kum ve daha küçük boyuta inmesi ile iyi laminalı kumlardan oluşan nokta seti (point-bar) çökellerini tanımlamıştır. Akarsu kanalının ötesinde, akış hızının en yavaş olduğu ve enerjinin en az olduğu sel düzlüğü (flood plain) ortamını ise kum, kil ve çamur ardalanması ile belirlemiştir. Edison ve diğ. (2005), Brezilya'da La-Plata havzasındaki Parana menderesli nehri ve kollarından birisi olan Ivinhema Nehri'nin havza düzlüğündeki çökellerini taşkın ovası (flood plain), nehir kanalı ve oxbow göl fasiyesleri şeklinde tanımlamıştır. Bölgesel iklim ve tektonik kontrollü olarak gelişen bu birimlerden taşkın (sel) düzlüğü litolojisini: çok miktarda kil ve çamur ardalanması, az miktarda ise kum olarak belirlemiştir. Ayrıca bu stratigrafinin nehir enerjisinin azalması ile oluştuğunu vurgulamıştır.

Güneybatı Çad havzasında Komadugu Nehir sistemi, menderesli geometri gösterir. Havza içinde nehrin kanal, nokta seti ve taşkın ovası çökellerinin litolojisi ölçekli kesitlerde belirlenmiştir (Maren ve Frank, 2007). Buna göre taşkın ovası

çökellerinin: kum, kil ve çamur ardalanması ile kanal ve nokta seti çökellerinden sonra oluştuğu, Komadugu Nehri flüvyal stratigrafisinin en üstünde bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu seviyelerin diğer çökellere oranla daha az çakıl içerdiği ve enerjisi düşük ortamda oluştuğu saptanmıştır.

Buna göre Geyve-Pamukova havzasının güney, orta zonundaki Geyve ve Çardak formasyonları, menderesli nehrin (Sakarya Nehri) kanalında ve civarında çökelen litofasiyesleri içerir. Sedimanter özellikleri ile Sakarya Nehri'nin eski (Geyve formasyonu) ve yeni (Çardak formasyonu) izlerini taşıyan bu iki birim: içerdiği litolojik düzeylerinin ve fasiyeslerinin benzerliği, tane kayaç türü, paleoakıntı yönü ve demiroksit içeriği ile birbiri ile aynı özelliklere sahiptir. Bu birimler menderesli nehrin (Sakarya); kanal ve nokta seti çökel ortamlarını belirtir. Havzanın kuzeyindeki Pınarlı formasyonu ise aynı nehrin kanalının uzağında gelişmiş, tane boyu kum ve daha küçük litolojiden oluşan, içinde çamur bulunduran, taşkın (sel) düzlüğü (flood plain) fasiyesi şeklindedir. Yukarıdaki bütün birimler, bugünkü Sakarya Nehri kanal kotundan ortalama 40 m'ye varan daha yüksek kotlarda bulunur. Bu birimlerin niçin bu alanlarda bulunduğu ise Geyve-Pamukova havzasının açılmasını sağlayan, detayları tezin morfotektonik ve yapısal jeoloji bölümlerinde açıklanan Sarıgazi fayının etkinliği ile doğrudan ilişkilidir.

Birim, havza kuzeyindeki temel kayaçları Gökgöz, Karapınar, Oruçlu ve Hayreddin'de açılı diskordans ile örterken, İsabalı, Şahvarmaz ve Ahiler'de Hocaköy formasyonu tarafından da paralel (boşluklu) diskordans ile örtülür.

Geyve-Pamukova havzasındaki Geyve, Çardak ve Pınarlı formasyonları yukarıda açıklanan birbirine benzer özellikleri ile menderesli geometriye sahip Sakarya Nehri'nin havzanın açılması sürecinde hem sağ yanal hem de düşey yer değiştirmesi sonucu gelişen çökellerdir. Havzadaki Hocaköy formasyonu ise özellikle güney blok drenajının yer yer de kuzey blok drenajının kaynaklık ettiği çökeldir. Şekil 4.36'da belirtilen derin sondajlardan görüldüğü gibi havza dolgusunu oluşturan bu birimlerin 160 m'den daha kalın olduğu anlaşılmaktadır.

Geyve-Pamukova havzasındaki çökeller temel kayaçlar ve birbirleri ile olan dokanak ilişkilerinin dışında diğer bazı özelikleri ile de birbirinden farklıdırlar (Şekil 4.53).

Formasyon adı:	Tane kayaç türü:	Kimyasal özellikler:	Sin-sedimanter yapılar:	İmbrikasyon yönü:	fasiyes türleri:
Geyve formasyonu	Şist, Andezit, Bazalt, Serpantin, Granit, Çört, Şeyl	yoğun şekilde gözle görülebilen siyah renkli sıvamalar (demiroksit)	belirgin çapraz laminasyon ve tabakalanma, belirgin imbrikasyon	hem kuzeye hem de güneye	çok az oranda malzeme akıntısı (debris-flow), yaklaşık eşit oranda kanal (channel) ve noktaseti (set-point) çökelleri (kaynak akarsu Sakarya Nehri) enerji çok değişken
Hocaköy formasyonu	Çoğunlukla kireçtaşı, yer yer arkoz türü kumtaşı, İznik havzasında andezit katılımı mevcut	gözle görülebilen belirti izlenmedi	yarı belirgin imbrikasyon	sadece kuzeye	fazla oranda malzeme akıntısı (debris-flow), çok az kanal (channel) çökeli (kaynak akarsu güney ve çok az da kuzey blok drenajı) enerji genellikle yüksek
Çardak formasyonu	Şist, Andezit, Serpantin, Granit, Dolomit, Arkoz	yoğun şekilde gözle görülebilen siyah renkli sıvamalar (demiroksit)	belirgin çapraz laminasyon ve tabakalanma, belirgin imbrikasyon belirgin asimetrik ripıl izleri	hem kuzeye hem de güneye	çok az oranda malzeme akıntısı (debris-flow), yaklaşık eşit oranda kanal (channel) ve noktaseti (set-point) çökelleri (kaynak akarsu Sakarya Nehri) enerji çok değişken
Pınarlı formasyonu	kum, çok az kil ve çamur ardalanmalı	gözle görülebilen belirti izlenmedi	yarı belirgin tabakalanma hep yatay	belirlenemez şekilde	bütünüyle taşkın düzlüğü (flood-plain) çökeli enerji genellikle düşük

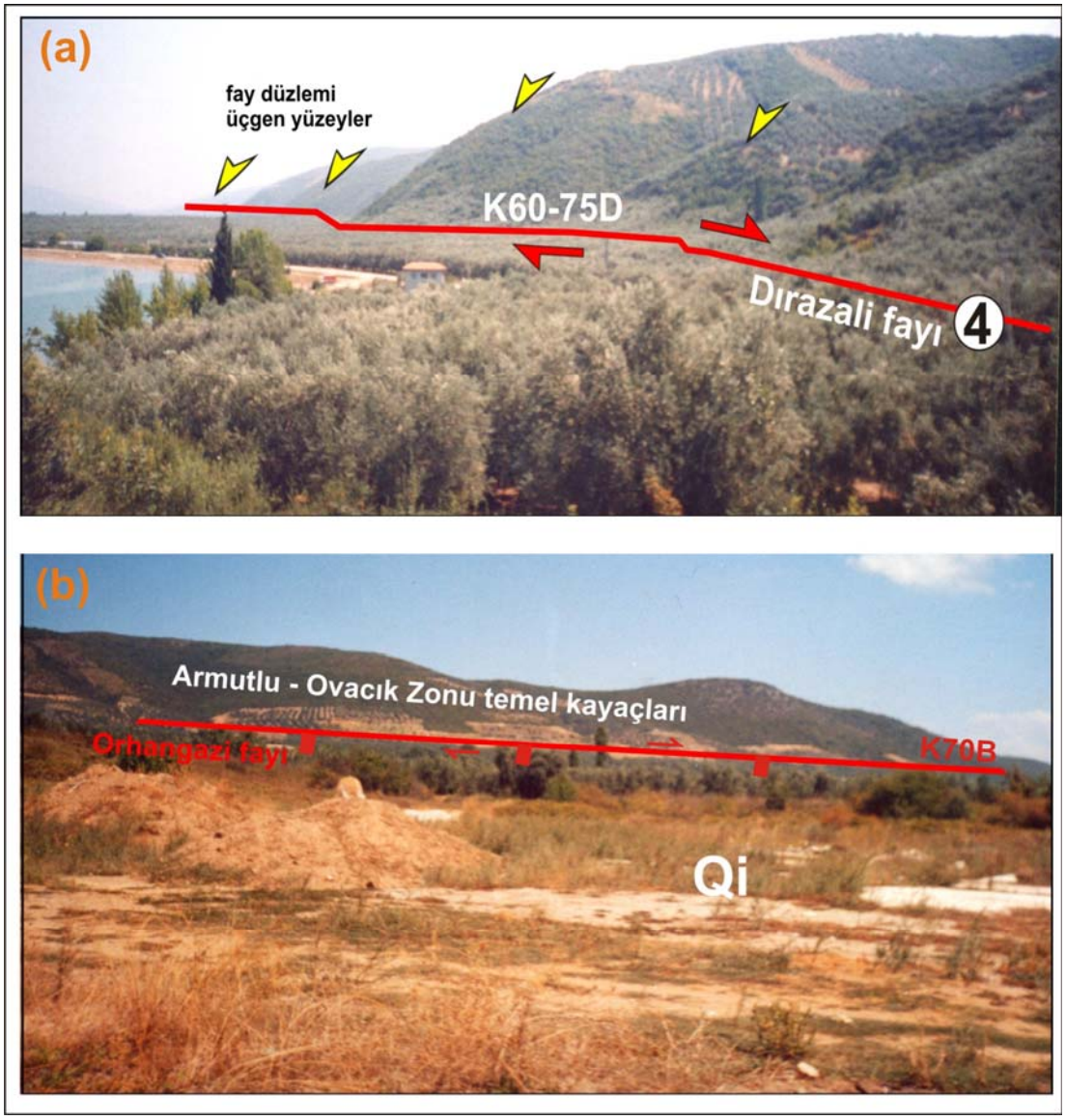
Şekil 4.53 : Geyve-Pamukova havzasındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin bazı ayırd edici özelikleri.

4.2 Mekece-İznik koridoru ve İznik Havzasının Pliyo-Kuvaterner Stratigrafisi

Çalışma alanında Mekece (Sakarya) - İznik (Bursa) arası kesim dar bir çöküntü şeklindedir. İznik Gölü havzasının Pliyo-Kuvaterner stratigrafisi güney ve kuzey kenarda farklılık gösterir. Chaput (1936), İznik Gölü güneyinde bugünkü göl seviyesinden 30-40 m daha yüksek olan çökellerin gölsel özellikli, Kuvaterner yaşlı ve Alpin orojenizinin Wallachian aşaması faylarından sonra oluştuğunu belirtmiştir. Ardel (1949), Sipahioğlu ve Matsuda (1986), Akartuna (1968), İznik Gölü kıyı civarı çökellerinin göl fasiyesinde olduğunu belirtilmiştir. Bargu (1982) ise kumtaşı, kiltaşı ardalanması, çapraz tabakalanmalı kumtaşı-bloklu konglomera ardalanması ve marn-kireçtaşı ardalanması içeren birimi Yenişehir formasyonu olarak haritalamış, fosilsiz ve gölsel ortam olarak tanımlamıştır. Ayrıca İznik Gölü havzası göl kıyısı yakını ve çevresinde yüzeyleyen, göle doğru eğimli olan birim, Pleyistosen yaşlı konglomera, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşan İznik formasyonu olarak tanımlanmıştır (Bargu, 1982). İzmit-Adapazarı koridoru içinde Kuvaterner yaşlı delta ve plaj kumu çökelleri bulunduğu belirtilmiş, bu çökelin aynısının Mekece – İznik arası ve İznik Gölü güneyinde de olduğu vurgulanmıştır (Emre ve diğ. 1998). Aynı yazarlar İznik Gölü'nün kuzeydoğu ve kuzeybatı kenarındaki birimleri, Geç Pliyosen – Pleyistosen yaşlı son buzul döneme ait erozyonel nitelikli çökeller olarak tanımlamıştır. Sezen (1992), İznik Gölü güney kenarındaki Kuvaterner yaşlı alüvyonu, akarsu kanal ve taşma ovası fasiyesi şeklinde tanımlamıştır. Birimin Yenişehir ovasındaki Kuvaterner yaşlı birimler ile aynı olduğunu ve pekişmemiş kil, kum, çakıl boyutundaki litolojiden oluştuğunu belirtmiştir. İznik Gölü batı kıyısı ve Orhangazi düzlüğündeki Kuvaterner yaşlı birimler yüksek ve alçak kot değerli göl ve buzul sonrası gelişen çökeller olarak ayırtlanmıştır (İkeda ve diğ. 1991). Bu tez çalışması ile Mekece-İznik koridoru ve İznik Gölü havzasında yaşlıdan gence doğru: İznik formasyonu (Qi), Hocaköy formasyonu, Solöz formasyonu (Qs), Alüvyon ve Yalıtaşları olmak üzere dört ayrı birim ayırtlanmış ve haritalanmıştır (Şekil 4.55), (Ek – 1).

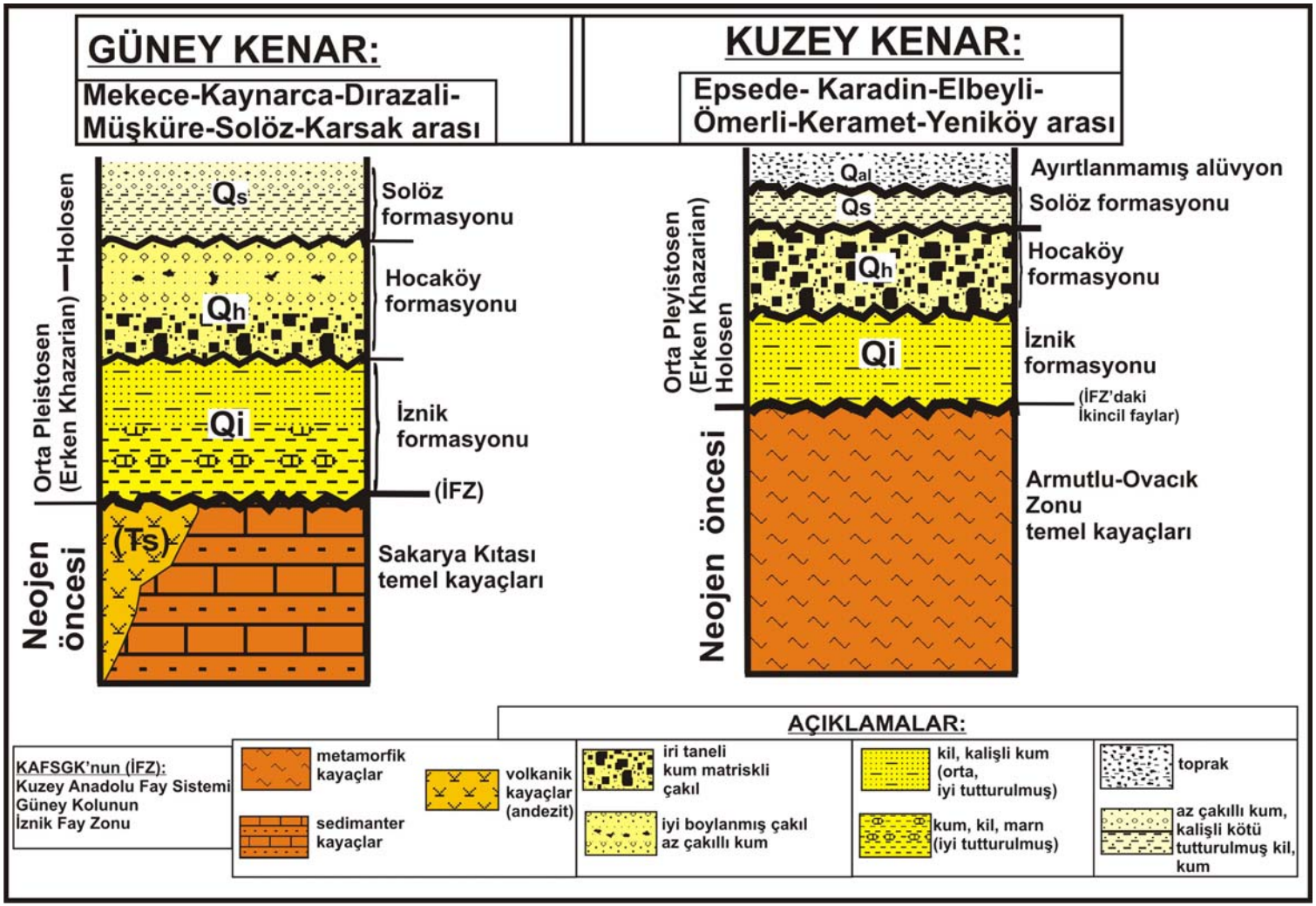
4.2.1 İznik formasyonu (Qi)

Bargu (1982) tarafından adlanmış olan bu formasyon, İznik havzasının güney ve kuzeybatı kenarında mostra verir. Güney kenarda Dırazali batısı-Karacakaya burnu arası, Narlıca, Mamcalar, Heceler, Solöz, Dutluca, Mamure ve Karsak köylerinde; İznik Gölü'nün kuzeybatısında ise Keramet, Yeniköy ve Orhangazi'nin kuzeydoğusunda izlenir. Birim güney kenarda Solöz'de 145 m kotuna kadar yüzeylerken, kuzeybatıda Yeniköy'de 115 m kotuna kadar mostra verir (Şekil 4.54).

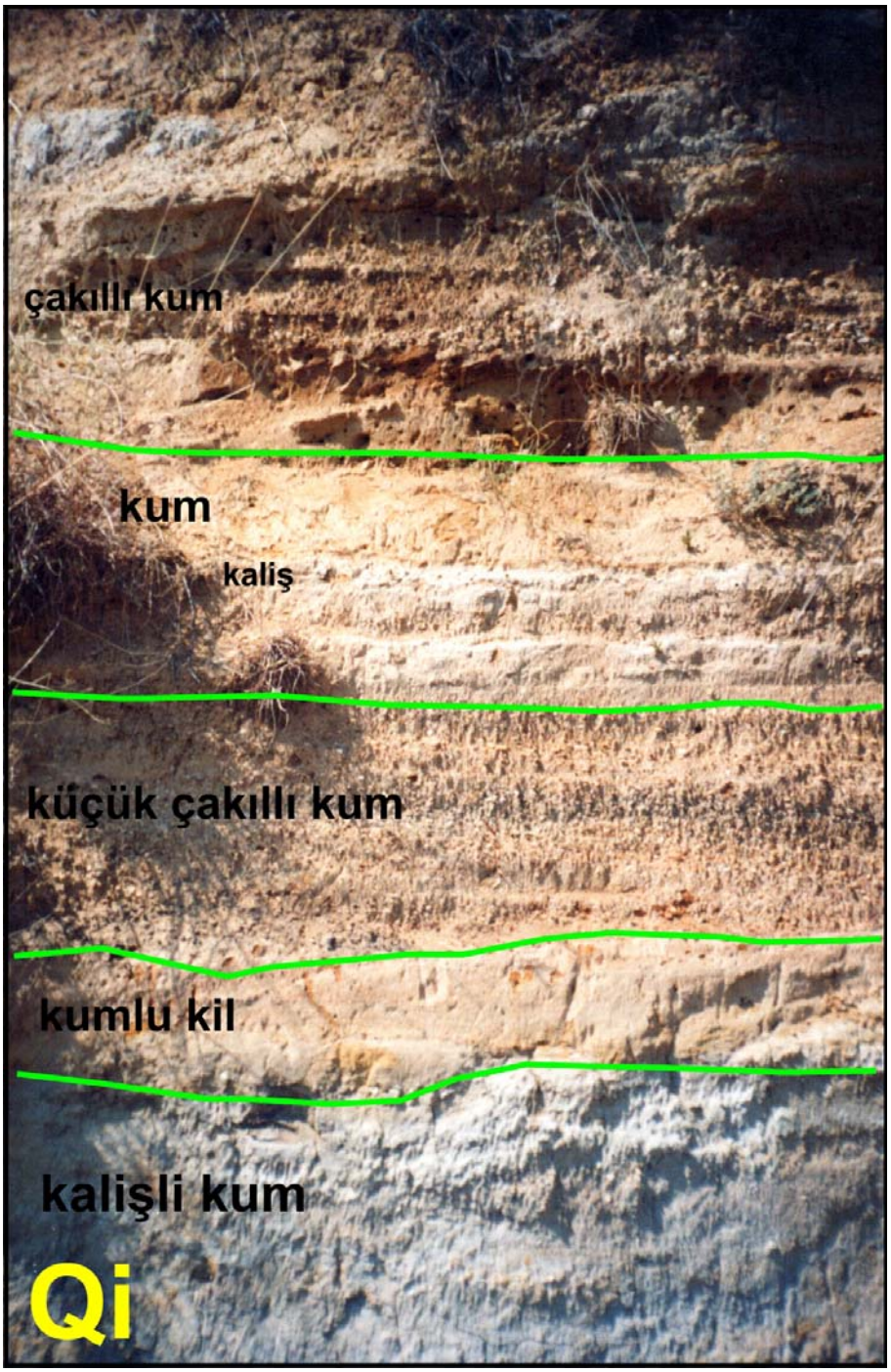


Şekil 4.54 : (a) İznik havzası güney kenarında Solöz doğusunda, (bakış güneyedir), (b) İznik havzası kuzeybatısında Çakırlı batısında Yeniköy doğusunda İznik formasyonunun bölgedeki temel kayaçlar ile ilişkisi ve morfolojideki yeri (bakış kuzeyedir).

İznik formasyonu, kahverengi, sarı ve beyaz renkli: küçük çakıllı kum, kum ve marn ardalanmalı istif şeklinde olup ayrıca ikincil kalişler de yaygındır. (Şekil 4.56).

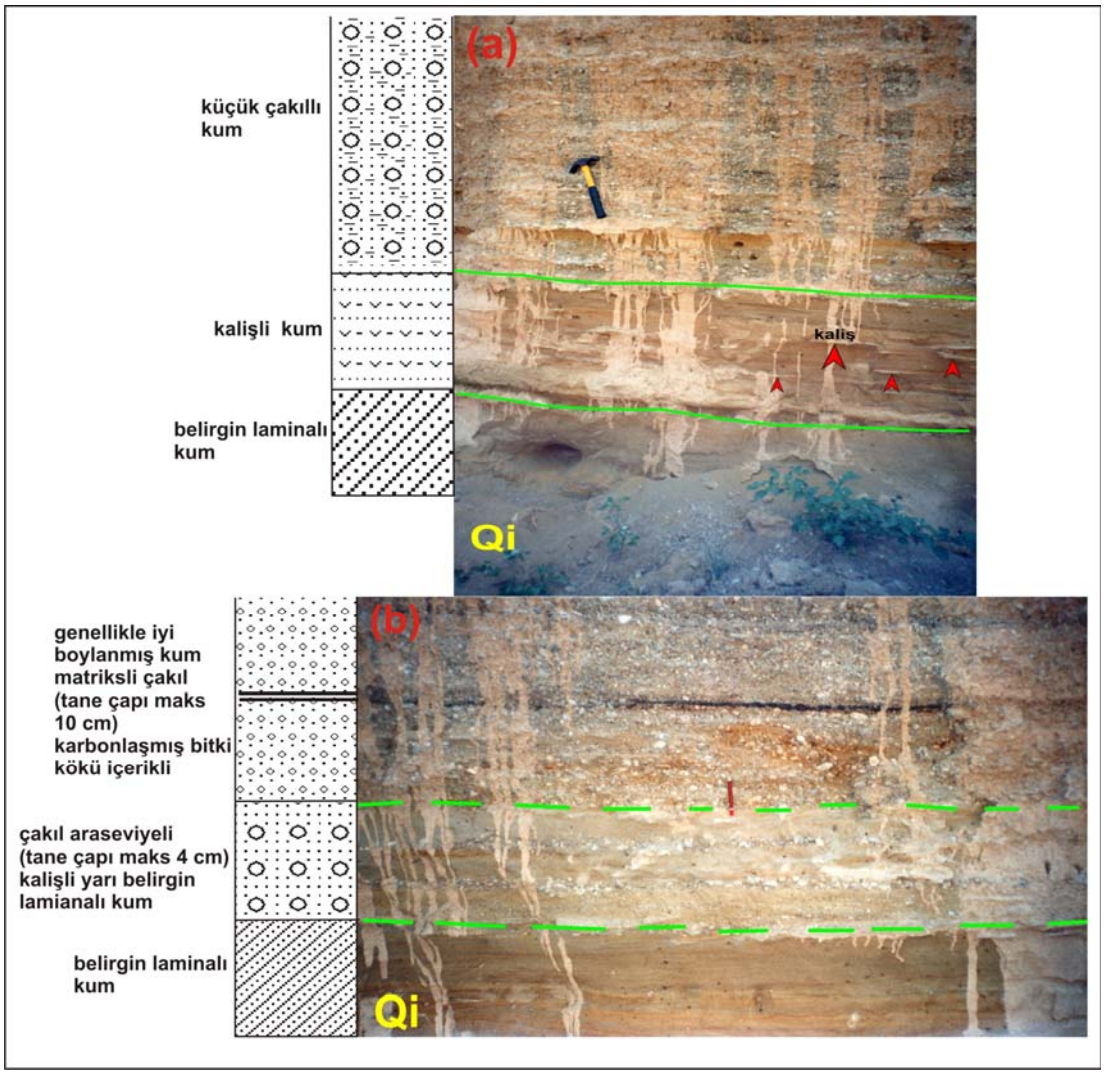


Şekil 4.55 : KAFSGK, Mekece-İznik arası ile İznik havzasının Pliyo-Kuvaterner birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.



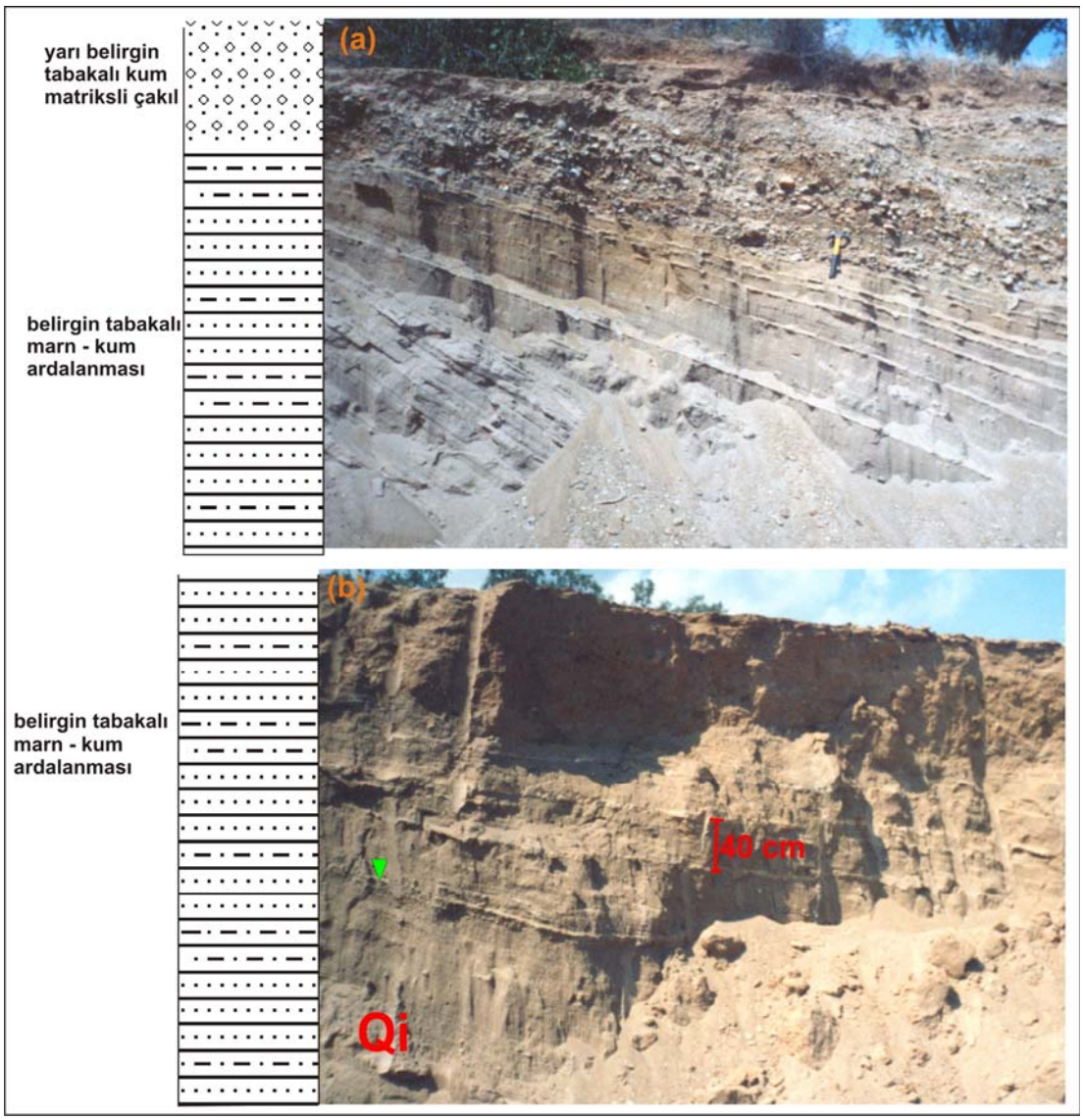
Şekil 4.56 : Heceler'de İznik formasyonunun litolojisinin görünümü.

İznik havzası en güney kenarında yüzeyleyen birimin çakıllı seviyelerinde egemen tane bileşeni genellikle andezit olup tane çapı maksimum 5 cm'dir. Taneler orta-iyi boylanmış ve kötü tutturulmuştur. Kumlu seviyelerde laminasyon yarı belirgin ve belirgindir. Birimin havzanın kuzeyindeki mostralarında kum hakimdir. Kumlar arasında ise tabaka kalınlığı maksimum 4 cm olan marn seviyeleri izlenir. Bu alanda da kumların tutturulma dereceleri kötüdür. Genellikle sade kum şeklinde izlenen bu düzeyler nadiren tane boyu 4 cm'yi geçmeyen çok az çakıl içerir (Şekil 4.57).



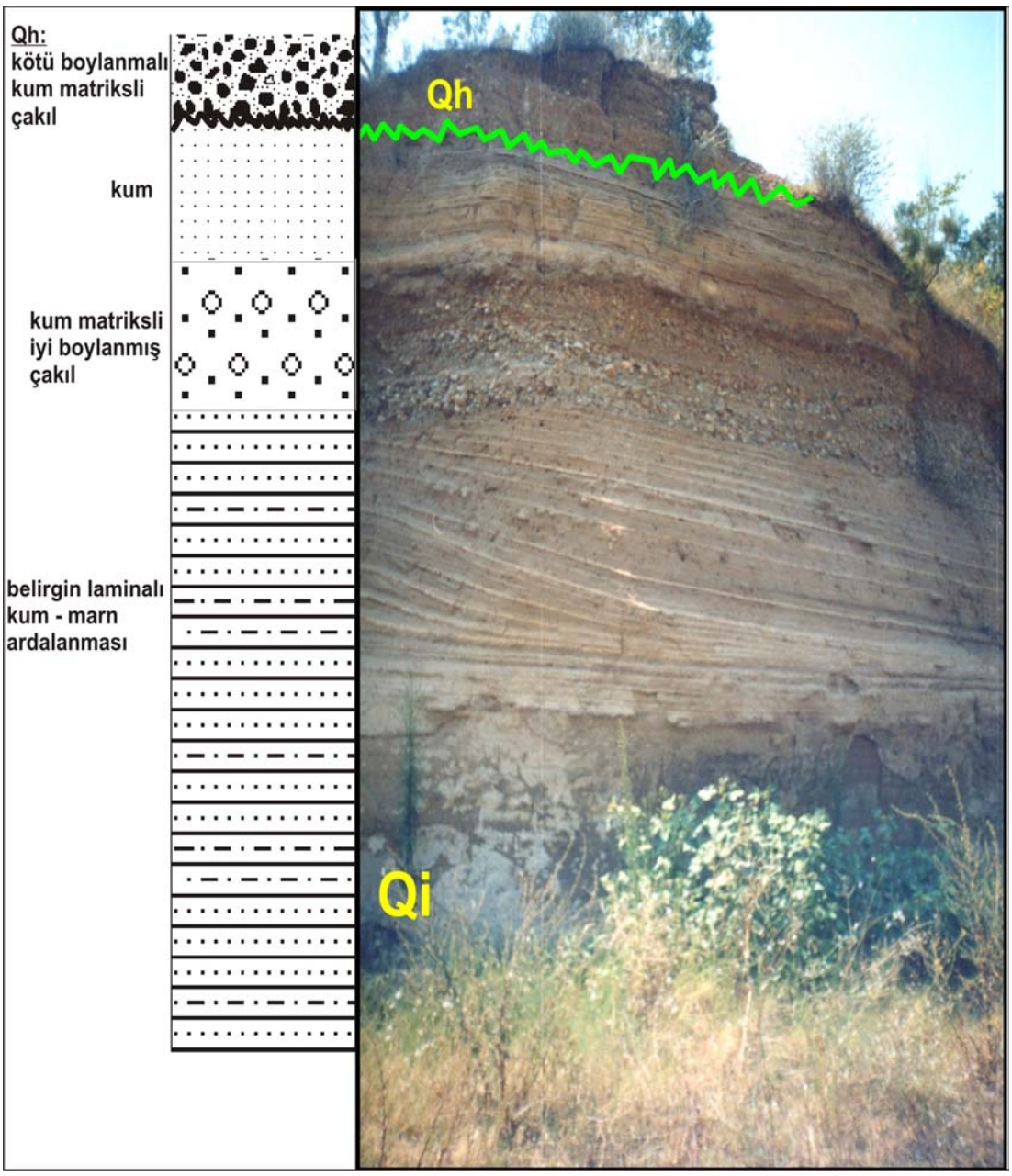
Şekil 4.57 : İznik formasyonunun: (a) Heceler, (b) Solöz'deki görünümü.

Birimin İznik havzasının güney kenarındaki kumlu seviyelerinde yatay laminasyon izlenirken, ardalanmalı izlenen marnların kalınlığı 20 cm'e ulaşır. Marn ve kum matriskli çakıl seviyelerinin tabakalanması yarı belirgin olup, $30^{0'}$ye varan eğim açıları ile KD ve KB yönlüdür. (Şekil 4.58).



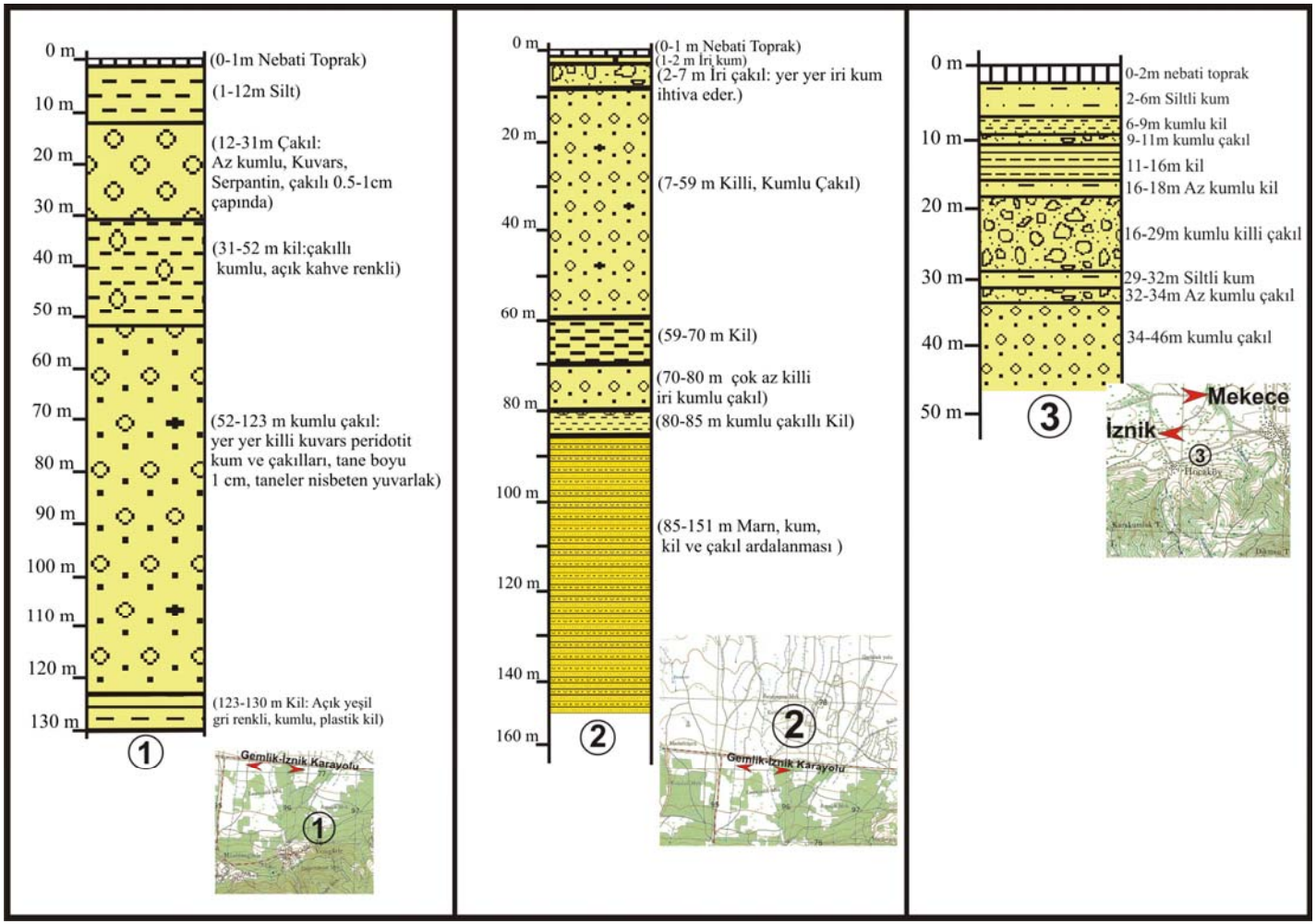
Şekil 4.58 : İznik formasyonunun: (a) Solöz'de, (b) Solöz batısındaki görünümleri (bakış batıyadır).

Birim içindeki egemen tane boyu kum olup bunun dışında kil de izlenir. Havza güney kenarındaki mostralarda kumlar ile ardalanmalı olarak daha yoğun izlenen marnlar ise kuzeybatıda daha az bulunur. Birimde izlenen marn seviyeleri ayırt edici olup çalışma alanında Pliyosen sonrasında çökelen diğer birimlerde bulunmaz (Şekil 4.59). Ayrıca marn seviyelerinin belirginliği derin sondajlarda da izlenir (Şekil 4.60).



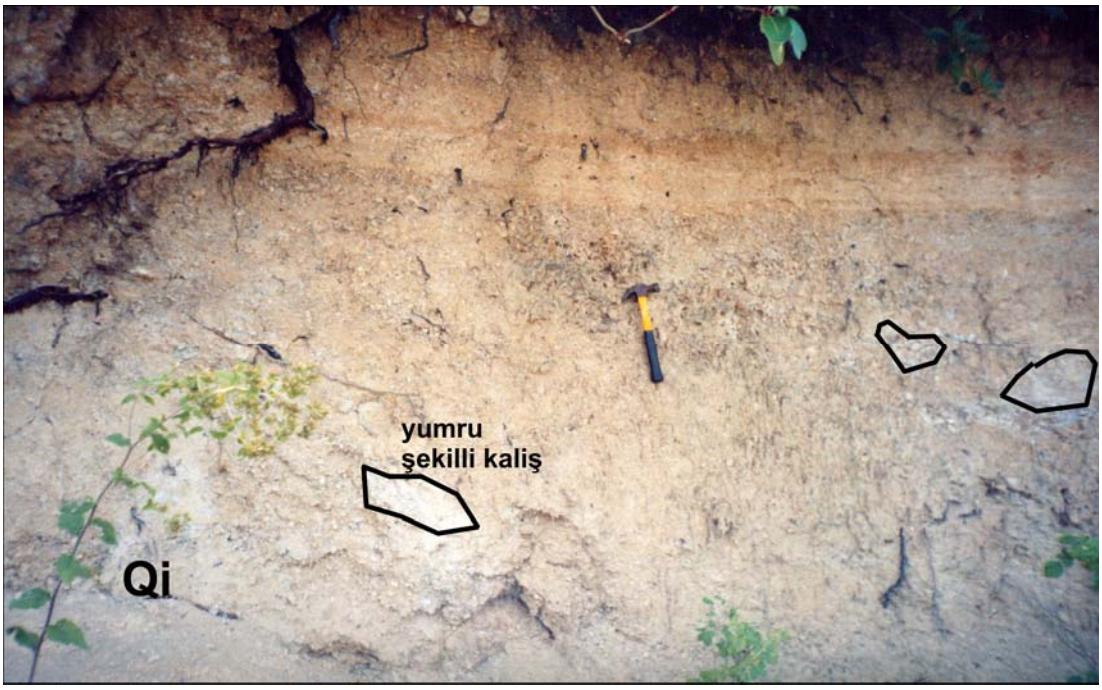
Şekil 4.59 : Solöz'de İznik formasyonunun görüntüsü (bakış güneyedir).

İznik havzası ortası ve güney kenarına yakın lokasyonlarda DSİ tarafından yapılan derin sondajlarda marn düzeyleri içeren seviyelerin havzanın tabanına yakın seviyelerde izlendiği görülmektedir. Ayrıca havza dolgusu birimlerin de 150 m'den daha kalın olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.60).

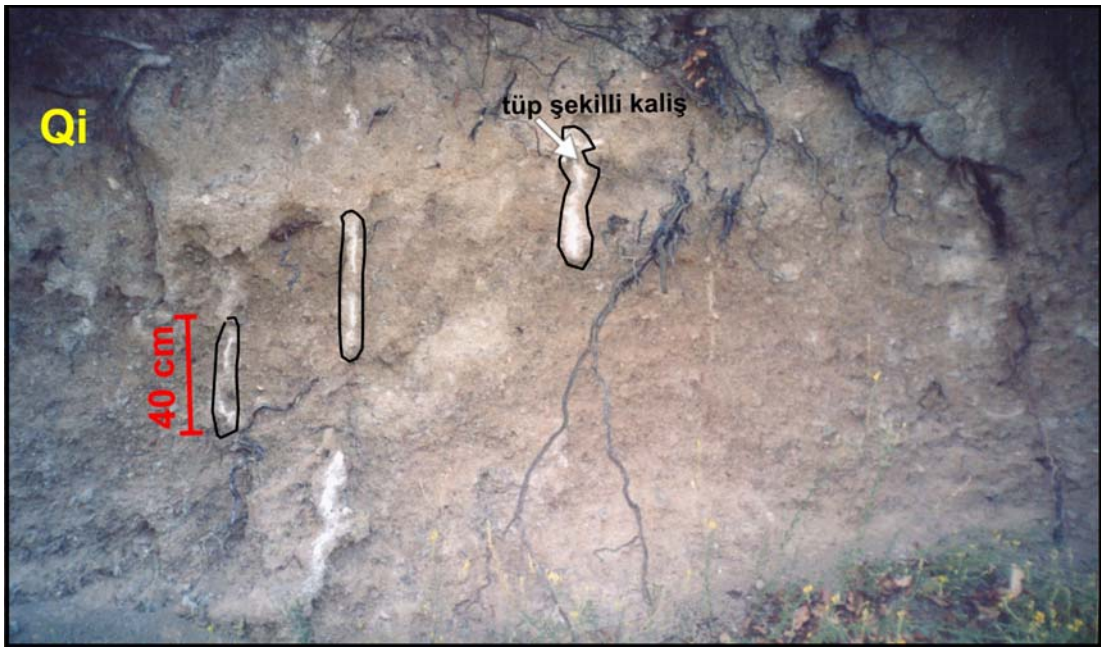


Şekil 4.60 : İznik-Gemlik arasındaki bazı lokasyonlarda DSİ tarafından yapılan derin sondaj loglarının görünümü.

Birim içindeki yoğun kaliş gelişimi; yumru ve tüp şeklinde olup akarsu ve göl sularının etkisi ile bölgedeki kireçtaşlarından çözünen kalsiyum karbonatın kurak dönemlerde kapiler olarak yükselip kuruması ile oluşmuş ikincil bir yapıdır. Ayrıca bu kalişler farklı geometrik şekillerde izlenir. (Şekil 4.61, 4.62).

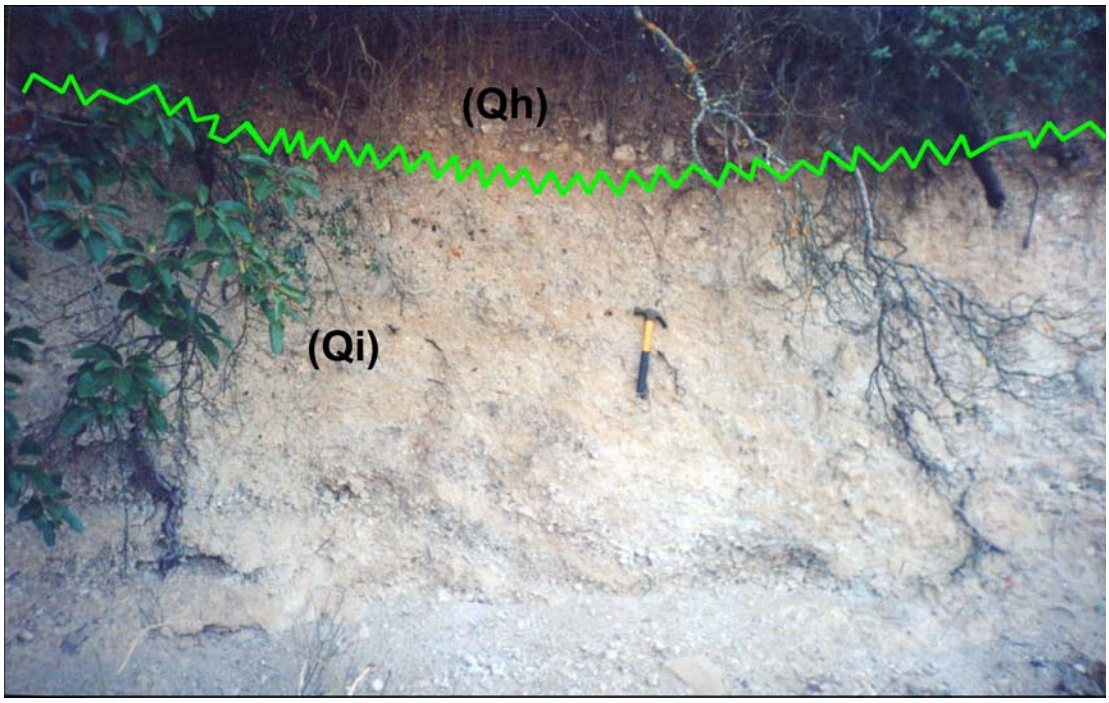


Şekil 4.61 : Dutluca'da İznik formasyonu içinde izlenen beyaz renkli, yumru şekilli kalişler.



Şekil 4.62 : Heceler'de İznik formasyonunun kum matriksli çakıl düzeylerindeki beyaz renkli tüp şekilli kaliş.

İnceleme alanının Neotektonik döneminde İznik Gölü güney ve kuzeybatısında çökelen İznik formasyonunda havzanın kuzeyinde Keramet Köyü'nün batısında İslamoğlu (2008) tarafından *Didacna subpyramidata* ve *Didacna nov.* Sp. olmak üzere iki tür tuzlu-acı su bivalv fosili bulunmuştur. Yazar bu fosillerin Ponto-Caspian (Kuzey Karadeniz) Bölgesinde Nevesskaya (1963; 2007) tarafından tanımlanan Orta Pleyistosen, Erken Khazariyen yaşlı bivalv türleri ile aynı olduğunu ve bu bölgenin bu dönemde tuzlu-acı su (brackish water) ile kaplı bir deniz olduğu belirtilmiştir. Bunun sonucu olarak ta bu zamanda İznik Gölü'nün önce Marmara Denizi'nin bir körfezi olduğunu aynı zamanda Caspian (Hazar Denizi) ve Kara Denizi de Marmara Denizi'ne bağladığını, daha sonra ise KAFSGK'nun bölgeye girmesi ile deniz bağlantısı kesilen İznik Körfezi'nin günümüz topoğrafyası ile göl şeklini aldığını vurgulamıştır. Bugün İznik formasyonunun özellikle gölün güney kenarında KAFSGK'na ait faylarla kesilmiş ve 115-145 m arasında değişen kotlarda bulunması bu bulguyu desteklemektedir. Ayrıca İznik Gölü batısı-Gemlik Körfezi arasında güney blokun aktif faylar ile yükselerek birimin, tane desteğini güney bloktan alan Hocaköy formasyonu tarafından diskordans ile örtülmesi bir başka veridir (Şekil 4.63).



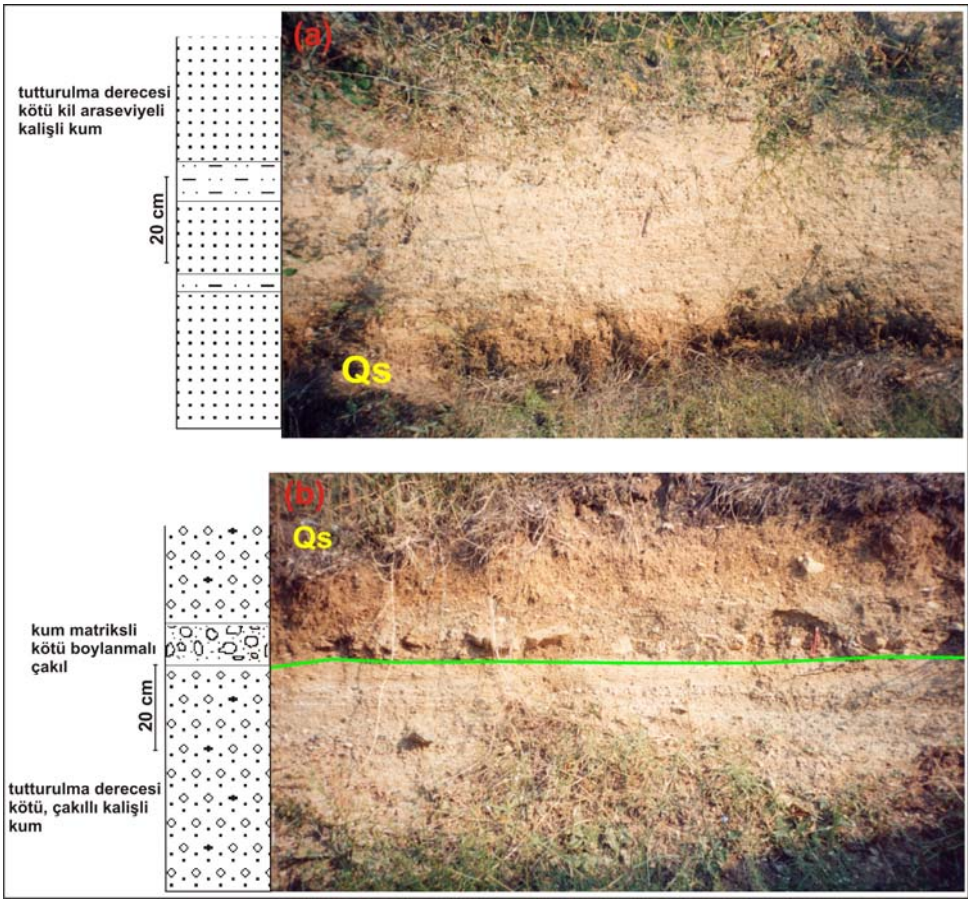
Şekil 4.63 : Solöz doğusunda İznik ile Hocaköy formasyonları arasındaki diskordans.

Göl havzası güney kenarında; doğuda Karacakaya burnu ile batıda Mamure arasında, havzanın kuzeybatısında ise Keramet ile Yeniköy arasında İznik formasyonu ile

bölgedeki temel kayaçlar arasındaki dokanak, detayları tezin yapısal jeoloji bölümünde belirtildiği üzere bölgedeki aktif faylar ile belirlenir. Birim, Hocaköy formasyonu tarafından ise havza güneyinde Müşküre, Heceler, Solöz ve Karsak doğusunda havza kuzeybatısında ise Keramet-Yeniköy arasında diskordans ile örtülür.

4.2.2 Solöz formasyonu (Qs)

Birim, İznik Gölü güneyinin kıyıya yakın kesimlerinde, gölün kuzeyinde ise İznik-Orhangazi yolunun güneyinde bulunur. Bilgin (1968), İznik Gölü'nün kıyı çevresindeki çökellerin dört aşamadan oluşan göl terasları olduğunu belirtmiştir. Gölün güneydoğu kıyılarında 90 m yükseltisinde yüzeyleyen birim, Solöz deltası civarında 100 m'ye kadar ulaşır. Gölün kuzey kıyılarında ise birimin yüzeylediği alanlar 90 m yükseltisini geçmez. Solöz formasyonu (Qs) küçük çakıllı (tane çapı maks 5 cm) kum, kum araseviyeli kalişli kil ardalanması, kum matriksli iri çakıl mercekleri (maks tane çapı 10 cm) şeklindeki seviyelerden oluşur (Şekil 4.64).



Şekil 4.64: İznik Gölü güney kenarındaki Solöz formasyonunun (a) Göllüce, (b) Paşapınar köylerindeki görünümü.

Birimde genellikle beyaz ve nadiren de açık kahverengi renkler hakimdir. Göl kuzeyinde birimin kum matriksli çakıl ve kum şeklinde izlenen ardalanmalı seviyeleri, açık renkli olup güney kıyılara oranla daha az tutturulmuştur. Birim içinde çok az bulunan çakıllar iyi yassılaşmıştır. Tabakalanma belirgin olup genellikle yataydır (Şekil 4.65). Gölün güney kıyısında birimin görünür kalınlığı 20 m iken, kuzeyde ise 10 m civarındadır.



Şekil 4.65 : İznik Gölü kuzey kenarı Boyalıca'da Solöz formasyonunun genel görünümü.

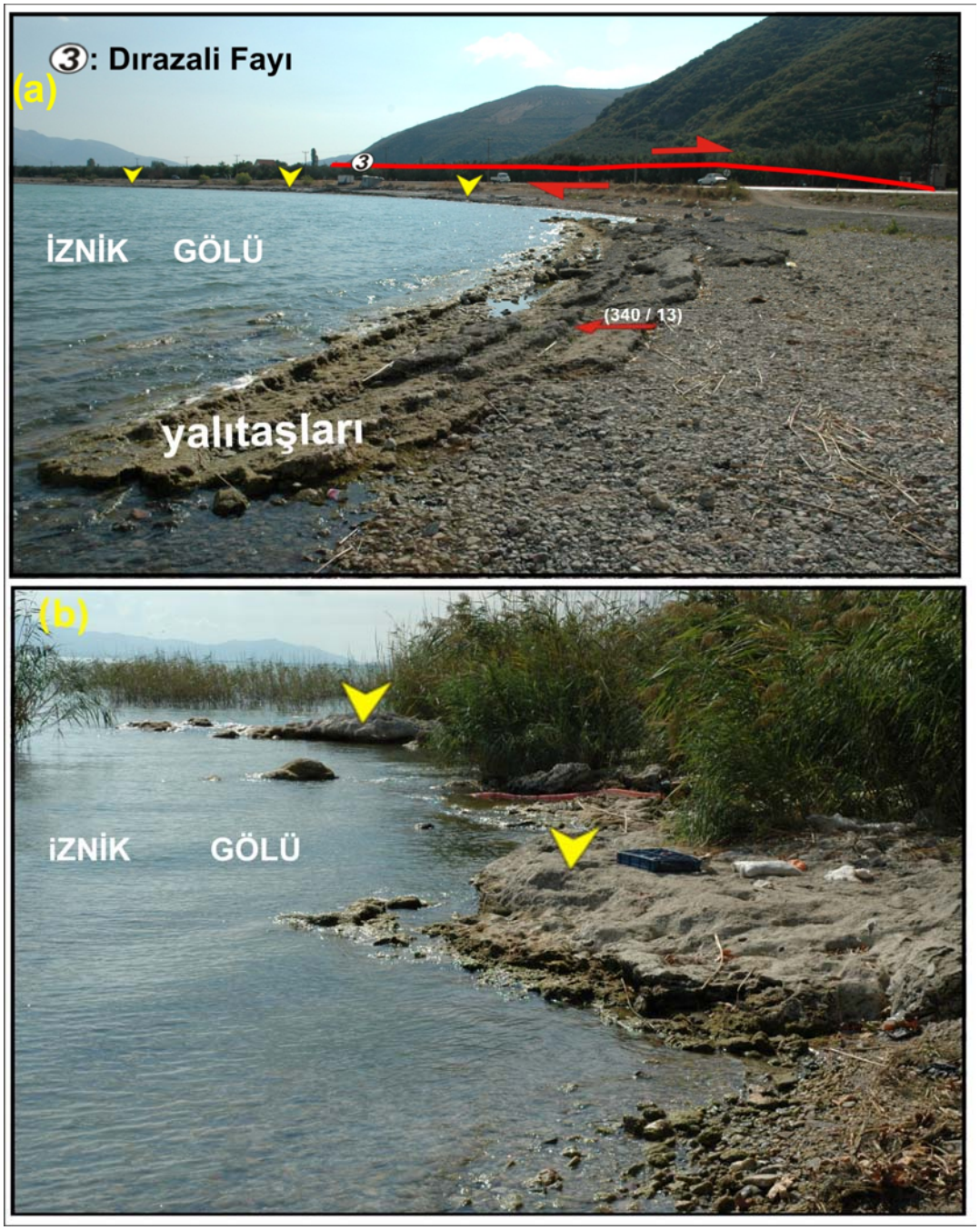
Birimde genellikle küçük taneli (çok iri kum) seviyeler daha kalın olduğundan çökelme ortamı sürecinde genelde düşük enerji hakimdir.

Günümüzde göl seviyesi üzerinde bulunan birim, İznik formasyonuna benzer olarak bölgedeki KAFSGK ile ilişkili faylar ile yükselmiştir. İznik formasyonunun çökeliminden sonra hızla deniz bağlantısı kesilen bölge göl şeklini aldığından birim bölgedeki en genç göl terası şeklindedir.

Solöz formasyonu, göl havzasında İznik-Dutluca arasında İznik formasyonunu, Dırazali kuzeybatısında, Göllüce ve Dutluca'da ise Hocaköy formasyonunu diskordans ile örterken, göl kıyısı civarındaki alüvyon ve yalıtaşları tarafından da diskordans ile örtülür.

4.2.3 Alüvyon ve yalıtaşları

Çalışma alanının Mekece-İznik arasındaki kesiminde bütün birimleri diskordans ile örten alüvyon İznik Gölü havzasında yalıtaşları ile birlikte izlenir. Bölgenin Kuvaterner istifi ve bu istif içindeki yalıtaşları gölün yakın çevresinde yüzeyler (Kayan, 1993). Gölün bütün kıyılarını çevreleyen yalıtaşlarının tabakalanması güney kenarda 10^0-16^0 göle doğru eğimlidir. Gölün batı ve kuzey kıyısında görülen yalıtaşlarının tabakalanması ise belirsizdir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66 : Yalıtaşlarının İznik Gölü'nün (a) güney kenarında, (b) kuzey kenarındaki görünümü.

Yalıtaşlarını oluşturan taneler kötü boylanmalı, yarı köşeli-köşeli, iyi tutturulmuş olup, tane çapı 3 ile 20 cm arasında değişirken, karbonat çimentolu kireçtaşları şeklindedir. (Şekil 4.67).



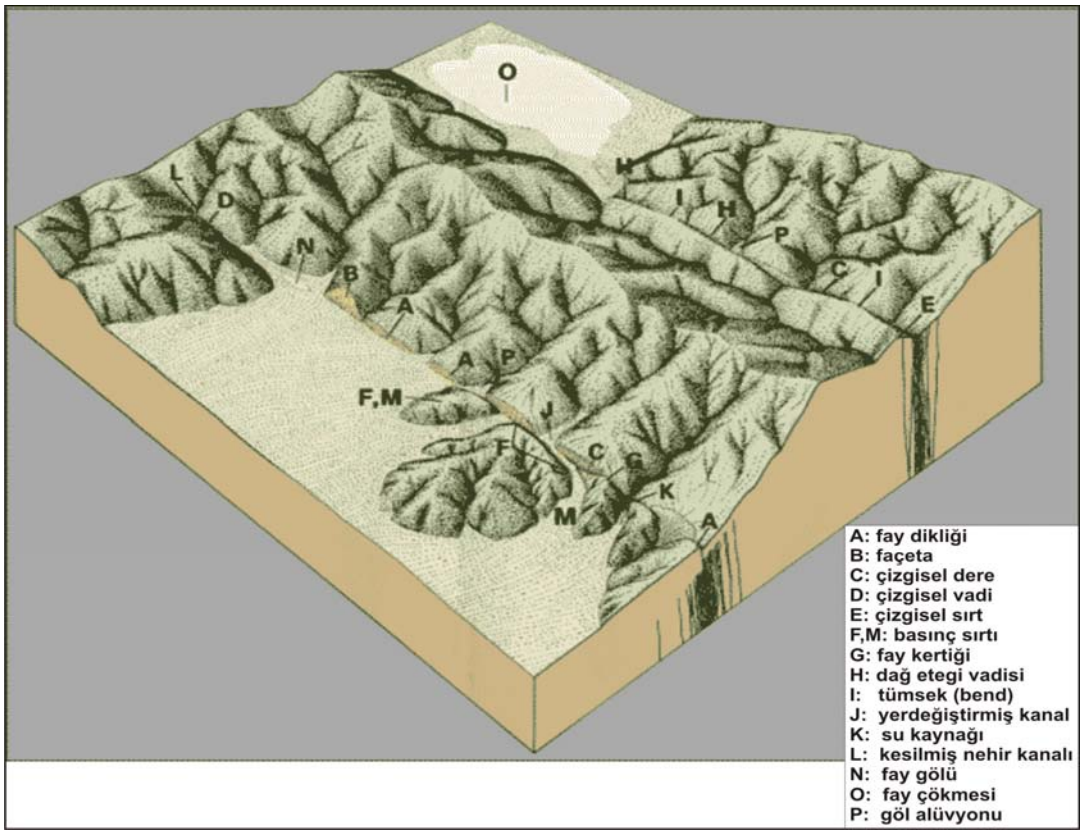
Şekil 4.67 : Yalıtaşlarını oluşturan çakıl tanelerinin görünümü.

Bir bölgedeki yalıtaşı oluşumu kıyının yapısı, taneler arası porozite oranı, sıcaklık, suyun kimyasal bileşimi ve su-kara seviyesindeki dönemsel değişikliklere bağlıdır (Neumeir, 1999; Calvet ve diğ. 2003). İznik Gölündeki Ph değerleri 7.30 ile 10.55 arasında değişir. Bölgenin özellikle güney yüksek morfolojisi kireçtaşlarından oluştuğu için yüzey sularının da Ph değerleri yüksek olup 5 ile 9 arasındadır (DSİ, 1980). Göl suyunun yüksek Ph değerleri ile yüzey sularındaki kimyasal bileşimde etkin olması bölgedeki yalıtaşlarının oluşmasına bir etkendir (Turoğlu ve Cürebal, 2005). Diğer etken ise gölün su seviyesinin güneydeki aktif ana faylar ile dönemsel değişmesidir.

İznik Gölü kenarındaki yalıtaşı oluşukları, karbonatça zengin yeraltı ve yüzey sularının etkisi ile göl kenarındaki çakılların kumlar ile birlikte yüksek enerjili (çalkantılı dalga) ortamda çimentolanması sonucu oluşur. Ayrıca bölgenin özellikle güney kenarındaki fayların (KAFSGK) günümüze değin aktif ve gölün içine kadar devam etmesi ile göl kıyı çizgisinin fay denetimli olarak değişimi, yalıtaşlarını bugün su seviyesinin üstünde bırakmış ve göle doğru eğimlenmesini sağlamıştır. Gölün içinde hem KB-GD hem de D-B yönlü fayların varlığı, tavan ve taban bloklardaki birimleri eğimlendirmiş olup fay düzlemleri boyunca gerçekleşen düşey atımla da yalıtaşları yükselmiştir.

5. MORFOTEKTONİK

Aktif veya genç faylar ile sınırlanmış, kesilmiş veya deforme edilmiş bölgelerde topoğrafya bu faylar ile şekillenirken yeni ve birbirinden farklı geometriye sahip muhtelif morfolojik yapılar (fay dikliği, üçgen yüzey, çizgisel vadi, çizgisel sırt, dağ eteği vadisi, yer değiştirmiş kanal, fay çöküntüsü, su kaynağı vb) oluşur (Şekil 5.1). Morfotektonik ise oluşan bu yapıların bölgedeki genç fayların geometrisi ile ilişkilendirilmesidir (Bucknam ve Anderson 1979; Andrieux ve diğ. 1982; Balance ve Reading, 1980). Doğrultu atımlı fayın sağ veya sol yönlü olması ile morfolojide farklı deformasyon yapıları oluşur (Slyvester, 1988; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Biddle ve Christie-Blick, 1985; Bürgmann, 1991).



Şekil 5.1 : Doğrultu-atımlı faylanma boyunca gelişen morfolojik yapıların görünümü (Url-1).

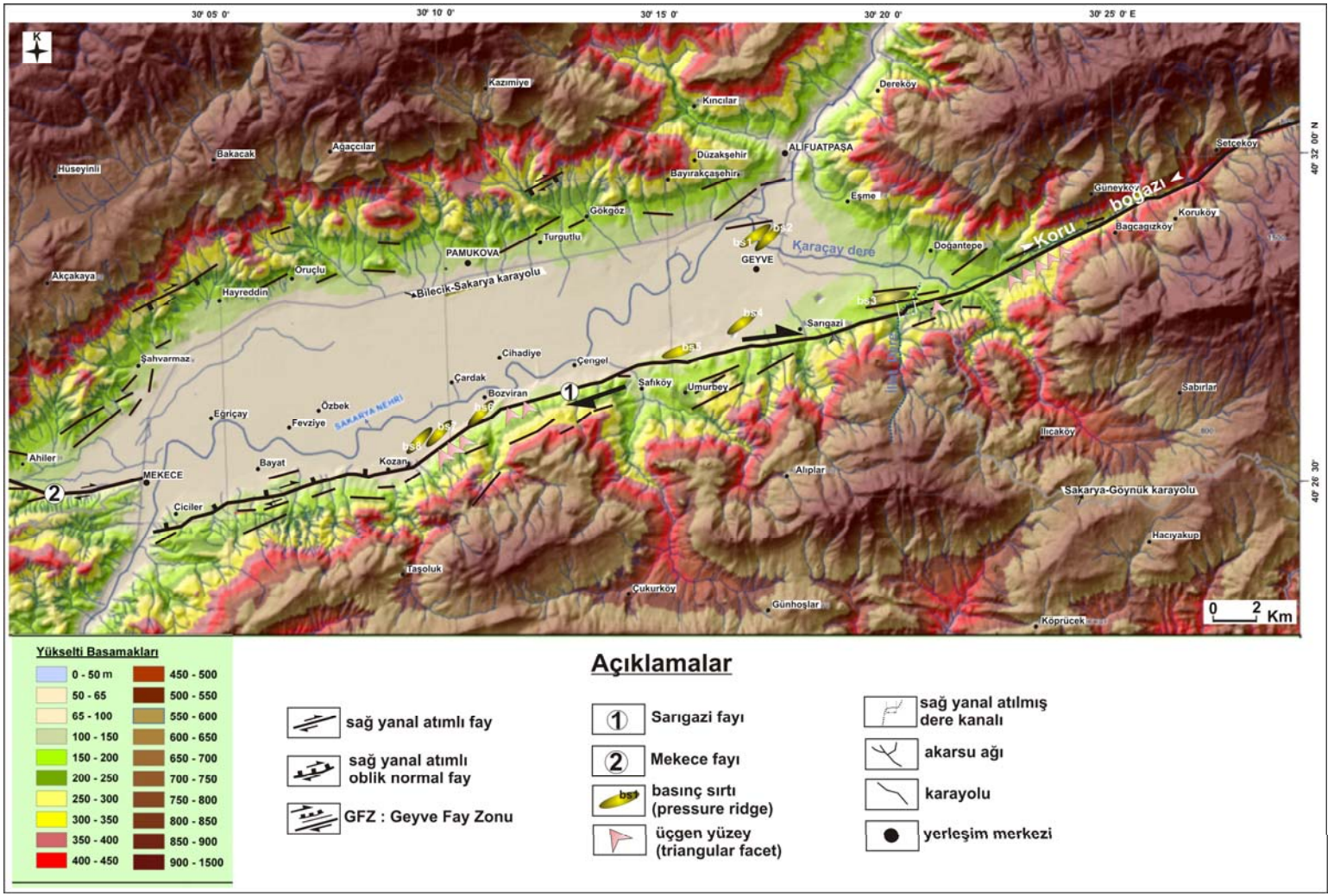
İnceleme alanında ~ 5 milyon yıldır sağ yanal atımlı KAFSGK etkin olmuştur (Ketin, 1976; Şengör, 1979; Barka, 1985; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Koçyiğit, 1988b; Barka ve Kuşçu, 1996). Bu fay sistemi: 1/40.000 - 1/65.000 ölçekli hava fotoğrafları, aster uydu görüntüleri, 1/25.000 ölçekli sayısal haritalardan üretilen üç boyutlu sayısal yükseklik modelleri ve saha çalışmaları ile küçükten büyüğe: segment, fay, zon ölçeğinde haritalanmıştır. KAFSGK, bölgede üç farklı alanda altı fay ve bunlarla ilişkili ikincil segmentlerin oluşturduğu üç zon şeklinde ayırtlanmıştır. Buna göre: Geyve Fay Zonunu (GFZ) Sarıgazi fayı (1) ile fayın güney ve kuzeyinde bulunan ikincil segmentler; İznik Fay Zonunu (İFZ) Mekece fayı (2), Dırazali fayı (3), Gürle fayı (4) ve Orhangazi fayı (6) ile bu fayların güney ve kuzeyinde bulunan ikincil segmentler, Gemlik Fay Zonunu (GMFZ) ise Umurbey fayı (5) ile fayın güneyinde bulunan ikincil segmentler oluşturur.

Bu fay zonlarındaki fay ve segmentler ile deforme edilerek günümüze kadar şekillenen bölge topoğrafyası, dört morfotektonik birliğe ayrılmıştır. Bunlar: 1. Geyve-Pamukova havzası, 2. Mekece-İznik koridoru, 3. İznik havzası ve 4. Gemlik-Karsak koridoru'dur.

5.1 Geyve – Pamukova Havzası ve Geyve Fay Zonu (GFZ)

KAFSGK üzerindeki Geyve-Pamukova havzası güneyde Katırlı Dağları'nın doğu bölümü ile kuzeyde ise Samanlı Dağları'nın güney bölümü arasında yer alan bir ova niteliğindedir (Duran, 1986). Bu havzanın alanı 210 km^2'dir. Havza doğuda Alifuatpaşa, batıda Mekece ile sınırlanır. En geniş yeri kuzeyde Oruçlu ile güneyde Kozan köyleri arasındadır. Havza içindeki Sakarya Nehri Mekece'den Çengel'e kadar D-B, $K20^0$-50^0B ve $K10^0$-60^0D, Çengel-Alifuatpaşa arasında ise $K20^0$-40^0D doğrultularında ve menderesli şekilde havzayı kateder (Şekil 5.2).

Geyve-Pamukova havzasında ve Sarıgazi fayı boyunca sağ yanal ötelenmiş dereler, üçgen yüzeyler ve basınç sırtları başlıca fay ilişkili yapılardır.



Şekil 5.2 : Geyve – Pamukova havzasında Sarıgazi fayı (1) ile diğer ikincil segmentlerin oluşturduğu Geyve Fay Zonu'nun (GFZ) haritası.

Sakarya Nehri, Alifuatpaşa kuzeyinde ise dönerek K15^{0}D ve K-G doğrultu ile Geyve Boğazı'nı izler. Havzadaki Sarıgazi fayının kuzey ve güneyinde bulunan, uzunluğu 3 km'yi geçmeyen segmentler bölgede K-G genişliği yaklaşık 10 km olan KAFSGK'nun Geyve Fay Zonunu (GFZ) oluşturur.

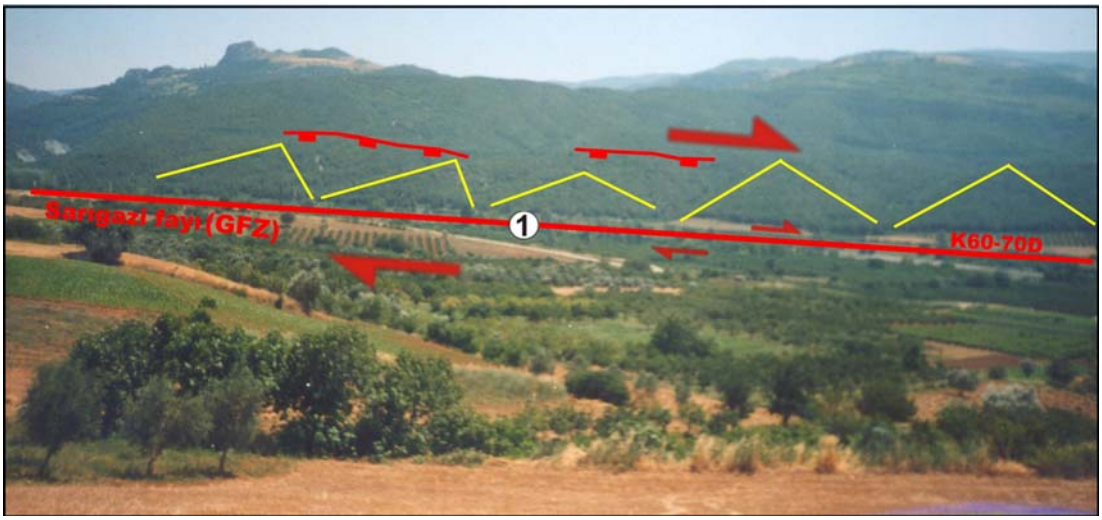
5.1.1 Sarıgazi fayı ve morfolojik yapıları

İnceleme alanının Geyve-Pamukova havzası kesiminde Koçyiğit (1988a) Karamurat, Akseki, Karaçay, Güney, ve Saraçlı faylarını haritalamış ve bunları GFZ olarak ilk kez adlamıştır.

Barka ve Kadinsky-Cade (1988) ve Bozkurt (2001) bölgedeki fayı Kuzey Anadolu Fay Zonunun Marmara Bölgesi Orta kolu olarak tanımlamıştır. Emre ve diğ. (1998) ise bölgedeki fayı İznik-Geyve segmenti olarak haritalamış ve Kuzey Anadolu Fay Zonunun Marmara Bölgesi Orta koluna ait olduğunu belirtmiştir. Şengör ve diğ. (2005) ise Sarıgazi fayının içinde olduğu kolu, KAFSGK olarak tanımlamıştır.

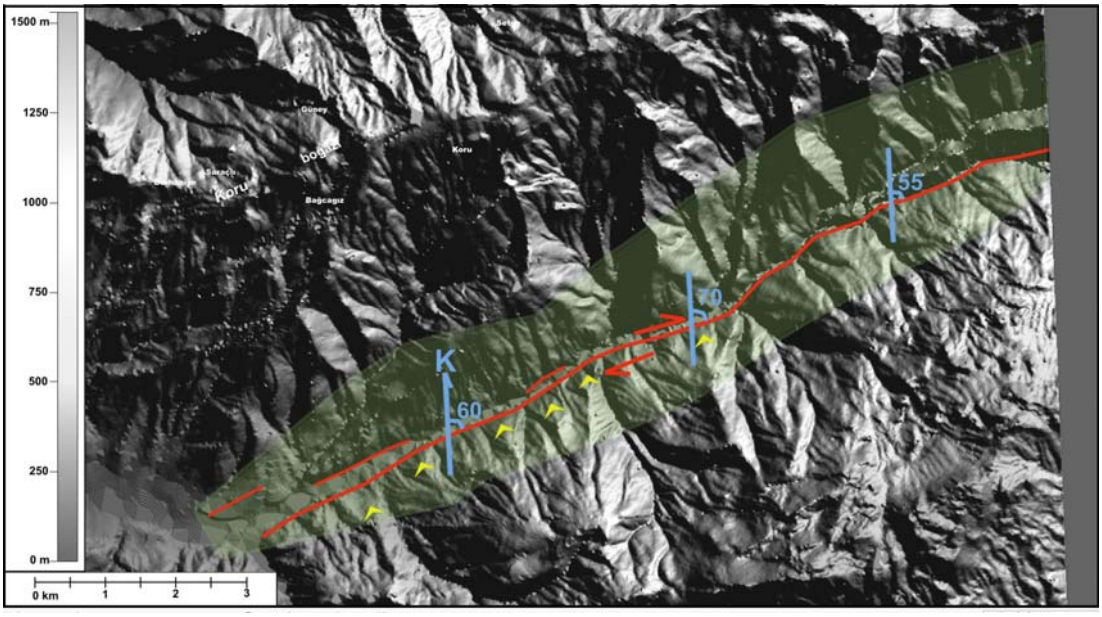
KAFSGK, KAFSKK'dan Dokurcun'dan ayrılır. Bu kolun doğu kesimini oluşturan ve Geyve-Pamukova havzasının güney kenarını izleyen Sarıgazi fayı, doğuda Koruboğazı'ndaki (Geyve) Setçe Köyü'nden batıda Ciciler Köyü'ne kadar toplam 30 km uzunluğa sahiptir.

Havzanın güney yükseliminin cephesini izleyen Sarıgazi fayı, Koruboğazı mevkiinde benzerleri: Bull ve McFadden (1977), Bucknam ve Anderson (1979), Woodcock ve Fischer (1986), Mayer (1986), Sylvester (1988), Van dissen ve Berryman (1996) tarafından da belirtilen üçgen yüzey (triangular facets) veya ütü tabanı (iron floor) yüzeyleri oluşturur. Bu morfotektonik yüzeyler, Sarıgazi fayı ile doğrudan ilişkili olduğundan ve fayın doğrultusu boyunca oluştuğundan fayın haritalanmasına yardımcı unsurlardır. Koruboğazı'nın güney kenarında ana fay konumunda olan Sarıgazi fayı bölgedeki fay zonunun doğu bölümünü oluşturur. Ayrıca Koruboğazı'nın en kuzeydoğusunda, boğazın güney kenarında ve Setçe'nin kuzeyinde K55^{0}D; güneybatıya doğru ise K70^{0}D doğrultusunda izlenen üçgen yüzeyler Sarıgazi fayı ile ilişkilidir. Daha güneybatıya doğru Güney, Saraçlı ve Burhaniye köylerinin güneyinde K60^{0}D doğrultusunda görülen üçgen yüzeyler, Sarıgazi fayının oluşturduğu morfolojik unsurlardır (Şekil 5.3). Fay, Koruköy kuzeyi Setçe güneybatısı arasında ise yaklaşık 700 m'lik çizgisel hat boyunca ve en fazla 100 m'lik sıçramaya sahip sağ yanal sıkışmalı şekildedir.



Şekil 5.3 : Güney-Burhaniye kuzeyi arasında Sarıgazi fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve ikincil segmentlerin görünümü (bakış güneyedir).

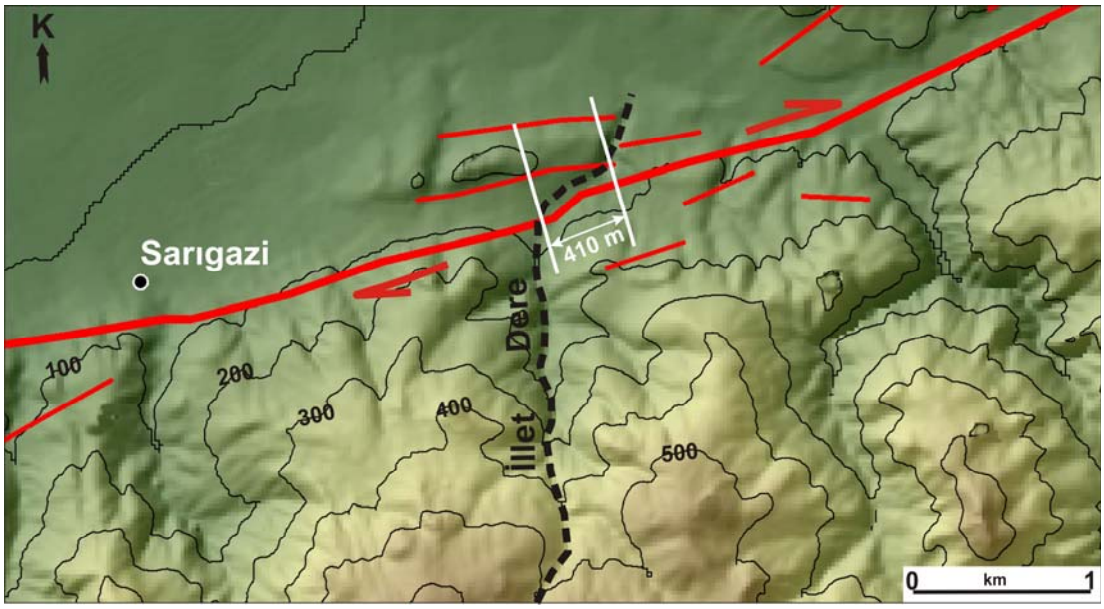
Bölgedeki üçgen yüzeyleri Geyve-Pamukova havzasının ve kuzeydoğusundaki Koruboğazı'nın güney kenarı boyunca görülür. Aynı zamanda bu yüzeylerin dizilimi Sarıgazi fayı doğrultusundaki dönmeleri takip eder (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Sarıgazi fayının Koruboğazında (Geyve) oluşturduğu sarı renk ile işaretli üçgen yüzeyler ve fayın genel gidişinin görünümü.

Bu dönmeler sonucu oluşan fay geometrisi kendi içinde doğrultu atımlı faylanmanın hem açılma (transtensional) hem de sıkışma (transpressional) bileşenini ortaya çıkarır.

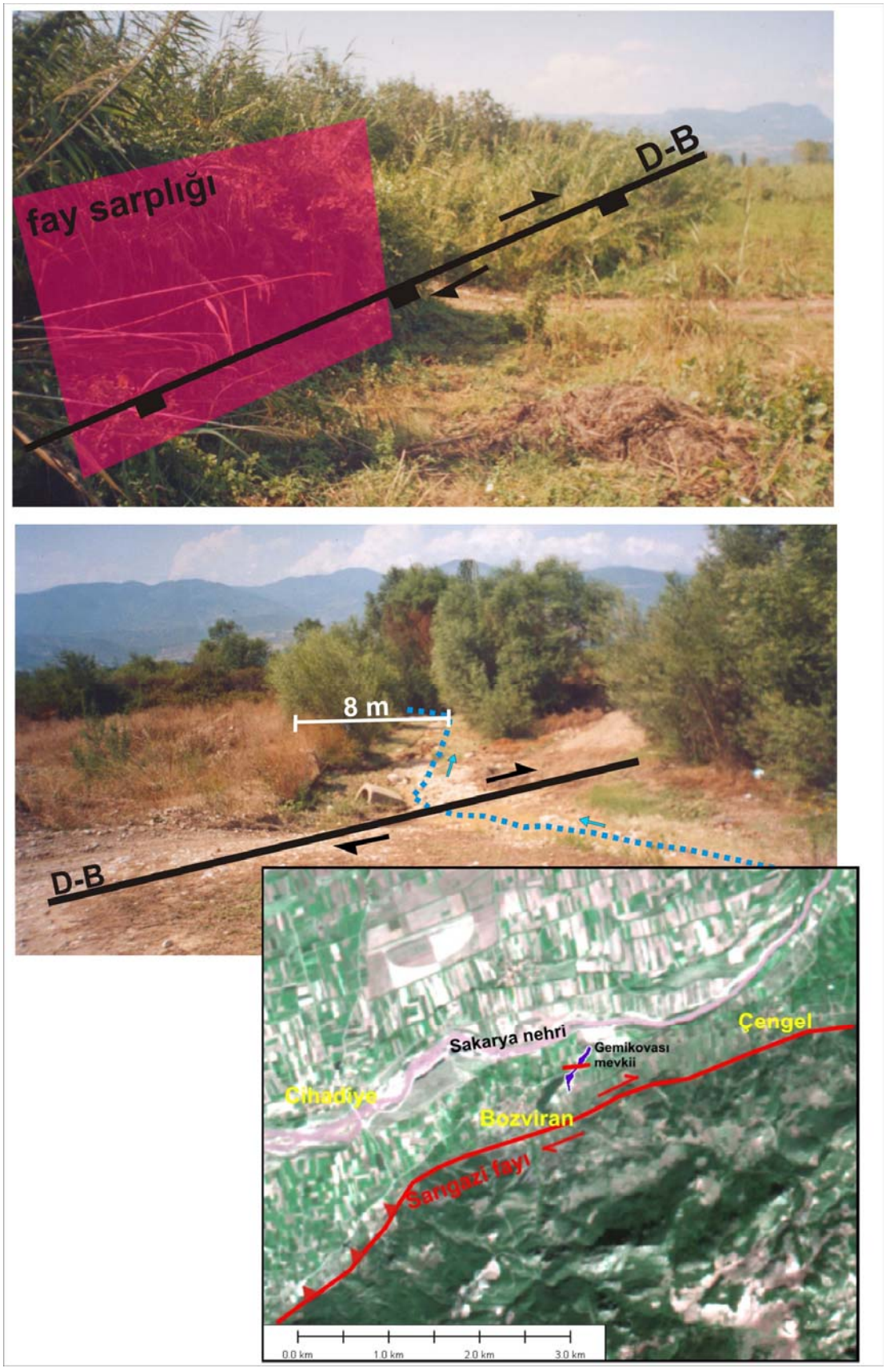
Sarıgazi fayı üzerinde üçgen yüzeylerin dışında Şekil 5.2'de belirtildiği üzere sağ yanal ötelenmiş dereler de bulunur. Bu fay Koruboğazı güneybatısında İllet Dere'yi 410 m sağ yanal atıma uğratarak kuzeydoğuya devam eder (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Sarıgazi fayının doğu kesiminde İllet Dere'de oluşan sağ yanal atım.

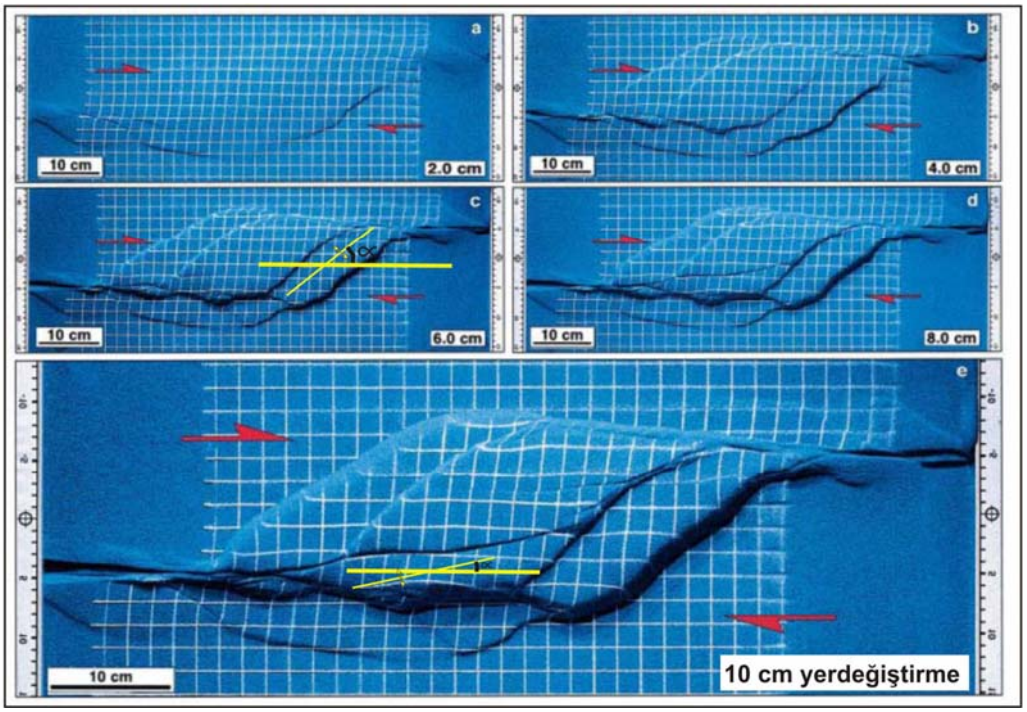
Çengel-Bozviran arasında Gemikovası mevkiinde Kızılbayır Dere'de izlenen 8 m'lik sağ yanal atım bölgedeki bir diğer dere ötelenmesidir. Bu lokasyonunun batısına doğru ise uzunluğu yaklaşık 150 m, yüksekliği 1.40 m olan fay sarplığı (fault-scarp) belirgindir (Şekil 5.6). Sarıgazi fayının yaklaşık 600 m kuzeyinde izlenen bu segment, bölgedeki deformasyonunun havzada zon oluşturduğunun bir başka göstergesidir.

Geyve-Pamukova havzası Şekil 5.2'deki GFZ'yi içerdiğinden havzadaki faylar, Sarıgazi ana fayından maksimum 9 km kuzeye kadar haritalanamayan küçük segmetler halinde izlenir. Doğrultu atımlı faylarda fay düzlemi doğrultusunun değişmesi, dönmesi veya ana fayın yakın civarında bulunan küçük segmentler arasındaki sıçrama ile oluşan sıkışma (transpressional) morfolojisi karakteristiktir.



Şekil 5.6 : Gemikovası mevkiinde Kızılbayır Dere'de izlenen sağ yanal atım, fayın batısındaki fay sarplığı (fault-scarp) ve atım lokalitesinin Sarıgazi fayına göre aster görüntüsündeki konumu.

Doğrultu-atımın sağ veya sol yönlü olmasına bağlı, farklı uzun eksen çizgisi doğrultularına sahip olan bu yapılar, basınç sırtı (pressure ridge, restraining bend) olarak adlandırılır (Freund, 1974; Mayer, 1986; Sylvester, 1988; Christie-Blick ve Biddle, 1985; Woodcock ve Fischer 1986; McClay ve Bonora, 2001). Sağ yanal atımlı fay boyunca gelişen basınç sırtlarının uzun eksen çizgileri ile fay düzlemi doğrultusu arasındaki açı atımın düşük olduğu deformasyonun ilk evresinde max 52^0 iken, atımın yüksek olduğu aşamada fayın daha olgun evresinde bu açı 15^0'ye kadar düşer (McClay ve Bonora, 2001; Goodwin ve Tikoff, 2002; Angelier ve diğ. 2004), (Şekil 5.7).



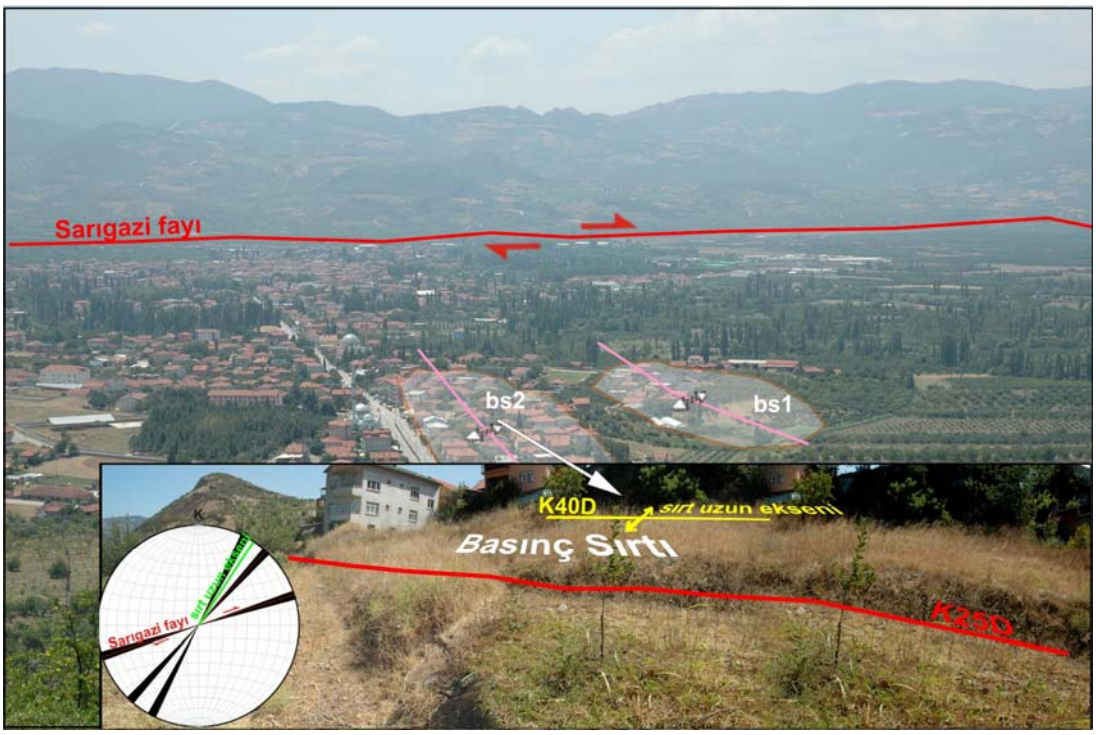
Şekil 5.7 : Sağ yanal atım miktarının artması ile basınç sırtı uzun eksen çizgisi ile fay düzlemi doğrultusu arasındaki açının (∝) azalmasının görünümü (McClay ve Bonora, 2001).

5.1.2 Geyve – Pamukova Havzasındaki basınç sırtları

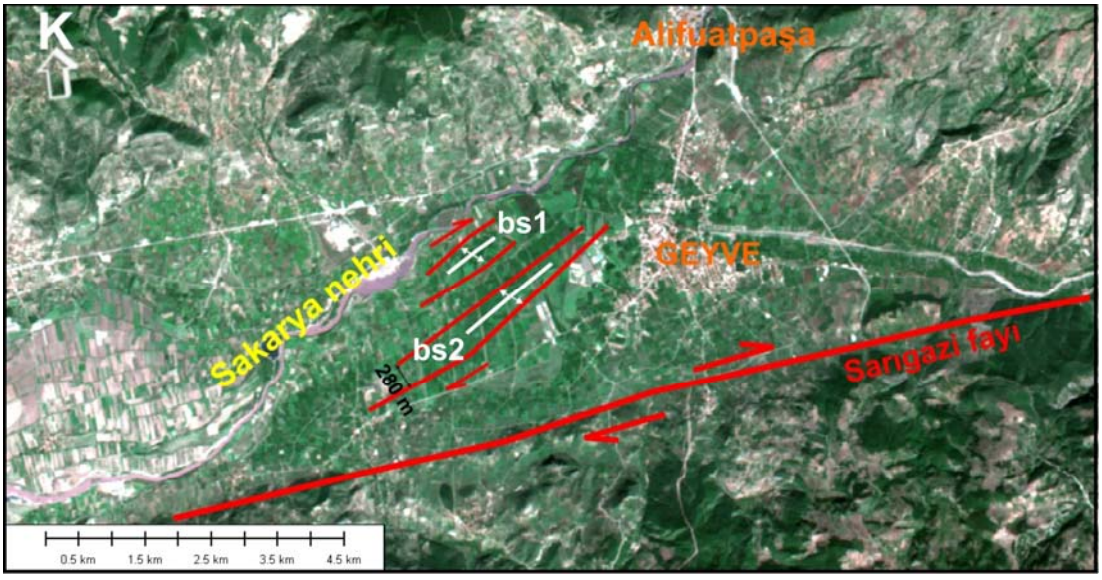
İnceleme alanının bütününde gelişen basınç sırtları, bölgedeki ana fayların 20 m ile 3 km uzağında bulunan ve maksimum uzunluğu 200 m olan ikincil segmentler arasında veya ana fayın doğrultusundaki dönmeler sonucunda oluşur. Şekil 5.2'de numaralandırılmış sırtlar özellikle Sarıgazi fayı civarında izlenir.

Geyve – Pamukova havzasındaki basınç sırtlarından bs1ve bs2; Alifuatpaşa'dan Geyve'ye girişte Parla Tepe'nin güneybatısında yer alır. GFZ içinde, Sarıgazi fayının yaklaşık 2.5 km kuzeyinde, $K25^0D$ ve $K45^0D$ doğrultulu segmentlerin arasında, birbirine paralel $K40^0D$ doğrultulu uzun eksen çizgileri ile izlenir (Şekil 5.8).

Ayvalık kırıntılı üyesinin yüzeylediği bu sırtları oluşturan segmentler havzadaki P faylarını belirtirken, aralarındaki sıçrama mesafesi de 280 m'dir. Sırt uzun eksen çizgileri 71-82 m arasındaki kotlardan geçerken, sırt uzunluğu ise yaklaşık 800 m'dir (Şekil 5.9).



Şekil 5.8 : Geyve doğu girişindeki bs1 ve bs2 sırtlarını oluşturan segmentlerin ve sırt uzun eksen çizgisi doğrultularının Sarıgazi fayı doğrultusuna göre gül diyagramı ile birlikte sol sırtın kuzey bölümünden bir görüntü (sırt eksen çizgisinin izdüşümü sarı renk ile ifade edilmiştir).



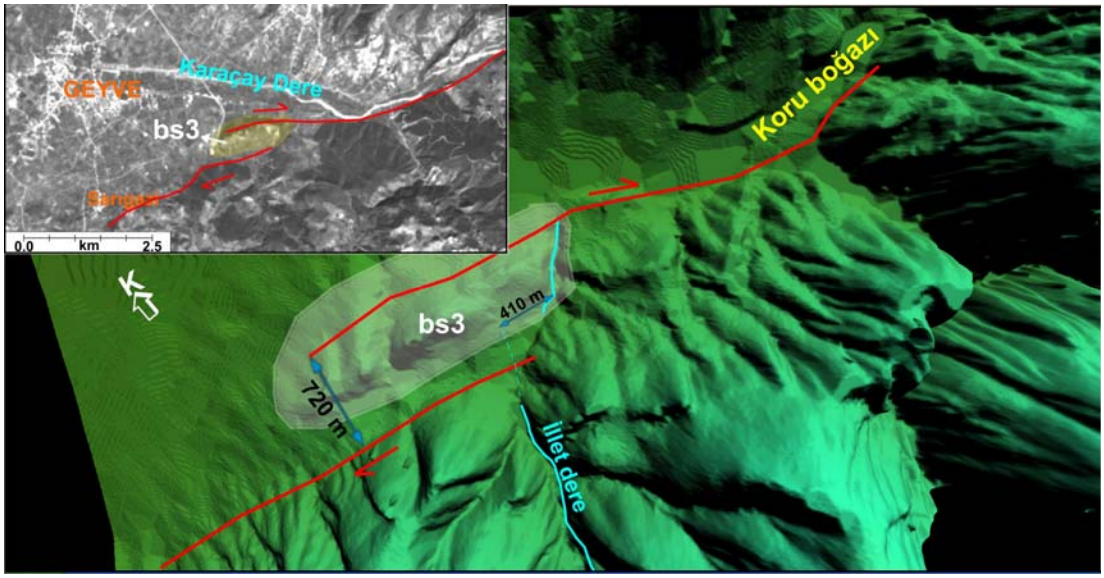
Şekil 5.9: Geyve girişindeki bs1 ve bs2 basınç sırtlarını oluşturan segmentler ve beyaz renkli sırt uzun eksen çizgilerinin gidişlerinin Sarıgazi ana fayına göre konumları.

Bs3 sırtı, Sarıgazi fayı ile ilişkili olup, Dalgındoruk Tepe ve Sakarya-Göynük Karayolu'nun İllet Dere batısında yer alır (Şekil 5.10). Bu sırtta Beylik kırıntılı üyesi ve Hocaköy formasyonu yüzeyler.



Şekil 5.10 : Sarıgazi doğusu İllet Dere mevkiindeki bs3 basınç sırtının ve basınç sırtı uzun eksen çizgisinin (beyaz çizgi) fay doğrultusu ile yaptığı açının doğrultu gül diyagramındaki görünümü (bakış kuzeyedir).

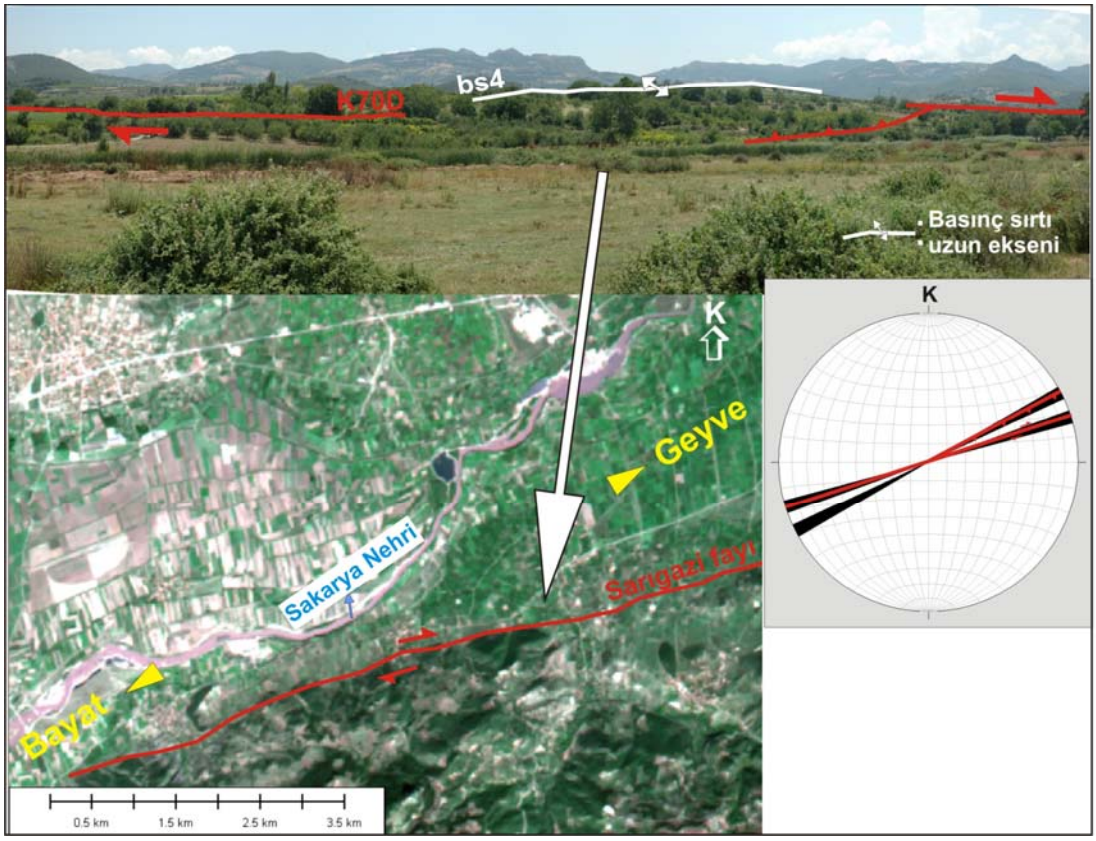
Bs3, Sarıgazi fayının sola doğru 720 m sıçraması ile oluşmuştur. Sırt uzun eksen çizgilerinin kotları 124-232 m arasında değişir. Eksen çizgilerinin doğrultusu yaklaşık K60^{0}D olup uzunluğu ise yaklaşık 1.5 km'dir. (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 : Sarıgazi fayı boyunca İllet Dere'de oluşan sağ yanal atım ile birlikte bölgedeki bs3 basınç sırtının sayısal yükseklik haritası ve aster görüntüsündeki görünümü.

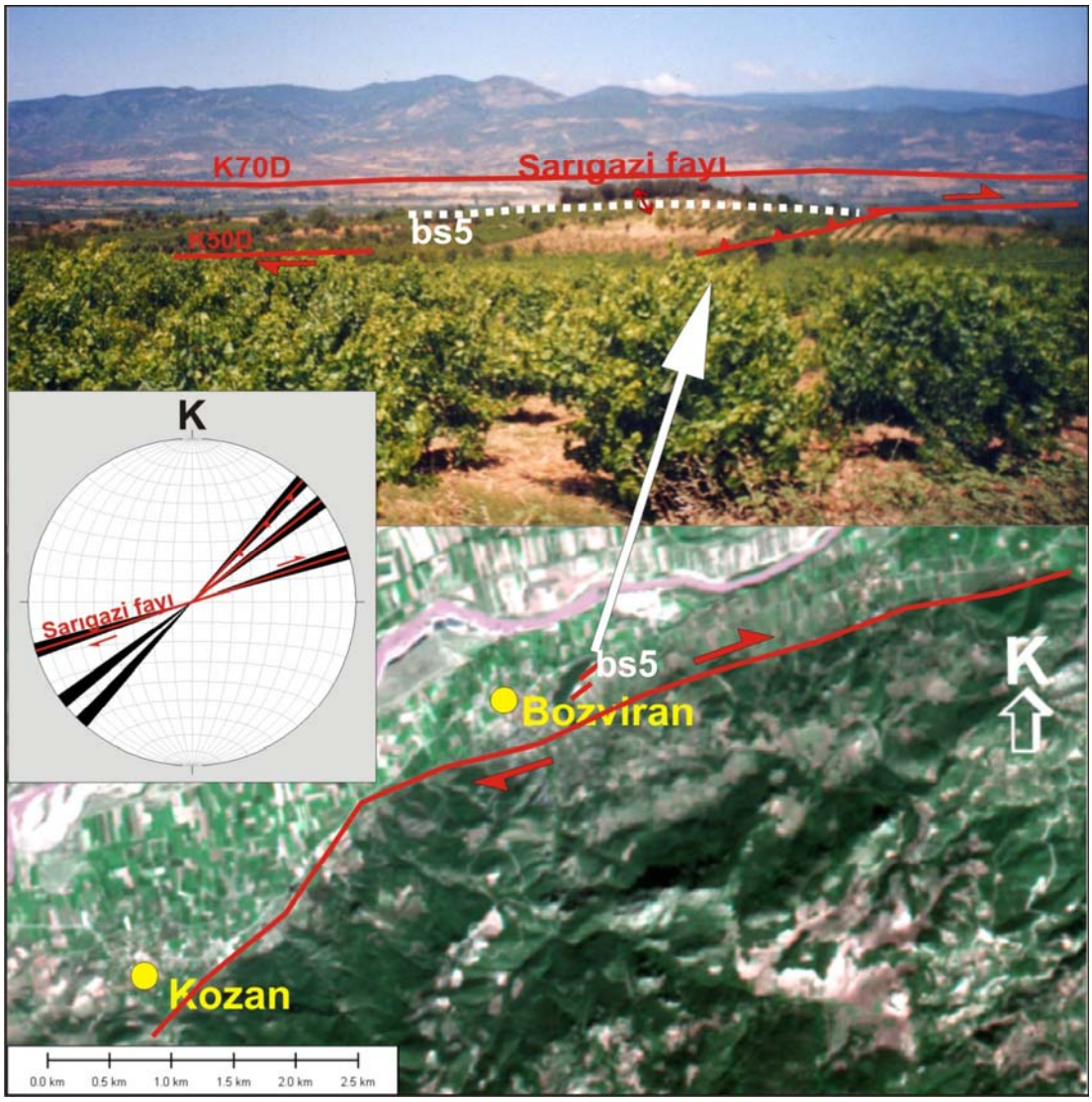
Sarıgazi fayı boyunca Geyve-Bayat yolu üzerinde Geyve batı çıkışında izlenen diğer basınç sırtı bs4 ise Sarıgazi fayının yaklaşık 50 m kuzeyinde, yaklaşık 150 m uzunluğa sahip ve K70^{0}D doğrultulu iki ikincil segmentin arasında gelişmiştir. Sırtın

olduğu alanda Beylik kırıntılı üyesi yüzeylerken, sırtın uzun eksen çizgisi K55^{0}D doğrultuludur. Sırt eksen çizgisi ise 85-105 m arasındaki kotları izler (Şekil 5.12).



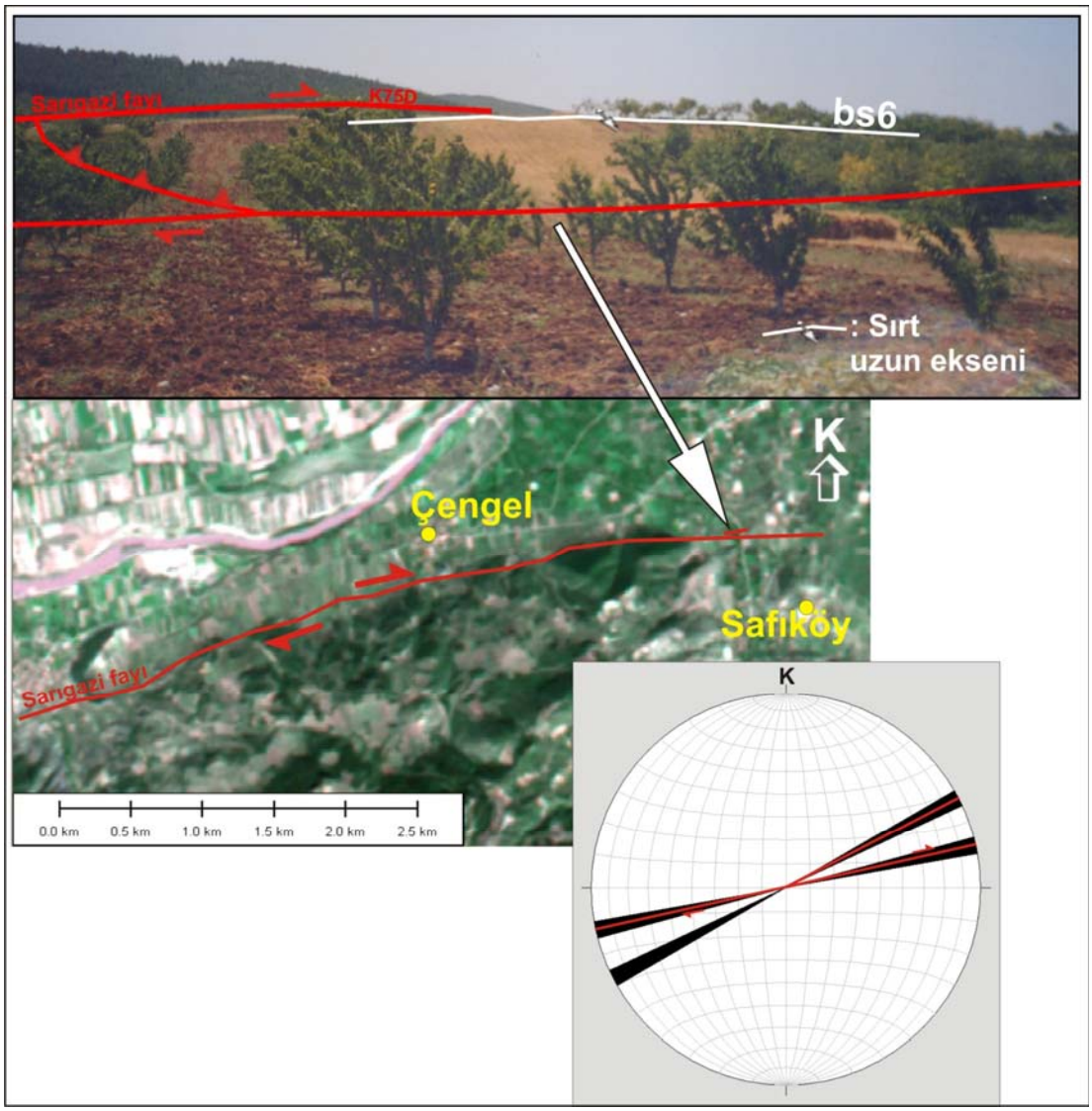
Şekil 5.12 : Geyve'nin batısında izlenen bs4 basınç sırtını oluşturan ikincil segmentlerin fotoda görünümü ayrıca doğrultuya göre gül diyagramındaki yeri ile birlikte bu sırtın Sarıgazi fayına göre yeri (beyaz ok sırt lolaksyonunu gösterir, fotoda bakış güneyedir).

Bozviran kuzeyindeki bir başka basınç sırtı bs5 Sarıgazi fayının 800 m kuzeyinde K50^{0}D doğrultulu, uzunlukları yaklaşık 150 m olan iki ikincil segmentin arasında oluşur. Bu basınç sırtının da uzun eksen çizgisi, K50^{0}D doğrultulu olup 95-110 m arasındaki kotlardan geçer. Sırtın lokasyonu aynı zamanda Geyve-Pamukova havzasındaki genç fayların zon şeklinde havza güney kenarından Sakarya Nehri güney kenarına kadar fay denetimli morfoloji oluşturarak devam ettiğini gösterir. Bu sırtta ise Ayvalık kırıntılı üyesi izlenir (Şekil 5.13).



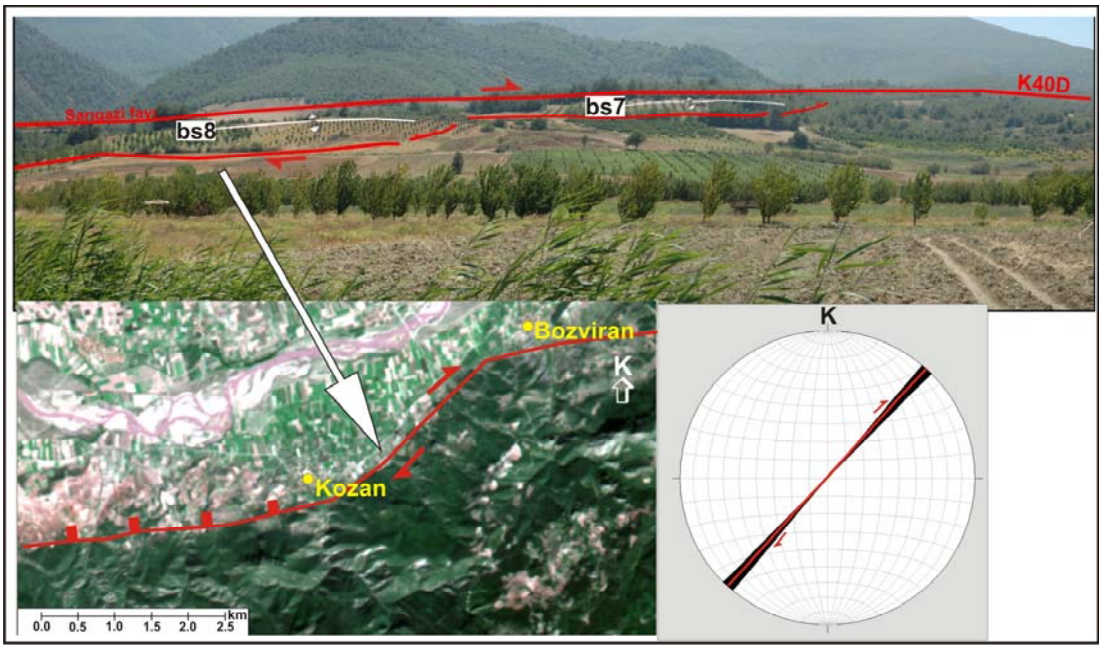
Şekil 5.13 : Bozviran kuzeyinde izlenen bs5 basınç sırtını oluşturan segmentlerin ve Sarıgazi fayının görünümü ile birlikte doğrultuya göre gül diyagramınında tüm fayların ifadesi (beyaz ok sırtın izlendiği lokasyonu kesikli beyaz çizgi ise sırt uzun eksen çizgisini gösterir, fotoda bakış güneyedir).

GFZ, Sarıgazi fayı üzerinde diğer bir sırt olan bs6 ise Safiköy'de bulunur. $K75^0D$ doğrultulu ana fay ve bunun yaklaşık 40 m kuzeyinde bulunan ikincil ve $K60^0D$ doğrultulu diğer bir segment arasında oluşan bu sırtta Beylik kırıntılı üyesi yüzeyler. Sırtı oluşturan ana fay ile segment arasındaki sağ yanal sıçrama 60 m olup sırt uzun eksen çizgisi $K65^0D$ doğrultuludur. Eksen çizgisi 80-95 m arasındaki kotları izlerken, uzunluğu ise yaklaşık 120 m'dir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 : Safiköy'de Sarıgazi fayı üzerinde izlenen basınç sırtı uzun eksen çizgisinin ve sırtı oluşturan fayların doğrultuya göre gül diyagramındaki görünümü ile birlikte Sarıgazi fayının aster görüntüsündeki konumu (fotoda bakış güneyedir).

Sarıgazi fayının Kozan-Bozviran arasındaki kesiminde Beylik kırıntılı üyesinin yüzeylediği birbiri ile kademeli iki sırt ise bs7 ve bs8'dir. Fayın bu kesimdeki doğrultusu $K40^0D$ olup basınç sırtları, fayın yaklaşık 50 m kuzeyinde bulunan faya paralel doğrultudaki ikincil segmentlerin arasında bulunur (Şekil 5.15). Bs7'nin eksen çizgisi 85-110 m, bs8'nin eksen çizgisi ise 90-105 m arasındaki kotları izler. Uzun eksen çizgileri birbirine paralel olan bu sırtların eksen çizgisi doğrultuları $K40^0D$'dur. Sırtları oluşturan toplam sağ yanal sıçrama ise yaklaşık 200 m'dir.

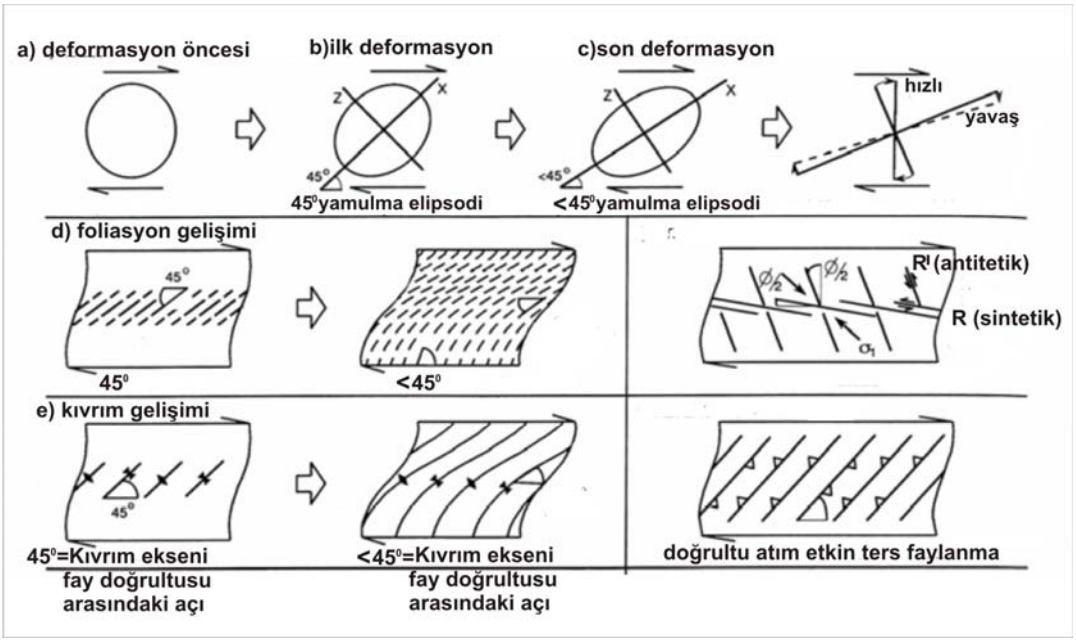


Şekil 5.15 : Kozan doğusunda Sarıgazi fayı üzerinde gelişen bs7 ve bs8 basınç sırtlarının görünümü ve Sarıgazi fayı ile ikincil segmentlerin doğrultuya göre gül diyagramı (beyaz çizgiler sırt uzun eksen çizgisidir, fotoda bakış yönü güneyedir).

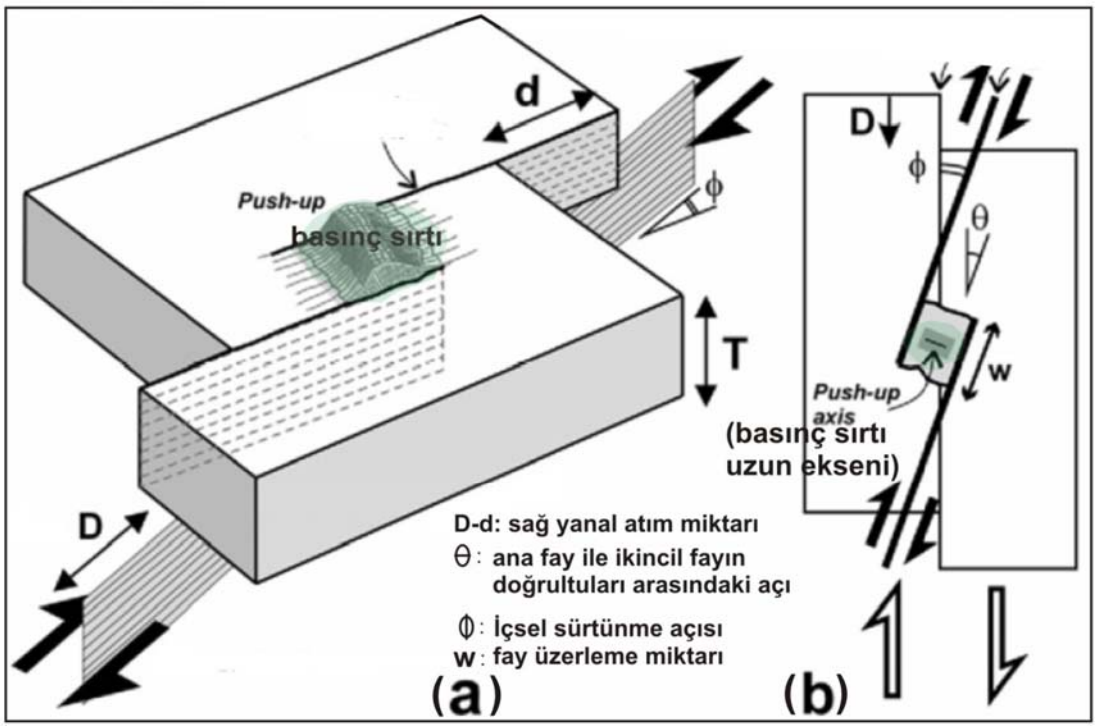
Sağ yanal deformasyon etkisi ile oluşan basit makaslamalı (simple-shear) bir bölgede bulunan basınç sırtları o bölgedeki sağ yanal geometri ile ilişkili sıkışmanın varlığını belirtir.

Basınç sırtı uzun eksen çizgilerinin gidişlerine dik yönde gelişen kuvvetler ise bölgedeki sağ yanal sıkışmanın (transpressional) yönünü açıklar (Woodcock ve Fischer, 1986; Sylvester, 1988). Doğrultu atımlı fayın doğrultusunun değişmesi ile sıçraması veya bükülmesi (restraining-bend) sonucu, bununla birlikte ana faydan belirli bir uzaklıkta deformasyon zonu içinde yer alan küçük segmentlerin arasında oluşan basınç sırtlarının bir uzun bir de kısa eksen çizgisi (push-up axis) bulunur. Bu sırtların her iki eğimli yüzeylerinin kenarlarında doğrultu atımlı faylardan oluşurken bu faylara açılı sağ yanal oblik ters faylar gelişir (Şekil 5.19), (Woodcock ve Shubert, 1994; Angelieer ve diğ. 2004; Freund, 1974; Bürgmann, 1991; Weldon ve diğ. 2002). San Andreas Fay Zonu üzerinde belirlenmiş basınç sırtları sağ yanal atımlı deformasyon sonucu oluşmuş olup farklı boyutlardadır (Bilham ve King, 1989; Bürgmann**,** 1991). Altın-Dağ sol yanal fay sistemi üzerinde ana faya bağlanan P ve R makaslama fayları arasında, 1-5 my arasında yaşlandırılmış, fay denetimli Akato-Dağ ve Sulamu basınç sırtları belirlenmiştir (Cowgill ve diğ. 2004).

Bir bölgedeki basınç sırtlarının oluşumu için farklı modellemeler geliştirilmiştir (Şekil 5.16; 5.17).



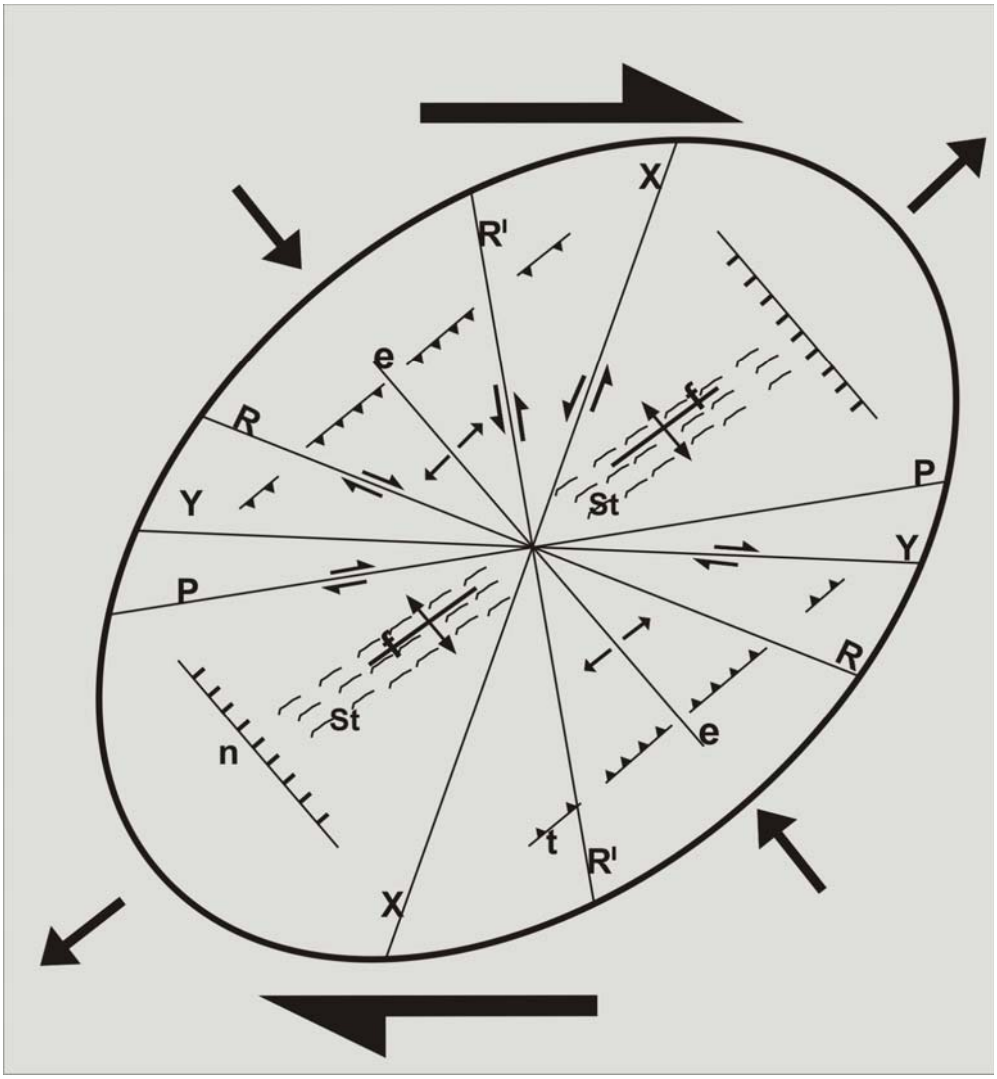
Şekil 5.16 : Sağ yanal atımlı makaslama boyunca oluşan sintetetik ve antitetik faylar ayrıca gelişen sıkışmalı yapısal bileşenler ve bunların ana yer değiştirme zonu ile geometrik ilişkisinin harita görünümü (Woodcock ve Shubert, 1994).



Şekil 5.17 : (a) Sağ yanal atımlı fay ile topoğrafyada oluşan basınç sırtının blok diyagramda görünüşü, (b) Ana fay ve bununla açılı ikincil segmentlerin arasında oluşan basınç sırtının ve açısal ilişkilerin haritada görünüşü (Angelier ve diğ. 2004).

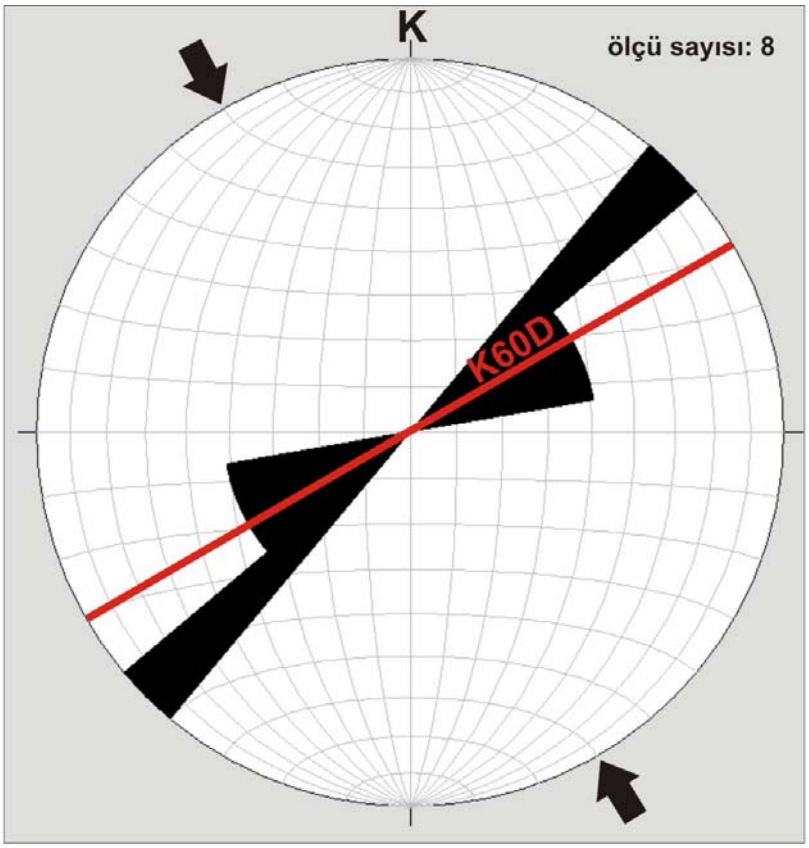
Buna göre inceleme alanında yukarıda tanımlanan basınç sırtları, hem Şekil 5.16'de "d" ve "e" aşamasına hem de Şekil 5.17'de "b" bölümüne benzerlik gösterir. Bununla beraber bölge GFZ içinde olduğundan basınç sırtları da ikincil ve küçük segmentler arasında oluşmuştur.

Bölge stratigrafisinde olduğu gibi morfolojisinde de farklı geometrilerde izlenen yapısal unsurlar, doğrultu atımlı faylanma tektoniğinde ana fay türüne göre oluşan yamulma elipsoidinin içindeki yapısal elemanlara benzerlik gösterir. Yamulma (deformasyon) elipsoidinde (strain ellipsoid) yer alan birincil doğrultu atımlı makaslama fayı (Y), antitetik (R^1, X) ve sintetik (P, R) faylar ve diğer yapısal unsurlar ile birlikte yer alan basınç sırtları, sahip oldukları uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre bölgedeki sıkışma kuvvetlerinin yönünün belirlenmesi açısından önem arz eder. D-B yönlü sağ yanal basit makaslama etkisinde kalan bölgede doğrultu atım bileşenli sıkışmanın yönü KB-GD şeklinde olup kıvrım uzun eksen çizgilerine diktir (Şekil 5.18). Bu kıvrımlar morfolojide ise basınç sırtları şeklinde izlenir.



Şekil 5.18 : D-B doğrultulu sağ yanal basit makaslamalı sistemde gelişen yapısal elemanların harita görünüşü. Y: ana makaslama fayı, P, R: sintetik fay, X, R^1: antitetik fay, e: gerilme çatlağı, n: normal fay, t: ters fay, St: sitilolit, f: kıvrım ve uzun ekseni (Wilcox ve diğ. 1973, Bartlett ve diğ. 1981).

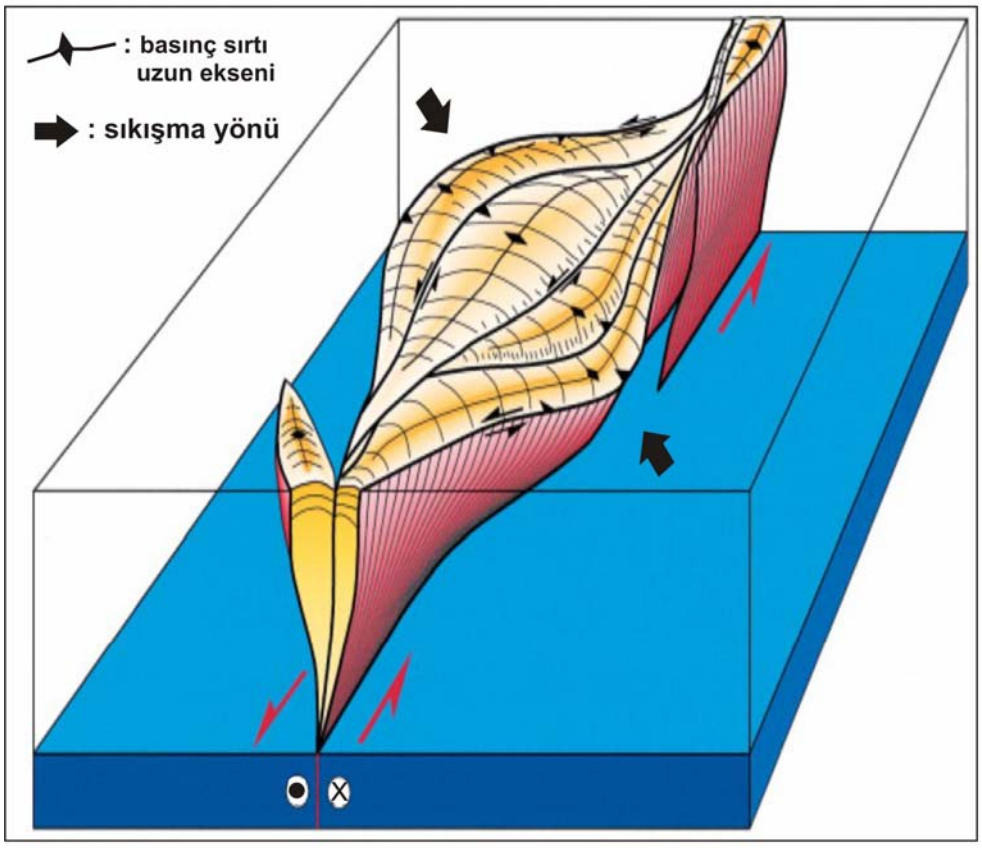
Geyve-Pamukova havzasında yukarıda belirlenen basınç sırtlarının izlendiği hat boyunca sağ yanal ana makaslama fayı (Y) niteliğinde olan Sarıgazi fayı ortalama $K70^0D$ doğrultusundadır. Bu fayın hemen yakınında ve kuzeyinde oluşan bu basınç sırtlarının uzun eksen çizgilerinin doğrultuları gül diyagramına işlenmiştir (Şekil 5.19). Buna göre sırt uzun eksen çizgilerinin ortalama doğrultusu $K60^0D$'dur. Bu diyagrama göre Geyve-Pamukova havzasında, GFZ içinde, sağ yanal atımlı Sarıgazi fayı ile birlikte diğer küçük segmentlerin bölgede oluşturduğu sağ yanal makaslama kökenli sıkışmanın yönü ise Şekil 5.18'deki yamulma elipsoidinden de anlaşılacağı üzere sırt uzun eksen çizgisine dik olup $K30^0B$'dır.



Şekil 5.19 : Geyve-Pamukova havzası GFZ Sarıgazi fayı civarındaki basınç sırtlarının uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre gül diyagramı ve bölgesel sıkışma yönleri.

Havzada izlenen bu basınç sırtları, başta Sarıgazi fayı olmak üzere diğer sağ yanal atımlı fayların bölgede oluşturduğu morfotektonik yapılarıdır. Bu yapılar havzanın güneyinde Sarıgazi fayının kendi içinde sıçraması veya bükülmesi sonucu doğrultu değişikliğinden oluşurken, havza ortasında ise yanal devamı olmayan "P" ve "R" faylarının arasında meydana gelir. Havzanın güney kenarı ile ortasında izlenen ve farklı uzun eksen çizgisi doğrultularına sahip olan bu basınç sırtları aynı zamanda doğrultu atım ile ilişkili pozitif çiçek yapılarıdır (McClay ve Bonora, 2001). Bölgede

sıkışmanın varlığını işaret eden bu yapıların oluşmasında etkin olan yanal atımlı oblik ters fayların derinde ana doğrultu atımlı faya (Y) bağlandığı bilinmektedir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 : Doğrultu atımlı faylanma ile oluşan pozitif çiçek yapısı olarak bilinen farklı doğrultularda uzun eksen çizgilerine sahip basınç sırtlarının morfolojisi ve ortalama sıkışma yönlerinin görünümü (McClay ve Bonora 2001).

Geyve-Pamukova havzasının güney kenarında izlenen bu yapılar, havza ölçeğinde hem küçük boyutlu kalmakta hemde daha çok Sarıgazi fayının civarındaki ikincil segmantasyonun ürünleri olarak gözükmektedir. Sarıgazi fayının evrim sürecinin ortalama 5 my olduğu gözönüne alınırsa bu yapılar havza oluşumundan genç olmakla beraber havzayı oluşturan sağ yanal atımlı faylanmanın işleyişi ile doğrudan ilişkilidir. Buna benzer olarak Demirbağ ve diğ. (2003), Marmara Denizi taban batimetrisinde, Çınarcık Havzası'nın kuzeybatı ucunda, Ana Marmara Fayı'nın hemen güneyinde, havza boyutundan çok küçük ölçekte ters fayların denetlediği yükselimleri sismik yansıma kesitlerinde belirlemiştir. Hubert-Ferrari ve diğ. (2002) ise Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan, Çerkeş, Ilgaz ve Tosya havzalarında ana fayın üzerinde veya yakın civarında ana fay doğrultusu ile uzun eksen çizgileri arasında 25^0 bulunan basınç sırtları belirlemiştir. Belirlenen bu basınç sırtları

Sarıgazi fayı ve ikincil segmentlerin oluşturduğu örgülenme alanlarında veya Sarıgazi fayının uzağında bulunan ve sağ yanal atıma uygun küçük segmentler arasında oluşmuştur.

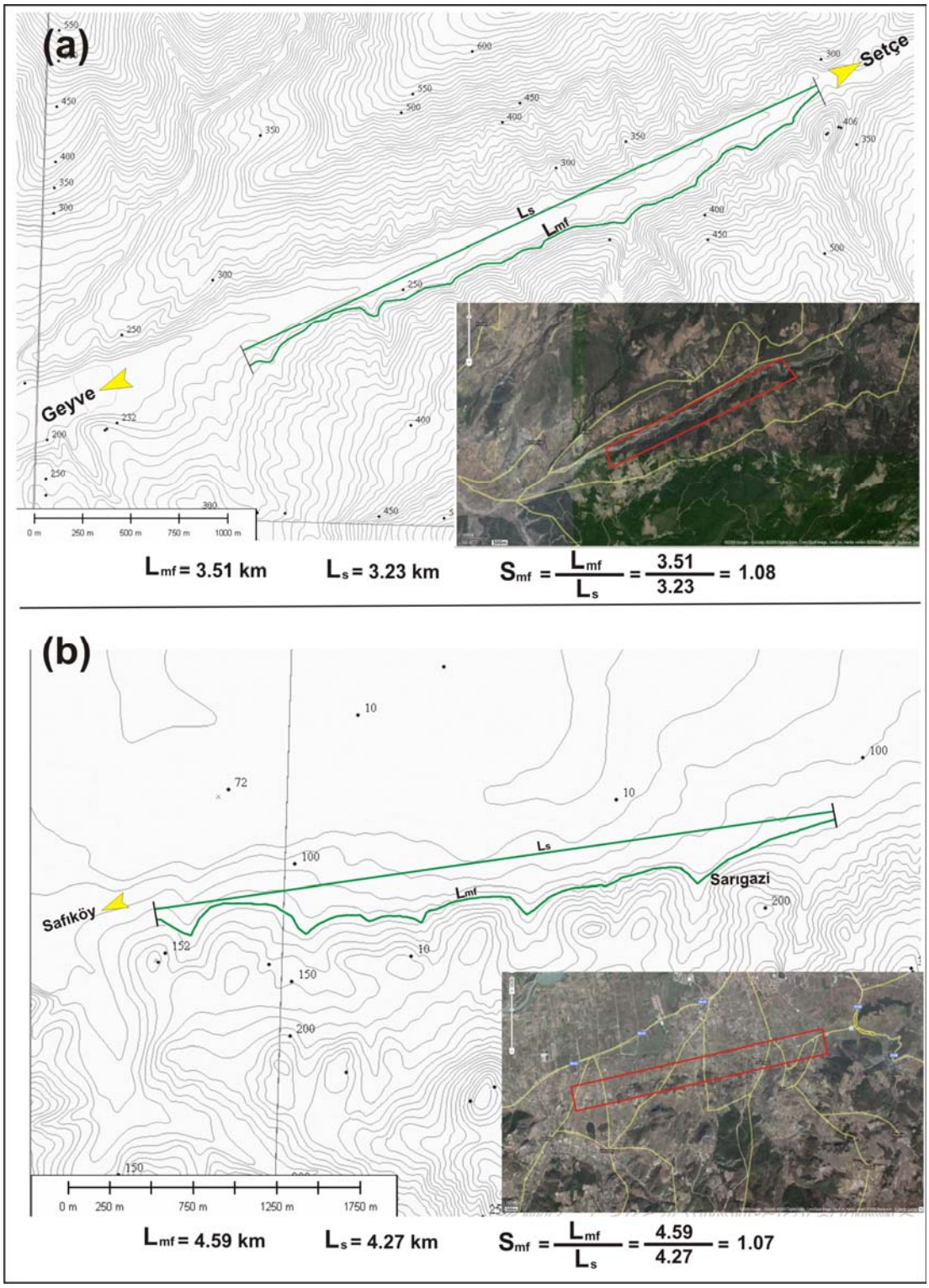
5.1.3 Geyve-Pamukova havzasında morfometrik analiz

Aktif veya genç fay alanlarında bazı morfometrik indisler tanımlanmış olup bu indisler o bölgedeki yerşekillerinin bölgedeki genç faylar ile ilişkisini sayısal olarak belirler. Bunlardan biri de dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf}) değeridir (Hack, 1973; Bull ve McFadden, 1977; Burbank ve Anderson, 2001). Dağ cephesi eğrilik oranı değerleri, bölgede faylanma nedeniyle oluşan dağ cephesini şekillendirmeye çalışan tektonik kuvvetler ile iklime bağlı değişen akarsu enerjisinin oluşturduğu erozyonal kuvvetleri birbirinden ayıran morfometrik bir indistir (Marple ve Talwani, 1993; Cuong ve Zuchiewicz, 2001, Silva ve diğ. 2003). Buna göre genç fay ile sınırlanmış dağ önlerinde S_{mf} değerleri 1.0-1.6 arasında iken, erozyonel şekillenen veya genç fay denetimli olmayan dağ cephelerinde bu değerler 1.8-5.0 arasında hesaplanmıştır (Keller ve Pinter, 1999).

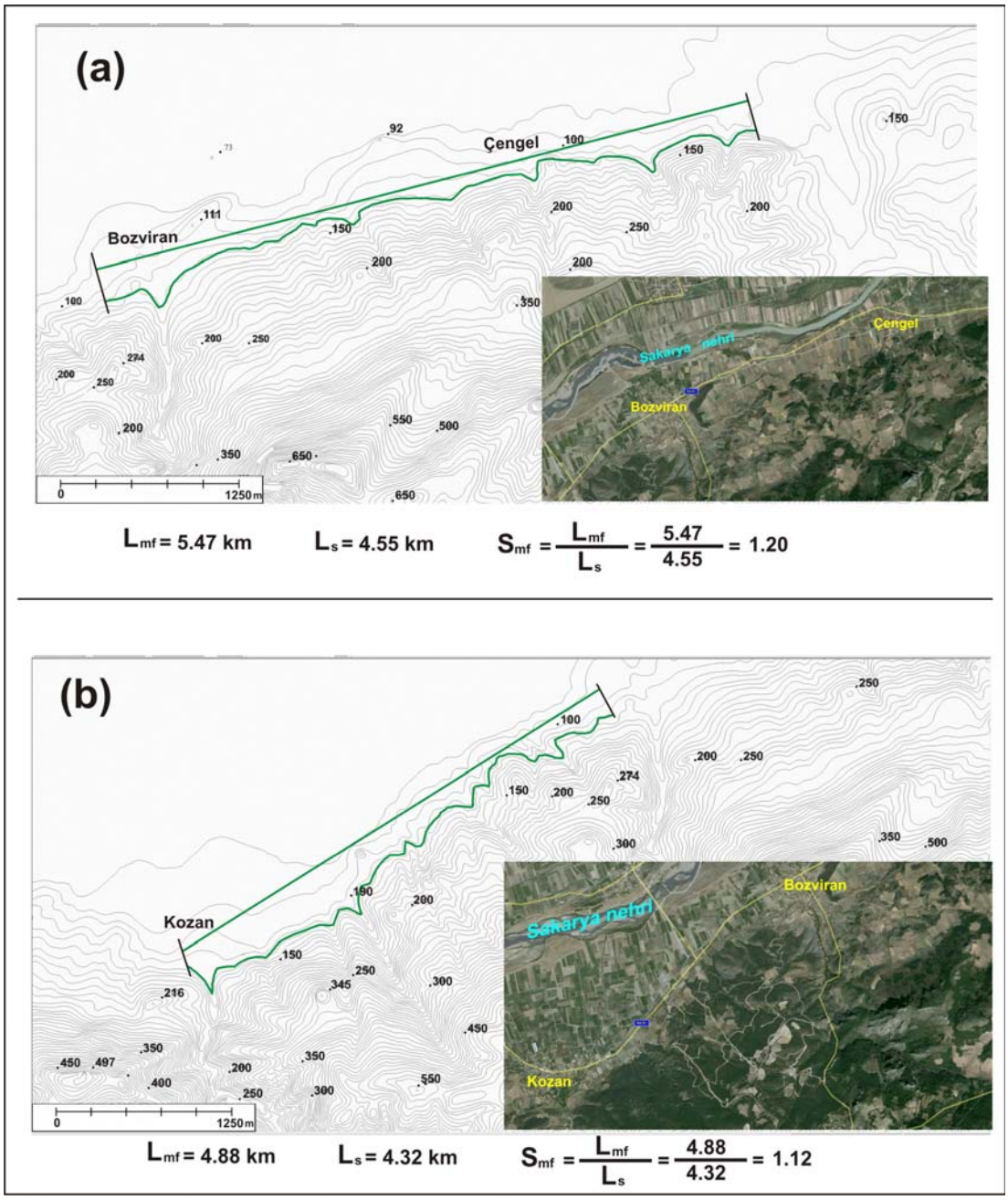
5.1.3.1 Geyve-Pamukova havzasında dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf})

Geyve-Pamukova havzası güney kenarında Sarıgazi fayı boyunca bazı alanlarda S_{mf} değeri hesaplanmıştır (Şekil 5.21).

S_{mf} değerleri, Sarıgazi fayının Koruboğazı mevkiinde 1.08, daha batıya doğru Sarıgazi-Safiköy arasında ise 1.07 hesaplanmıştır. Bu değerler bölgedeki aktif ve genç fayların morfolojiyi şekillendirdiğini gösterir. Sarıgazi fayının daha batısına doğru da iki farklı alanda S_{mf} değeri bulunmuştur (Şekil 5.22).



Şekil 5.21 : Sarıgazi fayının (a) Geyve Koruboğazı, (b) Sarıgazi-Safıköy arasında bulunan dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}).



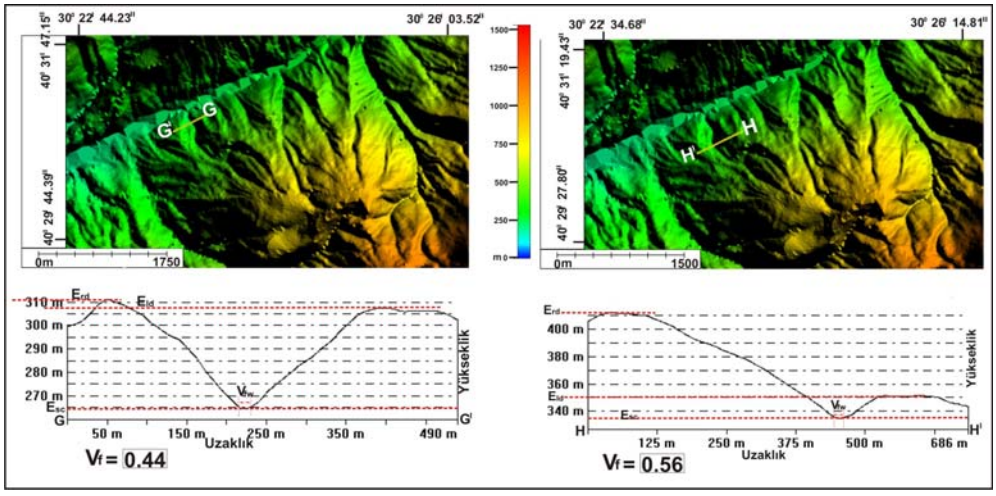
Şekil 5.22 : Sarıgazi fayının (a) Çengel-Bozviran, (b) Bozviran batısı Kozan arasında hesaplanan dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}).

Geyve-Pamukova havzasında Sarıgazi fayı boyunca dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}) 1.07-1.20 arasında değişir. Bu değerler yukarıda tanımlanan düşük S_{mf} değerleri içinde yer alır ve bölgedeki Sarıgazi fayının havzanın güneyindeki yükselimin önünü şekillendirdiğini gösterir. Buna benzer olarak İspanya'nın güneyinde Baza havzası güneybatı kenarındaki normal fay boyunca Tortosa ve diğ. (2008) tarafından bulunan S_{mf} = 1.11 değeri, dağ önü röliyefinin fay etkisi ile oluştuğunu vurgular.

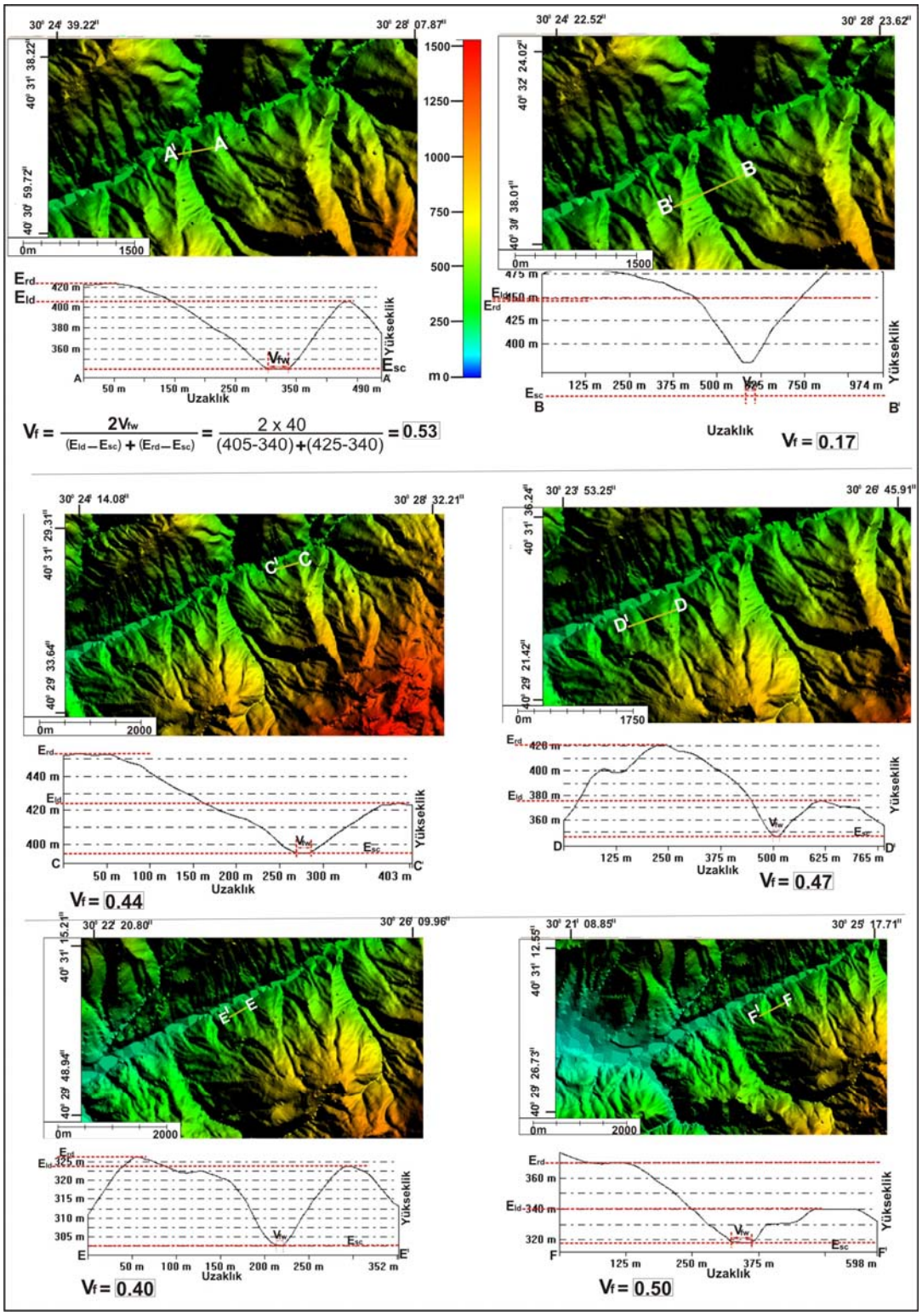
5.1.3.2 Geyve-Pamukova havzasında vadi tabanı genişliğinin – vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)

Bir bölgedeki genç faylanma ile morfoloji arasındaki ilişkiyi belirleyen diğer bir morfometrik indis ise vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı olan (V_f) değeridir. Düşük (V_f) değerleri, akarsular ile derinleşmiş ve tektonik aktiviteye bağlı hızlı yükselme alanlarını gösterirken, yüksek (V_f) değerleri, yükselim hızının düşük olduğu alanları belirler (Silva ve diğ. 1993, Keller ve Pinter 1999). Bölgedeki genç fay – morfoloji ilişkisinin sağlıklı belirlenebilmesi için bu oran (V_f), genç faylardan belirli uzaklıkta seçilen vadilerde ve (S_{mf}) değerlerinin hesaplandığı alanlar içinde hesaplanmalıdır. Bu indis hesaplanırken: vadi tabanı genişliği (V_{fw}), sol vadi kesimi yüksekliği (E_{ld}), sağ vadi kesimi yüksekliği (E_{rd}) ve vadi tabanı genişliği (E_{sc}) verilerine ihtiyaç vardır (Keller ve Pinter 1999). Bir bölgedeki V_f değeri, genç fay ile yükselme sonucu oluşmuş V şekillli dar vadiler ($V_f < 1.0$) ile daha çok yanal erozyon ile oluşmuş geniş tabanlı U şekilli vadileri ($V_f > 1.0$) birbirinden ayırır (Silva ve diğ. 2003).

San Andreas fayına bağlı Garlock fayı üzerinde belirlenen V_f değerleri 0.05 ile 47.0 arasında değişirken, düşük V_f değerleri yaklaşık D – B doğrultulu fayın kuzey blokunda yoğunlaşır (Bull ve McFadden, 1977). Yazar aynı alanda düşük (S_{mf}) değerleri belirlediğinden bu fay ile özellikle kuzey dağ cephesinin ve yakın civarının şekillendiğini belirtmiştir. Geyve – Pamukova havzasında Sarıgazi fayı boyunca S_{mf} indisi için seçilen alanlarda faya dik uzanan bazı vadiler için V_f indisi de hesaplanmıştır. Bu amaçla Şekil 5.21A'daki alanda sekiz lokasyonda V_f indisi belirlenmiştir (Şekil 5.23, 5.24).



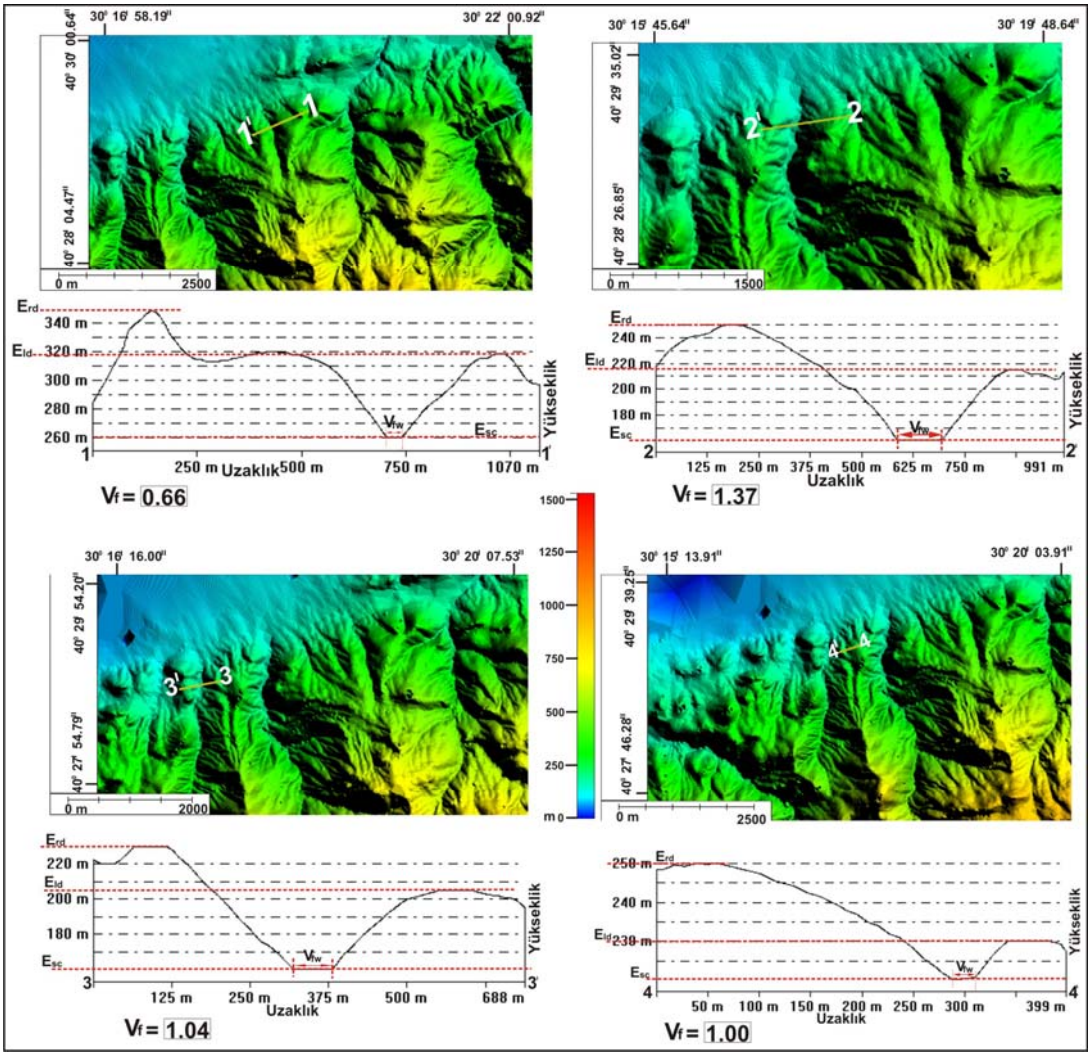
Şekil 5.23 : Geyve Koruboğazı mevkiinde bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları.



Şekil 5.24 : Geyve Koruboğazı mevkiinde bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları.

Sarıgazi fayının Geyve Koruboğazı bölümünde fayın güney blokunda 0.17-0.56 değerleri arasında V_f indisleri bulunmuştur. Bu değerler aynı bölge için Şekil 5.21A'da hesaplanan düşük (S_{mf} = 1.08) ile birlikte irdelendiğinde bölgenin genç faylanmanın etkisi ile yükseldiği belirtilebilir.

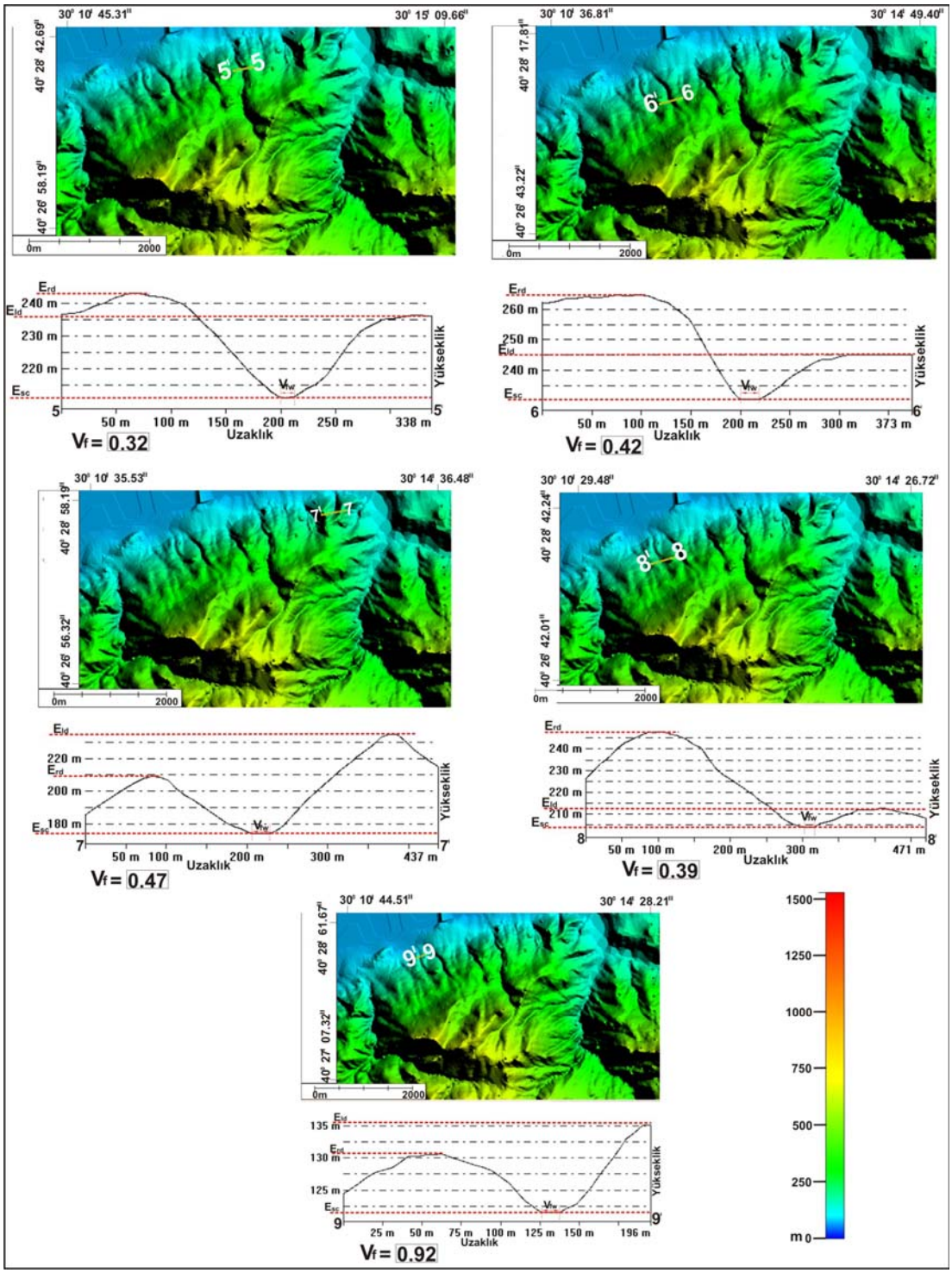
Sarıgazi fayının Sarıgazi-Safiköy arasındaki kesiminde dört lokasyonda V_f değeri bulunmuştur (Şekil 5.25).



Şekil 5.25 : Sarıgazi-Safiköy arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları.

Sarıgazi-Safiköy arasında V_f indisi oranları 0.66 ile 1.37 arasında değişmektedir. Bu alan için Şekil 5.21B'de hesaplanan S_{mf} değeri 1.07 olup iki indis birlikte yorumlandığında genç fayların morfoloji üzerindeki etkisi sınırlı gözükmektedir.

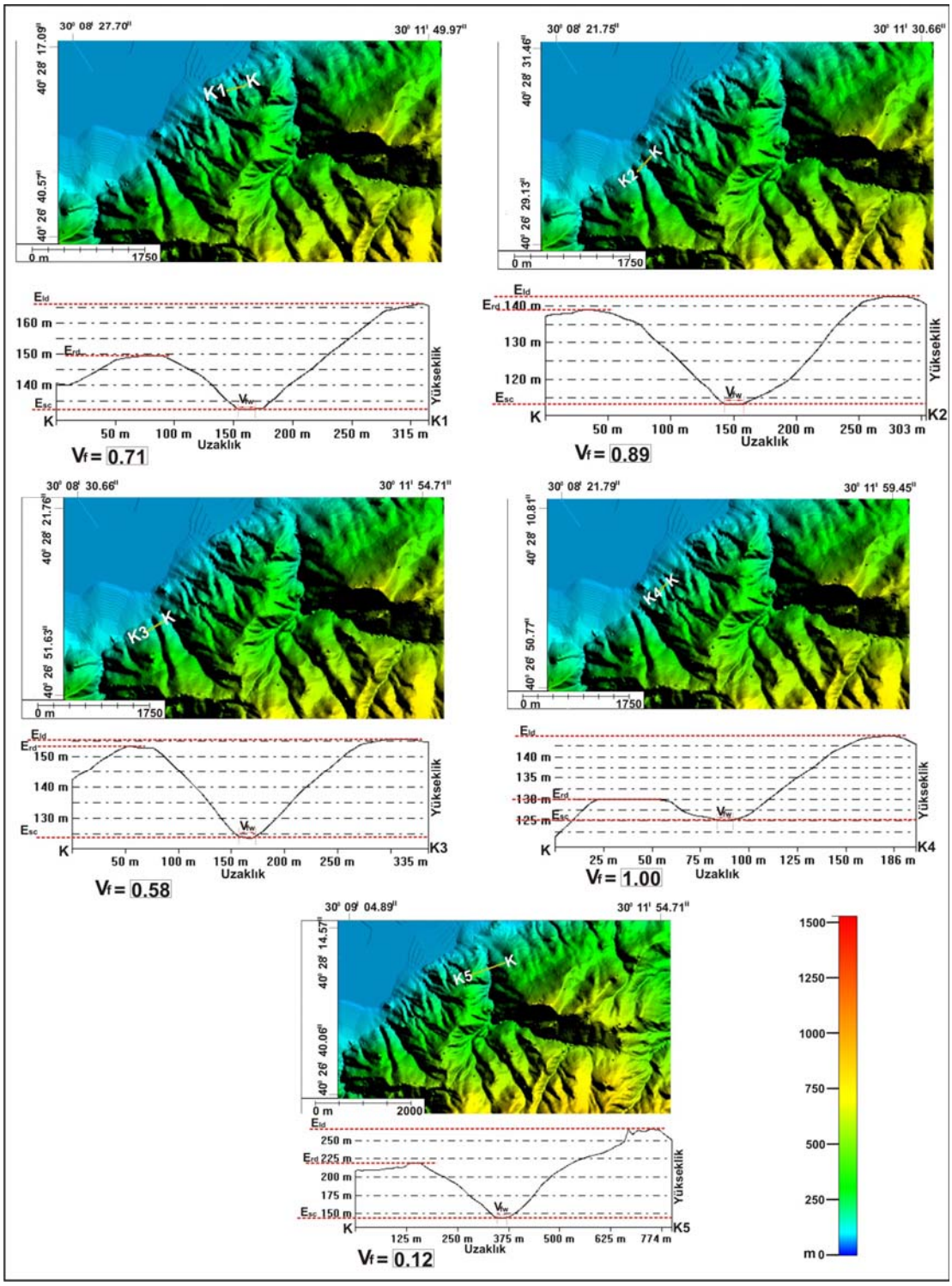
Sarıgazi fayının Çengel-Bozviran arasında beş lokasyonda V_f indisi değerleri bulunmuştur (Şekil 5.26).



Şekil 5.26 : Çengel-Bozviran arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları.

Çengel-Bozviran arasında V_f indisi 0.32-0.92 değerleri arasında değişirken, aynı alan için Şekil 5.21A'da yapılan S_{mf} indisi hesaplaması ise 1.20 olarak belirlenmiştir. Bu da bölge morfolojisinin genç faylardan etkilendiğini gösterir.

Sarıgazi fayının batısına doğru Bozviran-Kozan arasında beş lokasyonda V_f indisi hesaplanmıştır (Şekil 5.27).



Şekil 5.27 : Bozviran-Kozan arasındaki bazı lokasyonlarda hesaplanan V_f indisi oranları.

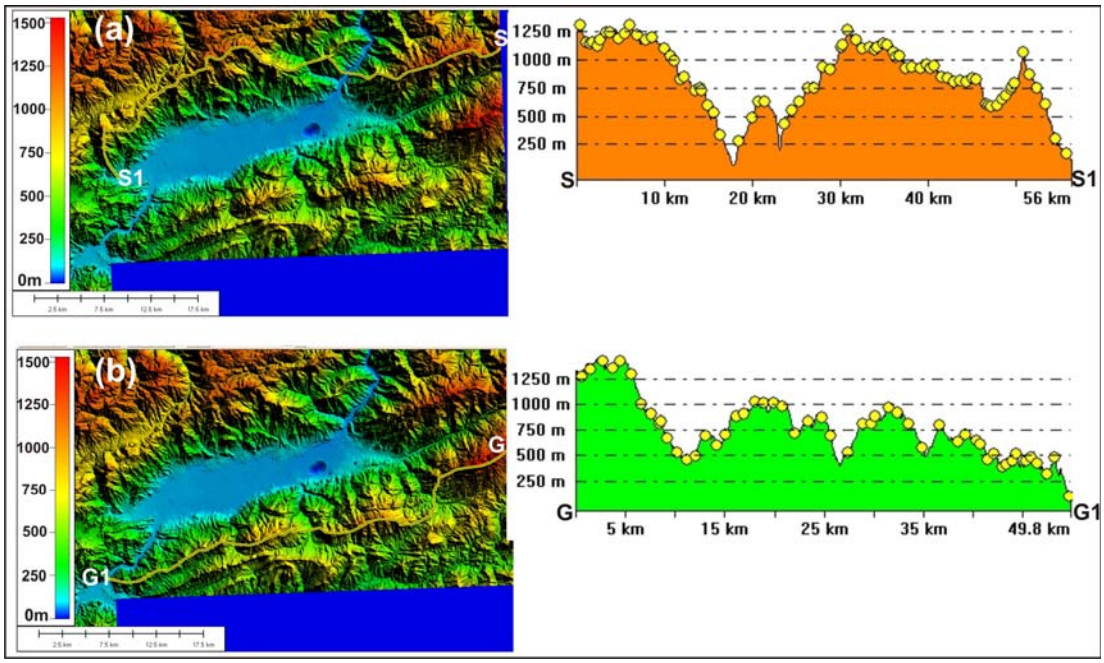
Bozviran-Kozan arasında V_f değerleri 0.12-1.00 arasındadır. Aynı alan için Şekil 5.22B'de hesaplanan S_{mf} değerinin 1.12 olması bölgenin genç faylar denetiminde şekillendiğini gösterir.

Sarıgazi fayı boyunca tüm S_{mf} ve V_f morfometrik indis değerleri birlikte değerlendirildiğinde S_{mf} indislerinin 1.07-1.20 arasında V_f indislerinin de 0.12-1.37

arasında değiştiği gözlenir. Peters ve Van Balen (2007), Almanya'da Yukarı Ren Graben'inde dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf}) ile vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı olan (V_f) morfometrik indislerini grabenin batı sınır fayı boyunca hesaplamıştır. Buna göre S_{mf} değerleri 1.09-2.15 arasında değişirken, V_f değerleri ise 0.3-31.3 arasında olup bu değerlerin 0.3-2.2 arasında olanları toplam değerlere göre çok daha fazladır. Buna göre bölgenin morfolojik yapısının, Grabenin batı sınırındaki Oppenheim-Grünstadt normal fayının aktivitesi ile şekillendiği yazar tarafından belirtilmiştir.

Geyve Pamukova havzasının güney kenarı ve Sarıgazi fayı boyunca üçgen yüzeylerin net izlendiği alanlarda yukarıda bulunan S_{mf} ve V_f indisleri bölgedeki genç fay sisteminin morfolojiye etkisini gösterir. Bu değerlere göre bölgenin güney bloku genç faylar ile yükselmektedir. Bu değerlere göre bölgenin güney bloku genç faylar ile yükselmektedir.

Havzanın güney ve kuzey su bölüm çizgileri karşılaştırıldığında güney bölümün vadi tabanları 500 m üzeri kotlarda bulunurken kuzey bölümde bu değerler yer yer 250 m civarındadır. Bunun dışında havzanın en doğu kesiminde güney blokta en yüksek seviye 1330 m iken kuzeyde 1260 m'dir (Şekil 5.28). Ayrıca güney su bölüm çizgisi yükseklik değeri, doğu kesimde 500 ile 1250 m arasında iken batı kesimde 200 ile 500 m arasındadır. Havza güney blokunda doğu ve batı arasındaki bu farklılık, Sarıgazi fayı üzerindeki doğrultu atım bileşenine batıda önemli miktarda düşey atım bileşeninin de katıldığını gösterir. Böylelikle Sarıgazi fayının Bayat-Ciciler arasındaki parçası, aktif sağ yanal oblik normal fay şeklinde davranmaktadır.



Şekil 5.28 : Geyve-Pamukova havzasının (a) kuzey ve (b) güney su bölüm çizgilerinin görünümü.

5.1.4 Geyve-Pamukova havzası ve Sakarya Nehri

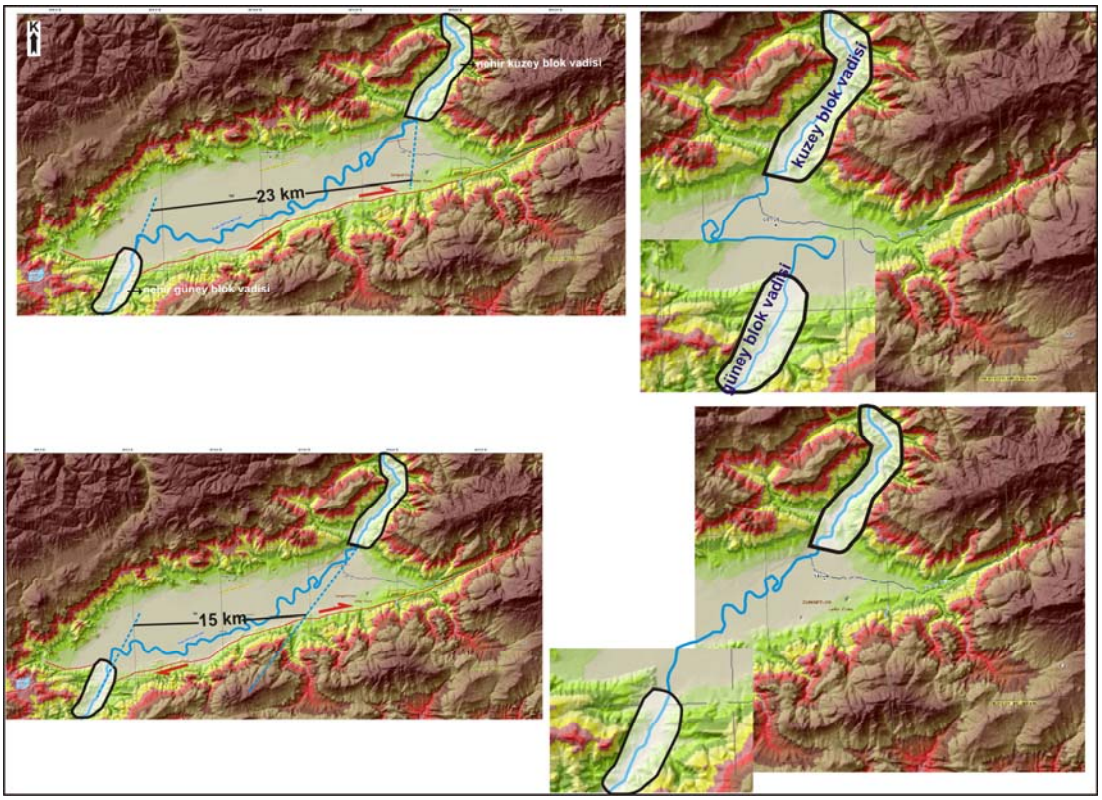
Sakarya Nehri, Kızılırmak ve Fırat nehirlerinden sonra Türkiye'nin üçüncü en uzun Kuzeybatı Anadolu'nun ise en büyük akarsuyudur. Uzunluğu 824 km olup beslenme havzasının genişliği 53.800 km^2 dir. Eskişehir'in Çifteler ilçesinin Sakar Başı mevkiinden kaynak halinde doğan nehir, Sakarya'nın Karasu ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülür. Nehir, doğuş yerinden doğuya aktıktan sonra Eskişehir-Ankara illeri sınırı yakınında kuzeye doğru dönerek Sündiken Dağları kuzeyine kadar bu yönde akar, batıdan gelen Porsuk ve doğudan gelen Ankara çayları ile birleşir. Daha çok civardaki küçük dereleri aldıktan sonra Beypazarı'nın güneyinden batıya döner. Bilecik tarafından kuzeye yönelir. Osmaneli'ne kadar kuzeybatı yönünde akan nehir, buradan itibaren dar bir boğazı izleyerek kuzeydoğuya döner. Mekece'den itibaren Geyve-Pamukova havzasında menderesli bir geometri kazanan nehir, ovanın kuzeyinde Alifuatpaşa'yı kuzeye akış yönlü olarak terk ederek Adapazarı ovasına açılır (Şekil 5.29). Göksu, Karasu ve Mudurnu çaylarını da aldıktan sonra kuzey-güney yönlü olarak Karadeniz'e dökülür. Koçyiğit (1988a), Mekece'den daha güneye devam eden nehrin geçtiği dar vadi ile Alifuatpaşa kuzeyindeki vadinin KAFSGK gelişimi öncesinde birlikte olduğunu ve fay tarafından yaklaşık 22 km sağ yanal ötelendiğini belirtmiştir. Yaltırak ve Alpar (2002) ise havzanın batısında Gemlik Körfezi'nde 8 km, güneyde Yenişehir ovasında ise 10 km sağ yanal atım

belirlemiş, bunların toplamı olan 18 km'nin de Geyve-Pamukova havzasında Sakarya Nehri'nin ötelenmesine eşit olduğunu belirtmiştir.



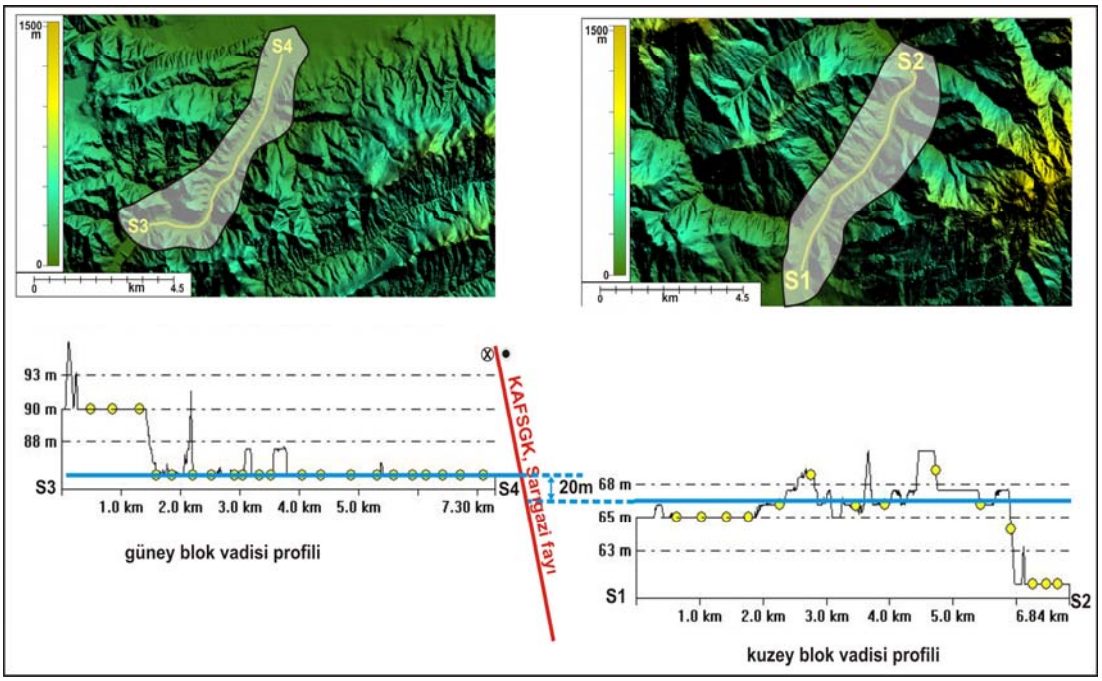
Şekil 5.29 : KAFSGK ve Sakarya Nehri'nin; havzada, havzanın güney ve kuzey blokunda aktığı derin vadilerin görünümü.

Stratigrafi bölümünde ayrıntıları açıklanan Beylik kırıntılı üyesi, Sakarya Nehri'nin havzadaki en yaşlı çökeli olup havza güney kenarında, Sarıgazi batısı ile Ciciler arasında, Sarıgazi fayı D-B yönünde yaklaşık 23 km boyunca olup devamlıdır. Dolayısıyla KAFSGK bölgeye girmeden önce; nehrin havza düzlüğünün güneyinde izlediği boğazı, doğuya doğru sağ yanal en fazla 23 km ötelemek mümkündür. Öte yandan nehrin güney blokta aktığı vadi ile kuzey blokta aktığı vadi, Sarıgazi fayı boyunca nehir akış yönü esas alınarak birleştirilirse, güney bloktaki nehrin aktığı vadiyi, doğuya doğru sağ yanal en fazla 15 km taşımak mümkün olur. Beylik kırıntılı üyesinin daha doğudaki mostraları ise nehrin hem menderesli yapıda olması hem de sağ yanal atım ile açıklanabilir. KAFSGK, Sarıgazi fayı boyunca Sakarya Nehri'ndeki sağ yanal atım en az 15, en fazla ise 23 km'dir (Şekil 5.30).



Şekil 5.30 : Sakarya Nehri'nin aktığı kuzey ve güney blok vadilerde oluşan en az ve en fazla sağ yanal atım değerlerini gösteren modeller (sağdaki şekiller KAFSGK öncesi dönemi soldaki şekiller ise sonrası dönemi gösterir).

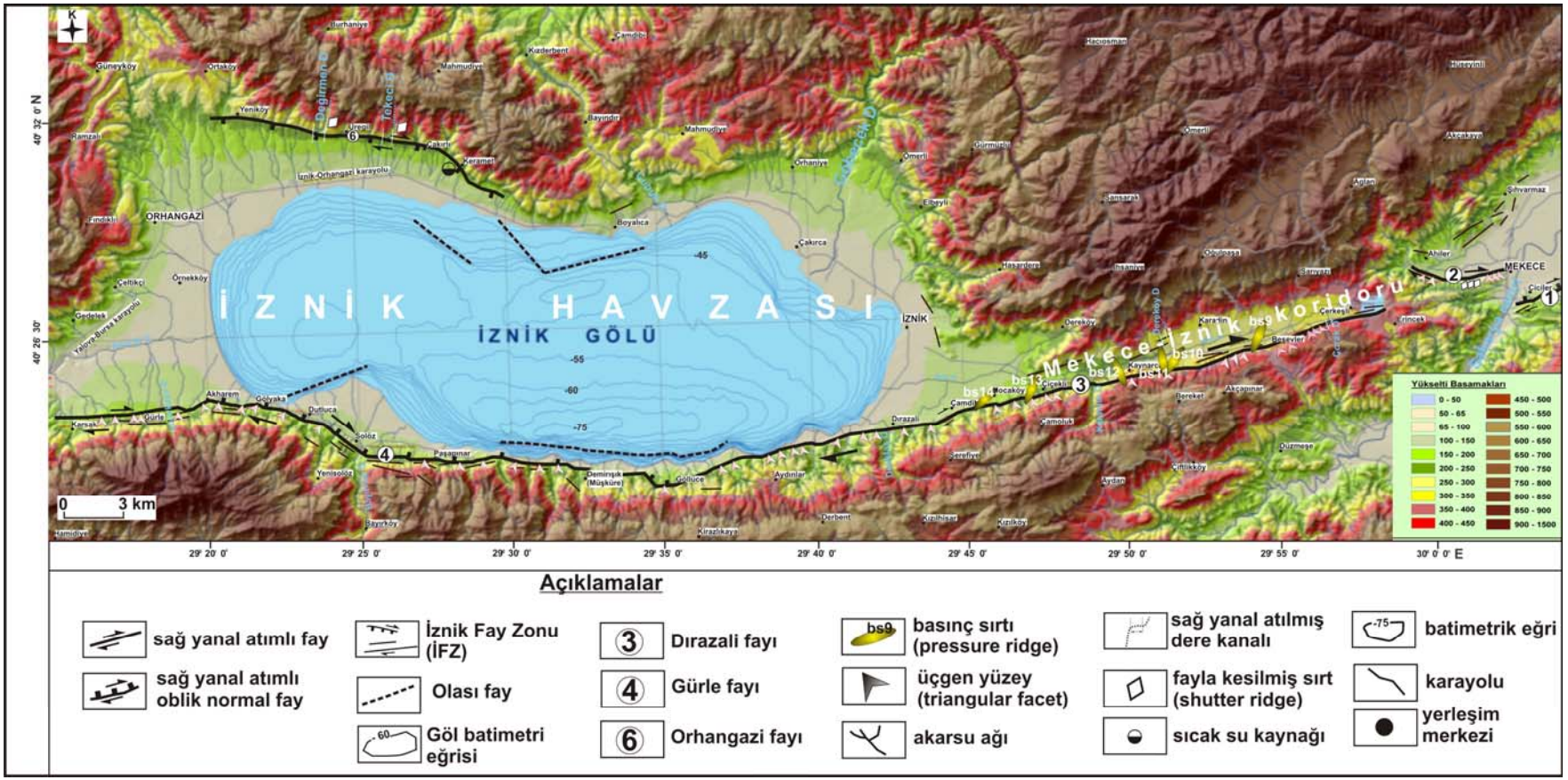
Ek-1'deki haritadan da anlaşılacağı üzere Sakarya Nehri'ne ait çökeller bugün havza güney kenarında izlenir. Yani KAFSGK Sarıgazi fayı boyunca olan sağ yanal yerdeğiştirmeyi, daha çok güney blokun batıya doğru ilerlemesi karşılar. Bunun yanında nehrin izlediği güney vadi tabanı ortalama 86 m, kuzey vadi tabanı ise 66 m kotu ile belirlenir. Aradaki 20 m'lik bu fark, Sarıgazi fayı boyunca sadece sağ yanal hareket olmadığını bununla birlikte düşey hareketin de varlığını gösterir. Bu faylanma şeklinin sonucu olarak ta Sarıgazi fayı boyunca güney blokun kuzeye oranla daha fazla yükseldiği belirtilebilir (Şekil 5.31).



Şekil 5.31 : Sarıgazi fayına göre Geyve-Pamukova havzasının güney ve kuzey blokunda Sakarya Nehri'nin izlediği vadilerin ortalama profillerinin görünümü.

5.2 Mekece – İznik Koridoru, İznik Havzası ve İznik Fay Zonu (İFZ)

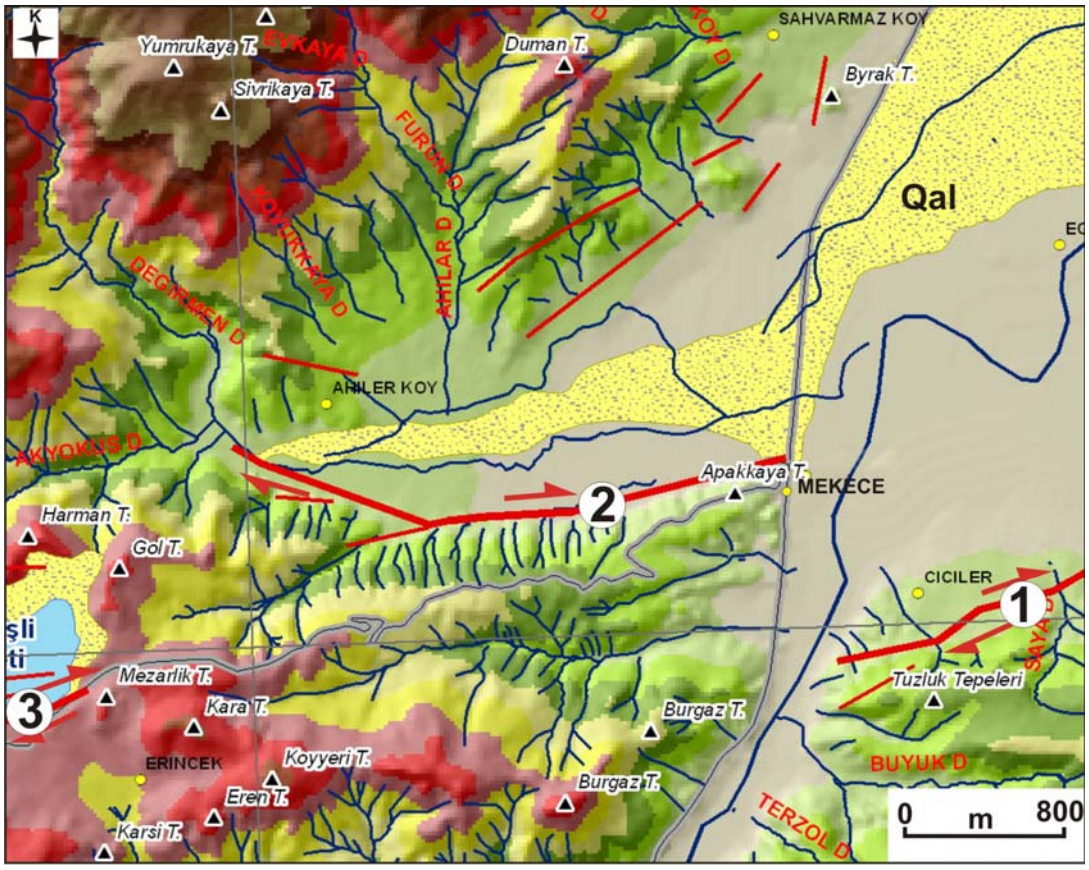
Katırlı Dağlarının doğu bölümü ile Samanlı Dağları'nın güney bölümü arasında yer alan KAFSGK üzerindeki Mekece – İznik koridorunun yüzölçümü 72.5 km^2'dir (Duran, 1986; Emre ve diğ. 1998). Koridor doğudan Mekece batıdan ise Çamdibi ile sınırlanırken, kuzey-güney yönünde en geniş yerini Karadin-Kaynarca arası oluşturur. Katırlı Dağları'nın batı bölümünü ise İznik havzası oluşturmakta olup bu alan doğuda Çamdibi batıda Karsak ile sınırlanır. Yüzölçümü 500 km^2 olan İznik havzasının kuzey-güney yönünde en geniş yerini ise Yeniköy-Akharem arası oluşturur. Ardel (1954), İznik Gölü'nü bir depresyon (çöküntü) alanı olarak tanımlamıştır. Bargu (1982), Mekece ile İznik arasındaki temel kayaçlar ile Neojen yaşlı birimler arasındaki dokanağı İznik fayı adı ile ve normal fay olarak haritalamıştır. Emre ve diğ. (1997), KAFSGK'nu bu alanda İznik-Geyve ve Gemlik-Bandırma arasında uzanan iki segmente ayırmıştır. Emre ve diğ. (1998), İznik kuzeydoğusunda Adliye fayı olarak KAFSGK ile ilişkili bir fay haritalamıştır. Barka ve Kadinsky-Cade (1988), KAFSGK'nun Geyve-İznik arasında tek segment olduğunu belirtmiştir. Bazı yazarlar ise (Sipahioğlu ve Matsuda, 1986; Tsukuda ve diğ. 1988; İkeda ve diğ. 1989; İkeda, 1991) KAFSGK'nun Mekece-İznik arasındaki kesimini tek segment olarak ve İznik-Mekece fayı olarak adlamıştır. Yaltırak (2002) ise İznik Gölü kuzeyinde normal fay olarak Orhangazi fayı'nı haritalamıştır. Bu tez çalışması ile KAFSGK üzerinde, Mekece-Akharem arasındaki bölgenin güney kenarında Mekece, Dırazali ve Gürle fayları, İznik havzasının kuzey kenarında ise Orhangazi fayı 1/25.000 ölçekte haritalanmıştır. Mekece – İznik koridoru ile İznik havzasının güney kenarında haritalanan bu ana faylar ile birlikte kuzeyde bulunan ikincil segmentler İznik Fay Zonunu (İFZ) oluşturur (Ek-1), (Şekil 5.32).



Şekil 5.32 : Mekece-İznik koridorunda ve İznik havzasında İFZ'yi oluşturan faylar ve diğer segmentlerin haritası.

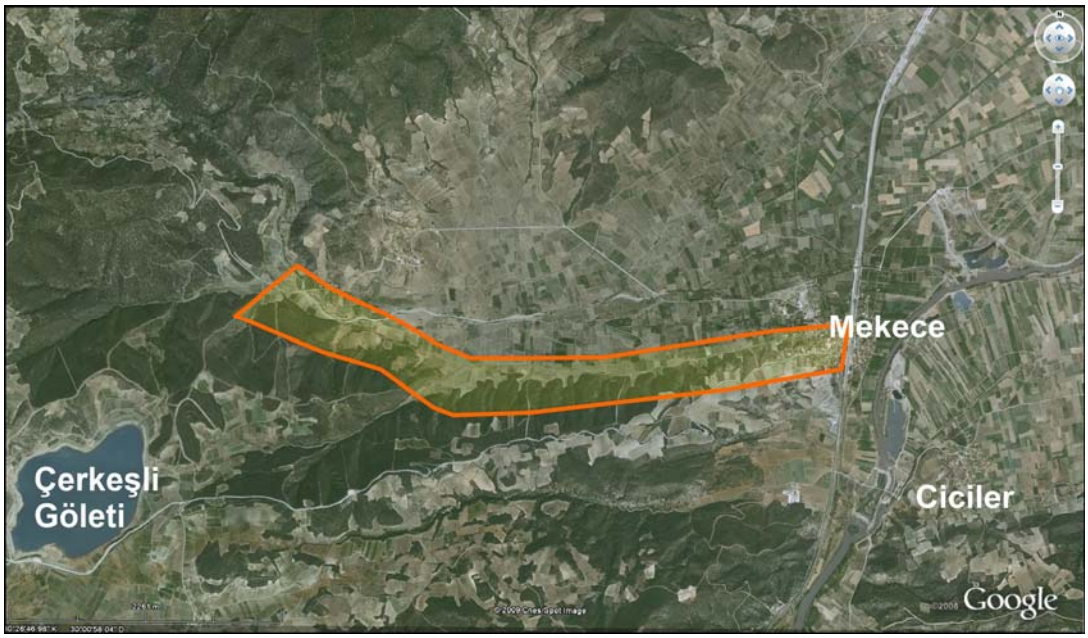
5.2.1 Mekece fayı ve morfolojik yapıları

İnceleme alanında önceki çalışmacılar tarafından İznik-Mekece fayı olarak haritalanan bu fay bu tez çalışması ile KAFSGK'na ait Mekece fayı olarak adlanmış ve 1/25.000 ölçekte haritalanmıştır. Mekece-Ahiler düzlüğünün güney kenarını Mekece'den itibaren batıya doğru K70^{0}D doğrultusu ile 1.5 km izleyen fay, buradan 1.9 km daha D-B doğrultu ile devam eder. Bu lokasyondan 1.5 km kadar daha batıya doğru ise K50^{0}B doğrultusunda izlenir. Mekece fayı, batıda Akyokuş Dere vadisinde sonlanır. KAFSGK ise Çerkeşli Göleti güney kenarından itibaren Dırazali fayı ile batıya devam eder. Güney blokta su bölüm çizgisi doğuda 189 m yüksekliğindeki Apakkaya Tepe, batıda ise 417 m yüksekliğindeki Harman Tepe'den geçer. Mekece fayı (2), Sarıgazi fayı (1) ile Dırazali fayı (3) arasında bulunur (Şekil 5.33).

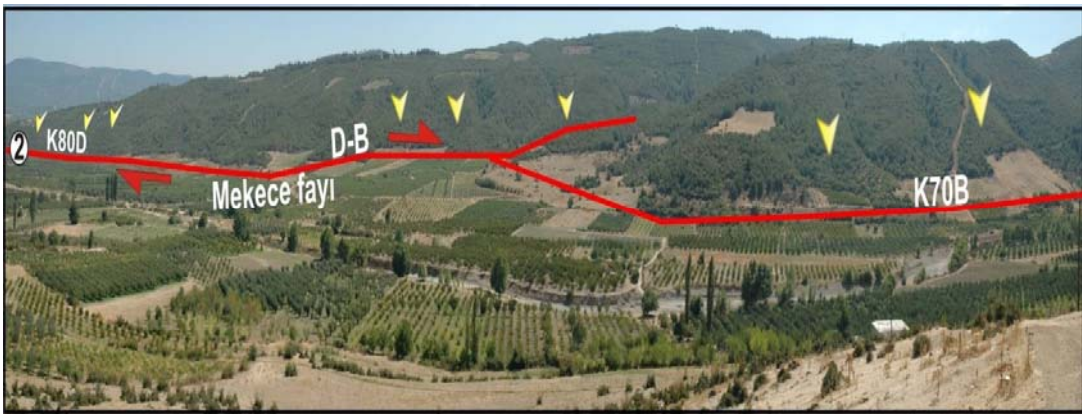


Şekil 5.33 : Mekece fayı (2) ve çevresinin morfotektonik haritası.

Mekece fayının içinde olduğu bölgedeki genç fayların deformasyonu ile doğrudan ilişkili başlıca morfolojik belirteçler; sağ yanal ötelenmiş dereler ve üçgen yüzeylerdir. Mekece'den batıya doğru üçgen veya ütü-altı yüzeyler düzlük alanın güneyinde Apakkaya-Harman Tepe arasında yoğunlaşır (Şekil 5.34 ve 5.35).

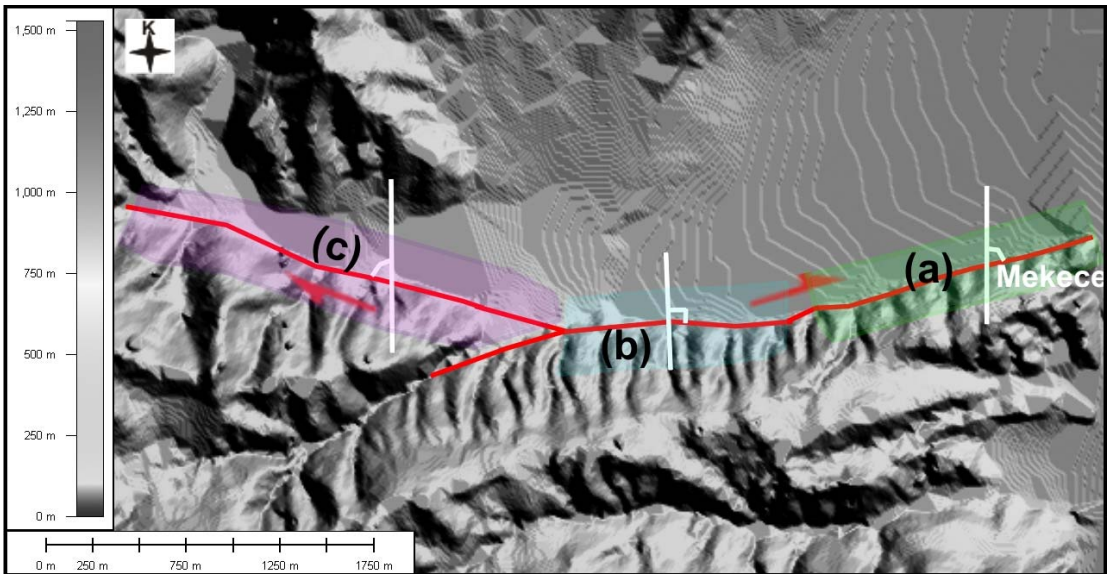


Şekil 5.34 : Mekece ve batısına doğru fay belirteci üçgen yüzeylerin bulunduğu alanın görüntüsü.



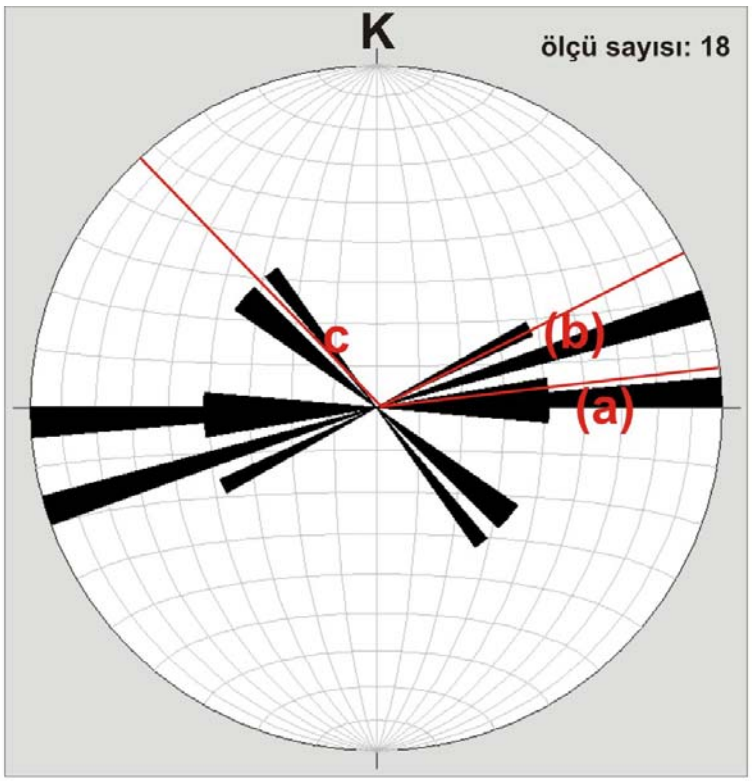
Şekil 5.35 : Mekece fayı boyunca oluşan üçgen yüzeylerin görünümü (bakış güneyedir).

Mekece fayı üçgen yüzeylerinin doğrultusu (a) bölgesinde K40^{0}D ile K70^{0}D, (b) bölgesinde D-B ile K80^{0}D, (c) bölgesinde ise K50^{0}B ile K60^{0}B arasında değişir (Şekil 5.36).



Şekil 5.36 : Mekece fayı üzerindeki üçgen yüzeylerin a, b, c bölgelerindeki yeri ve fayın doğrultu değişimi.

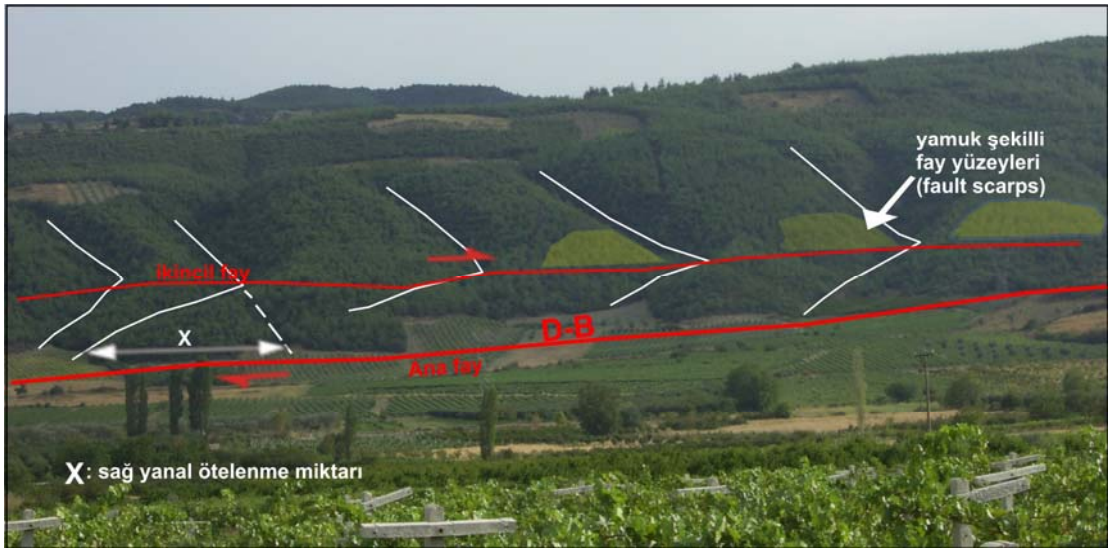
Bu üçgen yüzeylerin Mekece fayı boyunca doğrultu değişimleri gül diyagramına işlenmiştir (Şekil 5.37).



Şekil 5.37 : Mekece fayı boyunca sıralanmış üçgen yüzeylerin doğrultu gül diyagramı.

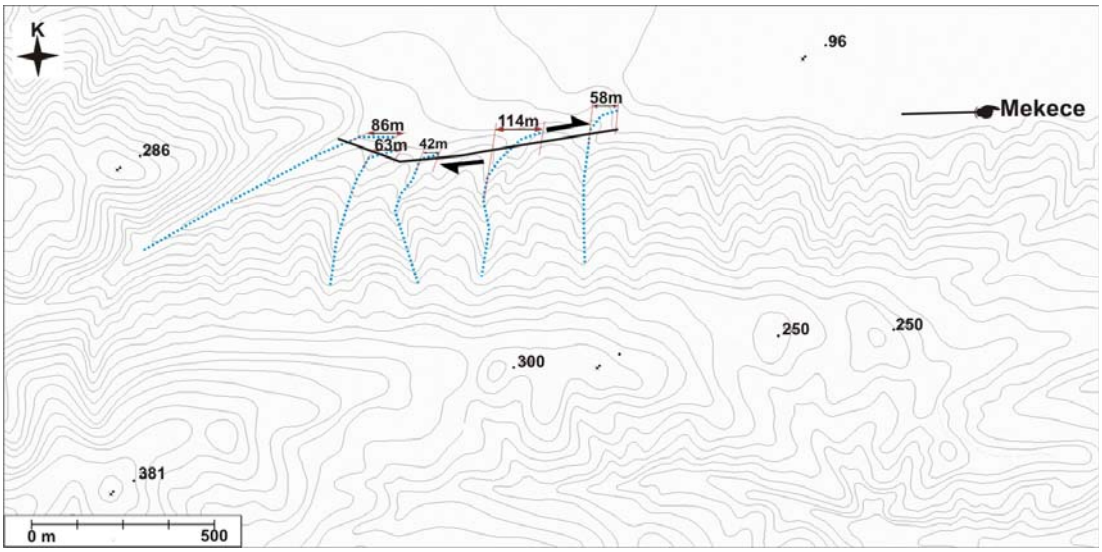
Mekece fayının D-B doğrultu ile izlendiği ve Mekece'den batıya doğru yaklaşık 2.0 ile 3.0'cü km'lerinin bulunduğu alanda diğer morfolojik veri ise sağ yanal ötelenmiş kuru dere yataklarıdır. Ana fayın bu alandaki kesiminin 80 m güneyinde ikincil

segment ile oluşan bu ötelenmeler esnasında kuzey yüzeyi üçgen olan kapatan sırtlar (shutter ridge) ve ikincil yamuk şekilli fay düzlemleri (scarp) oluşmuştur (Şekil 5.38). Bu sağ yanal ötelenmeyi oluşturan segment aynı zamanda Mekece fayının zon (İFZ) şeklinde devam ettiğini gösterir.



Şekil 5.38 : Ahiler Köyü güneyinde Mekece fayı üzerinde oluşan sağ yanal ötelenmeler ve ikincil fay düzlemlerinin genel görünümü (beyaz çizgiler kuru dere yataklarını belirtir, bakış güneyedir).

Mekece fayının güneyinde toplam beş derede izlenen sağ yanal ötelenmeler doğudan batıya doğru sırasıyla; 58, 114, 42, 63 ve 86 m'dir (Şekil 5.39).



Şekil 5.39 : Mekece fayı güneyinde ikincil faylanma sonucu kuru dere yataklarında oluşan sağ yanal ötelenmeler.

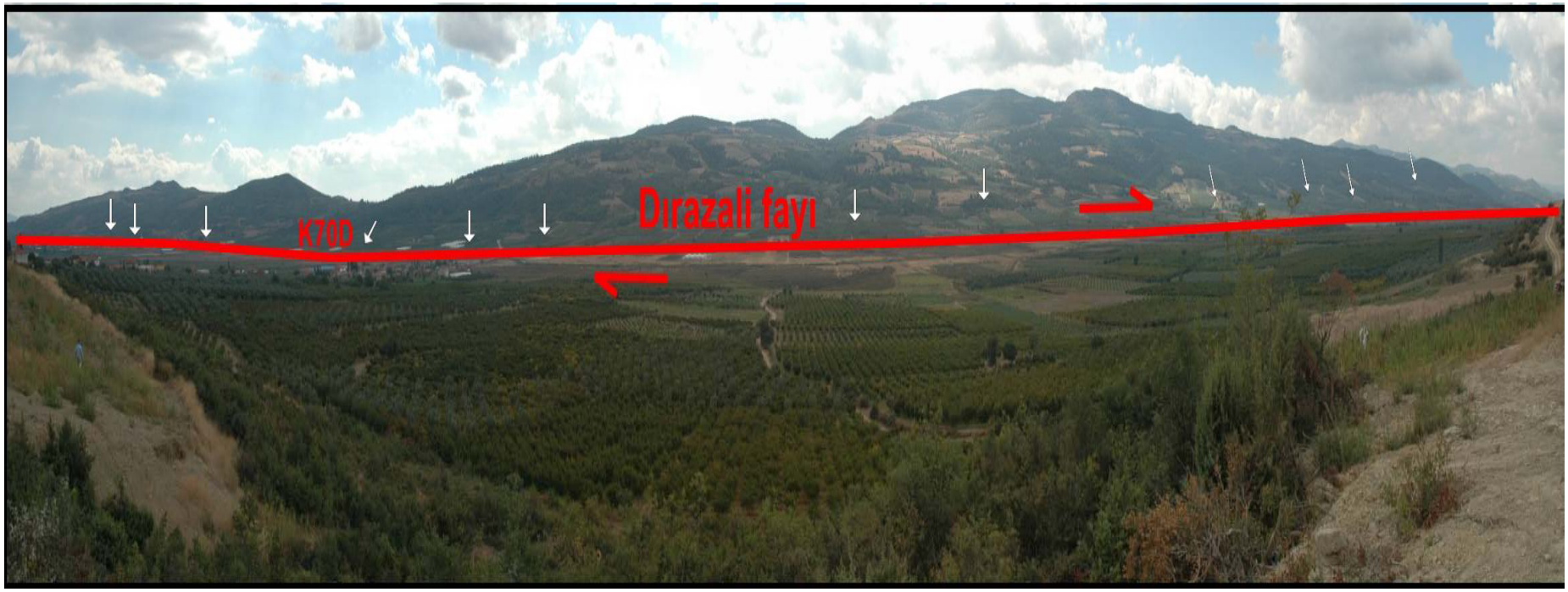
5.2.2 Dırazali fayı ve morfolojik yapıları

Mekece fayının Akyokuş Dere vadisinin kuzeyinde sonlanması ve 2.8 km ile güneye sıçraması sonucu KAFSGK batıya doğru Dırazali fayı ile devam eder. Çerkeşli-Müşküre arasında ana fay olarak bölgeyi deforme eden bu fay güney yükselimin kenarı boyunca izlenir.

Yukarıda belirtilen önceki çalışmacılar tarafından farklı haritalanan ve tanımlanan bu fayın, Mekece fayı ile arasındaki Göl Tepe-Harman Tepe yükselimini aşan sağ yanal sıçramalı kesimi, bu tez çalışmasıyla haritalanmış ve fay Dırazali fayı olarak adlanmıştır. Doğudan batıya doğru fayın yaklaşık 20 km'lik kesimi Çerkeşli Göleti güney kenarı, Kaynarca, Çiçekli (Gülistan), Hocaköy ve Çamdibi arasında uzunluğu maksimum 1.5 km'ye ulaşan sağ yanal genişlemeli (transtensional) sıçramalar ve $K70^0$-80^0D doğrultuları arasında izlenir. Fayın 15 km'si ise Çamdibi ve Dırazali'den daha batıya, İznik Gölü güneyini takiben $K50^0$-80^0D ve D-B doğrultularına sahiptir.

Dırazali fayı, Müşküre'ye kadar 1 km'ye varan sağ yanal genişlemeli sıçramalar şeklinde ve 80-120 m arasındaki kotlarda gözlenir. Dırazali fayı Mekece-İznik koridorunun güney kenarını izler.

Dırazali fayı boyunca başlıca morfotektonik elemanlar: üçgen ve yamuk şekilli fay yüzeyleri (fault-scarp) ve sağ yanal ötelenmiş derelerdir. Dırazali fayının Çerkeşli – Hocaköy arasındaki kesimi morfolojide yamuk ve üçgen yüzeyler oluşturur (Şekil 5.40).



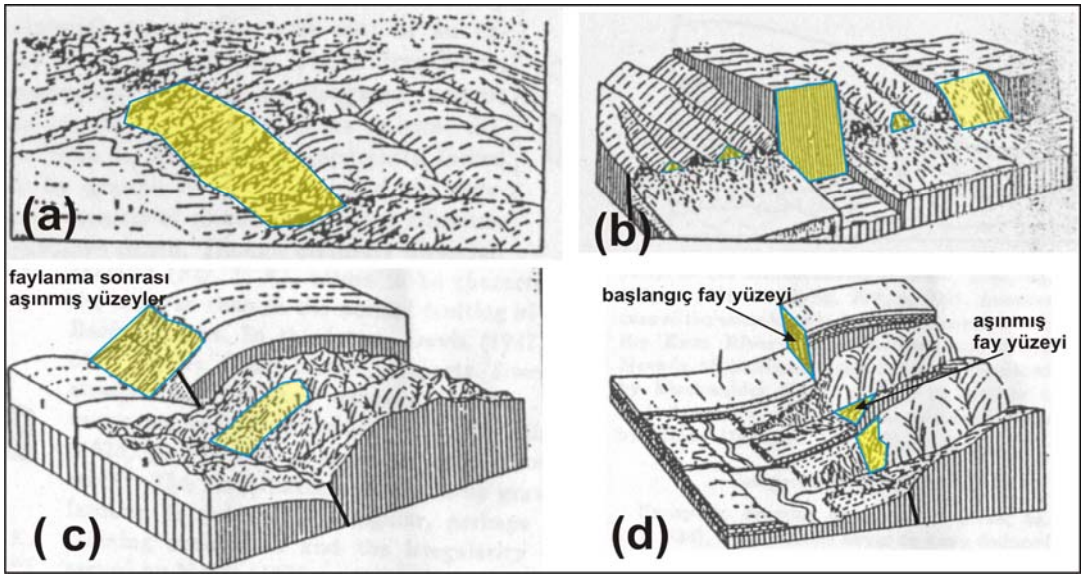
Şekil 5.40 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arasındaki görünümü ve beyaz okla işaretli ügen ve yamuk şekilli fay denetimli morfolojinin konumu (bakış güneyedir).

Şekil 5.40'da Dırazali fayı boyunca izlenen morfotektonik yüzeyler, aşınmış veya daha başlangıç fay düzlemleri şeklinde olup benzeri Cotton (1950)'de belirtildiği gibi yamuk veya üçgen şekilli olabilmektedir (Şekil 5.41).



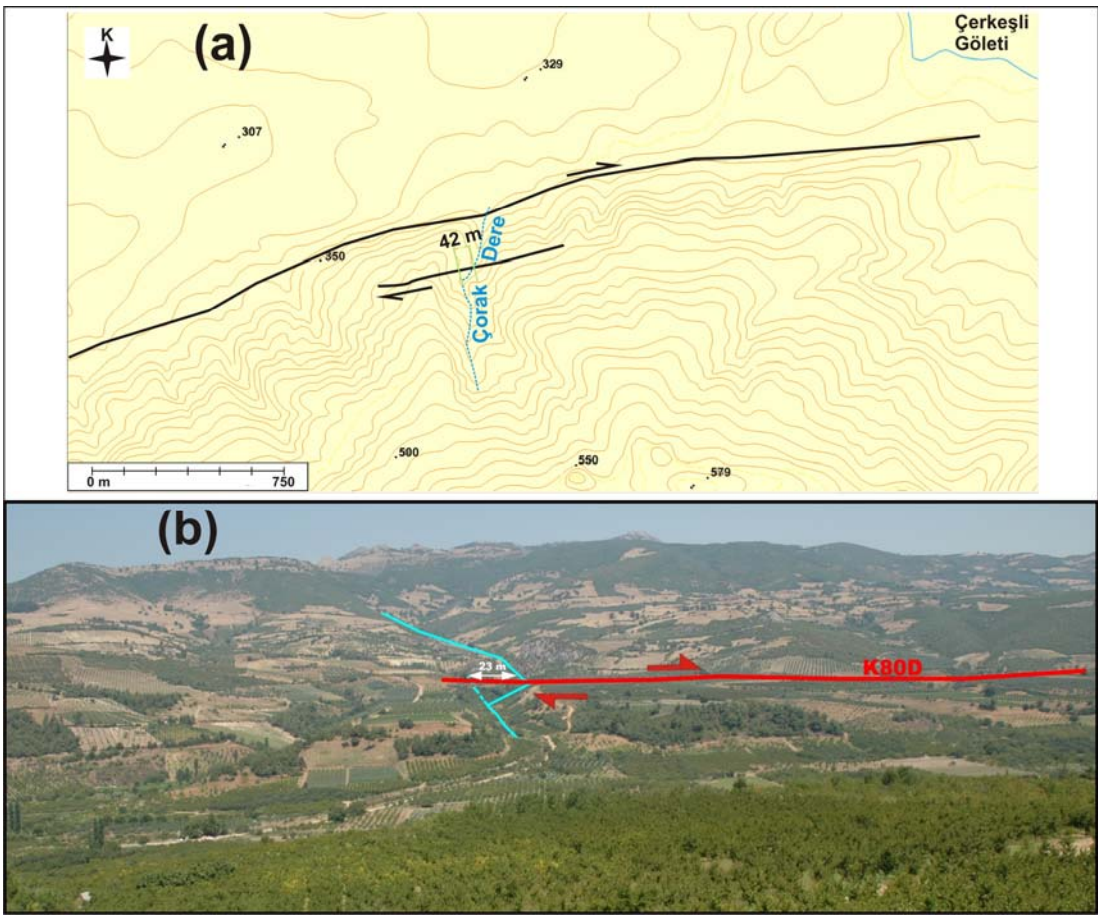
Şekil 5.41 : Dırazali fayının Çerkeşli – Kaynarca arasındaki kesiminde beyaz okla işaretlemiş fay denetimli yüzeyler (bakış güneyedir).

Cotton (1950), fay denetimli bu yüzeyleri Dünya'nın bazı bölgelerindeki örnekleri ile sınıflamıştır (Şekil 5.42). Bütün deformasyon hallerinde oluşan bu yüzeylerin ortak özelliği, yüzey doğrultularının fay düzlemi doğrultusuna paralel olmasıdır. Birbaşka deyişle bu düzlemler bölgedeki genç fayların haritalamasında kullanılan önemli morfolojik göstergelerdendir.



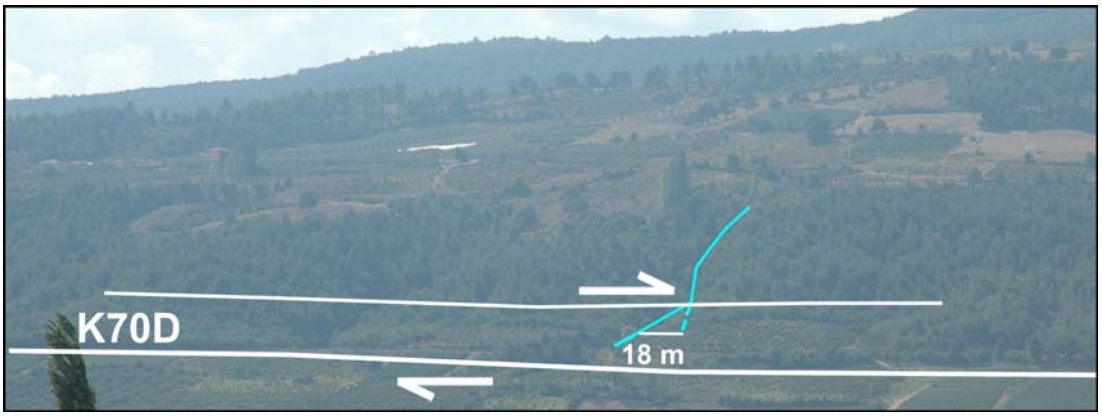
Şekil 5.42 : Dünya'da bazı genç faylar boyunca oluşan morfolojik yüzeylerin (fault-scarp) görünümü (a) Rowsley fayı (Avusturalya) boyunca oluşmuş ve kısmen aşınmış yüzey, (b) Basin ve Range boyunca oluşmuş morfolojideki birincil fay düzlemleri (düzlemler sarı boyalıdır) ve (c) Awatere (Yeni Zelanda) (d) Aorere (Yeni Zelanda) bölgelerindeki aşındırılmış fay yüzeyleri (Cotton, 1950).

Dırazali fayı boyunca bir diğer morfolojik unsur ise sağ yanal ötelenmiş derelerdir. Çerkeşli batısında Çorak Dere'de yaklaşık 42 m, ana fayın kuzeyinde Karadin batısında ise Dereköy Dere yatağında yaklaşık 23 m sağ yanal ötelenme belirlenmiştir (Şekil 5.43).



Şekil 5.43 : (a) Çerkeşli-Kaynarca arasında Çorak Dere'de, (b) Karadin batısındaki Dereköy Dere'de sağ yanal ötelenmelerin görünümü (bakış kuzeyedir).

Bir başka sağ yanal ötelenme ise kuru dere yatağında, Çerkeşli batısında, Dırazali fayının güneyinde ve ikincil fay üzerinde olup 18 m'dir (Şekil 5.44).



Şekil 5.44 : Dırazali fayı güneyinde ikincil segment üzerindeki kuru derede izlenen sağ yanal ötelenme (bakış güneyedir).

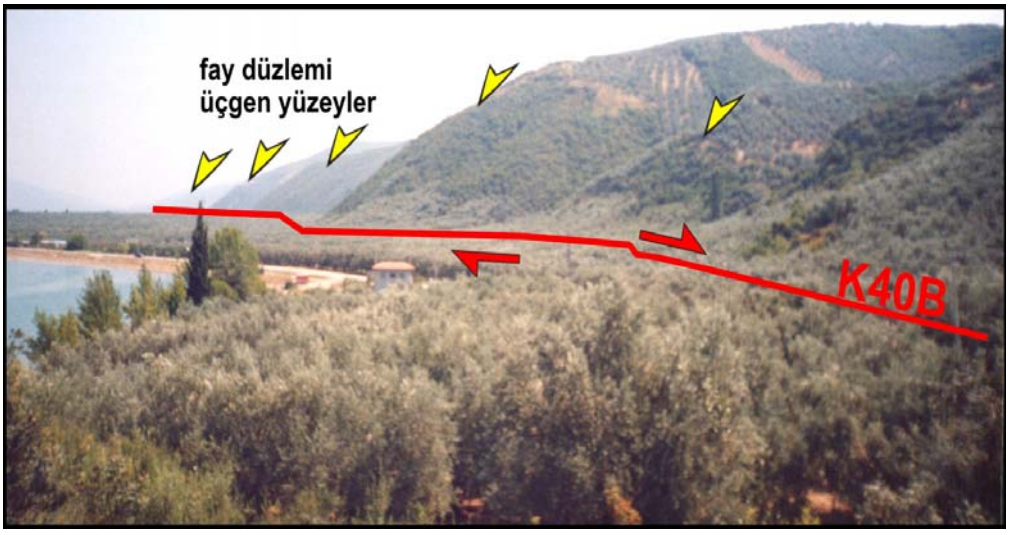
5.2.3 Gürle fayı ve morfolojik yapıları

İnceleme alanında bölüm başında belirtilen önceki çalışmacılar tarafından İznik-Mekece fayı'nın en batı bölümünü oluşturan bu fay bu tez çalışması ile İFZ içinde Gürle fayı olarak adlanmıştır. Dırazali Fayı, İznik Gölü'nün güney kenarında Müşküre'de sonlanır. Gürle ise buradan itibaren yaklaşık 250 m kuzeye sıçrayarak ve doğrultu değiştirerek batıya devam eder. Fay, Müşküre-Heceler arasında K75^{0}B ve D-B, Heceler-Akharem arasında K30^0-80^{0}B, Akharem-Karsak arasında ise yaklaşık D-B doğrultuludur. Bölgede 80-140 m arasındaki kotları izleyen bu ana fay, bütünüyle İznik Gölü'nün güney kenarını (Katırlı Dağları) sınırlar (Şekil 5.45). Bu fay ile birlikte gelişen ve D-B yönünde devamı olmayan diğer segmentler ise dağ morfolojisinde basamaklı yapı oluşturlar (Ek-1).

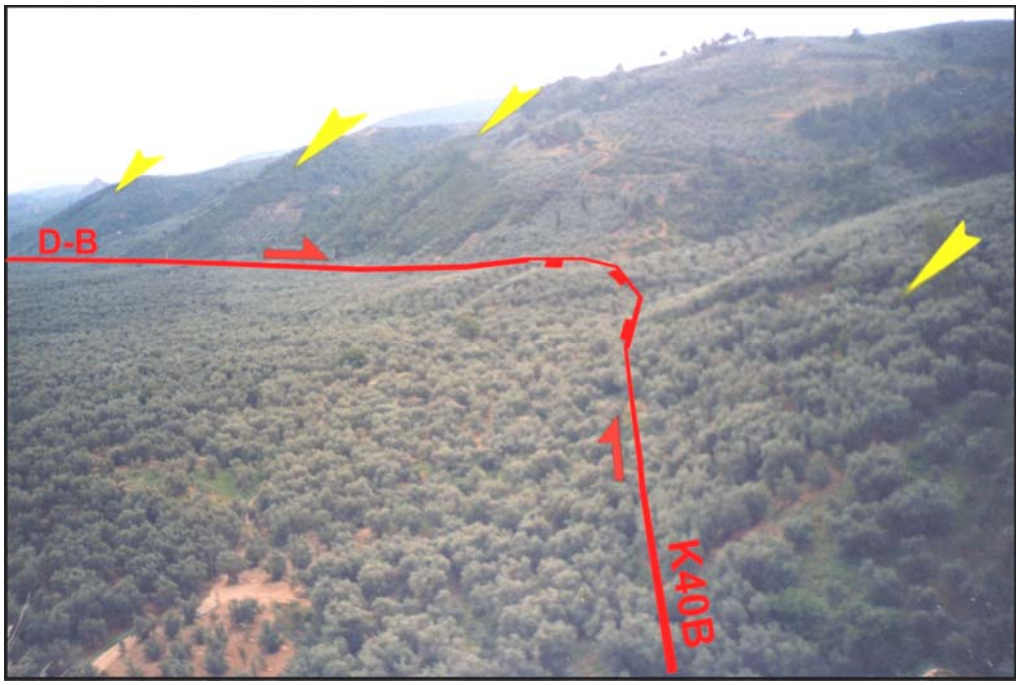


Şekil 5.45 : KAFSGK, İFZ Gürle ana fayının İznik Gölü güney kenarındaki genel gidişi.

Gürle fayı boyunca en önemli morfolojik veri üçgen yüzeylerdir. Bunun yanında kuru dere kanallarındaki sağ yanal ötelenmeler ve güney blok içindeki basamaklı morfoloji görüntüsünü oluşturan yamuk şekilli keskin yüzeyler de fay boyunca yer yer izlenir. Gürle fayı boyunca üçgen yüzeylerin en iyi izlendiği alanlar Müşküre-Narlıca ve Solöz-Gölyaka arasıdır. Gürle fayının haritalanmasını sağlayan bu üçgen yüzeylerin varlığı, aynı zamanda İFZ içindeki ana fay (Gürle fayı-Y) doğrultu değişimlerini de yansıtır (Şekil 5.46). Bu değişimler, geometrisine bağlı olarak yersel sıkışma ve genişleme bölgeleri oluşturur (Şekil 5.47).



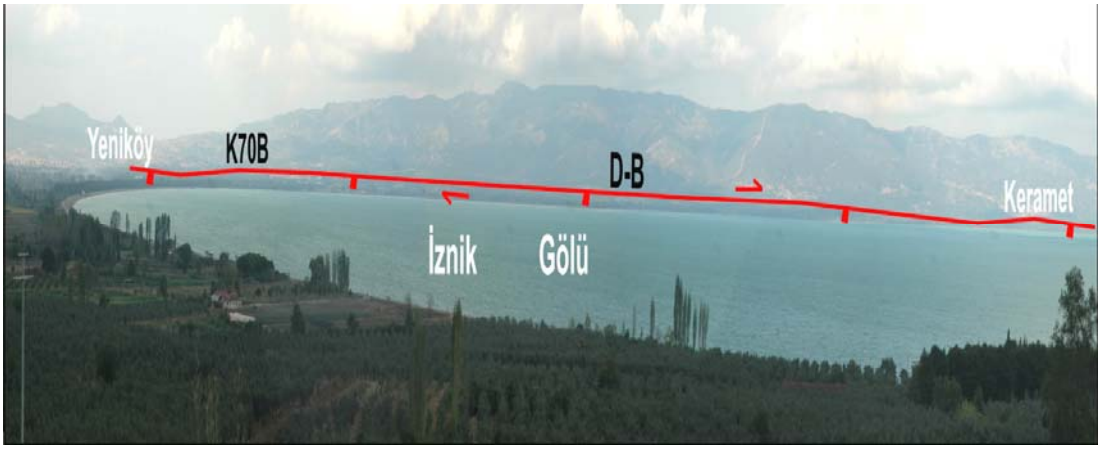
Şekil 5.46 : Solöz'ün doğusunda Gürle fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve fay doğrultusundaki açılmalı değişimler (bakış doğuyadır).



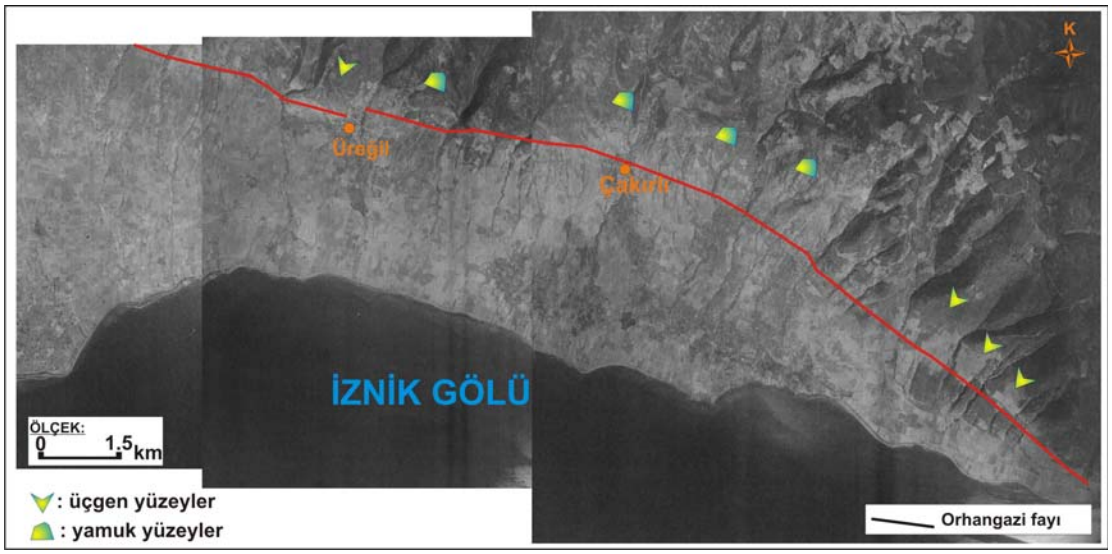
Şekil 5.47 : Müşküre Köyü'nün doğusunda Gürle fayının oluşturduğu üçgen yüzeyler ve fay doğrultusundaki açılmalı değişimler (bakış doğuyadır).

5.2.4 Orhangazi fayı ve morfolojik yapıları

Çalışma alanında ilk kez Alpar ve Yaltırak (2002) tarafından sağ yanal oblik normal fay şeklinde haritalanan ve adlanan bu fay, Orhangazi fayı olarak tanıtılacaktır. İznik havzasının kuzey kenarında Keramet-Yeniköy arasında $K70^0B$ ile D-B arasında değişen doğrultuya sahip olan bu fay yaklaşık 9 km uzunluğunda ve morfolojik olarak Yeniköy doğusu ile Keramet-Üreğil arasında belirgindir (Şekil 5.48). Bunun yanında 1/40.000 ölçekli hava fotoğrafları da bölgenin fay morfolojisinin yamuk şekilli ve üçgen yüzeylerden oluştuğunu net şekilde sergiler (bkz Şekil 5.1, 5.48), (Şekil 5.49).

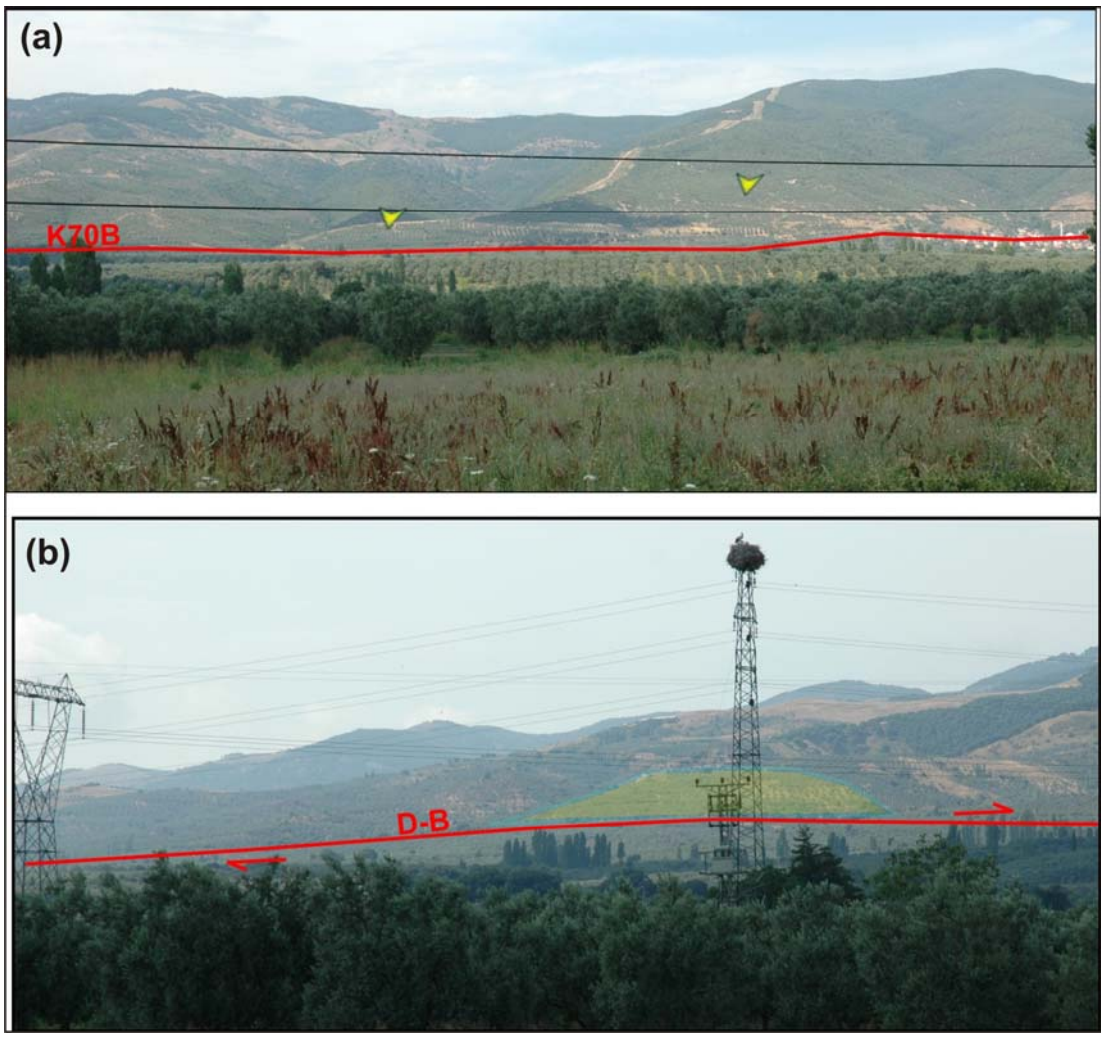


Şekil 5.48 : Orhangazi fayının genel gidişi (bakış kuzeyedir).



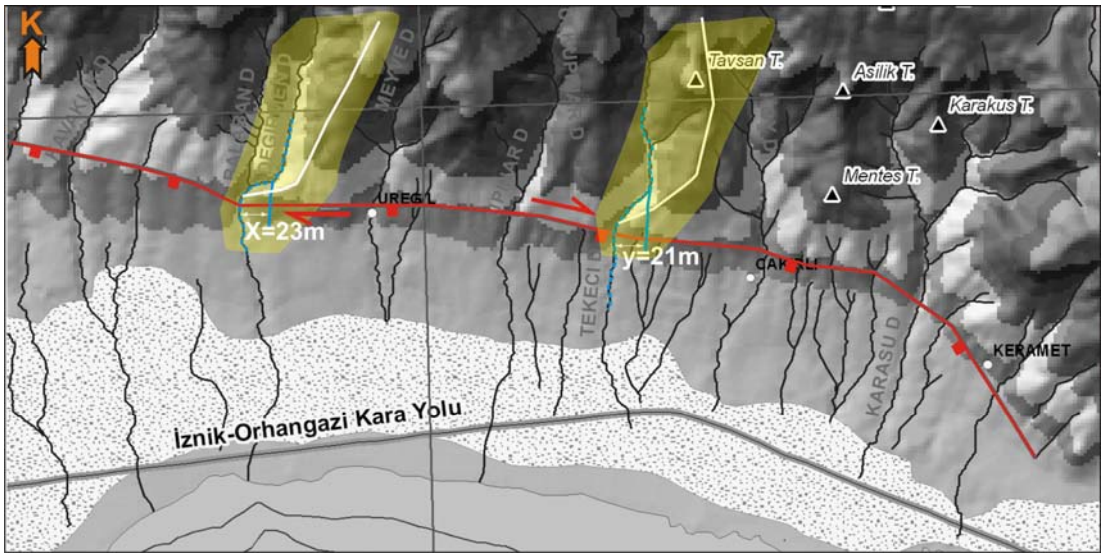
Şekil 5.49 : Orhangazi fayının 1/40.000 ölçekli hava fotoğrafındaki görünümü ve oluşturduğu morfolojik yüzeyler.

Orhangazi fayı boyunca izlenen morfolojik yapılar, İznik havzasının güney kenarındaki yapılar gibi, ancak çok belirgin ve fay boyunca devamlılığı olmayan yüzeyler şeklindedir (Şekil 5.50). Fayın kuzey yükselimini doğuda Pehlivan Tepe (621 m) batıda ise Derviş Tepe (813 m) arası oluşturur.



Şekil 5.50 : Orhangazi fayı boyunca nadiren izlenen (a) sarı boyalı üçgen ve (b) yamuk şekilli genç fay ilişkili morfolojik yüzeyler (bakış kuzeyedir).

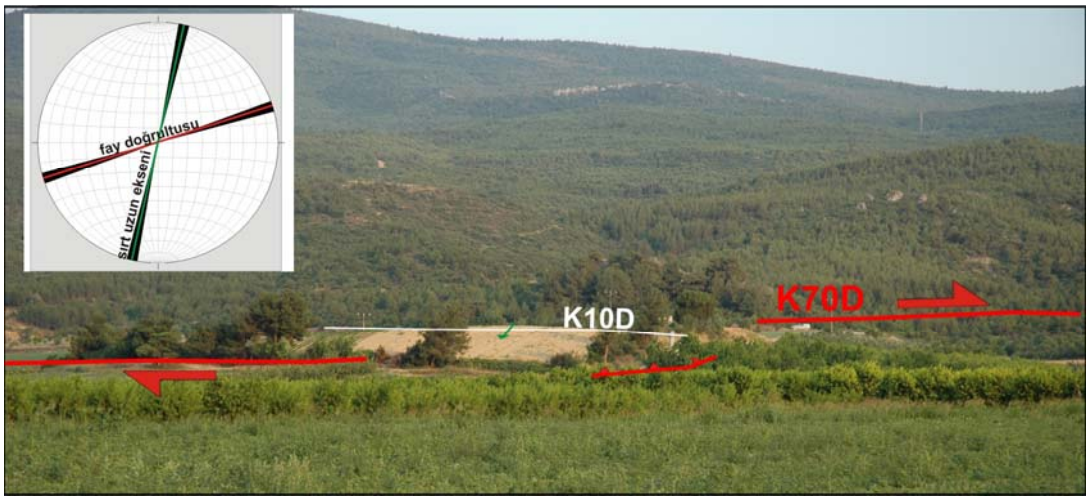
Bununla beraber fay boyunca sağ yanal atılmış dereler ve kapatan sırtlarda (shutter ridge) mevcuttur. Üreğil batısındaki Değirmen Dere'de 23 m sağ yanal atım oluşurken, Tekeci Dere'de atım 21 m'dir (Şekil 5.51). Bu derelerin doğu kesimini oluşturan ve yaklaşık K-G uzun eksen doğrultusuna sahip sırtlar da Orhangazi fayı ile sağ yanal şekilde kesilmiştir.



Şekil 5.51 : Orhangazi fayı boyunca Değirmen ve Tekeci derelerde oluşan sağ yanal atımlar ve kesilmiş sırtların görünümü (beyaz çizgiler sırt uzun eksenlerini gösterir).

5.2.5 İznik Fay Zonunun basınç sırtları

İFZ içindeki basınç sırtlarının tamamı Dırazali fayının doğu kesimi civarında gelişmiştir. Fay boyunca gelişen bu morfotektonik elemanlar Hocaköy formasyonunun bulunduğu alanlarda ve belirli yönde uzamış uzun eksen çizgilerine sahiptir. Kaynarca doğu girişindeki bs9 basınç sırtının uzun eksen çizgisi $K10^0D$ doğrultulu olup, $K70^0D$ doğrultulu Dırazali fayının yaklaşık 150 m sıçraması ile oluşmuştur (Şekil 5.52). Sırtın uzun eksen çizgisi 80-90 m arasındaki kotları izler.



Şekil 5.52 : Beşevler batısında gelişen bs9 basınç sırtının ve uzun eksen çizgisinin Dırazali fayına göre konumu (bakış güneyedir).

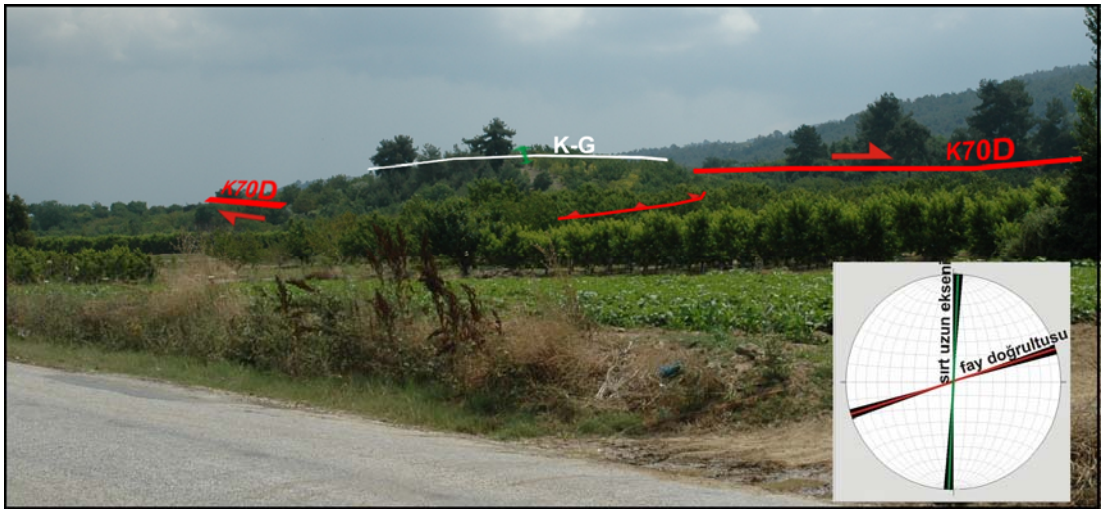
Fay boyunca batıya doğru izlenen bir başka basınç sırtı bs10, Kaynarca doğusunda olup $K75^0D$ doğrultulu fay boyunca Hocaköy formasyonunun yüzeylediği alanda

oluşmuştur. Bu lokalitedeki sağ yanal sıkışmalı sıçrama yaklaşık 100 m'dir. Sırt uzun eksen çizgisi ise 90 ile 100 m arasındaki kotlarda izlenir (Şekil 5.53).



Şekil 5.53 : Kaynarca doğusunda Dırazali fayı boyunca gelişen bs10 basınç sırtının görünümü ve fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu gül diyagramı (bakış güneyedir).

Mekece-İznik koridorunda gelişen bs11 basınç sırtı, Kaynarca doğusunda ve $K70^0D$ doğrultulu olup Dırazali fayının yaklaşık 40 m sıçraması ile oluşmuştur. Bu basınç sırtında Hocaköy formasyonu yüzeylerken, sırt uzun eksen çizgisi 85-95 m kotlarını izler (Şekil 5.54).



Şekil 5.54 : Kaynarca doğusunda Dırazali fayı boyunca gelişen bs11 basınç sırtının görünümü ve alt yarıküredeki fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu diyagramı (bakış güneyedir).

Bölgede sağ yanal atımlı sistemde oluşan bir basınç sırtı bs12, Kaynarca'nın yaklaşık 1 km batısındadır. Bu sırt ise Dırazali fayının 70 m sıçraması ile gelişmiş olup sırt uzun eksen çizgisi 90-100 m arası kotları izler (Şekil 5.55). Bu fay üzerindeki diğer sırtlarda olduğu gibi bu sırtta da Hocaköy formasyonu yüzeyler.



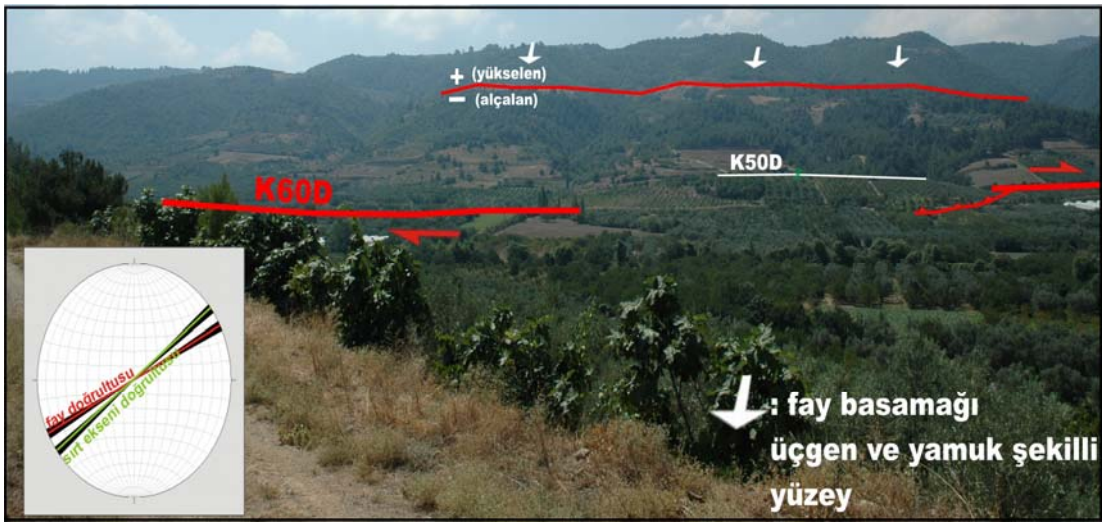
Şekil 5.55 : Kaynarca batısında Dırazali fayı boyunca gelişen bs12 basınç sırtının görünümü ve alt yarıküredeki fay-sırt uzun eksen çizgisi doğrultu diyagramı (bakış güneyedir).

Hocaköy doğusunda K70^{0}D doğrultulu Dırazali fayının 230 m sağ yanal sıçraması ile oluşan bir başka basınç sırtı bs13 Hocaköy formasyonunu içerir. Sırt uzun eksen çizgisinin uzunluğu yaklaşık 120 m olup doğrultusu K10^{0}D'dur. Eksen çizgisi ise 80-90 m arasındaki kotları izler (Şekil 5.56).



Şekil 5.56 : Hocaköy doğusunda sağ yanal doğrultu atımlı fayla ilişkili gelişen uzamış bs13 basınç sırtının görünümü (bakış kuzeyedir).

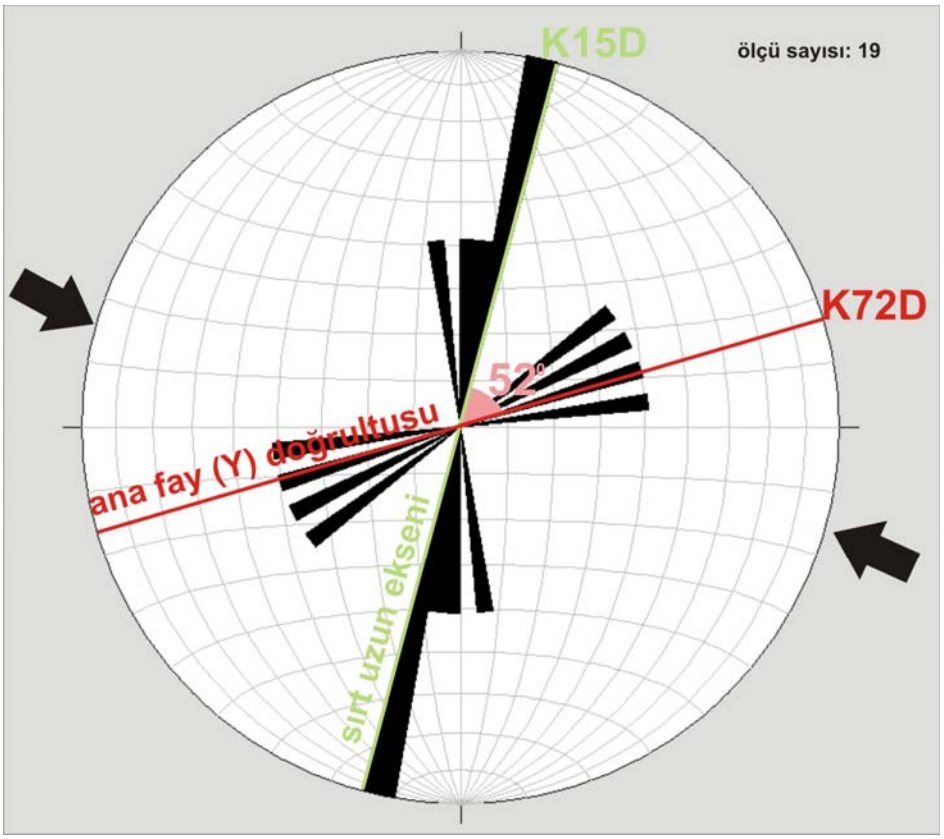
Hocaköy-Çamdibi arasında K60^{0}D doğrultulu Dırazali fayı'nın 140 m sıçraması ile oluşan bs14 basınç sırtı, K50^{0}D doğrultuludur. Sırt uzun eksen çizgisi 100-110 m kotları arasından geçerken bu alanda Hocaköy formasyonu yüzeyler. Ayrıca ana fayın yaklaşık 300 m güneyinde ikincil faylanma, üçgen ve yamuk şekilli yüzeyler ile benzerleri Cotton (1950)'de tanımlanan fay diklikleri (fault steepness) oluşturmuştur (Şekil 5.57).



Şekil 5.57 : Hocaköy-Çamdibi arasında Dırazali fayı boyunca oluşan bs14 basınç sırtının ve ikincil faylanmanın oluşturduğu morfolojinin görünümü (bakış güneyedir).

Mekece-Dırazali-Müşküre arasında izlenen bu basınç sırtları, doğrultusu $K60^0D$ ile $K70^0D$ arasında değişen Dırazali fayı boyunca gelişmiştir. Swanson (2005) tarafından kilde yapılan deneysel çalışma; D-B doğrultulu sağ yanal atımlı faylanma ile kil içinde oluşabilecek ters fay ve kıvrım eksen çizgisi doğrultularının, yüzey topoğrafyasında gelişebilecek basınç sırtı-kurbağa sırtı (humpback) uzun eksen çizgisi doğrultularına paralel olduğunu ortaya koymuştur. Yazar, ana fay (Y) (bkz. Şekil 5.16, 5.17, 5.20) doğrultusu ile bu yapıların uzun eksen çizgilerinin doğrultuları arasındaki açının 49^0'ye kadar olabileceğini ve sağ yanal atımlı faylanma sıkışma (transpressional) kuvvetlerinin de basınç sırtı uzun eksen çizgilerine dik doğrultuda olduğunu belirtmiştir. Bu analizi yapabilmek için bölgedeki (Y) fayı niteliği taşıyan Dırazali ana fayı doğrultusu ile beraber basınç sırtı uzun eksen çizgisi doğrultuları gül diyagramına işlenmiştir (Şekil 5.58).

Buna göre bölgedeki basınç sırtı uzun eksen çizgilerinin ortalama doğrultusu $K15^0D$, ana fayın doğrultusu ise $K72^0D$ olup aralarındaki açı 52^0'dir. Hem bu bilgiye hem de Şekil 5.20'ye göre Dırazali fayının bölge morfolojisinde oluşturduğu sıkışma kuvvetlerinin yönü $K75^0B$ doğrultusundadır.



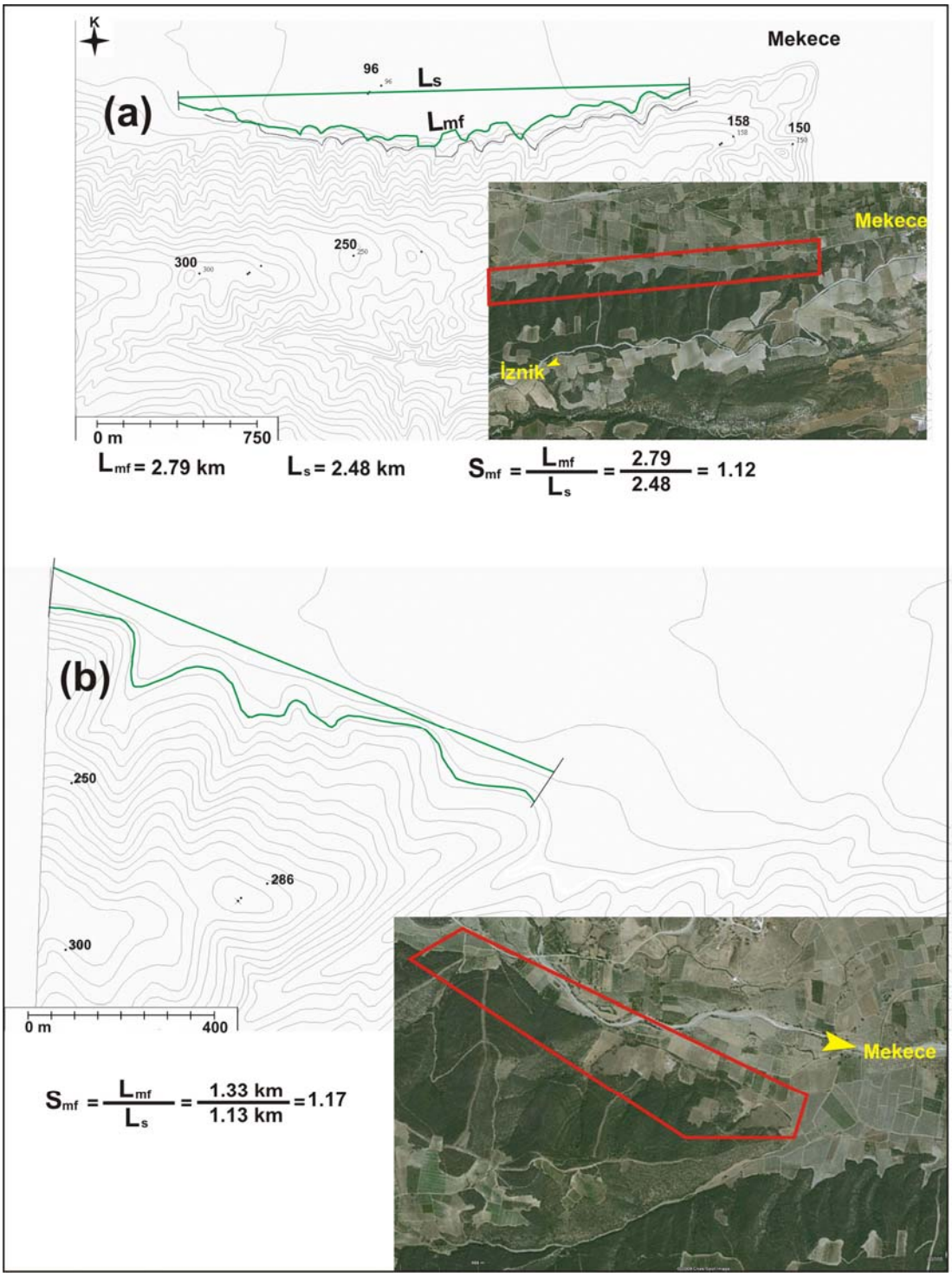
Şekil 5.58 : Çerkeşli-Hocaköy-Müşküre arasında Dırazali ana fay (Y) doğrultusu ile bu fayın üzerindeki basınç sırtlarının uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre yapılan alt yarıküredeki gül diyagramı.

5.2.6 Mekece – İznik koridoru, İznik havzasında morfometrik analiz

Mekece – İznik koridoru ve İznik havzasındaki morfometrik analizi doğudan batıya doğru: Mekece, Dırazali, Gürle ve Orhangazi fayları boyunca hesaplanan dağ cephesi eğrilik (S_{mf}) ve vadi tabanı genişliğinin – vadi tabanı yüksekliğine (Vf) oranları oluşturur.

5.2.6.1 Mekece fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf})

Mekece fayı üzerinde hesaplanan S_{mf} değeri fayın doğu kesiminde 1.12, batı kesiminde ise 1.17 olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.59). Bu değerler bölgedeki morfoloji üzerinde genç fayların etkisi olduğunu belirtir.

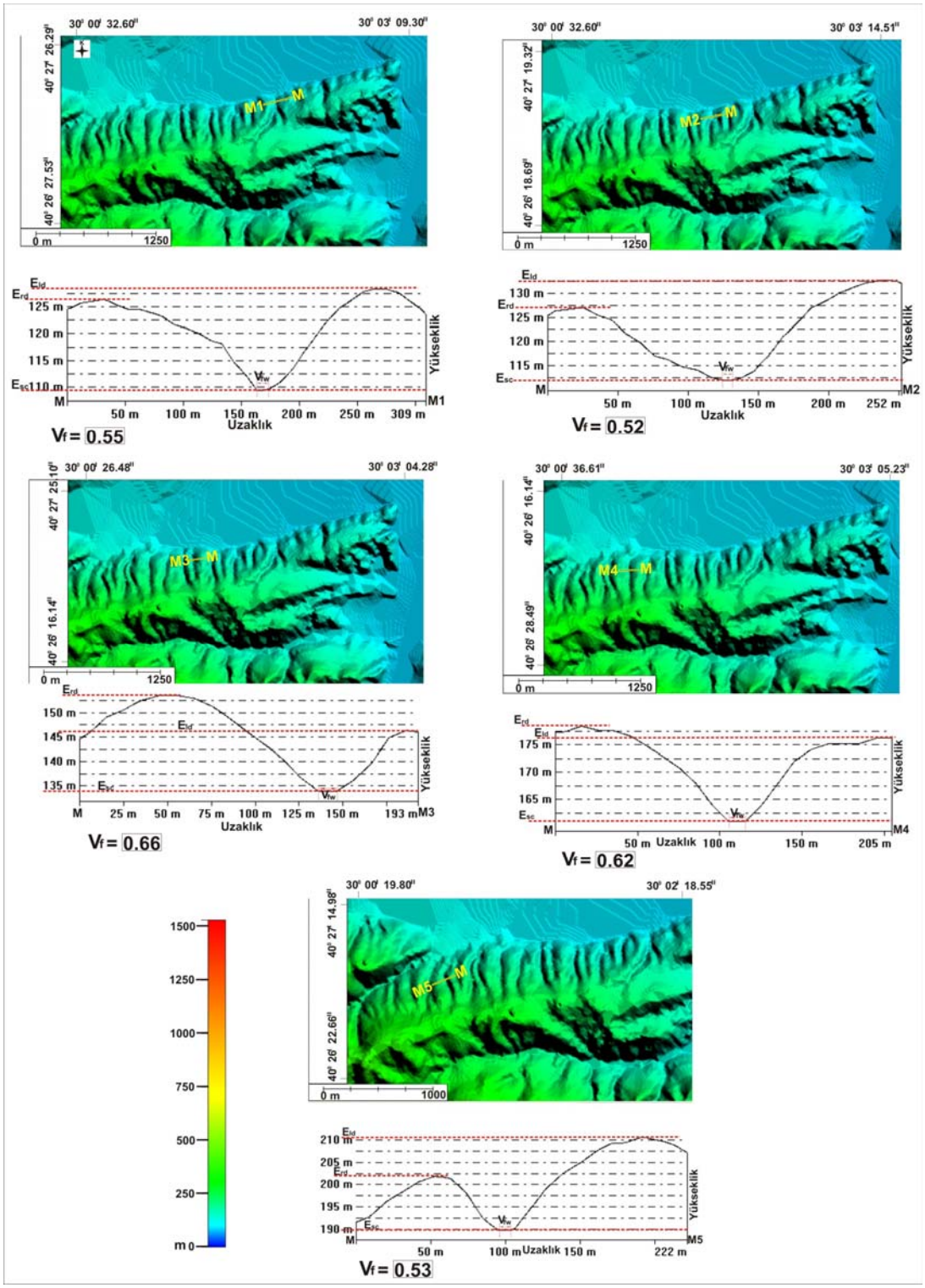


Şekil 5.59 : Mekece fayının: (a) batı, (b) doğu kesimindeki dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf})

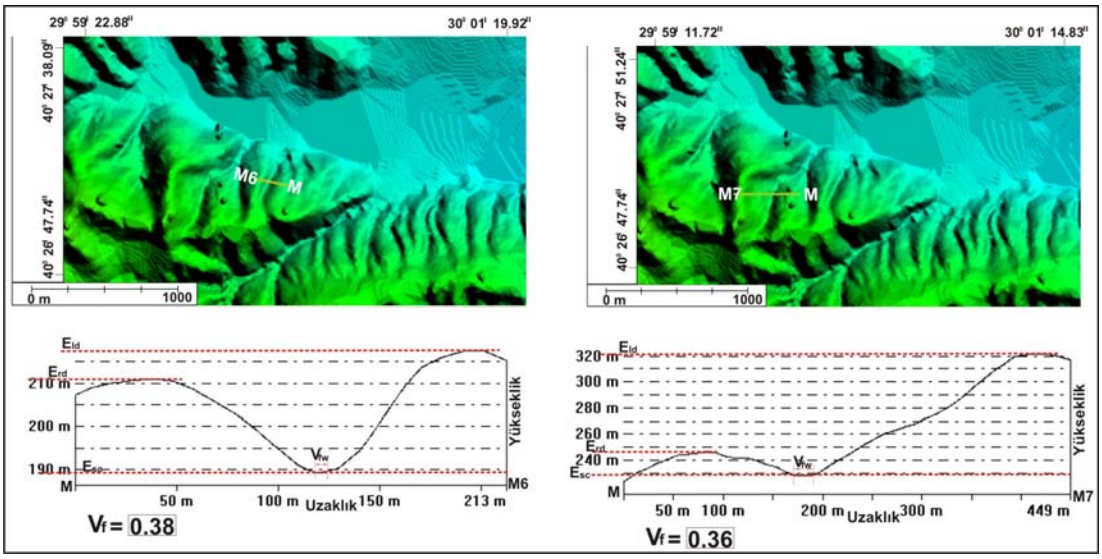
5.2.6.2 Mekece fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin – vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)

Mekece fayı yakın civarında bazı lokasyonlarda fay-morfoloji ilişkisini belirlemek amacıyla üçgen yüzeylerin bulunduğu güney kesimdeki bazı vadilerde V_f değerleri

hesaplanmıştır. Fayın batı bölümündeki değerler 0.52-0.66, doğu bölümünde ise 0.36-0.38 arasındadır (Şekil 5.60, 5.61).



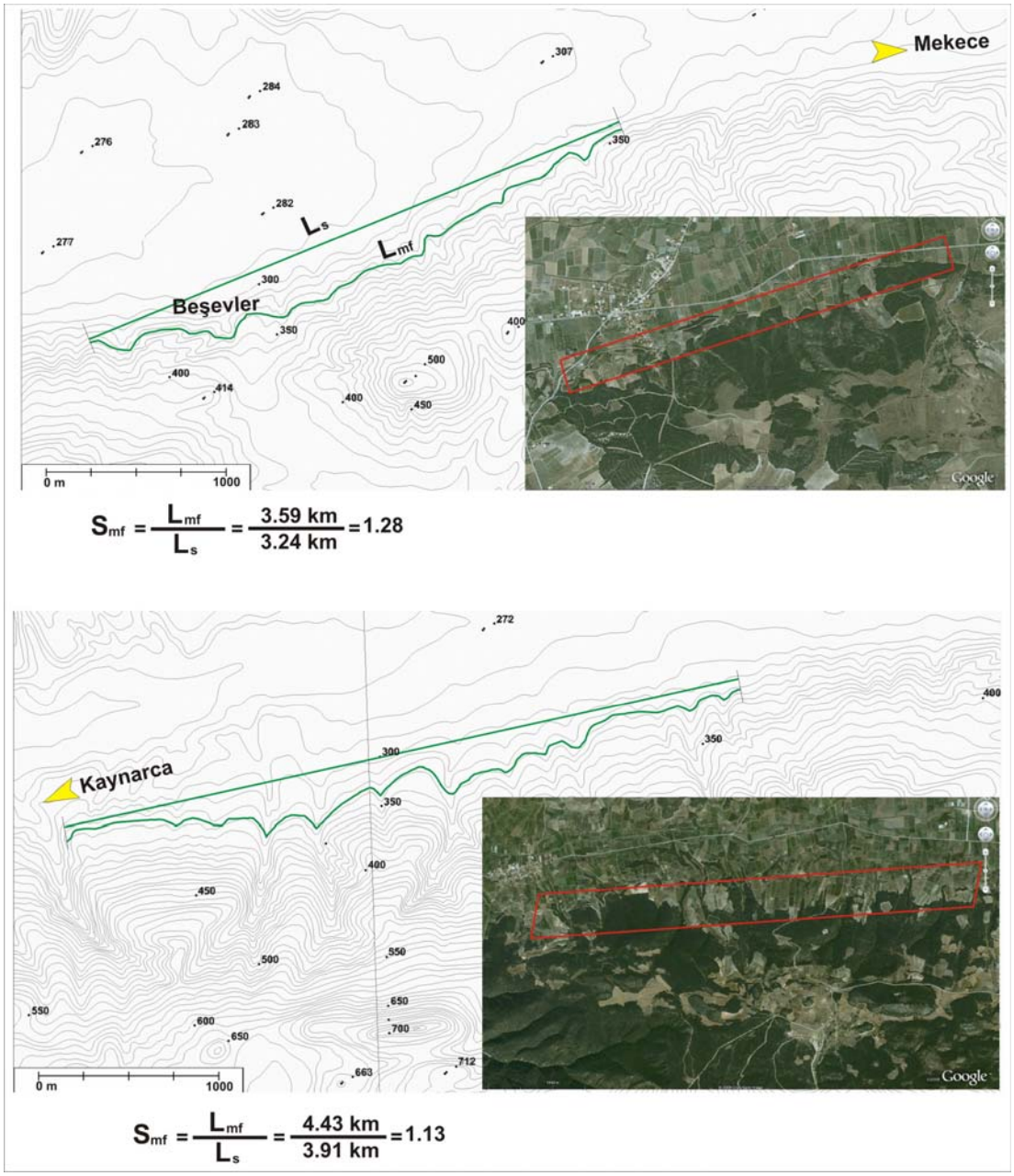
Şekil 5.60 : Mekece fayı doğu kesiminde hesaplanan V_f değerleri.



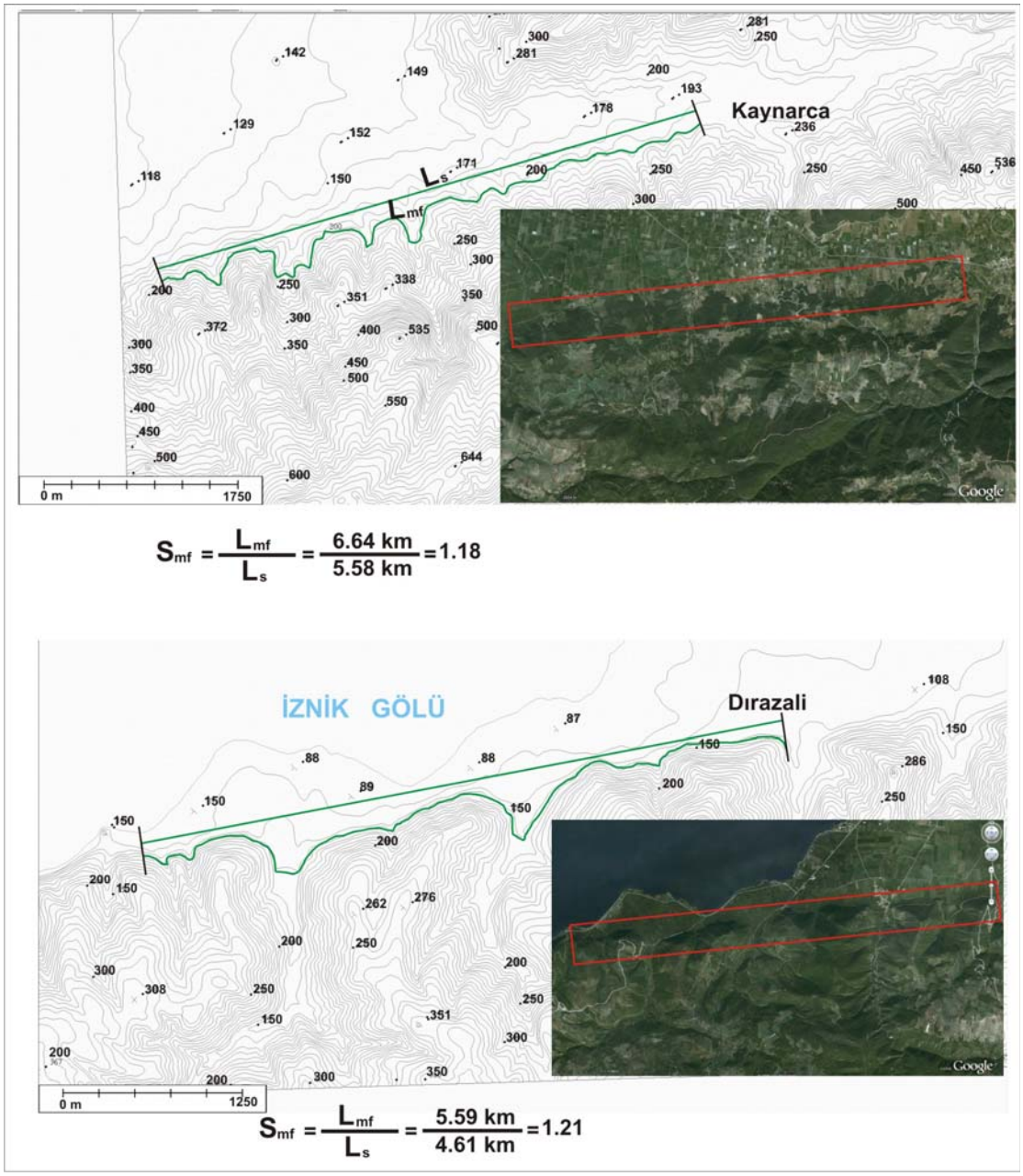
Şekil 5.61 : Mekece fayı batı kesiminde hesaplanan V_f değerleri.

5.2.6.3 Dırazali fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf})

Dırazali fayı boyunca üçgen yüzeylerin en iyi geliştiği fayın hem doğu hem de batı bölümünde dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}) değerleri hesaplanmıştır (Şekil 5.62, 5.63).



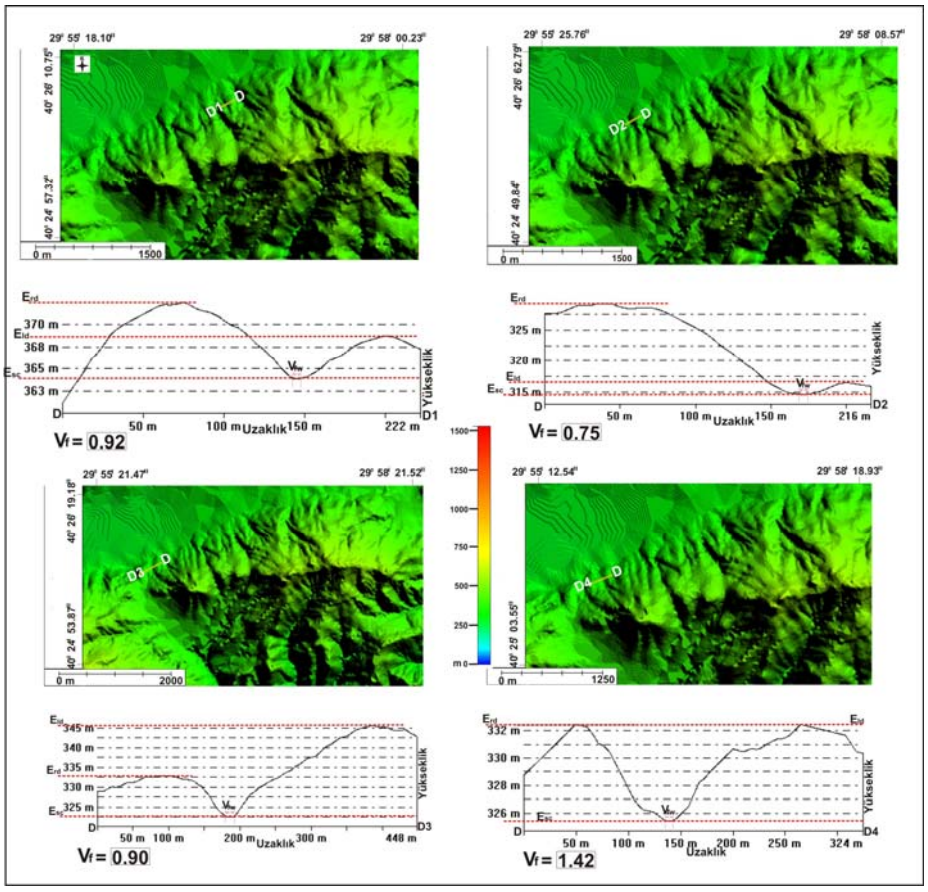
Şekil 5.62 : Dırazali fayının doğu bölümünde seçilen bazı alanlarda hesaplanan S_{mf} değerleri.



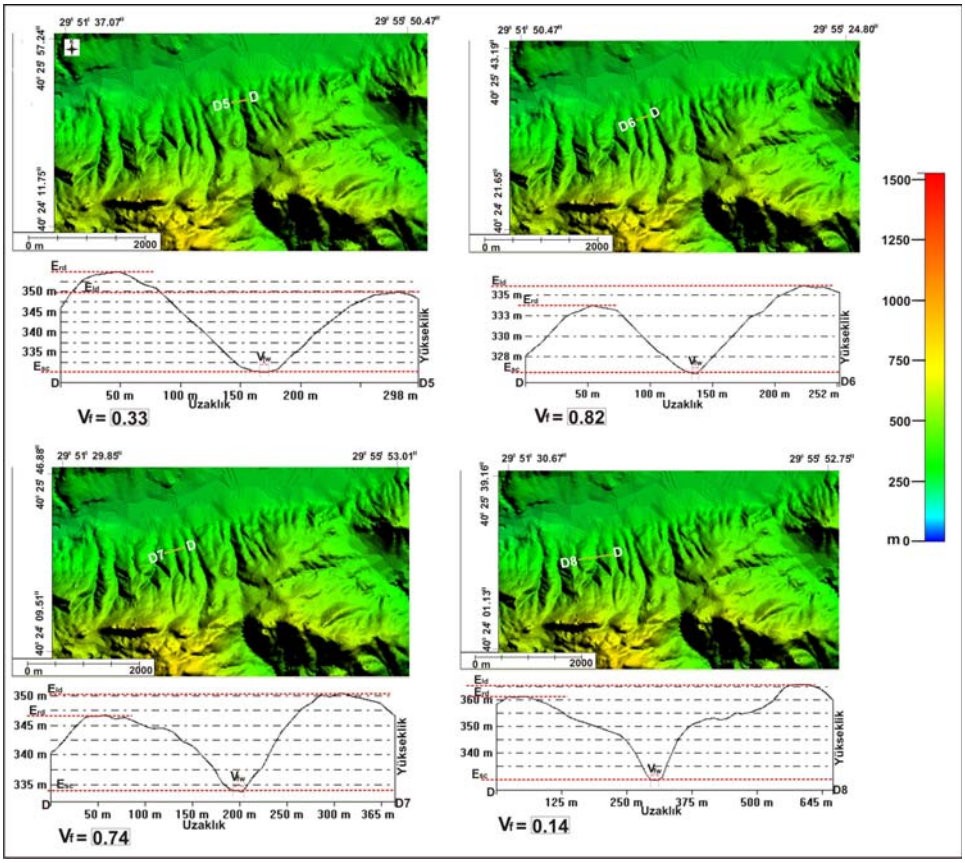
Şekil 5.63 : Dırazali fayının batı bölümünde seçilen bazı alanlarda hesaplanan S_{mf} değerleri.

5.2.6.4 Dırazali fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin – vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)

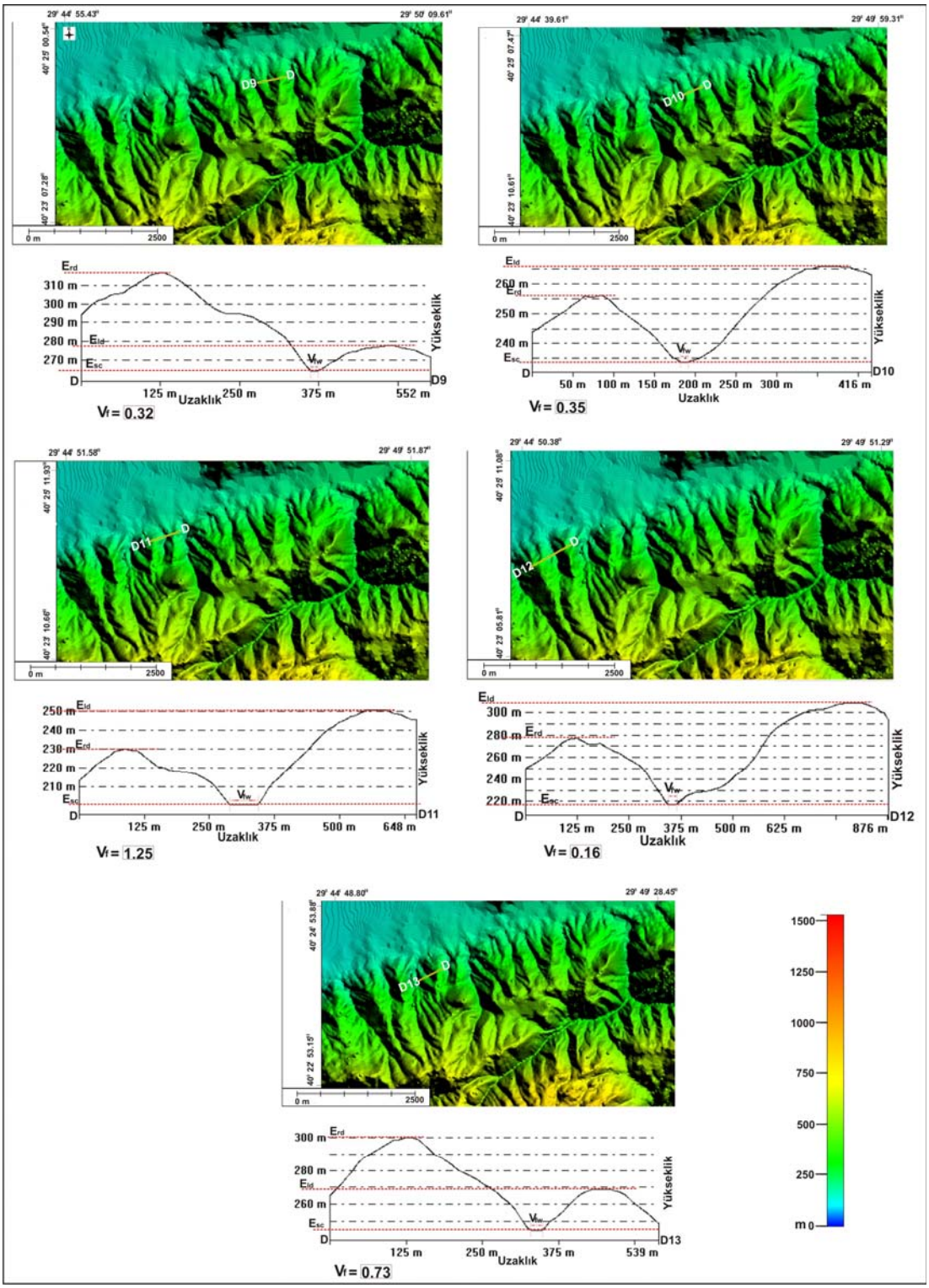
Dırazali fayının morfoloji üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla S_{mf} değeri hesaplanan bu alanlarda bir başka morfometrik indis olan V_f değeri de hesaplanmıştır (Şekil 5.64, 5.65, 5.66).



Şekil 5.64 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arası doğu kesiminde hesaplanan V_f değerleri.



Şekil 5.65 : Dırazali fayının Çerkeşli-Kaynarca arası batı kesiminde hesaplanan V_f değerleri.

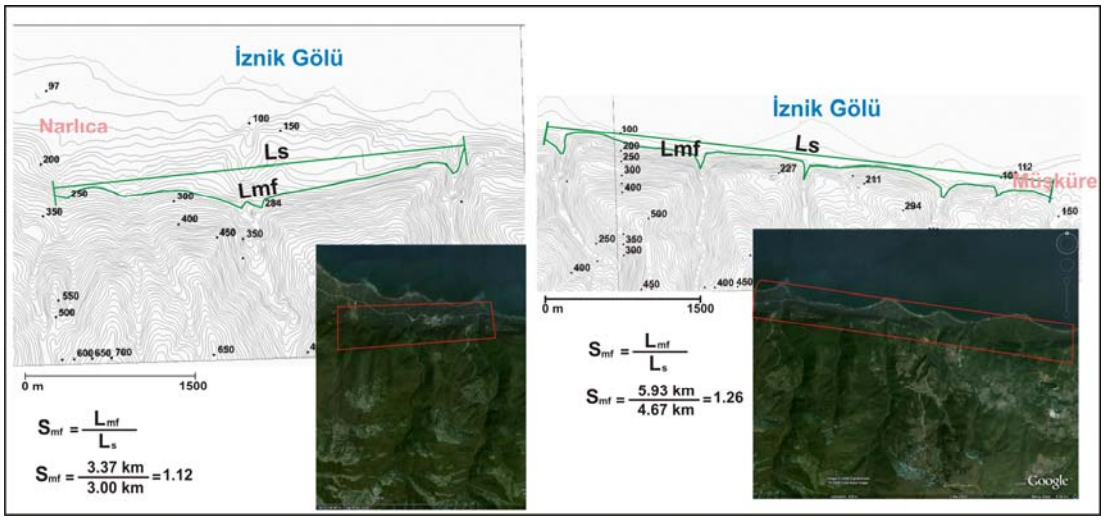


Şekil 5.66 : Dırazali fayının Kaynarca-Dırazali arası kesiminde hesaplanan V_f değerleri.

Buna göre Dırazali fayı boyunca S_{mf} değerlerinin 1.13-1.28 arasında değiştiği gözlenirken, V_f değerlerinin ise 0.14-1.42 arasında olduğu görülür. KAFSGK Dırazali ana fayı boyunca hesaplanan S_{mf} ve V_f morfometrik indisleri de bölgedeki genç faylar ile morfolojinin deforme edildiğini gösterir.

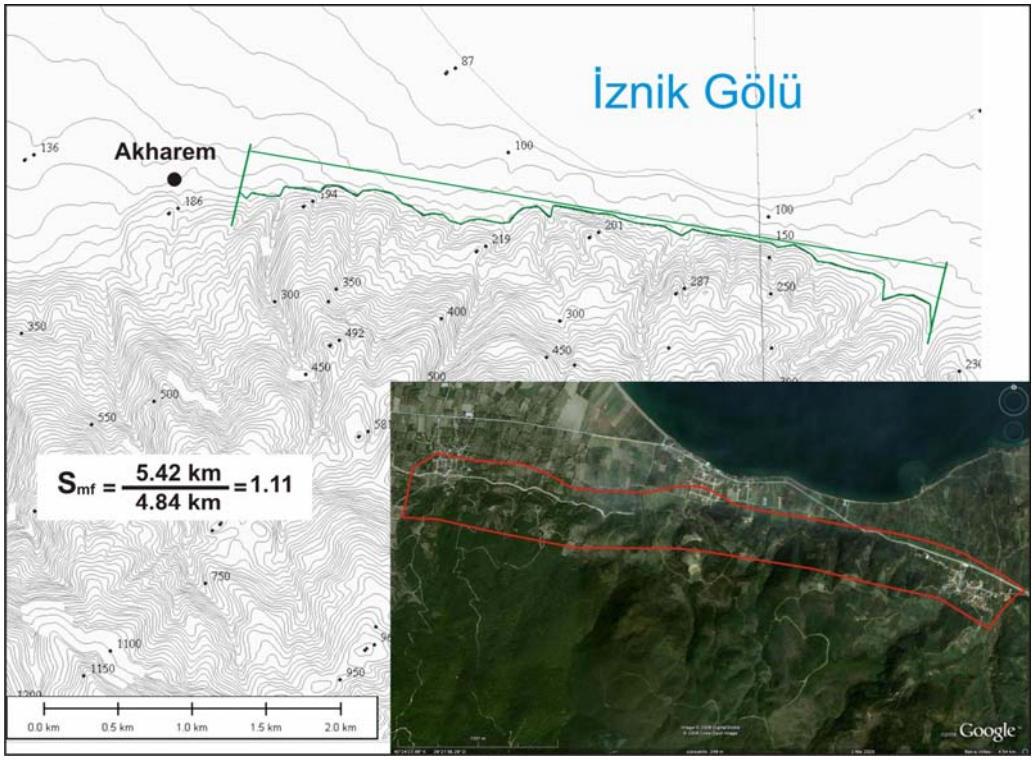
5.2.6.5 Gürle fayı üzerinde dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf})

Gürle fayının en doğu bölümünde, Müşküre-Narlıca arasında S_{mf} değeri; 1.12 ve 1.26 bulunmuş olup bu değerler, bölgedeki morfolojide genç fay etkisinin varlığını gösterir (Şekil 5.67).



Şekil 5.67 : Gürle fayının Müşküre-Narlıca arasındaki kesiminde dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}).

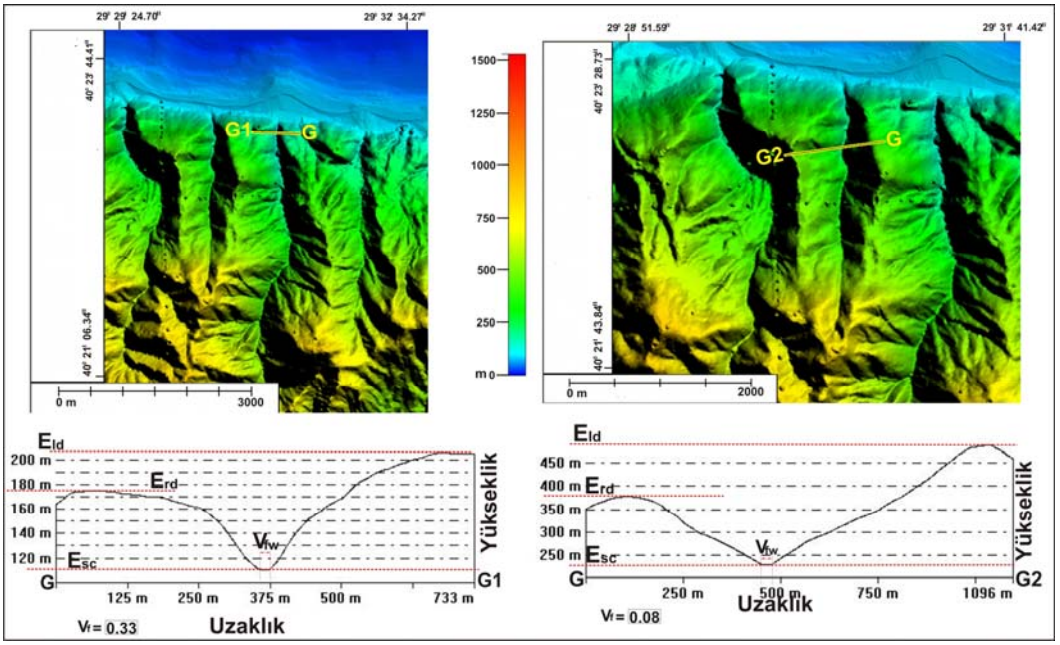
Bunun dışında Gürle fayının orta bölümünde Solöz-Gölyaka arasında da S_{mf} değeri hesaplanmıştır. Bu alanda ise 1.11 değeri, fayın batıya doğru morfoloji üzerindeki etkisinin genç olduğunu gösterir (Şekil 5.68).



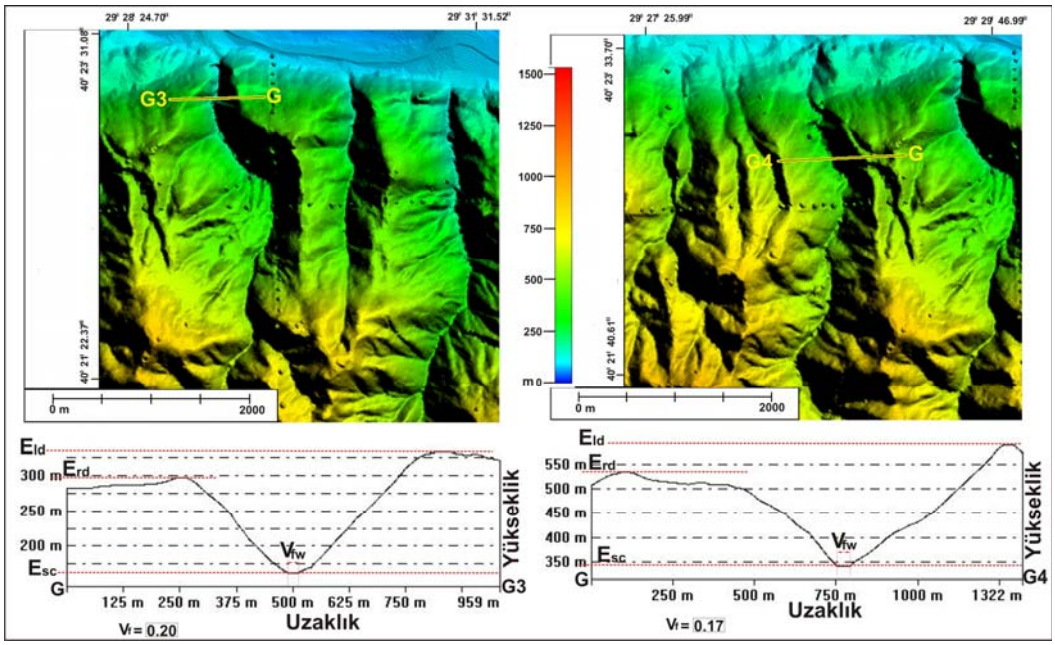
Şekil 5.68 : Gürle fayının orta bölümünde Solöz-Gölyaka arasında hesaplanan S_{mf} değerleri.

5.2.6.6 Gürle fayı üzerinde vadi tabanı genişliğinin – vadi tabanı yüksekliğine oranı (Vf)

Gürle fayının Müşküre-Heceler arasındaki kesiminde seçilen bazı vadilerde aşağıdaki V_f değerleri de hesaplanmıştır (Şekil 5.69, 5.70).

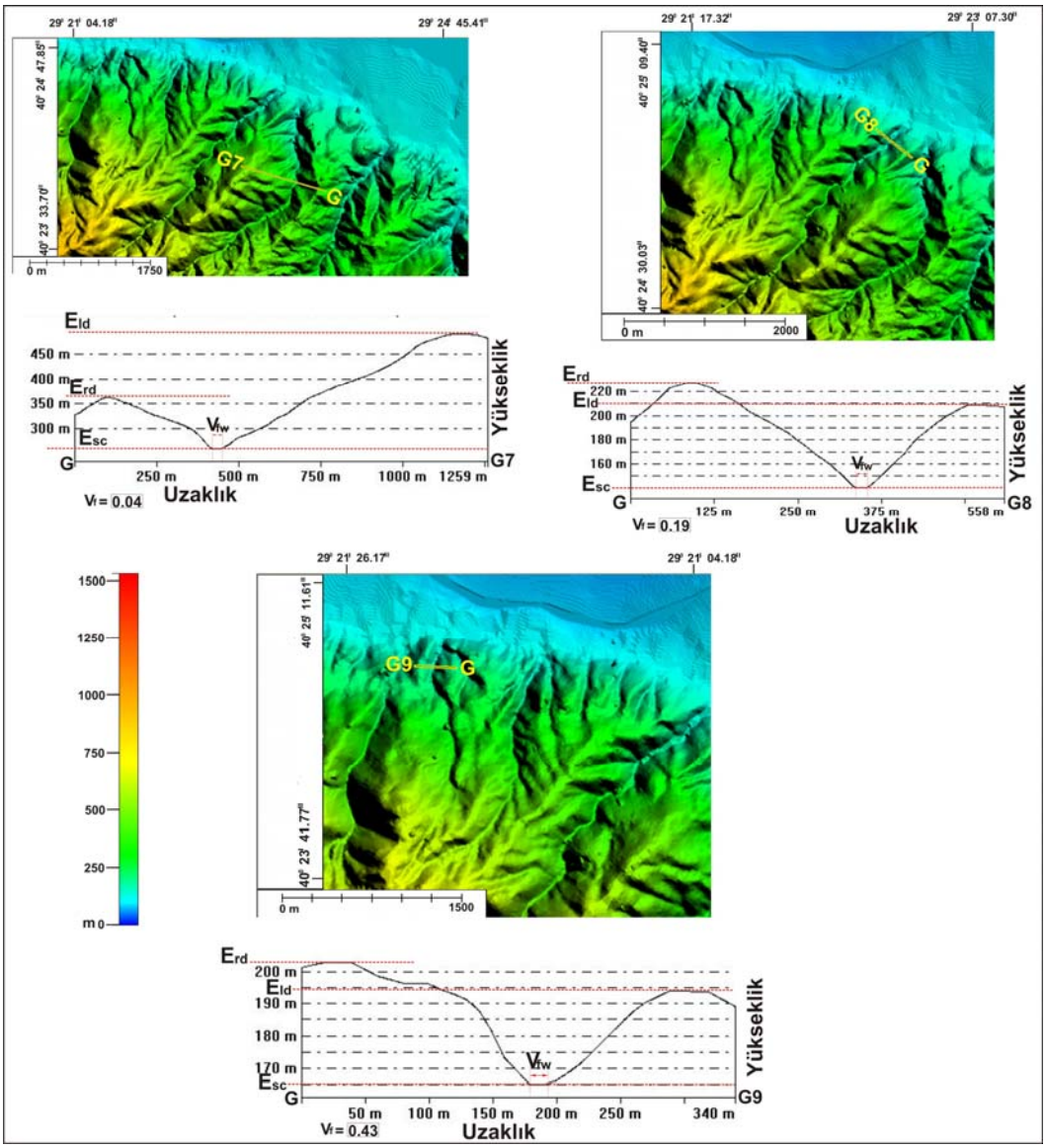


Şekil 5.69 : Gürle fayının doğu kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri.

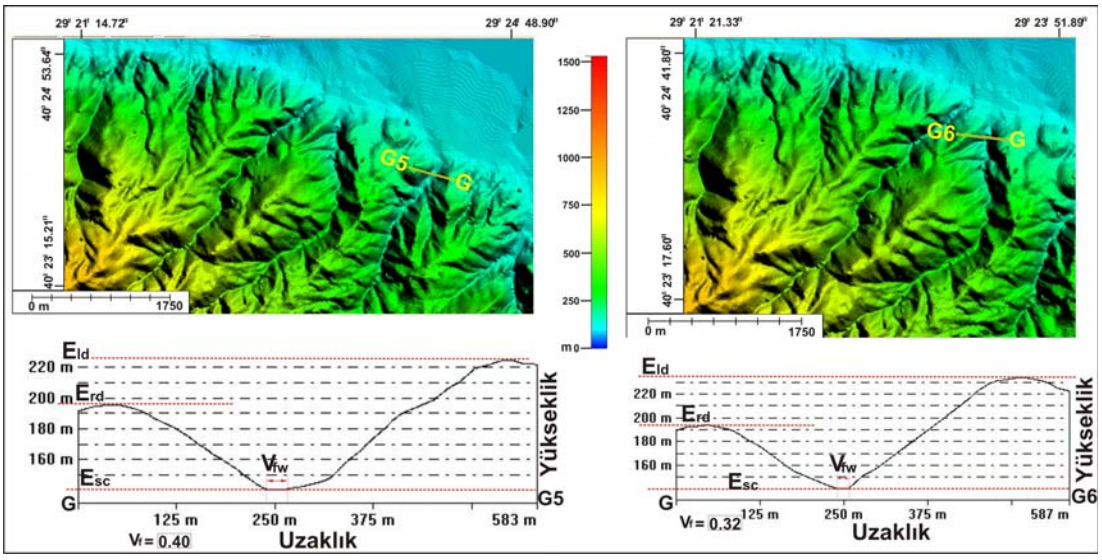


Şekil 5.70 : Gürle fayının doğu kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri.

Fayın Solöz-Gölyaka arasındaki kesiminde ise ana faya dik seçilen bazı vadilerde de aşağıdaki V_f değerleri hesaplanmıştır (Şekil 5.71, 5.72).

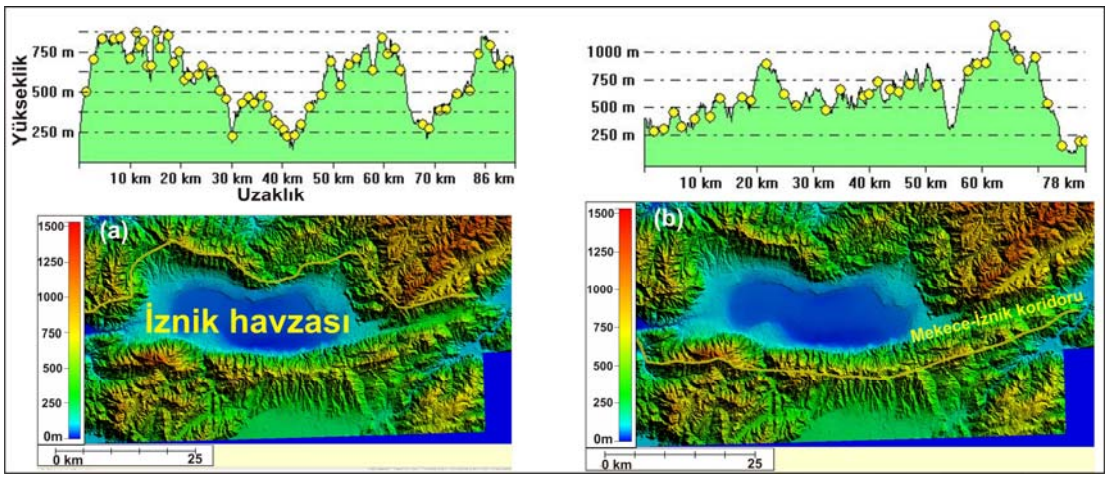


Şekil 5.71 : Gürle fayının batı kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri.



Şekil 5.72 : Gürle fayının batı kesiminde hesaplanan bazı V_f değerleri.

Gürle fayının üzerinde iyi gelişmiş üçgen yüzey bölgelerinde dağ cephesi eğrilik oranları (S_{mf}) ile birlikte vadi tabanı genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı (V_f) değerleri birlikte irdelenmiştir. Fayın bütünü boyunca S_{mf} değerlerinin 1.11-1.16 arasında, V_f değerlerinin ise 0.04-0.43 arasında değişmesi, Gürle fayının morfoloji üzerindeki etkinliğini ve KAFSGK'nun tamamında gözlendiği gibi güney blokun da yükselmesini gösterir. İnceleme alanının Mekece-İznik koridoru ve İznik havzası bölümünde su bölüm çizgileri de belirlenmiş olup güney blokun su bölüm çizgisi 1187 m (Kavalık Tepe), kuzey blokun su bölüm çizgisi ise 893 m'ye (Derviş Tepe) ulaşmaktadır (Şekil 5.73).

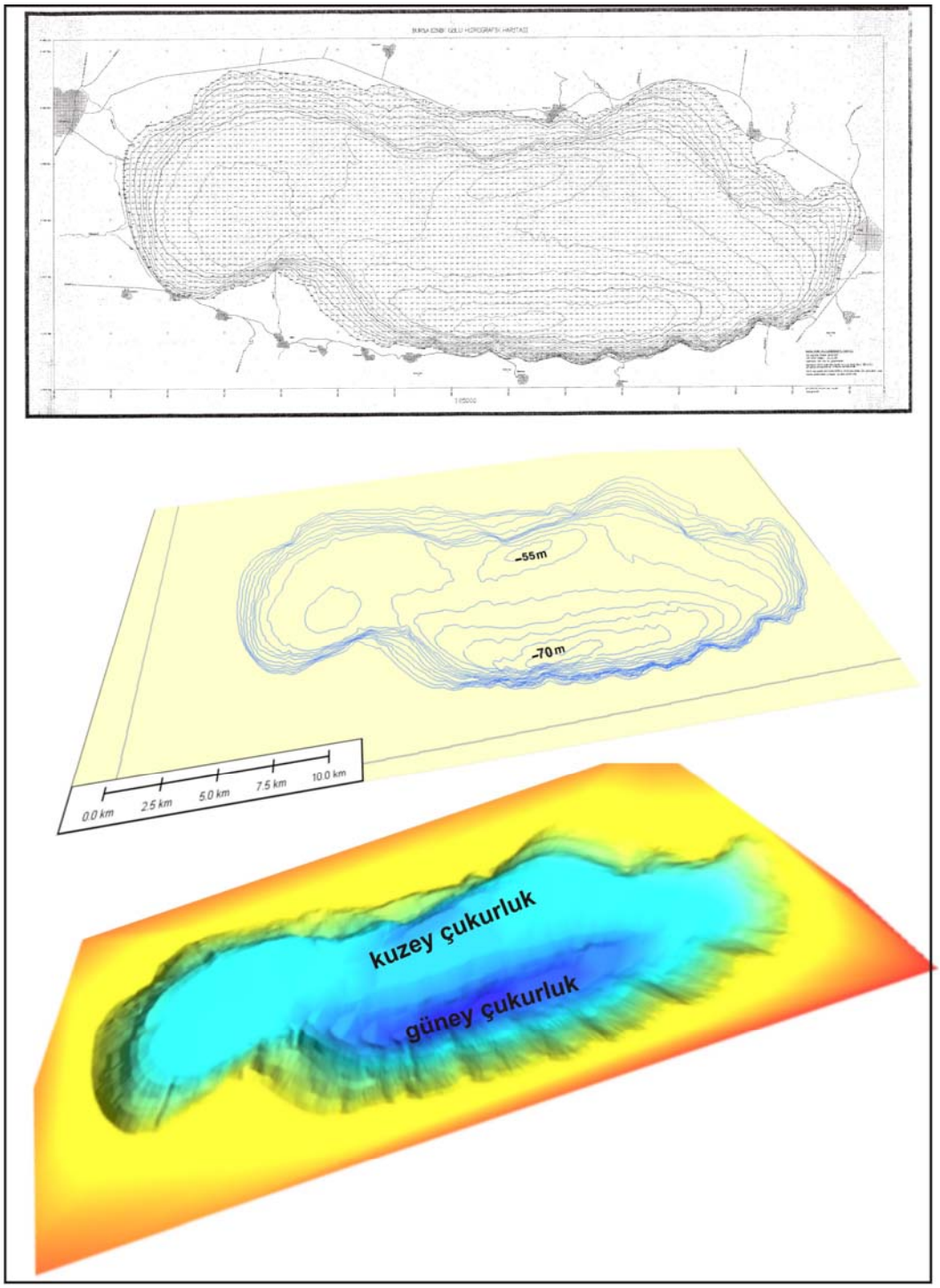


Şekil 5.73 : İznik havzası ve Mekece-İznik koridorunun (a) kuzey ve (b) güney blok su bölüm çizgilerinin görünümü.

5.2.7 İznik Gölü ve batimetrisi

Eski çağda Askania adıyla anılan İznik Gölü Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda Bursa ili sınırlarında yer alır, Türkiye'nin beşinci büyük gölü, Marmara Bölgesi'nin ise en büyük gölüdür. Yüzölçümü 298 km^2, denizden yüksekliği ise 85 m'dir. Batıdan Karsak Deresi ile Gemlik Körfezi'ne bağlanır. Göl suyu tuzsuz olduğundan tarım amaçlı kullanılabilir. Gölün kuzeyini Samanlı Dağları güneyini ise Katırlı Dağları çevreler (Ek-2).

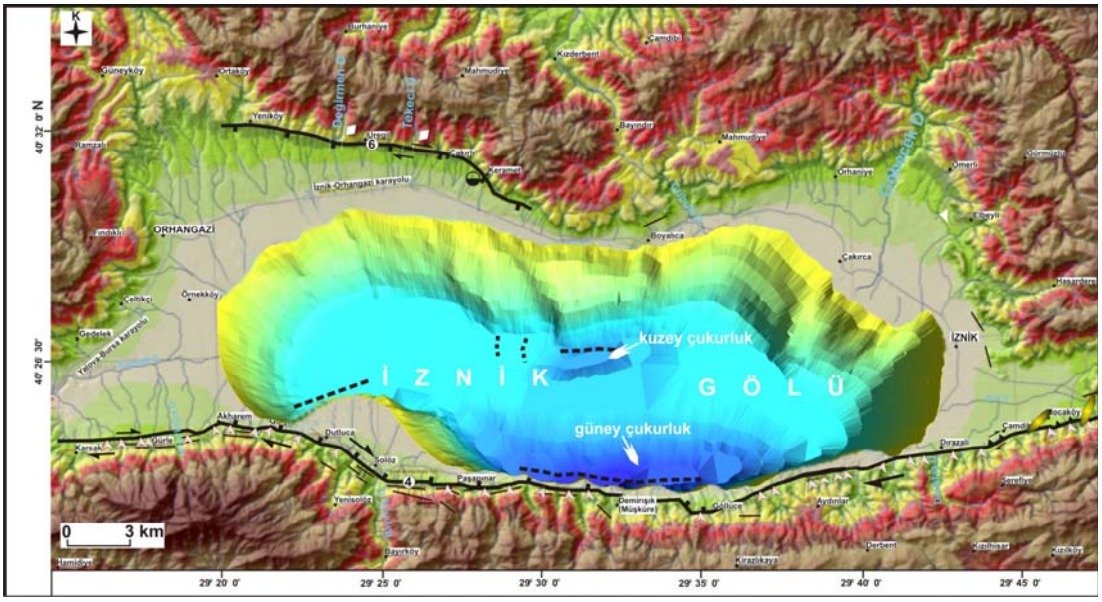
İznik Gölü'nün DSİ tarafından hazırlanan batimetri haritası sayılaştırılmış ve üç boyutlu batimetrik modeli elde edilmiştir (Şekil 5.74). Bu modelden anlaşılacağı üzere gölün güney ve kuzeyinde iki çukurluk bulunmaktadır. Güneyde bulunan çukurluğun uzunluğu yaklaşık 4 km genişliği ise 1 km olup 70 m derinliğindedir. Kuzeydeki çukurluk ise 2.5 km uzunluğunda 700 m genişliğinde ve 55 m derinliğindedir. Bununla beraber kuzey alanında iki basamaklanma belirlenmiştir.



Şekil 5.74 : İznik Gölü'nün DSİ tarafından hazırlanan batimetri haritası ve üç boyutlu görünümü.

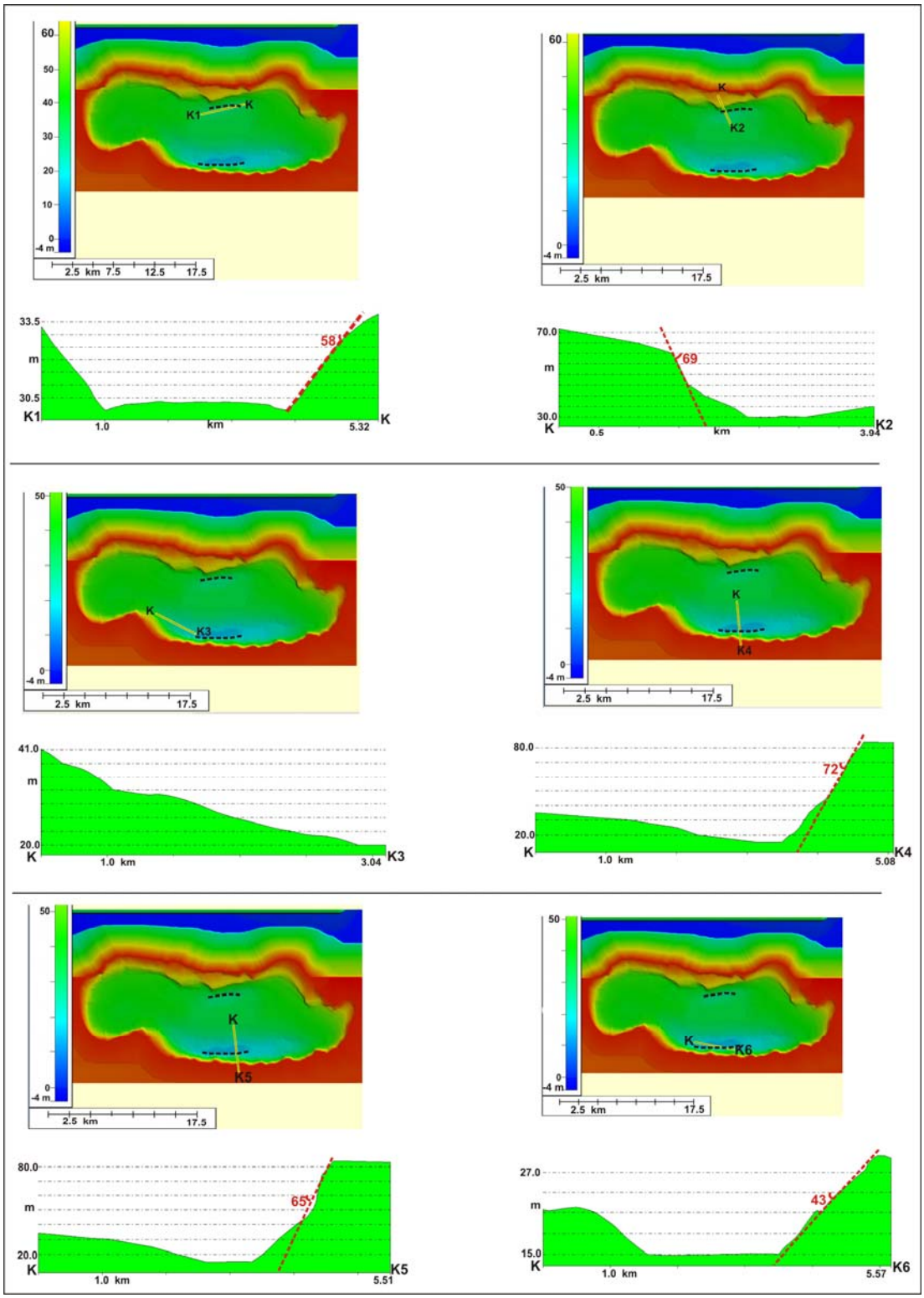
Öztürk ve diğ. (2009), göl içinde sığ sismik yansıma çalışması yapmış ve göl içindeki fayların haritasını belirlemiştir. Buna göre KAFSGK, göl içinden geçmekte ve güney çukurluğu sınırlayarak denetlemektedir. Ayrıca iki çukurluk arası bölge basınç sırtı olarak yorumlanmış ve sırtın uzun eksen çizgisinin de KD-GB doğrultulu olduğu belirtilmiştir. Buna ilaveten yazarlar tarafından gölün batı alanında K-G doğrultulu sol yanal atımlı yaklaşık 1 km uzunluğunda fay belirlenmiştir. Ancak bu

tez çalışması ile KAFSGK'nun K70^{0}D doğrultulu Dırazali ve K40^0-80^{0}B doğrultulu Gürle sağ yanal atım baskın ana fayları ile gölün güneyindeki yükselimin cephesi denetlenmektedir. Bu morfolojik görünüm, ana fay niteliğinde deformasyon oluşan bölgenin göl içinde değil daha güneyde olduğunu gösterir (Ek-1). İznik Gölü'nün güney ve kuzeyindeki çukurlukları ise bu ana faylar ile birlikte oluşan sintetik fayların belirlediği görülmektedir ki, bu fay sadece güney çukurluğu sınırlayan D-B yönünde batimetride devamı olmayan niteliktedir. Aynı şekilde kuzey çukurluk da kuzey sınırdaki antitetik faylanma ile denetlenmiştir (Şekil 5.75).



Şekil 5.75 : İznik Gölü'nün üç boyutlu sayısal batimetrisi, çukurlukları ile birlikte kara kesiminin birleştirilmiş fay haritası (kesikli çizgiler muhtemel faylar olup diğer açıklamalar için bkz Şekil 5.32).

Gölün kuzey ve güney çukurlukların çevresinde alınan bazı batimetrik profiller batimetrideki ani eğim açısı değişikliğini net şekilde gösterir. Buna göre güney ve kuzey çukurluk fayları civarında eğim açısı 43^0-72^0 arasındadır (Şekil 5.76).



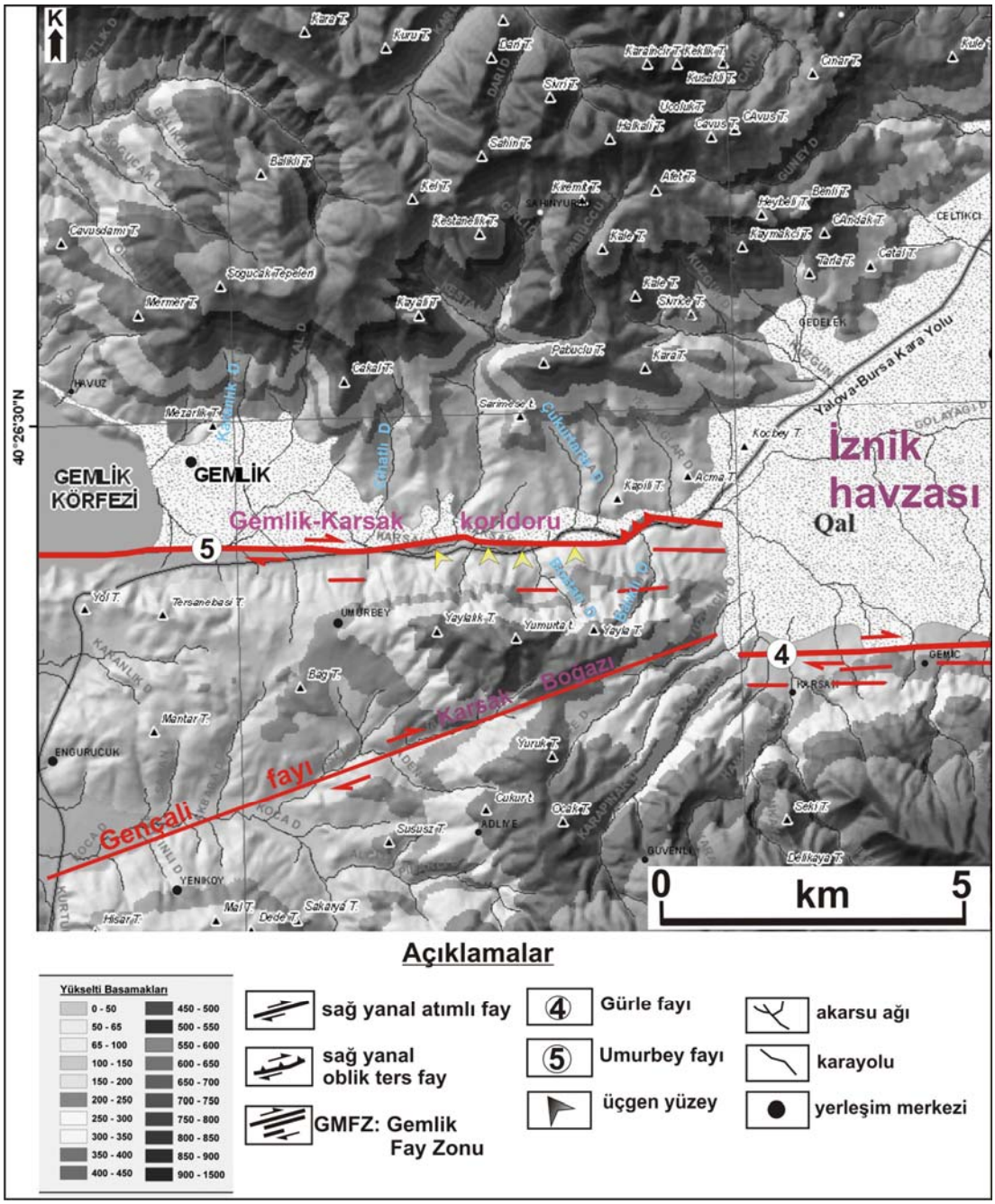
Şekil 5.76 : İznik Gölü'nün güney ve kuzey çukurlukları civarında alınan batimetrik profiller ve çukurlukların kenar faylarının görünümü.

KAFSGK'nun İznik Gölü'nün güney kara alanında Müşküre'de (Demirışık) KD-GB doğrultulu Dırazali fayından 1.5 km sıçrama ile KB-GD doğrultulu Gürle fayına geçişi ve dönüşü gölün içinde güney çukurluğun oluşmasını sağlamıştır. Sağ yanal atımlı fayın bükülme-açılma (releasing bend) bölgesini tanımlayan bu alan aynı

zamanda İznik havzasının güney kenarından genç faylar ile denetlendiğini gösterir. Göldeki kuzey çukurluk ise İznik havzasının oluşma sürecinde kuzey kenardaki Orhangazi fayının etkinliği ile birebir ilişkili ve göl içindeki kuzey çukurluğun kuzey kenarındaki sintetik faylanma ile denetlenmiştir. İznik havzasının oluşum sürecinde en genç evreyi temsil eden göl içindeki çukurluklar, bütünüyle zon (İFZ) şeklinde deforme edilen havzanın oluşum tektoniği ile ilgilidir.

5.3 Gemlik - Karsak Koridoru, Gemlik Fay Zonu (GMFZ)

Gemlik-Karsak koridoru, KAFSGK üzerinde inceleme alanındaki en batı bölümü oluşturan ve doğudan İznik havzasına, batıdan ise Gemlik Körfezinden Güney Marmara Denizi'ne açılan alandır. Koridorun en geniş yeri güneyde Tersanebaşı ile kuzeyde Mezarlık Tepe arası olup yaklaşık 2.5 km'dir. Koridorun güney yükselimini Katırlı Dağları'nın en batı bölümü oluştururken, güney su bölüm çizgisinin en yüksek tepesi Yumurta Tepe (524 m), kuzey su bölüm çizgisinin en yüksek tepesi ise Kel Tepe (492 m)'dir. Koridor içinde D-B akışlı Karsak Dere; güney yükselimden kuzeye akan Bostan ve Balıklı dereler ile kuzey yükselimden de güneye akan Çukurtarla, Cihatlı ve Karanlık dereler ile beslenir. KAFSGK bu alanda Umurbey ana fayı (5) ile belirgin olup güney blokta yer alan Yayla ve Yumurta Tepe kuzeyindeki basamaklanmayı ise ikincil ve D-B devamı olmayan faylar denetler. Koridoru kateden Umurbey fayının doğuda Gürle fayı ile arasındaki sağ yanal sıçrama yaklaşık 1800 m'dir. Bölgenin güneyinde ise Karsak Boğazı boyunca Barka ve Kuşçu (1996) tarafından sağ yanal atımlı Gençali fayı haritalanmıştır (Şekil 5.77).



Şekil 5.77 : Gemlik-Karsak koridorunda ve Karsak Boğazı'nda GMFZ'nu oluşturan faylar, Gençali fayı ve diğer segmentlerin haritası.

Gemlik-Karsak koridorunda Umurbey fayı güney blokun kenarını izlediğinden bu koridor boyunca topoğrafik eğim yüksektir. Kuzey bloka göre daha yüksektir (Şekil 5.78). Genç fay belirteci üçgen yüzeyler inceleme alanının bütününde olduğu gibi güney kenar boyunca fayın doğrultusu boyunca dizilmiştir.

6. YAPISAL JEOLOJİ

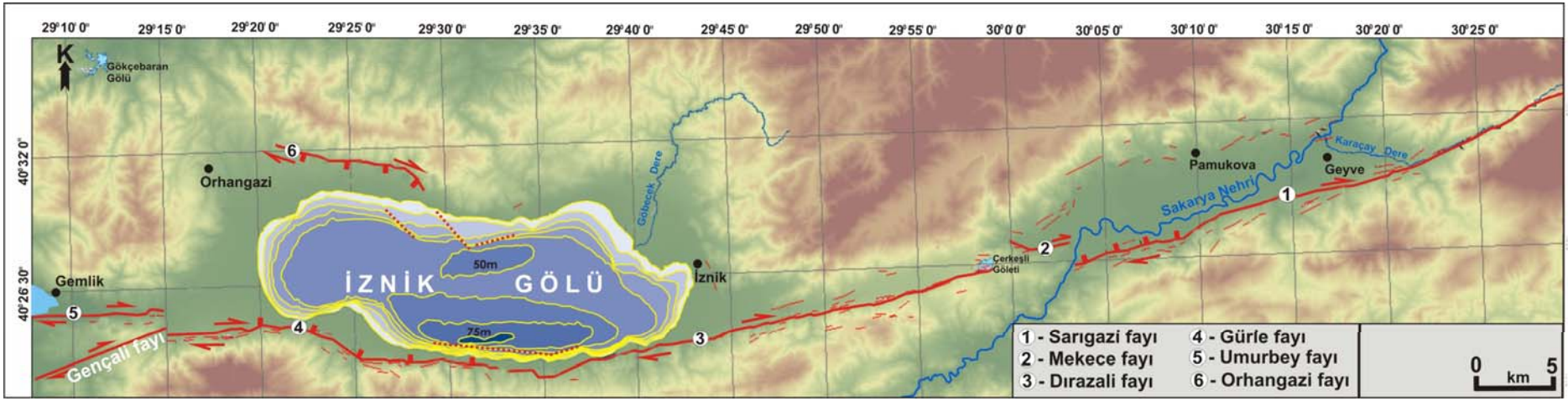
Çalışma alanın yapısal jeoloji verileri; KAFSGK'nun tezin morfotektonik bölümünde belirtilen fayları boyunca oluşan deformasyon elamanlarının (kıvrım, fay, çatlak vb) analizini esas alır. Bunlar da temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki dokanakta ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler içinde olmak üzere iki grupta detaylandırılmıştır.

Doğrultu atımlı fayların deformasyon elemanları, farklı geometrilerde izlenir. (Slyvester, 1988; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Biddle ve Christie-Blick, 1985; Bürgmann, 1991; Barka ve Hancock, 1984). Bu faylanma türü, bir yandan havza ölçeğinde kendisi ile eş yaşlı yeni çökel geliştirdiği gibi diğer yandan da bu sinsedimanter çökeller ile dokanağı olan Paleotektonik dönem kayaçlarını deforme ederek üzerinde yapısal izler bırakır (Aydın ve Nur, 1982; Crowell, 1974a). Bu bölümde sahadaki tüm fay ve segmentler ile bunların civarında alınan ölçüler, ayrıca bu faylar ile ilişkili diğer yapısal unsurlar üzerinde durulacaktır (Şekil 6.1).

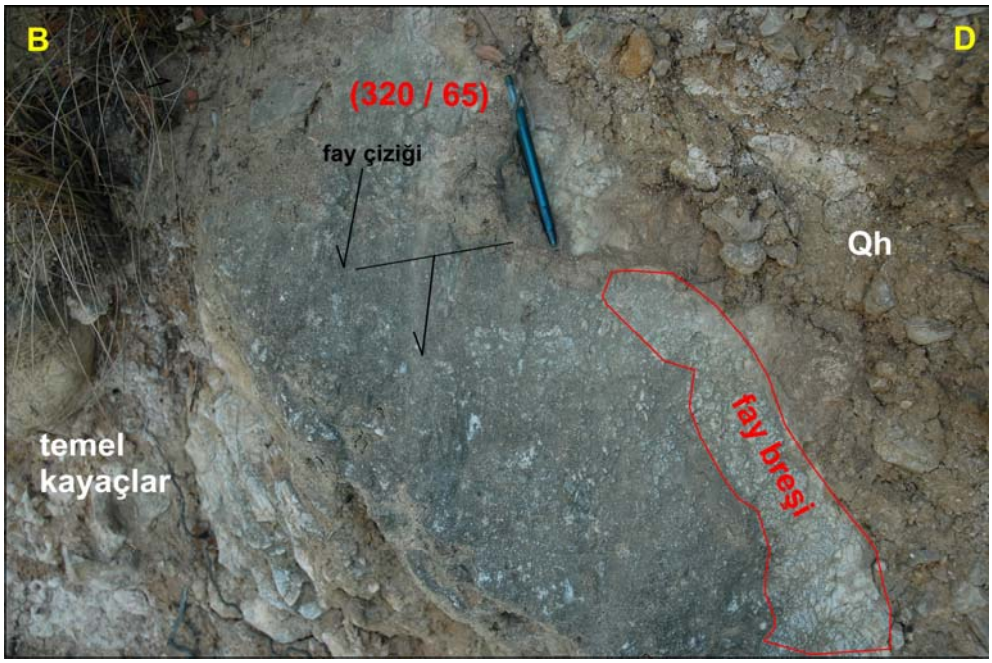
6.1 Sarıgazi Fayı ve Yapısal Özellikleri

Sarıgazi fayı, Geyve-Pamukova havzası güney kenarını izleyerek güney temel kayaçları ile Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyeleri ve Hocaköy formasyonu arasındaki sınırı oluşturur.

İnceleme alanında özellikle Bayat-Ciciler arasında Hocaköy formasyonu ile temel kayaçların sınırını baskın olarak Sarıgazi fayı belirler. Bu alandaki fay düzlemi sağ yanal bileşenli oblik normal (transtensional) fay niteliğinde olup üzerindeki kalsit minerallerindeki kayma çizikleri (slickenline) ve küçük ölçekli fay breşleri belirgindir (Şekil 6.2).

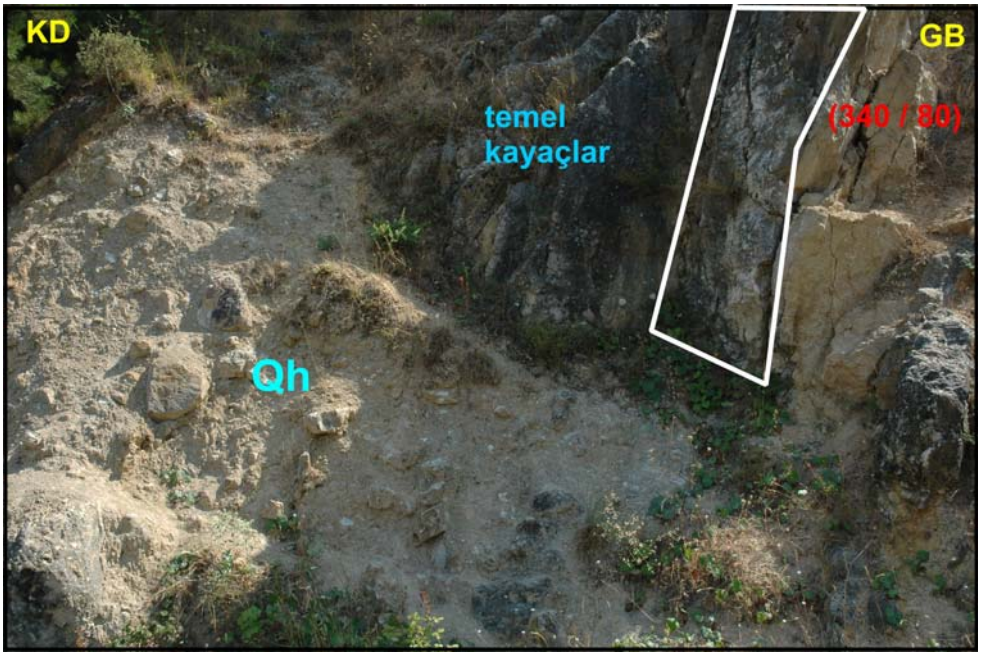


Şekil 6.1 : İnceleme alanındaki ana fay ve diğer segmentlerin haritası.



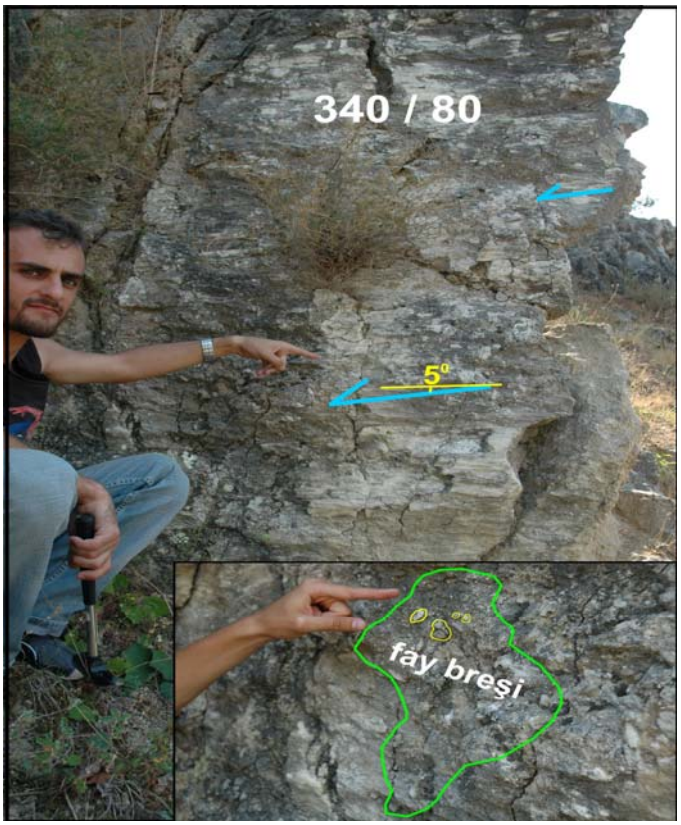
Şekil 6.2 : Bayat güneybatısında temel kayaçlar ile Hocaköy formasyonu arasındaki sınırda gelişen fay düzlemi ve üzerindeki yapısal belirteçler.

Kozan doğusuna doğru Sakarya Zonuna ait temel kayaçlardan Bilecik kireçtaşları ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanağı Sarıgazi fayı belirler ve düşen blokta Hocaköy formasyonu bulunur (Şekil 6.3).



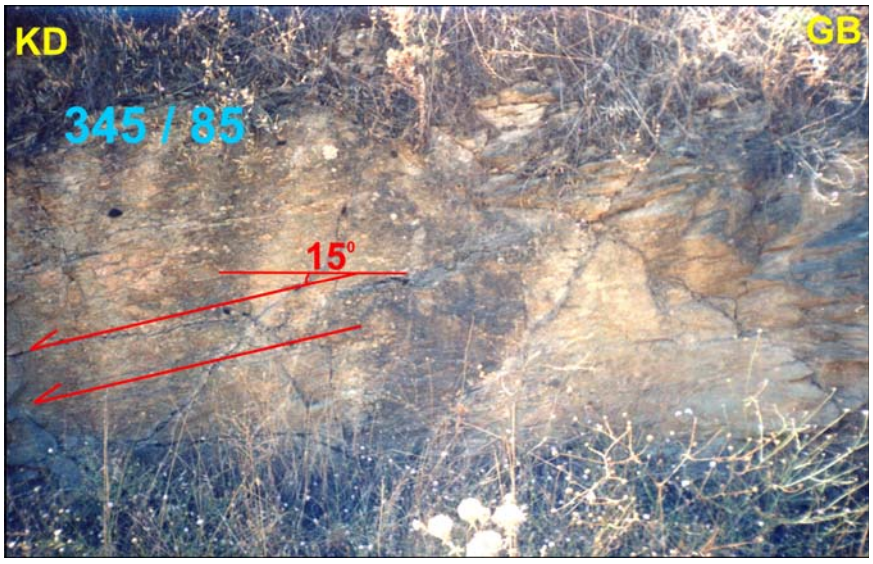
Şekil 6.3 : Bayat Köyü doğusunda Bilecik kireçtaşları ile Hocaköy formasyonu arasında Sarıgazi fayının gidişi ile uyumlu beyaz çizgi ile çevreli fay düzleminin görünümü.

Şekil 6.3'deki lokasyonda görülen fay düzleminde fay breşleri (fault-breccia) ve fay çizikleri belirgindir. Düzlemin üzerindeki fay çizikleri, sağ yanal atımlı faylanma ürünüdür. Düzlem üzerindeki kayma açısı ise 5^0 ile 8^0 arasındadır (Şekil 6.4).

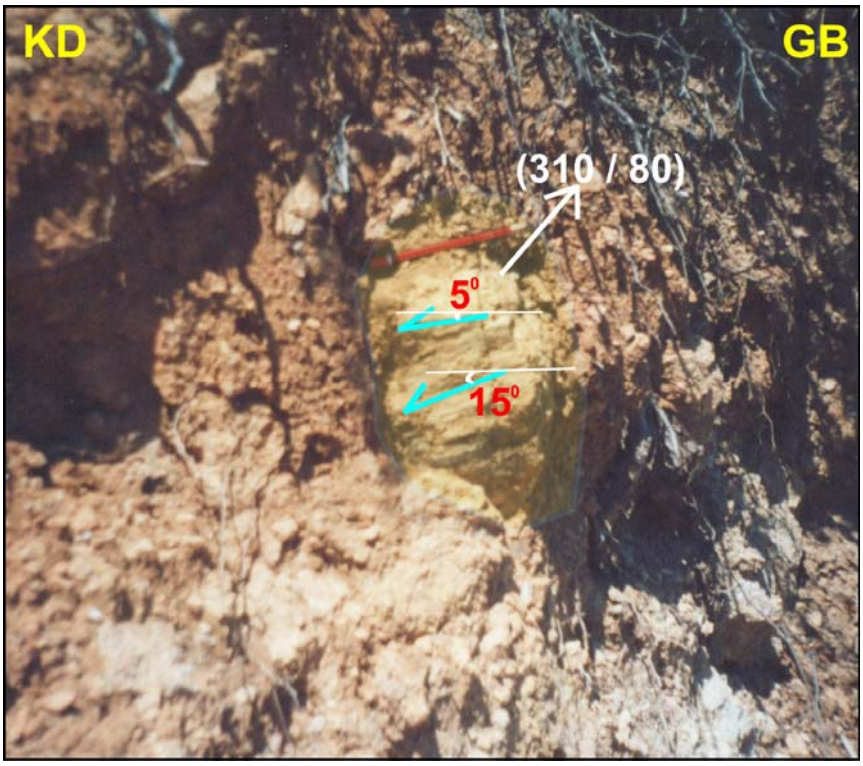


Şekil 6.4 : Bayat doğusunda Bilecik kireçtaşları üzerinde izlenen fay çizikleri ve fay breşleri ile beraber düzlemin görünümü.

Geyve Koruboğazı'nda bulunan üçgen tepe yüzeylerinde fay yüzeyi ve fay çizikleri belirlenmiştir. Fay çiziklerinin kayma açısı ise 15^0'dir (Şekil 6.5). Kozan Köyü'nde Sarıgazi fayı ile Beylik kırıntılı üyesinin sınırının yaklaşık 100 m güneyinde de temel kayaçları içinde fay düzlemi ve çizikleri izlenmiştir. Çiziklerin kayma açısı 5^0 ile 15^0 arasında değişir (Şekil 6.6).

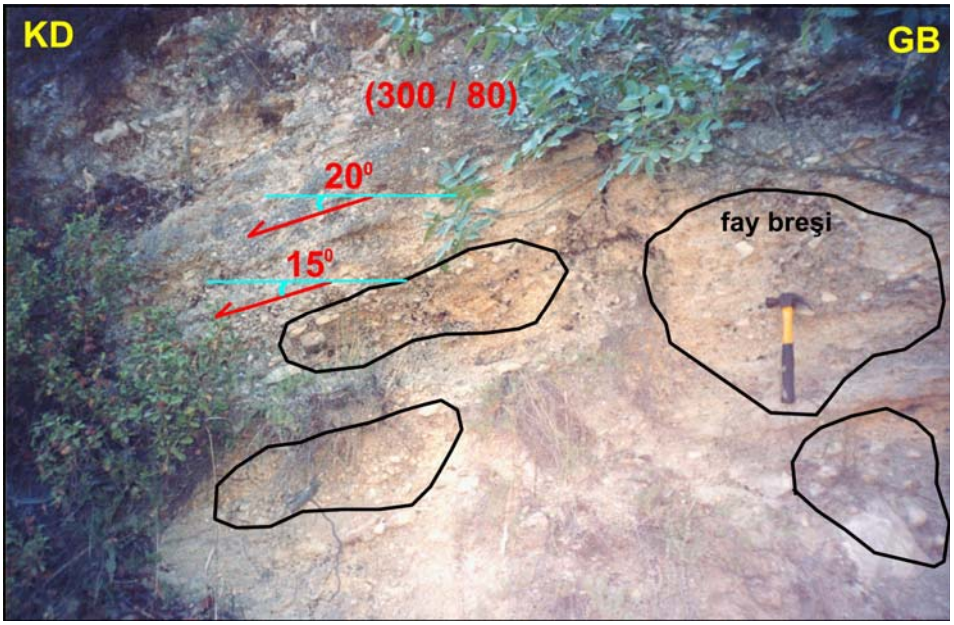


Şekil 6.5 : Koruboğazı'nda üçgen tepe yüzeyinde gelişmiş Sarıgazi fayı ile uyumlu fay yüzeyi ve fay çiziklerinin görünümü.



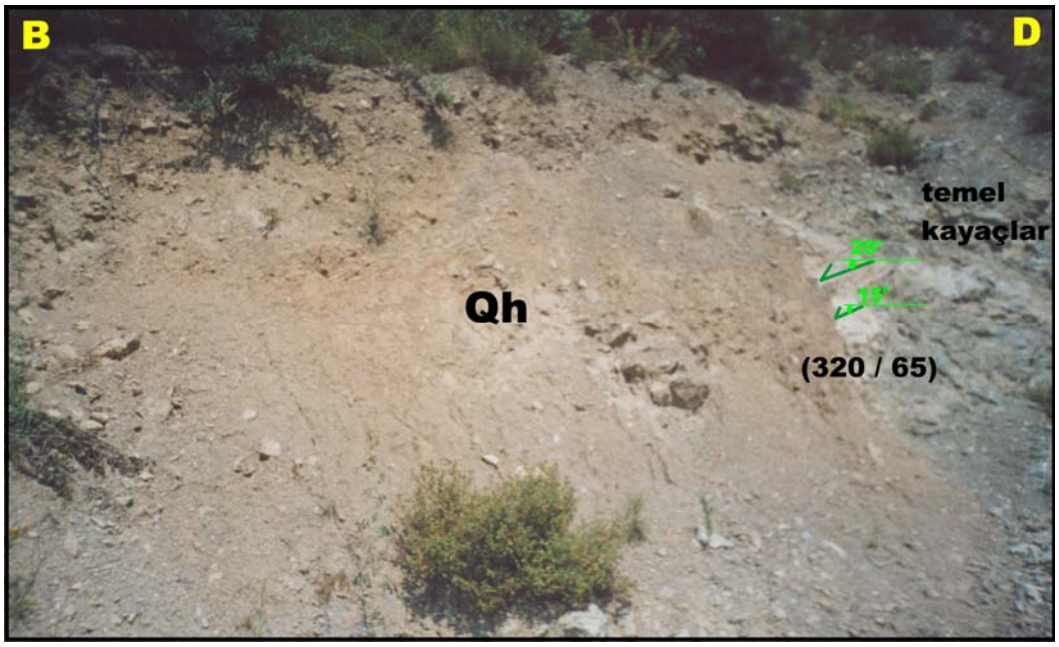
Şekil 6.6 : Kozan güneyinde Sarıgazi fayı ile ilgili fay yüzeyi ve fay çizikleri.

Sarıgazi fayının doğrultusu ile uyumlu fay yüzeyi ve çizikleri yer yer üçgen yüzeyler arasındaki vadilerin yamaçlarında da görülür (Şekil 6.7).



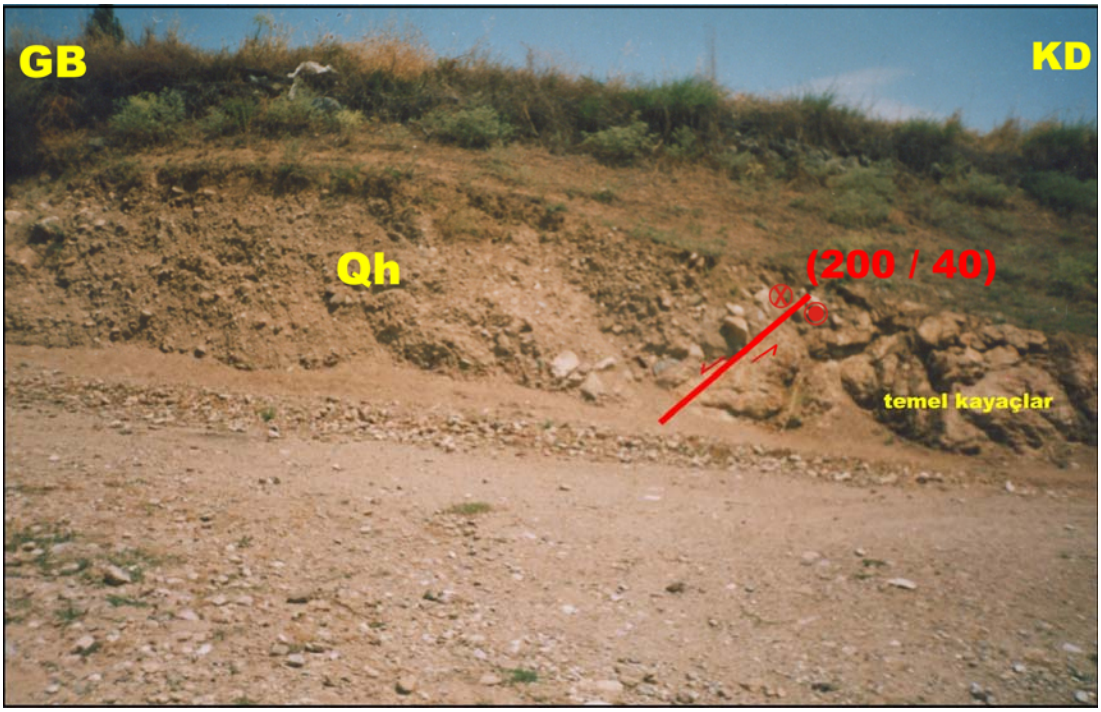
Şekil 6.7 : Bozören güneyinde Bilecik kireçtaşlarında izlenen sağ yanal fay çizikleri ve fay breşinin görünümü.

Umurbey kuzeyinde güney blok temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasındaki sınır Sarıgazi fayının niteliği (sağ yanal) ile uyumlu hareket vektörüne sahiptir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 : Umurbey'de Sarıgazi fayı ile uyumlu gelişen fay düzlemi, fay çiziklerinin görünümü.

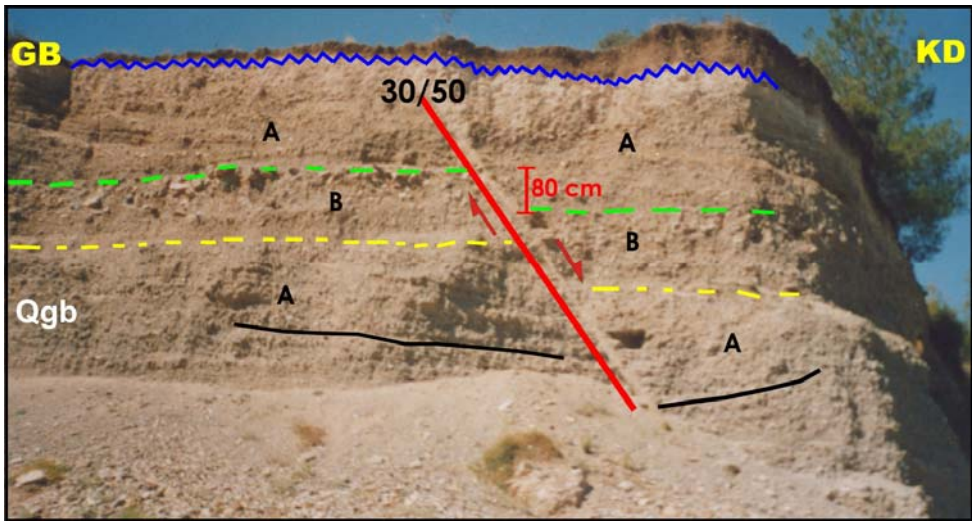
Geyve-Pamukova havzasının güneyinde Sarıgazi fayı boyunca temel kayaçlarda veya temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki sınırda izlenen yukarıdaki yapısal belirteçler havzanın kuzeyinde de görülmüştür. Gökgöz Köyü'nün kuzeyinde metamorfik temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasındaki sınırı oluşturan fay, sağ yanal atımlı faya uygundur (Şekil 6.9).



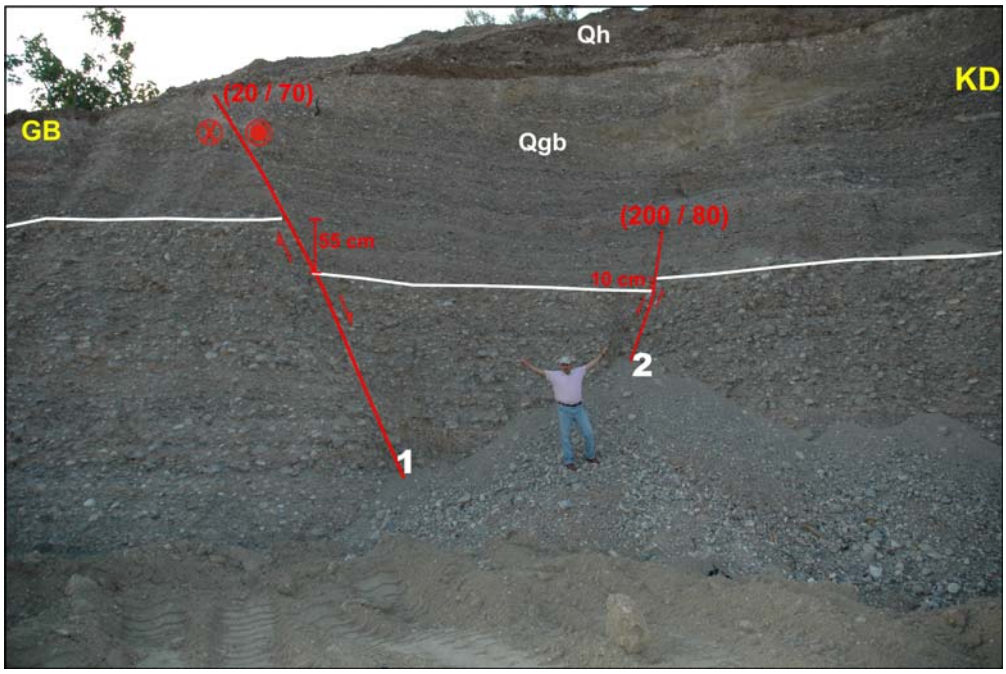
Şekil 6.9: Gökgöz Köyü'nün kuzeyinde temel kayaçlar ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanakta sağ yanal faylanmaya uygun fay düzleminin görünümü.

Geyve-Pamukova havzasının özellikle güney kenarında havza çökelleri ile temel kayaçların sınırını oluşturan Sarıgazi fayı aynı zamanda Pliyo-Kuvaterner birimleri de keser.

Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesini 30^0 / 50^0 konumlu bir fay kesmiş olup 80 cm düşey atım oluşmuş ayrıca mostranın alt bölümde taban bloktaki yatay olan tabakalanma, tavan blokun en alt kesiminde faya doğru 20^0'lik eğim (back tilt) kazanmıştır (Şekil 6.10). Geyve formasyonunu kesen faylar sağ yanal atım bileşenli oblik normal fay düzlemleri şeklinde olup buna uygun fay çizikleri içerirler (Şekil 6.11).

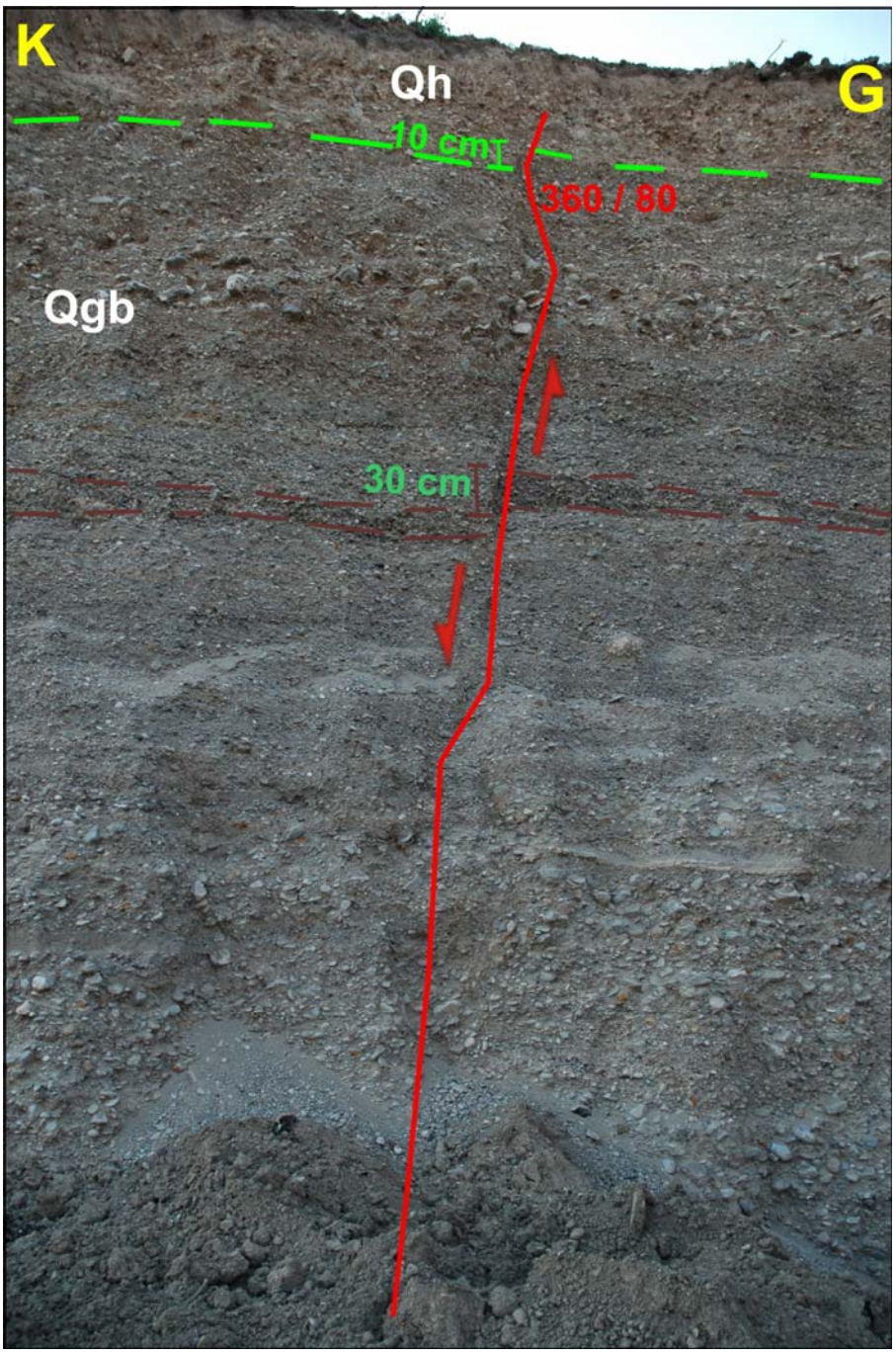


Şekil 6.10 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesini kesen bir fay düzleminin görünüşü (siyah ve diğer kesikli çizgiler taban ve tavan bloktaki tabakalanmayı gösterir).



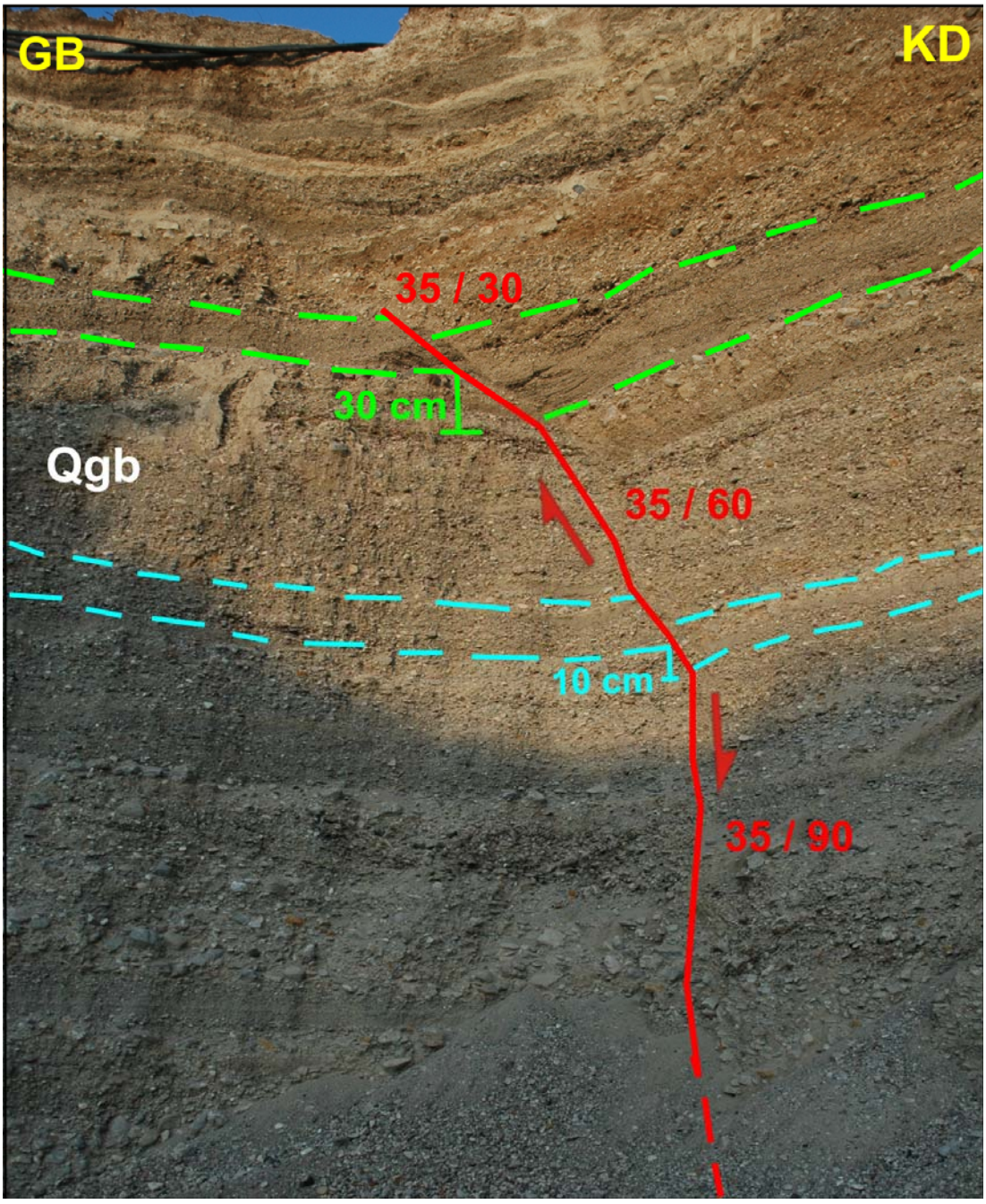
Şekil 6.11 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesini kesen sağ yanal oblik normal faya uygun çizik içeren (1) ve eş yaşlı (2) nolu fay düzlemlerinin oluşturduğu düşey atımların görünümü.

İnceleme alanında Beylik kırıntılı üyesini kesen Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı olan ve farklı atım miktarları içeren faylar mevcuttur. Bunlardan bir tanesi yaklaşık 40 cm kalınlığındaki güncel toprak seviyesi altında olup Hocaköy formasyonu tabanında 10 cm düşey atım oluşturmuştur. Aynı fay düzlemi üzerinde alta doğru ise düşey atım miktarı 30 cm olarak izlenir (Şekil 6.12). Kırılmanın heterojen bir ortamda olması nedeni ile fay düzlemi üzerinde izlenen bu atım farklılıkları sahanın bütününde gözlenir.



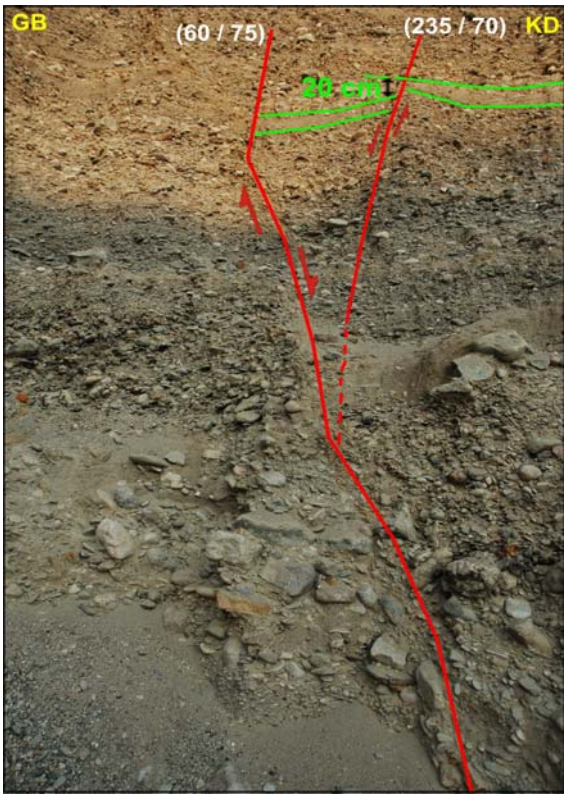
Şekil 6.12 : Bayat batısında Beylik kırıntılı üyesini kesip Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı olan fay düzleminin üzerindeki düşey atım miktarlarının görünümü.

Sarıgazi fayı boyunca Beylik kırıntılı üyesini kesen ve üzerinde atım farklılığı olan bir başka düzlem üzerinde ise aynı zamanda eğim açılarının arttığı gözlenir (Şekil 6.13).



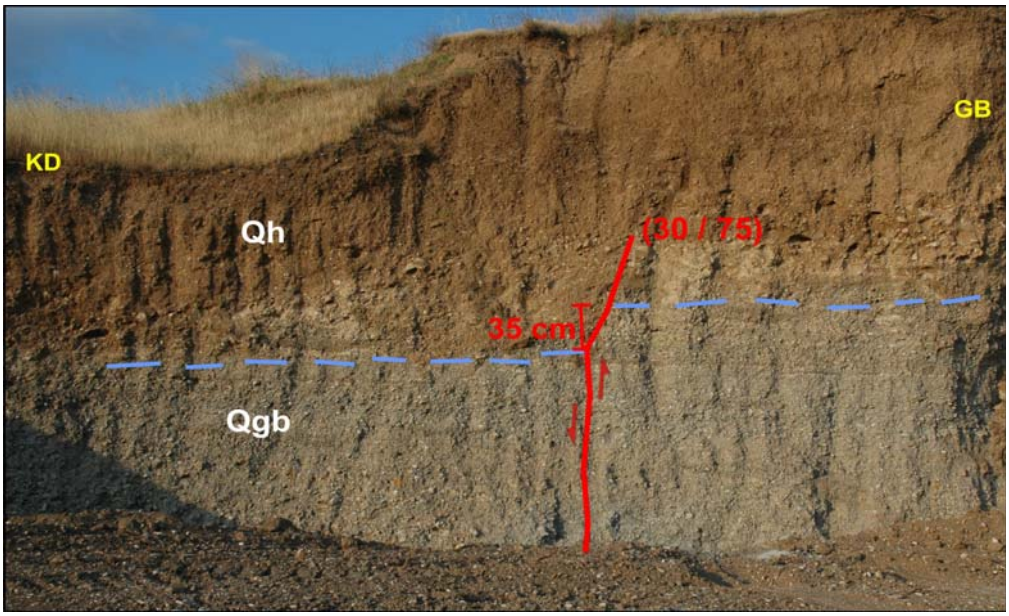
Şekil 6.13 : Ciciler doğusunda Beylik kırıntılı üyesini kesen fay düzleminin altından üstüne doğru eğim açısındaki değişim ile birlikte fayın taban ve tavan blokundaki birimlerde oluşan tabaka eğim açısı değişikliklerinin görünümü.

Fay düzleminin düşük eğim açılı bölümünde ise tabakaların düzleme doğru eğimlendiği gözlenir (Şekil 6.13, 6.14).



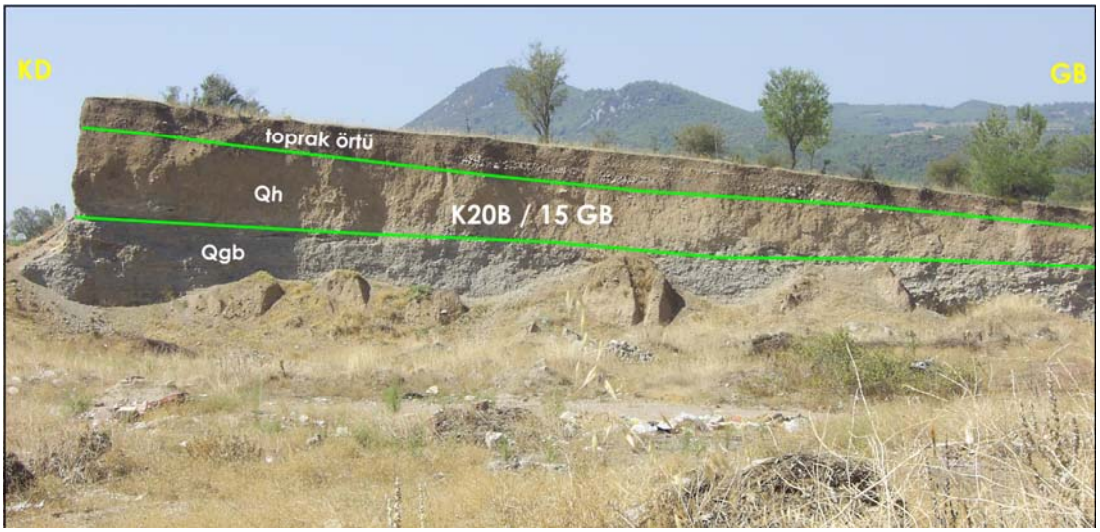
Şekil 6.14 : Ciciler'de Beylik kırıntılı üyesi içinde Sarıgazi fayına bağlı oluşan negatif çiçek yapısı (yeşil çizgiler tabakalanmayı gösterir).

Hocaköy formasyonunun Sarıgazi fayı ile denetlendiğini, bu birimle eş yaşlı gelişen faylar ile belirlemek mümkündür (Şekil 6.15). Bu faylar genellikle yüksek açılı olup yer yer üzerlerinde fay çiziği bulundururlar. Ciciler-Bayat arasında Kollu çakıltaşı, Beylik kırıntılı üyeleri ve Hocaköy formasyonunu kesen ve denetleyen bu faylar; yukarıdaki konumlarına göre sağ yanal atım bileşenli oblik normal fay şeklindedir.



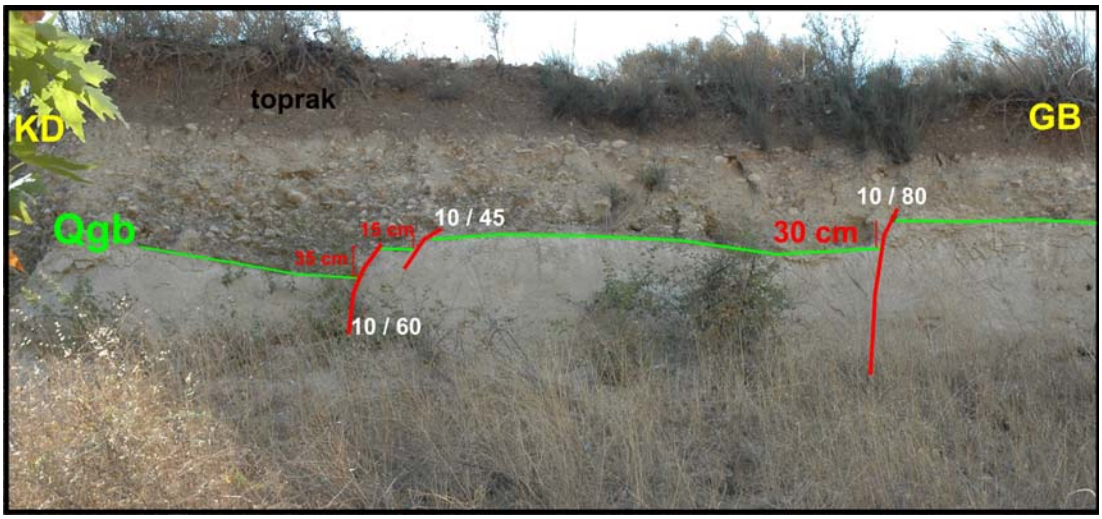
Şekil 6.15 : Ciciler'de Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı fay düzleminin görünümü.

Sarıgazi fayının Bayat-Ciciler arasındaki kesiminde Geyve ve Hocaköy formasyonlarında yüksek morfolojiye doğru geri tabaka eğimlenmesi de (back-tilt) belirgindir (Şekil 6.16). Sarıgazi fayının tavan blokunda gözlenmekte olan bu yapı, fayın Kozan-Ciciler arasındaki parçasının önemli oranda normal bileşene sahip olduğunu gösterir.



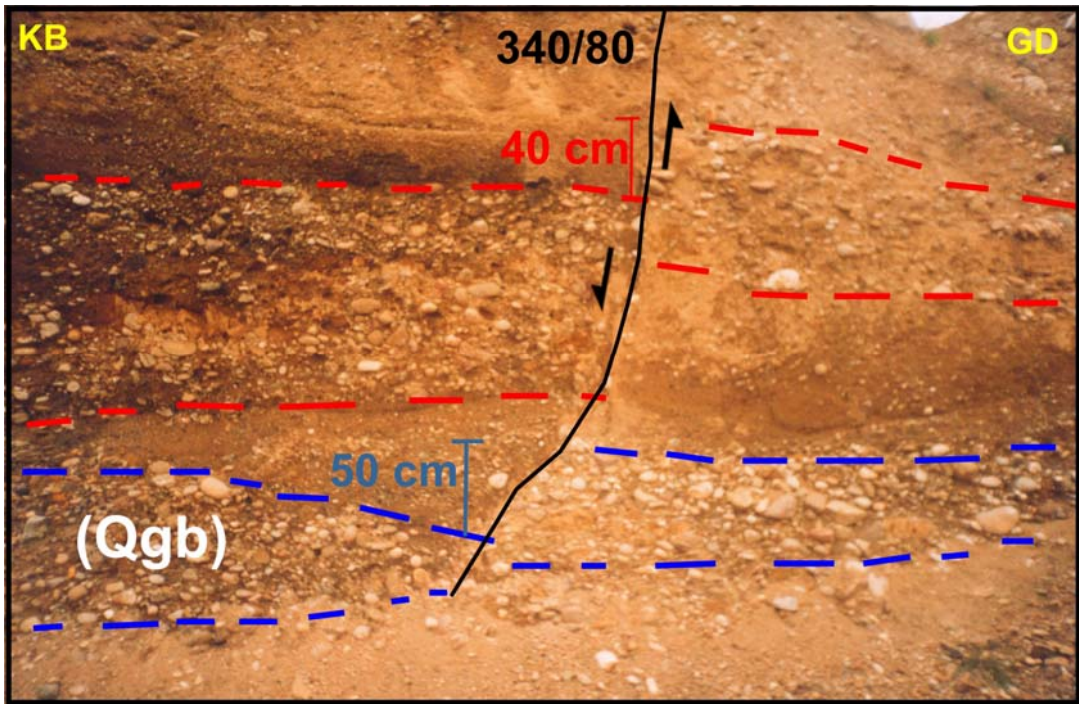
Şekil 6.16 : Ciciler'de havza birimlerinin dağa (Sarıgazi fayına) doğru geri eğimlenmesi.

Birimlerdeki bu geri eğimlenme, havzada en batıda yer alan basınç sırtının yaklaşık 4 km daha batısında izlenmekte olup Sarıgazi fayının aynı zamanda sağ yanal oblik normal fay şeklinde davrandığını da kanıtlar. Beylik kırıntılı üyesi içinde sinsedimanter faylar da mevcuttur (Şekil 6.17).

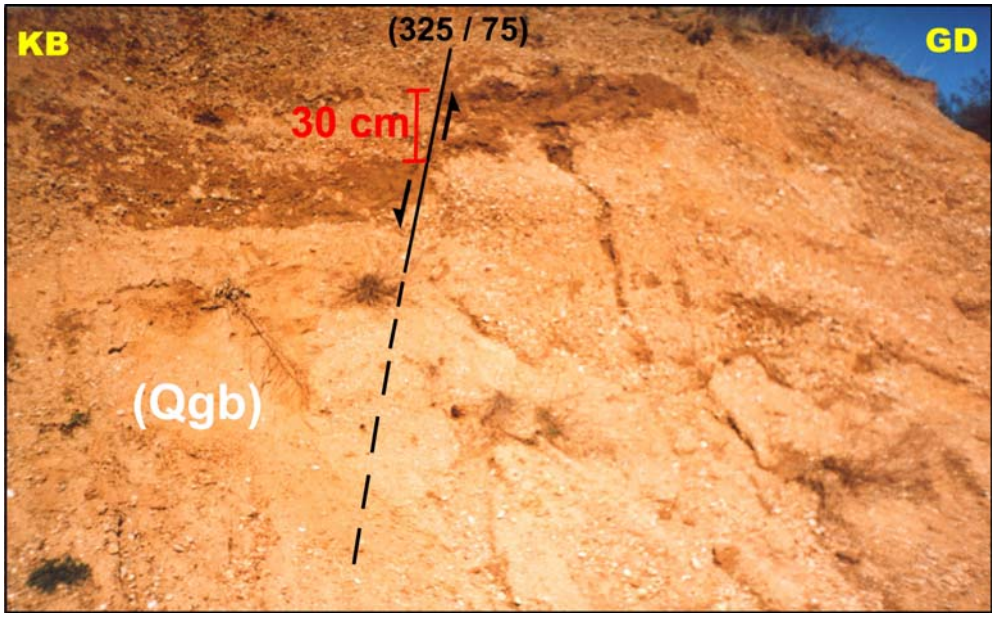


Şekil 6.17 : Ciciler batısında Beylik kırıntılı üyesi içinde sedimantasyon ile eş yaşlı (sintetik) gelişmiş fay düzlemlerinin görünümü.

Sarıgazi ve Çengel köyleri güneyinde Beylik kırıntılı üyesini kesen, bu birim ile eş yaşlı ve Sarıgazi fayının doğrultusu ile uyumlu yüksek eğim açısına sahip bazı fay düzlemleri belirlenmiştir (Şekil 6.18, 6.19).

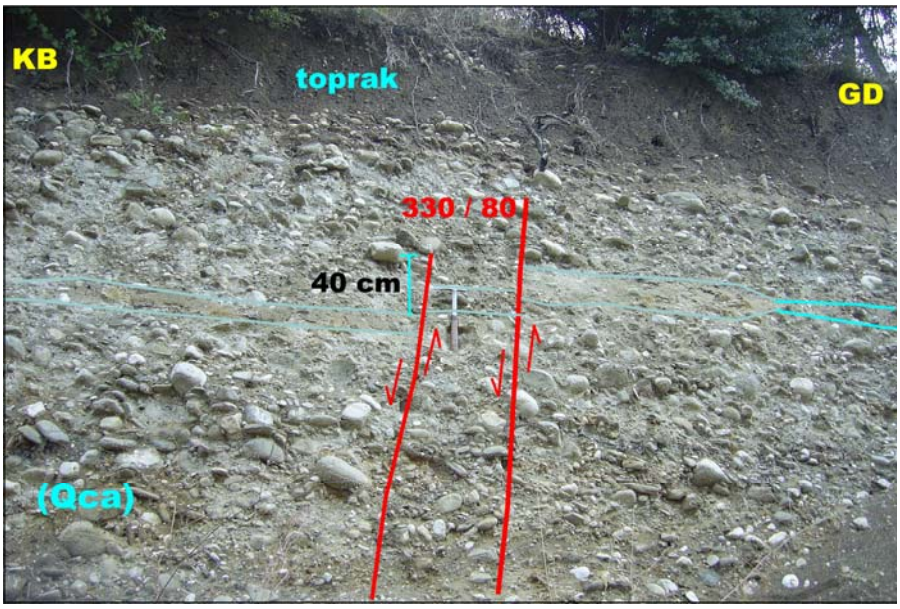


Şekil 6.18 : Sarıgazi güneyinde Sarıgazi fayı ile uyumlu ve Beylik kırıntılı üyesini kesen fay düzlemi.



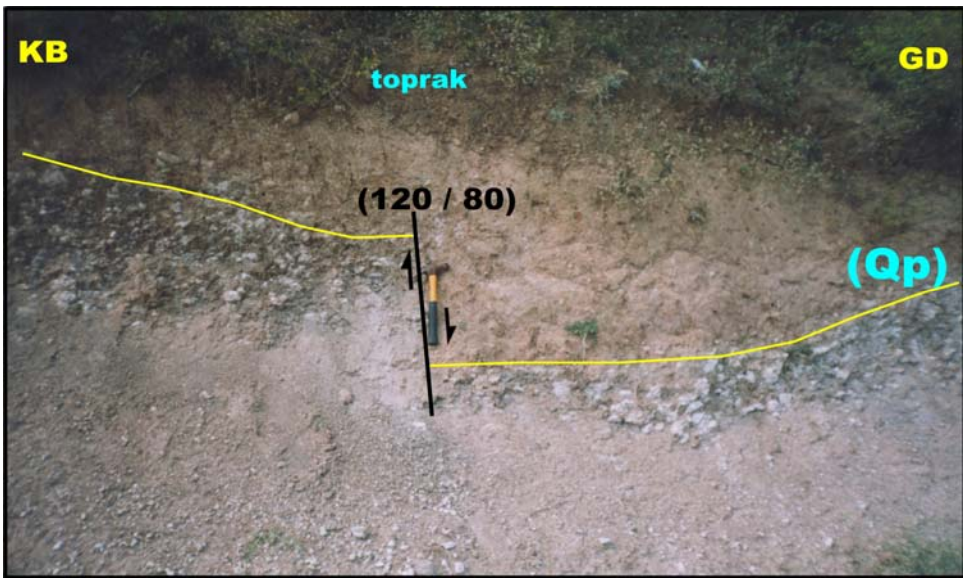
Şekil 6.19 : Çengel güneyinde Beylik kırıntılı üyesi ile eş yaşlı ve Sarıgazi fayı ile uyumlu fayın görünümü.

Geyve doğu girişinde Ayvalık kırıntılı üyesi ile eş yaşlı gelişen bazı fay düzlemleri de havzadaki Sarıgazi fayı deformasyonu ile ilişkili olup Ayvalık kırıntılı üyesinin kum seviyesinde toplam 40 cm düşey atım oluşturmuştur (Şekil 6.20).



Şekil 6.20 : Geyve'de birbirine paralel gelişmiş sinsedimanter fayların görünümü.

Havza açılması esnasında havzanın güneyinde Sarıgazi fayı etkin iken kuzeyde de bu fay ile eş zamanlı ve bu fay antitetik olan ikincil bir segment de Pınarlı formasyonunu keserek 80 cm düşey atım oluşmuştur Bu fayın da GFZ içinde sağ yanal basit makaslamalı deformasyon ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.21).

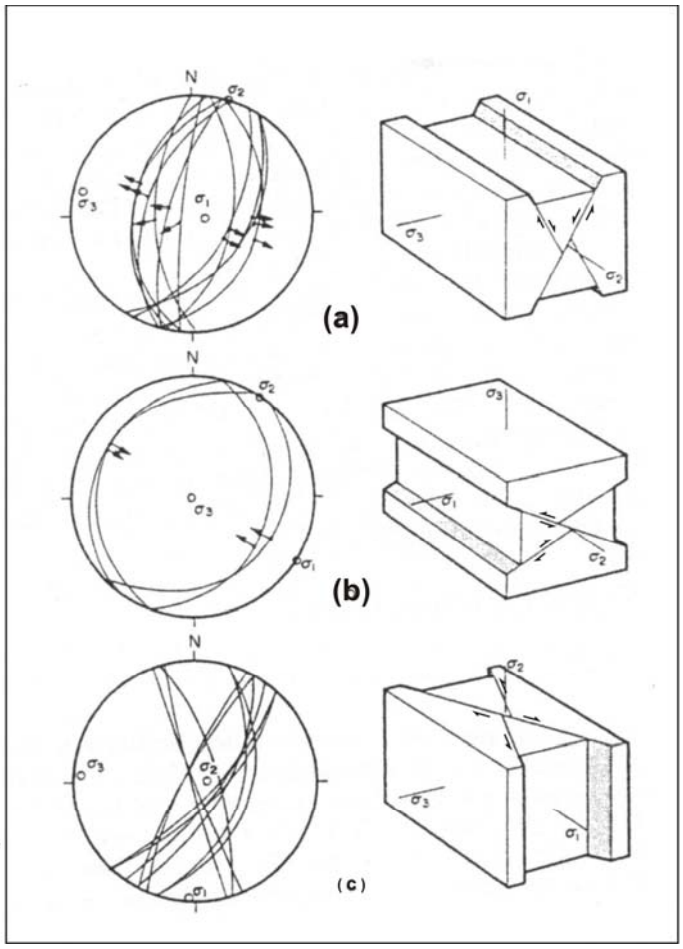


Şekil 6.21 : Pamukova doğusunda Pınarlı formasyonunu kesen yüksek açılı fay ve alt yarıkürede kutup noktası ile birlikte görünümü.

KAFSGK'nun Geyve-Pamukova havzasını denetleyerek ve deforme ederek oluşturduğu sağ yanal atımlı deformasyon, havza güney kenarı boyunca birincil (ana) Sarıgazi fayı ile çok belirgin, güney blok içi ile kuzey blok içi ve kenarındaki ikincil segmentler ile de az belirgin olarak izlenir.

6.2 Geyve-Pamukova Havzasının Kinematik Analizi

Faylar üzerindeki kinematik analiz, fay düzlemleri ve üzerindeki hareket vektörleri değerlendirilerek yapılır. Angelier (1979; 1984), Carey ve Mercier (1987) kinematik analizi fay gruplarının geometrisine göre sınıflamıştır (Şekil 6.22). Buna göre deformasyon analizinde σ_1, sıkışma (transpression), σ_3 ise çekme (transtension) gerilme yönleridir (Turner, 1953; Arthaud, 1969).



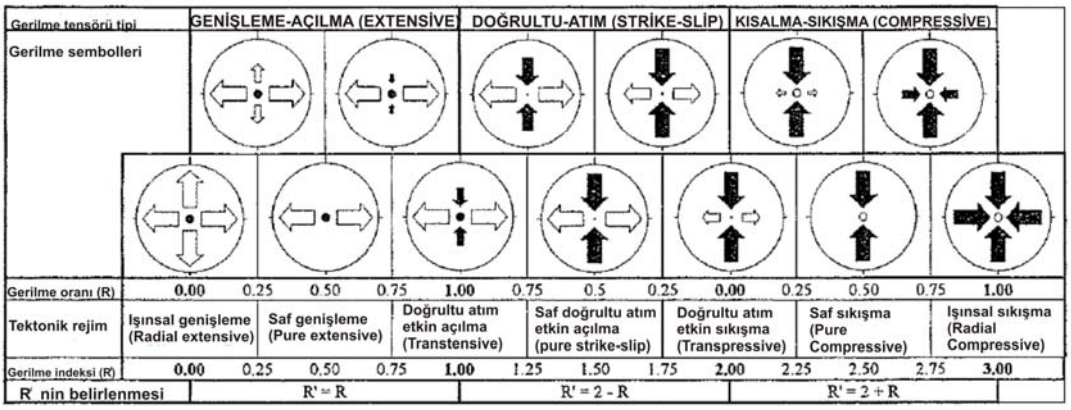
Şekil 6.22 : Farklı geometriye sahip; (a) normal, (b) ters ve (c) doğrultu-atımlı faylanma modelinde gerilme eksenlerinin blok diyagramda ve stereonet üzerindeki görünümü (Anderson, 1995).

Faylar üzerinde gerilme yönleri, fay düzlemi üzerindeki fay çiziklerinden bulunur (Angelier, 1979; 1984; 1994; Delvaux ve diğ. 1995; Huerta ve Rodgers, 1996). Bunun yanında kırılma ortamının homojen ve izotrop olduğu kabul edilerek kayaçlar üzerindeki fay düzlemlerinin kullanılması ile Arthaud (1969) tarafından M kutbu (pole) methodu tanımlanmıştır. Bu yönteme göre üç gerilme ekseni X, Y ve Z; σ_3, σ_2 ve σ_1'e karşılık gelir. Bu methoda göre eşlenik fay düzlemlerinin kesişme arakesiti, Y eksenine paralel olup σ_2'ye eşittir. Bu arakesite dik olan düzlem ise fay

düzlemlerine dik olup kısalma eksenini belirtir ve bu da kırılmayı sağlayan sıkışma Z (σ_1) gerilmesine eşittir. Bu yöne dik olan yön ise uzamayı içerir ki bu da gerilme X (σ_3) eksenini oluşturur. Turner (1953) ise pressure (P)- tension (T) methodu ile bir fay düzlemi üzerindeki ana gerilme eksenlerini (σ_3, σ_2 ve σ_1) tanımlamıştır. Bu method ise fay düzlemlerine ait M kutbu kullanılarak oluşturulmuştur.

Fay düzlemleri üzerinde yapılan kinematik analizde ayırt edici faktörlerden biri de deformasyonu oluşturan gerilme yönlerini esas alan "R" oranının bulunmasıdır (Carey-Gailhardis ve Mercier, 1987; Mercier ve diğ. 1989; Mercier ve diğ. 1997; Andrieux ve diğ. 1995). Fay düzlemi üzerindeki kayma vektörü, gerilme yönleri ile hesaplanan gerilmenin oransal değişimi $R= (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$ eşitliğinden bulunur. "R" oranı "0" ile "1" arasında olmalıdır (Carey-Gailhardis ve Mercier, 1987). Bu eşitlikten anlaşılacağı üzere ($\sigma_2 = \sigma_1$ ise R=0, $\sigma_2 = \sigma_3$ ise R=1'dir). Ayrıca kırılma düzlemi üzerinde gerilme indeksi "R^l" değeri tanımlanmıştır. "R" ve "R^l" değerlerine göre fayların sınıflaması yapılmıştır (Angelier, 1994; Delvaux ve diğ. 1997), (Şekil 6.23).

Delvaux ve Sperner (2003), rigth-dihedra methodunu daha da geliştirerek; üzerinde kayma vektörü gibi yapısal eleman içermeyen eşlenik fay düzlemlerini ve bununla birlikte sıkışma (compression), çekme (tension) ve yamulma (shear) bileşeni olan çatlak (fractures) düzlemlerini kullanan bir tensör (tensor) programı ile gerilme yönlerini (σ_3, σ_2 ve σ_1) hesaplamıştır.



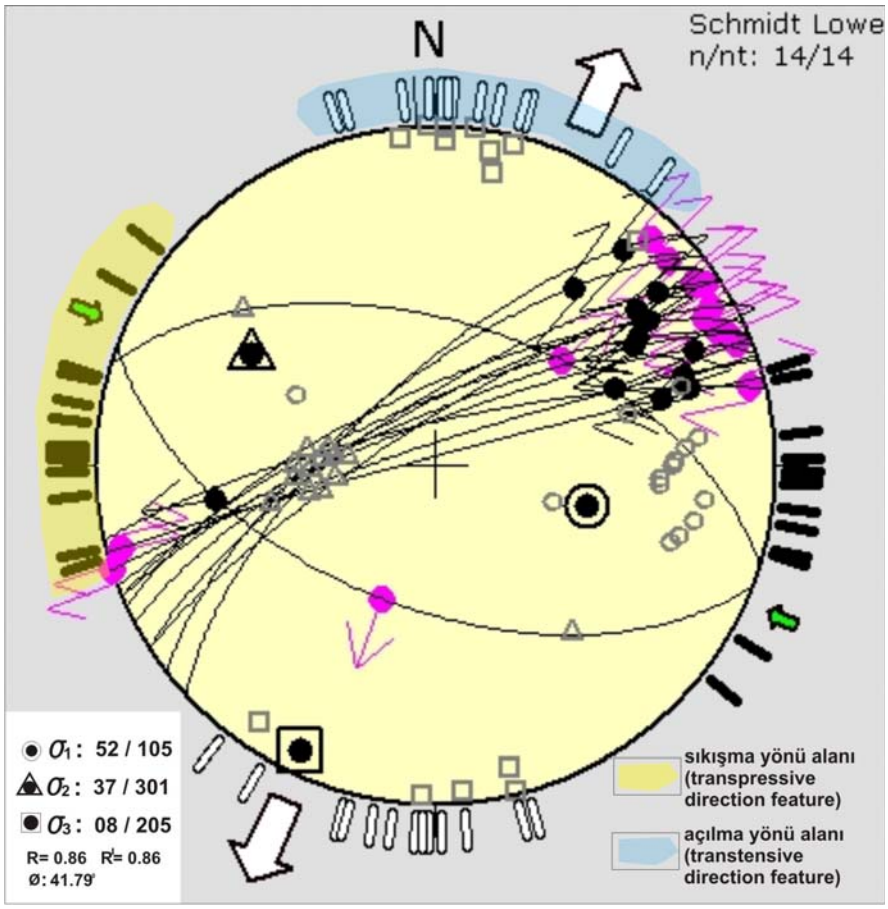
Şekil 6.23 : Farklı kırılma düzlemleri üzerinde gerilme oranlarına göre değişen "R" ve "R^l" değerlerinin tanımladığı fay tiplerinin sembolleri (Delvaux ve diğ. 1997).

İnceleme alanında KAFSGK boyunca kinematik analiz için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki sınırlarda izlenen ve üzerinde fay çiziği barındıran fay düzlemleridir. Bu

düzlemler üzerinde Delvaux ve Sperner (2003) tarafından geliştirilen gerilme analizi yöntemi kullanılmıştır. Bölgedeki diğer deformasyon verileri ise Pliyo-Kuvaterner çökellerini kesen, üzerinde atım bulunan fay ve çatlak düzlemleridir ki, bunlar için de yukarıdaki yöntem ile beraber M kutbu methodu kullanılmıştır.

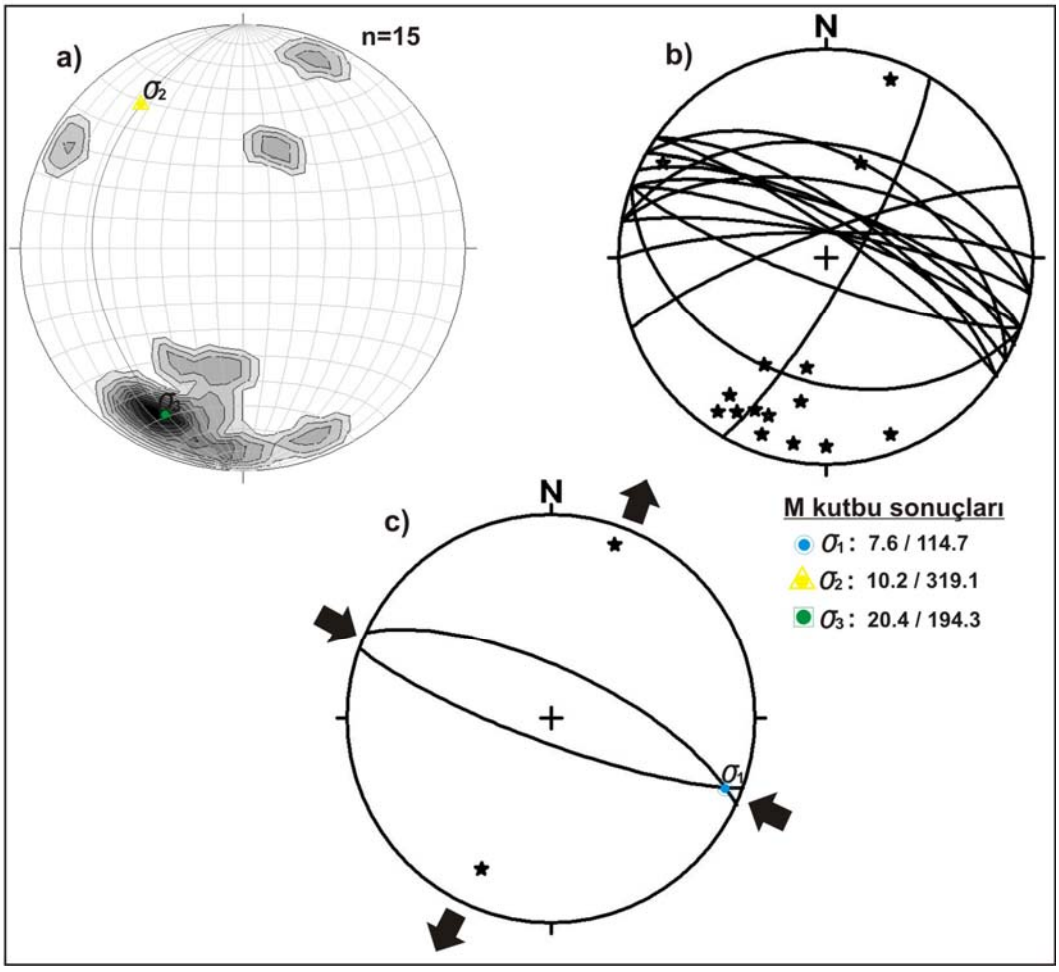
Geyve-Pamukova havzasının kuzeyi ve Sarıgazi fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner birimleri arasındaki sınırda, toplam yedi lokasyonda toplanan 14 fay düzlemi ve fay çiziği ölçüleri Delvaux ve Sperner (2003) tarafından geliştirilen "computer tensor program" isimli bilgisayar programında eşit alanlı alt yarıküre Schmidt diyagramında değerlendirilmiştir.

Buna göre basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: K65^{0}B-G65^{0}D, σ_3: ise K25^{0}D-G25^{0}B yönünde bulunmuştur. Bu gerilme yönlerinin yanı sıra Sarıgazi fayının üzerindeki R=R^1= 0.86 olması bu fay üzerindeki hareketin doğrultu atım etkin genişlemeli olduğunu gösterir. Fayın içsel sürtünme açısı ise ø: 41.79^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.24).



Şekil 6.24 : Geyve-Pamukova havzasında Sarıgazi fayı boyunca temel kayaçlar ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki tüm fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

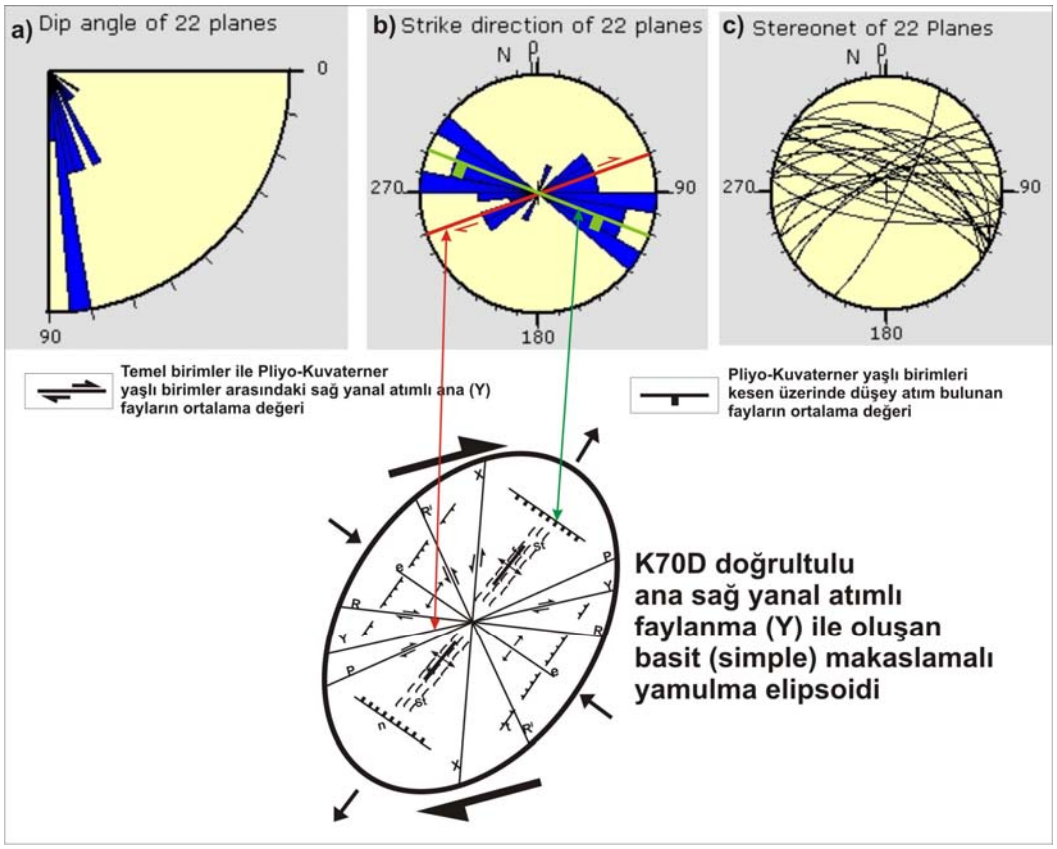
Geyve-Pamukova havzasında Pliyo-Kuvaterner çökellerini kesen toplam on lokasyonda toplanan fay düzlemleri ve kutup noktalarının dağılım diyagramı Arthaud (1969)'un M kutbu yöntemi kullanılarak alt yarıküre eşit alanlı schmidt diyagramında değerlendirilmiştir. Buna göre en büyük basınç gerilmesi (σ_1) yönü $K70^0B$- $G70^0D$, en küçük çekme gerilmesinin (σ_3) yönü ise $K20^0D$-$G20^0B$ olarak belirlenmiştir (Şekil 6.25).



Şekil 6.25 : Geyve-Pamukova havzasında Pliyo-Kuvaterner çökelleri kesen a- fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, b- fay düzlemleri ve c- σ_1 gerilme yönlerinin konumu.

Belirlenen bu gerilme dağılımları, Şekil 6.24'teki sonuçlar sağ yanal atımlı fay geometrisi ile uyumludur.

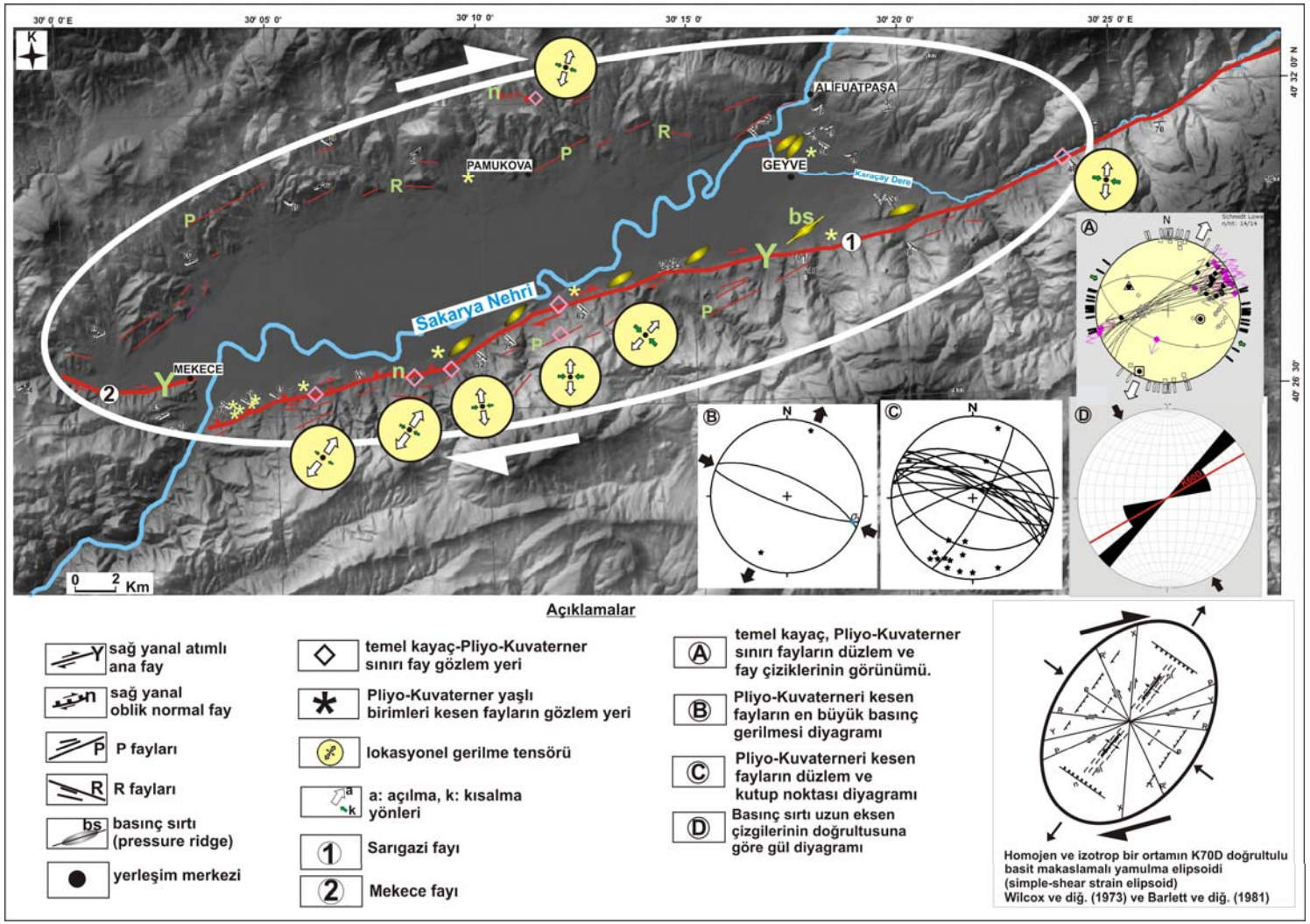
Geyve-Pamukova havzasının tümünde ise bütün fay düzlemlerinin doğrultu ve eğim açısına göre belirlenen alt yarıküre gül diyagramları da yapılmış olup bunların havzadaki konumları, teorik sağ yanal yamulma elipsoidi yapısal elemanları ile korele edilmiştir. (Şekil 6.26).



Şekil 6.26 : Geyve-Pamukova havzasındaki bütün (22 adet) fayların alt yarıküreye göre; a- eğim açısı, b- doğrultu gül diyagramları ile c- Schmidt alt yarıküre eşit alanlı projeksiyonları.

Buna göre bölgede ortalama $K70^0D$ doğrultulu ve sağ yanal atımlı Sarıgazi ana fayı, Geyve-Pamukova havzasını birincil derecede denetleyerek bütünüyle sağ yanal basit makaslama (right-lateral simple shear) kaynaklı deformasyon elemanları oluşturur. Deformasyon analizi ile belirlenen "R" oranının Şekil 6.23'teki konumu ve lokasyonlara göre Şekil 6.27'de gösterilen gerilme miktarlarının havzadaki dağılımı Z (σ_1) yönünde kısalma X (σ_3) yönünde ise uzama (çift eksenli) oluşturduğundan havzadaki deformasyon modeli basit makaslamaya (simple shear) uygundur. Bunun dışında havzada küçük ölçekte gelişen ve ayrıntıları tezin morfotektonik bölümünde belirtilen basınç sırtları ise doğrultu atım kaynaklı tektoniğin havza ölçeğine göre küçük ölçekli morfotektonik unsurlarıdır. Bütün bu yapısal elemanlar sağ yanal basit makaslamalı deformasyonu destekler.

KAFSGK'nun Geyve-Pamukova havzası ile bir teorik yamulma elipsoidi kıyaslandığında havzanın içinde $K70^0D$ doğrultulu sağ yanal atımlı ana Sarıgazi fayı "Y" kırığına karşılık gelmekte; diğer deformasyon elemanları (basınç sırtları, sınır fayları, havza çökellerini kesen faylar) ise bu elipsoidin diğer teorik elemanları ile kıyaslanabilmektedir (Şekil 6.27).



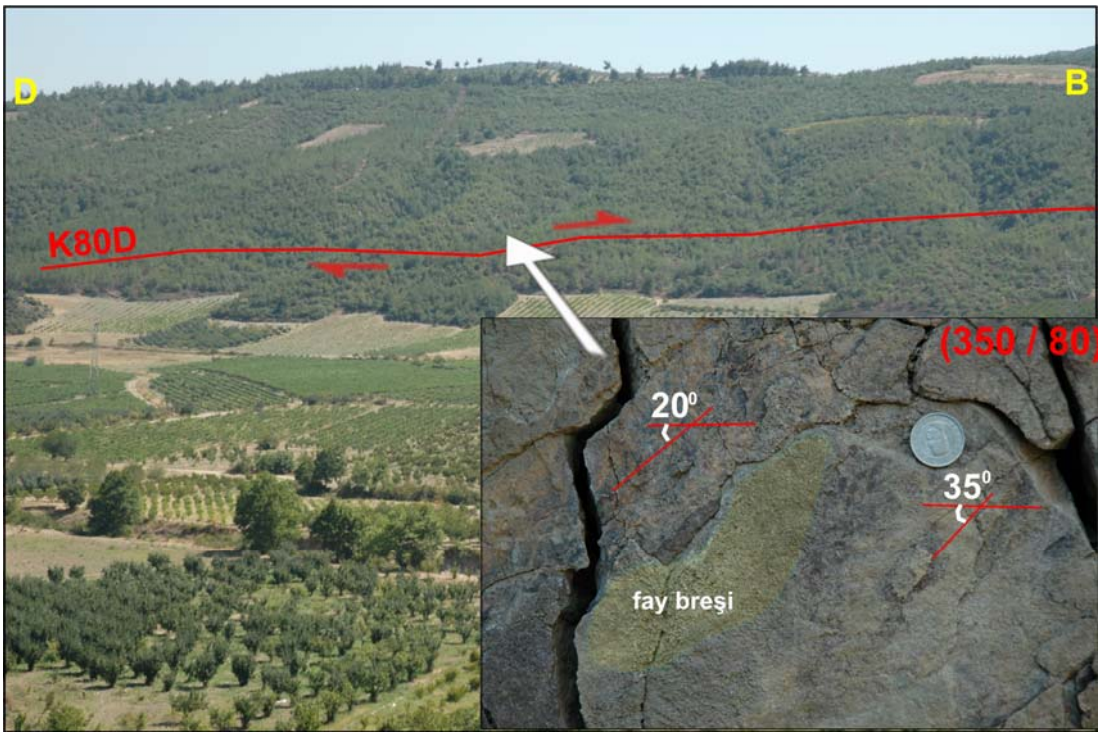
Şekil 6.27 : KAFSGK üzerindeki Geyve-Pamukova havzasının yapısal haritası ve yamulma elipsoidi ile kıyaslama.

Geyve-Pamukova havzasının en doğusu ile en batısı arasındaki açılma yönleri (σ_3) arasındaki açı farkı yaklaşık 15^0'dir. Aynı oran buna dik olan kısalma yönleri (σ_1) için de geçerlidir. Sadece basınç sırtları uzun eksen çizgilerinin doğrultularına göre oluşturulan kısalma (sıkışma) yönü $K30^0B$-$G30^0D$, buna karşılık temel kayaçları ile Pliyo-Kuvater birimleri arasındaki fay çiziği verilerinden elde edilen sıkışma yönü ise $K65^0B$-$G65^0D$'dır. Hem basınç sırtı uzun eksen çizgilerinin konumları hem de fay düzlemlerinden elde edilen tensör analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; sıkışma yönü $K60^0B$-$G60^0D$, açılma yönü ise $K30^0D$-$G30^0B$ olmaktadır. Bölge $K20^0D$-$G20^0B$ yönünde açılırken, $K70^0B$-$G70^0D$ yönünde ise kısalmaktadır. Bu sonuç bölgenin bütünüyle sağ yanal basit makaslamalı (right lateral simple-shear) sistem altında deformasyon geçirdiğini gösterir.

Dünya'daki bazı aktif fay zonlarında yapılan çalışmalar da yukarıdaki bulguları destekler. Dibblee (1968) ve Powell (1993) D-B doğrultulu sağ yanal atımlı San Jacinto Fayı üzerindeki sıkışmanın $K40^0B$ ile K-G yönleri arasında değiştiğini belirtmiştir. Zhang ve diğ. (2003) ise Çin'deki Bohai havzası doğu kenarındaki $K10^0D$ doğrultulu sağ yanal atımlı Tan-Lu fayı boyunca açılmanın K-G ile $K70^0B$ yönleri arasında olduğunu belirtmiştir. Belirtilen bu faylarda hesaplanan gerilme analizleri doğrultu atımlı ana fayın doğrultusuna göre değişmekte olup Geyve-Pamukova havzasını güney kenarından denetleyen Sarıgazi fayının bölgedeki kinematik davranışı daha çok San Jacinto Fayı'na benzer.

6.3 Mekece Fayı ve Yapısal Özellikleri

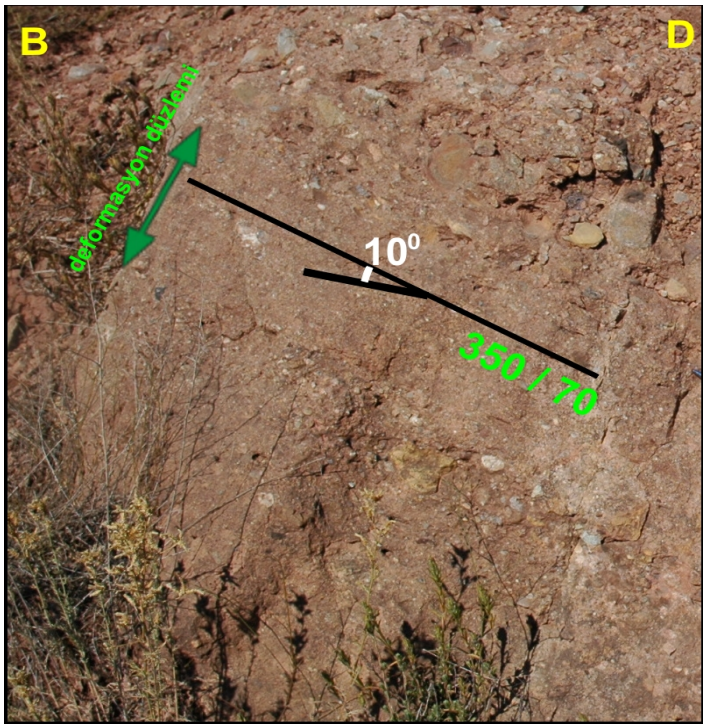
Mekece fayı Mekece-Çerkeşli arasında, Sakarya Zonu'na ait temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasında sınır oluşturur. Fayın hareket vektörüne ilişkin veri sadece bir noktada ve ikincil segment üzerinde tespit edilmiştir. Buna göre Mekece fayı, sağ yanal atım baskın şekilde ve 20^0- 35^0'lik kayma açısı (rake) ile hareket etmiştir (Şekil 6.28).



Şekil 6.28 : Mekece batısında Sakarya Zonu temel kayaçları içinde, Mekece fayı ile birlikte gelişen ikincil fay segmenti üzerinde ölçülen sağ yanal atıma uygun fay düzlemi, fay çiziği, fay breşinin görünümü.

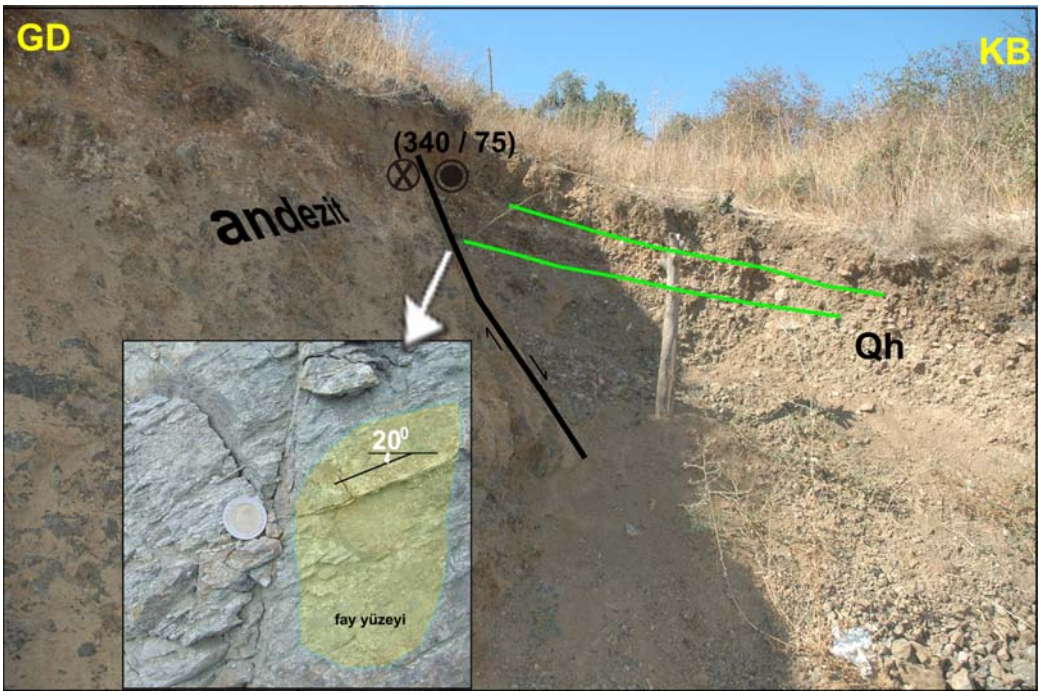
6.4 Dırazali Fayı ve Yapısal Özellikleri

Dırazali fayı boyunca özellikle Hocaköy formasyonu içinde ve bu birimin temel kayaçları ile arasındaki dokanakta gelişen yapısal unsurlar, Dırazali-Müşküre (Demirışık) arasında İznik formasyonu içinde ve bu birimin temel kayaçları ile olan dokanağında görülür. Bu anlamda Çerkeşli güneybatısında ana fayın 200 m güneyinde temel kayaçları içinde gelişen sağ yanal atımlı basit makaslama deformasyonu belirgindir (Şekil 6.29). Buna göre içinde fazla oranda ve minimum 4 cm tane çapına sahip kayaç taneleri içeren kumtaşında deformasyon zonu boyunca bu taneler belirginliğini kaybetmiştir.



Şekil 6.29 : Çerkeşli güneybatısında Dırazali fayı boyunca gelişen basit makaslamalı (simple-shear) deformasyon düzlemi ve düzlemin hareket vektörünün görünümü.

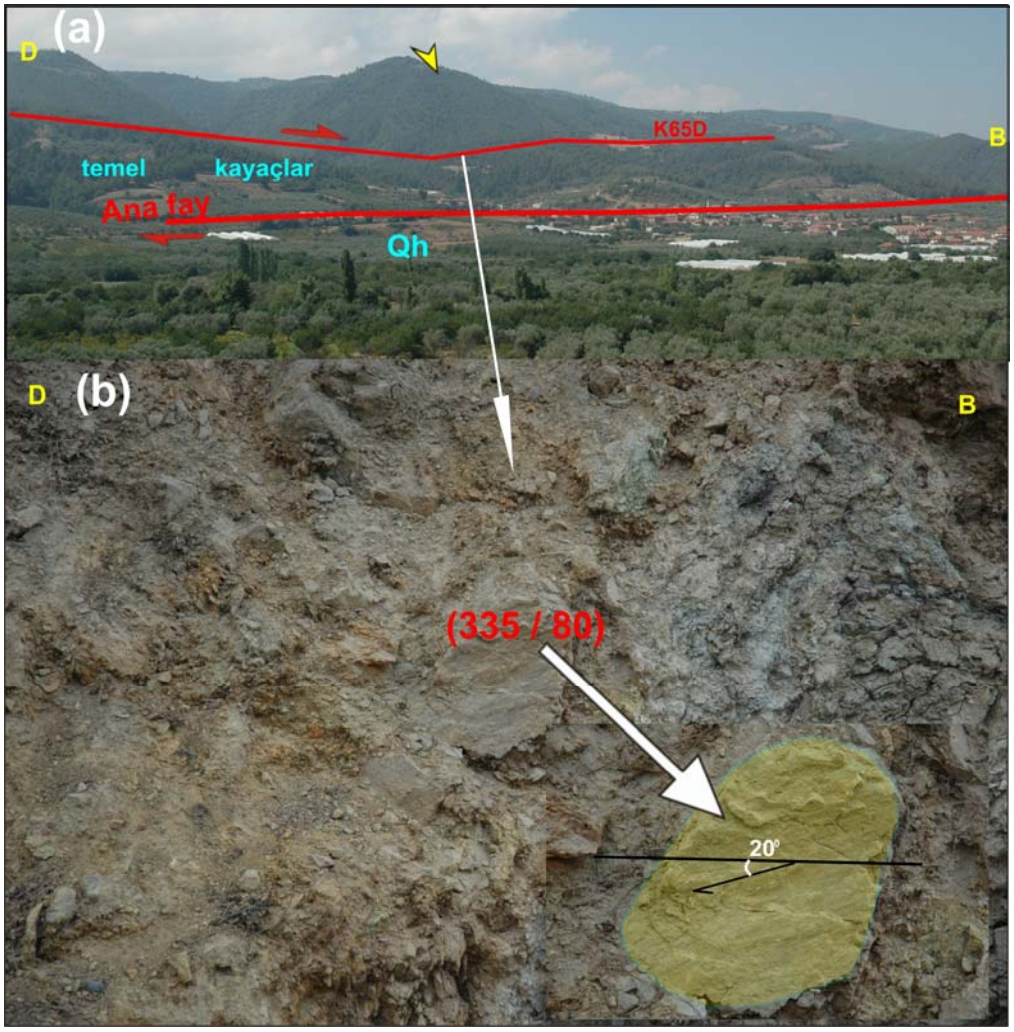
Güney temel kayaçları içinde izlenen bu deformasyon zonunu; K80^{0}D doğrultulu ana fay (Y) ve bunun üzerindeki 10^0 sapma (rake) açısına sahip hareket vektörünün konumu tanımlar. Çerkeşli batısında Sarısu volkanitlerine ait andezitler ile Hocaköy formasyonu arası da faylıdır (Şekil 6.30).



Şekil 6.30 : Çerkeşli batısında Hocaköy formasyonunun sağ yanal atım baskın fay (Dırazali fayı) denetimli gelişiminin ve fay yüzeyindeki hareket vektörünün görünümü.

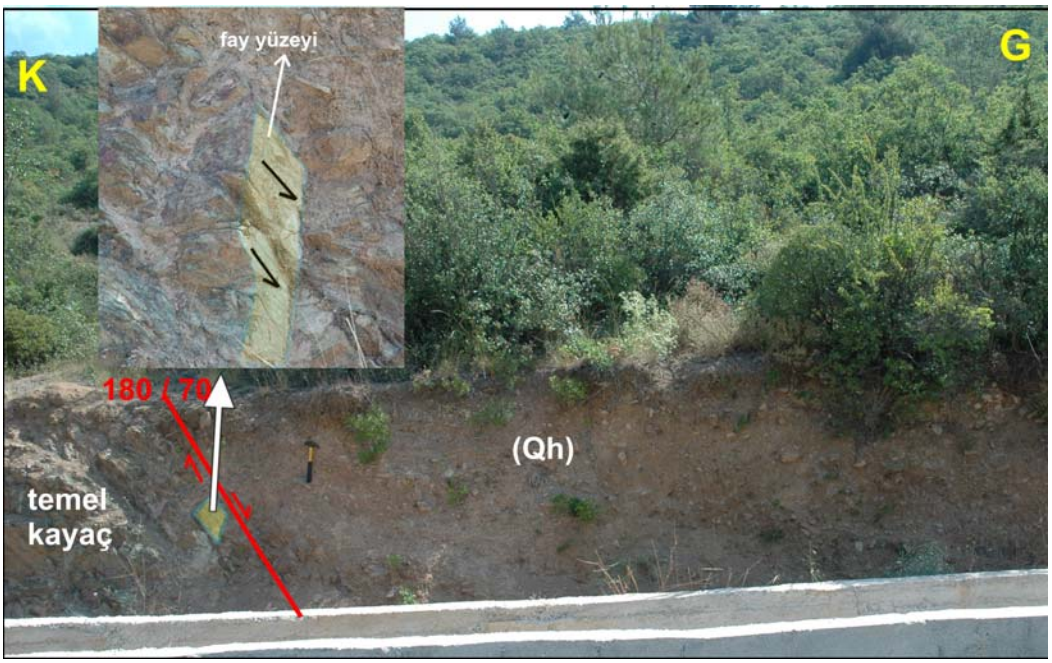
İnceleme alanında genelde yatay tabakalanmalı izlenen Hocaköy formasyonu bu fay ile deforme edilmesi sonucu 15^0 kuzeye eğim kazanmıştır.

Dırazali fayı boyunca özellikle güney blok içinde ikincil segmentler üzerinde de sağ yanal atımlı deformasyon yapıları izlenir (Şekil 6.31).



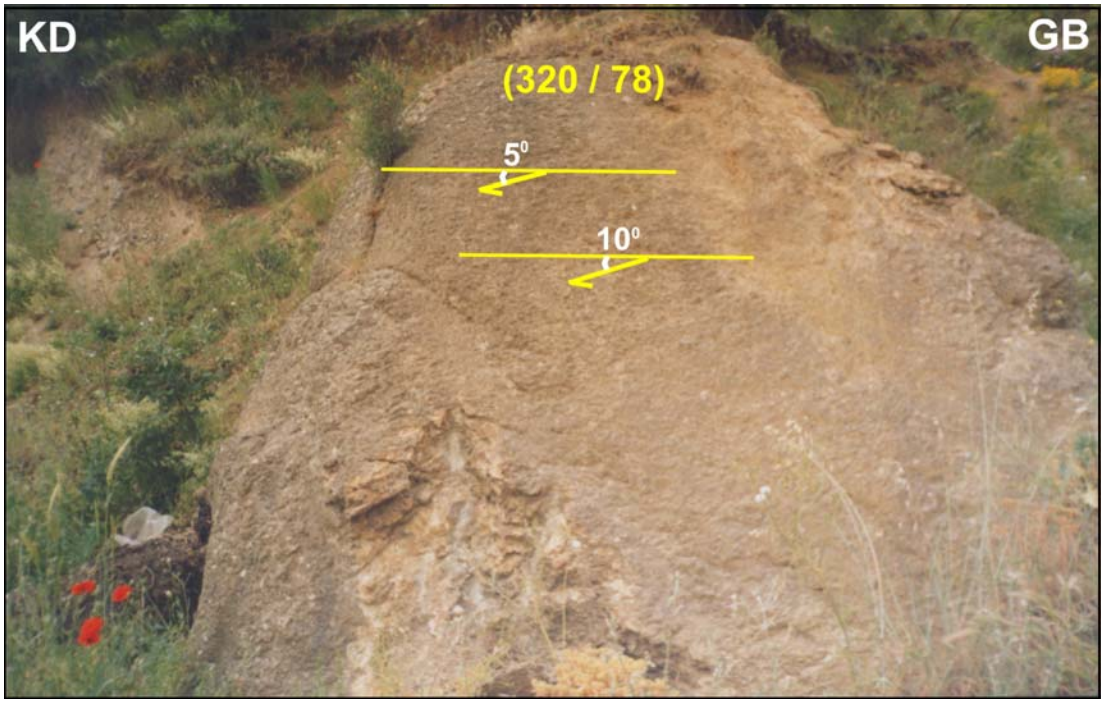
Şekil 6.31 : Dırazali fayı boyunca: (a) Hocaköy güneyindeki basamaklı morfoloji ile temel kayaçları içindeki sarı üçgen ile işaretli yüzeyin görünümü, (b) bu yüzeyin doğu kenarında izlenen fay düzlemi ve fay çiziğinin görünümü.

Dırazali fayı, bölgenin güney kenarını sınırlayan ana fay (Y) niteliğinde olup bu fayın Mekece-İznik koridorunda oluşturduğu deformasyonun en geniş yerini kuzeyde Karadin güneyde Kaynarca arası oluşturur. Bu alandaki deformasyon görüntüsü, sağ yanal atımlı basit makaslama (simple-shear) sistemi ile ilişkili oluşan fayların koridor alanın kuzeyine kadar dağılması ile oluşmuştur. Karadin Köyü batısında izlenen normal fay düzlemi de kuzeyde gelişen Hocaköy formasyonunu sınırlar nitelikte ve güneye eğimlidir (Şekil 6.32).



Şekil 6.32 : Karadin batısında Armutlu-Ovacık Zonu temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasında safa yakın normal fay düzleminin görünümü.

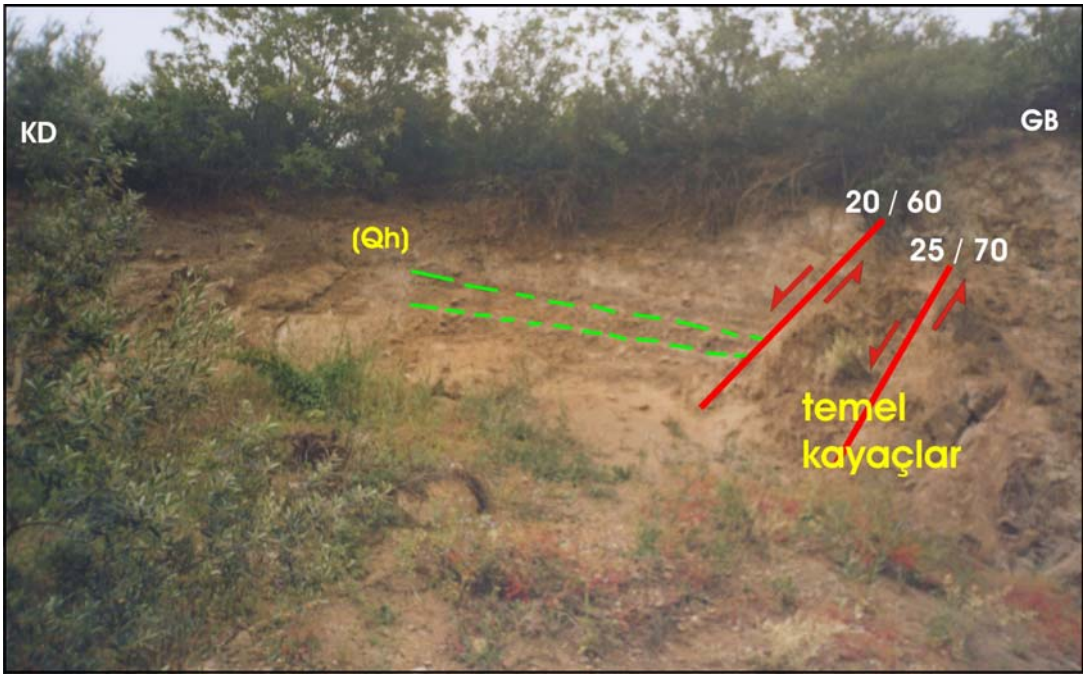
Dırazali fayı boyunca bir diğer deformasyon verisi de Dırazali batısındadır. Güney temel kayaçlarından kireçtaşları içinde gelişmiş olan bu yapısal unsur, Hocaköy formasyonu ile temel kayaçların dokanağına yakındır. (Şekil 6.33).



Şekil 6.33 : Dırazali güneyinde sağ yanal atımlı faylanma ile uyumlu fay aynası ve üzerinde gelişen lif şekilli hareket vektörlerinin görünümü.

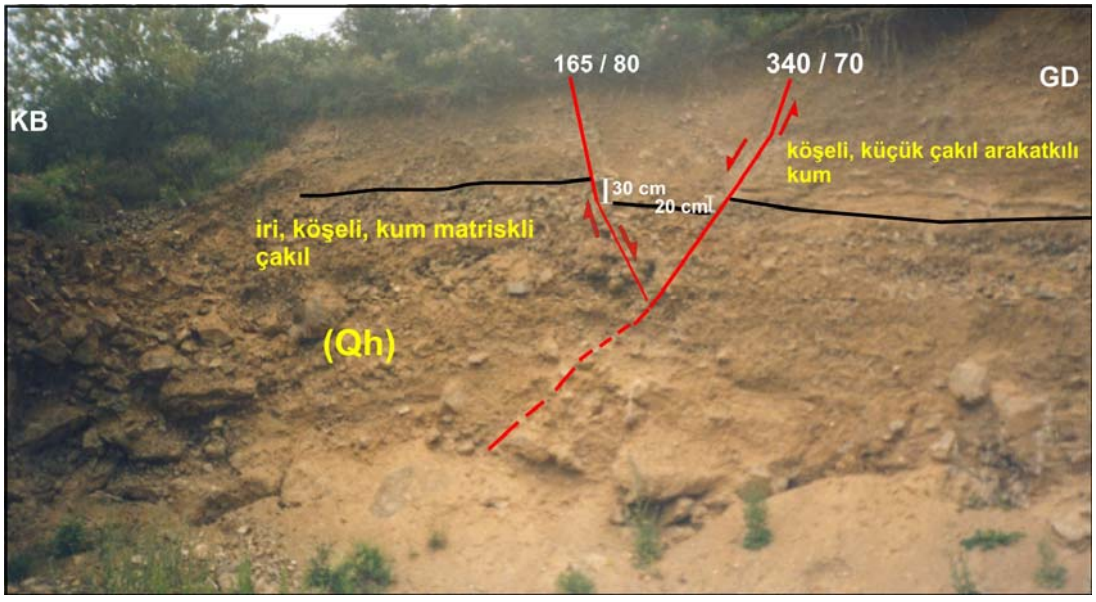
Yukarıdaki lokalitenin 100 m doğusunda ise Hocaköy formasyonu ile temel kayaçlar arasındaki dokanak Dırazali fayı ile sınırlanır. Bölgenin genelinde kuzeye eğimli

olan Hocaköy formasyonu bu alanda faya doğru güneye 20^0 ile eğimlenmiştir (back-tilt) (Şekil 6.34).



Şekil 6.34 : Dırazali doğusunda Hocaköy formasyonunun fay denetimli gelişiminin görünümü.

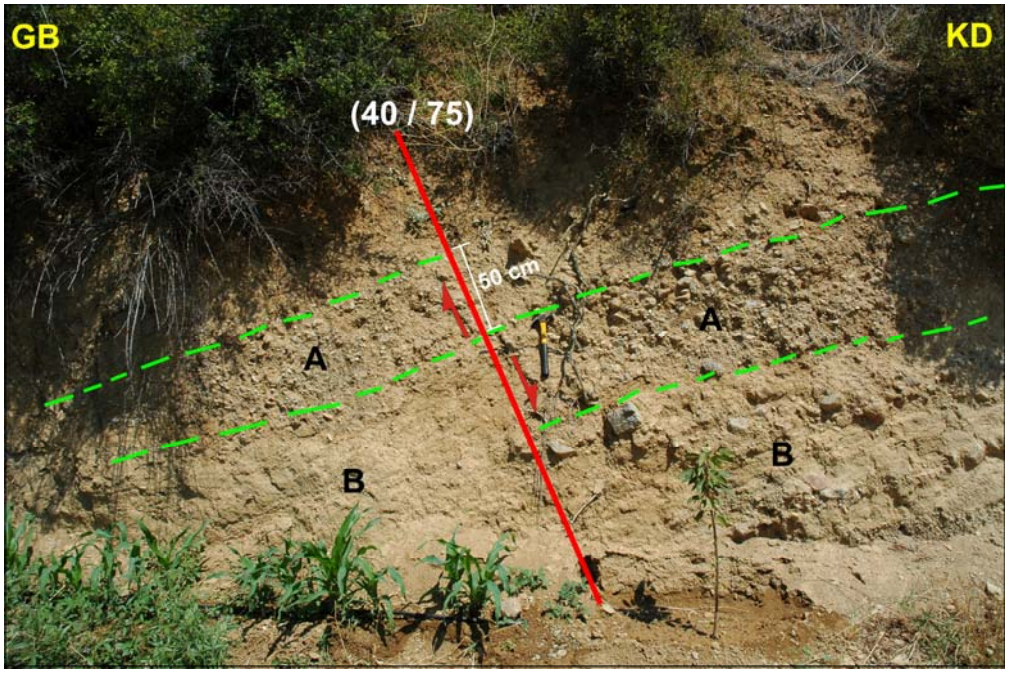
Koridor bölgesinin özellikle güney kenarına yakın alanda Hocaköy formasyonunu kesen faylar da bulunmaktadır (Şekil 6.35).



Şekil 6.35 : Dırazali batısında Hocaköy formasyonunu kesen fayların görünümü.

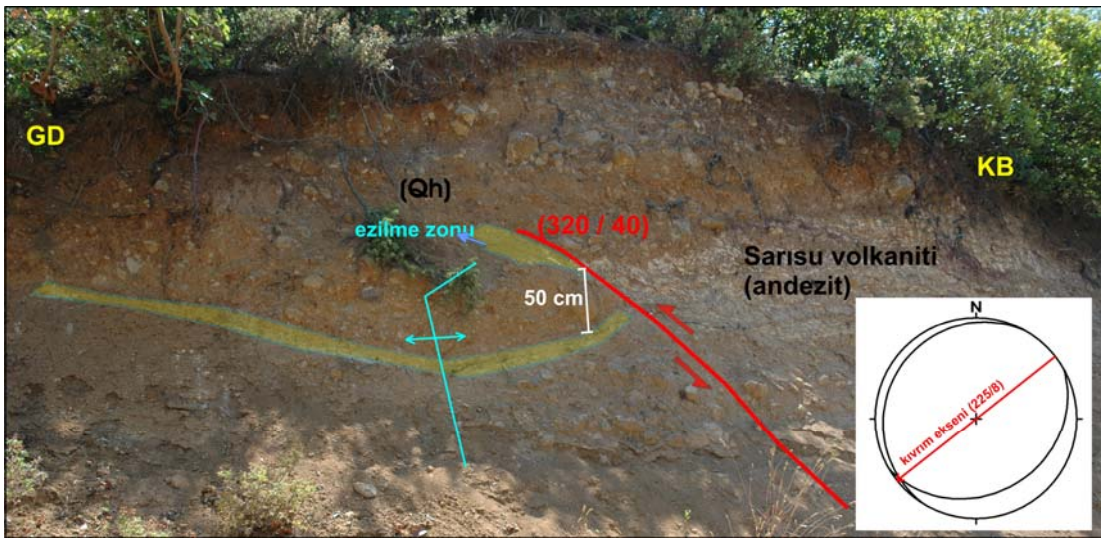
Yukarıda izlenen faylar, Dırazali fayına (ana fay) göre sintetik (340^0 / 70^0) ve antitetik (165^0 / 80^0) özelliklidirler. Sintetik fay düzlemi üzerinde 20 cm, antitetik fay düzlemi üzerinde ise 30 cm düşey atım belirlenmiştir. Dırazali fayı boyunca

Hocaköy formasyonunu kesen faylardan biri de Çamdibi Köyü'nün güneyinde de izlenir (Şekil 6.36). Bu faydaki düşey atım miktarı ise 50 cm'dir.



Şekil 6.36 : Çamdibi güneyinde Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü.

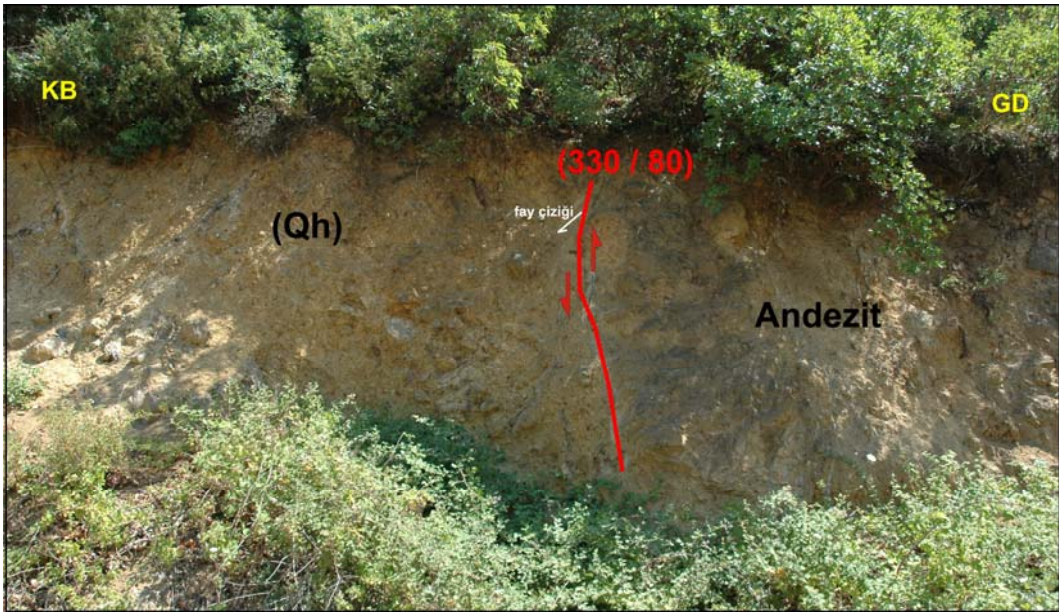
Hocaköy güneyinde Hocaköy formasyonu ile andezitler arası ters fay ile kesilmiş olup ezilme zonu ile birlikte 50 cm düşey atım oluşmuştur (Şekil 6.37).



Şekil 6.37 : Hocaköy güneyinde andezitler ile Hocaköy formasyonu arasındaki ters fay ile birlikte taban bloktaki kıvrımlanma ile düzlemi ile birlikte kıvrım eksen çizgisinin alt yarıküredeki konumu.

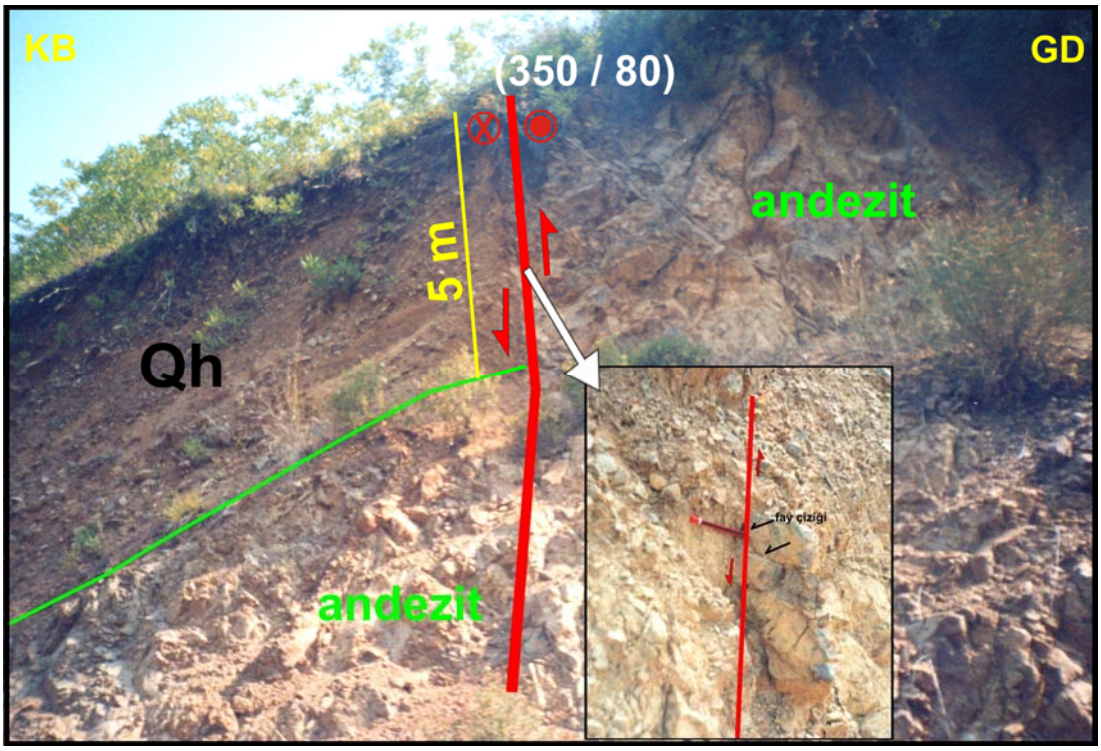
Fay düzleminin taban blokunda, Hocaköy formasyonunun tabakalanmasının konumu bozulmuş ve ters faylanma ile birlikte senklinal türünde yaklaşık simetrik bir kıvrım

oluşmuştur. Göllüce batısında Hocaköy formasyonunun Dırazali fayı ile denetlendiği görülür (Şekil 6.38).



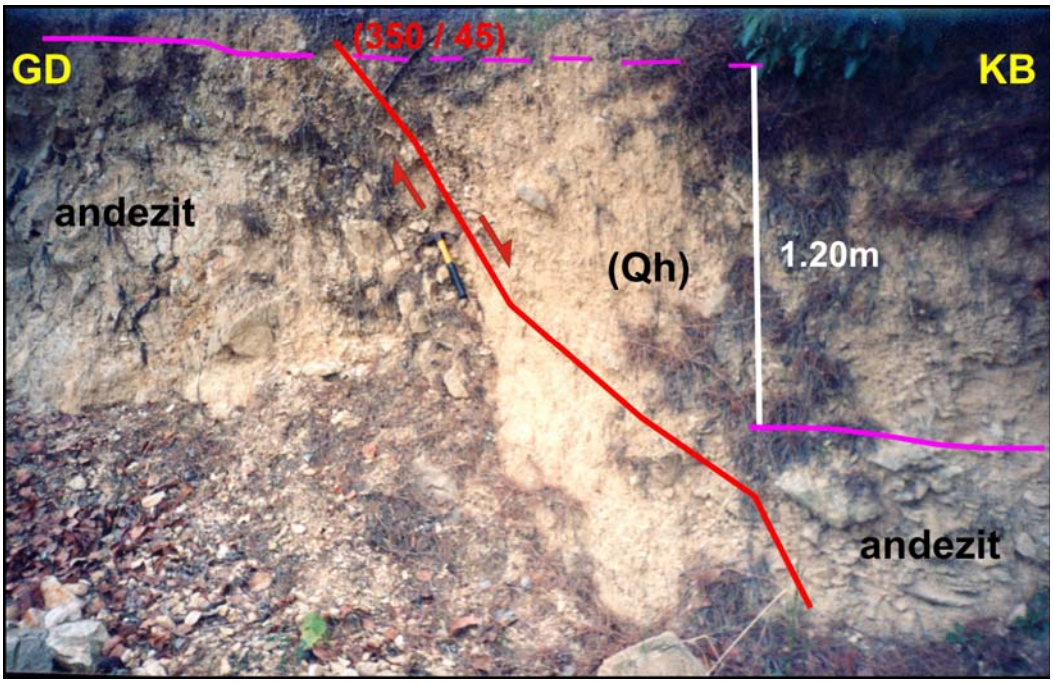
Şekil 6.38 : Göllüce batısında Sarısu volkanitlerinin andezitleri ile Hocaköy formasyonu arasındaki sağ yanal atıma uygun faylı dokanak ile birlikte fay düzlemi ve çiziklerinin görünümü.

Göllüce güneyinde doğu-batı olarak yaklaşık 200 m'lik kesimde Dırazali fayı, andezitler ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanağı belirler. (Şekil 6.39).



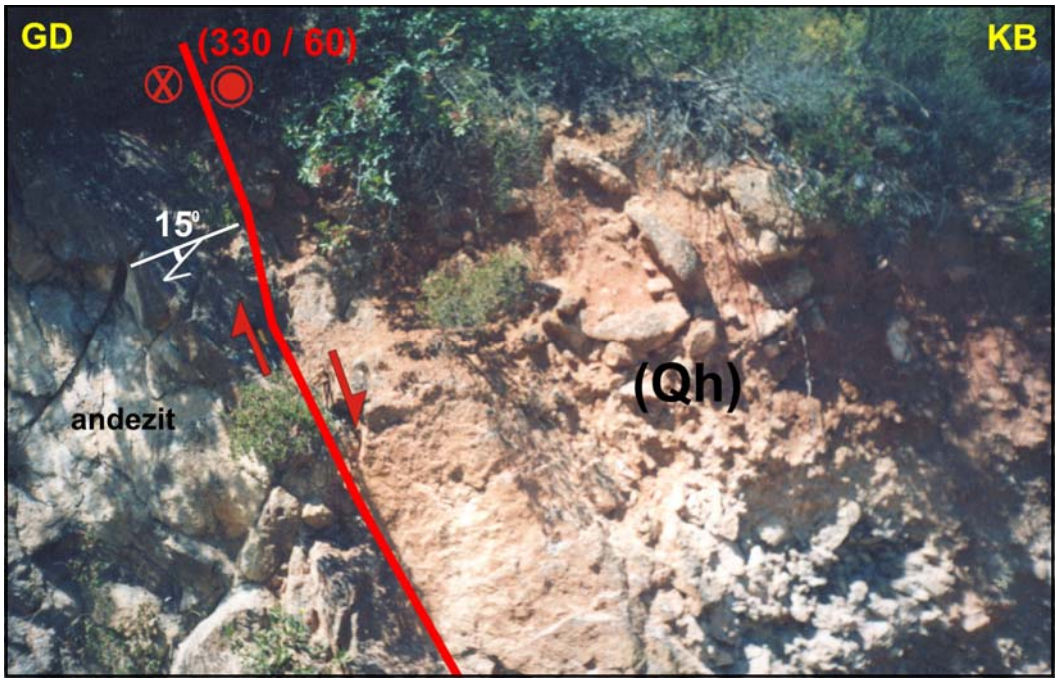
Şekil 6.39 : Göllüce güneyinde Sarısu volkaniti (andezit) ile Hocaköy formasyonu arasındaki sağ yanal atıma uygun faylı dokanak ile birlikte fay düzlemi ve fay çiziklerinin görünümü.

Şekil 6.39'daki lokalitede en az 5 m ile inceleme alanının en büyük düşey atım değeri belirlenmiştir. Aydınlar kuzeyindeki fay ise andezitlerde 1.20 m düşey atım oluşturmuş ve Hocaköy formasyonunu denetlemiştir (Şekil 6.40).



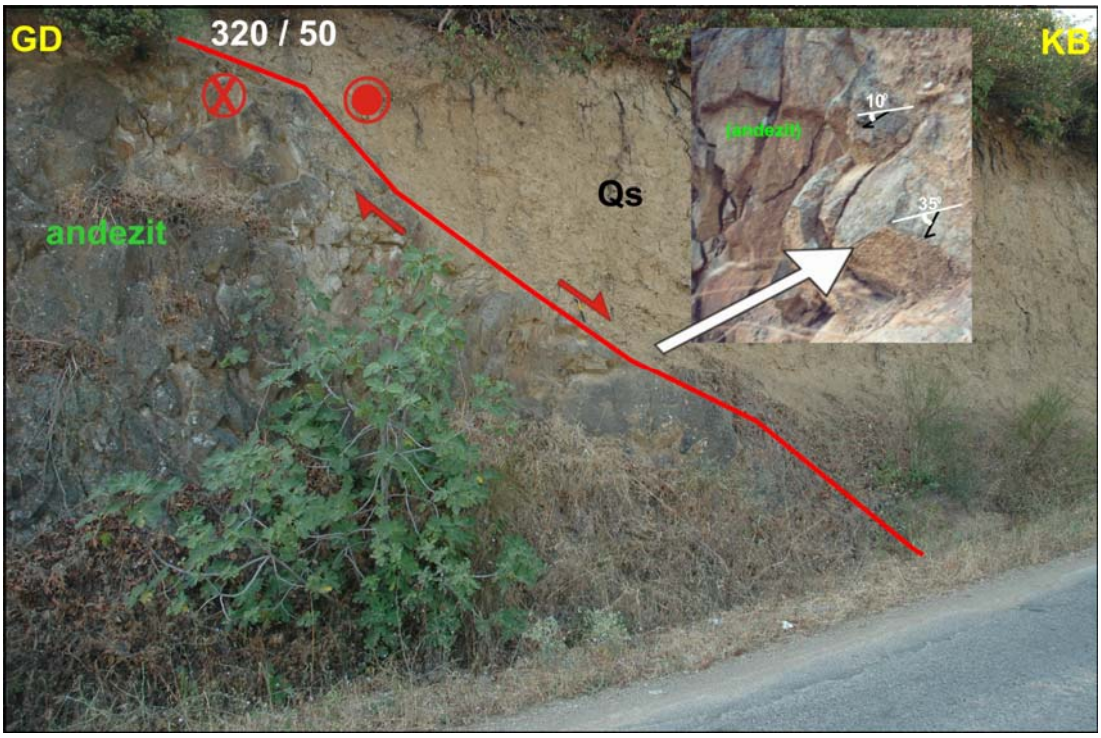
Şekil 6.40 : Aydınlar'da Hocaköy formasyonunun fay denetimli görünümü.

Sarısu volkanitleri ile Hocaköy formasyonunun arasındaki sınırın sağ yanal atımlı faya uygun veri içerdiği bir başka yer ise Aydınlar'ın batısıdır (Şekil 6.41).



Şekil 6.41 : Aydınlar batısında andezitler ile Hocaköy formasyonu arasındaki dokanakta sağ yanal atımlı faylanma ve fay çiziklerinin görünümü.

Dırazali fayı boyunca Solöz formasyonunun fay denetimli geliştiğine dair yer ise Göllüce Köyü doğusundadır (Şekil 6.42). Bu lokasyondaki fay çiziklerinin kayma açısı 10^0 ile 35^0 arasında olup sağ yanal oblik atıma uygundur.

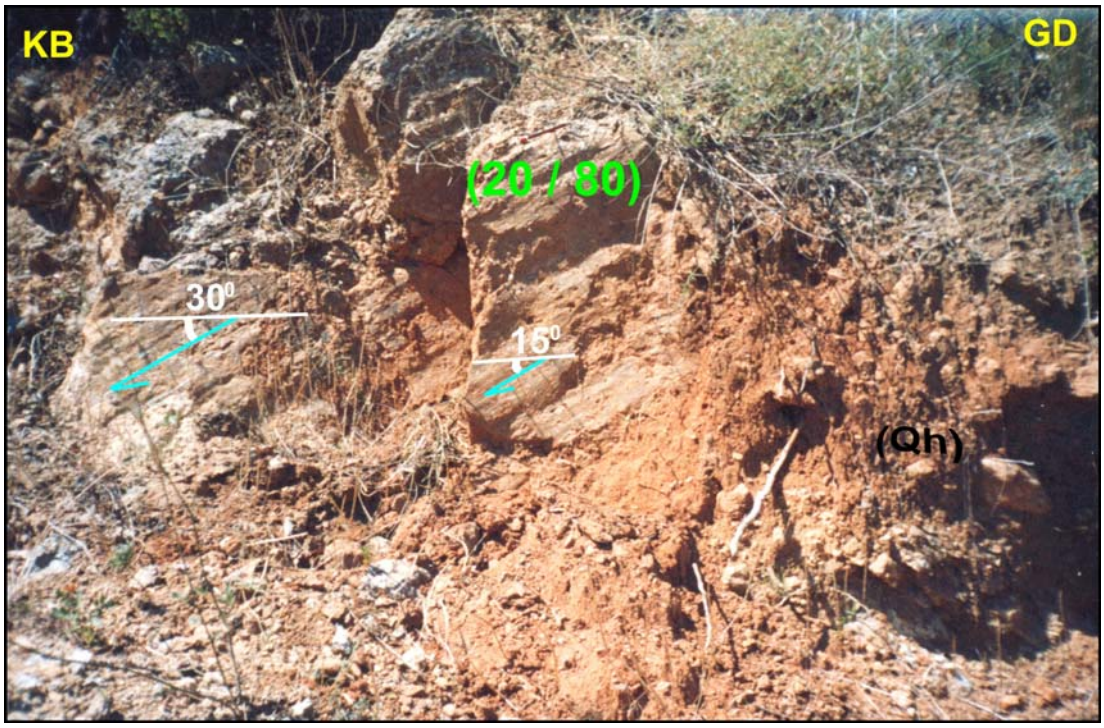


Şekil 6.42 : Göllüce doğusunda Sarısu volkanitlerine ait andezitler ile Solöz formasyonu arasındaki sağ yanal atım hakim oblik normal faylanmanın görünümü ile birlikte fay düzlemi ve çiziklerinin görünümü.

Mekece-İznik koridorunda ve İznik havzasının doğu kesiminde hem morfoloji hemde stratigrafide izlenen deformasyon elemanlarının bütünü sağ yanal atımlı faylanma ile ilişkilidir. Bölgedeki bu yapısal elemanlar koridor ve havzanın güney kenarını izleyen Dırazali ana fayının aktivitesi etkisi ile oluşurken, koridorun kuzeyinde ise ikincil ve D-B devamı olmayan faylar deformasyon oluşturur. Kaynarca-Karadin arasında deformasyon zonunun K-G genişliği yaklaşık 2.5 km iken, İznik havzasının doğu kesiminde aynı yönlü genişlik yaklaşık 12 km'dir.

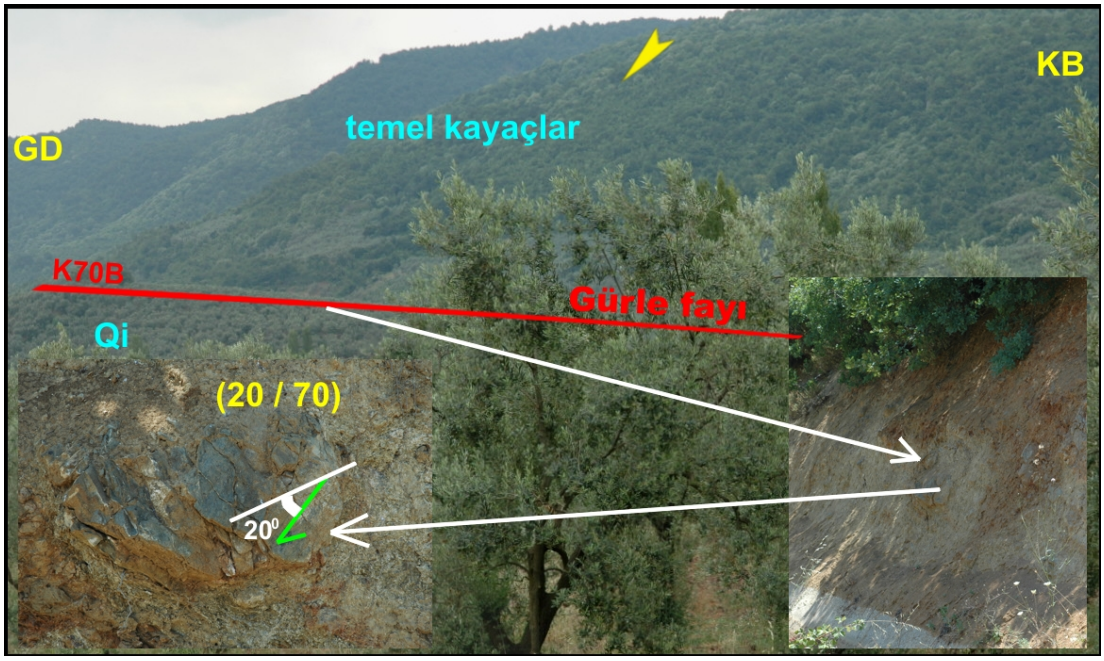
6.5 Gürle Fayı ve Yapısal özellikleri

Gürle fayı, Müşküre (Demirışık)-Karsak arasında temel birimleri ile İznik veya Hocaköy formasyonları arasındaki sınırı izler. Fayın oluşturduğu deformasyon, güney blok içinde ikincil ve D-B devamı olmayan segmentler şeklindedir. (Şekil 6.43).



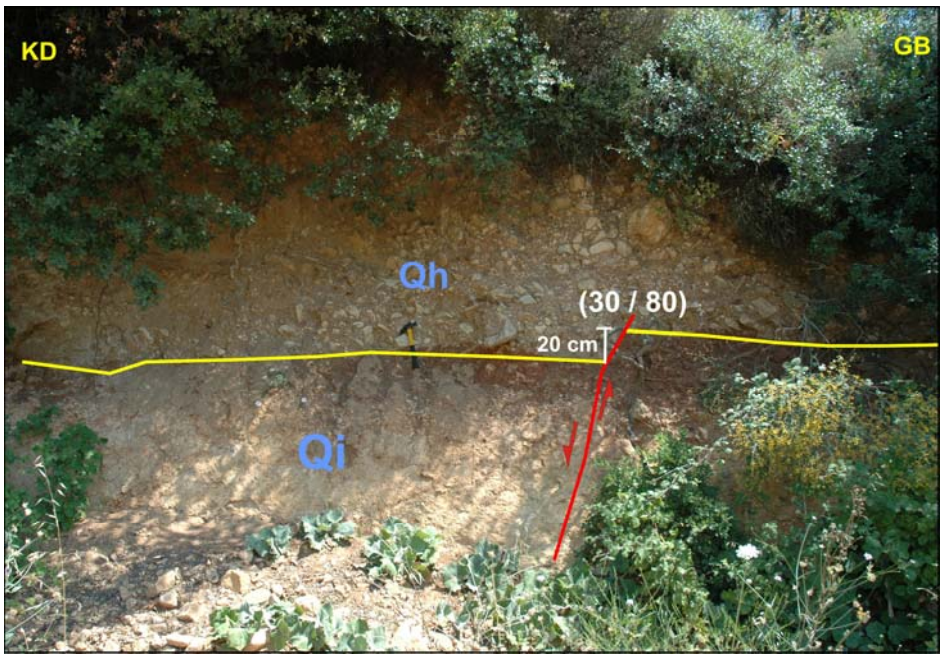
Şekil 6.43 : Müşküre batısında güney temel birimler (kireçtaşı) ile Hocaköy formasyonu arasında sağ yanal atımın hakim olduğu fay aynası ve fay çiziklerinin görünümü.

Güney blokun temel kayaçları ile İznik formasyonu arasındaki sınır da sağ yanal atım baskın faylanma ile belirlenir (Şekil 6.44).



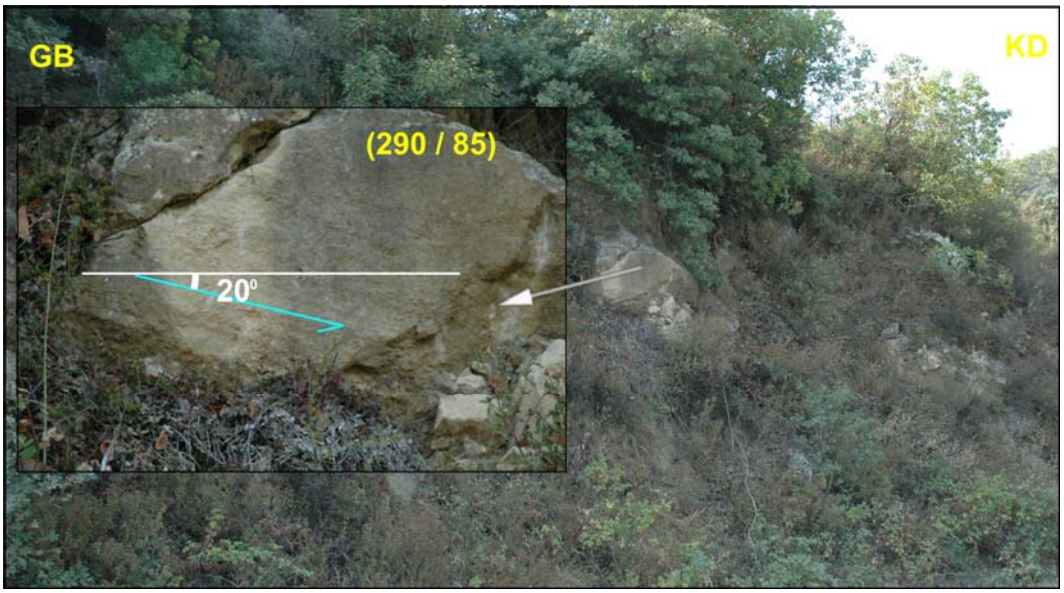
Şekil 6.44 : Heceler güneyinde güney temel kayaçları ile İznik formasyonu arasındaki sınırda Gürle fayının gidişi ve sarı üçgen ile işaretli bir üçgen yüzeyde gelişen fay aynası ile birlikte çiziklerin görünümü.

Gürle fayı boyunca hem İznik hem de Hocaköy formasyonlarını kesen faylardan birinde 20 cm düşey atım oluşmuştur (Şekil 6.45).



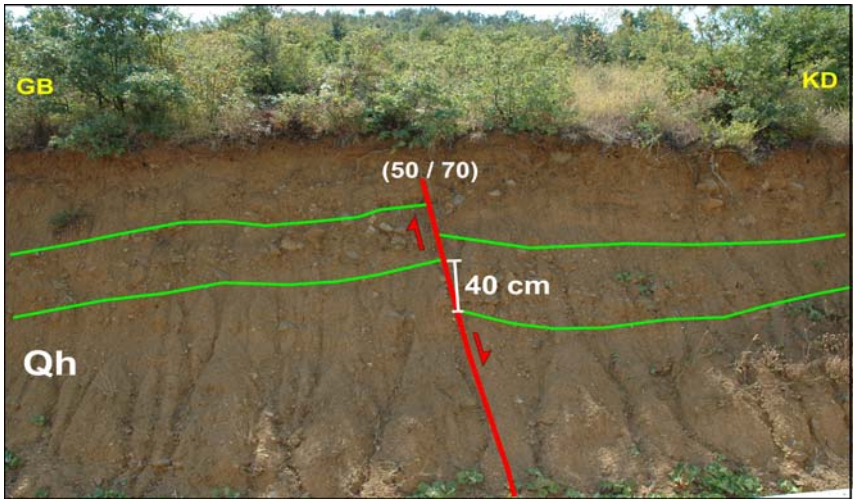
Şekil 6.45 : Narlıca güneyinde İznik formasyonunu kesen Hocaköy formasyonu ile eş yaşlı bir fayın görünümü.

Gürle fayı boyunca Müşküre batısında ise temel kayaçları içinde sol yanal atım baskın fay aynası ve lif şekilli fay çizikleri izlenmiştir (Şekil 6.46). Müşküre batısında K80^{0}B doğrultulu Gürle fayı, ana fay (Y) niteliğinde olduğundan görülen sol yanal atım baskın bu fay ise teorik yamulma elipsoidinde antitetik makaslama fayına (X) karşılık gelir (bkz Şekil 5.18).



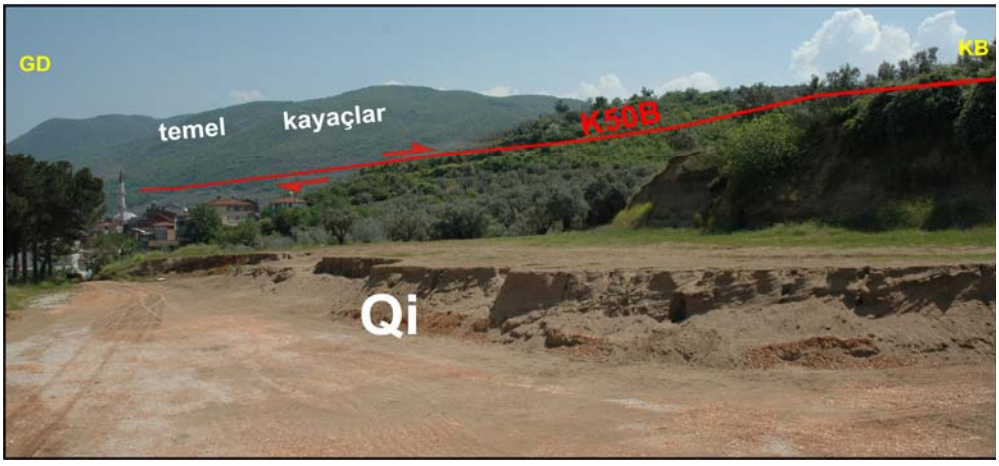
Şekil 6.46 : Müşküre batısında K20^{0}D doğrultulu sol yanal atımlı fay düzlemi ile birlikte çiziklerin görünümü.

Gürle fayı boyunca oluşan deformasyon Hocaköy formasyonunu kesen faylar ile de belirgindir (Şekil 6.47).



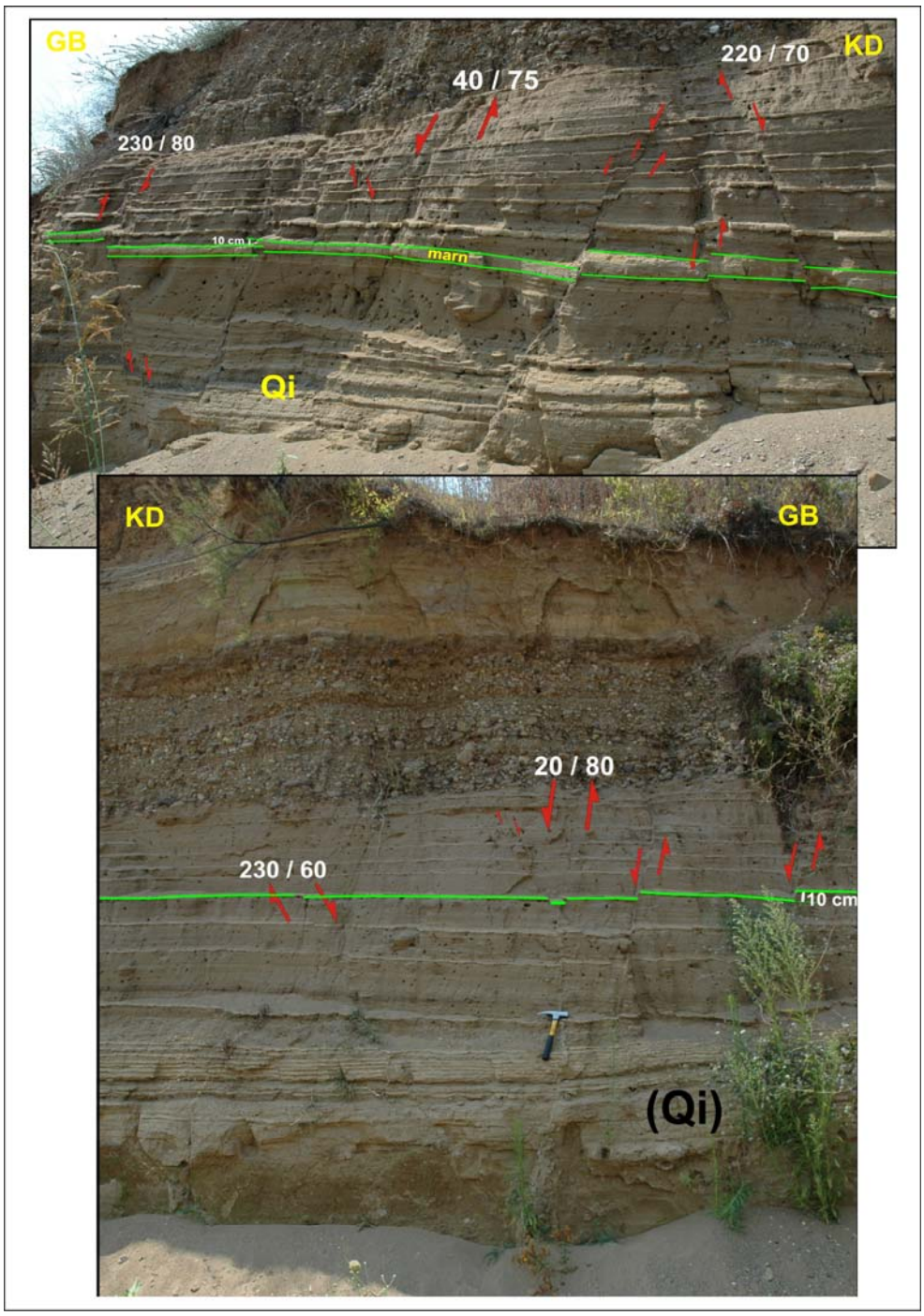
Şekil 6.47 : Narlıca batısında Hocaköy formasyonunu kesen bir fayın oluşturduğu 40 cm'lik düşey atım ve fayın alt yarıküredeki konumu.

İnceleme alanında temel kayaçları ile İznik formasyonu arasındaki sınırda Gürle fayının oluşturduğu deformasyon aynı zamanda İznik formasyonu içinde de bazı yapısal elemanların gelişmesini sağlamıştır. İznik formasyonunun İznik havzasında yüzeylediği en yüksek kot 140 m olup bu yer havza güney blokunda Solöz Köyü güneybatısındadır. Aynı zamanda bu lokalite, Mekece-İznik koridoru ile İznik havzası içinde en yoğun deformasyon verilerinin bir arada izlendiği bölgedir (Şekil 6.48). KAFSGK boyunca doğudan batıya doğru ana fayın (Y); K70^{0}D ve D-B doğrultudan, Müşküre-Akharem arasında K75^{0}B ve K40^{0}B'ya kadar dönmesi, aynı zamanda İznik havzasının da açılma tektoniğinde güney kenar faylarının nasıl etkin olduğunu açıklar.



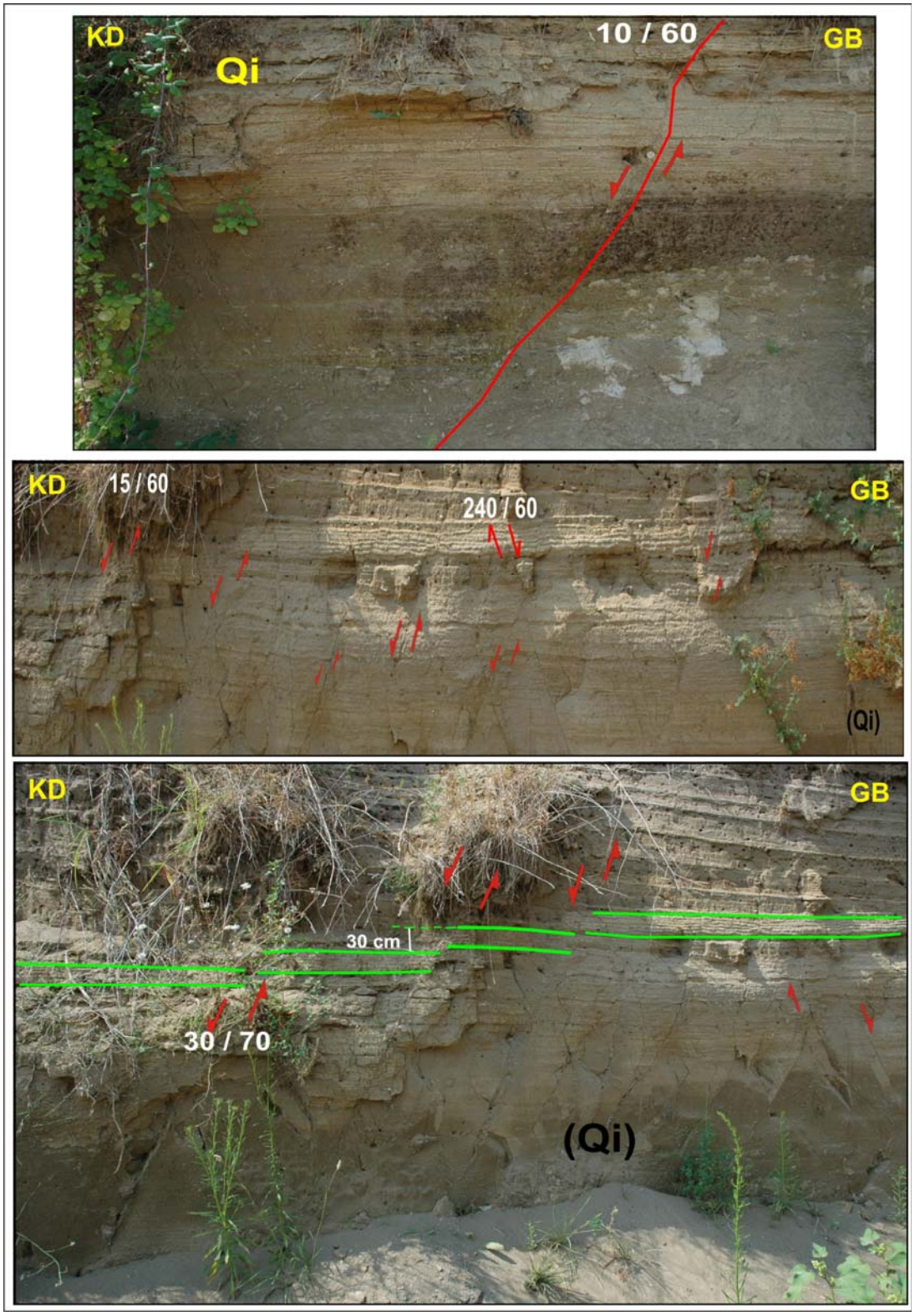
Şekil 6.48 : Solöz'de 140 m kotunda en yoğun yapısal verilerin izlendiği İznik formasyonu ve Gürle fayının görünümü.

Bu bölgede gelişen ve İznik formasyonunu kesen faylar değişik konumlarda ve konjuge şekilde olup farklı ölçeklerde atım oluşturmuştur. Bunun yanında üzerinde atım olmayan çatlaklar da (tensional fractures, joints) bulunur. Bu sistem içindeki fayların eğim açıları genelde yüzeye doğru düşerken, yine yüzeye doğru fayların çatallanma yoğunluğu da artar (Şekil 6.49).



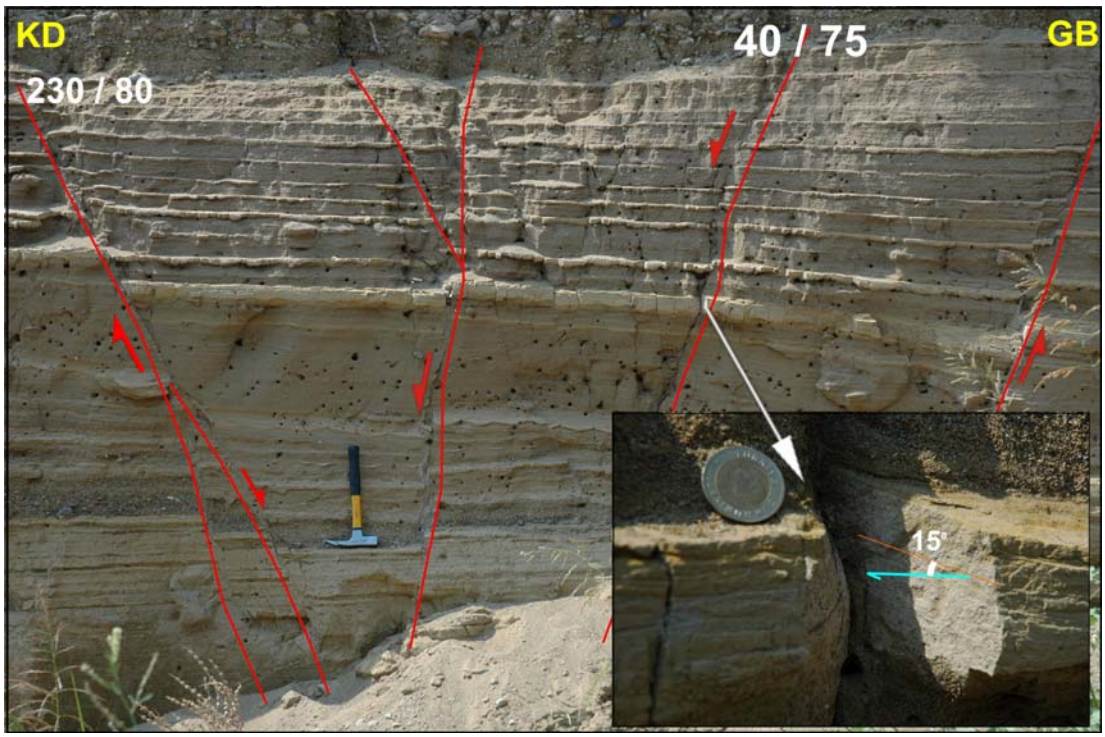
Şekil 6.49 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen konjuge faylar ile birlikte birim içinde gelişen çatlak düzlemlerinin görünümü (kırmızı oklar göreceli blok hareketlerini gösterir).

Bu alanda yüzeyleyen İznik formasyonu içinde görülen çatlak ve fay düzlemlerinin sayısı oldukça fazladır (Şekil 6.50).



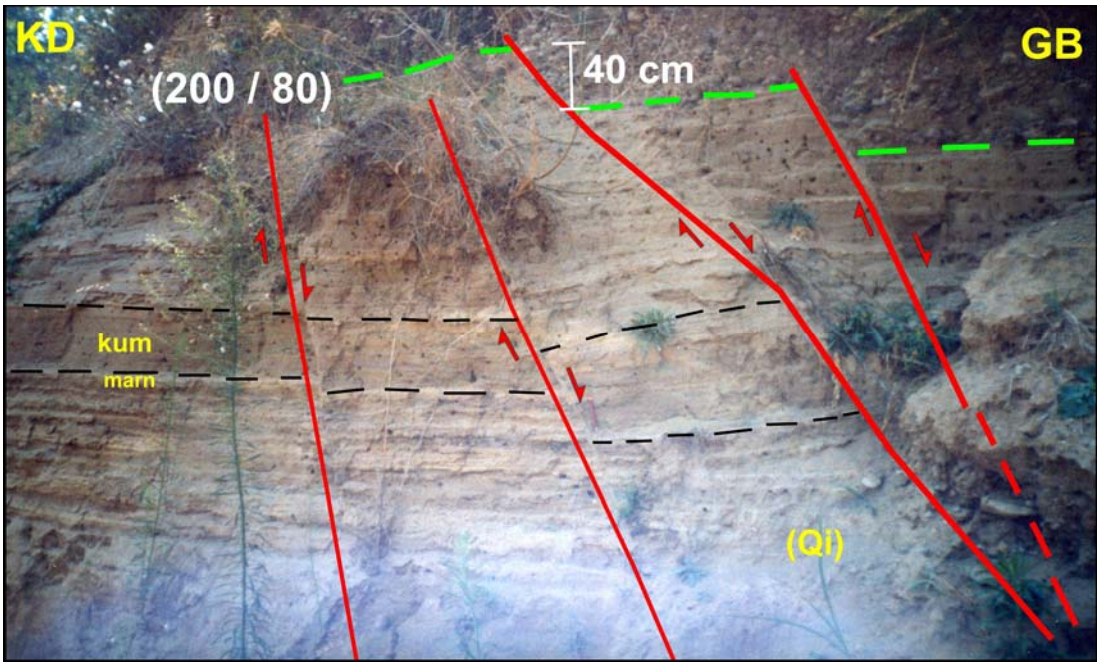
Şekil 6.50 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen konjuge faylar ile birlikte birimdeki çatlak düzlemlerinin görünümü.

Yukarıdaki fay düzlemlerinin bazılarının üzerinde sağ yanal atım fay çizikleri de görülmüştür (Şekil 6.51).



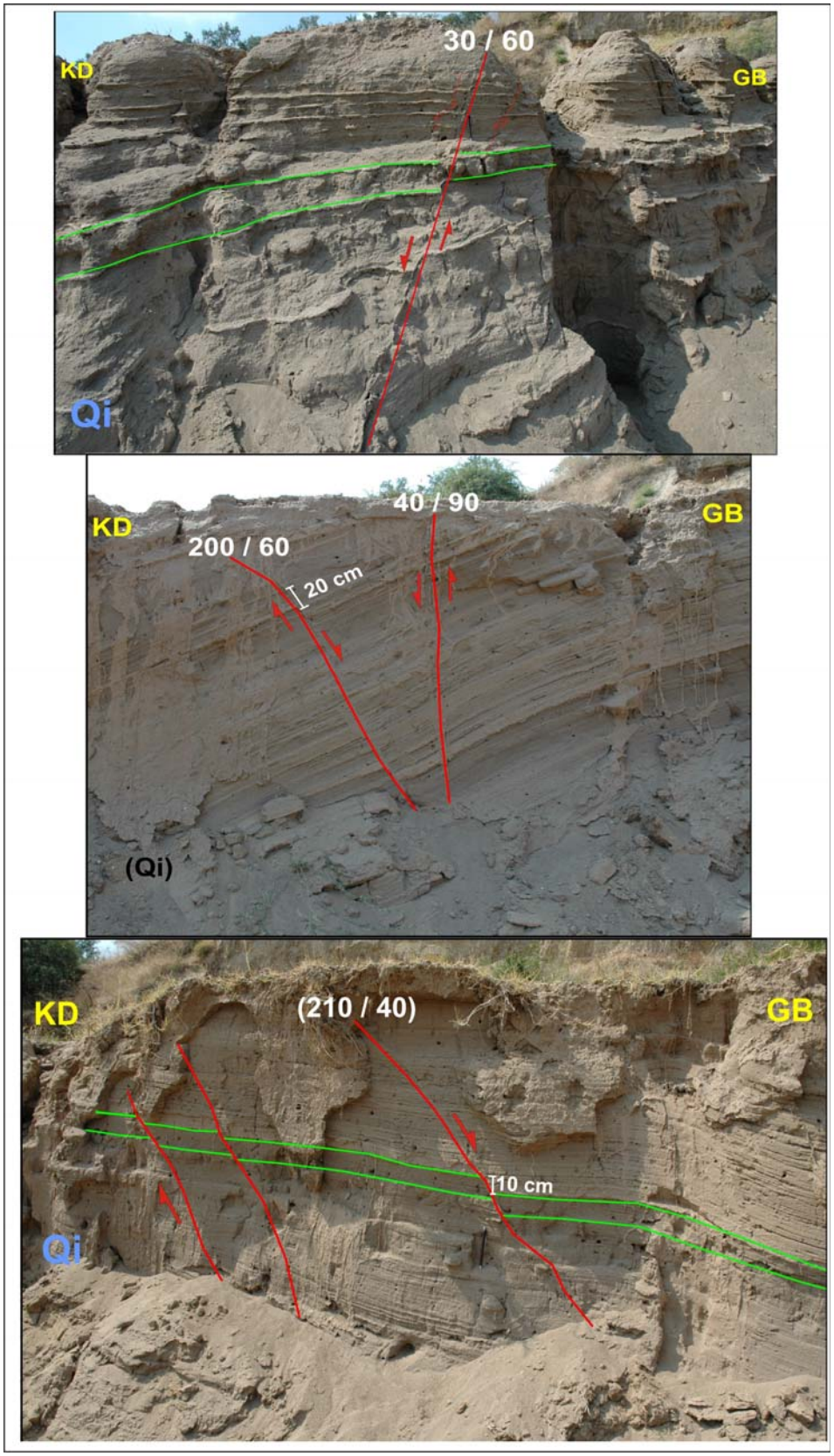
Şekil 6.51 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen fay düzlemlerinden biri üzerinde izlenen sağ yanal atım baskın fay düzlemi ve fay çiziğinin görünümü.

Bölgede farklı atıma sahip fay düzlemleri, yaklaşık 100 m yanal yönde izlenirken, bunların tamamı İznik formasyonunu keser ve denetler (Şekil 6.52).



Şekil 6.52 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunu kesen ve üzerinde farklı düşey atım miktarları içeren fay düzlemlerinin görünümü.

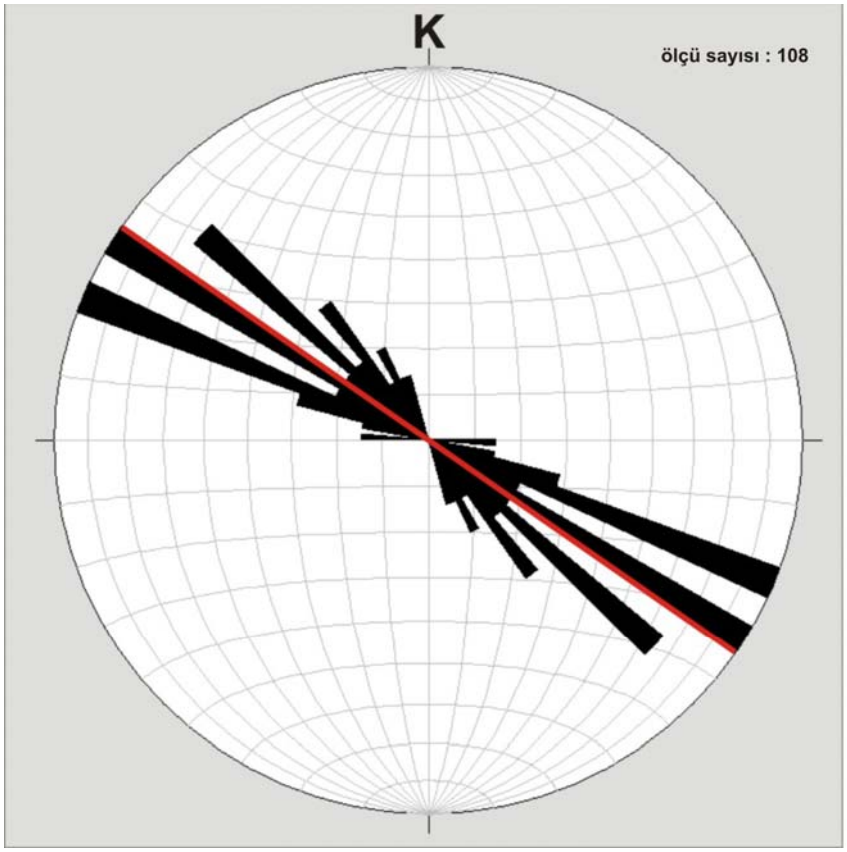
Bu alanın en doğusunda İznik formasyonunu farklı düşey atımlarda kesen fay düzlemlerine sıkça rastlamak mümkündür (Şekil 6.53).



Şekil 6.53 : İznik formasyonunu kesen faylar ve oluşturdukları düşey atım miktarlarının görünümü.

Gürle fayı boyunca yukarıdaki şekillerden anlaşılacağı üzere bölgedeki İznik formasyonunu kesen faylar genelde KB-GD doğrultulu, hem kuzeye hem de güneye eğimli, çapraz konjuge (cross-conjugate) şekilde olup yüksek eğim açılıdırlar. Bunun yanında bir lokalitedeki fay çiziği verisi, fayın sağ yanal atım hakim oblik normal fay olduğunu göstermiştir.

Bunun dışında yine yoğunlukla yukarıdaki alanda izlenen çatlakların doğrultuları gül diyagramına işlenmiş ve çatlakların ortalama doğrultusunun $K55^0B$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.54).



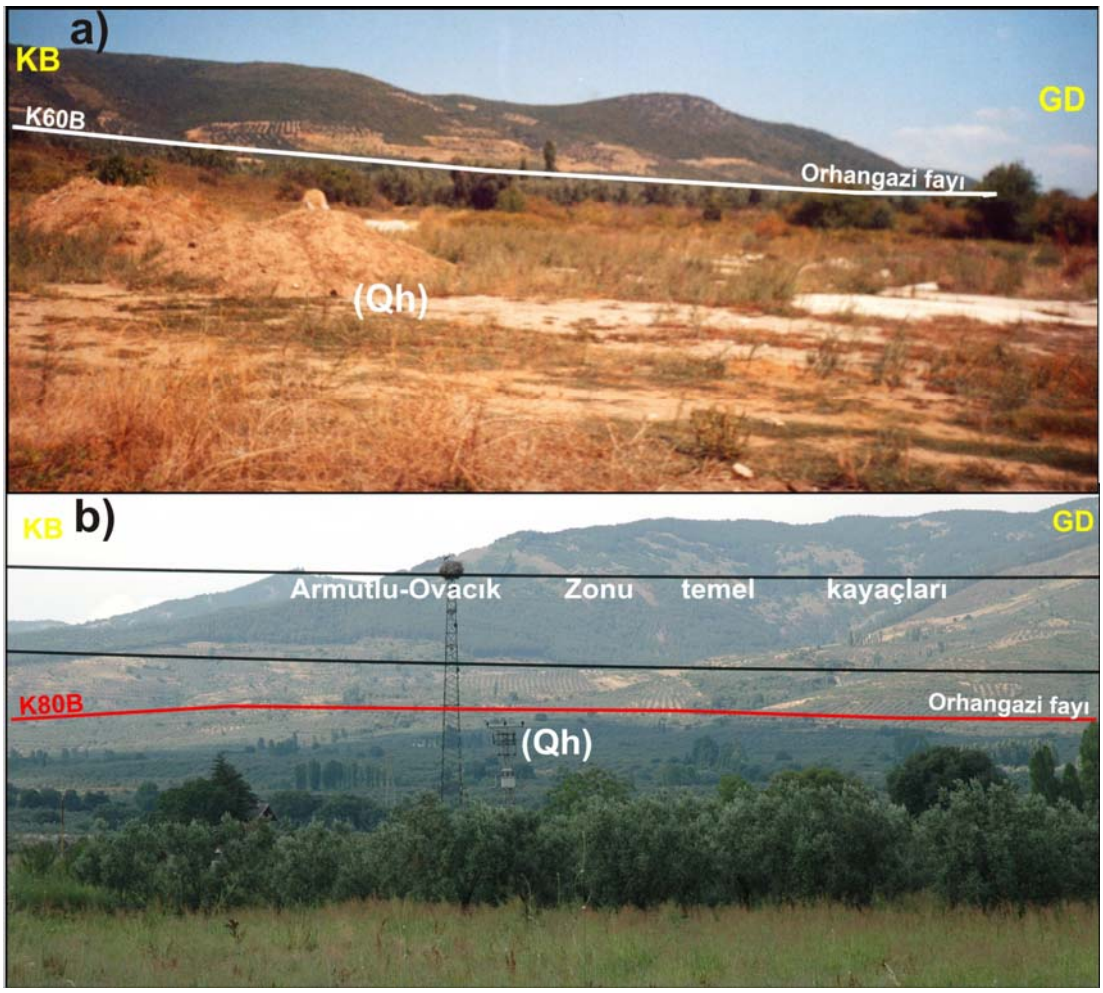
Şekil 6.54 : Solöz güneybatısında İznik formasyonunda izlenen çatlak düzlemlerinin doğrultuya göre gül diyagramı.

İznik formasyonu içinde gelişen bu çatlaklar genel olarak bölgedeki ana fay konumunda olan Gürle fayına paraleldir. Doğrultu-atımlı fay zonlarında gelişen çatlaklar fayın gevşeten büklüm (releasing bend) yaptığı alanlarda daha yoğun izlenir (bkz Şekil 5.18). Hancock ve Barka (1980) ise Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Çerkeş-Kurşunlu-Ilgaz havzasında Pontus formasyonundaki konjuge çatlakların doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili makaslama gerilmesi çatlakları (shear-extansion fractures) olduğunu belirtmiş ve doğrultu atımın gerilme bileşeni yönünün bu çatlak doğrultularına dik olduğunu belirtmiştir. Buna göre Gürle fayı boyunca oluşan

çatlakların doğrultularına göre oluşan sağ yanal atım kaynaklı gerilmenin (σ_3) K35^{0}D-G35^{0}B yönlü olduğu söylenebilir.

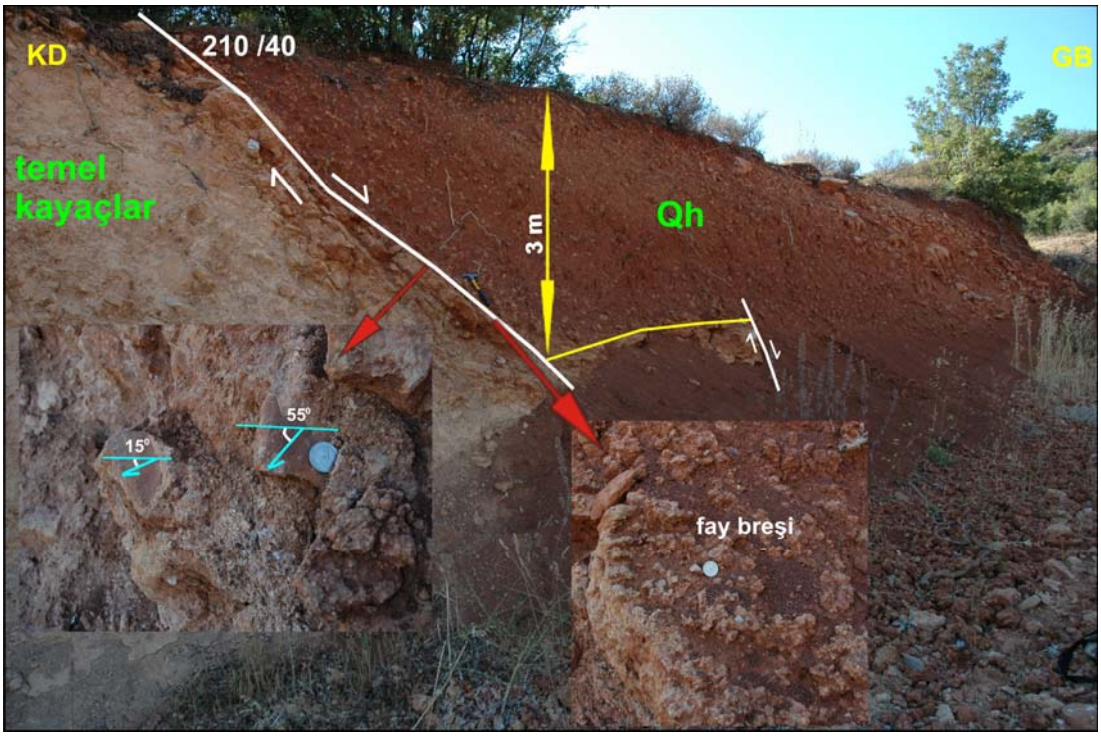
6.6 Orhangazi Fayı ve Yapısal özellikleri

Orhangazi fayı, İznik havzasının kuzey kenarında Keramet ile Yeniköy arasında hem İznik formasyonunu hem de Hocaköy formasyonunu sınırlar (Şekil 6.55). Ayrıca Hocaköy formasyonu içinde de birimi kesen bazı faylar bulunur.



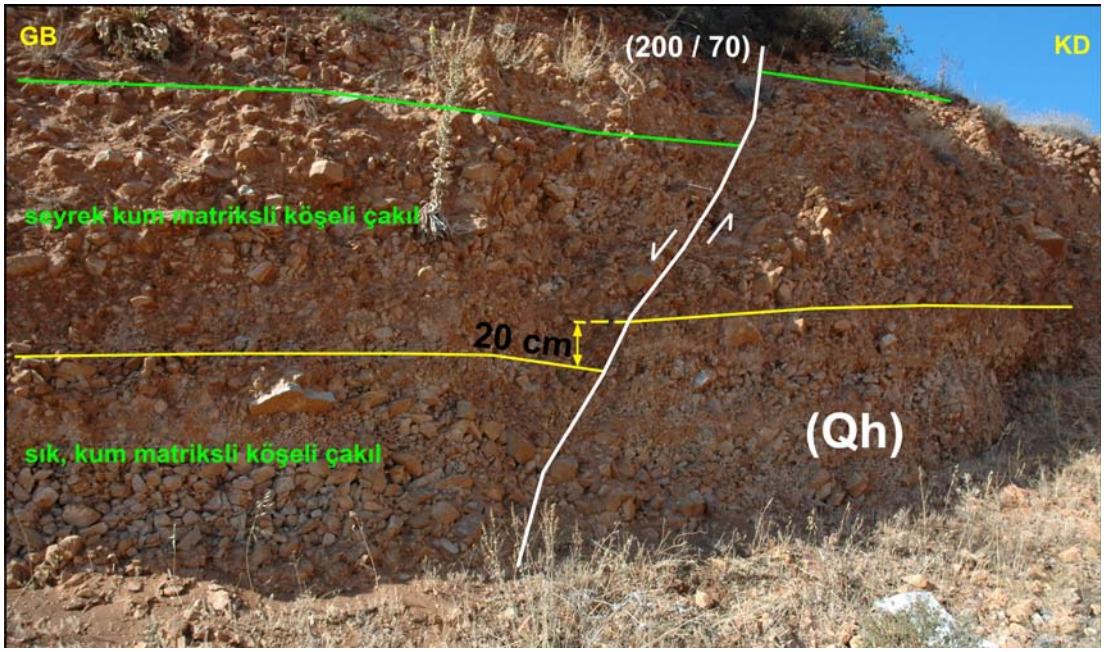
Şekil 6.55 : Orhangazi fayının: a- Keramet-Çakırlı, b- Üreğil-Yeniköy arasındaki görünümü.

Orhangazi fayı Keramet Köyü'nün yaklaşık 500 m batısında Hocaköy formasyonunu keserek minimum 3 m düşey atım oluşturmuştur. Ayrıca düzlem üzerinde fay breşi ve sağ yanal oblik özellikli lif şekilli fay çizikleri de belirgindir (Şekil 6.56).



Şekil 6.56 : Keramet Köyü batısında Orhangazi fayının Hocaköy formasyonunu denetler şekilde görünümü ve düzlem üzerinde gelişen yapısal elemanların konumu.

Bunun yanında aynı yerde Hocaköy formasyonu içinde bir başka fay düzlemi de belirlenmiş olup 20 cm düşey atım oluşturmuştur (Şekil 6.57).



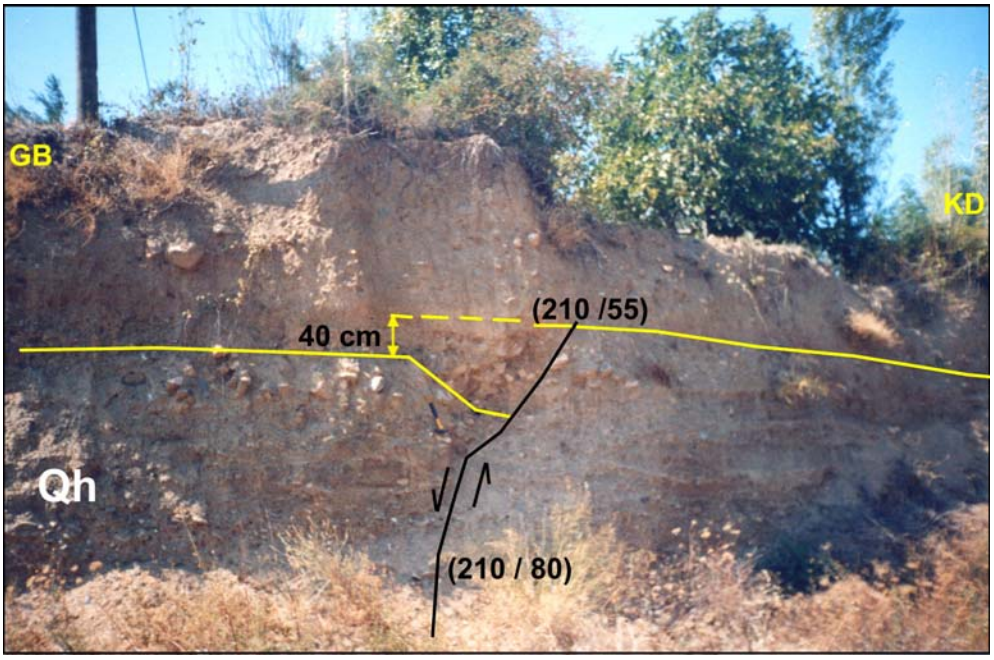
Şekil 6.57 : Keramet'te Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü.

Orhangazi fayı ile ilişkili deformasyon Üreğil Köyü'nün batısında Hocaköy formasyonunu kesen faylar şeklinde izlenir (Şekil 6.58).



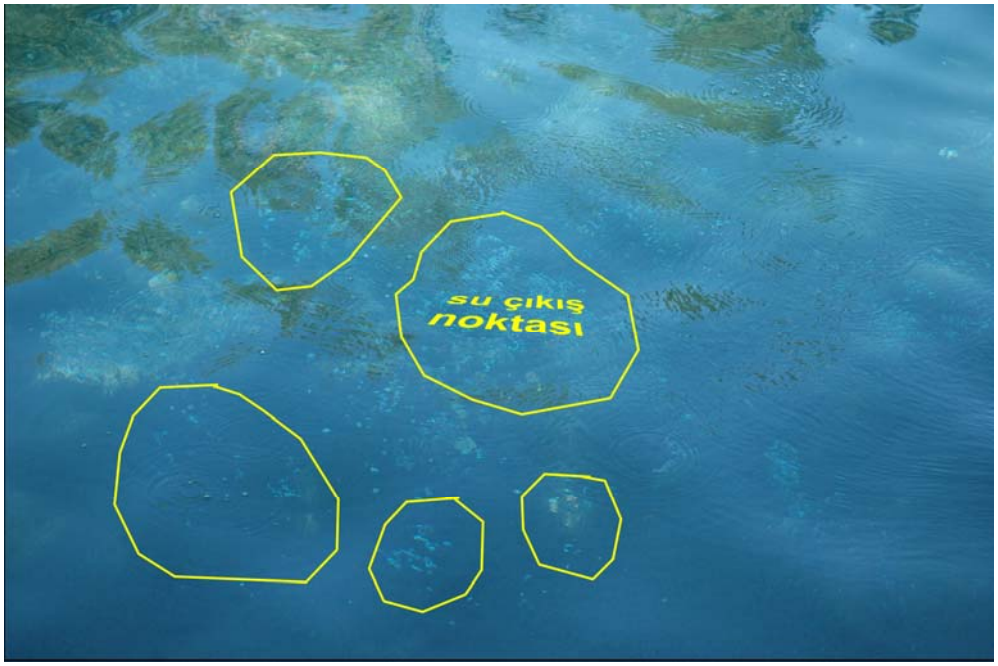
Şekil 6.58 : Üreğil'de Hocaköy formasyonunu kesen bir fay düzleminin oluşturduğu 40 cm'lik düşey atımın görünümü.

Orhangazi fayı boyunca Çakırlı batısında Hocaköy formasyonunu kesen diğer bir fay düzleminin ise alttan üste doğru eğim açısı azalarak yarı çiçek yapısını sergiler. Bu düzlem üzerinde ise 40 cm düşey atım izlenmiş olup tavan bloktaki litolojik seviye ise fay düzlemine doğru 30^0 eğim kazanmıştır. (Şekil 6.59).



Şekil 6.59 : Çakırlı batısında Hocaköy formasyonunu kesen fay düzleminin görünümü.

Genç veya aktif fayların diğer bir göstergesi de soğuk ve sıcak su çıkış noktalarını içermesidir. Orhangazi fayı boyunca Keramet Köyü'nde sıcak su çıkış noktası izlenmiş olup fay üzerinde yaklaşık 200 m^2'lik bir alana sahip gölet (sag pond) oluşmuştur (Şekil 6.60).



Şekil 6.60 : Orhangazi fayı üzerinde Keramet Köyü'nde izlenen sıcak su göleti ve su çıkış noktalarının görünümü.

Orhangazi fayı, üzerindeki tüm verileri ile İznik havzasının kuzeyden açılmasını denetleyen sağ yanal oblik normal fay özelliğindedir. Fayın üzerinde sağ yanal bileşenin hakim olduğu Şekil 6.55'de açık şekilde görülür. Bununla birlikte fayın genel doğrultusunun KB-GD oluşu, İznik ve Hocaköy formasyonları içindeki faylarda izlenen düşey atım da fay üzerindeki baskın hareketin sağ yanal, ikincil hareketin ise düşey normal olduğunu gösterir.

6.7 Umurbey Fayı ve Yapısal Özellikleri

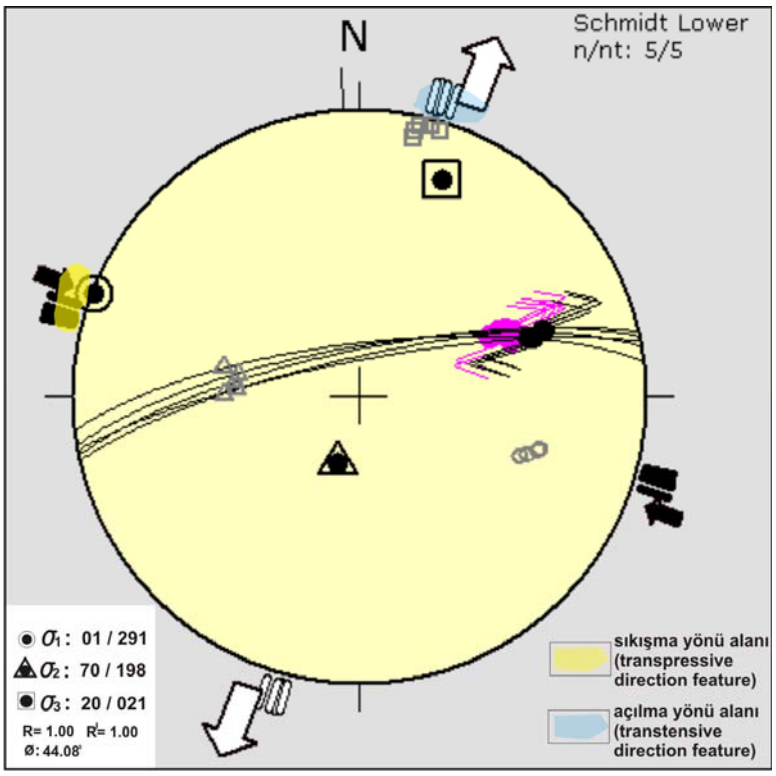
Umurbey fayı, Gemlik-Karsak koridorunun doğu girişi ile Gemlik Körfezi arasında yaklaşık 11 km'lik uzunluğa sahiptir. Koridor alanının güney kenarındaki Umurbey fayı özellikle morfotektonik verileri ile haritalandığından ve fay boyunca Hocaköy formasyonunun mostrası sadece bir lokalitede izlendiğinden fay doğrudan izlenememiştir.

6.8 Mekece – İznik Koridoru ve İznik Havzasının Kinematik Analizi

Geyve-Pamukova havzası batı devamında yer alan bölgede İFZ içinde yer alan Mekece, Dırazali, Gürle ve Orhangazi fayları boyunca temel ile Pliyo-Kuvaterner

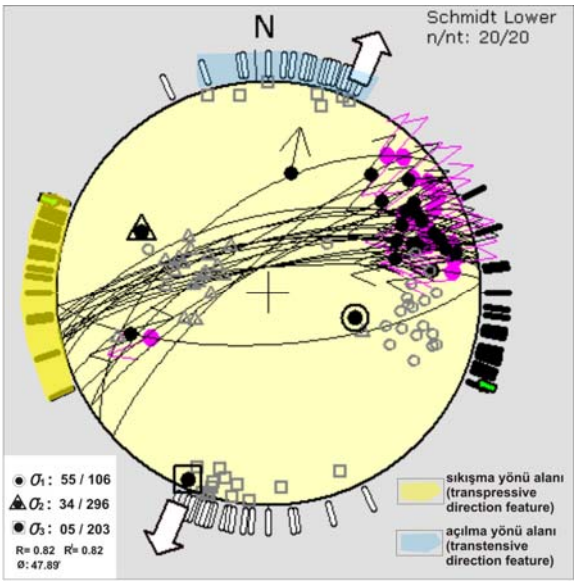
birimler arasında ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökellerini kesen fay düzlemi, fay çiziği ve çatlak verileri değerlendirilmiştir.

Mekece fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner birimler arasındaki sınırın yaklaşık 350 m güneyinde fay düzlemi ve fay çiziği verileri alt yarıküre Schmidt diyagramında değerlendirilmiştir. Buna göre basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: K69^{0}B-G69^{0}D, σ_3: ise K21^{0}D-G21^{0}B yönünde bulunmuştur. Bu gerilme yönlerinin yanı sıra Mekece fayının üzerindeki R=R^1=1.00 olması, Şekil 6.23'e göre fay karakterinin doğrultu-atım etkin genişlemeli olduğunu gösterir. Fayın içsel sürtünme açısı ise ø: 44.08^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.61).



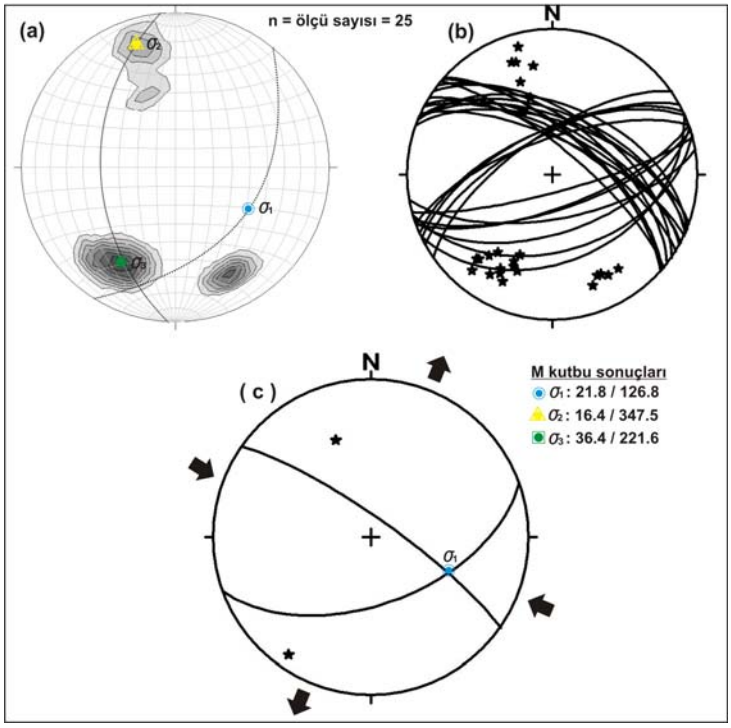
Şekil 6.61 : Mekece fayı boyunca temel kayaçları içindeki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

Mekece-İznik koridorunun kuzeyi ve Dırazali fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner birimleri arasındaki fay düzlemi ve fay çiziği verileri alt yarıküre Schmidt diyagramında değerlendirilmiştir. Buna göre basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: K64^{0}B-G64^{0}D, σ_3: K26^{0}D-G26^{0}B yönünde bulunmuştur. Bu gerilme yönlerinin yanı sıra Dırazali fayının üzerindeki R=R^1= 0.82 olması, fay karakterinin doğrultu-atım etkin genişlemeli olduğunu gösterir. Fayın içsel sürtünme açısı ise ø: 47.89^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.62).



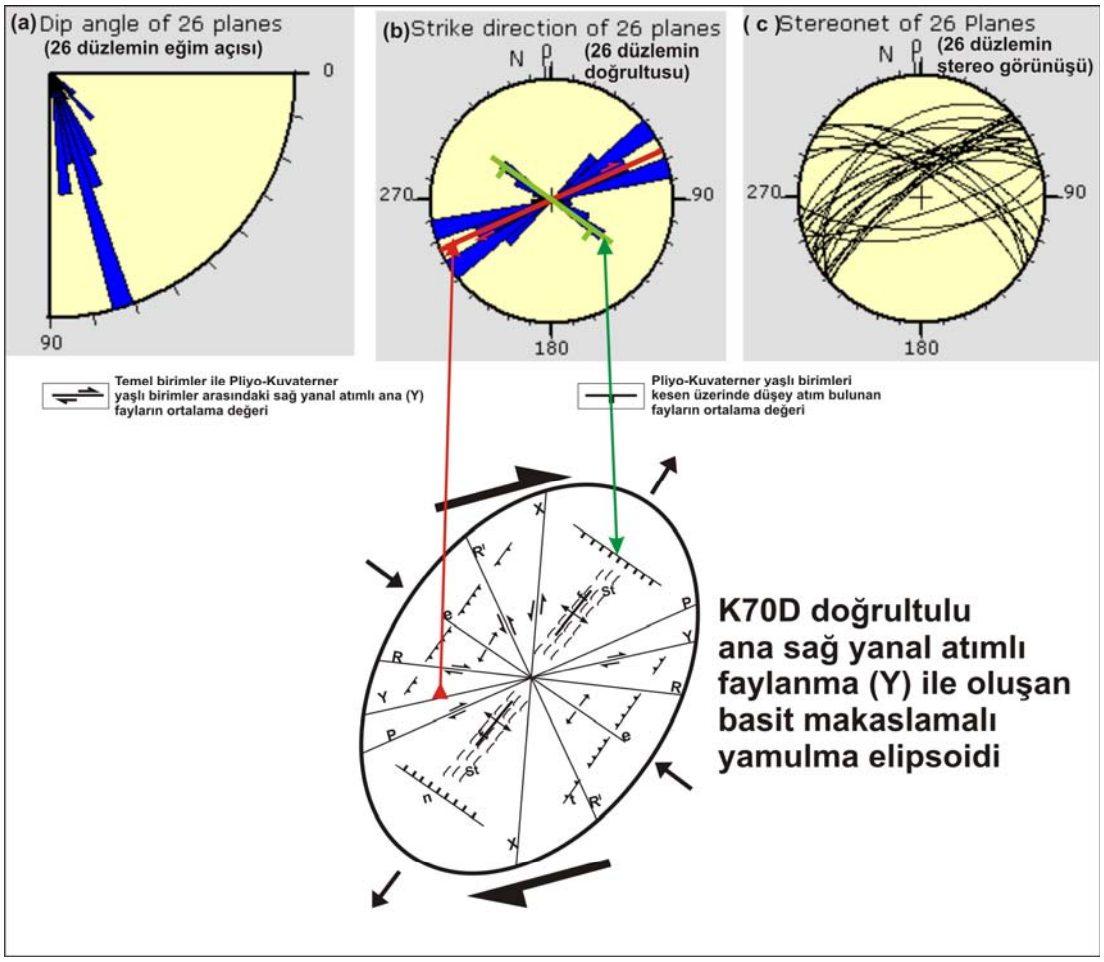
Şekil 6.62 : Dırazali fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

Dırazali fayı boyunca özellikle Hocaköy formasyonunu kesen fay düzlemlerinin alt yarıkürede Schmidt ağında kutup noktalarının dağılım diyagramı M kutbu methodu ile belirlenmiş ve gerilme yönleri bulunmuştur. Buna göre basınç gerilmesi (σ_1) yönünün ($K54^0B$-$G54^0D$), çekme gerilmesinin (σ_3) yönünün ise ($K36^0D$-$G36^0B$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.63).



Şekil 6.63 : Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasının doğusunda Dırazali fayı boyunca Pliyo-Kuvaterner çökelleri kesen (a) fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, (b) fay düzlemleri ve (c) σ_1 gerilme yönünün görünümü.

Dırazali fayı boyunca bütün fay düzlemlerinin doğrultu ve eğim açısına göre belirlenen gül diyagramları yapılmış olup bunların Dırazali fayının doğrultusu esas alınarak oluşturulan teorik sağ yanal basit makaslamalı yamulma elipsoidindeki konumları belirlenmiştir (Şekil 6.64).

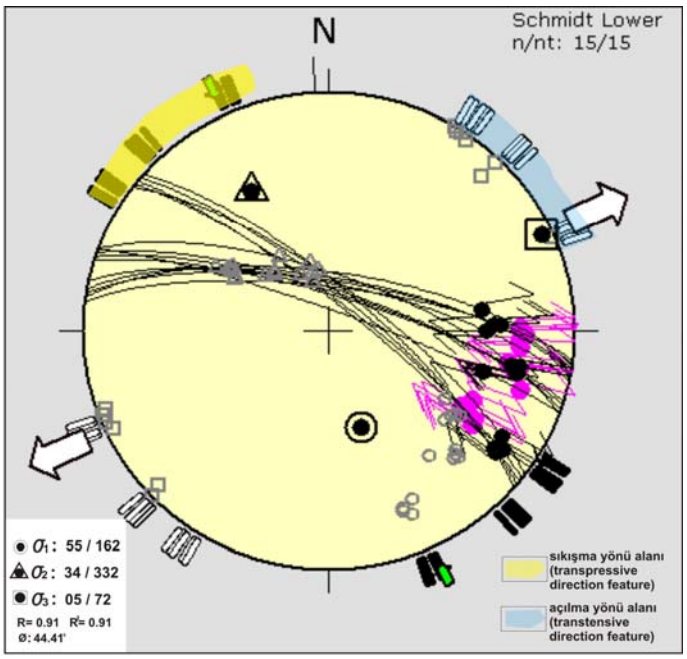


Şekil 6.64 : Dırazali fayı boyunca bütün (26 adet) fayların; (a) eğim açısı, (b) doğrultu gül ve (c) Schmidt alt yarıküre düzlem diyagramları.

Buna göre bölgede $K65^0$-70^0D doğrultulu sağ yanal atımlı Dırazali ana fayı, İznik-Mekece koridorunun güney kenarını izleyerek ve İznik havzasının doğu bölümünde havza güney kenarını sınırlayarak sağ yanal basit makaslamalı deformasyon elemanları oluşturur.

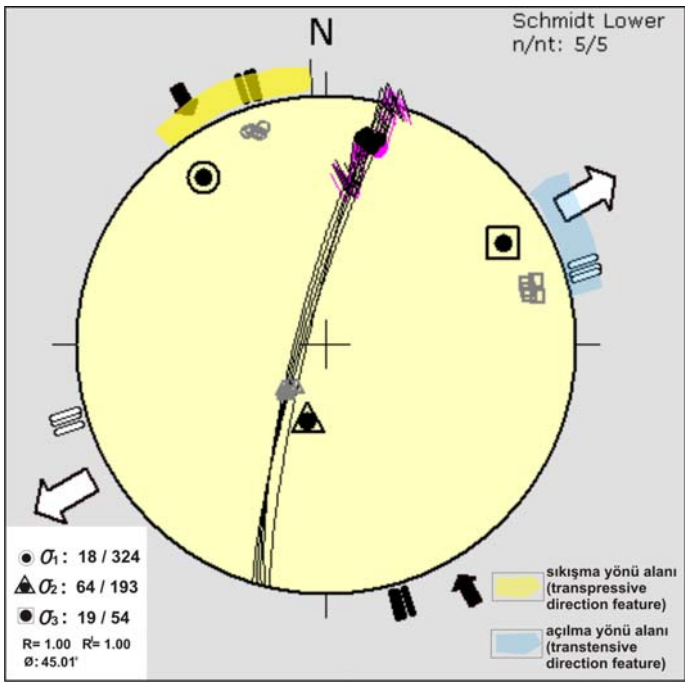
İnceleme alanında İznik havzasının güneyini izleyen Gürle fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner birimler arasındaki fay düzlemi ve fay çiziği verileri alt yarıküre Schmidt diyagramında değerlendirilmiştir. Buna göre fayın basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: $K18^0B$-$G18^0D$, σ_3: ise $K72^0D$-$G72^0B$ yönünde bulunmuştur. Bununla birlikte $R=R^1= 0.91$

olması fayın doğrultu atım etkin genişlemeli (açılma) geometriye sahip olduğunu belirtir. Fayın içsel sürtünme açısı ise ø: 44.41^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.65).



Şekil 6.65 : İznik havzası Gürle fayı boyunca temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki fay düzlemleri ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

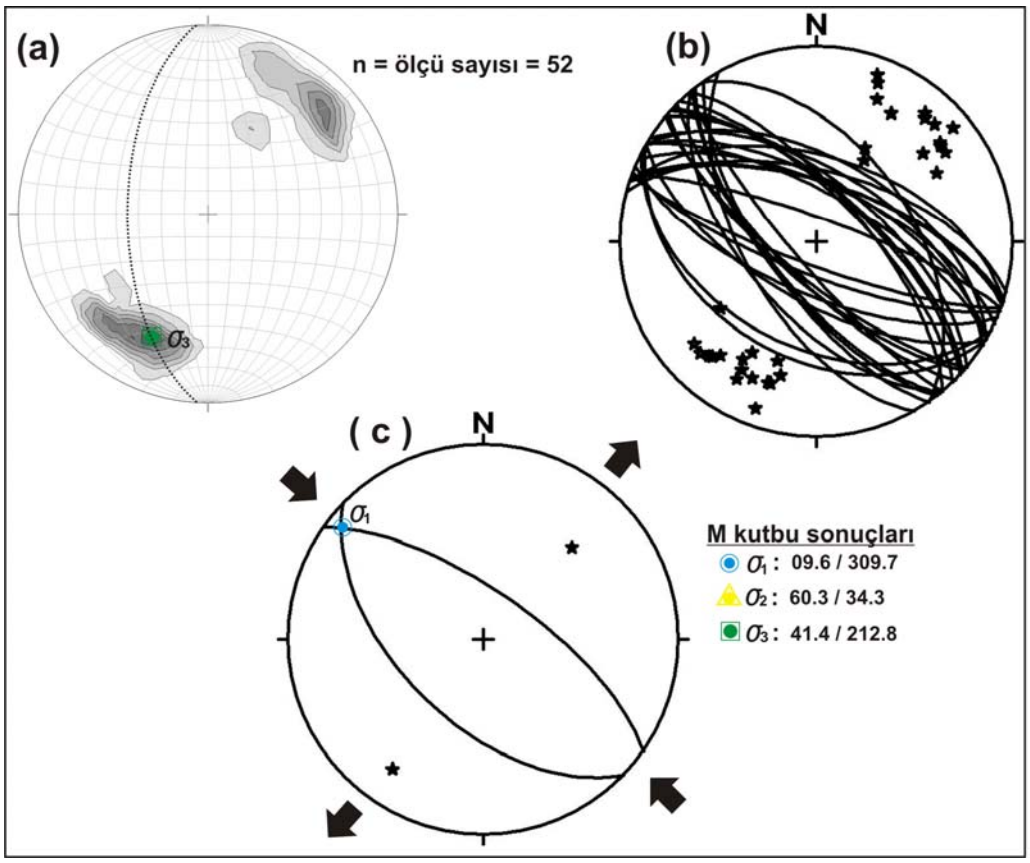
Gürle fayı üzerinde Şekil 6.45'de izlenen sol yanal fay düzlemi ve çizik verileri de değerlendirilerek gerilme oranları ve indeksi (R, R^1) belirlenmiştir (Şekil 6.66).



Şekil 6.66: Müşküre batısında Gürle fayı üzerinde temel kayaç-Pliyo-Kuvaterner sınırına yaklaşık 50 m, fayın güney blokunda gelişmiş olan sol yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

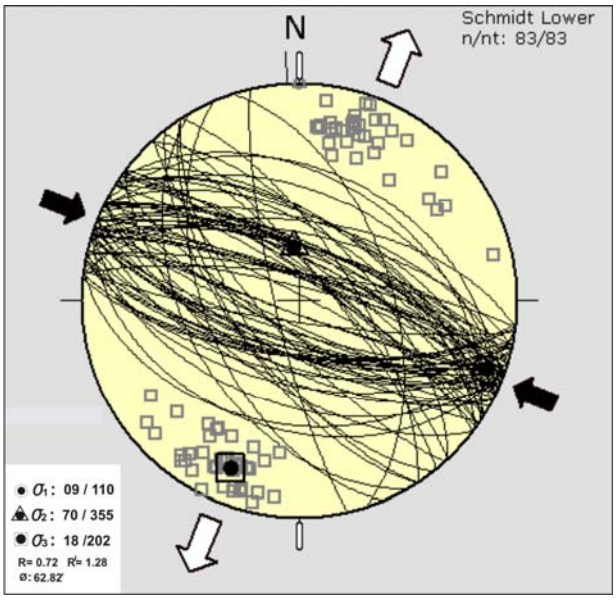
Buna göre; σ_1: K36^{0}B-G36^{0}D, σ_3: ise K54^{0}D-G54^{0}B yönünde etkin olmakla beraber, basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) alansal değişim aralıkları belirlenmiştir. Sol yanal gelişen bu fay düzlemi ("X" anti-riedel fault) üzerindeki gerilme tensörü yönleri, Gürle fayının açılma ve kısalma yönlerini destekler.

İznik havzasında Gürle ve Orhangazi fayı boyunca İznik ve Hocaköy formasyonlarını kesen fay düzlemlerinin Turner (1953) ve Arthaud (1969)'a göre alt yarıküre Schmidt ağında kutup noktalarının dağılım diyagramı M kutbu methodu ile belirlenmiş ve gerilme yönleri bulunmuştur. Buna göre en büyük basınç gerilmesi (σ_1) yönünün (K51^{0}B- G51^{0}D), en küçük çekme gerilmesi (σ_3) yönünün ise (K39^{0}D-G39^{0}B) olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.67).



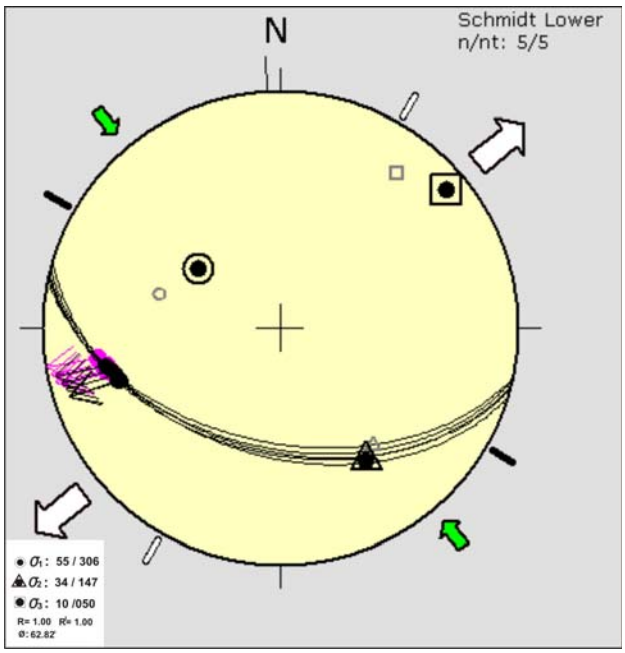
Şekil 6.67 : Gürle, Orhangazi fayları boyunca ve İznik havzasında; İznik ile Hocaköy formasyonlarını kesen (a) fay düzlemlerinin kutup noktası dağılımının kontur diyagramı ve σ_2, σ_3 eksenleri, (b) fay düzlemleri ve (c) σ_1 gerilme yönünün görünümü.

Gürle fayının özellikle Solöz kesiminde İznik formasyonunu kesen çatlak düzlemleri belirgindir. Bu düzlemler iki farklı yönde yoğunlaşmakta olup birimi kesen faylara paraleldirler. Bu veriler Delvaux ve Sperner (2003) tensör programında değerlendirilmiş ve basınç gerilmesi (σ_1) yönünün (K70^{0}B- G70^{0}D), çekme gerilmesi (σ_3) yönünün ise (K20^{0}D-G20^{0}B) olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.68).



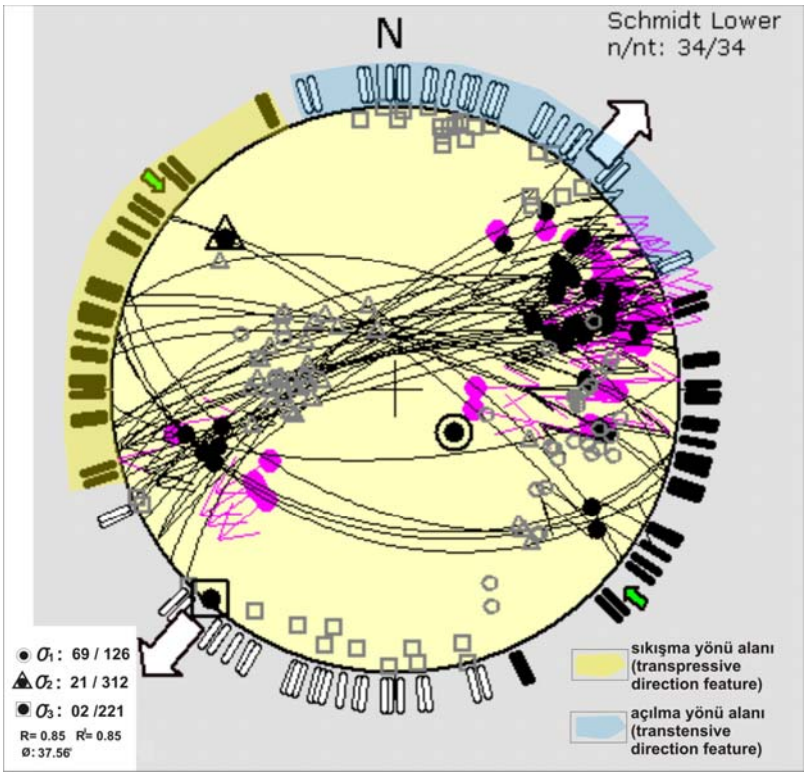
Şekil 6.68 : Solöz'de Gürle fayı yakınında İznik formasyonunu kesen çatlak (fissure) düzlemlerinden elde edilen gerilme yön ve indeksleri (n/nt: ölçü sayısı).

İznik havzasının kuzey kenarındaki Orhangazi fayı boyunca temel kayaçları ile Hocaköy formasyonu arasındaki fay düzlemi ve çizikleri alt yarıküre Schmidt diyagramında değerlendirilmiştir. Buna göre fayın basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: K40^{0}B-G40^{0}D, σ_3: ise K50^{0}D-G50^{0}B yönünde belirlenmiştir. Bununla birlikte R=R^1= 1.00 olması fayın doğrultu atım etkin genişlemeli olarak davrandığını gösterir. Fayın içsel sürtünme açısı ø:44.68^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.69).



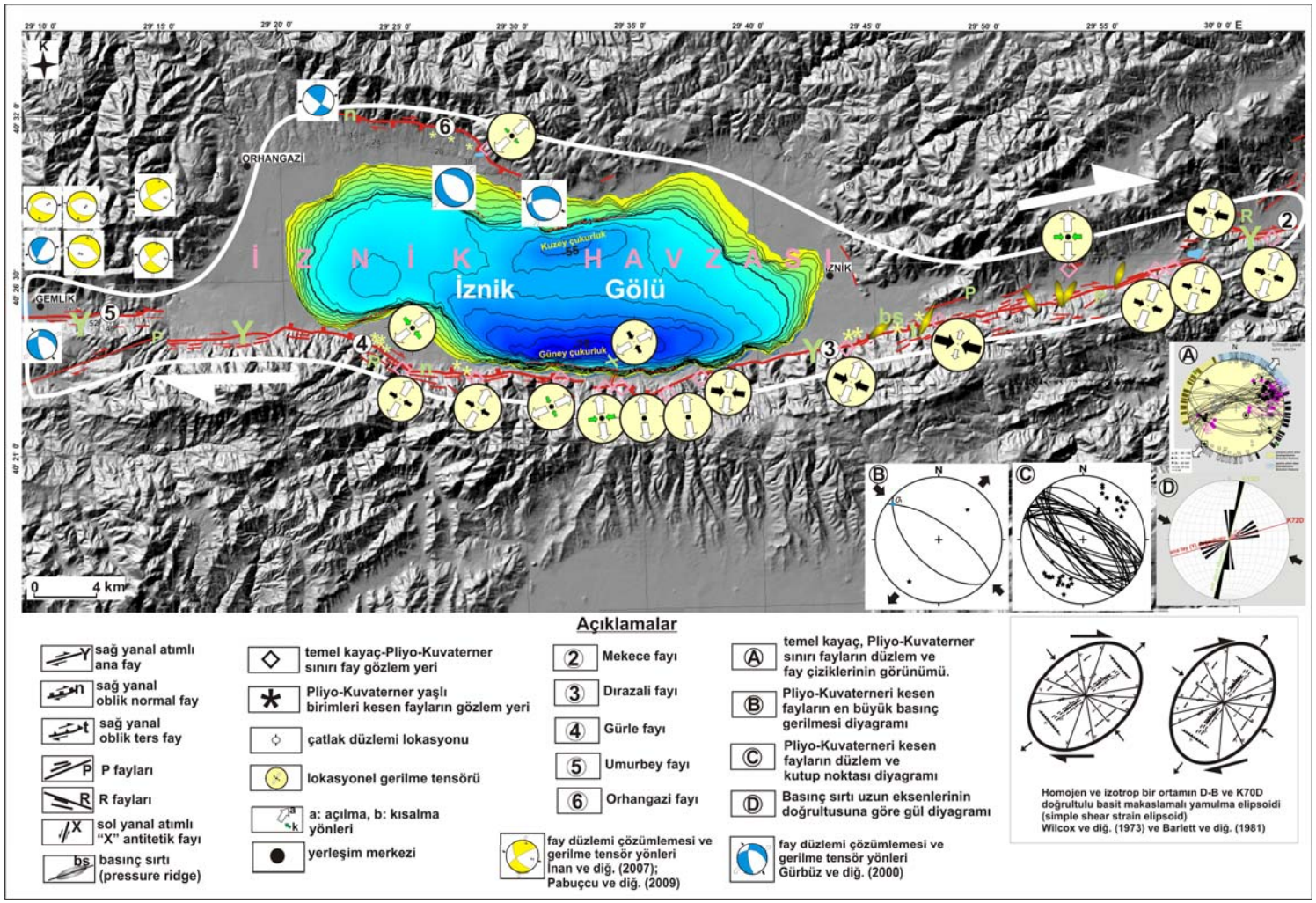
Şekil 6.69 : Orhangazi fayı üzerinde temel kayaç- Hocaköy formasyonu sınırında gelişmiş olan sağ yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

Koruboğazı (Geyve)-Gemlik Körfezi arasındaki, GFZ ve İFZ zonları içinde bulunan tüm faylar boyunca; temel kayaç - Pliyo-Kuvaterner dokanağındaki ve Pliyo-Kuvaterner çökellerin içindeki deformasyon verileri (fay düzlemi ve çiziği, çatlak düzlemi) bir arada değerlendirilerek KAFSGK'nun bütünü için bölgesel gerilme sonuçları elde edilmiştir. Buna göre; basınç gerilmesi (σ_1) ve çekme gerilmesinin (σ_3) değişim alanları belirlenerek; σ_1: K50^{0}B-G50^{0}D, σ_3: ise K40^{0}D-G40^{0}B yönünde belirlenmiştir. Bununla birlikte R=R^l= 0.85 olması KAFSGK'nun Geyve-Gemlik arasındaki geometrisinin, ortalama K70^{0}D doğrultuda oluşan basit makaslamalı sağ yanal atım etkin genişlemeli şekilde olduğunu gösterir. Fayın içsel sürtünme açısı ø:37.56^0 olarak bulunmuştur (Şekil 6.70). Bu sonuç aynı zamanda tezin morfotektonik bölümünde belirtilen basınç sırtlarının bölgedeki havza boyutları yanında küçük (lokal) ölçekte kaldığını destekler.



Şekil 6.70 : İnceleme alanının bütününde temel kayaçları ile Pliyo-kuvaterner yaşlı birimlerin sınırında gelişmiş olan sağ yanal fay düzlemi ve çizikleri kullanılarak oluşturulan gerilme analizi (n/nt: ölçü sayısı).

Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasında sağ yanal atımlı faylanma tektoniği; Mekece, Dırazali ve Gürle ana fayları (Y-fault) ile etkin olmuştur. Bölgedeki Orhangazi fayı ise sağ yanal yamulma elipsoidinde daha fazla sağ yanal oblik normal fay olarak yer alır ve İznik havzası kuzey kenarının batı bölümünü denetler ve deforme eder. (Şekil 6.71).



Şekil 6.71 : KAFSGK üzerindeki Mekece-İznik koridoru ve İznik havzasının yapısal haritası ve yamulma elipsoidi ile kıyaslama.

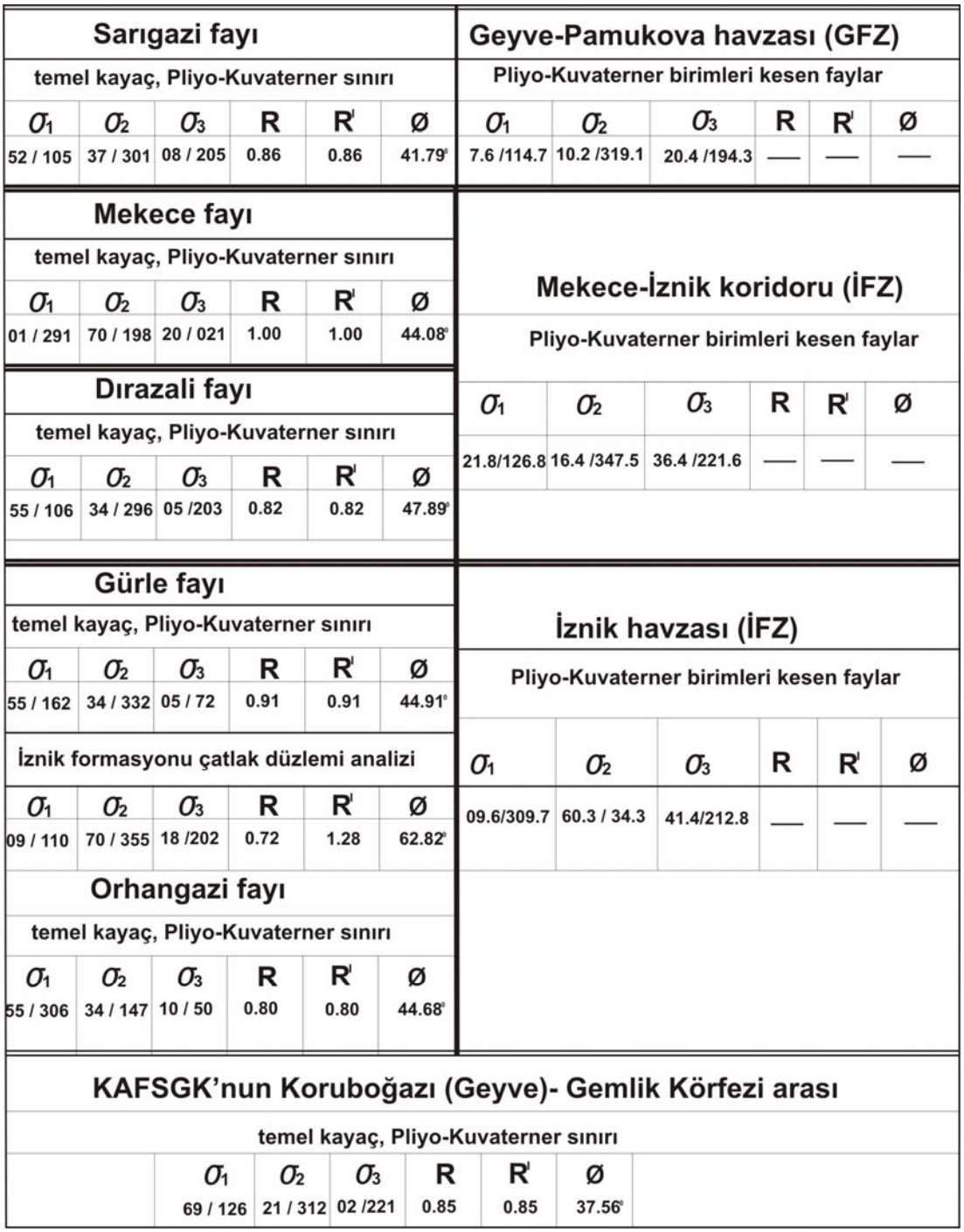
Dırazali fayı boyunca bölgesel açılmanın (σ_3) yönü genelde KKD-GGB iken kısalmanın (σ_1) yönü ise KBB-GDD'dur. Dırazali fayının İznik havzası kesimi ve Gürle fayı boyunca açılma (σ_3) yönünü belirleyen açının kuzeyle yapmış olduğu açı daha da artarken, kısalmayı (σ_1) sağlayan gerilme vektörünün büyüklüğü doğuya oranla daha da azalır. İznik havzasının kuzeybatı kenarında Orhangazi fayı boyunca ise açılmanın (σ_3) yönü güneydeki Gürle fayı ile yaklaşık aynı değerdedir. Bunun yanında iki fay üzerinde $R=R^l=1.00$ olması iki fayın aynı geometriye sahip olduğunu gösterir.

Gürbüz ve diğ. (2000), İznik havzasının batı bölümü ve göl içinde moment magnitüd değeri 3 ile üzerindeki depremlerin fay düzlemi çözümlemesini yapmıştır. Buna göre bölgenin sismojenik zonundaki deformasyonun; sağ yanal atımlı ve bununla birlikte gelişen sağ yanal atımlı oblik normal faylardan oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çözümler ile kısıtlı da olsa bölgesel gerilme tensörlerinin açısal değerlerini ve yönlerini belirlemiştir. İnan ve diğ. (2007) ile Pabuçcu ve diğ. (2009) ise İFZ'nun batı bölümünde moment magnitüdü "3.4" ile "5.7" arasında bazı depremlerin fay düzlemi çözümlemesini yapmıştır. Buna göre bu depremlerin tümünde sağ yanal atımlı ve sağ yanal atımlı oblik normal faylanma mevcuttur. Bu depremlerin gerilme tensör analizlerinde; açılma (σ_3) yönünün KKD-GGB, kısalma (σ_1) yönünün ise BKB-DGD olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.1 ve Ek-1'de lokasyonları belirtilen KAFSGK'nun inceleme alanındaki bütün fayları üzerinde: gerilme tensör (σ_1, σ_2, σ_3) yönleri, değerleri, gerilme indeksi (R ve R^l) ve içsel sürtünme açısı (ø) değerleri temel kayaç ile Pliyo-Kuvaterner birimler arasındaki fay düzlemleri ve üzerlerindeki fay çizikleri kullanılarak belirlenmiştir. Pliyo-Kuvaterner birimleri kesen faylar ise Turner (1953) ve Arthaud (1969)'a göre değerlendirilmiş olup gerilme yönü ile değerleri belirlenmiştir (Şekil 6.72).

Çizelge 6.1 : İnceleme alanının tümünden alınan fay düzlemi ve çiziği verilerinin lokasyonları (Loks no'ları için Ek 1'e bakınız).

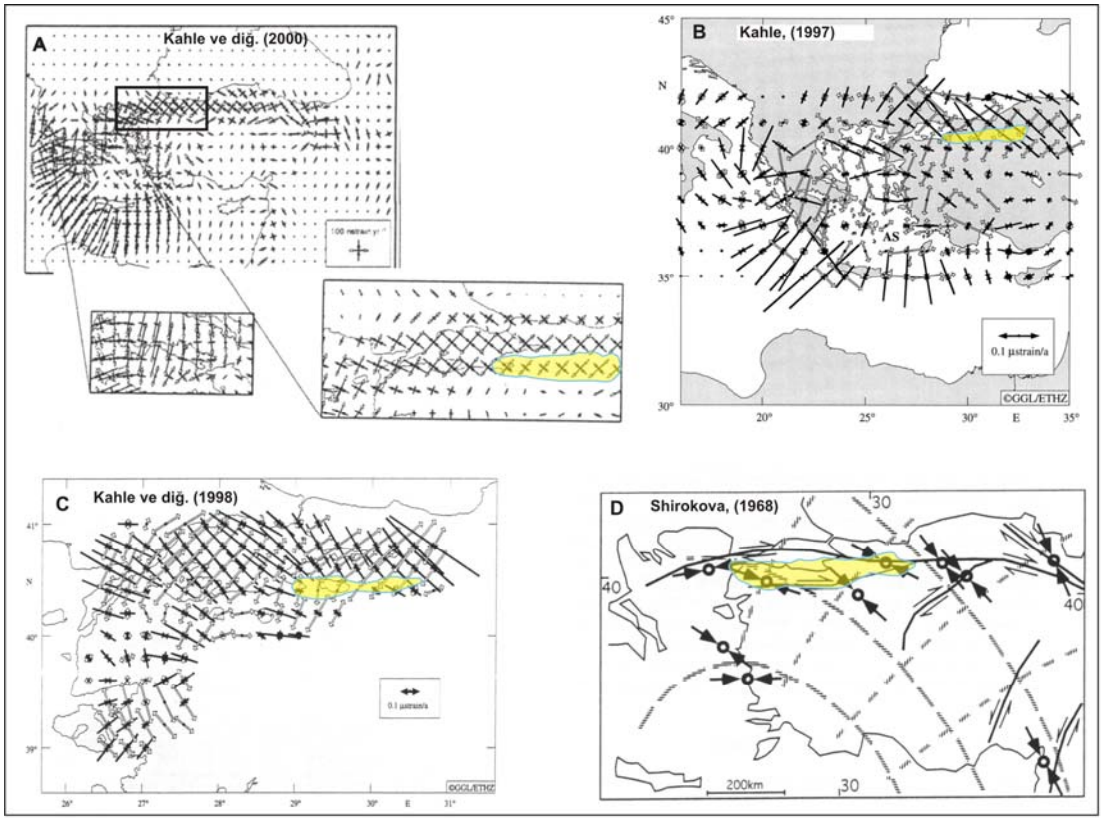
Temel kayaçlar ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin arasındaki sınırdan alınan ölçüler		
Loks No:	**Enlem**	**Boylam**
S1	40^0 30, 79'	30^0 24,91'
S2	40^0 32,12'	30^0 10,44'
S3	40^0 28,21'	30^0 11,61'
S4	40^0 27,63'	30^0 11,78'
S5	40^0 27,23'	30^0 09,51'
S6	40^0 26,89'	30^0 08,53'
S7	40^0 26,45'	30^0 05,18'
D1	40^0 26,85'	30^0 01,65'
D2	40^0 25,95'	29^0 57,13'
D3	40^0 25,74'	29^0 56,33'
D4	40^0 26,28'	29^0 53,46'
D5	40^0 24,54'	29^0 48,70'
D6	40^0 23,94'	29^0 44,90'
D7	40^0 23,14'	29^0 37,53'
D8	40^0 22,59'	29^0 36,13'
D9	40^0 22,78'	29^0 32,60'
D10	40^0 22,92'	29^0 34,05'
D11	40^0 22,98'	29^0 30,75'
D12	40^0 23,10'	29^0 27,15'
D13	40^0 23,81'	29^0 24,34'
O1	40^0 30,53'	29^0 29,03'
Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimleri kesen faylara ait ölçüler		
I1	40^0 24,77'	29^0 48,85'
I2	40^0 24,31'	29^0 46,35'
I3	40^0 23,75'	29^0 43,03'
I4	40^0 23,71'	29^0 42,86'
I5	40^0 23,78'	29^0 26,45'
I6	40^0 23,57'	29^0 26,21'
I7	40^0 24,15'	29^0 23,95'
I8	40^0 24,15'	29^0 23,95'
I9	40^0 24,15'	29^0 23,95'
I10	40^0 30,83'	29^0 28,26'
I11	40^0 31,23'	29^0 25,69'
I12	40^0 31,41'	29^0 23,80'
G1	40^0 29,25'	30^0 18,60'
G2	40^0 30,71'	30^0 10,10'
G3	40^0 28,21'	30^0 11,41'
G4	40^0 27,07'	30^0 08,64'
G5	40^0 26,70'	30^0 05,91'
G6	40^0 26,38'	30^0 04,46'
G7	40^0 26,59'	30^0 03,66'
G8	40^0 26,60'	30^0 03,59'



Şekil 6.72 : KAFSGK'nun inceleme alanında yer alan tüm fayları boyunca gerilme tensörü bileşenlerinin sonuçları.

Shirokova (1968), KAFSKK'nun üzerinde ve KAFSGK'nun batı devamı ile kısmen güneyindeki büyük deprem (Ms>4) çözümlemelerinden sıkışma (P-pressure) yönünü KB-GD yönlü olarak belirlemiştir. Straub ve Kahle (1997a; 1997b) 1990, 1992, 1994 ve 1996 yıllarındaki GPS kampanyalarından elde ettikleri hız verileri ile bölgedeki gerilme oranlarını ve yönlerini gösteren harita oluşturmuştur. Kahle ve diğ. (1998); 1996-1998 yıllarında düzenlediği GPS kampanyası ile elde ettikleri hız verilerini

değerlendirmiş ve bölgenin yamulma oranlarını tespit ederek gerilme tensör analizini haritalamıştır. Ayrıca Kahle ve diğ. (2000) ise 1988-1998 yılları arasında elde ettikleri GPS hızları ile Kuzey Anadolu Fay Sistemi kuzey ve güney kollarındaki gerilme tensör oranının değer ve eksenlerini (strain-tensor axes and values) belirlemiştir (Şekil 6.73). Buna göre inceleme alanında yukarıda elde edilen gerilme tensör yönleri bu çalışmalar ile uyumludur.



Şekil 6.73 : Batı Anadolu ve Marmara bölgeleri ile inceleme alanında farklı çalışmacıların GPS verilerine göre oluşturdukları bölgesel gerilme analizlerinin (kısalma ve açılma yönleri) dağılım haritaları.

7. PALEOSİSMOLOJİ

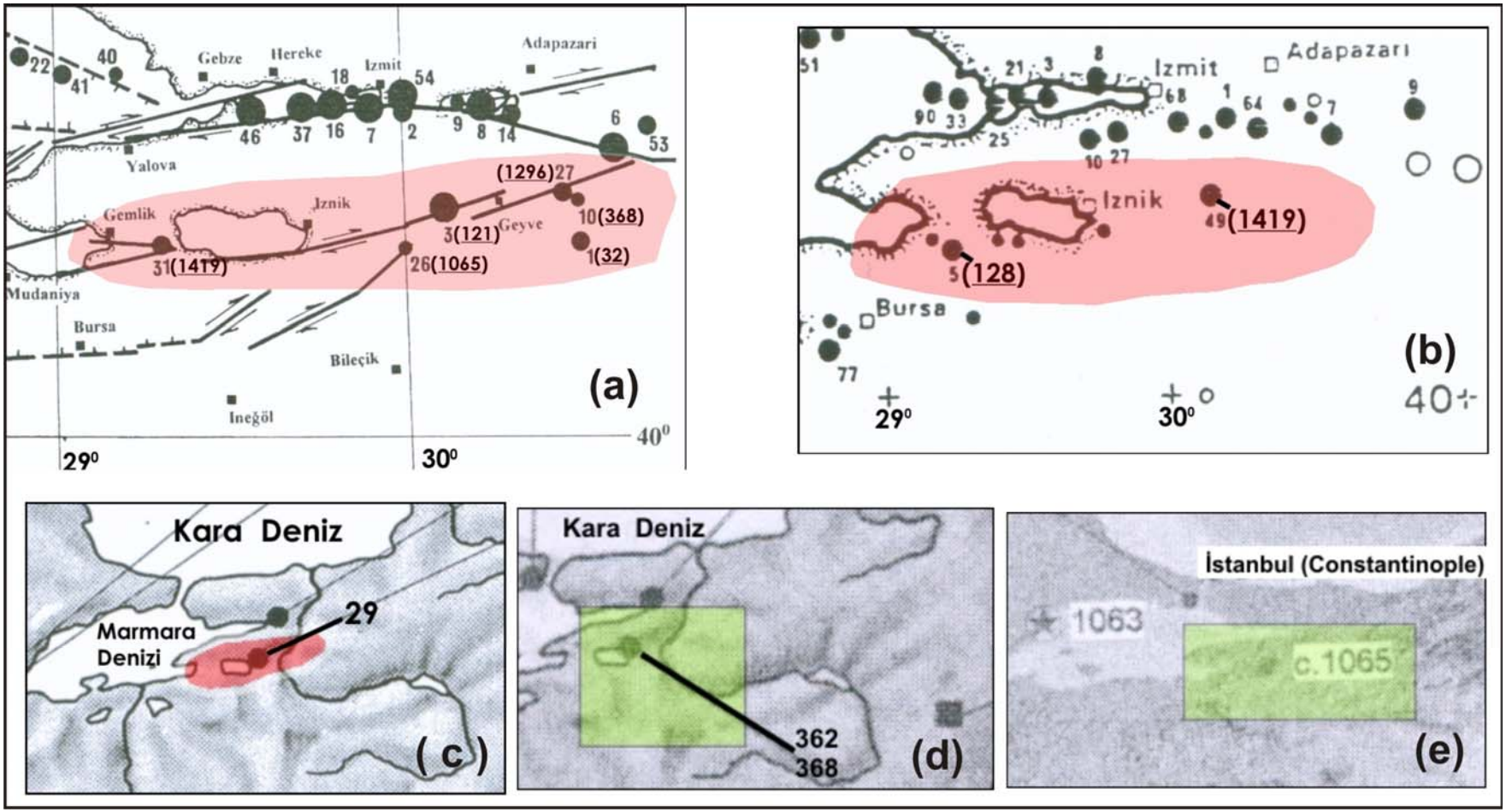
7.1 Tarihçe ve Tarihsel Depremler

İnceleme alanında özellikle İznik ilçesi pek çok medeniyete ev sahipliği yapmış ve aynı oranda da savaş görmüş tarihi bir yerleşim merkezidir. Kent yakınlarındaki Karadin, Çiçekli, Yüğücek ve Çakırca höyüklerinde M.Ö. 2500 yıllarına inen uygarlık izleri saklıdır. M.Ö. VII. yüzyılda Trak kavimlerinin göçlerinden önce burada kurulan yerleşim, 'Helikare' adını almıştır. Kentte basılan sikkelerde Khryseapolis (Altın Şehir) adı okunmaktadır. Makedonya İmparatoru İskender'in generali Antigonos tarafından M.Ö. 316 yılında yenilenen kent, Antigoneia adını almıştır. İskender'in ölümünden sonra Antigonos ile General Lysimakhos arasındaki savaşı kazanan Lysimakhos kente, Antipatros'un kızı olan eşi Nikaia'nın adını vermiştir. M.Ö. 293'te Bithynia Krallığı'na bağlanan kent, önemli mimari yapılarla süslenmiştir. Bir süre Bithynia Krallığı'nın başkenti olan Nikaia, daha sonra Roma'nın önemli bir yerleşimi olarak varlığını sürdürür. Nikaia, Bithynia havarilerden Petrus'un çabaları ile Hıristiyanlık ile tanışır. İmparator l. Constantinus döneminde Hıristiyanlık üzerindeki yasaklar kalkar. 325 yılı yazı başında Nikaia, Hıristiyanlık için çok önemli bir olaya sahne olur ve Birinci Konsül, Senatus Sarayı'nda toplanır. İmparator Constantinus'un da katıldığı toplantıda iki önemli görüş tartışılır. İskenderiyeli din adamı Arius'un görüşü "Hz. İsa'nın sadece bir insan olduğu ve tanrıdan dünyaya gelmediğidir." Kısa sürede taraftar toplayan bu teze, Piskoposlar karşı çıkmıştır. Hıristiyan dünyasınca bugün de savunulan "Hz. İsa'nın Tanrı'nın oğlu olduğu" tezi uzun tartışmalardan sonra kabul görmüştür.

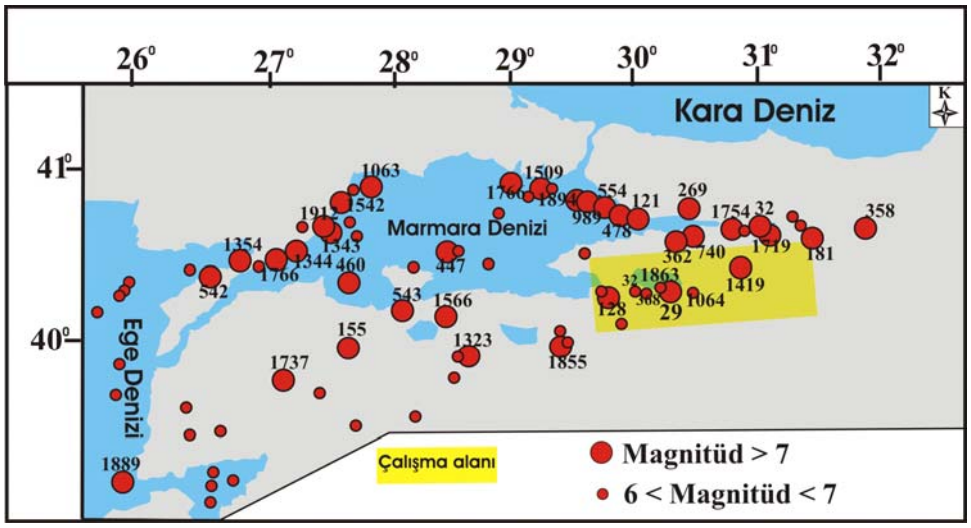
787 yılında İznik Ayasofya'sında VII. Konsül toplandı. İmparatoriçe İrene'nin önderliği ile resim ve heykel üzerindeki yasaklar kaldırıldı. İznik, Selçukluların Bizanslıların da başkenti olmuştur. 1331 yılında Osmanlı orduları tarafından ele geçirilen İznik, Osmanlı dönemiyle birlikte canlanmaya başlamıştır. Osmanlı idaresinde İznik sanat, ticaret ve kültür merkezi oldu. Orhan Gazi Medresesi'nde birçok ünlü ders verdi. Davud-u Kayseri, Ebul Fadıl Musa, Eşrefoğlu Abdullah Rumi

gibi ünlü tasavvuflar İznik'te yaşadı ve eserler verdi. Osmanlı döneminin ilk cami, medresesi ve imareti İznik'te inşa edildi. XIV ve XV. yüzyıllarda XVI. yüzyılda İznik bir sanat merkezi olmuş, dünyaca ünlü çini ve seramikler burada üretilmiştir. İznik, Hellenistik çağdan kalma ızgara planlı kent yerleşimi, Roma, Bizans ve Osmanlı döneminden kalan anıtsal yapıları ile tarihi kent dokusunu bütün canlılığıyla korumaktadır (Url - 2).

Marmara Bölgesi, tarihsel depremler ile büyük hasar görmüş olup bu depremler özellikle KAFS'nin bölgedeki kolları üzerinde oluşmuştur. Tezin Neotektonik dönem bölümünde açıklandığı üzere bölgedeki tarihsel depremler, KAFS'nin kuzey ve güney kollarında yoğunlaşır (Şekil 7.1). Bu depremlerin moment magnitüdü 6 ve 7'nin üzeridir (Şekil 7.2, Çizelge 7.1).



Şekil 7.1: Çalışma alanında Milattan sonra meydana gelen tarihsel depremlerin muhtemel episantrları. (a) Ambraseys (2002) (b) Ambraseys ve Finkel (1991) (c) Guidoboni ve Comastri (2005) (d) Guidoboni ve diğ. (1994) (e) Guidoboni ve Comastri (2005).



Şekil 7.2 : Marmara Bölgesi'ndeki bazı tarihsel depremlerin muhtemel oluş yerlerinin birleştirilmiş haritası (Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys ve Jackson, 2000; Ambraseys, 2002; Guidoboni ve diğ. 1994; Guidoboni ve Comastri, 2005).

Çizelge 7.1'de belirlenen depremlerin, yerleşim merkezlerinde oluşturduğu hasarlar ile ilgili bazı tarihsel kaynak bilgileri bulunmaktadır. Bu depremlerin İznik merkezli olanları altı çizgili olarak belirtilmiş olup bu belirleme, depremlerin bölgedeki tarihi eserlerde oluşturduğu hasar ve insan kayıplarına göre belirlenmiştir.

Çizelge 7.1: KAFSGK üzerinde olan bazı tarihsel depremler (**A:** Ergin ve diğ. 1967; **B:** Soysal ve diğ. 1981; **C:** Ambraseys ve Finkel, 1991; **D:** Ambraseys ve Jackson, 2000; **E:** Ambraseys, 2002; **F:** Guidoboni ve diğ. 1994; **G:** Guidoboni ve Comastri, 2005).

No:	Referans:	Yıl Ay Gün:	Enlem:	Boylam:	Hasar Derecesi:	Olası Episantr Alanı:
1	A,B,C,D,F	029 11 24	40.4	29.7	Büyük M > 7	**İznik**
2	C,F	032	40.5	30.5	Büyük M > 7	**İznik,** İzmit, Bursa
3	A,B,C,F	069 01 02	40.4	29.7	Büyük M > 7	İzmit, İznik
4	E	0121	40.5	30.1	Büyük M > 7	İzmit, İznik
5	B,C	0128	40.4	29.4	Orta 6 < M < 7	**İznik,** Zeytinbağı
6	A,B,C,F	0362 12 02	40.7	29.6	Orta 6 < M < 7	**İznik**
7	C,E,F	0368 10 11	40.5	30.5	Orta 6 < M < 7	**İznik**
8	A,B,C,E,F	740 10 26	40.8	29.0	Orta 6 < M < 7	**İznik,** İstanbul, İzmit
9	B,D,E,F	1065 09 023	40.4	30.0	Orta 6 < M < 7	**İznik**
10	A,B,C,E,G	1863 11 06	40.4	29.1	Orta 6 < M < 7	**İznik,** Bursa, Gemlik, İstanbul, ve Bolu

Buna göre: 1 no'lu deprem, Phlegon tarafından kaydedilmiş bir depremdir. Bithynia (Kocaeli yarımadası ve Batı Karadeniz) Bölgesinde hissedilmiş olup İznik (Nicea) ve

civarındaki tarihi eserlerde çok fazla hasar oluşturmuş ve İznik'te çok sayıda bina yıkılmıştır. İnsanlar arasında güneş tutulması dile getirilmiştir. Bu depremin ciddi kayıpları Pontus'taki insanlar arasında da hissedilmiştir (Şekil 7.3), (Ambraseys ve Finkel, 1991; Guidoboni ve diğ. 1994).



Şekil 7. 3 : Bithynia ve Pontus bölgelerinin görünümü (Url - 3).

2 no'lu deprem: Milattan sonra 32'de olan bu deprem, Bithynia ve İznik'te çok sayıda evin yıkılmasına sebep olmuştur. Deprem, Atina'dan da hissedilmiştir (Ambraseys ve Finkel, 1991).

5 no'lu deprem: Bithynia Bölgesi'nde olmuş büyük depremlerden biridir. İznik ve İzmit'te büyük hasarlar oluşmuştur. Bu bölgelerde bulunan evlerin çoğu yıkılmıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991).

6 no'lu deprem: Marmara Bölgesi'nde geniş olarak hissedilen bu deprem tarihi şehir İzmit'te (Nicomedia) verdiği hasar kadar İznik'te (Nicea) de hasar oluşturmuştur. Bazı pınarların akışının yok olduğu veya yavaşladığı görülmüştür. Deprem, İstanbul'dan da hissedilmiş olup yeni inşa edilen Saint Sophia katedralinde hasar oluşmuştur (Ambraseys ve Finkel, 1991). İznik kentinin başkanı şehrin yıkıldığını belirtmiştir. Depremden sonra Yunan yazarlar güzel İznik'in sönük bir hal aldığını gelecekte de kentin bu güzelliğini tekrar kazanamıyacağını belirtmişlerdir (Guidoboni ve diğ. 1994).

7 no'lu deprem: Deprem Bithynia Bölgesi'nde hissedilmiş olup özellikle İznik'te hasara sebep olmuştur. İznik dışında nüfusun yoğun olduğu yerleşim merkezlerinde

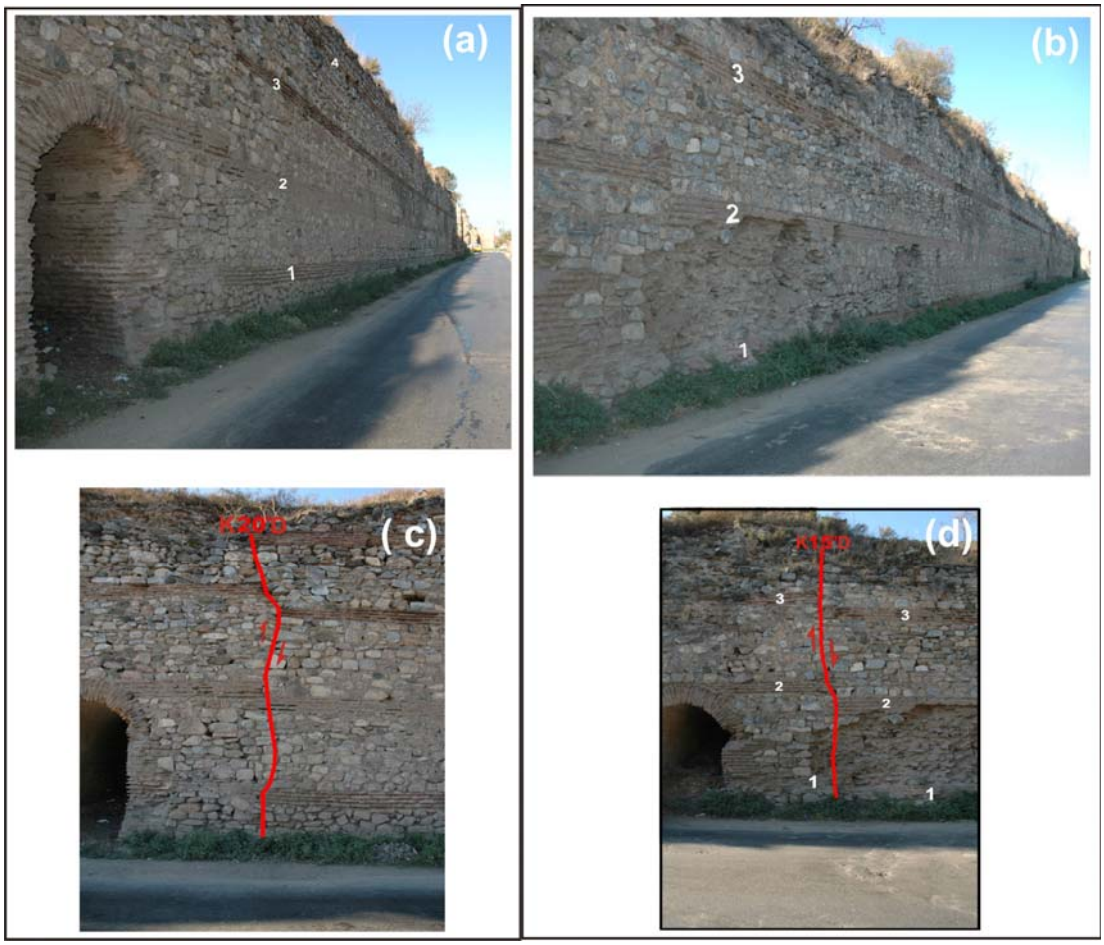
kayıp olmamıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991). Paschale kronolojisinde, milattan sonra (M.S) 368'te olan bu depremin İznik'i yıktığı belirtilmiştir. İznik şehrinin depremden sonra günlerce berbat bir halde kaldığı tanımlanmıştır. Deniz dalgalarının oluştuğu vurgulanmış olup özellikle Gemlik ile Mudanya arasındaki sahil şeridi boyunca büyük hasarlara sebep olmuştur. Dönemin İznik Meclisi toplanarak depremin İznik'te olduğunu ve şehri tahrip ettiğini rapor etmiştir (Guidoboni ve diğ. 1994).

8 no'lu deprem: 740 tarihinde olan bu deprem, Bityhnia Bölgesi'nin tamamında hissedilmiş olup insan kaybına neden olmuştur. Kilise, manastır ve evlerin tamamen yok veya hasarlı olduğu vurgulanmıştır. Özellikle İzmit, Karamürsel (Praenetos) ve İznik'te çok hasar oluşmuştur. Kıyı çizgisinin depremle değiştiği vurgulanmıştır. Ana deprem sonrası olan küçük depremler yaklaşık bir yıl sürmüş ve Bityhnia'nın büyük bir kesiminden hissedilmiştir (Ambraseys ve Finkel, 1991). Geogius Monachus kayıtları, depremi güçlü ve dehşet verici olarak anlatmış, pek çok evin ve kilisenin yıkıldığını belirtmiştir. Trakya (Thrace) Bölgesinde bazı köylerin hasar gördüğünü ve depremin 20 ay sürdüğünü vurgulamıştır. Dönemin patriği Nicephorus, bu depremin Bityhnia'da hasar verici sonuçlarının olduğunu rapor etmiştir (Guidoboni ve diğ. 1994).

9 no'lu deprem:1063 yılı Eylül ayında başlayan deprem, Marmara Denizi kuzey kıyılarında güçlü bir şekilde hissedilmiş olup, İstanbul ile Çanakkale arasında etkili olmuştur. Birçok ev, kilise, sukemeri ve şehir duvarı hasar görmüştür (Ambraseys ve Finkel, 1991). İki yıl süren bu deprem 1065 yılında İznik'te öncekine oranla daha güçlü bir şekilde hissedilmiştir. Bu depremle birlikte St.Sophia kilisesi, birçok ev ve tarihi duvar yıkılmıştır. Bityhnia'daki İznik hastalıktan çok acı çekmiş, ölümler olmuş ve hasar gerçekleşmiştir. Bazı büyük ve eşsiz olan kiliseler yıkılmıştır. İznik'teki Yunan tapınağı Cyzius'ta yıkılan yapılar arasındadır. Ortodoks cemaati güneşin öncekinden daha parlak ve açık olduğunu belirtmiştir. İznik'te deprem sonrası kilisenin ilk konseyi toplanmıştır (Guidoboni ve diğ. 1994).

10 no'lu deprem: İznik Gölü Bölgesi'nde hasar veren bir depremdir. Umurbey'de pek çok ev yıkılmış olup doğuya doğru Kurla ve Mahmecik'te hasar oluşmuştur. Bazı pınarlar kaybolmuş veya zayıflamıştır. Bursa ve Gemlik'te bazı minare ve camiler yıkılmıştır. Deprem güçlü bir şekilde İstanbul, Gelibolu ve Bolu'dan hissedilmiştir.

İznik: ticari, ulaşım ve coğrafi konum nedeni ile kurulduğu Milattan önce (M.Ö) IV yüzyıldan itibaren savaşlara sahne olduğu için kendini koruma ihtiyacı duymuştur. Kent savunmasında ise en önemli rolü Helenistik dönemde yapılan toplam uzunluğu 2893 m olan surlar teşkil eder. Bu dönemde yapılan surlar: 1. Ana surlar, 2. Ön surlar, 3. Hendekler, 4. Kapılar şeklindedir. Kenti güneyden ve doğudan çevreleyen ön surlar, moloz taş ve dört sıra horosan çimentolu tuğla hatıllı duvar şeritleri şeklindedir. Bu surlar özellikle M.S 123, 740 ve 1065 depremleri ile hasar görmüştür (Yalman ve Şen, 1997). İznik'i çevreleyen D-B doğrultulu önsurlarda izlenen deformasyon, oturma şeklindedir (Şekil 7.4). Surlarda izlenen bu deformasyonlar kırmızı tuğlaların altından alınan blok taşlara bağlı olmayıp deprem hasarlarıdır (Şekil 7.4 c, d).



Şekil 7.4 : İznik-Adapazarı yolu üzerinde; (a) D-B doğrultulu dört sıra, (b) üç sıra tuğla ve moloz taşlardan oluşmuş surların görünümü. (c), (d) Surlar üzerindeki deformasyonun oluşturduğu blok haraketleri.

İznik'i çevreleyen ön surların diğeri ise, K-G doğrultulu ve İznik-Adapazarı yolu batısını sınırlayan şekildedir. Bunların ilk yapılışında dört sıra tuğla hattı olup günümüze kadar bu yapı korunamamıştır.

7.2 Bu Çalışmadan Önce Açılan Hendeklerin Değerlendirilmesi

Paleosismoloji, aktif fay zonları üzerinde muhtelif çökeller içindeki tarihsel depremlerin yüzey kırığı izlerini belirleme bilimidir. Bölgedeki ana fay veya ikincil fay doğrultularına dik olarak açılan hendekler ile genellikle moment magnitüdü 6'dan büyük depremlerin izi belirlenir. Doğrultu atımlı fay zonlarında ise açılan paralel hendekler ile yanal atım miktarı da tespit edilebilir. Paleosismolojide açılacak hendekler amaca göre çeşitli olmakla beraber genelde sedimantasyon hızının yüksek olduğu alanlarda basamaklı ve toplam derinliği 5 m civarında olan hendekler açılır. Hendeklerin karşılıklı duvarları titizlikle temizlenerek ölçeklendirilir. Daha sonra duvarların stratigrafik seviyeleri litolojik olarak tanımlanarak, milimetrik kağıda çizimi yapılır ve resimlendirilir. Hendek lokasyonları, aktif faylar üzerindeki ötelenmiş dereler, basınç sırtları, fay basamakları ve fay gölleri (sag-pond) gibi morfolojik belirteçler üzerinde seçilir (Sieh, 1984; Wallace, 1981; Wallace, 1987; Crone ve Omdahl, 1987). Bölgede gerçekleşen farklı tarihsel depremlerin yüzey kırığı ile kesilen stratigrafik seviyeler; karbon (C^{14}), termolüminesans (TL), ışığa dayanımlı lüminesans (OSL), Elektro spin rezonans (ESR) ve manyetik duyarlılık gibi yöntemler ile yaşlandırılır. Bu yaş verileri, fayın kestiği çökellerin yaşı ve fayı örten çökellerin yaşına göre değerlendirilerek bölgedeki depremlerin oluş tarihleri ve tekrarlanma aralıkları belirlenir. Bu şekilde tarihsel depremler belirlenirken aynı zamanda o bölgede gelecekte olabilecek depremin yaklaşık tarihi tahmin edilir (Sharp ve Clark, 1972; Ulusoy, 2002). Paleosismoloji, özellikle son 35 yıldır dünyanın bazı aktif fay zonlarında uygulanmaktadır.

Çalışma alanında olan tarihsel depremler, özellikle İznik'in tarihi dokusunu etkilemiştir. Ancak KAFS'nin güney kolu üzerinde olmuş depremlerin bölgede haritalanan fayların hangisini ne kadar uzunlukta kırdığı belirsizdir. Ayrıca bölgedeki büyük deprem tekrarlanma aralığı da bilinmediğinden bölgenin paleosismolojik tarihini belirlemek amacı ile çeşitli lokasyonlarda bazı çalışmacılar tarafından hendekler (trench) açılmıştır.

Ikeda ve diğ. (1989), İznik Gölü batısında, Karsak'ın km kuzeyinde, K-G doğrultulu, 5 m derinliğinde ve 10 m uzunluğunda bir hendek açmıştır. Hendek stratigrafisi tabanda kumlu çakıl üstte doğru kum, kil ve dolgu malzemesi ile devam eder. Hendekte 1.80 m kalınlığındaki dolgunun altında bulunan bütün birimleri kesen bir ters fay belirlenmiş olup yaş verebilecek herhangi bir veri bulunamamıştır.

Honkura ve Işıkara (1991), İznik-Mekece arasında Çerkeşli Köyü'nde Çorak Dere kenarında iki lokasyonda hendek açmış, bunların birinde yeterli veri olmadığından sonuç alınamamış, diğerinde ise son depreme ait yüzey kırığı izi belirlenmiştir. Faya dik ve K-G doğrultulu açılan hendeğin derinliği 4.5 m olup uzunluğu 16 m'dir. Hendeğin batı duvarında belirlenen ve bölgedeki son depremi oluşturduğu belirtilen fay, günümüzden 520 ± 100 yıl önce çökelmiş bir çökeli kesmiş olup, 230 ± 80 yıl yaşlı çökel ile de örtülmüştür. Ancak bu yaşlar bölgedeki tarihsel deprem kayıtları ile uyuşmamaktadır.

Barka (1993), İznik-Mekece arasında, Kaynarca Köyü'nde K1, K2, K3, K4a, K4b, K5, K6 numaralı yedi, Dırazali Köyü'nde ise D1 ve D2 numaralı iki olmak üzere toplam dokuz hendek açmıştır. K1 hendeğinin derinliği 3 m olup herhangi bir yapısal unsur içermemektedir. K2 hendeği, Kaynarca Köyü 1.5 km güneybatısında fay basamağını (fault scarp) keser. Hendeğin doğrultusu K-G, derinliği 4 m, uzunluğu ise 25 m'dir. Hendek duvarı alttan üste doğru; altere andezit (Sarısu volkaniti), iyi boylanmış kumlu çakıl, kum-silt ve güncel toprak seviyelerinden oluşur. Andezitler ile fan çökelleri (iyi boylanmış kumlu çakıl, kum-silt) arasındaki dokanağı üç fay basamağı şeklinde eski deprem izlerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Bu fay basamaklarının en altından alınan karbon numunesinden 4130 ± 500 yıl yaş elde edilmiş, üstteki iki basamaktan alınan künk seviyelerinden ise magnetik şiddet yaşı 1200 yıl olarak belirlenmiştir. Belirlenen her bir basamağın düşey separasyonu yaklaşık 1 m olup, 4130 ± 500 yıl içinde bölgede üç deprem ve tekrarlanma aralığının da yaklaşık 1350 ± 150 yıl olabileceği belirtilmiştir. K3 hendeği, Kaynarca Köyü'nün 1200 m batısında açılmıştır. K-G doğrultulu olan hendek 3.5 m derinliğinde ve 20 m uzunluğundadır. Hendek duvarının tabanında yaklaşık 30 cm kalınlığında volkanikler (andezit) gözlenmiş olup üste doğru 2.30 m kalınlığında arkeolojik kalıntı (künk) içerikli kil, yüzeyden itibaren 1.5 derinlilikte ise 30 cm kum merceği en üstte ise yaklaşık 70 cm kalınlığında güncel toprak seviyeleri izlenmiştir. Çökel seviye içinde yüzeyden itibaren yaklaşık 2 m derinliğinde bir monoklinal

kıvrım ve bunu 20 cm'lik düşey separasyonla kesen bir fay izi belirlenmiştir. Kum merceği ile örtülen ve tabandaki kil seviyesi içinde blok taşlar ile çevrili iki künkten 1200 yıl paleomagnetik şiddet yaşı bulunmuştur. Buna göre bu faylanmanın bölgede 1200 yıl önce olan depremin izi olabileceği vurgulanmıştır. K4a hendeği, K-G doğrultulu olarak Kaynarca'nın 1.7 km batısında açılmıştır. Hendek derinliği yaklaşık 4 m uzunluğu ise 8 m'dir. Hendek duvarında üstten itibaren 40 cm kalınlığında toprak, 1.5 m kalınlığında eski bir yola ait blok taş seviyesi ve tabanda da alüvyal yelpazeye ait malzeme akıntısı (debris-flow) çökeli belirlenmiştir. Ancak bu hendekte fay izine rastlanılmamıştır. K4b hendeği, bir önceki hendeğin 20 m doğusunda açılmış olup 4 m derinliğinde ve 15 m uzunluğundadır. Tabandaki alüvyal yelpaze içindeki çukur geometrisi deprem anındaki faylanma ile ilişkilendirilmiş ve bu seviyenin üstündeki kumlu çakıl seviyesinden alınan çanak örneği, 1200 yıl paleomagnetik şiddet yaşını vermiştir. K5 hendeği, Kaynarca'nın 3.5 km doğusunda, 4 m derinliğinde, 14 m uzunluğunda ve K-G doğrultulu olarak açılmıştır. Hendek duvarının üst kesiminde yaklaşık 30 cm kalınlığında bir toprak seviyesi bulunmakta olup bunun altındaki alüvyal yelpaze çökelini kesen ve beraberinde kil içeren 360^0 / 70^0 konumlu bir fay zonu tespit edilmiştir. Ancak yaş verisi bulunamamıştır. K6 hendeği, Kaynarca'nın 1.5 km batısında açılmıştır. Hendeğin güney kesiminde altere andezitler bulunmakta olup bu seviye, alüvyal yelpaze çökeli ile örtülmüştür. Bu çökeli kesen kuzeye eğimli bir fay zonu ve zon içindeki fay düzlemlerine paralel bir konglomeratik düzey belirlenmiştir. Ancak örnek alınabilecek karbon numunesi bulunamamıştır. Barka (1993) tarafından çalışma alanının Dırazali Köyü 200 m doğusunda açılan hendek 4 m derinliğinde, 40 m uzunluğunda olup K-G doğrultuludur. Hendek duvarı en üstte 30 cm kalınlığında güncel toprak altında 1 m kalınlığında kum matriksli çakıl, alta doğru çakıllı kum ve en altta kum'dan oluşur. Hendeğin tabanındaki kum birimi bir fay ile kesilmiş olup üstte çanak parçaları içeren çakıllı kum tarafından bu fay izi örtülür. Karbon numunesi bulunamayan hendekte bulunan çanak parçalarının yaşı, diğer hendeklerdeki örnekler gibi 1200 yıl kabullenildiğinde fay izini oluşturan depremin günümüzden 1200 yıl önce olduğu ortaya çıkar. Barka (1993), toplam dokuz hendek sonucuna göre çalışma alanındaki KAFSGK'nun İznik-Mekece arasındaki bölümünün 1200 yıl önce (M.S 740) depremi ile kırıldığını ve bu depremin bu bölgedeki son deprem olduğunu belirtmiştir. Ayrıca K2 hendeğinden elde edilen 4130 ± 500 yıl içinde oluşan üç farklı fay basamağının herbirinin bir depreme

karşılık gelebileceğini ve bölgedeki deprem tekrarlanma aralığının 1350 ± 150 yıl olabileceği sonucuna varılmıştır.

Yoshioka ve Kuşçu (1994), Çalışma alanı Geyve ilçesinin 2 km kadar güneybatısında bir hendek açmıştır. Hendeğin derinliği 4 m, uzunluğu ise 10 m olup alüvyal yelpaze çökelleri içinde açılmıştır. Hendeğin batı duvarında tabandan tavana doğru; 2, 1 ve 4, doğu duvarında ise tabandan tavan doğru 3, 2 ile adlandırılan stratigrafik seviyeler ayırtlanmış ve çizilmiştir. Her iki duvarda 30 cm kalınlığındaki yüzey toprağı ise bu çökel seviyelerini örtmektedir. Bölgedeki son depremi oluşturan fay izi batı duvarda daha belirgindir. Bu duvarda izlenen 1 ve 4 no'lu seviyelerin altındaki 2 no'lu çökel seviyesinden alınan karbon örneğinden 2260 ± 80 yıl yaş elde edilmiştir. Ayrıca 2 no'lu çökelden elde edilen çanak parçasının Milattan önce (M.Ö) 4 yüzyıl ortaları ile 2 yüzyıl sonlarını, Hellenistik dönemi karakterize ettiği belirtilmiştir. Bölgedeki son depremi oluşturan faylanmanın bu çökeli denetlediği, çökel ile eş yaşlı olduğu izlenmiş olup 80 cm'lik çökel kalınlığının ise aynı zamanda deprem anındaki düşey separasyonu oluşturduğu belirtilmiştir. Buna göre bölgede olan bu son depremin M.Ö 398 veya 204 yılına ait olabileceği vurgulanmıştır.

Uçarkuş ve diğ. (2000) ise İznik Gölü ile Gemlik Körfezi arasında üç hendek açmış olup hendeklerin stratigrafisinde bir deformasyon izine rastlamamıştır. Bunun yanında bölgedeki alüvyal yelpazelerin çökelme hızının, fay hızından yüksek olması nedeni ile fayın kalın çökeller ile örtüldüğünü belirtmiştir.

Yukarıdaki bilgilerden anlaşılacağı üzere Barka (1993), çalışma alanının Kaynarca - Dırazali arası kesiminin M.S 740 depremi ile kırıldığını belirtmiştir. Diğer hendek çalışmaları ise noktasal kalmakta olup KAFSGK için bütünlük göstermez.

7.3 Bu çalışma Kapsamında Açılan Hendeklerin Değerlendirilmesi

Bu tez çalışması ile morfotektonik ve tektonostratigrafik unsurlar gözetilerek güney kolun Sarıgazi fayı üzerinde: Bh1, Bh2, Bh3, Bh4, Bh5, Bh6, Mekece fayı üzerinde: Bh7 ve Dırazali fayı üzerinde: Bh8, Bh9, Bh10, Bh11 olmak üzere toplam onbir hendek açılmıştır. Bu hendekler ile birlikte açılan eski hendekler bölgenin fay haritası üzerine işlenmiştir (Şekil 7.5).

Yukarıda belirtilen bu hendeklerden bazıları üzerinde çeşitli nedenlerden dolayı bütünleşik veri (duvarların temizlenmesi ve ölçeklenmesi, fay izi, yaşlandırma) elde edilememiştir. Bu hendeklerden;

Bh1 hendeği, Geyve ilçe merkezinin 2 km doğusunda yer alır. Hendek içinde yeraltı su seviyesi yüksek olduğu ve oluşan su tahliye edilemediği için hendek duvarlarında ölçeklendirme yapılamamış ve herhangi bir deformasyon izine rastlanılmamıştır.

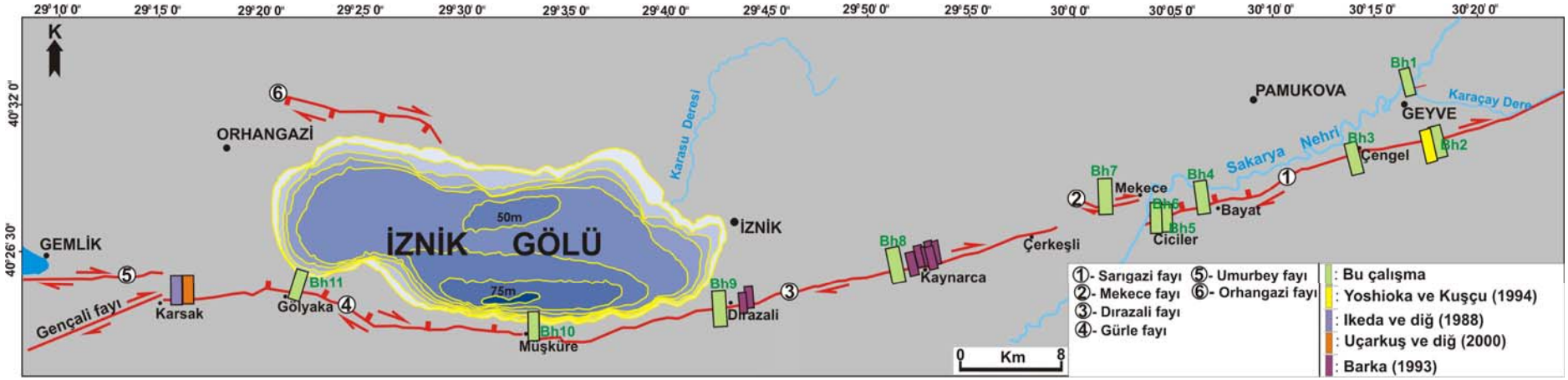
Bh4 hendeği, Sakarya Nehri'nin güneyinde, Bayat Köyü'nün 300 m batısında, Geyve-Bayat Yolu'nun 100 m güneyinde açılmıştır. Hendeğin doğu ve batı duvarının tamamı temizlenmiş ve tekdüze şekilde kötü tutturulmuş kahverengi kum seviyesinden oluştuğu görülmüştür. Fay izi belirlenemeyen hendekte, ölçeklendirme de yapılmamıştır.

Bh5 hendeği, Ciciler Köyü'nde ve Geyve-Bayat Yolu'nun 100 m güneydoğusunda açılmıştır. Hendek duvarları temizlenerek ölçeklendirilmiş olup fay izine rastlanılmadığından dolayı yaşlandırma yapılmamıştır.

Bh8 hendeği, Kaynarca Köyü'nün yaklaşık 800 m batısında, Adapazarı-Mekece-İznik Yolu'nun kuzeyinde açılmıştır. Bu hendeğin her iki duvarında da fay izine rastlanılmamış olup yaşlandırma yapılmamıştır.

Bh11 hendeği, Gölyaka Köyü'nün 200 m batısında, İznik-Gemlik Yolu'nun 20 m güneyinde yer alır. Duvarları temizlenip ölçeklendirilen hendekte, herhangi bir fay izine rastlanılmadığından yaşlandırma yapılmamıştır.

Yukarıda belirtilen hendeklerin dışında kalan Bh2, Bh3, Bh6, Bh7, Bh9 ve Bh10 hendeklerindeki bütün veriler değerlendirilerek aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır.

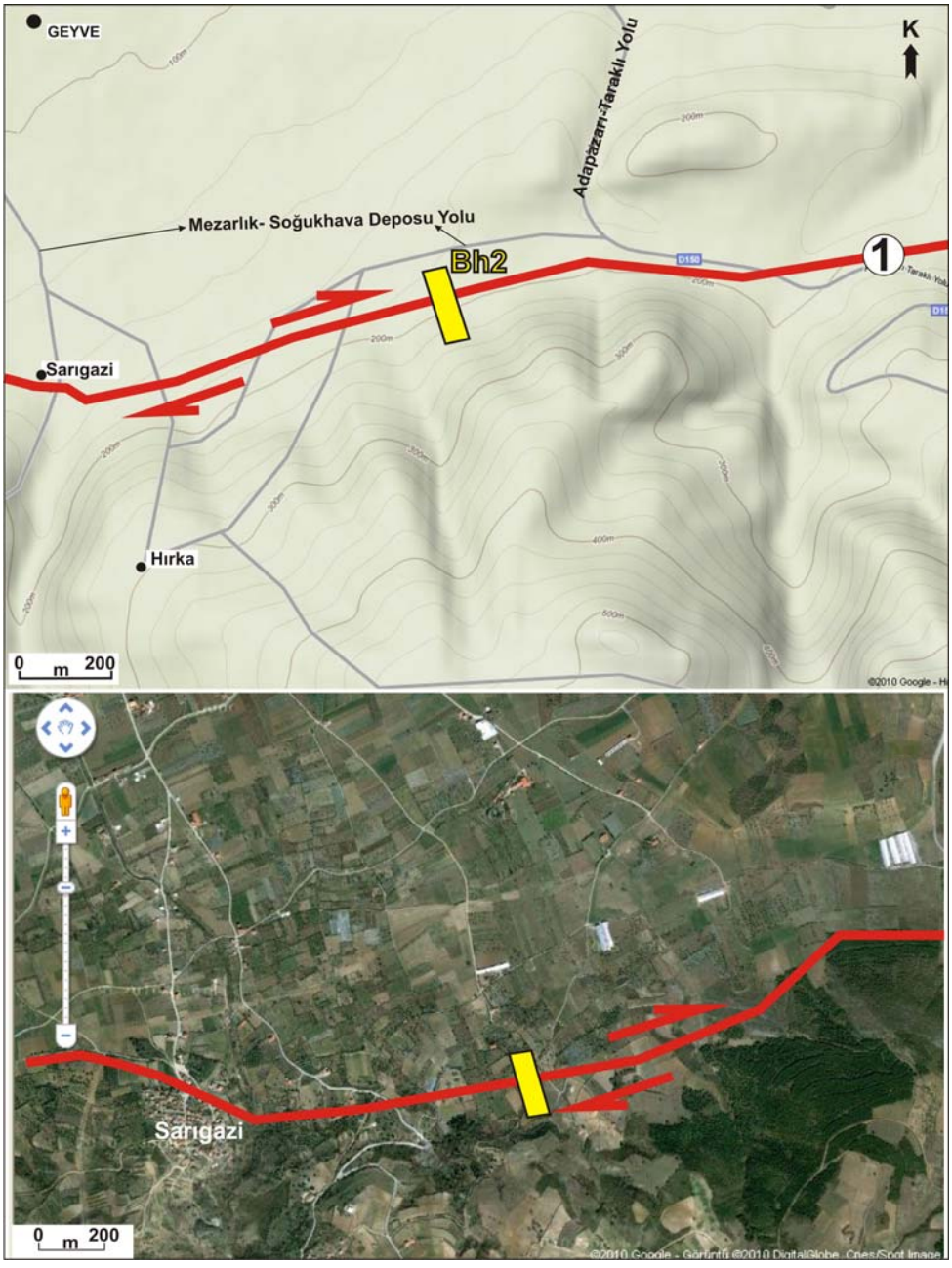


Şekil 7.5 : Çalışma alanı KAFSGK üzerinde önceki çalışmacılar tarafından ve bu çalışma ile açılan hendeklerin lokasyon haritası.

7.3.1 Bh2 Hendeği

7.3.1.1 Hendek yeri ve morfolojisi

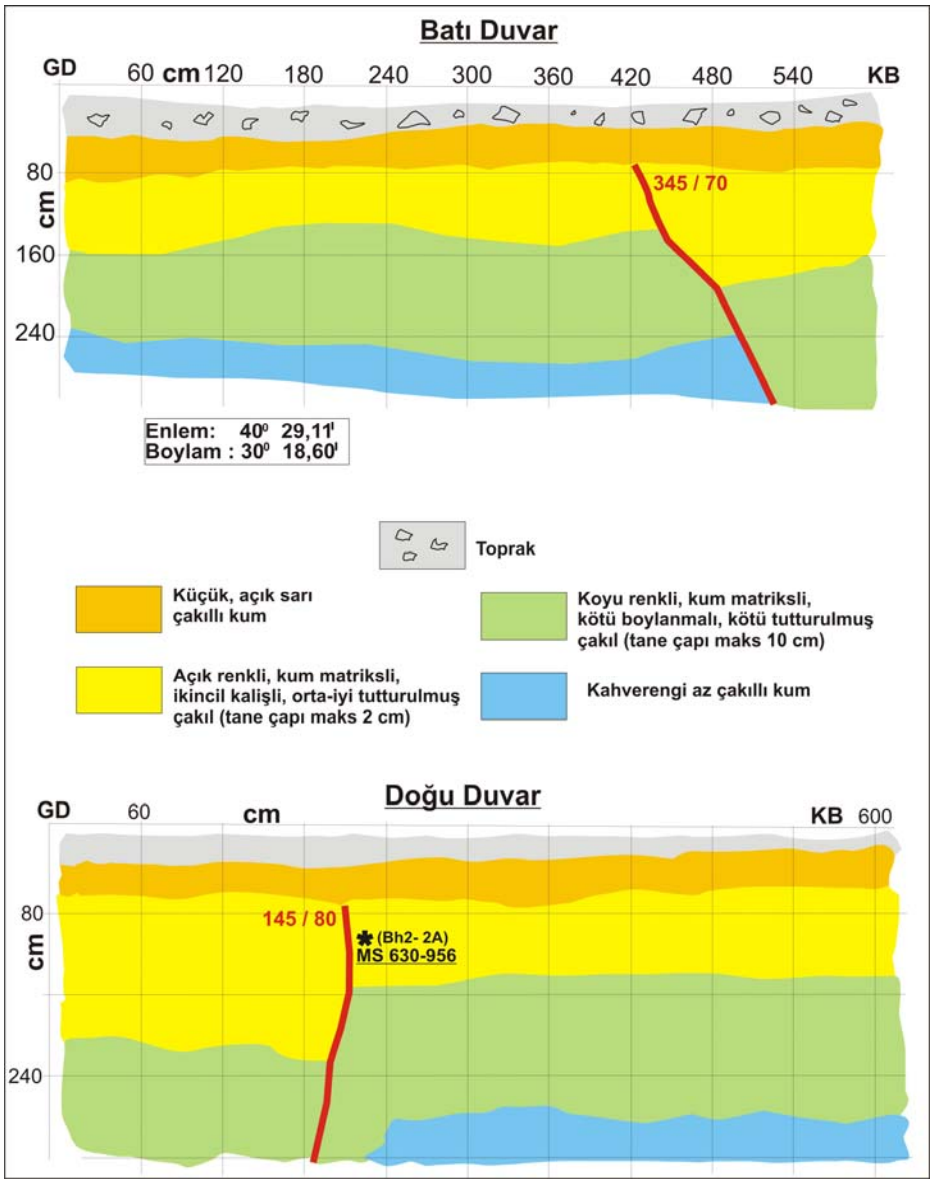
Bh2 hendeği, Geyve'nin 1.2 km güneydoğusunda Mezarlık-Soğukhava deposu yolunun yaklaşık 200 m güneyinde yer alır (Şekil 7.6). Hendek, Sarıgazi fayı ile oluşmuş üçgen yüzey morfolojisinin yaklaşık 150 m kuzeyinde, 50 cm yüksekliğinde bir fay basamağı üzerinde, KB – GD doğrultulu, 7 m uzunluğunda ve 3 m derinliğindedir. Hendek eski ve yeni nehir çökellerinin bulunduğu alanda açılmıştır.



Şekil 7.6 : Bh2 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurları ile hendeğin genel görünümü (1. Sarıgazi fayı), (Url - 4)

7.3.1.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

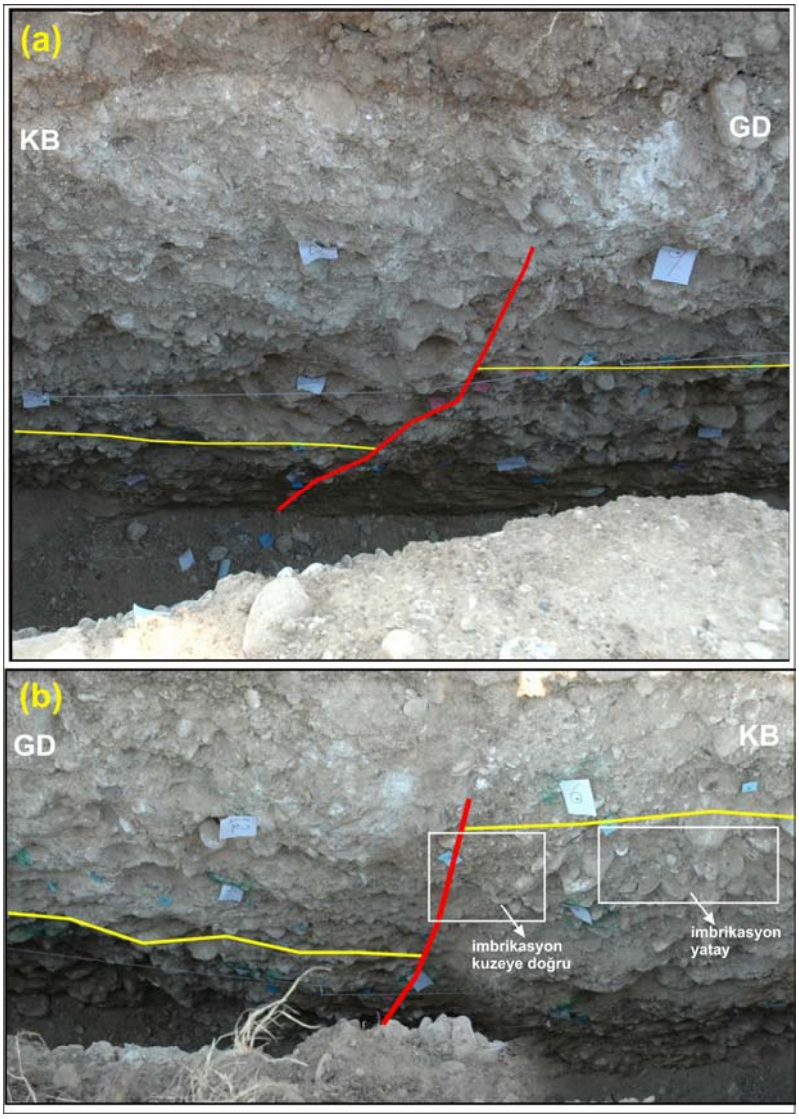
Hendeğin her iki duvarı da ölçeklendirilmiş olup batı duvarındaki litoloji; tabanda yaklaşık 50 cm kalınlığında kahve renkli az çakıllı kum, üste doğru 50 ile 80 cm kalınlığında koyu renkli kum matriksli çakıl (tane çapı maksimum 10 cm), 60 ile 100 cm kalınlığında açık renkli ikincil kalişli orta-iyi tutturulmuş çakıl, 20-35 kalınlığında küçük çakıllı açık sarı kum şeklindedir. En üstte ise güncel toprak bulunur. Hendeğin doğu duvarının litolojisi batı duvar ile aynı olup kalınlıklar değişir. Öte yandan hendeğin her iki duvarında da fay izi belirlenmiştir (Şekil 7.7).



Şekil 7.7 : Bh2 hendeğinin batı ve doğu duvarlarının ölçeklendirilmiş kesitleri ve elde edilen karbon yaşı.

Hendeğin doğu duvarında belirlenen fay düzlemi, Sarıgazi ana fayına sintetik şekilde ve 145^0 / 80^0 konumlu olup doğu duvarda yaklaşık 50 cm düşey seperasyon

oluşturmuştur. Fayın kestiği stratigrafik seviyeden alınan karbon numunesinden (C^{14}) 1125 ± 40 BP yıl ve kalibre MS 630-956 yaşı bulunmuştur. Hendeğin batı duvarında ise KB'dan itibaren 1.30 m mesafede, 80 cm derinliğinde ve 345^0 / 70^0 konumlu olarak belirlenen fay izi doğu duvardaki gibi aynı çökeli kesmiş ve bu duvarda da doğu duvara benzer şekilde küçük açık sarı çakıllı kum tarafından örtülmüştür. Bu duvarda fayın düşey separasyonu ise yaklaşık 45 cm'dir. Ayrıca doğu ve batı duvarın genelinde yatay izlenen çakıl imbrikasyonu, doğu duvarda fay düzleminden itibaren 20 cm yükselen blok içinde güneye doğru 55^0'lik eğim açısı kazanır (Şekil 7.8).



Şekil 7.8 : Bh2 hendeğinin: (a) batı duvardaki fay izinin, (b) doğu duvardaki fay izi ve çakıl imbrikasyonu değişiminin yorumlanmış görünümü.

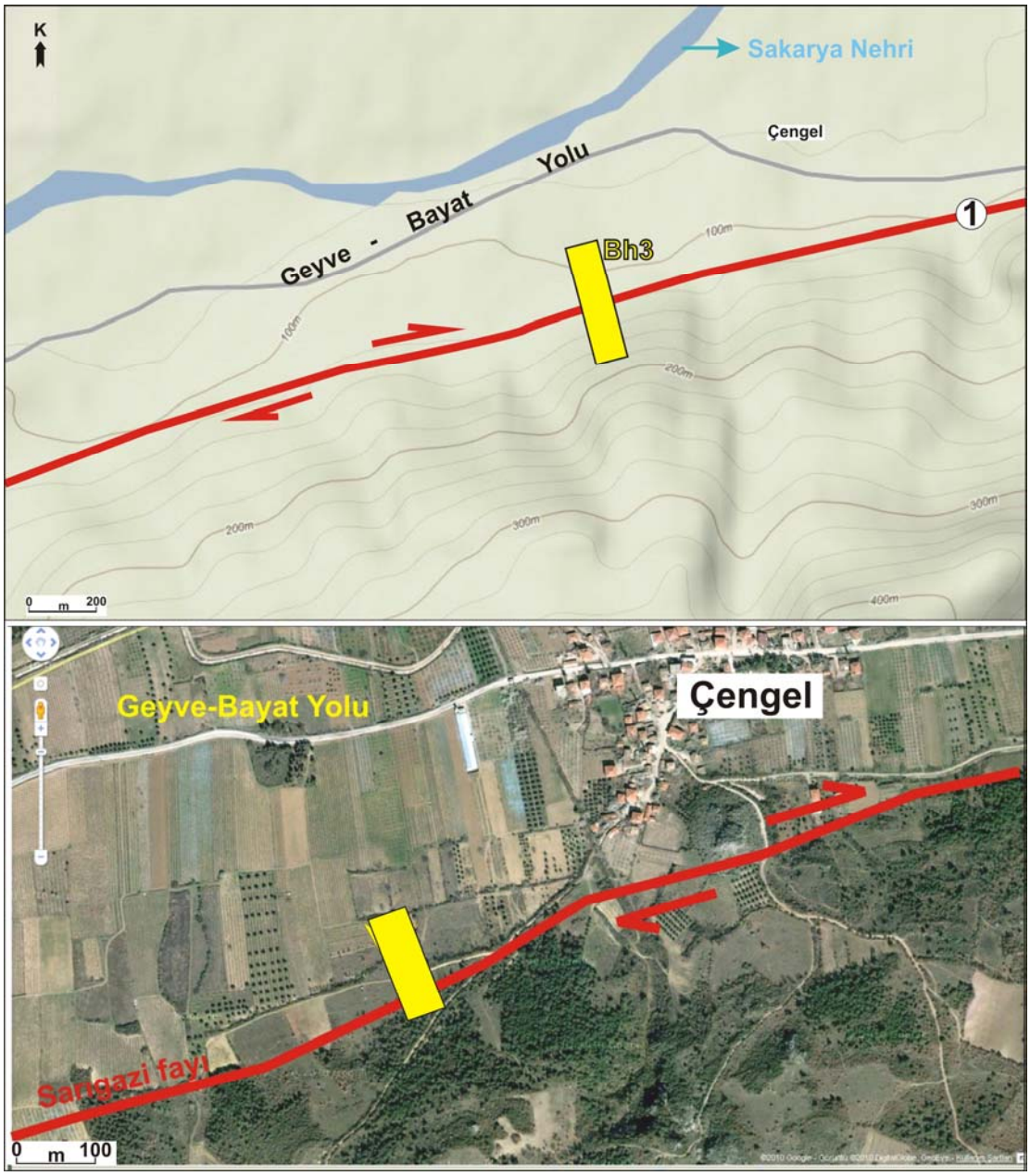
7.3.1.3 Hendek sonuçları:

Bh2 hendeğinden elde edilen yaş verisi M.S 1065 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

7.3.2 Bh3 Hendeği

7.3.2.1 Hendek yeri ve morfolojisi

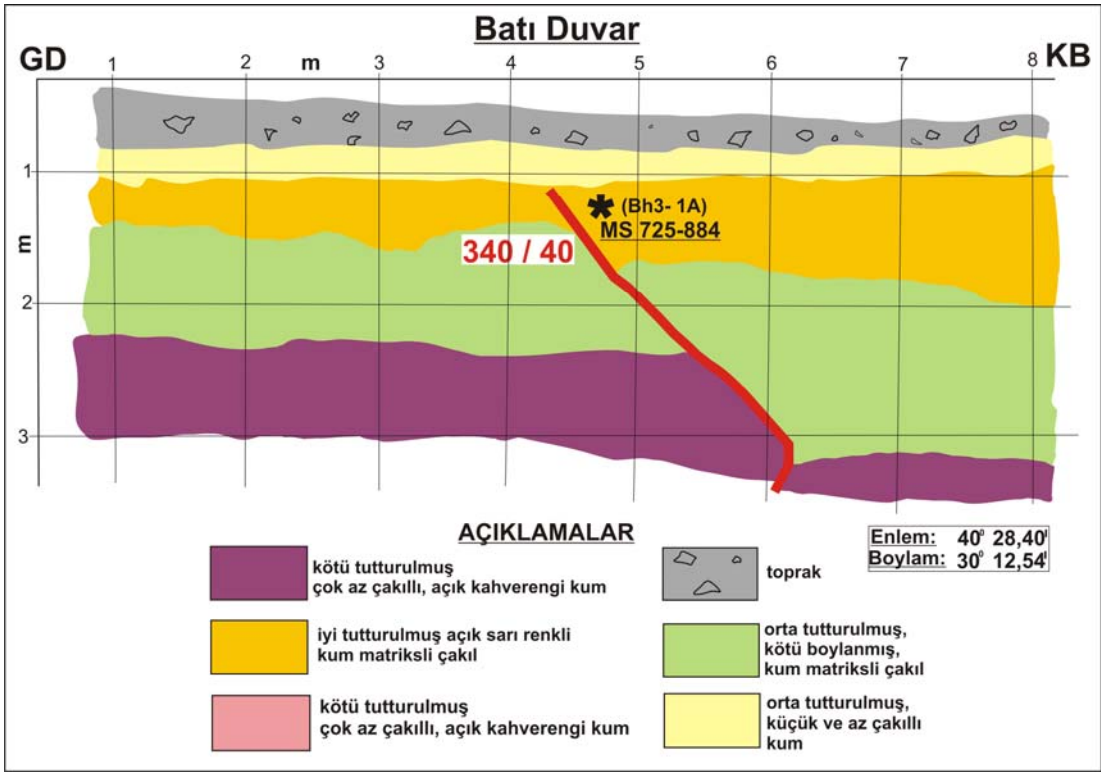
Bh3 hendeği, Çengel Köyü'nün 200 m güneybatısında Geyve-Bayat Yolu'nun yaklaşık 100 m güneyinde açılmıştır. Hendek, Sarıgazi fayı üzerinde üçgen yüzey şeklindeki morfolojinin önünde yer alır (Şekil 7.9) Hendek yerinin doğu ve batı kesiminde fayın en önemli belirteçleri, doğrultu açıları değişen üçgen yüzeylerdir. Güney blokta yer alan bu üçgen yüzeylerin önü (kuzeyi) ise daha çok eski akarsu çökellerinden oluşur.



Şekil 7.9 : Bh3 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü (Url – 4).

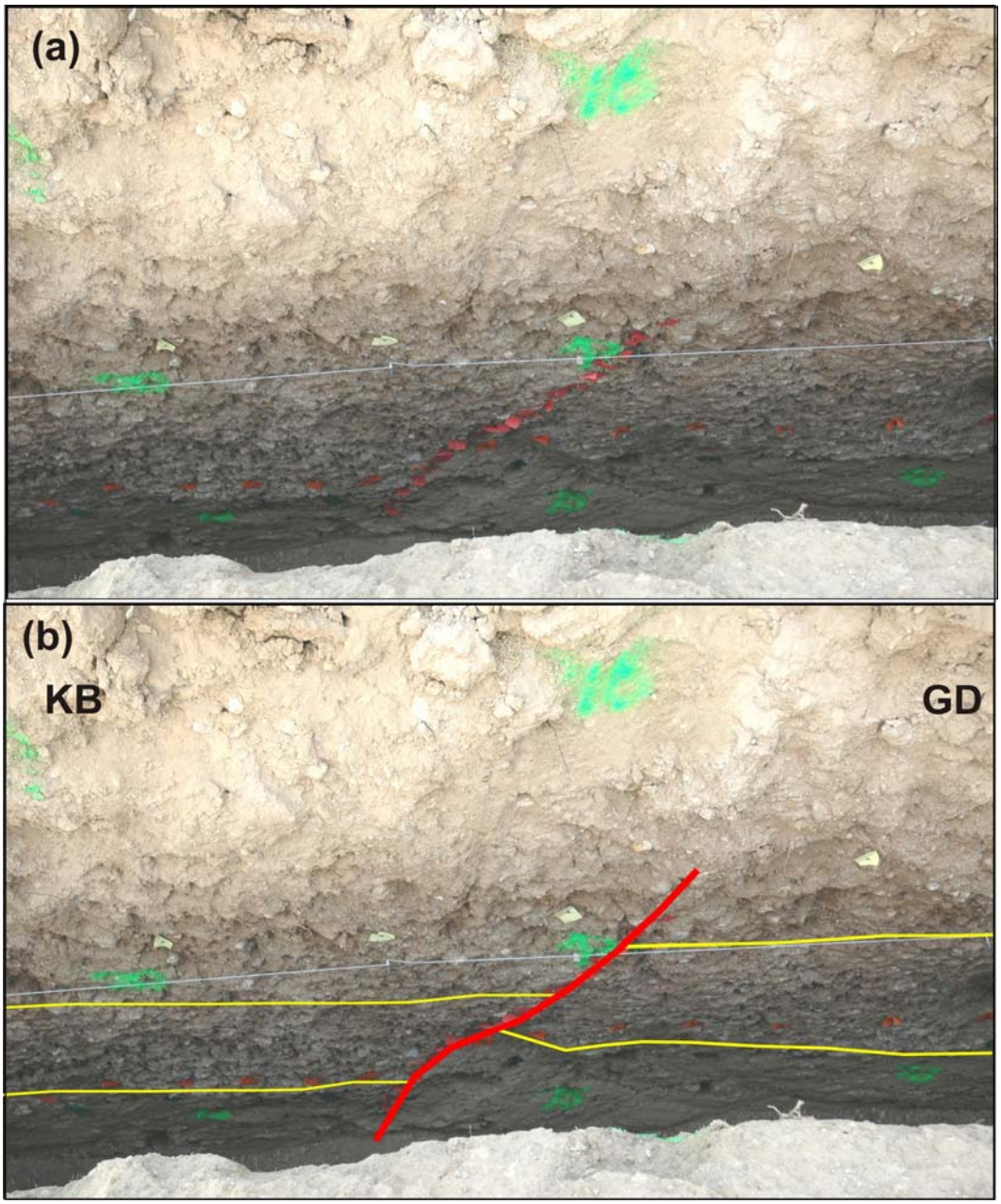
7.3.2.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

Bh3 hendeği; KB-GD doğrultulu açılmış olup, yaklaşık 8 m uzunluğunda ve 3.5 m derinliğindedir. Hendeğin her iki duvarının stratigrafisi ölçeklendirilerek belirlenmiştir. Batı duvar tabandan tavana doğru; 25-60 cm kalınlığında kötü tutturulmuş çok az çakıllı açık kahverengi kum, 80-110 cm kalınlığında orta tutturulmuş kötü boylanmış kum matriksli çakıl, 20-80 cm kalınlığında iyi tutturulmuş açık sarı renkli çakıl, 20-30 cm kalınlığında orta tutturulmuş küçük ve az çakıllı kum çökel seviyeleri şeklindedir (Şekil 7.10). En üstteki toprak örtü ise bu düzeyleri örter. Hendeğin doğu duvarında ise batı duvardan farklı olarak kalınlığı 10-25 cm arasında olan kötü tutturulmuş kahverengi kil düzeyi bulunur. Diğer çökel seviyelerinin kalınlığı değişmekle beraber litolojisi batı duvarın aynısıdır.



Şekil 7.10 : Bh3 hendeğinin batı duvarının ölçeklendirilmiş kesiti ile birlikte fay izi ve oluşturduğu separasyon miktarı.

Bh3 hendeği batı duvarının GD'dan itibaren 4 m mesafede ve 1.30 m derinliğinde, iyi tutturulmuş açık renkli kum matriksli çakıl seviyesini kesen ve toprak ile örtülen, 340^0 / 40^0 konumlu fay izi belirlenmiştir. Bu fay duvarda yaklaşık 45 cm'lik düşey separasyon oluşturmuştur (Şekil 7.11).



Şekil 7.11 : Bh3 hendeğinin (a) yorumlanmamış, (b) yorumlanmış batı duvarındaki fay izinin görünümü.

Hendek lokasyonunun ana fayın yakınında ve muhtemelen ikincil fay üzerinde olmasından dolayı doğu duvarda fay izine rastlanılmamıştır. Şekil 7.10'da görüldüğü gibi, Bh3 hendeğinin batı duvarındaki fayın en son kestiği iyi tutturulmuş açık sarı renkli kum matriksli çakıl seviyesinden alınan BH3 (1A) karbon numunesinden 1285 ± 40 BP yıl ve kalibre MS 725-884 yaşı elde edilmiştir.

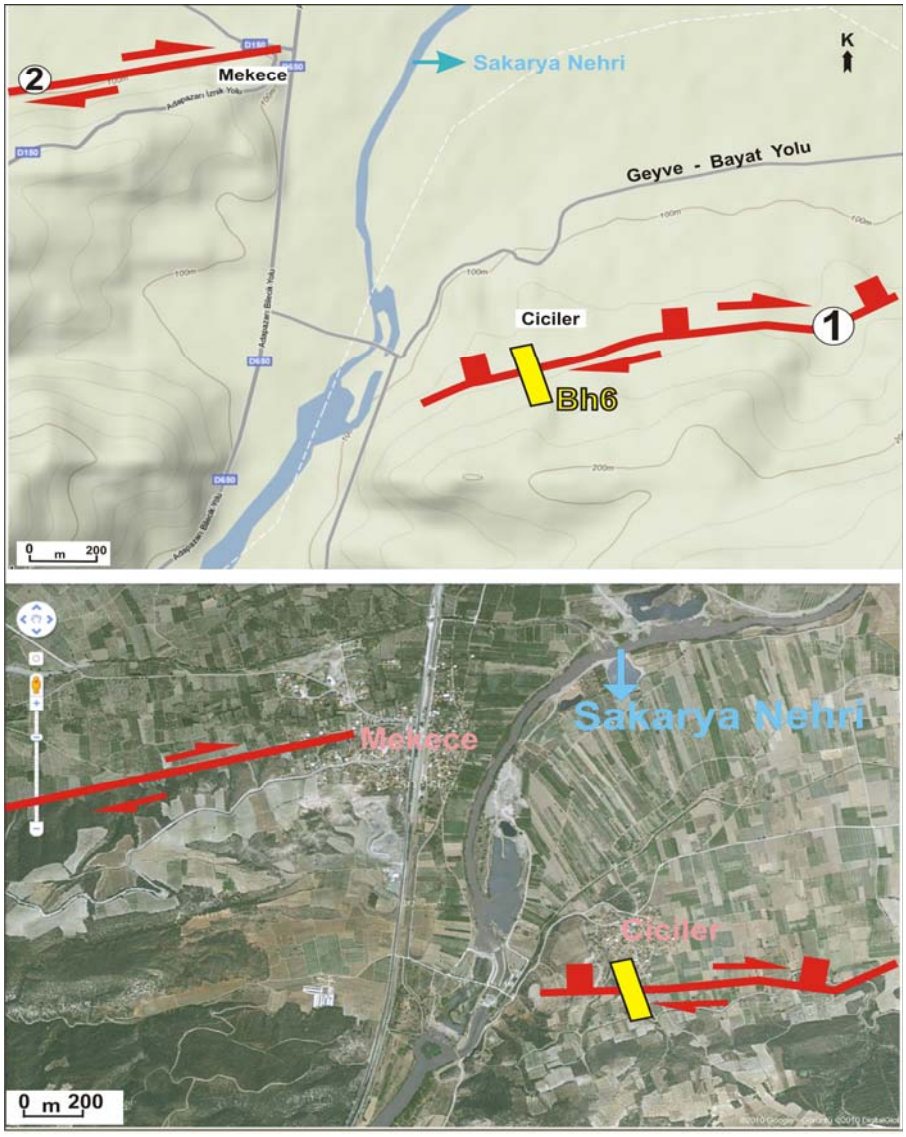
7.3.2.3 Hendek sonuçları

Bh3 hendeğinden elde edilen yaş verisi M.S 1065 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

7.3.3 Bh6 Hendeği

7.3.3.1 Hendek yeri ve morfolojisi

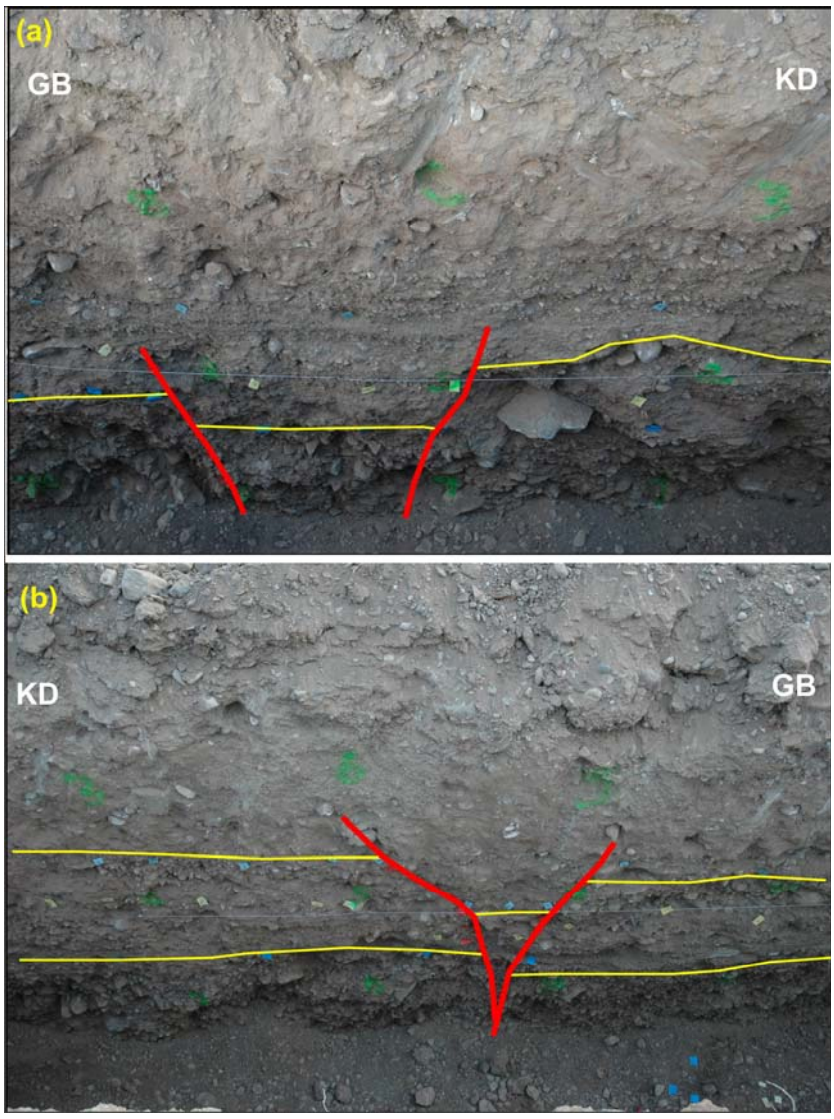
Hendek, Geyve-Pamukova havzasında Pliyo-Kuvaterner birimleri kesen fayların en yoğun izlendiği yer olan Ciciler Köyü'nde ve Geyve-Bayat Yolu'nun 110 m güneydoğusunda açılmıştır (Şekil 7.12). Geyve – Pamukova havzasının en batı kesiminde bulunan bu lokasyonda yer yer küçük ölçekli fay basamakları izlenir. Bu görüntü, aktif fayların bu alanda da onlarca metre aralıklar ile sintetik ve antitetik faylanma şeklinde zon oluşturduğunu destekler. Hendek yamaç molozu ve nehir çökellerinin bulunduğu alanda açılmıştır.



Şekil 7.12 : Bh6 hendeği çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü (1: Sarıgazi fayı, 2: Mekece fayı) (Url – 4).

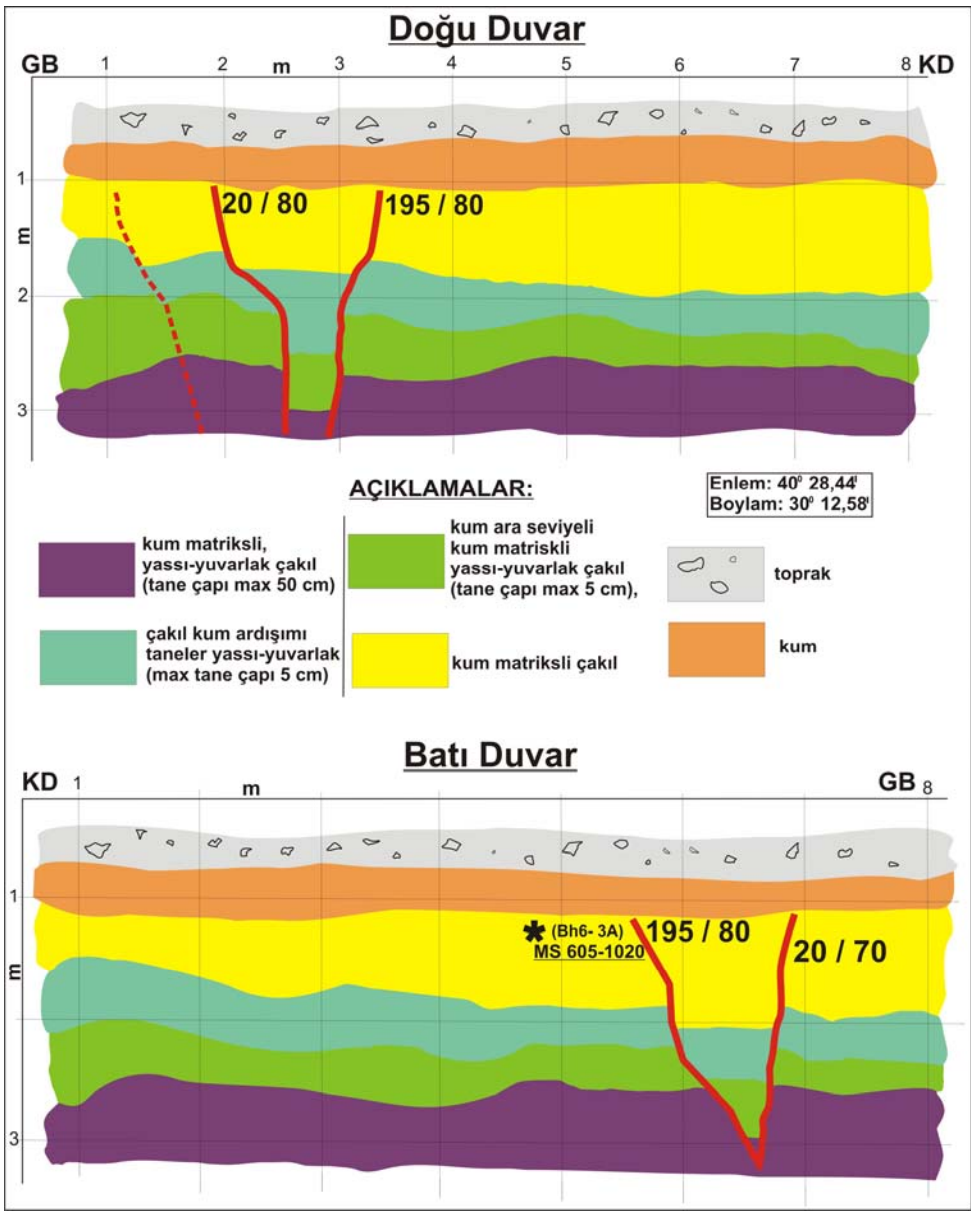
7.3.3.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

Hendeğin her iki duvarı da ölçeklendirilmiş olup stratigrafik kesitleri çizilmiştir. Batı ve doğu duvarda aynı çökel istifi kesilmiş olup tabandan tavana doğru: 30-80 cm kalınlığında kum matriksli yassı-yuvarlak çakıl (tane çapı maksimum 50 cm), 10-60 cm kalınlığında kum ara seviyeli kum matriksli yassı-yuvarlak çakıl (tane çapı maksimum 5 cm), 10-35 cm kalınlığında yassı-yuvarlak çakıl kum ardışımı (maksimum tane çapı 5 cm), 30-100 cm kalınlığında kum matriksli çakıl, 15-35 cm kalınlığında kum şeklindedir. Güncel toprak ise bütün bu seviyeleri örter. Bh6 hendeği doğu duvarının güneybatısından itibaren 1.5 m uzakta ve 1.20 m derinlikte; 20^0 / 80^0 ve 195^0 / 80^0 konumlu iki fay düzlemi tespit edilmiştir. Doğu duvarda olan bu faylardan biri üzerinde, çakıl – kum ardışımında en fazla 40 cm düşey separasyon oluşmuştur (Şekil 7.13).



Şekil 7.13 : Bh6 hendeğinin (a) doğu, (b) batı duvarlarının yorumlanmış görünümleri.

Hendeğin batı duvarında ise doğu duvarda izlenen fayların simetriği 20^0 / 70^0 ve 195^0 / 80^0 konumludur. Batı duvarda olan bu faylardan biri üzerinde de doğu duvardaki litolojinin aynısında en fazla 55 cm düşey separasyon oluşmuştur. Her iki duvarda da izlenen bu faylar, Sarıgazi fayına paralel olup bu fayın yaklaşık 450 m kuzeyindeki yanal devamı olmayan faylardır. Bu fayların kestiği kum şeritli-kum matriksli çakıl seviyesinden alınan Bh6 (3A) karbon örneğinden 1210 ± 40 BP yıl ve MS 605-1020 yaşı bulunmuştur (Şekil 7.14).



Şekil 7.14 : Bh6 hendeği doğu ve batı duvarlarının ölçeklendirilmiş stratigrafik kesitleri ve fay izleri.

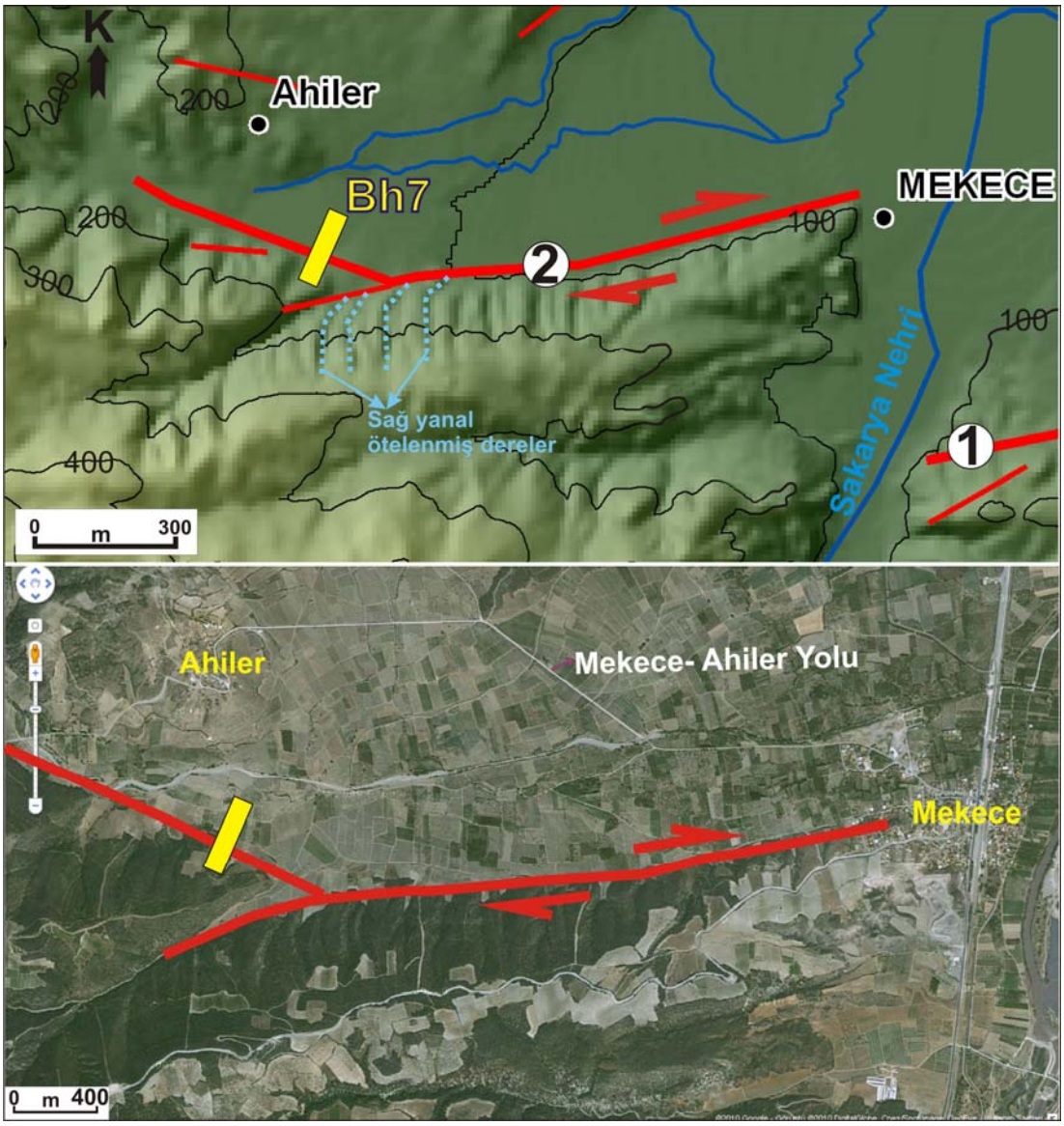
7.3.3.3 Hendek sonuçları

Bh6 hendeğinden elde edilen yaş verisi M.S 1065 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

7.3.4 Bh7 Hendeği

7.3.4.1 Hendek yeri ve morfolojisi

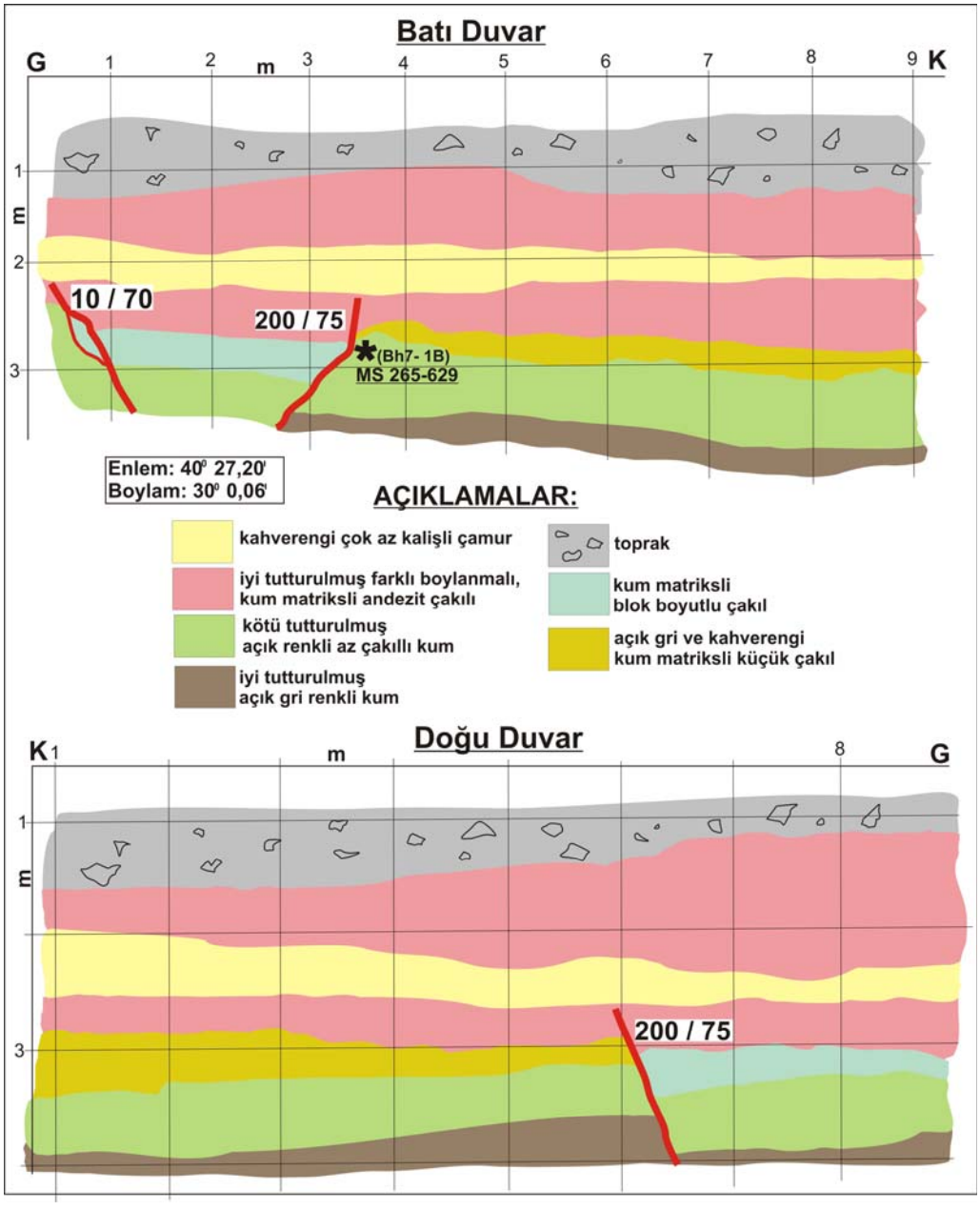
Bh7 hendeği, Mekece'nin 2 km batısında Mekece – Ahiler Yolu'nun güneyinde, Mekece fayı üzerinde D-B doğrultulu üçgen yüzeyin önünde, K-G doğrultulu olarak 9 m uzunluğunda ve 4.5 m derinliğinde açılmıştır. Mekece fayı boyunca sağ yanal ötelenmiş dere ve üçgen yüzeyler oldukça belirgindir. Bh7 hendeği de fay boyunca seri şekilde ötelenmiş derelerin 250 m doğusunda ve bir üçgen yüzeyin önünde açılmıştır (Şekil 7.15). Hendek bölgesinde yamaç molozu çökelleri bulunur.



Şekil 7. 15 : Bh7 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü (1: Sarıgazi fayı, 2: Mekece fayı).

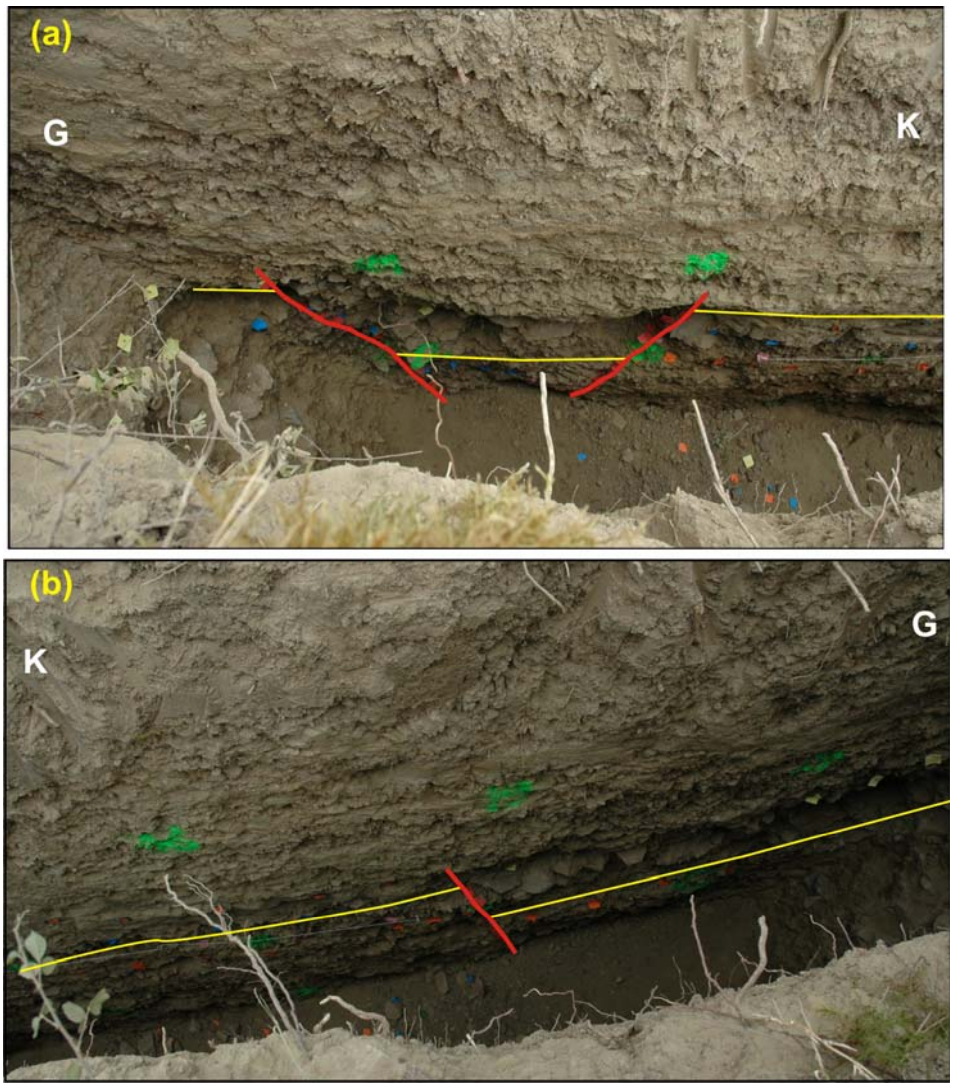
7.3.4.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

Hendeğin her iki duvarı ölçeklendirilerek stratigrafik kesitleri çizilmiştir. Batı ve doğu duvarda aynı çökeller izlenmekte olup tabandan tavana; 20-40 cm kalınlığında iyi tutturulmuş açık gri renkli kum, 70-100 cm kalınlığında kötü tutturulmuş açık renkli az çakıllı kum, 20-40 cm kalınlığında kum matriksli blok boyutlu çakıl, 10-30 cm kalınlığında kahverengi çok az kalişli çamur, 100-120 cm kalınlığında iyi tutturulmuş farklı boylanmalı kum matriksli andezit çakılı, açık gri-kahverengi kum matriksli küçük çakıl ardalanması ve 20-50 cm kalınlığında toprak şeklindedir (Şekil 7.16).



Şekil 7.16 : Bh7 hendeğinin ölçeklendirilmiş doğu ve batı duvarlarının kesitlerinin görünümü.

Bh7 hendeğinin batı duvarında 10^0 / 70^0 ve 200^0 / 75^0 konumlu iki fay izi belirlenmiş olup bu faylar, iyi tutturulmuş açık gri renkli kum ve kötü tutturulmuş açık renkli az çakıllı kum seviyelerini keserken, kum matriksli blok boyutlu çakıl seviyesi ile eş yaşlıdır. 10^0 / 70^0 konumlu fay, 75 cm düşey separasyon oluşturmuştur. 200^0 / 75^0 konumlu fay ise antitetik olup 25 cm düşey separasyon oluşturmuştur. Doğu duvarda ise 200^0 / 75^0 konumlu fay izi, 20 cm düşey separasyon oluşturmuştur (Şekil 7.17). Hendeğin batı duvarında 2.90 m derinliğinden ve kötü tutturulmuş açık renkli az çakıllı kum seviyesinden alınan karbon numunesinden 1590 ± 35 BP ve MS 265-629 yıl kalibre edilmiş yaş elde edilmiştir.



Şekil 7.17 : Bh7 hendeğinin (a) batı, (b) doğu duvarlarının yorumlanmış görünümleri.

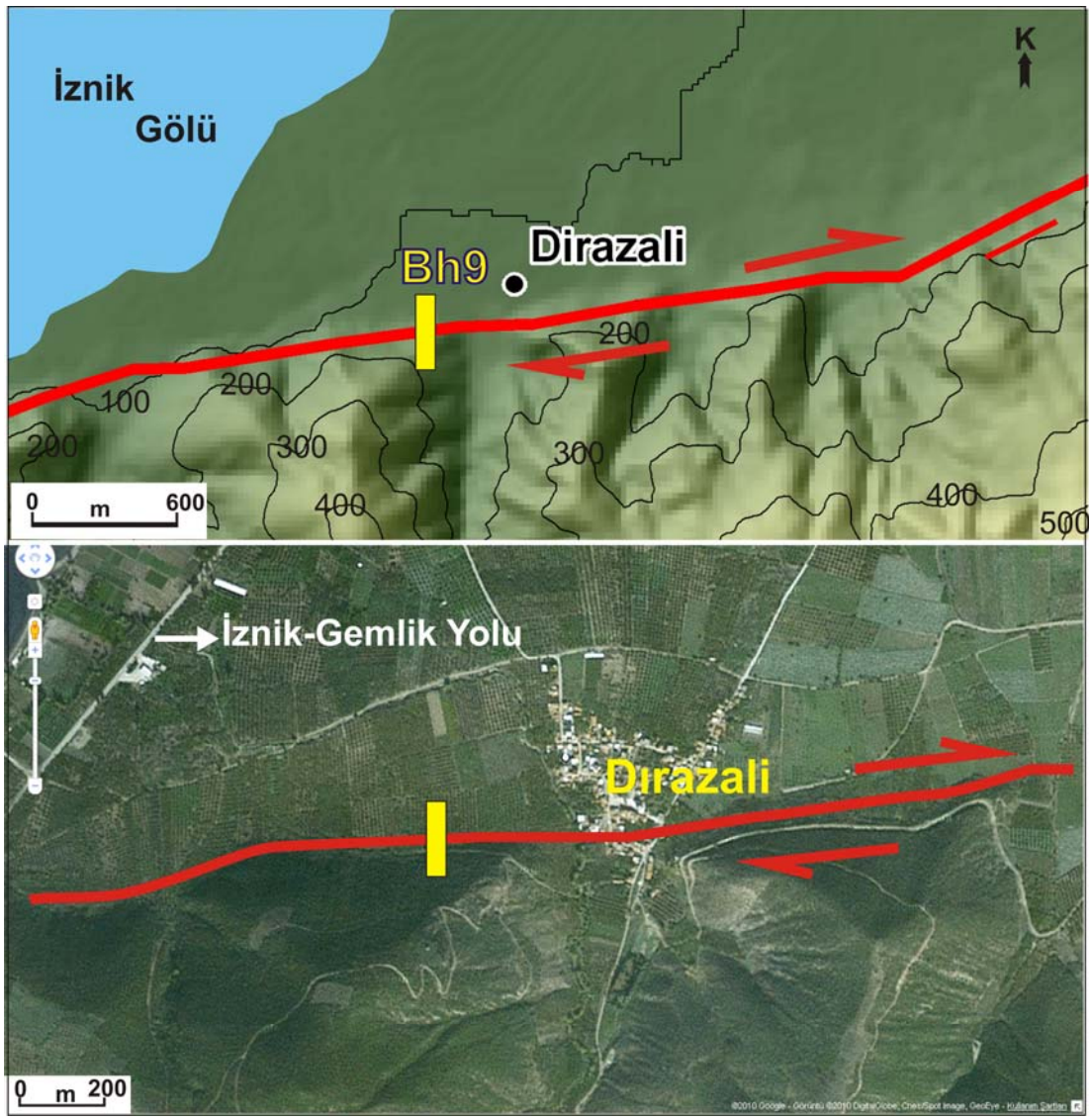
7.3.4.3 Hendek sonuçları

Bh7 hendeğinden elde edilen yaş verisi, M.S 740 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

7.3.5 Bh9 Hendeği

7.3.5.1 Hendek yeri ve morfolojisi

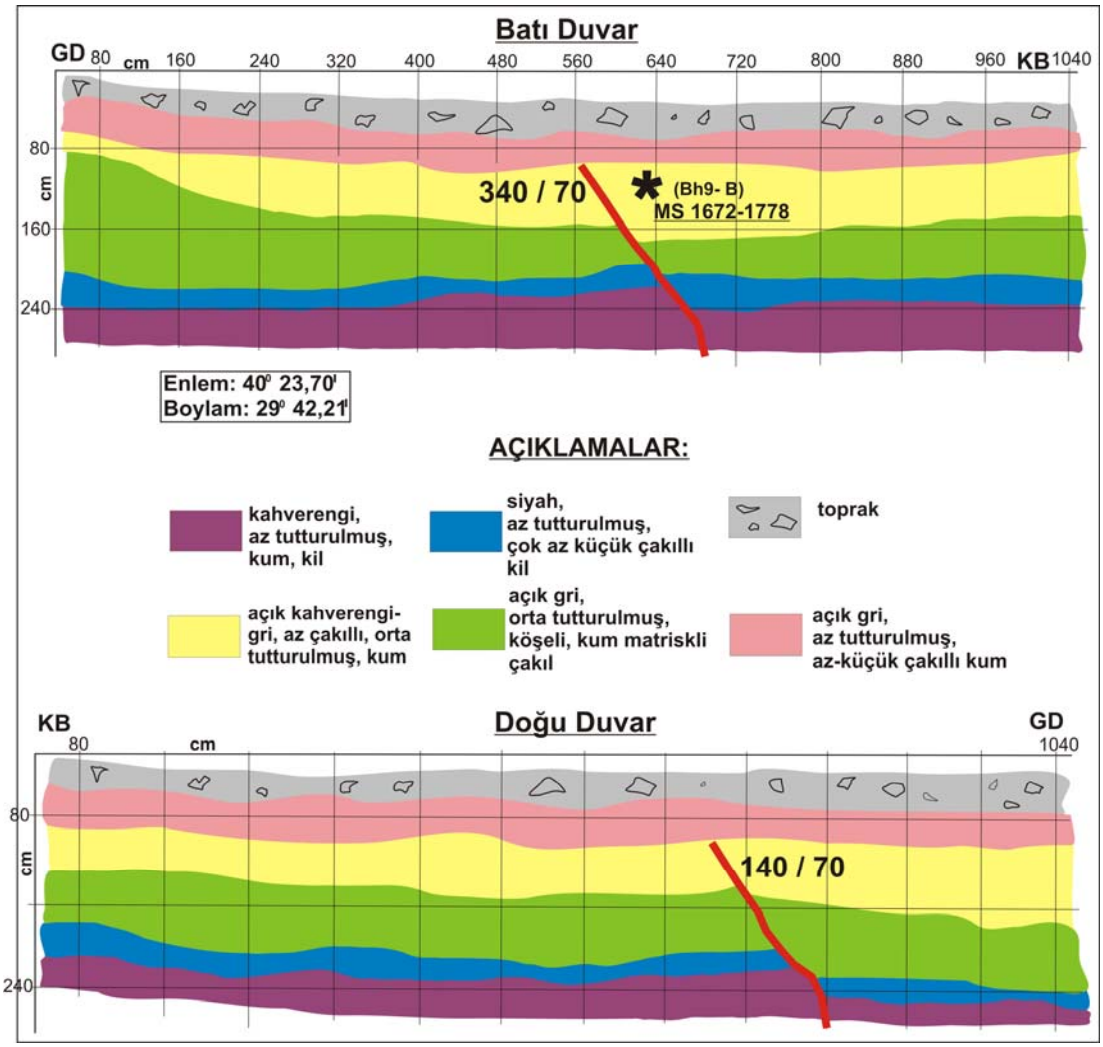
Bh9 hendeği; Dırazali fayı üzerinde Dırazali Köyü'nün 400 m batısında üçgen yüzey önünde KB-GD doğrultulu açılmıştır. Dırazali fayı, Dırazali Köyü'nün kısmen güneyinden geçer. Fay, bu alanda özellikle üçgen yüzeyler oluşturmuştur. Bu üçgen yüzeylerin onlarca metre kuzeyinde ise yer yer D-B devamı olmayan ve birkaç metre uzunluğa sahip fay basamakları izlenir. Bh9 hendeği de bölgedeki üçgen yüzeylerden birinin 10 m kadar kuzeyinde açılmıştır (Şekil 7.18). Bölgede İznik Gölü'nün eski seviyesine ait ve yamaç molozu özelliğinde çökeller bulunur.



Şekil 7.18 : Bh9 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü.

7.3.5.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

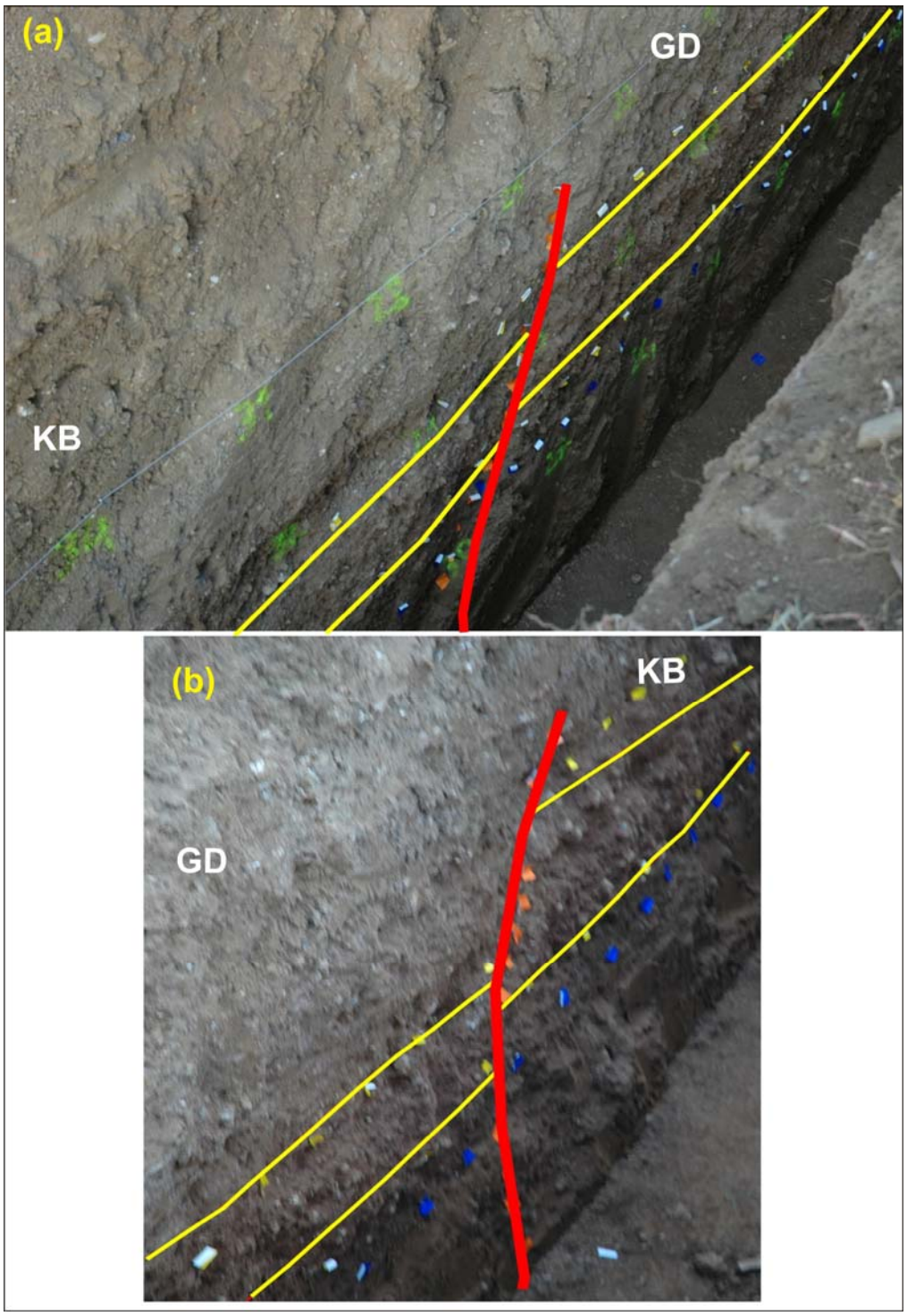
Doğu ve batı duvarları ölçeklendirilen hendeğin uzunluğu 10.5 m, derinliği ise 3.20 m'dir. Hendek stratigrafisi, tabandan tavana doğru: 15-50 cm kalınlığında kahverengi az tutturulmuş kum kil ardışımı, 10-35 cm kalınlığında siyah az tutturulmuş çok az çakıllı kil, 30-100 cm kalınlığında açık gri orta tutturulmuş köşeli kum matriksli çakıl, 20-60 cm kalınlığında açık kahverengi-gri az çakıllı orta tutturulmuş kum ve 10-20, 20-30 cm açık gri az tutturulmuş az küçük çakıllı kum ve 15-30 cm kalınlığında toprak şeklindedir (Şekil 7.19).



Şekil 7.19 : Bh9 hendeğinin ölçeklendirilmiş doğu ve batı duvarlarının kesitlerinin görünümü.

Bh9 hendeğinin batı duvarı güneydoğusundan itibaren 4.5 m'de 1.20 m derinliğinde 340^0 / 70^0 konumlu fay izine rastlanılmış olup bu fay açık kahverengi-gri az çakıllı orta tutturulmuş kum seviyesini kesmektedir. Hendeğin doğu duvarındaki fay izi ise 140 / 70 konumludur. Batı duvarda fayın oluşturduğu düşey separasyon 30 cm iken doğu duvarda 55 cm'dir (Şekil 7.20). Batı duvarda fay ile kesilen en son birim olan

açık kahverengi-gri az çakıllı orta tutturulmuş kum seviyesinden alınan Bh9 (B) karbon örneğinden 240 ± 25 BP ve kalibre MS 1672-1778 yıl yaş bulunmuştur.



Şekil 7.20 : Bh9 hendeğinin (a) batı, (b) doğu duvarlarının yorumlanmış görünümleri.

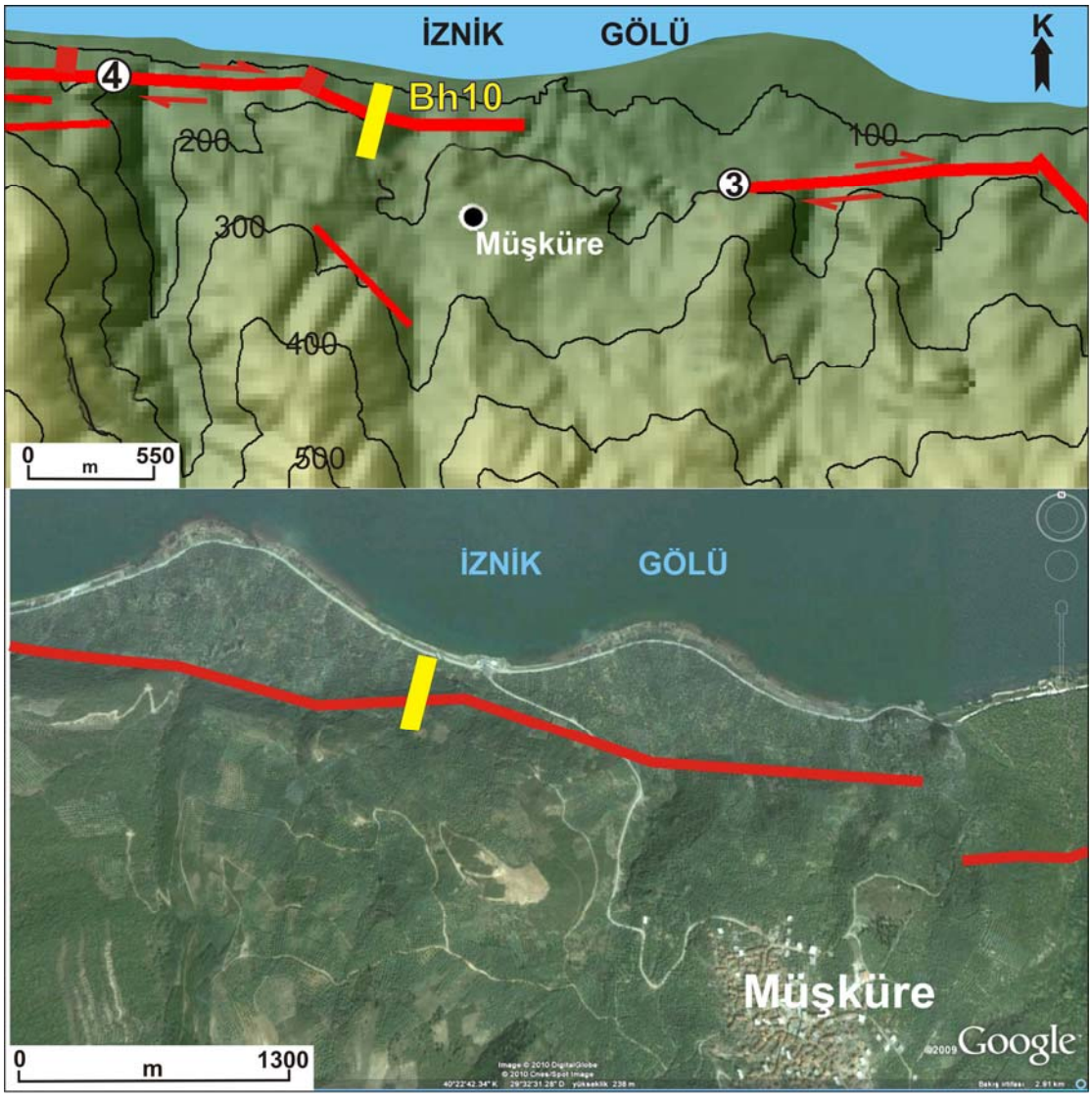
7.3.5.3 Hendek sonuçları

Bh9 hendeğinden elde edilen yaş verisi, M.S 1863 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

7.3.6 Bh10 Hendeği

7.3.6.1 Hendek yeri ve morfolojisi

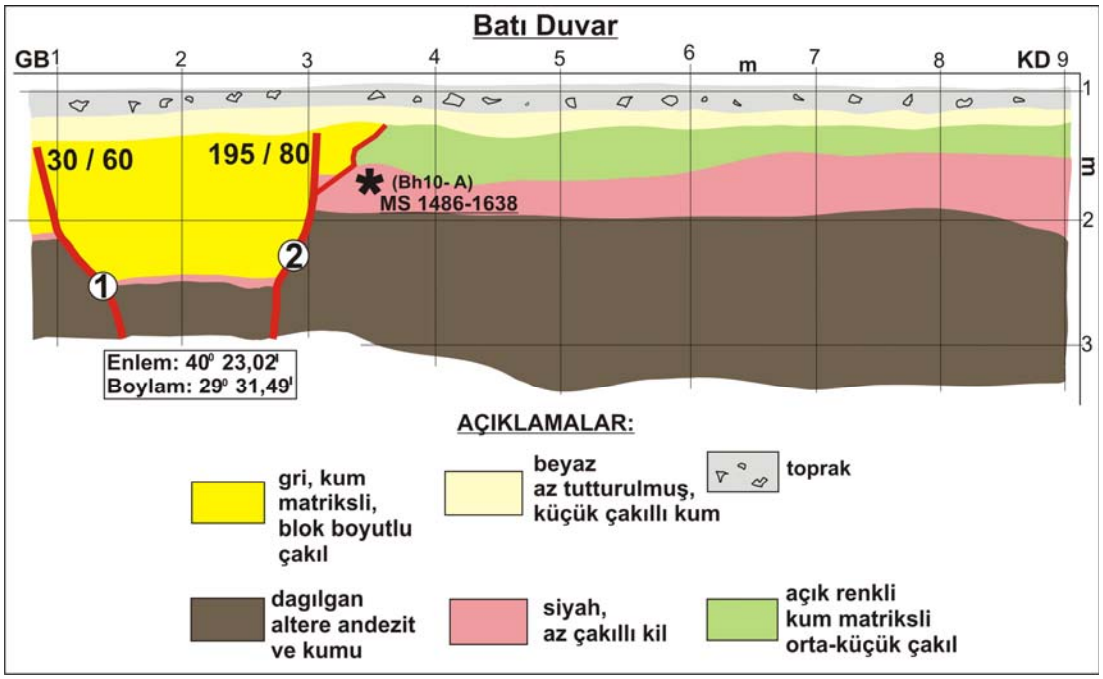
Bh10 hendeği, Müşküre Köyü girişinin 100 m batısında, İznik – Gemlik Yolu'nun 30 m güneyinde ve Gürle fayı üzerinde açılmıştır. Bölgenin genelinde olduğu gibi Gürle fayı da morfolojide özellikle üçgen yüzeyler şeklinde izler oluşturmuştur (Şekil 7.21). Bu hendek de bir üçgen yüzeyin hemen önünde KD-GB yönlü, 9 m uzunluğunda ve 2.40 m derinliğinde açılmıştır. Hendek lokasyonunda İznik Gölü'nün eski seviyesine ait çökeller ile birlikte ve yamaç molozu bulunur.



Şekil 7.21 : Bh10 hendeğinin çevresinin morfolojik ve yapısal unsurlarının görünümü.

7.3.6.2 Hendek stratigrafisi ve faylanması

Bh10 hendeğinin batı duvar stratigrafisi tabandan tavana doğru; 50-120 cm kalınlığında dağılgan altere andezit ve kumu, 10-50 cm kalınlığında siyah az çakıllı kil, 100 cm kalınlığında gri renkli kum matriksli blok boyutlu çakıl, 20 -50 cm kalınlığında açık renkli kum matriksli orta küçük çakıl ve bunun üstünde 15-35 cm kalınlığında beyaz, az tutturulmuş küçük çakıllı kum çökeli şeklindedir (Şekil 7.22). Hendeğin doğu duvarında ise gri renkli kum matriksli blok boyutlu çakıl çökeli izlenmezken, bulunan diğer çökeller batı duvarın aynısı olup kalınlıkları değişkendir.



Şekil 7.22 : Bh10 hendeği batı duvarının ölçeklendirilmiş stratigrafik kesiti ve duvardaki fayların izleri.

Bh10 hendeği batı duvarında 1 ve 2 no'lu iki fay izi belirlenmiştir. 1 no'lu fay 30^0 / 60^0 konumlu olup hendeğin güneybatı kesiminde ve 90 cm derinliğindedir. Bu fay, Gürle fayı ile sintetik olup siyah az çakıllı kil seviyesini kesmiş ve gri kum matriksli blok boyutlu çakıl seviyesini de denetlemiştir. Aynı zamanda tabanda yer alan andezit seviyesinde 50 cm düşey separasyon oluşturmuştur. Hendekte izlenen 2 no'lu fay ise 195^0 / 80^0 konumlu olup Gürle fayına antitetiktir. Bu fay da dağılgan altere andezit seviyesinde 60 cm'lik düşey separasyon oluşturmuştur (Şekil 7.23). Batı duvarda siyah az çakıllı kil seviyesinden alınan karbon örneğinden 335 ± 25 BP ve MS 1486-1638 yıl kalibre edilmiş yaş bulunmuştur.

7.3.6.3 Hendek sonuçları

Bh10 hendeğinden elde edilen yaş verisi, M.S 1863 yılında bölgede olan depremin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.



Şekil 7.23 : Bh10 hendeğinin batı duvarının yorumlanmış görünümü.

7.4 Bölgede Açılan Bütün Hendeklerin Sonuçları

İnceleme alanında açılan ve yukarıda belirtilen hendeklerden alınan örnekler, C^{14} yöntemi ile kalibre edilerek Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopoforschung Christian-Albrechts-Universitat, Kiel / Almanya'da yaşlandırılmıştır (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2 : Bölgede açılan hendeklerden elde edilen radyokarbon analiz sonuçları.

Lab No	Örnek Adı	Örnek Tipi	^{13}C ‰	C-14 BP Yaş (yıl)	2σ Kalibre (% 95.4) Yaş
KIA 35641	Bh2 -2A	Kömür / organik çökel	-26.39 ± 0.27	1125 ± 40	MS 630-956 (% 80.1)
KIA 35639	Bh3 -1A	Kömür / organik çökel	-24.75 ± 0.26	1285 ± 30	MS 725-884 (% 90.6)
KIA 35643	Bh6 -3A	Kömür / organik çökel	-25.61 ± 0.25	1210 ± 40	MS 605-1020 (%68.3)
KIA 35640	Bh7 -1B	Kömür / organik çökel	-23.39 ± 0.14	1590 ± 35	MS 265-629 (%94.4)
KIA 32148	Bh9 -B	Kömür / organik çökel	-22.82 ± 0.21	240 ± 25	MS 1672 – 1778 (%42.9)
KIA 32147	Bh10 -A	Kömür / organik çökel	-24.37 ± 0.20	335 ± 25	MS 1486 – 1638 (%95.4)

Sarıgazi fayı üzerinde veya çok yakınında açılan Bh2, Bh3 ve Bh6 hendekleri, hem çökeli kesen fay izi hem de kesilen çökelin yaş verilerini içerir. Bu hendeklerdeki fay izlerinin en üstte kestiği çökel seviyelerinden elde edilen yaşlar, tarihsel dönemde bölgede olan MS 1065 depremine karşılık gelebilir. Bh2 ile 8 km batısındaki Bh3 ve Bh3'ün de 14 km batısındaki Bh6 hendeklerinden elde edilen çökel yaşı ve fay izi verileri değerlendirilmiştir. Buna göre MS 1065 yılında bölgede olan depremin, Sarıgazi fayı üzerinde en az 22 km'lik yüzey kırığı oluşturduğu anlaşılır.

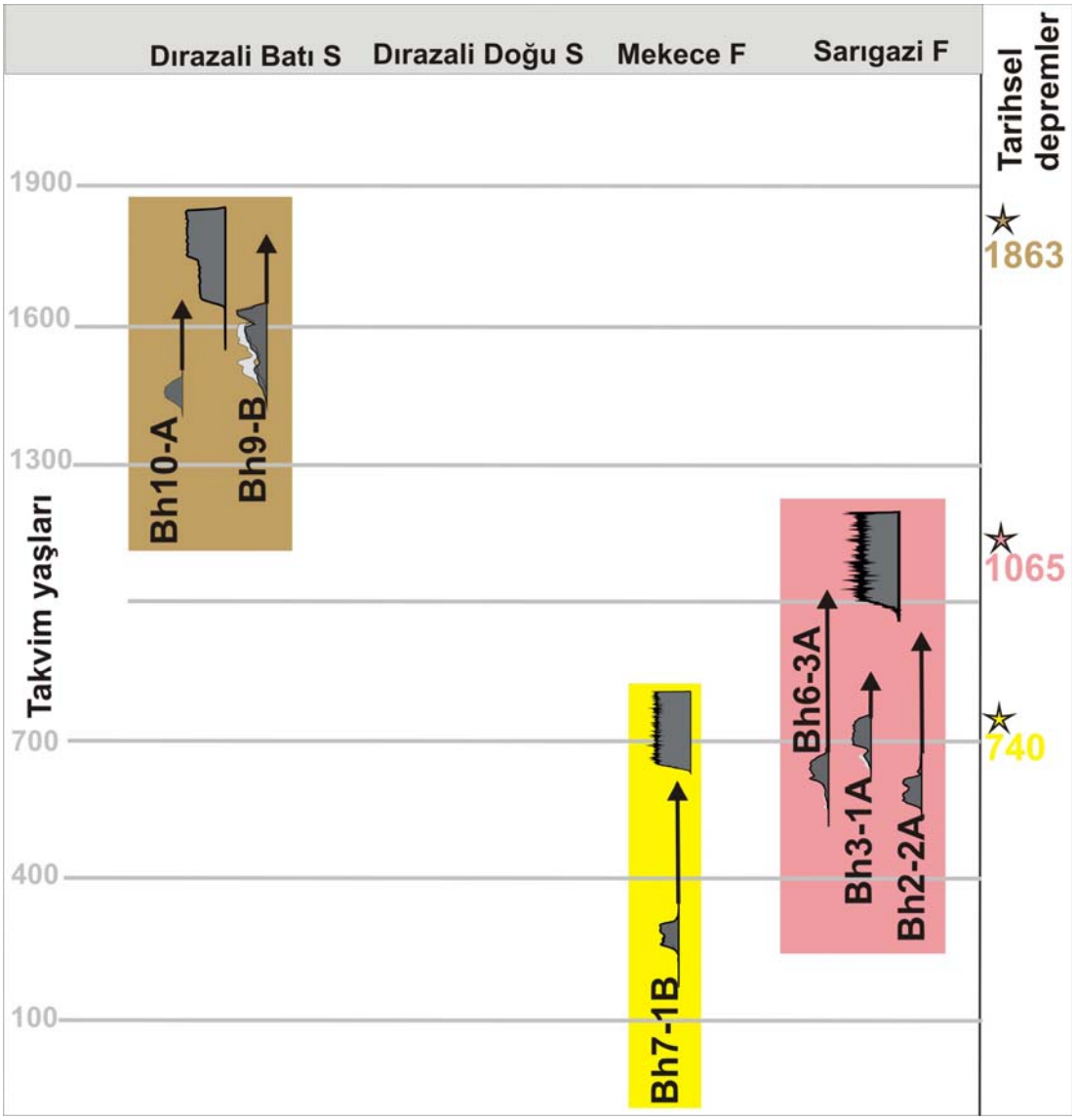
İnceleme alanının daha batısına doğru Mekece fayı üzerinde açılan Bh7 hendeğinden elde edilen yaş ve fay izi verileri ise Çizelge 7.1'den de anlaşılacağı üzere MS 740 depreminin bu lokasyonda yüzey kırığı oluşturduğunu gösterir.

İFZ batısına doğru Bh7 hendeğinin 14.5 km batısında, Dırazali fayı doğu segmenti üzerinde Kaynarca Köyü civarında Barka (1993) tarafından açılan K2, K3, K4b ve K5 hendeklerinden de MS 740 depremi yüzey kırığı izi belirlenmiştir. Ayrıca Barka (1993) tarafından Kaynarca'nın 13.5 km batısında Dırazali Köyü civarında yine aynı segment üzerinde açılan iki hendekten birinden de 740 depremine ait fay izi bulunmuştur. Buna göre Bh7 ve diğer hendek verileri karşılaştırıldığında MS 740 depremi ile Dırazali fayının en az 27 km'lik doğu segmenti ve Mekece fayının tamamının kırıldığı belirlenmiş olur.

Dırazali fayının batı segmenti üzerinde ise Bh9 ve Bh10 hendeklerinden elde edilen hem yaş hem de fay izi verileri değerlendirilmiştir. Bh9 ve bunun 15 km batısındaki Bh10 hendeklerindeki fayın kestiği en üst seviyedeki çökelden alınan örneklerin yaşları, MS 1863 depreminin yüzey kırığına ait olabilir.

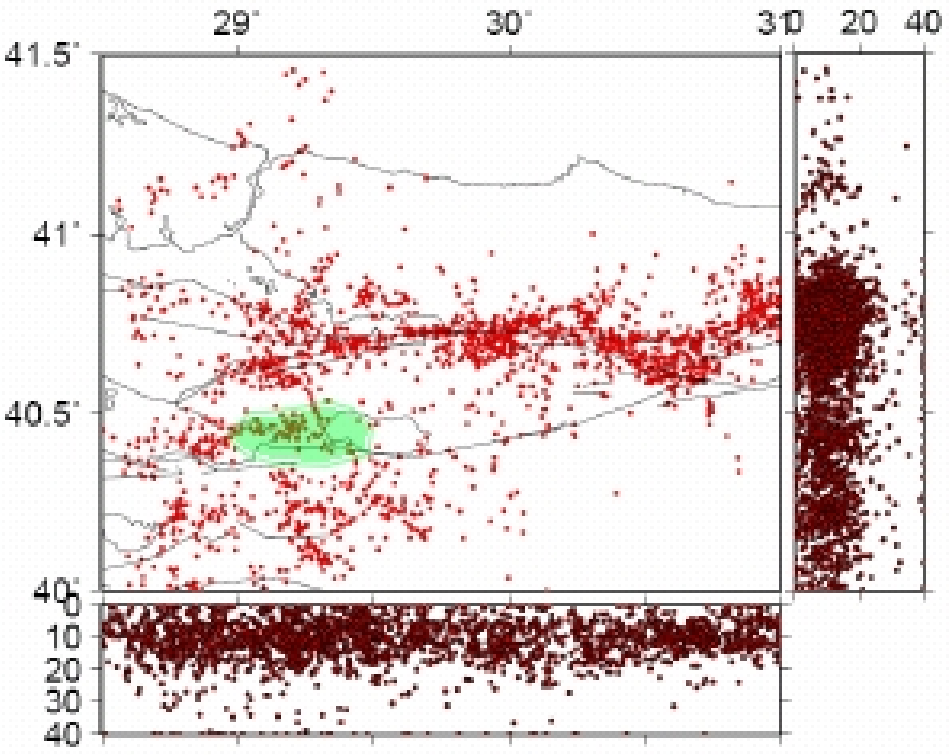
Güney kol içinde Sarıgazi fayının tamamının MS 1065, Mekece fayının tamamı ile Dırazali fayının doğu segmentinin MS 740 depremleri ile kırılmasına ilaveten Dırazali fayının 15 km'lik batı segmentinin de MS 1863 depremi ile kırıldığı belirlenmiştir.

Öte yandan yukarıda belirtilen depremlerin oluşturduğu yüzey kırıklarının bölgedeki hangi faylar üzerinde oluştuğu, bir grafik üzerinde belirtilmiştir (Şekil 7.24). Bununla birlikte bölgede olan en son depremlerin hangi fay üzerinde ne kadar yüzey kırığı oluşturdukları da belirlenmiştir (Şekil 7.25). Bununla birlikte MS 740 depremi yüzey kırığının güney kolun özellikle batısına doğru devam edebileceği de düşünülmelidir.

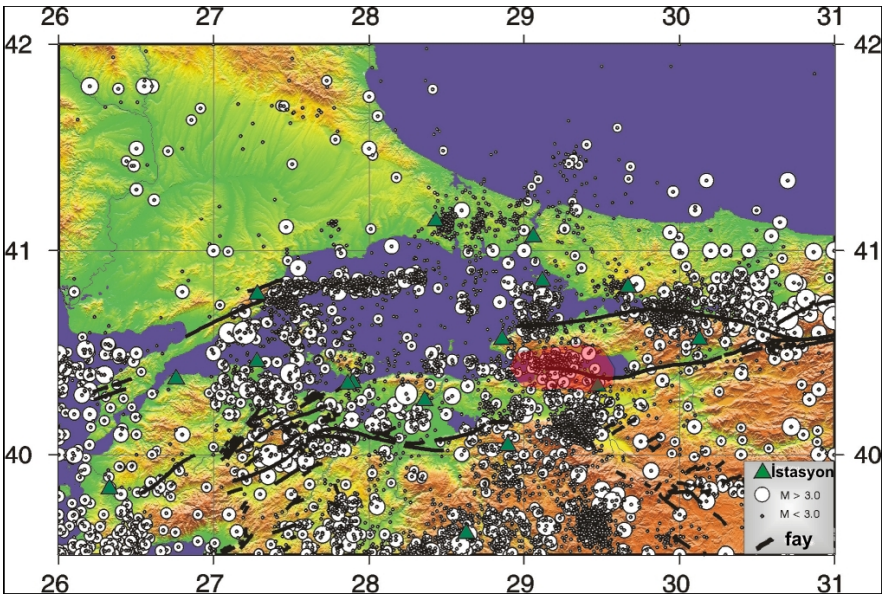


Şekil 7.24 : KAFSGK üzerinde radyokarbon yaşlarına göre belirlenen en son depremler ve bu depremleri oluşturan faylar (F: fay, S: segment).

KAFSGK'nun Gürle fayı daha batısı, Orhangazi ve Umurbey fayları üzerinde bu ve önceki çalışmalar ile herhangi bir tarihsel deprem belirlenmemiştir. İnceleme alanındaki aletsel dönem mikro deprem aktivitesi ise kırılan bu kesimlerin batı bölümü ile Gemlik Körfezi arasında yoğunlaşır (Şekil 7.26, 7.27).



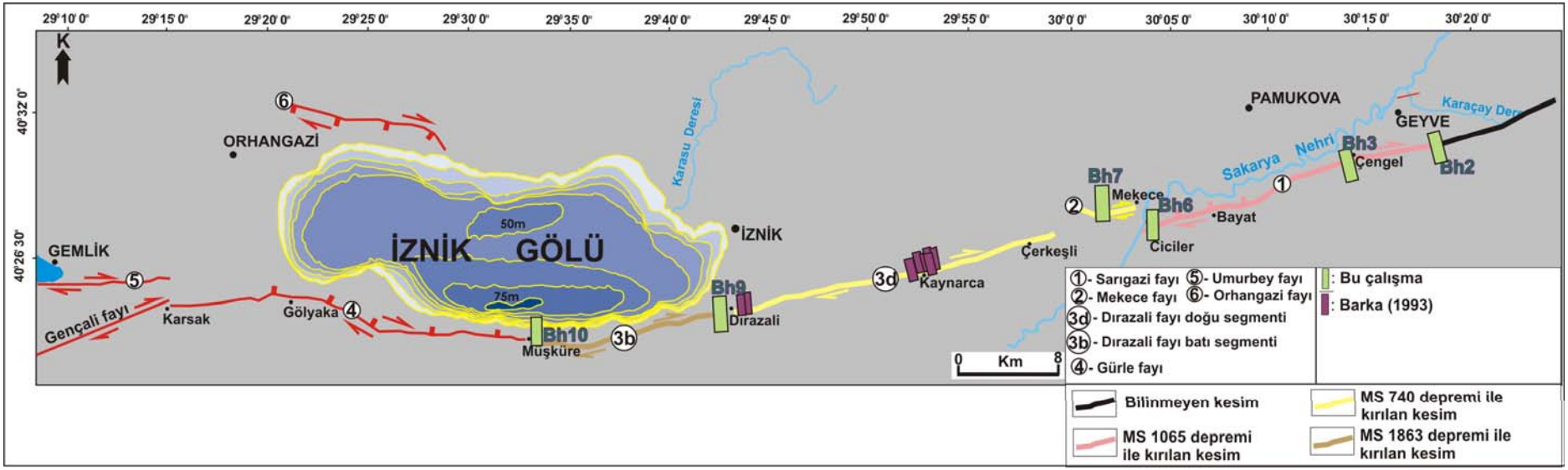
Şekil 7. 26 : Ocak 1985- Aralık 2006 tarihleri arasında çalışma bölgesi ve civarında meydana gelen deprem dağılımı (Barış ve diğ. 2002, Ito ve diğ. 2002, Iio ve diğ. 2002; Nakamura ve diğ. 2002'den alınmıştır).



Şekil 7. 27 : MARNET ve IZINET deprem ağları tarafından Marmara Bölgesi'nde kaydedilmiş deprem dağılımı verilmektedir. Yeşil üçgenler bölgede şu an faaliyette olan B.Ü, KRDAE, UDİM'e bağlı deprem istasyonlarını göstermektedir.

KAFSGK'nun içindeki paleosismolojik gözlemler ile bu fay sisteminin en az 64 km'lik kesiminin kırıldığı belirtilebilir. İnceleme alanı içinde Çizelge 7.1'de gözüken M.S 29, 128, 362 ve 368 depremlerinin İznik'te çok hasar oluşturduğu ve İznik merkezli olduğu gözönüne alınırsa; bu depremlerin KAFSGK'nun İznik doğusundaki faylar üzerinde olma ihtimali zayıftır. Çünkü 740 ve 1065 depremleri ile kırılan bu kesimde bu depremler olsaydı yaklaşık 300 yıllık bir tekrarlanma aralığı sözkonusu olurdu ki, böyle bir tarihsel deprem verisi, Çizelge 7.1 ve Şekil 7.2'den de anlaşılacağı üzere bölgede gözükmemektedir. Buna göre M.S 29, 128, 362 ve 368 depremlerinin Dırazali fayının batı segmenti ile Gürle ve Umurbey faylarını kırmış olması kuvvetli muhtemeldir.

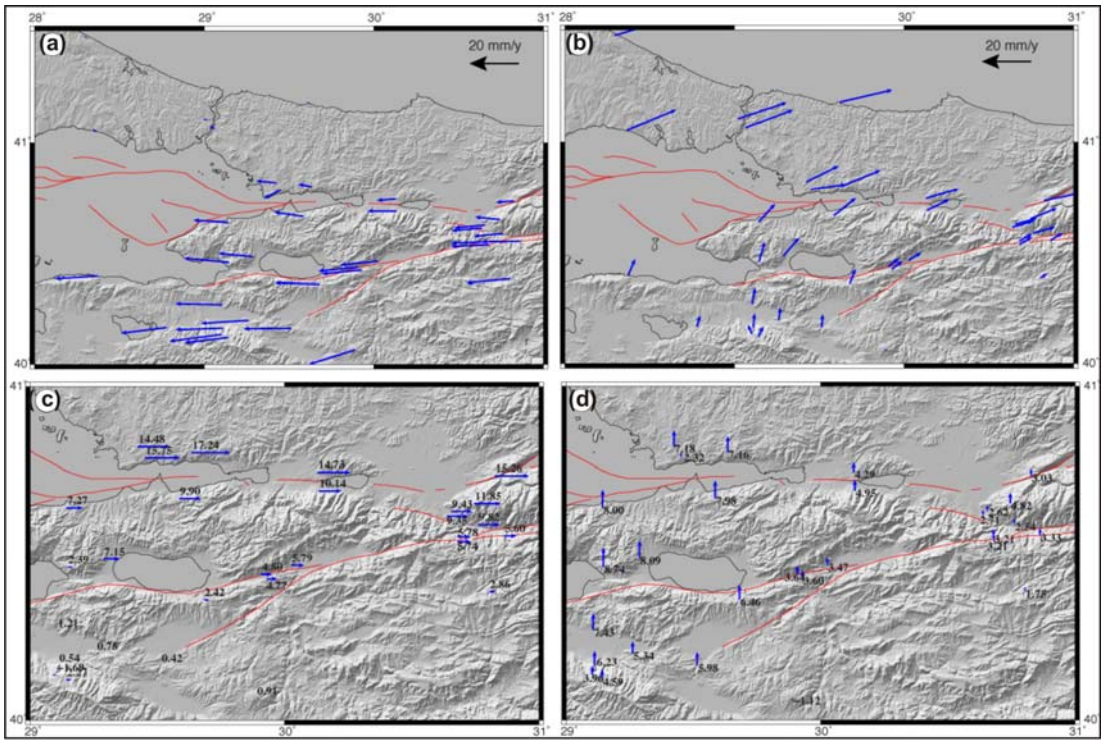
Bölgedeki deprem tekrarlanma aralığı belirlenememiş olmasına rağmen yukarıdaki veriler esas alınıp M.S 29, 128, 362 ve 368 depremlerinin Dırazali fayı'nın batı segmenti ve Gürle fayı üzerinde yüzey kırıkları oluşturduğu düşünülür ve aynı yüzey kırıkları üzerindeki son depremin de M.S 1863'te olduğu göz önüne alınırsa, KAFSGK'nun deprem tekrarlanma aralığının yaklaşık minumum 1500, maksimum ise 1800 yıl olabileceği belirtilebilir. Bir başka yaklaşım da Şekil 7.1 ve Çizelge 7.1 deki tarihsel depremler esas alındığında yapılabilir. Buna göre M.S 29, 128, 362 ve 368 depremleri ile doğudan batıya (İznik'ten Gemlik'e) deprem göçünün gerçekleşmesi sonucu İznik–Gemlik arasının bu depremler ile kırıldığı anlaşılır ki, bu da 29 ve 1863 depremlerinin Dırazali fayı üzerinde yüzey kırığı oluşturduğu anlamına gelir. Bu bilgiye göre de bölgedeki deprem tekrarlanma aralığı minumum 1830 yıl olur. Öte yandan inceleme alanının doğusu Geyve-Pamukova havzasında ise Yoshioka ve Kuşçu, (1994) tarafından bulunan M.Ö 398 veya 204 yılı depremleri ve bu çalışma ile bulunan M.S 1065 depremi birlikte değerlendirildiğinde Sarıgazi fayı üzerindeki deprem tekrarlanma aralığının ise yaklaşık 1200 veya 1400 yıl olabileceği belirtilebilir. Ayrıca MS 740 depreminin daha batıya yani MS 1863 depreminin olduğu alana devam ettiği düşünülürse de KAFSGK'nun deprem tekrarlanma aralığının minumum 1100, maksimum 1800 yıl olabileceği belirtilebilir.



Şekil 7.25 : KAFSGK içindeki bazı faylar üzerinde, bu ve önceki çalışmalarda açılan hendeklerde bulunan bazı tarihsel depremler ile kırılan en az fay uzunlukları.

7.5 Bölgedeki GPS Ölçümleri

Marmara Bölgesi'nde Eidgenöessische Technische Hochschule Zürih, İsviçre'nin Marmara Poly Project kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi ve Harita Genel Komutanlığı desteği ile 1990-1996 yılları arasında dört GPS kampanyası gerçekleştirilmiştir (Schindler ve diğ. 1997), (Şekil 7.28).



Şekil 7.28: McClusky ve diğ. (2000)'e göre çalışma alanı ve civarındaki GPS hız alanı, Şaroğlu ve diğ. (1992) ve Armijo ve diğ. (2002)'ye göre fayların konumu. 1988-1999 yılları arasında bölgede ölçülen GPS vektörleri (mavi oklar) Avrasya ve Anadolu plakalarının birbirine göre olan hareketlerini göstermektedir; (a) Avrasya sabit, (b) Anadolu sabit. vektörlerin; c- doğu-batı ve d- kuzey-güney bileşenlerini, rakamlar ise miktarlarını belirtmektedir.

Bölgenin İstanbul'a göre hız ve gerilme alanları Straub ve Kahle (1997a) ve Straub ve diğ. (1997b) tarafından verilmiştir. Çalışmalar sonucunda Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Marmara Bölgesi'ndeki kuzey kolunun güney kola nazaran daha aktif olduğu (22±3 mm/yıl) belirtilmiştir. Straub ve diğ. (1997b), güney kolun 4-5 mm/yıl'lık hıza sahip olduğunu hesaplanmıştır. Bölgede 1999 İzmit depremi öncesine kadar yerleştirilip ölçülen GPS noktalarından elde edilen hız vektörlerinin Avrasya levhasına göre konumları Şekil 7.27a'da gösterilmektedir (McClusky ve diğ. 2000). Bu hız alanından KAFSGK'nun üzerine düşen yıllık birikimin ne olduğunu gözle görmek oldukça zordur. Bunun yerine Anadolu'nun sabit tutulup

Avrasya saat yönünde rotasyona tabii tutulursa McClusky ve diğ. (2000)'de verilen açısal hız ve Euler kutbuna göre Şekil 7.27b'deki hız alanı ortaya çıkar. Bu hız alanında dikkati çeken ilk unsur, vektörlerin kuzey-güney bileşenlerinde batıya doğru olan artıştır. Bu durum Marmara Bölgesi'ne doğru gerilme miktarının artığını ve doğrultu atım rejimi etkisindeki açılmaya (transtensional) geçiş olduğunu göstermektedir. Bu hız alanından güney kol üzerine düşen doğrultu atım ve normal bileşenlerin doğrudan basit vektör çıkarımından hesap edilmesi kabul edilebilir yaklaşım değildir. Bundan ziyade bloklar üzerine düşen birçok GPS vektörü gözönüne alınarak blok hareketinin ortalama ve göreceli hızı belirlenebilir. Anadolu sabit tutulduğunda Şekil 7.27b'de görüldüğü gibi vektörlerin genel olarak kuzey ve kuzeydoğu yönünde hızlarının artığı açıkça gözükmektedir. Buradan tezin yapısal jeoloji bölümünde de belirtildiği üzere KAFGK'nun oblik normal bileşenli bir doğrultu atımlı kinematiğe sahip olduğu açıkça görülebilmektedir. Bu hareketin ne kadar olduğunu daha iyi ortaya koymak için Şekil 7.27c ve d'de gösterildiği gibi vektörleri faya yaklaşık paralel olan doğu-batı ve dik olan kuzey-güney bileşenlerine ayırmak gerekir. Fayın batı kesimlerinde güneyde İnegöl civarında, vektörlerin doğu-batı bileşenleri sıfıra yakın (1 mm'nin altında) iken fayın kuzeyinde ortalama 4-6 mm/yıl olduğu görülebilmektedir. Buna göre KAFSGK'nun hızının da bu aralıkta olduğu belirtilebilir. Ancak KAFSGK'nun güney ve güney doğusunda KAFSKK'na oranla pek fazla ve homojen dağılımlı GPS noktalarının olmaması bu şekilde bir çıkarımı zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla bu verilerle bu kolun hızının hassas bir şekilde ortaya çıkartılabilmesi için modellemeye ihtiyaç vardır. Meade ve diğ. (2002) bu kolun doğu kesiminde yanal yöndeki hızı 4.5±2.7, düşey yöndeki hızı ise 12.6±6.2 mm/yıl olarak hesaplamıştır. Reilinger ve diğ. (2006) tarafından yapılan model çalışmalarına göre bu kolun hızı 3-7 mm/yıl'dır. Aynı şekilde kuzey-güney bileşenlere göre de fayın her iki tarafında bariz bir fark görülmekte (kuzeydekiler daha büyük) ancak miktarı net olarak hesaplanamamaktadır. Sadece İznik ve Gemlik civarında bir kaç mm'lik bir farkın olduğu söylenebilir.

KAFSGK'na yukarıdaki paleosismolojik veriler ile yapılan minumum 1200, maksimum 1800 yıl deprem tekrarlanma aralığını, bölgedeki GPS hız değerleri de desteklemektedir. Buna göre bu kolun üzerindeki minumum hızı 3 mm kabul edilirse; 1200 yılda 3.6 m, 1800 yılda ise 5.4 m'lik bir birikim olduğu belirtilebilir.

8. JEOLOJİK EVRİM

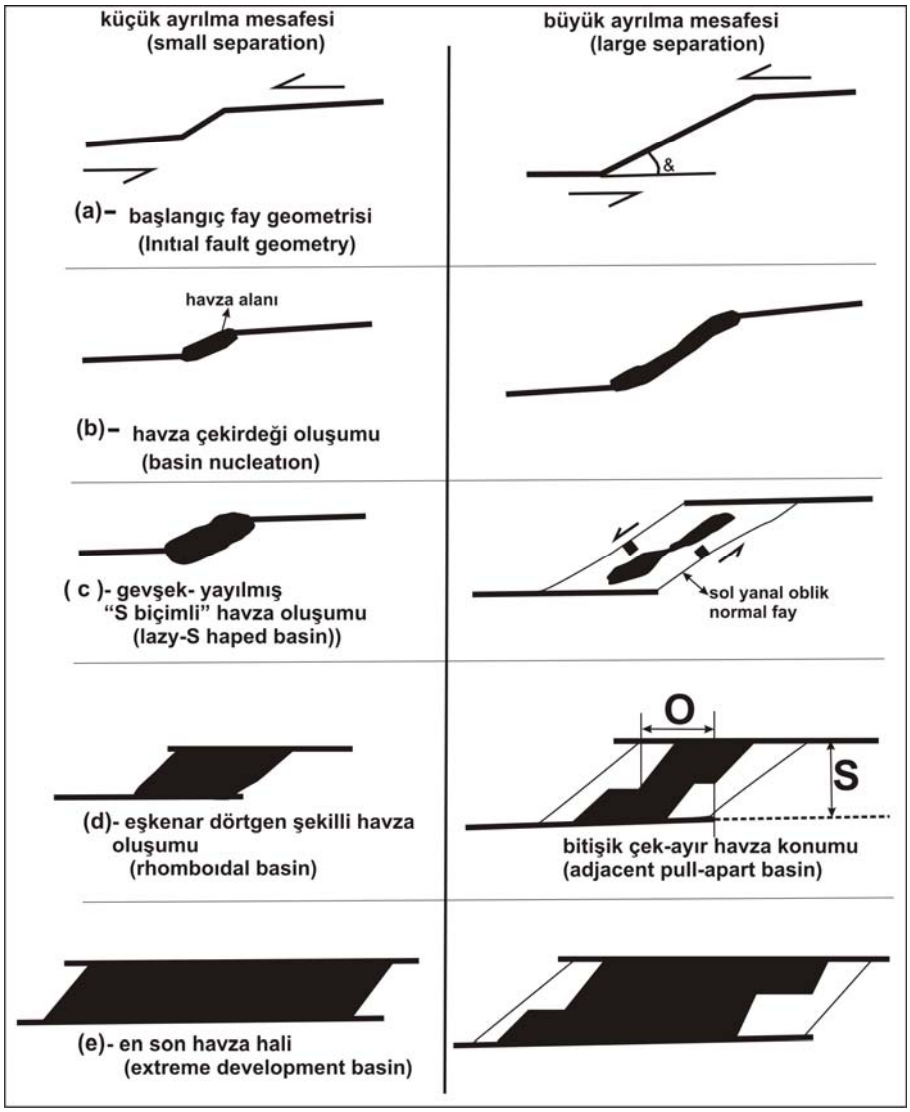
İnceleme alanından elde edilen morfotektonik ve tektonostratigrafik veriler, bölgenin sağ yanal atımlı KAFSGK ile ilişkili birincil ve ikincil yapısal bileşenler tarafından ve Pliyo-Kuvaterner'de (~ 5 my) deforme edildiğini gösterir. Bunun sonucunda aynı dönem içinde bölgenin doğusunda Geyve-Pamukova havzası, batısında ise İznik havzası gelişmiştir. Geyve-Pamukova havzasındaki Pliyo-Kuvaterner dönem çökelimi sağ yanal atımlı GFZ ve bu zonun ana fayı konumundaki Sarıgazi fayı ile denetlenirken, zon içindeki ikincil segmentler de bu deformasyona yardımcı olmuştur. İnceleme alanının batısında bulunan İznik havzası ise sağ yanal atımlı faylar ile hem güney hem de kuzey kenarından denetlenmiştir. Bu alandaki havza denetleyici faylar faylar, yine sağ yanal atımlı İFZ ve bunun içinde ana fay konumunda olan Dırazali fayı ile sağ yanal atımlı oblik normal nitelikli Gürle ve Orhangazi faylarıdır.

Doğrultu atımlı faylar boyunca görülen havza tiplerinden en yaygınları negatif çiçek yapısı ile çek-ayır (pull-apart) havzalardır (Harding, 1983; Hempton ve Dunne, 1984; Hempton ve Neher, 1986; Sylvester, 1988; Bergerat ve diğ. 2003; Swanson, 2005; Escalona ve Mann, 2003). Negatif çiçek yapısı havzalar basit yamulmalı tek bir doğrultu atımlı fay ve bu faya belirli bir derinlikte bağlanan, havzanın her iki veya tek kenarında bulunan oblik normal faylar ile oluşur. Bu tür havzaların oluşum evresinde doğrultu atımlı ve oblik normal faylar deformasyonu yaklaşık eşit oranda paylaşır (Sylvester ve Smith, 1976; Crowell, 1975; Harding, 1985; Christie-Blick ve Biddle, 1985; Delteil ve diğ. 1996; Schrank ve Cruden, 2010). Kuzey ve güney kenarı KAFS içindeki Tokat Fay setine bağlı faylar ile sınırlanan Kazova havzası ile sadece güney kenarı aşmalı (en-echalon) faylar ile sınırlanan Haiti'deki Clonard havzası negatif çiçek yapısı şeklinde gelişen havzalara örnektir (Harding, 1983; Mann ve diğ. 1983; Harding, 1985; Bozkurt ve Koçyiğit, 1996).

Çek-ayır havzalar ise iki ana fayın birbirini üzerleme (overlap) miktarı (O), ana faylar arasındaki ayrılma (separation) mesafesi (S) ve iki ana fayı birleştiren oblik normal fay ile ana faylar arasındaki dar açıya (&) bağlı olarak beş farklı türde gelişir.

(Şekil 8.1), (Burchfiel ve Stewart, 1966; Crowell, 1974b; Rodgers, 1980; Schubert, 1982; Mann ve diğ. 1983; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Weldon, 1986; Woodcock ve Fischer, 1986). Ayrıca Aydın ve Nur (1982), çek-ayır havzalarda genişlik / uzunluk oranının genelde 1 / 3 olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte doğrultu atımlı faylar boyunca çek-ayır havzaların ardaşık (adjacent) olarak bir fay zonu içinde dizilmesi bitişik havza, zon içindeki faylarda oluşan çatallanma veya at kuyruğu yapısı ise fay kaması (fault-wedge) veya badem (almond) şekilli havza modelini oluşturur (Crowell, 1976; Mann ve Burke, 1982; Hempton ve Dunne, 1984; Koçyiğit, 1989; Koçyiğit, 1990; Dirik, 1993). Öte yandan çek-ayır havzalar bazı araştırmacılar tarafından yaklaşık biribiri ile aynı tektonik anlamı taşıyan farklı terimler ile açıklanmıştır. Buna göre bu havzaları: Carey (1958), eşkenardörtgen (rhombochasms); Clayton (1966), tektonik çöküntü (tectonic depression); Belt (1968), burulmuş graben (wrench graben); Freund (1971), eşkenardörtgen şekilli graben (rhomb graben) ve Crowell (1974a), açılma alanları (releasing bends) terimleri ile belirtmiştir. Bunun dışında literatürde çek-ayır havzalar için daha başka terimler de mevcuttur. Bunları ise Ballance (1980); fay köşeli çöküntüler (fault angle depressions), Wıllıs (1928) ve Burke ve diğ. (1982); yokuş çukurları veya vadileri (ramp valleys), Crowell (1976) ise çapraz ikincil kıvrımlar veya normal faylar arasındaki fay sınırlı çöküntüler (fault flank depressions) şeklinde tanımlamıştır.

Çek-ayır havzalarda gelişen sedimantasyonun bazı genel özellikleri vardır. Bunlar; 1- havza, ölçeği ile göreceli olarak büyük sediman kalınlığına sahip olabilir. 2- sedimantasyon hızı genellikle yüksektir. 3- fasiyesler arası ve fasiyes içi kalınlık yanal yönde asimetriktir. 4- havza fasiyeslerini; alüvyal yelpaze (aluvial fan), örgülü (braided) ve menderesli (meandering) akarsu, göl ve tuzlu bataklık (playa) çökelleri oluşturur. Bazı havzalarda bazik ve felsik magma karışımından oluşan volkanik kayaçlar da mevcuttur (Crowell, 1974a; Crowell, 1974b; Crowell, 1975; Heward ve Reading, 1980; Crowell, 1982; Link ve Osborne, 1982; Biddle ve Christie-Blick, 1985; Nilsen ve Clarke, 1975).

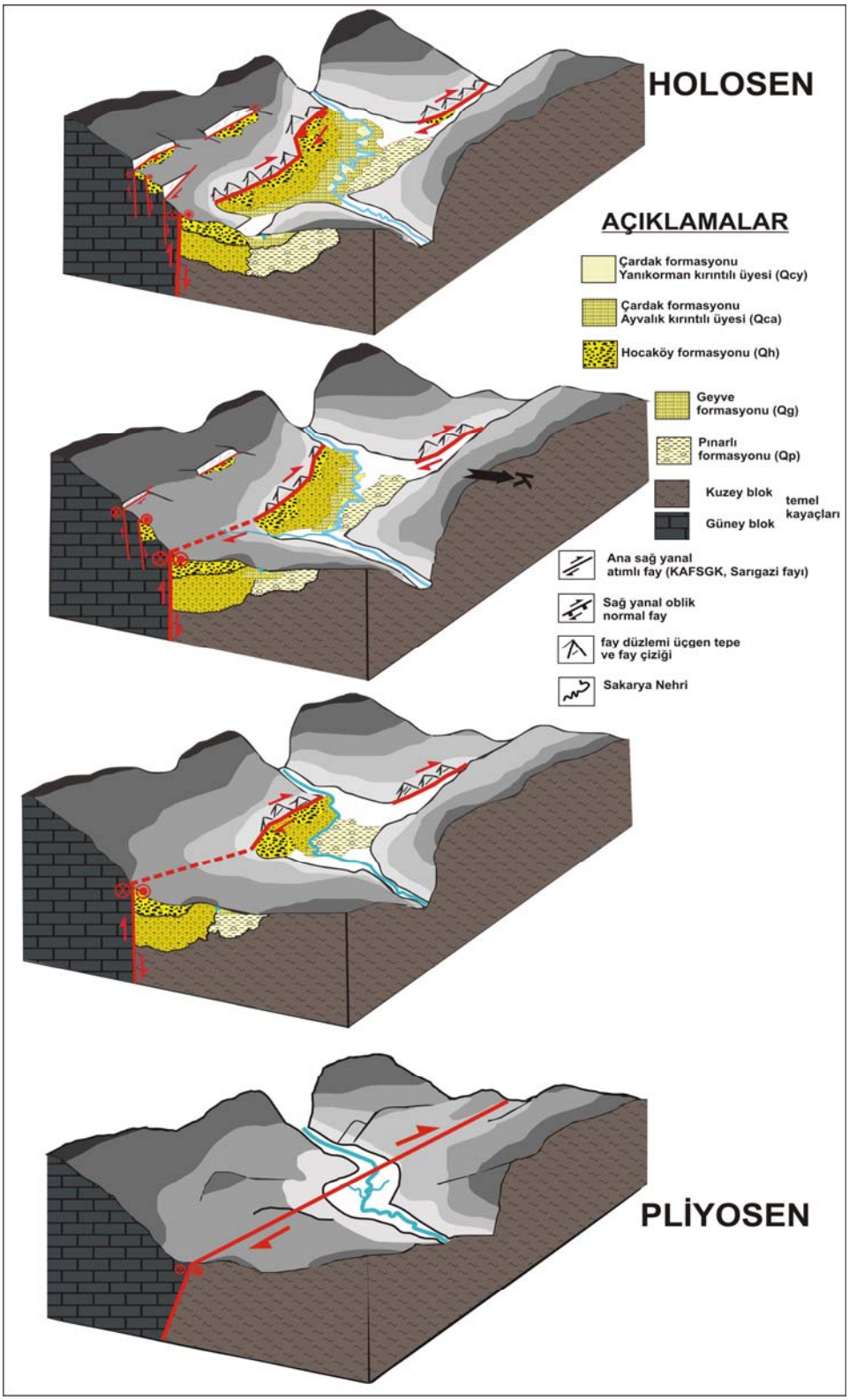


Şekil 8.1 : Sol yanal atımlı fay denetiminde gelişen çek-ayır havzaların farklı türlerine ait harita görünümleri (Mann ve diğ. 1983).

Geyve-Pamukova havzası, GFZ içindeki Sarıgazi fayı ile güney kenarından sınırlanır. Koruboğazı mevkiinden batıda Bozviran'a kadar $K75^0D$ doğrultusunda yaklaşık 25 km olan Sarıgazi fayı, Bozviran-Kozan arasında 4.5 km uzunluk ile $K45^0D$ doğrultusuna döner. Kozan'dan batıya Ciciler'e kadar ise $K80^0D$ doğrultusunda ve 7.5 km uzunluğunda olan bu fay, toplam 37 km'lik uzunluğu ile havzayı birincil olarak denetler. KAFSGK, Ciciler'den itibaren kuzeye yaklaşık 2 km sıçrar ve Mekece fayı olarak batıya devam eder. Bu fayın batıya doğru 3.5 km'lik kısmı $K80^0D$, 1.2 km'lik kısmı $K60^0D$ ve 1.4 km'lik kısmı ise $K65^0B$ doğrultusundadır. KAFSGK, batıya doğru 2.3 km'lik güneye sıçrama ile Dırazali fayı olarak Mekece-İznik koridoruna ulaşır. Sarıgazi fayı ile Mekece fayı arasında

gelişen Geyve-Pamukova havzasının kuzey kenarında ise yer yer havzanın açılmasında yok denecek kadar az etkisi olan kısa ikincil faylar bulunur.

Sarıgazi fayı denetiminde havzanın açılmaya başlaması ile birlikte Sakarya Nehri sağ yanal atıma uğramaya başlamış ve havzada menderesli nehir ortamının litolojik özelliklerini içeren, Sakarya Nehri'nin ve buna bağlı kısa kolların kaynaklık ettiği, taneleri havzaya yakın kaynaktan türemiş malzeme akıntısı çökeli niteliğinde olan Geyve formasyonu Kollu çakıltaşı üyesi, yaklaşık 5 my önce güney blok temel kayaçlarının üzerine çökelmiştir. Bu birimin üzerine de taneleri Kollu çakıltaşı üyesine oranla daha uzak kaynaktan (güney blok su bölüm çizgisinin çok daha uzağından) türemiş, çok uzun süreli taşınmış, akarsuyun daha çok kanal ve nokta seti fasiyeslerinden oluşan Geyve formasyonu Beylik kırıntılı üyesi çökelmeye başlamıştır. Sarıgazi fayının aktivitesinin sürmesi, Sakarya Nehri'ndeki sağ yanal atımın artması ve güney blokun yükselmesi ile birlikte taneleri güney temelden türeyen, köşeli, güney blok içindeki drenajın kaynaklık ettiği alüvyal yelpaze ortamını belirten Hocaköy formasyonu çökelmeye başlamıştır. Bu evrede havzanın kuzey kenarı boyunca da taşkın düzlüğü çökeli niteliğinde Pınarlı formasyonu gelişmeye başlamıştır. Sağ yanal atımlı Sarıgazi fayının doğrultu-atım ile ilişkili olarak daha da genişleyen ve günümüzdeki alanına sahip olan Geyve-Pamukova havzasında; Sakarya Nehri'nin sürekli sağ yanal yer değiştirmesi, özellikle Beylik kırıntılı üyesinin havza doğusundan batısına kadar, yanal devamlılığı olur şekilde ve havzanın güney kenarı boyunca çökelmesini sağlamıştır. Dolayısıyle Beylik kırıntılı üyesi, Sarıgazi fayının bölgedeki varoluş döneminden (yaklaşık 5my önce) itibaren bu fay ile birlikte gelişmeye başlamış ve deforme edilmiştir. Sarıgazi fayındaki sağ yanal deformasyon ile ilişkili düşey yerdeğiştirme ve güney blokun yükselmesi; fay boyunca Hocaköy formasyonunun, havzanın kuzey kenarında ise taşkın düzlüğü özelliğinde olan Pınarlı formasyonunun çökelmesini sağlamıştır. Günümüze kadar olan son evrede de Sarıgazi fayının Sakarya Nehri'nde oluşturduğu sağ yanal atım ile birlikte birimlerin geri eğimlenmesine neden olacak kadar oluşan düşey yerdeğiştirme; havzada Geyve formasyonu ile Çardak formasyonu Ayvalık ve Yanıkorman kırıntılı üyelerinin çökelmesine neden olmuştur. Aynı zamanda bu evre, sağ yanal atımlı faylanmanın doğrultusunda oluşan açılmalı dönmenin de nihai hali olup havzanın en geniş halini alarak, günümüzdeki geometrisine kavuşma dönemini içerir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 : Geyve-Pamukova havzasının tektonostratigrafik açılma modelinin blok diyagramda görünüşü.

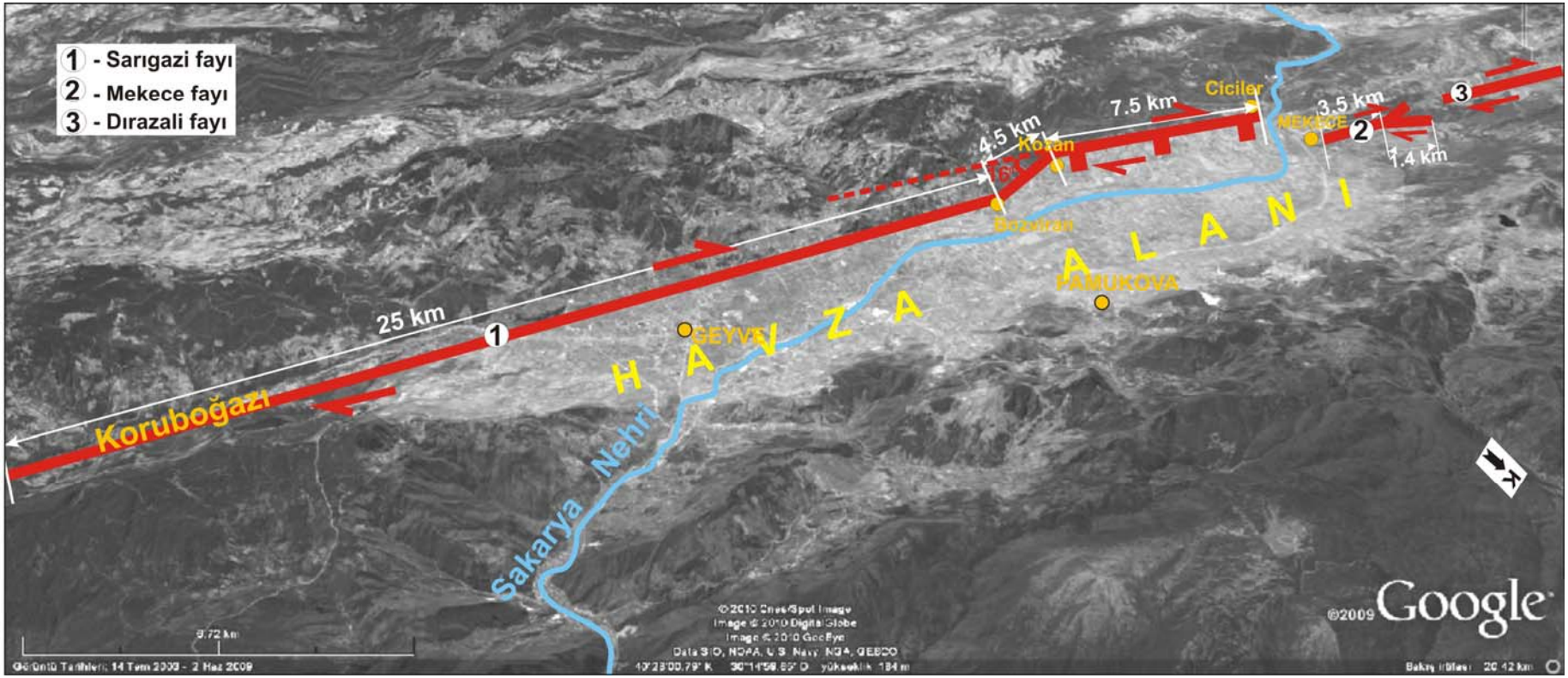
Önceki bazı çalışmacılar Geyve-Pamukova havzasının oluşumunu farklı tektonik modeller ile açıklamıştır. Ancak bu çalışmaların hemen hepsinin ortak özelliği, havza bazında yeterli ve detaylı yapısal veri içermemesidir. Bu tez çalışmasının ana amaçlarından biri de bu görüş karmaşasını, yerinde toplanan yapısal veriler ile analiz ederek çözmektir. Şengör (1979), Kuzey Anadolu Fayı'nın Mudurnu güneybatısında izinin kaybolduğunu ve daha batıya doğru D - B veya BGB doğrultulu graben şeklinde çöküntü alanlarını sınırlayan faylar bulunduğunu belirtmiştir. Tsukuda ve diğ. (1988), Barka (1992, 1993, 1997) Kuzey Anadolu Fayı orta kolu üzerindeki Geyve havzasının çek-ayır havza olduğunu belirtmiştir. Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Geyve havzası olarak tanımladığı çökme alanını fs45 ile kuzey, fs44 (fay segment numaraları) ile güney kenarından sağ yanal atımlı fay ile denetlenen çek-ayır havza olarak açıklamıştır. Koçyiğit (1988a), Geyve-Pamukova havzasını güney kenarı aktif doğrultu atımlı faylar ile kuzey kenarı ise Bayırakçaşehir ters fayı ile sınırlanan karmaşık bir çek-ayır havza olarak açıklamıştır. Neugebauer (1995), Marmara Bölgesi'nde Geyve havzasının da içinde bulunduğu Adapazarı, Düzce ve Bolu havzalarının Neugebauer (1994)'te çek-ayır havzalara alternatif olarak tanımlanan birleşik, dar yapılı havzalar olarak belirlemiştir. Yazar, Geyve havzasının ana sağ yanal fayın düşük açı ile doğrultu değiştirmesi sonucu büküldüğü noktadan itibaren gelişen sağ yanal atımlı "R" fayları arasında açıldığını belirtmiştir. Şengör ve diğ. (2005), Pamukova havzası olarak adlandırdıkları bu alanı; 200 m ile 6 km arasında genişliği ve 30 km uzunluğu olan çek-ayır havza olarak tanımlamıştır.

Geyve-Pamukova havzasının geometrisi, KAFS üzerinde Erzincan ve Suşehri, Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde ise Hazar Gölü havzalarına benzer. Erzincan havzası 32 x 13 km'lik ölçüsü, kuzey kenarındaki KAFS'ne bağlı sağ yanal fayın bükülmesi ve önünde çökelen alüvyal yelpaze çökelleri ile belirgin olan bir çek-ayır havzadır (Allen, 1969; Ketin, 1968; Seymen, 1975; Tatar, 1978; Aydin ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984; Şengör ve diğ. 1985; Barka ve Gülen, 1989; Barka, 1992). Suşehri havzası; 51 x 6 km'lik ölçüsü, güney kenarındaki ana sağ yanal fayların bükülmesi ve bu fayların önünde fay denetimli olarak çökelen ve taneleri güney bloktan türeyen alüvyal yelpaze çökelleri ile belirgin bir çek-ayır havzadır (Hempton ve Dunne, 1984).

Koçyiğit (1989) Suşehri havzasını güney kenarı devamlı ve bükülen sağ yanal atımlı fay ile sınırlanan, kuzey kenarı ise yanal devamı olmayan sağ yanal atımlı fay ile sınırlanmış fay kaması şeklinde oluşan havza olarak açıklamıştır. Hazar Gölü havzası ise güney kenarındaki sol yanal atımlı fayın yaklaşık 3 km sıçraması ile oluşan 18 x 7 km ölçülerinde çek-ayır bir havzadır (Mann ve diğ. 1983; Hempton ve Dunne, 1984; Hempton, 1987). Aksoy ve diğ. (2005) ise aynı havzanın negatif çiçek yapısı şeklinde oluştuğunu belirtmiştir. Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Smith ve diğ. (1995), Wong ve diğ. (1995), Ergün ve Özel (1995) Armijo ve diğ. (1999) Marmara Denizi'ndeki havzaların günümüzde aktif çek-ayır havzalar olduğunu belirtmiştir. Okay ve diğ. (1999), Tekirdağ havzasının Ganos fayı boyunca açılan eşkenar dörtgen şekilli doğrultu atım havzası ve bunun da 0^0 ile 12^0 arasında değişen bükülme açısına sahip olduğunu, Marmara Denizi'ndeki diğer iki havzanın da buna benzediğini belirtmiştir. Armijo ve diğ. (2002) Tekirdağ havzasının batıdaki K50^0D ve doğudaki K85^0D doğrultulu sağ yanal atımlı faylar arasında geliştiğini ve güney kenarından ana faylar ile 8^0'lik bükülme açısına sahip olan normal faylar tarafından sınırlanan çek-ayır havza olarak tanımlanmıştır. Burchfiel ve Stewart (1966) ve Mann ve diğ. (1983), California Körfezi'nin kuzeyinde Geyve-Pamukova havzasının fay geometrisine benzer olan Death Valley, Wagner ve Deflin havzalarının sağ yanal atımlı San Andreas ve Imperial fay zonları içinde küçük dönme açısı ile oluşan çek-ayır havzalar olduğunu belirtmiştir. Güneybatı Tibetteki Karakoram sağ yanal atımlı fay sistemi üzerindeki iki açılma bölgesinin fay geometrisi Geyve-Pamukova havzasına benzer. Buna göre KB-GD doğrultulu bu fay sisteminin denetlediği 64 x 18 km ve 56 x 14 km'lik ölçülere sahip bu havzalar, fay sisteminin havzaların güney kenarında bükülmesi ile oluşmuştur. Bükülme açısı kuzey havzada 11^0 iken, güney havzada ise 18^0'dir. Sağ yanal basit makaslamalı sistemin etkisinde oluşan bu havzalar gerilmeli alanlar olarak değerlendirilmiştir (Murphy ve Burges, 2006). Öte yandan Barka ve Kadinsky-Cade (1988), doğrultu atımlı faylar boyunca oluşan genişleme ve sıkışma alanlarında iki fay arasındaki üzerleme miktarı (d) ile bükülme açısı (ά) arasındaki ilişkiye göre havzaları üçe ayırmıştır. Buna göre küçük havzalarda; d<1 km, ά<5^0, orta havzalarda; 1<d<5 km, 5^0< ά<30^0 ve büyük havzalarda; d>5 km, ά>30^0'dir.

Geometrisi yukarıdaki havzalara benzeyen ve Şekil 8.2'de gelişimi açıklanan Geyve-Pamukova havzası, Sarıgazi-Mekece fayları arasındaki 1.8 km'lik sıçrama ile güney kenarından fay ile sınırlanmış olup 26 x 6 km boyutlarındadır. Havzanın oluşumunda; sağ yanal basit makaslamalı sistemin (KAFSGK, GFZ) ürünü olan

Sarıgazi fayının, Koruboğazı-Kozan arasındaki doğrultu açısının 30^0 değişmesi ve Kozan-Ciciler arasındaki 7.5 km'lik uzunluğunun da 16^0'lik bükülme açısına uğraması temel neden olmuştur. Fayın doğrultusundaki bu açılmalı dönme, aynı zamanda yapısal davranışının da sağ yanal oblik normal fay olmasını sağlamış ve Geyve-Pamukova havzası günümüze kadar olan evrimini tamamlamıştır. Buna göre havza orta ölçekli bir çek-ayır havzanın, asimetrik (sadece güney kenarından denetlenen) gevşek "S" biçimli türü veya sağ yanal atımlı faylanmanın asimetrik gerilmeli alanı şeklinde oluşmuştur (Şekil 8.3). Sarıgazi fayının doğu bölümünde yer alan basınç sırtları ise havza ölçeğinde küçük yapılar olup sağ yanal basit makaslamalı deformasyon modeli kökeninde fayın sıkışma bileşenli şekilde kısa dönme yaptığı yerlerde veya ana fayın uzağında faya paralel ikincil kısa segmentlerin arasında gelişmiştir.

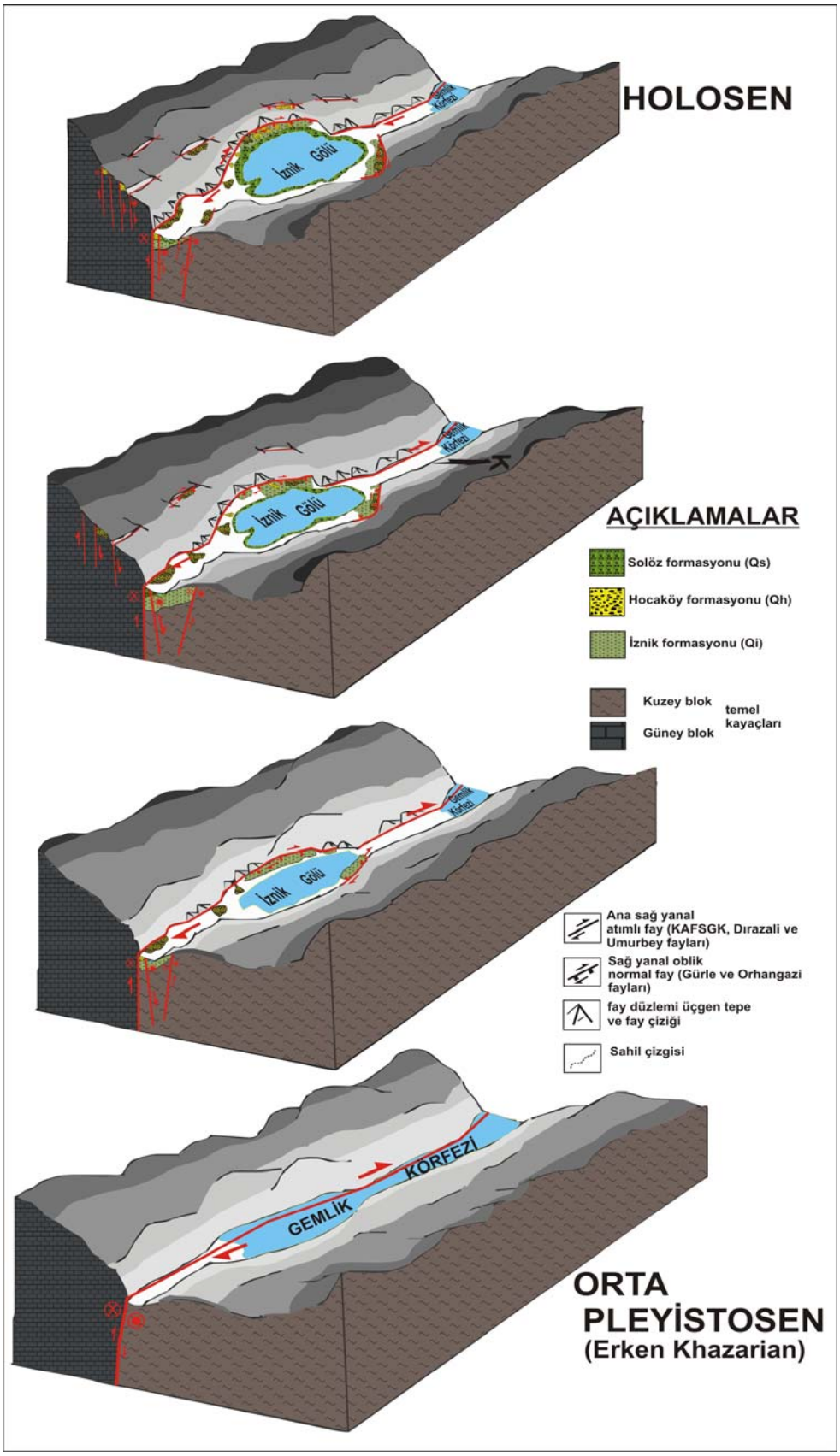


Şekil 8.3 : Geyve-Pamukova havzasının oluşmasını sağlayan GFZ'a ait ana fayların sağ yanal atımlı geometrisi (Url- 4).

İnceleme alanının batısında yer alan bir diğer havza ise İznik havzasıdır. Crampin ve Üçer (1975), KAFS'nin Marmara Bölgesi kuzey ve güney kolları arasında normal fay sistemlerinin varlığını işaret etmiş ve Gemlik Körfezi ile İznik Gölü arasının da kompleks bir çöküntü alanı olduğunu belirtmiştir. Şengör (1979), Gemlik Körfezi ve doğusunun normal faylar ile denetlenen graben şeklinde olduğunu belirtmiştir. Bargu (1982), İznik doğusundaki fayların normal faylardan oluştuğunu ve güney yükselimin eteğinden geçtiğini belirtmiştir. Barka ve Kuşçu (1996), İzmit, Karamürsel, Çınarcık ve Gemlik Körfezi havzalarının Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde çek-ayır şeklinde açılan havzalar olduğunu belirtmiştir. Şengör ve diğ. (2005) kendi gözlemlerini; Şaroğlu ve diğ. (1992), Şengör ve diğ. (1999) ve Le-Pichon ve diğ. (2001) ile birleştirmiş ve İznik Gölü'nün güney kenarını takiben Gemlik Körfezi'ne kadar olan alanı saf normal fay olarak haritalamıştır. Öztürk ve diğ. (2009), İznik havzasının aktif bir havza olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, havzayı negatif çiçek yapısı şeklinde haritalamasına rağmen havzanın oluşumunu; ana fayın dışında daha çok güneyde haritalanan sağ yanal atımlı oblik normal özellikli Solöz fayının etkisinde oluşmuş açılma alanı olarak tanımlamıştır.

İnceleme alanının doğusunda Geyve-Pamukova havzası açılmaya başlamış iken batıya doğru Mekece-İznik koridoru ve daha batıda da İznik havzası gelişmeye başlamıştır. Bu havza güney kenarından Dırazali ve Gürle fayları ile kuzey kenarından ise Orhangazi fayı ile denetlenir. Bu faylardan Gürle ve Orhangazi fayları üzerindeki normal atımın büyüklüğü, diğer faylara oranla daha fazladır. Buna göre bölgede KAFSGK'nun işlemeye başladığı Orta Pleyistosen'den itibaren tuzlu veya acı su (brackish water) ortamını karakterize eden İznik formasyonu; güney blokun Dırazali ve Gürle fayları, kuzey blokun da Orhangazi fayı boyunca yükselmesi sonucu çökelmiştir. Sağ yanal basit makaslama deformasyonunun sürmesi ile daha çok Gürle ve kısmen de Dırazali fayları boyunca yükselmeye devam eden özellikle güney blok ve Orhangazi fayı boyunca yükselen kuzey blok önünde alüvyal yelpaze fasiyesinde Hocaköy formasyonu gelişmeye başlamıştır. KAFSGK öncesi muhtemelen dar bir su yolu ile deniz bağlantısı olan bölgeyi, İznik Gölü çevresindeki fayların bölgeyi sağ yanal deforme etmesi, su yolunun kapanmasını sağlarken aynı zamanda Gürle ve Orhangazi sağ yanal atımlı oblik normal faylarındaki düşey bileşene bağlı olarak ta su seviyesinin değişimini gerçekleştirmiştir. Basit makaslamalı sağ yanal faylanma ile KD doğrultulu Dırazali fayının güneyden

açılmalı şekilde önce D-B'ya, batıya doğru ise KB doğrultulu Gürle fayına dönmesinin hızlı bir şekilde sürmesi ve bu açılmaya bağlı olarak özellikle güney blokun kuzeye oranla daha hızlı yükselmesi, havzanın güney kenarında daha belirgin olmak üzere; daha çok ince taneli kil ve silt boyutunda litoloji içeren Solöz formasyonunun çökelmesini sağlamıştır. Havzayı açmaya devam eden bu fayların güney kenarda oluşturduğu yanal-devamlı ve hızlı deformasyon aynı zamanda güney kenarda blok yükselimine bağlı olarak gelişen Hocaköy formasyonunun yanal yönde devamlı şekilde çökelmesini sağlamıştır. Bu esnada kuzey kenarda gelişen ve D-B devamı olmayan sağ yanal oblik normal faylanma ise kuzey bloktaki Hocaköy formasyonunun çökelimini yönetmiştir. Günümüze kadar etkisi süren İFZ içindeki fayların göl seviyesinde oluşturduğu düşey yerdeğiştirme bu deformasyonun son ürünü olan, özellikle gölün güney kıyısındaki göle eğimli, nadiren de gölün kuzey ve batı kıyısındaki kötü tabakalanmalı yalıtaşlarının gelişmesine neden olmuştur (Şekil 8.4).



Şekil 8.4: İznik havzasının tektonostratigrafik açılma modelinin blok diyagramda görünüşü.

KAFS üzerinde Taşova-Erbaa, Niksar, Havza-Ladik ve Marmara Denizi'ndeki Çınarcık havzalarının çevresindeki fay geometrisi İznik havzasına benzer. Gunnerson

ve Özturgut (1974) Çınarcık havzasının batimetrisini değerlendirmiş olup havzanın sağ yanal atımlı fay sisteminde çek-ayır olarak açıldığını vurgulamıştır. Seymen (1975) ve Tatar (1978), Havza-Ladik, Taşova-Erbaa ve Erzincan havzalarının KAFS ile kuzey kenarından denetlenen çek-ayır havzalar olduğunu belirtmiştir. Şengör ve diğ. (1985), KAFSKK üzerinde bulunan Çınarcık havzasını birincil, Havza-Ladik, Taşova-Erbaa ve Erzincan havzalarının basit, klasik çek-ayır havzalar olduğunu belirtmiştir. Carton ve diğ. (2007), sismik yansıma kesitlerinden KAFSKK üzerinde Marmara Denizi doğu parçasında bulunan 50 x 15-18 km ölçülerindeki Çınarcık havzasının son birkaç milyon yılda sağ yanal atımlı segmentler boyunca, daha çok kuzey kenarındaki kısmen de güney kenarındaki faylarla çökerek oluşan açılmalı havza olduğunu belirtmiştir.

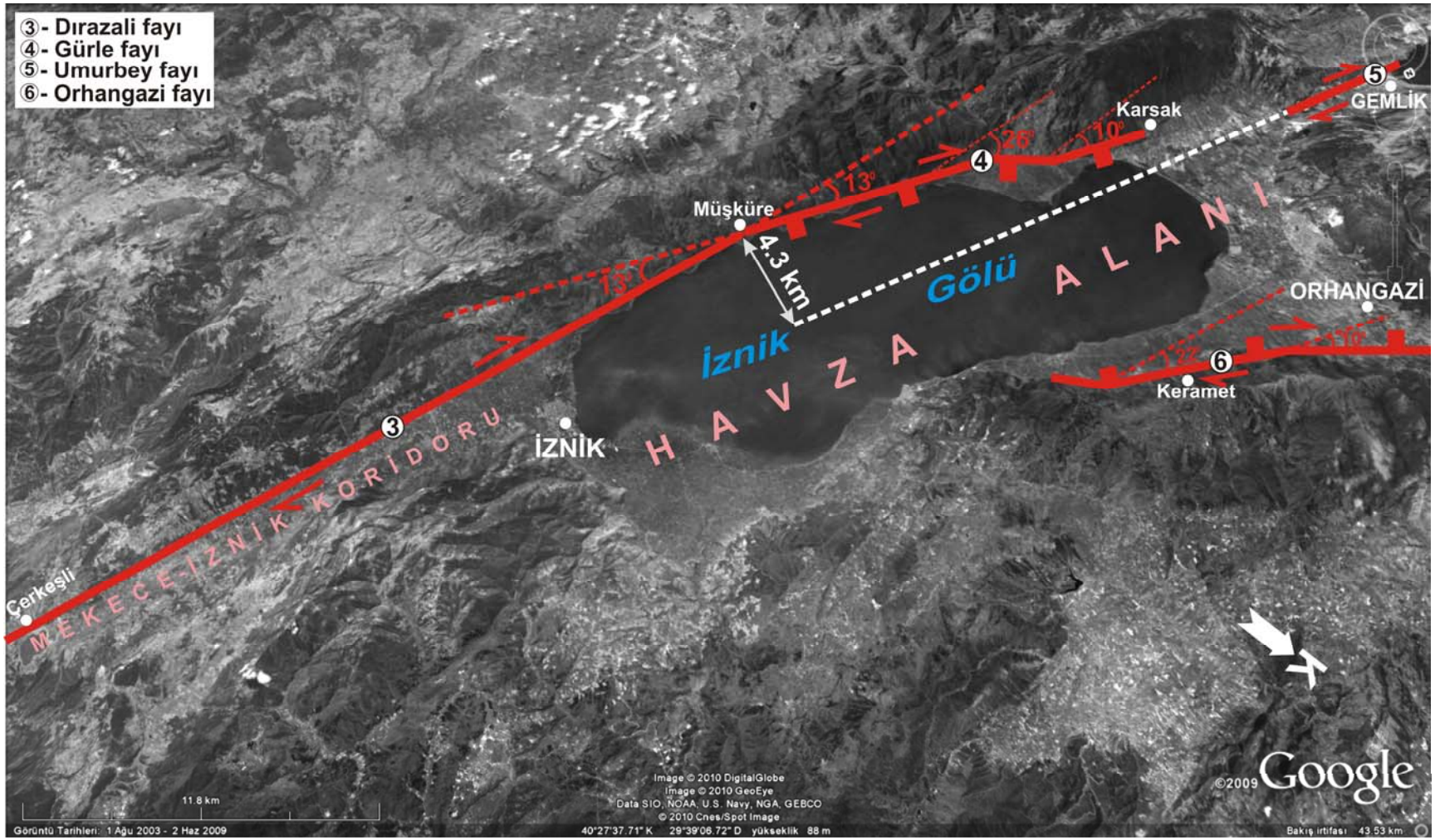
Parke ve diğ. (2002) Marmara Denizi'ndeki havzaların, 10-25 my'dan beri Helenik yay ardı sonrası gelişen gerilme etkisinde deforme olduğunu belirtmiştir. Armijo ve diğ. (2002), Çınarcık havzasını 50 x 16 km'lik ölçüsü ile sağ yanal ana doğrultu atımlı fay zonu içinde, büyük sıçrama ile meydana gelen açılma alanı şeklinde oluşan, kama biçimli havza olarak tanımlamıştır. Yazar, havza kuzey kenarındaki sarplığın güney kenara oranla daha belirgin olduğunu, sağ yanal iki doğrultu atımlı fay arasındaki bu sarplığın bükülme açısının 30^0 olduğunu ve doğrultu atım hareketi ile ilişkili açılmalı şekilde geliştiğini belirtmiştir. Le-Pichon ve diğ. (2001), Marmara Denizi'ndeki tüm havzaların 200.000 yıl önce KAF tarafından kesildiğini, KAF'tan yaşlı olan bu havzaların ise KKD-GGB gerilme ile oluştuğunu belirtmiştir. Çınarcık havzası kuzey kenarı boyunca sağ yanal atımlı fay doğrultusunun dönerek "S" şeklini aldığını ve dereceli olarak daha batıya kısalmanın olduğu alana (Yeşilköy) ulaştığını belirtir. Demirbağ ve diğ. (2003) Çınarcık havzasının da içinde bulunduğu Marmara Denizi havzalarının "S" şekilli olduğunu ve bu havzaların da Ana Marmara Fayı (Main Marmara Fault) birincil (main) deformasyon (deformation) zonunun (principal deformation zone) saat yönünde (clockwise) dönmesi (rotation) ile önceden var olan grabeni (pre-existing graben) üzerlemesi (overlapping) sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Okay ve diğ. (2000), Çınarcık havzasının sağ yanal atımlı transform-transform-transform özellikli; D-B doğrultulu İzmit, KB-GD doğrultulu Terzili ve KD-GB doğrultulu Biga fayları ile sınırlanan üçlü eklem (triple-juntion) arasında açılmış ve Crowell (1974a)'te belirtilen açılmalı fay kaması şekilli havza (releasing fault-wedge basin) biçimine uygun olduğunu belirtmiştir. Barka (1992; 1997)

Marmara Denizi'ndeki tüm havzaların KAF'ı kuzey kolu içinde KD-GB doğrultulu sağ yanal faylar arasında gelişen normal faylar ile denetimli olarak çek-ayır şeklinde açıldığını belirtmiştir. İmren ve diğ. (2001), Marmara Denizi'ndeki üç havzanın kuzey kenarında aktif normal faylanma bulunmadığını, fay düzlemi çözümlerinin kendi inceledikleri sismik yansıma kesitleri ile uyumlu olduğunu ve buna göre gözlenen fayların doğrultu-atım ve sıkışma bileşenli olduğunu belirtmiştir. Barka ve diğ. (2000) 40 x 16 ölçüsündeki Taşova-Erbaa ve 21 x 6 ölçüsündeki Niksar havzalarının KAFZ içinde geliştiğini, Buna göre Taşova-Erbaa havzasının KB-GD doğrultulu Niksar-Destek ve Esençay segmentleri arasında, Niksar havzasının ise Kelkit- Ezinepazarı ile Niksar-Destek segmentleri arasında çek-ayır havza şeklinde açıldığını belirtmiştir. Yazarlara göre bu iki havza bitişik (adjacent) olup Niksar havzasındaki bükülme açısı 45^0 iken, Taşova-Erbaa havzasında ise kuzey ve güney kenar segmentleri birbirini paralel şekilde üzerler. Burchfiel ve Stewart (1966), Hill ve Troxel (1966), Freund (1971), Mann ve diğ. (1983), İznik havzasının aktif fay geometrisine benzeyen; Death Valley, Hanmer ve Niksar havzalarının gevşek "S" veya "Z" biçimli (lazy "S" veya "Z" shaped) çek-ayır havzalar olduğunu belirtmiştir.

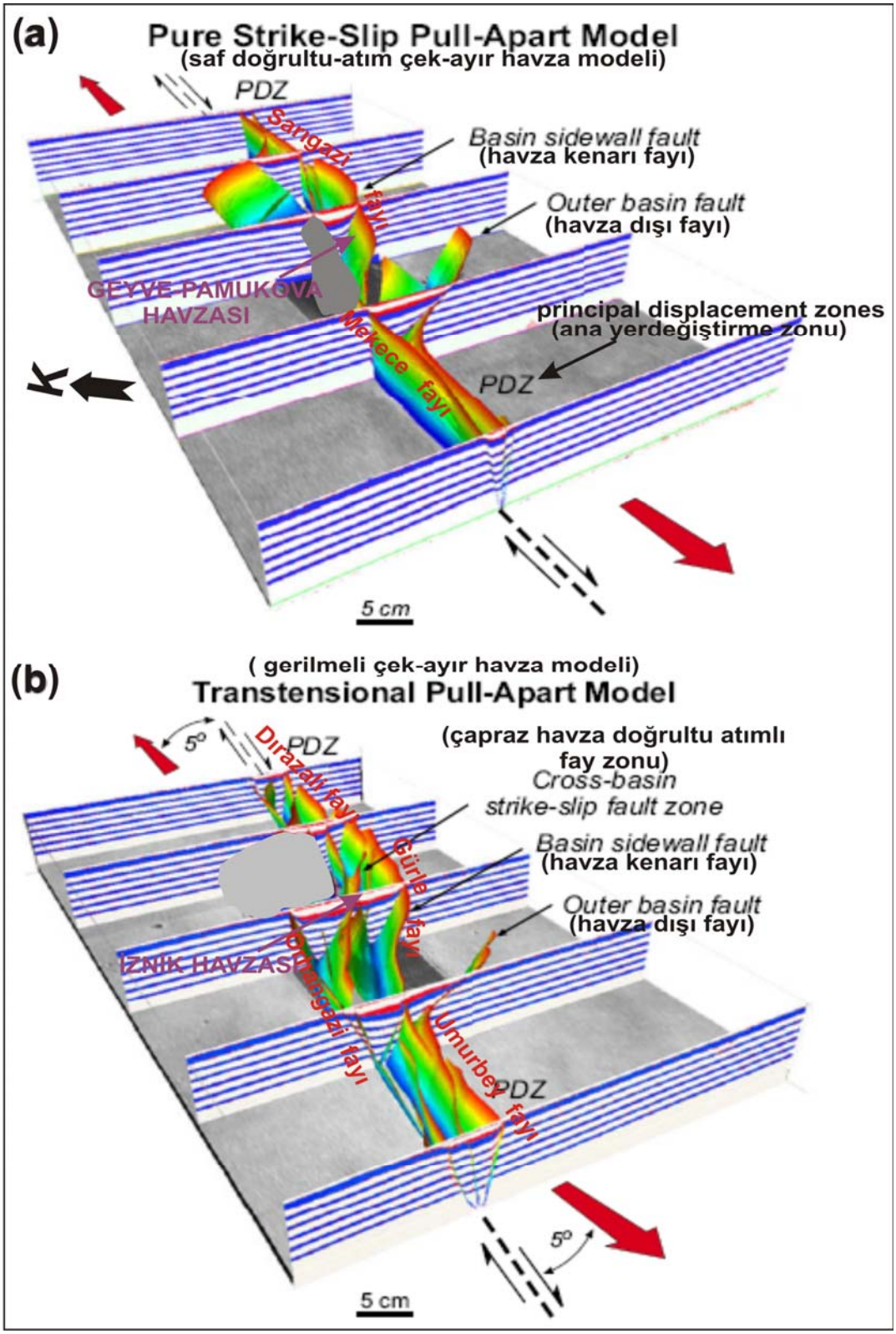
Tektonik gelişimi ve bu gelişim esnasında maruz kaldığı yapısal değişimler ile İFZ içinde yer alan İznik havzası Dırazali ve Umurbey fayları ile bunlar arasında kalan güneyden Gürle, kuzeyden ise Orhangazi fayları ile denetlenir. Doğuda Çerkeşli ile havza güney kenarındaki Müşküre arasında ortalama $K70^0D$ doğrultusu ve 35 km uzunluğu ile Dırazali fayı Müşküre-Karsak arasında yaklaşık 13^0 açılmalı olarak dönüp Gürle fayı adı ile Karsak'a kadar ulaşır. Gürle fayının doğrultusu ise D-B ile $K40^0B$ arasında değişirken yaklaşık 17 km uzunluğa sahiptir. KAFSGK, Dırazali ve Gürle fayları arasında açık "V" şekilli geometriye sahiptir. Karsak'tan itibaren 2 km sıçrama oluşturan İznik havzasının güney kenar ana fayı Umurbey fayı olarak Gemlik Körfezi'ne uzanır. Havza kuzeyindeki $K30^0B$ ve $K80^0B$ doğrultularına sahip olan Orhangazi fayı ise sağ yanal oblik fay niteliği ile havzanın açılmasını kuzey kenardan denetler. Bu basit makaslamalı sağ yanal atımlı fay geometrisi ile İznik havzası; $K70^0D$ doğrultulu Dırazali ve D-B doğrultulu Umurbey faylarının birbiri arasında oluşan 4.3 km'lik ayrılma mesafesi sonucu havza güney kenarından dönme ile oluşan Gürle, kuzey kenarından ise D-B uzanımı devamlı olmayan Orhangazi sağ yanal oblik normal fayları ile sınırlanmıştır. Bu tektonik evrim göre İznik havzası büyük ölçekli bir çek-ayır havzanın gevşek S biçimli türüne göre daha ileri safhasını,

iyi (extreme) gelişmiş bir çek-ayır havza türünün ise daha önceki aşamasını gösterir (Şekil 8.5).

İnceleme alanındaki Geyve-Pamukova ve İznik havzaları, Wu ve diğ. (2009)'un ölçekli kum kutusu deneyinde izlediği çek-ayır havza modellerine benzer. Yazarlar doğrultu atımlı ana yer değiştirme zonundaki (principal displacement zones) hareket düzlemi üzerinde minumum 5^0'lik sapma (açılmalı dönme) oluştuğunda; saf doğrultu-atım çek-ayır havzası (pure strike-slip pull-apart basin) ile gerilmeli çek-ayır havzanın (transtensional pull-apart basin) geliştiğini belirlemiştir. Buna göre Geyve-Pamukova havzası sadece güneyden denetlendiği için asimetrik oluşu, İznik havzası ise İznik Gölü içindeki iki çukurluğunun varlığı ve hem güney hem de kuzey havza kenarı fayları ile denetlenmesi sonucu oluştuğu için simetrik oluşu ile daha çok Şekil 8.6b'ye uygundur.



Şekil 8.5 : İznik havzasının oluşmasını sağlayan İFZ'a ait ana fayların sağ yanal atımlı geometrisi (Url – 4).



Şekil 8.6 : (a) Geyve-Pamukova ve (b) İznik havzalarının tektonik oluşum modelleri (Wu ve diğ. 2009'dan değiştirilerek).

9. SONUÇLAR

Bu tez çalışması ile KAFSGK'nun inceleme alanı ve yakın çevresinden elde edilen morfotektonik, tektonostratigrafik ve paleosismolojik sonuçlar şunlardır:

1. KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki ana kolları kuzey, güney ve güney-a olarak at kuyruğu geometrisi şeklinde olduğu belirlenmiştir. KAFSGK İnceleme alanında; üç fay zonu, (GFZ, İFZ ve GMFZ) altı ana fay (Sarıgazi, Müşküre, Dırazali, Gürle, Orhangazi ve Umurbey) ve onlarca küçük segment şeklinde ayırtlanmıştır.
2. İnceleme alanındaki genç ve aktif yapısal unsurlar yaklaşık 5 my önce KAFSGK ile oluşmaya başlamış olup günümüze kadar da bu fay sistemi ile deforme edilmiştir. Basit sağ yanal makaslamalı sistemin en önemli morfotektonik verilerinden biri olan basınç sırtları, KAFSGK boyunca sağ yanal etkin sıkışmanın KKB-GGD yönlü olduğunu gösterir.
3. Bölgede Armutlu-Ovacık Zonu kuzey, Sakarya Zonu ise güney temel kayaçlarını oluştururken, KASFGK ile başlayan Neotektonik dönemde; Geyve-Pamukova, İznik havzaları ile Mekece-İznik ve Karsak-Gemlik koridorları morfotektonik elemanları oluşturur. Bütün bu morfotektonik elemanların sınırı, özellikle güney, kısmen de kuzey yükselimle (sadece Orhangazi fayı boyunca) belirlenirken, bu yükselimler de günümüze kadar sağ yanal atımlı faylanma ve bununla ilişkili tektonizma ile denetlenir.
4. Geyve-Pamukova havzası, Pliyo-Kuvaterner'de (~ 5 my) ortalama $K70^0D$ doğrultulu Sarıgazi fayının sağ yanal açılmalı dönmesi ve Mekece fayına sıçraması ile KKD-GGB yönlü açılma sonucu gevşek "S" biçimli çek-ayır havza şeklinde gelişmiştir. Bu havzanın açılım süreci ve fay geometrisi bölgedeki Sakarya Nehri'nde minumum 15 km maksimum ise 23 km sağ yanal atıma neden olurken, aynı zamanda bununla ile ilişkili düşey atım da oluşturmuştur. Nehrin bölge tektoniği ile ilişkili bu değişimi, havzanın altında Geyve formasyonu Kollu çakıltaşı ve Beylik kırıntılı üyelerinin, üstünde ise

Çardak formasyonunun Ayvalık ve Yanıkorman kırıntılı üyelerinin çökelmesini sağlamıştır. Bu birimler güney kenarda gelişirken havza kuzey kenarında ise Pınarlı formasyonu çökelmiştir. Bölgede güney kenarda ve güney blok içinde gelişen Hocaköy formasyonu ise güney blokun fayla yükselmesi sonucu ve blok içi drenajın etkisi ile çökelmiştir.

5. İnceleme alanının doğusunda Geyve-Pamukova havzası gelişirken batıda Mekece-İznik koridoru gelişmeye başlamış ve koridorun güney kenarında ise basit sağ yanal makaslamalı deformasyon içinde Dırazali fayının güney bloku yükseltmesi sonucu Hocaköy formasyonu çökelmiştir.

6. Bölgenin en batısındaki İznik havzası ise Erken Khazarian'den itibaren gelişmeye başlamıştır. Muhtemelen dar bir su yolu ile günümüz Gemlik Körfezi'ne bağlantısı olan bölgede havza gelişimi, basit makaslamalı sağ yanal fay sistemi içinde gelişen $K70^0D$ doğrultulu Dırazali fayı ile D-B doğrultulu Umurbey fayı arasında; güney kenardan sağ yanal oblik normal fay şeklindeki Gürle, kuzey kenardan ise yine aynı karakterdeki Orhangazi faylarının aktivitesi sonucu KKD-GGB yönlü açılma ile gerçekleşmiştir.

7. Sağ yanal atımlı fay sisteminin etkinliği, İznik Gölü içinde güneyde daha derin kuzeyde ise buna oranla daha sığ iki çukurluk oluştururken, bu esnada havza dolgusunun stratigrafisi de özellikle güney blokun yükselmesi sonucu havzanın güney kenarında şekillenmiştir. Güney blokun yükselimi, önce bölgenin deniz bağlantısını keserek acı su ortamını karakterize eden İznik formasyonunu çökeltmiş, daha sonra deformasyon sürecinin ilerlemesi ve sağ yanal oblik normal özellikli Orhangazi fayı boyunca da kuzey blokun yükselimi ile beraber havzadaki tüm birimlerin sedimantasyonu günümüze kadar gelmiştir.

8. İnceleme alanında oluşan son tarihsel depremler ile kırılmanın Bh7 hendeğinden elde edilen veriler ile M.S 740'taki deprem ile başladığı, Bh2, Bh3 ve Bh6 hendeklerinden elde edilen verileri ile doğuya M.S 1065 depremi ile göç ettiği belirlenmiştir. Bh9 ve Bh10 hendeklerinden elde edilen veriler ise kırılmanın M.S 1863 depremi ile Dırazali fayının batı kesiminde gerçekleştiğini gösterir. Bölgede eski ve bu tez çalışması ile açılan hendekler birlikte değerlendirildiğinde: KAFSGK üzerinde minimum deprem

tekrarlanma aralığının 1200, maksimum ise 1800 yıl olabileceği, ayrıca önümüzdeki muhtemel kırılmanın ise bölgedeki mikro deprem aktivitesinin yoğunluk alanı da dikkate alınarak, İznik Gölü'nün batısında gerçekleşeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akartuna, M., 1968. Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi: *İstanbul Üniv. Fen Fak. Monografileri* (Tabii ilimler kısmı), **20**, 105 s.

Allen, C.R., 1969. Active faulting in northern Turkey: *California Inst. Tech Div. Geol. Sci. Cont,* **1577**, 32.

Akartuna, M. ve Atan, O., 1981. Geyve-İkramiye-Fındıksuyu (Sakarya) dolayının jeolojisi(Geology of Geyve-İkramiye-Fındıksuyu region). *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Sayı:1, Seri:A- Yer Bilimleri.*

Aksoy, E., Türkmen, İ., Turan, M., 2005. Tectonics and sedimentation in convergent margin basins: an example from the Tertiary Elazığ basin, Eastern Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences,* **25**, 3, 459-472.

Alçiçek, H., Varol, B. and Özkul, M., 2007. Sedimentary facies, depositional enviroments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin SW Anatolia, Turkey. *Sedimantary Geology,* **202**, 4, 596-637.

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

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

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

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

Anderson, E.M., 1995. The dynamics of faulting. *Trans Edinb. Geol. Soc* **8**, 387-402.

Andrieux, J., Över, S., Poisson, A., Bellier, O., 1995. The North Anatolian Fault Zone: distributed Neogene deformation in its northward convex part. *Tectonophysics,* **243**, 135-154.

Angelier, J., 1979. Determination of the mean principle directions of stress for a given fault population. *Tectonophysics*, **56**, 17–26.

Angelier, J., 1984. Tectonic stress analysis of fault slip data sets. *J. Geophys. Res*, **89**, 5835-5848.

Angelier, J., 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: Hancock, P.L. (ed.) *Continental deformation*. Pergamon Press, Oxford. 53-100.

Angelier, J., Bergerata, F., Belloua, M., and Homberg, C., 2004. Co-Sesimic strike-slip fault displacement determined from push-upstructures: the Selsund Fault case, South Iceland, *J. Struct, Geol*, **26**, 709-724.

Ardel, A., 1949. Armutlu Yarımadası (Jeolojik ve morfolojik etüd): *Türk. Coğ. Dergisi*, Ankara, 12-13.

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

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

Armijo, R., Meyer B., Navarro, S., King, G., Barka A., 2002. Asymmetric slip partitioning in the sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian fault ? *Terra Nova,* **14** (2), 80-86.

Arpat, E., Şaroğlu, F., 1975. Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar (Some important young tectonic eventes ın Turkey) *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,* **18**, 91-100.

Arthaud, F., 1969. Methode de determination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermediaire d'une population de failles. *Bulletin Geological Sociéte de France,* **7**, Ser. 11, 729–37.

Audrey, D., Huerta, D., Rodgers, W., 1996. Kinematic and dynamic analysis of a low-angle strike-slip fault: The Lake Creek fault of south-central Idaho. *Journal of Structural Geology,* **18**, 5, 585-593.

Aydin, A. and Nur, A., 1982. Evolution of pull-apart basins and their scale indipence: *Tectonics,* **1**, 91-105.

Bagnold, R.A., 1946. Motion of waves in shallow water: interaction between waves and shallow bottoms. *Proceedings of the Royal Society,* London 187A, 1-18.

Balance, P. F., 1980. models of sediment distrubition in non marine and shallow marine enviroments in oblique-slip zones, in BALANCE, P. F., READİNG, H. G., eds Sedimentation in oblique-slip mobile zones. *International Association of Sedimentologists Special Publication,* **4,** 229-236.

Balance, P. F., and Reading, H. G., 1980. Sedimentation in oblique-slip mobile zones. *International Association of Sedimentologists Special Publication,* **4**, 265.

Bargu, S., 1982. İznik-Yenişehir (Bursa)-Osmaneli alanının jeolojisi. *İstanbul. Üniv. Yerbilimleri Dergisi*, **3**, 1-2, 191-233.

Bargu, S., Sakınç M. 1989. İzmit Körfezi- İznik Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri, *İÜ Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi,* **6**, 45-76.

Baris, S., Ito, A., Üçer, S. B., Komut, T., Kafadar, N., Pektaş, R., Honkura, Y., and Işıkara, A. M., 2002. Microearthquake activity in the western exstensions of the North Anatolian Fault Zone in the eastern Marmara region, Turkey (1993-1998), *Bull. Seism. Soc. Am,* **92**, 394-405.

Barka, A, A., 1981. Seismo-tectonic aspects of the North Anatolian Fault Zone, *Ph.D. thesis,* 335 pp, Univ of Bristol, England.

Barka, A.A., 1983. Kuzey Anadolu Fay zonundaki bazı Neojen-Kuaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Ketin Sempozyumu*, 209-227. Ankara.

Barka, A. A. and Hancock, P. L., 1984. Neotectonic deformation patterns in the convex northwards arc of the North Anatolian Fault. İn the Geological evolution of the eastern Mediterranean, spec. Publ., edited by J.G Dixon and A.H.F Robertson, *Geol. Soc. London*, 763-773.

Barka, A. A., 1985. Geology and Tectonic evolution of some Neogene-Quaternary basins, in the North Anatolian fault zone. (In Turkish with English abstract),in *" Ketin Symposium ", Spec. Publ. Geol. Soc.* Turkey, 209-227.

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

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

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

Barka, A.A. & Gülen, L., 1989. Complex evolution of the Erzincan Basin (eastern Turkey). *Journ. Of. Struc. Geology,* **11**, 3, 275-283.

Barka, A.A., 1992. The North Anatolian Fault Zone. *Anneles Tectonicae*, **6**, 174-195.

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

Barka, A. A., Şaroğlu, F., Emre, Ö. and Kuşçu, İ., 1996. Active faults of Turkey. *J. Earthq. Prediction Res*, **5, 3,** 413-421.

Barka, A., and Kuşçu, İ., 1996. İzmit, Gemlik ve Bandırma körfezlerinde Kuzey Anadolu Fayı'nın uzanımları. *Turkish J. Mar.Sci*, **2**, 93-106.

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

Barka, A. A., Akyüz, H.S., Cohen, A.H., and Watchorn, F., 2000. Tectonic evalotion of the Niksar and Tasova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian block. *Tectonophysics,* **322**, 243-264.

Bartlett, W. L., Friedman, M. and Logan, J.M. 1981. Experimental folding and faulting of rocks under confining pressure Part IX. Wrench faults in limestone layers *Tectonophysics,* **79**, 3-4, 255-277.

Bayona, G. and Lawton, T.F., 2003. Fault-proximal stratigraphic record of episodic extension and oblique inversion, Bisbee basin, southwestern New Mexico, USA. *Basin Research,* **15**, 251-270.

Belt, E.S., 1968. Post –Acadian rifts and related facies, eastern Canada, in Zen, E-An; WHITE, W.S., HADLEY, J.B., and THOMSON, J.B., eds., *studies in Appalachian Geology*; Northern and Maritime: New York, Intersection. 95-113.

Bergerat, F., Angelier, J., Gudmundsson, A., Torfason, H., 2003. Push-ups, fracture patterns, and palaeoseismology of the Leirubakki Fault, South Iceland. *Journal of Structural Geology,* **25**, 4, 591-609.

Bergougnan, H., 1975. Structure de la chaine pontique dans le Haut-Kelkit, Nord-Est de l'Anatolie. *Bull. Soc. Geol. Fr.* **7,** 18 675-686.

Biddle, K, T. and Christie-Blick, N., 1985. Glossary – Strike-slip deformation basin formation, and sedimentation. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (eds), Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. *SPEM Spec. Publ,* **37**, 375-386.

Bilgin, T., 1968. *Samanlı Dağları*. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, **50**,1-196.

Bilham, R.& King, G., 1989. The morphology of strike-slip faults: Examples from the San Andreas fault, California, *Journal. Geophys. Res,* **94**, 204-216.

Blair, T.C., McPherson, J.G., 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Research. Section A, Sedimentary Petrology and Processes,* **64**, 450–489.

Boothroyd, J, C., 1972. Coarse-grained sedimantation on a braided outwash fan Northeast Gulf of Alaska. *Tech rep no. 6, Coastal Research Division, U. of South Carolina Columbia*, **127**.

Bozkurt, E. and Koçyiğit, A., 1996. The Kazova basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics,* **265**, p: 239-254.

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

Bucknam, R. C. and Anderson, R.E., 1979. Estimation of fault scarp ages from a scarp-height-slope angle relationship, *Geology,* **7,** 11-14.

Bull, W.B., McFadden, L., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Dohering, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Publ. *İn Geomorphology.* State University of New York, Binghamton, pp. 115–138.

Burbank, D.W., Anderson, R.S., 2001. *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, Massachusetts.

Burchfiel, B.C. and Stewart, J.H., 1966. "Pull-Apart" origin of the central segment of Dead Valley, California. *Geol. Soc. Am. Bull,* **77**, 439-442.

Burke, K., Mann, P., and Kıdd, W., 1982. What is a ramp valley ? Abstract volume, *11th Int. Congr. Sediment:* McMaster univ, Hamilton, Ontario.

Bürgmann, R., 1991. Transpression along the southern San Andreas Fault, Drumid Hill, California. *Tectonics,* **10**, 1152-1163.

Calvet, F., Cabrera, M.C., Carracedo, J. C., Mangas, J., Perez Torrado, F.J., Recio, C. and Trave, A., 2003. Beachrocks from the İsland of La Palma (Canary-Islands, Sapin), *Elsevier Science,* **15**, 75-93.

Carey, S.W., 1958. A tectonic approach to continental drift; in CAREY, S.W.,ed., Continental Drfit: *A Sysposium:* Univ Tasmania. 177-355.

Carey-Gailhardis, E. and Mercier, J.L., 1987. A numerical method for determining the state of stress using focal mechanisms of earthquake populations: application to Tibetan teleseisms and microseismicity of southern Peru, *Earth Planet. Sci. Lett.,* **82**, 165-179.

Carton, H., Singh, S. C., Hirn, A., Bazin, S., de Voogd, B., Vigner, A., Ricolleau, A., Cetin, S., Ocakoğlu, N., Karakoc, F. and Sevilgen, V., 2007. Seismic imaging of the three-dimensional architecture of the Çınarcık Basin along the North Anatolian Fault. *Journ. Of Geophy Research,* **112**, B06101, doi:10.1029/2006JB004548.

Cavinato, P.G., Carusi, C., Dall'Asta, M., Miccadei, E., Piacentini T., 2002. Sedimantary and tectonic evolution of Plio-Pleistocene alluvial and lacustrine depoists of fucino Basin (Cental İtaly). *Sedimentary Geology,* **148**, 29-59.

Chaput, E., 1936. Voyages d'etudes geologigues et geomorphogeniques en Turquie. *Mem. de I'Inst. Français d'archeologie d'Istanbul II*, Paris, France.

Christie-Blick, N. and Biddle, K.T. 1985. Deformation and basin formation along strike-slip faults. In: N. Christie-Blick and Biddle, K.T. (Editors), Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ,* **37**, 1-34.

Clayton, L., 1966. Tectonic depressions along the Hope fault, a transcurrent fault in North Canterbury, New Zealand: *N.Z. Jour.Geol. Geophys*, **9**, 95-104.

Collinson, J. D., 1986. Alluvial sediments. *In: Sedimentary Environments and Facies* (ed H.G Reading) Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 20-62.

Cotton, C. A., 1950. Tectonic Scarps and Fault Valleys. *Bulletın of the Geologıcal Socıety of Amerıca,* **61**, p: 717-758.

Cowgill, A., Yin, J., Arrowsmith, R., Xiaofeng, W. and Shuanghong, Z. 2004. The Akato Tagh bend along the Altyn Tagh fault, NW Tibet, Cenozoic structure, smoothing by vertical-axis rotation and the effect of topographic stresses on borderland faulting. *GSA Bulletin,* **116** (11/12), pp. 1423–1442.

Crampin, S., and Üçer, S.B., 1975. The Seismicity of the Marmara sea region of Turkey. *Geophys. J.R. Astr. Soc*, **40**, 269-288.

Crone, A.J and Omdahl, E.M 1987. Directions in Paleosismology, USGS i*n Proceedings of Conference* XXXIX, open-file report. 87-673.

Crowell, J.C., 1974a. Sedimentation along the San Andreas Fault, California. In: R.H. J.R Dott and R.H Shaver (Eds), *Modern And Ancient geosyncilinal sedimentation SPEM Spec. Publ*, **19**, 292-303.

Crowell, J.C., 1974b. Origion of Late Cenozoic basins in southern California. In: L.R. Dickenson (Ed). *Tectonics and sedimentation. SEMP Spec. Publ*, **22**, 90-200.

Crowell, J.C., 1975. The San Gabriel fault and Ridge basin, southern California. In: San Andreas Fault in southern California (edited by Crowell, J.C.). *Spec. Rep. Calif. Div. Mines Geol,* **118**, 208-233.

Crowell, J.C., 1976. İmplicatıons of crustal stretching and shortening of coastal Ventura basin, California: *Pacif. Sect. Am. Ass. Petrol. Geol. Misc. Pub,* **24**, 365-382.

Crowell, J.C., 1982. The tectonics of Ridge Basin, southern California, in CROWELL, J.C., and LINK M.H., eds Geologic History of Ridge Basin, Southern California: SEPM Pacific Sec, 25-42.

Cunhai, G., 2004. Sedimentary facies changes and climatic-tectonic controls in a foreland basin, the Urumqi River, Tian Shan, Northwest China. *Sedimentary Geology,* **169**, pp:29–46.

Cuong, N.Q., Zuchiewicz, W.A., 2001. Morphotectonic properties of the Lo River Fault near Tam Dao in North Vietnam. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci,* **1**, 15–22.

Delteil, J., Herzer, R.H., Sosson, M., Lebrun, J-F., Collot, J-Y. and Wood, R.A., 1996. Influence of preexisting backstop structure on oblique tectonic accretion: the Fiordland margin (southwestern New Zealand). *Geology,* **24,** pp. 1045–1048.

Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Melnıkov, A., Ermıkov, B., 1995. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal Region, Central Asia, Part I: Paleozoic and Mesozoic Pre-rift evolution. *Tectonophysics,* **252**, 61-101.

Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Melnıkov, A., Ermıkov, B., 1997. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal Region, Central Asia, Part II: Paleozoic and Mesozoic Pre-rift evolution *Tectonophysics,* **282** (1-4), 1-38.

Delvaux, D., Sperner, B., 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. *Geol Soc, Lond, Spec Publ,* **212**, 75-100.

Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., 2003. Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data *Tectonophysics*, **361,** 1-2, 1-19.

Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continum tectonics in a convergant zone: *Geological. Society. America. Bulletin*, **90**, 84-92.

Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., and Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere; the neotectonics of Eastern Anatolia young collision zone. In Collision Tectonics, eds.M.P. Coward and A.C. Ries, *Geol. Soc. Spec. Publ,* **19**, 3-36.

Dibblee, J.T.W., 1968. Displacements on the San Andreas fault system in the San Gabriel, San Bernadino and San Jacinto Mountains, southern California. In: Dickinson, W.A., Grantz, A. (Eds.), *Proceedings of a Conference on Geologic Problems of the San Andreas Fault System* California Stanford University Publications in Geological Sciences, **11**, pp. 260–276.

Dirik, K., 1993. Geological history of the northward arched segment of the North Anatolian Transform Fault Zone. *Geol. J,* **28**, 251–66.

DSİ., 1980. *Aşağı Susurluk Havzası Hidrojeolojik Etüd Raporu.* T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, D.S.İ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Duran, F.S., 1986. *Büyük Atlas*. Kanaat Petek Yayıncılık A.Ş. ISBN 975-469-001-4.

Edison, F., Jose, C. S., Susana, V., 2005. Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Parana River, Brazil. *Geomorphology,* **70**, pp: 325–338.

Eikichi, T., Herece, H ve Kuşçu, İ., 1998. Some Geological Evidences On Actıvıty Of The Western North Anatolian Fault, Geyve, İznik, Gemlik Area. Report of İnternatıonal Research and Development Cooperatıon Itıt Project no. 8513, December 1988 Japan, *Research On Quaternary Crustal Movement and Earthquake Prediction*, Geological Survey Of Japan, MTA of Turkey. p: 69-95.

Eisbacher, G.H., 1983. Slope stability and mountain torrents, Fraser Lowlands and Southern Coast Mountains, British Columbia. Field trip guidebook. Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada Canadian Geophysical Union, Joınt Annual Meeting, Victoria BC. **46**.

Eisenlohr, T., 1995. The thermal springs of the Armutlu Peninsula (NW Turkey) and their relationship to geology and tectonic. *Active Tectonics of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly- Project.* Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, p: 197-228.

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

Emre, Ö., Erkal, T., Kazancı, N., Görmüş, S., Görür, N., Kuşçu, İ. ve Keçer, M., 1997. Güney Marmara'nın Neojen-Kuvaterner tektoniği ve jeomorfolojisi (Tectonics and geomorphology of the southern Marmara region during the Neogene and Qutarnery). In: *Marmara Denizi Araştırmaları Workshop III,* 2,3 Haziran 1997. Genişletilmiş Bildiri Özleri, Ankara, 55-60.

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

Ergin, K., Güçlü, U. & Uz, Z., 1967. A catalogue of earthquakes for turkey and surrounding area (11 AD to 1964 AD). *Tech. Univ. Mining Eng. Fac. Publ*, 24, P: 74.

Ergün M., Özel E., 1995. Structural relationship between the Sea of Marmara basin and the North Anatolian fault, *Terra Nova,* **7**, 278–288.

Erkens, G., Rainer, D., Volleberg, K.P., Bouman, M.T.I.J., Bos, J.A.A.A., Cohen, K.M., Wallinga J., Hoek, W.Z., 2009. Fluvial terrace formation in the northern Upper Rhine Graben during the last 20.000 years as a result of allogenic controls and autogenic evolution. *Geomorphology,* **103**, 3-1, 476-495.

Escalona, A., Mann, P., 2003. Three-dimensional structural architecture and evolution of the Eocene pull-apart basin, central Maracaibo basin, Venezuela. *Marine and Petroleum Geology,* **20**, 2, 141-161.

Freund, R., 1971. The Hope Fault: a strike-slip fault in New Zealand: N.Z. *Geol. Surv. Bull.* (n.s) **86**, 1-49.

Freund, R., 1974. Kinematics of transform and transcurrent faults. *Tectonophysics,* **21**, 93-134.

García-Tortosa, F.J., Alfaro, P., Galindo-Zaldívar, J., Gibert, L., López-Garrido, A.C., C. Sanz de Galdeano, M., 2007. Ureña Geomorphologic evidence of the active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain) *Geomorphology*, **973-4**, 374-391.

Genç, Ş.C., Yılmaz, Y., 1993. The Triassic continental margin deformations, NW Anatolia. *EUG VII, 4-8 April, Strasbourg, Terra Abstracts,* **5**, 258.

Goodwin, L.B., Tikoff, B., 2002 Competency contrast, kinematics and the development of foliations and lineations in the Crust. *Journal of Structural Geology*, **24**, 6-7 1065-1085.

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

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

Göncüoğlu, M.C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay A., Kuşçu, İ and Ürgün, B.M., 1987. Geology of the Armutlu Peninsula. Guide book for the field excursion along western Anatolia, Turkey. *M.T.A Publ*, 12-18.

Gunnerson, C.G., and Özturgut, E., 1974. The Black Sea- Geology, Chemistry, and Biology, Memoir No. 20, *The American Association of Petroleum Geologists*, USA.

Gürbüz, C., Aktar, M., Eyidoğan, H., Cisternas, A., Haessler, H., Barka, A., Ergin, M., Türkelli, N., Polat, O., Üçer, S.B., Kuleli, S., Baris, S., Kaypak, B., Bekler, T., Zor, E., Bicmen, F., Yoruk, A., 2000. The seismotectonics of the Marmara region (Turkey): results from microseismic experiment. *Tectonophysics,* **316**, 1-17.

Gwendolyn, P., Ronald, T., Van, B., 2007, Pleistocene tectonics inferred from fluvial terraces of the northern Upper Rhine Graben, Germany *Tectonophysics*, **430**, 1-4, 41-65.

Hack, J., 1973. Stream profile analysis and stream gradient index. *U.S. Geological Survey Journal Research Exploration,* Athens **1**, 421–429.

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

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

Harding, T.P., 1983. Divergent wrench fault and negative flower structure, Andaman Sea. In: Seismic Expression of Structural Styles – A Picture and Work Atlas. *Am. Assoc. Pet. Geol.,* Studies in Geology, **15** (3): 4.2-1. – 4.2-8.

Harding, T.P., 1985. Seismic Characteristics and identificition of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull,* **69**: 582-600.

Harms, J.C., Southard, J., Spearing D, R., ve Walker, R.G 1975. Depositional Environments as ınterpreted from primary sedimentary and stratification sequences, 161 pp, Lecture Notes. *Soeity of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course Notes,* **2**.

Harvey, M. A., Wigand, P.E., Wells, S.G. 1999. Response of alluvial fan systems to the late Pleistocene to Holocene climatic transition: contrasts between the margins of pluvial Lakes Lahontan and Mojave and Neveda and California, USA *Catena*, **36**, 4, 255-281.

Hempton, M.R., and Dunne, L.A., 1984. Sedimentation in pull-apart basins: active examples in Eastern Turkey. *Journal of Geology,* **92**, 513-530.

Hempton, M.R. and Neher K., 1986. Experimantal fracture strain and subsidence patterns over en-echelon strike-slip faults: implications for the structural evolution of pull-apart basins. *J. Struct. Geol,* **8**, 597-605.

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

Heward, A.P. and Readıng, H.R., 1980. Deposits associated with a Hercynian to late Hercynian continenetal strike-slip system, Cantabrian Mountains, northern Spain, in BALLANCE, P.F., and Readıng, H.R eds Sedimentation in oblique-slip mobile zones: *Int. Assoc. Sed. Spec. Pub*, 4, 105-125.

Hıll, M.L. and Troxel, B.W., 1966. Tectonics of Death Valley region, California: *Geol.Soc. America Bull,* **83**, 2073-2098.

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

Hooke, R. LEB., 1967. Processes on arid-region alluvial fans. *Jour. Geol,* **75**, 438-460.

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

Iio, Y., Horiuchi, S., Barış, Ş., Çelik, C., Kyomen, J., Üçer, S.B., Honkura, Y., Işıkara, A.M. 2002. Aftershocks Distribution in the Eastern Part of the Aftershock Region of the 1999 İzmit, Turkey, Earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92**, 1, pp. 411-417.

Irrlitz, W., 1972. Lihostratigraphie und tektonische entwicklung des Neogens in nordostanatolien: *Beih. Geol, Jb,* **120***,* 1- 111.

Ito, A., Üçer, S. B., Nakamura, A., Honkura, Y., Kono, T., Hori, S., Hasegawa, A., Pektaş, R., Işıkara, A.M., 2002. Aftershocks Activity of the 1999 İzmit, Turkey, 154 Earthquake Revealed from Microearthquake Observations, *Bulletin of the Seismological Society of America,* **92**, No.1.

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

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

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

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

İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbag, E., Ecevitooglu, B., Görür, N., 2001. The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new interpretation based on multi-channel seismic and multi-beam bathymetry data. *Earth Planet. Sci. Lett,* **186**, 143–58.

İnan, S., Ergintav, S. and Saatçiler, R 2007. Turkey Makes Major Investment in Earthquake Research. *Eos*, **88**, 34, 333-334.

İslamoğlu, Y., 2008. Middle Pleistocene bivalves of the İznik lake basin (Eastern, Marmara, NW Turkey) and a new paleobiogeographical approach. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch),* **98**, 8, 1981-1990.

Jakob, M. and Friele P., 2010. Freguency and magnitude of debris flows on cheekye river, British Columbia. *Geomorphology,* **114**, 3, 382-395.

Kahle, H.G., Straub, C., Reilinger, R., McClusky, S., King, R., Hurst, K., Veis, G., Kastens, K., Cross, P., 1998. The strain rate field in the eastern Mediterranean region, estimated by repeated GPS measurements *Tectonophysics*, **294**, 3-4, 237-252.

Kahle, H,G., Cocard, M., Peter, Y., Geiger, A., Reilinger, G., Barka, A. and Veis, G., 2000. GPS-derived strain rate field within the boundary zones of the Eurasian, African and Arabian Plates. *Journ Of Geophys. Research,* **105**, No: B10, p: 23, 353-370.

Kaya, Ş., Müftüoğlu, O., Tüysüz, O., 2004. Tracing the Geometry of an Active Fault Using Remote Sensing and Digital Elevation Model: Ganos Segment, North Anatolian Fault Zone, Turkey, *International Journal of Remote Sensing,* **25**, 19, 3843-3855.

Kayan, İ., 1993. Kuvaterner çalışmalarına İznik Gölü Örneği. *Türkiye Kuvaterneri, Workshop Bildiri Özetleri*, İTÜ, Maden Fak, Jeoloji Müh Böl. Tübitak-Glotek, 8-11.

Keller, E.A., Pinter, N., 1999. Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape. *Prentice-Hall,* New Jersey. 338 .

Ketin, İ., 1948. Uber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeden des letzten Dezenniums. *Geol . Rundsch,* **36**, 77-83.

Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri: *M.T.A Enstitüsü Dergisi,* **66**, 20-34.

Ketin, İ., 1968. Über die nordanatolische horizontal vershiebung. *Bull. Mineral. Res. Explor. Inst,* **72**, 1-28.

Ketin, İ., 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma: *T.J.K. Bülteni*, **19**, 149-154.

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

Koçyiğit, A., 1988b. Basic geologic characteristics and total offset of the North Anatolian Fault Zone in Suşehri area, NE Turkey, *METU Pure Appl. Sci,* **22,** 43–68.

Koçyiğit, A., 1989. Suşehri basin: An active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, E Pontide, Turkey*, Annales Tectonicae,* **IV**, 2, 155-170.

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

Kopp, K.O., Pavoni, N., and Schindler, C., 1969. Geologie Thrakiens IV: Das Ergene Becken, *Beih. Geol. Jahr,* **76**, pp 136.

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

Lınk, M.H., and Osborne, R.H., 1978. Lacustrine facies in the Pliocene Ridge Basin Group, ridge Basin, California, in Matter, A., and Tucker, M. E., eds, Modern and ancient lake sediments: *Int. Assoc. Sediment. Spec. Pub* **3**, 169-187.

Mann, P., and Burke, K., 1982. Basin formation at intersections of conjugate strike-slip faults: examples from southern Haiti: *Geol. Soc. America (abs. with Prog)* **14**, 555.

Mann, P., Hempton, M, R., Bradley, D.C. and Burke, K., 1983. Development of Pull-Apart Basıns. *Journal of Geology,* **91**, p:529-554.

Maren, G and Frank, P., 2007. Late Quaternary river development in the southwest Chad Basin: OSL dating of sediment from the Komadugu palaeofloodplain (northeast Nigeria). *Journal of Quaternary Science,* **22** (7), 709–719.

Marple, R.T., Talwani, P., 1993. Evidence of possible tectonic upwarping along the South Carolina coastal plain from an examination of river morphology and elevation data. *Geology,* **21** (7), 651–654.

Mayer, L., 1986. Tectonic geomorphology of escarpments and mountain fronts. In: Wallace, R.E. (Ed.), *Active Tectonics, Studies in Geophysics.* National Academy Press, Washington, DC, pp. 125–135.

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

Mercier, J.L., Sorel, D. and Vergely, P., 1989. Extensional tectonics regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin Res,* **2**, 49-71.

Mercier, E., Outtani, F., De Lamotte, D.F., 1997. Late-stage evolution of fault-propagation folds: principles and example *Journal of Structural Geology,* **19**, 2, 185-193.

McClay, K. and Bonora, M., 2001. Analog models of restraining stepovers in strike-slip fault systems. *AAPG Bulletin*, **85**, no. 2, 233–260.

McClusky, S., **Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze,G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzonis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilenger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N and Veis, G.,** 2000. Global Positioning System Constraints on plate kinematics and dynamics in he eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research,* **105**, 5695-5719.

McKenzie, D.P., 1970. Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature,* **220** 239–343.

McKenzie, D., 1978. Active tectonics of Alpine- Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. (Tectonics of Aegean region): *Geophys. J.R. Astr. Soc,* **55**, 217-254.

Michel, G., Waldhör, M., Neugebauer. J and Appel, E. 1995. Sequential rotation of stretching axes and block rotations: a structural and paleomagnetic study along the North Anatolian Fault, *Tectonophysics,* **243**, 97-118.

Murphy, M. A., Burgess, W. P., 2006. Geometry, kinematics, and landscape characteristics of an active transtension zone, Karakoram fault system, Southwest Tibet. *Journal of Structural Geology,* **28**, 2, 268-283.

Nakamura, A., A. Hasegawa, A. Ito, S. B. Üçer, Ş. Barış, Y. Honkura, T. Kono, S. Hori, R. Pektas, T. Komut, C. Çelik and A.M. Işıkara 2002. P-wave velocity structure of the crust and its relationship to the occurence of the 1999 Izmit, Turkey Earthquake and Aftershocks. *Bull. Seism. Soc. Am,* **92**, pp. 330-338.

Neugebauer, J., 1994. Closing-up structures, alternatives to pull-apart basins; the effect of bends in the North Anatolian Fault, Turkey. *Terra Nova,* **6**, 359-365.

Neugebauer, J., 1995. Structures and Kinematics of the North Anatolian Fault Zone, Adapazarı-Bolu region, northwest Turkey. *Tectonophysics,* **243**, p:119-134.

Neumeır, U., 1999. Experimantal modeling of beachrock cementation under microbia influence. *Sedimenatry Geology,* **126** (1-4): 35-46.

Nevesskaya, L.A., 1963. Bestimmungstabella zweiklappiger mollusken mariner Quartarsedimentedes Schwarzmeerbeckens. *Akademie der Wissenschaften SSSR Arbetien des Palaontologischen Instutes Bd* **96**, pp 1-211.

Nevesskaya, L.A., 2007. History of Genus Didacna (Bivalvia: Cardiidae). *Paleontological J,* **41**(9): 861-949. doi: 10.1134/S0031030107090018.

Nichols, G.J., 1999. *Sedimantology and Stratigraphy,* Basin Blackwell Science, London, pp. 111-134.

Nichols, G.J., Fisher, J.A., 2007. Processes, facies and arhchitecture of flüviyal distributary system deposits, *Sedimentary Geology,* **195**, pp 75-90.

Nilsen, H., and Clarke, S.H., 1975. Sedimentation and tectonics in the early Tertiary continental borderland of central California. *US Geol. Surv. Prof. Paper,* **925**, p. 64.

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

Okay, A.İ., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N., Kuşçu, İ., 1999. An active, deep marine strike- slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey. *Tectonics,* **18**, 129-147.

Okay, A.İ., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E., Kuşçu, İ., 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the marmara sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study. *Tectonophysics,* **321**, p:189-218.

Okay, A., Zatin, M., Cavazza, W., 2006. Kuzey Anadolu Fayı'nın Trakya'da Oligosen'de ve Orta Miyosen'de aktif olduğuna dair. *59. Türkiye Jeoloji Kurultayı. Bildiri Özleri Kitabı,* 74-76. Ankara.

Örgün, Y., 2008. Kişisel görüşme.

Öztürk, K., Yaltırak, C. & Alpar, B., 2009. The relationship Between the Tectonic Setting of the Lake İznik Basin and The Middle Strand of the North Anatolian Fault. *Turkish Jorn of Earth Sciences,* **18**, 209-224.

Pabuçcu, Z., Tan,O., Ergintav, S., İnan, S., ve Eyidoğan, H., 2009. TÜRDEP Projesi Çerçevesinde 2006-2009 Yılları Arasında Marmara Bölgesi'nde Kaydedilen Depremlerin Fay Düzlemi Çözümlerinin İncelenmesi. *Atag 13-Aktif Tektonik Araştırma Grubu 13. Çalıştayı*, 8-11 Ekim 2009, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Müh-Mim Fak Jeoloji Müh Böl.

Parke, J. R., White, R. S., McKenzie, D., Minshull, T. A., Bull, J. M., Kuşcu, İ., Görür, N. and Şengör, C., 2002. Interaction between faulting and sedimentation in the Sea of Marmara, western Turkey. *J. Geophys. Res,* **107**(B11), 2286, doi:10.1029/2001JB000450.

Pavoni, N., 1961. Die Nordanatolische Horizontalverschiebung. *Geol. Rund,* **51**:122–39.

Powell, R.E., 1993. Balanced palinspastic reconstruction of pre-late Cenozoic paleogeography, southern California: geologic and kinematic constraints on evolution of the San Andreas Fault system. In: Powell, R.E., Weldon II., R.J., Matti, J.C. (Eds.), The San Andreas Fault System: Displacement, Palinspastic Reconstruction, and Geologic Evolution Geological Society of America, Boulder, CO, Memoir, **178**, pp. 1–106. Plate I.

Pucci, S., Pantosti, D., Barchi, M. R., and Palyvos, N., 2007. A complex seismogenic shear zone. The Düzce segment of North Anatolian Fault (Turkey). *Earth and Platernary Science Letters,* 262, p:185-203.

Rafat, Z., 2007. Pleistocene evolution of the Nile Valley in the Northern Upper Egypt. *Quaternary Science Reviews,* **26**, 22-24, 2883-2896.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrance, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, İ., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis D., Aydrus, A., Prilepin M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S., Gomez, F., Ghazzi, R and Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res,* **111**, B05411, doi: 10.1029/2005JB004051.

Rodgers, D. A., 1980. Analysis of pull-apart basin development produced by en echelon strike-slip faults, in Ballance, P. F., and Reading, H.G., eds. Sedimentation in oblique-slip mobile zones: *Int. Assoc. Sed. Spec. Pub,* **4**, 27-41.

Roger, N., Anderson, D., Forsyth, W., Molnar, P., Mammerickx, J., 1974. Fault plane solutions of earthquakes on the Nazca plate boundaries and the Easter plate. *Earth and Planetary Science Letters*, **24**, 2, 188-202.

Sancho, C., Pena, L.J., Rivelli, F., Rhodes, E., Munoz, A., 2008. Geomorphological evolution of the Tilcara alluvial fan (Jujuy Province, NW Argentina): Tectonic implications and Palaeoenvironmental considerations. *Jour of South American Earth Science,* **26**, 1, 68-77.

Schindler, C., Pfister, M., Aksoy, A., Aktar, M., Balderer, W., Barış, Ş., Barka, A., Bernasconi, St., Deniz, R., Eisenlohr, Th., Eyidoğan, H., Greber, E., Gürbüz, C., Imbach, Th., Jeckelmann, Ch., Kahle, H.G., Klingele, E., Mayer-Rosa, D., Medici, F., Mueller, St., Mützenberg, St., Pavoni, N., Rauert, W., Rybach, L., Sellami, S., Şimşek, Ş., Straub, Ch., Trimborn, P., Tschudi, S., Üçer, B., Yalçın, N., Yalçın, T., Yılmaz, Y and Yüzer, E., 1997. Active Tectonics of Northwestern Anatolia. *The Marmara Poly-Project,* A Multidisciplinary Approach by Space-Geodesy, Geology, Hydrogeology, Geothermics and Seismology, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. ISBN: 3-7281-2425-7.

Schrank, C. E., Cruden, A. R., 2010. Compaction control of topography and fault network structure along strike-slip faults in sedimentary basins. *Journal of Structural Geology*, **32**, 2, 184-191.

Schubert, C., 1982. Origin of Cariaco Basin, Southern Caribbean Sea: *Marine, Geol.,* **47**, 345-360.

Seymen, İ., 1975. Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun tektonik özelliği. *İ.T.Ü Maden Fak. Yay.* İstanbul, 192s.

Sezen, F., 1992. İznik Gölü Güney Kesiminin Jeolojik – Tektonik İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh Prog, Ankara.

Sharp, R. V. and Clark, M. M. 1972. Geological evidence of previous faulting near the 1968 rupture of the Coyote Creek Fault. *Prof. Pap. U.S. Geol. Surv,* **787**. 131-140.

Shirokova, E.I., 1968. General features in the orientation of principal stresses in earthquake foci in the mediterranean-Asin belt. Izv., *Earth Physics,* **1**, 22-36, 1967. (Engl Transl. 12-22, 1968).

Sieh, K., 1984. Lateral offsets and revised dates of large earthquakes at Pallet creek, California. *J. Geophys.Res,* **89**, 7641-7670.

Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Bardaji, T., 2003. Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology,* **50** (1–3), 203.

Sipahioğlu, S. and Matsuda, T., 1986. Geology and Quaternary fault in the İznik-Mekece area. *In: Electric and Magnetic research on Active faults in the North Anatolian Fault Zone*, A.M. Işıkara and Y. Honkura, Eds. 25-41.

Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F.Y., Yuce, H., Alpar, B., Basaran, H., Jackson, J., Kara, S., Simsek, M., 1995. High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes, *Geol. Soc. Am. Bull,* **107**, 923-936.

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

Spencer, H.W., Ziegler, A.D. and Bundarnsin T., 2008. Floodplain deposits channel changes and riverbank stratigraphy of the Mekong River area at the 14th-Century city of Chiang Saen, Northern Thailand. *Geomorphology,* **101**, 3, 510-523.

Straub, C., and Kahle, H. G., 1997a. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea region, NW Anatolia, inferred from repeated GPS measurements. *In Active tectonics of northwest Anatolia - the Marmara Poly-project* ed. C. Schindler and M. Pfister, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 417-447.

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

Swanson, M.T., 2005. Geometry and kinematics of adhesive wear in brittle strike-slip fault zones *Journal of Structural Geology*, **27**, 5, 871-887.

Sylvester, A. G. and Smith, R. R., 1976. Tectonic transpression and basement-controlled deformation in San Andreas Fault Zone, Salton Trough, California. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol,* **57**, 74-96.

Sylvester, A.G., 1988. Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin,***100**, p:1666-1703.

Şaroğlu, F., 1988. Age and offset of the North Anatolian Fault. *METU J. of pure and appl. Sci,* **21**, no: 1-3, 65-79.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin aktif fayları ve depremsellikleri. *M.T.A Rap.* No: 8174. Ankara.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. *Türkiye Diri Fay Haritası (Active Fault Map of Turkey)*, scale 1:2,000,000, one sheet. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara

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

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

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

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985. Strike-Slip faulting and related basin formation ın zones of tectonic escape. Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation, *Soceity of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ,* **37**, 227-264.

Şengör, A.M.C. and Barka, A.A., 1992. Evolution of escape-related strike-slip systems. Implications for distrubitions of collisional orogens. *In: 29th Int. Geol. Cong., Kyoto, Japan, Abstr,* **1**: 232.

Şengör A.M.C., Demirbağ, E., Tüysüz, O., Kurt, H., Görür, N., Kuşçu, I., 1999. A preliminary note on the structure of the Gulf of ˙Izmit: *implications for the westerly prolongation of the North Anatolian Fault.* Eds Karaca & Ural, pp. 25–37.

Şengör, A.M.C., Tuysuz, O., Imren, C., Sakınc, M., Eyidoğan, H., Gorur, G., Le Pcihon, X., 2005 The North Anatolian Fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Scıences,* **33**, 13-112.

Tatar, Y., 1975. Tectonic structures along the North Anatolian Fault Zone northeast of Refahiye (Erzincan). *Tectonophysics,* **25**, 401-409.

Tatar, Y., 1978. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Erzincan-Refahiye arasındaki bölümü üzerinde tektonik incelemeler. *Yerbilimleri,* **4**, 201–36.

Tokay, M., 1973. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kesiminde jeolojik gözlemler: Symposium on the North Anatolian Fault and Earthquake Belt. *Maden Tetkik Arama Enst,* Ankara, 12-29.

Tsukuda, E., Herece, E., ve Kuşçu, İ., 1988. Some geological evidence on activity of the western North Anatolian Fault, Geyve, İznik, Gemlik area. *ITIT project* 8513, 68-91.

Turner, F. J., 1953. Nature and dynamic interpretation of deformation lamellae in calcite of three marbles. *American Journal of Science,* **251**, 276–98.

Turoğlu, H. ve Cürebal, İ., 2005. Karaburun (İstanbul) ve Uluabat (Bursa) Yalıtaşları. *İst Üniv Edebiyat Fak Coğrf Böl Coğrf Derg,* **13**, 57-66.

Uçarkuş, G., Barka, A ve Akyüz, S., 2000. Gemlik Fay Zonu'nun Paleosismik Aktivitesi. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 4 Toplantısı, *Makaleler Kitapçığı*, Sayfa: 49-59. Eskişehir.

Ulusoy, Ü., 2002. ESR dating of North Anatolian (Turkey) and Nojima (Japan) faults. *Quaternary Science Reviews,* **23**, 1-2, P:161-174.

Url-1 <*http://3dparks.wr.usgs.gov/haywardfault/html* >. alındığı tarih: 05.06.2006

Url-2 <*http://www.nicaeaoliveandoil.com*>. alındığı tarih: 28.01.2009

Url-3 <*http://www.google.com.tr/image/Bithynia*>. alındığı tarih: 11.12.2009

Url-4 <*http://maps.google.com*>. alındığı tarih:14.08.2010

Ünay, E., Emre, Ö., Erkal, T., ve Keçer M., 2001. The rodent fauna from the Adapazarı pull-apart basin (NW Anatolia): its bearings on the age of the North Anatolian Fault. *Geodinamica Acta,* **14**, 169-175.

Van Dissen, R., and Berryman, K., 1996. Surface rupture earthquakes over the last ~1000 years in the Wellington region, New Zealand, and implications for ground shaking hazard, *Journal of Geophysical Research,* **101** pp. 5999–6019.

Walker, R.G. 1992. Clastic sediments. In: *Understanding the Earth, a new synthesis* (eds G.C. Brown, C.J Hawkesworth & R.C.L Wilson), pp 327-346 Cambridge University press, Cambridge.

Wallace, R.E., 1981. *Active faults. Paleosismology and earthquake hazards in the Western United States*. In Earthqukae Prediction: an international Review, edıted by D.S. Sımpson and P.G Rıchards, Am. Geophys Un. 209-216.

Wallace, R.E., 1987. A perspective of paleosismology, in *"Directions in Paleosismology"* edited by A.J Crone and E.M Omdahl., USGS Denver , 7-16.

Weldon, R.J., 1986. The late Cenozoic geology of Cajon Pass: implications for tectonics and sedimentation along the San Andreas Fault. In: *Ph.D. Thesis*, Californian Institute of Technology, Pasadena, California, p. 400.

Weldon, R.J., Fumal, T.E., Powers, T.J., Pezzopane, S.K., Scharer, K.M., and Hamilton, J.C 2002. Structure and Earthquake offsets on the San Andreas Fault at the Wrightwood, California, Paleosismic Site. *Seism. Soc. Am. Bull* **92** (7), 2704-2725.

Wells, N.A., Dorr, J.A., 1987. A reconnaissance of sedimentation on the Kosi alluvıal fan of India. In: Recent Developments in Fluvial Sedimentology. *Society of Economic Paleontologists and Minerologists Special Publications,* **39**.

Wıllıs, B., 1928**.** Dead sea problem: rift valley or ramp valley ? *Geol Soc. America Bull,* **39**, 490-542.

Wilcox, R.E., Harding, T.P., Seely, D.R., 1973. Basic Wrench Tectonics *AAPG Bull,* **57** (1), 74-96.

Wong, H.K., Lüdmann, T., Ulug, A., Görür, N., 1995. The Sea of Marmara a plate boundary sea in an escape tectonic regime, *Tectonophysics,* **244**, 231-250.

Woodcock, N. H., Fıscher, M., 1986. Strike-slip duplexes. *Journal of Structural Geology,* **8**, 7, pp: 725-735.

Woodcock, N. H. and Shubert, C., 1994. *Continental strike-slip tectonics.* Hancock, P.(ed), Continental deformation. Pergamon Press, New York, 251-263.

Wu, J.E., McClay, K., Whitehouse, P., Dooley, T., 2009. 4D analogue modelling of transtensional pull-apart basins. *Marine and Petroleum Geology,* **26**, 1608–1623.

Yaltırak, C., 1996. Ganos Fay Sistemi'nin tektonik tarihi. *Turk. Petrol Jeol. Dern. Bül,* **8**:137–56.

Yaltırak, C., Alpar B., Yüce H., 1998. Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (northeastern Aegean Sea, Turkey), *Tectonophysics*, **300,** 227–248.

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

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

Yılmaz, Y., 1977. Bilecik-Söğüt dolayındaki "eski temel karmaşığı" nın petrojenik evrimi, *Doçentlik Tezi,* İstanbul Üniversitesi (yayınlanmamış).

Yılmaz, Y., 1981. Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: *İst. Üni. Yerbilimleri,* **1**, 1-2, 33-52.

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

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

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

Zattin, M.,Cavazza, W., Okay, A.I., Federici, I., Fellin, M.G., Pignalosa, A., Reiner, P., 2010. A Precursor of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea Region. *Journ of Asian Earth Science,* doi: 10.1016/j.jseaes.2010.02.014.

Zhang, Y. Q., Shi, W., Dong, S. W., 2003. Strike-slip and extensional tectonics of the Tan-Lu fault zone (eastern China) from the Cretaceous to Cenozoic. *EGS - AGU - EUG Joint Assembly*, Abstracts from the meeting held in Nice, France, 6 - 11 April 2003.

EKLER

Ek A: Geyve (Sakarya Gemlik (Bursa) arası bölgenin Neotektonik dönem jeoloji haritası.

Ek B: Geyve – Gemlik arası bölgenin jeoloji enine kesitleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Bülent DOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi: İZMİT 23. 04. 1969

Adres: Cedit Mah / Cevdet Bağdat Sok No: 6/5 Huzur Apt. 41300. İZMİT.

Lisans Üniversite: İ.T.Ü Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

Yüksek Lisans Üniversite: Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programı.

Yayın Listesi:

- Gürer Ö. F., Sarıca-Fıloreau N., Özburan M., Sangu E., and **Doğan B.,** 2009: Progressive development of the Büyük Menderes Graben based on new data, western Turkey. *Geological Magazine Cambridge University Press* 146 (5), 652-673.
- Kurtuluş C., **Doğan B.,** Sertçelik F., Canbay M., Küçük H.M., 2009: Determination of the Tectonic Evolution of the Edremit Gulf Based on Seismic Reflection Studies. *Marıne Geophysıcal Researches,* 30 (2), 121-134.
- Pavlıdes, S. B., Chatzıpetros, A., Tutkun, Z. S., Özaksoy, V., **Doğan, B.,** 2006: Evidence for Holocone activity along the seismogenic fault of the 1999 Izmit earthquake, NW Turkey, *Geological Society of London, Special Publications,* 260, 635-647.