

KIZILCAÖREN (SİVRİHİSAR-ESKİŞEHİR) KARBOTERMAL BASTNEAZİT-FLUORİT-BARİT YATAĞININ JEOLojİSİ VE NADİR TOPRAK ELEMENT JEOKİMYASI*

*Geology and ree geochemistry of carbothermal bastnaesite -fluorite - barite deposit
of Kızılcaören (Sivrihisar - Eskişehir)*

İSMET ÖZGENÇ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZ: Kızılcaören yöresi Ankaralın 150 km batısında yer alır ve Türkiye'nin bilinen tek Hafif Nadir Toprak Elementleri (HNTE) ve Toryum yatağıdır. Yatak Pontid kuşağı ile Anatolid-Torid platformu arasında, Karakaya formasyonunun doğu kenarında bulunur.

Yörede başlıca kayalar, Geç Paleozoyik veya Erken Triyas yaşlı ve esas olarak serpentinüerden oluşan ve içinde metadiyorit-metagabro daykları bulunduran ofiyolitlerdir. Geç Triyas.yaşlı ankimetamorfik tortullar (kumtaşı, fillit, şeyi, sleyt, çamurtaşı) faylı dokanakla ofiyolitleri üstler. Permiyen yaşlı kireçtaşı olistolitleri ile spilitik-diyabazik dayklar ve yastık lavlar Triyas formasyonu içinde yer alır. Jura yaşlı masif kireçtaşları açısız uyumsuzlukla Triyas formasyonunu üstler.

Erken Miyosen yaşlı volkanik faaliyetler sonucu trakitik piroklastikler, trakitler ve fonolitler oluşmuştur. Geç Oligosen yaşlı mağmatik faaliyetler sonucu da karbonatitler oluşmuştur. Karbonatitler küçük dayklar şeklinde görülmektedir. İki farklı karbonatit fazı ayrılmıştır. Breşleşme öncesi karbonatitler 1.0-1.5 m genişlikte olup farklı uzunluklar sunarlar. Bunlar ofiyolitleri ve breş bacaları dışındaki Triyas birimlerini keser. Breşleşme sonrası karbonatitler ise 1-10 cm. genişlikteki ince dayklar şeklinde olup önceki tüm birimlerle birlikte, cevherli breş bacalarını ve breşleşme öncesi fluorit-barit damarlarını keser.

Yatak ekonomik ölçekte başlıca fluorit, barit ve torbastneazit minerallerini içerir. Cevherleşmeler baskın olarak ankimetamorfik Triyas birimleri ile daha az olarak breş bacaları ve tüfler içinde gelişir. Sahada mağmatik süreçler sonucu oluşmuş beş adet breş bacası saptanmıştır. Cevherleşme dairesel, ışınal, doğrusal, huni ve oval şekilli kırıklara dolgu şeklinde yerleşmektedir.

Yatakta saptanan kırık sistemleri, yaygın breşleşmeler ve cevherleşme Geç Oligosen yaşlı karbonatit sokulumlarıyla ilişkilidir. Breşleşme öncesi cevherleşmeler baskın olarak fluorit ve barit mineralizasyonlarını içerir.

Breşleşme sonrası cevherleşmeler NTE mineral fazlarıyla temsil edilir. En yaygın mineral fazı torbastneazittir. Daha az olarak fluoserit ve brockit fazları görülür.

Sıvı kapınım çalışmaları, breşleşme öncesi erken faz mineralleşmelerin 550-300 C°, geç fazın 300-190 C° ısı aralığında, breşleşme sonrası erken faz mineralleşmelerin ise 300-500 C ısı aralığında geliştiğini belirtir. Son faz mineralleşmeler ise 250 C° altındaki ısılarda oluşmaktadır.

Kızılcaören bastneazit-fluorit-barit yatağı, yüksek ısıdaki karbonatitik mağmatik sıvıların (karbotermal sıvılar) ışınal, dairesel, huni ve baca şekilli kırık sistemlerini doldurması sonucu oluşmuştur. Cevherleşme Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlıdır.

ABSTRACT*. The Kızılcaören district is situated about 150 km. west of capital Ankara, is an unique LREE and thorium deposit of Turkey. The deposit is located on the eastern margin of the Karakaya formation between the Pontide belt in the north and the Anatolide-Tauride platform in the south.

The basement consists of serpentinites in late Paleozoic to early Triassic age, overlain by highly deformed and locally variable anchimetamorphic sediments which are related to Triassic. Dominant lithologies of Triassic formation include phyllite, sandstone, shale, slate and mudstones. This formation also contains limestone olistolithes of Permian age, diabasic dykes and lava flows with pillows. Sandstone and massive fossiliferous limestone of Jurassic age overlie the Triassic formation. Late Oligocene intrusive activities produce carbonatites. Early Miocene extrusive activities produce trachytic pyroclastic pyroclastics, trachytes and phonolites.

* 9-10 Nisan 1992 tarihinde Keele Üniversitesinde (İngiltere) yapılan "Work in progress on the geology of Türkiye" International Workshop'da bildiri olarak sunulmuştur.

Two different phase of carbonatite have been distinguished. The oldest ones occur as dykes up to 1.5 m. in width and cut through the Triassic host rocks and ophiolities. Younger generation of carbonatites occur in the form of dykes ranging in size 1-10 cm. and cut through the breccia pipes and veins.

The deposit consists of bastnaesite-fluorite-barite mineralizations in economic grade. The mineralization is mainly hosted by anchimetamorphic sediments and rarely trachytic tuffs and breccia pipes. There are five breccia pipes in the area which are formed by magmatic process. The mineralization consists of the infilling of radial circular and funnel shaped fractures and breccia pipes.

Fracturing, brecciation and mineralization are associated with the late Oligocene carbonatite intrusions.

Prebreccia mineralization is dominated by fluorite and barite. Post-breccia mineralization is dominated by REE mineral phases. Thorbastnaesite is the most abundant and widespread mineral phase. Minor phases are fluocerite and brockite. Fluid inclusion studies suggest that early stage of prebreccia mineralization was between 550-300° and late stage 300-190 C°. The early stage of postbreccia mineralization was between 300-500 C°, whereas the final stage was below 250 C°.

The bastnaesite-fluorite-barite deposit of Kızılcaören is formed by the upwelling of the high temperature carbonatitic magmatic fluids (carbo-thermal fluids) guided by circular, radial and funnel shaped fractures, at late Oligocene-early Miocene time.

GİRİŞ

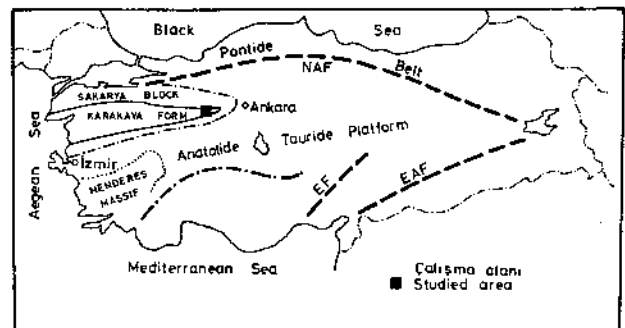
Kızılcaören karbotermal cevherleşmesi Ankara'nın 150 km batısında, Pontid kuşağı ile Anatolid-Torid platformu arasında, Karakaya formasyonunun (Bingöl, 1976) doğu kenarında yer alır (şekil 1). Cevherleşme yörede saptanan karbonatit sokulumları ile ilişkilidir (Delaloye ve Özgenç, 1983). Yatak ekonomik anlamda toryumlu bastnaezit, fluorit ve barit mineralleşmelerini içerir. MTA Genel Müdürlüğüne yapılan rezerv çalışmaları sonucu %3-4 tenörlü 3 milyon ton NTE, %35 tenörlü 4 milyon ton fluorit, %20 tenörlü 3 milyon ton barit ve %0.2 tenörlü 380.000 ton Toryum rezervi saptanmıştır (Demiröz, 1976., Kaplan, 1977).

Yatakta karbonatitlerle ilişkili cevherleşme parajenezinde pirit dışında, başkaca sülfid minerallerine rastlanmaz. Yörede saptanan breşleşme tipi, yapısal özellikler, kırık sistemleri, parajenez özellikleri ve cevherleşme süreçleri, bilinen hidrotermal cevherleşmelerle aykırılıklar gösterir.

Kızılcaören yatağı 1960'lı yıllarda MTA Genel Müdürlüğüne gerçekleştirilen hava prospeksiyonları sırasında bulunmuştur. Bölge son 30 yıldır birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. İlk araştırmalar bölgesel jeolojik anlamda gerçekleştirilmiştir (Kupfahl, 1954; Weingart, 1954; Kaaden, 1966; Coğulu ve diğr. 1965; Sündal, 1969; Bingöl, 1976; Kulaksız, 1977; Yılmaz, 1981). Cevherleşmeye yönelik ilk çalışmalar Uçmak (1970) ve Kaplan (1977) tarafından yapılmıştır. Arda (1975, 1976) ve Çağatay (1981) yataktaki NTE mineral fazlarının torbastnaezit, fluoserit ve brockit şeklinde geliştiğini belirtmişlerdir. Delaloye ve Özgenç (1983), Kızılcaören cevherleşmesi ve çevre kayaların yaş tayinlerine yönelik çalışmalarında, yörede karbonatit

kayaların varlığını saptamışlar ve karbonatitlerde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Kırıkoğlu (1983), Stumphl ve Kırıkoğlu (1986) cevherleşmeye yönelik çalışmalarında fluoserit ve brockit minerallerinin varlığını teyid etmişlerdir. Bu araştırmacılar yatağın epizotermal koşullarda geliştiğini belirtmektedirler. Hatzl ve diğr. (1990) yataktaki cevher mineralleri üzerinde izotop ve sıvı kapanım çalışmaları yapmışlardır. Özgenç (1988, 1992) yataktaki NTE ve Th davranışlarını incelemiş ve NTE minerallerinin yüksek sıcaklık mineralleri olarak oluştuğunu belirtmiştir. Hatzl (1992) yataktaki nadir toprak minerallerinin, karbonatitlerin hidrotermal koşullarda bozuşması sonucu olabileceğini belirtmektedir.

Bu çalışmanın amacı, bölgesel ve yöresel ölçekte elde edilen bulguların sonuçlarını vermek ve NTE'ce zengin ve huni, baca ve dairesel kırık sistemlerince denetlenen cevherleşmenin oluşumuna yönelik bir model sunmaktır.



Şekil: 1. Kızılcaören yatağının tektonik birlikler içindeki yeri

Figure: I. Tectonic setting of Kızılcaören deposit

JEOLJİ

Kızılcaören yatağı Karakaya formasyonunun doğu kenarında yer alır. Yöredeki en yaşlı kayalar metagabro-metadiyorit daykalarını içinde bulunduran ve esas olarak serpentinitlerden oluşan ofiyolitlerdir. Ofiyolitlerin yaşı Geç Paleozoyik-Erken Triyas olarak verilmektedir (Bingöl, 1976., Şengör ve Yılmaz, 1981., Üşümezsoy, 1987). Geç Triyas yaşlı ankimetamorfik tortullar (kumtaşı, fillit, şeyi, çamurtaşı, sleyt) faylı dokanakra ofiyolitleri üstler (Kulaksız, 1977., Delaloye ve Özgenç, 1983). Sahanın güneyinde yer alan D-B doğrultulu ve derinlere kadar uzanan büyük fay zonu ofiyolitlerle Triyas formasyonunun dokanağını oluşturur (şekil 2). Geç Oligosen yaşlı mağmatik faaliyet sonucu karbonatitler, erken Miyosen yaşlı volkanik faaliyetler sonucu da trakitik proklastikler, trakitler ve fonolitler oluşmuştur (Delaloye ve Özgenç, 1983). Trakit ve fonolit domlan güneydeki D-B doğrultulu büyük fay boyunca ofiyolitleri keserek yerleşir. Bu yerleşim, yöredeki bu en önemli yapısal unsurun erken Miyosen'den beri hareketsiz olduğunu belirtir. Cevherleşme alanının doğu ve batısında bulunan iki reze fayı, güneydeki D-B doğrultulu faya yaklaşık olarak dik konumdadır. Yörede saptanan yapısal unsurlar, büyük boyutlu breş bacaları ile huni, ışınal, dairesel ve doğrusal kırık sistemleri cevherleşme alanında geniş ölçekli bir çökmenin varlığına işaret eder. Güneydeki büyük fay ile buna dik konumdaki iki reze fayı cevherleşme alanını sınırlamıştır. Bu fayların sınırladığı alan dışında cevherleşme gözlenemez. Bu faylar breş bacaları ve cevherli kırıklardan daha yaşlıdır.

Sahada değişik fazlardan oluşmuş karbonatitler ve volkanitler ayırtlanmıştır. Bunların radyometrik yaşları ile yatakta saptanan parajenetik ve stratigrafik fazlara göre, breş bacalarının oluşumu ile ilişkili olan mağmatik faaliyet ve cevherleşme süreçleri, breşleşme öncesi ve breşleşme sonrası olarak iki ana evrede gelişmiştir.

Breşleşme Öncesi Karbonatitler

Bu karbonatitler Streckeisen (1978) sınıflamasına göre sövit ve alkivit olarak isimlendirilmiştir. Başlıca özşekilli kalsit ve dolomit, özşekilli diyopsit, biyotit, manyetit ve daha az oranda prizmatik apatit ile globüler formda fluorit içerirler. Değişik uzunluklarda dayklar şeklinde olup 1-1.5 m genişliktedirler. Sahada Kocayayla tepenin GD'nda, Karaburunsivri tepenin G'inde, Devebağirtan tepenin D'nda ve Koca Devebağirtan tepenin K'nde görülür. Bu kayaların kalsitlerinde yapılan sıvı kapanım çalışmaları, bunların homojenleşme sıcaklığının 550C° olduğunu göstermiştir. Yapılan radyometrik yaş tayinleri bu kayalar için 28.7 ± 1.0 my değerler elde

edilmiştir (Delaloye ve Özgenç, 1983). Bu karbonatitlere ait iri parçaların breş bacaları içinde bulunması nedeniyle bunların oluşumu breşleşme öncesidir.

Breşleşme öncesi karbonatitler NTE ve iz elementler bakımından hafifçe zenginleşmişlerdir. Yapılan XRF analizlerinde, ppm olarak Ba (3200), Sr (11342), Rb (19), Th (56), La (506), Ce (1543), Nb (232), Zr (163), Nd (180) ve Y (70) değerlerin elde edilmiştir.

Breşleşme Öncesi Trakitler ve Piroklastikler

Trakitler küçük stok ve dayklar şeklinde Devebağirtan tepenin G'nde ve Küçük Höyükte tepenin GD'nda görülür. Başlıca kayaç yapıcı mineraller sanidin ve oligoklaz ve daha az oranda kuvars, biyotit ve allanittir. Kayaç değişik oranlarda camsı hamur içerir.

Trakitik piroklastikler silisleşmiş camsı tuf ve breşlerden oluşur. Sahadaki yayılımları ve kalınlıkları azdır. Bu nedenle volkanizmanın patlamalı bir evre geçirmediği düşünülebilir. Bu kayaların yaşı 26 ± 0.8 my olarak bulunmuştur. Tuf ve trakit parçalarına özellikle Küçük Höyükte tepe batısındaki breş bacaları içinde rastlanır.

Trakitlerin NTE ve iz element içerikleri ppm olarak Ba (875), Sr (1350), Rb (180), Th (150), La (95), Ce (115), Nb (50), Zr (110) ve Nd (80) olarak saptanmıştır.

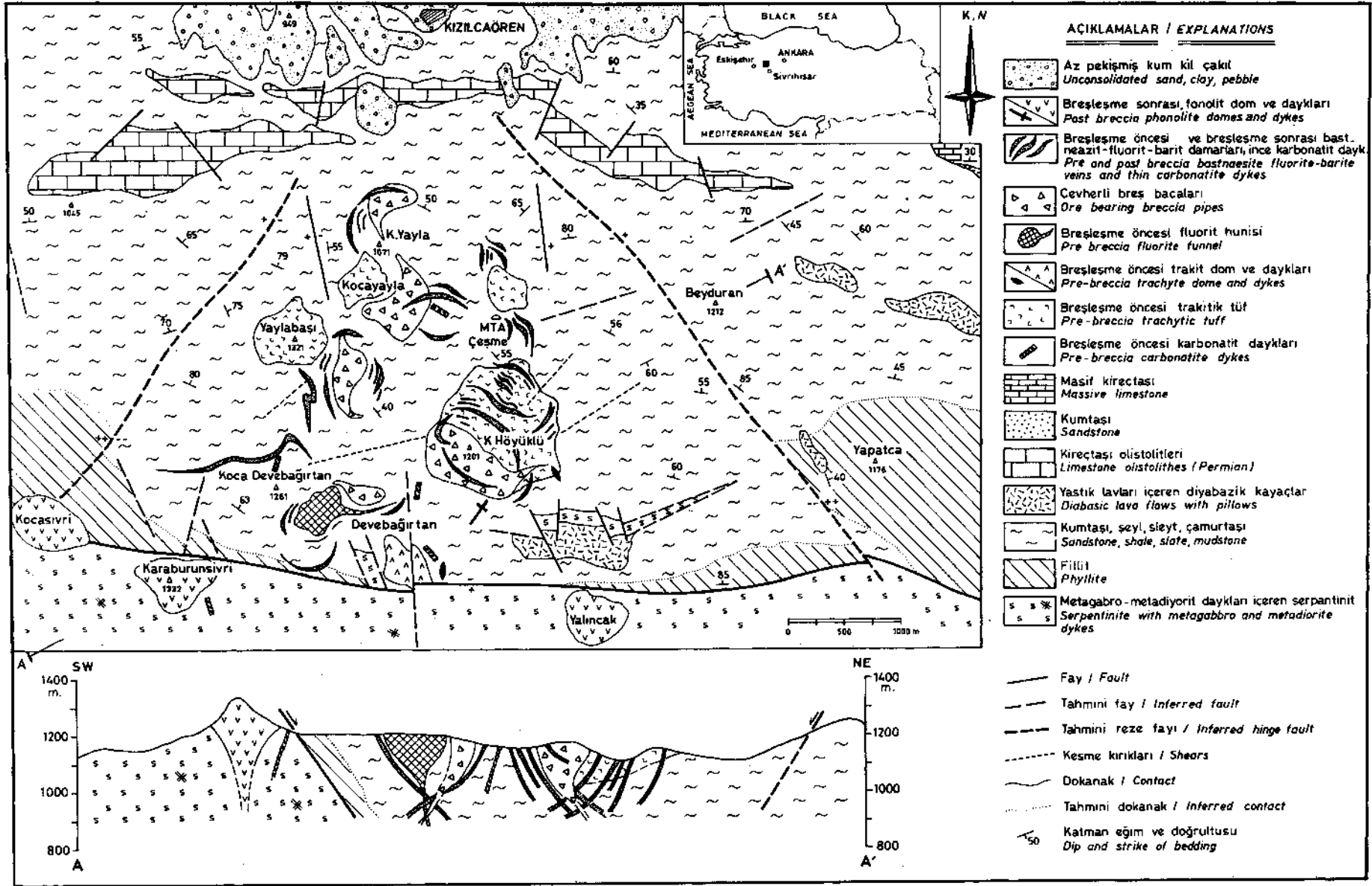
Breşleşme Sonrası Karbonatitler

Bu karbonatitler 1-10 cm. genişliğinde ince dayklar şeklinde oluşur. Cevherli damarları, breş bacalarını, Triyas birimlerini ve volkanitleri keser. Breşleşme öncesi karbonatitlerle aynı mineralojik bileşimdedir. Bu karbonatitlerle torbastneazit mineralizasyonları ile biraradalık gösterir. Küçük Höyükte ve Küçükayla tepe civarında gelişen konsantrik damarlarda, ince karbonatit daykan ve bastneazit damarları birbirini keser konumdadır. Bu biraradalık karbonatitlerin ve nadir toprak mineralleşmelerinin aynı evrede geliştiğini gösterir.

Bu kayalar NTE ve iz elementler açısından oldukça zenginleşmiştir. Özellikle La, Ce ve Th değerleri, breşleşme öncesi karbonatitlerden yüksektir. Yapılan analizlerde ppm olarak Ba(2000), Sr (4800), Rb (11), Th (300), La(4725), Ce(6700), Zr(30), Nb(325) ve Nd(850) değerleri elde edilmiştir.

Breşleşme Sonrası Fonolitler

Fonolitlerin ana bileşenleri sanidin, nefelin, lösit, ve ejirinojittir. Daha az oranda apatit, sfen ve globüler fluorit bulunur. Fonolitler domlar şeklinde sahanın güneyindeki ana fay boyunca yerleşir ve belirgin yükseltileri oluştururlar. Bu kayalarda 22-24 my civarında yaşlar sap-



Şekil: 2. Kızılcaören yöresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası
Figure: 2. Simplified geologic map of Kızılcaören region

KIZILCAÖREN KARBOTERMAL YATAĞI

tanmıştır. Fonolitler cevherli damarları, ve kendilerinden önceki tüm birimleri keser.

Yapılan NTE ve iz element analizlerinde bu kayalar için ppm olarak Rb (120), Sr (75), Y (20), Zr (930), Nb (200), Ba (875), La (420), Ce (600) ve Hf (105) değerleri elde edilmiştir.

BREŞLEŞME

Çalışma alanındaki breş bacaları oval şekilli olup ortalama boyudan 500x750 m'dir (şekil 2). Breş zonlarının 200-300 m derinliklere kadar uzandıkları belirtilmektedir (Kaplan, 1977).

Bacaların eğimleri 45° - 55° arasında değişir. Yan kayalarla bacaların dokanaklan belirgindir. Breşlerin esas bileşenleri Triyas birimlerine ait 1-100 m. genişlikteki iri bloklar ile 1-20 cm. boyutlarında köşeli ofiyolit, trakit, karbonatit ve fluorit parçalarından oluşur. Matriks yan kayaların ince malzemesinden oluşur. Dolgu materyeli olarak kalsit, kuvars ve cevher damarları bulunur.

Triyas birimlerine özgü stratigrafik ve yapısal özellikler breş bacaları içinde korunmuştur. Bu tip

breşleşmelerin geniş alanları kapsayan göçme ve çökmelerle oluştuğu öne sürülmüştür (Eckermann, 1960., Heinrich, 1967., Sillitoe, 1985., Baker ve Andrew. 1991). Geniş çaplı çökmelerin oluşum mekanizması Eckermann (1960) ile Norton ve Cathles (1973) tarafından açıklanmıştır. Eckermann (1960) tarafından önerilen modelde, alkalin karbonat magmaların kabuk içine sokulumları ve yükselmeleri anında yüzeye yakın seviyelerde, magmanın iç basıncının litostatik basıncı yenmesi ile tavanın kırılması sonucu büyük bloklar halinde çökmeler oluşmaktadır. Norton ve Cathles (1973) ile Baker ve Andrew (1991) tarafından önerilen modelde ise iki olası mekanizma söz konusudur. Bunlardan birincisi, başlangıçta sığ derinliklere sokulan magmaların derinlere doğru geri çekilmesidir. Bu suretle magmanın bıraktığı boşluğa tavan kayaların göçmektedir. Diğer modelde ise, çok büyük hacimlerde sıvı ve gazların kristallenme sürecine giren magmanın en üst seviyelerinden kaçmasıdır. Bu esnada oluşan yüksek basınç tavan kayalarda ışımsal dairesel, huni ve baca şekilli kırıkların gelişmesine ve geniş çaplı çökmelere neden olmaktadır.

Çalışma alanındaki breş bacalarının boyutları,

	Breşleşme öncesi mineralizasyon (Prebreccia mineralization)		Breşleşme sonrası mineralizasyon (Postbreccia mineralization)	
	550-300 C° Erken Faz Early Stage	300-190 C° Geç Faz Late Stage	300-500 C° Erken Faz Early Stage	250-? C° Geç Faz Late Stage
Rutil(Rutile)	—			
Plajioklaz(Plagioclase)	—			
Flogopit(Phlogopite)	—			
Fluorit(I)-Fluorite(I)	—			
Fluorit(II)-Fluorite(II)		—		
Barit(Barite)		—		
Pirit(Pyrite)		—		
Matriks Fluorit(III)-Fluorite(III)		—		
Matriks Kalsit(Matrix calcite)		—		
Götit(Goethite)		—		
Hematit(Hematite)		—		
Fluorit(IV)-Fluorite(IV)			—	
Sölestin(Celestite)			—	
Kalsit(Karbonatit)-Calcite(Carbonatite)			—	
Torbastneazit(Thorbastnaesite)			—	
Fluoserit(Fluocerite)			—	
Brockit(Brockite)			—	
Braunit(Braunite)			—	
Kuvars(Quartz)				—
Mn-Oksitler(Mn-Oxides)				—

Şekil: 3. Kızılcaören yatağının genelleştirilmiş parajenezi
Figure: 3. Generalized paragenetic sequence of Kızılcaören deposit

derinliği ve litolojisi bunların çökmeler sonucu oluştuğunu gösterir. Yoğun fluorit cevherleşmelerinin varlığı ve geniş karbonatit oluşumlarına rastlanmaması çökmelerin, sığ derinliklere yerleşen bir karbonatit magmanın geri çekilmesi ve aynı anda uçucu bileşenlerce zengin (Cl, F, CO₂) magmanın üst seviyelerinden büyük hacimde sıvıların kaçması ile gelişen ardışık iki mekanizma ile oluştuğunu belirtir. Cevherleşme alanında hidrotermal alterasyonlara rastlanmaması ve volkanizmanın patlamalı bir evre geçirmemiş olması, breşleşmenin oluşumunun volkanizma ile ilişkisini zayıflatmaktadır.

CEVHERLEŞME

Cevherleşmeye ev sahipliği yapan kayalar Triyas formasyonuna ait ankimetamorfik birimlerdir. Piroklastikler de daha az oranda cevherleşmeye yan kayaç olurlar. Yataktaki litostrafik birimler arasındaki zaman-mekan ilişkileri ile yapısal ve stratigrafik ilişkilere göre cevherleşme, breşleşme öncesi ve breşleşme sonrası olarak iki aşamada incelenebilir.

Breşleşme öncesi cevherleşmeler dairesel, ışınal doğrusal ve huni şekilli kırıkların doldurulması şeklinde gelişmektedir. Breşleşme sonrası cevherleşmeler ise önceki damarların kesilmesi ve breşleşme anında gelişen kırık ve boşlukların doldurulması ile oluşur. Sahada konsantrik krm sistemleri egemendir. Bunların boyutları 300x500 m. ve 600x900 m.'dir. Dairesel damarların eğimleri 25° -55° arasındadır. Doğrusal ve ışınal damarlar 500-100 m. yüzeysel devamlılık gösterir ve eğimleri 15°-45° arasındadır.

Yataкта saptanan her parajenetik evrenin gelişimi sırasında cevher getirici sıvılar hep aynı kırıkları izlemiştir. Damarlarda saptanan parajenez mineralleri; rutil, zonlu plajioklaz, zonlu flogopit, zonlu fluorit, barit, sölestin, torbastneazit, fluoserit, brockit, braunit, pirit, götit, hematit, kuvars ve Mn oksitler olarak belirtilebilir.

Damarların tümü aynı mineralojik bileşime sahiptir. Ancak mineral bolluklarına göre göreceli bir ayırım yapılabilir. Fluoritce daha zengin damarlar Devebağırta, Koca Devebağırta ve Küçük Höyükte tepe civarında görülür. Barit minerallerince daha zengin damarlar Kocayayla ve Yaylabası tepede yaygındır. Bu damarlarda akma bantları karakteristiktir. Nadir taprak minerallerince zengin damarlar Koca Devebağırta, Devebağırta ve Küçük Höyükte tepenin batısında gelişir (şekil 2).

Yataкта saptanan parajenetik evreler ve sıvı kapanım çalışmaları sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıklarına göre dört parajenetik faz ayırtlanmıştır. Bunlardan ikisi breşleşme öncesine, diğer ikisi breşleşme sonrasına aittir (şekil 3).

Breşleşme Öncesi Cevherleşmeler

Breşleşme öncesi cevherleşmeler, cevher getirici sıvıları sahada gelişmiş kırık sistemlerin doldurması sonucu oluşur. Erken ve geç fazlar başlıca fluorit ve barit mineralleriyle temsil edilir. Fluoritler özşekillidir ve zonlu yapı gösterirler. Tane boylan 0.5-3 cm arasında değişir. Baritler özşekillidir ve 0.5-1.5 cm tane boylarına sahiptir. Parajeneze katılan diğer mineraller rutil, zonlu plajioklaz ve zonlu flogopittir. Bu mineraller fluorit ve kalsitten oluşan bir matriks ile çimentolanmıştır.

Erken faz: Rutil + zonlu plajioklaz + zonlu flogopit + koyu mor zonlu fluorit (I).

Geç faz: Açık mor fluorit (II) + Barit + Pirit + fluorit (III) (matriks) + kalsit (matriks) + götit + hematit.

Koca Devebağırta tepenin kuzeyinde gelişen huni şekilli damarda fluorit baskın mineraldir. İlk cevher yerleşimi burada başlamış olmalıdır. Diğer damarlarda fluorit ve barit birlikte bulunur. Rutil özşekilli küçük kristaller şeklindedir. Zonlu flogopit özşekilli iri kristaller halindedir. Zonlu plajioklaz ve zonlu fluoritlerde kataklastik yapı gözlenir. Zonlu yapıdaki bu minerallerin varlığı erken faz cevherleşmelerinden hemen ardından cevher getirici eriyiklerin ısı ve basıncının hızla düştüğünü gösterir. Pirit tamamen ayrılmış, götit ve hematite dönüşmüştür.

Breşleşme Sonrası Cevherleşmeler

Cevherleşmenin bu evresi esas olarak NTE mineral fazlarıyla temsil edilir. Erken faz cevherleşmelerinde ana mineral torbastneazittir. Daha az oranda fluoserit ve brockit fazları görülür. Bu fazda parajeneze katılan diğer önemli mineraller yeşil fluorit ve sölestin dir.

Geç fazla ise braunit, kuvars ve mangan oksitler oluşur,

Erken faz: Yeşil fluorit (IV) + sölestin + kalsit ve dolomit (karbonatitik) + torbastneazit + fluoserit + brockit.

Geç faz: Braunit + kuvars + Mn - oksitler

Breşleşme sonrası cevherleşmeler önceki damarların boşluk ve kırıklarına, breş bacaları içine ve breşleşme anında oluşan kırık sistemleri içine dolgu şeklinde yerleşir. Yeşil fluorit yalnızca breşleşme sonrası parajenetik evrenin erken fazında görülür. Sölestin baritle birarada bulunur ve bariti ramplase eder. Baritten itibaren sölestin gelişimi, cevher getirici sıvıların ısısının yükseldiğini ve bir rekristalizasyonun başladığını gösterir. Rekristalizasyon anında Sr²⁺ elementi Ba²⁺ elementinin yerini alır (Brower, 1973).

NTE mineralleri, karbonatit mikrodakları ile biraradalık gösterir. Bu beraberlik yataktaki NTE mineral fazlarının yüksek sıcaklıkta oluştuğunu gösterir.

KIZILCAÖREN KARBOTERMAL YATAĞI

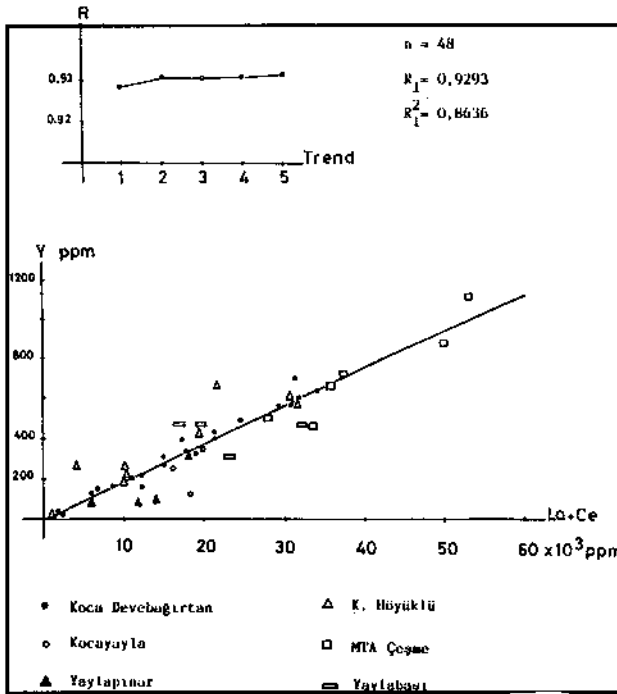
Cevherleşmenin geç fazında braunitin ortaya çıkışı ısının düşmeye başladığını belirtir. Kuvarlarda yoğun olarak gözlenen ikincil kapanımlar ısının yavaça düştüğünü gösterir.

SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanım ölçümleri DEÜ Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında bulunan Leitz-300 model ısıtma tablası ve MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında bulunan 600 C° kapasiteli ısıtma tablaları ile yapılmıştır.

Ölçümler breşleşme öncesi fluorit, barit ve karbonatit kalsitlerinde ve breşleşme sonrası yeşil fluorit, kuvars ve karbonatit kalsitlerde yapılmıştır. Fluorit ve baritlerde bulunan kapanımlar genellikle birincil kapanımlardır. Oval ve tabular şekillidir. Kuvarlarda bulunan kapanımlar oval ve yuvarlak şekilli olup genellikle ikincil kapanımlardır.

Breşleşme öncesi erken faz koyu mor fluoritlerde Th= 305C°, geç faz açık mor fluoritlerde Th= 225C° ve baritlerde Th= 190C° ölçülmüştür. Bu fluorit ve baritlerde bulunan tabular şekilli kapanımlarda bölünme ve parçalanma izlenmemiştir. Bu durum breşleşme öncesi cevherleşmelerden sonra ısının hızlı bir şekilde düştüğünü gösterir.



Şekil: 4. Yataktaki La+ Ce/Y değişim diyagramı (lokasyonlar için Şekil. 2'ye bakınız)

Figure: 4. La + Ce versus Y diagram of the deposit (for localization see Fig. 2)

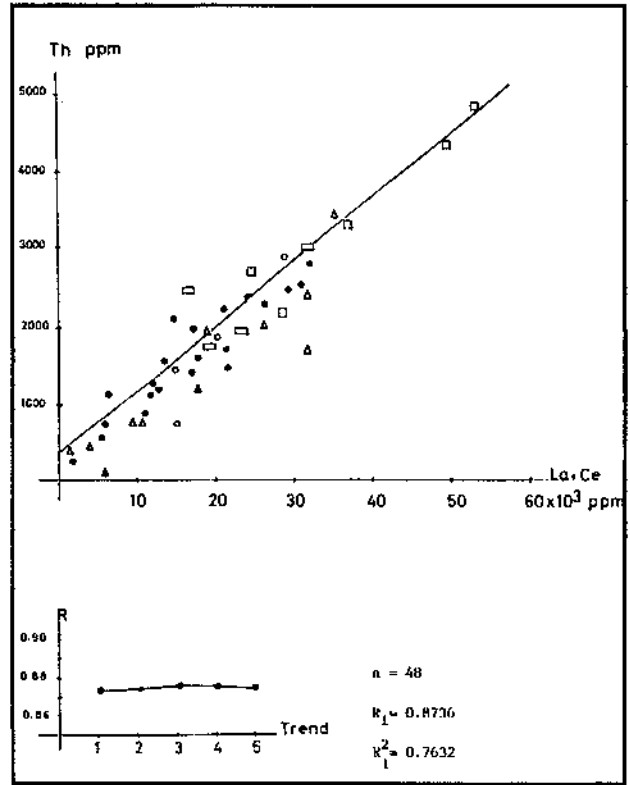
Breşleşme sonrası erken faz yeşil fluoritlerde TH = 330C° dir. Geç faz kuvarlarda Th= 180C - 200C arasındadır.

Breşleşme öncesi karbonatit kalsitlerde Th= 550 C° ve breşleşme sonrası karbonatit kalsitlerde Th= 460C° ölçülmüştür.

NTE JEOKİMYASI

NTE ve iz element analizleri, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında XRF yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kızılcaören yatağı hafif hadir toprak elemenüerince(HNTE) zengindir. Önemli iz elementler Y, Th, Sr, Nb ve Nd'dir (Tablo 1). NTE, Y ve Th'un yataktaki dağılımı çok değişkendir. Torbastneazit (Ce-La-Nd-Pr-Sr-Th) CO₃F, en yaygın NTE mineral fazıdır. Yataktaki NTE mineral fazlan ilk kez Arda (1975,1976) ve Çağatay (1981) tarafından incelenmiştir. Diğer NTE mineral fazlan fluoserit (Ce-La)F₃ ve brockit (Ca-Sr-Ba-Th-La-Ce)PO₄ olarak belirlenmiştir.

Yatağın genelinde çok yüksek olan NTE değerleri, fluorit minerallerinde çok düşüktür (Tablo 1).



Şekil: 5. Yataktaki La+ Ce/Th değişim diyagramı (sembol ve lokasyonlar için Şekil. 2 ve 4'e bakınız)

Figure: 5 La + Ce versus Th diagram of the deposit (for symbols and localization see Fig. 2 and 4)

Tablo 1. Cevherli damar ve bacalarda NTE.ve iz element analizleri
 Tablo 1. REE and trace element analyses from the veins and pipes

Sample No	La	Ce	Th	Y	Nd	Nb	Sr (ppm)
KA - 1	9527	12154	1515	400	3620	65	6604
KA - 2	3878	8470	1217	160	4815	50	2400
KA - 3	1561	4734	775	119	3975	110	11030
KA - 4	7089	7930	2181	285	5620	95	6257
KA - 5	6094	11270	1500	399	4950	180	4867
KA - 6	15134	14365	2553	561	7125	215	4089
KA - 7	4390	8618	1266	297	4095	83	10973
KA - 8	2720	6014	322	166	3104	76	3777
KA - 9	4219	8126	1310	225	4273	79	2938
KA-10	9852	11516	1755	436	6376	193	4742
KA-11	483	1445	263	43	3348	35	635
KA-12	1950	4733	1235	150	2976	56	1607
KA-13	12047	12547	2427	496	6941	534	5913
KA-14	542	1543	400	34	2503	67	504
KA-15	4079	7242	950	200	3427	87	3031
KA-16	7500	11120	1675	324	4416	136	3452
KA-17	9440	8421	587	340	5010	154	4388
KA-18	1289	4442	621	109	3520	97	2964
KA-19	10769	19917	2600	570	6970	200	4023
KA-20	7226	10238	2000	330	5337	165	3382
KA-21	13276	18590	2478	600	7017	225	5266
KA-22	1316	2624	297	282	2957	63	1663
KA-23	7846	13874	2091	668	4673	179	8697
KA-24	15693	16183	1768	607	7190	205	4055
KA-25	13760	14650	315	267	5220	123	3824
KA-26	12000	15889	170	120	4613	72	1663
KA-27	7558	11516	599	359	4525	93	3013
KA-28	6202	13580	1944	445	4790	118	3533
KA-29	709	954	412	32	3547	59	2618
KA-30	2962	7881	802	206	3618	144	3757
KA-31	3843	5916	804	272	4136	137	3360
KA-32	7542	3962	2525	478	4612	170	3248
KA-33	8860	13973	1992	300	3769	67	4238
KA-34	12669	19831	3107	471	4873	140	5577
KA-35	8950	10635	1850	450	5100	166	4500
KA-36	8632	9035	1250	322	4033	195	3877
KA-37	4219	8126	310	85	3945	76	2938
KA-38	6077	8176	348	107	4618	81	4618
KA-39	3580	2170	29	99	3467	58	1143
KA-40	16336	15100	4026	700	5268	235	7000
KA-41	17904	15896	4245	656	6871	184	2613
KA-42	16217	15838	2880	600	4323	137	4222
KA-43	19668	15937	3500	677	7544	190	3162
KA-44	25945	26685	4987	1132	7160	156	4733
KA-45	24388	25222	4474	896	4015	236	4584
KA-46	16491	11074	3390	503	4210	107	3159
KA-47	16731	16534	3227	470	3987	124	2984
KA-48	13692	23503	3400	740	4381	66	4480
FM-1	125	180	-	30	70	15	3415
FM-2	86	134	-	-	46	-	4130
FM-3	160	218	-	-	97	33	5543
FM-4	50	99	-	25	52	-	3860
FM-5	78	128	-	10	42	-	4250

XRF data, KA = bulk-rock, Fm = individual fluorite mineral
 XRF değerleri, KA = Tüm cevher, FM = Fluorite mineralleri

KIZILCAÖREN KARBOTERMAL YATAĞI

La + Ce / Y diyagramında (şekil 4) görüleceği gibi NTE değerleri Y ile pozitif bir korelasyon gösterir. Y'un NTE'leri ile birlikte mağmatik hidrotermal koşullardaki davranışları Mineyev ve diğr. (1966) tarafından deneysel olarak incelenmiştir. Y'un NTE'leri ile birlikte 500C°-550C° sıcaklıklarda birlikte hareket ettikleri ortaya konmuştur. La + Ce / Th ve Th / Y diyagramlarında (şekil 5 ve 6) TITun kısmen NTE ve kısmen de Y ile benzer kimyasal davranış sergilediği görölmektedir. Bu da beklenen bir sonuçtur. Çünkü Th'un iyonik yarıçapı NTE ve Y'un iyonik yarıçaplarına yakındır. Keza La + Ce / Th diyagramında (Şekil 5), Th'un NTE'leri ile pozitif bir korelasyon gösterdiği görölmektedir. Bu sonuç arazi gözlemleriyle uyumludur. Arazi sintilometre ile yapılan ölçümlerde, NTE'lerin artış gösterdiği damarlarda yüksek Th anomalileri saptanmıştır (Uçmak, 1970. ^ Kaplan, 1977). Arazi NTE'lerce zengin kısımlar, bunların sarı topraklı görünümü ile kolayca tanınabilir. Th*⁴ mağmatik hidrotermal koşullarda dengelidir ve 400C -500C sıcaklıklarda taşınabilir (Gabelman, 1977., Yılmaz, 1981).

Yapılan deneysel çalışmalar NTE'lerin Cl, F ve CO₃ bakımından zengin mağmatik sıvıların taşıdığını ortaya koymuştur (Norman ve diğr. 1989., Oreskes ve Einaudi, 1990). Diğer taraftan florokarbonat bileşimindeki bastneazit oluşumlarının ancak mağmatik hidrotermal koşullarda gerçekte diği deneysel olarak ortaya konmuştur (Hsu, 1992). Ancak OH-F bileşimindeki bastneazitlerin düşük sıcaklıklarda oluşabilmesi mümkündür. Kızılcaören bastneazitleri florokarbonat bileşimindedir ve OH-F türüne rastlanmamıştır.

En son deneysel çalışmalar, karbonatit mağmalarının fraksiyonel kristalleşmesinin çok yüksek oranlarda NTE derişimine neden olduğunu ve bunların magma içinde ana bileşenler gibi davranış sergilediklerini göstermektedir (Wyllie ve diğer., 1993). Bu suretle büyük hacimlerde NTE mineralleri oluşabilmektedir.

Kızılcaören yatağında büyük rezerv oluşturan florokarbonat bileşimli NTE mineralleri ve fluoritler, cevherleşmeyi oluşturan karbotermal sıvıların F, Cl ve CO₂ bakımından zengin olduğunu ve bunların 400 C° - 600C° sıcaklıklarda taşındığını gösterir.

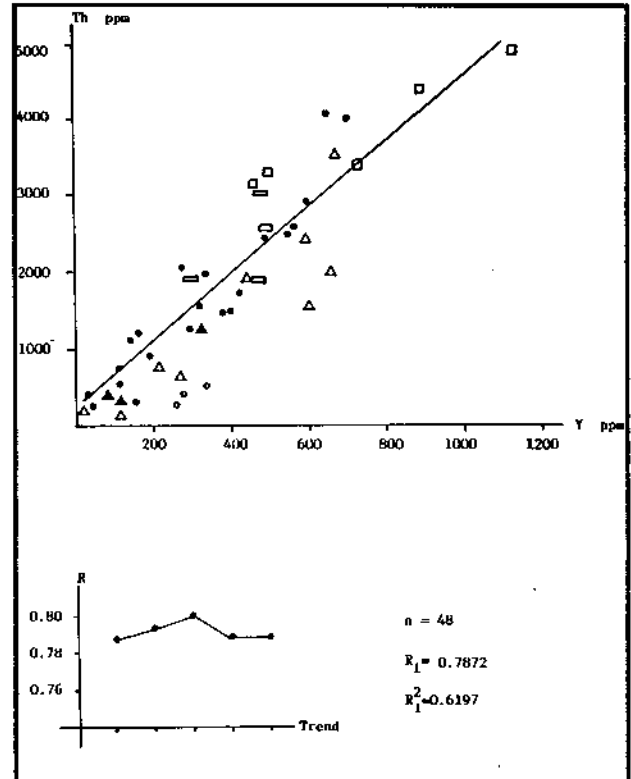
SONUÇLAR

Kızılcaören yatağında saptanan breş bacaları, ışınal, dairesel ve huni şekilli kırık Sistemleri ve cevherleşmeler, Geç Oligosen yaşlı karbonatit sokulumları ile ilgilidir. Erken Miyosen yaşlı fonolitler cevherleşme sonrasındır. Breş bacaları mağmatik süreçler sonucu oluşmuştur. Bacaların boyutları, kırık sistemlerinin şekli, geniş bir alanda etkili olan çökmeler ile karbonatit daykan ve alkali volkanitler, bölgede sığ derinliklere yerleşmiş, alkalen-

karbonatitik bileşimli bir sokulumun varlığına işaret eder. Breş bacalarının boyutları, derinliği ve litolojisi bunların çökmeler sonucu oluştuğunu belirtir. Çökmelerin ise, sığ derinliklere yerleşen karbonatit magmanın geri çekilmesi ve aynı anda uçucularca zengin magmanın üst kısımlarından büyük hacimde sıvıların kaçması ile gelişen ardışık iki süreç ile meydana geldiği söylenebilir. Yatakta saptanan fluorit ve NTE rezervleri, büyük hacimlerde cevherli eriyiğin ortama geldiğini gösterir. Karbonatitlerin yüzeyde az görülmesi, magmanın derinlere doğru geri çekildiğini düşündürür.

Karbonatit ve volkanitlerde görölen globüler formdaki fluoritler, cevherli eriyiklerin yüksek oranda alkali içerdiğini belirtir. Alkalilerin varlığı fluorun likit fazdan gaz fazına geçmesini sınırlamıştır. Bu suretle ortamda ekonomik fluorit cevherleşmeleri oluşmuştur.

Yatakta gelişen cevherleşme süreçleri ile ilgili olarak dört parajenetik evre ayrılanmıştır. Bunlardan ikisi breşleşme öncesine, diğer ikisi de breşleşme sonrasına aittir. Breşleşme öncesi cevherleşmeler kırık sistemleri içine dolgu şeklinde yerleşmektedir ve başlıca fluorit ve barit mineralleriyle temsil edilir. Breşleşme sonrası cevherleşme NTE mineral fazlarıyla temsil edilir. Bunlar



Şekil: 6. Yataktaki Th/Y değişim diyagramı (Sembol ve lokasyonlar için Şekil. 2 ve 4'e bakınız)

Figure: 6. Th versus Y diagram of the deposit (for symbols and localization see Fig. 2 and 4)

torbastneazit, fluoserit ve brockittir. Torbastneazit en yaygın ve bol NTE mineralidir. NTE mineral fazlan, breşleşme sonrası karbonatit mikroyayrakları ile biraradalık sunar. Bu beraberlik NTE fazlarının yüksek sıcaklıkta (450-500C⁰) oluştuğunu kanıtlar.

Sıvı kapanım çalışmaları, breşleşme öncesi erken faz mineralleşmelerin 550-300C⁰ ve geç faz mineralleşmelerin ise 300-190C⁰ ısı aralıklarında geliştiğini göstermiştir. Breşleşme sonrası erken faz cevherleşmeler 300-500C⁰ ısı aralığında gelişmiştir. Geç faz cevherleşmeler 250C⁰ altındadır.

Kızılcaören bastneazit-fluorit-barit yatağı yüksek sıcaklıktaki karbotermal sıvıların ışınal, dairesel, huni ve baca şekilli kırıkları Geç Oligosende doldurması ile oluşmuştur.

Yatakta gelişen cevherleşmeler için aşağıdaki şekilde bir model önerilebilir:

- Alkalen-karbonatit magma sıg derinlere sokulmuş ve küçük dayklar şeklinde yüze yerleşmeye başlamıştır.

- Bu sokulum çok şiddetli bir şekilde gerçekleştiğinden, ortamda dairesel, ışınal ve huni şekilli kırıklar oluşmuştur.

- F'ca zengin sıvılar magmanın üst seviyelerinden ayrılırken, henüz kristallenmesini tamamlamamış olan karbonatit magma derinlere doğru geri çekilmeye başlamıştır.

- Sıvıların oluşan kırık sistemlerini doldurmasıyla ilk fluorit ve barit kristallenmeleri başlamıştır.

- Magma geri çekilirken bıraktığı boşluklara tavandan çökmeler olmakta ve buna bağlı olarak breş bacaları oluşmaktadır.

Derinlere doğru geri çekilen karbonatit magmanın ısı ve basıncı yeniden artmaktadır.

Bu genç jenerasyon karbonatit magma tekrar sıg derinlere sokulum yaparken fraksiyonel kristalleşmeye uğramakta ve içinde yoğun NTEleri biriktirmektedir.

- NTE bakımından zengin sıvıların magmadan ayrılarak önceki kırık sistemleri içine yerleşmesiyle yaygın NTE mineralleri oluşmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Kızılcaören ve çevresinde 1983 yılında başlatılmış olan çalışmaların devamıdır. Yazar araştırmaların devamı süresince lojistik destek sağlayan MTA Genel Müdürlüğüne, sıvı kapanım çalışmalarını gerçekleştiren MTA Teknoloji Dairesi elemanlarından Dr. Zeynep Ayan'a ve D.E.Ü. Jeoloji Bölümü araştırma görevlisi Dr. Nuran Dağ'a teşekkür eder. Yazar ayrıca aynı bölümde laboratuvar sorumlusu Kimya Mühendisi Yılmaz Gültekin'e XRF analizlerinin gerçekleştirilmesinde gösterdiği titiz çalışma için teşekkür borçludur. Çalışmalar sırasında bilimsel katkılarından ötürü yazar, Dr. Ahmet Çağatay'a sonsuz teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Arda, O., 1975, Mineralojik çalışma: MTA lab. şb. raporu no. 14/8120, Ankara.
- Arda, O., 1976, Mineralojik çalışma: MTA lab. şb. raporu no. 10/A-8600, Ankara.
- Baker, M. E., Andrew, S. A. 1991, Geologic, fluid inclusion and stable isotope studies of the bearing breccia pipe Kidstone, Queensland, Australia: Econ. Geol. 86,810-830.
- Bingöl, E., 1976, Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi: MTA Derg. 86,14-34, Ankara.
- Brower, E., 1973, Synthesis of barite, celestite and barium-strontium sulfate solid solution crystals: Geochim. Cosmochim. Acta 37,155-158
- Çağatay, R., 1981, Türkiye'nin bazı radyoaktif cevherleşmeleri üzerinde mineralojik çalışmalar: TJK bülteni 24,59-64, Ankara.
- Çoğulu, H. E., Delaloye, M., Chessex, R., 1965, Sur l'age de quelques roches plutoniques a cides dans la region d'Eskisehir-Turquie: Arch. Sc. 18, 692-699, Geneve.
- Delaloye, M., Özgenç, İ., 1983, Petrography and age determinations of the alkaline volcanic rocks and carbonate of Kızılcaören district, Beylikahır-Eskişehir, Turkey. Schweiz. Min. Petrogr. 63,289-294.
- Demiröz, T., 1976, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü güneyi nadir toprak elementleri-Th kompleks cevher yatağının Kocadevebağirtan kesimindeki Th rezerv durumu: MTA. rap. no. 5566,1-45, Ankara.
- Eckermann, H. Von., 1960, Progress of research on the Alnö carbonate: in. Tuttle, O. F and Gittings, J. (ed) The Carbonatites. New York, 3-31.
- Gabelman, J. W., 1977, Migration of uranium and thorium-exploration significance: AAPG, Studies in geology, 3.
- Hatzl, T., Morteani, G., Fuganti, A., Kienast, P., Blamart, D., 1990, Petrology and geochemistry of the bastneazite-fluorite-barite mineralization near Kızılcaören, province Eskişehir: Intern. Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Abst. 83-84, Izmir.
- Hatzl, T., 1992, Die genese der karbonatit und alkalivulkanit assoziierten fluorit-baryt-bastnasit vererzung bei Kızılcaören (Türkei): Münchner Geol. Hefte, 8.
- Heinrich, E. W., 1967, The geology of carbonatites: Rand. Me. Nally. Chicago.
- Hsu, L. C., 1992, Synthesis and stability of bastnaesites in part of the system (Ce, La)-F-H-C-O: Mineral, and Petrology, 47,87-101.
- Kaaden, G., 1966, the significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey: MTA Bull. 67, 36-67, Ankara.

KIZILCAÖREN KARBOTERMAL YATAĞI

- Kaplan, H., 1977, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü yakın güneyi nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağı: Jeoloji Müh. Derg. 2, Ankara
- Kırıkoğlu, M. S., 1983, Fluorit-Baryt-Th-SEE lagerstätten im gebiet von Kızılcaören, provinz Eskişehir, West Türki: Diss. Montan Univ. Leoben, Austria, 276 S.
- Kulaksız, S., 1977, Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi: Doktora tezi, yayınlanmamış. H. Ü. Yerbilimleri Enst. Ankara.
- Kupfahl, H. G., 1954, 55/2,55/4 (Eskişehir) ve 56/1,56/3 (Sivrihisar) paftalarının löveleri esnasında yapılan jeolojik inceleme hakkında rapor: MTA rap. no. 2247, Ankara.
- Mineyev, D. A., Dikov, Y. P., Sobolev, B. P., Boritskaya, V. L., 1966, Differentiation of rare earth elements under supercritical conditions: Geochem. Internat. 3,357-359.
- Norman, I.D., Kyle R. P., Baron, C, 1989, Analysis of trace elements including rare earth elements in fluid inclusion liquids: Econ. Geol. 84,162-166.
- Norton, D. L., Cathles, L. M., 1973, Breccia pipes, products of exsolved vapor from magmas: Econ. Geol. 68,540-546.
- Oreskes, N., Einaudi, M., 1990, Origin of rare earth element enriched hematite breccias at the Olympic Dam Cu-U-Au-Ag deposit, Roxby Downs, south Australia: Econ. Geol. 85,1-30.
- Özgenç, L., 1988, Kızılcaören köyü (Beylikahır-Eskişehir) fluorit-barit-bastneazit yatağının jeolojisi ve parajenetik özellikleri: TJK 42. Jeoloji Kurultayı bildiri özetleri kitabı, Ankara.
- Özgenç, L., 1992, Fluid inclusions and REE geochemistry of the bastnaesite-fluorite-barite deposit of Kızılcaören, Beylikahır (Eskişehir), Türkiye: Intern. Workshop- Work in progress on the geology of Türkiye. Abstracts, 43, England.
- Sillitoe, R. H., 1984, Ore related Breccias in volcanoplutonic arcs: Econ. Geol. 80,1467-1514.
- Sündal, Ü., 1969, Geology of Okçuköy region: M. Sc. thesis, unpublished. ODTÜ, Ankara.
- Stumpfl, E. F., Kırıkoğlu, M. S., 1986, Fluorite-baryte-rare earth deposit at Kızılcaören, Turkey: Mitt. österr. ges. 78,193-200.
- Streckeisen, A., 1978, Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: N. Jb. Miner. Abh.134.
- Şengör, A. M. C, Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach : Tectonophysics, 75,181-241.
- Uçmak, F., 1970, Eskişehir ili, Sivrihisar ilçesi Beylikahır bucağı, toryum cevheri işletme projesi: MTA rap. no. 4179.
- Üşümezsoy, Ş., 1987, Kuzeybatı Anadolu yığılım orojeni: Paleotetis'in batı kenet kuşağı: Türkiye Jeol. Bült. 30-2,53-63, Ankara.
- Weingart, W., 1954, 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeoloji haritası raporu: MTA rap. no. 2248, Ankara.
- Wyllie, P. J., Jones A. P., Deng, J., 1993, Carbonatite and REE: Some liquidus phase relationships: Intern. Conference on rare earth minerals. Chemistry, Origin and Ore Deposits. Abstracts, The Natural History Museum, London.
- Yılmaz, H. 1981, Uranyum ve toryum'un yer kabuğu içindeki göçü: Yeryuvarı ve İnsan, 6, 3-4. 66-78, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: İst. Yerbilimleri. Derg. İstanbul.