



## Terziali-Çayağzı (Kırşehir) altın cevherleşmesi: Kırşehir Masifi'nde saprolitik altın zenginleşmelerinin ilk bulguları

*Terziali-Çayağzı (Kırşehir) gold mineralization: Initial findings of saprolitic gold enrichments in the Kırşehir Massif*

**Ebru COŞKUN DELİBAŞ, Yurdal GENÇ**

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, ANKARA

### ÖZ

Terziali-Çayağzı (Kırşehir) altın cevherleşmesi başlıca; mermer, gnays, şist ve metajasperoidlerden oluşan Kırşehir Masifi metamorfikleri içinde yer almaktadır. Bölgede yüksek altın değerleri metajasperoidler ve şistlerin yüzeysel bozunma zonlarından elde edilmiştir. Metajasperoidlerin altın içeriği 1ppm'in altındadır. Şistlerin yüzeysel bozunma zonlarının altın içerikleri ise değişken olup, yerel olarak 6 ppm'e kadar ulaşmaktadır. Bozunma zonlarının özellikle yüzeye yakın kesimlerinde altın değerleri daha yüksek olup, altın içeriği derine doğru azalmaktadır. Ünceleme alanındaki metajasperoid ve silisleşmiş şistlere ait sıvı kapanım verilerine göre, metajasperoidlerdeki birincil kapanımların homojenleşme sıcaklık değerleri 319°C ve 420°C arasında ve 485°C'den daha yüksek, tuzlulukları ise ağırlıkça %2.2 ve %14.8 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Şistlerin fay zonlarındaki silisleşmiş kesimlerin birincil kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları 154°C ve 390°C arasında ve 421°C'den daha yüksek olup, tuzlulukları %3.3 ve %4.5 değerleri arasında bulunmuştur. Şistler içindeki silisleşmiş zonlarda ikincil kapanımların homojenleşme sıcaklık değerleri ise 80°C ve 243°C arasındadır. Sıvı kapanım verileri; jeolojik ve petrografik gözlemlerle uyumlu olup, metajasperoidlerdeki ve altın içeriği yüksek silisleşmiş şistlerdeki sıvı kapanımlarının farklı kökene sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu verilere göre; metajasperoidlerdeki sıvı kapanımlarının metamorfik kökenli olduğu ve silisleşmiş şistlerdeki sıvı kapanımlarının ise daha genç, muhtemelen meteorik kökenli çözeltileri temsil ettikleri düşünülmektedir. Şistlerin yüzeysel bozunma zonlarına bağlı Terziali-Çayağzı altın cevherleşmesi tenör dağılımı, alterasyon ve mineralojik-petrografik özellikleri açısından dünyadaki lateritik-saprolitik altın yataklarıyla ortak özellikler taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Altın, Kırşehir Masifi, laterit-saprolit, metajasperoid, Orta Anadolu, sıvı kapanımı.

### ABSTRACT

*The Terziali-Çayağzı (Kırşehir) gold mineralization is hosted in the Kırşehir Massif metamorphites which are mainly composed of marble, gneiss, schist and metajasperoids. The highest gold contents in the Terziali-Çayağzı region are found in metajasperoids and the weathering zones of the schists. The gold content of the metajasperoids is lower than 1 ppm, whereas that of the weathering zones of the schists reaches up to 6 ppm. The gold content of the weathering zones is variable. The highest gold grades are detected in the upper part of the weathering zones near the surface, while they decrease downwards. Based on the fluid inclusion data of the metajasperoid and the silicified schists in the study area, the homogenization temperatures of the primary inclusions within the metajasperoids range from 319°C to 420°C and higher than 485°C. The salinity values are between 2.2 wt% and 14.8 wt% NaCl equivalent. The homogenization temperatures, which are measured on primary inclusions of the silicified fault zones within the schist, are between 154°C and 390°C and higher than 421°C. The salinity values of these fluid inclusions range from 3.3% to 4.5 % NaCl equivalent. The homogenization temperatures of the secondary inclusions of the silicified zones within the schists range between 80°C and 243°C. The fluid inclusion data are compatible with the geological and petrographical observations, and indicate that the fluid inclusions within the metajasperoids and the silicified schists have derived from different sources. It is considered that the fluid inclusions of the metajasperoids are metamorphic in origin and that of the silicified schist are younger and probably de-*

rived from the meteoric fluids. The grade distribution, alteration and mineralogical-petrographical features suggest that the Terziali-Çayağzı gold mineralization hosted in the weathering zones of the schists has similar characteristics with those of lateritic-saprolitic gold deposits in the world.

**Key Words:** Gold, Kırşehir Massif, laterite-saprolite, metajasperoid, Central Anatolia, fluid inclusion.

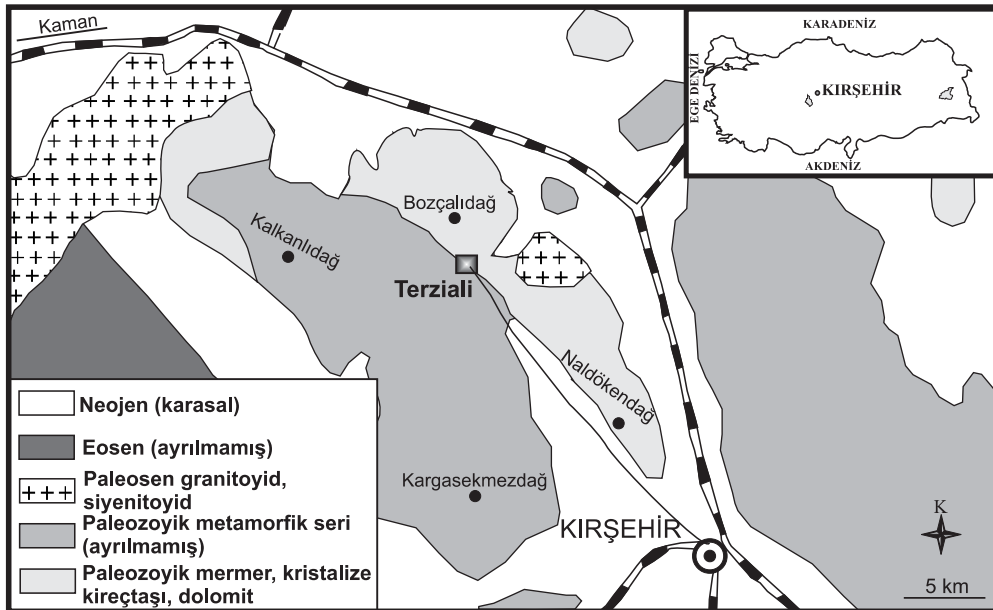
## GİRİŞ

Çok eski devirlerden beri Kanada, Avustralya ve Brezilya gibi ülkelerde metamorfitle içindeki silisli zonlardan ve altınlı kuvars damarlarından ekonomik olarak altın üretimi yapılmaktadır (Foster, 1993). Ülkemizde de Kırşehir Metamorfik Masifi'nde son yıllarda altına yönelik arama çalışmaları yoğun bir şekilde yürütülmektedir (Karabalık ve Yüce, 1998). Kırşehir Masifi'nin güneybatısında bulunan inceleme alanı, Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyinde olup, 1/25.000 ölçekli J31-b3, J32-a4 ve J32-d1 paftalarında Kırşehir, Çayağzı-Terziali Köyü sınırları içinde yer almakta ve 70 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmaktadır (Şekil 1).

Terziali-Çayağzı (Kırşehir) sahasının büyük çoğunluğunu metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Bu metamorfikler başlıca, mermer, şist, gnays ve metajasperoidlerden oluşmaktadır. Ünceleme alanında metamorfitle dışında, siye-

nitik ve çok küçük ölçekte fonolitik-trakitik kayalar yüzeylenmektedir. Bölgedeki altın cevherleşmesi, metamorfik kayalar içerisinde. Silisli zonlarda Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sondaj ve yarmalardan alınan örneklerde elde edilen altın değerleri, kuvars-mika-aktinolit şistlerde ve metajasperoidlerde 1 ppm'in altında iken, şistlerin yüzeysel bozunma zonlarında ortalama 4 ppm'dir. Metajasperoidlerde altın zenginleşmelerinin yanı sıra, florit zenginleşmeleri de izlenmiştir.

Terziali-Çayağzı (Kırşehir) altın cevherleşmesi, jeolojik ve mineralojik özellikleri açısından, Kırşehir Masifi metamorfitlelerinde literatürde tanımlanan ilk örnektir (Genç vd., 2003). Bu nedenle, Terziali-Çayağzı altın cevherleşmesinin oluşumunu kontrol eden süreçlerin anlaşılabilmesi amacıyla, cevherleşme bölgesinde jeoloji, mineraloji, petrografi ve sıvı kapanımı çalışmaları yapılmıştır.



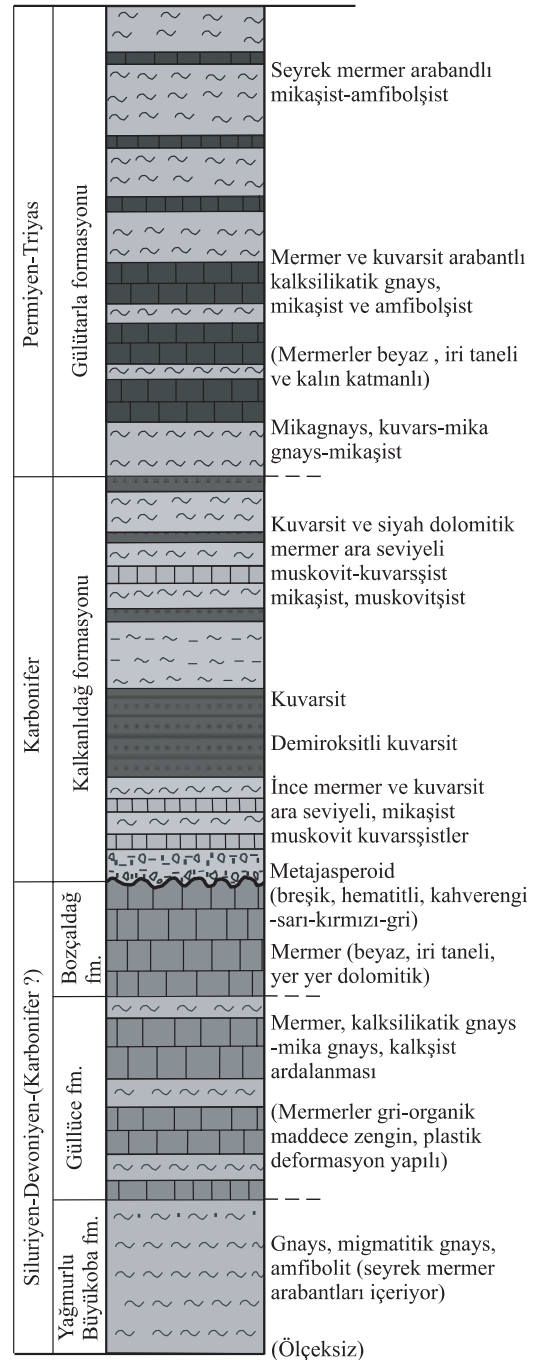
Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası (1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasından değiştirilerek alınmıştır).  
Figure 1. Location map of the study area (revised from 1/500.000 scaled geological map of Turkey).

## CEVHERLEŞME ALANININ JEOLJİSİ

Kırşehir Masifi yaklaşık olarak üçgen şekilli bir alanda, Sulakyurt, Keskin, Kırıkkale, Yozgat, Sivas, Kayseri, Niğde, Aksaray ve Kırşehir yerleşim merkezleri arasında olup, jeolojik olarak ise batıda Tuz Gölü Fayı, doğuda Ecemiş Fayı ve kuzeyde ise İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonuyla çevrelenir. Masifin metamorfik kayaları, Kırşehir'in kuzeyinde, Yozgat'ın güneydoğusunda, Akdağmadeni'nin güneyinde ve Niğde'nin doğusunda gözlenmektedir. Bu kayalar mermer, kuvarsit, kalkışist, amfibolşist, mikaşist ve gnayslardan oluşmakta ve genellikle ardalanmalı olarak bulunmaktadır (Erkan, 1975; Seymen, 1981a ve 1981b; Tolluoğlu, 1986).

Ünçeleme alanı, Seymen (1981a ve 1981b), Tolluoğlu (1986) ve Genç (2003) tarafından tanımlanan Güllüce formasyonu, Bozçaldağ formasyonu ve Kalkanlıdağ formasyonlarını kapsamaktadır. Sahanın büyük çoğunluğunu oluşturan metamorfitleler, Genç (2003)'in önerdiği stratigrafi istifine göre, altta mermer-şist-gnays ardalanmaları (Güllüce formasyonu) ve mermerlerden (Bozçaldağ formasyonu) oluşan bir istifle başlamaktadır. Bu serinin hemen üzerine kuvarsit ve seyrek mermer arabantları içeren mikaşistler (Kalkanlıdağ formasyonu) uyumsuz olarak gelmektedir. Kalkanlıdağ formasyonu ile Güllüce ve Bozçaldağ formasyonları arasındaki bu uyumsuzluk düzlemi metajasperoidlerin varlığı ile karakterize edilmektedir (Şekil 2). Ayrıca inceleme alanında metamorfitleler dışında, silisli zonun doğu kesiminde siyenitik intrüzyonlar da yüzeylenmektedir (Şekil 3).

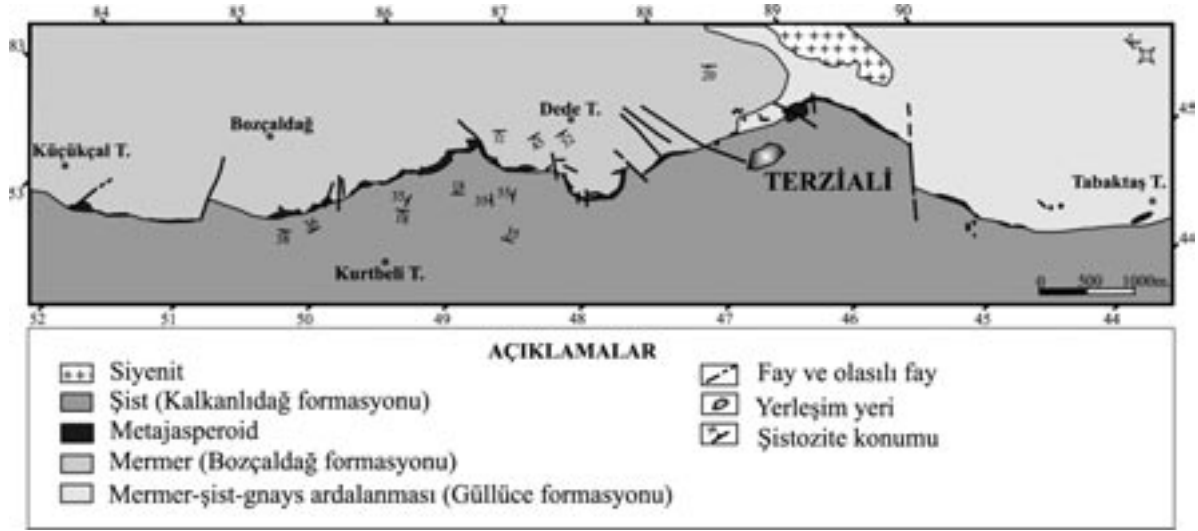
Metajasperoid olarak adlandırılan silisli zonlar, inceleme alanında Küçükçal Tepe, Bozçaldağ, Dede Tepe ve Terziali Köyü'nün doğu kesiminde yaygın olarak yüzeylenmektedir (bkz. Şekil 3). Genellikle 1-25 m arasında değişen kalınlıklara sahip bu silisli zonlar, mermer-şist-gnays ardalanmaları (Güllüce formasyonu) ve mermer (Bozçaldağ formasyonu) ile bunların üzerine uyumsuzlukla gelen mikaşistler (Kalkanlıdağ formasyonu) arasındaki uyumsuzluk yüzeyinde genellikle büyük kütleler veya güncel topoğrafyada mermerler ve şistler üzerinde kalıntı ve taşınmış bloklar şeklinde gözlenmektedir. Bu silisli zonlar, özellikle sahanın en batı kesiminde bulunan Küçükçal Tepe'de mermer-şist dokanağına paralel olarak; sahanın orta kesimlerinde ise



Şekil 2. İnceleme alanı ve çevresinin geliştirilmiş stratigrafik istifi (Genç, 2003).

Figure 2. Generalized stratigraphic section of the study area and its vicinity (Genç, 2003).

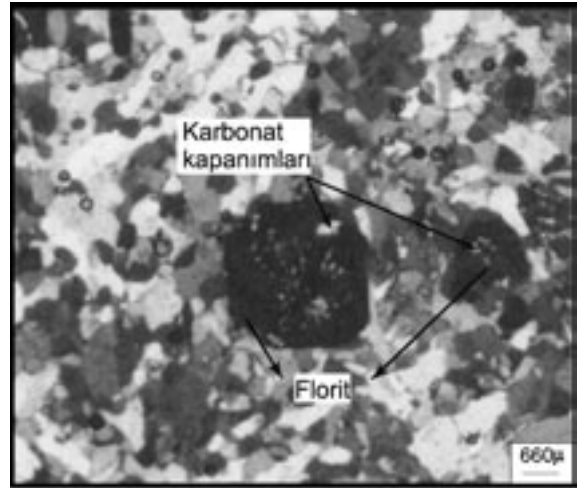
fay zonunda izlenmektedir. Ayrıca, Bozçaldağ mermerleri içinde, birbirine paralel veya birbirini kesen kılcal damarlar şeklinde silisleşmeler de gözlenmektedir. Terziali Köyü'nden doğuya gildikçe; silisli zonlar batı kesimindeki silisli zon-



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası (Türkmen (2002)'den değiştirilerek).  
Figure 3. Geological map of the study area (revised from Türkmen, 2002).

lardan farklı olarak mercerler şeklinde görül-  
mektedir. Silisli zonların renkleri sütbeyaz, bej,  
krem, koyu grimsi kırmızıdan kahverengiye ka-  
dar değişmekte ve genellikle masif ve tıkkız yapı-  
da olmalarına rağmen, yer yer boşluklu ve gö-  
zenekli, yer yer de breşik kesimler içermektedir.  
Metajasperoid örnekleri; ekonomik açıdan  
önemli olmayan ölçülerde florit içermekte olup,  
çoğunlukla mikro ölçekte özel bir ağ dokusuna  
(grid-work) sahiptir. Üri tane boyuna sahip (3-5  
mm), özşekilsiz-yarı özşekilli kuvarsların yanı  
sıra, bunların aralarını doldurmuş şekilde özşek-  
illi ve özşekilsiz mikrokristalin kuvarslardan  
oluşan bir matriks de gözlenmektedir. Bazı me-  
tajasperoid örneklerinde kuvarsların yanı sıra,  
muskovit, kalsit, florit ve ender olarak biyotit  
gözlenmiştir. Yeniden kristallenmiş, iri taneli ku-  
varslar ve floritler yaygın olarak karbonat (özel-  
likle kalsit) kalıntıları içermektedir. Bu karbonat  
kapanımları belirli yönde dizilimler/zonlanmalar  
göstermektedir (Şekil 4).

Terziali-Çayağzı bölgesinde daha önce yapılan  
incelemelerde (Seymen, 1982; Tolluoğlu, 1986;  
Kara ve Dönmez, 1990), metajasperoidler ku-  
varsit ve fay zonu silisleşmeleri olarak isimlendi-  
rilmiştir. Ancak metajasperoidler; renk, yapısal  
ve dokusal özellikleri açısından fay zonu silis-  
leşmeleri ve kuvarsitlerden oldukça farklıdır.  
Yaklaşık 13 km boyunca devamlı olan bu silisli  
zonlar, Bozçaldağ mermerleri ve Güllüce for-  
masyonu ile Kalkanlıdağ mikaşistleri arasındaki



Şekil 4. Metajasperoidlerdeki rekristalize kuvarslar  
(rekristalize kuvarslar içinde karbonat kapa-  
nımları mevcut).

Figure 4. The recrystallized quartz of the metajaspero-  
ids (carbonate inclusions are present in the  
recrystallized quartz).

dokanaklar boyunca gözlenmekte olup, sınırları  
belirgindir. Bu nedenle, metajasperoidlerin fay  
kontrollü silisleşmelerden ziyade, uyumsuzluk  
düzlemi kontrollü mermer yüzeylerine bağlı si-  
lisleşmeleri temsil ettiği söylenebilir. Karbonat  
kayaçlarında (özellikle kireçtaşları) hidrotermal  
çözeltilerin etkisiyle veya karstlaşma ve yüzey-  
sel bozunma süreçleriyle silisleşmelerin oluştu-  
ğu bilinmektedir. Karbonatların ornatılması so-  
nucu oluşan silisleşmeler literatürde *jasperoid*

olarak isimlendirilmektedir (Lovering, 1962 ve 1972; Holland vd., 1988; Moort vd., 1995). Metajasperoid örneklerinin büyük çoğunluğunda yeniden kristalleşmiş, özşekilli kuvars kristallerinin yaygın olarak gözlenmesi ve bu örneklerde muskovit ve grafit minerallerinin kuvarslara eşlik etmesi, bu kayaçların yüksek sıcaklık metamorfizması geçirdiğinin kanıtıdır. Bu nedenle silisli zonlardaki hemen hemen tamamen (% hacim olarak >90) kuvars minerallerinden oluşan kayaçlar metajasperoid olarak isimlendirilmiştir.

Sahanın güney kesiminde yaygın olarak gözlenen Kalkanlıdağ formasyonunun şistleri, metajasperoid zonlarıyla dokanak halindedir ve sınırları belirgindir (bkz. Şekil 3). Şistler; mermer ve amfibolit arabantlı mikaşistler, kuvars-mikaşistler ve kuvarşistlerden oluşmaktadır. Renkleri krem, açık bej, koyu gri-siyah ve kahverengi arasında değişmektedir. Şistlerde izlenen ana mineraller kuvars, muskovit ve biyotit; tali mineraller ise klorit, kalsit, turmalin, aktinolit ve stilpnomelendir. Ünceleme alanındaki şistler kendi içinde homojen olmayıp, özellikle kuvars bantları/damarları içermektedir. Bu kuvars arabantlı şistler, yüksek kuvars içeriğine sahip olmaları nedeniyle, el örneğinde oldukça sert ve tıkHz olup, yönlendirmeler makroskobik olarak izlenebilmektedir. Silisli zon döküntülerinin olduğu Dede Tepe'nin güneydoğusunda yer alan şistlerde, yönlendirmeye paralel hematitli damarcıklar yaygın olarak gözlenmektedir. Bu damarcıklar yer yer de pirit içermektedir. Terziali doğusunda KB-GD doğrultulu genç fay zonlarına bağlı şistler içerisinde, silisleşmiş kesimler izlenmiştir. Bu genç fay zonlarında şistler içerisinde gözlenen yaygın alterasyonlar killeşme, silisleşme ve limonitleşmedir. Özellikle killeşme, genç fay zonlarındaki şistlerin yüzeye yakın kesimlerinde yoğun olarak görülmektedir.

## CEVHERLEŞME

Terziali-Çayağzı sahasında metamorfitleerin uyumsuzluk düzlemlerini temsil eden metajasperoidlerde ve şistlerin yüzeyel bozunma zonlarında yüksek altın değerleri elde edilmiştir. Metajasperoidlere ait yüzey örneklerinde elde edilen altın değerleri 380-720 ppb arasında değişmektedir (Türkmen, 2002). Metajasperoidlerin ana opak mineralleri başlıca pirit, hematit, limonit ve grafitir. Tali bileşenler ise kalkopirit ve rutildir.

Altın değerleri, inceleme alanının batı kesimindeki şistler içerisinde, özellikle yoğun killeşme ve silisleşmenin olduğu kesimlerde 300- 1030 ppb arasında değişmektedir. Bu şistlere ait örneklerde, ana mineraller olarak aktinolit, muskovit, biyotit ve kuvars; tali mineral olarak ise kalsit gözlenmektedir. Yaygın alterasyonlar; killeşme, silisleşme, limonitleşme ve hematitleşmedir. Şistleri kesen mikro ölçekteki aktinolit damarları boyunca rutil, hematit ve limonitler izlenmektedir.

İnceleme alanının doğu kesimindeki (Terziali doğusu) şistlerde yapılan sondaj ve açılan yarmalarda ise, en yüksek altın içerikleri şistlerin yüzeyel bozunma zonlarında elde edilmiştir. Üst kesimlerde metajasperoid çakılları içeren yüzeyel bozunma zonları, boşluklu ve breşik bir görünüme sahiptir. Şistlerde yoğun kaolinitik alterasyonun yanı sıra, limonitleşme ve karbonatlaşma da yaygındır. Yoğun killeşmenin izlendiği üst zonun alt kesimlerinde ise, kalıntı piritler izlenmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre altın değerleri, yapılan sondajda yüzeyden derine doğru ilk 21 m içerisinde, ortalama 4 ppm'dir (Türkmen, 2002). Bu zona ait kayaçların ana minerali kuvars olup, tali mineraller olarak özşekilsiz epidot, kalsit ve şistlere ait muskovit, biyotit ve yer yer kalıntı turmalinler izlenmektedir. Ayrıca örneklerde, sarımsı-açık yeşil pleokroyizmaya sahip kil mineralleri de gözlenmektedir. X-ışınları kırınım analizleri sonucunda özellikle kaolinit, illit ve Na-simektit grubu killer belirlenmiştir. Ana opak mineralleri ise limonit, hematit ve piritir. Tali mineral olarak rutil ve manyetit saptanmıştır. Bu zona ait parlatmalarda, özşekilsiz, parlak sarı renkli ve yansıtma gücü oldukça yüksek mineraller gözlenmiştir. Bu minerallerin 0.3 mikrondan küçük tane boyuna sahip olması nedeniyle tüm özellikleri tam olarak belirlenememiştir. Ancak yüksek yansıtma gücü ve renginden dolayı, bu minerallerin altın olduğu düşünülmektedir.

Şistlerin bozunma zonunun alt kesimindeki genç fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerde ise şistler oldukça ayrıışmış, makroskobik olarak bol kırık-çatlaklı, çatlakları hematitli ve limonitli olup, yer yer silis parçaları içermektedir. Alt kesimlere doğru, az ayrıışmış şistler içinde piritler gözlenmektedir. Bu ayrıışmış şistlere ait sondaj örneklerinde ana bileşen kuvars ve muskovittir. Kayaçta ince (< 0.5 mm) ve kalın (> 3 mm) kal-

sit damarları gözlenmekte ve bunlar yer yer yönlenmeye paralel, yer yer de yönlenmeyi keser durumdadır. Ana opak mineraller ise pirit, hematit, limonit ve manyetittir. Piritler genellikle kenarlarından itibaren veya tamamen limonite dönüşmüştür. Piritte göre psödomorf limonitlerin genellikle tane boyu 3-5 mm arasındadır. Hematitler küçük-orta tane boyuna (1-3 mm) sahip olup, kırmızı iç yansıma göstermektedir. Manyetitler genellikle özşekilli, kahverengimsi gri renkte ve izotropdur .

Bozunma zonunda altın içeriği, düzensiz bir dağılım göstermektedir. Özellikle yüze yakın kesimlerdeki 6 ppm'e kadar ulaşan yüksek altın değerleri ve altın içeriğinin yüzeysel derine doğru azalması, bozunma zonunda altının yüzeysel süreçlerle zenginleştiğini göstermektedir. Terzali-Çayağzı sahasında Bozçaldağ mermerlerinde kılcal silis damarları dışında başka bir alterasyona rastlanılmamış olup, bu kesimde altın anomali değeri elde edilememiştir.

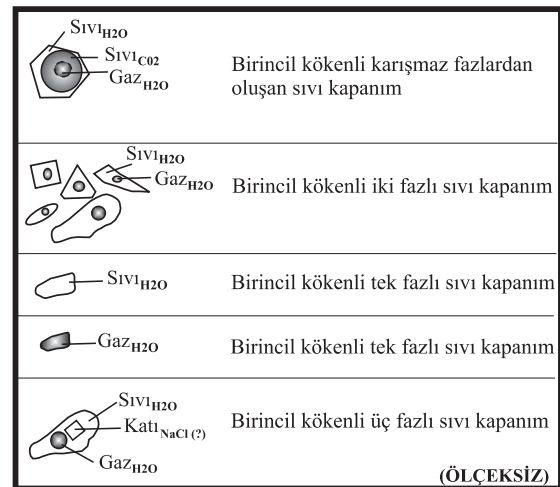
### SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Terzali-Çayağzı inceleme alanında yüzey ve sondaj örneklerine ait toplam 34 adet örnekte sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Özellikle sondajlarda; farklı derinliklerde bulunan, altın içeriği yüksek olan metajasperoid ve şistler içerisindeki fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerden örnekler seçilmiştir. Sıvı kapanım incelemeleri için örneklerden; çift tarafı parlatılmış, yaklaşık 0.5 mm kalınlığında özel kesitler hazırlanmıştır. Çalışmalar için kullanılan ana mineral kuvarstır. Roedder (1984) tarafından tanımlanan ölçütler esas alınarak, önce kapanımların morfolojik görünüm, büyüklük, dağılım, faz durumu ve hacim doldurma oranları gibi genel özellikleri incelenmiştir. Daha sonra kapanımlar ısıtılarak ve dondurularak mikrotermometrik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Mikrotermometrik ölçümlerle sıvı-gaz faz homojenleşme sıcaklıkları ( $T_h$ °C), donma sıcaklıkları ve son buz ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) saptanmıştır. Donma sıcaklık ve son buz ergime sıcaklık ölçümleri, kapanımların kararsızlığı nedeniyle, oldukça sınırlı sayıda sıvı kapanımda gerçekleştirilebilmiştir. Kapanım türlerinin ve özelliklerinin belirlenmesinde ve mikrotermometrik incelemelerde MTA laboratuvarlarında bulunan Olympus marka programlanabilir ısıtma-soğutma ölçüm sistemi ve bu sisteme monte edilen Nikon mikroskobu kullanılmıştır.

### Kapanımların Genel Özellikleri

Metajasperoidlere ait kuvarslarda yapılan sıvı kapanım incelemelerinde yaygın olarak, birincil kökenli karışmaz fazlardan oluşan sıvı kapanımlar ( $siv_{CO_2}$ ,  $siv_{H_2O}$ ,  $gaz_{H_2O}$ ), birincil kökenli üç fazlı sıvı kapanımlar (sıvı, gaz, katı) ve birincil kökenli iki fazlı sıvı kapanımlar (sıvı, gaz) gözlenmiştir. Bu sıvı kapanımların yanı sıra ender olarak, ikincil kökenli iki fazlı (sıvı, gaz), birincil kökenli tek fazlı (sıvı), ikincil kökenli tek fazlı (sıvı) ve birincil kökenli tek fazlı (gaz) sıvı kapanımları da saptanmıştır (Şekil 5). Birincil kökenli karışmaz fazlardan oluşan sıvı kapanımlar daha çok düzenli şekilli (kare, dikdörtgen, altıgen, üçgen) olup, boyutları 1.4-20  $\mu m$  arasında değişmektedir. Bu sıvı kapanımların hacim doldurma oranları %45-60 arasındadır. Birincil kökenli iki fazlı sıvı kapanımlar heterojen dağılımlı ve daha çok düzensiz şekilli gözlenmektedir. Boyutları yaklaşık 1.6-70  $\mu m$  ve hacim doldurma oranları %4-20 arasında değişmektedir. Sadece üç örnekte birincil kökenli iki fazlı bu sıvı kapanımların hacim doldurma oranları %35-45 arasında bulunmuştur. Birincil kökenli ve üç fazlı sıvı kapanımlar ise; düzensiz şekilli olup, sıvı kapanım hacim doldurma oranları %5-20 arasındadır.

Şistler içerisindeki fay zonlarına bağlı silisli kesimlere ait kuvarsların sıvı kapanım kesitlerinde, birincil kökenli iki fazlı (sıvı, gaz), birincil kö-



Şekil 5. Metajasperoidlere ait kuvarslarda gözlenen sıvı kapanım türleri.

Figure 5. Fluid inclusion types of the quartz within the metajasperoids.

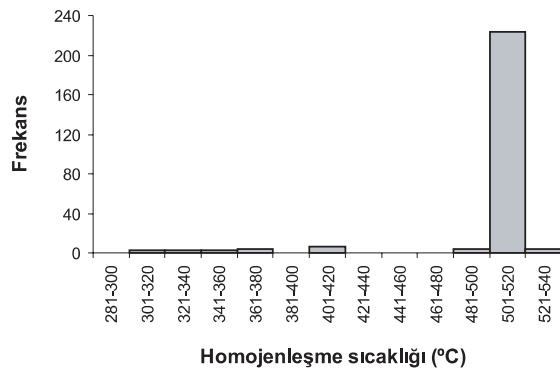


kenli üç fazlı (sıvı, gaz, katı) ve ikincil kökenli iki fazlı (sıvı, gaz) sıvı kapanımlar gözlenmiştir. Silisleşmiş şistlerin birincil kökenli iki fazlı sıvı kapanımları düzensiz şekillidir ve kapanımların boyutları 6-30  $\mu\text{m}$  arasındadır. Üç fazlı birincil sıvı kapanımlar ise; iki fazlı sıvı kapanımlara göre daha düzenli şekilli olup, boyutları 5-22  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Her iki tür sıvı kapanımın hacim doldurma oranları %15 civarındadır.

### Homojenleşme Sıcaklık Ölçümleri

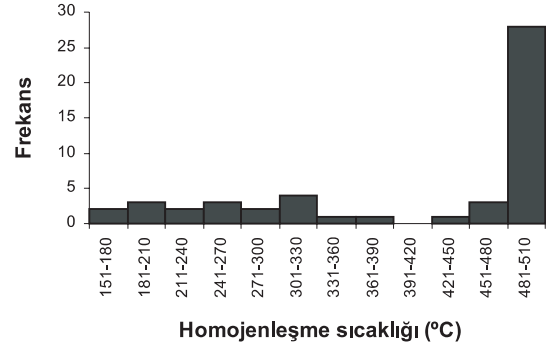
Metajasperoidlere ait kuvars örneklerinin birincil kökenli kapanımlarında yapılan 256 ölçümden elde edilen homojenleşme sıcaklıkları Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre, 319°C ile 420°C arasında ve 485°C'den daha yüksek olmak üzere, iki farklı homojenleşme sıcaklık aralığından söz edilmesi mümkündür. Homojenleşme sıcaklıklarından 319°C ve 420°C arasındaki değerler, ölçümlerin %6.6'sını oluştururken, 485°C ve üzerindeki değerler ise %93.4'ünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte, homojenleşme sıcaklık değerlerinin özellikle 501°C ve 520°C arasında yoğunlaştığı görülmektedir.

Şistlerdeki fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerdeki kuvarsların birincil kökenli kapanımlarından ölçülen homojenleşme sıcaklıkları 154°C ile 390°C arasında ve genellikle 421°C'den daha büyük değerlere sahiptir (Şekil 7). Özellikle homojenleşme sıcaklıkları 481°C ve 510°C arasında yoğunlaşmaktadır. Aynı örneklerde ikincil kökenli iki fazlı sıvı kapanımlarında yapılan ölçüm-



Şekil 6. Metajasperoidlerdeki kuvarsların birincil kapanımlarından ölçülmüş homojenleşme sıcaklıkları (Th°C).

Figure 6. Homogenization temperatures (Th°C) of the primary inclusions of the quartz measured within the metajasperoids.



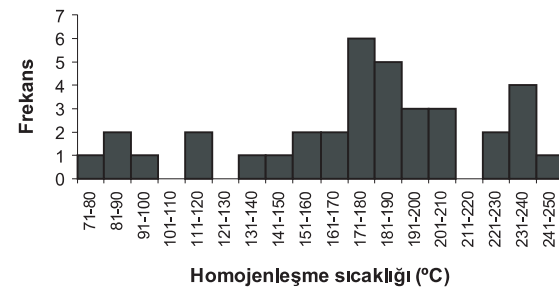
Şekil 7. Şistlerdeki fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerde kuvarsların birincil sıvı kapanımlarından ölçülmüş homojenleşme sıcaklıkları (Th°C).

Figure 7. Homogenization temperatures (Th°C) of the primary inclusions of the quartz measured within the silicified parts associated with the fault zones in the schists.

lerde ise, homojenleşme sıcaklıkları 80°C ve 243°C arasında değişmektedir (Şekil 8).

### Soğutma Ölçümleri

Metajasperoidlere ait kuvarsların birincil kökenli sıvı kapanımlarında yapılan soğutma işlemi sonucunda elde edilen donma sıcaklıkları (°C), son buz ergime sıcaklıkları (Tm°C) ve tuzluluk değerleri (ağırlıkça % NaCl eşdeğeri olarak) Çizelge 1'de verilmiştir. Tuzluluk değerleri, Bodnar (1993)'in önerdiği hesaplama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerden elde edilen tuzluluk değerleri Şekil 9'da görülmektedir. Bu-



Şekil 8. Silisleşmiş şistlerdeki kuvarsların ikincil kökenli sıvı kapanımlarından ölçülmüş homojenleşme sıcaklıkları (Th°C).

Figure 8. Homogenization temperatures (Th°C) of the secondary inclusions of the quartz measured within the silicified schists.

Çizelge 1. Metajasperoidlerde ve şistlerin fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerdeki kuvarsların birincil kapanımlarının son buz ergime sıcaklıkları (Tm °C) ve tuzluluk değerleri.

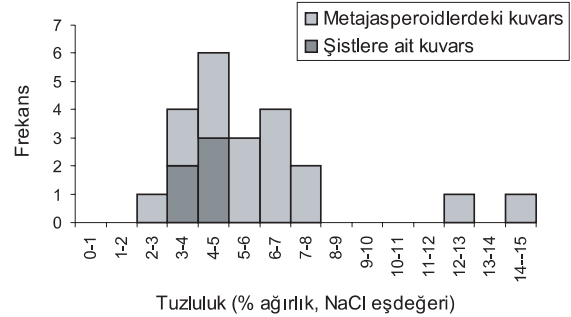
Table 1. Last ice melting temperatures (Tm °C) and salinity values of primary inclusions of the quartz within the metajasperoid and the silicified parts related to the fault zones in the schists.

Metajasperoidlere ait kuvarsların birincil kökenli ve Üç fazlı sıvı kapanımları		
Donma sıcaklığı (°C)	Son buz ergime sıcaklığı (Tm°C)	Tuzluluk değeri (%NaCl eşdeğeri olarak)
-27	+1.8	3.3
-26	+1.8	3.3
-23.6	+3.3	6.4
-	+3.3	6.4
-	+2.8	5.3
-	+2.4	4.5
-	+2.3	4.3
-32	+2.9	5.5
-21.3	+4	7.9
-19	+3.4	6.6
-	+2.8	5.3
-19.9	+4	7.9
Metajasperoidlere ait kuvarsların birincil kökenli ve iki fazlı sıvı kapanımları		
Donma sıcaklığı (°C)	Son buz ergime sıcaklığı (Tm°C)	Tuzluluk değeri (%NaCl eşdeğeri olarak)
-22	+6.2	12.8
-	+7	14.8
-14.6	-	-
-18.2	-	-
-20.7	+2.3	4.3
-17.5	+3.4	6.6
-	-1.2	2.2
-19.9	+4	7.9
Şistlere ait kuvarsların birincil kökenli ve iki fazlı sıvı kapanımları		
Donma sıcaklığı (°C)	Son buz ergime sıcaklığı (Tm°C)	Tuzluluk değeri (%NaCl eşdeğeri olarak)
-25	+1.8	3.3
-	+2	3.7
-	+2.2	4.1
-19.5	+2.2	4.1
-	+2.4	4.5

na göre, metajasperoidlere ait kuvarsların tuzluluk değerleri % 2.2 ve % 14.8 arasında değişmektedir.

Bilindiği gibi, sıvı kapanımlarda ölçülen ötektik sıcaklık (Te) değerleri, kapanlanmış su içindeki su-tuz sistemlerinin ötektik noktaları ile karşılaştırılarak, tuz sistemlerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Metajasperoidlere ait kuvarslardaki sıvı kapanımlarındaki tuz sistemi için Shepherd vd. (1985)'nin sıvı kapanımlarında yaygın olarak bulunabilen tuzların su ile ötektik sıcaklıkları çizelgesinden yararlanılmış ve Tm değerleri ve çok az sayıda olmak üzere elde edilen ötektik sıcaklık değerleri (Te) kullanılmıştır. Buna göre tuz sisteminin "H<sub>2</sub>O-NaCl-KCl" sistemi olduğu düşünülmektedir.

Silisleşmiş şistlerdeki kuvarsların sıvı kapanımlarında yapılan beş ölçümde (bkz. Çizelge 1) Tm sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri saptanmıştır. Bu ölçümlere göre, tuzluluk değerleri % 3.3- % 4.5 arasında değişmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Terziali, ayağızı sahasında metajasperoidler ve silisleşmiş şistlere ait kuvarsların birincil sıvı kapanımlarının tuzluluk değerleri (% ağırlık NaCl eşdeğeri).

Figure 9. Salinity values (% NaCl equivalent) of the primary inclusions of the quartz measured within the metajasperoids and silicified schists.

## SONUÇLAR VE YORUM

İnceleme alanında altın içeriğinin en yüksek olduğu kesimler, şistlerin yüzeysel bozunma zonlarıdır. Bu zonlardaki altın zenginleşmeleri, dağılım, ayrışma, mineral içeriği ve petrografik açıdan, lateritik-saprolitik altın yataklarıyla ortak özellikler taşımaktadır. Bozunma zonlarında kaolinitik kil ayrışmasının çok yoğun olarak izlen-



mesi, limonit ve hematitin varlığı, epitermal ve mezotermal altın yataklarının aksine, çok az taneli altın gözlenmesi, lateritik-saprolitik altın yatakları için karakteristiktir (Boyle, 1979; McKelvey, 2003). Saprolitik ortamlarda altın zenginleşmeleri yüzeye yakın sıcaklık ve basınç koşulları altında oluşur (Boyle, 1979). Bu tip yataklarda altına eşlik eden cevher mineralleri pirit, kalkopirit, arsenopirit, kalkosin, malahit, kuprit ve nabit bakır; gang mineralleri ise demirli, alüminyumlu oksit ve hidroksitlerdir. Bu yataklarda limonit yaygın olarak izlenirken, limonitin dışında ana kayaç parçaları, demirce zengin zonlar ve özellikle kaolinit de bol miktarda bulunmaktadır (Boyle, 1979; Monti, 1987; McKelvey, 2003).

Lateritik-saprolitik altın yatakları, büyük ölçüde mevcut birincil zenginleşmelerden türerler. Üleri derecede bozunma ve aşınma süresince yan kayaçların veya mevcut cevherlerin birincil altın içeriği kimyasal olarak çözünür, meteorik sular/çözeltiler ile taşınır ve bozunma zonunun alt kesiminde (saprolit) tekrar çökerek zenginleşirler (Hanglie, 2000). Ünceleme alanındaki şistlerin yüzeysel bozunma zonlarındaki altın zenginleşmelerinin kaynağı olarak, metajasperoidler ve şistler içerisindeki silisli zonlar düşünülmektedir. Kimyasal verilere göre, metajasperoidlerin altın içeriği oldukça düşüktür (<1 ppm). Metajasperoidlerdeki düşük altın değerleri, bu kayaçların ilksel altın içeriklerini yansıtabilir veya metajasperoidlerin yüzey sularıyla yıkanması ile ilişkili olabilir. Mevcut verilerle bu konuda kesin bir yargıya varılması son derece güçtür. Buna karşın, şistlerdeki yüzeysel bozunma zonunun alt kesimlerinde, özellikle şistler içerisinde genç fay zonlarına bağlı silisleşmiş zonların altın içeriği, metajasperoidlerle karşılaştırıldığında yüksektir (>1 ppm). Bu nedenle yüzeysel altın zenginleşmelerinin olası birincil kaynağı olarak fay zonu kontrollü silisli kesimler ön plana çıkmaktadır.

Lateritik-saprolitik yataklarda altının, silisli zengin killi zonlarda yaygın olarak bulunması, bozunma sürecinde altının davranışına bağlıdır (McKelvey, 2003). Oksijence zengin yükseltgen ortamlarda altın çözeltilde klorlu bileşikler oluştururken, indirgen ortamlarda ise bisülfidler şeklinde bulunmaktadır (Foster, 1993; Hanglie, 2000). Terziali-Çayağzı bölgesinde bozunma zonlarında yaygın olarak hematit ve limonitlerin

gözlenmesi, ortamın oksijen açısından zengin olduğunu göstermektedir. Bu ise bölgede altının, şistlerin yüzeysel bozunma zonlarına büyük ölçüde klorlu bileşikler şeklinde taşınmış olması gerektiğini ifade etmektedir.

Lateritik-saprolitik bozunma yataklarında, altının zenginleşme/çökme mekanizması için birkaç faktörün önemli olduğu düşünülmektedir. Bunlardan en önemlisi adsorbsiyon veya yüzeye soğurulmadır. Hanglie (2000), pH değerleri 5 ila 8 değerleri arasında değişen ortamlarda altının özellikle kil mineralleri ve Fe-Mn oksihidroksitler tarafından adsorbe edildiğini ileri sürmüştür. Bozunma zonu kil minerallerince (%hacim olarak 25-40) zengindir. Özellikle illit ve kaolinit, adsorbe ettiği negatif yüklü altın bileşiklerini yüzeyden aşağıya doğru taşır (Conley ve Lloyd, 1971). Bununla birlikte, nemli ve kurak iklim geçişleri ve yeraltısuyu bileşimindeki değişiklikler, Eh ve pH'ın değişimine neden olur. Eh ve pH daki değişikliklerle altın bileşikleri duraysız hale geçer ve altın çöker. Bozunma zonlarında altının oldukça küçük tane boyuna sahip (<1 µ) olması da, tamamen kil minerallerinin altın bileşiklerini adsorbe etmesiyle ilişkilidir (Tong, 1992; Hanglie, 2000).

Terziali-Çayağzı (Kırşehir) sahasında, farklı yerlerden alınan altın içeriği yüksek metajasperoid ve şistler içerisindeki fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlere ait örneklerin sıvı kapanım verilerine göre, metajasperoidlerdeki birincil sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklık (319°C-420°C ve 485°C'den daha yüksek) ve tuzlulukları (%2.2 ve %14.8 arasında), şistlerin fay zonlarındaki silisleşmiş kesimlerin birincil sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklık (154°C ve 390°C arasında ve 421°C'den daha yüksek) ve tuzluluklarına (%3.3 ve %4.5 arasında) göre daha yüksek değerlere sahiptir. Şistlerdeki silisleşmiş zonlarda ikincil kapanımların homojenleşme sıcaklık aralıkları ise 80°C ve 243°C arasındadır. Birincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları biraz düşük olmasına rağmen, metajasperoidlerde ölçülen değerlere son derece yakındır. Bu da, birincil kapanımların muhtemelen şistlerdeki genç silisleşmelerden önceki kapanımları yansıttığı şeklinde yorumlanabilir. Silisleşmiş zonlardaki ikincil kapanımlarda elde edilen 80°C ve 243°C arasındaki homojenleşme sıcaklıkları ise, genç fay zonu silisleşmelerine neden olan çözeltilerle ilgili olmalıdır. Bu sonuç,

jeolojik ve petrografik gözlemlerle uyumlu olup, metajasperoidlerde ve silisleşmiş zonlardaki sıvı kapanımlarının farklı kökene sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu verilerin ışığında, metajasperoidlerdeki sıvı kapanımlarının metamorfik kökenli olduğu düşünülmektedir. Fay zonlarındaki kuvarsların sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları, özellikle tuzluluk değerlerinin daha düşük olması, altının çökmesi sırasında meteorik suların varlığını göstermektedir. Bu nedenle, şistler içerisindeki fay zonlarına bağlı silisleşmiş kesimlerdeki sıvı kapanımlarının, daha genç, muhtemelen meteorik kökenli çözeltileri temsil ettikleri düşünülmektedir.

Terziali-Çayağzı altın cevherleşmesi, jeolojik ve mineralojik özellikleri açısından, Kırşehir Masifi metamorfiteğinde literatürde tanımlanan saprolitik altın zenginleşmelerinin ilk örneğidir. Yazarlar, benzer özellikteki saprolitik altın zenginleşmelerinin aranması açısından Kırşehir Masifi metamorfiteğinin önemli potansiyel alanlar oluşturduğu kanısındadır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazarın danışmanlığında Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünü içermektedir. Yazarlar; arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımları için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Etüd Dairesi yöneticilerine ve bu daireden Halil Türkmen, Bülent Demiray, Işın Aydın ve Gülay Sezerer Kuru'ya teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Boyle, R.W., 1979. The geochemistry of gold and its deposits. *Geological Survey of Canada Bulletin* 280, 584 pp.
- Conley, R.F., and Lloyd, M.D., 1971. Adsorption studies on kaolinite, II. Absorption of amines. *Clays and Clay Minerals*, 19, 273-282.
- Erkan, Y., 1975. Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonal metamorfizmanın petrolojik incelenmesi. *Doçentlik Tezi*, Hacettepe Üniversitesi

Yerbilimleri Enstitüsü, 147 s (yayımlanmamış).

- Foster, R.P., 1993. *Gold Metallogeny and Expolaration*. Chapman and Hall, London, 432 pp.
- Genç, Y., 2003. Kırşehir Masifi metamorfiteğeri stratigrafisinde yeni gözlemler. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 55-56.
- Genç, Y., Türkmen, H., Coşkun, E., Çamaşircioğlu, A., Aydın, I. ve Demiray, B., 2003. Çayağzı-Terziali (Kırşehir) altın cevherleşmesi: Kırşehir Masifinde diskordans düzlemi kontrollü altın cevherleşmelerine ilk örnek. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 120-121.
- Hanglie, H., 2000. Behaviour of gold in the weathered mantle at Shewushan, Hubei, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 68, 57-68.
- Holland, P.T., Beaty, D.W., and Snow, G.G., 1988. Comparative elemental and oxygen isotope geochemistry of jasperoid in the Northern Great Basin: evidence for distinctive fluid evolution in gold-producing hydrothermal systems. *Economic Geology*, 83, 1401-1423.
- Kara, H. ve Dönmez, M., 1990. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kırşehir G-17 Paftası ve açıklaması. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No. 34, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 17 s.
- Karabalık, N. ve Yüce, N., 1998. Kırşehir, Kırıkkale yöresi genel jeokimya ve Karahmetli ile Dağevi sahaları maden jeolojisi raporu. MTA Derleme No. 2846, 113 s (yayımlanmamış).
- Lovering, T.G., 1962. The origin of jasperoid in limestone. *Economic Geology*, 57, 861-889.
- Lovering, T.G., 1972. Jasperoid in the United States-its characteristics, origin and economic significance. *U.S. Geological Survey*, 710, 164 pp.
- McKelvey G.E., 2003. Descriptive model of laterite-saprolite Au. *U.S. Geological Survey Bulletin* 2004, 38-40.
- Monti, R., 1987. The Boddington laterite gold deposits, Western Australia: a product of supergene enrichment process, In: S.E. Ho, and D.I. Groves (eds.), *Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits*, Nedlands, University of Western Australia Publication, 11, 355-368.
- Moort, J.C., Hotchkis, M.A.C., and Pwa, A., 1995. EPR spectra and litho-geochemistry of jasperoids at Carlin, Nevada: distinction between auriferous and barren rocks. *Journal of Geochemical Exploration*, 55, 283-299.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions. *Reviews in Mineralogy*, 12 (2), 12-41.

- Seymen, İ., 1981a. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 24, 7-14.
- Seymen, İ., 1981b, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin metamorfizması. 35. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Üç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 12-15.
- Seymen, İ., 1982. Kaman dolayında Kırşehir Masifinin Jeolojisi. Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, 164 s (yayımlanmamış).
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie and Son Limited, 235 pp.
- Tolluoğlu, A.Ü., 1986. Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) petrografik ve petrotektonik incelemeler. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 237 s (yayımlanmamış).
- Tong, W., 1992. Metallurgical test on Shewushan auriferous ore: in behavior of gold in the weathered mantle at Shewushan, Hubei, China. Journal of Geochemical Exploration, 68, 57-68.
- Türkmen, H., 2002. Kişisel Görüşme., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüd Dairesi, Ankara.