

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

KIZILCAÖREN (SİVRİHİSAR - ESKİŞEHİR) YÖRESİ TERSİYER ALKALİ VOLKANİTLERLE İLİŞKİLİ NADİR TOPRAK ELEMENTLİ FLUORİT-BARİT YATAKLARI

Ali Haydar GÜLTEKİN¹ ve Yüksel ÖRGÜN¹

ÖZ

% 0.2 ThO₂ içerikli 0.4 milyon ton, yaklaşık % 3.0 Ce+La+Y içerikli 4 milyon ton rezervlerin saptandığı Kızılcaören F-Ba-REE yatakları Kızılcaören'nin (Sivrihisar-Eskişehir) yaklaşık 25 km kuzeyinde yer alır. Ana cevher minerallerini fluorit, barit ve daha az olarak da bastnaesit oluşturur. Brockit ve monazit ise aksesuar mineralleri teşkil eder. Tersiyer alkali volkanizması ile yakın ilişki içinde olan cevherleşme, klastik ve piroklastik kayalar içinde çoğunlukla hidrotermal damarlar şeklinde gelişmiştir. Veriler, yatağın daha derinlerde bulunması muhtemel olan bir karbonatit kütlelerinden hidrotermal solusyonlarca sökülmüş materyalin daha üst seviyelerde yataklanması şeklindeki remobilizasyon teorisini destekler görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alkali volkanizma, Hidrotermal, Cevherleşme, Piroklastik, Nadir toprak elementleri

THE KIZILCAOREN FLUORITE-BARITE-REE DEPOSITS ASSOCIATED WITH TERTIARY ALKALINE VOLCANICS, SIVRIHISAR, ESKİŞEHİR

ABSTRACT

The F-Ba-REE deposits containing 0.2 % ThO₂ with 0.4 million tons reserve and containing approximately 3.0 % Ce+La+Y with 4 million tons reserve has been situated about 25 km south of Kızılcaören, Eskişehir. Major ore minerals consist of fluorite, barite, and a lesser amount of bastnasite. Brockite and monazite seem to be accessory minerals. The mineralization is in close association with Tertiary alkaline volcanism and mostly occurs in the form of hydrothermal veins in the clastics and pyroclastic rocks. All the evidence seem to support the remobilization theory related to a possible carbonatite mass which located in a deeper zone.

Key words: Alkaline volcanism, Hydrothermal, Mineralization, Pyroclastic, Rare earth elements.

1. GİRİŞ

Kızılcaören fluorit-barit-nadir toprak yatakları, Türkiye'nin dört ana tektonik birimlerinden birini oluşturan Kuzey-Batı Anatolidlerin içinde, Eskişehir'e bağlı Sivrihisar ilçesinden yaklaşık 25 km uzaklıkta, Kızılcaören – Karkın – Okçu köyleri arasında yer alır. Yataklar, Türkiye'nin bilinen başlıca toryum kaynağıdır ve kısmen altere olmuş arkoz, grovak ve piroklastikler içinde nadir toprak elementli damarlar şeklindedir. İnceleme sahasında morfolojik yapı olarak küçük tepelikler, hafif eğimli vadiler, sırtlar ve düzlükler mevcuttur.

Kompleks cevherleşmeler içeren Kızılcaören yatağı 1959 yılında bölgede sürdürülen aramalar sırasında gamma-ray spektrometre yöntemi ile keşfedilmiştir. O tarihten bu yana kadar, mevcut cevher tipleri ve kayalar sahanın mineral potansiyelini tespitiye yönelik bir faaliyet içinde detaylı jeolojik ve mineralojik araştırmalara konu olmuştur. Sürdürülen bu çalışmalar ile diğer bazı arama faaliyetleri, radyoaktif aramaların ortaya koyduğu şekliyle, yatağın yalnızca bir toryum kaynağı olmadığını aynı zamanda büyük miktarda fluorit ve barit de içerdiğini göstermiştir. Böylece saha, diğer barit ve fluorit yataklarına kıyasla daha yoğun jeolojik araştırmalara maruz kalmıştır.

¹ İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Ana Bilimdalı, Maslak, İstanbul.
Geliş: 25 Ocak 2000; **Düzeltilme:** 23 Mart 2000; **Kabul:** 17 Nisan 2000.

Kızılcaören sahasının yapısal jeolojisi ve stratigrafisi pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Romieux, 1942; Kupfahl, 1954; Kaaden, 1966; Kulaksız, 1972; Erentöz, 1975; Bingöl, 1976). Cevherleşme ve ilişkili kayalar hakkında ilk kapsamlı çalışmalar Uçmak (1969), Kaplan (1977) ve Yakabağı (1977) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar sahanın mineral potansiyeli üzerine pek çok rapor yayımlamış, magmatik işlevlere dayalı çeşitli jenetik modeller sunmuştur. Daha yakın zamanlarda yapılan çalışmalar esas olarak yatağın jenezi üzerinde yoğunlaşmıştır (Arda, 1976; Nakoman, 1979; Çağatay, 1981; Özgenç, 1983; Kırkoğlu, 1983; Gültekin vd., 1999).

Bu çalışma kapsamında inceleme sahasındaki kaya birimleri ile cevherleşmeye ait örneklerin mineralojik, petrografik ve kimyasal incelemesi yapılarak fluorit, barit ve nadir toprak elementleri, yatağının oluşumu ve özellikleri araştırılmıştır.

2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİK YAPISI

Kızılcaören fluorit-barit yatağı ve ilişkili kayalar, bölgesel ölçekte Batı Anadolu'da KD-GB doğrultulu Tersiyer öncesi tektonik zonlardan biri olan Sakarya zonu içinde yer alır. Paleo-Tetis aktif kenar birimli kıtasal bir parça olan Sakarya zonu, granitik ve metamorfik kayalardan (felsik gnayslar, bandlı amfibolit ve mermer arakatlı kuvars-feldspatik mika şist) oluşan Paleozoik yaşlı bir kıtasal temel ile Karakaya kompleksi olarak adlandırılan ve temel kayaları üzerleyen bir Permo - Triyasik volkanik yay ve ilişkili Paleo-Tetis yığışım karmaşığında yapıldır (Okay 1990).

Karakaya kompleksi, esas olarak Permo-Triyasik okyanus içi yay önü (intra-oceanic fore-arc) çökellerinden oluşan bir alt birim ve bol egzotik kireçtaşı blokları içeren Paleozoik-Triyas yaşlı klastiklerden oluşan bir üst birim olmak üzere iki tektonostratigrafik birim içerir. Tektonik bir kontakla Sakarya zonu Paleozoik kıtasal temelin üzerinde uzanan, karbonat ve şeyl bandları aratabakalı bazik kayalar, piroklastik kayalar ve pillow lavlardan oluşan alt birim yüksek sıcaklık yeşil şist fasiyesi metamorfizmasına maruz kalmıştır. Birimin metabazikleri çoğunlukla serpantinleşmiş, kalınlıkları bir kaç metreden onlarca metreye değişen ultramafik kayalardan yapıldı tektonik mercerler şeklindedir.

Üst birim esas olarak önemli oranda tahrip olmuş birkaç km kalınlığına sahip, Triyas yaşlı yığışım kompleksi ile simgelenen bir türbidik klastik istifdir. Genel olarak Karakaya kompleksi içinde biri kıtasal granitik kaynaklı bir kuvars - feldspatik kumtaşı-şeyl, diğeri ise grovak-şeyl istifi olmak üzere iki temel klastik istif ayrırtedilir. Bunlardan kuvars feldspatik klastik istif, İzmir-Ankara kenedine yakın bölgelerde bir grovak mat-

riks içinde ekzotik üst Permiyen kireçtaşı blokları içeren yaygın geç Triyasik moloz akıntularına geçer. Kızılcaörende geniş alanlar kaplayan Triyas yaşlı klastik kayalar Karakaya klastikleri ile benzerdir ve çoğunlukla grovak, bazik dayklı arkoz ve egzotik bloklu Permiyen kireçtaşları olistolitleri içeren kumtaşı ve şeyllerden yapıldır.

Batı Anadolu'da, Sakarya zonu içinde erken Kretase ile Eosen arasında bir çökme boşluğu bulunmaktadır. Erken Oligosende ise tüm Kuzeybatı Anadolu yaygın bir kalk-alkali volkanizmaya sahne olmuştur. Geç Oligosen Erken Miyosende bir kompressional rejim içinde başlayan volkanik aktivite yaygın bir andezitik ve dasitik kalk-alkali kayaç birliği üretmiştir. Ancak orta Miyosende K-G sıkışmasının ani olarak K-G gerilmesine dönüşmesi alkali volkanizmaya yol açmış, bunun sonucunda alkali kayaç birliği gelişmiştir. Alkali volkanizma doğu Anadolu'da Arabistan platformunun Anadolu kıtasına çarpışması sonucu gelişen Ege host-graben sistemi ile ilişkilidir (Ercan vd., 1985; Yılmaz, 1990).

3. YEREL JEOLJİK YAPI

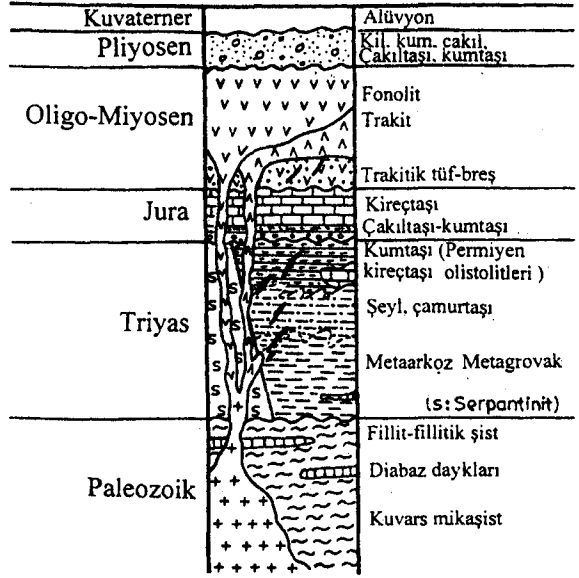
Kızılcaören fluorit - barit - nadir toprak cevherleşmesi, Permiyen yaşlı kireçtaşı olistolitleri içeren klastik kayalar ile diyabazik dayk ve lavlardan oluşan kompleks seri içinde yer alır. Muhtemelen Triyas yaşında olan seri bugünkü yerine alloktan bir birim olarak yerleşmiş, bunu takiben gelişen farklı tektonik fazlarda kıvrılmış ve faylanmış. Saha gözlemleri tüm cevherleşmelerin 5-10 km genişlikte, yaklaşık olarak 30 km uzunluğunda olan ve serpantin ile klastik kayalar arasındaki sınırı teşkil eden ana faya paralel doğu - batı yönlü bir zon içinde yer aldığını ortaya koyar.

Cevher sahası, bir çok fay sistemi ile kesilmiştir, ancak bunların cevherleşme açısından en önemli olanı kuzey - kuzeydoğu ve güney - güneybatı yönlü olandır. Bu fay ve diğer kırık sistemleri, nadir toprak elementler yanı sıra toryumda içeren fluorit - barit cevher damarlarına ev sahipliği yapmış, cevherli solüsyonların satha doğru hareketlerine imkan sağlayıcı birer geçiş kanalları olmuştur.

Kızılcaören sahası ve yakın çevresindeki kayalar yaşça Paleozoikten Tersiyere kadar sıralanır. Sahadaki başlıca kayalar, Paleozoik yaşlı şistler, Neotetis okyanusal kabuk ofiyolitlerinin bir parçası olan serpantinleşmiş ultrabazik kayalar, Mesozoik yaşlı ve kısmen metamorfizma olmuş sedimanter kayalar (açık - koyu renkli metagrovak, metaarkoz, şeyl, çamurtaşı ve kumtaşıdan ibaret kompleks seri), Jura yaşlı çakıltası-kumtaşı, kireçtaşı ve Senozoik riftleşme ile ilişkili alkalin volkanik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 1, 2).

Çalışılan sahanın temelini oluşturan kayaçlar Paleozoik yaşlı kuvars - mika şist, fillit ve fillitik şistlerden meydana gelir. Çalışma sahasının kuzeybatısında geniş bir alanı işgal eden bu kayaçlar mikroskopik olarak ince - orta taneli ince bandlı, masif gri kayaçlardır. Fillitlerin mineralojik bileşimi nispeten basittir. Ana bileşen olarak kuvars, mika, plajiolklaz içerir. Açık kahverengi, sarımsı renkler gösteren kuvars-mika şist birimi yeşil-şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır ve granoblastik doku gösterir. Paleozoik yaşlı birimler uyumsuz bir şekilde kuvars, albit, siyah ve beyaz mika, piroksen ancak küçük miktarda volkanik ve metamorfik kayaç parçaları içeren metagrovak, metaarkoz birimlerinde üzerlenir. Her iki birim esas olarak cevherli filon dolguları için bir anakayaçdır. Saha gözlemleri, Triyasik istifin yerel olarak sert, masif ve kısmen metamorfizmaya uğramış muhtemelen Permiyen yaşlı olan kireçtaşları içerdiğini ortaya koymaktadır.

Kızılcaörende gözlenmiş olan serpantinleşmiş ultrabazik kayaçlar, çalışma sahasının güneyinde geniş alanlar işgal eder. Bir çok yerde belirgin bir şekilde peridotik karakter sergileyen bu kayaçlar bunları üzerleyen Triyas yaşlı sedimanter istifile, K 70 - 80 B doğrul-



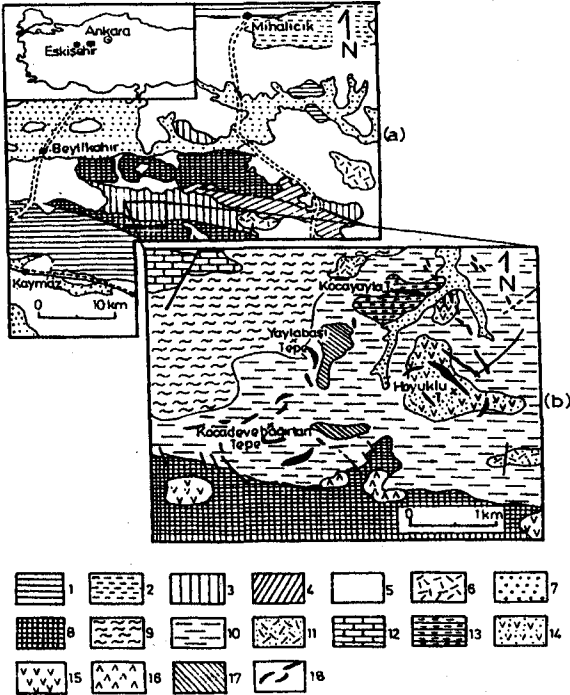
Şekil 2. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

tulu, 80° K eğimli bir fay boyunca dokanak halindedir. Bazı yerlerde gözlenen şist yapılar, muhtemelen serpantin grubu minerallerden antigorit oluşumuna da yol açan tektonik aktivite sonucu oluşmuşlardır.

Triyas yaşlı kompleks seri bir bütün olarak, hızlı birikim koşulları altında yataklanmış metaarkoz, metagrovak, şeyl, çamurtaşı ve egzotik kireçtaşı blokları içeren kumtaşlarından yapıldır. Kompleks seri içinde sil şeklinde gözlenmiş olan bazik lav akıntılarının varlığı, denizel yataklanma ortamını işaret eder. Muhtemelen batıya devrik izoklinal bir kıvrım halinde kuzey - kuzeydoğuya yönelimli bir seri yansıtan Triyasik kayaçların yapısı bu özelliklerinden dolayı karmaşıklık yansıtır. Taze olduğunda kompleks serinin rengi genellikle gridir, ancak yoğun hidrotermal aktivitenin bulunduğu yerlerde solüsyonların Fe ve Mn içeriği nedeniyle siyah ve kahverengine dönüşmüştür.

Jura yaşlı kayaçlar, transgressif bir istifile temsil edilir. İstifin alt kesimi esas olarak konglomeralardan oluşur. Bu kayaçlar daha alt birimlere ait çeşitli çakıllar içerirler ve taban konglomeraları olarak yerleşmişlerdir. Stratigrafik olarak konglomeralar yukarıya doğru ince - orta taneli, merceksel tabakalar halinde gözlenen kumtaşlarına geçiş gösterir. Kumtaşları üzerinde yer alan sert, açık gri ve sarımsı renkli ve konkoidal kırınımlı kireçtaşları oldukça sınırlı yayılım alanları gösterir.

Miyosen yaşlı kayaçlar, silisleşmiş trakitik tüf, al-kalin trakit ve fonolit, cevherleşmiş breş zonları ve cevher damarlarından oluşur. Trakitik tüfler, sanidin ve plajiolklaz kristal parçaları, volkanik cam, az miktarlarda diabazik kayaç parçaları içeren kristalin tüf ile hemen hemen bütünüyle diabazik kayaç parçalarından ibaret litik tüf şeklinde iki ayrı birime ayrılır. Bununla birlikte



Şekil 1. Kızılcaören fluorit-barit-REE yataklarının genel(a) ve ayrıntılı jeolojik haritası (Erentöz 1975, Kırıkoğlu 1983) 1- Metamorfik seri, 2- Mesozoik ofiolitik, 3- Permiyen - Mesozoik, 4- Eosen filisi, 5- Neojen karasal, 6- Neojen volkanikler, 7- Alüvyon, 8- Serpantin, 9- Kuvars-mikaşist, 10- Fillit, metagrovak, metaarkoz, şeyl, çamurtaşı ve kumtaşı, 11- Diabaz akıntıları, 12- Kireçtaşı olistolitleri(Permiyen), 13- Jura çakıltaşı ve kumtaşı, 14- Silisleşmiş trakitik tüf-breş, 15- Fonolit, 16- Trakit, 17- Cevherli breşler, 18- Cevher damarları.

her iki birim arasında kesin bir sınıırın bulunduğu söyle-nemez. Breş zonları, belirgin bir şekilde bileşim yönüyle grovak, arkoz ve diabaz olan köşeli kayaç parçalarından yapılmıştır. Çoğunlukla kumtaşları içinde ışınsal dayklar ve baca şekilli kütleler halinde izlenirler ve yaygın şekilde kırılmış ve ezilmiş bir yapı sunarlar. Faylarla ilişkili olan breş zonları yaygınca cevherleşmiştir.

Alkalin trakit ve fonolitler, koyu yeşil ve kahverengi, ince - orta taneli kayaçlar şeklindedir. Bu kayaçlar post - Oligosen volkanizmasına ait Batı Anadolu volkanik kayaçların bir parçasını oluştururlar. Çalışma sahası volkanik kayaçlarından da sorumlu olan alkalin volkanik aktivite, yukarda değinildiği gibi, K - G gerilimli tektonik bir rejim içinde Ege rift sisteminin gelişimi ile ilişkilidir. Fonolitler, feldspatoidlerin esas bileşen olduğu koyu gri ve siyah ince taneli porfiritik kayaçlardır. Ana bileşen olarak sanidin, nefelin ve ejirinojit içerirler. Apatit, zirkon ve fluorit mineralleri az miktarda mevcuttur. Alkalin trakitler başlıca albit, anortoklaz ve sanidinden yapıldır. Plajiolklazlar hamur içinde küçük

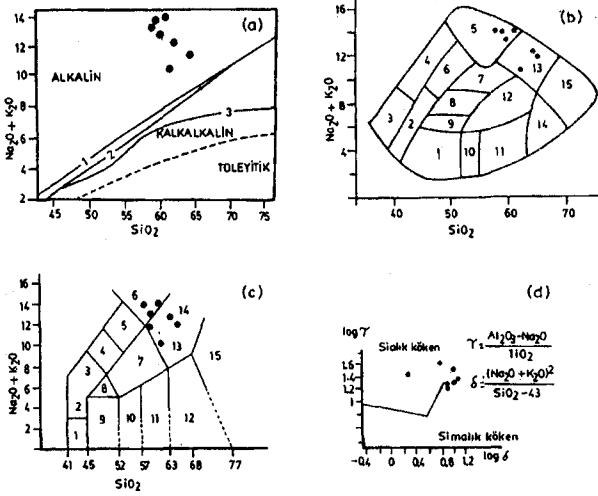
kristaller yanında fenokristaller halinde görülür. Dokusal olarak porfiriktirler. Gerek trakit gerekse de fonolitler volkanik baca şeklinde doğu - batı yönünde dizilmiş, tipik volkan konileri ile oldukça uzaktan bile görülebilen oluşumlar sergiler. Sahanın güneyinde serpantinleri kesen bu kayaçlar serpantinler ile klastik kayaçlar arasındaki tektonik kontakt boyunca yerleşmişlerdir. K / Ar çalışma sonuçları bu kayaçlar için 23.3 ± 3.2 milyon yıl ile 26.2 ± 2.9 milyon yıl arasında yaşlar ortaya koymuştur (Özgenç, 1983).

4. ÇALIŞMA SAHASI VOLKANİTLERİNİN PETROLOJİSİ

Çalışılan sahada petrokimyasal incelemeler yapılması amacı ile Kızılcaören volkanitleri ana ve iz element yönüyle kimyasal analizlere tabi tutulmuş, sonuçlar yedi farklı örnek için Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları bazı tanımsal nitelikli grafiklere dökülmüş, kimyasal yönden volkanitlerin nitelikleri araştırılmıştır.

Tablo 1. Çalışma alanındaki volkaniklerin kimyasal analiz sonuçları (ana elementler %, iz elementler ppm).

Element	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	61.71	57.95	60.33	64.96	63.88	62.42	58.73
TiO ₂	0.58	0.6	0.43	0.59	0.65	0.35	0.52
Al ₂ O ₃	18.64	22.05	20.61	16.21	15.02	17.52	18.79
Fe ₂ O ₃	2.66	1.92	2.38	2.12	2.48	2.06	1.88
MnO	0.1	0.15	0.05	0.05	0.02	0.05	0.07
MgO	0.42	0.35	0.2	0.8	0.87	1.26	1.09
CaO	1.63	2.27	1.95	2.49	3.61	5.91	4.28
Na ₂ O	7.92	8.63	8.16	4.78	5.17	1.49	1.65
K ₂ O	6.09	5.44	4.93	6.94	7.31	9.17	10.09
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.15	0.1	0.1	0.13	0.08
Ba	2940	2450	3700	3100	1280	3200	3950
Sr	400	620	540	742	869	409	970
Li	44	23	35	37	49	45	69
Pb	5	10	10	22	13	3	3
Zn	95	127	66	60	92	66	51
Cu	3	7	6	5	5	9	7
Ni	5	9	11	15	13	23	37
V	36	82	47	102	96	133	94



Şekil 3. a- Çalışma sahası volkanitlerinin SiO₂ – Alkalın içeriğine göre sınıflandırılması 1-Irvine ve Baragar(1971) ayırım hattı, 2- Macdonald ve Katsura(1964) ayırım hattı, 3- Kuno (1960) ayırım hattı.

b- Kızılcaören volkanitlerinin SiO₂ -- Alkalın içeriğine göre adlandırılması 1- Bazalt, 2-Bazanit ve tefrit, 3-Nefelinit, 4-Fonolitik nefelinit, 5- Fonolit, 6-Fonolitik tefrit, 7- Benmorit, 8- Mujearit ve trakibazalt, 9- Hawaitit, 10- Bazaltik andezit, 11-Andezit, 12- Trakiandezit, 13-Trakit, 14- Dasit, 15- Riyolit.

c-Volkanitlerin alkali-silika içeriklerine göre düzenlenen Zanettin(1984) diyagramlarında adlandırılmaları.1-Pikrobazalt, 2-Bazanit, 3-Tefrit, 4-Fonolitiknefelinit, 5- Fonolit, 6-Fonolitik tefrit, 7-Trakiandezit, 8-Trakibazalt, 9-Bazalt, 10-Bazaltik andezit, 11-Andezit, 12-Dasit, 13-Trakit, 14- Alkali trakit, 15- Riyolit

d- Volkanitlerin Gottini diyagramı

Örnekler, yaklaşık olarak % 58 – 65 SiO₂ içerikleri ile nötr bir bileşim sergiler. Ortalama SiO₂ içerikleri % 61 dolayındadır. Al₂O₃ içerikleri % 15 ile 22 arasında değişir. Ortalama Fe₂O₃ miktarları % 2.21 olup, düşük standart sapma değerleri ile (*: 0.09) homojene yakın bir dağılım sergiler. CaO içerikleri % 1.63-5.91 ve MgO içerikleri % 0.20 - 1.09 arasında değişir. Örneklerin ortalama Na₂O ve K₂O içerikleri ise sırasıyla % 5.40 ve 7.14'dür.

Kızılcaören volkanikleri Na₂O+K₂O ve SiO₂ içeriklerine göre sınıflandırıldığında (Şekil 3a) Irvine ve Baragar (1971), Macdonald ve Katsura (1964), Kuno (1960) ayırım hatları çerçevesinde alkalın nitelikte oldukları görülmektedir. Yüksek Na₂O+K₂O içeriklerine sahip olan örnekler bu dağılımları ile simatik bir köken işaret eder. Buradan hareketle bir kez daha lavların, bir rift volkanizması ürünü oldukları kolaylıkla söylenebilir.

Volkanitlerin kimyasal yönden adlandırılmasında analiz sonuçları Cox vd. (1979) ve Zenettin (1984) 'ün hazırladığı diyagramlara taşınmış, örneklerin fonolit ve alkali trakit alanında yer aldıkları görülmüştür (Şekil 3b-c). Diğer yandan mağmanın kökenini araştırmak

için Gottini 'nin geliştirdiği τ : (Al₂O₃ – Na₂O)/TiO₂ indisi ile Rittmann'ın τ : (Na₂O+K₂O) / (SiO₂ – 43) indisi (Ercan vd., 1985) hesaplanmış ve logaritmik değerleri arasındaki olası ilişki araştırılmıştır (Şekil 3d). Gottini indisi 10'dan büyük olmakla birlikte, örnekler esas olarak sialik ve simalik köken ayırım hattı boyunca sialik alanda kalacak şekilde yığılım gösterir.

5- FLUORİT-BARİT-BASTNAESİT CEVHERLEŞMELERİ

5.1. Cevher Tipi

Cevher petrolojisi ve yapısı dikkate alındığında, Kızılcaören fluorit-barit cevherleşmesi iri taneli damar dolguları, klastik kayaç parçalı tektonik breş cevheri ve mercek şekilli stratife cevher kütleleri olmak üzere üç farklı tipte sınıflandırılabilir. Saptanan cevher tipleri ile genel özellikler Tablo 2'de bir arada verilmiş olup daha ayrıntılı tanımlamalar aşağıda sunulmuştur.

5.1.1. İri taneli damar dolguları

Bütünüyle kompleks seri içinde yataklanırlar. Uzunlukları bir kaç kilometreye kadar ulaşabilen doğrusal ve radyal kırık sistemleri ile ilişkilidirler. Saha gözlemlerinde cevherli dolgularla belirginleşen bu tür kırık sistemleri, serpantinleşmiş ultrabazik kayaçlar ile klastik kayaçlar arasındaki sınıra kabaca paralel konumlanmış olup iri tanelenmiş cevher mineralleri ile karakteristiktir.

Damar dolguları Kızılcaörende en yaygın cevher tipini oluşturur ve doğrultuları boyunca egimlerindeki yerel değişimler damarların en önemli özelliklerinden biri olarak görülür. Sahanın bazı yerlerinde yoğun silisleşme ve kırılmalar nedeniyle tanınmaları güçleşir. Çalışma alanının güneyinde bu tür cevherleşmelere daha sık rastlanması bu noktalarda kırıkların yoğunlaşmış olmasından kaynaklanır. Büyük kırıklar, içlerinde cevherli solüsyonların hareket ettiği muhtemel ana çıkış kanallarını oluşturur.

Tablo 2. Kızılcaören cevherleşmesinin genel özellikleri.

Cevher tipi	Mineraloji	Yataklanma Şekli	Lokasyon
Iri Taneli Cevher Dolguları	Fluorit, barit, bastnaesit, psiomelan, pirolusit, kalsit, kuvars, pirit, monazit, brockit, hematit, götit, ankerit, rutil, galen, sfalerit, kalkopirit.	Radyal veya doğrusal kırık sistemleri ile ilişkili merceksele kütleler	Kocadevebağirtan, Kocayayla, Yaylabası, Küçükhöyükli.
Breşik Cevher	Fluorit, barit, bastnaesit, kalsit, kuvars, pirit, hematit, Mn-Oksit mineralleri, plajyoklaz, flogopit, brockit	Faylar boyunca ezik zonlar içinde, fayların ara kesitlerinde baca şeklinde oluşumlar	Küçükhöyükli, Kocayayla, Kocadevebağirtan.
Stratife Cevher	Fluorit, bastnaesit, barit, flogopit, brockit, pirit, götit, hematit, kuvars, pirolusit	Flogopit ve floriteçe zengin ardalanmalı tabakalanmaya paralel bandlanma	Kocadevebağirtan, Küçükhöyükli

İri taneli damar dolguları, genellikle kuzey-kuzey-doğu, güney-güneybatıya doğru yönelen ve doğu-güneydoğuya $10^\circ - 45^\circ$ bir açıyla yaklaşık 400 metrelik bir düşey yayılımla dalan merceksel cevher gövdeleri şeklindedir. Cevher gövdelerinin kıvrım eksenleri genellikle anakayanın kıvrım eksenine paraleldir. Her bir cevher kütlesi çoğunlukla iri tanelenmiş ve kabaca eş taneli fluorit ve baritçe zenginleşmiştir. Damarların kalınlığı oldukça değişkendir. Yerel olarak 5 metreye kadar çıkabilir. Uzunlukları ise en fazla 2 km kadardır.

İri taneli damar dolguları tüm cevher kütlelerinin yaklaşık % 60'ını oluşturur. Yan kayaca geçişte izlenen cevherleşmenin son evresinde hidrotermal solüsyonlarla oluşturulmuş Fe ve Mn oksitlerin neden olduğu kırmızı siyah renkli zonlar, cevherli damarların tanınmasında iyi bir kılavuzdur. Yan kayacın bu tür solüsyonlarla hemen hemen daima kahverengi – siyah renklere boyanmıştır. Diğer yandan anakayaç kuvars ve serizitin görüldüğü zayıf bir alterasyona da maruz kalmıştır. Bu alterasyon fazına ilave olarak cevherleşme sonrası kuvvetlerin etkisi ile oluşmuş bazı kırık ve ezik zonlar ikincil kuvars ve Mn – oksitlerle doldurulmuştur. Bu damarlar hemen hemen daima tüm cevher kütlelerini keser.

5.1.2. Klastik kayacın parçalı tektonik breş cevheri

Bu tip mineralizasyon fay – filonların epontları boyunca veya birbirini kesen fay zonlarının arakesitleri boyunca bacalar şeklinde oluşur. Cevherleşme breşlerindeki açık boşluk dolguları şeklindedir. Genel olarak birkaç metreden 30 m'ye kadar değişen kalınlıklar, birkaç kilometre kadar uzunluklar içerirler. Ana cevher mineralleri metaarkoz, metagrovak ve piroklastik kayacın parçalarından oluşan köşeli materyal arasındaki kırıklar içinde dissemine veya ince damarcıklar şeklindedir. Bu tür cevherleşme açık bir şekilde breşleşme sonrası bir oluşumu yansıtır.

Sondaj verilerine göre tektonik breş cevherinin derinliği çoğunlukla 400 m'den daha azdır. Bileşimleri artan derinlikle birlikte herhangi bir değişiklik göstermez.

5.1.3. Mercek şekilli stratife cevher kütleleri

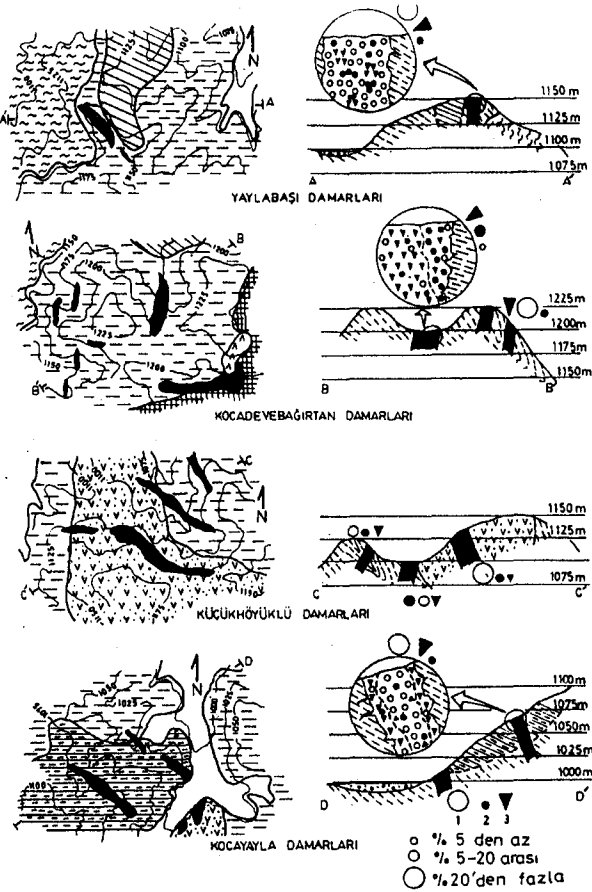
Anakayanın kıvrım eksenine paralel merceksel kütleler şeklinde oluşurlar. Nispetten sınırlı yayılımlara sahip bu tür oluşumlarda mineralojik bileşimsel bandlanma cevherin en belirgin özelliğidir. Saha gözlemlerinde bu bandlar herhangi bir araştırmacı tarafından kolaylıkla tanımlanabilir. Mineraloji esas olarak fluorit, barit ve bastnaezitten oluşacak şekilde nispetten basittir ve benzer tane şekilli minerallerden yapıldır. Bazı seviyelerde nadirde olsa uzamış ve kıvrımlanmış kristallere rastlanılabilir.

5.2. Mineraloji

Kızılcaören sahasında birbirleri ile kökensel ilişkili olan cevherleşmeler esas olarak Kocayayla, Yaylabaşı, Küçükhöyük ve Kocadevebağırta tepelerinde olmak üzere 4 farklı alanda yığılım gösterir (Şekil 1 ve 4). Bu lokasyonlarda çoğunlukla damar dolguları şeklinde izlenen cevherleşmeler, özellikle Küçükhöyük tepesinde daha çok yankayaç parçalı cevherli breşler şeklinde belirginleşir. Kızılcaörende cevher mineralojisi nispetten basittir ve yapısal tipe bağlı olarak herhangi bir değişiklik göstermez. Ana cevher minerallerini esas olarak fluorit ve barit oluşturur. Bununla birlikte cevherin mineralojik incelemeleri, ortalama $Ce+La+Y$ içeriği yaklaşık % 3, Th içeriği % 0.2 olacak şekilde bu minerallere eşlik eden bastnaesit, brockite ve monazit gibi nadir toprak element içeren minerallerin varlığını ortaya koyar. Bunlardan bastnaesit ana Ce içeren mineral olup, anakaya içinde çoğunlukla iri tanelenmiş olan fluorit ve barit gibi cevher minerallerini çevreler. Makroskopik olarak yer yer bandlı yapılarda sunan bastnaesit en iyi bir şekilde Küçükhöyük tepesinde damarlarında izlenir. Cevher minerallerine pirit, hematit, götüt gibi demirli mineraller yanında, özellikle yan kayacın sınırında braunit, pirolusit ve psilomelan gibi manganez mineralleri ile çok az miktarda rutil, galen, sfalerit ve kalkopirit eşlik eder. Bu mineraller dışında Kızılcaören mineral birliğinin önemli bir üyesini makroskopik olarak da tanımlanabilen flogopit oluşturur. Çalışma sahasında, cevherin nispeten yüksek Th içeriğine karşın yapılan mineralojik incelemeler bağımsız bir toryum mineralinin varlığını ortaya koymaz (Özgenç, 1983; Kırkoğlu, 1983). Toryum esas olarak bastnaesit ve brockite gibi minerallerin kristal yapısında yer alır.

Kızılcaören'de gang minerallerini ince damarcıklar halinde iri cevher mineralleri ve yankayaç kesen kuvars, kalsit ve ankerit oluşturur. Bu tür oluşumlar açık bir şekilde hidrotermal faaliyetlerin sahadaki en son ürünleri olarak dikkati çeker.

Yatakların en bol mineralini fluorit oluşturur. Tipik olarak iri taneli agregatlar halinde yeşil, beyaz, mor renkli kristaller daha az olarak yoğun şekilde kırılmış, ezilmiş taneler halinde izlenir. Çoğunlukla özşekilsizdir. Bununla birlikte yer yer özşekilli kristallerinde rastlanılır. Barit, 0.1- 10 mm arasında değişen tipik tane boyu ile iri tanelenmiştir ve nadiren rekristalize olmuştur. Fluorite kıyasla düzensiz ve yuvarlaklaşmış yüzeyler sergiler. Kristalleri büyük çoğunlukla beyaz olup, saydam veya yarı saydamdır. Bastnaesit esas olarak ışınal taneler halinde daha az olarak ince heksagonal levhacıklar halinde kristalleşmiştir. Mikroskopik incelemelerde bastnaesit çok zayıf bir paleokromayla rensiz veya sarımsı yeşil renklerle karakteristiktir.



Şekil 4. Çalışma sahası damar dolguları ve mineral içerikleri (Semboller şekil 1'de gösterildiği gibidir). 1- Barit, 2-Bastnaesit, 3-Fluorit.

Cevherli damarların herhangi bir yerinde fluorit, barit ve bastnaesit minerallerinden yalnızca birine tekbaşına rastlanılmaz. Oluşum yerine bağlı olmaksızın, her bir damar içinde bu minerallerin üçüne birden ancak değişen oranlarda rastlanılabilir. Genel olarak damarların ortalama fluorit içeriği % 30, barit içeriği % 20'ler civarındadır ve belirgin bir şekilde içerikleri bastnaesitten daha fazladır. Bununla birlikte, yalnızca Küçükhöyüküklü damarlarında yer yer önemli oranda bastnaesit zenginleşmelerine rastlanılır. Damarların fluorit ve barit dağılımında belirgin bir ilişki gözlenmemekle birlikte Kocadevebağirtan tepe damarları daha fazla fluorit içerikli, Kocayayla damarları daha fazla barit içerikli dir. Bazı örneklerde fluorit ve barit içeriği toplam olarak % 60'lara kadar çıkar. Damar mineralojisinin dikkat çeken bir diğer yönü ise zayıfta olsa bazı noktalarda izlenen mineral zonlanmasıdır. Kocadevebağirtan damarlarının bir kısmında yan kayaç sınırından alınan örnekler damarın iç kısmından alınanlardan daha fazla bastnaesit içerirken, Kocayaylada damarın içlerine doğru barit, çeperine doğru da fluorit egemen durumdadır (Şekil 4).

6. CEVHERLEŞME İLE İLGİLİ KİMYASAL ÇALIŞMALAR

Çalışılan sahada, volkanitlere ilave olarak cevherli damarlardan alınan örneklerin kimyasal incelemesi yapılmış, analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Alkali elementler flame fotometri yöntemi ile diğer major ve iz elementler ise AAS ve spectrocolorimetrik yöntemlerle İTÜ Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Laboratuvarında yapılmıştır. Mineral içerikleri yönüyle büyük değişiklikler göstermeyen damarlar kimyasal bileşiminin değişimini sağlayacak bazı özellikler sunarlar. Nadir toprak elementlerin azlığı veya çokluğu Fe, Mn ve gang minerallerin miktarı kimyasal bileşimi etkileyen başlıca faktörler olarak gözükmektedir.

Damarların Ca, Ba ve REE içerikleri mineralojik bileşimleri ile uyum içindedir. Genel olarak Si, Al, Ti ve alkali içerikleri düşüktür. Kocayayla damarları belirgin şekilde diğerlerine oranla daha fazla silis içeriklidir. Mg içeriklerinde büyük bir değişiklik gözlenmez. Yer yer rastlanılan yüksek Mn değerleri damarların mineralojik bileşimlerinde yer alan pirolusit, braunit ve psilomelan gibi manganez minerallerinden kaynaklanır. Genel olarak analiz sonuçları yatakta ekonomik nitelikte olabilecek barit ve fluorit varlığını ortaya koyar. La ve Ce içerikleri yönüyle damar dolguları yer yer oldukça yüksek değerler gösterir. Bu elementlerin ortalama içeriği yalnızca bastnaesit ve brockitten oluşan örneklerde % 20'lere kadar çıkar. Kızılcaörende ortalama ThO₂ içeriği % 0.2 civarındadır (Özgenç 1983, Kırıkoğlu 1983). Sahadan alınan tüm örneklerde değişen oranlarda REE içeriklerine rastlanılmakla birlikte Kocayayla damarları ile Yaylabaşı damarları % 2.54 ve 3.77 değerleri ile daha fazla REE içeriklerine sahiptir. Ortalama nadir toprak element içeriği % 2.50'dir.

Tablo 3. Kızılcaören cevherleşmesine ait kimyasal analiz sonuçları.

Element	Yaylabaşı	Kocadevebağirtan	Küçükhöyüküklü	Kocayayla
SiO ₂	10.93	9.48	12.36	20.44
Al ₂ O ₃	5.53	3.73	3.08	4.18
TiO ₂	0.27	0.15	0.05	0.10
Fe ₂ O ₃	4.66	3.90	1.92	4.19
MgO	2.89	2.66	2.10	1.97
CaO	3.90	3.85	2.88	5.25
Na ₂ O	0.05	0.05	0.05	0.05
K ₂ O	0.30	0.30	0.10	0.10
MnO	3.45	2.67	0.67	1.63
P ₂ O ₅	0.28	0.56	0.43	0.60
H ₂ O	1.20	3.91	2.24	2.74
H ₂ O ⁺	1.05	1.13	1.20	2.05
BaSO ₄	30.49	28.46	38.47	22.95
CaF ₂	32.07	37.13	32.19	30.16
La+Ce+Y	2.54	1.76	1.94	3.77
Th	0.25	0.12	0.13	0.30

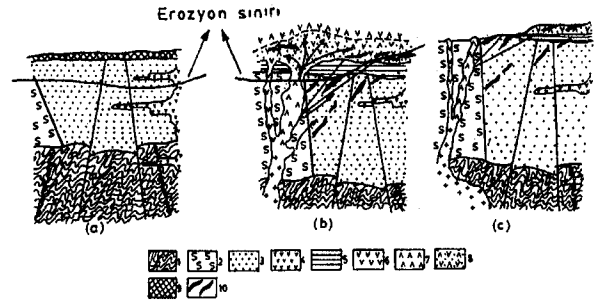
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kızılcaören cevherleşmesi, Batı Anadolu Tersiyer rift volkanizmasının bir parçasını oluşturan alkali trakit ve fonolitlerle ilişkili kompleks bir toryum ve nadir toprak elementli fluorit – barit mineralizasyonudur. Kompleks cevherleşme, büyük çoğunlukla GB – KD, K – G ve daha az olarak D – B doğrultulu faylar ve bunlar boyunca izlenen breşik zonlar tarafından kontrol edilir. Saha gözlemlerine ilave olarak, mineralojik ve petrografik çalışmaların ortaya koyduğu yapısal ve dokusal ilişkiler ışığında, birbirinden farklı ve karmaşık tektonik hareketler sonucu gelişmiş faylar ile genişlikleri 30 – 40 metreye kadar çıkabilen ilişkili kırık ve ezik zonların magmatik solüsyonların yüzeye doğru hareketini kolaylaştıran ve taşıdıkları yükleri bıraktıkları başlıca alanları oluşturdukları anlaşılmaktadır.

Türkiye’de bilinen tek nadir metal cevherleşmesini oluşturan yatakla ilişkin 1960’lı yıllardan bu yana sürdürülen çalışmalar, esasen biri hidrotermal diğeri karbonatitik olmak üzere iki farklı jenetik görüş ortaya çıkarmıştır. Gerçekte dünyanın önemli nadir metal yatakları büyük çoğunlukla karbonatitlerle ilişkili görünürler. Günümüzde saptanmış olan 200’e yakın karbonatit oluşumundan yarısına yakını Afrika kıtasında tespit edilmiştir. Bu tür oluşumların en çarpıcı özellikleri alkali ultrabaziklerle olan ilişkileri ve ultrabazik intrizyonlarda gözlenen magmatik differansiyasyondur (Pollard 1995). Ayrıca fluorit, barit ve nadir elementli mineraller dışında apatit, flogopit, magnetit, perovskit ve vermikulit oluşumlarının da izlendiği bir mineral birliği içermeleri tanımsal nitelikte önemli özelliklerini oluşturur. Çalışılan sahada karbonatit varlığından söz eden bir kaç çalışmaya karşın (Arda 1976, Özgenç 1983), jeolojik literatürde alkali ultrabazik kayalarla olan münasebetlerine dair herhangi bir veriye rastlanılmaz. Mevcut gözlemler, dar bir alanda saptanmış olan bir kaç 10 metre uzunluğuna ulaşabilen küçük kütleler ile sınırlıdır. Diğer yandan karbonatitler için oldukça iyi birer indikatör olan piroklar ve serit gibi mineraller ile mineral birliği üyelerinden apatit, perovskit, vermikulit gibi minerallerin bulunmaması karbonatitlere bağlı cevherleşme modelinin diğer zayıf yönlerini oluşturur (Gültekin 1998). Tüm bu bulgular ve diğer mineralojik ve petrografik veriler, sığ derinliklere kadar sokulmuş nötr – asitik magmalarla bağlantılı olan volkanik erüpsiyonlarla ilişkili hidrotermal cevherleşme modelini ön plana çıkarır görünmektedir. Bununla birlikte cevherleşmenin kökenini açıklamada remobilizasyon olgusunun da göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu kapsamda, volkanizmayla eş zamanlı olan hidrotermal solüsyonların daha derinlerde bulunması olası olan karbonatitik kütlelerden başta nadir toprak elementler olmak üzere çeşitli elementleri söktüğü ve bu elemanlarca zenginleştiği, üst seviyelere sokulumları esnasında mevcut

sıcaklık ve basınçın bir fonksiyonu olarak yüklerini bırakarak cevherleşmeye neden oldukları bir diğer geçerli model olarak öne sürülebilir. Bu sonuç, magmatik proseslere dayalı çeşitli jenetik modeller sunmuş olan bir çok araştırmacının sonuçlarını tamamlar niteliktedir. Ancak remobilizasyon modeli için daha ayrıntılı jeolojik ve kimyasal çalışmalara ihtiyaç olduğu da açıktır.

Şekil 5’de Kızılcaören yatağı için önerilmiş olan oluşum modeli şematik olarak verilmiştir. Temeldeki metamorfikler üzerine uyumsuz olarak yerleşen ve sil şekilli bazik sokulumlar içeren Triyas klastiklerinin çökmesini takiben ilk tektonik fazda muhtemelen bazik karakterde olan hidrotermal solüsyonlar ezik zonlar içindeki kayaç parçalarını çimentolayarak tektonik breşlerin oluşmasına yol açmıştır. Birincil kırık sistemleri muhtemelen okyanusal kabuktan kopan serpantinlerin metamorfik temel üzerinde sürüklenmesi ile eş zamanlı olarak gelişmiştir. Doğrudan fonolit ve trakitlerin erüpsiyonu ile bağlantılı olan ikincil bir tektonik fazda ise eski tektonik breşler ile damar dolguları yer yer tekrar kırılmış ve çimentolanmış, yükselen magmaların oluşturduğu basınçların doğal bir sonucu olarak gelişen konsantrik ve doğrusal kırık sistemleri içinde bir yandan ikincil tektonik breşler, diğer yandan damar tipi cevher dolguları gelişmiştir. Kızılcaören ana cevherleşme evresi esas olarak bu tektonik fazın bir sonucu olarak oluşmuştur. Nihayet tektonik faaliyetlerin hızını büyük ölçüde kaybettiği son bir fazda gelişen ince kuvars ve kalsit dolgulu damarcıklar kendilerinden daha yaşlı tüm cevherleşmeleri kesmiştir.



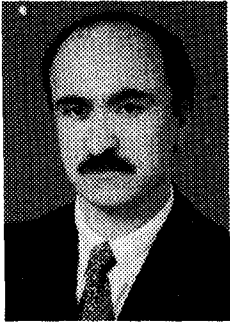
Şekil 5. Kızılcaören fluorit-barit-REE yatağının önerilmiş oluşum modeli. Temeli oluşturan metamorfikler üzerine serpantinlerle tektonik dokunaklı bazik sokulumlar içeren Triyas klastiklerinin uyumsuz olarak yerleşmesini(a) takiben saha yoğun tektonik etkiler ve alkali Tersiyer volkanizmasına maruz kalmış, gelişen kırık sistemleri içinde hareket eden hidrotermal solüsyonlarca cevherleşmiştir(b). Cevherleşme sahası nihai olarak gelişen bir erozyon evresi sonucunda güncel görünümüne ulaşmıştır(c).

1- Kuvars-mika şist, fillit-fillitik şist, 2-serpantin, 3-Triyas çökelleri, 4-Bazik dayklar, 5-Jura çökelleri, 6-Fonolit, 7-Trakit, 8-Proklastikler (Trakitik tuf ve breşler), 9- Volkanojenik çökeller, 10- Cevher damarları.

Kızılcaören cevherleşmesi, Türkiye'nin önemli REE yatağı olmasının yanında, dünyanın sayılı Toryum yataklarından birini oluşturur. Yatak, bir bütün olarak işletilebilir nitelikte fluorit, barit ve bastnaesit rezervleri içerir. Yapılan çalışmalar % 0.2 içerikli yaklaşık 400 bin ton ThO₂ ve ortalama % 3 içerikli 4 milyon ton Ce+La+Y rezervlerinin varlığını ortaya koymuştur. Fluorit ve barit rezervlerinin ise her biri için 10 milyon ton mertebesinde olduğu tespit edilmiştir (Kaplan, 1977).

KAYNAKÇA

- Arda, O. (1976). Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören bölgesinde ortaya çıkan toryum ve nadir toprak elementleri içeren karbonatitik oluşumlar ve jenezleri hakkında düşünceler, M.T.A. Teksir, (basılmamış) Ankara.
- Bingöl, E. (1976). Batı Anadolunun jeotektonik evrimi, *M.T.A. Dergisi*, No.86, 14-43.
- Cox, K.G., Bell, J.D. ve Pankhurst, R.J. (1979). *The Interpretation of Igneous Rocks*. George Allen and Unwin Ltd. London.
- Çağatay, N. (1981). Türkiye'nin bazı radyoaktif cevherleşmeleri üzerine mineralojik çalışmalar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 24, 2.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A. ve Ateş, M. (1985). Batı Anadolu Senozoyik Volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 121-136.
- Erentöz, C. (1975). 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. M.T.A., Ankara.
- Gültekin, A.H. (1998). Nadir metal yatakları. *Jeoloji Mühendisliği*, 52, 27-41.
- Gültekin, A.H., Örgün, Y., Budakoğlu, M., Çelik, N. (1999). The Kızılcaören fluorite-barite REE deposits related to Tertiary alkaline volcanics, Eskişehir, Turkey. *Proceedings of the fifth biennial SGA meeting and the tenth quadrennial IAGOD meeting*, London, United Kingdom, pp.647-650.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal Earth Sciences* 8, 523 - 548.
- Kaplan, H. (1977). Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü yakın güneyi nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağı. *Jeoloji Mühendisliği*, 2, 29 - 34.
- Kaaden, G. (1966). The significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey. *M.T.A. Bülteni*, 67, 36-37.
- Kırıkoğlu, S. (1983). Fluorit-Baryt-Th-See-Lagerstätten im Gebiet von Kızılcaören, Provinz Eskişehir, west-Turkei, Doktora Tezi, Minning University, Leoben, Avusturya.
- Kulaksız, S. (1972). Sivrihisar Kuzebatı Yöresinin Jeolojisi, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Kupfahl, H.G. (1954). 55-2, 55-4 (Eskişehir) ve 56-1, 56-3 (Sivrihisar) Paftalarının löveleri esnasında yapılan jeolojik inceleme hakkında rapor. M.T.A. Rap. No. 2247, Ankara.
- Kuno, H. (1960). High-Alumina Basalt, *J. Petrology*, 1, 121-154.
- Macdonald, G.A. ve Katsura, J. (1964). Chemical composition of Hawaiian lavas, *J. Petrology*, 5, 82-133.
- Nakoman, E. (1979). *Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi*, M.T.A. Enstitüsü, Eğitim Servisi, No. 20, Ankara.
- Okay, A. (1990). Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Özgenç, I. (1983). Karkın Köyü (Sivrihisar - Eskişehir) Nadir Toprak Elementleri Fluorit-barit Yataının İncelenmesi. Doçentlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Pollard, P.J. (1995). Geology of rare metal deposits: An introduction and overview. *Economic Geology*, 90, 489 - 494.
- Romieux, J. (1942). Sivrihisar, Paşa Dağları ve Emirdağ bölgelerinin jeolojisi hakkında rapor. M.T.A. Rap. No. 1431, Ankara.
- Uçmak, F. (1969). Eskişehir - Sivrihisar - Beylikahır bölgesi toryum cevheri nihai raporu. M.T.A. *Radyoaktif Mineraller*, Servisi. Rapor No. 343, Ankara.
- Yakabağı, A. (1977). Eskişehir - Sivrihisar - Kızılcaören köyü yakın güneyi nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağı" üzerine 1976 yılında yapılmış çalışmalar hakkında rapor ve Kocadevebağırtaan sektörü ile Küçükhöyükli sektörü rezerv hesabı. M.T.A. Radyoaktif Mineraller Servisi Raporu, Ankara.
- Yılmaz, Y. (1990). Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69-87.
- Zannettin, B. (1984). Proposed New Chemical Classification of Volcanic rocks. *Episodes*, 7(4), 19-20.



Ali Haydar Gültekin 1956 yılında Tunceli'de doğdu. İlk ve orta öğretimini bu ilde tamamladı. 1982 yılında H.Ü. Zonguldak Mühendislik Fakültesinden mezun oldu. 1984 yılında İ.T.Ü. Maden Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüksek Lisans ve Doktorasını aynı Fakültenin Jeoloji Bölümünde tamamladı.

Evli ve iki çocuk babası olan Ali Haydar Gültekin halen İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Bölümü Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak çalışmasını sürdürmektedir.



Yüksel Örgün 1983 yılında İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1984 yılında Maden Fakültesi Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüksek lisans ve Doktora'sını İTÜ'de tamamladı. 1996'dan beri Maden Yatakları-

Jeokimya Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak çalışmaktadır.