

Kaletaş (Gümüşhane) Au Madeninde Cevher Yerleşimine Bağlı Gelişen Alterasyon Zonlarının Gamma Işın Spektrometresi ile Belirlenmesi: Örnek Bir Çalışma

Determination of Alteration Zones Developed With Mineralisation Settlement in Kaletaş (Gümüşhane) Au Mine Using Gamma Ray Spectrometry: A Sample Study

NAFİZ MADEN^{1*}, YILMAZ YİĞİT¹

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 29100 Gümüşhane

Geliş (received) : 20 Haziran (June) 2016

Kabul (accepted) : 18 Kasım (November) 2016

ÖZ

Bu çalışmada Kaletaş (Gümüşhane, KD Türkiye) yöresinde toplam 198 noktada Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) konsantrasyonu ve Doğal Doz Oranı değerleri Gamma Ray Spektrometre cihazı ile ölçülmüştür. Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve Doğal Doz Oranı haritaları değerlendirildiğinde yüksek genlikli anomalilerin bozunmaya bağlı K zenginleşmesi gösteren kırık hatları boyunca yerleştiği görülmüştür. Yüksek genlikli K/eTh, K/eU ve efimov F-parametre (KeU/eTh) anomalileri hidrotermal çözeltilere bağlı bozunma zonlarına işaret etmektedir. Hızlı ve ekonomik bir yöntem olan gamma ray spektrometre yöntemi K bozunmasına bağlı cevher zonlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca, yüksek genlikli efimov F-parametre anomalileri potansiyel cevher sahalarını göstermekte olup sondaj noktaları olarak kullanılması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Doğu pontidler, gamma ray spektrometre, Gümüşhane, hidrotermal bozunma, Kaletaş, potasyum zenginleşmesi.

ABSTRACT

In this study, the Potassium (K40), Uranium (eU), Thorium (eTh) and total dose rates values in 198 stations were measured through a gamma-ray spectrometer in the Kaletaş area (Gümüşhane, NE Türkiye) It is seen that the high amplitude anomalies are located through the fault lines related to the potassium enrichment by evaluating the K, eU, eTh, total dose rate maps. High level K/eTh, K/eU and Efimov F-Parameter (KeU/eTh) anomalies showed the alteration zones related to hydrothermal ore solutions. The gamma ray spectrometry, which is fast and economics method, might be used for estimation of mineralisation zones associated with the K alteration. Also, the high Efimov F-Parameter anomalies denote the prospective ore zones and could be used the mine drilling points.

Keywords: Eastern Pontides, gamma ray spectrometer, Gümüşhane, hydrothermal alteration, Kaletaş, potassium enrichment.

*N. Maden

e-posta: nmaden@gumushane.edu.tr

GİRİŞ

Hidrotermal bozunmaya bağlı metalik maden yataklarının aranmasında Gamma ray spektrometre yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir (Grasty ve Shives, 1997; El-Sadek, 2009; Abd El Nabi, 2013; Maden ve Akaryalı, 2015; Yiğit ve Maden, 2016; Maden ve Kahveci 2016). Bu yöntemin esasını belirli enerji aralığındaki (0-3 MeV) yeryüzü kaynaklı gamma radyasyonunun ölçülmesi oluşturmaktadır. Bu radyasyonunun kaynağı doğal olarak yer kabuğunda bulunan uranyum (U), toryum (Th), potasyum (K) ve rubidyum (Rb) gibi elementlerdir (Wallin, 1984; Aydın, 1994; Aydın, 2005).

Shives vd. (2000) hidrotermal bozunmalara bağlı polimetallik volkanik masif sülfidler (VMS), magmatik hidrotermal Au-Co-Cu-Bi-W-As yatakları ve porfiri tip Cu-Au-(Mo) yatakları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için bu yöntemi kullanmışlardır. Bu araştırmacılar hidrotermal bozunma ile düşük eTh/K oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Kanada da Gross (1952) tarafından yapılan bir çalışmada, derinlik ve yarı derinlik kayaçları ile civarındaki yüksek radyoaktif zonların altın içeriği açısından önemli bir potansiyel oluşturduğunu ortaya konmuştur. Mısır'daki Um Salim Altın madeninde radyometrik araştırma yapan El-Sadek (2009) altın cevherleşmesi ile düşük eU/eTh, eU/K ve eTh/K oranı değerleri arasındaki ilişkiyi tespit etmiştir. Abd El Nabi (2013) Ashanti altın kuşağında (Gana) K, K/eTh, K/eU ve Efimov F-parametre ($K \times U/Th$; Efimov, 1978) haritalarında gözlemlenen yüksek genlikli anomalilerin potasyum zenginleşmesi ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür.

Arzular (Gümüşhane) yöresinde Maden ve Akaryalı (2015) tarafından yapılan bir çalışmada hidrotermal bozunma zonlarının dairesel şekilli yüksek genlikli eU, eTh and K (%) anomalilerine karşılık geldiğini tespit edilmiştir. Epitermal altın yataklarında potasyum zenginleşmesi yüksek genlikli K/eTh oranı değerleri ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Kahveci, 2014; Yiğit, 2014; Yiğit ve Maden, 2016).

Gümüşhane ve çevresinde yer alan Mastra Au, Arzular Au, Ünlüpinar Pb-Zn, Altınpinar, Midi Zn-Pb, Kaletaş, Olucak, Kırkpavli ve Hazine Mağara Cu (Au, Ag) gibi maden sahaları üzerinde bölgenin jeolojisi, tektoniği ve ekonomik maden yatakları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Adamia, vd., 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Gü-

ven, 1995; Tüysüz vd., 1995; Lermi, 1996; Çubukçu, 1998; Çiftçi, 2000; Lermi, 2003; Akaryalı, 2010; Eyüboğlu, 2010; Aslan, 2011; Akaryalı ve Tüysüz, 2013; Akbulut, 2014; Akbulut vd., 2015; Maden ve Akaryalı, 2015; Akaryalı ve Akbulut, 2016; Akaryalı, 2016; Yiğit ve Maden, 2016).

İlk kez MTA tarafından tespit edilen Kaletaş sahasında Eosen yaşlı volkanotortul kayaçlar içinde silisifiye zonda 1- 9 gr/t Au tespit edilmiştir (Güner vd., 1999). Altın potansiyelinin araştırılması için 1996 yılında başlatılan sondaj çalışmaları 1998 yılında tamamlanmış sahada 13 lokasyonda 15 adet toplam 1725.65 m. sondajlı fizibilite çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda sahada 5.4 m kalınlıkta, ortalama 3.31 g/t Au tenörlü 116.150 ton görünür, 3.37 g/t Au tenörlü 246.314 ton muhtemel olmak üzere, 3.35 g/t Au tenörlü 362.464 ton toplam rezerv belirlenmiştir. Sahanın mümkün rezervi ise 3.27 g/t Au tenörlü 400.138 ton olarak bulunmuştur (Güner vd., 1999).

Tüysüz vd. (1994) yaptıkları çalışmalarında sahayı ada yaylarında gelişmiş Carlin tipi altın cevherleşmelerine ilk örnek olarak belirtmişlerdir. Pontid ada yayında ilk defa Carlin tipi bir altın zuhurunun bulunması, bu tip yatakların sadece kıtasal ortamlara özgü olmadığını, ada yaylarında da oluşabileceğini göstermektedir. Çubukçu (1998) ise altının mikroskopta görülmeyecek kadar küçük tane boyutunda olması, tüfitlerin içinde bulunması ve yoğun orpiment-realgar yığılması içermesi nedeniyle sedimanter tip (Carlin tipi) bir cevherleşme olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışma ile altın cevherleşmesi içeren kırık ve fay zonları gibi jeolojik yapıların belirlenmesi; kırık zonlarında bozunmaya bağlı olarak gelişen cevherleşmelerin yoğunlaştığı bölgeler ile sondaj yerlerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir. Buna bağlı olarak çalışma kapsamında elde edilen bulguların yararlanarak Kaletaş (Gümüşhane) sahasında (Şekil 1) yer alan cevherleşme zonunda detay arama çalışmalarının yapılacağı hedef alanlarının Gamma ray spektrometre yöntemi ile tespit edilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışmada, Kaletaş (Gümüşhane) yöresinde gözlemlenen hidrotermal bozunmaya bağlı cevherleşmeleri belirlemek amacıyla 198 noktada yüksek duyarlılıklı NaI(Tl) kristalli, 512 kanallı, 4 pencereci gamma ray

spektrometre cihazı ile ölçümler alınmıştır. Doğal olarak yer kabuğunda bulunan K, U, ve Th gibi radyoaktif elementlerin yüzeydeki dağılımı Gamma Ray spektrometre yöntemi ile oldukça hızlı ve ekonomik olarak ölçülebilmektedir. Ölçüm noktaları jeolojik ve tektonik yapıya dik doğrultuda tespit edilmiştir. Sensörün bulunduğu dedektör ölçüm sırasında doğru- dan düz bir kayacın taze mostrası üzerine yerleştirilmiştir. Böylece ölçüm boyunca arazide 2π geometri sağlanmıştır. Ayrıca ölçümleri etkileyebilecek çevre gürültülerden uzak durulmuştur (Loevborg vd., 1971; Ray vd., 2008). Ölçüm süresi ortamdaki radyasyon yoğunluğu ve ölçümün doğruluğuna göre ayarlanmıştır. Özel durumlarda geleneksel olarak ölçüm zamanı gerekli hassasiyetin sağlanması amacıyla deneysel olarak seçilebilir. Bu çalışmada her bir ölçümün süresi 60 sn olarak tespit edilmiştir. Daha kısa ölçüm süreleri ulaşılan sonuçların kararlılığını azaltmaktadır (IAEA, 2003).

Sayımlar 1.46, 1.76 ve 2.62 MeV olmak üzere üç kanaldan yapılmıştır. Bu kanallar sırasıyla K, U, ve Th radyoizotoplarına karşılık gelmektedir. Ölçümlerde ^{238}U ve ^{232}Th aktiviteleri sırasıyla ^{214}Bi ve ^{208}Tl izotoplarından elde edilmiştir. ^{40}K aktivitesi doğru- dan 1.460 MeV emisyon değerinden belirlenmiştir (Ray vd., 2008; IAEA, 2003). Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen K, eU, eTh konsantrasyon değerleri ile K/eU, K/eTh, eU/eTh, eTh/eU oranları ve Efimov F-parametre (KeU/eTh; Efimov, 1978) haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar üzerindeki ortalama değer- den farklı olan anomaliler değerlendirilerek Kaletaş yöresinin hidrotermal bozunmaya bağlı cevherleşme potansiyeli bu yöntemle ilk kez değerlendirilecektir. Ölçümler sahada geniş bir alanda yüzeyleme veren aynı zamanda sahadaki altın cevherleşmesine ev sahipliği yapan andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan ve Gümüşhane yöresinde ilk kez Tokel (1972) tarafından adlandırılmış olan Alibaba Formasyonu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

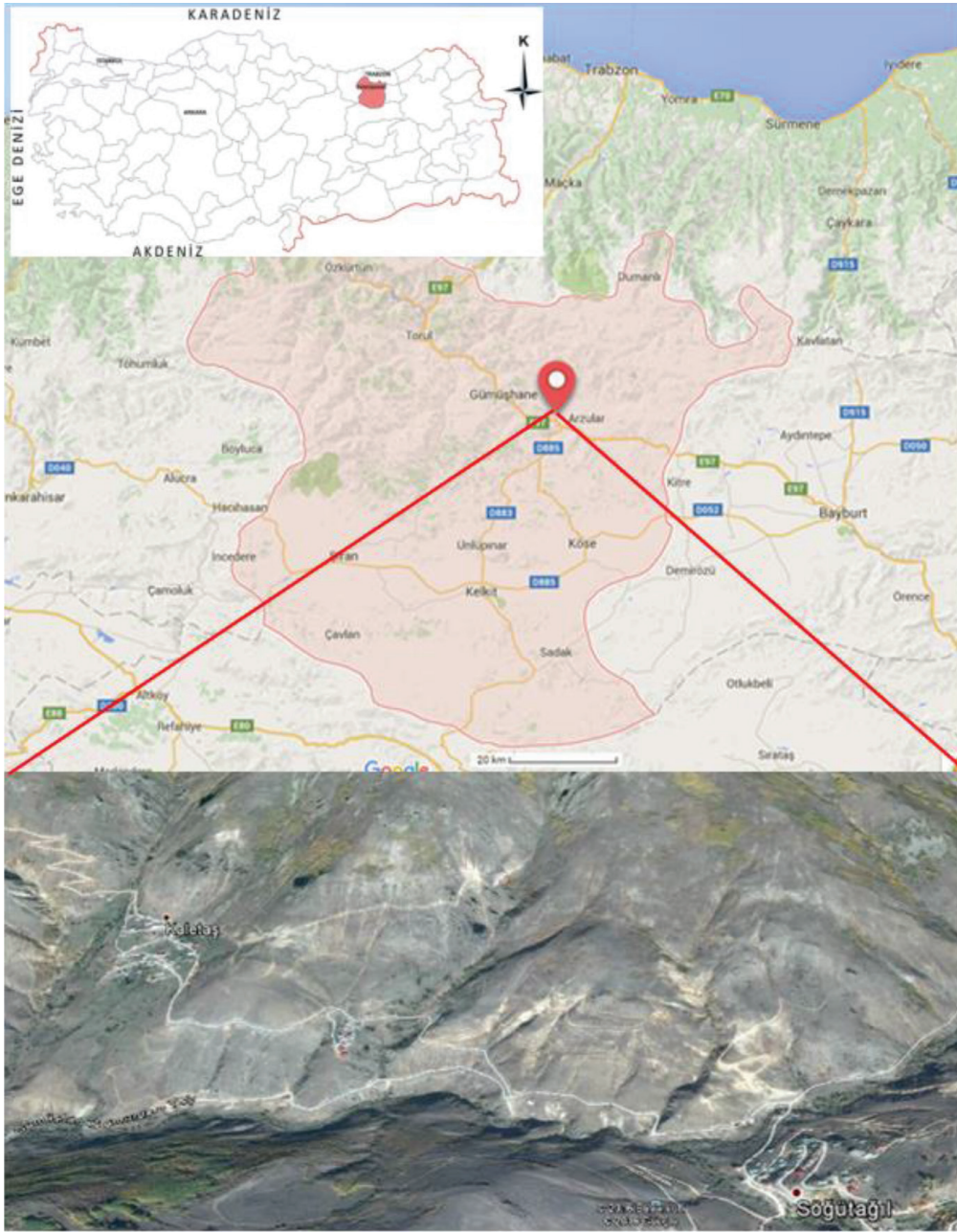
JEOLJİK YERLEŞİM

Doğu Pontid Tektonik Birliği, bölgede gözlenen kayaların sedimentolojik, tektonik ve magmatik özelliklerine bağlı olarak Kuzey, Güney ve Eksen zonu olmak üzere üç alt birliğe ayrılabilir (Eyüboğlu vd., 2006). Kuzey zon genel olarak Geç Kretase yaşlı volkanikler, Tersiyer yaşlı volkanikler, granitik ve gabroyik kayalar ile temsil edilmektedir (Aydıncakır, 2014; Kaygusuz vd., 2014; Eyüboğlu vd., 2015). Güney Zon,

başlıca Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane ve Köse Granitoidlerini (Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011), ultramafik intruzyonları (Eyüboğlu vd., 2010), Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı sedimanter kayaları, Pulur, Ağvanis ve Tokat metamorfik masiflerini, Geç Kretase yaşlı şoşonitik ve ultrapotasik volkanikleri, Erken Eosen yaşlı adakitik intruzyonları (Topuz vd., 2005; Karslı vd., 2010; Eyüboğlu vd., 2011a ve b; Eyüboğlu vd., 2015) Orta-Geç Eosen yaşlı bazaltik-andezitik volkanik kayaları içine alır (Eyüboğlu vd., 2010). Pontidler ile Torid arasında geçişi temsil eden eksen zon ise geniş ultramafik kütleler ile Orta-Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ile karakteristiktir (Eyüboğlu vd., 2015).

Kaletaş, Doğu Pontid Tektonik Birliğinin Güney Zonunda (Şekil 2) yer almaktadır (Bektaş vd., 1995). Çalışma alanında yayılım gösteren birimler yaşlıdan gence doğru; Alibaba Formasyonu (Erken Eosen), Kaletaş Granitoidi (Geç Eosen) ve Traverten (Kuvaterner) şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 3). Alibaba Formasyonunda gözlenen andezit ve andezitik tüflerin genelde yeşilimsi griden açık beje kadar değişen renklerde gözlendiği, söz konusu birimlerin içindeki kırık zonları ve çevresinde hidrotermal alterasyon ürünü olarak silisleşme, killeşme, limonitleşme, kalsitleşme ve kloritleşmenin olduğu tespit edilmiştir (Akaryalı vd., 2015). İnce kesit incelemeleri sonucu andezitlerin ve andezitik tüflerin mikrolitik ve mikrolitik porfirik dokuda olduğu, plajiyoklas, amfibol ve opak minerallerden olduğu hamurun ise plajiyoklas, amfibol ve alterasyon minerallerinin mikro kristallerinden olduğu belirlenmiştir. Sahadaki cevherleşmeye ev sahipliği yapan volkanik kayaların ana ve iz element sonuçlarından oluşturulan Nb/Y'ye karşı $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramına (Winchester ve Floyd, 1976) göre andezit, bazaltik trakiandezit ve trakiandezit alanında yer aldığı; Nb'ye karşı Nb/Th olarak çizilen tektonik ayırtman diyagramına göre (Pearce ve Cann, 1973) yay volkanitlerine ait olduğu; AFM üçgen diyagramına (Irvine ve Baragar, 1971) göre volkanitlerin ise kalk-alkali karaktere sahip olduğu ortaya konmuştur (Atay, 2016). Çalışma sahasında Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu inceleme alanında gözlenmeyen Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Alibaba Formasyonunu keserek yerleşen Kaletaş Granitoidin (Karslı vd., 2007) üst sınırını uyumsuz olarak travertenler örtmektedir (Atay, 2016; Yiğit, 2014).

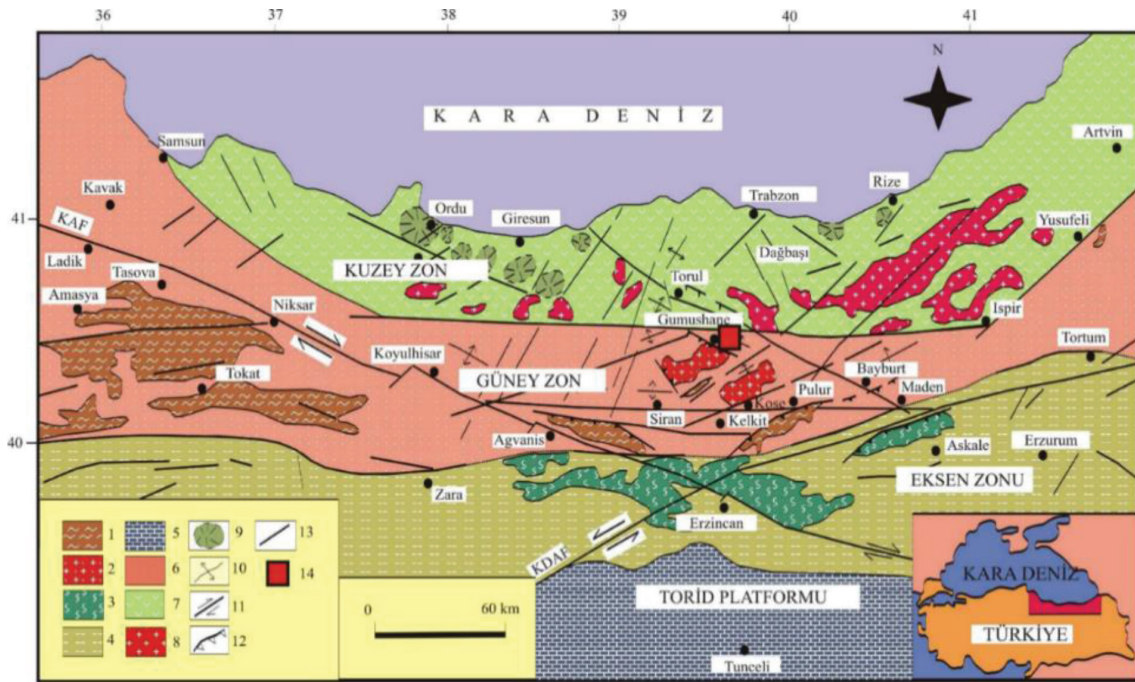
Hersinyen ve Alpin dağ oluşum hareketlerinin yoğun etkisi altında kalmış olan Gümüşhane yöresinde



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.

bu tektonik hareketlere bağlı olarak çeşitli tabakalar, uyumsuzluklar gelişmiştir. Doğu Pontid Güney Zonunda KD-GB, KB-GD ve D-B doğrultulu 3 farklı kırık sistemi tespit edilmiştir (Bektaş vd., 1995; Eyüboğlu vd., 2006). Kaletaş sahasındaki mineralizasyon, tektonik kırık hatları ile yakın ilişkili olup özellikle kırık hatları boyunca kayalarda yoğun hidrotermal bozunma izlenmektedir (Şekil 4). Kaletaş yöresindeki gri pembemsi renkli granitler oldukça çatlaklı, dik bir

topoğrafyaya sahiptir. Çatlaklar KD-GB, KB-GD ve D-B olmak üzere bölgenin tektonik yapısına uygun olarak üç doğrultuda gelişmişlerdir. Genellikle kil ile dolgulu olan çatlak açıklıkları 2 mm'den birkaç cm boyutuna kadar değişmektedir. Makroskobik olarak plajiyoklas, kuvars ve amfibol mineralleri rahatlıkla görülebilmektedir. Kaletaş altın cevherleşmesi Eosen yaşlı andezit, andezitik tüf-tüfitleri içinde, KB-GD doğrultulu tektonik hatlar boyunca silisli çözellilerle



Şekil 2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldere veya dom, (10) Kıvrım eksenleri, (11) Doğrultulu atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006).

Figure 2. Main geological features and tectonic zones of the eastern Pontides orogenic belt. (1) Paleozoic metamorphic basement, (2) Paleozoic granites, (3) Mantle peridotites, (4) Mesozoic and Senozoic rocks, (5) Carbonates, (6) Mesozoic and Senozoic sedimentary rocks, (7) Late Cretaceous and Eocene aged arc volcanics, (8) Eocene granites, (9) Caldera or dome, (10) fold axis, (11) Strike-slip fault, (12) thrust fault, (13) undifferentiated fault (14) study area (Eyüboğlu et al., 2006).

oluşmuştur (Çubukçu, 1998).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kaletaş yöresindeki bozunmaya bağlı cevherleşmeleri belirlemek için 198 noktada gamma ray spektrometre ölçümleri alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda K, eU, eTh konsantrasyon haritaları ile K/eU, K/eTh, eU/eTh, eTh/eU oran haritaları ve efimov F parametre haritası hesaplanmıştır.

Şekil 5'te potasyum (K) konsantrasyon haritasında potasyum değerlerinin 0-6.84 % değerleri arasında değiştiği ve anomalilerin KB-GD doğrultulu kapanımlar verdiği görülmüştür. Çubukçu (1998) bu sahada tespit edilen fayların bozunmalarla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuş ve gelişen bu fayları mineralleşme öncesi ve mineralleşme sonrası olmak üzere iki grupta sınıflandırmıştır. Diğer yandan, Sipahi (2005), Sipahi ve Sadıklar (2010), Akaryalı (2010) inceleme alanında görülen bozunmaya bağlı potasyumun kaynağının biyotit,

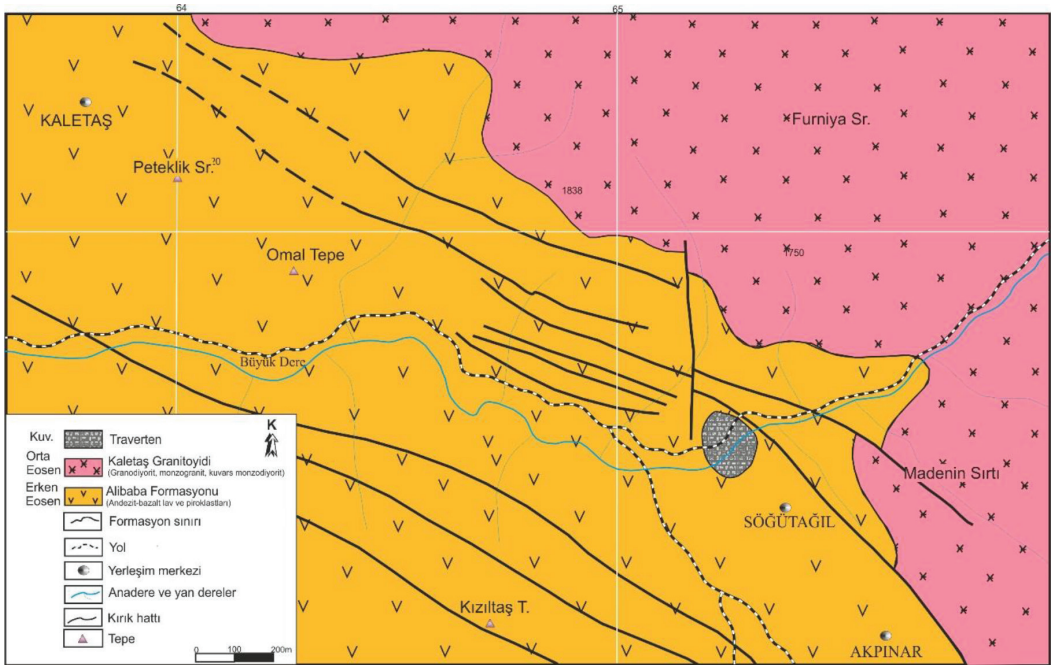
amfibol veya potasyumlu feldspat mineralleri olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Çalışma sahasına ait jeolojik ve yapısal verilerle (Şekil 4) birlikte değerlendirme yapıldığında KB-GD doğrultulu silisifiye zon içeren kırık hattı ile K konsantrasyonlarının yoğunlaştığı anomali doğrultularının çakıştığı açıkça görülecektir. Bu durum cevherleşme ile faylanma ve potasyum miktarı arasında pozitif bir ilişkinin varlığını açıkça göstermektedir.

Çalışma alanına ait eU konsantrasyon değerleri tek bir kapanımdan oluşan kısa dalga boylu tek bir anomali şeklinde gözlenmektedir (Şekil 6a). eTh konsantrasyon değerleri ise sahada kısa dalga boylu dört farklı anomali kapanımı şeklinde haritanın merkezine yerleşmiştir (Şekil 6b). En yüksek eU ve eTh konsantrasyon değerleri sırasıyla 58.85 ppm ve 28.07 ppm olarak ölçülmüştür. Attendorn ve Bowen (1994), U ve Th zenginleşmesini granitik plütonların yerleşimi esnasındaki sıvı hareketleriyle ilişkilendirmiştir. Bieda ve Lizurek (2008) ise yüksek Th değerlerinin sebebinin granitik kayaların bileşimine etki eden

Senezoik	Üst Sistem			Litoloji	Açıklamalar
	Sistem		Formasyon		
	Kuv.	Neojen			
Orta Eosen	Erken Eosen	Kaletaş Granitoyidi	Alibaba		
				Traverten	
				Granit	
				Andezit-bazalt ve piroklastları	
				Ölçeksizdir	

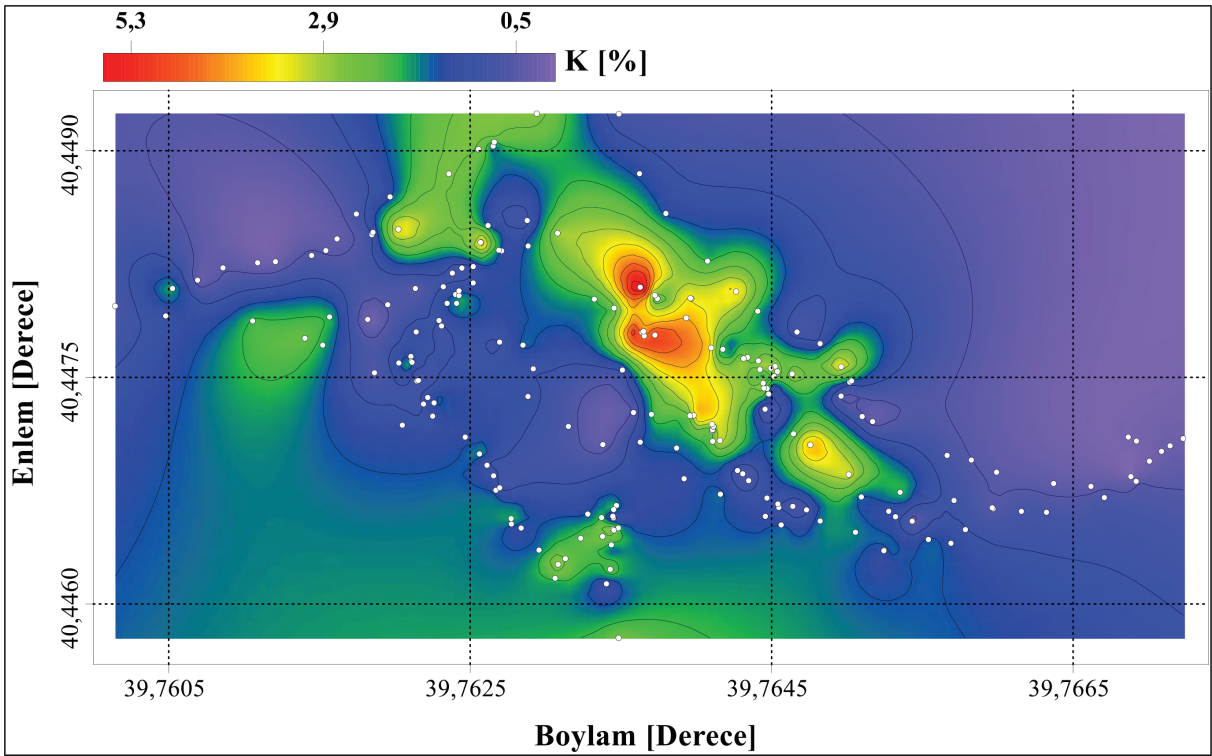
Şekil 3. Kaletaş (Gümüşhane) yöresine ait stratigrafik kolon kesit (Güner ve Yazıcı, 2011 ve Atay, 2016'dan değiştirilerek).

Figure 3. Stratigraphic column sections of Kaletaş (Gümüşhane) area (after from Güner and Yazıcı, 2011; Atay, 2016).



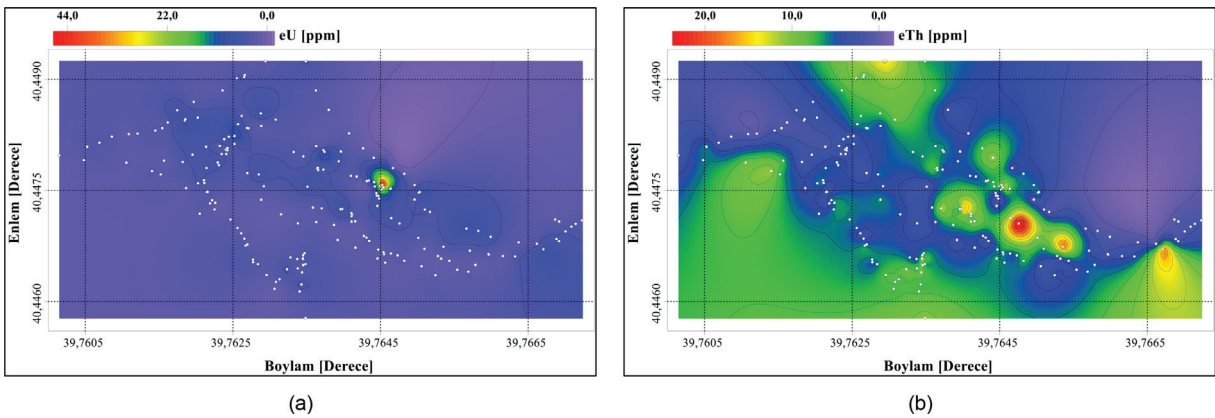
Şekil 4. Kaletaş alterasyon sahasının jeoloji haritası (Çubukçu, 1998; Güner ve Yazıcı, 2011 ve Atay, 2016'dan değiştirilerek).

Figure 4. The geological map of the Kaletaş alteration area (after from Çubukçu, 1998; Güner and Yazıcı, 2011; Atay, 2016).



Şekil 5. Kaletaş yöresine ait K40 (%) değerleri anomali haritası.

Figure 5. Potassium (K, %) contour map of the Kaletaş area.



Şekil 6. Kaletaş yöresine ait eU (ppm) (a) ve eTh (b) konsantrasyon değerleri anomali haritası.

Figure 6. Equivalent Uranium (eU, ppm; a) and equivalent Thorium (eTh, ppm; b) concentration value maps of the Kaletaş area.

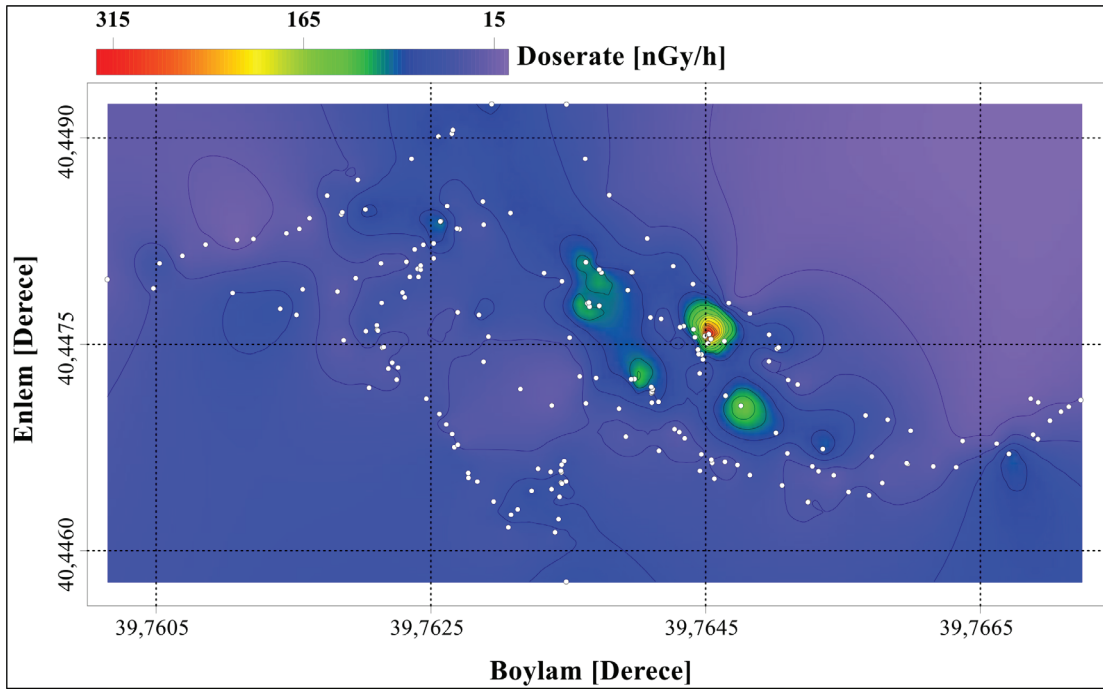
ısıllı metamorfizma ve metazomatik işlemler olduğunu ileri sürmüştür. Erkül vd. (2016) U, Th ve K gibi radyoaktif elementlerin zenginleşmesine hidrotermal bozunma ve metamorfizmayı sebep göstermişlerdir. Buradan eU ve eTh haritalarında (Şekil 6a ve 6b) kırık hatlarına paralel olarak yerleşen anomalilerin hidrotermal bozunma, metamorfizma, yüzeye çevher taşıyan çözeltilerle ilişkili olduğunu söyleyebiliriz.

Çevresel radyasyon değerlerini gösteren doz oranı değerlerinin KB-GD yönlü olarak 10.28 nGy/h ile 388.79 nGy/h arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 7). En yüksek değerlere sahip doz oranı anomalilerinin ikisi dairesel, biri elips olmak üzere üç tanedir.

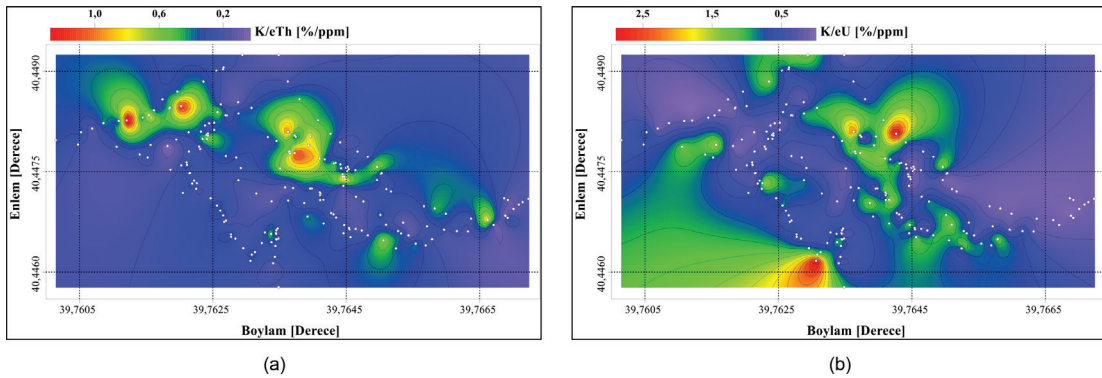
Hareketli bir element olan potasyum çoğu kayacın bünyesinde yer alırken, hareketsiz element olan

uranyum ve toryum kayaların bünyelerinde eser miktarda bulunmaktadır. Hidrotermal sistemlere bağlı oluşan bozunma toryuma oranla daha fazla uranyum zenginleşmesine sebep olur. Toryum elementi, potasyum ve uranyum elementlerinin aksine bozunma işleminden aynı derecede etkilenmez. Bu bize K/eTh ve eU/eTh oranları cevherleşme alanlarının belirlenmesine imkân sunar (Shives vd., 2000; Dickson ve Scott, 1997). Şekil 8a'da Kaletaş yöresine ait K/eTh (%/ppm) oran haritasında gözlemlenen uzun dalga boylu KD-GB yönlü üç farklı anomali ile

Şekil 8b'de izlenen K/eU (%/ppm) oran haritasındaki anomalilerin Şekil 4'te yer alan kırık hatlarına paralel olarak uzandığı izlenmektedir. En yüksek K/eTh ve K/eU değerleri sırasıyla 1.5 %/ppm ve 6.8 %/ppm olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı için hesaplanan eTh/eU oran değerleri D-B yönlü kısa dalga boylu yedi farklı anomali kapanımından oluşmaktadır (Şekil 9a). Bu anomalilerin kuzeyinde daha uzun dalga boylu iki farklı anomali kapanımı görülmektedir. En yüksek eTh/eU değeri 12.3 olarak hesaplanmıştır. Şekil 9b'de verilen eU/eTh oranı haritasında en yüksek



Şekil 7. Çalışma alanının Doğal Doz Oranı (nGy/h) anomali haritası.
Figure 7. The natural dose rate anomaly map of the study area.



Şekil 8. Çalışma alanına ait K/eTh (%/ppm; a) ve K/eU (%/ppm; b) değerleri anomali haritası.
Figure 8. Potassium/Equivalent Uranium (K/eU, %/ppm; a) and Potassium/Equivalent Thorium (K/eTh, %/ppm; b) value anomaly map of the study area.

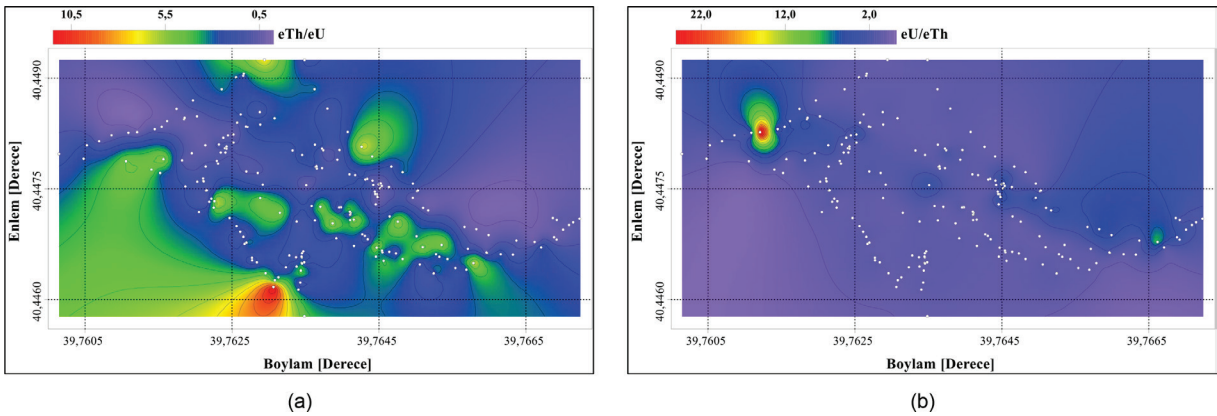
anomali değerlerinin haritanın sol üst köşesinde KB-GD doğrultulu uzanan kapanım verdiği saptanmıştır. En yüksek eU/eTh değeri 30.3 olarak hesaplanmıştır.

Kaletaş yöresine ait Efimov F-parametre haritasında yer alan anomalilerinin KB-GD doğrultulu olarak uzandığı ve kısa dalga boylu, yüksek genlikli üç farklı anomali kapanımından oluştuğu görülmektedir (Şekil 10). Bu üç farklı anomali bölgesi en yüksek potasyum zenginleşmesini ifade etmekte ve hidrotermal

çözellilerle yüzeyde oluşan cevherleşmelerin yerlerini göstermektedir.

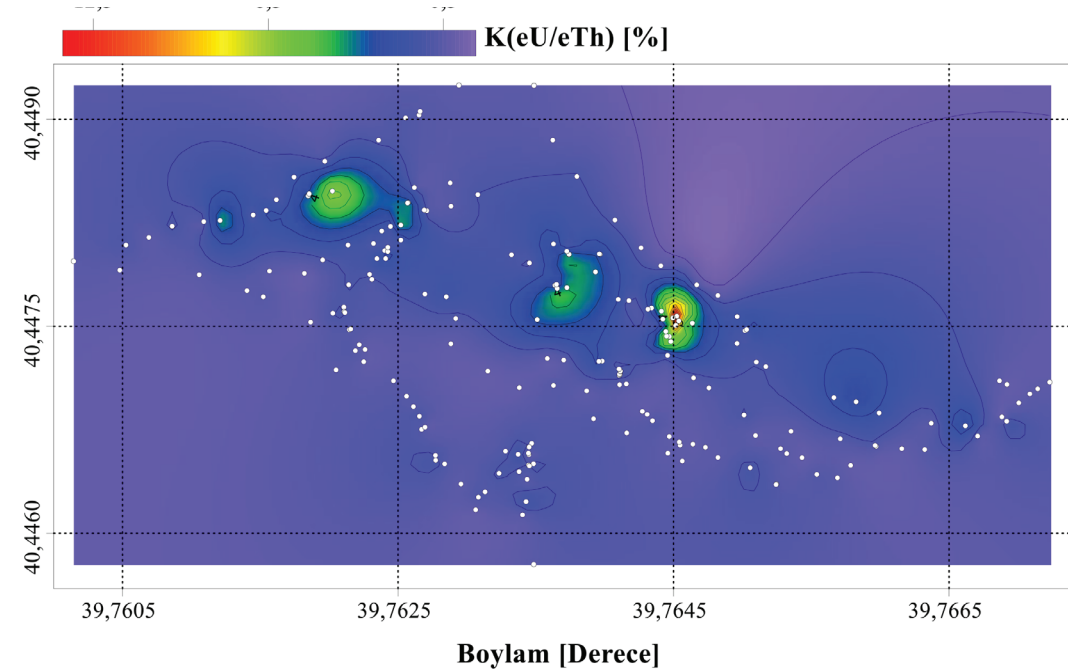
SONUÇLAR

Kaletaş cevherleşme sahasında yapılan Gamma Işını Spektrometre ölçümleri sonucunda elde edilen K, eU, eTh ve Doğal Doz Oranı ile bunlara ait oran haritaları birlikte değerlendirilerek inceleme alanında olası metal cevher mineralizasyonu ortaya konulmaya



Şekil 9. Kaletaş yöresine ait eTh/eU (a) ve eU/eTh (b) değerleri anomali haritası.

Figure 9. Equivalent Thorium/ Equivalent Uranium (eTh/eU; a) and Equivalent Uranium/ Equivalent Thorium (eU/eTh; a) value anomaly map of the Kaletaş area.



Şekil 10. Kaletaş yöresine ait Efimov F-parametre ($K \times eU/eTh$, %) değerleri anomali haritası.

Figure 10. F-parameter of Efimov ($K \times eU/eTh$, %) value anomaly map of the Kaletaş area.

çalışılmıştır. Bozunmaya bağlı olarak görülen potasyum zenginleşmesini belirlemek için kullanılabilecek en hızlı ve kolay yöntem Gamma ray spektrometre tekniğidir. Yapılan çalışma detay inceleme yapılacak hedef alanların tespitinde yol gösterici olmuştur. Sahada ölçülen en yüksek K, eU, eTh ve bunlara ait oran haritalarında ortaya çıkan anomaliler hidrotermal bozunma zonları ile ilgilidir. KB-GD doğrultulu bu anomalilerin yönü Doğu Pontidler'in jeodinamik gelişiminde ve buna bağlı olarak epitermal altın yataklarının yerleşiminde etkili olan bölgesel kırık sistemlerine paraleldir. Hidrotermal çözeltilerle yüzeye ulaşan potasyum zenginleşmesinin en yüksek olduğu yerler Altın cevherleşmelerine karşılık gelmekte olup en iyi şekilde Efimov F-parametre haritasında temsil edilmektedir. Sahada tespit edilen bu bölgeler detay çalışma ve sondaj yerleri olarak kullanılabilir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın ortaya çıkmasında değerli görüşlerinden yararlanan Dr. Enver AKARYALI'ya; jeolojik harita ve kesitlerin hazırlanmasında gösterdiği özverileri nedeniyle Dr. Mehmet Ali GÜCER'e; veri toplanması aşamasında yardımlarından dolayı Ayhan BULŞU'ya; makale değerlendirme sürecinde gösterdikleri ilgi nedeniyle Yerbilimleri Dergisi Editörlüğüne; makalenin kalitesinin artırılmasına yapıcı eleştirileriyle katkı koyan Dr. Sibel TATAR ERKÜL ve Dr. Abdurrahman LERMİ'ye teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Abd El Nabi, S.H., 2013. Role of γ -ray spectrometry in detecting potassic alteration associated with Um Ba'anib granitic gneiss and meta-sediments, G. Meatiq area, Central Eastern Desert, Egypt, *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 1249-1261.
- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evaluation of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KDTürkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey), *Geoscience Frontiers*, 4(4), 409-421.
- Akaryalı, E., Atay, U., Aydınçakır, E., Gücer, M.A., Türk, E., 2015. Mass Change Calculation of Hydrothermal Alteration In Kaletaş-Söğütağlı Area (Gümüşhane, NE Turkey), *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium*, Prague, 232 p.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb-Zn \pm Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey), *Ore Geology Reviews*, 74, 1-14.
- Akaryalı, E., Akbulut, K., 2016. Constraints of C-O-S isotope compositions and the origin of the Ünlüpınar volcanic-hosted epithermal Pb-Zn \pm Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey, *Journal of Asian Earth Science*, 117, 119-134.
- Akbulut, K., 2014. Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) Eylence yayla Pb-Zn-Cu \pm Au Cevherleşmesinin Jeolojik, Mineralojik ve Kökensele İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 73s.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ., ve Aydınçakır, E., 2015. Ünlüpınar (Kelkit- Gümüşhane) Pb-Zn \pm Au Cevherleşmesinin Jeolojik, Jeokimyasal ve Kökensele Olarak İncelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), 5, 34-49.
- Aslan, N., 2011. Mastra (Gümüşhane) Yatağı'nın Jeolojik, mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Atay, U., 2016. Kaletaş-Söğütağlı-Akpınar (Gümüşhane) Yörelere Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Attendorn, H.G. ve Bowen, R., 1994. *Isotopes in the Earth Sciences*. Amsterdam, the Netherlands, Springer.
- Aydın, İ., 1994. Çorlu Yöresinde Manyetik Yöntem ve Gamma Işını Spektrometrisi ile Petrol ve Doğal Gaz Aramaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, İ., 2005. Jeofizikte Radyometrik Yöntem ve Gamma Işın Spektrometrisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:49, Isparta.

- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early-Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on geodynamic implications, *Lithos*, 208, 361-377.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE 48 Turkey), *Geology of the Black Sea Region*, 189-196. Ankara.
- Bektaş, O., Yılmaz C., Taslı K., Akdag, K., Özgür, S., 1995. Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey, the formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform, *Giornale di Geologia*, 57, 233-244.
- Bieda, A. ve Lizurek, G., 2008. Natural radioactivity of rocks occurring in the contact zone of the Karkonosze massif with the Szklarska Poręba schist belt, *Acta Geodynamica Et Geomaterialia*, 5(2), 225-231.
- Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.
- Çubukçu, A., 1998. Kaletaş (Gümüşhane) Epitermal Altın Cevherleşmesinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dickson B.L. ve Scott K.M., 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors, AGSO, *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17, 187–200.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton. *Gondwana Research*, 19, 926-944.
- Efimov, A.V., 1978, Multiplikativniy pokazatel dlya vydeleniya endogennykh rud aerogamma-spectrometricheskimi dannymi, in *Metody rudnoy geofiziki: Lenigrad, Nauchnoproizvodstvennoye objedinenie Geofizika Ed.*, p. 59-68.
- EI-Sadek, M.A., 2009. Radiospectrometric and magnetic signatures of a gold mine in Egypt, *Journal of Applied Geophysics*, 67, 34–43
- Erkül, S.T., Özmen, S.F., Erkül, F., ve Boztosun İ., 2016. Comparison between natural radioactivity levels and geochemistry of some granitoids in western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25, 242-255.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Şeren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Threedirectional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Geol. Carpath.* 57, 337–346.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, *International Geology Review*, 52, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011a. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19, 413–429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migrating magmatism in a continental arc: geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, *Journal of Geodynamics* 52, 2–15.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Zhu, D.C., Yi, K., Chatterjee, N., Jeong, Y.J., Akaryalı, E. ve Liu, Z., 2015. Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics, *Gondwana Research*, 33, 160-189.
- Grasty, R.L., Shives, R.B.K., 1997. Applications of gamma ray spectrometry to mineral exploration and geological mapping, Workshop presented at Exploration 97: Fourth Decennial Conference on Mineral Exploration.
- Gross, W.H., 1952. Radioactivity as a guide to ore, *Economic Geology*, 47.
- Güner, S., Dursun, A., Yılmaz, Z., Demirci M. ve Yakıcı, M., 1999. Gümüşhane – Kaletaş Altın Cevherleşme Sahası Maden Jeolojisi, Rezerv Hesapları ve Ekonomik Değerlendirme Raporu, MTA, Ankara.
- Güner, S., ve Yazıcı, E.N., 2011. Gümüşhane- Bayburt-Trabzon Kıymetli Metal (Au-Ag) ve Baz

- Metal (Cu-Pb-Zn) Sahaları Envanter Raporları, Trabzon, (yayınlanmamış).
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma-ray spectrometry data. IAEA-TEC-DOC-1363.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of The Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: Implications for Magma Interaction in The Genesis of High-K Calc-Alkaline Granitoids In A Post-Collision Extensional Setting, Lithos 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, R.J., 2010. Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination, Lithos 114, 109-120.
- Kahveci, N., 2014. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla cevherleşme sahasının gamma ray spektrometre ölçümleri ile incelenmesi, Bitirme Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., Ilbeyli, N., Temizel, I., 2014. LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism, Lithos 192-195, 271-290.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Loevborg, L., Wollenberg, H., Sørensen, P., Hansen, J., 1971. Field determination of uranium and thorium by gamma-ray spectrometry, exemplified by measurements in the Ilimussaq alkaline intrusion, South Greenland, Economic Geology, 66, 368-384.
- Maden, N., Akaryalı, E., 2015. Gamma ray spectrometry for recognition of hydrothermal alteration zones related to a low sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Türkiye), Journal of Applied Geophysics, 122, 74-85.
- Maden, N., Kahveci, N., 2016. Ünlüpinar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epitermal Pb-Zn±Au Cevherleşmesinin Gamma Ray Spektrometre Ölçümleri ile İncelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), 6(2), 138-149
- Pearce, J.A., Cann, J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, 19, 290-300.
- Ray, L., Roy, S., Srinivasan, R., 2008. High radiogenic heat production in the Kerala Khondalite Block, Southern Granulite Province, India, International Journal of Earth Sciences, 97, 257-267.
- Shives, R.B.K., Charbonneau, B.W., ve Ford, K.L., 2000. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry—Recognition of alteration related to mineralization, Geophysics, 65(6), 2001-2011.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enst., Trabzon.
- Sipahi, F., Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology 150, 441-455.

- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Sattir, M., Şen C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey), *Lithos* 116, 92-110.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağan, A., 1994. Pontid Ada Yayında Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37,41 -46.
- Tüysüz, N., Er, M., Yılmaz, Z., Akıncı, A., 1995. Geology, Mineralogy and Alteration of the Mastira Epitermal Gold-silver Deposits, Gümüşhane NE-Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 4, 11-21.
- Wallin, B., 1984. A Pilot Airborne Gamma Ray Survey in Yozgat and Bayburt Areas, Anatolia, Turkey. Riso National Laboratory, DK-4000, Roskilde, Denmark.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1976. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Diferantation Products Using Immobile Elements, *Chemical Geology*, 20, 97-127.
- Yağcınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yiğit, Y., 2014. Canca ve Kaletaş cevherleşme sahalarının gamma Ray Spektrometresi ile incelenmesi, Bitirme Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.
- Yiğit, Y., ve Maden, N., 2016. Gamma Ray Spektrometre Ölçümlerinin Au+Ag Cevherleşme Sahalarına Uygulanması: Çitdüzü-Zarfu Yöresi (Gümüşhane) Örneği, *Jeofizik Bülteni*, 76-77, 44-50.

