



## **GİRESUN YÖRESİNDEKİ (KD TÜRKİYE) GEÇ KRETASE VOLKANİZMASININ MAGMA DEPOLAMA-GELİŞİM SİSTEMİ: MİNERAL KİMYASI VE TERMOBAROMETRİK DELİLLER**

**Simge OĞUZ SAKA (ORCID:0000-0002-9087-4603) \***

**Faruk AYDIN (ORCID: 0000-0002-0896-8564)\***

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 61080*

**Geliş / Received: 14.11.2018**

**Kabul / Accepted: 20.12.2018**

### **ÖZ**

Sakarya Zonu'nun doğusundaki (KD Türkiye) Geç Kretase volkanizması iki farklı dönemde oluşmuştur (Turoniyen-Santoniyen ve Geç Santoniyen-Orta Kampaniyen). Her bir dönem büyük hacimli mafik (bazaltik-bazaltik andezitik) ve felsik (dasitik-riyolitik) bileşimli kayaç serileriyle temsil edilir. Önceki çalışmalar, mafik volkanitlerin kaynağının metasomatize litosferik manto olduğunu, buna karşın felsik kayaçların söz konusu litosferik mantodan türeyen ve kısmen farklılaşan bazaltik ergiyiklerin evrimleşmesiyle daha silisik bir kaynaktan itibaren oluştuklarını göstermiştir. Bununla birlikte, söz konusu iki farklı döneme ait bu mafik ve felsik kayaçları oluşturan magmaların kristallenme koşulları ve derinlikleri hakkında herhangi bir bilgi yoktur. Bu eksikliği gidermek için bu çalışmada fenokristal bileşimleri ve bazı termobarometrik hesaplamalar kullanılarak magma rezervuarlarının basınç-sıcaklık-derinlik ve kristallenme koşulları ile magma depolama-gelişim sistemi belirlenmeye çalışılmıştır. Ana fenokristal fazların bileşimlerine göre hesaplanan jeotermobarometrik veriler, Geç Kretase mafik ve felsik magmalarının, püskürmelerinden kısa bir süre önce kabuğun farklı derinliklerinde (~16-2 km) meydana gelen depolanma alanları ve kristallenme süreçleri ile polibarik (~5.2-0.6 kbar) bir gelişim sürecine maruz kaldıklarını göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** KD Türkiye, Geç Kretase, volkanizma, mineral kimyası, jeotermobarometre

## **MAGMA PLUMBING SYSTEM OF LATE CRETACEOUS VOLCANISM IN THE GİRESUN AREA, NE TURKEY: EVIDENCES FROM MINERAL CHEMISTRY AND THERMOBAROMETRY**

### **ABSTRACT**

Late Cretaceous volcanic activity of the eastern Sakarya Zone (NE Turkey) that formed in two different periods (Turonian-Santonian and Late Santonian-Middle Campanian) is represented by large volume of mafic (basaltic to basaltic andesitic) and felsic (dacitic to rhyolitic) rock series within each period. Previous studies indicate that metasomatized lithospheric mantle is suggested to be the source of the mafic volcanics whereas the mantle-derived differentiated basaltic melts which experienced with some magmatic processes are suggested to be the parent melt of the felsic rocks. However, there is no any evidence for crystallization conditions and depths of these mafic and felsic magmas formed in two different periods. To answer this question, we have used phenocryst compositions and some thermobarometric calculations to determine the P-T-D conditions of the magma reservoirs where crystallization occurred, then have used these data to reconstruct the magma plumbing system. Geothermobarometric investigation based on mineral chemistry of the main phases suggests that the late

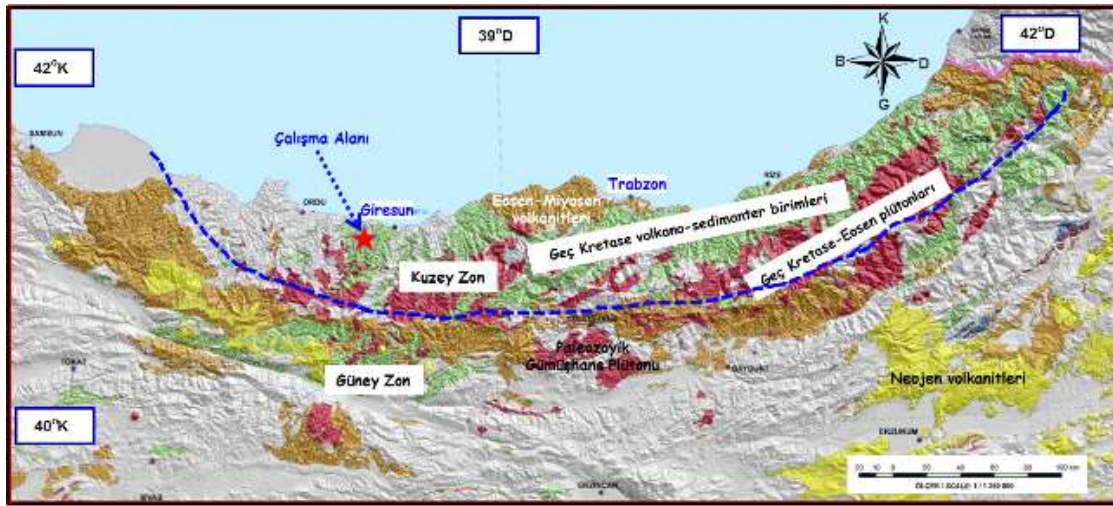
\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: 0(462)3772708; e-mail / e-posta: soguz@ktu.edu.tr

Cretaceous mafic and felsic magmas underwent a polybaric evolution history (~5.2-0.6 kbar), with crystallization processes occurring at different depths (~16-2 km) of the crust shortly before their eruptions.

**Keywords:** NE Turkey, Late Cretaceous, volcanism, mineral chemistry, geothermobarometry

## 1. GİRİŞ

Türkiye'nin en önemli tektonik birliklerinden biri olan Sakarya Zonu doğusundaki (Doğu Pontidler) Geç Kretase volkanizmasının oluşum zamanı ve kökeni günümüzde hala tartışma konusudur. KD Türkiye'deki birçok volkanojenik masif sülfid (VMS) yataklarına (ör., Murgul-Artvin; Lahanos-Giresun) ev sahipliği yapan bu geniş yayımlı volkanizma, bölgenin özellikle kuzey zonunda oluşmuş en önemli jeolojik olaylarından biri olarak kabul edilmektedir. Doğu Karadeniz kıyı şeridinde paralel olarak D-B yönünde uzanan Geç Kretase volkanitleri, Geç Jura-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayalar üzerler ve Geç Kretase-Eosen sürecinde oluşan, I-tipi kalk-alkalin plütonlar tarafından kesilirler (Şekil 1). Tüm birimler Eosen-Pliyosen yaşlı (Neojen), alkali mafik-ortaç volkanik kayalar tarafından örtülmektedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çalışma alanının yer aldığı Sakarya Zonu doğusunun (KD Türkiye) basitleştirilmiş jeoloji haritası. (MTA'nın 1/500.000'lik haritasından [1] değiştirilerek çizilmiştir)

[2] ve [3] tarafından yapılan çalışmalarda, Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların toleyitikten kalk-alkaline değişen geçişli bir jeokimyasal karaktere sahip oldukları ve tipik olarak denizaltında, aktif bir yitimle ilişkili magmatik yay ortamında oluştuğu belirtilmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda Geç Kretase volkanizmasının iki farklı dönemde (Turonien-Santonien ve Geç Santonien-Orta Kampanien) oluştuğu ve her bir dönemde büyük hacimli mafik (bazaltik-bazaltik andezitik) ve felsik (dasitik-riyolitik) kayalar serilerinden meydana geldikleri ifade edilmiştir. Söz konusu iki farklı döneme ait mafik ve felsik kayalar oluşturulan magmaların kökenleri kısmen açıklanmış olsa da, bunların kristallenme koşulları hakkında detaylı bir bilgi yoktur. Bu çalışmada kristallenmenin meydana geldiği söz konusu magma rezervuarlarının P-T koşullarını belirlemek üzere fenokristal bileşimleri kullanılarak bazı termobarometrik hesaplamalar yapılmış ve elde edilen veriler yardımıyla söz konusu mafik ve felsik magma depolama-gelişim sistemleri açıklanmaya çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Geç Kretase volkanizmasının iki farklı dönemini temsil eden mafik ve felsik volkanik kayalar örneklerinden KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesithanesi'nde 32 adet ince kesit yapılmış, söz konusu kesitler Nikon E400 marka polarizan mikroskopta incelenmiş ve her bir ince kesitin petrografik ve mineralojik özellikleri detaylı bir şekilde belirlenerek fotoğraflanmıştır. Fenokristallerce zengin ince kesitlerde yaklaşık 500 nokta sayılarak modal analiz yapılmış, mineral ve hamur oranları tespit edilmiştir. Örneklerin incelenmesinin ardından farklı dönemlere ait kayalar grupları ile mineral türleri dikkate alınarak seçilen örneklerin mineral bileşimlerini belirlemek üzere 8 adet

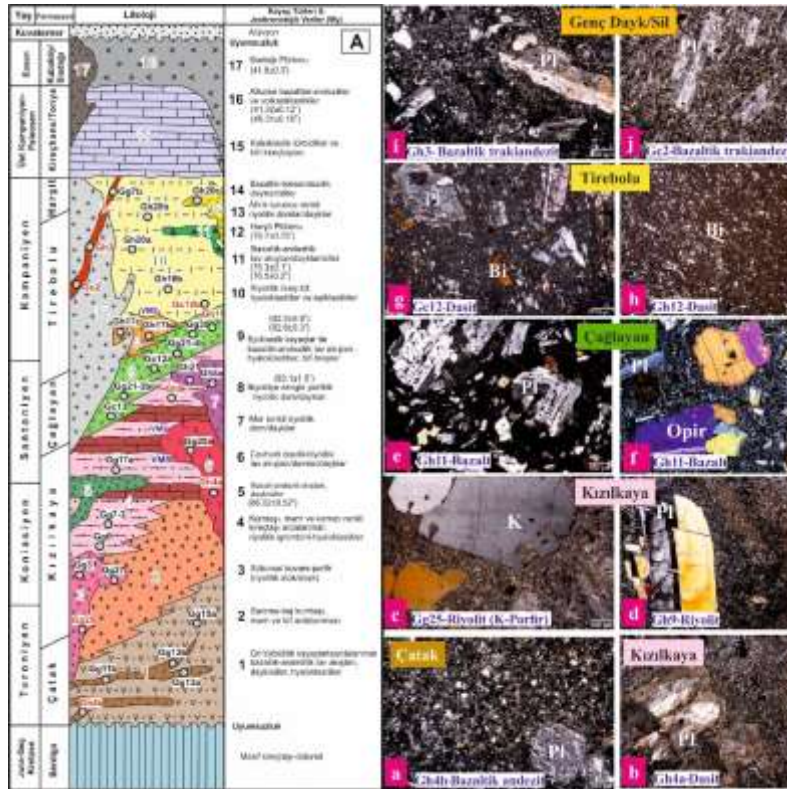
**GİRESUN YÖRESİNDEKİ (KD TÜRKİYE) GEÇ KRETASE VOLKANİZMASININ MAGMA DEPOLAMA-GELİŞİM SİSTEMİ: MİNERAL KİMYASI VE TERMOBAROMETRİK DELİLLER**

parlatılmış ince kesit hazırlanmıştır. Söz konusu örnekler Ludwig Maximillians Üniversitesi'nde (Münih-Almanya) CAMECA SX-100 marka mikroprob cihazı ile analiz edilmiştir. Mikroprob cihazının çalışma koşulları feldispat ve mafik mineraller için 20nA ve 15kV olup, feldispatlar için ışın çapı 10µm, mafikler için <1µm olarak ayarlanmıştır. Analizlerde doğal ve sentetik oksitler ve silikat standartlar kullanılmıştır.

**3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

**3.1. Petrografi ve Mineral Kimyası**

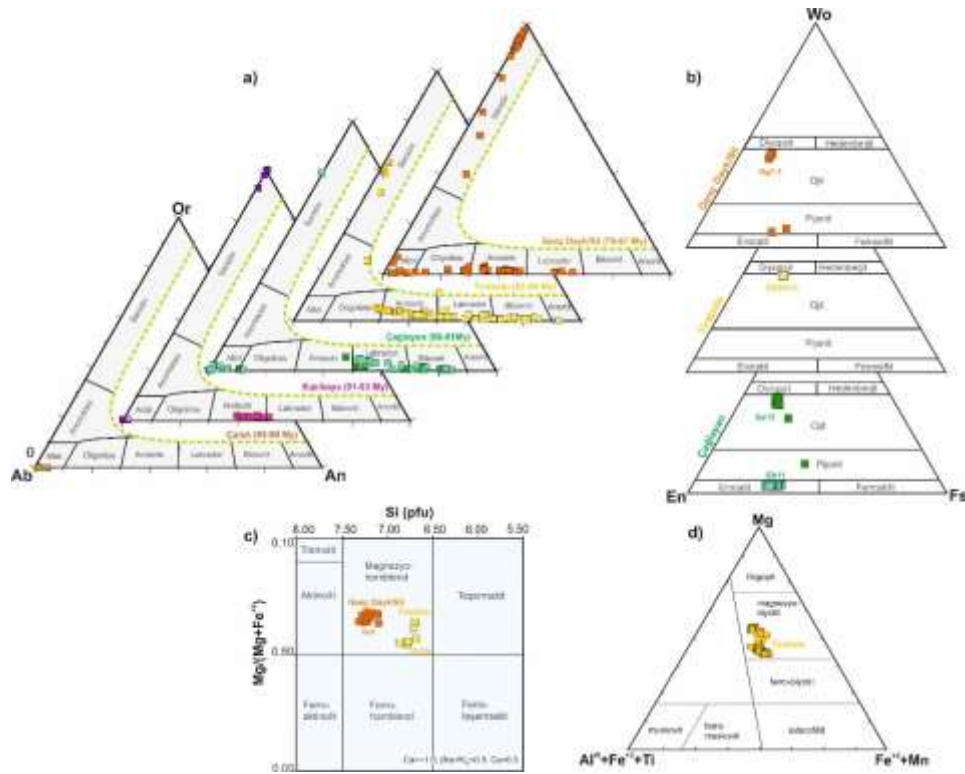
Çalışma alanındaki (Giresun) Geç Kretase volkanizması iki farklı dönemde oluşmuş olup (Turoniyen-Santoniyen ve Geç Santoniyen-Orta Kampaniyen), her bir dönem büyük hacimli mafik (bazaltik-bazaltik andezitik) ve felsik (dasitik-riyolitik) kayaç serileriyle temsil edilmektedir (Şekil 2A ve 2B). Bu serilerdeki hemen hemen her kayaç porfiritik bir doğaya sahiptir ve fenokristallerce zengindirler (Şekil 2B). Geç Kretase istifinin en alt bölümünü oluşturan mafik volkanitler (Çatak), ferromagnezyen mineral içermezler ve plajiyoklas fenokristallerinin neredeyse tamamı albit bileşimine sahiptir (Şekil 3a). Bununla birlikte, bu istifin orta-üst kısmında yer alan mafik volkanitler Mg'ca zengin klinopiroksen (Çağlayan: Mg#=56-78; genç dayk/siller: Mg#=79-80), ortopiroksen (Çağlayan: Mg#=65-71; genç dayk/siller: Mg#=62-69) ve amfibol (genç dayk/siller: Mg#=63-68) içerirler (Şekil 3b ve 3c). Ayrıca Ca'ca zengin plajiyoklas (Çağlayan: An<sub>45-84</sub>; genç dayk/siller: An<sub>28-65</sub>) ve sanidin±anortoklas (Çağlayan: Or<sub>79</sub>; genç dayk/siller: Or<sub>26-98</sub>) içerirler (Şekil 3a). Diğer taraftan, Geç Kretase istifinin ilk felsik kayaç serileri (Kızılkaya) sadece Na'ca zengin plajiyoklas fenokristalleri (An<sub>02-50</sub>) içerirken, ikinci felsik volkanik kayaçlar (Tirebolu) Ca'ca zengin plajiyoklaslar (An<sub>50-92</sub>) ile birlikte daha az oranda sanidin ±anortoklas (Or<sub>24-63</sub>) içerirler (Şekil 3a). Buna ek olarak, Mg'ca zengin amfibol (Mg#=54-63) ve biyotit (Mg#=50-64) gibi bazı sulu ferromagnezyen mineraller (Şekil 3c ve 3d) ile kuvars fenokristalleri (Şekil 2B-c) içerirler. Tüm mafik ve felsik volkanik kayaç serilerinde bulunan Fe-Ti oksitler ise titanomagnetit bileşimindedir. Geç Kretase istifinin özellikle orta-üst kısmındaki mafik (Çağlayan) ve felsik (Kızılkaya-Tirebolu) kayaç serilerindeki bazı plajiyoklas fenokristallerinde yamalı, ters zonlanmalı ve elek dokuları ile kuvarslardaki kemirilme dokusu oldukça yaygındır (Şekil 2B).



**Şekil 2.** Geç Kretase yaşlı volkanik kayaç serilerinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (A) ([3]'den değiştirilerek) ve petrografik-mineralojik özellikleri (B).

### 3.2. Jeotermobarometre

İnceleme alanındaki Geç Kretase istifinin en alt bölümünü oluşturan mafik volkanitler (Çatak), ferromagnezyen mineral içermediklerinden ve plajiyoklas fenokristallerinin neredeyse tamamı albitleştiğinden, bunların oluşum koşullarına ait herhangi bir bilgi elde edilememiştir. Klinopiroksen ve ortopiroksen termobarometresine göre [4], istifin orta seviyelerinde yer alan Çağlayan mafik volkanitlerinin kristallenme sıcaklıkları sırasıyla,  $1026 \pm 13$  °C ve  $1038 \pm 29$  °C civarında olup, kristallenme basınçları  $3.5 \pm 0.6$  kbar ve  $0.6 \pm 0.1$  kbar arasında değişmektedir (Şekil 4a). Buna karşın istifin genç dayklarından elde edilen kristallenme sıcaklıkları daha düşük ( $973 \pm 13$  °C), basınçlar ise göreceli olarak daha yüksektir ( $5.2 \pm 0.2$  kbar) (Şekil 4a). Bu kısmi basınç farklılıkları Çağlayan mafik magmasının polibarik bir kristallenme tarihçesini işaret eder. Tüm bu basınç değerleri, Çağlayan mafik volkanitlerini oluşturan magma odalarının (Kpir-P:  $10.5 \pm 1.8$  km; Opir-P:  $1.8 \pm 0.3$  km), genç mafik daykları oluşturanlara göre (Kpir/Opir-P:  $15.6 \pm 1.8$  km) daha sığ derinliklerde konumlandıklarını göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 3. a) Feldispat [5], b) Piroksen [6], c) Amfibol [7] ve d) Biyotit [8] minerallerine ait sınıflandırma diyagramları.

Amfibol termobarometresine göre [9], Geç Kretase istifinin ikinci felsik kayaç serisinden (Tirebolu) elde edilen kristallenme sıcaklıkları ( $796 \pm 11$  °C) ile basınçları ( $1.2 \pm 0.1$  kbar) en genç mafik daykların kristallenme sıcaklık ve basınçlarından ( $734 \pm 14$  °C;  $0.6 \pm 0.1$  kbar) daha yüksektir (Şekil 4b-d). Bu veriler, Tirebolu felsik magmasının genç mafik daykları oluşturanlara göre daha derinlerde ve yüksek sıcaklık-basınç şartlarında kristallenmeye maruz kaldıklarını gösterir (Şekil 5). İki feldispat termometresine göre [4], istifin üst felsik kayaç serisindeki (Tirebolu) kristallenme sıcaklıkları ( $906 \pm 17$  °C) ile en genç mafik daykların kristallenme sıcaklıkları ( $880 \pm 7$  °C ve  $911 \pm 5$  °C) birbirine oldukça benzerdir (Şekil 4b-d). Tirebolu biyotitlerinden elde edilen püskürme sıcaklıkları ( $560 \pm 2$  -  $572 \pm 3$  °C) kristallenme sıcaklıklarına göre oldukça düşüktür. Tüm bu sıcaklık verileri, Geç Kretase istifindeki felsik magmaların yaklaşık  $900$ - $550$  °C arasında değişen bir soğuma tarihçesine sahip olduklarını göstermiştir.

## 4. SONUÇLAR

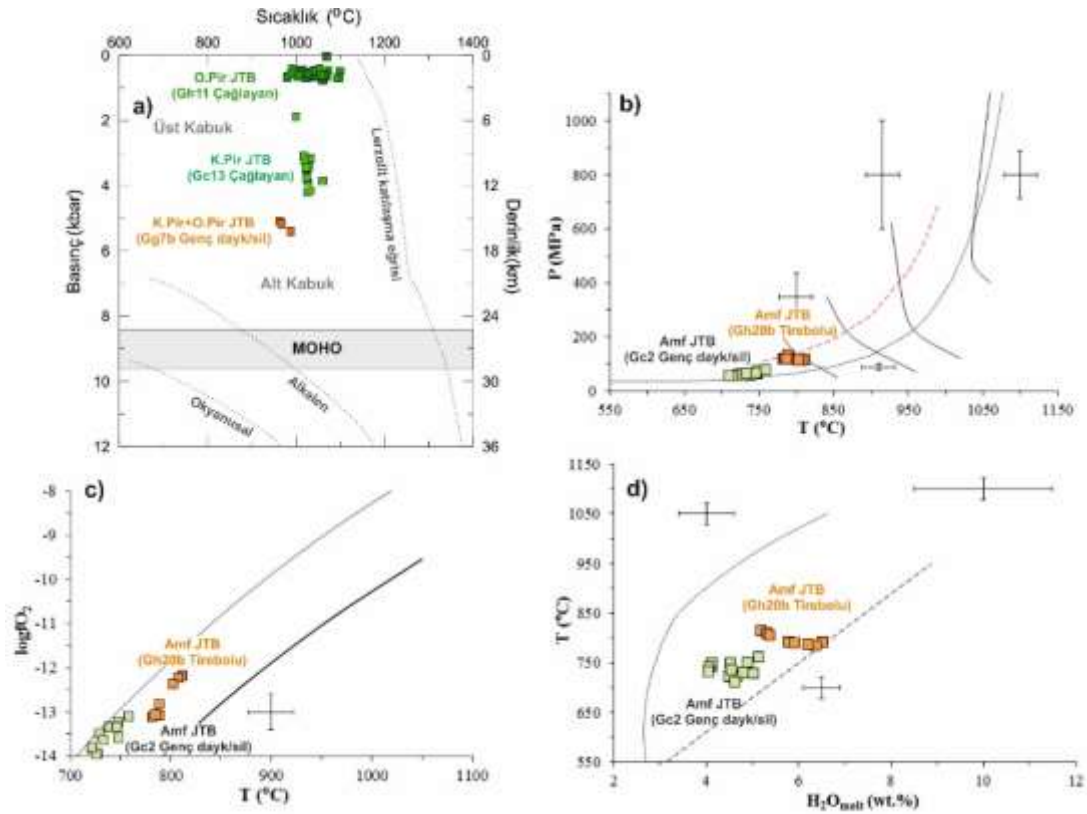
Giresun yöresindeki Geç Kretase istifinin alt kayaç serilerinin aksine, özellikle orta-üst kısmındaki mafik (Çağlayan ve genç dayklar) ve felsik (Tirebolu) kayaç serilerindeki bazı plajiyoklas fenokristallerinde görülen yamalı, ters zonlu, kemirilme ve elek dokuların varlığı, farklılaşma sürecindeki dengesiz kristallenmeyi ve/veya

**GİRESUN YÖRESİNDEKİ (KD TÜRKİYE) GEÇ KRETASE VOLKANİZMASININ MAGMA DEPOLAMA-GELİŞİM SİSTEMİ: MİNERAL KİMYASI VE TERMOBAROMETRİK DELİLLER**

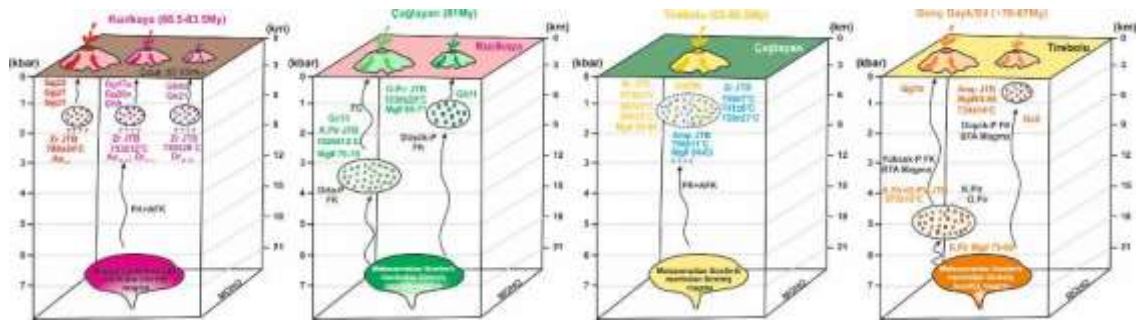
magma karışım olaylarının varlığını işaret etmektedir. Ana fenokristal fazların bileşimlerine göre hesaplanan jeotermobarometrik veriler, Geç Kretase mafik ve felsik magmalarının, püskürmelerinden kısa bir süre önce kabuğun farklı derinliklerinde (~16-2 km) meydana gelen depolanma alanları ve kristallenme süreçleri ile polibarik (~5.2-0.6 kbar) bir gelişim sürecine maruz kaldıklarını göstermiştir. Jeotermometrik verilere göre, mafik volkanitlerin kristallenme sıcaklıklarının (Çağlayan: 1038±29-1026±13 °C; Genç dayklar: 973±13-734±14 °C) felsik olanlara göre (Kızılkaya: 788±24-753±12 °C; Tirebolu: 799±7-560±2 °C) daha yüksek ve geniş aralıkta olduğu belirlenmiştir.

**TEŞEKKÜR**

Yazarlar, 112Y365 nolu proje kapsamındaki desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederler.



**Şekil 4.** Geç Kretase yaşlı mafik ve felsik volkanitlerin termobarometresi [4] (A) ve amfibol termobarometresinden elde edilen (B) P-T, (C) T-logfO<sub>2</sub>, (D) H<sub>2</sub>O-T diyagramları [9].



**Şekil 5.** İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı mafik (Çağlayan ve genç dayk/siller) ve felsik (Kızılkaya ve Tirebolu) volkanik kayaç serilerinin magma depolama-gelişim sistemlerinin genelleştirilmiş şematik modeli.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> (erişim tarihi 10.10.2018).
- [2] AYDIN, F., ŞEN, C., DOKUZ, A., KANDEMİR, R., SARI, B., “Kuzeydoğu Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Petrolojisi ve Kökeni: Doğu Pontidler Geç Mesozoyik jeodinamik evrimi için yeni bulgular”, TÜBİTAK Projesi, 112Y365, 2015.
- [3] AYDIN F., OĞUZ, S., ŞEN, C., KANDEMİR, R., DOKUZ, A., Volkanostratigrafik, Jeokronolojik ve Jeokimyasal Yeni Veriler Işığında KD Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Kökeni, Gelişim Süreci ve Oluşum Ortamının Değerlendirmesi. S. KORKMAZ (Editör), Jeoloji Mühendisliği Bölümünün 50. Kuruluş Yılı-Etkinlikler, Konferanslar ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi, s. (125-132), Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 2016.
- [4] PUTIRKA, K., Thermometers and barometers for volcanic systems. In PUTIRKA, K.D. and TEPLEY, F.J. (Eds), Minerals, inclusions and volcanic processes (pp. 61-111). Reviews in mineralogy & volcanic processes, v.69, The Mineralogical Society of America, Virginia, USA, 2008.
- [5] DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J., “An introduction to the rock-forming minerals”, Harlow, Longman, pp. 696, 1992.
- [6] MORIMOTO, N., FABRIES, J., FERGUSON, A.K., vd., “Nomenclature of pyroxenes”, American Mineralogist, 73, pp. 1123–1133, 1998.
- [7] LEAKE E. B., WOOLEY, A. R., ARPS, C. E. S., vd., “Nomenclature of Amphiboles Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names”, European Journal of Mineralogy, 9, pp. 623- 651, 1997.
- [8] FOSTER, M. D., “Interpretation of composition of trioctahedral micas”, Geological Survey Professional Paper, 354B, 1–49, 1960.
- [9] RIDOLFI, F., RENZULLI, A., PUERINI, M., “Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes”, Contribution to Mineralogy and Petrology, 160, 45-66, 2010.