

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ANKARA ÇEVRESİNDE ORTA ANADOLU’NUN NEOTEKTONİĞİ VE
DEPREMSELLİĞİ**

Korhan ESAT

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ANKARA ÇEVRESİNDE ORTA ANADOLU’NUN NEOTEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

Korhan ESAT

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU

Kuzeybatı Orta Anadolu esas olarak doğrultu atım tektoniğinin etkisi altındadır. Sağ yanal Kuzey Anadolu, Kırıkkale-Erbaa ve Eskişehir Fay Zonları bölgedeki ana doğrultu atımlı neotektonik unsurlardır. Bu fay zonlarının sınırlandığı, Ankara ve çevresini de içeren üçgen şekilli bölge yaklaşık KD-GB doğrultulu tektonik kama yapıları, kıvrımlar ve gömülü bindirmeler gibi birçok sıkışma yapısı içerir. Bu yapıların durumu yaklaşık KB-GD sıkışma ile uyumludur. Jeolojik yapılar, GPS analizleri ve depremlerin odak mekanizması çözümlerinin de gösterdiği gibi, ana doğrultu atımlı fay zonlarının etkisinde günümüzde genel olarak KB-GD doğrultusunda sıkışan bu bölge, “KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi” adında ayrı bir neotektonik alan olarak tanımlanmıştır.

2005 ve 2007 yıllarında Bala’da meydana gelen ve büyüklükleri 5’in üzerinde olan depremler ve artçıları yakın zamanda Ankara çevresinde önemli bir sismik hareketliliğe neden olmuşlardır. Tuz Gölü Fay Zonu’nun kuzeybatı ucunda oluşan bu depremler, sağ yönlü doğrultu atımlı Afşar ve verrev normal Karakeçili Faylarıyla ilişkilidir. Bunun dışında Ankara’nın kuzeyinde yer alan Orta’da 2000 yılında meydana gelen 6 büyüklüğündeki deprem, Ankara yakın çevresinde 5’in üzerinde büyüklüğe sahip deprem potansiyelinin varlığını gösterir. Tarihsel depremler de Ankara ve yakın çevresinin geçmişte yıkıcı depremler yaşadığını göstermektedir.

Mart 2011, 144 sayfa

Anahtar Kelimeler: KB Orta Anadolu, Ankara, neotektonik, doğrultu atımlı faylar, sıkışmalı rejim, depremsellik

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

NEOTECTONICS AND SEISMICITY OF THE CENTRAL ANATOLIA AROUND ANKARA

Korhan ESAT

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU

NW central Anatolia is mainly dominated by strike-slip tectonics. Right lateral the North Anatolian, the Kırıkkale-Erbaa, and the Eskişehir Fault Zones are major strike-slip neotectonic elements in the region. The triangle shaped area bounded with these fault zones has many contractional structures such as tectonic wedges, folds, and blind thrusts. Trends of these structures are compatible with the NW-SE contraction. The area, which is under the influence of NW-SE contraction, is defined as a separate neotectonic region called “NW Central Anatolian Contractional Area” as indicated by the geological structures, GPS analyses, and focal mechanism solutions of the earthquakes.

The 2005 and the 2007 Bala earthquakes ($M > 5$) and their after shocks have caused an intense seismic activity around Ankara. These earthquakes occurred on the NW continuation of the Tuz Gölü Fault Zone and they are related to the right-lateral Afşar and oblique normal Karakeçili Faults. Besides, the 2000 Orta earthquake ($M = 6.0$) located at the north of Ankara, shows the existence of the earthquake potential of magnitude 5 or more in the region. The historical earthquakes also show that Ankara and its surroundings have suffered from several destructive earthquakes in the past.

March 2011, 144 pages

Key Words: NW central Anatolia, Ankara, neotectonics, strike-slip faults, contractional regime, seismicity

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca her türlü yardım ve desteğini gördüğüm, bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU'na içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Prof. Dr. Kadir DİRİK'e (Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) değerli görüş ve katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Sismoloji çalışmalarındaki değerli katkılarından ve yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Bülent KAYPAK ve Dr. Begüm ÇIVGIN'a (Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü) çok teşekkür ederim.

Sismik yansıma çalışmasının gerçekleşmesini sağlayan Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü) ve Anadolu Üniversitesi Uydu Uzay Bilimleri Enstitüsü'nden Doç. Dr. Yücel GÜNEY, Muammer TÜN ve Uğur AVDAN'a çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında desteklerini gördüğüm Doç. Dr. Veysel IŞIK (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü), Moosarreza TOORİ, Sevil KAYA, Canalp ÖZKUL, Esra ÖNDE ve Rıza SABER'e çok teşekkür ederim.

Sinap bölgesinin stratigrafisi ile ilgili değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Şevket ŞEN'e (Paris Doğa Tarihi Müzesi) çok teşekkür ederim.

Son olarak ve en önemlisi, bu zorlu süreçte göstermiş oldukları sabır ve vermiş oldukları maddi ve manevi destek için sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi'nin "Ankara civarında Anadolu levhasının iç deformasyonunun jeolojik ve sismolojik yöntemlerle araştırılması (06B4343011)" isimli projenin desteğinde hazırlanmıştır.

Korhan ESAT

Ankara, Mart 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Çalışma Yöntemi.....	2
2. BÖLGENİN TEKTONİK GELİŞİMİ VE ANA NEOTEKTONİK YAPILAR.....	4
2.1 Türkiye'nin Neotektonik Bölümleri.....	4
2.2 Bölgedeki Ana Neotektonik Yapılar.....	7
2.2.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ).....	8
2.2.2 Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu (KEFZ).....	9
2.2.3 Eskişehir Fay Zonu (EFZ).....	9
2.2.4 Tuz Gölü Fay Zonu (TFZ).....	11
2.2.5 Eldivan-Elmadağ Kısıtlanmış Tektonik Kaması (EKTk).....	12
3. ANKARA ÇEVRESİNDE ORTA ANADOLU'NUN NEOTEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ.....	15
3.1 Ankara Çevresini Etkileyen Neotektonik Rejimin Niteliği.....	15
3.2 Ankara Çevresinde Orta Anadolu'nun Depremselliği.....	18
3.2.1 Ankara ve yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremler.....	18
3.2.2 Ankara ve yakın çevresinin aletsel dönemdeki depremselliği.....	23
3.3 Araştırma Bulguları.....	30
3.3.1 Bala bölgesi.....	31
3.3.1.1 Bala bölgesindeki aktif faylar.....	32
3.3.1.2 Bölgenin depremselliği.....	41
3.3.1.3 Kinematik analiz.....	47

3.3.1.4 Bala bölgesi için tartışma ve sonuçlar.....	48
3.3.2 Kazan-Polatlı arası.....	50
3.3.2.1 Abdüsselam yükselimi.....	50
3.3.2.2 Sinap Tepe civarı.....	70
3.3.2.3 Çalta bölgesi.....	76
3.3.2.4 Çiledağ bölgesi.....	79
3.3.2.5 Şabanözü güneyi.....	82
3.3.2.6 Dua Tepe bölgesi.....	82
3.3.2.7 Sakarya bölgesi.....	86
3.3.2.8 Kazan-Polatlı arasındaki gözlemlerle ilgili sonuçlar.....	86
3.3.3 Devamlılıkları izlenmeyen belirgin sıkışma yapıları.....	88
3.3.3.1 Etimesgut antiklinali.....	88
3.3.3.2 Bağdatlı bölgesi.....	90
3.3.4 Ilıca Fayı.....	92
3.3.4.1 Çalışma yöntemi	93
3.3.4.2 Ilıca Fayı'nın alt bölümleri	95
3.3.4.3 Ilıca Fayı'nın Depremselliği	116
3.3.4.4 Ilıca Fayı ile ilgili genel sonuçlar ve tartışma.....	117
3.3.5 Bölgede KB-GD sıkışmanın güncel olduğuna dair bir veri: 30.04.2010 Ankara-Etimesgut depremi.....	118
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	121
4.1 Neotektonik Bir Alan Olarak “KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi”	126
KAYNAKLAR.....	128
EKLER.....	138
EK 1 AKTK'nin Jeoloji Haritası.....	139
EK 2 KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi.....	140
EK 3 AKTK'ye Ait Kinematik Veri.....	141
ÖZGEÇMİŞ.....	142

SİMGELER DİZİNİ

σ_1	En büyük gerilme eksen
σ_2	Ortaç gerilme eksen
σ_3	En küçük gerilme eksen

Kısaltmalar

AKTK	Abdüsselam Kısıtlanmış Tektonik Kaması
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
B	Batı
D	Doğu
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal yükseklik modeli)
EFZ	Eskişehir Fay Zonu
EKTK	Eldivan-Elmadağ Kısıtlanmış Tektonik Kaması
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GGB	Güney güneybatı
GPS	Global Positioning System (Küresel konumlama sistemi)
K	Kuzey
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KEFZ	Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu
KKD	Kuzey kuzeydoğu
LANDSAT	Land Satellite
MTA	Maden Arama ve Tetkik Genel Müdürlüğü
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TFZ	Tuz Gölü Fay Zonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Orta Anadolu’da yer alan ana neotektonik yapılar. 1/2 000 000 ölçekli jeoloji haritası (Anonim 1989), Şaroğlu vd. (1992) ve Seyitoğlu vd.’nden (2009) yararlanılarak çizilmiştir. Taralı bölge bu tez kapsamındaki çalışma alanını genel olarak göstermektedir.....	1
Şekil 1.2 Tez çalışmasının yürütülmesiyle ilgili akış şeması.....	3
Şekil 2.1 Permo-Triyas’tan günümüze Tetis okyanusunun Türkiye’deki evrimi (Şengör ve Yılmaz 1981).....	5
Şekil 2.2 Şengör vd.’ne (1985) göre Türkiye’nin neotektonik bölgeleri (Türkçeleştirilerek alınmıştır).....	6
Şekil 2.3 Barka ve Reilinger’e (1997) göre Anadolu levhasının neotektonik bölümleri (Renklendirilerek alınmıştır). Sarı bölge KD-GB genişleyen, kırmızı bölge KKD-GGB kısalan, yeşil bölge ise içerisindeki noktalı olarak gösterilen alanların genişlemeli olduğu onun dışında sıkışmalı bir rejimin egemen olduğu alanlardır.....	6
Şekil 2.4 Koçyiğit ve Özacar’a (2003) göre Türkiye’nin neotektonik bölümleri (Renklendirilerek alınmıştır). Sarı bölge genişlemeli neotektonik rejimin, mavi bölge normal bileşenle birlikte doğrultu atımlı neotektonik rejimin, kırmızı bölge bindirme bileşeniyle birlikte doğrultu atımlı neotektonik rejimin ve yeşil bölgeler ise sıkışmalı neotektonik rejimin etkisi altındadır.....	7
Şekil 2.5 Kuzey Anadolu Fay Zonu. Daireler büyüklüğü 4’ten büyük olan depremleri göstermektedir (Şengör vd. 2005).....	8
Şekil 2.6 GPS verilerinden elde edilmiş ana yamulmalar. Gri bölge EGTK’nin konumunu göstermektedir (Seyitoğlu vd. 2009).....	12
Şekil 2.7 KAFZ ve KEFZ arasında yer alan EGTK’nin konumunu gösteren blok diyagram (Seyitoğlu vd. 2009).....	13
Şekil 2.8 EGTK ile ilişkili, büyüklükleri 3’ün üzerinde olan depremler ve odak mekanizması çözümleri (Seyitoğlu vd. 2009).....	13
Şekil 2.9 Sıkışma etkisiyle gelişen kama yapısı (Burchfiel vd. 1992 (a), Ring ve Glodny 2010 (b)).....	14
Şekil 3.1 Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Zonları üzerindeki yamulma miktarlarının şematik gösterimi (Kıratzi 1993). Ankara’nın kuzey bölümünde Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yamulma K41E doğrultusunda 19 mm/yıl’lık genişleme ve K49B doğrultusunda 14 mm/yıl’lık sıkışmaya karşılık gelir.....	17
Şekil 3.2 Doğu Akdeniz ve Ortadoğu’da hesaplanmış GPS yamulma ve dönme oranları (Allmendinger vd. 2007). Büyüklüklerinin mutlak değerlerine göre ölçeklendirilmiş kısa renkli çizgiler, asıl sonsuz küçük yatay yamulma eksenlerini göstermektedir. Kırmızı genişlemeyi, mavi kısalmayı gösterir. Renkli alanlar ise düşey ekseninde dönme oranlarını	

ifade eder. Kırmızı saat yönünde, mavi saat yönünün tersinde dönmeyi gösterir.....	17
Şekil 3.3 1900 yılından önce olmuş bütün tarihsel depremlerin dağılımı (Ambraseys 2009).....	22
Şekil 3.4 Ankara ve yakın çevresinde 25.06.1910-06.11.2009 tarihleri arasındaki deprem etkinliği (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verisine göre).....	23
Şekil 3.5 1999-2009 yılları arasında Ankara ve yakın çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü 2 ve üzerinde olan depremlerin aylara göre dağılımı. Düşey eksen deprem sayısını, yatay eksen yıllar içerisinde ayları göstermektedir	24
Şekil 3.6 19 Nisan 1938 Kırşehir depremi eşşiddet haritası (Parejas ve Pamir 1939)	25
Şekil 3.7 19 Nisan 1938 Kırşehir depreminde oluşan yüzey kırıkları (Arni 1938)....	26
Şekil 3.8 Yıldızlar farklı kurumlara göre 06.06.2000 Orta depreminin konumunu, sarı daireler ana deprem sonrasında 6 aylık sürede kaydedilen artçı depremlerin konumlarını, kırmızı odak mekanizması çözümleri ana deprem için önerilen çözümleri ve sarı odak mekanizması çözümleri de ana deprem sonrası kaydedilen artçı depremlerden bazılarının ETHZ'ye göre çözümlerini göstermektedir (Çakır ve Akoğlu 2008).....	27
Şekil 3.9 Yaklaşık 7 km uzunluğunda ve 5 km genişliğinde, GB'ya 65° ile eğimli, KB-GD doğrultulu sağ yönlü verrev normal fay modeli. Bu model her ne kadar doğuya eğimli sol yönlü verrev normal listrik fay modeline göre yaklaşık %40 daha fazla uyumsuzluğa sahipse de, interferogramlardaki faz döngüsü (fringe) şeklinin bütününe açıklar (Çakır ve Akoğlu 2008)....	28
Şekil 3.10 Ankara bölgesinin 2000 yılından günümüze deprem etkinliği (Seyitoğlu vd. 2009). Beyaz çerçeveler deprem kümelenmelerini gösterir. A2: Orta bölgesi, A3: Kazan'ın doğusu, A4: Elmadağ bölgesi, A5: Bala bölgesi, A6: Kırıkkale'nin kuzeyi, A7:Çorum bölgesi.....	29
Şekil 3.11 31.01.2008 (Mw 4.9) Çubuk depreminin dışmerkez konumu (Çıvgın 2010) ve odak mekanizması çözümü (Global CMT kataloğundan alınmıştır).....	30
Şekil 3.12 Tez kapsamında detay çalışılan alanlar. a) Bala bölgesi, b) Abdüsselam yükselimi, c) Sinap Tepe civarı, d) Çalta bölgesi, e) Çiledağ bölgesi, f) Şabanözü güneyi, g) Dua Tepe bölgesi, h) Sakarya bölgesi, i) Etimesgut antiklinali, k) Bağdatlı bölgesi, m) Ilıca fayı.....	31
Şekil 3.13 Ankara ve yakın çevresini etkileyen başlıca neotektonik yapılar. Kırmızı çerçeve bu tez kapsamında çalışılan Bala bölgesini göstermektedir.....	32
Şekil 3.14 İnceleme alanının arazi gözlemleri, ASTER uydu görüntüsü ve Erol'dan (1954) yararlanılarak hazırlanmış jeoloji haritası. Beyaz daireler fay düzlemlerinin alt yarıküre eşit alan stereografik izdüşümlerini gösterir....	34
Şekil 3.15 Fay yüzeylerinin fotoğrafları. Fotoğrafların yerleri için Şekil 3.14'e bakınız.....	35

Şekil 3.16 Karakeçili Neojen-Kuvaterner havzasının içyapısını gösteren jeolojik kesit. Alt kırmızı sedimanter birimin yaşı Erken Miyosen (MN 4) (Saraç 2003), üst kırmızı sedimanter birimin ise Geç Miyosen-Erken Pliyosen (MN 9-15)'dir (Yalçınlar 1983).....	36
Şekil 3.17 a) Detay jeoloji haritası b) Arazi görünümü. Kırmızı çizgiler Neojen-Kuvaterner birimler içerisindeki güncel fay sarplıklarını gösterir. Konum ve lejant için Şekil 3.14'e bakınız.....	36
Şekil 3.18 Rekristalize kireçtaşı içerisinde iri kalsit kristalleri içeren yaklaşık 1 m genişliğindeki K-G doğrultulu damardan ve breşten bir görünüm. Kuzeye bakış.....	37
Şekil 3.19 İnceleme alanının ASTER uydu görüntüsü. Siyah çizgiler fayları, oklar ise derelerdeki yer değiştirme yönlerini göstermektedir. Turuncu kesikli çizgiler derelerdeki dönüşleri vurgulamak için çizilmiştir.....	38
Şekil 3.20 Afşar kasabasının mezarlık duvarında depremle meydana gelmiş kırıklar ve bu kırıkların konumlarının yorumlanmasıyla belirlenmiş ana fay konumu. Belirlenen ana fay konumu Şekil 3.19b'de gösterilen, Afşar'ın KB'sında derelerin ötelenmesine dayanılarak çizilen fay parçalarının konumlarıyla uyumludur.....	39
Şekil 3.21 Afşar kasabasında deprem sırasında bir evin duvarında oluşan makaslama kırıkları (a) ve asfaltta görülen K25B doğrultulu kırık (b).....	40
Şekil 3.22 Bölgede 16 Ocak 1918 ve 3 Kasım 2009 tarihleri arasında görülen deprem etkinliği. Kırmızı çerçeve çalışma alanını göstermektedir. Elipsler deprem kümelenmelerini gösterir. Deprem verisi Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kataloglarından alınmıştır.....	41
Şekil 3.23 AnkNET istasyonları.....	42
Şekil 3.24 Zamana göre 2005 ana depreminden sonraki (a) ve 2007 ana depreminden sonraki (b) deprem sayılarını gösteren sütun grafikler.....	43
Şekil 3.25 a) 30 Temmuz 2005 ve 31 Ağustos 2005 tarihleri arasındaki deprem etkinliği. Odak mekanizması çözümleri için Çizelge 3.1'e bakınız. Deprem dışmerkezlerinin konumları Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verileri kullanılarak AnkNET projesi kapsamında yeniden belirlenmiştir b) Depremlerin derinlik kesitleri. Kesit hatları için Şekil 3.25a'ya bakınız (Çıvgın vd. 2009, Esat vd. 2011).....	45
Şekil 3.26 a) 20 Aralık 2007 ve 10 Şubat 2008 tarihleri arasında AnkNET tarafından kaydedilmiş ana deprem ve artçıları. Odak mekanizması çözümleri için Çizelge 3.1'e bakınız. b) Depremlerin derinlik kesitleri. Kesit hatları için Şekil 3.26a'ya bakınız (Çıvgın vd. 2009, Esat vd. 2011).....	46
Şekil 3.27 a) Fay verilerinin kinematik analizi b) Genişleme eksenlerinin kontur diyagramı c) Kısılma eksenlerinin kontur diyagramı. Gerilme	

eksenlerinin gidiş ve dalımları: $\sigma_1=118, 85$; $\sigma_2=351, 3$; $\sigma_3=261, 4$	48
Şekil 3.28 Bölge için önerilen modelin 3 boyutlu perspektif görüntüsü. KKF: Karakeçili Fayı, ARF: Afşar Fayı (Esat vd. 2011).....	49
Şekil 3.29 Abdüselam yükselimi ve yakın çevresinin 3 boyutlu perspektif SRTM DEM görüntüsü. Beyaz çerçeve çalışma alanını göstermektedir. Yükseklik dört kat abartılmıştır.....	50
Şekil 3.30 Çalışma alanının görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlar kullanılarak hazırlanmış ASTER uydu görüntüsü. Kırmızı çizgiler birim sınırlarını göstermektedir.....	52
Şekil 3.31 Görüntü zenginleştirme tekniği olarak dekorelasyon gemesi uygulanmış, görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlardan oluşan ASTER uydu görüntüsü. Siyah çizgiler birim sınırlarını göstermektedir.....	53
Şekil 3.32 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı.....	54
Şekil 3.33 Tekkeköy yakınlarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı.....	55
Şekil 3.34 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında gözlenen ters fay yüzeyi. Yer için EK 1'deki 7 no'lu eşit alan alt yarı küre izdüşümüne bakınız.....	55
Şekil 3.35 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı.....	56
Şekil 3.36 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında temel üzerine uyumsuz olarak oturan sedimanter birimler.....	56
Şekil 3.37 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında temel üzerine uyumsuz olarak gelen Neojen sedimanter birimler.....	57
Şekil 3.38 Abdüselam yükseliminin doğu kenarında, Neojen kireçtaşı biriminde gözlenen antiklinal.....	57
Şekil 3.39 Abdüselam yükseliminin doğu bölümünde temel ve sedimanter kayalar arasında gözlenen bindirme sınırı ve sedimanter birimde gözlenen antiklinal.....	58
Şekil 3.40 Neojen sedimanter birimlerin kendi içindeki bindirme/ters faylar ve temel ile Neojen birimler arasındaki bindirme sınırı. Siyah kesikli çizgiler kıvrımları, mavi çizgiler ise bindirme sınırlarını göstermektedir.	58
Şekil 3.41 Abdüselam yükseliminin batı kenarında temel kayalarla sedimanter birimler arasındaki normal faylı sınır.....	59
Şekil 3.42 Abdüselam yükseliminin batı kenarında gelişmiş normal fay yüzeyi. Ok tavan bloğun hareket yönünü gösterir. Konum için EK 1'deki 3 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümüne bakınız.....	60
Şekil 3.43 Abdüselam yükseliminin batı kenarında temel kayalarla sedimanter birimler arasındaki normal faylı sınır.....	60
Şekil 3.44 Abdüselam yükseliminin batı kenarında sedimanter birim içerisinde normal faya bağlı olarak oluşmuş çekme kırırımı ve eşlenik kırıklar.....	61
Şekil 3.45 Abdüselam yükseliminin batı kenarında sedimanter birim içerisinde	

normal faya bağılı olarak oluşmuş eşlenik kırıklar.....	62
Şekil 3.46 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında gözlenen doğrultu atımlı fay yüzeyi. Yer için EK 1'deki 4 ve 5 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümlerine bakınız.....	62
Şekil 3.47 Şekil 3.46'da görülen doğrultu atımlı fay yüzeyinin yakından görünümüleri. Konum için EK 1'deki 4 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümüne bakınız.....	63
Şekil 3.48 Abdüsselam yükseliminden elde edilen jeolojik kesitler. Hatların konumları için EK 1'e bakınız.....	64
Şekil 3.49 AKTK'nin güney bölümünde olasılıkla gömülü bindirmeyle ilişkili kıvrımlar.....	66
Şekil 3.50 Mülk Köyü civarının detay jeoloji haritası ve sismik kesit hattının konumu.....	67
Şekil 3.51 Sismik enerji kaynağı olarak kullanılan Buffalo Gun.....	67
Şekil 3.52 Kırmızı çizgiyle gösterilen sismik kesit hattının arazideki konumu. Kuzeye bakış.....	68
Şekil 3.53 Sismik kesit hattının güneye doğru devamı. Güneye bakış.....	68
Şekil 3.54 Mülk Köyü sismik kesiti. a) yorumlanmamış b) yorumlanmış. Berkan Ecevitoglu (Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü) tarafından işlenmiş ve birlikte yorumlanmıştır. Detay için metine bakınız.....	69
Şekil 3.55 Sinap Tepe bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	72
Şekil 3.56 Sinap Tepe bölgesinin, üzerinde tabaka doğrultu-eğim ve kıvrım eksenleri gösterilmiş uydu görüntüsü. Yıldızlar fosil lokalitelerini (Çizelge 3.3), mavi kesikli çizgi ise üst birimin sınırını gösterir. Ayrıntılı bilgi için metine bakınız.....	73
Şekil 3.57 Sinap Tepe bölgesi jeolojik kesiti. Hattın yeri için Şekil 3.56'ya bakınız.	74
Şekil 3.58 Sinap Tepe bölgesinde volkanoklastik kayalar içinde gözlenen ters fay.	75
Şekil 3.59 Çalta bölgesi uydu görüntüsü. Kıvrım eksenleri kırmızı, olası gömülü bindirme mavi çizgiyle gösterilmiştir. Yıldız Çalta fosil lokalitesini gösterir. Mavi çerçeve Şekil 3.60'ın konumunu gösterir.....	77
Şekil 3.60 Çalta fosil lokalitesinde gözlenen, kıvrım kanatları dik açılı antiklinal (Lunkka vd. 1998). Fosil lokaliteleri yıldız ile gösterilmiştir.....	78
Şekil 3.61 Çalta bölgesinde, mavi çizgiyle gösterilen olası gömülü bindirme yeri. Siyah çizgiler kıvrımların durumunu gösterir. Konum için Şekil 3.59'daki olası gömülü fayın yerine bakınız.....	78
Şekil 3.62 Çiledağ yükselimi ve yakın çevresinin 3 boyutlu perspektif SRTM DEM görüntüsü. Beyaz çerçeve inceleme alanını göstermektedir. Yükseklik dört kat abartılmıştır.....	79
Şekil 3.63 Çiledağ bölgesinin görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlar kullanılarak hazırlanmış ASTER uydu görüntüsü. Pembe kesikli çizgiler bindirme faylarını gösterir.....	80

Şekil 3.64 Çiledağ bölgesi genelleştirilmiş jeolojik kesiti. Kesit hatlarının konumları için Şekil 3.63'e bakınız.....	81
Şekil 3.65 Jeolojik enine kesit. Hattın konumu için Şekil 3.63'e bakınız.....	81
Şekil 3.66 Volkanik kayalar ile Marn-Kumtaşı birimi arasındaki bindirme sınırı....	81
Şekil 3.67 Jeolojik enine kesit. Hattın yeri için Şekil 3.63'e bakınız.....	82
Şekil 3.68 Şabanözü güneyinde, üzerinde tabakaların yaklaşık durumları ve kıvrım eksenini gösterilmiş uydu görüntüsü.....	83
Şekil 3.69 Dua Tepe bölgesinde, üzerinde tabakaların durumları, kıvrım eksenini ve olası bindirme hattı gösterilmiş uydu görüntüsü.....	84
Şekil 3.70 Dua Tepe bölgesindeki yapıyı gösteren jeolojik kesit. Kesit yeri için Şekil 3.69'a bakınız.....	85
Şekil 3.71 Dua Tepe bölgesindeki olası bindirme hattının üç boyutlu perspektif uydu görüntüsü.....	85
Şekil 3.72 Sakarya bölgesinde, üzerinde tabakaların durumları, kıvrım eksenini ve olası bindirme hattı gösterilmiş uydu görüntüsü.....	87
Şekil 3.73 Kazan ile Polatlı arasında gözlenen sıkışma yapıları. Mavi çizgiler kıvrım eksenlerinin, kırmızı çizgiler fayların konumlarını gösterir.....	88
Şekil 3.74 Üzerinde tabakaların durumları, kırmızı çizgi ile antiklinal eksenini ve mavi çizgiyle de olası gömülü bindirmenin gösterildiği uydu görüntüsü. Haritadaki yeri için Şekil 3.12i'ye bakınız.....	89
Şekil 3.75 Kızılırmak formasyonunda gözlenen asimetric antiklinal.....	90
Şekil 3.76 Asimetric antiklinal içinde gözlenen ters fay-bindirme düzlemi.....	90
Şekil 3.77 Kızılırmak formasyonu içerisinde gözlenen asimetric antiklinalin konumunu gösteren uydu görüntüsü. Kesikli kırmızı çizgi kıvrım ekseninin yaklaşık konumunu, kesikli siyah çizgi ise olası bindirme hattını göstermektedir.....	91
Şekil 3.78 a) Ankara çevresindeki ana neotektonik yapılar b) Bölgenin jeoloji haritası (Anonim 2002'den düzenlenmiştir).....	94
Şekil 3.79 İnceleme alanı. Fay parçalarının bulunduğu alanlar beyaz çerçeveye gösterilmiş ve isimlendirilmiştir: a) Yenimehmetli, b) Ilıca, c) İnler-Demirözü, d) Mangaldağı, e) Samsam-Gökgöl.....	95
Şekil 3.80 Yenimehmetli bölümüne ait doğrultu atımlı fay yüzeyi.....	96
Şekil 3.81 Yenimehmetli bölümünün bulunduğu alan. Yer için Şekil 3.79'a bakınız	97
Şekil 3.82 Yenimehmetli bölümünün uydu görüntüsü. Konum için Şekil 3.79b'ye bakınız.....	98
Şekil 3.83 Yenimehmetli bölümünde gözlenen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için Şekil 3.81b'ye, fotoğraf için Şekil 3.80'e ve detay için metine bakınız.....	99
Şekil 3.84 Kireçtaşı üzerinde görülen kırıkları gösteren uydu görüntüsü. Konum için Şekil 3.81c'ye bakınız.....	100
Şekil 3.85 Kireçtaşı üzerinde görülen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için	

Şekil 3.81c'ye, detay için metine bakınız.....	101
Şekil 3.86 a) Ilıca bölümünü gösteren uydu görüntüsü b) Aynı bölgenin topoğrafik verisi. Fay kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79'a bakınız.....	102
Şekil 3.87 Demirözü deresindeki 14 km'lik sağ yanal atım.....	103
Şekil 3.88 İnler-Demirözü bölümü. Konum için Şekil 3.79'a, sarı çerçeveli alanlar için Şekil 3.89'a bakınız.....	105
Şekil 3.89 İnler-Demirözü bölümünde görülen dere ötelenmeleri. Konum için Şekil 3.88'e bakınız. Kataklastik zonun konumu yıldız ile gösterilmiştir.	106
Şekil 3.90 İnler-Demirözü bölümünde gözlenen dikleşmiş tabakalar. Fayın konumu kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.....	107
Şekil 3.91 İnler-Demirözü bölümünde gözlenen yaklaşık 20 m genişliğindeki kataklastik zon.....	108
Şekil 3.92 Kataklastik zonda gözlenen makaslama kırıkları. Kalem, yaklaşık K10B gidişli σ_1 'in durumunu göstermektedir.....	108
Şekil 3.93 Mangaldağı bölümü. Konum için Şekil 3.79'a bakınız.....	110
Şekil 3.94 Mangaldağı bölümünün uydu görüntüsünde kırıklar ve yaklaşık 1.4 km'lik atım gözlenmektedir. Konum için Şekil 3.93b'ye bakınız.....	111
Şekil 3.95 Mangaldağı bölümünde gözlenen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için Şekil 3.93b'ye, detay bilgi için metine bakınız.....	112
Şekil 3.96 Samsam-Gökgöl bölümünün ASTER GDEM görüntüsü. Faylar kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79'a bakınız.....	114
Şekil 3.97 Samsam-Gökgöl bölümünün uydu görüntüsü. Faylar kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79'a bakınız.....	115
Şekil 3.98 Çalışma alanı ve yakın çevresindeki deprem dağılımı (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verisine göre).....	116
Şekil 3.99 Karacadağ volkaniklerinin Ilıca ve Afşar Fayları ile ilişkisi.....	117
Şekil 3.100 Etimesgut depremleri. Odak mekanizması çözümü ve depremlerin yeniden belirlenmiş konumları AnkNET projesi kapsamında hazırlanmıştır (Çıvgın 2010, Kaypak 2010).....	119
Şekil 3.101 30.04.2010 Etimesgut depreminin FPFIT yazılımıyla hazırlanmış odak mekanizması çözümü. Daireler genişleme kaydeden istasyonları, artılar sıkışma kaydeden istasyonları gösterir (Kaypak 2010).....	120
Şekil 4.1 AKTK'nin doğu bölümünde Urgan Tepe'de Kutluay'ın (2007) açısız uyumsuz olarak değerlendirdiği, iki birim arasındaki uyumlu ilişkiyi gösteren uydu görüntüsünün üç boyutlu perspektif görünümü. Güneyden kuzeye bakış.....	123
Şekil 4.2 Kaya'dan (2010) alınmış P-069 ve P-083 hatları arasındaki manyetotellürik jeoelektrik rezistivite kesitinin, yüzeyde gözlenen yapılar ve morfolojiyle birlikte 3 boyutlu perpektif gösterimi. Detay bilgi için metine bakınız.....	124

Şekil 4.3 Ankara bölgesindeki yapılar. Üstte SRTM görüntüsü üzerinde kesit hattı, altta kesit görülmektedir.....	127
---	-----

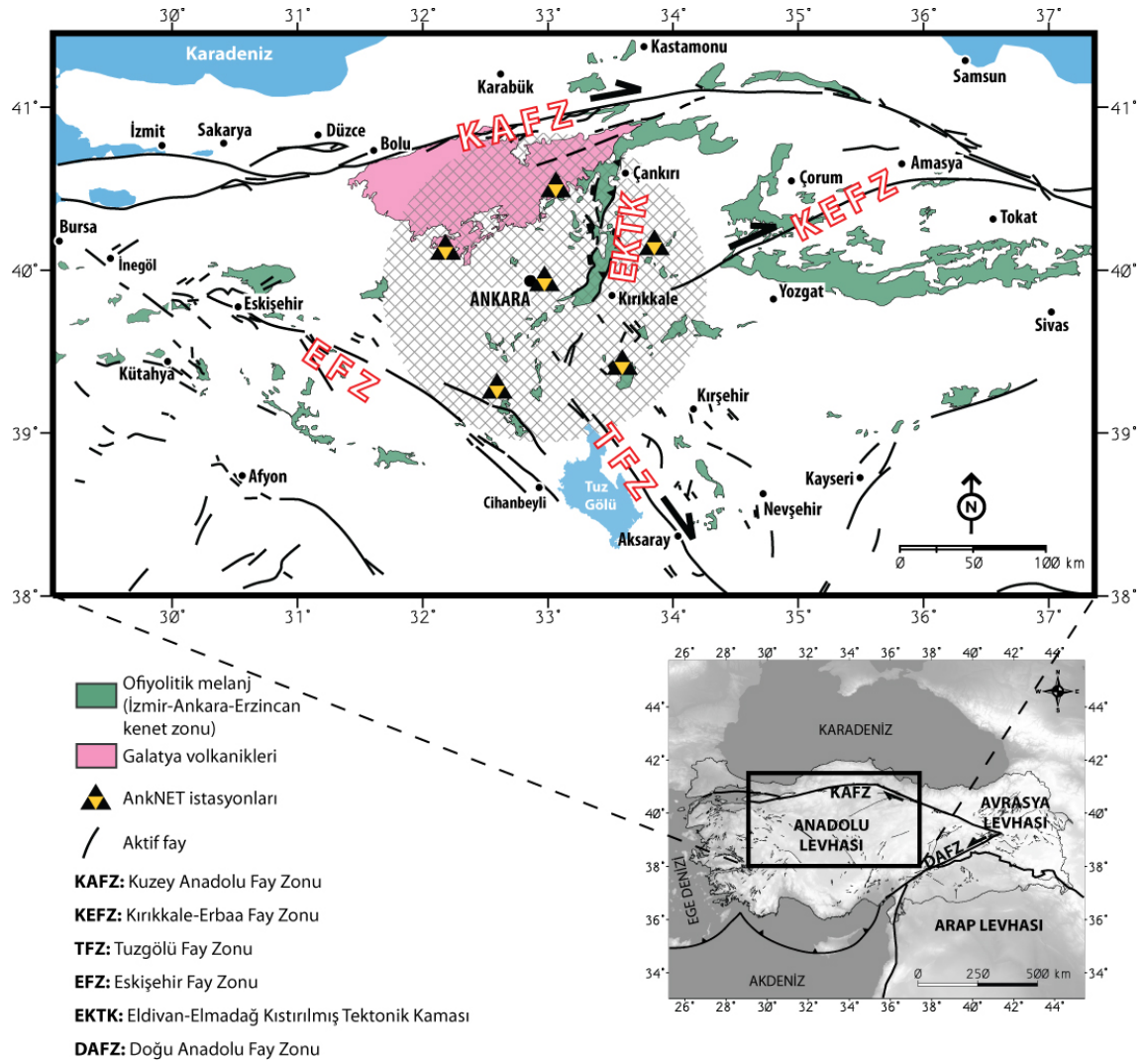
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 AnkNET projesi kapsamında üretilmiş odak mekanizması çözümlerinin parametreleri. 1 no’lu çözüm Kocaefe ve Ataman (1982)’dan alınmıştır.....	44
Çizelge 3.2 Fay kinematik verisi.....	47
Çizelge 3.3 Sinap Tepe bölgesindeki fosil lokalitelerinin manyetostratigrafi ile elde edilmiş yaşları (Kappelman vd. 2003a). Lokalitelerin konumları için Şekil 3.56’ya bakınız.....	75
Çizelge 3.4 Etimesgut depremlerinin parametreleri (Çıvgın 2010, Kaypak 2010)...	119

1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu, Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu ve Eskişehir Fay Zonu'nun sınırladığı alan içerisinde yer alan Ankara ve yakın çevresidir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Orta Anadolu'da yer alan ana neotektonik yapılar. 1/2 000 000 ölçekli jeoloji haritası (Anonim 1989), Şaroğlu vd. (1992) ve Seyitoğlu vd.'nden (2009) yararlanılarak çizilmiştir. Taralı bölge bu tez kapsamındaki çalışma alanını genel olarak göstermektedir

1.2 Çalışmanın Amacı

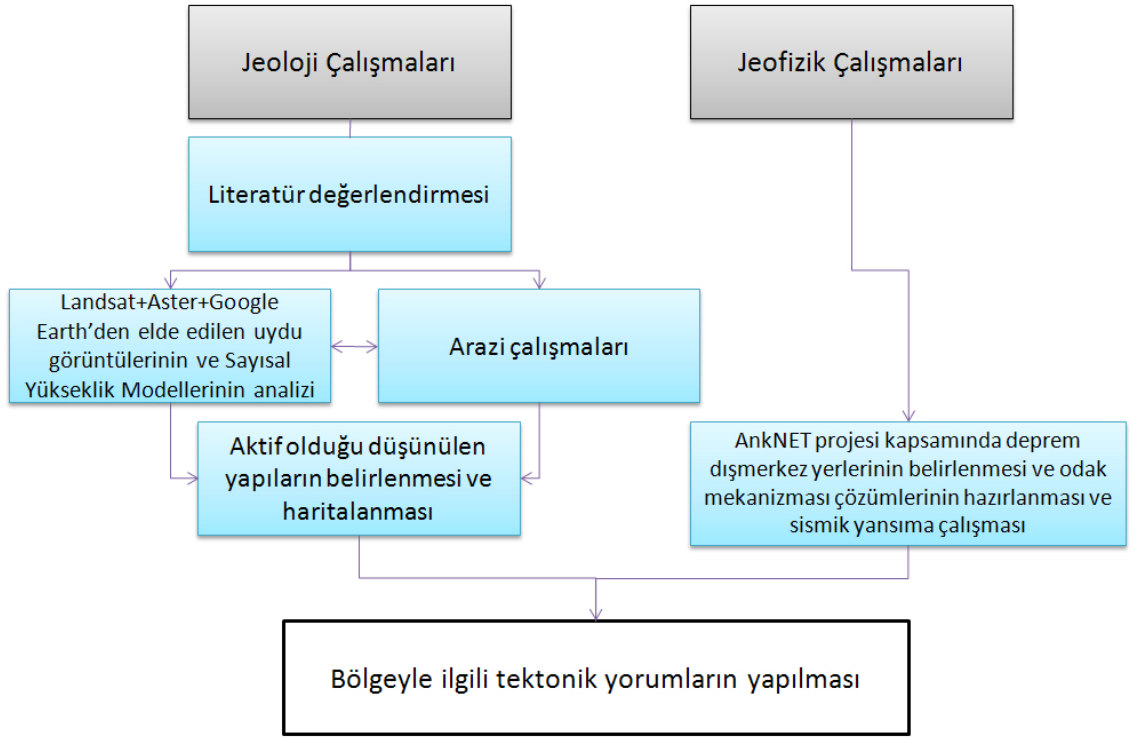
“Herhangi bir bölgede meydana gelmiş olan son tektonik rejim değişikliğinden günümüze kadar geçmiş olan zaman içerisindeki tektonizmanın tümüne neotektonik denir” (Şengör 1980). Depremsellik ya da deprem etkinliği ise belirli bir bölge içerisindeki depremlerin dağılımlarını ve bu depremlerin karakteristiklerini ifade eder ve depremselliğin en önemli unsurlarını depremlerin coğrafi dağılımları, büyüklükleri, zaman içerisindeki oluşumları, mekanizmaları ve yarattıkları hasar oluşturur (Udias 1999).

Bu çalışma Ankara yakın çevresinde Orta Anadolu’nun neotektoniğini ve depremselliğini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda bölgede yer alan önemli neotektonik yapılar, bu yapıların birbirleriyle olan etkileşimleri, bölgeyi nasıl etkiledikleri ve bölgenin depremselliği tez kapsamında araştırılmıştır.

1.3 Çalışma Yöntemi

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi desteğinde yürütülen “Ankara civarında Anadolu levhasının iç deformasyonunun jeolojik ve sismolojik yöntemlerle araştırılması (06B4343011)” isimli proje kapsamında çalışılmıştır. Proje dahilinde Güralp 6TD genişbant sismometre cihazını içeren altı adet istasyondan oluşan bir deprem izleme ağı (AnkNET), depremleri kaydetmek üzere Ankara şehir merkezi ve çevresine kurulmuştur (Şekil 1.1).

Tez çalışması boyunca arazi ve uzaktan algılama çalışmaları ile jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Öncelikle inceleme alanı ile ilgili önceki çalışmalar literatür değerlendirmesi kapsamında incelenerek çalışmaya başlanılmıştır. Sonrasında aktif olduğu düşünülen yapıların belirlenmesi ve haritalanmasına yönelik olarak arazi çalışmaları yapılmış, uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modelleri analiz edilmiştir. Jeofizik çalışma olarak AnkNET projesi kapsamında deprem dışmerkez yerlerinin belirlenmesi ve odak mekanizması çözümlerinin üretilmesinin yanında bir sismik yansıma çalışması gerçekleştirilmiştir. Bütün bu çalışmaların sonucunda bölgeyle ilgili tektonik yorumlara gidilmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Tez çalışmasının yürütülmesiyle ilgili akış şeması

Tez çalışması boyunca, gelişmiş bir coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yazılımı olan TNTmips 7.2, verilerin değerlendirilmesinde ve uydu görüntülerinin analizinde kullanılmıştır.

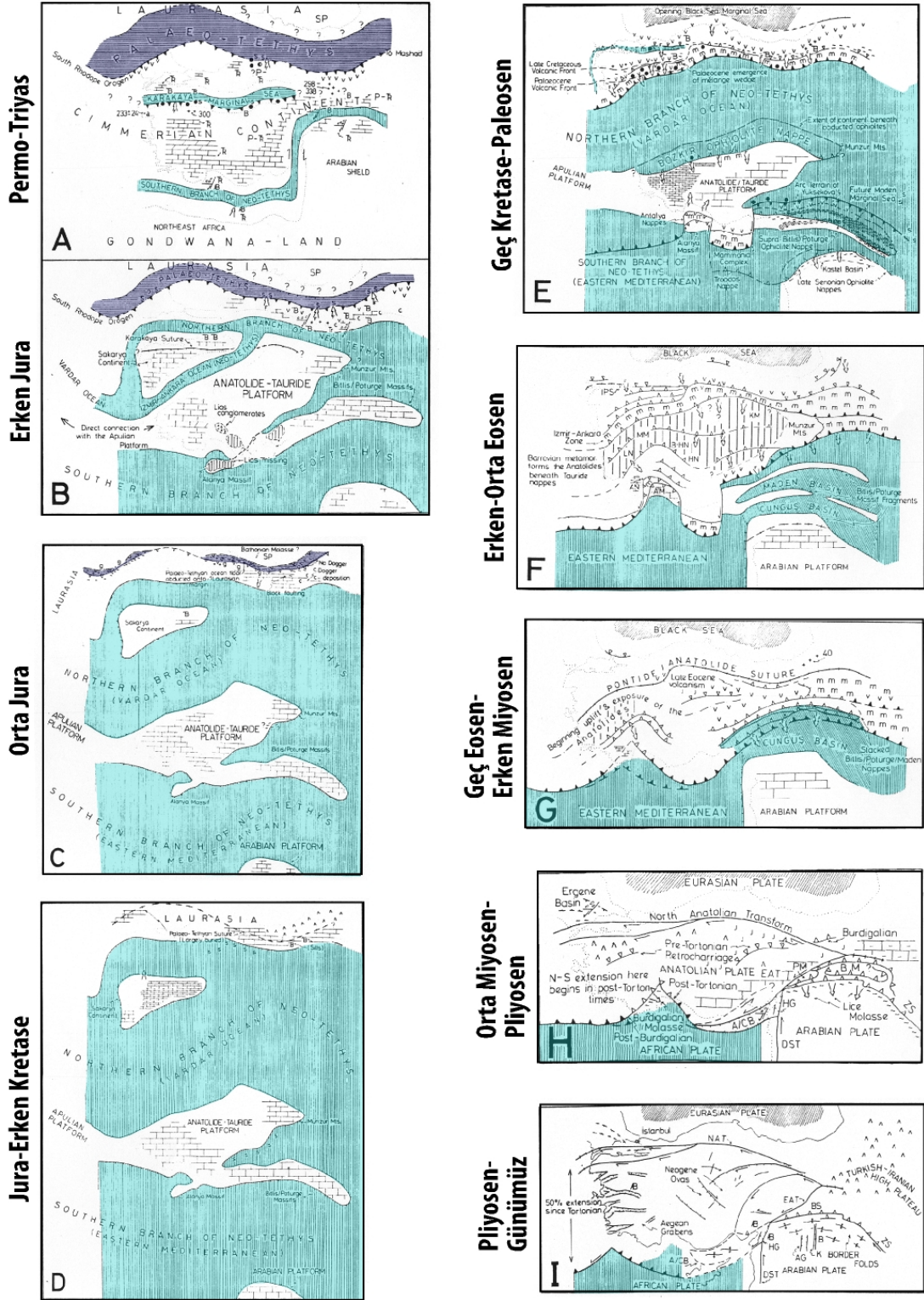
2. BÖLGENİN TEKTONİK GELİŞİMİ VE ANA NEOTEKTONİK YAPILAR

Türkiye’de Tetis Okyanusu’nun evrimi Permo-Triyas’tan Orta-erken Geç Miyosen’e kadar geçen süre içerisinde Paleo-Tetis okyanusal litosferinin güneye eğimli bir dalmabatma zonu boyunca yitime uğraması, Neo-Tetis Okyanusu’nun kuzey ve güney kollarının açılması ve sonrasında kuzey kolun ve güney kolun kuzeye eğimli dalmabatma zonları boyunca kapanmasıyla açıklanır (Şengör ve Yılmaz 1981) (Şekil 2.1). Orta-erken Geç Miyosen’de Neo-Tetis’in güney kolunun kapanmasıyla Bitlis kenet kuşağı boyunca Arap ve Avrasya Levhaları çarpışır. Bu çarpışma Doğu Anadolu’nun kuzey-güney doğrultusunda sıkışmasına neden olmuş ve bu sıkışmayla birlikte, gelişmeye başlayan sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı ile sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı’nın sınırladığı Anadolu Levhası (McKenzie 1972) batı-güneybatıya doğru itilmeye başlanmıştır (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd. 1985). Doğudaki sıkışma, Anadolu Levhası’nın batıya doğru hareketi ve Afrika Levhası’nın Helenik ve Kıbrıs Yayları boyunca Anadolu Levhası’nın altına dalışı Türkiye’nin bugünkü tektonik yapısını kontrol eden ana unsurlardır.

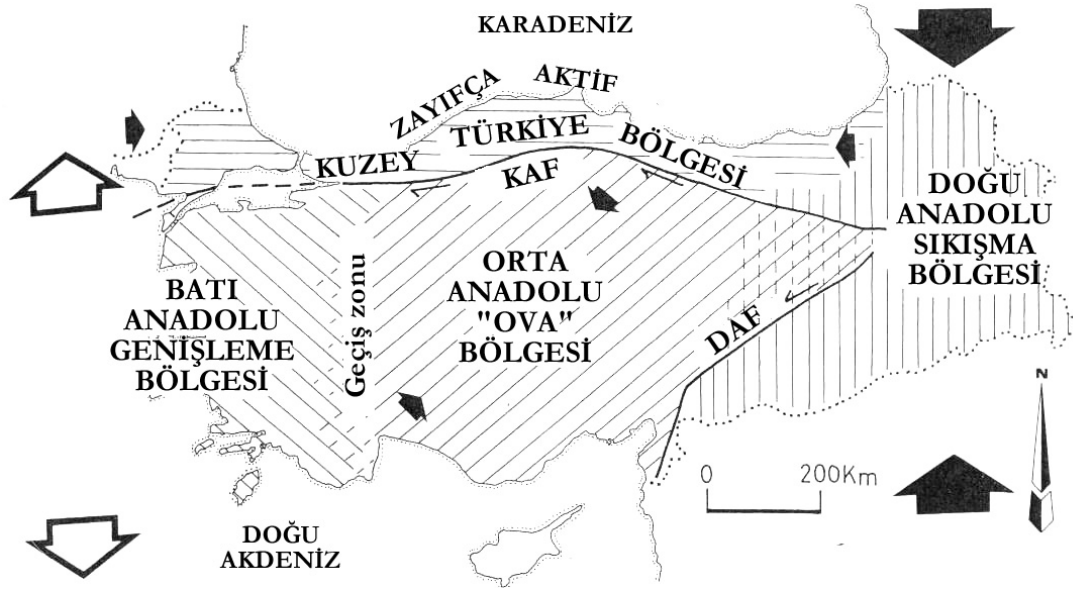
2.1 Türkiye’nin Neotektonik Bölümleri

Türkiye’nin neotektoniği içerisinde Orta Anadolu, genel olarak doğudaki sıkışma (Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi) ve batıdaki genişleme (Ege Graben Bölgesi) sistemlerinin arasında yer alır (Şengör 1980, Şengör vd. 1985) (Şekil 2.2). Bununla birlikte Türkiye’nin neotektonik bölümlenmesi farklı şekillerde değerlendirilmiştir. Şengör vd. (1985), tektonik olarak fazla aktif olmayan Orta Anadolu “Ova” Bölgesi, en zayıf tektonik etkinliği gösteren Kuzey Türkiye Bölgesi, K-G sıkışma etkisindeki Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi ve K-G genişleme etkisindeki Batı Anadolu Genişleme Bölgesi olarak dört ana bölümlere yapmıştır (Şekil 2.2). Barka ve Reilinger’in (1997) bölümlenmesi Şekil 2.3’de görülmektedir. Burada dikkati çeken Batı Anadolu Genişleme Bölgesi’nin Eskişehir Fayı ve Fethiye-Burdur Fay Zonu ile Orta Anadolu’dan ayrılmasıdır. Koçyiğit ve Özacar’ın (2003) bölümlenmesi ise Şekil 2.4’de görülmektedir. Bu bölümlenmede ilgi çekici olan, Batı Anadolu’yu kapsayan genişlemeli neotektonik

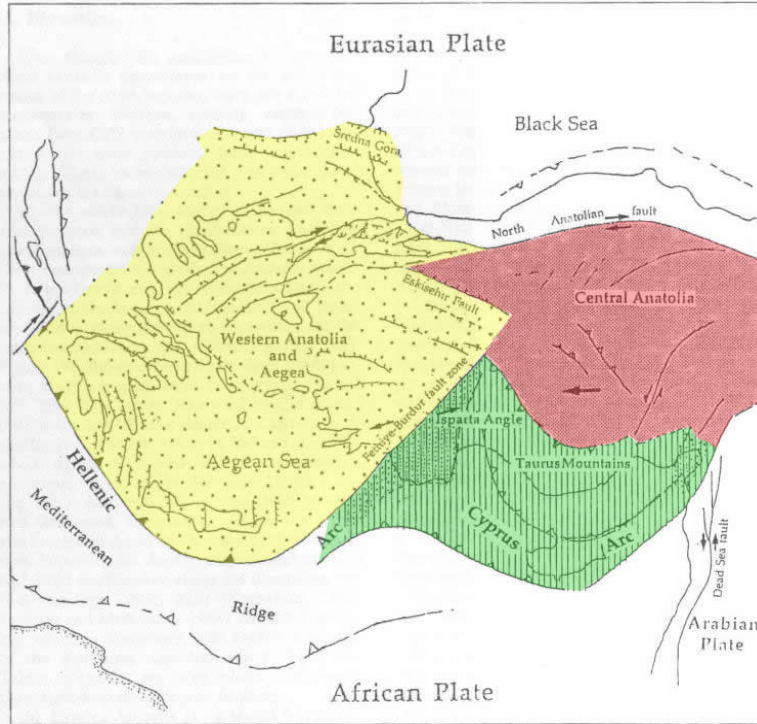
rejimin etkisi altındaki bölgenin, doğuda İnönü-Eskişehir Fay Zonu, Tuz Gölü Fay Zonu ve Orta Anadolu Fay Zonu ile sınırlanmasıdır.



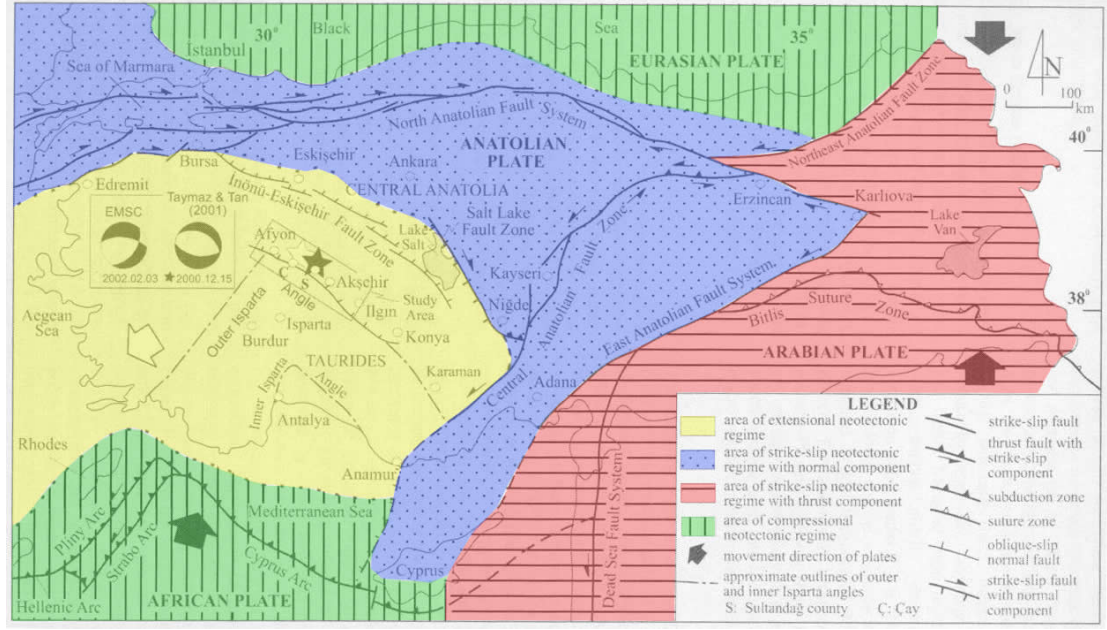
Şekil 2.1 Permo-Triyas'tan günümüze Tetis okyanusunun Türkiye'deki evrimi (Şengör ve Yılmaz 1981)



Şekil 2.2 Şengör vd.'ne (1985) göre Türkiye'nin neotektonik bölgeleri (Türkçeleştirilerek alınmıştır)



Şekil 2.3 Barka ve Reilinger'e (1997) göre Anadolu levhasının neotektonik bölümleri (Renklendirilerek alınmıştır). Sarı bölge KD-GB genişleyen, kırmızı bölge KKD-GGB kısalan, yeşil bölge ise içerisindeki noktali olarak gösterilen alanların genişlemeli olduğu onun dışında sıkışmalı bir rejimin egemen olduğu alanlardır



Şekil 2.4 Koçyiğit ve Özacar'a (2003) göre Türkiye'nin neotektonik bölümleri (Renklendirilerek alınmıştır). Sarı bölge genişlemeli neotektonik rejimin, mavi bölge normal bileşenle birlikte doğrultu atımlı neotektonik rejimin, kırmızı bölge bindirme bileşeniyle birlikte doğrultu atımlı neotektonik rejimin ve yeşil bölgeler ise sıkışmalı neotektonik rejimin etkisi altındadır

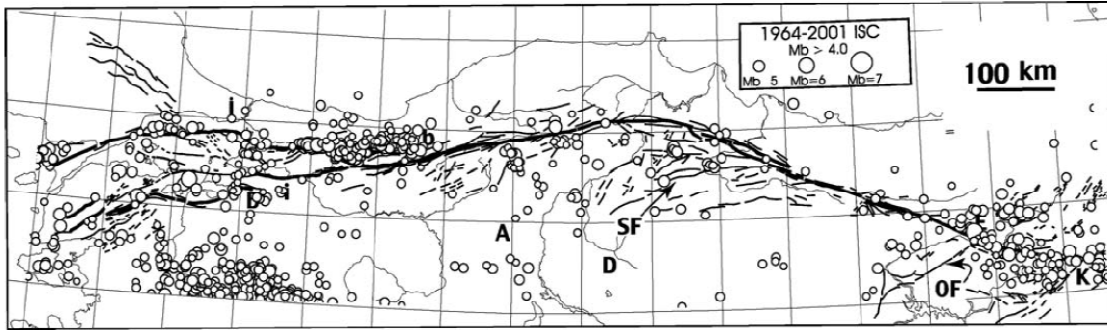
2.2 Bölgedeki Ana Neotektonik Yapılar

Kuzey Anadolu Fay Zonu, Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu, Eskişehir Fay Zonu, Tuz Gölü Fay Zonu, Orta Anadolu Fay Zonu ve yakın zamanda tanımlanan Eldivan-Elmadağ Kısıtlanmış Tektonik Kaması, Orta Anadolu'da bugüne dek tanımlanmış başlıca neotektonik yapılardır (Şekil 1.1).

Bu bölümde yukarıda isimleri geçen tektonik yapılardan Orta Anadolu Fay Zonu (Koçyiğit ve Beyhan 1998) dışındaki diğer yapılar, inceleme alanının içinde yer almaları, bu alanı çevrelemeleri ve etkilemeleri nedeniyle daha önce yapılmış olan çalışmalar ışığında özetlenecektir.

2.2.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)

Kuzey Anadolu Fay Zonu dünyanın büyük depremler üreten en önemli doğrultu atımlı fay zonlarından birisidir (Ketin 1948 ve 1957, Şengör 1979, Barka 1992, Şengör vd. 2005) (Şekil 2.5). Ketin'in (1948) makalesinde ilk defa doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlanan (San Andreas Fayı'nın keşfinden de önce) KAFZ, bu özelliğiyle bu makaleden önce orojenik bir yapının parçası olarak düşünülen ve haritalarda gösterilen Kuzey Anadolu Nedbesi'nden farklı bir yapıdır (KAFZ'nin keşfinin tarihçesine Şengör (1996) ve Şengör vd.'nden (2005) ve bu yayınlardaki kaynaklardan bakılabilir).



Şekil 2.5 Kuzey Anadolu Fay Zonu. Daireler büyüklüğü 4'ten büyük olan depremleri göstermektedir (Şengör vd. 2005)

KAFZ'nin batı ucu Marmara Denizi ve Saros Körfezi'ni geçerek Ege Denizi'ne, doğu ucu ise Karlıova'ya kadar bir yay geometrisinde segmentler halinde uzanır ve toplam uzunluğu yaklaşık 1200 km'dir (Şengör vd. 2005). Şengör vd.'nin (2005) Kuzey Anadolu Makaslama Zonu'nun en önemli üyesi kabul ettikleri KAFZ, Arap ve Avrasya Levhaları'nın çarpışması sonucunda yaklaşık 13-11 milyon yıl öncesinde doğudan itibaren oluşmaya başlayarak yaklaşık 200 bin yıl önce Marmara Denizi'ne ulaşmıştır. Bu görüşten farklı olarak Chorowicz vd. (1999), Helenik Yayı'nın etkisiyle Batı Anadolu'da başlayan genişlemeyle birlikte KAFZ'nin batıda oluşmaya başlayarak doğuya doğru geliştiğini belirtmektedir. Sağ yönlü doğrultu atım karakterindeki fay zonunun üzerinde günümüzdeki hareket miktarı GPS ölçümlerine dayanarak yaklaşık 24 ± 1 mm/yıl'dır (McClusky vd. 2000).

KAFZ, Ankara'nın yaklaşık 100 km kuzeyinden geçmektedir. KAFZ'nin Ankara'ya yakın olan bölümlerinde oluşacak büyük depremler Ankara ve çevresinde büyük hasar yaratma potansiyeline sahiptirler.

2.2.2 Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu (KEFZ)

Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu, Reşadiye'nin doğusunda KAFZ ile kesişir ve bu noktadan itibaren Kırıkkale'ye doğru KD-GB doğrultusunda uzanır (Şengör vd. 1985) (Şekil 1.1). KEFZ de tıpkı KAFZ gibi sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır (Şaroğlu vd. 1987, Polat 1988). Her ne kadar Polat (1988) KEFZ'nin, KAFZ'nin ölü bir kolu olduğunu öne sürse de, üzerindeki sismik hareketlilik ve GPS ile yapılan ölçümler bu fay zonunun etkinliğini günümüzde de devam ettirdiğini göstermektedir (Allmendinger vd. 2007, Seyitoğlu vd. 2009). GPS ölçümlerine göre fay zonu üzerinde 1.35 mm/yıl'lık sağ yönlü bir hareket hesaplanmıştır (Seyitoğlu vd. 2009). Erturaç (2009) fay zonunun Orta Pleyistosen'den (1-0.7 milyon yıl) itibaren gelişmeye başladığını söyler.

KEFZ için araştırmacılar tarafından birçok isim önerilmiştir: Ezinepazarı Fayı (Şaroğlu vd. 1987), Ezinepazarı-Sungurlu Fay Zonu (Kaymakçı 2000), Yağmurlu-Ezinepazarı Fay Zonu (Bozkurt 2001, Koçyiğit 2003), Sungurlu Fayı (Şengör vd. 2005), Ezinepazar-Sungurlu Fay Sistemi (Erturaç 2009).

Üzerinde daha fazla detaylı çalışmaya ihtiyaç duyulan KEFZ de Ankara çevresinin neotektoniği ve depremselliğinde önemli etkisi olan bir yapı olarak görülmektedir.

2.2.3 Eskişehir Fay Zonu (EFZ)

Ketin'in (1968) sismotektonik ve Şengör vd.'nin (1985) genel neotektonik haritalarında –makaleler içerisinde detay bilgi verilmemekle birlikte– gösterilen ve Şengör vd.'nin (1985) Eskişehir Fayı olarak isimlendirdiği EFZ (Şekil 1.1), Şaroğlu vd. (1987) tarafından Eskişehir-Bursa Fay Zonu olarak isimlendirilmiş ve Eskişehir ile Bursa arasında doğrultu atımlı ve normal fayları içeren dört alt bölümde incelenmiştir.

Barka ve Reilinger (1997), Eskişehir Fayı'nın, Batı Anadolu genişlemesini sınırlayan, genişleme bileşeni de olan sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olduğunu belirtir. Benzer şekilde Koçyiğit (2005) de İnönü-Eskişehir Fay Zonu olarak isimlendirdiği zonun güneydeki kıtasal genişlemeyle kuzeydeki doğrultu atımlı faylanma arasında geçişli bir sınırı oluşturduğunu belirtir.

Altunel ve Barka (1998) İnönü ile Sultandere arasında incelediği Eskişehir Fay Zonu'nun "sağ yönlü doğrultu atımlı normal bileşenli" bir fay zonu olduğunu ve en az Pleyistosen'den beri aktif olduğunu söylemektedir. Tokay ve Altunel (2005) de İnönü ile Dodurga arasında inceledikleri EFZ'nin İnönü-Dodurga segmentinin "sağ yönlü doğrultu atım bileşeni olan verrev fay" olduğunu söylemekte ve İnönü Havzası güneyinde KB doğrultulu doğrultu atımlı fayların İnönü-Dodurga segmenti tarafından kesildiği ve dolayısıyla segmentin bu faylardan daha genç olduğu sonucuna varmaktadır.

Dirik ve Erol (2003), Eskişehir-Sultanhanı Fay Sistemi olarak isimlendirdikleri yapının Tuz Gölü'nün batısından Eskişehir'e uzanarak muhtemelen Eskişehir Fay Zonu'yla birleştiğini söylemektedir. Yazarlara göre bu fay sistemi Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli Fay Zonları'ndan oluşur. Özsayın ve Dirik (2007), İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin içinde yer alan Cihanbeyli Fay Zonu'nun normal fay karakterinde, Yeniceoba Fay Zonu'nun ise sağ yanal verrev normal fay karakterinde olduğunu belirtmektedir.

Ocakoğlu (2007), Koçyiğit'in (2005) EFZ'nin İnönü bölümüyle ilgili görüşlerine benzer olarak, EFZ üzerindeki etkin fayların saf düşey atımlı ya da sağ yönlü verrev faylar olduğunu ve bu fayların Pliyosen öncesi KB doğrultulu saf doğrultu atımlı fayları kestiğini, dolayısıyla EFZ'nin gelişiminin Pliyosen sonrası olması gerektiğini söylemektedir. Okay vd.'ne (2008) göre ise Uludağ Makaslama Zonu'yla ilişkilendirdikleri EFZ'nin oluşum yaşı Uludağ Masifi'nden elde edilen termokronolojik verilere dayanarak Oligosen'dir. Yaltırak'ın (2002) Trakya'dan Orta Anadolu'ya uzanan ve Trakya-Eskişehir Fay Zonu olarak adlandırdığı zonun dört ana parçasından en uzun olan Eskişehir-İnegöl parçası, Tuz Gölü'nün batısı ile Bursa arasında yer alır. Bu bölümde Miyosen yaşlı sağ yönlü doğrultu atımlı faylar, Kuvaterner havzalarını meydana getiren normal faylar olarak yeniden etkin hale gelmişlerdir.

Sağlam (2009) yakın tarihli çalışmasında, EFZ'nin sağ yanal doğrultu atım karakteriyle ilişkilendirilen Çifteler çek-ayır havzasını Eskişehir güneydoğusunda tanımlamıştır. Seyitoğlu vd. (2010), Bozüyük ve Eskişehir arasında yer alan D-B doğrultulu normal fayların önceki genişlemeli tektonik rejime ait olduğunu, günümüzde ise doğrultu atım tektoniğinin bölgede etkin olduğunu belirtmektedir.

Aletsel dönemde EFZ üzerinde meydana gelen en büyük deprem olan 20 Şubat 1956 depremi ($M=6.4$, McKenzie 1972'ye göre: $M_b=6.0$) ve büyüklüğü 4'ün üzerinde olan birçok deprem EFZ'nin sismik olarak etkin olduğunu göstermektedir.

2.2.4 Tuz Gölü Fay Zonu (TFZ)

Tuz Gölü Fay Zonu ile ilgili görüşler genel olarak aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

TFZ, Tuz Gölü'nün kuzeyinden Niğde'nin güneyine KB-GD doğrultusunda uzanan yaklaşık 200 km uzunluğa ve 5-25 km genişliğe sahip bir zondur (Şekil 1.1). Dirik ve Göncüoğlu'na (1996) göre bu zonun kuzey bölümü batıya doğru eğimli normal fay karakterindeyken, güney bölümü sağ yönlü doğrultu atım karakterindedir.

Çemen vd. (1999), TFZ'nin sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal karakterde olduğunu söylemektedir.

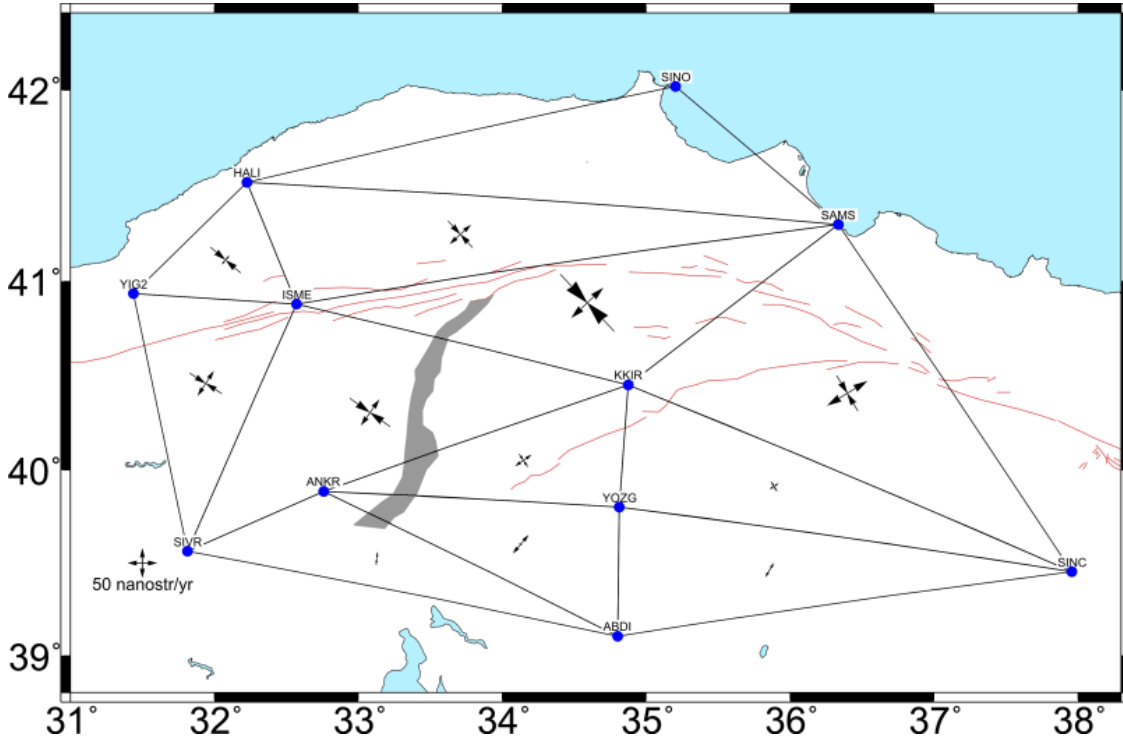
Yukarıdaki değerlendirmelerden farklı olarak Arpat ve Şaroğlu (1975) ve Şengör vd. (1985) bu fay zonunu yanal atım bileşenli ters fay olarak nitelendirmişlerdir.

TFZ boyunca hareketin başlaması bazı araştırmacılara göre Geç Kretase iken (Görür vd. 1984, Çemen vd. 1999), Dellaloğlu ve Aksu (1984) fay zonunun Miyosen'de etkin hale geldiğini belirtir.

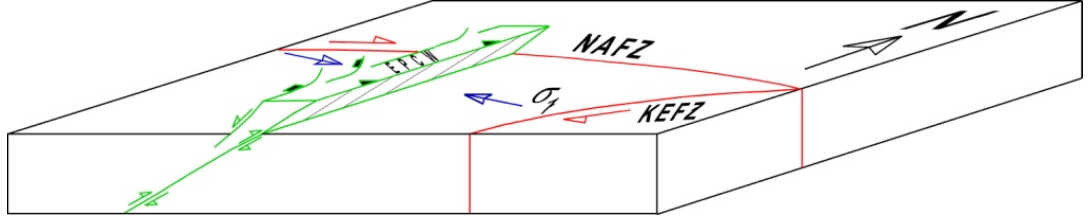
2.2.5 Eldivan-Elmadağ Kısırılmış Tektonik Kaması (EKTk)

KAFZ ve KEFZ arasında kalan bölge KB-GD doğrultuya sahip sıkışmalı bir rejimin etkisindedir (Seyitoğlu vd. 2009) (Şekil 2.6). Bu sıkışmanın ürünü olarak çok genç (Geç Pliyosen sonrası) bir tektonik yapı olan ve doğu kenarı bindirmeyle, batı kenarı normal fayla sınırlı Eldivan-Elmadağ Kısırılmış Tektonik Kaması (EKTk) oluşmuştur (Seyitoğlu vd. 2000, Seyitoğlu vd. 2009) (Şekil 1.1 ve Şekil 2.7). Buna göre Neo-Tetis Kenet Zonu'na ait ofiyolitik melanj kayaçları sıkışmanın etkisiyle tektonik kama şeklinde sokularak üstteki Neojen kayaçları deforme etmiştir. EKTk ile ilişkili depremler yapının günümüzde de etkin olduğunu göstermektedir (Seyitoğlu vd. 2009) (Şekil 2.8).

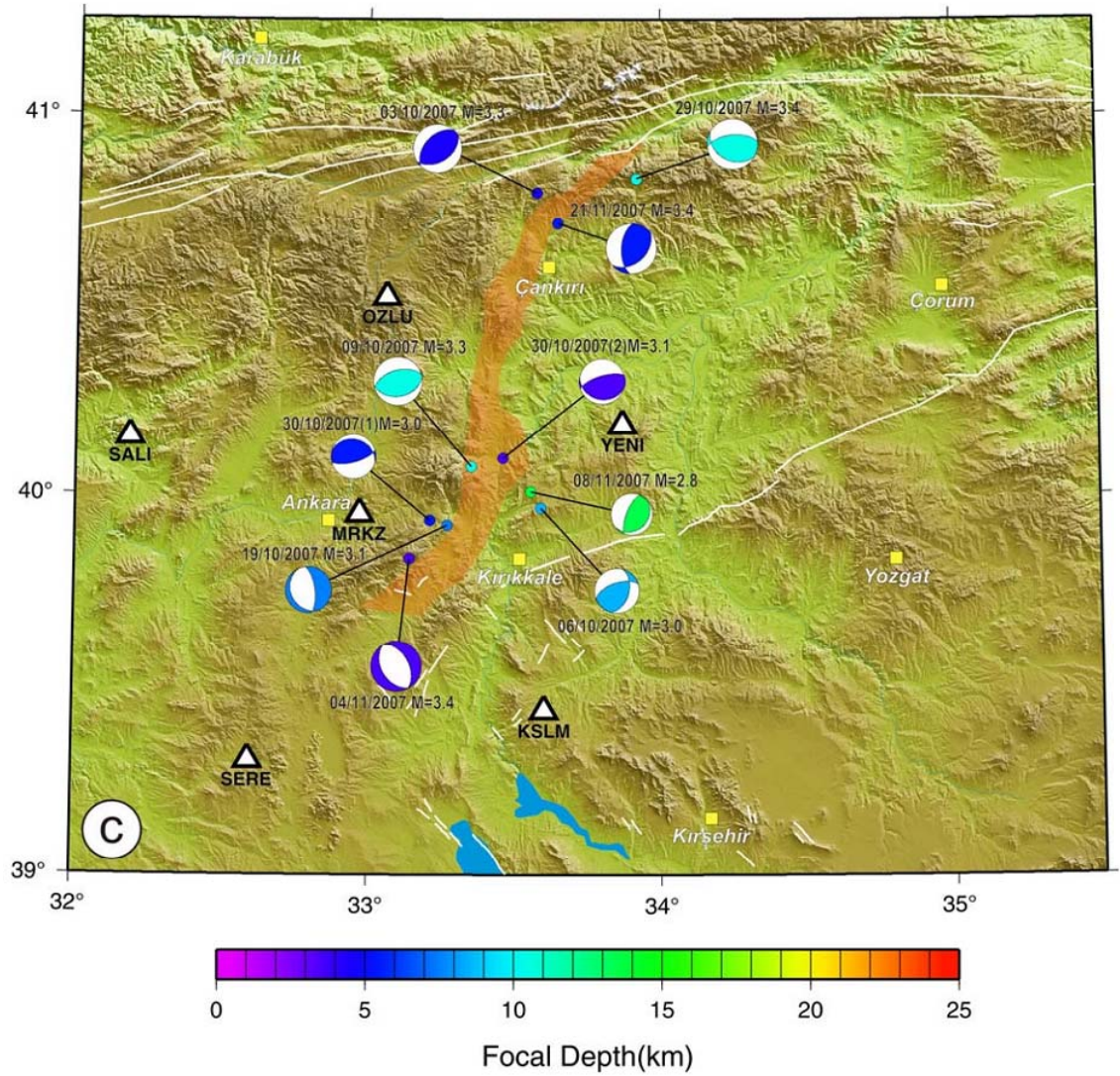
Bu kama geometrisinin benzerini Himalayalar'da görmek mümkündür (Burchfiel vd. 1992, Ring ve Glodny 2010) (Şekil 2.9). Ayrıca kama yapısında eş zamanlı olarak normal fay ve bindirme yapılarının oluşabilirliği de Yin (1993) tarafından teorik olarak modellenmiştir.



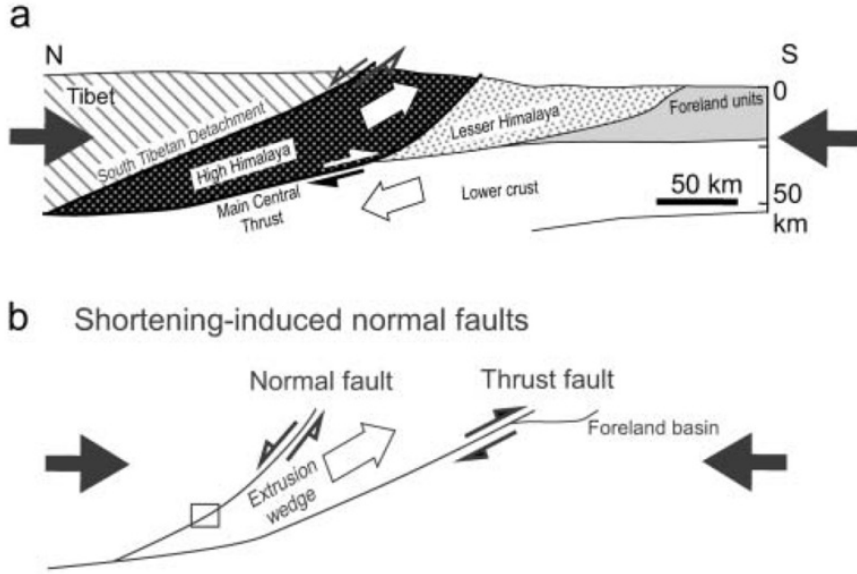
Şekil 2.6 GPS verilerinden elde edilmiş ana yamulmalar. Gri bölge EKTk'nin konumunu göstermektedir (Seyitoğlu vd. 2009)



Şekil 2.7 KAFZ ve KEFZ arasında yer alan ETKK'nin konumunu gösteren blok diyagram (Seyitoğlu vd. 2009)



Şekil 2.8 ETKK ile ilişkili, büyüklükleri 3'ün üzerinde olan depremler ve odak mekanizması çözümleri (Seyitoğlu vd. 2009)



Şekil 2.9 Sıkışma etkisiyle gelişen kama yapısı (Burchfiel vd. 1992 (a), Ring ve Glodny 2010 (b))

Yukarıdaki görüşten farklı olarak Akyürek vd. (1980), Koçyiğit vd. (1995) ve Kaymakçı (2000) ise Eldivan-Elmadağ yükseliminin doğu ve batı kenarlarının her ikisinin de bindirme yapıları olduğunu öne sürer.

3. ANKARA ÇEVRESİNDE ORTA ANADOLU’NUN NEOTEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

Bu bölümde öncelikle Ankara çevresinde Orta Anadolu’nun neotektoniği ve depremselliği üzerine yapılmış önceki çalışmalardan bahsedilecek sonrasında bu tez kapsamında yapılan çalışmalar anlatılacak ve tartışılacaktır.

3.1 Ankara Çevresini Etkileyen Neotektonik Rejimin Niteliği

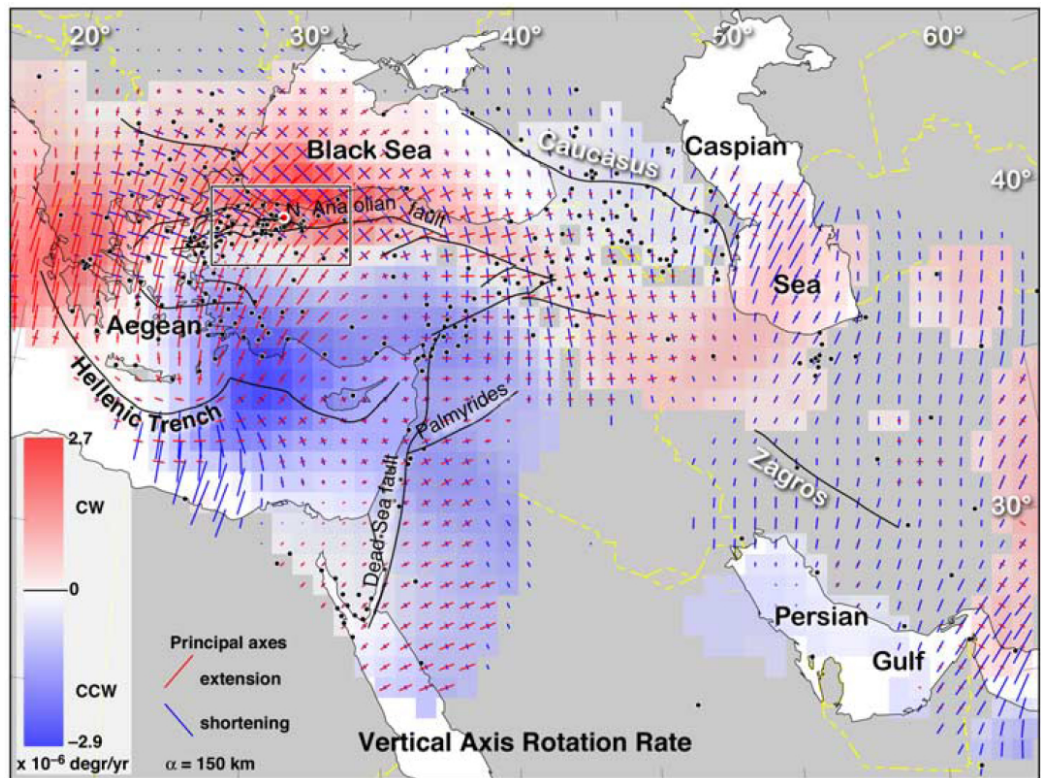
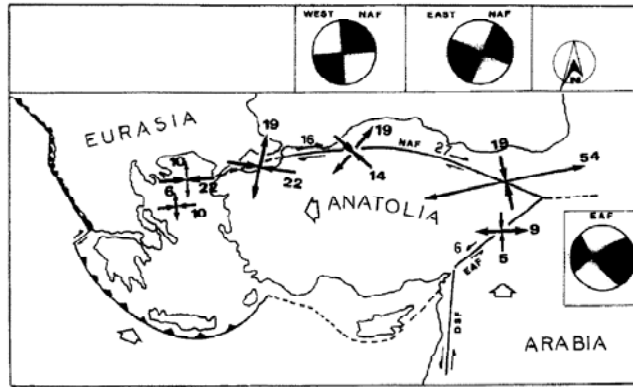
Gökten vd.’nin (1988) Ankara’nın kuzeybatısında Bağlum ve Kazan arasında gerçekleştirdikleri çalışmaya göre, Oligo-Miyosen ile Pliyosen aralığında sıkışmalı bir rejimin etkisindeki bölge, Pliyosen sonrasında ise graben oluşumu ile temsil olunan genişlemeli bir neotektonik rejimin etkisi altına girer. Bununla birlikte Koçyiğit (1991) Ankara bölgesinin neotektoniğini incelediği çalışmasında bölgedeki yapıları KB-GD doğrultusundaki sıkışma etkisiyle gelişmiş Geç Pliyosen öncesi ve K-G doğrultulu sıkışmanın oluşturduğu Geç Pliyosen-Kuvaterner olarak iki gruba ayırır. Yazara göre Geç Miyosen’den beri bölgeyi etkileyen KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi Geç Pliyosen’de yerini K-G sıkışmaya bırakır ve günümüzde de etkin olan sıkışma doğrultusu K-G’dir. Seyitoğlu vd. (1997), Koçyiğit’in (1991) Ankara çevresinde Yuva Köyü civarı, Yakacık Köyü’nün kuzeydoğusu, Edige Köyü’nün 500 m güneydoğusu ve 2 km kuzeyinde incelediği dört bölgede gözlemlerde bulunmuştur. Buna göre temel kayalar ile Neojen birimler arasında Koçyiğit’in (1991) bindirme olarak gösterdiği sınırların hepsi Seyitoğlu vd.’nin (1997) gözlemlerine göre normal fay sınırlarıdır. Sonuç olarak Seyitoğlu vd. (1997) bölgede çarpışma sonrası sıkışmalı tektonik rejimin Erken Miyosen’de sona erdiğini, Erken Miyosen-Pliyosen aralığında olasılıkla orojenik çökmeye bağlı genişlemeli bir tektonik rejimin geliştiğini ve Pliyosen’den günümüze de Kuzey Anadolu Fayı’nın etkisiyle bölgede transpresyonel ya da transtansiyonel bir tektonik rejimin etkili olduğunu söyler.

Koçyiğit’in (1992) Ankara-Yuvaköy’de yaptığı gözlemlere göre, Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca çarpışma sonrası sıkışmalı rejim Ponsiyen (Geç Miyosen)’de sonlanmıştır ve sonrasında doğrultu atımlı faylanmayla ilişkili Pliyo-Kuvaterner yaşlı neotektonik bir döneme girilmiştir. Yuvaköy’deki fayın niteliği ile ilgili farklı iki görüş

olması üzerine (Koçyiğit 1991, 1992 ve Seyitoğlu vd. 1997) Özsayın vd. (2005) Ankara-Yuvaköy civarında yaptıkları çalışmada, Koçyiğit (1992) tarafından K-G doğrultulu sıkışmanın kanıtı olarak gösterilen, bölgedeki D-B doğrultulu bindirme faylarının varlığını arazi gözlemleriyle doğrulamıştır. Bu çalışma sonrasında Seyitoğlu vd. (2006), Ankara-Yuvaköy çevresinde bindirme olarak haritalanan fayların (Koçyiğit 1991, 1992, Özsayın vd. 2005) normal fay karakterinde olduğunu jeolojik ve jeofizik yöntemlerle belirlemiş, dolayısıyla bölgede K-G doğrultulu sıkışmayı kanıtlayacak bir veri olmadığını ortaya koymuştur.

Koçyiğit vd. (1995), “Ankara Orojenik Safhası” olarak tanımladıkları çarpışma sonrası sıkışmalı rejimin geç-Erken Pliyosen’de sonlandığını, sonrasında ise gravite çökmesine bağlı yeni bir tektonik rejimin egemen olduğunu öne sürmektedir. Benzer şekilde Rojay ve Karaca (2008) da, Galatya Volkanik Bölgesi’nin güneyinde yaptıkları gözlemlere dayanarak bölgede Pliyosen’den itibaren, doğrultusu KB-GD’dan KKD-GGB’ya değişen genişlemeli bir rejimin etkili olduğunu söylemektedir. Gökten vd. (1996) de Ayaş-Güdül-Çeltikçi bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmaya göre Miyosen sonuna kadar KB-GD doğrultulu sıkışmalı, Erken Pliyosen’den sonra ise KB-GD doğrultulu genişlemeli bir rejimin bölgede var olduğunu belirtir. Buna karşılık Seyitoğlu vd. (2000 ve 2009), KB Orta Anadolu’nun Neojen gelişimi üzerine Seyitoğlu vd.’nde (1997) belirtilen görüşlere bağlı kalmakta ve günümüzde KAFZ ile KEFZ arasında kalan bölgenin KB-GD doğrultusunda sıkıştığını söylemektedir. Yürür vd. (2002) de Galatya Volkanik Bölgesi’nin güneyinden elde ettikleri verilere göre Miyosen’de etkili olan genişlemeli rejimin Pliyosen’de sonlandığını belirtir.

Yukarıda özetlenen görüşlere bakıldığında bölgede günümüzde etkin olan rejimin niteliği hakkında farklı görüşlerin olduğu görülmektedir. Kiratzi’nin (1993), depremsellik parametrelerini kullanarak hesapladığı yamulma eksenlerinin konumları, Ankara’nın kuzeyinde KAFZ üzerinde K49B doğrultusunda 14 mm/yıl’lık bir sıkışmayı gösterir (Şekil 3.1). Reilinger vd.’nin (2006) GPS veri seti kullanılarak hesaplanmış yamulma eksen konumlarının (Allmendinger vd. 2007, Seyitoğlu vd. 2009) KAFZ ve KEFZ arasında kalan bölgenin KB-GD doğrultulu bir sıkışma etkisi altında olduğunu göstermesi de önemlidir (Şekil 2.6 ve Şekil 3.2).



3.2 Ankara Çevresinde Orta Anadolu'nun Depremselliği

Bu bölümde ilk olarak 1900 yılından önceki tarihsel deprem etkinliği, sonra da aletsel dönemi içeren 1900 yılından günümüze bölgenin depremselliği anlatılacaktır.

3.2.1 Ankara ve yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremler

Bu bölüm Nicholas Ambraseys'in Akdeniz ve Orta Doğu'da 1900 yılına kadar olan depremleri incelediği kapsamlı çalışmasından yararlanılarak hazırlanmıştır (Ambraseys 2009). Ankara ve yakın çevresinde meydana gelen depremler aşağıda özetlenmektedir:

109-111 Galatya

İsimleri bilinmemekle birlikte Galatya'daki üç kent bu depremle harap oldu.

4 Ağustos 1050 Çankırı

Yıkıcı bir deprem batıda Çankırı bölgesinden doğuda Amasya'ya kadar 170 km'lik bir mesafede etkili oldu. Depremin artçıları gün içinde devam etti. Amasya'da taş ve ahşap binalar, kiliseler ve manastırlar çöktü. Çankırı'daki evlerin çoğu yıkılırken, şehrin dışında büyük bir alanda geniş yarıklar açıldı ve büyük bir kilise ile bir hisar yıkıldı. Depremle birlikte Çankırı çevresinde geniş bir alanı kaplayan bir sel meydana geldi ve 9 gün sonra su ardında bir bataklık bırakarak çekildi.

1579 Çorum-Amasya

Kuzey Anadolu'da meydana gelen büyük bir deprem Çorum ve Amasya bölgelerinde hasara yol açtı. Olasılıkla hasar Erzincan'a kadar yayılıyordu. Bu depremde Çorum'daki bazı camiler ve dükkanlar ile Çorum Kalesi'nde büyük hasar oluşmuştur. Ayrıca hasarın nedeni belli olmamakla birlikte aynı dönemde Amasya'daki Hızır Paşa Camii'nin onarım çalışmalarından bahsedilir.

5 Şubat 1582 Çorum

Çorum batısında yer alan Kurtlar Sarayı'nda bir deprem hissedildi. Depremle ilgili bunun dışında başka bir bilgi bulunmamaktadır.

12 Ağustos 1668 Beypazarı

Haziran ayının sonlarına doğru başlayan ve 20 Temmuz'a kadar devam eden depremler Ankara'da hissedildi. Bu tarihten sonra depremlerin şiddeti artmaya başladı ve 12 Ağustos'ta meydana gelen yıkıcı bir deprem Beypazarı'nda ağır hasara neden oldu. Birçok evin yıkıldığı, yedi kişinin öldüğü ve Büyük Çarşı'nın yerle bir olduğu bu depremin İstanbul'da da hissedildiği söylenmektedir. Bunun dışında Anadolu'nun diğer bölgelerinin de bu depremten etkilendiğine dair elde bir veri bulunmamaktadır.

15 Ağustos 1668 Ankara

15 Ağustos 1668'de meydana gelen şiddetli bir deprem Ankara'da taş duvarları, evleri ve şehir surlarının bir kısmını yıktı ve kentin yukarısındaki kaleyi yerle bir etti. Bu depremde iki kişi öldü.

17 Ağustos 1668 Kuzey Anadolu

Kuzey Anadolu'yu etkileyen bu şiddetli deprem, Ankara ve yakın çevresinde de ağır hasara neden oldu. Bolu, Kastamonu, Amasya, Tokat'ta ağır hasar yaratan ve birçok kişinin ölmesine yol açan bu deprem, Ankara'da 3-4 dakika aralıklarla meydana gelen bir dizi güçlü sarsıntıyla hissedildi. Beypazarı ve Ayaş'ta da ağır hasar yaratan depremin artçı sarsıntıları Ankara'da 47, Beypazarı'nda ise 15 gün sürdü.

18 Temmuz 1794 Çorum

Orta Anadolu'da meydana gelen bu yıkıcı depremin İstanbul'da hafif, Bursa'da şiddetli, Amasya ve çevresinde daha da şiddetli, Çorum'da ise tamamen yıkıcı olduğu belirtilmektedir. Çorum'da camilerin, mescidlerin, kalenin, hamam(lar)ın, dergah(lar)ın ve evlerin tamamen yıkıldığı ve birçok kişinin enkaz altında kalarak öldükleri söylenmektedir.

14 Mart 1837 Keskin

Ankara'nın güneybatısında Keskin'de meydana gelen bu depremin bir hasara neden olup olmadığı bilinmemektedir.

5 Aralık 1838 Kalecik

Ankara'nın yaklaşık 50 km kuzeydoğusunda Kalecik'te yerel olarak güçlü bir deprem meydana geldi. Büyük bir paniğe ve iki evin çökmesine yol açtı. Bu depremi üç tane artçı deprem izledi. 7 Aralık'ta da başka bir deprem meydana geldi.

1 Şubat 1840 Çankırı

1 Şubat 1840'da Orta Anadolu'da meydana gelen yerel olarak yıkıcı bu deprem, Çankırı'da ve çevre köylerde birçok evin çökmesine neden olmuştur.

9 Mart 1844 Çankırı

Yerel olarak yıkıcı olan bu deprem, Çankırı bölgesindeki 12 köyü 167 yaşamla birlikte harap etti. Çankırı içinde hasar olmamasına rağmen, hemen yakınındaki İslam (?) köyünde evlerin yarısı çöktü, yarısı hasar gördü ve 17 kişi öldü. Depremin dışmerkezi olasılıkla Osmancık ve Ankara arasında yer alır.

27 Ağustos 1856 Ankara

İki öncü sarsıntı sonrası Ankara'da kuvvetli bir deprem oldu. Birçok duvar ve bakanın yıkıldığı depremde ölen olmadı.

19 Ağustos 1873 Ankara

Ankara'da saat 6'da olan bu depremle ilgili detaylar bilinmemektedir.

24 Ağustos 1875 Ankara

Saat 5'te Ankara'da bir deprem hissedildi. Detaylar bilinmemektedir.

25 Şubat 1878 Çankırı

Bu tarihte Çankırı’da birkaç deprem yaşandı. Evlerin ve duvarların yıkıldığı köylerde ölümler de oldu.

28 Eylül 1881 Çankırı

Çankırı’da bir dakika sürdüğü söylenen yıkıcı bir deprem meydana geldi. Çankırı’da birçok ev çöktü, 11 kişi ve 10 hayvan öldü. Altı tane fırının bacaları ve camilerin minareleri yıkıldı. Büyük Cami’nin kubbesi ve duvarları ile bedestenin duvarları hasar gördü. İskilip ve Kastamonu’nun da bu depremlerden etkilendiği belirtilmektedir.

23 Ocak 1884 İskilip

Deprem Kalecik (İskilib)’te evlerin ve minarelerin harap olmasına ve duvarların çökmesine neden oldu. Sugunly (Sungurlu?) ve Kiangri (Çankırı)’de kuvvetli hissedilen deprem, Kastamonu boyunca da hissedildi. Neredeyse iki hafta boyunca artçı sarsıntılar devam etti.

5 Şubat 1884 Ankara

Bu tarihte Ankara’da bir deprem hissedildi.

30 Ağustos 1885 Ankara

Ankara’da bir deprem hissedildi.

4 Haziran 1887 Haymana

Cumartesi sabahı Haymana’da art arda üç deprem meydana geldi. Yapanhaman’da hafif hasar meydana geldi.

22 Nisan 1888 Çankırı

Çankırı’da kuvvetli bir deprem hissedildi. Bu deprem Ankara’da da hissedildi.

12 Mart 1889 Kalecik

Ankara’nın ilçesi Kalecik’te bir deprem oldu.

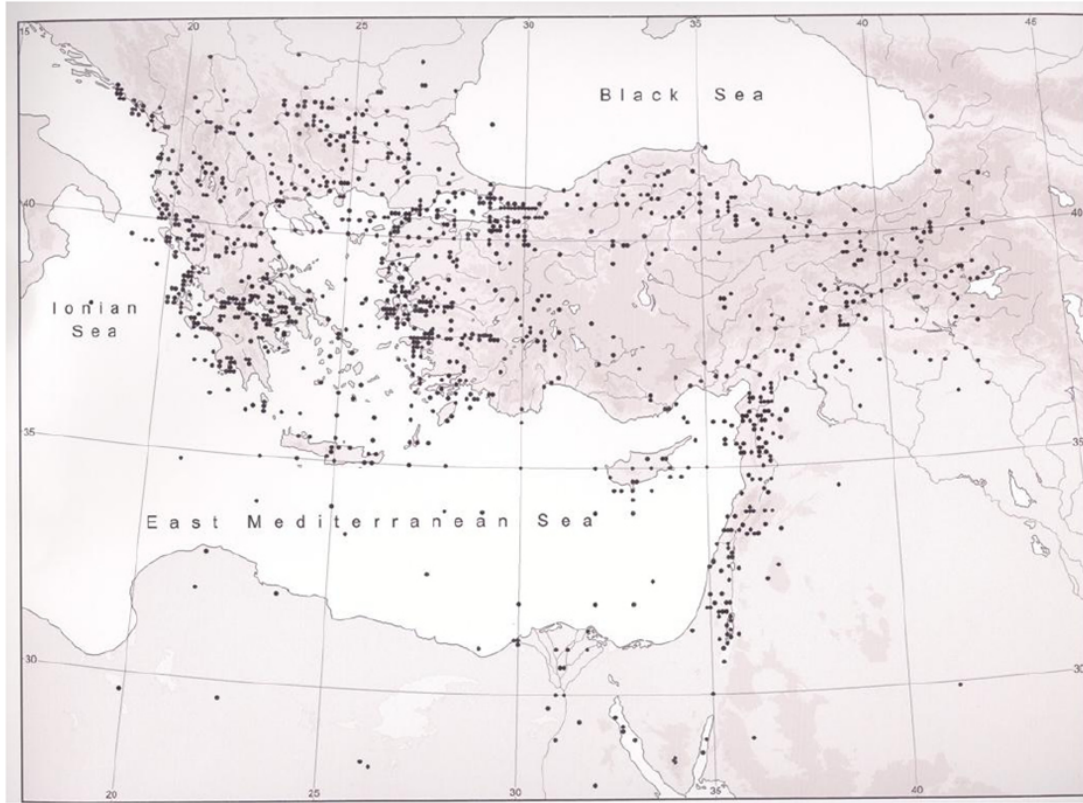
16 Ekim 1893 Keskin

Keskin bölgesinde kuvvetli bir deprem oldu. Deprem 5 saniye sürdü ve Ankara, Kalecik, Yozgat, Mecidi, Menteşe ve Kırşehir’de güçlü bir şekilde hissedildi.

21 Temmuz 1897 Çorum

Çorum bölgesinde hiçbir hasara neden olmayan bir deprem hissedildi.

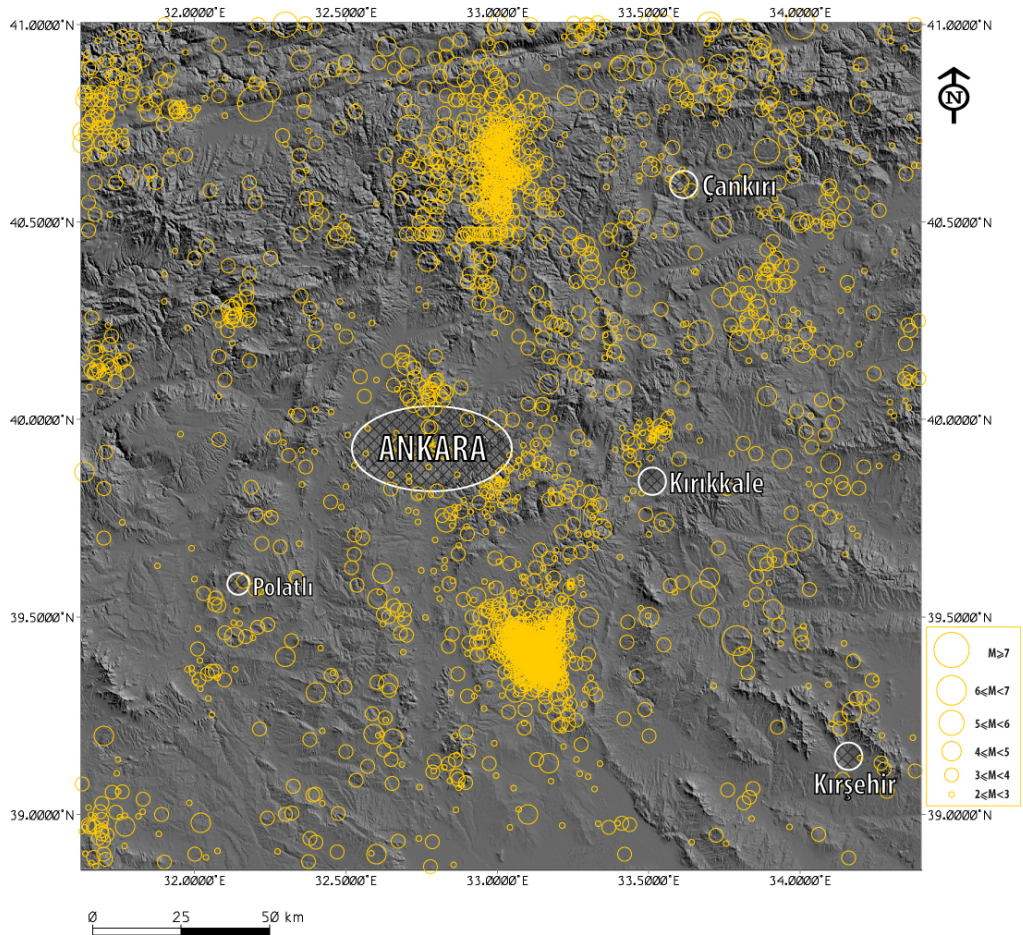
Yukarıda özetlendiği ve Şekil 3.3’de de görüldüğü gibi Ankara ve yakın çevresi 1900 yılı öncesinde küçük-büyük birçok deprem yaşamıştır. Özellikle Ankara’yı şiddetli etkileyen ve yıkımlara neden olan büyük tarihsel depremler, bölgenin önemli bir deprem tehlikesine sahip olduğunu göstermektedir.



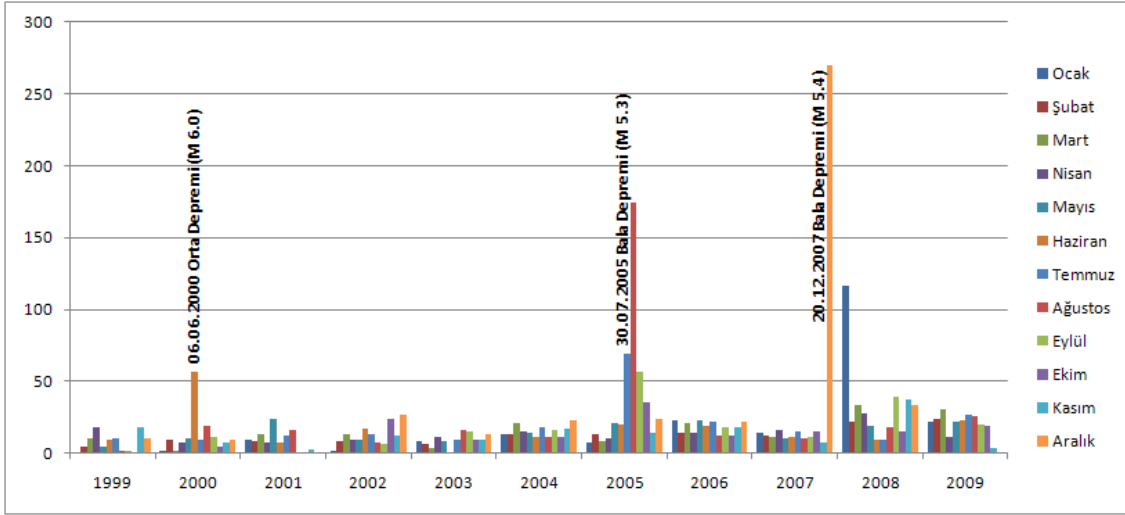
Şekil 3.3 1900 yılından önce olmuş bütün tarihsel depremlerin dağılımı (Ambraseys 2009)

3.2.2 Ankara ve yakın çevresinin aletsel dönemdeki depremselliği

Aletsel dönem içerisinde Ankara ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin dağılımı Şekil 3.4’de görülmektedir. 1999-2009 yılları arasında büyüklüğü 2 ve üzerinde olan depremlerin sayılarının aylara göre dağılımı da Şekil 3.5’te görülmektedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelmiş 1 Şubat 1944 Gerede (Bolu) (M 7.4) ve 13 Ağustos 1951 Kurşunlu (Çankırı) (M 7) depremleri hariç tutulursa aletsel dönemde bölgede büyüklüğü 5’in üzerinde olan çok az sayıda deprem vardır. Bunlar 19 Nisan 1938 Kırşehir depremi (M 6.6), 6 Haziran 2000 Orta (Çankırı) depremi (M_w 6.0), 30 Temmuz 2005 (M_w 5.3), 20 Aralık 2007 (M_w 5.4) ve 26 Aralık 2007 (M_w 5.3) Bala (Ankara) depremleridir.



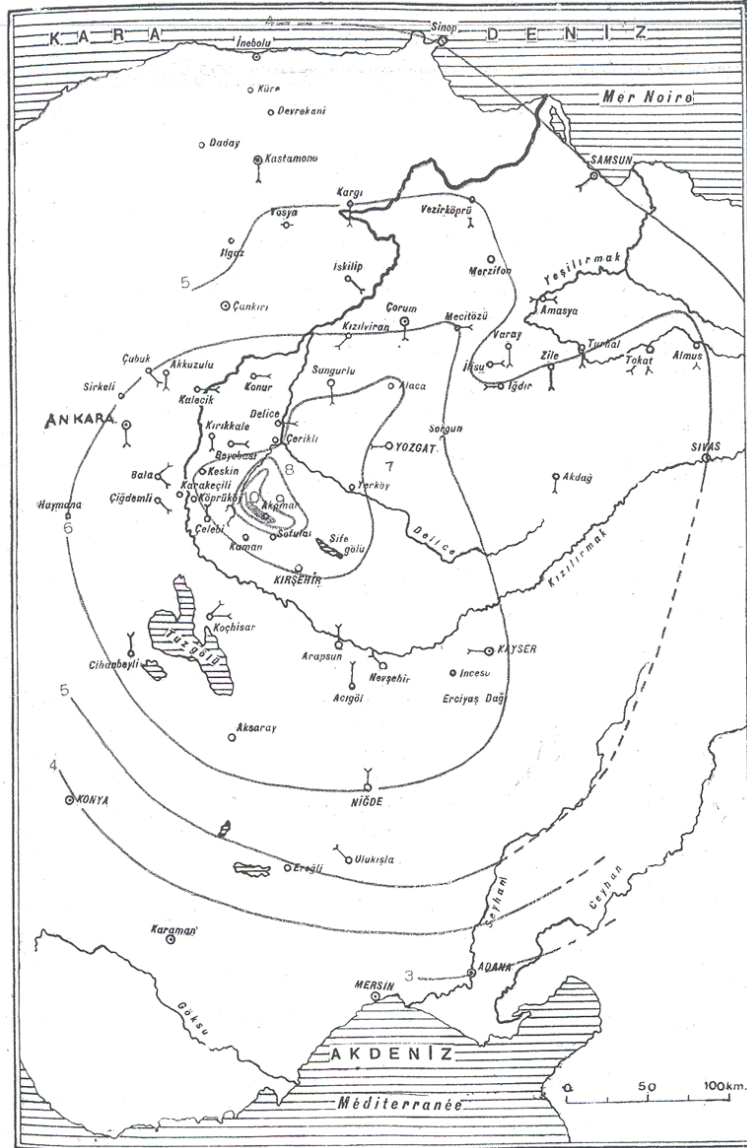
Şekil 3.4 Ankara ve yakın çevresinde 25.06.1910-06.11.2009 tarihleri arasındaki deprem etkinliği (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verisine göre)



Şekil 3.5 1999-2009 yılları arasında Ankara ve yakın çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü 2 ve üzerinde olan depremlerin aylara göre dağılımı. Düşey eksen deprem sayısını, yatay eksen yıllar içerisinde ayları göstermektedir

19 Nisan 1938 Kırşehir Depremi (M 6.6)

6.6 büyüklüğündeki 19 Nisan 1938 Kırşehir depremi, Ankara çevresinde Orta Anadolu'da Kuzey Anadolu Fay Zonu kaynaklı olmayan en büyük depremdir. Dışmerkezi Kırıkkale ve Kırşehir arasında Akpınar-Köşker civarında yer alan bu depremde 14-15 km'lik yüzey kırığı oluşmuştur (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7) (Arni 1938, Parejas ve Pamir 1939, Jackson ve McKenzie 1984, Ambraseys ve Jackson 1998). Kırşehir ve Yozgat'ta ölümlere, önemli hasar ve yıkımlara yol açan deprem, Ankara'da da hasara yol açmıştır (Ergin vd. 1967). Depremin odak mekanizması çözümü, sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir (Jackson ve McKenzie 1984).



Şekil 3.6 19 Nisan 1938 Kırşehir depremi eşşiddet haritası (Parejas ve Pamir 1939)



Şekil 3.7 19 Nisan 1938 Kırşehir depreminde oluşan yüzey kırıkları (Arni 1938)

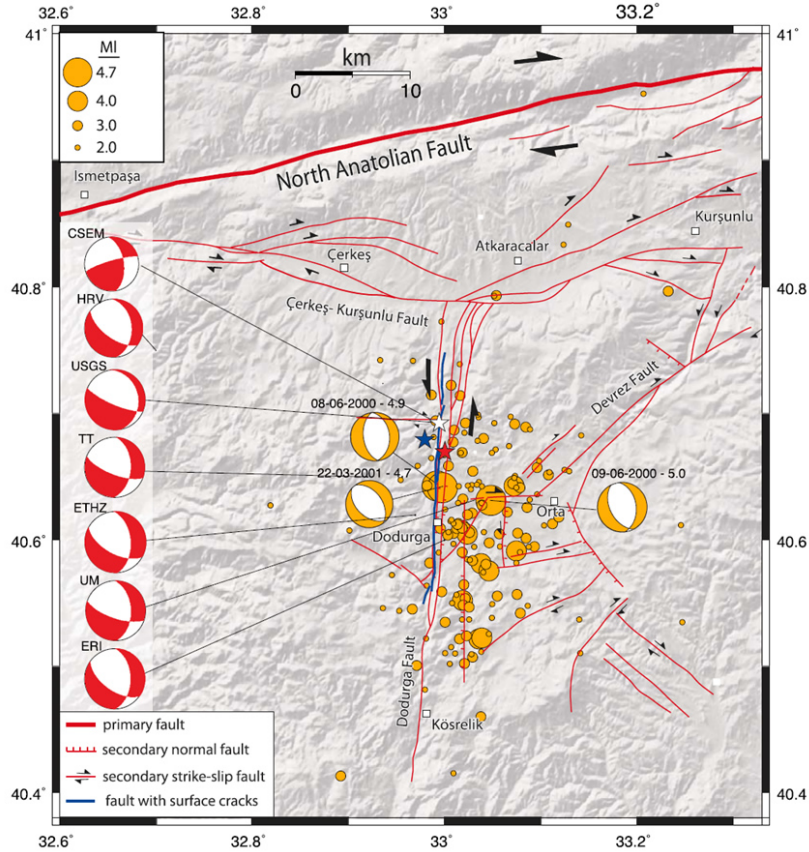
1 Şubat 1944 Gerede (Bolu) (M 7.4) ve 13 Ağustos 1951 Kurşunlu (Çankırı) (M 7) Depremleri

Bu depremler Ankara'nın yaklaşık 100 km kuzeyinden geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelmiştir. 7.4 büyüklüğündeki ve X şiddetindeki 1 Şubat 1944 Gerede depremi 180 km'lik fay bölümü üzerinde olmuştur (Ketin 1969). Ankara'da özellikle kuzey bölgelerde önemli hasara neden olan depremde 125 kişi ölmüş, 158 kişi yaralanmış, 1829 hayvan ölmüş, 1450 yapı yıkılmış ve 2716 yapı hasar görmüştür (Ergünay 1978). 7 büyüklüğündeki IX şiddetindeki 13 Ağustos 1951 Kurşunlu depreminde ise Kurşunlu civarında 12 km ve 6-8 km'lik yüzey kırıkları meydana gelmiştir (Ketin 1969).

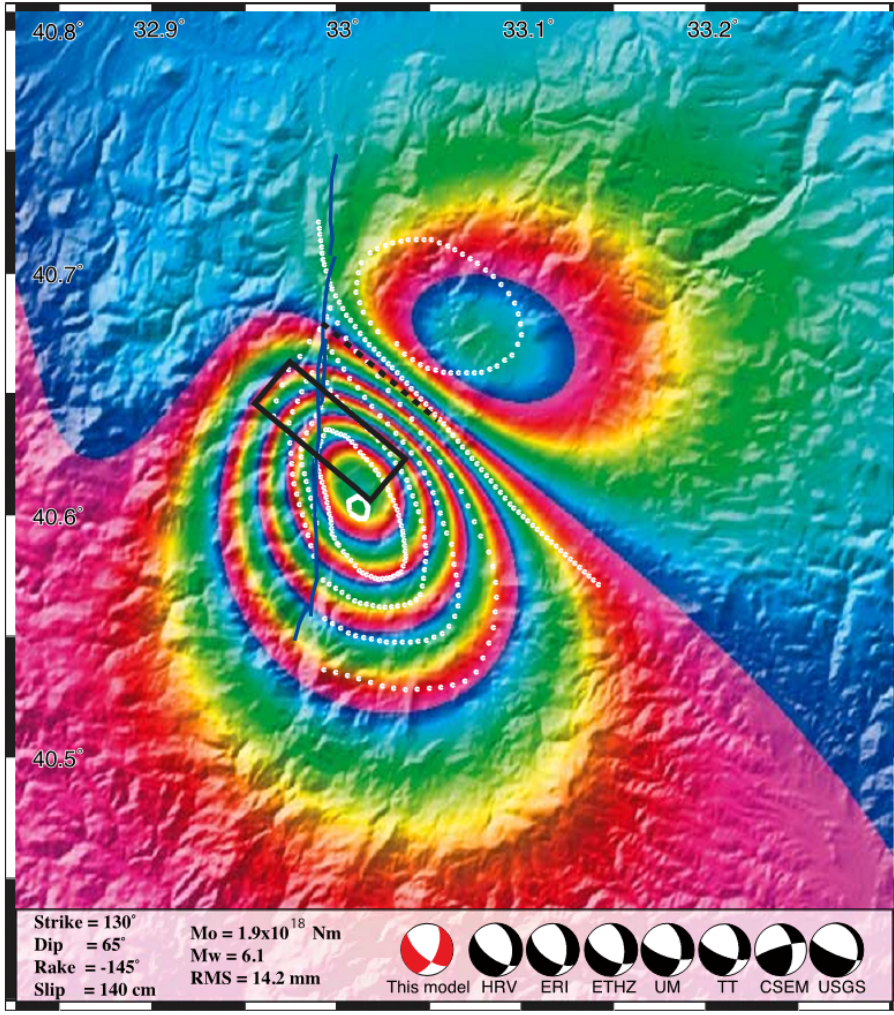
6 Haziran 2000 Orta (Çankırı) Depremi (M_w 6.0)

6 Haziran 2000 Orta depreminin dışmerkezi (M_w 6.0) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun yaklaşık 35 km güneyinde, Orta'nın kuzeybatısında yer alır (Koçyiğit vd. 2001, Taymaz vd. 2007, Çakır ve Akoğlu 2008) (Şekil 3.8). Koçyiğit vd. (2001) depremin Dodurga

Fay Zonu olarak isimlendirdikleri sol yönlü doğrultu atımlı fay zonu üzerinde meydana geldiğini belirtir. Taymaz vd. (2007) yüzey kırığı oluşturmeyen depremin oluşumunu alt kabuk ve litosferin sağ yönlü makaslamaya uğramasıyla oluşan saat yönündeki dönme sonucunda gelişen sol yönlü faylanmayla açıklar. Çakır ve Akoğlu (2008), depremi her ne kadar kuzey-güney doğrultulu doğuya eğimli sol yönlü verev normal bir listrik fayla ilişkilendirse de, InSAR verilerinin KB-GD doğrultulu güneybatıya eğimli sağ yönlü verev normal bir fay modeliyle de uyumlu olduğunu belirtir (Şekil 3.9). Ayrıca Orta depreminin (M_w 6.0) ardından meydana gelen, büyüklükleri 4.7 ile 5.0 arasında değişen üç depremin normal fay karakterindeki odak mekanizması çözümleri de dikkat çekicidir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Yıldızlar farklı kurumlara göre 06.06.2000 Orta depreminin konumunu, sarı daireler ana deprem sonrasında 6 aylık sürede kaydedilen artçı depremlerin konumlarını, kırmızı odak mekanizması çözümleri ana deprem için önerilen çözümleri ve sarı odak mekanizması çözümleri de ana deprem sonrası kaydedilen artçı depremlerden bazılarının ETHZ'ye göre çözümlerini göstermektedir (Çakır ve Akoğlu 2008)



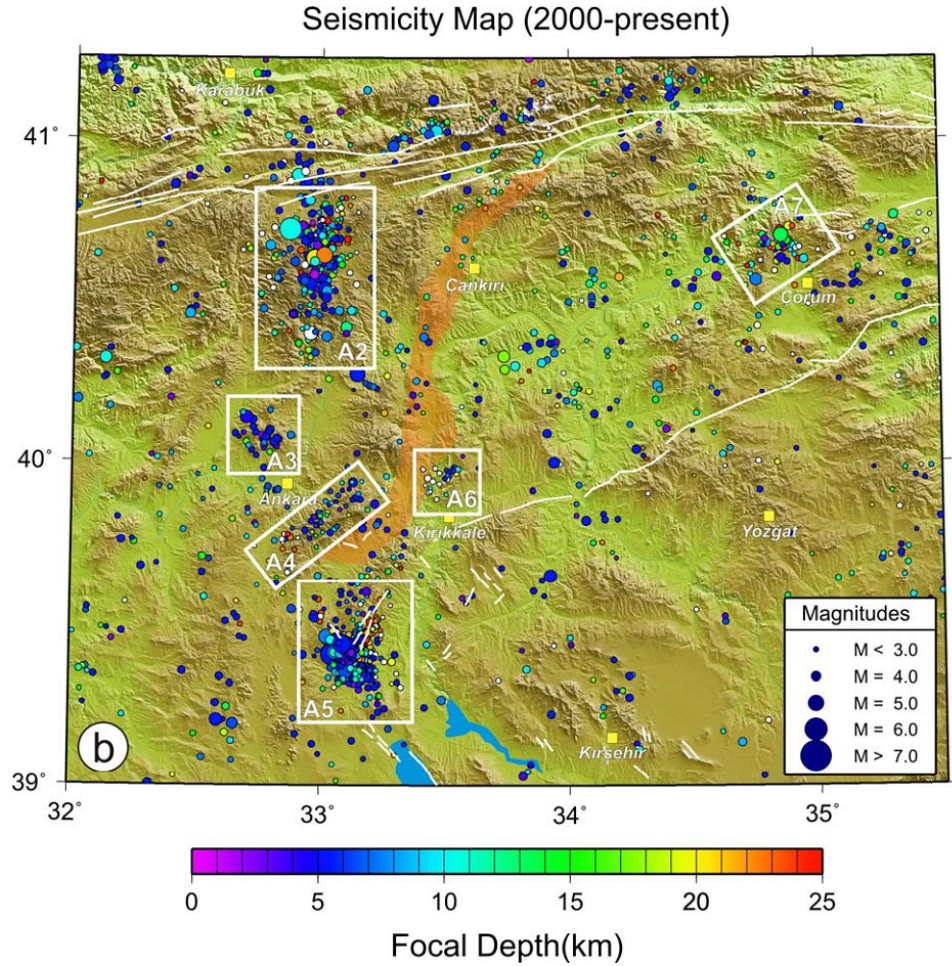
Şekil 3.9 Yaklaşık 7 km uzunluğunda ve 5 km genişliğinde, GB'ya 65° ile eğimli, KB-GD doğrultulu sağ yönlü verev normal fay modeli. Bu model her ne kadar doğuya eğimli sol yönlü verev normal listrik fay modeline göre yaklaşık %40 daha fazla uyumsuzluğa sahipse de, interferogramlardaki faz döngüsü (fringe) şeklinin bütününe açıklar (Çakır ve Akoğlu 2008)

30 Temmuz 2005 (M_w 5.3), 20 Aralık 2007 (M_w 5.4) ve 26 Aralık 2007 (M_w 5.3) Bala (Ankara) Depremleri

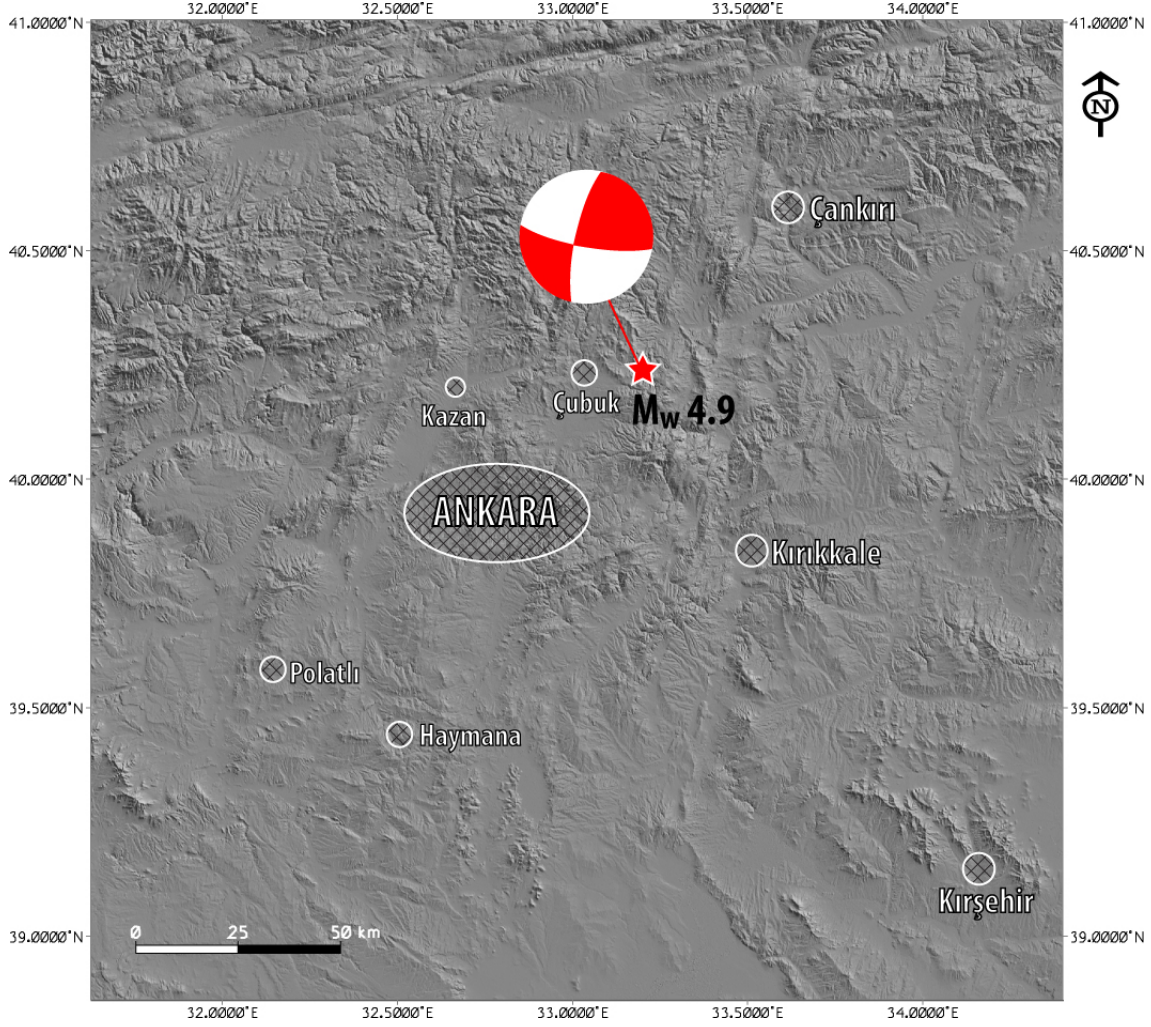
30 Temmuz 2005 (M_w 5.3) depremiyle birlikte Ankara'nın güneybatısında yer alan Bala bölgesinde yoğun bir deprem etkinliği yaşanmaya başlanmıştır. Bu tez kapsamında çalışılan Bala depremleri ile ilgili ayrıntılı bilgi bir sonraki bölümde verilecektir.

Orta depremi ve Bala depremlerinin yarattığı sismik etkinlik dışında Ankara bölgesinde Ankara ve Çankırı arasında ETKK'ye bağlı deprem etkinliği (Seyitoğlu vd. 2009) ile

Ankara'nın hemen kuzeyinde Kazan'ın doğusundaki ve Elmadag üzerindeki büyüklükleri çoğunlukla 4'ten küçük depremlerin oluşturduğu kümelenmeler dikkat çekicidir (Şekil 3.10). Ayrıca 31.01.2008 tarihinde Ankara'nın kuzeydoğusunda Çubuk'ta meydana gelen 4.9 (M_w) büyüklüğündeki deprem de dikkat çekicidir. Depremin hızlı moment tensör çözümü doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir (Şekil 3.11). Tez çalışması kapsamında yapılan arazi çalışmasında bu depremle ilişkilendirilebilecek bir faya rastlanılmamakla birlikte depremin ETKK ile ilişkili bir yırtılma fayına bağlı olabileceği düşünülmektedir.



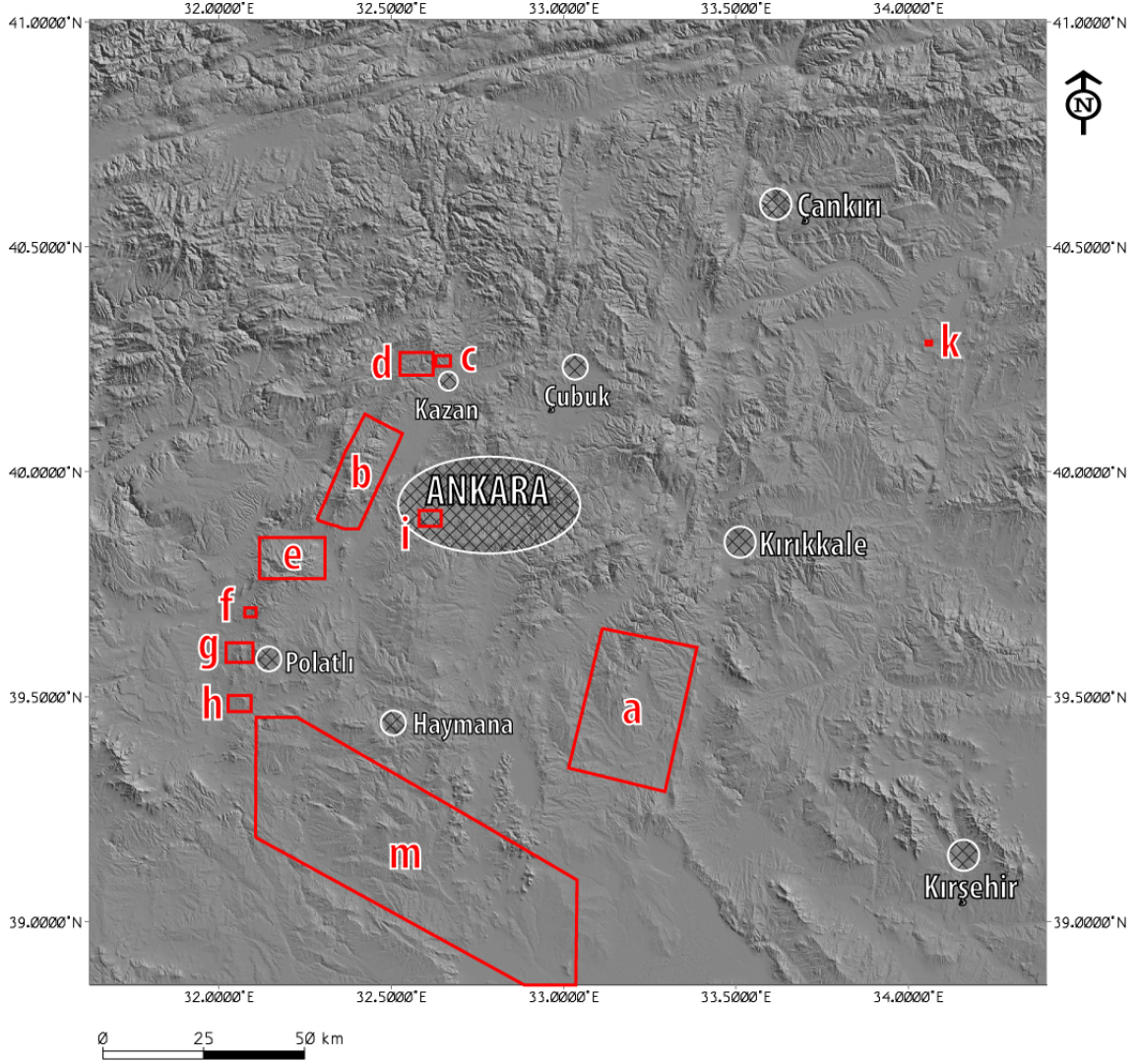
Şekil 3.10 Ankara bölgesinin 2000 yılından günümüze deprem etkinliği (Seyitoğlu vd. 2009). Beyaz çerçeveler deprem kümelenmelerini gösterir. A2: Orta bölgesi, A3: Kazan'ın doğusu, A4: Elmadag bölgesi, A5: Bala bölgesi, A6: Kırıkkale'nin kuzeyi, A7: Çorum bölgesi



Şekil 3.11 31.01.2008 (M_w 4.9) Çubuk depreminin dışmerkez konumu (Çıvgın 2010) ve odak mekanizması çözümü (Global CMT kataloğundan alınmıştır)

3.3 Araştırma Bulguları

Bu bölümde Ankara ve yakın çevresinin neotektoniğinin ve depremselliğinin anlaşılmasında önemli olduğu düşünülen anahtar bölgelerde tez kapsamında yapılmış çalışmalar anlatılacaktır. Çalışma alanları Şekil 3.12’de görülmektedir.

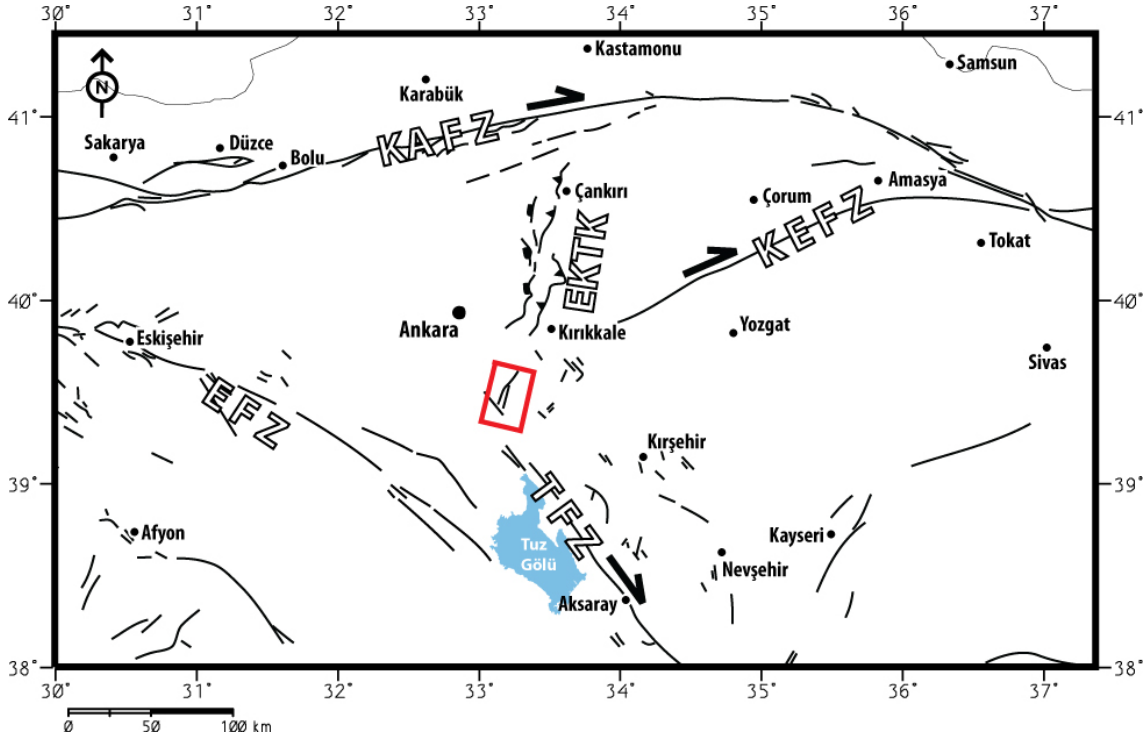


Şekil 3.12 Tez kapsamında detay çalışılan alanlar. a) Bala bölgesi, b) Abdüsselam yükselimi, c) Sinap Tepe civarı, d) Çalta bölgesi, e) Çiledağ bölgesi, f) Şabanözü güneyi, g) Dua Tepe bölgesi, h) Sakarya bölgesi, i) Etimesgut antiklinali, k) Bağdatlı bölgesi, m) Ilıca fayı

3.3.1 Bala bölgesi

KD-GB doğrultulu KEFZ ve KB-GD doğrultulu TFZ'nin birbirlerine yaklaştığı Ankara'nın GB'sında yer alan Bala bölgesinde (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13) 30 Temmuz 2005 (Mw=5.3), 20 Aralık 2007 (Mw=5.4) ve 26 Aralık 2007 (Mw=5.3) tarihlerinde büyüklükleri 5'in üzerinde üç önemli deprem meydana gelmiştir. 30 Temmuz 2005 ana depreminden sonra bölgede günümüze kadar devam eden yoğun bir sismik hareketlilik gözlenmektedir. Aktif tektonik yapılarla çevrili olan Ankara çevresinde Orta

Anadolu'nun iç deformasyonunu anlamada bu ana deprem ve artçı depremleri büyük önemdedir.



Şekil 3.13 Ankara ve yakın çevresini etkileyen başlıca neotektonik yapılar. Kırmızı çerçeve bu tez kapsamında çalışılan Bala bölgesini göstermektedir

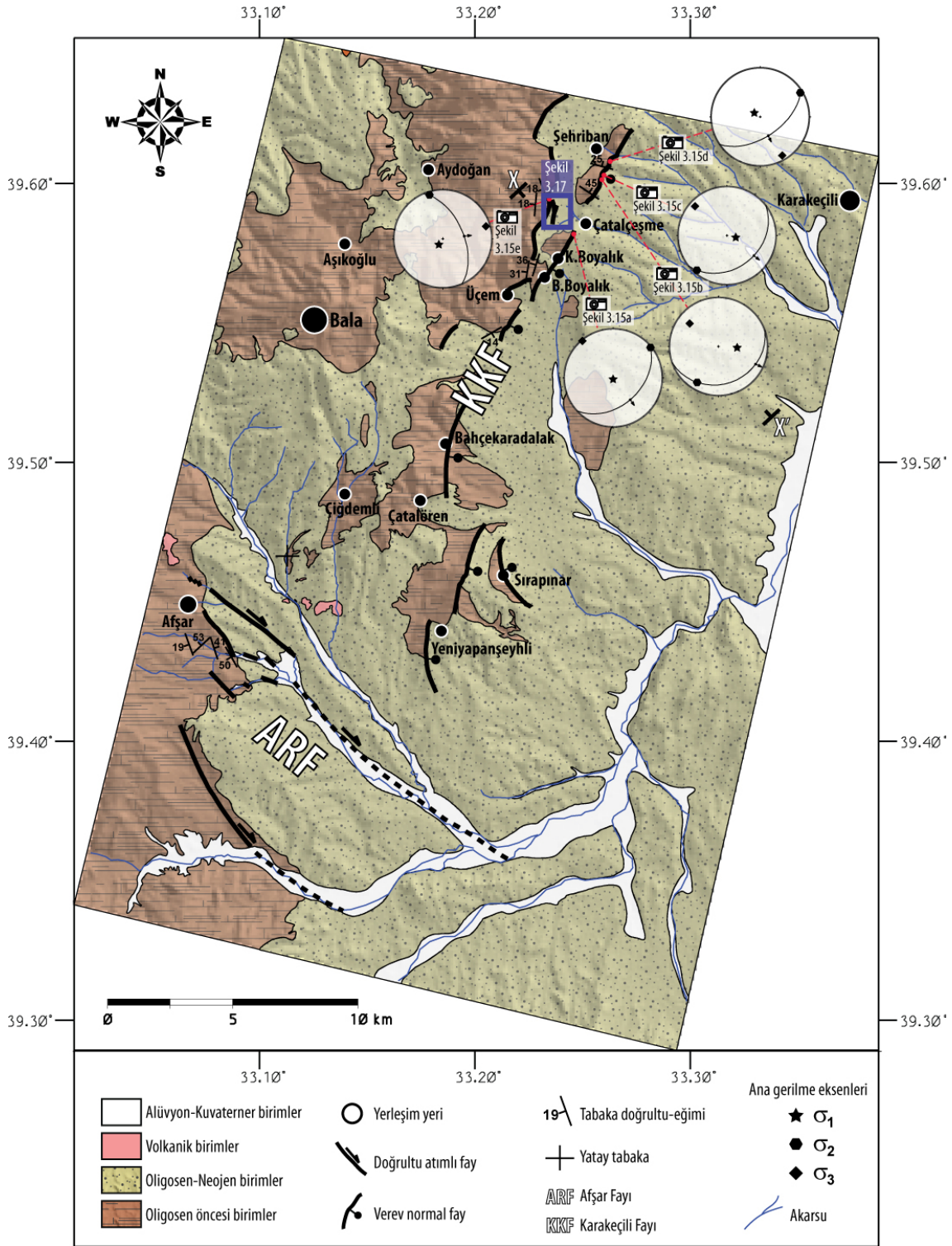
Bu bölümün amacı detaylı jeolojik arazi gözlemleri ve sismolojik veriler ışığında bölgenin aktif tektoniğini açıklamaktır.

3.3.1.1 Bala bölgesindeki aktif faylar

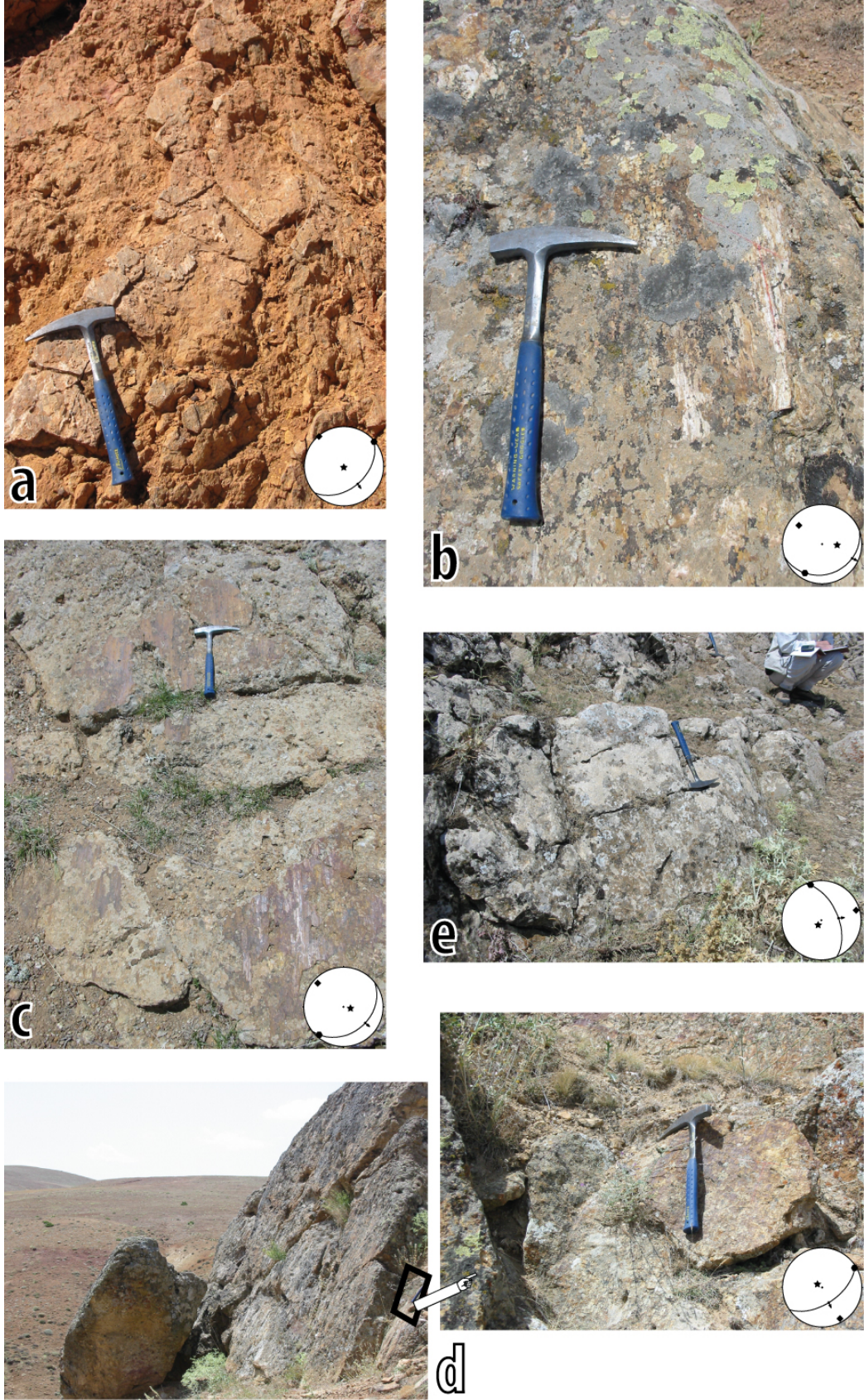
Bala bölgesindeki aktif faylar çeşitli raporlarda ve makalelerde yer alan haritalarda gösterilmekle birlikte (Şaroğlu vd. 1987, Koçyiğit 2003, Özsayın ve Dirik 2007, Rojay ve Karaca 2008, Koçyiğit 2009, Tan vd. 2010) bu çalışmalarda faylara ilişkin detaylı arazi gözlemleri ve tanımlamalar bulunmamaktadır.

Karakeçili Fayı (KKF) ve Afşar Fayı (ARF) bölgeyi etkileyen farklı doğrultulara sahip faylardır (Şekil 3.14). KKF, KKD doğrultulu verev normal faydır ve Neojen-Kuvaterner Karakeçili Havzası'nı sınırlandırır (Yalçınlar 1983, Türkmen ve Özkul 1999, Saraç 2003). KKF paralel ve yarı paralel fay parçalarından oluşur. Temel kayaçlarıyla sedimanter birimler arasındaki verev ve neredeyse saf normal fay yüzeyleri ve üzerlerindeki kayma çizikleri net bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 3.15). KKF aynı zamanda Bala'nın da üzerinde yer aldığı topoğrafik olarak yüksek bölümlerden havza içine doğru alçalan topoğrafyayı kontrol eder (Şekil 3.16). Havza içinde normal fay özelliğinde birbirini takip eder şekilde, sıkışmamış havza dolgusu birimlerini deforme eden fay sarplıkları da görülmektedir (Şekil 3.17). Ayrıca temel kayaç olan rekristalize kireçtaşı içerisinde faya yakın olan bölümlerde iri kalsit kristallerini içeren damarlar ve breş oluşumları görülür (Şekil 3.18).

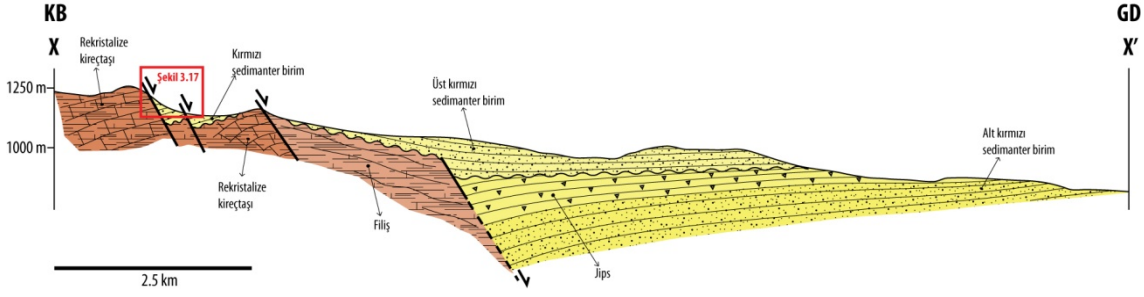
ARF sağ yönlü doğrultu atım karakterindedir ve pek çok parçadan oluşur. Bölgedeki birimlerin büyük oranda tarlalarla örtülü olmasından dolayı ARF'ye ait fay yüzeyleri arazide gözlenememektedir. Bununla birlikte, fayın varlığı arazide dikkatli haritalamayla ve uydu görüntülerinin kullanılmasıyla belirlenebilmiştir. KB doğrultulu fay parçalarının çoğunluğu güncel akarsu kanalları üzerinde değişen oranlarda gözlenen sağ yönlü ötelenmelere sahiptir (Şekil 3.14 ve Şekil 3.19). 2007 ana depreminden sonra yapılan saha çalışmalarında gözlemlenen, Afşar kasabasının mezarlık duvarındaki kırıkların ana fayla ilişkili ikincil kırıklar olduğu düşünülmektedir. Bu kırıklar kullanılarak ana fayın doğrultusu K25B olarak hesaplanabilir ki bu da Afşar'ın hemen kuzeyindeki en-eşelon fayın doğrultusuyla uyumludur (Şekil 3.19b ve Şekil 3.20). Ayrıca yine 2007 ana depreminden sonra Afşar kasabasında evlerin duvarlarında makaslama kırıkları ve asfaltta kırıklar oluşmuştur (Şekil 3.21).



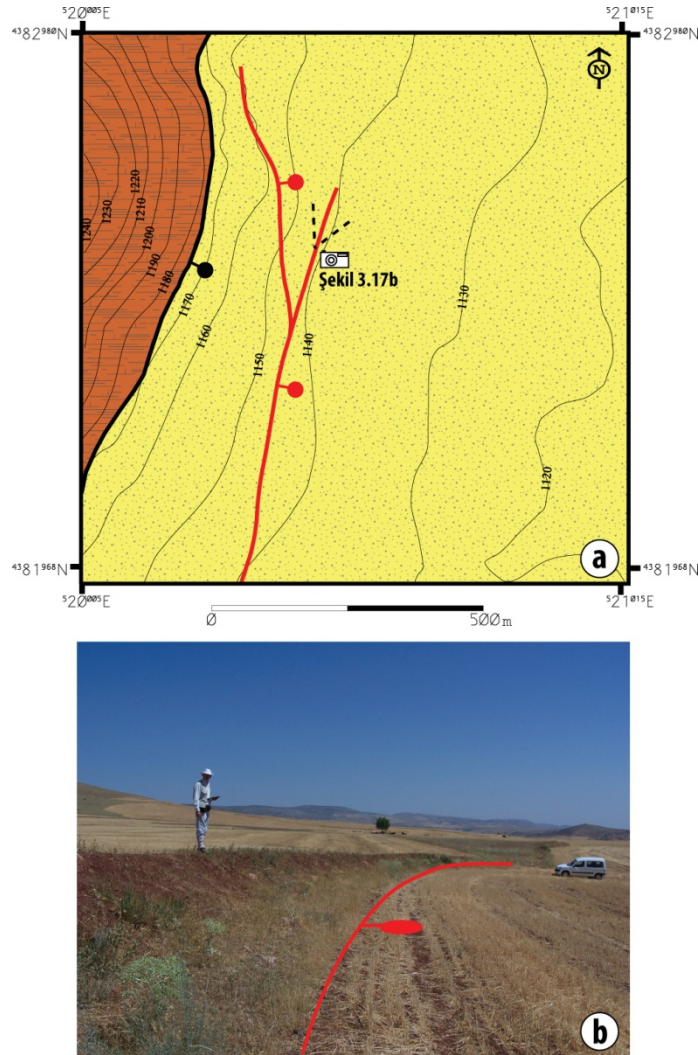
Şekil 3.14 İnceleme alanının arazi gözlemleri, ASTER uydu görüntüsü ve Erol'dan (1954) yararlanılarak hazırlanmış jeoloji haritası. Beyaz daireler fay düzlemlerinin alt yarıküre eşit alan stereografik izdüşümlerini gösterir



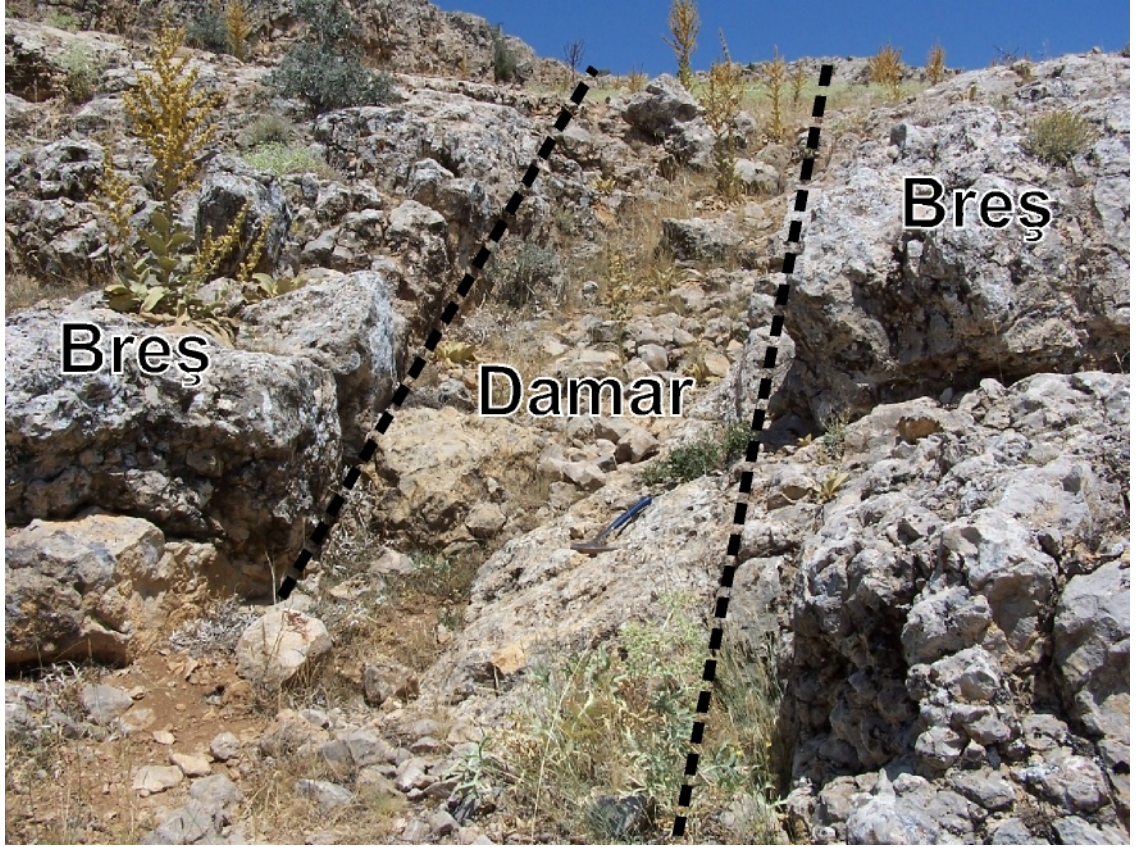
Şekil 3.15 Fay yüzeylerinin fotoğrafları. Fotoğrafların yerleri için Şekil 3.14'e bakınız



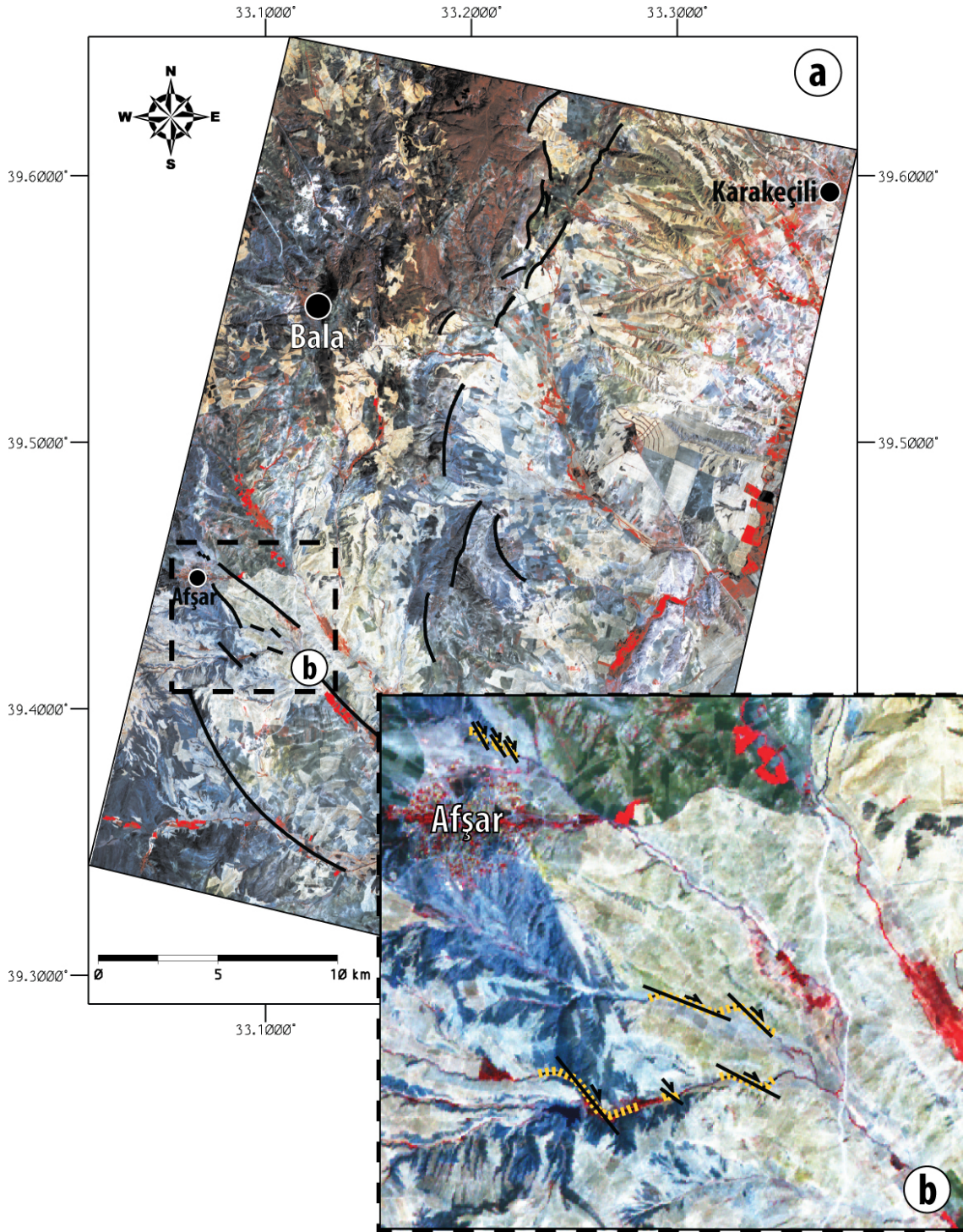
Şekil 3.16 Karakeçili Neojen-Kuvaterner havzasının içyapısını gösteren jeolojik kesit. Alt kırmızı sedimanter birimin yaşı Erken Miyosen (MN 4) (Saraç 2003), üst kırmızı sedimanter birimin ise Geç Miyosen-Erken Pliyosen (MN 9-15)'dir (Yalçınlar 1983)



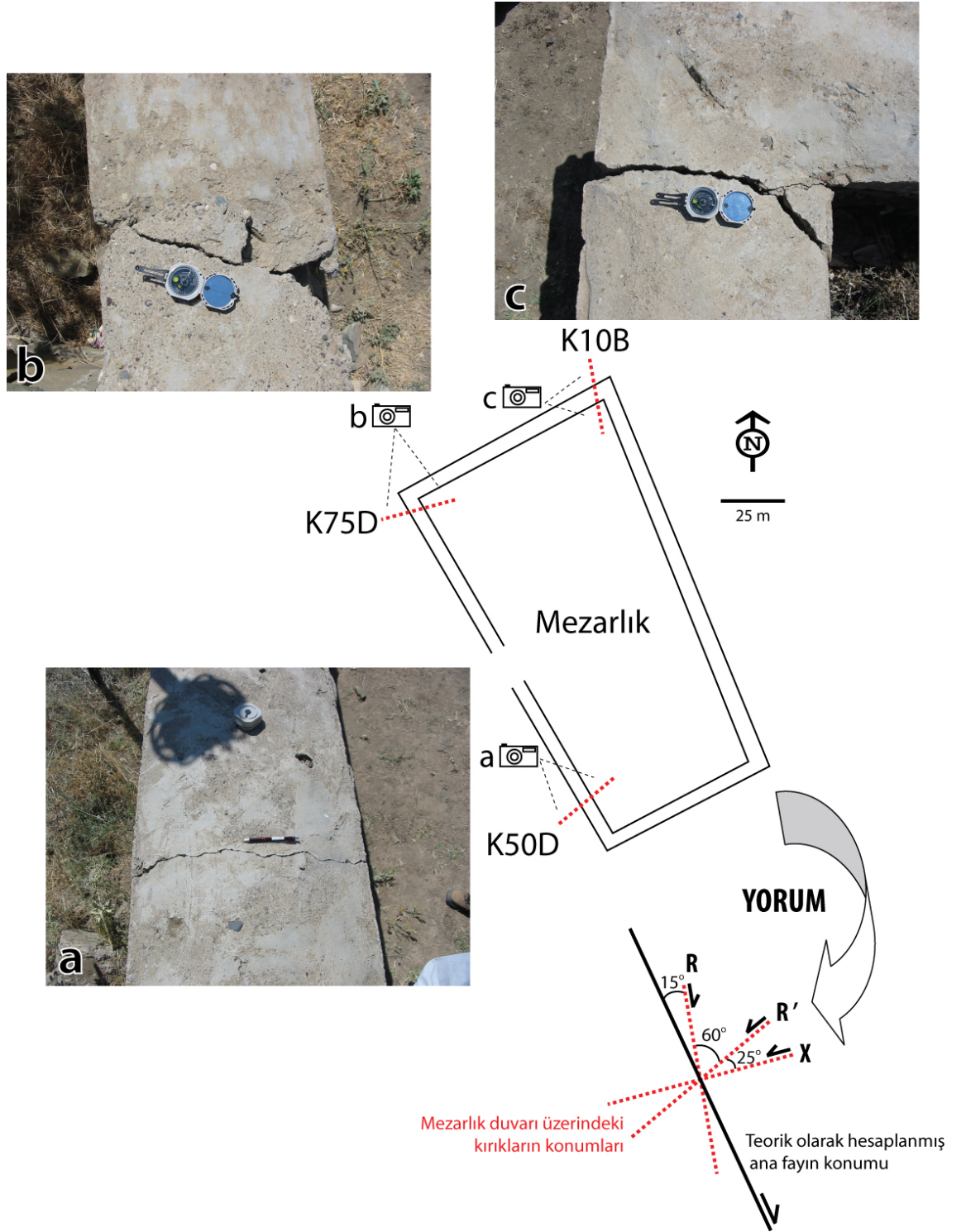
Şekil 3.17 a) Detay jeoloji haritası b) Arazi görünümü. Kırmızı çizgiler Neojen-Kuvaterner birimler içerisindeki güncel fay sarpılıklarını gösterir. Konum ve lejant için Şekil 3.14'e bakınız



Şekil 3.18 Rekristalize kireçtaşı içerisinde iri kalsit kristalleri içeren yaklaşık 1 m genişliğindeki K-G doğrultulu damardan ve breşten bir görünüm. Kuzeye bakış



Şekil 3.19 İnceleme alanının ASTER uydu görüntüsü. Siyah çizgiler fayları, oklar ise derelerdeki yer değiştirme yönlerini göstermektedir. Turuncu kesikli çizgiler derelerdeki dönüşleri vurgulamak için çizilmiştir



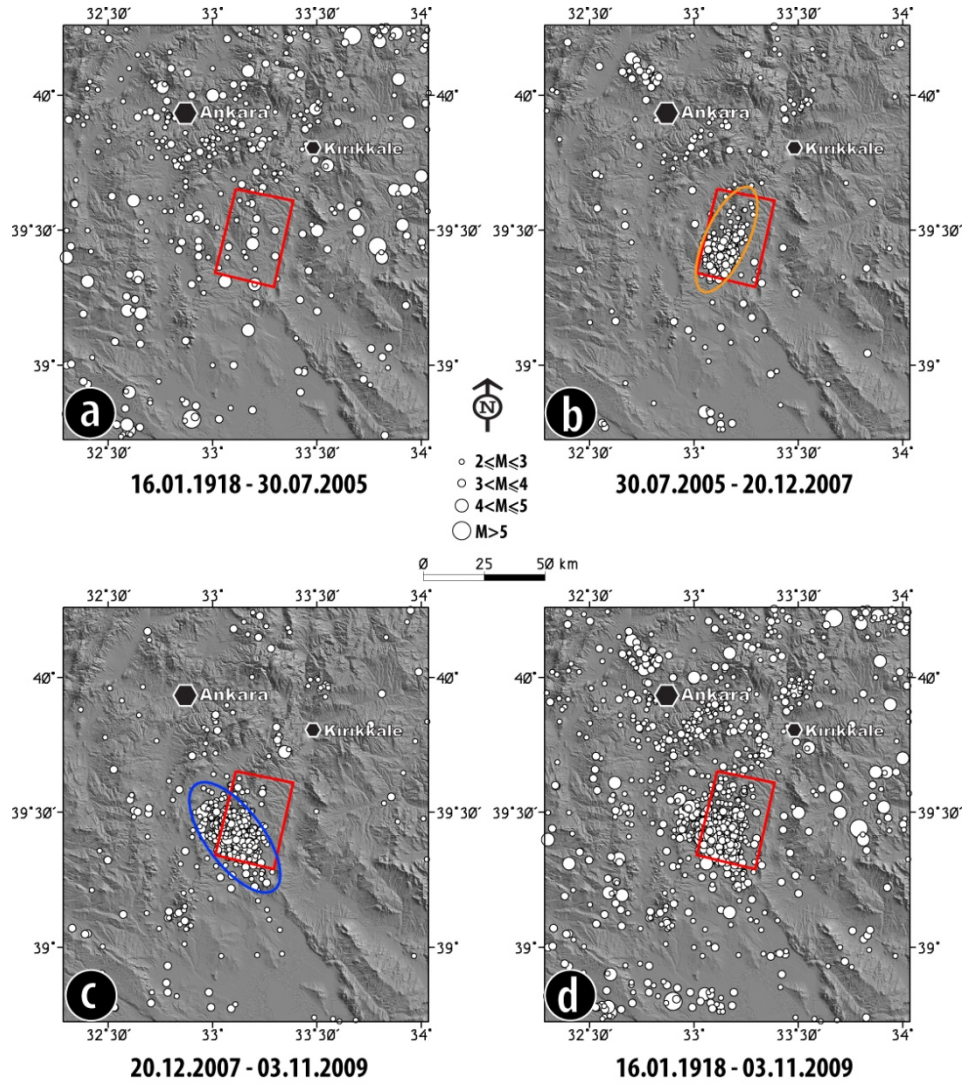
Şekil 3.20 Afşar kasabasının mezarlık duvarında depremle meydana gelmiş kırıklar ve bu kırıkların konumlarının yorumlanmasıyla belirlenmiş ana fay konumu. Belirlenen ana fay konumu Şekil 3.19b’de gösterilen, Afşar’ın KB’sında derelerin ötelenmesine dayanılarak çizilen fay parçalarının konumlarıyla uyumludur



Şekil 3.21 Afşar kasabasında deprem sırasında bir evin duvarında oluşan makaslama kırıkları (a) ve asfaltta görülen K25B doğrultulu kırık (b)

3.3.1.2 Bölgenin depremselliği

Bala bölgesinin 30 Temmuz 2005’de meydana gelen 5.3 büyüklüğündeki depreme kadar sismik olarak etkin olmayan ya da çok az etkin olan bir yer olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.22a). Bu tarihe kadar bölgede büyüklüğü 4.9 (M_b , 4 Temmuz 1978) ve 4.7 (M_w , 21 Nisan 1983) olan iki depremle birlikte çok az deprem meydana gelmiştir. Nisan 1983 ve Temmuz 2005 tarihleri arasında ise bölge deprem etkinliği açısından oldukça sessizdir.



Şekil 3.22 Bölgede 16 Ocak 1918 ve 3 Kasım 2009 tarihleri arasında görülen deprem etkinliği. Kırmızı çerçeve çalışma alanını göstermektedir. Elipsler deprem kümelenmelerini gösterir. Deprem verisi Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kataloglarından alınmıştır

30 Temmuz 2005 depreminden sonra, Ankara çevresinde Anadolu levhasının içsel deformasyonunu anlamaya yönelik olarak Ankara Üniversitesi tarafından desteklenen proje kapsamında Ankara çevresinde bir deprem izleme ağı (AnkNET) Eylül 2007 tarihinde kurulmuştur (Şekil 1.1). Güralp 6TD geniş bant sismometrelerden oluşan altı adet istasyona sahip ve geçici olarak tasarlanan bu ağdan Eylül 2010 tarihine kadar üç yıl boyunca veri alınmıştır (Şekil 3.23).

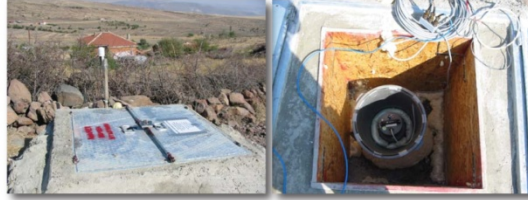
Karginselimağa (Kaman-Kırşehir) Deprem İstasyonu [KSLM]

Kurulum Tarihi: 31.08.2007
Koordinat: 39°25'53.30"N, 33°35'59.90"E, 1061 m



Salihler (Güdül-Ankara) Deprem İstasyonu [SALI]

Kurulum Tarihi: 06.09.2007
Koordinat: 40° 9'0.66"N, 32°11'6.02"E, 956 m



Özlü (Orta-Çankırı) Deprem İstasyonu [OZLU]

Kurulum Tarihi: 24.10.2008
Koordinat: 40°31'45.10"N, 33° 3'52.63"E, 1452 m



Şerefliöğözü (Haymana-Ankara) Deprem İstasyonu [SERE]

Kurulum Tarihi: 02.09.2007
Koordinat: 39°18'6.73"N, 32°35'44.70"E, 1163 m



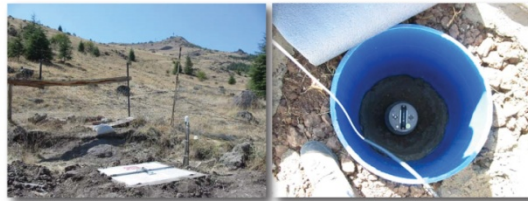
Yenice (Sulakyurt-Kırıkkale) Deprem İstasyonu [YENI]

Kurulum Tarihi: 30.08.2007
Koordinat: 40°10'59.45"N, 33°52'3.34"E, 1191 m



Merkez (Başak Mh.-Hüseyingazi-Ankara) Deprem İstasyonu [MRKZ]

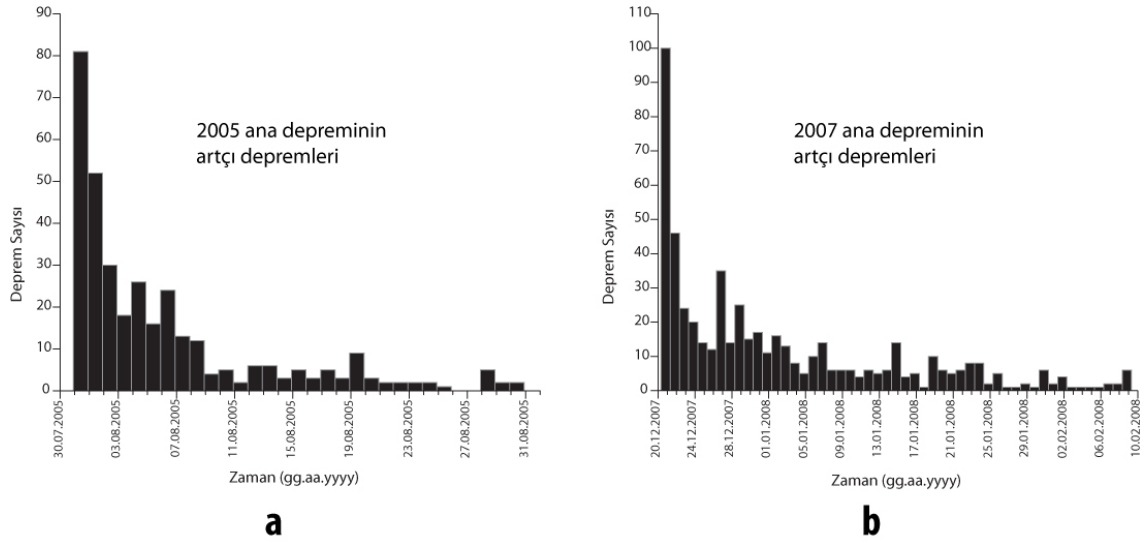
Kurulum Tarihi : 19.09.2007
Koordinat: 39°56'56.79"N, 32°58'13.00"E, 1181 m



Şekil 3.23 AnkNET istasyonları

30 Temmuz 2005 tarihinde yaklaşık 6 km derinlikte ve 5.3 büyüklüğünde Bala'da meydana gelen depremle birlikte bölgede yoğun bir sismik hareketlilik gözlenmeye

başlanmıştır. Bu ana depremi takip eden farklı büyüklüklerde pek çok artçı deprem kaydedilmiştir (Şekil 3.22b). Şekil 3.24a ana depremi takip eden bir aylık süre içerisindeki artçı depremleri göstermektedir. Ana depremin ve bazı önemli artçılarının AnkNET projesi kapsamında elde edilen odak mekanizması çözümü parametreleri de Çizelge 3.1’de görülmektedir (Esat vd. 2009, Çıvgın vd. 2009, Esat vd. 2011).



Şekil 3.24 Zamana göre 2005 ana depreminden sonraki (a) ve 2007 ana depreminden sonraki (b) deprem sayılarını gösteren sütun grafikler

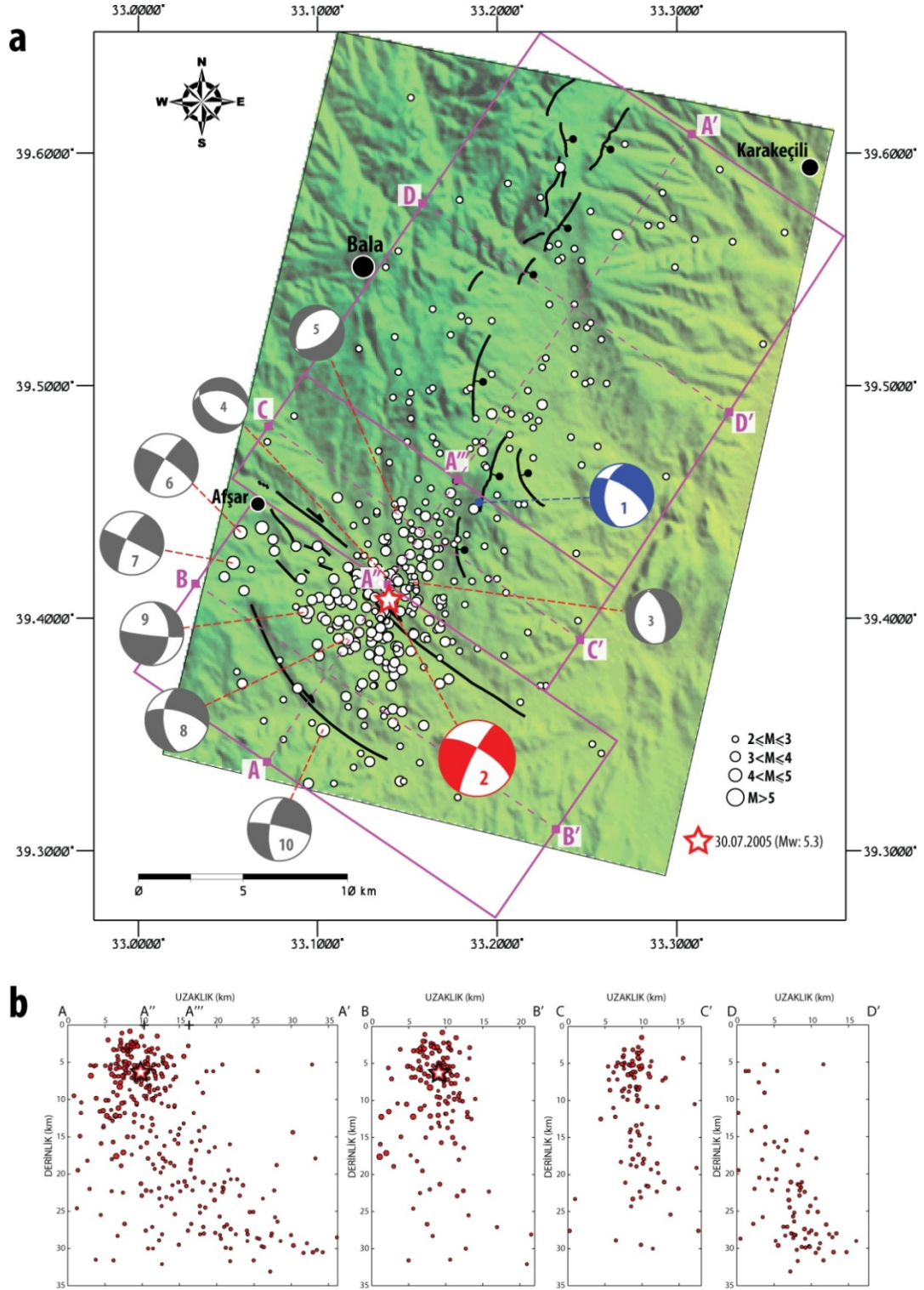
20 Aralık 2007’de aynı bölgede bu sefer 5.4 büyüklüğünde bir deprem olmuş, 26 Aralık 2007 tarihinde ise bu ana depremi takip eden 5.3 büyüklüğünde bir artçı deprem meydana gelmiştir. 20 Aralık 2007 ana depremi sonrası oluşan depremlerin zaman histogramı Şekil 3.24b’de görülmektedir. 20 Aralık 2007 ana depreminin ve önemli artçılarının AnkNET projesi kapsamında elde edilen odak mekanizması parametreleri de Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Bölgede meydana gelen bu ana depremlerin artçı deprem dağılımlarına baktığımızda 30 Temmuz 2005 ana depreminin artçılarının büyük oranda KKF üzerinde KKD-GGB doğrultusunda dizildiği görülürken (Şekil 3.25a), 20 Aralık 2007 ana depreminin artçıları ise ARF üzerinde KB-GD doğrultusunda yer almaktadır (Şekil 3.26a).

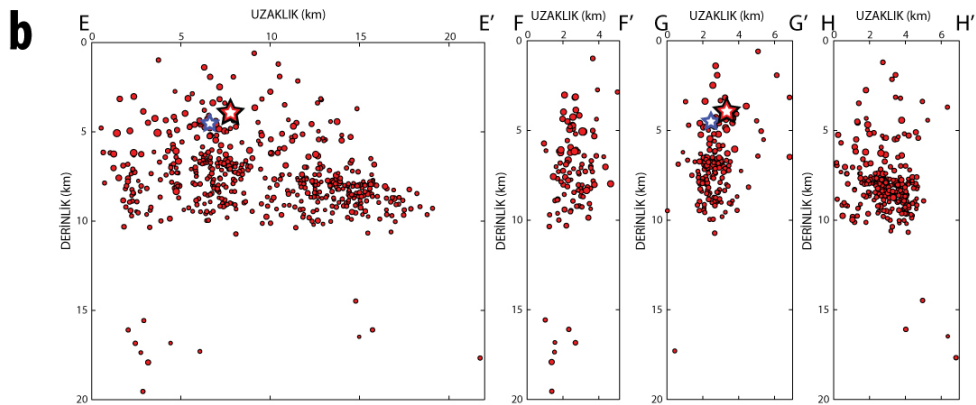
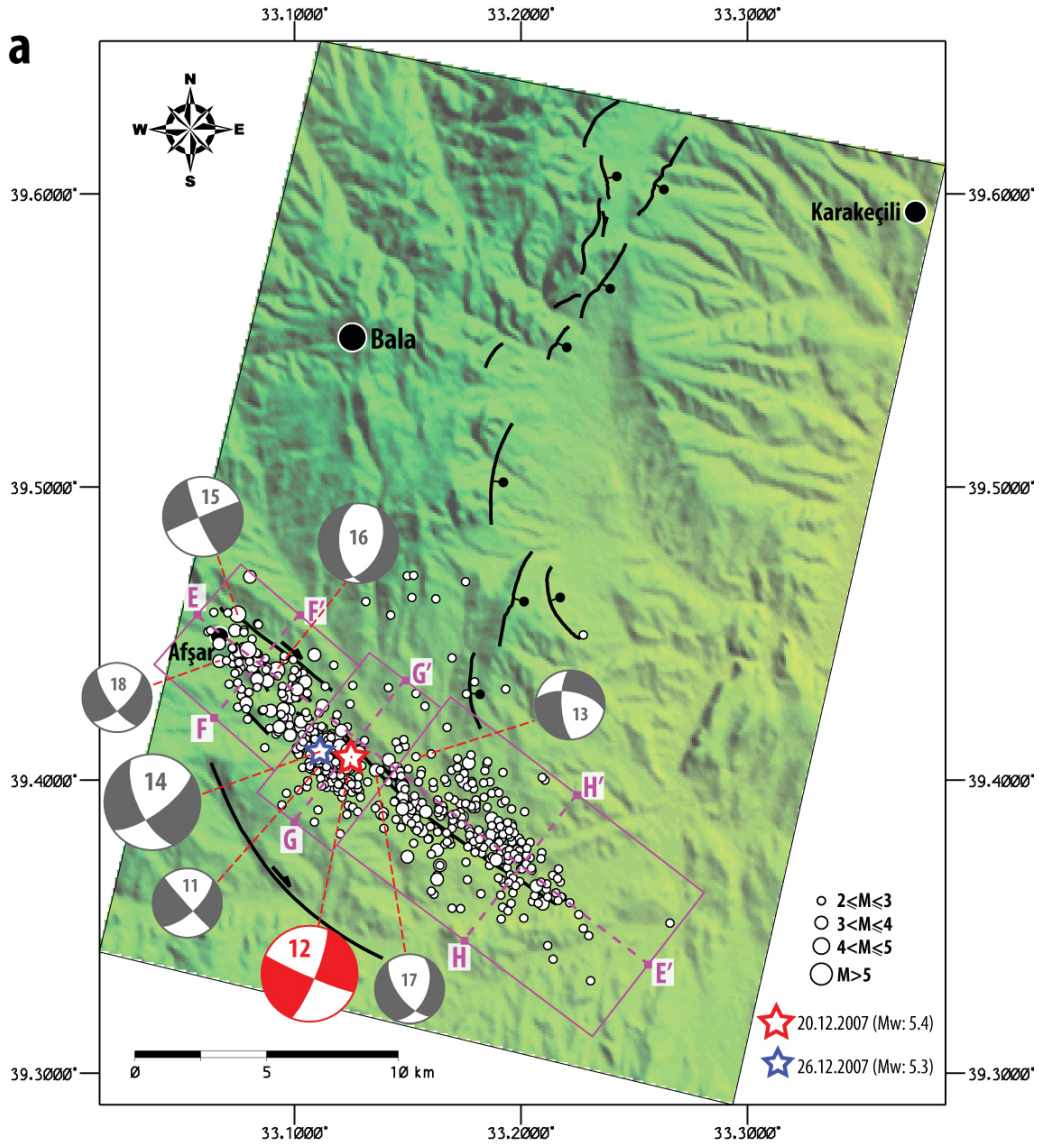
Çizelge 3.1 AnkNET projesi kapsamında üretilmiş odak mekanizması çözümlerinin parametreleri. 1 no’lu çözüm Kocaeve ve Ataman (1982)’dan alınmıştır

No	Tarih	Zaman (UTC)	Enlem K (°)	Boylam D (°)	Derinlik (km)	Büyüklik	Düğüm düzlemleri			P ekseni		T ekseni	
							Doğrultu1 Doğrultu2	Eğim1 Eğim2	Sapma1 Sapma2	Gidiş	Dahm	Gidiş	Dahm
1	04/07/78	22:39:16	39.450	33.190	23	4.9 (Mb)	303 186	66 44	-129 -36	167	54	59	13
2	30/07/05	21:45:00	39.4073	33.1399	6.391	5.3 (Mw)	301 207	70 80	-169 -21	162	22	255	7
3	31/07/05	00:14:48	39.4156	33.1535	9.923	3.2 (M _D)	343 180	61 30	-98 -75	223	73	79	16
4	31/07/05	00:45:14	39.4161	33.1408	6.463	3.9 (Mw)	129 278	48 47	-68 -113	112	74	204	0
5	31/07/05	01:09:21	39.4446	33.1444	5.149	3.3 (M _D)	57 217	56 34	-79 -107	1	75	139	11
6	31/07/05	15:18:18	39.4370	33.0570	17.6	4.5 (Mw)	212 304	79 78	-12 -168	168	16	258	0
7	31/07/05	15:23:24	39.4240	33.0530	12.2	4.1 (Mw)	296 205	87 73	-163 -4	162	14	70	9
8	31/07/05	23:41:35	39.3913	33.1165	8.258	4.6 (Mw)	285 177	66 55	-141 -30	145	44	49	7
9	01/08/05	00:45:07	39.4028	33.0946	12.182	4.4 (Mw)	96 2	85 46	-136 -6	329	33	221	26
10	06/08/05	09:09:27	39.3520	33.1030	6.8	4.2 (Mw)	282 187	82 64	-154 -9	148	24	52	12
11	20/12/07	07:36:49	39.4051	33.1110	3.374	3.6 (Mw)	138 47	87 67	-157 -4	5	18	270	13
12	20/12/07	09:48:28	39.4078	33.1248	3.963	5.4 (Mw)	113 22	85 79	-169 -5	338	11	247	4
13	21/12/07	21:44:49	39.4082	33.1535	5.42	3.0 (Mw)	177 280	70 59	-33 -156	135	37	230	7
14	26/12/07	23:47:09	39.4094	33.1113	4.516	5.3 (Mw)	154 54	65 70	-158 -27	13	33	105	3
15	27/12/07	07:47:01	39.4567	33.0749	5.073	4.3 (Mw)	157 248	81 88	178 9	22	5	113	8
16	27/12/07	13:47:58	39.4377	33.0919	5.064	4.4 (Mw)	25 174	44 50	-67 -111	21	74	279	3
17	27/12/07	17:56:12	39.4036	33.1358	6.042	3.7 (Mw)	24 143	48 62	-40 -130	2	54	261	8
18	11/01/08	16:07:49	39.4407	33.0666	7.583	3.5 (Mw)	145 46	70 66	-154 -22	6	32	275	3

2005 ana depreminin artçıları ilk 35 km’lik derinlikte dağılır. Deprem odakları ilk 10 km’lik derinlikte yoğunluk gösterir (Şekil 3.25b). Bununla birlikte, KD’ya doğru depremlerin çoğunlukla 10 km derinliğin altında olduğu görülmektedir (Şekil 3.25b, A-A’ ve D-D’ kesitleri). Buna göre KKF’ye dik olan D-D’ kesitindeki dağılıma dayanarak KKF’nin listrik bir fay geometrisine sahip olduğu söylenebilir (Şekil 3.25b).



Şekil 3.25 a) 30 Temmuz 2005 ve 31 Ağustos 2005 tarihleri arasındaki deprem etkinliği. Odak mekanizması çözümleri için Çizelge 3.1'e bakınız. Deprem dışmerkezlerinin konumları Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verileri kullanılarak AnkNET projesi kapsamında yeniden belirlenmiştir b) Depremlerin derinlik kesitleri. Kesit hatları için Şekil 3.25a'ya bakınız (Çıvgın vd. 2009, Esat vd. 2011)



Şekil 3.26 a) 20 Aralık 2007 ve 10 Şubat 2008 tarihleri arasında AnkNET tarafından kaydedilmiş ana deprem ve artçıları. Odak mekanizması çözümleri için Çizelge 3.1'e bakınız. b) Depremlerin derinlik kesitleri. Kesit hatları için Şekil 3.26a'ya bakınız (Çıvgın vd. 2009, Esat vd. 2011)

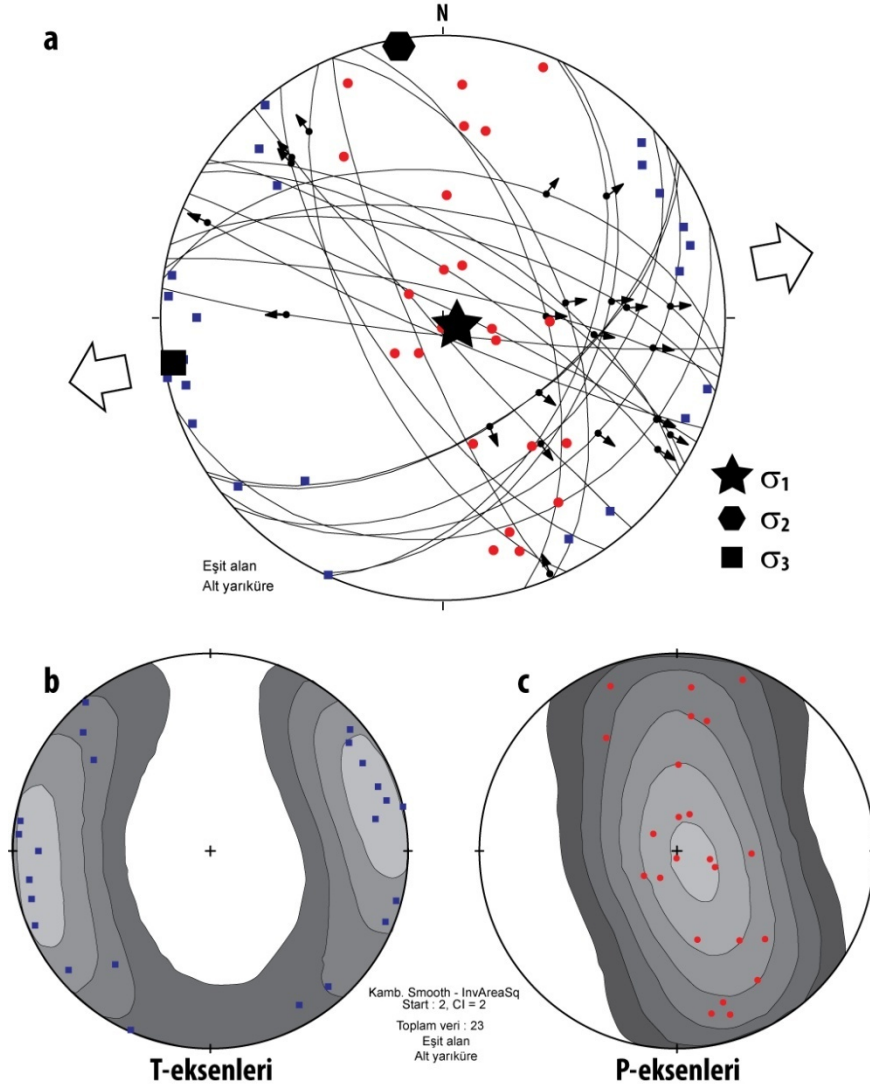
Öte yandan, 2007 ana depreminin neredeyse bütün artçıları 10 km derinliğin üzerinde yer alır (Şekil 3.26b). ARF'ye dik olan derinlik kesitleri, deprem odaklarının yaklaşık 4 km genişliğe sahip bir zon içinde yer aldığını göstermektedir (Şekil 3.26b, F-F', G-G' ve H-H' kesitleri). Bu dağılım doğrultu atımlı ARF ile uyumludur.

3.3.1.3 Kinematik analiz

Odak mekanizması çözümleri ve saha gözlemlerinden elde edilmiş fay kinematik verilerinin (Çizelge 3.2) analizi en büyük gerilme ekseninin neredeyse düşey ve en küçük gerilme ekseninin neredeyse yatay olduğunu göstermektedir (Şekil 3.27). Bu gerilme yönelimine göre σ_3 bölgede K81D doğrultusunda bir genişlemeyi işaret etmektedir. Ayrıca, kısalma (P) ve uzama (T) eksenlerinin kontur diyagramlarının tekdüze doğrultuları, fayların (KKF ve ARF) kinematik olarak uyumlu olduklarını gösterir (Yöntemle ilgili bilgi için Marrett ve Allmendinger 1990 ile Rowland vd. 2007'ye bakılabilir).

Çizelge 3.2 Fay kinematik verisi

No	Fay düzlemi		Çizgisellik		Türü	
	Doğrultu	Eğim	Gidiş	Dalış		
1	303	66	96	45	Normal	Odak mekanizması çözümü verileri (Yerler için Şekil 3.25, 3.26 ve Çizelge 1'e bakınız)
2	301	70	117	10	Normal	
3	343	61	89	60	Normal	
4	278	47	40	42	Normal	
5	57	56	128	54	Normal	
6	304	78	122	12	Normal	
7	296	87	115	17	Normal	
8	285	66	87	35	Normal	
9	96	85	271	44	Normal	
10	282	82	98	26	Normal	
11	138	87	317	23	Normal	
12	113	85	292	11	Normal	
13	280	59	87	20	Normal	
14	154	65	324	20	Normal	
15	157	81	157	2	Ters	
16	25	44	85	40	Normal	
17	24	48	53	29	Normal	
18	145	70	316	24	Normal	
Şekil 3.15a	48	43	142	43	Normal	Arazi verileri (Yerler için Şekil 3.14'e bakınız)
Şekil 3.15b	71	24	115	17	Normal	
Şekil 3.15c	52	33	127	32	Normal	
Şekil 3.15d	56	56	157	56	Normal	
Şekil 3.15e	337	55	83	54	Normal	



Şekil 3.27 a) Fay verilerinin kinematik analizi b) Genişleme eksenlerinin kontur diyagramı c) Kısılma eksenlerinin kontur diyagramı. Gerilme eksenlerinin gidiş ve dalımları: $\sigma_1=118, 85$; $\sigma_2=351, 3$; $\sigma_3=261, 4$

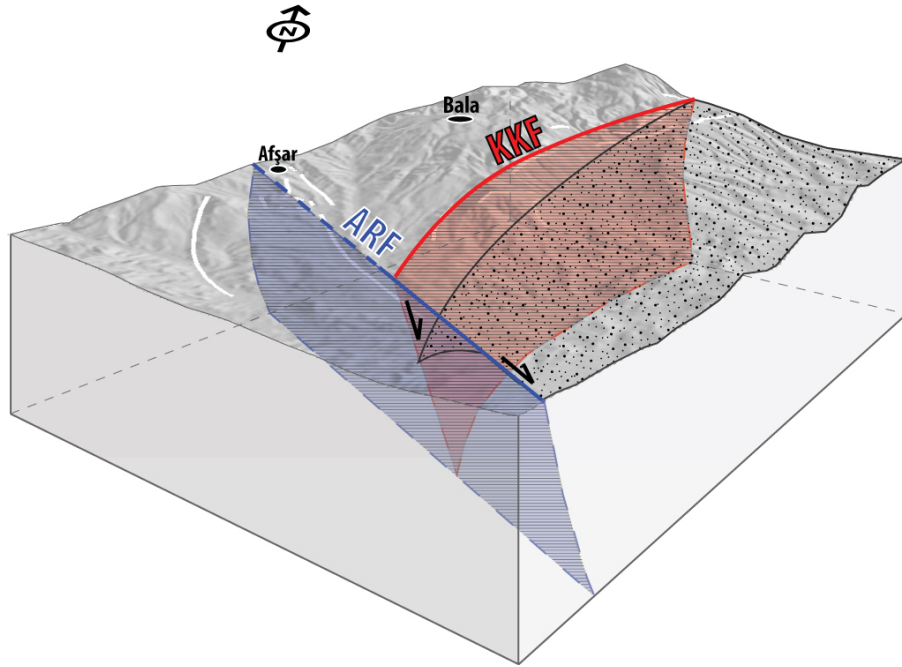
3.3.1.4 Bala bölgesi için tartışma ve sonuçlar

30 Temmuz 2005 ana depreminden günümüze KKD-GGB ve KB-GD doğrultusunda neredeyse doğrusal iki deprem kümelenmesi kayıt edilmiştir. 2005 ana depreminin artçı depremleri KKD-GGB doğrultusunda (Şekil 3.22b ve Şekil 3.25a), 2007 ana depreminin artçıları KB-GD doğrultusuna sahiptir (Şekil 3.22c ve Şekil 3.26a). Bu kümelenmeler araştırmacılara bölgede sağ ve sol yönlü eşlenik fayların etkin olduğunu düşündürmüştür (Dirik vd. 2008, Kalafat vd. 2008, Çubuk ve Taymaz 2009, Koçyiğit

2009). Diğer taraftan, Kasapoğlu vd. (2005), 2005 ana depreminin ardından gerçekleştirdikleri arazi çalışmaları sonucunda bu depremin küçük bir sol yönlü doğrultu atım bileşenine de sahip normal faylarla ilişkili olduğunu belirtmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında jeolojik gözlemlerin yanında depremlerin yeniden belirlenmiş lokasyonları ve odak mekanizması çözümlerinin de kullanılmasıyla farklı bir yoruma gidilmiştir. Buna göre 2005 ve 2007 ana depremlerinin her ikisi de sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olan ARF üzerinde meydana gelmiştir. 2005 ana depreminin artçı dağılımı ve odak mekanizması çözümlerinin bazıları KKD doğrultulu KKF ile ilişkili normal faylanmayı işaret etmektedir. Böylelikle 2005 ana depreminin KKF üzerindeki deprem etkinliğini tetiklediği söylenebilir.

Sonuç olarak eldeki veriler değerlendirildiğinde, kuzeybatı ucunun ARF ile temsil edildiği düşünülen Tuz Gölü Fay Zonu'nun, KKF'nin verev normal fay parçalarıyla genişlemeli bir sistem içerisinde sonlandığı model olarak öne sürülebilir (Şekil 3.28).



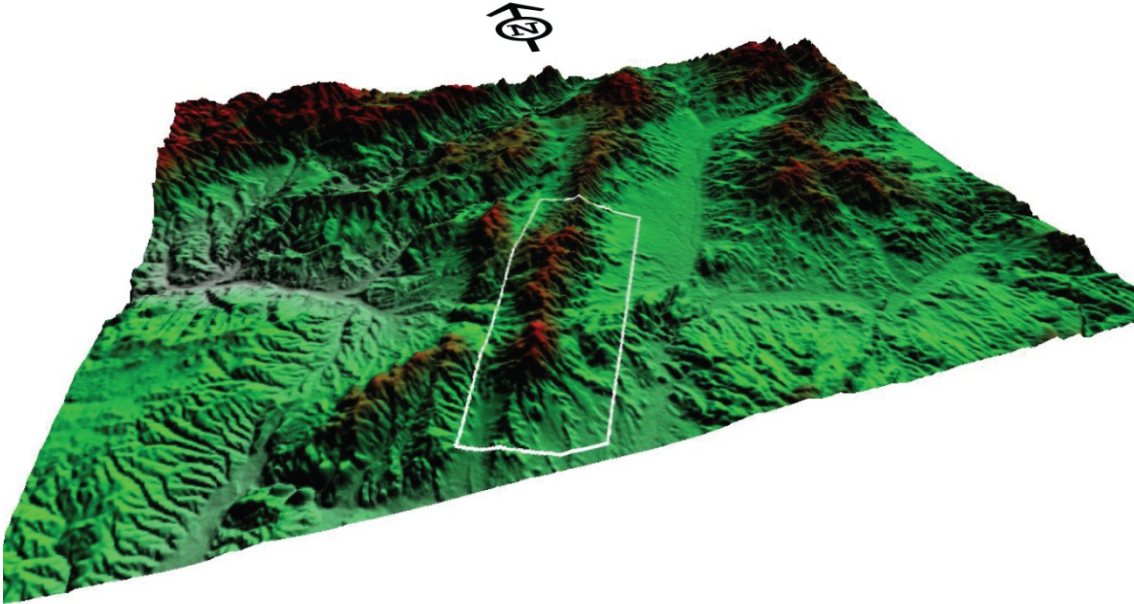
Şekil 3.28 Bölge için önerilen modelin 3 boyutlu perspektif görüntüsü. KKF: Karakeçili Fayı, ARF: Afsar Fayı (Esat vd. 2011)

3.3.2 Kazan-Polatlı arası

Bu bölümde Ankara'nın kuzeyinde yer alan Kazan ile güneybatısında bulunan Polatlı ilçeleri arasındaki alanda gerçekleştirilen gözlemler ve yapılan çalışmalar anlatılacaktır.

3.3.2.1 Abdüsselam yükselimi

Abdüsselam yükselimi Ankara şehir merkezinin hemen batısında Yenikent ile Ayaş arasında yer alan ve yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzanan bir yapıdır (Şekil 3.12 ve Şekil 3.29). En yüksek noktası 1610 m'dir. Yükselimin özellikle doğu bölümü Kutluay (2007) tarafından çalışılmıştır. Yapıyı KD-GB doğrultulu büyük bir antiklinal olarak tanımlayan (Abdüsselam antiklinali) bu çalışmaya göre, inceleme alanında temel birimler (Galatya Volkanik Yay Karmaşığı'na ait volkanik-volkanoklastik kayalar ile ofiyolitik melanja ait bloklar) ve örtü birimler (Geç Miyosen–Erken Pliyosen yaşlı Pazar formasyonu, Geç Pliyosen–Pleyistosen yaşlı Etimesgut formasyonu ve Kuvaterner alüvyon çökelleri) bulunmaktadır.

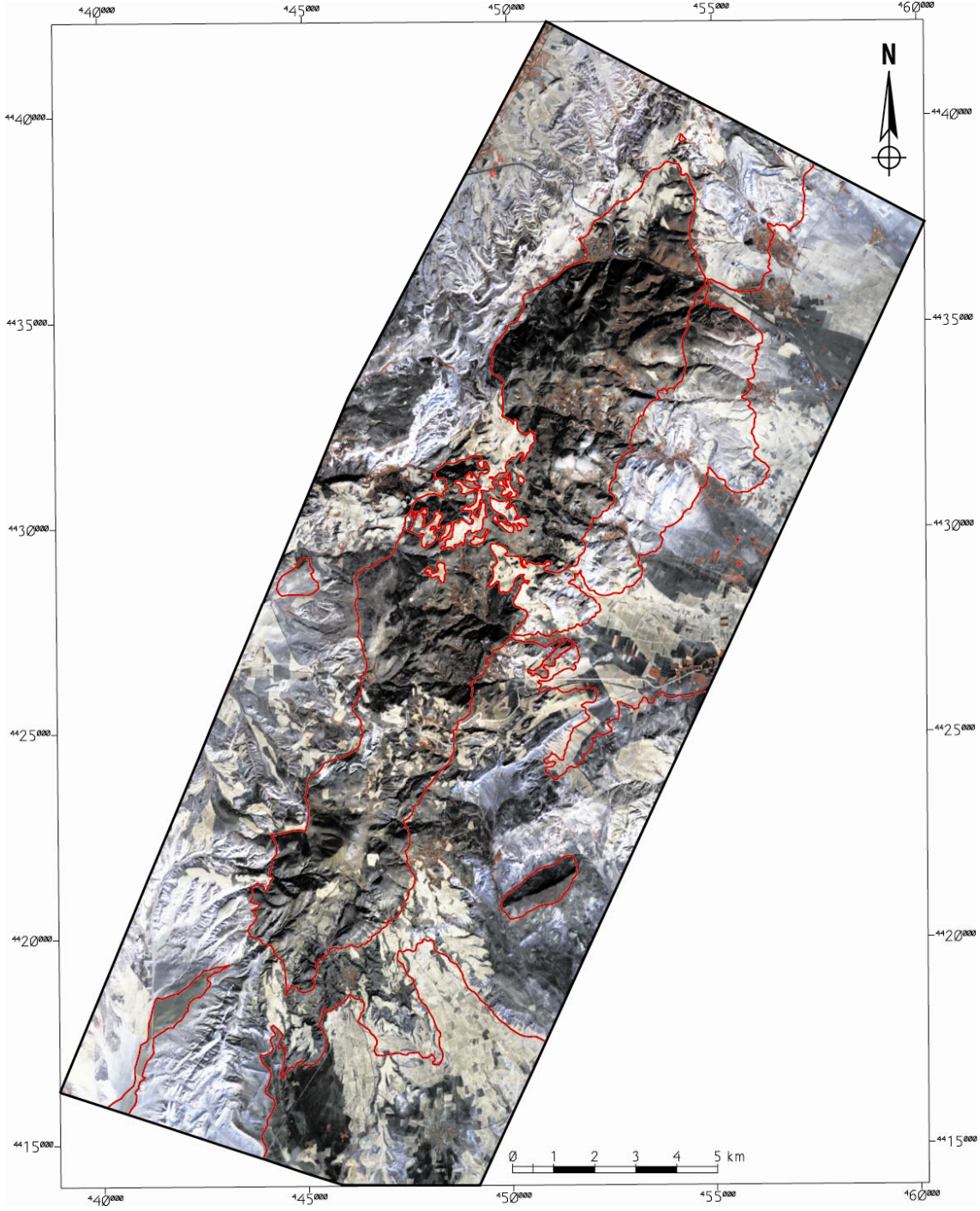


Şekil 3.29 Abdüsselam yükselimi ve yakın çevresinin 3 boyutlu perspektif SRTM DEM görüntüsü. Beyaz çerçeve çalışma alanını göstermektedir. Yükseklik dört kat abartılmıştır

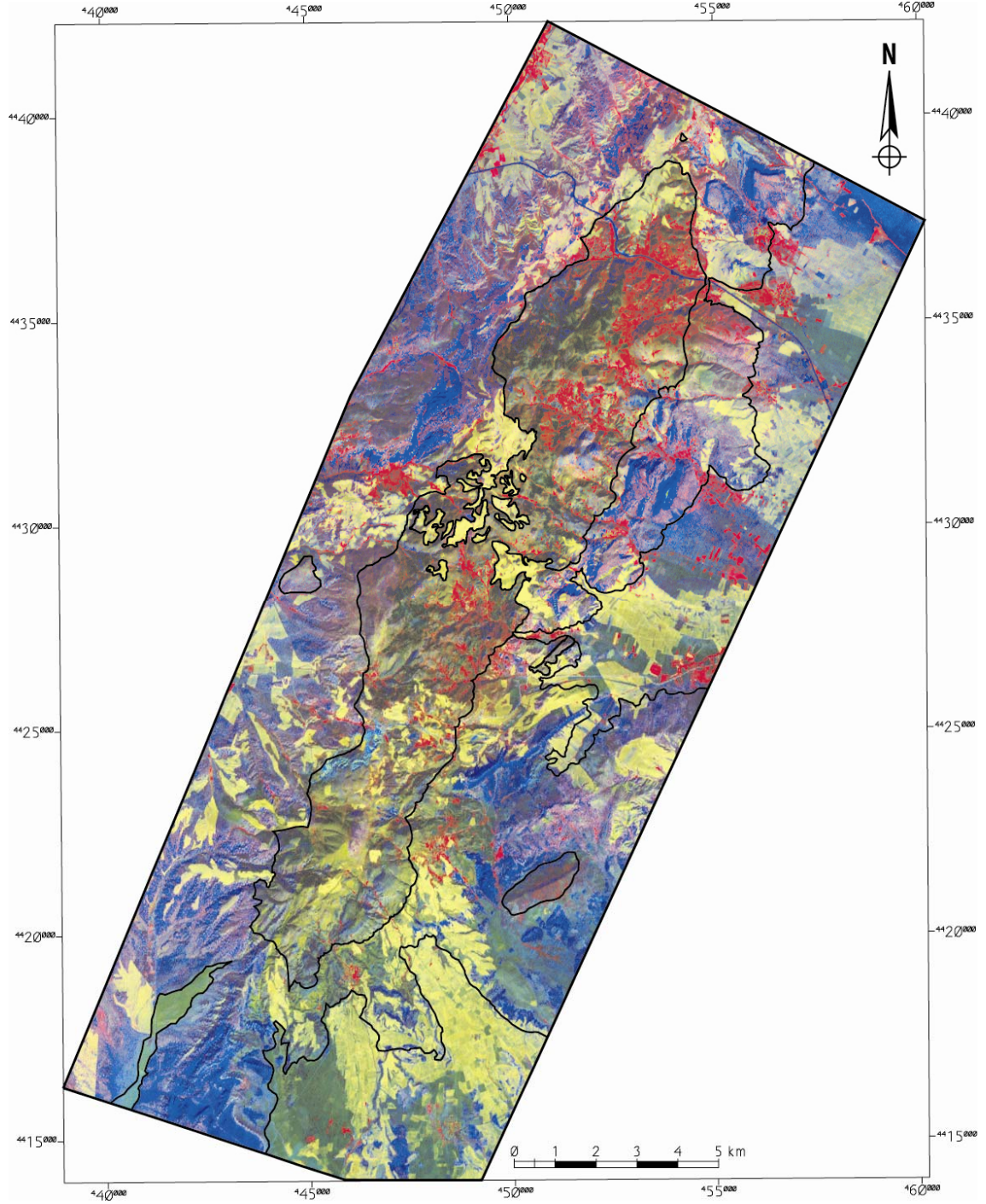
Bu tez çalışması kapsamında bölgenin jeoloji haritası hazırlanmış ve yapısal unsurlar harita üzerinde gösterilmiştir (EK 1). Bölgedeki jeolojik birimler temel kayalar, Orta Miyosen-Pliyosen(?) sedimanter kayalar ve Kuvaterner-alüvyon birimler olarak üç grup altında haritalanmıştır. Jeoloji haritası hazırlanırken arazi çalışmalarının yanı sıra, görünür yakın kızılötesi bantları kullanılan ve dekorelasyon germesi uygulanmış ASTER uydu görüntüsü de birimleri ayırt etmede destekleyici ve yardımcı bir araç olarak kullanılmıştır (Şekil 3.30 ve Şekil 3.31).

Bölgedeki temel kayalar ağırlıklı olarak volkanikler, volkanoklastikler, kireçtaşları ve metamorfik kayalardan oluşur. Dönmez vd. (2009) Abdüsselamdağ volkanitleri olarak isimlendirdikleri volkanik-volkanoklastik kayaların yaşını Orta Eosen olarak belirtirler.

Orta Miyosen-Pliyosen(?) sedimanter kayalar kireçtaşı, marn, kumtaşı, kilitaşı ve tuf araldanmasından oluşur. Kömürlü seviyeler de içerir. Temel kayaları bütünüyle çevreleyen bu birimin yaşı yükselimin doğu ve batı bölümlerinden elde edilmiş fosil verileriyle belirlenmektedir. Eski Başayaş köyünün kuzeyinde Saraç'ın (1994) memeli fosillerine dayanarak elde etmiş olduğu yaş Geç Miyosen'dir. Breli (1957) Bükük köyü civarındaki kömürlü seviyelerde bulunan polen ve sporlardan Geç Miyosen yaşını önermektedir. Nebert (1957) Bükük köyü civarında yaptığı çalışmada kömürlü seviyenin üzerine en az 700 m kalınlığa sahip sedimanların gelmesine dayanarak bu istifin en üst kesimlerinde Alt Pliyosen birimlerinin olma ihtimalinin yüksek olduğunu dolayısıyla birimin yaşının Geç Miyosen-Erken Pliyosen olması gerektiğini önermektedir. Bununla birlikte, Benda (1971) Bükük köyündeki linyit oluşumlarından elde edilen sporomorf topluluğunun Yeni Eskihsar olduğunu belirtmiş olup, bu topluluğun yaş aralığı 14-11 My'dır (Benda vd. 1974, Benda ve Meulenkamp 1990). Bu Bükük kömürlerini içeren istifin Orta Miyosen yaşında olduğunu göstermektedir.



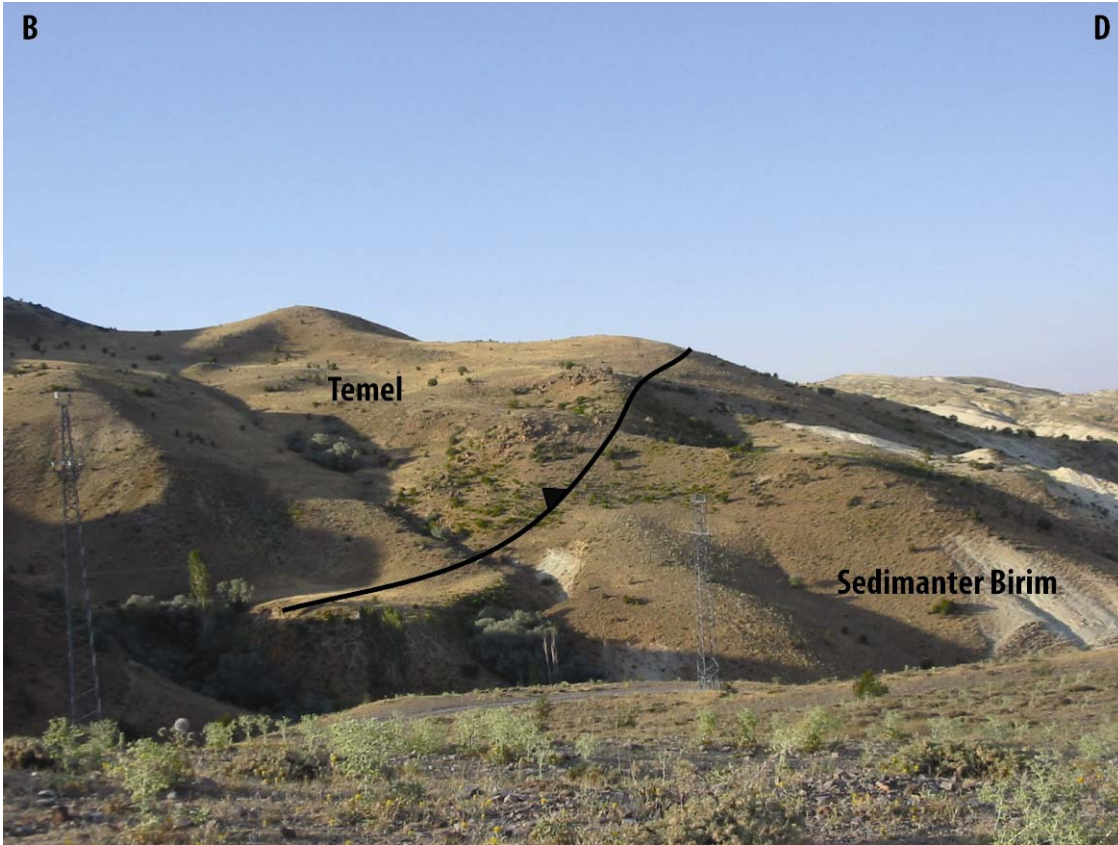
Şekil 3.30 Çalışma alanının görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlar kullanılarak hazırlanmış ASTER uydu görüntüsü. Kırmızı çizgiler birim sınırlarını göstermektedir



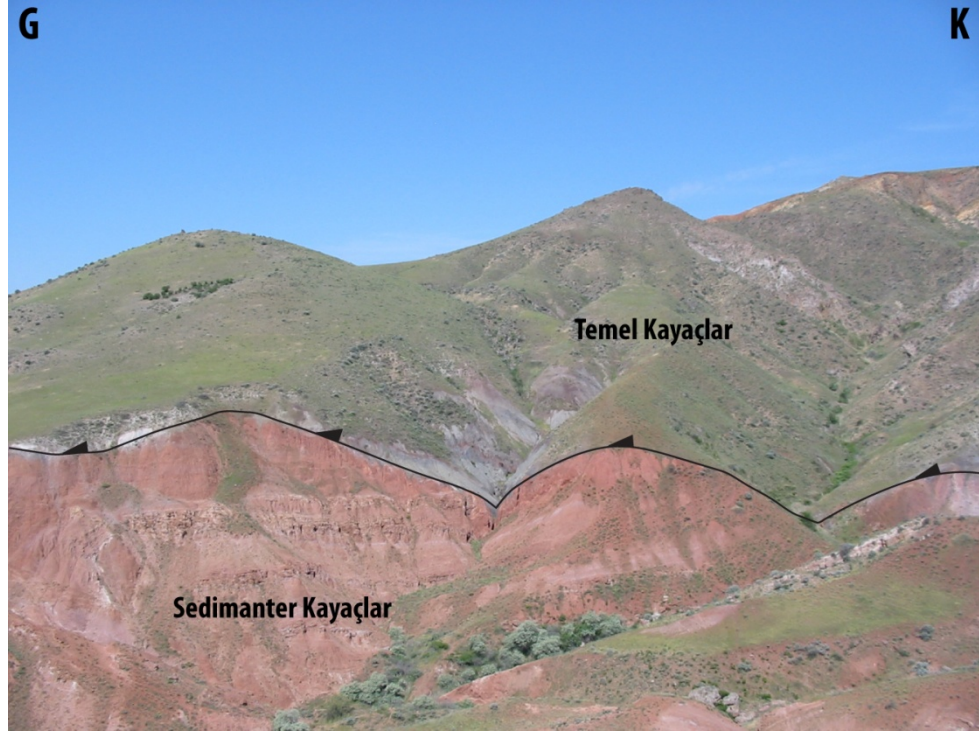
Şekil 3.31 Görüntü zenginleştirme tekniği olarak dekorelasyon gemesi uygulanmış, görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlardan oluşan ASTER uydu görüntüsü. Siyah çizgiler birim sınırlarını göstermektedir

Bölgedeki en genç birimler olan Kuvaterner-alüvyon birimler ise Orta Miyosen-Pliyosen(?) sedimanter kayaçları örter şekilde az pekişmiş-pekişmemiş kırıntılılardan meydana gelir.

Abdüsselam yükseliminin doğu ve batı bölümleri farklı yapısal özellikler göstermektedir. Doğu bölümde temel kayaçlar ile Orta Miyosen-Pliyosen(?) sedimanter kayaçlar arasındaki sınır bindirme-ters faylı ya da uyumsuz olarak gözlenir (Şekil 3.32, Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35, Şekil 3.36 ve Şekil 3.37). Bu bölümde sedimanter kayaçlar kıvrımlanarak deforme olmuştur (Şekil 3.38 ve Şekil 3.39). Sedimanter kayaçların kendi içinde de ters faylar gözlenir (Şekil 3.40). Kıvrım eksenleri yaklaşık KD-GB gidişlidir (EK 1).



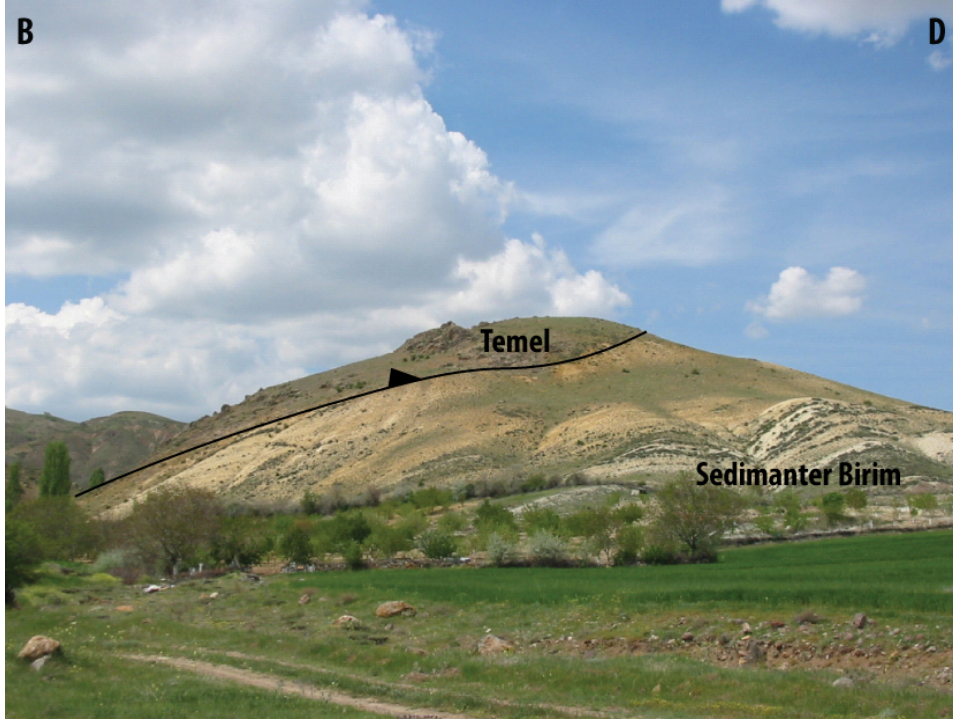
Şekil 3.32 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı



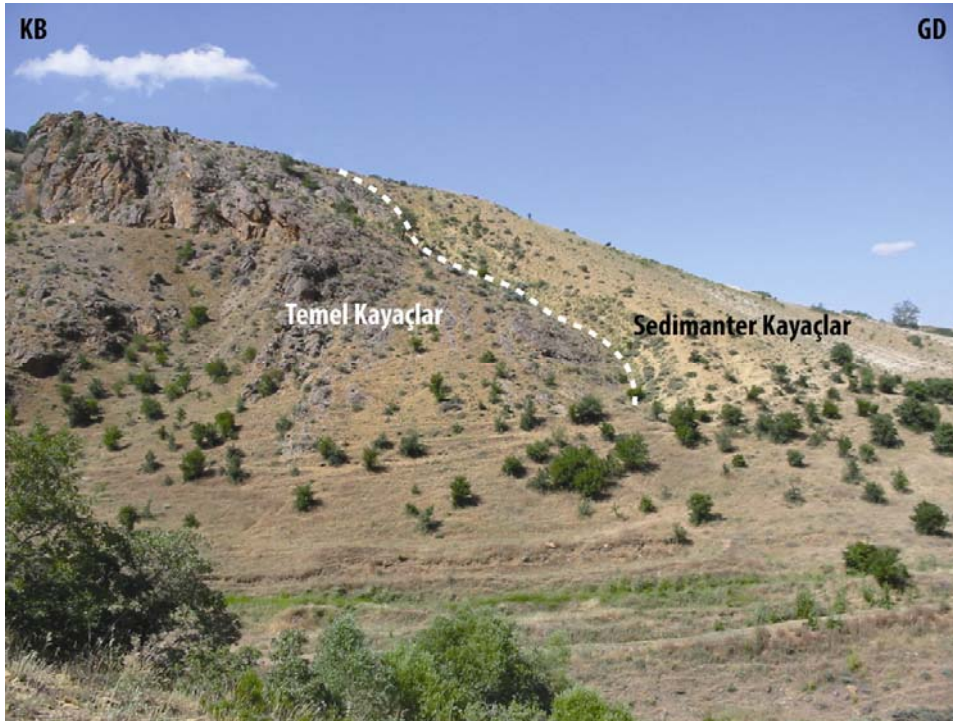
Şekil 3.33 Tekkeköy yakınlarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı



Şekil 3.34 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında gözlenen ters fay yüzeyi. Yer için EK 1'deki 7 no'lu eşit alan alt yarı küre izdüşümüne bakınız



Şekil 3.35 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında temel ve sedimanter birim arasında gözlenen bindirme sınırı



Şekil 3.36 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında temel üzerine uyumsuz olarak oturan sedimanter birimler



Şekil 3.37 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında temel üzerine uyumsuz olarak gelen Neojen sedimanter birimler



Şekil 3.38 Abdüsselam yükseliminin doğu kenarında, Neojen kireçtaşı biriminde gözlenen antiklinal



Şekil 3.39 Abdüsselam yükseliminin doğu bölümünde temel ve sedimanter kayaçlar arasında gözlenen bindirme sınırı ve sedimanter birimde gözlenen antiklinal



Şekil 3.40 Neojen sedimanter birimlerin kendi içindeki bindirme/ters faylar ve temel ile Neojen birimler arasındaki bindirme sınırı. Siyah kesikli çizgiler kıvrımları, mavi çizgiler ise bindirme sınırlarını göstermektedir

Yükselimin batı bölümünde ise sedimanter birimlerin tabakalarında batıya doğru hafif eğimlenmeler olmakla birlikte doğu bölümdeki kıvrımlar gözlenmemektedir (EK 1). Bu bölümde temel kayaçlar ile sedimanter birimler arasındaki ilişki normal faylı ya da uyumsuz olarak gözlenmekte (EK 1, Şekil 3.41, Şekil 3.42 ve Şekil 3.43), ayrıca normal

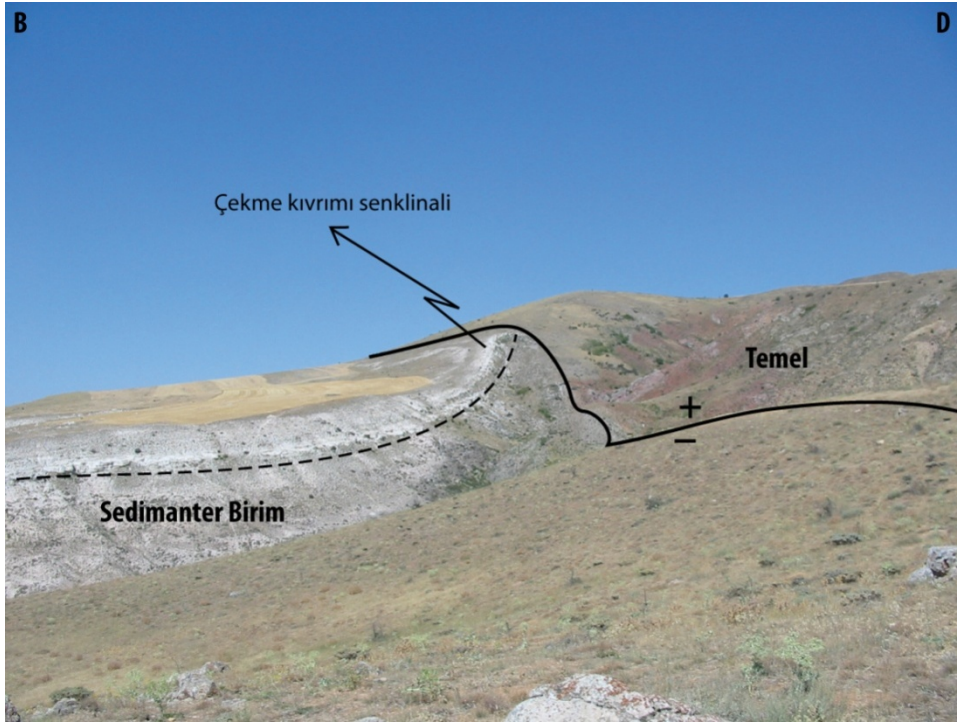
faýların sedimanter birimlerin içerisinden geçtiđi de gözlenmektedir (Şekil 3.44 ve Şekil 3.45). Bazı kısımlarda normal faýların dođrultu atımlı faýlarla ötelendiđi görülmektedir (EK 1, Şekil 3.46 ve Şekil 3.47).



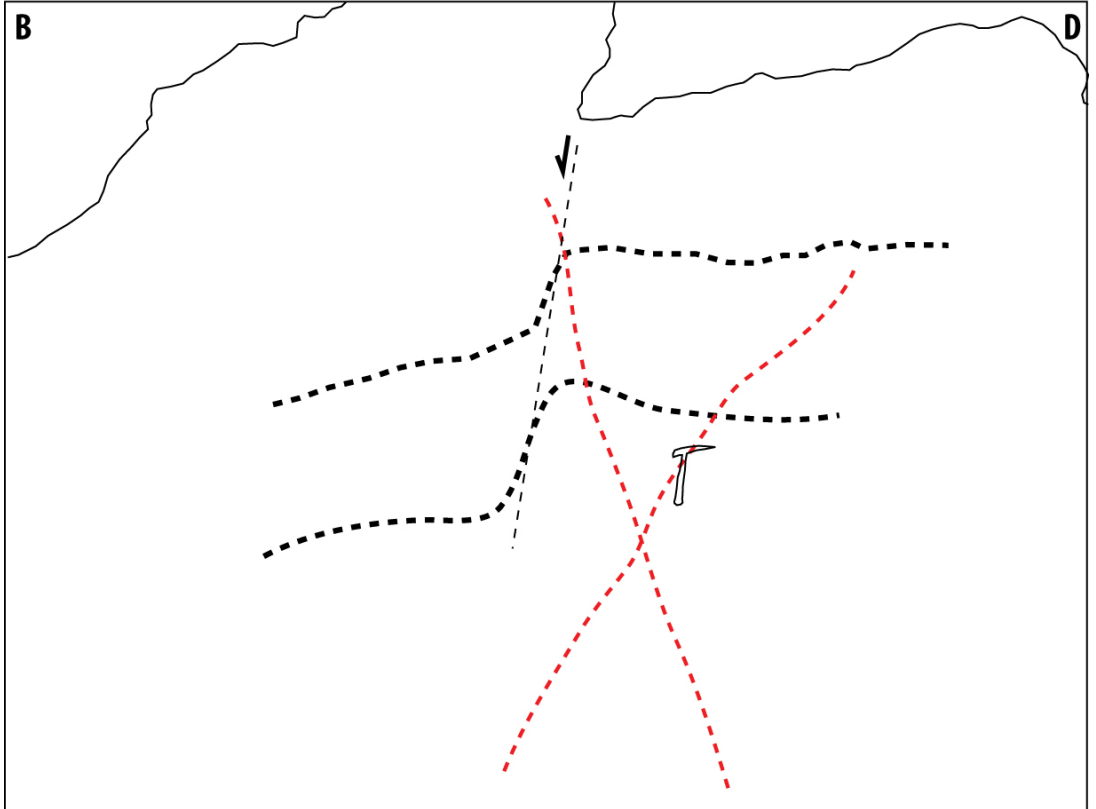
Şekil 3.41 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında temel kayaçlarıyla sedimanter birimler arasındaki normal faýlı sınır



Şekil 3.42 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında gelişmiş normal fay yüzeyi. Ok tavan bloğun hareket yönünü gösterir. Konum için EK 1'deki 3 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümüne bakınız



Şekil 3.43 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında temel kayalarla sedimanter birimler arasındaki normal faylı sınır



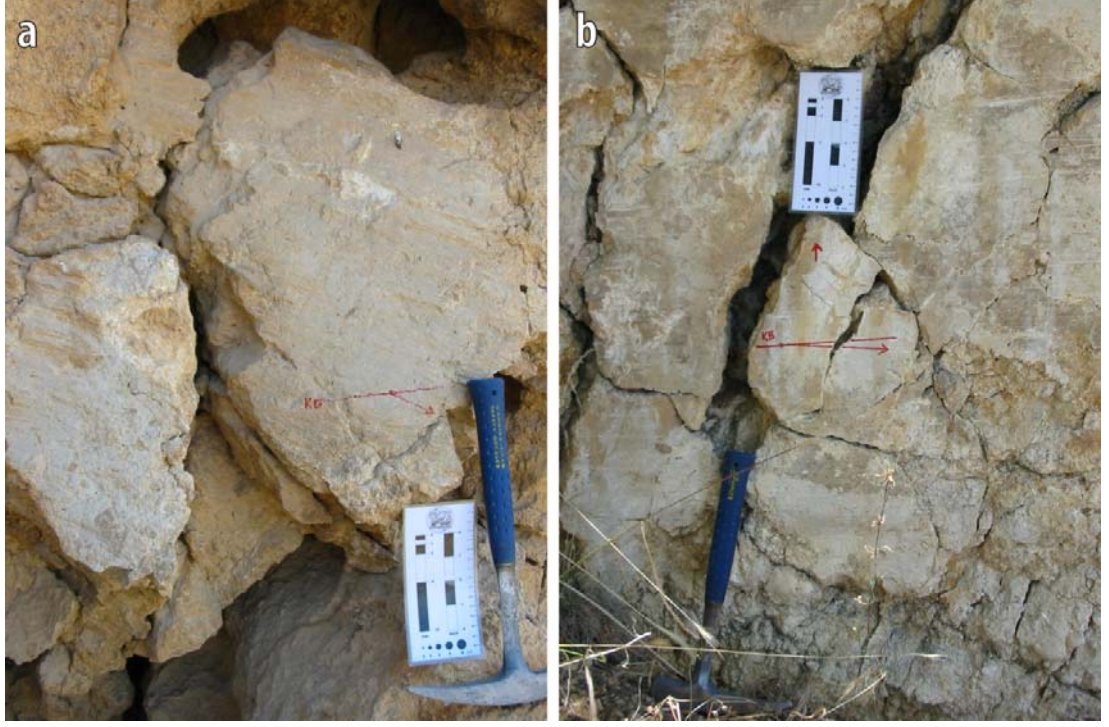
Şekil 3.44 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında sedimanter birim içerisinde normal faya bağlı olarak oluşmuş çekme kıvrımı ve eşlenik kırıklar



Şekil 3.45 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında sedimanter birim içerisinde normal faya bağlı olarak oluşmuş eşlenik kırıklar



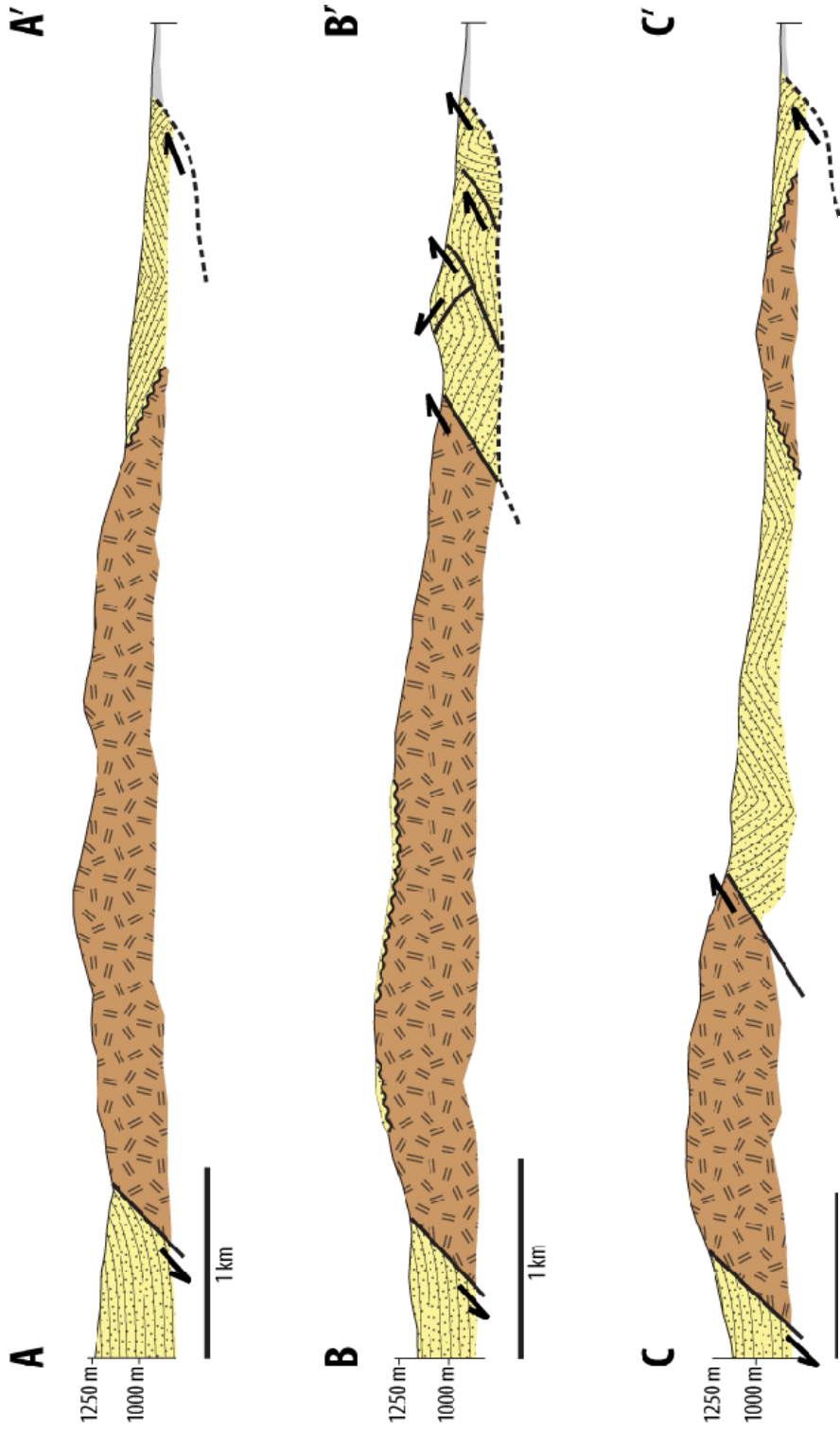
Şekil 3.46 Abdüsselam yükseliminin batı kenarında gözlenen doğrultu atımlı fay yüzeyi. Yer için EK 1'deki 4 ve 5 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümlerine bakınız



Şekil 3.47 Şekil 3.46’da görülen doğrultu atımlı fay yüzeyinin yakından görünüşleri. Konum için EK 1’deki 4 numaralı eşit alan alt yarıküre izdüşümüne bakınız

Bölgede temel kayalar yaklaşık KB-GD doğrultulu bir sıkışmanın etkisiyle üzerinde bulunan Orta Miyosen-Pliyosen(?) sedimanter birimleri deforme ederek KD-GB doğrultulu olarak yükselmiş ve bugünkü şeklini almıştır. Bölgedeki KB-GD sıkışmanın verisi sedimanter birimlerde gözlenen kıvrımların eksenleri ile tabaka doğrultularının KD-GB durumlarıdır (EK 1).

Sıkışma ile birlikte yükselen temel kayalar, doğu bölümde ters faylar-bindirmelerle sedimanter birimleri deforme ederek kıvrımlara neden olmuş, batı bölümde ise bu birimleri üzerinde taşıyarak, tabakaları batıya doğru eğimli olacak şekilde normal faylarla az deforme etmiştir (Şekil 3.48). Abdüsselam yükseliminin bu durumu bir kenarı bindirme diğer kenarı normal faylı sınırlara sahip bir tektonik kamanın daha bölgede bulunduğunu göstermektedir. Bu şekliyle yapının yine KB-GD sıkışma etkisiyle oluşmuş ETKK’nin daha küçük boyutta bir benzeri olduğu söylenebilir. Bu nedenle yapının bu tez kapsamında Abdüsselam Kısıtlanmış Tektonik Kaması (AKTK) olarak isimlendirilmesi ve tanımlanması uygun görülmüştür. ETKK ve AKTK’nin uzanımlarına bakıldığında birbirlerine paralel yapılar olması da dikkat çekmektedir.

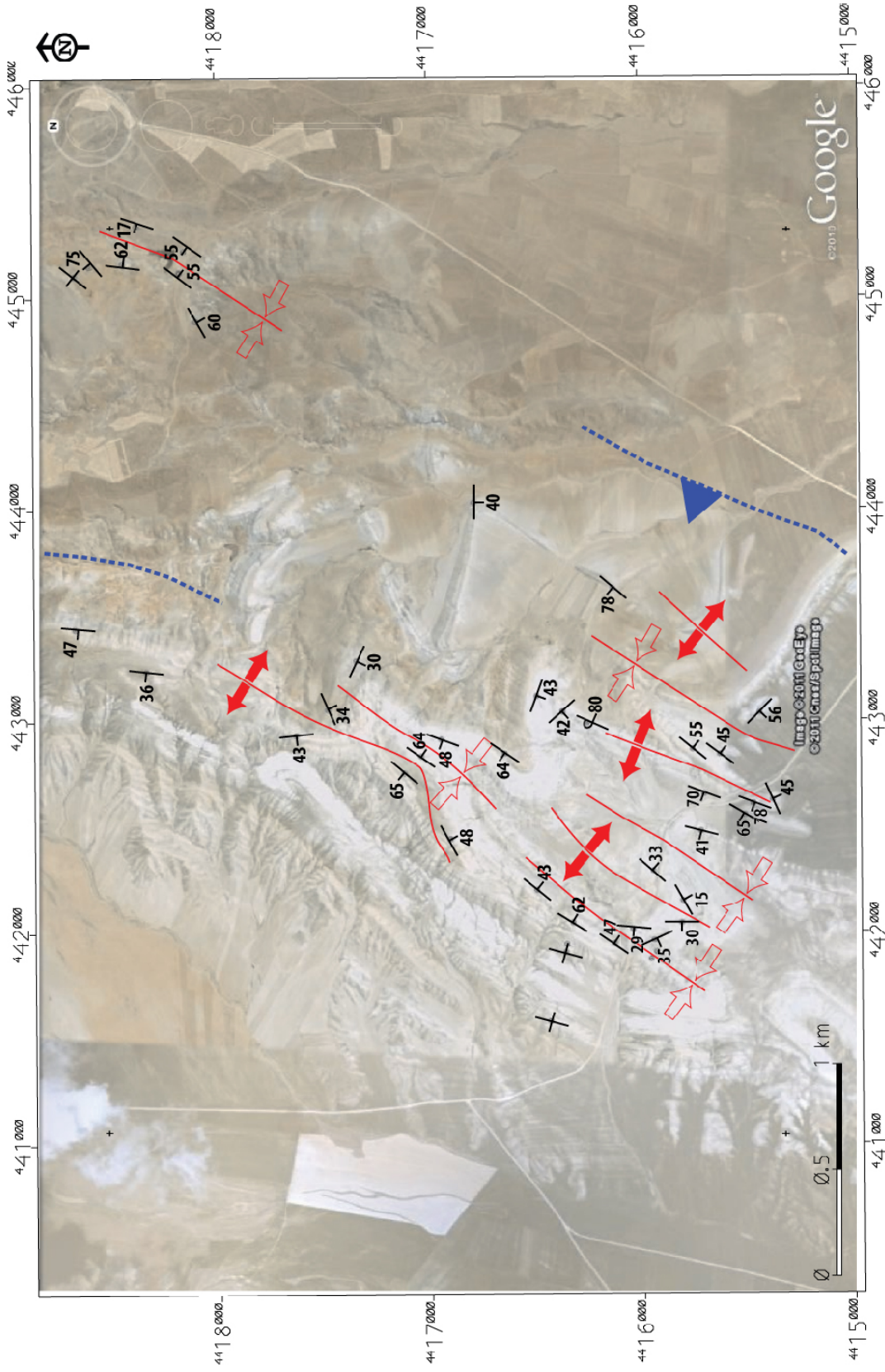


Şekil 3.48 Abdüselam yükseliminden elde edilen jeolojik kesitler. Hatların konumları için EK 1'e bakınız

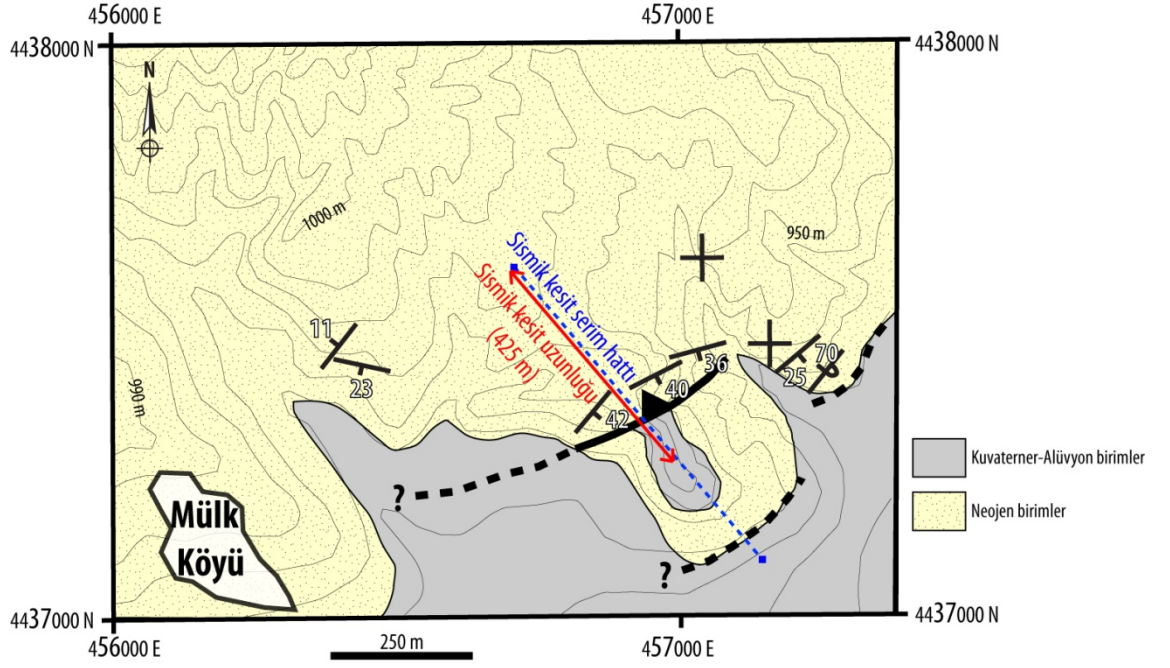
AKTK'nin güney bölümünde Tekkeköy'ün hemen güneybatısında sedimanter birimler yoğun bir kıvrımlanmaya uğramıştır (EK 1 ve Şekil 3.49). Bu kıvrımlanma olasılıkla gömülü bindirmelerle ilişkili olmalıdır. Bu bölümdeki olası gömülü bindirme jeoloji haritasında kesikli mavi çizgiyle gösterilmiştir (EK 1).

AKTK'nin doğu kenarında Orta Miyosen-Pliyosen(?) birimlerin genelde bir antiklinal ile Kuvaterner birimlerle sınır oluşturduğu gözlenmektedir. AKTK'nin kuzey bölümünde Mülk Köyü civarında Orta Miyosen-Pliyosen(?) birim tabakaları kıvrımlıdır. Burada da genel gidişe uygun olarak Neojen birimiyle Kuvaterner-alüvyon arasındaki sınırdaki Neojen birim tabakaları asimetrik bir antiklinal oluşturur (EK 1 ve Şekil 3.50). Arazide gözlenen bu durum burada gömülü bindirmelerin varlığının öngörülmesine neden olmuştur. Bu öngörüü test etmek, gömülü bindirmelerin bu kıvrımların oluşumunda rolü olup olmadığını anlamak için Prof. Dr. Berkan Ecevitoglu (Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü) ile birlikte Anadolu Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi'nden ekiplerin katılımıyla bölgede bir sismik yansıma çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kayıt için 48 kanallı bir sismik kayıt cihazı ve enerji kaynağı olarak da 36 adet fişek alabilen bir "buffalo gun" sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.51). Sismik kesit hattının arazideki serim uzunluğu 670 m, elde edilen kesitin uzunluğu ise 425 m'dir (Şekil 3.50, Şekil 3.52 ve Şekil 3.53). Bu hat boyunca jeofonlar 10'ar metre aralıklarla yerleştirilmiştir. Buffalo gun'ın içine yerleştirilmesi için yine 10'ar metre aralıklarla toplam 20 adet çukur açılmıştır. Hat başından itibaren ateşlenmeye başlanan gun, sırasıyla diğer çukurlara aktarılarak toplamda 20 atış gerçekleştirilmiştir.

Sismik kesit hattı, kıvrımlı Neojen birimlerini ve Kuvaterner-alüvyon birimlerini kesecek şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 3.50). Elde edilen sismik derinlik kesitinde, seviyelerin ötelenmesiyle kendini belli eden fayların ters fay-bindirme karakterinde olduğu ve seviyelerdeki kıvrımlanmalar net olarak gözlenmektedir (Şekil 3.54).



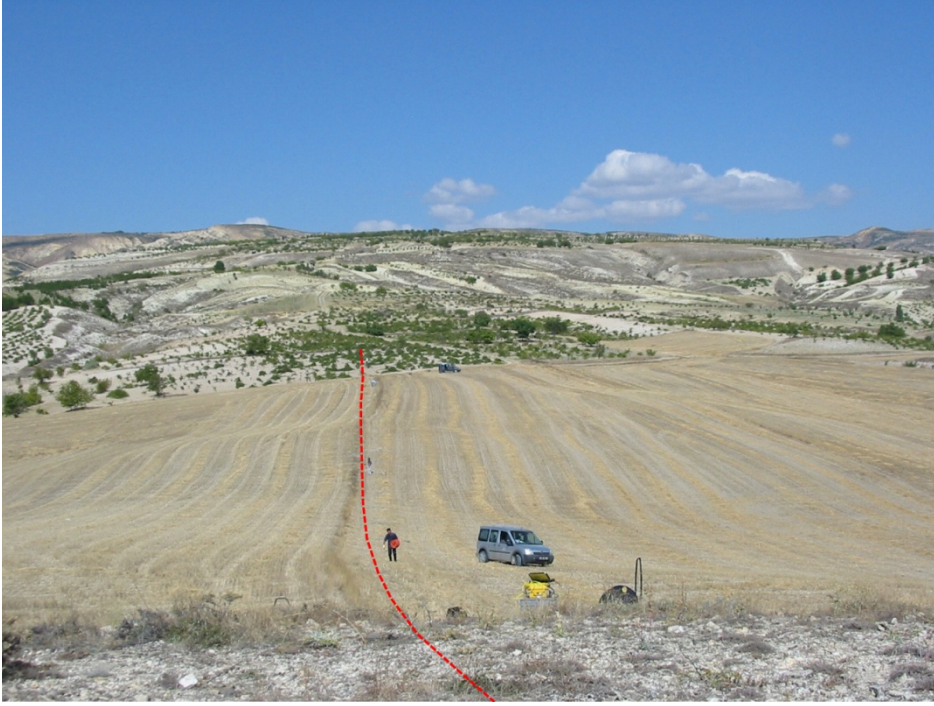
Şekil 3.49 AKTK'nin güney bölümünde olasılıkla gömülü bindirmeye ilişkili kıvrımlar



Şekil 3.50 Mülk Köyü civarının detay jeoloji haritası ve sismik kesit hattının konumu



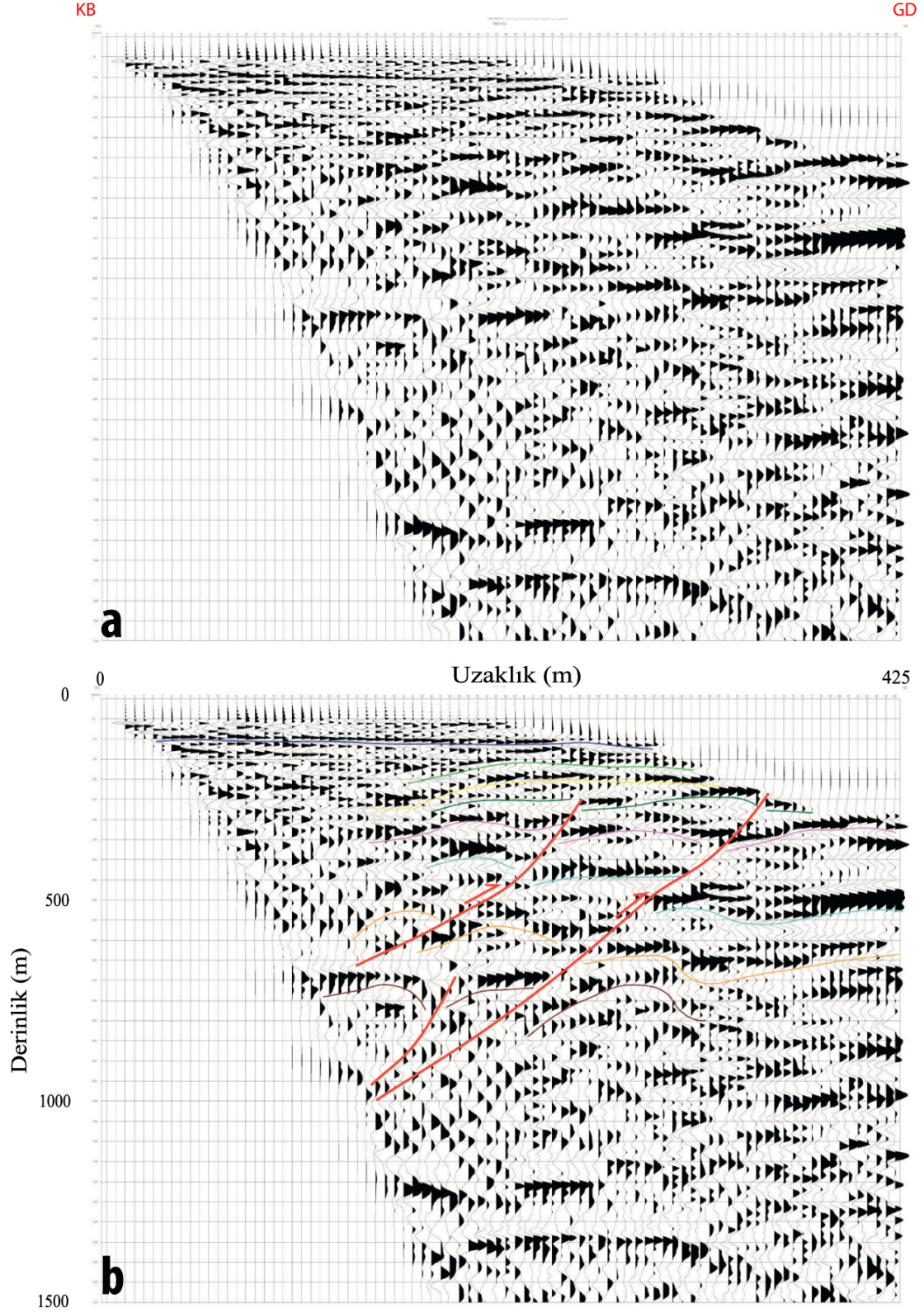
Şekil 3.51 Sismik enerji kaynağı olarak kullanılan Buffalo Gun



Şekil 3.52 Kırmızı çizgiyle gösterilen sismik kesit hattının arazideki konumu. Kuzeye bakış



Şekil 3.53 Sismik kesit hattının güneye doğru devamı. Güneye bakış



Şekil 3.54 Mülk Köyü sismik kesiti. a) yorumlanmamış b) yorumlanmış. Berkan Ecevitoglu (Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü) tarafından işlenmiş ve birlikte yorumlanmıştır. Detay için metine bakınız

Sonuç olarak bölgede gözlenen fayların yaşı, Orta Miyosen-Pliyosen(?) birimlerinin deforme olduğu göz önüne alındığında olasılıkla Pliyosen'den daha genç olmalıdır. Kuvaterner-alüvyon birimlerindeki deformasyonun daha net izlenmesi için de enerji kaynağı olarak balyozun kullanılacağı sığ sismik çalışmalar gelecekte planlanmaktadır. Bu verilerden yola çıkarak günümüzde bölgedeki KB-GD sıkışmanın varlığı da dşnldğnde (Seyitoğlu vd. 2009), her ne kadar aletsel dönemde bölgede sınırlı sayıda küçük depremler kaydedilmiş olsa da fayların etkin ve deprem üretme potansiyeline sahip olduğu dikkate alınmalıdır.

3.3.2.2 Sinap Tepe civarı

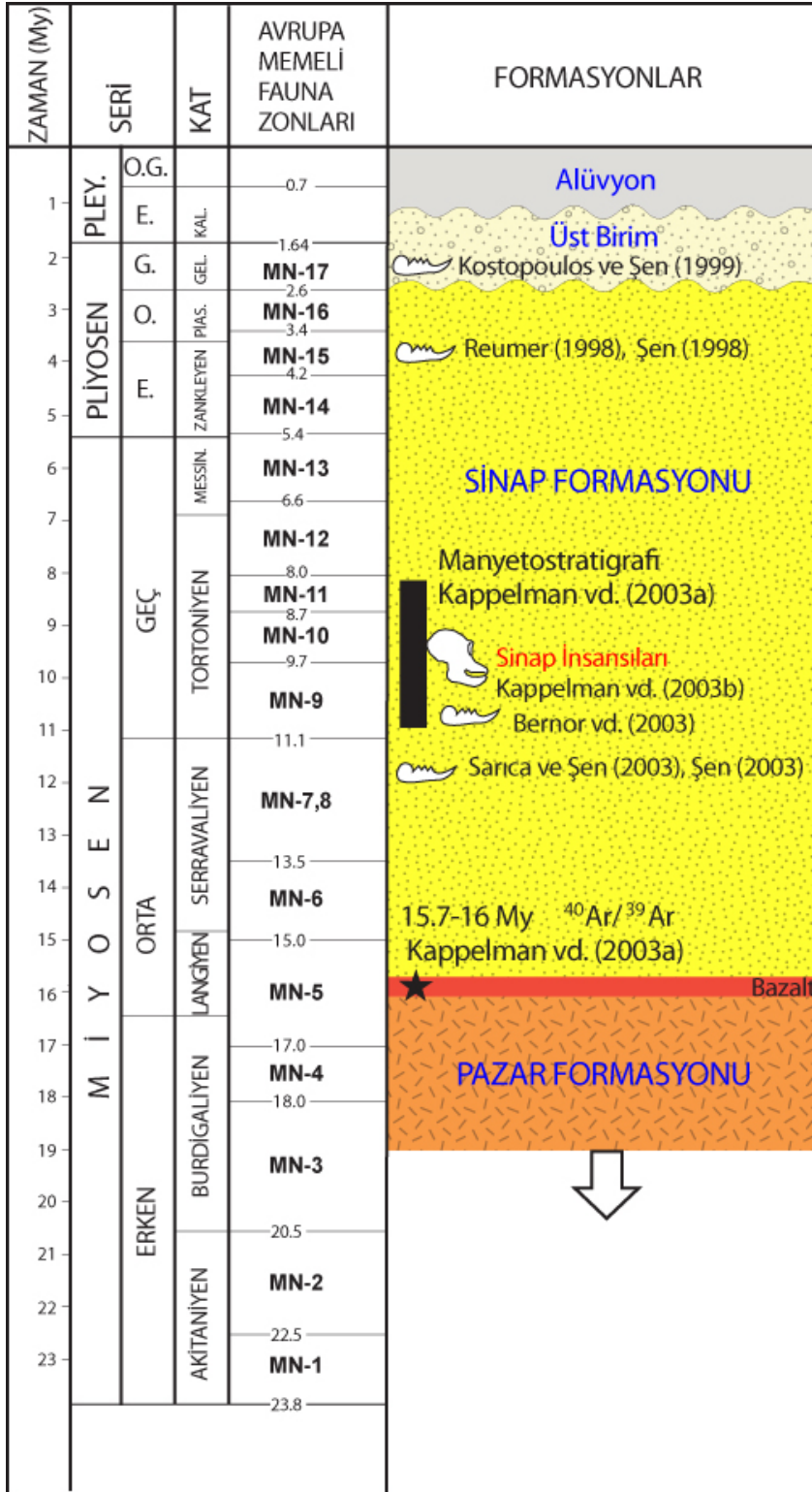
AKTK'nin kuzeydoğu bölümünde yer alan (şekil 3.12) ve içerdiği memeli fosilleriyle yaşı çok iyi bilinen (Orta Miyosen-Geç Pliyosen) (Ozansoy 1957, Tekkaya 1970, Kostopoulos ve şen 1999, Bernor vd. 2003, Kappelman vd. 2003a, Kappelman vd. 2003b, Sarıca ve şen 2003, şen 2003) Sinap Tepe ve civarındaki sedimanter birimlerin deformasyonu da tez kapsamında incelenmiştir.

Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafisine bakıldığında volkanoklastik birimlerden oluşan Pazar formasyonu üzerine gelen 15.7-16 My yaşındaki bazalt akıntısının üzerinde yaşları memeli fosilleri ve manyetostatigrafik çalışmalarla belirlenmiş Orta Miyosen-Orta Pliyosen (MN 7,8-MN 15) yaşlı kırıntılı sedimanter kayaçlardan oluşan Sinap formasyonu yer alır (Kappelman vd. 2003a, Lunkka vd. 2003). Sinap formasyonunun üzerinde Geç Pliyosen (MN 17) yaşlı Sarıkol Tepe memeli fosil lokalitesini içeren st sedimanter birim erozyonel uyumsuzlukla ince bir konglomera seviyesi olarak bulunur (Kostopoulos ve şen 1999). Stratigrafide en üstte ise alüvyon yer alır (şekil 3.55). Bölgenin, üzerinde tabaka doğrultu-eğim ve kıvrım eksenleri gösterilmiş uydu görüntüsü şekil 3.56'de, görüntü zerindeki X-X' hattından alınan jeolojik kesit de şekil 3.57'de görülmektedir.

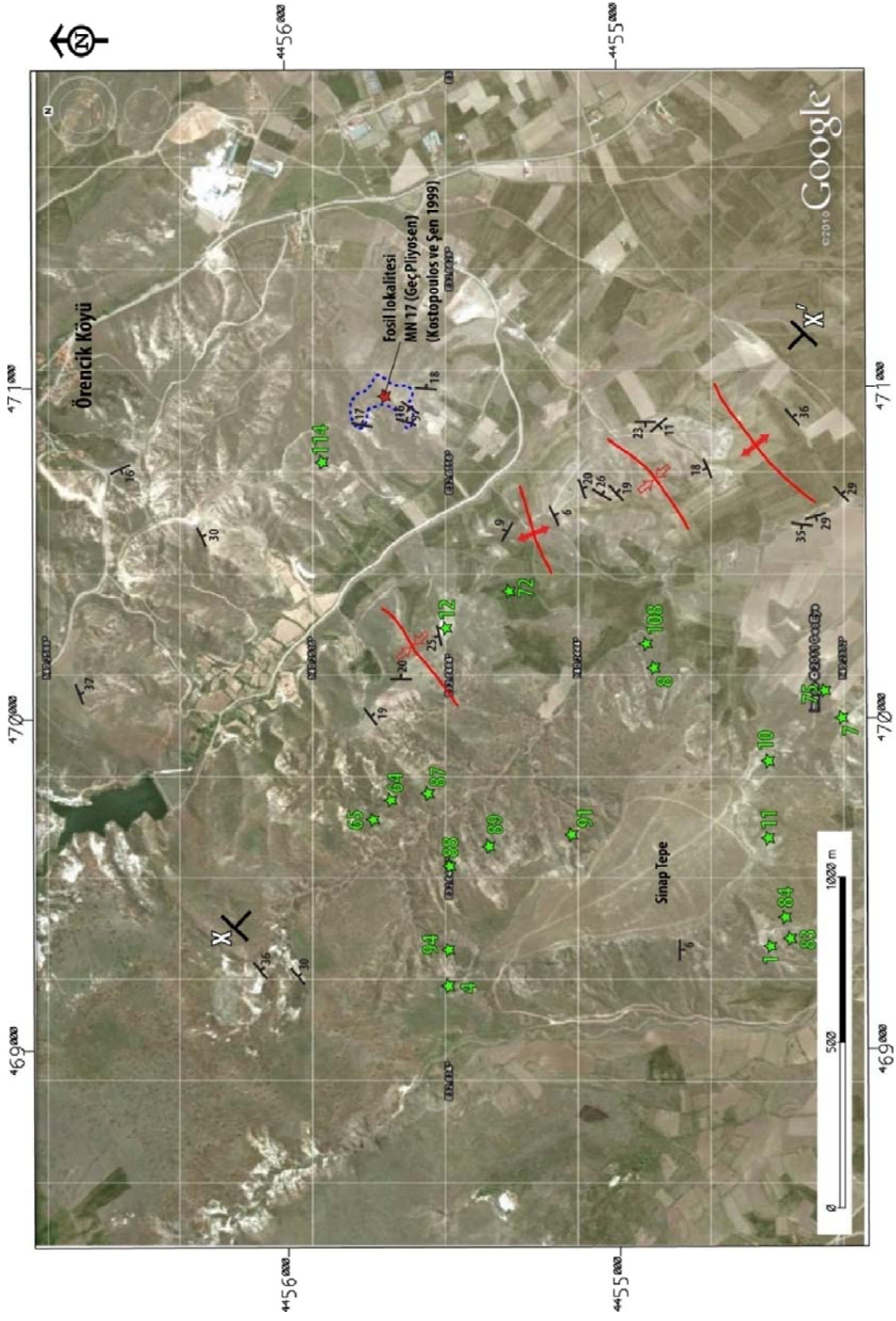
Bölgede Sinap formasyonu yaklaşık KD-GB gidişli kıvrım eksenlerine sahip olacak şekilde kıvrımlanmıştır. Sedimanter birimin tabakaları jeolojik kesitin GD ucunda da görüldüğü gibi 29-36° ile eğimlenerek sonlanır. Güneybatıda Mülk Köyü civarında olduğu gibi burada da büyük olasılıkla kıvrımların gömülü bindirme(ler) ile ilişkili

olduğu düşünölmektedir. Ayrıca volkanoklastik birim içerisinde geriye bindirme olarak değeriendirilebilecek ters fay gözlenmektedir (Şekil 3.58).

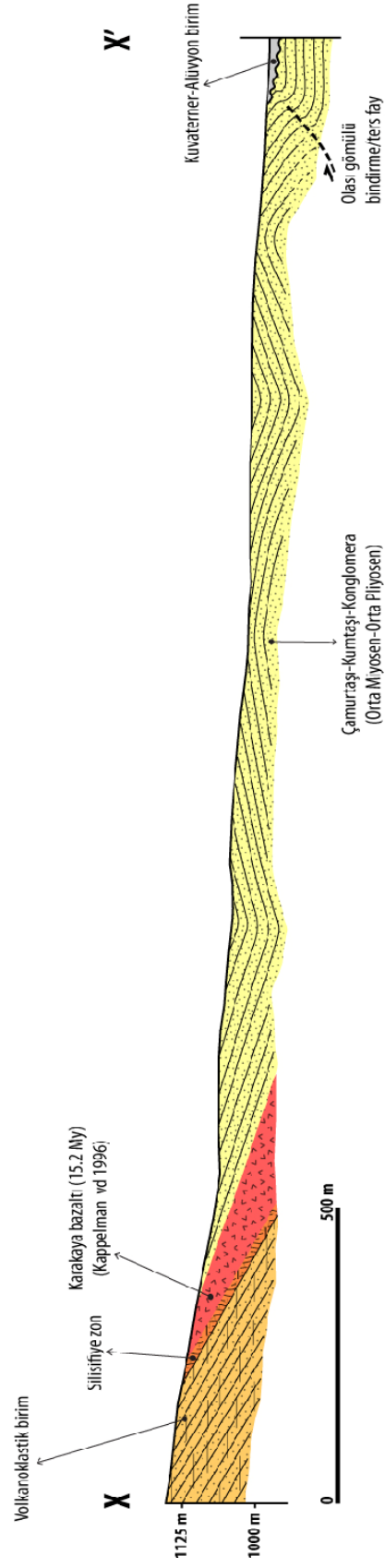
Sinap formasyonunun üzerinde yer alan ve Sarıkol Tepe fosil lokalitesini içeren Geç Pliyosen (MN 17) yaşlı üst sedimanter birim arazide küçük bir alanda gözlenir (Şekil 3.56). Kostopoulos ve Şen (1999)'in de belirttiğı üzere bu birim ile arazide hemen altında yer alan Sinap formasyonuna ait çökellerin arasında önemli bir zaman boşluğu vardır. 9° ile 17° arasında tabaka eğimlerine sahip üst birimin, Sinap formasyonunu deforme eden sıkışmadan etkilenip etkilenmediğini sınırlı mostra olanakları ile söyleyebilmek güç olup, bu birimin çökelimini denetleyen herhangi bir yapının varlığı da gözlenememiştir. Bununla birlikte Çankırı Havzası'nda bu üst birimle aynı yaşta olan (MN 17) Deyim formasyonu bindirmeyle eş yaşlı gelişmiş kırıntılı bir birimdir (Seyitoğlu vd. 2009).



Şekil 3.55 Sinap Tepe bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti



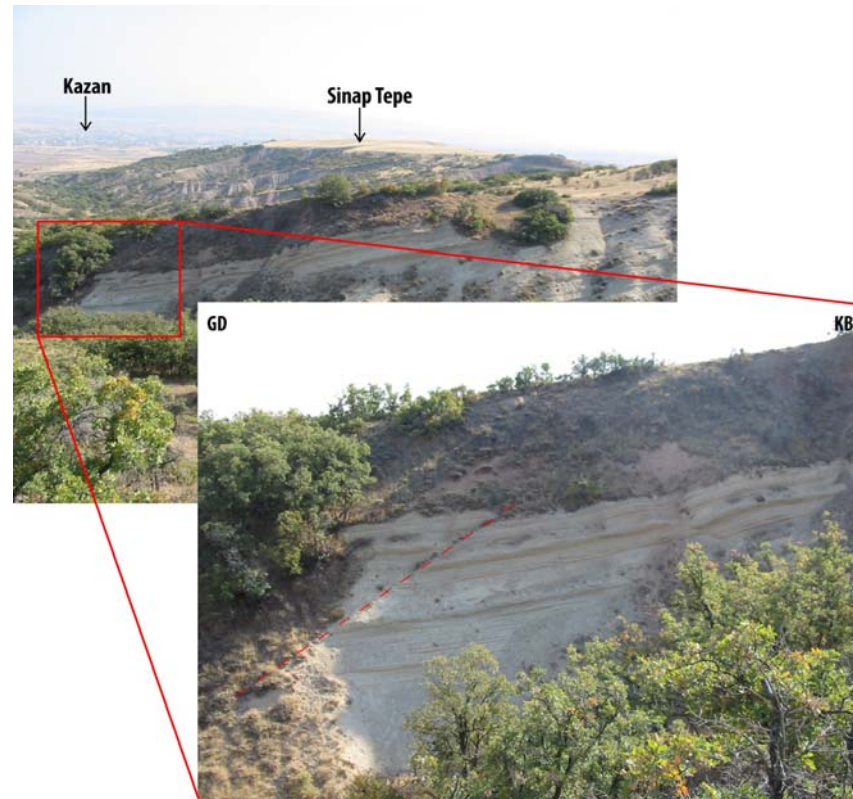
Şekil 3.56 Sinap Tepe bölgesinin, üzerinde tabaka doğrultu-eğim ve kıvrım eksenleri gösterilmiş uydu görüntüsü. Yıldızlar fosil lokalitelerini (Çizelge 3.3), mavi kesikli çizgi ise üst birimin sınırını gösterir. Ayrıntılı bilgi için metine bakınız



Şekil 3.57 Sinap Tepe bölgesi jeolojik kesiti. Hattın yeri için Şekil 3.56'ya bakınız

Çizelge 3.3 Sinap Tepe bölgesindeki fosil lokalitelerinin manyetostratigrafi ile elde edilmiş yaşları (Kappelman vd. 2003a). Lokalitelerin konumları için Şekil 3.56'ya bakınız

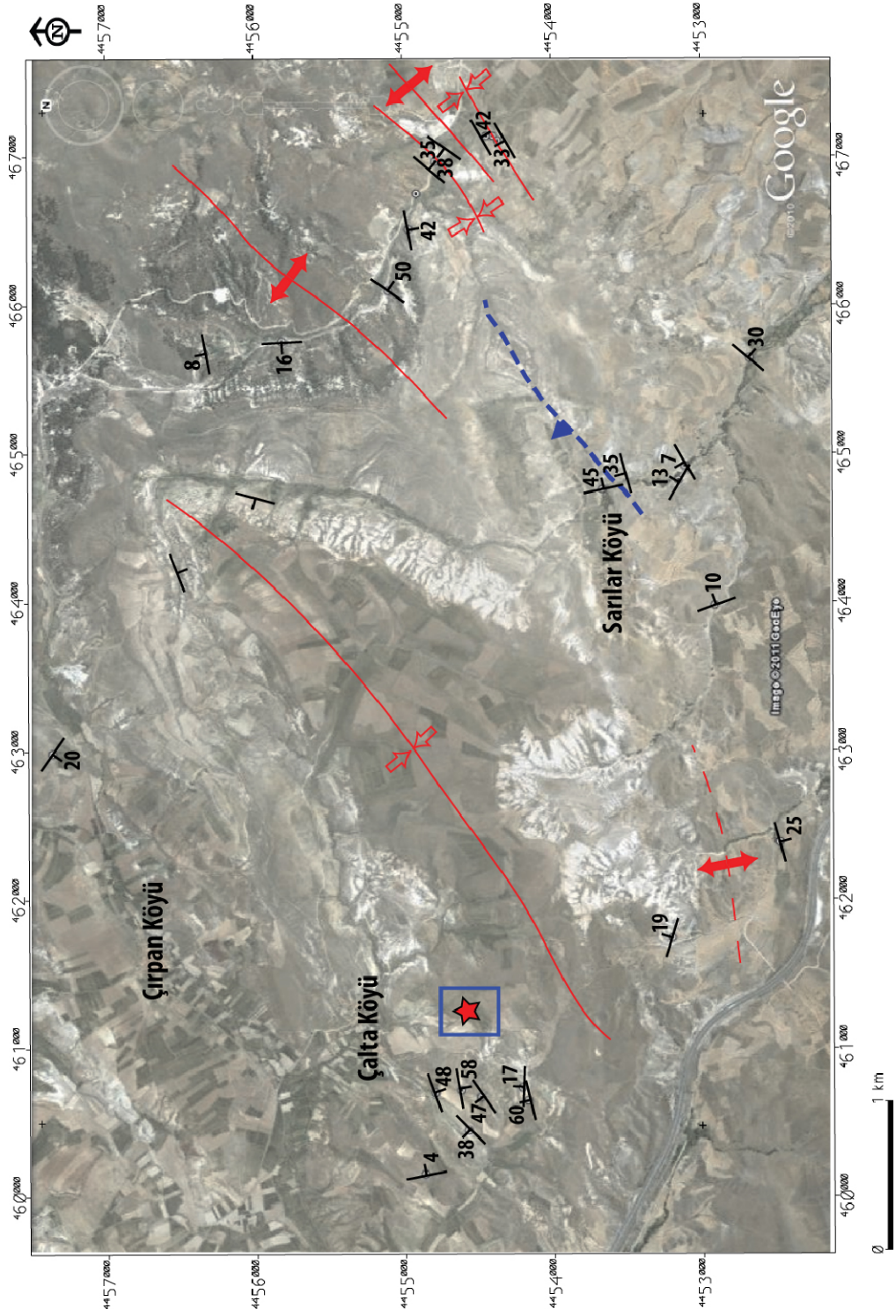
Fosil lokalitesi	Yaş (My)
10	9.279
1	9.288
7	9.295
75	9.301
84	9.367
83	9.452
11	9.483
12	9.590
114	9.967
108/8	9.970
91	9.977
72	10.080
89	10.406
87	10.452
94	10.551
4	10.692
88	10.730
64	10.765
65	10.899



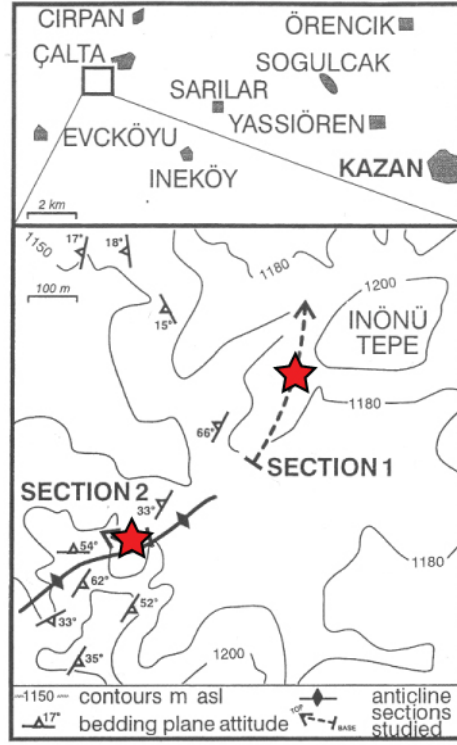
Şekil 3.58 Sinap Tepe bölgesinde volkanoklastik kayalar içinde gözlenen ters fay

3.3.2.3 alta bölgesi

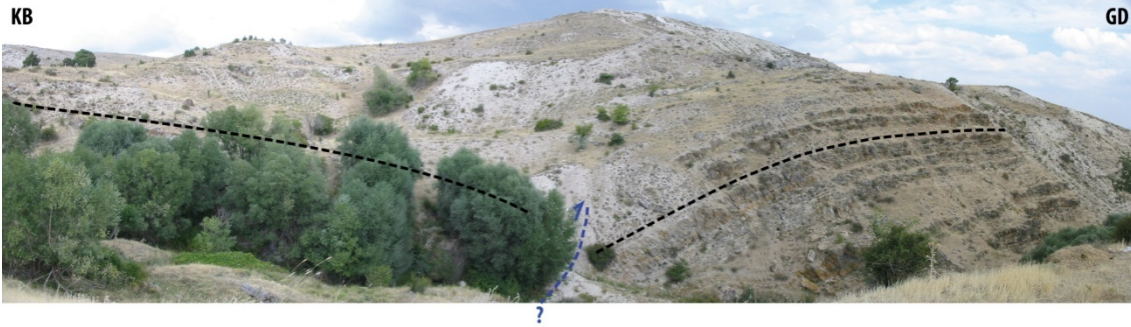
Bu bölgede (ekil 3.12) Miyosen birimler, Pliyo-Kuvaterner klastikler ile teras konglomerası ve alüvyondan oluşan Kuvaterner birimleri bulunur (Karaca 2004, Rojay ve Karaca 2008). Rojay ve Karaca (2008), aralarında açısal uyumsuzluk olduğunu belirttikleri Pliyo-Kuvaterner ve Miyosen birimlerde yaklaşık KD-GB gidili kıvrım eksenleri tanımlar ve Miyosen birimlerin daha fazla deforme olduğunu söylerler. Rojay ve Karaca'nın (2008) bölge için önerdikleri model, Miyosen yalı birimlerdeki kıvrımlar ve KD-GB doğrultulu ters faylara dayanarak Geç Miyosen sonrasında KB-GD doğrultulu sıkışma; Pliyo-Kuvaterner birimleri sınırlandıran ve ters fayları kesen normal faylara dayanarak da Pliyosen'den itibaren KB-GD'dan KKD-GGB'ya değişen bir genişleme rejimidir. Bununla birlikte, Sinap Tepe'nin 8 km batısında, Çalta Köyü'nün hemen güneyinde yer alan Çalta memeli fosil lokalitesi Erken Pliyosen (MN15) olarak yalandırılmıtır (en vd. 1998) (ekil 3.59). Bu lokaliteyi içeren fosilli sedimanter birim, kanatları yüksek açılı ve kıvrım eksenini KD-GB gidili bir antiklinal oluşturur (Lunkka vd. 1998) (ekil 3.60). Erken Pliyosen yalı sedimanter birimde gözlenen bu sıkışma yapısı, bölgedeki KB-GD doğrultulu sıkımanın yaının Erken Pliyosen sonrası olarak değerlendirilmesi gerektiğini gösterir.



Şekil 3.59 Çalta bölgesi uydur görüntüsü. Kıvrım eksenleri kırmızı, olası gömülü bindirme mavi çizgiyle gösterilmiştir. Yıldız Çalta fosil lokalitesini gösterir. Mavi çerçeve Şekil 3.60'ın konumunu gösterir



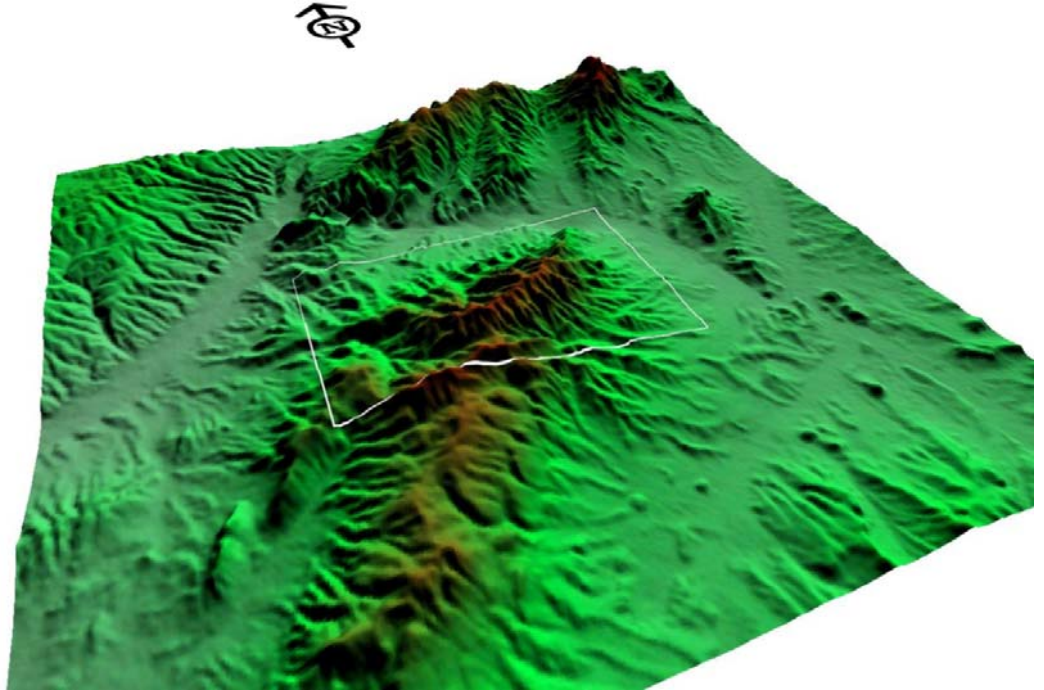
Şekil 3.60 Çalta fosil lokalitesinde gözlenen, kıvrım kanatları dik açılı antiklinal (Lunkka vd. 1998). Fosil lokaliteleri yıldız ile gösterilmiştir



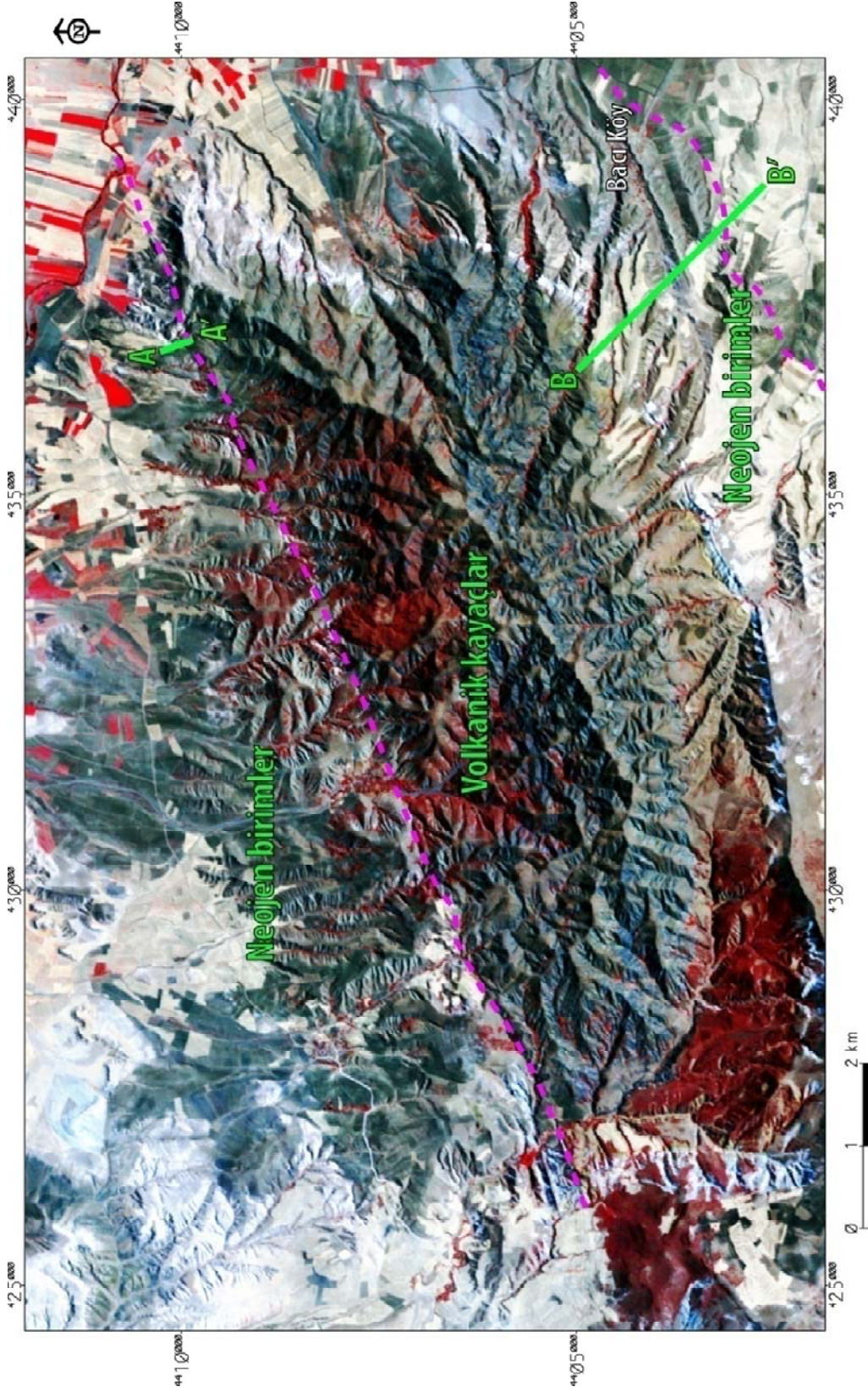
Şekil 3.61 Çalta bölgesinde, mavi çizgiyle gösterilen olası gömülü bindirme yeri. Siyah çizgiler kıvrımların durumunu gösterir. Konum için Şekil 3.59'daki olası gömülü fayın yerine bakınız

3.3.2.4 Çiledağ bölgesi

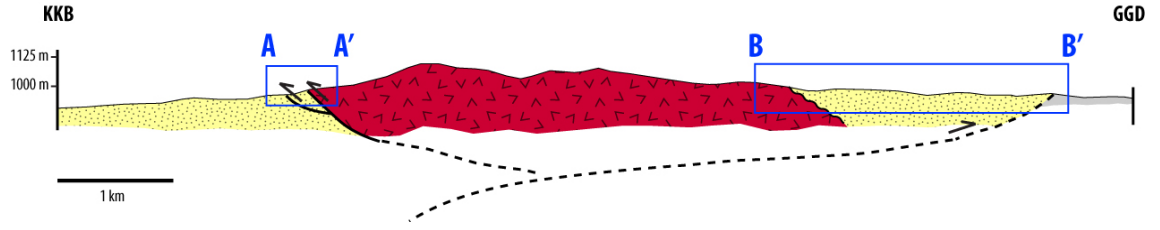
Çiledağ, AKTK'nin hemen güneybatısında yer alan bir yükseltidir (Şekil 3.12 ve Şekil 3.62). Bu bölümde Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı volkanik kayalar (Dönmez vd. 2009), Neojen yaşlı marn-kumtaşı-konglomera ile Kuvaterner-alüvyon birimleri bulunur (Demirbağ 2005, Temel vd. 2010). Neojen birimler volkanik kayaları çevreler şekildedir (Şekil 3.63). Genelleştirilmiş jeolojik kesit Şekil 3.64'de görülmektedir. Kuzey bölümde volkanik kayalar Neojen birimlere KD-GB doğrultulu doğrusal bir hat boyunca bindirirken (Şekil 3.63, Şekil 3.65, Şekil 3.66 ve Demirbağ 2005), güney bölümde aradaki ilişki uyumsuzdur (Şekil 3.67). B-B' kesitinde de görüleceği gibi güney bölümde volkanik kayalar üzerine yaklaşık 35° eğim ile uyumsuz olarak gelen Neojen birim tabakaları, doğuya doğru Kuvaterner-alüvyon birim sınırında 55-56° eğime sahiptir. Bu eğim artışı kuzeyde aynı hat üzerinde yer alan Abdüsselam ve Sinap Tepe bölgelerinde görüldüğü gibi olasılıkla gömülü bindirme(ler) ile ilişkilidir (Şekil 3.67).



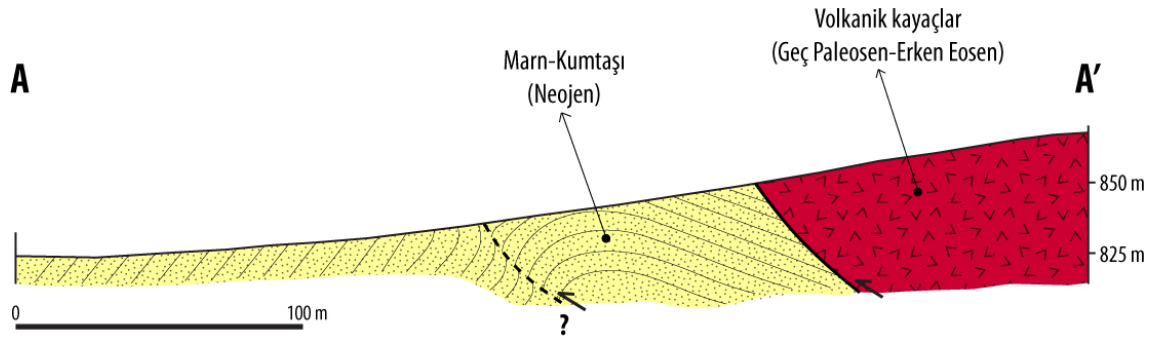
Şekil 3.62 Çiledağ yükselimi ve yakın çevresinin 3 boyutlu perspektif SRTM DEM görüntüsü. Beyaz çerçeve inceleme alanını göstermektedir. Yükseklik dört kat abartılmıştır



Şekil 3.63 Çiledağ bölgesinin görünür yakın kızılötesi (VNIR) bantlar kullanılarak hazırlanmış ASTER uydu görüntüsü. Pembe kesikli çizgiler bindirme faylarını gösterir



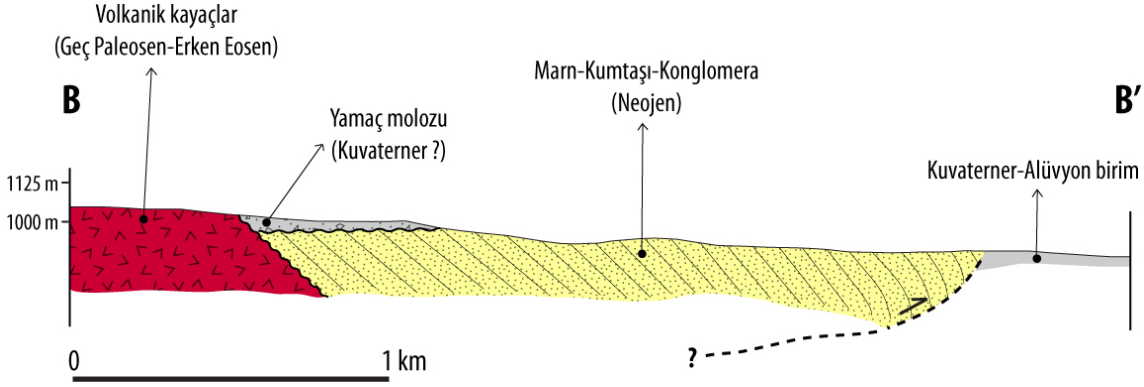
Şekil 3.64 Çiledağ bölgesi genelleştirilmiş jeolojik kesiti. Kesit hatlarının konumları için Şekil 3.63'e bakınız



Şekil 3.65 Jeolojik enine kesit. Hattın konumu için Şekil 3.63'e bakınız



Şekil 3.66 Volkanik kayalar ile Marn-Kumtaşı birimi arasındaki bindirme sınırı



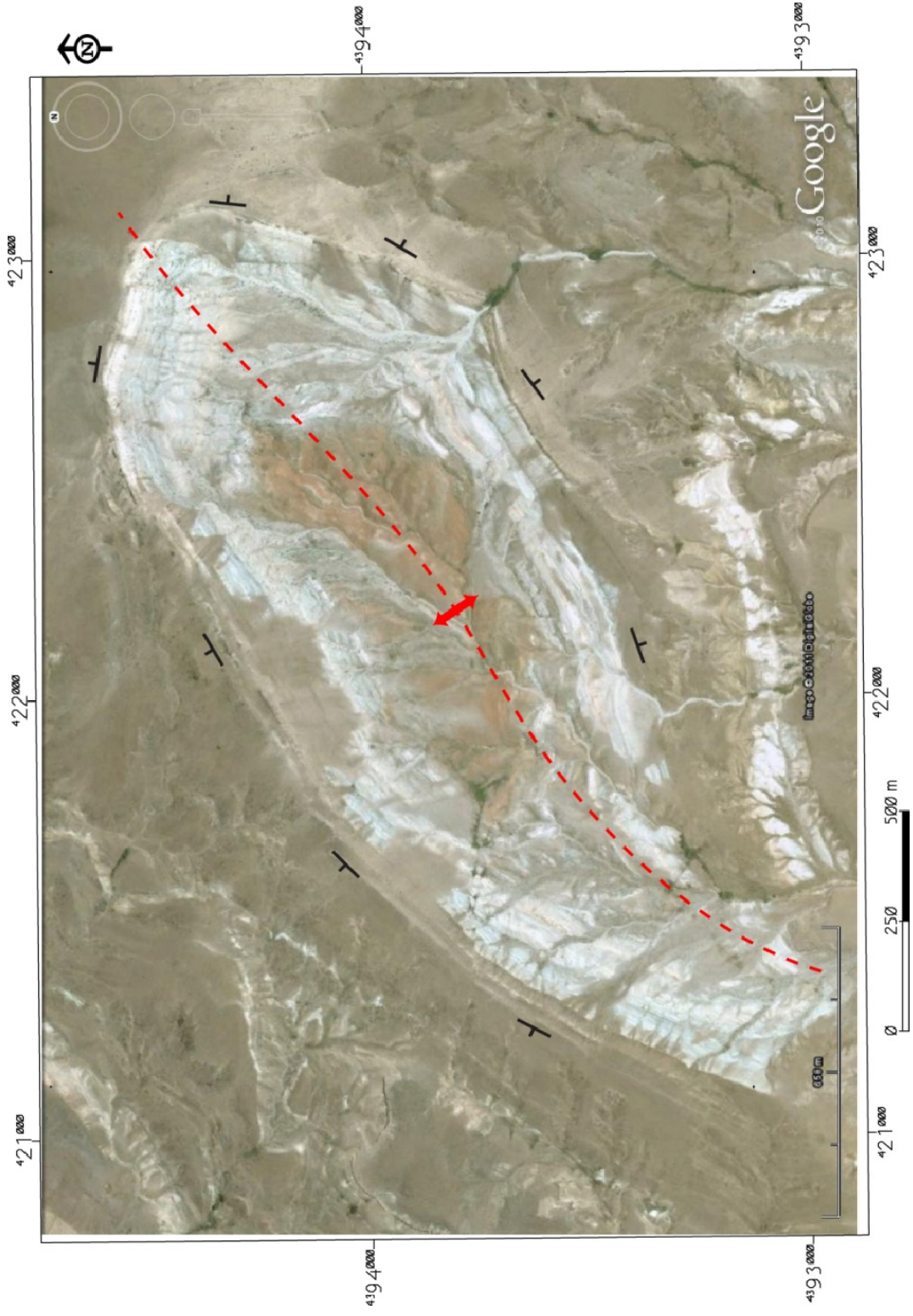
Şekil 3.67 Jeolojik enine kesit. Hattın yeri için Şekil 3.63'e bakınız

3.3.2.5 Şabanözü güneyi

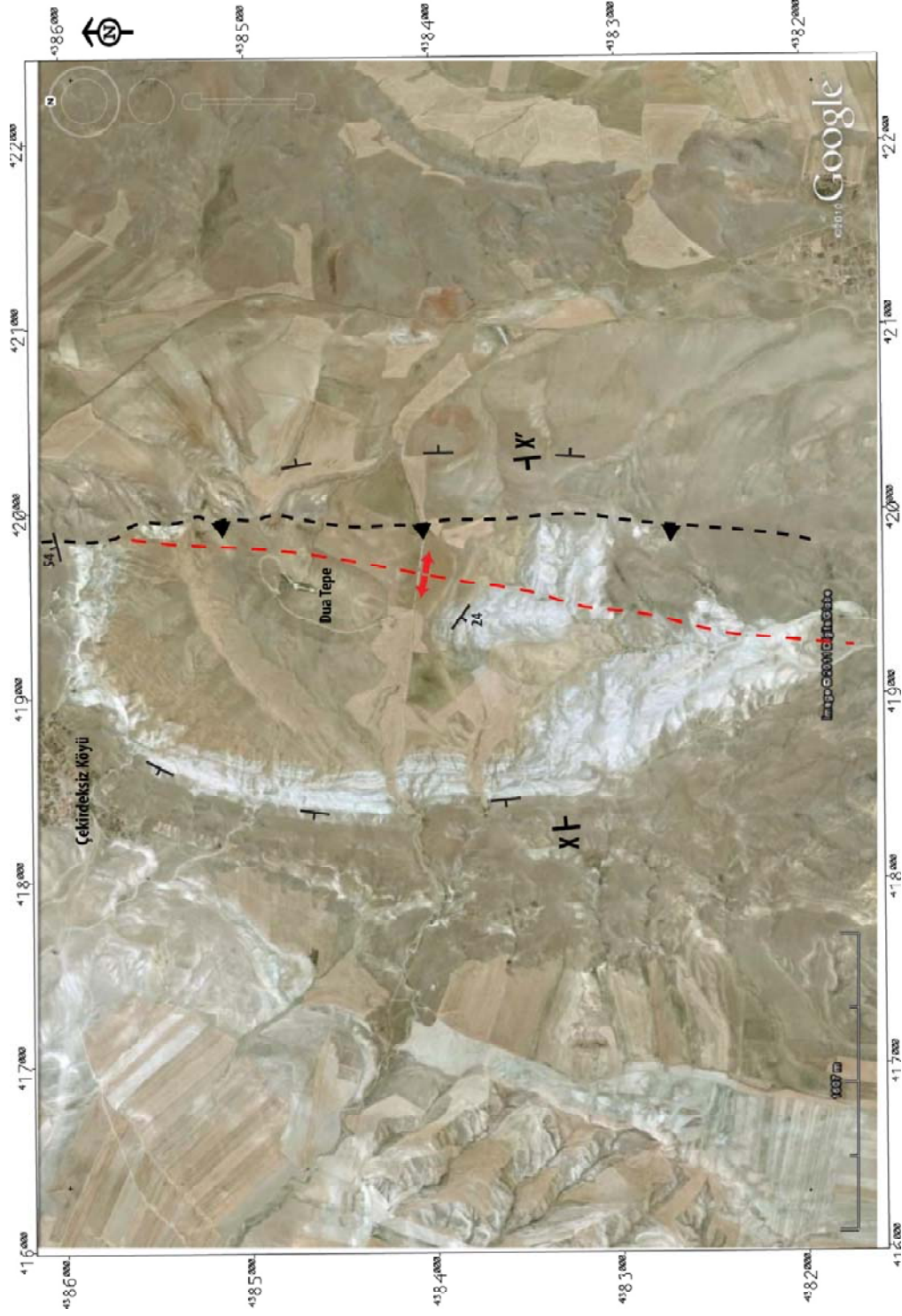
Çiledağ'ın hemen güneybatısında yer alan bu bölümde (Şekil 3.12) Neojen birimlerin (Temel vd. 2010) tabakaları bir antiklinal oluşturacak şekilde kıvrımlanmıştır. Kıvrım ekseninin konumu KB-GD sıkışma doğrultusu ile uyumlu olarak yaklaşık KD-GB'dır (Şekil 3.68) ve bir bindirme ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

3.3.2.6 Dua Tepe bölgesi

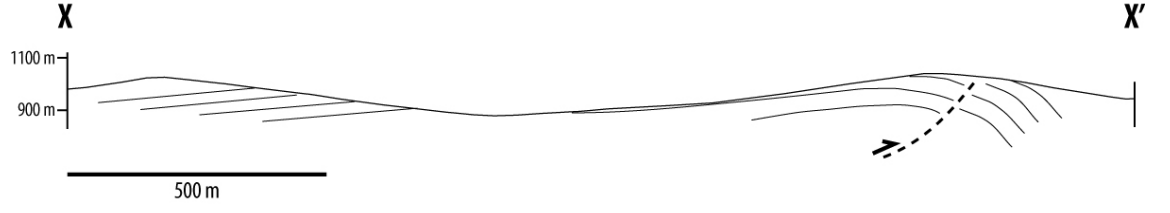
Polatlı'nın hemen batısında yer alan bölgede (Şekil 3.12) Neojen birim içerisinde (Temel vd. 2010) kıvrım eksenini yaklaşık KKD-GGB olan bir antiklinal gözlenir (Şekil 3.69). Bu antiklinalin doğu kanadı aniden dikleşir ve beyaz tabakalar izlenemez. Olası bindirme hattı bu lokasyondan geçmektedir (Şekil 3.70 ve Şekil 3.71).



Şekil 3.68 Şabanözü güneyinde, üzerinde tabakaların yaklaşık durumları ve kıvrım eksenini gösterilmiş uydu görüntüsü



Şekil 3.69 Dua Tepe bölgesinde, üzerinde tabakaların durumları, kıvrım eksenini ve olası bindirme hattı gösterilmiş uydur görüntüsü



Şekil 3.70 Dua Tepe bölgesindeki yapıyı gösteren jeolojik kesit. Kesit yeri için Şekil 3.69'a bakınız



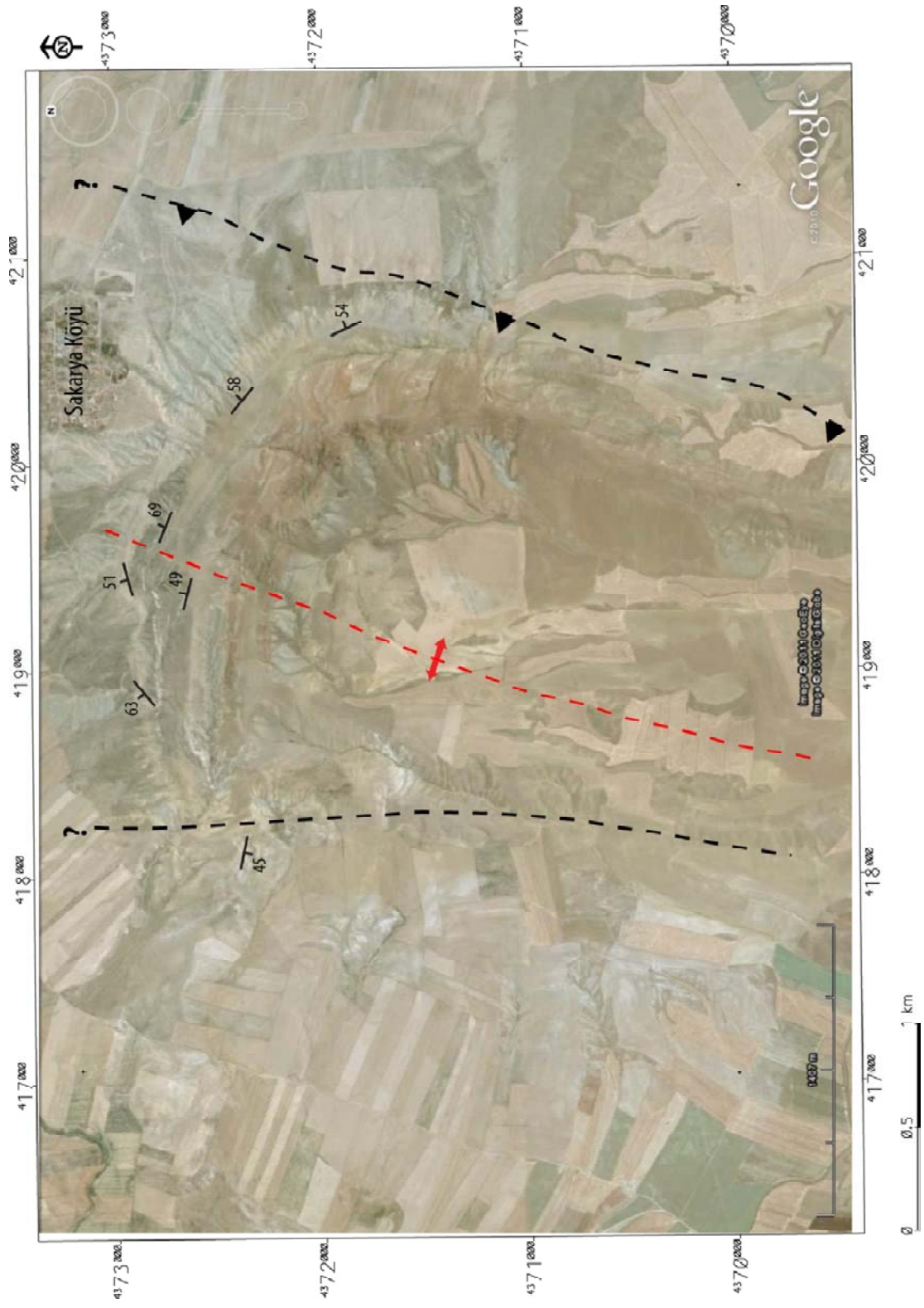
Şekil 3.71 Dua Tepe bölgesindeki olası bindirme hattının üç boyutlu perspektif uydu görüntüsü

3.3.2.7 Sakarya bölgesi

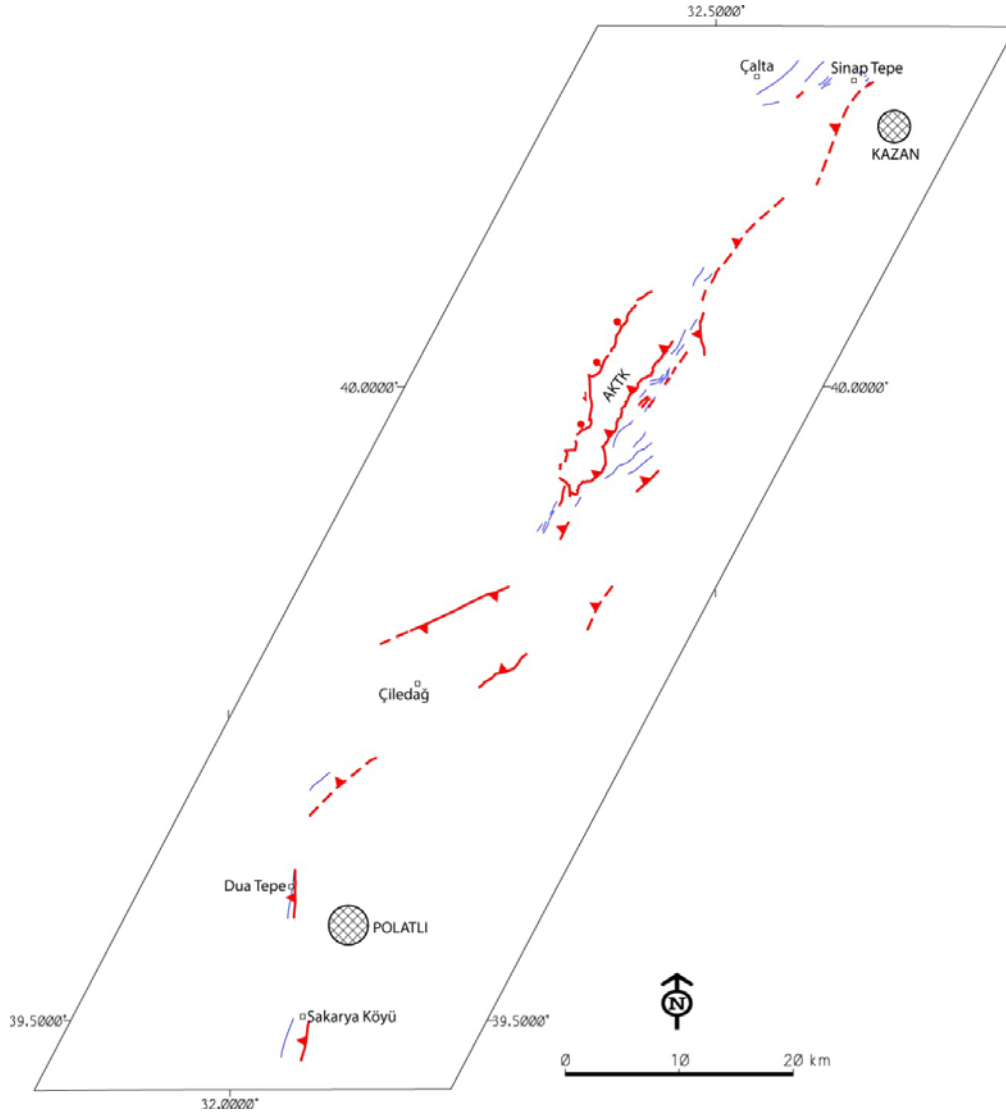
Bu bölüm Polatlı'nın güneybatısında Sakarya Köyü civarında yer alır (Şekil 3.12). Paleosen ve Eosen birimlerin (Sirel 1975) KKD-GGB gidişli eksene sahip bir antiklinal şeklinde kıvrımlandığı görülür (Şekil 3.72). Bu antiklinal olasılıkla bir gömülü bindirmeyle ilişkilidir. Antiklinalin batı kanadı da olasılıkla bir fayla kesilmiş durumdadır.

3.3.2.8 Kazan-Polatlı arasındaki gözlemlerle ilgili sonuçlar

Kazan-Sinap Tepe'den itibaren güneybatıya doğru 100 km'lik bir mesafede izlenen, eksenleri yaklaşık KD-GB gidişli kıvrımlar Sakarya Köyü'nün güneyinde sonlanır. Bölgedeki bütün sıkışma yapılarını gösteren genel harita Şekil 3.73'de görülmektedir. Bölgede Paleosen-Pliyosen yaş aralığındaki birimleri etkileyen yapılar yaklaşık KD-GB uzanımında yer alırlar. Bu yapıların Kuvaterner'i etkilediğine dair elimizde kesin bir kanıt olmamakla birlikte Kuvaterner örtünün deforme edilip edilmediğinin veya çökeliminin kontrol edilip edilmediğinin 100 m derinliğe kadar ayrıntılı görüntüleme imkanı veren sismik kesitlerle ortaya konulması gelecekte planlanmaktadır. Bölgeyle ilgili genel sonuçlar ve tartışma, tezin tartışma ve sonuçlar bölümünde detaylı olarak verilecektir.



Şekil 3.72 Sakarya bölgesinde, üzerinde tabakaların durumları, kıvrım eksenini ve olası bindirme hattı gösterilmiş uydu görüntüsü

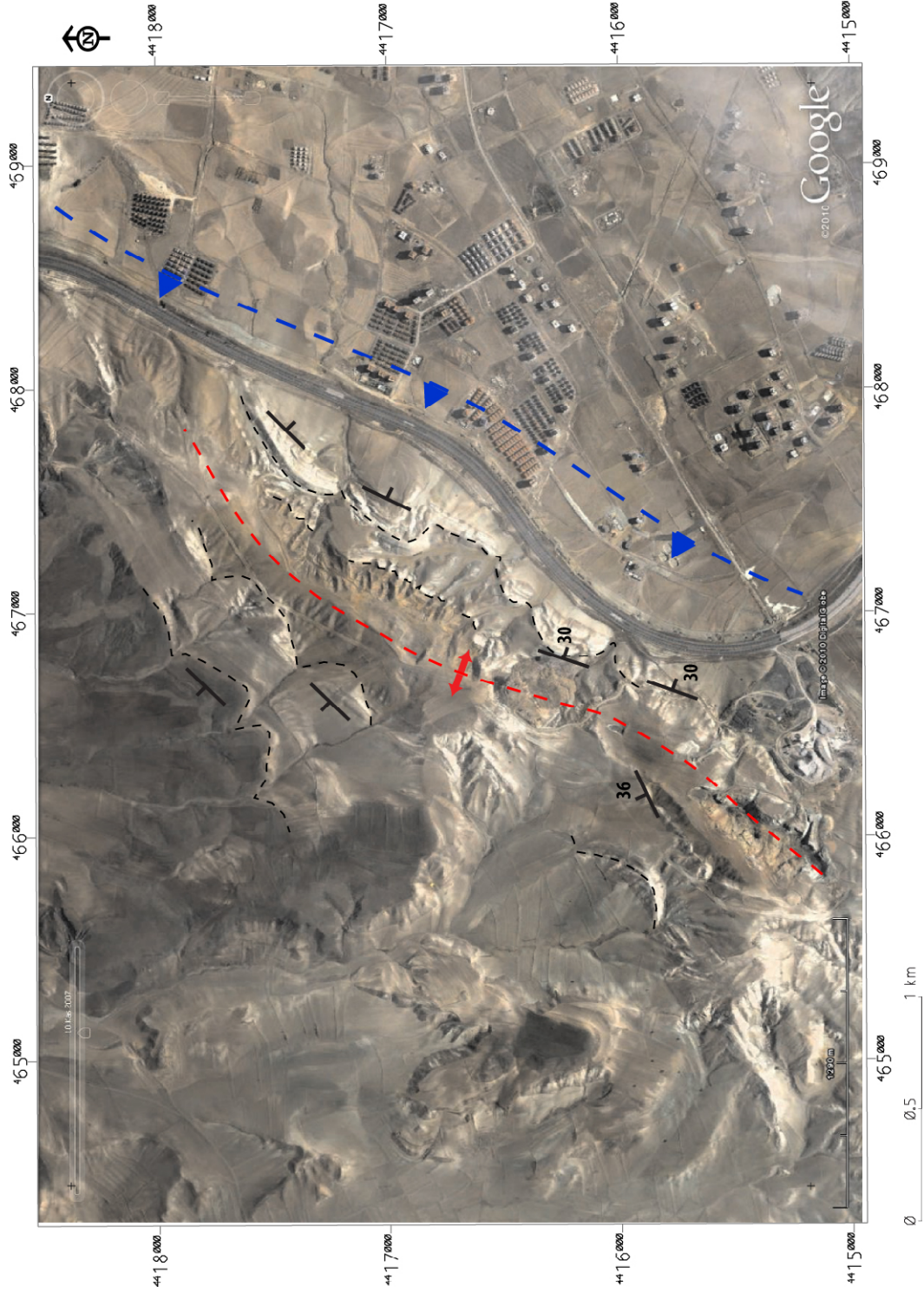


Şekil 3.73 Kazan ile Polatlı arasında gözlenen sıkışma yapıları. Mavi çizgiler kıvrım eksenlerinin, kırmızı çizgiler fayların konumlarını gösterir

3.3.3 Devamlılıkları izlenmeyen belirgin sıkışma yapıları

3.3.3.1 Etimesgut antiklinali

Ankara şehir merkezinde Etimesgut ilçe merkezinin güneyinde (Şekil 3.12) eksenini yaklaşık KD-GB gidişli bir antiklinal gözlenmiştir (Şekil 3.74). Kıvrım eksenini bu konumuyla Kazan ve Polatlı arasında gözlenen kıvrım eksen konumlarıyla uyumludur ve yaklaşık KB-GD sıkışmayı gösterir. Demirci (2000) bu yapıyı Elvan monoklinali olarak tanımlamıştır.



Şekil 3.74 Üzerinde tabakaların durumları, kırmızı çizgi ile antiklinal eksenini ve mavi çizgiyle de olası gömülü bindirmenin gösterildiği uydu görüntüsü. Haritadaki yeri için Şekil 3.12'ye bakınız

3.3.3.2 Bağdatlı bölgesi

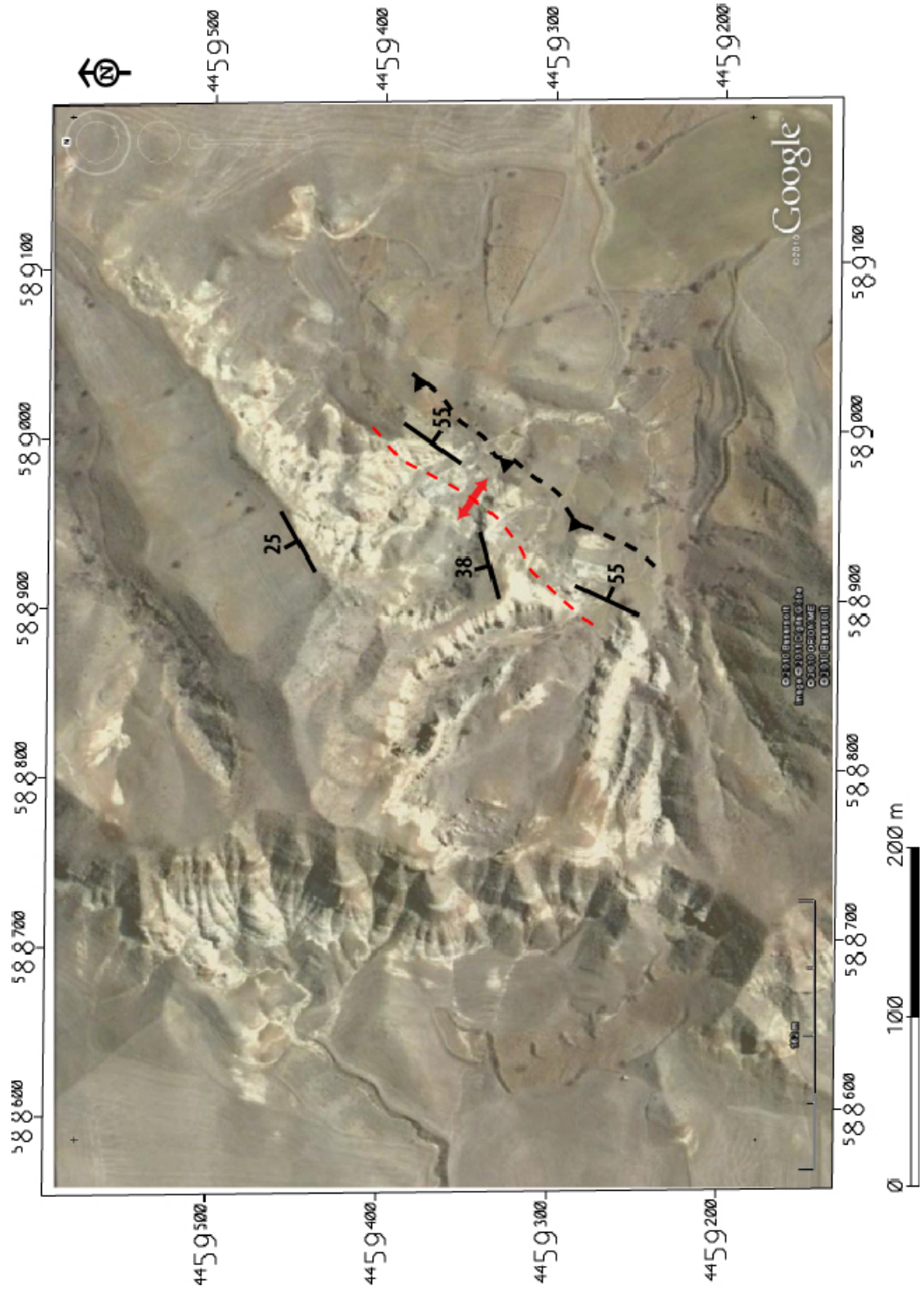
Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında ETKK'nin doğu bölümünde yer alan Bağdatlı Köyü civarında gözlemlerde bulunulmuştur (Şekil 3.12). Burada Geç Oligosen yaşlı Kızılırmak formasyonu (Karadenizli vd. 2004) tabakalarının asimetrik bir antiklinal oluşturacak şekilde kıvrımlandığı ve faylandığı gözlenmiştir (Şekil 3.75 ve Şekil 3.76). Kıvrım ekseninin yaklaşık konumu KD-GB'dır. Bu kıvrımlanmanın gömülü bindirme ile ilişkili olması olasıdır (Şekil 3.77). Kıvrım ekseninin konumu düşünüldüğünde bu bölümde de KB-GD sıkışmanın etkisi görülmektedir.



Şekil 3.75 Kızılırmak formasyonunda gözlenen asimetrik antiklinal



Şekil 3.76 Asimetrik antiklinal içinde gözlenen ters fay-bindirme düzlemi



Şekil 3.77 Kızılırmak formasyonu içerisinde gözlenen asimetrik antiklinalin konumunu gösteren uydu görüntüsü. Kesikli kırmızı çizgi kıvrım ekseninin yaklaşık konumunu, kesikli siyah çizgi ise olası bindirme hattını göstermektedir

3.3.4 Ilıca Fayı

Eskişehir Fay Zonu'nun doğu bölümü, Tuz Gölü'nün batısında üç faydan oluşur: Ilıca Fayı, Yeniceoba Fayı ve Cihanbeyli Fayı (Dirik ve Erol 2003). Yeniceoba ve Cihanbeyli Fayları (Çemen vd. 1999) Özsayın ve Dirik (2007) tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Yeniceoba Fayı sağ yönlü verev normal fay karakterindeyken, Cihanbeyli fayı ise normal fay karakterindedir (Özsayın ve Dirik 2007).

Yeniceoba ve Cihanbeyli Faylarının kuzeyinde yer alan Ilıca Fayı, Koçyiğit (1991) ve Dirik ve Erol'un (2003) haritalarında görülür. Koçyiğit'in (1991) çalışması içerisinde Ilıca Fay Seti olarak isimlendirdiği fay üzerine bugüne dek yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Tezin önceki bölümünde ayrıntılı olarak verilen Kazan-Polatlı arasında izlenen bindirme kuşağına ait yapılar, EFZ'nin doğu kesimindeki Ilıca Fayı'nda kesilirler. Bu nedenle Ilıca Fayı tez kapsamında incelenmiştir.

Bu bölümde arazi gözlemleri, uzaktan algılama yöntemleri ve deprem verisinden yararlanılarak Ilıca Fayı'nın morfo-tektonik özellikleri anlatılacaktır. Çalışma alanının konumu Şekil 3.12'de, bölgenin jeoloji haritası ise Şekil 3.78'de görülmektedir.

3.3.4.1 Çalışma yöntemi

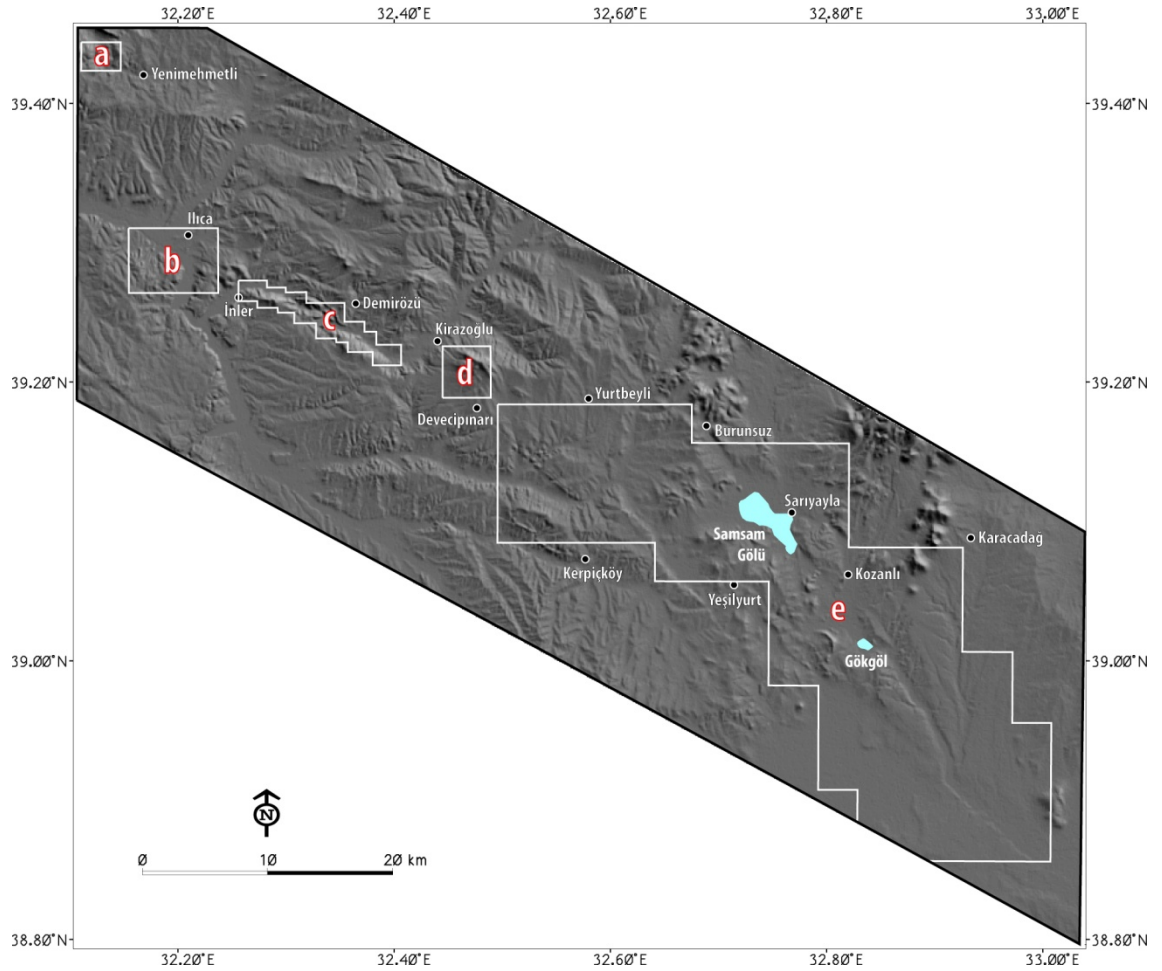
Ilıca Fayı'nı analiz etmek için Google Earth, SRTM ve ASTER-GDEM uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Google Earth programından elde edilen uydu görüntüleri sahip oldukları yüksek mekansal çözünürlükle jeolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle ikincil fayları-kırıkları ve dere ötelenmelerini incelemeye bu yüksek çözünürlüklü görüntülerden yararlanılmıştır. SRTM ve ASTER-GDEM sayısal yükseklik modeli verileri fay parçalarının morfo-tektonik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. SRTM verisi yaklaşık 90 m mekansal çözünürlüğe sahipken, ASTER-GDEM yaklaşık 30 m çözünürlüğe sahiptir. TNTmips uzaktan algılama-coğrafi bilgi sistemleri yazılımı, uzaktan algılama çalışmalarının bütün aşamalarında kullanılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmalarının yanı sıra Ilıca Fayı boyunca arazi çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Böylelikle fayı arazide gözlemlemek ve kinematik veri toplamak mümkün olmuştur.

3.3.4.2 Ilıca Fayı'nın alt bölümleri

Sağ yönlü doğrultu atımlı Ilıca Fayı yaklaşık 100 km uzunluğa sahiptir ve yaklaşık KB-GD doğrultusunda Yenimehmetli'den (Ankara'nın 70 km GB'sı) Tuz Gölü'nün B-KB'sına doğru uzanır.

Ilıca Fayı jeolojik ve jeomorfolojik verilere dayanarak 5 parça/bölümde incelenmiştir. Bu bölümlerin adları KB'dan GD'ya doğru sırasıyla şöyledir: Yenimehmetli, Ilıca, İnler-Demirözü, Mangaldağı ve Samsam-Gökgöl (Şekil 3.79).



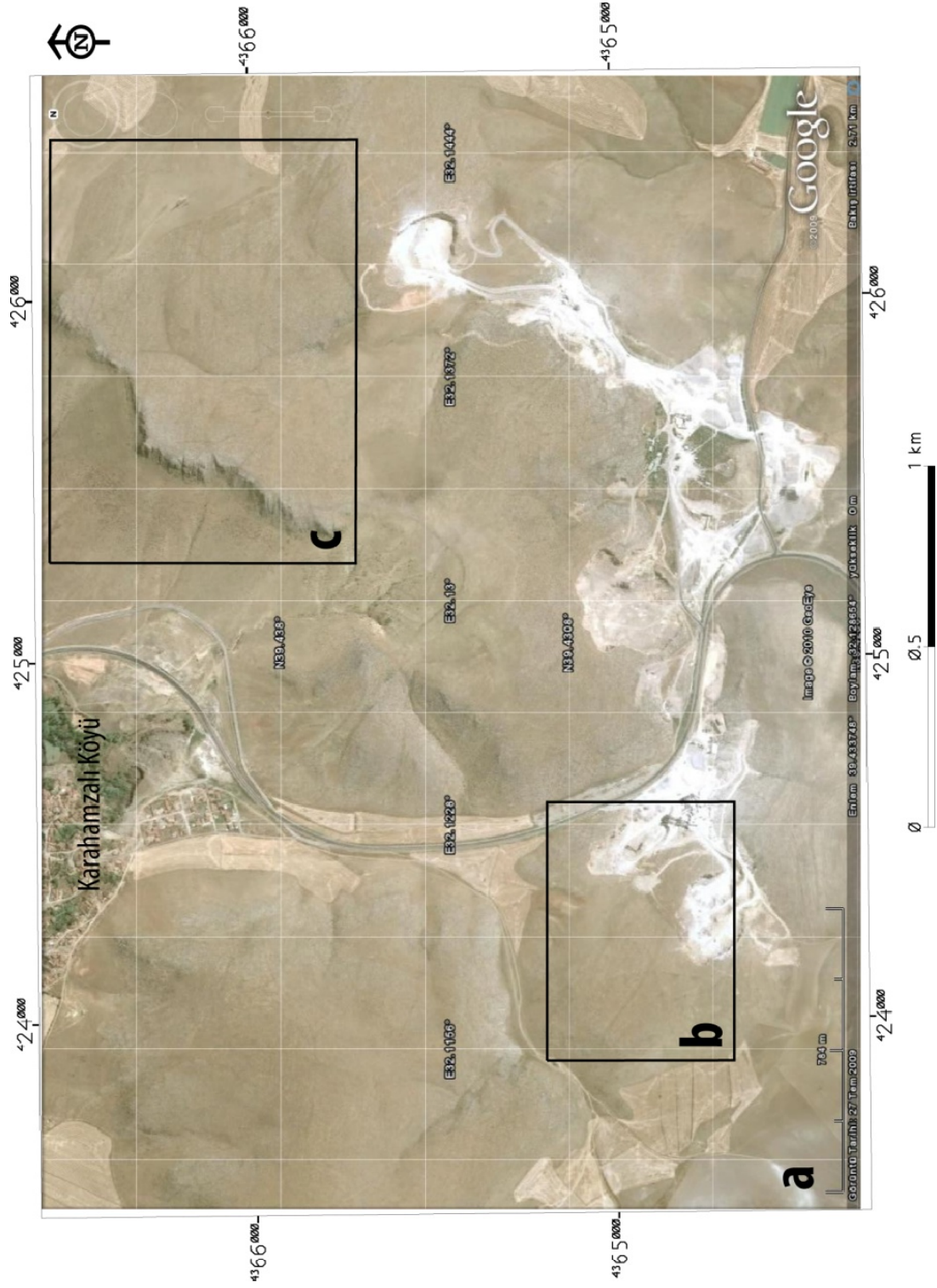
Şekil 3.79 İnceleme alanı. Fay parçalarının bulunduğu alanlar beyaz çerçeveyle gösterilmiş ve isimlendirilmiştir: a) Yenimehmetli, b) Ilıca, c) İnler-Demirözü, d) Mangaldağı, e) Samsam-Gökgöl

a) Yenimehmetli Bölümü

Yenimehmetli bölümü (Şekil 3.79) Jura-Kretase yaşlı rekristalize kireçtaşı-mermer içerisinde gözlenen neredeyse 90°'lik eğime sahip büyük bir sağ yönlü doğrultu atımlı fay yüzeyini içerir (Şekil 3.80). Bu bölüm içerisinde ayrıca yine rekristalize kireçtaşı-mermer üzerinde uydu görüntüsünde çok net olarak gözlenen ve hemen fay yüzeyinin yanında ve yaklaşık 1 km kuzeydoğusunda görülen kırıkların gül diyagramı üzerindeki konumları, bu kırıkların sağ yönlü ana fayla ilişkili ikincil kırıklar olma ihtimalini güçlendirmektedir (Şekil 3.81, Şekil 3.82, Şekil 3.83, Şekil 3.84 ve Şekil 3.85).



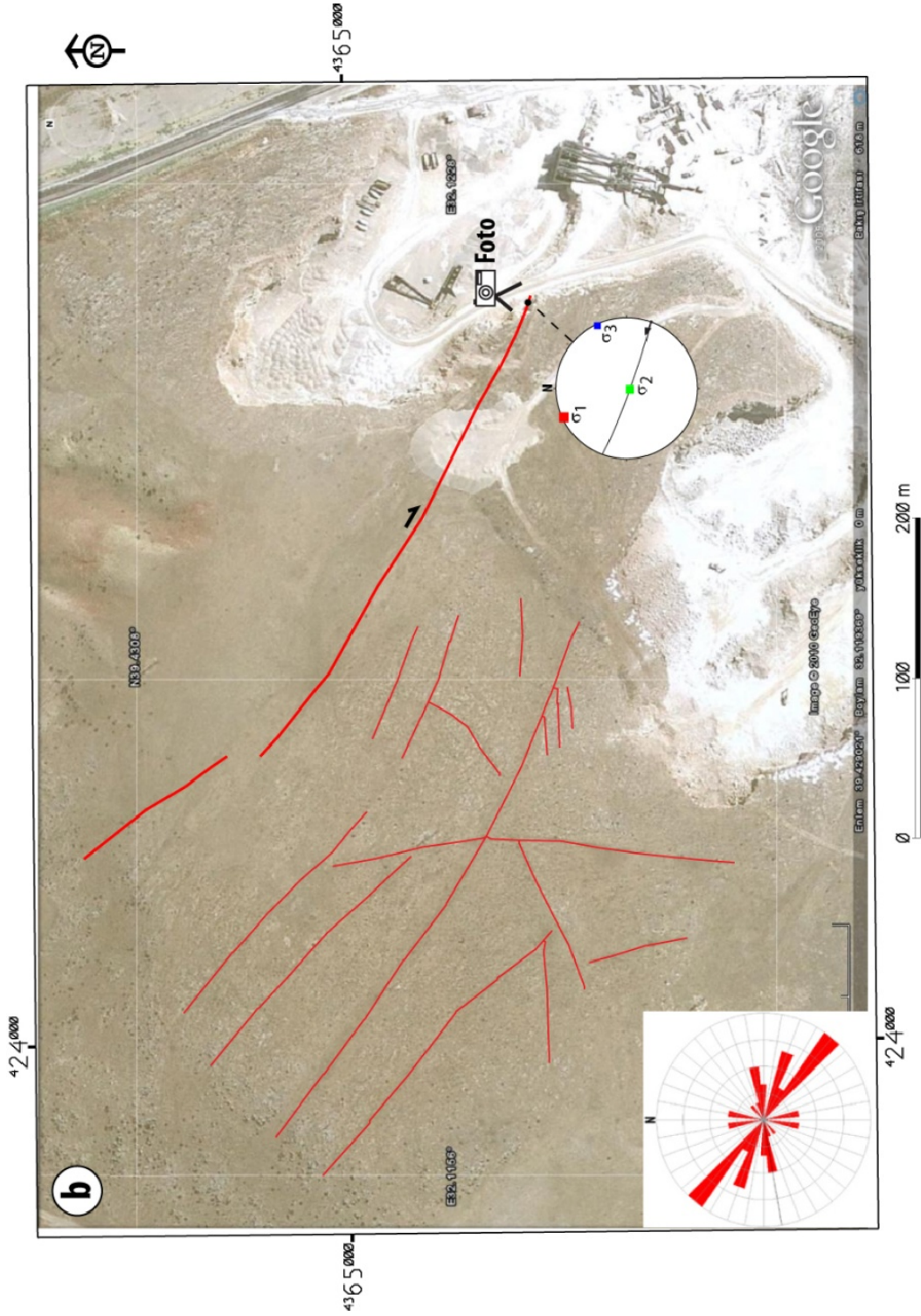
Şekil 3.80 Yenimehmetli bölümüne ait doğrultu atımlı fay yüzeyi



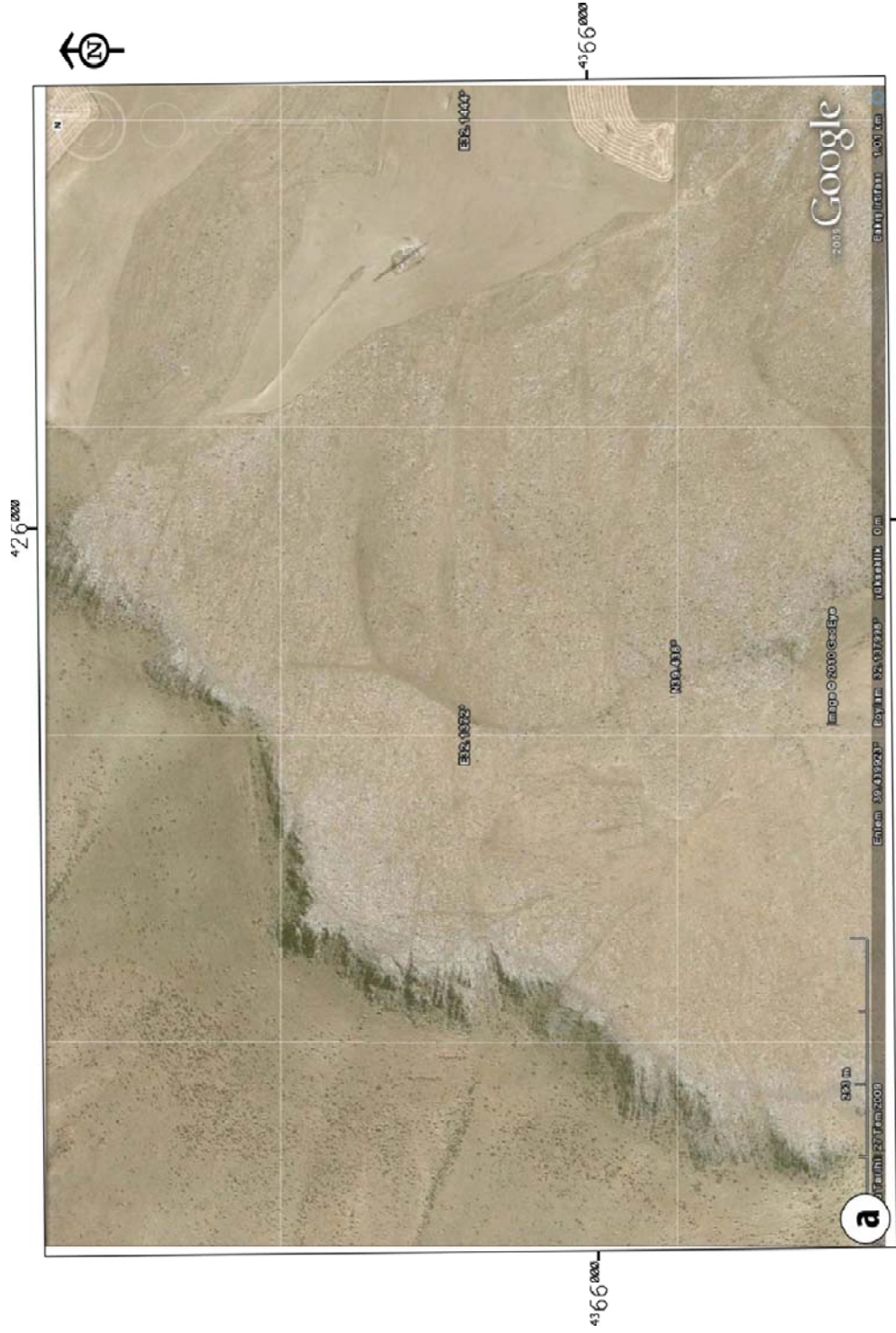
Şekil 3.81 Yenimehmetli bölümünün bulunduğu alan. Yer için Şekil 3.79'a bakınız



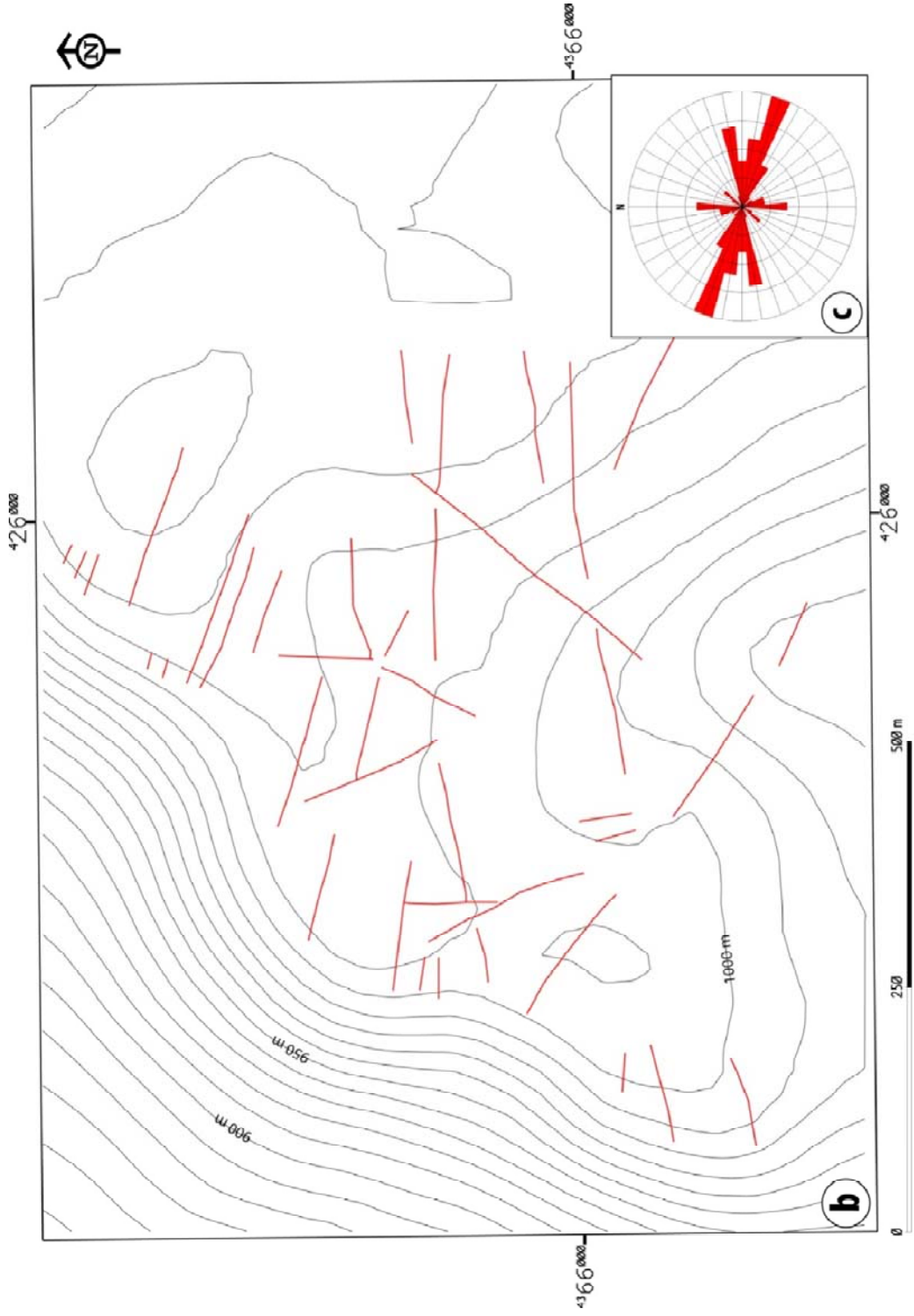
Şekil 3.82 Yenimehmetli bölümünün uydur görüntüsü. Konum için Şekil 3.79b'ye bakınız



Şekil 3.83 Yenimehmetli bölümünde gözlenen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için Şekil 3.81b'ye, fotoğraf için Şekil 3.80'e ve detay için metne bakınız



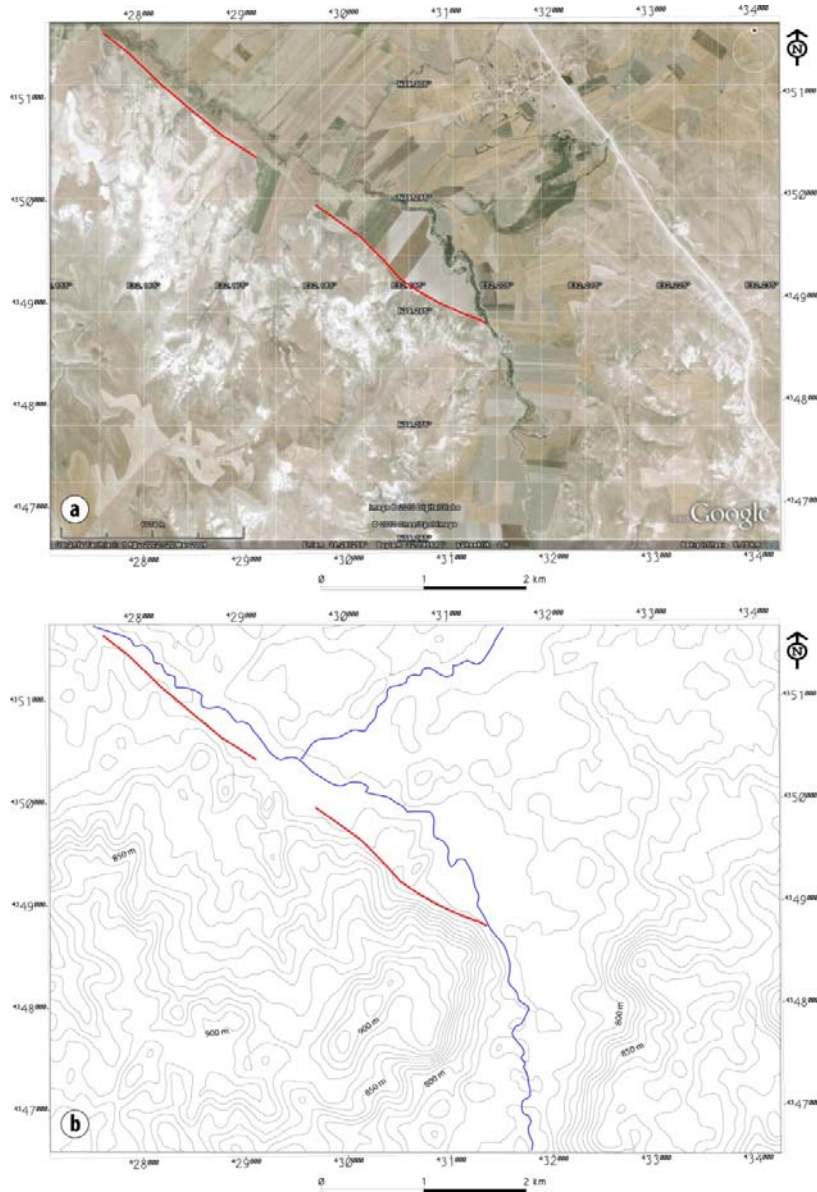
Şekil 3.84 Kireçtaşı üzerinde görülen kırıkları gösteren uydü görüntüsü. Konum için Şekil 3.81c'ye bakınız



Şekil 3.85 Kireçtaşı üzerinde görülen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için Şekil 3.81c'ye, detay için metine bakınız

b) Ilıca Bölümü

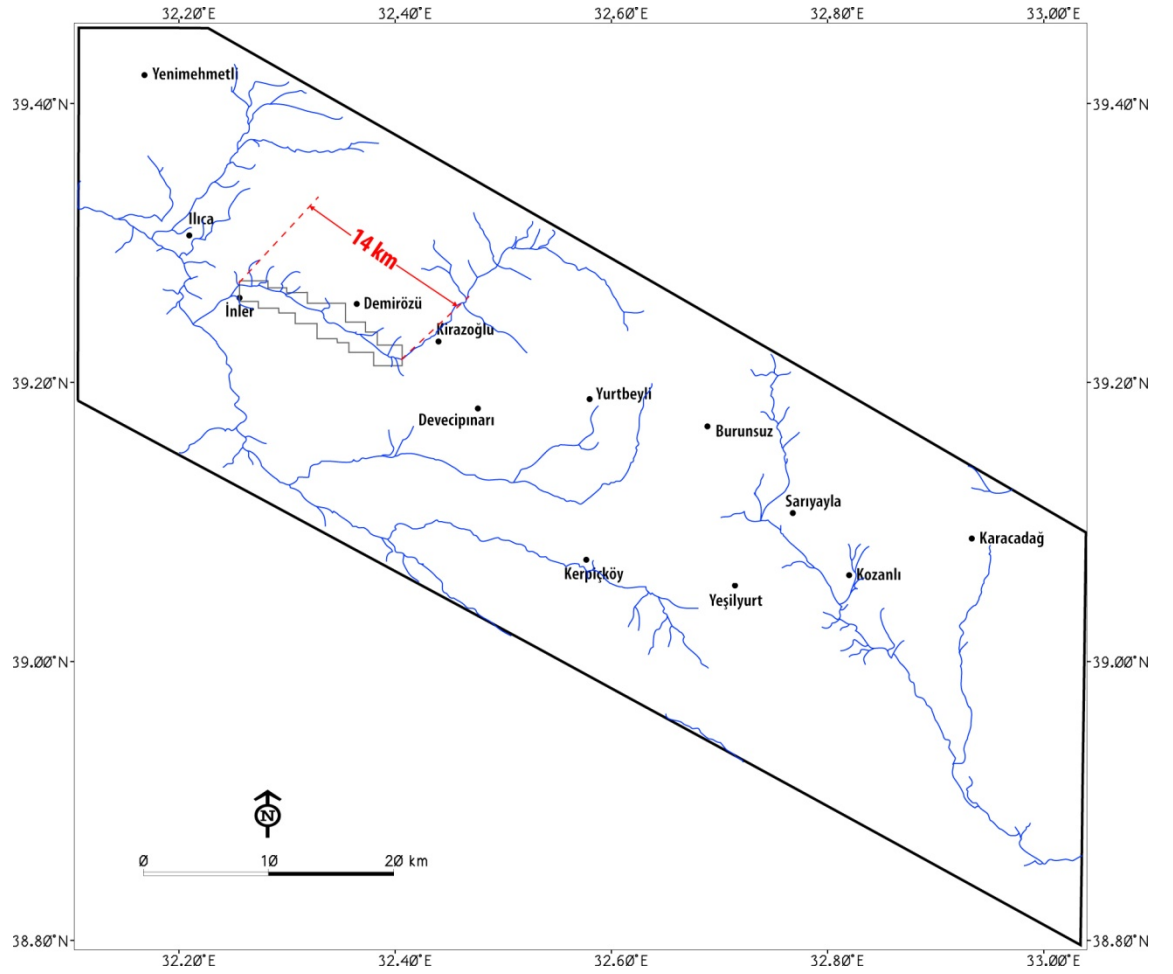
Ilıca Bölümünde fay morfolojik olarak Pliyosen ve alüvyon-Kuvaterner birimleri arasında net olarak gözlenir. Pliyosen kireçtaşlarıyla alüvyon-Kuvaterner birimleri arasındaki sınır, bıçakla kesilmiş gibi bir doğrusallık gösterir (Şekil 3.86a). Bu bölümde faya ilişkin arazide ölçülmüş kinematik bir veri bulunmamasıyla birlikte Ilıca Fayının burada morfolojik bir ifadesinin olduğu görülmektedir (Şekil 3.86b).



Şekil 3.86 a) Ilıca bölümünü gösteren uydu görüntüsü b) Aynı bölgenin topoğrafik verisi. Fay kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79'a bakınız

c) İler-Demirözü Bölümü

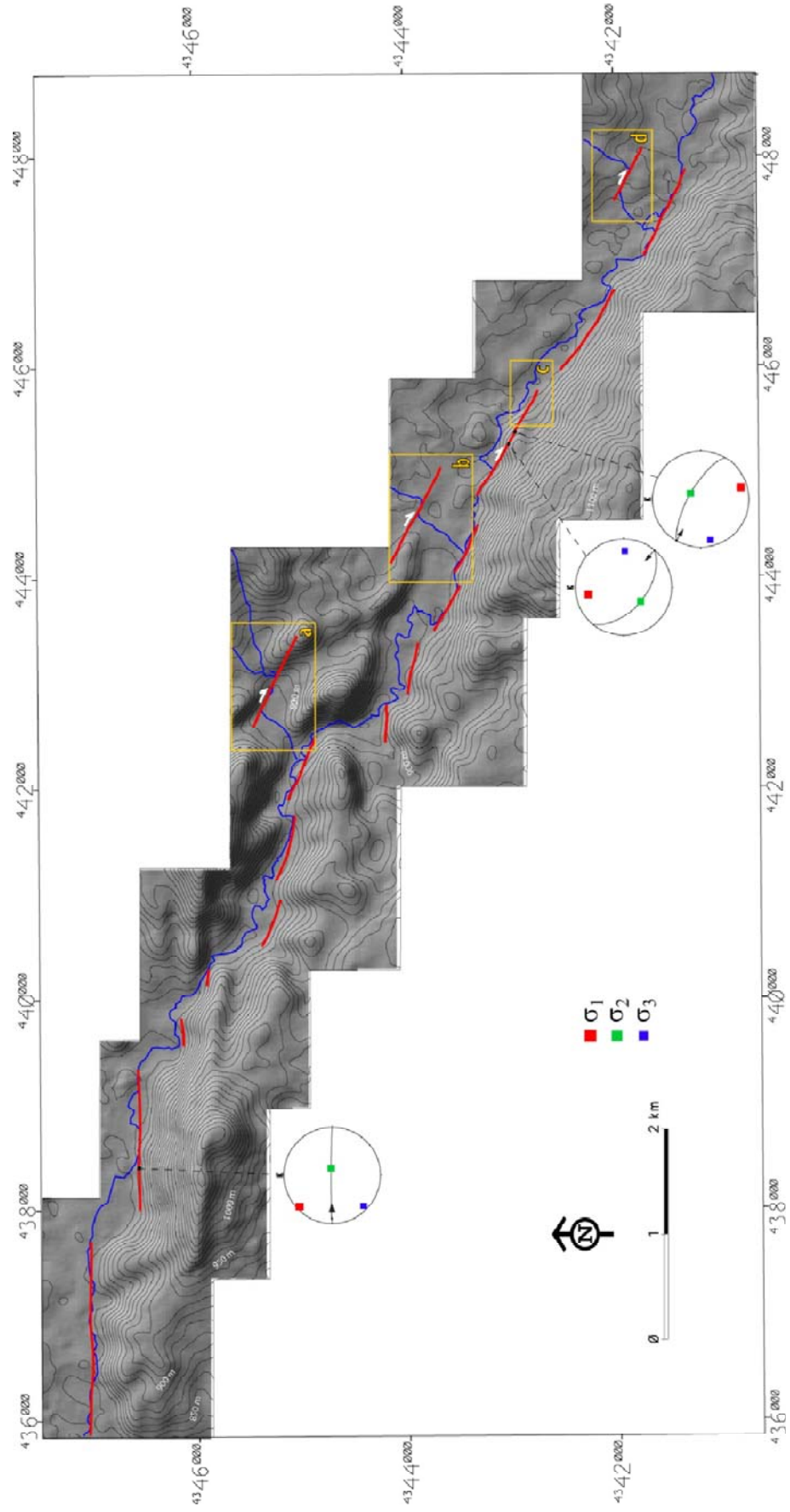
İler-Demirözü bölümü (Şekil 3.79) Ilıca Fayının dere ötelenmeleri, fay yüzeyleri ve breş ve kırıklanmayı içeren kataklastik zon gibi birçok yapısal özelliğini gösterir. Demirözü deresi yatağının 14 km'lik keskin bir sağ yönlü ötelenme göstermesi fayın doğrultusuyla uyumludur (Şekil 3.87).



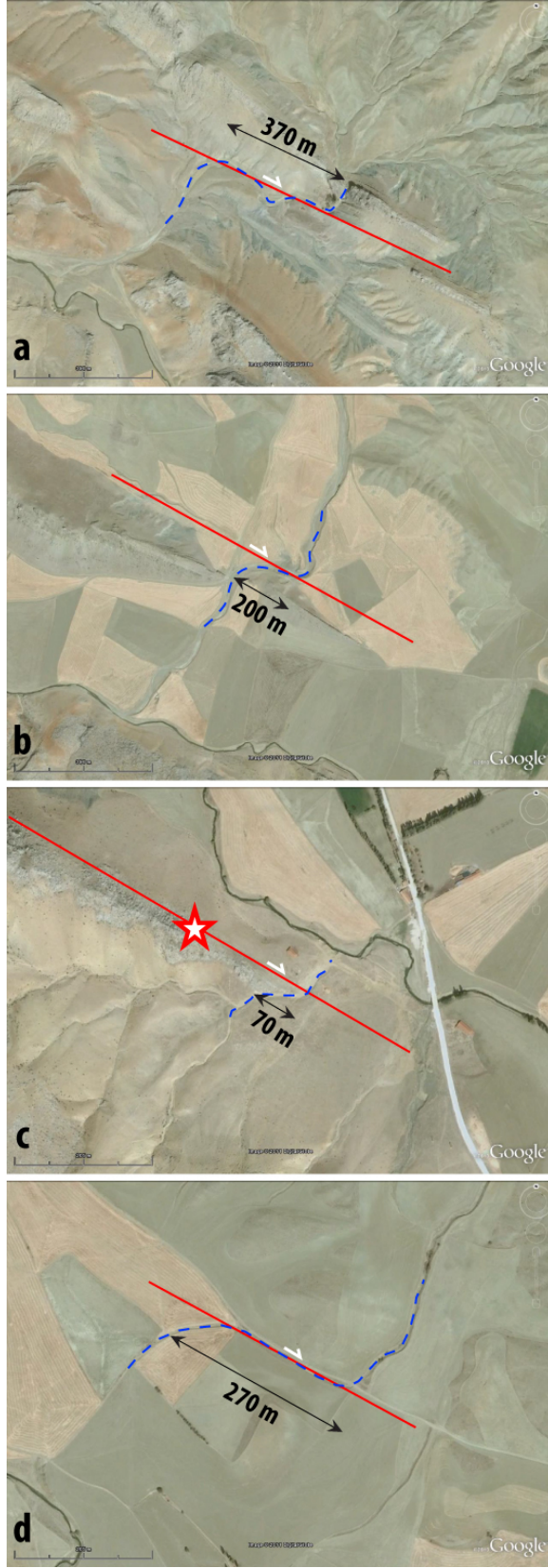
Şekil 3.87 Demirözü deresindeki 14 km'lik sağ yanal atım

Bu bölümde morfolojiye ve dere ötelenmelerine dayanarak fayın tek bir parça değil, sıçramalar yapan çeşitli uzunluklarda parçalar halinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.88 ve Şekil 3.89). Derelerde dört yerde KB'dan GD'ya doğru sırasıyla 370, 200, 70 ve 270 m'lik sağ yönlü ötelenmeler gözlenmektedir. 1/500 000'lik jeoloji haritasında (Anonim 2002) Paleosen yaşlı klastik birim olarak gösterilen birimin tabakaları bu bölüm içerisinde dikleşmiş durumdadır (Şekil 3.90). Üç yerde fay düzleminde kinematik veri elde edilmiştir. Sağ yönlü doğrultu atımlı fay özelliği gösteren bu düzlemlerin kinematik analizi en büyük gerilme eksenini σ_1 'in gidişinin yaklaşık KB-GD olduğunu göstermektedir. σ_1 'in bu konumu bölgesel gerilme yönelimiyle uyumludur.

İnler-Demirözü Bölümünde gözlenen en önemli yapısal unsurlardan biri de iyi gelişmiş kataklastik zondur. Yaklaşık 20 m genişlikte ve 125 m uzunlukta gözlenen bu zon boyunca Orta Jura-Kretase kireçtaşları, breşik özellikte parçalı ve kırıklıdır (Şekil 3.91). Bu breşik zon içerisinde makaslama kırıklarının konumu, σ_1 'in yaklaşık K10B gidişli olduğunu göstermektedir (Şekil 3.92).



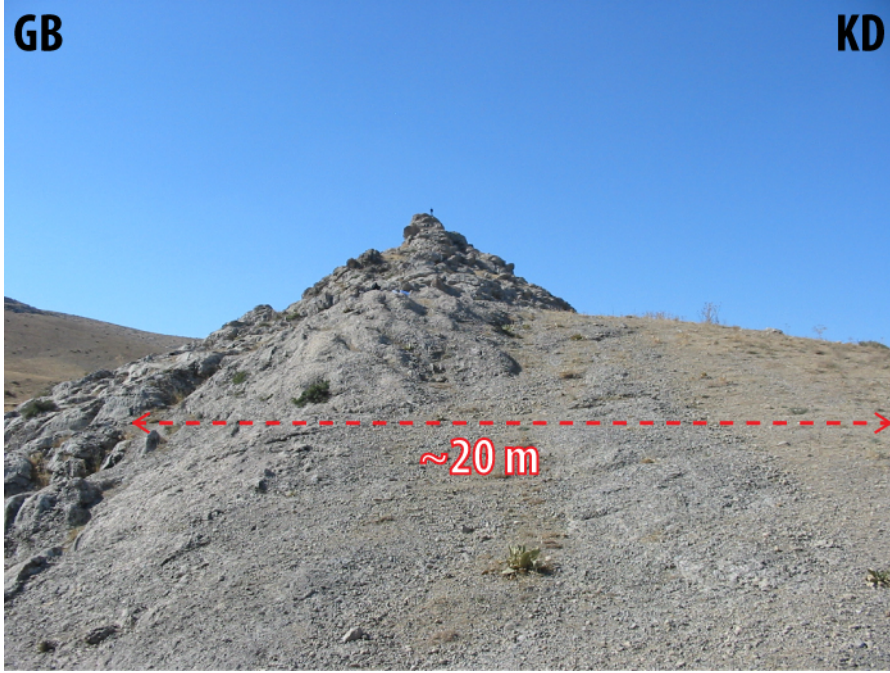
Şekil 3.88 İnler-Demirözü bölümü. Konum için Şekil 3.79'a, sarı çerçeveli alanlar için Şekil 3.89'a bakınız



Şekil 3.89 İler-Demirözü bölümünde görülen dere ötelenmeleri. Konum için Şekil 3.88'e bakınız. Kataklastik zonun konumu yıldız ile gösterilmiştir



Şekil 3.90 İnler-Demirözü bölümünde gözlenen dikleşmiş tabakalar. Fayın konumu kırmızı çizgi ile gösterilmiştir



Şekil 3.91 İnler-Demirözü bölümünde gözlenen yaklaşık 20 m genişliğindeki kataklastik zon

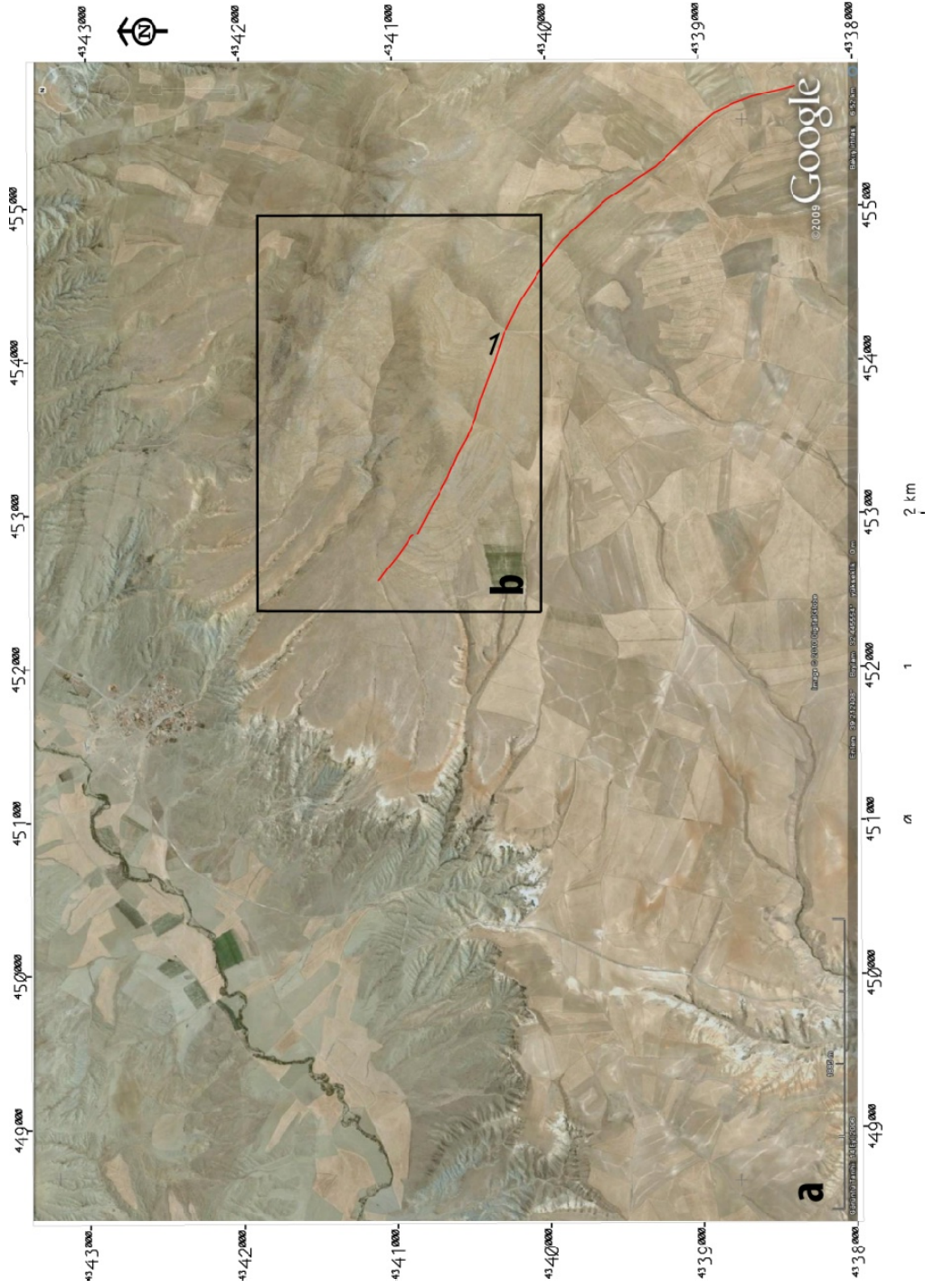


Şekil 3.92 Kataklastik zonda gözlenen makaslama kırıkları. Kalem, yaklaşık K10B gidişli σ_1 'in durumunu göstermektedir

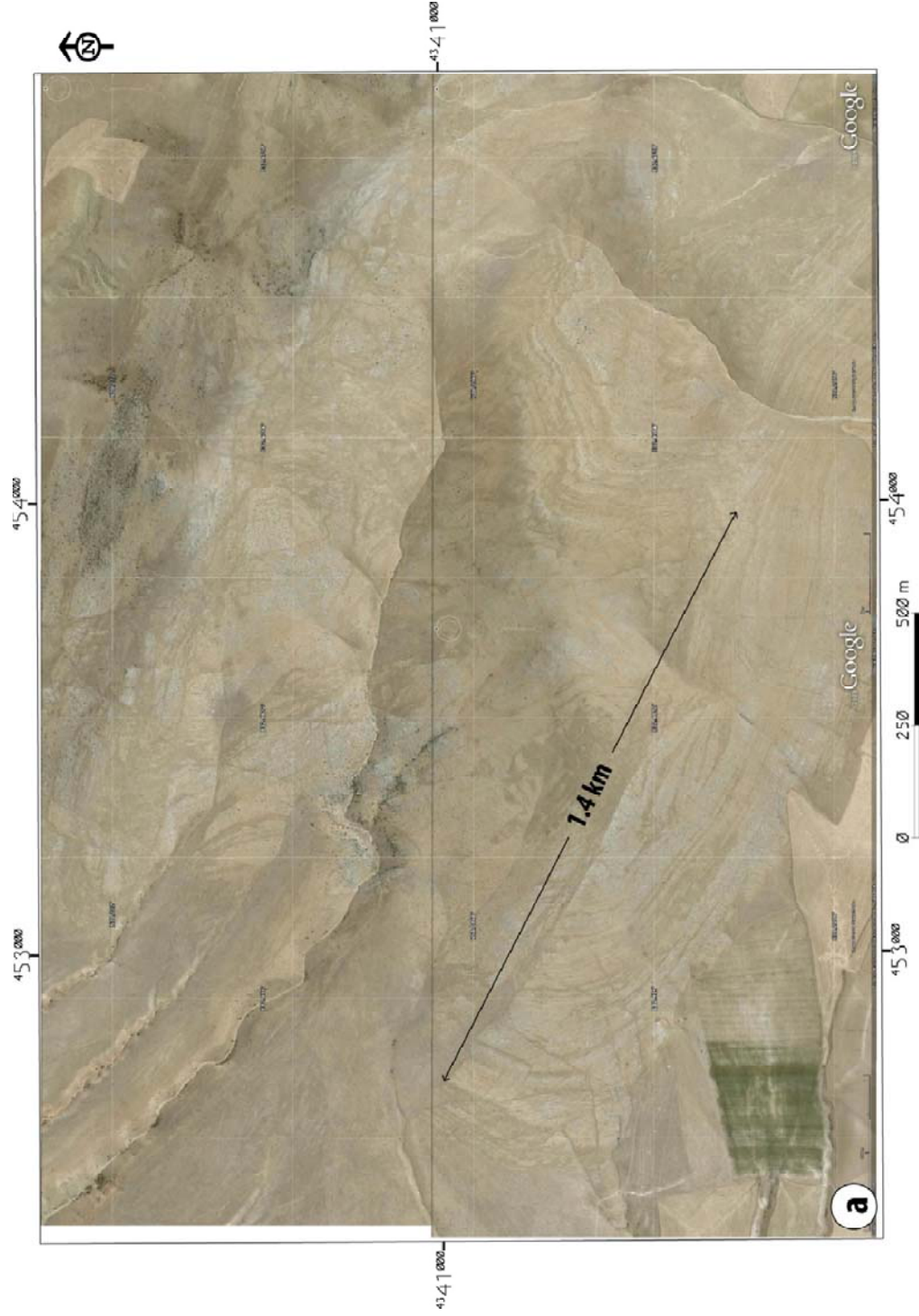
d) Mangaldağı Bölümü

Mangaldağı bölümü uydu görüntüleri üzerinde açıkça görülmektedir (Şekil 3.93). Ana fay ve ilişkili ikincil faylar ve kırıklar (R, R', P ve X kırıkları) sağ yönlü doğrultu atım geometrisini yansıtmaktadır.

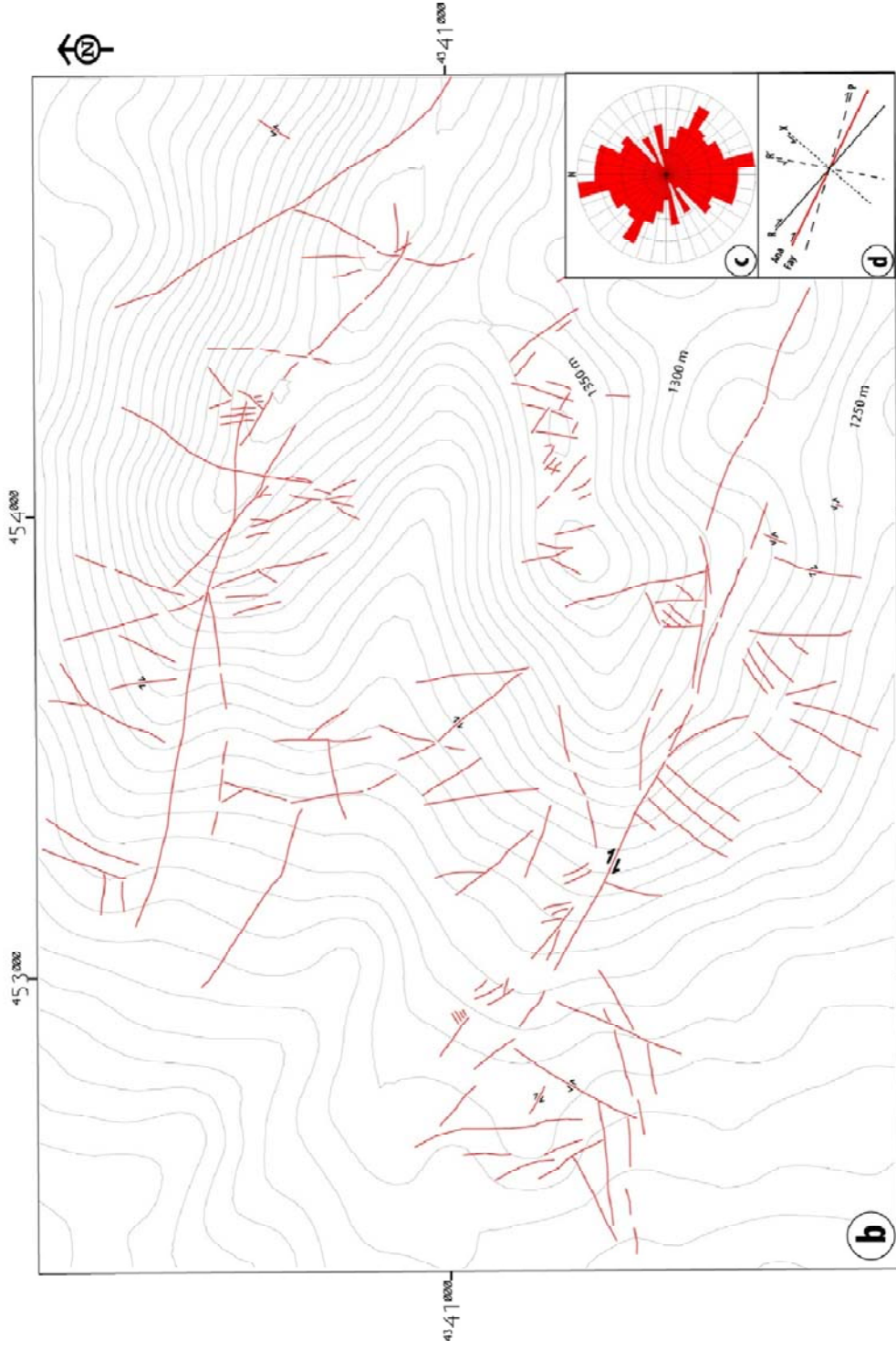
Bu bölümde Paleosen yaşlı kireçtaşlarında ana fay üzerinde 1.4 km'lik sağ yönlü ötelenme görülür (Şekil 3.94). KB-GD doğrultulu bu fayla ilişkili pek çok ikincil kırık uydu görüntüsü üzerinde belirlenmiştir. Bu kırıkların doğrultularının gül diyagramı üzerindeki gösterimi, bunların R, R', P ve X ikincil kırıklarına karşılık geldiğini göstermektedir (Şekil 3.95). Mangaldağı bölümünde fay, uydu görüntüsündeki çizgiselliğe dayanarak yaklaşık 4 km uzunluğundadır.



Şekil 3.93 Mangaldağı bölümü. Konum için Şekil 3.79'a bakınız



Şekil 3.94 Mangaldağ bölümünün uydu görüntüsünde kırklar ve yaklaşık 1.4 km’lik atım gözlenmektedir. Konum için Şekil 3.93b’ye bakınız

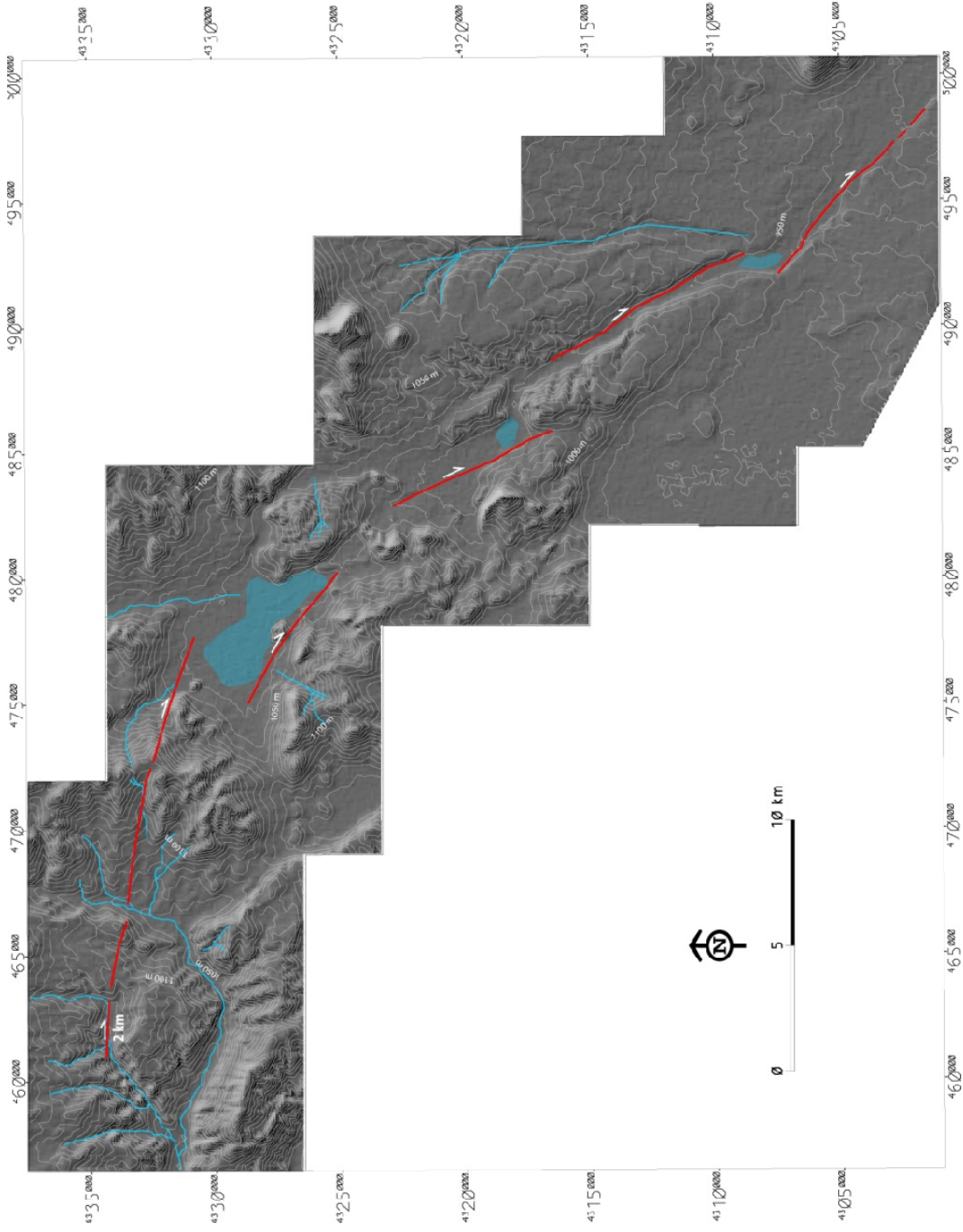


Şekil 3.95 Mangaldağ bölümünde gözlenen kırıkların yorumlanmış hali. Konum için Şekil 3.93b'ye, detay bilgi için metine bakınız

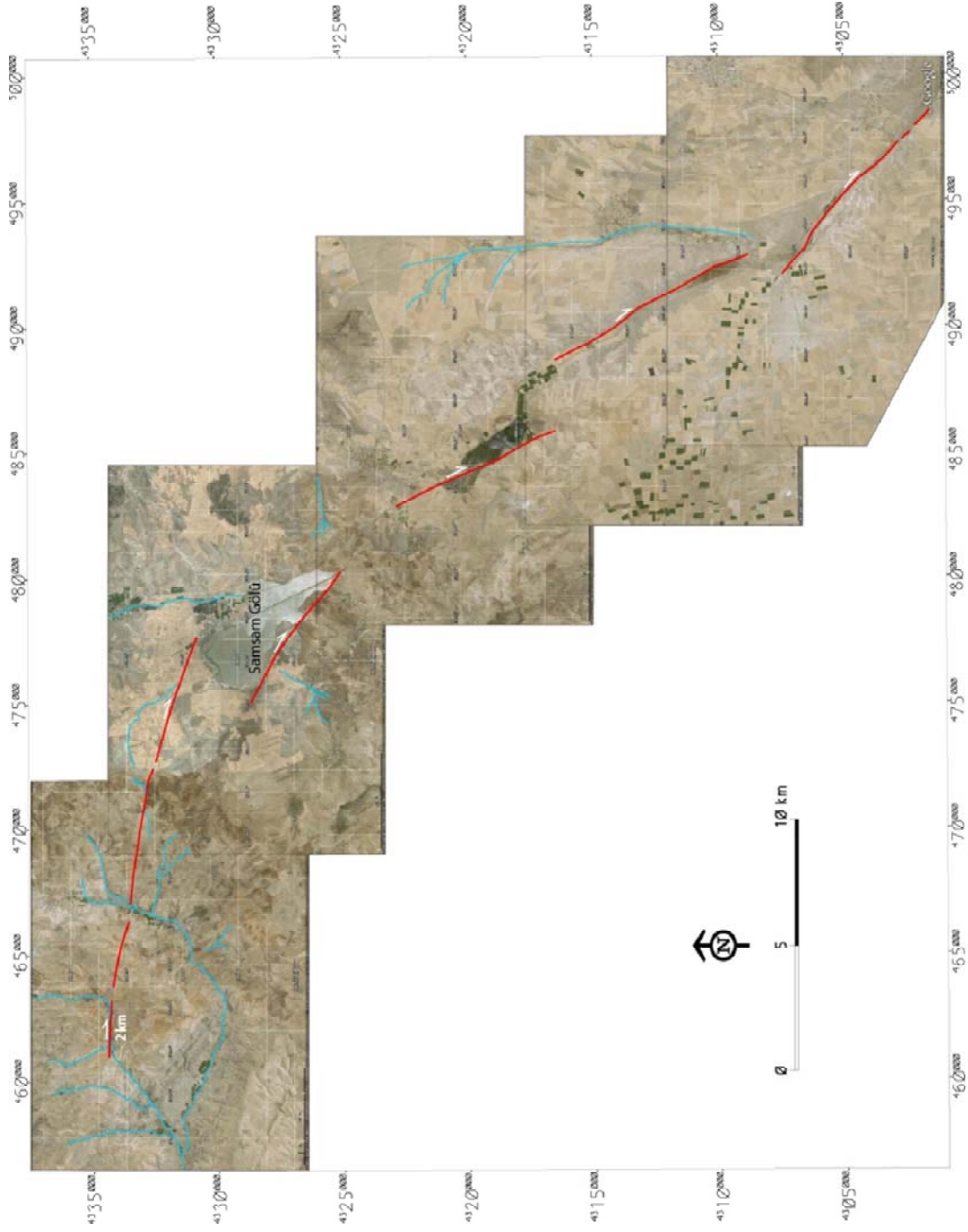
e) Samsam-Gökgöl Bölümü

Samsam-Gökgöl bölümü Ilıca Fayının GD devamını oluşturur ve Tuz Gölü'nün batısına kadar uzanır. Bu bölüm boyunca genişleyen ve sıkışan alanlar morfolojik olarak belirgindir (Şekil 3.79).

2 km'lik keskin bir sağ yönlü dere ötelenmesinin görüldüğü bölümde, Samsam Gölü fayın güneye sıçramasıyla çek-ayır karakterinde gelişmiş bir çöküntü alan üzerinde yer alır (Şekil 3.96 ve Şekil 3.97). Sıçramalar yaparak güneye doğru devam eden fay, Gökgöl'ün hemen güneyinde sıkışan bir alanı temsil eden yükseltiyi oluşturur. Fayın topoğrafya üzerindeki çizgiselliği Tuz Gölü'nün hemen B-KB'sında sonlanır ve takip edilemez hale gelir (Şekil 3.96 ve Şekil 3.97).



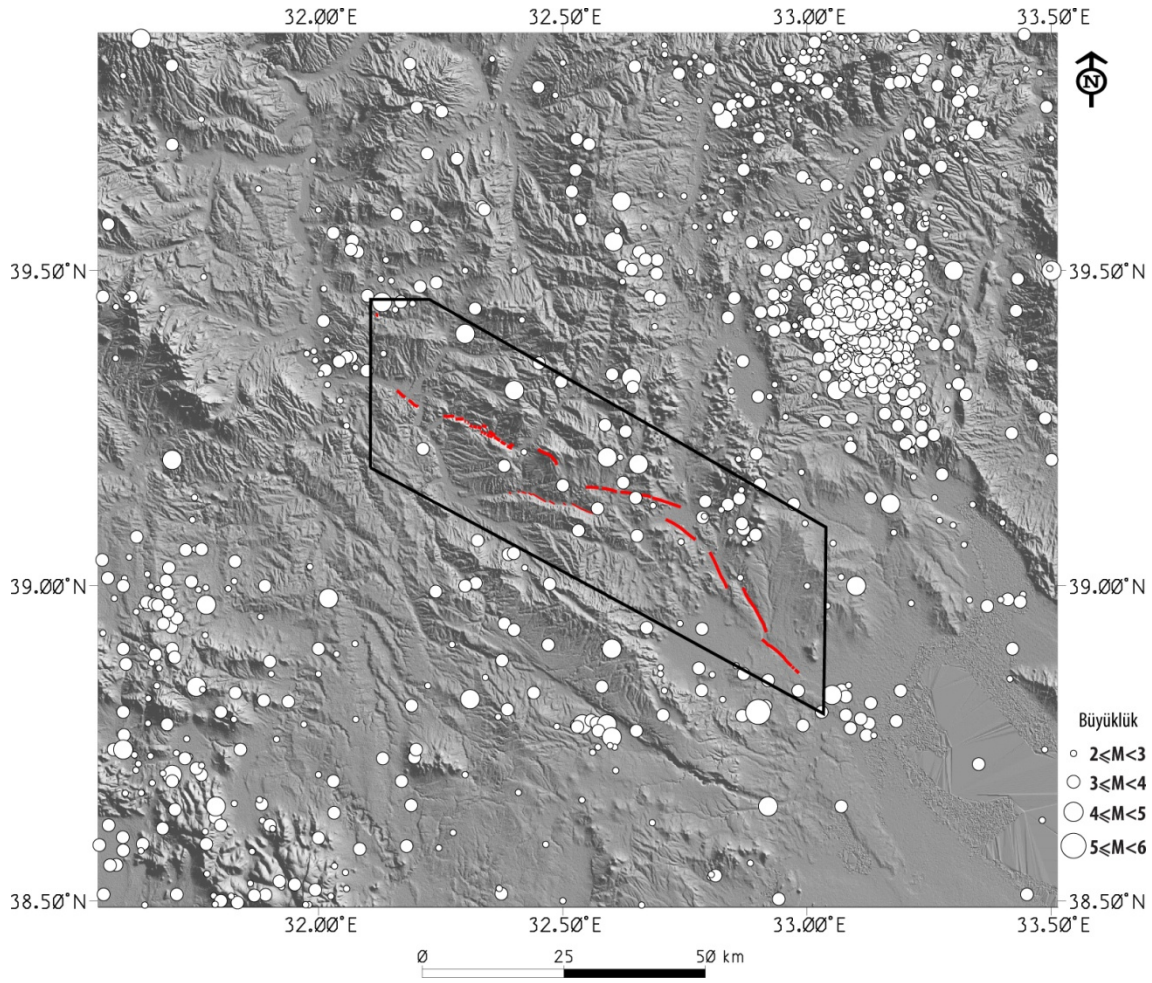
Şekil 3.96 Samsam-Gökgöl bölümünün ASTER GDEM görüntüsü. Faylar kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79’ a bakınız



Şekil 3.97 Samsam-Gökgöl bölümünün uydu görüntüsü. Faylar kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Konum için Şekil 3.79'a bakınız

3.3.4.3 Ilıca Fayı'nın depremselliği

Bölgede büyüklüğü 3'ün üzerinde olan ve Ilıca Fayı ile ilişkilendirilebilecek birçok deprem olmuştur. Bu depremlerin dağılımı Şekil 3.98'de görülmektedir. Çalışma alanında 1975 ile 2004 yılları arasında büyüklükleri 4.1 ile 4.5 arasında değişen beş adet deprem olmuştur.

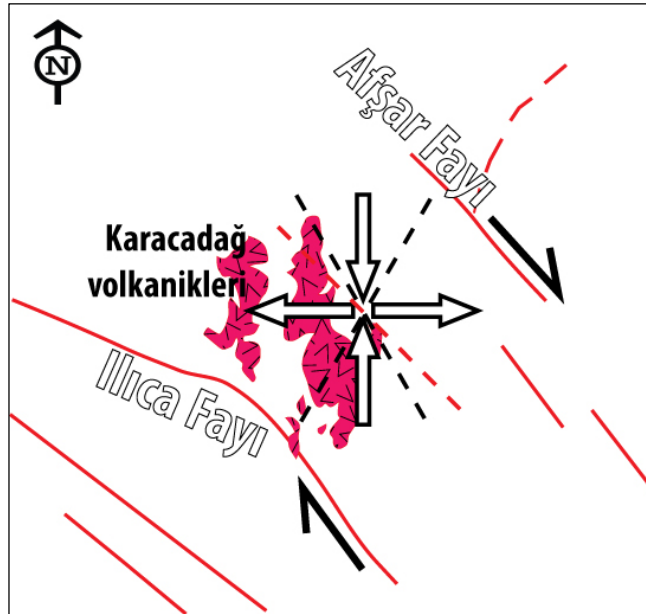


Şekil 3.98 Çalışma alanı ve yakın çevresindeki deprem dağılımı (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog verisine göre)

3.3.4.4 Ilıca Fayı ile ilgili genel sonuçlar ve tartışma

EFZ'nin doğu bölümünü oluşturan ve zonun Ankara'ya en yakın parçası olan Ilıca Fayı sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Kazan'dan Polatlı'nın güneyine kadar sürekli izlenen sıkışma yapıları, fayın KB ucunda yer alan Yenimehmetli bölümünün devamında sonlanır ve EFZ'nin güneyinde gözlenmezler. Bu özelliğiyle, Ilıca Fayını da içeren EFZ'nin, kuzeyinde yer alan sıkışma yapılarını sınırlandıran bölgesel bir önemi vardır.

Ayrıca Ilıca Fayı'nın Samsam-Gökgöl bölümünün hemen kuzeyinde yer alan K-G uzanımlı kalkalkalen ve alkalen karakterdeki Karacadağ volkaniklerinin oluşumunda rolü olduğu düşünülmektedir. Erken Miyosen yaşlı (19-18 My) Karacadağ volkanikleri (Kurt vd. 2008), sağ yönlü doğrultu atım karakterindeki Ilıca ile Bala bölgesinde yer alan Afşar Fayları arasında yer alır. İki fay arasındaki bölgenin yaklaşık K-G doğrultulu bir sıkışma etkisinde olduğu düşünüldüğünde, K-G uzanımlı volkanizmanın yerleşimi bölgedeki D-B açılmayla ilişkilendirilebilir (Şekil 3.99). Sonuç olarak Karacadağ volkanikleri ile ilişkili olduğu düşünülen Ilıca Fayı'nın Erken Miyosen'de bölgede etkin olduğu söylenebilir.



Şekil 3.99 Karacadağ volkaniklerinin Ilıca ve Afşar Fayları ile ilişkisi

3.3.5 Bölgede KB-GD sıkışmanın güncel olduğuna dair bir veri: 30.04.2010 Ankara-Etimesgut depremi

30.04.2010 tarihinde meydana gelen 3.5 büyüklüğündeki Ankara-Etimesgut depreminin odak mekanizması çözümü AnkNET projesi kapsamında hazırlanmıştır. Ayrıca bu depremin ve iki artçısının yerleri yeniden belirlenmiştir (Çıvgın 2010, Kaypak 2010) (Şekil 3.100, Çizelge 3.4 ve Şekil 3.101). Saf ters fay çözümüne sahip bu depremin dış merkezi Ankara şehir merkezinde ve AKTK ile ETKT'nin arasında yer alır. Bölgedeki sıkışma yapıları, odak mekanizması çözümü ve depremlerin dizilimi, tezde sunulan sıkışmalı yapıların aktif bindirmelerle meydana geldiğini göstermesi açısından önemli verilerdir. Bu depremin odak derinliği ve düzlemlerin açısı dikkate alındığında, 30.04.2010 Etimesgut depremine kaynaklık eden fayın ETKT'nin doğu kenarındaki bindirme olması düşük olasılıktır. Bunun yerine Çubuk ovasının batı kenarında Melikşah civarındaki antiklinalleri ve topoğrafik yükseltiyi oluşturan olası bir bindirmenin bu depreme kaynaklık ettiği düşünülmektedir. İleride bu bölüm ayrıntıları ile incelenecektir. Kaynağı henüz net olarak belirlenmemiş olsa da bu deprem tez içinde sunulan yapılarla ve bu yapıların işaret ettiği KB-GD sıkışma ile son derece uyumludur ve bu sıkışma yönüne neden olan yapıların aktif olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.100 Etimesgut depremleri. Odak mekanizması çözümü ve depremlerin yeniden belirlenmiş konumları AnıNET projesi kapsamında hazırlanmıştır (Çıvgın 2010, Kaypak 2010)

Çizelge 3.4 Etimesgut depremlerinin parametreleri (Çıvgın 2010, Kaypak 2010)

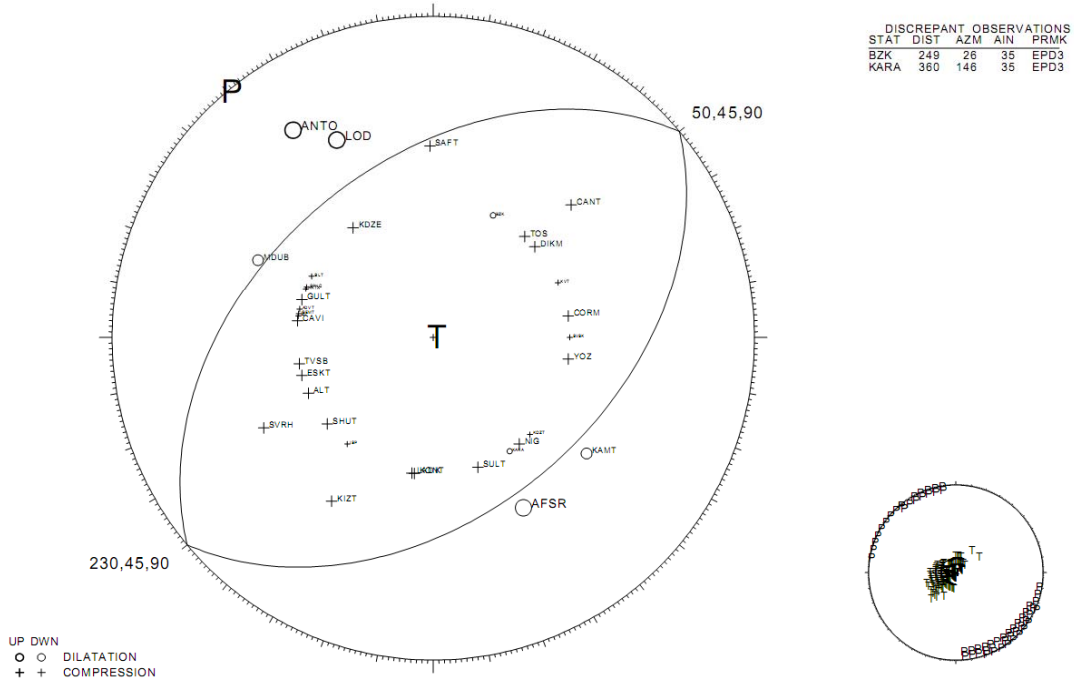
Tarih	Zaman (GMT)	Enlem K (°)	Boylam D (°)	Büyük­lük	Derinlik (km)	Odak mekanizması çözümü düğüm düzlemi		
						Doğrultu	Eğim	Sapma
30.04.2010	16:36:54.06	39.9430	32.7042	3.5 M	11.2	230	45	90
03.05.2010	11:26:16.49	39.9278	32.6882	2.6 Md	10.3			
11.05.2010	23:41:27.31	39.9542	32.7180	2.5 Md	8.7			

20100430 16:36 54.49
 39-56.45 32-43.87
 DEPTH = 4.00 KM
 MAG =

RMS = 0.62 S
 DMIN = 6 KM
 AZM GAP = 34
 # FM = 36

ERH = 1.5 KM
 ERZ = 0.3 KM
 MISFIT = 0.03 (+.09)
 STDR = 0.65

STRIKE UNCERTAINTY = 25
 DIP UNCERTAINTY = 5
 RAKE UNCERTAINTY = 30
 % MACHINE PICKS = 0



Şekil 3.101 30.04.2010 Etimesgut depreminin FPFIT yazılımıyla hazırlanmış odak mekanizması çözümü. Daireler genişleme kaydeden istasyonları, artılar sıkışma kaydeden istasyonları gösterir (Kaypak 2010)

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniğini ve depremselliğini ortaya koymayı amaçlayan bu tez çalışmasında ulaşılan genel sonuçlar bu bölümde anlatılacak ve tartışılacaktır.

Ankara'nın batısında yer alan Kazan ve Polatlı arasında yaklaşık KD-GB uzanımlı 100 km'lik bir hat boyunca sıkışma yapıları gözlenir. Bu sıkışma yapıları: eksenleri yaklaşık KD-GB gidişli kıvrımlar, tektonik kama yapısı ve yüzeyde gözlenen ya da gömülü olan bindirme-ters faylardır.

Bölgede yer alan yaklaşık KD-GB uzanımlı Abdüsselam Kısıtılmış Tektonik Kaması (AKTK) bu tez çalışmasında tanımlanmıştır. Doğu kenarı bindirme, batı kenarı normal fayla sınırlanan AKTK, bu yapısıyla Ankara ile Çankırı arasında yer alan Eldivan-Elmadağ Kısıtılmış Tektonik Kaması'yla (EKTk) benzer özellik gösterir. AKTK'nin batı kenarında Neojen sedimanter birimler içerisinde, normal faylarla ilişkili çekme kıvrımı şeklinde senklinaller gözlenirken, doğu kenarında ise bindirmeler ve gömülü bindirmelerle ilişkili KKD uzanımlı geniş ölçekte kıvrımlanma gözlenir. Bu bindirmeler temel kayalarla Neojen sedimanter birimleri arasında gözlemlendiği gibi, sedimanter birimlerin kendi içerisinde yüzeyde ya da gömülü olarak da bulunur. AKTK'nin kuzey bölümünde Mülk Köyü civarında Neojen sedimanter birimlerle Kuvaterner-alüvyon birimleri kesecek şekilde alınan sismik yansıma kesitinde gömülü bindirmelerin varlığı net olarak gözlenir. Demirci'nin (2000) Yenikent monoklinali, Kutluay'ın (2007) ise Abdüsselam antiklinali olarak tanımladığı yapı, bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ayrıntılı jeolojik gözlemlere dayanarak bir tektonik kama yapısı olarak tanımlanmıştır. Bu yapının hem KD-GB morfolojik uzanımı, hem de Neojen sedimanter birimlerinde gözlenen kıvrım eksenlerinin KD-GB gidişleri, AKTK'nin yaklaşık KB-GD sıkışma etkisinde geliştiğini gösterir. Kuvaterner-alüvyon birimlerindeki deformasyonun daha net ortaya konulabilmesi için de, yüzeye yakın yapıların gözlenmesinde etkili sonuçlar veren, balyoz kullanılarak gerçekleştirilecek sismik yansıma çalışmaları gelecekte planlanmaktadır.

Kutluay (2007), jeoloji haritasında gösterdiği ve Etimesgut formasyonu olarak isimlendirilen Geç Pliyosen-Pleyistosen yaşlı birimlerde deformasyonun olmamasına

dayanarak bölgedeki sıkışma rejiminin Geç Pliyosen öncesinde sonlandığını belirtir. Kutluay'a (2007) göre Etimesgut formasyonu, sıkışma yapılarının gözlemlendiği Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı Pazar formasyonunu aşasal uyumsuzlukla üzerler. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında ise böyle bir uyumsuzluğun olmadığı, devamlı bir sedimanter istifin varlığı gözlenmiştir (Şekil 4.1). Ayrıca Akçaören Köyü'nün hemen batısında Kutluay'ın (2007) Etimesgut formasyonu olarak gösterdiği alanda gözlenen asimetrik antiklinal, istifin bu bölümünün de deforme olduğunu gösterir (EK 1).

AKTK'nin kuzeydoğusunda yer alan, önemli bir memeli fosil lokalitesi olan Sinap Tepe civarında Orta Miyosen-Orta Pliyosen yaşlı Sinap formasyonu kıvrımlanarak deforme olmuştur. AKTK'nin doğu bölümündeki gözlemlerle benzer şekilde bu bölgede de Neojen ile Kuvaterner-alüvyon sınırında Neojen biriminin tabakalarının 36° eğimlenerek sonlandığı görülür. Bu deformasyonun güneybatıda Mülk Köyü'nde görüldüğü gibi gömülü bindirmeyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sinap Tepe bölgesinin hemen batısında Çalta ve Sarılar bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada Rojay ve Karaca (2008), Pliyosen'den itibaren bölgede genişlemeli bir rejimin etkin olduğunu belirtir. Sinap formasyonunun deforme olduğu düşünüldüğünde bölgede sıkışmanın yaşının Orta Pliyosen sonrası olması gerekir. Dolayısıyla bu veri Rojay ve Karaca'nın (2008) Pliyosen'de bölgede genişlemeli bir rejimin etkin olduğu fikriyle uyuşmamaktadır.

AKTK'nin güneybatısında yer alan Çiledağ bölgesinde güneydoğuya ve kuzeybatıya doğru bindirmeler görülür. Güneydoğuya doğru olan gömülü bindirmenin ana bindirme, kuzeybatıya doğru olanın ise bu ana bindirmenin geriye bindirmesi olduğu düşünülmektedir.

Çiledağ bölgesinin güneyinde yer alan Şabanözü, Dua Tepe ve Sakarya bölgelerinde gömülü bindirmelerle ilişkili olduğu düşünülen antiklinaller gözlenir. Antiklinallerin eksenleri K ile KD arasında gidişe sahiptir.



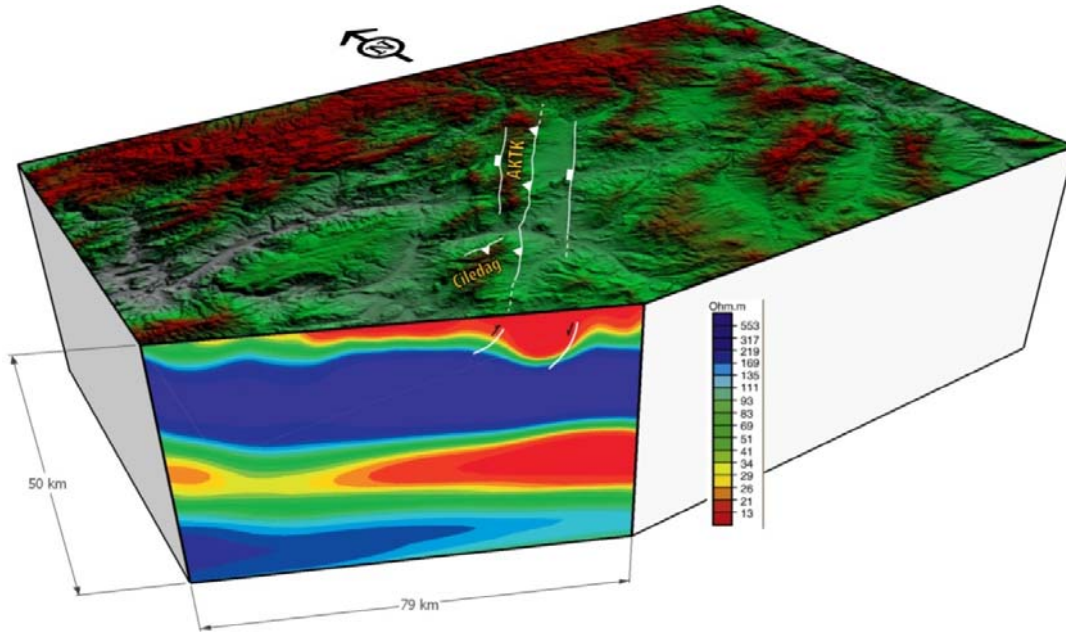
Şekil 4.1 AKTK'nin doğu bölümünde Urgan Tepe'de Kutluay'ın (2007) açısız uyumsuz olarak değerlendirdiği, iki birim arasındaki uyumlu ilişkiyi gösteren uydu görüntüsünün üç boyutlu perspektif görünümü. Güneyden kuzeye bakış

Kazan ile Polatlı arasındayukarıda özetlenen yapılar ve ayrıca daha batıda yer alan D-KD uzanımlı Beypazarı monoklinalleri (Demirci 2000), yaklaşık KB-GD sıkışma ile ilişkili yapılardır. GPS verilerinden elde edilen bölgesel yamulma eksenlerinin konumları da günümüzde bölgede KB-GD sıkışmanın varlığını ortaya koymaktadır (Allmendinger vd. 2007, Seyitoğlu vd. 2009). Dolayısıyla bu yapılar günümüzdeki sıkışma doğrultusuyla uyumlu genç yapılardır.

Kaya'nın (2010) KB Orta Anadolu'nun derin kabuk yapısını belirlemek üzere yapmış olduğu ve bir bölümü Polatlı'nın güneyinden geçen manyetotellürik jeoelektrik rezistivite kesiti, Kazan ile Polatlı arasındaki sıkışma yapılarını ve Kazan Fayı'nın (Toori 2005) güneybatı devamını keser. Kaya (2010) bu kesitte AKTK ile Kazan Fayı arasında kalan çöküntü alanının iki kenarını da normal faylı olarak yorumlamıştır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilmiş jeolojik gözlemler bu çöküntü alanının batı bölümünü

bindirme/gömülü bindirmelerin oluşturduğunu, doğu bölümünü ise normal fay karakterindeki Kazan Fayı'nın oluşturduğunu gösterir. Manyetotellürik jeoelektrik rezistivite kesitinin, SRTM görüntüsü ve faylarla ilişkilendirilerek yorumlanmış 3 boyutlu perspektif görüntüsü Şekil 4.2'de görülmektedir.

Yukarıda bahsedilen sıkışma yapıları, Polatlı'nın güneyinde, Eskişehir Fay Zonu'nun (EFZ) doğu bölümündeki parçalarından biri olan Ilıca Fayı ile sonlanır. Sağ yönlü doğrultu atımlı Ilıca Fayı, yaklaşık KB-GD doğrultusunda Polatlı'nın güneyinden Tuz Gölü'nün kuzeybatısına kadar uzanır. Derelerdeki sağ yönlü ötelenmeler ve bölgenin depremselliği, Ilıca Fayı'nın günümüzde de etkin bir yapı olduğunu gösterir. Ayrıca Ilıca Fayı'nın hemen kuzeyinde yer alan K-G uzanımlı Erken Miyosen yaşlı (19-18 My) Karacadağ Volkanikleri (Kurt vd. 2008), Ilıca ve Afşar Fayları'nın arasında kalan bölgedeki gerilme rejimiyle uyumlu olarak D-B doğrultulu açılmayla yerleşmiş olmalıdır. Bu veriye dayanarak Ilıca ve Afşar Fayları'nın Erken Miyosen'de bölgede etkin oldukları söylenebilir.



Şekil 4.2 Kaya'dan (2010) alınmış P-069 ve P-083 hatları arasındaki manyetotellürik jeoelektrik rezistivite kesitinin, yüzeyde gözlenen yapılar ve morfolojiyle birlikte 3 boyutlu perspektif gösterimi. Detay bilgi için metine bakınız

Ankara'nın doğu bölümünde yer alan en önemli sıkışma yapısı Eldivan-Elmadağ Tektonik Kaması'dır (EGTK) (Seyitoğlu vd. 2009). KKD uzanımlı, kenarları normal ve bindirme faylı sınırlara sahip EGTK, KB-GD doğrultulu sıkışmanın etkisiyle gelişmiş genç bir yapıdır. EGTK'nin doğusunda Bağdatlı bölgesinde, Oligosen yaşı Kızılırmak formasyonu içerisinde gözlenen, kıvrım ekseninin gidişı yaklaşık KD-GB olan ve gömülü bir bindirmeyle ilişkili olduğu düşünölen asimetrik antiklinal, KB-GD doğrultulu sıkışma rejiminin EGTK'nin doğusunda da devam ettiğini gösteren bir veridir. Ayrıca daha doğuda KAFZ ve KEFZ arasında yer alan Amasya Makaslama Zonu da KB-GD sıkışmanın etkisinde olan bir bölgedir (Erturaç 2009).

Ankara'nın kuzeyinde 2000 yılında meydana gelen 6.0 büyüklüğündeki Orta depremi araştırmacılar tarafından K-G doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı Dodurga Fay Zonu ile ilişkilendirilmiştir (Koçyiğit vd. 2001, Taymaz vd. 2007, Çakır ve Akoğlu 2008). Bununla birlikte Çakır ve Akoğlu (2008) InSAR verilerinin KB-GD doğrultulu güneybatıya eğimli sağ yönlü verev normal bir fay modeliyle de uyumlu olduğunu söyler. Buna dayanarak ve farklı bir yorum olarak, Orta depreminin EGTK'nin batı kenarındaki normal faylara bağlı olarak meydana gelmiş olabileceği de, bölgede deprem üreten bir yapı olan EGTK'nin varlığı düşünöldüğünde öne sürölebilir. Aynı şekilde EGTK'nin batısında, 31.01.2008 tarihinde Çubuk'ta meydana gelen ve 4.9 büyüklüğündeki doğrultu atımlı faylanmayla ilişkili depremin de EGTK ile bağlantılı bir yırtılma fayından kaynaklandığı söylenebilir.

Ankara yakın çevresinde yer alan ve yukarıda bahsedilen yapıları kesen genelleştirilmiş kesit Şekil 4.3'de görölmektedir. Kesitte Çubuk Ovası'nın batı bölümünü sınırlayan olası bindirme hattının, 2010 yılında Ankara Etimesgut'ta meydana gelen 3.5 büyüklüğündeki, odak mekanizması çözümö ters faylanmayı gösteren deprem ve artçlarıyla ilişkili olduğu düşünölmektedir.

Ankara'nın güneybatısında Bala'da, 2005 ve 2007 yıllarında meydana gelen ve büyüklükleri sırasıyla 5.3 ve 5.4 olan depremler ve artçlarıyla bölgede önemli bir sismik hareketlilik gözlenir. Bu depremler ve ilişkili aktif faylarla ilgili tez kapsamında elde edilen sonuçlar şunlardır:

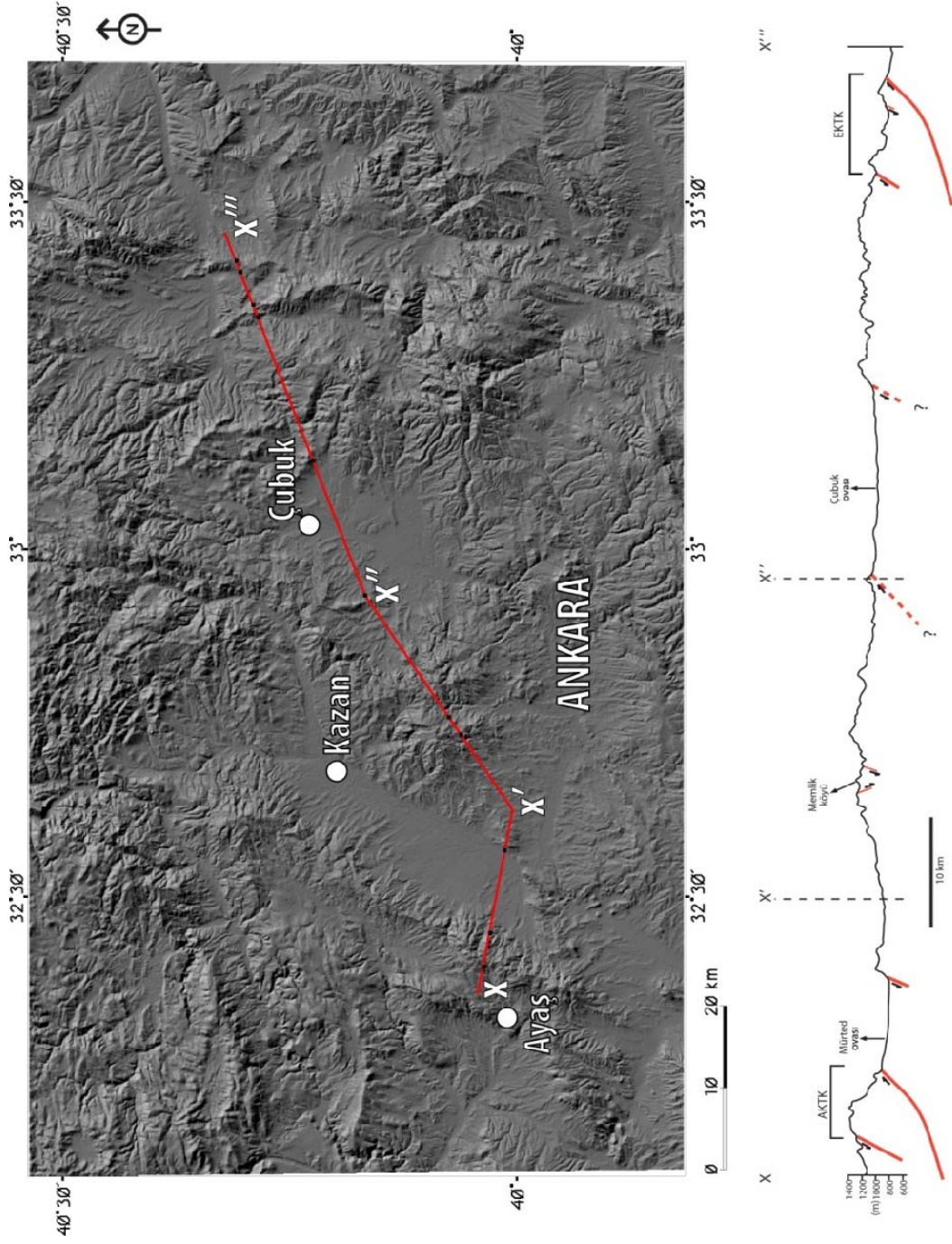
- Bölgede KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı Afşar Fayı ve KKD-GGB doğrultulu verev normal Karakeçili Fayı 2005 ve 2007 depremleriyle ilişkilidir.
- 2005 ve 2007 ana depremleri Afşar Fayı üzerinde olmuştur. 2005 depreminin artçılarının dağılımı Karakeçili Fayı'nın bu depremle hareketlendiğini gösterir. 2007 ana depreminin artçıları ise neredeyse bütünüyle Afşar Fayı üzerinde yer alır. İki fay da kinematik olarak birbirleriyle uyumludur.
- Kuzeybatı ucunu Afşar Fayı'nın temsil ettiği düşünülen Tuz Gölü Fay Zonu (TFZ), verev normal karakterdeki Karakeçili Fayı ile genişlemeli bir sistem içinde sonlanır.

Her ne kadar Tan vd. (2010), Coulomb gerilme dağılımına göre Afşar Fayı'nın TFZ'nin KB devamı olmadığını söylese de, 2007'den bugüne Afşar Fayı üzerinde meydana gelen depremlerin TFZ'ye doğru aynı doğrultuda uzandığı görülmektedir. Bu durum Afşar Fayı'nın TFZ ile ilişkili olduğuna dair önemli bir veridir.

4.1 Neotektonik Bir Alan Olarak “KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi”

Doğrultu atımlı fay zonları olan KAFZ, KEFZ ve EFZ ile çevrili bölge içerisinde, Ankara'nın batısında yer alan yaklaşık KD-GB doğrultulu sıkışma yapıları EFZ'nin doğu bölümünü oluşturan Ilıca Fayı'nda, doğusunda yer alan sıkışma yapısı EKTK ise KEFZ'de sonlanır. Bölge içerisindeki jeolojik yapıların durumları, GPS verileri kullanılarak belirlenen yamulma eksenlerinin konumları ve bölgede büyüklüğü 3'ün üzerinde olan depremlerin odak mekanizması çözümlerinden sağlanan sıkışma eksenlerinin konumları (EK 2), bölgenin Pliyosen sonrasında genişlemeli bir rejimin etkisi altında olduğunu savunan görüşlerin aksine günümüzde KB-GD doğrultusunda sıkıştığını göstermektedir.

Sonuç olarak, KAFZ, KEFZ ve EFZ'nin çevrelediği ve doğrultu atımlı bu zonların etkisi altındaki üçgen şekilli bölgenin, Türkiye'nin neotektonik alanları içerisinde “KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi” adında ayrı bir neotektonik alan olarak değerlendirilmesi gerektiği bu çalışmada önerilmektedir (EK 2).



Şekil 4.3 Ankara bölgesindeki yapılar. Üstte SRTM görüntüsü üzerinde kesit hattı, altta kesit görülmektedir

KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı) ve Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA Rapor No: 6741.
- Allmendinger, R.W., Reilinger, R. and Loveless, J. 2007. Strain and rotation rate from GPS in Tibet, Anatolia, and the Altiplano. *Tectonics*, 26, TC3013, doi:10.1029/2006TC002030.
- Altunel, E. ve Barka, A. 1998. Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(2), 41-52.
- Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A. 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 390-406.
- Ambraseys, N.N. 2009. Earthquakes in the Mediterranean and Middle East - A multidisciplinary study of Seismicity up to 1900. Cambridge University Press, Cambridge.
- Anonim. 1989. 1/2 000 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası. MTA, Ankara.
- Anonim. 2002. 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası: Ankara paftası. MTA, Ankara.
- Arni, P. 1938. Kırşehir, Keskin ve Yerköy zelzelesi hakkında. MTA Yayını, Seri B, No:1.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. 1975. Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18, 91-101.
- Baran, B. 1996. Ankara batısının sismotektonik incelemesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 52 s., Ankara.
- Barka, A.A. 1992. The North Anatolian fault zone. *Annales Tectonicae*, 6, 164-195.
- Barka, A. and Reilinger, R. 1997. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Annali di Geofisica* 40, 587-610.
- Benda, L. 1971. Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs. *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 113, 46s.
- Benda, L., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F. and Steffens, P. 1974. Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey. *Z. deutsch. geol. Ges.*, 125, 183-193.
- Benda, L. and Meulenkamp, J. E. 1990. Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene. *Newsletters on Stratigraphy*, 23(1), 1-10.

- Bernor, R.L., Scott, R.S., Fortelius, M., Kappelman, J. and Şen, Ş. 2003. Equidae (Perissodactyla). In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 220-281.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey - A synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Brelie, G.V.D. 1957. Ankara vilayetine bağlı Kayı-Bucuk linyit kömürü zuhurunun yaş durumu hakkında palinolojik tetkikler. *MTA Dergisi*, 50, 30-35.
- Burchfiel, B.C., Zhiliang, C., Hodges, K.V., Yuping, L., Royden, L.H., Changrong, D. and Jiene, X. 1992. The south Tibetan detachment system, Himalayan orogen: Extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt. *Spec. Pap. Geol. Soc. Am.*, 269; 48 pp.
- Cakir, Z. and Akoglu, A.M. 2008. Synthetic aperture radar interferometry observations of the M=6.0 Orta earthquake of 6 June 2000 (NW Turkey): Reactivation of a listric fault. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 9(8), Q08009, doi:10.1029/2008GC002031.
- Chorowicz, J., Dhont, D. and Gündoğdu, N. 1999. Neotectonics in the eastern North Anatolian fault region (Turkey) advocates crustal extension: mapping from SAR ERS imagery and Digital Elevation Model. *Journal of Structural Geology*, 21, 511-532.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. and Dirik, K. 1999. Structural evolution of the Tuzgölü basin in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*, 107, 693-706.
- Çıvgın, B., Esat, K., Kaypak, B., Işık, V. ve Seyitoğlu, G. 2009. Bala (Ankara) yakın çevresinde deprem üreten fayların yerel istasyon kayıtları ile incelenmesi. *Uluslararası Deprem Sempozyumu Bildiri Özleri*, s.6-7, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Çıvgın, B. 2010. Sözlü görüşme.
- Çubuk, Y. ve Taymaz, T. 2009. 2005-2008 Bala (Ankara) Bölgesi depremleri zaman ortamı moment tensör analizi. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, 780-781.
- Dellaloğlu, A. ve Aksu, R. 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO Rapor No: 2020.
- Demirbağ, H. 2005. Çiledağ Polatlı bölgesinin tektonik evrimi. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, 62 s., Ankara.
- Demirci, C.Y. 2000. Structural analysis in Beypazarı-Ayaş-Kazan-Peçenek Area, NW of Ankara. Doktora tezi (basılmamış). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 178 s., Ankara.

- Dirik, K. and Göncüoğlu, M.C. 1996. Neotectonic characteristics of Central Anatolia. *International Geology Review*, 38, 807-817.
- Dirik, K. ve Erol, O. 2003. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi, Orta Anadolu-Türkiye. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Özel Sayı 5*, 27-46.
- Dirik, K., Özsayın, E. ve Kutluay, A. 2008. Son üç yıldır Ankara güneyinde (Orta Anadolu) meydana gelen sismik hareketliliğin kaynakları. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, 76-77.
- Dönmez, M., Akçay, A.E., Türkecan, A., Evcimen, Ö., Atakay, E. ve Görmüş, T. 2009. Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanitleri. MTA Rapor No: 11164.
- Ergünay, O. 1978. Sismik tehlike ve risk açısından Ankara'ya genel bakış. TJK Yerbilimleri açısından Ankara'nın sorunları sempozyumu, Ankara, s.88-94.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu. İTÜ Arz Fiziği Enstitüsü Yayını, No: 24, 74 s.
- Erol, O. 1954. Ankara ve civarının jeolojisi hakkında rapor. MTA Rapor No: 2491.
- Erturaç, K. 2009. Amasya ve çevresinin morfotektonik evrimi. Doktora tezi (basılmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, 347 s., İstanbul.
- Esat, K., Çıvgın, B., Kaypak, B., Işık, V. ve Seyitoğlu, G. 2009. Jeolojik ve sismolojik veriler ışığında Bala (Ankara) depremlerine neden olan fayların nitelikleri ve bunların genel neotektonik çerçevedeki anlamı. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, 810-811.
- Esat, K., Çıvgın, B., Kaypak, B., Işık, V. and Seyitoğlu, G. 2011. The Bala (Ankara, NW central Turkey) earthquakes and their meaning in the neotectonic framework of NW central Anatolia, Turkey. *İncelemede*
- Gökten, E., Kazancı, N. ve Acar, Ş. 1988. Ankara kuzeybatısında (Bağlum-Kazan arası) Geç Kretase-Pliyosen serilerinin stratigrafisi ve tektoniği. *MTA Dergisi*, 108, 69-81.
- Gökten, E., Özaksoy, V. and Karakuş, K. 1996. Tertiary volcanic and tectonic evolution of the Ayas-Güdül-Celtikci region, Turkey. *International Geology Review*, 38, 926-934.
- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ. and Şengör, A.M.C. 1984. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. In: J.E. Dixon, Robertson, A.H.F. (Editor), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. The Geol. Society, Oxford (Blackwell Sci. Publ.), pp. 467-482.
- Jackson, J. and McKenzie, D. 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 77, 185-264.

- Kalafat, D., Kekovali, K. and Pinar, A. 2008. The 30 July 2005 (Mw=5.4) and the 20-26 December 2007 (Mw=5.5; Mw=5.3) Afsar-Bala (Ankara) earthquake series in central Turkey. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-09923.
- Kappelman, J., Sen, S., Fortelius, M., Duncan, A., Alpagut, B., Crabaugh, J., Gentry, A., Lunkka, J.P., McDowell, F., Solounias, N., Viranta, S. and Werdelin, L. 1996. Chronology and biostratigraphy of the Miocene Sinap formation of Central Turkey. In: Bernor, R., Fahlbusch, V. and Mittman, H.W. (eds), *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. Columbia University Press, New York, 78-95.
- Kappelman, J., Duncan, A., Feseha, M., Lunkka, J.P., Ekart, D., McDowell, F., Ryan, T.M. and Swisher III, C.C. 2003a. Chronology. In: *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 41-66.
- Kappelman, J., Richmond, B.G., Seiffert, E.R., Maga, A.M. and Ryan, T.M. 2003b. Hominoidea (Primates). In: *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 90-124.
- Karaca, A. 2004. Post-Miocene deformation of the area between Alibey (Kızılcahamam) and Karalar (Kazan) villages, NW Ankara (Turkey). Yüksek lisans tezi (basılmamış). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 103 s., Ankara.
- Karadenizli, L., Saraç, G., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Antoine, P.O., Kazancı, N., Varol, B., Alçiçek, M.C., Gül, A., Erten, H., Esat, K., Özcan, F., Savaşçı, D., Antoine, A., Filoreau, X., Hervet, S., Bouvrain, G., De Bonis, L. ve Hakyemez, H.Y. 2004. Çankırı-Çorum havzasının batı ve güney kesiminin memeli fosillere dayalı Oligo-Miyosen biyostratigrafisi ve dolgulama evrimi. MTA Rapor No: 10706.
- Kasapoğlu, K.E., Öztürk, E., Tetik, Ç. ve Bay, A. 2005. 31 Temmuz 2005 Bala (Ankara) depreminin saha inceleme raporu. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23 s., Ankara.
- Kaya, C. 2010. Deep crustal structure of northwestern part of Turkey. *Tectonophysics*, 489, 227-239.
- Kaymakçı, N. 2000. Tectono-stratigraphical evolution of the Çankırı basin (Central Anatolia, Turkey). Doktora Tezi, Utrecht University, Hollanda, *Geologica Ultraiectina*, 190, 247s.
- Kaypak, B. 2010. Sözlü görüşme.
- Ketin, İ. 1948. Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dozennimus. *Geologische Rundschau*, 36, 77-83.
- Ketin, İ. 1957. Kuzey Anadolu deprem fayı. *İTÜ Bülteni* 15, 49-52.

- Ketin, İ. 1968. Türkiye'nin genel tektonik durumu ve başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. MTA Dergisi, 71, 129-134.
- Ketin, İ. 1969. Kuzey Anadolu Fayı hakkında. MTA Dergisi, 72, 1-28.
- Kocaefe, S.S. ve Ataman, G. 1982. Batı Anadolu'nun aktüel tektoniği. Yerbilimleri, 9, 149-162.
- Koçyiğit, A. 1991. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the neotectonics of the Ankara region (NW central Anatolia). TPJD Bülteni, 3(1), 43-55.
- Koçyiğit, A. 1992. Southward-vergent imbricate thrust zone in Yuvaköy: a record of the latest compressional event related to the collisional tectonic regime in Ankara-Erzincan suture zone. TPJD Bülteni, 4(1), 111-118.
- Koçyiğit, A., Türkmenoğlu, A., Beyhan, A., Kaymakçı, N. and Akyol, E. 1995. Post-collisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı segment of İzmir-Ankara-Erzincan suture zone (IAESZ): Ankara orogenic phase. TPJD Bülteni, 6(1), 69-86.
- Koçyiğit, A. and Beyhan, A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 284, 317-336.
- Koçyiğit, A., Rojay, B., Cihan, M. and Özacar, A. 2001. The June 6, 2000, Orta (Çankırı, Turkey) earthquake: sourced from a new antithetic sinistral strike-slip structure of the North Anatolian fault system, the Dodurga fault zone. Turkish Journal of Earth Sciences, 10, 69-82.
- Koçyiğit, A. 2003. Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Özel Sayı 5, 1-26.
- Koçyiğit, A. and Özacar, A.A. 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta angle, SW Turkey: new field and seismic data. Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 67-90.
- Koçyiğit, A. 2005. The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. Geodinamica Acta 18/3-4, 167-208.
- Koçyiğit, A. 2009. Ankara'nın depremselliği ve 2005-2007 Afşar (Bala-Ankara) depremlerinin kaynağı. Harita Dergisi, 141, 1-12.
- Kostopoulos, D.S. and Sen, S. 1999. Late Pliocene (Villafranchian) mammals from Sarıkol Tepe, Ankara, Turkey. Mitt. Bayer. Staatsslg. Palaont. hist. Geol., 39, 165-202.

- Kurt, H., Asan, K. and Ruffet, G. 2008. The relationship between collision-related calcalkaline, and within-plate alkaline volcanism in the Karacadağ Area (Konya-Türkiye, Central Anatolia). *Chemie der Erde*, 68, 155-176.
- Kutluay, A. 2007. Yenikent ve civarının (KB Ankara-Türkiye) Neojen stratigrafisi ve tektoniği. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, 65 s., Ankara.
- Lunkka, J.P., Kappelman, J., Ekart, D. and Sen, S. 1998. Sedimentation and lithostratigraphy. In: Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey (Ed. Şen, Ş.). *Geodiversitas*, 20(3), 329-338.
- Lunkka, J.P., Kappelman, J., Ekart, D., Crabaugh, J. and Gibbard, P. 2003. Geology. In: *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 25-40.
- Marrett, R. and Allmendinger, R.W. 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. *Journal of Structural Geology*, 12(8), 973-986.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. and Veis, G. 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105(B3): 5695-5719.
- McKenzie, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109–185.
- Nebert, K. 1957. İç Anadolu'nun en genç jeolojik-tektomatik olayı hakkında bir etüd: Ankara vilayetinin (Kayı-Bucuk) civarındaki Wallachien orojenez safhasının ispatı. *MTA Dergisi*, 50, 16-29.
- Ocakoğlu, F. 2007. A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 31, 91-103.
- Okay, A., Satır, M., Zattin, M., Cavazza, W. and Topuz, G. 2008. An Oligocene ductile strike-slip shear zone: The Uludağ Massif, northwest Turkey—Implications for the westward translation of Anatolia. *GSA Bulletin*, 120, 7/8, 893–911.
- Ozansoy, F. 1957. Türkiye Tersiyer memeli faunaları ve stratigrafik revizyonları. *MTA Dergisi*, 49, 11-22.
- Özsayın, E., Yürür, T. ve Dirik, K. 2005. Yuva ve Yakacık köyleri (Ankara kuzeybatısı, İç Anadolu) civarındaki Üst Kretase ofiyolitik karmaşığı ile Miyosen

- birimlerinin dokanak ilişkileri ile ilgili yeni gözlemler. *Yerbilimleri*, 26(3), 55-59.
- Özsayın, E. and Dirik, K. 2007. Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones: İnönü-Eskişehir Fault System, central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 471-492.
- Parejas, E. ve Pamir, H.N. 1939. Le Tremblement de terre du 19 avril 1938 en Anatolie centrale. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, 4(1/2), 183-193.
- Polat, A. 1988. Büyük Polat-Yarımsöğüt (Sungurlu-Çorum) yöresinde paleotektonik ve neotektonik geçiş döneminin izleri ve Kırıkkale-Erbaa fay zonunun oluşumu. *TPJD Bülteni*, 1(2), 127-140.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-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. *Journal of Geophysical Research*, 111: 1-26.
- Reumer, J.W.F. 1998. Insectivores. In: *Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey* (Ed. Şen, Ş.). *Geodiversitas*, 20(3), 353-358.
- Ring, U. and Glodny, J. 2010. No need for lithospheric extension for exhuming (U)HP rocks by normal faulting. *Journal of the Geological Society*, 167, 225-228.
- Rojay, B. and Karaca, A. 2008. Post-Miocene deformation in the south of the Galatean Volcanic Province, NW of central Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 653-672.
- Rowland, S.M., Duebendorfer, E.M. and Schiefelbein, I.M. 2007. *Structural analysis and synthesis: a laboratory course in structural geology*. Blackwell Publishing, 301 pp., Oxford.
- Sağlam, A. 2009. Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ havzasının neotektoniği. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 149 s., Ankara.
- Saraç, G. 1994. Ankara yöresindeki karasal Neojen çökellerinin Rhinocerotidae (Mammalia-Perissodactyla) biyostratigrafisi ve paleontolojisi. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 214 s., Ankara.
- Saraç, G. 2003. Türkiye omurgalı fosil yatakları. MTA Rapor No: 10609.
- Sarıca, N. and Şen, Ş. 2003. Spalacidae (Rodentia). In: *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 141-162.

- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H. and Karadenizli, L. 1997. Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Paleogene to Late Neogene in NW central Anatolia, Turkey? Preliminary observations. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 77-83.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B. and Karabıyıklıoğlu, T. 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı Basin: Implications for the postcollisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12, 245-251.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, B., Işık, V., Esat, K., Akkaya, İ. ve Sağol, Ö. 2006. Yuvaköy (Ankara) kuzeyinde Üst Kretase ofiyolitik melanj ile Neojen birimler arasındaki tektonik sınırın niteliği hakkında jeolojik ve jeofizik veriler. *Yerbilimleri*, 27(3), 163-171.
- Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G. and İleri, İ. 2009. A late Pliocene - Quaternary pinched crustal wedge in NW central Anatolia, Turkey: a neotectonic structure accommodating the internal deformation of the Anatolian plate. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52(1), 121-154.
- Seyitoğlu, G., Esat, K., Temel, A. and Telsiz, S. 2010. Determination of main strand of a strike-slip fault by using subsidiary structures: Eskişehir Fault Zone as a case study. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia, Abstracts with Programs* (8-1, p.32), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Sirel, E. 1975. Polatlı (GB Ankara) güneyinin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18, 181-192.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremselliği. *MTA Rapor No: 8174*.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ. 1992. Türkiye diri fay haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, ölçek: 1/1 000 000.
- Şen, Ş. 1998. Rodentia and Lagomorpha. In: *Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey* (Ed. Şen, Ş.). *Geodiversitas*, 20(3), 359-378.
- Şen, Ş., Bouvrain, G. and Geraads, D. 1998. Paleoecology, biogeography and biochronology. In: *Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey* (Ed. Şen, Ş.). *Geodiversitas*, 20(3), 497-510.
- Şen, Ş. 2003. Muridae and Gerbillidae (Rodentia). In: *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds), Columbia University Press, pp. 125-140.
- Şengör, A.M.C. 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society of London* 136, 269-282.

- Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu yayını, 40 s.
- 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 in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 37, 227-264.
- Şengör, A.M.C. 1996. Kuzey Anadolu Fayı'nın keşfi... *Bilim ve Teknik*, 338, 8-15.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. and Rangin, C. 2005. The North Anatolian Fault: a new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33, 37-112.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Ergintav, S., İnan, S., İravul, Y., Saatçılar, R., Tüzel, B., Tarancıoğlu, A., Karakısa, S., Kartal, R.F., Zünbül, S., Yanık, K., Kaplan, M., Şaroğlu, F., Koçyiğit, A., Altunel, E. and Özel, N.M. 2010. Bala (Ankara) earthquakes: implications for shallow crustal deformation in central Anatolian section of the Anatolian Platelet (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19, 449-471.
- Taymaz, T., Wright, T.J., Yolsal, S., Tan, O., Fielding, E. and Seyitoğlu, G. 2007. Source characteristics of the 6 June 2000 Orta-Çankırı (central Turkey) earthquake: a synthesis of seismological, geological and geodetic (InSAR) observations, and internal deformation of the Anatolian plate. In: Taymaz, T., Yılmaz, Y., Dilek, Y. (Eds) *The Geodynamics of the Aegean and Anatolia*. Geological Society, London, Special Publications, 291, 259-290.
- Tekkaya, İ. 1970. Orta Sinap'ta bulunan *Gazella deperdita* Gervais (n. Var)'ye ait bir boynuz. *MTA Dergisi*, 74, 95-97.
- Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgaud, A., Bellon, H. and Demirbağ, H. 2010. Alkaline series related to Early-Middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: An example from Polatlı, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 38, 289-306.
- Tokay, F. ve Altunel, E. 2005. Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Dodurga çevresinde neotektonik aktivitesi. *MTA Dergisi*, 130: 1-15.
- Toori, M. 2005. Orhaniye ve civarının (KKB Ankara-Türkiye) Neojen stratigrafisi ve tektoniği. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, 76 s., Ankara.
- Türkmen, İ. and Özkul, M. 1999. Sedimentology and evaporite genesis of Neogene continental sabkha playa complex, Karakeçili Basin, central Anatolia, Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 14(1), 21-31.

- Udias, A. 1999. Principles of seismology. Cambridge University Press, 475 pp., Cambridge.
- Yalçınlar, İ. 1983. Türkiye’de Neojen ve Kuvaterner omurgalı araziler ve jeomorfolojik karakterleri. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını, No: 2741, İstanbul.
- Yaltırak, C. 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. Marine Geology, 190, 493-529.
- Yin, A. 1993. Mechanics of Wedge-Shaped Fault Blocks 1. An elastic solution for compressional wedges. Journal of Geophysical Research, 98(B8), 14245-14256.
- Yürür, M.T., Temel, A. and Köse, O. 2002. Evidences of extensional tectonics at the southern boundary of the Galatean Volcanic Province, NW central Anatolia. Türkiye Jeoloji Bülteni, 45(1), 85-98.

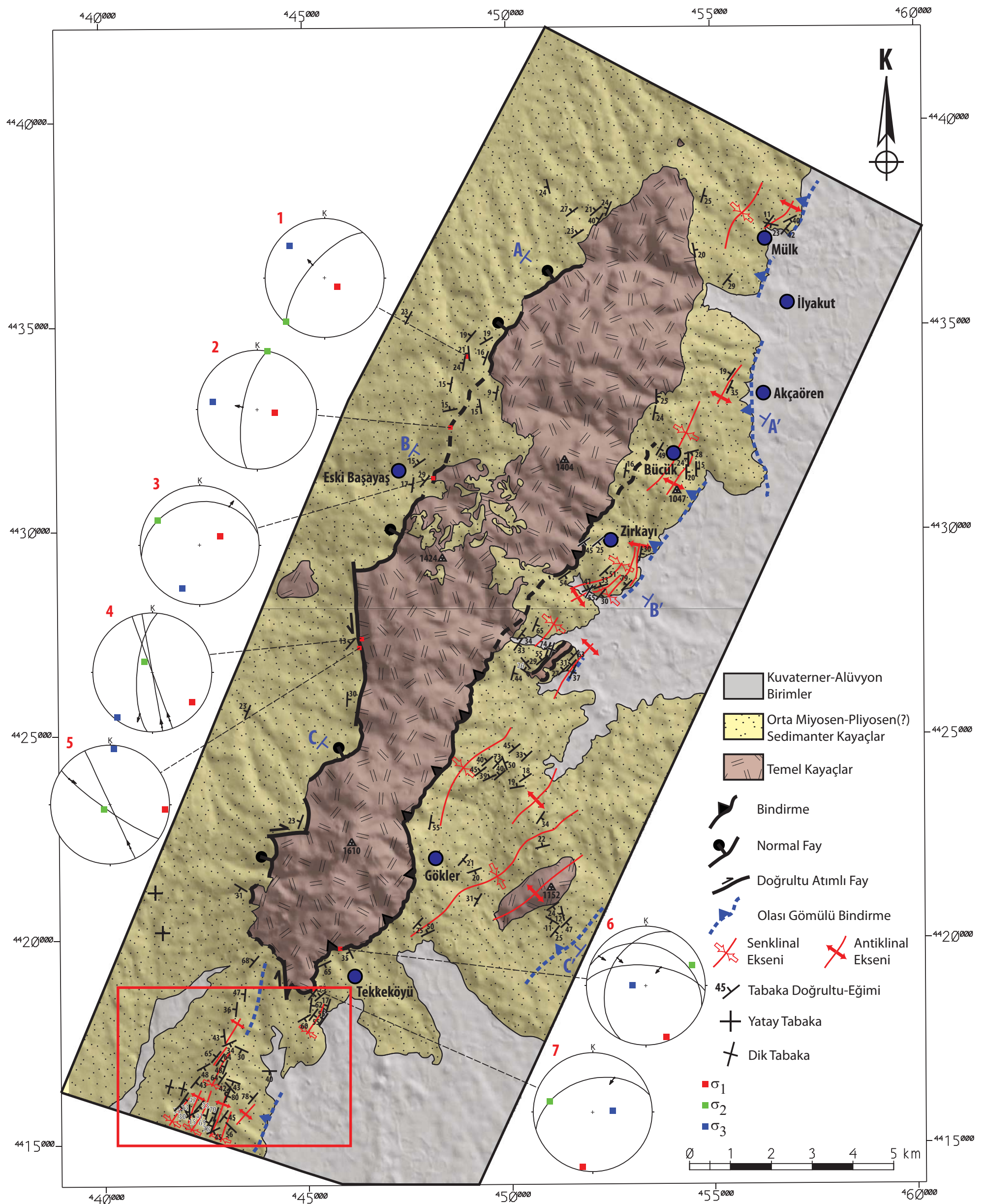
EKLER

EK 1 AKTK'nin Jeoloji Haritası

EK 2 KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi

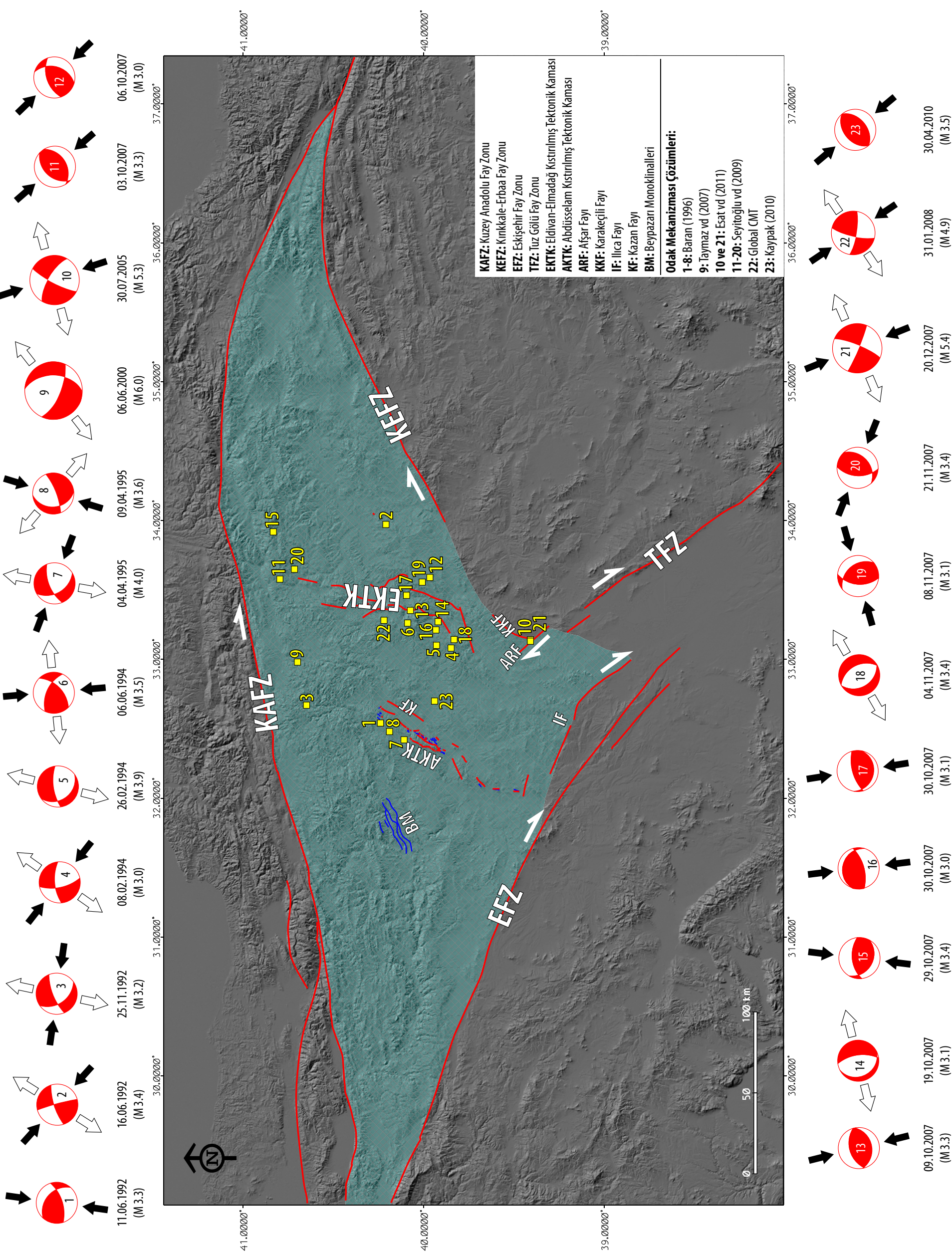
EK 3 AKTK'ye Ait Kinematik Veri

EK 1 Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması'nın jeoloji haritası. Daireler fay düzlemlerinin eşit alan alt yarı küre izdüşümlerini gösterir. Kırmızı çerçeveli bölge için Şekil 3.49'a bakınız



EK 2 Taralı renkli alan KAFZ, KEFZ ve EFZ arasında bulunan KB Orta Anadolu Sıkışma Bölgesi'ni gösterir. Kırmızı çizgiler aktif fayları, mavi çizgiler kıvrım eksenlerini gösterir.

Bu alan içerisinde, odak mekanizması olan depremlerin konumları sarı karelerle gösterilmiştir ve numaralandırılmıştır. Odak mekanizması çözümlerindeki siyah oklar sıkışma (P) ekseninin, beyaz oklar genişleme (T) ekseninin yatay izdüşümünü gösterir



EK 3 AKTK'ye ait kinematik veri. Ölçümlerin konumları için EK 1'e bakınız

No	Koordinatlar (UTM-zon 36S)		Doğrultu	Eğim	Yan yatım	Türü	σ_1		σ_2		σ_3	
	D	K					Gidiş	Dahm	Gidiş	Dahm	Gidiş	Dahm
1	0449018	4434249	K40D	66KB	87K	Normal	124	69	221	3	312	21
2	0448584	4432522	K10D	70KB	90	Normal	100	65	10	0	280	25
3	0448150	4431276	K79D	28KB	45K	Normal	67	59	300	19	202	23
4	0446487	4427257	K20B	90	15G	Sol Yönlü	127	17	323	72	218	5
			K10B	90	7G	Sol Yönlü						
			K5D	69KB	30G	Normal						
5	0446365	4427141	K25B	90	20G	Sol Yönlü	95	8	232	79	4	7
			K55B	82GB	20K	Ters						
6	0445766	4419845	K25D	35KB	74K	Ters	158	8	66	16	272	72
			K85B	62KD	72G	Ters						
			K70B	32KD	14K	Ters						
7	0445161	4418795	K73D	44KB	50K	Ters	190	8	284	27	86	62

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Korhan Esat

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 28.03.1979

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Ankara Bahçelievler Cumhuriyet Lisesi (1992-1994)

Ankara Batıkent Mobil Lisesi (1995)

Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (1995-2001)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (2001-2004)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Ankara Üniversitesi (Araştırma Görevlisi) 2005-Günümüz

Unit International S.A. (Jeoloji Yük. Mühendisi) 2005

Yayınları (SCI ve diğer)

Makale

Esat, K., 2009. Madeni Uzaktan Algılamak. Madencilik Türkiye, 3, 20-22.

Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G., İleri, İ., 2009. A Late Pliocene - Quaternary Pinched Crustal Wedge in NW Central Anatolia, Turkey: A neotectonic Structure Accommodating the Internal Deformation of the Anatolian Plate. Türkiye Jeoloji Bülteni, 52 (1), 121-154.

Seyitoğlu, G., Alçiçek, M. C., Işık, V., Alçiçek, H., Mayda, S., Varol, B., Yılmaz, İ., Esat, K., 2009. The stratigraphical position of Kemiklitepe fossil locality (Eşme-Uşak) revised: Implications for the Late Cenozoic sedimentary basin

development and extensional tectonics in western Turkey. Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Abhandlungen, 251 (1), 1-15.

Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, B., Işık, V., Esat, K., Akkaya, İ., ve Sağol, Ö., 2006. Yuvaköy (Ankara) kuzeyinde Üst Kretase ofiyolitik melanj ile Neojen birimler arasındaki tektonik sınırın niteliği hakkında jeolojik ve jeofizik veriler. *Yerbilimleri*, 27 (3), 163-171.

Esat, K., 2005. Uydu Görüntüleri ve Jeolojideki Kullanımına Genel Bir Bakış. *Mavi Gezegen Popüler Yerbilimi Dergisi*. TMMOB JMO Yayını, Ankara.

Sözlü Bildiri

Tün, M., Avdan, U., Kaplan, O., Güney, Y., Çabuk, A., Kaypak, B., Aldaş, G.U., Ecevitoglu, B., Esat, K., Seyitoğlu, G., 2010. Eskişehir fayına yeni bir bakış. Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongresi, s.43, Sheraton Hotel&Convention Center, Ankara.

Esat, K., Işık, V., Seyitoğlu, G., 2010. The Ilıca Fault, eastern sector of the Eskişehir Fault Zone, central Anatolia, Turkey: Its structural characteristics and seismicity. 7th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology Abstracts, s.32, University of Çukurova, Adana.

Esat, K., Seyitoğlu, G., 2010. Neotectonics of North Central Anatolia: A strike-slip induced compressional regime. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*, Abstracts with Programs (14-6, s.38), Middle East Technical University, Ankara.

Çıvgın, B., Esat, K., Kaypak, B., Işık, V., Seyitoğlu, G., 2009. Bala (Ankara) Yakın Çevresinde Deprem Üreten Fayların Yerel İstasyon Kayıtları ile İncelenmesi. *Uluslararası Deprem Sempozyumu Bildiri Özleri*, s.6-7, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.

Esat, K., Çıvgın, B., Kaypak, B., Işık, V., Seyitoğlu, G., 2009. Jeolojik ve sismolojik veriler ışığında Bala (Ankara) depremlerine neden olan fayların nitelikleri ve bunların genel neotektonik çerçevedeki anlamı. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 810-811.

Seyitoğlu, G., Işık, V., Yılmaz, İ., Alçiçek, M. C., Alçiçek, H., Varol, B., Esat, K., 2007. Kemiklitepe fosil lokalitesinin (Uşak-Eşme) stratigrafik konumunun yeniden değerlendirilmesi ve bunun batı Anadolu'daki Neojen havzaların tektono-sedimanter gelişimi üzerine etkileri. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 457-459.

Seyitoğlu, G., Karadenizli, L., Şen, Ş., Kazancı, N., Varol, B., Saraç, G., Işık, V., Esat, K., Özcan, F., Savaşçı, D. İleri, İ., 2006. Anadolu levhası itiliyor mu yoksa çekiliyor mu? Yanıt yeni tanımlanan neotektonik bir yapı olan Eldivan-Elmadag tektonik kamasının jeolojisinde mi saklı? 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 87-88.

Poster Bildiri

- Işık, V., Çağlayan, A., Seyitoğlu, G., Uysal, T., Zhao, J., Sözeri, K., Esat, K., 2010. Geology of the Savcılı Fault Zone, Central Turkey. Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia, Abstracts with Programs (8-2, s.32), Middle East Technical University, Ankara.
- Seyitoğlu, G., Esat, K., Temel, A., Telsiz, S., 2010. Determination of main strand of a strike-slip fault by using subsidiary structures: Eskişehir Fault Zone as a case study. Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia, Abstracts with Programs (8-1, s.32), Middle East Technical University, Ankara.
- Çağlayan, A., Işık, V., Seyitoğlu, G., Uysal, T., Zhao, J., Esat, K., Sözeri, K., 2010. Savcılı Fay Zonunun Gevrek Deformasyon Özellikleri (Kırşehir, Orta Anadolu). 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 810-811.
- Seyitoğlu, G., Kaypak, B., Işık, V., Esat, K., Çıvgın, B., 2009. Ankara Deprem İzleme Ağı (ANKNET). Uluslararası Deprem Sempozyumu Bildiri Özleri, s.102, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Kaya, S., Can, A. Z., Esat, K., Ekincioğlu, E. E., Akkaya, İ., Işık, V., Kaypak, B., Aldaş, G. U., Ecevitoglu, B., Seyitoğlu, G., 2009. Afyon-Akşehir grabeninde Yakasenek ters fayı olarak tanımlanan yapı üzerinde jeolojik ve jeofiziksel gözlemler: İki evreli graben modeli için bir test. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 206-207.
- Esat, K., Seyitoglu, G., 2006. Eldivan-Elmadağ tektonik kamasının doğusunda (Çankırı-Eldivan arasında) yer alan küçük tektonik kama yapıları. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 410-411.