

Koru (Çanakkale) Kurşım-Çinko Yataklarının Ana, Eser ve Nadir Toprak Elementleri Jeokimyası İncelemeleri

Major, Trace and Rare Earth Elements Geochemistry of the Koru (Çanakkale) Lead-Zinc Deposits

Gülcan BOZKAYA

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 SİVAS
e-posta: gbozkaya@cumhuriyet.edu.tr

Ahmet GÖKÇE

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 SİVAS
e-posta: gokce@cumhuriyet.edu.tr

Öz

Koru (Çanakkale) baritli kurşun-çinko yatakları Biga Yarımadasında Tersiyer yaşlı volkanik kayalar içinde gözlenen kurşun-çinko yataklarının tipik örneklerinden birisidir. Yatakların yakın çevresinde yüzeyleyen volkanik kayalar; Eosen yaşlı Akçaalan andeziti, Oligosen yaşlı Adadağı piroklastikleri, Miyosen yaşlı Dededağ dasiti, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaömerler bazaltı şeklinde ayrılmışlardır.

İnceleme alanı içindeki cevherleşmeler, Adadağı piroklastikleri içinde BKB-DGD konumlu fay hattı boyunca damar tipi ve üst seviyelerdeki ileri derecede breşleşmiş kesimlerde stockwork tipi oluşumlar şeklindedir. Cevherleşmelerde galenit, sfalerit ve barit hakim mineraller olup, pirit, kalkopirit, fahlerz (tennantit), markazit, kalkosin, kovellin, bornit, tenorit ve kuvars az miktarlarda bileşime katılmaktadır.

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçülen T_{FM} , T_{mC} ve T_H değerleri, mineral oluşturucu hidrotermal çözeltiler içinde $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ gibi tuzların bulunduğunu, baritlerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin tuzluluklarının biraz yüksek, sıcaklıklarının düşük olduğunu ($80\text{ }^\circ\text{C}$ 'den daha düşük), sülfüü minerallerin oluşumu sırasında ise tuzluluğun bir miktar düştüğünü, sıcaklığın $270\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar yükseldiği, sfaleritlerin $120 - 160\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında oluştuğunu göstermektedir.

Ana element jeokimyası sonuçlarından; inceleme alanındaki volkanik kayaların erken evrede (Karaömerler bazaltı hariç) yüksek potasyumlu kaıkali bileşimli oldukları, sonraki evrelerde ise orta potasyumlu kalkakelen karakterli, levha içi bazaltlar (Karaömerler bazaltı) şeklinde oluştukları anlaşılmaktadır.

Eser element jeokimyası incelemeleri, yatak içinde zenginleşen kurşun ve çinkonun Akçaalan andeziti ile Adadağı piroklastiklerinden, bakırın ise Dededağ dasitinden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. NTE incelemeleri; baritlerin deniz suyunda belirlenmiş değerlere benzediklerini göstermiştir. Örneklerin $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ diyagramı üzerindeki konumları incelendiğinde; galenit, sfalerit ve baritlerin volkanik kayalar arasında ve deniz suyuna yakın bir yerde kümelendikleri görülmektedir. Bu durum da, galenit, sfalerit ve baritlerin olasılıkla deniz suyunca volkanik kayalardan çözülen elementlerin zenginleşmesi sonucu oluştukları şeklinde yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çanakkale, Koru, Pb-Zn, barit, jeokimya, NTE

Abstract

Koru (Çanakkale) barite bearing lead-zinc deposits are typical examples of the lead-zinc deposits occurred in the Tertiary volcanic rocks outcropped in the Biga Peninsula. Volcanic rocks around the investigated deposits are distinguished as; Eocene Akçaalan andesite, Oligocene Adadağı pyroclastics, Miocene Dededağ dacite and Pliocene Karaoğmer basalt.

The investigated deposits hosted by Adadağı pyroclastics and show two different mineralization styles such as stock work ore veinlets in the upper parts and ore veins along the fault zones in WNW-ESE direction, in the lower parts. Galena, sphalerite and barite are the main minerals and accompanied by minor amounts of pyrite, chalcopyrite, fahlerz (tennantite), marcasite, chalcocite, covellite, bornite, tenorite and quartz.

T_{FM} , T_m and TH values measured during the fluid inclusion studies indicate the presence of $CaCl_2$ and $MgCl_2$ in the mineralizing hydrothermal fluids, salinity of the hydrothermal solutions is rather relatively high during barite crystallisation in the early episode of mineralization, while decreased during the sulfide dominated later episode. The temperatures of fluids is low (< 80 °C) during the early stage and increased up to 270 °C during the later stage. Sulfide minerals seem to be formed in a temperature range of 120-160 °C.

Major element results show that the volcanic rocks in the study area have high potassic calcalkaline composition in the early stage, while they have medium potassic calcalkaline composition similar to within plate basalts in the later stage (Karaoğmer basalt).

Trace elements contents of the various rock units show that the lead and zinc in the ore deposits may be derived from Akçaalan andesite, while copper from Dededağ dacite. REE studies show that normalised REE values of barites resemble to sea water. The dispersion of the galena, sphalerite and barite values among those of volcanic rocks and seawater on the $Ce_N/Yb_N \sim Yb_N$ diagram was assumed to be ore forming elements were derived from the surrounding volcanic rocks by deep circulated sea water.

Key words: Çanakkale, Koru, Pb-Zn, barite, geochemistry, REE

GİRİŞ

Koru baritini içeren kurşun-çinko yatakları, Biga yarımadasının kuzey kesiminde gözlenen çok sayıda Pb-Zn cevherleşmelerinden birisi olup, Çanakkale ile ilgili Lapseki ilçesinin güneydoğusunda, Koru köyü yakınlarında, 1:25.000 ölçekli Çanakkale H17 a3, d2, b4 ve el paftaları üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Yatakların bulunduğu bölgede, maden jeolojisi amaçlı ilk çalışma Gjelsvik (1956) tarafından yapılmış olup; daha sonraki yıllarda sırasıyla Dinçer (1958), Tolun ve Baykal (1960), Alpan (1968), Yanagiya ve Sato (1989) ile, Andiç ve Kayhan (1997) gibi araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, prospeksiyon ve rezerv hesaplamalarına yönelik çalışmalar şeklinde olup, cevherleşmenin jeolojik özelliklerinin, oluşum koşullarının ve kökenlerinin belirlenmesi açısından yetersiz kalmaktadırlar.

Koru kurşun-çinko yataklarının yataklanma şekilleri, cevher-yan kayaç ilişkileri, mineralojik bileşimleri, yapısal ve dokusal özellikleri gibi temel

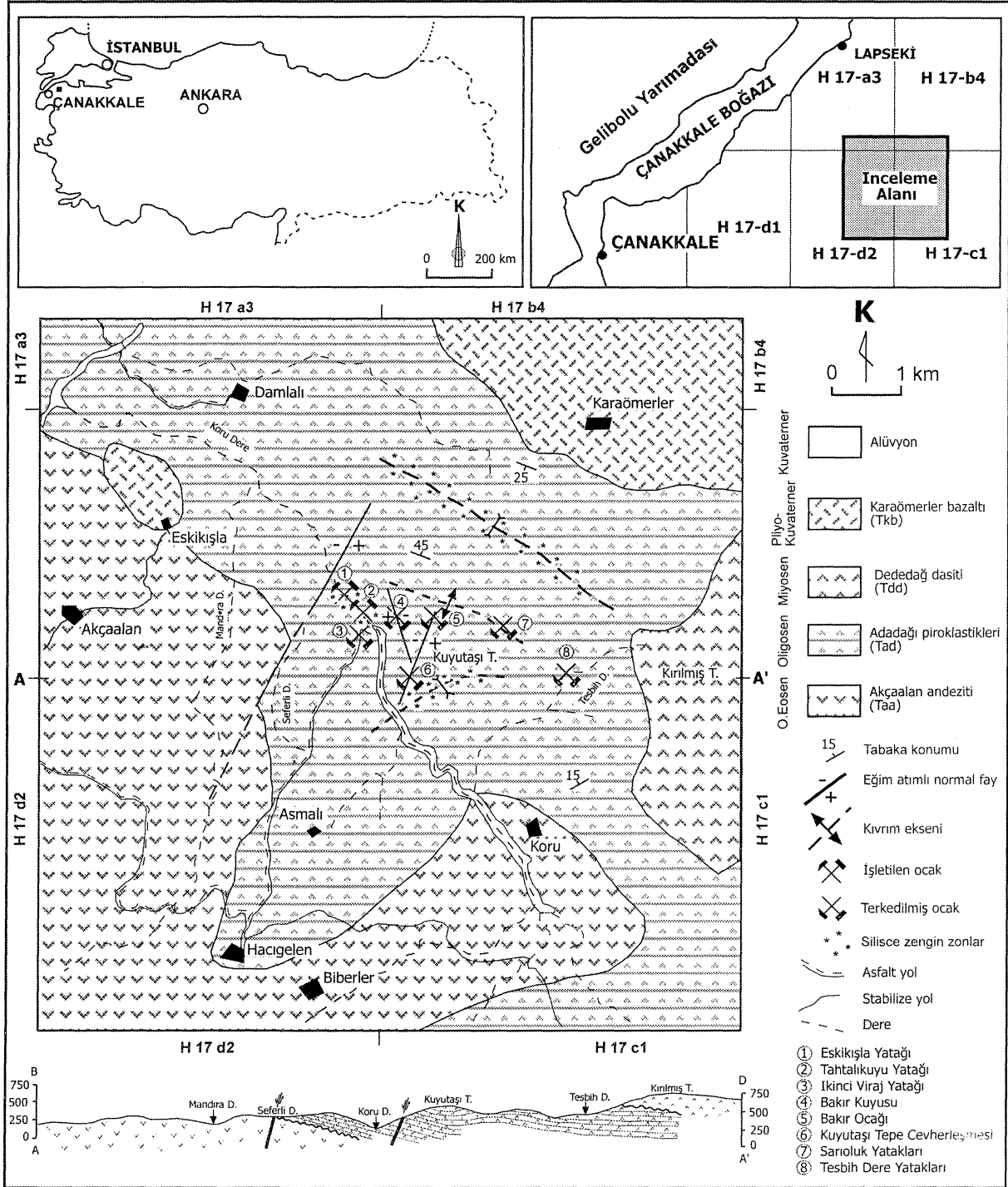
özellikleri daha önce yayınlanan bir makalede (Bozkaya ve Gökçe, 2001) ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada aynı yatakların jeokimyasal özellikleri incelenerek; elde edilen bulgularla yatakların oluşum koşulları ve kökenleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

GENEL JEOLÖJİK ÖZELLİKLER VE CEVHERLEŞME

İnceleme alanının genel jeolojik özellikleri ve cevherleşmelerin yataklanma şekli, cevher mikroskopisi ve sıvı kapanım özellikleri Bozkaya, 2001 ve Bozkaya ve Gökçe (2001)'den yararlanılarak aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

İnceleme alanının içinde bulunduğu Biga yarımadası değişik yaş ve litolojilere sahip metamorfik, plütonik, volkanik, volkanosedimanter ve sedimanter kayalardan oluşmaktadır (Ercan ve diğ., 1995, Ercan ve Türkecan, 1984, Holmes, 1966, Kopp, 1964, Okay ve diğ., 1990, Önem, 1974, Sfondrini, 1961, Siyako ve diğ., 1989, Ünal, 1967, Yanagiya ve Sato, 1989).

KORU (ÇANAKKALE) Pb-Zn YATAKLARINDA JEOKİMYASAL İNCELEMELER



Şekil 1. İnceleme alanının coğrafik konum ve jeoloji haritası.
Figure 1. Location and geology map of the study area.

İncelenen yataklar çevresinde, Tersiyer yaşlı voikano-sedimanter kayaçlar yüzeylemekte olup, kayaç türleri, yayılımları ve yaşlan dikkate alınarak; Akçaalan andeziti (Orta Eosen), Adadağı piroklastikleri (Oligosen), Dededağ dasiti (Miyosen), Karaömerler bazaltı (Pliyo-Kuvaterner) ve alüvyonlar (Kuvaterner) şeklinde ayrılmışlardır (Sekili).

Akçaalan andeziti (Taa); başlıca andezit-bazaltik andezit, ender olarak riyodasit ve dasit bileşimi i volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Volkanik kayaçların yanı sıra üst seviyelere doğru piroklastik arakatıklar ve kireçtaşı arabantları da gözlenmektedir. Adadağı piroklastikleri (Tad); trakit, latit, dasit, riyodasit bileşimli tüf, aglomera ve piroklastik breşler ile ender olarak andezitik ve dasitik lavlardan meydana gelmektedir. Arakatıklar şeklinde ve en üst seviyelere karşılık gelen kesimlerde silisçe zengin zonlar da yer almaktadır. Pb-Zn cevherleşmelerinin bulunduğu kesimlerde tüflerde silisleşme ve kaolinleşme türü alterasyonlar yaygındır. Dededağ dasiti (Tdd); dasitik bileşiminin yanı sıra ender olarak riyodasit bileşimli lavlar, Karaömerler Bazaltı (Tkb) ise bazaltik lav ve aglomeralardan oluşmaktadır. Alüvyonlar; akarsu yataklarında yöredeki volkanik ve voikano-sedimanter kayaçlardan türemiş kırıntılar içeren, heterojen tane boylu ve pekişmemiş yığışmalar şeklindedirler.

İnceleme alanı içerisinde Eskikışla, Tahtakıyü, İkinci Viraj, Bakır Kuyusu, Derin Dere, Kuyutaşı Tepe, Sarnoluk ve Teşbih Dere mevkiilerinde zaman zaman işletilmiş cevherleşmeler bulunmakta ve bu yöre isimleri ile adlanmaktadır. Bu oluşumlar BKB - DGD doğrultulu bir hat üzerinde yer almaktadır. Bu çalışmanın saha incelemelerinin yapıldığı yıllarda yalnızca Eskikışla ve Tahtakıyü (Sulu Mağara) yatakları işletildiğinden bu yataklar incelenebilmiş, diğer yatakların işletildiği ocaklar göçmüş olduğundan incelenmeleri mümkün olamamıştır. Bu yataklar Çanakkale Madencilik Ltd.Şti. tarafından işletilmektedir.

Tahtakıyü ve Eskikışla yatakları birbirlerinin devamı olup, yakın çevrelerinde Adadağı piroklastikleri'ne ait piroklastik kayaçlar yüzeylemektedir. Alt seviyeleri andezitik lav arakatıklı aglomera - lapilli taşı - tüf, orta seviyeleri riyolitik silisleşmiş breş, üst seviyeleri

ise silisleşmiş riyolitik tüf ağırlıklıdır (Şekil 1). Tüfler cevherleşmelere yakın yerlerde ileri derecede breşleşmiş, silisleşmiş, kaolinleşmiş, alünitleşmiş ve kloritleşmiştir.

Tahtakıyü ve Eskikışla yataklarında üst seviyelerde stockwork tipi, alt seviyelerde ise damar tipi olmak üzere iki farklı tip cevherleşme gözlenmektedir. Stockwork tipi (ağsı) cevherleşmeler aglomeratik kayaç parçaları ve piroklastik breşler arasındaki boşluklarda ince damar ve damarcıklar şeklinde gelişmiş olup, damar tipi cevherleşmeler ise Adadağı piroklastikleri içinde K60B / 50 GB konumlu bir fay boyunca oluşmuştur. Stockwork tipi cevher damarlarının kalınlıkları ince iken; damar tipi cevherin kalınlığı 20 cm ile 5 m arasında değişmektedir. Cevher damarı yer yer KD - GB doğrultulu normal faylarla kesilmektedir. Her iki tip cevherleşmede mineralojik bileşim aynı olup, makroskopik olarak sfalerit ve galenit ile kuvars ve barit görülmektedir. Cevherleşmelerde breş dolgusu tipi yapı hakim olup, minerallerin kenar yüzeylerden ortadaki boşluğa doğru büyümesi şeklinde gelişmiş tarak / crustiform yapısı da gözlenmektedir. Derinlere inildikçe galenit, barit ve kuvarsların kristal boyutları büyümektedir.

Her iki yatakta da altta damar tipi, üstte ise stockwork tipi cevherleşmelerin gözlenmesi voikano-sedimanter yan kayaçlı massif sülfid yataklarına benzer bir yataklanma şekli sunmaktadır. Ancak, damar tipi cevherleşmenin oluştuğu fay kırığının stockwork tipi cevher zonunu ve üstündeki tüflü seviyeyi kesip üst kotlara doğru devam etmesi, stockwork tipi cevherleşmenin oluştuğu kılcal boşlukların hidrotermal çözeltilerin iç basınçları ile oluşmuş kılcal çatlaklardan daha çok aglomeraların çakılları arasındaki boşluklar olması, stockwork tipi cevherin üstünde masif mercekler veya bantlar halinde stratiform cevher zonu ile jips, barit ve demirli çört çökellerinin bulunmaması ve sinjeuetik çökeltim işaret eden kırıntılı dokuların gözlenmemesi gibi özellikler cevherleşmelerin voikano-sedimanter çökellerden daha sonra epijenetik olarak oluştuklarına işaret etmektedir. (Bozkaya, 2001.)

Cevherleşmelerde galenit, sfalerit ve barit hakim mineraller olup, pirit, kalkopirit, fahlerz (tennantit), markazit, kalkosin, kovellin, bomit, tenorit ve kuvars az miktarlarda bileşime katılmaktadır.

Bu mineraller, birbirleriyle olan sınır ilişkileri gözönüne alınarak; erken evre (I) ve geç evre (II) oluşumları şeklinde ayrılmış olup, 5 ayrı mineral oluşum evresi tanımlanmıştır. I. evre; barit ve pirit, II. ve III. evreler; galenit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, bornit ve markazit, IV. evre; barit, kuvars ve kalsit, V. evre ise; kalkosin, kovellin ve tenorit oluşumu ile temsil edilmektedir.

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçülen T_{pM} değerleri (- 55.0 ile - 49.5 °C), mineral oluşturucu hidrotermal çözeltiler içinde $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ gibi tuzların varlığını göstermekte olup, çözeltilerin ya deniz suyu kökenli olduklarına veya denizel sedimanlar içinden geçerek ortama geldiklerine işaret etmektedir. Ölçülen T_{miCE} değerlerinden itibaren hesaplanmış tuzluluk değerleri; baritlerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin tuzluluklarının biraz yüksek olduğunu (% 11.09 ile 6.02 aralığında; ort = % 8.55 NaCl eşdeğeri), sülfürlü mineralleri oluşumu sırasında ise biraz düşüğünü (baritlerdeki ikincil kapanımlarda; % 9.47 ile 0.88 aralığında; ort = % 4.32 NaCl eşdeğeri, sfaleritlerdeki birincil kapanımlarda; % 9.99 ile 2.07 aralığında; ort = % 6.8 NaCl eşdeğeri) göstermektedir.

Ölçülen TH değerlerinden; baritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının düşük olduğu (80 °C'den daha düşük) ancak daha sonra, sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında (baritlerde ikincil kapanımlar) sıcaklığın 270 °C'ye kadar yükseldiği, sfaleritlerin ise 120-160 °C arasında olduğu (sfaleritlerde birincil kapanımlar) anlaşılmaktadır. Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değerleri birlikte değerlendirildiğinde; baritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin tuzluluklarının yüksek, sıcaklıklarının düşük olduğu, sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında ise tuzluluklarının düşük, sıcaklıklarının yüksek olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Bu çalışmada jeokimyasal incelemeler olarak; kayaç örneklerinde ve cevher örneklerinden ayrılmış galenit, sfalerit ve barit örneklerinde anaelement, eser element ve nadir toprak elementleri (NTE) jeokimyası incelemeleri yapılmıştır.

Kayaç örneklerinden seçilmiş temsili örnekler doğrudan öğütülüp toz haline getirilerek analiz edilmişlerdir. Cevher örnekleri ise kırılıp öğütüldükten sonra tüm minerallerin serbestleşmiş görüldüğü -250 - +125 mikron tane boyu aralığı elenip yıkanarak temizlenmiş, barit, galenit ve sfalerit mineral fraksiyonları stereo mikroskop altında elle seçilerek saf mineral fraksiyonları ayrılmıştır. Baritler içine karışmış olabilecek kuvars ve kalsit gibi mineraller ayrılmış örnekler ağır sıvıdan (metilen iodat; $d = 3.31 \text{ gr / cm}^3$) geçirilerek temizlenmişlerdir.

Ana element analizleri; Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Rigaku 3270-E (WDS) tipi ve Rh (rodyum) tüplü X-Işınları Floresans Spektrometresinde (XR.F) yapılmıştır. Analiz için yaklaşık 10 gr öğütülmüş örnek üzerine %5 polivinil prolidin (bağlayıcı olarak) içeren 10 damla saf su damlatılarak 100 cc'lik bir beher içerisinde spatul ile karıştırıldıktan sonra alüminyum kapsüle konularak hidrolik pres altında 10-12 tonluk bir basınç ile tablet haline getirilmiş ve analiz edilmiştir.

Eser element ve NTE analizleri Activation Laboratuvarında (Kanada) ICP-MS yöntemiyle yapılmıştır. Analizlerin dedeksiyon limiti ve hassasiyeti araştırma kalitesindedir (4B2 - Research).

Ana Element Jeokimyası İncelemeleri

Cevherleşmeler çevresinde yüzeyleyen birimlerden seçilmiş 10 adet temsili kayaç örneğine ait analiz sonuçları Çizelge Pde görülmektedir.

Le Maitre ve diğ. (1989) tarafından geliştirilen diyagramlarda K_2O ve SiO_2 içeriklerine göre Karaömerler bazaltının orta K'lu kalkalkali bölgeye, Akçaalan andeziti ve Dededağı dasitinin

Çizelge 1. İnceleme alanından derlenmiş kayaç örneklerinin major oksit içerikleri.
Table I. Major oxide contents of the rocks samples from the study area.

% oksit	Akçaalan andeziti				Adadağı piroklastikleri		Dededağı dasiti		Karaömerler bazaltı	
	KR-309	KR-311	KR-318	KR-253	KR-322	KR-247	KR-248	KR-268	KR-292	KR-277
SiO ₂	59.17	59.26	57.17	60.94	62.88	64.08	62.98	56.78	50.14	60.10
TiO ₂	0.73	0.81	0.72	0.66	0.56	0.45	0.47	0.70	0.85	0.91
Al ₂ O ₃	16.92	17.40	16.62	17.64	18.42	18.03	16.74	16.00	19.62	17.48
Fe ₂ O ₃ (t)	6.42	7.18	6.53	5.58	3.56	3.22	4.29	6.60	8.30	5.30
MnO	0.10	0.09	0.13	0.22	0.08	0.18	0.10	0.12	0.15	0.14
MgO	3.24	3.13	3.99	2.76	1.88	1.26	1.78	4.60	4.08	1.38
CaO	4.84	4.24	5.87	1.88	3.27	1.33	2.45	4.96	9.90	4.63
Na ₂ O	3.10	3.12	2.59	2.89	3.57	5.46	3.97	2.53	3.35	4.87
K ₂ O	2.41	3.01	2.45	4.05	4.48	4.39	3.19	2.68	0.99	1.69
P ₂ O ₅	0.14	0.16	0.15	0.16	0.13	0.10	0.11	0.14	0.18	0.23
LOI	1.60	2.07	3.48	3.90	2.15	2.19	2.45	3.88	1.00	1.83
Toplam	98.67	100.47	99.70	100.68	100.90	100.69	98.53	98.99	98.56	98.56

yüksek K'lu kalkalkali bölgeye, Adadağı piroklastiklerinin ise şononitik bölgeye düştüğü gözlenmiştir (Şekil 2). (Na₂O+K₂O) ve SiO₂ içeriklerine göre yapılan sınıflamada Eosen yaşlı Akçaalan andezitinin andezit, Oligosen yaşlı Adadağı piroklastiklerinin dasit, traki - dasit, Miyosen yaşlı Dededağ dasitinin traki - dasit, Pliyo - Kuvaterner yaşlı Karaömerler bazaltına ait örneklerin ise bazalt ve andezit alanları içerisine düştüğü görülmektedir. Pearce ve Cann (1973) tarafından hazırlanan TixO^{m2}-Zr-Yx3 diyagramı üzerinde Karaömerler bazaltına ait örnekler plaka içi bazaltlar alanına düşmekte olup, elde edilen bu sonuçlar; inceleme alanının yakın çevresinde daha önce çalışan Ercan ve diğ.'nin (1995) Tersiyer volkanizmasına ait verileri ile de benzerlik sunmaktadır.

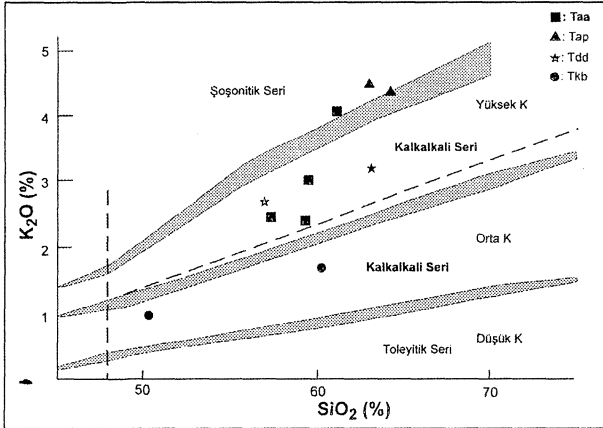
Ana element jeokimyası incelemelerinden elde edilen bulgulara göre inceleme alanındaki volkanik kayalar, Karaömerler bazaltı hariç yüksek potasyumlu kalkalkali seriyi temsil etmektedirler. Bu da gerilme sistemiyle kabuk incilmesi sonucu oluşan volkanik kayaların kıta kabuğundan malzeme olarak kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Orta potasyumlu kalkalkalen karakterli levha içi bazaltların ise daha sonraki dönemde kıta kabuğunun normal

kalınlığa dönmesi sırasında kirlenmeden yeryüzüne ulaştığını göstermektedir.

Eser Element Jeokimyası İncelemeleri

Analiz edilen eser element sonuçları ve dedeksiyon limitleri ile ilgili bilgiler Çizelge T de toplu halde görülmektedir. Cevher örneklerinin eser element içeriklerinin çok düşük olması nedeniyle birbirleriyle ve yan kayalarla karşılaştırma ve değerlendirme yapılması mümkün olamamıştır. Cevherleşme ile ilgili bazı elementlerin (Pb, Zn, Cu, Ba, Bi) inceleme alanındaki birimlerden seçilmiş örneklerdeki grafiksel dağılımları Şekil 3'de görülmektedir. Bu verilere göre kurşun, çinko, bizmut ve baryumun Akçaalan andeziti (Taa) ve Adadağı piroklastiklerinde (Tap), bakırın ise Dededağ dasitinde (Tdd) diğer birimlere göre daha yüksek değerlerde buldukları anlaşılmaktadır.

Yalnızca eser element dağılımı dikkate alındığında, yatak içinde zenginleşen kurşun ve çinkonun Akçaalan andeziti ile Adadağı piroklastiklerinden, bakırın ise Dededağ dasitinden kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir.



Şekil 2. İnceleme alanındaki volkanitlerin Le Maitre ve diğ. (1989) tarafından geliştirilen K_2O - SiO_2 diyagramındaki konumları (Taa: Akçalalan andeziti, Tap: Adadağı piroklastikleri, Tdd: Dededağ dasiti, Tkb: Karaömerler bazaltı).

Figure 2. Plotting of the volcanic rocks in the study area on the K_2O - SiO_2 diagram

(diagram is adopted from Le Maitre ve diğ., 1989; Taa: Akçalalan andesite, Tap: Adadağı pyroclastics, Tdd: Dededağ dacite, Tkb: Karaömerler basalt)

Nadir Toprak Element Jeokimyası İncelemeleri *

Nadir toprak elementleri, benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduklarından jeolojik olaylar sırasında dağılım beraberlikleri göstermektedirler. Miktarlarında azalma veya çoğalma olmakla birlikte oransal bollukları ve/veya dağılım grafikleri, kaynak malzeme içindeki benzediği için özellikle maden yataklarındaki mineralleri oluşturan elementlerin kökenlerinin araştırılmasında oldukça yararlı olabilmektedir. NTE analiz sonuçları değerlendirilirken, genellikle kondrit örneklerine göre veya bazı temel kayalara (Kuzey Amerika Şeyli - NASC, Avrupa Şeyli gibi) ait değerlere göre normalize edilmekte (Normalize edilmiş değerler N simgesi ile işaretlenmekte) ve sonuçlar X ekseninde elementlerin atom numaralarına göre dizildiği, Y ekseninde ise logaritmik olarak normalize edilmiş değerlerin bulunduğu X-Y dağılım diyagramları hazırlanmakta, dağılım eğrilerindeki gidişler

(pattern) çeşitli referans verileri karşılaştırılarak yorumlanmaya çalışılmaktadır.

İnceleme alanındaki barit ve galenitlere ait değerleri karşılaştırabilmek amacıyla değişik çalışmalardan derlenmiş bazı barit oluşumlarına ve hidrotermal sistemlere ait NTE değerleri Çizelge 3'de görülmektedir.

İnceleme alanından alınan yan kayaç ve cevherleşmeye ait barit ve galenit örnekleri ile literatürden derlenmiş benzer oluşumlara ait NTE değerleri, Boynton (1984) tarafından belirlenmiş CI kondrit ortalaması (Avg. CI Chondrite) değerlerine göre normalize edilmiş olup, normalize NTE değerleri Çizelge 4 ve 5'de görülmektedir.

Normalize edilmiş NTE değerlerinin* atom numarasına karşılık logaritmik dağılım diyagramları Şekil 4 ve 5'de görülmekte olup, farklı örnekler için dağılım eğrilerinin gidişleri basitçe; negatif Eu anomalilerine sahip, birbirlerine benzer ve/veya paralel gidişli eğriler şeklindedir.

Çevredeki kayalara ait örneklerin normalize NTE değerleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; en yüksek değer Karaömerler bazaltına ait olup (TK - 92;Tkb), bunu sırasıyla Adadağı piroklastikleri (TK - 253; Tap), Akçalalan andeziti (TK - 311; Taa) ve Dededağ dasiti (TK - 248; Tdd) izlemektedir. Volkanik kayaların değişim grafiklerindeki paralellikler, volkanitlerin aynı magma odasından geldikleri şeklinde yorumlanabilir, çoğalma olmakla birlikte oransal bollukları ve/veya dağılım grafikleri, kaynak malzeme içindeki benzediği için özellikle maden yataklarındaki mineralleri oluşturan elementlerin kökenlerinin araştırılmasında oldukça yararlı olabilmektedir. NTE analiz sonuçları değerlendirilirken, genellikle kondrit örneklerine göre veya bazı temel kayalara (Kuzey Amerika Şeyli - NASC, Avrupa Şeyli gibi) ait değerlere göre normalize edilmekte (Normalize edilmiş değerler N simgesi ile işaretlenmekte) ve sonuçlar X ekseninde elementlerin atom numaralarına göre dizildiği, Y ekseninde ise logaritmik olarak normalize

Çizelge 2. İnceleme alanından seçilmiş kayalık ve mineral örneklerinin iz ve NTE içerikleri (Taa: Akçalalan andeziti, Tap: Adadağı piroklastikleri, Tdd: Dededağ dasiti, Tkb: Karaömerler bazaltı).

Table 2. Trace and REE contents of rocks and mineral samples from the study area (Taa: Akçalalan andesite, Tap: Adadağı pyroclastics, Tdd: Dededağ dacite, Tkb: Karaömerler basalt).

Örnek No:	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	
KR-248 (Tdd)	36,2	62,1	6,4	23,8	4,08	0,99	3,61	0,6	3,52	0,75	2,43	0,41	2,63	0,448	7,1	0,89	274	0,11	-5	-0,1	19,9	5,12	
KR-253 (Tap)	34,2	63,3	6,8	26,6	5,19	1,28	5,11	0,85	4,74	1,02	3,14	0,47	2,97	0,469	5,5	0,86	195	1,12	12	0,3	14,8	3,49	
KR-292 (Tkb)	14	29,2	3,4	15,2	3,66	1,18	3,72	0,63	3,67	0,8	2,32	0,34	2,14	0,345	2	0,2	149	-0,1	-5	-0,1	3,9	1,1	
KR-311 (Taa)	31,1	62,1	6,9	28,6	6,02	1,35	5,39	0,94	5,08	1,03	3,13	0,5	3,01	0,446	5	0,9	241	0,11	-5	-0,1	12,5	3,59	
EK-6 (Galenit)	0,33	0,45	0,1	0,21	0,03	0,01	0,04	-0	0,04	-0	0,02	-0,01	0,01	0,002	-0,1	0,01	0,9	-0,1	>10000	0,1	0,11	0,09	
TK-61 (Galenit)	0,28	0,39	0,1	0,22	0,06	0,01	0,12	0,02	0,11	0,02	0,05	0,01	0,04	0,004	-0,1	-0,01	-0,5	-0,1	>10000	0,4	0,09	0,1	
EK-6 (Sfalerit)	-0,05	-0,05	-0	-0,1	0,02	-0,01	-0	-0	-0	-0	-0,01	-0,01	-0	-0	-0,1	-0,01	0,6	-0,1	436	-0,1	0,05	-0,01	
TK-73 (Sfalerit)	-0,05	0,05	0	0,1	0,07	-0,01	0,05	-0	0,03	-0	0,02	-0,01	0,03	0,006	-0,1	-0,01	0,6	-0,1	440	-0,1	0,07	0,02	
TK-61 (Barit)	1,58	-0,05	0	-0,1	-0,01	-0,01	-0	-0	0,03	-0	0,02	-0,01	0,02	-0	0,4	1,01	-0,5	-0,1	80	-0,1	-0,05	0,06	
TK-83 (Barit)	4,11	-0,05	0,1	-0,1	-0,01	-0,01	0,33	-0	0,13	0,02	0,07	-0,01	0,04	-0	0,3	0,5	-0,5	-0,1	34	-0,1	-0,05	0,03	
Blank	-0,05	-0,05	-0	-0,1	-0,01	-0,01	-0	-0	-0	-0	-0,01	-0,01	-0	-0	-0,1	-0,01	-0,5	-0,1	-5	-0,1	-0,05	-0,01	
Standard MAG1	42,6	86,2	9,6	36,9	7,29	1,49	6,03	0,96	5,14	0,96	2,82	0,43	2,6	0,372	3,7	1,1	1,7	0,25	22	-0,1	12,4	2,78	
Certified MAG1	43*	88*	9,3	38*	7,5*	1,55*	5,8*	0,96*	5,2*	1,02*	3	0,43*	2,6*	0,40*	3,7*	1,1	1,4	(0,59)	24*	0,34	11,9*	2,7*	
Standard BIR1	0,68	1,94	0,4	2,32	1,09	0,54	1,79	0,4	2,5	0,55	1,74	0,27	1,66	0,256	0,6	0,03	-0,5	-0,1	-5	-0,1	0,18	0,03	
Certified BIR1	0,62*	1,95*	0,38*	2,5*	1,1*	0,54*	1,85*	0,36*	2,5*	0,57*	1,7*	0,26*	1,65	0,26*	0,6*	0,04	0,07	(0,01)	3	(0,02)	0,03	0,01	
Standard DNC1	3,5	8,3	1	4,53	1,35	0,58	1,88	0,4	2,59	0,58	1,9	0,3	1,87	0,295	1	0,06	-0,5	-0,1	8	-0,1	0,25	0,06	
Certified DNC1	3,8*	10,6	1,3	4,9*	1,38*	0,59*	2	0,41*	2,7	0,62	2*	(0,33)	2,01*	0,32*	1,01*	0,098*	(0,2)	(0,026)	6,3	(0,02)	(0,2)	(0,1)	
Standard GXR-2	26	53,2	5,5	20	3,74	0,68	3,27	0,52	2,95	0,59	1,83	0,29	1,83	0,286	7,5	0,79	2,1	0,72	664	0,6	8,8	2,97	
Certified GXR-2	25,6	51,4	-19	3,5	0,81	(3,3)	0,48	3,3					(0,3)	2,04	(0,27)	8,3	0,9	1,9	1,03	690	(0,69)	8,8	2,9
Standard LKSD-3	48,3	90,7	11	42,8	7,94	1,48	6,47	0,92	5	0,99	2,95	0,46	2,83	0,429	4,5	0,61	1,1	0,88	26	-0,1	10,8	4,39	
Certified LKSD-3	52	90	44	8	1,5		1	4,9					2,7	0,4	4,8	0,7	(<4)		29		11,4	4,6	
Standard MICA-Fe	181	392	44	163	30,4	0,62	20,3	2,35	9,4	1,31	3,02	0,48	2,7	0,528	25,4	36,6	15,9	16	8	0,4	159	76,5	
Certified Mica Fe	200*	420*	49*	180*	33*	0,7*	21*	2,7*	11*	1,6*	3,8*	0,48*	3,5*	0,5*	26*	35*	15	16	13*	2	150*	80*	
Standard GXR1	7,9	15,6	2	18,9	3,16	0,65	4,42	0,9	4,43	1,02	3,09	0,46	2,07	0,309	1	0,26	155	0,54	747	1,380	2,6	35,1	
Certified GXR1	7,5	17	-18	2,7	0,69	4,2	0,83	4,3					(0,43)	1,9	0,28	0,96	0,175	164	(0,39)	730	1,380	2,44	34,9
Standard SY3	1,340	2,220	223	674	110	17,1	105	18	118	29,7	68,4	11,7	62,3	7,96	12,8	28,8	1,8	1,66	139	0,7	1,000	650	
Certified SY3	1340*	2230*	223*	670	109	17*	105*	18	118	29,5*	68	11,6*	-62	7,9	9,7	30*	1,1*	1,5	133*	(0,8)	1003*	650*	
Standard STM-1	151	259	20	80,4	12,6	3,67	9,09	1,51	8,14	1,5	4,41	0,71	4,38	0,615	29,4	18,6	3,3	0,1	10	0,1	33,8	9,1	
Certified STM-1	150*	259*	19*	79*	12,6*	3,6*	9,5*	1,55*	8,1*	1,9	4,2*	0,69	4,4*	0,6	28*	18,6*	3,6*	0,26	17,7*	0,13	31*	9,06*	
Standard IFG-1	2,79	4,03	0,4	1,81	0,41	0,36	0,68	0,12	0,81	0,2	0,66	0,1	0,58	0,098	-0,1	0,18	220	-0,1	-5	-0,1	0,17	0,14	
Certified IFG-1	2,8*	4*	0,4*	0,2	0,4*	0,39*	0,74*	0,11*	0,8*	0,2*	0,63*	0,09*	0,6*	0,09*	0,04	0,2	220	0,02	4		0,1	0,02	

Çizelge 2. Devam ediyor
Table 2. Continued

Örnek No:	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	In	Sn	Sb	Cs	Ba
KR-248 (Tdd)	51	56	31	186	24	-30	15	-0,5	-5	83	359	22,5	290	10,1	-2	-0,5	-0,1	1	0,7	0,6	800
KR-253 (Tap)	78	-20	25	-20	-10	153	16	-0,5	-5	98	225	33,4	213	10,9	-2	-0,5	-0,1	2	0,6	3,9	1.170
KR-292 (Tkb)	255	-20	31	-20	47	41	15	-0,5	-5	17	553	22,4	69	3	-2	-0,5	-0,1	-1	0,2	0,3	342
KR-311 (Taa)	169	24	36	-20	31	-30	17	2,2	7	88	352	29,2	168	10,7	-2	-0,5	-0,1	2	0,6	1,8	629
EK-6 (Galenit)	13	-20	-1	-20	-10	69	-1	-0,5	-5	25	-2	-0,5	3	0,3	-2	-0,5	-0,1	-1	0,3	1,6	14
TK-61 (Galenit)	13	-20	-1	-20	-10	101	-1	-0,5	-5	2	2	1,3	-1	1,1	-2	-0,5	-0,1	-1	-0,2	-0,1	171
EK-6 (Sfalerit)	-5	-20	4	-20	-10	>10000	21	-0,5	-5	1	-2	-0,5	-1	-0,2	-2	-0,5	0,3	-1	-0,2	-0,1	39
TK-73 (Sfalerit)	-5	-20	4	-20	-10	>10000	10	-0,5	-5	1	3	-0,5	1	-0,2	-2	-0,5	-0,1	-1	-0,2	-0,1	217
TK-61 (Barit)	-5	-20	-1	-20	-10	-30	-1	-0,5	-5	6	5.510	1,5	-1	-0,2	-2	-0,5	-0,1	-1	-0,2	0,1	6.248
TK-83 (Barit)	-5	-20	-1	-20	-10	174	-1	-0,5	-5	-1	7.320	2,1	-1	-0,2	-2	-0,5	-0,1	-1	-0,2	-0,1	18.248
Blank	-5	-20	-1	-20	-10	-30	-1	-0,5	-5	-1	-2	-0,5	-1	-0,2	-2	-0,5	-0,1	-1	-0,2	-0,1	-3
Standard MAG1	133	97	21	53	28	121	19	2,5	10	145	137	27,7	113	14,5	-2	-0,5	-0,1	3	1,2	8,2	466
Certified MAG1	140*	97*	20,4*	53*	30*	130*	20,4*		9,2	149*	146*	28*	126*	12	1,6	0,08	(0,18)	3,6	0,96*	8,6*	479*
Standard BIR1	309	377	51	161	122	74	15	2,1	-5	-1	106	16,1	14	1,1	-2	-0,5	-0,1	-1	0,8	-0,1	7
Certified BIR1	313*	382*	51,4*	166*	126*	71*	16	1,5	(0,4)	0,25*	108*	16*	15,5	0,6	(0,5)	(0,036)		0,65	0,58	0,005	7
Standard DNC1	143	260	54	259	100	66	13	1,2	-5	4	137	17,5	37	1,7	-2	-0,5	-0,1	1	1,1	0,2	108
Certified DNC1	148*	285*	54,7*	247*	96*	66*	15	(1,3)	(0,2)	(4,5)	145*	18*	41*	3	(0,7)	(0,027)			0,96*	(0,34)	114*
Standard GXR-2	54	38	9	-20	80	574	39	0,9	26	82	159	19,3	259	11	-2	16,5	-0,1	2	49	5,7	2.260
Certified GXR-2	52	36	8,6	21	76	530	37		25	78	160	17	269	11	(2,1)	17	(0,252)	1,7	49	5,2	2.240
Standard LKSD-3	81	80	32	44	36	150	16	1	26	79	250	32,2	163	7,4	-2	2,1	-0,1	2	1,4	2,5	675
Certified LKSD-3	82	87	30	47	35	152			27	78	240	30	178	8	(<5)	2,7		3	1,3	2,3	680
Standard MICA-Fe	131	82	25	33	-10	1.320	94	3,3	-5	2.110	4	46,4	760	270	2	-0,5	0,6	70	0,4	174	139
Certified Mica Fe	135*	90*	23*	35*	5*	1300*	95*	3,2	3	2200*	5*	48*	800*	270*	1,2		0,6	70*		180*	150*
Standard GXR1	83	-40	9	45	1.110	689	14	5	426	14	301	36	33	4	18	31	0,8	59	114	3,1	697
Certified GXR1	80	12	8,2	41	1.110	760	13,8		427	-14	275	32	-38	(0,8)	18	31	0,77	54	122	3	750
Standard SY3	50	-40	8	-40	20	264	30	2	20	210	309	721	353	141	-4	-1	-0,2	8	1,1	2,8	440
Certified SY3	50	-11	8,8	11	17	244*	27*	1,4	18,8	206*	302*	718*	320	148	(1,0)	(1,5)		(6,5)	0,31	2,5	450
Standard STM-1	-5	-20	-1	-20	-10	225	32	1	-5	113	659	46	1.240	245	4	-0,5	-0,1	6	1,3	1,3	566
Certified STM-1	(8,7)	(4,3)	0,9	-3	(4,6)	235*	36*	(1,4)	4,6	118*	700*	46*	1210*	268*	5,2	0,079*	(0,12)	6,8	1,66*	1,54*	560*
Standard IFG-1	-5	-20	27	-20	13	-30	1	24,1	-5	2	4	9,3	-1	-0,2	-2	-0,5	-0,1	-1	1	0,1	5
Certified IFG-1	2	4	29*	22,5	13*	20*	0,7	24	1,5	0,4	3	9*	1	0,1*	0,7		0,2	0,3	0,63	0,06	1,5



edilmiş değerlerin bulunduğu X-Y dağılım diyagramları hazırlanmakta, dağılım eğrilerindeki gidişler (pattern) çeşitli referans verileri karşılaştırılarak yorumlanmaya çalışılmaktadır.

İnceleme alanındaki barit ve galenitlere ait değerleri karşılaştırabilmek amacıyla değişik çalışmalardan derlenmiş bazı barit oluşumlarına ve hidrotermal sistemlere ait NTE değerleri Çizelge 3'de görülmektedir.

İnceleme alanından alınan yan kayaç ve cevherleşmeye ait barit ve galenit örnekleri ile literatürden derlenmiş benzer oluşumlara ait NTE değerleri, Boynton (1984) tarafından belirlenmiş Cl kondrit ortalaması (Avg. Cl Chondrite) değerlerine göre normalize edilmiş olup,

normalize NTE değerleri Çizelge 4 ve 5'de görülmektedir.

Normalize edilmiş NTE değerlerinin atom numarasına karşılık logaritmik dağılım diyagramları Şekil 4 ve 5'de görülmekte olup, farklı örneklere ait dağılım eğrilerinin gidişleri basitçe; negatif Eu anomalilerine sahip, birbirlerine benzer ve/veya paralel gidişli eğriler şeklindedir.

Çevredeki kayaçlara ait örneklerin normalize NTE değerleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; en yüksek değer Karaömerler bazaltına ait olup (TK - 92;Tkb), bunu sırasıyla Adadağı piroklastikleri (TK - 253; Tap), Akcaalan andeziti (TK - 311; Taa) ve Dededağ dasiti (TK - 248; Tdd) izlemektedir. Volkanik kayaçların değişim grafiklerindeki paralellikler, volkanitlerin aynı magma odasından geldikleri şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 3. Değişik barit oluşumlarının ve hidrotermal sistemlerin NTE değerleri.

Table 3. REE values of the various barite occurrences and hydrothermal systems.

Element	Deniz Suyu (1)	MB2 (1)	MB9 (1)	CB3 (1)	Tibet Ort. (2)	Bulg. Ort. (2)	Bulg. Ort. (2)	EPR 21 Ort. (2)	Salton Denizi (3)	Kondrit x1000 (4)
La	3,1	13	143	75	-	-	-	-	-	310,0
Ce	1,2	3,5	309	103	62,5	21,4	46,3	331,5	706	808,0
Pr	0,64	-	12,5	-	-	-	-	-	-	122,0
Nd	2,5	-	-	-	21,5	8,9	16,8	102,5	226	600,0
Sm	0,43	0,38	7,4	0,98	4,65	1,75	3,2	19	22,6	195,0
Eu	0,12	0,1	1,7	0,45	0,3	0,55	0,4	32,5	305	73,5
Gd	0,65	-	-	-	3,5	3,75	2,4	25	25	259,0
Tb	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	47,4
Dy	0,82	0,54	14	1	3,2	5,95	2	19,2	17,3	322,0
Ho	0,22	0,18	5,7	-	-	-	-	-	-	71,8
Er	0,68	-	18	-	2,2	4,1	1,2	11,7	10,6	210,0
Tm	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	32,4
Yb	0,63	-	26	-	2,2	4,2	1,25	13,3	9,33	209,0
Lu	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	32,2
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,10*

Referanslar

- (1)Guichard ve diğ. (1979)
 (2)Michard ve Albareda (1986)
 (3)Michard (1989)
 (4)Boynton (1984)

Barit Örnekleri

- MB2 Pelajik barit
 MB9 Diagenetik barit
 CB3 Hidrotermal damar tipi barit

Hidrotermal Çözellilerdeki Örnekler

- Tibet Ort. Ortalama Tibet AH-9&AH-35 değerleri
 Bulg.Ort.1Ort.Bulg. BU-14&BU-13 değ. (pH<7,5)
 Bulg.Ort.2 Ort.Bulg.BU-26,BU-04,BU-21, değ.(pH>7,5)
 EPR21 Ort. Ort.East Pasific Rise; 21° N,SW 1149-2,1157-2

Çizelge 4. İnceleme alanından seçilmiş kayaç ve cevher örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş NTE değerleri (NTE değerlerinin normalizasyonu için Boynton, 1984 ortalama Cl değerleri ,Y için Taylor ve McLennan, 1985 ortalama Cl değerleri kullanılmıştır.

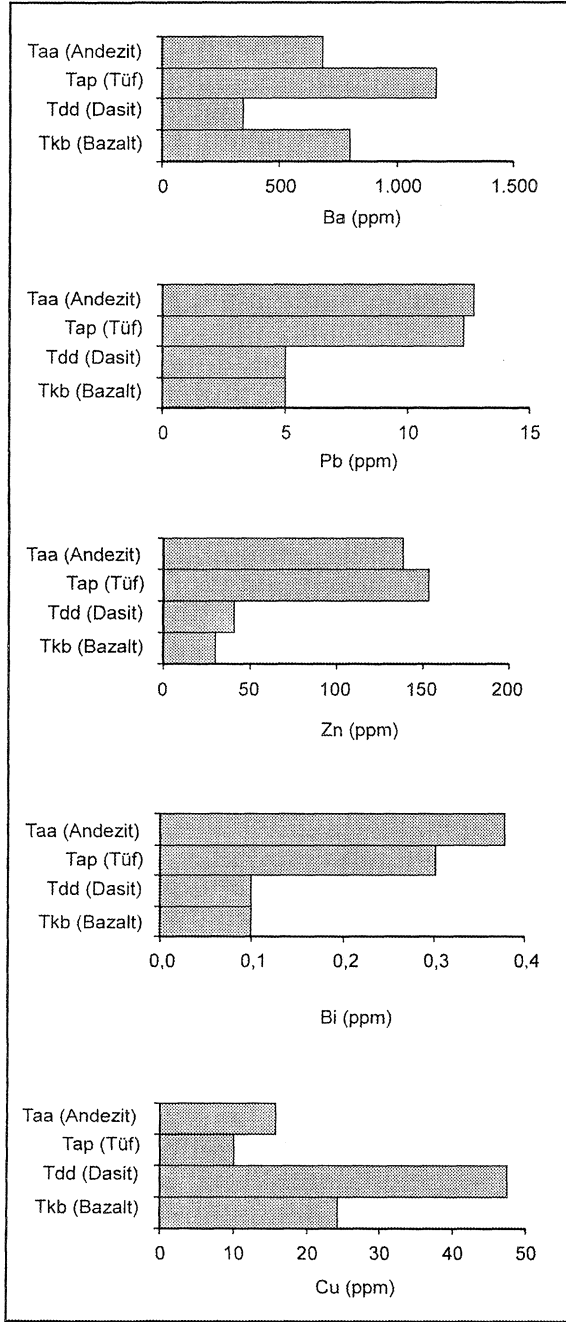
Table 4. Chondrite-normalized REE values of rocks and ore samples from the study area (NTE values were normalized using Av.Cl values of Boynton, 1984, Y values were normalized using Av. Cl values of Taylor and McLennan, 1985).

Element	1 (TK-311) (Taa)	2 (TK-253) (Tap)	3 (TK-248) (Tdd)	4 (TK-292) (Tkb)	5 (EK-6) Galenit	6 (TK-61) Galenit	7 (EK-6) Sfalerit	8 (TK-73) Sfalerit	9 (TK-61) Barit	10 (TK-83) Barit
La _N	0,1168	0,1103	0,0452	0,1003	0,0011	0,0009	0,0002	0,0002	0,0051	0,0133
Ce _N	0,0079	0,0084	0,0042	0,0085	0,00007	0,00006	0,00001	0,00001	0,00002	0,0001
Pr _N	0,0526	0,0557	0,0277	0,0566	0,0005	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007
Nd _N	0,0397	0,0443	0,0253	0,0477	0,0004	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Sm _N	0,0209	0,0266	0,0188	0,0309	0,0002	0,0003	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001
Eu _N	0,0134	0,0174	0,0161	0,0184	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Gd _N	0,0139	0,0197	0,0144	0,0208	0,0002	0,0005	0,00004	0,00002	0,00004	0,0013
Tb _N	0,0127	0,0179	0,0133	0,0198	0,0002	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Dy _N	0,0109	0,0147	0,0114	0,0158	0,0001	0,0003	0,00003	0,0001	0,0001	0,0001
Ho _N	0,0104	0,0142	0,0111	0,0143	0,0014	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003
Er _N	0,0116	0,015	0,011	0,0149	0,0001	0,0002	0,00005	0,0001	0,0001	0,0003
Tm _N	0,0126	0,0145	0,0106	0,0153	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Yb _N	0,0126	0,0142	0,0102	0,0144	0,00005	0,00019	0,00005	0,00014	0,00010	0,00019
Lu _N	0,0139	0,0146	0,0107	0,0139	0,00006	0,00012	0,00006	0,00019	0,00006	0,00006
Y _N	10,7143	15,905	10,667	13,905	0,2381	0,619	0,2381	0,2381	0,7143	1

Çizelge 5. Değişik barit oluşumları ve hidrotermal sistemlerin kondrite göre normalize edilmiş NTE değerleri.

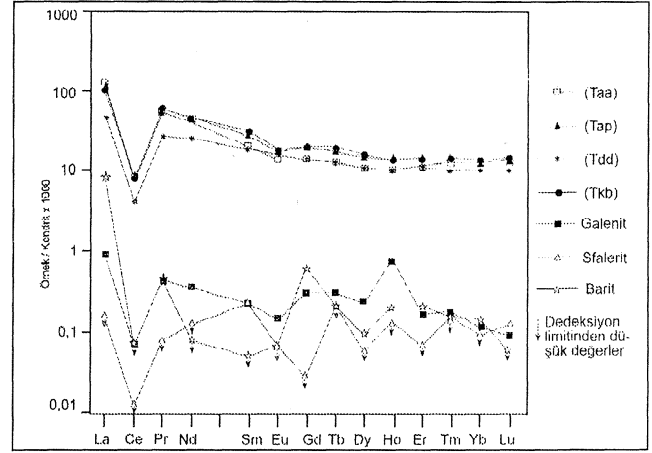
Table 5. Chondrite-normalized REE values of the various barite occurrences and hydrothermal systems.

Element	Deniz Suyu (1)	MB2 (1)	MB9 (1)	CB3 (1)	Tibet Ort. (2)	Bulg. Ort. (2)	Bulg. Ort. (2)	EPR 21 Ort. (2)	Salton Den. (3)
La	10,00	41,94	461,29	241,94	-	-	-	-	-
Ce	1,49	4,33	382,43	382,43	77,35	26,49	57,30	410,27	873,76
Pr	5,25	-	102,46	102,46	-	-	-	-	-
Nd	4,17	-	-	-	35,83	14,83	28,00	170,83	376,67
Sm	2,21	1,95	37,95	37,95	23,85	8,97	16,41	97,44	115,90
Eu	1,63	1,36	23,13	23,13	4,08	7,48	5,44	442,18	4149,66
Gd	2,51	-	-	-	13,51	14,48	9,27	96,53	96,53
Tb	2,95	-	-	-	-	-	-	-	-
Dy	2,55	1,68	43,48	43,48	9,94	18,48	6,21	59,63	53,73
Ho	3,06	2,51	79,39	79,39	-	-	-	-	-
Er	3,24	-	85,71	85,71	10,48	19,52	5,71	55,71	50,48
Tm	4,63	-	-	-	-	-	-	-	-
Yb	3,01	-	124,40	124,40	10,53	20,10	5,98	63,64	44,64
Lu	5,28	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-



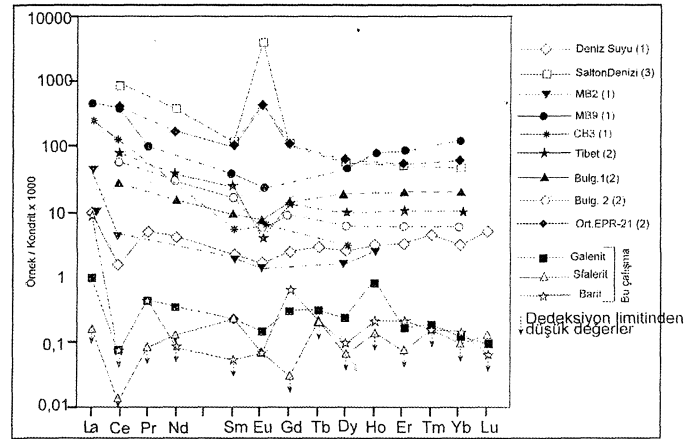
Şekil 3. Cevherleşme ile ilgili elementlerin inceleme alanındaki birimlerden seçilmiş örneklerde grafiksel dağılımı.

Figure 3. Graphical dispersion of the ore forming elements within the representative rock samples of the lithologic units.



Şekil 4. İnceleme alanından derlenmiş kayaç ve mineral örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş NTE değerlerinin değişim grafiği.

Figure 4. Chondrite-normalized REE patterns of rocks and mineral samples from the study area.



Şekil 5. İnceleme alanından derlenen galenit, sfalerit ve barit örnekleri ile değişik barit oluşumları ve hidrotermal sistemlerin kondrite göre normalize edilmiş NTE değerlerinin karşılaştırmalı değişim grafiği.

Figure 5. Comparative variation diagram of chondrite-normalized REE patterns from the galena, sphalerite and barite samples with different barite occurrences and hydrothermal systems.

+

Galenit, sfalerit ve barit örneklerinde normalize NTE değerleri birbirine çok yakın olduğundan her mineral için ortalama değerler hesaplanarak diyagrama aktarılmıştır. Bu minerallere ait değerler kayaç ördeklerine göre oldukça düşük olup, kısmen birbirine yakın oldukları söylenebilir. Barit örneklerinde (TK - 61, TK - 83) La, Pr ve Gd değerlerinde yüksek pikler oluşturacak şekilde oldukça zikzaklı bir gidiş izlenmekle birlikte diğer elementlere ait değerler düşüktür.

Galenit, sfalerit ve barit örneklerinde La, Ce ve Pr gibi hafif NTE'de değişim grafikleri birbirine paralellik göstermektedir. Ancak, diğer elementlere ait kesimlerde paralellik olduğunu söylemek zordur. Barit ve sfalerit arasındaki en önemli farklılık normalize Gd değerlerinde gözlenmekte olup, bu değer baritlerde yüksek sfaleritlerde düşülmüştür.

Sfaleritlere ait değerler, diyagram üzerindeki en düşük değerler olup oldukça zikzaklı bir gidiş izlenmektedir. Sfalerit ve galenit örnekleri özellikle hafif NTE değerlerindeki değişim bakımından (Ce değerinin La ve Pr değerlerine göre daha düşük oluşu) paralellik göstermektedir. Bu durum, galenit ve sfaleritlerin köken bakımından birbirleriyle ilişkili olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

İnceleme alanındaki örneklerin benzer oluşumlara ait verilerle karşılaştırılabilmesi amacıyla yapılan literatür incelemelerinden; Guichard ve diğ. (1979), çeşitli denizel ve karasal ortamlarda oluşmuş barit oluşumlarının NTE dağılımlarını incelemiş ve derin denizel baritlerin NTE konsantrasyonlarının diğer otijenik minerallere göre daha yüksek olduğunu, kondrite göre normalize edilmiş Eu değerlerinin minimum olduğunu, fakat deniz sularında gözlenen Ce anomalisinin bulunmadığını belirlemiştir. Çoğu karasal, bazıları ise sığ denizel ortamlarda oluşmuş diğer barit oluşumlarında ise NTE konsantrasyonlarının düşük olduğu gözlenmiş olup, saptanan pozitif Eu anomalilerinin indirgeyici sedimanter ortam ve metamorfizma koşullarına işaret ettiği belirtilmektedir. Morgan ve Wandless (1980), anhidrit, barit, siderit ve galenit kristallerinin yapısında NTE bolluklarını ve kristal lografik özelliklerin dağılıma etkilerini incelemiş olup, kabuk değerlerine göre normalize

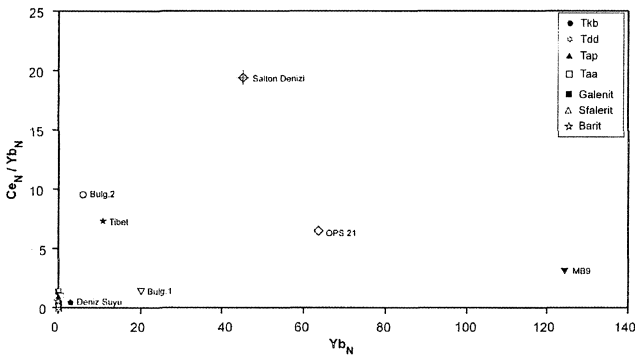
edilmiş NTE bolluklarının bu minerallerin yapısında bulunan ana katyonların iyon yarıçapları ile doğru ilişkili olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Eu'un barit içinde anomali derecesinde zenginleşirken, Fe gibi +3 değerlikli olmasına ve benzer iyon yarıçapına sahip olmasına rağmen siderit içinde az bulunması aykırı bir durum olarak belirtilmiştir. Baar ve diğ. (1985), Pasifik ve Atlantik Okyanuslarının sularında NTE dağılımının, su derinliğine, oksijen içeriğine, opal ve kalsiyum karbonat içeriğine ve asılı partiküllerin adsorplanma yeteneğine bağlı olarak değiştiğini saptamışlar ve özellikle asılı partiküllerin adsorplanma yeteneklerinin NTE dağılımını etkileyen en önemli parametre olduğu sonucuna varmışlardır. Ruhlun ve Owen (1986), Doğu Pasifik Sırtı (East Pasific Rise) çevresindeki hidrotermal çökellerin NTE dağılımını incelemişler ve sırt ekseninden uzaklaştıkça çökellerin NTE değerlerinin deniz suyuna yaklaştığını belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar hidrotermal bileşenlerdeki NTE dağılımının deniz suyundan etkilendiği sonucuna varmışlardır. Michard ve Albarade (1986), Doğu Pasifik Sırtı üzerinde 13° ve 21° N enlemleri üzerindeki su altı hidrotermal faaliyetleri ile Bulgaristan ve Tibet'teki sıcak su çıkışlarında NTE dağılımlarını incelemişler ve DPS çevresindeki hidrotermal çözeltilerde NTE konsantrasyonlarının deniz suyundakine göre belirgin bir artış gösterdiğini, pH ve alkaliniteye bağlı olarak biraz farklılık gözlenmekle birlikte Bulgaristan ve Tibetteki sıcak sularda NTE içeriklerinin düşük olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmalara ait değerlerle yapılan karşılaştırmalarda inceleme alanındaki örneklere ait değerlerin deniz suyuna kısmen benzerlik gösterdiği ancak diğer hidrotermal oluşumlara göre çok düşük değerler halinde oldukları ve dağılım benzerliği gösterdiği görülmektedir.

İnceleme alanına ait örneklerle çeşitli hidrotermal sistemlere ve barit oluşumlarına ait değerler ile birlikte Ce_N/Yb_N-Yb_N diyagramı üzerinde incelendiklerinde; sfalerit, galenit ve baritlerin volkanik kayaçlar arasında ve deniz suyuna yakın bir yerde kümelendikleri görülmektedir. (Çizelge 6 ve Şekil 6). Bu diyagramdan yararlanılarak sfalerit, galenit ve baritlerin olasılıkla deniz suyuna volkanik kayaçlardan çözülen elementlerin zenginleşmesi sonucu oluştuğu sonucu çıkarılmıştır.

Çizelge 6. İnceleme alanından derlenmiş kayaç ve mineral örneklerine ait $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ değerleri.**Table 6.** $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ values of the rocks and mineral samples from the study area.

Element	KR-248	KR-253	KR-292	KR-311	EK-6	TK-61	EK-6	TK-73	TK-61	TK-83
	Tdd	Tap	Tkb	Taa	Galenit	Galenit	Sfalerit	Sfalerit	Barit	Barit
Ce	0,0079	0,0084	0,0042	0,0085	0,00007	0,00006	0,00001	0,00001	0,00002	0,0001
Yb	0,0126	0,0142	0,0102	0,0144	0,00005	0,00019	0,0005	0,00014	0,0001	0,00019
Ce/Yb	0,627	0,5915	0,4118	0,5903	1,4	0,31579	0,02	0,07143	0,2	0,52632

Element	Deniz S.	MB9	T.Ort.	B.Ort.1	B.Ort.2	DPS 21A	Salton D.
Ce	1,49	382,43	77,35	26,49	57,3	410,3	873,76
Yb	3,01	124,40	10,53	20,10	5,98	63,64	44,64
Ce/Yb	0,495	3,0742	7,346	1,318	9,582	6,447	19,5735

**Şekil 6.** İnceleme alanından derlenmiş kayaç ve mineral örneklerine ait normalize değerlerin $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ diyagramı üzerinde dağılımı.**Figure 6.** Plotting of the chondrite normalized values of the rock and mineral samples on the $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ diagram.

SONUÇLAR

Koru (Çanakale) baritli kurşun - çinko yatağı, Biga Yarımadası'nda Tersiyer yaşlı volkanitler içinde yaygın olarak gözlenen kurşun - çinko yataklarının tipik örneklerinden birisi olup, inceleme alanı içindeki cevherleşmeler, Adadağı piroklastikleri içinde, BKB - DGD konumlu fay hattı boyunca damar tipi ve üst seviyelerdeki ileri derecede breşleşmiş kesimlerde stockwork tipi oluşumlar şeklindedir.

Ana element jeokimyası incelemelerinden; inceleme alanındaki volkanik kayaçların erken

evrede (Karaömerler bazaltı hariç) yüksek potasyumlu kalkali bileşimli oldukları, sonraki evrelerde ise orta potasyumlu kalkalkelen karakterli, levha içi bazaltlar (Karaömerler bazaltı) şeklinde oluştukları anlaşılmaktadır.

Eser element jeokimyası incelemelerinde kurşun, çinko, bizmut ve baryumun Akçalaan andezit ve Adadağı piroklastiklerinde, bakırın ise Dededağ dasitinde diğer birimlere göre daha yüksek değerlerde buldukları görülmektedir. Diğer veriler dikkate alınmadan yalnızca eser element dağılımı dikkate alındığında yatak içinde zenginleşen kurşun ve çinkonun Akçalaan andeziti ile Adadağı piroklastiklerinden, bakırın ise Dededağ dasitinden kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir.

İnceleme alanındaki örneklerin normalize edilmiş NTE değerleri incelendiğinde; farklı örneklerle ait dağılım eğrilerinin gidişleri basitçe; negatif Eu anomalilerine sahip, birbirine benzer ve/veya paralel gidişli eğriler şeklinde tanımlanabilir. İnceleme alanındaki örneklerinin değişim diyagramları çeşitli hidrotermal sistemlerle karşılaştırdıklarında baritlerin deniz suyuna kısmen benzerlik gösterdikleri söylenebilir. Örneklerin $Ce_N / Yb_N - Yb_N$ diyagramı üzerindeki konumları incelendiğinde; galenit, sfalerit ve baritlerin volkanik kayaçlar arasında ve deniz suyuna yakın bir yerde kümelendikleri görülmektedir. Bu durum da, galenit, sfalerit ve baritlerin olasılıkla deniz suyuna volkanik kayaçlardan çözülen elementlerin zenginleşmesi sonucu oluştukları söylenebilir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu'nca desteklenen doktora tezinden (M-150 nolu proje) hazırlanmıştır. C.Ü. Arş.Fonu yönetim kurulu üyelerine, saha çalışmaları sırasında gösterdikleri yardımlar için Çanakkale Madencilik Ltd. Şti. yetkililerine ve analizleri özenle gerçekleştiren Activation Laboratories (Kanada) çalışanlarına teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

Koru barite bearing lead-zinc deposits, located in southeast of Lapseki (Çanakkale), are the typical examples of the lead-zinc deposits occurred in the Tertiary volcanic rocks outcropped in the Biga Peninsula. Tahtalıkuyu and Eskikışla deposits are still being mined for Pb and Zn production. Geology, ore petrography and fluid inclusion characteristics of the mentioned deposits were investigated by Bozkaya (2001) and Bozkaya and Gökçe (2001). This paper deals with the major, trace and rare earth elements geochemistry of these deposits.

Volcanic rocks around the investigated deposits are distinguished as; Eocene Akçaalan andesite (andesite, basaltic andesite, rarely rhyodacite and dacite types of volcanic rocks), Oligocene Adadağı pyroclastics (tuffs and agglomerates with trachytic, latitic, dacitic and rhyolitic compositions and rarely andesitic and dacitic lavas), Miocene Dededağ dacite (dacitic and rarely rhyodacitic lavas) and Plio-Quaternary Karaömerler basalt (basalt).

The investigated deposits are hosted by Adadağı pyroclastics and show two different mineralization styles such as stockwork ore veinlets in the upper parts and ore veins along the fault zones in WNW-ESE direction within the lower parts. There is no mineralogical differences between ore styles. Galena, sphalerite and barite are the main minerals and accompanied by minor amounts of pyrite, chalcocopyrite, fahlerz (tennantite), marcasite, chalcocine, covellite, bornite, tenorite and quartz. Five different mineralisation phases were recognized in accordance with the mineral succession. These phases are represented by the following mineral paragenesis; 1st phase by barite and pyrite, 2nd and 3rd phases by galena, sphalerite,

chalcocopyrite, fahlerz, bornite and marcasite, 4th phase by barite, quartz and calcite, and the last phase by chalcocine, covellite and tenorite.

T_M , T_{micE} and T_H values measured during fluid inclusion studies indicate the presence of CaCl₂ and MgCl₂ types of salts in the mineralizing hydrothermal solutions, salinity of the hydrothermal solutions is rather relatively high during barite crystallisation in the early episode of mineralization, while decreased during the sulfide dominated later episode of mineralization. The temperatures of fluids is low (< 80 °C) during the early phase and increased up to 270 °C during the later phase. Sulfide minerals seem to be formed in a temperature range of 120-160 °C according to the primary fluid inclusion in sphalerite crystals. The presence of CaCl₂ and MgCl₂ indicate that the mineralizing hydrothermal solutions are either originated from sea water or circulated through the marinal sediments.

Barite was occurred in the earlier mineralisation stage characterised by lower temperature and higher salinity while sulfide minerals were precipitated in the later stage characterised by higher temperature and lower salinity. This event is not similar to that of expected cooling trends of hydrothermal systems and may be explained as follows; barites of the earlier stage was formed by shallow circulated sea water, slightly warmed, only capable of dissolving Ba²⁺ and SO₄²⁻ ions and ascended in the earlier stage, while the sulfide minerals were precipitated by the deeper circulated, more heated sea water which has a higher dissolving capacity of metal ions such as Pb²⁺, Zn²⁺ and Cu²⁺ ions and ascended lately.

Major element results show that the volcanic rocks in the study area have high potassic calcalkaline composition in the early stage, while they have medium potassic calcalkaline composition similar to within plate basalts in the later stage (Karaömerler basalt).

Trace elements contents of the various rock units show that the lead and zinc in the ore deposits may be derived from Akçaalan andesite, while copper from Dededağ dacite. REE studies show that normalised REE values of barites resemble to

that of sea water. The dispersion of the galena, sphalerite and barite values among those of volcanic rocks and seawater on the $Ce_{\sqrt{YbN}}-YbN$ diagram was assumed to be ore forming elements were derived from the surrounding volcanic rocks by deep circulated sea water.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Alpan, T., 1968. Kuru-Balcılar (Çanakale) köyleri civarının jeoloji etüdü. M.T.A. Raporu, No: 6840, 28 s.
- Andiç, T. ve Kayhan, F., 1997. Çanakale-Lapseki yöresinin genel jeokimyasal etüt raporu. M.T.A. Raporu, No: 10059.
- Baar, H.W., Bacon, M.P. ve Brewer, P.G., 1985. Rare earth elements in the Pasific and Atlantic Oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 1943-1959.
- Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Rare earth element geochemistry, P.Henderson (ed.), Elsevier, 63-114.
- Bozkaya, G., 2001. Kuru (ÇANAKKALE) Baritli Kırşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi. Doktora Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi (yayınlanmamış).
- Bozkaya, G. ve Gökçe, A., 2001. Kuru (ÇANAKKALE) Pb-Zn Yataklarının Jeolojisi, Cevher Mikroskopisi ve Sıvı Kapanım Özellikleri. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, 18 (1), 55-70.
- Dinçer, H., 1958. Çanakale vilayeti Lapseki kazası Umurbey nahiyesi civarındaki barit cevherleşmeleri. M.T.A. Raporu. No: 2482.
- Ercan, T. ve Türkecan, A., 1984. Batı Anadolu, Ege adaları, Yunanistan ve Bulgaristan'daki plütonların gözden geçirilişi: T.J.K. Ketin Sempozyumu Kitabı, 189-208.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C, Walter, H. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. M.T.A. Dergisi, 117,55-86.
- Gjelsvik, T., 1956. Türkiye'nin batısında Biga yarımadası bölgesinde Alpin volkanizmaya bağlı maden yatakları üzerinde aramalar. M.T.A. Raporu No: 2480.
- Guichard, F., Church, T., Treni I, M. ve Jaffrezic, H., 1979. Rare earths in barites: Distribution and effects on aqueous partitioning. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43 (7), 983-997.
- Holmes, A.W., 1966. 1. Bölge Trakya'nın jeolojik etüdü ve stratigrafisi. T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, No: 368.
- Kopp, K.O., 1964. Geologie Thrakiens II; Die Inseln und der Chersones. *NJb. Geol. Paleo. Abh.*, 119,172-214.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeissen, A., Wooley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rock and glossary of terms: Blackwell Scientific Publications, Oxford, 208 p.
- Morgan, J.W. ve Wandless, G.A., 1980. Rare earth element distribution in some hydrothermal minerals: Evidence for crystallographic control. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 973-980.
- Michard, A., 1989. Rare earth element systematics in hydrothermal fluids. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 745-750.
- Michard, A. ve Albarede, R, 1986. The REE content some hydrothermal fluids. *Chemical Geology*, 55, 51-60.

KORU (ÇANAKKALE) Pb-Zn YATAKLARINDA JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Okay, A.İ., Siyako, M. ve Burkan, K.A., 1990. Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. T.P.J.D. Bülteni, 2/1, 83-121.

Önem, S., 1974. Gelibolu yarımadası ve Çanakkale dolaylarının jeolojisi. T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, No: 877.

Pearce, J., A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks, determined using trace element analyses. Earth Planet Scien. Lett., 19,290-300.

Ruhllin, D.E., ve Owen, M., 1986. The rare earth element geochemistry of hydrothermal sediments from the East Pasific Rise: Examination of a seawater scavenging mechanism. Geochim. Cosmochim. Acta, 50, 393-400.

Sfondrini, G., 1961. Surface geological report on Ar/TPAO/1/538 and 537. T.P.A.O. Arama Grubu, Rapor No: 1429.

Siyako, M, Burkan, K.A. ve Okay, A.İ., 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. T.P.J.D. Bülteni, 1(3), 183-199.

T.olun, E. ve Baykal, F., 1960. Çanakkale-Lapseki-Umurbey-Koru Deresi Cu-Pb-Zn yataklarına ait rapor. M.T.A. Rap. No: 456.

Ünal, O., 1967. Trakya jeolojisi ve petrol imkanları. T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, No: 391.

Yanagiya, K. ve Sato, J., 1989. Report on the mineral exploration in the Çanakkale area Republic of Turkey. M.T.A. Raporu, No: 8999. Phase I-II. 132 p.

Makale Geliş Tarihi: 15 Ekim 2001

Kabul Tarihi : 24 Nisan 2002

Received : October 15, 2001

Accepted : April 24, 2002

