



Yerbilimleri, 2020, 41 (3), 183-219, DOI:10.17824/yerbilimleri.715883
Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni
Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University

Canca - Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Eosen Yaşlı Volkanitlerin Hidrotermal Alterasyonu ve Kütle Değişim Hesaplamaları

Hydrothermal Alteration and Mass Change Calculations of Eocene Volcanites in Canca - Aktutan and Leriköy (Yitirmez) - Dölek Regions (Gümüşhane - NE Turkey)

ENVER AKARYALI ^{*1}, FURKAN KEMAL AKTAŞ ²

¹Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000, Gümüşhane, Türkiye

²Koza Altın İşletmeleri, Mastra İşletmesi, Demirkaynak 29100, Gümüşhane, Türkiye

Geliş (received): 1 Haziran (June) 2020 Kabul (accepted) : 6 Ekim (October) 2020

ÖZ

Canca – Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) alterasyon sahaları, Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin Güney Zonu içinde yer almaktadır. Canca – Aktutan alterasyon sahasında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ve Erken Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu bulunmaktadır. Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahasında ise Erken Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ve Geç Eosen yaşlı Dölek Granitoyidi yüzeyleme vermektedir. Alibaba Formasyonu andezit, bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde gelişen alterasyonlar KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultulu kırık zonları ile ilişkilidir. Limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, killeşme ve silisleşme en karakteristik alterasyon türlerini oluşturmaktadır. Kil mineral parajenezi olarak sahalarda; kaolenit, illit ve klorit tespit edilmiş, illit ve kaolenit miktarının alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. MINSQ yöntemine göre Canca – Aktutan cevherli

¹ Enver AKARYALI eakaryali@gmail.com

¹Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, Türkiye, ORCID 0000-0003-1495-9186

²Koza Altın İşletmeleri, Mastra İşletmesi, Demirkaynak 29100, Gümüşhane, Türkiye, ORCID 0000-0001-7543-1786

alterasyon zonunda kuvars ± kaolenit ± Fe'li klorit, propilitik zonunda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg'lu klorit ± serizit tespit edilmiştir. Leriköy (Yitirmez) – Dölek cevherli alterasyon zonunda ise kuvars, ± kaolenit, propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg'lu klorit ± epidot tespit edilmiştir. Nispi ve net kütle değişim hesaplamalarına göre Canca-Aktutan alterasyon sahasında cevherli zonda Au, As ve Pb elementlerinde; Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasında cevherli zonda ise Au ve Mo elementlerinde zenginleşme gözlenmiştir. Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 142 ila 344°C arasındadır. Cevher oluşturan sıvıların NaCl±KCl±MgCl₂-H₂O sisteminde, 0.2-1.9 % ağırlıkta NaCl tuzluluğa ve 0.75-0.94 g/cm³ yoğunluğa sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğuna işaret etmektedir. Elde edilen tüm veriler beraber değerlendirildiğinde; alterasyon sahasındaki potansiyel altın cevherleşmelerinin epitermal tipte olduğu ve oluşumlarının granitik magma ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altın, Gümüşhane, hidrotermal alterasyon, kütle değişimi, sıvı kapanım.

ABSTRACT

Canca–Aktutan and Leriköy (Yitirmez)–Dölek (Gümüşhane, NE Turkey) alteration areas are located in southern zone of the Eastern Pontide Tectonic Unit. In Canca-Aktutan alteration areas the late Cretaceous Kermutdere Formation and the Eocene Alibaba Formation are found, whereas the Eocene Alibaba Formation and late Eocene Dölek granitoidic rocks are common in alteration areas of Leriköy (Yitirmez) – Dölek. The Alibaba Formation consists of andesites, basalts and their pyroclasts. The alterations developed in the Eocene Alibaba Formation are associated with fault zones having NW-SE and about E-W directions. Limonitization, hematitization, chloritization, argillisation and silicification are the most characteristic types of alteration. Kaolinite, illite and chlorite were determined as clay mineral parageneses in the fields and the amounts of illite and kaolin increase as it is approached to the alteration center. According to MINSQ method, quartz, ± kaolin ± Fe-chlorite are determined in ore-bearing alteration zone of Canca-Aktutan and Mg-chlorite ± sericite, beside albite the dominant alteration mineral of propylitic zone. On the other hand, in mineralized alteration zone of Leriköy (Yitirmez) - Dölek quartz ± kaolin and

in propylitic zone Mg-chlorite ± epidote is identified, beside the dominant alteration mineral albite. According to the relative to net mass change calculations, enrichments of Au, As and Pb elements are seen in the ore zone of Canca-Aktutan alteration area. However, in the ore zone of Leriköy (Yitirmez) - Dölek alteration area Au and Mo elements enrichment are assigned. Homogenization temperatures from fluid inclusions are measured for quartz between 142 and 344°C. The ore-forming fluids having 0.2-1.9 % wt. NaCl equivalent salinity and 0.75-0.94 g/cm³ density in NaCl±KCl±MgCl₂-H₂O system point out that the mineralization occurred in the epithermal system. When the data obtained are evaluated all together, it is determined that the potential gold mineralizations in the alteration area are of epithermal type and their formation is related to granitic magma.

Keywords: Gold, Gümüşhane, hydrothermal alteration, mass changes, fluid inclusion.

GİRİŞ

Çalışma alanı Gümüşhane İli ve çevresinde, Trabzon G43-d3-d4, H42-b2 ve H43-a1-a2 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanını da kapsayan Doğu Pontidler ekonomik cevherleşmeler bulundurması nedeniyle önemli bir bölgedir. Özellikle volkanik kayalarla ilişkili masif sülfid ve epitermal damar tip ekonomik maden yataklarını içermesi sebebiyle, söz konusu bölgede maden yatakları konusunda pek çok çalışma yapılmıştır (Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay, vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Demir, 2005; Sipahi, 2005; Sipahi ve Sadıklar 2010; Eyüboğlu 2010; Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz, 2013; Eyüboğlu vd., 2014, Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016). Sipahi (2005), Sipahi vd. (2019; 2020) Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) volkanitlerde, genel olarak az ayrışmış kayadan çok ayrışmış kayaca doğru illitleşme-kloritleşme-kaolinitleşme arttığını, karbonatlaşmanın ise azaldığını ortaya koymuştur. Akaryalı (2010) Arzular yöresindeki altın cevherleşmesinin KD-GB ve yaklaşık D-B doğrultulu birbirlerini kesen kırık sistemlerine bağlı olduğunu, yapılan sıvı kapanım ve izotop çalışmalarına göre cevherleşmenin kökeninin magmatik kayalarla ilişkili olduğunu ve cevherleşmenin hidrotermal damar tipi düşük sülfürlü epitermal sistemde oluştuğu sonucuna varmıştır. Sipahi ve Sadıklar (2010) Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) volkanitlerindeki alterasyon ürünlerinin muhtemelen mezo-epitermal evrede, asidik-

hafif alkali ortam şartlarında kayaçlardaki minerallerin hidrotermal alterasyonu ile oluştuğu sonucuna varmıştır. Demir (2014) Kocapınar (Kermut) yöresinde Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde yer alan andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar üzerinde yaptığı kütle değişim hesaplamalarından ana elementlerden K ve Si miktarlarında ve cevher yapıcı elementlerden Cu, Pb, Au, As ve Ag miktarlarında artış, Na, Ca, Fe, Mg elementlerinde nispi azalma, örnekleme yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde ise net % 12.28'lik kaybın meydana geldiğini belirlemiştir. Atay (2016) Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar yöresindeki alterasyonların KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultuya sahip kırık zonları ile ilişkili olduğunu, sahada limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, killeşme ve silisleşmenin en karakteristik alterasyon türleri olduğunu, MINSQ yöntemine göre cevherli alterasyon zonunda kuvars, potasyumlu feldspat, serizit ± kaolenit; propilitik zonunda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten epidot, demirli klorit, magnezyumlu kloritin yer aldığını tespit etmiştir. Nispi kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda K, Pb, Mo ve Au elementlerindeki artışa rağmen Ca, Na, Fe, Mg, Cu ve As elementlerinde azalma, net kütle değişim hesaplamalarına göre ise cevherli zonda sadece K, Pb, Mo ve Au elementlerinde zenginleşme tespit etmiştir.

Bu çalışma kapsamında Doğu Pontid Güney zonunda, Gümüşhane yöresinde andezit-bazalt ve bunların piroklastiklerinden oluşan Alibaba Formasyonunda gelişen değişik tür ve boyutlardaki alterasyon sahalarının (Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek) petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin yanı sıra tektonik özellikleri, yan kayaçlarla ilgili gelişen alterasyonlar ile sahaların birer potansiyel altın sahası olup olmadığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla arazi çalışmaları ve örnekleme yapılarak, alterasyon mineralojisi, kütle değişim hesaplamaları ve sıvı kapanım ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular yardımıyla söz konusu alterasyon sahalarının ve cevherleşmelerin fizikokimyasal koşullarının saptanması ve buna bağlı olarak bölgede benzer tipte yatakların belirlenmesinde faydalı olabilecek bir modelin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında yapılan kimyasal analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada)'da gerçekleştirilmiştir. İnceleme sahalarında altere kayaçlara ait kütle değişim hesaplamalarının belirlenmesine yönelik Canca-Aktutan alterasyon

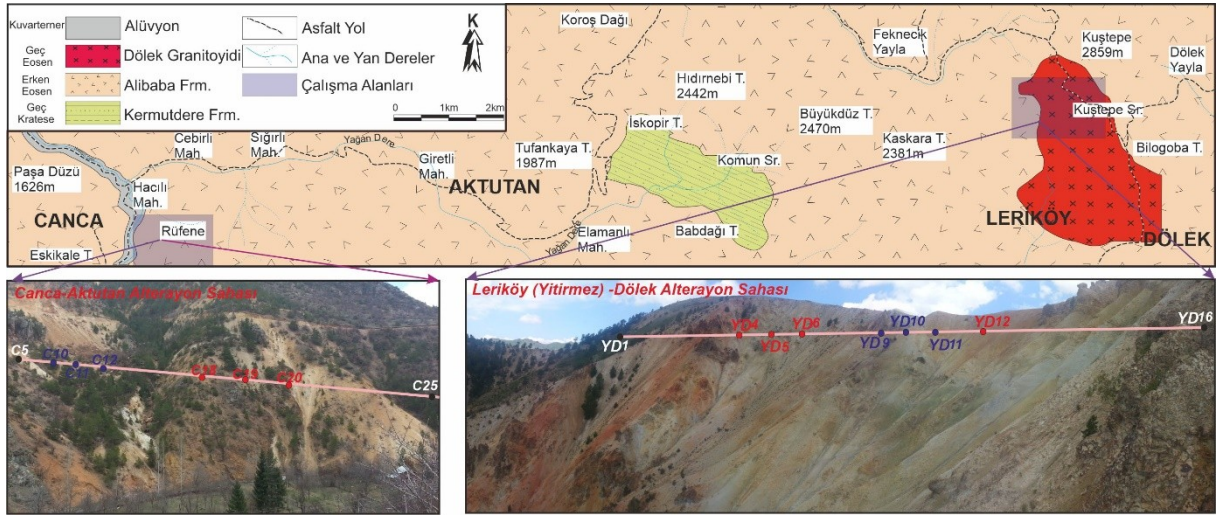
sahasından 17 ve Leriköy (Yitirmez) Dölek sahsından 17 olmak üzere toplam 34 adet örneğin ana element analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma) - Atomik Emisyon Spektrometri (ICP-AES) yöntemiyle analiz edilmiştir (Çizelge 1 ve 2). Aynı örneklerin iz ve nadir toprak element analizleri ise ICP- MS (Kütle Spektrometresi) yöntemiyle ölçülmüştür. ICP-AES analiz yönteminde, bir örnekte bulunan elementler atomlaştırma işlemi (ICP hamlacı ile) buhar haline getirilerek atomlarına dönüştürülür. Akabinde ise buhar içindeki atomik türlerin emisyonunun ölçümleri yapılır (Thompson ve Walsh, 1983). Ana element analizleri için 0.2 g örnek 1.5 g LiBO₂'de eritilmiş ve %5'lik 100 mL HNO₃ içinde çözündürülmüştür. Analiz yapılan alete standartlar (STD SO 18) girildikten sonra örnekler analiz edilmiştir. ICP-MS yöntemi ise 0.25 g toz örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz edilecek örnekler ICP hamlacı ile atomlaştırılıp, iyonlaştırılarak ve kütle/yük oranına göre ayrılan iyonlar sayılarak sayısal sonuçlar elde edilmiştir (Jenner vd., 1990). Numuneler, karbon içeriklerinin uçurulması için 200 °C de 100 mL HClO₄-HNO₃- HCl-HF çözeltisinde köpürmeleri gidinceye kadar bekletilmiştir. Metalleri çözmek amacıyla 10 mL kral suyu (3HDNO₃-HDHCl) ile sulandırılarak bekletilen numuneler, seyreltikten, filtrelendikten ve cihaza standart (STD SO 18) okutulduktan sonra analiz edilmiştir.

Sıvı kapanımları tespit etmek amacıyla kuvarslı örneklerden çift tarafı parlatılmış ince kesitler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sıvı kapanım laboratuvarında hazırlanmıştır. Sıvı kapanım çalışmaları Linkam MDSG 600 ısıtma ve soğutma tablası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroskop ile entegre çalışan cihazda, 20x ve 50x büyütme objektifler kullanılmıştır. Sıvı kapanım cihazının (Linkam) sıcaklık aralıkları -196 °C ile 600 °C arasında değişmekte olup, ısıtma ve soğutma hızı 0.1 °C/dakika' dan, 150 °C/dakikaya kadar çıkmaktadır. Analizler sırasında soğutma işlemleri için sıvı azot (N₂) kullanılmıştır.

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda yer almakta olup, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçların yüzeyleme verdiği bölgede, yaşlıdan gence Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ve Dölek granitoyidi

bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma konusu oluşturan alterasyon sahalarının bulunduğu alanda hâkim litolojiyi Eosen yaşlı volkanik kayalar oluşturmaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası ve alterasyon sahalarının dağılımı.

Figure 1. Geological map of the study area and distribution of alteration fields.

Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ilk kez Gümüşhane yöresinde Tokel (1972) tarafından tanımlanmıştır. Alibaba Formasyonu taban seviyelerinde katmansı yapı göstermesi, üstlere doğru yastık lav ve aglomeralardan oluşan volkanitlerin yaygın olması ile karakteristiktir. Birimin morfolojisi ayrışmaya bağlı olarak değişmektedir. Alibaba Formasyonu Canca – Aktutan bölgesinde özellikle Kaledere Mahallesi, Zarfı Mahallesi, Çamlıca Mahallesi, Orta Mahallesi ve Cebirli Mahallesi civarlarında yaklaşık 22 km²'lik bir alanda mostra verirken, Leriköy (Yitirmez) - Dölek bölgesinde özellikle Akçakale Yayla, Çamlık Yayla, Şonkale Yayla ve Dölek Yayla civarlarında yaklaşık 13 km²'lik bir alanda mostra vermektedir. Her iki sahada da gözlenen volkanitler genellikle gri, yeşilimsi-gri renklere çatlaklı ve ayrışmış olarak gözlenmekle beraber, kloritleşme ve kalsit damarları da izlenmektedir. Birim içinde gözlenen aglomeralar, bloklar halinde, yuvarlak ve oval biçimdedir. Eksfoliasyon yapısına sahip aglomeraların çapları değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, Alibaba Formasyonu içinde yaklaşık 7-8 km²'lik bir alanda hidrotermal alterasyon türleri oldukça belirgin yüzeylemeler verirken, Leriköy (Yitirmez) - Dölek bölgesindeki andezit ve bazalt içindeki çatlaklar boyunca ikincil kalsit (karbonatlaşma) ve iri çört dolguları gözlenmektedir (Şekil 1).

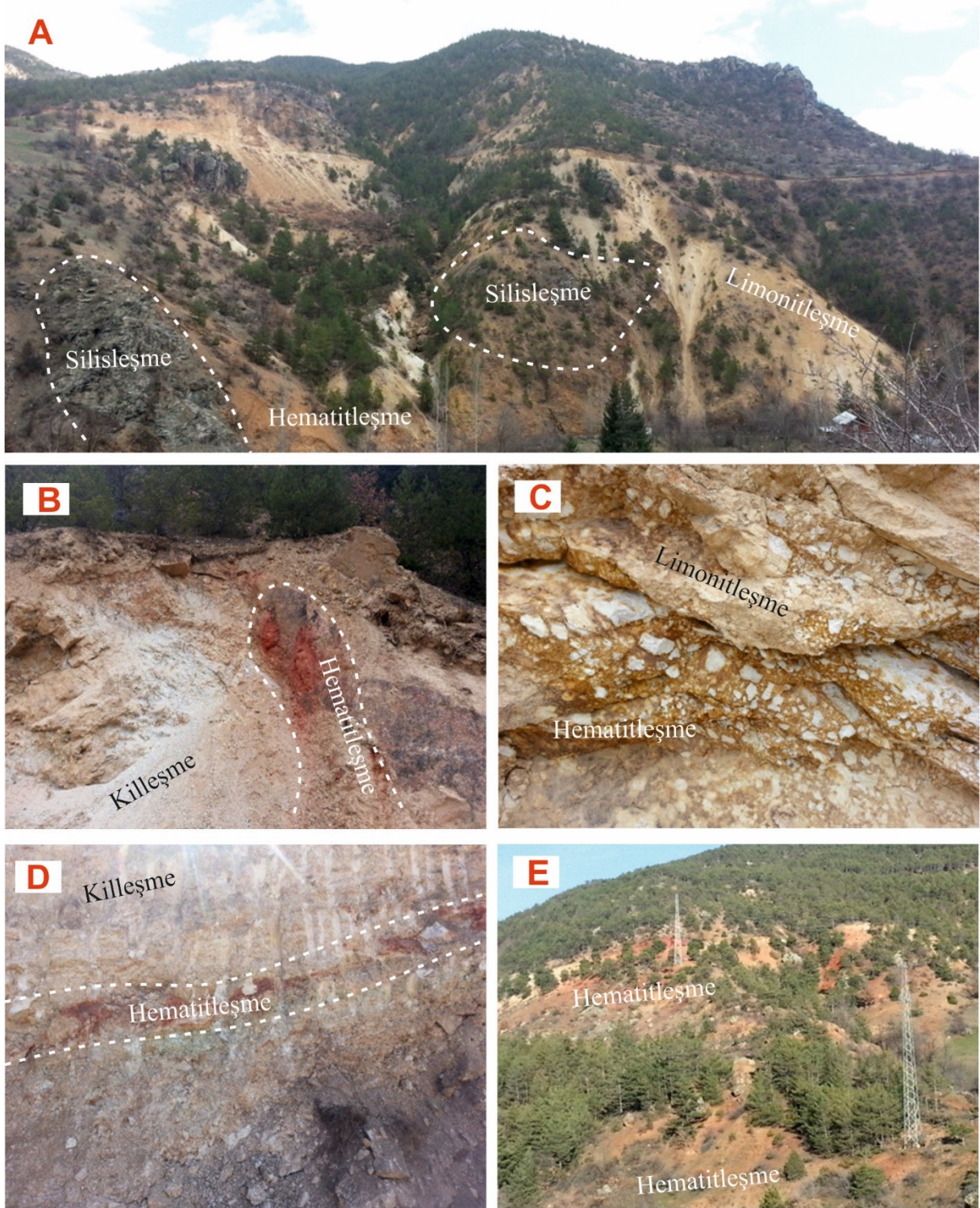
Petrokimyasal veriler Erken Eosen yaşlı volkanik kayaçların andezit ve andezit/bazalt türünde, kalk-alkalin karakterli ve orta-yüksek K'lu olduğunu göstermektedir (Aktaş, 2018). Eosen yaşlı bu birim çalışma sahasında Dölek Granitoyidi ile uyumsuz bir dokanak oluşturmaktadır. Alibaba Formasyonu'nun alt sınırını uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu oluştururken üst sınırı ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İnceleme alanında Alibaba Formasyonu'na ait fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Aslan (2010) ve Karslı vd. (2010) tarafından, Alibaba Formasyonu'nun volkanik kayaçlarında yapılan jeokronolojik çalışmalarda Eosen yaşı elde edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yan Kayaçalarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

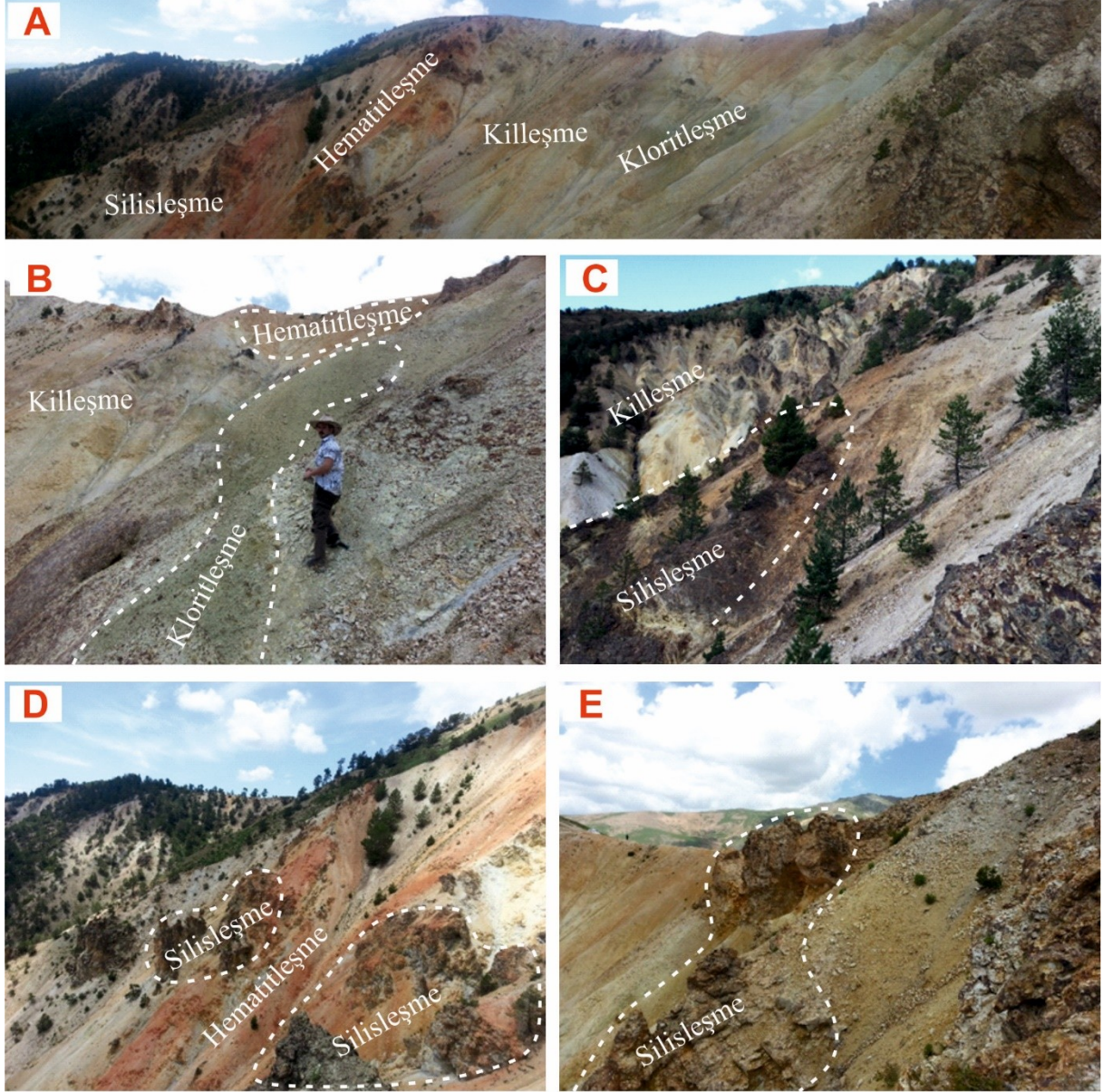
Çalışılan alterasyon sahalarının alterasyon mineralojisini ve mineral parajenezi belirlemeye yönelik olarak alınan numuneler makroskopik ve mikroskopik olarak incelenmiştir. Canca-Aktutan sahasındaki kayaçlar genellikle KD-GB doğrultulu kırık sistemlerine bağlı olarak gelişmiştir. (Şekil 2A). Sahadaki volkanitlerde limonitleşme (Şekil 2B, C, D ve E), hematitleşme (Şekil 2B, C, D ve E), killeşme ve silisleşme (Şekil 2B) şeklinde alterasyonlar tespit edilmiştir. Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasında genel olarak Şonkale Yayla (Şekil 3A) ve çevresinde hematitleşme (Şekil 3D), kloritleşme (Şekil 3B) ve killeşme (Şekil 3E) gözlenmekle beraber, silisleşmelere yer yer piritleşme (Şekil 3D) de eşlik etmektedir. Sahada özellikle genç granitik sokulumlar nedeniyle andezitlerde silisleşmelerin yanı sıra killeşme de (Şekil 3E) yaygın olarak gelişmiştir.

Sahadan alınan örneklerin mikroskopik incelenmesi sonucu ise her iki yörede de tespit edilen alterasyon türleri silisleşme, serisitleşme, hematitleşme ve kloritleşmedir (Şekil 4). Kırık zonları boyunca gelişen silisleşme, genellikle mikroskop altında küme halinde ve ince kuvars damarları şeklinde gözlenir. Genelde serisitleşme ile bir arada



Şekil 2. Canca-Aktutan alterasyon sahası (A: Genel görünüm; B: Hematitleşme, limonitleşme, silisleşme ve killeşme; C, D ve E: Hematitleşme ve limonitleşme).

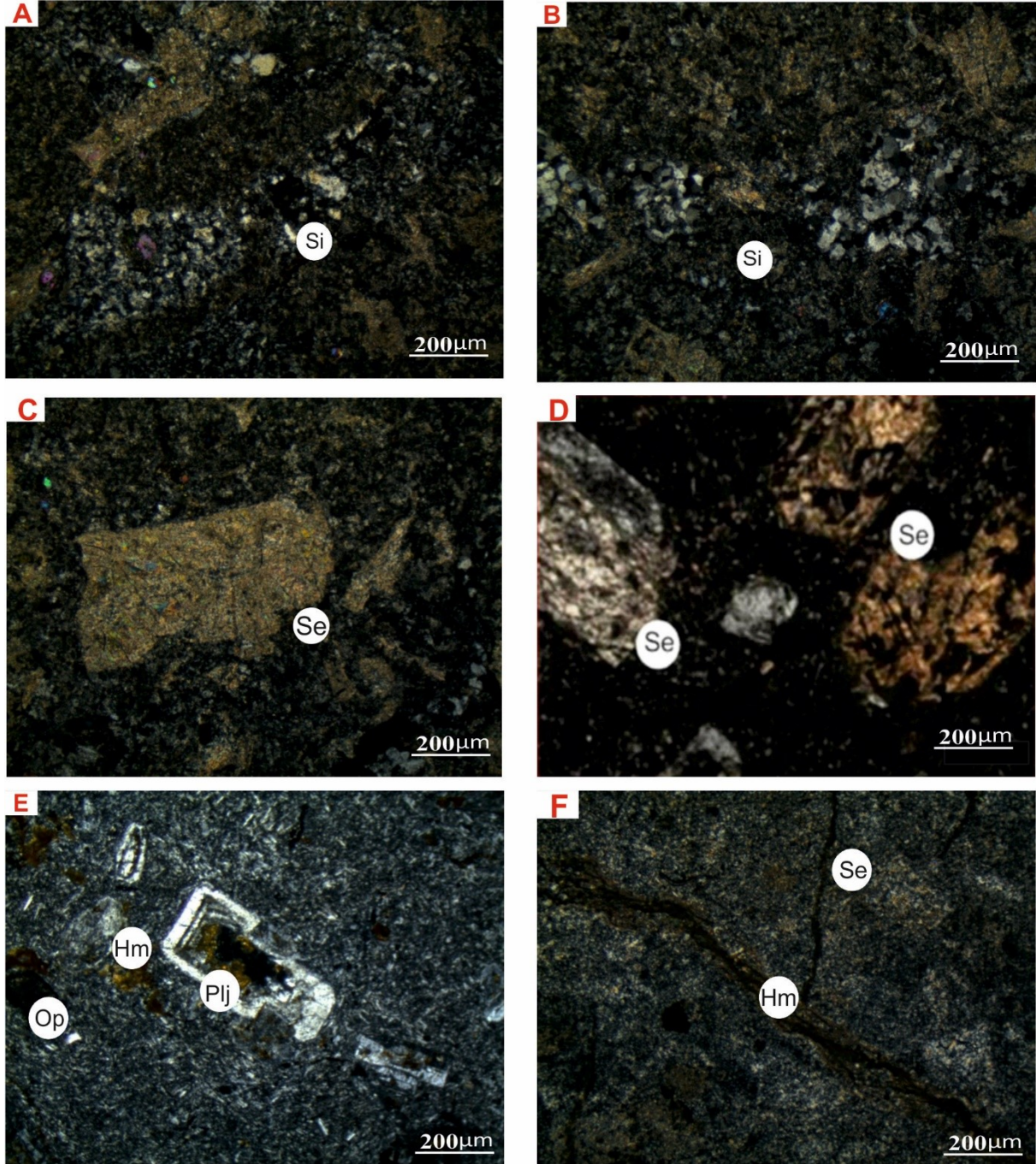
Figure 2. Canca-Aktutan alteration field (A: General view; B: Hematitization, limonitization, silicification and argillisation; C, D and E: Hematitization and limonitization).



Şekil 3. Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahası (A: Genel görünüm; B: Kloritleşme; C: Killeşme ve limonitleşme; D: Hematitleşme ve silisleşme; E: Killeşme).
Figure 3. Leriköy (Yitirmez) - Dölek alteration field (A: General view; B: Chloritization; C: argillisation and limonitization; D: Hematitization and silicification E: argillisation).

bulunan silisleşme (Şekil 4A ve B) kırık hatlarından uzaklaştıkça daha nadiren gözlenir. Plajiyoklasların en yaygın ayrışma ürünü olan serizit minerali (Şekil 4C ve D) kesitlerin çoğunda ikincil kuvars minerali ile birlikte yer alır. Cevherleşmenin bulunduğu alanlarda, özellikle fay ve kırık zonları boyunca cevher içeren bölgeye gelen oksijenli suların, pirit ve opak minerallerin etrafında oluşturduğu hematitleşme

(Şekil 4E) kırmızımsı renklere, kloritleşme ise soluk yeşil renklere gözlenmektedir (Şekil 4F).

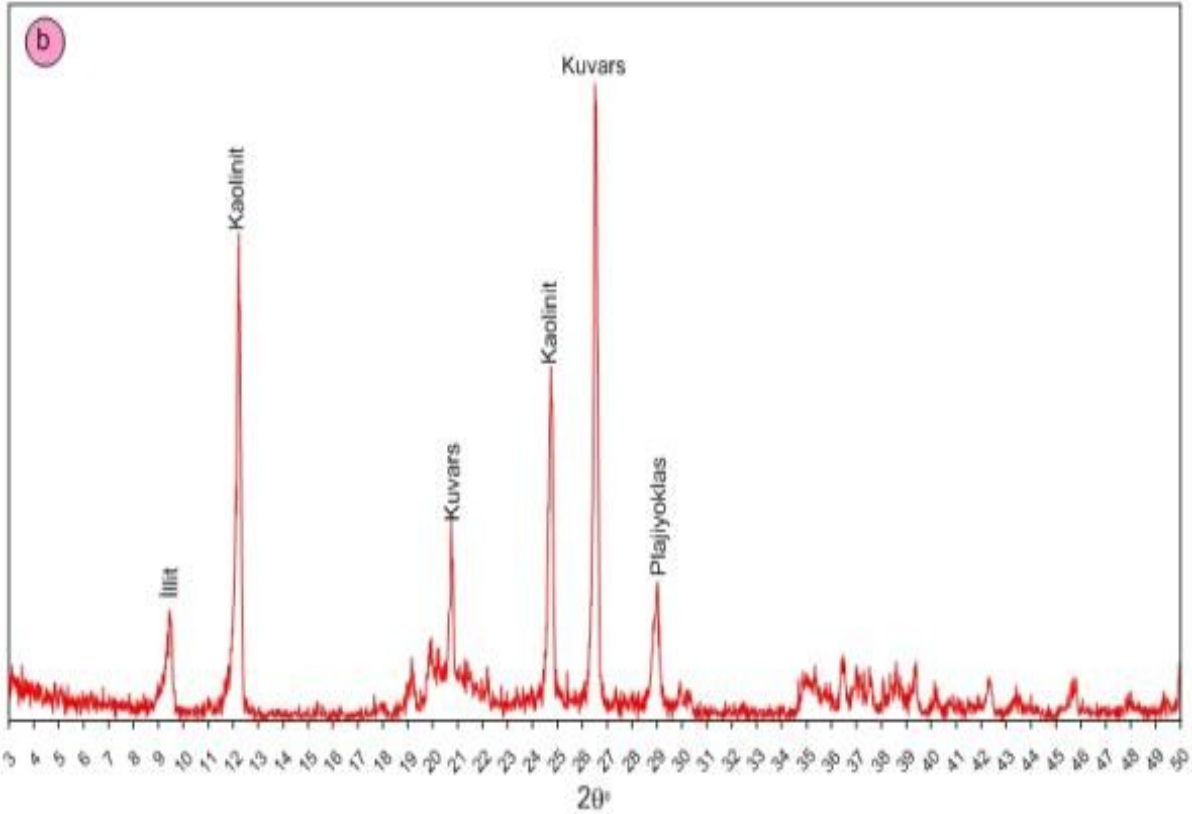


Şekil 4. Hematitleşme, kloritleşme ve kalsitleşmenin mikroskopik görünüşleri. (Si: Silisleşme, Se: Serizit, Plj: Plajiyoklas, Op: Opak mineral, Hm: Hematit).

Figure 4. Microscopic views of hematitization, chloritization and calcitization (Si: Silicification, Se: Sericite, Plj: Plagioclase, Op: Opaque mineral, Hm: Hematite).

Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek yörelerinde gözlenen hidrotermal alterasyonların kil mineral parajenezini belirlemek üzere yapılan çalışmalarda her iki

sahada da kil mineralleri olarak illit ve kaolinit tespit edilmiştir. Kil dışı bileşen olarak ise kuvars, plajiyoklas ve klorit belirlenmiştir. İllit ve kaolinit miktarı alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça artmaktadır (Şekil 5A ve B).



Şekil 5. Kil minerallerinin difraktogramları (a) Canca-Aktutan alterasyon sahası, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahası.

Figure 5. Diffractograms of clay minerals (a) Canca-Aktutan alteration field, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alteration field.

Gümüşhane İlinde Eosen yaşlı volkanitler içinde gelişen altın cevherleşme sahalarından Arzular sahasında daha önce yapılan çalışmalarda sahadaki altere kayaçlarda kil mineral parajenezi olarak illit, simektit, klorit ve kaolinit mineralleri belirlenmiş ve cevher içeren kayaçlarda illit ve simektitin yoğun olarak gözleendiği, buna karşın az altere kayaçlarda yani cevher içermeyen kayaçlarda ise klorit minerallerin yoğun olarak gözleendiği tespit edilmiştir (Akaryalı, 2010). Mastra altın yatağında daha önce yapılan çalışmada ise kil minerali olarak illit, simektit, kaolinit ve klorit belirlenmiştir (Aslan, 2011). Her iki çalışmada da kuvars damarları çevresindeki kaolinit miktarındaki artış arjilik alterasyon zonuna geçiş ile ilişkilendirmektedir. Arjilik alterasyon 100-300°C arasında değişen sıcaklığa sahip hidrotermal çözeltiler tarafından H⁺ metasomatizmasına maruz kalan kayaçlarda bol miktarda kaolinit ve montmorillonit türü kil minerallerinin oluşumuyla gerçekleşir

(Akaryalı, 2010). Epitermal maden yataklarında H⁺ metasomatizması karakteristiktir ve bu nedenle bu tür yataklarda arjilik alterasyon cevherin bulunmasına yönelik bir kılavuz olarak kullanılabilir (Akaryalı, 2010).

Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)–Dölek yörelerinde gözlenen hidrotermal alterasyonların kil mineral parajenezi Arzular (Akaryalı, 2010) ve Mastra (Aslan, 2011) altın sahalarının yanı sıra Demir (2014) tarafından çalışılan Kocapınar (Kermut) ve Atay (2016) tarafından çalışılan Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar alterasyon sahalarındaki kil mineral parajenezi ile benzerlik gösterdiğinden, söz konusu alterasyon sahalarında da potansiyel bir epitermal altın cevherleşme sahaları olabileceği kaçınılmazdır.

Kütle Değişim Hesaplamaları

Çalışılan alterasyon sahalarında gözlenen hidrotermal alterasyonlar Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu kırık hatlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kütle değişim hesaplamaları kapsamında her iki sahadan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları kullanılarak çalışılan alterasyon sahalarındaki altere/az altere kayalara ait kütleli değişimler belirlenmiştir. Alınan örneklere ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir. Hidrotermal ayrışma sonucu kayaların bünyesinde bulunan elementlerin konsantrasyonunda meydana gelen değişim ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Gresens, 1967; Grant, 1986; MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Huston, 1993; Huston ve Cozens, 1994; Barrett ve MacLean, 1994). Söz konusu araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan Grant (1986)’ın izokon yönteminin Huston (1993) tarafından değiştirilmiş hali bu çalışmada kullanılmıştır.

MINSQ yöntemi Hermann ve Berry, (2002) tarafından geliştiren, bir veri çözümüleme programı olup, bu yöntemi ile herhangi bir kayacın kimyasal analiz sonuçlarına bağlı olarak o kayacın içinde yer alan minerallerin % konsantrasyonları belirlenmektedir. Bu çalışmada yan kayaçta belirlenen minerallerin mikrokimyasal analizleri yapılamadığından, minerallerin bileşimleri (Deer vd., 1992 ve Dana, 1993)’den alınmıştır. Çalışma kapsamında, MINSQ yöntemiyle, her bir alterasyon sahası için altere ve az altere kayalarda oluşan alterasyon mineralojisi ve mineral değişim yüzdeleri belirlenmiştir (Çizelge 3 ve 4). Bu yöntemle elde edilen sonuçlara göre, Canca-Aktutan alterasyon sahasında alterasyon mineralojisi olarak, cevherli zonda kuvars, \pm kaolenit \pm Fe’li klorit, cevherden uzak propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg’lu klorit \pm serizit; Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon

sahasında ise alterasyon mineralojisi olarak, cevherli zonda kuvars, \pm kaolenit, cevherden uzak propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten Mg'lu klorit \pm epidot tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Canca-Aktutan alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç jeokimya analizleri.

Table 1. Whole rock geochemical analysis of samples taken along a steep line in Canca-Aktutan alteration field.

Örnek No	C5	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
					%				
SiO ₂	52.79	60.46	65.91	61.74	58.58	58.7	72.76	62.15	65.27
Al ₂ O ₃	20.26	12.14	14.64	16.11	15.57	15.94	14.72	27.21	18.51
Fe ₂ O ₃	6.69	13.63	5.71	7.94	11.6	6.15	1.13	0.38	1.65
MgO	5.17	0.83	1.36	0.59	0.58	3.27	0.49	0.06	1.62
CaO	2.55	0.09	0.36	0.38	0.29	2.17	0.09	0.06	0.1
Na ₂ O	5.22	0.78	2.01	2.05	1.09	3.31	0.1	0.13	0.18
K ₂ O	1.62	1.66	0.51	1.31	2.16	0.92	3.46	0.05	2.78
TiO ₂	0.71	0.7	0.88	0.79	0.84	0.62	0.68	1.13	0.72
P ₂ O ₅	0.15	0.03	0.1	0.05	0.08	0.06	0.06	0.24	0.08
MnO	0.18	0.01	0.05	0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	4.4	9.5	8.3	8.9	9	8.5	6.4	8.1	8.9
Toplam	99.7	99.84	99.85	99.83	99.85	99.79	99.86	99.53	99.81
					ppm				
Ba	619	571	339	731	584	455	506	759	865
Co	14.1	0.5	1.6	0.9	0.8	19.5	0.7	0.6	1.2
Cs	0.6	1.2	1	0.6	0.8	0.8	0.6	<0.1	1.2
Ga	19.7	17.6	16.6	15.1	15.4	12.6	13.1	22.4	14.6
Hf	2.9	3.6	4.9	4.6	3.1	3.6	3.6	5.7	3.8
Nb	3.9	4.9	6.2	6	4.3	4.6	4.5	6.7	4.7
Rb	40.4	41.7	19.5	47.5	69.8	26.6	58.7	1.3	72.6
Sr	560.9	59.7	220.5	207.3	136.3	403.9	199.8	2346.3	54.4
Ta	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2
Th	5.4	6.6	8.3	6.9	5.9	6.2	6.2	10.1	6.7
U	1.4	1.7	2	2.1	1.7	1.5	2.3	3.1	2.5
V	252	186	191	178	238	152	217	460	259
Zr	109.3	133.6	178.7	158.4	117.1	132.1	127.5	195.6	136.5
Y	26.1	14.9	17.5	14.5	8.5	14.2	88.2	7	49.1
Mo	9.3	2.2	2.2	0.3	2.2	1.3	0.7	1	0.5
Cu	175.6	321.8	70.4	135.5	149.4	184.7	5.8	5.3	18.8
Pb	2.8	9.8	9.3	4.9	5.8	10.2	8.7	23.6	19.1
Zn	105	4	33	10	8	41	10	5	5
As	4.2	19.1	9.7	3.3	3.3	4.1	4.1	1.2	1.5
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	<0.1
Au	<0.5	0.5	4	1.8	1	1.3	2.4	<0.5	2.4
Hg	0.02	0.05	0.01	0.03	0.03	0.02	0.1	0.01	0.01
La	16.6	9.8	9.5	5.3	7.9	10	16.7	34.5	17.7
Ce	33.5	19.6	17.9	7.8	12.7	20.1	33.6	83.8	38.1
Pr	4.51	2.28	2.01	0.87	1.39	2.21	4.35	12.9	5.14
Nd	19.2	8.9	7.5	3.4	4.8	8	20.2	53.6	22.7
Sm	4.66	1.81	1.42	0.77	0.89	1.91	6.85	8.57	5.82
Eu	1.21	0.41	0.25	0.2	0.19	0.63	1.71	1.68	1.55
Gd	4.48	1.88	1.6	1.14	0.93	2.03	11.5	4.05	6.84
Tb	0.77	0.35	0.33	0.25	0.17	0.38	2.29	0.38	1.33
Dy	4.6	2.17	2.28	1.96	1.18	2.53	13.6	1.72	8.74
Ho	0.93	0.51	0.6	0.5	0.27	0.52	2.7	0.29	1.81
Er	2.6	1.59	1.94	1.73	0.94	1.63	6.95	1.1	5.2
Tm	0.4	0.25	0.33	0.29	0.17	0.28	0.92	0.23	0.8
Yb	2.63	1.89	2.42	2.12	1.25	1.87	5.48	1.78	5.44
Lu	0.42	0.29	0.41	0.37	0.24	0.3	0.84	0.29	0.85

Çizelge 1 (devamı)

Örnek No	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25
	%							
SiO ₂	61.7	64.24	73.01	65.58	66.23	65.09	13.47	52.54
Al ₂ O ₃	2.91	12.44	17.97	16.42	14.83	10.56	27.78	17.4
Fe ₂ O ₃	14.37	4.4	0.42	3.81	4.96	4	5.76	2.2
MgO	0.03	4.8	0.04	0.75	1.3	0.05	0.03	0.01
CaO	0.02	1.81	0.42	0.67	0.99	0.14	0.05	0.17
Na ₂ O	1.23	0.04	0.07	2.65	3.25	1.13	1.85	1.48
K ₂ O	1.25	2.1	0.04	1.68	0.73	1.79	6.12	2.65
TiO ₂	1.31	0.51	0.82	0.87	0.74	0.61	0.96	0.77
P ₂ O ₅	0.1	0.08	0.19	0.07	0.09	0.17	0.16	0.23
MnO	<0.01	0.24	<0.01	0.03	0.06	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	16.5	9.2	6.9	7.3	6.6	16.3	37.8	22.4
Toplam	99.43	99.82	99.86	99.82	99.81	99.81	93.94	99.81
	ppm							
Ba	3668	560	365	719	700	645	1547	516
Co	0.4	8.2	0.3	1.3	1.7	<0.2	0.2	0.2
Cs	<0.1	0.8	<0.1	0.9	0.8	<0.1	<0.1	<0.1
Ga	4.9	11.7	10.9	18.5	13.2	9.7	53.5	12.8
Hf	6.6	2.8	4.2	5.2	4.3	2.7	4.9	3.4
Nb	7.2	3.3	5.2	5.9	5.1	3.7	5.2	3.9
Rb	1.9	71.5	0.5	59.4	18.8	5.3	2.2	3.3
Sr	694.9	30.7	464.7	323.1	325.8	742.8	1344	594.1
Ta	0.6	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3
Th	6.1	4.7	7.9	8.7	7.3	3.9	4.3	5.2
U	3.6	1.2	1.7	2.7	2.1	1.3	1.2	1.1
V	51	141	194	254	190	155	329	245
Zr	237.4	93.5	153.2	176.5	147.2	101.7	150.4	122
Y	6.2	12.9	8.6	14.9	15.4	8.6	2.7	8.7
Mo	4.7	1.7	0.5	1.3	0.5	1.2	2.9	0.7
Cu	7.3	65	2	39.6	66.8	3.4	2.9	8.1
Pb	371.2	9.4	6.7	20.1	30.7	10.8	29	8.2
Zn	7	17	2	11	15	5	1	8
As	19.5	1	0.8	2	1.9	1.9	19.2	42.4
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	17.8	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	1.4	<0.1
Au	83.4	2.8	1.1	2	<0.5	0.9	13.8	10.9
Hg	0.83	0.03	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.41	0.01
La	5.4	13.7	21.2	9.6	7.7	17.7	14.3	15
Ce	7.5	25.9	39.4	16.8	11.8	37.2	20.1	30.7
Pr	0.77	3.29	4.87	1.69	1.41	4.66	1.7	3.86
Nd	2.4	13.8	19.7	5.6	5.9	17.8	5	14.6
Sm	0.51	2.73	4.05	0.93	1.37	3.62	0.42	2.45
Eu	0.08	0.54	1.01	0.31	0.31	0.82	0.04	0.48
Gd	0.46	2.17	3.21	1.33	1.67	2.06	0.39	1.87
Tb	0.12	0.34	0.4	0.28	0.32	0.22	0.05	0.26
Dy	0.94	2.14	1.64	2.05	2.35	1.24	0.39	1.5
Ho	0.25	0.48	0.34	0.52	0.56	0.3	0.13	0.36
Er	0.96	1.49	1.02	1.81	1.88	1.14	0.5	1.21
Tm	0.19	0.23	0.19	0.31	0.3	0.22	0.09	0.22
Yb	1.48	1.66	1.48	2.26	1.99	1.68	0.68	1.63
Lu	0.26	0.24	0.27	0.38	0.35	0.3	0.12	0.29

Çizelge 2. Yitirmez (Leriköy)-Dölek alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç jeokimya analizleri.

Table 1. Whole rock geochemical analysis of samples taken along a steep line in Yitirmez (Leriköy)-Dölek alteration field.

Örnek no	YD1	YD2	YD3	YD4	YD5	YD6	YD7	YD8
	%							
SiO ₂	59.79	64.73	64.69	75.81	74.27	73.54	76.51	69.62
Al ₂ O ₃	15.9	21.23	21.27	13.71	14.43	16.04	14.3	17.63
Fe ₂ O ₃	11.03	0.81	1.35	0.96	1.26	0.67	0.5	0.84
MgO	0.03	0.27	0.24	0.5	0.61	0.59	0.38	0.7
CaO	0.09	0.29	0.22	0.17	0.1	0.04	0.1	0.21
Na ₂ O	0.13	2.69	2.13	0.06	0.06	0.08	0.07	3.24
K ₂ O	2.85	1.83	1.57	3.57	4.05	4.59	3.72	3.59
TiO ₂	0.61	0.63	0.58	0.57	0.5	0.53	0.51	0.63
P ₂ O ₅	0.05	0.08	0.1	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	9.4	7.1	7.5	4.5	4.6	3.7	3.8	3.4
Toplam	99.9	99.71	99.68	99.87	99.86	99.81	99.86	99.86
	ppm							
Ba	223	1854	2079	560	826	1150	788	575
Co	11	0.3	0.6	0.4	0.7	0.2	0.2	0.6
Cs	0.6	1.9	1.9	1.6	2.2	1.3	1.3	2
Ga	6.6	15.6	14.5	13.3	14.2	12.9	15.8	14.6
Hf	3	4.1	3.8	4.4	3.7	3.9	3.7	3.9
Nb	5.4	6.6	6.2	8.1	6.4	7.4	7.8	7
Rb	74.9	49.7	43.5	96.5	119.6	137.2	90.7	111.6
Sr	291.9	281.6	240	65.1	25	21.4	21.6	185.1
Ta	2.1	1	0.6	1.5	0.4	1.3	1.5	1.9
Th	10.2	8.4	8.6	9	6.5	7.3	6.7	6.8
U	1.8	2	2.2	2.8	1.8	2.3	2.4	2.1
V	98	167	141	112	116	107	116	167
Zr	110.4	141.2	149.4	166.6	142.3	149.7	147.2	143.7
Y	8.5	8.4	10.1	18.3	12.5	15.6	10.4	9.3
Mo	6.3	0.3	0.4	2.2	12.9	0.5	5	0.4
Cu	17	5	14.2	5	4.2	1.5	2.6	1.7
Pb	9.2	5.8	5	6.9	11.6	3.7	12.2	4.4
Zn	2	3	6	3	3	1	2	2
Ni	6.6	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.6	0.3
As	2.1	6.2	4	0.5	1.5	0.5	1.3	0.5
Sb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Au	9.9	2.3	1.1	4.2	9.9	4.4	6.1	1.8
La	23.7	25.8	24.3	30.6	13.7	24.7	10.7	8.5
Ce	47.1	49.6	47.4	56.2	25.9	45.9	19.7	14.7
Pr	4.95	5.48	5.32	6.42	2.73	4.7	2.13	1.54
Nd	18.9	22.2	20.5	24.8	9.8	15.9	8	5.5
Sm	3.18	4.14	3.88	4.95	1.69	2.81	1.5	0.89
Eu	0.82	1.06	0.95	0.99	0.45	0.78	0.38	0.3
Gd	2.46	3.54	3.21	3.81	2.03	2.85	1.65	0.97
Tb	0.27	0.41	0.44	0.56	0.36	0.43	0.28	0.18
Dy	1.57	1.9	2.17	3.31	2.06	2.78	1.93	1.34
Ho	0.33	0.36	0.45	0.61	0.48	0.61	0.44	0.33
Er	1.16	1.09	1.2	1.88	1.48	1.73	1.37	1.15
Tm	0.19	0.16	0.2	0.3	0.22	0.3	0.2	0.18
Yb	1.64	1.32	1.28	2.03	1.49	1.8	1.41	1.32
Lu	0.27	0.26	0.22	0.34	0.26	0.31	0.25	0.25

Çizelge 2 (devamı)

Örnek no	YD9	YD10	YD11	YD12	YD13	YD14	YD15	YD16
	%							
SiO ₂	58.92	64.36	68.63	71.88	67.15	61.46	65.58	65.94
Al ₂ O ₃	16.6	15.29	14.07	14.39	17.06	15.86	15.4	22.51
Fe ₂ O ₃	7.06	7.68	5.76	2.93	3.28	6.51	4.94	0.44
MgO	3.57	0.73	0.52	0.7	0.41	3.35	2.47	0.17
CaO	2.43	0.27	0.38	0.08	0.1	0.3	1.32	0.05
Na ₂ O	2.32	2.35	3.28	0.51	4.22	2.58	2.5	0.29
K ₂ O	4.03	3.11	2.33	3.95	2.41	3.21	2.38	5.52
TiO ₂	0.61	0.57	0.55	0.66	0.61	0.57	0.57	0.73
P ₂ O ₅	0.29	0.03	0.09	0.01	0.02	0.12	0.12	0.02
MnO	0.15	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.13	0.08	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	3.7	5.4	4.2	4.6	4.6	5.6	4.4	4.2
Toplam	99.71	99.78	99.84	99.69	99.81	99.67	99.74	99.89
	ppm							
Ba	1063	1170	738	2067	953	1518	1080	146
Co	20.4	0.9	0.4	0.2	6.8	11.5	7.8	0.4
Cs	0.7	1.9	1.1	1	1.8	1.3	0.6	1.3
Ga	13.7	14.7	12.5	12.9	12.7	13.4	11.8	14.7
Hf	3.8	2.9	2.9	3.5	3.4	2.9	2.9	4.2
Nb	6.6	5	5	6.1	5.8	4.4	4.9	6.5
Rb	105.3	102.2	93.8	126.9	58.4	71.1	51.6	133.7
Sr	346.8	212.9	191.4	69.7	169.2	291.8	335.9	54.2
Ta	3.6	0.4	0.5	0.7	0.4	0.3	0.5	1
Th	8	5.7	5.2	6.9	6.5	5.6	6	6.6
U	3	1.6	1.5	1.8	1.9	1.6	1.6	2
V	158	183	159	150	152	163	145	329
Zr	138.7	114.9	108.1	136.2	124.5	111.9	110.4	163.1
Y	18.4	6.3	7.2	17.9	9.4	22.7	11.7	6.1
Mo	0.4	0.6	5.4	1.9	0.7	0.7	0.2	0.8
Cu	4.7	85.6	54.2	8.9	18.3	31	77	4.1
Pb	5	9.1	10.4	16.5	21.2	12	3.1	1.8
Zn	131	9	4	2	5	83	60	2
Ni	8.5	0.5	0.3	0.2	2.1	4.5	3.7	0.3
As	1.8	4.7	2.7	2.7	15.8	3.3	0.6	0.5
Sb	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Au	0.5	0.5	7.4	10.4	5	2.6	0.5	18.3
La	27.5	8.3	11.8	30.4	23.1	21.8	20.4	23.8
Ce	52.7	14.3	21.3	54.6	46.9	42.8	39	41
Pr	5.91	1.48	2.13	6.15	4.79	4.7	4.2	4.18
Nd	24.2	4.4	7.5	24.1	17.9	19.3	15.3	15.3
Sm	4.73	0.91	1.26	3.94	2.54	3.91	3.36	2.89
Eu	1.29	0.24	0.38	0.76	0.63	1.4	0.88	0.61
Gd	4.3	0.87	1.23	3.39	2.3	3.97	2.93	2.03
Tb	0.6	0.15	0.21	0.5	0.31	0.66	0.47	0.19
Dy	3.38	1.14	1.37	2.83	2.16	4.02	2.58	1.01
Ho	0.63	0.25	0.3	0.65	0.4	0.8	0.49	0.21
Er	1.94	0.92	1.03	2.2	1.28	2.43	1.63	0.87
Tm	0.29	0.15	0.15	0.35	0.2	0.35	0.22	0.14
Yb	2.03	1.1	1.16	2.56	1.45	2.27	1.43	1.07
Lu	0.32	0.21	0.18	0.44	0.24	0.34	0.24	0.19

Çizelge 3. Canca-Aktutan cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Hermann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).

Table 3. Mineralogical compositions (%) calculated by MINSQ method from whole rock geochemical analysis of samples taken along a line perpendicular to Canca-Aktutan mineralization.

Örnek no	Propilitik zon							Cevherli zon									
	C5	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25
Kuvars	3.75	39.41	39.89	32.52	32.08	31.00	49.15	30.10	36.30	51.07	56.48	51.93	32.52	34.60	54.77	0.00	37.94
K'lu Feldspat	8.37	8.50	1.76	4.92	8.78	0.00	14.41	0.00	16.26	6.77	0.00	0.00	7.21	2.47	0.26	0.00	0.00
Albit	44.26	6.62	17.06	17.38	9.25	27.79	0.03	0.03	0.03	9.08	0.17	0.63	22.50	27.60	9.59	12.54	12.56
Serizit	1.79	1.88	1.79	4.05	5.70	0.00	8.62	0.17	0.48	0.00	0.66	0.00	3.89	2.65	0.00	0.00	0.00
Fe Klorit	3.27	28.88	9.99	16.27	23.97	0.00	0.62	0.33	0.71	0.00	0.00	0.00	6.22	7.13	1.85	2.66	0.00
Mg Klorit	23.50	0.00	4.58	0.00	0.00	13.51	2.12	0.00	7.06	0.00	18.67	0.29	2.40	4.80	0.00	0.00	0.00
Kalsit	0.09	0.05	0.09	0.08	0.05	0.32	0.17	0.10	0.07	0.00	0.06	0.09	0.07	0.11	0.07	0.08	0.21
Epidot	10.58	0.20	1.26	1.35	1.08	7.32	0.00	0.00	0.32	0.00	5.19	1.52	2.66	3.91	0.43	0.00	0.00
Kaolinit	2.77	7.39	17.89	17.19	12.81	4.47	20.71	68.12	34.40	0.00	0.09	42.95	17.35	11.67	6.37	9.31	12.80
Barit	0.04	0.04	0.09	0.10	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.62	0.00	0.05	0.12	0.11	0.11	0.26	0.21
Pirit	0.03	0.04	0.18	0.19	0.28	4.97	0.73	0.13	0.28	8.80	1.45	0.27	0.25	0.51	4.62	6.76	3.65
Kalkopirit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Rutil	0.66	0.66	0.86	0.76	0.80	10.59	0.68	1.00	0.70	8.51	17.20	1.23	0.86	0.72	15.32	56.85	26.76
Toplam	99.11	93.67	95.45	94.82	94.89	100.00	97.27	100.00	96.63	84.90	100.00	99.01	96.05	96.31	93.39	88.47	94.19
Rezidüel	0.08	0.24	0.03	0.04	0.19	1.01	0.02	0.19	0.08	1.77	2.28	0.72	0.01	0.02	0.40	1.24	0.97

Çizelge 4. Yitirmez (Leriköy)- Dölek cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Hermann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).

Table 4. Mineralogical compositions (%) calculated by MINSQ method from whole rock geochemical analysis of samples taken along a line perpendicular to Yitirmez (Leriköy)-Dölek mineralization.

Örnek no	YD1	YD2	YD3	YD4	YD5	YD6	YD7	YD8	YD9	YD10	YD11	YD12	YD13	YD14	YD15	YD16
	Cevherli zon						Propilitik zon					Cevherli zon				
Kuvars	38.10	24.45	27.24	50.24	46.63	42.67	49.86	27.01	18.92	29.15	33.19	42.81	24.46	24.25	31.11	24.98
K'lu Feldspat	6.52	10.81	9.28	21.10	23.94	27.02	21.99	21.21	23.82	18.38	13.77	23.35	14.22	18.97	14.07	31.87
Albit	0.27	22.84	18.08	0.51	0.51	0.61	0.59	27.51	19.69	19.95	27.84	4.33	35.80	21.90	21.22	1.73
Serizit	14.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe Klorit	0.78	0.92	2.33	0.64	1.08	0.40	0.32	0.58	7.04	15.58	11.50	4.84	0.83	0.00	5.79	0.48
Mg Klorit	0.00	1.11	0.71	2.22	2.65	2.49	1.75	3.15	15.40	0.65	0.39	2.41	1.76	15.62	10.49	0.00
Kalsit	0.11	0.06	0.04	0.11	0.05	0.00	0.12	0.19	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.01	0.59	0.00
Epidot	0.05	1.09	0.82	0.45	0.29	0.08	0.09	0.17	10.04	0.91	1.38	0.11	0.11	1.22	4.16	0.00
Kaolinit	22.47	35.75	38.61	22.85	23.00	26.05	24.54	19.12	3.14	11.79	8.82	19.69	17.52	11.15	10.81	40.42
Barit	0.00	0.01	0.35	0.10	0.14	0.12	0.16	0.11	0.18	0.20	0.12	0.35	0.24	0.26	0.18	0.00
Pirit	15.98	0.09	0.06	0.36	0.43	0.06	0.09	0.06	0.00	0.22	0.18	0.38	3.89	5.74	0.00	0.00
Kalkopirit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rutil	0.61	0.63	0.58	0.57	0.49	0.50	0.50	0.62	0.58	0.55	0.53	0.65	0.63	0.55	0.55	0.52
Toplam	99.53	97.77	98.10	99.15	99.22	100.00	100.00	99.74	98.89	97.45	97.82	99.00	99.55	99.67	98.96	100.00
Rezidüel	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.10	0.04	0.03	0.01	0.00	0.02	0.03	0.26

Nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri

Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahalarında en az altere kayaca göre nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri Huston (1993)'e göre propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 5 ve 6).

Çizelge 5. Canca-Aktutan alterasyon sahasında hesaplanan kütle değişimleri.

Table 5. Mass changes calculated in the Canca-Aktutan alteration area.

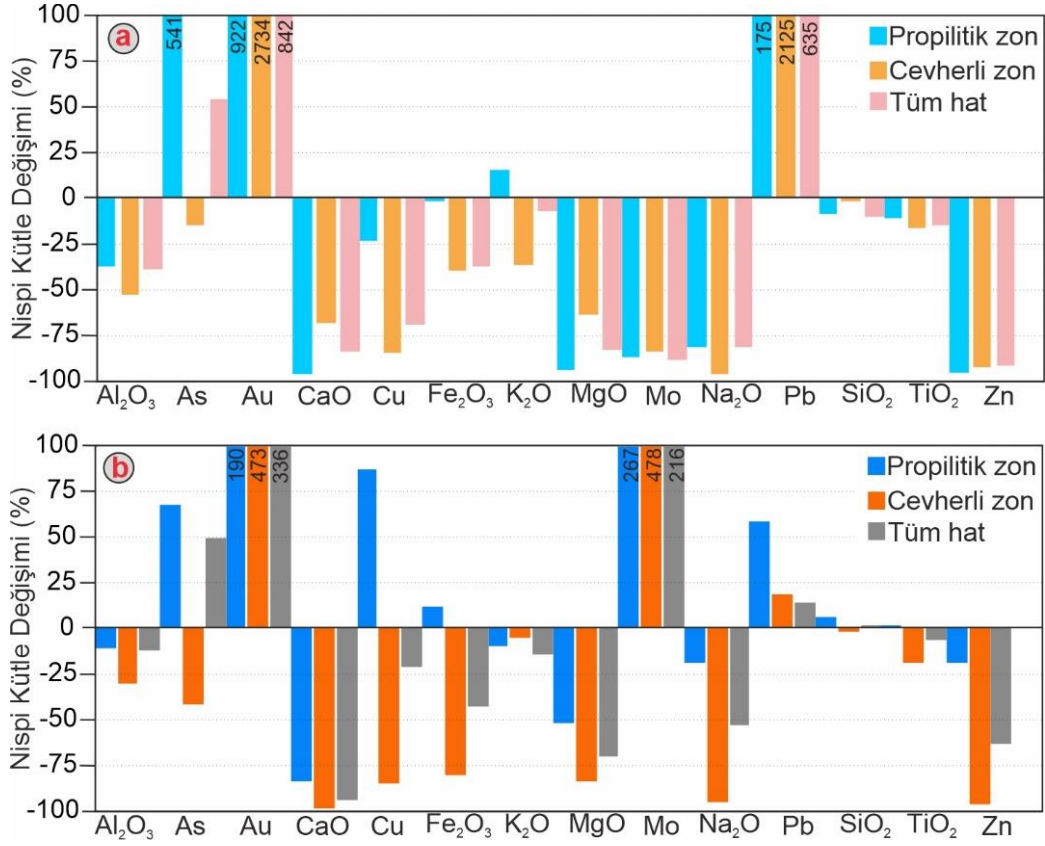
Element	ni	C _i ^S			Nispi (%) kütle değişimi			Net (g/100g) kütle değişimi		
		Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat
MgO	1	0.08	0.31	0.19	-93.33	-63.32	-82.88	-0.37	0.12	-0.48
Rb	2	1.11	1.22	1.55	-54.02	-29.58	-34.57	-4.74	25.01	6.00
CaO	3	0.15	0.88	0.57	-95.55	-68.12	-83.42	-0.12	-0.23	-0.26
Co	4	0.10	0.84	0.68	-97.91	-76.25	-85.11	-0.34	-1.09	-0.60
Cu	5	4.70	0.71	1.93	-22.82	-84.57	-68.45	76.91	-15.28	-11.09
Ni	6	0.16	0.76	0.84	-97.64	-86.19	-88.33	-0.24	-0.78	-0.66
K ₂ O	7	9.31	4.88	7.89	15.68	-36.72	-7.16	0.49	0.09	0.89
Zn	8	0.46	0.66	0.87	-95.01	-92.17	-91.45	-5.66	-7.51	-9.57
Y	9	4.07	3.18	6.29	-61.59	-69.12	-43.41	-7.01	-5.83	6.09
Al ₂ O ₃	10	7.29	5.48	7.87	-36.76	-52.60	-38.84	-5.06	-4.25	-5.29
Na ₂ O	11	2.38	0.94	2.81	-81.10	-95.76	-80.83	-0.89	-0.40	-0.92
NTE	12	7.84	7.83	8.90	-43.29	-44.32	-41.70	-1.85	-1.35	-1.09
Mo	13	2.03	3.22	2.09	-86.91	-83.79	-88.03	-1.21	-1.81	-1.24
Ga	14	10.80	6.51	11.66	-34.12	-59.71	-35.98	-5.01	-4.82	-2.22
SiO ₂	15	16.05	18.84	17.18	-8.23	-1.40	-9.99	-4.57	-0.54	-3.53
V	16	13.68	8.17	13.65	-25.96	-56.62	-34.23	-51.94	-60.58	-57.29
P ₂ O ₅	17	14.73	13.98	12.68	-22.73	-38.69	-42.09	0.03	-0.04	-0.03
As	18	131.79	30.43	36.16	541.12	-14.81	53.97	197.66	6.94	28.47
Fe ₂ O ₃	19	22.48	18.17	15.64	-1.69	-39.72	-37.10	3.79	-0.51	-0.20
Sc	20	15.77	11.28	19.86	-33.03	-55.37	-25.13	-5.95	-8.05	-3.11
Sr	21	12.24	14.85	19.07	-47.93	-59.10	-35.67	-40.84	-172.20	170.13
Se	22	88.00	1004.67	262.90	234.37	2826.55	716.79	6.97	974.27	188.85
W	23	29.90	150.27	64.11	12.24	312.79	97.59	0.09	14.97	3.30
Hg	24	36.00	348.00	121.50	24.98	608.21	214.56	0.02	5.02	1.32
Au	25	285.00	1455.00	404.06	922.97	2734.20	842.58	101.54	2114.51	428.09
Th	26	28.41	30.01	31.60	-6.53	-13.68	-8.28	-0.34	-0.82	-0.42
Pb	27	86.79	1244.89	348.05	175.36	2125.05	635.92	15.87	7446.31	1444.41
Ba	28	24.58	69.25	38.25	-24.64	40.54	-3.72	-133.87	2057.69	379.43
Ta	29	43.50	58.00	48.94	29.04	32.92	23.44	0.09	0.15	0.11
U	30	30.00	46.43	42.59	-14.84	2.02	4.70	-0.16	0.15	0.20
TiO ₂	31	32.09	38.42	35.34	-10.74	-15.99	-14.63	-0.08	-0.14	-0.12
Nb	32	36.10	42.94	41.74	-3.46	-6.71	-2.33	-0.12	-0.45	-0.14
Hf	33	39.83	51.59	47.65	3.69	7.31	7.19	0.13	0.28	0.32
Zr	34	39.75	50.20	45.91	0.37	0.28	0.41	0.47	0.33	0.58
Eğim		1.16	1.47	1.35						

Çizelge 6. Yitirmez (Leriköy)-Dölek alterasyon sahasında hesaplanan kütle değişimleri

Table 6. Mass changes calculated in the Yitirmez (Leriköy)-Dölek alteration area

Element	ni	C _i ^S			Nispi (%) kütle değişimi			Net (g/100g) kütle değişimi		
		Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat
Fe ₂ O ₃	1	1.17	0.25	0.60	11.94	-80.07	-42.63	0.89	-1.05	0.26
Cu	2	3.69	0.38	1.60	87.15	-85.21	-21.56	85.14	-3.95	23.19
Sr	3	1.76	0.32	1.23	-45.21	-91.81	-62.57	-107.12	-40.71	-80.49
Na ₂ O	4	3.33	0.22	2.08	-19.08	-95.45	-52.51	-0.42	-0.16	-0.30
Ni	5	2.92	0.40	1.75	-50.69	-93.91	-67.67	0.68	-0.39	-0.15
Co	6	3.26	0.17	1.76	-54.43	-97.82	-72.60	1.41	-0.36	-0.56
Pb	7	4.80	5.69	5.07	-32.27	-35.36	-39.37	-2.08	-1.68	-1.09
MgO	8	4.36	1.63	2.58	-52.23	-84.13	-70.34	-0.32	-0.50	-0.30
As	9	15.33	6.50	15.22	67.22	-41.63	49.66	2.94	-0.15	8.45
Zn	10	9.60	0.45	3.98	-19.02	-96.54	-63.45	47.20	-2.16	11.51
P ₂ O ₅	11	7.91	1.45	3.76	-36.07	-90.52	-69.62	0.00	-0.02	-0.02
CaO	12	2.29	0.22	0.86	-83.44	-98.63	-93.67	-0.71	-0.10	-0.30
Sb	13	21.67	19.50	17.88	58.61	18.55	14.06	0.12	0.05	0.05
Ba	14	14.03	16.31	14.87	-4.68	-7.27	-6.46	-20.00	206.76	186.20
Mo	15	53.33	109.38	60.47	267.49	478.68	216.34	15.19	54.27	21.95
Y	16	9.89	14.95	11.21	-43.63	-27.96	-38.46	-3.38	-4.30	-3.62
W	17	12.75	15.94	19.57	-25.55	-26.63	-13.53	0.00	-0.25	0.60
TiO ₂	18	19.22	18.83	19.65	2.04	-18.85	-5.86	0.01	-0.10	-0.03
V	19	19.67	14.31	18.17	-0.43	-41.31	-18.36	0.48	-48.13	-16.59
Sc	20	17.78	14.17	16.74	-15.95	-44.70	-28.12	-2.44	-5.47	-3.47
Au	21	58.80	151.73	111.43	190.09	473.97	336.98	16.57	41.97	35.75
NTE	22	14.48	22.20	18.68	-40.29	-22.47	-25.16	-1.21	-1.35	-1.25
Ta	23	86.25	56.06	63.61	225.13	83.16	129.00	7.78	1.13	2.95
Al ₂ O ₃	24	22.57	21.57	24.47	-10.33	-30.38	-12.23	-1.61	-4.41	-1.88
Th	25	18.98	22.36	21.46	-28.57	-31.39	-26.27	-1.73	-2.30	-1.74
Cs	26	22.90	28.32	26.12	-13.42	-16.02	-15.01	0.03	-0.13	-0.07
Rb	27	34.50	41.24	31.49	22.12	18.93	1.69	22.00	25.67	6.71
K ₂ O	28	26.78	34.28	27.95	-10.17	-5.04	-14.38	-0.25	-0.16	-0.32
SiO ₂	29	32.08	37.05	33.94	6.81	-1.28	0.16	5.02	-1.01	0.37
Ga	30	32.72	31.98	32.09	4.48	-17.50	-9.91	0.65	-2.31	-0.98
U	31	30.02	32.11	29.89	-10.19	-20.98	-18.74	-0.07	-0.42	-0.34
Nb	32	34.05	43.08	38.15	0.75	3.29	0.34	0.06	0.26	0.10
Hf	33	34.06	41.25	37.92	-2.22	-3.90	-2.39	-0.06	-0.15	-0.09
Zr	34	35.86	44.23	40.13	0.12	0.09	-0.03	0.17	0.11	-0.05
Eğim		1.05	1.30	1.18						

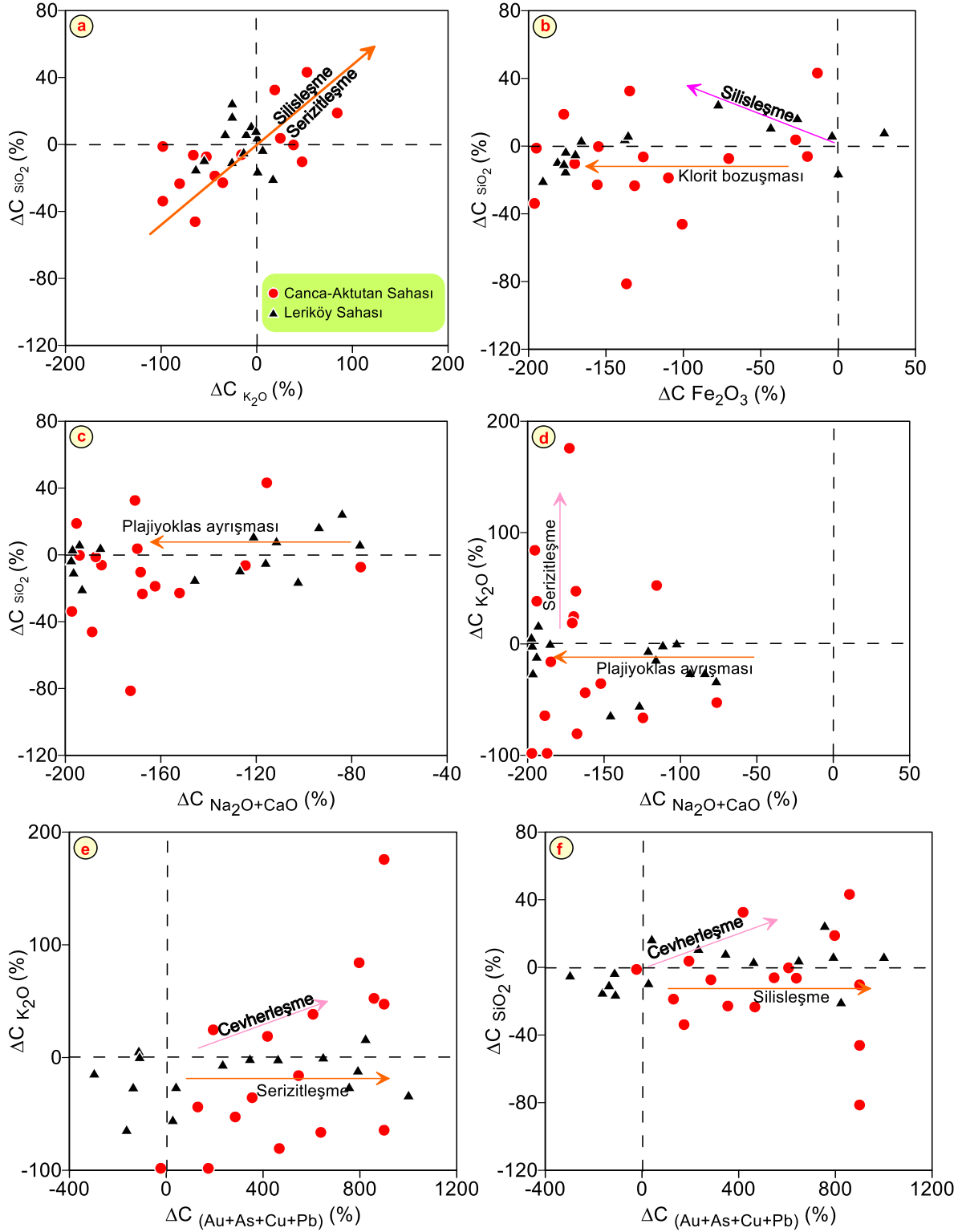
Canca-Aktutan alterasyon sahasında propilitik alterasyon zonunda ana elementlerden Fe, Mg, Ca, K ve Si'de nispi azalma gözlenmiştir. Propilitik zondan alınan örneklerde makroskobik olarak cevher mineralleri gözlenmemesine rağmen, bu örnekler üzerinde yapılan mikroskopik çalışmalar neticesinde az da olsa opak mineraller tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak propilitik zonda, cevher oluşturan elementlerden As %541, Au % 922 ve Pb % 175 nispi artış göstermektedir (Şekil 6a). Cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişimi histogramları incelendiğinde ise, tıpkı propilitik zonda olduğu gibi özellikle Au, As ve Pb bakımından zenginleşme gözlenmiştir (Şekil 6a). Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasında ise, propilitik alterasyon zonunda, ana elementlerden Ca, Mg, Al ve K'da nispi azalma, Si ve Fe'de ise nispi artma tespit edilmiştir. İz elementlerden As, Au, Cu ve Mo elementlerinde sırasıyla %67, %190, %87 ve %267 şeklinde nispi artış belirlenmiştir (Şekil 6b). Cevherli zonda ana elementler bakımından nispi azalma gözlenmekle beraber Ca elementi % 98 azalma oranı ile en fazla nispi azalmaya gösteren elementtir. Cevher minerallerini oluşturan iz elementler bakımından ise Cu, Zn, Pb elementlerindeki azalmaya karşın Au (%473) ve Mo (%478) elementlerindeki artış dikkate değerdir (Şekil 6b). Tüm hat için yapılan nispi kütle değişimi histogramları incelendiğinde tıpkı propilitik ve cevherli zonda olduğu gibi özellikle Au (%336) ve Mo (%216) bakımından zenginleşme gözlenmiştir (Şekil 6b).



Şekil 6. Nispi (%) kütle değişimleri (a) Canca-Aktutan alterasyon sahası, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahası.

Figure 6. Relative (%) mass changes (a) Canca-Aktutan alteration field, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alteration field.

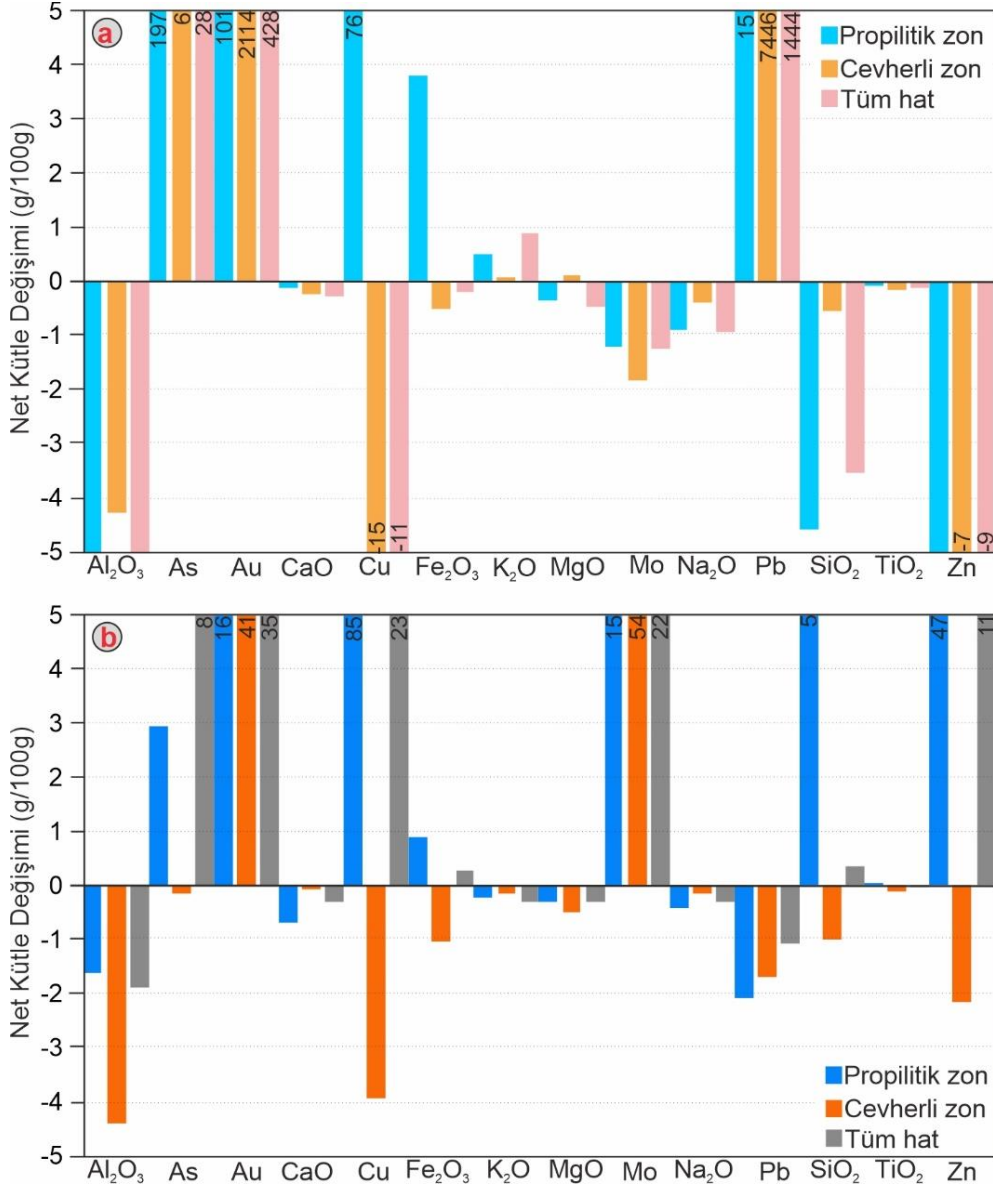
Gerek Canca Aktutan gerekse Leriköy (Yitirmez)–Dölek sahası için hesaplanan nispi kütle artışı ve azalmasına göre elementler arası ilişkiler benzerlik göstermektedir. Buna göre, silisleşme ve serizitleşiminin bir arada geliştiği (Şekil 7a), ilksel olarak silisleşmiş örneklerin sonradan klorit bozuşmasına ve plajiyoklas ayrışmasına uğradığı (Şekil 7b ve c), serizitleşme gerçekleşirken plajiyoklas ayrışmasının meydana geldiği (Şekil 7d), cevherleşme aşamasında serizitleşme ve silisleşmenin doğru oranda arttığı (Şekil 7e ve f) belirlenmiştir.



Şekil 7 Nispi kütle artışı veya azalmasına bağlı elementler arası ilişkiler.

Figure 7. Inter-element relationships due to relative mass increase or decrease.

Canca-Aktutan alterasyon sahasında net kütle değişim hesaplamaları neticesinde propilitik zonda Cu (76 g/100g), As (197 g/100g), Au (101 g/100g) ve Pb (15 g/100g) elementlerinde kütle artışı (Şekil 8a), cevherli zonda As (6 g/100g), Au (2114 g/100g), ve Pb (7446 g/100g) elementlerinde net kütle artışı Cu (-15 g/100g) ve Zn (-7 g/100g) elementlerinde ise net kütle azalması gözlenmektedir (Şekil 8a). Tüm hat boyunca yer alan 16 örneğin ortalamasına göre As (28 g/100g), Au (428 g/100g) ve Pb (1444 g/100g) net kütle artışı gösterirken yine tüm hat boyunca Cu (-11 g/100g) ve Zn (-9 g/100g) net kütle azalması göstermektedir (Şekil 8a).



Şekil 8. Net (g/100g) kütle değişimleri (a) Canca-Aktutan alterasyon sahası, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahası.

Figure 8. Net (g/100g) mass changes (a) Canca-Aktutan alteration field, (b) Leriköy (Yitirmez) - Dölek alteration field.

Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahasının net kütle değişim hesaplamaları sonucunda ise propilitik zonda Si, Mo, Au, Zn ve Cu elementlerinde net kütle artışı sırasıyla 5, 15, 16, 47 ve 85 (g/100g) olarak belirlenmiştir (Şekil 8b). Cevherli zonda ise Au (41 g/100g) ve Mo (54 g/100g) elementlerince kütle artışı tespit edilirken yine cevherli zonda Cu (-3 g/100g), Zn (-2 g/100g) ve Pb (-1 g/100g) elementlerince ise net kütle azalması tespit edilmiştir (Şekil 8b). Tüm hat boyunca yer alan 16 örneğin ortalamasına göre As (88 g/100g), Zn (11 g/100g), Mo (22 g/100g), Cu (23g/100g) ve (Au (35 g/100g) elementlerinde net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 8b).

Alterasyon sahalarında kırık hattına dik doğrultuda sistematik olarak alınan örneklerin analiz sonuçlarından yararlanılarak Huston (1993)'e göre hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler topluca değerlendirildiğinde alterasyonu oluşturan sıvıların silisyum konsantrasyonu bakımından zengin olduğu, alterasyonun merkezinde silisleşme ve kaolenleşmenin yoğun olduğu ve cevherleşmenin burada gerçekleşebileceği, buna karşın yoğun altere alandan uzak zonlarda albite ilaveten Mg'lu klorit ve epidot minerallerinin baskın alterasyon mineralleri olduğu belirlenmiştir.. Ayrıca hidrotermal çözeltilerce taşınan cevher oluşturan elementlerin arasındaki korelasyonların pozitif anlamlı olması ve buna bağlı olarak aynı bölgelerde zenginleşmiş olmaları sebebiyle çalışılan sahalardaki cevherleşmelerin aynı fazda oluştuğu, tüm sahalarda özellikle cevherli zonda Au'nun yanı sıra Pb, Zn ve Cu bakımından zenginleşme gözlemlendiği, Leriköy (Yitirmez)–Dölek sahasından elde edilen net kütle değişim hesaplamalarına göre Au'nun yanı sıra özellikle Mo bakımından zenginleştiği belirlenmiştir. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasında yapılan gerek nispi gerekse net kütle değişim hesaplamalarına göre tüm zonlarda Mo elementince gözlenen zenginleşmenin, Demir (2014) tarafından çalışılan Kermut (Kocapınar), Atay (2016) tarafından çalışılan Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar ve Canca-Aktutan alterasyon sahalarında gözlenmemesi dikkat çekicidir. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasında Mo zenginleşmesine Cu ve Au elementlerinin eşlik etmesi Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasındaki sistemin porfiri bir sistem olduğunu düşündürmektedir. Çalışılan alterasyon sahalarında kırık hattına dik doğrultuda sistematik olarak alınan örneklerin analiz sonuçlarından yararlanılarak Huston (1993)'e göre hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler çalışmanın yapıldığı Gümüşhane İli ve çevresinde yer alan diğer alterasyon (Zigana alterasyon sahası, Sipahi, 2005; Kocapınar (Kermut) alterasyon sahası, Demir 2014; Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar alterasyon sahası, Atay, 2016) ve cevherleşme sahalarından (Mastra Au madeni, Aslan, 2011; Arzular Au cevherleşmesi, Akaryalı, 2010 ve Akaryalı ve Tüysüz, 2013) elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, benzer

alterasyon mineral birlikteliğinin varlığı göze çarpmaktadır. Buna bağlı olarak çalışılan alterasyon sahalarının birer potansiyel altın sahası olduğu sonucuna varılabilir.

Sıvı Kapanım Çalışmaları

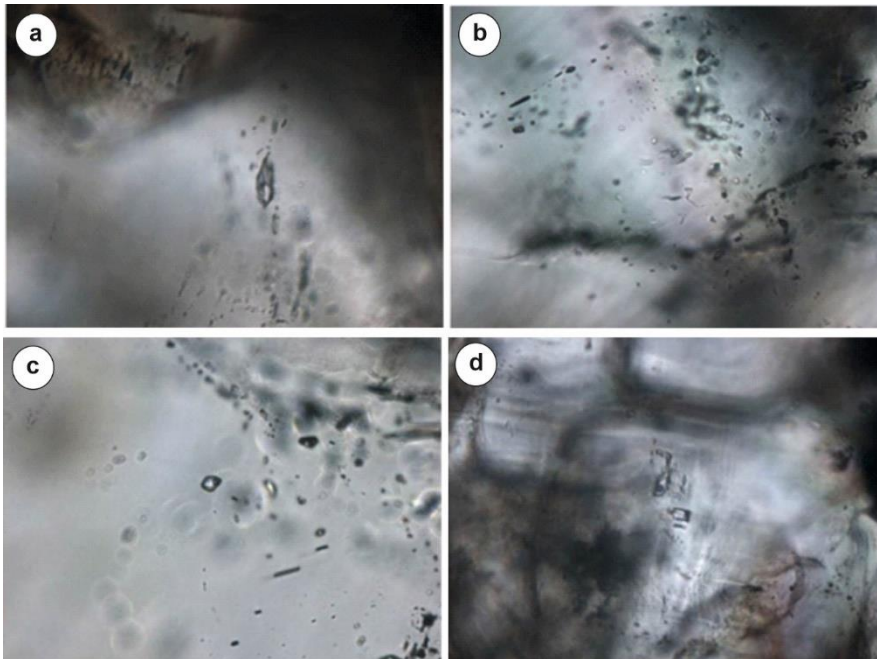
Canca-Aktutan alterasyon sahalarında silisleşme zonlarında alınmış üç adet örnek üzerinde kuvars minerallerinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir. Leriköy (Yitirmez) Dölek alterasyon sahalarında ise sıvı kapanıma uygun örnek bulunamamıştır. Canca-Aktutan sahasından alınan üç örneğin sadece bir tanesinde ölçüm yapılacak (A4 nolu örnek) kapanım bulunamamıştır. A9 ve A16 nolu örneklerde kapanım bulunmuş ve sonuçlar (Çizelge 7) ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 7. Sıvı kapanım analiz sonuçları.
Table 7. Results of fluid inclusion analyses.

Örnek no	T _h (°C)	T _e (°C)	T _{ice} (°C)	Tuzluluk (NaCl eşdeğeri)	Yoğunluk (d) g/cm ³
A9	142	-22.6	-0.5	0.9	0.94
	249	-23.7	-0.2	0.4	0.80
	256		-0.4	0.7	0.79
	146				
	153	-22.3	-0.1	0.2	0.92
	168				
			-0.5	0.9	
	208		-0.1	0.2	0.86
	198				
	238				
	264	-24.7	-0.5	0.9	0.78
	215				
	344				
	307				
183					
A16	141	-23.7	-0.5	0.9	0.94
			-0.4	0.7	
	263		-0.1	0.2	0.77
			-0.3	0.5	
	168	-23.1	-1.1	1.9	0.92
	153	-23	-0.1	0.2	0.92
			-0.2	0.4	
	147		-0.1	0.2	0.93
	275				
	276		-0.3	0.5	0.75
180					
Ortalama	219				

Sıvı kapanımlarda T_h (Homojenleşme sıcaklığı), T_{ice} (Son buz ergime sıcaklığı) ve T_e (Ötektik sıcaklıkları-ilk buz ergime sıcaklığı) ölçülmüştür. Bu ölçümlerden T_{ice} ve T_e bazı kapanımlar için, kapanım boyutlarının çok küçük olması nedeniyle ölçülememiştir. Mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen T_h , T_{ice} ve T_e sıcaklıkları Çizelge 7’te verilmiştir. Ayrıca ölçülen T_{ice} değerlerine karşılık gelen tuzluluk miktarları (%NaCl eşdeğeri olarak) Bodnar (1993) tarafından verilen eşitliğe bağlı olarak hesaplanmış ve aynı çizelgede gösterilmiştir.

A9 nolu örnekte kuvars mineralleri içerisinde ikincil kökenli sıvı kapanımlar mineral içerisindeki kırık hatları boyunca tek fazlı (sıvı) kapanımlar şeklinde ve boyutları 5 mikronun altında olarak gözlenmiştir. Ölçüm yapılan birincil sıvı kapanımların boyutları 5-15 mikron arasında değişmektedir. Birincil kökenli kapanımlar tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir. Tek fazlı kapanımlarda faz geçişleri gözlenemeyeceğinden ölçümler iki fazlı kapanımlarda yapılmıştır. Gaz/sıvı oranları bakımından iki farklı tip kapanım belirlenmiştir. Bunlardan ilki gaz/sıvı oranlarının %20-40 arasında olduğu kapanımlar (Tip I, Şekil 9a) iken ikinci grupta ise gaz/sıvı oranları %10-20 arasında (Tip II, Şekil 9b) değişmektedir. Mikrotermometrik ölçüm sırasında bu kapanımlar sıvı faza homojenleşmişlerdir. A9 nolu örnekte sıvı kapanım içeriğinin çok düşük olmasına bağlı olarak ölçülmüş az sayıdaki kapanıma göre sağlıklı yorum yapabilecek histogram ortaya konması mümkün olmamıştır. Ancak mevcut verilere göre bütün homojenleşme sıcaklıklarının 142°C ila 344°C arasında çok geniş bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 9. Sıvı kapanım görünüşleri.
Figure 9. Views of fluids inclusion.

Gaz/sıvı oranı düşük olan kapanımların T_h değerleri 142 ila 215 °C arasında değişirken, gaz/sıvı oranları kısmen daha yüksek olan kapanımların T_h değerleri 238-344 °C arasında değişim göstermektedir. Ölçülen toplam 7 adet T_{ice} değerlerine bağlı olarak Bodnar (1993)'e göre hesaplanan tuzluluk miktarları %0.2 ila 0.9 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Toplam 4 adet sıvı kapanımda ise T_e sıcaklık ölçümü yapılmış olup değerler 22,6 ila 24,7 °C arasında değişmektedir. Tip I ve Tip II olarak tanımlanan kapanımlara dayanarak örnek içerisindeki kuvars minerallerinin iki farklı evrede oluşmuş olabileceği, bu kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklıklarına göre de ilk evrenin 344-238 °C arasında, ikinci evrenin ise 215-142 °C arasında olduğu söylenebilir. Bu sıcaklık aralıkları dikkate alınarak örneğin epitermal-mezotermal sıcaklık şartlarında oluştuğu söylenebilir. Ölçülen T_e sıcaklıklarının NaCl'nin ötektik sıcaklığına çok yakın olduğu (21,2 °C), buna göre de örneğin bileşiminde NaCl'nin baskın tuz bileşenini oluşturduğu söylenebilir. T_{ice} sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk değerlerinin % 0 (sıfır) a çok yakın olması bu örneğin oluşum ortamının tuzluluk değeri çok düşük olan meteorik suların etkisi altında olduğunu düşündürmektedir.

A16 nolu örnek üzerinde yapılan sıvı kapanım çalışmasına göre ise kuvars mineralleri içerisinde, kırık hatları boyunca tek fazlı (sıvı) ikincil kökenli sıvı kapanımlar gözlenmiş olup, boyutları oldukça küçüktür (<5 mikron). Birincil sıvı kapanımlar ise tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir. Bu örnekte de diğer örnekte olduğu gibi gaz/sıvı oranları bakımından iki farklı tip kapanım belirlenmiştir. Bunlardan ilki gaz/sıvı oranlarının %20-40 arasında olduğu kapanımlar (Şekil 9c) iken ikinci gruptaki kapanımların gaz/sıvı oranları %10-20 arasında değişmektedir (Şekil 9d). Ölçüm yapılan birincil sıvı kapanımların boyutları ise 5-12 mikron arasında değişmektedir. Mikrotermometrik ölçüm sırasında sıvı kapanımlar sıvı faza homojenleşmişlerdir. Mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (T_h °C) gaz/sıvı oranının %20 den fazla olduğu (Tip I) kapanımlarda 263-276 °C arasında ölçülmüştür. Buna karşılık gaz/sıvı oranı daha düşük olan (Tip II) kapanımlarda T_h sıcaklıkları 141-180 °C arasında değişim göstermektedir. Ölçüm yapmaya uygun kapanımların azlığı nedeniyle ancak 8 kapanımda T_h sıcaklığı ölçülebilmıştır (Çizelge 7). Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü sıvı kapanımlar sıvı azot gazı kullanılarak dondurulmuş ve bu kapanımların ötektik sıcaklıkları (T_e) ölçülmüştür. T_e sıcaklıkları sıvı kapanımların boyutunun çok küçük olması nedeniyle ancak 3 farklı kapanımda ölçülmüştür. -23 ile -23,7 °C arasında ölçülen bu veriler Çizelge 7'de verilmiştir. Dondurulmuş kapanımların ısıtılması esnasında bu kapanımların son buz ergime

sıcaklıkları ölçülmüş ve Çizelge 7'de verilmiştir. 9 farklı kapanımdan ölçülen T_{ice} değerleri -0,1 ile -1,1 °C arasında değişmektedir. Ölçülen T_{ice} değerlerine göre bu kapanımların tuzluluk miktarları Bodnar (1993)'e göre hesaplanarak Çizelge 7'de verilmiştir. Tip I ve Tip II olarak tanımlanan kapanımlara dayanarak örnek içerisindeki kuvars minerallerinin iki farklı evrede oluşmuş olabileceği, bu kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklıklarına göre de ilk evrenin 275-263 °C arasında, ikinci evrenin ise 180-141 °C arasında olduğu söylenebilir. T_e sıcaklıklarının NaCl'nin ötektik sıcaklığına çok yakın olduğu (-21,6), buna göre de örneğin bileşiminde NaCl'nin baskın tuz bileşenini oluşturduğu söylenebilir. T_{ice} sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk değerlerinin ise %0 (sıfır) NaCl eşdeğerine çok yakın olması bu örneğin oluşum ortamının tuzluluk değeri çok düşük olan meteorik suların etkisi altında olduğunu düşündürmektedir. Örnek içerisinde gözlenen tek fazlı sıvı ve tek fazlı gaz kapanımların bir arada bulunması örneğin oluşumunun açık sistemde gerçekleştiğini göstermektedir. Açık sistemlerde litostatik basınç söz konusu olmadığı için ölçülen T_h sıcaklıkları oluşum sıcaklıkları olarak alınabilmektedir. Bir başka deyişle T_h sıcaklıklarına basınç düzeltilmesi yapmak gereksizdir.

Sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri ile kapanımların yoğunlukları BULK paket programı yardımıyla Zhang ve Frantz (1987)'a göre hesaplanmış olup Canca-Aktutan cevherleşmesinin oluşumunu sağlayan sıvıların yoğunluğunun kuvarslarda 0.75-0.94 g/cm³ aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 7).

Epitermal sistemlerde hidrotermal çözeltinin kaynağı genelde baskın olarak meteorik kökenli daha az olarak da magmatik kökenlidir (Giggengbach, 1992; Hedenquist ve Lowenstern, 1994; Matsuhisa ve Aoki, 1994) Ancak bunun O-H-S izotop ve sıvı kapanım çalışmaları ile de desteklenmesi gerekmektedir. Soğuma, kaynama veya köpürme ve sıvı karışım olayları sıvıların dolaşabileceği kısıtlı hacimli bir kayaç içerisindeki mineral çökeli için gerekli şartları sağlayan önemli olaylardır. Çoğu zaman bunlardan bir tanesi bir maden yatağında etkili olabileceği gibi ikisi birden de rol oynayabilir (Pichavant vd., 1982; Ramboz vd., 1982; Wilkinson, 2001). Canca-Aktutan cevherleşme sahasında yukarıdaki olaylardan hangisinin daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan tuzluluk özellikleri arasında değişim irdelenmiş ve çalışma alanı yakın çevresinde yer alan önemli maden yataklarının homojenleşme sıcaklığı tuzluluk ilişkisi karşılaştırılmıştır.

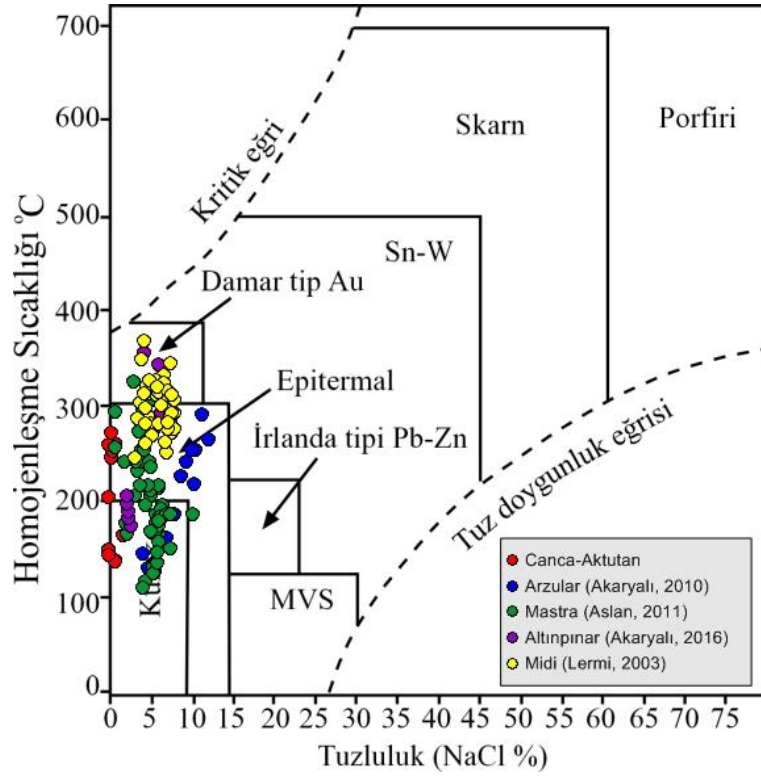
Arzular (Gümüşhane) yöresinde epitermal damar tip altın cevherleşme sahasında kuvars minerallerinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçlarına göre homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan tuzluluk miktarları arasındaki değişim Shepherd vd. (1985) tarafından hazırlanan sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılmış ve tuzluluk artışına bağlı olarak kuvarslarda tespit edilen T_h değerlerinin de artışına bağlı olarak cevherleşmenin oluşumunu sağlayan ana faktörün yüzeysel kökenli sıvılarla seyrelme olduğu sonucuna varılmıştır (Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz 2013).

Aslan (2011), ise Mastra (Gümüşhane) altın madeninde, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin başlangıçta yüksek sıcaklık ve yüksek tuzluluklu olduğunu, zaman içerisinde çözeltilerin farklı sıvılarla karışarak seyrelmesi ile tuzluluklarının ve sıcaklıklarının azaldığını ortaya koymuştur.

Midi (Gümüşhane) Pb-Zn madeninde kuvarslardan yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre Lermi (2003) tuzluluk artışına bağlı olarak kuvarslarda ölçülen homojenleşme sıcaklığının benzer değişim aralığında sabit ya da çok az artış gösterdiğini, dolayısıyla yatağı oluşturan ya da çökmesinde etkili olan ana olayın sıvı karışımı olduğunu ifade etmiştir.

Akaryalı (2016) Altınpınar (Torul-Gümüşhane) cevherleşme sahasında kuvars minerallerinden elde edilen sıvı kapanım ölçülerine göre, homojenleşme sıcaklıklarının, 170 °C ila 380 °C arasında değişim gösterdiğini, 250-300°C arasında yoğunlaştığını, cevher oluşturan sıvıların 2.4-7.3 (ort. 4.7) arasında ağırlık % NaCl tuzluluğuna sahip olmasının epitermal sistemi işaret ettiğini belirtmektedir.

Canca-Aktutan cevherleşme sahasında da Arzular, Mastra, Altınpınar ve Midi madeninde olduğu gibi sıvı kapanımların tuzluluğunun artışına bağlı olarak homojenleşme sıcaklığının artması Wilkinson (2001)'e göre yüzeysel kökenli sularla seyrelme ile açıklanabilir. Canca-Aktutan alterasyon sahasında silis zonlarından alınan kuvars örneklerinin sıvı kapanım analiz verilerinden elde edilen homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değerleri Roedder (1984) tarafından hazırlanan grafiğe aktarıldığında söz konusu sahadaki sistemin epitermal evreye karşılık geldiği belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Canca-Aktutan cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin değişik yatakların verileri ile karşılaştırılması.

Figure 10. Comparison of liquid inclusion data obtained from Canca-Aktutan mineralization area with data of different deposits.

Canca-Aktutan alterasyon sahasındaki silis zonlarından alınan kuvars mineralleri üzerinde yapılan sıvı kapanım analizlerinden elde edilen tuzluluk ve T_h değerlerinin, Gümüşhane yöresinde var olan diğer maden yataklarının (Midi, Mastra, Arzular ve Altınpınar) T_h ve tuzluluk değerleri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu benzerliğe bağlı olarak Canca-Aktutan sahasında epitermal sitemde gelişmiş bir potansiyel altın sahası olduğu sonucuna varılabilir.

SONUÇLAR

Gümüşhane ve çevresinde yayılım gösteren Eosen yaşlı volkanik kayalarda gelişmiş, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahalarının mineralojik, petrografik, petrokimyasal ve alterasyon verileri ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma konusunu oluşturan alterasyonlara ev sahipliği yapan Eosen yaşlı volkanitler Geç Eosen yaşlı Dölek Granitoyidi tarafından kesilmektedir. Andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar özellikle kuzeydoğu-güneybatı ve yaklaşık doğu-batı doğrultulu kırık hatları ile ilişkili olup, limonitleşme, hematitleşme, killeşme ve silisleşme her iki sahada da gözlenen başlıca alterasyon türlerini oluşturmaktadır. Kil mineral parajenezi olarak ise her iki sahada da kaolenit, illit ve kloritin tespit edildiği, illit ve kaolen miktarının alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. Yapılan detaylı mikroskopik incelemeler neticesinde, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) - Dölek sahalarında alterasyon mineral parajenezi olarak serizitleşme, silisleşme, kloritleşme ve hematitleşme tespit edilmiştir. MINSQ yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre, Canca-Aktutan alterasyon sahasının mineral parajenezi olarak, kuvars ± kaolenit ± Fe'li klorit (cevherli zon), albit, Mg'lu klorit ± serizit (propilitik zon), Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasının mineral parajenezi ise, kuvars, ± kaolenit (cevherli zon), albit, Mg'lu klorit ± epidot (propilitik zon) minerallerinden oluşmaktadır. Kütle değişim hesaplamalarında her iki alterasyon sahalarında Zr ve Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Hareketsiz elementlerden yararlanılarak yapılan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişim hesaplamalarına göre propilitik, cevherli ve tüm hat zonlarında kütle kaybı ve kazancı ortaya konmuştur. Kütle ve kimyasal değişimler birlikte değerlendirildiğinde alterasyonu oluşturan sıvıların silisyum konsantrasyonu bakımından zengin olduğu, alterasyonun merkezinde silisleşme ve kaolenleşmenin yoğun olduğu ve cevherleşmenin burada gerçekleşebileceği, buna karşın yoğun altere alandan uzak zonlarda albite ilaveten Mg'lu klorit ve epidot minerallerinin baskın alterasyon mineralleri olduğu, hidrotermal çözeltilerle taşınan cevher oluşturan elementlerin arasındaki korelasyonların pozitif anlamlı olması ve buna bağlı olarak aynı bölgelerde zenginleşmiş olmaları sebebiyle çalışılan sahalardaki cevherleşmelerin aynı fazda olduğu, tüm sahalarda özellikle cevherli zonda Au'nun yanı sıra Pb, Zn ve Cu bakımından zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir. Hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler, çalışmanın yapıldığı Gümüşhane İli ve çevresinde yer alan diğer alterasyon ve cevherleşme sahalarında elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, benzer alterasyon mineral birlikteliğinin varlığının çalışılan alterasyon sahalarının da birer potansiyel altın sahası olduğunu göstermektedir. Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 142 ile 344°C arasındadır. Cevher oluşturan

sıvıların $\text{NaCl} \pm \text{KCl} \pm \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ sisteminde, 0.2-1.9 % ağırlıkta NaCl tuzluluğuna ve 0.75-0.94 g/cm^3 yoğunluğuna sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğunu gösterir. Elde edilen tüm veriler beraber değerlendirildiğinde alterasyon sahasındaki potansiyel altın cevherleşmelerinin epitermal tipte olduğu ve oluşumlarının aynı granitik sokulumlar ile ilişkili olduğu açıkça görülmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma, ikinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümü olup, TÜBİTAK 3501-Kariyer Programı tarafından (Proje No: 113Y186) desteklenmiştir. Yazarlar arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı, Dr. Emre AYDINÇAKIR, Dr. Mehmet Ali GÜCER, Enes TÜRK, Mehmet FIRAT, Hasan Hüseyin KOLUAÇIK ve Ramazan GÜNDÜZ'e teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb-Zn \pm Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey), *Ore Geology Reviews*, 74, 1-14.
- Akaryalı, E., Akbulut, K., 2016. Constraints of C-O-S isotope compositions and the origin of the Ünlüpinar volcanic-hosted epithermal Pb-Zn \pm Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey *Journal of Asian Earth Science*, 117, 119-134.
- Akaryalı, E., ve Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). *Geoscience Frontiers*, 4-4, 409-421.
- Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion Around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralization Types: A Geologic and Geochemical Approach, *Geosound*, 33, 1-18.

- Aktaş, F. K., 2018. Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)–Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Eosen Yaşlı Volkanitlerin Hidrotermal Alterasyonu Ve Altın Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Aslan, N., 2011. Mastra (Gümüşhane) Yatağı'nın Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey). Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie. 187, 3, 329-346.
- Atay, U., 2016. Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar (Gümüşhane) Yöreleri Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Barrett, T. J., MacLean, W. H., 1994. Mass Changes in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits of the Noranda Area, Exploration and Mining Geology, 3, 131-160.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan-appinic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geology of the Black Sea Region, 189-196. Ankara.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 683-684.
- Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.
- Dana, J. D., 1993. Manual of Mineralogy, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore, 681 s.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1992. An Introduction to the Rock - Forming Minerals, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York, 696 s.

- Demir, H. B., 2014. Kermut (Tekke-Gümüşhane) Yöresi Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Demir, Y., 2005. İstala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tuysuz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., Dudas, F.O., Bektas, O., 2014. The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U–Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 59, 29-54.
- Giggenbach, W. F., 1992. Isotopic Shifts in Water from Geothermal and Volcanic Systems along Convergent Plate Boundaries and Their Origin. *Earth Planet. Sci. Lett.* 113, 495-510.
- Grant, J.A., 1986. The isocon Diagram a Simple Solution to Gresens' Equations for Metasomatic Alteration, *Econ. Geo1.*, 81, 1976 - 1982.
- Greesens, R.L., 1967. Composition-volume Relationships of Metasomatism, *Chemical Geology*, 2, 47-65.
- Hedenquist, J. W., Lowenstern, J. B., 1994. The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposit. *Nature* 370, 519-527.
- Hermann, W., Berry, R.F., 2002. MNSQ-A Least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* (2002) 2 (4): 361–368.
- Huston, D. L., 1993. The Effect of Alteration and Metamorphism on Wall Rocks to the Balcooma and Dry River South Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits, Queensland, Australia, *Jour. Of Geoch. Expl.*, 48, 277-307.
- Huston, D. L., Cozens, G. J., 1994. The Geochemistry and Alteration of the White Devil Porphyry Implications to Intrusion Timing. *Mineral Deposita*, 29, 275 - 287.
- Jenner, G.J., Longerich, H.P., Jackson, S.E. ve Fryer, B.J., 1990. ICP-MS a Powerful Tool for High Precision Trace-element Analysis in Earth Sciences; Evidence

- from Analysis of Selected U.S.G.S. Reference Samples, *Chem. Geology*, 83, 133-148.
- Karslı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2010. Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic Lower Crust, Eastern Turkey: Implications for Crustal Thickening to Delamination, *Lithos*, 114, 1-2, 109-120.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- MacLean, W.H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, *Mineralium Deposita*, 25, 44-49.
- MacLean, W.H., Kranidiotis, P., 1987. Immobile Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, *Econ. Geology*, 82, 951-962.
- Matsuhisa, Y., Aoki, M., 1994. Temperature ve Oxygen Isotope Variations during Formation of the Hishikari epithermal Gold-Silver Veins, southern Kyushu, Japon. *Economic Geology* 89, 1608-1613.
- Pichavant, M., Ramboz, C. ve Weisbord, A., 1982. Fluid Immiscibility in Natural Processes: Use and Misuse of Fluid Inclusion Data. 1 Phase Equilibria Analysis –A Theoretical and Geometrical Approach, *Chem. Geol.*, 37, 1-27.
- Ramboz, C., Pichavant, M. ve Weisbord, A., 1982. Fluid Immiscibility in Natural Processes: Use and Misuse of Fluid Inclusion Data, *Chem. Geol.*, 37, 29-48.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, v. 12, Mineralogical Society of America, Washington, 644.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.N. ve Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blacic&Son Press, London, 238 s.

- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F., Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.
- Sipahi, F., Gücer, M. A., Sadıklar, M. B., 2020. Nature of clays in Late Cretaceous dacitic rocks in the eastern Sakarya Zone (NE Turkey): A geochemical and isotopic approach. Turkish Journal of Earth Sciences, 29 (6), 831-852.
- Sipahi, F., Gücer, M. A., Sadıklar, M. B., 2019. Zigana Dağı (Gümüşhane, KD Türkiye) Dayklarının Jeokimyası ve Jeolojik Anlamı. Yerbilimleri, 40 (3), 293-325.
- Thompson, M. ve Walsh, J.N., 1983. A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry; Blackie, Glasgow, 380.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, Chem. Erde, 60, 231-250.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits, Lithos, 55, 229-272.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zhang, Y.G. ve Frantz, J.D., 1987. Determination of the Homogenisation Temperatures and Densities of Supercritical Fluids in the System NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O Using Synthetic Fluid Inclusions, Chem. Geol., 64, 335-350.