

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi Güneybatı Kesiminde Kabuksal Deformasyon Özellikleri;
Ziga ve Çevresinden Bir Örnek

Coşkun Güneş

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Genel Jeoloji Anabilim Dalı

Kasım 2017

Crustal Deformation Properties on Southwestern Part of Central Anatolian Volcanic
Province; An Example from Nearby Ziga

Coşkun Güneş

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geology

November 2017

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi Güneybatı Kesiminde Kabuksal Deformasyon Özellikleri;
Ziga ve Çevresinden Bir Örnek

Coşkun Güneş

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Genel Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Volkan Karabacak

Kasım 2017

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Coşkun Güneş'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Orta Anadolu Volkanik Bölgesi Güneybatı Kesiminde Kabuksal Deformasyon Özellikleri; Ziga ve Çevresinden Bir Örnek" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Volkan Karabacak

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Volkan Karabacak

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet Orhan

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Volkan Karabacak danışmanlığında hazırlamış olduğum “Orta Anadolu Volkanik Bölgesi Güneybatı Kesiminde Kabuksal Deformasyon Özellikleri; Ziga ve Çevresinden Bir Örnek” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 15/11/2017

Coşkun GÜNEŞ

İmza

ÖZET

Orta Anadolu, kıtasal çarpışma ile kontrol edilen plaka içi deformasyonun en seçkin örneklerinden bir tanesini sunmaktadır. Bölgedeki deformasyon, geniş yayılımlı ve şiddetli yay volkanizmasının yükselimini ve ilişkili kabuk mimarisini doğurmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi güney kesiminde güncel aktiviteleri iyi bilinen volkanik çıkış merkezleri ile çevrili Ihlara Vadisi (Kapadokya) yakınlarındaki kırık sistemleri ve kırık dolguları analiz edilmiştir. Kırık sistemi analizleri bölge genelinde KB-GD uzanımlı çekme gerilmeleri etkisinde bir genişlemenin hakim olduğunu ortaya koymaktadır. Uranyum serisi tekniği kullanılarak yapılan analizler bölgedeki kırık gelişimi ve ilişkili karbonat dolgusu çökeliminin son 150 by' dır sürdüğünü göstermektedir. Yaş analizleri kabuk deformasyonunun bu dönem içerisinde en az 7 kez şiddetlendiğini ortaya koymaktadır ve bu deformasyon dönemleri yakın çevrede bulunan Acıgöl Kaldera alanı ve Hasandağ volkanik çıkış merkezlerindeki aktivitelere karşılık gelmektedir. Elde edilen yaş verileri Orta Anadolu Volkanik Bölgesi içerisinde genç volkanizmaya bağlı kabuk deformasyonunun 8-10 by' lık kısa döngüler içerisinde tekrarlandığını ve kırık gelişiminin Batı Anadolu'daki benzer sistemlerin açılma hızları ile karşılaştırılabilir ölçekte hızlı olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Orta Anadolu, Volkanizma, Kabuk deformasyonu, Karbonat dolgu

SUMMARY

Central Anatolia presents one of the most distinguished examples of intracontinental deformation which is controlled by continental collision. Deformation in the area creates uplift of wide spread, intense arc volcanism and related crustal architecture.

In this study, fracture systems and veins are analyzed on the nearby Ihlara Valley (Cappadoccia) which are surrounded by recent eruption centers. Fracture system analyzes introduce that extensional regime which is controlled by NW-SE directional tension stress is dominant in the area. The analyzes which were made by using uranium series reveal that fracture evolution and subsidence of carbonate veins have continue about 150 k-yr. According to age analyzes crustal deformation has intensified at least 7 times in this period and these deformation periods are well-matched with activities of Acıgöl and Hasandağ eruption centers. Age data introduce that crustal deformation which is related with volcanism has comes around about 8-10 k-yr periods in Central Anatolia and fracture evolution in this area has a dilatation rate which can be compared with similar systems in Western Anatolia.

Keywords: Central Anatolia, Volcanism, Crustal deformation, Carbonate veins

TEŞEKKÜR

Çağdaş, yenilikçi, pozitif bilimi destekleyen, arazi ve teorik çalışmalarda yüksek motivasyon önceliğini benimsemiş, bilimsel ilkelerinden hiçbir ödün vermeyerek yaptığı yönlendirmeler ve sağladığı imkanlardan dolayı Prof. Dr. Volkan Karabacak' a teşekkürler.

Her şeyden önce gösterdikleri sabır ve sağladıkları maddi-manevi imkanlardan dolayı ailem, Halil ve Gülsüm GÜNEŞ' e teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
3. YÖNTEM.....	6
4. ÇALIŞMA ALANI JEOLJİSİ.....	7
4.1. Bölgenin Neotektonik Konumu.....	7
4.2. Genel Jeoloji	10
4.2.1. Bozçaldağ Formasyonu	13
4.2.2. Karakaya Volkanitleri	14
4.2.3. Selime Tüfü.....	15
4.2.4. Kızılkaya İgnimbritleri.....	18
4.2.5. Hasandağ Kül Formasyonu	18
4.2.6. Traverten	19
4.2.7. Alüvyon	20
5. VOLKANİZMA	21
6. KIRILGAN DEFORMASYONA İLİŞKİN VERİLER.....	29
6.1. Çatlak Sistemleri	30
6.2. Faylar	34
6.3. Kırık Dolguları ve Traverten Morfolojileri.....	36
6.3.1. Aşınmış Örtü Tipi Travertenler.....	36
6.3.2. Teras Tipi Travertenler.....	37
6.3.3. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler	38
7. RADYOMETRİK VE İZOTOPIK ANALİZ	39
8. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
8.1. Kırık Sistemlerinin Değerlendirilmesi	46
8.2. Karbonat Dolguların Değerlendirilmesi.....	51
8.3. Mevcut Veriler Işığında Kabuksal Deformasyon	52
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR DİZİNİ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. OAVB' nin sayısal yüksekli modeli üzerindeki konumu (Faylar, Emre vd., (2013)' den iz düşürülmüştür).....	2
1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin morfolojisi	3
4.1. Şekil 4.1. Afrika, Avrasya, Arap levhalarının hareket yönleri ve bileşke kuvvetleri (Hareket vektörleri USGS (2006)' dan iz düşürülmüştür.)	7
4.2. Avrasya, Afrika, Arap Levhalarının Orta Anadolu üzerindeki bileşke hareket yönleri.....	8
4.3. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki fayların sayısal yükseklik modeli üzerindeki görünümü.....	9
4.4. TGFZ ve Akhisar – Kılıç Segmentinin sayısal yükseklik modeli üzerindeki konumu.....	10
4.5. Hasandağ – Melendiz Dağı bölgesinin jeoloji haritası (Beekman, 1966' dan yeniden çizilmiştir).....	11
4.6. Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti.....	12
4.7. Çalışma alanı jeoloji haritası (Karabacak, 2007).....	13
4.8. Çalışma alanında Bozçaldağ Formasyonundan bir görünüm.....	14
4.9. Bozçaldağ Formasyonu mermerleri.....	14
4.10. Çalışma alanında tüflere ait taze kırık örnekleri.....	15
4.11. İğnimbrit–Selime Tüfü dokanağı.....	16
4.12. Selime tüflerindeki iyi korunmuş peri bacası yapıları.....	17
4.13. Selime Katedralinden bir görünüm.....	17
4.14. İhlara Vadisi İçerisinde iğnimbritler.....	18
4.15. Yaprakhisar dolaylarında İğnimbritleri üzerleyen tabakalı travertenler.....	19
4.16. Tüf ve bantlı traverten örnekleri.....	20
4.17. İhlara Vadisi içerisinde alüvyon.....	20
5.1. Çalışma alanı volkanlarını ve volkanik çıkış merkezlerini gösteren topoğrafya haritası (Eş yükselti eğrileri 100 m' de bir çizdirilmiştir).....	21
5.2. Orta Anadolu' nun 13 my Öncesinden Günümüze Kadar Geçirdiği Jeodinamik Evrim (a. 13-11 my, b. 11-7 my, c. 7-5 my, d. 5-2 my, e. 2-0 my zaman aralığı).....	22
5.3. Selime-Yaprakhisar dolaylarında Hasandağları' nın görünümü.....	24
5.4. Selime-Yaprakhisar dolaylarında Melendiz, Keçiboyduran Dağları' nın görünümü.....	24
5.5. Acıgöl ve çevresinde yer alan volkanik çıkış merkezleri.....	25
5.6. Acıgöl ve çevresinde yer alan volkanik çıkış merkezleri.....	25
6.1. Karbonat dolgulu ve dolgusuz kırıkların topoğrafik harita üzerindeki konumları.....	29
6.2. Selime dolaylarında Tüf ve İğnimbritleri kesen kırıklar.....	30

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.3. Selime Katedrali dolaylarındaki oblik uzanımlı kırık.....	31
6.4. Selime-Yaprakhisar arasındaki Tüflerdeki kırıklı yapılar.....	32
6.5. Tüf ve İgnimbritlerden alınan ölçümlerden oluşturulmuş gül diyagramları.....	32
6.6. İnceleme alanındaki tüm çatlak ölçümlerine ait gül diyagramı çizimleri.....	33
6.7. Ziga dolaylarında küçük ölçekli sağ yanal doğrultu atımlı fay zone.....	34
6.8. Ziga dolaylarındaki fay zonunun enine kesiti ve kinematik modeli.....	35
6.9. Çalışma alanında aşınmış örtü tipi travertenlerden bir görünüm.....	36
6.10. Aşınmış örtü tipi travertenlerdeki tabakalanma ve gözeneklilik.....	37
6.11 Yaprakhisar dolaylarında teras tipi travertenler.....	37
6.12. Çatlak sırtı tipi travertenlerin oluşumunu gösteren model (Mesci, 2013).....	38
6.13. Sırt tipi travertende merkez dolgusu.....	38
7.1. L1 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.....	40
7.2. L2 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	40
7.3. L3 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	41
7.4. L4 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	41
7.5. L5 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	42
7.6. L6 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	42
7.7. L7 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı	42
7.8. L8 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.....	43
8.1. Çekme kuvvetlerine bağlı oluşan açılma kırıkları.....	47
8.2. Sıkışma kuvvetleri altında gelişen makaslama kırıkları.....	47
8.3. İhlara Vadisi ile Yaprakhisar Köyü kesişiminde kalan bir bölgedeki açılma kırığı; Birincil kırık: K60D, İkincil kırık: K85B.....	47
8.4. Güllükkaya Tepe civarındaki yoğunlukla KD-GB doğrultusunda uzanım sunan kırık setleri.....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.5. Kayabaşı Mevkii ve Güllükkaya Tepe dolaylarındaki kırık sistemlerinin haritası.....	50
8.6. Kaya Başı Mevkii'nde yer alan platonun ve kırıkların farklı açılardan görünüşleri.....	51
8.7. Faccenna vd., (2014); a.Avrasya levhasına göre bölgedeki yatay yer değiştirme hızları b. Afrika levhasına göre bölgedeki yatay yer değiştirme hızları (Kırmızı ve turuncu oklar; Serpelloni vd, (2013)).....	53
8.8. Doğu ve Orta Anadoluda GPS ölçümlerinden elde edilen yer değiştirme vektörleri (Simao vd., 2015).....	54
8.9. Avrasya levhasına göre Orta Anadoludaki yatay yer değiştirme hızları (Aktuğ vd., 2013).....	54
8.10. Orta Anadoluda etkili olan gerilme yönleri; Çalışma alanında KB-GD doğrultusunda gerçekleşmektedir (Aktuğ vd., 2013).....	55
8.11. Loksasyon 2 (a) ve Lokasyon 3 (b)' deki kırıklardan hesaplanan genişleme hızı değerleri.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Çalışma Alanı Volkanizması Yaş Analizleri.....	26
7.1. Örneklemelere Ait Arazi Notları.....	43
7.2. Çalışma Alanında Örneklenen Bantlı Traverten Dolgularının U-Th Labratuvar Analiz Sonuçları.....	45
8.1. Literatürde Yer Alan Volkanik Püskürme ve Çalışma Alanında Belirlenen Kabuksal Deformasyon Tarihleri.....	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler** σ **Açıklama**

Gerilme eksenı

Kısaltmalar

by

Bin yıl

EF

Ecemiş Fay Zonu

G.Ö.

Günümüz Öncesi

kyr

Bin yıl

my

Milyon yıl

OAVB

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi

SRTM

Sayısal yükseklik verisi

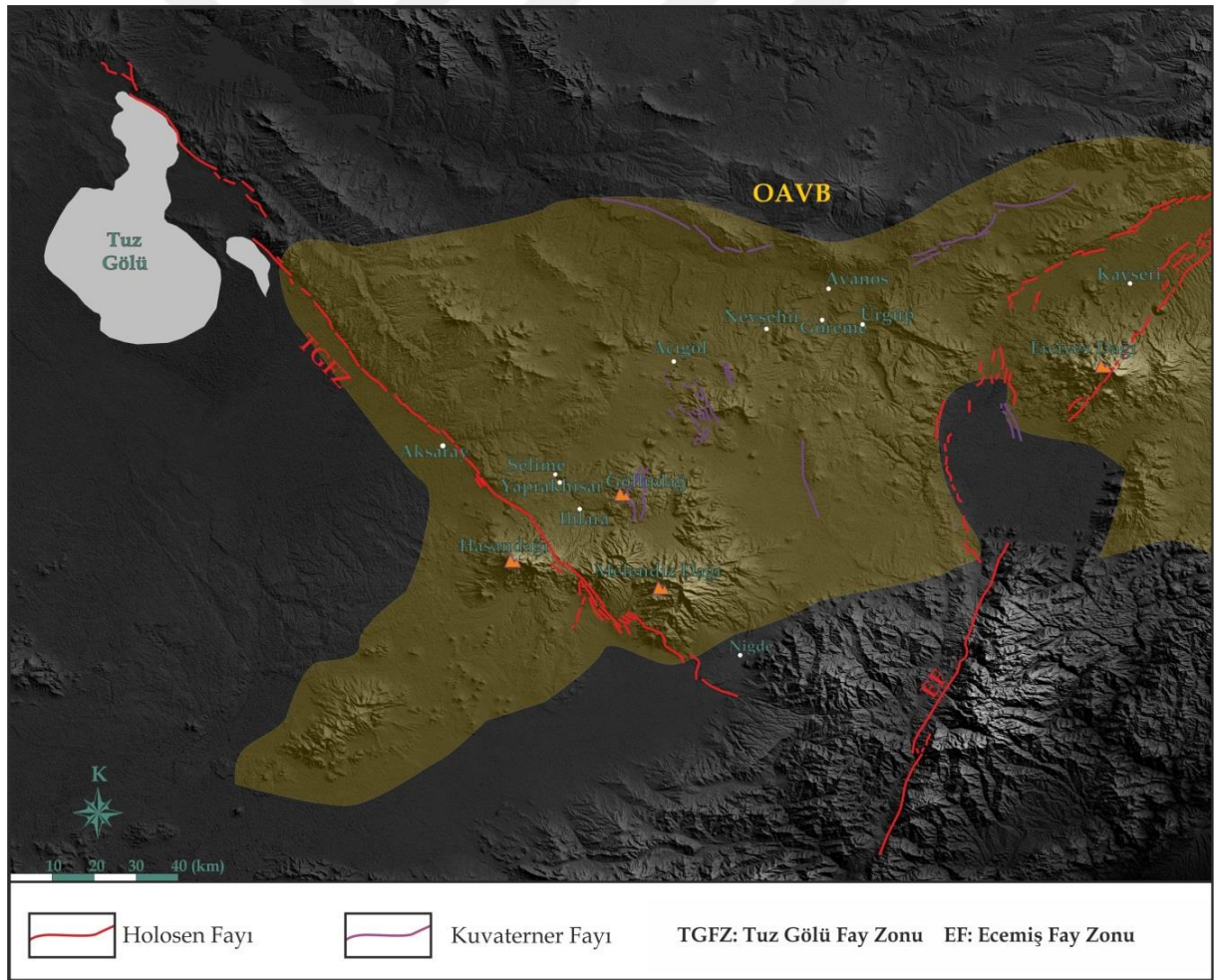
TGFZ

Tuz Gölü Fay Zonu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

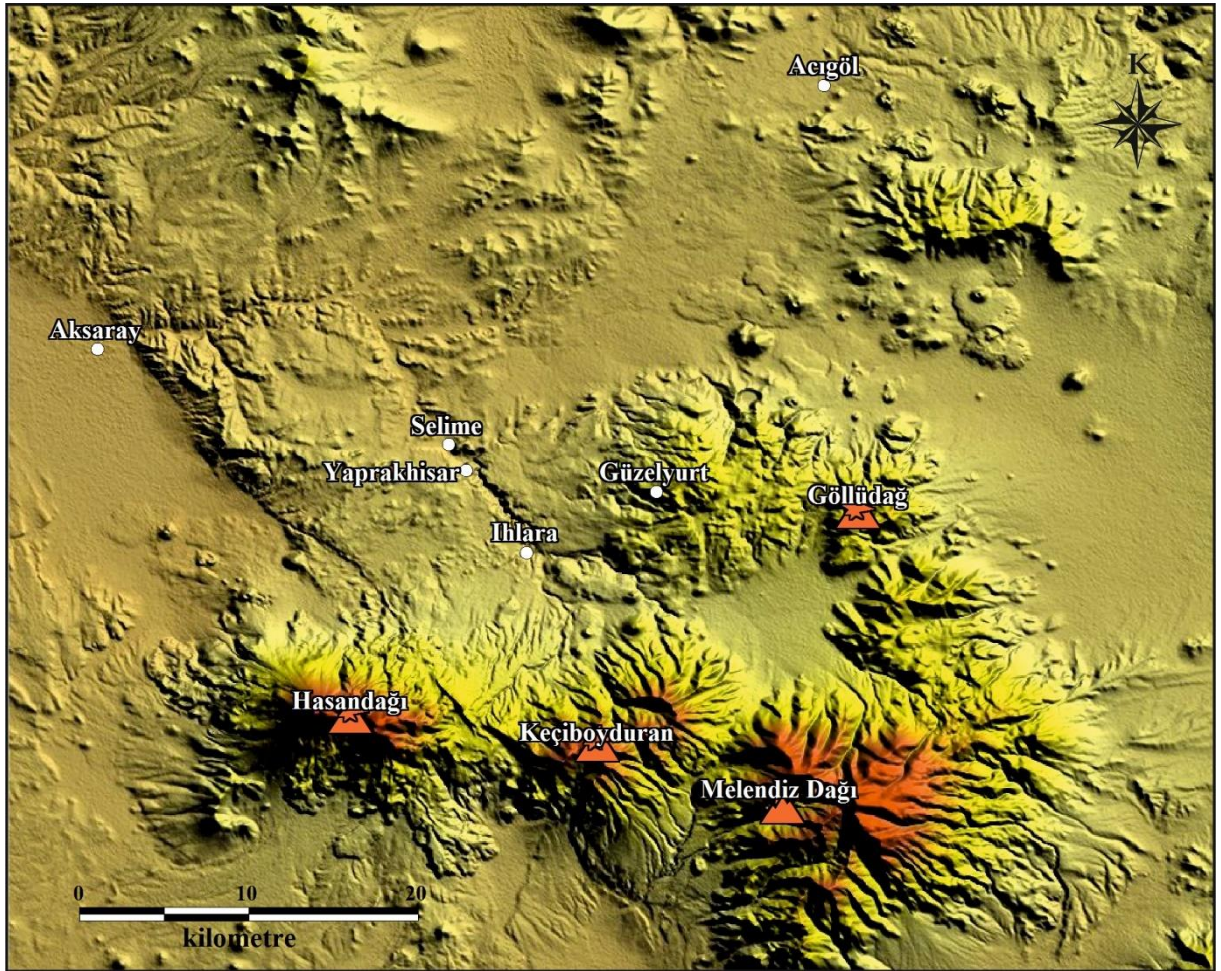
Afro-Arap plakasının Avrasya plakası yönünde yaklaşması Geç Miyosen’de gerçekleşen dalma-batma ile sonuçlanmış (Le Pichon ve Angelier, 1979; Lyberis, 1985) ve bunlar arasında sıkışan Anadolu Bloğu batı yönlü kaçışına başlamıştır (McKenzie, 1972; Dewey vd., 1973; Sengör ve Yılmaz, 1981; Sengör vd., 1985; Dewey vd., 1986). Güncel Anadolu blok içi deformasyonunun Geç Miyosen’de bu kıtasal çarpışma ile başladığı konusunda görüş birliği bulunmakla birlikte (Innocenti vd., 1975; Pasquare vd., 1988), bölgede etkin olan güncel gerilmenin 2 ayrı kökeni olabileceği düşünülmektedir (McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; LePichon ve Angelier, 1979; Jackson ve McKenzie, 1984; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Taymaz vd., 1991; Reilinger vd., 1997; McClusky vd., 2000). Bunlar; doğuda Arap plakasının Bitlis-Zagros bindirme zonu boyunca kuzeye çarpması ile ilişkili itme ve batıda Afrika Plakasının Ege Yayı boyunca dalması ile ilişkili çekme kuvvetleridir. Bununla birlikte bu iki mekanizmanın etkileşimi (Meijer ve Wortel, 1997; Jolivet, 2001; Nyst ve Thatcher, 2004; Doglioni vd., 2002; Jimenez-Munt ve Sabadini, 2002) ve bu etkileşimin Orta Anadolu’daki delilleri uzun soluklu bir tartışma konusudur (örneğin Pearce vd., 1990; Yılmaz, 1990; Temel, 1992; Dhont vd. 1998). Örneğin Şengör vd. (1985), sismik olarak inaktif durumunu göz önünde bulundurarak, Orta Anadolu’yu “ova” bölgesi olarak tanımlamıştır. Araştırmacılara göre bölge güncel olarak KD-GB yönelimli orta şiddette bir sıkışmanın etkisindedir. Bununla birlikte, Dhont vd. (1998) Orta Anadolu’daki bölgesel kabuk deformasyonunun sıkışma değil, açılma ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Güncel GPS ölçüm sonuçları Orta Anadolu’daki deformasyonun üniform olmadığını göstermektedir (örneğin Aktuğ vd., 2013; Faccenna vd., 2014; Simao vd., 2016). Bu veriler, genel anlamda gerilme yönlerinde farklılıklar gözlenirse de, bölge genelinde genişlemenin etkin olduğunu ortaya koymaktadır (Aktuğ vd., 2013; Simao vd., 2016). Dolayısıyla Orta Anadolu’daki gerilme yönlerinin doğrudan arazi delilleri ile ortaya konulması ve bu gerilmelerin etkinliğinin yaş analizleri ile desteklenmesi Doğu Akdeniz bölgesinde Arap Plakasının Bitlis-Zagros bindirme zonu boyunca sıkıştırması ve Afrika Plakasının Ege Yayı boyunca dalması ile ilişkili mekanizmaların aydınlatılması açısından anahtar rol oynamaktadır.

Orta Anadolu, Miyosen-Üst Holosen sürecinde gerçekleşen volkanizmadan kaynaklı 1400-1500 m yüksekliğe ulaşan bir platodan meydana gelmektedir. Bu bölge Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) olarak ifade edilmektedir (Aydar vd., 2011; Pasquare vd., 1988). OAVB' nin topoğrafik sınırlarını güneyde Toros Dağları, doğuda Erciyes Dağı, kuzeybatıda ise Tuz Gölü yakınları oluşturur. Bölge yapısal olarak batıda Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) ile doğuda Ecemiş Fay Zonu (EF) tarafından sınırlanır (Şekil 1.1). Bu çalışma kapsamında, Aksaray ilinde bulunan Selime, Yaprakhisar ve Ziga kasabalarında tüf, ignimbrit ve traverten kütlelerindeki kırıklı yapılar arazi çalışmalarıyla detaylı olarak incelenmiştir. Bölgedeki kabuksal deformasyonun kinematiklerini açıklamak açısından oldukça önemli olduğu düşünülen kırık mekanizmaları ve dolguları, yakın çevrede etkili olan Hasandağ ve Acıgöl volkanizmalarının ve bölgenin tektonik evrimi bağlamında yorumlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1.1. OAVB' nin sayısal yüksekli modeli üzerindeki konumu (Faylar, Emre vd., (2013)' den iz düşürülmüştür).

Çalışma alanı, Aksaray ili, Selime – Yaprakhisar kasabaları dolaylarında yer alır. Bu bölgenin güneyinde Hasandağ ve Melendiz dağları, güneydoğusunda ise Melendiz Çayı' nın volkanik çökelleri aşındırması sonucu dar bir kanyon morfolojisi kazanmış Ihlara Vadisi bulunur. Selime ile Ihlara arasında KB-GD uzanımlı olarak yer alan vadi 14 km uzunluğundadır ve yamaç yükseltileri 100-150 metrelere ulaşır. Çalışma alanının kuzeydoğusunda Acıgöl (Nevşehir) ilçesi ve kuzeybatısında Aksaray il merkezi yer alır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin morfolojisi.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

OAVB; jeolojik, petrografik ve tektonik çalışmalar yoğunlukta olmak üzere birçok çalışmacıya konu olmuştur.

Orta Anadolu' nun tektonik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar; McKenzie (1972), Dewey ve Şengör, (1979), LePichon ve Angelier (1979), Jackson ve McKenzie (1984), Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Taymaz vd. (1991), Reilinger vd. (1997), McClusky vd. (2000), bölgenin doğuda Arap plakasının Bitlis-Zagros bindirme zonu boyunca kuzeye çarpması ile ilişkili itme ve batıda Afrika Plakasının Ege Yayı boyunca dalması ile ilişkili çekme kuvvetleri etkisi altında olduğunu ileri sürmektedir. Meijer ve Wortel, (1997), Jolivet, (2001), Nyst ve Thatcher (2004), Doglioni vd. (2002), Jimenez-Munt ve Sabadini (2002), bu etkileşimin Orta Anadolu'daki delillerini uzun soluklu bir tartışma konusu olarak değerlendirmiştir. Şengör vd. (1985), ise sismik olarak inaktif durumunu göz önünde bulundurarak, Orta Anadolu'yu "ova" bölgesi olarak tanımlamıştır. Pearce vd. (1990), Yılmaz (1990), Temel (1992), Dhont vd. (1998), bu kullanıma destek vermiştir. Aktuğ vd. (2013), Faccenna vd. (2014), Simao vd. (2016), ise GPS ölçümlerine dayanarak bölgede üniform olmamakla birlikte genişlemenin etkin olduğunu ileri sürmektedir.

Çalışma alanında sismik tehlike oluşturan en önemli tektonik unsurlardan biri TGFZ' dur (Dirik ve Göncüoğlu, 1996). Bu zon üzerinde yapılan çalışmalardan; Kürçer ve Gökten (2014) fay zonu üzerindeki depremlerin tekrarlanma aralığını 10,39 by olarak önermiştir.

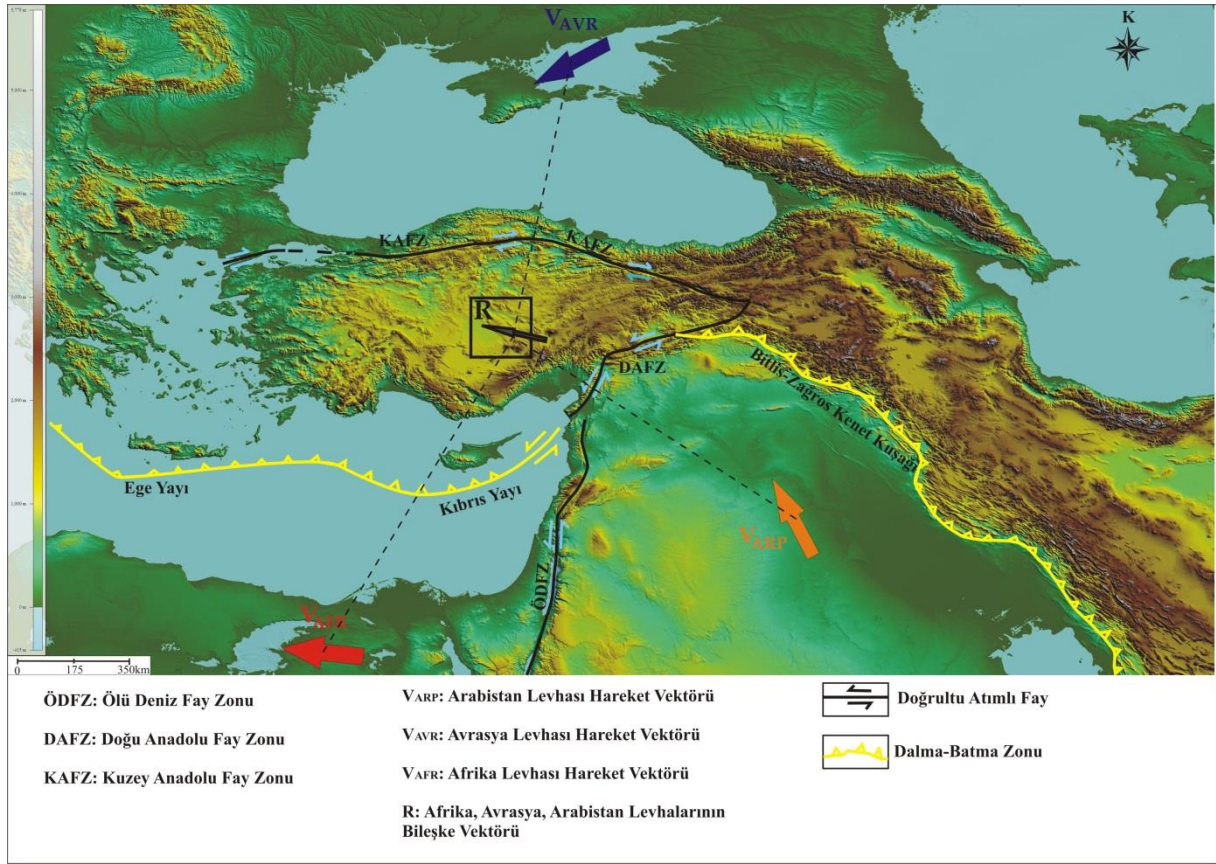
Bu bölgede jeolojik olarak yapılan en kapsamlı çalışma 1966 yılında Beekman tarafından yapılmıştır. Beekman (1966), Hasandağ-Melendiz Dağı bölgesi ve çevresini kapsayan oldukça geniş bir alanı haritalamış, bölgede 25 farklı kaya birimi tanımlamıştır. Ketin (1983), Orta Anadolu'da Aksaray ve Niğde arasında bulunan Hasandağı-Melendiz dağı yöresini içinde çok sayıda volkan konilerinin, kraterlerin, tuf örtülerinin ve lav akıntılarının yer aldığı 50 km uzunlukta ve ortalama 20 km genişlikte bir volkan alanı olarak tanımlamıştır. Sür (1972)' ye göre buradaki volkanik püskürmeler olasılıkla 4 evrede gerçekleşmiştir. Bölgedeki volkanizmanın başlangıç tarihi Innocenti vd. (1975),

tarafından yaklaşık olarak 10 my kabul edilmiştir. Pasquare vd. (1988), Orta Anadolu bölgesinin volkanik aktivitesini; 8.5 my öncesi, 8.5-2.7 my arası ve 2.7 my-güncel olmak üzere 3 kısımda incelemiştir. Orta Anadolu' nun 13 milyon yıl öncesinden günümüze kadar geçirdiği jeodinamik evrim Aydar vd. (2013), tarafından açıklanmıştır. Volkanik püskürmelerin yaş tayini üzerine yapılan çalışmalardan; Kuzucuoğlu vd. (1998); Acıgöl, Mellaart J (1993); Hasandağ, Bigazzi vd. (1993); Acıgöl, Druitt vd. (1995); Acıgöl, Batum (1975); Acıgöl, Yeğinil (1984); Acıgöl-Göllüdağ, Innocenti vd.,(1975); Acıgöl, Ercan vd., (1992); Hasandağ, Türkecan vd. (2005); Acıgöl, Schmitt vd. (2011); Acıgöl volkanizmasına ait yaş analizleri elde etmişlerdir. Karabacak vd., (2016) traverten kütlelerinden elde ettikleri yaş tayinleriyle bölgedeki volkanik püskürme yaşlarını karşılaştırarak bölgedeki volkanizmayla kabuksal deformasyonu ilişkilendirmişlerdir.

3. YÖNTEM

Tektoniğin bir dalı olan Neotektonik; ayrıntılı analizi ve değişim hızı değerlendirmeleri yapılabilecek ölçüde güncel, geniş ölçekli ve canlı kabuksal deformasyonu inceleyen tektoniğin dalıdır (Vita-Finzi, 1986). Neotektoniğin yaş olarak nitelediği aralık ise belirli bir bölge için günümüzde de devam eden gerilme alanı içerisinde oluşmuş veya yeniden diri hale gelmiş tektonik yeniden yapılanma dönemidir (Stewart ve Hancock, 1994). Aktif tektonik ise insanlık tarihini de içine alacak bir zaman dilimi içinde dünya kabuğu üzerinde deformasyona neden olan tektonik süreçleri incelemektedir (Stewart ve Hancock, 1994). Neotektonik dönem içerisinde kabuksal deformasyon özelliklerini inceleyen çalışmalarda araştırmacılar farklı disiplinlerden yararlanmakta ve bu disiplinlere ait verileri kullanmaktadır. Stewart ve Hancock (1994)' a göre bu disiplinlerin en önemli verileri sismolojik, jeodezik, tarihsel, arkeolojik, jeomorfolojik ve jeolojik verilerdir. Bununla birlikte bu disiplinlerin her biri farklı sınırlar içerisinde yararlı olabilmektedir (Vita-Finzi, 1986). Birkaçının bir arada kullanılması ise daha geniş zaman aralığında yorumlar yaparak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bu tez sürecinde arazi ve büro çalışmaları olarak iki kademeli olarak yürütülen çalışmalar; jeolojik yapıların konumlandırılması ve araziden veri toplanması aşamalarını kapsamaktadır. Yapıların konumlandırılması için gereken ölçümler Silva Tipi jeolog pusulasıyla sağlanmıştır. Arazi verileri için gerekli koordinatlar Magellan Explorist tipi GPS cihazından ve Coordinator android uygulamasından elde edilmiştir. Troy tipi karbon çelik, jeolog çekici bütün arazi çalışmaları süresince çeşitli amaçlarla (kayaç sertliğini ölçmek, fotoğraf ölçeği vb.) kullanılmıştır.

Büro çalışmaları genel olarak arazi verilerini bilgisayar ortamına aktarılmasıyla yürütülmüştür. Coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak (Global Mapper, MapInfo ve QGIS) araziden elde edilen ölçümler bilgisayar ortamına aktarılmış ve gerekli haritalamalar yapılmıştır. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verileri kullanılarak gerekli yerlerde topoğrafya haritaları ve sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Bilgisayar ortamına aktarılan veriler üzerine yapılan metin eklemeleri ve tez süresince yapılan bütün bilgisayar ortamı çizimler Crol Draw x5 sürümüyle yapılmıştır.



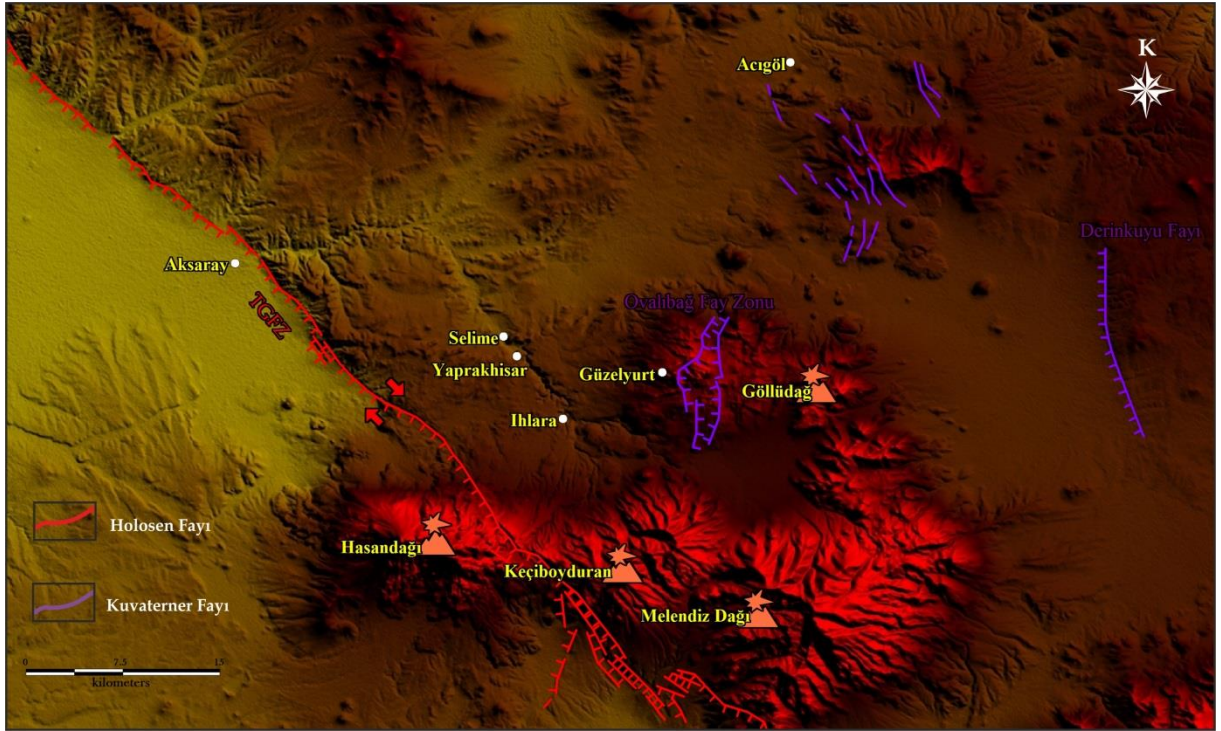
Şekil 4.2. Avrasya, Afrika, Arap plakalarının Orta Anadolu üzerindeki bileşke hareket yönleri.

13 my önce Afrika plakasının Anadolu' nun altına dalmasıyla Orta Anadolu' da dalma-batma ilişkili volkanizma süreci başlamıştır (Aydar vd., 2011). Bu zaman sürecinde etkili olan volkanik faaliyetler bölgenin OAVB olarak adlandırılmasında etkili olmuştur. OAVB yapısal olarak batıda TGFZ doğuda EF tarafından kontrol edilmektedir.

OAVB' nin yapısal batı sınırını oluşturan TGFZ çalışma alanının GB kesiminden 8-10 km uzaklıkta KB-GD doğrultusunda uzanım sunmaktadır. TGFZ, K50D ile K20D arasında doğrultuya sahip, Tuz Gölü kuzeyinden Niğde güneyine kadar 190-200 km uzunluğunda, 5-25 km genişliğinde kıta içi bir kırık zonu olarak tanımlanmıştır (Dirik ve Göncüoğlu, 1996).

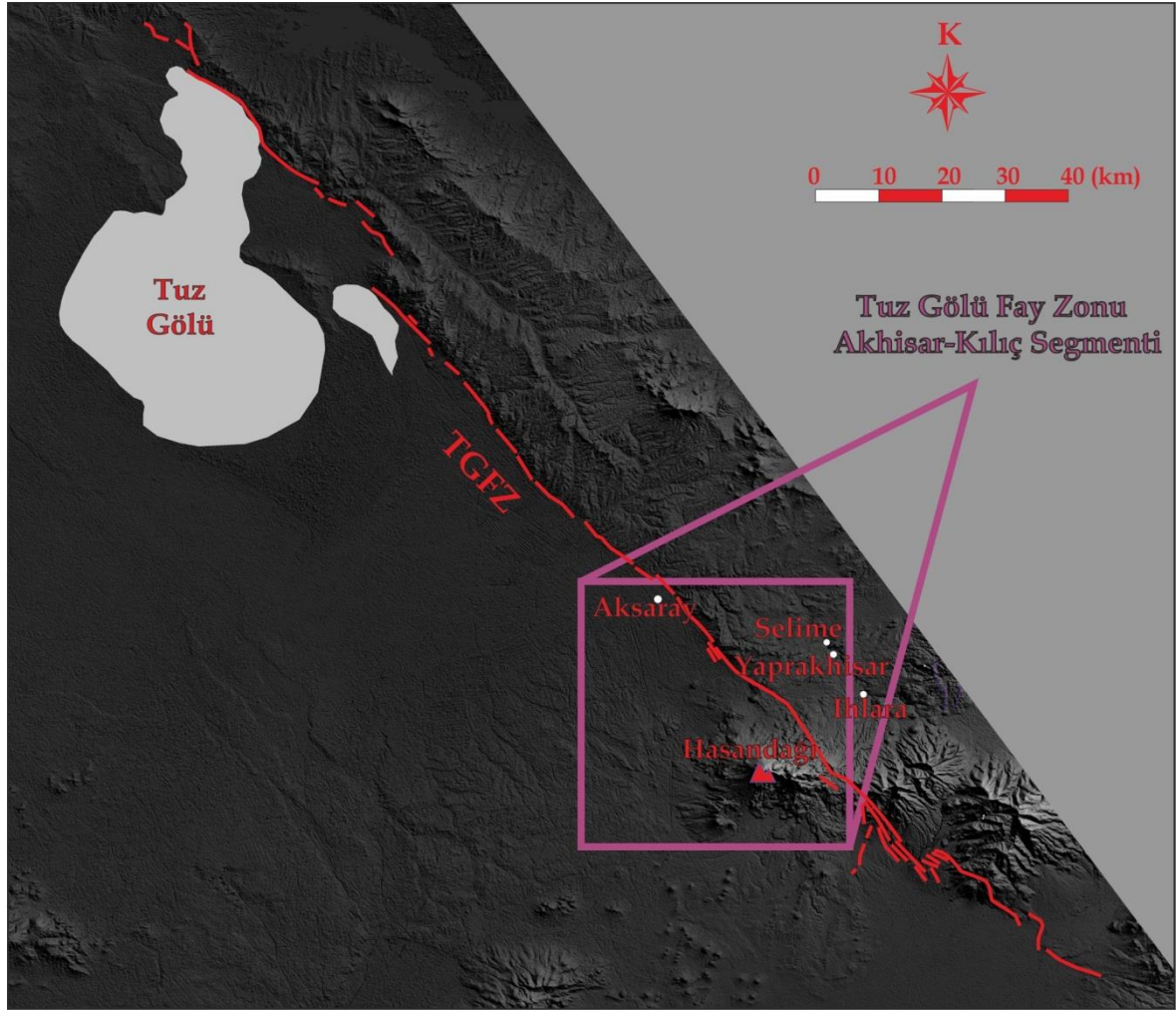
Normal faylardan oluşan Ovalıbağ Fay Zonu, Güzelyurt ve Göllüdağ arasında yer almaktadır (Şekil 4.3). Yaklaşık K-G doğrultulu ve batıya eğimli normal bir fay olan

Derinkuyu Fayı, Acıgöl (Nevşehir)' ün güneydoğusunda yer alır ve 18-20 km uzunluktadır (Emre vd., 2011).



Şekil 4.3. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki fayların sayısal yükseklik modeli üzerindeki görünümü.

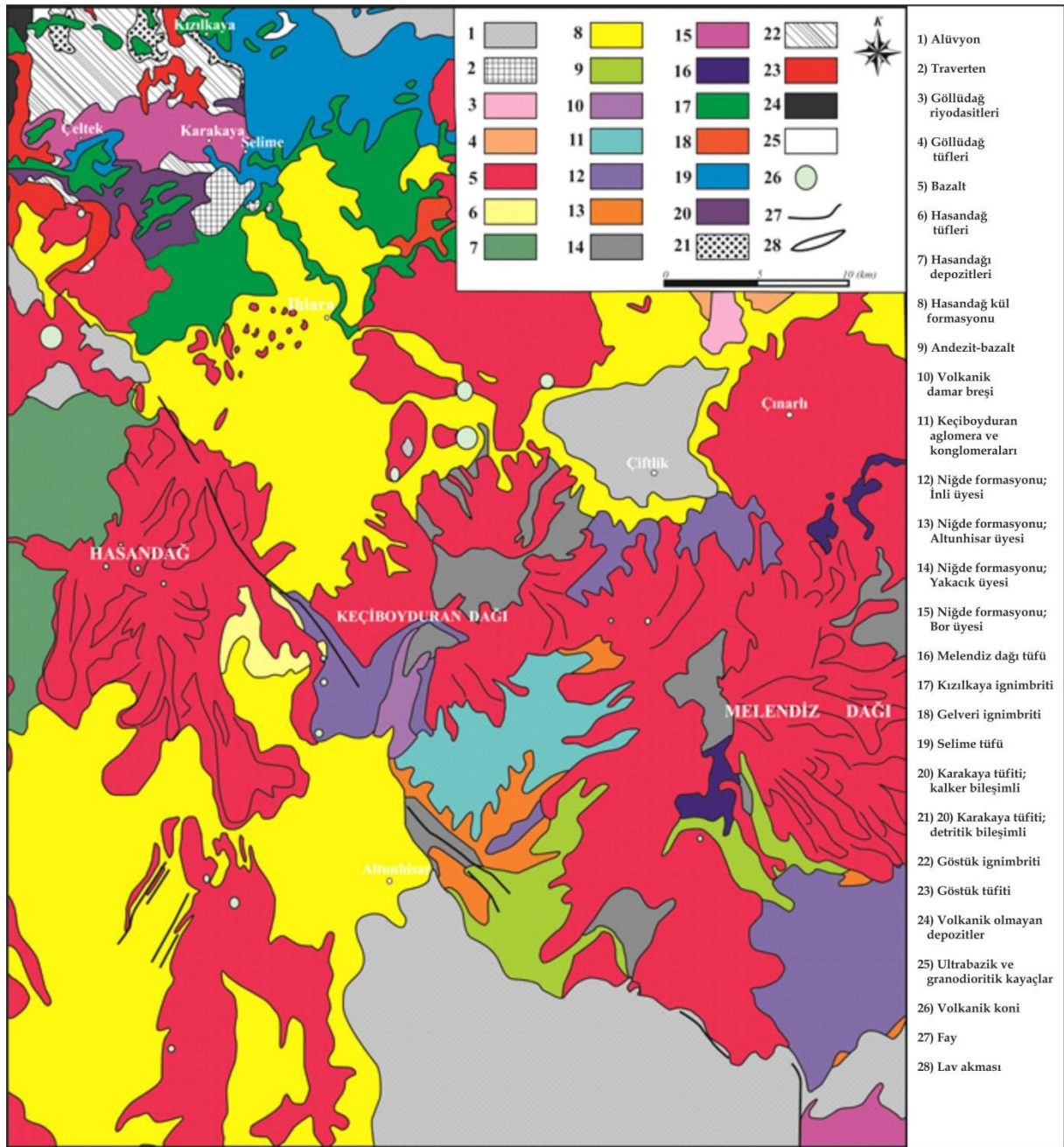
TGFZ, Tuz Gölü ile Kemerhisar (Niğde) arasında KB - GD doğrultusunda yaklaşık olarak 200 km uzunluğunda, sağ yanal doğrultu atım bileşenli normal bir fay zonu olarak tanımlanmıştır (Kürçer ve Gökten, 2014). Çalışma alanının GB sınırında, TGFZ' nin sismik tehlike oluşturabilecek en olası bölümlerinden biri olan Akhisar - Kılıç segmenti bulunmaktadır (Şekil 4.4). Bu segment üzerinde yapılan çalışmalarda son 23 by içerisinde 3 deprem meydana geldiği ve bu depremlerin tekrarlanma aralığının 10,39 by olduğu önerilmiştir (Kürçer ve Gökten, 2014).



Şekil 4.4. TGFZ ve Akhisar – Kılıç segmentinin sayısal yükseklik modeli üzerindeki konumu.

4.2. Genel Jeoloji

Hasandağ – Melendiz Dağı bölgesinin ve çevresinin jeoloji haritası Beekman tarafından 1966 yılında yapılmıştır (Şekil 4.5). Beekman (1966), bu bölgede 25 farklı kaya birimi tanımlamış, volkanik çıkış merkezlerini ve lav akımlarını haritalamıştır.



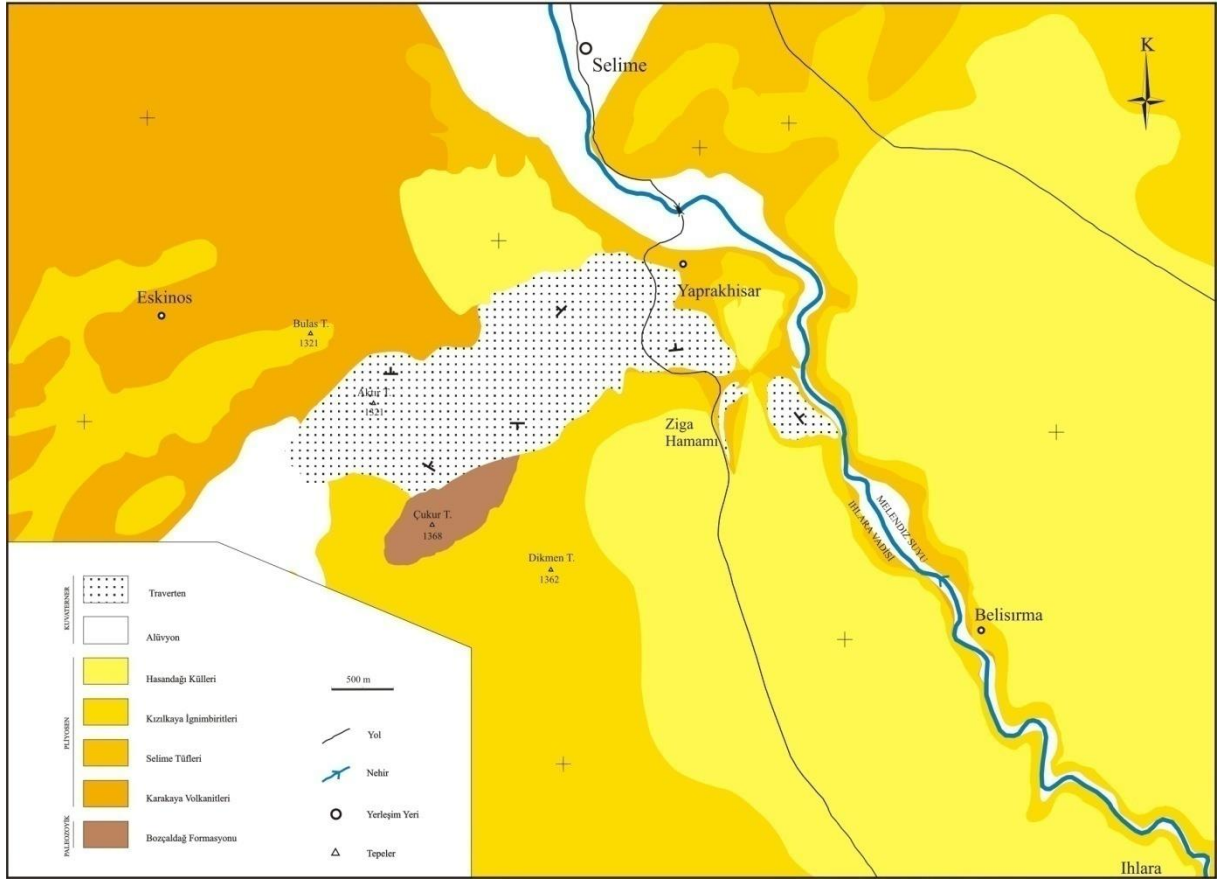
Şekil 4.5. Hasandağ – Melendiz Dağı bölgesinin jeoloji haritası (Beekman, 1966' dan yeniden çizilmiştir).

Selime, Yaprakhisar, Ziga dolaylarında; Bozçaldağ Formasyonu (Seymen, 1981), Karakaya volkanitleri, Selime Tüfü, Kızılkaya İgnimbritleri, Hasandağ Kül Formasyonu, Traverten ve Alüvyon olmak üzere 7 farklı kaya birimi gözlenmiştir (Şekil 4.6).

Yaş	Formasyon	Simge	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklama
Holosen	Alüvyon	Qal	?		Kil-çakıl arası tane boyu
Holosen	Traverten	Qtv	?		Sıcak su çıkışı kaynaklı, beyaz, kahverengi, ince tabakalı kireçtaşları
Neojen	Hasandağ Kül Formasyonu	Nh	?		Tabakasız tüfler
Neojen	Kızılkaya İgnimbritleri	Nk	50		Bol kırıklı, yer yer soğuma çatlakları içeren volkanik kayalar
Neojen	Selime Tüfü	Ns	60-100		Beyaz, pembe, kırmızı renkli vitrik tüfler
Pliyosen	Karakaya Volkanitleri	Pkv	?		Tabakalı, detritik tüfler
Paleozoyik	Bozçaldağ Formasyonu	Pb	?		Gri renkli, dayanımlı mermer

Şekil 4.6. Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti.

Çalışma alanının temelini oluşturan birim Paleozoyik yaşlı mermerlerden oluşan Bozçaldağ Formasyonudur. Bu formasyonu, Neojen volkanik birimler üzerler. Traverten ve Alüvyon birimleri ise bölgedeki güncel oluşuklardır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Çalışma alanı jeoloji haritası (Karabacak, 2007).

4.2.1. Bozçaldağ Formasyonu

Genel olarak mermer, gnays ve kuvarsitlerden oluşan formasyon çalışma alanı içerisinde gri renkli, dayanımlı, bol kırıklı ve çatlaklı mermerler olarak gözlenir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Bölgenin temel kayası olan birimin yaşı kesin olmamakla birlikte Paleozoyik kabul edilir (Seymen, 1981).



Şekil 4.8. Çalışma alanında bozçaldağ formasyonundan bir görünüm.



Şekil 4.9. Bozçaldağ formasyonu mermerleri.

4.2.2. Karakaya Volkanitleri

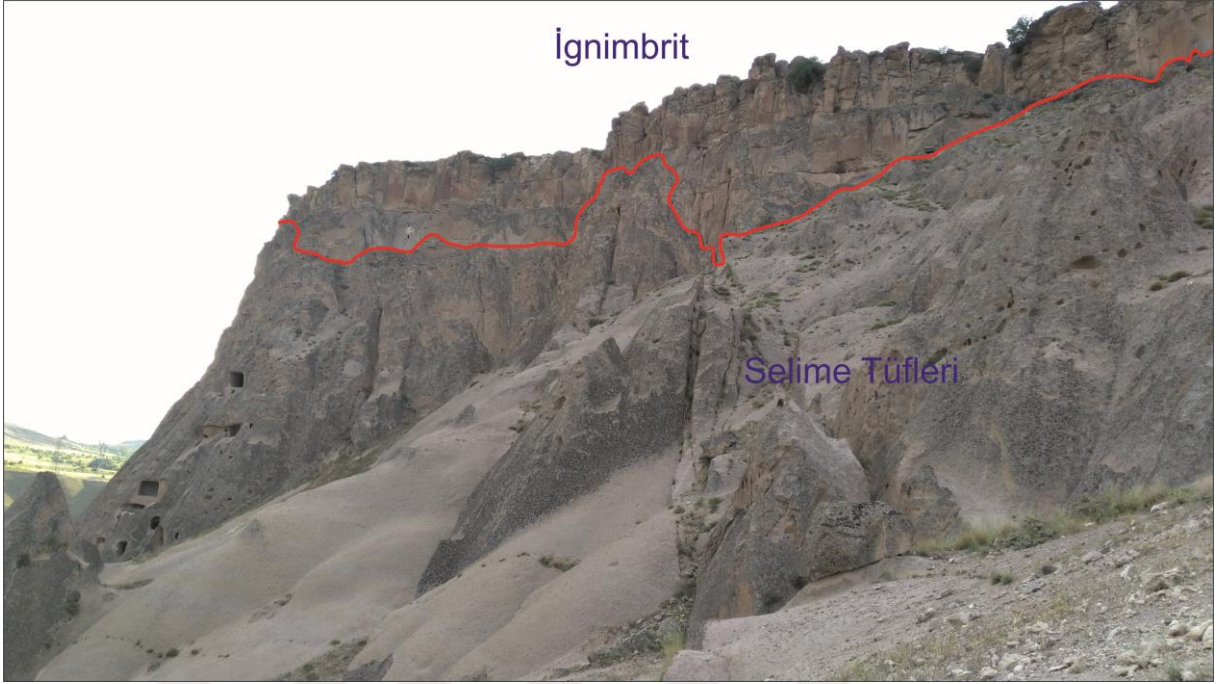
Çeltek ve Selime arasındaki alanda iyi tabakalanmış yapıda bulunurlar. Melendiz Çayı' nın batısında Karakaya tepesini oluştururlar. Bu tepe kahverengi, çok iyi tabakalanmış detritik tüfitlerden oluşur. Karakaya tepesinde bulunan bir file ait kemik fosillerinden bu birimin yaşı Pliyosen kabul edilmiştir (Beekman, 1966).

4.2.3. Selime Tüfü

Selime ve Yaprakhisar' da bu tüflerin en kalın kısımları bulunur (60-100 m) (Beekman, 1966). Buradan kuzeye ve batıya doğru incelerler. Kuzeyde (Kızılkaya-Göstük) beyaz vitrik ve homojen ponza taşı yapısındaki tüflerin (Şekil 4.10) kalınlığı Kızılkaya'nın güneyinde 5 m den Göstük yakınlarında birkaç cm e kadar düşer. Kuzey yönünde bir inceleme, Kızılkaya üst ignimbritleri hariç, bütün kayaçlarda gözükmemektedir. Batıya doğru da tüflerde inceleme vardır. Üstte ignimbrit tabakası ve altta tüfitler (Şekil 4.11) olmak üzere, incelererek tamamen kaybolurlar.



Şekil 4.10. Çalışma alanında tüflere ait taze kırık örnekleri.



Şekil 4.11. İgnimbrit – Selime Tüfü dokanağı.

Selime-Kızılkaya hattının doğusunda tüfler kuzeye eğimli, geniş bir ova meydana getirmekte, güneyde ise birçok ignimbrit kütlesi bu ovayı sınırlamaktadır. Tüfler burada ince tozlu bir regolit toprağı ile örtülü bulunur. Doğudan bazaltik lâvlar, sahanın doğu sınırı boyunca bu tüf ovasının üstüne yayılmıştır. Kızılkaya-Selime hattının batısında tüflerin rengi beyaz ile pembe arasında değişmekte olup ince taneli ve camlaşmış yapıdadırlar. İçlerinde küçük beyaz ponzataşı parçaları bulunur. Selime’de siyah bazalt ve kırmızı tüf parçaları görülmeye başlar. Beyaz ponzataşı parçaları ise, doğuya doğru daha irileşmektedir. Selime ile Yaprakhisar arasında, Melendiz çayının doğu kıyısında (*kuzey ile doğu arasında değişen bir doğrultu*) bulunan kalın tüf duvarları içinde karakteristik tüf piramitleri (peri bacaları) (Şekil 4.12) iyi gelişmiş durumdadırlar. Birçok yerde tüfler pürüzsüz, yuvarlanmış şekildedir.

Yaprakhisar ve Selime tüfleri içinde birçok Bizans mağara kiliseleri inşa edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.12. Selime Tüflerindeki iyi korunmuş peri bacası yapıları.



Şekil 4.13. Selime Katedralinden bir görünüm.

4.2.4. Kızılkaya İgnimbritleri

Bu ignimbritler Aksaray, Gelveri ve Hasandağ arasında karakteristik yapılar meydana getirirler. Kökeninde kesintisiz plato arazi modeliyle uzanan ignimbrit kütleleri, Melendiz Çayı' nın drenajıyla bir çok platoya bölünmüştür (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Ihlara Vadisi içerisinde ignimbritler.

Çalışma alanı boyunca renkleri beyaz – açık sarı arasında değişen ignimbritlerin kimyası riyodasidiktan andezitiğe değişir. Bu kayalar bol kırıklı yapıdadır ve soğuma çatlakları içerirler.

4.2.5. Hasandağ Kül Formasyonu

Bu formasyon Melendiz ve Hasan dağlarının kuzey, batı ve güney kesimlerinde geniş alanlar kaplamaktadır. Bu formasyonda üç tip depozit gözlenir (Beekman, 1966):

- 1) Homojen depozit
- 2) Tabakalı depozit
- 3) Karma depozit

Çalışma alanı içerisinde gözlenen depozitler, homojen kül ve lapilli çökeller şeklinde gözlenir. Dayanımsız, az pekleşmiş, beyaz vitrik kül matriksinin içinde ufak ve orta tane boyunda beyaz ponzataşı çakılları yer alır.

4.2.6. Traverten

Çalışma alanındaki kırıklar boyunca, sıcak su kaynaklarının etkisiyle özellikle Yaprakhisar bölgesinde ignimbitlerin ve tüflerin üzerine (Şekil 4.15) sütlü kahverengi, gözenekli, ince tabakalar halinde çökelmişlerdir.



Şekil 4.15. Yaprakhisar dolaylarında İgnimbitleri üzerleyen tabakalı travertenler.

Traverten kütlelerinin altında kalan tüflerin üst kesimlerinde kalsidasyon meydana gelmiş olup, bu noktalarda çatlaklar içinde sert, dayanımlı travertenler gözlenir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Tuf ve bantlı traverten örnekleri.

4.2.7. Alüvyon

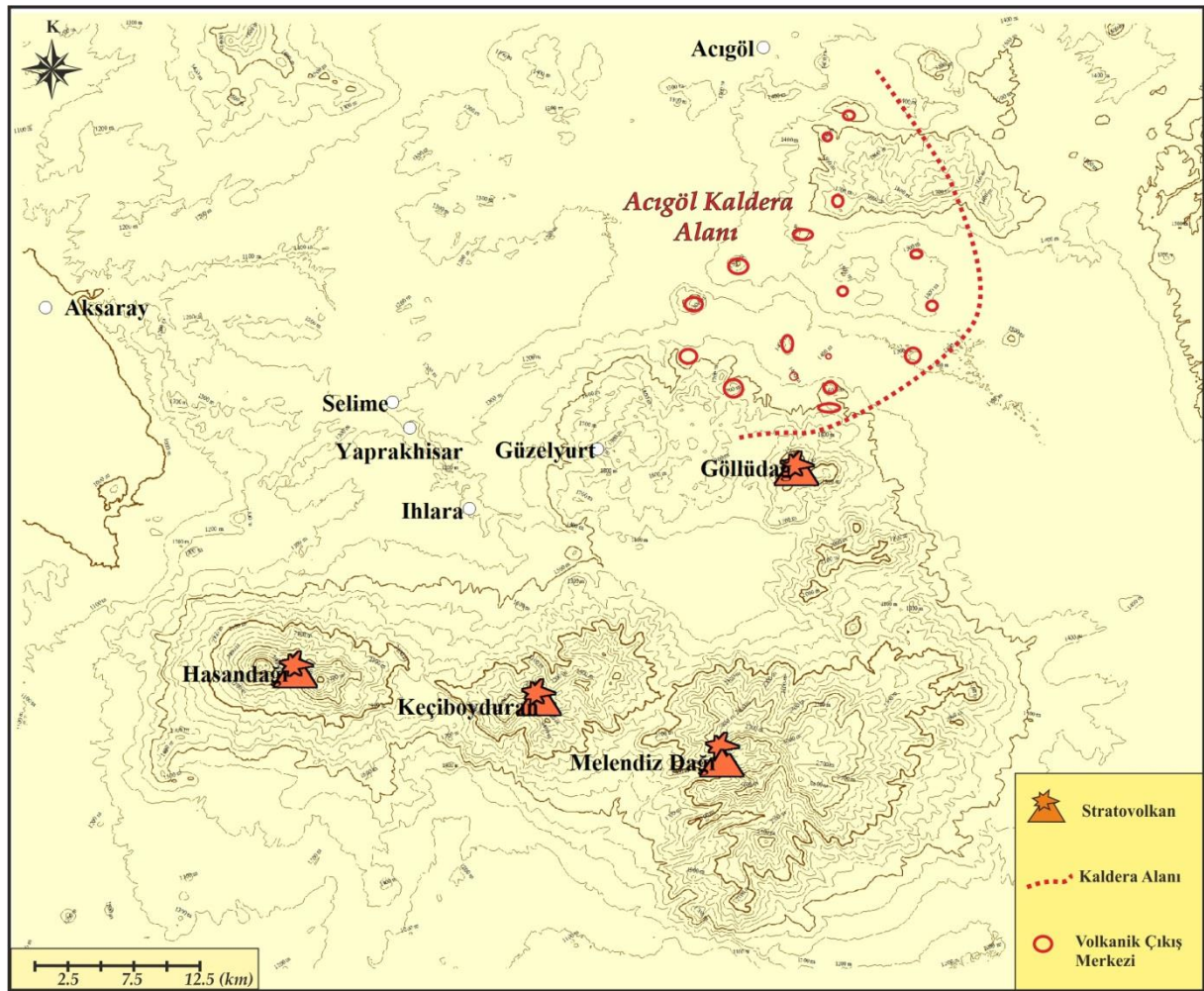
Melendiz çayının taşıyıp, biriktirdiği çökellerden oluşan, kil, kum, çakıl boyutundaki tanelerden oluşur. Düşük dayanımlı ve kötü boylanmışır (Şekil 4.17).



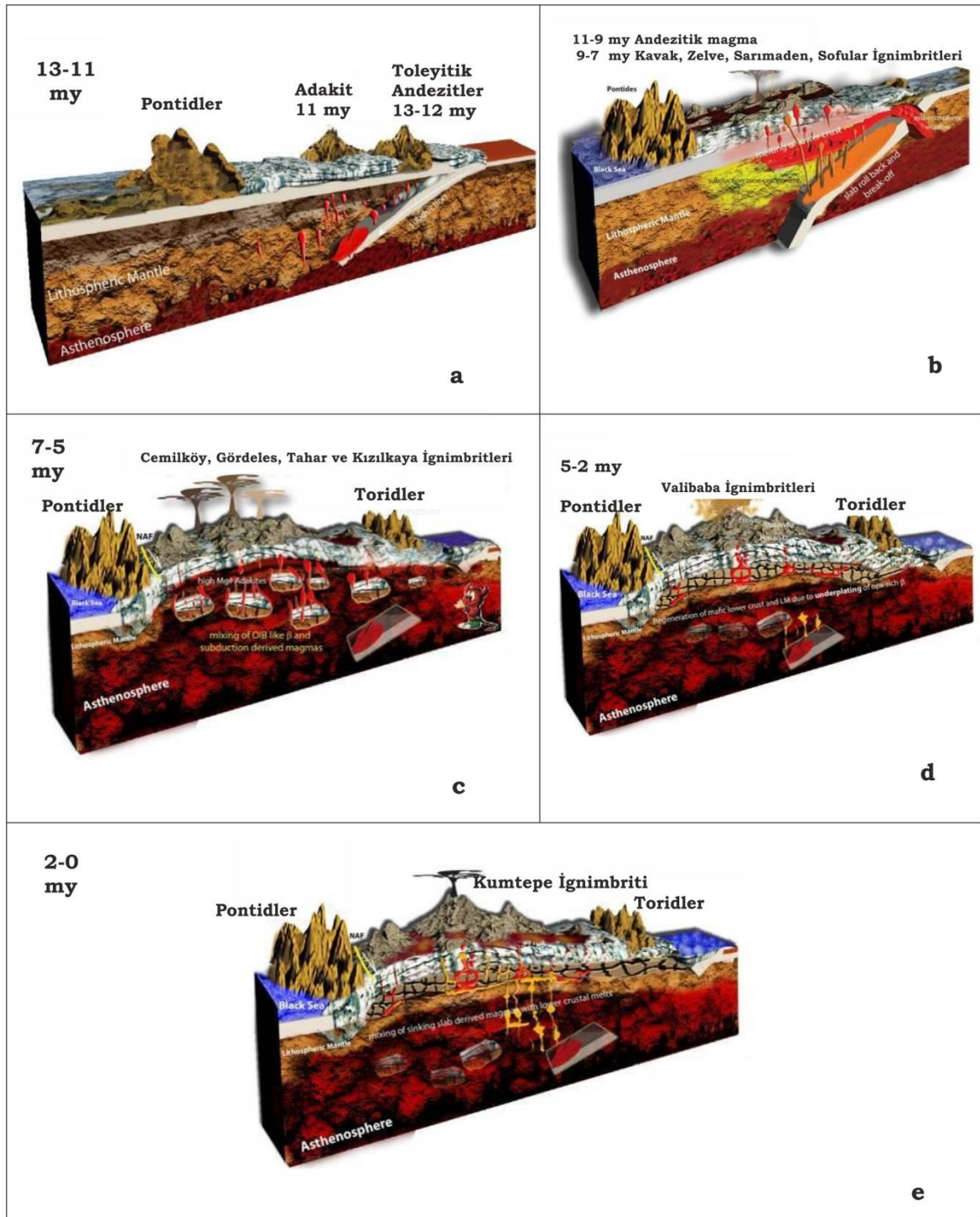
Şekil 4.17. Ihlara Vadisi içerisinde alüvyon.

5. VOLKANİZMA

Hasandağ, Melendiz, Keçiboyduran, Göllüdağ ve Acıgöl (Şekil 5.1) volkanizmaları OAVB' nin GB kesimini şekillendiren başlıca etkenlerdir. Bu bölgede volkanizma 13 my önce Afrika plakasının Anadolu plakasının altına dalmasıyla başlar. Orta Anadolu' nun bu süreçten günümüze kadar geçirdiği jeodinamik evrimin modeli Şekil 5.2' de sunulmuştur (Aydar vd., 2013).



Şekil 5.1. Çalışma alanı volkanlarını ve volkanik çıkış merkezlerini gösteren topoğrafya haritası (Eş yükselti eğrileri 100 m' de bir çizdirilmiştir).

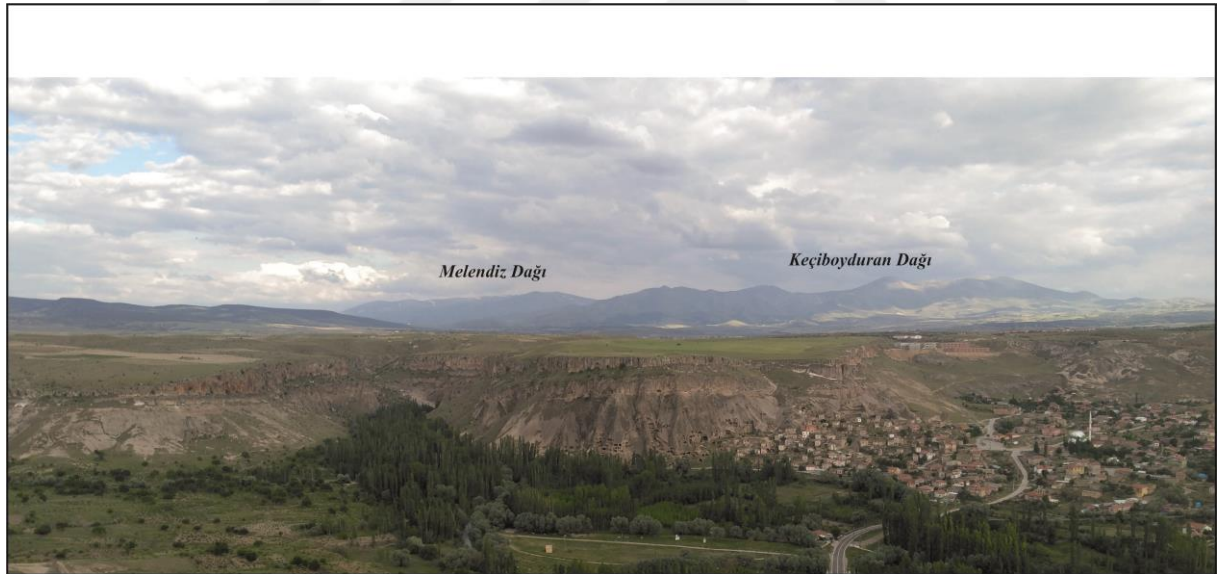


Şekil 5.2. Orta Anadolu' nun 13 my öncesinden günümüze kadar geçirdiği jeodinamik evrim (Aydar vd., 2013) (a. 13-11 my, b. 11-7 my, c. 7-5 my, d. 5-2 my, e. 2-0 my zaman aralığı).

Orta Anadolu' da Aksaray ve Niğde arasında bulunan Hasandağı-Melendiz dağı yöresi, içinde çok sayıda volkan konilerinin, kraterlerin, tuf örtülerinin ve lav akıntılarının yer aldığı 50 km uzunlukta ve ortalama 20 km genişlikte bir volkan alanı olup (Ketin, 1983), volkanizma bu bölgede Orta Miyosen' de başlamış ve çeşitli evrelerle Kuvaterner sonuna değin etkin olmuştur. Büyük ve Küçük Hasan dağları (Şekil 5.3), Melendiz dağı ve aralarında yer alan Keçiboyduran (Şekil 5.4) dağı, 3300 metreye erişen yükseklikleri ve düzgün koni şekilleriyle görkemli yapılara sahiptirler. Ülkemizin en genç volkanlarından biri olan Hasandağ' da volkanik etkinlik tarihsel zamanlara değin erişmiştir. Konya' nın yaklaşık 60 km güneyinde yer alan Çatalhöyük' te yapılan kazılarda kuruluşu olasılıkla Taş devri sonlarına değin uzanan eski bir kent ortaya çıkarılmış; arkeolojik olarak M.Ö. 6200 yılında kurulduğu belirlenen bu kentte Hasandağ volkanını aktif olarak gösteren bir de resim bulunmuştur (Göncüoğlu, 1981b). Büyük Hasandağ' ın tepesinde belirgin bir krater yer almakta olup, dağın yamaçlarından ovaya kadar bazaltik lav akıntıları inmekte, etrafını çok sayıda parazit koniler kuşatmaktadır. Kraterdeki püskürmeler olasılıkla 4 evrede oluşmuştur (Sür, 1972). Küçük Hasandağ, Keçiboyduran dağı ve Melendiz dağı ise daha eski ve aşınmaya uğramış daha büyük kraterlerin kalıntısı durumundadırlar. Bazaltik lavlar, ojit-hipersten bazaltlar, hornblend-hipersten bazaltlar ve olivin bazaltlar şeklindedir (Beekman, 1966). Olivin bazaltlar en son volkanik ürünlerdir. Bazaltik andezitler, andezitlerle bazaltlar arasında geçiş teşkil ederler, andezitler ise çoğunlukla hipersten-ojit andezit ve ojit-andezit türdedirler. Özellikle, Hasandağ' dan şiddetli patlamalarla çıkan piroklastikler, çok geniş alanlara, Ürgüp'e kadar havadan yayılmışlardır (Ercan, 1986).



Şekil 5.3. Selime-Yaprakhisar dolaylarında Hasandağları' nın görünümü (Bakış yönü: G).



Şekil 5.4. Selime-Yaprakhisar dolaylarında Melendiz, Keçiboyduran Dağları' nın görünümü (Bakış yönü: GD).

Hasandağ ve Melendiz dağlarının daha kuzeyinde Acıgöl – Göllüdağ volkanizması Miyosen' de başlayıp Kuvaterner ve tarihsel zaman süresince etkin olmuştur. Bu alanda düzgün koni şekilli volkanik çıkış merkezlerini gözlemek mümkündür (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6).



Şekil 5.5. Acıgöl ve çevresinde yer alan volkanik çıkış merkezi (Bakış yönü: GD).



Şekil 5.6. Acıgöl ve çevresinde yer alan volkanik çıkış merkezi (Bakış yönü: GB).

Bölgede, farklı araştırmacılar volkanizmanın jeokronolojik hikayesini ortaya koymaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. Farklı çıkış merkezlerinden elde edilen örnekler, değişik yöntemler kullanılarak tarihlendirilmişlerdir. Bu çalışmalar özellikle Acıgöl kaldera alanı ve Hasandağ çıkış merkezi üzerine yoğunlaşmıştır. Çizelge 5.1 bu çalışmaların bir özetini sunmaktadır.

Çizelge 5.1. Çalışma Alanı Volkanizması Yaş Analizleri

Püskürme tarihi (GÖ)	Çıkış merkezi		Yaş analizi	Kaynak
	adı	tipi		
4385 ± 200	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Geç Pleyistosen Eski Acıgöl maarında sedimanter karot analizi, tefra katmanı T17 (radyokarbon)	Kuzucuoglu vd., 1998
5515	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Geç Pleyistosen Eski Acıgöl maarında sedimanter karot analizi, tefra katmanı T15 (radyokarbon)	Kuzucuoglu vd., 1998
8245	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Geç Pleyistosen Eski Acıgöl maarında sedimanter karot analizi, tefra katmanı T13 (radyokarbon)	Kuzucuoglu vd., 1998
8765 ± 50	Hasandağ (Aksaray)	Stratovolkan		Mellaart, 1993
8970 ± 640	Hasandağ (Aksaray)	Stratovolkan	Büyük Hasandağ zirvesinden toplanmış pomza türü malzeme (zircon kristallerinde U-Th/He ölçümü)	Schmitt vd., 2014
9565 ± 50	Hasandağ (Aksaray)	Stratovolkan		Mellaart, 1993
9825	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Geç Pleyistosen Eski Acıgöl maarında sedimanter karot analizi, tefra katmanı T10 (radyokarbon)	Kuzucuoglu vd., 1998
14000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Geç Pleyistosen Eski Acıgöl maarında sedimanter karot analizi,	Kuzucuoglu vd., 1998

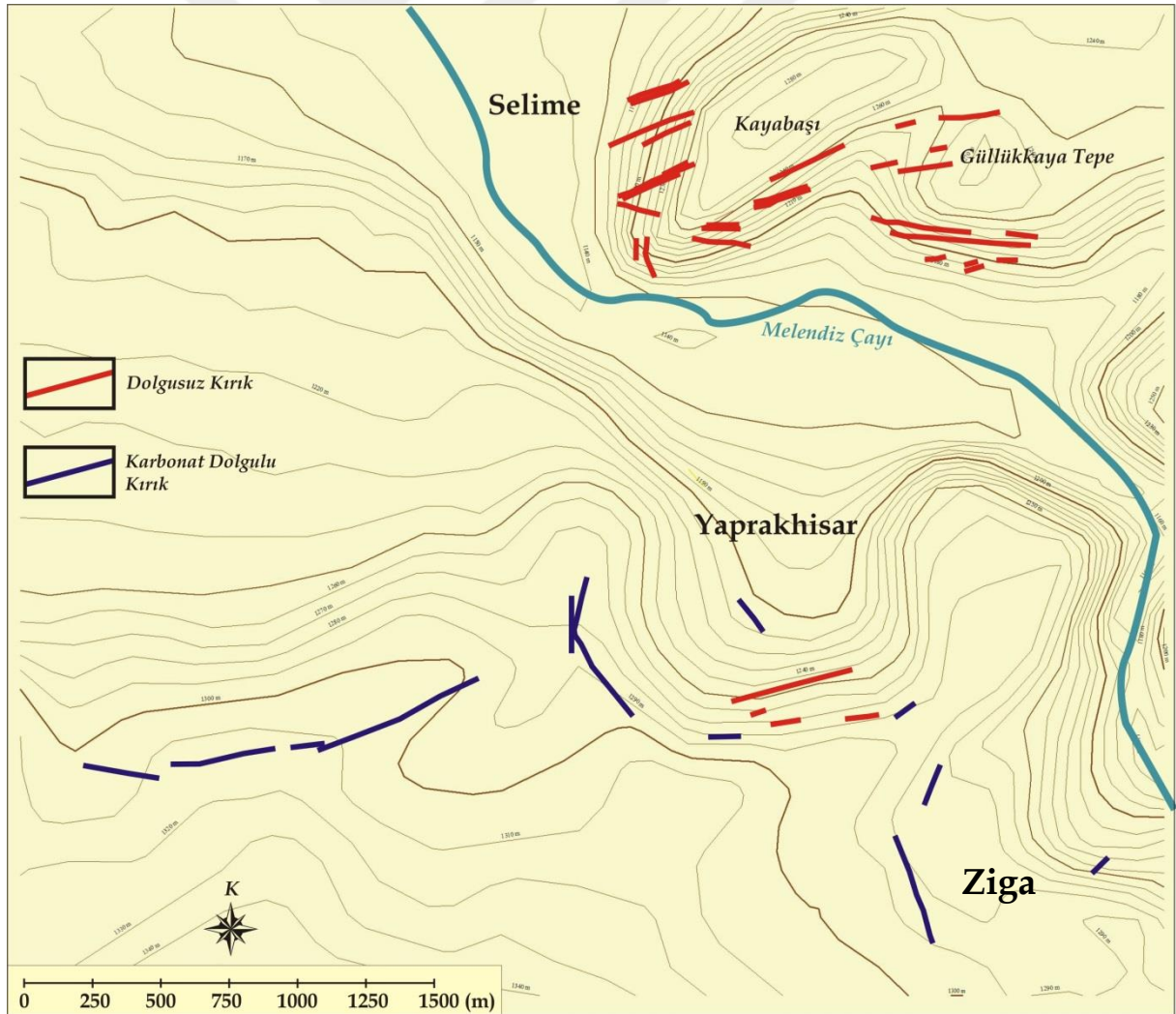
			tefra katmanı (radyokarbon)	
16000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Acıgöl maarı (U-Th)	Roberts vd., 2001
19000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	sphene ve zirconlu asidik tefra katmanı (radyokarbon)	Kuzucuoglu vd., 1998
20000 ± 6000	Acıgöl (Nevşehir)	Dom	Güneydağ domu (fission track)	Bigazzi vd., 1993
20300±600	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Acıgöl maarı obsidyen (U- Th/He)	Schmitt vd., 2011
22300±1100	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Kar Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
23200±3000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Kaleci Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
23800±900	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Güneydağ Tüfleri (U- Th/He)	Schmitt vd., 2011
24900±900	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Korudağ Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
25900±600	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Tepeköy Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
26000±1500	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Kuzey Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
28300 ± 1100	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	obsidyen camı	Kuzucuoglu vd., 1998
28900 ± 1500	Hasandağ (Aksaray)	Stratovulkan	Büyük Hasandağ zirvesinden toplanmış pomza türü malzeme (zircon kristallerinde U- Th/He ölçümü)	Schmitt vd., 2014
29000 ± 1000	Hasandağ (Aksaray)	Stratovulkan	Hasandağ zirvesinden (K- Ar)	Kuzucuoglu vd., 1998
32000 ± 3000	Acıgöl	Koni	Kocadağ güneyi (K-Ar)	Türkecan

	(Nevşehir)			vd., 2004
33000 ± 2000	Hasandağ (Aksaray)	Stratovulkan	Hasandağı zirvesinden (K-Ar)	Kuzucuoglu vd., 1998
75000	Acıgöl (Nevşehir)	Dom	Taşkesik Tepe lav domu	Bigazzi vd., 1993
93000±2000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Boğazköy (obsidyen)	Türkecan vd., 2004
110000±40000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	üst Acıgöl Tüfleri (ITPFT izotermal plato fission track)	Druitt vd., 1995
117000±4000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Ala Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
147000±8000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Taşkesik Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
163000±7000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	üst Acıgöl Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
180000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	alt Acıgöl Tüfleri (ITPFT izotermal plato fission track)	Druitt vd., 1995
190000±9000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Boğazköy Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
190000±11000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	Kocadağ Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011
206000±17000	Acıgöl (Nevşehir)	Kaldera	alt Acıgöl Tüfleri (U-Th/He)	Schmitt vd., 2011

6. KIRILGAN DEFORMASYONA İLİŞKİN VERİLER

Birbirinden ayırık platolardan oluşan çalışma alanı, kırık-çatlak ölçümleri için her açıdan gözlem şansı tanımaktadır. Haritalanabilir ölçekteki kırıkların yoğunlaştığı iki alandan biri Selime yakınlarında Kayabaşı mevki, bir diğeri ise Yaprakhisar güneyidir. Kayabaşı mevkiindeki kırıklar KD-GB doğrultusunda yoğunluk kazanırken genellikle dolgu içermezler. Yaprakhisar güneyinde yer alan kırıklar yoğunlukla KD-GB ve yaklaşık K-G doğrultularında olup genellikle bantlı traverten dolgusu içerirler (Şekil 6.1).

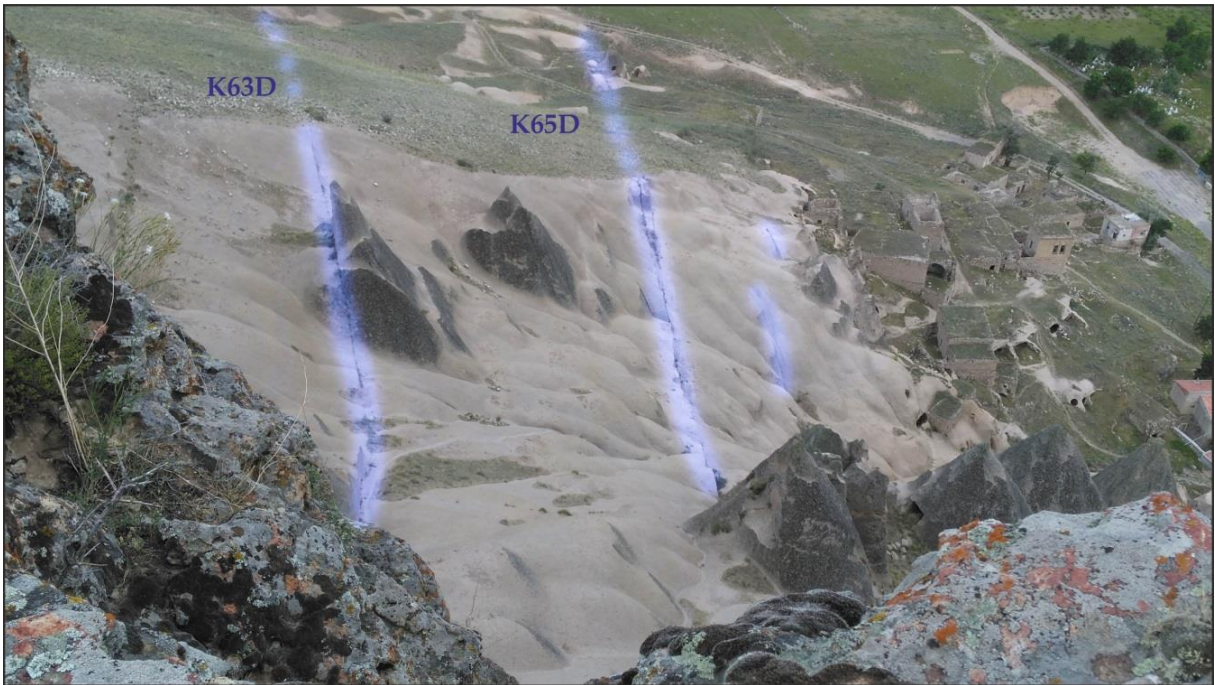
Yaprakhisar güneydoğusunda kalan Ziga bölgesinde, Tüf ve Alüvyon birimlerini kesen sağ yanal doğrultu atımlı bir makaslama zonu gözlene de bu zon yaklaşık 60 m² bir alan kapsar ve haritalanabilir ölçekte değildir.



Şekil 6.1. Karbonat dolgulu ve dolgunsuz kırıkların topoğrafik harita üzerindeki konumları.

6.1. Çatlak Sistemleri

Çalışma alanında farklı jeolojik birimlerde gelişmiş çatlak sistemleri dikkat çekmektedir. Bu kırıklar arazi özellikleri bakımından incelendiğinde oldukça belirgin izler sunmaktadır. Örneğin Selime dolaylarında tuf birimlerinde gözlenen kırıklar yaklaşık 1 km uzunluğa ulaşmaktadır (Şekil 6.2). Bu kırıklardan en belirgin olarak gözlenen Selime Katedrali olarak adlandırılan bölgeden başlayıp yaklaşık 1,5 km K65D doğrultusunda uzanır İhlara Vadisi' nin Selime girişi yakınlarında bu doğrultu oblik bir şekilde K42D' ya değişir ve bu doğrultuda yaklaşık 700 m uzanım sunar (Şekil 6.3).



Şekil 6.2. Selime dolaylarında tuf ve ignimbritleri kesen kırıklar.

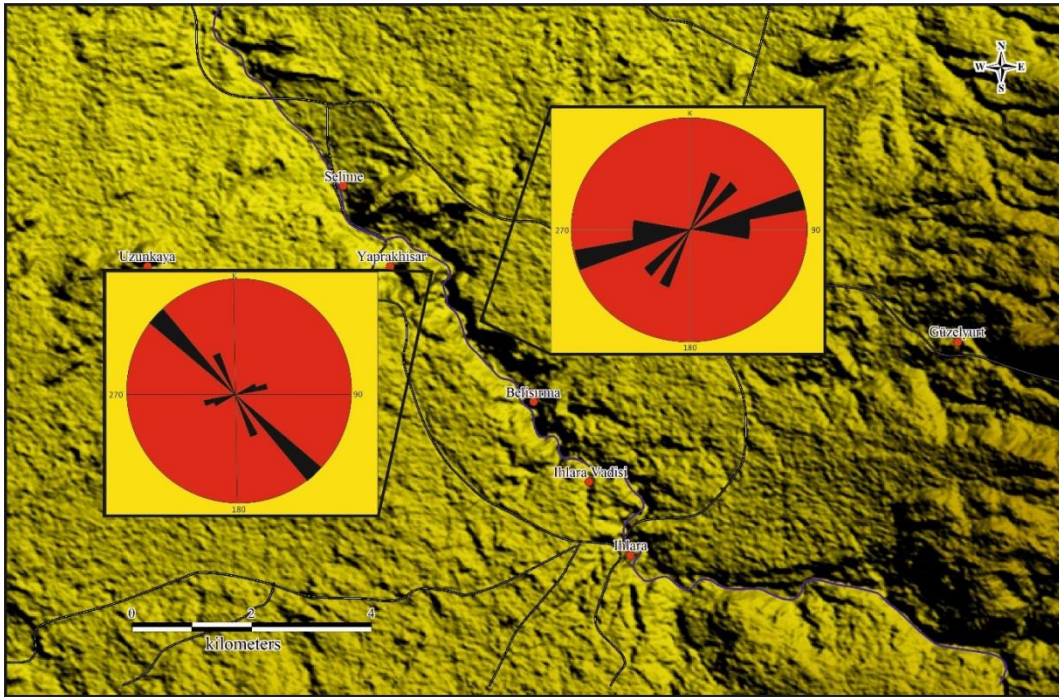


Şekil 6.3. Selime Katedrali dolaylarındaki oblik uzanımlı kırık.

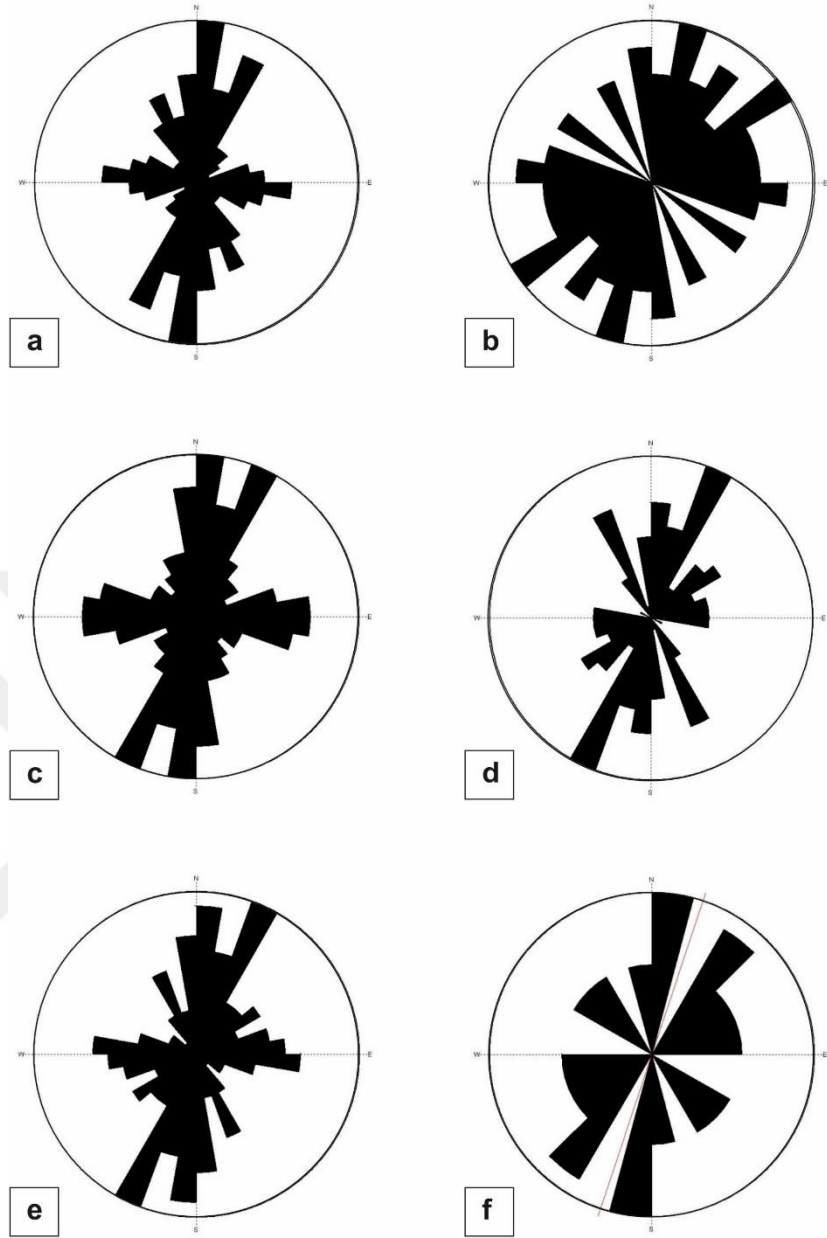
Selime Tüfleri ve Kızılkaya İğnimbritleri yüzlek verdikleri Selime, Yaprakhisar ve Ziga dolaylarında oldukça yoğun kırıklı yapılar sunmaktadır (Şekil 6.4). Tüf ve İğnimbritleri kesen kırıklar ilk bakışta sistematik kırık izlenimi sunmasa da oluşturulan gül diyagramları kırık sistematığına işaret etmektedir (Şekil 6.5). Çalışma alanında daha önceleri yapılan kırık analizleri de (Karabacak vd., 2016) farklı birimlerde karbonat dolgulu ve dolgusuz kırık gelişimlerinin sistematığını ortaya koymaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.4. Selime-Yaprakhisar arasındaki tüflerdeki kırıklı yapılar.



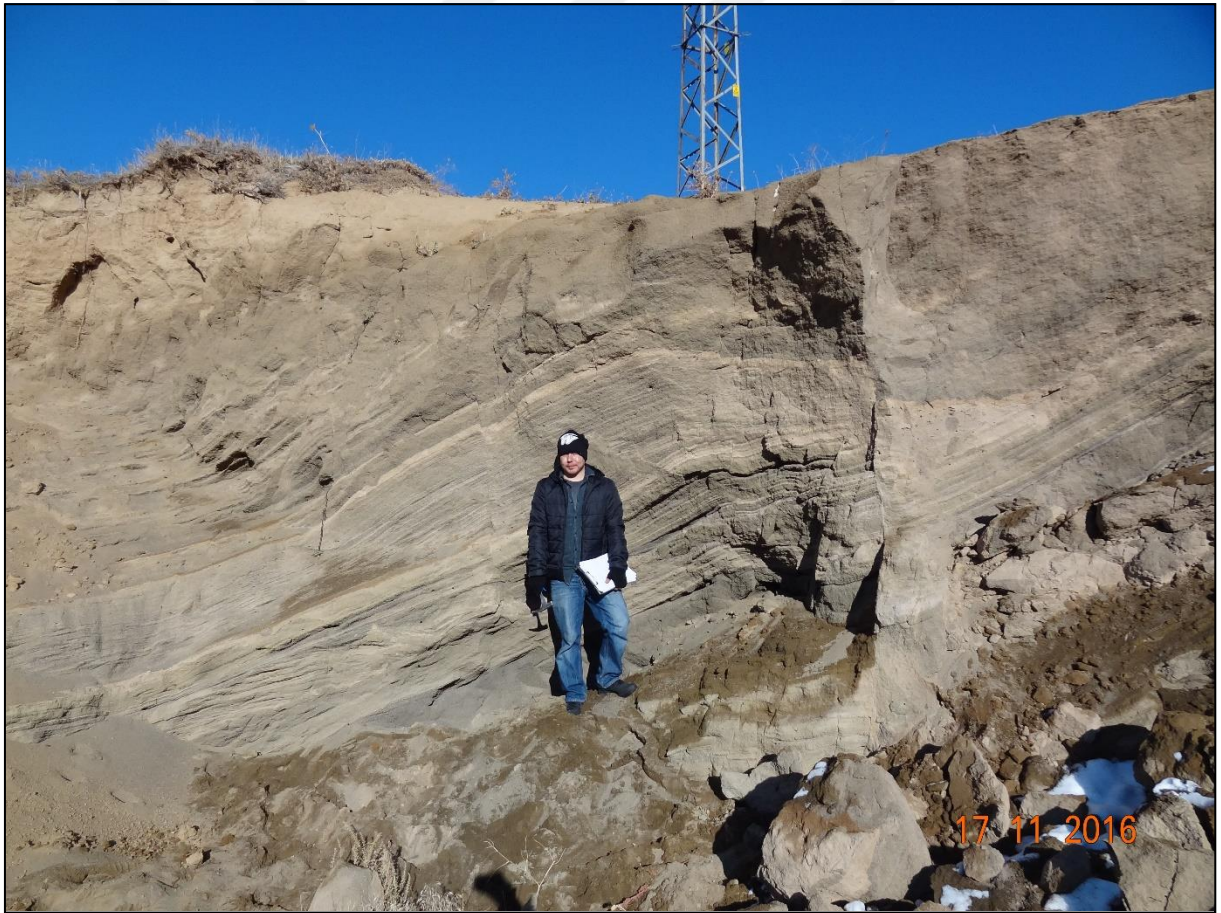
Şekil 6.5. Tüf ve İğnimbritlerden alınan ölçümlerden oluşturulmuş gül diyagramları.



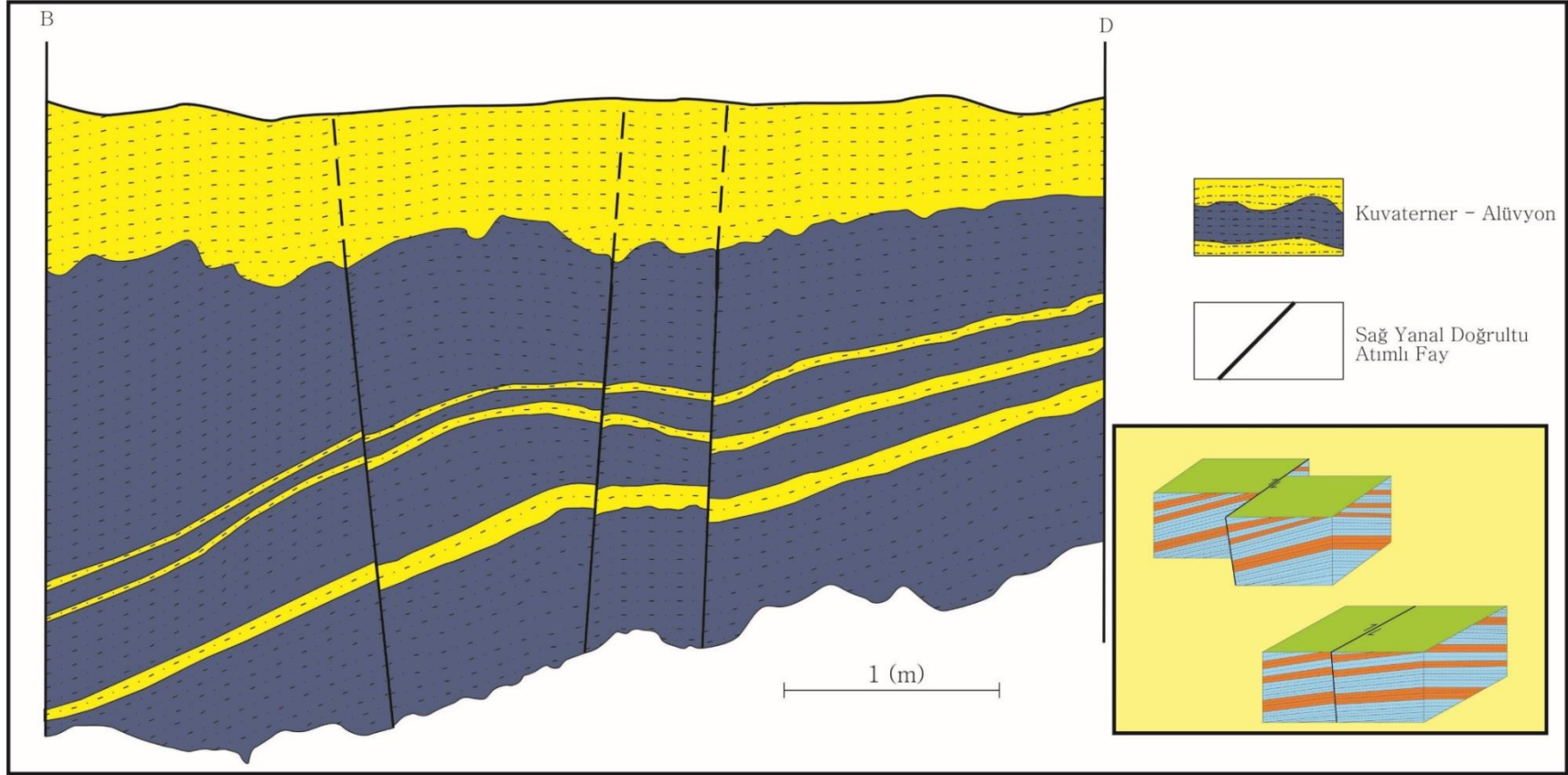
Şekil 6.6. a. Selime Tüflerinde gözlenen çatlaklara ait (N: 449), b. Kızılkaya İgnimbiritlerinde gözlenen çatlaklara ait (N: 221), c. Dolgusuz çatlaklara ait (N: 420), d. Bantlı traverten dolgulu çatlaklara ait (N: 250), e. İnceleme alanındaki tüm çatlak ölçümlerine ait (N: 670) gül diyagramları. f. Yaprakhisar Köyü civarındaki aşınmış traverten tabakalarında gözlenen çatlaklara ait gül diyagramı (N: 22) (Karabacak, 2007).

6.2. Faylar

Çalışma alanı içerisinde sadece Ziga civarında yaklaşık 60 m²’ lik bir alan içerisinde gözlenmiştir (Şekil 6.7). Bu alandaki faylar Alüvyon örtü tabakasını sağ yanal doğrultu atımlı küçük bir fay zonu sistemiyle kesmişlerdir. Fayların doğrultusu K45D/70 GD, tabaka doğrultusu ise D-B / 40 K olarak ölçülmüştür. Bu bölgedeki faylanmada gerçekleşen atım türü düşey olarak gözlenir ancak bu düşey atımın, bölgenin bazı yerlerinde yaklaşık 80⁰ lik eğimin tersine doğru gerçekleşmesi ve topoğrafyada herhangi bir düşme ya da aşınma verisine rastlanılmamasından dolayı bu zonda etkili olan kinematik model sağ yanal doğrultu atımlı olarak etkin olmuş ardından aşınma gerçekleşmiştir (Şekil 6.8).



Şekil 6.7. Ziga dolaylarında küçük ölçekli sağ yanal doğrultu atımlı fay zonu.



Şekil 6.8. Ziga dolaylarındaki fay zonunun enine kesiti ve kinematik modeli.

6.3. Kırık Dolguları ve Traverten Morfolojileri

Bölgedeki dolgulu kırıklarda, dolgu malzemesi olarak alüvyon türü malzeme ve bantlı travertenler bulunur. Bunların arasında en yaygın dolgu maddesi bantlı traverten yapılarıdır. Travertenler güncel oluşuklardır ve bölgenin tektonik rejimi üzerinde önemli izler taşırlar. Çalışma alanında travertenler; aşınmış örtü, teras ve çatlak sırtı tipi morfolojilerine sahiptirler.

6.3.1. Aşınmış Örtü Tipi Travertenler

Bu tip travertenler, kenarları büyük ölçüde aşınmış ve diğer traverten çeşitleri ile yüzey bağlantıları olmayan tüm tabakalı travertenleri içerir (Altunel, 1996). Çalışma alanında en çok alanı bu tip travertenler kaplar (Şekil 6.9). Yaprakhisar Köyü' nün batısında ve güneybatısında yaklaşık 2 km² alana yayılmışlardır.



Şekil 6.9. Çalışma alanında aşınmış örtü tipi travertenlerden bir görünüm.

Arazi içerisinde kahverengi, düşük dayanımlı ince tabakalı ve gözenekli kütleler olarak geniş yüzlekler verirler (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Aşınmış örtü tipi travertenlerdeki tabakalanma ve gözeneklilik.

6.3.2. Teras Tipi Travertenler

Yamaç aşağı akan suyun biriktirdiği traverten morfolojisidir. Çalışma alanında en az alanı bu tip travertenler kaplar (Şekil 6.11).



Şekil 6.11. Yaprakhisar dolaylarında teras tipi travertenler.

6.3.3. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler

Çalışma alanındaki en yaygın dolgu maddesi olan bantlı travertenleri içerirler. Bu tip travertenler sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan kırıklar boyunca yüzeyde oluşurlar. Tipik görünüşleri, merkezlerinde kırıklara bağlı açıklık veya dolgu ve bantlı, sert, kompakt kireçtaşları bulunur. Merkezin her iki yanında eğim doğrultusunda çökelmiş tabakalar şeklindedir (Şekil 6.12). Çalışma alanında özellikle Yaprakhisar ve Ziga dolaylarında yüzlek veren bu tip travertenlerin karakteristik özelliği; merkez açıklıklarının sert, kompakt bantlı traverten dolgularından oluşmasıdır. (Şekil 6.13). Bu dolgular, merkez açıklığının her iki yanına simetrik yerleşmişlerdir.



Şekil 6.12. Çatlak sırtı tipi travertenlerin oluşumunu gösteren model (Mesci, 2013).

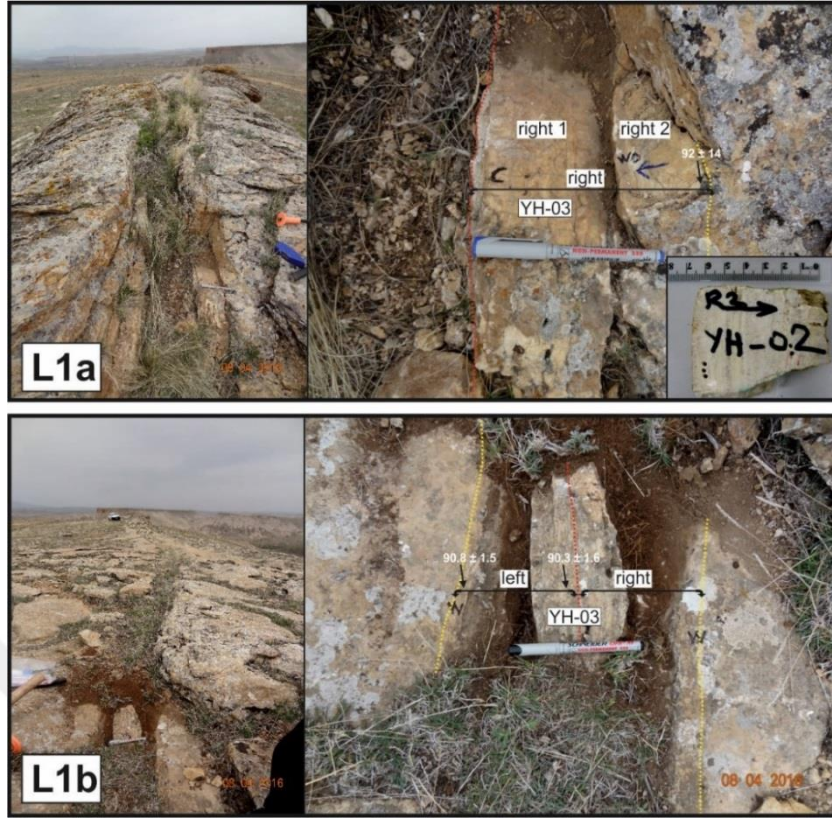


Şekil 6.13. Sırt tipi travertende merkez dolgusu.

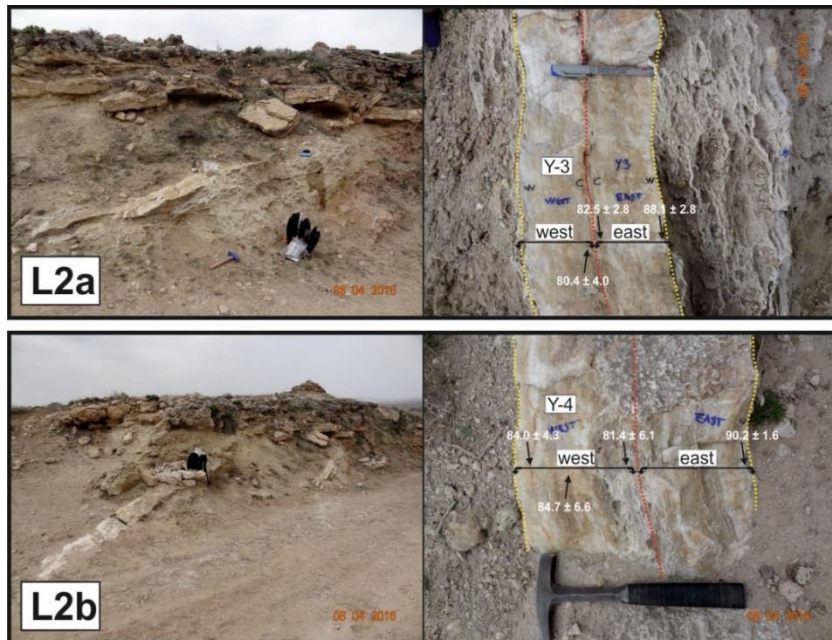
7. RADYOMETRİK VE İZOTOPIK ANALİZ

Kabuksal deformasyon – volkanizma ilişkisini ortaya çıkarmak amacıyla çatlak sırtı tipi travertenlerin bantlı kısımlarından örnekler alınmıştır. Traverten kütleleri oluşma aşamasındayken yer altından gelen sıcak sular, kırıkları kullanarak çatlak duvarlarına paralel olarak çökelirler. Bu traverten bantlarının arasındaki bağıl kalınlık kabuksal deformasyonun ve bölgesel genişlemenin süresiyle doğru orantılıdır (kabuksal deformasyonun etkin olduğu süre arttıkça bantlı traverten kalınlığı da artar).

Örnekleme amacıyla çalışma alanında 8 farklı nokta belirlenmiştir. Bu noktalar seçilirken verimin en yüksek seviyede olması amaçlanmıştır. Kalınlığı birkaç 10 cm ve daha kalın bantlı travertenlerden merkezi çatlak dış duvarı ve merkezi arasında kalan, tamamını temsil eden noktalardan örnekler alınmıştır. Uygun olan kısımlarda bantlı travertenlerin merkezinden merkezi çatlağın her iki tarafına doğru simetrik olarak alınıp, alınan örneklerin konumları kayıt altına alınmıştır (Şekil 7.1., 7.2., 7.3., 7.4., 7.5., 7.6., 7.7. ve 7.8.) (Karabacak vd., 2016). Uzun kenarları örneğin tamamını sergileyecek biçimde, 2-3 cm kenar uzunluklarına sahip dikdörtgen prizma şeklinde hazırlanan örnekler yurt dışı laboratuvarlara gönderilmiştir.



Şekil 7.1. L1 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



Şekil 7.2. L2 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



Şekil 7.3. L3 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



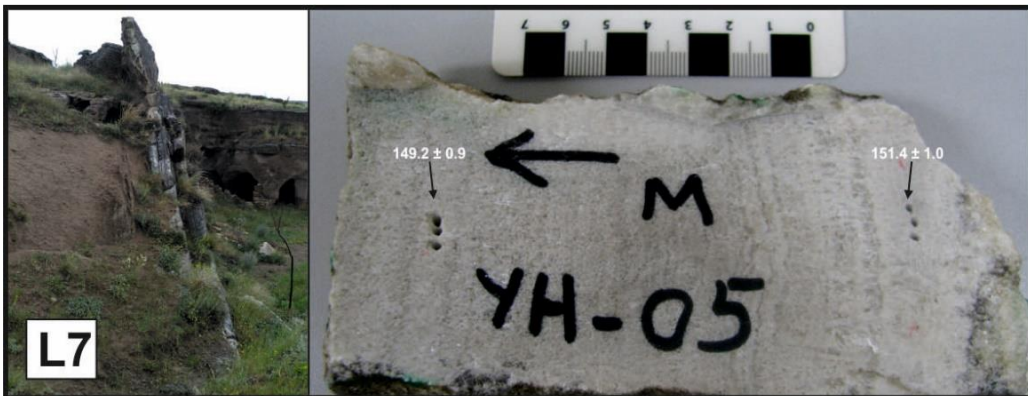
Şekil 7.4. L4 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



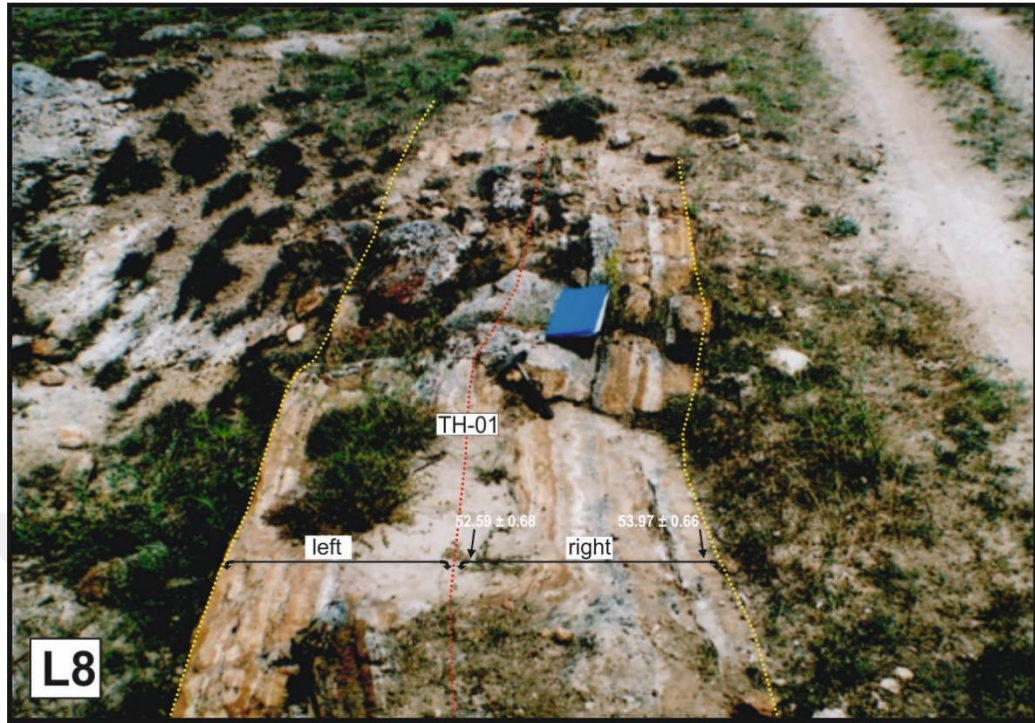
Şekil 7.5. L5 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



Şekil 7.6. L6 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



Şekil 7.7. L7 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.



Şekil 7.8. L8 numaralı lokasyonda yapılan örneklemelere ait arazi fotoğrafı.

Çizelge 7.1. Örneklemelere Ait Arazi Notları

Lokasyon	Örnek adı	Örnek analiz kodu	Örneklem tarihi	Örnek tipi	Bantlı traverten konumu	Koordinat	Açıklama
L1	Y1	Y1, w0	8.4.2016	bantlı traverten	K-G / 90	4238827 609863	Damarın doğu yarısı merkezden duvara alındı
	Y2	Y2, w	8.4.2016	bantlı traverten	K-G / 90	4238766 609846	Damarın tamamı alındı
	YH-02	YH-02-R2-T, YH-02-R2-B	3.10.2014	bantlı traverten	K-G / 90		
	YH-03	YH-03-L-T, YH-03-L-B	3.10.2014	bantlı traverten	K-G / 90		
	YH-04		3.10.2014	bantlı traverten	K-G / 90		
L2	Y3	Y3 east, Y3 west, Y3	8.4.2016	bantlı traverten	K-G / 62B	4238488 609919	Damarın tamamı alındı
	Y3	2 örnek	8.4.2016	kalsit dolgusu	K-G	4238488 609919	Kılcal damarın tamamı alındı
	Y4	west, east center, east 2, east1	8.4.2016	bantlı traverten	K15B / 60GB	4238488 609919	Damarın tamamı alındı
	Y3-Y4		8.4.2016	ana kaya (tuf)		4238488 609919	Stronsiyum için tuf ana kayadan örnek alındı
L3	Y5 North	Y5c, Y5, Y5w	8.4.2016	bantlı traverten	K50D / 90	4238443 610784	Damarın kuzey yarısı merkezden duvara alındı
	Y6 South	Y6w, Y6, Y6c	8.4.2016	bantlı traverten	K50D / 90	4238443 610784	Damarın güney yarısı merkezden duvara alındı
	Y7a	east	8.4.2016	bantlı traverten	K55B / 90	4238443 610784	Parazitik çatlak. Kılcal damarın doğu yarısı alındı
	Y7b	w	8.4.2016	bantlı traverten		4238443 610784	Parazitik çatlak. Kılcal damarın doğu yarısı alındı
L4	Y8		9.4.2016	ana kaya (mermer)		4238159 608903	Bozğaldağ formasyonu.
L5	Y9	east, west	9.4.2016	bantlı traverten	K-G / 90	4238217 610879	Damarın tamamı alındı
	Y10	1, 2, 3, 4	9.4.2016	bantlı traverten	K-G / 90	4238196 610874	Damarın tamamı alındı
	YH-20	YH-20-T, YH-20-B	4.10.2014	bantlı traverten	K-G / 90		
L6	Y11	1, 2, 3	9.4.2016	bantlı traverten	D-B / 90	4238343 610453	Damarın kuzey yarısı merkezden duvara alındı
L7	YH-05	YH-05-T, YH-05-B	3.10.2014	bantlı traverten	K20B		
L8	TH-01	TH-01-R1-T, TH-01-R1-B	4.10.2014	bantlı traverten	K60D		

Çalışmanın amacının tamamlanması için yaş analizlerine gerek görülmüştür. Bu analizler radyojenik izotop laboratuvarında TIMS uranyum serisi yöntemiyle yapılmıştır. Analizlerde NU-Plazma MC-ICP-MS tipi, TIMS üzerinde önemli teknolojik yenilikleri bulunan cihaz kullanılmıştır. Toplamda 37 örneğe ait sonuçlar Çizelge 7.2’ de sunulmuştur.



Çizelge 7.2. Çalışma Alanında Örneklenen Bantlı Traverten Dolgularının U-Th Labratuvar Analiz Sonuçları

Örnek Adı	Örnek Ağırlığı (g)	U (ppm)	$\pm 2s$	^{232}Th (ppb)	$\pm 2s$	$(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th})$	$\pm 2s$	$(^{232}\text{Th}/^{238}\text{U})$	$\pm 2s$	$(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$	$\pm 2s$	$(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})$	$\pm 2s$	Düzeltilmesiz yaş (by)	$\pm 2s$	Düzeltilmiş yaş (by)	$\pm 2s$	Düzeltilmiş Başlangıçtaki ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$)	$\pm 2s$
2a-1	0.15427	0.01410	0.00001	4.342	0.007	7.99	0.08	0.10	0.00	0.81115	0.00767	1.3544	0.0037	94.6	1.4	88.1	2.8	1.4961	0.0209
2a-2	0.13842	0.01217	0.00001	3.813	0.006	7.37	0.07	0.10	0.00	0.76034	0.00737	1.3220	0.0038	89.3	1.4	82.5	2.8	1.4442	0.0196
2a-3	0.15057	0.01321	0.00001	6.055	0.011	5.10	0.05	0.15	0.00	0.76998	0.00719	1.3273	0.0037	90.4	1.3	80.4	4.0	1.4690	0.0309
2b-2	0.15159	0.02678	0.00002	2.845	0.005	19.64	0.16	0.04	0.00	0.68763	0.00541	1.1784	0.0026	92.8	1.2	90.2	1.6	1.2369	0.0047
2b-5	0.15308	0.01826	0.00001	8.238	0.011	4.94	0.03	0.15	0.00	0.73466	0.00480	1.2359	0.0032	94.8	1.0	84.0	4.3	1.3408	0.0226
2b-6	0.14635	0.04004	0.00002	20.097	0.042	3.99	0.02	0.17	0.00	0.66038	0.00336	1.0960	0.0020	98.8	0.9	84.7	6.6	1.1411	0.0114
2b-7	0.14739	0.01437	0.00001	10.098	0.018	3.51	0.03	0.23	0.00	0.81295	0.00676	1.3365	0.0034	97.1	1.3	81.4	6.1	1.5235	0.0560
3a-1	0.15016	0.05540	0.00003	13.460	0.030	6.04	0.04	0.08	0.00	0.48367	0.00315	1.5808	0.0025	38.9	0.3	34.4	1.8	1.6854	0.0236
3a-2	0.15327	0.04731	0.00003	3.052	0.005	27.96	0.17	0.02	0.00	0.59452	0.00345	1.5253	0.0029	52.2	0.4	51.0	0.6	1.6175	0.0061
3a-3	0.15327	0.05772	0.00004	83.104	0.120	1.60	0.01	0.47	0.00	0.76075	0.00338	1.4999	0.0021	73.7	0.5	43	13	1.9269	0.2797
3a-4	0.14188	0.05263	0.00003	38.060	0.052	2.87	0.01	0.24	0.00	0.68290	0.00257	1.5272	0.0022	62.2	0.3	48.0	5.5	1.7514	0.0863
3a-5	0.15020	0.03698	0.00003	11.002	0.016	5.05	0.04	0.10	0.00	0.49504	0.00370	1.5856	0.0020	39.8	0.4	34.4	2.3	1.7020	0.0299
3b-1	0.14774	0.05899	0.00004	7.449	0.013	13.50	0.07	0.04	0.00	0.56190	0.00287	1.5967	0.0022	45.9	0.3	43.7	0.9	1.6990	0.0121
3b-2	0.14817	0.04422	0.00003	0.895	0.001	88.72	0.56	0.01	0.00	0.59156	0.00366	1.5226	0.0027	52.0	0.4	51.6	0.4	1.6079	0.0034
6_1	0.13365	0.14618	0.00004	36.706	0.048	5.95	0.03	0.08	0.00	0.49265	0.00238	1.1364	0.0021	61.2	0.4	54.5	3.1	1.1707	0.0068
6_2	0.15046	0.15480	0.00006	59.129	0.049	4.01	0.01	0.13	0.00	0.50494	0.00169	1.1156	0.0009	64.9	0.3	54.5	5.0	1.1504	0.0089
6_3	0.0528	0.13975	0.00008	50.307	0.045	4.36	0.02	0.12	0.00	0.51696	0.00251	1.1622	0.0020	63.1	0.4	53.8	4.4	1.2092	0.0116
6_4	0.14847	0.16944	0.00007	108.235	0.089	2.70	0.01	0.21	0.00	0.56834	0.00180	1.1491	0.0015	73.1	0.4	55.7	8.3	1.2111	0.0221
6_5	0.15004	0.15321	0.00007	69.498	0.180	3.52	0.02	0.15	0.00	0.52697	0.00192	1.1498	0.0010	65.8	0.3	53.7	5.7	1.1989	0.0140
6_6	0.14771	0.11888	0.00007	50.902	0.047	3.80	0.02	0.14	0.00	0.53648	0.00239	1.1800	0.0018	64.9	0.4	53.9	5.1	1.2371	0.0156
1a	0.09752	0.0242	0.0000	29.46	0.073	2.43	0.02	0.40	0.00	0.9748	0.0067	1.4129	0.0030	117.8	1.4	92	14	1.7996	0.1671
1b-1	0.1348	0.0095	0.0000	0.25	0.001	92.8	1.1	0.01	0.00	0.8164	0.0092	1.3967	0.0032	90.8	1.6	90.3	1.6	1.5155	0.0046
1b-2	0.12103	0.0141	0.0000	0.88	0.001	39.40	0.40	0.02	0.00	0.8170	0.0082	1.3862	0.0029	92.1	1.4	90.8	1.5	1.5077	0.0055
4_1	0.06726	0.0322	0.0000	1.88	0.004	32.53	0.26	0.02	0.00	0.6258	0.0049	1.5692	0.0042	53.63	0.56	52.59	0.68	1.6710	0.0069
4_2	0.07529	0.0342	0.0000	1.63	0.002	40.78	0.34	0.02	0.00	0.6395	0.0053	1.5757	0.0030	54.81	0.59	53.97	0.66	1.6792	0.0054
5_1	0.13491	0.0491	0.0000	0.91	0.002	12.68	0.17	0.01	0.00	0.0776	0.0010	1.7087	0.0023	5.054	0.067	4.73	0.17	1.7219	0.0030
5_2	0.15873	0.0632	0.0000	2.95	0.009	5.26	0.07	0.02	0.00	0.0811	0.0010	1.6393	0.0020	5.515	0.072	4.67	0.42	1.6561	0.0047
7_1	0.17308	0.4642	0.0002	0.78	0.002	1329	5	0.00	0.00	0.7321	0.0020	0.9848	0.0008	149.2	0.9	149.2	0.9	0.9768	0.0013
7_2	0.19476	0.4043	0.0002	0.20	0.001	4376	18	0.00	0.00	0.7243	0.0021	0.9705	0.0007	151.5	1.0	151.4	1.0	0.9548	0.0011

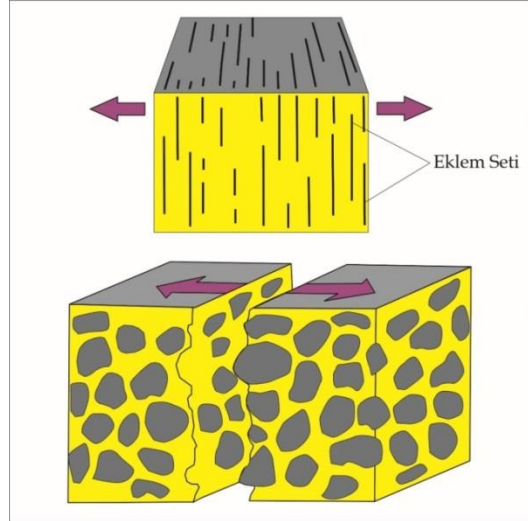
8. BULGULAR VE TARTIŞMA

Neotektonik evrimi Arap plakasının Bitlis-Zağros kenet kuşağı boyunca Anadolu plakasının altına dalmasıyla başlayan Orta Anadolu' daki tektonik rejim üzerine yapılan çalışmalarda kesin görüş birliği sağlanabilmiş değildir. Şu ana kadar üretilen teoriler; sıkışma, açılma ve sismik olarak aktif olmayan ova rejimi olarak ileri sürülmüştür. Bölge morfolojik olarak incelendiğinde sıkışma veya açılma tektoniği sonucu oluşan yapılar direkt olarak gözlenmemektedir. Bölgedeki uzun soluklu bu araştırma konusuna yeni veriler sunmak amacıyla, çalışma alanında etkin olan tektonik kuvvetler ve bu kuvvetlerin etkisinde oluşan jeolojik yapıların konumları ve özellikleri arazi verileriyle birlikte sunulmuştur.

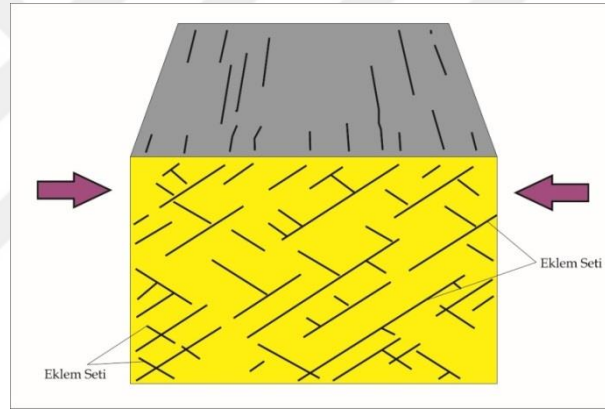
8.1. Kırık Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Çekme kuvvetlerine bağlı oluşan kırıklar (Şekil 8.1) çekme eksenine (σ_3) dik, sıkışma eksenine (σ_1) paralel gelişirler. Bu kırıkların yüzeyi pürüzlüdür ve oluşan açıklık zamanla farklı malzemelerle doldurulabilir. Basınç kuvvetleri altında kırıklar eşlenik (Şekil 8.2) yapılarda oluşabilir. Kırıklar arasındaki dar açının açığortayı sıkışma eksenini (σ_1) belirler.

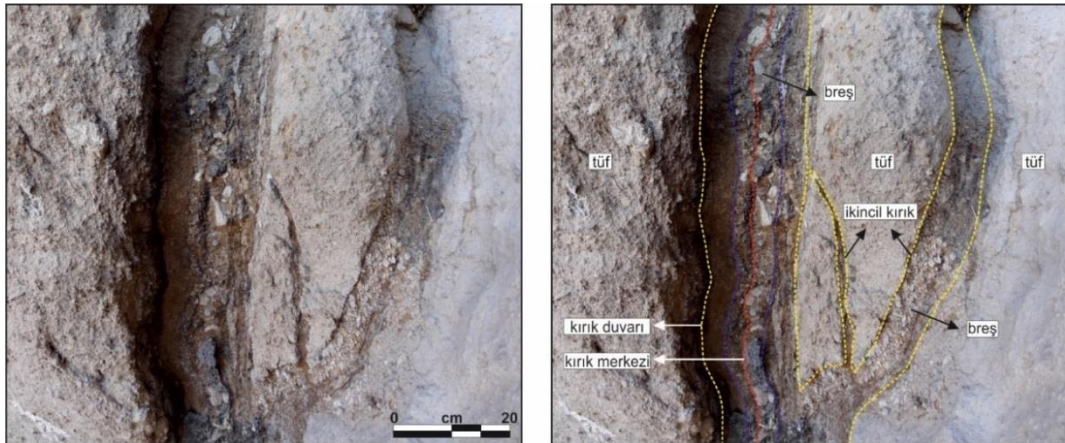
Çalışma alanında doğrudan basınç kuvvetlerinin etkisiyle oluşan eşlenik kırık sistemleri gözlenmemiştir. Yaprakhisar Köyü ile Ihlara Vadisi kesişiminde yer alan bölgede gözlenen kırıklarda çekme mekanizmasıyla ilişkili pürüzlü yüzeyler ve alüvyon dolgular yer almaktadır (Şekil 8.3).



Şekil 8.1. Çekme kuvvetlerine bağlı oluşan açılma kırıkları.



Şekil 8.2. Sıkışma kuvvetleri altında gelişen makaslama kırıkları.



Şekil 8.3. Ihlara Vadisi ile Yaprakhisar Köyü kesişiminde kalan bir bölgedeki açılma kırığı; Birincil kırık: K60D, İkincil kırık: K85B.

KKB ve K-G uzanımlı setler; çalışma alanında bu iki doğrultuda yoğunlaşan kırık uzanımları genellikle bir arada gözlenmektedir. Genellikle çalışma alanı güney kesimlerinde gözlenmektedir. Çoğunlukla bantlı traverten dolgusu içermektedirler. Genişlikleri birkaç cm ile birkaç 10 cm arasında değişmektedir.

KKD uzanımlı setler; çalışma alanında çok yaygın olmamakla birlikte, farklı alanlarda özellikle dolgu içermeyen ve devamlılığı fazla olmayan kırık setleri şeklinde gözlenmektedir.

KD uzanımlı setler; çalışma alanının özellikle Bozçaldağ formasyonuna yakın güneybatı kesimlerinde gözlenmektedir. Genellikle birkaç 10 m uzunluktadır. Bazı kesimlerde maksimum uzunluğu 1 km'nin üzerindedir. Çoğunlukla bantlı traverten dolgusu içermektedirler. Genişlikleri birkaç cm ile 6 m arasında değişmektedir.

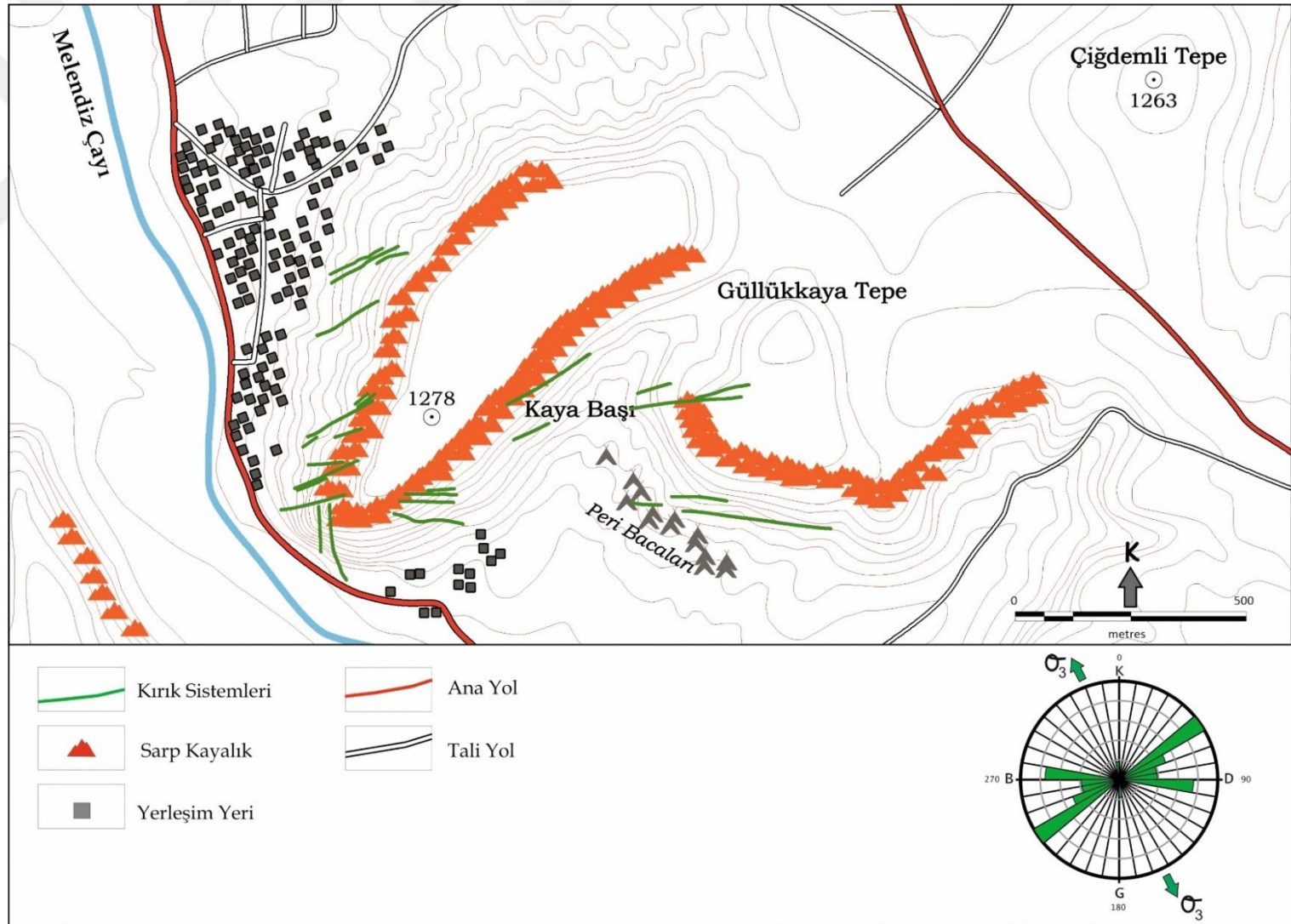
DKD ve D-B uzanımlı setler; çalışma alanında bu iki doğrultuda yoğunlaşan kırık uzanımları genellikle birarada gözlenmektedir. Nadiren BKB uzanımlı kırıklarda bunlarla birlikte gözlenebilmektedir. Çalışma alanının özellikle kuzeydoğu kesimlerinde yoğunlaşmaktadır. Genellikle birkaç 10 m uzunluktadır. Bazı kesimlerde maksimum uzunluğu yüzlerce metreye ulaşmaktadır. Çoğunlukla dolgu içermemektedirler. Genişlikleri birkaç cm ile birkaç 10 cm arasında değişmektedir.

Diğer yönelimler; çalışma alanında belli bir sistematik sunmayan kırıklardır. Genellikle Kızılkaya ignimbiritleri ve Bozçaldağ formasyonunda gözlenmektedir. Genişlikleri birkaç cm'yi geçmeyen bu kırıklar dolgu içermemektedir (Karabacak vd., 2016). Selime Kasabası' nın güneydoğusunda kalan Kaya Başı mevki ve Güllükaya Tepe dolaylarında yer alan kırık sistemleri haritalanabilir ölçektir (Şekil 8.4).

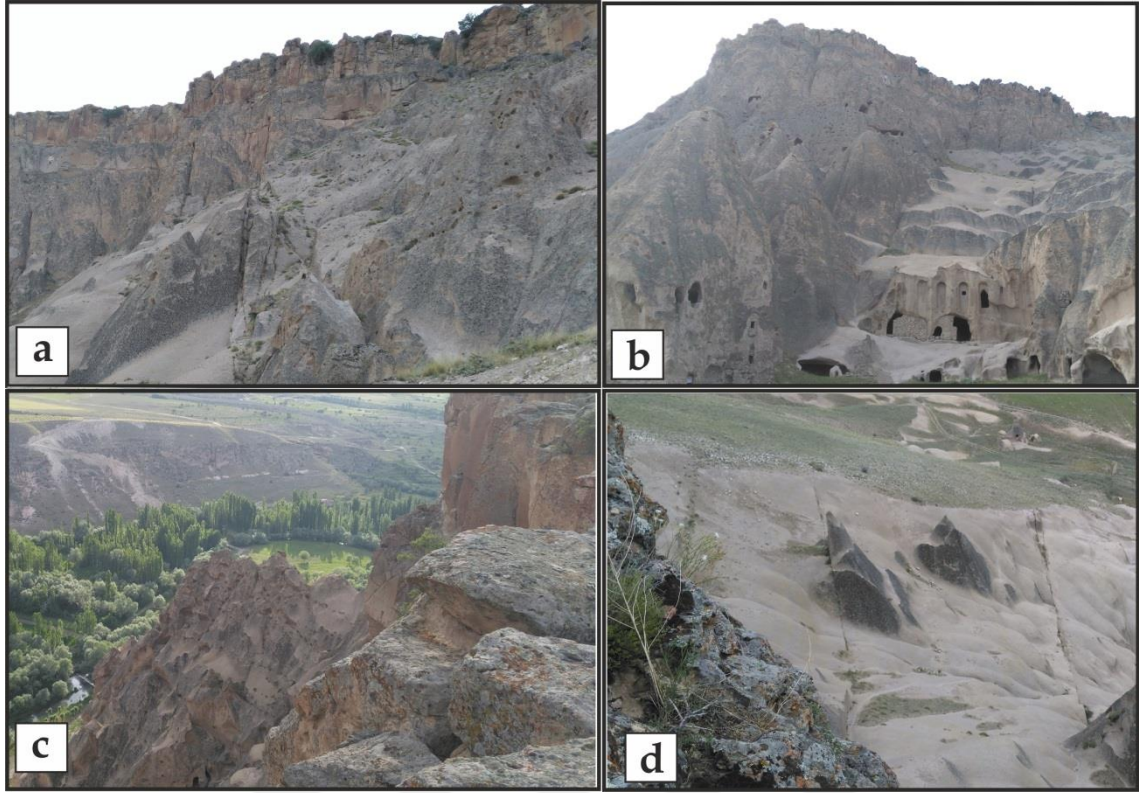


Şekil 8.4. Güllükkaya Tepe civarındaki yoğunlukla KD-GB doğrultusunda uzanım sunan kırık setleri (Bakış yönü: KD).

Kırık sistemleri haritalandığında K50-60D doğrultusunun en yoğun aralık olduğu görülmektedir (Şekil 8.5). Bu bölgenin aynı zamanda plato arazi modelinde olması kırık sistemlerin üç eksenini de arazide gözlenebilir kılmaktadır (Şekil 8.6). Bu model özellikle olası sıkışma tektoniğiyle karakterize olan kırık sistemlerinin araştırılmasında bütün doğrultulardan gözlem şansı tanıdığı için büyük bir avantajdır. Sıkışma mekanizmasının ürünü olan; makaslama kırıkları, eğimli tabakalar ve kıvrımlar bu bölgede gözlenmemiştir.



Şekil 8.5. Kayabaşı Mevkii ve Güllükkaya Tepe dolaylarındaki kırık sistemlerinin haritası.



Şekil 8.6. Kaya Başı Mevkii'nde yer alan platonun ve kırıkların farklı açılardan görünüşleri (a. Bakış yönü: KB, b. Bakış yönü: KD, c. Bakış yönü: GB, d. Bakış yönü: GD).

8.2. Karbonat Dolgularının Değerlendirilmesi

Çalışma alanında Yaprakhisar ve Ziga dolaylarında yer alan bantlı traverten dolgulu kırıklar K-G ve KKB-GGD doğrultuları yoğunlukta olmak üzere KD-GB doğrultusunda da gözlenmektedir (Bkz. Şekil 6.1). Bu travertenlerden alınan örneklerden yapılan yaş analizi sonuçları (Bkz. Çizelge 7.2) ve literatürde yer alan volkanizma yaşları (Bkz. Çizelge 5.1) karşılaştırıldığında $50^0 - 100^0$ ve $340^0 - 20^0$ doğrultulu kırıkların deformasyon tarihleriyle literatürde yer alan volkanik püskürme tarihlerinin uyumlu oldukları görülmektedir (Bkz. Çizelge 7.3).

Çizelge 7.2' de sunulan kabuk deformasyon tarihleri ve Çizelge 5.1.' de verilen literatürde geçen volkanik püskürme tarihleri karşılaştırılarak Çizelge 8.1 hazırlanmıştır. Her iki veri seti karşılaştırıldığında toplam 7 dönemde şiddetlenen kabuksal deformasyonun en az 4 ayrı döneminin literatürde tarihlendirilen volkanik püskürmelere denk geldiği gözlenmektedir.

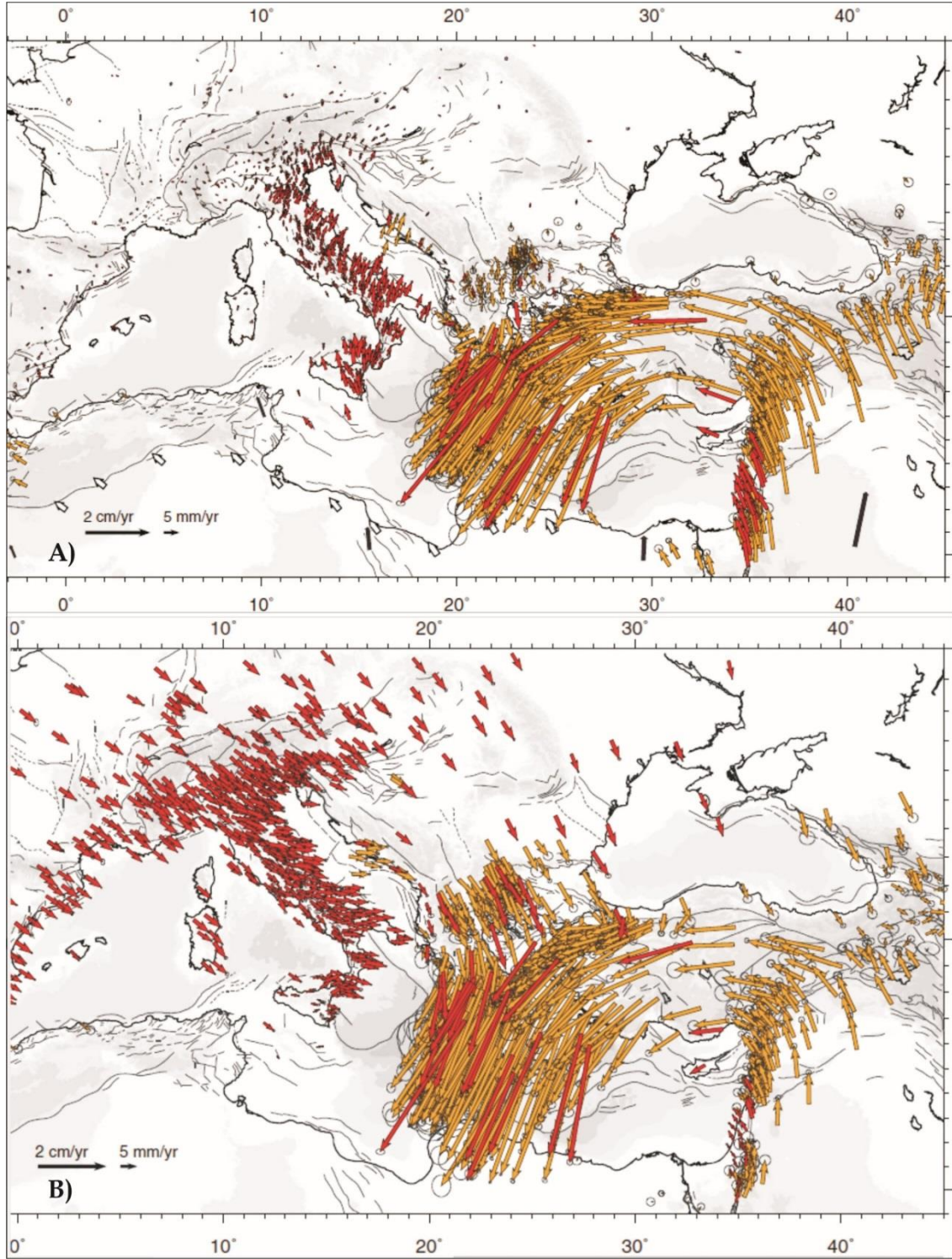
Çizelge 8.1. Literatürde Yer Alan Volkanik Püskürme ve Çalışma Alanında Belirlenen Kabuksal Deformasyon Tarihleri

Kabuk deformasyonu (binyıl)	Kırık setleri	Volkanik püskürme (yıl)		
4,56-4,90	340 ⁰ - 20 ⁰	4385 ± 200	Acıgöl	Kuzucuoglu vd., 1998
32,6-36,2	50 ⁰ - 100 ⁰	32000 ± 3000	Kocadağ (Acıgöl)	Türkecan vd., 2004
		33000 ± 2000	Hasandağ	Kuzucuoglu vd., 1998
42,8-44,6	50 ⁰ - 100 ⁰			
51,2-52,0	50 ⁰ - 100 ⁰			
79,7-85,3	340 ⁰ - 20 ⁰			
89,3-92,3	340 ⁰ - 20 ⁰	93000±2000	Boğazköy (Acıgöl)	Türkecan vd., 2004
148,3-150,1	340 ⁰ - 20 ⁰	147000±8000	Taşkesik (Acıgöl)	Schmitt vd., 2011

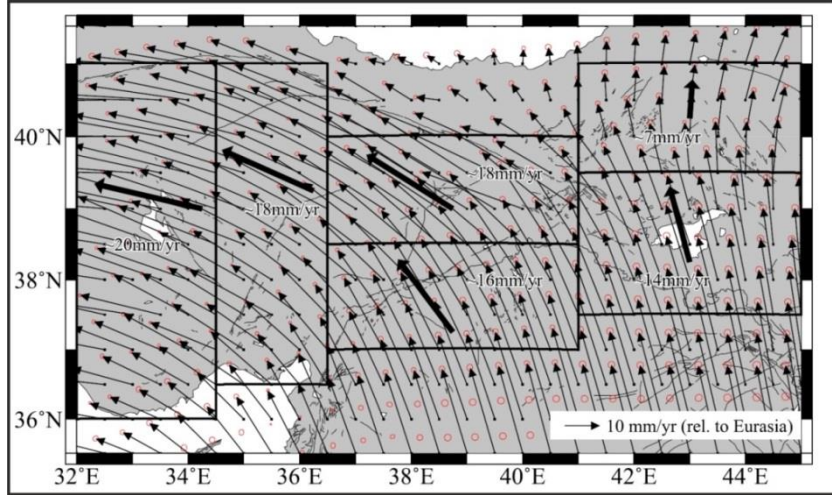
Bölgenin simotektonik aktivitesinin düşük olması, arazi gözlemlerinde aktif fay verisine rastlanılmaması ve volkanik püskürme tarihleriyle bantlı travertenlerin deformasyon tarihleri arasındaki uyumlar göz önüne alınarak çalışma alanındaki karbonat dolgulu kırıkların oluşumunda Acıgöl ve Hasandağ volkanizmalarının etkili olduğu ileri sürülebilir.

8.3. Mevcut Veriler Işığında Kabuksal Deformasyon

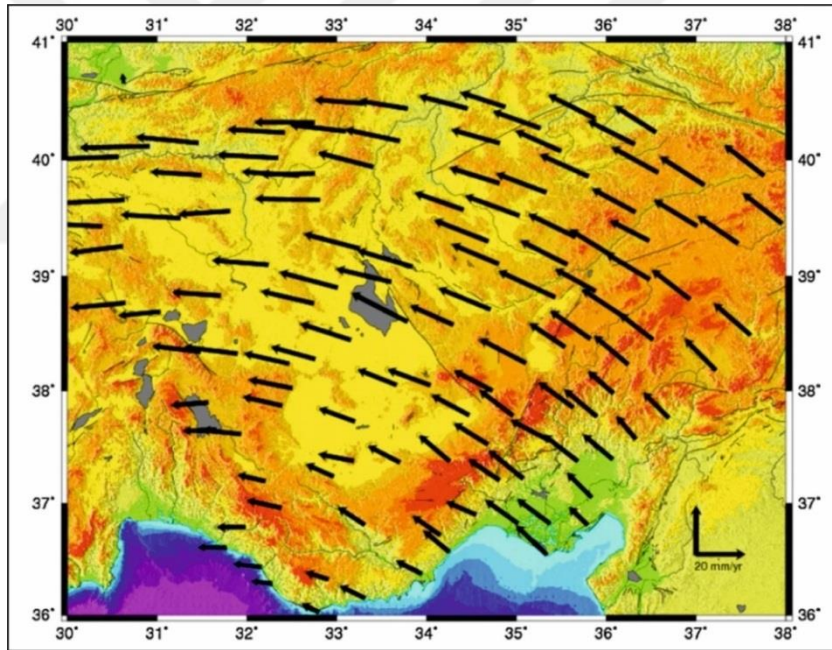
Afrika, Arap ve Avrasya plakalarının birbirlerine göre olan bağıl hareketlerinin etkilediği Anadolu plakasındaki yatay hareket doğrultusunu belirlemek amacıyla GPS ölçümlerine dayanan güncel çalışmalar bulunmaktadır (Şekil 8.7, Şekil 8.8 ve Şekil 8.9).



Şekil 8.7. Faccenna vd., (2014); a. Avrasya plakasına göre bölgedeki yatay yer değiştirme hızları b. Afrika plakasına göre bölgedeki yatay yer değiştirme hızları (Kırmızı ve turuncu oklar; Serpelloni vd., (2013)).



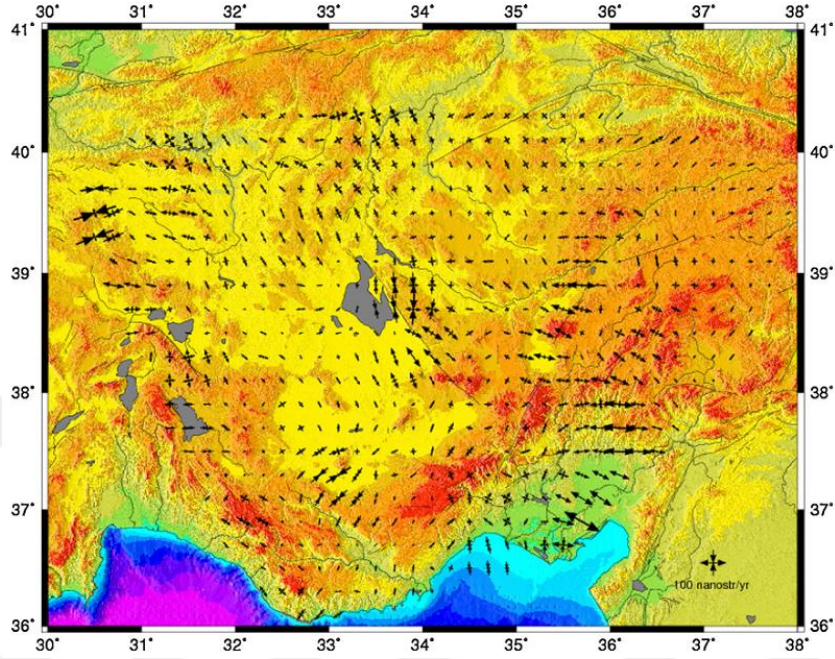
Şekil 8.8. Doğu ve Orta Anadolu’ da GPS ölçümlerinden elde edilen yer değiştirme vektörleri (Simao vd., 2015).



Şekil 8.9. Avrasya plakasına göre Orta Anadolu’ daki yatay yer değiştirme hızları (Aktuğ vd., 2013).

GPS ölçümlerinden elde edilen yatay yer değiştirme vektörleri değerlendirildiğinde Avrasya, Arap ve Afrika plakalarının etkileşimleri Orta Anadolu üzerinde saat yönünün tersinde (KB’ dan GD’ ya) etkili olan bir moment hareketi oluşturmuştur. Çalışma alanı bu momentin KB’ ya seyreden yönünde yer almaktadır. Yine GPS ölçümlerinden elde edilen

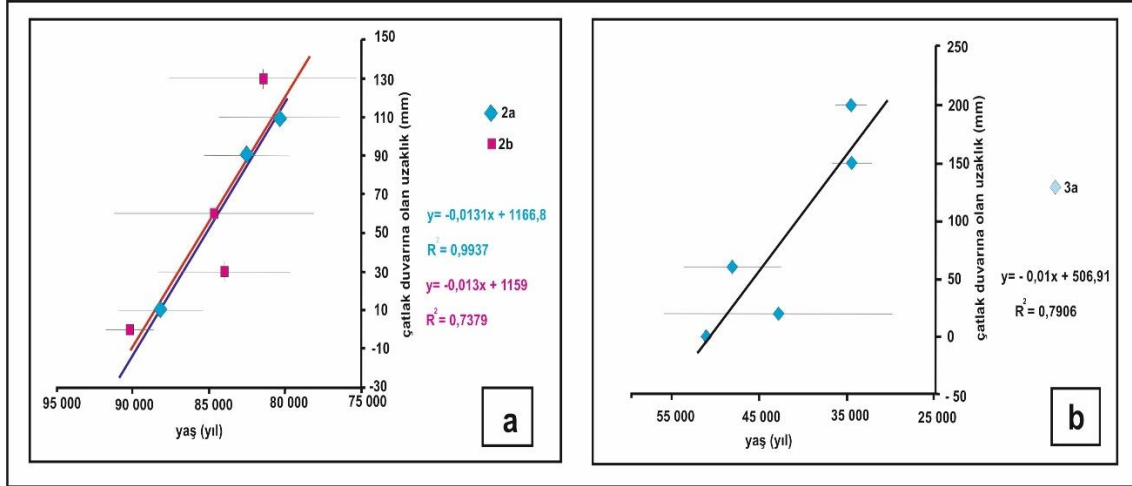
hesaplamalar Çalışma alanındaki gerilme doğrultusunu KB-GD açılma mekanizması olarak göstermektedir (Şekil 8.10) (Aktuğ vd., 2013). Arazi çalışmalarında bu mekanizmayla ilgili tutarlı veriler (KD-GB doğrultusu baskın çatlak setleri, alüvyon ve karbonat dolgulu açılma kırıkları) elde edilmiştir.



Şekil 8.10. Orta Anadolu’ da etkili olan gerilme yönleri; Çalışma alanında KB-GD doğrultusunda gerçekleşmektedir (Aktuğ vd., 2013).

Bantlı traverten dolgulu kırıklar yoğunlukla $50^{\circ} - 100^{\circ}$ ve $340^{\circ} - 20^{\circ}$ doğrultularında gözlenmektedir. Bantlı traverten dolgulu kırıklardan elde edilen yaş analizleri literatürdeki volkanik püskürme tarihleriyle uyumludur. Bu yüzden bantlı traverten dolgulu kırıkların kökeninin volkanizmaya bağlı kabuksal deformasyondan ileri geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 7.2’ de sunulan örneklemelerden; Lokasyon 2 (a) ve Lokasyon 3 (b)’ den elde edilen yaşlar ve bu örneklerin çatlak duvarlarına olan uzaklıkları arasındaki oranlardan genişleme hızları hesaplanmıştır (Şekil 8.11). Ortalama $0.01 - 0.0131$ mm / yıl arasında olan bu değer Türkiye’ de açılma tektoniğinin en hızlı gerçekleştiği yer olan Batı Anadolu bölgesi içerisinde yer alan Pamukkale’ de $0.001 - 0.1$ mm / yıl olarak hesaplanan (Altunel ve Karabacak, 2005) değere çok yakındır.



Şekil 8.11. Loksasyon 2 (a) ve Lokasyon 3 (b)' deki kırıklardan hesaplanan genişleme hızı değerleri.

Çalışma alanında sıkışma mekanizmasına bağlı gelişen arazi verilerinden; makaslama kırıkları, eğimli tabakalar ve kıvrımlı yapılar gözlenmemiştir. Sıkışma mekanizmasıyla ilgili olarak sadece Ziga dolaylarında yaklaşık 60 m² alanda gözlenen sağ yanal doğrultu atımlı fay zonu bölgedeki sıkışma kinematiğini konumlandırmak için yetersiz kalmaktadır. Açılma eksenini (σ_3) açılma kırıklarının en baskın olduğu aralık 340⁰-100⁰ doğrultusuna dik olarak KB doğrultusunda yatay olarak konumlandırılmıştır. Sıkışma eksenini (σ_1) için yeterli arazi verisi gözlenmemiştir. Sıkışma eksenini (σ_1), (σ_3) 'e dik ancak yatay veya düşey konumların her ikisi de olasıdır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Çalışma alanında yapılan kırık sistemi analizleri bölge genelinde KB-GD uzanımlı çekme gerilmeleri etkisinde bir genişlemenin hakim olduğunu ortaya koymaktadır. Bu deformasyon önceki çalışmalarda ortaya konulan GPS verileri ile de uyumludur. Bölgenin güncel olarak deformasyona devam ettiğini ve kırık sistemlerinin güncel tektonik rejim içerisinde oluştuğunu ve/veya kullanıldığını göstermektedir.

Yapılan kırık analizi ve yaş analizi sonuçları kırık sistemlerinin 2 ana grup oluşturduğunu göstermektedir. Bağımsız karakterdeki bu gruplardan 340° - 020° arasında gelişenler D-B genişleme ile, 050° - 100° arasında gelişenler ise KKB-GGD genişleme ile ilişkilendirilmişlerdir.

Dolgu analizleri kırık sistemlerinin tek bir deformasyon olayı sırasında açılmadığını, farklı dönemsel açılmaların birikimi şeklinde geliştiğini göstermiştir. Bu dönemler karbonat dolgularının tarihlendirilmesi ile ayırt edilmiş, en az 7 ayrı dönemde kabuk deformasyonunun şiddetlendiğini ortaya koymuştur (GÖ 4.7, 34, 44, 52, 83, 91, 149 by).

Analiz edilen kabuk deformasyon dönemlerinden 4 tanesi (4.7, 34, 91 ve 149 binyıl) önceki çalışmalarda öne sürülen volkanik aktivitelere karşılık gelmektedir. 4.7, 34, 91 ve 149 by' da Acıgöl kaldera alanında volkanik çıkışlar literatürde ortaya konulmuştur. Ayrıca 34 by öncesinde Hasandağ stratovulkanında da bir püskürme öne sürülmektedir.

Elde edilen yaş verileri Orta Anadolu Volkanik Bölgesi içerisinde genç volkanizmaya bağlı kabuk deformasyonunun son 150 by içerisinde 8-10 by' lık kısa döngüler ile tekrarlandığını, ortaya koymuştur. Bu bulgular Orta Anadolu volkanizmasının oldukça genç ve aktivitesi yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Karbonat dolgu yaşları ve kırık açıklıklarının karşılaştırılması bölgedeki kırık sistemlerinin ortalama 0.01 - 0.0131 mm/yıl arasında bir hızla açıldığını ortaya koymuştur. Bu değer bölgenin kayda değer bir açılma hızına sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Gürdal, M. A., & Özdemir, S., 2013. Deformation of Central Anatolia: GPS implications. *Journal of Geodynamics*, 67, 78-96.
- Altunel, E., & Karabacak, V., 2005. Determination of horizontal extension from fissure-ridge travertines: a case study from the Denizli Basin, southwestern Turkey. *Geodinamica acta*, 18(3-4), 333-342.
- Altunel, E., 1996. Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. *MTA dergisi*, 118, 47-64.
- Aydar, E., Cubukcu, H. E., Erdal, Ş. E. N., & Lütüye, A. K. I. N., 2013. Central Anatolian Plateau, Turkey: incision and paleoaltimetry recorded from volcanic rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22(5), 739-746.
- Barka, A. A., & Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(3), 663-684.
- Beekman, P.H. 1966. "Aksaray-Gelveri-Çınarlı Bölgesi'nin jeoloji raporu", MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Daire Başkanlığı, Ankara, Rapor No: 5218.
- Bigazzi, G., Yegingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Ozdogan, M. 1993. "Fission track dating obsidians in central and northern Anatolia", *Bull Volc*, 55, 588-595.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica acta*, 14(1-3), 3-30.
- Brogi, A., 2004. "Faults linkage, damage rocks and hydrothermal fluid circulation: Tectonic interpretation of the Rapolano Terme travertines Northern Apennines (southern Tuscany, Italy) in the context of Northern Apennines Neogene-Quaternary extension", *Eclogae Geologicae Helveticae*, 97, 3, 307-320,.
- Dewey, J. F., & Şengör, A. C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90(1), 84-92.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B., & Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geological society of America bulletin*, 84(10), 3137-3180.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Saroglu, F., Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere; the neotectonics of eastern Anatolia, a young collision zone. In: Coward, M.P., Ries, A.C. _Eds., Collision Tectonics. Imp. Coll. Dep. Geol. London, United Kingdom, Geol. Soc. Spec. Publ., Vol. 19, pp. 3–36.
- Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J. L., Köse, O., & Gündoğdu, N., 1998.
- Dirik, K., & Göncüoğlu, M. C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. *International Geology Review*, 38(9), 807-817.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dogliani, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F., & Savascin, Y., 2002. On the extension in western Anatolia and the Aegean Sea. *Journal of the Virtual Explorer*, 8, 169-183.
- Druitt, T.H., Brenchley, P.J., Gökten, Y.E., Francaviglia, V. 1995. "Late Quaternary rhyolitic eruptions from Acigol Complex, central Turkey", *J Geol Soc London*, 152, 655-667.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., 2011. 1:250,000 scale Active Fault Map Series of Turkey, Aksaray (NJ36-7) Quadrangle. Serial Number: 26, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara-Turkey.
- Ercan, T., 1986, Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizması. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107(107).
- Faccenna, C., Becker, T. W., Auer, L., Billi, A., Boschi, L., Brun, J. P., ... & Piromallo, C., 2014. Mantle dynamics in the Mediterranean. *Reviews of Geophysics*, 52(3), 283-332.
- Göncüoğlu, M.C., 1981b, Dünyanın en eski jeoloji belgeseli: Yeryuvarı ve insan, 6/3-4, 3.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 1975. "The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Nigde area", *Geol. Mag.*, 112 (4), 349-360.
- Jackson, J., & McKenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77(1), 185-264.
- Jiménez-Munt, I., & Sabadini, R., 2002. The block-like behavior of Anatolia envisaged in the modeled and geodetic strain rates. *Geophysical research letters*, 29(20).
- Jolivet, L., 2001. A comparison of geodetic and finite strain pattern in the Aegean, geodynamic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 187(1), 95-104.
- Karabacak, V., 2007, Ihlara Vadisi (Orta Anadolu) Travertenlerinin Genel Özellikleri ve Kabuksal Deformasyon Açısından Önemleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*, 65.
- Karabacak, V., Tonguç Uysal, I., & Ünal-Imer, E., 2016. Dating of the late Quaternary volcanic events using Uranium-series technique on travertine deposit: A case study in Ihlara, Central Anatolia Volcanic Province. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 18, p. 4342).
- Kuzucuoğlu, C., Pastre, J-F., Black, S., Ercan, T., Fontugne, M., Guillou, H., Hatte, C., Karabıyıkoglu, M., Orth, P., Turkecan, A. 1998. "Identification and dating of tephra layers from Quaternary sedimentary sequences of Inner Anatolia, Turkey", *J Volc Geotherm Res*, 85, 153-172.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kürçer, A., & Gökten, Y. E., 2014. Paleosismolojik Üç Boyutlu Sanal Fotoğraflama Yöntemi, Örnek Çalışma: Duru-2011 Hendeği, Tuz Gölü Fay Zonu, Orta Anadolu, Türkiye. *Geological Bulletin of Turkey*, 57(1).
- Le Pichon, X., & Angelier, J. 1979, The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60(1), 1-42.
- Lyberis N., 1985. Tectonic evolution of the North Aegean trough. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. Eds. , The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., Vol. 17, pp. 709–725.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., ... & Kastens, K., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B3), 5695-5719.
- McKenzie, D. ,1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 30(2), 109-185.
- Meijer, P. T., & Wortel, M. J. R., 1997. Present-day dynamics of the Aegean region: A model analysis of the horizontal pattern of stress and deformation. *Tectonics*, 16(6), 879-895.
- Mellaart, J. 1993. “Descriptions (picturales) d'eruptions recentes du Hasan Dagı par les hommes du neolithique a Catal Hoyuk”, L'Assoc Volc Europeenne (LAVE), 42,17-30.
- Mesci, B. L. 2013, Özgün Niteliklere Sahip Travertenler ve Önemleri: Sivas Yöresi Travertenlerinden Örnekler. *Geological Bulletin of Turkey*, 56(1).
- Nyst, M., & Thatcher, W., 2004. New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B11).
- Pasquare, G. 1968. “Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, Roma Accad Nazionale Lincei Mem, 9, 55-204.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 146, 217–230.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. In: Le Fort, P., Pearce, J.A., Pecher, A. _Eds., Collision Magmatism. J. Volcanol. Geotherm. Res., 44 _1–2., 189–229.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Reilinger, R. E., McClusky, S. C., Oral, M. B., King, R. W., Toksoz, M. N., Barka, A. A., Roberts, N., Reed, J.M., Leng, M.J., Kuzucuoğlu, C., Fontugne, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt, E., Karabıyıkoglu, M. 2001. "The tempo of Holocene change in the Eastern Mediterranean region: new high-resolution crater-lake sediment data from central Turkey", *The Holocene*, 11. 6, 721-736.
- Schmitt, A.K., Danışık, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, İ., Lovera, O.M. 2014. "Identifying the Volcanic Eruption Depicted in a Neolithic Painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey", *PLoS ONE* 9(1): e84711. doi:10.1371/journal.pone.0084711
- Serpelloni, E., Faccenna, C., Spada, G., Dong, D., & Williams, S. D., 2013. Vertical GPS ground motion rates in the Euro-Mediterranean region: New evidence of velocity gradients at different spatial scales along the Nubia-Eurasia plate boundary. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118(11), 6003-6024.
- Seymen İ., 1981, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin metamorfizması: Türkiye Jeol. Kur. iç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu kitabı, 12-15.
- Simão, N. M., Nalbant, S. S., Sunbul, F., & Mutlu, A. K., 2016. Central and eastern Anatolian crustal deformation rate and velocity fields derived from GPS and earthquake data. *Earth and Planetary Science Letters*, 433, 89-98.
- Sür, Ö., 1972, Türkiye'nin özellikle iç Anadolu'nun genç volkanik alanlarının jeomorfolojisi: Ank. Üniv. DTCTF yayını, 223, 119 s.
- Şaroğlu, F., & Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107(107).
- Şengör, A. M. C., & Yılmaz, Y. 1981, Türkiye'de Tetis' in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi*, (1), 75.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Saroglu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. _Eds., Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. Soc. Econ Palaeontol. Mineral. Spec. Publ., 37, 227-264.
- Temel, A., 1992. Kapadokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri. *PhD. Hacettepe University, Ankara, Turkey (in Turkish)*.
- Türkecan, A., Kuzucuoğlu, C., Mouralis, D., Pastre, J-F., Atıcı, Y., Guillou, H., Fontugne, M. 2004. "Upper Pleistocene volcanism and palaeogeography in Cappadocia, Turkey", MTA-CNRS-TÜBİTAK 2001-2003 research programme. Project no:101Y109, MTA report no. 10652, 180 pp

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yilmaz, Y., 1990. Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44(1-2), 69-87.

