

# TUNCA VOLKANOJENİK MASİF SÜLFİD CEVHERLEŞMESİNİN (DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ, TÜRKİYE) JEOLJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ: ARAMALAR İÇİN BAZI ÖNERİLER

**Mustafa Kemal Revan<sup>a</sup>, Koichi Hisatani<sup>b</sup>, Okan Delibaş<sup>c</sup>, Nurullah Hanilçı<sup>d</sup>,  
İskender Kurt<sup>e</sup>, Deniz Göç<sup>e</sup>, Okan Zimitoğlu<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Maden Etüt ve Arama Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara

<sup>b</sup>Dowa Engineering Company Limited, Jeolojik Araştırmalar Grubu, Tokyo, Japonya

<sup>c</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara, Türkiye

<sup>d</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, İstanbul, Türkiye

<sup>e</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Trabzon Şubesi, Türkiye

(kemalrevan@gmail.com)

## ÖZ

Tunca cevherleşmesi Üst Kretase yaşlı volkano-sedimanter istifler içerisinde yer alır. Volkanik istifler Üst Kretase sistemin Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarına ait litolojik birimleri kapsar. Cevherleşme sahasındaki felsik volkanizmanın ilk evresi Kızılkaya formasyonunun dasit lav ve tüf breşleriyle başlar ve dom-yapılı hematitik dasitlerin eş zamanlı yerleşimi eşlik eder. Otabreşik ve volkano-klastik kayalar dasitlerin ekstrüviz kesimlerini temsil eder. Bazaltik volkanizma çamurtaşı çökelinin son dönemlerinde başlar ve Çağlayan formasyonunun tabakalı ve yastık yapılı lav akmalarıyla temsil edilir. Bazaltik aktivitedeki durgunluk ortamdaki volkano-klastik ve çamurtaşı ara seviyeleriyle belirgindir. Üst Kretase volkanizmanın son evresi ise önceki volkanizmadan kaynaklı litolojilerin eşlik ettiği felsik aktivite ile temsil edilir. Masif sülfid cevherleşme ilk felsik evrenin son dönemlerini kapsar. Dairesel yapılar bölgedeki çöküntü alanlarına karşılık gelir ve kuzey-kuzeydoğu ve kuzey-kuzeybatı doğrultulu faylar ile kesilir.

Tunca cevherleşmesi metal içeriği, yan kayaç litolojisi ve tektonik ortam açısından bimodal-felsik tip VMS yataklar kategorisinde yer alır. Taban kayalarında şiddetli, tavan kayalarında ise zayıf bir hidrotermal alterasyon tipiktir. Sahada, taban kayalarıyla sınırlı konantrik bir alterasyon zonlanması gözlenir. Hidrotermal alterasyon zonlanması: (1) iç zonlarda kuvars-pirit-serizit-klorit±karışık tabakalı serizit/smektit, (2) iç zonu çevreleyen kuvars-pirit-karışık tabakalı serizit/smektit±klorit±smektit ve (3) dış zonlarda yersel olarak gözlenen kuvars-pirit-lömontit±serizit±klorit şeklindedir. Sıvı kapanım verileri, çözeltilerin çökelişi ve dolaşımının ortaç bir sıcaklık aralığında (152° to 255°C, ort. 200°C) gerçekleştiğine işaret eder. Örnekler benzer homojenleşme sıcaklıklarına sahiptir fakat sfalerit-galenit-kuvars damarlarından elde edilen değerler (ort. 220°C) masif sülfid bloklardaki değerlerden biraz daha fazladır. Her iki grubun tuzluluk değerleri %5.9 NaCl eşdeğerinden azdır ve bu değerler (%0.9-5.9 NaCl eşdeğeri) deniz suyunun baskın olduğu deniz tabanı hidrotermal çıkışlara işaret eder. Tunca sahasındaki  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri ‰+1.5 ile +4.1 arasındadır. Kükürt izotop değerleri VMS yatakları için belirlenen genel değerlerle uyumludur. Tunca dasitlerinin  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin (‰+7.1 ile +14.0) büyük bir kısmı ‰+9'dan fazladır ve VMS sistemlerin genel içeriklerinden oldukça

fazladır. İz element jeokimyası, yan kayaçlar için “volkanik yay” ortamına işaret eder. Tunca sahası olasılıkla yitim esnasında gelişmiş açılmalı bir tektonik ortamda oluşmuştur.

Tunca sahasındaki cevherli masif sülfid blokları maden jeologlarının her zaman ilgisini çekmiş ve yapılan çalışmalarda olası büyük bir maden potansiyeline işaret eden bu cevher bloklarının kaynağına ulaşılması amaçlanmıştır. 1970’lerden günümüze devam eden arama faaliyetleri ve çalışma kapsamında derlenen temsili sülfid cevherlerinin ortalama metal içerikleri (7.2 g/t Ag, 0.1 g/t Au, %0.1 Cu, %0.2Pb ve %0.7 Zn) sahanın ekonomik olmadığına işaret eder. Cevherli sülfid blokları daha önceki çalışmalarda deniz-tabanı yığılımları olarak tanımlanmıştır. Ancak detaylı cevher fasiyes analizleri yapıldığında sülfid bloklarının aslında hidrotermal çözeltilerin çıkış kanallarını temsil eden ştokvörk sülfid damarlarından kaynaklandığı gözlenir. Sülfid cevherlerin homojen ve masif dokusu (kırıntılı ve breşik olmayan) deniz tabanının hemen altındaki yığılım süreçlerine işaret eder. Tabakalanma biçimleri, fosil içerikleri, yastık lavlar, bazaltik ve dasitik lavlarla ilintili otoklastik ve parçalanma breşlerinin varlığı cevherleşmenin içinde bulunduğu litolojilerin denizel ortamda çökeldiğini gösteren en önemli verilerdir. Zonlu alterasyon modeli hidrotermal çözeltilerin çıkış merkezlerinden dışa doğru yanıl dolaşımı esnasında ortaya çıkan süreçlerin veya birkaç milyondan fazla süren hidrotermal aktivitenin tek veya birkaç evrelil etkileşiminin bir sonucu olarak yorumlanabilir. Tavan kayaçlarındaki zayıf alterasyon ise örtü istiflerinin çökeliminden sonra devam eden hidrotermal aktivitenin bir sonucudur. Tunca cevherleşmesinin volkanik kayaçlar ile deniz suyu kökenli çözeltilerin önemli bir magmatik katkı olmaksızın etkileşiminin bir sonucu olarak oluştuğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Doğu Pontidler, VMS, Tunca cevherleşmesi, izotop jeokimyası*

**GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF THE TUNCA VOLCANOGENIC MASSIVE SULFIDE  
MINERALIZATION, EASTERN BLACK SEA REGION, TURKEY:  
IMPLICATIONS FOR EXPLORATION**

**Mustafa Kemal Revan<sup>a</sup>, Koichi Hisatani<sup>b</sup>, Okan Delibaş<sup>c</sup>, Nurullah Hanilçı<sup>d</sup>,  
İskender Kurt<sup>e</sup>, Deniz Göç<sup>e</sup>, Okan Zimitoğlu<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Department of Mineral Research and Exploration, General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Turkey

<sup>b</sup>Dowa Engineering Company Limited, Geological Exploration Group, Tokyo, Japan

<sup>c</sup>Department of Geological Engineering, Hacettepe University, Beytepe, Ankara, Turkey

<sup>d</sup>Department of Geological Engineering, İstanbul University, Avcılar, İstanbul, Turkey

<sup>e</sup>General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Trabzon Branch, Turkey  
(kemalrevan@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The Upper Cretaceous volcano-sedimentary sequences are host to the Tunca mineralization. Surface mapping indicates the presence of three distinct formations and associated intrusive rocks. The volcanic rocks, from bottom to top, are composed of the Kızılkaya, Çağlayan, and Sivrikaya formations of the Upper Cretaceous system. The initial stages of felsic volcanism within the mineralized area are marked by the eruption of dacite lava and tuff breccia of the Kızılkaya formation. This was accompanied by the emplacement of the dome-like hematitic dacite bodies. Autobrecciated and volcanoclastic rocks, both in-situ and resedimented, were likely generated from extrusive portions of the dacite bodies. Basaltic volcanism in the Tunca area was initiated toward the end of mudstone sedimentation and is marked by the eruption of sheet flows and pillow lavas of the Çağlayan formation. Hiatuses in basaltic activity are marked by thin horizons of volcanoclastics and mudstones. The uppermost volcanic units consisting of felsic activity accompanied by resedimentation of autoclastic and hyaloclastic debris from previous volcanism represent the latest phase of the Upper Cretaceous volcanism in the area. Massive sulfide ore is associated with later stage of initial felsic volcanism. The circular structures form depression pattern in the area, and are commonly cut by north-northeast and north-northwest striking faults.*

*Tunca mineralization shares many features in common with bimodal-felsic-type VMS deposits. Hydrothermal alteration is characterized by strong footwall alteration and weaker hanging-wall alteration. Concentric zonal alteration pattern is observed in the field. Hydrothermally altered host rock consist mainly of the following assemblages: (1) an inner zone of quartz-pyrite-sericite-chlorite±mixed layer sericite/smectite, (2) a quartz-pyrite-mixed layer sericite/smectite±chlorite±smectite zone surrounding the inner zone, and (3) quartz-pyrite-lalumontite±sericite±chlorite assemblage that are locally concentrated along the outer zones of field. Fluid inclusion data indicate precipitation or mobilization processes over a relatively narrow temperature range of 152° to 255°C (avg. 200°C). The samples show similar range in homogenization temperature, but those for the sphalerite-galena-quartz veins (avg. 220°C) are slightly higher than massive sulfide ore boulders. Both groups had salinities less than 5.9*

wt percent NaCl equivalent and lower-salinity fluids in the fluid inclusions are consistent with typical modified seawater-dominant hydrothermal vent fluids. The sulfur isotope analysis for the Tunca field gave a narrow range of 1.5 to 4.1 per mil. These  $\delta^{34}\text{S}$  values are typical of many VMS deposits. Quartz phenocrysts in the Tunca dacites are markedly enriched in  $^{18}\text{O}$  compared to other VMS-hosting districts. The most of the  $\delta^{18}\text{O}$  values (+7.1 and +14.0 per mil) are greater than 9 per mil. The geochemical data of the host rocks clearly plot in the volcanic arc field in the discrimination diagrams. The trace element geochemical signatures of the host rocks indicate that the Tunca field likely formed in an extensional tectonic regime during subduction.

Tunca mineralization has long been targeted by mineral explorationists due to exposed mineralized boulders. It has the potential to become a major mining field, and it has been studied extensively to clarify the sources of the massive ore blocks. The average metal contents of representative sulfide ores (7.2 g/t Ag, 0.1 g/t Au, 0.1 %Cu, 0.2% Pb, and 0.7% Zn), and sporadic exploration activity occurred from 70s' led to the conclusion that area was too remote to be economically suitable. These sulfide ore boulders have previously been referred to as seafloor accumulation. However, detailed examination of these sulfide blocks has shown they are characterized by semi-massive texture resulting from the stringer sulfide vein networks that represent the channelways for the upwelling hydrothermal solutions. Sulfide ores have homogenous and massive textures (not clastic and unbrecciated), indicating sub-seafloor accumulation. The bed forms, fossils, pillowed basaltic lavas, and autoclastic fragmental facies associated with the dacitic and basaltic/andesitic lavas collectively provide evidence for emplacement in a subaqueous setting. Zonal alteration around the Tunca mineralization is considered to be a product of contemporaneous processes that occurred during the lateral migration of fluids outward from the center of the discharge, or interactions during single or several cycles of hydrothermal activity. A weak hanging-wall alteration is considered to represent on-going hydrothermal activity after deposition of hanging-wall lithologies. The most geologically reasonable possibility for Tunca mineralization could be the result of continuous interactions between volcanic rocks and seawater-derived fluids, without significant involvement of a magmatic fluid.

**Keywords:** Eastern Pontides, VMS, Tunca mineralization, isotope geochemistry