

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN (KONYA-EREĞLİ)
GELİŞİMİ VE NEOTEKTONİK EVRİMİ**

Fatih SAVAŞ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Uğur TEMİZ**

Yozgat 2019

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN (KONYA-EREĞLİ)
GELİŞİMİ VE NEOTEKTONİK EVRİMİ**

Fatih SAVAŞ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Uğur TEMİZ**

Yozgat 2019



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

TEZ ONAY FORMU

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans 70111110002 numaralı öğrencisi Fatih SAVAŞ'ın hazırladığı "Akhüyük (Ereğli-Konya) Travertenlerinin Gelişimi ve Neotektonik Önemi" başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 12/06/2019 Çarşamba günü saat 13.30'da yapılmış, tezin onayına oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Bekir Levent MESCI

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Uğur TEMİZ
(Danışman)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 13/06/19 tarih ve 27 sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

13/06/2019

Prof. Dr. Mustafa SACMACI
Müdür

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanı	1
1.3. Önceki Çalışmalar	3
1.4. Materyal ve Yöntem.....	6
2. GENEL JEOLojİ.....	8
2.1. Stratigrafi.....	8
2.1.1. Miyosen Öncesi Temel Kayalar.....	10
2.1.1.2. Kurtulmuştepe Formasyonu.....	10
2.1.1.3. Kızılöz Formasyonu.....	10
2.1.2. Örtü Birimleri.....	10
2.1.2.1. Kızılbayır Formasyonu.....	10
2.1.2.2. Katrandetepe Formasyonu.....	11
2.1.2.3. Beştepeler Formasyonu.....	11

2.1.2.4. Bazık Kül.....	12
2.1.2.5. Alüvyon.....	12
2.1.2.6. Akhüyük Travertenleri.....	12
3. ÇALIŞMA ALANININ NEOTEKTONİĞİ.....	13
4. TRAVERTEN KAVRAMI VE GENEL ÖZELLİKLERİ.....	14
4.1. Giriş.....	14
4.2. Travertenlerin Oluşumu.....	15
4.3. Traverten Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	16
4.4. Traverten Çökelimlerinin Gösterdiği Ortak Özellikler.....	16
4.5. Traverten Sınıflamaları.....	17
4.5.1. Morfolojik Sınıflama.....	17
4.5.1.1 Teras tipi Travertenler.....	18
4.5.1.2. Sırt Tipi Travertenler.....	18
4.5.1.3. Kanal Tipi Travertenler.....	19
4.5.1.4. Fay Önü Travertenleri.....	19
4.5.1.5. Aşınmış Örtü Tipi Travertenler.....	19
4.5.2. Litotiplerine Göre Sınıflama.....	20
4.5.2.1. Kristalen Kabuk Tipi Travertenler.....	20
4.5.2.2. Çalı Tipi Travertenler.....	20
4.5.2.3. Kamış Tipi Travertenler.....	21
4.5.2.4. Breşik Tip Travertenler.....	21
4.5.2.5. Sal Tipi Travertenler.....	22
4.5.2.6. Gaz Boşluklu Travertenler.....	22
4.5.2.7. Pizolitik Travertenler.....	22

5. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİ.....	24
5.1. Akhüyük Traverten Oluşumlarının Özellikleri.....	24
5.2. Akhüyük Travertenlerinin Sınıflandırılması ve Özellikleri.....	29
5.2.1. 1 No lu Traverten.....	29
5.2.2. 2 No lu Traverten.....	30
5.2.3. 3 No lu Traverten.....	33
5.2.4. 4 No lu Traverten.....	35
6. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN YAŞLANDIRILMASI.....	37
6.1. Radyometrik Yaşlandırma ve Çeşitleri.....	37
6.2. U Serisi Radyometrik Yaş Tayini Yöntemi.....	39
6.3. Akhüyük Travertenlerinin U-Serisi Radyometrik Yaş Tayini Yöntemiyle Tarihlendirilmesi.....	40
7. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN MERKEZİ ÇATLAKLARININ AÇILMA HIZLARI.....	44
8. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN NEOTEKTONİK AÇIDAN ÖNEMLERİ..	45
9. SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	58

AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN (KONYA-EREĞLİ) GELİŞİMİ VE NEOTEKTONİK EVRİMİ

Fatih SAVAŞ

Yozgat Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

2019; Sayfa: 58

Danışman: Doç. Dr. Uğur TEMİZ

ÖZET

Araştırmada, Ereğli'nin 10 km kuzeyinde yer alan Akhüyük traverten kütesinin oluşum ve gelişimini denetleyen neotektonik süreçler incelenmiştir. Bölgede, K 30° B doğrultusu boyunca uzanım gösteren Akhüyük traverten kütesi, 6 ayrı çatlak sırtı travertenin birleşiminden oluşmaktadır. Traverten kütesi; morfoloji, bantlı traverten kalınlığı ve uzanım gibi kriterler temel alınarak sınıflandırılmıştır.

Çalışmada Neotektonik anlamda Akhüyük Travertenlerine ait bantlı traverten kalınlıkları ve Uranyum (U) serisi radyometrik yaş verilerinden yola çıkılarak, travertenlerin açılma hızları belirlenmiştir. Ayrıca Akhüyük traverten kütesinin oluşumunun Tuz Gölü Fay Zonu'nca denetlendiği, izotopik anlamda da Orta Anadolu'nun diğer yerlerindeki neotektonik gelişim dönemleriyle de uyumluluk gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ereğli, Akhüyük, Traverten, Neotektonik, U Serisi Yaşlandırma,

**DEVELOPMENT AND NEOTECTONIC EVOLUTION OF AKHÜYÜK (KONYA-
EREĞLİ) TRAVERTINES**

Fatih SAVAŞ

**Yozgat Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology
Master of Science Seminar**

2019; Page: 58

Seminar Supervisor: Doc. Dr. Uğur TEMİZ

ABSTRACT

In research, the neotectonic processes control the genesis and the development of Akhüyük travertine mass have done at the 10 km northern of Ereğli County. Akhüyük travertine mass that consist of 6 different crack ridge elongate through N 30° W direction in the area. The basic criterions are as the morphology, thickness of the banded travertine and elongations on the classification of the travertine.

The determination of the dehiscence speed of travertine based on the thickness of the banded travertine and Uranium (U) series dating of Akhüyük Travertine at the means of neotectonic. As the conclude Akhüyük travertine mass show isotopic compatibility with the other Central Anatolian areas at the neotectonic means while also believed to be controlled by Tuz Gölü Fault Zone.

Key words: Ereğli, Akhüyük, Travertine, Neotectonic, U Series Dating

TEŞEKKÜR

Öncelikle, Tez alıőmasının gerekleőmesini sağlayan, bilgilerini ve önerilerini benden esirgemeyen ok değerli hocam Doç. Dr. Uğur TEMİZ' e,

Manevi olarak her zaman yanımda olan değerli eőim Burcu SAVAŞ'a ve oğullarım Umut ve Bariő SAVAŞ'a,

Katkılarından dolayı Dr. Koray TÖRK'e ve Korhan ÇAKIR'a teőekkürü bir borç bilirim.

TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 5.1: 1 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları	29
Tablo 5.2: 2 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları	31
Tablo 5.3: 3 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları	33
Tablo 5.4: 4 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları	35
Tablo 6.1: Akhüyük çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları ve yaş verileri	42
Tablo 7.1: Akhüyük Travertenlerine ait açılma hızları	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Çalışma alanı ve yakın çevresinin yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1: Çalışma sahası jeoloji haritası.....	8
Şekil 2.2: Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	9
Şekil 3.1: Orta Anadolu bölgesi ve çalışma alanının neotektonik gelişimini gösterir harita.....	13
Şekil 4.1: Traverten Litofasiyeslerin oluştuğu depolanma ortamları.....	23
Şekil 5.1: Akhüyük Travertenleri oluşum mekanizması.....	24
Şekil 5.2: Akhüyük Çatlak sırtı tipi travertenlerinde devam etmekte olan su çıkışları.....	25
Şekil 5.3: Çatlak sırtı travertenlerin merkezi çatlaklarından çıkan sular ve bıraktığı kükürt çökelimleri.....	26
Şekil 5.4: Merkezi çatlaklardan akan suların eksen bitiminde oluşturdukları kimyasal tortullar.....	27
Şekil 5.5: Halk tarafından yapay olarak oluşturulan teras tipi traverten görünümü kazanmış havuzlar.....	27
Şekil 5.6: Travertenden alınan örneğin ince kesit görünümü.....	28
Şekil 5.7: 1 no lu travertenin merkezi çatlak genişliği.....	30
Şekil 5.8: 2 no lu traverten genel görünüm.....	32
Şekil 5.9: 3 no lu traverten genel görünümü.....	34
Şekil 5.10: 4 no lu traverten genel görünümü.....	36
Şekil 6.1: Radyoaktif bozunum türleri.....	37
Şekil 6.2: Radyometrik yaşlandırma tekniklerine ait zaman aralıkları.....	38
Şekil 6.3: ²³⁸ U'e ait bozunma zinciri.....	40
Şekil 6.4: Akhüyük travertenlerinden alınan örnekleme noktaları ve bu noktalara ait açılma hızları ve yaş verileri.....	43
Şekil 7.1: Akhüyük travertenlerinin çekme gerilmesini gösterir harita.....	48
Şekil 7.2: Aletsel dönem deprem kayıtları ve tekrarlanma periyodlarına bağlı olarak Akhüyük traverteninin açılma hızı	49
Şekil 7.3: TGFZ ve bu fay zonunda oluşan aletsel dönem deprem kayıtları	50

KISALTMALAR LİSTESİ

β	:	Beta
γ	:	Gama
km ²	:	Kilometrekare
cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
TGFZ	:	Tuzgölü Fay Zonu
NFZ	:	Niğde Fay Zonu
U	:	Uranyum
Th	:	Toryum
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
ka	:	1000 yıl
ppm	:	Milyonda bir
ppb	:	Milyarda bir

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

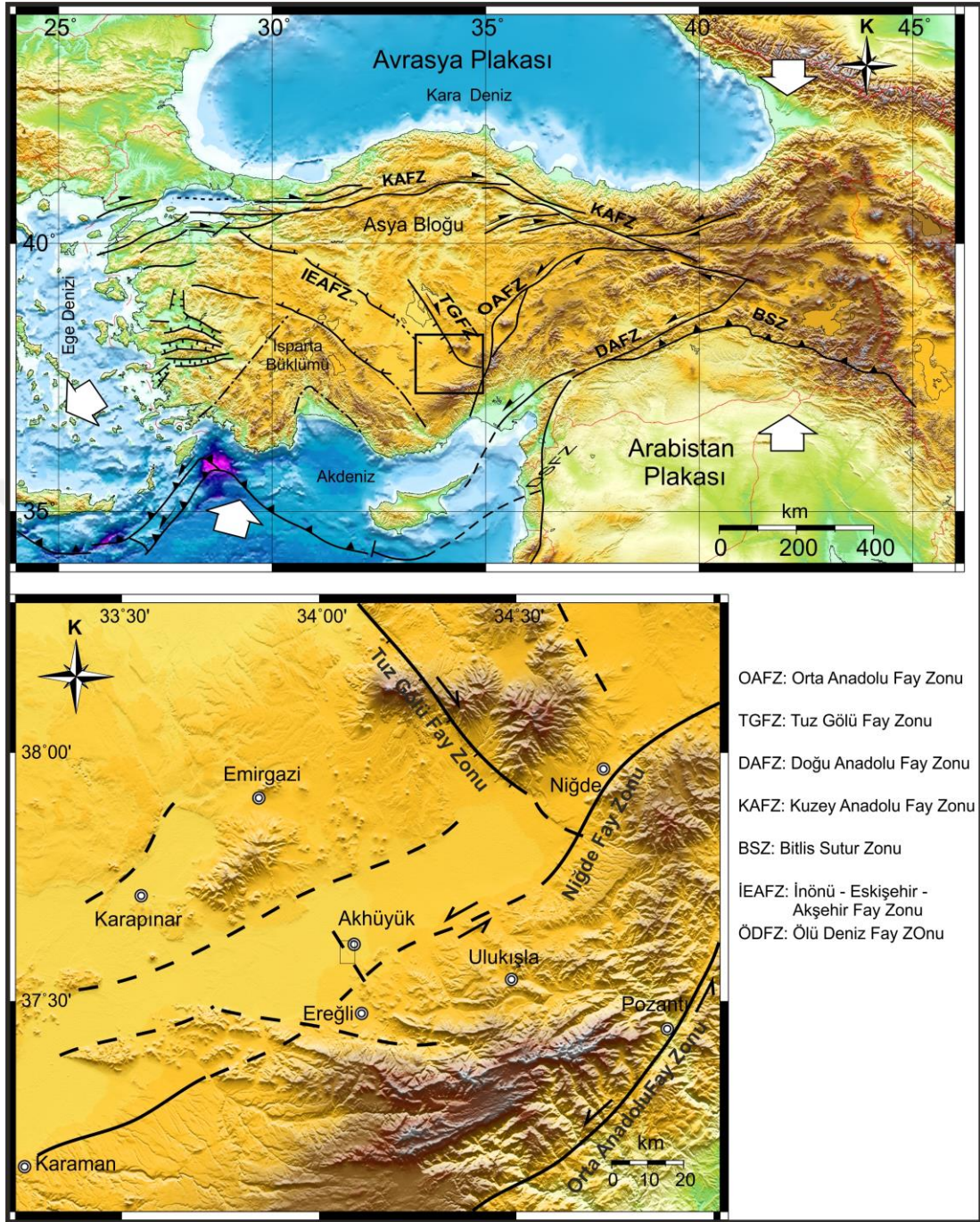
Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın amacı, Orta Anadolu'da Konya-Karaman grabeninde yer alan Ereğli'nin yaklaşık olarak 10 km kuzeyindeki Akhüyük köyünde yüzeyleyen çatlak sırtı traverteninin morfolojik özellikleri ile neotektonik özelliklerini tanımlamaktır. Ayrıca, kıta içi ortamda depolanmış olan travertenlerin düşük deformasyon hızıyla meydana gelen yapıları belirlemek ve Orta Anadolu Bölgesindeki önemli fay zonları ile olan ilişkisini irdelemek bu tezin diğer bir amacını oluşturmaktadır.

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Ereğli (Konya) ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde Akhüyük köyünde 1/25.000 ölçekli M32 d4 paftasında yaklaşık 2 km uzunluk ve 360 m'lik bir genişliği kaplayan Akhüyük traverten kütlesini kapsamaktadır.

Akhüyük travertenlerinin bulunduğu alan eskiden Akgöl diye tanımlanan ve günümüzde iklimsel kuraklıktan dolayı suyu kalmayan ve ova karakteri kazanan bir alanda tamamiyle düz bir arazi üzerinde gözlenen bir bölgedir. Çalışma alanı önemli yükselti alanları ile güneyde Bolkar Dağları (Kırkpınar Dağı 3240 m, Aydos Dağı 3488 m, Medetsiz Tepe 3588 m) kuzeyde ise volkanik dağlardan Karacadağ (1960 m), Hasan Dağı (3253 m) ve Melendiz Dağı (2935 m) ile sınırlandırılmıştır. Yörede yer alan en önemli akarsu İvriz Çayı'dır. İvriz Çayı'nın taşıdığı sular karstik kaynaklı olup, Bolkar Dağlarından çıkıp bölgenin can damarı olan İvriz Barajı'nda sonlanmaktadır.

Çalışma alanına ulaşım Konya-Adana yolu üzerinde Ereğli ilçe merkezine doğru yaklaşık 10 km kuzeye gidilip Türkmen köyünü geçtikten sonra 2 km devam edilerek Akhüyük köyüne ulaşılabilir. Akhüyük travertenleri de Akhüyük köyünü de içine alacak şekilde yayılım gösteren jeolojik bir yapıdır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin yer bulduru haritası (Temiz ve Savaş 2015).

1.3. Önceki Çalışmalar

Ereğli (Konya) ve çevresinde önceki yıllarda yapılan jeolojik ve tektonik bir çok çalışma bulunmaktadır;

Kleinsorge (1939), Akhüyük travertenlerinde yaptığı çalışmada Akhüyük travertenlerini tanımlamış, oluşumlarını ise travertenlerin yaklaşık 12-15 km uzağındaki bulunan Meke ve Karacadağ genç volkanizma faaliyetinin tektonik yansıması olarak değerlendirmiştir.

Okay (1955), Niğde-Ulukışla-Çamardı üçgeninde kalan bölgenin ayrıntılı jeolojik raporunu yazmıştır. Formasyonların isimlendirilmesi ve sedimanter fasiyelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır.

Blumenthall (1956), tarafından Bolkardağlarının ilk detaylı jeolojik incelenmesi yapılmıştır. Çalışmasında yazar yöreyi genel olarak ikiye ayırmıştır. Birincisi Paleozoyik kalker bölgesi, ikincisi ise Paleozoyik ve ofiyolitik taban ile Kretase ve Tersiyer kalkerler bölgesidir. Her iki bölgenin de Neojen kayaçları ile örtüldüğünü ifade etmiştir.

Boroviczeny (1962) sahanın güneybatı kesiminde diyasporit etüdü amacıyla yaptığı çalışmada, Permian olarak düşündüğü taban kalkerleri ve Mezozoyik'e dâhil ettiği tavan kalkerleri arasında bir diskordansın varlığını belirtmiştir. Diyasporit zuhurlarının bu diskordans periyodunda ve taban kireçtaşlarının dolinleri içinde çökeldiğini ifade etmiştir.

Ketin ve Akarsu (1965), Ulukışla havzasının, havzanın tabanı ile olan durumunu, bölgedeki formasyonların litolojik, stratigrafik ve tektonik özelliklerini değerlendirmiştir. Yazarlar çalışmada Eosen sırasındaki volkanik aktivitenin Ulukışla havzasının petrol jeolojisi bakımından değerini azalttığını vurgulamıştır.

Yoldaş (1973), Ulukışla bitümlü şistlerinin ekonomik değerini belirtmek amacıyla yaptığı çalışmada, Eosen yaşlı Güney Formasyonunu, volkanik ara katkılar içeren, kumtaşı-şeyl ardalanması olarak belirtmiştir. Killi kireçtaşı-şeyl-bitümlü şist ardalanması şeklinde olan Ulukışla Formasyonu içinde yer yer bitümlü birimlerden

bahsetmektedir. Yazar birimin Bitümlü şistlerden alınan örneklerdeki spor ve polenlere göre yaşının kesin olarak Üst Miyosen olduğunu belirlemiştir.

Biricik (1976), Akhüyük travertenlerini haritalamış, travertenden çıkan suların kimyasal analizini yapmıştır. Traverten oluşumunun halen devam ettiğini belirtmiş büyük boyutlara ulaşan traverten depolarının havzanın bütünüyle düşünüldüğünde, genç tektonik hareketlerin Oligosen'den sonra bilhassa Pliyosen'de etkili olduklarını söylemiştir.

Çalapkulu (1980), Bolkardağları'nın doğusunda yer alan Horoz Granodiyoritini incelemiş ve doğu-batı uzanımlı Bolkardağı antiklinalinin çekirdeğine Horoz Granodiyoritinin yerleştiğini ifade etmiştir.

Oktay (1982), Ulukışla ve çevresinin jeolojik incelenmesinde yöreyi Tuz Gölü Havzasının güney kesimi olarak kabul etmiş ve Üst Kretase'de bir ofiyolitik karmaşığın yerleştiği bir okyanusal çukurluk olarak düşünmüştür. Bu havza içinde okyanus ve daha sonraki evrelere göre birbirlerinden bölgesel açılı uyumsuzluklarla ayrılan üç ayrı grup kayaç topluluklarının varlığını belirtmiştir. Yazar Tersiyer başında bölgede kapanan bir okyanusun bulunduğunu belirtmekte ve kapanmanın kuzeyden başlayıp güneye doğru ilerleyen kıta-ada yayı-kıta çarpışması şeklinde olduğunu düşünmüştür.

Demirtaşlı vd., (1986), Torosların çok geniş bir sahasında 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalarını hazırlayarak bölgenin stratigrafik ve yapısal özelliklerini ortaya çıkarmıştır. Geç Kretase - Paleosen ve Eosen yaşlı formasyonların filiş fasiyesinde geliştiğini ve türbidit, olistostrom, olistolitler ve yoğun volkanik ürünler ile temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Ayhan vd. (1986), Karapınar - Ereğli ve Ulukışla civarının 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalarını yaparak, bölgenin jeolojik yapısı ve stratigrafisini ortaya çıkarmıştır. Yazar Üst Eosen - Oligosen zamanında havzaya önce evaporitik sonra da gölsel birimlerin çökelmiş olduğunu belirtmiştir.

Pampal ve Meriç (1990), Bolkardağlarında hem otokton (yerli) Bolkar birliğine ait birimlerin hem de taşınmış (allakton) konumlu ofiyolitik kayaç istifi üzerine çökelen

Tersiyer birimlerinin, çökelmeye Üst Paleosen'de başladığını ve herhangi bir karasal çökme dönemi olmaksızın Eosen 'de çökelmenin sürdüğünü belirtmiştir.

Dellaloglu ve Aksu (1996), Ereğli - Ulukışla - Çiftahan - Çamardı civarının stratigrafisini ve petrol imkanlarını araştırmıştır. Ulukışla Formasyonunun yaşını Geç Kretase - Erken Eosen olarak bulmuştur. Bunun yanında Ulukışla Formasyonu ile yanal geçişli olan Ovacık ve Maden Formasyonlarının petrol kapanımı için rezerv kaya olabilecek özellikte olduğunu belirtmiştir.

Sonel ve Sarı (2004), Ulukışla Havzası'nın modern organik jeokimyasal analiz yöntemleri kullanılarak hidrokarbon bulundurma potansiyelini araştırmıştır. Bunun sonucunda, bölgede bulunan Hasangazi, Halkapınar ve Çiftahan formasyonlarının zayıf ve orta derecede petrol kaynak kaya özelliğinde olduğu yönünde bir değerlendirme yapılmıştır.

Clark ve Robertson (2005), Geç Kretase - Erken Tersiyer'de Ulukışla havzasının sedimenter oluşumunu açıklamaya çalışmıştır. Çalışmacılar Ulukışla havzasını Tuzgözü, Şarkışla ve Sivas havza sistemleriyle karşılaştırmış, Ulukışla basenini çek-ayır havza tipinde değerlendirmiştir. Ayrıca çalışma alanında bulunan Geç Kretase karmaşığının dalma – batma zonu ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Dursun (2006), Ulukışla biriminin Petrol Hazne Kaya Özellikleri” ile ilgili yaptığı Yüksek Lisans Tezinde, Ulukışla Formasyonu'nun derin bir ortamda gelişen denizaltı volkanizması ve buna bağlı olarak oluşan adayayı ve adayaları sonucu geliştiğini belirtmiştir. Bu adayayı birimlerinin derin deniz sedimanları ile yanal ve düşey geçişli oluşunun ayrıca kendi içerisinde arakatkılar halinde derin deniz sedimanları içermesinin bu olayı desteklediğini ve yaptığı petrografik incelemeler sonucunda ise Ulukışla Formasyonu'nun petrol hazne kaya özelliği taşımadığını belirtmiştir.

Ergen (2007), “Gökçeyazı, Büyükdedeköy, İvriz, Halkapınar Çevresinin Tektoniği ve Jeolojik Gelişimi” ile ilgili yaptığı Yüksek Lisans Tezinde bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamış bölgede Alpin dağ oluşum mekanizmasının egemen olduğunu belirlemiş ve bu oluşum mekanizmasının hareketlerine bağlı

olarak Üst Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı formasyonların metamorfizmaya ve kıvrımlanmaya uğradığını belirtmiştir.

Özdoğan (2008), Ereğli (Konya) - Ulukışla (Nigde) Tersiyer havzasındaki Oligosen yaşlı Kabaktepe formasyonu ve Alt-Orta Miyosen yaşlı Aktoprak formasyonu içerisindeki sölestin mineralleşmelerinin oluşum şekli ve kökenini bulmak amacıyla yapılan jeokimyasal ve jeostatiksel çalışmaların ağırlıklı olarak yapıldığı Yüksek Lisans Tezinde Sölestinli kireçtaşlarının Oligosen yaşlı Kabaktepe ve Alt-Orta Miyosen yaşlı Aktoprak formasyonu içerisinde olmak üzere iki farklı seviyede, kısmen tabakalı, yer yer masif ve düzensiz mercekler halinde bulunduğunu ve konumlarının taban kayalarının genel tabakalanmasına paralel olduğunu belirtmiştir.

Sögüt vd. (2010), Bölgesel metamorfizmaya uğrayan Bolkar grubuna ait formasyonların, Geç Triyas-Erken Paleosen zaman aralığında herhangi bir çökelimin olmadığını karasal şartların hüküm sürdüğünü, Geç Eosen-Orta Miyosen zaman aralığında çökelimin olmadığını ve karasal şartların hâkim olduğunu belirtmişlerdir.

1.4. Materyal ve Yöntem

Tez çalışması büro, arazi ve laboratuvar çalışması olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarına başlamadan önce bölge ile ilgili daha önceki yıllarda yapılan çalışmalar incelenmiş, bölgenin jeolojisi ve Akhüyük Travertenleri hakkında genel bilgi edinilmiştir.

Arazi çalışmaları 2012 yılının yaz aylarında yapılmıştır. Çalışma sahasında kinematik analizlerde kullanılmak üzere traverten sırt eksenlerinin doğrultuları ölçülmüştür. Haritalama amaçlı ve travertene ait açılma hızı, deformasyon, yükseklik/genişlik oranını belirlemek amacı ile travertenlerin uzunlukları, genişlikleri ve yükseklikleri ölçülmüştür. Ayrıca traverten sırt eksenindeki merkezi çatlak açıklığı ve bu çatlaktaki bantlı traverten kalınlıkları şeritmetre ve lazermetre yardımı ile ölçülmüştür. Amaca yönelik olarak travertenlerden numaralandırılarak örneklemeler yapılmıştır.

Arazi çalışmalarından sonraki evrede ise; arazide alınan ölçümlerden faydalanılarak Adobe, Corel gibi programalar ile çizimler yapılmış ve travertenlere ait gerilme analizleri ve açılma hızları matematiksel hesaplar yardımı ile hesaplanmıştır.

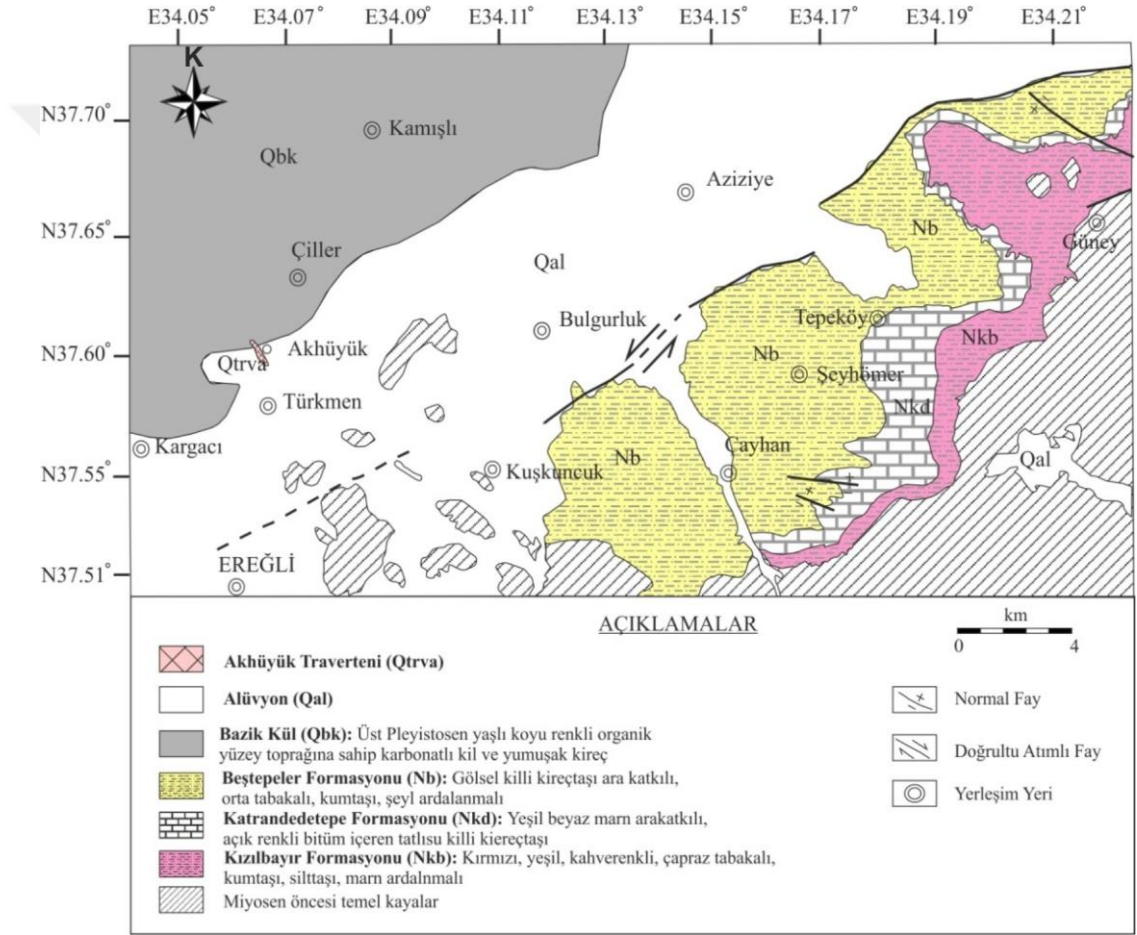
Travertenlerden radyometrik tarihlendirme (U-serisi yaşlandırma yöntemi) amacı ile alınan 14 adet örnek Kanada Montreal Üniversitesi Geotop laboratuvarına gönderilmiştir.

Bunların yanında araziden alınan örneklerden ince kesitler yapılmış ve Leica marka polarizan mikroskopta incelenerek ilgili yerler DFC-295 marka dijital kamera ile fotoğraflandırılmış ve yorumlanmıştır.

2. GENEL JEOLJİ

2.1. Stratigrafi

Çalışma alanında yüzeyleyen kayaları temel ve örtü birimleri olarak iki grupta incelemek mümkündür. Bu birimler litostratigrafik özelliklerine göre yaşlıdan gence doğru aşağıda sırasıyla verilmiştir. Çalışmada MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalarından faydalanılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma sahası jeoloji haritası (Ayhan vd. 1986).

SENOZOYİK						SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	KALINLIK (m)	SİMGE	AÇIKLAMALAR
Tersiyer (Neojen)	Miyosen	Kızılbaş (Nkb)	250	Kırmızı, yeşil, kahve renkli, çapraz tabakalı, kumtaşı, silttaşı, marn ardalı	Uyumsuzluk	Miyosen Öncesi Kayalar	Katrandedetepe (Nkd)	50	Yeşil, beyaz, marn ara katkılı, açık renkli bitüm içeren tathısu killi kireçtaşı	500	Gösel, killi kireçtaşı arakatkılı, orta tabakalı, kumtaşı, şeyl ardalı	Üst Pleyistosen yaşlı koyu renkli, organik yüzey toprağına sahip karbonatlı kil ve yumuşak kireç
Kuvaterner	Pleyistosen	Bazık Kül (Qbk)	Qal	Uyumsuzluk	Alüvyon Çakıl, kum, toprak	Uyumsuzluk	Holosen	Akhöyük Traverteni (Qtrva)	Traverten	500	Traverten	Uyumsuzluk

Şekil 2.2. Çalışma sahasının geliştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Ayhan vd. 1986).

2.1.1. Miyosen Öncesi Temel Kayalar

Çalışma alanında Güney Formasyonu, Sivritepe Anhidriti, Kurtulmuştepe Formasyonu, Kızılöz Formasyonu, olarak tanımlanan formasyonlar çalışma alanında Miyosen öncesi kayalar olarak tanımlanmıştır (Ayhan vd.,1986).

2.1.1.1. Sivritepe Anhidriti

En altta beyaz renkli, ince tabakalı, üst kesimi kahverenkli kumtaşından oluşan kireçtaşı, konglomera ara katmanlı Sivritepe Anhidriti gözlenmektedir. Altındaki birimlerle uyumsuz olan formasyonun yaşı Eosen-Oligosen olarak tanımlanmış olup, molas tipi çökeldir (Ayhan vd.,1986).

2.1.1.2. Kurtulmuştepe Formasyonu

Kumtaşı ara katmanlı, kahverenkli killi, ince tabakalı, gölsel kireçtaşı ve grimsi renkli marn ardalanmalı olarak tanımlanan Kurtulmuştepe Formasyonu Sivritepe anhidritinin üzerine uyumlu olarak çökelmektedir. Formasyonun kalınlığı 1000 m dir (Ayhan vd., 1986). Formasyonun yaşı içindeki kireçtaşlarından elde edilen fosillere dayanarak Üst Oligosen-Alt Miyosen olarak verilmektedir (Ayhan vd.,1986).

2.1.1.3. Kızılöz Formasyonu

Orta-kalın tabakalı, kırmızı, yeşil renkli çapraz tabakalı, kumtaşı, silttaşı, marn ardalanması olarak tanımlanan Kızılöz Formasyonu, molas fasiyesinde çökelmiş olup, 1800 m kalınlık sunmaktadır. Altta Kurtulmuştepe Formasyonu ile uyumlu üstte ise Kızılbaş Formasyonu, Kızılöz Formasyonunu uyumlu olarak örtmektedir. Birime stratigrafik konumu nedeni ile Alt Miyosen yaşı verilmektedir (Ayhan vd.,1986).

2.1.2. Örtü Birimleri

2.1.2.1. Kızılbaş Formasyonu

Kızılbaş Formasyonunu ilk defa Ayhan vd.,1986 adlandırmıştır. İçinde jips damarları gözlenen kırmızı, yeşil renkli, çakıllı, üstte doğru mercekli çapraz tabakalı kumtaşı, çakıl taşlarından oluşmaktadır. Formasyonun içerisinde 3-5 m lik kireçtaşı seviyeleri

ve çok ince 0-2 cm arasında değişen kömür seviyeleri gözlenmektedir. Formasyonun kalınlığı yaklaşık 250 m civarındadır. Bu birim çalışma alanı içerisinde, tabandaki Kızılöz Formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Stratigrafik konumuna göre Formasyonun yaşı Orta-Üst Miyosen olarak tanımlanmıştır. Gölsel ve akarsu ortamında oluşmuş Kızılbayır Formasyonunun tanelerinin kötü boylanmalı olması çalkantılı bir ortamı gösterirken ve iyi yuvarlaklaşmamış olması ise, taşınmanın kısa mesafeli oluşunun göstergesidir (Ayhan vd.,1986).

2.1.2.2. Katrandedetepe Formasyonu

Tip kesiti Katrandedetepe mevkiî olduğundan formasyon ilk Ayhan vd.,1986 tarafından bu isimle adlanmıştır. Kırmızı, yeşil renkli Kızılbayır Formasyonu üzerine, kirli, beyaz rengi ile arazide ayırtlanan formasyon, paralel bir şerit halinde yayılım gösterir. Formasyon altta Kızılbayır Formasyonu ve üstte Beştepeler Formasyonu ile uyumludur. Yeşil, beyaz renkli, killi kireçtaşı, marn aralanmasından oluşan birim, midye kabuğu kırılmalıdır. Birimin içerisinde elde edilen fosil bulgularına göre yaşı Miyo-Pliyosen'dir. Gölsel bir ortamda çökelmiş olan birim içerisinde Chara'nın ve yosunun varlığı nedeni ile tatlı su ortamı olduğu düşünülmektedir (Ayhan vd.,1986).

2.1.2.3. Beştepeler Formasyonu

Çalışma alanında çok geniş yayılıma sahip olan birim, konglomera arakatkılı yeşil renkli kumtaşları ile başlayıp, killi kireçtaşı arakatkılı kumtaşı, şeyl, konglomera ara katmanlanması ile devam etmektedir. Altta Katrandedetepe Formasyonu ile uyumlu olan birimin kalınlığı 450 m civarındadır (Ayhan vd.,1986).

Birime stratigrafik konumu nedeni ile Üst Miyosen yaşı verilmiştir ve üzerine uyumsuz olarak alüvyon gelmektedir. Formasyonun çökme ortamı tatlı su gölü olup, kırıntılı malzemenin çok oluşu da sığ ortamda çökeldiğini ifade etmektedir (Ayhan vd.,1986).

2.1.2.4. Bazik Kül

Gri, boz renkli kül boyutunda gözlenen iyi tutturulmuş, organik yüzey toprağına sahip, karbonatlı kil, yumuşak kireçden oluşan birimin yaşı stratigrafik konumuna göre, Üst Pleyistosen dir (Ayhan vd.,1986).

2.1.2.5. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı, içerisinde andezit, bazalt, tuf gibi volkanik kayalarla, göl, akarsu ortamında oluşmuş kayalara ait çakıllar ile kum bulunan alüvyon malzemelerden oluşmuştur (Ayhan vd.,1986).

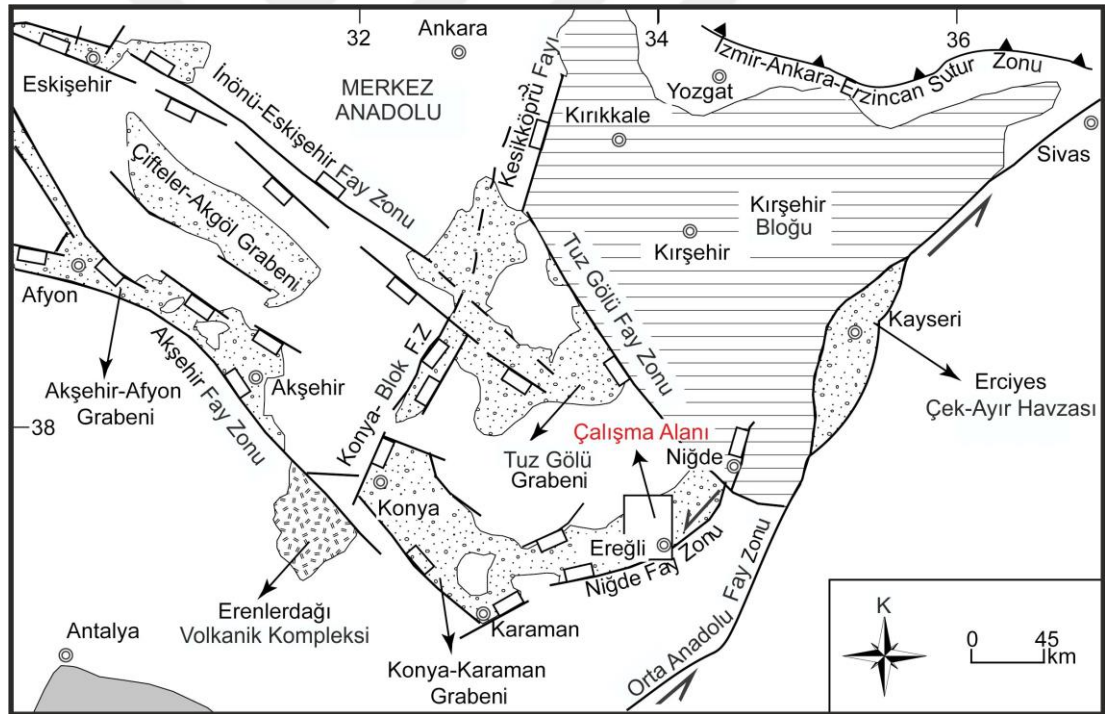
2.1.2.6. Akhüyük Travertenleri

Kuvaterner yaşlı, inceleme alanındaki en genç birim olan Akhüyük travertenleri çatlak sırtı traverten oluşumları şeklinde arazide gözlenmekte ve oluşumunu devam ettirmektedir. Araştırmanın ana konusunu oluşturan Akhüyük travertenleri, Ereğli'nin kuzeyinde yer alan Akhüyük köyünde 1,5 km² alanda 2300 m uzunluğa 360 m genişliğe ve maksimum 25 m yüksekliğe sahiptir. Morfolojik görünümüne bağlı olarak çatlak sırtı travertenler olarak tanımlanmıştır. Belirli bir açılma eksenini dik kesecek şekilde oluşmuş traverten kütlesi, oluşumunu günümüzde de lokal olarak kütlenin belirli noktalarındaki su çıkışlarından devam ettirmektedir.

3. ÇALIŞMA ALANININ NEOTEKTONİĞİ

Orta Anadolu Bölgesi Koçyiğit (2000) tarafından neotektonik olarak iki alt bölgeye ayrılmıştır. Kesikköprü Fayı ve Tuzgölü Fay Zonu'nun batısında ve doğusunda bulunan bölgeler sırasıyla Konya - Eskişehir neotektonik bölgesi ve Kayseri - Sivas neotektonik bölgesi olarak sınıflandırılmıştır.

Kesikköprü Fayı ile Tuzgölü Fay Zonu geçiş zonu karakterini taşıdığı ve Konya - Eskişehir neotektonik bölgesi sıkışma türü bir neotektonik ortam ve oblik karakterli normal faylanma ile karakterize edilirken, Kayseri - Sivas neotektonik bölgesi sıkışma - genişleme türü bir neotektonik ortam ile birlikte doğrultu atımlı faylarla karakterize edilmektedir. (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Orta Anadolu bölgesi ve çalışma alanının neotektonik gelişimini gösterir harita (Koçyiğit 2000).

Akhüyük travertenleri Konya - Karaman grabeninin kuzey doğusunda yer almaktadır. Bu havzayı denetleyen önemli yapılar Tuz Gölü ve Niğde fay zonlarıdır. Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) K 30° B uzanımlı ve yaklaşık olarak 220 km uzunluğunda, 15 - 25 km genişliğinde sağ - yanal doğrultu atımlı (yüksek açılı

normal fay bileşenli) bir fay zonudur (Toprak ve Göncüoğlu 1993; Dirik ve Göncüoğlu 1996; Çemen vd., 1999) (Şekil 3.1).

Konya - Karaman havzasının güneydoğu sınırını denetleyen önemli bir jeolojik yapıda Niğde Fay Zonu 'dur (NFZ). NFZ'u kuzeydoğuda Niğde'den başlayıp, güneydoğuda Karaman'a kadar uzanan 170 km uzunluğunda, 7-8 km genişliğinde aktif bir fay zonudur. Sol yanal doğrultu atımlı, atım bileşeni olan verrev normal fay zonudur. NFZ'u birkaç km ile 25 km arasında değişen uzunluklara sahip segmentlerden oluşur. NFZ'nun kuzeydoğusunda yer alan Niğde çöküntüsünün güney kenarında bulunan Geç Pliyosen - Erken Kuvaterner yaşlı yelpaze tortullarını kesmektedir. Fayın buradaki toplam düşey hareket hızı ise ortalama 0.13 mm/yıl olarak belirlenmiştir (Koçyiğit 2000). Ancak çalışma alanı içerisinde fayın aktivitesi ile ilgili olabilecek verilere rastlanmamıştır.

4. TRAVERTEN KAVRAMI VE GENEL ÖZELLİKLERİ

4.1. Giriş

Oluştığı ortamın neotektonik ve yapısal özelliklerin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan bilgiler son yıllarda genç travertenlerin önemini giderek arttırmakta ve bu yönde yapılan çalışmalar da giderek çoğalmaktadır. Yapılan çalışmalarda günümüze yakın bir zamana kadar bilinmeyen fakat teknolojinin gelişmesi ve yapılan çalışmalarda gerçekçi ve düşük hata payı vermesi sebebi ile Uranyum serisi radyometrik yaşlandırma tekniğinin kullanılıyor olması travertenlerin neotektonik araştırmalarda tercih edilen bir parametre olmasını sağlamıştır.

Traverten kelime itibari ile birçok araştırmacı tarafından çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Bu tanımlamalardan bazıları;

İtalyanca travertino kelimesinden gelen traverten, eski dönemlerde Roma yakınlarındaki Tibur'da travertenin çok olması nedeniyle Lapis Tiburtinus olarak da anılmaktadır (Lyell, 1983).

Diğer bir tanımlamada Karbonatca zengin olan ve şelaleler yaparak akan karstik suların yüzeye çıktıkları yerlerde çökelen, yoğun gözenekli ve süngerimsi yapıda oluşan kayaçlara traverten denir (Nazik 2008).

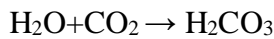
Travertenler, kireçtaşı ve mermer gibi, suda kolay çözülebilen karbonatlı kayaçların kırıklı çatlaklı zayıf zonlarında çözme aşındırma (korozyon) yapan yeraltı sularının yeryüzüne çıktığı kaynak ağızları ve çevresinde çöktüğü tortul kayaçtır (Altunel ve Hancock, 1993).

Kaynaklardan çıkan kalsiyum (Ca^{+2}) ve bikarbonatça (HCO_3^-) zengin yeraltı sularının çöktüğü kireçtaşlarında traverten olarak adlanmaktadır (Guo ve Riding, 1998).

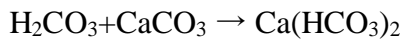
Son olarak Atabey (2002)'nin tanımlamasına göre Travertenler karstik, hidrotermal kaynaklar, küçük nehirler ve bataklıklarda organik ve inorganik işlemler sonucu oluşan kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimleridir.

4.2. Travertenlerin Oluşumu

Travertenler; fizikokimyasal süreçler sonrasında oluşan tortul, karbonatlı kayaç türlerine verilen genel isimdir. Travertenlerin kimyasal yapısı kalsiyum karbonat olup kalsiyum karbonatça zengin ana kayanın kırık ve çatlaklarında dolaşan yeraltı sularına meteorik yağışların, atmosferden ya da dış kaynaklardan eklenen karbondioksit ile aşağıda belirtilen kimyasal tepkime ile sular asidik özellik kazanırlar.



Asidik hale gelen suyun içinden geçtiği kayaçlardaki karbonatı çözüp bünyesine alarak kalsiyum bi karbonatça zengin hale gelmesi traverten oluşumu için gerekli olan kimyasal sürecin ilk kısmıdır.



Daha sonra ise kalsiyum bikarbonatça zengin bu yeraltı suları genellikle süreksizlik düzlemleri, fay ve çatlaklardan yeryüzüne ulaştıkları anda değişen basınç ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak bünyesindeki karbondioksit içeriğinin hızlı bir şekilde kaybolmasıyla ikincil kalsiyum karbonat çökmesi şeklinde birikerek travertenleri oluşturur ve kimyasal süreç tamamlanmış olur.



Bu sürecin bir sistem olarak tekrarlanıp devam etmesi durumunda ise travertenler kaynak çıkışından aşağıya doğru çökmeye devam ederek depo ve yığın şeklinde kalınlıkları artarak birikmeye devam ederler.

4.3. Traverten Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Traverten oluşumunu yeraltı sularının kimyasal bileşimi, karbonatça doygunluk derecesi, bünyesine dahil ettiği karbondioksit gazının kısmi basıncı, kaynak çıkış debisi ve suyun yeraltında dolaşırkenki sıcaklığı ile kaynak çıkış sıcaklığı (Koçan, 1999) gibi değişik parametreler etkilemektedir. Chafetz ve Folk'un (1984) belirttiği gibi traverten oluşumu organik ve inorganik süreçlere bağlı gelişen bir olaydır. Bu süreçler sonucu ortaya çıkan "traverten" miktarı ise birçok değişkene bağlıdır. Örneğin; fizikokimyasal etkenler (sudaki çalkantı, güneş ısı vb.) karbonatın inorganik çökmesini etkilerken, organizmanın çokluğu ve büyüme oranları da karbonatın organik çökmesini etkiler.

4.4. Traverten Çökelimlerinin Gösterdiği Ortak Özellikler

Travertenler belli bir sistematik dahilinde çok değişik fiziko-kimyasal süreçler sonunda çökelen ve bu sürecin devam etmesiyle birlikte, morfolojik birikim olarak depolanan kalsiyum karbonat çökelimleridir. Çalışma alanındaki Akhüyük travertenleri ise çatlak sırtı traverten şeklinde olup özellikle bu tip traverten çökelimlerinin gösterdiği ortak özellikler bulunmaktadır. Bu çökelimler genellikle çatlak ve kırık hatlarını takip ederek, süreksizlikler boyunca çökler. Bu süreksizlikler genellikle genişleme aktivitesinin olduğu kırıkların üzerine ya da normal fayların fay düzlemleri boyunca tavan ve taban bloğun arasındaki zayıf zondan yeryüzüne çıkan yapılarıdır ve travertenler bu hat boyunca çökler.

Çatlak sırtı travertenler, genellikle travertenin oluştuğu bölgeye yakın yerlerdeki özellikle doğrudan atımlı fay segmentleri arasındaki gerilmeli sıçramalı zondaki aktiviteye bağlı olarak oluşur. Bu karışık ve kompleks gerilmeler sonucunda oluşan genişleme nitelikli çatlak sistemlerinin bulunduğu bölgelerde çatlak sırtı traverten birikimlerinin oluşma olasılığı yüksektir.

Genişleme rejiminin etkin olduğu bölgelerdeki çatlaklar üzerinde oluşan travertenlerin çökme biçimi ve şekilleri, çökmeye başladığı yerin jeomorfolojisi ile kontrol edilir. Tufalar, özellikle bir gölün içinde veyahut gölün beslenme havzasının göle yakın kesimlerindeki genişlemeli bir rejimde, diyajenez ugramamış çökeller üzerinde gelişen kırıklarla oluşurken, çatlak sırtı travertenler yüzeyde temeli kesen süreksizlikler ve çatlaklar boyunca gelişir.

Çatlak sırtı travertenler ana bir çatlak boyunca çatlağın iki tarafına, dışarıya doğru eğimli olarak gelişen travertenlerden ve bu traverten çatlağının merkezinde gelişen genişleme çatlağını dolduran dikey konumlu bantlı travertenlerden oluşur. Çatlağın oluşum yönü bölgesel olarak tektonik gerilmelerin oluşturduğu genişleme yönünü tayin etmede büyük kolaylık sağlamaktadır.

4.5. Traverten Sınıflamaları

Travertenler değişik araştırmacılar tarafından farklı özelliklerine göre bir çok sınıflamaya tabi tutulmuştur. Morfoloji, litotip, gözeneklilik, bitki içeriği vb., gibi farklı kriterler kullanarak travertenler kategorize edilmektedir. Bu değişik sınıflamalara rağmen günümüzde en yaygın kullanılan sınıflama; morfolojik (Altunel, 1996) ve litotiplerine göre (Guo ve Riding, 1998) (Hancock, 1996) yapmış olduğu sınıflamalardır.

4.5.1. Morfolojik Sınıflama

Traverten oluşumlarını sınıflamada en yaygın olarak kullanılan özellik oluşan travertenlerin morfolojileridir. En yaygın olarak kullanılan sınıflama olmasının sebebi ise değişik bölgelerde oluşan travertenlere, büyük ölçekli, küçük ölçekli, eski ve yeni gibi farklı özellikteki travertenlerin hepsine uygulanabilir olması ve sınıflama kriterinin morfolojik görünüm olmasından dolayı yaygın bir şekilde

kullanılmaktadır. Örneğin; Pamukkale, Mammoth Hot Springs, Bridgeport (California, U.S.A.) ve Tivoli (İtalya), gibi farklı bölgelerdeki traverten oluşumları, morfolojik görünüm ve özelliklerine göre sınıflandırılmıştır (Altunel 1996).

Morfolojik sınıflama en yaygın olarak kullanılan sınıflamadır. 5 farklı morfolojik sınıflama aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

4.5.1.1. Teras tipi Travertenler

Teras tipi travertenler kırık, çatlak, süreksizlik ve aktif fay hatları vb. üzerindeki kaynaklardan çıkan suyun eğimli bir yamaçtan aşağı akarak traverten çökeltmesi ile oluşur. Bu travertenlerin teraslarının ve havuzlarının boyutları birkaç milimetreden metrelerce uzunluğa ulaşabilir. (Altunel, 1996) (Şekil 4.1).

Traverten birikimini oluşturacak su, eğimli yüzey boyunca akarken önündeki engellere takılarak birikir ve travertenleri çökeltmeye ve teras havuzlarını oluşturmaya başlar. İlerleyen süreçte bu teras ve havuzları dolduran su bir alt kademeye akarak traverten oluşturmaya devam ederek büyümelerini sağlar. Tekrarlanan bu süreçler sonunda yamaç üzerinde havuzlar, teraslar, yarım küre şeklinde tepecikler ve sarkıtlar gibi küçük ölçekte şekiller oluşur (Altunel, 1996).

4.5.1.2. Sırt Tipi Travertenler

Kırık hatları, faylar, genişleme çatlakları vb. gibi süreksizlikler boyunca yüzeye çıkan suların çıktığı yerde biriktirmeye başladığı kalsiyum karbonat çökelleri zamanla bu süreksizlikler boyunca çökerek bir traverten sırtı oluşturur.

Oluşan bu traverten sırtının merkezi çatlağında çatlak duvarlarına paralel sıkı dokulu onikse benzeyen kristalin kabuk tipi traverten ve bantlı traverten oluşurken yüzeyde tabakalı travertenler meydana gelir (Şekil 4.1).

Yüzeye çıkan suyun yüzeyde çatlağın iki tarafından akmasıyla tabakalı travertenler oluşur. Traverten tabakalarının eğimleri sırt ekseninden uzağa doğrudur. Yani sırt tipi travertenler bir nevi çatı şeklindedir (Altunel, 1996).

Sıcak suyun yukarıya yükselmesi sırasında merkezi çatlak içinde çökelen bantlı traverten genellikle simetriktir. Yaklaşık düşey olan bantlı travertenler içinde cep şeklinde boşluklar mevcuttur. Bu ceplerin bazıları ise yataya yakın laminalar içermektedir (Altunel, 1996).

4.5.1.3. Kanal Tipi Travertenler

Kalsiyum karbonatça zengin suyun kanal içinde akması sonucu, kanal tabanında ve kenarlarında travertenlerin çökmesiyle oluşan duvar şeklindeki travertenler kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenler diye adlandırılmıştır (Şekil 4.1).

Traverten oluşumunu sağlayan kanallar, doğal olarak oluşmuş veya insanların sulama amaçlı yaptıkları kanallar olabilir. Kanal içindeki suyun akışı kanal kenarlarında, kanal merkezine göre daha çalkantılı olduğu için traverten çökelişi kenarlarda daha fazladır. Dolayısıyla kanal tipi travertenlerin dikey kesiti genellikle "M" şeklindedir (Altunel, 1996).

4.5.1.4. Fay Önü Travertenleri

Aktif fay zonlarında, düşen bloklar üzerinde gelişen masif, kaba bantlanmalı ve fay breşi içerikli travertenlere "fay önü tipi travertenler" veya "fay önü travertenleri" denilir (Şekil 4.1). Breşik malzemeler; mermer, şist, kireçtaşı ve traverten gibi çeşitli bileşenlerden oluşabilir. Breşlerin arasını dolduran çökeller, genellikle makro ölçekli yapılarda mikritik, mikro ölçekli yapılarda ise sparitiktir. Fay önü travertenlerinin bant kalınlıkları, eğime ve suyun akış miktarına (debisine) bağlı olarak değişir (Altunel, 1996).

4.5.1.5. Aşınmış Örtü Tipi Travertenler

Aşınmış bozunmuş diğer travertenler ile morfolojik olarak bir bağı kalmamış traverten çeşitlerine aşınmış örtü travertenleri denir. Bunlar buldukları ortamdaki en yaşlı traverten çeşididir ve diğer traverten çeşitlerinin (tabakalı, sırt tipi, fay önü veya teras tipi travertenlerinin) aşınması ile oluşur (Altunel, 1996) (Şekil 4.1).

4.5.2. Litotiplerine Göre Sınıflama

Farklı fiziko-kimyasal şartlarda birikerek depolanmış travertenler tabakalanma, renk, gözenek, görünüm, bileşim ve doku farklılıkları gösterir (Özkul, 2002). Morfolojik şekle bağlı olarak kaynak sularının akım şekline göre (laminer , türbülanslı), morfolojik olarak farklı traverten şekilleri oluşur. Bu travertenler, çökme ortamındaki sıcaklığa, karbonat yoğunluğuna, eski topografyanın şekline, florasına ve derinlik özelliklerine göre yedi farklı sınıflamaya tabi tutulabilir (Guo ve Riding, 1998).

4.5.2.1. Kristalen Kabuk Tipi Travertenler

Kristalen kabuk tipi travertenler yamaç üzerinde yayılımı fazla olan çökellerdir. alinde oluşur ve akan kaynak sularından hızlı bir çökelmeyi yansıtır. Bu terim ilk olarak Guo ve Riding (1992) tarafından kullanılmıştır.

Kristalen kabuk tipi travertenler diğer litotiplere göre sıcak su kaynağına en yakın oluşan travertenlerdir. Bu travertenler genellikle yoğun beyaz, krem renğinde ve iri lifsi kristallidir. Bu iri kalsit kristalleri depolanma yüzeylerine dik konumdadır. Kaynağın ilk çıkış anında su sıcaklığının fazla olmasından ve içerisine fazla yabancı madde karışmamasından dolayı; açık renkli ve organik madde içeriği az veya hiç olmayan travertenlerdir (Guo ve Riding, 1998) (Şekil 4.1).

Diğer traverten litotiplerine göre gözenekliliği daha az, özgül ağırlıkları daha fazla ve basınç dayanımları yüksektir. Kristalen kabuk tipi travertenler yatay, düşey ve çapraz konumlarda olabilir. Bu durum suyun çıkış yönü hakkında bilgi verir bu travertenlerde yanal ve düşey yönde diğer litotiplere geçiş göstermekte olup, geçiş gösterdiği litotipler; çalı tipi, karnış tipi, breşik ve sal tipi travertenlerdir (Guo ve Riding, 1998).

4.5.2.2. Çalı Tipi Travertenler

Az eğimli yüzeyler boyunca gözlenen ve çalı veya bodur bitki görünümünde olan, az gözenekli ve boşluklu travertenlere çalı tipi travertenler denir. Suda çözülmüş

karbondioksit gazının dereceli olarak kaybı da çalı tipi travertenin oluşmasını sağlar (Şekil 4.1) (Guo ve Riding, 1998).

Mikrit-sparit romboederlerinden oluşan bu görünüm diğerlerinden kolaylıkla ayırt edilir. Kalınlıkları birkaç milimetreden birkaç metreye kadar olabilir. Bu travertenler kamış tipi travertenlere geçişli olarak bulunur. Çalı tipi travertenler dokusal özelliklerine göre mikritik dokulu, boşluklu bir yapıdadır. Boşluklar çok düzenli olsa da, yer yer düzensiz boşluklar da gösterir. Bu boşlukların fenestral (kuruma boşlukları) boşluklar olduğu tespit edilmiştir. Bu boşlukların oluşumu; günlük, saatlik olarak su akışının kesilmesi ile ilişkilidir. Çalı tipi travertenler teras havuzlarında oluşmakla beraber çukur alanlarda ve düzlüklerde yaygın olarak bulunur. Bu litotiplerin oluşumunda bakteri alg gibi mikrobiyolojik etkiler yanında abiyotik etkileride önemli rol oynar (Guo ve Riding, 1998).

4.5.2.3. Kamış Tipi Travertenler

Kaynak suları kaynaktan uzaklaştıkça ve yağmur sularının da etkisiyle sıcak su kaynaklarındaki suları seyrelterek suların soğumasını sağlar. Bundan dolayı kamış, saz ve iri otlar soğuyan suyun yakın çevresinde gelişmeye başlar. Kamış saplarının fazla yoğunlaşması ise su akışını engelleyebilir. Kök sistemleri, çökelleri sıkıştırır ve sağlamlaştırır. Bu bitki malzemesi, kristalen kabuk malzemesi ile kuşatılır. Böylece boşluklu bir yapı kazanır. Bitki kök ve sapları silindirik bir yapıda olabilir. Kamış kalıplarının ve boşluklarının korunmuş olması, sonuçta bu tip travertenlerin yüksek porozitede olmasına neden olur (Guo ve Riding, 1998) (Şekil 4.1).

Bu travertenler kapalı bataklığa benzer, küçük dar çukurluklarda oluşur. ve içlerinde yer yer sal tipi traverten oluşumları gözlenebilir (Guo ve Riding, 1998)

4.5.2.4. Breşik Tip Travertenler

Breşik travertenler, traverten oluşumu ile eş zamanlı, eğimli yüzeyler üzerinde çökelmiş travertenleri aşındırıp, parçalayıp traverten oluşturan sularla daha aşağı noktalara taşınıp yeniden biriktirmeleri ile oluşur. Bu tip travertenlere Guo ve Riding (1998) tarafından “Litoklastik Traverten” olarak adlandırılmıştır. Bu nedenle breşik travertenler yamaçların alt kesimlerinde, çukurlarda ve yarılmaların olduğu

kesimlerde depolanırlar. Renkleri genellikle beyazımsı, koyu gri, yeşilimsi ve açık kahverengidir. Çevredeki travertenlerden koparılmış parçalar ise daha açık renklidir. Breşik travertenler toprak oluşum koşullarının etkili olduğu sığ çukurlarda birikirken içlerinde içlerinde killi, siltli matriks bulundurlar. Bu travertenlerayını zamanda havuz ve küçük su birikintilerinde oluşmuş açık travertenlerle ardalanmalı olarak da oluşmaktadır (Guo ve Riding, 1998) (Şekil 4.1).

4.5.2.5. Sal Tipi Travertenler

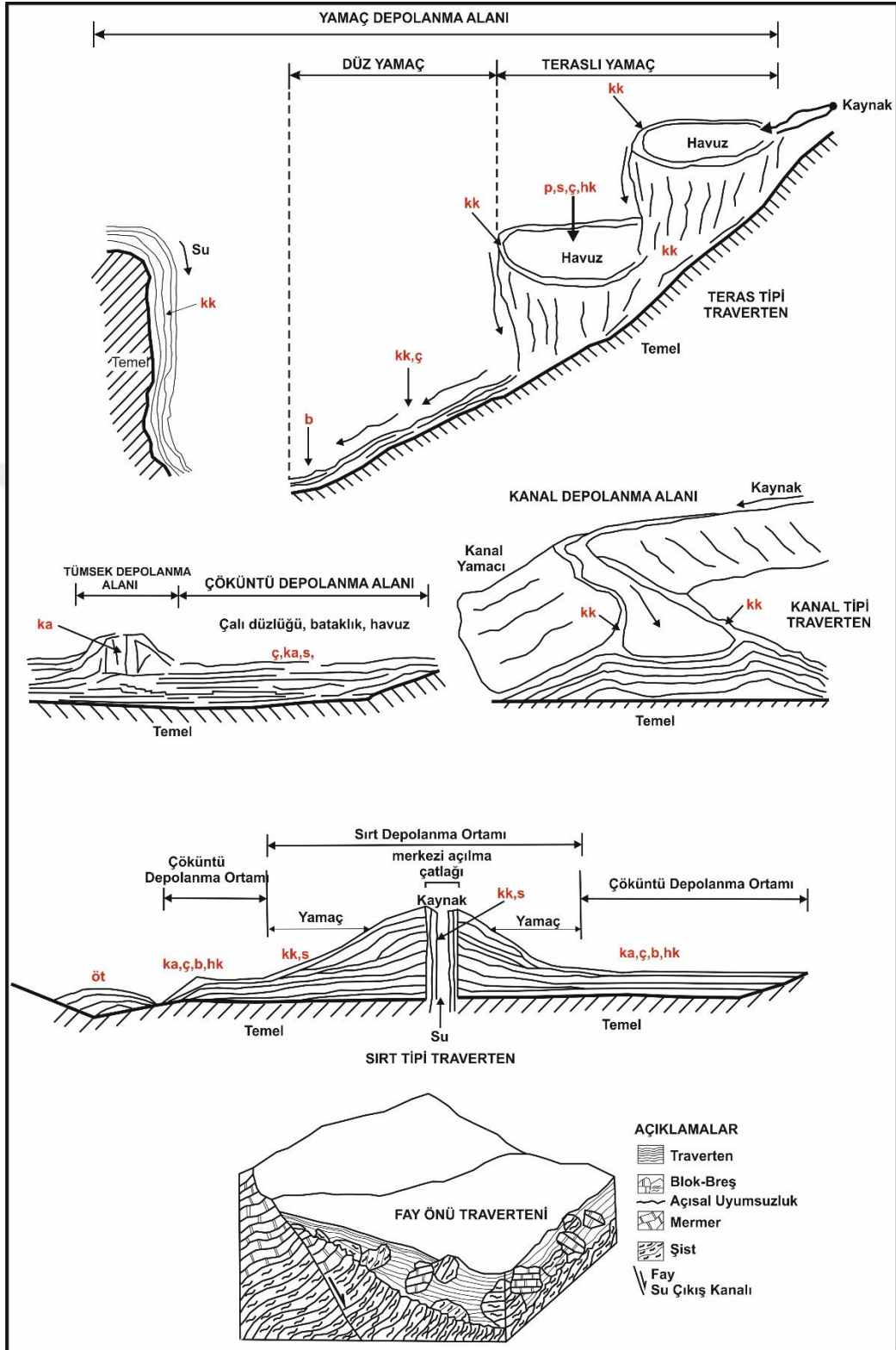
Bu tip travertenler sığ çöküntü alanlarını ve teras havuzlarını dolduran su yüzeylerinde biriken CaCO_3 filminin zaman zaman çökmesi ile oluşur. Bu tip travertenler gevşek (kırılgan) ince kristalin katmanlar şeklindedir ve genellikle kamyş ve çalı tipi travertenlerle birlikte yatay konumlu, ince laminalar şeklinde görülür. Bu tip traverten oluşumları küçük durgun su havzalarının ve teras havuzlarının tabanında CaCO_3 birikimlerini temsil eder (Guo ve Riding, 1998) (Şekil 4.1).

4.5.2.6. Gaz Boşluklu Travertenler

Bazı gaz boşluklu travertenlerin oluşumları sırasında çökeller arasında açığa çıkan gazlar sal laminaları altında hapis kalır. Bu hapis kalan gazların zamanla, basınçla veya diğer etkenlerle kaçması sonucunda oldukça boşluklu bir yapıya sahip travertenler oluşur. Bu tip travertenlere gaz boşluklu travertenler denir (Guo ve Riding, 1998) (Şekil 4.1).

4.5.2.7. Pizolitik Travertenler

Pizolitik taneleri yamaçlar üzerinde bulunan küçük ölçekli teras havuzları ile çöküntü ortamları içinde yer alan geniş ve sığ havuzlarda oluşturur (Şekil 4.1). Genellikle çalı şekli ve mikritik karbonatla birlikte görülür. Oluşan şekiller küresel, yarı küresel, elipsoidal şekilde olabilir (Özkul, 2002). Dünyanın değişik yörelerinde yapılmış çalışmalarda 3 farklı pizolit ayırt edilmiştir. Konsantrik laminalı pizolitler, ışınsal çalı pizolitleri ve stromatolitik meme şekilli pizolitlerdir (Guo ve Riding, 1998).

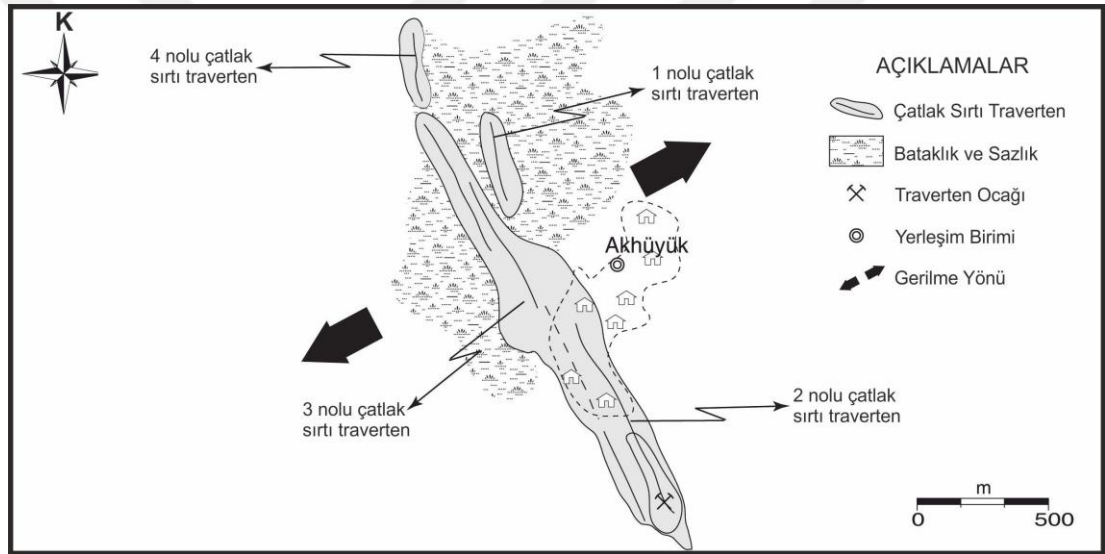


Şekil 4.1. Traverten Litofasiyeslerinin oluştuğu depolanma ortamları ve alt ortamlar. Kısaltmalar; **kk**: kristalen kabuk tipi, **s**:sal tipi, **ç**: çalı tipi, **p**:pizolit, **hk**: gaz boşluklu zarflı hava kabarcığı, **ka**: kamyş, **b**: breşik, **öt**: aşınmış örtü tipi traverten (Özku, 2002).

5. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİ

5.1. Akhüyük Traverten Oluşumlarının Özellikleri

Ereğli'nin kuzeyinde yer alan Akhüyük köyünde 1.5 km² alanda yüzeyleyen Akhüyük traverten oluşumları, 2300 m uzunluğa maksimum 360 m genişliğe ve maksimum 25 m yüksekliğe sahiptir. Morfolojik görünümüne bağlı olarak çatlak sırtı travertenler olarak tanımlanmıştır. Belirli bir açılma eksenini dik kesecek şekilde oluşmuş traverten kütlesi oluşumunu günümüzde halen devam ettirmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Akhüyük Travertenleri oluşum mekanizması (Temiz ve Savaş 2015).

Genel olarak K 30° B doğrultulu bir zonda uzanan traverten kütlesi 4 ayrı çatlak sırtı travertenden oluşmaktadır. Bu travertenler, açılma çatlakları eksenleri üzerinde takip edilebilen merkezi çatlaklar barındırır. Akhüyük travertenini aktif olarak gelişimini sürdüren bir travertendir. Sırt tipi travertenlerin merkezi çatlaklarında ve yer yer travertenin yakın civarlarında su çıkışları devam etmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Akhüyük Çatlak sırtı tipi travertenlerinde devam etmekte olan su çıkışları (Bakış Güney Doğu'ya).

Akhüyük traverteninin merkezinde yer alan çatlak boyunca yükselen suların içerisindeki çözülmüş mineraller (kalsiyum karbonat, kükürt, organik kalıntı vs.) yüzeye ulaştıklarında traverten oluşturmanın yanı sıra, yüzeye çıkış çatlağında da zamanla tıkanma gerçekleştirebilmektedir. Bu sürece bağlı olarak da kaynak çıkışlarının yeri değişmekte ve traverten oluşumu başka bir süreksizlik boyunca devam etmektedir. Bu su çıkışlarının bozuk yumurta kokusunda olduğu ve sarı renkte kükürt veyahut demir çökelimi bıraktığıda gözlemlenmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Çatlak sırtı travertenlerin merkezi çatlaklarından çıkan sular ve bıraktığı kükürt çökelimleri (Bakış Güney Doğu'ya).

Merkezi çatlaklardan çıkan sular, merkezin iki yanından aşağı süzülür ve eksen bitimindeki traverten sarplığına bağlı olarak da karbonat tortullarını (dikit, makarna sarkıt, akma taş v.s) güzel şekiller bırakacak şekilde çökeltmektedir (Şekil 5.4). Travertenden çıkan sular yöre halkı tarafından, yapay setlerin üzerinden akıtılarak, teras tipi yapay traverten havuzları oluşturulmaktadır. Bu havuzlar yerel halk tarafından çeşitli hastalıklara iyi geldiği düşünülerek, tedavi amaçlı da kullanılmaktadır (Şekil 5.5).

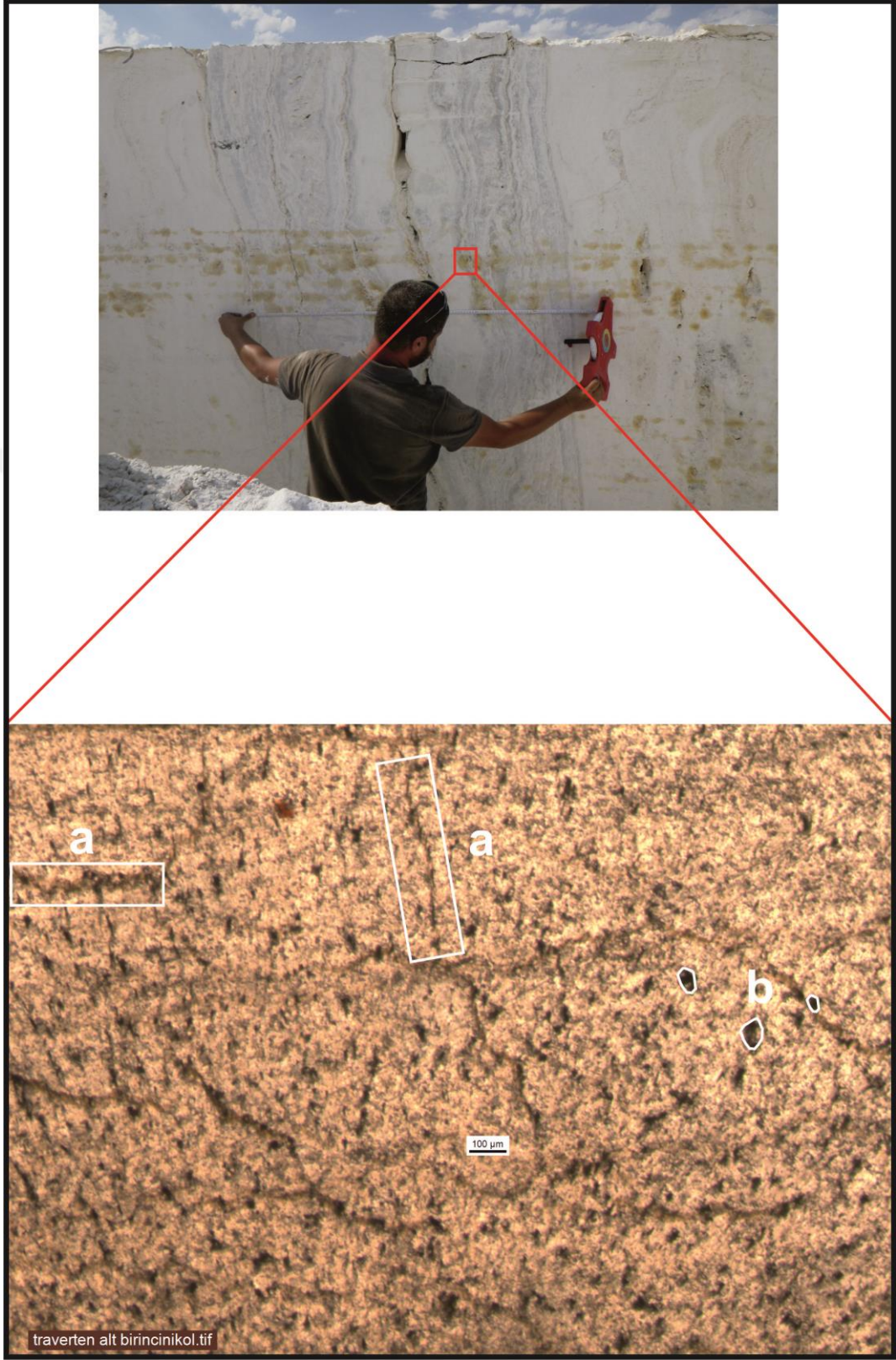
Traverten kütlesinden alınan örneklerin ince kesit görüntülerinde travertenin ilk oluşum aşamasındaki çözülmüş karbondioksit gazının dereceli olarak kaybı sonucu oluşan dairesel boşluklar ve traverten oluşuktan sonraki yapısal unsurlara bağlı gelişen kırılmalar ve boşluklar gözlenmektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.4. Merkezi çatlaklardan akan suların eksen bitiminde oluşturdukları kimyasal tortullar (dikit, makarna sarkıt, akma taş v.s) (Bakış Güney Batı'ya).



Şekil 5.5. Halk tarafından yapay olarak oluşturulan teras tipi traverten görünümü kazanmış havuzlar (Bakış Güney Batı'ya).



Şekil 5.6. Travertenden alınan örneğin ince kesit görünümü **a**) traverten oluşuktan sonraki yapısal unsurlara bağlı gelişen kırılmalar, (Bakış Kuzey Batı'ya) **b**) çözülmüş karbondioksiti kaybı sonucu oluşan dairesel boşluklar.

5.2. Akhüyük Travertenlerinin Sınıflandırılması ve Özellikleri

Akhüyük çatlak sırtı travertenleri, konumları, bantlı traverten kalınlıkları ve morfolojik özellikleri dikkate alınarak 4 grupta incelenmiştir.

5.2.1. 1 No lu Traverten

Akhüyük traverten kütesinin kuzeybatısında yer alan travertenler K 13° B uzanımına sahiptir. Traverten kütesinin uzunluğu yaklaşık 469 m ve genişliği 80-90 m arasında değişmekte yüksekliği ise yaklaşık 12 m dir (Şekil 5.7 c.d). Yükseklik/genişlik oranı 0.12 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1 1 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıklarını gösterir tablo.

Traverten No	Travertine Tipi	UTMKoordinatları			Doğrultu	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Yükseklik-Genişlik oranı	Bantlı traverten kalınlığı (cm)	
		x	y	N						min	max
1	Çatlak sırtı traverten	x	593620.56E	593690.30E	K13°B	469	80-90	12	0.12	-	170
		y	4162575.05	4162169.90							
		N		N							

Traverten sırt eksenindeki bantlı travertenin kalınlığı 170 cm olarak ölçülmüştür. Travertenin merkezi çatlağından alınan örneklerin Uranyum (U) serisi radyometrik yaşlandırmasında, bu travertenin yaşı yaklaşık 36.000 ± 1.060 yıla karşılık gelmektedir (Şekil 5.7 a,b).



Şekil 5.7. a, b) 1 no lu travertenin merkezi çatlak genişliği (Bakış Kuzey Batı'ya).
c, d) 1 no lu travertenin genel yapısı (Bakış Kuzey Doğu'ya).

5.2.2. 2 No lu Traverten

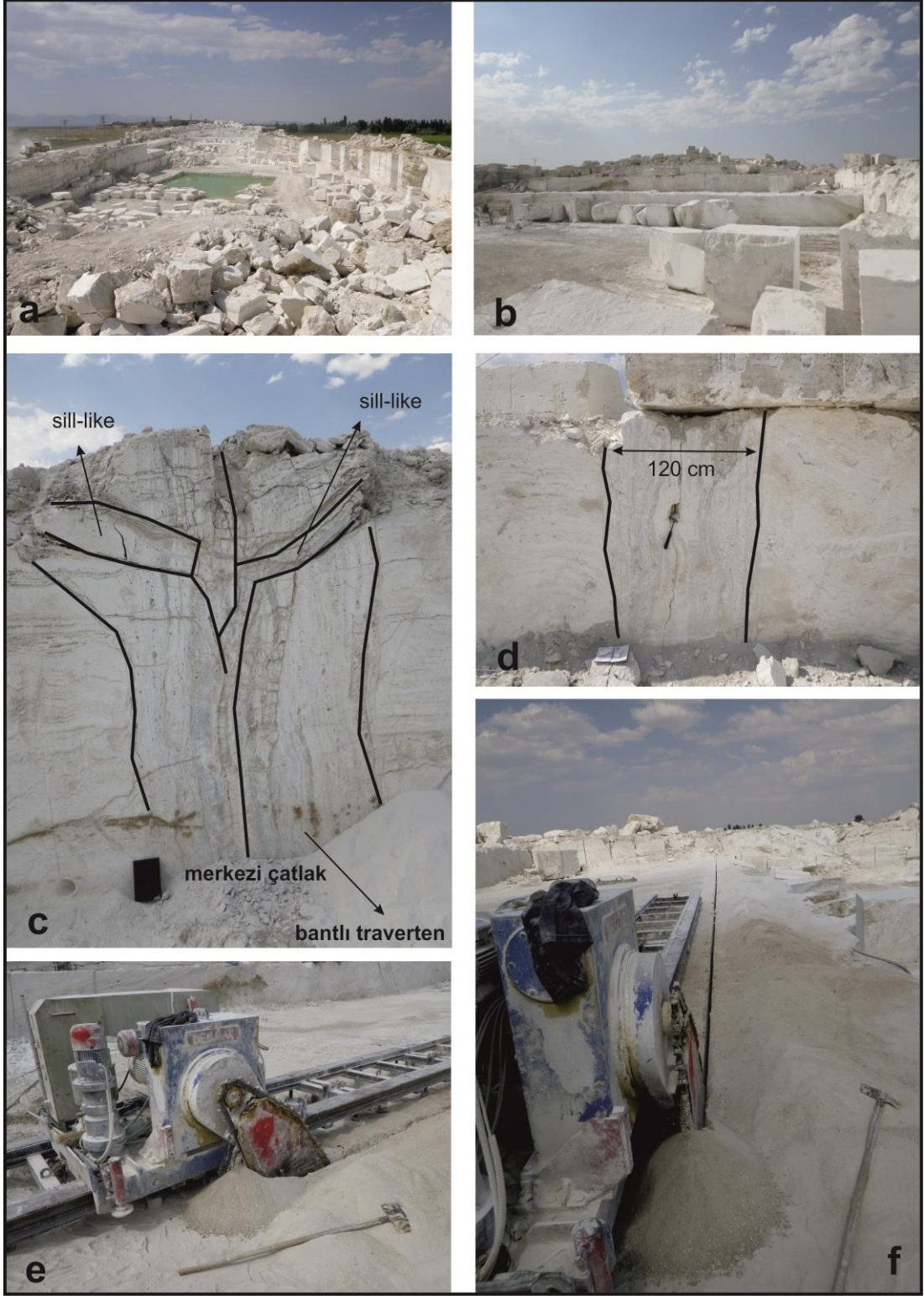
Akhüyük travertenlerinin en karakteristik özelliklerinin görüldüğü çatlak sırtı travertendir (Şekil 5.8 a,b). K 28° B uzanımına sahip olan traverten kütlelerinde kademeli olarak traverten çıkarılmakta olup işletme sahasında 4 farklı seviyede mostra vermektedir (Şekil 5.8 e,f). Traverten üretimi için açılan 3 m yüksekliğe sahip her bir seviyede ortalama bantlı traverten kalınlığı 120 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 5.8 d). Ortalama sırtın yüksekliği 15-20 m arasında değişmektedir.

Yükseklik/genişlik oranı 0.26 - 0.5 arasında değişen değerlerde hesaplanmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. 2 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıklarını gösterir tablo.

Traverten No	Travertine Tipi	UTMKoordinatları		Doğrultu	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Yükseklik-Genişlik oranı	Bantlı traverten kalınlığı (cm)		
		x	y						mi n	ma x	
2	Çatlak sırtı traverten	x	593938.6 E	594425.87E	K28°B	112 1	50-95	15-25	0.26-0.5	112	140
		y	4161829.94 N	4160914.69 N							

Traverten merkezi çatlağının değişik kademelerinden alınan örneklerin radyometrik yaşlandırmasında bu travertenin yaşı yaklaşık 3346 ± 106 yıl ile 47850 ± 980 yıl arasında değişen tarihler vermektedir. Çatlak sırtı traverten oluşumun sırt kısmına yakın olan kesimlerinde sill-like (sil-benzeri) (Brogi 2004) yapıları gözlenmiştir (Şekil 5, 8 c). Bu oluşumlar tabakalı travertenlerin içerisine yerleşmiş bantlı traverten oluşumlarıdır. Bu oluşumlar sırta yakın kesimlerde çıkış yolu bulamayan suyun, var olan çatlakları kullanarak volkanik kayaların sokulum yapmasına benzer şekilde yerleşmesine ve buralarda bantlı traverten depolanmalarının gelişmesine neden olmaktadır.



Şekil 5.8. a,b) 2 no lu traverten genel görünüm, **c)** sill benzeri yapılar, **d)** 2 no lu traverten Merkezi çatlak açıklığı, **e,f)** 2 no lu travertende yapılan kademeli traverten çıkarma işlemi (Bakış Kuzey Batı'ya).

5.2.3. 3 No lu Traverten

3 Nolu traverten genel uzanımı K 30° B olan ve üç ayrı çatlak sırtı travertenden oluşmaktadır. Bu travertenlerin uzunlukları 600-954 m genişlikleri ise 30-73 m arasında değişmektedir (Şekil 5.9 a). Traverten kütlelerinin kuzeybatısında yer alan sırtta sıcak su çıkışı ve traverten depolanması devam etmektedir (Şekil 5.9 b, c). Travertenin güney doğusuna doğru uzanan kesiminde zaman içerisinde su çıkışları olmuş ve kesilmiştir (Şekil 5.9 d). Ayrıca bu travertenlerin sırt kesimlerinde su çıkışının kesilmesi sonrasında düşük hızda deformasyonun devam ettiğini gösteren 2-3 cm genişliğinde açılma çatlakları da gözlenmektedir (Şekil 5.9 e). Güneydoğuya doğru uzanan sırt boyunca kimi yerlerde akmataş özellikleri yansıtan traverten oluşumları da bulunmaktadır (Şekil 5.9 f). Ayrıca travertenlerin sırt kısımlarında mikroteras oluşumları da gözlenmiştir. 3 nolu travertenin 3 ayrı çatlak sırtından oluşan merkezi çatlaklarının ortalaması alınarak travertenin yükseklik genişlik oranı 0.36 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.3). Travertenin sırt eksenindeki bantlı travertenin kalınlığı (merkezi çatlak açıklığı) kapalı olduğu için ölçülemediği travertenden alınan örneklerin Uranyum (U) serisi radyometrik yaşlandırmasında radyoaktif bozunma ve kirlilikten dolayı gönderilen örneklerden yaş verisi alınamamıştır.

Tablo 5.3 3 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları.

Traverten No	Travertine Tipi	UTMKoordinatları		Doğrultu	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Yükseklik-Genişlik	Bantlı traverten kalınlığı (cm)		
		x	y						min	max	
3	Çatlak sırtı traverten	x	593620.56E	593657.15E	K30°B	600	30-60	-	-	-	-
		y	4162575.05N	4162169.90N							
	2	Çatlak sırtı traverten	x	593938.36 E	594425.87E	K30°B	610	40-68	25	0.36	-
3	Çatlak sırtı traverten	y	4161829.94N	4160914.69N	K26°B	954	60-73	-	-	-	-



Şekil 5.9 a) 3 no lu traverten genel görünümü, (Bakış Kuzey Doğu'ya) b, c) Travertendeki su çıkışları ve traverten oluşumları, d) Travertendeki eski su çıkışları, (Bakış Kuzey Batı'ya) e) Travertendeki eski açılma çatlakları, (Bakış Güney Doğu'ya) f) Yapay teras tipi oluşumlar (Bakış Güney Batı'ya).

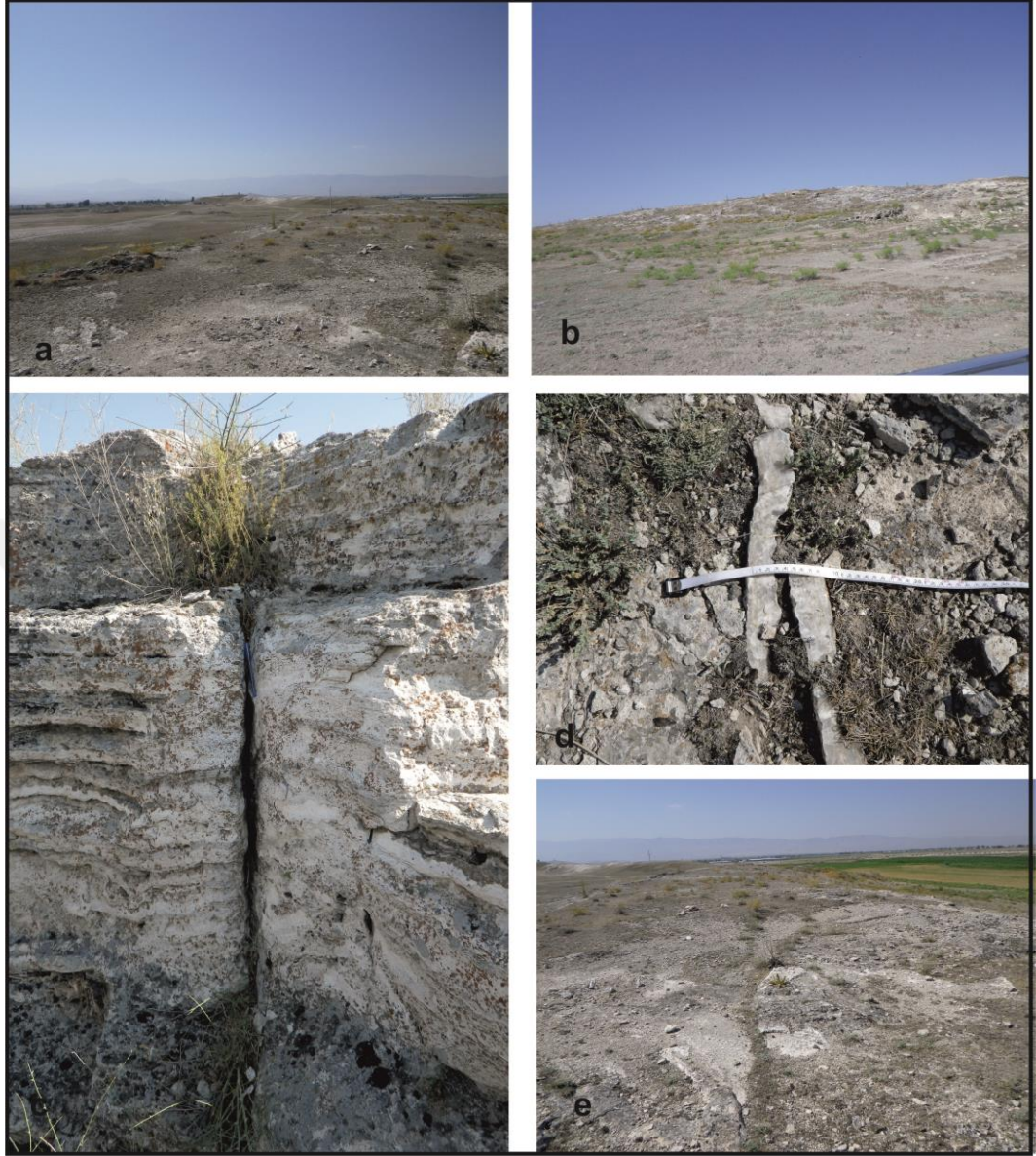
5.2.4. No lu Traverten

Bu traverten ana traverten kütesinin KB ucunda yer alan çatlak sırtı travertendir. K 10° B uzanımına sahip olan traverten kütesinin uzunluğu yaklaşık 380 m ve genişliği 16-64 m arasında değişmektedir (Şekil 5.10 a, b). Traverten kütesinin yüksekliği ise yaklaşık olarak 5 m olarak ölçülmüştür. Travertenin yükseklik/genişlik oranı 0.08 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.4).

Tablo 5.4 4 no'lu çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıkları.

Traverten No	Travertine Tipi	UTMKoordinatları		Doğrultu	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Yükseklik-Genişlik	Bantlı traverten kalınlığı (cm)		
		x	y						min	max	
4	Çatlak sırtı traverten	x	593314.94 E	593353.36E	K10°B	380	16-64	5	0.08	2	9
		y	4162934.41N	4162574.05N							

Travertenin düz bir gidişe sahip olan sırt eksenindeki bantlı travertenin kalınlığı 2-9 cm arasında değişmektedir. (Şekil 5.10 c,d,e).



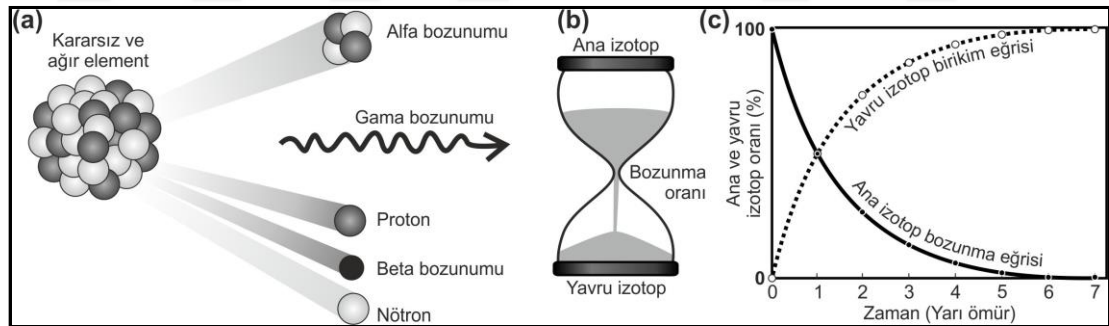
Şekil 5.10. a, b) 4 no lu traverten genel görünümü, (Bakış Kuzey Batı'ya) c,d,e) 4 no lu travertenin merkezi açılma çatlağı (Bakış Kuzey Batı'ya)

6. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN YAŞLANDIRILMASI

6.1. Radyometrik Yaşlandırma ve Çeşitleri

İzotoplar kararlı (duraylı) ve kararsız (duraysız/radyoaktif) olarak ikiye ayrılır. Kararlı izotoplar sonsuza kadar bozulmadan kalırken duraysız izotoplar bozunmaya maruz kalırlar (Çelik, 2012). Kararsız izotoplarda gerçekleşen ve aynı zamanda bir enerji türü olan bu bozunma yani radyoaktivite (radyoaktif bozunma), atom çekirdeğinin, tanecikler veya elektromanyetik ışınlar yayarak kendiliğinden parçalanmasıdır (Bishop, 2001). Radyoaktivitenin üç türü bulunmaktadır.

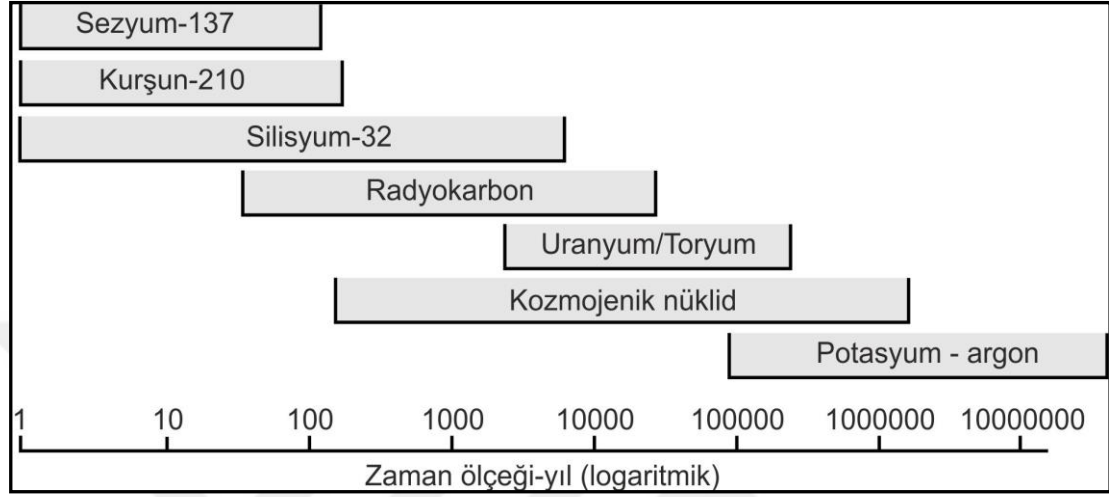
1. Elementten iki nötron ve iki protonun yani ^4He çekirdeğinin ayrılmasına alfa bozunumu ya da alfa taneciği (α),
2. Yüksek enerjili bir elektronun ayrılması ve bu ayrılma sırasında bir nötronun protona dönüşmesine beta bozunumu ya da beta taneciği (β)
3. Işık şeklinde yüksek enerji olarak yayılmasına ise gama bozunumu (γ) denilmektedir (Karam ve Stain, 2009) (Şekil 6.1 a).



Şekil 6.1. (a) Radyoaktif bozunum türleri, (b) radyoaktif bozunuma ait temel süreç ve (c) ana izotop ile yavru izotop oranlarının zaman içerisindeki değişimi (Öztürk 2016)

Beta bozunumunun tersi şeklinde gerçekleşen sürece ise elektron kapma denir (Çelik, 2012). Alfa bozunumunda ana izotoptan yavru izotopa dönüşürken atom numarası 2 birim, kütle numarası ise 4 birim eksilir. Ancak beta bozunumu ve elektron kapmada kütle numarasında bir değişiklik olmaz, sadece atom numarasında bir birimlik değişiklik meydana gelir (Twyman, 2007). Gerçekleşen bu dönüşümler yani radyoaktif bozunma çok yavaş ya da çok hızlı gerçekleşebilir (Şekil 6.1 b). Bir element çekirdeğinin yarısının parçalanması (bozunması) için gerekli süreye yarılanma

sureti (yarılanma ömrü ya da yarı-ömür) denir (Şekil 6.1 c). Doğada bulunan 84 elementin 70'i farklı yarı ömürlere sahip radyoaktif izotop oluşturur (Twyman, 2007) (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Radyometrik yaşlandırma tekniklerine ait zaman aralıkları
(Kaynak: Muhammed Zeynel Öztürk 2016)

Yarılanma ömrü sabit olduğu için tarihlendirme çalışmalarında radyoaktif izotoplar kullanılır (Çelik, 2012). Radyoaktif bozunma sonucunda her bir radyoaktif ana çekirdek yarı ömrü sonrasında yavru/kardeş çekirdeğe/izotopa dönüşür (Sakinç vd., 2001) (Şekil 6.1b). Yeni oluşan yavru izotop sayısı ana izotopun bozunum oranına ters orantılı olarak artar (Şekil 6.1 c). Radyometrik tarihlendirme yöntemlerinde radyoaktif elementlerdeki zaman içerisindeki değişim oranı bozunma ve birikim miktarı şeklinde ölçülmektedir. Yani iki tür radyoaktif saat kavramı bulunmaktadır. Bunlar bozunma saati ve birikim saatidir (Greene ve Moore, 2010).

Tarihlendirme yöntemleri içerisinde, radyometrik tarihlendirme yöntemleri daha kesin yaş vermekle birlikte bazı varsayımlar kabul edilir. Tüm radyometrik yöntemlerde 3 temel varsayım kabul edilmekle birlikte ancak yöntemin kendi içerisinde kabul ettiği özel varsayımları da bulunmaktadır. Temel varsayımlar şu şekildedir (Snelling, 2009);

1. Tarihlendirilecek örnek eğer canlı ise öldüğü, sediman ise biriktiği, volkan ise soğuduğu andan itibaren sistemin kapalı olduğu, yani örneklerdeki bozunma ürünlerinin tamamen kendi içerisinde radyoaktif süreçler sonucunda meydana geldiği, sisteme dışarıdan bir giriş ya da sistemden dışarıya bir çıkışın olmadığı kabul

edilir. Bunun yanında radyometrik saatin başladığı anda radyoaktif izotop oranı bozunma saatlerinde %100, birikim saatlerinde ise %0 olduğu kabul edilir (Şekil 6.1c). Örneğin radyokarbon tarihlendirmesinde örnek öldüğü anda ^{14}C oranı %100, uranyum serilerinde ise örnek içerisindeki toryum oranı başlangıçta % 0 olarak düşünülür.

2. Örneklerin içerisindeki radyoaktif atomların orijinal yani ilk andaki sayıları bilinebildiği kabul edilir.

3. Son olarak radyoaktif bozunma oranının hep aynı hızda gerçekleştiği kabul edilir.

6.2. U-Serisi Radyometrik Yaş Tayini Yöntemi

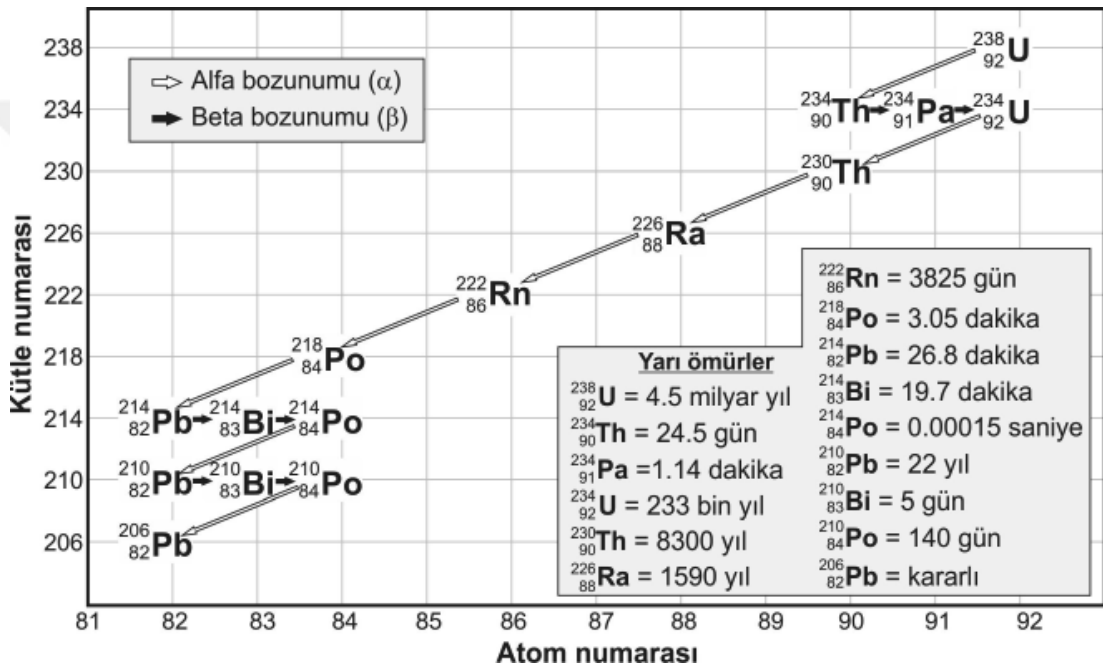
Özellikle kalsiyum karbonat oluşumlarının (mağara çökeli, mercan, traverten vb.) radyometrik yaşlandırılmasında genellikle U-serisi radyometrik tarihlendirme tekniği kullanılmakta ve diğer yaşlandırma tekniklerine göre daha doğru sonuç vermektedir. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 'un zaman içerisindeki değişimi kullanılmak suretiyle günümüzden geçmişe doğru 1000 ila yaklaşık 300.000 (analizin minimum hata payı ile doğru sonuç vermesi bakımından kabul edilebilir yaklaşık limit) yıl arasında yaş verisi elde edilebilmektedir (Şekil 6.2).

U-serisi tarihlendirmesi, hem ^{234}U , hem de yavru izotop ^{230}Th alfa ürünlerinin kütle spektrometresi yardımı ile bir alfa parçacığı emisyonu vasıtasıyla saptamaya dayanır.

U-serisi yaşlandırmada diğer radyometrik yaşlandırmalara tekniklerinden farklı olarak bozunmuş radyometrik elementlerin sabit kalma süreleri ölçülmez. Farklı olarak, bir örnek içerisindeki , radyoaktif izotop uranyum (^{234}U) kaynağının ve radyoaktif izotop Toryum (^{230}Th) arasındaki sürekli olarak yenilenme yaşı hesaplanır (Schwarcz, 2005).

Toryum yeryüzüne yakın olarak çıkan sularda çözülmez, bu yüzden bu sularda oluşan materyaller genellikle toryum içermez. Aksine, uranyum doğal sularda çözülebilir, bu yüzden bu sularda çökelti sonucu oluşan herhangi bir materyal uranyum izleri taşır, bu oranda genellikle ppm veya ppb bir değerindedir. Bu şekilde bir materyalin oluşumundan sonra zaman geçtikçe 233.000 yıl yarılanma yaşı olan

^{234}U , ^{230}Th doğru azalır. ^{230}Th 'un kendisi 75.000 yıl yarılanma yaşına sahiptir bu sebeple; ^{230}Th 'un radyoaktif kaynağı olan ^{234}U ile zaman dengesi içinde oransal olarak değişim gösterir. Zaman dengesinde, ^{230}Th un bir örnek içerisindeki yıllık üretilen miktarı ^{230}Th miktarına eşittir ki bu da aynı zamanda, aynı örnekler içerisindeki yıllık ^{234}U miktarına eşittir. U-Th ilişkisi, ^{230}Th ve ^{234}U 'ün yarı yaşı olarak bildiğimiz doğrulukta ve bir örnekte ^{230}Th ve ^{234}U oranını ölçebildiğimiz kesinlikte olan ^{230}Th 'un yarı yaşı olarak tanımlanan 500.000 yılın üzerinde bir yaş limitine sahiptir (Davis, 2005).



Şekil 6.3. ^{238}U 'e ait bozunma zinciri (Öztürk 2016)

6.3. Akhüyük Travertenlerinin U-Serisi Radyometrik Yaş Tayini Yöntemiyle Tarihlendirilmesi

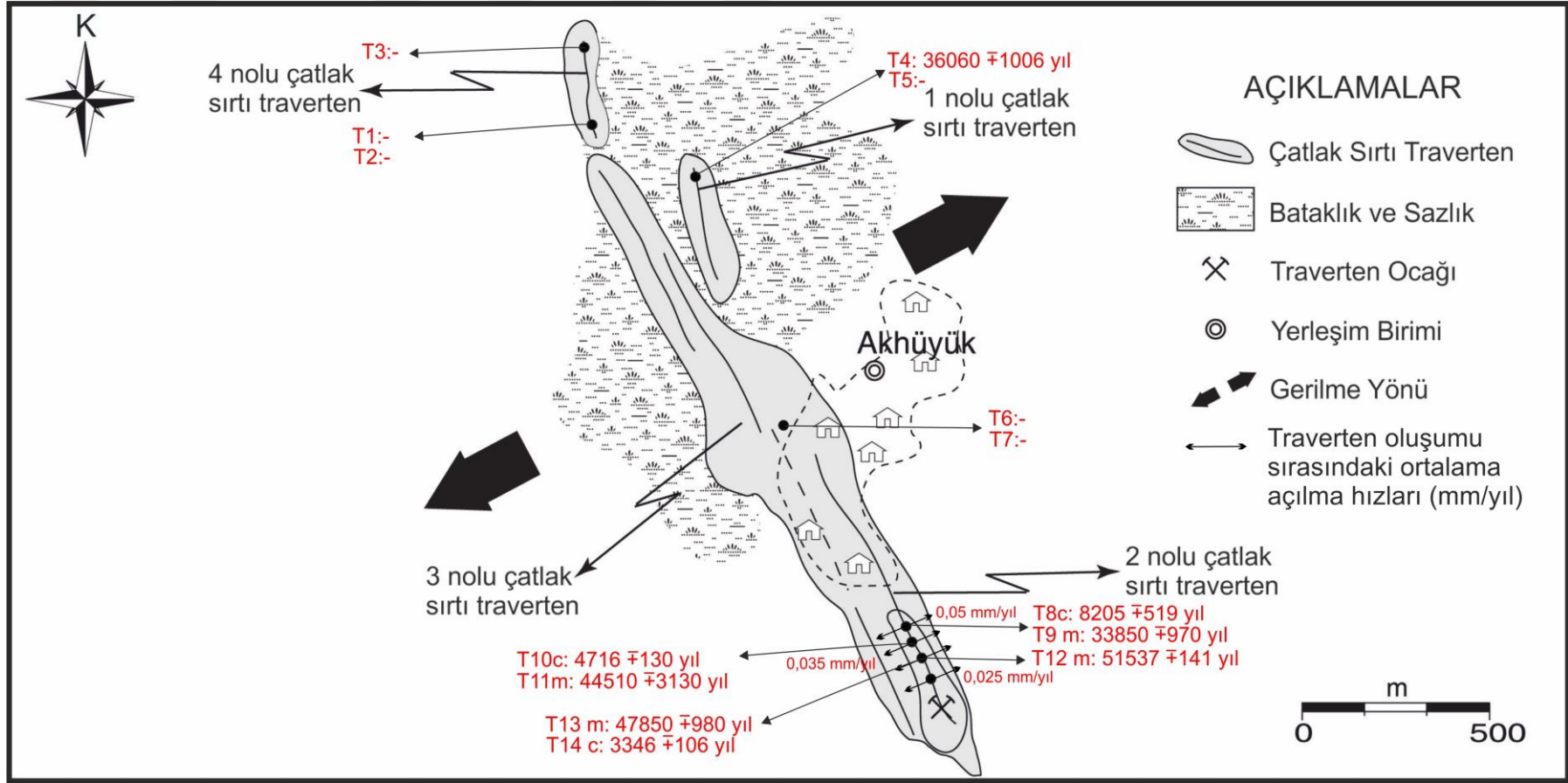
Akhüyük traverten kütlelerinden U-serisi radyometrik yaşlandırma yöntemi ile yaşlandırılmak üzere 4 ayrı traverten kütlelerine ait bantlı traverten oluşumundan, 14 adet örnek alınarak Montreal Üniversitesi (Kanada) Geotop laboratuvarına gönderilmiştir. Bu örneklerden, sadece 8 adet örnekten yaş verisi elde edilmiştir. Akhüyük traverten kütlelerini oluşturan çatlak sırtı travertenlerden alınan örneklerin U-serisi radyometrik yaşları Tablo 6.1 ve Şekil 6.4 de verilmiştir. Tarihlendirilebilen numunelerden en genç ve en yaşlı olarak sırasıyla 3.346 ± 0.106 ka ile 47.85 ± 0.98 ka arasında değişen yaşlar saptanmıştır. Travertenin farklı seviyelerinden alınan

örneklerin U-serisi radyometrik yaşlandırma yöntemi ile bulunan yaşlarına göre Akhüyük traverten kütleindeki oluşumların en az 47.85 ± 0.98 ka'dan günümüze kadar traverten oluşurmaya devam ettiğini göstermektedir. Bunun yanında yaşlandırılan örneklerden de anlaşılacağı üzere traverten oluşumu sürekli olmayıp bölgesel tektonik aktiviteye bağlı olarak çökeliminde kesintiler oluşmuştur.



Tablo 6.1. Akhüyük çatlak sırtı travertenlerinin konumları, uzunluk, genişlik yükseklik, yükseklik/genişlik oranı, bantlı traverten kalınlıklarını ve yaş verileri.

Örnek #	^{238}U ppb	^{232}Th ppb	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	Hesaplanan Yaş ka
T1	1.6773 ± 0.0071	0.1533 ± 0.0038	1.389 ± 0.0203	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T2	0.5021 ± 0.0023	0.3704 ± 0.0015	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T3	0.2226 ± 0.0011	0.0842 ± 0.0003	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T4	5.7462 ± 0.0269	0.832 ± 0.0034	1.3439 ± 0.027	0.3841 ± 0.0054	8.108 ± 0.12	36.06 ± 1.06
T5	0.4274 ± 0.002	n.d. \pm n.d.	1.4072 ± 0.0241	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T6	0.5088 ± 0.0055	0.4087 ± 0.0028	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T7	0.2717 ± 0.0024	0.2185 ± 0.0009	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.	n.d. \pm n.d.
T8c	4.2632 ± 0.0181	0.0806 ± 0.0003	1.4244 ± 0.0255	0.1039 ± 0.0061	16.791 ± 0.985	8.2054 ± 0.5192
T9m	1.5976 ± 0.0076	0.2763 ± 0.0011	1.3952 ± 0.0227	0.3782 ± 0.0069	6.682 ± 0.126	33.85 ± 0.97
T10c	43.6718 ± 0.1994	0.0824 ± 0.0003	1.4108 ± 0.0125	0.0600 ± 0.0007	97.17 ± 1.234	4.7158 ± 0.0707
T11m	8.0013 ± 0.1654	0.1995 ± 0.0002	1.3824 ± 0.0707	0.4722 ± 0.0107	57.865 ± 0.65	44.51 ± 3.13
T12m	11.6623 ± 0.0519	0.0314 ± 0.00001	1.4191 ± 0.021	0.0656 ± 0.0015	74.563 ± 1.724	5.1357 ± 0.1414
T13m	5.6145 ± 0.0253	0.1132 ± 0.0004	1.367 ± 0.0188	0.4952 ± 0.0041	75.071 ± 0.713	47.85 ± 0.98
T14c	3.3652 ± 0.0153	0.0696 ± 0.0001	1.4144 ± 0.0184	0.0429 ± 0.0012	6.343 ± 0.183	3.346 ± 0.106



Şekil 6.4. Akhüyük travertenlerinden alınan örneklerin lokasyonları ile açılma hızları ve yaş verileri (Temiz ve Savaş 2015).

7. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN MERKEZİ ÇATLAKLARININ AÇILMA HIZLARI

Travertenlerden alınan örneklerin U-serisi radyometrik yaşlandırılması ile elde edilen veriler kullanılarak, o travertenin oluşum yaşı, çatlak sırtı travertenler için çatlağın açılma hızı, yanal yayılım hızı gibi değişik parametreleri hesaplamak mümkün olmaktadır.

Çatlak sırtı traverten kütlelerinde, çatlağa ulaşan ve çökelen yeraltısuları çatlağın iki tarafında eşit şekilde simetrik olarak bantlı traverten oluşumları bırakır. Bu bağlamda Akhüyük'te yüzeyleyen çatlak sırtı travertenlerin açılma merkezindeki bantlı travertenlerden örneklemeler yapılmıştır. Bu travertenin merkezinden ve kenarından U-serisi yaş verisi alınabilen örneklerden açılma hızları hesaplanabilmiştir. Traverten kütlelerinin merkezi çatlağının iki tarafında da simetrik olarak traverten oluşumu geliştiği için çatlağın açılma hızının hesaplanmasında çatlak içerisinde gelişen bantlı travertenlerin toplam kalınlığı kullanılmıştır (Tablo 7.1).

Açılma hızları aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Merkezi Çatlak Açılma Hızı} = \text{Ttk}/(\text{Tk}-\text{Tm})$$

Ttk: Çatlak sırtı travertenin merkezi çatlağında gelişen bantlı traverten kalınlığı

Tk: Tufa traverten sınırında gelişen göreceli olarak yaşlı travertenin yaşı

Tm: Merkezi çatlakta oluşan bantlı travertenin yaşı

Tablo 7.1. Akhüyük Travertenlerinin açılma hızları

Örnek No:	w (mm)	dd (mm/yıl)
T8-T9	1280	0,050
T10-T11	1400	0,035
T13-T14	1120	0,025

w: kenar ve merkezden alınan örnekler arasındaki mesafe.
dd: traverten çökelişi sırasındaki ortalama açılma

8. AKHÜYÜK TRAVERTENLERİNİN NEOTEKTONİK AÇIDAN ÖNEMLERİ

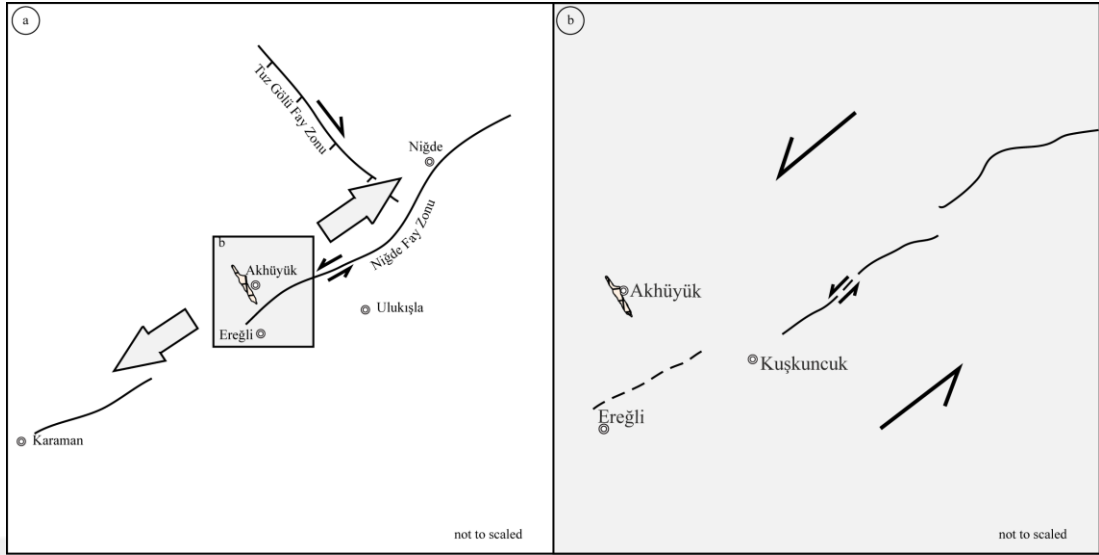
Son 30 yılda travertenler üzerine çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu travertenlerin jeokimyası, morfolojisi, duraylı izotop değişimleri, petrografisi ve sedimentolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalardır.

Bilindiği üzere traverten oluşumları dünyanın birçok yerinde gözlenmektedir. Bu oluşumlar daha çok faylarla ilişkili termal kaynaklara bağlı olarak ortaya çıkan çökellerdir. Bilinen termal kaynakların büyük çoğunluğu önemli fay hatları boyunca sıralanmaktadır (Brogi, 2004). Travertenlerin faylarla ilişkileri ve U-serisi yaşlandırma yöntemi ile yaşlandırılabilir olmaları travertenlerin neotektonik amaçlı çalışmalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

Hancock vd., (1999) tarafından yapılan çalışmalarda traverten oluşumları, tektonik aktivitenin bir göstergesi olarak değerlendirilmiş ve travertenler morfolojik çeşitliliğe ve faylara bağlı olarak sınıflandırılmıştır. Bu morfolojik sınıflama içerisinde yer alan ve tektonik çalışmalar açısından en çekici olanı çatlak sırtı traverten oluşumları olarak değerlendirilmiştir. Çatlak sırtı travertenler kullanılarak Batı Anadolu bölgesinde güncel açılma yönleri ve deformasyon hızları ölçülerek, travertenlerin aktif tektonik çalışmalarda kullanılabilirliği çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Altunel ve Hancock, 1993; Altunel ve Hancock vd.,1999; Selim ve Yanık, 2009). Çakır (1999) fay segmentlerin uç kısımlarında veya aralarındaki gerilmeli (step-over) zonda travertenlerin çökeldiği ve aktif fay segmentlerinin uç kısımlarının belirlenmesinde travertenlerin araştırılmasının yararlı olabileceğini belirtmektedir. Brogi (2004, 2010) Kuzey İtalya'da yaptığı çalışmalarda travertenlerin normal fay zonu ile doğrultu atımlı fay zonlarının kesişme noktalarında çökeldiğini ortaya koymuştur. Mesci (2008) ise Sıcak Çermik (Sivas) traverten oluşumlarının Orta Anadolu Bindirme Kuşağı ile Sivas Geri Bindirmesinden kaynaklanan KB-GD doğrultulu sıkışmaya bağlı olarak geliştiğini belirtmiştir. Temiz vd. (2009) ise sağ yanal doğrultu atımlı faylarla ilişkili olarak depolanan Kırşehir travertenlerini incelemiştir. Temiz ve Eikenberg (2011) ise iki normal fay arasındaki transform fayına bağlı olarak depolanan travertenlerin

konumlarını araştırmıştır. Çatlak sırtı traverten oluşumları, morfolojileri, içsel mimari yapısı ve geometrisi ile ilişkili olduğu ana tektonik yapının kinematiki hakkında önemli veri sunar (Altunel 1996; Hancock vd. 1999; Brogi, 2004). Çatlak sırtı traverten oluşumları, aktif tektoniğin etkisi altındaki alanlarda genişlemeli, transtension zonlarının ve fayların sıçrama yaptıkları yerleri saptamak için yararlı morfolojik özellikler göstermektedir. (Altunel ve Hancock 1993, akır, 1999, Brogi vd., 2010; Temiz vd., 2013). Bunun yanı sıra çatlak sırtı travertenler dilatasyonel çatlakların kontrolünde gelişen ve konumlanan yapılar olarak değerlendirilmektedir (Altunel ve Hancock 1993a, b; Hancock vd., 1999; Mesci vd., 2008; Temiz vd., 2009 Mesci, 2012).

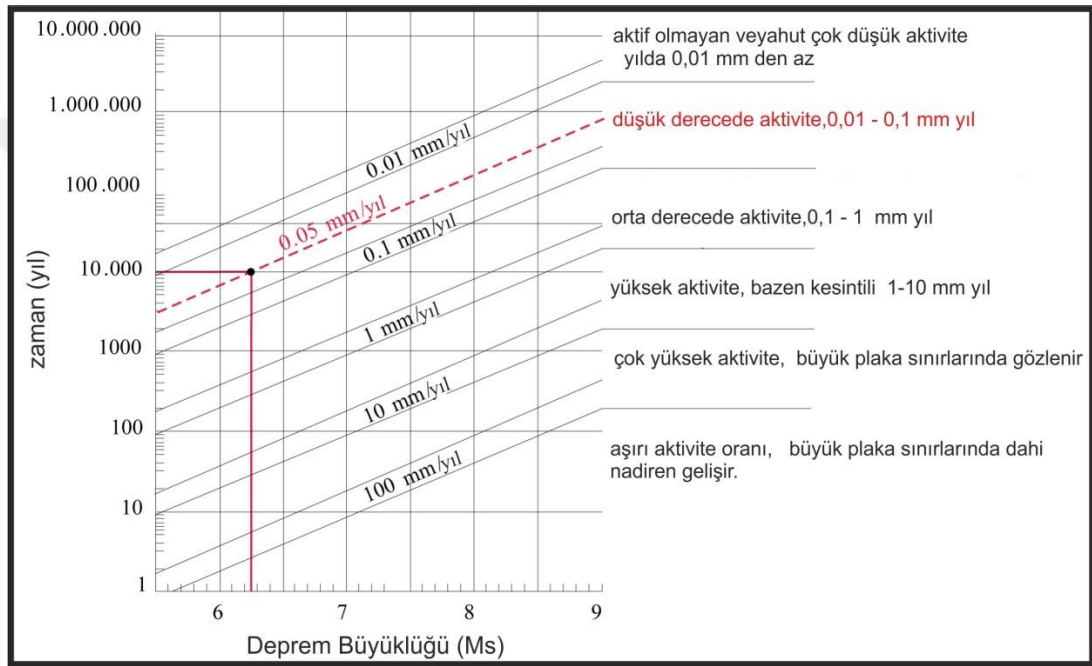
Orta Anadolu bölgesinin doğu bölümü sıkışma-genişleme karakterli neotektonik evrim ve doğrultu atımlı fay zonları tarafından karakterize edilirken, batı bölümü ise çekme türü neotektonik rejim ve normal faylanma etkisi altındadır (Koçyiğit 2000). Bu iki rejim arasında geçişi ise Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) oluşturur (şekil 7.1). Bilindiği üzere çatlak sırtı travertenlerin yerleşimi bölgede etkin olan gerilmelerin konumuna bağlı olarak yerleşmektedir. Bu nedenle çatlak sırtı travertenlerin uzun eksenleri genişleme yönüne dik, sıkışma yönüne ise paralel olarak konumlanmaktadır. Akhüyük traverten kütlesi K 30° B uzanımlı bir yapı olup, bu yapıyı oluşturan çekme gerilmesi KD - GB olarak belirlenmiştir (şekil 8.1). Kürçer ve Gökten, (2014) tarafından TGFZ'nun karakterini belirlemeye yönelik yürütülen yapısal jeoloji çalışmalarına göre, doğrudan fay düzlemine ait kayma verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, TGFZ alanında KD - GB doğrultulu bir açılma aktivitesinin etkin olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda travertenlerin yönelimleri ile TGFZ zonu arasındaki ilişkiyi kanıtlar niteliktedir. Buna ilaveten, Kürçer (2014) tarafından yapılan çalışmalarda TGFZ'nin geç Pleyistosen-Holosen döneminde senelik hareket miktarı 0,034 mm/yıl olarak bulunmuştur. Pliyosen'den günümüze yıllık hareket miktarı ise 0,046 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.



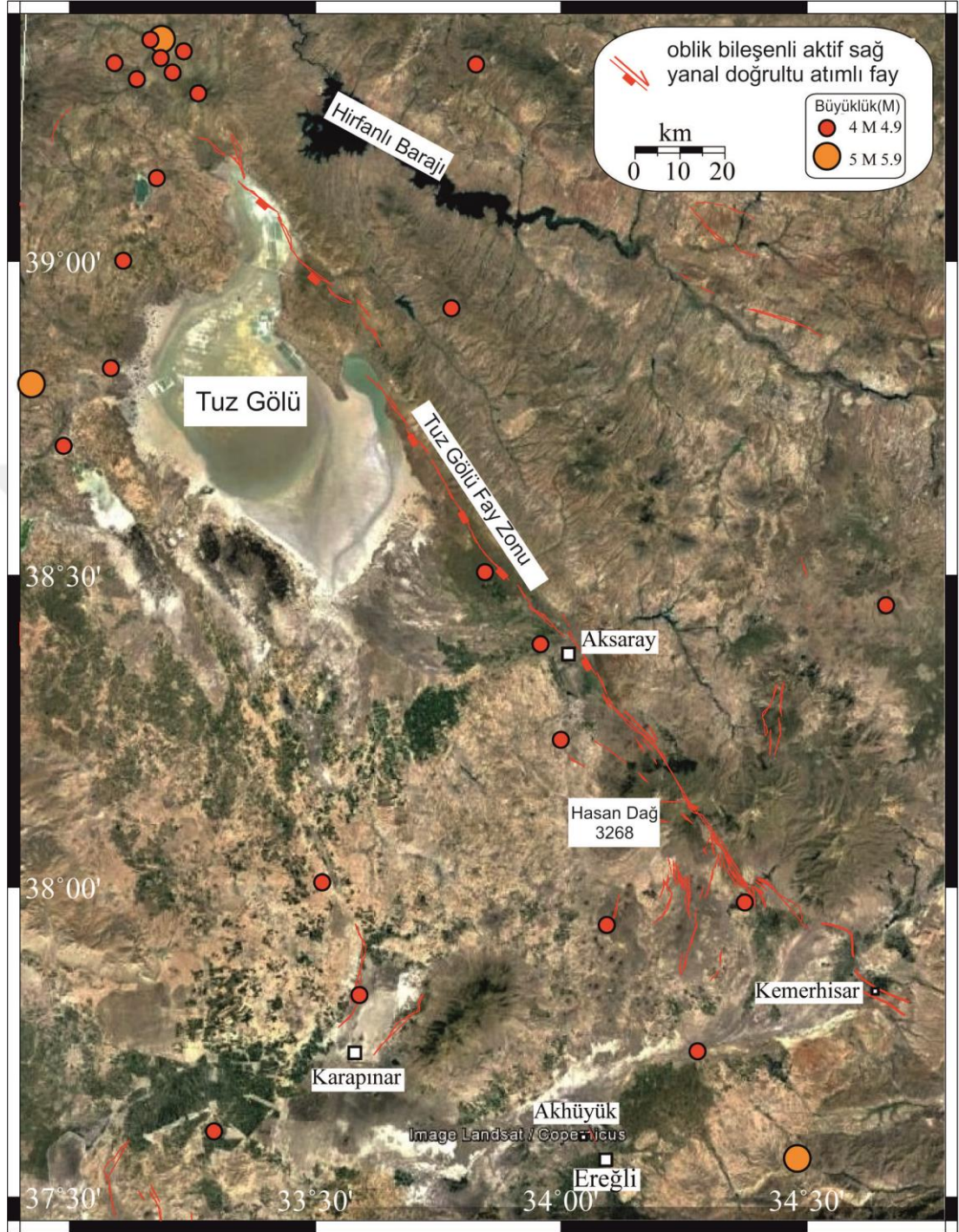
Şekil 7.1. Akhüyük travertenlerinin çekme gerilmesini gösterir harita (Temiz ve Savaş 2015).

Çatlak sırtı travertenlerden hem traverten oluşumu sırasında hem de traverten oluşumu durduktan sonra deformasyon hızları hesaplanabilmektedir (Altunel ve Karabacak 2005). Bu çalışmada Akhüyük traverten külesini oluşturan çatlak sırtı travertenlerin merkezi çatlak ve çatlak duvarlarından alınan 14 adet numuneden 8 âdetinden U/Th yöntemiyle tarihlendirme çalışmalarından yaş verisi alınabilmiştir (Tablo 6.1). Bu numunelerin en genç ve en yaşlı olarak sırasıyla 3.346 ± 0.106 ka ile 47.85 ± 0.98 ka arasında değişen yaşlar verdiği saptanmıştır. Ayrıca çatlak sırtı travertenlerin merkezi çatlak ve çatlak duvarından alınan numunelerden yararlanarak hesaplanan açılma hızları ise 0.025 mm/yıl ve 0.05 mm/yıl arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 7.1). Bu durum 47.85 ± 0.98 ka'dan bu yana oluşmakta olan travertenlerden hesaplanan açılma hızları, doğrudan faylardan hesaplanan kayma hızları ile uyum içerisindedir. Bu da gösteriyor ki Akhüyük traverten külesinin Orta Anadolu bölgesindeki iki neotektonik bölgeyi birbirinden ayıran ve bir geçiş zonu olan TGFZ'nin etki alanında olduğunun en önemli kanıtı durumundadır. Gerek faydan hesaplanan kayma hızı gerekse çatlak sırtı travertenlerden ölçülen açılma hızları birbirlerine oldukça yakın ve bölgedeki deformasyon hızlarının oldukça düşük olduğunun önemli bir göstergesi durumundadır. Bununla birlikte Slemmons and Depolo (1986) tarafından geliştirilen aktif faylanma ile ilişkili jeomorfik özellikleri gösteren grafikte (Şekil 8.2) çalışma alanındaki travertenlerdeki son 47.85 ± 0.98 ka içindeki deformasyon hızı kullanılarak bulunan 0.05 mm/yıl ve depremlerin 10000

yıl tekrarlanma aralığı kullanıldığında bölgede meydana gelebilecek maksimum deprem M_s 6.3 büyüklüğünde hesaplanmıştır (Şekil 8.2). Bulunan bu deformasyon değerleri bizim bulduğumuz değerlerle de (0,03-0,05 mm/yıl) uyumluluk göstermektedir. Bu durum grafikte de görüldüğü gibi “düşük derecede aktivite (0.01-0.1 mm/yıl)” ile ifade edilen alana karşılık gelmektedir (Şekil 7.2). Ayrıca, bu bölgede oluşan depremlerin dağılımlarına da bakıldığında sismik etkinlik bakımından oldukça düşük bir aktiviteye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 7.3).



Şekil 7.2. Aletsel dönem deprem kayıtları ve tekrarlanma periyodlarına bağlı olarak Akhüyük traverteninin açılma hızı (Temiz ve Savaş 2015).



Şekil 7.3. Tuz gölü Fay Zonu ve bu fay zonunda oluşan aletsel dönem deprem kayıtları (Temiz ve Savaş 2018).

Akhüyük travertenlerinin çökeldiği bölgeyi denetleyen diğer önemli bir ana fay zonu ise Niğde Fay Zonu (NFZ)'dur. Akhüyük travertenlerinin NFZ ile olan ilişkisi incelendiğinde, NFZ'nun sol yanal doğrultu atım bileşenli normal fay karakterli olması ve travertenleri oluşturan gerilme yönleri ile Niğde Fay Zonu'nu oluşturan

gerilme yönleri arasında tektonik bir ilişki kurulmasını güçleştirmektedir (Şekil 8.1b). Çünkü travertenin konumuna göre KB - GD yönlü bir sıkışma gerilmesi olması gerekmektedir. Bu gerilmelerin konumlarına göre Niğde Fay Zonu'nun Ereğli'ye doğru uzanan segmentinin ters fay karakterinde olması veya çalışma alanında KD-GB uzanımlı kıvrımların gözlenmiş olmasını gerektirmektedir. Ancak bu durumu destekleyecek nitelikte jeolojik yapılar çalışma alanında gözlenmemiştir. Gerek travertenlerin uzanımları ile çekme gerilmesinin konumu gerekse de TGFZ'nun güneydoğu ucundaki fayların normal fay karakterini yansıttığı olması Akhüyük travertenlerin oluşumunun ve travertenleri denetleyen yapının TGFZ'nun katkısını göstermektedir.

K 30° B doğrultusunda bir zon olarak uzanan Akhüyük traverten kütlesi 6 ayrı çatlak sırtı travertenden oluşmaktadır. Travertenlerin kütlesini oluşturan çatlak sırtı travertenlerin yükseklik/genişlik oranları da incelenmiştir. Bu oranın 0.08 ile 0.5 arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4). Hancock vd., (1999) yükseklik ve genişlik oranı arasında bir ilişki olduğunu ve bu oranın (0.1- 0.2) olması durumunun suyun akış hızının merkezi çatlakın açılma hızından daha fazla olması ile alakalı olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanındaki traverten kütlesinin bulunduğu Orta Anadolu'nun Geç Pliyosen - günümüz aralığındaki aktif deformasyon hızının < 2 mm/yıl olduğu belirtilmektedir (Reilinger vd., 1997). Bu düşük deformasyon hızına bağlı olarak merkezi çatlaktaki açılma hızının da düşük olması bu duruma bağlı olarak izah edilebilir. Bu veriler ışığında yükseklik/genişlik oranlarının az olmasının nedeni olarak Orta Anadolu bölgesinde gerçekleşen deformasyon hızı ile traverten oluşumlarının morfolojileri arasında yakın bir ilişkinin olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Bu verileri destekleyen bir diğer çalışmamız ise Akhüyük Travertenlerinin açılma hızlarının belirlenmesidir. Bantlı traverten kalınlıkları ve U-serisi radyometrik yaş verisi sonuçları kullanılarak hesaplanan açılma hızları 0,025 - 0,05 mm/yıl aralığında olduğu görülmektedir (Tablo 7.1). Ayrıca, düşük deformasyon hızıyla ilişki diğer önemli bir yapı da 2 no'lu çatlak sırtı travertende gözlenen sill-like yapılarıdır (Şekil 5.8c). Bu tip yapıların düşük açılma hızına sahip merkezi çatlaklardan kaynaklandığını ve burada çatlakların tıkanması neticesinde bikarbonatça zengin suların tabakalı travertenler içerisine enjeksiyonu ile volkanik kayalardaki sill'lere benzer şekilde yerleşerek bantlı travertenlerin oluşumlarına

neden oldukları belirtilmiştir (Gratier vd., 2012; De Filippis vd., 2013). Ayrıca 3 no'lu çatlak sırtı travertenlerin oluşumunda gözlenen ve traverten depolanması durduktan sonra sırt kısımlarında 2-3 cm'ye ulaşan çatlakların gözlenmesi bu bölgede düşük hızda deformasyonun halen devam ettiğini ve aktiviteyi gösterir önemli jeolojik kanıtlardan biridir.

Düşük deformasyon hızına bağlı olarak merkezi çatlaktaki açılma hızının da düşük olması bu duruma bağlı olarak izah edilebilir. Bu veriler ışığında yükseklik/genişlik oranlarının az olmasının nedeni olarak Orta Anadolu bölgesinde gerçekleşen deformasyon hızı ile Akhüyük traverten oluşumlarının morfolojileri arasında yakın bir ilişkinin olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

9. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Akhüyük köyünde yüzeyleyen traverteninin morfolojik özellikleri ile Orta Anadolu Bölgesindeki önemli fay zonları ile olan ilişkisini irdelenmiş aşağıdaki sonuçlar ortaya konmuştur.

1. Akhüyük travertenleri, 1,5 km² alanda 2300 m uzunluğa 360 m genişliğe ve maksimum 25 m yüksekliğe sahiptir. Morfolojik görünümüne bağlı olarak çatlak sırtı travertenler olarak tanımlanmıştır.
2. Akhüyük travertenlerinden alınan 14 adet örneğin U-serisi yaş verisi ile tarihlendirilmesi neticesinde 8 adetinden yaş verisi alınmış ve bu yaş sonuçlarına göre travertenlerin 3.346 ± 0.106 ka ile 47.85 ± 0.98 ka arasında değişen yaşlar verdiği saptanmıştır.
3. Çatlak sırtı travertenlerin merkezi çatlak ve çatlak duvarından alınan numunelerin U-serisi radyometrik yaşlandırılması ile bulunan sonuçların değerlendirilmesi ile Akhüyük travertenlerinin açılma hızlarının 0.025 mm/yıl ve 0.05 mm/yıl arasında değiştiği belirlenmiştir.
4. K 30° B doğrultusunda bir zon olarak uzanan Akhüyük traverten kütlelerini oluşturan çatlak sırtı travertenlerin yükseklik/genişlik oranlarının 0.08 ile 0.5

arasında değiştiği saptanmıştır. Bu durum bölgede düşük deformasyon hızının hâkim olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

5. Akhüyük traverten kütlesinin bölgedeki ana fay zonları ile olan ilişkileri de incelenmiş olup Orta Anadolu Bölgesindeki Konya - Eskişehir neotektonik bölgesi ile Kayseri - Sivas neotektonik bölgelerini ayıran ve bir geçiş zonu olan TGFZ’nu ile ilişkili bir yapı olarak değerlendirilmiştir. Bunun en önemli kanıtlarından biri olarak gerek traverten kütlesinin uzanımı ile TGFZ’nun uzanımlarının yaklaşık olarak birbirine paralel olması ve gerek TGFZ’nundan gerekse de Akhüyük travertenlerinden hesaplanan açılma hızlarının uyumlu olması bu olasılığı destekler niteliktedir.
6. Slemmons and Depolo (1986) tarafından geliştirilen aktif faylanma ile ilişkili jeomorfik özellikleri gösteren grafikte çalışma alanındaki travertenlerdeki son 47.85 ± 0.98 ka içinde deformasyon hızı kullanılarak bulunan 0.05 mm/yıl ve depremlerin 10000 yıl tekrarlanma aralığı kullanıldığında bölgede meydana gelebilecek maksimum deprem Ms 6.3 büyüklüğünde hesaplanmıştır.
7. Bu çalışmada göstermiştirki travertenlerin oluştuğu konum ve travertenlerden elde edilen yaş verileri, neotektonik çalışmalarda kullanılabilecek önemli bir araçtır ve bu durum traverten çökellerinin önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Altunel, E., ve Hancock, P., Pamukkale Travertenleri Kaç Yaşında?, Bilim Teknik Dergisi, Cilt:26, Sayı:308, 496-497, 1993.
2. Altunel, E., Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. MTA Bült.,118, 57 – 63, 1996.
3. Altunel E., Karabacak V., Determination of horizontal extension from fissure-ridge travertines: a case study from the Denizli Basin, southwestern Turkey. *Geodinamica Acta* 18:333–342. 2005.
4. Atabey, E., Traverten. TMMOB Jeoloji Mühendisliği Odası Yayınları, yayın no: 75, Ankara, 2002.
5. Ayhan, A., Sevin, M. ve Artun, E., Karapınar-Eregli (Konya) Ulukışla (Niğde) civarının jeolojisi. MTA Derleme No: 8090,196 s, Ankara1986.
6. Biricik, A.S., Konya Ereğlisi Akhüyük Travertenleri ve Kükürtlü Suları. *Jeomorfoloji Dergisi*. 7-8, syf: 55-61, 1976.
7. Bishop, M., Intorduction to Chemistry. Benjamin Cummings publishing 2001.
8. Boroviczeny, F., 1962 Yılında Bolkardağ Bölgesinde Diasporit ile İlgili Olarak Yapılan Harita ve Yarma Çalışmaları Hakkında Rapor. MTA Derleme No: 3552,72 s, Ankara 1962.
9. Brogi A., 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 Helvetiae* 97: 307 – 320, 2004.
10. Brogi A, Capezzuoli E, Aque R, Branca M, Voltaggio M., Studying travertines for neotectonics investigations: Middle - Late Pleistocene syn - tectonic travertine deposition at Serre di Rapolano (Northern Apennines, Italy). *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 99: 1383 – 1398, 2010.
11. Blumental, M. M., Yüksek Bolkardağının kuzey kenar bölgelerinin ve batı uzantılarının jeolojisi. MTA yayını, Seri D, No. 7, 153 s, Ankara, 1956.
12. Chafetz, H.S. ve Folk, R.L., Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents: *J.Sedim. Petrol.*, 54,289 – 316, 1984.
13. Clark, M. and Robertson, A. Uppermost Cretaceous – Lower Tertiary Ulukışla Basin, South – Central Turkey: Sedimentary evolution of part of a unified basin complex within an evolving Neothyan suture zone. *Sedimentary geology*, 173;15-51, 2005.

14. Çelik, Ö.F., Radyometrik tarihlendirme yöntemleri: 40K/40Ar, 40Ar/39Ar, 14C, U/Th ve fizyon iz. Kuvaterner Bilimi Dergisi Sayfa: 471-692. Ankara Üniversitesi Yayınları no: 350. 2012.
15. Çakır, Z., Along - strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition: examples from Western Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 8: 67-80, 1999.
16. Çalapkulu, F., Horoz granodiyoritinin jeolojik incelemesi TJK Bült., 23,1,59-68, 1980.
17. Çemen, İ., Göncüoğlu, M. C. and Dirik, K., Structural evolution of the Tuzgözü Basin in Central Anatolia, Turkey. The Joun. of Geol. V.107, 693-706, 1999.
18. De Filippis L, Faccenna C, Billi A, Anzalone E, Brilli M, Soligo M, Tuccimei P., Plateau versus fissure ridge travertines from Quaternary geothermal springs of Italy and Turkey: interactions and feedbacks among fluid discharge, paleoclimate, and tectonics. Earth-Science Reviews 123: 35 – 52, 2003.
19. Dellaloğlu, A. A. ve Aksu, R., Ereğli (Konya)-Ulukışla-Çiftehan-Çamardı (Niğde) dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO. rapor no: 2205 Ankara, 1986.
20. Demirtaşlı, E., Turan, N. ve Bilgin, A.Z., Bolkardagları ile Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi, MTA Rapor No.8097, 117s, Ankara, 1986.
21. Davis, O., "Uranium-Thorium Dating". Biogeography ECOL 438/538 Spring 05. Department of Geosciences, University of Arizona 2015.
22. Dirik, K. ve Göncüoğlu, M. C., Orta Anadolu'nun Neotektonik özellikleri: Int. Jeoloji. 807-817 Rev, 38/9, 1996.
23. Dursun, A.İ., Ereğli Ulukışla Havzası Ulukışla Formasyonunun Petrol Hazne Kaya Özellikleri. Ank. Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü. Yük. Lis. Tezi. Ankara, 2006.
24. Ergen, A., Gökçeyazı – Büyükdediköy – İvriz – Halkapınar (Ereğli- Konya) Çevresinin Tektoniği ve Jeolojik Gelişimi. . Selçuk Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü. Yük. Lis. Tezi. Konya, 2007.
25. Gratier JP, Frery E, Deschamps P, Røyne A, Renard F, Dysthe D, Ellouz-Zimmerman N, Hamelin B., How travertine veins grow from top to bottom and lift the rocks above them: the effect of crystallization force. Geology 40: 1015–1018, 2012.
26. Greene, K. ve Moore, T., Archeology: An Introduction. Routledge Publishing, 2010.
27. Guo, L. ve Riding, R., Micritic aragonite laminae in hot water travertine Crust, Ropiano Terme, İtaly, Sedimentology, 45, 1067-1079, 1992.

28. Hancock, P. L., Chalmers, R. M. L., Altunel, E. and Çakir Z. Travertines: using travertines in active fault studies. *Journal of Structural Geology* 21, 903-916, 1999.
29. Heimann, A. ve Sass, E., Travertines in thenorthern Hula Valley, Israel. *Sedimentology*, 1989,
30. İnan, N., ‘Antalya travertenlerinin oluşumu ve özellikleri’, *Jeoloji Mühendisleri Dergisi*, C.24, 31-37, Ankara, 1985.
31. Karam, P.A., Stain, B.P.. Radioactivity. Science Foundations, Chelsea House Publishing, 2009.
32. Ketin, İ. ve Akarsu, R., Ulukışla Tersiyer Havzasının jeolojik etüdü hakkında rapor. TPAO, no: 339, 1965.
33. Kleinsorge, H., Akhüyük Lityum Kaynağı. Konya Vilayeti, Ereğli Kazası. M.T.A Enst. Mecmuası sayı 4, Ankara 1939.
34. Koçan, B., Kaklık – Kocabaş (Denizli) Kömürcüoğlu Traverten Sahasının Jeolojik ve Fiziko – Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Lisans Tezi, PA.Ü.Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 55 Sayfa, Denizli, 1999.
35. Koçyiğit, A., Orta Anadolu’nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği (The general neotectonic properties and seismicity of Central Anatolia), Haymana-Tuzgözü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı:5: 1-26, 2000.
36. Kürçer A, Gökten YE. Paleoseismological Three Dimensional Virtual Photography Method; A Case Study: Bağarkayası-2010 Trench, Tuz Gölü Fault Zone, Central Anatolia, Turkey, *Tectonics - Recent Advances*, Prof. Evgenii Sharkov (Ed.), ISBN: 978-953-51-0675-3, InTech, DOI: 10.5772/48194, 2012.
37. Kürçer, A. ve Gökten, Y. E. (2014). Tuz Gölü Fay Zonunun Neotektonik Dönem Özellikleri, Depremselliği, Geometrisi ve Segment Yapısı. *MTA Dergisi*, Sayı 149, 19-69.
38. Lyell, C., *Principles of Geology* Syf:24, 1827, 1983.
39. Mesci B.L., Gürsoy. H., Tatar O., The evolution of travertine masses in the Sivas area (central Turkey) and their relationships to active tectonics. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17/2: 219 – 240, 2008.
40. Mesci, B.L. 2012. Active tectonics of the Ortakoy fissure -ridge-type travertines: implications for the Quaternary stress state of the neotectonic structures of the Central Anatolia, Turkey, *Geodinamica Acta*, 25, 1-2, 12-25.
41. Nazik, L., Mağaraların Araştırma Koruma ve Kullanım İlkeleri. MTA Yerbilimleri ve Kültür Serisi-2. 2008.

42. Okay, A.C., Niğde - Çamardı ve Ulukışla Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. MTA Derleme no: 2381, Ankara, 1955.
43. Oktay, F. Y., Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi. TJK Bülteni, 25, 15-23, 1982.
44. Özdoğan, T.E., Ereğli Civarındaki (Konya Doğusu, İç Anadolu) Sölestin Mineralleşmelerinin Jeokimyasal İncelemesi . Ank. Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü. Yük. Lis. Trezi. Ankara, 2008.
45. Özkul, M., Varol B., MTA Dergisi 125, 13-29, 2002.
46. Öztürk, M., Z., Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler, Edition: 1. Baskı, Publisher: Pegem Akademi Editors: Nurettin Özgen, Sabri Karadoğan, pp.164-182, 2016.
47. Pampal, S. and Meriç, E., Ereğli (Konya) Güneybatısındaki Tersiyer Yaşlı Tortulların Stratigrafisi: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni 33,39-45, 1990.
48. Reilinger R. E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W., Toksöz. M. N., Global Positioning, 1997.
49. Sakıncı, M., Yalıtırak, C., Ülgen, U. B., Toraman, E., Jeolojide yaş kavramı ve kuvaterner'de tarihlendirme. Kuvaterner Çalıştayı III Bildiriler Kitabı Sayfa. 13-23, 2001.
50. Selim H.H., Yanık Y., Development of the Cambazlı (Turgutlu/ Manisa) fissure-ridge type travertine and their relation with active tectonics, Gediz Graben, Turkey. Quat Int 199:157–163, (2009).
51. Slemmons, D.B., and dePolo, C.M., Evaluation of Active Faulting and Associated Hazards, In: Wallace, R.E., (Panel Chairman), Active Tectonics, National Academy Press, Washington, D.C., 45-62, 1986.
52. Snelling, A.A., Radiometric Dating: Problems with the Assumptions. Answer Magazine, 2009.
53. Sonel, N., ve Sarı, A., Ereğli-Ulukışla (Konya-Niğde) Havzasının Hidrokarbon Potansiyelinin İncelenmesi. 394. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 4, 2004.
54. Söğüt, A.R., Özkan, A.M., Zedef, V., Çimencik-Yellice, (Ereğli-Konya) Yöresinin Stratigrafisi , Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:6, Sayı:2,3, Sayfa: 241,249, 2000
55. Schwarcz, Henry P, "Uranium series dating in paleoanthropology". Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews. 1 (2): 56–62. doi:10.1002/evan.1360010207, 2005.

56. Temiz U, Gökten E, Eikenberg J., U/Th dating of fissure ridge travertines from the Kirsehir region (Central Anatolia Turkey): structural relations and implications for the neotectonic development of the Anatolian block. *Geodin Acta* 22:201–213, 2009.
57. Temiz, U., Savaş, F., Relationship between Akhüyük Fissure Ridge Travertines and Active Tectonics: their Neotectonic Significance (Ereğli - Konya, Central Anatolia). *Arabian Journal of Geosciences*, Vol 8/4, pp 2383-2392, 2015.
58. Temiz, U., Savaş, F., U/Th dating of the Akhüyük fissure ridge travertines in Ereğli-Konya (Central Anatolia-Turkey): their relationship to active tectonics. *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol.43/7, pp. 3739–3749, DOI: 10.1007/s13369-018-3106-5, 2018.
59. Temiz., U., Eikenberg J., *Geodinamica Acta*. 24/2 (2011) 95-105.
60. Toprak, V., Göncüoğlu C., Keçiboyunduran-Melendiz fayı ve bölgesel anlamı (Orta Anadolu). *Yerbilimleri* 16:55–65, 1993.
61. Toprak.,V., Tuzgölü Fay Kuşağı Hasandağ kesiminin özellikleri (Characteristic of Hasandağ section of Tuzgölü Fault Zone). *Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı 5:71–85, 2000.*
62. Twyman, R.M. K/Ar and Ar/Ar dating. *Encyclopedia of Quaternary Science* Sayfa: 1313-1317. Elsevier, 2007.
63. Yoldaş, R., Niğde - Ulukışla bitümlü şist alanının jeolojisi ve ekonomik olanakları yayımlanmamış MTA raporu, No.: 5050, 1973.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul'da doğan Fatih SAVAŞ, İlk, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Yeşilyuva İlköğretim okulu, Atatürk Ortaokulu ve Sultanahmet E.M.L.'de tamamlamıştır. 1998 yılında kazandığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü 2002 yılında bitirmiştir.

2010 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalında başlamıştır. Doç. Dr. Uğur TEMİZ danışmanlığında hazırladığı “Akhüyük (Konya-Ereğli) Travertenlerinin Gelişimi ve Neotektonik Önemi” Başlıklı bu Tez Çalışması ile Yüksek Lisans öğrenimini tamamlamıştır.

2004-2017 yılları arası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Karst ve Mağara Araştırmaları Biriminde Jeoloji Mühendisi olarak, 2017 yılında ise MTA Ege Bölge Müdürlüğüne tayin olarak Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı Projelerinde Jeoloji Mühendisi olarak çalışmalarına devam eden Fatih SAVAŞ evli ve 2 çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri

Adres: MTA EGE BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ /İZMİR

Telefon: (232) 2015561

GSM: 505 910 98 19

E-posta: fatih.savas @ mta.gov.tr