

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU SAKARYA ZONUNDAKİ (TRABZON-RİZE, KD TÜRKİYE) GEÇ  
KRETASE YAŞLI MAFİK DAYKLARIN JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Hakan Hakkı KAPTAN**

**HAZİRAN 2019  
TRABZON**

## ÖNSÖZ

Türkiye'nin önemli tektonik birliklerinden biri olan Sakarya Zonu'nun doğusunda (KD, Türkiye), özellikle Trabzon-Rize arasında (Çaykara-Hayrat-İkizdere yörelerinde) gerçekleştirilen bu çalışma ile mafik dayk türü küçük sokulumların yaşları, petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek, bölgede halen tartışma konusu olan Geç Kretase magmatizmasının kökeni ve jeodinamiğine petrolojik katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (KTÜ-BAP) Birimi tarafından 9710 nolu proje kapsamında kısmen desteklenmiştir. Bu çalışmayı öneren, çalışmanın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, yardımları ile yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Faruk AYDİN'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Saha çalışmaları sırasında katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Orhan Karlı ve Doç. Dr. Raif Kandemir'e, mikroprob analizlerinin gerçekleştirilmesinde destek sağlayan Münih Ludwig-Maximilians Üniversitesi (Almanya) öğretim elemanlarından Dr. Melanie Kaliwoda ve Dr. Dirk Müller ile söz konusu analiz sürecinde yardımcı olan hocam Prof. Dr. İbrahim Uysal'a, ayrıca zirkon U-Pb yaş analizlerinde destek sağlayan Barselona Üniversitesi'nden (İspanya) Dr. Thomas Aiglsperger'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmaları sırasında laboratuvar olanaklarını kullanabilmeyi sağlayan KTÜ Mühendislik Fakültesi Dekanlığı ve Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, saha ve laboratuvar çalışmalarında, kayaç örneklerinin derlenmesi, kesilmesi, öğütülmesi ve ince-parlak kesitlerin hazırlanması aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Yük. Müh. Rasim Başer ve Jeoloji Yük. Müh. Simge Oğuz Saka'ya, ayrıca her zaman yanımda olan ve öğrenim hayatım boyunca beni destekleyen sevgili aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Hakan Hakkı KAPTAN

Trabzon, 2019

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Sakarya Zonu’ndaki (Trabzon-Rize, KD Türkiye) Geç Kretase Yaşlı Mafik Daykların Jeokimyası ve Petrolojisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Faruk AYDİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 18/06/2019.

Hakan Hakkı KAPTAN

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Bölgesel Jeoloji .....	1
1.2. Önceki Çalışmalar .....	4
1.3. Çalışmanın Amacı .....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	9
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	9
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Kimyasal Analizler .....	9
2.1.2.1. Mikroskopik İncelemeler.....	9
2.1.2.2. Mikrokimyasal (Mikroprob) Analizler.....	10
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Ana Oksit, İz ve Lantan Grubu Element Analizleri.....	10
2.1.2.2.2. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri.....	11
2.1.2.2.4. Jeokronolojik Analizler .....	11
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	12
3. BULGULAR .....	13
3.1. Mafik Daykların İnceleme Alanındaki Konumu, Dağılımı ve Yerleşimi .....	13
3.2. Petrografik ve Mineralojik Özellikler.....	14
3.2.1. Çaykara Yöresi Mafik Dayklar.....	15
3.2.2. Hayrat Yöresi Mafik Dayklar .....	16
3.2.3. İkizdere Yöresi Mafik Dayklar.....	18
3.3. Mineral Kimyası.....	23
3.3.1. Feldispat .....	23
3.3.2. Piroksen .....	24

3.3.3.	Amfibol.....	26
3.4.	U-Pb Zirkon Jeokronolojisi .....	27
3.5.	Tüm Kayaç Jeokimyası .....	29
3.5.1.	Element Jeokimyası ve Kayaç Sınıflaması.....	29
3.5.2.	İzotop Jeokimyası .....	35
4.	TARTIŞMA.....	38
4.1.	Petroloji .....	38
4.2.	Tektonik Ortam .....	39
5.	SONUÇLAR.....	43
6.	KAYNAKLAR.....	44
7.	EKLER .....	53

ÖZGEÇMİŞ

## Yüksek Lisans Tezi

### ÖZET

#### DOĞU SAKARYA ZONUNDAKİ (TRABZON-RİZE, KD TÜRKİYE) GEÇ KRETASE YAŞLI MAFİK DAYKLARIN JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ

Hakan Hakkı KAPTAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Faruk AYDİN  
2019, 52 (Tez Sayfa), 12 (Ek Sayfa)

Sakarya Zonu'nun doğusunda (KD Türkiye) geniş alanlarda yüzeyleyen kompozit Kaçkar Plütону'na sokulum yapmış çok sayıda mafik dayk mevcuttur. Bu çalışmanın konusunu oluşturan mafik dayklar özellikle Trabzon (Çaykara, Hayrat) ve Rize (İkizdere) arasında bulunur ve genellikle bazaltik, nadiren bazaltik andezitik bileşimlidirler. Bu dayklardan elde edilen zirkon U-Pb yaşları (~78-82My), daykların Erken Kampaniyen'de oluştuklarını göstermiştir. Daykların dokusu porfiritikten afiriğe değişir; fenokristalleri plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibol, tali mineralleri zirkon, apatit ve Fe-Ti-oksit oluşturur. Tüm dayklar jeokimyasal olarak subalkalen karakterlidir; SiO<sub>2</sub> içerikleri % 46-57 ve Mg# değerleri 0.4-0.65 arasında değişir. Silikaya karşı diğer ana/iz element değişim diyagramları kpir+amf+Fe-Ti-oksit+apatit fraksiyonlaşmasını desteklemektedir. Kondrite normalize edilmiş LGE grafiklerinde, hafif LGE'lerin ağır LGE'lere göre zenginleştiği gözlenir [(La/Lu)<sub>N</sub>= 4-17] ve Eu anomalisi belirgin değildir. OOSB'ye normalize edilmiş çoklu element değişim grafiklerinde, BİYE zenginleşmesi ve YAEE fakirleşmesi tipiktir. Ayrıca yüksek La/Nb (2-8), Ba/Nb (20-850) ve Zr/Nb oranları (5-41), mafik daykların yitim-ilişkili kayalara benzerlik sunduklarını göstermektedir. Jeokimyasal ve Sr-Nd-Pb izotop bileşimleri, incelenen mafik daykların açılmalı bir yay ortamında veya yay gerisinde, yitim bileşenlerinin etkisiyle metazomatize olmuş litosferik bir manto kaynağının sığ derinliklerinden itibaren oluşmuş olabileceklerini ve devamında fraksiyonel kristallenme ve az oranda asimilasyona maruz kalarak evrimleştiklerini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** KD Türkiye, mafik dayk, jeokronoloji, jeokimya, petroloji

Master Thesis

SUMMARY

GEOCHEMISTRY AND PETROLOGY OF LATE CRETACEOUS MAFIC DYKES IN  
THE EASTERN SAKARYA ZONE (TRABZON-RİZE, NE TURKEY)

Hakan Hakkı KAPTAN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Faruk AYDİN  
2019, 52 Pages, 12 Pages Appendix

There are a great number of mafic dykes intruded into composite Kaçkar Pluton that outcropping in wide areas in the eastern part of Sakarya Zone (NE Turkey). The mafic dykes investigated in this study are found especially between Trabzon (Çaykara, Hayrat) and Rize (İkizdere) areas, and they are generally basaltic and rarely basaltic andesitic in composition. Zircon U-Pb ages (~78-82Ma) obtained from these mafic dykes indicate that they formed in the Early Campanian. The texture of the dykes varies from porphyritic to aphyric. The porphyritic dykes generally contain plagioclase, clinopyroxene and amphibole phenocrysts and their accessory minerals are zircon, apatite and Fe-Ti-oxide. All dykes are geochemically subalkaline; their SiO<sub>2</sub> contents and Mg# values vary between 46-57% and 0.4-0.65, respectively. Silica versus other major/trace element variation diagrams support cpx+amph+Fe-Ti-oxide+apatite fractionation. In the chondrite-normalized REE diagrams, it is observed that light REEs are enriched compared to the heavy REEs [(La/Lu)<sub>N</sub>=4-17]) and negative Eu anomaly is not clear. Based on the MORB-normalized multi-element diagrams, the enrichment of LILE and the depletion of HFSE are typical. In addition, high La/Nb (2-8), Ba/Nb (20-850) and Zr/Nb (5-41) suggest that the mafic dykes are similar to those of subduction-related rocks. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotope compositions have shown that the mafic dykes originated from the shallow depths of lithospheric mantle source that metasomatized by the subduction components in an extensional arc or back-arc setting, and then evolved by fractional crystallization and some crustal contamination.

**Keywords:** NE Turkey, mafic dyke, geochronology, geochemistry, petrology

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

- Şekil 1. İnceleme konusu Geç Kretase yaşlı mafik daykların da bulunduğu alanın (a) küresel ve (b) bölgesel ölçekte konumunu ve genel jeolojik özelliklerini gösterir harita. (Şekil 1a Okay ve Tüysüz, 1999'dan; Şekil 1b Güven, 1993'den değiştirilerek alınmıştır). ..... 1
- Şekil 2. Çalışma alanının yer bulduru ve örnek alım lokasyon haritası (URL-1, 2019). ..... 13
- Şekil 3. Çaykara yöresi mafik dayk ve ilişkili yan kayaçların arazi görünüşleri. Bu yöredeki biyotitli (Bi) granitleri kesen koyu gri renkli, ~1 m kalınlığındaki mafik daykın (Ct2) (a) genel ve (b) yan kayaçla dokanak ilişkisinin yakın görünümü. (c) Bi-granitleri kesen oldukça koyu renkli, ~60 cm kalınlığındaki başka bir mafik daykın (Ct6) görünümü. (d) Çaykara-Uzungöl yolu üzerindeki iki mafik daykın (Ct8 ve Ct10) diğer kayaçlarla ilişkisinin görünümü. Mafik dayk Bi-granit ve apliti kesmekte, Amf-granitoyid-porfir tarafından kesilmektedir. .... 16
- Şekil 4. Hayrat yöresi mafik dayk ve ilişkili kayaçların arazi görünüşleri. Bu yöredeki eş taneli dokulu granitleri kesen koyu gri renkli, ~2m. kalınlığındaki mafik daykın (a) genel ve (b) bu daykın (Hb1b) yan kayaçla dokanak ilişkisinin yakından görünümü. Ayrıca faneritik porfirik dokulu granitleri kesen koyu gri renkli, ~70cm. ve ~1m. kalınlığındaki mafik dayklarının (Hb2b ve Hb3b) (c) genel ve (d) bu dayklardan birinin (Hb3b) yan kayaçla keskin-dokanak ilişkisinin yakından görünümü..... 17
- Şekil 5. İkizdere yöresi mafik dayk ve ilişkili kayaçların arazi görünüşleri. Bu yöredeki granodiyorit-porfirleri kesen oldukça koyu (siyahımsı) renkli, ~40cm. kalınlığındaki mafik daykın (a) genel ve (b) bu daykın (Id4) yan kayaçla keskin-dokanak ilişkisinin yakından görünümü. Tonalitleri kesen koyu gri renkli, (c) ~40cm. (Id5) ve (d) ~80cm. (Id12) kalınlığındaki mafik daykların genel görünümü. (e) İri K-feldispat içeren ve pembemsi granitleri kesen birbirine paralel ~30cm. kalınlığındaki mafik daykların (Id8-1 ve 2) genel görünümü. (f) Oldukça ayrışmış (arenalaşmış) iri-K feldispat granitleri kesen ve birbirine paralel mafik daykların (Id9b) genel görünümü. .... 19
- Şekil 6. Çaykara yöresi mafik daykların (a-d: bazaltik) ve ilişkili granitoyidik yan kayaçların (e ve f) dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri (Ç.N.). (a) ve (b) afirik dayklar (Ct2 ve Ct10), (c) ve (d) porfirik (piroksen-firik, Ct6 ve piroksen-amfibol-firik, Ct8) dayklar. Açıklamalar: Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Af: Alkali feldispat, Bi: Biyotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit. CtG: Çaykara Biyotitli Granit, CtG: Çaykara Granodiyorit-Porfir. Ölçek: 500µm'dir..... 20
- Şekil 7. Hayrat yöresi mafik daykların (a-c: bazaltik ve d: bazaltik andezitik) ve ilişkili granitoyidik yan kayaçların (e ve f) dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri (Ç.N.). (a) ve (b)



afirik dayklar (Hb1b ve Hb3b), (c) ve (d) porfirik (plajiyoklas-firik) dayklar (Hb2b ve Hb4b). Açıklamalar: Af: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Bi: Biyotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit.Hb1a: Hayrat Biyotitli Granit, Hb2a: Hayrat Amfibollü Granit. Ölçek: 500µm'dir.....	21
Şekil 8. İkizdere yöresi mafik daykların (a-b: bazaltik, c: doleritik ve d: bazaltik andezitik) ve ilişkili granitoidik (e ve f) yan kayaçların dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri (Ç.N.). (a) afirik dayk (Id4), (b-d) porfirik (piroksen-firik, Id8-2 ve Id12; amfibol-firik, Id9b) dayklar. Açıklamalar: Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Bi: Biyotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit.Id4a: İkizdere Biyotitli Granit, Id10a: Amfibollü Granit. Ölçek: 500µm'dir.....	22
Şekil 9. İncelenen mafik dayklardaki feldispat minerallerinin Ab-Or-An üçgen sınıflama diyagramı (Deer vd., 1992).....	24
Şekil 10. İncelenen mafik dayklardaki klinopiroksen minerallerine ait Mg-Ca-Fe Üçgen sınıflama diyagramı (Morimoto, 1988).....	25
Şekil 11. İnceleme alanında bulunan kayaçlardaki amfibol minerallerine ait Si (pfu)'ye karşılık Mg/(Mg+Fe <sup>+2</sup> ) diyagramı (Leake vd., 1997).....	26
Şekil 12. Mafik dayklardaki zirkonların Cathodo-Lüminesans (CL) ve Stereomikroskop (SEM) görüntüleri. a) Hayrat (Hb1b) ve b) İkizdere (Id9b) yöresi Geç Kretase (Erken Kampaniyen) zirkonlarına aittir. Çizgisel ölçek 100µm'dir. ....	27
Şekil 13. İkizdere yöresindeki bazaltik andezitik dayklardaki (Id9b) zirkonlardan elde edilen U-Pb zirkon yaş grafiği (Konkordia yaşı: 78.0±1.3 My; Erken Kampaniyen).....	28
Şekil 14. İncelenen mafik daykların Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> (TAS) sınıflama diyagramı (Le Maitre vd., 1989).....	31
Şekil 15. İncelenen mafik daykların Nb/Y-Zr/TiO <sub>2</sub> sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	31
Şekil 16. İncelenen mafik daykların SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O sınıflama diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	32
Şekil 17. İncelenen mafik daykların AFM diyagramındaki yönsemeleri (Irvine vd., 1971). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	32
Şekil 18. İncelenen mafik daykların Zr-Y diyagramı (Rose and Bedard, 2009). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	33
Şekil 19. İncelenen mafik daykların SiO <sub>2</sub> 'ye karşı diğer ana oksit ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.....	34
Şekil 20. İncelenen mafik daykların (a) çoklu iz element değişim (Spider) diyagramları ve (b) Lantan grubu element (LGE) değişim diyagramları.....	35
Şekil 21. İncelenen mafik daykların I <sub>Si</sub> -ε <sub>Nd</sub> izotopik oran diyagramı. OOSB (Okyanus ortası sırtı bazaltları), BSE (Toplam yer kabuğu bileşimi), ZMI (Zenginleşmiş Manto I) ve ZMII (Zenginleşmiş Manto II) alanları	

Zindler ve Hart (1986)'dan, alt kıtasal kabuk (AKK) Kempton vd. (1997)'den alınmıştır. Karşılaştırma içi veriler; Giresun volkanitleri Aydın vd. (2016), Torul Plütonu, Kaygusuz vd. (2008); Harşit Plütonu, Karşlı vd., (2010a); Pirnallı Plütonu, Karşlı vd., (2012); Maçka Subvolkanitleri, Aydın (2014); Paleosen-Miyosen adakitik kayaçlar, Topuz vd. (2005); Karşlı vd. (2010b; 2011); Eyüboğlu vd. (2011); Dokuz vd., (2013)'den alınmıştır. ....	37
Şekil 22. İncelenen mafik daykların Pb-Pb izotopik oran diyagramı. NHRL (Kuzey Yarımküre Refarans Çizgisi), HIMU (Yüksek U/Pb Oranına Sahip Manto), ZMII (Zenginleşmiş Manto II), Alt ve Üst Kıtasal Kabuk alanları (AKK ve ÜKK) Zindler and Hart (1986)'dan alınmıştır. Karşılaştırma içi veriler; Kampaniyen Harşit Plütonu (KHP) Karşlı vd. (2010a)'den alınmıştır. Sembol açıklamaları Şekil 21'deki gibidir. ....	37
Şekil 23. İnceleme alanındaki mafik daykların Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce, 1982). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	40
Şekil 24. Mafik daykların litosferik manto kaynak alanını belirten La/Yb-Nb/La diyagramı. HIMU-OIB alanı Weaver vd. (1987)'den, ortalama OIB Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk Chen ve Arculus (1995)'den alınmıştır. Litosferik manto ile astenosferik manto ayırım çizgilerine ait veriler Smith vd. (1999)'den alınmıştır. Simgeler Şekil 21'deki gibidir. ....	40
Şekil 25. İnceleme alanındaki mafik daykların La/10-Nb/8-Y/15 diyagramı (Wood, 1980). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	41
Şekil 26. İnceleme alanındaki mafik daykların Th-Ta-Hf/3 diyagramları (Wood, 1980). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	41
Şekil 27. İnceleme alanındaki mafik daykların Ti/1000-V diyagramları (Shervais, 1982). Simgeler Şekil 10'daki gibidir. ....	42

## TABLÖLAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Ek Tablo 1. Mafik daykların petrografik ve mineralojik özellikleri .....	53
Ek Tablo 2. Mafik dayklara ait minerallerin kimyasal analiz sonuçları.....	54
Ek Tablo 3. Mafik daykların U-Pb zirkon analiz sonuçları.....	59
Ek Tablo 4. Mafik daykların tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları .....	60
Ek Tablo 5. Mafik daykların Sr-Nd-Pb izotop bileşimleri .....	64

## SEMBOLLER DİZİNİ

Ab	: Albit
Af	: Alkali Feldispat
AKK	: Alt Kıtasal Kabuk
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
AUK	: Ateşte Uçucu Kaybı
Bi	: Biyotit
BIYLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
BSE	: Toplam yer kabuğu bileşimi
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
TM	: Tüketilmiş Manto
DSZ	: Doğu Sakarya Zonu
ZM I	: Zenginleşmiş Manto I (EMI)
ZM II	: Zenginleşmiş Manto II (EMII)
En	: Enstatit
Fe-Ti	: Fe-Ti oksit
Fs	: Ferrosillit
Y-U/Pb-M	: Yüksek U/Pb oranına sahip manto (HIMU)
LGE	: Lantan Grubu Elementler
ICP-ES	: İndüklenmiş Çift Plazma Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	: İndüklenmiş Çift Plazma Kütle Spektrometresi
K	: Kuvars
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KB	: Kıtasal Bazaltlar
K-feld	: K-Feldispat
KİRAB	: Kıta İçi Rift İlişkili Alkali Bazaltlar
KP	: Kaçkar Plütonu
Kpir	: Klinopiroksen
LİAB	: Levha İçi Alkali Bazaltlar
LİB	: Levha İçi Bazaltlar
LİT	: Levha İçi Toleyitler
LİVZ	: Levha İçi Volkanik Zon
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

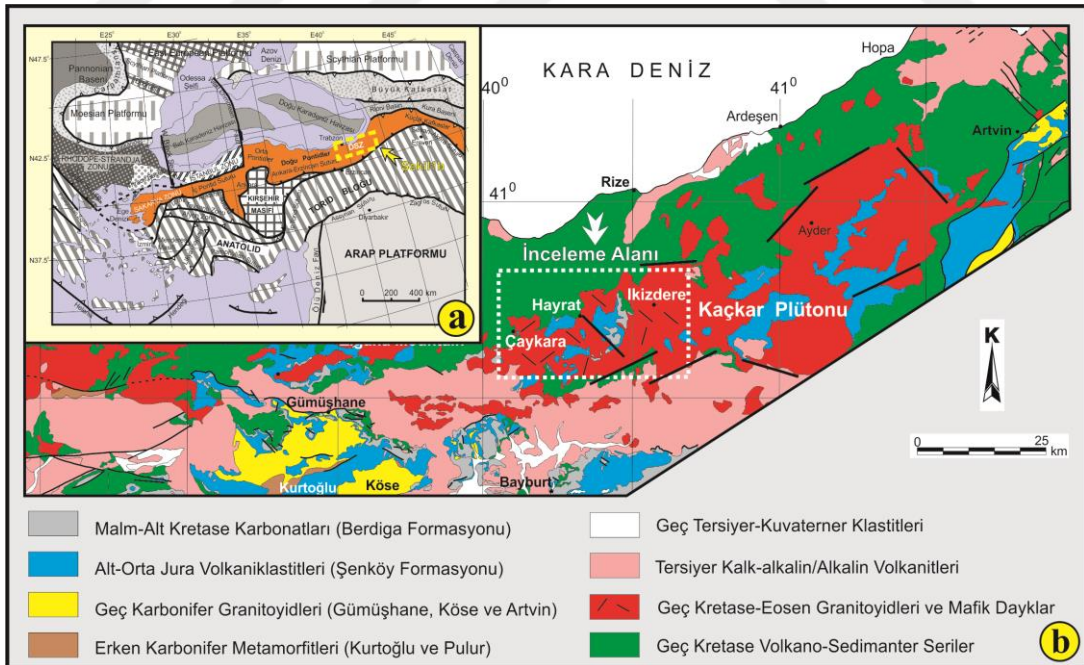
N-OOSB	: Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
OAB	: Okyanus Ada Bazaltları
Or	: Ortoklas
OY	: Okyanusal Yaylar
Pl	: Plajiyoklas
YGMB	: Yaygın Gözlenen Manto Bileşimi (PREMA)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TAS	: Toplam Alkali-Silis
Vo	: Vollaştonit
VMS	: Volkanojenetik Masif Sülfid
VYB	: Volkanik Yay Bazaltları
VYGB	: Volkanik Yay Gerisi Bazaltlar
Z-OOSB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları

## 1. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde bölgenin genel jeolojik özellikleri ve tez konusu mafik daykların oluştuğu Üst Kretase dönemiyle ilişkili yapılan önemli çalışmalar sunulacaktır.

### 1.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme konusu mafik daykların da içinde bulunduğu Sakarya Zonu'nun Paleozoyik-Senezoyik jeodinamik modeli halen birçok araştırmacı tarafından tartışılmaktadır. Sakarya Zonu Türkiye'nin beş önemli tektonik birliklerinden biridir ve bu zonun doğusu Doğu Sakarya Zonu (DSZ) ya da Doğu Pontidler olarak bilinir (Şekil 1). Söz konusu bu bölgenin özellikle Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik sürecinde Neo-Tetisin kuzeye doğru yitimiyle şekillendiği kabul edilir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Robertson ve Dixon, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Rolland vd. 2008; Karlı vd., 2010; Dokuz vd., 2013; Kandemir vd., 2019).



Şekil 1. İnceleme konusu Geç Kretase yaşlı mafik daykların da bulunduğu alanın (a) küresel ve (b) bölgesel ölçekte konumunu ve genel jeolojik özelliklerini gösterir harita. (Şekil 1a Okay ve Tüysüz, 1999'dan; Şekil 1b Güven, 1993'den değiştirilerek alınmıştır).

Karadeniz'in güneydoğu kıyısı boyunca 500 km uzunluğunda ve 100 km genişliğinde bir dağ silsilesi oluşturan bölgenin temel birimlerini Erken Karbonifer yaşlı metamorfitletler (Pulur Metamorfitletleri; Topuz vd., 2004; 2007), Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoidler (Gümüşhane ve Artvin Plütonları; Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011) ve bu iki birim üzerine uyumsuzlukla gelen Permo-Karbonifer yaşlı tortul kayaçlar oluşturur (Kandemir ve Lerosey-Aubril, 2011). Karbonifer sonunda Variskan Orojenezi ile tamamen karasal hale gelen bölge, Erken Jura'ya kadar kaynak alan halinde kalır. Bölgedeki temel kaya kaynaklı kırıntılı bileşenler, Karbonifer sonrası kapanma sürecine giren Paleotetis Okyanusu'nda çökelmişlerdir. Orta-Geç Triyas'ta Paleotetis'in güney yönlü bir yitimle kapanmaya başlaması, güneyde kalan ve üzerleyen kıtasal kabuk konumundaki Sakarya Zonu'nda ekstansiyonel bir kıtasal yayın oluşmasına ve bu süreçte mafik-ortaç bileşimli intrüzyonların (Dokuz vd., 2010) ve kalk-alkalen lamprofirlerin (Karlı vd., 2014) yerleşimine olanak sağlamıştır. Devam eden ekstansiyonel rejim, Erken Jura'da yayın güneyinde bir yay gerisi havzanın açılması (Neotetis'in kuzey kolu) ve Variskan (Paleozoyik) temel üzerine Erken-Orta Jura yaşlı volkaniklastik malzemenin uyumsuz olarak gelmesi ile sonuçlanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Erken-Orta Jura döneminde Neotetis Okyanusu'nda meydana gelen blok faylı denizaltı topoğrafyası, kuzeydeki Paleotetis'in Orta Jura'da kapanmasıyla (Şengör ve Yılmaz, 1981, Yılmaz vd., 1997; Şen, 2007; Dokuz vd., 2010), Geç Jura'dan Erken Kretase sonuna kadar platform karbonatların (Pelin, 1977) çökelebileceği tektonik yönden sakin bir ortam haline gelir (Yılmaz, 2002). Geç Kretase başlarında Neotetis'in Sakarya Zonu altına doğru kuzey yönlü bir yitimle kapanmaya başlaması (Okay vd., 1994), sakin tektonik dönemin sona ermesi, karbonat platformunun yükselmesi ve normal faylar ile parçalanmasına yol açmıştır.

Geç Kretase yaşlı kırıntılılar ve volkaniklastitler, parçalanmış karbonat platformu üzerinde çökelmeye başlar (Saydam Eker ve Korkmaz, 2011) ve özellikle bölgenin kuzeyine doğru gidildikçe yitimle ilişkili yay magmatitleri yayılım alanı olarak baskın hale gelir. Geç Kretase yaşlı bu yitim-ilişkili magmatik kayaçlar, özellikle İzmir-Ankara-Erzincan sütür zonu boyunca Neotetis'in kuzey yönlü (Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006, 2007; Kaygusuz vd., 2008; Karlı vd., 2010a; 2011; Aydın, 2014) veya birkaç araştırmacıya göre (Bektaş vd. 1999; Eyüboğlu, 2010) Paleotetis'in güneye yitimi

neticesinde oluşan ürünler olarak kabul edilmektedir. Bayburt yöresindeki Üst-Kretase-Paleosen yaşlı plajiyolosititler (Bektaş ve Gedik 1988; Altherr vd., 2008) ile Amasya yöresindeki Geç Kampaniyen yaşlı ultrapotasik volkanik kayalar (Gülmez vd., 2016), söz konusu zaman dilimindeki yitimin geriye hareketinin (roll-back) son ürünleri olarak değerlendirilmişlerdir.

Paleosen-Erken Eosen sürecinde güneydeki Anatolid-Torid Platformu'nun kuzeydeki Sakarya Zonu ile çarpışması günümüze kadar devam eden ve halen devam etmekte olan sıkışmalı dönemi başlatmıştır. Bu sıkışmanın son dönemi ile ilgili ilk kayıtlar, Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı adakitik bileşimli magmatik kayalar olarak kendini gösterir (Topuz vd., 2005; 2011; Karlı vd., 2010b, 2011; 2013; Eyüboğlu vd., 2011a; b; Dokuz vd., 2013) ve bu kayaların özellikle alt kabuğun kısmi ergimesi sonucu olduğu yönünde önemli bir görüş birliği vardır. Çarpışma ve hemen sonrasındaki bölgesel yükselmeyi takiben Erken-Orta Eosen'de gerçekleşen orojenik çökme, bölgede kısa süreli olarak genişlemeli (ekstansiyonel) havzaların oluşmasına, bu havzalarda yaygın olarak bazaltik-andezitik bileşimli kalk-alkali volkanitlerin (Tokel, 1972; Güven, 1993; Şen vd. 1998; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Temizel vd., 2012; Aydınçakır ve Şen, 2013; Arslan vd., 2013; Yücel vd., 2017), yer yer de bu genişlemeli dönemin ilk başında oluşan ve sınırlı yüzeylemeler sunan kalk-alkalen lamprofirlerin meydana gelmesine (Dokuz vd., 2011) olanak sağlamıştır. Ayrıca Lütésiyan'de çarpışma sonrası genişlemeli rejimin devam ettiği ve bölgedeki plütönik kayaların (Yılmaz-Şahin 2005; Karlı vd., 2007; 2012; Boztug vd. 2007; Boztug ve Harlavan, 2008) söz konusu bu rejimin devamı olan ürünler olarak kabul edildiği bilinmektedir. Oligosen-Miyosen'de su üzerine çıkan bölgenin tekrar bir sıkışma (kompresif) rejimi altında kaldığı, bu süreçte magmatizmanın kısmen duraksadığı ve daha sonra yeniden genişlemeli veya transtansiyonel (doğrultu atım ve genişlemeli) bir rejimle bölgenin en kuzeyindeki Neojen yaşlı alkalin bazaltik-andezitik volkanitlerin (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; 2009a; 2009b; Aydın vd., 2016a; Yücel vd. 2017) olduğu ifade edilmiştir.

Çalışma konusu mafik daykların Üst Kretase sürecinde oluşması ve bunların özellikle jeokimyasal ve petrolojik özellikleri bölgedeki jeodinamik olayların modellenmesi açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Bölgedeki Geç Kretase yitimiyle ilişkili magma kompozisyonundaki değişim ve oluşum modeli bazı araştırmacılar



tarafından kısmen tanımlanmaya çalışılmış olsa da (ör., Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Kaygusuz vd., 2008; Karslı vd., 2010a; Eyüboğlu, 2010; Aydın, 2014), ana magmanın türediği üst manto kaynak alan özellikleri ve bu kaynaktan türeyen bazaltik magmanın zaman içindeki değişim süreçleri ve oluşum modeli halen tartışmalıdır. Dolayısıyla söz konusu mafik daykların detaylı çalışılması, bölgenin özellikle Geç Mesozoyik jeodinamik evrimi için önemli jeokronolojik ve petrolojik katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 1.2. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanını da kapsayan Doğu Sakarya Zonu'nda farklı zamanlarda oluşan kayaç grupları üzerinde jeolojik, jeokimyasal ve petrolojik açıdan birçok çalışma yapılmıştır. Burada özellikle tez konusunu ilgilendiren ve Geç Mesozoyik yaşlı magmatik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalar kronolojik sıraya göre özetlenecektir.

Özsayar vd. (1982), Doğu Pontidlerin jeotektonik açıdan Avrasya Plakası'nın güney kesiminde yer aldığını, bölgenin litolojik özellikler bakımından 'Kuzey Zon' ve 'Güney Zon' şeklinde iki farklı zona ayrıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca yazarlar Üst Kretase istifinin genel olarak türbiditlerle ara katkılı olduğunu, kesintisiz olarak Paleosen'e kadar devam ettiğini ve bölgenin bir yitim zonuna bağlı olarak magmatik bir yay ortamı şeklinde evrimleştiğini belirtmişlerdir.

Pelin vd. (1982)'ne göre, Doğu Pontidlerin Geç Kretase volkanik kayaçları ile aralanmalı kırmızı biyomikritlerin baskın olarak Kampaniyen yaşlı olduğu belirtilmiştir. Geniş bir yayılım sunan bu kırmızı biyomikritlerin, Senomaniyen havzalarda bazen volkanitler üzerinde bazen de kireçtaşları üzerinde çökdikleri belirtilmiş, Turoniyen'de bölgenin yeniden denizle kaplandığı ve biyomikritlerin karadan taşınan malzemelerle kırmızı renkli olarak oluştukları ifade edilmiştir.

Bektaş vd. (1984), Doğu Pontidlerin litolojik ve yapısal unsurlara bağlı olarak üç farklı zona ayrıldığını belirtmiştir. Bunlar kuzey-güney yönünde, kuzey zon, güney zon ve eksen zonu'dur. Araştırmacılar eksen zonunun baskın olarak metamorfik temel kayaçlar ile ofiyolitlerden meydana geldiğini, güney zonda kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kayaçların bulunduğunu, kuzey zonda ise plütonik ve volkanik kayaçların daha baskın olduğunu belirtmişlerdir.

Güven (1993)'e göre, bölgede Geç Kretase volkanizması dört farklı evrede oluşmuştur. Bu volkanizmanın I. ve II. evresi (Turoniyen-Santoniyen) Çatak ve Kızılkaya formasyonları ile temsil edilirken, III. ve IV. evreleri (Santoniyen-Kampaniyen-Maastrichtiyen) sırasıyla Çağlayan ve Tirebolu formasyonları ile sona erer. Ayrıca yazarlara göre bu volkanik evrelerdeki özellikle felsik volkanik kayalar masif sülfid cevherleşmelerine ev sahipliği yapmıştır.

Çamur vd. (1996), bölgedeki Geç Kretase volkanizmasını, "Üst Kretase Alt Devri" ve "Üst Kretase Üst Devri" volkanitleri şeklinde ikiye ayırmıştır. Yazarlar Üst Kretase volkanitlerinin bazalttan-riyolite kadar değişen kalk-alkalen özelliğe sahip olduklarını, Üst Kretase Alt Devri volkanitlerinin yitim zonunda dalan plakadan ve/veya kıtasal kabuktan etkilenmiş bir volkanik faaliyet şeklinde oluştuğunu, Üst Kretase Üst Devri volkanitlerinin ise yay gerisi veya yay içi havzada oluştuklarını belirtmişlerdir.

Okay ve Tüysüz (1999), Geç Kretase'de devam eden kuzey yönlü yitim sonucunda Doğu Sakarya Zonu'nun kuzeyinde ~2km kalınlıkta, çoğunlukla andezitik-dasitik kayalarla temsil edilen volkanik bir yay istifinin geliştiğini belirtmişlerdir. Bu araştırmacılara göre, Doğu Karadeniz havzası olasılıkla Maastrichtiyen'de okyanusal bir yay-ardı havza olarak açılmaya başlamış ve bölge bugünkü ada yayı konumu kazanmıştır. Ayrıca yazarlar Geç Kretase sonuna doğru bölgenin kuzeyinin yay ardı, güneyinin ise yay-önü havza olarak oluştuğunu, magmatizmanın Geç Kretase sonu-Paleosen'e kadar devam ettiğini ve Anatolid-Torid Bloğu'nun Sakarya Zonu ile çarpışmasına bağlı olarak yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Arslan vd. (1997), Geç Kretase volkanitlerinin baskın olarak dasitik ve riyolitik kayalardan, yer yer bazaltik ve andezitik kayalardan oluşan toleyitik-kalkalkali bir karaktere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Yazarlar jeokimyasal verileri dikkate alınarak, bölgedeki Geç Kretase volkanitlerinin yitim ile ilişkili olduğunu ve bunların zenginleşmiş üst mantodan türediklerini ve evrimleşmelerinde fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Bektaş vd. (1999), Doğu Pontidler'deki Üst Kretase volkanizmasının jeokimyasal özelliklerini kullanarak bölgenin K-G yönündeki magmatizmanın göçünü irdelemişlerdir. Yazarlara göre, kuzeydeki volkanizma toleyitik-kalkalkali ve bimodal karakterlidir ve

Senoniyen döneminde oluşmuştur. Ayrıca kalkalkali ve şoşonitik özellikte olan güneydeki volkanizmanın kuzeydeki volkanizmaya göre daha genç dönemde faaliyet gösterdiğini ve güneydeki şoşonitik volkanizmanın ancak güney yönlü yitimle oluşabileceğini önermiştir. Bu verilere göre yazarlar magmatizmanın kuzeyden güneye göç ettiğini ve kuzey zonun yay önü, güney zonun ise yay gerisi bir ortam olduğunu belirtmişlerdir.

Eyüboğlu (2010)'na göre, Doğu Pontidlerdeki Geç Kretase volkanitleri iki farklı zamanda oluşmuştur. Yazara göre, ilkevre bazaltik ve andezitik volkanitlerle başlar ve dasitik-riyodasitik ürünlerle son bulur. İkinci evre de birincinin tekrarı şeklinde gelişir, ancak bu iki evreyi kırmızı biyomikritik bir seviyenin ayırdığı belirtilir. Bölgenin güneyine doğru gidildikçe Geç Kretase volkanizmasının şoşonitik-potasik bir karakter kazandığı ve bu dönemdeki yitimin kuzeyden güneye doğru olması gerektiği belirtilir.

Altherr vd. (2008), Bayburt yöresinde yüzeyleyen lösitli bazaltların (plajiyolösititler) Maastrihtiyen-Geç Paleosen zamanında oluştuğunu, lösitlerin neredeyse tamamının analsime dönüştüğünü ve plajiyolösititlerin ultrapotasik karakterli olduklarını, aktif kıtasal kenarlarda oluşan ultrapotasik kayaçların jeokimyasal özelliklerine büyük oranda benzerlik gösterdiklerini belirtmişler. Yazarlar bunları Neotetis Okyanusu'nun kuzeye doğru yitiminin sonunda, yiten dilimin geriye dönüşüne bağlı olarak yay-yay önü bir ortamda oluşan ürünler olarak yorumlamışlardır.

Kaygusuz vd. (2008), Torul ve çevresindeki Geç Kretase yaşlı granitik kayaçları petrografik ve jeokimyasal açıdan araştırmışlar ve bunların granodiyorit, monzogranit, kuvars monzodiyorit ve kuvars monzonit gibi farklı bileşimlerden meydana geldiklerini belirtmişlerdir. Jeokimyasal ve izotopik veriler dikkate alındığında, yazarlar bu granitik kayaçların alt kabuk kaynaklı bir protolitten türediğini ortaya koymuşlardır.

Karslı vd. (2010), Harşit Plütunu ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, bu plütunun Erken-Orta Kampaniyen yaşlı oluştuğunu ve bunların yüksek-K kalkalkalin, I-tipi ve metalümin karaktere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Yazarlar, Harşit Plütunu'nu oluşturan kayaçların kökeninde manto ve alt kıtasal kabuk kaynaklı protolitlerin önemli rol oynadığını, ayrıca kristallenme ve asimilasyon süreçlerinin magmatik gelişime katkı sağladığını ifade edilmişlerdir.

Evcimen (2011), İkizdere Plütonu'nun granit, granodiyorit, tonalit, kuvars monzonit, diyorit gibi ana kayaçlardan oluştuğunu ve bunların içinde monzonit, monzodiyorit ve monzogabro bileşiminde anklavların olduğunu belirlemiştir. Petrografik ve jeokimyasal verilere göre, araştırmacı plütonun yitim ortamında ve hibrid (melez) bir magma kaynağından itibaren oluşabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca yazar İkizdere Plütonu'nun yitim ilişkili bir ortamda ve yay gerisi bir ortamda oluşabileceğini belirtmiştir.

Aydin (2014), Maçka yöresindeki sütunsal yapılı magmatik kayaçların erken Kampaniyen yaşlı olduklarını, tonalitporfir ve kuvarsdiyoritporfir bileşiminde olduklarını, bölgedeki Üst Kretase yaşlı volkano-tortul kayaçlarla yaşıt olarak yerleştiklerini ve bol miktarda magmatik anklav içerdiklerini belirtmiştir. Jeokimyasal açıdan yüksek-K kalk-alkali ve metalümin karakterli olduklarını ifade eden araştırmacı, bunların yaklaşan plaka kenarlarında oluşan magmaların genel özelliklerine benzediğini ifade etmiştir. Jeokimyasal ve izotopik verilere göre, Erken Kampaniyen yaşlı subvolkanik kayaçların zenginleşmiş litosferik manto ve alt kabuk kaynaklı ergiyiklerin karışımından türedikleri, daha sonra farklılaşma ve asimilasyon süreçlerine maruz kaldıkları ve bu kayaçların açılmalı bir yay ortamında oluştukları önerilmiştir.

Aydin vd. (2016), Doğu Sakarya Zonu'nda, özellikle Giresun ve Artvin yörelerinde yüzeyleyen Geç Kretase volkano-sedimanter istiflerini jeokronolojik ve jeokimyasal açıdan detaylı çalışmışlardır. Araştırmacılara göre, Geç Kretase yaşlı istifin yaklaşık Turoniyen-Kampaniyen sürecinde tortulaşmanında eşlik ettiği deniz altı bir ortamda oluştuğu ve özellikle volkanizmanın periyodik olarak birbirini takip eden iki evreli mafik (nadiren ortaç) ve felsik karakterde geliştiği, mafik (bazaltik) kayaçların sığ üst manto kaynağından türediği, buna karşın felsik (dasitik-riyolitik) kayaçların üst-manto ve kabuk etkileşim süreçlerinde oluştuğu belirtilmiştir.

Aydin vd. (2017), Sakarya Zonu'nun doğusunda yüzeyleyen granitoidik kayaçları kesen mafik daykların petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre, söz konusu mafik daykların hem Geç Kretase hem de Eosen zamanında oluştukları, Geç Kretase yaşlı olanların bazalt-andezit bileşimli, Eosen mafik dayklarının ise genellikle lamprofirik bileşimli oldukları belirlenmiştir.

Ayrıca yazarlar bölgedeki mafik daykların Geç Mesozoyik ve Erken Senozoyik döneminin jeodinamik evrimi için önemli petrolojik bulgular içerdiklerini ifade etmişlerdir.

Karslı vd. (2018), Doğu Sakarya Zonu'ndaki Geç Kretase yaşlı A-tipi granit bileşimindeki Topçam Plütönu'nu, jeokimyasal ve izotopik bileşimleri bakımından incelemiş ve bu plütönu'nün kökenini ve jeodinamik ortamını yorumlamışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda, yazarlar A-tipi Topçam Graniti'nin amfibolce-zengin kayaçlarca baskın olan paleozoik alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi sonucu, özellikle açılmalı bir tektonik ortamda (muhtemelen yay gerisinde), yiten kuzey Neotetis okyanusal kabuğunun geriye dönüşüyle oluştuğunu belirtmişlerdir.

Kandemir vd. (2019), Doğu Pontidlerin en doğusunda (Artvin ve çevresinde) yüzeyleyen Üst Kretase-Eosen sürecinde oluşmuş birimleri jeolojik ve jeodinamik açıdan incelemişlerdir. Yazarlar bu bölgedeki istifin Erken-Orta Turoniyen'de başlayıp Erken Maastrichtiyen'e kadar kesintisiz olarak devam ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yazarlar Doğu Pontid Yay'ını 4 farklı volkanik evreye ayırmışlardır. Bu evreler yaşlıdan gence doğru: (1) Erken-Orta Turoniyen-Santoniyen yaşlı mafik-ortaç evre, (2) Santoniyen yaşlı, dom yapıları ve VMS yatakları barındıran asidik evre, (3) Geç Santoniyen-Erken Kampaniyen yaşlı mafik evre ve (4) Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen yaşlı asidik evredir.

### **1.3. Çalışmanın Amacı**

Bu tezin ana amacı, Trabzon (Çaykara ve Hayrat) ile Rize (İkizdere) arasında gözlenen mafik daykların petrografik, jeokimyasal, jeokronolojik ve petrolojik özelliklerinin araştırılması ve bunların kökenleri ile oluştuğu tektonik ortamın belirlenmesidir. Söz konusu mafik dayklar, bölgede özellikle çok geniş bir yayılım gösteren Üst Kretase yaşlı magmatik kayaç birimlerini (özellikle Kaçkar granitik kayaçlarını) belirgin ve keskin bir dokanak ile kesmişlerdir. Çalışma konusu mafik daykların yan kayaçlarla olan dokanak ilişkileri dışındaki diğer jeolojik-petrografik özellikleri (renk, boyut, konum, duruş, doku, mineraloji, alterasyon, vs.) ile yaşları ve petrokimyasal karakterleri henüz daha tam olarak bilinmemektedir. İlk defa bu tez kapsamında söz konusu mafik daykların oluşum zamanı, ana magma kökeni ve magmatik evrimi ile oluştuğu tektonik ortam ortaya konulmaya çalışılacaktır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntemler**

Proje kapsamındaki çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere başlıca üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kısaca şu şekilde özetlenebilir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışmaları**

Öncelikle çalışma sahası içindeki mafik daykların konumları, boyutları, duruşları, fiziksel özellikleri belirlenmiş, daha sonra da bu daykların yan kayaçlarla olan dokanak (keskin, tedrici, vs.) ve yerleşim ilişkileri (sinplütonik mi, post-plütonik mi, vs.) ortaya konulmuştur. Ayrıca GPS yardımıyla amaca ve analiz türüne bağlı bir şekilde sistematik örnekleme yapılmıştır.

#### **2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Kimyasal Analizler**

Laboratuvar çalışmaları genellikle arazi çalışmalarını takiben, özellikle kış ve bahar aylarında, bazen de eş zamanlı olarak yürütülmüş olup, yapılan çalışmaları beş grupta toplamak mümkündür.

##### **2.1.2.1. Mikroskobik İncelemeler**

Arazi çalışmaları sırasında derlenen mafik dayk örnekleri öncelikle Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesithane Laboratuvarı'nda taş kesme makinasında kesilmiş ve ince plakacıklar haline getirilmiştir. Bu plakacıklar aynı laboratuvarda ince kesit yapılmış ve daha sonra araştırma mikroskop laboratuvarındaki Nikon marka E400 model polarizan mikroskopta incelenmiştir. Söz konusu örneklerin mineralojik ve petrografik özellikleri görüntüleme programı yardımıyla dijital ortamda fotoğraflanarak belgelenmiştir.

### 2.1.2.2. Mikrokimyasal (Mikroprob) Analizler

Kayaç ince kesitlerinin mikroskopik incelenmesi ve fotoğraflanması tamamlandıktan sonra, mafik dayklara ait örneklerdeki mineral türleri dikkate alınarak, yaklaşık 8 adet kayaç numunesi mineral kimyası analizleri için belirlenmiştir. Bu kayaç örneklerinde yaygın olarak plajiyoklas ve piroksen mineralleri ile daha az oranlarda amfibol ve Fe-Ti-oksit mineralleri bulunmaktadır. Mikroprobta analiz edilecek örneklerin parlak kesitleri KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Kesithane laboratuvarında, mineral kimyası analizleri Münih Ludwig-Maximilians Üniversitesi'nde (Almanya) yapılmıştır. Daha sonra bu kesitlerin her biri analizden önce aynı Üniversitede iletkenliği sağlamak amacıyla karbonla kaplanmıştır. Planlanan 8 adet kayaç örneğinin mineral analizleri CAMECA SX-100 marka mikroprob aleti ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma şartları mafik mineraller için 15kV ve 20nA ve ışın çapı  $< 1\mu\text{m}$ 'dir. Feldispatlar için çalışma şartları mafik olanlarla aynıdır, fakat ışın çapı ise  $10\mu\text{m}$ 'dir. Analizlerden önce belli sentetik mineraller standart için kullanılmıştır.

#### 2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Ana Oksit, İz ve Lantan Grubu Element Analizleri

Mineralojik ve petrografik incelemelerin sonunda, alterasyon göstermeyen veya çok az alterasyon gösteren kayaç örnekleri jeokimyasal analizler için ayrılmıştır. Bu örnekler KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü kırma-öğütme laboratuvarında öncelikle çeneli kırıcılardan geçirilerek küçük boyutlara indirgenmiş, daha sonra da Retsch RM 200 marka agat havanlı öğütücü yardımıyla toz haline getirilerek jeokimyasal analize hazırlanmıştır. Tüm kayaç elementsel analizler ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) ICP-ES ve ICP-MS aletleri kullanılarak yapılmıştır. Ana ve minör elementler için deteksiyon limitleri % 0.001-0.04 arasında, iz ve Lantan Grubu elementler için deteksiyon limitleri 0.01-0.5ppm arasındadır. Öğütülmüş örnekler analiz edilmeden önce Lityum Metaborat/tetraborat ile ergitilmiş ve daha sonra seyreltilmiş Nitrik asid ile çözüldürülmüştür. Analiz için kullanılan referans materyaller, STD GS311-1, STD GS910-4, STD OREAS45EA ve STD SO-18'dir. Bunun dışında, öğütülmüş kayaç örneklerinin ateşteki uçucu kaybını (AUK) belirlemek için, söz konusu laboratuvarında öncelikle bu örnekler etüvde  $105^{\circ}\text{C}$ 'de, 24 saat bekletilmiştir. Örnekler plâtin kaba konmadan önce kabın ağırlığı ölçülmüş ve sonra her bir örnekten yaklaşık 1 gr plâtin

kaplara eklenerek tekrar tartılmıştır. Daha sonra bu plâtin kaplar sıcaklığı yaklaşık 2-2.5 saatte 1000 °C'ye ulaşan fırında 60 dakika bekletilmiştir. Tamamen ergimiş hale gelen örnekler dışarı alınarak 10-15 dakika soğutulmuş ve hemen peşinde tartılmıştır. Sonunda, ısıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki fark belirlenerek, ateşteki uçucu kaybı ölçülmüştür.

#### **2.1.2.2.2. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri**

Sr ve Nd ile Pb izotopik bileşimlerinin belirlenmesi için kullanılan örnek hazırlama ve analiz yöntemlerinin detayı sırasıyla Ramos (1992) ve Wolf ve Ramos (2003)'de verilmiştir. Bu analizler New Mexico State Üniversitesi (Amerika) Yerbilimleri Bölümü'nde yapılmıştır. 0.2-0.4gr arasındaki toz örnekleri hidroflorik (HF), nitrik (HNO<sub>3</sub>) ve hidroklorik (HCl) asitler kullanılarak çözülmüştür. Stronsiyum (Sr) katyon değişim reçinesi ile 2.5N HCl kullanılarak saflaştırılmıştır. Gaz çıkışı öncesi temiz renyum flementleri üzerine fosforik asit ve tantalyum oksit ile birlikte Sr yüklemesi yapılmıştır. Sr-izotopları dinamik modda ve <sup>88</sup>Sr=3.0V koşullarındaki 5 Faraday kollektör ile çalışan TIMS cihazıyla ölçülmüştür. Sr-izotopları <sup>86</sup>Sr/<sup>88</sup>Sr = 0.1194 oranına normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Rb içeriği dikkate alınarak düzeltilmiştir. Neodimiyum (Nd), HDHEP kaplanmış reçine ve 0.25N HCl kullanılarak saflaştırılmıştır. Nd-izotop değerleri %2 HNO<sub>3</sub> çözeltisinde 7 Faraday kollektör ile çalışan MC-ICPMS cihazıyla ölçülmüştür. Nd-izotop değerleri <sup>146</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.7219 oranına normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Sm içeriği dikkate alınarak düzeltilmiştir. Kurşun (Pb), anyon değişim reçinesi ve 1N HBr kullanılarak saflaştırılmıştır. Pb-izotop değerleri %2 HNO<sub>3</sub> çözeltisinde 5 Faraday kollektör ile çalışan MC-ICPMS cihazıyla ölçülmüştür. Örnekler Pb/Tl oranı ≤ 2 olan NBS997 Tl ile zenginleştirilmiş ve Pb-izotop değerleri <sup>203</sup>Tl/<sup>205</sup>Tl = 0.41892 değerine normalize edilmiştir. Sr-analizleri sırasında NBS987 Sr standardı, Nd-analizleri sırasında JNdi-1 standardı ve Pb-analizleri sırasında NBS981 standartları ölçülmüştür.

#### **2.1.2.2.4. Jeokronolojik Analizler**

Mafik dayklara ait örneklerin yaşlandırılmasında SHRIMP (Sensitive High Resolution Ion MicroProbe) U-Pb zirkon yaşlandırma yöntemi kullanılmıştır. U-Pb zirkon yaşlandırması için seçilen örneklerden sadece iki adet örnekte zirkon minerali tespit



edilebilmiştir. Yaşlandırma için seçilen örneklerden öncelikle sulu-ayırma (hydroseparation) yöntemiyle ağır mineral zenginleştirilmesi gerçekleştirilmiş, sonrasında manyetik ayırıcıyla (separatör) zenginleştirilen konsantre binoküler mikroskop yardımıyla incelenmiş ve devamında zirkon mineralleri seçilmiştir. Ayrılan zirkon mineralleri epoksiye yerleştirildikten sonra optik ve katodoluminesans görüntüleri açısından incelenmiş ve Granada Üniversitesi IBERSIMS laboratuvarındaki “SHRIMP-IIe/mc” marka iyon mikroprob ile U-Pb yöntemiyle analiz edilmiştir. Detaylı analitik yöntem Williams ve Claesson (1987) tarafından verilmiş olup, “www.ugr.es/~ibersims” web sitesinde de açıklanmıştır. U konsantrasyonu SL13 zirkon standardı (U: 238 ppm) kullanılarak kalibre edilmiştir. U/Pb oranı, her dört ölçümde bir gerçekleştirilen TEMORA-1 zirkon standardının (417 My; Black vd., 2003) okunmasıyla kalibre edilmiştir. Düşük U/Pb oranına sahip minerallerdeki kurşun (common lead) değeri, Cumming ve Richards (1975) tarafından önerilen karasal kurşun gelişim modeli kullanılarak ölçülen  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  değeri ölçülerek düzeltilmiştir. Zirkon ölçümleri sırasında ölçülen TEMORA standardının tekrar ölçümleriyle belirlenen %95 güvenilirlik aralığındaki hata payları  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  için  $\pm \% 0.23$  ve  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  için  $\pm \% 0.46$ 'dır. Veri düzenlenmesi “STATATM” program diliyle yazılan “SHRIMPTOOLS” (www.ugr.es/~fba) yazılımıyla gerçekleştirilmiştir.

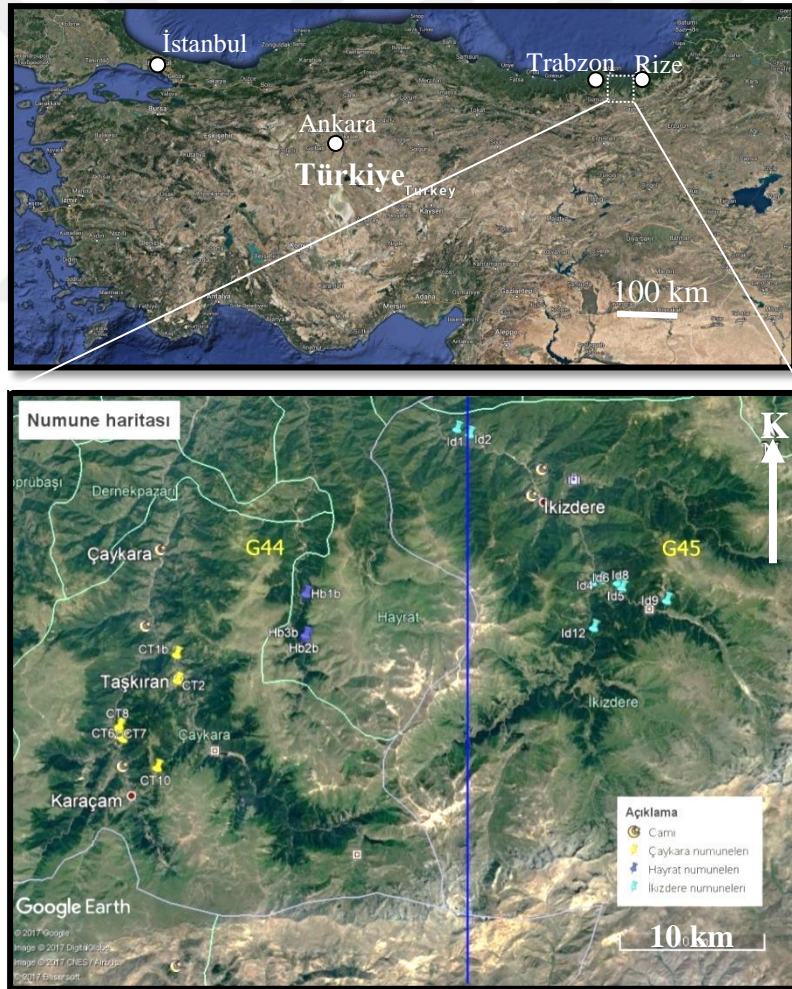
### 2.1.3. Büro Çalışmaları

Sakarya Zonu'nun doğusunda (KD Türkiye) yüzeyleyen Geç Mesozoyik ve Erken Senozoyik yaşlı magmatik kayalar üzerinde yapılan bilimsel yayın, rapor ve proje çalışmalarının derlenmesi büroda yapılan çalışmaların bir bölümünü oluşturur. Bu kapsamda hem MTA ve TÜBİTAK kütüphaneleri hem de internetteki 'online' veri tabanları taranmıştır. Arazi çalışmaları sırasında derlenen örneklerin lokasyon haritasının oluşturulması, petrografik ve jeokimyasal analizlerin değerlendirilmesi ve bunlarla ilgili grafiklerin bilgisayar ortamında çizilmesi de büro çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen saha, laboratuvar ve analiz sonuçları birlikte değerlendirilerek, bu tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Mafik Daykların İnceleme Alanındaki Konumu, Dağılımı ve Yerleşimi

Bu çalışmaya konu olan mafik dayklar Sakarya Zonu'nun doğu bölümünde (Doğu Pontidler, KD Türkiye), özellikle Trabzon-Rize arasında yer alan İkizdere, Çaykara ve Hayrat ilçeleri ve çevresinde gözlenmektedir (Şekil 1). Saha çalışmaları ve örnek alımları 1/100.000 ölçekli Trabzon G44 ve G45 paftalarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Söz konusu dayklar bu bölgede geniş alanlarda yüzeyleyen kompozit Kaçkar Plütonu'na ait granitoyidik kayaları keserek yerleşmişlerdir (Şekil 3-5).



Şekil 2. Çalışma alanının yer bulduru ve örnek alım lokasyon haritası (URL-1, 2019).

Mafik daykların dağılımına bakıldığında, bunların özellikle Çaykara ve İkizdere güneyinde yoğunlaştıkları gözlenmiştir. Bu dayklar genellikle KB-GD veya KD-GB doğrultulu olup, bölgedeki ana fay doğrultularına paralellik gösterirler (Şekil 1b) ve sokulum yaptıkları Kaçkar Plütönu'na ait granitoidlerle keskin dokanak sunarlar (Şekil 3-5).

### 3.2. Petrografik ve Mineralojik Özellikler

İncelenen mafik dayklar genellikle bazalt ve doleritik, nadiren de bazaltik andezitik bileşimlidirler. Daykların hiç birinde önemli bir tektonik deformasyon ve metamorfizma izi gözlenmez. Söz konusu daykların kalınlıkları yaklaşık 20cm. ilâ 10m. ve görünür uzunlukları 3 ilâ 20m. arasında değişkenlik gösterir (Şekil 3-5).

Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerindeki mafik dayk örneklerinin ortak özelliği dokularının çoğunlukla porfiritik, kısmen afirik olması (Şekil 6-8); bazaltik ve doleritik bileşimli olanlarda plajiyoklas (%10'a kadar, Ek Tablo 1) ve klinopiroksen (% 5-20; Ek Tablo 1) fenokristallerinin yaygın gözlenmesidir. Özellikle bazaltik andezitik (Hb2b ve Id9b) dayklarda öz-yarı öz şekilli amfibol (% 5'e kadar), yarı özşekilli sanidin (< % 2) ve özşekilsiz kuvars (<%1) mikrofenokristalleri tespit edilmiştir (Ek Tablo 1). Özşekilli küçük zirkon, apatit ve Fe-Ti-oksit mineralleri mafik dayklarda yer yer gözlenen tali mineralleri oluşturur.

İncelenen mafik daykların bir bölümünün değişebilir oranlarda hidrotermal alterasyona uğradığı gözlenmiştir. Bu alterasyonlar genellikle kloritleşme, kalsitleşme, epidotlaşma, silisleşme ve killeşme ile karakterize edilebilir. Özellikle Hayrat yöresindeki mafik dayklarda alterasyon daha yaygındır.

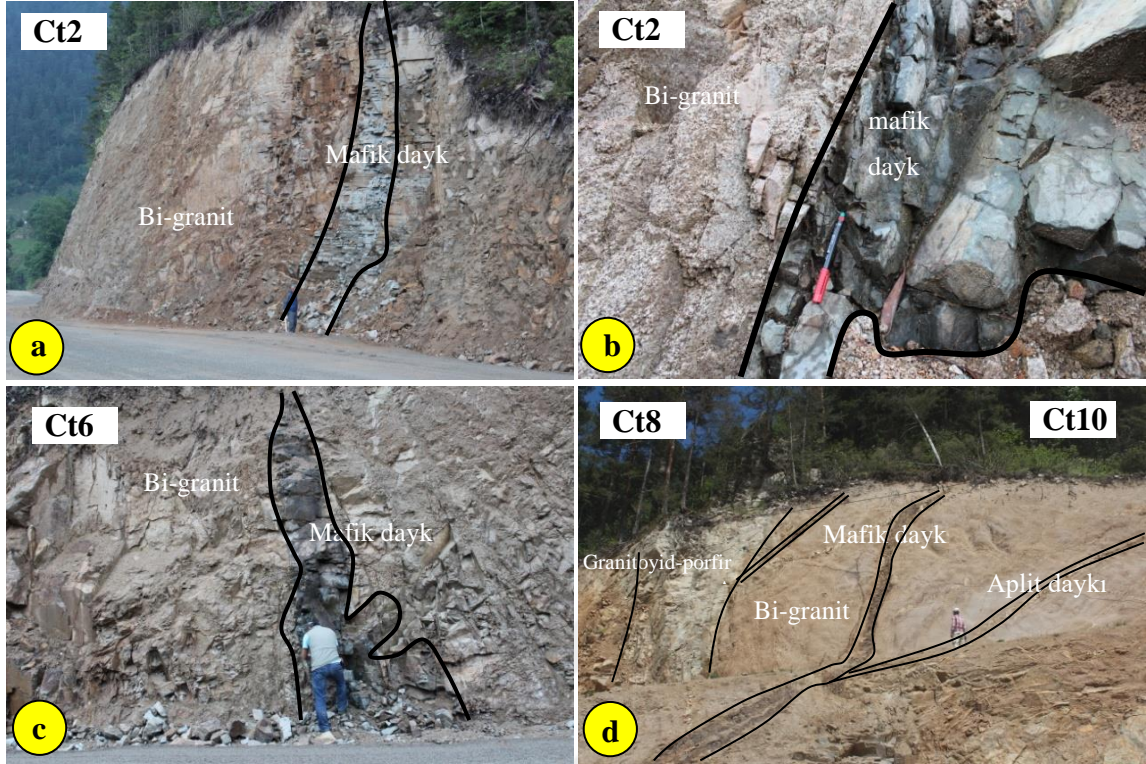
Bu çalışmanın konusunu oluşturan mafik dayklar, bulunuş lokasyonlarına bağlı olarak, başlıca üç grup altında toplanmıştır (Ek Tablo 1). Bunlar: (1) Çaykara yöresi mafik dayklar, (2) Hayrat yöresi mafik dayklar ve (3) İkizdere yöresi mafik dayklardır.

### 3.2.1. Çaykara Yöresi Mafik Dayklar

Çaykara İlçesi güneyinde, Ataköy ve Karaçam beldeleri arasında gözlenen mafik dayklar bölgedeki özellikle granitoyidik kayaçlara sokulum yapmıştır. Bu granitoyidik kayaçlar a) stok şekilli, arenalaşmış biyotitli granitlerden, b) mikrogranit-aplitik dayklardan ve c) dayk şekilli taze görünömlü amfibollü granitoyid-porfirlerden oluşmaktadır (şekil 3a-d ve 6e, f).

Granitoyidik kayaçların ve mafik daykların arazi ilişkileri dikkate alındığında en yaşlı litolojinin arenalaşmış granitler ve mikrogranit-aplitler olduğu, bunlara tez konusu mafik daykların sokulum yaptığı ve tüm bu birimleri taze görünömlü amfibollü granitoyid-porfir daykların kestiği anlaşılmıştır (şekil 3d). Granitoyidler hem KB-GD hem de KD-GB doğrultulu uzanan aplitik dayklar içerir. Mafik dayklar her iki aplit dayk sistemini kesmiş ve özellikle KD-GB yönlü yerleşmişlerdir. Tüm bu birimler tekrar KB-GD doğrultulu genç granitoyid-porfir daykları tarafından kesilmiştir.

Mafik daykların ana petrografik ve mineralojik özellikleri Ek Tablo 1'de özetlenmiş, dokusal karakterleri şekil 6'daki mikrofotoğraflarla belgelenmiştir. Bu dayklar genelde bazaltik bileşimli olup, çoğunlukla intersertal (şekil 6a, c) ve mikrolitik porfiritik (şekil 6b ve d) doku gösterirler. Bunlarda özellikle klinopiroksen yaygındır (şekil 6a-c), bazen klinopiroksenlere amfiboller (şekil 6d) eşlik eder. Yer yer plajiyoklas ve sanidin mikrofenokristallerine de rastlanmıştır. Amfiboller belirgin yeşil pleokroik olup, yer yer özşekilli fenokristaller halde gözlenirler (şekil 6d). Hamurda küçük piroksen ve amfiboller ile plajiyoklas mikrolitleri ve opak mineraller gözlenir (şekil 6a-d).



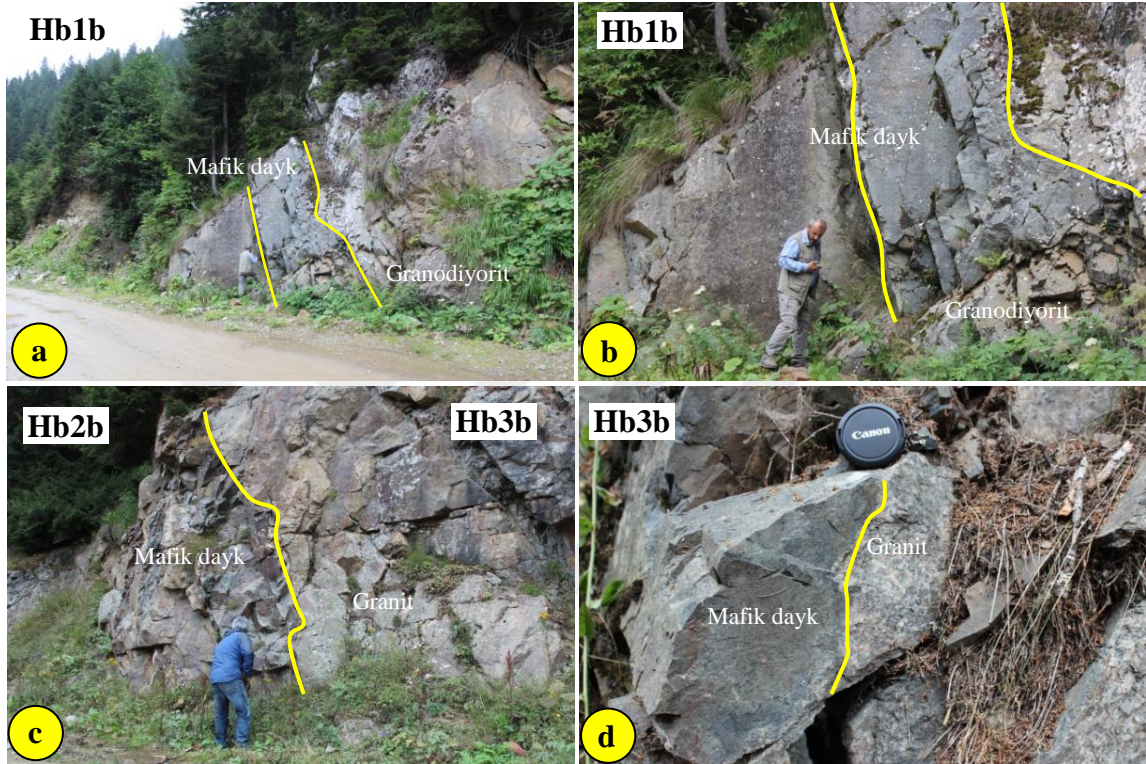
Şekil 3. Çaykara yöresi mafik dayk ve ilişkili yan kayaçların arazi görünüşleri. Bu yöredeki biyotitli (Bi) granitleri kesen koyu gri renkli, ~1 m kalınlığındaki mafik daykın (Ct2) (a) genel ve (b) yan kayaçla dokanak ilişkisinin yakın görünümü. (c) Bi-granitleri kesen oldukça koyu renkli, ~60 cm kalınlığındaki başka bir mafik daykın (Ct6) görünümü. (d) Çaykara-Uzungöl yolu üzerindeki iki mafik daykın (Ct8 ve Ct10) diğer kayaçlarla ilişkisinin görünümü. Mafik dayk Bi-granit ve apliti kesmekte, Amf-granitoyid-porfir tarafından kesilmektedir.

### 3.2.2. Hayrat Yöresi Mafik Dayklar

Hayrat yöresinde gözlenen mafik dayklar Çaykara yöresinde olduğu gibi benzer kotlarda yüzeyleyen granitoyidik kayaçlara sokulum yapmıştır. Bu granitoyidik kayaçlar başlıca a) eş taneli granodiyorit ve b) faneritik porfiritik dokulu granitlerden oluşmaktadır (Şekil 4a-d; 7e ve f). Bu yöredeki granitoyidik kayaçların daha altere olmaları ve az orandaki amfibol ve biyotit gibi sulu mafik minerallerin çoğunlukla kloritleşmesi en karakteristik özellikleridir (Şekil 7e ve f). Bu mafik dayklara ait petrografik ve mineralojik özellikler Ek Tablo 1’de özetlenmiştir.

Mafik dayklar genelde bazalt, nadiren de bazaltik andezit bileşimlidirler. Dokusal olarak mikrolitik porfiritik (Şekil 7c ve 7d), intergranüler (Şekil 7b) ve porfiritik (Şekil 7a) doku gösterirler; fenokristalleri maksimum %10’a kadar ulaşabilen plajiyoklaslar oluşturur

(Ek Tablo 1). Bazaltik daykların hamurundaki plajiyoklas fenokristalleri büyük oranda kalsifiedir; matrikste yer yer epidot oluşumları ve opak mineral birikimleri gözlenmektedir (Şekil 7c). Bazaltik andezitik daykların ana minerallerini maksimum %5'e kadar ulaşabilen plajiyoklas oluşturur (Şekil 7d). Matrikste küçük klinopiroksen kristallerine Fe-Ti oksitler, epidot ve kalsit eşlik etmektedir (Şekil 7a-c).



Şekil 4. Hayrat yöresi mafik dayk ve ilişkili kayaçların arazi görünüşleri. Bu yöredeki eş taneli dokulu granitleri kesen koyu gri renkli, ~2m. kalınlığındaki mafik daykın (a) genel ve (b) bu daykın (Hb1b) yan kayaçla dokanak ilişkisinin yakından görünümü. Ayrıca faneritik porfirik dokulu granitleri kesen koyu gri renkli, ~70cm. ve ~1m. kalınlığındaki mafik dayklarının (Hb2b ve Hb3b) (c) genel ve (d) bu dayklardan birinin (Hb3b) yan kayaçla keskin-dokanak ilişkisinin yakından görünümü.

### 3.2.3. İkizdere Yöresi Mafik Dayklar

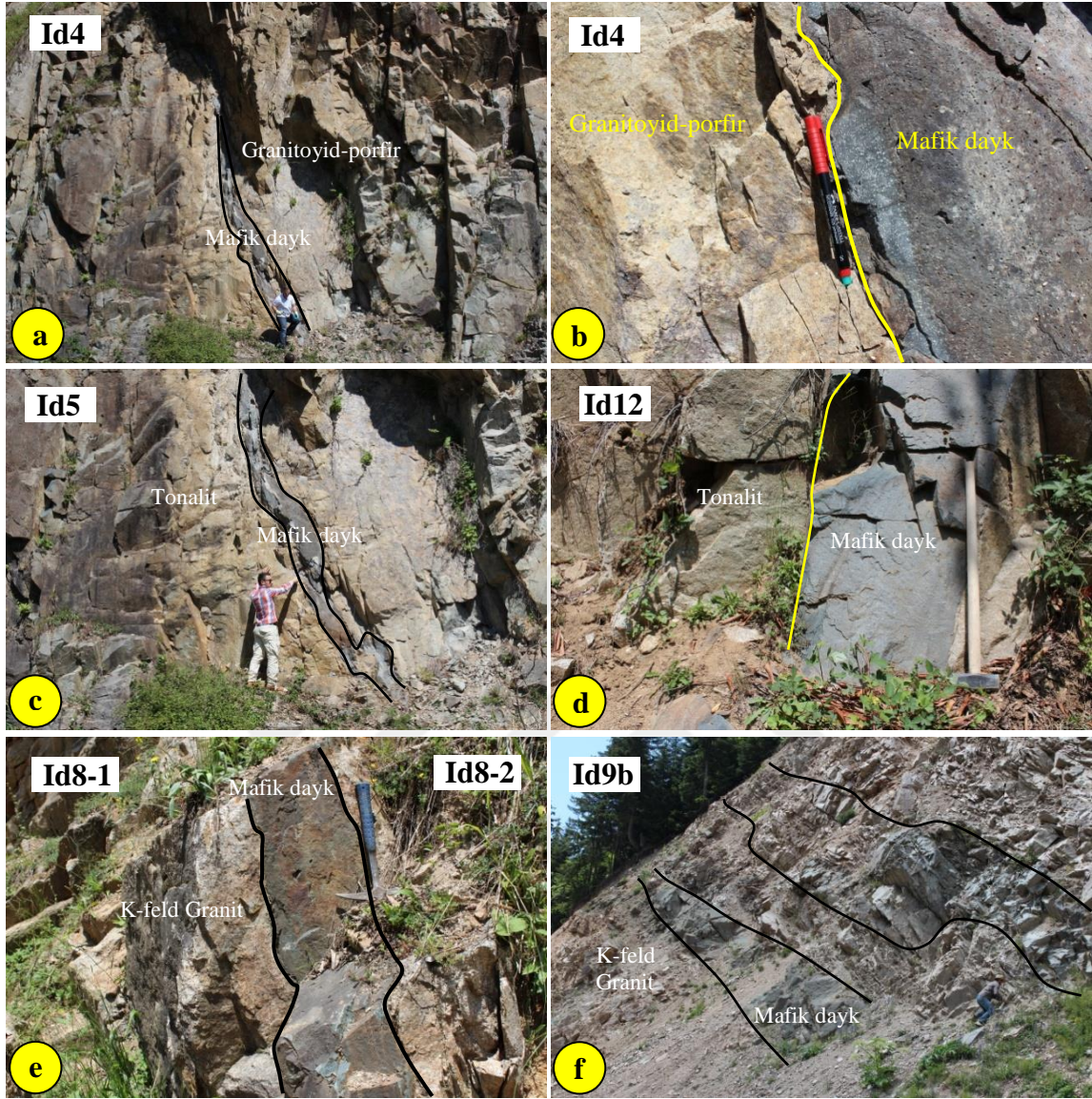
İkizdere yöresinde gözlenen mafik dayklar da yine bölgedeki özellikle granitoyidik kayalara sokulum yapmıştır. Bu granitoyidik kayalar başlıca a) İri K-feldispat içeren granitlerden ve mikrografik dokulu granofirlerden, b) Yarı öz şekilli taneli doku gösteren tonalitlerden ve c) Mikrogranüler porfiritik dokulu granitoyid-porfirlerden oluşmaktadır (Şekil 5 ve 8e, f). Granitoyidik kayaların ve mafik daykların arazi ilişkileri dikkate alındığında en yaşlı litolojilerin İri K-feldispat içeren granitler, mikrografik dokulu granofirler ile tonalit ve granitoyidporfirler olduğu, bunlara çalışma konusu mafik daykların sokulum yaptığı anlaşılmıştır (Şekil 5d). Granitoyidler hem KB-GD hem de KD-GB doğrultulu uzanan mafik dayklar tarafından kesilmiştir.

İkizdere yöresi mafik dayklarına ait petrografik ve mineralojik özellikler Ek Tablo 1’de özetlenmiş, dokusal karakterleri Şekil 8’deki mikrofotoğraflarla belgelenmiştir. Mafik dayklar genelde bazalt, kısmen de dolerit ve bazaltik andezit bileşimlidirler.

Bazaltik dayklar çoğunlukla intersertal (Şekil 8a), hyalo-mikrokristalen porfiritik (Şekil 8b) doku gösterirler ve genellikle klinopiroksen ve plajiyoklas feno- ve mikrofenokristalleri ile birlikte yer yer amfibol içerirler (Şekil 8a-c).

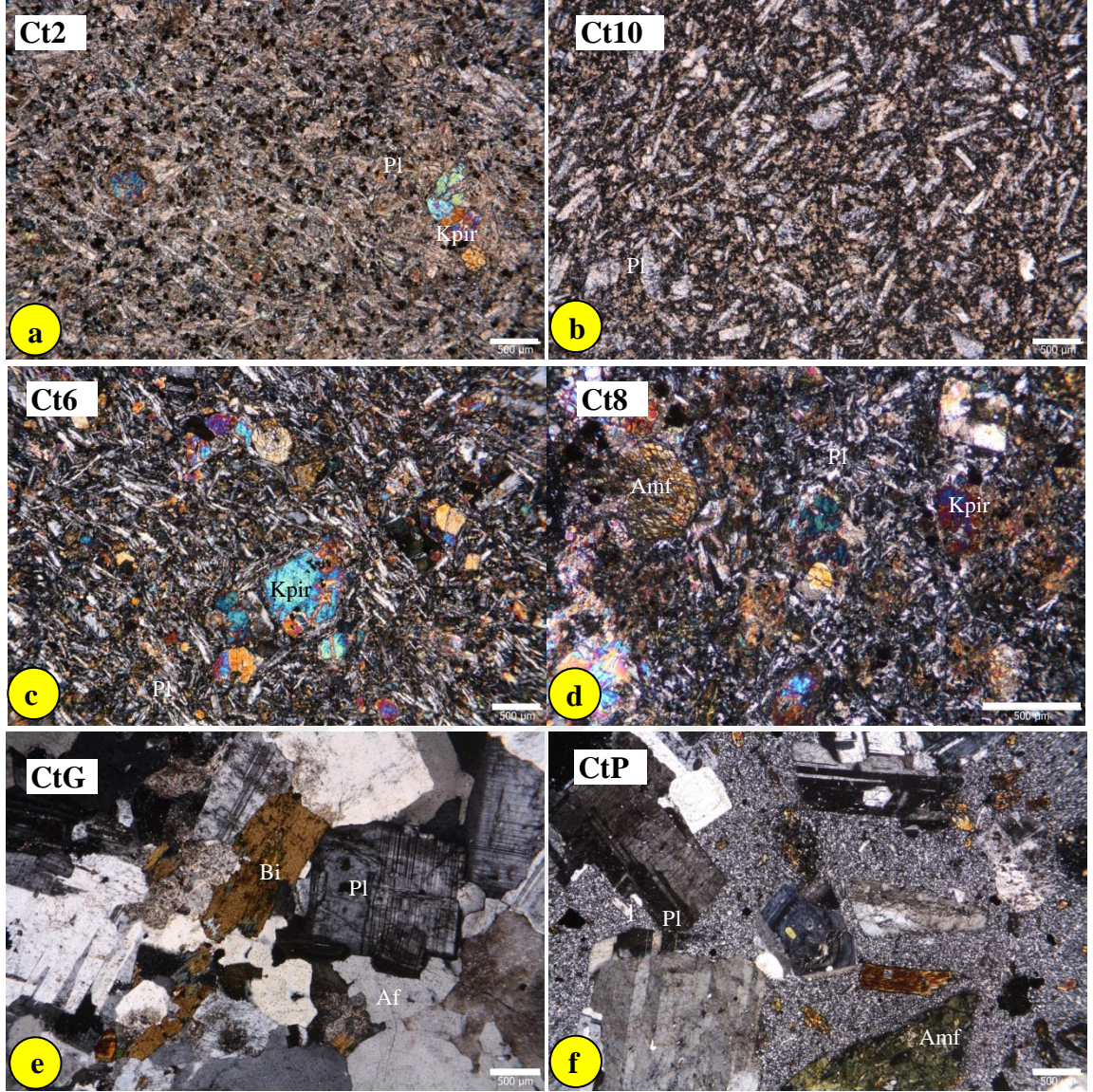
Doleritik dayklarda ise baskın olarak subofitik doku gözlenir ve klinopiroksence zengindirler (Şekil 8c), nadiren amfibol mikrokristallerine rastlanmıştır.

Bazaltik andezitlerde mikrolitik porfiritik doku baskın olup, yer yer trakitik dokuda görülmektedir. Plajiyoklaslar büyük oranda serizite ve kalsite dönüşmüş olup, matrikste küçük opak mineraller yaygındır ve yer yer iri özsekilli piritler gözlenir. Bazaltik andezitik dayklarda yer yer kuvars ksenolitlerine ve kenarları opaklaşmış amfibol mikrofenokristallerine rastlanmıştır (Şekil 8d).

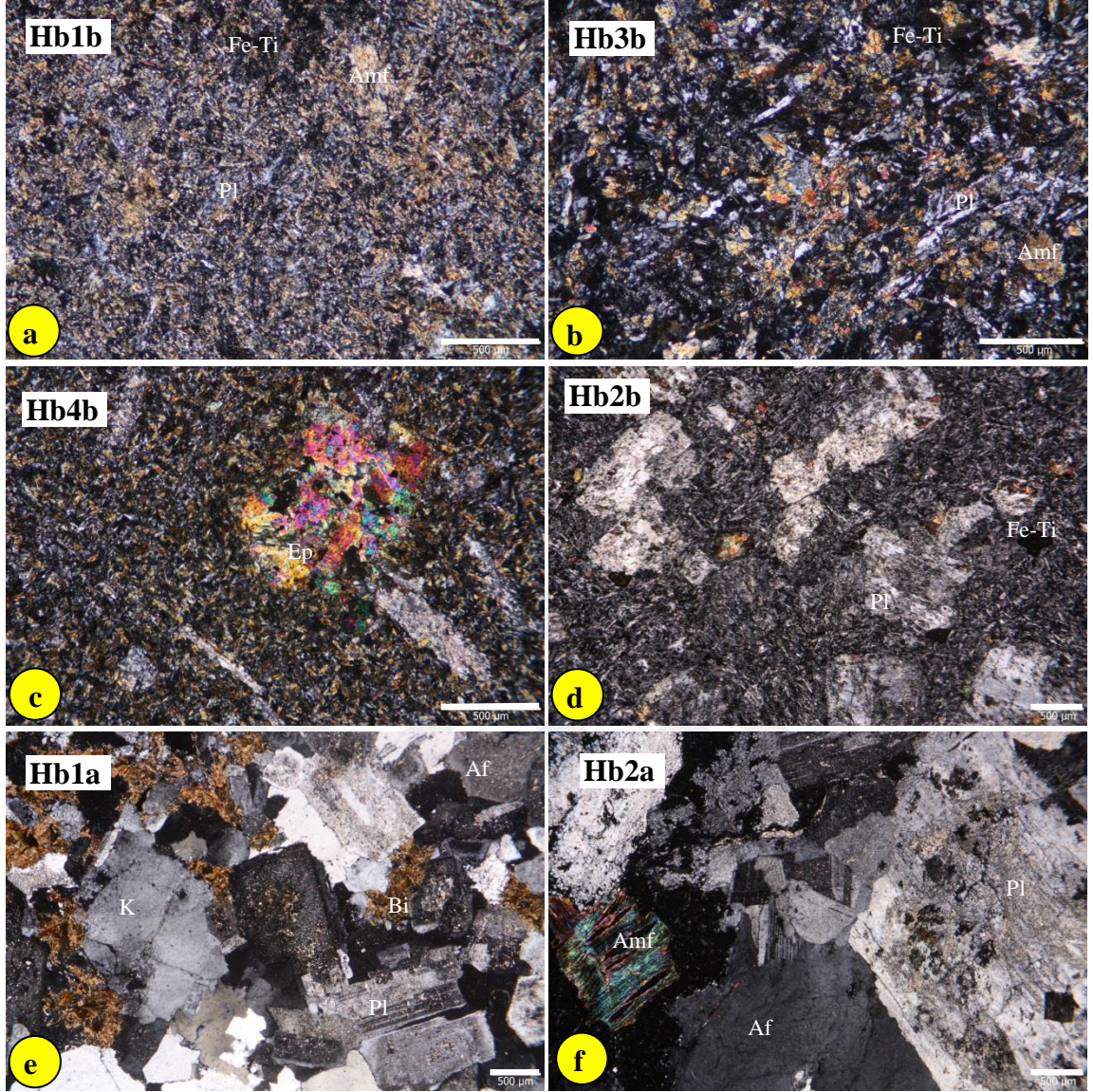


Şekil 5. İkizdere yöresi mafik dayk ve ilişkili kayaçların arazi görünümleri. Bu yöredeki granodiyorit-porfirleri kesen oldukça koyu (siyahımsı) renkli, ~40cm. kalınlığındaki mafik daykın (a) genel ve (b) bu daykın (Id4) yan kayaçla keskin-dokanak ilişkisinin yakından görünümü. Tonalitleri kesen koyu gri renkli, (c) ~40cm. (Id5) ve (d) ~80cm. (Id12) kalınlığındaki mafik daykların genel görünümü. (e) İri K-feldispat içeren ve pembemsi granitleri kesen birbirine paralel ~30cm. kalınlığındaki mafik daykların (Id8-1 ve 2) genel görünümü. (f) Oldukça ayrılmış (arenalaşmış) iri-K feldispat granitleri kesen ve birbirine paralel mafik daykların (Id9b) genel görünümü.

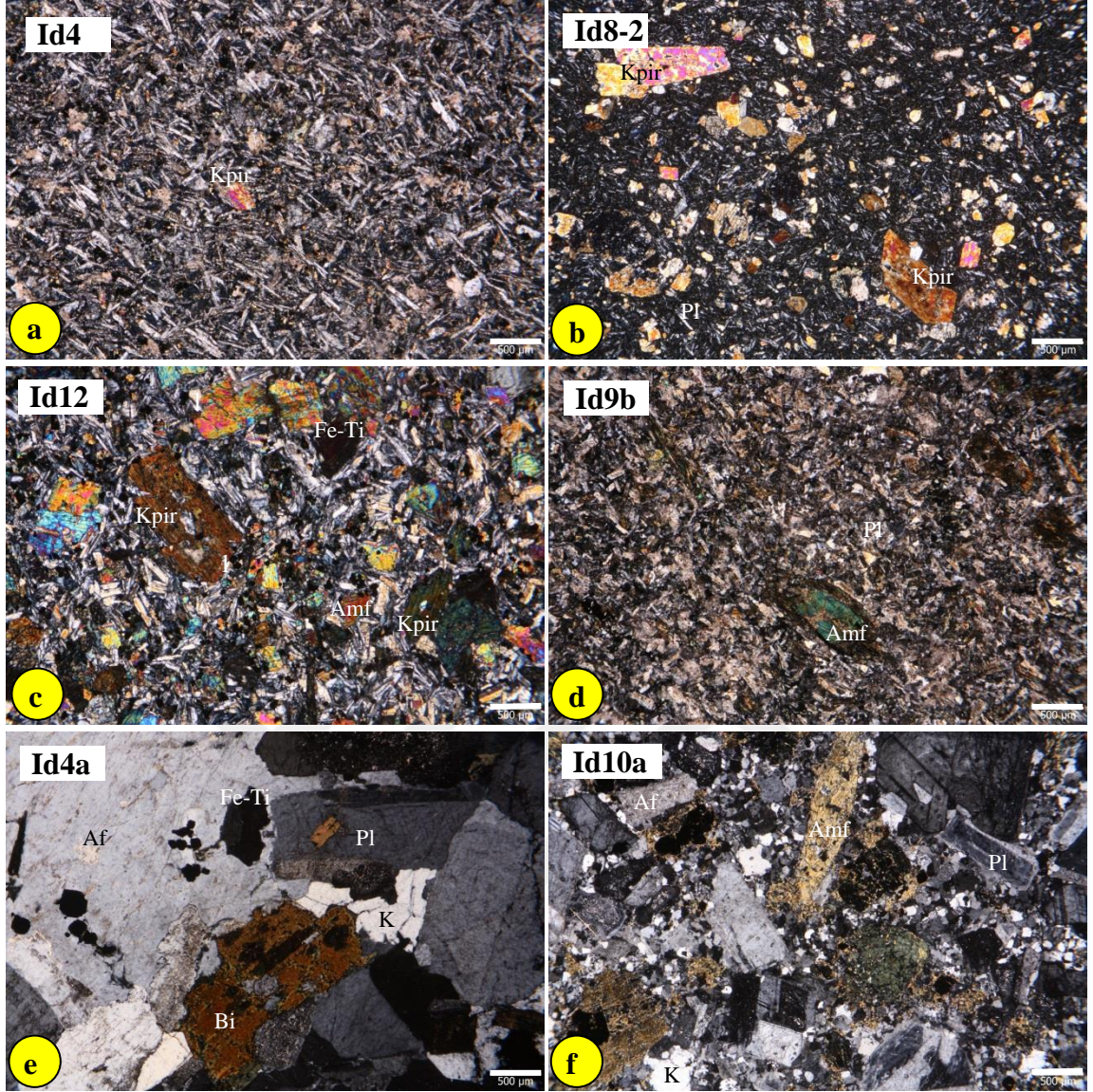




Şekil 6. Çaykara yöresi mafik daykların (a-d: bazaltik) ve ilişkili granitoidik yan kayaçların (e ve f) dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri (Ç.N.). (a) ve (b) aphyric dayklar (Ct2 ve Ct10), (c) ve (d) porfirik (piroksen-firik, Ct6 ve piroksen-amfibol-firik, Ct8) dayklar. Açıklamalar: Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Af: Alkali feldispat, Bi: Biotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit. CtG: Çaykara Biotitli Granit, CtP: Çaykara Granodiorit-Porfir. Ölçek: 500µm'dir.



Şekil 7. Hayrat yöresi mafik daykların (a-c: bazaltik ve d: bazaltik andezitik) ve ilişkili granitoidik yan kayaçların (e ve f) dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri (Ç.N.). (a) ve (b) afirik dayklar (Hb1b ve Hb3b), (c) ve (d) porfirik (plajiyoklas-firik) dayklar (Hb2b ve Hb4b). Açıklamalar: Af: Alkali feldispat, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Bi: Biotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit. Hb1a: Hayrat Biotitli Granit, Hb2a: Hayrat Amfibollü Granit. Ölçek: 500µm'dir.



Şekil 8. İkizdere yöresi mafik daykların (a-b: bazaltik, c: doleritik ve d: bazaltik andezitik) ve ilişkili granitoyidik (e ve f) yan kayaçların dokusal ve mineralojik özelliklerinin polarizan mikroskop altında görünümleri (Ç.N.). (a) afirik dayk (Id4), (b-d) porfirik (piroksen-firik, Id8-2 ve Id12; amfibol-firik, Id9b) dayklar. Açıklamalar: Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Kpir: Klinopiroksen, K: Kuvars, Bi: Biyotit, Fe-Ti: Fe-Ti oksit. Id4a: İkizdere Biyotitli Granit, Id10a: Amfibollü Granit. Ölçek: 500µm'dir.

### 3.3. Mineral Kimyası

#### 3.3.1. Feldispat

Çaykara, Hayrat ve İkizdere'deki mafik dayklardan alınan örneklerle ait feldispatların mineral kimyası analiz sonuçları Ek Tablo 2'de verilmiş olup, bu veriler feldispat sınıflandırma diyagramına (Ab-An-Or üçgenine) aktarılmıştır (Şekil 11). Üç farklı lokasyondaki feldispatların genel olarak geniş aralıklarda değişen plajiyoklas (oligoklas-bitovnit) ve kısmen de K'ca zengin sanidin bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Ayrıca incelenen mafik daykların bazılarında plajiyoklas minerallerinin yer yer albitleşmeye maruz kaldıkları tespit edilmiştir.

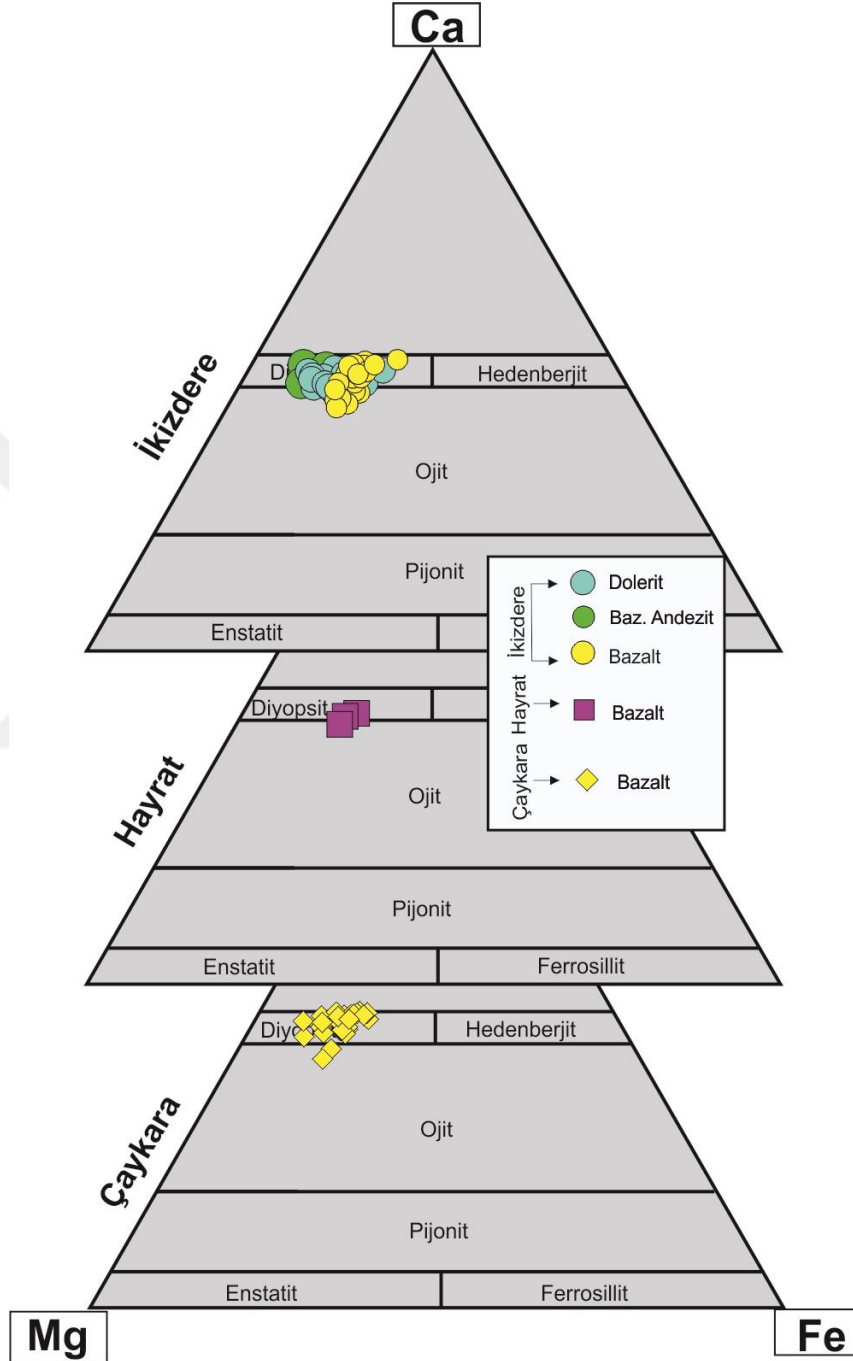
Çaykara yöresindeki feldispatların mineral kimyası incelendiğinde örneklerin çoğunun plajiyoklaslardan oluştuğu ve anortit içeriğinin 18 ila 87 arasında değiştiği ve plajiyoklasların bir bölümünün albitleşmeye maruz kaldığı görülmüştür (Şekil 11). Az orandaki K-feldispat minerallerinin de sanidin bileşimli olduğu ve Or içeriklerinin 59 ve 90 civarında olduğu belirlenmiştir.

İkizdere yöresindeki mafik dayklara ait feldispat minerallerinin çoğunun plajiyoklaslardan oluştuğu ve bu plajiyoklasların An içeriklerinin 44 ila 91 aralığında değiştiği görülmüş ve bir kısım plajiyoklaslarda albitleşme gözlenmiştir (Şekil 11).

Hayrat yöresindeki feldispat minerallerine ait veriler Ab-An-Or üçgen diyagramına düşürüldüğünde, bunların yaklaşık yarı yarıya K-feldispat ve plajiyoklaslardan oluştuğu ve plajiyoklas minerallerinin, Çaykara ve İkizdere'ye nazaran Anortit içeriğinin çok daha düşük olduğu ( $An_{<20}$ ) ve çoğu plajiyoklas minerallerinin yoğun albitleşmeye maruz kaldığı görülmüştür. K-feldispat minerallerinin Or içeriği 42-97 arasında olup, tamamının sanidin bileşiminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 11).



arasında değişmektedir. Wo ve En bileşimleri sırasıyla 42-53 ve 33-44 arasında değişen klinopiroksenler genellikle diyopsit, kısmen de ojit bileşimindedirler ( $Wo_{42-43}En_{40-43}Fs_{15-16}$ , Şekil 12).

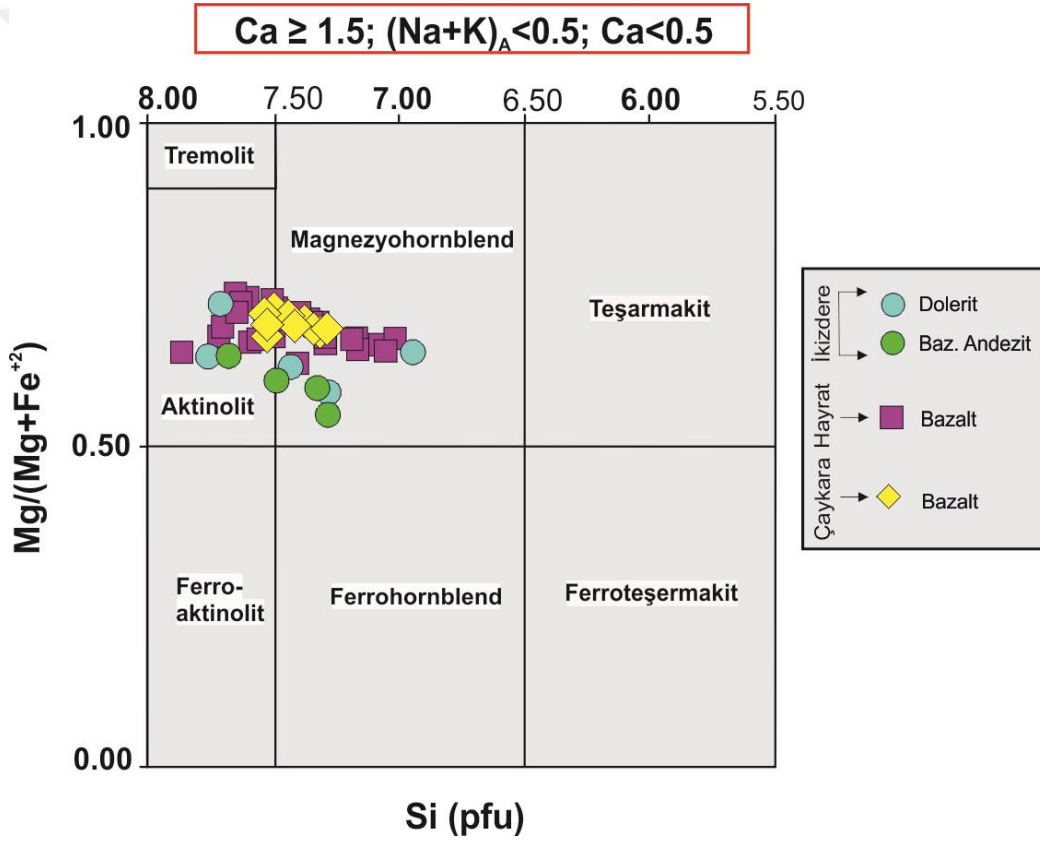


Şekil 10. İncelen mafik dayklardaki klinopiroksen minerallerine ait Mg-Ca-Fe Üçgen sınıflama diyagramı (Morimoto, 1988).

### 3.3.3. Amfibol

İnceleme konusu dayklardaki amfibol minerallerinin kimyasal bileşimleri Ek Tablo 2’de sunulmuş ve sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997) Şekil 13’de gösterilmiştir.

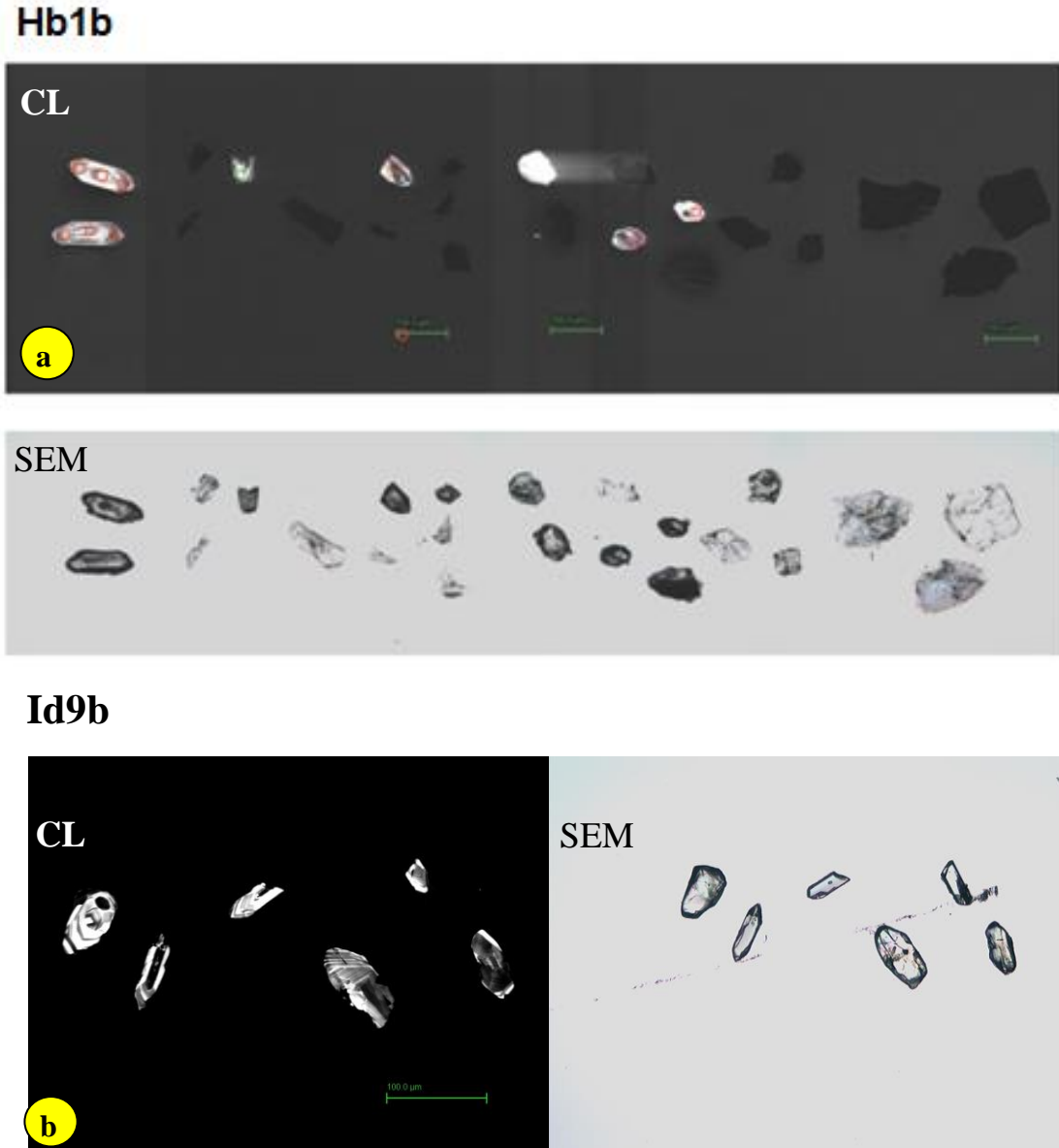
Buna göre, İkizdere yöresindeki bazaltik (bazalt ve dolerit) ve bazaltik andezitik ile Hayrat ve Çaykara yörelerindeki bazaltik dayklarda bulunan amfibollerde  $Ca_B \geq 1.5$  ve  $(Na+K)_A < 0.50$  parametrelerine uygun olanların çoğunlukla magnezyo-hornblend ve kısmen altere olanların (özellikle hayrat) aktinolit bileşiminde oldukları belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 11. İnceleme alanında bulunan kayalardaki amfibol minerallerine ait Si (pfu)'ye karşılık  $Mg/(Mg+Fe^{+2})$  diyagramı (Leake vd., 1997).

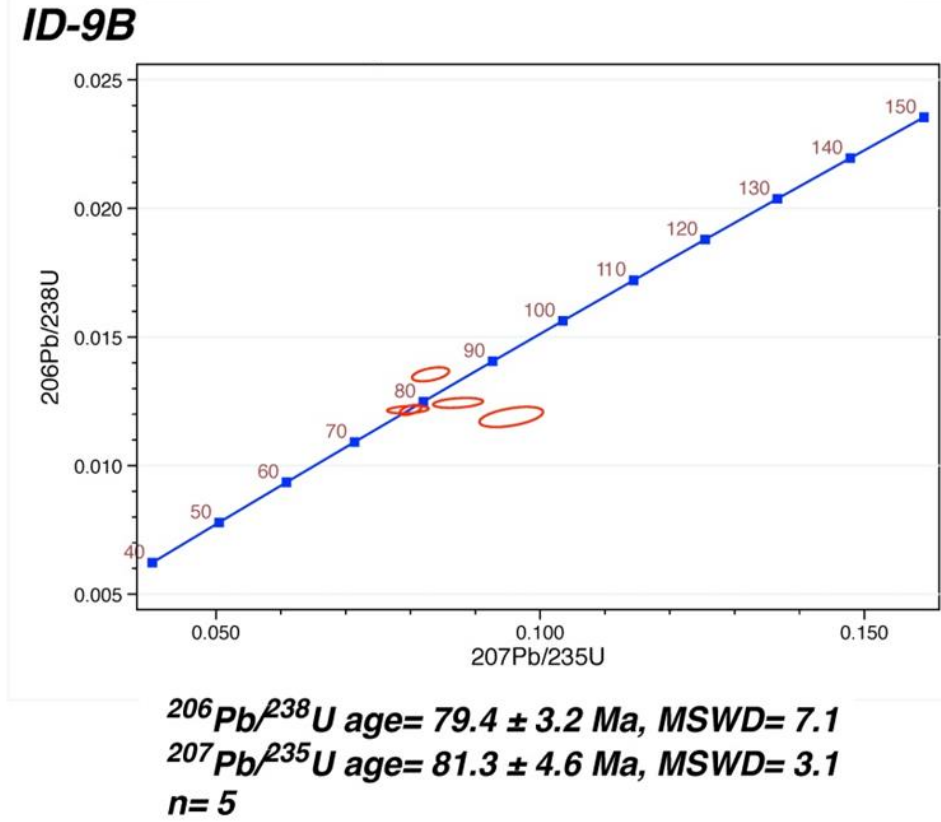
### 3.4. U-Pb Zirkon Jeokronolojisi

İncelenen mafik dayklarla ilgili toplam 2 örnekte U-Pb zirkon yaş analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunlardan Hb1b (Hayrat) örneği bazaltik ve Id9b (İkizdere) örneği bazaltik andezitik daykları temsil etmektedir. Bu dayklardaki zirkonlara ait CL-görüntüleri Şekil 9’da verilmiştir. Hb1b bazaltik daykına ait zirkon yaşları konkordia yaşı vermezken, Id9b bazaltik andezitik dayklarındaki zirkonların yaş grafiği Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 12. Mafik dayklardaki zirkonların Cathodo-Lüminesans (CL) ve Stereomikroskop (SEM) görüntüleri. a) Hayrat (Hb1b) ve b) İkizdere (Id9b) yöresi Geç Kretase (Erken Kampaniyen) zirkonlarına aittir. Çizgisel ölçek 100µm’dir.





Şekil 13. İkizdere yöresindeki bazaltik andezitik dayklardaki (Id9b) zirkonlardan elde edilen U-Pb zirkon yaş grafiği (Konkordia yaşı: 78.0±1.3 My; Erken Kampaniyen).

Her iki örneğin zirkon yaş analiz sonuçları ise Ek Tablo 2’de sunulmuştur. Bu verilere göre Hb1b bazaltik daykın kristallenme yaşı ortalama 82.1±1.7 My iken, 1d9b bazaltik andezitik daykının kristallenme yaşı (konkordia) 78±1.3 My (Geç Kretase-Erken Kampaniyen) olarak tespit edilmiştir. Bu yaş verileri Aydın vd (2016) tarafından belirlenen DSZ’deki (Giresun-Tirebolu) Geç Kretase volkanizmasının ikinci evre mafik (bazaltik) volkanik ürünleriyle (Çağlayan Formasyonu, ~81My) hemen hemen eş yaşıdır. Her iki dayk örneğinde de farklı yaş verisine (yaklaşık 90My, 350My ve 780My) sahip kalıntı zirkonlarına rastlanmıştır (Ek Tablo 2).

### 3.5. Tüm Kayaç Jeokimyası

Bulunuş lokasyonlarına göre başlıca üç grupta toplanan (Çaykara, Hayrat ve İkizdere) mafik dayklar, petrografik (Ek Tablo 1) ve jeokimyasal (Ek Tablo 4) olarak ise bazaltik ve bazaltik andezitik dayklar şeklinde iki alt gruba ayrılmış ve söz konusu grupların sınıflandırması ve jeokimyasal özellikleri (ana, iz ve lantan grubu element içerikleri) kimyasal sınıflama diyagramları, ikili element (Harker) değişim diyagramları ile çoklu element (Spider) ve lantan grubu element (LGE) değişim diyagramları kullanılarak tespit edilmeye ve genel özellikleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Söz konusu daykların jeokimyasal özelliklerini belirlemek ve gelişim süreçleri ile kökenlerini açıklamak için yapılan elementer jeokimyasal ve Sr-Nd-Pb izotopik analiz sonuçları sırasıyla Ek Tablo 4 ve 5’de verilmiştir. Dayk örneklerindeki toplam uçucu içeriği ateşte uçucu kaybı (AUK) olarak belirlenmiştir (Ek Tablo 4). Jeokimyasal analizler için araziden derlenen dayk örneklerinin mümkün olduğu kadar en tazelerinin kullanılmış olmasına rağmen, onların bazılarında ateşte kayıp değeri yüksek çıktığından (çoğunlukla  $> \% 3$ ), kimyasal analizlerin değerlendirilmesine geçilmeden önce, ana oksit değerleri susuz bazda normalize edilerek yeniden  $\% 100$ ’e tamamlanmış ve böylece jeokimyasal değerlendirmelerde alterasyon etkisi minimuma indirgenmiştir.

#### 3.5.1. Element Jeokimyası ve Kayaç Sınıflaması

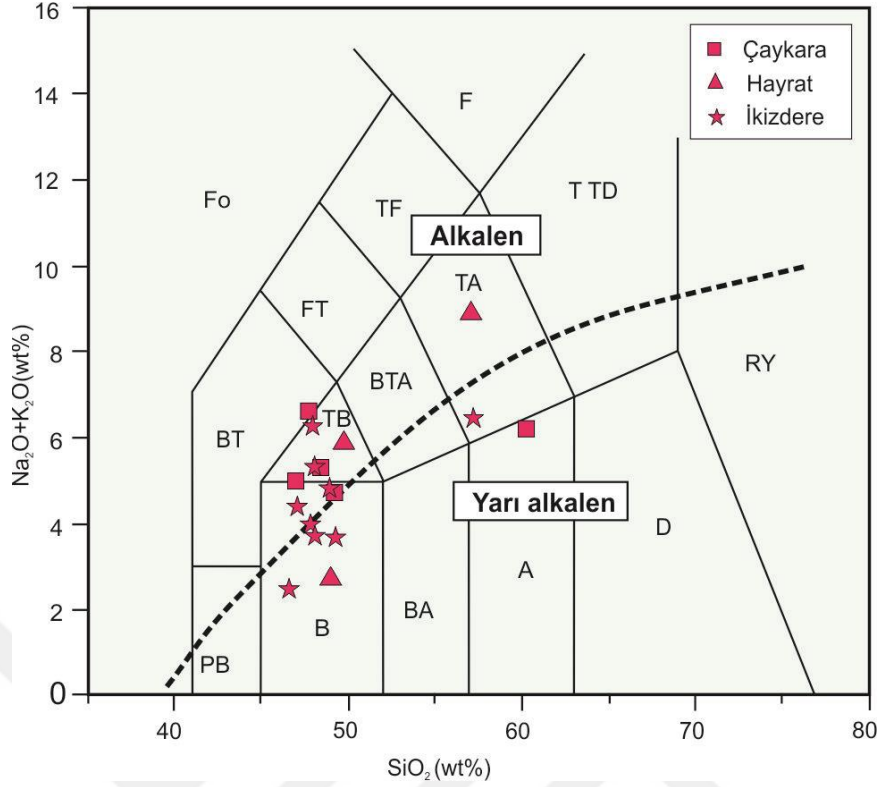
Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerindeki mafik dayklar öncelikle kayaç sınıflamasında yaygın olarak kullanılan Le Maitre vd. (1989)’nin sınıflama diyagramına (TAS) (Şekil 14), daha sonra da alterasyona karşı duyarlı iz element sınıflama diyagramına (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 15) düşürülmüştür. TAS diyagramına göre söz konusu mafik dayklar çoğunlukla bazalt/trakibazalt ve nadiren de andezit-trakiandezit alanına düşmüşlerdir ve bir kısmı subalkalen karakterliyen, bir kısmı da hafif alkalen özellik göstermektedirler (Şekil 14). Bununla birlikte alterasyona karşı duyarlı iz element sınıflama diyagramında mafik daykların çoğunun subalkalen bazaltik ve kısmen andezitik bileşimli olmalarına rağmen, tamamının subalkalen alanda yer aldıkları gözlenmiştir (Şekil 15).

Peccerillo ve Taylor (1976)'un  $K_2O-SiO_2$  (Şekil 16) diyagramına göre Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerindeki mafik daykların bazaltik ve bazaltik andezit alanında konumlandıkları ve büyük oranda kalk-alkalen özellikte oldukları gözlenir; ancak bu diyagramda bunların bazıları alterasyondan dolayı şoşonitik özellik göstermektedir. Ayrıca mafik dayk örneklerinin birçoğu düşük  $FeO^*/MgO$  oranına ve  $SiO_2$  içeriğine ( $<52\%$ ) göre toleyitik veya toleyitik-kalkalkali özellik gösterir (genelde yüksek  $SiO_2$  içeriğine sahip, yani  $>52\%$  olan birkaç andezitik bileşimli dayk örneklerinde geçişli veya kalk-alkali özellik gözlenir).

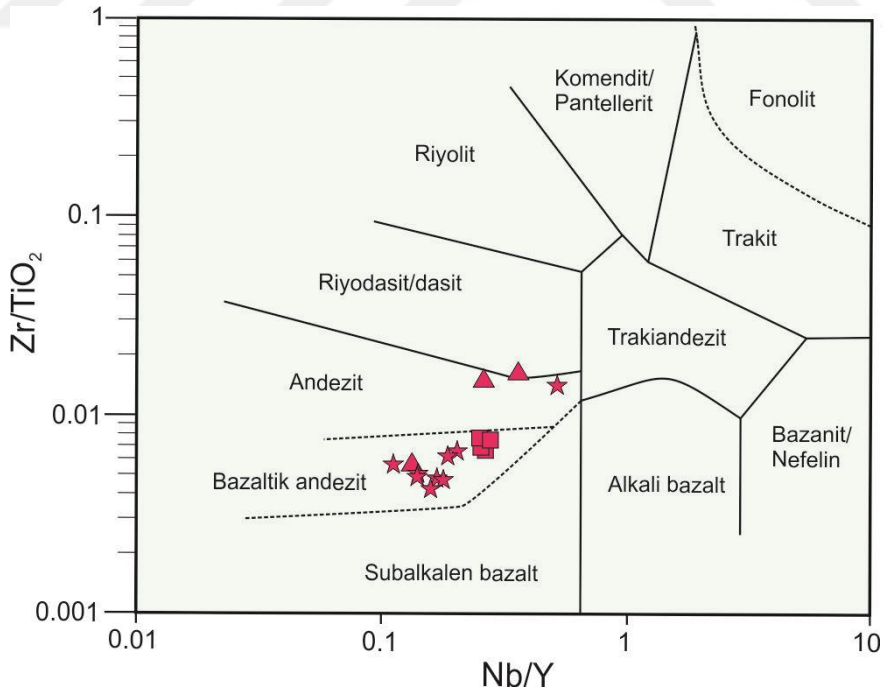
Irvine vd., (1971) AFM diyagramına göre de mafik dayk örneklerinin çoğu kalk-alkali yönseme göstermektedir (Şekil 17). Yukarıda belirtilen ana element bazlı diyagramlarının aksine alterasyona karşı daha duyarlı olan Zr'a karşı Y iz element diyagramına göre (Rose and Bedard, 2009), mafik dayk örneklerinin ana magma karakterinin, birkaç kalk-alkali özellikteki dayk hariç, büyük oranda toleyitik-kalkalkali geçişli özellikteki dayklar olduğu açıktır (Şekil 18).

$SiO_2$ 'ye karşı diğer ana oksitlerin değişimlerine bakıldığında (Harker diyagramları), bazaltik ve andezitik daykların belirgin lineer negatif yönseme gösterdikleri gözlenir (Şekil 19a-d, h ve i). Bu mafik dayklarda, özellikle  $SiO_2$  ile  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$  ve  $TiO_2$ , Co ve Sc arasında belirgin negatif korelasyonlar gözlenir (Şekil 19). Bu korelasyonlar bazaltik ve andezitik dayklar için klinopiroksen+Fe-Ti oksit ayrışmasına atfedilir.

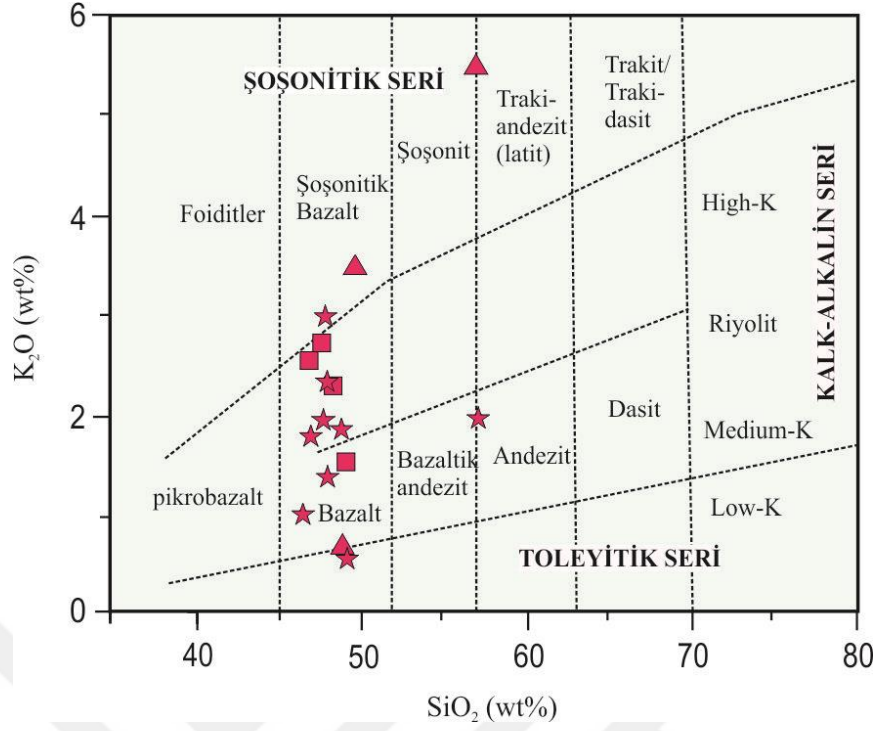
$SiO_2$  ile diğer anaoksitlerde ve iz elementlerde belirgin bir korelasyonun olmayışı ya alterasyonun etkisine ya da kabuksal kayalarla olan kontaminasyona bağlanabilir. Özellikle bazaltik andezitik dayklarda (özellikle Id9b) gözlenen kuvars ksenolitlerinin ve amfibollerdeki reaksiyon kuşağının varlığı kabuksal kontaminasyonu destekleyen petrografik delillerdir.



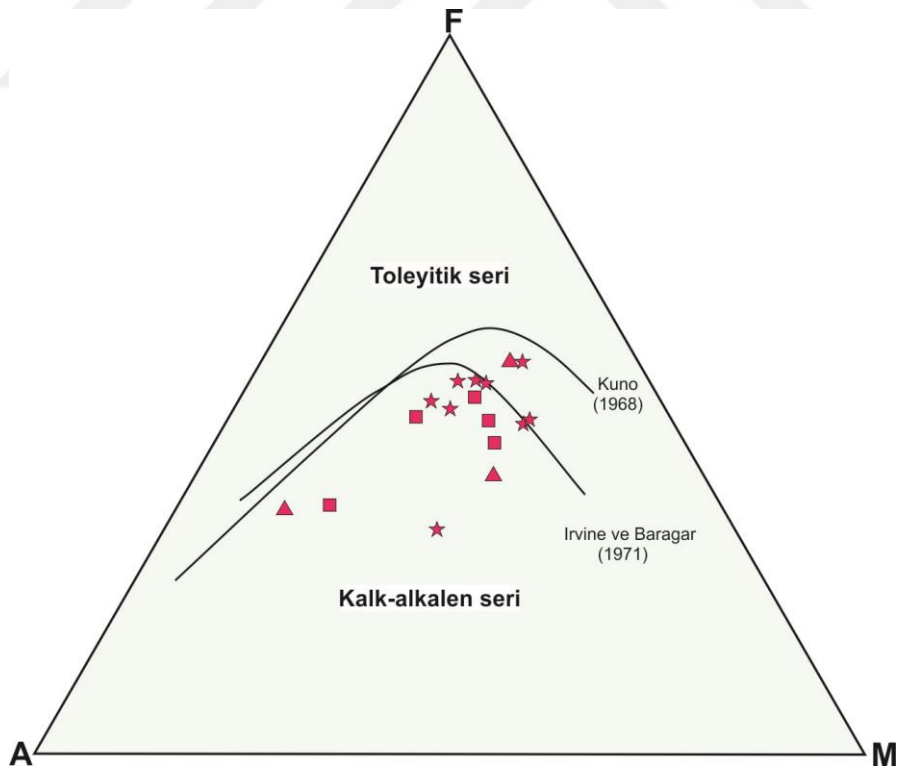
Şekil 14. İncelenen mafik daykların  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  (TAS) sınıflama diyagramı (Le Maitre vd., 1989).



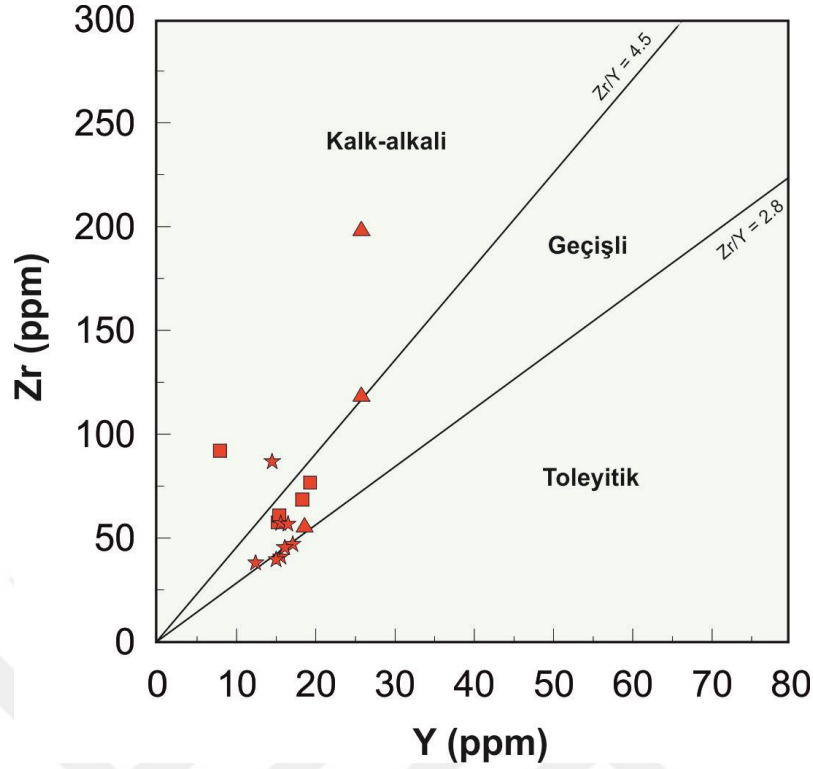
Şekil 2. İncelenen mafik daykların  $\text{Nb}/\text{Y}-\text{Zr}/\text{TiO}_2$  sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.



Şekil 36. İncelenen mafik daykların SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O sınıflama diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.



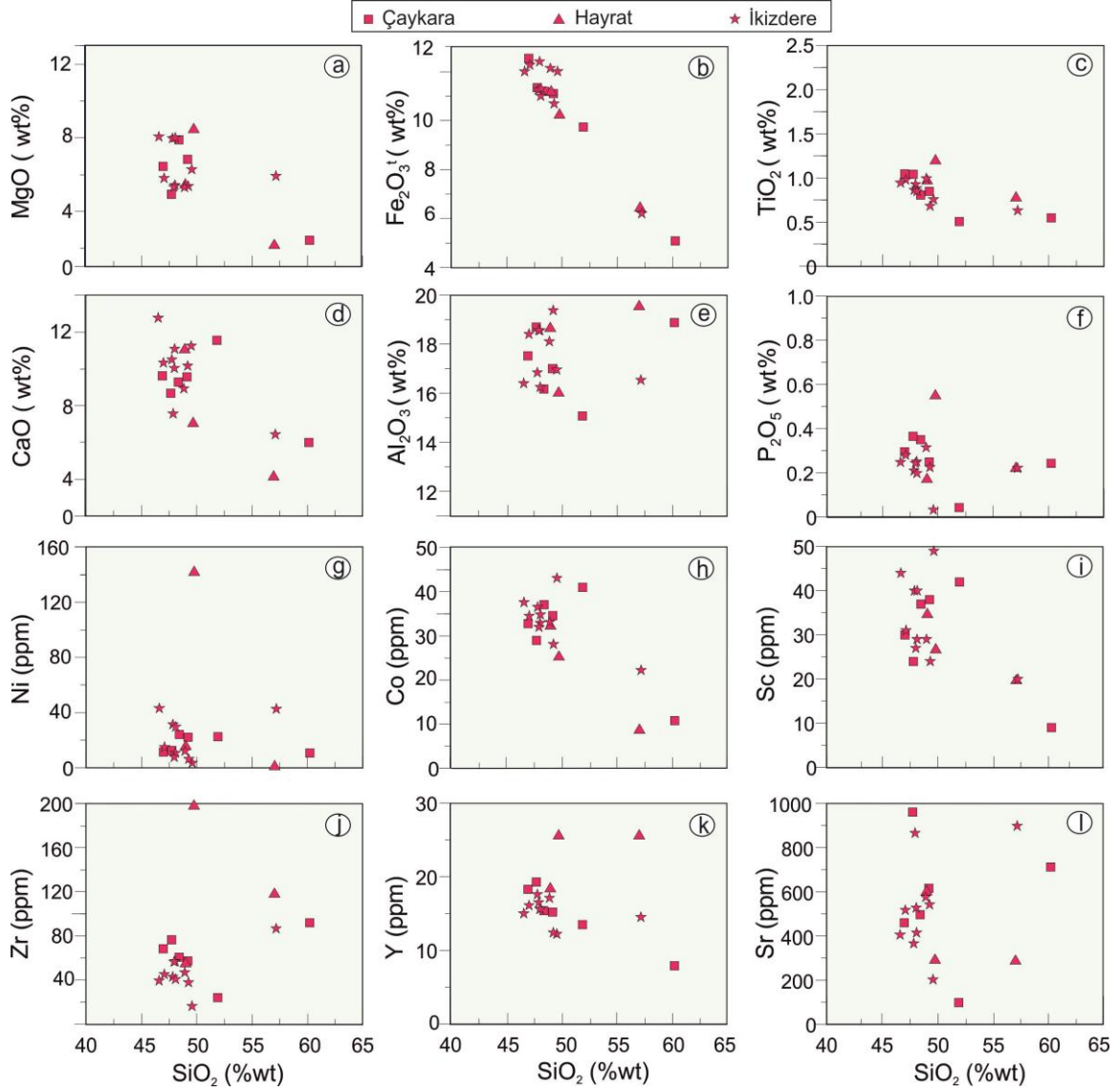
Şekil 47. İncelenen mafik daykların AFM diyagramındaki yönsemeleri (Irvine vd., 1971). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.



Şekil 18. İncelenen mafik daykların Zr-Y diyagramı (Rose and Bedard, 2009). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.

Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerinde yüzeyleyen ve Kaçkar granitoyidik kayaçlarla ilişkili olan inceleme konusu bazaltik ve andezitik bileşimli mafik daykların normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (N-OOSB)'na göre normalleştirilmiş (McDonough ve Sun, 1995) iz element değişim diyagramları Şekil 20'de gösterilmiştir.

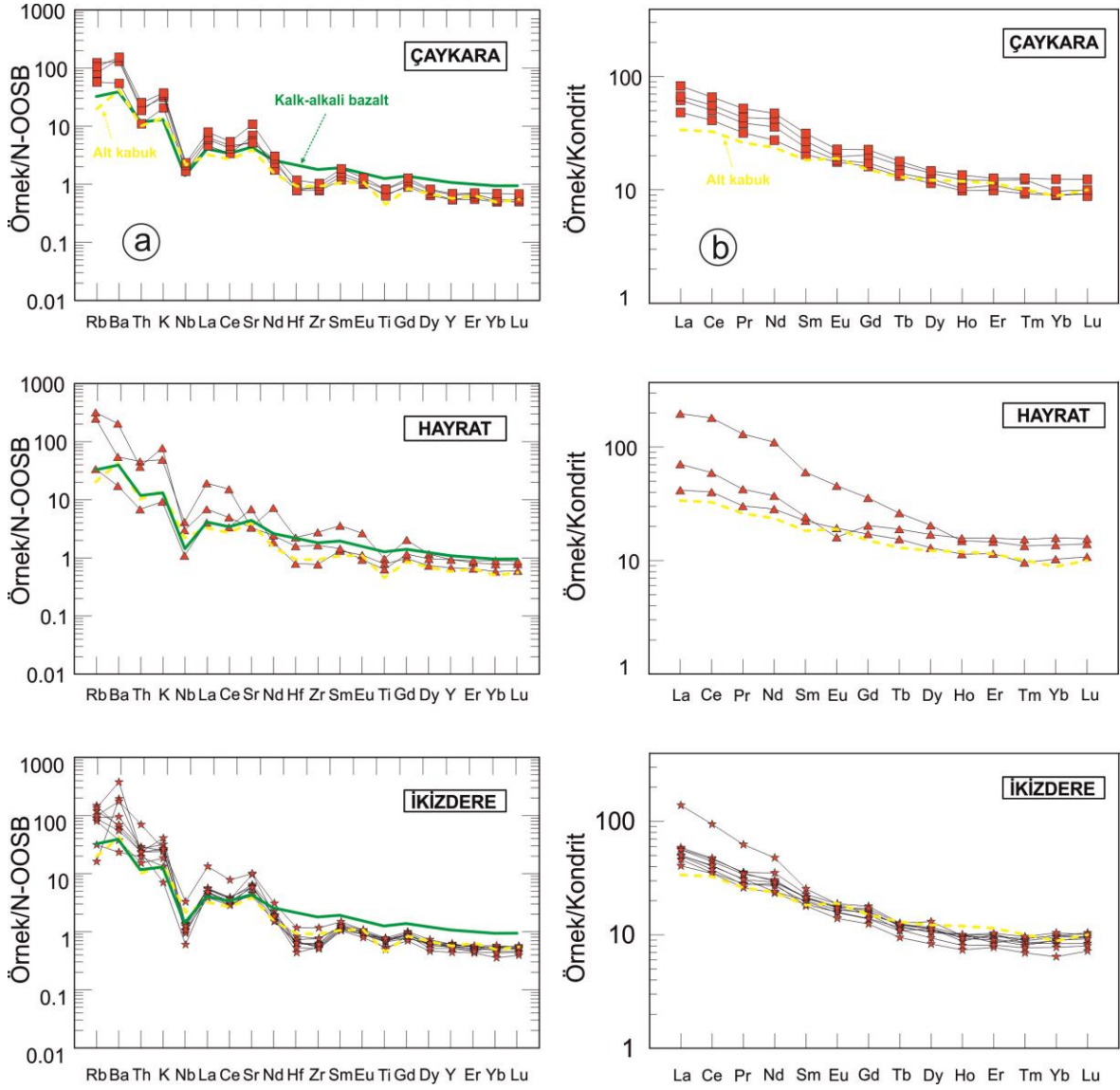
Bu diyagramlarda ilk göze çarpan nokta, incelenen dayk örneklerinin genel trendlerinin yitim-ilişkili (veya çarpışma-ilişkili) orojenik kayaçlarla (özellikle kalk-alkali bazaltlarla) benzerlik sunmasıdır. Yani bu mafik daykların özellikle Rb, Ba, Th, K gibi büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE) önemli bir zenginleşme sunması ve negatif Nb ± Zr ± Hf ± Ti anomalisi göstermeleridir (Şekil 20).



Şekil 19. İncelenen mafik daykların  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı diğer ana oksit ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.

Bazaltik ve andezitik daykların BİYLE'ce zenginleşmeleri yanında bir diğer ortak yanları hepsinde belirgin negatif bir Nb anomalisinin gözlenmesidir (Şekil 20). Negatif Nb anomalisi söz konusu kayaların manto kaynağındaki rezidüel (kalıntı) Nb'ce zengin tali minerallerin (rutil gibi) varlığına işaret eder. Diğer taraftan bazı bazaltik ve andezitik dayk grubunda pozitif Sr anomalisi gözlenmesi (Şekil 20), onların kristalizasyon sürecindeki plajiyoklasın çökelimine işaret eder. Ayrıca, çoğu bazaltik ve andezitik dayk grubunda belirgin veya hafif negatif Ti anomalisi gözlenir ki (Şekil 20), bu daykların ana magmasının gelişiminde Fe-Ti'ca zengin minerallerin farklılaşmasının önemine işaret eder.

Bazaltik ve andezitik bileşimli dayklarda hafif LGE (HLGE) zenginleşmesi genellikle alt kabukla paralel veya ondan birkaç on kat daha zengindir. Birkaç dayk örneği hariç, diğer daykların hiçbirinde belirgin bir Eu anomalisi gözlenmemiştir; bu özellik tipik olarak belirgin bir plajiyoklas ayırılmasını desteklememektedir (Şekil 20).



Şekil 20. İncelenen mafik daykların (a) çoklu iz element değişim (Spider) diyagramları ve (b) Lantan grubu element (LGE) değişim diyagramları.

### 3.5.2. İzotop Jeokimyası

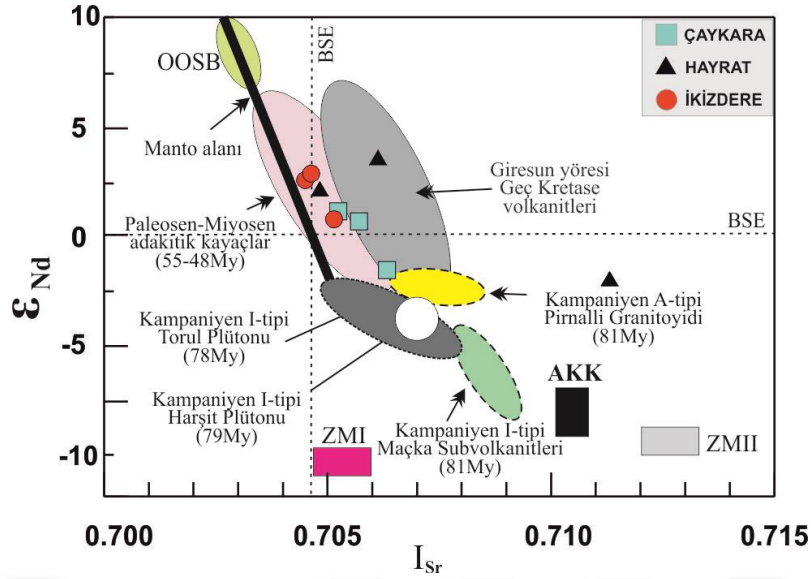
Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerine ait mafik daykların Sr-Nd-Pb izotop analiz sonuçları Ek Tablo 5'te verilmiştir. ~80 milyon yıla göre hesaplanan ilksel epsilon Nd



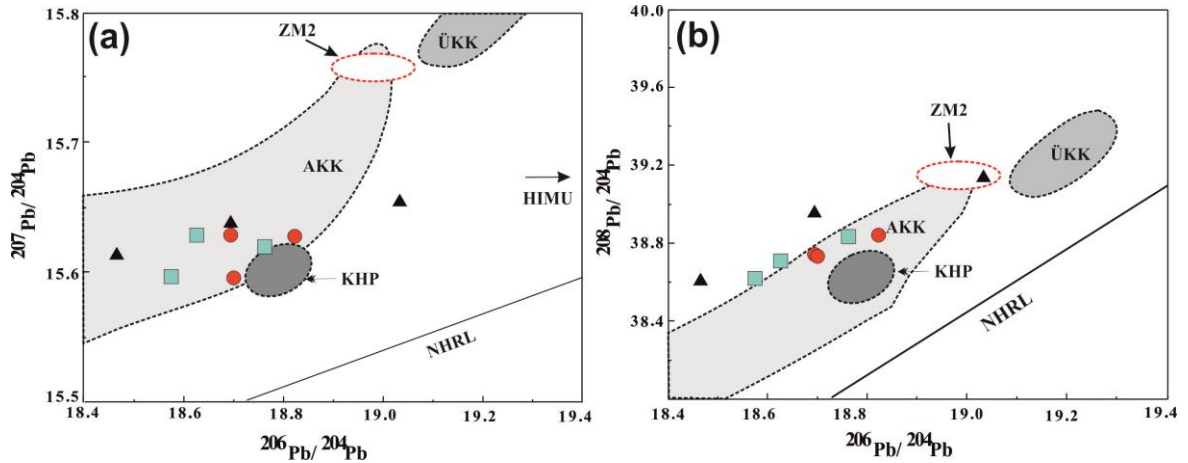
değerleri bazaltik ve andezitik dayklar için -1.9 ilâ +3.7 arasında değişmektedir. İncelenen bazaltik ve andezitik bileşimli daykların Sr-izotop oranları farklılık sunarken, Nd-izotop oranların da benzerlik görülmektedir ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7047 - 0.7129$ ;  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.5125-0.5128$ , Ek Tablo 5). Bu özellikler tüketilmiş manto kaynak alanından (OOSB) farklı olup, zenginleşmiş litosferik manto kaynağı ile uyumludur. Yine ~80 milyon yıla göre hesaplanan  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranlarının bazaltik ve andezitik bileşimli dayklarda yüksek olması, köken bölgeye radyojenik Sr katkısının varlığını göstermektedir. Bu katkının ya yitime uğrayan okyanusal kabuk ve sedimentlerden ya da kaynak alana girmiş kıtasal kabuk bileşeninden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (McKenzie ve O'Nions, 1983; Zindler ve Hart, 1986).

İnceleme konusu mafik daykların Pb izotop oranları sırasıyla şöyledir: Bazaltik ve andezitik dayklar için:  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  oranları 18.576 ve 19.033 arasında,  $^{207}/^{204}\text{Pb}$  oranları 15.595 ve 15.655 arasında ve  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  oranları da 38.617 ve 39.144 arasında değişim göstermektedir. Pb izotop oranlarında gözlenen göreceli yüksek değerler söz konusu daykları oluşturan magmaların alt kıtasal kabuk etkileşimine maruz kaldıklarını veya yitim süreçleri sırasında kökene karışmış kıtasal kabuğa ait Pb izlerini belirtmektedir (Zindler ve Hart, 1986).

Sr-Nd izotopik oran diyagramı (Şekil 21), özellikle bazaltik ve andezitik dayk örneklerinin Zindler ve Hart (1986) tarafından tanımlanan zenginleşmiş manto alanlarına doğru veya kıtasal kabuk katkısının olduğu bölgeye doğru (sağ alt bölge) yönlendiklerini göstermektedir.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranlarına karşılık gelen bazı negatif epsilon Nd değerleri ise bu daykların köken bölgesine karışan sediment veya kabuksal bileşen katkısını yansıtmaktadır. Pb-Pb izotopik oran diyagramına göre (Şekil 22), dayk örnekleri NHRL çizgisi üzerinde yer alan alt kabuk alanına düşmüşlerdir ve kısmen de zenginleşmiş manto II (ZMII) alanına doğru yönelim göstermektedirler (Şekil 22). Buradaki göreceli olarak yüksek  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  oranları zenginleşmiş manto kaynağı katkısını desteklemekte ve aynı zamanda alt kıtasal kabuk etkileşiminin varlığını işaret etmektedir.



Şekil 21. İncelenen mafik daykların  $I_{Sr}$ - $\epsilon_{Nd}$  izotopik oran diyagramı. OOSB (Okyanus ortası sırtı bazaltları), BSE (Toplam yer kabuğu bileşimi), ZMI (Zenginleşmiş Manto I) ve ZMII (Zenginleşmiş Manto II) alanları Zindler ve Hart (1986)'dan, alt kıtasal kabuk (AKK) Kempton vd. (1997)'den alınmıştır. Karşılaştırma için veriler; Giresun volkanitleri Aydın vd. (2016), Torul Plütону, Kaygusuz vd. (2008); Harşit Plütону, Karşlı vd., (2010a); Pınallı Plütону, Karşlı vd., (2012); Maçka Subvolkanitleri, Aydın (2014); Paleosen-Miyosen adakitik kayalar, Topuz vd. (2005); Karşlı vd. (2010b; 2011); Eyüboğlu vd. (2011); Dokuz vd., (2013)'den alınmıştır.



Şekil 22. İncelenen mafik daykların Pb-Pb izotopik oran diyagramı. NHRL (Kuzey Yarımküre Referans Çizgisi), HIMU (Yüksek U/Pb Oranına Sahip Manto), ZMII (Zenginleşmiş Manto II), Alt ve Üst Kıtasal Kabuk alanları (AKK ve ÜKK) Zindler and Hart (1986)'dan alınmıştır. Karşılaştırma için veriler; Kampaniyen Harşit Plütону (KHP) Karşlı vd. (2010a)'den alınmıştır. Sembol açıklamaları Şekil 21'deki gibidir.

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Petroloji

Çaykara, Hayrat ve İkizdere yörelerindeki Erken Kampaniyen yaşlı bazaltik-andezitik daykların orta-yüksek Mg-numarasına ( $Mg\# = 0.46-0.66$ ) ve düşük Ni (11-24ppm) içeriğine sahip olması, bunların mantodan türeyen birincil ergiyiklerden ( $Mg\#=66-75$ ; Ni=400-500ppm; Sato, 1977; Frey vd., 1978) itibaren belli miktarda farklılaşmaya maruz kaldıklarını işaret etmektedir. Ana oksit ve iz element diyagramlarındaki değişimler (Şekil 19), bazaltik-andezitik bileşimli mafik dayk örneklerinde klinopiroksen±amfibol+ Fe-Ti oksit farklılaşmasının daha baskın olduğunu ortaya koymuştur. İlksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element değişim grafikleri (Şekil 20), tüm kayaç gruplarının BİYLE'ce zenginleştiğini, bununla birlikte Nb, Zr, Hf ve Ti elementlerince de tüketildiğini göstermiştir.

İnceleme konusu bazaltik-andezitik bileşimli mafik dayk örneklerine ait kondirite normalize edilmiş Lantan Grubu element diyagramları incelendiğinde, bunların orta-yüksek dereceli bir zenginleşme sundukları görülmüştür ( $[La/Lu]_N = 4-17$ ). Çalışma konusu mafik daykların hemen hemen hiçbirinde belirgin bir negatif Eu anomalisi yoktur ( $Eu/Eu^* \approx 0.7-1.0$ ; Şekil 20); bu özellik muhtemelen bu kayaçların gelişimindeki plajiyoklas ayırılmasının çok önemli olmadığını gösterir. Tüm bu özelliklerin yanında jeodinamik ortamı ve kaynak alanı belirlemeye yönelik oluşturulan diyagramlar (Şekil 27), bazaltik-andezitik daykları oluşturan ana magma kaynağının muhtemelen daha önceleri yitim bileşenleriyle bileşimi değiştirilmiş, zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağından farklı oranlarda katkı aldıklarını ve daha sonra da alt kıtasal kabuk kontaminasyona maruz kalmış olabileceklerini göstermektedir.

İzotopik karakteristikler açısından bakıldığında, literatürde okyanus ortası sırtı (OOSB) ve okyanus adası bazaltların (OAB) izotopik bileşimlerinden farklı manto bileşenleri ayırt edilmektedir (Zindler ve Hart, 1986). Zenginleşmiş OAB kökenleri ZMI ve ZMII olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. ZMI bileşeni okyanusal kabuğun yanı sıra bir miktarda pelajik sedimanın yeniden işlenmiş veya metasomatize olmuş kıtasal plaka altındaki litosferi tanımlarken (McKenzie ve O'Nions, 1983), ZMII bileşeni az miktarda kabuktan türeyen sedimentleri de

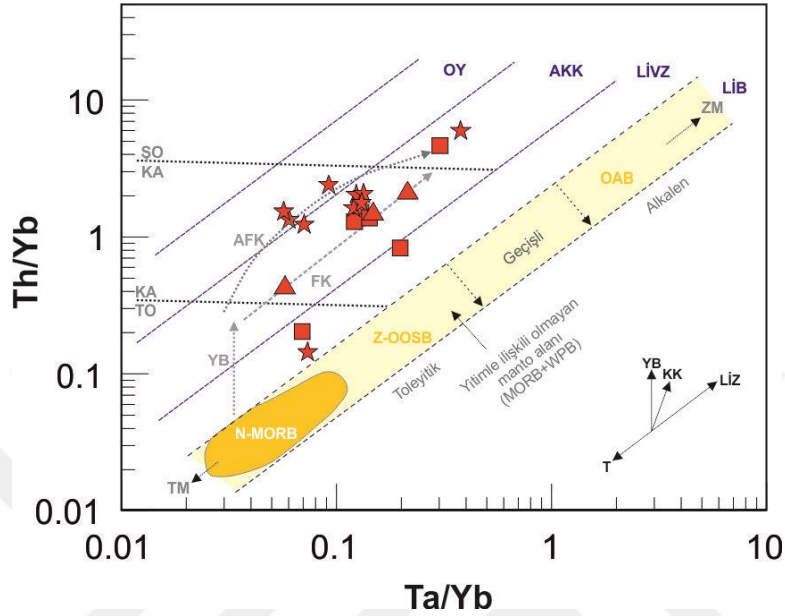
içeren yiten okyanusal kabuğun yeniden işlenmiş olduğunu (Zindler ve Hart, 1986) belirtmektedir. ZMI manto kökeni düşük  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ , düşük  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve orta değerlerde  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranları ile karakterize edilirken, ZMII bileşeni yüksek  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , yüksek  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ve orta değerde  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  oranları ile ayrılmaktadır (Zindler ve Hart, 1986). Çalışma konusu mafik daykların izotopik bileşenlerine bakıldığında göreceli olarak yüksek  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranlarına ve bazı dayk örneklerinde kısmen negatif epsilon Nd değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Ek Tablo 5 ve Şekil 22). Yüksek  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranları ise belirgin bir biçimde ZMII-benzeri bir kaynağın katkısını işaret etmektedir (Ek Tablo 5, Şekil 23). Diğer yandan  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diyagramı da (Şekil 22), incelenen mafik daykların ZMII-benzeri litosferik bir manto kaynağından itibaren düşük veya orta dereceli bir kısmi ergimeyle oluşmuş olabileceklerini ve daha sonra da alt kabuk etkileşimine maruz kaldıklarını işaret etmektedir. Dayk örneklerindeki yer yer kuvars ksenolitleri ve kalıntı zirkonların varlığı bunu desteklemektedir.

#### 4.2. Tektonik Ortam

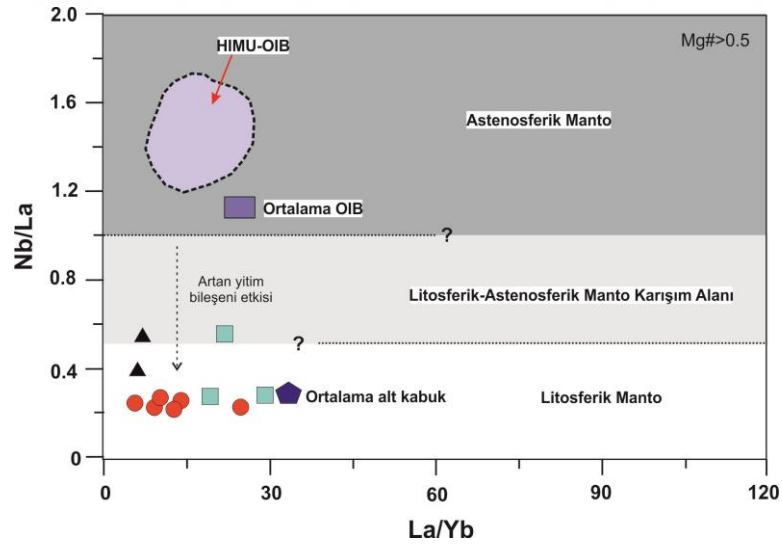
İncelenen mafik daykların tektonik ortamını belirlemek ve magmatik süreçleri değerlendirmek amacıyla Th/Yb-Ta/Yb diyagramı (Pearce, 1982) kullanılmıştır (Şekil 23). Değerlendirmeler için özellikle bazik bileşime yakın en mafik (bazaltik) örnekler kullanılmış, bazaltik andezitik dayk örnekleri dikkate alınmamıştır. İncelenen mafik dayk örneklerinde orta-yüksek Th/Yb (çoğunlukla  $>1$ ) ve orta Ta/Yb (çoğunlukla 0.1-1.0) oranları (Şekil 23), Erken Kampaniyen yaşlı bazaltik-andezitik daykların muhtemelen yitim zonunda, açılmalı magmatik bir yay ortamında veya yay gerisi bir ortamda oluşmuş olabileceklerini gösterirken, incelenen daykların “Merkez Andlar” alanıyla ilişkili bölgenin sonuna düşmüş olmaları bunu destekler durumdadır. Şekil 23’deki vektör yönleri dikkate alındığında (yani YZZ, KK ve LİZ), Erken Kampaniyen yaşlı mafik daykların eski bir yitim bileşeni içeren zenginleşmiş litosferik bir mantodan itibaren kaynaklanmış olabileceği (YZZ) söylenebilir (Pearce, 1983; Pearce ve Peate, 1995).

İncelenen mafik daykların çok düşük Nb/La oranlarına sahip olmaları ( $<0.6$ , Şekil 23), bu daykların kaynak alanının astenosferik kaynaktan ya da astenosfer-litosferik manto karışımıyla ilgili bir kaynaktan türemiş olamayacağını, daha ziyade yitim bileşeni etkisine maruz kalarak zenginleşmiş litosferik bir manto kaynağından türemiş olabileceklerini

desteklemektedir (Şekil 23). İncelenen mafik daykların düşük La/Yb oranına (La/Yb: ~5-30) sahip olmaları ve ortalama alt kıtasal kabuğa ait La/Yb değerlerine yakın olmaları (Şekil 23), kıta altı litosferik manto kaynağına ve alt kıtasal kabuk katkısına bağlanabilir.

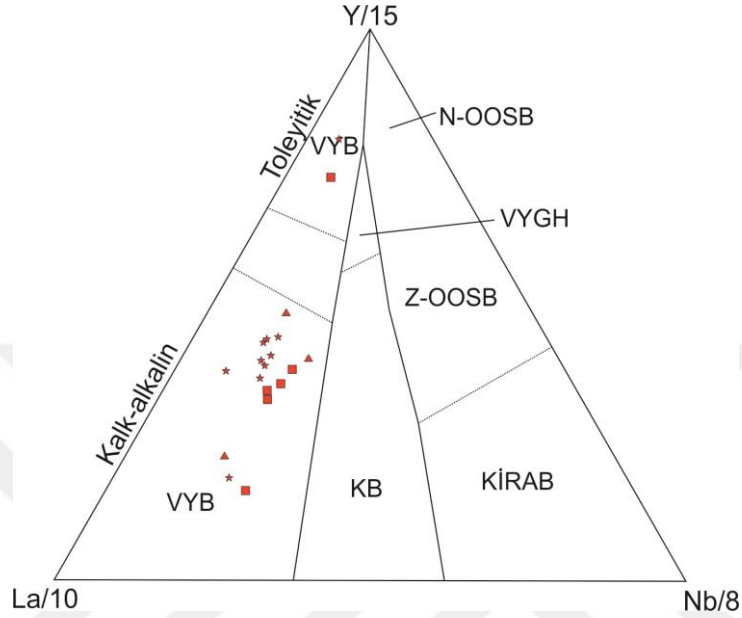


Şekil 23. İnceleme alanındaki mafik daykların Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce, 1982). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.

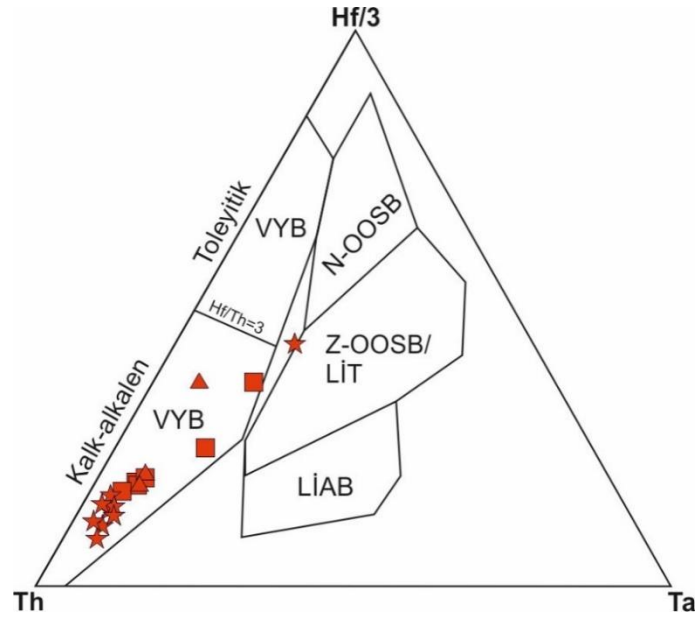


Şekil 24. Mafik daykların litosferik manto kaynak alanını belirten La/Yb-Nb/La diyagramı. HIMU-OIB alanı Weaver vd. (1987)'den, ortalama OIB Fitton vd. (1991)'den, ortalama alt kabuk Chen ve Arculus (1995)'den alınmıştır. Litosferik manto ile astenosferik manto ayırım çizgilerine ait veriler Smith vd. (1999)'den alınmıştır. Simgeler Şekil 21'deki gibidir.

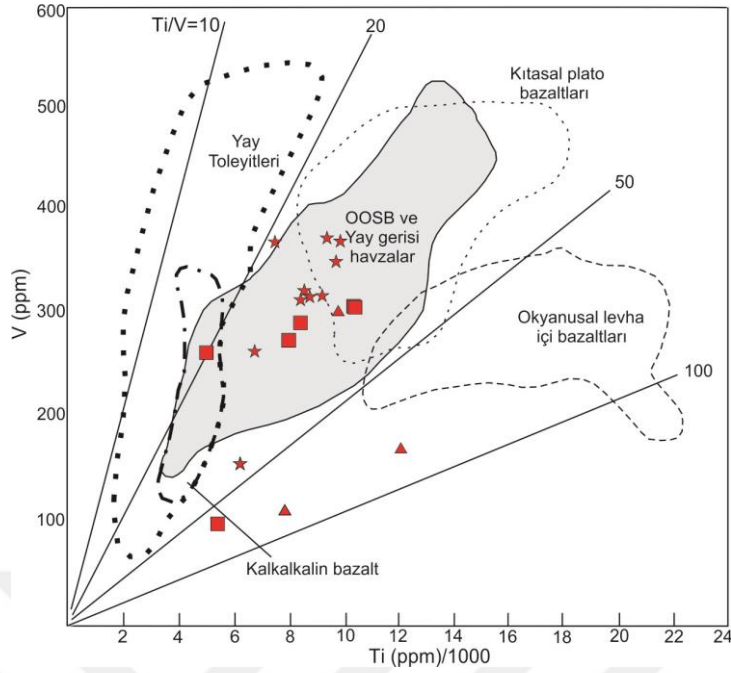
Geç Kretase yaşlı mafik daykların tektonik ortamlarını test etmek amacıyla, özellikle alterasyona karşı duyarlı ve hareketsiz davranış sergileyen iz elementlerin kullanıldığı bazı tektonik ayırtma diyagramları kullanılmıştır (Şekil 25-27).



Şekil 25. İnceleme alanındaki mafik daykların La/10-Nb/8-Y/15 diyagramı (Wood, 1980). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.



Şekil 26. İnceleme alanındaki mafik daykların Th-Ta-Hf/3 diyagramları (Wood, 1980). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.



Şekil 27. İnceleme alanındaki mafik daykların Ti/1000-V diyagramları (Shervais, 1982). Simgeler Şekil 10'daki gibidir.

Tektonik ayırtman diyagramlarına göre, söz konusu mafik daykların genel olarak volkanik yay ile ilişkili kalk-alkalin bazalt alanı ile yay gerisi bazaltları alanlarına düştükleri görülmektedir. Dayk örnekleri aynı zamanda kal-alkaliden toleyitik alana doğru da bir yönseme göstermektedir. Dolayısıyla bu diyagramlar mafik daykların yay ortamındaki söz konusu toleyitik-kalkalkali geçişini de desteklemektedir.

## 5. SONUÇLAR

İnceleme konusu Geç Kretase yaşlı mafik daykların petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerinin araştırılmasıyla aşağıdaki ana sonuçlar elde edilmiştir.

İnceleme konusu mafik daykların genel olarak bazaltik ve nadiren de bazaltik andezitik bileşim sundukları ve porfiritikten afiriğe değişen dokulara sahip oldukları anlaşılmıştır. Dayklarda plajiyoklas ve klinopiroksen daha yaygın gözlenirken, daha az oranda da sanidin ve amfibol mineralleri gözlenmiştir. Ayrıca bu daykların genellikle toleyitik ve kalk-alkali geçişli bir jeokimyasal karaktere sahip oldukları tespit edilmiştir.

Mineral kimyasına bakıldığında, özellikle bazaltik daykların plajiyoklaslarında An içeriğinin geniş aralıklarda değiştiği ve bazaltik andezitlerde özellikle K'ca zengin sanidinlerin arttığı gözlenmiştir. Özellikle bazaltik dayklarda baskın olan klinopiroksen minerallerinin yüksek magnezyum değerlerine sahip oldukları ( $Mg\# = 60-88$ ) ve çoğunlukla diyopsit ve daha az oranda da ojit bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Bazı bazaltik ve bazaltik andezitik dayklardaki amfibollerin ise özellikle magnezyo-hornblend ve kısmen de aktinolit bileşiminde oldukları tespit edilmiştir.

Harker diyagramlarındaki değişimler, incelenen mafik dayk örneklerinde klinopiroksen±amfibol+Fe-Ti oksit farklılaşmasının, bazaltik andezitlerde ise amfibol±sanidin±Fe-Ti oksit farklılaşmasının daha baskın olduğunu ortaya koymuştur. Belirgin negatif Eu anomalisinin olmaması kristallenmede plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olmadığı gösterir.

İlksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element değişim grafikleri, tüm kayaç gruplarının BİYLE'ce zenginleştiğini, bununla birlikte Nb, Zr, Hf ve Ti elementlerince de tüketildiğini göstermiştir. Dayklardaki HLGE zenginleşmesi alt kabukla paralel veya ondan birkaç on kat daha zenginleşmiştir.

Sr-Nd-Pb izotopik bileşimler jeokimyasal özelliklerle birlikte değerlendirildiğinde, Erken Kampaniyen yaşlı (~78-82 My) yaşlı bazaltik-andezitik bileşimli mafik daykların özellikle yitim süreçlerinden etkilenmiş ve metazomatize olmuş, sık bir litosferik manto kaynağından türediği, kısmen kabuk asimilasyonuna maruz kaldığı ve açılmalı magmatik bir yay ortamında oluştuğu söylenebilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H-P. ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, doi:10.1016/j.lithos.2008.03.001.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northern Turkey, Chem. Erde, 57, 157-187.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, I., 2001. Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: implications for the Eocene evolution of eastern Pontide arc volcanism, northeast Turkey, International Geology Review, 43, 7, 595–610.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C., 2013. <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, doi:10.1007/s00410-013-0868-3.
- Aydin, F., Karsli, O., ve Sadıklar, M.B., 2003. Mineralogy and chemistry of biotites from eastern Pontide granitoid rocks, NE Turkey: Some petrological implications for granitoid magmas: Chemie Der Erde-Geochemistry, 63, 163–182.
- Aydin, F., Karslı, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 104, 249-266.
- Aydin, F., Karsli, O. ve Sadıklar, M.B., 2009a. Compositional variations and zoning types of low-pressure clinopyroxene phenocrysts in Neogene alkaline volcanic rocks with petrogenetic implications, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 18, 163-186.
- Aydin, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009b. C2/C pyroxene phenocrysts from their potassic series in Neogene alkaline volcanics, NE Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as an indicator of P–T conditions. Contributions to Mineralogy and Petrology, 158, 131-147.
- Aydin, F., 2014. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Maçka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey, International Geology Review, 56, 10, 1246-1275
- Aydin, F., Şen, C., Dokuz, A., Kandemir, R. ve Sarı, B., 2016a. Kuzeydoğu Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Petrolojisi ve Kökeni: Doğu Pontidler Geç Mesozoyik jeodinamik evrimi için yeni bulgular", TÜBİTAK Projesi, 112Y365.
- Aydin, F., Oğuz, S., Şen, C., Kandemir, R. ve Dokuz, A., 2016b. Jeokronolojik ve Jeokimyasal Yeni Veriler Işığında KD Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Kökeni, Gelişim Süreci ve Oluşum Ortamının Değerlendirmesi. In: Korkmaz, S. (Ed), Jeoloji

Mühendisliği Bölümünün 50. Kuruluş Yılı-Etkinlikler, Konferanslar ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi, KTÜ Basımevi, ISBN: 978-975-6983-86-7, 105-118.

- Aydin, F., 2017. Çaykara (Trabzon) ve İkizdere (Rize) Civarındaki Granitoidik Kayaçlarla İlişkili Mafik Daykların Petroloji ve Jenezleri: KD Türkiye'nin Senozoyik Dönemi Jeodinamik Evrimi İçin Yeni Bulgular, KTÜ, BAP Araştırma Projesi, 9710.
- Aydincakir, E. ve Sen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu, Türkiye Jeoloji Bülteni, Ketin Sempozyumu, Ankara, 175-188.
- Bektaş, O. ve Gedik, İ. 1988. A new formation with leucitebearing shoshonitic volcanism in the Kop area (Everekhanlar Formation) and its relationship with the evolution of the eastern Pontide arc, NE, Turkey, Geological Society of Turkey Bulletin, 31, 11-19.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism towards the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.
- Black, L. P., Kamo, S. L., Allen, C. M., Aleinikoff, J. A., Davis, D. W., Korsch, J. R. ve Foudolis, C., 2003. TEMORA 1: a new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology, Chemical Geology, 200, 155-170.
- Boztaş, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, I. ve Iskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kackar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Science, 27, 286-302.
- Boztaş, D., Harlavan, Y., Arehart, G. B., Satır, M., ve Avcı, N., 2007. K-Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the Divriği-Sivas region, eastern-central Anatolia, Turkey, Lithos, 97, 1-2, 193-218.
- Boztaş, D. ve Harlavan, Y., 2008. K-Ar ages of granitoids unreveal the stages of Neo-Tethyan convergence in the eastern Pontides and Central Anatolia, Turkey, International Journal of Earth Sciences, doi:10.1007/s00531-007-0176-0.
- Chen, W., ve Arculus, R. J., 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, USA. Lithos, 36, 3-4, 203-225.
- Cumming, G.L. ve Richards, J.R., 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing earth, Earth Planet Sci. Lett., 28, 155-171.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No. 1034, İstanbul.

- Çamur, Z., Güven, İ.H. ve Er, M., 1996. Geochemical Characteristics of the Eastern Pontide Volcanics, Turkey: An Example of Multiple Volcanic Cycles in the Arc Evolution, Turk. Jour. Earth Sci., 5, 123-144.
- Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J., 1992. An introduction to the rock-forming minerals, Harlow, Longman, 696.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S., 2006. A mantle- and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) area, NE Turkey: trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of Early Jurassic Demirkent intrusive complex, International Journal of Earth Science, 95, 370-394.
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B. ve Uysal, I., 2010. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, Tectonophysics, 480, 259–279.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton, Gondwana Research, 19.
- Dokuz, A., Uysal, İ., Siebel, W., Turan, M., Duncan, R. ve Akçay, M., 2013. Post-collisional adakitic volcanism in the eastern part of the Sakarya Zone, Turkey: evidence for slab and crustal melting, Contrib. Mineral. Petrol., 166, 1443-1468.
- Eren, M. ve Kadir, S., 2001. Colour genesis of Upper Cretaceous pelagic red sediments within the Eastern Pontides, NE Turkey, Yerbilimleri, 24, 71-79.
- Eren, M. ve Taşlı, K., 2002. Kilop Cretaceous hardground (Kale, Gümüşhane, NE Turkey): description and origin, Journal of Asian Earth Science, 20, 433-448.
- Evcimen, Ö., 2011. İkizdere Plütönu'nun (KD-Türkiye) U-Pb Jeokronolojisi, Petrolojisi Ve Jeodinamik Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontides orogenic belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey, Int. Geol. Rev., 52, 2–3, 142–186.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S.L., 2011a. Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust–mantle transition zone: Petrology, geochemistry and U–Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 121, 151–166.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O., ve Akaryali, E., 2011b. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting, Gondwana Research, 19, 413-429.

- Fitton, J. G., James, D., ve Leeman, W. P., 1991. Basic magmatism associated with late Cenozoic extension in the western United States: Compositional variations in space and time. Journal of geophysical Research: Solid earth, 96, B8, 13693-13711.
- Frey, F.A., Green, D.H. ve Roy, S.D., 1978. Integrated models of basalt petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from South Eastern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data, J Petrol, 19, 463–513.
- Gülmez, F. ve Genç, Ş.C., 2016. Differentiation processes in late Cretaceous ultrapotassic volcanics around Amasya, Bull. Min. Res. Exp. 151, 149-168.
- Güven, İ.H., 1993. 1/250.000 scaled geological and metallogenical map of the Eastern Black Sea Region, MTA, Trabzon.
- Harmon, R. S., Barreiro, B. A., Moorbath, S., Hoefs, J., Francis, P. W., Thorpe, R. S., ve Viglino, J. A., 1984. Regional O-, Sr-, and Pb-isotope relationships in late Cenozoic calc-alkaline lavas of the Andean Cordillera, Journal of the Geological Society, 141, 5, 803-822.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks, Can J. Earth Sci., 8, 523–548.
- Kandemir, R., 2004. "Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları", Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kandemir, R. ve Yilmaz, C. 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean, Journal of Asian Earth Sciences, 34, 586-598.
- Kandemir, R. ve Lerosey-Aubril, R., 2011. First report of a trilobite in the Carboniferous of Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 179–183.
- Kandemir, Ö., Akbayram, K., Çobankaya, M., Kanar, F., Pehlivan, Ş., Tok, T., ve Temiz, U. 2019. From arc evolution to arc-continent collision: Late Cretaceous– middle Eocene geology of the Eastern Pontides, northeastern Turkey, Geological Society of America Bulletin.
- Karsli, O., Aydin, F. ve Sadıklar, M.B., 2004. The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey, Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karsli, O., Chen, B., Aydin, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.

- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydin, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010a. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harsit Pluton, Eastern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 467–487.
- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydin, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010b. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109–120.
- Karsli, O., Ketenci, M., Uysal, I., Dokuz, A., Aydin, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications, Lithos 127 354-372.
- Karsli, O., Caran, S., Dokuz, A., Coban, H., Chen, B. ve Kandemir, R., 2012. A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment, Tectonophysics, 530-531, 208-224.
- Karsli, O., Uysal, İ., Dilek, Y., Aydin, F. ve Kandemir, R., 2013. Geochemical modelling of early Eocene adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Anatolia: continental crust or subducted oceanic slab origin?, International Geology Review, 55, 16, 2083–2095.
- Karsli O., Dokuz, A., Kaliwoda, M., Uysal, İ., Aydin, F., Kandemir, R. ve Fehr, K.T., 2014. Geochemical fingerprints of Late Triassic calc-alkaline lamprophyres from the Eastern Pontides, NE Turkey: A key to understanding lamprophyre formation in a subduction-related environment, Lithos, 196–197, 181–197.
- Karsli, O., Aydin, F., Uysal, I., Dokuz, A., Kumral, M. ve Kandemir, R., vd., 2018. "Latest Cretaceous “A 2 -type” granites in the Sakarya Zone, NE Turkey: Partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere", Lithos, 302303, 312-328
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satir, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, eastern Pontides, NE Turkey, International Journal of Earth Sciences, 97, 739–764.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009a. U-Pb SHRIMP Zircon Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish J. Earth Sci., 18, 549–581.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009b. Mineralogy, whole-rock and Sr–Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dagbasi granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration, Chemie der Erde, 69, 247–277.
- Kempton, P.D., Downes, H. ve Embey-Isztin, A., J., 1997. Petrology, 38, 941-970.

- Kuno, H. 1968. Origin of andesite and its bearing on the island arc structure. Bulletin Volcanologique, 32,1, 141-176.
- Le maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J. ve Er, A., 1989. A Classification of Igneous rocks and Glossary of Term: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Leake E. B., Wooley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W.D., Gilbert, M. C., Grice, D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W. V., Nickhel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., ve Youzhi, G., 1997. Nomenclature of Amphiboles Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Comission on New Minerals and Mineral Names, European Journal of Mineralogy, 9, 623- 651.
- McDonough, W. F. ve Sun, S. S., 1995. The composition of the Earth, Che. Geo., 120, 223 – 253.
- Mckenzie, D. ve O’Nions, R.K., 1983. Mantle reservois and oceanic island basalts, Nature, 301, 229-231.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes, American Mineralogist, 73, 1123–1133.
- Okay, A. I., Sengör, A. M. C. ve Görür, N., 1994. Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions, Geology, 22, 267-270.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Balack Sea ve Surrounding Region, AAPG Mem., 68, 291-311.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horwarth, F., Serrane, M. (eds), the Mediterreanean Basins: Tertiary extension within the Alpine Oregene, Geological Society, London, Spec. Publ., 156, 475-515.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler’de Kretase, K.T.Ü. Yer Bilimleri Dergisi, 2, 65-114.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (eds) Andesites, Orogenic andesites and related rocks, J. Wiley and Sons, 525-548.
- Pearce, J. A. 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, Shiva Publications, 230-249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, Journal of Petrology, 25, 956-983.

- Pearce, J. A. ve Peate, D. W., 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas, Annual review of Earth and planetary sciences, 23, 1, 251-285.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, northern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doç. Tezi, K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi, No: 13, Trabzon.
- Pelin, S., Özsayar, T., Gedikoğlu, A., ve Tülümen, E., 1982. Doğu Pontidlerde Üst Kretase yaşlı biyomikritlerin oluşumu, KTÜ Jeoloji Dergi, 2, 1-2, 69-81.
- Ramos, F.C., 1992. Isotope Geology of the Metamorphic Core of the Central Grouse Creek Mountains, Box Elder County, Utah., UCLA PhD Thesis.
- Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., 1984. Introduction: aspect of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds). Geological Evolution of eastern Mediterranean, Geological Society of London, Special Publication, 17, 77-112.
- Rolland, Y., Billo, S., Corsini, M., Sosson, M. ve Galoyan, G., 2008. Blueschists of the Amassia-Stepanavan Suture Zone (Armenia): linking Tethys subduction history from E-Turkey to W-Iran, International Journal of Earth Sciences doi: 10.1007/s00531-007-0286-8.
- Ross, P.S. ve Bédard, J.H., 2009. Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace element discriminant diagrams, Can. J. Earth Sci., 46, 11, 823-839.
- Saydam Eker, Ç. ve Korkmaz, S., 2011. Mineralogy and whole-rock geochemistry of Late Cretaceous sandstones from the Eastern Pontides (NE Turkey), Neues Jahrbuch für Mineralogie-abhandlungen, 188, 3, 235-256.
- Sato, H., 1977. Nickel content of basaltic magmas: identification of primary magmas and a measure of the degree of olivine fractionation, Lithos, 10, 113-120.
- Shervais, J. W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth Planet. Sci. Lett., 59, 101-118.
- Smith, E.I., Sánchez, A., Walker, J.D., ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the hurricane volcanic field, Utah: Implications for small- and large-scale chemical variability of the lithospheric mantle, The Journal of Geology, 107, 433-448.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van, A., 1998. Geochemical and petrological characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) alkaline volcanic province, NE Turkey, Turkish J. Earth Sci. 7, 231-239.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is It Rift Related or Subduction Related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.

- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O., 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of western termination of Paleo-Tethys. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds). Geological Evolution of eastern Mediterranean, Geological Society of London, Special Publication, 17, 77-112.
- Temizel İ., Arslan M., Ruffet G. ve Peucat J.J., 2012. Petrochemistry, Geochronology And Sr-Nd Isotopic Systematics of The Tertiary Collisional And Post-Collisional Volcanic Rocks From The Ulubey (Ordu) Area, Eastern Pontide, NE Turkey: Implications For Extension-Related Origin And Mantle Source Characteristics, Lithos, 126-147.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N. E. Turkey, University College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O. ve Schwarz, W.H., 2004. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, Lithos 72, 183–207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex, Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861–873.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92–110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 125, 131-150.
- Weaver, B. L., Wood, D. A., Tarney, J., ve Joron, J. L., 1987. Geochemistry of ocean island basalts from the south Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunha, Geological Society, London, Special Publications, 30, 1, 253-267.
- Williams, I. S., ve Claesson, S., 1987. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of high grade paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides. II: Ion microprobe zircon U-Th-Pb, Contribution to Mineralogy and Petrology, 97, 205-217.



- Winchester, J.A., ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chem. Geol., 20, 325-343.
- Wolff, J.A. ve Ramos, F.C., 2003. Pb isotope variations among Bandelier Tuff feldspars: no evidence for a long-lived silicic magma chamber, Geology, 31, 533-536.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavaş of the British Tertiary volcanic province, Earth Planet Science Letters, 50, 11-30.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and structure of the Gümüşhane granite and surrounding rocks, North-Eastern Anatolia, Ph. D. Thesis, Univ. London, 260 p.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 68, 183-226.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2006. Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation: Gümüşhane Mesozoic Basin (NE Turkey), Geologica Carpathica, 57, 3-13.
- Yılmaz-Şahin, S., 2005. Transition from arc- to post-collision extensional setting revealed by K-Ar dating and petrology: An example from the granitoids of the eastern Pontides igneous terrane, Araklı-Trabzon, NE Turkey. Geological Journal, 40, 425-440.
- Yücel, C., Aydınçakır, E., Gücer, M.A., ve Akaryalı, E., 2017. U-Pb Geochronology, Petrochemistry and Sr-Nd-Pb Isotop Geochemistry of the Eocene Dikes in the Southern Part of Eastern Pontides (NE, Turkey), III. International Conference on Engineering and Natural Sciences
- Zindler, A. ve Hart, S.R., 1986. Chemical geodynamics, Annual Review Earth Planetary Sciences, 14, 493-571.

URL-1, [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps) 09 Mart 2019

## 7. EKLER

Ek Tablo 1. Mafik daykların petrografik ve mineralojik özellikleri

Lokasyon	Dayk Türü	Örnek No	Doku	İri Kristaller (%)	Hamur (%)	Açıklamalar
ÇAYKARA	Bazaltik dayk	CT2, CT6, CT8, CT10	İntersertal, mikrolitik porfiritik, mikrokristalen porfiritik ve subofitik	Pl: 0-5 Kpir: 0-10	Pl±Sa± Kpir+Op (85-100)	Bazı örnekler mikrolitik (CT2 ve CT10), bazıları mikrolitik porfiritik doku (CT6 ve CT8) göstermektedir. Yer yer kümelenmiş klinopiroksen mikrofenokristalleri (CT6 ve CT8) ve yaygın opak mineraller mevcuttur; ayrıca kalsit ve/veya kloritleşme yaygın alterasyon ürünleridir.
HAYRAT	Bazaltik ve bazaltik andezitik dayk	Hb1b, Hb2b, Hb3b, Hb4b	İntergranüler, porfiritik, mikrolitik porfiritik	Pl: 0-10	Pl±Sa± Kpir+Op± Amf (90-100)	Plajiyoklas fenokristalleri çoğunlukla serizitleşmiş ve killeşmiş durumdadır (Hb2b ve Hb4b); matrikste mikro-klinopiroksen ve amfibollerler (Hb1b ve Hb3b) yaygındır; yer yer yoğun kalsitleşme ve öbek oluşturmuş epidot kümelenmeleri (Hb2b) ile lokal kloritleşmeler (Hb1b ve Hb3b) söz konusudur.
İKİZDERE	Bazaltik, Bazaltik andezitik ve doleritik dayk	Id1, Id4, Id5, Id6, Id7, Id8-1, Id8-2, Id9b <sup>+</sup> , Id10, Id11-1, Id11-2, Id12	İntersertal, hyalo-mikrokristalen porfiritik, mikrokristalen porfiritik, mikrolitik porfiritik	Pl: 0-10 Kpir: 5-20	Pl±Sa± Kpir+Op (80-100)	Bazı örnekler mikrolitik (Id4, Id6, Id7 ve Id11), bazıları mikrolitik porfiritik (Id5, Id8b, Id9b, Id10 ve Id12) veya amigdaloidal (Id1) doku göstermektedir. Yer yer küme-lenmiş klinopiroksen orta-iri kristalleri (Id5, Id8 ve Id12) ve nadiren kuvars ksenokristalleri (Id9b) gözlenmektedir. İri plajiyoklaslar genelde kalsitleşme gösterir. Ayrıca kalsit, klorit ve epidotlar matriksin yaygın alterasyon ürünlerini temsil ederler.

Ek Tablo 2. Mafik dayklara ait minerallerin kimyasal analiz sonuçları

(Klinopiroksen)

Örnek No	Ct8-16	Ct8-22	Ct2	Ct2	Ct2	Id8-1-17	Id8-1-19	Id12-1	Id12-9
Lokasyon	ÇAYKARA					İKİZDERE			
Kayaç Türü	Pir-Bazalt		Bazalt			Pir-Dolerit		Pir-Dolerit	
Mineral	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir
Nokta	218 / 1 .	224 / 1 .	11 / 26 .	11 / 12 .	11 / 6 .	169 / 1 .	171 / 1 .	40 / 1 .	48 / 1 .
SiO <sub>2</sub>	53.60	53.62	50.41	48.01	46.92	51.44	51.32	51.96	51.07
TiO <sub>2</sub>	0.25	0.24	0.48	1.26	1.98	0.33	0.32	0.34	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.90	2.22	3.65	7.11	9.69	3.12	3.27	3.44	3.68
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	0.02	0.05	0.00	0.00	0.59	0.52	0.36	0.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	2.89	0.91	0.00	0.39	1.19	0.00	0.44
FeO	3.87	6.26	5.06	7.14	8.66	4.58	4.46	5.58	6.61
MnO	0.14	0.11	0.32	0.26	0.21	0.03	0.18	0.17	0.21
MgO	15.39	14.76	15.83	11.78	11.06	15.09	15.08	15.06	14.53
CaO	22.94	22.06	20.34	22.57	21.03	22.96	22.74	22.18	21.89
Na <sub>2</sub> O	0.17	0.30	0.22	0.26	0.30	0.19	0.21	0.19	0.16
K <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
<b>Toplam</b>	99.87	99.59	99.27	99.31	99.86	98.71	99.29	99.29	99.29
Si	1.956	1.976	1.874	1.804	1.752	1.915	1.903	1.923	1.902
Ti	0.007	0.007	0.013	0.036	0.056	0.009	0.009	0.009	0.013
Al	0.125	0.096	0.160	0.315	0.427	0.137	0.143	0.150	0.161
Cr	0.017	0.001	0.001	0.000	0.000	0.017	0.015	0.010	0.007
Fe <sub>3</sub>	0.000	0.000	0.081	0.026	0.000	0.011	0.033	0.000	0.012
Fe <sub>2</sub>	0.118	0.193	0.157	0.224	0.271	0.143	0.138	0.173	0.206
Mn	0.004	0.004	0.010	0.008	0.007	0.001	0.006	0.005	0.007
Mg	0.837	0.811	0.877	0.660	0.616	0.837	0.834	0.831	0.807
Ca	0.897	0.871	0.810	0.909	0.841	0.916	0.903	0.879	0.873
Na	0.012	0.022	0.016	0.019	0.022	0.013	0.015	0.014	0.011
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
<b>Toplam</b>	3.973	3.980	4.000	4.000	3.990	4.000	4.000	3.995	4.000
<b>Mg#</b>	87.6	80.8	84.8	74.6	69.5	85.4	85.8	82.8	79.7
Wo	48.4	46.5	43.9	50.7	48.7	48.3	48.2	46.7	46.3
En	45.2	43.3	47.6	36.8	35.6	44.2	44.5	44.1	42.8
Fs	6.4	10.3	8.5	12.5	15.7	7.5	7.4	9.2	10.9

Ek Tablo 2'nin devamı (Klinopiroksen)

Örnek No	Id5-9	Id5-4	Id5-8	Id4-1	Id4-2	Id4-3	Id4-4	Id4-5	Id4-6
<b>Lokasyon</b>									
<b>Kayaç Türü</b>	<b>Pir-Bazalt</b>			<b>Bazalt</b>					
<b>Mineral</b>	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir	Kpir
<b>Nokta</b>	137 / 1 .	132 / 1 .	136 / 1 .	11 / 8 .	11 / 19 .	11 / 6 .	11 / 15 .	11 / 21 .	11 / 7 .
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50.25	50.85	50.36	49.92	46.40	51.33	48.19	47.51	46.56
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.56	0.48	0.51	0.58	1.17	0.48	1.13	1.20	1.34
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3.51	2.81	3.76	2.96	7.93	2.51	5.81	6.63	7.19
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.10	0.00	0.02	0.00	0.14	0.00	0.01	0.01	0.00
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.82	1.66	1.79	4.74	4.79	0.62	3.53	3.97	4.54
<b>FeO</b>	6.60	7.35	7.67	4.87	4.16	9.35	6.34	5.90	5.28
<b>MnO</b>	0.25	0.18	0.26	0.32	0.17	0.44	0.24	0.21	0.21
<b>MgO</b>	14.30	14.66	14.70	14.54	12.82	13.89	13.15	12.86	11.79
<b>CaO</b>	21.55	20.79	20.05	21.92	22.09	20.44	21.43	21.66	22.83
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.14	0.18	0.18	0.19	0.22	0.19	0.24	0.23	0.23
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.00	0.03	0.01	0.05	0.01	0.07	0.02	0.01	0.02
<b>Toplam</b>	99.08	98.99	99.29	100.09	99.89	99.31	100.09	100.18	99.99
<b>Si</b>	1.884	1.908	1.884	1.860	1.732	1.930	1.800	1.773	1.748
<b>Ti</b>	0.016	0.013	0.014	0.016	0.033	0.014	0.032	0.034	0.038
<b>Al</b>	0.155	0.124	0.166	0.130	0.349	0.111	0.256	0.292	0.318
<b>Cr</b>	0.003	0.000	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Fe<sub>3</sub></b>	0.051	0.047	0.050	0.133	0.135	0.018	0.099	0.111	0.128
<b>Fe<sub>2</sub></b>	0.207	0.231	0.240	0.152	0.130	0.294	0.198	0.184	0.166
<b>Mn</b>	0.008	0.006	0.008	0.010	0.005	0.014	0.008	0.007	0.007
<b>Mg</b>	0.799	0.820	0.820	0.808	0.713	0.779	0.732	0.716	0.660
<b>Ca</b>	0.866	0.836	0.804	0.875	0.883	0.824	0.857	0.866	0.918
<b>Na</b>	0.010	0.013	0.013	0.013	0.016	0.014	0.018	0.017	0.017
<b>K</b>	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001
<b>Toplam</b>	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
<b>Mg#</b>	79.4	78.0	77.3	84.2	84.6	72.6	78.7	79.5	79.9
<b>Wo</b>	46.2	44.3	43.1	47.7	51.2	43.4	48.0	49.0	52.7
<b>En</b>	42.7	43.5	44.0	44.0	41.3	41.1	41.0	40.5	37.8
<b>Fs</b>	11.1	12.2	12.9	8.3	7.5	15.5	11.1	10.4	9.5

Ek Tablo 2'nin devamı (Amfibol)

Örnek No	Ct8-20	Ct8-21	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Hb1b	Id12-12	Id9b-5
<b>Formasyon</b>	<b>ÇAYKARA</b>		<b>HAYRAT</b>								<b>İKİZDERE</b>	
<b>Kayaç Türü</b>	Pir-Bazalt		Bazalt								Pir-Dolerit	Bazaltik andezit
<b>Mineral</b>	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph	Amph
<b>Nokta</b>	222 / 1 .	223 / 1 .	12 / 1 .	12 / 3 .	12 / 4 .	12 / 5 .	12 / 11 .	12 / 13 .	12 / 15 .	12 / 16 .	51 / 1 .	24 / 1 .
<b>SiO<sub>2</sub></b>	39.86	40.57	51.55	47.93	48.72	51.71	50.59	51.64	53.14	50.50	43.29	42.35
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.75	1.71	0.39	0.39	0.34	0.29	0.48	0.34	0.27	0.46	1.27	1.75
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12.79	12.05	4.79	6.90	6.43	4.92	5.30	4.37	3.43	6.13	9.89	12.31
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.03	0.04	0.00	0.14	0.09	0.02	0.11	0.03	0.03	0.05	0.00	0.04
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	7.63	6.56	4.69	11.92	10.30	3.26	7.12	5.24	3.07	7.14	1.56	2.41
<b>FeO</b>	4.07	5.43	7.80	2.99	4.20	10.04	6.25	7.05	8.85	6.78	13.49	8.15
<b>MnO</b>	0.17	0.10	0.40	0.37	0.42	0.53	0.45	0.41	0.40	0.43	0.56	0.22
<b>MgO</b>	13.42	13.22	15.17	14.04	14.39	14.41	14.92	15.52	15.97	14.24	11.84	14.11
<b>CaO</b>	12.14	11.98	12.23	12.45	12.08	11.79	12.36	12.33	12.37	12.37	10.75	11.69
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2.03	1.97	0.41	0.77	0.69	0.38	0.53	0.45	0.29	0.57	2.13	2.23
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.46	1.55	0.28	0.46	0.42	0.22	0.30	0.23	0.16	0.41	0.77	0.59
<b>Toplam</b>	95.79	95.20	97.23	97.17	97.04	97.24	97.69	97.09	97.67	98.38	95.55	95.86
Si	5.730	5.850	7.383	6.873	6.992	7.447	7.216	7.393	7.571	7.170	6.298	6.012
Ti	0.189	0.186	0.043	0.042	0.037	0.031	0.051	0.037	0.029	0.049	0.139	0.187
Al	2.166	2.048	0.808	1.166	1.087	0.834	0.891	0.738	0.575	1.026	1.696	2.060
Cr	0.003	0.005	0.000	0.016	0.010	0.002	0.012	0.003	0.004	0.006	0.000	0.004
Fe <sub>3</sub>	0.825	0.711	0.505	1.287	1.112	0.353	0.764	0.565	0.329	0.763	0.171	0.257
Fe <sub>2</sub>	0.489	0.655	0.934	0.359	0.504	1.209	0.745	0.844	1.054	0.806	1.641	0.967
Mn	0.020	0.013	0.048	0.045	0.052	0.064	0.054	0.050	0.048	0.051	0.069	0.027
Mg	2.876	2.843	3.238	3.001	3.080	3.094	3.173	3.313	3.392	3.014	2.568	2.987
Ca	1.870	1.851	1.876	1.913	1.858	1.819	1.890	1.892	1.888	1.882	1.675	1.778
Na	0.565	0.552	0.114	0.214	0.191	0.105	0.147	0.124	0.079	0.158	0.600	0.613
K	0.267	0.285	0.050	0.085	0.078	0.041	0.055	0.041	0.030	0.075	0.142	0.107
<b>Toplam</b>	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Mg#	85.5	81.3	77.6	89.3	85.9	71.9	81.0	79.7	76.3	78.9	61.0	75.5

Ek Tablo 2'nin devamı(Feldispat)

Örnek No	Ct8-13	Ct8-30	Ct8-12	Ct2-1	Ct2-4	HAYRAT						
Lokasyon	ÇAYKARA					Bazalt		Bazalt		Baz. Andezit		
Kayaç Türü	Pir-Bazalt			Bazalt		Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds
Mineral	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	12 / 18 .	12 / 23 .	12 / 16 .	12 / 12 .	149 / 1 .	3 / 7 .	160 / 1 .
Nokta	215 / 1 .	232 / 1 .	214 / 1 .	11 / 35 .	11 / 20 .	64.87	55.93	60.40	64.74	54.65	59.36	66.19
SiO <sub>2</sub>	63.48	67.39	66.54	50.91	64.81	0.00	0.12	0.00	0.03	0.02	2.37	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	22.52	28.78	24.13	17.68	30.44	21.62	20.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.12	20.24	20.95	29.85	20.90	0.16	0.59	0.29	0.18	1.52	1.49	0.15
FeO	0.92	0.47	0.33	0.55	0.19	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.10
MnO	0.06	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.20	0.05	0.00	0.61	0.61	0.07
MgO	0.39	0.02	0.01	0.07	0.00	2.17	0.81	1.27	0.02	3.07	3.48	2.75
CaO	3.79	1.29	1.14	13.84	2.79	10.63	1.04	10.52	0.34	3.35	5.65	11.66
Na <sub>2</sub> O	9.16	10.99	10.92	3.79	10.79	0.09	11.33	0.15	16.05	5.87	4.94	0.18
K <sub>2</sub> O	0.04	0.06	0.08	0.26	0.08	100.47	98.82	96.85	99.07	99.54	99.56	101.91
<b>Toplam</b>	99.00	100.46	100.01	99.28	99.58	2.845	2.589	2.754	3.019	2.489	2.713	2.880
Si	2.841	2.945	2.920	2.343	2.876	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.081	0.000
Ti	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	1.164	1.570	1.297	0.972	1.634	1.165	1.067
Al	1.114	1.042	1.084	1.619	1.093	0.006	0.023	0.011	0.007	0.058	0.057	0.006
Fe <sub>2</sub>	0.034	0.017	0.012	0.021	0.007	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.004
Mn	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.014	0.003	0.000	0.042	0.041	0.005
Mg	0.026	0.001	0.000	0.005	0.000	0.102	0.040	0.062	0.001	0.150	0.171	0.128
Ca	0.182	0.060	0.054	0.682	0.133	0.904	0.093	0.930	0.030	0.296	0.501	0.983
Na	0.795	0.931	0.929	0.338	0.928	0.005	0.669	0.009	0.955	0.341	0.288	0.010
K	0.002	0.003	0.004	0.015	0.004	5.027	5.003	5.067	4.987	5.011	5.018	5.083
<b>Toplam</b>	4.999	5.001	5.005	5.024	5.043	10.1	5.0	6.2	0.1	19.0	17.8	11.4
An (Fsp)	18.6	6.1	5.4	65.9	12.4	89.4	11.6	92.9	3.1	37.6	52.2	87.7
Ab (Fsp)	81.2	93.6	94.1	32.6	87.1	0.5	83.4	0.9	96.8	43.4	30.0	0.9
Or (Fsp)	0.2	0.3	0.4	1.5	0.4							

Ek Tablo 2'nin devamı (Feldispat)

Örnek No	Id8-1-14	Id8-1-4	Id8-1-13	Id12-13	Id12-4	Id12-20	Id5-15	Id5-21	Id5-24	Id9b-9	Id9b-2	Id9b-7	Id9b-1
Lokasyon	İKİZDERE												
Kayaç Türü	Pir-Dolerit			Pir-Dolerit			Pir-Bazalt			Bazaltik-andezit			
Mineral	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds	Felds
Nokta	166 / 1 .	156 / 1 .	165 / 1 .	52 / 1 .	43 / 1 .	59 / 1 .	142 / 1 .	148 / 1 .	151 / 1 .	28 / 1 .	22 / 1 .	26 / 1 .	21 / 1 .
SiO2	54.27	64.94	66.82	47.91	49.86	52.41	65.67	65.35	65.82	65.98	65.64	64.56	62.66
TiO2	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
Al2O3	23.09	20.37	19.56	31.30	30.89	29.35	21.30	17.08	17.58	22.08	21.40	21.05	20.27
FeO	2.72	0.31	0.26	0.91	0.73	0.49	0.34	0.32	0.16	0.16	0.27	0.25	0.36
MnO	0.00	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04
MgO	0.02	0.02	0.00	0.08	0.03	0.04	0.05	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02
CaO	11.68	2.35	1.85	17.42	15.05	12.66	1.68	0.39	0.03	1.71	0.32	0.26	0.03
Na2O	2.62	9.18	10.65	1.41	2.63	4.17	10.26	0.36	0.31	10.71	8.00	5.09	0.48
K2O	4.60	1.40	0.11	0.09	0.16	0.27	0.13	15.62	15.76	0.12	5.10	8.76	14.92
<b>Toplam</b>	99.02	98.59	99.40	99.14	99.37	99.42	99.46	99.16	99.75	100.80	100.73	99.97	98.85
Si	2.559	2.910	2.954	2.226	2.295	2.396	2.899	3.040	3.038	2.877	2.906	2.912	2.921
Ti	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	1.283	1.076	1.019	1.714	1.676	1.581	1.108	0.936	0.956	1.135	1.116	1.119	1.114
Fe2	0.107	0.011	0.010	0.035	0.028	0.019	0.012	0.012	0.006	0.006	0.010	0.009	0.014
Mn	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
Mg	0.002	0.001	0.000	0.006	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001
Ca	0.590	0.113	0.088	0.867	0.742	0.620	0.079	0.019	0.002	0.080	0.015	0.012	0.001
Na	0.239	0.798	0.913	0.127	0.235	0.370	0.878	0.032	0.028	0.905	0.687	0.445	0.043
K	0.277	0.080	0.006	0.005	0.009	0.016	0.007	0.927	0.928	0.007	0.288	0.504	0.887
<b>Toplam</b>	5.057	4.991	4.995	4.982	4.988	5.005	4.989	4.970	4.962	5.012	5.023	5.003	4.986
An (Fsp)	53.3	11.4	8.7	86.8	75.2	61.7	8.2	2.0	0.2	8.1	1.5	1.3	0.1
Ab (Fsp)	21.6	80.5	90.7	12.7	23.8	36.8	91.0	3.3	2.9	91.2	69.4	46.3	4.7
Or (Fsp)	25.0	8.1	0.6	0.5	0.9	1.6	0.7	94.8	96.9	0.7	29.1	52.4	95.2

Ek Tablo 3. Mafik daykların U-Pb zirkon analiz sonuçları

Örnek No	U (ppm)	Th (ppm)	<sup>206</sup> Pb (ppm)	% f206_4	% f206_8	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±hata	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±hata	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±hata	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±hata	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±hata	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±hata
<b>Magmatik zirkon</b>																		
Hb1b-2.3-kenar	2405	732	27.0	0.4	0.0	0.31	0.0479	0.0013	0.0130	0.0002	0.0858	0.0029	0.0	158.1	83.6	2.8	83.2	1.5
Hb1b-3.1-kenar	1460	502	17.5	2.0	0.2	0.35	0.0479	0.0015	0.0138	0.0003	0.0913	0.0034	0.0	168.1	88.7	3.2	88.5	1.7
Hb1b-4.1-kenar	2743	1502	32.3	0.7	-0.2	0.56	0.0494	0.0020	0.0136	0.0003	0.0922	0.0042	164.9	94.0	89.6	4.0	86.8	1.7
Hb1b-5.1-kenar	1255	559	11.9	1.8	0.0	0.46	0.0556	0.0028	0.0109	0.0003	0.0838	0.0048	435.7	110.2	81.7	4.5	70.1	1.7
<b>kahntı-1 zirkon</b>															<b>Hb1b</b>	<b>ort.</b>	<b>82.1</b>	<b>1.7</b>
Hb1b-1.1-kenar	1259	208	15.3	1.1	0.1	0.17	0.0467	0.0012	0.0140	0.0003	0.0903	0.0030	0.0	0.0	87.8	2.8	89.8	1.9
Hb1b-2.1-kenar	1657	477	20.4	0.7	0.2	0.30	0.0463	0.0011	0.0142	0.0002	0.0907	0.0025	0.0	0.0	88.1	2.3	91.0	1.4
<b>kahntı-2 zirkon</b>																		
Hb1b-1.2-merkez	887	221	102.9	0.0	4.6	0.26	0.0826	0.0029	0.1284	0.0027	1.4624	0.0607	1260.5	68.0	915.0	25.4	778.5	15.4
Hb1b-2.2-merkez	926	95	45.1	0.1	1.3	0.11	0.0508	0.0008	0.0555	0.0010	0.3893	0.0092	233.3	34.2	333.8	6.7	348.4	6.1
<b>Magmatik zirkon</b>																		
Id9b-2.1-merkez	956	377	10.1	1.3	-0.3	0.40	0.0500	0.0028	0.0122	0.0001	0.0842	0.0048	423.1	145.4	92.4	6.2	80.1	1.2
Id9b-2.2-kenar	933	358	9.6	2.0	0.9	0.39	0.0513	0.0044	0.0118	0.0003	0.0833	0.0075	195.1	125.2	82.1	4.5	78.3	0.9
Id9b-3.1-kenar	1294	663	13.6	0.7	-0.3	0.53	0.0497	0.0021	0.0122	0.0002	0.0836	0.0038	252.1	184.8	81.3	7.1	75.6	2.2
<b>Kahntı zirkon</b>															<b>Id9b</b>	<b>ort.</b>	<b>78.0</b>	<b>1.3</b>
Id9b-1.1-kenar	423	159	4.6	3.1	-0.5	0.39	0.0553	0.0038	0.0125	0.0002	0.0953	0.0067	180.7	96.4	81.5	3.5	78.1	1.0
Id9b-1.2-merkez	216	148	2.5	2.1	-0.7	0.70	0.0498	0.0041	0.0136	0.0003	0.0936	0.0079	184.5	181.2	90.8	7.3	87.3	1.6

**Not:** Hatalar 1 sigma düzeyindedir. Th/U oranları (232/238) atomik oranlardır. TEMORA standardının kopyaları üzerinden hesaplanan nokta-nokta hataları: <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U için % 1.06 ve <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb için % 0.55'dir. Hb1b: Hayrat bazaltik dayk, Id9b: İkizdere bazaltik andezitik dayk.



Ek Tablo 4. Mafik dayların tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları

Ör. No	Dayk Türü	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Cr2O3	AUK	Top
<b>Çaykara</b>														
<b>Ct6</b>	Pir-bazaltik dayk	47.69	0.82	16.48	10.76	0.19	6.62	9.27	3.17	1.42	0.24	0.01	3.1	99.77
<b>Ct8</b>	Pir-bazaltik dayk	45.81	0.76	15.30	10.58	0.19	7.47	8.78	2.93	2.10	0.33	0.02	5.4	99.72
<b>Ct2</b>	Bazaltik dayk	43.18	0.96	16.11	11.52	0.19	5.93	8.84	2.33	2.27	0.27	0.00	8.1	99.73
<b>Ct10</b>	Bazaltik dayk	44.59	0.97	17.47	10.59	0.20	4.61	8.10	3.73	2.47	0.34	0.00	6.6	99.66
<b>Hayrat</b>														
<b>Hb1b</b>	Bazaltik dayk	49.32	1.20	15.94	10.20	0.21	8.47	7.06	2.52	3.39	0.55	0.040	0.9	99.78
<b>Hb3b</b>	Bazaltik dayk	47.34	0.95	18.08	10.85	0.19	5.34	10.75	2.07	0.63	0.17	0.003	3.4	99.80
<b>Hb2b</b>	Bazaltik andezitik dayk	55.62	0.77	19.12	6.33	0.09	2.19	4.11	3.49	5.27	0.22	0.002	2.5	99.74
<b>İkizdere</b>														
<b>Id8-1</b>	Pir-doleritik dayk	46.56	0.82	15.73	10.94	0.19	7.75	10.73	2.33	1.27	0.19	0.035	3.2	99.79
<b>Id12</b>	Pir-doleritik dayk	45.5	0.92	16.01	11.71	0.2	7.87	12.46	1.5	0.92	0.24	0.032	2.4	99.82
<b>Id5</b>	Pir-bazaltik dayk	46.88	0.95	17.35	11.62	0.2	5.09	8.55	2.92	1.71	0.3	0.003	4.2	99.73
<b>Id8-2</b>	Pir-bazaltik dayk	46.17	0.83	16.26	10.85	0.25	7.69	10.13	2.04	1.81	0.2	0.021	3.5	99.79
<b>Id1</b>	Bazaltik dayk	44.19	0.61	17.38	9.58	0.17	4.82	9.11	2.85	0.45	0.2	0.002	10.3	99.70
<b>Id4</b>	Bazaltik dayk	46.44	0.85	17.93	10.62	0.18	5.24	9.69	2.97	2.18	0.24	0.002	3.4	99.77
<b>Id6</b>	Bazaltik dayk	45.61	0.88	17.66	11.79	0.23	5.07	7.19	3.21	2.76	0.23	0.002	4.9	99.52
<b>Id11-1</b>	Bazaltik dayk	43.93	0.91	17.18	11.44	0.19	5.42	9.64	2.51	1.6	0.26	0.002	6.7	99.78
<b>Id9b</b>	Bazaltik andezitik dayk	54.67	0.6	15.81	5.93	0.11	5.66	6.15	4.32	1.81	0.21	0.026	4.4	99.67

Ek Tablo 4'ün devamı

Ör. No	Kayaç Türü	Co	Ni	Sc	Zr	Y	Hf	Nb	Ta	V	Ga	Rb	Ba	Sr	Cs
<b>Çaykara</b>															
<b>Ct6</b>	Pir-bazaltik dayk	35	22	38	57	15	1.6	3.9	0.3	294	16	32	336	615	0.8
<b>Ct8</b>	Pir-bazaltik dayk	37	24	37	61	15	1.8	3.9	0.2	277	14	45	882	496	0.6
<b>Ct2</b>	Bazaltik dayk	33	11	30	68	18	1.6	4.9	0.2	309	17	67	799	459	2.4
<b>Ct10</b>	Bazaltik dayk	29	13	24	77	19	2.4	5.4	0.3	310	18	58	942	961	1.3
<b>Hayrat</b>															
<b>Hb-1b</b>	Bazaltik dayk	26	143	27	199	26	4.5	9.4	0.5	171	16	134	333	296	2.8
<b>Hb-3b</b>	Bazaltik dayk	33	17	35	56	19	1.6	2.5	0.1	304	16	18	106	607	0.1
<b>Hb-2b</b>	Bazaltik andezitik dayk	9	2	20	119	26	3.2	6.8	0.4	111	15	171	1238	292	1.0
<b>İkizdere</b>															
<b>Id8-1</b>	Pir-doleritik dayk	35	30	40	41	16	0.9	2.2	0.1	316	15	44	233	413	1.5
<b>Id12</b>	Pir-doleritik dayk	38	43	44	39	15	1.4	2.4	0.1	376	17	17	145	404	2.2
<b>Id5</b>	Pir-bazaltik dayk	33	12	29	47	17	1.3	2.9	0.2	373	19	50	587	574	1.8
<b>Id8-2</b>	Pir-bazaltik dayk	37	31	40	43	18	1.3	2.5	0.2	325	16	81	388	365	4.9
<b>Id1</b>	Bazaltik dayk	28	6	24	38	12	1.1	1.4	0.1	266	14	9	1188	541	4.3
<b>Id4</b>	Bazaltik dayk	33	11	29	57	16	1.7	3.2	0.2	319	17	65	426	527	1.4
<b>Id6</b>	Bazaltik dayk	32	8	27	56	17	1.5	3.1	0.1	320	17	74	2304	865	4.2
<b>Id11-1</b>	Bazaltik dayk	35	15	31	45	16	1.3	2.9	0.2	353	18	48	340	516	1.5
<b>Id9b</b>	Bazaltik andezitik dayk	22	43	20	87	15	2.4	7.6	0.5	157	16	55	1073	897	2.6

Ek Tablo 4'ün devamı

Ör. No	Kayaç Türü	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
<b>Çaykara</b>															
<b>Ct6</b>	Pir-bazaltik dayk	11.4	25.1	3.2	12.8	3.13	1.02	3.31	0.49	2.91	0.56	1.64	0.24	1.52	0.23
<b>Ct8</b>	Pir-bazaltik dayk	14.6	30.7	3.9	16.8	3.60	1.06	3.56	0.52	3.16	0.59	1.82	0.25	1.54	0.23
<b>Ct2</b>	Bazaltik dayk	15.8	34.2	4.3	19.7	4.11	1.14	4.18	0.61	3.57	0.70	2.02	0.32	1.65	0.25
<b>Ct10</b>	Bazaltik dayk	19.5	40.2	5.2	22.1	4.81	1.32	4.66	0.66	3.73	0.77	2.10	0.33	2.11	0.31
<b>Hayrat</b>															
<b>Hb-1b</b>	Bazaltik dayk	46.8	110.8	13.1	51.6	9.20	2.65	7.35	0.97	5.20	0.85	2.43	0.35	2.33	0.35
<b>Hb-3b</b>	Bazaltik dayk	9.9	24.6	3.0	13.3	3.43	1.12	3.53	0.57	3.29	0.65	1.91	0.25	1.75	0.27
<b>Hb-2b</b>	Bazaltik andezitik dayk	16.8	36.4	4.3	17.4	3.73	0.93	4.19	0.70	4.31	0.90	2.62	0.40	2.70	0.39
<b>İkizdere</b>															
<b>Id8-1</b>	Pir-doleritik dayk	10.9	21.6	2.8	12.6	2.99	0.91	2.84	0.40	2.88	0.50	1.67	0.22	1.42	0.21
<b>Id12</b>	Pir-doleritik dayk	9.6	21.3	2.6	10.9	2.82	0.92	2.87	0.43	2.72	0.57	1.41	0.24	1.67	0.26
<b>Id5</b>	Pir-bazaltik dayk	13.5	28.4	3.6	16.4	3.48	1.09	3.68	0.47	3.32	0.56	1.67	0.23	1.62	0.24
<b>Id8-2</b>	Pir-bazaltik dayk	11.9	24.7	3.1	11.2	3.06	0.96	3.24	0.45	2.87	0.54	1.60	0.24	1.67	0.24
<b>Id1</b>	Bazaltik dayk	11.7	23.0	2.8	13.2	2.75	0.81	2.57	0.35	2.11	0.42	1.29	0.18	1.09	0.18
<b>Id4</b>	Bazaltik dayk	13.9	29.0	3.5	13.8	3.28	1.03	3.36	0.44	2.67	0.57	1.52	0.22	1.50	0.24
<b>Id6</b>	Bazaltik dayk	13.3	27.1	3.4	14.2	3.21	1.01	3.50	0.46	2.95	0.57	1.71	0.25	1.77	0.25
<b>Id11-1</b>	Bazaltik dayk	11.9	25.0	3.1	13.5	3.25	1.00	3.13	0.46	2.87	0.53	1.49	0.21	1.53	0.23
<b>Id9b</b>	Bazaltik andezitik dayk	32.8	57.8	6.2	22.3	3.89	1.09	3.12	0.41	2.38	0.46	1.35	0.20	1.32	0.20

Ek Tablo 4'ün devamı

Ör. No	Kayaç Türü	Th	U	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	Mo	As	W	Mg#
<b>Çaykara</b>												
Ct6	Pir-bazaltik dayk	1.3	0.3	65	2	65	0.1	3.0	0.8	2.3	0.5	0.55
Ct8	Pir-bazaltik dayk	2.4	1.0	96	2	78	0.1	2.7	0.7	3.3	0.8	0.58
Ct2	Bazaltik dayk	2.2	0.7	46	2	60	0.1	3.6	0.7	0.7	0.5	0.50
Ct10	Bazaltik dayk	3.0	0.6	78	5	87	0.1	1.5	0.6	6.6	0.7	0.46
<b>Hayrat</b>												
Hb-1b	Bazaltik dayk	5.3	1.9	5	1	76	0.1	0.7	0.7	2.7	0.5	0.62
Hb-3b	Bazaltik dayk	0.8	0.2	12	1	69	0.1	0.7	1.0	2.7	0.5	0.49
Hb-2b	Bazaltik andezitik dayk	4.3	0.7	2	1	31	0.1	1.6	1.1	1.4	0.7	0.41
<b>İkizdere</b>												
Id8-1	Pir-doleritik dayk	1.8	0.5	77	2	61	0.1	4.8	1.0	0.5	0.5	0.58
Id12	Pir-doleritik dayk	2.3	0.6	93	1	61	0.1	1.1	0.9	0.5	0.5	0.57
Id5	Pir-bazaltik dayk	3.4	0.8	65	3	69	0.1	5.8	0.8	1.8	1.0	0.46
Id8-2	Pir-bazaltik dayk	2.8	1.0	92	8	81	0.1	1.6	0.7	0.9	1.8	0.58
Id1	Bazaltik dayk	2.7	0.8	65	6	58	0.1	1.0	0.2	4.7	0.5	0.50
Id4	Bazaltik dayk	3.2	0.8	54	2	65	0.1	2.6	0.8	2.0	0.5	0.49
Id6	Bazaltik dayk	2.8	0.6	52	3	77	0.1	3.6	0.5	2.6	1.1	0.46
Id11-1	Bazaltik dayk	2.8	0.7	62	4	73	0.1	1.7	0.9	2.1	0.5	0.48
Id9b	Bazaltik andezitik dayk	8.2	2.6	14	2	41	0.1	3.3	1.0	1.0	0.6	0.65

Ek Tablo 5. Mafik daykların Sr-Nd-Pb izotop bileşimleri

ÖrnekNo	Kayaç Türü	Rb (ppm)	Sr (ppm)	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	I <sub>Sr</sub> (80 My)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	e <sub>Nd(0)</sub>	f <sub>Sm/Nd</sub>	e <sub>Nd(T)</sub> (80 My)	T <sub>DM</sub> (Ga)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb
<b>ÇAYKARA</b>																	
CT8	Pir-bazaltik dayk	71.1	711.7	0.2897	0.70660	0.70627	3.0	17.7	0.1028	0.51252	-2.3	-0.48	-1.3	0.87	18.627	15.628	38.707
<b>HAYRAT</b>																	
Hb1b	Bazaltik dayk	134.2	296.4	1.3130	0.70772	0.70622	9.2	51.6	0.1078	0.51278	2.7	-0.45	3.6	0.54	19.033	15.655	39.144
Hb2b	Bazaltik andezitik dayk	170.7	292.4	1.6930	0.71288	0.71095	3.7	17.4	0.1296	0.51251	-2.5	-0.34	-1.8	1.16	18.695	15.636	38.962
<b>İKİZDERE</b>																	
ID8-1	Doleritik dayk	43.9	413.0	0.3083	0.70543	0.70508	3.0	12.6	0.1435	0.51266	0.4	-0.27	0.9	1.07	18.695	15.628	38.740
ID9b	Bazaltik andezitik dayk	54.5	897.3	0.1761	0.70470	0.70450	3.9	22.3	0.1055	0.51273	1.7	-0.46	2.6	0.60	18.701	15.595	38.730

## ÖZGEÇMİŞ

Hakan Hakkı KAPTAN, 1987 yılında Trabzon’da doğdu. 1993–1998 yılları arasında ilköğrenimini (24 Şubat İlköğretim Okulu), 1998-2001 yılları arasında orta öğrenimini (Cumhuriyet Ortaokulu) ve 2001–2004 yılları arasında lise öğrenimini (Trabzon Lisesi) tamamladıktan sonra, 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde Lisans programına başladı. Bu bölümden 2012 yılında mezun oldu ve aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitime hak kazandı. 2014 yılında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yapılan sınav ile “C Sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı” olmaya hak kazandı. 2016 Şubat ayından itibaren maden sektöründe aktif olarak çalışmakta ve orta düzeyde İngilizce bilmektedir.