

İNCESU İGNİMBİRİTİNDEKİ (İNCESU-KAYSERİ) FİAMME TİPLERİNİN KÖKENİ: PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Tamer KORALAY¹, Oğuz ZOROĞLU², Yusuf Kağan KADIOĞLU³

¹Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20017 DENİZLİ

²Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 51245 NİĞDE

³Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06100 ANKARA

ÖZET: Fiamme yapıları piroklastik kayalar içerisindeki yassılaştırmış, koyu renkli ve camsı kapanımlar olarak tanımlanır. Fiammeler pek çok kaynaklaştırmış ve kaynaklaşmamış ignimbiritlerin karakteristik özelliği olarak şekillenebilir ve püskürme öncesi magma bileşiminin belirlenmesine yönelik önemli ipuçları taşırlar. Fiamme teriminin kullanımı, oluşumlarının yorumlanması ve genetik anlamları bakımından oldukça karmaşıktır. Bu çalışmada İç Anadolu Volkanik Bölgesinde (İAVB), kaynaklaştırmış İncesu ignimbiriti içerisindeki ince-uzun, alev şekilli ve koyu renkli kapanımlar olarak tanımlanan fiamme yapılarının petrografik ve jeokimyasal özelliklerine değinilmektedir. Arazi gözlemleri, mineralojik, petrografik özellikler ve bazı ana oksit (CaO, Fe₂O₃*, TiO₂, P₂O₅, MnO, K₂O) ve iz element (Sr, Rb, Y, Zr, Hf, Th, La, Ce) değişimlerine dayanılarak İncesu ignimbiritinde iki tip fiamme tanımlanmıştır. A-tipi fiamme olarak tanımlanan fiammeler, herhangi bir mineral bileşene sahip değildir. B-tipi fiamme olarak tanımlanan ikinci tip fiammeler ise, plajiyoklaz (oligoklaz, andezin) + piroksen (ojit) + opak mineral bileşiminden oluşmaktadır. Fiammeler kalkalkalen karakterde, andezit/bazaltik andezit'ten (B-tipi) dasit-riyolit'e (A-tipi) kadar değişen bileşimdedirler. B-tipi fiammeler A-tipi fiammelere göre yüksek CaO, Fe₂O₃*, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Sr, düşük K₂O, Rb, Y, Zr, Hf, Th, La, Ce içeriğine sahiptir. A ve B tipi fiammeler Kondrit, Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (MORB) zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (E-MORB) oranlanmış çoklu element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı elementler (BİYE) bakımından zenginleşme, yüksek alan enerjili elementler (YAEE) bakımından tüketilme göstermektedir. Ayrıca Sr, Ba, Nb, P ve Ti elementlerinde belirgin anomaliler görülmektedir. Üst Kıta Kabuğuna (ÜKK) oranlanmış çoklu element değişim diyagramında A ve B tipi fiammeler pozitif Ta anomalisine sahip olup, diğer iz element içerikleri ÜKK değerlerine çok yakındır. Fiamme örneklerinin nadir toprak element (NTE) içerikleri kondrite oranla zenginleşme gösteriyorken, hafif nadir toprak elementleri (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) göre daha fazla zenginleşmiştir. Bununla birlikte tüm örneklerde plajiyoklaz fraksiyonlaşmasına işaret eden belirgin negatif Eu anomalisi görülmektedir. Rb/Nb, Ba/Nb, Nb/Ta gibi bazı iz element oranları A ve B tipi fiammelerin oluşumu sırasında makul oranda kabuk kirlenmesinin etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak; izotop verilerinin olmamasına rağmen, petrografik ve jeokimyasal sonuçlar fiammelerin oluşumunda plajiyoklaz, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğu, yitim bileşenlerince ve/veya kabuk ürünleriyle zenginleşmiş aynı bir ana magmadan türemiş olduklarını düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fiamme, İgnimbirit, İç Anadolu Volkanik Bölgesi (İAVB), Yitim Bileşenleri, Kabuk Kirlenmesi.

Origin of Fiamme Types Within The Incesu Ignimbrite (Incesu – Kayseri): Petrographic and Geochemical Properties

ABSTRACT: Fiamme structures, defined as flattened, dark color and glassy inclusions within in the pyroclastic rocks. They may form the characteristic features of many welded and non welded ignimbrites and bears important clues in the determination of magma composition before the eruption.

The use of the term "Fiamme" is very chaotic in terms of its genesis meaning and interpretation of occurrences. This study deals with the petrographic and geochemical properties of fiamme structures which are basically described as elongated, flame-like lenses and dark color inclusions within the welded İncesu ignimbrite from Central Anatolian Volcanic Province (CAVP). Two types of fiamme can be identified based on petrographical, mineralogical properties and geochemical variations of some major oxides (Fe_2O_3^* , CaO , K_2O , TiO_2 , MnO) and trace (Rb, Sr, Y, Zr, Th, Pb, Hf, La, Ce) elements within the İncesu ignimbrite. First type of the fiamme, which is defined as Type-A, has no mineral component. The second type of the fiamme, is defined as Type-B and is composed of plagioclase (oligoclase, andesine) + pyroxene (augite, clinoenstatite) + opaque minerals. Both types of Fiamme have calc-alkaline in character and andesite/basaltic andesite (B-type) to dacite/rhyolite (A-type) in composition. B-type fiamme have relatively high; CaO , Fe_2O_3^* , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve Sr and low K_2O , Rb, Y, Zr, Hf, Th, La, Ce contents with respect to A-type fiamme. Fiamme display an enrichment in large ion lithophile elements (LILE) relative to high field-strength elements (HFSE) in Chondrite, MORB and E-MORB normalized multi-element diagrams. In Chondrite, MORB and E-MORB normalized multi-element diagrams, the trace element patterns of all samples are similar in shape and exhibit depletions in Sr, Ba, Nb, P and Ti. In UC normalized multi element diagram, A and B type fiamme show positive Ta anomaly and have very similar trace element patterns of UC values. Rare earth element (REE) patterns for fiamme show REE enrichment with respect to chondrite values. They exhibit marked enrichment in light rare earth elements (LREE) relative to heavy rare earth elements (HREE). Furthermore, all samples have negative Eu anomalies, indicating the significant role of plagioclase in the fractional crystallization. Elemental ratios such as Rb/Nb, Ba/Nb, Nb/Ta propose that the magma was subjected to conceivable crustal contamination during the evolution of these fiamme.

As a result, despite the lack of isotopic data, the petrographic and geochemical results suggest a significant role of plagioclase, clinopyroxene and Fe-Ti oxide fractionation during the evolution of the A and B type fiamme. Furthermore, these results reveal that the fiamme types of İncesu ignimbrite were produced from same parental magma derived from an enriched source of mixed subduction and/or crustal products.

Key Words: *Fiamme, İgnimbrite, Central Anatolian Volcanic Province (CAVP), Subduction Component, Crustal Contamination.*

GİRİŞ

Jeoloji literatüründe fiamme terimi mercek şekilli, genellikle mm ölçeğinden cm ölçeğine kadar değişen boyutlara sahip, farklı derecelerde kaynaşmış piroklastik geri düşme (welded pyroclastic fall deposits), pomza bakımından zengin piroklastik akma çökelleri (pyroclastic flow deposits) ve ignimbiritler içerisinde yaygın olarak görülen alev şeklindeki camsı mercekleri tanımlamak için kullanılmaktadır (McPhie ve diğ., 1993; Bull and McPhie, 2007). İtalyanca bir kelime olan ve alev yapısı anlamına gelen fiamme terimi kökene yönelik bir tanımlamadan ziyade şekil bakımından bir tanımlamaya işaret eder.

Fiammeler jüvenil magma bileşenleri olup, içerisinde bulunduğu piroklastik kayacı

meydana getiren magmanın karakteri hakkında önemli bilgiler verirler. Fiammelerin şekilleri ve yönelimleri yaygın olarak kaynaşma ve/veya diyajenetik sıkılaşıma sonucu oluşmaktadır. Fiammeler üzerinde özellikle yabancı araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda kullanılan fiamme kavramlarını kısaca özetleyecek olursak; Ross ve Smith (1961)'e göre fiammeler piroklastik kayalar içerisindeki siyah renkli, enine kesitleri alev yapısına benzeyen camsı kapanımlardır. Rast (1963) fiammelerin pomza mercekleri olduğunu ifade etmiş, ancak bunların ignimbiritler ile sınırlı olmadıklarını ve piroklastik bir kökenin göstergesi olarak kullanılmaması gerektiğini belirtmiştir. Gibson ve Tazieff (1967) Etiyopya daki Fantale ignimbiriti üzerinde yapmış oldukları

gözlemlere dayanarak fiammeleri püskürme sırasında pomza, volkan camı kıymıkları (shard) ve kristaller ile birlikte havaya fırlatılan ergimiş, uçucu bileşenlerce zengin jüvenil magma parçaları olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar jüvenil magma parçacıklarının yassılaştırmasının muhtemelen üzerlerine gelen litostatik yüke bağlı olarak meydana gelebileceğine işaret etmişlerdir. Fisher ve Schmincke (1984)'e göre fiammeler gözenekli pomzaların gözenekliliklerini kaybetmeleri sonucunda oluşan sıkışmış, koyu renkli camı merceklerdir. McPhie (1993) fazlaca yassılaştırılmış pomzalardan, uzamış, mercek şekilli pomzalara kadar değişebilen boyutlara sahip, tektonik foliasyon öncesinde meydana gelmiş yapıları fiamme olarak tanımlamıştır. Schmincke (2006) çeşitli derecelerde sıkışmış ve camı faza dönüşmüş lapilli boyutundan bomba boyutuna değişen pomza bileşenler için fiamme terimini kullanmıştır. Bull ve McPhie (2007)'e göre fiammeler içerisinde bulunduğu ortamdan farklı renk, doku, mineralojik özelliklerle ayrılan, uzamış mercek şekilli camı yapılarıdır. Bu çalışmada kullanılan fiamme tanımı, ignimbirit içerisindeki ince-uzun, mercek şekilli ve koyu renkli, mm boyutundan birkaç on cm boyutuna kadar değişen boyutlardaki camı kapanımlar olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama kökensel bir tanımlama olmayıp, şekilsel bir tanımlamadır.

Bu makalede; İç Anadolu Volkanik Bölgesinde (İAVB) geniş bir yayılıma sahip ve en fazla kaynaklaşma (welding) özelliği gösteren İncesu ignimbiriti içerisinde görülen fiammelerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

BÖLGESEL JEOLJİ

Türkiye Alp-Himalaya kıvrım kuşağı içerisinde yer almakta olup, Mesozoyik-Tersiyer dönemleri boyunca K-G yönlü sıkışmanın etkili olduğu, karmaşık tektonik bir evrime sahiptir (Şengör ve Yılmaz, 1983; Bozkurt, 2000; Bozkurt ve Mittwede, 2001). Paleotektonik dönem olarak da adlandırılan bu sıkışma fazı Miyosen döneminde sona ermiş, değişik kayaç birlikteliklerinden oluşan günümüz coğrafyasını oluşturmuştur. Miyosen dönemi boyunca Arap

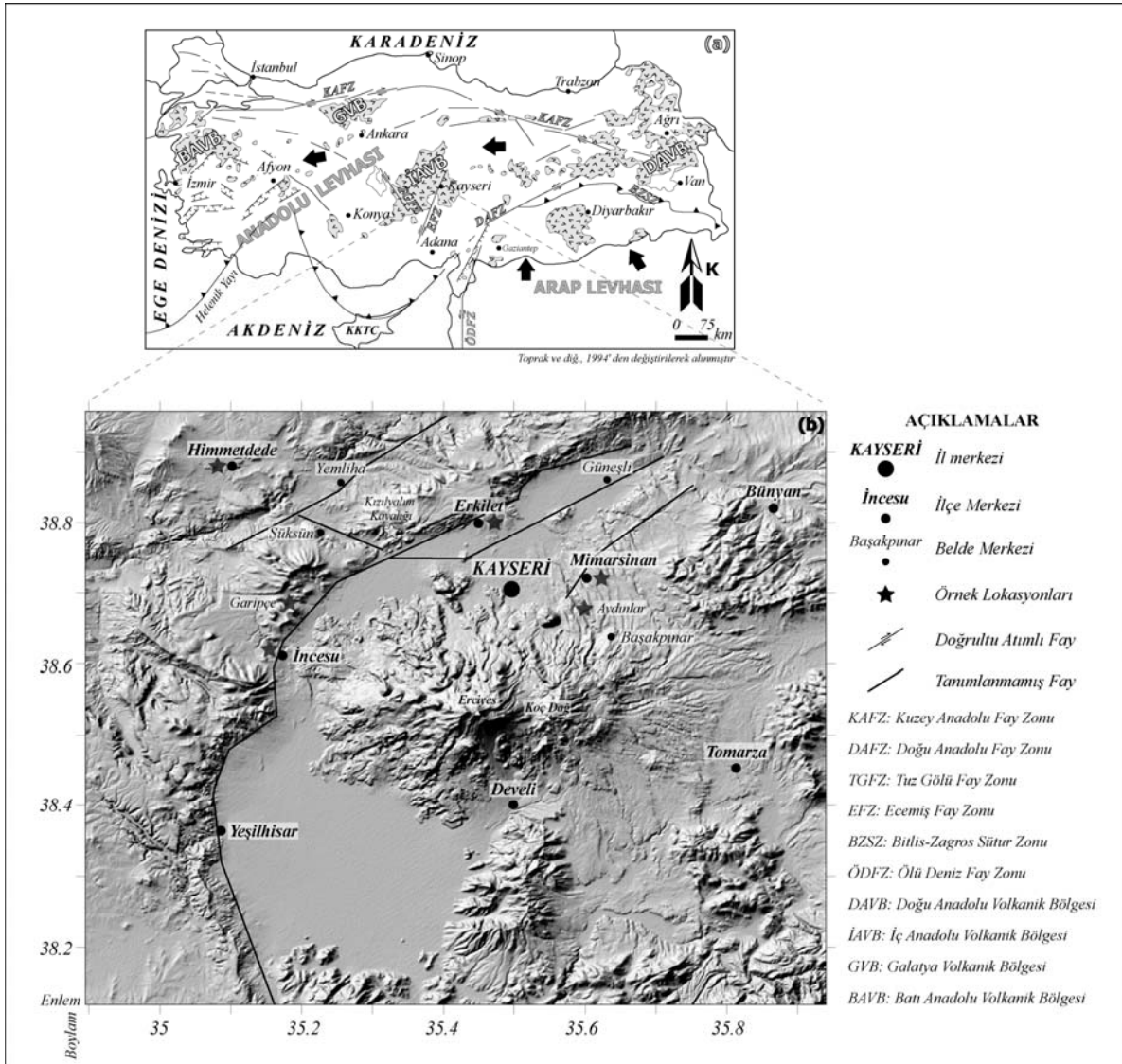
plakasının kuzeye hareketinin neden olduğu yeni bir tektonik rejim gelişmiştir. Bu yeni tektonik rejim neotektonik dönem olarak adlandırılmış, daha önceki döneme ait kayaç birlikteliklerini ve yapıları etkilemiştir (Şengör, 1980). Neotektonik dönemde göze en çok çarpan oluşum; farklı kayaç gruplarını içeren Anadolu bloğunun sıkışmanın etkisiyle batıya doğru kaçışıdır. Anadolu bloğu; kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Doğu Anadolu Fayı ile sınırlı olup, güneydoğu sınırı boyunca Bitlis Sütur Zonu yer almaktadır. Batı Anadolu'daki Ege grabenleri, Orta Anadolu'daki Tuzgölü ve Ecemiş fayları Anadolu bloğuna şekil veren diğer önemli neotektonik yapılarıdır (Bozkurt, 2001; Dirik, 2001). Anadolu bloğunda Neojen ve Kuvaterner dönemleri boyunca yaygın volkanik faaliyetler meydana gelmiştir. Neotektonik dönemde meydana gelen volkanik faaliyetler coğrafik açıdan dört ana bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar Doğu Anadolu, Batı Anadolu, İç Anadolu ve Galatya bölgeleridir (Şekil 1a). Bunun haricinde Anadolu bloğu üzerinde daha küçük ölçekli volkanik çıkış merkezleri bulunmaktadır. İç Anadolu Volkanik Bölgesi (İAVB) diğer bölgeler arasında en fazla ilgi çeken volkanik oluşumlara sahiptir.

İAVB, KD-GB uzanımlı, uzun ekseni yaklaşık 300 km olan, Anatolid tektonik birliği içerisinde geniş bir yayılıma sahip, volkanik bir bölgedir. (Şekil 1a). İAVB, Arabistan plakası ile Avrasya plakasının Üst Miyosen'de çarpışması sonucu oluşan gerilme bölgesinde bulunmaktadır. İAVB'de görülen volkanik faaliyetler muhtemelen Üst Miyosen'de başlamış ve Kuvaterner'e kadar devam etmiştir. İAVB içerisindeki volkanitler, baskın olarak kalk-alkalen karakterli kayaçlar olup, Arap plakasının Avrasya plakasıyla çarpışması sonucu meydana gelmişlerdir (Toprak ve diğ., 1994). Yaygın olarak görülen volkanik yapılar skorya (scoria) konileri ve bunlarla ilişkili lav akmaları, maar ve silisik domlar, geniş strato-volkanlar (Melendiz, Hasandağ ve Erciyes) ve oldukça geniş alanları kapsayan ignimbirit yığılımlarıdır. İAVP'nde görülen ignimbirit lerin çoğu Neojen yaşlı olup, 20.000 km² lik bir alanda Nevşehir platosu ve civarında yaygın olarak yüzeylenmektedir (Le Pennec ve diğ., 1994; 2005).

İAVB’de bu zamana kadar değişik araştırmacılar tarafından yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar; bölgedeki kayaların jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri Beekman, (1963); Ketin ve Erentöz, (1963); Pasquare, (1968); Ayrancı, (1970); Innocenti ve diğ., (1979); Ercan, (1987); Ercan ve diğ., (1991); Temel, (1992); Aydar ve Gourgaud, (1998), bölgenin tektonik özellikleri ve volkanizma ile olan ilişkisi Pasquare ve diğ., (1988); Toprak ve Göncüoğlu, (1993); Toprak, (1998); Notsu ve diğ., (1995); Dirik ve Göncüoğlu, (1996), ve jeokronoloji Innocenti ve

diğ., (1975); Schumacher ve diğ., (1992) üzerine yoğunlaşmıştır. İAVP’nde geniş yayılıma sahip ignimbiritleri kapsayan çalışmalar Schumacher ve diğ., (1990) Schumacher ve M. Schumacher, (1996); Le Pennec ve diğ., (1994), Temel ve diğ., (1998) tarafından yapılmıştır.

Yapılan literatür çalışmalarında, İAVB’ de geniş yayılım gösteren ignimbiritler içerisindeki fiamme yapılarıyla ilgili olarak detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma piroklastik ürünler bakımından oldukça zengin olan İAVB’ de yapılacak benzer çalışmalar için bir öncelik teşkil edecektir.



Şekil 1. a) Türkiye'nin tektonik yapıları ve volkanik bölgeleri (Toprak ve diğ., 1994)

b) İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli.

Figure 1. a) Tectonic map of Turkey showing the distribution of major volcanic area structures (Toprak et al., 1994) b) Digital Elevation Model (DEM) of investigated area.

ANALİZ YÖNTEMLERİ

Belirlenen lokasyonlarda A ve B tipi fiamme örneklerindeki değişimleri yansıtabilecek tarzda sistematik örnekleme yapılmış, bu örneklerden petrografik incelemeler için ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan 25 adet ince kesit üzerinde mineralojik bileşim, dokusal tanımlama gibi mineralojik ve petrografik incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Optik Mineraloji Laboratuvarında, "Leica DMEP marka polarize mikroskop" kullanılarak yapılmıştır.

A ve B tipi fiamme örneklerinde mikroskop çalışmaları sırasında belirlenemeyen daha küçük boyutlu bileşenleri belirleyebilmek için toplam 6 adet fiamme örneği toz haline getirilmiş, X-ışınları Difraktometre (XRD) ile analizleri yapılmıştır. Analizler Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Araştırma laboratuvarı bünyesindeki "Inel-Equinox 1000" marka cihazla bakır katotlu tüp kullanılarak yapılmıştır.

A ve B tipi fiamme örneklerinin kimyasal analizleri Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Laboratuvarı'nda Spectro XLAB 2000 PEDXRF cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizler USGS'in volkanik kayalar (bazalt, andezit) için oluşturduğu standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir. XRF analizleri için, farklı tip lokasyonlardan alınan sistematik kayac örnekleri, halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülmüştür.

Elde edilen kayac tozları 1000 °C'lik fırında 2 saat kalsine edilerek, örnek ağırlığının yüzde azalımı olarak hesaplanan kızdırma kaybı miktarları belirlenmiştir. Daha sonra herbir kayac tozundan 3.9 gr alınarak, 0.9 gr bağlayıcı wax ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karışım halindeki örnek tozu 15-20 N/m basınç altında, 32 mm çapında bir tablet şeklinde sıkıştırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

A ve B tipi fiamme örneklerinden seçilen toplam 8 adet örneğin nadir toprak element analizleri ACME Analytical Lab. (KANADA)'da yaptırılmıştır. ACME'de yaptırılan analizlerde ICP-MS tekniği kullanılmıştır.

İNCESU İGNİMBİRİTİNİN ARAZİ VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

İncesu ignimbiriti, İAVB piroklastik kayaları içerisinde en geniş yayılıma sahip ve en fazla kaynaklaşma özelliği gösteren ignimbirittir. İncesu ignimbiriti ilk defa Pasquare (1968) tarafından Ürgüp formasyonu içerisinde İncesu üyesi olarak adlandırılmıştır. Pasquare (1968)'in İncesu ignimbiriti olarak haritaladığı alanlar daha sonra Kızılkaya ignimbiriti olarak tanımlanmıştır. İlk kez Schumacher ve diğ., (1990) Kızılkaya ve İncesu ignimbiritinin birbirinden farklı olduğunu ifade etmiştir. İncesu ignimbiriti Le Pennec ve diğ., (1994), Temel ve diğ., (1998), Şen ve diğ., (2003) tarafından Valibaba tepe ignimbiriti olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada, İncesu (Kayseri) ilçesi ve çevresinde, farklı derecelerde kaynaklaşmış üç seviyeden oluşan ignimbiritin "İncesu ignimbiriti" olarak tanımlanması uygun görülmüştür (Schumacher ve diğ., 2004; Koralay ve Kadioğlu 2003; Koralay 2006).

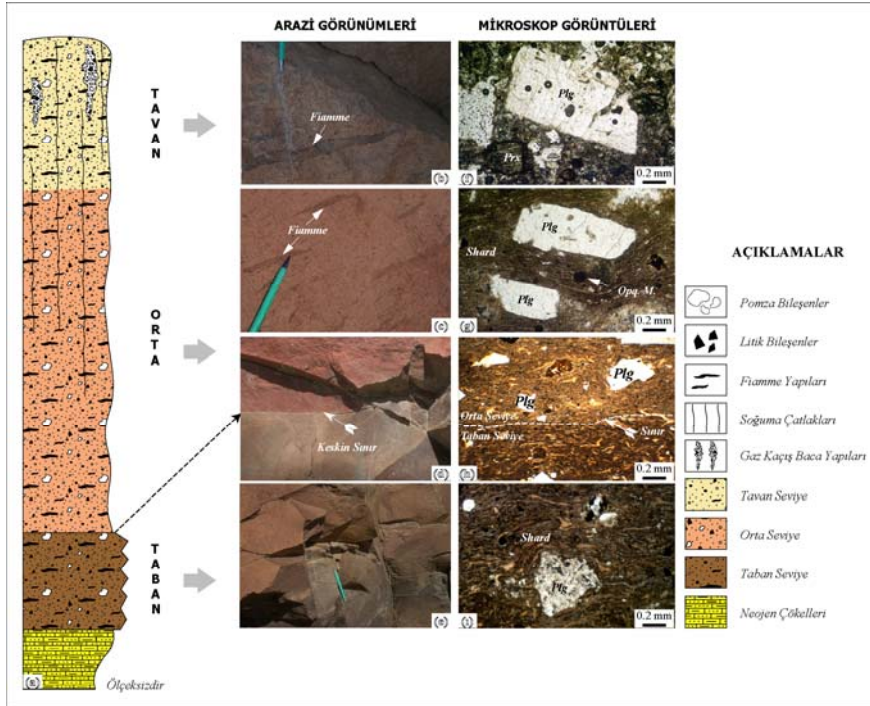
Dönmez ve diğ. (2003) İncesu ignimbiritinin Kapadokya bölgesinin kuzeyindeki alanlarda yayılım gösterdiğini, Tekkedağ-Topuzdağ' ın güneyine inmediğini belirtmişlerdir. Kayseri merkez olmak üzere Himmetdede, İncesu, Erkilet, Mimarsinan, Bünyan, Develi ve Tomarza bölgelerinde geniş yayılım gösteren İncesu ignimbiriti bölgesel startigrafik kolon kesitte Geç Pliyosen yaşlı Koçdağ volkanitleri grubu içerisinde yer almaktadır. Koçdağ volkanitleri andezit, bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastikler ile İncesu ignimbiritinden oluşmakta olup, Kışladağ kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İncesu ignimbiritinin kaynak alanının, Pasquare (1968), Le Pennec ve diğ., (1994), Şen (1997), Kürkcüoğlu ve diğ., (1988) ve Schumacher ve diğ., (2004) tarafından Erciyes stratovolkanının doğu kanadında yer alan Koçdağ olabileceği belirtilmiştir (Şekil 1b).

İncesu ignimbiriti üç farklı seviyeden oluşmaktadır (Şekil 2a). En üstte grimsi pembemsi renkli, nisbeten karmaşık iç yapıya sahip, daha az kaynaklaşmış, bol miktarda değişik bileşimli volkanik kayac parçaları içeren yaklaşık 1.5-5 metre kalınlığındaki tavan seviyesi bulunur (Şekil 2b). Tavan seviyesindeki fiamme

yapılarının yassılaştırma oranları (kısa eksen/uzun eksen) 0.18-0.29 arasında değişmektedir. Tavan seviyesinin altında 3.5-10 metre kalınlığa sahip, kırmızımsı pembe-bordo renkli, orta-iyi derecede kaynaklaşmış orta seviye yer almaktadır (Şekil 2c, d). Bu seviye içerisinde görülen fiamme yapıları koyu kahverengi-siyah renkli olup, yassılaştırma oranları 0.14-0.25 arasında değişmektedir. İgnimbiritin en altında 1.5-2 metre arasında değişen kalınlığa sahip, siyah-koyu kahverengi renkli, oldukça iyi derecede kaynaklaşmış, camsı yapıya sahip taban seviyesi görülmektedir (Şekil 2e). Taban seviyesinde siyah renkli, camsı yapıda, yassılaştırma oranları 0.064-0.2 arasında değişen, uzamış mercek şekilli fiamme yapıları yaygındır. Orta seviye ile taban seviyesi arasında oldukça keskin çizgisel bir dokanak bulunmaktadır (Şekil 2d). Belirgin renk ve doku değişimi ile tanımlanan dokanak boyunca, önemli bir zaman boşluğunu gösteren yapısal veya alterasyona

dayalı mineralojik değişimler (ör: paleosol oluşumu, killeşme) görülmemektedir (Koralay, 2006).

İncesu ignimbiriti petrografik bileşenler bakımından volkan camı kıymıkları (shard), pomza ve pomza parçaları, kristal ve kristal parçaları ile litik bileşenlerden oluşmaktadır (Koralay, 2006) Mineralojik olarak taban, orta ve tavan seviyelerinde plajiyoklaz (oligoklaz, andezin ve nadiren labrador) + piroksen (ojit, klinoenstatit) + opak mineraller (manyetit, ilmenit) ve daha az oranda \pm kuvars, \pm biyotit ve \pm amfibol mineralleri görülmektedir. Dokusal özellikler açısından İncesu ignimbiritinin taban, orta ve tavan arasında belirgin bir farklılık görülmektedir (Koralay, 2006). Özellikle ignimbiritin taban ve orta seviyelerinde ötakstitik (eutaxitic) doku görülürken, tavan seviye örneklerinde vitrofirik doku görülmektedir (Şekil 2f, g, h, ı).



Şekil 2. a) İncesu ignimbiritinin genelleştirilmiş kolon kesiti **b)** tavan ve **c)** orta seviyenin arazi görünümleri **d)** orta ve taban seviye arasındaki keskin dokanağın **e)** taban seviyesinin arazi görünümleri **f)** plajiyoklaz ve piroksen fenokristalleri **g)** ötakstitik doku içerisindeki plajiyoklaz fenokristalleri **h** ve **ı)** orta ve taban seviyede baskın olarak görülen shard bileşenlerin mikroskop görüntüleri.

Figure 2. a) Generalized stratigraphical columnar section of the İncesu ignimbrite **b)** field views of upper level and **c)** middle level **d)** field views of sharp contact between middle and lower level **e)** field view of lower level **f)** plagioclase and pyroxene phenocrysts **g)** plagioclase phenocrysts in eutaxitic texture **h** and **ı)** microscopic views of shard components in middle and lower level.

FİAMMELERİN ARAZİ VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

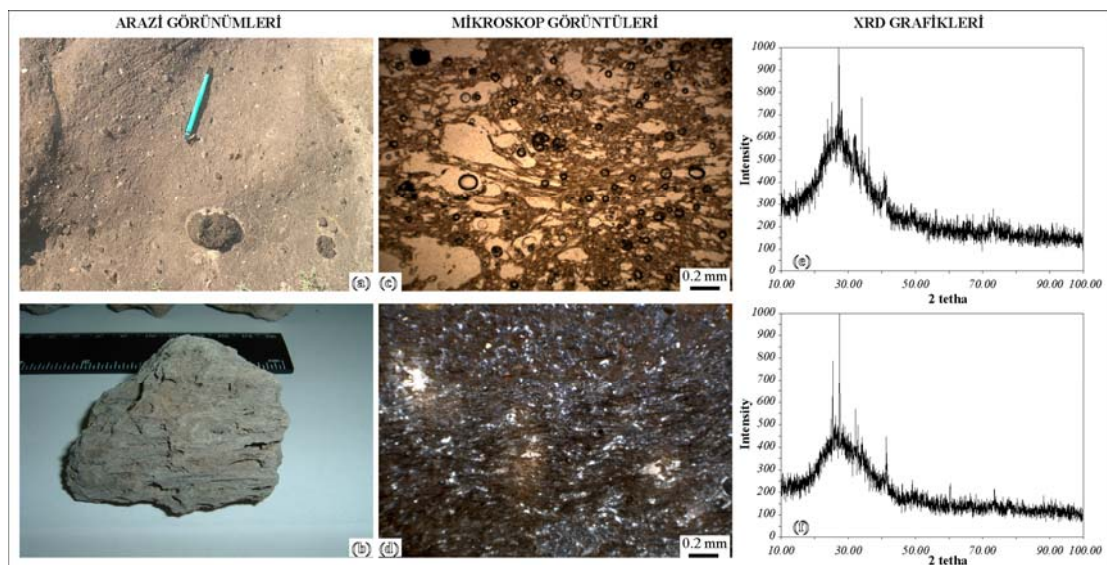
Fiammeler; İncesu ignimbiritinin ana bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Çoğunlukla yassılaştırmış yapıda olup, ignimbiritin taban, orta ve tavan seviyelerinde yaygın olarak görülmektedir. Arazi ve petrografik incelemeler sonucunda İncesu ignimbiritinde başlıca iki tür fiammenin varlığı belirlenmiştir. Bunlar; kristal içermeyen (A-tipi) ve kristal içeren (B-tipi) fiammelerdir.

Kristal içermeyen (A-tipi) fiammeler; gri, pembemsi gri ve kahverengimsi gri renkli olup, özellikle tavan seviyesi içerisinde yaygın olarak görülmektedir (Şekil 3a). A-tipi fiammeler gözenekli bir yapıya sahip olup, içerisinde kristal bulundurmayan fiamme yapılarıdır (Şekil 3b). Genellikle elips ve/veya yuvarlaklaşmış şekillerde olup, düşük yoğunluğa sahiptirler. A-tipi fiammelerin mikroskopik incelemelerinde yuvarlak ve/veya kısmen elips şekilli boşluk yapıları yaygın olarak görülmektedir (Şekil 3c) Ayrıca bazı kesitlerde killeşme, zeolitlenme ve karbonatlaşma türü bozunmalar görülmektedir (Şekil 3d).

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, A-tipi fiamme örneklerinin XRD grafiklerinde $2\Theta=15A^\circ$ 'dan itibaren yükselim gösteren ve birbirini örten düzensiz pikler görülmüştür

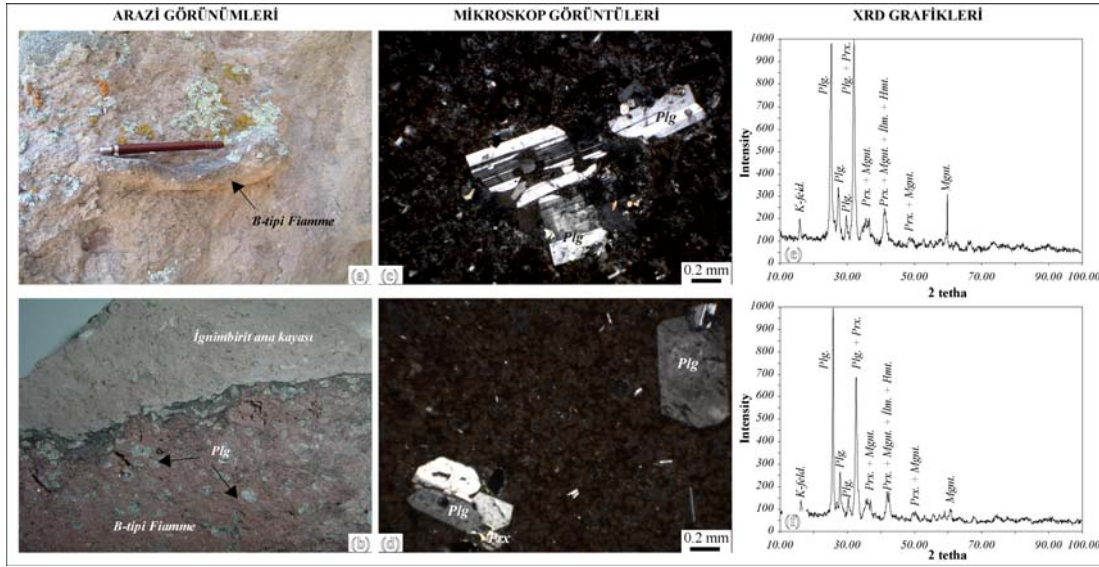
(Şekil 3e, f). Bu durum A-tipi fiamme örneklerinin amorf yapılardan (volkan camı, pomza ve volkan camı kıymıkları) meydana gelmiş olduğunu desteklemektedir. Literatürde tüm kayaç X-Ray difraktogramlarında grafiğin $2\Theta=15A^\circ$ 'dan itibaren yükseliş eğilimi göstermesinin bozunma ürünleri (analsim, zeolit) ile birlikte amorf karakterli volkan camının varlığına işaret ettiği belirtilmektedir (Jones ve Segnit, 1971; Karakaş ve Kadir, 2006).

Kristal içeren (B-tipi) fiammeler; gri, grimsi pembe renkli olup, yaygın olarak orta ve taban seviyeleri içerisinde görülürler. Ana kayaca göre daha tıkmaz bir yapıda olup, kayaç yüzeyinde çıkıntılar oluşturan uzamış camsı mercerler şeklinde görülürler (Şekil 4a). B-tipi fiammeler beyazımsı gri renkli, özşekilli plajiyoklaz ve siyah renkli, ince piroksen kristalleri içermektedirler (Şekil 4b). Mikroskop incelemelerinde B-tipi fiamme örneklerinin plajiyoklaz, piroksen (ojit) ve opak mineral bileşiminden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4c, d). Plajiyoklaz minerallerinin göstermiş oldukları sönme açısı değerlerine göre anortit içerikleri An_{10-50} arasında olup, oligoklaz-andezin bileşimlidirler. XRD grafiklerinde baskın olarak plajiyoklaz, piroksen, opak mineral ve daha az K-feldspat düzenli mineral pikleri varlığı B-tipi fiamme örneklerinin kristallerden meydana gelmiş olduğunu desteklemektedir (Şekil 4e, f).



Şekil 3. A-tipi fiamme örneklerinin a, b) arazi ve yakından görünümüleri c, d) mikroskop görüntüleri e, f) XRD grafikleri.

Figure 3. a, b) Field and close views of A-type fiamme c, d) microscopic views e, f) XRD graphics.



Şekil 4. B-tipi fiamme örneklerinin a, b) arazi ve yakından görünüşleri c, d) mikroskop görüntüleri e, f) XRD grafikleri.

Figure 4. a, b) Field and close views of B-type fiamme c, d) microscopic views e, f) XRD graphics.

A VE B TİPİ FİAMMELERİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ana ve İz Elementler

A ve B tipi fiamme örneklerinin jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla; ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarının farklı diyagramlar kullanılarak yorumlaması yapılmış ve fiammeleri oluşturan magmanın karakteri ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. A ve B tipi fiamme örneklerine ait jeokimyasal analiz sonuçları çizelge 1 ve çizelge 2'de verilmiştir.

Genel olarak A-tipi fiamme örneklerinin Al_2O_3 içeriği %12.07-13.42 arasında değişirken, SiO_2 %69.55-73.25, MgO %0.24-0.60, $Fe_2O_3^*$ %3.35-3.59, TiO_2 %0.39-0.44, CaO %1.26-2.26, Na_2O içeriği %4.09-5.53, K_2O %3.49-4.37, P_2O_5 %0.11-0.16, MnO %0.04-0.07 ve kızdırma kaybı %0.30-3.25 değerleri arasında değişmektedir. B-tipi fiamme örneklerinin Al_2O_3 içeriği %11.88-13.87 arasında değişirken, SiO_2 %68.41-70.68, MgO %0.38-0.89, $Fe_2O_3^*$ %3.63-4.16, TiO_2 %0.65-0.73, CaO %1.65-3.57, Na_2O içeriği %4.77-5.88, K_2O %2.47-3.07, P_2O_5 %0.17-0.26, MnO %0.07-0.11 ve kızdırma kaybı %0.65-1.95 arasında değişim göstermektedir.

Bazı iz element içerikleri bakımından A-tipi fiammelerin Ba aralık değeri 524.0-637.0 ppm iken, Rb aralık değeri 113.4-151.5 ppm, Sr aralık

değeri 126.0-159.5 ppm, Zr aralık değeri 441.7-504.2 ppm, Hf aralık değeri 7.1-12.8 ppm, Y aralık değeri 37.2-42.6 ppm, Th aralık değeri 25.6-29.3 ppm, Nd aralık değeri 25.6-37.9 ppm, Nb aralık değeri 16.3-22.5 ppm ve Ta aralık değeri 3.6-6.6 ppm'dir. B-tipi fiammelerin Ba aralık değeri 544.0-638.0 ppm iken, Rb aralık değeri 58.3-93.0 ppm, Sr aralık değeri 190.9-226.6 ppm, Zr aralık değeri 338.4-416-4 ppm, Hf aralık değeri 4.8-9.4 ppm, Y aralık değeri 27.1-37.8 ppm, Th aralık değeri 16.0-19.4 ppm, Nd aralık değeri 26.3-35.8 ppm, Nb aralık değeri 15.3-21.2 ppm ve Ta aralık değeri 3.7-6.9 ppm'dir.

A ve B tipi fiammeleri oluşturan magmanın karakterini belirlemek için toplam alkali ($\%Na_2O + K_2O$)-silika ($\%SiO_2$) diyagramı hazırlanmış, bu diyagrama yerleştirilen örneklerin subalkalen alana düştükleri belirlenmiştir (Şekil 5a). Subalkalen karakterli bir magma ürünü olan fiamme örneklerimiz Irvine ve Baragar (1971) tarafından geliştirilen AFM diyagramında kalkalkalen alanda toplanmışlardır (Şekil 5b). Kalkalkalen magma ürünü olan volkanitler K_2O içeriklerine göre alt sınıflara ayrılmıştır. Le Maitre ve diğ., (1989) tarafından yapılan K_2O-SiO_2 diyagramına göre A-tipi fiamme örneklerimiz yüksek K'lu, B-tipi fiamme örneklerimiz orta K'lu kalkalkalen alanlara düşmüşlerdir (Şekil 5c).

Çizelge 1. A-tipi fiamme örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak elementi kimyasal analiz sonuçları.**Table 1.** Major oxide (wt.%), trace (ppm) and rare earth element (REE) analyses of the A-type fiamme.

Örnek	05-ERP1	05-ERP2	05-ERP4	05-GP2	05-GP3	05-GP4	05-HMP1	05-HMP2	05-HMP3	05-InC2	05-InC4	TAlnC-1	TInC-1
Na ₂ O	5.05	4.77	4.83	4.42	5.03	4.92	4.25	4.17	4.09	4.44	5.53	5.29	4.91
MgO	0.35	0.57	0.46	0.33	0.44	0.39	0.47	0.42	0.60	0.24	0.42	0.43	0.56
Al ₂ O ₃	12.41	12.43	12.21	12.86	12.07	12.28	12.61	12.69	12.69	13.42	13.15	13.34	13.08
SiO ₂	71.98	72.42	71.99	70.43	72.60	73.25	69.60	69.91	69.55	69.94	71.23	70.21	69.91
P ₂ O ₅	0.12	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14
K ₂ O	3.72	3.65	3.69	4.10	3.60	3.49	4.22	4.34	4.12	4.37	3.80	3.92	3.88
CaO	2.03	1.68	2.25	1.51	1.26	1.39	1.82	1.54	1.68	1.45	1.47	1.57	2.26
TiO ₂	0.41	0.39	0.39	0.43	0.40	0.42	0.44	0.42	0.40	0.41	0.40	0.41	0.41
MnO	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.04	0.04
Fe ₂ O ₃ *	3.43	3.35	3.38	3.56	3.36	3.41	3.59	3.44	3.39	3.49	3.44	3.37	3.35
LOI	0.45	0.55	0.60	2.05	1.10	0.30	2.85	2.95	3.25	0.95	0.30	1.30	1.41
Total	100.01	100.01	100.00	99.89	100.04	100.01	100.01	100.06	99.97	98.90	99.96	100.05	99.94
A/CNK	0.77	0.84	0.76	0.89	0.84	0.85	0.85	0.88	0.89	0.91	0.83	0.84	0.80
MgNo	14.59	22.41	18.72	13.50	17.92	16.10	18.19	16.98	22.92	10.43	17.15	17.80	22.05
V	30.3	16.9	27.7	16.2	43.1	36.7	46.5	6.1	5.8	6.0	8.4	9.8	5.8
Cr	11.0	11.0	11.0	23.2	12.0	12.0	11.0	9.8	7.9	9.4	11.0	65.5	82.1
Ni	4.2	5.7	3.7	2.6	4.4	2.0	2.0	3.2	2.9	3.4	3.4	160.4	46.3
Rb	130.6	124.3	131.2	146.4	131.3	113.4	135.8	145.3	139.8	151.5	140.7	143.7	144.4
Sr	145.3	137.8	131.8	136.3	134.5	132.7	159.2	134.7	135.9	126.0	144.3	148.3	159.5
Y	39.5	38.7	38.8	40.0	42.6	37.2	38.9	40.1	38.9	40.0	39.5	40.6	37.2
Zr	461.6	481.1	473.3	478.0	490.2	489.4	443.7	481.7	488.5	500.8	504.2	472.6	441.7
Nb	22.4	21.0	22.1	21.6	22.5	20.9	20.7	20.3	20.0	20.4	21.6	19.1	16.3
Ba	617.0	615.6	579.0	619.0	583.2	567.4	637.0	591.9	570.5	583.5	594.4	572.8	524.0
Hf	10.9	8.4	10.1	11.4	7.1	7.4	10.5	12.8	10.8	12.3	11.0	10.9	12.0
Ta	3.8	4.1	3.6	6.6	4.0	4.0	5.3	5.1	6.5	5.2	4.3	4.6	4.4
Pb	17.1	18.6	17.8	18.5	16.6	14.9	17.4	17.5	18.4	18.4	17.0	20.5	15.3
Th	27.0	27.6	28.9	28.3	29.3	28.3	25.9	27.1	26.7	28.8	28.3	26.4	25.6
U	7.4	7.6	14.3	7.9	8.1	15.9	7.3	7.2	6.2	7.8	8.2	7.0	8.0
Er	3.75	*	*	3.94	*	*	3.92	*	*	*	*	*	*
Tm	0.59	*	*	0.64	*	*	0.59	*	*	*	*	*	*
Yb	3.83	*	*	4.08	*	*	4.1	*	*	*	*	*	*
Lu	0.58	*	*	0.61	*	*	0.56	*	*	*	*	*	*
La/Y	1.10	1.10	1.18	1.12	1.04	1.11	1.07	1.19	1.15	1.25	1.10	1.19	1.22
La/Ba	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09
La/Nb	1.93	2.02	2.07	2.06	1.96	1.98	2.02	2.36	2.24	2.46	2.01	2.53	2.79
Nb/Y	0.57	0.54	0.57	0.54	0.53	0.56	0.53	0.51	0.51	0.51	0.55	0.47	0.44
Nb/Hf	2.06	2.50	2.19	1.89	3.17	2.82	1.97	1.59	1.85	1.66	1.96	1.75	1.36
Zr/Nb	20.61	22.91	21.42	22.13	21.79	23.42	21.43	23.73	24.43	24.55	23.34	24.74	27.10
Zr/Y	11.69	12.43	12.20	11.95	11.51	13.16	11.41	12.01	12.56	12.52	12.76	11.64	11.87
(Eu/Eu*)N	0.59	*	*	0.54	*	*	0.61	*	*	*	*	*	*
(La/Lu)N	7.75	*	*	7.59	*	*	7.75	*	*	*	*	*	*
(La/Sm)N	4.05	*	*	4.25	*	*	4.07	*	*	*	*	*	*
(Sm/Lu)N	1.91	*	*	1.78	*	*	1.90	*	*	*	*	*	*
Th/Nb	1.21	1.31	1.31	1.31	1.30	1.35	1.25	1.33	1.34	1.41	1.31	1.38	1.57
Rb/Nb	5.83	5.92	5.94	6.78	5.84	5.43	6.56	7.16	6.99	7.43	6.51	7.52	8.86
Ba/Nb	27.54	29.31	26.20	28.66	25.92	27.15	30.77	29.16	28.53	28.60	27.52	29.99	32.15
Nb/Ta	5.89	5.12	6.14	3.27	5.63	5.23	3.91	3.98	3.08	3.92	5.02	4.15	3.70

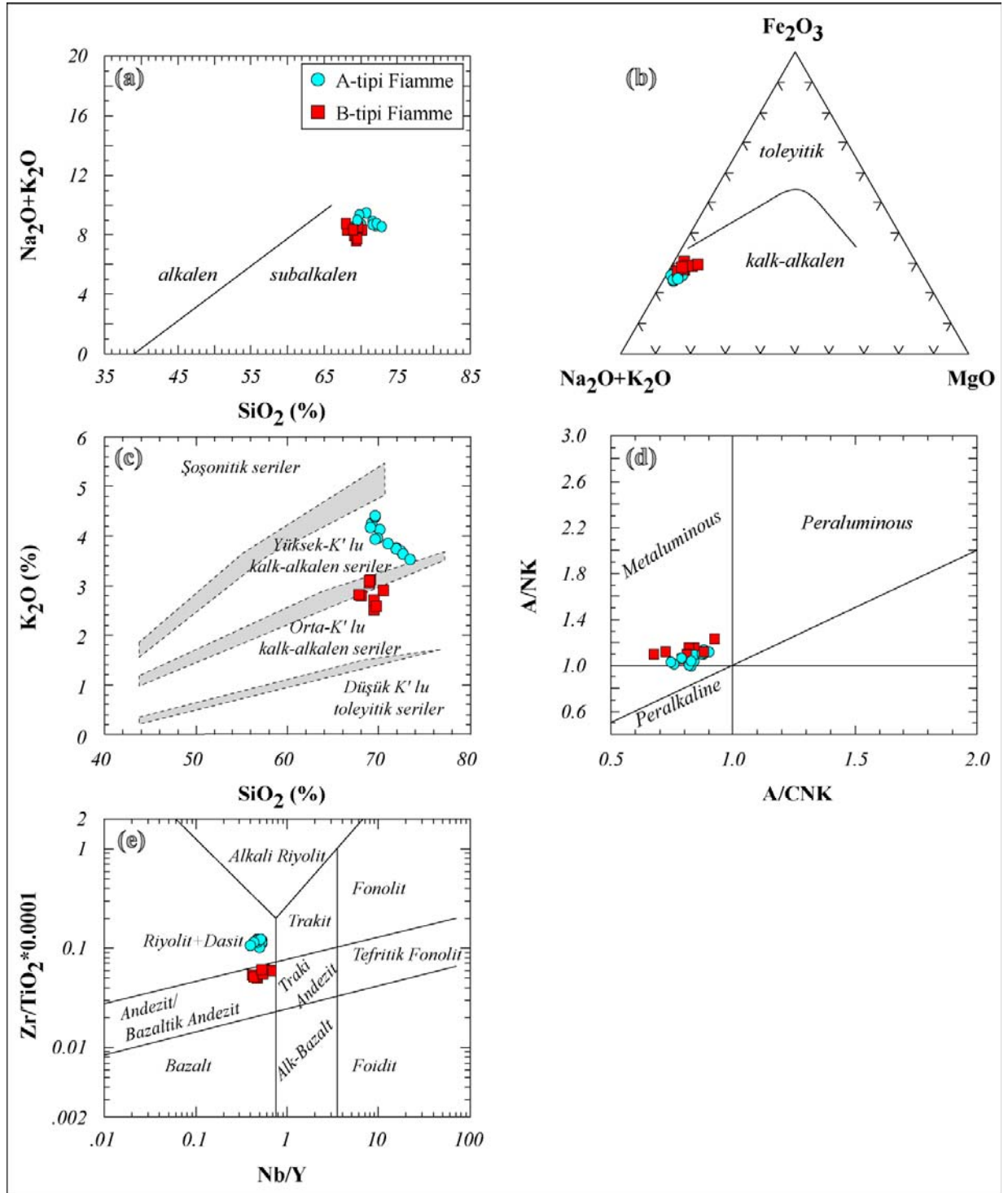
Fe₂O₃*, Fe₂O₃ olarak toplam demir; LOI, kızdırma kaybı (loss on ignition); MgNo = 100*MgO/(MgO+ Fe₂O₃*), Eu* = (Sm+Gd)/2

Çizelge 2. B-tipi fiamme örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak elementi kimyasal analiz sonuçları.

Table 2. Major oxide (wt.%), trace (ppm) and rare earth element (REE) analyses of the A-type fiamme.

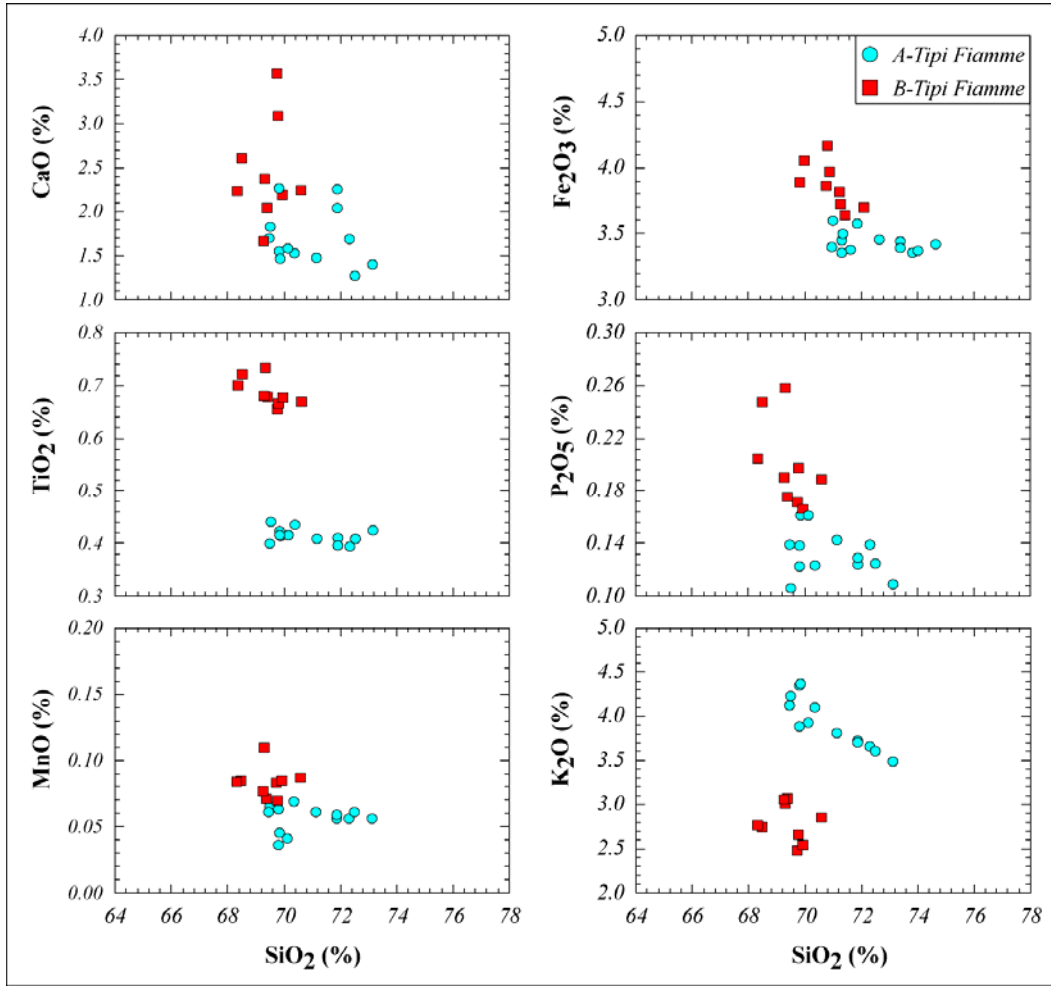
Örnek	05-AP1	05-AP4	05-AP5	05-InC3	05-MSNP1	05-MSNP2	05-MSNP3	05-MSNP5	TSKC-1
Na ₂ O	5.19	5.44	5.81	4.77	5.34	4.96	4.95	5.88	5.15
MgO	0.41	0.80	0.61	0.41	0.52	0.89	0.57	0.38	0.44
Al ₂ O ₃	13.66	13.78	13.22	13.87	13.09	11.88	12.30	13.51	13.16
SiO ₂	69.38	68.58	68.41	69.47	70.68	69.83	69.86	70.02	69.36
P ₂ O ₅	0.26	0.25	0.20	0.18	0.19	0.17	0.20	0.17	0.19
K ₂ O	3.02	2.74	2.77	3.07	2.85	2.47	2.66	2.53	3.05
CaO	2.37	2.60	2.22	2.03	2.24	3.57	3.09	2.19	1.65
TiO ₂	0.73	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.66	0.68	0.68
MnO	0.11	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08
Fe ₂ O ₃	4.16	4.04	3.88	3.96	3.69	3.81	3.72	3.63	3.85
LOI	0.65	0.90	1.05	0.80	0.65	1.95	1.90	0.95	1.73
TOTAL	99.93	99.95	98.97	99.30	100.01	100.27	99.97	100.01	99.34
ALK	8.20	8.19	8.58	7.84	8.19	7.43	7.61	8.42	8.20
A/CNK	0.85	0.83	0.80	0.93	0.82	0.69	0.74	0.82	0.89
MgNo	14.19	25.08	20.86	14.68	19.18	28.16	20.65	14.86	16.12
V	27.4	25.5	42.0	6.3	36.7	52.0	39.4	39.1	11.3
Cr	98.2	26.7	11.0	1.1	11.0	12.0	12.0	11.0	144.4
Ni	5.8	3.4	4.0	4.1	3.9	6.4	8.3	7.3	484.1
Rb	93.0	73.4	79.8	83.1	84.1	58.3	66.6	65.8	90.8
Sr	226.6	221.4	211.2	193.5	210.8	204.3	207.2	213.4	190.9
Y	36.1	37.2	36.1	35.7	37.8	32.1	27.1	31.8	36.4
Zr	365.7	390.1	361.5	416.4	363.5	338.4	391.4	374.5	409.7
Nb	18.6	17.8	18.0	21.2	17.6	15.3	19.1	18.5	20.4
Ba	582.0	552.3	571.0	638.0	544.0	553.9	632.8	581.0	585.1
Hf	9.0	6.4	8.6	9.4	7.6	6.5	4.8	8.9	8.9
Ta	5.7	3.7	4.1	5.6	3.9	3.8	3.7	4.5	6.9
Pb	14.3	13.2	14.2	15.2	13.7	11.4	14.5	12.3	13.4
Th	18.0	18.8	17.7	16.0	17.3	19.4	17.6	18.4	16.7
U	5.5	6.0	5.3	7.8	5.2	6.3	6.4	5.1	7.4
La	38.7	38.2	36.4	44.4	38.6	35	39.1	36.2	41.2
Ce	74.9	67.9	71.7	92.8	77.9	72.8	75.4	76.8	79.7
Pr	8.68	8	8.11	9.99	9.21	*	*	8.37	8
Nd	31.5	26.3	32	34.8	35.8	*	*	29.5	29.8
Sm	6.44	*	6.1	7.13	6.87	*	*	6.18	*
Eu	1.46	*	1.44	1.44	1.45	*	*	1.42	*
Gd	6.05	*	5.98	6.49	6.59	*	*	5.72	*
Tb	1.05	*	1.05	1.14	1.1	*	*	1.02	*
Dy	6.43	*	6.22	7.02	6.41	*	*	5.94	*
Ho	1.22	*	1.25	1.37	1.28	*	*	1.16	*
Er	3.36	*	3.59	3.89	3.88	*	*	3.29	*
Tm	0.54	*	0.52	0.63	0.53	*	*	0.52	*
Yb	3.44	*	3.54	3.96	3.76	*	*	3.17	*
Lu	0.47	*	0.53	0.58	0.54	*	*	0.48	*
La/Y	1.07	1.03	1.01	1.24	1.02	1.09	1.44	1.14	1.13
La/Ba	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07
La/Nb	2.08	2.15	2.02	2.09	2.19	2.29	2.05	1.96	2.02
Nb/Y	0.52	0.48	0.50	0.59	0.47	0.48	0.70	0.58	0.56
Nb/Hf	2.07	2.78	2.09	2.26	2.32	2.35	3.98	2.08	2.29
Zr/Nb	19.66	21.92	20.08	19.64	20.65	22.12	20.49	20.24	20.08
Zr/Y	10.13	10.49	10.01	11.66	9.62	10.54	14.44	11.78	11.26
(Eu/Eu*)	0.72	*	0.74	0.65	0.67	*	*	0.74	*
(La/Lu)	8.55	*	7.13	7.95	7.42	*	*	7.83	*
(La/Sm)	3.78	*	3.76	3.92	3.54	*	*	3.69	*
(Sm/Lu)	2.26	*	1.90	2.03	2.10	*	*	2.12	*
Th/Nb	0.97	1.06	0.98	0.75	0.98	1.27	0.92	0.99	0.82
Rb/Nb	5.00	4.12	4.43	3.92	4.78	3.81	3.49	3.56	4.45
Ba/Nb	31.29	31.03	31.72	30.09	30.91	36.20	33.13	31.41	28.68
Nb/Ta	3.26	4.81	4.39	3.79	4.51	4.03	5.16	4.11	2.96

Fe₂O₃*, Fe₂O₃ olarak toplam demir; LOI, kızdırma kaybı (loss on ignition); MgNo = 100*MgO/(MgO+ Fe₂O₃*), Eu* = (Sm+Gd)/2



Şekil 5. A ve B tipi fiamme örneklerinin **a)** SiO₂(%)-Na₂O+K₂O (%) (Le Maitre ve diğ., 1989) **b)** AFM (toleyiitik-kalkalkalen ayırım çizgisi Irvine ve Baragar 1971' e göredir) **c)** SiO₂(%)-K₂O(%) (Le Maitre ve diğ., 1989) **d)** A/NK-A/CNK (Maniar ve Piccoli, 1989) **e)** Nb/Y-Zr/TiO₂*0.0001 diyagramlarındaki konumları.

Figure 5. Chemical nomenclature diagrams of A and B type fiamme **a)** SiO₂(wt.%) vs Na₂O+K₂O (wt.%) diagram (Le Maitre et al. 1989) **b)** AFM ternary plot (Tholeiitic-Calcalkaline dividing curve is from Irvine and Baragar 1971) **c)** SiO₂(wt.%) vs K₂O(wt.%) diagram (Le Maitre et al. 1989) **d)** A/NK vs A/CNK diagram (Maniar and Piccoli, 1989) **e)** Nb/Y vs Zr/TiO₂*0.0001 diagram (Winchester and Floyd 1976).



Şekil 6. A ve B tipi fiamme örneklerinin SiO₂(wt.%) -ana oksit element(%) değişim diyagramları.

Figure 6. SiO₂(wt.%) versus major oxide elements (wt.%) variation diagrams for the A and B type fiamme.

Fiamme örneklerinin (A/CNK) ($Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$) oranları A-tipi fiammeler için 0.76-0.91, B-tipi fiammeler için 0.69-0.93 arasında değişmektedir. Maniar ve Piccoli (1989) tarafından önerilen alümino bazlı sınıflama diyagramında fiamme örnekleri metaalüminyum alanına düşmüşlerdir (Şekil 5d). Alterasyon, metamorfizma ve metasomatizma gibi kimyasal olaylara karşı duraylı oldukları bilinen Zr, Nb, Y, TiO₂ gibi elementler özellikle volkanik kayaların adlandırılmasında, petrolojik özelliklerinin ve tektonik oluşum ortamlarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Rollinson, 1993). Nb, Y, Zr ve TiO₂ elementlerinden yararlanılarak oluşturulan Nb/Y-Zr/TiO₂*0.0001 kayaç adlandırma diyagramında, A-tipi fiamme örnekleri riyolit/dasit alanına düşerken, B-tipi fiamme örnekleri andezit/bazaltik andezit

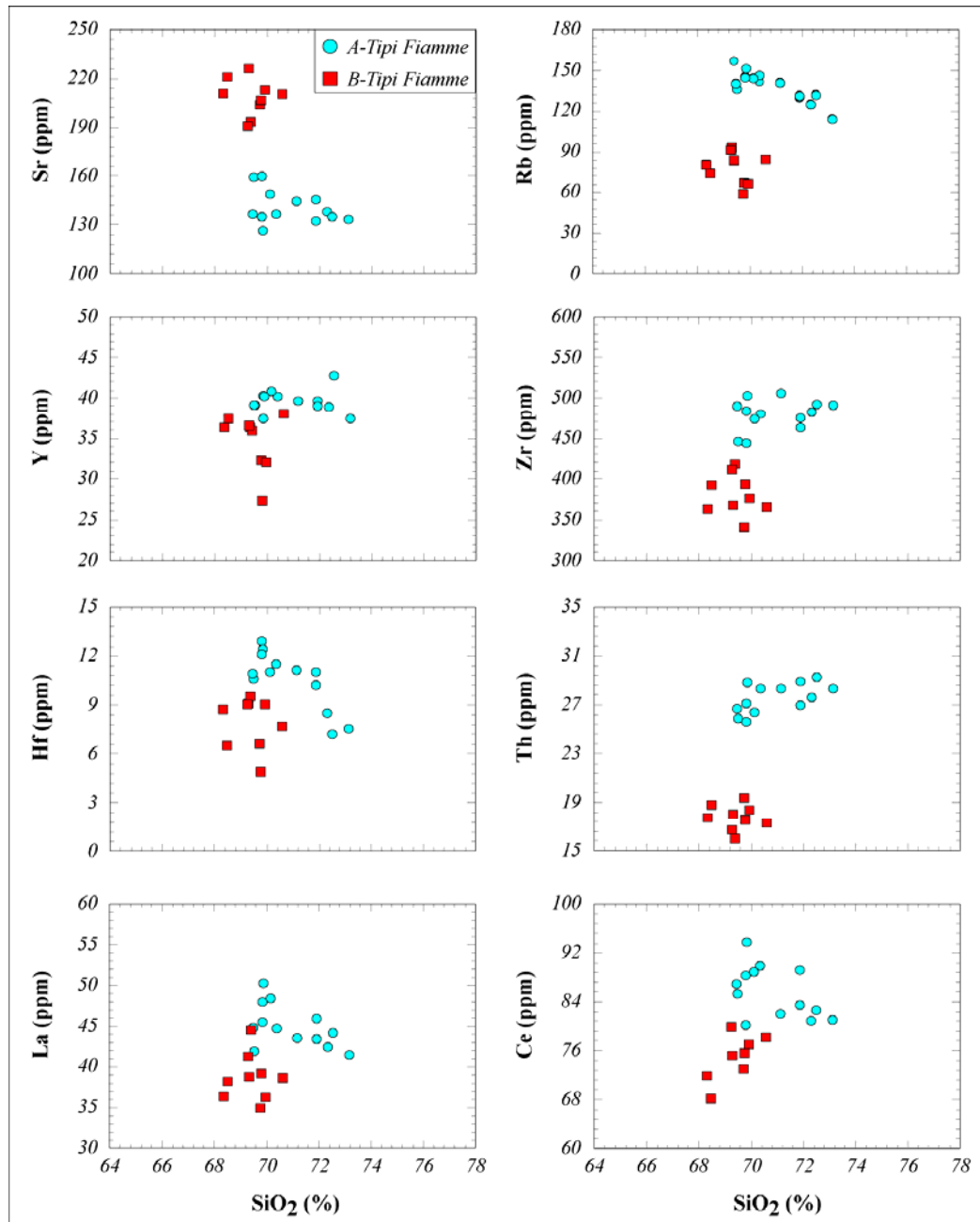
alanına düşmüştür (Winchester ve Floyd, 1976) (Şekil 5e).

A ve B tipi fiammelerin SiO₂'e karşı ana oksit ve iz element element içerikleri kullanılarak hazırlanan değişim diyagramlarında düzenli değişimler gözlenmemiştir. Ancak bazı ana oksit ve iz element değerleri kullanılarak hazırlanan değişim diyagramlarına göre, B-tipi fiammelerin A-tipi fiammelere göre yüksek CaO, Fe₂O₃*, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Sr, düşük K₂O, Rb, Y, Zr, Hf, Th, La ve Ce içeriklerine sahip oldukları görülmüştür (Şekil 6, 7). Al₂O₃ ve Na₂O içerikleri bakımından birbirlerine yakın değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. B-tipi fiammelerin sahip olduğu plajiyoklaz (Ca bakımından zengin), piroksen (Ca ve Fe bakımından zengin) ve opak minerallerden (Fe ve Ti bakımından zengin) oluşan kristalli yapısı CaO, Fe₂O₃*, TiO₂, P₂O₅ ve

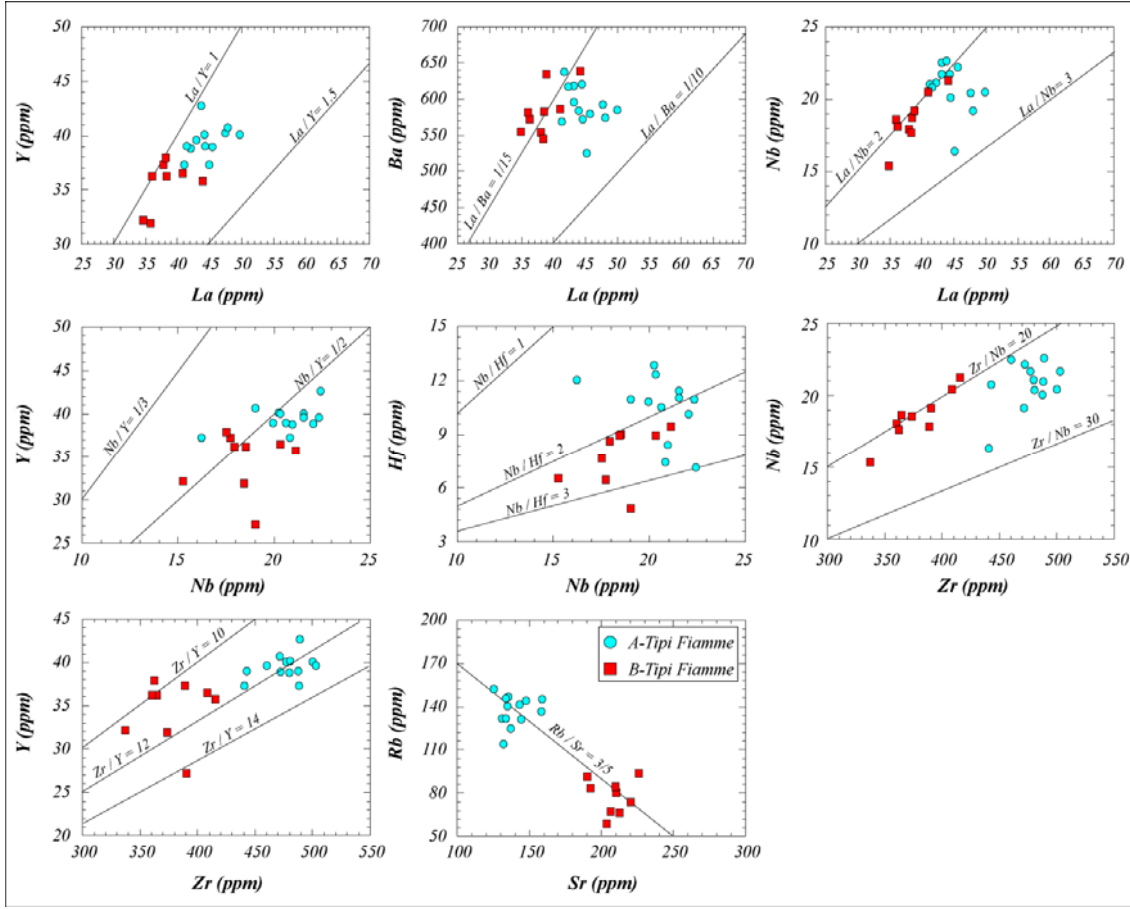
Sr değerlerinin yüksek çıkmasının nedeni olarak düşünölmektedir.

A ve B tipi fiammelerin farklı magmalar veya aynı magma ürünleri mi? olduklarını belirleyebilmek için bazı iz element oranları hesaplanmıştır. Buna göre A-tipi fiamme örneklerinin La/Y oranı 1.04-1.25, La/Ba oranı 0.07-0.09, La/Nb oranı 1.93-2.79, Nb/Y oranı 0.44-0.57, Nb/Hf oranı 1.36-3.17, Zr/Nb oranı 20.61-27.10 ve Zr/Y oranı 11.41-13.16 arasında

değişirken, B-tipi fiamme örneklerinde La/Y oranı 1.01-1.44, La/Ba oranı 0.06-0.07, La/Nb oranı 1.96-2.29, Nb/Y oranı 0.47-0.70, Nb/Hf oranı 2.07-3.98, Zr/Nb oranı 19.64-22.12 ve Zr/Y oranı 9.62-14.44 arasında değişmektedir (Çizelge 1 ve 2), (Şekil 8). A ve B tipi fiammelerin sahip olduğu benzer iz element oranları, aynı ana magmadan türemiş olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 7. A ve B tipi fiamme örneklerinin SiO₂(%) - iz element(ppm) değişim diyagramları.
Figure 7. SiO₂(wt.%) versus trace elements (ppm) variation diagrams for the A and B type fiamme.



Şekil 8. A ve B tipi fiamme örneklerine ait bazı iz element oranları ve değişim diyagramları.

Figure 8. Some trace element ratios and variation diagrams of A and B type fiamme.

Çoklu Element Değişim Diyagramları

A ve B tipi fiammeleri oluşturan magmanın karakterini belirlemek için çoklu element dağılım diyagramları hazırlanmıştır. Kondrit değerlerine göre normalleştirilmiş çoklu element dağılım diyagramında, Sr'dan Yb'a kadar olan bütün elementlerde Kondrit'e oranla önemli bir zenginleşme gözlenmektedir. Sr dışındaki Büyük İyon Yarıçaplı Elementler (BİYE) bakımından Kondrit'e oranla 100 kat zenginleşme görülürken, Yüksek Alan Enerjili Elementler (YAEE) bakımından 10 kat zenginleşme görülmektedir (Şekil 9a). Aynı diyagramda Sr, Ba, Nb, P ve Ti elementlerinde belirgin anomaliler görülmektedir.

Örneklerin Okyanus Ortası Sırt Bazaltlarına (Mid-Ocean Ridge Basalts, MORB) ve zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırt Bazaltlarına (Enriched Mid-Ocean Ridge Basalts, E-MORB) göre normalleştirilmiş olan çoklu element

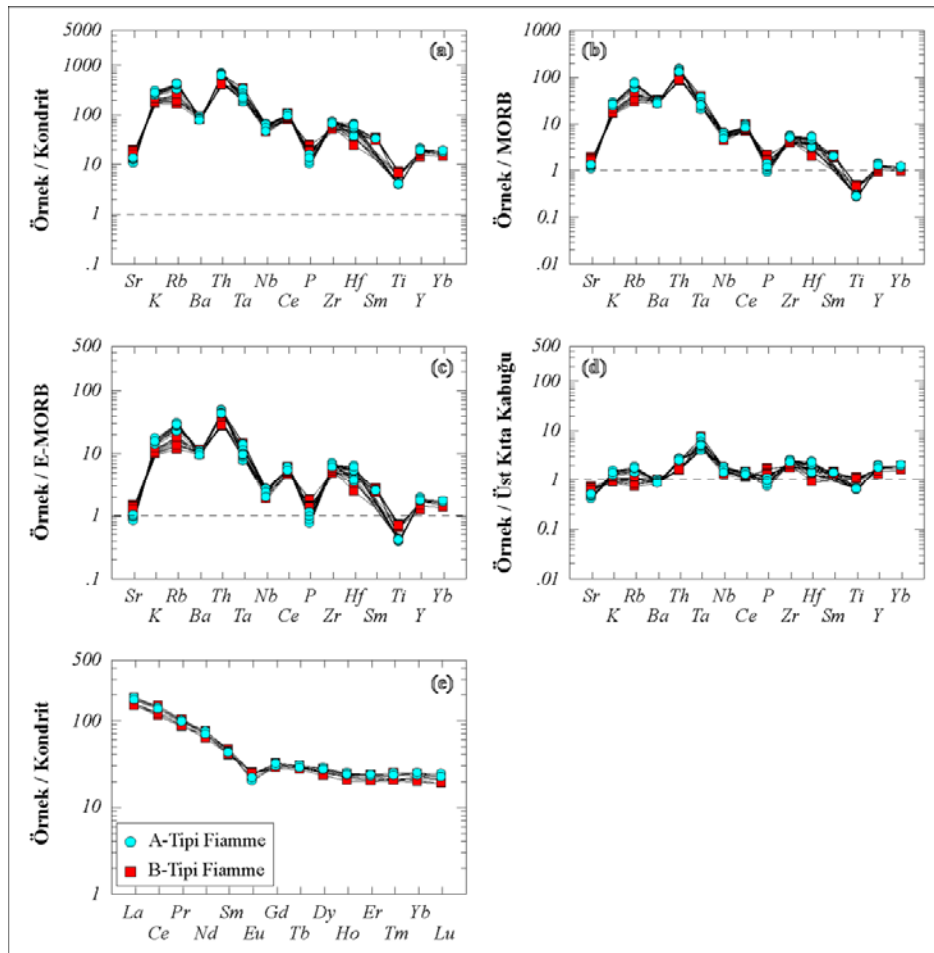
değişim diyagramında, Sr dışında BIYE'de MORB ve E-MORB'a göre 10 ile 100 kat arasında bir zenginleşme gözlenirken, YAEE'de MORB ve E-MORB çizgisine yakın, kısmen paralel bir dağılım izlenmektedir. Bu diyagramlarda Sr, Ba, Nb, P elementlerinde belirgin anomalilerle, özellikle Ti elementinde MORB ve E-MORB'a oranla fazla miktarda tüketilmişlik görülmektedir (Şekil 9b, c).

A ve B tipi fiammelerin, Üst Kıta Kabuğu (ÜKK) göre normalleştirilmiş olduğu çoklu element dağılım diyagramında, Sr, P ve Ti elementlerinde ÜKK'na oranla fakirleşmeler görülmüyorken, özellikle Th ve Ta elementlerinde 3-10 kat arası zenginleşmeler görülmektedir. Bu elementler dışında kalan BIYE ve YAEE'de ÜKK çizgisine çok yakın değer dağılımlarına sahip oldukları görülmektedir (Şekil 9d).

Kondrit, MORB, E-MORB ve ÜKK değerlerine göre normalize edilerek hazırlanan

çoklu element diyagramlarında benzer elementlerde benzer desen ilişkileri görülmüştür. Özellikle Kondrit, MORB ve E-MORB çoklu element dağılım diyagramlarında BİYE (K, Rb ve Th) bakımından zenginleşmelerin, Sr, Ba, Nb ve Ti elementleri bakımından tüketilmelerin varlığı tipik aktif kıta kenarı magmatizmasının göstergesidir (Wilson, 1989). Sr ve Ba elementlerinde görülen belirgin anomalilerin varlığı fraksiyonel kristallenme süreci boyunca plajiyoklaz minerallerinin, Ti

elementinde görülen anomalinin varlığı Fe-Ti oksitler minerallerinin etkisini göstermektedir. K, Rb ve Th elementlerinde görülen zenginleşmelerin kabuk kirlenmesinden kaynaklanmış olabileceğini gösterirken, Nb anomalisinin varlığı volkanitlerin ana magmasının gelişiminde yitim ve/veya kabuk bileşenlerinin etkisine işaret etmektedir (Pearce, 1983). Ayrıca A ve B tipi fiammelerin gösterdiği benzer desen ilişkileri aynı magmadan türemiş olduklarını desteklemektedir.



Şekil 9. A ve B tipi fiamme örneklerinin **a)** Kondrit, **b)** Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (MORB), **c)** zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (E-MORB), **d)** Üst Kıta Kabuğu ve **e)** Kondrite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Elementleri çoklu element değişim diyagramları (Normalleştirme değerleri sırasıyla Thompson (1982), Pearce (1983), Sun ve McDonough (1989), Rudnic ve Gao (2004) ve Evensen ve diğ., (1978) alınmıştır).

Figure 9. a) Chondrite normalized b) MORB normalized, c) E-MORB normalized, d) Upper Crust (UC) normalized multi element and e) Chondrite normalized REE element patterns for the A and B type fiamme (Normalization values used are taken from Thompson (1982) for chondrite, Pearce (1982) for MORB, Sun and McDonough (1989) for E-MORB, Rudnic and Gao (2004) for LC and Evensen et al., (1978) for Chondrite normalized REE).

Nadir Toprak Elementleri

A ve B tipi fiammelerin kondrit değerlerine göre hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) 20-110 kat, ağır nadir toprak elementlerince (ANTE) 20 kat daha zenginleşmiş oldukları görülmektedir (Şekil 9e). Kondrit'e göre normalize edilmiş A-tipi fiamme örneklerinde (La/Lu)_N oranı 7.59-7.75, (Eu/Eu*)_N oranı 0.54-0.61, (La/Sm)_N oranı 4.05-4.25 ve (Sm/Lu)_N oranı 1.78-1.91 arasında değişirken, B-tipi fiamme örneklerinde (La/Lu)_N oranı 7.13-8.55, (Eu/Eu*)_N oranı 0.65-0.74, (La/Sm)_N oranı 3.54-3.92 ve (Sm/Lu)_N oranı 1.90-2.26 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre her iki tip fiamme örneklerinde HNTE'ler ANTE'lere göre daha fazla zenginleşmişlerdir. A ve B tipi fiamme örneklerinin yüksek HNTE/ANTE oranları zenginleşmiş kaynağı ve/veya kısmi ergimenin miktarının göreceli olarak daha az olduğunu göstermektedir (Fitton ve diğ., 1991; Barragan ve diğ., 1998). Yüksek HNTE içerikleri üst kıta kabuğu ağırlıklı malzemelerden kaynaklanmaktadır. Bu durum fiammelerin türediği magmanın kabuktan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Şekil 9e'de Eu değerlerinin her iki tip fiamme örneklerinde de oldukça belirgin negatif anomali verdiği görülmektedir. Literatürde Eu anomalisinin geniş bir oksijen fugasitesi aralığında başlıca feldispatlar tarafından kontrol edildiği belirtilmektedir. Felsik bir eriyikte feldispatların eriyikten fraksiyonel kristallenme veya kısmi ergimeler ile uzaklaştırılmaları negatif Eu anomalisinin oluşmasına neden olmaktadır (Rollinson, 1993)

Kaynak Magma Özellikleri

Fiamme örneklerinin türediği magmada fraksiyonel kristallenme süreci boyunca hangi minerallerin etkin rol oynadığını belirlemek amacıyla çeşitli diyagramlar hazırlanmıştır. Bu diyagramlarda fraksiyonel kristallenme sürecinde eriyik içerisinde zenginleşen ve birbirlerine oranlarının sabit kaldığı bilinen Zr, Y, Nb gibi uyumsuz elementler kullanılmıştır. Magmatik kayaç örneklerinin Rb(ppm)'a karşı Y(ppm) diyagramında gösterdiği pozitif yönseme ilişkisi plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen, manyetit farklılaşmasına işaret ederken, negatif veya düz bir yönseme ilişkisi

amfibol, granat, biyotit kristallenmesini göstermektedir (Pearce ve diğ., 1990). Rb-Y diyagramına yerleştirilen A ve B tipi fiamme örneklerinde pozitif bir yönseme görülmektedir (Şekil 10a). Buna göre fiammeleri oluşturan ana magmada plajiyoklaz, klinopiroksen ve manyetit farklılaşmasının etkin olduğu söylenebilir.

Zr karşı Y ve Nb elementleri kullanılarak hazırlanan diyagramlarda görülen değişim ilişkileri volkanik kayaların gelişiminde etkili olan mineral fraksiyonlaşmasının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zr(ppm)'a karşı Y(ppm) ve Nb (ppm) diyagramlarında görülen pozitif yönseme ilişkileri hornblend, klinoprioksen, plajiyoklaz, manyetit ve apatit farklılaşmasına işaret etmektedir (Pearce ve Norry, 1979).

Bu diyagramlarda A ve B tipi fiamme örneklerinin düzenli pozitif yönseme ilişkileri gösterdiği belirlenmiş olup, klinopiroksen, plajiyoklaz ve manyetit farklılaşmasını göstermektedir (Şekil 10b, c).

Lambert ve Holland (1974), düşük ve orta oranda CaO içeren kayalarda Y'un fakirleşmesi ve zenginleşmesine bağlı olarak gelişen J ve L tipindeki yönsemelerini açıklamak amacıyla Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramını önermişlerdir. Bu diyagramda magmatik kayaç örneklerinin göstermiş olduğu L şeklindeki yönseme bu kayaların gelişiminde plajiyoklaz ve klinopiroksen ayrılaşmasının, J şeklindeki bir yönseme ise hornblend ve apatit ayrılaşmasının önemli olduğunu gösterir. Y(ppm)-CaO(%) diyagramına konulan fiamme örnekleri L şekline yakın bir yönseme göstermektedir (Şekil 10d). Bu durumda fiammeleri meydana getiren ana magmada plajiyoklaz ve klinopiroksen farklılaşmasının etkili olduğu söylenebilir.

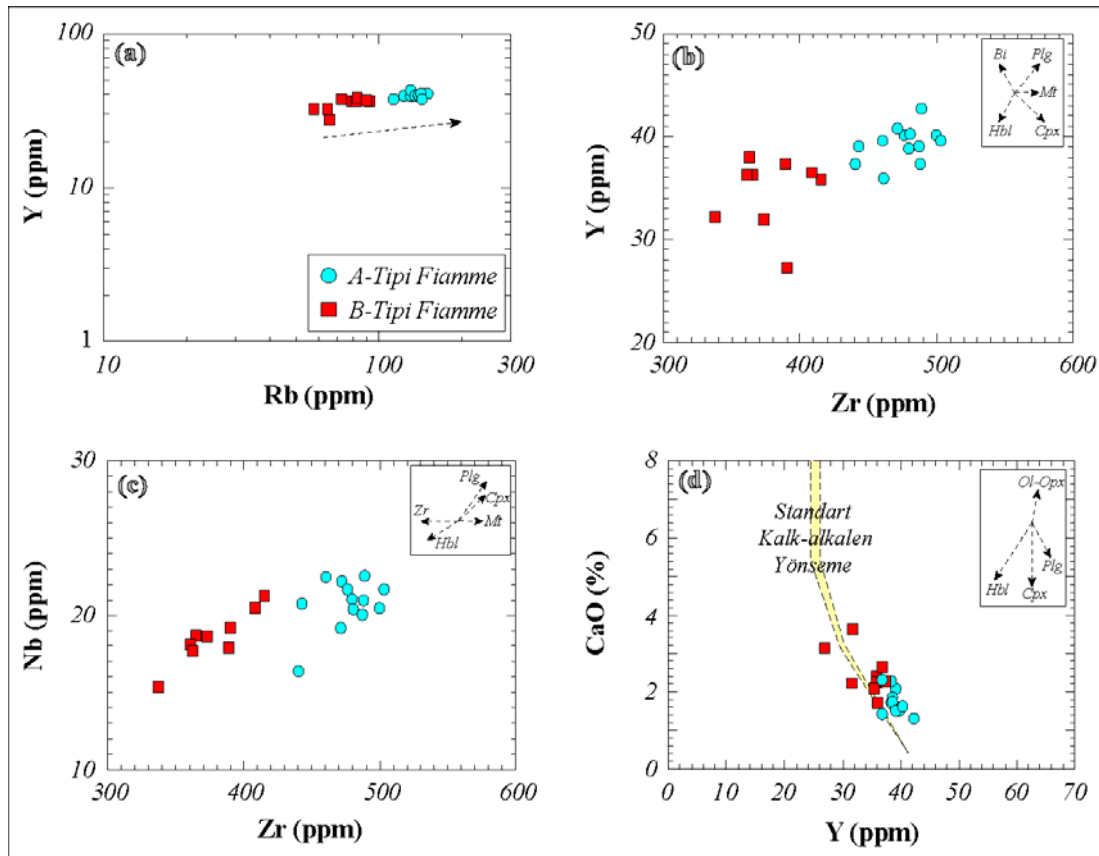
Yitim Bileşenleri ve/veya Kabuk Kirlenmesinin Etkisi

Magmatik kayaların gelişiminde yitim zonu zenginleşmeleri ve/veya kabuk kirlenmesi ile plaka içi zenginleşmelerden hangisinin etkin olduğunun belirlenmesi Th/Y, Nb/Y ve Rb/Y gibi iz element oranlarının kullanıldığı diyagramlarla mümkün olabilmektedir. A ve B tipi fiammeleri oluşturan ana magmanın kökenini belirlemek amacıyla Th/Y-Nb/Y diyagramı oluşturulmuştur.

Bu diyagram bazaltik kayaların plaka içi zenginleşme ürünü mü? yoksa yitimle ilişkili magma kökenli mi? olduklarını ayırmada kullanılmaktadır (Pearce, 1983). Aynı zamanda Th/Y ve Nb/Y oranları kabuk kirlenmesi ve kaynak magmanın homojenliğini belirlemede de kullanılabilir. Yitim veya kabuk bileşenleri tarafından zenginleşmiş mantonun Th/Nb oranları yüksek değerlerde (>1-10) olacaktır. Yine aynı diyagram üzerinde küçük bir miktar kısmı ergime ile zenginleşmiş mantonun Th/Nb oranları 0.1'e yakın değerler gösterebilmektedir (Pearce, 1983). Th/Nb oranı A-tipi fiamme örnekleri için 1.21-1.57 arasında, B-tipi fiamme örnekleri için 0.75-1.27 arasında değişmektedir. Bu diyagrama yerleştirilen fiamme örnekleri Th/Nb=1 çizgisine yakın bir dağılım

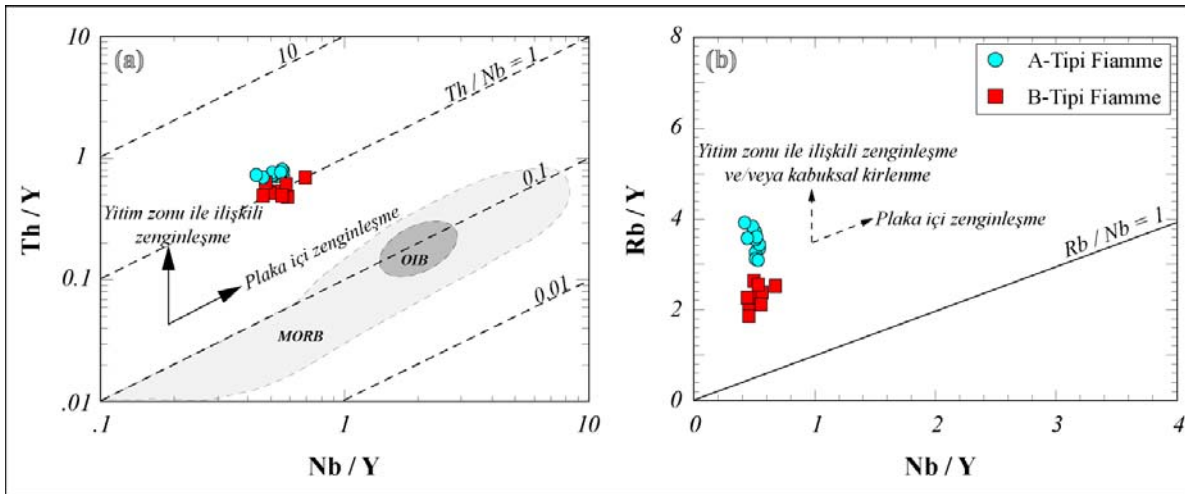
göstermektedir (Şekil 11a). Bu sonuç fiammeleri meydana getiren magmanın yitim zonu ile ilişkili, yitim ve/veya kabuk bileşenlerince zenginleşmiş olduğunu düşündürmektedir.

Rb/Y-Nb/Y diyagramda Rb/Nb=1 çizgisi plaka içi zenginleşmeleri gösterirken, düşey yöndeki değişim yitim zonu zenginleşmelerini ve/veya kabuk kirlenmesini göstermektedir (Edwards ve diğ., 1991). Bu diyagrama yerleştirilen A ve B tipi fiamme örneklerinin Rb/Nb oranları sırasıyla 5.43-8.86 ve 3.49-5.00 arasında değişmekte olup, düşey yönde bir dağılım gösterirler (Şekil 11b). Bu durum fiammeleri oluşturan magma kaynağının yitim ve/veya kabuk bileşenlerince zenginleşmiş olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 10. A ve B tipi fiamme örneklerinin **a)** $\log Rb(ppm)-\log Y(ppm)$ (Pearce ve diğ., 1990) **b)** $Zr(ppm)-Y(ppm)$ ve **c)** $Zr(ppm)-Nb(ppm)$ (Pearce ve Norry, 1979) **d)** $Y(ppm)-CaO(wt.%)$ diyagramları (Lambert ve Holland, 1974) (kesikli çizgilerle gösterilen vektörler minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir).

Figure 10. **a)** $\log Rb(ppm)$ vs $\log Y(ppm)$ diagram (Pearce et al., 1990) **b)** $Zr(ppm)$ vs $Y(ppm)$ diagram and **c)** $Zr(ppm)$ vs $Nb(ppm)$ diagram (Pearce and Norry, 1979) and **d)** $Y(ppm)$ versus $CaO(wt.%)$ diagram (Shaded area represents the "standart" calcalkaline trend of Lambert and Holland (1974)) (The vectors show qualitative trends of the effect of fractional crystallization of common silicates for a basaltic composition).



Şekil 11. A ve B tipi fiamme örneklerinin **a)** $\log Nb/Y$ karşı $\log Th/Y$ (Pearce, 1983) ve **b)** Nb/Y karşı Rb/Y (Edwards ve diğ., 1991) değişim diyagramları.

Figure 11. a) Variation diagram of $\log Nb/Y$ versus $\log Th/Y$ (Pearce, 1983) and b) Nb/Y versus Rb/Y (Edwards et al., 1991) diagram for A and B type fiamme.

Ba/Nb oranları bazaltik magmaların tektonik ortamlarını belirlemede kullanılabilir. Yüksek Ba/Nb (>28) oranları yitim ile ilişkili magmaların en tipik özelliğidir (Gill, 1981; Fitton ve diğ., 1988). Ba/Nb oranı A-tipi fiammeler için 25.92-32.15, B-tipi fiammeler için 28.68-36.20 arasında değişmektedir (Çizelge 1 ve 2). Bu durum fiammelerin yitimle ilişkili bir magmadan türemiş olabileceğini desteklemektedir.

Nb ve Ta kabuk kirlenmesine karşı oldukça duyarlı elementlerdir. Mantodan türeyen magmalar kabuk kirlenmesine maruz kalabilirler. Bu tür magmalar yüzeye doğru yükselirken Nb ve Ta bakımından fakirleşebilir ve çoklu element diyagramlarında negatif anomali verebilirler (Wilson, 1989). Stolz ve diğ., (1996) Kondiritik Nb/Ta değerlerinin dala plakadan kaynaklanan yüksek çekim alanlı elementler (HFSE) bakımından fakir, büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) bakımından zenginleşmiş sıvıların etkilediği manto kaynağına ait olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek Nb/Ta (>1) oranları kirlenmiş manto kökenli magmaları temsil etmektedir. Nb/Ta oranları A-tipi fiammeler için 3.08-6.14, B-tipi fiammeler için 2.96-5.16 arasında değişmektedir (Çizelge 1 ve 2). Bu durum fiammeleri meydana getiren ana magmanın yitim ve/veya kabuk bileşenlerinden nisbeten etkilenmiş olduğunu göstermektedir.

Tektonik Ortam

Alterasyona karşı duraylı oldukları bilinen Zr, Nb, Y, Hf, Ta ve Th gibi elementler özellikle volkanik kayaçların petrolojik özelliklerini ve tektonik oluşum ortamlarını belirlemede sıklıkla kullanılmaktadır (Rollinson, 1993). A ve B tipi fiamme örneklerinin düşük Sr, Nb, P_2O_5 ve TiO_2 içerikleri, çoklu element değişim diyagramlarındaki yüksek LILE ve LREE içerikleri ile yüksek Ba/Nb oranlarına sahip olmaları aktif kıta kenarı volkanitlerinin genel jeokimyasal özellikleriyle benzeşmektedir (Gill, 1981; Pearce, 1983; Wilson, 1989; Edwards ve diğ., 1991).

Volkanik kayaçların oluştuğu tektonik ortamları belirlemede yaygın olarak kullanılan diyagramlar Pearce (1982) tarafından önerilen $Th/Yb-Ta/Yb$ diyagramı, Cabanis ve Lecolle (1989)' nin $La/10-Y/15-Nb/8$ üçgen diyagramıdır. Pearce (1982)' in $Th/Yb-Ta/Yb$ diyagramına yerleştirilen örneklerimiz zenginleşmiş manto kaynaklı, aktif kıta kenarlarında oluşan kayaçlar alanına düşmüşlerdir (Şekil 12a). Bu durum A ve B tipi fiammelerin kıtasal kabuktan oldukça fazla malzeme almış ve uyumsuz elementlerce zenginleşmiş bir magmadan türediğini düşündürmektedir. Cabanis ve Lecolle (1989)' nin $La/10-Y/15-Nb/8$ üçgen diyagramına yerleştirilen fiamme örneklerimiz kalkalkalen orojenik bölge içerisine yer almışlardır (Şekil 12b).

SONUÇLAR

İAVB' de İncesu ignimbiriti içerisinde arazi gözlemleri, mineralojik, petrografik özellikler ve bazı ana oksit (CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO , K_2O) ve iz element (Sr, Rb, Y, Zr, Hf, Th, La, Ce) değişimlerine dayanılarak iki tip fiamme tanımlanmıştır. A-tipi fiammeler koyu gri-kahvemsii siyah renkli olup, boşluklu bir yapıya sahiptir. Mikroskop incelemelerinde elips şekilli, gözenekli bir yapıda oldukları belirlenen A-tipi fiammelerin herhangi bir mineral bileşeni içermedikleri ve yaygın olarak killeşme gösterdikleri belirlenmiştir. B-tipi fiammeler gri, pembemsi gri renkli olup, mineralojik olarak plajiyoklaz (oligoklaz, andezin) + piroksen (ojit) + opak mineral bileşiminden oluşmaktadır. A ve B tipi fiammelerin bu mineralojik özellikleri tüm kayaç toz XRD grafiklerinde de tespit edilmiştir. A ve B tipi fiammeler kalkalkalen karakterde olup, K_2O içeriklerine göre A-tipi fiammeler yüksek K'lu kalkalkalen, B-tipi fiammeler orta K'lu kalkalkalen özellik gösterirler.

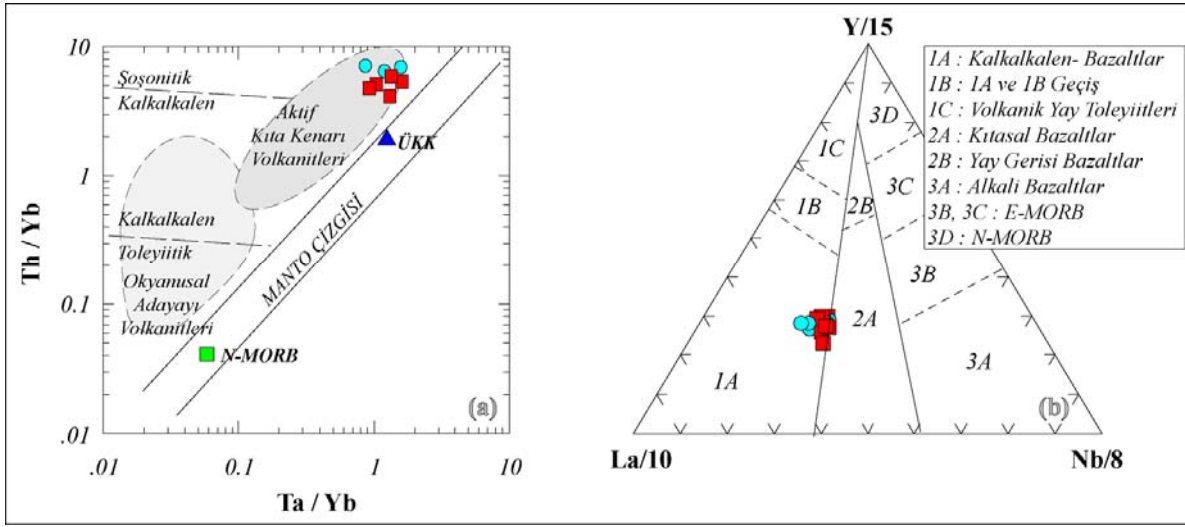
Metaalüminyum karakterli fiamme örnekleri kimyasal kayaç adlandırma diyagramında, riyolit-dasit (A-tipi) ve andezit/bazaltik andezit (B-tipi) alanlarına düşmüşlerdir. SiO_2 'e karşı hazırlanan ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında A ve B tipi fiammeler arasında düzenli değişimler gözlenmemiştir. Ancak bazı ana oksit ve iz element değerleri kullanılarak hazırlanan değişim diyagramlarına göre, B-tipi fiammelerin A-tipi fiammelere göre yüksek CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve Sr, düşük K_2O , Rb, Y, Zr, Hf, Th, La ve Ce içeriklerine sahip oldukları görülmüştür. Kondrit, MORB ve E-MORB' a oranlanmış çoklu element (spider) değişim diyagramında A ve B-tipi fiamme örnekleri, benzer desen ilişkileri göstermekte olup, büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) bakımından zenginleşme gösteriyorken, yüksek çekim alanlı elementler (HFSE) bakımından 1 çizgisine yakın dağılımlar gösterdiği görülmüştür. Bu diyagramlarda özellikle Sr, Ba, Nb, P ve Ti değişimlerine bakıldığında belirgin anomaliler görülmektedir. Genel olarak volkanik kayaçlarda Büyük iyon yarıçaplı elementlerde

(LILE) görülen zenginleşmeler, Yüksek çekim alanlı elementlerde (HFSE) görülen tüketilmeler ve başta Sr, Ba, Nb, P, ve Ti'de görülen oldukça belirgin negatif anomaliler yitim zonu magmalarının tipik özellikleridir. Üst Kıta Kabuğuna (UC) oranlanmış çoklu element değişim diyagramında fiammelerin pozitif Ta anomalisine sahip oldukları, diğer iz element içeriklerinin UC değerlerine oldukça benzer değerlerde oldukları görülmüştür. Fiamme örneklerinin Kondrit'e oranlanmış Nadir Toprak Element (REE) değişim diyagramında kondrit değerlerine göre hafif nadir toprak elementlerce (LREE) 20-110 kat, ağır nadir toprak elementlerince (HREE) 10 kat daha zenginleşmiş oldukları görülmüştür. A ve B tipi fiammelerin sahip olduğu yüksek LREE/HREE oranları zenginleşmiş manto kaynağına işaret etmektedir. Bu durum fiammelerin türediği magmanın kabuktan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. A ve B tipi fiammelerin Kondrit, MORB, E-MORB, UC'ye oranlanmış çoklu element değişim diyagramları ve Kondrite oranlanmış REE değişim diyagramında benzer desen ilişkileri göstermesi, birbirine yakın iz element oranlarına sahip olması fiammelerin aynı magma ürünü olduklarını desteklemektedir.

Petrografik ve jeokimyasal veriler İncesu ignimbiritindeki A ve B-tipi fiammelerin plajiyoklaz, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit kontrollü fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğu yitim zonu ve/veya kabuk bileşenlerince zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini düşündürmektedir. Tektonik yerleşim diyagramlarında A ve B tipi fiamme örnekleri kalkalkalen karakterli, aktif kıta kenarında gelişen volkanitler alanına düşmüşlerdir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü 2003-07-45-015 nolu projesi ile Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Müdürlüğü 2008-BSP-017 no'lu projesi kapsamında yapılmış olup, yazarlar ilgililere ve proje elemanlarına teşekkür ederler.



Şekil 12. A ve B tipi fiammelerin a) $\log\text{Th}/\text{Yb}$ karşı $\log\text{Ta}/\text{Yb}$ diyagramındaki konumları (Pearce, 1983; ortalama N-MORB (Pearce, 1983) ve Üst Kıta Kabuğu değerleri (Rudnic ve Gao, 2004) karşılaştırma için kullanılmıştır) b) $\text{Y}/15\text{-La}/10\text{-Nb}/8$ üçgen diyagramındaki konumları (Cabanis ve Lecolle, 1989).

Figure 12. a) $\log\text{Th}/\text{Yb}$ against $\log\text{Ta}/\text{Yb}$ diagram (after Pearce, 1983; average N-MORB (Pearce, 1983) and Upper Crust (Rudnic and Gao, 2004) values used for comparison) b) $\text{Y}/15\text{-La}/10\text{-Nb}/8$ triangle diagram (Cabanis and Lecolle, 1989).

KAYNAKLAR

- Aydar, E. ve Gourgaud, A., 1998. The geology of Mount Hasan stratovolcano, Central Anatolia, Turkey. J. Vol. Geotherm. Res., vol. 85, p.129-152.
- Ayrancı, B., 1970. Orta Anadolu' nun Kayseri civarındaki Erciyes volkanik bölgesinin petroloji ve jeolojisi. MTA Derg., cilt 74, sayfa 13-24.
- Barragan, R., Geist, D., Hall, M., Larson, P. ve Kurz, M., 1998. Subduction controls on the composition of lavas from the Ecuadorian Andes. Earth Planet. Sci. Lett., vol. 154, p.153-166.
- Beekman, P. H., 1963. İncesu bölgesinin (Kayseri) jeolojik ve volkanolojik etüdü. MTA, Rap.no:6880, Ankara.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis. Geodinamica Acta, vol. 14, p.3-30.
- Bozkurt, E. ve Mittwede, S.K., 2001. Introduction to the Geology of Turkey - A Synthesis. International Geology Review 43, 578-594.
- Bull, K.F. ve McPhie, J., 2007. Fiamme textures in volcanic successions: Flaming issues of definition and interpretation. J. Vol. Geotherm. Res., vol. 164, p.205-216.
- Cabanis, B. ve Lecolle, M., 1989. Le diagramme $\text{La}/10\text{-Y}/15\text{-Nb}/8$: un outil pour la discrimination des series volcaniques et mise en evidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. C. R. Acad. Sci. Ser. II, vol. 309, p.2023-2029.
- Dirik, K. ve Göncüoğlu, M. C., 1996. Neotectonic Characteristics of Central Anatolia. Int. Geol. Rew., vol. 38, p.807-817.
- Dirik, K., 2001. Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta 14, 147-158.
- Dönmez, M., Türkecan, A. ve Akçay, A.E., 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanikleri. MTA Rapor No:10575, Ankara.
- Edwards, A., Menzies, M. ve Thirlwall, M., 1991. Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. J. Petrol., vol. 32(3), p.555-592.

- Ercan, T., 1987.** Orta Anadolu' daki Senozoyik volkanizması. MTA Derg., cilt 107, sayfa 119-140.
- Ercan, T., Akbaşlı, A., Yıldırım, T., Fişekçi, A., Selvi, Y., Ölmez, M. ve Can, B., 1991.** Acıgöl (Nevşehir) yöresindeki Senozoyik yaşlı volkanik kayaların petrolojisi. MTA Derg., cilt 113, sayfa 31-44.
- Evensen, N.M., Hamilton, P.J. and O'Nions, R.K., 1978.** Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmoc. Acta.* vol. 42, p.1199-1212.
- Fisher, V.R. ve Schmincke, H.U., 1984.** *Pyroclastic Rocks.* Springer Verlag, Berlin-Germany, 471 pp.
- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988.** Role of lithospheric mantle in the generation of Late Cenozoic basic magmas in the western U.S., in Menzies, M.A., and Cox, K.G., eds., *Oceanic and continental lithosphere: Similarities and differences: J. Petrol. Spec. vol.*, p.331-349.
- Fitton, J.F., 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. *J. Geophys. Res.*, vol. 96, p.13693-13711.
- Gibson, I. ve Tazieff, H., 1967.** Additional theory of origin of fiamme in ignimbrites. *Nature.* vol. 215 (5109), p.1473-1474.
- Gill, J.B., 1981.** *Orogenic Andesites and Plate Tectonics,* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 390pp.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Redicati de B. F. ve Villari, L., 1975.** The Neogene calc-alkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data of Kayseri-Nigde area. *Geol. Mag.*, vol. 112, p.349-360.
- Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. ve Poli, G., 1979.** REE Distribution in Tertiary and Quaternary Volcanic Rocks from Central and Western Anatolia. In *Proceedings of the 6th Colloquium on Geology of the Aegean Region, İzmir.* 289-301pp.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971.** A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, vol. 8, p.523-548.
- Jones, J.B. ve Segnit, E.R., 1971.** The nature of opal I. Nomenclature and constituent phases. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 18, p.57-68.
- Karakaş, Z. ve Kadir, S., 2006.** Occurrence and origin of analcime in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment, Beypazarı-Çayırhan basin, Ankara, Turkey. *N. Jb. Miner. Abh.*, vol.182(3), p.253-264.
- Ketin, İ. ve Erentöz, C., 1963.** 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Kayseri). M.T.A. yayınları, Ankara.
- Koralay, T. ve Kadioğlu, Y.K., 2003.** İgnimbiritlerin tavan ve taban ilişkilerini belirleyen petrografik veriler: İncesu (Kayseri) ignimbiriti. *Selçuk Üniv. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, cilt (18-1), sayfa 43-54.
- Koralay, T., 2006.** İncesu ignimbiritinin (Kayseri)Jeolojisi, Petrolojisi ve Ayırtman Özellikleri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi. 302 sayfa.
- Kürkçüoğlu, B., Şen, E., Aydar, E., Gourgaud, A. ve Gündoğdu, N., 1998.** Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 85, p.473-494.
- Lambert, R.S.J. ve Holland, J.G., 1974.** Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium- yttrium relationships in minerals and rocks. *Geochim. Cosmoc. Acta.*, vol. 38, p.1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudex, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. ve Zanettin, B., 1989.** A classification of igneous rocks and glossary of terms: Recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford. 193pp.
- Le Pennec, J. L., Bourdier, J. L., Froger, J. L., Temel, A., Camus, G. ve Gourgaud, A., 1994.** Neogene İgnimbrites of the Nevşehir plateau (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 63, p. 59-87.

- Le Pennec, J.L., Temel, A., Froger, J.L., Şen, Ş., Gourgaud, A ve Bourdier, J.L., 2005.** Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 141, 45-64.
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989.** Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of American Bulletin* 101, 635-643.
- McPhie, J., Doyle, M. ve Allen, R., 1993.** *Volcanic Textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks.* CODES Key Centre, University of Tasmania, Tasmania. 198pp.
- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J. ve Ercan, T., 1995.** Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and eastern Anatolia, Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 64, p.171-192.
- Pasquare, G., 1968.** Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atti. Accad. Naz. Lincei Mem.*, 9: 55-204.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L. ve Zanchi, A., 1988.** Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, vol. 146, p217-230.
- Pearce, J.A., 1982** Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Thorpe, R.S. (Ed), *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks.* 525-548pp.
- Pearce, J.A., 1983.** Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margin. In; Hawkesworth, C. J. and Norry, M. J. (Eds) *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, 230-249 pp.
- Pearce, J.A. ve Norry, M.C., 1979.** Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, vol. 69, p.33-47.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moor bath, S. ve Mitchell, J.G., 1990.** Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 44, p.189-229.
- Rast, N., 1963.** Letters: volcanic rocks of the Oramutia section, central Kenya. *Geol. Mag.*, vol. 100 (1), p.94-95.
- Rollinson, H.R., 1993.** *Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation.* John Wiley & Sons Inc., New York. 352pp.
- Ross, C. ve Smith, R., 1961.** Ash flow tuffs: their origin, geologic relations and identification. U.S. Geological Survey Prof. Paper 366, 81 pp.
- Rudnic, R.L. and Gao, S., 2004.** Composition of the continental crust. In: Rudnic, R.L. (Ed), *Treatise on Geochemistry, The crust.* Elsevier Pergamon.
- Schmincke, H.U., 2006.** *Volcanism.* Springer Verlag, Berlin-Germany. 324 pp.
- Schumacher, R., Keller, J. ve Bayhan, H., 1990.** Depositional characteristics of ignimbrites in Cappadocia, Central Anatolia, Turkey. In: M.Y. Savaşçın and A.H. Eronat (eds.), *Proceedings of the International Earth Science Congress on Aegean Regions (IESCA 1990)*, vol. 2, p.435-449.
- Schumacher, R., Schumacher, U. M. ve Koberski, U., 1992.** Petrographical and geochemical aspect and K/Ar-dating of ignimbrites in Cappadocia, Turkey. Abstract of the 6th Congress of Geol. Soc. Athens.
- Schumacher, R. ve Schumacher, U. M., 1996.** The Kızılkaya ignimbrite – an unusual low-aspect ratio ignimbrite from Cappadocia, central Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 70, p.107-121.
- Schumacher, U.M., Schumacher, R., Götte-Viereck, G.L. ve Lepetit, P., 2004.** Areal Distribution and Bulk Rock Density Variations of the Welded İncesu Ignimbrite, Central Anatolia, Turkey. *Turkish J. Earth Sci.*, vol. 13, p.249-267.
- Stolz, A.J., Jochum, K.P., Spettel, B. ve Hofmann, A.W., 1996.** Fluid and melt related enrichment in the subarc mantle: evidence from Nb/Ta variations in island arc basalts. *Geology*, vol. 24, p.587-590.

- Sun, S. and McDonough, Q.F., 1989.** Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts; implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds), *Magmatism in the ocean basins*. Geol. Soc. London Spec. Pub., vol. 42, p.312-345.
- Şen, E., 1997.** Erciyes Stratovolkanı' nın (Orta Anadolu) volkanolojik ve petrolojik gelişiminin incelenmesi. Yüksek Mühendislik Tezi. Hacettepe Üniversitesi, 197sayfa.
- Şen, E., Kürkcüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A. ve Vincent, P.M., 2003.** Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey). *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 125, p.225-246.
- Şengör, A.M.C., 1980.** Türkiyenin Neotektoniğinin Esasları: TJK konferans dizisi, 40s. Ankara.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983.** Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. T.J.K.
- Temel, A., 1992.** Kapadokya ekplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri. Doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi, 209sayfa.
- Temel, A., Gündoğdu, M. N., Gourgaud, A. ve Le Pennec, J. L., 1998.** Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 85, p.447-471.
- Thompson, R.N., 1982.** Magmatism of the British Tertiary province. *Scot. J. Geol.*, vol. 18, p.49-107.
- Toprak, V. ve Göncüoğlu, M. C., 1993.** Tectonic control on the development of the Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey. *Geological Journal*, vol. 28, p.357-369.
- Toprak, V., Keller, J. ve Schumacher, R., 1994.** Volcano tectonic features of the Cappadocian volcanic province. *International Volcanological Congress, IAVCEI'94, Excursion Guide*. Ankara.
- Toprak, V., 1998.** Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volvanics, Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, vol. 85, p.55-67.
- Wilson, M., 1989.** *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London. 466pp.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. 1976.** Geochemical discrimination of different magma series and their diferantation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, vol. 20, p.97-127.

