

TEPEKÖY VOLKANİTLERİNDE GÖZLENEN HİDROTERMAL ALTERASYONUN MİNERALOGİSİ, JEOKİMYASI VE EKONOMİK POTANSİYELİ, NİĞDE, ORTA ANADOLU, TÜRKİYE

Abdurrahman LERMİ (ORCID: 0000-0003-4117-689X)^{1*}

Mustafa SÖNMEZ (ORCID: 0000-0003-3191-3921)¹

Faruk AYDIN (ORCID: 0000-0002-0896-8564)²

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Geliş / Received: 15.11.2018

Kabul / Accepted: 20.12.2018

ÖZ

Tepeköy civarında andezit, bazalt ve bunların piroklastik çökelleri yaygın olarak gözlenir. Volkanik kayalar baskın olarak andezitik, nadiren de bazaltik bileşimlidir. Hidrotermal alterasyon volkan çıkış merkezi yakın civarı ve fay zonlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kuvars, serisit, klorit, kaolen, jarosit, alunit, natroalunit, hematit ve limonit mineralleri yaygın olan alterasyon mineralleridir. Jeokimyasal analiz (XRF ve ICP-MS) sonuçlarına göre, bölgede yüzeyleyen volkanik kayalar orta-yüksek potasyum içerikli olup, kalk-alkalen karakterlidirler. Kütle ve net kütle değişim hesapları, başlıca K (9,93 g), P (0,46 g), Mg (16,74 g), kısmen Al, S az miktarda Si (5,89 g) ve cevher oluşturan elementlerin ilavesine bağlı olarak yan kayalarda % 25.20'lık net bir kütle artışı göstermiştir. Fay ve kırık zonlarında aşırı derecede kaolenleşme, silisleşme, alunit/jarosit gibi sülfat minerallerinin varlığı bölgede hidrotermal bir sistemin çalıştığını işaret etmektedir. Ayrıca, Ba, Sr, Pb, Bi ve As gibi metallerin aşırı altere zonlarda zenginleşmiş olmaları, hidrotermal bir sistemin varlığını destekler niteliktedir. Diğer yandan sistem, bölgede kalitesini olumsuz yönde etkileyen yüksek silis, hematit-limonit gibi demir mineralleri ve jarosit-alunit gibi sülfat mineralleri içermelerine karşın ekonomik potansiyele sahip olabilecek kil yataklarının oluşumunu sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Hidrotermal alterasyon, alunit-jarosit, kütle transfer hesapları, Tepeköy volkanitleri, Niğde.

MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND ECONOMIC POTENTIAL OF HYDROTHERMAL ALTERATION IN TEPEKÖY VOLCANITES, NİĞDE, CENTRAL ANATOLIA, TURKEY

ABSTRACT

Andesite, basalt and their pyroclastic deposits are widespread around Tepeköy. The volcanic rocks are predominantly andesitic and rarely basaltic in composition. Alteration developed near around volcanic eruption center and along the fault zones. Quartz, sericite, chlorite, epidote and carbonate minerals are the dominant alteration minerals. Based on the results of geochemical analysis (XRF and ICP-MS), the volcanic rocks outcropping in the region have medium- to high-K calc-alkaline character. The mass and net mass change calculations indicate that 25.2 % volume increase in the altered zones mainly due to addition of K (9,93 g), P (0,46 g), Mg (16,74 g), Al, S, small amount of Si (5,89 g), and ore-forming elements. The presence of silicification,

* Corresponding author/Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 22 68 ; e-mail / e-posta: alermi@ohu.edu.tr

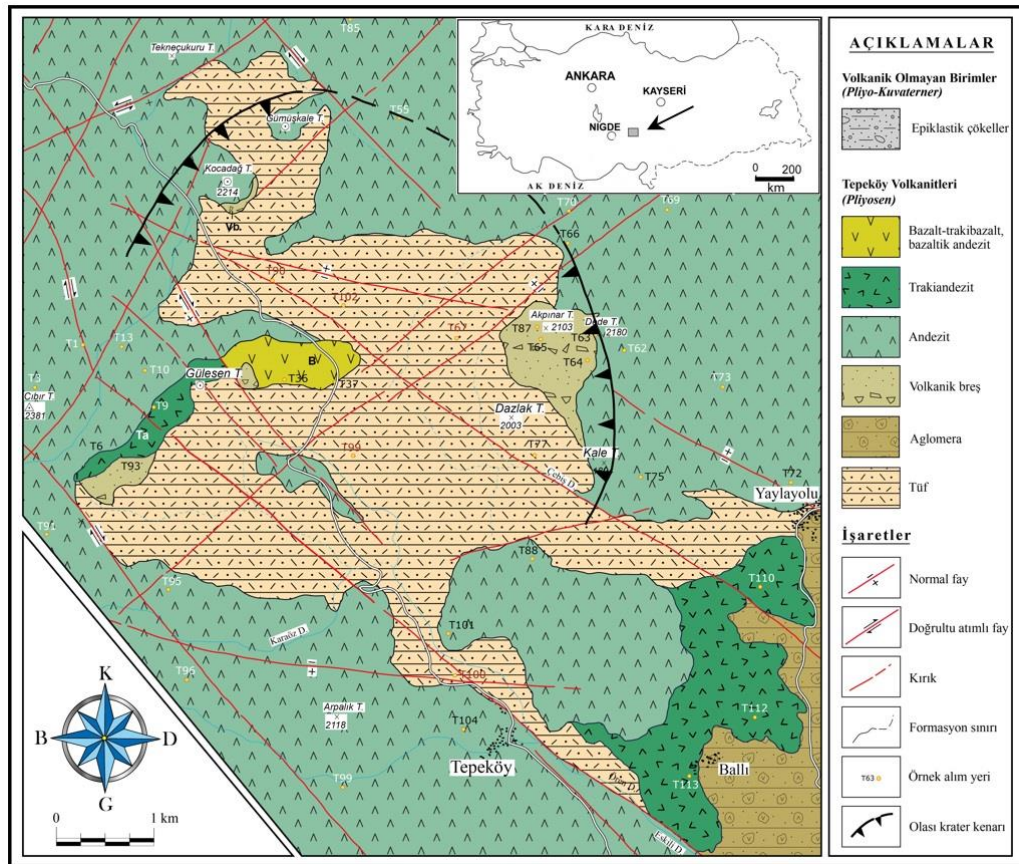
kaolinization and sulfate minerals such as alunite-jarosite in the extremely altered fault and fracture zones indicates that a hydrothermal system works in the region. Also, Ba, Sr, Pb, Bi and As enrichments in the extremely altered zones support the existence of the hydrothermal system. The system has led to the formation of clay beds, which can have economic potential due to intense hydrothermal alteration occurring in pyroclastic deposits.

Keywords: Hydrothermal alteration, alunite-jarosite, mass transfer calculations, Tepeköy volcanites, Niğde

1. GİRİŞ

Orta Anadolu volkanik provansı Orta-Geç Miyosen zamanında, Afrika-Arap plakaları ile Avrasya Plakası'nın çarpışmasıyla ilişkili yay volkanizması olarak yorumlanmaktadır [1]. Bununla birlikte bölgedeki Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanizmalar (Hasandağı, Erciyes, Melendiz ve Keçiboyduran) üzerinde yapılan son çalışmalar, kalk-alkalen/alkalen karakterli bu volkanitlerin, ekstansiyonel ya da transtansiyonel rejimle ilişkili olduklarını [2, 3] ve bunların manto kaynağının, eski bir yitim bileşeni içeren zenginleşmiş bir litosferik veya astenosferik manto kaynağı ile uyumlu olduğunu göstermektedir [4, 5, 6].

Hidrotermal sistemlerin çalıştığı yerlerde yüksek sıcaklıktan (hipotermal) düşük sıcaklığa (epitermal) kadar Cu, Pb, Zn, Au, Ag gibi temel ve kıymetli metal yatakları oluşabilme potansiyeli oldukça yüksektir [7]. Bu çalışmada, hidrotermal sistemin çalıştığı gözlenen Orta Anadolu volkanik provansının birçok bölgesinde (özellikle Niğde yöresi Tepeköy volkanitlerinde (Şekil 1), oluşan hidrotermal alterasyon tipleri, mineral birliktelikleri, kayaçların alterasyon dereceleri ve bu alterasyona bağlı olarak bölgede oluşabilecek epi-mezotermal maden yatakları ve endüstriyel hammadde potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Mevcut alterasyonlar ve bunların etkilediği kayaç türleri, fay ve kırık sistemleriyle olan ilişkileri, kayaçlarda meydana gelen kimyasal ve kütsel değişimler bu çalışmayla ilk kez belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki farklı volkanik birimleri ve ana tektonik unsurları gösterir jeolojik haritası [6'den değiştirilerek alınmıştır].

*TEPEKÖY VOLKANİTLERİNDE GÖZLENEN HİDROTHERMAL ALTERASYONUN MİNERALOGİSİ, JEOKİMYASI VE EKONOMİK POTANSİYELİ, NIĞDE, ORTA ANADOLU, TÜRKİYE***2. MATERYAL VE METOT**

İnceleme alanına ait jeoloji ve tektonik haritası yapımı esnasında alınan çok sayıda örneğin petrografik ve mineralojik incelemeleri sonucunda farklı birimlerden, taze, az ayrıışmış, çok ayrıışmış ve ileri derecede ayrıışmış olmak üzere 13 örneğin tüm kayaç, iz ve nadir toprak element (NTE) analizi yapılmıştır. Örneklerin tümkayaç mineralojik tayinleri XRD, ana element analizleri XRF, iz ve NTE analizleri ise ICP-MS yöntemi kullanılarak (Acme Laboratuvarı, Kanada) yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA**3.1. Volkanik kayaçların Jeolojisi, Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası**

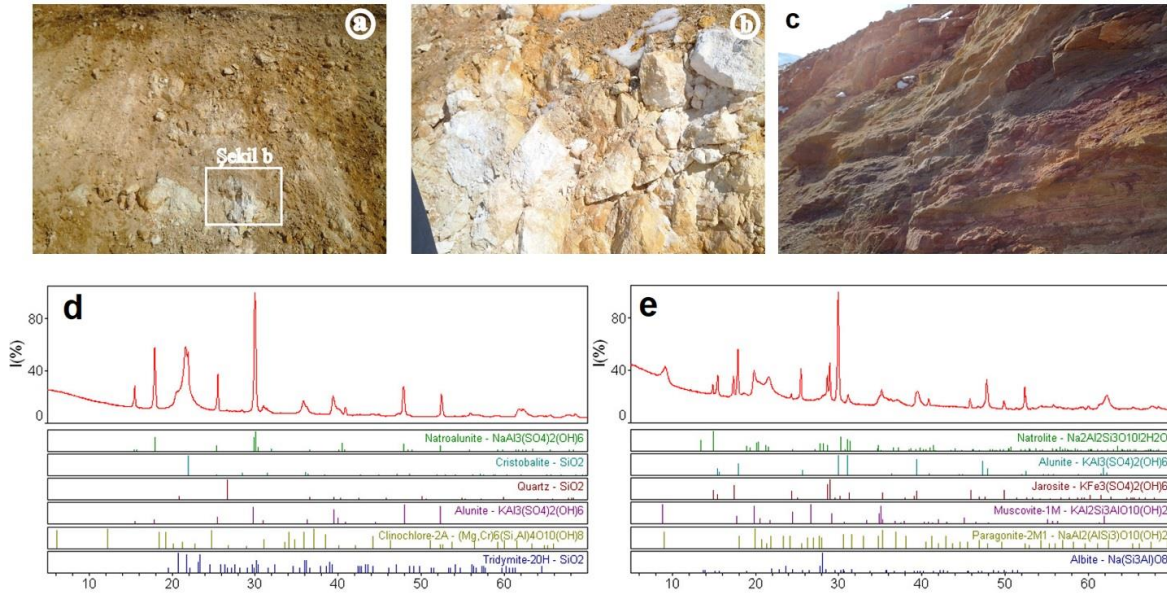
Yarım daire şekilli bir kaldera yapısı sunan Tepeköy Volkanik Kompleksi (TVK)'nin batı-güneybatı bölümü KB-GD yönlü faylardan yoğun bir şekilde etkilenmiştir (Şekil 1). Kalderanın merkezi Dazlak Tepe, Güresen Tepe ve Tepeköy ile sınırlı olup, bu alan yoğun bir şekilde hidrotermal alterasyona uğramış andezitik tüf ve breşlerden oluşmaktadır (Şekil 1). Volkanik istifin alt seviyelerinde piroklastik çökelti kayaçları; üste doğru sırasıyla, porfirik dokulu andezitler ve bunların tüf-breşleri ile olivinli bazaltlar gözlenir. Volkanik istifin üst seviyelerindeki andezitlere, özellikle Dazlak Tepe ve Güresen Tepe civarında tüf ve breşler eşlik etmektedir (Şekil 1). Bu andezitik tüfler, Güresen Tepe civarında dar bir alanda yüzeyleyen olivinli bazaltlar tarafından örtülmüştür. Bölgede en genç birim olarak bu volkanik kayaçları örten yamaç molozları, ile Germeğen Köyü ve Yaylayolu Köyü civarında mostra veren alüvyonlar gözlenmektedir. Tepeköy volkanitlerinde yapılan Ar/Ar radyometrik yaş tayinleri [6] sonucunda, bu volkanitlerin yaşının 4.68 ± 0.04 - 4.27 ± 0.02 My (Erken Pliyosen) olduğu belirlenmiştir.

Tepeköy volkanik kayaçların petrografik özelliklerine göre, piroklastik çökeller hariç, birimler andezit ve bazalt olmak üzere iki ana grupta toplanmıştır. İnceleme alanında geniş yüzeyleme sunan andezitik kayaçlar genellikle gri renkli olup, porfirik doku gösterirler ve plajiyoklas fenokristalleri ve magmatik anklav içermeleri ile tipiktirler. Diğer taraftan, andezitlere küçük mostralar halinde eşlik eden bazaltik kayaçlar, ki en çok mostra verdikleri yer Güresen Tepe civarındadır, koyu gri ve siyah renkli olup, daha taze ve sert görünümlü bir yapıya, vesiküller ve bazen porfirik bir dokuya sahiptirler. Piroklastik akma çökelleri ise genellikle litik kristal tüf karakterindedirler ve boşluklu bir yapıya sahiptirler. Yer yer silisleşmiş, yer yer de opak mineral içermektedirler. Çoğunlukla killeşmişlerdir. Volkanik breşlerin yaygın olduğu yerlerde breş parçalarının arası tridimit-kristobalit gibi düşük sıcaklık ürünü olan kuvars çeşitleri ile dolgulanmış vaziyettedir.

Taze ve az altere olarak nitelenen bazaltik ve andezitik volkanitlerin ince kesitlerinde, feldspat ve plajiyoklaslarda serisitleşme, silisleşme, kalsitleşme epidotlaşma; mafik minerallerde ise kalsitleşme, opaklaşma, limonitleşme, kloritleşme ve epidotlaşma yaygın olarak gözlenen alterasyon mineralleridir. İnceleme alanında belirli bir alterasyon zonlanması gözlenmemiştir. Yoğun hidrotermal alterasyon arazide haritalanabilecek yaygınlıkta değildir. Makroskopik olarak bölgede yoğun alterasyonun fay zonları, birimleri kesen genç daykların civarında ve fay ve kırık zonlarının birkaç metre etrafında geliştiği gözlenmiştir. Bölgede en yaygın olan alterasyon birlikteliği, kuvars, serisit, klorit ve epidottan oluşan propilitik alterasyon'dur. Zaman zaman hacim olarak andezitik ve felsik piroklastitlerde kuvars-serisit, andezit ve bazaltik piroklastitlerde ise klorit-serisit, kuvars ve çoğu zaman kil mineralleri baskın hale gelse de, bu durum fay ve piroklastik kayaçlara çok yakın bölgelerde gözlenirken geniş alanlarda yaygın değildir. Fay ve kırık zonlarında yoğun killeşme, hematitleşme, limonitleşme, silisleşme baskın hidrotermal alterasyon ürünleridir (Şekil 2a,b,c).

İnceleme alanında daha çok fay ve kırık zonlarında ve lav çıkış bölgelerine yakın breşik ve piroklastik kayaçların yaygın olduğu zonlarda silisleşme, killeşme (illit, kaolinit), alunitleşme (alunit grubu mineraller alunit, natroalunit ve jarosit vs), kloritleşme, epidotlaşma, serisitleşme, opaklaşma, hematitleşme ve limonitleşme gibi alterasyonlar izlenmiştir (Şekil 2d, e). Belirlenen alterasyon mineral topluluğu düşük ve orta sıcaklıkta (150-300 °C) izlenen, kısmen nötr veya hafif asidik pH ve yüksek sülfürlü hidrotermal sistemin çalıştığı koşullarda oluşan alterasyon türlerine oldukça benzerlik sunmaktadır [7].

A. LERMİ, M. SÖNMEZ, F. AYDİN



Şekil 2: Altere kayaçlara ait arazi görünümü (a, b ve c) ve XRD desenleri (d ve e; Ana piklere karşılık gelen mineraller bolluk sırasına göre sıralanarak verilmiştir).

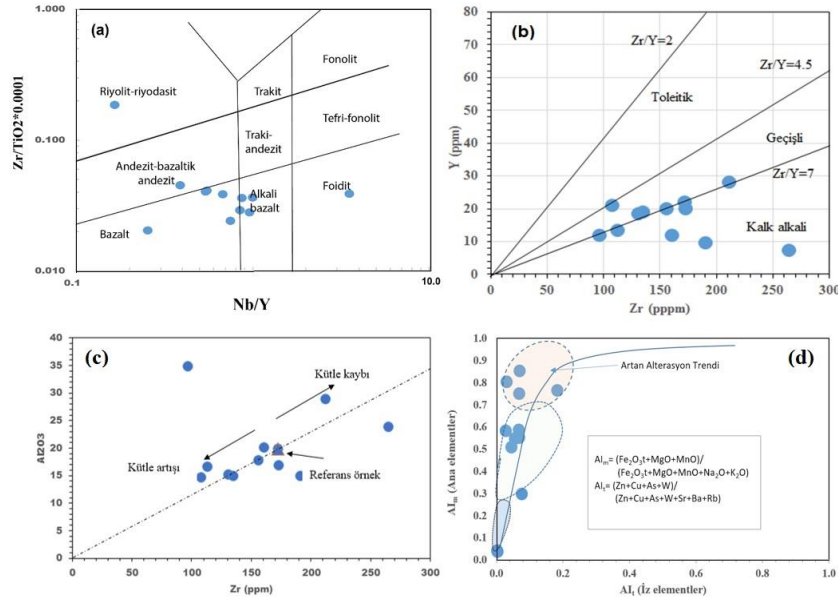
Volkanik kayaçların jeokimyasal sınıflamasında alterasyondan çok fazla etkilenmeyen Nb/Y-Zr/TiO₂'ye göre hazırlanan sınıflama diyagramı [8, 9] kullanılmıştır (Şekil 3a). Ancak ileri derecede altere örneklerde TiO₂ değerlerinde yer yer artmalar söz konusudur. Bu husus dikkate alındığında bütün örnekler bazalt ve alkali bazalt alanına düşmüştür. Ayrıca aşırı silisleşme olan örneklerde bu oynama çok daha fazladır. Örneklerin jeokimyasal sınıflamada özellikle volkanik kayaçlarda jeokimyasal afinitelerinin belirlenmesinde yine hareketsiz element olarak düşünülen Zr-Y ikili diyagramı [9] kullanılmaktadır (Şekil 3b). Bu diyagrama bakıldığında Tepeköy volkanik kayaçlarının jeokimyasal afinitesinin kalkalkali, kalkalkali-toleyitik geçişli özellik gösterdikleri anlaşılmaktadır. İncelenen örneklerde ana ve iz element içeriklerine göre hazırlanan alterasyon indisleri karşılaştırıldığında taze ve çok altere örneklerin artan bir alterasyon trendinde oldukları gözlenmektedir (Şekil 3d). Bunun yanında normalde hareketsiz element olarak bilinen NTE'leri, az altere, altere ve çok altere kayaçlarda, alterasyona bağlı olarak hafif NTE bakımından oldukça zenginleştikleri, ağır NTE bakımından ise hareketlenmenin daha az olduğu anlaşılmıştır.

3.2. Volkanik Kayaçlardaki Kütle ve Kimyasal Değişimler

Kütle değişim hesapları, altere olmuş kayaçların kimyasal bileşimi, altere olmamış ya da nispeten çok az altere olmuş kayaçların bileşimleriyle kıyaslanarak yapılır. Korelasyon analizinde, elementler arasında en yüksek pozitif korelasyonun Zr-Y ($r=0.8$, $p<0.01$) ve Zr ile diğer elementler arasında belirlenmiş (Şekil 3a) ve izokon diyagramı bu elementlere göre hazırlanmıştır [10; Şekil 3c]. Yapılan hesaplamalarda taze kayaca göre altere kayaçlarda % 25.2 net kütle artışının olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak taze andezit ve piroklastik kayaçlarda Zr, Hf, Nb, Ti hareketsiz olan elementlerdir.

Tepeköy'den alınan volkanitlerde yapılan net (100g'a göre) kütle değişim hesaplarında az ayrılmış kayaçlarda Ca (4,1 g), Al (9,89 g), Fe (4,77 g) artışı olmuş ve bu durum kayaçların, kalsitleşmesine, killeşmesine ve kloritleşmesine sebebiyet vermişlerdir. Aşırı ayrılmış kayaçlarda ise Ca (0,78 g), Mg (16,74 g), Si (5,89 g), K (9,93 g), P (0,46), S (3,6g) ilavesiyle tridimit, opal ve diğer kuvars çeşitleri, serizit, ve ayrıca kaolen ve alunite grubu minerallerin oluşmasını sağlamışlardır. Burada Ca ve Na'un hemen hemen çoğu ayrılmış kayaçlarda tüketilmiş olması, kayaçlardaki feldspatların tamamen ayrılarak bu elementlerin ortamdaki yıkandığını göstermektedir. Silikatların ayrışması ortaya Si artışı getirmiş, bu durum silisleşmenin yanında aşırı derecede killeşmeyi sağlamıştır. Bir diğer durum ise taze kayaca göreceli olarak Pb (%354), Zn (%294), Sb (%170), As (%277) gibi elementlerin ayrılmış zonlarda zenginleşmiş olmasına rağmen bunların minerallerine rastlanmamış olmasıdır. Sonuç olarak tüm kayaçlarda yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, hidrotermal sıvının silisyumca nispeten fakir ve nötr-hafif asidik bileşimde olduğu söylenebilir.

TEPEKÖY VOLKANİTLERİNDE GÖZLENEN HİDROTERMAL ALTERASYONUN MİNERALOGİSİ, JEOKİMYASI VE EKONOMİK POTANSİYELİ, NİĞDE, ORTA ANADOLU, TÜRKİYE



Şekil 3: Tepeköy volkanitlerinin (a) Nb/Y-Zr-TiO₂ [8] ve (b) Zr-Y [9] ayırtman diyagramındaki yerleri ve jeokimyasal sınıfları, (c) Al-Zr değişim diyagramı (Referans örnek taze örnekler), (d) kayaçların ana ve iz elementlere göre hazırlanan alterasyon indeksleri değişim diyagramı

4. SONUÇLAR

Bölgedeki volkanitler baskın olarak andezitik karakterdedirler. Volkan çıkış merkezi yakın civarında, genişliği birkaç 10 m arasında değişen ve belirgin bir zonlanma göstermeyen hidrotermal alterasyon, fay zonlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kuvars, serizit, klorit, kaolen, jarosit, alunit, natroalunit, hematit ve limonit mineralleri yaygın olan alterasyon mineralleridir. Tepeköy volkanitleri orta-yüksek potasyum içerikli olup, kalk-alkalen karakterlidirler. Taze kayaca göre ayrılmış kayaçlarda, başlıca K (9,93 g), P (0,46 g), Mg (16,74 g), kısmen Al, S az miktarda Si (5,89 g) ve cevher oluşturan elementlerin ilavesine bağlı olarak %25.2'lik net bir kütle artışı belirlenmiştir. Fay ve kırık zonlarında aşırı derecede kaolenleşme, silisleşme, alunit/jarosit gibi sülfat minerallerinin varlığı, bölgede hidrotermal bir sistemin çalıştığını işaret etmektedir. Ayrıca, Ba, Sr, Pb, Bi ve As gibi metallerin aşırı altere zonlarda zenginleşmiş olmaları, hidrotermal bir sistemin varlığını destekler niteliktedir. Ancak yüzeyde bu metallerin pirit dışında, galen, sfalerit ve antimonit gibi cevher minerallerine rastlanmamış olması, bölgede ekonomik olabilecek bir maden yatağının varlığını zayıflatmaktadır. Diğer yandan sistem, Yaylayolu Köyü civarında piroklastik kayaçlarda gelişen, yoğun hidrotermal alterasyona bağlı ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen yüksek kuvars, hematit-limonit gibi demir mineralleri ve jarosit-alunit gibi sülfat mineralleri içeren ekonomik potansiyele sahip, zaman zaman işletilen kil yataklarının oluşumunu sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: FEB2009/14). Bu desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] DİRİK, K., "Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia-Turkey", *Geodinamica Acta*. 14, 147-158, 2001.
- [2] KOÇYİĞİT, A., BEYHAN, A., "A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey", *Tectonophysics*. 284, 317-336, 1998.

A. LERMİ, M. SÖNMEZ, F. AYDİN

- [3] TOPRAK, V., GÖNCÜOĞLU, M. C., “Tectonic Control on the Evolution of the Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey”, *Geol J.*, 28:357–369, 1993.
- [4] AYDİN, F., SCHMITT, A.K., SIEBEL, W., SÖNMEZ, M., ERSOY, Y., LERMİ, A., DİRİK, R.K., DUNCAN, R., “Quaternary Bimodal Volcanism in the Niğde Volcanic Complex (Cappadocia, Central Anatolia-Turkey): Age, Petrogenesis, and Geodynamic Implications”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 168:1078, 1-24, 2014.
- [5] AYDİN, F., “Contrasting Complexities in the Evolution of Calc-alkaline and Alkaline Melts of the Niğde Volcanic Rocks, Turkey: Textural, Mineral Chemical and Geochemical Evidence”, *European Journal of Mineralogy* 20, 101-118, 2008.
- [6] AYDİN, F., SÖNMEZ, M., DİRİK, R.K., “Niğde Volkanik Kompleksinin Jeokronolojisi ve Petrojenezi: Neo-Kuvaterner Döneminde Orta Anadolu’daki Manto Bileşimi, Magma Gelişimi ve Jeodinamik Süreçler Üzerine Uygulamalar”. TÜBİTAK Projesi, No: 108Y003, 2011.
- [7] PIRAJNO, F., “Hydrothermal Processes and mineral systems”, *Geological survey of western Australia*, Springer, pp.1250, 2010.
- [8] MACLEAN, W.H. VE KRANIDIOTIS, P., “Immobile elements as monitors of Mass transfer in hydrothermal alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec”, *Economic Geology*, 82, 951-962, 1987.
- [9] SHRIVER, N. A. VE MACLEAN, W.H., “Mass, volume and chemical changes in the alteration zone at the Norbec mine, Noranda, Quebec”, *Mineral Deposita*, 28, 1993, pp. 157-166, 1993.
- [10] WINCHESTER, J.A. VE FLOYD, P.A., “Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements”, *Chem. Geol.*, 20, 325-343, 1977.