

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TENDÜREK VOLKANININ VOLKANOSTRATİGRAFİSİ, PETROLOJİSİ ve
MAGMATİK EVRİMİ**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Esin ÜNAL
DANIŞMAN : Prof. Dr. Mehmet KESKİN

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MİHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI

**TENDÜREK VOLKANININ VOLKANOSTRATİGRAFİSİ, PETROLOJİSİ ve
MAGMATİK EVRİMİ**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Esin ÜNAL

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2008-FBE-D138
No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof.Dr. Mehmet Keskin danışmanlığında, Esin Ünal tarafından sunulan "Tendirek Volkanının Volkanostratigrafisi, Petrolojisi ve Magmatik Evrimi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 22/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Prof.Dr. Sefer ÖRÇEN

İmza:

Üye :Prof. Dr. Mehmet KESKİN

İmza:

Üye :Prof. Dr. Ş. Can GENÇ

İmza:

Üye :Prof. Dr. Timur USTAÖMER

İmza:

Üye :Doç. Dr. Namık AYSAL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .23./02./2018 tarih ve .2018./11.-I..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.19.10.4.2018



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Esin ÜNAL

ÖZET

TENDÜREK VOLKANININ VOLKANOSTRATİGRAFİSİ, PETROLOJİSİ ve MAGMATİK EVRİMİ

ÜNAL, Esin
Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet KESKİN
Şubat 2018, 196 sayfa

Van ve Ağrı il sınırları içinde yer alan Tendürek volkanı, Doğu Anadolu'nun çarpışma ile ilişkili volkanizmasının Kuvaterner döneminde gelişmiş önemli merkezlerinden biridir. Büyük Tendürek ve Küçük Tendürek olmak üzere iki ana zirve kraterden oluşan Tendürek kalkan volkanı ve yakın çevresindeki lav düzeylerinde bugüne kadar yaptığımız saha ve laboratuvar çalışmalarında bazalt, trakibazalt, bazaltik-trakiandezit, trakiandezit, trakit, fonolit, fonotefrit, tefrit, tefrifonolit olmak üzere dokuz farklı lav türü ayırt edilmiştir.

Rus Bilimler Akademisi RAS-IGEM araştırmacıları ile ortaklaşa yürütülen Prof. Dr. Mehmet Keskin'in yönettiği TÜBİTAK-RFBR 108Y222 uluslararası projesi ve YYÜ BAP FBE-2008-D138 nolu doktora projesi kapsamında elde edilen K^{40}/Ar^{40} jeokronoloji çalışmalarının verileri, volkanın yaklaşık yarım milyon yıllık aktivitesinin, suskunluk dönemleri ile bölünmüş beş belirgin evrede gerçekleşmiş olabileceğini göstermektedir. K-Ar jeokronoloji yaş saptama sonuçları, Tendürek Volkanı'nın magmatik aktivitesinin, son 250 bin yıl boyunca Geç Pleyistosen zamanında geliştiğini göstermektedir. Bu çalışmada en genç magmatizmanın beş ayrı fazı tanımlanmıştır: I- 710-400 bin yıl (by), II- 300-190 by, III- 180-105 by, IV 100-50 by ve V- ≤ 50 by. İlk iki faz, alkali bazik lavların çatlak püskürmeleri ve daha sonra geniş lav platoları (Çaldıran ve Doğubeyazıt ovaları) oluşumu ile temsil edilmiştir. Sonraki aşamalarda, ortaç ve ortaç-asitik bileşimdeki volkanik kayalar ve orta-alkali veya alkali seriler püskürme ürünleriyle volkanizmaya hakim olmaya başlamıştır. Mevcut jeolojik, izotop-jeokronolojik ve jeomorfolojik veriler Tendürek Volkanı'nın potansiyel olarak aktif olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: AFC, FC, K/Ar yaşları, Magma karışımı, Tendürek.



ABSTRACT

VOLCANOSTRATIGRAPHY, PETROLOGY AND MAGMATIC EVOLUTION OF THE TENDÜREK VOLCANO, EASTERN TURKEY

ÜNAL, Esin

Ph.D. Thesis, Geological Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet KESKİN
February 2018, 196 pages

Tendürek volcano, located between the cities of Van and Ağrı, is one of the most important eruption centers of collision-related volcanism in Eastern Anatolia during the Quaternary time. It is a two-peaked shield volcano called Greater and Lesser Tendürek respectively, each containing craters at their tops. Tendürek volcano covers a basal area of approximately 600 km². Our field and laboratory studies on the Tendürek volcano and surroundings have revealed that there are nine compositionally different lava types in and around that volcano: basalt, trachybasalt, basaltic-trachyandesite, trachyandesite, trachyte, phonolite, phonotephrite, tephrite, and tephriphonolite.

Our preliminary K/Ar age determinations (conducted at RAS-IGEM; in the frame work of an international joint project coordinated by Prof. Keskin and numbered TÜBİTAK-RFBR 108Y222) imply that the half a million year volcanic activity of Tendürek volcano might have occurred in five discrete stages divided by four pause periods. The K-Ar dating results show that the magmatic activity of the Tendürek Volcano occurred during the Late Pleistocene, over the period of the last 250 thousand years (ka). Five discrete phases of the youngest magmatism were identified in this study: I-710-400 ka, II- 300-190 ka, III- 180-105 ka, IV 100-50 ka and V- ≤ 50 ka. The first two phases were represented by the fissure eruptions of alkaline basic lavas and subsequent formation of vast lava plateaus, the Caldiran and Doğubeyazıt plains. In the following phases, the intermediate and moderately-acid volcanic rocks of midly-alkaline or alkaline series started to dominate among the eruption products. The available geological, isotope-geochronological, and geomorphological data suggest that the Tendürek Volcano is potentially active.

Keywords: AFC, FC, K/Ar dates, Magma mixing, Tendürek.



ÖN SÖZ

Tez çalışmasını yürüttüğüm süre boyunca maddi manevi desteğini her zaman hissteğim aileme, annem Hilal ÜNAL ve merhum babam Abdulkadir ÜNAL'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet KESKİN'e teşekkür ederim. Ayrıca doktora tez çalışmamın ilk yıllarında danışmanlığımı yapan sonrasında emekliye ayrılan Prof. Dr. Arif Ümit TOLLUOĞLU'na çok teşekkür ederim. Birlikte ortak projelerde yer aldığım arazi çalışmasında katkısı olan Dr. Vural OYAN'a Rus Bilimleri akademisi (IGEM-RAS) öğretim üyesi Dr. Vladimir LEBEDEV ve Dr. Andrey CHUGAEV'e jeokronolojik K^{40}/Ar^{40} yaş analizleri, izotopik Sr, Nd, Pb analizleri için ve yönettiği TÜBİTAK-RFBR 108Y222 uluslararası projesi kapsamında elde edilen bu analiz sonuçlarını tezimde kullanma fırsatını bana sağlayan danışmanım Prof. Dr. Mehmet Keskin'e çok teşekkür ederim. Ayrıca tezin şekillenmesinde değerli görüş ve önerilerini aldığım tez izleme komitesi ve aynı zamanda tez jüri üyeleri Prof. Dr. Sefer ÖRÇEN, Prof. Dr. Ş. Can GENÇ, Prof. Dr. Timur USTAÖMER ve Doç. Dr. Namık AYSAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı 2008 – FBE – D138 nolu ve TÜBİTAK- RFBR projesi (proje no 108Y222) tarafından desteklenmiştir.

22.02.2018

Esin ÜNAL



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Önceki Çalışmaların Derlenmesi	25
3.2. Arazi Çalışmaları	25
3.3. Laboratuvar çalışmaları	26
3.3.1. Örnek hazırlama.....	26
3.3.2. Petrografik analizler	26
3.3.3. Jeokimyasal ve jeokronolojik analizler	27
3.3.4. Jeokimyasal ve jeokronolojik verilerin değerlendirilmesi.....	27
4. BULGULAR	29
4.1. Stratigrafi	29
4.1.1. Volkanik birimlerin altındaki temel birimler.....	30
4.1.1.1 Paleozoyik-Mesozoyik	31
4.1.1.2 Mesozoyik	34
4.1.1.3 Senozoyik (Paleojen-Neojen sediment)	36
4.1.2. Neojen volkanitleri	37
4.1.3. Kuvaterner volkanitleri.....	38
4.1.3.1 I.Evre volkanitleri.....	40
4.1.3.1.1. Girekol Tepe mujeariti	40
4.1.3.1.2. Yaşkütük mujeariti	41
4.1.3.1.3. Kükürtlü Tepe mujeariti	42

	Sayfa
4.1.3.1.4. Çetenli havayiti.....	42
4.1.3.1.5. Tepebaşı Tepe mujeartiti	43
4.1.3.1.6. Sakızlı bazaltı	43
4.1.3.1.7. Altepe mujeartiti	44
4.1.3.1.8. Kırmızı Tepe bazaltı	44
4.1.3.1.9. Kızılkaya havayiti.....	45
4.1.3.1.10. Uzunyol mujeartiti	45
4.1.3.2. II. Evre volkanitleri	46
4.1.3.2.1. Çiçekli bazaltı	48
4.1.3.2.2. Alakaya havayiti	48
4.1.3.2.3. Tütek tefriti	49
4.1.3.2.4. Çömçeli fonoliti.....	50
4.1.3.2.5. Çaldıran tefriti	51
4.1.3.2.6. Taşkale tefriti.....	51
4.1.3.3. III.Evre volkanitleri	52
4.1.3.3.1. Küçük Tendürek trakiti.....	52
4.1.3.3.2. Yılanlı tefriti	54
4.1.3.3.3. Soğanlı Tepe fonoliti	55
4.1.3.3.4. Piroklastikler.....	55
4.1.3.3.5. Gülizar Tepe trakiti.....	55
4.1.3.3.6. Ortadirek fonotefriti.....	55
4.1.3.3.7. Küçük tendürek benmoriti.....	56
4.1.3.3.8. Yanıktaş tefrifonoliti	57
4.1.3.3.9. Komlar benmoriti	58
4.1.3.4. IV. Evre volkanitleri.....	58
4.1.3.4.1. Serpmetaş fonoliti.....	59
4.1.3.4.2. Atadam trakiti	59
4.1.3.4.3. Köytepe latiti	59
4.1.3.4.4. Klavuz tefrifonoliti	59
4.1.3.4.5. Mutlu benmoriti.....	59
4.1.3.4.6. Mor Tepe fonoliti	61

	Sayfa
4.1.3.4.7. Soğuksu benmoriti.....	62
4.1.3.5 V. Evre volkanitleri.....	62
4.1.3.5.1. Büyük Tendürek trakiti.....	63
4.1.3.5.2 Susuz Tepe.....	65
4.1.4 Kuvaterner sedimanter çökeller.....	65
4.2. Mineraloji ve Petrografi.....	66
4.2.1 I.Evre volkanitleri.....	66
4.2.1.1. Girekol Tepe mujeiriti.....	67
4.2.1.2. Yaşkütük mujeiriti.....	67
4.2.1.3. Kükürlü Tepe mujeiriti.....	68
4.2.1.4. Çetenli havayiti.....	68
4.2.1.5. Tepebaşı Tepe mujeiriti.....	68
4.2.1.6. Sakızlı bazaltı.....	69
4.2.1.7. Altepe mujeiriti.....	70
4.2.1.8. Kırmızı Tepe bazaltı.....	70
4.2.1.9. Kızılkaya havayiti.....	71
4.2.1.10. Uzunyol mujeiriti.....	71
4.2.2. II. Evre volkanitleri.....	72
4.2.2.1. Çiçekli bazaltı.....	73
4.2.2.2. Alakaya havayiti.....	73
4.2.2.3. Tütek tefriti.....	75
4.2.2.4. Küçük Kırmızı Tepe havayiti.....	75
4.2.2.5. Çömçeli fonoliti.....	76
4.2.2.6. Çaldıran tefriti.....	77
4.2.2.7. Taşkale tefriti.....	77
4.2.3. III.Evre volkanitleri.....	77
4.2.3.1. Küçük Tendürek trakiti.....	78
4.2.3.2. Yılanlı tefriti.....	79
4.2.3.3. Soğanlı Tepe fonoliti.....	79
4.2.3.4. Piroklastikler.....	83
4.2.3.5. Gülizar Tepe trakiti.....	83

	Sayfa
4.2.3.6. Ortadirek fonotefriti	84
4.2.3.7. Küçük tendürek benmoriti.....	85
4.2.3.8. Yanıktaş tefrifonoliti	85
4.2.3.9. Komlar benmoriti	87
4.2.4. IV. Evre volkanitleri	88
4.2.4.1. Serpmetaş fonoliti	88
4.2.4.2. Atadam trakiti.....	89
4.2.4.3. Köytepe latiti	90
4.2.4.4. Klavuz tefrifonoliti.....	90
4.2.4.5. Mutlu benmoriti.....	90
4.2.4.6. Mor Tepe fonoliti	92
4.2.4.7. Soğuksu benmoriti.....	93
4.2.5 V. Evre volkanitleri	94
4.2.5.1. Büyük Tendürek trakiti	94
4.2.5.2 Susuz Tepe benmoriti.....	96
4.3. Jeokimya	104
4.3.1 Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin jeokimyası	104
4.3.1.1. Jeokimyasal sınıflama	104
4.3.1.2. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin tektonik ayırtlama diyagramları	131
4.3.1.3. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin ana element ayırışma trendleri.....	133
4.3.1.4. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin iz element ayırışma trendleri.....	133
4.3.1.5. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin çoklu (multi) element patternleri	137
4.3.1.6. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin nadir toprak element (REE) patternleri	145
4.4. Jeokimyasal Stratigrafi	147
4.4.1 Kuvaterner volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafisi	148
4.5. İzotop Jeokimyası	148

	Sayfa
4.6. Jeokronoloji (Radyometrik Yaş Tayini) Çalışmaları.....	159
5. TARTIŞMA.....	161
5.1. Fraksiyonel Kristallenme (FC) ve Magma Karışımı Süreçleri.....	161
5.2. Kabuksal Kirlenme – AFC Süreçleri	168
5.2.1. AFC modellemeleri	171
5.2.1.1. DePaolo (1981) eşitliklerine göre AFC modellemesi	171
5.2.1.2. Kabuksal Asimilasyonun volkano-stratigrafik istifdeki değişimi	171
5.2.1.3. Tendürek volkanitleri ve diğer volkanik birliklerin birlikte değerlendirilmesi	176
5.3. Manto Kaynak Alanı.....	177
6. SONUÇLAR.....	185
KAYNAKLAR.....	187
ÖZGEÇMİŞ.....	195
EKLER	196



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamalar.....	97
Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları.	109
Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element jeokimyasal analiz sonuçları.....	119
Çizelge 4.4. Traki-ön ekli volkanitlerin Na ₂ O ve K ₂ O oranlarına göre detaylı sınıflaması.	131
Çizelge 4.5. K/Ar radyometrik yaş verileri Yaş saptama analizleri	159
Çizelge 5.1. Petrolojik modellemelerde kullanılan asidik ortaç ve bazik magma bileşimlerinde Sr, Ba, Th, Co, V elementleri için mineral-ergiyik ayrımlanma katsayılarını (K_d) gösteren tablo.....	165
Çizelge 5.2. Nonmodal (modal olmayan) yığın (batch) ergime modellemesinde kullanılan parametreler. Kaynak mineral oranları ve mineral/ergiyik ayrımlanma katsayıları (K_d).....	182



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru kabartma haritaları	7
Şekil 4.1. Tendürek volkanitleri stratigrafik sütun kesit.	32
Şekil 4.2. Tepedam metamorfileri (mermer) ve lav dokanağı (bakış yönü G'den K'e).....	33
Şekil 4.3. Aşağımutlu köyü – Çaldıran yolunda tepedam metamorfiti şistler (bakış yönü B-D).	34
Şekil 4.4. Türkiye-İran sınırında kırmızımsı bej renk karmaşası ile dikkat çeken ofiyolit melanj (Bakış yön B-D)	35
Şekil 4.5 Tendürek volkanı I. Evre volkanitlerini gösteren jeolojik haritası.....	39
Şekil 4.6. Girekol Tepe cüruf konisi (Çaldıran- Doğubeyazıt yolu bakış yönü K-G).....	40
Şekil 4.7. Yaş kütük mujearitinde gözlenen poligon yüzeyli sütun bazaltlar.....	41
Şekil 4.8. Büyük çay deresi ve sütun yapısı sergileyen bazaltik trakiandezitler	42
Şekil 4.9. Ziyaret Tepe ve Tepebaşı Tepe'yi gösteren Google Earth görüntüsü.....	43
Şekil 4.10. Sakızlı bazaltı ve arkada Kaf dağı ve Büyük Tendürek trakiti lav akıntısı (bakış yönü KD-GB).....	44
Şekil 4.11. Altepe çıkış merkezli mujearit karakretindeki lav akıntısı.....	45
Şekil 4.12. Kızılkaya Tepesi ve Kızılkaya havayiti	46
Şekil 4.13. Tendürek volkanı II. Evre volkanitlerini gösteren jeolojik haritası	47
Şekil 4.14. Kırmızı Tepe kaynağından güneye doğru akıp gelen Çiçekli bazaltı (Bakış yönü G-K)	48
Şekil 4.15. Alakaya skorya (cüruf) konisi bakış yönü B-D.....	49
Şekil 4.16. Alakaya havayiti bakış yönü B-D	50
Şekil 4.17. Çömçeli fonoliti çıkış merkezi	51

Şekil	Sayfa
Şekil 4.18. Tefrit karakterinde lavlardan oluşan Taşkale Tepe ve Büyük Tendürek trakitik lavları (bakış yönü G-K).....	52
Şekil 4.19 Tendürek volkanı III. Evre volkanitlerini gösteren jeolojik haritası.....	53
Şekil 4.20. Küçük Tendürek krateri krater gölü ve trakitik lavlar.....	54
Şekil 4.21 Tendürek çevresinde özellikle Çaldıran-Doğubeyazıt yolu üzerinde gözlenen piroklastiklerden örnekler.	56
Şekil 4.22. Gülizar Tepe ve Gülizar Tepe çıkış merkezinden yayılan trakitler.....	57
Şekil 4.23. Küçük Tendürek benmoriti ve Büyük Tendürek trakiti genel görünüm.....	58
Şekil 4.24. Tendürek volkanı IV. Evre volkanitlerini gösteren jeolojik haritası.....	60
Şekil 4.25. Mutlu benmoriti ve aa lavlarına örnek (bakış yönü G-K).....	61
Şekil 4.26. Küçük Tendürek Krater gölü ve arkada Mor Tepe	62
Şekil 4.27. Mor Tepe krateri çıkış merkezli fonolitler.	63
Şekil 4.28. Tendürek volkanı V. Evre volkanitlerini gösteren jeolojik haritası.....	64
Şekil 4.29. Susuz Tepe kraterini gösteren Google earth görüntüsü.....	65
Şekil 4.30. Çaldıran ovası alüvyonları.....	66
Şekil 4.31. Yaş kütük mujariti ince kesit görüntü (Örnek No: 08VAN- T129, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	67
Şekil 4.32. Çetenli havayiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09 VAN – T2, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	68
Şekil 4.33. Tepebaşı mujariti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07VAN-T85, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	69
Şekil 4.34. Sakızlı bazaltı ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-33, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	69
Şekil 4.35. Al Tepe mujariti ince kesit görüntüleri (Örnek No: 07-VAN-T-62, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	70

Şekil	Sayfa
Şekil 4.36. Kırmızı Tepe bazaltı ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T58 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	71
Şekil 4.37. Kızılkaya havayiti ince kesit görüntüsü. (Örnek No: 09-VAN-T1, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	72
Şekil 4.38. Uzunyol mujeariti ince kesit görüntüsü. (Örnek No: 07-VAN-T84, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	72
Şekil 4.39. Çiçekli bazaltı ince kesit görüntüsü. (Önek No: 08-VAN-T94, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	73
Şekil 4.40. Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü (Önek No: 07-VAN-T87, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	74
Şekil 4.41. Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü (Önek No: 07-VAN-T88, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	74
Şekil 4.42. Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü. (Önek No: 07-VAN-T90, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	74
Şekil 4.43. Tütek tefiriti 2 ince kesit görüntüsü. (Örnek No: 07-VAN- T66 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	75
Şekil 4.44. Küçük Kırmızı Tepe havayiti.....	76
Şekil 4.45. Çömçeli fonoliti ince kesit görüntüsü, (Örnek No: 07-VAN-T68, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	76
Şekil 4.46. Çaldıran tefriti ince kesit görüntüsü. (Örnek No: 07-VAN-T 50, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	77
Şekil 4.47. Taşkale tefriti ince kesit görüntüsü.(Örnek No: 08-VAN- T121, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	78
Şekil 4.48. Küçük Tendürek 1 trakiti ince kesit görüntüsü. (Örnek No: 08-VAN- T121, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	78
Şekil 4.49. Küçük Tendürek trakiti 2 incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN- T81, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	79
Şekil 4.50. Küçük Tendürek trakiti 3 incekesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-67 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	80

Şekil	Sayfa
Şekil 4.51. Yılanlı tefriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 63, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	80
Şekil 4.52. Yılanlı tefriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 64, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	81
Şekil 4.53. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 77, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	81
Şekil 4.54. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-68, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	82
Şekil 4.55. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-69, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	82
Şekil 4.56. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T74 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	83
Şekil 4.57. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T75 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	84
Şekil 4.58. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T80 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	84
Şekil 4.59. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T73a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	84
Şekil 4.60. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08 TND- 58 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	85
Şekil 4.61. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T79 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	86
Şekil 4.62. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08 TND – 83A a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	86
Şekil 4.63. Yanıktaş tefrifonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-42 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	87
Şekil 4.64. Yanıktaş tefrifonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 124 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	87
Şekil 4.65a. Komlar benmoriti ince kesit görüntüsü. (Örnek no: 07-VAN-T60 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	88

Şekil	Sayfa
Şekil 4.65b. Komlar benmoriti ince kesit görüntüsü. (Örnek no: 07-VAN-T60 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	88
Şekil 4.66 Serpmetaş fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-26 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	89
Şekil 4.67 Serpmetaş fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-32 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	89
Şekil 4.68. Atadam trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-13 A a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	90
Şekil 4.69. Köytepe latiti ince kesi görüntüsü. (Örnek No: 08-TND-62 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	91
Şekil 4.70. Klavuz tefrifonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07 VAN – T 53 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	91
Şekil 4.71 Mutlu benmoriti incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN – T 51 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	91
Şekil 4.72. Mutlu benmoriti incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN – T 52 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	92
Şekil 4.73. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 130 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	92
Şekil 4.74. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 133 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	93
Şekil 4.75. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 135 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	93
Şekil 4.76. Soğuksu benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07- VAN – T86 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)..	94
Şekil 4.77. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07 VAN- T a- Çift Nikol, b- Tek Nikol)	95
Şekil 4.78. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08 – TND-92 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	95
Şekil 4.79. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 132 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	96

Şekil	Sayfa
Şekil 4.80. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 131 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).....	96
Şekil 4.81. Petrografik ayırımı göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986) b) K ₂ O – SiO ₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976).....	106
Şekil 4.82. Püskürme evrimine göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986) b) K ₂ O – SiO ₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976).....	107
Şekil 4.83. Tendürek volkanitlerine ait AFM diyagramı (Irvine and Baragar, 1971).....	108
Şekil 4.84a. Tendürek volkanitlerine ait Zr-Zr/Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979).....	131
Şekil 4.84b. Tendürek volkanitlerine ait Zr-Ti diyagramı (Pearce 1982)	132
Şekil 4.84c. Tendürek volkanitlerine ait 2Nb-Zr/4-Y diyagramı	132
Şekil 4.85. Tendürek volkanitlerinin SiO ₂ - ana oksit Harker değişim diyagramları	134
Şekil 4.86. Tendürek volkanitlerinin SiO ₂ - iz element Harker değişim diyagramları	135
Şekil 4.87. Evre 1 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramları.	138
Şekil 4.88. Evre 2 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramları	139
Şekil 4.89. Evre 3 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramlar	140
Şekil 4.90. Evre 4 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramlar.	140
Şekil 4.91. Evre 5 volkanitlerine ait örümcek çoklu iz element diyagramlar.	141
Şekil 4.92. Bazalt (a) ve Bazaltik-trakiandezit (b) örümcek çoklu iz element diyagramları.	142
Şekil 4.93. Trakibazıt (a) ve Trakiandezitler (b) için formasyonlarla birlikte, ait oldukları evreleri gösteren, seçili örnekler ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramları	142

Şekil	Sayfa
Şekil 4.94. Trakit formasyonları ve ait oldukları evreyi temsil eden örnekler ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramlar.....	143
Şekil 4.95. Fonolit formasyonları ve ait oldukları evrenin temsilci örnekleri ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramlar	143
Şekil 4.96. Tefrifonolit (a) ve Fonotefrit (b) formasyonları ve ait oldukları evrenin temsilci örnekleri ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramları	144
Şekil 4.97. Tefritler ve ait oldukları evrenin temsilci örnekler ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramlar.....	144
Şekil 4.98. Evre 1 ve Evre 2 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.....	145
Şekil 4.99. Evre 2 ve Evre 3 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları).....	146
Şekil 4.100. Evre 3 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.....	146
Şekil 4.101. Evre 4 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.....	147
Şekil 4.102. Evre 5 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.....	147
Şekil 4.103. Tendürek volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafik kesitleri (ana element oksitlerine göre.....)	149
Şekil 4.104. Tendürek volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafik kesitleri (iz elementlere göre.....)	151
Şekil 4.105. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları karşı K/Ar radyometrik yaş verisi ikili diyagramları	155
Şekil 4.106. Sm/Nd izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı.....	155
Şekil 4.107. Nd izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı	156
Şekil 4.108. Sr izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı.....	156
Şekil 4.109. Sr izotop oranları/SiO ₂ oranı ikili değişim diyagramı.....	157

Şekil	Sayfa
Şekil 4.110. Nd/Sr izotop oranları oranı ikili değişim diyagramı	157
Şekil 4.111. Nd/Sr izotop oranları oranı ikili değişim diyagramı	158
Şekil 5.1. Tendürek volkanitleri Sr-Th log-log değişim diyagramı.	164
Şekil 5.2. Tendürek volkanitleri Ba-Th log-log değişim diyagramı..	166
Şekil 5.3. Tendürek volkanitleri Co-Th norm-norm değişim diyagramı.....	167
Şekil 5.4. Tendürek volkanitleri evre ayırımına göre V-Th norm-norm değişim diyagramı.....	169
Şekil 5.5. SiO ₂ ve MgO 'ye karşı Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ ve Nd ¹⁴³ /Nd ¹⁴⁴ izotop diyagramları.....	170
Şekil 5.6. DePaolo (1981) eşitliklerine göre Rb/Zr – Zr ve Rb/Nb – Nb kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri.....	172
Şekil 5.7. DePaolo (1981) eşitliklerine göre Th/Zr – Zr ve Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ – Zr kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri. a) Th/Zr-Zr b) Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ – Zr.....	173
Şekil 5.8. DePaolo (1981)'e göre hesaplanmış r - Th/Zr değerleri için oluşturulmuş diyagram.....	174
Şekil 5.9. . Tendürek volkanitlerinin AFC süreçlerini gösteren Jeokimyasal stratigrafik sütun kesit	175
Şekil 5.10. Tendürek volkanitleri Sr-Nd izotop diyagramı ve Alpin kuşağında Kafkasya-Anadolu kesimi içinde bir dizi bölge	177
Şekil 5.11. Tendürek volkanitleri Pb izotop diyagramı ve Alpin kuşağında Kafkasya-Anadolu kesimi içinde bir dizi bölge.	178
Şekil 5.12. Tendürek volkanitlerine ait uyumsuz element çiftleri ile oluşturulmuş ikili değişim diyagramları..	180
Şekil 5.13. AFC süreçlerini gösteren şematik enine kesit.	181
Şekil 5.14. Tendürek volkanitlerine için kısmi ergime modellemeleri..	181

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

plj

Plajiyoklas

cpx

Klinopiroksen

ÇN

Çift nikol

kfsp

Potasyumlu feldspat

ol

Olivin

opq

Opak mineral

opx

Ortopiroksen

Vc

Volkan camı

My

Milyon yıl

TN

Tek Nikol

Kısaltmalar

Açıklama

MTA

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

İTÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi



EKLER DİZİNİ

Ek 1. Çalışma alanı jeoloji haritası.....	Sayfa 196
-------------------------------------------	---------------------





1. GİRİŞ

Tetis okyanusunun Toros dağlarına paralel bir kuşak boyunca kapanması sonucunda gerçekleşen kıtasal çarpışma sonrasında ülkemizin içinde bulunduğu kuşak boyunca tektonik rejim tamamen değişmiştir. Anadolu levhası ve Arabistan levhasının Orta Miyosen'deki çarpışması ile ortaya çıkan bu yeni periyot, neotektonik dönem olarak bilinmektedir (Şengör, 1979). Neotektonik dönemin başlangıcından itibaren tüm Türkiye'de batıdan doğuya yaygın bir volkanizma gelişmiştir. Doğu Anadolu'nun stratigrafisine ve yapısal gelişimine bakıldığında dört yapısal dönem ayırt edilmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Yaşlıdan gence; Birinci dönemi bölgenin en yaşlı kaya topluluğu olan metamorfik kayalar belirler. Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlıdırlar (Boray, 1975; Perinçek, 1980; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yılmaz ve ark., 1981; Göncüoğlu ve Turhan, 1984; Çağlayan ve ark., 1983). İkinci dönem ofiyolitik melanjdan (Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı) oluşmaktadır. Üçüncü dönem, denizel bir çökme ortamını belirleyen, volkanizmanın etkin olmadığı, alttan üstte doğru fliş, molas ve resifal kireçtaşlarından oluşan kaya türlerini kapsar. Eosen-Alt Miyosen yaştaki birimler üzerine geldikleri birimler ile diskordans oluştururlar. Eosen birimleri fliş, Oligosen yer yer fliş görünümünde ise de Eosen'e göre daha sığ ortamda geliştiği, kapsadığı kireçtaşı ve jipsli düzeylerden anlaşılmaktadır. Alt Miyosen killi kireçtaşı, kireçtaşı litolojisinde olup resifal özellikte ve oldukça yaygındır (Şaroğlu ve Güner, 1981). Bu dönemin formasyonlarına Oligosen yaşlı Çığılgan fm, Alt Miyosen yaşlı, denizel fasiyeste gelişen kireçtaşları ile karakterize Haneşdüzü formasyonu, Akitaniyen yaşlı Aktuzla formasyonları örnek olarak verilebilir. ve dördüncü dönem ise Üst Miyosen'den günümüze kadar süren karasal ortam çökelleri, çökellerle beraber gelişmiş volkanizma ve etkin tektonik olaylar ile belirlenebilir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986).

Doğu Anadolu Platosu ~2 km yüksekliği ve 150.000 km²'ye varan alanıyla Alp-Himalaya dağ sistemi boyunca yer alan yüksek platolardan biridir (Şengör ve Kidd, 1979). Bitlis kenet kuşağı boyunca Neo-Tetis'in kapanmasına bağlı olarak gelişen kıta-kıta çarpışmasına bağlı kuzey-güney sıkışma sonucunda Doğu Anadolu'da yaklaşık doğ-batı doğrultulu kıvrımlar, bindirmeler, çoğunlukla KD-GB veya KB-GD

doğrultusunda uzanan doğrultu atımlı faylar ve K-G doğrultusunda uzanan açılma çatlakları gelişmiştir. Bu yapılar Doğu Anadolu'nun K-G yönünde daralıp, D-B yönünde uzadığını ve aynı süreçte bölgenin yükselmekte olmasına bağlı olarak gelişmişlerdir.

Sıkışma yönüne paralel, yapıları dikine kesen yaklaşık K-G doğrultulu açılma çatlakları, magmanın yüzeye ulaşması için uygun gerilme alanlarını oluşturmuş, volkanların çoğu ise söz konusu açılma çatlakları üzerinde yer almışlardır (Şaroğlu ve Güner, 1981). Çatlakların 50–400 m genişliğinde 2- 30 km uzunluğunda zonlar şeklinde uzandıkları ve bunların Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı volkanik sistemlerinde magma çıkışını denetlediği ileri sürülmüştür (Koçyiğit, 2001). Yılmaz ve ark. (1987) volkanizmanın, kıta kabuğunun deformasyon evrimi ile bağlantılı olarak zaman içinde değişimler geçirdiğini ileri sürmüştür. Bölgede yaygın ve şiddetli biçimde meydana gelen volkanizmayı Doğu Anadolu'da kıtasal kabuğun kısılp kalınlaşmasına sebep olan, Avrasya ve Arap kıtalarının çarpışması ve sonrasında devam eden sıkışma mekanizmasına bağlamıştır.

Anadolu dünyadaki aktif kıtasal çarpışma zonlarının en iyi örneklerinden biridir. Çarpışma ile ilişkili volkanizma Anadolu ile sınırlı olmayıp 1000 km mesafe boyunca Ermenistan, Azerbaycan ve Güneydoğu Rusya'da da yüzeylemektedir. Doğu Anadolu'da çarpışma ile ilişkili volkanik ürünler bölgenin $\sim 2/3$ 'ünü kaplar. (Keskin, 2003, 2005 ve 2007).

Bölgenin yüksek topografyası, yakın zamana kadar kıtasal çarpışma ile ortalama 55 km'ye kadar kalınlaşmış olduğu varsayılan kabuk ve bunun altında kalınlığı 200-300 km ile ikiye katlanmış litosferik manto ile ilişkilendiriliyordu (Dewey ve ark., 1986). Pearce ve ark. (1990) ve Keskin ve ark. (1998) petrolojik verilere dayanarak bölgedeki magmatizmanın oluşabilmesi için Doğu Anadolu'nun altında litosferik mantonun bir bölümünün "delaminasyon" prosesi ile koparak ayrılmış olması gerektiğini ileri sürdüler.

Cornell (ABD) ve Boğaziçi Üniversitelerinden araştırmacıların yürütmüş oldukları Doğu Türkiye Sismik Deneyi (ETSE) projesi kapsamında 29 broadband sismik istasyondan elde edilen veriler ile 2001 yılında tamamlanan kabuğun ortalama kalınlığının 45 km civarında olduğu, en önemlisi bölgenin orta kesiminde litosferik

mantonun hemen tümüyle yok olduğu, dolayısıyla belki de kabuğun doğrudan astenosfer üzerinde yüzmekte olduğu ortaya çıktı (Şengör ve ark., 2003). Bu gözlemler Pn ve Sn fazları gözlemleri ile birleştirildiğinde bölgenin büyük bölümünde manto litosferinin, yani taşküre kalınlığının 3/4'ünün, günümüzde yerinde bulunmadığı sonucu ortaya çıktı. Manto litosferi olmayan bölüm, Üst Kretase – Alt Oligosen yaşlı bir yığışım prizması olan Doğu Anadolu Yığışım Prizması ile örtüşmektedir (Şengör ve ark., 2003). Manto litosferinin var olmaması, prizmanın altındaki dalan okyanusal levhanın (slab) kopmasına (slab-breakoff) ve litosferin alt kısımlarının doğrudan astenosferik sıcaklıklara maruz kalıp astenosfer ve kabukta büyük oranda kısmi ergime oluşturmasına bağlanmaktadır (Keskin, 2003, 2005, 2007; Şengör ve ark., 2003, 2008).

Keskin (2007), dünyadaki ergime anomalileri ve manto sorguçlarını konu alan Plates, Plumes and Planetary Processes adlı GSA kitabında (Foulger, 2007) ele aldığı kitap bölümünde, Doğu Anadolu için önerdikleri slab steepening ve breakoff modelinin, slab deformasyonu ve kırılmasını deneysel çalışmalarla (Kincaid ve Griffiths, 2004; Regard ve ark., 2005, 2006; Cruden ve ark., 2006; Faccena ve ark., 2006) ve tomografik görüntülerle (Piromallo ve Morelli, 2003; Hafkenscheid ve ark., 2006) test eden çalışmaların sonuçları ile desteklendiğini belirtmektedir. Doğu Anadolu yüksek platosu kalın bir kabuk tarafından değil sıcak astenosferik manto tarafından dengede tutulmaktadır (Şengör ve ark., 2003). En ince kabuğun bulunduğu yerler aslında en yüksek topografyaya karşı gelmektedir, manto litosferinin mevcut olmadığı yerlerin neredeyse mükemmel bir şekilde Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi ile örtüştüğü görülür (Şengör ve ark., 2003).

Eğer Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi'nin altında gerçekten bir manto litosferi yok ise burada sorulması gereken soru durumun neden böyle olduğudur ve yanıtı bölgenin jeolojik evriminde aramak yerinde olacaktır (Şengör ve ark., 2003).

Özellikle yer içinde magmanın ortaya çıktığı ve depolanarak evrim geçirdiği derinlikler konusunda bilgi sağlama potansiyeli olan volkanik kayalar üzerinde yapılacak çalışmaların önemi ve katkısı büyüktür. Dolayısıyla bölgede volkanik istifler üzerinde yapılacak çalışmalar kritik öneme sahiptir. Doktora tezi olarak çalıştığım Tendürek volkanı da, Doğu Anadolu'nun tektono-magmatik evriminin ortaya konması ve jeodinamik konumu hakkında önemli bilgiler elde edilebilecek bölgedeki en büyük

ve genç volkanik merkezlerden biridir. Tendürek volkanında yapılan çalışmaların Doğu Anadolu jeolojik evriminin çözümüne sağlayacağı katkıların yanı sıra, volkanın kendi oluşum dinamiği için de önemli veriler sağlamıştır.

Doğu Anadolu'nun jeolojik evrimi ile direkt ya da endirekt bağlantılı olarak cevaplanması gereken sorular vardır. Tendürek volkanına ilişkin bu güne kadar yapılan çalışmalarda çok sınırlı sayıda örnek üzerinden yoruma gidilmiştir. Innocenti ve ark. (1976) 1 örnek, Nagao ve ark. (1989) 1 örnek, Pearce ve ark. (1990) 9 örnek, Ercan ve ark. (1990) 6 adet örnek ve Şen ve ark. (2004) 2 adet örnek üzerinde major, iz element, izotop ve bunlardan seçilen örneklerin bazılarında radyometrik yaş analizleri yaparak bazı petrografik ve volkanolojik yorumlara gitmişlerdir. 600 km² lik alan kaplayan bu büyük volkan için yapılan bu örneklemeler ile volkanın tüm karakteristiklerini ortaya koymak olanaksızdır. Zira yayınlarda yapılan yorumların büyük bölümü birimlerin sadece tanımlanması ve yaşlarının saptanması aşamasını geçememiş, kökene, kaynak alan doğası ve magma evrimine dair yorumlar Pearce ve ark. (1990) yayını dışında yapılmamıştır.

Tendürek volkanında önceki çalışmalarda yapılmış olan örneklemelerde 2 farklı tip kaya türü dikkati çekmektedir:

- (1) Tendürek volkanının oluşum sürecinde, merkezi bacadan çıkan viskozitesi düşük akıcı bazaltik lav ve
- (2) Daha sonraki evrede büyük yamaç erüpsiyonları olarak meydana gelen viskoz trakitik lav ve trakitik domlar.

Bu iki farklı lav tipinin varlığında bimodal bileşimden söz edilebilir.

Tendürek volkanı ile ilgili olarak halen cevaplanamamış ve cevaplanması mutlaka gereken bir dizi soru / problem bulunmaktadır ve bunlar bu doktora çalışmasında çözülmeye çalışılmıştır:

- Tendürek'ten püskürmüş bazaltik lavların oluşumunda astenosferin ve litosferik mantonun katkısı nedir?
- Tendürek bazaltlarının türemiş oldukları kaynak alan veya alanların özellikleri ve erime derecesi nedir?
- Trakitik türdeki kayaların oluşumu hangi sürece bağlıdır? Trakitler, bazaltik magmanın fraksiyonel kristallenmesi ile mi oluşmuştur?

- Tendürek'teki bimodal bileşim, magma-mixing ve kirlenme süreciyle mi yoksa kıtasal kabuğun kısmi ergimesi ile mi oluşmuştur?

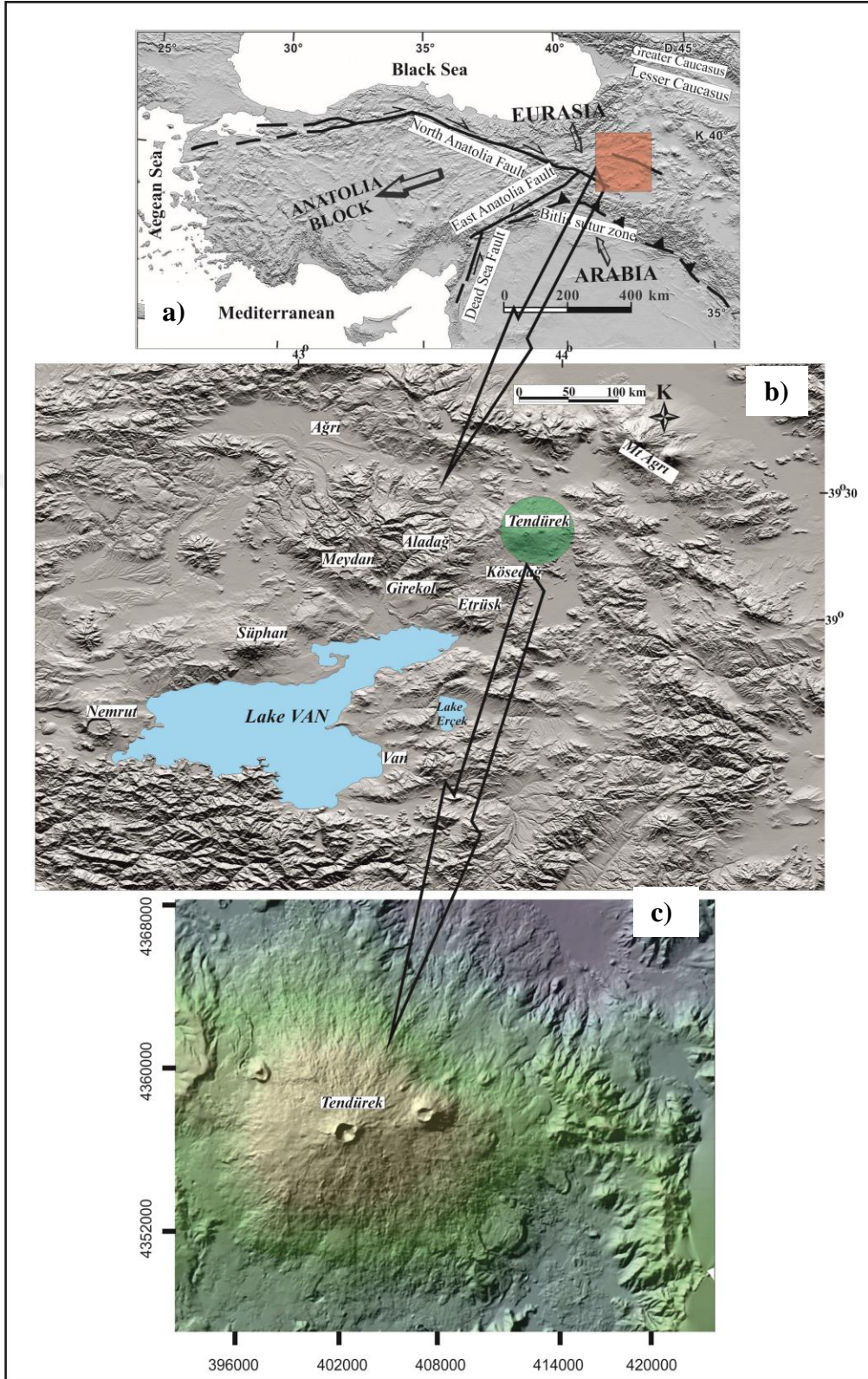
Bunlar doktora çalışmasında cevaplanan önemli petrolojik problemlerdir.

Tendürek lavlarının bimodal bileşiminin çözümlenmesi ile magma kaynağını oluşturan ögeler kadar magma oluşum süreci de açıklanabilir. Tendürek volkanından püskürmüş bütün lav ürünlerini kapsayan ve petrolojik modelleme ile yaklaşımlar içeren kapsamlı bir çalışma ortaya konulmuştur. Bu doktora tezi kapsamında yapılan çalışmalar, bu konuda literatürdeki veri eksikliğini doldurmuştur.

Doktora tez çalışması kapsamında çalışılan Tendürek volkanı, Van ilinin yaklaşık 150 km güneydoğusunda, Van ve Ağrı ilini birbirinden ayıran sınırdaki yer alır (Şekil 1.1). Doğu Anadolu'nun çarpışma ile ilişkili volkanik sistemi içinde 600 km²'lik alan kaplayan ve 300 km³'lük ürün hacmine sahip olan Tendürek, Doğu Anadolu'da Kuvaterner'de oluşmuş önemli volkanlardan biridir (Yılmaz ve ark., 1998). Son püskürmesini 2500 yıl önce gerçekleştirmiştir (Ercan ve ark., 1990) ve tarihsel verilere dayanarak 1855 yılında gaz ve kül erüpsiyonu olduğu Karakhanian (2002) tarafından belirtilmiştir. 3533 m yüksekliğe erişen Büyük Tendürek dağı ve 3291 m lik Küçük Tendürek dağından oluşan ikiz koni ve krateri ile belirgin, ayrıca yamaçlarında çok sayıda koni ve kraterin de yer aldığı, Kuvaterner yaşlı bir kalkan volkanıdır. Küçük Tendürek kraterinde 400 m büyüklükte bir göl vardır ve bu kraterin kenarında 1–2 m büyüklükteki çeşitli çukurlardan yaklaşık 50°C sıcaklıkta su buharı çıkmaktadır. Büyük Tendürek kraterinde ise 200 m derinlikte büyük bir krater çukuru bulunmasına karşın, herhangi bir su birikintisi yoktur. Burada sürekli olarak sıcak su buharı ve çeşitli gazlar çıkmakta ve gazların içindeki H₂S ayrılarak bol miktarda kükürt birikimi meydana gelmektedir (Pamir, 1951; Ercan, 1986). Tarihsel çağlarda da lav püskürten bu genç yanardağ günümüzde etkinliğini solfatar evrede sürdürmekte olup, ülkemizde en genç aktif yanardağlardan biri olarak tanınmaktadır (Ercan, 1990). Tendürek dağının güneyinde yer alan Çaldıran ilçe merkezinde yer yer zeminden CO₂ gazı çıkmaktadır. Nagao ve ark. (1989) bu gazlardan aldıkları örneklerde yapmış oldukları He izotop çalışmaları (³He/⁴He) ile bunların bir magma rezervuarından türeyen volkanik kökenli gazlar olduklarını belirtmişlerdir. Çaldıran'a en yakın genç volkanik dağ 25 km kuzeydeki Tendürek dağı olduğundan, bu gazların Tendürek sistemine ilişkin oldukları

düşünülmektedir. Oruç ve ark. (1976) tarafından Tendürek dağının çevresindeki soğuk su kaynaklarında yapılan kimyasal çalışmalarda yüksek miktarda F içeriği saptanmıştır. Bunlar fümerollerle taşınan ve soğuyan lavlardan kaçan flüorun, yeraltı sularına göçü sonucunda zenginleşmişlerdir (Ercan, 1990).

Bu çalışmanın temelini, saha gözlemleri ile birlikte petrografik incelemeler özellikle, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik sonuçların yorumlanması oluşturmaktadır. Jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik çalışmalar ile çalışma alanındaki volkanik etkinliği oluşturan magma sisteminin evriminde kısmi ergime, asimilasyon, fraksiyonel kristallenme, magma karışması gibi jeolojik süreçlerden hangisi veya hangilerinin etkili olabileceği, magma kaynak alanının ne tür bileşenlere sahip olduğu ve magmanın evrimini hangi zaman aralığında tamamladığı gibi sorulara yanıtlar üretilmeye çalışılmıştır. Bu sorular ayrı ayrı başlıklar açılarak tartışılmış bu tartışma üzerine yorumlar elde edilerek sonuçlara gidilmiştir. Ayrıca volkanın volkanostratigrafisi ve analitik veriler birlikte değerlendirilerek, Tendürek volkanının püskürme hikâyesi kurgulanmıştır. Bu verilerin tamamının bir araya getirilmesiyle volkanın kendi iç dinamikleri ortaya koyulmuş ve daha sonra bölgenin bu kesiminin jeodinamik açıdan hangi süreçlerden etkilendiği ve Doğu Anadolu'nun jeodinamik evriminde nasıl bir yer oluşturduğu açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru kabartma haritaları. a) Çalışma alanının Türkiye haritasında gösterimi b) Doğu Anadoludaki büyük volkanik merkezler c) Tendürek volkanı ve yakın çevresi.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Doğu Anadolu'da volkanizma ile ilgili geçmişten günümüze çeşitli araştırmacıların yaptığı çalışmalar bulunmaktadır. Nemrut, Süphan, Tendürek gibi Doğu Anadolu'da gözlenen önemli volkanik çıkış merkezleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar jeokimyasal analiz ve yaş tayini odaklıdır. Ayrıca bazı araştırmacılar Doğu Anadolu bölgesi için jeodinamik modeller önermiş ve bu jeodinamik evrim içinde volkanizmanın nasıl etkilendiği üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Innocenti ve ark. (1976), Arap, Anadolu ve İran plakaları arasındaki ilişki ve bölgede volkanizmanın evrimini araştırmıştır. Üst Miyosenden beri Arap plakasının Avrasya kıtası altına daldığını belirtmiştir. Kalk alkalın ve alkalın 2 volkanik topluluk ayırmıştır. Van gölü bölgesindeki kalkalkali volkanizma dalma-batma sürecinin başlarında meydana gelen andezitik mağmanın litosferde depolanması sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür ve bu yorumunu Miyosen sonrası kalkalkali aktivite ürünlerin çeşitliliğinin çok olması ile desteklemiştir. Kalkalkali volkanizmayı 2 evreye ayırmıştır. İlk evrede büyük lav domları ve ikincil piroklastik akışların yerleşmesi ile en eski volkanizma karakterize edilir. Bu faz tekrarlayan ignimbiritik erüpsiyonlarla son bulur. İkinci aşamada ise ilerleyen volkanik aktivite ve görkemli dağların yükselmesi ile karakterize edilir. Alkali volkanizmayı ise çarpışmanın hemen sonrasında Van Gölü bölgesini etkileyen tektonik stres gerilimi ile ilişkili çatlak erüpsiyonları olarak ortaya çıktığını belirtmiştir. Tendürek volkanında 2.5 my yaşında bir örnek analizi vardır.

Oruç ve ark. (1976) Tendürek volkanı çevresindeki yüksek flüorür içerikli kaynak sularının hidrojeolojisini araştırdığı çalışmasında Tendürek volkanı çevresindeki sulama ve içme amaçlarıyla kullanılan kaynaklardan alınan örneklerin analizini yapmıştır. Tendürek çevresinde, Paleozoyik yaşlı mikaşist, mermer ve kuvarsitlerden oluşan metamorfikler, Permo-Karbonifer yaşlı kristalize kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı spilit, serpantinit ve kireçtaşlarından kurulu ofiyolitler, Paleosen yaşlı kireçtaşları, Eosen yaşlı fliş kumtaşı ve kireçtaşları, Miyosen yaşlı kum taşı, kiltası, miltaşı ve kireçtaşları ile genç Tersiyer yaşlı lâvlar bulunduğunu saptamıştır. Bölgenin tümü ise

Tendürek volkanının çok genç bazaltik lav akıntılarıyla örtülüdür. Çalışmasında fümerollerle taşınan ya da lavlardan kaçan flor lavların bazı mineral yüzeylerinde tutulmuş daha sonra yüksek pH'lı yer altı sularının OH'ı ile yer değiştirerek Tendürek volkanı eteklerinden boşalan yüksek flüorürlü sulara katıldığını saptamıştır.

Şaroğlu ve Güner (1981) tarafından, Doğu Anadolu'da neotektonik dönemin Orta Miyosen'de sıkışmalı tektonik rejim ile başladığı belirtilmiştir. Neotektonik dönem başlangıcında Doğu Anadolu'nun penneplen ya da penneplene yakın bir paleo-coğrafyası olduğunu, bu dönemde gelişen yapısal şekillerin penneplen şeklindeki yüzey şekillerini değiştirip, kabaca D - B doğrultulu ve antiklinallere karşılık gelen sırtlar ile senklinallere karşılık gelen havzalar geliştirdiğini belirtmiştir. D-B yönünde akan sular menderesler, K - G yönündeki akarsular da yarma vadiler oluşturmuştur. Bu yalın yapı bindirme, doğrultu atımlı fay, açılma çatlakları ve volkanizma tarafından denetlenerek karışık bir görünüm kazanmıştır. Olaylar geliştikçe D- B yönünde uzanan sırtlar ile giderek daralan ve sırtlarla yükselti farkı artan yine D-B uzanımlı dar ve uzun havzalar oluşmuştur. Bu tür havzalar «dağarası havza» olarak tanımlanmıştır. Muş havzası dağ arası havzalara tipik örnektir. Doğu Anadolu bu jeolojik ve jeomorfolojik gelişimi sonucu K - G yönünde kısalmakta, kabuğu kalınlaşmakta ve bir bütün olarak yükselmektedir. Bu gelişim dağ oluşum evresi olarak düşünülmektedir.

Innocenti ve ark. (1982) Erzurum – Kars alanının Tersiyer-Kuvaterner volkanizması ve Anadolu ile Kuzeydoğu İran'daki volkanik seriyi araştıran çalışmacılar, elde ettikleri radyometrik yaş sonuçları ve çarpışma zonu boyunca volkanik serideki kimyasal değişime dayanarak, Pliyosen boyunca andezitik volkanik cephenin 150-200 km kuzeye doğru göç ettiğine işaret etmişlerdir. Araştırmacılara göre, bu bulgular kıtasal çarpışma sonrası dalmış slabın ayrılması için kanıt üretmektedir ve slab astenosferde batıyorken, ayrılan slab kuzeye doğru hareket etmiştir. Onlar bu hareketin güneyden kuzeye düşük yoğunluklu magmatizma oluşturduğuna işaret etmişlerdir. Bu görüş içinde volkanizma güneyden kuzeye gençleşmeye başlamakta, güneyde Miyosen volkanik kuşağı olarak tanımlanmış alkalın magmalar ayrılmış dalan slab arkasındaki boşluk boyunca astenosfer yükseliminden kaynaklanmışken, kuzeydeki Pliyo-Kuvaterner volkanik kuşak da oluşmuş kalk-alkalin magmalar dalan slabın üstünde gelişmiştir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1984), Doğu Anadolu'nun jeolojik evriminde dört dönemin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Birinci dönemin bölgesel metamorfitle ve kristalize kireçtaşları, ikinci dönemin ofiyolitik karmaşa, üçüncü dönemin sedimanter kayalar, dördüncü dönemin de st Miyosen' den başlayıp günümüze kadar devam eden karasal ortam çökelleri ve volkanizma ile temsil edildiğini vurgulamışlardır.

Tokel (1984), Doğu Anadolu'da kabuk deformasyonu mekanizması ve genç volkanitlerin petrojenezi ile ilgili yaptığı çalışmada, daha önce Doğu Anadolu'daki genç volkanizmanın kökeni ile ilgili görüşler hakkında bilgi vermiş ve bazalt bileşiminde olan tüm örnek analizlerini ana element ve uyumsuz iz element ayırtman diyagramlarını kullanarak incelemiştir. Tüm rnekleri manto kökenli, toleyitik, kalkalkalen karakterde, anorojenik, plaka ortası bazaltlar olarak tanımlamıştır.

Dewey ve ark. (1986) Doğu Anadolu'daki kıtasal çarpışma ve bunun sonucunda gelişen kabuk veya litosferin kalınlaşması üzerine yaptıkları çalışmada, kalınlaşmanın Arabistan ve Avrasya kıtaları arasındaki kıtasal çarpışmanın sonucu olarak olduğunu ve lavların çapraz uzanan pull-apartlar boyunca Arabistan burunu içindeki açılmayla oluşan K-G kırıkları boyunca püskürmüş olduklarını vurgulamışlardır. Ayrıca araştırmacılar bölgede 2 farklı neotektonik magmatik serinin var olduğunu vurgulamışlardır. Bunlar; manto kökeninin nefelin-hipersten normatif alkalin bazaltları ve silisikten mafige kalk-alkali seridir. Her iki serinin de doğrultu atımlı rejimler içindeki pull-apart basenlerde ve K-G açılma çatlaklarında oluştuklarına işaret etmişlerdir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1986), Doğu Anadolu'da jeolojik evrim ve havza modelleri çalışmasında; Doğu Anadolu'da, Orta Miyosen'de başlayan neotektonik rejimin, bölgenin jeolojik gelişimini önemli lde etkilediğini belirtmiştir. Sıkışma tektonik rejimi ile karakterize olan Doğu Anadolu'da, neotektonik dönem boyunca kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylar ve açılma çatlakları geliştiğini belirtmiştir. Bu yapıların denetiminde dağarası ve ek-ayır (pull-apart) olmak üzere iki tür havza gelişmiştir. Bölgenin yeni dönem çökellerinin genel özelliği karasal fasiyeste olmaları ve etkin yaşıt volkanizması ile birlikte, farklı tür havzalarda gelişmiş olmalarıdır. Muş, Ahlat-Adilcevaz, Karayazı-Tekman havzaları dağarası, Kağızman-Tuzluca havzası ise ek-ayır türünde havzalar olarak geliştiğini belirtmiştir. Erzurum-Pasinler-Horasan

havzasının doğrultu atımlı fayların da etkili olduğu bir tür dağarası havza olduğunu çalışmasında vurgulamıştır.

Yılmaz ve ark. (1987), Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemin Erken Miyosen'de Arap ve Avrasya plakalarının çarpışması sonucu aradaki Tetis okyanusunun kapanması ile başladığını belirtmişlerdir. Çarpışma sonrası sıkışmanın devam etmesiyle yeni bir tektonik rejimin ve yaygın bir magmatik aktivitenin başladığını vurgulayan araştırmacılar çarpışma sonrası sıkışmaya bağlı olarak D-B doğrultulu kıvrımlar - bindirmeler ve doğrultu atımlı fayların meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bununla ilişkili olarak meydana gelen volkanizmayı üç dönemde toplayan araştırmacılar birinci döneme zayıf alkali özellik gösteren Solhan volkanitlerini, ikinci döneme Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de meydana gelen K-tip Ca volkanizması, üçüncü ve son döneme ise Doğu ve Kuzey Anadolu transform faylarının oluşumundan sonra Pleyistosen ve Kuvaterner'de meydana gelen alkali volkanizmayı dahil etmişlerdir.

Nagao ve ark. (1989), Türkiye'de Kuvaterner yaşlı volkanik alanlarda asal gaz ve karbon izotopik bileşimlerini ölçtükleri çalışmada tüm örneklerde manto kökenli helyum bulunmuştur. Çaldıran ilçe merkezinde çıkan CO₂ gazından aldıkları örneklerde He izotop analizi yapmışlardır. Çaldırana en yakın genç volkan Tendürek olduğu için bu gazları Tendürek volkanı ile ilişkilendirmişlerdir.

Yılmaz (1989), Batı ve Doğu Anadolu genç volkanik birliklerin karşılaştırılmasını yapmış ve Doğu Anadolu'da çarpışma ile ilişkili sıkışma tektoniğinin ve volkanizmanın Geç Miyosen'den Pliyosen'e ve günümüze kadar sürdüğünü belirtmiştir. Bir minör iki majör faz ayırt eden araştırmacı Pliyosen'de bazik ve ortaç alkali kayalar, oldukça geniş alanlara yayılan andezitik ve dasidik kalkalkali kayaların izlediğini vurgulamıştır. İkinci majör fazın ise Kuvaterner'de gözlenen alkali ve geçiş lavlarının olduğunu belirtmiştir.

Pearce ve ark. (1990), Doğu Anadolu'da Geç Senozoyik volkanizmasının Arap-Avrasya çarpışma zonu çevresinde, GB-KD uzanımlı bir yay şeklinde, güney batıda Arap yarımadasından kuzeydoğuda Kars platosuna kadar uzandığını belirtmişler ve yarımada volkanizmasının toleyitikten alkaliye geçiş gösteren bazaltik kalkan volkan tipi ve çatlak püskürmeleri şeklinde geliştiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar Doğu

Anadolu'daki etkin volkanizmanın en büyük sebebinin EACC (Doğu Anadolu Yapışık Kompleksi) altında litosferik delaminasyon olduğunu belirtmişler ve bunun yanı sıra özellikle EKP üzerinde volkanizmanın delaminasyona eşlik eden pull-apart basenlerde doğrultu atımlı rejimlere bağlı olarak da lokal olarak geliştiğini vurgulamışlardır. Tendürek volkanından aldıkları 9 adet örnekte major ve iz element jeokimyasal analizleri yapmış ve bu örnekler içinden 2 tanesinde de ayrıca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop analizi yapmıştır. Lavların Nemrut volkanı ve Muş civarı volkanik alanlarındaki örneklerle beraber alkali karakterde olduğunu belirtmiştir. Litolojisinin baskın olarak bazalt ve trakiandezit niteliğinde olduğunu belirtmiştir. Bazik lavların plajiyoklasça zengin hamur içinde plajiyoklas, piroksen nadir olivin ve opak mineral fenokristalleri içerdiğini, ortaç bileşimdeki lavlarda ise yine plajiyoklasça zengin hamur içinde büyük zonlu plajiyoklas (oligoklas-andezin), klinopiroksen glomerokristalleri ve magnetit olduğunu belirtmiştir.

Ercan ve ark. (1990), Doğu ve Güney Anadolu' da çarpışma zonu volkanizmasının Orta Miyosen'de başladığını belirten araştırmacılar, çeşitli yörelerden aldıkları örneklerden major, iz ve nadir toprak element (REE) kimyasal analizlerini, stronsiyum izotop ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) oranı ölçümlerini ve K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemelerini yapmışlardır. Tendürek volkanından aldıkları 6 adet örnek ve diğer araştırmacıların daha önce aldığı birkaç örneği de kullanarak yaptıkları analizlerin sonucunda kayaç örneklerini tefrit, trakibazalt, trakiandezit şeklinde tanımlamışlardır. 3 örnekte yaptıkları K/Ar yaş tayinleri ile en genç lav ürünü olan trakiandezit 30.000-70.000 den daha genç olduğunu daha eski trakibazalt örneğinin 560.000 ± 160.000 yaşlarında olduğunu saptamışlardır. 0.70535-0.70574 arasındaki Sr izotop oranlarına göre de salt manto kökenli olmayıp kabuksal kirlenmeye maruz kaldığını belirtmişlerdir.

Türkecan ve ark. (1991), Patnos, Tutak ve Hamur yöresinin tersiyer volkanizması ile ilgili yaptığı çalışmada bölgede birincisi Miyosen'de diğeri ise Pliyosen ve Kuvaterner'de iki volkanik dönem saptamıştır. Birinci dönem volkanizması kalkalkalen karakterli olup, Miyosen'de faaliyete başlamış ve Erken Üst Miyosen'e kadar etkinliğini sürdürmüştür. İkinci volkanik dönem ise Üst Miyosen – Alt Miyosen'de neomagmatizmanın ilk ürünleri olarak alkalen nitelikte başlamış, ileri aşamalarda peralkalen karakter kazanmıştır. Daha sonra tekrar alkalen nitelik

kazanan yöre volkanizması, alkalen-kalkalkalen geçişi gösteren Süphan volkanitleri ile sona ermiştir. Doğu Anadolu'da Üst Miyosen – Alt Pliyosen sınırında meydana gelen neomagmatizma, çarpışma sonrası gelişen gerilme alanlarındaki açılma çatlaklarından yüzeye çıkan, fraksiyonel kristalizasyona uğramış mafik magma ürünü olabileceğini ileri sürmüştür.

Notsu ve ark. (1995), Orta ve Doğu Anadolu'da yapmış oldukları çalışmalarda Neojen ve Kuvaterner'de oluşan volkanları incelemişlerdir. Bu volkanlardan alınan örneklerin major, iz, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerini ve K-Ar yaş tayinlerini yapmışlardır. Erciyes, Ağrı, Nemrut ve Karacadağ bazaltlarında yapmış oldukları $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerinin 0.7035-0.7040 arasında değerlere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerlerin N-tipi MORB'dan daha yüksek fakat yay volkanik kayalarına uyum gösterdiklerini, bununda çarpışma öncesinde yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içerikli sıvı ve ergiyiklerle karışan manto kökenini yansıttığını vurgulamışlardır. Ayrıca Nemrut ve Tendürek trakibazalt örneklerinin Kula volkanitlerinden daha yüksek Sr izotop oranlarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Tendürek volkanına ait trakiandezit örneğinde 13.000 yıl trakibazalt örneğinden ise 400.000 yıl olarak iki adet K/Ar yaş analizi yapmıştır.

Keskin (1994) Erzurum Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkanostratigrafisi ve yeni yaş bulguları doğrultusunda evrimini incelediği çalışmada söz konusu platonun büyük kısmının, çarpışma ile kökensel ilişkili (collision-related) bir volkanizmanın ürünü olan lavlar ve piroklastik birimlerle örtüldüğünü belirtmiştir. Volkanizmanın 11 my önce, bölgesel yükselmeden hemen sonra bazik lavlarla başlayıp, yaklaşık 5-7 my önce doruğa ulaşmış ve 2.5 my önceye dek sürerek plato üzerinde kimi yerde 1 km.yi aşan kalınlıkta istifler oluşturduğunu vurgulamıştır. Magmanın yüzeye genel olarak, bölge neotektoniğinin ana hatlarını oluşturan doğrultu atımlı fay sistemlerine bağlı yerel gerilme alanlarını izleyerek, çoğunlukla çatlak erüpsiyonları şeklinde ulaştığını, çıkan malzemenin önemli bir kısmının, yakındaki fay sistemlerine bağlı pull-apart havzalarda depolandığını belirtmiştir. Volkanik etkinliğin 6-11 my arasındaki dönemi, yaygın felsik piroklastikler/domlar ile bazik lavların oluşturduğu bimodal bir volkanizma ile temsil edilmiştir. Araştırmacının belirttiğine göre yaklaşık 5-6 my önce, derinde mafik fazda amfibol fraksiyonel kristalizasyonu geçirmiş olan ortaç porfiritik lavlar yüzeye ulaşarak domlar oluşturmuşlardır. Volkanizmanın 2.7-5 my

döneminde ise olivinli bazik lavlar özellikle doğu alanlarda egemen olmuşlar, plato oluşturan lav yaygıları oluşturarak geniş alanlar kaplamışlardır. Yeni K/Ar yaş bulgularına göre, plato üzerindeki volkanik etkinlik zaman içinde batıdan doğuya göç ettiğini ve bu sırada genel olarak bazikleştiğini belirtmiştir. Volkanizmanın zaman içinde giderek bazikleşmesinin nedenini, bölgede kabuğu derinlemesine kesen doğrultu atımlı sistemler içindeki gerilmelerin, volkanik etkinliğin son evresine doğru tedricen artması şeklinde yorumlamıştır. Magma odalarında depolanan magma, yerel tektonik gerilmelerin serbestlendiği bir ortamda, magma pompalama sistemi aracılığıyla yüzeye zaman içinde gittikçe daha kolay ve çabuk ulaşmıştır. Böylece magmanın, fraksiyonel kristalizasyon ile farklılaşmaya fazla uğramadan daha primitif lavlar şeklinde yüzeye çıktığını belirtmiştir.

Keskin ve ark. (1998) Erzurum-Kars Platosu (EKP) üzerindeki çarpışmayla ilişkili volkanizmanın volkanostratigrafik ve petrolojik süreçlerini araştırmışlardır. EKP üzerindeki volkanik ünitenin bazalttan riyolite değiştiğini belirten araştırmacılar, volkanik aktivitenin erken, orta ve geç olmak üzere 3 evrede geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar petrografik ve Y fraksiyonlanma trendinin magma odalarında sulu ve susuz mineral fraksiyonlanmasına işaret ettiğini ve orta evrede magma odasında kıtasal kabuktan özümseme ile kirlenmenin fraksiyonel kristallenmeye eşlik ettiğini belirtmişlerdir. LIL ve LREE zenginleşmesine işaret eden araştırmacılar bunun EKP altındaki magmalar için farklı yitim bileşenlerine işaret ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar EKP'deki magmatizmanın bir bölümünün pull-apart basenlerdeki yerel açılmalara da bağlı oluşabileceğini ve litosferik delaminasyonun bu bölge altında yoğun magma üretimi için etkin olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Yılmaz ve ark. (1998), Doğu Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşlı Ağrı, Süphan, Nemrut, Tendürek volkanlarını incelemişler, Ağrı Volkanı'nın subalkali, Süphan Volkanı'nın ortaç (mildly) subalkali, Nemrut Volkanı'nın ortaç alkali, Tendürek volkanının ise alkali olduğunu ve major- iz element bileşimleri ile izotop oranlarına dayanarak bu volkanları oluşturan magmaların heterojen manto kökenli bir magma olduğunu belirtmişlerdir. Adı geçen volkanların stratigrafisini ortaya çıkaran araştırmacılar volkanların stratigrafik dizilimlerini ve jeolojik haritalarını da oluşturmuşlardır.

Koçyiğit ve ark. (2001), Kıta içi birleşmenin ve K-G yönlü sıkışma-büzülme tektonik rejiminin, Doğu Türkiye’de Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Geç Miyosen sonu ve Erken Pliyosen’e kadar sürdüğünü belirtmişlerdir. Erken - Geç Pliyosen’de sağ yönlü Kuzey Anadolu, sol yönlü Doğu Anadolu transform fayları ve Anadolu Plakacığının oluştuğunu belirtmişlerdir. Takip eden süreçte Anadolu Plakacığının Afrika Plakası okyanusal litosferi üzerinde BGB yönlü kaçma hareketine başladığını böylece Erken Geç Pliyosenden itibaren ilksel sıkışma- büzülme tektonik rejiminin yerini sıkışma-açılma tektonik rejimine bıraktığını öne sürmüşlerdir. Araştırmacılar Doğu Anadolu’da Neotektonik dönemin sağ-sol yönlü doğrultu atımlı faylar, doğrultu atım havzaları ve K-G doğrultulu çatlaklar ve Pliyo-Kuvaterner volkan hatları ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. K-G yönlü sıkışmaların KKB doğrultulu bireysel çatlaklar ve 400m uzunluğunda, 20-30 km genişliğinde çatlak zonları ile meydana geldiklerini öne süren araştırmacılar Karaalan (Çatak), Nemrut, Tendürek ve Ağrı Dağı volkanlarını bu çatlaklara örnek olarak göstermişler ve Doğu Anadolu’da daha önceleri kalkalkali olan volkanizmanın alkalın tipe geçmesini neotektonik dönemin yerleşmesinin kanıtı olarak belirtmişlerdir.

Karakhian ve ark. (2002), Ermenistan ve komşusu Doğu Anadolu ve Batı İran’da yer alan Holosen yaşlı volkanları uzaktan algılama yöntemleri, arazi verileri, tarihsel ve arkeolojik kayıtlara göre incelemişler ve bu volkanların çevresindeki bölgeler üzerinde oluşturmuş oldukları doğal tehlikeleri vurgulamışlardır. Bu volkanik yapıların aktif faylarla sınırlı olan çek-ayır tipi havzalar içinde geliştiklerini belirtmişlerdir. Elde ettikleri tarihsel verilere dayanarak 1855 yılında Doğubeyazıt ilçesinin 12.5 km güney doğusunda Tapariz köyünde, Tendürek volkanına bağlı gaz ve kül erüpsiyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Al-Lazki ve ark. (2003); Gök ve ark. (2000), (2003); Sandvol ve ark. (2003); Angus ve ark. (2006) araştırmacılarının ETSE projesi kapsamında yapmış oldukları, Doğu Türkiye sismik deney projesinin sonuçlarına göre Bitlis-Pötürge Masifi ve kuzeyde (EKP’nin kuzeydoğu sınırı ile ilişkili genişleme) Aras nehri arasındaki bölgenin altında litosferik mantonun ya hiç olmadığına yada çok inceldiğine işaret etmektedir. Bu çalışmalar ile elde edilen veriler, kabuksal kalınlığın Bitlis sütür zonunun güneydoğu parçası çevresinde 38 km den kuzeyde EKP altında 50 km’ye

büyük değişimini ortaya koymuştur (ortalama 45 km) (Zor ve ark., 2003; Şengör ve ark., 2003). Bu aşırı ince manto litosferini üzerleyen normal kalınlığa veya belki de direkt altındaki astenosfere işaret etmektedir.

Keskin (2003) Doğu Anadolu'daki çarpışma ile ilişkili yoğun magmatizma etkinliği için Doğu Anadolu Yığışım Karmaşığı (DAYK) altındaki slabın dikleşip kırıldığını ve yoğun magmatizmayı bu mekanizmanın oluşturabileceğini önermiştir. Doğu Anadolu'da ilk volkanizma etkinliğinin EKP üzerinde 11 My önce başlayıp, Bitlis-Pötürge masifine bağlı okyanusal litosferik mantonun Pontidler altına dalarak oluştuğunu, ve daha sonra dalan slabın dikleşmesi ve kırılması ile sıcak astenosferin yükselerek slab penceresinden DAYK altına yerleştiği ve DAYK altında magmayı oluşturduğunu belirtmiştir. Doğu Anadolu'daki volkanizmanın bu jeodinamik modele uygun olarak kuzeyden güneye kalkalkaliden alkaliye geçiş gösterdiğini ve kuzeyden güneye radyometrik yaş verileriyle gençleştiğini söylemiştir.

Şengör ve ark. (2003) ve Zor ve ark. (2003) yapılan jeofiziksel çalışmalar ile Doğu Anadolu'daki kabuk kalınlığının daha önceki çalışmalarda önerildiği gibi 55 km olmadığı, ortalama 45 km olduğunu ve DAYK olarak tanımladıkları Üst Kretase- Alt Oligosen yaşlı Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi altında litosferik mantonun olmadığı ve DAYK'ın direk sıcak astenosferin üzerinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar DAYK'ın kuzeye doğru dalan okyanusal litosfer üzerinde şekillenen, Bitlis-Pötürge Masifi ve Pontidler arasında yerleşmiş büyük yığışım prizmasının kalıntısı olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Doğu Anadolu Yüksek Platosu kalın bir kabuk tarafından değil sıcak manto tarafından dengede tutulmaktadır.

Şen ve ark. (2004) Batı ve Doğu Anadolu'daki çarpışma sonrası Kuvaterner volkanizmasını araştırmışlardır. Doğu Anadolu'daki Kuvaterner alkali volkanizmasının Avrasya-Arabistan arasındaki çarpışmayla açıkça bağlantılı olduğunu, Karacadağ ve Tendürek lavlarının alkali bazalt ve bazaltik trakiandezit olarak tanımlandığını söyleyen araştırmacılar, alkali lavların yüksek LIL element zenginleşmesi gösterdiğini ama Tendürek lavlarının Nb ve Ta da fakirleşme ile kıtasal kirlenmeye işaret ettiğini belirtmişlerdir. Petrojenetik modellenme olarak Orta ve Doğu Anadolu'daki lavların kaynak karakteristiklerindeki zıtlıkları göstermişlerdir. İz element ve REE modellenmesi ile Orta Anadolu'daki magmatizmanın litosferik manto kaynaklı

olduğunu, Karacadağ alkali bazaltlarının OIB benzeri manto kaynağından geldiğini ve kıtasal kirlenmenin az olduğunu, Tendürek volkanizmasının küçük dereceli kısmi ergimelerden dolayı litosferik mantodan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Keskin (2005) çarpışma kuşaklarında domal yükselme, astenosferin sığ derinliklere kadar yükselmesi ve büyük hacimlerde magmatizmanın sığ levha tektoniği hareketleri (slab dikleşmesi ve kırılması) ile manto sorgucu olmadan gerçekleşebileceğini ileri sürmüştür, Doğu Anadolu'nun buna en iyi örneği teşkil ettiğini belirtmiştir. Bölgedeki kuzey-güney yönlü sıkışma sonucunda deformasyonun halen aktif olarak devam ettiğini vurgulamıştır. Keskin (2005) ayrıca bu gözlemlerin, yeryüzündeki tüm sıcak nokta ve uzun dalga boylu domların manto sorgucu ile ilişkili olduğunu ileri süren Şengör'ün (2001) önerisine ters olduğunu belirtmiştir. Delaminasyon modelinin tüm Doğu Anadolu'ya değil de daha çok kuzey bölgesi örneğin Erzurum-Kars platosu için daha uygulanabilir bir model olduğunu belirtmiştir.

Barazangi ve ark. (2006) yapmış oldukları jeofiziksel çalışmalar ile Doğu Anadolu platosunun tektonik ve yapısal evrimi üzerine modeller sunmuşlardır. Bu modellerde Doğu Anadolu altında dalan iki farklı slabın var olduğunu ve dikleşip kırılan slabın DAYK altında değil, Arabistan plakasına doğru Bitlis-Pötürge masifi altında kırıldığını söylemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, Doğu Anadolu'daki kıtasal blok altında en üst mantonun Sn dalgalarının çok zayıfladığını ve dünya üzerinde en düşük Pn hızlarından birine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Faccena ve ark. (2006) Doğu ve Kuzey Anadolu Transform Fayı'nın (KATF) oluşumunu, Bitlis – Helenik yayının altından başlayıp Doğu Anadolu altına kadar uzanmış olan slabın deformasyonuna bağlamışlardır. Bunun için 3D analog deney modellerini oluşturmuşlardır. Tektonik yerleşim olarak Anadolu-Ege alanının KATF'nin oluşumundan önce, sırasında ve sonrasında olmak üzere 3 aşamada incelemişler, üst manto tomografisini gözlemlemiş ve son olarak da deneysel çalışmalarla slab deformasyonunu gözlemlemişlerdir. Doğu Anadolu'daki alkali volkanizmanın slab kırılması ve slab window ile ilişkili olabileceğini yapmış oldukları deneysel çalışmalar ile vurgulamışlar ve bu deney sonuçlarının petrolojik, jeofiziksel ve tektonik verilerle de uygun bir trend sunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca deneysel çalışmalar sonucunda, Helenik hendeği üzerinde yükselen çekme gücünün KATF'nin

oluşumunu, Anadolu plakasının yanal olarak batıya hareketini ve Doğu Anadolu ile Ege bölgesi arasındaki açılmayı oluşturabilecek bir slab çekme gücüne sahip olduğunu söylemişlerdir.

Keskin ve ark. (2006) Doğu Anadolu'nun kuzeyinde yer alan Erzurum-Kars Platosu'nda çarpışma sonrası ortamda magma - kabuk etkileşimi ve magma pompalama hareketinin jeokimyasal kanıtlarını sunduğu çalışmasında Erzurum-Kars platosunun 11 My ile 1,5 My arasındaki süreçte gelişen volkanizmanın tüm kayıtlarını içerdiğini belirtmiştir. Çalışmasında jeokimyasal kanıtlar, manto kaynağının ve ilksel magmanın hemen hemen değişmediğini göstermiştir. 11-6 my arasında erken evrede susuz püskürme ile bimodal başlayan volkanizma, Orta safhada (5-6 My) birdenbire ortaç bileşimde sulu lavlarla karakterize unimodal bileşimde volkanizmaya dönüşmüştür; Geç safhada (5-2.7 My) ise tekrar susuz lavlarla karakteristik bimodal aktiviteye dönmüştür. Bu süreçteki değişimi magma odalarının derinliğine bağlamıştır. Lavların erken ve geç evrede 10-13 km derinlikteki sık magma odalarında susuz fazda ve kabuk materyalini çok az özümsemiş yada hiç özümsememiş olarak kristallenme evrimi geçirdiğini, ancak orta evrede daha derindeki magma odalarında amfibol kristallendiğini ve kabuk malzemesinin önemli miktarda özümsemiş olduğunu saptamıştır. Bu evrede asimilasyon ve fraksiyonel kristalleşmenin önemli bir süreç olduğunu vurgulamıştır. İz element jeokimyasının aksine izotopik bileşim, zamana bağlı değil mekânsal değişimin kanıtlarını sunmuştur. Bu değişimi ise en iyi Pb izotopları yansıtmıştır. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları gitgide artan bir grafik göstermektedir. Keskin'e (2006) göre platonun doğusundaki lavlar batıya göre daha radyojeniktir ve bu bulgular, mekâna bağlı bu değişimlerin, magma içinde özümsemiş kabuk malzemesinin türüne bağlı olduğuna işaret etmektedir. Keskin (2006) izotopik açıdan farklı 2 farklı kabuk bölgesi olduğunu ileri sürmektedir: (1) doğuda daha radyojenik olan kuzey batı İran parçası ve (2) batıda Rodop – Pontid parçası. EKP altında bu iki bölgenin izotop karakteristiklerinin araştırılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Özdemir ve ark. (2006) Nemrut stratovolkanının petrojenezi ve volkanostratigrafisi isimli çalışmalarında Nemrut stratovolkanının gelişim sürecini kaldera öncesi, kaldera sonrası ve geç evre olmak üzere 3 aşamada oluşturmuşlardır. Kaldera öncesi evrenin bazaltdan riyolite lav kompozisyonuna sahip olduğunu, yoğun

ignimbirit ve ilişkili piroklastik kayalar ile temsil edildiğini, kaldera sonrası evrenin fretomagmatik erüpsiyonlar, vitrofirik riyolitler ve asidik domlar ile karakteristik olduğunu, geç evrenin ise bazaltik lav akışları ile geliştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca volkanın levha içi bir volkanizmaya işaret ettiğini, direk astenosferik kaynaklı bir magmadan türediklerini ve spinel lertzolit % 30'luk bir kısmının kısmi ergimesiyle nemrut volkanizmasının oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Özdemir ve ark. (2007) Süphan stratovolkanının bazaltik – trakiandezitik lavlarında yapmış oldukları petrografik ve jeokimyasal çalışmalarda, lavların plajiyoklas, olivin, klinopiroksen mineralojik topluluğuna sahip olduklarını, lavların LREE/HREE, Rb/Sr, Nd/Nd oranlarının OIB için tipik olan izotop bileşenlerine benzerlik sunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar volkanın gelişimini koni öncesi, koni oluşum ve geç evre olmak üzere 3 aşamaya ayırmışlardır.

Keskin (2007) çarpışma kuşakları içinde manto sorgucu olmadan da sıcak nokta olabileceğini ileri sürdüğü GSA kitap bölümünde, dalan okyanusal levhanın kırılması ve delaminasyon gibi sıg levha tektoniği proseslerinin sorgucların neden olabileceği bölgesel domlaşma, yaygın magmatizma ve astenosferin sıga yerleşmesi gibi değişimleri gerçekleştirmede yeterli olabileceğine dikkat çekmektedir. Doğu Anadolu'yu bu gibi yerlere örnek gösterdiği çalışmasında bölgenin jeolojisini açıklamış, bölgenin litosferik yapısı hakkında yeni jeofiziksel bulguları özetlemiş, çarpışma ile ilişkili volkanik ünitenin jeokimyasal karakteristiklerine değinmiştir, Doğu Anadolu ile ilgili günümüze kadar geliştirilmiş, her bir modelde çelişkiler ile bölge için önerilen zıt jeodinamik modelleri tartışmıştır. Doğu Anadolu çarpışma zonundaki volkanizmanın güneye doğru göç ederken kimyasının kuzeyden güneye kalk alkaliden alkaliye değişmesinin, büyük bir yığışım prizması altında dalan slab'ın rollback ile dikleşmesi ve kırılması ile ilişkili olabileceğini vurgulamıştır. Slab dikleşmesinin derinde astenosferin güneye doğru akmasına neden olduğunu belirtmiş, bunun da volkanitlerin jeokimyasal karakterlerine yansımış olduğunu belirtmiştir. Litosferik delaminasyonun, litosferik manto kökü incelmış olsa da halen var olduğu kuzeydoğu alanlar için halen geçerli bir model olabileceğini belirtmiştir.

Kheirkhah ve ark. (2009) Türkiye'den ağırı ve Tendürek gibi volkanik merkezlerden ve kuzeydoğu İran'daki çarpışmayla eş zamanlı volkanitlerden örnekleme

yapmış, bu örneklerin Nd-Sm, Sr-Rb izotop analizleri ve Jeokimyasal analizleri ile bölgedeki volkanizmanın evrimi konusunda yorumlaya gitmişlerdir.

Lebedev ve ark. (2010) Van Gölü kuzeyindeki Senozoyik volkanizmasının jeokronolojik (K/Ar) yaş analizlerini gerçekleştirmiş ve bölgedeki volkanik aktivitenin suskunluk periyodu ile Miyosen'de Kuvaternere'e kadar etkili olduğunu söylemişlerdir. Elde ettikleri analiz sonuçlarına göre bölgedeki volkanizmanın 15My'da başladığını ortaya koymuşlardır.

Çolakoğlu ve Arehart (2010) Sarıçimen (Çaldıran-Van) kuvars monzodiyorritinin petrojenezi başlıklı çalışmalarında, monzonit plütonun yaklaşık 11.9 ile 12.9 My arasındaki yaşlar sahip olduklarını ve sokulum kayaçlarının yüksek K'lu kalk-alkalin ve metalümina karakterli olduklarını söylemişlerdir.

Obernhanslı ve ark. (2011) Bitlis Kompleksi'nin örtü serilerinde gerçekleştirilen indeks minerallere dayalı metamorfizma çalışması Masif'in termal evriminin ortaya konmasını mümkün kılmıştır. İyi korunmuş glaukofan ve karfolitin yanı sıra kloritoid içeren şistlerdeki karfolit kalıntıları ve mermerlerde aragonitten dönüşme kalsitin varlığı DS-YB koşullarındaki bir metamorfizmayı tanımlamaktadır. Bu bulgular, Bitlis Kompleksi'nin Neo-Tetis'in kapanması sırasında yitim zonunda derin gömülmeye uğrayarak nap yığını yapısı kazandığını göstermektedir. Petrolojik verilere dayanarak, Geç Kretase- Senozoyik zaman aralığında Bitlis Kompleksi'nde söz konusu metamorfizmanın zirve koşulları 350-400°C sıcaklık ve 1.0-1.1 GPa basınç olarak belirlenmiştir. Geri dönüşüm sürecinde ise sıcaklık 460°C nin altında kalmıştır. Farklı parajenezlerdeki beyaz mikaların $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ yöntemiyle yaşlandırılmasına dayalı olarak, Bitlis Kompleksi'ndeki metamorfizmanın zirve koşullarının yaşı 74-79 My (Kampaniyen) olarak belirlenmiştir. Yaklaşık eş sıcaklık koşullarında hızlı yüzeylemeyi tanımlayan yeşilşist üzerlemesinin yaşı ise 67-70 My (Maastihtiyen) dir. YB Eosen filizi yeşilşist fasiyesi üzerlemesinden kaçmış ve çok soğuk koşullarda yüzeylemiştir. Bu tek aşamalı evrimler, daha kuzeyde, Ermenistan'da Amassia-Stepanavan kenetinde belirlenen çok evreli gelişimle uyuşmamaktadır. Petrolojik araştırmalar ve izotopik yaş verileri, Arabistan levhası ile Avrasya'nın çarpışmasının kuzey ve güneyden türeyen farklı blokların bir araya gelmesine neden olduğunu ve bu süreç içerisinde farklı

yüzeleme tarihçelerine sahip YB metamorfizması kayaları türeten bir dizi yitim zonunun geliştiğini göstermektedir.

Özdemir ve ark. (2011) Süphan volkanizması ile ilişkili yaptığı çalışmada, Süphan volkanı altındaki magma gelişimi için, magmanın alt kabukta yerleşip fraksiyonlanma ile üst kabuğa doğru yükseldiğini ve yaklaşık 3-8 km arasındaki bir derinlikte evrimini tamamladığını belirtmişlerdir. Ayrıca Süphan volkanizmasının oluşumunda magma karışımı süreçlerinin de etkili olduğunu söylemişlerdir.

Keskin ve ark. (2012), Karacadağ volkanizması üzerine yaptıkları çalışmada, volkanizmanın 10-11 My önce başlayıp son faaliyetinin 100.000 yıl öncesine kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Volkanizmayı (I) Erken veya Miosen, ~ 11-6.7 Ma; (II) Orta veya Pliyosen-Erken Kuvaterner, 4-1 Ma; ve (III) Geç ya da Geç Quaterner, 0.4-0.1 Ma olmak üzere 3 evreye ayırmışlardır. Karacadağ neovulkanik alandaki farklı yaştaki volkanik merkezlerin mekansal dağılımının analizi, o bölgenin magmatizmasının kuzeybatıdan güneydoğuya geniş bir bölgesel tektonik fay boyunca yanal olarak göç ettiğini göstermiştir.

Oyan (2011), ve Oyan ve ark. (2016) Etrüsk volkanizması ile ilgili yaptıkları çalışmada, bazik magmanın, akışkan veya altere okyanusal kabuktan ziyade temel sedimanlarla ilişkili bir yitim bileşeni içeren bir mantodan üretildiğini işaret etmektedirler. Bazaltik plato lavlarındaki erime modellerinin sonuçları, hem manto kaynağı mineralojisinde (yani, kaynakta spinel peridotite garnet peridotit oranının % 60-40 ve % 40-60 arasında değiştiği) belirgin bir varyasyon olduğunu ve erime derecesi % 0.8-4 arasında olabileceğini söylerler. Etrüsk magma odasının tahmini derinlikleri ~ 9-12 km olduğunu düşünmüldür. Etrüsk volkanı, latitten, riyalite kadar oldukça geniş bir bileşim aralığında volkanik ürünler sunar. Etrüsk lavlarında plajiyoklaz, klino- ve ortopiroksen, biyotit, K-feldispat ve fenokristal fazda nadiren az miktarda olivin ve amfibol bulunur. Volkan ve petrolojik modellerin bileşik kemo-stratigrafi kesiti, Etrüsk yanardağının evrimleşmiş lavlarının, yanardağın altında bulunan en ilkel plato bazalt lavlarına benzeyen bir parental magma bileşiminden AFC süreci ile farklı olduğunu göstermiştir.

Özdemir ve Güleç (2014), Doğu Anadolu'daki çarpışma sonrası volkanizmasının başlıca Kuvaterner püskürme merkezlerinden biri olarak sundukları Süphan volkanı ile

ilgili yaptıkları çalışmada yeni elde ettikleri jeokronoloji (Ar-40-Ar-39), izotop bileşimi (Sr, Nd, Pb) ve bulk-kaya jeokimyası bulguları doğrultusunda, İz element ve izotop bileşimlerinin enerji-kısıtlı asimilasyonu ve fraksiyonel kristalizasyon modellemesi, farklılaşmaya eşlik eden% 2-10 (üst) kabuk kirliliğine işaret ettiğini, Büyük iyon litofil element zenginleşmesi ve ilkel manto-normalize iz element modellerinde negatif yüksek alan kuvveti element anomalilerinin varlığı, yitimli sedimentlerle modifiye edilmiş bir manto kaynağını gösterdiğini belirtmişlerdir. Hafif-ağır ve orta-ağır nadir toprak element oranları ve kısmi erime modelleri ise, Doğu Anadolu parental magmalarının litosferik ve astenosferik eriyiklerin değişken karıştırılmasından türediğini göstermektedir. Asthenosferik eriyikten zamanla artan bir katkısı öngören çarpışma sonrası volkanizmanın yaygın olarak kabul edilen modellerinden farklı olarak, litosferik mantonun erime derecesi ve katkısı Doğu Anadolu'daki Miyosen-Pliyosen'den Kuvaterner zamana kadar artmış gibi görüldüğünü söylemişlerdir.

Memis ve ark. (2016), önerdikleri senaryoya göre, Neo-Tetis'in kuzeye doğru batırılan kütlesi, litosferik delaminasyon modeline benzer üstteki kabuktan soyulmaktadır. 2B sayısal jeodinamik deneyler (örneğin, plaka yakınsama oranı, kabuk kalınlığı, manto litoferin verim-stresi) kullanılarak, reolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri değişen bir dizi litosferik çıkarma modeli gerçekleştirmişlerdir. Model sonuçları, alt kabuk reolojisi felsik granülit olduğunda, ortalama delaminasyon menteşe hareketinin maksimum (18 km / s) olduğunu göstermiş. Levha kırılması sadece daha düşük yakınsama oranlarında (≤ 2 cm / yıl) gerçekleşmiş ve delamine edici manto litosferin kenarına uygulanmıştır. Yüzey yükselmesi, astenosferik kolonun (veya plato boşluğunun) üzerinde, izoserik ve astenosferik yukarı kalmanın termal desteği ile gerçekleşir ve astenosferik kolonun genişliğine bağlı olarak değişir. Ancak; daha yüksek plaka yakınsama oranlarıyla (≥ 3 cm / yıl), astenosferik kolon yeterince genişlemez ve kıta çarpması, soyulma / soyulma yerine meydana gelir. Bu durumda, kabuğun orta bölümünde ortalama yükselme görülür ve bu 3 km'lik bir yüzey yüksekliğini aşar. Tüm model sonuçları, Doğu Anadolu'daki gözlemlerle (örn. Isı akış tahminleri, kabuk kalınlığı, yüzey topografisi, volkanizma paterni) tutarlıdır. Bu parametrik modellemenin sonuçları, litosferin yapısı ve Doğu Anadolu'nun ve diğer tektonik bölgelerin (örn. Tibet

Platosu, Altiplano, Colorado Platosu) jeodinamik evrimi üzerinde delaminasyonun meydana gelebileceği önemli niceliksel bilgiler sağlayabilir denilmiştir.

Oyan ve ark. (2017), Van Gölü'nün kuzey doğusunda yer alan Kuvaterner yaşlı mafik volkanizma ürünleri üzerine yaptığı çalışmada, Yeni K-Ar yaşları verilerine dayanarak, magmatik aktivitenin 1.0 - 0.4 Ma arasında oluştuğunu belirtmişlerdir. Çalışmadaki volkanik ürünler bazalttan, hawaiiite ve mugearite kompozisyonuna kadar değişen hafif alkalin lavlardan oluşur. Enerji kısıtlı asimilasyon (EC-AFC) ve fraksiyonel kristalleşme (FC) modeli hesaplamaları, en az evrimleşmiş bazalt numunelerinin, yaşlanmış daha gelişmiş evrimleşmiş hawaiiitik ve mugearitik lavların aksine, fraksiyonel kristalleşme ve kabuksal kirlenme proseslerinin kombine etkilerinden etkilenmediğini göstermektedir. % 2-3 kabuksal asimilasyon. Kabuk sıcaklıklarına ve Curie puanı derinliklerine dayanan hesaplamalar, temelden gelişen lavların türetildiği magma odasının üst kabuğun yaklaşık 6-8 km derinlikte bulunabileceğini belirtmişlerdir. Model eritme hesaplamaları bazaltik eriyiklerin, hem amfibol, hem de granat içeren % 3 kısmi erime derecesine sahip bir manto kaynağının eritilmesi ile üretilmiş olabileceğini söylemişlerdir. Petrolojik modellerinin sonuçları,% 93 manto eriyiği ve % 7 tortu eriyiği artı % 0.01 kalıntı rutil karışımı ile infiltre edilen metatomatize bir manto kaynağının, manto erimesine eklenmesiyle, bazaltın kaynak kompozisyonu olabileceğini söylemişlerdir.

Topuz ve ark. (2017), Doğu Anadolu'da Neojen öncesi temelin, Geç Kretase-Oligosen okyanusal yığışım komplekslerinden oluştuğu düşüncesine karşı olarak yaptıkları çalışmada, (1) metamorfik kayaçlarda eski yüksek basınçlı metamorfizmanın herhangi bir göstergesinin yokluğu, (2) ofiyolitik kayaçların alloktonik doğası, (3) Geç Ordovisiyen ile birlikte metagranit varlığı, Erken Siluriyen protolit yaşı ve (4) Neoproterozoyik - erken Paleozoyik metakuvarsitlerde (bitişik kıtasal bloklarda geç Paleozoyik-Mesozoik kristalin kayaçların baskınlığına karşıt olarak), detirtal zirkonun kökeni kıtasal temelin azınsanamayacak bir parçası olduğunu kanıt olarak sunmuşlardır ve litosferik mantonun eksikliğini, slabın bükülüp kırılmasından çok, plato altındaki litosferik gömülme süreçlerden kaynaklandığını söylemişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın temelini, saha gözlemleri ile birlikte petrografik incelemeler özellikle, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik sonuçların yorumlanması oluşturmaktadır. Jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik çalışmalar ile çalışma alanındaki volkanik etkinliği oluşturan magma sisteminin evriminde kısmi ergime, asimilasyon, fraksiyonel kristallenme, magma karışması gibi jeolojik süreçlerden hangisi veya hangilerinin etkili olabileceği, magma kaynak alanının ne tür mineralojik ve jeokimyasal bileşime sahip olduğu ve magmanın evrimini hangi zaman aralığında tamamladığı gibi sorulara yanıtlar üretilmeye çalışılacaktır. Bu sorular ayrı ayrı başlıklar açılarak tartışılmış bu tartışma ve yorumlar eşliğinde sonuçlara gidilmiştir.

3.1. Önceki Çalışmaların Derlenmesi

Doğu Anadolu ve tezin ana konusu olan Tendürek volkanı ve çevresi ile ilgili özellikle son 20 yılda yapılmış olan çalışmaların birçoğuna internet üzerinden üniversitemizin abone olduğu veri tabanları yardımı ile rahatlıkla ulaşılabilmektedir. Daha eski çalışmalara ise hocalarım ve meslektaşlarımda elinde bulunan makale arşivinden faydalanılmıştır. Önceki çalışmaların incelenmesi Doğu Anadolu'nun genel jeolojisi ve bölgedeki yaygın volkanizma ile ilgili birçok faydalı bilgi sağlamıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları jeolojik haritalama ve volkano-stratigrafinin ortaya çıkarılması amacı ile yapılmıştır. Bu sırada petrografik ve jeokimya analizleri için farklı lav düzeyleri ve birimlerden örnekler toplanmıştır. 1/25.000 ölçekli Doğubeyazıt J51 b₁-b₂-b₃-b₄-c₂, J52 a₁-a₄-d₁ topoğrafik haritalardan faydalanmak suretiyle Tendürek volkanı ve çevresi çalışılmıştır. Saha çalışması öncesinde, Google Earth üzerinden, uydu görüntüleri üzerinde ayrıntılı incelemeler yapılmış ve farklı lav seviyeleri az çok belirlenerek, çalışmalara yön verilmiştir. Petrografik ve jeokimyasal analiz yapabilmeye

elverişli, farklı lav gruplarını temsil eden, bozunmaya uğramamış ya da çok az bozunmuş örnekler seçilmiştir. Toplamda 219 adet örnek derlenip arşivlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında jeolog çekici, jeolog pusulası, GPS, lup, 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritalar, uydu görüntüleri, balyoz vb. malzemeler kullanılmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları süresince toplanan örnekler, hem petrografi çalışmaları için incekesit yapılabilecek hale getirilmiş hem de jeokimyasal analizler için pudra boyutunda toz haline getirilmiştir. Van Yüzüncü yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ve İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü laboratuvarlarının olanaklarından faydalanılmıştır.

3.3.1. Örnek hazırlama

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, petrografik çalışma için seçilen örnekler, mineral içeriklerini ve dokularını temsil eden yönlerde taş kesme makinesi yardımı ile kesilerek ince kesit yapımı için hazırlanmıştır. Jeokimya analizleri için ise kırma ve öğütme işlemleri hem Van Yüzüncü yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği hem de İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü laboratuvarları kullanılarak hazırlanmıştır. Kırma işlemi için çeneli kırıcı, öğütme işlemi için ise agat değirmenlerden faydalanılmıştır.

3.3.2. Petrografik analizler

Farklı lav düzeylerini temsil eden lav örnekleri polarizan mikroskop yardımı ile petrografik tanımlamaları yapılmış ve lavların dokusal ve mineralojik özellikleri ortaya konulmuştur.

MTA ve ODTÜ’de yaptırılan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik çalışmalar, bölümümüz bünyesinde Leica DM750P polarizan mikroskop ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Jeokimyasal ve jeokronolojik analizler

Jeokimyasal analizlerde, hem saha çalışmaları sırasında hem de petrografik analizler sırasında ayırtılan farklı lav seviyelerini en iyi temsil eden, taze örnekler seçilerek Kanada Acme Analitik Labroutarlarında (Acme Labs) ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Jeokronolojik çalışmalarda ise K^{40}/Ar^{40} yaşlandırma yönteminden ve Sr/Nd izotop verilerinden faydalanılmıştır. K^{40}/Ar^{40} jeokronolik yaş analizleri Dr. Vladimir A. Lebedev tarafından Rus Bilimler Akademisi izotop laboratuvarlarında TÜBİTAK-RFBR 108Y222 nolu proje kapsamında yapılmıştır. Sr ve Nd izotop analizleri ise yine Rus Bilimler Akademisi'nde Dr. Andrey V. Chugaev tarafından aynı TÜBİTAKRFBR projesi kapsamında yapılmıştır.

3.3.4. Jeokimyasal ve jeokronolojik verilerin değerlendirilmesi

Jeokimya için analizi yapılan örneklerden elde edilen sonuçları değerlendirmede literatüre geçmiş belli diyagramlar üzerine Excel (TAS, harker, spider, izotop değişim diyagramları, jeokronolojik yaşlandırma diyagramları) ve jeokimya programları (Minpet, GCDkit gibi) kullanılarak, magma evrimi ve volkanın püskürme hikâyesi ile ilgili yorumlamalara gidilmiştir. Saha gözlemlerine ek olarak jeokronolojik veriler, volkano-stratigrafinin oluşturulmasında esas oluşturmuştur. Volkanik etkinliğin suskunluk dönemleri jeokronolojik verilerle saptanabilmiştir. Volkanik etkinliği oluşturan magma sisteminin evriminde kısmi ergime, asimilasyon, fraksiyonel kristallenme, magma karışması gibi jeolojik süreçlerden hangisi veya hangilerinin etkili olabileceği, magma kaynak alanının ne tür bileşenlere sahip olduğu ve magmanın evrimini hangi zaman aralığında tamamladığı gibi sorulara jeokronolojik ve jeokimyasal verilerin harmanlanarak değerlendirilmesi ile cevap vermeye çalışılmıştır.



4. BULGULAR

Tendürek volkanı ve yakın çevresi volkanik ürünleri ile ilgili, gerek saha çalışmaları, gerek ofis çalışmaları, gerekse laboratuvar çalışmaları (Jeokimyasal ve jeokronolojik) ile elde edilen bulgular bu başlık altında değerlendirilmiştir. Bulgular bölümünde değinilen başlıklarında verilerin sonuçlarına ek olarak yoruma yer verildiyse de, bulgulardan elde edilen sonuçlara göre yorumlar tartışma ve sonuçlar olarak ilerleyen ana bölümlerde geniş kapsamlı verilmiştir. Saha ve ofis (yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi) çalışmaları ile birlikte jeokimyasal ve jeokronolojik analizlerin değerlendirilmesi ile elde edilen jeoloji haritası volkanın ve çevresinin ayrıntılı olarak tanımlanmasına olanak tanımıştır. Haritalama, danışmanım Prof. Dr. Mehmet Keskin'in yöneticisi olduğu TÜBİTAK-RFBR 108Y222 nolu uluslararası projesi kapsamında arazide birlikte çalıştığımız Dr. A. Vladimir Lebedev ile birlikte geliştirilmiştir (Şekil 4.1).

Tendürek dağı, Büyük Tendürek (3538 m) ve Küçük Tendürek (3298 m) olmak üzere dağın ana zirvelerini oluşturan iyi korunmuş, iki koniye sahiptir. Kalkan şeklindeki bu volkanın üzerinde Mor Tepe (3040 m), Gülizar Tepe (3066 m) gibi parazit koniler, Taşkale Tepe (2313 m), Kırmızı Tepe (2577 m), Al Tepe (2430 m) gibi yamaç püskürmelerine olanak sağlamış çıkış merkezleri bulunur. Tüm bu çıkış merkezlerinin türettiği lavlar saha çalışmalarında ayrı ayrı örneklenmiş ve elde edilen bulgular bu tezde sunulmuştur. Bulgular stratigrafi, mineraloji ve petrografi, jeokimya, jeokronoloji ve tüm bunların birleşimini içeren jeokimyasal stratigrafi bulguları şeklinde sunulmuştur.

4.1. Stratigrafi

Arazi gözlemleri, bilgisayar ortamında Google Earth tabanlı uydu görüntülerinin değerlendirilmesi, jeokimyasal analiz sonuçları ve $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ yaşlandırma verileri ışığında Tendürek volkanı ile ilişkilendirilen volkanik ürünler, 35 farklı formasyona ayrılmıştır. Tüm formasyonların değerlendirildiği bu bölümde özellikle arazi gözlemleri

ve K/Ar verilerinin birlikte yorumlanması ile stratigrafik dizilimde formasyonların konumu belirlenmiştir. Ayrıca Tendürek volkanı ile ilişkilendirilen bu evreler özellikle zaman içinde dağılımlarına göre 5 evreye ayrılmıştır. Tezin birçok bölümünde formasyon isimleri ve bu 5 evre birlikte değerlendirilerek yorumlanmıştır. Formasyonlar ve evreler ayrılırken volkanik püskürme merkezlerinin farklılığı göz önünde bulundurulmuştur. Yani aynı ya da birbirine yakın zaman diliminde, aynı petrografik özellikte ürünler oluşturmuş olsa da, çıkış/püskürme merkezleri farklı olabilecek kayaç türleri farklı formasyonlar altında toplanmıştır. Tüm bunlar göz önüne alındığında 35 farklı formasyon oluşturulmuştur. Tespit edilen bu 5 evre altında eş zamanlı olarak volkanın farklı yerlerinde farklı magmaları karakterize eden lavların varlığı dikkat çekicidir.

Bu çok sayıdaki püskürme merkezinden türeyen 9 farklı petrografik özellikteki lav türleri, yüzeye çıktıkları lokasyon ve $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ yaşlarına göre 35 farklı formasyonla isimlendirilmiştir. Formasyonların isimlendirilmesi, birimlerin en iyi ve yaygın olarak görüldüğü yerleşim yeri veya yöreye verilen isimlere göre yapılmıştır (Şekil 4.1).

Büyük Tendürek ve Küçük Tendürek olarak adlandırılan iki ana kraterden çıkan lavlar trakit bileşiminde olup, volkanın ana gövdesini bu lavlar oluşturur. Çıkış merkezi olan bu iki ana krater volkanik sahanın ortasında kalacak şekilde volkanın dört bir yanına yayılmış ve tipik kalkan şeklini oluşturmuştur. Bu kalkan üzerinde her yönde çok sayıda parazit koniler ve çıkış merkezleri bulunur.

4.1.1. Temel birimler

Doğu Anadolu'nun stratigrafisine ve yapısal gelişimine bakıldığında dört yapısal dönem ayırt edilmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Birinci dönemi bölgenin en yaşlı kaya topluluğu olan metamorfik kayalar belirler. Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlıdır (Boray, 1975; Perinçek, 1980; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yılmaz ve ark., 1981; Göncüoğlu ve Turhan, 1984; Çağlayan ve ark., 1983). Tepedam metamorfikleri ve Yamanyurt formasyonu çalışma bölgesinde gözlenen Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı formasyonlardır. İkinci dönem ofiyolitik melanjdan (Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı) oluşmaktadır. Üçüncü dönem, denizel bir çökme ortamını belirleyen, volkanizmanın

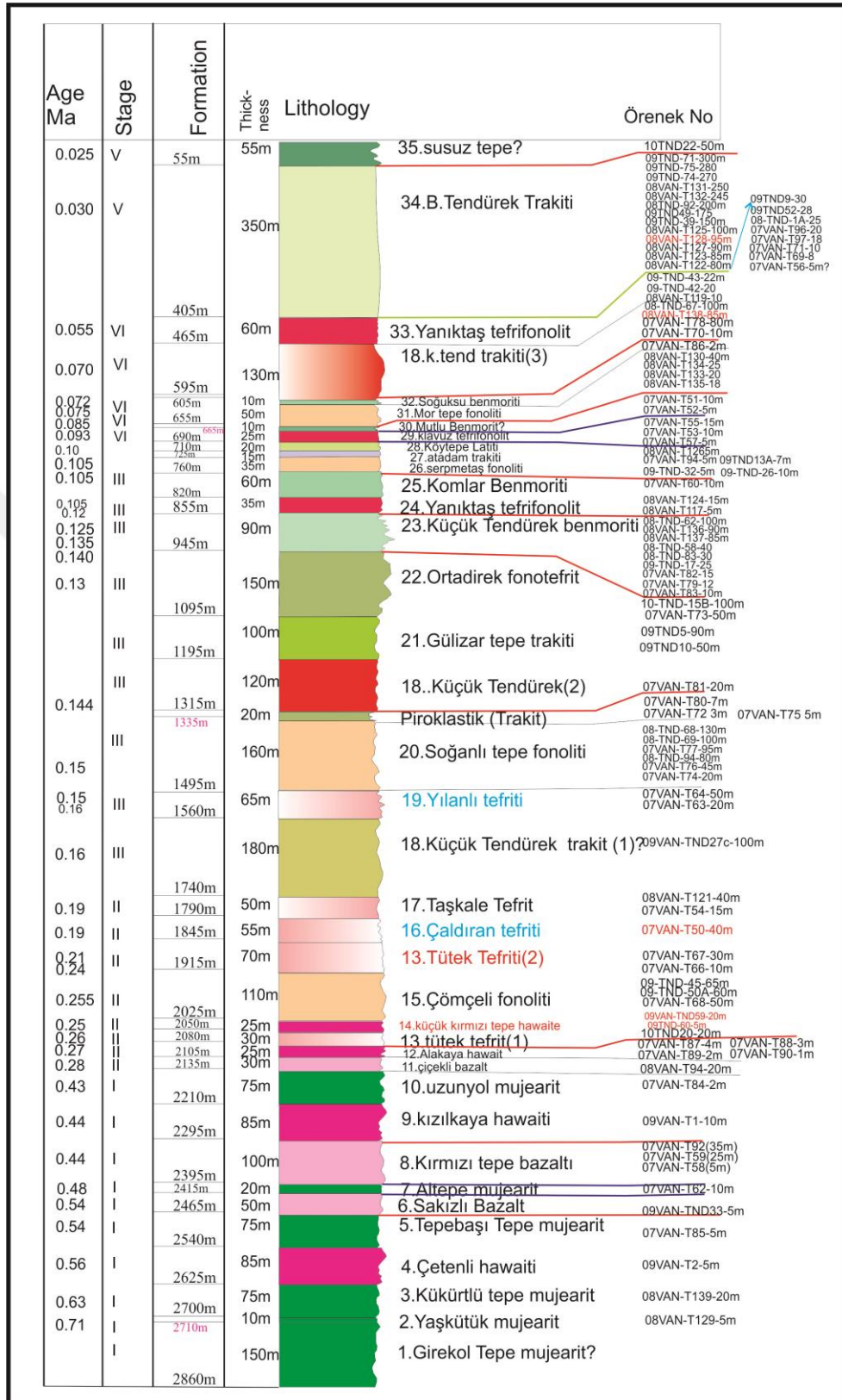
etkin olmadığı, alttan üstte doğru fliş, molas? ve resifal kireçtaşlarından oluşan kaya türlerini kapsar. Eşengöl flişi ve Miyosen kireçtaşı çalışma alanında gözlenen bu üçüncü dönem kapsamındaki formasyonlardır. Dördüncü dönem ise Üst Miyosen'den günümüze kadar süren karasal ortam çökelleri, çökellerle beraber gelişmiş volkanizma ve etkin tektonik olaylar ile karakteristiktir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Volkanik birimlerin altındaki temel birimler başlıklar halinde verilmiştir. Tanımlamalar literatürde eşleşen formasyon tanımları ve arazi gözlemlerine göre yapılmıştır.

4.1.1.1. Paleozoyik-Mesozoyik

Şenel ve ark. (1980 ve 1984), yayınlarında Doğu Anadolu'da yapılan çalışmalarda tanımlanmış formasyon isimlerine yer vermiştir. Bu çalışmalarda adı geçen formasyonlar ve çalışma sahasında yüzeyleyen bazı formasyonlar örtüşmektedir. Bu sebeple literatürde uyum sağlaması açısından aynı formasyon isimleri ile tanımlamalarda yer verilmiştir.

Tepedam metamorfileri: Şist, kuvarsit, mermer vb. kaya türlerinden oluşan birim, Şenel ve ark. (1980) tarafından Özalp doğusunda adlandırılmıştır. Tepedam metamorfileri, Bitlis metamorfiklerine ait tektonik dilimler olmalıdır. Bu metamorfik kayalar, Acarlar ve diğerleri (1991) tarafından Kırklar ve Erişen formasyonları kapsamında incelenmiştir. Tepedam metamorfileri, gri, yeşilimsi gri, açık kahve, gümüş, zeytin renkli, metakonglomera, metakumtaşı, fillat, kuvarsit, kuvarşist, klorit-serizit şist ve mermer aralanmasından oluşur. Formasyon içerisinde yer yer metatüf, metabazit, metaçört ve albit diyabaz seviyeleri sıkça izlenir. Üst seviyede kalın tabakalı, bej ve kirli beyaz renkli kristalize kireçtaşı ve mermerler bulunur. (Hepşen, 2009) Çalışma alanının güneyinde şist, kuvarsit, kuvarşist içeren Tepedam metamorfileri istifinin bir bölümü gözlenmiştir (Şekil 4.2).

Yamanyurt Formasyonu: Genellikle metakarbonatlardan oluşan formasyon Şenel ve diğerleri (1984) tarafından adlandırılmıştır. Orta-kalın tabakalı koyu gri siyah renklerde kristalize kireçtaşı, mermer ve dolomitlerden oluşur. Bu karbonatlar içerisinde yer yer ince – çok ince şeyl ve şist seviyeleri izlenir (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Tendürek volkanitlerinin genelleştirilmiş kompozit stratigrafik sütun kesit.

Tepedam metamorfitleri üzerinde olası uyumsuz olarak yer alan Yamanyurt formasyonu olası Erken Triyas yaşlı Kurbağapınarı formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtüldüğü belirtilmiştir (Şenel ve diğerleri, 1984). Kalınlığı 400 m'ye ulaşan birim, silik ve defome olmuş *Mizzia* sp. fosillerine göre Geç Permiyen yaşlı kabul edilmiştir. Formasyon düşük derecede metamorfizma geçirmiştir. Çalışma alanının güney ve güneydoğusunda Demircik köyünde gözlenen yamanyurt formasyonu içinde tanımlanan rekristalize kireçtaşlarında açılmış maden ocakları bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Tepedam metamorfitleri (mermer) ve lav dokanağı (bakış yönü G'den K'e).

Bölgenin en yaşlı birimlerini metamorfitler oluşturur. Kayatürleri gnays, mikaşist, granit, meta - volkanitler ve mermerler olup Paleozoyik yaşadıkları, üst düzeylerinin Alt Mesozoyik yaşlı olabilecekleri düşünülmektedir (Perinçek, 1980; Savcı ve ark., 1979).

Bu formasyon tanımlamaları doğrultusunda inceleme alanının güneyinde izlenen şist ve mermerler Paleozoyik istif içinde tanımlanan Tepedam ve Yamanyurt formasyonları ile örtüşmektedir.



Şekil 4.3. Aşağımutlu köyü – Çaldıran yolunda tepedam metamorfiti üyesi şistler (bakış yönü B'dan D'ya).

4.1.1.2. Mesozoyik (Üst kretase)

Ofiyolitik Melanj

Metamorfikler üzerinde tektonik dokanakla yer alır. Çalışma alanının kuzeyinde ve doğusunda İran sınırında gözlenmiştir. Doğu Anadolu'da yaygın olan birim, Neotetisin kuzey koluna ait okyanusal litosferin günümüze ulaşmış kalıntılarıdır (Şengör 1980). Çalışma alanının kuzeyinde Esnemez ve Binkaya köyleri civarında birim serpantinleşmiş peridotitler olarak gözlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bölgedeki ofiyolitik birimler için kullanılmış formasyon tanımlamaları bulunmaktadır. Mehmetalan peridotitleri (Km), Bakışık Melanj ve Olistostromu, Yüksekova Karmaşığı, Radyolarit çört üyesi daha önce tanımlanmış ofiyolitik birim isimleridir. Geç Kretase yaşlı Yüksekova karmaşığının dunit, harzburjit, serpantinit, piroksenit, gabro, diyabaz, bazalt, mikritik kireçtaşı, radyolarit, çört ve olistostromal kireçtaşından oluştuğu bilinmektedir (Şekil 4.4).

Mehmetalan Peridotiti: Peridotit, dunit, serpantinit,, gabro vb. kaya türlerinden oluşan birim, Şenel ve ark. (1984) tarafından Mehmetalan peridotiti, Acarlar ve ark. (1991) tarafından ise Ereğdağı ofiyolitik olarak adlandırılmıştır. Mehmetalan peridotiti, serpantinit, serpantinleşmiş harzburjit, dunit, gabro, diyabaz gibi. kaya türlerinden oluşur. Mehmetalan peridotitin bazı bölümlerinde, ekaylı yapıdan dolayı metagabro ve metadiyabazlar gelişmiştir. Birim bakışık melanaj ve olistostromu üzerinde tektonik olarak bulunur. Çalışma alanında yaklaşık 50 m kalınlık gösterir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen ofiyolitlerin oluşum ve yerleşim yaşı konusunda farklı görüş ve bilgiler ileri sürülmüştür. Arni (1939), Van gölü doğusunda yaptığı araştırmasında, Geç Kretase-Paleosen yaşlı fliş çökelleri içerisinde blok olarak serpantinlerin bulunduğunu, Kıraner (1959) ultrabazik kayaların, Paleosen yaşlı çökelleri kestiğini, Saydamer (1976), Aktimur ve ark. (1978) bölgede izlenen ofiyolitik karışığın Geç Kretase yaşlı olduğunu, Şenel ve ark. (1984) ise peridotitlerin oluşum yaşının Kretase, bölgeye yerleşiminin Geç Kretase'de gerçekleştiğini ancak daha sonraki yatay hareketlerle tekrar tekrar aktarıldığını ileri sürerler.



Şekil 4.4. Türkiye-İran sınırında kırmızımsı bej renk karmaşası ile dikkat çeken ofiyolitik melanaj (Bakış yön B-D).

Bakışık Melanj ve olistostromu: Ofiyolitli melanj ve olistostromdan oluşan birim, Şenel ve ark (1984) tarafından Özalp ve çevresinde Bakışık karmaşığı olarak adlandırılmıştır.

4.1.1.3. Senozoyik (Paleojen-Neojen sediment)

Eosen Çökeller

Çalışma alanının doğusunda İran-Türkiye sınırında gözlenen birim Eşengöl flişi olarak tanımlanmıştır.

Eşengöl flişi

Çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı killi kireçtaşı, kıltaşı ve silttaşından oluşan birim Erkanol ve ark. (1991) tarafından Eşengöl flişi olarak, Şenel ve ark. (1984) tarafından ise Yücelendere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim adını tipik olarak mostra verdiği Eşengöl Tepe'den almaktadır.

Birim tabanda gri ve yeşil renkli kötü boylanmalı tane destekli ve az köşeli çakıltaşı ile başlar. Çakıllar genelde kireçtaşı, kumtaşı serpantin tanelerinden oluşur ve yukarı doğru tane boyu küçülür, tanelerin yuvarlaklığı artar. Yer yer oluşan çatlaklar ikicil kalsitle doldurulmuştur. Birim, üste doğru sarımsı gri renkli gevşek tutturulmuş kumtaşı olarak devam eder. Tabaka kalınlığı 30-40 cm arasında olup derecelenme sunar. Üst kesimlere doğru çarpaz tabakalanma görülürken, oluk ve çarpma izi gibi taban yapılarına da rastlanır.

Kumtaşı üzerinde açık yeşil renkli ince-orta katmanlı silttaşı-kıltaşı yer alır. Bunun arasında da kumtaşı seviyeleri gözlenir. Sittaşı yer yer dağınık özellikte olup, bitki sap ve izleri barındırır. Formasyonun kumtaşı seviyeleri yer yer de kumlu kireçtaşına geçiş gösterir. Üst seviyelerinde resifal kireçtaşı yer alır. Birim tabanda kötü boylanmalı, köşeli çakılların varlığı beslenme alanının yakın olması ve hızlı taşınmayı, kumtaşı-silttaşı-kıltaşı ardalanmalı türbidit çökellerini, Nummulitli kireçtaşının varlığı ortamın sığ, sakin, sıcak ve denizel olduğunu gösterir.

Eşengöl flişi bölgede ~1000 m kalınlıktadır. Birim, alttan uyumlu olarak Aktaş kireçtaşını örter, üzerinde ise çalışma alanı dışında kalan Mendikdere formasyonu yer alır.

Miyosen çökelleri

Adilcevaz Kireçtaşı: Resifal kireçtaşından oluşan formasyon, Demirtaşlı ve Pisoni (1965) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanının doğusunda geniş bir alanda mostra verir. Birim tabanda, kumlu-karbonatlı olup lamelli, mercan ve alg parçaları kapsayan çakıltası düzeyi ile başlar. Üste doğru kumtaşı ve marn aralanmasına geçer. Killi-kumlu, beyaz sarımsı, krem renkli, mercanlı, lamelli, gastropodlu kireçtaşları birimin en üst düzeyini oluşturur. Formasyonda orta-kalın tabakalı, yer yer som görünümlü, kirli beyaz, kirli sarı, bol lamelli, gastropod ve mercan fosilli kireçtaşı egemen kaya türüdür. Birim yaklaşık 500 m kalınlığındadır. Demirtaşlı ve Pisoni (1965) Adilcevaz kireçtaşının Akitaniyen – Burdugaliyen yaşlı olduğunu ileri sürerler. Birim karbonat platformunun şelf lagünü ortamında çökelmiştir.

4.1.2 Neojen volkanitleri

Aladağ Volkanitleri (15-13 My):

Çalışma alanının güneybatısında tespit edilen ve K/Ar radyometrik yaş verilerine göre 15 My ve 13 My yaş verileri elde edilen volkanik birlikler Aladağ volkanik kompleksi içinde değerlendirilmiş ve tez kapsamında ayrıntılı çalışma yapılmamıştır (Keskin ve ark., 2013).

Pliyosen trakibazalt (4.9-4.5)

Çalışma alanının güney batısında gözlenen ve radyometrik olarak yaşlandırılan trakibazalt karakterindeki lavlar Pliyosen trakibazaltları olarak tanımlanmıştır. 4.56-4.82- 4.54 olarak birbirine yakın K/Ar yaş verileri elde edilmiştir (Lebedev ve ark., 2010).

Kösedağ Volkanitleri:

Üst Miyosen- Pliyosen yaşlı, Köseadağı Volkanitleri olarak adlandırılan volkanik kayalar yer almaktadır. Bu volkanitlerin çıkış merkezleri Etrüsk, Azizan, Meydan Dağı ve Aladağlar olup, ilksel morfolojik özellikleri kaybolmuştur. Volkanizma, kalkalkalen özelliktedir. İki farklı faz ürünü olarak, andezitler ve üzerinde bazaltlar gözlenmektedir.

Andezitler Eşekbatan Andeziti, bazaltlar ise Sankök Bazaltı olarak bu çalışmada adlandırılmıştır. Köseadağı Volkanitleri üzerine Kuvaterner yaşlı Tendürek Volkanitleri gelmektedir. Bu volkanitler de, Şehittepe Tüfü, Sellik Bazaltı ve Kuskunkıran Bazaltı olarak üyelere ayrılmıştır. Doğu Anadolu'daki en genç volkanik kayalar olan Tendürek Volkanitleri alkalin özelliktedir. Kuskunkıran Bazaltı olarak adlandırılan üyeye ait bazaltlar Çaldıran ilçesinin 3 km kuzeyine kadar akmışlardır.

Üçgöze Andeziti (Zor Dağ andeziti 1.65 My)

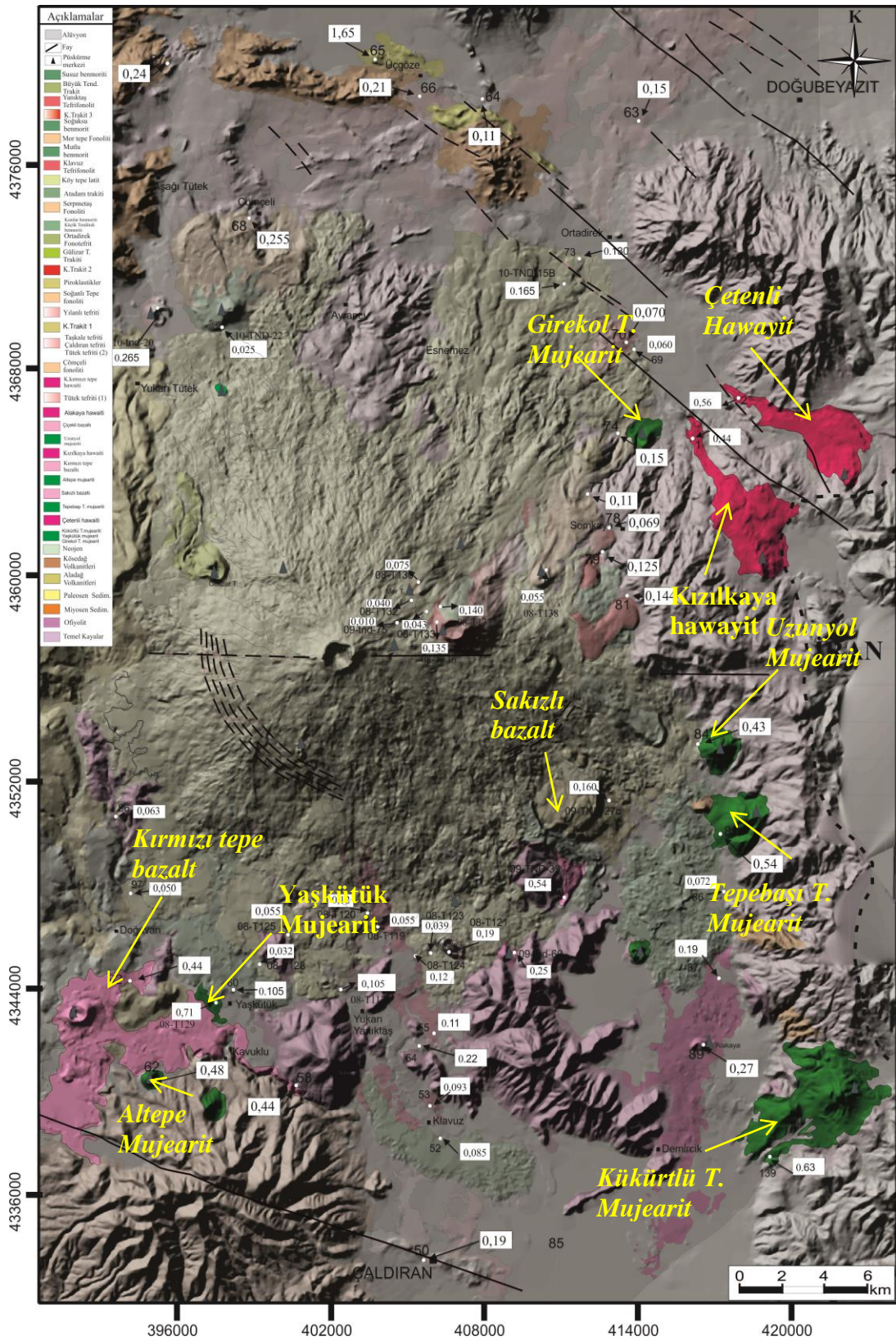
Çalışma alanının kuzeyinde gözlenen andezit karakterindeki lavların K^{40}/Ar^{40} yöntemi ile yapılan radyometrik yaş ölçümünde 1.65 my elde edilmiştir. Üç göze köyüne yakınlığından dolayı jeokimyasal sınıflamada andezit olarak tanımlanan bu birim Üçgöze andeziti olarak adlandırılmıştır.

4.1.3. Kuvaterner volkanitleri

Kuvaterner döneminde volkanizma çoğunlukla, kuzey-güney sıkışma deformasyonunun etkisi ile kuzey-güney tansiyon açılmalarını takip eden birkaç lokal merkezde varlık göstermiştir (Yılmaz 1998). Bu dönemde Tendürek ve yakın çevresinde gözlenen, çalışma alanına ait volkanizmanın ürünleri 5 evreye ayrılarak değerlendirilmiştir. Evreler birbirinden ayırt edilirken erüpsiyon/püskürme zamanları ile birlikte jeokimyasal farklılıklar ve petrografik özellikler göz önünde bulundurulmuştur. K/Ar yaş verilerine göre evrelerin kapsadığı zaman aralıkları şöyledir;

- I.Evre (0.71- 0.40 My)
- II. Evre (0.30– 0.19 My),
- III. Evre (0.18-0.105 My),
- IV: Evre (0.105 - 0.050My) ve
- V. Evre (≤ 0.050 My).

Söz konusu Evreler aşağıda ayrı başlıklar halinde ayrıntılı açıklanmıştır.



Şekil 4.5. Tendürek volkanının I. Evre volkanik ürünleri gösteren jeolojik haritası. I. Evre formasyonları harita üzerinde işaretlenmiştir.

4.1.3.1. I. Evre volkanitleri (0.71-0.40)

Tendürek volkanı ve yakın çevresi ile ilişkili lavlar içinde en eski ve alkali lavlarla birlikte subalkali karakterde lavların mevcut olduğu evredir. Tendürek volkanının daha çok güneyinde ve doğusunda mevcut küçük hacimlerde lav üretmiş lokal çıkış merkezleri ile kendini gösteren bu evrede bazaltik-trakiandezit, bazalt ve trakibazalt karakterinde lavlar püskürmüştür. Yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş saptamalarına göre 0.71 My yaşındaki lavlar ile başlayan bu evre 0.43 My yaşındaki trakibazalt karakterindeki lavlarla sonlanmıştır. Bu evre, bir sonraki II. Evre'den arada bir suskunluk evresinin olması ile ayrılır (Şekil 4.5). Bu evre de alkali ve sub-alkali lavlar gözlenirken, sub-alkali lavlara ait formasyonların coğrafik konumlarının birbirine yakın olması dikkat çekicidir.

4.1.3.1.1 Girekol Tepe mujeariti

Tendürek volkanizması ile ilişkili ilk volkanizma ürünü olan Skorya konisinin oluşturduğu Girekol Tepe, irili ufaklı volkan bombaları içeren skorya birikimlerinden oluşmuştur. 1. Evre aktivitelerinin başlangıcı kabul edilmiştir.



Şekil 4.6. Girekol Tepe cüruf konisi (Çaldıran- Doğubeyazıt yolu bakış yönü K-G).

Volkanın Kuzey doğusunda Van-Doğubeyazıt karayolu üzerinde rahatlıkla görülebilir. Bu tepeyi oluşturan volkanik ürünler yalnız skorya parçaları olduğundan, lav örneği alınamamıştır ve bu sebeple yaşlandırma yapılmamıştır (Şekil 4.6).

4.1.3.1.2. Yaşkütük mujeariti (0.71±0.06 My)

Çaldıran ilçesinin yaklaşık 13 km kuzey batısındaki Yaşkütük köyü yakınında Büyük Çay olarak adlandırılmış çayın yatağında sütun yapısı sergileyen bazaltik-trakiandezit karakterindeki lavlardan meydana gelir. Formasyon adını yakınında yüzeylediği Yaşkütük köyünden alır. Jeokimyasal analize göre bazaltik-trakiandezit karakterindeki bu lavlar yine jeokimyasal bileşimine göre $Na_2O - 2 \geq K_2O$ oranına sahip olması sebebiyle müjearit karakterindedir (Le Maitre, 2002). Büyükçay deresinden alınan 08-VAN- T129 nolu örnekten yapılan $^{40}K / ^{40}Ar$ jeokronolojik yaş saptaması bu numunenin ve birimin 0.71 ± 0.06 My yaşında olduğunu göstermektedir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Yaş kütük mujearitinde gözlenen poligon yüzeyli sütun yapısı. Yaş kütük köyü.

4.1.3.1.3. Kükürtlü Tepe mujeiriti (0.63±0.07 My)

Çalışma alanının güney doğusunda Hangedik köyü yakınlarında Kükürtlü Tepe civarında yüzeyleyen Kükürtlü Tepe çıkış merkezi olan bazaltik-trakiandezit karakterindeki lavların jeokimyasında $\text{Na}_2\text{O} - 2 \geq \text{K}_2\text{O}$ olduğu için bunlar mujeirit olarak sınıflandırılmıştır ve formasyon Kükürtlü Tepe mujeiriti olarak isimlendirilmiştir. 08-VANT-139 nolu örnekte yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş analizinde, birimin yaşı 0.63 ± 0.07 My olarak saptanmıştır.



Şekil 4.8. Büyük Çay deresi ve sütun yapısı sergileyen bazaltik trakiandezitler. Çalışma alanı kuzey batısı Yaş kütük köyü girişi (Bakış yönü D-B).

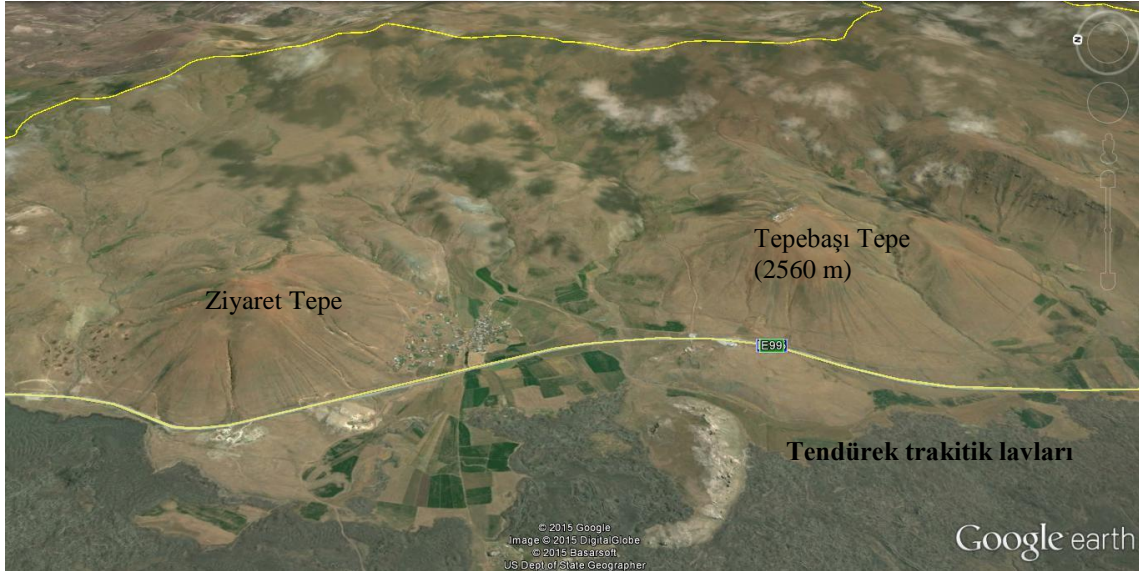
4.1.3.1.4. Çetenli havayiti (0.56±0.11 My)

Çetenli köyü dolayında tespit edilen lavların jeokimyasında $\text{Na}_2\text{O} - 2 \geq \text{K}_2\text{O}$ olduğu için bunlar havayit olarak adlandırılmıştır. Çetenli köyü Ağrı ilinin Doğubeyazıt ilçesinin yaklaşık 12 km güneyinde yer alır. Bu formasyondan alınan örnekler 09-VAN-

T2 nolu örnekle temsil edilmektedir. $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verisine göre birimin 0.56 ± 0.11 My yaşında olduğu tespit edilmiştir. Bu yaş verisine dayanarak 1. Evre lavları ile birlikte değerlendirilmiştir.

4.1.3.1.5. Tepebaşı Tepe mujeariti (0.54 ± 0.07 My)

Van-Doğubeyazıt karayolunun doğusunda Uzunyol mevkiinde Tepebaşı Tepe (2560 m) çıkış merkezli olduğu tespit edilen ve 07-VAN-T85 nolu örnekle temsil edilen bu bazaltik trakiandezit karakterindeki lav akıntısı mujearit karakterindedir. $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verisi 0.54 ± 0.07 My elde edilmiştir (Şekil 4.9).



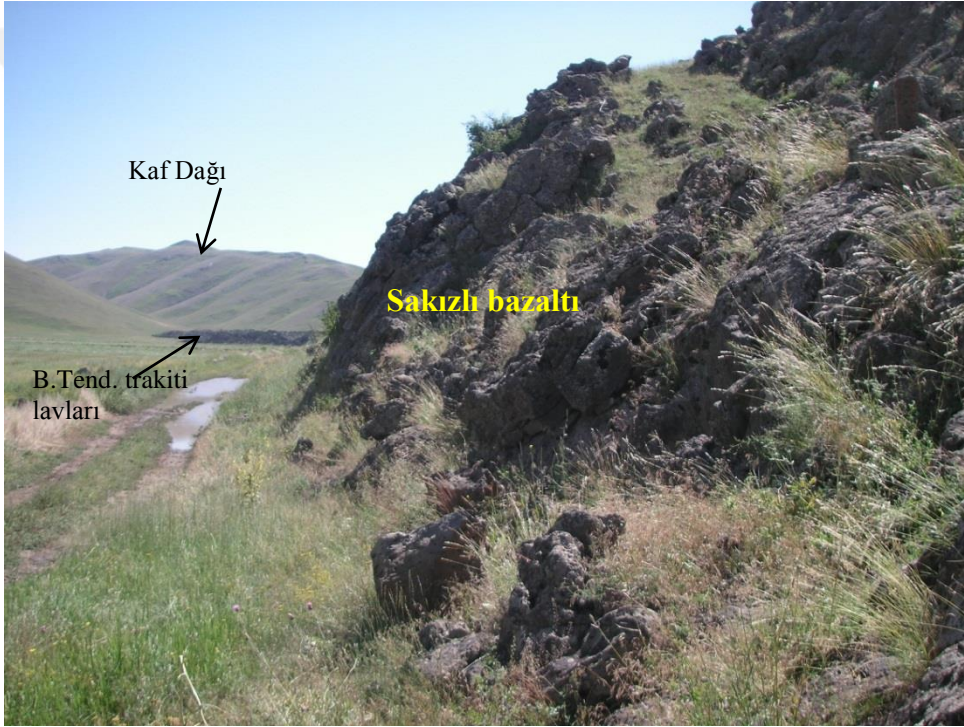
Şekil 4.9. Ziyaret Tepe ve Tepebaşı Tepe'yi gösteren Google Earth görüntüsü.

4.1.3.1.6. Sakızlı bazaltı (0.54 ± 0.18 My)

Van ili Çaldıran ilçesinin yaklaşık 15 km kuzeyinde Sakızlı köyünde tespit edilen bazalt akışı, 09-TND-33 nolu örnekle temsil edilerek yaşlandırılması yapılmıştır. $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verilerine göre birim 0.54 ± 0.18 My yaşındadır. Diğer bazalt ürünlerinden alkali karakterde olması ile ayrılır (Şekil 4.10).

4.1.3.1.7. Altepe mujeiriti (0.48±0.30 My)

Çaldıran ilçesinin kuzey batısında Altepe çıkış merkezli bazaltik-trakiandezit karakterindeki lavın jeokimyasal analizi neticesinde sodyum potasyum içeriğine göre mujeirit karakterinde olduğu anlaşılmaktadır. Altepe'den alınan 07-VANT-62 nolu örnekte yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verisi 0.48 ± 0.30 My elde edilmiştir. Altepe mujeiriti çalışma alanındaki sub-alkali magma serisinin ilk ürünüdür (Şekil 4.11).



Şekil 4.10. Sakızlı bazaltı ve arkada Kaf dağı ve Büyük Tendürek trakiti lav akıntısı (bakış yönü KD-GB).

4.1.3.1.8. Kırmızı Tepe bazaltı (0.44±0.14 My)

Bir önceki formasyonun gözlemlendiği Altepe mevkiinde yer alan Kırmızı Tepe (2562 m) zirvesinden püskürmüş olan bazalt lavı, $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yaş saptamasına göre 0.44 My yaşındadır. Bu formasyondan 07-VAN-T58 ve 07-VAN-T92 nolu örneklerde

yapılan yaş analizinde her iki örnekte aynı zaman aralığını vermiştir. Sub-alkali magma serisinin ikinci üyesidir.



Şekil 4.11. Altepe çıkış merkezli mujearit karakretindeki lav akıntısı.

4.1.3.1.9. Kızılkaya havayiti (0.44 ± 0.05 My)

Çetenli köyü civarında Kızılkaya olarak adlandırılmış tepeden Çetenli köyü yakınlara kadar uzanan havayit tipindeki lavların $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik analizleri sonucu yaşlarının 0.44 ± 0.05 My olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12).

4.1.3.1.10. Uzunyol mujeariti (0.43 ± 0.06 My)

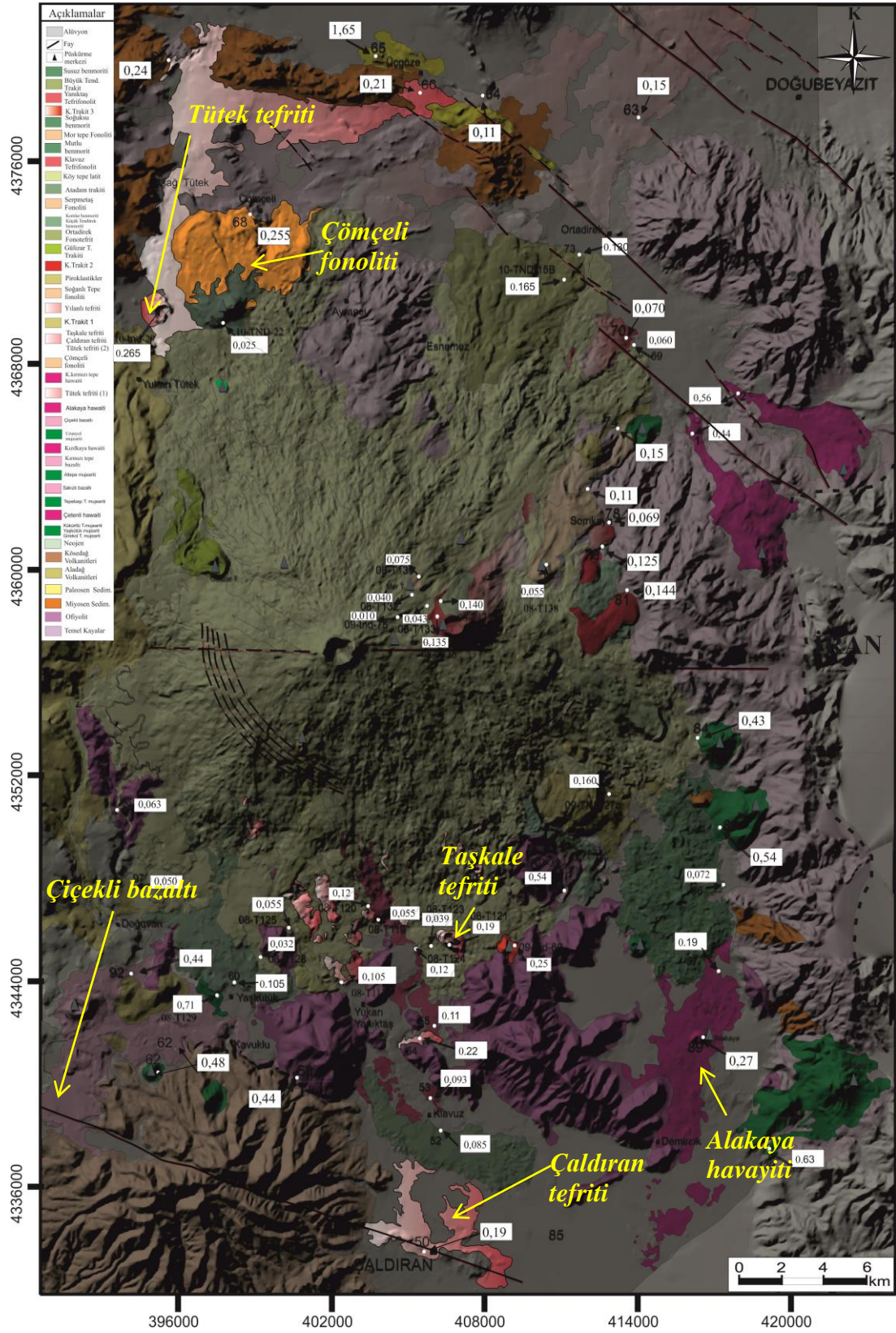
Van – Doğubeyazıt karayolu Uzunyol kontrol noktası mevkiinden alınan 07-VAN-T84 ile örneklendirilmiş ve $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı 0.43 ± 0.06 My tespit edilmiştir. I. Evrenin son ürünü olan Uzunyol mujeariti alkali karakterdedir.



Şekil 4.12. Kızılkaya Tepesi ve Kızılkaya havayiti.

4.1.3.2. II evre volkanitleri (0.30 – 0.200 My)

I. evre volkanizması ve II. Evre volkanizmasını ayıran en önemli özellik, iki evre arasındaki belirgin zaman boşluğudur yani suskunluk döneminin olmasıdır. I. Evrenin son ürünü olarak belirlenen Uzunyol mujeariti 0.43 My yaşa sahipken II. Evrenin ilk formasyonu olarak belirlenen Çiçekli bazaltı 0.28 My yaşındadır. İki evre arasında yaklaşık 0.10 My (~100.000 yıl) suskunluk dönemi söz konusudur. I. Evre volkanizması jeokimyasal olarak sub-alkali magma serisi ile başlasa da aradaki zaman boşluğu iki evreyi ayırır. Çiçekli bazaltı, Alakaya havayiti, Tütek tefriti, Çömçeli fonoliti, Çaldıran tefriti, Taşkale tefriti olarak altı formasyon 2. Evre volkanitleri içinde başlıklar halinde açıklanmıştır (Şekil 4.13).



4.1.3.2.1. Çiçekli bazaltı (0.28±0.06 My)

Aslında Kırmızı Tepe çıkış merkezli olan bu bazaltlar, I Evre'nin son temsilcisi Uzunyol mujeariti ile oluşum zamanı açısından farklılık taşımaları ve aralarında bir suskunluk dönemi bulunması sebebi ile 2. Evre içinde konumlandırılmıştır. Alkali nitelikteki Sakızlı bazaltından ayrı olarak, Kırmızı Tepe bazaltı gibi sub-alkali karakterdeki Çiçekli bazaltları, 08-VAN- T94 nolu örnekle temsil edilmiştir ve formasyonun yaşı, $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yöntemine göre 0.28 ± 0.06 My olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Kırmızı Tepe kaynağından güneye doğru akıp gelmiş Çiçekli bazaltı (Bakış yönü G'den K'e).

4.1.3.2.2. Alakaya havayiti (0.27 ± 0.08 My)

Alakaya yakınlarında gözlenen havayit karakterindeki trakibazaltlardır. Alakaya skorya (cürüf) konisini de içeren bu formasyondan 07-VAN-T87, 07-VAN-T88, 07-VAN-T89 ve 07-VAN-T90 olmak üzere dört adet örnekle alınmıştır.

Bu örnekler içinden 07-VAN-T87 ve 07-VAN-T89 olmak üzere iki tanesi $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş yöntemi ile yaşlandırılmıştır. Buna göre sırası ile 0.19 ± 0.08 ve 0.27 ± 0.08 sonuçları elde edilmiştir. Analiz hata payı ve birimin arazideki konumu göz önüne alındığında formasyon yaşı 0.27 My olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.15 ve 4.16).

4.1.3.2.3. Tütek tefriti ($0.26 \pm 0.07 - 0.21 \pm 0.06$)

Tütek köyünden ismini alan formasyonu temsil eden örneklerden yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verilerine göre 0.26 ± 0.007 My, 0.24 ± 0.04 My ve 0.21 ± 0.06 My olmak üzere üç adet yaş verisi elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Alakaya skorya (cüruf) konisi bakış yönü B-D.

Tendürek Volkanının Kuzeyinde geniş alanlara yayıldığı gözlenen tefrit karakterindeki lavların arazideki konumları göz önünde bulundurulduğunda formasyon kendi içinde Tütek tefriti 1 ve Tütek tefriti 2 olarak ikiye ayrılmıştır. Tütek tefriti 1

0.265 \pm 0.07 My yaşında iken Tütek Tefriti 2'nin yaşı ise 0.24 \pm 0.04 My ila 0.21 \pm 0.06 My arasında değişmektedir. Çalışma alanının Kuzeybatısında Kül Tepe merkezinden çıkıp yayılan 30 m kalınlığındaki Tütek Tefriti 1 0.265 \pm 0.07 My yaşındadır. Tütek Tefriti 2 ise çalışma alanının kuzeyinde geniş düzlüklere ~70 m kalınlığında yayılmış biçimde gözlenmektedir.

4.1.3.2.4. Çömçeli fonoliti (0.255 \pm 0.030 My)

Çalışma alanının kuzeybatısında Çömçeli köyü yakınlarında gözlenen ~100 m kalınlığındaki fonolitlere yakındaki köyden dolayı bu isim verilmiştir. 07-VAN- T68 nolu örnekte yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verilerine göre birimin yaşı 0.255 \pm 0.030 My'dır (Şekil 4.17).



Şekil 4.16. Alakaya havayiti bakış yönü B-D.



Şekil 4.17. Çömçeli fonoliti çıkış merkezi.

4.1.3.2.5. Çaldıran tefriti (0.19 ± 0.05 My)

Van'ın ilçesi olan Çaldıran yakınlarında, çalışma alanının Güneyinde gözlenen ~55 m kalınlık saptanan tefritlere Çaldıran tefriti adı verilmiştir. 07-VAN-T 50 nolu örnekte yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik analizlerde 0.19 ± 0.05 My yaş verisi elde edilmiştir.

4.1.3.2.6. Taşkale tefriti (0.19 ± 0.05 My)

Taşkale tepeyi oluşturan ve Çaldıran tefritinden farklı olarak bu merkezden çıkan tefritlere Taşkale Tefriti adı verilmiştir. 08-VAN-T-121 nolu örnekte yapılan 0.19 ± 0.05 My $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı ile 2. evrenin son formasyonudur (Şekil 4.18).



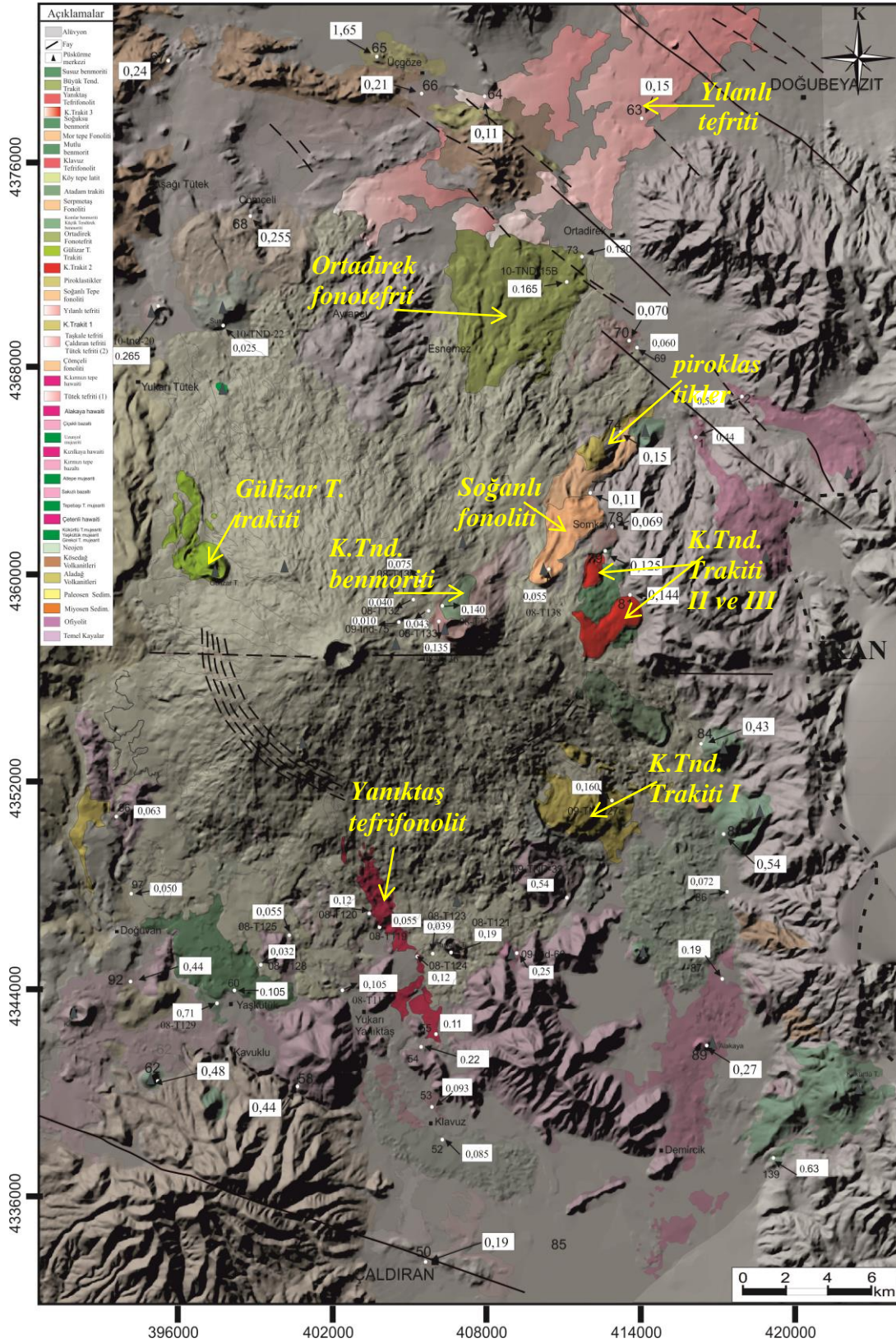
Şekil 4.18. Tefrit karakterinde lavlardan oluşan Taşkale Tepe ve Büyük Tendürek trakitik lavları (bakış yönü G-K).

4.1.3.3. III. Evre volkanitleri (0.19 – 0.10 My)

$^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ radyometrik yaşlandırma verilerine göre 0.19 – 0.10 My zaman aralığında meydana gelen volkanik ürünler III. evre içinde değerlendirilmiştir. Küçük Tendürek çıkış merkezi ile başlayan bu aktivite evresi birçok çıkış merkezinden türeyen petrografik özellikleri farklı lavlar üretmiştir. Küçük Tendürek trakiti, Yılanlı tefriti, Soğanlı Tepe fonoliti, Piroklastikler GülizarTepe trakiti, Ortadirek fonoterfiti, Küçük Tendürek benmoriti, Yanıktaş tefrifonoliti, Komlar benmoriti olmak üzere dokuz formasyon 3. Evre volkanitleri olarak ayrı başlıklar halinde tanımlanmıştır (Şekil 4.19).

4.1.3.3.1. Küçük Tendürek trakiti (0.160 – 0.070 My)

Tendürek volkanına ait iki zirve kraterinden biri olan Küçük Tendürek zirvesi ile ilişkilendirilen Trakitik karakterdeki lavlar üç farklı zaman aralığında kendini göstermiştir. Volkanın güney doğusunda ada morfolojisi sunan ve Küçük Tendürek



Şekil 4.19. Tendürek volkanının III. Evre volkanik ürünlerini gösteren jeolojik haritası. III. Evre formasyonları harita üzerinde işaretlenmiştir.

trakiti 1 olarak adlandırılan trakitlerin $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı 0.160 ± 0.045 My'dir ve 3. evrenin başlangıç formasyonudur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Küçük Tendürek krateri krater gölü ve trakitik lavlar.

Küçük Tendürek zirvesinin eteklerinde gözlenen Küçük Tendürek Krateri 2 olarak adlandırılan trakitlerin $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı ise 0.144 ± 0.13 My'dir. Küçük Tendürek zirve krateri ve çevresinde karakterize olan Küçük Tendürek trakiti 3 olarak isimlendirilen trakitlerde ise $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ verilerine göre birbirine yakın üç yaş saptanmıştır. Bunlar 0.055 ± 0.025 My, 0.069 ± 0.012 My ve 0.070 ± 0.011 My yaşlarındadır.

4.1.3.3.2. Yılanlı tefriti (0.16 ± 0.05 My)

Formasyon adını çalışma alanının Kuzey doğusunda yer alan Yılanlı köyünden almıştır. Tütek tefriti gibi geniş düzlüklere yayılmış olan Yılanlı tefriti'nin $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yöntemine göre saptanan yaşları 0.16 ± 0.05 My ve 0.15 ± 0.06 My'dir.

4.1.3.3.3. Soğanlı Tepe fonoliti (0.15 ± 0.03 My)

Küçük Tendürek Zirve kraterinin eteklerinde farklı bir fonolitik çıkış merkezi olan Soğanlı Tepe'nin adı, bu alanda yüzeylenen formasyona verilmiştir. $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verilerine göre yaşı 0.15 ± 0.03 My'dır.

4.1.3.3.4. Piroklastikler

Piroklastik çökeller volkanın ana merkezinin kuzeydoğusunda gözlenmiştir. Çaldıran-Doğubeyazıt karayolu güzergahında yolun her iki tarafında gözlenen piroklastikler, iyi boylanmış olmaları nedeniyle düşüş çökelleri olarak değerlendirilmişlerdir. Yer yer bazı yüzeyleyen bölgelerde açılmış fakat işletilmemiş ocaklar mevcuttur. Pomza ve litik tanelerden oluşan tutturulmamış malzemenin boyutları 0.5 mm – 1 cm arasında değişmektedir (Şekil 4.21). Bunun çıkış merkezi ve yaşları bilinmemektedir.

4.1.3.3.5. Gülizar Tepe trakiti

Volkanın güney batısında bulunan Gülizar Tepe, farklı bir çıkış merkezidir ve bir parazit koni morfolojisi sunmaktadır. Zirvesinde krateri bulunan bu tepe formasyona adını vermiştir. Çalışma alanı içinde yaş verisi olmayan ender formasyonlardan biridir. Arazideki konumu diğer lavlarla olan ilişkileri jeokimyasal karakteristikleri göz önüne alınarak stratigrafik konumu belirlenmiştir (Şekil 4.22).

4.1.3.3.6. Ortadirek fonotefriti (0.13 ± 0.04 My)

Volkanın kuzeyinde yer alan lav türevi Ortadirek köyüne yakınlığı sebebiyle bu ismi almıştır. Çalışma alanında fonotefrit karakterindeki lavlar yalnız bu bölgede, bu formasyon içinde görülmektedir. $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ radyometrik yaş saptama yöntemine göre 0.13 ± 0.04 My olarak yaşlandırılmıştır.



Şekil 4.21. Tendürek çevresinde özellikle Çaldıran-Doğubeyazıt yolu üzerinde gözlenen pomza yağış ürünlerinden örnekler.

4.1.3.3.7. Küçük Tendürek benmoriti (0.140 – 0.125 My)

Küçük Tendürek zirve krateri ile ilişkilendirilen bu benmorit karakterindeki trakiandezitler, Küçük Tendürek Benmoriti olarak adlandırılmıştır. Küçük Tendürek trakiti 1 gibi ada morfolojisi sunan bu benmoritlerden üç örnekten yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş saptamaları, 08-VAN-T 137 örneği için 0.140 ± 0.013 My, 08-VAN-T 136 örneği için 0.135 ± 0.020 My ve 07-VAN-T 79 örneği için 0.125 ± 0.040 My sonuçlarını vermiştir. Mikroskobik olarak Hipokristalin porfirik dokuda, Az miktarda

volkan camı ile birlikte, plajiyoklas, sanidin mikrolitleri ve plajiyoklas, piroksen fenokristalleri ile opak mineraller içermektedir (Şekil 4.23).



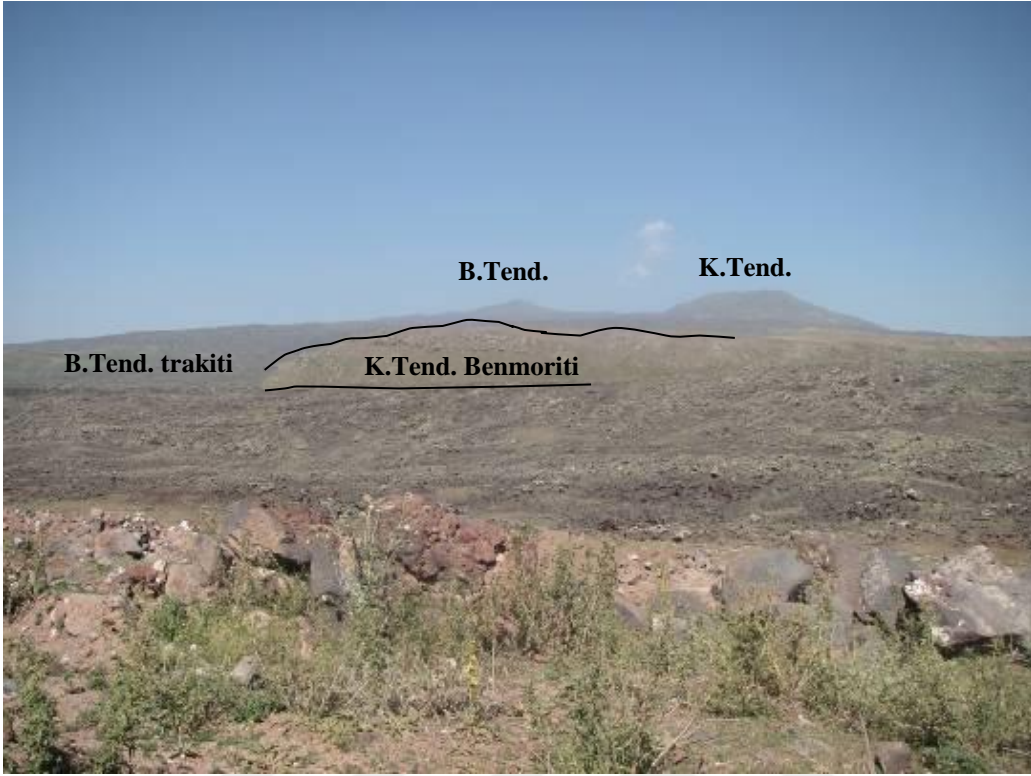
Şekil 4.22. Gülizar Tepe ve Gülizar Tepe çıkış merkezinden yayılan trakitler.

4.1.3.3.8. Yanıktaş tefrifonoliti (0.12-0.055 My)

Volkanın güneyinde yer alan formasyon adını yakınındaki Yanıktaş Köyünden alır. Farklı iki zamanda gruplanan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verileri sebebi ile kendi içinde ikiye ayrılmıştır.

Yanıktaş tefrifonoliti-1; 08-VAN-T 117 ve 08-VAN-T 124 nolu örneklerle temsil edilen ~35 m kalınlığındaki Yanıktaş Tefrifonoliti-1 formasyonunun $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yaşı 0.12 ± 0.05 ve 0.105 ± 0.025 My'dır.

Yanıktaş tefrifonoliti-2; ~65 m kalınlığındaki çok daha genç olan 08-VAN-T 119 nolu örneklerle temsil edilen Yanıktaş Tefrifonoliti 2 ise 0.055 ± 0.03 My yaşındadır. Stratigrafik kesitte gösterildiği gibi bu birim III. Evrenin ürünüdür.



Şekil 4.23. Küçük Tendürek benmoriti ve Büyük Tendürek trakiti genel görünüm.

4.1.3.3.9. Komlar benmoriti (0.105 ± 0.025 My)

Volkanın Güney doğusunda Yaşkütük ve Doğuvan köyleri arasında kalan örneklendiği yer Komlar mevkiinden adını alan formasyon 07-VAN-T 60 nolu örnekle temsil edilmiştir. Bu örneğin saptanan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı 0.105 ± 0.025 My'dır ve 3. evrenin son formasyonudur.

4.1.3.4. IV. Evre volkanitleri (0.105 -0.070)

IV. Evre volkanitleri olarak ayrılan bu aralıktaki Tendürek volkanik sistemi lavları 0.105-0.070 yaş aralığında püskürmüş birimleri içerir. Serpmetaş fonoliti, Atadam trakiti, Köytepe latiti, Klavuz tefrifonoliti, Mutlu benmoriti, Mor Tepe fonoliti, Soğuksu benmoriti 4. Evre formasyonlarını oluşturur ve ayrı başlıklar halinde tanımlamaları yapılmıştır (Şekil 4.24).

4.1.3.4.1. Serpmetaş fonoliti (0.105 ± 0.025 My)

IV. evrenin ilk formasyonudur. Volkanın Güney batısında Serpmetaş Mah. yakınlarında gözleendiği için formasyon bu ismi almıştır. 09 – TND – 32 nolu örnek, 0.105 ± 0.025 My yaşını vermiştir.

4.1.3.4.2. Atadam trakiti (0.10 ± 0.02 My)

Volkanın güneydoğusunda Mermer bloklarının arkasında Atadam köyü yakınlarında başlayıp Doğuvan köyüne kadar uzanan uzun ince bir lav akıntısıdır. ~15 m kalınlığında gözlenen bu trakit lavından 0.10 ± 0.02 My yaşı alınmıştır.

4.1.3.4.3. Köytepe latiti

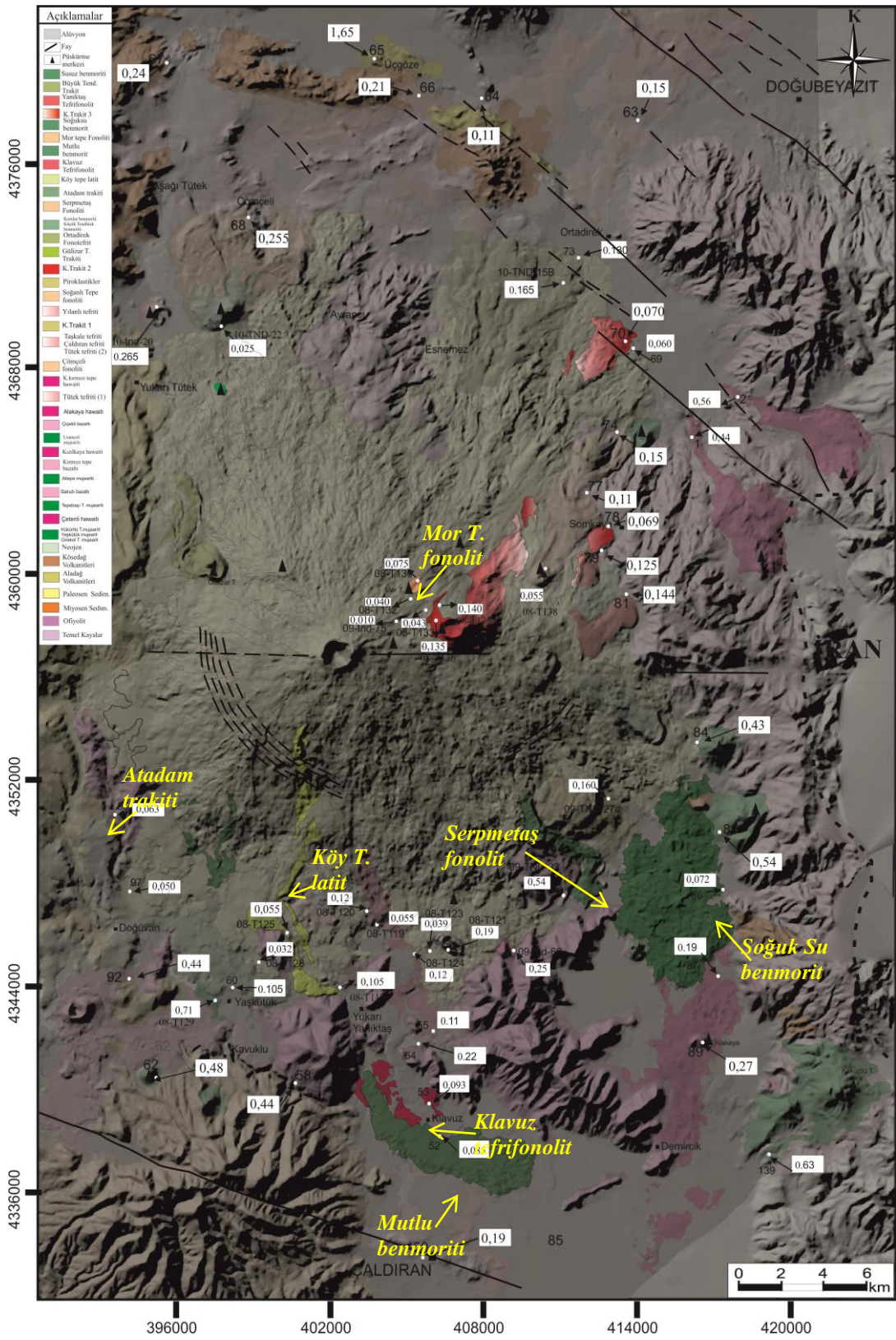
Köytepe çıkış merkezli bu trakiandezitler volkanın diğer trakiandezitlerinden farklı olarak benmorit değil latit karakterindedir. 08-VAN-T 126 kodu ile örneklendirilen Köytepe latitinin diğer lavlara olan ilişkilerine bakılarak stratigrafik konumlaması yapılmıştır.

4.1.3.4.4. Klavuz tefrifonoliti (0.093 ± 0.018 My)

Volkanın güneyinde Çaldıran ilçesine çok yakın yüzeylediği görülen bu tefrifonolitler formasyon adını yakındaki Klavuz köyünden almıştır. 07-VAN- T 55 ve 07- VAN- T 53 nolu iki örnekten yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşları sırası ile 0.11 ± 0.02 My ve 0.093 ± 0.018 My'dir.

4.1.3.4.5. Mutlu benmoriti (0.085 ± 0.018 My)

Volkanın güneyinde Klavuz köyü yakınında Aşağı Mutlu ve Yukarı Mutlu köyleri arasında kalan bölgede lokal çıkış olarak gözlenen bu benmorit karakterindeki trakiandezitlere her iki köyü de kapsayacak şekilde Mutlu benmoriti denmiştir.



Şekil 4.24 Tendürek volkanının IV. Evre volkanik ürünlerini gösteren jeolojik haritası. IV evre formasyonları harita üzerinde işaretlenmiştir.

Aa tipi lavların en güzel gözlemlendiği formasyondur. 07-VAN-T 52 örneğinin $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşı $0.085 \pm 0.018 \text{ My}$ 'dir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Mutlu benmoriti ve aa lavlarına örnek (bakış yönü G-K).

4.1.3.4.6. Mor Tepe fonoliti ($0.075 \pm 0.019 \text{ My}$)

Tendürek volkanının bir diğer parazit konisi konumundaki Mor Tepe Büyük Tendürek kraterinin hemen kuzeydoğusunda, Küçük Tendürek kraterini ise kuzey batısında yer almaktadır. Zirvesinde bir krater bulundurmaktadır. Bu lokasyondan yapılan analizlerde fonolit türünde olduğu tespit edilmiştir. Formasyona Mor Tepe Fonoliti adı verilmiştir. 08 – VAN - T 130 nolu örneğin $0.075 \pm 0.019 \text{ My}$ $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yaşı baz alınarak startigrafik konumu belirlenmiştir (Şekil 4.26 ve 27).



Şekil 4.26. Küçük Tendürek Krater gölü ve arkada Mor Tepe fonolitinin püskürüp oluşturduğu küçük volkan konisi (Bakış yönü G-K).

4.1.3.4.7. Soğuksu benmoriti (0.072 ± 0.018 My)

Van ilinin Çaldıran ilçesinin yaklaşık 17 km kuzey doğusunda yer alan Soğuksu köyü yakınında gözlenen bu birim trakiandezit karakterindedir ve jeokimyasında $\text{Na}_2\text{O} - 2 \geq \text{K}_2\text{O}$ olduğu için benmorit olarak sınıflandırılmıştır. 07 – VAN – T86 nolu önekte yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş verileri 0.072 ± 0.018 My sonuç vermiştir.

4.1.3.5 V. Evre volkanitleri (0.060-0.015)

Volkanın ana kütesini oluşturan bu evre ürünleri bir örtü gibi neredeyse bütün yüzeyi ve önceki evrelerde püskürmüş ürünlerin büyük bölümünü kaplar. Çoğu lavla temsil edilen bu birimler, Büyük Tendürek zirve kraterininden ve Susuz Tepe çıkış merkezinden yayılan volkanik ürünlerden oluşur (Şekik 4.28).

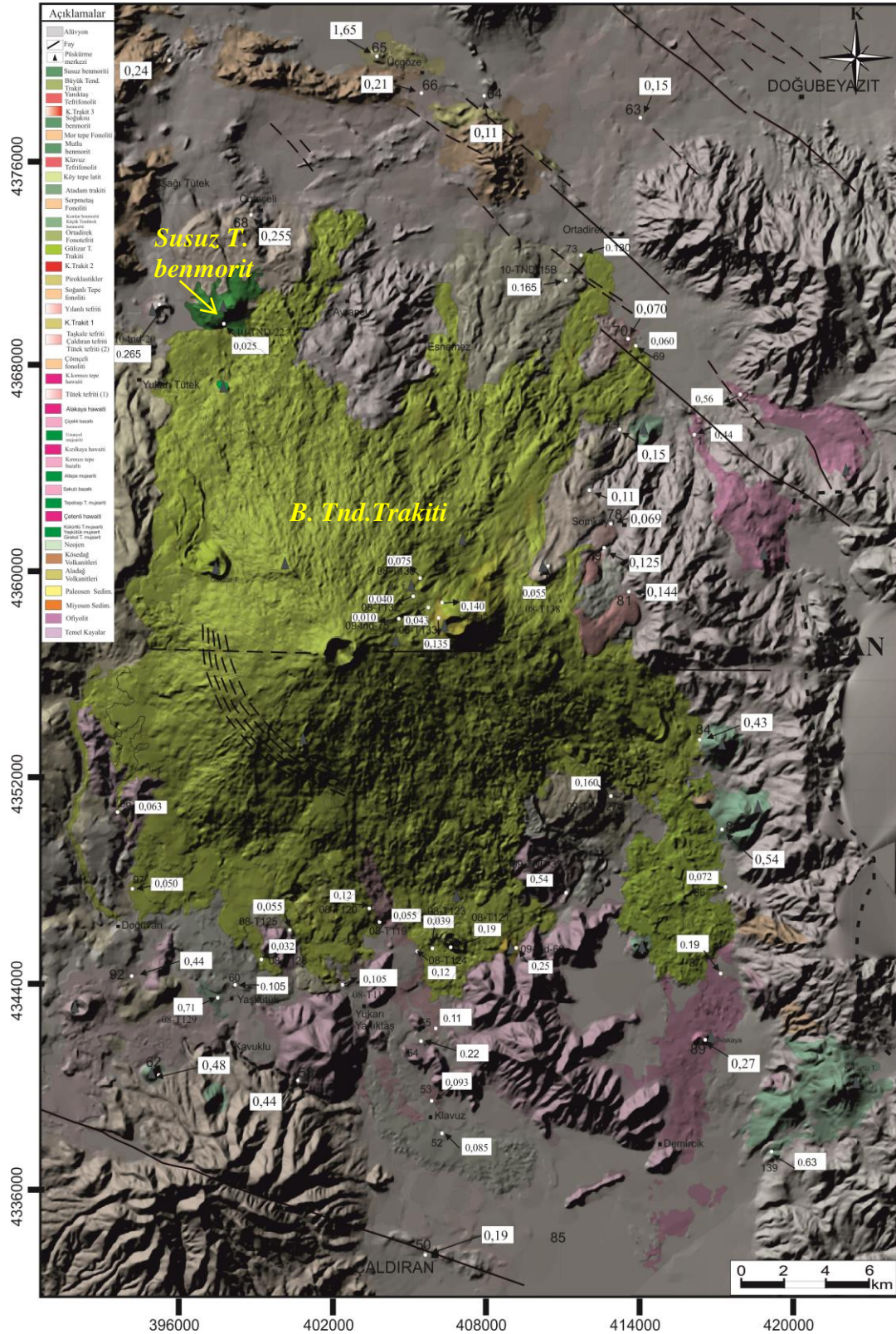


Şekil 4.27. Mor Tepe krateri çıkış merkezli fonolitler.

4.1.3.5.1. Büyük Tendürek trakiti (0.060 – 0.030 My)

Bu formasyonun oluşumunda etkili olan krater aynı zamanda volkanın en yüksek noktasını oluşturan Büyük Tendürek zirvesidir (3538 m). Zirvede ~1000 m çapındaki 200-250 m derinliğinde olan kraterden itibaren coğrafik olarak her yöne aşağı yukarı simetrik yayılmış olan ve volkanın kalkan şeklini almasını sağlayan bu lav örtüsü volkanın ana lav kütlelerini oluşturmuştur. Büyük Tendürek kraterinden çıkan ve volkanın farklı bölgelerine yayılmış örneklerden yapılan $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yaş verileri göz önüne alındığında lavların büyük çoğunluğu 0.060 ile 0.040 My arasında yani 60 ila 40 bin yıl önce oluşmuştur.

Ancak göreceli olarak sahada saptanan en taze ve genç lavların en üst seviyelerinden alınan örneklerin radyometrik yaşı 0.030 My elde edilmiştir. Bu verilere göre, volkanın büyük bölümünü örtmüş trakitik lavların püskürdüğü Büyük Tendürek

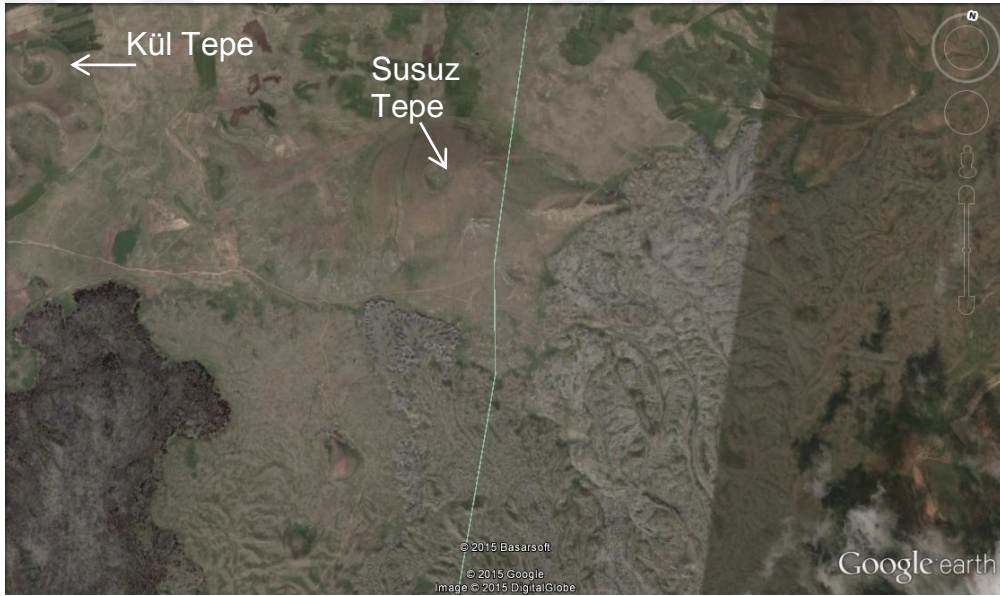


Şekil 4.28. Tendürek volkanının V. Evre volkanik ürünlerini gösteren jeolojik haritası.

kraterinden gerçekleşen son aktivite, ~ 0.030 My yani ~ 30 bin yıl önce gerçekleşmiş olarak kabul edilebilir.

4.1.3.5.2 Susuz Tepe benmoriti (0.025 ± 0.030)

Volkanın kuzeydoğusunda bulunan Susuz Tepe, $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ yaş verilerine göre ~ 0.025 My önce benmorit tipinde trakiandezit üretmiştir. Tütek tefriti ve Çömçeli fonoliti ve Büyük Tendürek trakiti ile dokanak oluşturmaktadır. Büyük Tendürek trakiti ile birlikte volkanın 5. ve son evresini oluşturmaktadır (Şekil 4.29).

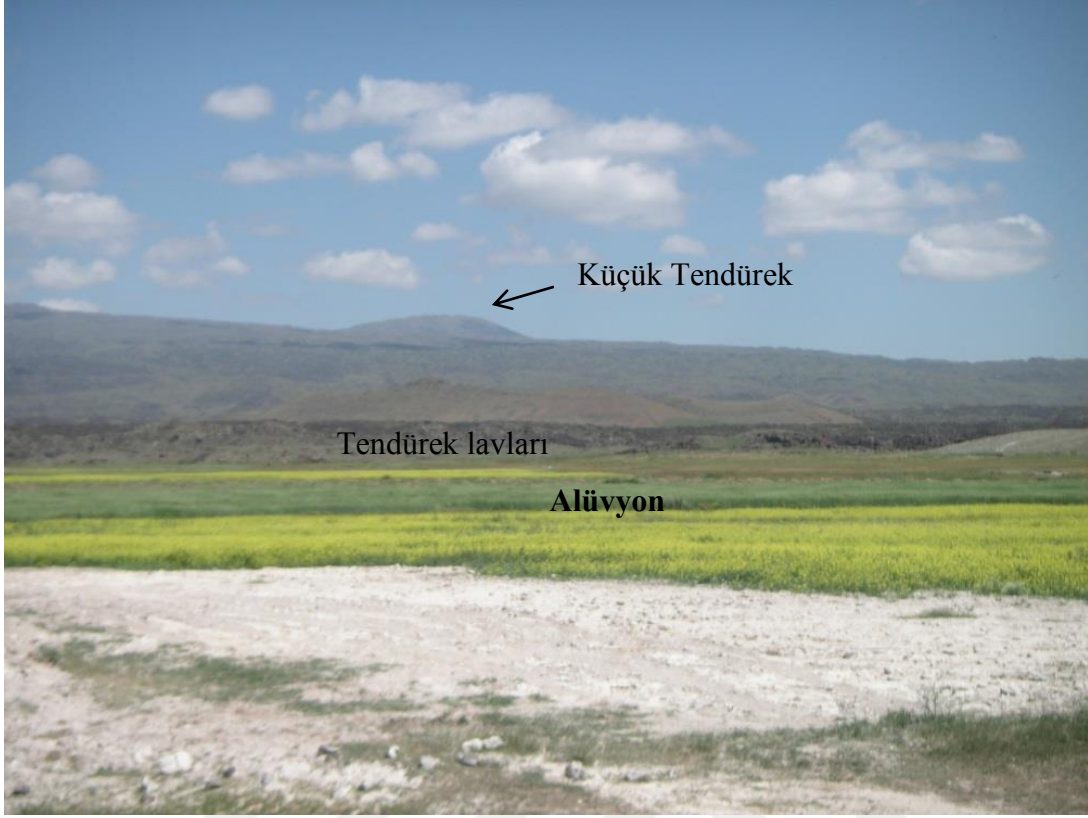


Şekil 4.29. Susuz Tepe kraterini gösteren Google earth görüntüsü.

4.1.4 Kuvaterner Sedimenter Çökeller

Alüvyon

Doğubeyazıt ovası, Çaldıran ovası ile göl ve akarsu yataklarında tutturulmamış ve geniş alanlar kapsayan çakıl, kum ile mil boyutunda malzemesinin oluşturduğu karasal çökellerdir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Çaldıran ovası alüvyonları. Çalışma alanı güneyi, Çaldıran ilçesi Kuzeyi (Bakış yönü G-K).

4.2. Mineraloji Petrografi

4.2.1. I. Evre volkanizması petrografisi

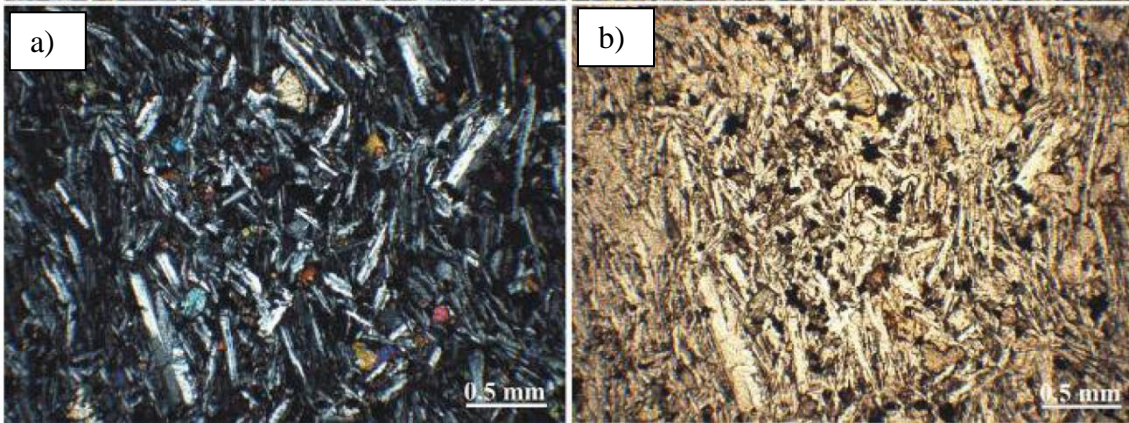
Her formasyondan yaş analizi ve jeokimya analizi olan örnekler seçilerek, ayrıntılı petrografik tanımlamalar yapılmıştır. Birçok örneğin tek nikol ve çift nikol incekesit görüntülerine de yer verilmiştir. Polarizan mikroskop altında çekilen görüntüler üzerinde mineral tanımlamalarında kullanılan kısaltmalar ilgili şekiller üzerinde gösterilmiştir. 100 adet incekesit üzerinde yapılan tanımlamalar numune koordinatları, coğrafik konum, kimyasal sınıflama, dokusal tanımlama ve mineralojik bileşime göre oluşturulan tablo üzerinde ayrıca gösterilmiştir (Çizelge 4.1). Stratigrafi bölümünde verilen sıralamaya göre ayrı ayrı başlıklar altında petrografik tanımlamalar açıklanmıştır.

4.2.1.1 . Girekol Tepe mujeariti

Çaldıran – Doğubeyazıt karayolu güzergahında doğu yönünde asfalt yola yakın konumlanan skorya konisi olarak gözlenen Girekol tepeden 09-TND-62 ve 63 nolu cüruf örnekleri petrografik incelemeye uygun bulunmamıştır. Alterasyona uğramış olan bazaltik skorya çok çabuk ufalandığından ince kesit yapılamamıştır. Mujearit olarak tanımlanma sebebi ise stratigrafik konumu ile Tendürek volkanik ürünlerinin tabanında yer alması ve diğer skorya konisinden elde edilen örneklerin mujearit olarak tanımlanması sebebi ile, bu piroklastiklerin de mujearit bileşiminde olduğunun değerlendirilmiştir.

4.2.1.2. Yaşkütük mujeariti (0.71 My)

İnceleme alanındaki volkanizmanın en yaşlı lavları olan Yaşkütük mujeariti 08-VAN- T 129 nolu örnekle temsil edilmiş olup, bu örnek üzerinde yapılan petrografik incelemede plajyoklas + klinopiroksen + ortopiroksen + olivin + opak mineral birlikteliği gözlenmiştir. Hipokristalin porfirik dokudaki, bol vesiküller içeren lav örneğinde olivin kristallerinin çatlaklarında iddigsintleşme gelişmiştir. Opak mineraller ise hem mikro-kristal olarak hamurda hem de daha iri kristal olarak bol miktarda gözlenmiştir (Şekil 4.31).



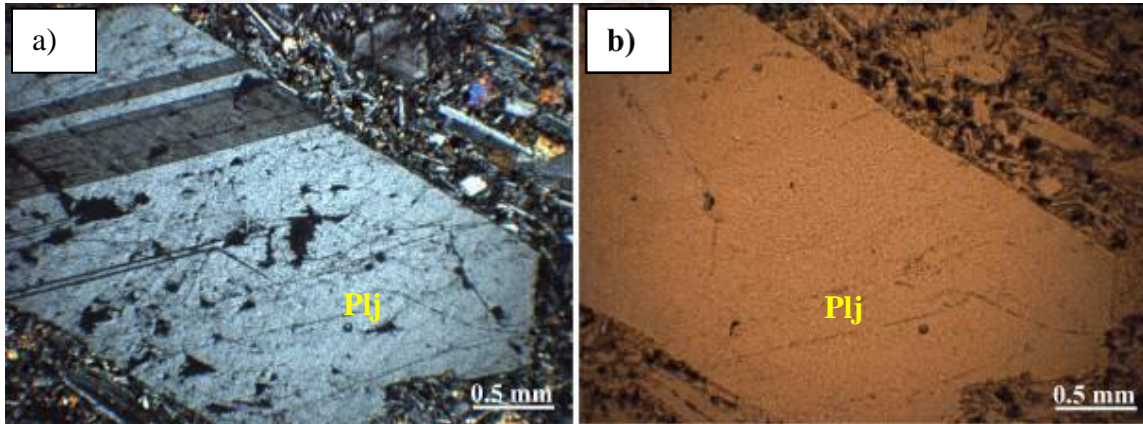
Şekil 4.31. Yaş kütük mujearitine ait ince kesit görüntüleri. Plj mikrolitleri, klinopiroksen mikrokristalleri ve hipokristalin porfirik doku (Örnek No: 08-VAN- T 129 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.1.3. Kükürtlü Tepe mujeariti

Çalışma alanının güneydoğusunda Burçaklanan köyü civarında Kükürtlü tepede yüzeyleyen kayaç trakibazalt olarak sınıflanmış olup 08-VAN- T 139 nolu örnek üzerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçları ile mujearit karakter sunması ile Kükürtlü Tepe mujeariti olarak isimlendirilmiştir.

4.2.1.4. Çetenli havayiti (0.56 My)

Çetenli havayiti incekesit incelemesinde hipokristalin porfirik dokudaki örnekte fenokristal olarak Plj + Ol + Kpx mineral birlikteliğinde plajiyoklas mega kristalleri ve lataları gözlenirken, klinopiroksen, çatlakları ve kenar zonlarında iddingsitleşmiş olivin gözlenmektedir. Hamurda ise plajiyoklas mikrolitleri, klinopiroksen ve bol miktarda opak mineral mevcuttur (Şekil 4.32).

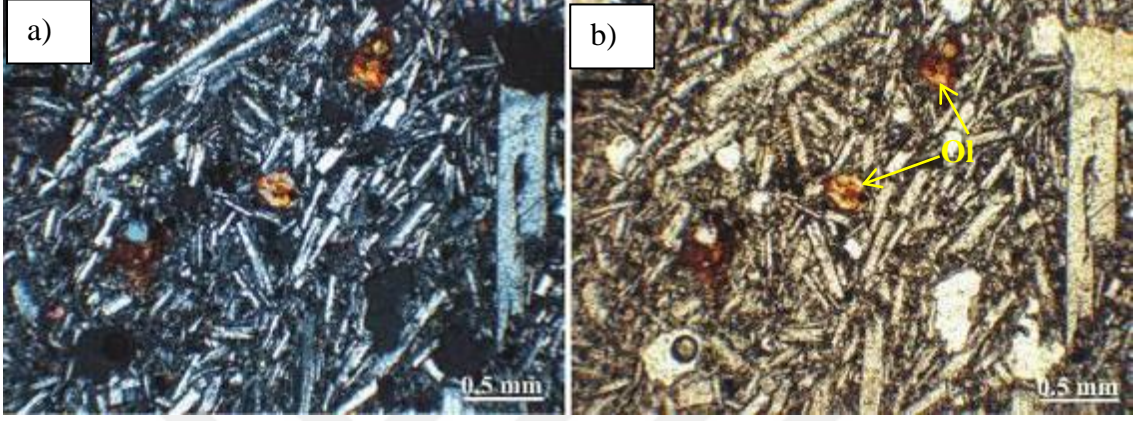


Şekil 4.32. Çetenli havayiti ince kesit görüntüsü. Plajiyoklas mega kristali ve hipokristalin porfirik doku. (Örnek No: 09 VAN – T2, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.1.5. Tepebaşı Tepe mujeariti (0.54 My)

Tepebaşı Tepe mujeariti örneğinde bol miktarda temiz vesiküllerle birlikte hipokristalin ve trakitik akma dokusu gözlenmiştir. Plj + Ol parajenezinde, olivin fenokristalleri tamamen veya büyük oranda iddingsitleşmiş durumdadır. Plajiyoklas

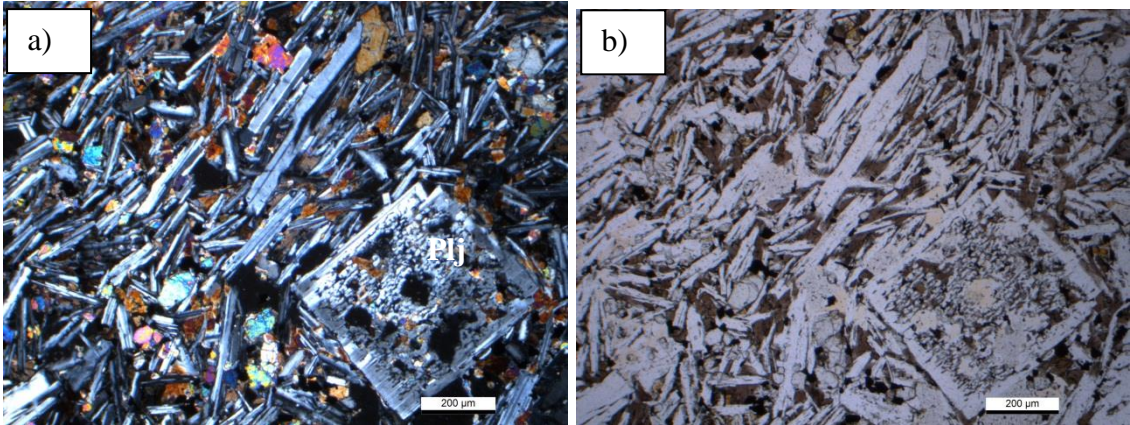
latalarının görüldüğü yerlerde trakitik akma/yönlenme dokusu gözlenmektedir. Kayacın volkanik hamuru plajiyoklas, olivin (iddingsitleşmiş), piroksen mikrolitlerinden ve az miktarda volkan camından oluşmaktadır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Tepebaşı Tepe mujariti ince kesit görüntüsü. İddingsitleşmiş olivin (Ol) fenokristalleri, plajiyoklas mikrokristalleri, volkancamı. (Örnek No: 07-VAN-T85, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.1.6. Sakızlı bazaltı (0.54 My)

Plajiyoklas kristallerinin arasını bol miktarda titan-ojit, ortopiroksen ve olivin kristalleri doldurmaktadır. Bazı plajiyoklas fenokristallerinde magma karışımına işaret eden süngerimsi korozyon dokuları gözlenmiştir (Şekil 4.34).

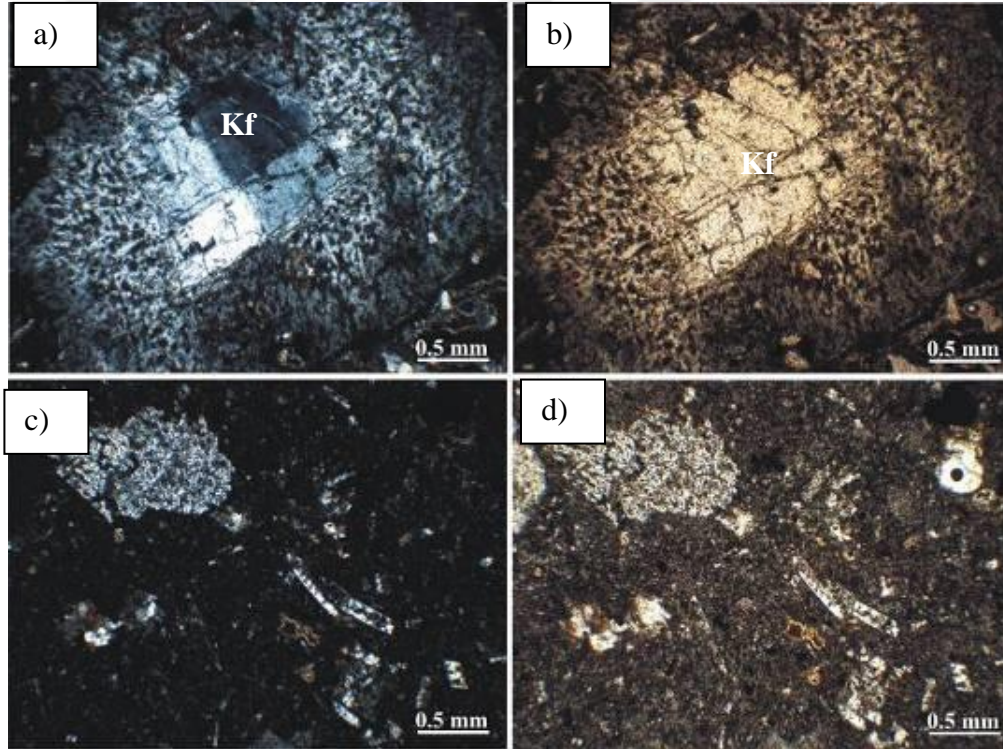


Şekil 4.34. Sakızlı bazaltı ince kesit görüntüsü. Kırmızımsı kahverengi renkte titanyum ojit. Plj: Plajiyoklas (Örnek No: 09-TND-33, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

Gri renkte masif, plajiyoklas fenokristalleri içeren vesiküllü yapıdaki kayalar Sakızlı köyü yakınlarında gözleendiği için bu isim verilmiştir.

4.2.1.7. Altepe mujeariti (0.48 My)

Hamurunda gözlenen volkan camı sebebiyle hyalopilitik porfirik dokudaki kayac fenokristal olarak Plj + Kf (Sn) + Kpx + Opq mineral parajenezi gözlenirken hamurda Plj + Ol + Vc (volkanik cam) gözlenmiştir. Plajiyoklas ve sanidinlerde magma karışım dokuları gözlenmekte bununla birlikte volkanik cam tarafından kemirilmiş plajiyoklas ve piroksen kristalleri saptanmıştır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Altepe mujeariti ince kesit görüntüleri (Örnek No: 07-VAN-T-62, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

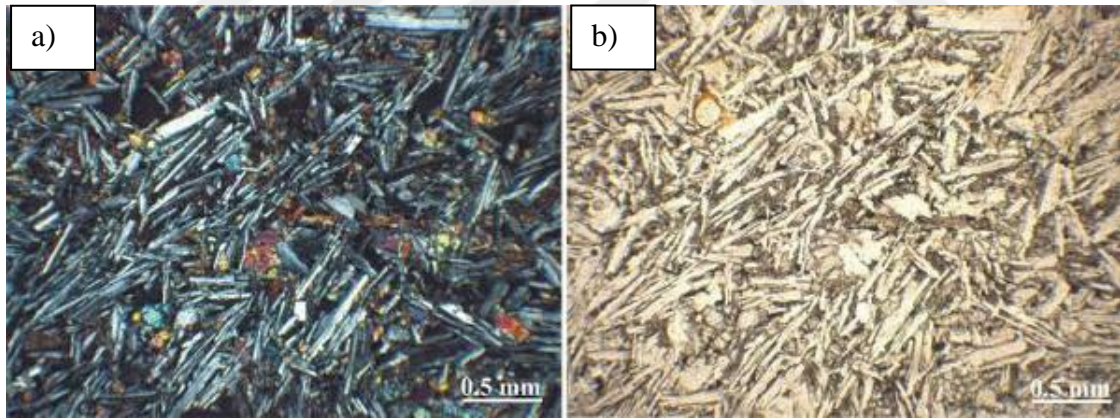
4.2.1.8. Kırmızı Tepe bazaltı (0.44 My)

Makroskobik olarak gri hamur, hipokristalin dokudaki lav içinde mafik mineral olarak olivinler tanımlanabilmektedir. Mikroskobik ortam altında intersertal dokuda

gözlenen kayaçada plajiyoklas mikrolitlerinin arasını volkancamı, klinopiroksen ve Ti-
ojit mikrokristallerinin doldurduğu gözlenmiştir. Özşekilli plajiyoklasların çekirdeğinde
alterasyon gözlenirken olivin mineralleri taze, plajiyoklaslar içinde ise mineral
kapanımları görülmüştür (Şekil 4.36).

4.2.1.9.Kızılkaya havayiti (0.44 My)

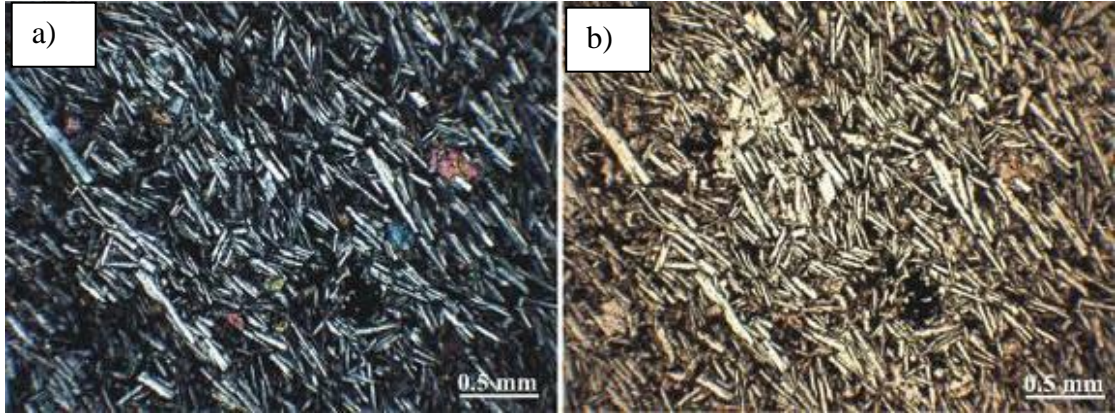
Plajiyoklas + Olivin + Klinopiroksen + Opak mineral birlikteliğinden meydana
gelen Kızılkaya havayitinde plajiyoklasların belli yönde dizilmesi ile trakitik akma
dokusu ve plajiyoklas mikrolitlerinin arasını dolduran klinopiroksen ve olivin
kristallerinin oluşturduğu, volkanik cam ile mikrolitlerin yaklaşık eşit hacimde yer
aldıkları intersertal doku gözlenmektedir. Hamur bileşimi ise Plajiyoklas +
Klinopiroksen + Volkancamı şeklindedir. Piroksen kristallerinde hamur kapanımları
gözlenmektedir. Olivinlerde hafif derecede iddingsitleşme görülmektedir (Şekil 4.37).



Şekil 4.36. Kırmızı Tepe bazaltı ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T58 a- Çift
Nikol, b- Tek Nikol).

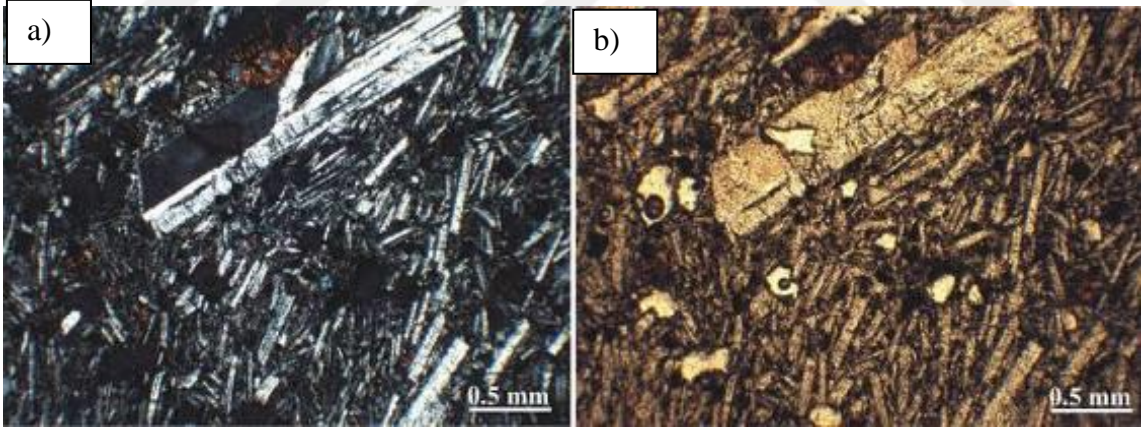
4.2.1.10.Uzunyol mujeariti (0.43 My)

Gri renkte, çok az vesikül içeren, mikrokristal boyutunda plajiyoklas içeren
jeokimyasal olarak mujearit karakterindeki trakibazaltlardır. 07-VAN-T84 nolu örnek
ile temsil edilmektedir. Birinci evrenin son formasyonudur.



Şekil 4.37. Kızılkaya havayiti ince kesit görüntüsü. Plajiyoklas mikrolitleri ve trakitik akma dokusu (Örnek No: 09-VAN-T1, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

Hyalopilitik ve trakitik akma dokusu gözlenen kayacın fenokristal mineral içeriği Plj + Kf + Ol + Opq iken hamur mineral bileşimi Plj + Ol + Opq + Vc şeklindedir. Plajiyoklaslar özşekilli ve yarıözşekillidirler. Olivin feno kristallerinde kısmi iddingsitleşme varken, olivin mikrokriztallerinde tamamen iddingsitleşme meydana gelmiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Uzunyol mujariti ince kesit görüntüsü. İddingsitleşmiş olivin ve Plajiyoklas fenokristalleri. (Örnek No: 07-VAN-T84, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

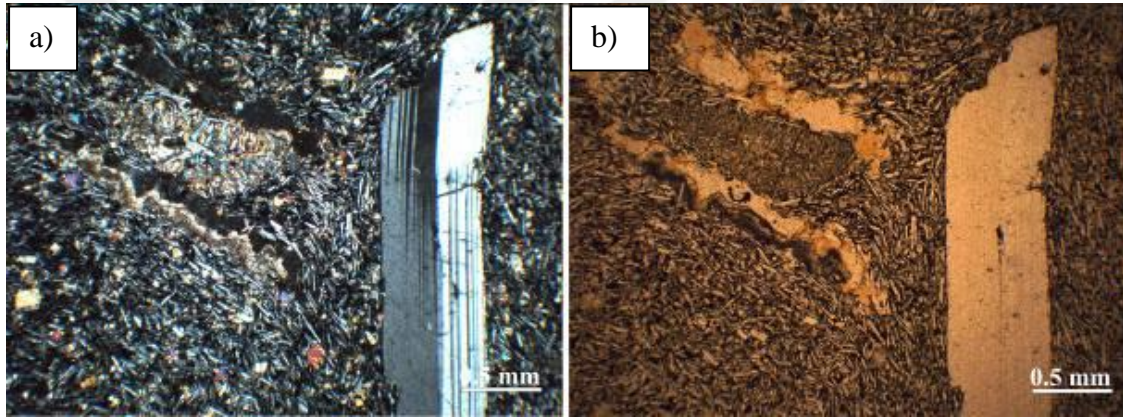
4.2.2. II. Evre volkanitleri petrografisi

Bazalt, havayit, tefrit, fonolit kayaç türlerini içeren 2. Evre formasyonlarının petrografik incelemesi aşağıda formasyon başlıkları altında sunulmuştur. 0.28 My yaşındaki Çiçekli bazaltları, Alakaya havayiti, Tütek tefriti, Küçük Kırmızı Tepe

havayiti, Çömçeli fonotoliti, Çaldıran tefriti ve 0.19 My olarak yaşlandırılan Taşkale tefriti formasyonlarının petrografik olarak incelemesi bu bölümdedir.

4.2.2.1. Çiçekli bazaltı (0.28 My)

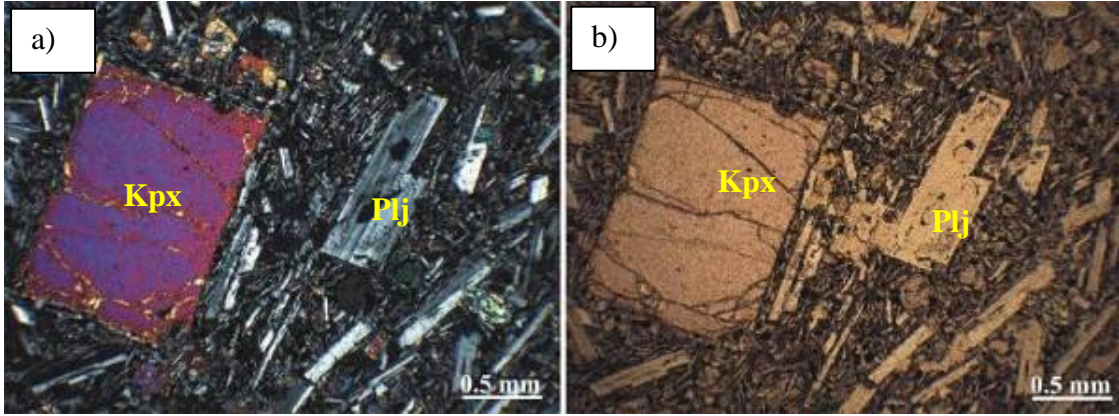
Çiçekli bazaltı olarak isimlendirdiğimiz ikinci evrenin ilk formasyonun mineralojik özellikleri Plj + Ol + Kpx içeren fenokristal birlikteliğine Plj + Kpx + Opq + Vc ‘dan oluşan hamur eşlik eder. Hipokristalin porfirik doku ve yer yer ikincil kalsit oluşumları (karbonatlaşma) gözlenmektedir (Şekil 4.39).



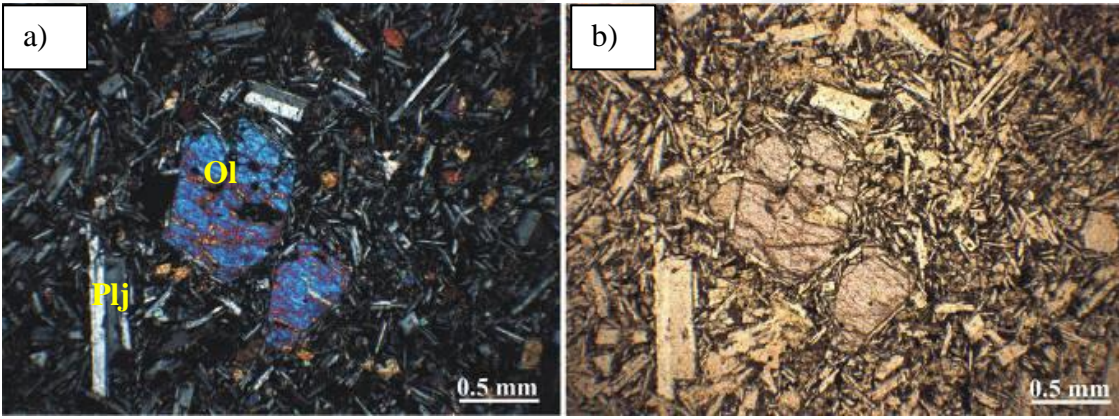
Şekil 4.39. Çiçekli bazaltı ince kesit görüntüsü. Plajiyoklas fenokristali ve vesikülleri dolduran kalsit dolgu (Önek No: 08-VAN-T94, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.2.2. Alakaya havayiti (0.27 My)

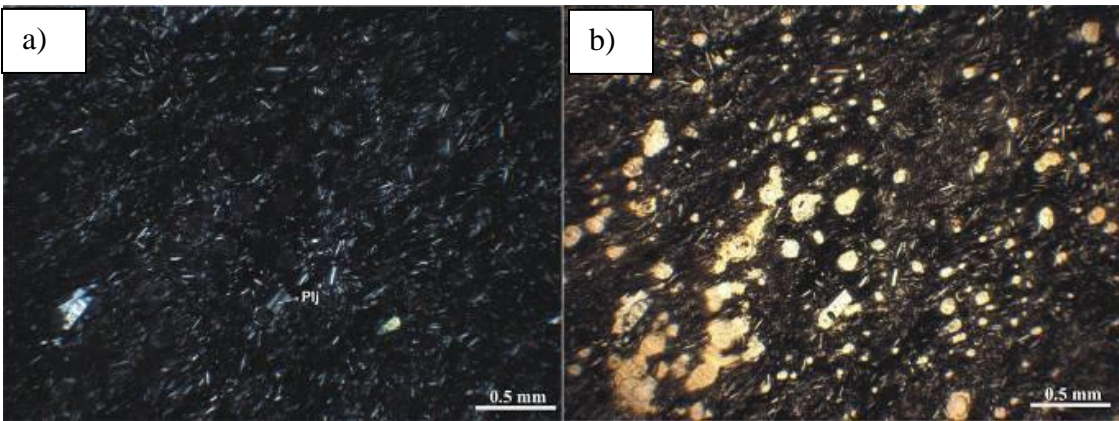
Alakaya formasyonu holokristalin porfirik doku ve hipokristalin dokudaki iki lav türünden hipokristalin dokudaki örneklerde hamurda volkancamı oranının artmasıyla beraber vesikül içeriğinde de artış gözlenmiştir. Bu dokudaki lavlarda vesiküller küçük ve bol miktarda iken holokristalin lavlarda vesiküller iri boyutta ve az miktarda gözlenir. Holokristalin dokudaki lavlarda ayrıca, Ti-ojit kristallerinin bolluğu dikkat çekmektedir. Ti-Ojitler kırmızımsı kahverengi, kızıl kahve renk tonu ile kendini göstermektedir. Plj + Ol + Kpx (Ti-ojit) + Opq fenokristal birlikteliği ve Plj + Kpx + Opq + Vc dan oluşan hamur ile karakterize edilir.



Şekil 4.40 Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü (Önek No: 07-VAN-T87, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.41 Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü (Önek No: 07-VAN-T88, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

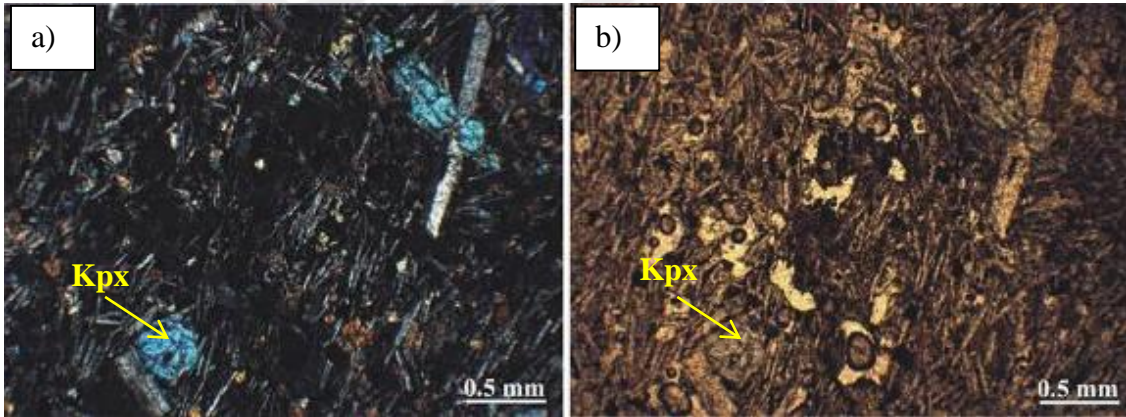


Şekil 4.42. Alakaya havayiti ince kesit görüntüsü. Vesiküler doku (Önek No: 07-VAN-T90, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

Vesiküllerin çepherinde karbonatlaşma (ince kalsit dolgu) görülmüştür. Daha önceki evre ve formasyonlardan farklı olarak Ti-Ojit kristallerinin varlığı ve bolluğu dikkat çekmektedir (Şekil 4.40, Şekil 4.41 ve Şekil 4.42).

4.2.2.3. Tütek tefriti (0.26 – 0.21 My)

Tefrit karakterindeki lavların ilk kez bu evrede Tütek tefritleri olarak isimlendirdiğimiz lavların makroskopik incelemede siyah renkte, masif yapıda, az miktarda Plajiyoklas mikrokristalleri barındırdığı gözlenmiştir. Mikroskopik incelemesinde ise glemoroporfirik dokudaki Plajiyoklas ve piroksen kristallerinin bir arada bulunduğu Plj + Kpx mineral bilikteği ve hamurda Plj + Opq + Vc'ndan oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Tütek tefiriti 2 ince kesit görüntüsü. Glomeroporfirik doku, Plajiyoklas ve klinopiroksen kristalleri. (Örnek No: 07-VAN- T66 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.2.4. Küçük Kırmızı Tepe havayiti (0.25 My)

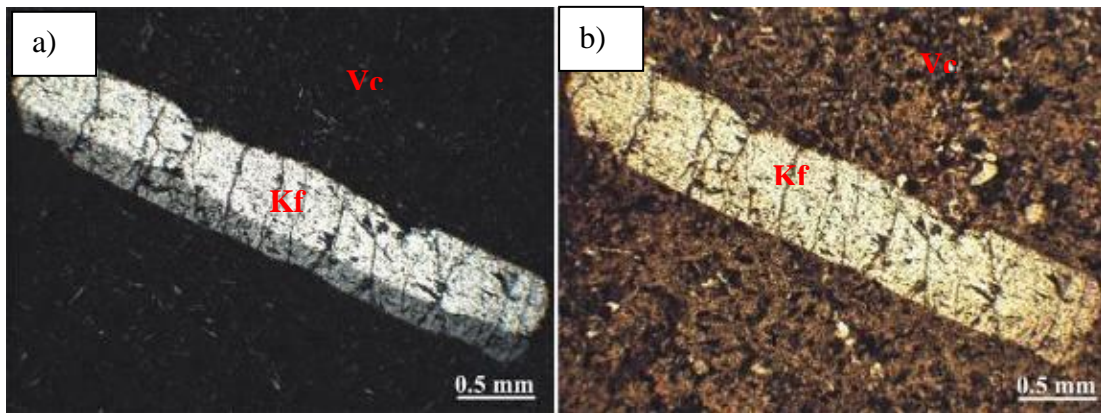
Masif gri renkte hamur içinde mega olivin ve feldspat fenokristalleri gözle görülmekte, ksenolit içeren Küçük Kırmızı Tepe havayitleri tanımlanmıştır. Ksenoliti bol, vesiküllü dokudadır. 09-TND-59 ve 09-TND 60 nolu örneklerle temsil edilmiştir (Şekil 4.44).

4.2.2.5. Çömçeli fonoliti (0.255 My)

II. evrede görmeye başladığımız fonolit türündeki lavların genel olarak mineralojik özelliği sanidin fenokristallerinin varlığı ve vitrofirik dokudur. Çömçeli fonolitlerinde fenokristaller Plj + Kf + Amf ile temsil edilir, volkanik camda oksitlenme gözlenmiştir (Şekil 4.45).



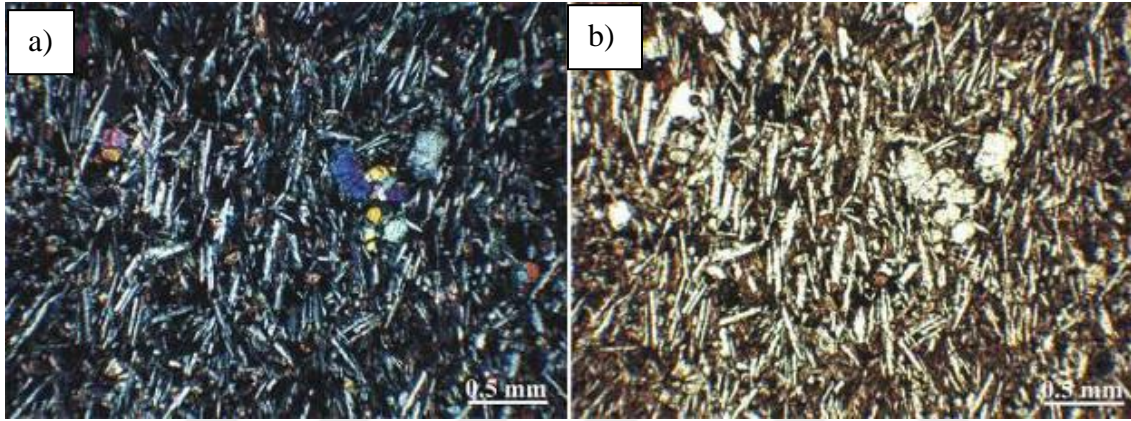
Şekil 4.44. Küçük Kırmızı Tepe havayiti Bal sarısı renginde Olivin fenokristalleri ve ksenolit dikkat çekmektedir.



Şekil 4.45. Çömçeli fonoliti ince kesit görüntüsü, Vitrofirik porfirik doku, Sanidin ve Volkanik cam (Örnek No: 07-VAN-T68, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.2.6. Çaldıran tefriti (0.19 My)

Daha önce Tütek tefritinde olduğu gibi Çaldıran tefritinde de titanojit kristallerinin bolluğu dikkat çekmektedir. İntersertal dokunun gözleendiği Çaldıran lavlarında, Plajiyoklas mikrolitlerinin arasını volkancamı, klino piroksen, titanojit ve olivin mikrokristalleri doldurmuş durumda. Olivilerin çatlaklarında iddingsitleşme gözlenmektedir (Şekil 4.46).



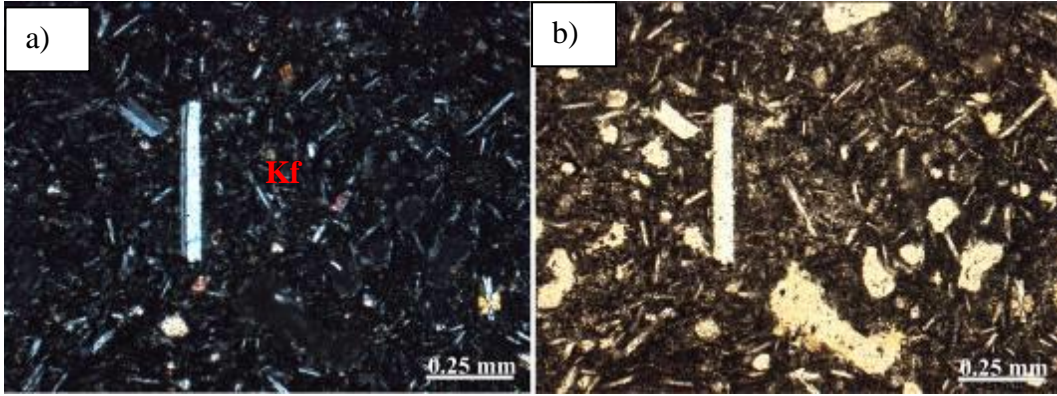
Şekil 4.46. Çaldıran tefriti ince kesit görüntüsü. Plajiyoklas, klinpiroksen ve ti-ojit (Örnek No: 07-VAN-T 50, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.2.7. Taşkale tefriti (0.19 My)

Volkancamı içinde dağılmış plajiyoklas mikrolitleri ve piroksen mikro kristallerinden oluşan hyalopilitik dokudaki kayaçta; plajiyoklaslarda hamur kapanımı, gaz boşluklarının dış çeperinde ikincil kalsitleşme görülmüştür (Şekil 4.47).

4.2.3. III. Evre volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisi

III. Evre volkanitleri ilk olarak Küçük Tendürek trakiti olarak adlandırılan formasyonla başlar. Trakitlerle birlikte trakiandezitler bu evrenin sonlarına doğru karşımıza çıkar. II. Evre'de başlayan tefritler ve fonolitler bu evrede de devam eder. Ayrıca volkanın kuzeydoğusunda gözlenen piroklastik çökeller bu evre dahilindedir.



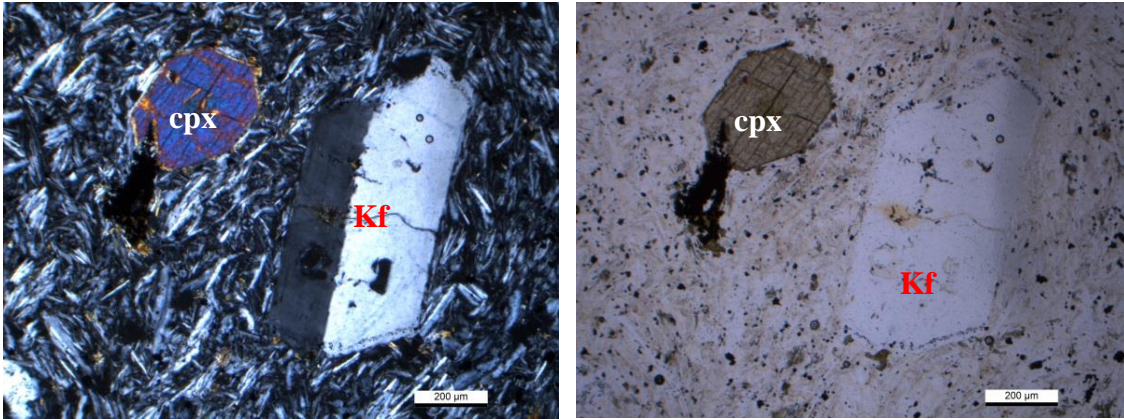
Şekil 4.47. Taşkale tefriti ince kesit görüntüsü.(Örnek No: 08-VAN- T121, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.3.1. Küçük Tendürek trakiti (0.16 – 0.070 My)

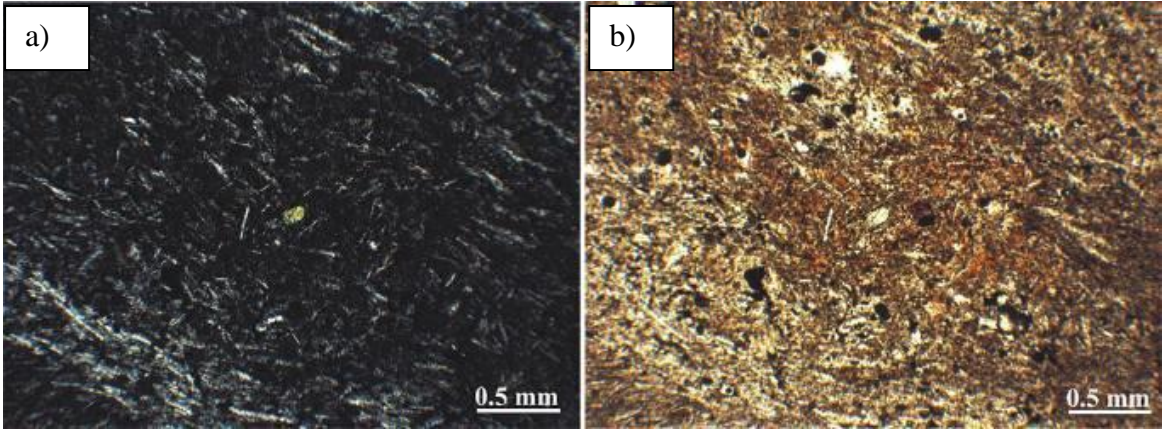
K^{40}/Ar^{40} yaş verilerine göre 3 farklı zaman aralığında Küçük Tendürek krateri çıkış merkezinden akan lavların, mineralojik bileşimleri aynı olup dokusal özellikleri farklılık göstermektedir.

Küçük Tendürek trakiti-1

Trakitik akma dokusu, Sanidin fenokristali, öz şekilli piroksen kristalleri (yeşil renk) ve Plajiyoklas mikrolitleri gözlenmiştir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Küçük Tendürek 1 trakiti ince kesit görüntüsü.(Örnek No: 08-VAN- T121, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.49. Küçük Tendürek traktiti 2 incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN- T81, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

Küçük Tendürek traktiti-2

Hyalopitik dokuda volkan camı ile beraber plajiyoklas mikrolitleri opak mineral mikro kristalleri ve hamurda oksitlenimler gözlenmiştir (Şekil 4.49).

Küçük Tendürek traktiti-3

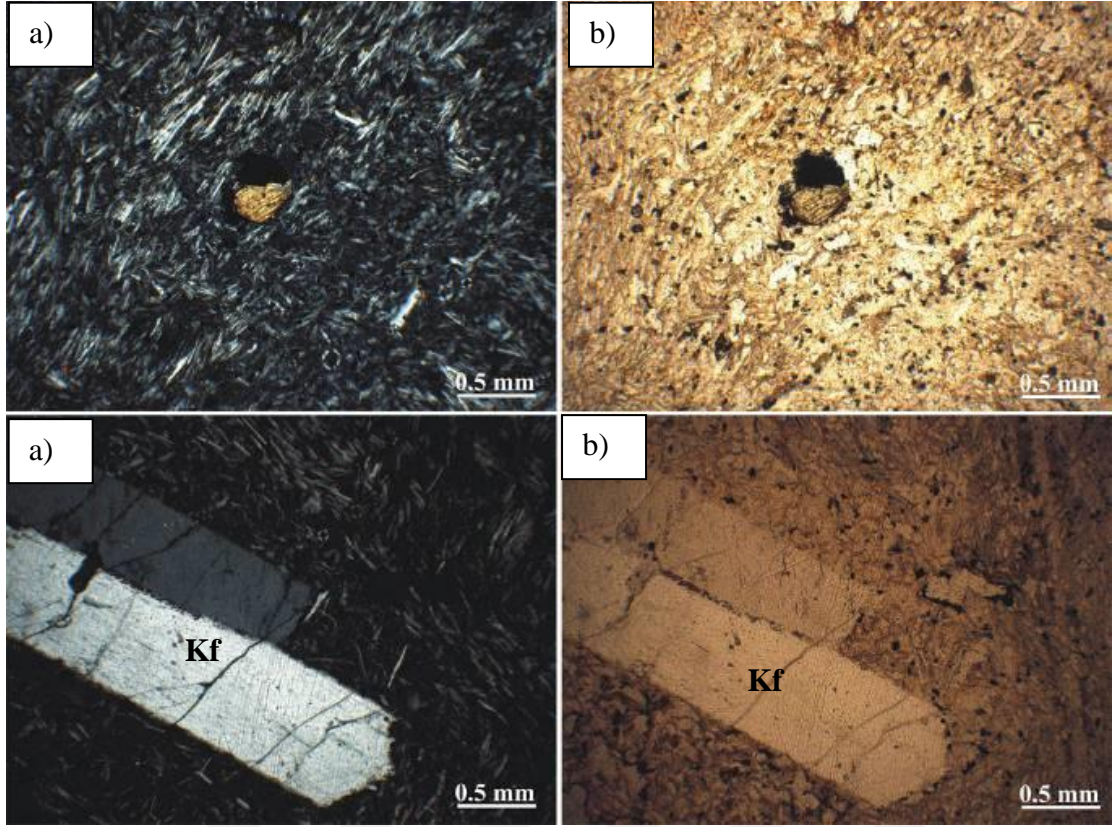
Hyalopilitik porfik dokudaki küçük Tendürek traktitlerinde plajiyoslarda traktitik akma dokusu da tanımlanmıştır. Sanidin fenokristallerine plajiyoklas mikrolitleri ve piroksen minerali eşlik eder (Şekil 4.50).

4.2.3.2. Yılanlı tefriti (0.16 – 0.15 My)

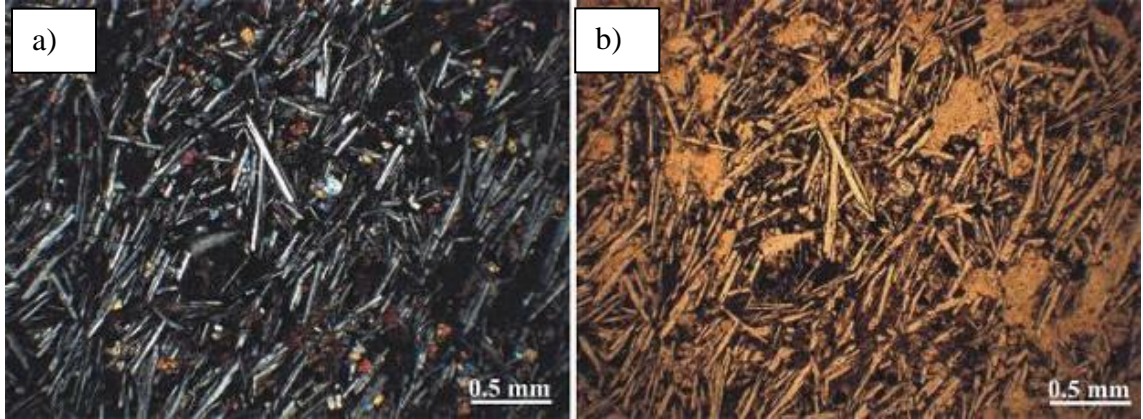
Diğer tefrit türleri ile ortak mineralojik özellikler sergilemektedir. Plj + Ol + Kpx (ti-ojit) + Opq fenokristaller glemoropfirik doku, intersertal doku ve traktit akma dokusu ile birlikte görülür (Şekil 4.51 ve Şekil 4.52).

4.2.3.3. Soğanlı Tepe fonoliti (0.15 My)

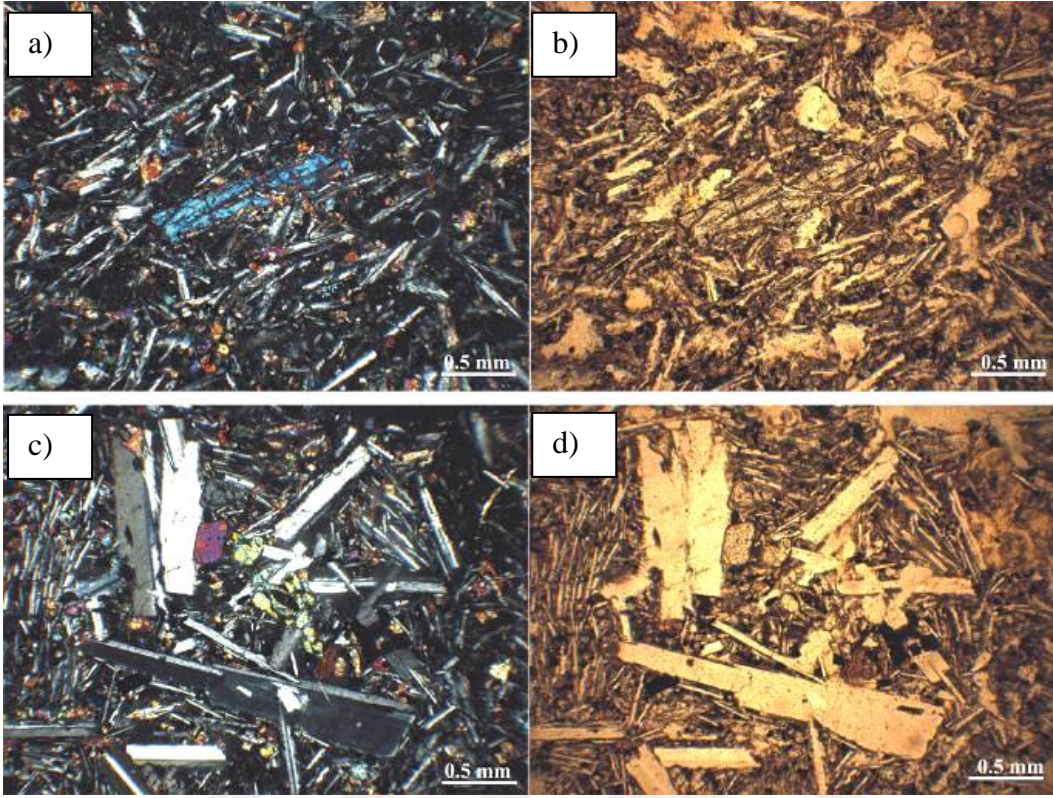
Glemoropfirik ve traktitik doku gözlenen Soğanlı Tepe fonolitleri Plj + Kf + Kpx + Opq mineral birlikteliği gözlenir (Şekil 4.53,54,55,56).



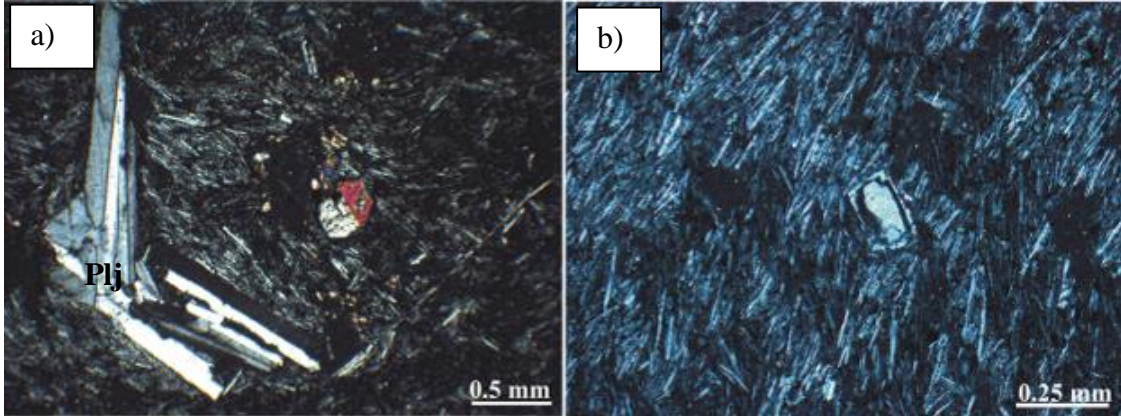
Şekil 4.50. Küçük Tendürek trakti 3 incekesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-67 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



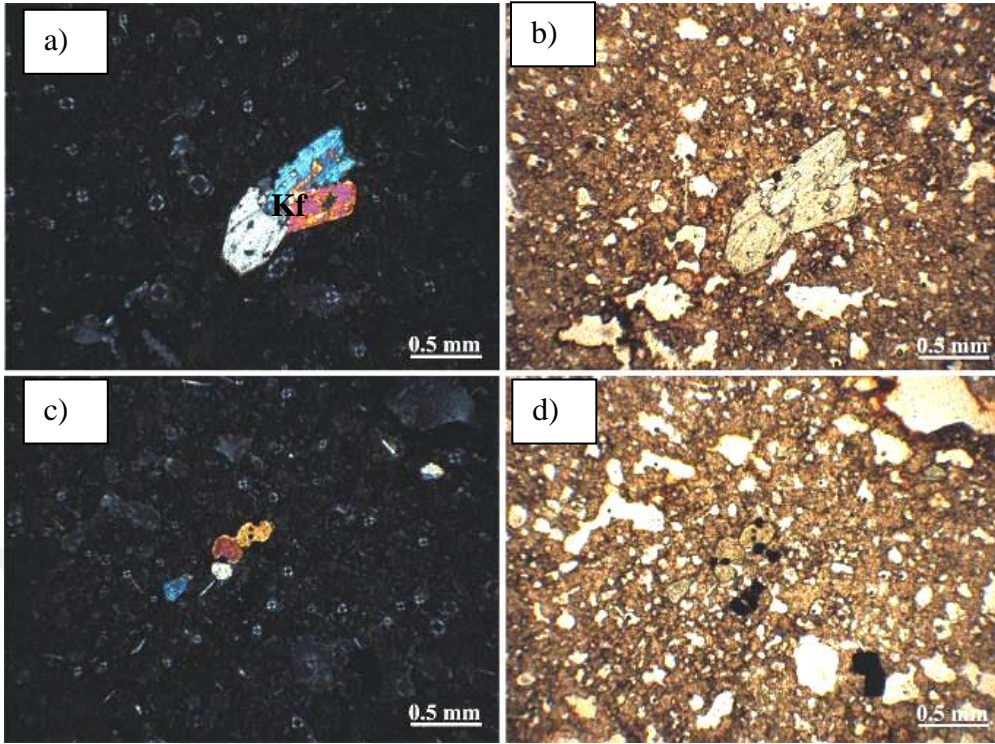
Şekil 4.51. Yılanlı tefriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 63, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



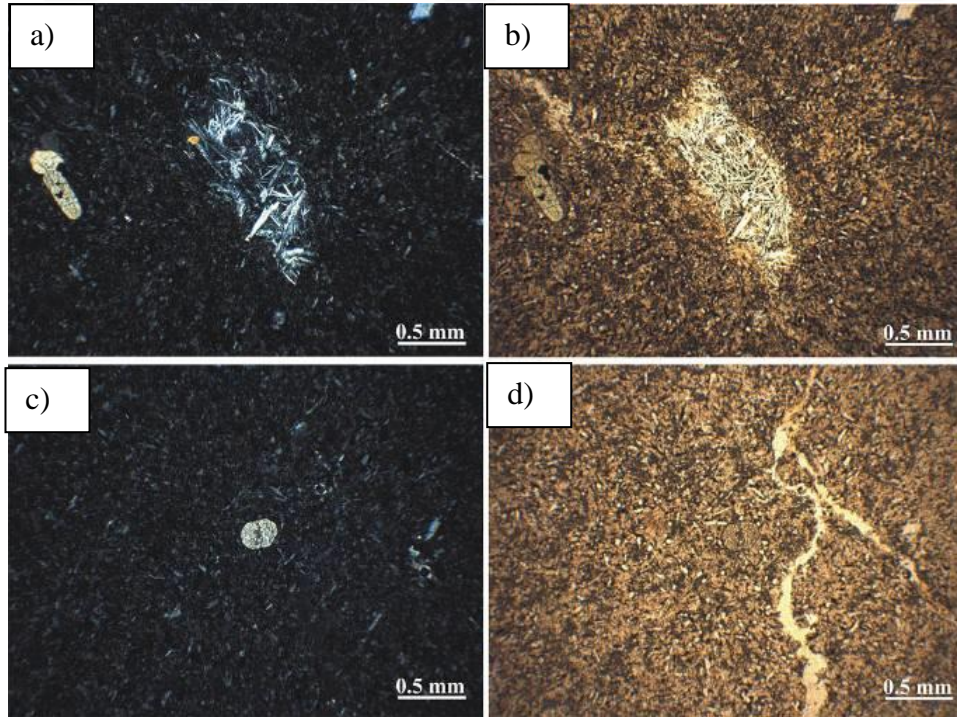
Şekil 4.52. Yılanlı tefriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 64, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol) .



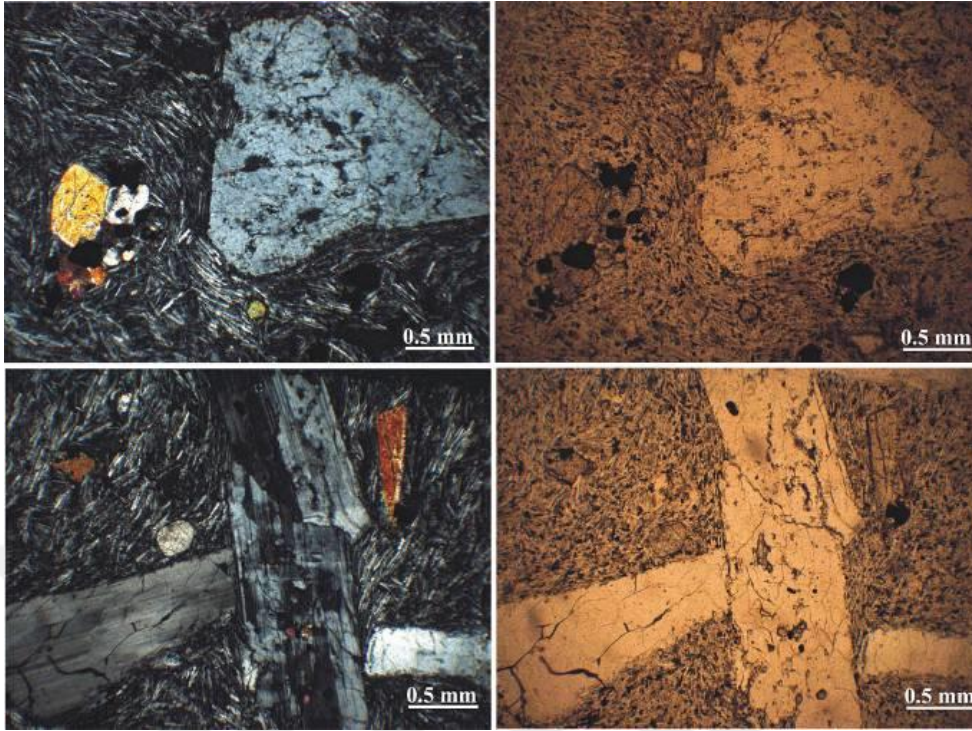
Şekil 4.53. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T 77, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol) .



Şekil 4.54. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-68, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.55. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-TND-69, a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.56. Soğanlı Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07–VAN–T74 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.3.4. Piroklastikler

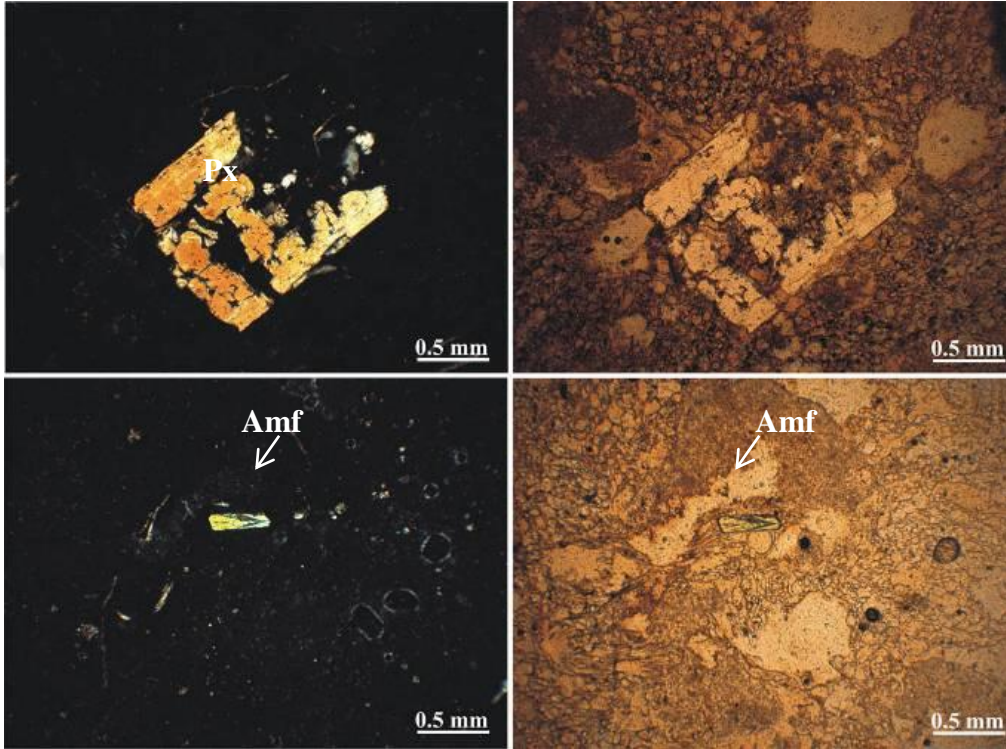
Örneklenen pomzalardan elde edilen incekesitler üzerinde yapılan incelemelerde vitrofirik porfirik dokudaki piroklastik ürünlere, volkan camı ile birlikte sanidin ve klinopiroksen ve amfibol fenokristallerinin eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 4.57 ve Şekil 4.58, Şekil 4.59).

4.2.3.5. Gülizar Tepe trakiti

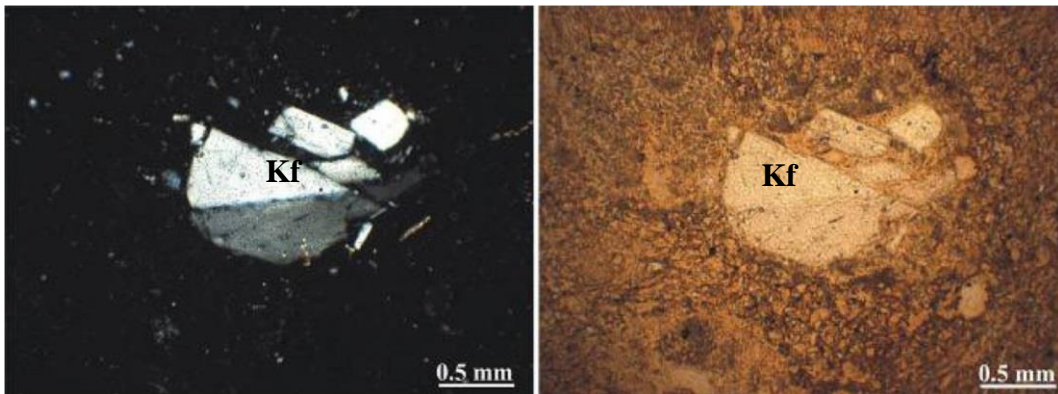
İnce kesiti yapılan 09-TND-5 ve 09-TND-10 örneklerinin petrografik tanımlaması yapılmıştır. Hyaloplitik porfirik dokudaki Gülizar Tepe trakiti, plajiyoklas, klinopiroksen mikrokristalleri ve volkan camından oluşan hamur da plajiyoklas, klinopiroksen ve opak mineral feno kristalleri, birlikteliği gözlenmiştir.

4.2.3.6. Ortadirek fonotefriti (0.13 My)

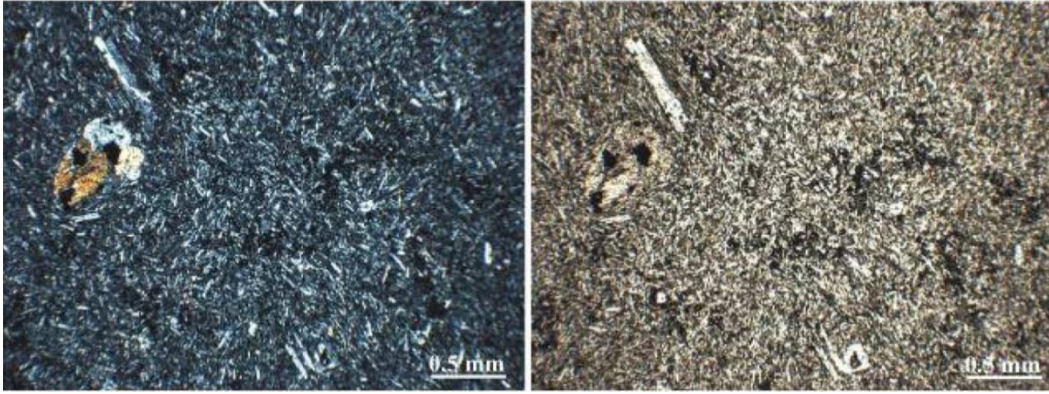
Plajiyoklas mikrolitleri, klinopiroksen fenokristalleri ve opak minerallerle birlikte hamurdaki plajiyoklas ve volkan camı kayacın mineralojik bileşimini oluşturur



Şekil 4.57. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T75 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.58. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T80 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



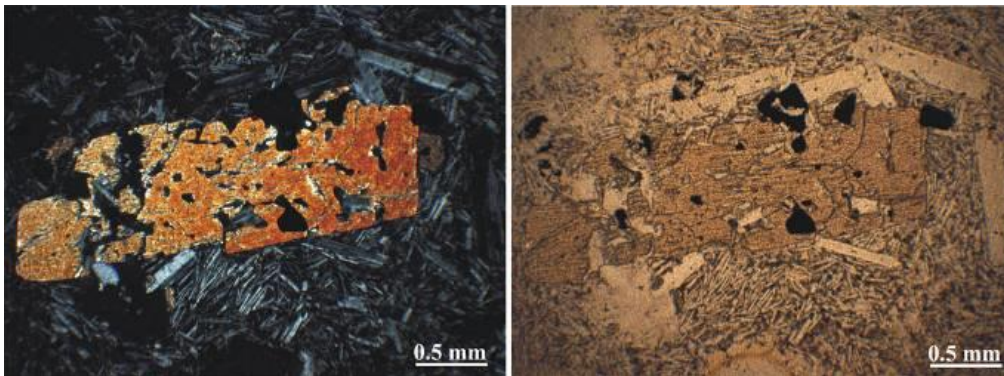
Şekil 4.59. Tendürek piroklastikleri ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T73a-Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.3.7. Küçük Tendürek benmoriti (0.140 – 0.125 My)

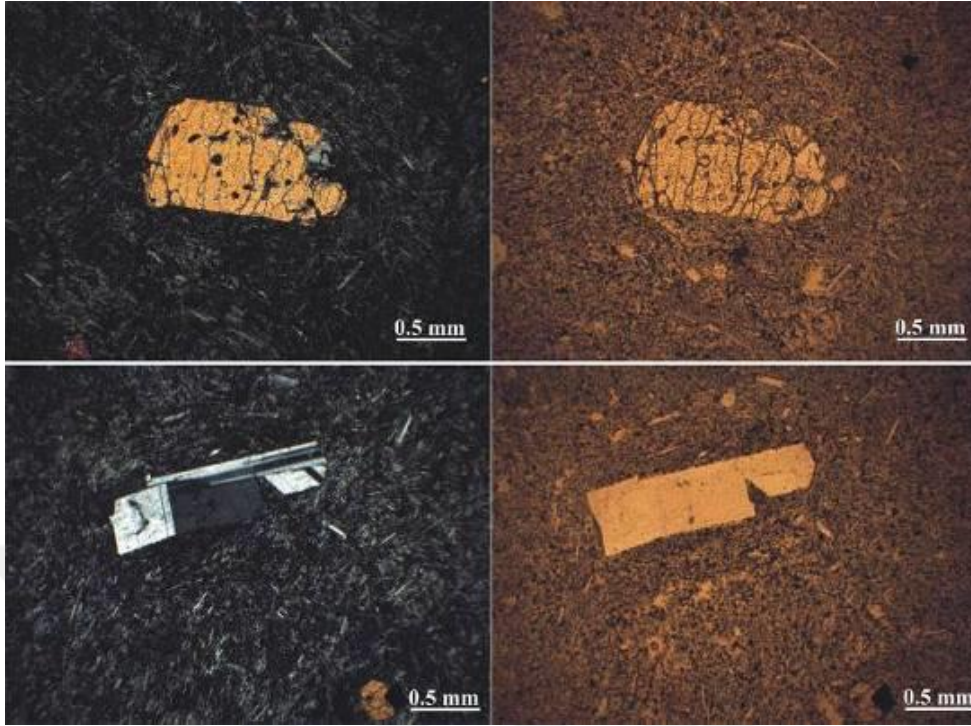
Mikroskopik incelemelerde hipokristalin porfirik dokuda, az miktarda volkancamı ile birlikte, sanidin mikrolitleri ve plajiyoklas, piroksen fenokristalleri ile opak mineraller içerdiği gözlenmiştir (Şekil 4.60 Şekil 4.61 ve Şekil 4.62).

4.2.3.8. Yanıktaş tefrifonoliti (0.12 – 0.055 My)

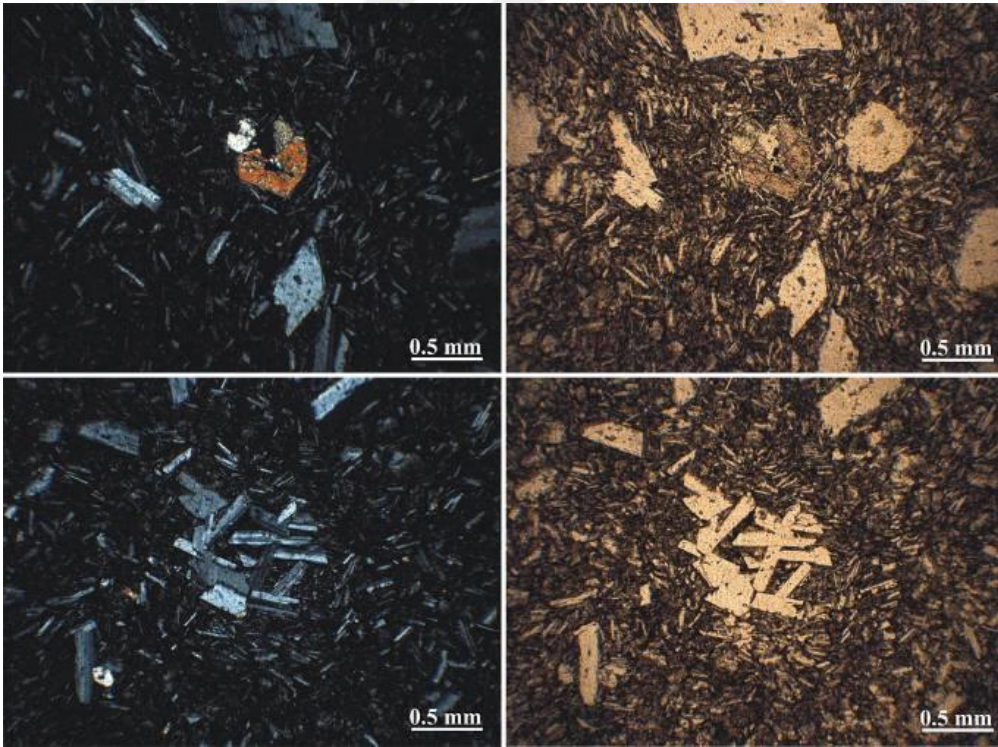
Volkanik cam ve Plajiyoklas mikrolitlerinin bileşimi hamuru oluşturmakta, fenokristal olarak piroksen minerali ve bol miktarda opak mineral içeren yanıktaş tefrifonolitleri vitrofirik dokudadır (Şekil 4.63 ve Şekil .64).



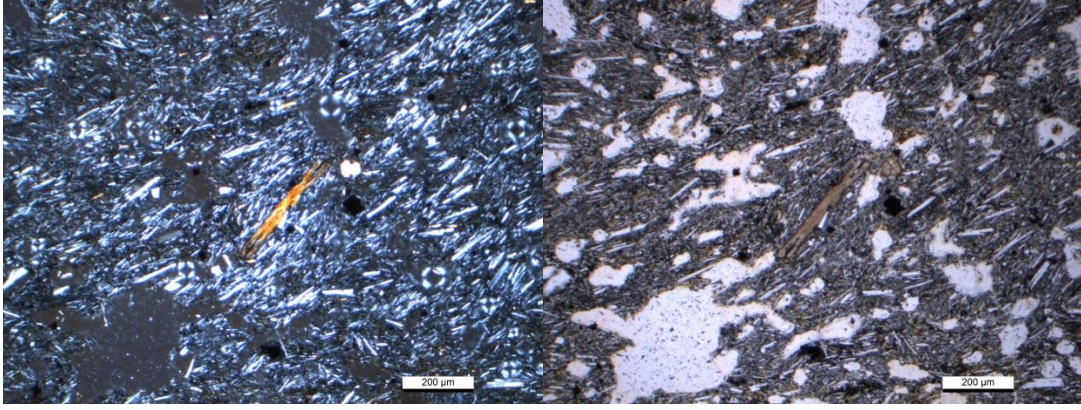
Şekil 4.60. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08 TND- 58 a-Çift Nikol, b- Tek Nikol).



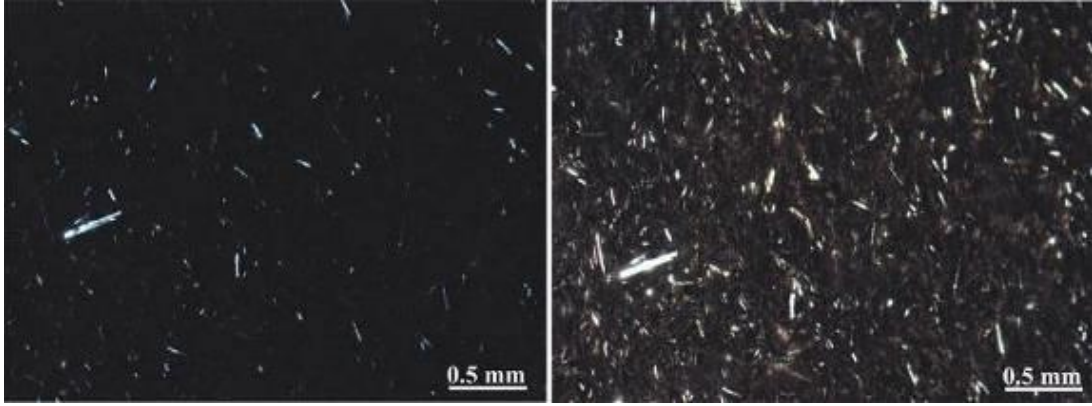
Şekil 4.61. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN-T79
a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.62. Küçük Tendürek benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08 TND - 83A
a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



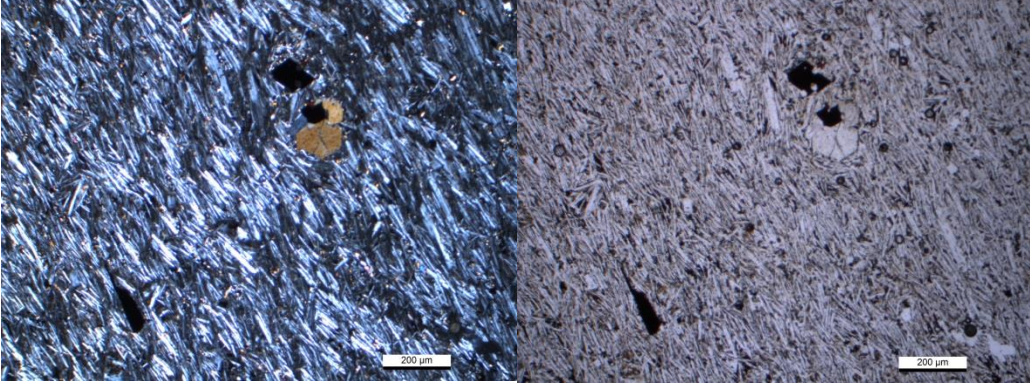
Şekil 4.63. Yanıktaş tefrifonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-42 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



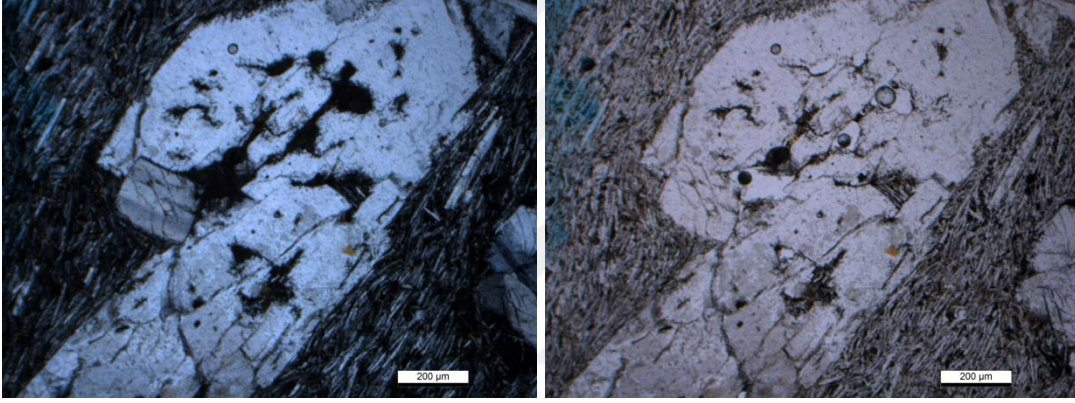
Şekil 4.64. Yanıktaş tefrifonoliti ince kesit görüntüsü 08-VAN-T 124 nolu örnek vitrofirik dokuda, volkanik cam içinde Plajiyoklas ve klinopiroksen kristalleri.

4.2.3.9. Komlar benmoriti (105 My)

Komlar benmoritinde yapılan petrografik tanımlamalar hamur Plajiyoklas mikrolitleri ve volcancamından oluşurken Olivin fenokristalleri, piroksen kristalleri gözlenmekte ve bol miktarda opak mineral saptanmıştır. Plajiyoklaslarda karışım dokuları gözlenmiştir. 07-VAN-T60 nolu örnekte yapılan incelemede akma dokusu görülmüştür (Şekil 4.65a ve Şekil 4.65b).



Şekil 4. 65a. Komlar benmoriti ince kesit görüntüsü. (Örnek no: 07-VAN-T60 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4. 65b. Komlar benmoriti ince kesit görüntüsü. Trakitik akma dokusu ve mağma karışım dokusu gösteren feldspat minerali (Örnek no: 07-VAN-T60 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.4.IV. Evre volkanitlerinin mineraloji ve petrografisi

Serpmetaş ve Mor Tepe fonoliti, Atadam trakiti, Köytepe latiti, Klavuz tefrifonoliti, Mutlu benmoriti ve Soğuksu benmoriti formasyonlarının petrografik incelemesi, ince kesit tanımlamalarına yer verilmiştir.

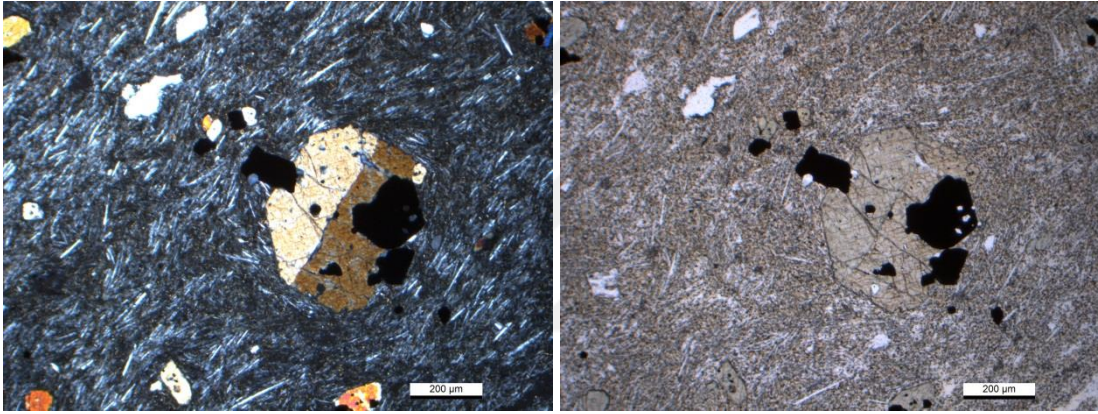
4.2.4.1. Serpmetaş fonoliti (0.105 My)

Kırık ve çatlaklarında karbonatlaşmanın görüldüğü kayaca fenokristal olarak plajiyoklas + klinopiroksen + amfibol + opak mineral birlikteliğine hamurda plajiyoklas

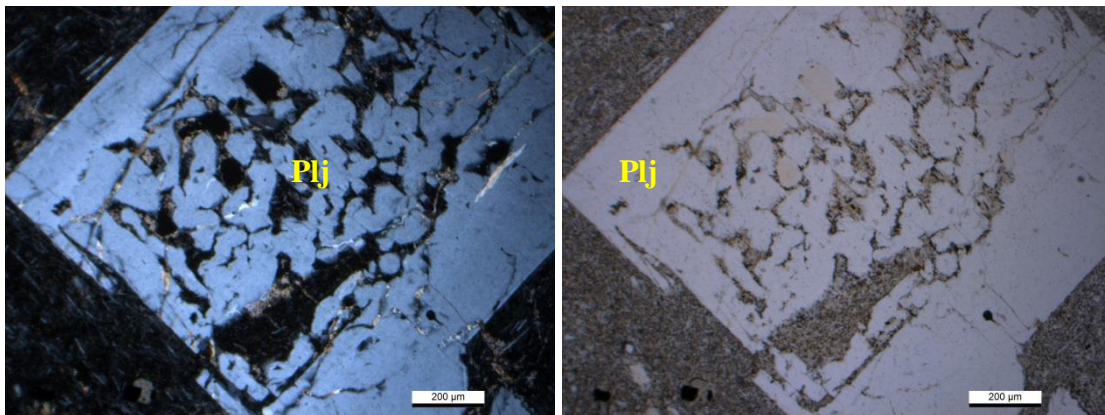
+ volkancamı eşlik eder. Magma karışım dokusunun bir örneği olan süngerimsi plajiyoklas, Serpmetaş fonoliti'nde de karşımıza çıkar (Şekil 4. 66 ve 67).

4.2.4.2. Atadam trakiti (0.10 My)

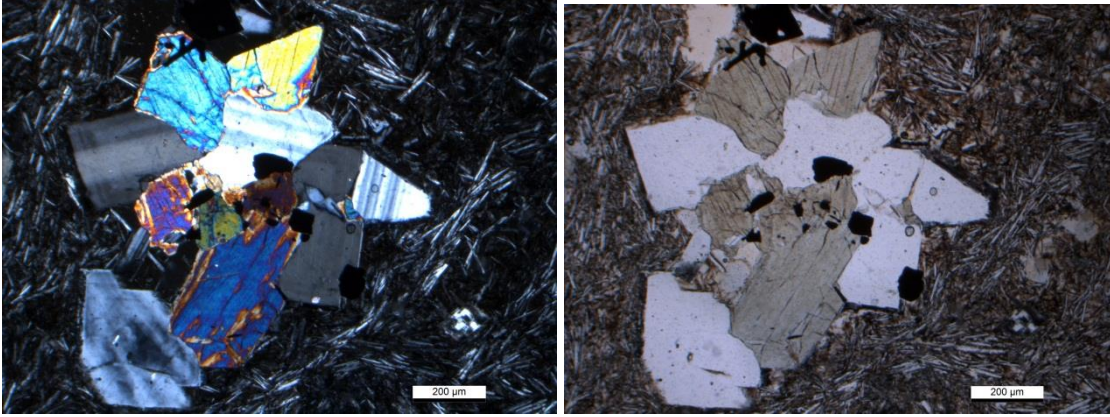
Özşekilli klinopiroksen ve yarı özşekilli olivinlerle birlikte plajiyoklas fenokristalleri ve mikrolitler mineralojik bileşimi oluşturur. Hyaloplitik ve kümülüs dokusu gösterir. Plj + Ol + Kpx + Opq fenokristal mineral birlikteliğine hamurda Plj + Vc içeriği eşlik eder (Şekil 4.68).



Şekil 4.66. Serpmetaş fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-26 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.67. Serpmetaş fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-32 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.68. Atadam trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 09-TND-13 A a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.4.3. Köytepe latiti

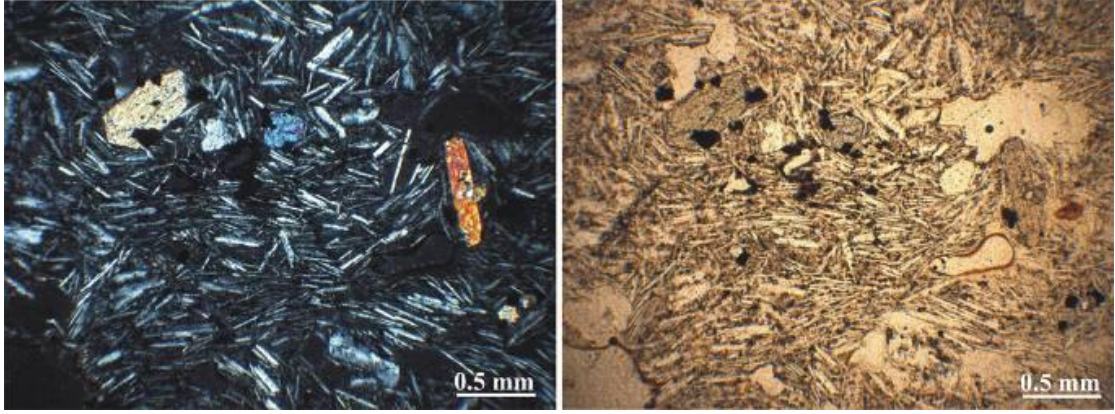
Benmorit türündeki tarkiandezitlerden farklı olarak latit olarak belirlenen lavların hipokristalin porfirik ve akma dokusunun gözleendiği $Plj + Kf + Ol + Opx + Kpx + Opq$ mineral birlikteliğinden oluşan lavlarda düzensiz şekilli gaz boşlukları, vesiküller görülmektedir (Şekil 4.69).

4.2.4.4. Klavuz tefrifonoliti (0.093 My)

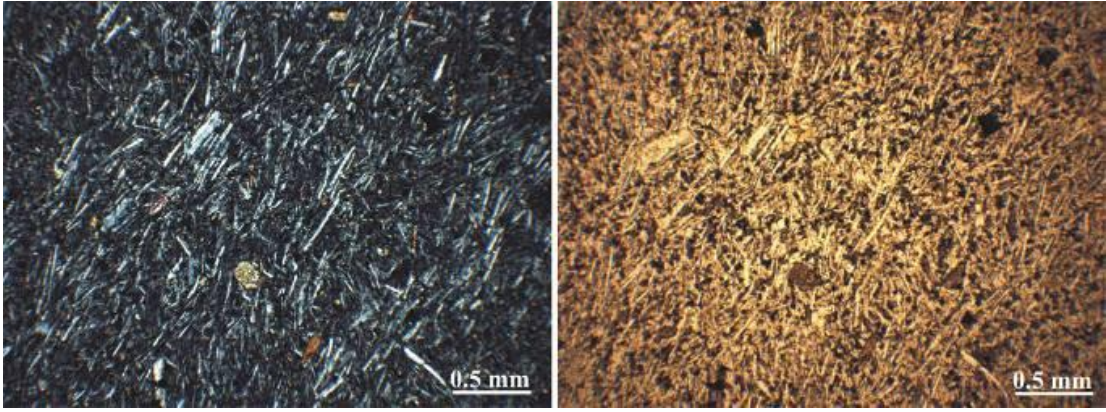
Klavuz tefrifonoliti plajiyoklas mikrolitleri, klino piroksen mikro kristalleri opak mineral birlikteliği gösteren Klavuz tefrifonolitlerinde trakitik akma dokusu gözlenmektedir (Şekil 4.70).

4.2.4.5. Mutlu benmoriti (0.085 My)

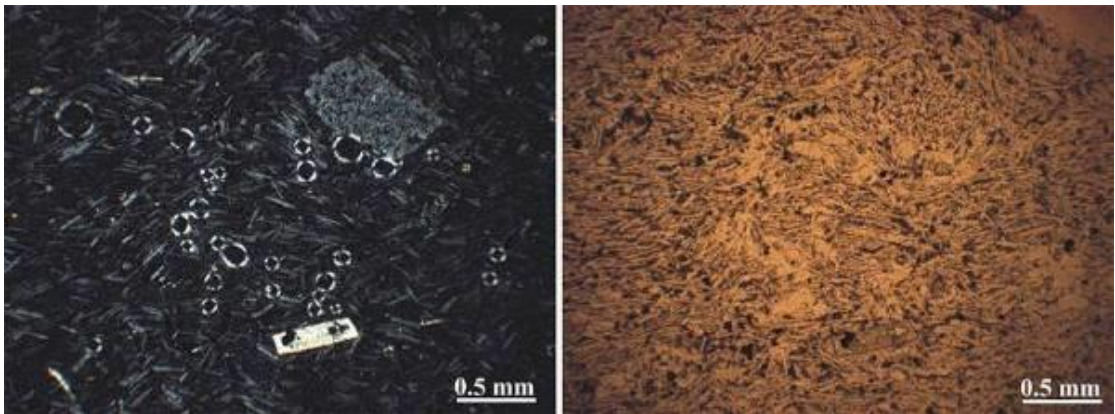
Mutlu köyü yakınlarında lokal çıkış olarak gözlenen trakiandezitlerin jeokimyasal ayırtlamada benmorit tipinde oldukları tespit edilmiştir. Trakitik akma, hyaloplitik ve vitrofirik dokusuna $Plj + Kf + Kpx$ fenokristal içeriğine sahiptir (Şekil 4.71 ve Şekil 4.72).



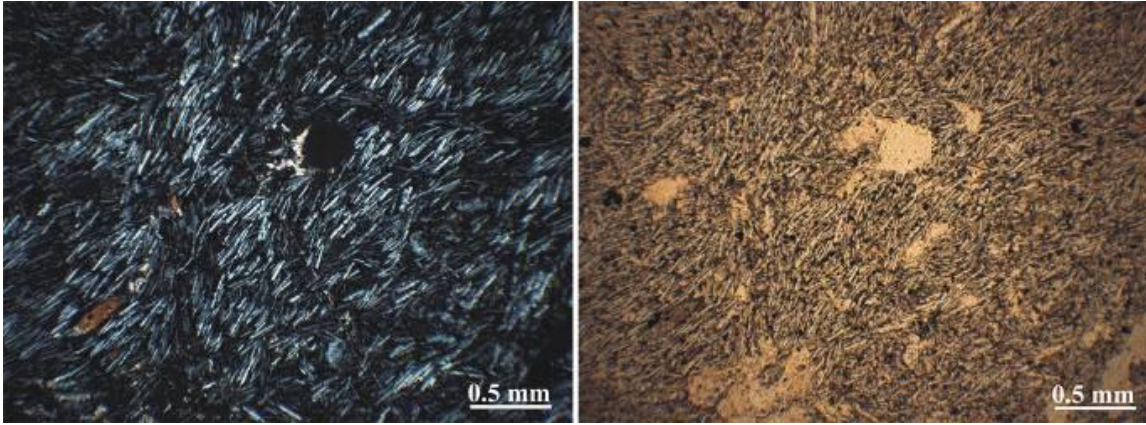
Şekil 4.69. Köytepe latiti ince kesi görüntüsü. (Örnek No: 08-TND-62 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.70. Klavuz tefrifonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07 VAN – T 53 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



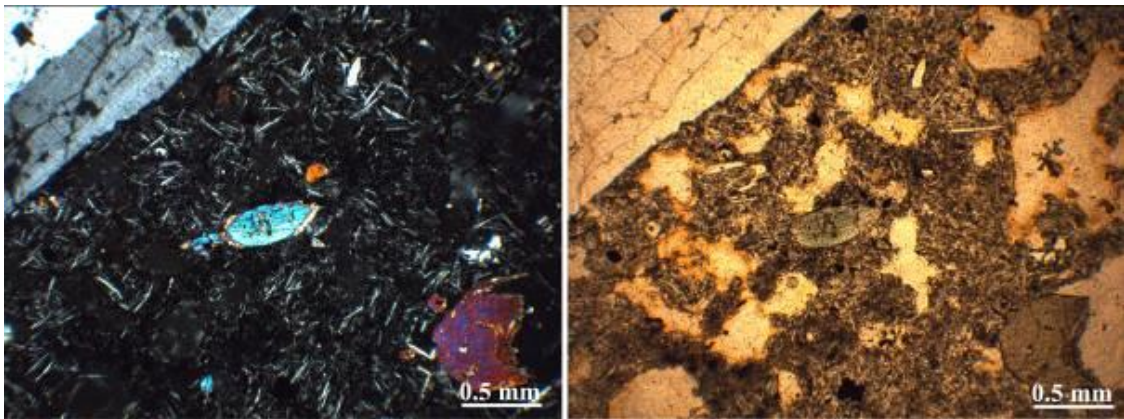
Şekil 4.71. Mutlu benmoriti incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN – T 51 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.72. Mutlu benmoriti incekesit görüntüsü (Örnek No: 07-VAN – T 52 a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.4.6. Mor Tepe fonoliti (0.075 My)

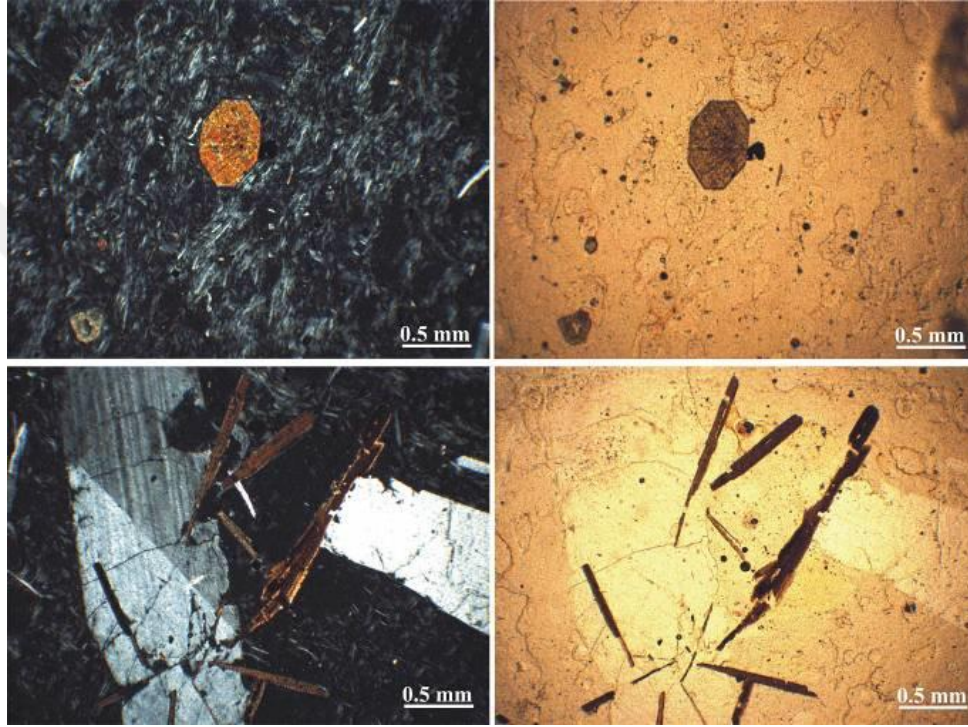
Mor Tepe fonolitlerinden yapılan örneklemede farklı dokusal özellikler gösteren lavlar tespit edilmiştir. En alt, en derinden alınan örnekte hipokristalin porfirik doku, pilotaksitik doku, trakitik akma dokusu ve en yüzeyde vitrofirik doku gözlenmiştir. Bu öneklere ait hazırlanan ince kesitlerde gözlenen mineralojik bileşim $Pj + Kf + Kpx + Bi + Amf$ şeklindedir. Plajiyoklas fenokristal ve mikrolitler halinde gözlenirken, sanidin kristallerinde basit ikiz gözlenmektedir. Biotit mineralleri kahverengi, amfibol mineralleri özşekli yeşil renkte gözlenmiştir (Şekil 4.73, Şekil 4.74 ve Şekil 4.75).



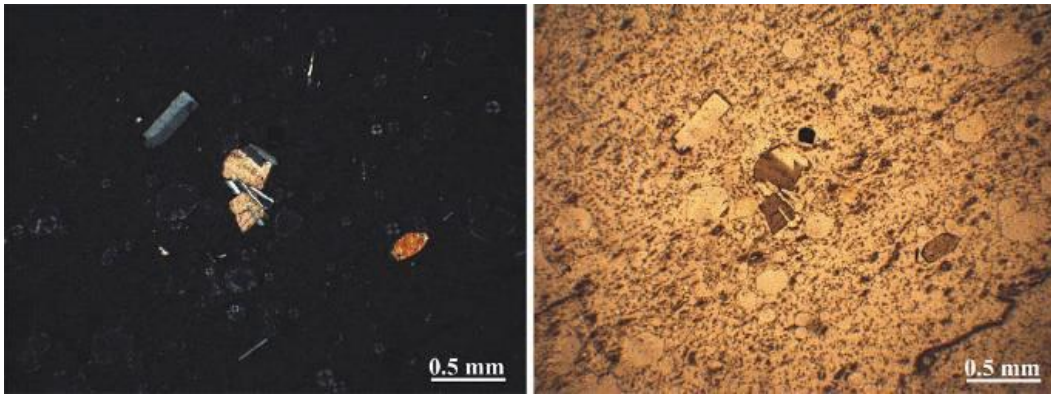
Şekil 4.73. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 130 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.4.7. Soğuksu benmoriti (0.072 My)

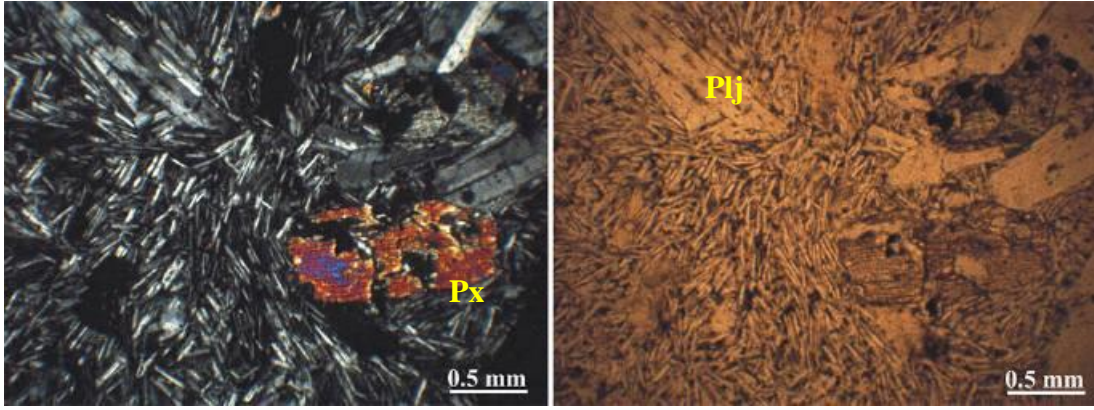
Jeokimyasal sınıflamada Benmorit olarak ayrılan trakiandezitler mikroskobik incelemede piroksen ve plajiyoklas fenokristalleri ile birlikte akma dokusu olarak gözlenmektedir (Şekil 4.76).



Şekil 4.74. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 133 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.75. Mor Tepe fonoliti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 08-VAN-T 135 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.76. Soğuksu benmoriti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07- VAN – T86 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

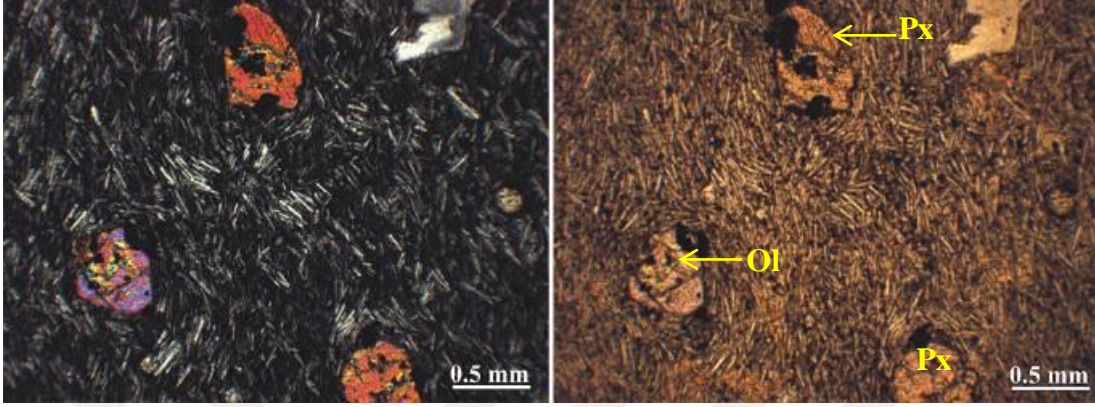
4.2.5. V. Evre volkanitlerinin mineraloji ve petrografisi

Büyük Tendürek trakiti ve Susuz Tepe benmoritlerini kapsayan 5. Evre volkanitlerinin petrografisi bu bölümde sunulmaktadır. Büyük Tendürek trakiti'nin volkanın en geniş alan kaplayan lavlarını oluşturduğu, stratigrafi bölümünde bahsedilmiştir. Volkanın ana merkezinden her yöne akan ve bir örtü gibi volkanın önceki ürünlerinin büyük bölümünü kaplayan bu trakitik lavlardan çok sayıda örnekleme yapılabilmektedir. Petrografik inclemesi birden fazla örnekte detaylı olarak yapılan formasyonlardan biridir.

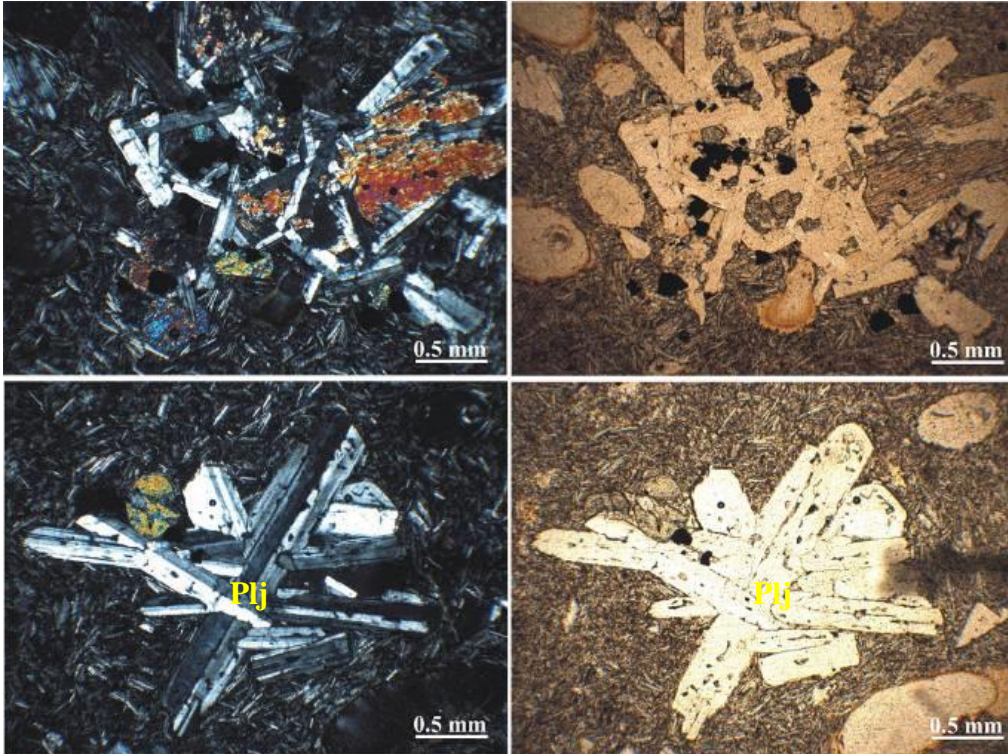
4.2.5.1. Büyük Tendürek trakiti (≤ 0.050 My)

Büyük Tendürek kraterinden volkanın dört bir tarafına yayılan lavlardan çok sayıda örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerin temiz, ayrışmamış olanlardan seçilen temsili örneklerde yaptırılan ince kesitler incelenmiştir. Genel mineralojik ve dokusal özellikleri hipokristalin profirik doku lokal olarak glemoroporfirik doku, pilotaksitik doku, kümülüs dokusu ve trakitik akma dokuları gözlenir. Fenokristal mineralojik bileşimi $Plj + Kf + Ol + Kpx + Opq$ mineral birlikteliğinden oluşur. Piroksen mineralleri özşekilli ve yarı özşekilli olup, $88-90^\circ$ dilinim açısıyla tespit edilmiştir.

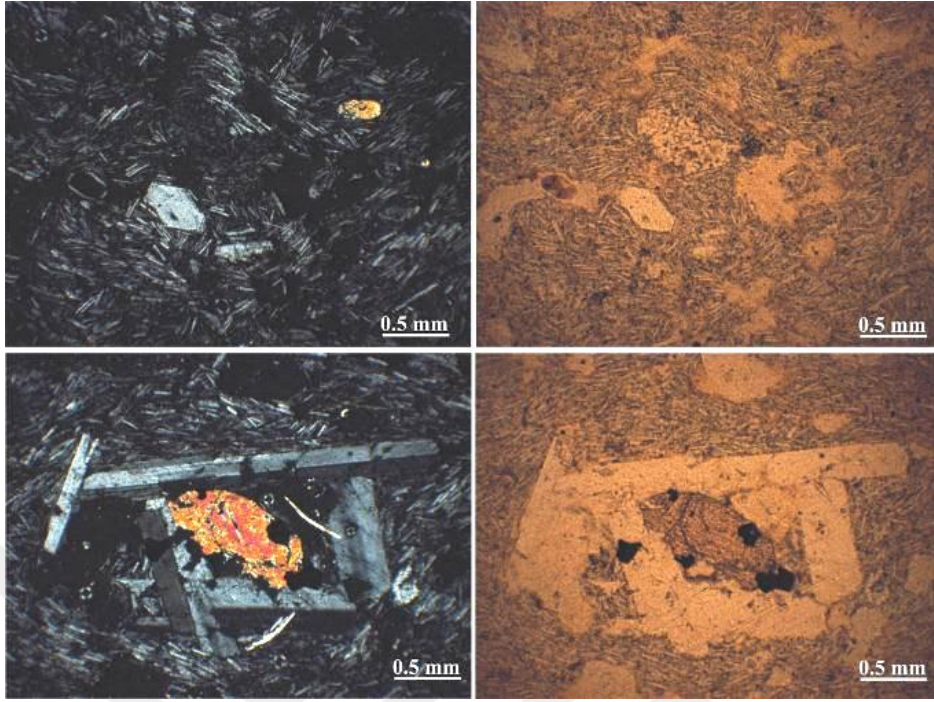
Olivin mineralleri yine özşekilli ve hafif düzeyde iddingsitleşme gözlenmiştir (Şekil 4.77, Şekil 4.78, Şekil 4.79 ve Şekil 4.80).



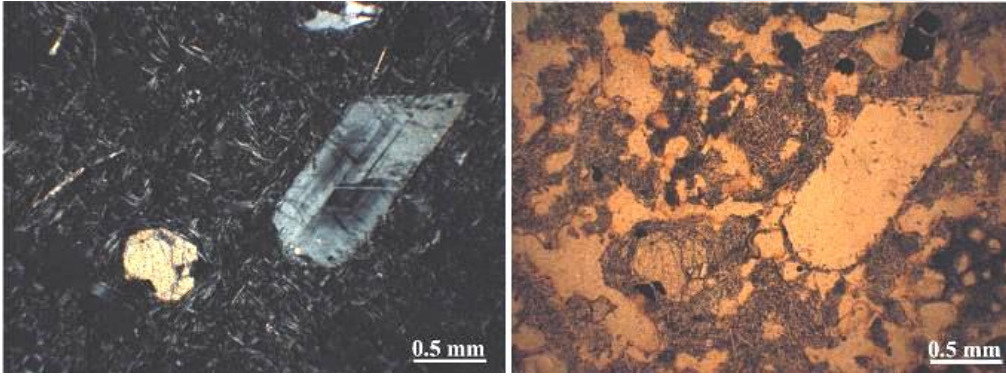
Şekil 4.77. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüsü (Örnek No: 07 VAN- T69 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.78. Büyük Tendürek trakiti'nin ince kesit görüntüleri (Örnek No: 08 – TND-92 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.79. Büyük Tendürek trakiti'nin ince kesit görüntüleri (Örnek No: 08-VAN-T 132 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).



Şekil 4.80. Büyük Tendürek trakiti ince kesit görüntüleri (Örnek No: 08-VAN-T 131 nolu örnek a- Çift Nikol, b- Tek Nikol).

4.2.5.2. Susuz Tepe benmoriti (0.025 ± 0.030)

5. Evre'nin son evre ürünü olan Susuz Tepe, Benmorit türünde lav türetmiştir. Plajiyoklas + Klinopiroksen + Olivin + Opak mineral birlikteğini gördüğümüz Susuz Tepe benmoritlerinde hyalopilitik porfirik doku tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları. Not. Dokular: 1 – porfiritik, 2 – Glomeropofirik, 3 – intersertal, 4 – intergranular, 5 – pilotaksitik, 6 – subofitik, 7 – vitrofirik, 8 – trakitik, 9 – vesiküler, 10 – hyalopilitik, 11 – perlitik. Fenokristal ve hamur mineralleri kısaltması: Hb – hornblend, Bi – biyotit, cPx – klinopirosken, oPx – ortopirosken, Ol – olivin, Plj – Plajiyoklas, Kfsp – Potasyum Feldspat (sanidin - anortoklaz), Neph – nefelin, Q – kuvars, Opq – opak mineral, Vc – volcanic cam

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
1	07-50	405441/4333367	Evre 1, Çaldıran ovası lavları	Tefrit	1,3,4,8	Kpx, Ol, Opq	Plj, Vc, Opq
2	07-51	405311/4337350	Evre 4, Çaldıran ovası, çatlak erüpsüyonu lav akışı	Benmorit	1,8,9	Plj, Kfsp, Kpx	Plj, Kfsp, Vc
3	07-52	406077/4338434	Evre 4, Çaldıran ovası, çatlak erüpsüyonu lav akışı	Benmorit	1,8,9	Plj, Kfsp, Kpx	Plj, Vc, Opq
4	07-53	405840/4339394	Evre 4, Çaldıran ovası, çatlak erüpsüyonu lav akışı	Tefrifonolit	1,10	Kpx, Plj	Kpx, Plj, Vc
5	07-54	405102/4341591	Evre 2, Taşkale konisi lav akışı	Tefrit	1,3,4,8	Kpx, Ol, Opq	Plj, Vc, Opq
6	07-55	405829/4341857	Evre 4, Çaldıran ovası, çatlak erüpsüyonu lav akışı	Tefrifonolit	1,3,8,9	Kpx, Kfsp,	Kpx, Plj
7	07-56	405022/4342751	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,3,6,8,9	Kfsp, Plj, Kpx, Ol	Plj
8	07-57	404439/4337628	Evre 4, Çaldıran ovası, çatlak erüpsüyonu lav akışı	Tefrifonolit	1,3,9	Kpx, Kfsp, Plj	Kpx, Plj,
9	07-60	398087/4343956	Evre 3, Büyük Tendürek GB yamacı lavları	Benmorit	1,8	Plj, Ol, Kpx	Plj
10	07-62	395722/4341563	Evre 1 Altepe konisi lavları	Bazaltik traki andezit	10,1	Plj Kfs, Kpx, Opq	Vc, Opq
11	07-63	414390/4377436	Evre 3, Doğubeyazıt ovası lavları	Tefrit	1,3,4,6,8	Plj, Kpx, Ol	
12	07-64	408403/4378430	Evre 3, Doğubeyazıt ovası lavları	Tefrit	1,3,4	Plj, Kfsp, Kpx, Opx, Ol, oPq	
13	07-66	405832/4378527	Evre 2, Doğubeyazıt ovası lavları	Tefrit	1,3,4,6,8,9	Plj, Kfsp, Kpx, Ol	
14	07-67	396152/4379830	Evre 2, Kül-Tepe konisi lavları	Tefrit	1,3,4,8	Kpx, Ol, Opq	Plj, Vc, Opq
15	07-68	399167/4373943	Evre 2, Çömçeli Fonolitleri	Fonolit	1,7	Kfsp, Plj	Kfsp, Plj, Kpx, Opq, Vc

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
16	07-69	414187/4368530	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	2,5,8	<i>Opx, Kpx, Ol, Plj, Kfsp</i>	<i>Vc, Plj, Kfsp, Opq</i>
17	07-70	413830/4368816	Evre 4, Büyük Tendürek KD yamacı trakitleri	Trakit	1,10	<i>Plj, Kfsp, Kpx</i>	<i>Plj, Vc</i>
18	07-71	412976/4370492	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,3,8,9	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol</i>	<i>Plj, Kfsp, Opq, Vc</i>
19	07-72	417963/4370322	Evre 3, Küçük Tendürek piroklastikleri (pümis)	Trakit	7,9	-	<i>Vc</i>
20	07-73	411982/4372376	Evre 3, Ortadirek fonotefritleri (Tendürek KD yamacı)	Fonotefrit	1,3,9	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
21	07-74	413454/4365289	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Fonolit	1,8	<i>Plj, Kpx, Kfsp, Opq</i>	
22	07-75	413315/4365436	Evre 3, Küçük Tendürek piroklastikleri (pümis)	Trakit	1,7,9	<i>Kpx, Kfsp, Opq</i>	<i>Vc</i>
23	07-76	412481/4364155	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Fonolit	1,8,9	<i>Plj, Kpx, Kfsp, Opq</i>	<i>Vc</i>
24	07-77	412244/4363054	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Fonolit	1,8,9	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Neph?, Opq</i>	
25	07-78	413078/4361643	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Komenditik trakit	1,8,10	<i>Plj, Kfsp, Kpx</i>	<i>Plj, Kfsp, Opq, Vc</i>
26	07-79	412776/4360747	Evre 3, Küçük Tendürek trakiandezitleri	Benmorit	1,5	<i>Plj, Kfsp, Kpx</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
27	07-80	412681/4360707	Evre 3, Küçük tendürek piroklastikleri (pümis)	Trakit	1,7,9	<i>Kfsp, Plj</i>	<i>Vc</i>
28	07-81	413689/4359012	Evre 3, Lava flow of Lesser Tendürek	Trakit	5,8	-	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Vc</i>
29	07-82	413829/4357528	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1,2,3	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol</i>	<i>Plj, Vc</i>
30	07-83A	413798/4357029	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1,2,3	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol</i>	<i>Plj Vc</i>

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
31	07-83B	413798/4357029	Evre 5, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1,2,3	Kfsp, Plj, Kpx, Ol	Plj, Vc
32	07-84	416410/4353316	Evre 1, Uzunyol mujearit	Mujearit	10,8	Plj, Kf, Ol, Opq	Pj, Ol, Opq, Vc
33	07-85	417196/4349724	Evre 1, Tepebaşı mujearit	Mujearit	8	Plj, Ol	Plj, Ol, Px, Vc
34	07-86	417382/4347611	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Benmorit	2,5,8	Plj, Opx, Kpx, Ol, Opq	Plj, Opq
35	07-87	417100/4344323	Evre 2, Çaldıran ovası kuzeyi lavları	Havayit	1,6,8,9	Plj, Kpx, Ol	Plj
36	07-88	417625/4342121	Evre 2, Çaldıran ovası kuzeyi lavları	Havayit	1,6,9	Plj, Ol, Kpx, Opx, Opq	
37	07-89	416410/4341702	Evre 2, Alakaya cüruf konisi	Havayit	4,9,10	Plj, Kpx, Ppq	Plj, Kpx, Opq, Vc
38	07-90	416144/4341710	Evre 2, Alakaya cüruf konisi	Havayit	8,9,10	Plj, Ol, Opq	Plj, Ol, Vc
39	07-94	393435/4346576	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,3,8,9	Kfsp, Plj, Kpx, Ol	Plj, Kfsp, Opq, Vc
40	07-96	393573/4350877	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,3,8,9	Kfsp, Plj, Kpx, Ol	Plj, Kfsp, Opq, Vc
41	07-97	394027/4347523	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,8,9	Plj, Kfsp, Opx, Kpx, Ol, Opq	
42	08-94	389165/4337019	Evre 2, Çiçekli bazaltı	Bazalt	1,4,5	Plj, Ol, Kpx	Plj
43	08-117	402897/4343304	Evre 3, Yanıktaş (Büyük Tendürek güneyi)	Tefrifonolit	1,3,4,8,9	Kpx	Plj, Kfsp, Kpx
44	08-118	403422/4344413	Evre 4, FonoTefrits of S slope of Greater Tendürek	Fonotefrit	1,8	Kfsp, Plj, Kpx	Opq, Vc
45	08-119	403849/4345619	Evre 4, tefrinolit	Tefrifonolit	1,3,8,9	Kpx	Plj, Opq, Vc

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
46	08-120	403907/4345891	Evre 3, Trakit	Trakit	1,2,3,8,9	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol</i>	<i>Plj, Kfsp, Opq, Vc</i>
47	08-121	406600/4345268	Evre 2, Taşkale (Büyük Tendürek güneyi) tefriti	Tefrit	1,9,10	<i>Plj, Kpx</i>	<i>Plj, Vc</i>
48	08-122	406882/4345018	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,9,10	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc., Kpx</i>
49	08-123	405693/4345308	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,9,10	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc., Kpx</i>
50	08-124	405363/4345096	Evre 3, Tefrifonolit	Tefrifonolit	1,7,9	<i>Plj, Kpx</i>	<i>Vc, Plj</i>
51	08-125	400188/4345991	Evre 5, Trakit	Trakit	1,8	<i>Kfsp, Plj, Kpx</i>	<i>Plj, Kfsp, Vc</i>
52	08-126	400402/4346417	Evre 4, Köytepe latiti	Latit	1,2,3	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol</i>	<i>Plj, Vc</i>
53	08-127	400578/4346700	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,9,10	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc., Kpx</i>
54	08-128	398987/4345032	Evre 5, Lavas of Greater Tendürek	Trakit	1,9,10	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc., Kpx</i>
55	08-129	397667/4343390	Evre 1 Yaşkütük	BTA	1,	<i>Plj, Kpx, Opx, Ol, Opg</i>	<i>Plj, Krx Opq, Vc</i>
56	08-130	405619/4359205	Evre 4, Mor Tepe fonolitleri	Fonolit	1,8,9	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Vc, Opq</i>
57	08-131	405603/4359157	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,9	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Vc, Opq</i>
58	08-132	405384/4359011	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	2,8,9	<i>Plj, Kfsp, Ol, Kpx</i>	<i>Plj, Kfsp, Opq, Vc</i>
59	08-133	405772/4358397	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	1,8,9	<i>Plj, Kfsp, Bi, Hb</i>	<i>Vc, Opq</i>
60	08-134	405798/4358023	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	1,5,8	<i>Plj, Kfsp, Kpx, Bi, Opq</i>	<i>Plj, Kfsp, Opq, Vc</i>

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
61	08-135	406118/4357919	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	1,7,9	Plj, Kfsp, Hb, Kpx, Bi, Opq	Vc
62	08-136	406238/4357997	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1, 8, 9	Plj, Kfsp, Kpx, Opx, Ol, Opq	Plj, Ol
63	08-137	406426/4358546	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1, 8, 9	Plj, Kfsp, Kpx, Opx, Ol, Opq	Plj, Ol
64	08-138	410551/4360171	Evre 4, Soğanlı Tepe trakiti	Trakit	1, 7, 9, 10	Kfsp	Kfsp, Plj, Kpx, Vc
65	08-139	418845/4337275	Evre I, Kükürtlü Tepe bazaltik traki andezit	BTA			
66	08-TND-1A	394745/4347208	Evre 5, Büyük Tendürek (Güney yamaç)Trakitleri	Trakit	1,8	Plj, Kpx, Ol, Opq	Plj, Op, Vc
67	08-TND-58	409162/4359920	Evre 3, Lavas of Greater Tendürek	Benmorit	2,3	Plj, Kpx, Opx Ol, Opq	
68	08-TND-62	407249/4358038	Evre 3, Küçük Tendürek lavları	Benmorit	1,8,9	Plj, Kfsp, Kpx, Opx, Ol, Opq	Plj, Ol
69	08-TND-67	408248/4357972	Evre 4, Küçük Tendürek lavları	Trakit	1,8	Kfsp, Kpx, Opq	Plj, Opq, Vc
70	08-TND-68	410476/4360376	Evre 3, Soğanlı lavları	Fonolit	1,7,9,10	Kfsp	Kfsp, Plj, Kpx, Vc
71	08-TND-69	410368/4360665	Evre 3, Soğanlı lavları	Fonolit	1,10	Kpx	Plj, Kfsp, Kpx, Vc
72	08-TND-83	409681/4362371	Evre 3, Lavas of Greater Tendürek	Benmorit	2,5	Kfsp, Plj, Kpx, Opq	Plj, Opq, Vc
73	08-TND-92	407209/4360014	Evre 5, Lavas of Greater Tendürek	Trakit	2,3,9	Plj, Kpx, Hb, Opq	Plj, Opq, Vc
74	08-TND-94	411279/4362948	Evre 3, Soğanlı lavları	Fonolit			
75	09-1	416107/4364763	Evre 1, Kızılkaya havayiti	Trakibazalt	3,8	Plj, Opx,Kpx,Opq	
76	09-2	417855/4366605	Evre 1 Çetenli havayiti	Trakibazalt	10,4, 1	Plj, Kpx, Ol, Opg	Plj, Kpx, Opg
77	09-TND-5	397483/4360238	Evre 3, Gülizir Volcano	Trakit	1,9,10	Plj, Kpx, Opq	Plj,Opq,Vc,Kpx
78	09-TND-9	396209/4360135	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit		Plj, Ol, Kpx, Opq	Plj,Opq,Vc,Kpx

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
79	09-TND-10	396198/4360138	Evre 3, Gülizar Volcano	Trakit		<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc, Kpx</i>
80	09-TND-13A	392302/4355403	Evre 4, Lavas of Greater Tendürek	Trakit	<i>1,9,10</i>	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc, Kpx</i>
81	09-TND-17	413721/4354274	Evre 3, Büyük Tendürek lavları	Benmorit	<i>1,3,10</i>	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Ol,</i>	<i>Plj, Opq, Vc, Kpx</i>
82	09-TND-18	412069/4353034	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Tefrit	<i>1,2,10</i>	<i>Plj, Ol, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc, Kpx</i>
83	09-TND-26	413839/4351283	Evre 4, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	<i>1,7,</i>	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
84	09-TND-27C	412668/4351141	Evre 3, Büyük Tendürek lavları	Trakit	<i>1,8,9</i>	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Opq</i>	<i>Hb, Opq, Plj</i>
85	09-TND-32	412373/4347951	Evre 4, Büyük Tendrek güney yamacı lavları	Fonolit	<i>1,7,</i>	<i>Plj, Kpx, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
86	09-TND-33	411369/4347465	Evre1, Sakızlı bazaltı		<i>1,3,2</i>	<i>Plj, Kpx, Ppq</i>	<i>Kpx, Vc</i>
87	09-TND-39	405072/4347357	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	<i>1,2,10</i>	<i>Kpx, Plj, Ol, Opq</i>	<i>Plj, Opq, Kpx, Vc</i>
88	09-TND-42	401985/4346009	Evre 4, Büyük Tendürek Güney yamacı lavları	Tefrifonolit	<i>7,9</i>	-	<i>Plj, Opq, Kpx, Vc</i>
89	09-TND-43	401573/4345573	Evre 4, Büyük Tendrek güney yamacı lavları	Tefrifonolit	<i>3,9,10</i>	-	<i>Plj, Opq, Kpx, Vc</i>
90	09-TND-45	399901/4367695	Evre 2, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	<i>1,10</i>	<i>Hb, Plj, Kfsp</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
91	09-TND-46	400155/4367170	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Benmorit	<i>3,9,10</i>	<i>Plj, Opq, Kpx</i>	<i>Plj, Kpx, Opq, Vc</i>
92	09-TND-49	395701/4368304	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	<i>1, 9, 10</i>	<i>Plj, Ol, Opq, Kpx</i>	<i>Plj, Kpx, Opq, Vc</i>
93	09-TND-50A	394461/4359122	Evre 2, Büyük Tendürek lavları	Fonolit	<i>12,8,10</i>	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Opx, Opq,</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>
94	09-TND-52	394569/4359458	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	<i>1,2,10</i>	<i>Kfsp, Plj, Kpx, Opq,</i>	<i>Plj, Opq, Vc</i>

Çizelge 4.1. Tendürek volkanitlerine ait örneklerin petrografik tanımlamaları (devam)

No	Örnek	Koordinat Utm 38 s	Jeolojik tanımlama	Kayaç (TAS sınıf.)	Doku	Fenokristaller	Hamur
95	09-TND-59	408861/4345328	Evre 2, Küçük kırmızıtepe havayiti	Havayit	1, 4, 5	Plj, Ol, Kpx	Plj, Vc
96	09-TND-60	409007/4345045	Evre 2, Küçük kırmızıtepe havayiti	Havayit	1, 4, 5	Plj, Ol, Kpx	Plj, Vc
97	09-TND-71	402847/4356680	Evre 5, Büyük Tendürek lavları (zirve)	Trakit	1,2,10	Plj, Kpx, Opq, Ol	Plj, Ol, Opq, Vc
98	09-TND-74	404445/4358111	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,9,10	Kfsp, Plj, Kpx, Ol	Plj, Opq, Vc
99	09-TND-75	404978/4358150	Evre 5, Büyük Tendürek lavları	Trakit	1,2,8,10	Plj, Ol, Kpx, Opq	Plj, Kpx, Opq, Vc
100	10-TND-15B	411081/4371191	Evre 3, Ortadirek fonotefriti (Büyük Tendürek kuzeyi)	Fonotefrit	1,3,9	Plj, Kfsp, Kpx, Opq	Plj, Opq, Vc
101	10-TND-20	395636/4370223	Evre 2, Kül-tepe Volcano	Tefrit	1,3,4,8	Kpx, Ol, Opq	Plj, Vc, Opq
102	10-TND-22	397796/4369549	Evre 5, Susuz Volcano	Benmorit	1,2,10	Plj, Kpx, Opq, Ol	Plj, Ol, Opq, Vc

4.3. Jeokimya

Bu bölümde Tendürek volkanizması ile ilişkilendirilen lavların jeokimyası ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çalışma yapılan bölge, oldukça genç volkanizmanın bir örneğini oluşturması sebebiyle, özellikle bu genç volkanizmanın taze, ayrışmamış lavlarından örnekleme yapılmıştır. Jeokimyasal analizlerde en doğru sonucu almak için bozunmamış, ayrışmamış taze lav örnekleri seçilmiştir. Kanada Vencouver'deki ACME labrotuarlarında yapılan jeokimyasal analiz sonuçları kullanılmak suretiyle jeokimyasal sınıflama ve ikili değişim diyagramları (harker) ile spider diyagramları üretilmiş ve bunlar üzerinde yorumlamaya gidilmiştir. Daha önce stratigrafi bölümünde evrelere ayrılan formasyonlara ait her bir örneğin analiz sonuçları, her bir evre içinde örnek numaraları ile sırası ile verilmiştir. ACME labratuvarlarında ICP-OES ve ICP-MS cihazları ile yapılan analiz sonuçlarına çizelge 4.2 ve çizelge 4.3'de tablo halinde verilmiştir.

4.3.1. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin Jeokimyası

Toplamda 101 örnek analiz değeri çizelge 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Evre I'den 10 örnek, Evre II'den 16 örnek, Evre III'den 31 örnek Evre IV'den 22 örnek, Evre V'den ise 22 örnek analiz edilmiştir. Tendürek volkanizmasının tümü, Kuvaterner zaman aralığında meydana gelmiştir.

4.3.1 Jeokimyasal Sınıflama

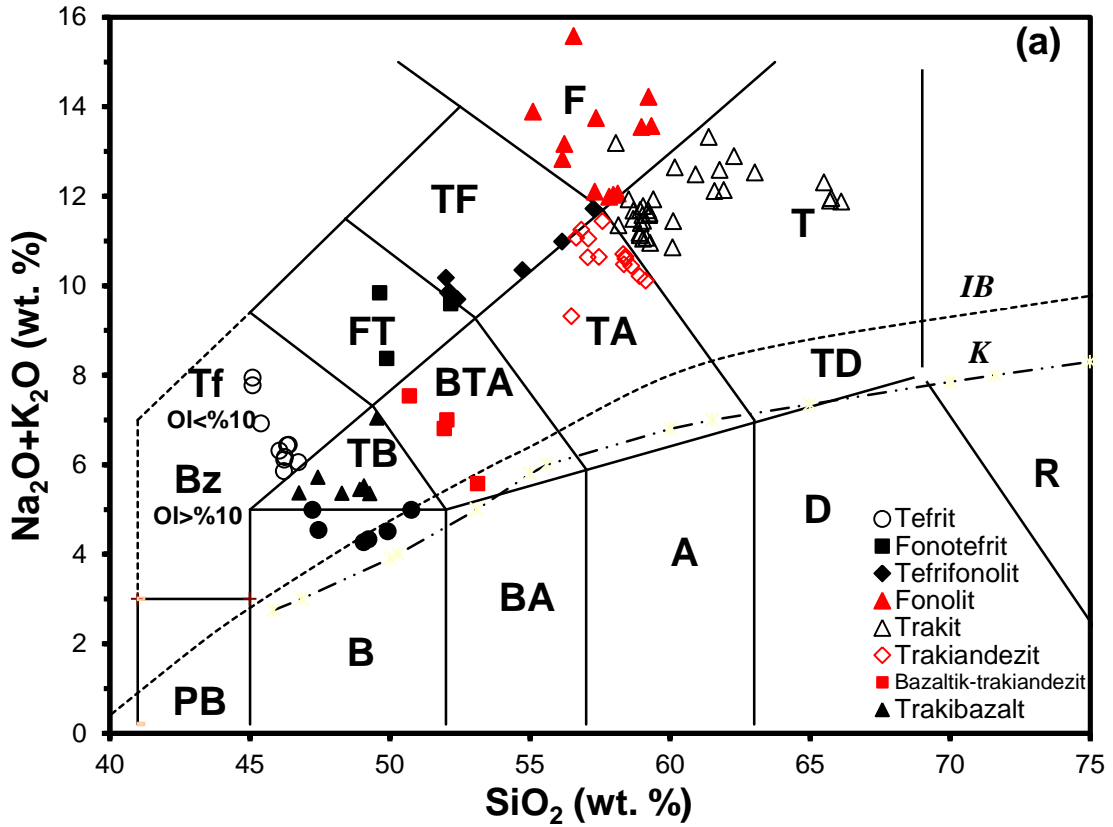
Tendürek volkanı lavlarının ilk sınıflaması için, Toplam alkali –silis diyagramı (TAS) kullanılmıştır (Le Bas ve ark., 1986). Bu bölümde TAS diyagramı üzerinde iki ayrı değerlendirme yapılmıştır (Şek. 4.81 ve .82). İlk etapta petrografik olarak önceden sınıflanmış her bir lavın jeokimyasal olarak hangi kayaç türüne karşılık geldiği incelenmiştir. Bununla beraber stratigrafi bölümünde belirlenen püskürme fazı ayrımlarına göre de değerlendirme yapılmış ve her evrenin hangi tür kayaç gruplarını içerdiği saptanmıştır. Tendürek ve yakın çevresindeki volkanitler, bu sınıflamaya göre 9 farklı bileşimde ve litolojiye sahip ürüne ayrılabilir. Grafiğe iz düşürülen 101 adet örnek

bulunmaktadır. Bunlardan 6 örnek bazalt, 5 örnek bazaltik trakiandezit, 7 örnek trakibazalt, 17 örnek trakiandezit, 15 örnek fonolit, 3 örnek fonotefrit, 8 örnek tefrifonolit, 9 örnek tefrit, 34 örnek ise trakit olarak sınıflanmıştır (Şekil 4.81a). TAS (toplam alkali sisli) diyagramı üzerinde örneklerin dağılımına bakıldığında volkanitlerin ağırlıklı olarak trakit türünde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi trakit türündeki lavların volkanın ana gövdesini oluşturan lavlar olmasıdır. Diğer volkanitler ise bazalt, fonolit, tefrifonolit gibi bileşimlerde olup küçük hacimlerde püskürmüş olan ve dolayısıyla yayılımı geniş olmayan lav türleridir. Her bir püskürme fazına ait ürünlerin TAS diyagramı üzerinde hangi alanlara izdüşükleri incelendiğinde, Evre I volkanitlerinin bazalt, trakibazalt ve bazaltik-trakiandezit türünde lavlardan oluştuğu, Evre II kapsamındaki volkanitlerin trakibazalt ve tefrit türünde kayalardan oluştuğu, Evre III volkanitlerinin tefrit, tefrifonolit, fonotefrit, fonolit ve trakit karakterindeki lavlardan, Evre IV tefrifonolit, fonolit, trakiandezit ve trakit karakterindeki volkanitler, Evre V volkanitlerinin ise trakit ve trakiandezit karakterinde olduğunu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.82a).

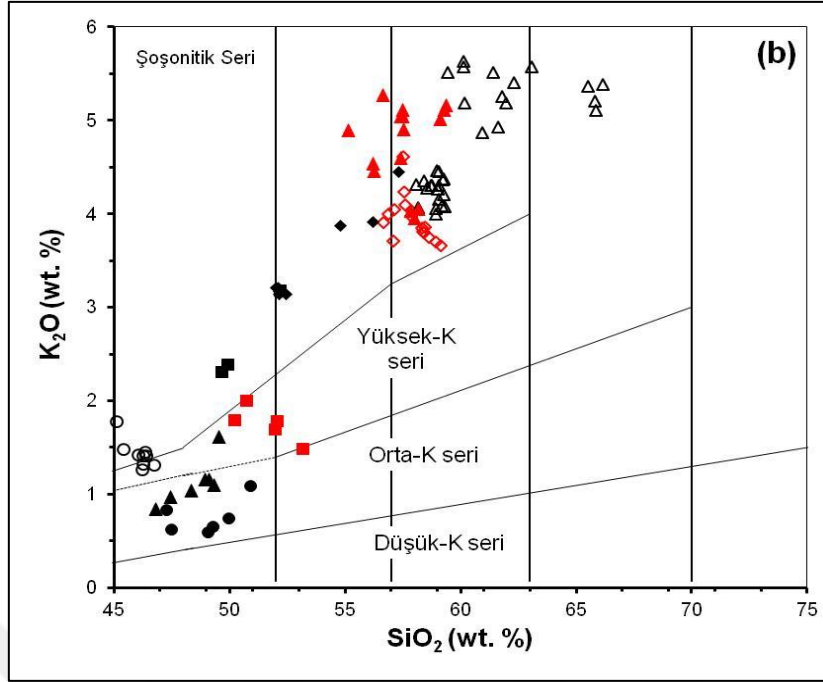
TAS sınıflama diyagramına Irvine ve Baragar (1971) ve Kuno (1966) alkali-subalkali ayırma çizgileri de iz düşürülmüştür. Bu ayırma çizgilerine göre yalnız Evre I kapsamında yer alan bazalt örneklerinden birkaçı subalkali bölgede yer alırken diğer tüm örnekler alkali bölgede yer almaktadır. Subalkali olarak sınıflanan lavlar stratigrafi bölümünde Kırmızıtepe bazaltı olarak isimlendirilen formasyonu temsil eden lavlardır (Örnek no: 07-VAN-T58, 07-VAN-T59, 07-VAN-T62 ve 07-VAN-T92).

Jeokimyasal sınıflamalarda La Bas ve ark. (1986) sınıflamasına ek olarak trakibazalt, trakiandezit türündeki lavlar Le Maitre (2002)'ye göre daha ayrıntılı olarak isimlendirilmiştir. Buna göre havayit mujearit, benmorit, latit olarak tanımlanan kayaç türleri belirlenmiş ve formasyon isimlerine de bu ayrıntılı kayaç tanımlamaları yansıtılmıştır (Çizelge 4.4). Stratigrafi bölümünde formasyonlara verilen adlandırmalar ayrıntılı jeokimyasal sınıflamaya dayanmaktadır. Peccerillo ve Taylor (1976) potasyum oranlarına göre yapılan sınıflamaya da bu bölümde yer verilmiştir. Potasyum içeriklerine göre yapılan değerlendirme hem petrografik türlere göre hem evrelere göre oluşturulan grafikler yorumlanmıştır. Petrografik ayırlama ile belirlenmiş grupların jeokimyasal sınıflaması yapıldığında bazalt ve trakibazaltlar orta potasyumlu, bazaltik-trakiandezit ve tefritler yüksek potasyumlu diğer volkanitler (fonotefrit, tefrifonolit,

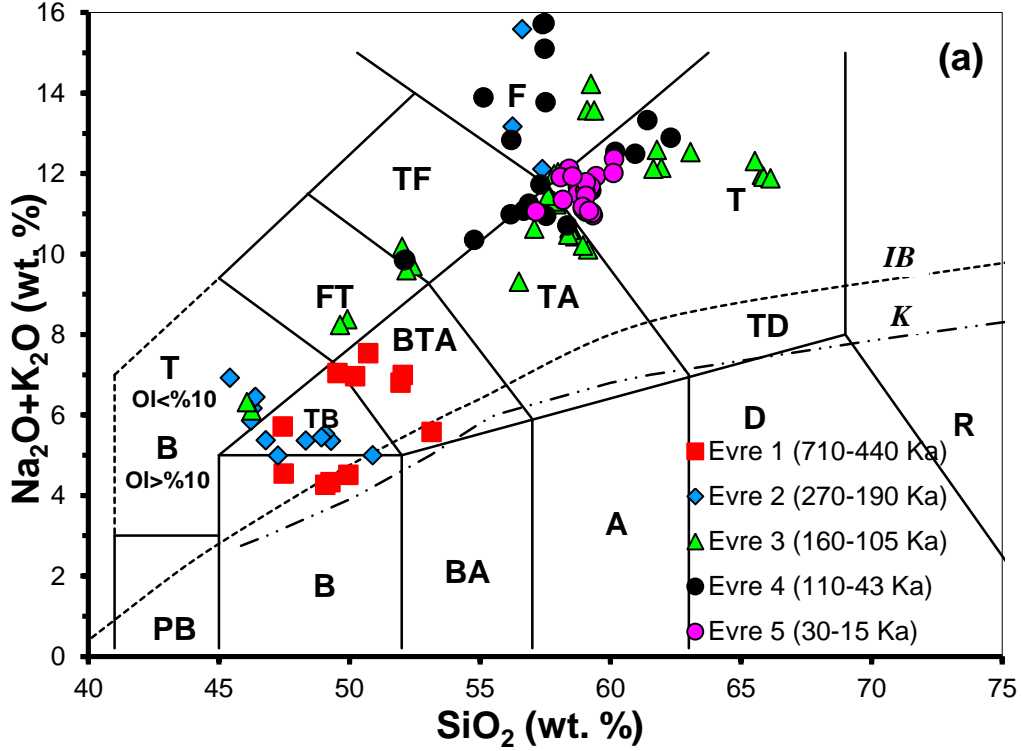
fonolit, trakiandezit ve trakitler) şoşonitik seride yer alırlar (Şekil 4.81b). Diğer lavlar arasında fonolitler en yüksek potasyum içeriğine sahip kayaç türleridir. Volkanitlerin potasyum içeriği incelendiğinde ilk iki volkanik evrede çıkan lavların yani Evre I ve Evre II lavlarının hem orta potasyumlu, hem yüksek potasyumlu seriye düştükleri görülür. Buna karşılık III. Volkanik faz ve sonrasındaki evrelerde çıkan lavların (Evre III, Evre IV ve Evre V) tümünün şoşonitik seriye düştükleri görülmektedir (Şekil 4.82b). Evre I'e ait üyelerinden Kırmızıtepe bazaltları orta potasyumlu seride, Evre II üyelerinden Alakaya havayiti, Çiçekli bazaltı ve Sakızlı bazaltı orta potasyumlu seride yer alır.



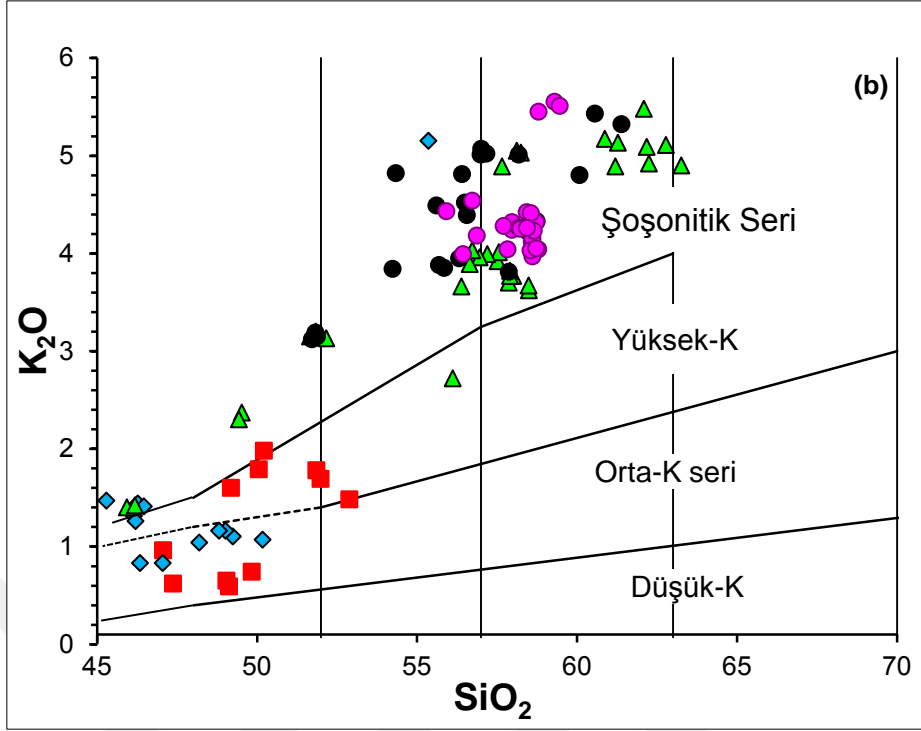
Şekil 4.81. Petrografik ayırma göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986) b) K₂O – SiO₂ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976). R-Riyolit; D-Dasit; A-Andezit; BA-Bazaltik andezit; B-Bazalt; TB-Traki bazalt; BTA: Bazaltik trakiandezit; TA-Trakiandezit; T-Trakit; PB-Pikritik bazalt; Bz: bazanit; Tf-Tefrit; FT-Fonotefrit; TF-Tefrifonolit; F-Fonolit. IB-Irvine and Baragar'ın (1971), K-Kuno'nun (1966) alkali-sub alkali ayırtlama çizgisi.



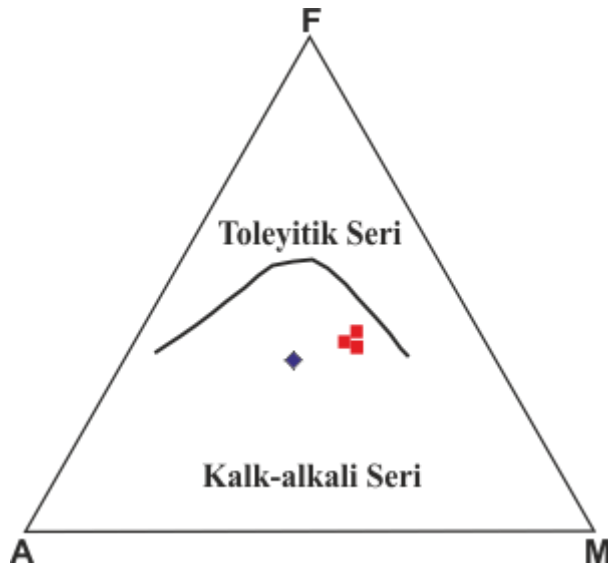
Şekil 4.81. Petrografik ayırma göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986) b) $K_2O - SiO_2$ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976) (devam).



Şekil 4.82a. Püskürme evreleri ayırma göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986)



Şekil 4.82b. Püskürme evreleri ayırımı göre a) Tüm örneklerin petrografik olarak sınıflamasını gösteren TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986) b) $K_2O - SiO_2$ diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976). R-Riyolit; D-Dasit; A-Andezit; BA-Bazaltik andezit; B-Bazalt; TB-Traki bazalt; BTA: Bazaltik trakiandezit; TA-Trakiandezit; T-Trakit; PB-Pikritik bazalt; Bz: bazanit; Tf-Tefrit; FT-Fonotefrit; TF-Tefrifonolit; F-Fonolit. IB-Irvine and Baragar'ın (1971), K-Kuno'nun (1966) alkali-sub alkali ayırtlama çizgisi.



Şekil 4.83. Tendürek volkanitlerine ait AFM diyagramı (Irvine and Baragar, 1971).

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları

Evre	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Örnek No	07VAN-T58	07VAN-T59	07VAN-T62	07VAN-T84	07VAN-T85	07VAN-T92	09-VAN-T01	09-VAN-T02	08VAN-T129
Kayaç Tipi	bazalt	bazalt	bta	bta	bta	bazalt	havayit	havayit	bta
% SiO ₂	49.13	49.05	52.89	51.86	51.99	49.84	49.19	47.07	50.22
TiO ₂	1.49	1.42	1.44	1.88	1.90	1.45	2.35	2.31	1.88
Al ₂ O ₃	17.82	17.71	17.24	17.47	17.33	17.56	17.04	16.56	17.44
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	9.89	9.71	9.19	10.40	10.71	9.58	11.67	13.13	11.19
MnO	0.16	0.15	0.15	0.17	0.18	0.15	0.21	0.20	0.20
MgO	7.59	7.44	4.93	3.37	3.53	7.03	4.28	5.64	3.59
CaO	9.47	9.54	7.74	6.69	6.74	9.43	6.50	8.04	5.87
Na ₂ O	3.68	3.66	4.07	5.19	5.12	3.76	5.39	4.71	5.48
K ₂ O	0.59	0.65	1.48	1.78	1.69	0.74	1.60	0.96	1.98
P ₂ O ₅	0.27	0.25	0.38	0.85	0.86	0.27	1.08	0.63	1.20
LOI	-0.4	0.1	0.2	0.0	-0.4	-0.1	0.4	0.5	0.6
Sum	99.72	99.72	99.73	99.66	99.68	99.74	99.70	99.74	99.65
Mg#	0.45192	0.49128	0.47428	0.14779	0.26385	0.35748	0.32605	0.22141	0.143799

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Örnek No	07VAN-T50	07VAN-T54	07VAN-T66	07VAN-T67	07VAN-T68	07VAN-T87	07VAN-T88	07VAN-T89	07VAN-T90	08VAN-T94
Kayaç Tipi	tefrit	tefrit	tefrit	tefrit	fonolit	trakibazalt	trakibazalt	trakibazalt	trakibazalt	bazalt
% SiO ₂	46.16	46.21	46.28	46.47	55.36	48.20	49.25	49.02	48.82	50.18
TiO ₂	2.25	2.29	2.34	2.35	0.17	2.25	2.15	2.39	2.38	1.46
Al ₂ O ₃	17.27	17.30	17.05	17.07	19.31	16.74	16.86	16.33	16.59	17.28
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	12.61	13.07	13.10	13.23	6.31	11.91	11.49	13.89	13.81	9.49
MnO	0.19	0.19	0.20	0.19	0.28	0.19	0.18	0.21	0.21	0.15
MgO	5.06	5.43	4.79	4.82	0.14	5.73	5.75	4.42	4.40	5.64
CaO	9.48	9.03	9.06	8.95	0.99	8.92	8.39	7.43	7.45	9.37
Na ₂ O	4.84	4.59	4.98	5.04	10.09	4.31	4.25	4.36	4.27	3.86
K ₂ O	1.31	1.26	1.44	1.41	5.15	1.04	1.10	1.16	1.16	1.07
P ₂ O ₅	0.62	0.59	0.63	0.63	0.07	0.51	0.49	0.68	0.69	0.35
LOI	-0.1	-0.3	-0.2	-0.5	1.9	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.9
Sum	99.68	99.68	99.67	99.67	99.78	99.71	99.72	99.69	99.68	99.73
Mg#	0.41904	0.54671	0.45027	0.04751	0.51961	0.38765	0.11242	0.13795	0.37180	0.571945

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	II	II	II	II	II	II	III	III	III	III
Örnek No	08VAN T 121	09- TND-45	09- TND-50A	09- TND-59	09- TND-60	10- TND-20	07VAN- T60	07VAN- T63	07VAN- T64	07VAN- T72
Kayaç Tipi	tefrit	fonolit	fonolit	bazalt	havayit	tefrit	trakiand.	tefrit	tefrit	trakit
% SiO ₂	45.30	56.73	55.92	47.06	46.35	44.80	56.39	45.94	46.19	62.26
TiO ₂	2.20	0.93	1.00	2.29	2.24	2.11	1.31	2.29	2.35	0.28
Al ₂ O ₃	17.38	17.64	18.86	16.91	16.74	18.03	18.31	17.11	17.36	15.77
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	12.71	7.33	6.57	12.92	12.76	12.42	6.96	13.13	13.23	3.64
MnO	0.19	0.22	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.14
MgO	4.66	0.33	0.84	6.27	6.25	3.25	1.43	4.90	4.90	0.28
CaO	9.76	3.68	2.72	8.53	8.79	9.83	3.36	9.13	9.03	0.92
Na ₂ O	5.43	7.43	8.66	4.14	4.49	6.13	6.84	4.67	4.91	6.40
K ₂ O	1.47	4.54	4.43	0.83	0.83	1.76	3.66	1.40	1.42	4.92
P ₂ O ₅	0.69	0.12	0.25	0.50	0.49	0.79	0.39	0.62	0.65	0.05
LOI	-0.1	0.8	0.3	0.1	0.6	0.4	0.9	0.3	-0.6	5.1
Sum	99.68	99.77	99.74	99.73	99.72	99.72	99.71	99.67	99.68	99.78
Mg#	0.26767	0.33476	0.34071	0.33191	0.15676	0.33706	0.55300	0.482948	0.451173	0.4518

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Örnek No	07VAN-T73	07VAN-T74	07VAN-T75	07VAN-T76	07VAN-T77	07VAN-T79	07VAN-T80	07VAN-T81	07VAN-T82	07VAN-T83A	07VAN-T83B
Kayaç Tipi	fonotefrit	fonolit	trakit	fonolit	fonolit	trakiand.	trakit	trakit	trakiand.	trakiand.	trakiand.
% SiO ₂	49.53	57.52	63.27	57.56	57.20	56.12	62.79	60.87	58.50	57.87	58.01
TiO ₂	2.09	1.06	0.29	1.03	1.05	1.37	0.28	0.65	1.26	1.20	1.22
Al ₂ O ₃	17.02	18.43	15.90	18.49	18.60	17.74	16.01	16.99	17.83	17.87	18.02
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	10.87	6.32	3.63	6.21	6.31	7.60	3.55	5.76	5.85	5.94	5.96
MnO	0.21	0.18	0.14	0.18	0.19	0.18	0.14	0.18	0.16	0.16	0.16
MgO	3.31	1.04	0.28	0.99	1.01	2.14	0.20	0.41	1.54	1.47	1.50
CaO	7.09	2.43	1.25	2.33	2.43	4.44	0.68	1.17	3.41	3.44	3.43
Na ₂ O	5.94	8.01	6.55	7.92	7.86	6.53	6.17	7.23	6.38	6.60	6.80
K ₂ O	2.37	3.92	4.90	4.01	3.99	2.72	5.11	5.17	3.62	3.70	3.77
P ₂ O ₅	0.84	0.32	0.06	0.30	0.29	0.52	0.04	0.10	0.44	0.44	0.43
LOI	0.4	0.5		0.7	0.8	0.4	4.8	1.2	0.8	1.0	0.4
Sum	99.68	99.71	96.27	99.70	99.71	99.75	99.77	99.74	99.73	99.72	99.71
Mg#	0.57195	0.09191	0.22327	0.52177	0.52408	0.31597	0.45623	0.45435	0.14744	0.40639	0.27005

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Örnek No	08VANT117	08VANT118	08VANT124	08VANT136	08VANT137	08-TND-58	08-TND-62	08-TND-68	08-TND-69	08-TND-83
Kayaç Tipi	tefrifonolit	fonotefrit	tefrifonolit	benmorit	benmorit	trakiand	trakiand	fonolit	fonolit	trakiand
% SiO ₂	52.17	51.66	51.84	56.96	56.65	57.91	56.73	57.66	58.12	57.91
TiO ₂	2.18	2.19	2.17	1.05	1.08	1.20	1.07	0.53	0.51	1.25
Al ₂ O ₃	17.10	16.99	17.15	18.85	18.67	18.22	18.82	17.09	16.96	17.83
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	10.16	10.11	10.28	6.40	6.40	5.99	6.52	6.87	7.03	6.18
MnO	0.24	0.24	0.24	0.19	0.19	0.16	0.19	0.25	0.25	0.16
MgO	1.32	1.33	1.27	1.05	1.00	1.43	1.06	0.47	0.45	1.56
CaO	6.21	6.54	6.14	2.51	2.57	3.26	2.58	1.53	1.26	3.54
Na ₂ O	6.52	6.35	6.94	7.09	7.18	6.68	7.24	8.35	8.23	6.62
K ₂ O	3.13	3.15	3.20	3.96	3.89	3.82	4.03	4.89	5.05	3.77
P ₂ O ₅	0.49	0.48	0.48	0.30	0.30	0.42	0.32	0.10	0.07	0.45
LOI	0.2	0.7	0.0	1.4	1.8	0.6	1.2	1.8	1.6	0.5
Sum	99.73	99.72	99.69	99.75	99.75	99.73	99.71	99.56	99.54	99.74
Mg#	0.21737	0.26946	0.36205	0.20927	0.23880	0.349265	0.18808	0.17648	0.13265	0.13207

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
Örnek No	08-TND-94	09-T-03	09-TND-5	09-TND-10	09-TND-27C	10-TND-15B	07VAN-T51	07VAN-T52	07VAN-T53	07VAN-T55	07VAN-T57
Kayaç Tipi	fonolit	trakit	trakit	trakit	trakit	fonotef.	trakiand	trakiand	tefrifon	tefrifon	tefrifon
% SiO ₂	58.25	62.19	61.28	61.20	62.10	49.44	55.85	56.32	54.24	56.56	55.69
TiO ₂	0.51	0.29	0.51	0.55	0.45	2.09	1.35	1.33	1.80	1.08	1.43
Al ₂ O ₃	16.75	15.89	17.52	17.24	17.87	17.38	17.62	17.56	17.09	17.95	17.54
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	7.07	3.62	5.69	5.89	4.39	10.94	7.77	7.69	8.99	7.24	8.24
MnO	0.26	0.15	0.19	0.20	0.15	0.21	0.20	0.20	0.22	0.20	0.21
MgO	0.39	0.24	0.39	0.44	0.30	3.38	0.88	0.83	1.03	0.78	0.97
CaO	1.05	0.81	1.26	1.68	0.89	7.12	3.80	3.75	5.13	3.15	3.90
Na ₂ O	8.95	6.59	6.88	7.14	6.86	5.90	7.06	7.19	6.41	7.18	7.01
K ₂ O	5.03	5.09	5.13	4.89	5.48	2.30	3.85	3.95	3.84	4.39	3.88
P ₂ O ₅	0.09	0.05	0.10	0.13	0.07	0.85	0.25	0.28	0.38	0.22	0.32
LOI	1.2	4.9	0.8	0.4	1.3	0.1	1.1	0.6	0.6	0.9	0.5
Sum	99.54	99.84	99.77	99.76	99.83	99.71	99.68	99.69	99.69	99.66	99.67
Mg#	0.16209	0.21424	0.2217	0.14981	0.32003	0.33945	0.44053	0.63308	0.63271	0.42147	0.62261

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Örnek No	07VAN-T78	07VAN-T86	07VAN-T94	08VAN T119	08VANT 126	08VANT 130	08VANT 133	08VANT 134	08VANT 135	08VANT 138	08TND-67
Kayaç Tipi	trakit	trakiand.	trakit	tefrifonolit	latit	fonolit	fonolit	fonolit	fonolit	trakit	trakit
% SiO ₂	61.39	57.87	58.74	51.88	56.50	54.34	57.01	56.99	57.17	58.18	60.56
TiO ₂	0.63	1.25	1.09	2.18	1.39	0.89	0.62	0.51	0.51	0.52	0.63
Al ₂ O ₃	17.24	17.98	18.49	17.05	16.75	19.20	18.77	18.66	18.63	16.80	17.40
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	5.03	6.13	5.36	10.24	7.57	6.74	5.77	5.88	5.91	6.80	5.23
MnO	0.18	0.16	0.16	0.24	0.20	0.21	0.22	0.25	0.25	0.25	0.18
MgO	0.46	1.52	1.14	1.32	0.78	0.73	0.55	0.40	0.40	0.47	0.45
CaO	0.86	3.27	2.41	6.32	4.14	2.57	1.17	0.93	0.95	1.48	0.93
Na ₂ O	7.38	6.81	7.14	6.64	6.23	8.87	9.91	10.59	10.63	7.11	7.71
K ₂ O	5.32	3.81	4.33	3.15	4.52	4.82	5.07	5.01	5.02	5.01	5.43
P ₂ O ₅	0.10	0.41	0.30	0.50	0.26	0.20	0.14	0.09	0.09	0.07	0.11
LOI	1.2	0.5	0.6	0.2	1.4	1.1	0.5	0.3	0.1	2.9	1.1
Sum	99.75	99.71	99.73	99.72	99.71	99.69	99.70	99.61	99.59	99.59	99.75
Mg#	0.17054	0.26463	0.36136	0.25997	0.12972	0.36421	0.19527	0.20483	0.19499	0.17054	0.1958

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	IV	IV	IV	IV	IV	V	V	V	V	V	V
Örnek No	09-TND-13A	09-TND-26	09-TND-32	09-TND-42	09-TND-43	07VAN-T56	07VAN-T69	07VAN-T71	07VAN-T96	07VAN-T97	08VANT122
Kayaç Tipi	trakit	fonolit	fonolit	tefrifon.	tefrifon.	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit
% SiO ₂	58.47	55.61	56.41	51.72	51.83	58.80	58.59	58.79	58.43	57.97	57.97
TiO ₂	1.14	0.95	0.59	2.19	2.21	1.13	1.17	1.16	1.09	1.09	0.97
Al ₂ O ₃	18.37	18.89	19.33	17.12	17.21	16.82	18.25	18.12	18.56	18.62	18.84
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	5.53	6.72	5.03	10.18	10.17	6.89	5.63	5.50	5.43	5.35	5.45
MnO	0.16	0.20	0.18	0.25	0.24	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
MgO	1.19	0.85	0.61	1.29	1.32	0.54	1.32	1.30	1.14	1.12	1.02
CaO	2.67	2.90	2.53	6.20	6.25	2.62	2.78	2.87	2.46	2.65	2.56
Na ₂ O	7.08	8.21	8.70	6.66	6.60	6.35	6.84	6.82	7.17	7.29	7.70
K ₂ O	4.22	4.49	4.81	3.12	3.19	5.45	4.12	4.04	4.42	4.24	4.32
P ₂ O ₅	0.32	0.23	0.15	0.48	0.48	0.19	0.38	0.39	0.32	0.31	0.28
LOI	0.6	0.7	1.4	0.5	0.2	0.8	0.5	0.6	0.6	1.0	0.5
Sum	99.77	99.72	99.73	99.72	99.72	99.77	99.73	99.74	99.74	99.76	99.78
Mg#	0.34517	0.32066	0.29616	0.12651	0.22589	0.42562	0.52943	0.41736	0.32065	0.32003	0.13331

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Örnek No	08VANT123	08VANT125	08VANT127	08VANT131	08VANT132	08-TND-1A	08-TND-92	09-TND-9	09-TND-39	09-TND-46
Kayaç Tipi	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	benmorit
% SiO ₂	57.71	59.30	59.46	58.61	58.61	58.19	57.83	58.73	58.65	56.44
TiO ₂	1.00	0.89	1.04	1.16	1.19	1.15	1.18	1.07	1.11	1.26
Al ₂ O ₃	19.03	16.64	16.82	18.21	18.15	18.32	18.21	18.53	18.55	17.34
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	5.57	6.87	6.83	5.54	5.69	5.58	5.96	5.36	5.34	7.74
MnO	0.16	0.22	0.20	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.22
MgO	1.09	0.38	0.44	1.24	1.34	1.24	1.37	1.10	1.18	0.64
CaO	2.69	2.04	2.14	2.68	2.84	2.78	3.03	2.33	2.55	4.08
Na ₂ O	7.55	6.64	6.37	6.74	7.09	7.13	7.24	7.26	7.27	6.93
K ₂ O	4.28	5.55	5.51	4.15	3.97	4.26	4.04	4.32	4.23	3.99
P ₂ O ₅	0.29	0.12	0.14	0.36	0.40	0.34	0.41	0.30	0.33	0.19
LOI	0.4	1.2	0.9	0.9	0.3	0.6	0.3	0.6	0.4	0.9
Sum	99.77	99.84	99.84	99.78	99.75	99.75	99.72	99.76	99.78	99.76
Mg#	0.125808	0.110335	0.133522	0.133177	0.202950	0.323488	0.134494	0.22589	0.110603	0.346176

Çizelge 4.2. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre majör oksit jeokimyasal analiz sonuçları(devam)

Evre	V	V	V	V	V	V
Örnek No	09-TND-49	09-TND-52	09-TND-71	09-TND-74	09-TND-75	10-TND-22
Kayaç Tipi	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakiandezit
% SiO ₂	58.56	58.23	58.44	58.55	58.73	56.87
TiO ₂	1.07	1.04	1.12	1.19	1.16	1.09
Al ₂ O ₃	18.58	18.83	18.31	18.34	18.13	17.41
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	5.39	5.46	5.49	5.66	5.60	7.49
MnO	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.22
MgO	1.10	1.10	1.29	1.28	1.28	0.48
CaO	2.35	2.49	2.50	2.73	2.84	3.85
Na ₂ O	7.27	7.61	7.07	7.07	6.94	7.12
K ₂ O	4.41	4.25	4.26	4.03	4.05	4.18
P ₂ O ₅	0.28	0.31	0.34	0.38	0.39	0.17
LOI	0.6	0.3	0.8	0.4	0.5	0.9
Sum	99.78	99.78	99.78	99.77	99.78	99.76
Mg#	0.33316	0.31572	0.31452	0.31174	0.34567	0.12593

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları

Evre	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Örnek no	07-T58	07-T59	07-T92	09-TND-33	07-T84	07-T85	T-62	08-T129	08-139
Kayaç Tipi	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	muj.	muj.	muj.	muj.	muj.
Sc	25	24	23	27	11	12	19	8	10
V	182	175	169	242	125	137	165	86	154
Co	42.2	41.4	39.4	40.4	23.2	24.0	30.7	20.0	28.4
Ni	84.8	80.3	68.1	72.5	1.2	2.1	33.0	1.0	9.0
Sr	387.1	392.5	370.5	426.5	627.7	596.2	400.1	758.7	721.3
Rb	10.2	8.4	11.1	8.4	29.2	24.9	31.2	29.2	31.0
Ba	116	140	145	157	536	498	272	495	604
Ga	16.5	16.9	15.6	19.1	20.6	19.9	17.3	17.2	21.1
Th	1.7	2.1	2.0	1.3	6.5	6.0	4.8	5.1	7.4
Ta	0.3	0.5	0.5	0.5	1.4	1.4	0.7	1.7	1.4
Nb	7.0	7.4	8.2	9.7	32.2	30.5	13.3	33.7	29.2
Zr	147.6	147.0	152.6	184.8	349.1	330.0	212.7	373.1	323.3
Y	27.3	27.0	26.8	35.4	37.0	35.2	30.4	39.4	38.1
Cs	0.2	<0.1	0.2	0.1	0.5	0.3	0.7	0.4	0.7
Hf	3.5	3.5	4.1	4.5	7.4	7.1	4.9	7.4	6.5
U	0.4	0.3	0.5	0.4	1.9	1.2	1.2	1.4	1.9
Pb	2.3	2.5	2.1	3.1	3.6	4.2	0.5	6.0	7.2
La	12.3	13.6	14.6	16.0	45.9	41.6	24.0	48.6	45.4
Ce	28.8	30.3	33.1	39.1	98.2	89.6	50.1	106.0	95.6
Pr	3.90	4.03	4.37	5.24	10.89	10.31	6.11	12.55	11.11
Nd	16.4	17.1	17.0	23.8	42.8	41.5	25.2	49.1	46.8
Sm	4.11	4.10	4.12	5.68	8.55	8.22	5.29	9.11	8.00
Eu	1.43	1.38	1.41	1.89	2.45	2.44	1.56	2.59	2.38
Gd	4.61	4.49	4.51	6.21	8.15	7.93	5.39	8.05	7.66
Tb	0.83	0.80	0.83	1.07	1.26	1.23	0.92	1.27	1.19
Dy	4.60	4.61	4.53	6.46	6.67	6.91	5.23	7.23	6.55
Ho	0.98	0.94	0.94	1.28	1.38	1.33	1.03	1.42	1.37
Er	2.82	2.83	2.60	3.61	3.88	3.79	3.08	4.01	3.95
Tm	0.43	0.41	0.42	0.53	0.60	0.58	0.45	0.64	0.59
Yb	2.61	2.64	2.47	3.38	3.60	3.53	2.82	3.91	3.71
Lu	0.38	0.37	0.37	0.51	0.59	0.55	0.42	0.63	0.57

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	I	I	II	II	II	II	II	II	II
Örnek no	09-T-01	09-T-02	08-T94	07-T50	07T54	08-T121	07-T66	07-T67	10-TND-20
Kayaç Tipi	havayit	havayit	bazalt	tefrit	tefrit	tefrit	tefrit	tefrit	tefrit
Sc	12	18	19	11	13	9	11	10	3
V	128	219	163	177	198	164	175	175	110
Co	21.4	38.7	31.8	38.6	41.3	35.6	38.3	39.3	28.7
Ni	2.9	31.5	50.2	20.4	24.1	14.4	15.3	17.2	2.7
Sr	705.1	599.0	427.4	609.9	545.5	651.7	581.8	576.3	823.1
Rb	18.7	10.1	21.7	22.2	21.3	25.7	26.7	26.0	30.0
Ba	504	279	218	303	291	320	345	327	434
Ga	18.4	21.3	16.4	19.1	20.0	18.6	20.0	19.7	19.9
Th	3.7	1.8	3.8	3.3	3.1	3.9	3.4	3.4	4.9
Ta	1.6	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	1.1	0.9	1.4
Nb	31.6	17.6	11.4	18.2	17.2	18.9	20.9	19.8	21.9
Zr	345.3	237.4	185.5	259.8	261.7	262.2	281.1	276.0	272.1
Y	43.0	33.2	28.1	37.8	37.9	34.4	37.8	38.1	31.7
Cs	0.3	0.1	0.5	0.5	0.4	0.6	0.4	0.6	0.9
Hf	7.8	6.5	4.2	5.6	6.1	5.6	6.0	6.7	5.2
U	1.1	0.6	1.1	1.1	1.0	1.4	1.2	1.2	2.0
Pb	8.1	2.4	1.1	5.7	4.8	3.0	5.8	6.5	3.4
La	44.7	27.5	20.9	30.0	28.7	30.7	32.1	31.7	38.0
Ce	91.5	58.3	44.6	69.4	65.6	69.2	74.1	72.3	80.7
Pr	11.66	7.99	5.52	8.63	8.31	8.64	9.10	9.04	9.23
Nd	50.5	34.7	22.5	34.8	35.6	36.4	36.7	37.1	37.9
Sm	9.06	7.32	4.81	7.21	7.26	7.21	7.69	7.60	6.96
Eu	2.65	2.17	1.54	2.12	2.16	2.15	2.21	2.27	2.08
Gd	8.48	7.13	5.02	6.82	7.23	6.55	7.23	7.12	6.29
Tb	1.37	1.16	0.84	1.14	1.18	1.11	1.16	1.17	1.00
Dy	7.69	6.45	4.77	6.68	6.62	5.96	6.51	6.37	5.25
Ho	1.51	1.29	1.00	1.33	1.30	1.22	1.33	1.33	1.09
Er	4.42	3.36	2.91	3.80	3.81	3.40	3.80	3.71	3.34
Tm	0.66	0.53	0.44	0.55	0.56	0.56	0.59	0.59	0.53
Yb	4.06	3.31	2.68	3.32	3.62	3.50	3.63	3.64	3.20
Lu	0.64	0.51	0.41	0.53	0.53	0.53	0.57	0.58	0.52

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Örnek no	07-T68	09-TND-45	09-TND-50A	07-T87	07-T88	07-T89	07-T90	09-TND-59	09-TND-60
Kayaç Tipi	fonolit	fonolit	fonolit	havayit	havayit	havayit	havayit	havayit	havayit
<i>Sc</i>	<1	<1	2	25	23	21	21	20	20
<i>V</i>	<8	15	21	221	199	273	273	210	207
<i>Co</i>	1.2	3.8	6.2	36.5	35.3	35.3	35.4	43.1	42.8
<i>Ni</i>	1.2	0.8	1.7	42.9	48.2	19.7	23.4	50.8	49.3
<i>Sr</i>	41.5	377.2	252.5	394.1	391.3	490.1	485.3	516.5	534.8
<i>Rb</i>	129.4	130.3	145.8	20.2	20.6	13.7	14.5	9.5	9.3
<i>Ba</i>	38	678	379	240	233	353	344	219	220
<i>Ga</i>	26.4	21.9	26.4	19.1	17.3	20.4	19.9	19.2	19.0
<i>Th</i>	21.1	15.9	20.1	2.8	2.9	2.6	2.6	1.6	1.7
<i>Ta</i>	4.1	1.4	3.3	0.8	0.8	1.1	0.9	0.7	0.6
<i>Nb</i>	92.9	35.6	60.9	13.6	13.8	19.3	19.4	12.0	12.5
<i>Zr</i>	723.3	421.3	832.1	223.9	226.1	217.5	220.4	204.8	206.5
<i>Y</i>	68.9	50.4	70.5	38.2	37.3	38.8	39.3	34.0	34.9
<i>Cs</i>	3.4	4.0	4.5	0.5	0.5	0.2	0.2	<0.1	<0.1
<i>Hf</i>	11.3	7.9	17.5	5.8	5.7	5.7	5.6	4.9	4.8
<i>U</i>	9.8	7.1	7.4	1.0	1.0	0.7	0.7	0.5	0.4
<i>Pb</i>	32.3	21.2	23.1	4.2	4.6	1.2	1.1	0.4	1.9
<i>La</i>	86.6	56.7	67.2	23.1	22.2	31.4	31.4	20.5	21.1
<i>Ce</i>	161.6	108.9	132.0	51.7	51.3	67.1	67.7	47.6	48.0
<i>Pr</i>	15.77	11.14	13.89	6.84	6.67	8.68	8.60	6.27	6.28
<i>Nd</i>	53.2	38.0	50.0	26.7	25.7	34.5	35.8	27.1	26.5
<i>Sm</i>	8.50	7.05	9.28	6.25	6.13	7.28	7.12	6.09	5.99
<i>Eu</i>	1.82	1.94	1.95	2.12	1.96	2.27	2.27	1.99	1.99
<i>Gd</i>	9.02	7.37	9.80	6.97	6.48	7.41	7.25	6.46	6.47
<i>Tb</i>	1.55	1.23	1.70	1.24	1.14	1.24	1.24	1.06	1.06
<i>Dy</i>	9.65	7.67	10.84	6.54	6.36	6.76	6.59	6.04	6.08
<i>Ho</i>	2.23	1.71	2.42	1.37	1.28	1.39	1.34	1.23	1.17
<i>Er</i>	7.26	5.21	7.60	3.79	3.74	3.92	3.83	3.54	3.54
<i>Tm</i>	1.21	0.84	1.22	0.60	0.59	0.60	0.61	0.51	0.50
<i>Yb</i>	7.87	5.40	8.23	3.51	3.60	3.76	3.65	3.25	3.32
<i>Lu</i>	1.21	0.86	1.25	0.56	0.53	0.57	0.58	0.49	0.48

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Örnek no	07-T60	07-T63	07-T64	07-T72	07-T73	07-T74	07-T76	07-T77	07-T79
Kayaç Tipi	Traki-and	Tefrit	Tefrit	Pomza	Fonotef	Fonolit	Fonolit	Fonolit	Traki-and
<i>Sc</i>	4	11	11	3	6	3	3	3	10
<i>V</i>	20	180	181	<8	100	<8	8	10	72
<i>Co</i>	5.3	39.1	39.4	0.8	22.9	4.2	4.4	4.7	11.2
<i>Ni</i>	0.7	15.8	14.0	2.2	1.9	0.4	0.4	0.3	0.4
<i>Sr</i>	309.4	573.8	573.0	26.8	516.5	224.2	222.9	220.8	331.9
<i>Rb</i>	76.2	29.6	25.3	166.0	49.9	90.9	97.4	93.5	60.3
<i>Ba</i>	647	323	323	94	480	795	766	774	434
<i>Ga</i>	22.9	19.8	20.8	23.3	20.6	24.1	23.2	23.9	21.2
<i>Th</i>	10.2	3.3	3.5	26.0	6.9	11.8	12.9	13.3	8.2
<i>Ta</i>	2.1	0.9	1.0	3.0	1.6	2.5	2.5	2.5	1.4
<i>Nb</i>	44.3	18.8	19.8	58.4	30.0	52.7	52.8	51.6	31.2
<i>Zr</i>	531.3	270.8	275.2	805.0	411.5	584.6	600.5	592.0	395.8
<i>Y</i>	55.2	37.5	38.3	57.3	48.8	51.7	53.4	53.2	45.0
<i>Cs</i>	1.0	0.8	0.6	5.6	1.3	2.0	2.4	2.3	1.4
<i>Hf</i>	11.6	6.1	6.4	17.0	8.9	10.7	11.5	11.4	7.7
<i>U</i>	2.9	0.8	1.1	8.2	2.3	1.6	4.4	3.9	2.9
<i>Pb</i>	15.0	5.8	6.1	2.0	10.3	17.2	11.0	9.8	8.1
<i>La</i>	58.6	31.7	32.1	68.6	48.4	55.7	56.6	56.9	42.0
<i>Ce</i>	125.3	71.0	73.4	133.3	108.7	113.9	114.4	114.8	86.9
<i>Pr</i>	14.08	8.85	9.01	13.53	12.70	12.03	12.44	12.46	9.79
<i>Nd</i>	53.0	35.6	37.2	45.3	52.3	44.2	45.3	45.4	39.1
<i>Sm</i>	9.92	7.31	7.44	8.01	10.03	8.35	8.63	8.60	7.57
<i>Eu</i>	2.77	2.25	2.35	0.67	2.75	2.50	2.48	2.56	2.23
<i>Gd</i>	9.93	7.28	7.58	7.86	9.30	8.11	8.20	8.32	7.74
<i>Tb</i>	1.64	1.20	1.21	1.40	1.47	1.39	1.45	1.46	1.28
<i>Dy</i>	9.14	6.73	6.78	8.45	8.19	8.29	8.68	8.74	7.31
<i>Ho</i>	1.92	1.34	1.35	1.91	1.70	1.76	1.83	1.85	1.55
<i>Er</i>	5.90	3.91	3.80	6.09	4.98	5.50	5.87	5.70	4.63
<i>Tm</i>	0.92	0.58	0.59	1.01	0.77	0.91	0.96	0.92	0.72
<i>Yb</i>	6.18	3.65	3.69	6.68	4.81	5.72	6.19	6.15	4.48
<i>Lu</i>	0.90	0.54	0.55	1.09	0.74	0.91	0.97	0.97	0.71

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Örnek no	07-T81	07-T82	07-T83A	07-T83B	08VANT 117	08-VANT 118	08VANT-124	08VT-136	08T-137
Kayaç Tipi	trakit	traki-and	traki-and	traki-and	tefrifon.	tefrifon.	tefrifon.	traki-and	traki-and
<i>Sc</i>	4	7	6	6			2		
<i>V</i>	<8	44	43	43	47	47	45	<8	<8
<i>Co</i>	1.1	5.7	6.4	6.6	12.2	12.4	12.6	3.7	4.6
<i>Ni</i>	0.4	0.8	1.6	0.8	0.4	0.4	9.8	0.1	0.5
<i>Sr</i>	22.4	274.1	295.4	283.0	656.1	671.4	663.0	245.5	244.5
<i>Rb</i>	155.9	69.8	97.7	96.3	79.4	83.6	80.1	86.4	82.7
<i>Ba</i>	180	752	576	574	601	620	592	784	824
<i>Ga</i>	26.2	22.0	23.1	22.9	19.9	21.9	20.0	23.2	22.5
<i>Th</i>	22.3	9.5	13.0	13.7	9.9	9.9	9.5	12.6	14.1
<i>Ta</i>	3.6	1.7	2.1	2.2	1.9	2.1	1.7	2.6	2.4
<i>Nb</i>	74.4	37.8	43.2	44.2	35.2	34.9	35.8	45.9	49.4
<i>Zr</i>	974.4	431.0	560.0	570.3	373.6	365.7	360.5	547.4	570.7
<i>Y</i>	71.2	43.8	49.7	48.6	57.9	58.6	54.7	54.8	56.1
<i>Cs</i>	5.4	1.3	2.7	2.7	1.7	2.5	2.8	2.1	2.1
<i>Hf</i>	19.8	8.4	11.4	11.4	7.3	7.6	6.8	11.9	11.2
<i>U</i>	6.9	2.0	4.7	5.8	3.1	3.4	3.9	3.2	4.2
<i>Pb</i>	28.4	13.3	14.7	16.7	13.4	12.7	11.6	14.1	10.8
<i>La</i>	75.6	49.7	54.2	55.4	54.3	57.6	52.1	56.9	57.0
<i>Ce</i>	153.2	105.8	113.2	117.8	116.0	118.6	112.5	111.1	112.5
<i>Pr</i>	15.80	11.49	12.04	11.95	13.51	13.57	12.93	12.11	12.49
<i>Nd</i>	56.5	44.7	45.8	45.2	49.9	55.0	51.6	45.2	45.0
<i>Sm</i>	10.94	8.35	8.79	8.76	9.75	10.32	9.93	8.47	8.32
<i>Eu</i>	1.62	2.48	2.34	2.32	2.83	2.82	2.89	2.42	2.49
<i>Gd</i>	10.73	8.13	8.68	8.58	9.63	9.85	9.51	8.03	7.88
<i>Tb</i>	1.91	1.35	1.45	1.45	1.59	1.59	1.60	1.39	1.43
<i>Dy</i>	11.82	7.57	8.59	8.31	9.41	9.28	9.05	8.61	8.25
<i>Ho</i>	2.62	1.58	1.81	1.81	1.96	1.88	1.97	1.75	1.87
<i>Er</i>	8.23	4.65	5.57	5.36	5.49	5.38	5.65	5.27	5.79
<i>Tm</i>	1.38	0.76	0.90	0.90	0.85	0.87	0.90	0.92	0.93
<i>Yb</i>	8.99	4.68	5.78	5.60	5.72	5.71	5.55	6.08	6.21
<i>Lu</i>	1.41	0.74	0.90	0.89	0.81	0.83	0.86	0.94	0.98

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Örnek no	08-TND-58	08-TND-62	08-TND-68	08-TND-69	08-TND-83	08-TND-94	09-T-03	09-TND-5	09-TND10
Kayaç Tipi	Benmorit	Benmorit	Fonolit	Fonolit	Benmorit	Fonolit	Pumis	Trakit	Trakit
Sc	6	3	2	2	6	2	3	1	1
V	41	<8	<8	<8	42	<8	<8	<8	<8
Co	5.7	4.0	1.5	1.3	6.5	1.1	0.5	0.8	1.2
Ni	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	1.9	0.3	0.5
Sr	275.9	232.2	78.0	26.2	291.4	22.4	16.2	28.0	46.5
Rb	95.4	84.8	232.8	252.9	96.7	255.5	163.1	145.6	136.5
Ba	557	748	77	39	557	34	99	459	651
Ga	22.1	22.3	31.6	33.0	22.8	34.0	23.6	26.8	25.5
Th	13.6	12.7	43.1	45.5	12.4	44.8	27.3	20.8	18.7
Ta	2.1	2.4	6.8	7.0	2.1	7.0	2.8	2.9	2.5
Nb	42.3	47.8	130.4	139.4	39.8	138.4	52.7	55.6	53.2
Zr	550.9	561.2	1825.8	1955.3	503.7	1969.0	773.3	742.3	683.3
Y	49.3	48.6	130.6	139.7	48.3	137.4	52.7	71.2	66.9
Cs	2.8	2.3	9.0	9.9	2.4	9.8	5.5	4.7	4.2
Hf	11.6	10.9	38.7	40.1	11.1	40.2	17.3	15.5	13.9
U	4.5	2.7	13.3	13.3	4.3	14.5	8.4	7.0	7.1
Pb	17.0	17.3	55.1	58.0	12.8	59.2	2.0	26.2	25.5
La	53.5	53.0	128.9	134.6	51.3	134.1	67.0	71.1	67.1
Ce	106.8	108.2	256.2	268.1	107.0	269.3	119.9	144.1	137.3
Pr	11.67	11.66	26.78	27.87	11.53	27.99	12.89	15.43	15.00
Nd	44.9	43.5	95.2	95.5	42.8	96.7	43.2	56.3	55.3
Sm	8.47	8.13	17.65	18.41	7.90	18.71	7.86	10.12	10.00
Eu	2.25	2.43	1.57	1.52	2.21	1.51	0.64	1.74	2.02
Gd	7.95	7.54	17.05	17.88	7.50	17.77	7.34	9.21	9.36
Tb	1.42	1.38	3.39	3.54	1.36	3.52	1.38	1.78	1.75
Dy	8.44	8.17	21.76	22.35	7.98	22.30	8.62	10.56	10.44
Ho	1.77	1.81	4.78	5.11	1.64	5.09	1.82	2.33	2.23
Er	5.45	5.49	15.17	16.33	5.19	16.21	5.84	7.35	7.11
Tm	0.91	0.96	2.59	2.79	0.78	2.74	0.99	1.17	1.11
Yb	5.74	6.01	17.48	18.86	5.43	18.31	7.20	8.18	7.83
Lu	0.88	0.93	2.73	2.90	0.84	2.86	1.12	1.26	1.21

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	III	III	III	III	III	III	IV
Örnek no	09-TND-17	09-TND-27C	07-T72	07-T75	07-T80	10-TND-15B	08VANT 126
Kayaç Tipi	Benmorit	Trakit 1	Pumis	Pumis	Pumis	fonotefrit	latit
Sc	6	3	3	3	3	6	
V	40	<8	<8	<8	<8	103	10
Co	5.2	2.3	0.8	0.8	0.5	21.4	6.2
Ni	1.2	1.6	2.2	1.9	2.3	1.2	0.3
Sr	277.5	15.2	26.8	30.1	12.8	545.5	266.8
Rb	61.5	147.5	166.0	166.9	169.5	50.4	87.5
Ba	777	114	94	96	99	498	1441
Ga	21.6	25.0	23.3	23.8	25.4	21.3	20.6
Th	9.0	22.0	26.0	28.5	28.6	6.3	10.6
Ta	1.7	2.7	3.0	3.1	3.1	1.7	1.8
Nb	35.2	53.5	58.4	60.5	62.5	29.1	33.0
Zr	416.1	777.5	805.0	827.2	881.1	416.1	353.3
Y	44.5	56.5	57.3	57.0	59.4	51.6	47.3
Cs	1.0	3.8	5.6	5.6	5.6	1.1	2.5
Hf	9.3	15.9	17.0	16.6	18.0	9.0	7.3
U	2.4	6.2	8.2	8.7	8.6	2.1	4.6
Pb	14.1	25.0	2.0	2.5	2.1	8.6	12.5
La	49.1	66.0	68.6	70.2	73.1	49.8	48.0
Ce	98.5	121.9	133.3	137.1	142.1	110.1	98.3
Pr	11.04	12.98	13.53	13.82	13.95	13.09	11.35
Nd	44.5	46.2	45.3	47.5	47.4	52.2	43.7
Sm	8.09	8.24	8.01	8.47	8.48	10.10	7.86
Eu	2.34	0.97	0.67	0.71	0.67	2.73	2.65
Gd	7.41	7.44	7.86	8.07	8.61	9.49	7.42
Tb	1.26	1.39	1.40	1.41	1.46	1.51	1.32
Dy	7.11	8.71	8.45	8.45	9.25	8.37	7.43
Ho	1.48	1.86	1.91	1.88	1.98	1.71	1.64
Er	4.54	6.00	6.09	6.05	6.30	4.74	4.81
Tm	0.70	1.01	1.01	1.04	1.07	0.76	0.74
Yb	4.65	6.98	6.68	7.04	7.20	5.02	4.98
Lu	0.72	1.08	1.09	1.13	1.15	0.74	0.76

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Örnek no	07-T51	07-T52	07-T86	07-T53	07-T55	07-T57	09-TND-42	09-TND-43
Kayaç Tipi	benmorit	benmorit	benmorit	tefrifonolit	tefrifonolit	tefrifonolit	tefrifo.	tefrifonolit
Sc	2	2	6	2	1	2	2	2
V	11	10	43	45	15	26	55	54
Co	7.4	7.5	6.4	9.6	5.1	7.8	12.4	12.7
Ni	0.2	0.5	0.3	0.9	0.5	0.8	1.3	0.7
Sr	501.9	492.1	273.6	476.2	343.2	504.0	652.9	646.3
Rb	89.9	95.9	99.8	88.5	104.9	95.3	79.8	81.6
Ba	1018	1042	573	889	1191	964	613	596
Ga	21.4	21.6	22.7	21.8	21.8	22.0	21.3	21.5
Th	12.0	12.1	14.0	10.4	13.0	12.2	10.1	9.6
Ta	1.7	1.7	2.1	1.7	1.7	1.5	1.8	1.9
Nb	36.4	36.5	45.5	37.1	40.8	36.9	35.8	34.9
Zr	397.0	401.2	584.2	359.6	443.0	393.5	372.6	359.3
Y	51.2	49.7	50.1	52.5	53.0	52.5	57.4	57.1
Cs	2.2	3.0	2.9	2.8	2.9	2.1	2.6	2.7
Hf	8.6	8.4	11.9	7.4	9.0	8.1	7.0	7.6
U	4.3	5.5	4.6	4.2	5.6	4.3	3.9	3.7
Pb	14.3	14.0	13.4	13.9	16.6	16.0	9.7	14.6
La	54.6	54.8	56.7	52.0	57.2	54.5	54.3	53.8
Ce	113.3	113.6	117.9	109.9	113.1	110.6	114.8	114.3
Pr	12.45	12.25	12.29	12.45	12.59	12.47	13.26	13.12
Nd	45.7	46.4	46.8	46.4	45.3	47.1	53.0	50.8
Sm	8.76	8.81	8.89	9.02	8.53	8.69	9.96	9.43
Eu	2.74	2.75	2.38	2.68	2.74	2.74	2.92	2.85
Gd	7.99	8.11	8.84	9.11	8.42	8.58	10.07	9.84
Tb	1.46	1.44	1.48	1.48	1.44	1.47	1.62	1.60
Dy	8.79	8.92	8.66	8.57	8.30	8.23	9.48	9.37
Ho	1.78	1.76	1.86	1.80	1.77	1.77	2.02	1.98
Er	5.24	5.37	5.76	5.56	5.47	5.37	5.84	5.54
Tm	0.81	0.80	0.91	0.84	0.87	0.85	0.89	0.88
Yb	5.18	5.20	5.85	5.40	5.40	5.47	5.65	5.57
Lu	0.81	0.80	0.91	0.77	0.78	0.78	0.85	0.83

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Örnek no	08T119	08T130	08-T133	08-T134	08-T135	09-TND-26	09-TND-32	08-T138
Kayaç Tipi	tefrifo.	fonolit	fonolit	fonolit	fonolit	fonolit	fonolit	trakit
<i>Sc</i>		1				2	2	
<i>V</i>	47	10	<8	<8	<8	18	<8	<8
<i>Co</i>	12.2	4.4	1.6	1.3	1.4	5.3	2.4	1.4
<i>Ni</i>	0.5	0.4	0.5	1.3	0.2	1.5	0.7	0.2
<i>Sr</i>	669.2	221.3	39.8	38.8	39.0	246.7	128.8	46.5
<i>Rb</i>	80.7	168.8	212.1	235.7	227.6	147.0	161.9	238.6
<i>Ba</i>	616	284	139	133	130	367	287	78
<i>Ga</i>	20.8	25.9	34.2	34.8	36.8	27.7	28.1	35.9
<i>Th</i>	10.4	23.2	34.2	45.4	49.3	21.8	25.1	45.1
<i>Ta</i>	1.9	3.8	5.5	7.3	7.2	3.1	3.4	7.4
<i>Nb</i>	37.3	74.3	93.0	116.5	128.4	64.6	72.1	128.3
<i>Zr</i>	380.4	1010.4	1400.9	1853.3	1944.5	899.0	1052.5	1848.3
<i>Y</i>	59.2	75.6	101.5	127.4	132.9	72.0	71.7	162.1
<i>Cs</i>	2.7	5.2	7.8	9.8	10.2	4.6	5.2	9.4
<i>Hf</i>	6.9	21.6	30.9	39.1	41.1	18.0	20.8	42.5
<i>U</i>	4.0	7.3	13.2	16.3	18.0	7.2	9.2	12.7
<i>Pb</i>	9.8	21.8	37.4	52.2	12.1	26.2	30.3	48.0
<i>La</i>	55.5	72.4	96.9	115.9	116.2	66.8	69.8	144.1
<i>Ce</i>	113.8	144.0	184.4	224.4	216.0	132.6	136.6	283.3
<i>Pr</i>	13.84	15.24	19.15	22.44	22.95	14.07	14.18	28.89
<i>Nd</i>	55.6	53.6	69.8	74.3	79.1	51.2	50.8	103.9
<i>Sm</i>	10.09	10.42	12.53	14.44	14.31	9.57	9.19	19.15
<i>Eu</i>	2.96	1.86	1.59	1.86	1.99	1.91	1.44	1.59
<i>Gd</i>	9.72	9.78	12.65	14.56	14.49	9.15	8.56	19.57
<i>Tb</i>	1.66	1.92	2.43	2.86	2.94	1.71	1.68	3.68
<i>Dy</i>	9.58	11.87	14.69	18.98	18.97	10.69	10.62	23.48
<i>Ho</i>	2.04	2.65	3.48	4.30	4.56	2.33	2.36	5.39
<i>Er</i>	5.78	8.62	11.67	13.85	15.47	7.71	7.76	17.78
<i>Tm</i>	0.87	1.47	1.97	2.41	2.54	1.25	1.31	2.99
<i>Yb</i>	5.81	9.66	12.82	16.94	16.61	8.59	9.10	19.62
<i>Lu</i>	0.87	1.51	2.08	2.45	2.66	1.33	1.40	3.18

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	IV	IV	IV	IV	V	V	V	V
Örnek no	09-TND-13A	07VAN-T70	07VAN-T78	07VAN-T94	07VAN-T56	07VAN-T69	07VAN-T71	07VAN-T96
Kayaç								
Tipi	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit
Sc	4	3	4	4	1	5	5	4
V	20	<8	<8	20	13	25	26	19
Co	3.7	1.8	0.8	3.7	4.0	4.5	4.5	3.6
Ni	0.9	1.2	0.2	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5
Sr	224.1	118.5	8.8	215.0	81.8	251.6	247.4	202.8
Rb	103.8	112.6	158.8	103.2	102.0	97.2	100.3	110.3
Ba	608	671	107	598	809	593	588	587
Ga	22.6	23.5	27.8	23.6	21.0	22.5	22.5	23.2
Th	13.8	15.5	20.7	12.2	10.8	13.2	12.9	13.1
Ta	2.2	2.3	3.3	2.2	1.6	1.9	2.0	2.0
Nb	41.8	50.4	67.9	43.2	34.6	42.2	43.3	43.0
Zr	557.7	676.5	972.4	545.0	346.1	520.3	523.0	550.8
Y	50.7	58.1	75.1	50.0	45.7	49.0	48.9	50.4
Cs	3.0	1.7	4.3	1.8	2.9	2.2	2.5	2.7
Hf	12.0	14.7	20.4	12.2	7.4	11.0	10.5	12.8
U	4.6	2.6	6.6	3.9	4.0	3.8	4.0	5.1
Pb	13.8	17.9	24.4	15.9	15.3	14.1	14.8	15.1
La	52.8	61.9	73.9	53.6	46.7	52.4	53.2	54.1
Ce	104.8	124.2	149.6	106.8	96.1	109.1	107.8	105.6
Pr	11.53	13.33	16.20	11.83	10.72	11.74	11.81	11.88
Nd	44.2	48.2	57.5	41.6	41.1	44.2	43.3	40.8
Sm	7.98	8.94	10.80	7.57	7.63	8.16	8.32	7.73
Eu	2.17	2.08	1.55	2.17	2.42	2.15	2.22	2.06
Gd	7.56	8.71	10.89	7.62	7.45	7.85	8.10	7.43
Tb	1.33	1.50	1.94	1.37	1.27	1.34	1.34	1.36
Dy	8.08	9.04	11.83	7.97	7.08	7.96	7.91	7.62
Ho	1.74	1.90	2.63	1.73	1.58	1.66	1.67	1.76
Er	5.29	6.04	8.39	5.17	4.68	5.10	5.01	5.28
Tm	0.83	0.98	1.38	0.88	0.76	0.83	0.83	0.87
Yb	5.66	6.49	8.85	5.58	4.97	5.34	5.24	5.32
Lu	0.90	1.02	1.41	0.89	0.70	0.82	0.84	0.86

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

Evre	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Örnek no	07-T97	08T122	08T123	08T125	08T127	08T131	08T132	08-TND-1A	08-TND-92	09-TND-9
Kayaç Tipi	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit	trakit
Sc	4						5	4	6	3
V	19	13	15	<8	<8	23	27	22	38	18
Co	3.4	4.2	4.4	1.9	2.8	4.1	4.7	3.7	5.8	3.5
Ni	0.6	0.4	0.3	<0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.8	0.4
Sr	215.2	240.5	259.8	41.6	54.2	240.9	270.0	223.5	247.9	209.7
Rb	105.5	121.8	115.7	143.4	121.6	100.6	99.8	100.0	104.6	111.3
Ba	559	540	536	202	398	584	596	569	492	589
Ga	21.8	24.2	22.8	23.8	24.1	21.5	22.9	21.5	21.9	24.2
Th	11.3	13.8	14.6	16.4	12.3	12.8	12.3	12.4	14.2	14.3
Ta	2.1	2.6	2.4	2.6	2.1	2.1	1.9	2.0	2.2	2.1
Nb	41.4	47.6	45.0	47.2	38.1	39.0	39.8	41.6	44.6	44.4
Zr	522.7	597.3	604.8	548.0	419.5	525.5	509.9	525.4	594.6	592.3
Y	48.3	52.5	54.3	63.5	52.1	50.4	46.7	46.3	49.4	52.7
Cs	2.6	3.3	2.8	3.8	3.4	2.6	2.5	2.7	3.0	3.0
Hf	11.9	13.1	12.2	11.1	9.4	10.5	10.7	11.1	12.0	12.8
U	4.4	5.1	5.1	5.4	4.1	4.2	4.2	4.3	4.6	4.5
Pb	13.9	14.9	13.2	13.4	18.8	10.4	12.3	15.9	10.4	16.1
La	51.7	56.2	54.4	64.4	57.9	52.0	50.8	50.9	51.9	53.8
Ce	103.5	109.9	107.5	129.4	115.1	102.2	106.4	103.0	107.5	107.0
Pr	11.13	11.45	11.74	14.07	12.13	11.58	11.28	11.23	11.65	11.71
Nd	38.4	43.4	42.1	52.5	46.4	42.1	42.9	43.5	43.2	43.3
Sm	7.16	7.89	7.88	9.57	8.55	7.66	7.76	7.91	8.56	8.06
Eu	2.09	1.92	1.96	2.05	2.21	2.12	2.25	2.13	2.15	2.12
Gd	7.36	7.82	7.53	9.17	8.32	7.18	7.48	7.44	7.82	7.54
Tb	1.30	1.34	1.33	1.54	1.41	1.30	1.34	1.34	1.45	1.35
Dy	7.39	8.17	8.17	9.65	7.84	7.74	7.90	7.89	8.73	8.13
Ho	1.63	1.78	1.74	1.97	1.72	1.69	1.65	1.66	1.86	1.74
Er	5.00	5.48	5.22	5.92	5.35	5.04	5.23	5.16	5.66	5.60
Tm	0.84	0.95	0.88	1.03	0.91	0.81	0.81	0.86	0.96	0.89
Yb	5.28	6.23	6.11	6.91	5.68	5.40	5.48	5.44	5.99	6.02
Lu	0.82	0.94	0.90	1.02	0.88	0.82	0.84	0.85	0.92	0.93

Çizelge 4.3. Tendürek volkanitlerinin püskürme Evresi ayırımına göre iz element-REE jeokimyasal analiz sonuçları (devam)

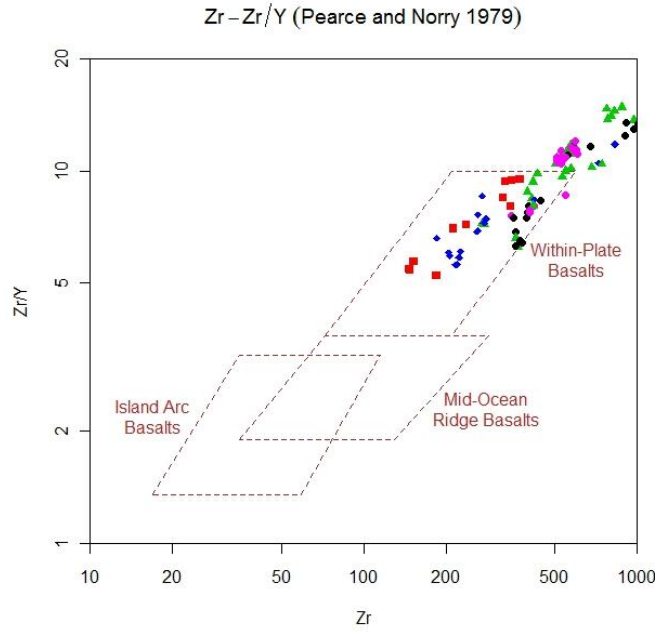
Evre	V	V	V	V	V	V	V	V
Örnek no	09-TND-39	09-TND-46	09-TND-49	09-TND-52	09-TND-71	09-TND-74	09-TND-75	10-TND-22
Kayaç Tipi	trakit	Trakit	Trakit	Trakit	Trakit	Trakit	Trakit	Trakiand.
<i>Sc</i>	4	1	4	3	4	5	5	1
<i>V</i>	30	21	22	23	15	24	22	<8
<i>Co</i>	3,4	5,5	3,4	4,3	3,8	4,4	4,4	4,2
<i>Ni</i>	0,5	1,9	0,2	1,4	1,1	0,6	1,0	0,2
<i>Sr</i>	225,2	463,0	203,2	237,8	216,3	253,8	241,4	452,2
<i>Rb</i>	105,5	106,6	107,9	108,8	105,1	99,0	100,1	114,7
<i>Ba</i>	568	679	547	547	573	584	596	701
<i>Ga</i>	22,9	22,1	22,6	22,3	23,0	22,1	21,6	21,4
<i>Th</i>	12,6	13,7	14,3	12,7	12,8	12,5	12,6	15,4
<i>Ta</i>	2,0	1,8	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	1,7
<i>Nb</i>	38,4	36,8	42,4	41,0	40,5	39,4	39,1	35,6
<i>Zr</i>	512,2	406,1	572,6	547,6	539,8	510,5	510,7	403,7
<i>Y</i>	48,5	52,6	49,5	50,3	49,8	47,8	47,1	51,6
<i>Cs</i>	2,6	2,9	2,7	2,8	1,4	2,5	2,6	3,7
<i>Hf</i>	10,9	8,4	12,3	11,6	11,8	11,0	10,5	8,1
<i>U</i>	4,5	5,7	4,2	4,6	3,5	4,0	4,2	6,8
<i>Pb</i>	11,9	17,9	13,7	8,6	13,8	12,1	13,3	17,0
<i>La</i>	50,2	54,8	52,6	51,7	52,3	52,3	51,6	55,5
<i>Ce</i>	102,4	111,9	106,2	104,6	106,0	107,4	107,0	105,5
<i>Pr</i>	10,90	12,10	11,50	11,28	11,47	11,50	11,29	11,68
<i>Nd</i>	41,3	46,7	40,9	41,5	42,0	43,8	42,1	41,9
<i>Sm</i>	7,33	8,32	7,59	7,61	7,85	8,06	7,96	7,48
<i>Eu</i>	2,07	2,31	2,02	2,05	2,11	2,21	2,14	2,11
<i>Gd</i>	7,48	8,37	7,67	7,56	7,96	7,99	7,87	7,28
<i>Tb</i>	1,28	1,41	1,34	1,30	1,30	1,30	1,32	1,29
<i>Dy</i>	7,74	8,50	8,48	8,24	7,75	7,69	7,84	8,08
<i>Ho</i>	1,64	1,79	1,78	1,70	1,67	1,67	1,64	1,72
<i>Er</i>	5,01	5,42	5,40	5,26	5,18	5,14	5,20	5,05
<i>Tm</i>	0,80	0,85	0,85	0,87	0,82	0,80	0,79	0,84
<i>Yb</i>	5,44	5,64	5,82	5,73	5,71	5,40	5,57	5,63
<i>Lu</i>	0,84	0,88	0,88	0,88	0,85	0,82	0,84	0,86

Çizelge 4.4 Traki-ön ekli volkanitlerin Na₂O ve K₂O oranlarına göre detaylı sınıflaması (Le Maitre, 2002)

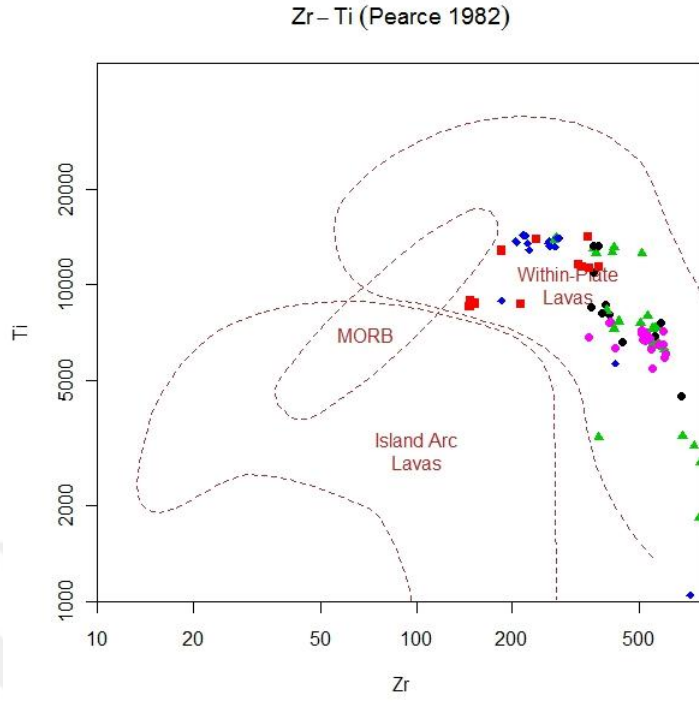
Na ₂ O ve K ₂ O oranları	Trakibazalt	Bazaltik Trakiandezit	Trakiandezit
Na ₂ O-K ₂ O ≥ 2	Havayit	Mujearit	Benmorit
Na ₂ O-K ₂ O ≤ 2	Potasik Trakibazalt	Şoşonit	Latit

4.3.1.2. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin tektonik ayırtlama diyagramları

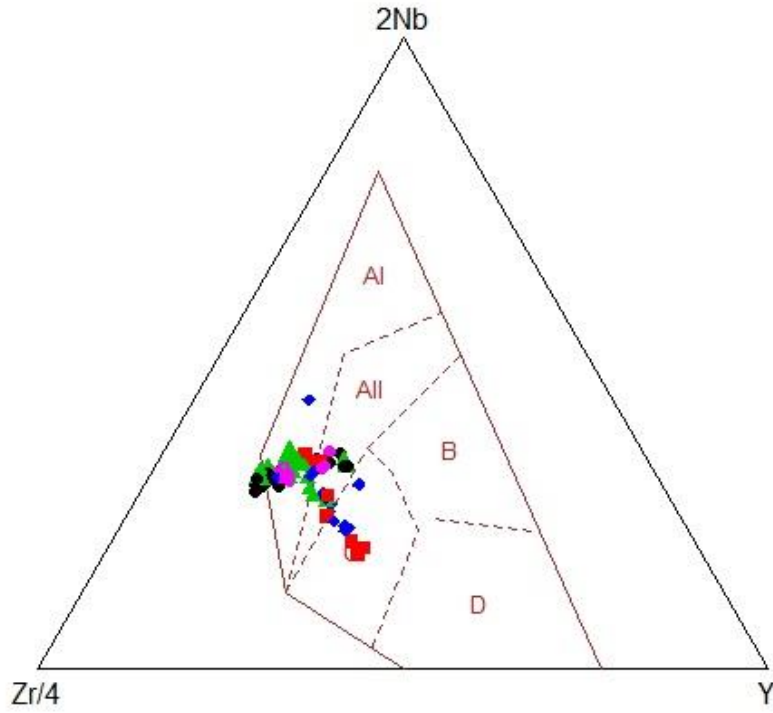
Tendürek ve çevresi ile ilgili volkanizmanın sonucu olan % SiO₂ içeriği %60' dan az olan bazik karakterdeki lav örnekleri, Pearce ve Norry (1979) ve Pearce (1982)'in jeotektonik sınıflama diyagramlarında kıta içi lavlara ait alanlara izdüşmektedir (Şekil 4.84a). Grafikler üzerinde iz düşen örnekler yine daha önce ayrılan 5 volkanik püskürme evresi grubunu simgelemektedir. Zr/Y karşı Zr diyagramında Evre I ve Evre II evrelerine ait örneklerin tamamı yine kıta içi lavlar alanına düşerken Evre III, Evre IV ve V örneklerinden bir kısmı levha içi lavlar alanının dışında kalmaktadır. Pearce (1982)'in jeotektonik ayırım diyagramında bütün örnekler kıta içi lavlar alanında yer almaktadır (Şekil 4.84b ve 4.84c).



Şekil 4.84a. Tendürek volkanitlerine ait Zr-Zr/Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979).



Şekil 4.84b. Tendürek volkanitlerine ait Zr-Ti diyagramı (Pearce 1982).



Şekil 4.84c. Tendürek volkanitlerine ait 2Nb-Zr/4-Y diyagramı Meschede (1986).

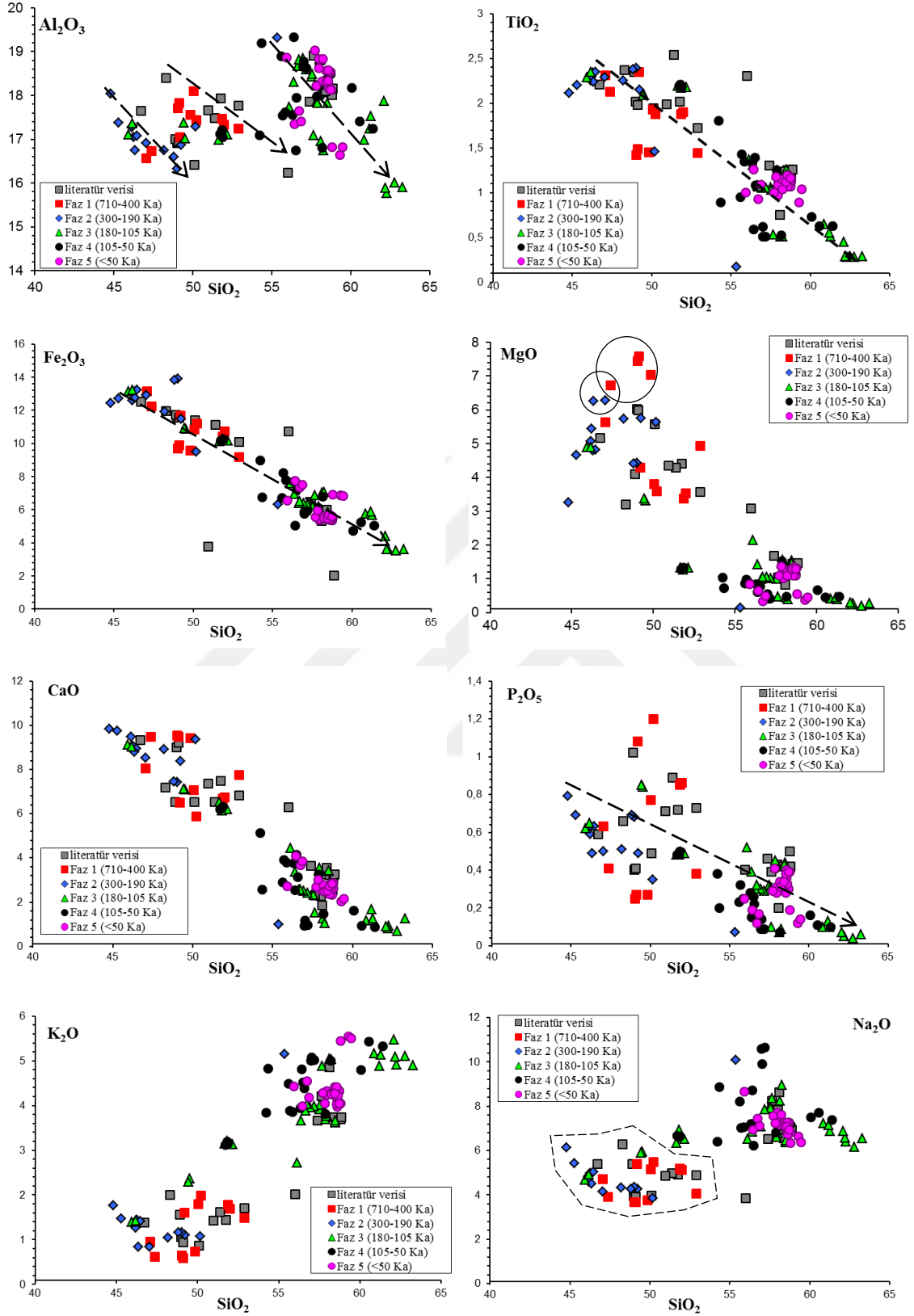
4.3.1.3. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin ana element ayrışma trendleri

Stratigrafi bölümünde 5 volkanik püskürme evresine ayrıldığı belirtilen volkanitlere ait ana element oksit değerleri, Şekil 4.85’de Harker diyagramlarına farklı simgelerle iz düşülmüş olup, yorumları bu bölümde sunulmaktadır.

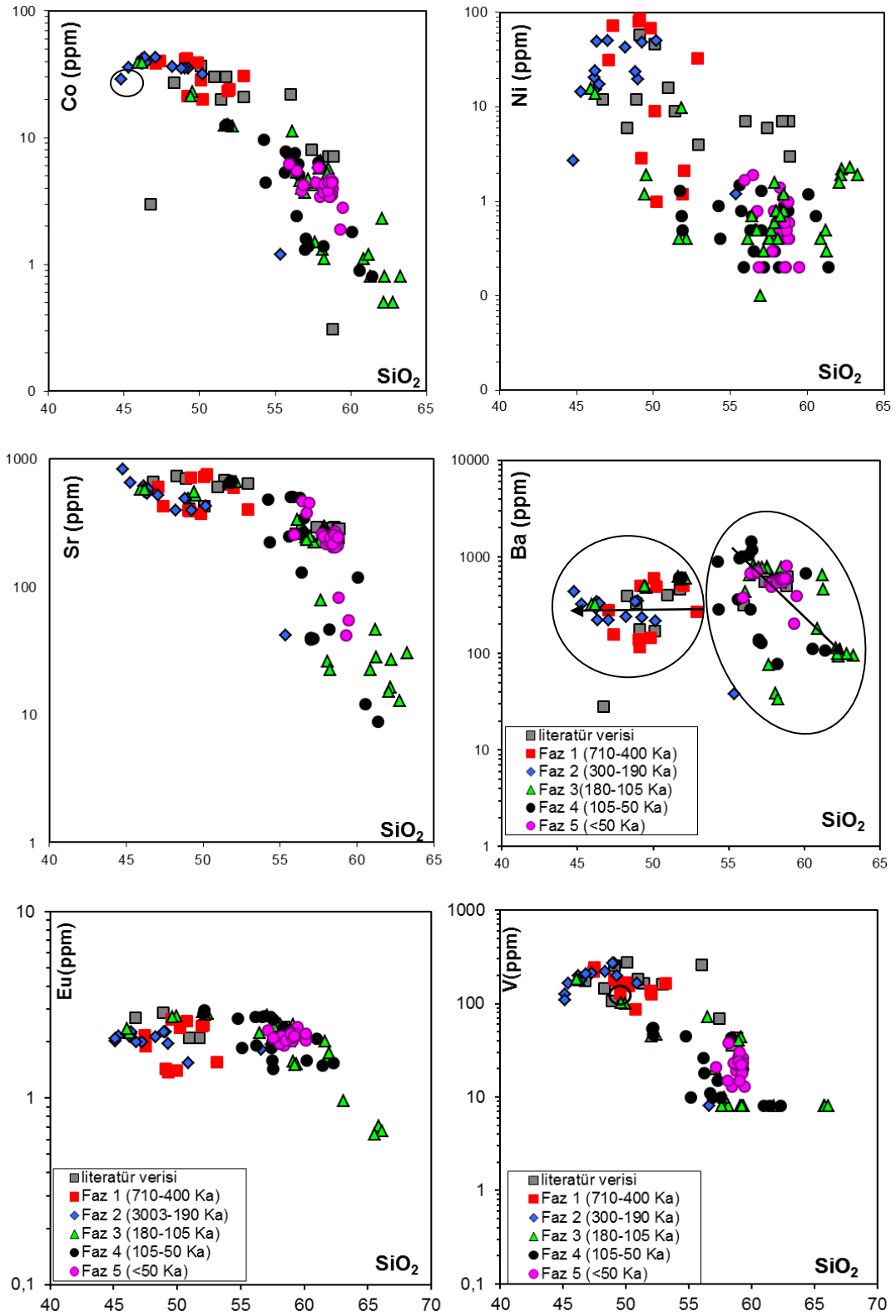
Harker diyagramlarında görüldüğü üzere; TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , P_2O_5 ana element oksitleri değerleri SiO_2 oranı arttıkça azalmakta ve dolayısıyla SiO_2 ile negatif ilişki göstermektedir. K_2O ise pozitif bir ilişki sunar. Na_2O ana oksit değerlerinde ise I. ve II. Evre lavları ile III. IV. ve V. Evre lavlarının Na_2O değerleri iki grupta toplanarak dağıldıkları yani iki ayrı grup oluşturduğu görülmektedir. Evre I – Evre II ve son evreye ait veri noktalarının birlikte davranarak Evre III, Evre IV, Evre V lavlarının Al_2O_3 değerlerinde üç farklı negatif yönelim gösterdiği görülmektedir. Bu negatif trendler, evrelerden her birinin kendi içinde feldspatça zengin bir mineral kombinasyonu kristallendirdiği şeklinde yorumlanabilir. Diğer mineral ayrışmalarına ait izler ise; SiO_2 oranı arttıkça / magma evrimleştikçe Fe_2O_3 ve MgO ’nun azalması, olivin ve piroksen minerallerinin kristallendiğine, Ca zengin Plajiyoklasların ayrışması ile de CaO değerindeki azalma olarak gösterilebilir. Harker diyagramları üzerinde negatif, pozitif yönelimler ve gruplaşmalar işaretlerle belirtilmiştir. MgO grafiğinde yuvarlak içine alınan örnek grupları ise, yüksek MgO içeriğine sahip olmaları sebebi ile işaretlenmiştir. 07-VAN-T58 ve 59 Nolu örneklere ait (Kırmızı tepe bazaltları) olan bu lavlar, çalışma alanındaki en yüksek MgO içeriğine sahip olanlardır. Bu ikili değişim diyagramlarında gözlenen doğrusal trendler yalnız fraksiyonel kristallenme ile açıklanamaz. Fraksiyonlamanın yanında magma-mixing süreçlerinin de etkin olduğunu düşündürür (Keskin, 2002).

4.3.1.4. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin iz element ayrışma trendleri

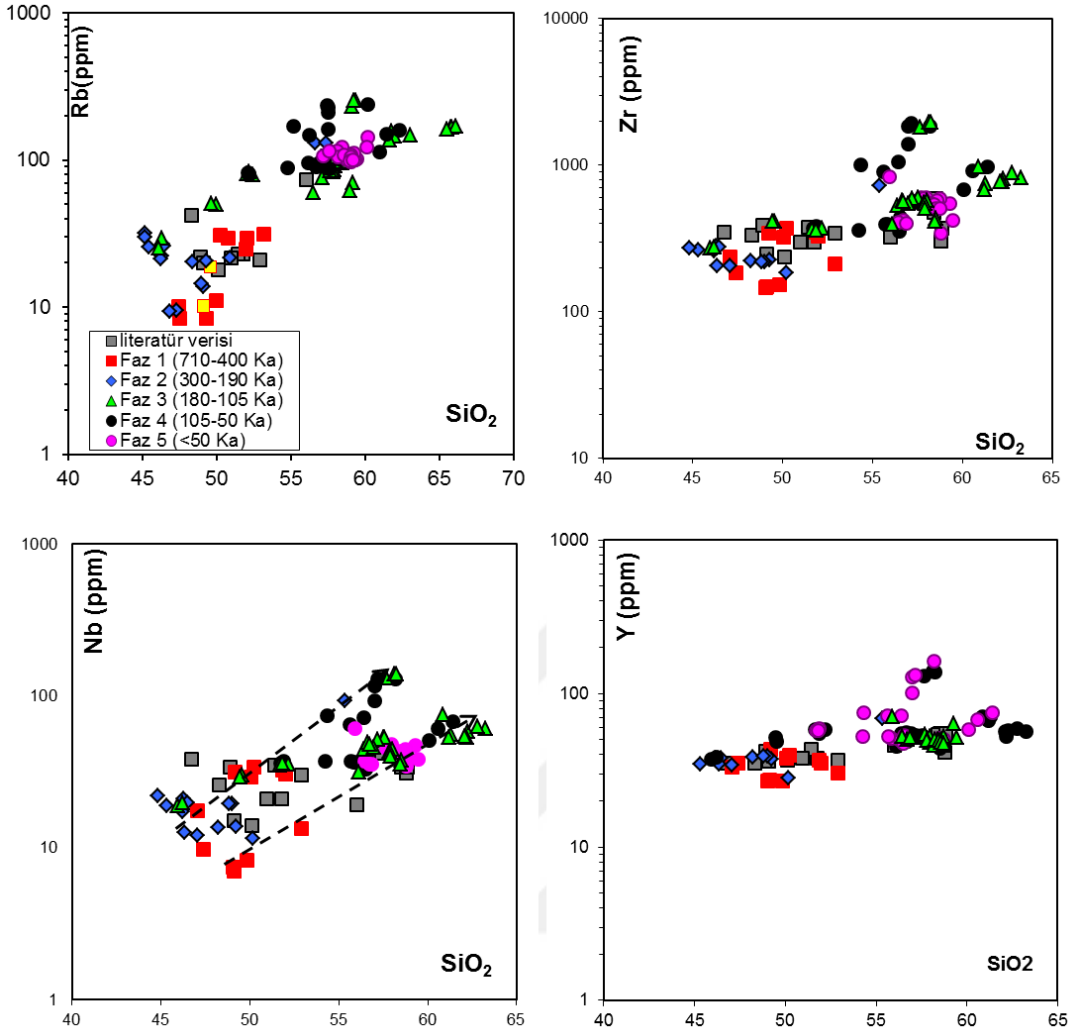
İz elementlere karşı SiO_2 ikili dağılım yani Harker diyagramları üretilerek magma ayrışmasıyla ilgili yoruma gidilmiştir (Şekil 4.86).



Şekil 4.85 Tendürek volkanitlerinin SiO_2 'ye karşı ana element oksit değerlerinin Harker değişim diyagramları. Lavlar, volkanik püskürme evrelerine göre ayrılmıştır.



Şekil 4.86. Tendürek volkanitlerinin SiO₂- iz element Harker değişim diyagramları.



Şekil 4.86. Tendürek volkanitlerinin SiO_2 - iz element Harker değişim diyagramları (devam).

Co, Ni, V elementlerinde gözlenen parabolik ve doğrusal negatif eğilim, Fe'ce zengin olivin, piroksen gibi minerallerin ayrılaşmasından kaynaklanmaktadır. %60'dan fazla SiO_2 içeren lavların Sr konsantrasyonlarının hızla azalıp negatif yönelim sunmaları ise Plajiyoklasların kristellenmesi ile ilişkilidir.

Rb, Zr, Ba gibi uyumsuz elementlerin bazik magmalarda SiO_2 ile pozitif eğilim sergilemesi beklenir. Bu elementler magmadan son evrede K-feldspat, mika ve aksesuar minerallerin kristellenmesiyle tüketilirler. Bu sebeple Ba elementi değişim diyagramında görüldüğü üzere özellikle Evre III, IV ve V'de negatif yönde bir eğilim görülmektedir. Al_2O_3 major oksit Harker ve Ba iz element Harker diyagramları

dağılımları benzerlik göstermektedir. Bu sonuç, son üç volkanik evrede K-feldspatça zengin minerallerin ayrılaştığını ortaya koymaktadır.

Ni, Co, V uyumlu elementlerinin SiO_2 'ye karşı negatif eğilim sergilemeleri Olivin ve Piroksen minerallerinin kristallenmesi ile ilişkilidir. 5. Evre'ye ait örneklerin hemen hemen tamamı Büyük Tendürek formasyonunda yer aldığından belli bir SiO_2 aralığında sıkışır ve bütün grafiklerde bir noktada kümelenir.

Sr elementine karşı SiO_2 grafiğinde gözlenen negatif korelasyon Plajiyoklas mineralinin fraksiyonel kristallenmesi ile açıklanabilir. Bu tür grafiklerde parabolik eğriler akla fraksiyonel kristallenmeyi getirir (Keskin, 2008).

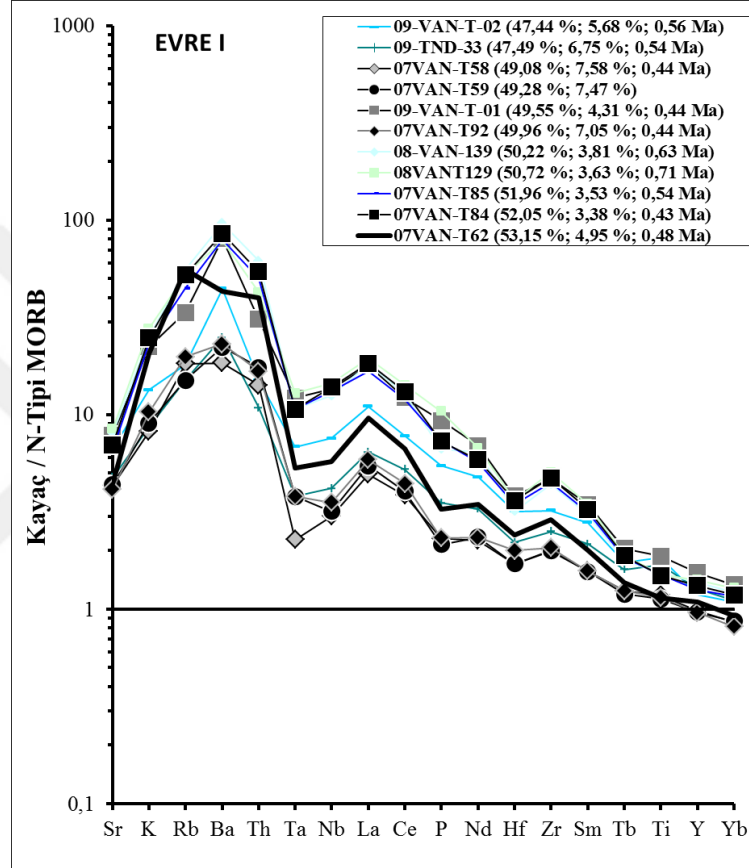
1 ve 2. Evrede Ba yatay trend izlerken Evre 3, 4 ve 5 te negatif yönde eğilim segilemiştir. Bu SiO_2 zenginleşmesine karşı gerçekleşen negatif yöndeki eğim K-Feldspat kristallenmesi ile açıklanabilir.

4.1.3.5. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin çoklu (multi) element patternleri

Bu bölümde her evre için ayrı ayrı multi element diyagramları oluşturulmuştur. Ancak evreler bir çok formasyon ve farklı kayaç grupları içerdiğinden grafiklerin daha kolay anlaşılabilmesi için, ayrıca farklı petrografik sınıflamaları belirten diyagramlar oluşturulup, bu diyagramlarda ait oldukları formasyon ve evre anlaşılır şekilde gösterilmeye çalışılmıştır. NMORB'a normalize edilmiş çoklu element spider diyagramlarının oluşturulmasında normalizasyon değerleri, Sun ve Mc Donough (1989)'dan alınmıştır. Diyagram yatay ekseninde ise Pearce ve ark. (1990) tarafından önerilen element dizilim sırası kullanılmıştır. Diyagramda ilgili olduğu evreye ait örnek numaralarının hemen sağında parantez içinde sırasıyla % SiO_2 ; %MgO ; K/Ar yaş verileri gösterilmiştir. Her örneğin izlediği trendleri ayırt edebilmek için evrelerin ayırımına ek olarak petrografik türleride gruplandırılarak ayrı ayrı diyagram oluşturulmuştur (Şekil 4.87, 4.88, 4.89, 4.90, 4.91, 4.92, 4.93, 4.94, 4.95, 4.96, 4.97).

SiO_2 oranı % 60'ın altında olan lav örneklerinin bu tip sipider diyagramlarına iz düşürülmesi, kaynak alan hakkında yorum yapılabilmesine olanak sağlar. Çünkü evrimleşmiş ve SiO_2 oranı yükselen magmalarda kaynak alana ait izler, kristallenme ve diğer magma odası işlemleri ile karmaşık hale gelirler ve dolayısıyla kaynağa ait jeokimyasal imzaları ve izleri izleyebilmek zorlaşır.

Evre I içinde sınıflandırılan lavlara ait örneklerin N-MORB'a normalize edilmiş spider diyagramı şekil 4.87'de verilmiştir. HFS elementler LILE ve LRE elementlere oranla N-MORB'a göre az miktarda zenginleşirken LILE ve LRE elementlerinde zenginleşme belirgindir.



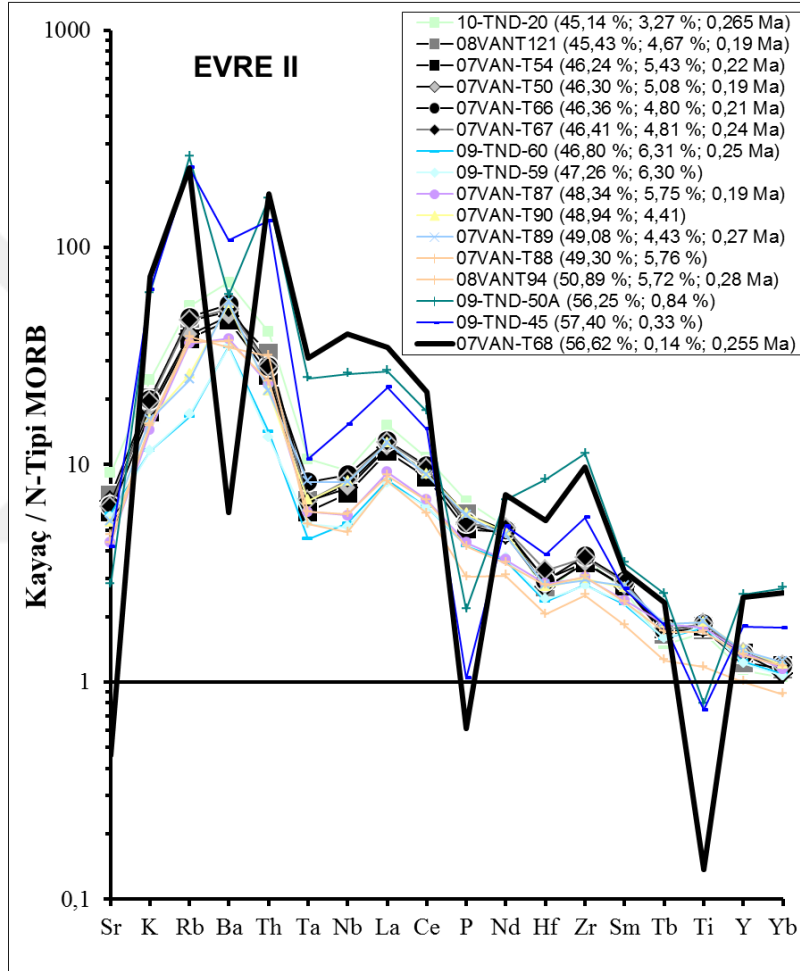
Şekil 4.87. Evre I volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramları.

Kırmızı tepe bazaltları, 07VAN – T92, 07VAN – T58 nolu örneklerde Y ve Yb elementlerinin N-MORB'a göre fakirleştiği izlenmektedir. Bazalt formasyonlarında Ta, Nb ve Hf elementleri ise komşu elementlere göre düşüş görülmektedir (Şekil 4.92 a).

Evre I'in trakibazalt formasyonlarında ise bazalt formasyonlarında olduğu gibi HFS elementler LILE ve LRE elementlere oranla N-MORB'a göre zenginleşmiştir ve Al tepe mujaritinde Yb elementinin N-MORB'a göre fakirleştiği görülür (Şekil 4.92b).

Evre II içinde sınıflandırılan lavlara ait örnekler ise Çiçekli bazaltı, Alakaya havayiti, Tütek, Çaldıran ve Taşkale tefritlerinde Evre I de olduğu gibi Sr'dan Th'a

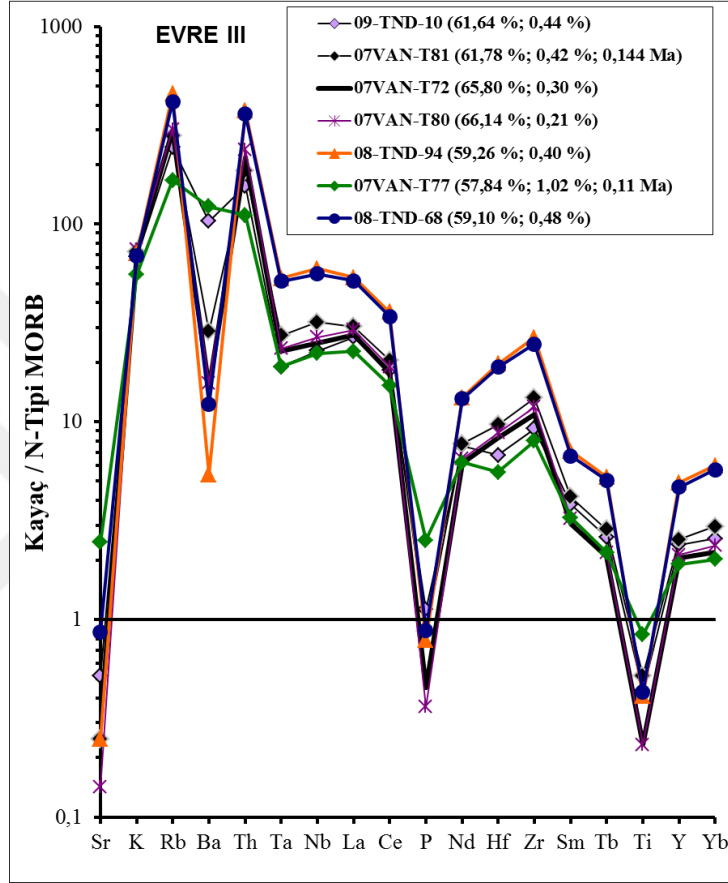
kadar LILE ve LRE elementlerce zenginleşme görülür. Th, Nb elementlerinde ise aynı şekilde komşu elementlere göre düşüş izlenir (Şekil 4.92a , 4.93a ve 4.97a). II. Evrede görülmeye başlayan Çömçeli fonolitlerinde Ba, P ve Ti elementlerinde negatif anomali göze çarpmaktadır. Diğer elementlere oranla tüketilen bu elementler fonolitlerde feldspatların kristallenmesi ve apatit gibi aksesuar minerallerin kristallendiğini göstermektedir (Şekil 4.95).



Şekil 4.88. Evre 2 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramları.

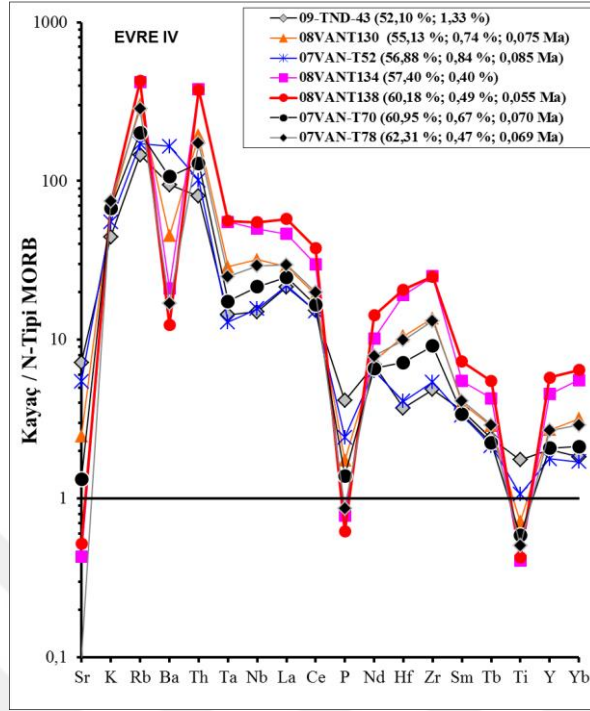
Evre III'de, Yanıktaş tefrifonoliti Evre I ve Evre II lavları ile benzer element oranları verirken benmoritlerde ise Ba, P, Ti elementlerinde hafif oranda azalma başlar trakitlerde ve fonolitlerde bu elementlerin negatif anomalileri oldukça belirgindir. Bu düşümler, K-Feldspat, apatit gibi minerallerin kristalizasyonu ile ilişkilendirilebilir (Şekil 4.96a).

IV. Evre trakiandezit formasyonlarında Sr'dan Th'a kadar LILE elementlerde zenginleşme görülürken, Soğuksu benmoritlerinde de zenginleşme devam ederken Ba, P ve Ti elementlerinde komşu elementlere göre hafif bir düşüm (negatif anomali) söz konusudur (Şekil 4.93b).

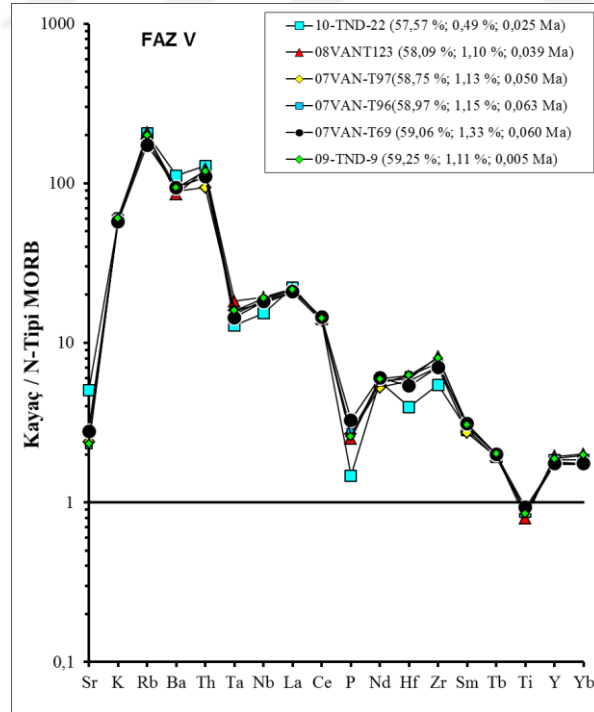


Şekil 4.89 Evre 3 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramları.

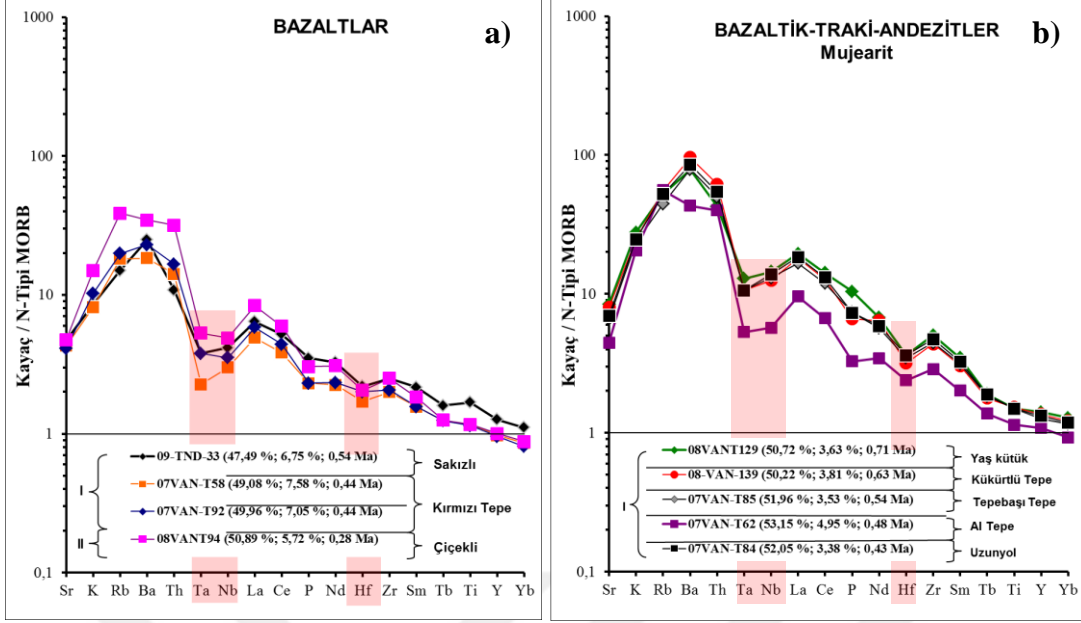
Fonolitlerde ve trakitlerde K-Feldspat ve aksesuar minerallerin kristalizasyonunu işaret eden Ba, P ve Ti element konsantrasyonundaki benzer eğilimler IV. Evre'de bulunmaktadır (Şekil 4.94 ve Şekil 4.95). Klavuz tefrifonolitleri yalnız P ve Ti elementlerince anomali verirken, Yanıktaş tefrifonolitleri (1 ve 2) P ve Ti yanında Ba elementince de negatif eğilim verir (Şekil 4.96a). V. Evre'ye ait iki formasyondan Büyük Tendürek trakiti ve Susuz Tepe benmoriti'nde de Ba, P ve Ti elementlerindeki komşu elementlere kıyasla negatif anomaliler görülmektedir (Şekil 4.94). Bu anomaliler, III. ve IV. Evre'de başlayan K-Feldspat ve apatit gibi aksesuar minerallerin kristallenmesinin son evrede de devam ettiğine işaret etmektedir.



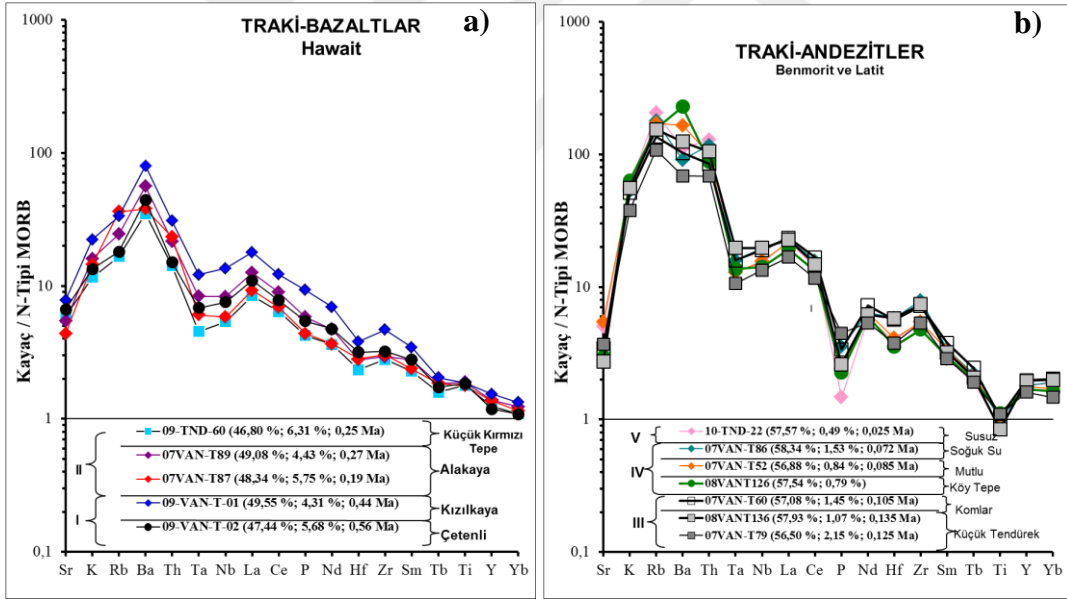
Şekil 4.90. Evre 4 volkanitlerine ait çoklu iz element örümcek diyagramlar.



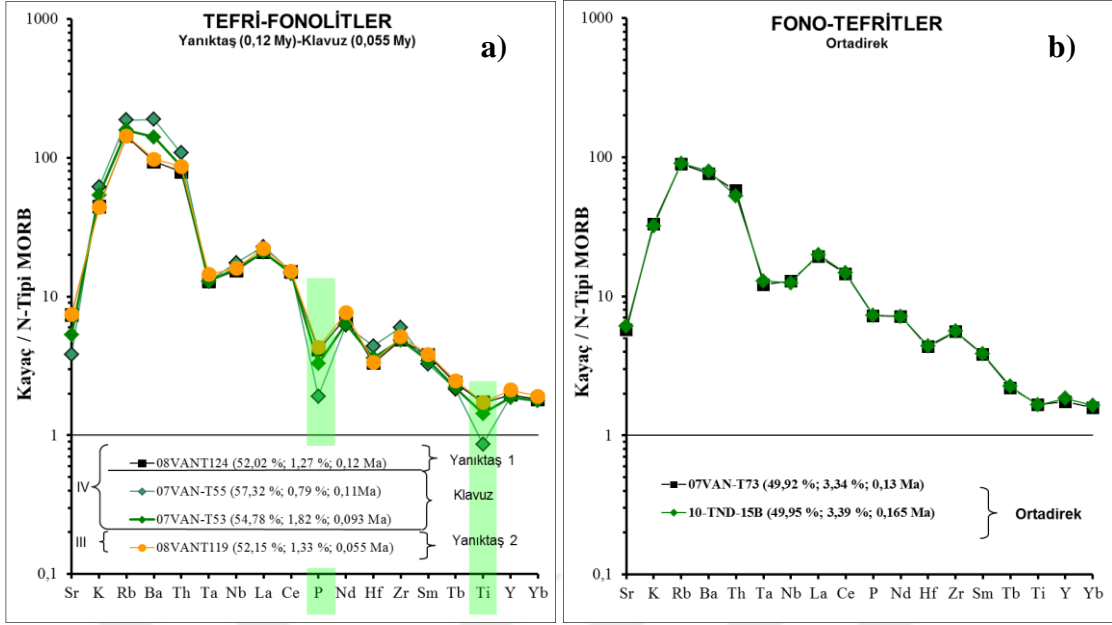
Şekil 4.91 Evre 5 volkanitlerine ait örümcek çoklu iz element diyagramlar.



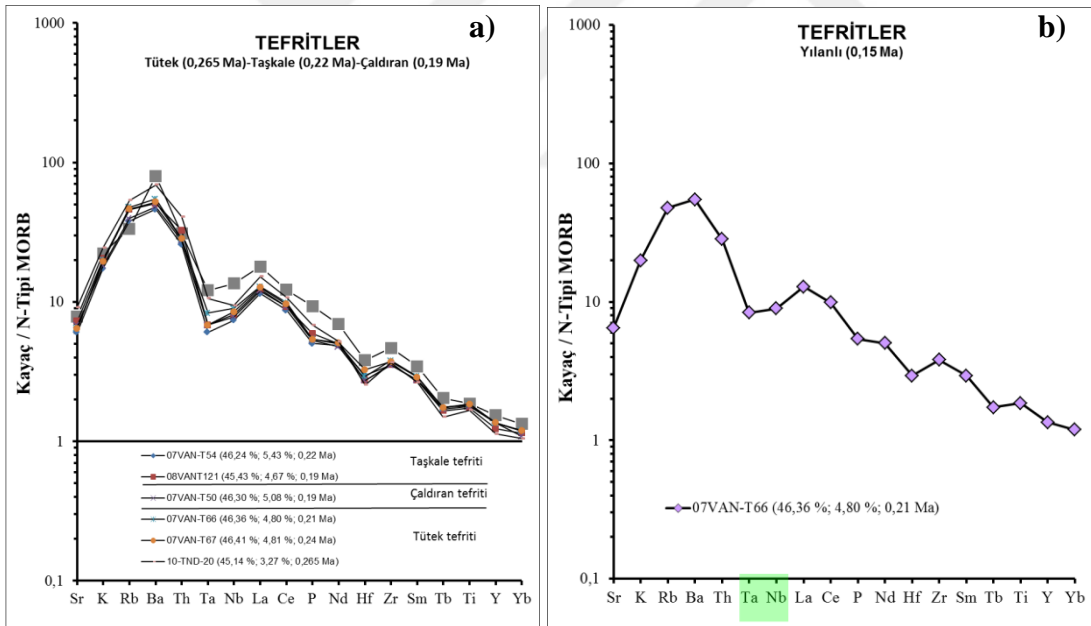
Şekil 4.92. Bazalt (a) ve Bazaltik-trakiandezit (b) örümcek çuklu iz element diyagramları.



Şekil 4.93. Trakibazalt (a) ve Trakiandezitler (b) için formasyonları ve ait oldukları evreleri gösteren, seçili örnekler ile oluşturulan örümcek çuklu iz element diyagramları.



Şekil 4.96. Tefrifonolit (a) ve Fonotefrit (b) formasyonları ve ait oldukları evrenin temsilci örnekleri ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramları.

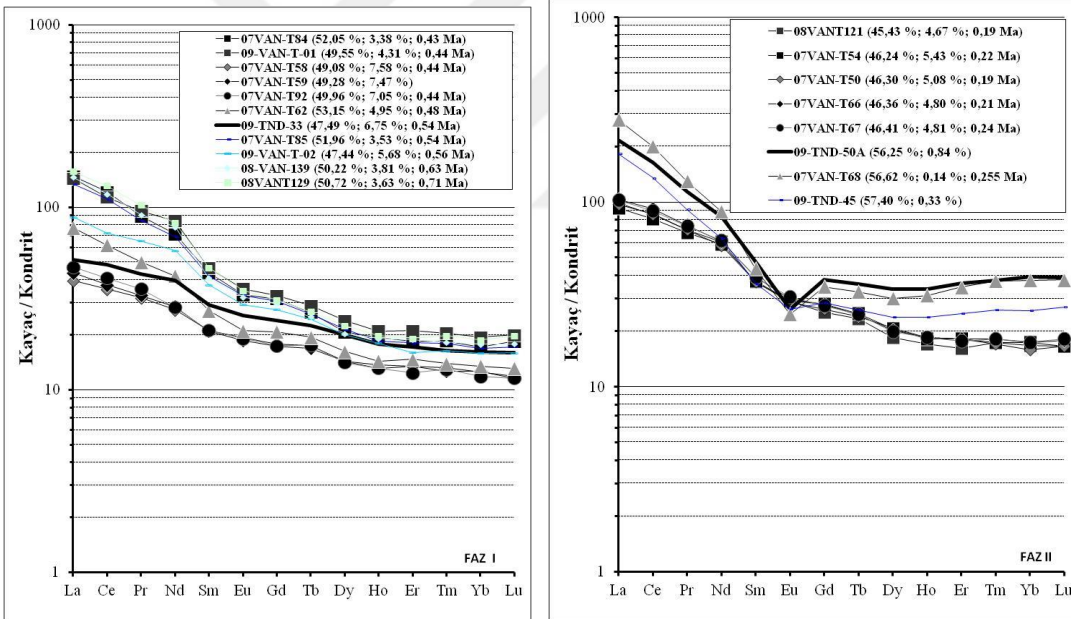


Şekil 4.97. Tefritler ve ait oldukları evrenin temsilci örnekleri ile oluşturulan örümcek çoklu iz element diyagramları.

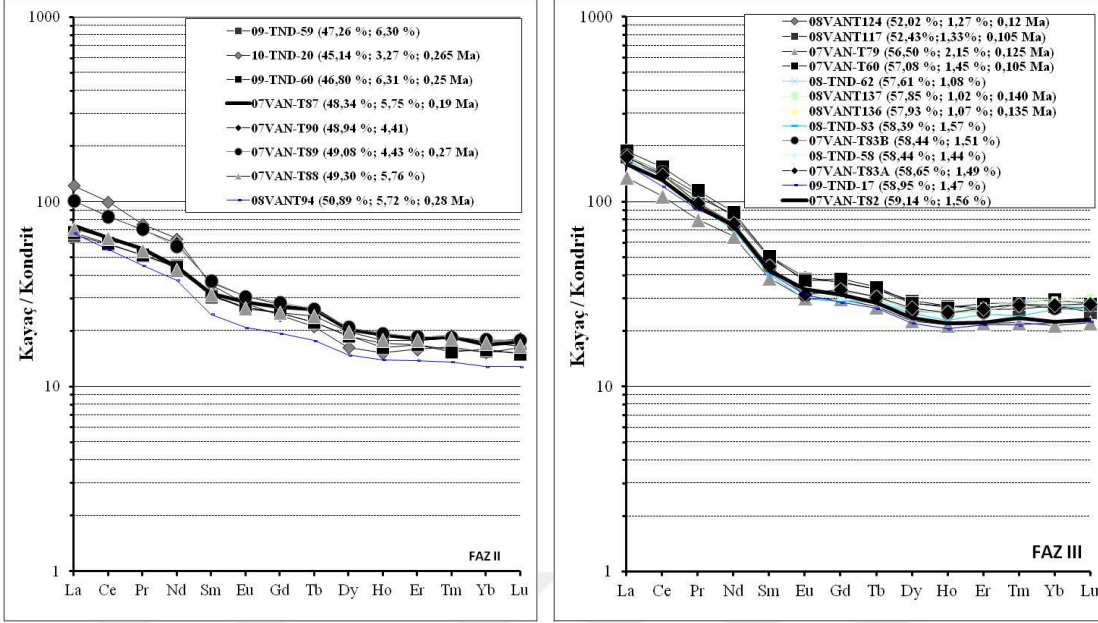
4.1.3.6. Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin nadir toprak element (REE) patternleri

Belirlenen beş faza ait lavların nadir toprak elementi (REE) diyagramları Şekil 4.98'den Şekil 4.102'ye kadar verilmiştir. Sun ve Mc Donough (1989)'un önerdiği Kondrit bileşime normalize edilmiş diyagramlar kullanılmıştır. Her faza ait diyagramda örnek numaralarının yanında parantez içinde sırasıyla %SiO₂, %MgO ve K/Ar yaş verileri verilmiştir.

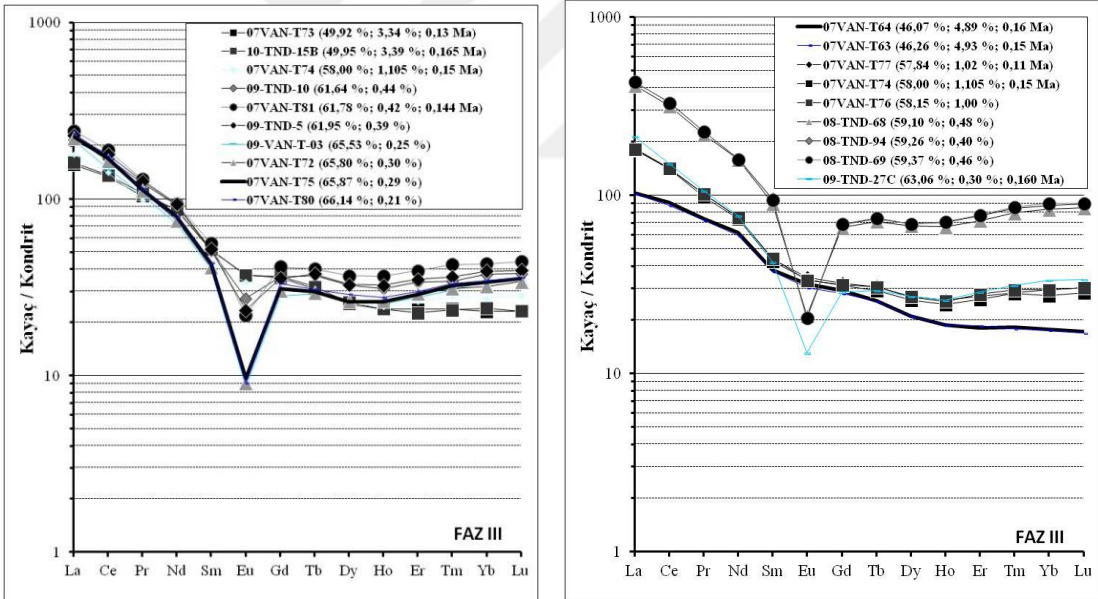
Tüm fazlarda hafif nadir toprak elementlerin (LREE) ağır nadir toprak elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleştiği görülmektedir. Sadece fonolitlerde ve trakitlerde Eu anomalisi görülmektedir. Bu Eu anomalisinin bu birimlerin magma odası kristallenme sürecinde plajiyoklasın oluşumu ile ilişkili olduğu söylenebilir.



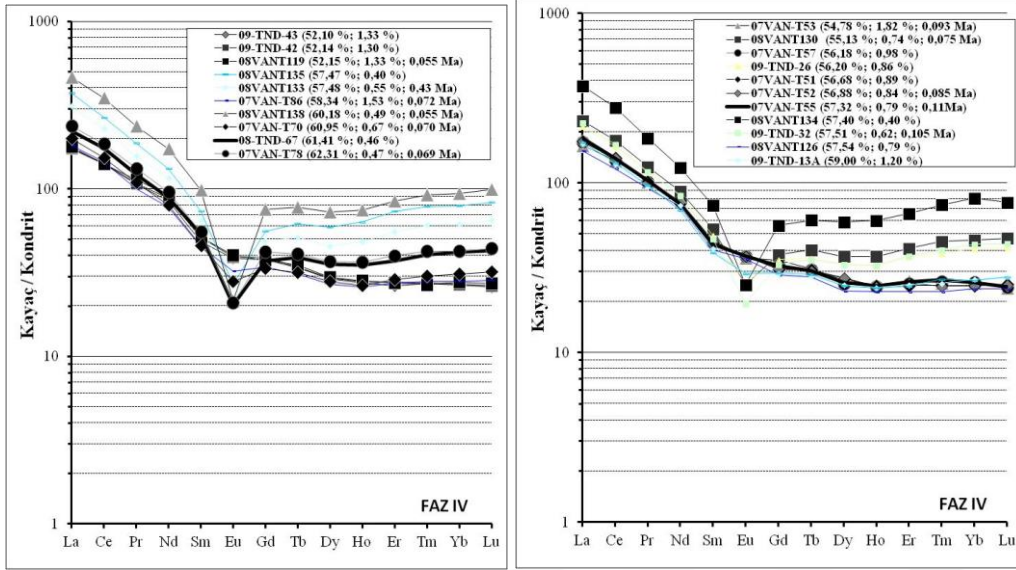
Şekil 4.98. Evre 1 ve Evre 2 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.



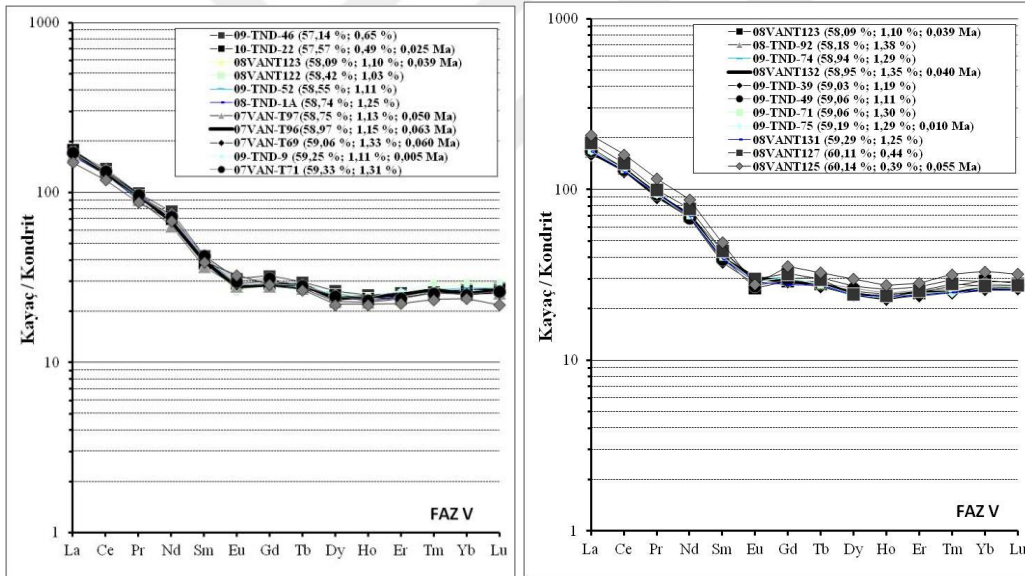
Şekil 4.99. Evre 2 ve 3 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.



Şekil 4.100. Evre 3 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.



Şekil 4.101. Evre 4 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.



Şekil 4.102. Evre 5 volkanitlerine ait Nadir toprak element (REE) örümcek diyagramları.

4.4. Jeokimyasal Stratigrafi

Tendürek volkanitleri, volkanın iki zirve krateri, çok sayıda parazit koni ve çatlak erüpsiyonları vasıtasıyla yüzeye çıkan lavlar ile kalkan şeklini almıştır. Bu koniler, lokal çıkış merkezleri ile birlikte yaklaşık merkezde bulunan zirvesinden tüm yönlere yayılan volkanitlerden ayrı ayrı örnekleme yapılmıştır. Formasyonlara ayrılan

Tendürek volkanitlerinden jeokimyasal analizleri yapılan örnekler, ait oldukları formasyonların kalınlıkları hesaplanarak ve K/Ar yaş tespitleri dikkate alınarak, her örneğin formasyon içinde aldıkları stratigrafik seviye yaklaşık olarak belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak oluşturulan stratigrafik kesitte ayrıca her örnek stratigrafik pozisyonuna uygun olarak yerleştirilmiştir. Böylece kompozit bir volkano-stratigrafik kesit oluşturulmuştur (Şekil 4.103).

Oluşturulan kompozit volkano-stratigrafik kesitte ayrıca 1.'den 5.'ye kadar volkanik evreler gösterilmiştir. Bu kesit temel alınarak ana element ve iz elementler için ayrı ayrı kemo-stratigrafi kesitleri üretilmiştir.

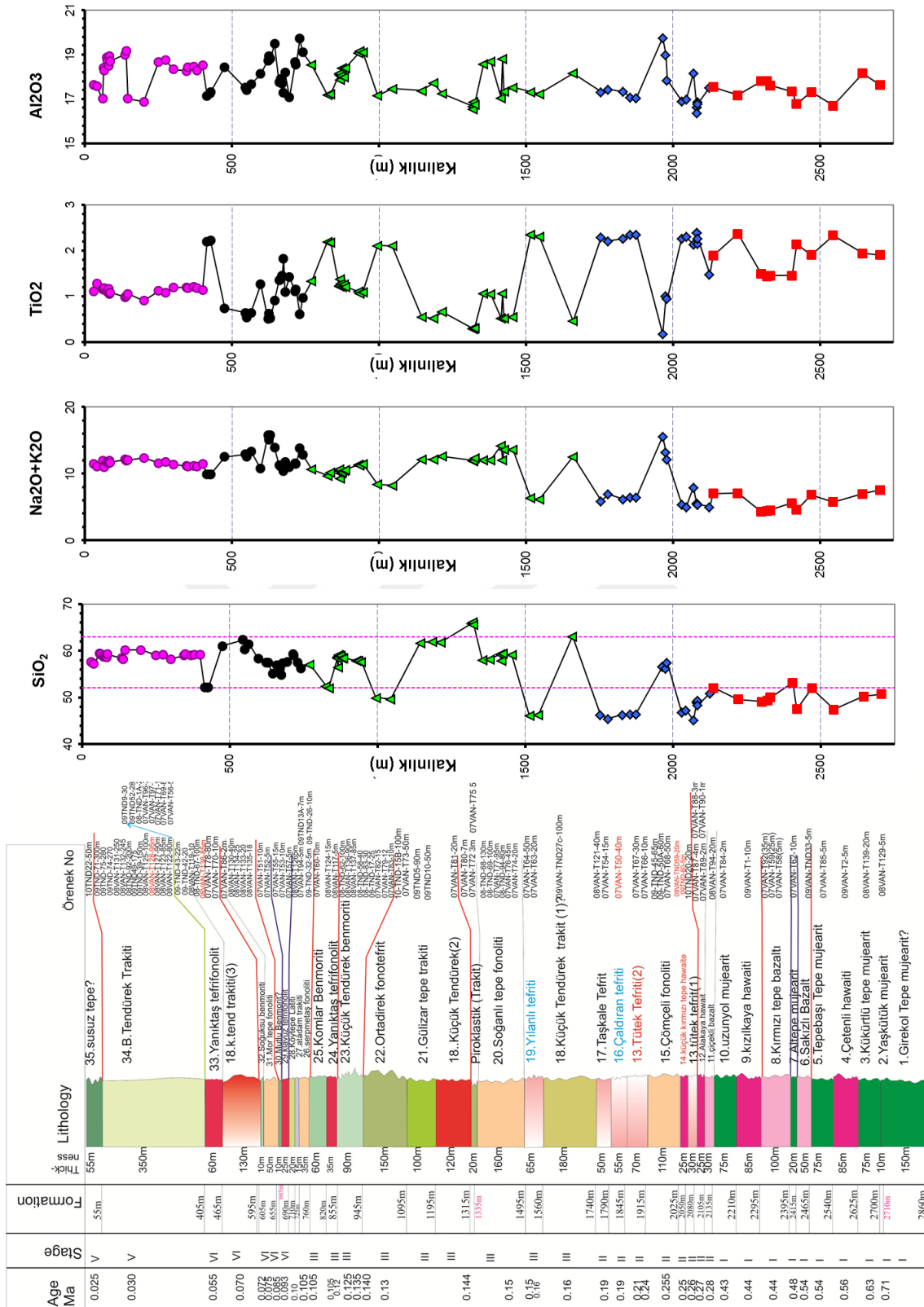
4.4.1. Kuvaterner volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafileri

Stratigrafik kesit ile aynı ölçeklendirilen ana element oksitleri grafiğinde tabandan tavana her bir örneğin stratigrafik kesitte denk geldiği seviye temel alınarak, lavlardaki zamana bağlı kimyasal değişimler ortaya konmuştur (Şekil 4.103). Volkanın evrimi boyunca SiO_2 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 'de artış gözlenirken, TiO_2 , MgO , CaO , P_2O_5 ana element oksit diyagramlarında ise azalma görülür. Özellikle MgO ve CaO 1. ve 2. Evre volkanitlerinde yüksektir. Al_2O_3 grafiğinde ise tabandan tavana gidildikçe zaman içinde fark edilir bir değişim (artış veya azalma) yoktur.

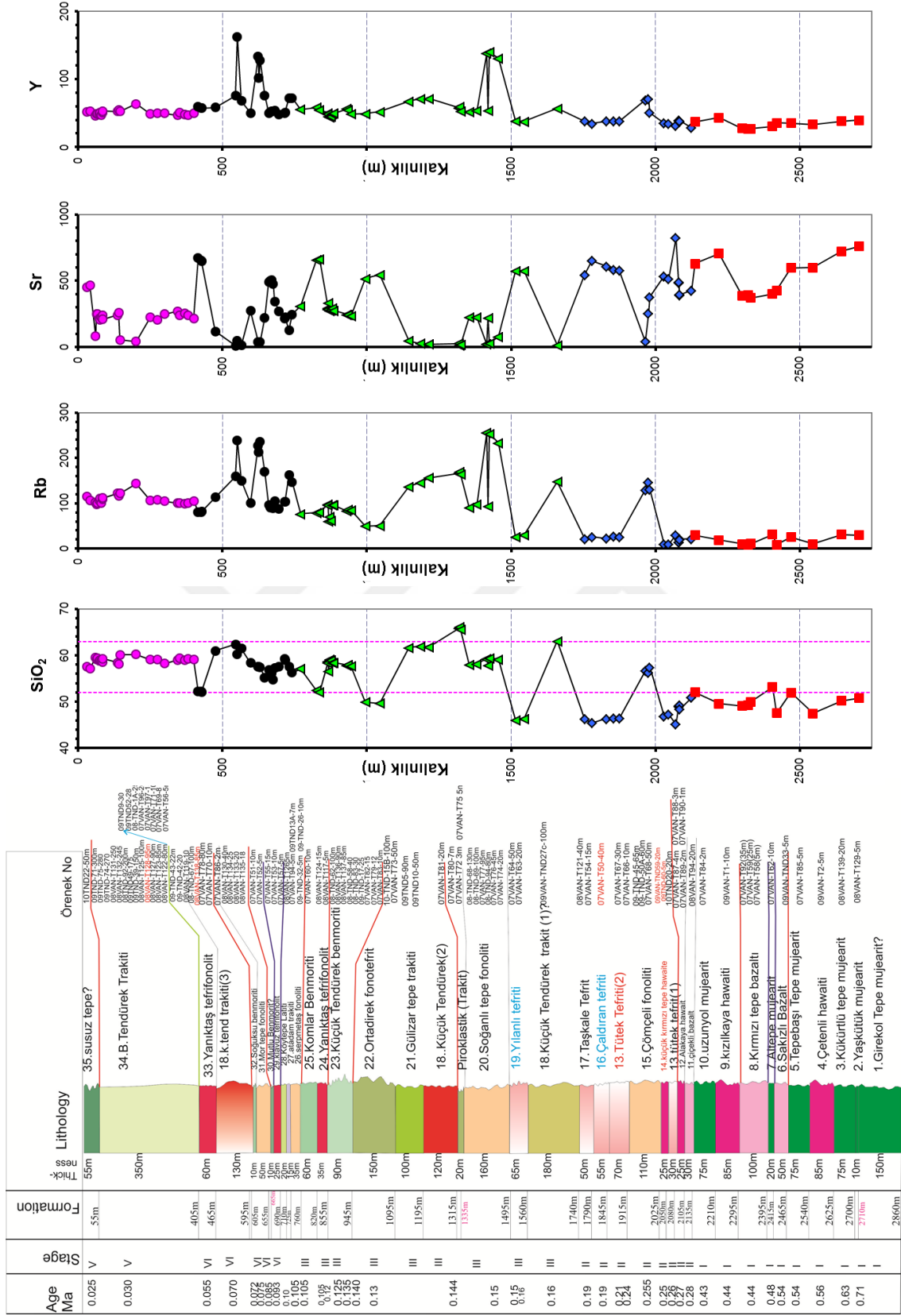
Benzer grafikler iz elementler içinde oluşturulmuştur (Şekil 4.104). volkanostratigrafik istifin tabandan tavana Rb ve Th/Zr element/element oranında artış, Sr ve Co element konsantrasyonlarında ise azalma gözlenirken Y, Zr, Nb ve Ba elementlerinde belirgin bir değişim yoktur.

4.5. İzotop Jeokimyası

Tez kapsamında yapılan çalışmalarda toplam 22 örnekte Sr , Nd ve Pb izotop analizleri Moskova Rus Bilimler Akademisi İzotop ve Jeokronoloji Laboratuvarında TÜBİTAK-RFBR 108Y222 projesi kapsamında Dr. Andrey Chugaev tarafından yapılmıştır.



Şekil 4.103. Tendürek volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafik kesitleri (ana element oksitlerine göre).



Şekil 4.104. Tendürek volkanitlerinin jeokimyasal stratigrafik kesitleri (iz elementlere göre).

$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları 38.891 – 39.055 arasında, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları 15.669-15.688 arasında, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop oranları ise 18.333- 19.1722 arasında değişmektedir. $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları 0.1057- 0.1521 arasında, $^{144}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları 0.512689- 0.512822 arasında, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları ise 0.704339- 0.707347 arasında değişmektedir.

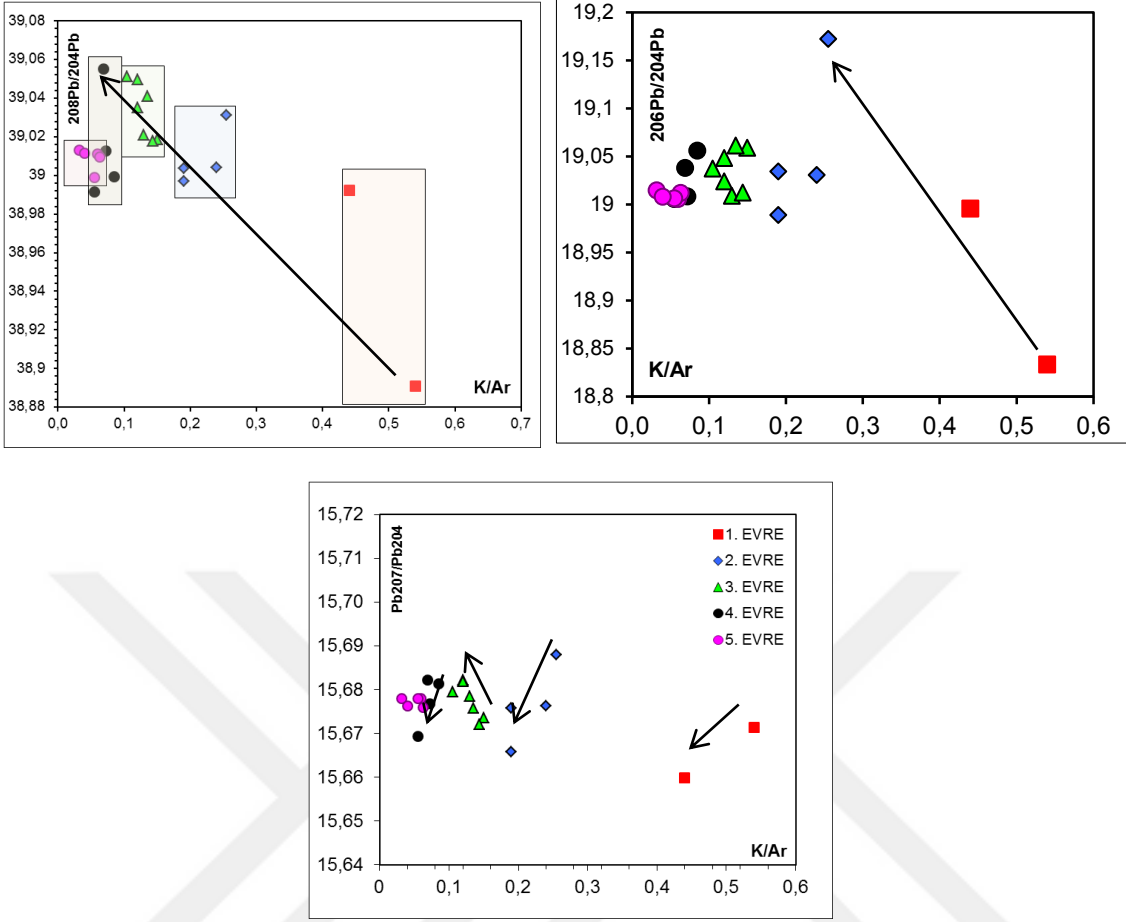
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları zaman içinde değişimi 1. Evre'den 3. Evre'ye doğru zaman içinde belirgin şekilde artmakta 4. Evre ve 5. ise Evre'de düşmektedir. İlksel (primitif) lav olarak seçilen 07 VAN – T58 nolu örneğin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranı en düşük olan örnektir (38.891). $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarının zaman içinde değişimi 1. Evre ilksel lavından itibaren Çömçeli fonolitine kadar zaman içinde artış gösterse de 2. Evrenin diğer formasyonları ile birlikte 3., 4. ve 5. evre formasyonlarında değişim gözlenmemektedir.

$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları grafiğinde 1., 2. ve 4. Evre'de izotop oranlarında zaman içinde azalma 3. Evre'de zaman içinde artış dikkat çekmektedir. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki bu trendler, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları içinde geçerlidir (Şekil 4.105).

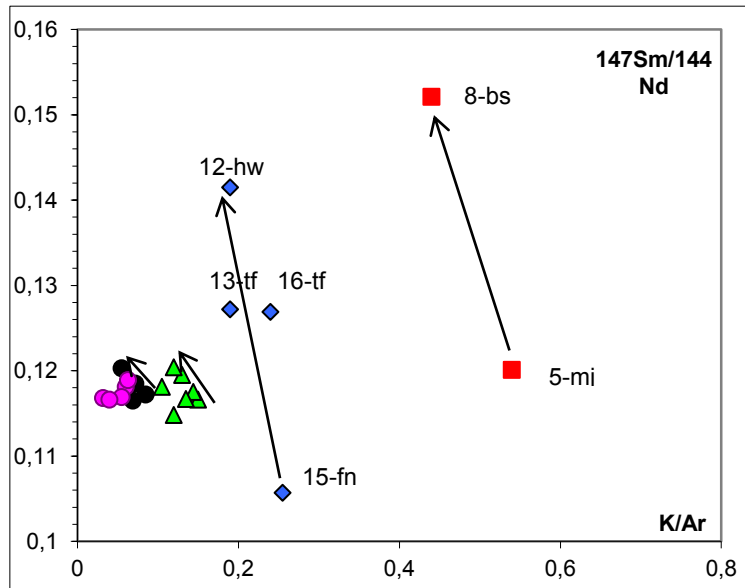
1., 2., 3. ve 4. evre kendi içinde lavlar gençleştikçe $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ izotop izotop oranlarındaki artış oluşturulan $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranlarına karşı K/Ar radyometrik yaş verileri grafiğinden izlenebilir (Şekil 4.106).

$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranlarına karşı K/Ar radyometrik yaş verileri grafiğinde de 1. Ve 2. Evre volkanitlerinde zaman içinde artış, 3. Evre volkanitlerinde ise zaman içinde azalma gözlenir (Şekil 4.107).

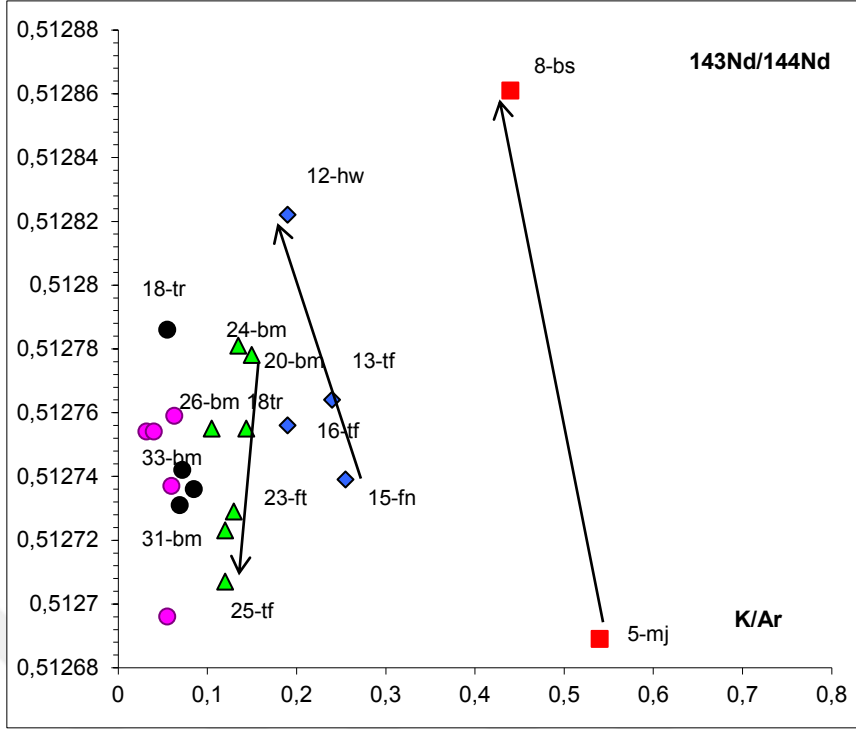
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarına karşı K/Ar radyometrik yaş verileri grafiğinde $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları davranışına ters olarak 1. ve 2. Evre volkanitlerinde zaman içinde azalma, 3. Evre volkanitlerinde ise zaman içinde artma gözlenir (Şekil 4.108 ve 109). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarına karşı SiO_2 grafiğinde SiO_2 oranı azaldıkça 1. ve 2. Evre volkanitlerinde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranlarında azalma 3. Evre lavları Sr izotop oranlarında ise artış gözlenir.



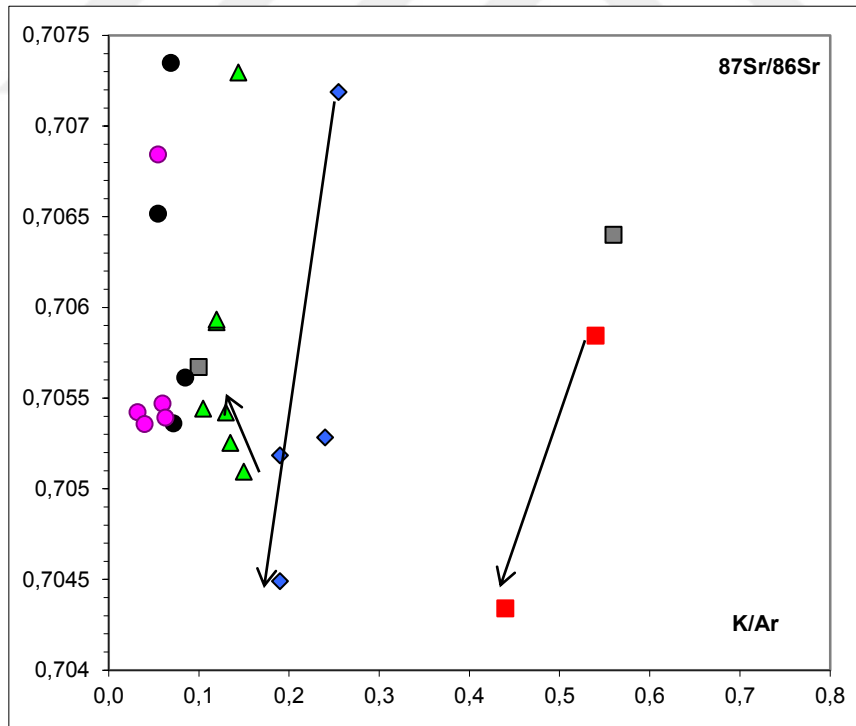
Şekil 4.105. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları karşı K/Ar radyometrik yaş verisi ikili diyagramları.



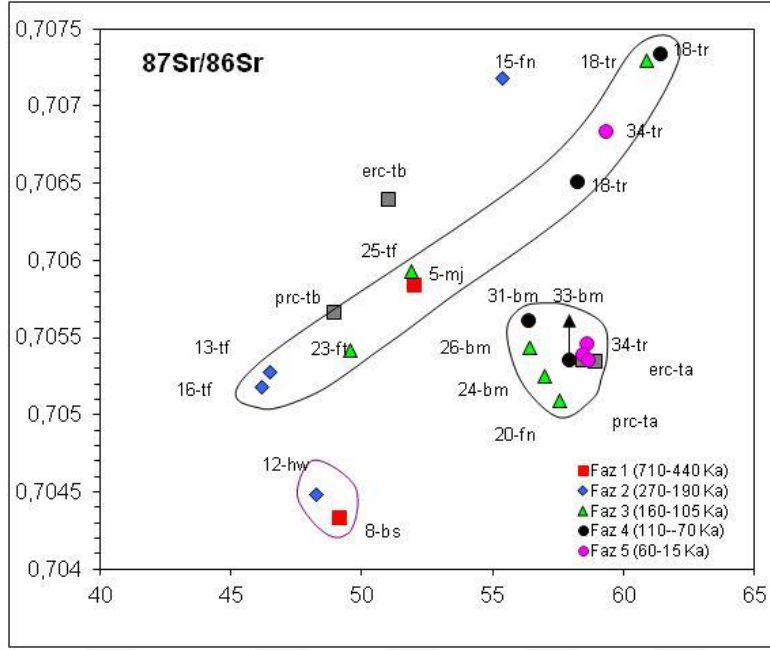
Şekil 4.106. Sm/Nd izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı.



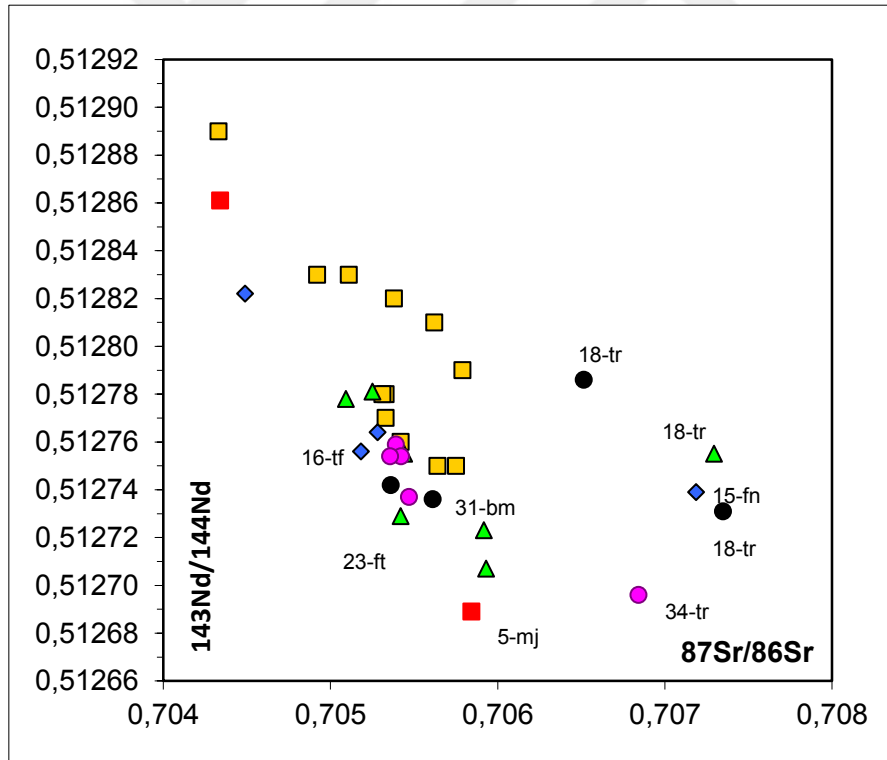
Şekil 4.107. Nd izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı.



Şekil 4.108. Sr izotop oranları K/Ar radyometrik yaşlarına oranı.



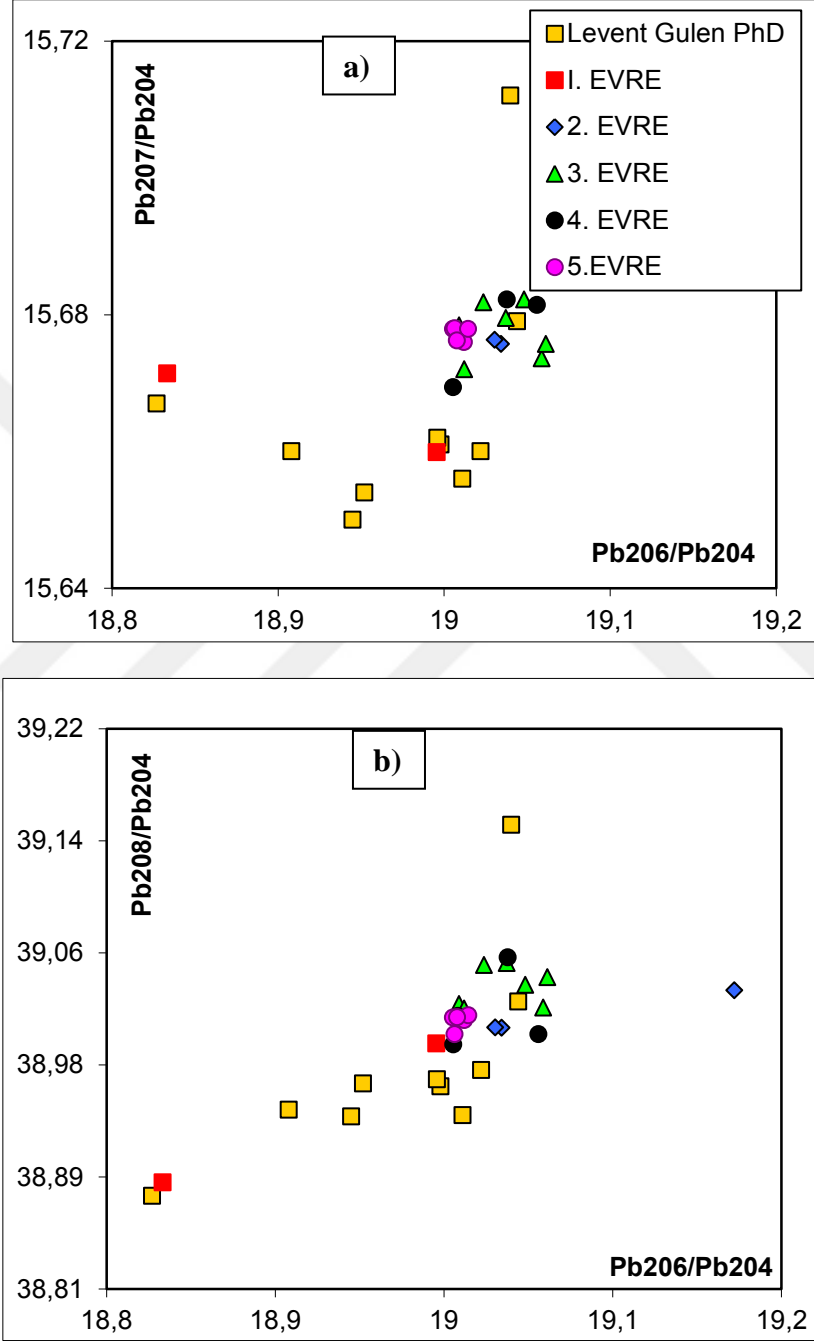
Şekil 4.109. Sr izotop oranları/SiO₂ oranı ikili değişim diyagramı.



Şekil 4.110. Nd/Sr izotop oranları oranı ikili değişim diyagramı.

Sr-Nd izotop diyagramında, Tendürek volkanitleri, iki kümeden oluşan bir trend oluşturmaktadır. Diyagrama geçmişte Gülen (1984) tarafından yapılmış ancak

yayımlanmamış başka bir doktora tezinden alınan veriler de iz düşürülmüştür (Şekil 4.110). Ancak geçmiş tezdeki örnek yerleri belli olmadığından bu çalışmadaki örneklerle örtüşürmek mümkün olmamıştır.



Şekil 4.111. a) Pb^{207}/Pb^{204} karşı Pb^{206}/Pb^{204} b) Pb^{208}/Pb^{204} karşı Pb^{206}/Pb^{204} izotop oranları oranı ikili değişim diyagramı.

4.6. Jeokronoloji (Radyometrik Yaş Tayini) Çalışmaları

Çizelge 4.5’de verilen radyometrik $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ yaş verilerine göre çalışma alanında volkanitler beş faza bölünmüştür. Fazların zaman aralığı Evre I 710-440 bin yıl Evre II 270-190 bin yıl Evre III 190-110 bin yıl Evre IV 105-70 bin yıl Evre V 69-15 bin yıl olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 K/Ar radyometrik yaş verileri Yaş saptama analizleri, TÜBİTAK-RFBR 108Y222 projesi (Keskin ve ark., 2013) kapsamında Dr. Vladimir A. Lebedev tarafından yapılmıştır.

Sıra	Örnek No	Evre Ayırımı	K, % \pm □	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (ng/g) \pm □	$^{40}\text{Ar}_{\text{ai}}$ r %	Age, Ma \pm 2□	
1	VAN-T-62	Bazaltik trakiandezit, Evre I	1.14 \pm 0.02	0.038 \pm 0.012	99.2	0.48\pm0.30	
2	08-VAN-T-129		1.52 \pm 0.02	0.075 \pm 0.003	80.5	0.71\pm0.06	
3	08-VAN-139		1.49 \pm 0.02	0.065 \pm 0.003	78.0	0.63\pm0.07	
4	09-T-1	Bazaltik trakiandezit, bazalt, trakibazalt, Evre I	1.29 \pm 0.02	0.039 \pm 0.002	85.3	0.44\pm0.05	
5	09-T-2		0.79 \pm 0.015	0.031 \pm 0.003	90.5	0.56\pm0.11	
6	09-TND-33		0.49 \pm 0.015	0.018 \pm 0.003	84.4	0.54\pm0.18	
7	VAN-T-84		1.44 \pm 0.02	0.043 \pm 0.003	93.2	0.43\pm0.06	
8	VAN-T-85		1.41 \pm 0.02	0.053 \pm 0.003	95.9	0.54\pm0.07	
9	VAN-T-58		0.48 \pm 0.015	0.015 \pm 0.006	99.4	0.44\pm0.30	
10	VAN-T-92		0.54 \pm 0.015	0.017 \pm 0.003	95.7	0.44\pm0.14	
11	VAN-T-89		Trakibazalt ve Çaldıran ovası Kuzyi bazaltlar, Evre II	0.91 \pm 0.015	0.017 \pm 0.003	94.2	0.27\pm0.08
12	VAN-T-87			0.94 \pm 0.015	0.013 \pm 0.003	98.8	0.19\pm0.08
13	09-TND-60			0.63 \pm 0.015	0.011 \pm 0.003	99.0	0.25\pm0.15
14	08-VAN-T94	0.92 \pm 0.015		0.0180 \pm 0.0018	97.0	0.28\pm0.06	
15	VAN-E-48	Çaldıran ovası Tefritleri, Evre II	1.43 \pm 0.02	0.029 \pm 0.003	92.0	0.29\pm0.05	
16	VAN-T-50		1.07 \pm 0.02	0.0142 \pm 0.0018	92.8	0.19\pm0.05	
17	08-VAN-T-121		1.17 \pm 0.02	0.015 \pm 0.002	97.7	0.19\pm0.05	
18	VAN-T-54		1.00 \pm 0.02	0.015 \pm 0.002	93.0	0.22\pm0.06	
19	VAN-T-66	Doğubeyazıt ovası tefritleri, Kul-Tepe konisi tefritleri, Evre II	1.12 \pm 0.02	0.0164 \pm 0.0026	94.1	0.21\pm0.06	
20	VAN-T-67		1.15 \pm 0.02	0.0193 \pm 0.0019	90.5	0.24\pm0.04	
21	VAN-T-63		1.11 \pm 0.02	0.011 \pm 0.003	96.1	0.15\pm0.06	
22	VAN-T-64		1.13 \pm 0.02	0.013 \pm 0.002	93.8	0.16\pm0.05	
23	10-TND-20		1.47 \pm 0.02	0.027 \pm 0.004	94.2	0.265\pm0.070	
24	VAN-T-68	Fonolitler II	4.21 \pm 0.05	0.075 \pm 0.004	95.5	0.255\pm0.030	
25	VAN-T-79		2.24 \pm 0.03	0.019 \pm 0.003	94.0	0.125\pm0.040	
26	VAN-T-60		Trakiandezit, Evre III	2.96 \pm 0.03	0.022 \pm 0.002	91.8	0.105\pm0.025
27	VAN-T-73	Fonotefritler, Evre III	1.94 \pm 0.02	0.017 \pm 0.003	96.8	0.13\pm0.04	
28	10-TND-15B		1.94 \pm 0.02	0.022 \pm 0.003	96.5	0.165\pm0.045	
29	08-VAN-T-124		2.58 \pm 0.03	0.021 \pm 0.005	98.8	0.12\pm0.05	
30	08-VAN-T-117		2.52 \pm 0.03	0.018 \pm 0.002	92.5	0.105\pm0.025	

Çizelge 4.5 K/Ar radyometrik yaş verileri (devam)

Sıra	Örnek No	Evre Ayırımı	K, % $\pm \sigma$	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (ng/g) $\pm \sigma$	$^{40}\text{Ar}_{\text{ai}}$ r %	Age, Ma $\pm 2\sigma$
31	VAN-T-74		3.24 \pm 0.04	0.034 \pm 0.003	89.6	0.15\pm0.03
32	VAN-T-77		3.37 \pm 0.04	0.026 \pm 0.002	90.2	0.11\pm0.02
33	VAN-T-81	Küçük Tendürek Trakit ve Fonolitleri Evre III	4.29 \pm 0.05	0.0427 \pm 0.0018	93.2	0.144\pm0.013
34	09-TND-27c		4.43 \pm 0.05	0.049 \pm 0.007	82.8	0.160\pm0.045
35	08-VAN-T-136		3.25 \pm 0.04	0.0306 \pm 0.0019	95.4	0.135\pm0.020
36	08-VAN-T-137		3.23 \pm 0.04	0.0314 \pm 0.0015	93.9	0.140\pm0.013
37	08-VAN-T-120		4.13 \pm 0.05	0.034 \pm 0.002	92.9	0.12\pm0.02
38	VAN-T-70		4.10 \pm 0.05	0.0198 \pm 0.0017	96.6	0.070\pm0.011
39	VAN-T-78		4.41 \pm 0.05	0.0211 \pm 0.0018	96.6	0.069\pm0.012
40	08-VAN-T-125		4.38 \pm 0.05	0.0155 \pm 0.0016	97.0	0.055\pm0.020
41	08-VAN-T-130	Trakit, fonolit, Evre IV	3.78 \pm 0.04	0.020 \pm 0.002	97.6	0.075\pm0.019
42	08-VAN-T-138		4.12 \pm 0.05	0.016 \pm 0.003	98.7	0.055\pm0.025
43	09-TND-32		4.03 \pm 0.05	0.029 \pm 0.004	89.4	0.105\pm0.025
44	VAN-T-55	Çaldıran Tefrifonolit, Evre IV	3.55 \pm 0.04	0.027 \pm 0.002	96.7	0.11\pm0.02
45	VAN-T-52		3.18 \pm 0.04	0.019 \pm 0.002	93.8	0.085\pm0.018
46	VAN-T-53		3.09 \pm 0.04	0.0199 \pm 0.0019	96.9	0.093\pm0.018
47	VAN-T-86	Trakiandezit, Evre IV	3.27 \pm 0.04	0.016 \pm 0.002	92.4	0.072\pm0.018
48	VAN-T-94		3.64 \pm 0.04	0.025 \pm 0.002	92.2	0.10\pm0.02
49	08-VAN-T-123	Büyük Tendürek	3.55 \pm 0.04	0.010 \pm 0.002	96.7	0.039\pm0.016
50	08-VAN-T-119	Trakiandezit, trakitleri	2.53 \pm 0.03	0.010 \pm 0.003	99.1	0.055\pm0.030
51	VAN-T-69	Faz V	3.47 \pm 0.04	0.014 \pm 0.003	94.7	0.060\pm0.020
52	VAN-T-97		3.60 \pm 0.04	0.013 \pm 0.002	97.1	0.050\pm0.017
53	08-VAN-T-128		3.66 \pm 0.04	0.0081 \pm 0.0019	95.9	0.032\pm0.015
54	08-VAN-T-132		3.46 \pm 0.04	0.009 \pm 0.003	95.2	0.040\pm0.025
55	08-VAN-T-133	Büyük Tendürek	3.84 \pm 0.04	0.011 \pm 0.003	95.6	0.043\pm0.019
56	VAN-T-96	Trakiandezit, trakitleri	3.62 \pm 0.04	0.016 \pm 0.002	96.4	0.063\pm0.017
57	09-TND-75	Evre V	3.46 \pm 0.04	0.0018 \pm 0.0020	99.9	0.010\pm0.020
58	09-TND-9		3.56 \pm 0.04	0.0010 \pm 0.0010	99.9	0.005\pm0.030
59	10-TND-22	Susuz volkanı trakiandezit Evre V	3.41 \pm 0.04	0.006 \pm 0.003	98.7	0.025\pm0.030

5. TARTIŞMA

Bulgular bölümünde değinilen jeokronoloji verileri, Jeokimyasal analizlere dayalı oluşturulan, Harker ikili değişim diyagramları, spider diyagramları, volkano stratigrafi ve jeokimyasal stratigrafi verileri, fraksiyonel kristallenme, asimilasyon eşliğinde fraksiyonel kristallenme, magma karışım süreçleri hakkında başlangıç için bir fikir vermişti. Bu bölümde, Tendürek volkanını oluşturan lavların türedikleri kaynak alanın özelliklerinden başlayarak kabuk içindeki magma odası evrimi ve bu magma odalarında hüküm sürmüş magmatik süreçler ayrı başlıklar halinde tartışılmaktadır. Magma kaynak alanlarının ve magma odalarının hangi süreçlerden etkilendiklerini açıklamak için arıca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ gibi radyojenik izotop ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop sistematiklerinden yararlanılacaktır. İzotoplar jeolojik olarak iz sürücüler olduğundan, magma üzerindeki süreçleri majör oksitler ve iz elementlere nazaran daha fazla güvenirlikle yansıtabilmektedir ve bu izotop analiz sonuçlarının majör-iz-REE sonuçları ve jeolojik veriler ile beraber değerlendirilmesi yoluyla magmaların geçirmiş oldukları evrimler daha doğru bir şekilde ortaya koyulabilmiştir. Gerek volkanik çıkış merkezi gerek çatlak erüpsiyonu şeklinde yüzeylenen lavların, magma odalarından yüzeye ulaşmaya kadar geçen süreçleri magma pompalama sistemi başlığında açıklanmıştır. Tartışmanın son bölümünü ise Doğu Anadolu volkanizmasına ışık tutacak bir jeodinamik modelin önerilip tartışıldığı bölüm oluşturur.

5.1. Fraksiyonel Kristallenme (FC) ve magma karışımı (mixing - replenishment) süreçleri

Tezin daha önceki petrografi, jeokimya, jeokimyasal stratigrafi gibi her bölümde ayrı ayrı bahsedilip açıklanan fraksiyonel kristallenme ve magma karışımına ilişkin süreçler bu bölümde petrolojik modellerin ışığında birbirleri ile karşılaştırılmalı olarak verilecektir.

Önceki bölümlerde görüldüğü gibi, tez kapsamında Tendürek volkanizması ve bu volkanizma ile ilişkili ürünler, volkanostratigrafik bulgularımız ve $\text{K}^{40}/\text{Ar}^{40}$

radiyometrik yaş bulguları gözetilerek 5 evreye ayrılmıştı. Bu bölümde de petrolojik model ve diyagramlarda Tendürek volkanı, bu beş evre üzerinden değerlendirilerek yoruma gidilecektir. K^{40}/Ar^{40} radyometrik yaş verilerine göre belli zaman aralıklarına gelecek şekilde ayrılan bu volkanik püskürme evrelerinin varlığı, jeokimyasal bileşimde zamana bağlı (temporal) değişimlerin saptanması ve bunların petrolojik önemlerinin tartışılmasına olanak sağlamıştır.

Major oksit ve iz element Harker diyagramları için yapılan yorumlarda fraksiyonel kristallenme süreçlerinin etkin olduğundan ve hangi minerallerin kristallenmesinin hangi elementlerle ilişkili olduğundan bahsedilmişti (Bakınız Bölüm 4.3., Şekil 4.85 ve 4.86). Y ekseninde oldukça uyumlu X ekseninde ise ileri derecede uyumsuz elementlerin kullanılması ile elde edilen ikili değişim diyagramları ile magma odasında meydana gelen fraksiyonel kristallenme ve magma karışım süreçleri ile ilgili ipuçları verebilmektedir (ör. Keskin ve ark., 2008, Oyan ve ark., 2016, Keskin ve Tüysüz, 2017). Fraksiyonel kristallenme (FC) ile evrimini tamamlamış magmatik sistemlerde uyumlu uyumsuz elementlerin birbirlerine karşı oluşturulan diyagramlarında örnek noktalarının doğrusal yönelim oluşturması yerine parabolik eğriler oluşturması gerekir. Örneklerin analiz noktalarının doğrusal yönelim göstermesi, FC süreci ile değil uç üyelerin konumlarına göre ya evrimleşmiş magmanın primitif magma tarafından periyodik tazelenmesi (magma replenishment) veya iki farklı kaynaktan türemiş magmaların birbiriyle karışımı (magma mixing) ile açıklanabilmektedir. Ayrıca FC süreçleri de, magmaların katılaşmasına kadar geçen zaman diliminde kristallenmenin (Rayleigh fraksiyonlanması) etkisini görebilmek amacıyla modellenabilir (Keskin, 2002). Bu çalışmalarda Rayleigh fraksiyonlanma eşitliği olarak; $C_L = C_0 \cdot F^{(D-1)}$ kullanılmıştır (C_L = iz elementin primitif başlangıç magma bileşimindeki konsantrasyonu, F = geriye kalan ergiyik % oranı, D = Tüm kayaç/mineral ayırılma katsayısı). Her mineral topluluğunun herhangi bir element için tüm mineralleri oranlarına göre dikkate alan ayırılma katsayıları (Bulk partition coefficient: D), topluluktaki her mineralin o element için mineral-ergiyik ayırılma katsayısının (partition Coefficient: K_d) o mineralin kaya içindeki % oranı ile çarpılması ve bunun farklı mineraller için yapılması ve ardından da tüm bu ağırlıklı değerlerin toplanması ile belirlenmiştir (Keskin, 2002).

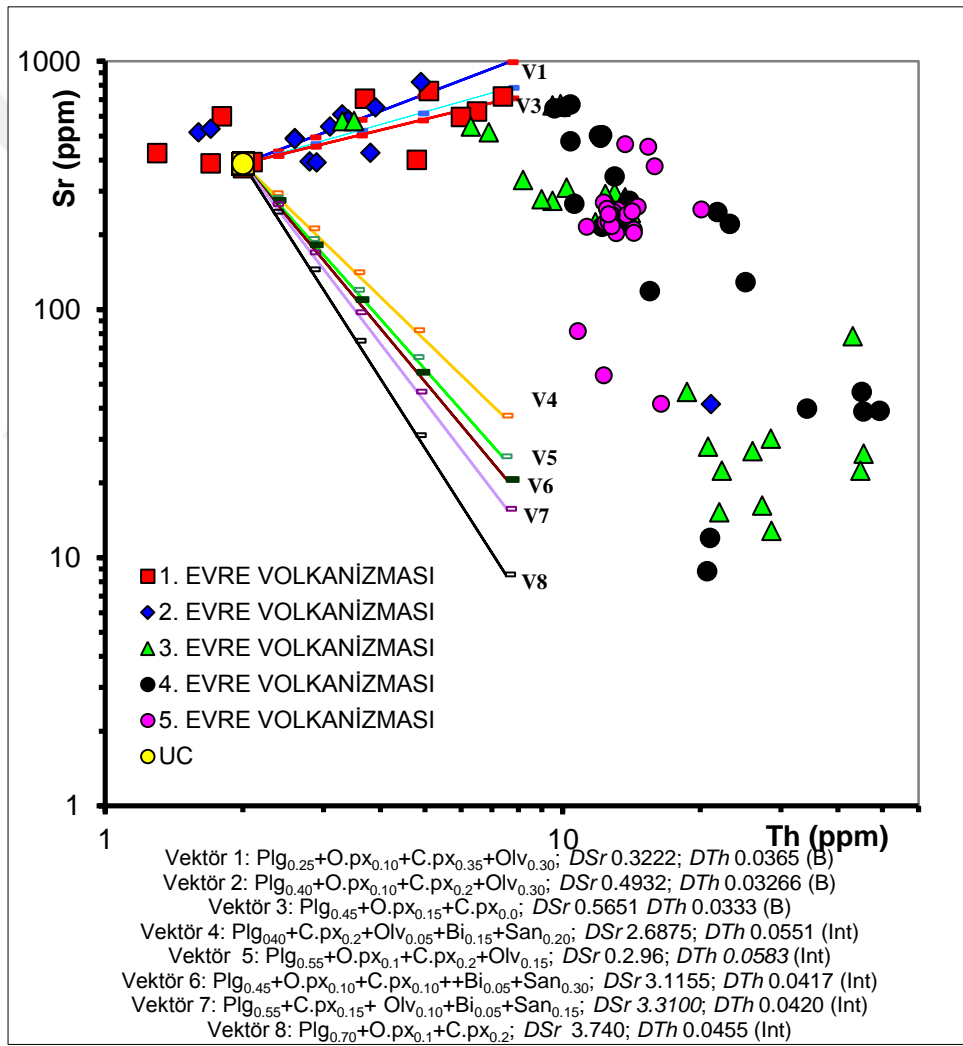
Rayleigh fraksiyonlanma eşitliği ile farklı mineral bileşimlerine ve oranlarına sahip magmalar için teorik fraksiyonlanma vektörlerinin modellenmesi ve teorik vektörler ile doğal örneklerin oluşturduğu trendler arasındaki ilişkinin ortaya çıkmasına olanak sağlar (Keskin, 2002). Tez çalışma sahasından elde edilen veriler ile gözlemlenmiş fraksiyonel kristallenme etkilerini araştırmak amacıyla ilk önce seçilmiş uyumlu ve uyumsuz elementler arasında normal-normal diyagramları oluşturulmuş ve daha sonra en iyi uyumu sergileyen bu iz element çiftleri için Rayleigh fraksiyonlanma eşitliği ile vektörel modellemeler oluşturulmuştur. Keskin (2002) FC-Modeler programı kullanılarak grafikler oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

Bölüm 4.3.1.3 de verilen Harker diyagramlarında major oksite karşı SiO_2 normal-normal diyagramlarında ve iz elemente karşı SiO_2 log-normal diyagramlarına göre yapılan yorumlarda SiO_2 oranının artması ile birlikte fraksiyonel kristallenme sürecinden bahsedilmiştir. Olivin, piroksen, plajiyoklas ve K-Feldspat mineralleri ile birlikte aksesuar minerallerin kristallenmesine ilişkin ipuçları bu diyagramlardan elde edilmiştir.

Farklı mineralojik bileşim kombinasyonları ile elde edilen vektörler iz düşürülerek FC modellenmesi elde edilmiş ve bu modeller üzerinden yoruma gidilmiştir (Şekil 5.1). Her vektör, farklı yüzde değerlerde ve mineral bileşimindeki, % SiO_2 oranına göre sınıflanan magma tipine göre elde edilerek magmanın geçirdiği Fraksiyonel Kristallenme (FC) süreci yorumlanmıştır. Literatürde her element için saptanmış birçok mineral-ergiyik ayrımlanma katsayısı (K_d) değeri bulunmaktadır. FC modelleri oluşturulurken kullanılacak K_d değeri seçilirken Tendürek lavlarının magma bileşimine benzer ana kaya bileşimlerinden elde edilmiş değerler olmalarına dikkat edilmiştir. Modellemede kullanılan bu K_d değerleri <http://earthref.org> web sayfasındaki zengin literatür derlemesine dayalı veri tabanından alınarak çizelge 5.1'de verilmiştir.

Ayrımsal kristallenmenin daha önce belirlenen beş evre içinde son evrelerde özellikle üçüncü evreden sonra oldukça etkin bir süreç olduğu anlaşılmaktadır. 3, 4. ve 5. fazlarda gözlediğimiz çoğu trakit ve fonolitik bileşimden meydana gelen lavlarda, hem plajiyoklas hem de K-feldspat kristallenmesinin etkin olduğunu düşünerek, magma evriminde etkili FC süreci, Plajiyoklas ve K-feldspat minerallerinin kristallenmesinde etkili olan Sr ve Ba elementleri uyumsuz element olan Th elementine karşı oluşturulan log-log diyagramları kullanılarak yorumlanmıştır. Sr elementi plajiyoklas ile uyumlu

iken Ba elementi de K-feldspat mineralleri (ör. sanidin ve anortoklas) ile uyumludur. Diyagramın X eksenine uyumsuz Th elementi Y ekseninde ise ayrı ayrı Sr ve Ba iz düşülmüştür (Şekil 5.1 ve 5.2). Söz konusu log-log ikili diyagramlarında uyumsuz Th elementine karşılık Sr ve Ba, 1. ve 2. Evre lavlarında Th 10 ppm'e ulaşana kadar artar. Th 10 ppm'i aştıktan sonra 3., 4. ve 5. Evre lavlarında artan Th'a karşı Sr ve Ba'da ani düşüş görülür. Bu evrelere ait lavlarda Sr'daki düşüş Plajiyoklas kristallenmesine Ba'daki düşüş/azalma ise K-feldspat minerallerinin kristalendiğine işaret eder (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).



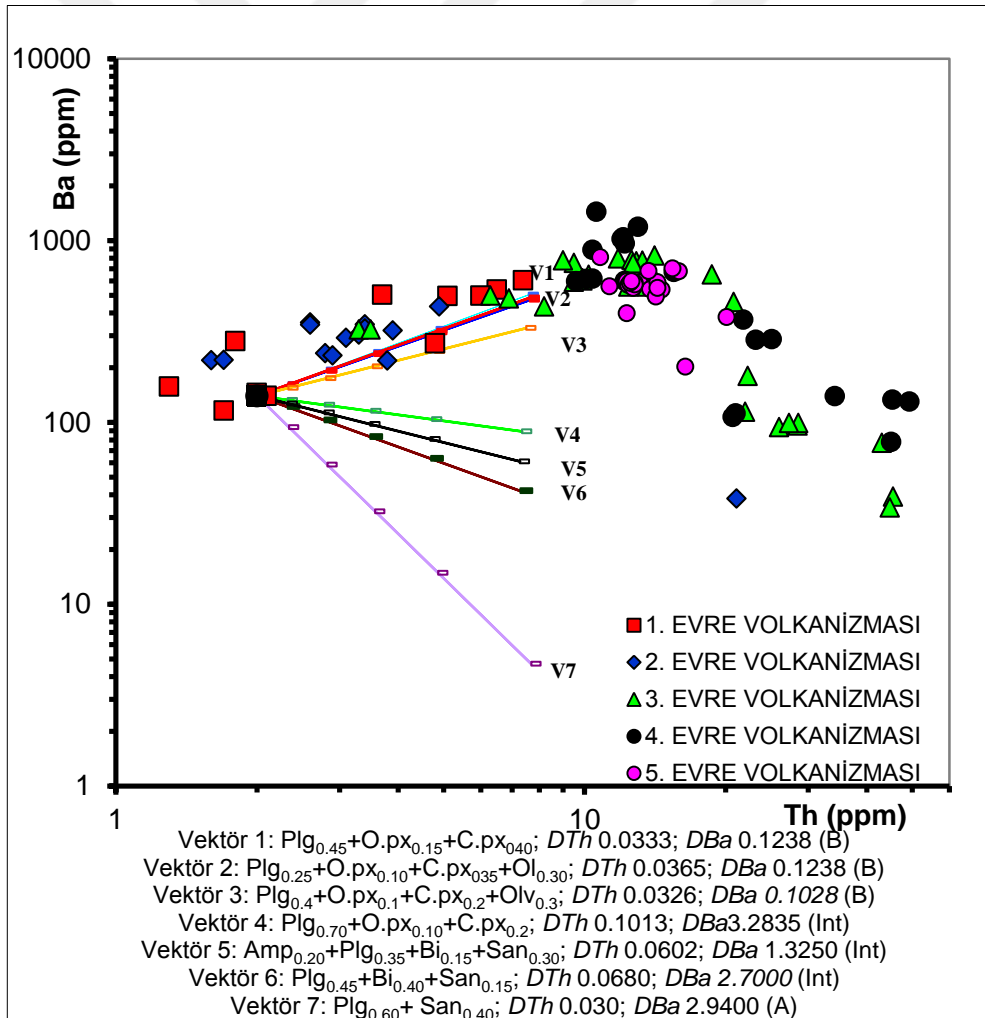
Şekil 5.1. Tendürek volkanitleri Sr-Th log-log değişim diyagramı. Açıklama metinde verilmiştir.

Sr ve Ba elementlerindeki bu azalma 3-4 ve 5. Evre lavlarına ait örnekler için belirgindir. Bu sebeple 3. Evre'den sonra Plj ve K-Feldspat kristallenmesinin magma evrim sürecinin bu bölümünde etkili olduğu söylenebilir. 1 ve 2. Evrelerde ise bu minerallerin kristallenmede etkili olmadığı örneklerin oluşturduğu trendlerin yatay hatta bazen pozitif konumlarından belli olmaktadır. Çünkü, uyumsuz bir elementle birlikte uyumlu elementte de artış gözlenmektedir. Böyle bir grafik dağılımını, uyumlu elementin de ergiyikte kalarak zenginleştiği ve mineral bünyesine girmediği durumlarda görebiliriz.

Çizelge 5.1. Petrolojik modellemelerde kullanılan asidik ortaç ve bazik magma bileşimlerinde Sr, Ba, Th, Co, V elementleri için mineral-ergiyik ayrılanma katsayılarını (K_d) gösteren tablo. Referanslar; a1-Adam ve Gren (2006); a2- Paster ve ark. (1974); a3- Kloeck ve Palme (1988); a4 – Villemant ve ark. (1981); a5-Lemarchand ve ark. (1987); a6- Rollinson (1993); a7- Fujimaki ve ark. (1984); b1- Matsui ve ark (1977); b2- Bacon ve Drüitt (1988); b3- Gaetani ve Grove (1997); b4- Villemant (1988); b5- Keskin (1994); b6-Esparanza ve ark. (1997); b7- Mahood ve Hildert (1983); c1- McKenzie ve O’Nions (1991); c2- Stix ve Gorton (1990); c3- Luhr ve ark. (1984); c4- Streck ve Grunder (1997); c5- Latourrette ve ark. (1995); c6- Ewart ve Griffin (1994). c7-Luhr ve Carmichael (1980) (Amf-amfibol, Plj-plajiyoklaz, Opx-ortopiroksen, Cpx-klinopiroksen, Ol-olivin, Bi-biyotit, San-sanidin)

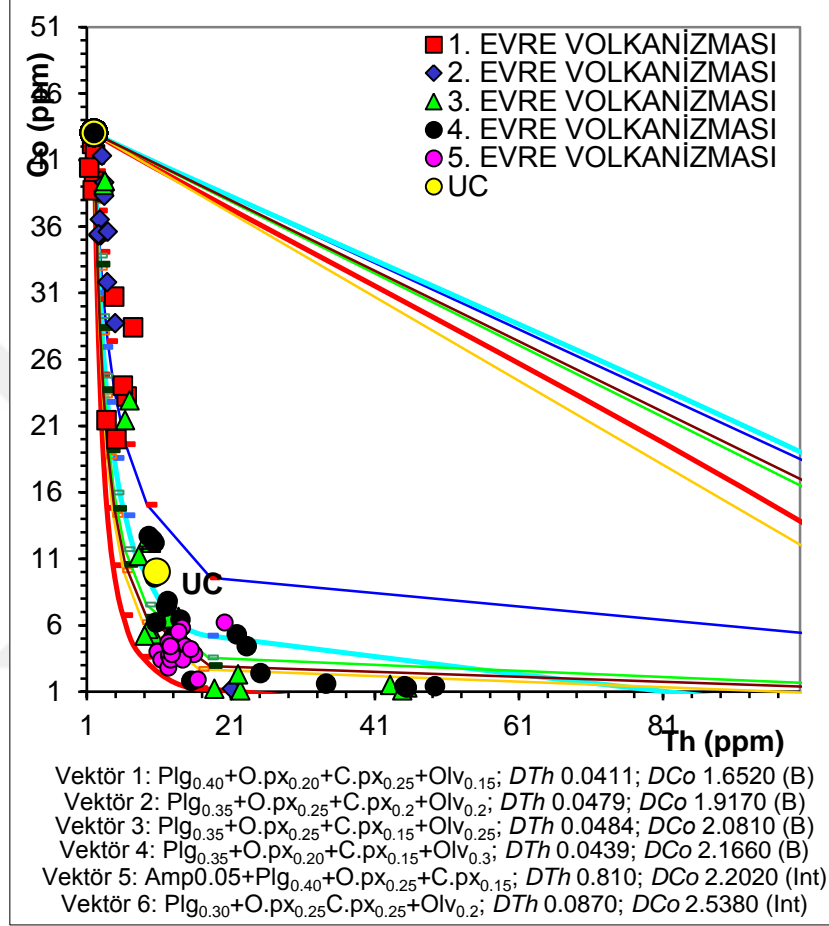
<i>Magma Komp.</i>	<i>Element</i>	<i>Amf</i>	<i>Plj</i>	<i>Opx</i>	<i>Cpx</i>	<i>Ol</i>	<i>Bi</i>	<i>San</i>
ASİDİK	<i>Ba</i>	0,6	0,9	0,2	0,4	0,0099	7,5	6
	<i>Th</i>	0,2	0,04 ^{c7}	0,16	0,35	0,3	0,35	0,015
	<i>Sr</i>	0,8 ^{c6}	6	0,1 ^{b5}	0,15	0,0144	0,25 ^{c6}	3 ^{b5}
	<i>Co</i>	37 ^{b2}	0,51	4	4,9		28,5 ^{b1}	0,39
ORTAÇ	<i>Ba</i>	0,5	0,5	0,01	0,15	0,01	6	0,5
	<i>Th</i>	0,15	0,015	0,15	0,1 ^{b2}	0,1	0,15	0,008
	<i>Sr</i>	0,6 ^{b5}	2,6 ^{b5}	0,03 ^{a6}	0,09 ^{a6}	0,02 ^{a4}	0,15	0,9
	<i>Co</i>	6,1	0,07 ^{b2}	3	5,5 ^{b2}	1,96	4 ^{b4}	
	<i>V</i>	3,4	0,1	1,65	3,1	0,088		
BAZİK	<i>Ba</i>	0,45	0,23	0,002	0,05	0,002		
	<i>Th</i>	0,07	0,004	0,13	0,03	0,04		
	<i>Sr</i>	0,45 ^{a6}	1,2	0,007 ^{a7}	0,06	0,0015		
	<i>Co</i>	1,35	0,58	2,6 ^{a1}	1,02	4,3 ^{a3}		
	<i>V</i>		0,27		4,8	0,15		

Sr/Th log-log diyagramında farklı mineral kombinasyonları ile oluşturulan vektörlere bakıldığında iki farklı kristal ayırılma durumdan söz etmek gerekir. İlk Evre ve ikinci Evre mafik mineral toplam oranlarının % 55-75 aralığında tutulduğunda elde edilen vektör 1 ve vektör 2 göstermektedir ki; birinci ve ikinci evre volkanizmasında piroksen ve olivin mineralleri bol miktarda (ayırılırken) kristallenirken, plajiyoklas kristallenmesi ayırılma sürecinde etkili olmamıştır. Volkanizmanın üçüncü evresinden son evreye kadar ise tam tersi mafik mineraller piroksen ve olivin minerallerinin yerine plajiyoklas ve sanidin minerallerinin ayırılmasının etkili olduğu görülmektedir. Plajiyoklas ve sanidin minerallerinin toplamı % 70-80 aralığında belirlendiğinde Vektör 4, Vektör 5, Vektör 6 ve Vektör 7 dağılımına uygun bir grafik oluşur (Şekil 5.1).



Şekil 5.2. Tendürek volkanitleri Ba-Th log-log değişim diyagramı. Açıklama metinde verilmiştir.

Ba/Th log-log diyagramında 1. Ve 2. Evre volkanitleri için vektör1 ve vektör 2 uyumlu olurken 3.4., ve 5. Evreler içinse vektör 7 mineral kombinasyonları elde edilen uyumludur. (Şekil 5.2).



Şekil 5.3. Tendürek volkanitleri Co-Th norm-norm değişim diyagramı.

Olivin ve piroksenin kristallenmesini ve ayrıca ayırimsal kristallenme ile magma karışım işlemlerinden hangisinin, Tendürek volkanını beslemiş magma odası sisteminde etkili olmuş olabileceğini yorumlamak amacı ile Co,V elementlerine karşı Th elementi FC modellemesinde kullanılmıştır (Şekil 5.3 ve 5.4). Co elementi piroksen mineralleri için uyumlu bir elementtir bu sebeple Th elementi artarken Co elementinin azaldığı bir grafik dağılımı olivin ve piroksen minerallerinin ayrılaşmasına işaret eder. Oluşturulan Co/Th norm-norm diyagramında Vektör 1 asidik magmaya göre düzenlenirken diğer vektörler orta ve bazik magmaya göre kombine edilmiştir. Tüm vektörler için olivin ve piroksen % 40-55 aralığında tutulduğunda dağılımla eşleşen

vektörler yakalanabilmiştir. Üst kabuğu temsil eden ve UC (upper crust) olarak iz düşürülen örnek için Taylor ve McLennan (1985) örneği kullanılmıştır.

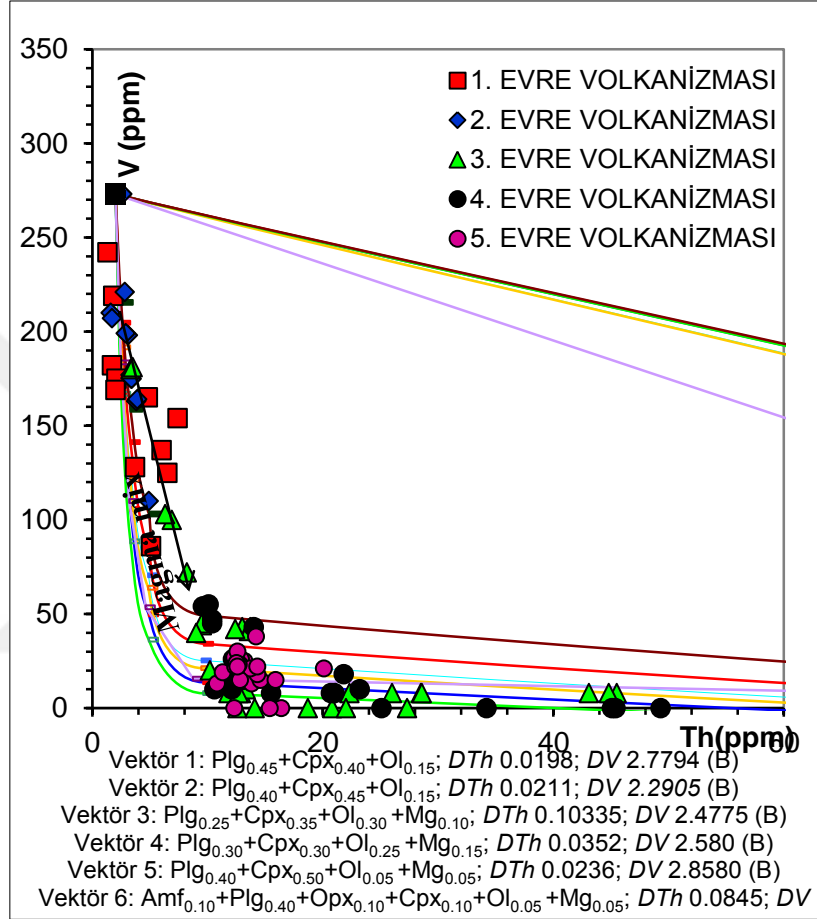
V/Th norm-norm diyagramında vektör 6 ortaç magma bileşimine göre oluşturulurken diğer vektörler bazik magma bileşimine göre oluşturulmuştur. Olivin ve piroksen mineralleri % 55-75 aralığında tutulduğunda uygun vektörler yakalanabilmiştir. Farklı evrelere ait örnek noktalarının kristallenme eğrisine uygun dizilmeleri, Tendürek volkanının magma evriminde ayırimsal kristallenmenin egemen olduğunu gösterir. Diğer seriler arasında sadece 1. Evre lavlarında, kristallenme eğrisinden ayrılıp doğrusal eğilim gösteren küçük bir grup örnekte magma karışımı etkin olmuş olabilir.

5.2. Kabuksal Kirlenme – AFC (Asimilasyona eşlik eden fraksiyonel kristallenme) süreçleri

Oluşturulan modellemelerde fraksiyonel kristallenmeye eşlik eden asimilasyon süreçlerinin etkili olduğu görülmüştür. Jeokimyasal ve izotopik veriler magma evriminde kıtasal kirlenmenin etkili olabileceğine işaret etmiştir.

Şengör ve ark. (2003) ve Zor ve ark. (2003) sunulan jeofiziksel çalışmaların sonuçları ile Doğu Anadolu'daki kabuk kalınlığının daha önceki çalışmalarda önerildiği gibi 55 km olmadığı, ortalama 45 km olduğunu ve DAYK (Doğu Anadolu Yığışım Karmaşığı) olarak tanımladıkları Üst Kretase- Alt Oligosen yaşlı Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi altında litosferik mantonun olmadığını ve DAYK'ın direk sıcak astenosferin üzerinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar DAYK'ın kuzeye doğru dalan okyanusal litosfer üzerinde şekillenen, Bitlis-Pötürge Masifi ve Pontidler arasında yerleşmiş büyük yığışım prizmasının kalıntısı olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Doğu Anadolu Yüksek Platosu kalın bir kabuk tarafından değil sıcak manto tarafından dengede tutulmaktadır. Çalışma alanının güneyinde gözlenmiş şist, mermer ve batısında Türkiye –İran sınırında tanımlanmış ofiyolitik melanj bu DAYK olarak adlandırılan karmaşığın parçalarıdır. Şengör ve Natal'in (1996)'ya göre, kıta kabuklarının büyük bölümü yığışım prizmalarında yitim işlemlerinin bir sonucu olarak üretilir ve bu yüzden yığışım prizmalarının ortalama bileşimi, kıta kabuğuna eşdeğerdir. Bu nedenle, AFC modellemelerimizde asimilant olarak Taylor ve McLennan (1985)'in ortalama kıta kabuğu bileşimi kullanılmıştır.

Tendürek volkanizması ile ilişkili lavların jeokimyasal sonuçlarına göre oluşturulan çoklu element diyagramları incelendiğinde kıtasal kirlenmeden en az etkilendiği düşünülen Küçük Kırmızı tepeye ait 07-VAN-T58 nolu örnek, AFC modellemesinde kullanılacak primitif lav olarak seçilmiştir.

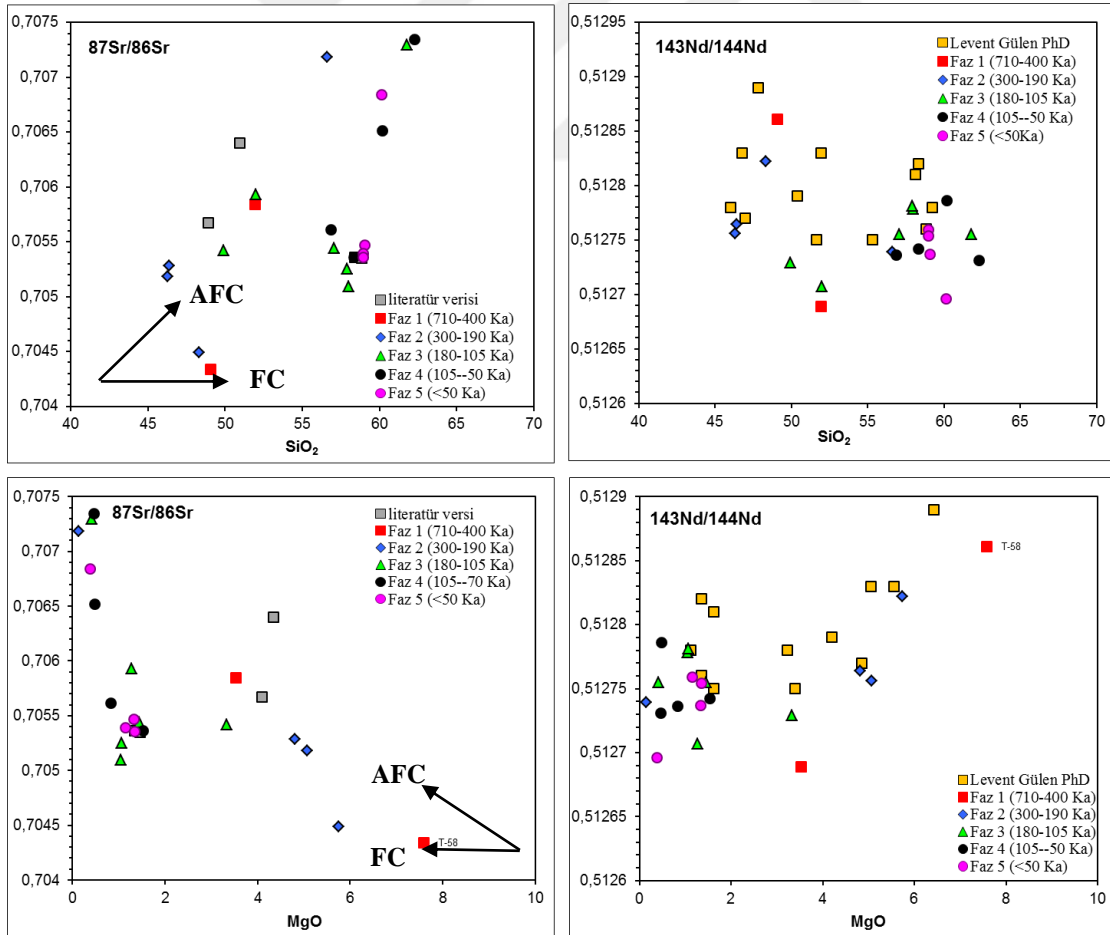


Şekil 5.4. Tendürek volkanitleri evre ayırımına göre V-Th norm-norm değişim diyagramı. Açıklama metinde verilmiştir.

Bir önceki bölümde fraksiyonel kristallenme süreçleri açıklanırken 07-VAN-T58 ile beraber 07-VAN-T66 Tütek tefriti de ikinci seri için primitif lav olarak belirlenmiştir. Ancak burada AFC modellemelerinde karışıklık oluşturmaması için tek primitif lav kabul edilip modelleme bu lav üzerinden kurulmuştur.

Magmada ilk kristallenen mineraller olan olivin ve piroksen minerallerinin bileşiminde bulunan MgO magma evrimleştikçe azalır. Tam tersi olarak magmanın evrimleşmesi ile doğru orantılı SiO_2 artar. SiO_2 ve MgO'ye karşı Sr, Nd izotop

değişimlerine göre oluşturulan diyagramlar değerlendirildiğinde AFC süreçleri hakkında ilk yorumlar yapılabilir (Şekil 5.5). Bu şekilde oluşturulan diyagramlarda artan SiO_2 'e karşı Sr izotoplarındaki pozitif eğilim, Nd izotop değerlerindeki negatif eğilim AFC işlemini varlığını işaret eder. SiO_2 'ye karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değişim diyagramında faz 2, 3 ve 4. Evre lavlarında pozitif trendler AFC sürecine işaret etmektedir. MgO 'ya karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değişim (Şekil 5.5) diyagramına 2. Evre ve yine MgO 'ya karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop diyagramına ise 1. ve 2. Evre lavlarında AFC süreçlerinin etkin olduğu görülmektedir. Grafiklere aynı zamanda Tendürek volkanitleri ile ilgili literatürden (Gülen, 1984) alınmış izotop verileri de iz düşülmüştür. Ancak mevcut verilerin hangi fazlara denk geldiği tespit edilemediğinden, yorumlarda detaylandırılmamıştır. Gülen (1984)'ün $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop verileri SiO_2 ye karşı dağınık bir grafik sergilerken, tüm verilerin oluşturduğu genel yönelim, AFC sürecinin magma evriminde etkili olduğunu destekleyen bir dağılım göstermektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. SiO_2 ve MgO 'ye karşı $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ ve $\text{Nd}^{143}/\text{Nd}^{144}$ izotop diyagramları.

5.2.1. AFC modellemeleri

Keskin (2013)'in DePaolo (1981)'nun eşitliklerini kullanarak geliştirmiş olduğu AFC modellemesinde kullanılan AFC-Modeler programındaki modellemelere dayanarak, Tendürek volkanitleri için yorumlanan AFC modellemesine bu bölümde yer verilmiştir.

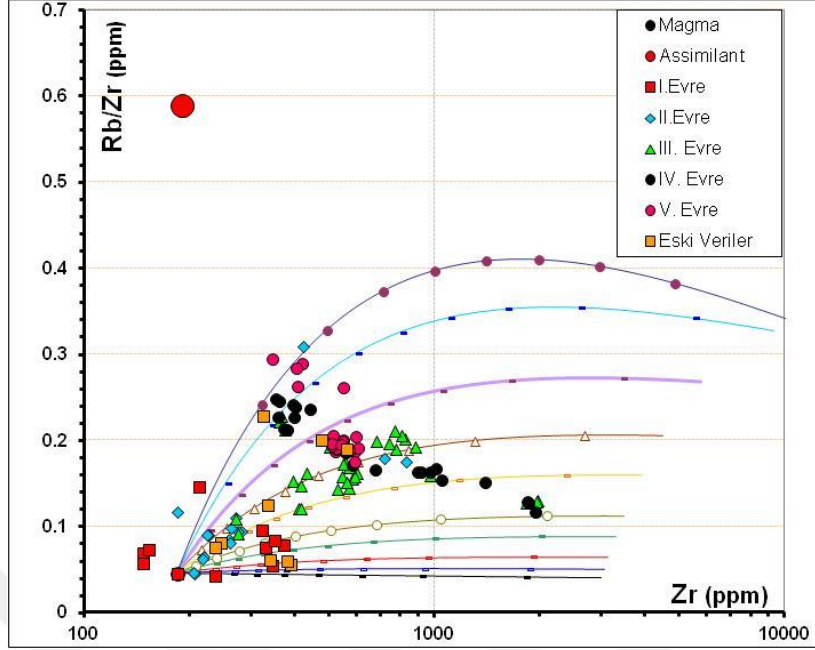
5.2.1.1. DePaolo (1981) eşitliklerine göre AFC modellemesi

Asimilasyonun fraksiyonel kristallenmeye oranı “ r ” ile gösterilir. Ve Ma/Mc eşitliği ile ifade edilir (Keskin, 2013). Zr elementi fraksiyonel kristallenme sürecinden etkilenmediğinden modellemede Zr elementi yatay ekseninde ayırılma indisi olarak kullanılmıştır (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7).

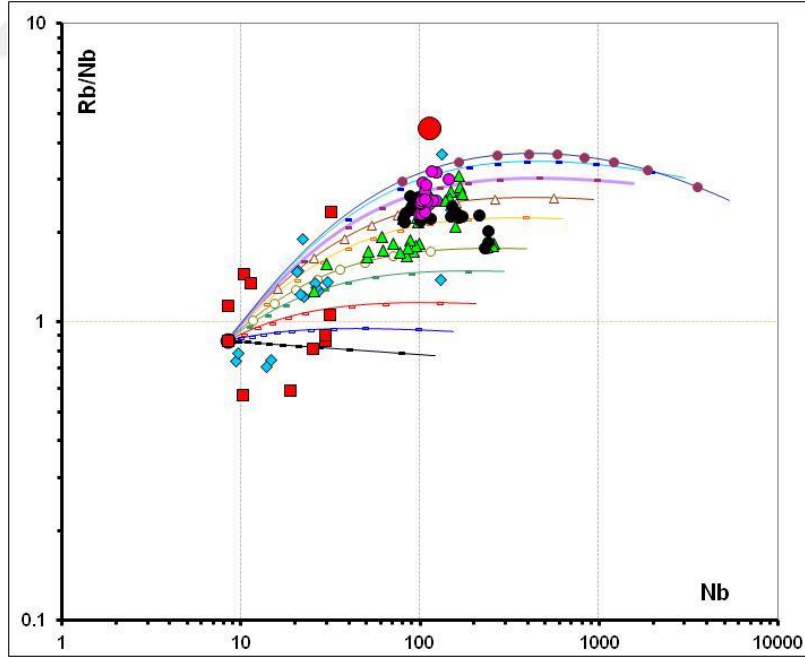
Th/Zr oranı arttıkça De Paolo (1981)'e göre hesaplanmış r değerinde de artış rahatlıkla görünmektedir. 2., 3., 4. ve 5. Evrelerde asimilasyonun arttığı görülmektedir. Evre 1; mugearit karakter sergileyen formasyonların havayit ve bazaltlara oranla daha fazla asimilasyona maruz kaldıkları görülmektedir. Evre 2’de fonolitler tefritlere göre daha fazla asimile olmuştur. Evre 3 için asimilasyon derecesi değerlendirmesi ise, Küçük Tendürek trakiti, Küçük Tendürek benmoriti ve Gülizar Tepe trakitinde yüksek r değerlerinde olup asimilasyonun fazla olduğu formasyonlardır. Evre 4 te Yanıktaş tefrifonoliti, Klavuz tefrifonoliti ve Mutlu benmoriti olarak adlandırılan formasyonların r değerleri 0,48’den yüksek olup, Küçük Tendürek trakiti, Mor Tepe fonoliti, Atadam trakiti ve Serpmetaş fonolitine göre daha fazla asimile olduğu bu grafikten yola çıkarak söylenebilir. Evre 5; Son evrenin son ürünü olan susuz tepe benmoritleri büyük Tendürek trakitlerine göre daha fazla asimilasyona uğramıştır (Şekil 5.8)

5.2.1.2 Kabuksal Asimilasyonun volkano-stratigrafik istifdeki değişimi

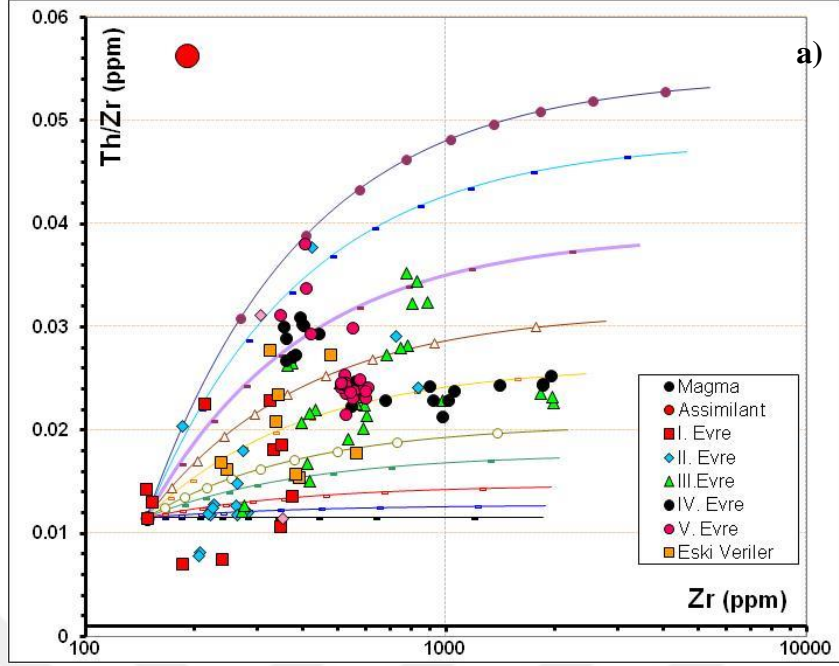
Tendürek volkanitlerinin asimilasyonun fraksiyonel kristallenmeye oranını belirlemede kullandığımız r ve asimilasyon modellemesinde kullandığımız Th/Zr iz elementleri ile oluşturulan grafiklerle birlikte SiO_2 ve $Na_2O + K_2O$ oranlarının da volkanostratigrafik kesit içinde değişimleri birlikte verilmiştir (Şekil 5.9).



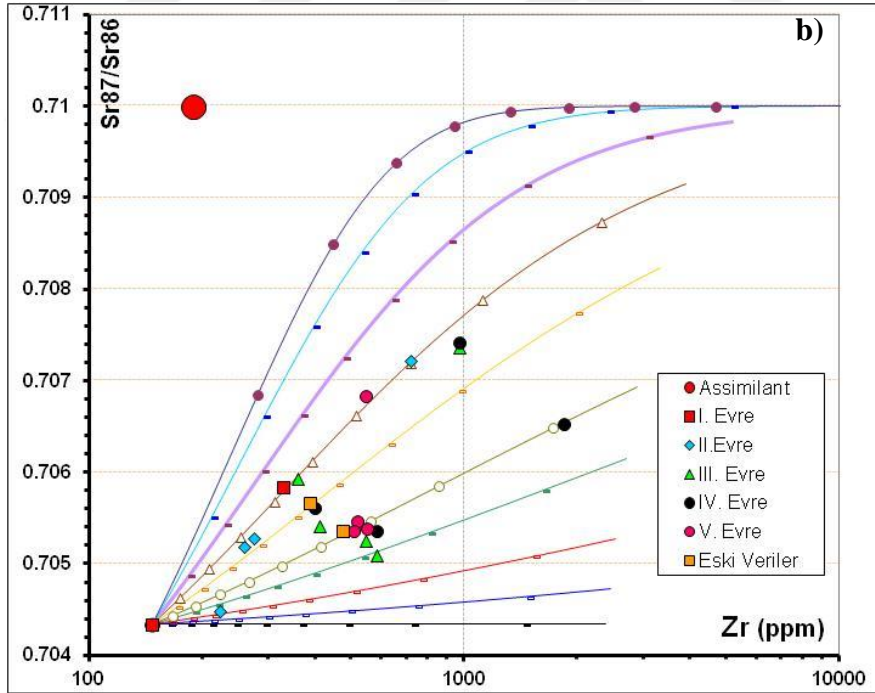
Şekil 5.6. DePaolo (1981) eşitliklerine göre Rb/Zr – Zr ve Rb/Nb – Nb kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri.



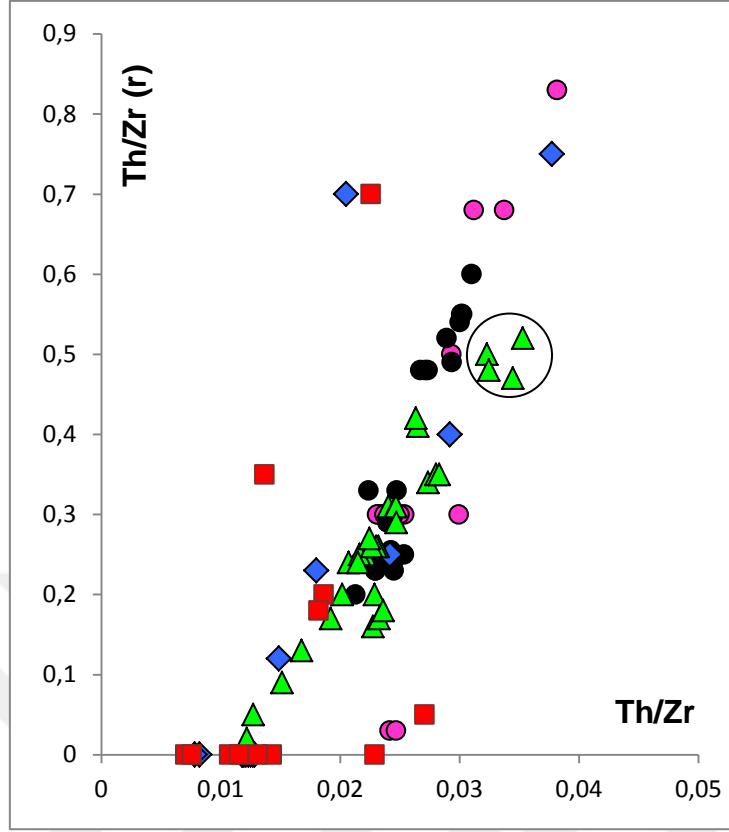
Şekil 5.6. DePaolo (1981) eşitliklerine göre Rb/Zr – Zr ve Rb/Nb – Nb kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri (devam).



Şekil 5.7. DePaolo (1981) eşitliklerine göre $\text{Th/Zr} - \text{Zr}$ ve $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} - \text{Zr}$ kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri. a) $\text{Th/Zr} - \text{Zr}$ b) $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} - \text{Zr}$.



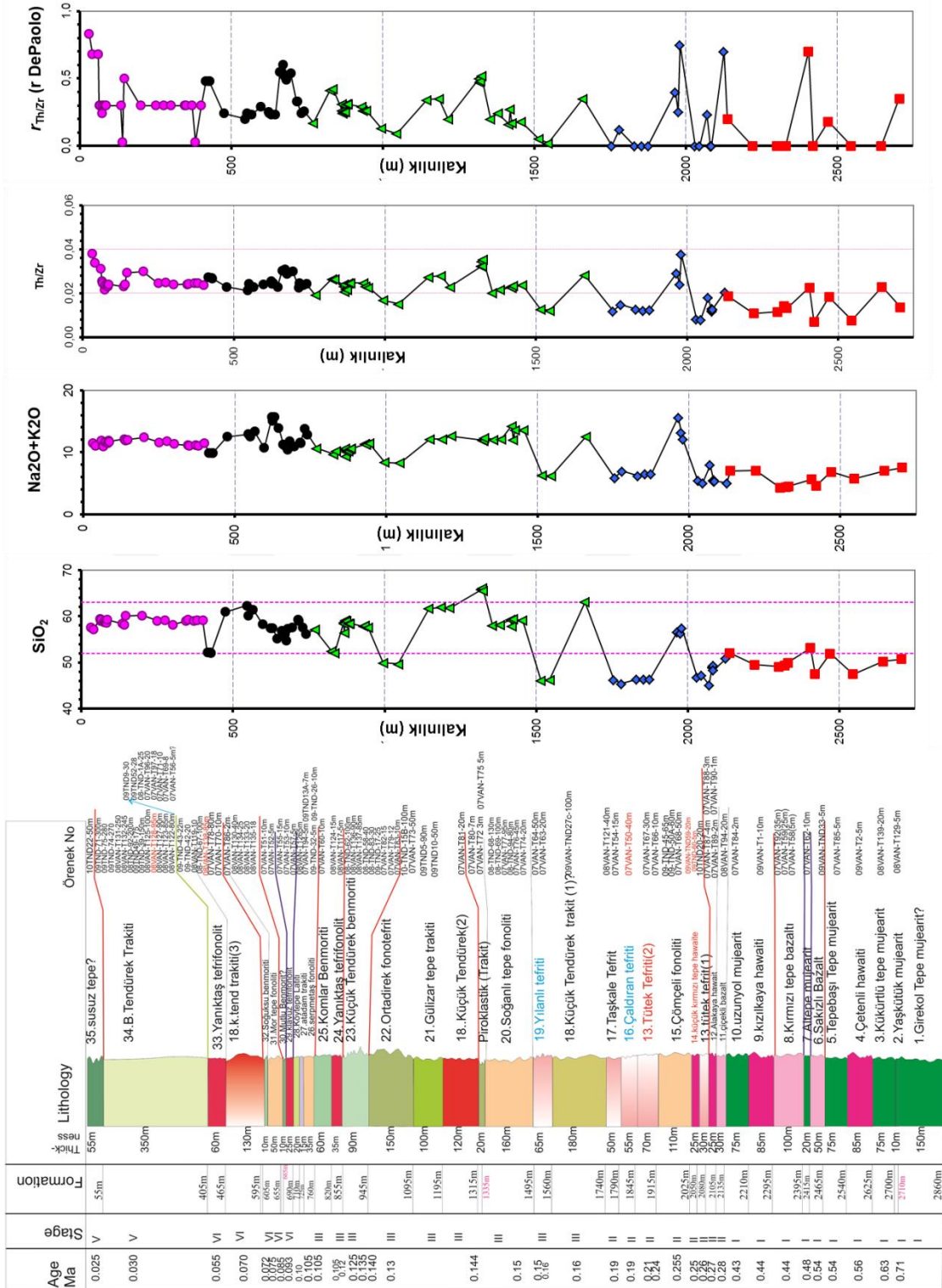
Şekil 5.7. DePaolo (1981) eşitliklerine göre $\text{Th/Zr} - \text{Zr}$ ve $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} - \text{Zr}$ kullanılarak oluşturulmuş AFC model grafikleri. a) $\text{Th/Zr} - \text{Zr}$ b) $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} - \text{Zr}$ (devam).



Şekil 5.8. DePaolo (1981)'e göre hesaplanmış r - Th/Zr değerleri için oluşturulmuş diyagram.

2. Evre'den itibaren 5. Evre'ye kadar artan SiO_2 söz konusudur. 1. Evre volkanitlerinde r değeri çoğu formasyonda 0'a yakındır ve 2. Evre'den sonra 5. Evre'ye kadar arada zikzaklar çizerek azalmalar gösterse de SiO_2 gibi r de artar. Özellikle 2. ve 3. Evre'de gözlenen r değerindeki zikzakların, artan asimilasyon etkisine karşılık azalan fraksiyonel kristallenme sonucu olduğu akla gelir.

Susuz tepe, Yanıktaş tefrifonoliti, Klavuz tefrifonoliti, piroklastikler, Çömçeli fonoliti, Çiçekli bazaltı ve Altepe mujeariti formasyonlarında $r_{\text{Th/Zr}}$ 0.5'den yüksektir. Buna ek olarak Büyük Tendürek trakiti, Küçük Tendürek trakiti, Küçük Tendürek benmoriti, Gülizar Tepe trakiti, Küçük Kırmızı tepe, Uzunyol mujeariti, Tepebaşı tepe mujeariti formasyonlarında ise r 0.2-0.4 aralığındadır. Bu formasyonlarda kabuksal katkı etkisi daha fazladır (Şekil 5.9).

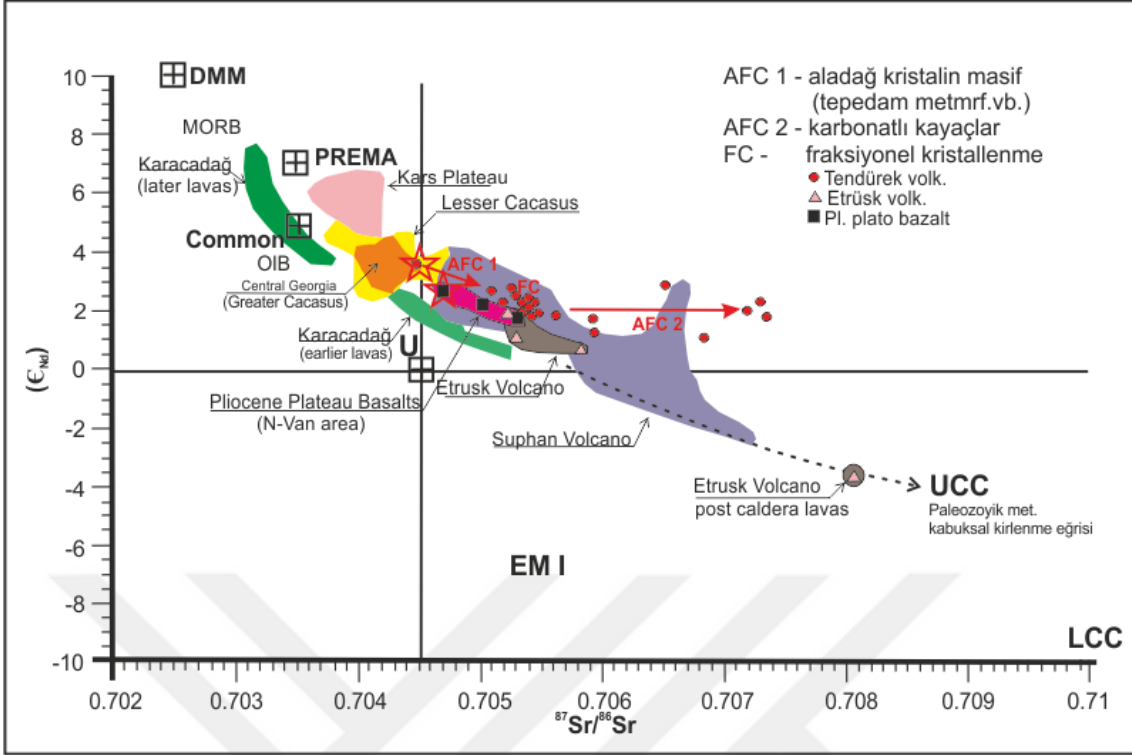


Şekil 5.9. Tenderek volkanitlerinin AFC süreçlerini gösteren Jeokimyasal stratigrafik sütun kesit. I. Evre: Kırmızı kare simgeler, II. Evre: lacivert elmas şekilli simgeler, III. Evre: yeşil üçgenler, IV. Evre: İçi dolu siyah daireler, V. Evre: Pembe dolgulu daireler.

5.2.1.3 Tendürek volkanitleri ve diğer volkanik birliklerin birlikte değerlendirilmesi

1. Evre'den V. Evre'ye doğu artan $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranına karşılık azalan ϵ_{Nd} ve artan $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarına karşılık yatay seyreden ϵ_{Nd} olmak üzere iki gruptan söz edilebilir (Şekil 5.10). Bu sebeple 07VAN-T58 örneği $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.704339), Kırmızıtepe bazaltı ilksel mağmaya en yakın örnek olarak seçilmiştir (Şekil 5.10). 07VAN-T58 OIB-tipi bazik kayaların alanına en yakın örnektir. Negatif yöndeki ilk küme muhtemelen, daha eski kabuksal malzeme tarafından kontaminasyona uğramış bazik ilksel magma sonucu oluşmuştur. Yatay seyreden ikinci grup ise sıg magma odalarındaki karbonatlı kayaların, kontamine etmesiyle ortaya çıkar. Diyagramda Süphan volkanitleri alanı ile Tendürek volkanitleri büyük oranda çakışmaktadır (Özdemir ve Güleç, 2014). Bununla birlikte, Süphan volkanitlerinin bir bölümü, üst kabuğun sialik materyali ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ 0.7072'ye kadar -2.5'e kadar) ile yoğun bir magma kontaminasyonu izine sahiptir ancak, bu durum Tendürek volkanitleri için söz konusu değildir. Tendürek volkanik sisteminin manto kaynak alanı, Büyük-Küçük Kafkasların Neojen-Kuvaterner bazik lavları alanının kenar kısmına düşmektedir (Lebedev ve ark., 2016). 2. Evrenin ürünü olan Çömçeli fonoliti istisnai bir dağılım sergiler. Çömçeli fonoliti 07VAN-T68, sıg magma odalarında kabuk kontaminasyonu (çoğunlukla karbonat materyali) gelişen orta veya orta dereceli asit kayaları grubunu belirtir. Belki de aynı şartlarda, kabul edilen kaya, ana metamorfik kayalardan kaynaklanan radyojenik (yani uranojenik) kurşunla kirlenmiştir.

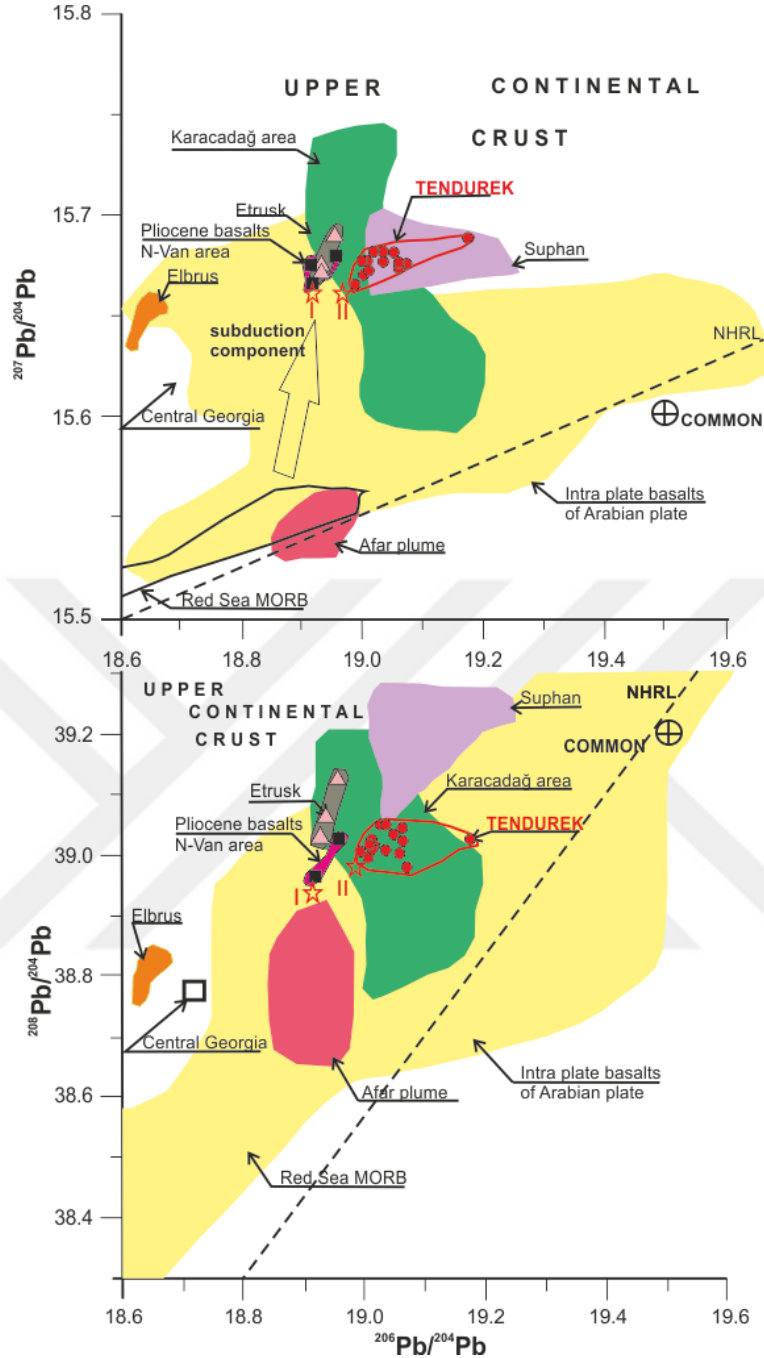
Tendürek volkanik sistemi alanı hem Pb-izotop diyagramında, hem de Kuzey-Van neovolkanik alanının orta kesimindeki Pliosen formasyonlarına yakın bir alana düşmektedir (Oyan ve ark., 2016). Örneklerin tamamı Arap plakası kıta içi bazaltları alanıyla çakışmaktadır (Karacadağ volkanik alanı; Keskin et al., 2012b). Tendürek volkanitlerinin, Kuzey-Van Pliyosen bazaltlarına göre Kızıl Deniz okyanus ortası bazaltları (Red Sea-MORB) ile kıyaslandığında daha radyojenik olduğu görülmektedir (Şekil 5.11).



Şekil 5.10. Lebedev ve ark. (2016b)'na göre Tendürek volkanitleri Sr-Nd izotop diyagramı ve Alpin kuşağında Kafkasya-Anadolu kesimi içinde bir dizi bölge (Pearce et al., 1990; Lebedev et al., 2003; 2006; 2013_b; Keskin et al., 2012_b; Oyan et al., 2016; Özdemir, Güleç, 2014). 1-Tendürek volkanitleri, 2- Kuzey-Van Pliyosen bazaltları, 3- Etrusk volkanitleri, 4- Van gölü kuzeyi volkanik alanda Pliyosen (I), Kuvaterner (II) dönemleri matro kaynağı temsilci örnekler. MORB-Mid Ocean Ridge Basalts, OIB – Oceanic Island Basalts, U – Bulk Earth, LCC – Lower Continental Crust, UCC – Upper Continental Crust. (Pearce et al., 1990; Lebedev et al., 2003; 2006; 2013_b; Keskin et al., 2012_b; Oyan et al., 2016; Özdemir, Güleç, 2014).

5.3. Manto Kaynak Alanı

Tendürek volkanı (magmatik sistemi) ve çevresindeki (bu sistem ile ilişkili) Kuvaterner yaşlı volkanizma ürünleri yaklaşık 500 bin yıllık zaman aralığında meydana gelen aktivitelerin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bu süreçte ortaya çıkan volkanizma ile ilişkili ürünler için sub-alkali ve alkali olarak sınıflanan iki ayrı magma serisi varlığından söz edilebilir. Bu sebeple sub-alkali ve alkali olarak ortaya çıkan lavların iki farklı manto kaynağının ve bu iki kaynağın karışımının sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.11. Lebedev ve ark. (2016b)'na göre Tendürek volkanitleri Pb izotop diyagramı ve Alpin kuşağında Kafkasya-Anadolu kesimi içinde bir dizi bölge (Pearce et al., 1990; Lebedev et al., 2003; 2006; 2013_b; Keskin et al., 2012_b; Oyan et al., 2016; Özdemir, Güleç, 2014). 1-Tendürek volkanitleri, 2- Kuzey-Van Pliyosen bazaltları, 3- Etrüsk volkanitleri, 4- Van gölü kuzeyi volkanik alanda Pliyosen (I), Kuvaterner (II) dönemleri matro kaynağı temsilci örnekler. MORB-Mid Ocean Ridge Basalts, OIB – Oceanic Island Basalts, U – Bulk Earth, LCC – Lower Continental Crust, UCC – Upper Continental Crust. (Pik et al., 1999; Lebedev et al., 2010_b; Ma et al., 2011; Keskin et al., 2012_b; Chugaev et al., 2013; Özdemir, Güleç, 2014).

Her iki magma sistemi için ayrı ayrı bazik karakterde, evrimleşmemiş ve bölüm 4.1.3.5'de N-MORB'a normalize edilen çoklu element diyagramlarında tartışıldığı gibi SiO_2 değerleri düşük MgO bileşimleri yüksek, levha içi karaktere yakın ve yitim bileşenini az içeren veya içermeyen lav örnekleri primitif lav olarak seçilmiştir.

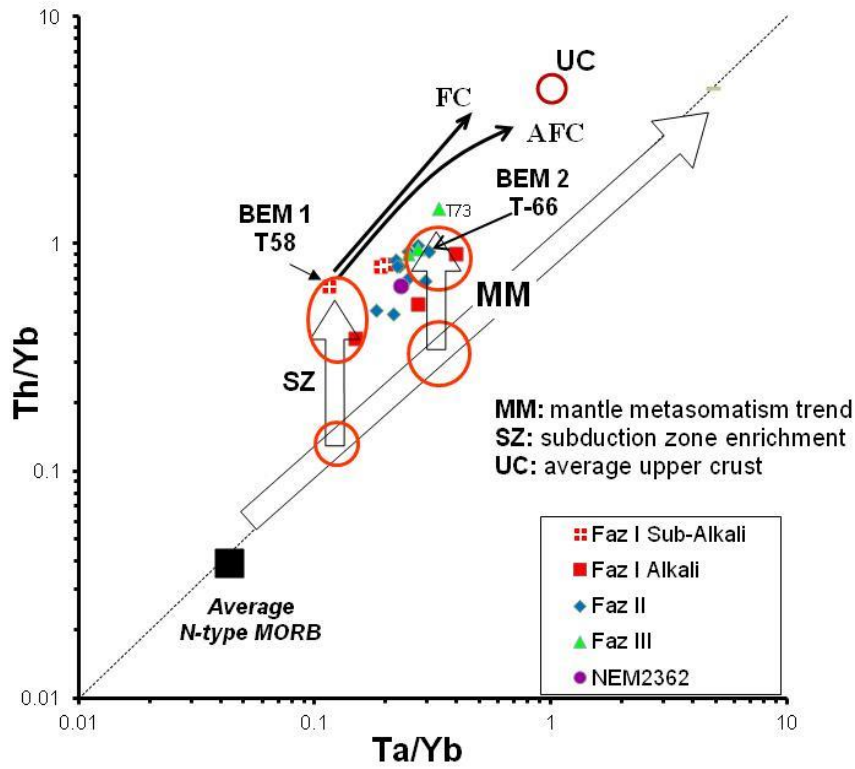
Her iki magma sisteminde de bölüm 4.1.3.5'de verilen N tipi MORB'a normalize multi element diyagramlarında özellikle LIL elementlerde MORB değerlerine nazaran belirgin yükselmelere karşı Ta, Nb elementlerinde LILE elementlere oranla göreceli olarak gözlenen düşüş, bu magmaların doğrudan N-MORB kaynaklı bir mantodan türeyemeceğini düşündürür. Ta ve Nb elementlerdeki LIL ve HRE elementlerine nazaran fakirleşme, manto kaynak alanının yitim bileşeni (dalmış bir okyanusal litosfer diliminin kimyasal imzası) içermesinden kaynaklanabilir.

Tendürek volkanizması K/Ar radyometrik yaş verileri doğrultusunda beş faza ayrıldığı daha önce belirtilmiştir. Sub alkali seri I. ve II. evrelerinde gözlenmekte olup, I. Evre içinde Kırmızı Tepe formasyonu olarak belirlenen, sub alkali seri lavların geldiği kaynak alandan türemiş primitif lavları temsil etmeye en yakın bileşimi 07-VAN-T58 nolu bazalt örneğinin sunduğu düşünülmektedir.

Alkali seri lavları arasında ise II. Evre içinde Tütek tefriti olarak belirlenen formasyonun 07-VAN-T66 nolu örneği ikinci kaynak alandan türeyen lavlar içinde bu kaynağı en iyi temsil etmesi, evrimleşmemiş olması ve yitim bileşeni etkisinin en az görülmesi sebebiyle seçilmiştir.

07-VAN-T58 ve 07-VAN-T66 örneklerinin K/Ar radyometrik yaşları ise sırasıyla 0.44 My ve 0.19 My'dir. Primitif lav olarak belirlenen bu iki lavdan daha erken hatta volkanizmanın ilk faaliyet gösterdiği dönemlerde türeyen lavlar olsa da, primitif lavlar bu formasyonlardan seçilmemiştir. Primitif lavı temsil edebilecek örnek seçimi yapılırken zaman değil kimyasal bileşim dikkate alarak seçim yapmak daha doğru olacaktır. Sub-alkali seriye ait lavları üreten mantonun yitim bileşenince daha fazla etkilenmiş olabileceği görülürken, alkali karakterde lavlar üreten magma kaynak alanının ise yitim bileşiminden daha az etkilenmiş olduğu söylenebilir.

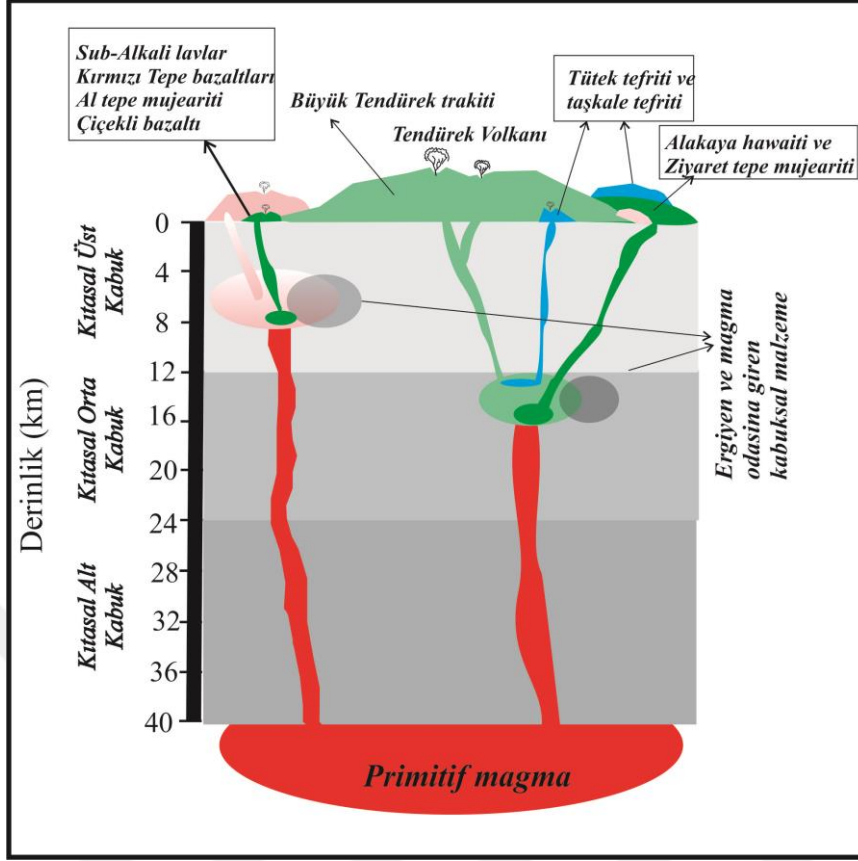
Yitim bileşeninden göreceli daha fazla etkilenmiş olan I. Manto kaynak alanı N-MORB'a normalize diyagramlarında gözlenen Y ve Yb elementince fakirleşmenin manto kaynağında kalık granatın varlığından veya magmadan granat kristallenmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir.



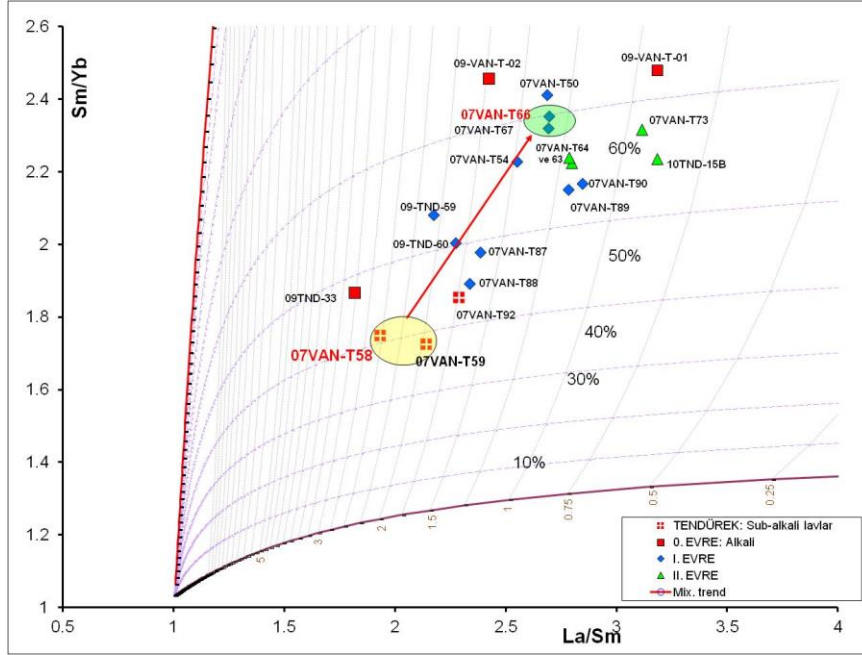
Şekil 5.12. Tendürek volkanitlerine ait uyumsuz element çiftleri ile oluşturulmuş ikili değişim diyagramları.

Th/Yb-Ta/Yb ikili değişim diyagramı üzerine SiO_2 içeriği %50'nin altında kalan bazik örnekler iz düşürülmüştür. Bu sebeple ilk üç Evre lavlarının bazik – ortaç karakterdeki lavları diyagram üzerinde izlenebilir. Manto kaynak alanında yitim bileşeninin kaynağa dahil olması, Th/Yb değerinin manto metasomatizma trendinden ayrılarak yukarı doğru yükselmesine neden olmaktadır. BEM 1 olarak gösterilen primitif lavların türemiş oldukları manto kaynak alanının, BEM 2 olarak gösterilen lavların türemiş oldukları manto kaynak alanına oranla daha fazla tüketilmiş olduğu ve göreceli olarak daha fazla yitim bileşeni içerdiği görülmektedir. Olasılıkla bu iki kaynak alandan türeyen magmaların farklı oranlarda karışması sonucunda II. Evre lavları türemiştir (Şekil 5.12).

La/Sm ye karşı Sm/Yb kullanılarak oluşturulan ergime derecesine karşı kaynak alanı magmanın granat-spinel oranını gösteren petrolojik modelleme diyagramı, şekil 5.14.'da verilmiştir. Diyagramdaki ergime modelinin oluşturulmasında danışman M. Keskin ve V. Oyan'ın geliştirdikleri “Crucible of mantle melting” programı kullanılmıştır. Bu diyagramdaki veri noktalarının yeri de, 07VAN-T58 nolu lav örneğinin, sub-alkali lavların en primitif lavına karşılık geldiğini desteklemektedir.



Şekil 5.13. Tendürek volkanı altındaki magma pompalama sistemini ve magma odası süreçlerini gösteren şematik enine kesit.



Şekil 5.14. Tendürek volkanitlerine için kısmi ergime modelleri.

Çizelge 5.2 Nonmodal (modal olmayan) yığın (batch) ergime modellemesinde kullanılan parametreler. Kaynak mineral oranları ve mineral/ergiyik ayrımlanma katsayıları (K_d) McKenzie ve O’Nions (1991;1995)’den, ergiyik mineral oranları Thirlwall ve ark. (1994)’den alınmıştır

<i>Kaynak mineralojisi</i>						
	Kaynak mineral oranları		Ergiyik mineral oranları			
	<i>Granat peridotit</i>	<i>Spinel Peridotit</i>	<i>Granat peridotit</i>	<i>Spinel Peridotit</i>		
<i>Olivin (ol)</i>	0.598	0.578	0.05		0.1	
<i>Ortopiroksen (Opx)</i>	0.211	0.27	0.2		0.27	
<i>Klinopiroksen (Cpx)</i>	0.076	0.119	0.3		0.5	
<i>Granat (Gr)</i>	0.115	-	0.45		-	
<i>Spinel (Sp)</i>	-	0.033	-		0.13	

Mineral/Ergiyik ayrımlanma katsayı değerleri (K_d)						
	<i>La</i>	<i>Sm</i>	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Yb</i>
	<i>Olivin (ol)</i>	0.0004	0.0013	0.0015	0.0015	0.0017
<i>Ortopiroksen (Opx)</i>	0.002	0.01	0.016	0.019	0.022	0.049
<i>Klinopiroksen (Cpx)</i>	0.054	0.26	0.3	0.31	0.33	0.28
<i>Granat (Gr)</i>	0.01	0.217	0.498	0.75	1.06	4.03
<i>Spinel (Sp)</i>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Diyagramdaki modellenen ergime eğrileri ile örnek noktalarının ilişkisi, MORB’a normalize diyagramlardan daha fazla tüketilmiş bir kaynaktan geldiğini bildiğimiz primitif sub-alkali lavların (07VAN-T58) türediği manto kaynak alanının yaklaşık % 42 granat - %58 spinel içerdiğini ve ergime derecesinin ise ~%2.3 olduğunu göstermektedir. Buna karşılık model eğriler ile örnek noktalarının ilişkisi, 0VAN-T66 nolu primitif alkali lavların türediği zenginleşmiş 2. Manto kaynak alanının ise %58 granat - %42 spinel içeren bir magma kaynağından türemiş olabileceğine işaret eder (Şekil 5.9). La/Sm – Sm/Yb diyagramının bize verdiği bilgiler doğrultusunda 07VAN-T58 nolu lav örneğine benzer sub-alkali bileşimde primitif lavların geldiği manto bölgesinin göreceli olarak daha sığ bir ortamda yer almış olabileceğini, alkali lavların türemiş olduğu granatça daha zengin ikinci manto bölgesinin ise daha derinde bulunmuş

olduđunu dűşűndűrűr. Ergime derecelerinin ise, sub-alkali lavların tűremiř olduđu daha sıđ manto bűlgesi için %2.5 civarında iken, alkali lavların tűremiř olduđu daha derin ikinci manto bűlgesi için % 1.3 civarında kalmıřtır.





6. SONUÇLAR

2007-2010 yılları arasındaki yaz sezonları boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında toplanmış olan 220 kayaç örneğinin petrografik, jeokimyasal, jeokronolojik ve izotopik analiz sonuçları ile şekillenen bu tez çalışmasından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile ortaya konulan sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- Yaklaşık 600 km²'lik alan kaplayan ve Van-Ağrı il sınırında yer alan çalışma sahasında Tendürek volkanı morfolojik açıdan kalkın şeklinde (shield) volkan karakterinde olup, iki zirve krater, yamaçlarda parazit koniler ve açılma çatlaklarından püskürmüş plato bazaltlar ile karakterizedir.
- Tendürek volkanının tüm volkanik ürünleri 35 formasyona ayrılmış ve volkanitlerin dışında kalan magmatik metamorfik ve sedimanter jeolojik birimler tespit edilerek volkanın jeoloji haritası yapılmıştır.
- Zaman aralığına göre volkanitler 5 evreye ayrılmıştır. I. Evre lavlarının 710-440 bin yıl, II. Evre lavlarının 270-190 bin yıl, III. Evre lavlarının 190-110 bin yıl, IV. Evre lavlarının 105-70 bin yıl ve V. Evre lavlarının ise 69-15 bin yıl zaman aralığında püskürmüş oldukları belirlenmiştir.
- I Evre volkanitlerinin bazalt, trakibazalt ve bazaltiktrakiandezit türünde lavlardan oluştuğu, II. Evre kapsamındaki volkanitlerin trakibazalt, tefrit ve fonolit türünde kayalardan oluştuğu, III. Evre volkanitlerinin tefrit, tefrifonolit, fonotefrit, fonolit, trakiandezit ve trakit karakterindeki lavlardan, IV. Evre tefrifonolit, fonolit, trakiandezit ve trakit karakterindeki volkanitler, V. Evre volkanitlerinin ise trakit ve trakiandezit karakterinde olduğu saptanmıştır.
- Tendürek volkanitleri tektonik ortam ayırtlama diyagramları levha içi bazalt olduğunu göstermiştir. Ancak halen yitim bileşeni içermektedirler.
- Ni, Co ve V gibi uyumlu elementlerin uyumsuz elementlere karşı (ör. Th) davranışları olivin ve piroksen kristallenmesine; Sr elementinin davranışı, 3., 4. ve 5. Evre lavlarında plajiyoklas fraksiyonel kristallenmesine, Ba

elementinin davranışı yine 3., 4. ve 5. Evre lavlarında K-Feldspat kristallenmesi, Zr'un davranışı ise, Biyotit, K-Felds veya aksesuar minerallerin fraksiyonel kristallenmesine işaret etmektedir.

- Magma oluşum derinliği yaklaşık 70-80 km'dir. Bu derinlik astenosferin üst bölümüne karşılık gelir.
- Petrolojik ve izotop jeokimyasal verilerin göz önüne alındığında, magmanın fraksiyonel kristalleşme sürecine, kabuksal malzemenin asimilasyonu eşlik ettiği söylenebilir. Büyük olasılıkla derinde, kabuk içinde yerleşmiş magmanın ayırimsal kristallenme ile trakibazaltik bileşime ulaşmış, magma ergiyiği, kabuğu oluşturan çevre kayalarla yoğun etkileşim göstermiş ve bu sürece fraksiyonel kristallenme (FC) eşlik etmiştir. Bu süreçte olivin, piroksen ve oksit minerallerinin kristallenmesinin ardından tefritler meydana gelmiştir.
- Asimilasyonunun alt kabuktan ziyade, üst kabuğu etkilemiş olduğu, ve magma odasının yerleştiği derinliğin nispeten sığ olduğu söylenebilir
- Büyük ölçekte Ca'ca zengin Plajiyoklas kristallenmesi ile birlikte, muhtemelen karbonatlı metamorfik kayalardan (kireçtaşları, mermer v.b) gelen radyojenik ^{87}Sr ve ^{206}Pb ile birlikte kabuksal kirlenme gözlenmeye başlamıştır.
- Ergime modellerinin sonuçlarına göre, sub-alkali magmalardan oluşan ilk evrelere ait lavların göreceli olarak daha sığ bir manto kaynağından geldiği ancak sonraki evrelerde püskürmüş alkali lavların daha derin bir mantodan türedikleri düşünülmektedir.
- Sub-alkali magmaların egemen olduğu ilk evrelerin volkanitlerinin geldiği manto bölgesinin ergime derecesinin %2.5, alkali magmaların egemen olduğu geç evre lavlarının türemiş oldukları manto bölgesinin ergime derecesinin ise % 1.3 kadar olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Erkal, T., Güner, E., A., Umut, M., Elibol, E., Gedik, İ., Hakyemez, Y., Uğuz, F., 1991. *Van Gölü Doğu ve Kuzeyin Jeolojisi*, M.T.A Genel Müd. Jeoloji Etüt Dairesi Yayını, Rapor No: 9469, 94 s. (yayınlanmamış).
- Adam, J., Green, T., 2006. Trace element partitioning between mica-and amphibole-bearing garnet lehrzolute and hydrous basanitic melt: 1. Experimental results and investigation of controls on partitioning behavior. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **152**: 1-17
- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandvol, E., Türkelli, N., Mohamad, R., Barazangi, M., 2003. Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (eastern Turkey) and the surrounding regions. *Geophysica Research Letter*, **30** (24): 8043-8046.
- Angus, D.A., Wilson, D.C., Sandvol, E., Ni, J.F., 2006. Lithospheric structure of the Arabian and Eurasian collision zone in Eastern Turkey from S-wave receiver functions. *Geophysical Journal of Internationa.*, **166** (3): 1335-1346.
- Bacon, C. R., Druitt, T.H., 1988. Compositional Evolution of the Zoned Calcalkaline Magma Chamber of Mount-Mazama, Crater Lake, Oregon. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **98**: 224-256.
- Barazangi, M., Sandvol, E., Seber, D., 2006. Structure and tectonic evolution of the Anatolian plateau in eastern Turkey. *GSA Special Paper*. **409**: 463-474.
- Boray, A., 1975. Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **18** (1): 81-84.
- Chugaev, A.V., Chernyshev, I.V., Lebedev, V.A., Eremina, A.V., 2013. Lead isotope composition and origin of the Quaternary lavas of Elbrus Volcano, the Greater Caucasus: high precision MC-ICP-MS data. *Petrology*, **21** (1): 16-27.
- Cruden, A.R., Nasser, M.H., Pysklywec, R. 2006. Surface topography and internal strain variation in wide hot orogens from three-dimensional analogue and two-dimensional numerical vise models. In: S. Buitner & G. Schreurs (Eds), Analogue & Numerical Modelling of Crustal Scale Processes. *Geological Society of London, Special Publication*, **253**: 79-104
- Çağlayan, M.A.; İnal, R.N.; Şengün, M., Yurtsever, A., 1983. Structural setting of Bitlis Masif. *Geology of the Taurus belt da, International Symposium*. 26-29 Eylül 1983, Ankara. 245-254.
- Çolakoğlu, A.R., Arehart, G.B., 2010. The petrogenesis of Sarıçimen (Çaldıran – Van) quartz monzodiorite: Implication for initiation of magmatism (Late medial Miocene) in the East Anatolian collision zone, Turkey. *Lithos*, **119**:1-20
- DePaolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined Wall rock assimilation and fractional crystallization. *Earth Planet Science Letters*, **53**: 189-202.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia – a young collision zone in *Collision Tectonics*. *Geological Society Special Publications*, **19**: 3-36.
- Ercan, T., 1986. Anadolu'nun sönmüş volkanları yeniden püskürecekler mi? *Tübitak Bilim ve Teknik Derg*, **222**:17-19.

- Ercan, T., Fujitani, T., Molsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Tadahide, U.İ., 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotropik verilerin yorumu. *MTA dergisi*, **110**: 143-164.
- Ewart, A., Griffin, W.L., 1994. Application of Proton-Microprobe Data to Trace Element Partitioning in Volcanic-rocks. *Chemical Geology*, **117**: 251-284.
- Foulger, G.R., 2007. The "plate" model for the genesis of melting anomalies, in Foulger, G.R., and Jurdy, D.M., eds., Plates, plumes, and planetary processes: *Geological Society of America Special Paper*, **430**: 1-28. doi: 10.1130/2007.2430(01).
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M, Aoki, K.İ., 1984. Partition coefficient of Hf, Zr and REE between phenocryst and groundmasses. *Journal of Geophysical Research*, **89**: 662-672.
- Gaetani, G. A., Grove, T.L., 1997. Partitioning of moderately siderophile elements among olivine, silicate melt, and sulfide melt: Constraints on core formation in the Earth and Mars. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **9**: 1,829-1,846.
- Gök, R., Sandvol, E., Türkelli, N., Seber, D., Barazangi, M., 2003. Sn attenuation in the Anatolian and Iranian plateau and surrounding regions. *Geophysical Research Letter*, **30** (24): 8038 -8042.
- Gök, R., Türkelli, N., Sandvol, E., Seber, D., Barazangi, M., 2000. Regional wave propagation in Turkey and surrounding regions, *Geophysical Research Letter*, **27** (3): 429-432.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., 1984. Geology of the Bitlis metamorphic belt *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*. 26-29 Eylül 1983. Ankara, 237-244.
- Gülen, L., 1984. *Sr, Nd, Pb isotope and trace elements geochemistry of calc-alkaline and alkaline volcanics, eastern Turkey*. (Ph.D. thesis). Massachusetts Ins. Tech., USA.
- Hafkenscheid, E., Wortel. M.J.R. Spakman. W., 2006. Subduction history of the Tethyan region derived from seismic tomography and tectonic reconstructions. *Journal of Geophysical Research*, **111**. B08401, doi:10.1029/2005JB003791.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Redicci de Drozolo Villari, L., 1976. Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **1**:103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F., Villari, L., 1982. Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey): Geochronological data and geodynamic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **13**: 223-240.
- Karakhianian, A., Dzirbashian, R., Trifonov, V., Philie, H., Arakelion, S., Avagian, A., 2002. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **113** (1): 319-344.
- Keskin, M., 1994. *Genesis of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, Northeastern Turkey* (Ph.D. thesis). Durham University, Durham, England, 358 s.
- Keskin, M., 1998. Erzurum - Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkanostratigrafisi ve yeni K/Ar yaş bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu *MTA Dergisi*, **120**: 135-157.

- Keskin, M., 2002. FC-Modeler: a Microsoft® Exel© spreadsheet program for modeling Rayleigh fractionation vectors in closed magmatic systems. *Computers and Geosciences*, **28**: 919-928.
- Keskin, M., 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letter*, **30** (24): 8046-8050.
- Keskin, M., 2005. Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern Anatolia. *URL <http://www.mantleplumes.org/Anatolia.html>*: Erişim tarihi:25/01/2008.
- Keskin, M., 2007. Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume, in Foulger, G.R., and Jurdy, D.M., eds., *Plates, plumes, and planetary processes: Geological Society of America Special Paper*, **430**(32): 693–722. doi: 10.1130/2007.2430.
- Keskin, M., Pearce, J.A., Mitchell, J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 355-404.
- Keskin, M., Pearce, J.A., Kempton, P.D., Greenwood, P., 2006. Magma-crust interactions and magma plumbing in a postcollisional setting: Geochemical evidence from the Erzurum-Kars volcanic plateau, eastern Turkey *GSA Special Paper*, **409**: 475-505.
- Keskin, M., Genç, C.Ş., Tüysüz, O., 2008. Petrology and geochemistry of post collisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean. *Lithos*, **104**: 267-305.
- Keskin, M., Oyan, V., Lebedev A.V., Chugaev, A., Genç, Ş.C., E.V., Ünal, E., Aysal N., 2011. Magmatic Evolution of the Eastern Anatolian High Plateau, E Turkey. *Goldschmidt 2011*. 14-19 Ağustos 2011, Prag. 1176.
- Keskin, M., Chugaev, A.V., Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Oyan, V., Kavak, O., 2012. Geochronology and origin of mantle sources for Late Cenozoic intraplate volcanism in the frontal part of the Arabian plate in the Karacadağ neovolcanic area, Turkey. Part 1. The results of isotope-geochronological studies. *J. Volcanology and seismology*, **6** (6): 352-360. doi:10.1134/S0742046312060036.
- Keskin, M., Chugaev, A.V., Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Oyan, V., Kavak, O., 2012b. Geochronology and origin of mantle sources for Late Cenozoic intraplate volcanism in the frontal part of the Arabian plate in the Karacadağ neovolcanic area, Turkey. Part 2. The results of geochemical and isotope (Sr-Nd-Pb) studies. *J. Volcanology and seismology*, **6** (6): 361-382. doi: 10.1134/S0742046312060048.
- Keskin, M., ve Tüysüz, O., 2017. *Stratigraphy, petrogenesis and geodynamic setting of Late Cretaceous volcanism on the SW margin of the Black Sea, Turkey. Geological Society, London, Special Publications*, 464.
- Kincaid, C., Griffiths R.W., 2004. Variability in flow and temperatures within mantle subduction zones, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, **5**. Art.No: Q06002, doi:10.1029/2003GC000666.
- Kheirkhah, M., Allen, M.b., Emami, M., 2009. Quaternary syn-collision magmatism from Iran/Turkey borderlands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **1882**: 1-12.

- Kloock, W., Palme, H., 1988. Partitioning of siderophile and chalcophile elements between sulfide, olivine and glass in a naturally reduced basalt from Disko Island, Greenland. *Proceeding of the Lunar and Planetary Science Conference*, 14-18 Mart 1988, Houston, Texas. 471-483.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian plateau (Turkey) and lesser caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, **14** (1): 177-195.
- Kuno, H., 1966. Lateral variation of basalt magma types across continental margins and island arcs. *Bultein of Volcanology*, **14**: 177-195.
- Latourrette, T., Herving, R.L., Holloway, J.R., 1995. Trace – Element Partitioning between Amphibole, Phlaopite and Basanite Melt. *Earth and Planetary Science Letters*, **135**: 13-30
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckesian, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali – silica diagram. *Jornal of Petrology*, **27**: 745-750.
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Dudaury, O.Z., Arakelyants, M.M., Bairova, E.D., Gol'tsman, Yu.V., Chugaev, A.V., Vashakidze, G.T., 2003. The Samsari volcanic center as an example of recent volcanism in the Lesser Caucasus: K-Ar geochronological and Sr-Nd isotopic data. *Doklady Earth Science*, **393A** (9): 1323-1328.
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Chugaev, A.V., Dudaury, O.Z., Vashakidze, G.T., 2006. K-Ar age and Sr-Nd characteristics of subalkali basalts in the Central Georgian neovolcanic region (Greater Caucasus). *Doklady Earth Science*, **408** (4): 657-661. doi:10.1134/S1028334X06040337.
- Lebedev, V. A., Sharkov, E.V., Keskin, M., Oyan, V., 2010. Geochronology of Late Cenozoic Volcanism in the Area of Lake Van, Turkey: An example of developmental Dynamics for magmatic processes. *Doklady Earth Science*, **435** (1): 1548-1554.
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Chugaev, A.V., Goltsman, Yu.V., Bairova, E.D., 2010b. Geochronology of Eruptions and Parental Magma Sources of Elbrus Volcano, the Greater Caucasus: K–Ar and Sr–Nd–Pb Isotope Data, *Geochem. Int.*, **48** (1): 41–67. doi:10.1134/S0016702910010039.
- Lebedev, V.A., Volkov, V.N., Sagatelyan, A.K., Chernyshev, I.V., 2013. Spatial migration of vagmatic activity within the Caucasian segment of the Alpine belt in the Early Neogene under the conditions of geotectonic setting change: isotope-geochronological data. *Doklady Earth Science*, **448** (2): 225-231. doi:10.1134/S1028334X13020141
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Shatagin, K.N., Bubnov, S.N., Yakushev, A.I., 2013b. Geochronology, isotope Sr-Nd characteristics and origin of Quaternary volcanic rocks within Geghama highland (Lesser Caucasus, Armenia). *J. Volcanology and seismology*, **7** (3): 204-229. doi:10.1134/S0742046314020043.
- Lebedev, A.V., Sharkov, E. V., Ünal, E., Keskin, M., 2016a. Late Pleistocene Tendürek Volcano (Eastern Anatolia, Turkey): I. Geochronology and petrographic characteristics pf igneous rocks. *Petrology*, **24**: 127-152.
- Lebedev, A.V., Chugaev, V.A., Ünal, E., Sharkov, E.V., Keskin, M., 2016b. Late Pleistocene Tendürek Volcano (Eastern Anatolia, Turkey): II Geochemistry and petrogenesis of the rocks. *Petrology*, **24**: 234-270.

- Le Maitre, R.W., 2002. Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK 236s.
- Lemarchand, F., Benoit, V., Calais, G., 1987. Trace element distribution coefficients in alkaline series. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **51**: 1071-1081.
- Luhr, J. F., Carmichael, I.S., 1980. The Colima volcanic complex, Mexico. I: post-caldera andesites from Volcan Colima. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **71**: 343-372.
- Luhr, J. F., Carmichael, I.S., Varekamp, J.C., 1984. The 1982 eruptions of El Chichon volcano, Chiapas, Mexico: mineralogy and petrology of the anhydrite-bearing pumices. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **23**: 69-108.
- Mahood, G.A., Hildert, E.W., 1983. Large partition coefficients for trace elements in high-silica rhyolites. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **47**: 11-30.
- Matsui, Y., Onuma, N., Nagasawa, H., Higuchi, H., Banno, S., 1977. Crystal structure control in trace element partition between crystal and magma. *Tectonics*, **100**: 315-324.
- McKenzie, D.P., O'Nions, R.K., 1991. Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations. *Journal of Petrology*, **32**: 1021-1091.
- McKenzie, D.P., O'Nions, R. K., 1995. The Source of Ocean Island Basalts. *Journal of Petrology*, **36**:133-159.
- Memis, C., Göğüs, O., Pysklywec, R., Keskin, M., Şengör, A.M., Topuz, G., 2016. Geodynamic evolution of the lithosphere beneath the Eastern Anatolia region: Constraints from geodynamic modeling. *Geophysical Research Abstracts 18 EGU General Assembly*. 17-22 Nisan 2016. Viyana.
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, **566**, 207-263.
- Middlemost E.A.K., 1989. Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks: *Chemical Geology*, **77**: 19-26.
- Nagao, K.; Matsuda, J.; Kita, İ., Ercan, T., 1989. Noble gas and carbon isotopic Composition in Quaternary volcanic area in Turkey: *Bull.Soc.Geol.*, **17**:101-110.
- Notsu, K., Fujitoni, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T., 1995. Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **64** (3-4): 171-192.
- Oberhanslı, R., Bousquet, R., Candan, O., Okay, I.A., 2012. Dating Subduction Events in East Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **21**: 1-17.
- Oruç, N., Alpman, N., Karamandereci, H., 1976. Tendürek volkanı çevresindeki yüksek florür içerikli kaynak sularının hidrojeolojisi. *Türkiye Jeol.Kur.Bült.*, **19**: 1-8.
- Oyan V., 2011. *Etrüsk Volkanı ve Çevresinin (Van Gölü Kuzeyi) Volkanostratigrafisi, Petrolojisi ve Magmatik Evrimi* (doktora tezi basılmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Oyan V., Keskin M., Lebedev V.A., Chugaev A.V., Sharkov E.V., 2016. Magmatic evolution of the Early Pliocene Etrusk stratovolcano, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey. *Lithos*, **256**: 88-108.
- Oyan V., Keskin M., Lebedev V.A., Chugaev A.V., Sharkov E.V., Ünal E., 2017. Petrology and Geochemistry of the Quaternary Mafic Volcanism to the NE of

- Lake Van, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey. *Journal of Petrology*, **58**: 1701-1728.
- Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A.Ü., Güleç, N., 2006. Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolia High Plateau): The most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology*, **226**: 189-211.
- Özdemir, Y., Güleç, N., Tolluoğlu, A.Ü., 2007. Süphan stratovolkanının bazaltik traki-andezitik lavlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30.Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri Kitapçığı*, 25-27 Ekim, Adana, 75-77
- Özdemir, Y., Blundy, J.D., Güleç, N., (2011). The importance of fractional crystallization and magma mixing in controlling chemical differentiation at Süphan stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **162**: 573-597
- Özdemir, Y., Güleç, N., 2014. Geological and geochemical evaluation of Suphan stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey: Evidence for the lithosphere-asthenosphere interaction on post-collisional volcanism. *Journal of Petrology*, **55**: 37-62.
- Pamir, H.N., 1951, Tendürek dağı: *İstanbul Üniv.Fen Fak.Mecm.*, **16**: 83-88.
- Paster, T. P., Schauwecker, D. S., Haskin, L.A., 1974. The behavior of some trace elements during solidification of the Skaergaard layered series. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **10**: 1549-1577.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristic of lavas from destructive plate boundaries. In: R.S. Thorpe (Editor), *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. Wiley, New York, 525-548.
- Pearce, J.A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, in Hawkesworth, C.J., Norry, M.J., eds., *Continental basalts and mantle xenolites*: Nantwich, Shiva, p. 230-249.
- Pearce, J. A., ve Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **69**: 33-47.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, G.J., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **44**: 189-229.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **58**: 63-81.
- Perinçek, D., 1980. Bitlis metamorfitlelerinde volkanitli Triyas. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **23** (2): 201-211.
- Perinçek, D., Özkaya, I., 1981. Arabistan levhası kuzey kenar tektonik evrimi. *Yerbilimleri*, **8**: 91-101.
- Piromallo, C., Morelli, A., 2003. P-wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area, *J. Geophys. Res.*, **108** doi:10.1029/2002JB001757.
- Regard, V., Faccenna, C., Martinod J., Bellier O., 2005. Slab pull and indentation tectonics: insights from 3D laboratory experiments, *Phys. Earth Planet. Inter.* **149**, 99-113.
- Regard, V., Bellier, O., Martinod, J., Faccenna, C., 2006. Analogue experiments of subduction vs. collision processes: insight for the Iranian *Tectonics Journal Of Seismology And Earthquake Engineering*, **7** (3):129-137.

- Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, Newyork, 352s.
- Sandvol, E., Türkeli, N., Barazangi, M., 2003. The Eastern Turkey Seismic Experiment: The study of a young continent-continent collision. *Geophysical Research Letter*, **30** (24): 8035-8038.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle compositions and process. (Magmatism in Ocean Basins, editör Saunders, A.D., Norry, M.J.) Magmatism in Ocean Basins. *Geological Society of London Special Publication*, **42**: 313-345.
- Stix, J., Gorton, M.P., 1990. Variations in Trace-Element Partition-Coefficients in Sanidine in the Cerro Toledo Rhyolite, Jemez Mountains, New-Mexico-Effects of Composition, Temperature, and Volatiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **10**: 2697-2708.
- Streck, M.J., Grunder, A.L., 1997. Compositional gradients and gaps in high silica rhyolites of the Rattlesnake Tuff, Oregon. *Journal of Petrology*, **38**: 133-163.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **24**: 39-50.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1984. Doğu Anadolu' nun neotektoniği ile ilgili magmatizma. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 20-21 Şubat 1984. Ankara.149-162.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. DoğuAnadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *MTA Dergisi*, **107**: 73-93.
- Şen, A.P., Temel, A., Gourgaud, A., 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisional volcanism: a case study of central and eastern Anatolia. *Geological Magazine*, **141** (1): 81-98.
- Şenel, M., Acarlar, M., Çakmakoğlu, A., Erkanol, D., Taşkiran, M.,A., Ulu, Ü., Ünal, M., F., Örcen, S., Yıldırım, H., Dağer, Z., 1984. *Özalp (VAN) İran Sınırı Arasındaki Alanın Jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No 663, Akara.
- Sengor, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: It's age , ofset and tectonic significance. *Journal Geology Society of London Bulletin*, **136** (3): 269-282.
- Şengör, A.M.C., Kidd, W.S.F., 1979. Post – collisional tectonics of the Turkish – Iranian plateau and a comparison with tibet. *Tectonophysics*, **55** (3-4): 361-376.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., Genç, T., 2003. East Anatolian high plateau as a mantlesupported, N-S shortened domal structure. *Geophysical Research Letter*, **30** (24): 8043-8045.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., Genç, T., 2003. Doğu Anadolu litosfer mekaniğine yeni bir yaklaşım. *IV Kuvaterner Çalıştayı*. 29-30 Mayıs 2003. İstanbul.101-110.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Keskin, M., Sakınç, M., Özbakır, A.D. and Kayan, I. 2008. Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens, *Earth Science Reviews*, **90**: 1-48.
- Taylor, S.R., Mc Lennan, S. M., 1985. *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxord Press, 312 s.

- Tokel, S., 1984. Doğu Anadolu'da kabuk deformasyon mekanizması ve genç volkanitlerin petrojenezi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 20-21 Şubat 1984, Ankara.121-130.
- Topuz, G., Candan, O., Zack, T., Yılmaz, A., 2017. East Anatolian plateau constructed over a continental basement: No evidence for the East Anatolian accretionary complex. *Geology*, **45** (9).
- Türkecan, A., Dönmez, M., Mutlu, G., Özgür.B.İ., Sevin, D., 1991. Patnos, Tutak ve Hamur yöresinin (Doğu Anadolu) Tersiyer volkanizması. *A.Suat Erk Jeoloji Sempozyumu*. 2-5 Eylül 1991.Ankara. 335-340.Yılmaz, Y., Dilek, Y., Işık, H., 1981. Gevaş (Van) ofiyolitinin jeolojisi ve sinkinematik bir makaslama zonu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **24** (1): 37-44.
- Villemant, B., 1988. Trace-element evolution in the Phlegrean fields (Central - Italy) fractional crystallization and selective enrichment. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **2**: 169-183.
- Villemant, B., Jaffrezic., H., Joron, J.L., Treuil, M., 1981. Distribution Coefficients of Major and Trace-Elements-Fractional Crystallization in the Alkali Basalt Series of Chaîne-Des-Puys (Massif Central, France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **11**: 1997-2016.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F., Güner, Y., 1987. Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, **137**: 177-199.
- Yılmaz, Y., 1989. Comparison of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia formed under a compressionl regime: Areview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **44**: 69-87.
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 1998. Geology of the quaternary volcanic centres of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **137** (85): 177-199.
- Zor, E., Gürbüz, C., Türkelli, N., Sandvol, E., Seber, D. and Barazangi, M., 2003. The crustal structure of the East Anatolian Plateau from receiver functions. *Geophysica. Research. Letter*, **30** (24): 8044.

ÖZGEÇMİŞ

Esin ÜNAL, 1978 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladıktan sonra üniversite öğrenimine de Adana'da, Çukurova Üniversitesinde 1996 yılında başladı ve 2001 yılında mezun oldu. 2004 yılında, Çukurova Ünivesitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. 2003 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Bilim Dalında Araştırma Görevlisi ünvanıyla çalışmaya başladı ve halen bu görevine devam etmektedir.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 16/04/2018

Tez Başlığı / Konusu:

“Tendürek Volkanının Volkanostatigrafisi, Petrolojisi ve Magmatik Evrimi”

Yukarıda başlığı konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 158 sayfalık kısmına ilişkin, 01/02/2018 tarihinde şahsım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2 (yüzde iki) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


16.04.2018

Adı Soyadı: Esin ÜNAL

Öğrenci No:06-345

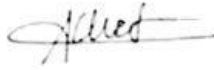
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Mineraloji-Petrografi

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR



Prof.Dr. Mehmet KESKİN

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR


Doç.Dr.Serhat KARACA
Enstitü Müdür Yrd.

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Ek-1 Çalışma alanı jeoloji haritası

