

## BAYBURT TÜFLERİNİN PETROGRAFİK, PETROKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ: DOĞU PONTİD GÜNEY ZONU'NDA EOSEN KALKALKALEN FELSİK VOLKANİZMASI

Mehmet ARSLAN<sup>1</sup>, Zafer ASLAN<sup>2</sup> ve Abdurahman DOKUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KTÜ, Müh. Mim. Fak, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, (marslan@ktu.edu.tr)

<sup>2</sup>KTÜ, Gümüşhane Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

**Makalenin Geliş Tarihi:** 09.11.2004

**ÖZET:** Bayburt yöresinde Eosen havzasında yüzlek veren tüfler "Bayburt tüfleri" olarak tanımlanmış olup, kıltaşı-marn ara seviyesiyle birbirinden ayrılabilen alt ve üst olmak üzere iki düzeyden oluşmaktadır. Alt birim iki üst birim ise bir seviye içermektedir. Her bir seviye iri taneliden ince taneli tüflere doğru derecelenme göstermektedir. Tüfler, başlıca cam kıymıkları, pomza ve kristal parçaları (plajiyoklas, kuvars, biyotit, sanidin) içermektedir. İri ve ince taneli seviyeler, kristal/cam oranının değişmesiyle belirginleşmektedir. Modal bileşimlerine göre, iri taneli seviye vitrik-kristal tuf ve ince taneli seviye ise vitrik tuf olarak tanımlanmaktadır. Jeokimyasal olarak tüfler, riyodasitik-dasitik bileşimli, orta-K'lu kalkalkalen ve peralumin karakterlidirler. Kimyasal değişimleri, püskürme öncesi magmatik olaylardan özellikle gazların etkisiyle gelişen kristal ayrışmasına işaret eder. Nadir toprak element dağılımları, (La/Lu)<sub>N</sub>=14-20 oranıyla kaşık şekilli olup, plajiyoklas ayrışmasına işaret eden belirgin negatif Eu anomalisine sahiptir. İncelenen tüfler, gerek arazi özellikleri ve gerekse asitik bileşimleri bakımından Güney Zon'daki diğer Eosen volkanitlerinden farklıdır. Kayaçlarda, çok taze ve köşeli cam kıymıkları ve kristal parçalarının bolluğu buna karşın litik parçaların yokluğu, tüflerin Eosen havzasında veya yakınında freatomagmatik bir püskürmeyle oluştuğuna işaret etmektedir. Ayrıca, jeokimyasal veriler kayaçların, ortaç bir magmadan (andezitik ana magma) türediklerini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuf, eosen volkanitleri, jeokimya, petroloji, Doğu Pontidler, Bayburt

### **Petrographical, Geochemical and Petrological Characteristics of the Bayburt Tuffs: Eocene Calc-Alkaline Felsic Volcanism in the Southern Zone of Eastern Pontide**

**ABSTRACT:** In the Bayburt area, the tuffs named as "Bayburt tuffs" outcropping in Eocene basin are made of two levels as bottom and upper units, interstratified with a claystone-marl interlayer. Lower layer contains two whereas upper one unit, and every unit show gradating from coarse towards fine-grained tuffs. Tuffs contain dominantly glass shards, pumice and crystal fragments (plagioclase, quartz, biotite, sanidine). Coarse and fine-grained levels are characterised by their crystal fragment/glass shard ratio. Based on modal composition, coarse-grained level can be classified as vitric-crystal tuff and fine-grained level as vitric tuff. Geochemically, tuffs are rhyodacite to dacitic in composition and exhibit medium-K calcalkaline and peraluminous characteristics. They show chemical variation trends, probably reflecting pre-eruption magmatic processes, especially crystal fractionation by volatile effect. Rare earth element patterns are spoon-like in shape, with (La/Lu)<sub>N</sub>=14-20, and pronounced Eu anomalies indicating plagioclase fractionation. The investigated tuffs differ from the rest of Eocene volcanics in the southern zone by their field characteristics and acidic composition. In the tuffs, presence of very fresh and angular glass shards and common crystal fragments, but lack of lithic fragments may indicate phreatomagmatic acidic volcanism in or very near to Eocene basin in the region. Furthermore, geochemical data indicate that these rocks derived from an intermediate magma source (andesitic parent).

**Key Words:** Tuff, Eocene Volcanics, geochemistry, petrology, Eastern Pontide, Bayburt

## GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesinde “Bayburt Taşı” olarak bilinen Bayburt ili civarındaki tüfler yörede yaygın olarak kullanılan endüstriyel hammadde kaynaklarından biridir. Hafif ve kolay işlenebilir olmalarından dolayı yapı taşı olarak özellikle camii yapımında ve tarihi eserlerin onarımında yüzyıllar boyu yaygın olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte bu kayalar ile ilgili çok az sayıda bilimsel çalışma vardır. Özer (1984), Bayburt yöresinin jeolojisi adlı çalışmasında tüf ve tüfitlerin dasitik bileşimli olduklarından bahsetmektedir. Tarhan ve Bulut (1989) bu kayalarda açılan taş ocakları ve çevresinde yaptıkları mühendislik jeolojisi çalışmaları ile bunların mekanik özelliklerini ortaya koymaya çalışmışlardır.

Doğu Pontidler’deki Paleozoyik sonrası volkanizma Liyas, Üst Kretase ve Eosen olmak üzere üç dönemde gelişmiştir (Adamia ve diğ., 1977; Eğin ve diğ., 1979; Kazmin ve diğ., 1986; Çamur ve diğ., 1996; Arslan ve diğ., 1997). Eosen volkanitleri genel olarak doğu-batı uzanımlı, yanal devamlılıkları olmayan, birbirinden kopuk havzalar içerisinde görülür. Eosen yaşlı olduğu bilinen volkanik ürünler kuzeyden güneye doğru kayaç tipi ve kimyası bakımından farklılık göstermektedir. Özellikle Güney Zon’daki Eosen havzalarının bazılarında aynı yaşlı volkanizmadan kaynaklanan ara katkı hemen hemen hiç bulunmaz. Bayburt ve Maden civarındaki Eosen havzaları bunlara örnek olarak verilebilir.

Doğu Pontidler’de Üst Kretase volkanizması kalk-alkali karakterde ve genellikle andezit, dasit ve piroklastitlerinden oluşmaktadır (Çamur ve diğ., 1996; Arslan ve diğ., 1997). Bu volkanitler kavun içi ve hematit kırmızısı ayrışma renkleri ile belirgindir. Eosen volkanizması ise yine kalk-alkali özellikte fakat bazalt, bazaltik andezit, andezit ve piroklastitlerden meydana gelmektedir ve genellikle koyu gri-siyah görünüme sahiptirler (Tokel, 1972; Aliyazıcıoğlu, 1999; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Temizel, 2002).

Bayburt ilinin kuzeybatısında (Şekil 1) yaygın olarak yüzeylenen Eosen yaşlı istif içerisinde gözlenen ve “Bayburt tüfleri” olarak

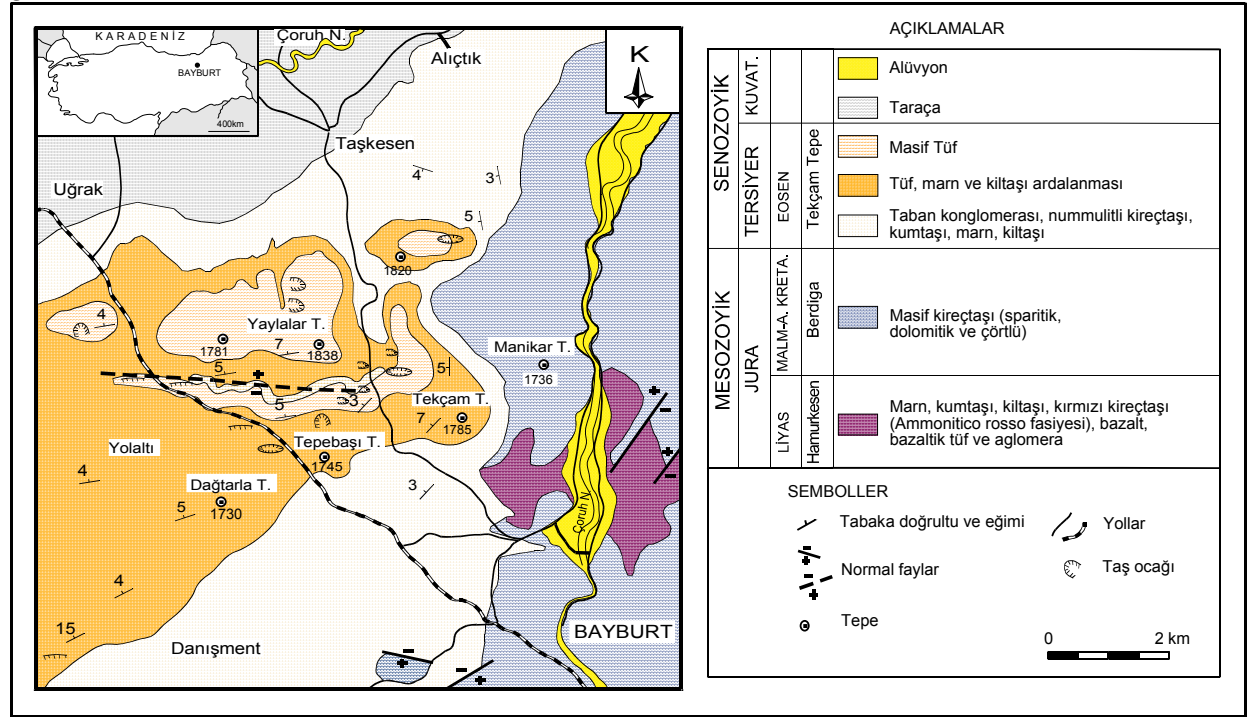
tanımlanan (Arslan ve diğ., 2002) tüflerin, stratigrafik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek, Eosen dönemine ait diğer volkanik ürünler ile karşılaştırılmış ve jeodinamik gelişimleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bayburt tüflerinin yüzeyleme verdiği bölgede daha önceki çalışmalardan da faydalanılarak tüflerin yayılımları, sınırları ve stratigrafik ilişkileri, yapısal ve makroskopik özellikleri ortaya çıkarılarak yörenin jeolojik haritası ve stratigrafik dikme kesiti yapılmıştır. Ayrıca bu tüflerden sistematik olarak çok sayıda el örneği toplanmıştır. Araziden derlenen el örneklerinin KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında ince kesitleri yapılmış ve bunlar araştırma laboratuvarındaki polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiş, petrografik özellikleri belirlenerek, modal analizleri yapılmış ve isimlendirilmiştir.

İncelenen tüflerde litik bileşenin bulunmaması ve tüm örneklerin vitrik-kristal tüf özellikli olması nedeniyle tüm-kayaç analizlerinin yapılarak petrokimyasal ve petrolojik gelişimlerine yaklaşım yapılabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla jeolojik yapı ve ince kesit incelemesine göre seçilen 20 örnekten ana, iz ve nadir element analizleri yapılmıştır. Ayrışma analizlere etki edeceğinden taze örnekler seçilmiştir. KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında önce çeneli daha sonrada halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülen örnekler ana, iz ve nadir element analizi için Kanada’da ACME Analiz Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Burada ana ve iz elementler ICP, nadir toprak elementler ise ICP-MS ile analiz edilmiştir. Toz örneklerden 0.2 g alınarak 1.5 g LiBO<sub>2</sub> ile karıştırılmış, %5 HNO<sub>3</sub> içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ppm olarak ölçülmüştür. Toz örneklerden 0.250 gram dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve ppm olarak

nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası.  
Figure 1. Geological map of the investigation area.

## GENEL JEOLJİ VE STRATİGRAFİ

Bayburt yöresindeki en yaşlı birimleri inceleme alanının güneyinde yer alan metamorfite oluşturur.

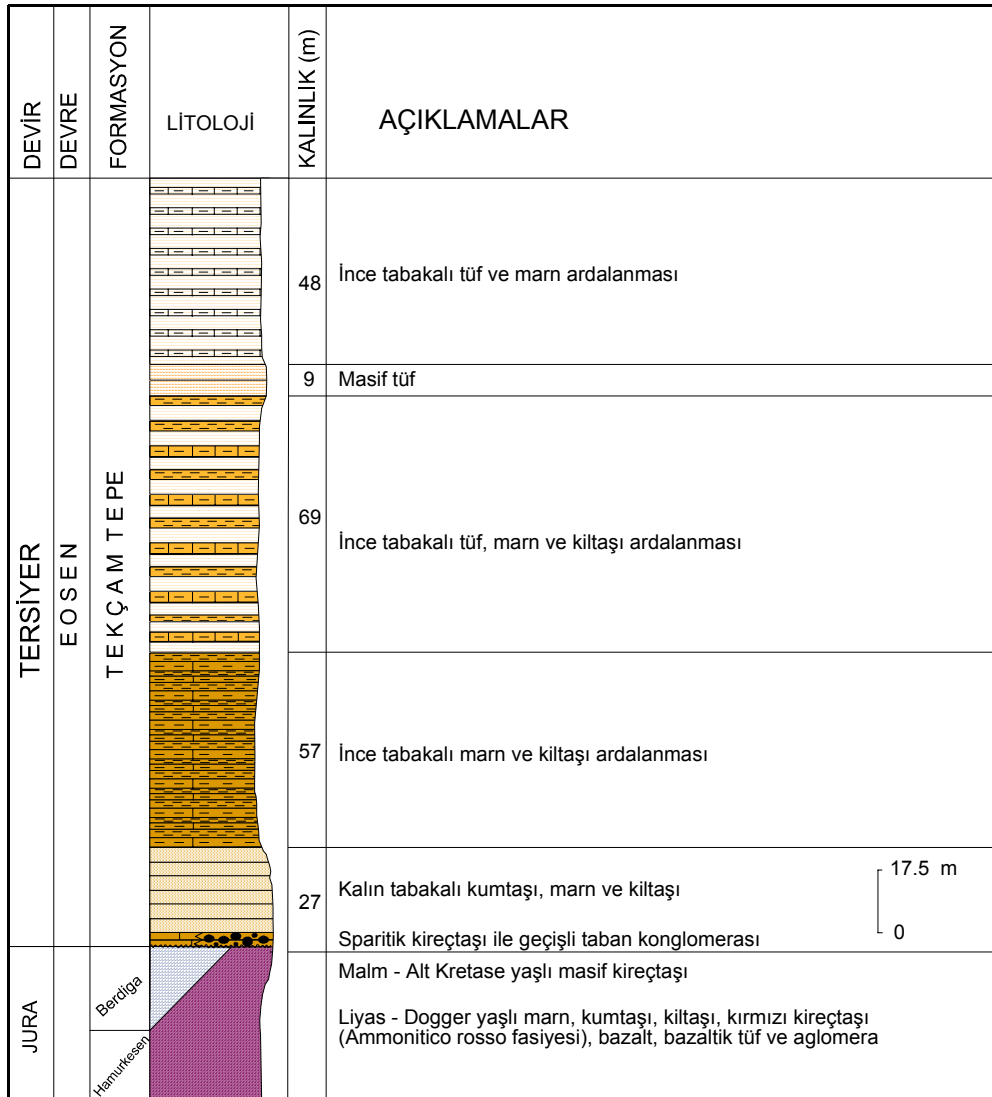
Yörede Kopuzsuyu Deresi Metamorfite (Özer, 1984) olarak adlandırılan bu kayalar Pulur Metamorfite (Ketin, 1951) ve Pulur Masifi (Korkmaz ve Baki, 1984) olarak adlandırılan Hersiniyen temel kayalarının kuzeydoğudaki devamını oluştururlar. Pulur yöresinde metamorfite üzerleyen en yaşlı sedimanter birimlerin Permo-Karbonifer yaşta olması nedeniyle metamorfite yaş Permo-Karbonifer öncesi olarak kabul edilmiştir (Topuz ve diğ., 2001).

Genel olarak kumtaşı, siltaşı, marn gibi sedimanter birimlerle bazalt, andezit ve piroklastitlerin ardalanmasından oluşan Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu (Ağar, 1977) Hersiniyen temel üzerine uyumsuzlukla gelen ilk Mesozoyik birimidir. Bu birimdeki çok sık yanal ve düşey fasiyes değişiklikleri gerilmeli tektonik hareketlere bağlı olarak gelişen, yer yer

birbirinden bağımsız, farklı boyut ve geometrilere sahip rift havzalarına işaret eder (Görür ve diğ., 1983; Özer, 1984). Gedik ve diğ. (1996) bu havzaları pull-apart havzalar olarak yorumlamışlardır. Birimin üst seviyelerini oluşturan ve ammonitico-rosso fasiyesi olarak bilinen kırmızı renkli kireçtaşı ve marnlar ise horstlara işaret eder (Özer, 1984; Kırmacı, 1998). Hamurkesen Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Malm-Alt Kretase yaşlı karbonat kayaları litolojik içeriğine bağlı olarak Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) ve Berdiga Kireçtaşı (Kırmacı, 1992) olarak adlandırılmıştır. Birimin geniş bir yayılım göstermesi Dogger'de host-graben şeklindeki havzaların dolması ve tektonik etkinliğin yavaşlaması ile birlikte bölgenin platform özelliği kazanması şeklinde yorumlanmaktadır. Bayburt yöresindeki platform karbonatlarını altı farklı fasiyese ayıran Kırmacı (2000) Erken Malm'de meydana gelen tektonik hareketler ile platformun parçalandığını ve bunun sonucu oluşan horstlarda platform karbonatların çökmeye devam ettiğini, grabenlerde ise türbiditik kireçtaşlarının

çökeldiğini belirtmektedir. Bayburt'un güneyindeki Maden yöresinde karbonatlar üzerine Üst Kretase'nin ofiyolitik melanjı (Otlukbeli melanjı) ve resifal kireçtaşları uyumlu olarak gelmektedir. Buna karşılık Bayburt ve kuzey kesimlerinde Üst Kretase'nin varlığı henüz kesin olarak bilinmemektedir (Şekil 1 ve 2). Nummulitli kireçtaşları ile başlayan ve marnlar ile devam eden ve tüf-tüfitler ile son bulan Eosen, Bayburt civarında Liyas kıvrıntılarını ve Malm-Alt Kretase karbonatlarını açısız uyumsuzluk ile üzerler (Özer, 1984).

Çalışma sahasının bulunduğu Bayburt yöresinde Eosen yaşlı birimler, uyumsuz olarak Liyas-Dogger volkanoklastikleri ve Malm-Alt Kretase yaşlı resifal karbonatlar üzerine gelmektedir (Özer, 1984). Özer (1984) tarafından Tekçam Tepe Formasyonu olarak tanımlanan Eosen istif, Nummulitli kireçtaşları ile başlar, kilitaşı ve marnla devam eder (Şekil 2). Birim dereceli olarak tüflere geçiş gösterir. Tüfler kilitaşı-marn seviyesi ile ayrılan iki seviyeden oluşurlar. Her seviye kaba tanelilerden ince taneliye doğru bir derecelenme gösterir ve taban seviyelerinde çok kalın tabakalı, tavanda ise ince tabakalıdır (Şekil 3).



Şekil 2. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti.

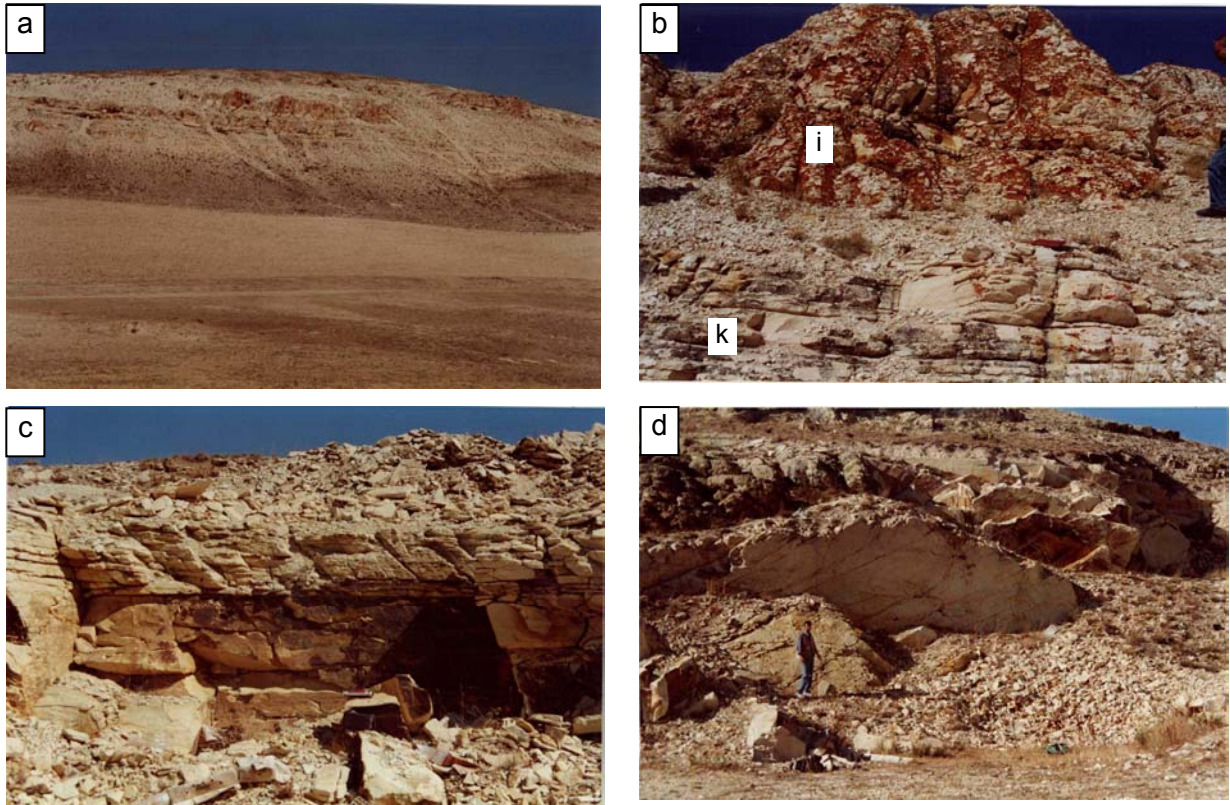
Figure 2. Stratigraphic columnar section of the investigation area.

## TÜFLERİN ARAZİ VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Bayburt tüfleri, genelde az engebeli yer yer sert morfoloji (özellikle tepe ve sırtlarda) sunmaktadır (Şekil 3). Tüfler krem ve sarımsı-krem renkleri ile karakterize edilirler. Yer yer oldukça çatlaklı (Şekil 3) ve ayrışmışlardır. Ayrışma yüzeyleri sarımsı kahve renklerde. Taş ocaklarında, tüflerin içlerinde yer yer yeşil renkli (klorit ve zeolit) beneklerin olduğu hatta bazı yerlerde kayacın tamamen yeşilin tonlarında (yoğun kloritleşme ve zeolitleşme nedeniyle) olduğu gözlenmektedir. İnce taneli tüflerde yer yer klorit mineralinin bozuşması ve yağışlarla kolayca yıkanıp gitmesi sonucu kayalarda ikincil küçük gözenekli bir görünüm ortaya çıkmıştır. Ayrıca kırık yüzeyleri boyunca

gelişen mangan dendritikleri bulunmaktadır. Tüfler tabakalı olup, tabakalar KD-GB doğrultusunda 4-20 dereceler arasında KB'ya eğimlidirler.

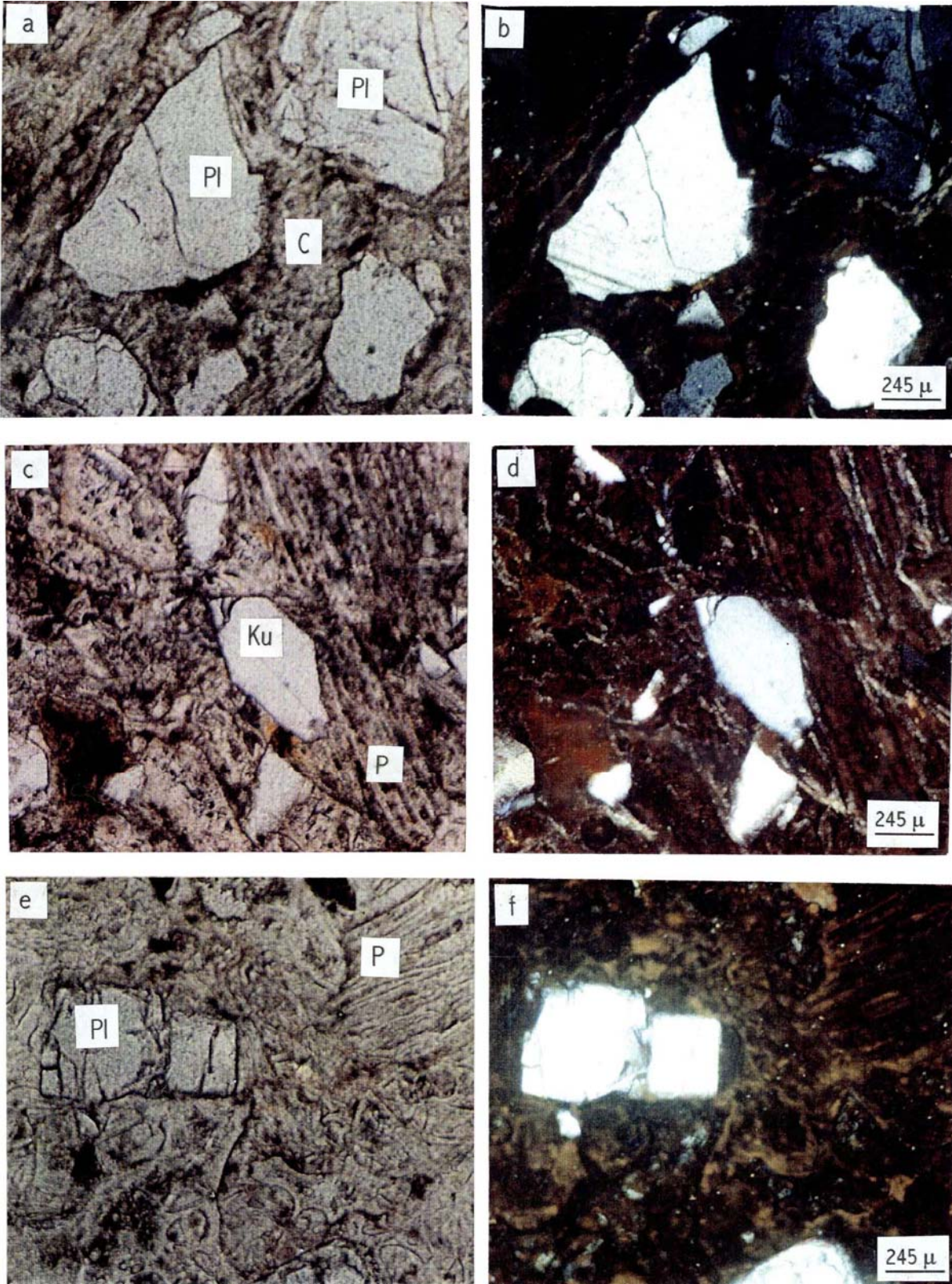
Tüfler genel olarak iki seviye halinde gözlenmektedir. Her seviye iri taneliden başlayıp ince taneli ile son bulmaktadır. İri ve ince taneli tanımı kayacı oluşturan tüm bileşenlerin büyüklüğü esas alınarak yapılmış olup, iki seviye halinde gözlenen tüflerin makroskopik özelliklerini de yansıtmaktadır. İri taneli örneklerde baskın olarak kristal (ve kristal parçaları) gözlenirken ince tanelilerde cam/cam kıymıkları (ve pomza) yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 4 ve 5). İri taneli seviyeler % 40-50 kristal, %40-50 cam ve pomza, buna karşın ince taneliler %20-25 kristal, %75-80 cam ve pomza içermektedir.



**Şekil 3.** Bayburt tüflerinin arazi görünümüleri: (a) Dağtarla Tepedeği tabakalanmanın, (b) ince taneli (i) ve kaba taneli (k) seviyelerinin yakından, (c) Tekçam Tepe kuzeydoğusunda bulunan taş ocağındaki, (d) kırık sistemlerinin yakından görünümüleri.

**Figure 3.** Field views of the Bayburt tuff: (a) bedding at Dağtarla Tepe, (b) a close view of fine-grained (i) and coarse-grained (k) levels at the same location, (c) a view from quarry at the northeast of Tekçam Tepe, (d) a close view of jointing at the quarry.

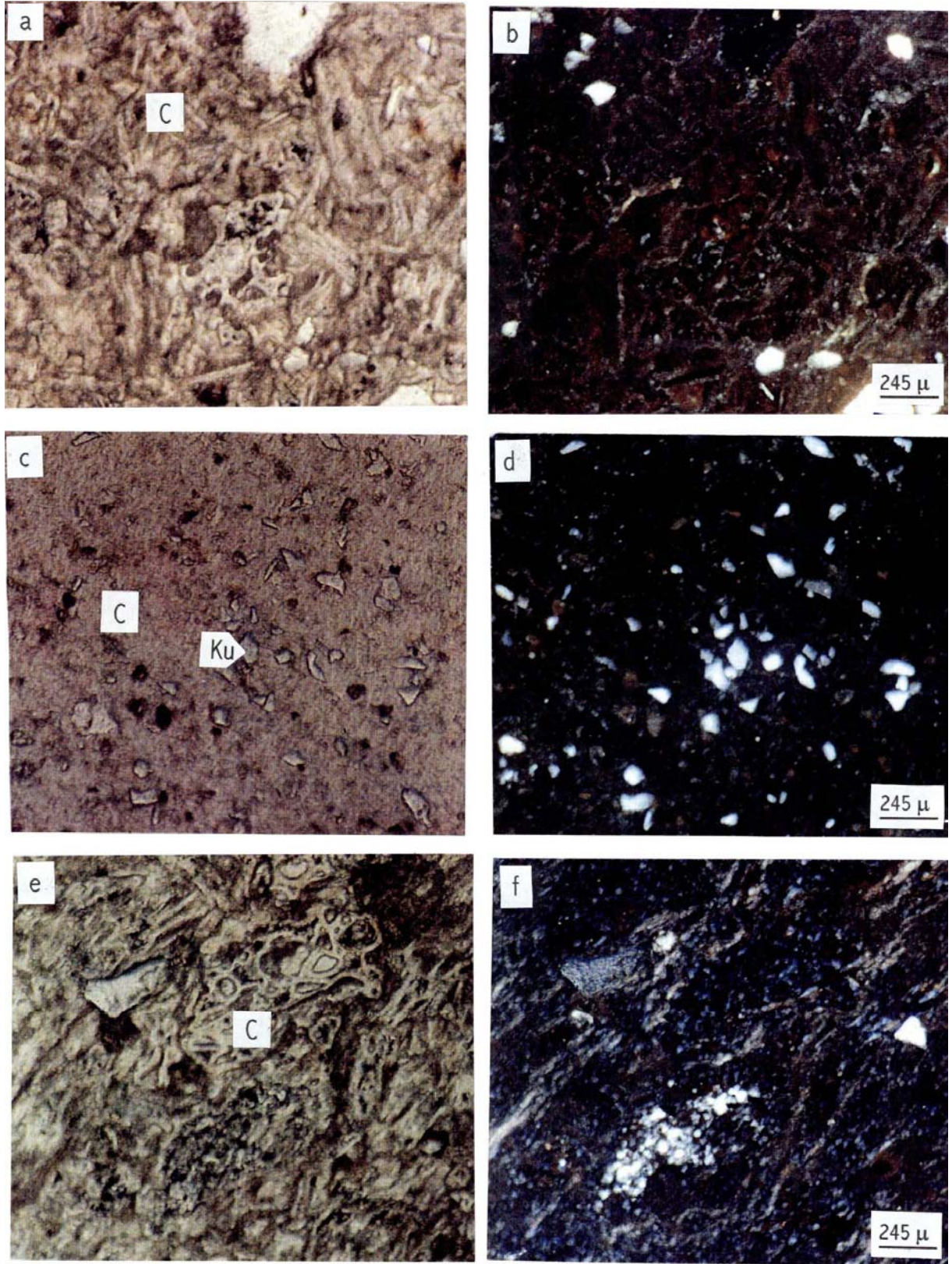




**Şekil 4.** Kaba taneli vitrik-kristal tüflerin mikroskopik görünüşleri. (a) T.N. ve (b) Ç.N. (Örnek 59), (c) T.N ve (d) Ç.N. (Örnek T5), (e) T.N. ve (f) Ç.N. (Örnek 58). Pl, plajiyoklas; C, cam kıymıkları; Ku, kuvars; P, pomza.

**Figure 4.** Microphotos of the coarse-grained vitric crystal tuff: (a) PPL, (b) XPL (Sample 59), (c) PPL, (d) XPL (Sample T5), (e) PPL, (f) XPL (Sample 58). Pl, plagioclase; C, glass shards; Ku, quartz; P, pumice.





**Şekil 5.** İnce taneli vitrik tüflerin mikroskopik görünüşleri. (a) T.N. ve (b) Ç.N. (Örnek 54), (c) T.N ve (d) Ç.N. (Örnek 55), (e) T.N. ve (f) Ç.N. (Örnek 68). C, cam kıymıkları; Ku, kuvars.  
**Figure 5.** Microphotos of the fine-grained vitric tuff: (a) PPL, (b) XPL (Sample 54), (c) PPL, (d) XPL (Sample 55), (e) PPL, (f) XPL (Sample 68). C, glass shards; Ku, quartz.

Genel olarak tüfler baskın olarak cam parçaları, pomza, kristal parçaları (plajiyoklas, kuvars, biyotit, sanidin) ve nadiren de büyüme (accretionary) lapillisi içerirler. Kayaçlarda yer yer serisitleşme ve killeşme gözlenir. Kaba ve ince taneli seviyeler sırasıyla 1:1 ve 1:3 olan kristal parçası/cam parçası oranları ile karakterize edilirler. Bu şekildeki bir modal bileşime göre kaba taneli seviyeler vitrik-kristal tuf, ince taneli seviyeler ise vitrik tuf olarak tanımlanabilir.

Plajiyoklas, genellikle köşeli, keskin uçlu kristal parçaları halinde oligoklas (optik olarak,  $An_{24-28}$ ) ve andezin (optik olarak,  $An_{38-42}$ ) bileşimindedirler ve osilasyonlu zonlanma gösterirler. Ayrışma sonucu yer yer kil ve serisite dönüşmüşlerdir.

Kuvars, özşekilsiz, az köşeli kristaller halinde olup, parçaları dalgalı sönme gösterirler. Biyotit, özellikle iri taneli örneklerde daha bol olup, yer yer bükülmüş şekilde ve bazıları da opaklaşma eğilimindedir.

Klorit ve zeolit çoğunlukla kristallerin etrafını ince bir zar şeklinde sarmaktadır. Cam parçaları özellikle vitrik örneklerde devitrifiye olmuştur. Özellikle ince taneli örneklerde devitrifikasyon sonucu skopülit (eğretili otu), margarit ve kümilit gibi şekiller oluşmuştur. Yer yer de sferulitik doku da gelişmiştir. Ayrıca ince taneli örneklerde büyüme (accretionary) lapilli gözlenmektedir. Örneklerde tane boyu irileştikçe cam oranı azalmakta, buna bağlı olarak devitrifikasyon ürünleri ve klorit oranı da azalmaktadır.

## TÜFLERİN PETROKİMYASI

### Ana ve İz Elementler

Bayburt tüflerine ait 20 adet örneğin ana ve iz element analizleri ile CIPW normatif mineralojileri Tablo 1 ve 2'de, sunulmuştur.

Örneklerin  $SiO_2$  içerikleri %65-71 arasında değişirken  $TiO_2$  %0.09-0.16,  $Al_2O_3$  % 10.41-12.5,  $Fe_2O_3^*$  %0.23-0.93,  $MgO$  %0.20-0.88,  $CaO$  %1.03-5.19,  $Na_2O$  %0.25-2.30,  $K_2O$  %1.57-7.33 ve ateşte kayıp (AK) içerikleri % 6-14 arasında değişmektedir. Tablo 1'e göre T3 örneğinin potasyum oksit içeriğinin (%7.33) diğer kayaç

örneklerinden çok daha yüksek olduğu görülür. Ayrıca bu örneğin ateşte kayıp içeriği diğer örneklerden oldukça düşüktür. Bu da bu örneğin daha çok kristal tuf olduğundan kaynaklanmaktadır. Çünkü vitrik tüflerde cam içeriğinin fazla olması nedeniyle ateşte kayıp içeriği (>%10) oldukça fazladır. Yine tabloda 62 nolu kayaç örneğinde karbonatlaşma olduğundan  $SiO_2$  içeriği (%64.54) diğer örneklere göre düşüktür. Ayrıca analiz sonuçlarında da  $CO_2$  içeriği (%0.78) bu örnek için çok yüksek çıkmıştır. Örneklerin Mg-numarası oldukça küçük değerlerde olup (Tablo 1), farklılaşmanın son derece yüksek olduğuna işaret etmektedir. CIPW normatif bileşimlerine göre tüm örneklerin *kuvars* normatif oldukları ortaya çıkmıştır (Tablo 2). Buda ana magmanın silisçe doymuş ve subalkalen karakterli olduğunu vurgulamaktadır. Yine normlarda *korund* (c)'un varlığı (Tablo 2), peralümin karakterli olduklarını göstermekle birlikte, köken olarak önemli ölçüde kabuğunun etkisine de işaret edebilir.

Bayburt tüflerinin petrografik özellikleri dikkate alındığında cam bileşenin fazla olması nedeniyle kimyasal olarak isimlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla ana ve iz element diyagramları kayaçların alterasyon durumları da dikkate alınarak dikkatli bir şekilde yorumlanmıştır. Şekil 6'deki toplam alkali ( $Na_2O+K_2O$ )- $SiO_2$  diyagramında örneklerin tamamı riyolit alanında yer almaktadır. Aynı diyagramda Irvine ve Baragar (1971)'in ayırım eğrisini göre örnekler subalkalin alanına düşmektedir.

Kayaçlarda alterasyon nedeniyle ana elementlerde (özellikle  $Na_2O$  ve  $K_2O$ ) zenginleşme olabileceğinden iz elementlere göre yapılan adlandırma daha sağlıklı olacaktır. Tuf örneklerinin, Winchester ve Floyd (1977)'un  $SiO_2$ -Zr/ $TiO_2$  diyagramında riyolit-dasit, Nb/Y-Zr/ $TiO_2$  diyagramında ise trakiandezit alanlarına düştükleri görülür (Şekil 7). Örnekler AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramına yerleştirdiğimiz zaman kalkalkalin alanda yer alırlar (Şekil 8).

Şekil 9'daki diyagramda görüldüğü gibi tuf örneklerinin çoğu orta potasyumlu alana düşmüştür. Üç örnek ise yüksek potasyumlu alana düşmüştür. Bu da alterasyondan veya



farklılaşmadan kaynaklanabilir. Ancak petrografik incelemelere göre alterasyonun azlığı bu değişimin büyük ölçüde gazların etkisiyle gelişen farklılaşmadan

kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Kayaçların çoğunluğunun orta dereceli potasyum içerikli oldukları görülmektedir (kalk alkalın seri).

**Tablo 1.** Bayburt tüflerine ait örneklerin ana (% ağırlık), iz ve nadir toprak element (ppm) analizleri.  
*Table 1. Major (weight %), trace and rare earth element (ppm) analyses of the Bayburt tuff samples.*

Örnek No	T1	T3	T5	T6	T8	T10	T11	52	54	55
SiO <sub>2</sub>	70.69	70.77	68.95	69.24	68.91	68.86	69.41	69	69.08	69.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.75	12.14	12.03	11.11	12.5	11.68	10.97	11.78	11.82	10.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.41	0.43	0.63	0.41	0.82	0.78	0.47	0.4	0.37	0.3
MgO	0.3	0.2	0.37	0.52	0.69	0.88	0.87	0.4	0.5	0.82
CaO	1.71	1.34	2.74	3.18	2.8	3.31	2.63	2.93	2.73	2.76
Na <sub>2</sub> O	1.9	0.68	1.61	0.46	0.81	0.44	0.28	1	0.29	0.35
K <sub>2</sub> O	2.53	7.33	2.2	2.17	3.44	1.57	2.61	3.22	3.01	2.09
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.13	0.16	0.1	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	< .01
MnO	< .01	0.01	< .01	< .01	0.01	< .01	< .01	< .01	< .01	0.01
AK	11.8	6.5	11.3	12.6	9.8	12.6	12.3	11.4	11.9	13.4
Toplam	100.24	99.55	100.01	99.81	99.94	100.25	99.67	100.28	99.83	100.19
Ni	< 1	1	1	< 1	2	2	1	< 1	< 1	1
Pb	< 3	13	4	4	11	10	< 3	< 3	6	22
Rb	100.8	144.9	83.2	81.9	89.4	75.6	93.5	102.9	91.8	83.7
Ba	1317	995	1071	1155	1178	1140	1072	1150	1112	1323
Sr	333.6	245	470.8	779.1	826.3	1020.8	684.7	429.6	392.1	1150.6
Nb	9.6	10.4	9.8	9.1	10	9.9	9.7	9.4	10.2	9.1
Zr	71	72.6	102.8	78.5	73.7	90.5	64.6	94	86.1	55.4
Y	10.4	8.7	8.5	9.2	8.7	10.3	9.8	9.4	10.3	8.3
Cs	3.7	2.6	3.1	2.7	2.4	2.5	2.4	3.8	3.6	2.3
Ga	10.3	11.6	11.1	10.5	12.2	11	10.7	11.1	11.1	8.1
Hf	2	2	2.8	2.3	2.3	2.5	2	2.5	2.6	1.8
Ta	1	1.1	1	1	1.3	1.2	1	1	1	0.9
Th	10.5	12.2	11.4	11.1	11.7	12.3	12	12.1	12.1	10.8
U	3.5	9.7	1.8	2.1	3.1	4.5	3.1	1.5	3.8	3.8
V	8	5	7	< 5	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5
La	26.2	26	26.9	25.5	27.4	27.1	25.4	27.7	27.2	23.4
Ce	43.6	43.3	42.6	41.5	43.8	42.7	42.6	44.7	45.3	39.2
Pr	3.9	4.14	4.01	3.91	4.11	4.2	4.09	4.25	4.26	3.69
Nd	13.3	14.4	13.6	13.4	12.7	13.1	12.4	12.9	14	11.4
Sm	2.3	2	2	2.1	2.1	2.3	1.7	1.9	2	1.8
Eu	0.32	0.36	0.36	0.31	0.39	0.3	0.28	0.36	0.29	0.19
Gd	1.7	1.59	1.66	1.53	1.65	1.76	1.47	1.68	1.8	1.44
Tb	0.23	0.19	0.24	0.23	0.23	0.28	0.25	0.25	0.25	0.22
Dy	1.59	1.33	1.5	1.35	1.4	1.68	1.56	1.48	1.64	1.46
Ho	0.32	0.26	0.3	0.32	0.31	0.33	0.33	0.31	0.34	0.28
Er	1.05	0.92	0.86	0.93	1.01	1.07	1.03	1	1.1	0.89
Tm	0.18	0.13	0.12	0.14	0.14	0.2	0.15	0.16	0.19	0.14
Yb	1.31	0.92	0.94	1.03	1.08	1.27	1.13	1.13	1.23	0.97
Lu	0.21	0.14	0.15	0.15	0.19	0.22	0.19	0.2	0.23	0.16
Mg#	42.25	31.75	37	55.91	45.69	53.01	64.93	50	57.47	73.21

Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden toplam demir. AK, ateşte kayıp (toplam uçucu içeriği). Mg# (Mg-numarası)=100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*).  
Note: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* is the total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. AK is loss on ignition (total volatile content). Mg<sup>#</sup>(Mg-Number)= 100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*).

**Tablo 1.** devamı.  
*Table 1.* continued.

Örnek No	57	58	59	60	61	62	66	67	68	69
SiO <sub>2</sub>	68.86	70.39	69.37	69.08	69.35	64.54	68.66	70.03	68.75	70.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.21	11.19	11.89	11.55	11.34	10.84	11.83	10.93	11.93	11.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.42	0.23	0.57	0.53	0.49	0.75	0.92	0.93	0.43	0.38
MgO	0.77	0.76	0.38	0.41	0.35	0.39	0.24	0.21	0.2	0.56
CaO	3.13	3.19	1.95	2.26	1.66	5.19	1.4	1.15	1.03	2.75
Na <sub>2</sub> O	0.25	0.75	2.1	1.1	1.96	1.75	2.08	2.3	2.23	0.73
K <sub>2</sub> O	2.08	1.6	3.04	2.93	2.72	2.34	3.66	3.2	4.42	2.59
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.13	0.11	0.12	0.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.01	< .01	0.01	0.01	< .01	0.03	< .01	< .01
MnO	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01	0.04	0.03	0.01	< .01	< .01
AK	13.2	11.7	10.4	12.2	12.1	13.9	10.7	11.2	10.2	11.8
Toplam	100.06	99.95	99.83	100.18	100.09	99.86	99.65	100.1	99.31	100.3
Ni	< 1	1	< 1	1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
Pb	3	< 3	3	3	5	7	10	7	5	< 3
Rb	83.7	70.3	98.2	106.4	98	91.3	120.4	113.9	137	91.4
Ba	1227	1252	1269	1175	1164	1182	1088	1212	1179	1319
Sr	921.5	842.9	322.7	358.2	350.8	513.5	352	324.9	352.4	690.8
Nb	9	8.7	8.8	9.1	9	8.5	8.9	9.2	8.9	8.2
Zr	67.1	73.4	82.3	75.8	70.6	69.7	72.8	73.1	69.8	65.8
Y	9.2	7.7	9.2	8.8	9.6	10.4	10.3	11.2	7.2	4.6
Cs	3	2.9	3.5	3.1	3.6	3.5	3.6	4	4.2	2.7
Ga	9.9	8.6	11	10.2	9.7	9.5	10.3	10.3	11.9	9.4
Hf	2.1	2	2.2	2.4	2.2	1.8	2.3	2.3	2.2	2.3
Ta	0.9	0.9	1	1	1	0.9	0.9	0.9	1	0.8
Th	11.3	9.4	11	12	11.6	10.9	11.6	11.2	11.4	9.1
U	4.3	3.2	2.3	3.9	2.9	2.3	3.9	1.6	2.3	2.6
V	< 5	< 5	6	5	5	7	6	< 5	5	5
La	25.7	23.7	25.6	25.9	26.3	23.8	25.9	24.9	26.7	21.1
Ce	40.8	37.7	42.2	41.5	42.7	39.1	41.6	40.8	43.7	34.4
Pr	3.93	3.48	3.89	3.89	4.02	3.81	3.95	3.86	4.11	3.29
Nd	13.4	10.8	12.8	13.3	12.6	11.7	12	12.3	12.4	10.4
Sm	2.1	1.4	2	2	1.9	1.9	2	1.7	1.9	1.5
Eu	0.28	0.35	0.32	0.26	0.35	0.42	0.34	0.35	0.34	0.31
Gd	1.53	1.39	1.52	1.59	1.56	1.68	1.49	1.52	1.55	1.15
Tb	0.21	0.2	0.23	0.19	0.22	0.23	0.26	0.19	0.22	0.15
Dy	1.24	1.27	1.51	1.55	1.6	1.63	1.6	1.57	1.38	0.88
Ho	0.31	0.28	0.28	0.3	0.3	0.33	0.35	0.36	0.24	0.14
Er	1.02	0.86	1	0.93	1.04	1.11	1.13	1.14	0.74	0.49
Tm	0.14	0.13	0.13	0.15	0.16	0.16	0.18	0.19	0.11	0.05
Yb	1.04	0.95	1.09	1.1	1.04	1.25	1.31	1.41	0.65	0.48
Lu	0.19	0.15	0.19	0.18	0.18	0.21	0.24	0.25	0.11	0.07
Mg#	64.70	76.77	40	43.62	41.67	34.21	20.69	18.42	31.75	59.57

Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden toplam demir. AK, ateşte kayıp (toplam uçucu içeriği). Mg# (Mg-numarası)=100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*).  
Note: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* is the total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. AK is loss on ignition (total volatile content). Mg# (Mg-Number)= 100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*).

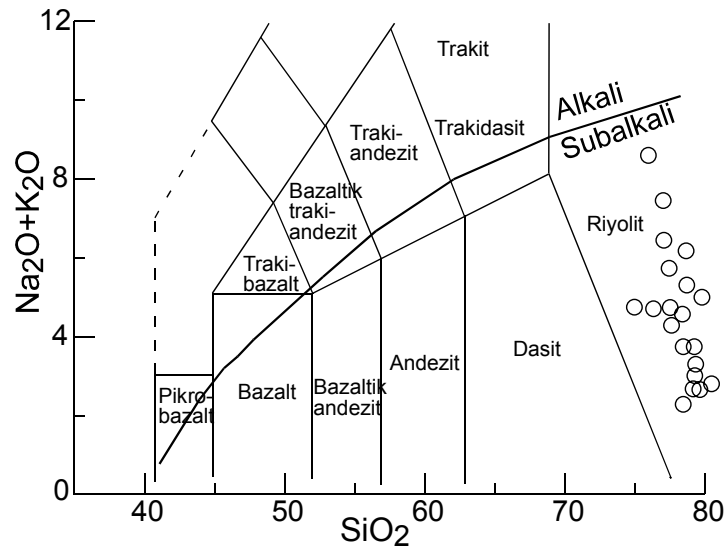
**Tablo 2.** Bayburt tüflerinin CIPW normatif mineralojik bileşimleri (%).

*Table 2. CIPW normative mineralogy (%) of the Bayburt tuff samples.*

Örnek No	T1	T3	T5	T6	T8	T10	T11	52	54	55
q	45.93	35.64	44.8	50.72	44.02	51.86	50.89	44.07	49.3	52.79
c	1.85	0.7	2.07	2.27	2.43	3.26	2.93	1.39	3.15	2.55
or	14.95	43.32	13	12.83	20.33	9.28	15.43	19.03	17.79	12.35
ab	16.08	5.75	13.62	3.89	6.85	3.72	2.37	8.46	2.45	2.96
an	8.29	6.52	13.46	15.65	13.7	16.36	12.98	14.34	13.48	13.69
hy	0.75	0.5	0.92	1.3	1.86	2.32	2.17	1	1.25	2.04
mg	0.25	0.28	0.45	0.3	0.59	0.57	0.33	0.23	0.19	0.21
he	0.03	0.02	-	-	-	-	-	0.04	0.05	0.01
il	0.23	0.25	0.3	0.19	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23	0.17
ap	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.02	0.02	0.07	0.02	-
Örnek No	57	58	59	60	61	62	66	67	68	69
q	51.64	51.96	40.78	46	48.48	42.21	39.09	41.61	36.35	49.36
c	2.9	2.45	1.62	2.46	2.18	3.29	1.9	1.66	1.61	2.12
or	12.29	9.46	17.97	17.32	16.08	13.83	21.63	18.91	26.12	15.31
ab	2.12	6.35	17.77	9.31	16.58	14.81	17.6	19.46	18.87	6.18
an	15.4	15.76	9.61	11.21	8.17	5.84	6.95	5.51	5.11	13.64
hy	1.92	1.89	0.98	1.04	0.89	1.17	0.82	0.77	0.5	1.39
mg	0.26	-	0.41	0.38	0.36	0.54	0.67	0.67	0.28	0.2
he	0.03	0.12	-	-	-	-	-	-	0.02	0.05
il	0.23	0.22	0.23	0.23	0.21	0.21	0.25	0.21	0.23	0.23
ap	0.05	0.02	0.02	-	0.02	0.02	-	0.07	-	-

Not: Norm, uçucu serbest bir tabanda hesaplanmıştır.

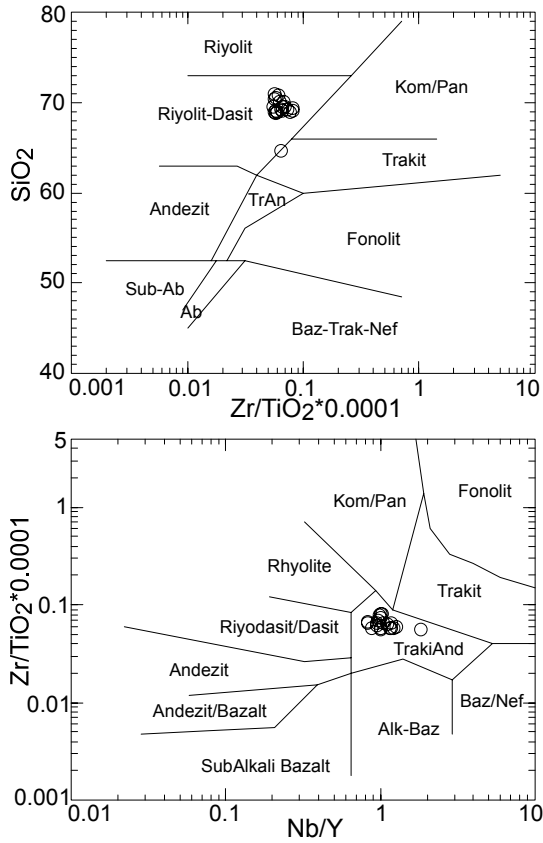
Note: Norm was calculated on volatile free basis.



**Şekil 6.** Bayburt tüflerinin toplam alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )'ye karşı  $\text{SiO}_2$  (% ağırlık) diyagramı (Le Maitre ve diğ., 1989). Alkalen-Subalkalen ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göre. Örnekler uçucu serbest tabanda diyagrama düşürülmüştür.

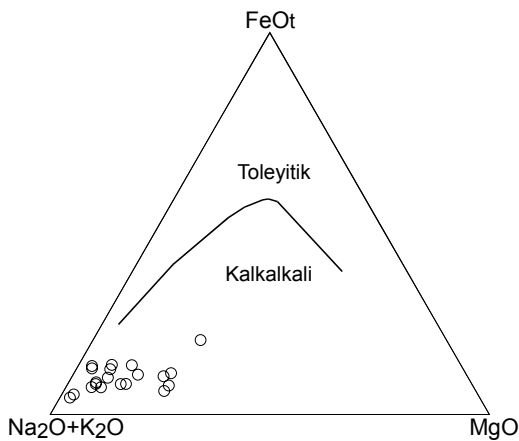
**Figure 6.** Total alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) versus  $\text{SiO}_2$  (wt.%) plot (Le Maitre et al., 1989) of the Bayburt tuff samples. Alkaline- subalkaline dividing line is from Irvine and Baragar (1971). Samples are plotted on volatile free basis.





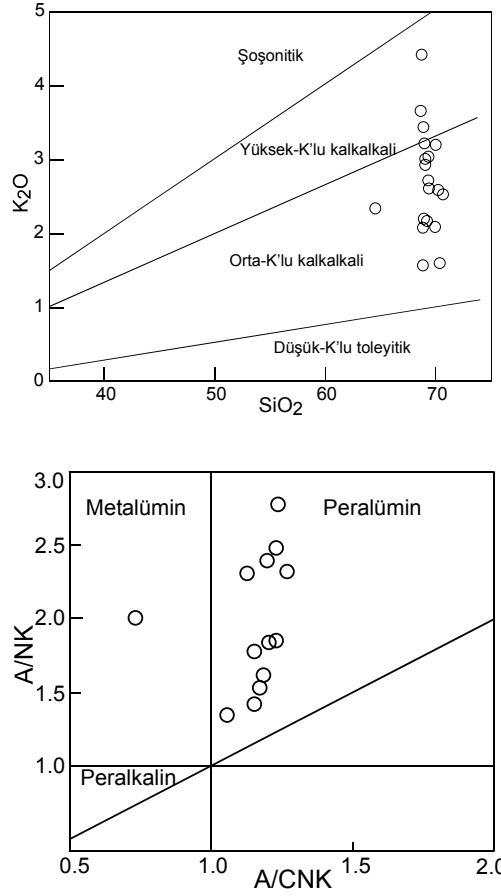
Şekil 7. Bayburt tüflerinin  $Zr/TiO_2$ 'ye karşı  $SiO_2$  (% ağırlık) ve Nb/Y adlandırma diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).

Figure 7.  $Zr/TiO_2$  versus  $SiO_2$  (wt.%) and Nb/Y classification plot (Winchester and Floyd, 1977) of the Bayburt tuff samples.



Şekil 8. Bayburt tüflerine ait örneklerin AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

Figure 8. AFM triangular plot (Irvine and Baragar, 1971) of the Bayburt tuff samples.



Şekil 9. Bayburt tüflerine ait  $K_2O$  (% ağırlık)'e karşı  $SiO_2$  (% ağırlık) (Le Maitre ve diğ., 1989) ve A/CNK-A/NK (Maniar ve Piccolli, 1989) diyagramları. Örnek T3,  $K_2O$  içeriğinin yüksek olması nedeniyle  $SiO_2$ - $K_2O$  diyagramına aktarılmamıştır.

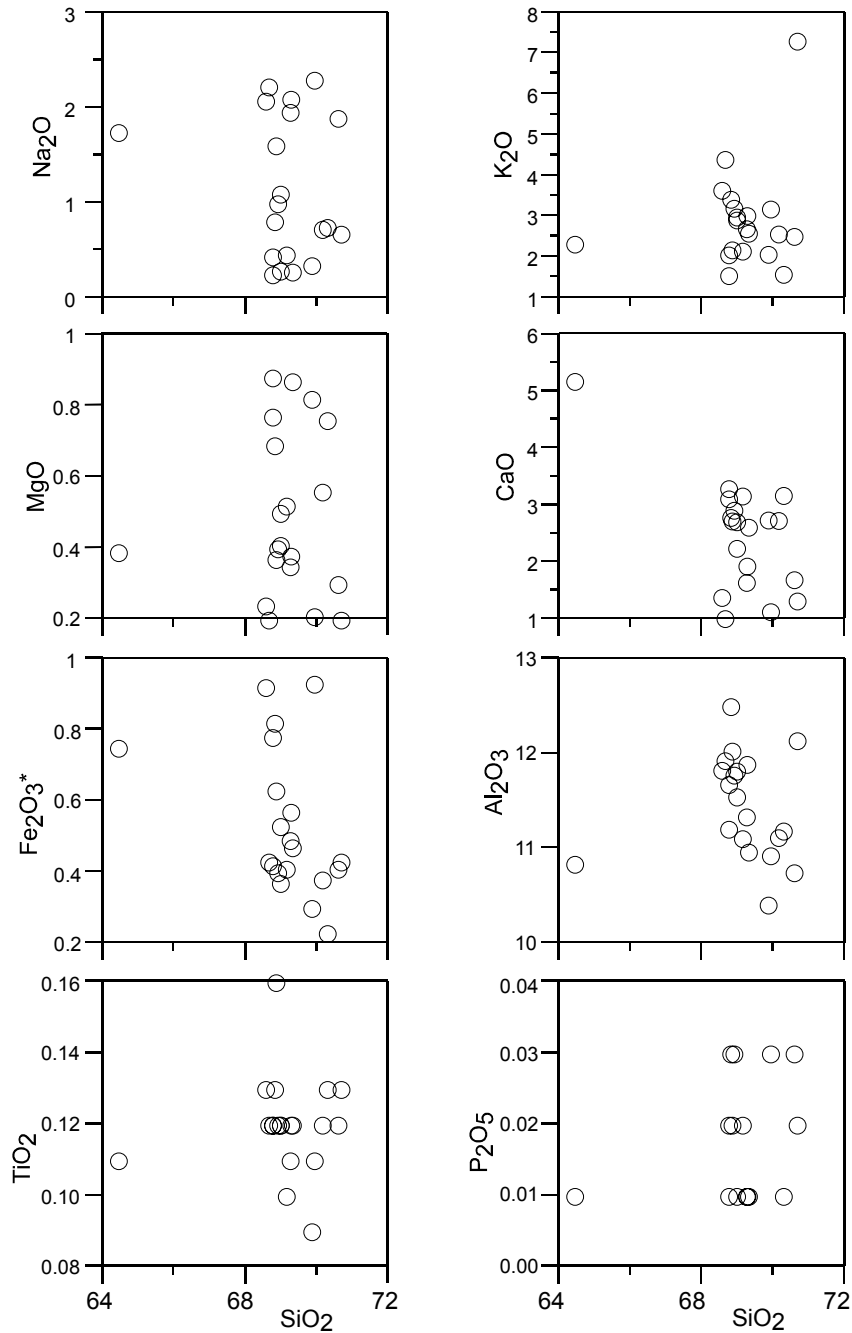
Figure 9.  $K_2O$  (wt.%) versus  $SiO_2$  (wt.%) (Le Maitre et al., 1989) and A/CNK versus A/NK (Maniar and Piccolli, 1989) plots of the Bayburt tuff samples. Sample T3 was not plotted on  $SiO_2$ - $K_2O$  plot due to high  $K_2O$  content.

Alüminyum doygunluğunu belirlemek için Maniar ve Piccolli (1989) A/CNK-A/NK diyagramı kullanılmış olup, tüf örneklerinin biri hariç tamamı peralümin alanda yer almaktadır (Şekil 9).

Bayburt tüf örneklerinin ana oksit ve iz element Harker diyagramları çizgisele yakın bir değişim sergiler (Şekil 10 ve 11). Böyle bir yönseme püskürme öncesinde magma odasında ve çıkış yolunda gerçekleşen kristal fraksiyonlaşması gibi bir magmatik olayın

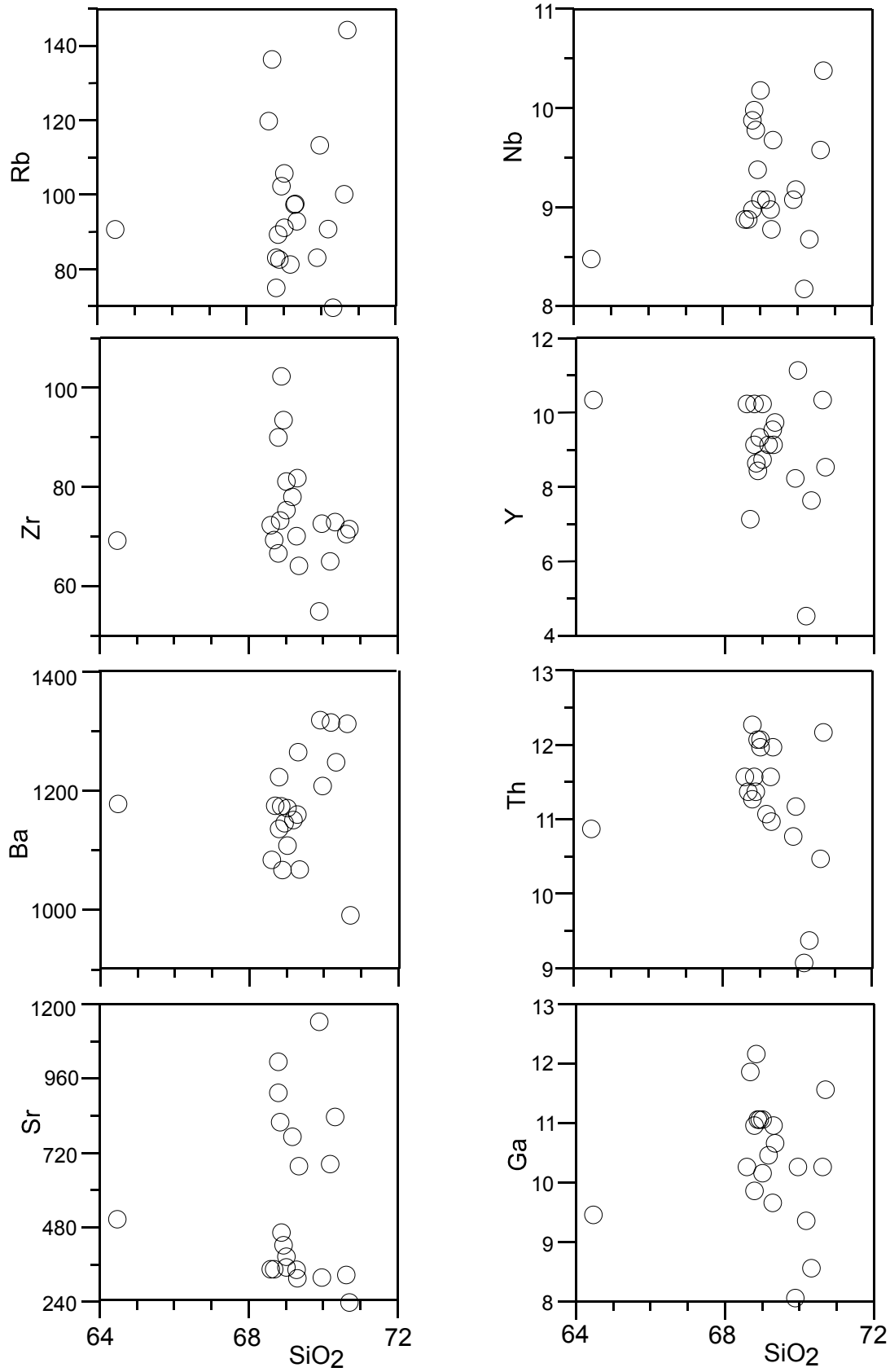
varlığına işaret eder. Ancak değişimlerde dikkat çeken husus  $\text{SiO}_2$  değişiminin dar aralıkta olmasına karşın birçok ana ve iz elementin fazla değişimi düşüye yakın bir ilişki ile belirginleşmektedir. Böyle bir değişim muhtemelen gazların etkisiyle (sürüklemesiyle) meydana gelebilecek bir kristal ayrışmasıyla oluşturulabilir.

$\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  diyagramlarındaki değişimler özellikle plajiyoklasların fraksiyonlaşmada etkili olduklarını gösterir.  $\text{MgO}$  ve  $\text{SiO}_2$  arasındaki ilişki bir mafik mineral fazının (muhtemelen hornblend) ayrışmasına,  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  değişim diyagramı ise Fe-Ti oksitlerin ve hornblendin fraksiyonel kristalleşmede etkili olabileceklerine işaret eder.



Şekil 10. Bayburt tüflerine ait örneklerin  $\text{SiO}_2$  (% ağırlık)'ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları.

Figure 10.  $\text{SiO}_2$  (wt.%) versus major oxide (wt.%) variation plots of the Bayburt tuff samples.



Şekil 11. Bayburt tuf örneklerinin SiO<sub>2</sub> (% ağırlık)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.

Figure 11. SiO<sub>2</sub> versus trace element (ppm) variation plots of the Bayburt tuff samples.



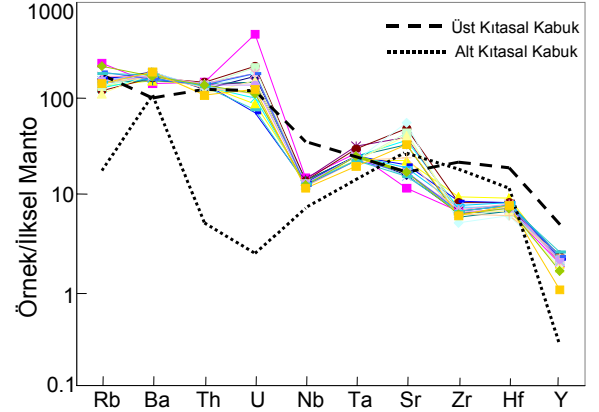
Şekil 11'de verilen SiO<sub>2</sub> içeriğine karşı iz element değişim diyagramlarına göre bazı iz elementlerde düzenli değişimlerin olduğu gözlenmektedir. Uyumsuz elementlerden Rb'un değişimi hornblend, Sr ise daha çok plajiyoklas ve az oranda hornblend fraksiyonlaşması ile ilişkili olabilir. Aynı şekilde Ba'un değişiminde, daha çok hornblend az miktarda da plajiyoklas etkili olmalıdır. Benzer şekilde Y, hornblend ayrımlaşmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu bakımdan tüflerin gelişiminde plajiyoklaslar ve hornblend fraksiyonlaşmasının etkili olduğu söylenebilir.

### Uyumsuz ve Nadir Toprak Elementler

Tüf örneklerinin İlksel Mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılımlarında genel olarak zenginleşme gözlenmektedir (Şekil 12). Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (Rb, Ba, Th, U) oldukça fazladır. Dağılımlarda belirgin Nb anomalisi bulunmaktadır. Özellikle U, Th gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır. Bu da tüflerin oluşumuna esas olan ana magmanın gelişiminde kabuğun etkili bir şekilde rol aldığını (özümleme veya kısmi ergiyikler şeklinde) düşündürmektedir. Bu bakımdan kıtasal kabuk değerleri karşılaştırma açısından iz element dağılım diyagramına aktarılmıştır. Tüf örneklerinin kıtasal kabuk değerlerine (özellikle de üst kıtasal kabuk) oldukça yakın dağılım gösterdiği ortaya çıkmıştır (Şekil 12). Dolayısıyla kıtasal kabuk (olgunlaşmış kalınlaşan eski yay kabuğu) ana magmanın oluşumunda büyük bir rol (ya yüksek oranda gelişen AFC ya da kısmi ergiyikler olarak) oynamıştır.

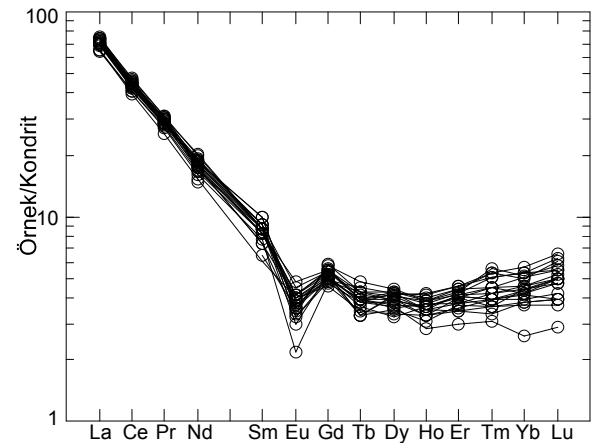
Bayburt tüflerinin kondrite oranlanmış nadir toprak elementleri, (La/Lu)<sub>N</sub>=10-30 değeriyle orta derecede zenginleşmiş, kaşık şekilli bir dağılım sunmaktadırlar (Şekil 13). Kondrite göre hafif nadir toprak elementler yaklaşık 100 kat zenginleşmiştir Dağılımlarda oldukça belirgin negatif Eu anomalileri gözlenmektedir. (Eu/Eu\*)<sub>N</sub>=0.5-0.7 arasında değişmektedir (Eu\*=(Sm+Gd)/2). Negatif Eu anomalisi fraksiyonel kristalleşmede feldispatların etkili olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca orta ağırlıktaki nadir toprak elementlerde görülen

konkav dağılım hornblendin fraksiyonel kristalleşmedeki etkisini gösterir.



Şekil 12. Bayburt tüflerine ait örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı. İlksel manto değerleri Sun ve McDonough (1989), kıtasal kabuk değerleri Taylor ve McLennan (1985)'e göredir.

Figure 12. Primitive mantle (Sun and McDonough, 1989) normalized trace element patterns of the Bayburt tuff samples. Continental crust values are from Taylor and McLennan (1985).

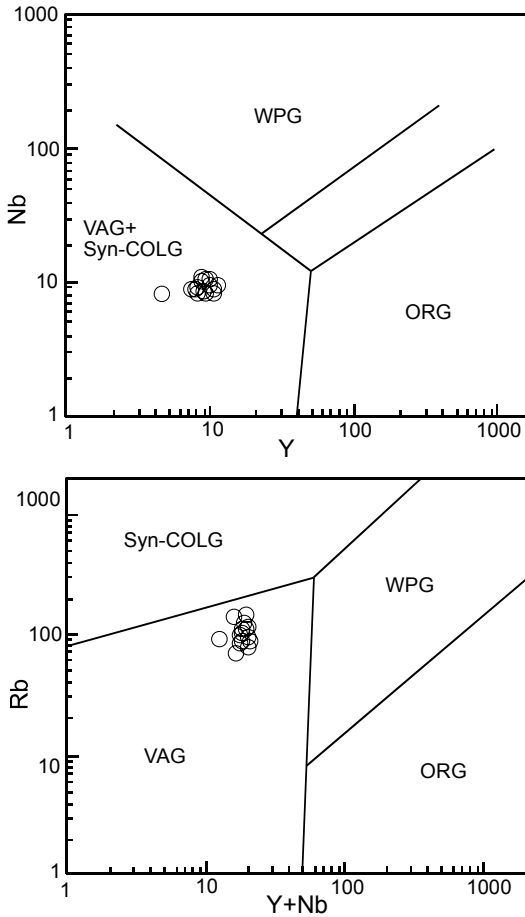


Şekil 13. Bayburt tüflerine ait örneklerin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılımları. Kondrit değerleri Taylor ve McLennan (1985)'e göredir.

Figure 13. Chondrite (Taylor and McLennan, 1985) normalised rare earth element patterns of the Bayburt tuff samples.

## Tektonik Ortam

Pearce ve diğ. (1984)'nin magma-tektonik ortamları ayırmada kullanılan iz element diyagramları kullanarak Bayburt tüflerinin ya da ana magmalarının ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu tür diyagramlar daha çok granitik sokulum kayaları için olmakla beraber tüflerin de riolititik-dasitik olmaları nedeniyle kullanılabilirdiği düşünülmüştür. Bayburt tuf örnekleri, Y-Nb diyagramında VAG+SynCOLG, Yb+Nb-Rb diyagramında VAG alanında yer almaktadır (Şekil 14). Bu da tüflerin oluşma ortamından ziyade kayaları oluşturan ana magmanın oluşum koşullarını veya kaynak alanlarını yansıttığı şeklinde yorumlanabilir.



**Şekil 14.** Bayburt tüflerinin iz elementlere (ppm) dayalı tektonik ortam ayırtman diyagramları (Pearce ve diğ., 1984).

**Figure 14.** Trace element (ppm) tectonic discrimination plots (Pearce et al., 1984) of the Bayburt tuff samples.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

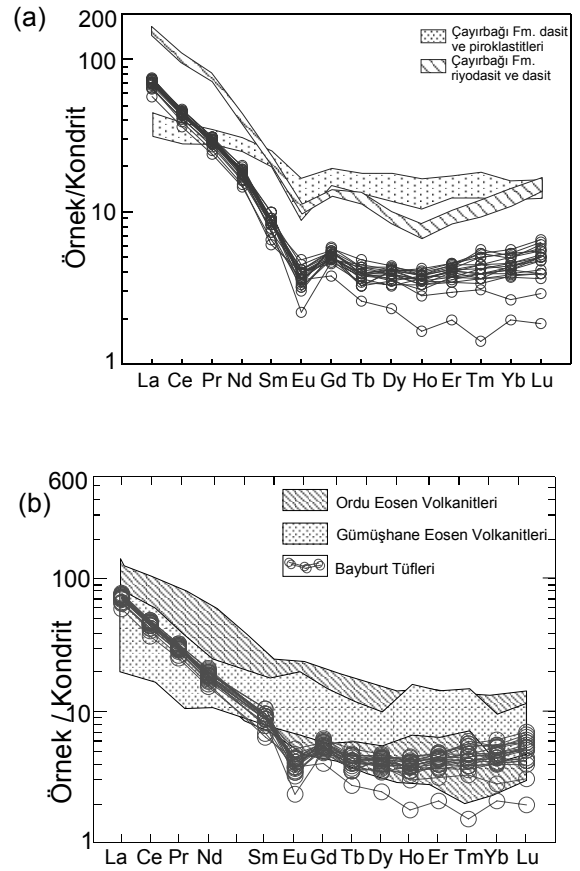
Bayburt civarındaki tüfler oluşum yaşı bakımından Eosen olmakla birlikte kimyasal bileşim ve renk bakımından Üst Kretase volkanitlerine benzemektedir. Bunların çökme ile eş yaşlı bir volkanizmadan itibaren oluşmaları durumunda ise Eosen yaşlı asidik bir volkanizma söz konusu olmaktadır. Bu ise Doğu Pontidler'de bu zamana kadar bilinmeyen Eosen volkanizması ile ilgili yeni bir bulgu ortaya çıkarmaktadır. Diğer taraftan kimyasal bileşimleri ve renk tonu bakımından Üst Kretase'de yaygın olarak bilinen dasitlere benzemektedirler. Bu durumda asidik malzemenin nereden ve nasıl kaynaklandığının açıklanması önem kazanmaktadır.

Doğu Pontidlerde, Üst Kretase serileri üzerine uyumsuz olarak gelen Eosen yaşlı kayalar genellikle volkanik ve daha az oranda ise volkanoklastik ve sedimanterlerdir. Eosen volkanitleri kalkalkalin-alkalen, alkalen karakterlidir ve baskın olarak bazalt, tefrit ve andezitten oluşmaktadır (Aliyazıcıoğlu, 1999; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Temizel, 2002). Fakat Trabzon yöresi (Kuzey Zon) kayaları ile Gümüşhane Yöresi (Güney Zon) volkanik kayaları arasında litolojik ve kimyasal değişimler vardır (Arslan ve diğ. 2001, 2002; Arslan, 2003). Bayburt yöresinde ise daha önce gerçekleştirilen çalışmalara göre asidik volkanik ürünlerin Eosen birimleri içerisinde tuf ve tüffit olarak tanımlanmış olmasına rağmen (Özer, 1984), bölgesel ölçekte bu asidik volkanizmanın püskürme tipi, zamanı ve kökeni gibi önemli problemler üzerinde durulmamıştır. Bölgede Eosen dönemine ait felsik volkanitlere hemen hemen hiç değinilmemiştir. Bu çalışma ile ilk defa Bayburt tüflerinin, petrografik ve jeokimyasal özellikleriyle bölgedeki Tersiyer volkanizmasının gelişiminin ortaya konulmasında önemli olduğu düşünülmektedir.

Eosen yaşlı tüfler karakteristik olarak sadece Bayburt yöresinde bulunmaktadır. Tüfler diğer Eosen volkanitlerinden (hem kuzey hem de güneyde) arazi özellikleri ve asidik bileşimleri bakımından ayrılmaktadır. Tüflerin renkleri ve genel bileşimleri Üst Kretase yaşlı asidik volkanitlerle benzerlik göstermesine rağmen, bu volkanitlerle kaynak alanları bakımından benzerlik gösterebileceği veya bunlardan

türeyen volkanoklastik bir gelişimi temsil edebileceği düşünülebilir. Bu nedenle Bayburt tüfleri, Üst Kretase yaşlı riyodasit-dasit bileşimli volkanitler ve Eosen yaşlı kalkalkalen volkanitlerle nadir toprak element içerikleri açısından karşılaştırılmışlardır (Şekil 15). Şekil 15'de görüldüğü üzere tüflerin NTE dağılımları, Üst Kretase yaşlı Çayırbağı Formasyonuna ait asitik kayalara benzemekle birlikte toplam NTE bakımından daha az zenginleşmişlerdir. Buna karşın tüflerin NTE dağılımları, Eosen yaşlı volkanitlere daha yakınlık göstermekte sadece belirgin Eu anomali farklılığı dikkat çekmektedir. Ayrıca oldukça taze ve köşeli cam ve kristal parçaları ve yuvarlaklaşmış litik parçaların bulunmaması gibi petrografik veriler, Eosen havzasında veya çok yakınında eş zamanlı sedimantasyon ve freatomagmatik asidik volkanizma oluşumuna işaret eder.

Bayburt tüfleri riyodasit-dasitik bileşimli, kalkalkalen karakterli ve orta derecede potasyum içeriklidirler. Tüflerin jeokimyasal değişimleri, ortaç bir ana magma kaynağından (muhtemelen andezitik) türediğini göstermektedir. Ana magmanın differansiasyonu sırasında, riyodasitik-dasitik bileşime geçişte önemli ölçüde plajiyoklas ve hornblend ayrışması gerçekleşmiştir. Ayrıca ana magmanın oluşumunda kabuk etkisinin önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Bu durum güney zonda Tersiyer döneminde kabuk kalınlaşması ve magmatizma dinamiği görüşünü desteklemektedir (Arslan ve diğ., 2002; Arslan, 2003). Bayburt yöresinde tüflere eşlenik olabilecek andezitik ve riyodasitik-dasitik bileşimli lavlar gözlenmemesine rağmen inceleme alanının kuzeyinde D-B uzanımlı (Gümüşhane-Kale yörelerinde) yaygın bir kalkalkalin volkanik (andezit, bazalt ve piroklastitleri) istif (Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001) ve bunları kesen kalkalkalin granitik stoklar (Arslan ve Aslan, 2001) bulunmaktadır. Bu nedenle Bayburt tüflerini oluşturan felsik volkanizmanın ana magması ile daha kuzeydeki Tersiyer magmatitlerinin kaynak alanları arasında çok yakın benzerlik olduğu ve jeodinamik gelişim süreçlerinde çarpışma sonrası yükselme döneminde gelişen havza oluşumuyla ilişkili olabilecekleri düşünülmektedir.



**Şekil 15.** Bayburt tüflerinin, Üst Kretase asitik volkanitleri (a) ve diğer Eosen volkanitleri (b) ile karşılaştırmalı nadir toprak element dağılımları. Üst Kretase volkanitleri Eyüboğlu (2000) ve Eskici (2001), Eosen volkanitleri Temizel (2002), Arslan ve diğ. (2000a, b), Arslan ve Aliyazıcıoğlu (2001)'den alınmıştır. **Figure 15.** Chondrite normalized rare earth element patterns of the Bayburt tuff samples, compared with Upper Cretaceous felsic volcanics (a) and other Eocene volcanics (b) in the region. Upper Cretaceous volcanic values are from Eyüboğlu (2000) and Eskici (2001); Eocene volcanic values are from Temizel (2002), Arslan et al. (2000a, b), Arslan and Aliyazıcıoğlu (2001).

#### KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi destek sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje No: 99.112.005.3) Birimi'ne teşekkür ederler.



## KAYNAKLAR

- Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B. and Zakariadze, G.S., 1977, "Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus", *Tectonophysics*, **40**, 183-199.
- Ağar, Ü., 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999, Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon, 96s.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. and Kurt, H., 1997, "Geochemistry and petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey" *Chem Erde-Geochem*, **57**, 157-187.
- Arslan, M., Aslan, Z., Şen, C. and Hoskin, P.W.O. 2000a, Constraints on petrology and petrogenesis of tertiary volcanism in the Eastern Pontide paleo-arc system, NE Turkey, 10<sup>th</sup> V.M. Goldschmidt Conference, Journal of Conference Abstracts 5, 2, 157-158.
- Arslan, M., Şen, C., Aliyazıcıoğlu, İ., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2000b, Trabzon ve Gümüşhane yörelerinde (KD, Türkiye) yüzeylenen Eosen volkanitlerinin karşılaştırmalı jeolojisi, mineralojisi ve petrolojisi, *Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı I*, 39-53.
- Arslan, M. and Aliyazıcıoğlu, İ., 2001, "Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, *Int. Geol. Rev.*, **43**, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2001, Doğu Pontid Kuzey (Tonya-Trabzon) ve Güney (Yağmurdere-Gümüşhane) Zonundaki Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi, *KTÜ Araştırma Fonu Projesi Raporu No:98.112.005.2*, 30s.
- Arslan, M., Hoskin, P.W.O. and Aslan, Z., 2001, Continental crust formation and thermal consequences of Cenozoic thickening of the Eastern Pontides Tectonic unit: Preliminary temporal constraints and implications, *Fourth International Turkish Geology Symposium (ITGS IV)*, 121, Adana.
- Arslan, M., Temizel, İ. and Abdioğlu, E., 2002, Subduction input versus source enrichment and role of crustal thickening in the generation of Tertiary magmatism in the Pontid Paleo-Arc setting, NE Turkey. In: B. De Vivo and R.J. Bodgar (eds.), *Workshop-Short Course on Volcanic Systems, Geochemical and Geophysical Monitoring, Melt inclusions: methods, applications and problems*, Napoli, Italy, 13-16.
- Arslan, M., 2003, Doğu Pontid Tersiyer volkanizmasının jeokimyasal ve petrolojik özellikleri: Jeodinamik gelişime ait bazı ipuçları, *Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu*, Trabzon, 103-105.
- Çamur, M.Z., Güven, İ.H. and Er, M., 1996, "Geochemical characteristics of the Eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution", *Turk. J. Earth Sci.*, **5**, 123-144.
- EğİN, D., Hirst, D.M. and Phillips, R., 1979, "The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit river area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey", *J. Volcanol. Geoth. Res.*, **6**, 105-123
- Eskici, S., 2001, Sürmene-Of (Trabzon) Arasının Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon (yayınlanmamış).
- Eyüboğlu, Y., 2000, Tirebolu-Doğankent (Giresun) Arasının Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon (yayınlanmamış).
- Gedik, İ., Kırmacı, M.Z., Çapkınoğlu, S., Özer, E., ve Eren, M., 1996, Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi, *KTÜ Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Semp. Bil.*, **2**, 654-677.
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R. ve Yılmaz, Y., 1983, Pontidlerde Neotetisin Kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler", *B. Geol. Soc. Turkey*, **26**, 11-19.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, *Can. J. Earth Sci.*, **8**, 523-548.

- Kazmin, V.G., Sbertshikov, I.M., Ricou, L.E., Zonenshain, L.P., Boulin, J. and Knipper, A.L., 1986, "Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic Evolution of Tethys", *Tectonophysics*, **123**, 123-152.
- Ketin, İ., 1951, "Bayburt bölgesinin jeolojisi", *İÜ Fen Fak. Mecmuası- B*, **16**, 2, 113-127.
- Kırmacı, M.Z., 1992, Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşının Sedimentolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 256s.
- Kırmacı, M.Z., 1998, Uluçayır (Bayburt) yöresinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga kireçtaşlarındaki kondanse sekansın gelişimi ve sedimentolojik önemi, *FÜ Jeoloji Müh. Eğt. 20. Yılı Semp. Bil. Özleri*, 74-75.
- Kırmacı, M.Z., 2000, "Geç Jura yaşlı karbonat platformunun litofasiyes özellikleri ve evrimi, Uluçayır yöresi (Bayburt, Doğu Pontidler)", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **43**, 2, 33-49.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984, Demirözü (Bayburt) Güneyinin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, **5**, 107-115.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. and Zanettin, B., 1989, *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Blackwell, Oxford, 193s.
- Maniar, P.D. and Piccolli, P.M., 1989, "Tectonic discrimination of granitoids", *Geol. Soc. Am. Bull.*, **101**, 635-643.
- Özer, E., 1984, "Bayburt (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi", *Karadeniz Üniversitesi Dergisi*, **3**, 1-2, 77-89.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G.W., 1984, "Trace element discrimination diagrams for tectonic interpretation of granitic rocks", *J. Petrol.*, **25**, 956-983.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doçentlik Tezi, Trabzon.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders and M.J. Norry (eds) *Magmatism in Ocean basins*, Geological Society Special Publication, **42**, 313-345.
- Tarhan, F. ve Bulut, F., 1989, "Yapı taşı olarak Bayburt tüflerinin jeomekanik özellikleri", *Doğa*, **13**, 3, 485-498.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985, *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*, Blackwell, Oxford, 312s.
- Temizel, İ., 2002, İkizce (Ünye-Ordu) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon, 151s. (yayınlanmamış).
- Tokel, S., 1972, *Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey)*, Doktora Tezi, Univ. Col. of London, UK.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. and Schwarz, W., 2001, Age and metamorphic conditions of low-grade metamorphism in the Pular Massif, NE Turkey, *Fourth International Turkish Geology Symposium (ITGS IV)*, September 24– 28, Adana-Turkey, p. 215.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements", *Chem. Geol.*, **20**, 325-343.

