



Karacaali (Kırıkkale) Magmatik Kompleksi Demir, Bakır-
Molibden ve Kurşun Cevherleşmelerinin Oluşumu ve Kökeni

**Origin and Formation Processes of Iron, Copper-Molybdenum and
Lead Mineralisations of Karacaali (Kırıkkale) Magmatic Complex**

Okan DELİBAŞ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532, Beytepe, ANKARA
(e-posta: odelibas@hacettepe.edu.tr)

Yurdal GENÇ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532, Beytepe, ANKARA
(e-posta: ygenç@hacettepe.edu.tr)

Öz

Kırıkkale il merkezinin 10 km kuzeydoğusunda yer alan Karacaali magmatik kompleksi, 1/25.000 ölçekli Kırşehir İ31-al paftasında yer almakta ve başlıca demir, bakır-molibden ve kurşun cevherleşmeleri içermektedir. Kompleks granitoid, riyolit/riyodasit ve bazaltik kayalardan oluşmaktadır.

Karacaali magmatik kompleksindeki demir cevherleşmesi bazaltik kayalara bağlı olarak, bakır-molibden ve kurşun cevherleşmeleri ise granitik kayaların dik ya da dike yakın kesen kuvars, karbonat ve turmalinli kuvars damarlarına bağlı olarak gelişmiştir. Başlıca cevher mineralleri, manyetit, hematit, ilmenit, pirit, kalkopirit, molibdenit, galenit ve sfalerittir. Demir cevherleşmesinin tenörü, %15-60 FeO arasında iken, Cu-Mo, Pb-Zn cevherleşmelerinin tenörü ise < %1,4 Cu, < % 0,4 Mo, < % 0,1 Pb ve < % 0,2 Zn dir.

Cevherleşmeyle ilişkili alterasyonlar; granit ve bazaltik kayalar içinde turmalinleşme, aktinolitleşme, epidotlaşma, kloritleşme ve K-feldispat alterasyonu, riyolit/riyodasitler içinde ise killeşme, silisleşme ve alüminleşmedir.

Dokanak ilişkileri, yapısal-dokusal özellikler ve yan kayaç alterasyonları birlikte değerlendirildiğinde; Karacaali magmatik kompleksinde gözlenen demir, bakır-molibden ve kurşun-çinko zenginleşmelerinin aynı magmatik süreçlerin ürünleri olmaları gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu zenginleşmelerin, granitik bir magmayla bunun içine sokulum yapan bazaltik bir magma arasında gelişen etkileşim, karışım ve farklılaşma süreçleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Karacaali magmatik kompleksi, Demir cevherleşmesi, Bakır-molibden cevherleşmesi, Magma karışımı, Orta Anadolu Türkiye

ABSTRACT

Karacaali magmatic complex, located at 10 km northeast of Kırıkkale town center, within the Kırşehir İ31-al topographic quadrangle of Turkey of 1/25.000 scale, mainly contains iron, copper-molybdenum and lead mineralisations. Karacaali magmatic complex is mainly composed of granitoid, rhyolite/rhyodacite and basaltic rocks.

Iron mineralisation mainly related to basaltic rocks in Karacaali magmatic complex, copper-molybdenum and lead-zinc mineralisations in granitic rocks are developed related to vertical or nearly vertical quartz, carbonate and tourmaline with quartz veins. The main ore minerals are magnetite, hematite, ilmenite, pyrite, chalcopyrite, molybdenite, galena and sphalerite. The iron grade is within the range of 15%-60% FeO and the copper, molybdenum, lead, zinc grades are < 1,4%, < 0,4%, < 0,1% and < 0,2%.

Alteration types related to mineralisation are; tourmalinization, actinolitization, epidotization, chloritization and K-feldspar alteration in granitic and basaltic rocks, and argillation, silicification, alunitization in rhyolite/rhyodacites.

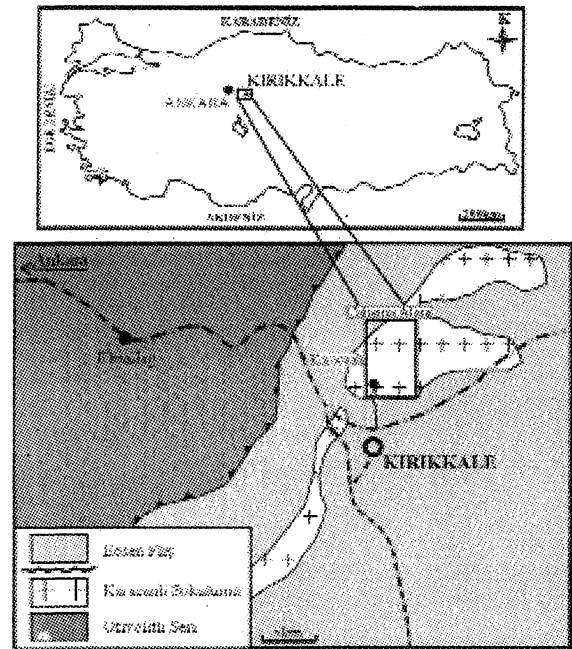
Depending on the contact relations together with the structural-textural characteristics and the wall rock alterations, it can be concluded that the iron, copper-molybdenum and lead-zinc enrichments observed in Karacaali magmatic complex are the products of a single magmatic process. It is suggested that these mineralisations are associated with the interaction, assortment, mixing and differentiation processes taking place between a granitic magma and a basaltic magma.

Key Words: Karacaali magmatic complex, Iron mineralisation, Cu-Mo mineralisation, Magma mixing, Central Anatolia Turkey

GİRİŞ

Cu-Mo, Zn-Pb ve Fe cevherleşmeleri içeren Karacaali magmatik kompleksi, 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasında granitik kayaç olarak haritalanmış olup Kırıkkale'den başlayıp Yozgat-Akdağmadeni-Sivas hattını takip eden Orta Anadolu Kristalin Masifinin (Ketin, 1954), kuzey kenarı boyunca devam eden granitoid kuşağının en batıdaki kesimini temsil eder. Kırıkkale il merkezinin 10 km kuzey doğusunda yer alan Karacaali magmatik kompleksi 1/25.000 ölçekli İ31-al paftasında yer almaktadır (Şekil 1).

Karacaali magmatik kompleksi başlıca plütonik ve volkanik kayalardan oluşmaktadır. Norman (1972; 1973), bölgedeki granitik kayaların Üst Kreatese'den daha genç İpresiyen'den daha yaşlı yani Paleosen'de oluştuğunu belirtmiştir. Bölgedeki bazı volkanik kayalar için somut bir yaş verisi yoktur. Bölgede granitik ve bazı volkanik kayalara bağlı olarak iki farklı cevherleşme gözlenir. Başlıca cevher mineralleri, manyetit, hematit, ilmenit, pirit, kalkopirit, molibdenit, galenit ve sfalerittir. Demir cevherleşmesinin tenörü, % 15-60 FeO arasında iken, bakır-molibden, kurşun-çinko cevherleşmelerinin tenörü ise sırasıyla < %1,4, < % 0,4, < % 0,1 ve < % 0,2 dir (Oktay İşbaşarır O., vd., 2002; Ercan Kuşçu, 2002, sözlü görüşme).



Şekil 1 Karacaali magmatik kompleksinin konumu (1/500000 ölçekli jeoloji haritasından basitleştirilerek alınmıştır).

Figure 1 Location of Karacaali magmatic complex, (taken from the geological map of 1/500000 by simplifying).

Bu kadar sınırlı bir alanda (71 km²) demir, bakır-molibden ve kurşun-çinko cevherleşmelerinin

KARACAALİ DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

birarada ve farklı kayalar içerisinde bulunması oldukça ilgi çekicidir. Bugüne kadar Karacaali magmatik kompleksinde yapılan çalışmalarda (Kayakıran, 1999; Kaya, 2002) her iki cevherleşme de ayrı ayrı yorumlanmış ve granitoidlere bağlı bakır-molibden, kurşun-çinko cevherleşmesi ile bazik kayalara bağlı demir cevherleşmesi arasındaki ilişki araştırılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, ağırlıklı olarak demir cevherleşmelerinin yapısal-dokusal ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi, Cu-Mo ve Pb zenginleşmeleriyle ilişkisinin ve oluşum mekanizmasının saptanmasıdır.

KARACAALİ MAGMATİK KOMPLEKSİ

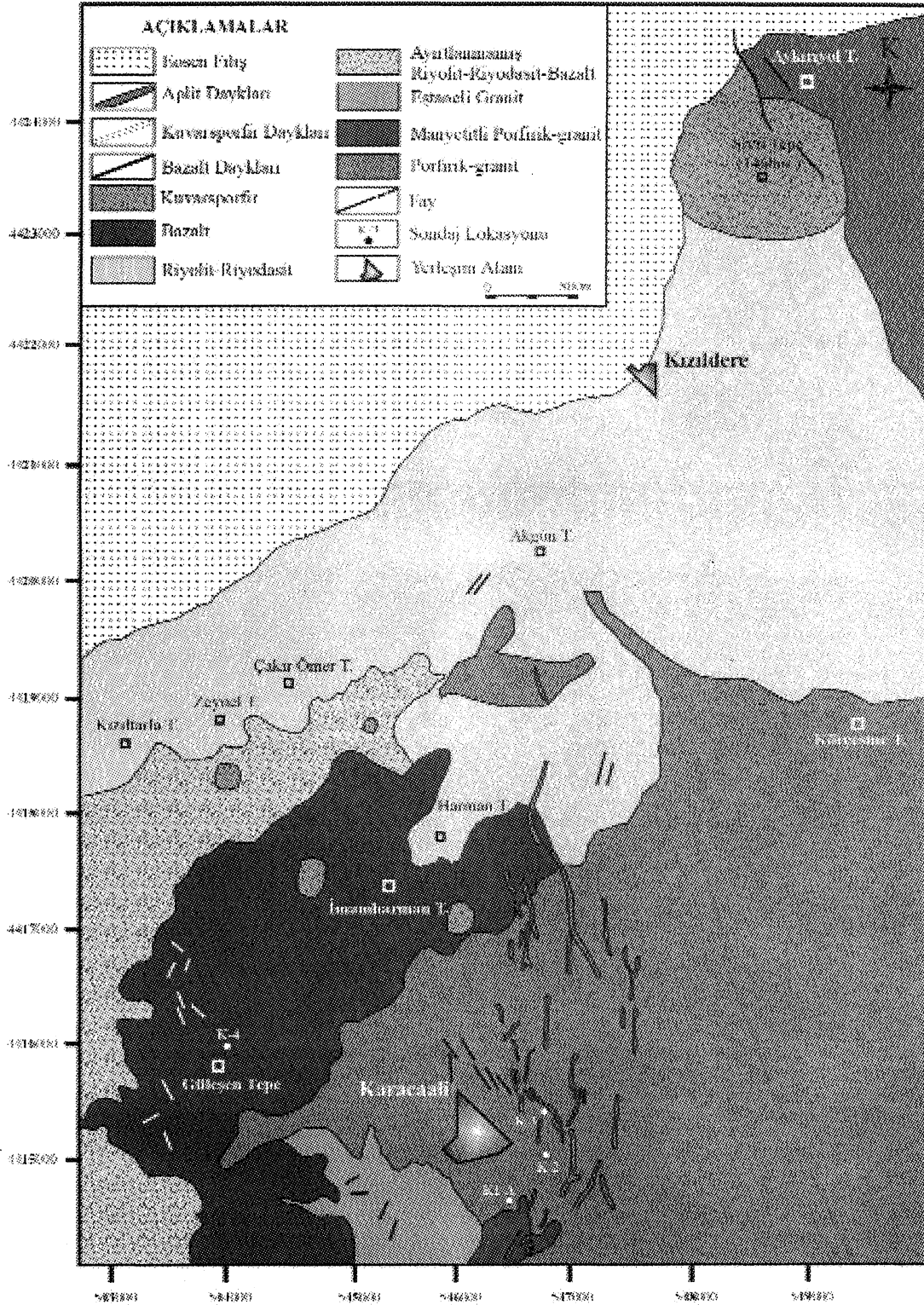
Karacaalmagmatik kompleksinde, granitik kayalar, volkanik kayalar ve damar kayaları olmak üzere üç ana kay aç grubu tanımlanmıştır. Granitik kayalar porfirik granit, manyetiteli porfirik granit ve eşaneli granitlerden; volkanik kayalar riyolit ve bazaltik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 2).

Granitik kayalardan en yaygın birim K-feldispat megakristalleri içeren porfirik granitlerdir. Porfirik granitler, çalışma alanının güneydoğusunda ve kuzeydoğusunda gözlenmektedir (Şekil 2). Porfirik granitler el örneğinde porfirik doku göstermesi ile kolaylıkla tanınabilmektedir. Bölgede Karacaali Köyünün güneyinde gözlenen manyetiteli porfirik granitler dokusal ve mineralojik açıdan porfirik granitlerle aynıdır. Fakat birimin kırık ve çatlaklarında ekonomik açıdan önemli olmayan manyetit damarları içermesi nedeniyle haritada manyetiteli porfirik granit olarak isimlendirilmiştir. Diğer bir granitik kayaç olan eşaneli granitler ise porfirik granitlerle aynı mineralojik bileşime sahip olmasına rağmen, taneli doku göstermesi ve daha iri taneli olması ile porfirik granitlerden ayrılır. Porfirik granitler ve manyetiteli porfirik granitler kuzey-güney doğrultulu aplit daykları ile kesilmiştir. Özellikle porfirik granitlerde turmalin damarları, kuvarslı turmalin damarları ve karbonat damarları yaygındır./Turmalin damarları boyunca porfirik granitlerde alkali feldispat alterasyonu gözlenmekte ve ayrıca yer yer kalkopirit ve pirit mineralleri makrö olarak saptanabilmektedir. Porfirik granitlerin volkanik kayalarla, özellikle bazik volkanik kayalarla olan sınırı keskin olup bazaltik dayklar tarafından kesilmişlerdir. Dokanak

boyunca granitlerde kırılma ve ufalanmalar gözlenmektedir. Granitlerin mafik mineral içeriği de dokanak boyunca belirgin olarak artmaktadır. El örneği ölçeğinde, porfirik granitler içerisinde anklavlar yaygın olarak gözlenir. Anklavların porfirik granitlerle olan sınırı keskindir. Yapılan mikroskopik incelemelerde anklavların, sub-ofitik doku, yer yer akma dokusu gösteren diyoritik kayaç parçalan olduğu saptanmıştır. Ayrıca bazaltik kayalar içinde anklavlar dışında özsekilli temiz yüzeyle plajiyoklaz ve zonlu doku gösteren birincil epidot mineralleri tespit edilmiştir.

Bölgede en geniş yayılıma sahip riyolit/riyodasitler, arazide krem-kahverengi-mor gibi oldukça değişik renklerde gözlenmektedir. Kayaçta akma dokuları yaygın olarak izlenir. Bazalt-riyodasit geçişleri haritanın batı kesiminde tedrici iken Harman Tepe civarında keskindir. Batıya doğru bazaltlar önce riyolit-riyodasit ve bazaltların iç içe bulunduğu 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasında ayrırtılmayan bazalt-riyolit/riyodasit karışımına daha sonra ise riyolit-riyodasitlere geçerler. Riyolit-riyodasitler eşaneli granit ve bazaltik volkanitleri örterler. Kayacın, bazik volkanik kayalar ve porfirik granitlerle olan sınırı keskindir. Riyolit/riyodasitlerde lokal ölçekte killeşme ve silisleşme yaygın alterasyon türleridir.

Bazaltik kayalar bölgede Güleşen Tepe civarında yaygın olarak yüzeilenmektedir. Porfirik granitler ve kuvarsporfirler içerisinde kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu, riyolitler ve eşaneli granitler içerisinde ise kuzeybatı-güneybatı doğrultulu bazalt bileşimli dayklar gözlenmiştir. Bazalt dayklarından başka geniş alanlar kaplayan bazaltlar, yeşil-koyu yeşil arasında değişen renkler sunmaktadır. Arazi çalışmaları ve sondaj örneklemeleri yardımıyla bölgede, renk, yapı-doku özellikleri ve mineral içeriklerine göre porfirik yeşil-koyu yeşil renkli bazaltlar, ince taneli bazaltlar, breşik bazaltlar, gri-koyu gri renkli porfirik bazaltlar ve manyetiteli bazaltlar olmak üzere farklı bazalt türleri tanımlanmıştır. Breşik bazaltlar özellikle Güleşen Tepe civarında yaygın olarak bulunur. Breşleşme fay kontrollü değildir. Çünkü breş parçalarında herhangi bir parçalanma, kırılma gözlenmez. Genellikle breş parçaları yuvarlaklaştırılmıştır Breş parçalarının arasındaki boşlukları doldurur şekilde aktinolit, manyetit, epidot ve kalsit damarları yaygın olarak gözlenir. Herbir breş parçasının içinde ise



Şekil 2 Karacaali magmatik kompleksinin jeoloji haritası (Kuşçu, 1999'dan yararlanılarak yeniden yapılmıştır).

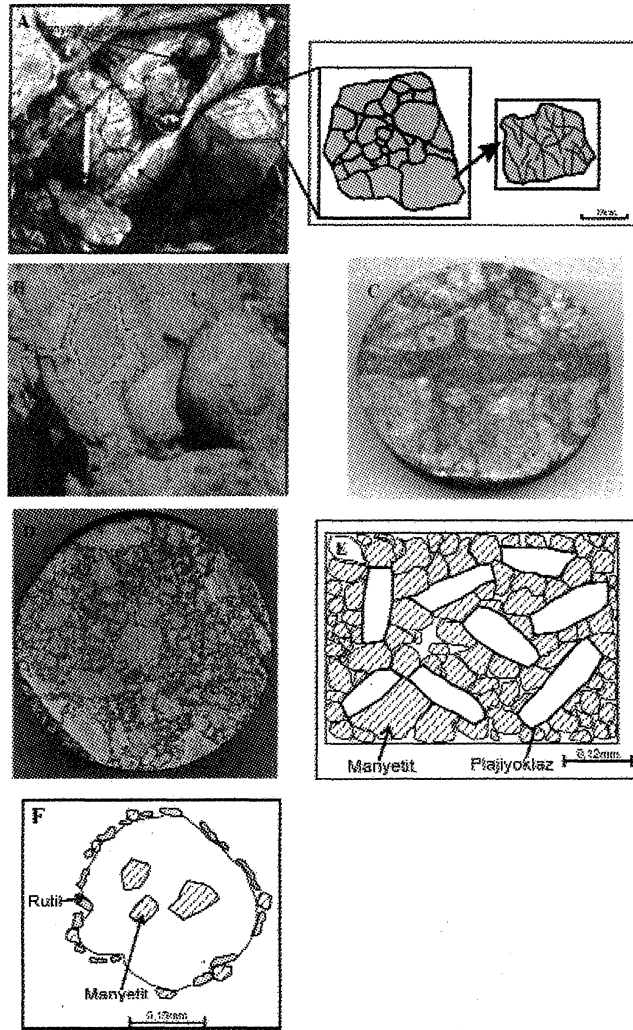
Figure 2 Geological map of Karacaali magmatic complex, (utilized from Kuşçu, 1999)

KARACAALI DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

kılcal manyetit ve aktinolit damarları gözlenir (Şekil 3A). Bazaltik kayaçlar içerisinde anklavlar yaygındır. Anklavlar makroskopik olarak oldukça farklı yapı ve renkler göstermektedir. Boyutları 3-5mm'den 5cm'ye kadar değişmektedir ve ana kayaçla olan sınırları keskindir. Yapılan mikroskopik incelemelerde anklavların oldukça ince taneli akma dokusu gösteren bazaltlardan, porfirik dokulu bazaltlara, granitlerden aplitlere kadar değiştiği saptanmıştır. Ayrıca anklavlar dışında

bazaltik kayaçlar içinde özşekli ve temiz yüzeyle plajiyoklaz ve zonlu doku gösteren birincil epidot mineralleri tespit edilmiştir.

Bölgenin güneybatısında yer alan Güleşen Tepe civarındaki vadilerde yastık yapılı bazaltlar gözlenir (Şekil 3B). Yastık yapılı bazalt mostraları yaklaşık 2-3 metre boyunda ve 3-4 metre genişliğinde, tıkız ve yeşil-koyu yeşil renklerdedir. Yastık yapılı bazaltlar mikro ölçekte akma dokusu



Şekil 3 Bazaltik kayaçlarda gözlenen bazı yapı-dokular. A) Breşik bazaltlarda kayaç parçaları arasında gözlenen aktinolit-klorit damarlarına bağlı manyetit damarları ve breşik bazaltların idealleştirilmiş şekli. B) Yastık yapıları. C) Manyetitli bazaltlarda ağsal damar sistemleri. D) Manyetit matriksli bazalt. E) Manyetit matriksli bazaltların idealleştirilmiş mikroskop görüntüsü. F) Gaz boşluklarında manyetit ve rutil mineralleri.

Figure 3 Observed textures and structures within the basaltic rocks. A) Magnetite veins related to actinolite-chlorite veins within the rock fragments of brecciated basalts and idealized figure of brecciated basalts. B) Pillow structures of the basaltic rocks. C) Stockwork systems of basalts with magnetite. D) Basalt with magnetite matrix. E) Idealized photomicrographs of basalt with magnetite. F) Magnetite and rutile minerals near and within the vesicles.

ve yer yer de sub-ofitik doku göstermektedir.

Bazaltik kayaçlar genel olarak mikro ölçekte porfirik, akma, sub-ofitik ve yer yer de breşik dokulu kayaçlardır. Kayaç grubunda gözlenen ana mineraller, plajiyoklaz ve amfibol, tali mineraller ise piroksen, rutil, biyotit ve apatittir. İkincil mineraller olarak aktinolit ve klorit oldukça yaygındır. İnce taneli bazaltlarda plajiyoklaz kristalleri volkan camından oluşan matriks içerisinde yüzer konumda gözlenirken, manyetitli bazaltlarda matriks tamamen manyetitten oluşmaktadır. K-4 nolu sondaj örneklerinde yapılan mikroskopik çalışmalarda yeşil-koyu yeşil renkli porfirik bazaltlar porfirik dokulu bazalt, gri-koyu gri renkli porfirik bazaltlar ise bazaltik-andezit olarak isimlendirilmiştir (Şekil 4). Bazaltik-andezit tanımlaması, Delibaş(2002) tarafından verilen kimyasal analizlerle de desteklenmiştir. Kayaçta ikincil mineraller olarak, aktinolit, kalsit, klorit, kuvars, epidot yaygın olarak gözlenir.

Kuvarsporfir, bölgede Sivri Tepe, İmamharmanı Tepe batısında ve güneydoğusunda, Zeynel Tepe güneyinde yüzeylenmektedir. Bölgede haritalanamayan ölçekte kuvarsporfir mostraları oldukça yaygındır. Kuvarsporfirler genellikle irili ufaklı kütleler ve dayklar şeklinde görülür. İluzeybatı ve kuzeydoğu doğrultulu kuvarsporfir daykları, bazik volkanik kayaçları kesmektedir. Birimin en tipik örnekleri Sivri Tepe boyunca yüzeylenmiştir. Kayaç el örneğinde tıkız, oldukça sert ve beyaz-krem renklindedir. Kuvarsporfirlerin granitik kayaçlarla ve bazik volkanik kayaçlarla olan dokanağı keskindir.

CEVHERLEŞME

Karacaali magmatik kompleksinde demir ve bakır-molibden; kurşun-çinko olmak üzere iki tür cevherleşme görülmektedir. Demir cevherleşmesi, bazaltik kayaçlar içerisinde yer almakta ve bölgede özellikle Güleşen Tepe civarında yaygın olarak izlenmektedir. Demir cevherleşmesinin ana minerali manyetittir. Manyetit zenginleşmeleri, bazaltik kayaçlara bağlı olarak; 1) ağsal-kılcal damarlar ve boşluk dolgusu şeklinde, 2) kayaç matriksi şeklinde ve 3) kayaçların kırık-çatlak ve fay zonlarında gözlenir. Ayrıca granitik kayaçların kırık-çatlaklarında da ekonomik açıdan önemli olmayan manyetit damarları gözlenmektedir.

Ağsal-kılcal damarlar ve boşluk dolgusu şeklindeki manyetit zenginleşmeleri, breşik ve manyetitli bazaltlarda yaygındır. Damarlarda manyetitin yanısıra aktinolit, klorit ve epidot gözlenmektedir. Breşik bazaltlardaki manyetit zenginleşmeleri, kayaç parçalarının aralarında masif, matriksi oluşturur şekilde ve kayaç parçalarının içinde kılcal damarlar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3A-C). Damarların kalınlığı 2-3mm'den 3-5 cm'ye kadar değişmektedir. Ağsal-kılcal manyetit damarları K-4 nolu sondajda 96-98,45 metreler arasında yaygın olarak gözlenir (Şekil 4). Damarlar, manyetitli bazaltların üst seviyelerinde yer alır. Ağsal-kılcal damar sistemlerinde manyetitin dışında yer yer de hematit, ilmenit, rutil, pirit ve kalkopirit bulunmaktadır. Manyetitler genellikle kırık-çatlaklıdır ve çatlaklar boyunca martitleşme yaygındır. Piritler, manyetitler içerisinde kapanım olarak veya damarlar boyunca yarı özşekilli-özşekilli mineraller şeklinde gözlenir. Ağsal-kılcal damar sistemlerinde cevherleşmeye eşlik eden ana alterasyon minerali aktinolittir. Bazı kılcal damarlarda manyetitler aktinolit damarlarının sınırları boyunca izlenirken, bazı damarlar başlıca manyetitten oluşur ve çok az oranda aktinolit içerir.

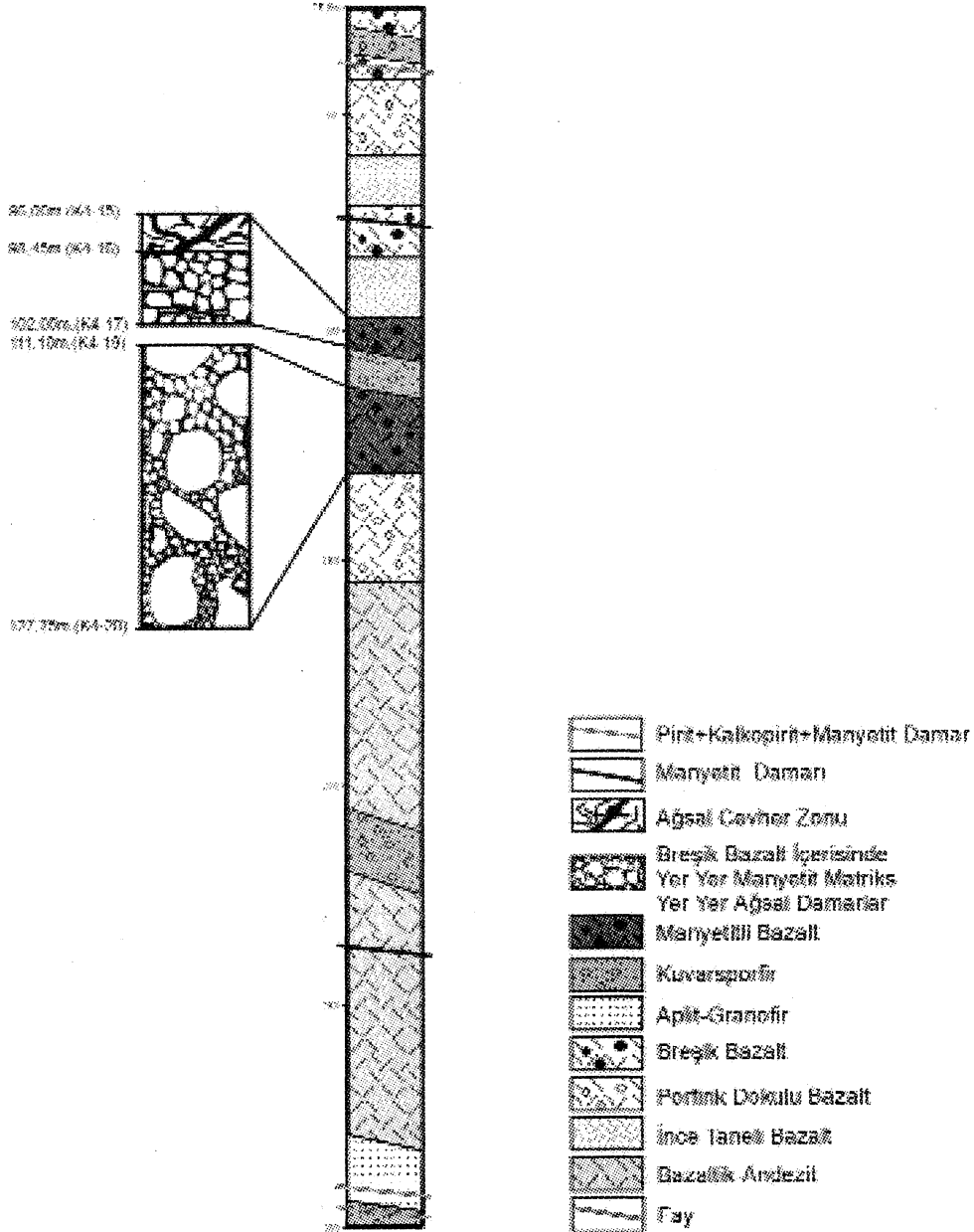
Ağsal-kılcal damar sistemleri dışında sondaj örneklerinde ortalama 0,5-2cm kalınlığında damarcıklar saptanmıştır. Bu damarcıklar bazik kayaçları, kuvarsporfirleri ve yer yer apitleri kesmektedir. Damarcıklarda ana cevher mineralleri manyetit, hematit ve rutildir. Bu minerallerin yanısıra damarcıkların çoğunda, pirit ve kalkopirit gözlenir. Özellikle apitleri ve kuvarsporfirleri kesen damarcıklarda ana cevher mineralleri pirit ve kalkopirittir.

Manyetitli bazaltlarda matriks şeklinde gözlenen manyetit zenginleşmeleri (Şekil 3 B) yüzeyde saptanamamıştır. Manyetit matriksli bazaltlar K-4 nolu sondajda 98,45-102,5 ve 111,10-127,75 metreler arasında gözlenir (Şekil 4). Cevherleşme 102,05 metrede kuvarsporfir daykı tarafından kesilmiştir. Dayktan daha derine doğru 16,65 metre kalınlığındaki manyetitli bazaltlarda kloritleşme ve aktinolitleşme oldukça yaygındır. Sub-ofitik, yer yer akma dokusu gösteren plajiyoklazlar manyetitten oluşan bir matriks içerisinde yüzlenmektedir (Şekil 3E). Matriks içerisinde

KARACAALI DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

manyetitın yanısıra değişen oranlarda rutil, ilmenit hematit, pirit, kalkopirit saptanmıştır. Pirit ve kalkopirit mineralleri bazı örneklerde manyetit matriksi içerisinde birbirine paralel, devamsız damarcıklar şeklindedir. K-4 nolu sondajda 25,6-43,6 ve 78,85-82,50 metreler arasında breşik bazaltlar arasında manyetit matriksli bazaltik kayaç parçalan da saptanmıştır.

Fay ve kırık hatları gibi süreksizlik düzlemlerine bağlı manyetit zenginleşmeleri ancak arazide izlenebilmektedir. Güleşen Tepenin güneybatısında yeralan Cin Deresi vadilerinde süreksizliklerin genel konumu K60B/70GB, Harman Tepe batısında yer alan Sızak Deresinde ise K85D/5KB dır. Cin Deresinde gözlenen cevherleşmenin devamlılığı yaklaşık 2 metre, kalınlığı ise 0.5-1 metre arasında



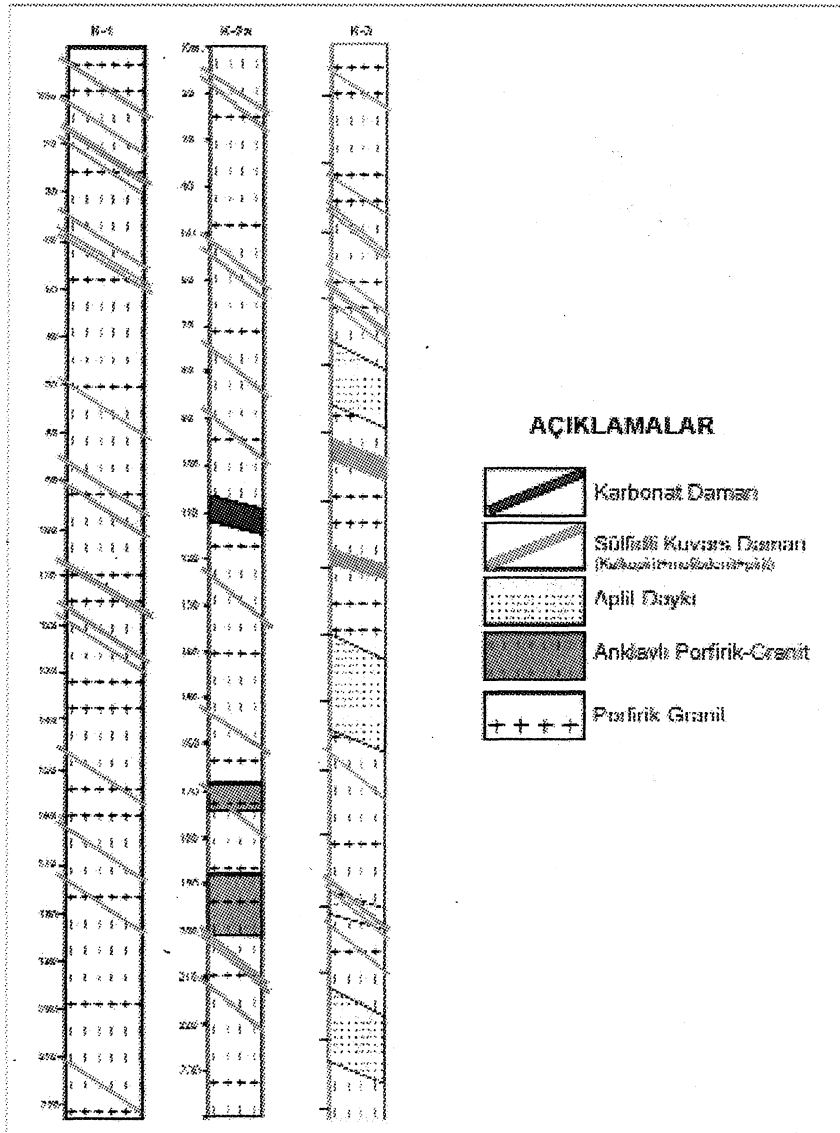
Şekil 4 K-4 nolu sondaja ait basitleştirilmiş sondaj loğu ve K4 nolu sondajda gözlenen cevher yapı-dokuları.

Figure 4 Simplified drill log of number K-4 drill and observed ore texture within the number K-4 drill

değişmektedir. Cevherleşme genellikle bandlı yapı gösterir ve yan kayaçla olan sınırı keskindir. Sızak Deresinde gözlenen cevherleşmenin devamlılığı 15-20 metre, kalınlığı ise 4 metre civarındadır. Cevherli seviyeler düzensiz damarlar şeklindedir. Manyetitler ise kırılmış-ufalanmış olarak gözlenmektedir.

Demir cevherleşmesinin ana opak mineralleri manyetit ve hematittir. Ayrıca nadir olarak sferit ve pirotin de saptanmıştır. Oksidasyon zon-

larında ise limonit yaygın mineraldir. Cevherleşmeye eşlik eden ana gang mineralleri, aktinolit, klorit ve epidottur. Ağsal damar sistemlerinde ve matriksi manyetit olan bazaltlarda manyetit ve hematit minerallerinin modal mineralojik oranı ortalama %35 iken, fay zonlarından alınan örneklerde ise bu minerallerin modal mineralojik oranı ortalama %50 civarındadır. Bazaltik kayaçlardaki saçınımlı opak minerallerin oranı %5-25 arasında değişirken, granitik kayaçlarda ve riyolit-riyodasitlerde bu oran %1-5 arasındadır.



Şekil 5 K-1, K-2a ve K-3 nolu sondajlara ait basitleştirilmiş sondaj loğları (Kuşçu, 1999'dan basitleştirilerek alınmıştır).

Figure 5 Simplified drill logs of K-1, K-2a and K-3 number drills. (utilized from Kuşçu, 1999).

KARACAALI DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

Manyetitler özşekilli-yarı özşekilli olarak gözlenir. Sülfid mineralleri içeren damarlarda manyetit içinde pirit ve pirit içerisinde manyetit kapanımları yaygındır. Ağsal manyetit damarlarında kırık-çatlaklar boyunca rutil mineralleri gözlenir. Yoğun gaz boşluğu içeren bazalt örneklerinde ise boşluk dolusu manyetitler boşluğun merkezinde özşekilli olarak, boşluğun çeperinden itibaren de özşekilsiz olarak, gözlenir (Şekil 3F). Gaz boşlukları cevher mineralleri dışında çoğunlukla aktinolit, klorit, karbonat ve kuvars mineralleri ile doldurulmuştur. Gaz boşluklarında cevher minerali olarak manyetit dışında rutil, hematit ve ilmenit yaygındır.

Bölgede demir dışında ikinci önemli zenginleşme bakır-molibden-kurşun ve çinko cevherleşmeleridir. Cevherleşmeler genellikle granitik kayaçları ve riyolitleri kesen kuvars, turmalinli kuvars ve kalsit damarlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kuvars damarları bölgede, Akgün Tepe'nin kuzey-doğusunda ve güneybatısında riyolitler içerisinde, Karacaali Köyü kuzeyinde porfirik granitler içerisinde yaygın olarak gözlenir. Bölgede haritalanamayan ölçekte birçok kuvars damarı bulunmaktadır. Kuvars damarlarının genel doğrultusu kuzey-doğu-güneybatıdır. Damarların kalınlığı oldukça değişkendir. Genellikle kuvars damarlarının kestiği kayaçlarda, damarın her iki dokanağında kayaçlar daha koyu renklerde, kırıntılı ve yer yer döküntü şeklinde gözlenir. Damarlarda cevher mineralleri olarak pirit ve kalkopirit kolaylıkla tanınabilmektedir. Sondajlarda (K-1a, K-2a, K-3) cevherleşmenin genellikle porfirik-granitleri kesen kuvars damar ve damarcıklarına bağlı olarak geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 5). Damarlar genellikle birbirine paralel ve dik yada dike yakındır. Damarlarda gözlenen en yaygın mineraller kalkopirit, pirit, bornit, molibdenit, kalkozin, kovelin, hematit ve manyettittir. Kuvars damarları dışında kalsit damarları da gözlenmektedir. Kalsit damarlarında yaygın cevher minerali galenittir. Kuvars ve kalsit damarlarına bağlı gelişen cevherleşme dışında porfirik granitlerin kırık ve çatlakları boyunca sıvama şeklinde cevherleşme ve porfirik granitler içerisinde saçınımlı cevherleşme gözlenir.

SONUÇ ve YORUM

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, çalışma alanında yer alan bazik kayaçların Kretase yaşlı

Ankara melanjı olarak bilinen ofiyolitik kayaçların bir üyesi olduğu ifade edilmiştir (Kaya, 2002). Demir zenginleşmeleri içeren bazik kayaçların önceki bölümlerde anlatılan dağılımları, konumları, granitik kayaçlarla ilişkileri, makro ve mikro ölçekteki dokusal özellikleri bu kayaçların Kretase yaşlı litolojiler olmadıklarını, granitik bir magma içine sokulum yapan Kretase'den daha genç bir magmatizmayı temsil etmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Bazaltik kayaçların jeoloji haritasındaki (Şekil 2) konumları, bazaltların batıya doğru harita ölçeğinde ayırtlanamayacak ölçüde iç içe bulunan ayırtlanmamış bazalt-riyolit/riyodasitlere (Şekil 2) ve daha sonrada riyolit/riyodasitlere geçiş göstermesi ve bu kayaçların birbiriyle olan dokanak ilişkileri, bazaltik kayaçların granitleri ve riyolit/riyodasitleri kestiğini ve onlarla değişik oranlarda karıştığını ifade etmektedir. Diğer taraftan farklı yapı ve kristallenme derecesine sahip bazaltik kayaçların varlığı, bazaltik magmanın birden fazla evrede yerleştiğini işaret etmektedir. Ayrıca granitlerin yaygın olarak porfirik yapıları olmaları, granitlere kuvarsporfir gibi subvolkanik damar kayaçları ve riyolit/riyodasit gibi volkanik kayaçların eşlik etmesi granitik magma içine bazaltik magma enjeksiyonunun yüzeye çok yakın derinliklerde gerçekleştiğini kanıtlamaktadır. Bunun yanı sıra bazaltlar içinde granitik kayaçlara ait anklavların varlığı, porfirik granitlere ait iri plajiyoklaz fenokristalleri içerisinde plajiyoklaz mikrolitlerinin gözlenmesi, granitik kayaçlarda plajiyoklazların yaygın olarak süngerimsi doku göstermesi bazaltik magma-granitik magma karışımına işaret etmektedir. Ayrıca bazaltlarda gözlenen yastık yapılarının, bazaltik magmanın üst seviyelerinde, granitik-bazaltik magma dokanağında sıcaklık farkından dolayı gelişen konveksiyon akımları sonucu oluştuğu düşünülebilir (Reid ve diğ., 1983, Wiebe ve Collins, 1998, Wiebe ve diğ., 2000).

Cevher oluşumu açısından düşünüldüğünde ise son derece sınırlı bir alanda hem demir gibi oksitli hemde bakır-molibden-kurşun-çinko gibi sülfürlü zenginleşmelerin birarada farklı kayaçlar içinde yer almaları, bunların oluşumlarının farklı magmalar arasındaki karışım süreçleri ile ilişkili olması gerektiğini ifade etmektedir. Ayrıca kimyasal açıdan düşünüldüğünde Cu-Mo-Pb-Zn ve Fe

zenginleşmelerinin aynı ortamda bulunmaları sadece granitik veya sadece bazaltik magmaya bağlı olarak açıklanamaz. Demir, bakır, çinko elementleri bazik kayalarda zenginleşirken, molibden ve kurşun granitik kayalar için karakteristiktir (Krauskopf, 1982; Rose ve diğ., 1979). Bu bilgilerin ışığında, çalışma alanındaki cevherleşmelerinin oluşumu bazaltik ve asidik magma karışım süreçleri çerçevesinde daha kolay açıklanabilir (Şekil 6).

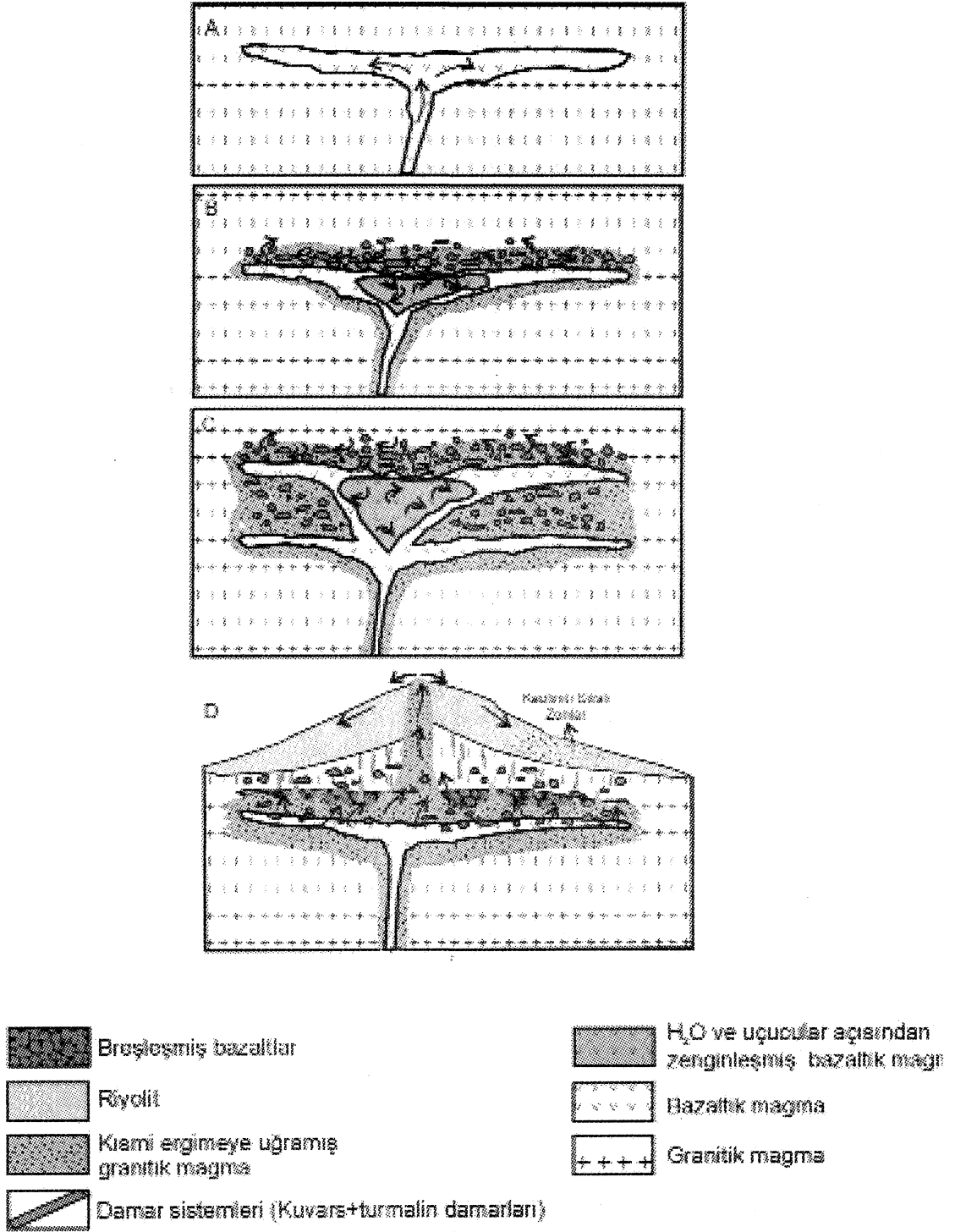
Granitik magma Lütseyenden önce (Paleosen) bölgeye yerleşmiş olmalıdır (Norman, 1972, 1973). Yerleşim derinliğinin oldukça sığ olduğu (3-5 km), granitlerin porfirik yapılı olmasından anlaşılmaktadır. Bazaltik magmanın granitik magma içine ne zaman sokulum yaptığı konusunda elimizde somut yaş tayini bulguları yoktur. Bazik kayaların Paleosen yaşlı granitoidleri kestiği aynı kuşağın doğusunda Yozgat yöresinde Ketin (1954 ve 1955) ve Gez (1959) tarafından da ifade edilmekte; fakat o bölgede de somut bir yaş verisi bulunmamaktadır. Diğer taraftan Norman (1972,1973) Karacaali Köyünün 1 km batısında granitleri kesen bazik, doleritik daykların Pliyosen tabanında görülen yastık yapılı bazaltlarla ilişkili olabileceğini ifade etmektedir. Ancak çalışma alanında Eosen yaşlı birimlerin taban konglomerasında yaygın olarak kuvarsporfir ve granitoid çakılları gözlenmektedir. Kuvarsporfirler bazik volkanikleri keser durumda oldukları için bazaltik kayalar porfirilerden daha yaşlı olmalıdır. Bu nedenle dokanak ilişkilerinden bazaltik kayalar için Lütseyen-Paleosen yaş aralığı dolaylı olarak kabul edilebilir. Çalışma alanında granitik kayalarla batıdaki Eosen-Oligosen yaşlı örtü birimlerinin dokanağı faylı olup granitik kayalar örtü birimlerine göre yükselmişlerdir. Örtü birimlerinin taban konglomerası dokanakta yaklaşık 90°'lik bir eğime sahiptir. Granitlerin bu yükselimi ve Norman'ın (1972, 1973), bahsettiği daha genç yaşlı bazaltik dayk ve bazaltlar, Miyosen yaşlı genç tektonik hareketlerle ilişkilendirilebilir. Demir cevherleşmesi içeren çalışma alanındaki Lütseyen-Paleosen yaşlı bazaltik kayaların yüzeyde mostra vermesi bu Miyosen yaşlı düşey hareketlere bağlanabilir.

Lütseyen-Paleosen yaşlı bazaltik ma¹ na sokulum yaptığı zaman granitik magmada kristalleşme büyük ölçüde tamamlanmış olmalıdır.

Bu oldukça keskin bazik kayaç ve granit dokanaklarından anlaşılmaktadır. Ayrıca bazaltlar içindeki granitik anklavların oldukça düzgün kenarlara sahip olması, bir geçiş zonunun gözlenmemesi bu gözlemi desteklemektedir. Kristalleşmesini büyük ölçüde tamamlamış granitik magma ile bazaltik magma arasındaki yoğunluk ve sıcaklık farkı nedeniyle ilk aşamada büyük ölçüde bir karışım olmamış (Wiebe ve Collins, 1998), bazaltik magmanın granitik magma içinde yayılımı sınırlı kalmış, yoğunluk farkı nedeniyle de yukarı çıkamayan bazaltik magma sınırlı, yanal yayımlı bir bazaltik magma ocağı oluşturmuş olmalıdır (Şekil 6A.). Bazaltlarda gözlenen yastık yapılarının, bazaltik magmanın üst seviyelerinde, granitik-bazaltik magma dokanağında sıcaklık farkından dolayı gelişen konveksiyon akımları sonucu oluştuğu düşünülebilir (Reid ve diğ., 1983, Wiebe ve Collins, 1998, Wiebe ve diğ., 2001).

Bazaltik magma enjeksiyonu tek fazla sınırlı kalmamış birbirini takip eden fazlar şeklinde gelişmiş olmalıdır (Şekil 6B-C). Bu, önceki bölümlerde anlatılan farklı yapı-dokuya sahip bazaltik kayaç türlerinden anlaşılmaktadır. Sonraki bazaltik magma enjeksiyonları granit içindeki bazaltik magma ocağının hacmini artırmış olmalıdır. Diyoritik ve mikro gabroik bileşimli bazik kayaların varlığı bazaltik magma ocağında kristalleşme ve farklılaşmanın da gerçekleştiğini ifade etmektedir. Buyüzden bazaltik magma ocağının dokanaklarında bazaltik magmaya göre nispeten soğuk olan granitik magmada sıcaklık ani olarak artmış olmalıdır. Sıcaklık artışıyla birlikte granitik magmada kısmi ergimelerin geliştiği, bu kısmi ergimelerin granitik-bazaltik magma karışımını ve granitik magmanın yanal yayılımını artırıcı yönde rol oynadığı düşünülmektedir. Ergiyen granitik magma, yoğunluk farkı ve uçucu fazların etkisiyle damar-dayk kayaçlarını (kuvarsporfir) ve yüzeyde riyolit/riyodasit kayaçlarını oluşturmuş olmalıdır (Şekil 6D). Granitoidler içindeki kuvars-karbonat damarlarına bağlı Cu-Mo±Pb±Zn cevherleşmelerinin bu kısmi ergime süreçleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Granitlerde bazaltik magma intrüzyonları ile gelişen kısmi ergimeler, Sparks ve diğ., (1977), McBirney, (1980), Reid ve diğ., (1983), Gourgand ve Thouret (1989) gibi araştırmacılar tarafından da değişik bölgelerde gözlenmiştir.

KARACAALI DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ



Şekil 6 Karacaali magmatik kompleksi kayaçlarının oluşum mekanizmasının idealleştirilmiş şematik gösterimi (Delibaş, 2002'den alınmıştır).

Figure 6 Idealized schematic display of formation mechanism of the Karacaali magmatic complex rocks (taken from Delibaş, 2002).

Bazaltik magmada ise granitlerle dokanaklarında iç kesimlere göre daha çabuk soğuma nedeniyle kenarlardan itibaren kristalleşip katılaşmakta, merkezi kesimlerde ise artık çözeltiler açısından bir zenginleşme beklenmektedir (Sakuyama, 1984, Sha, 1995) (Şekil 6B). Bazaltik magmadaki bu ani soğuma, demiroksitce zengin fazın silikat fazdan ani olarak ayrılmasına ve de demir cevherleşmelerinin oluşumuna neden olmuş olmalıdır. Bazaltik magmanın içindeki artık sulu faz basıncının zaman zaman litostatik basınç değerinin üzerine çıkarak ani olarak geçmesi ve tektonik nedenlerle oluşan kırık çatlaklarda magmadan ayrılması, manyetit-aktinolit damarlarını oluşturmuş olmalıdır. Bazaltlarda gözlenen yoğun gaz boşlukları, kmk-çatlaklardaki ve breşlerin boşluklarındaki aktinolit, klorit, kuvars ve manyetitler ve ayrıca granitler içindeki manyetit damarları bu kanıyı desteklemektedir. Bazaltlar dışında, granitlere bağlı bakır ve molibdenli kuvars damarları ise bu sistemin daha düşük sıcaklık zonlarında oluşmuş olmalıdır. Bölgede gözlenen alterasyonlar da bu savı destekler niteliktedir. Granitler ve bazik kayalar içinde, manyetiti i damarlarla ilişkili olarak, başlıca turmalin, aktinolit, feldispat ve epidot alterasyonları gibi yüksek sıcaklık ifade eden alterasyonlar gözlenirken, riyolit/riyodasitler içinde killeşme, silisleşme, alünilleşme gibi daha düşük sıcaklıkları işaret eden yüzeysel veya yüzeye çok yakın alterasyonlar gözlenmektedir. Yüksek sıcaklık altşasyonları genelde lokal damarlara bağlı olarak gelişirken, düşük sıcaklık alterasyonları daha bölgesel ölçekte gözlenmektedir.

Dokanak ilişkileri, yapısal-dokusal özellikler ve yan kayaç alterasyonları birlikte değerlendirildiğinde; Karacaali magmatik kompleksinde gözlenen demir, bakır-molibden ve kurşun-çinko zenginleşmelerinin aynı magmatik süreçlerin ürünleri olmaları gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu zenginleşmelerin, granitik bir magmayla bunun içine sokulum yapan bazaltik bir magma arasında gelişen etkileşim, karışım ve farklılaşma süreçleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 1. yazarın 2. yazar gözetiminde Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünü içermektedir. Yazarlar, arazi çalışmaları sırasında yardımları için Ercan Kuşçu, Halil Türkmen ve Oktay İşbaşarı'ya ve ayrıca değerli katkı ve eleştirileri için Prof. Dr. Taner Ünlü'ye teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

Karacaali magmatic complex, located at 1 Okm northeast of Kırıkkale town center, within the Kırşehir İ31-al topographic quadrangle of Turkey of 1/25. 000 scale mainly contains iron, copper-molybdenum and lead mineralisations (Fig. 1). Complex consists of plutonic, sub-volcanic, volcanic rocks and veins. Plutonic rocks are comprised of porphyritic granite, magnetite granite, granular granite. Sub-volcanic rocks and veins are quartz porphyry rocks, carbonate-, quartz-, tourmaline-, and quartz-tourmaline-veins (Fig. 2).

The most common granitic rock type found in the Karacaali Magmatic Complex is porphyritic granite. It is located at northeast and southeast of the complex. Porphyritic granites are the host rock to sulphide(Cu-Mo, Pb-Zn)-quartz-veins. It has sharp contact with quartz porphyry and basaltic rocks. The basaltic dikes and vertical quartz-, tourmaline-quartz-, tourmaline- and carbonate-veins cut the porphyritic granite. Along the tourmaline veins, feldspathic alterations are also very common. According to Norman(1972, 1973) granitic rocks are Paleocene in aged.

In Karacaali Magmatic Complex, basalts hosting iron mineralizations are divided into five groups according to structures, textures, colour and mineral contents. These basalt types are brecciated basalt, porphyritic basalt, fine grained basalt, magnetite basalt and basaltic andesite. Almost all basalt types contain enclaves. These enclaves show variations in size, shape and composition. Enclaves have sizes ranging from those recognizable on microscopic scale up to 20-30cm on field and recognizable on field have sharp contacts with their host. Enclaves have been boardly classified into two groups: (i) granitic enclaves and (ii) basaltic-dioritic enclaves. To the north basaltic rocks shows pillow structures in the basalts. Generally this structures

KARACAALÎ DEMİR, BAKIR-MOLİBDEN VE KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

3m in height and 5-1 Om in length. These structures are well-packed and green-dark green coloured.

Iron mineralization is basically within the basalts. The main mineral of this mineralization is magnetite. Furthermore, granitic rocks contain magnetite-veins in fault and fractures. Different mineralization types within the basalts are observed; (a) stockwork veins and cavity fillings in brecciated and magnetite basalts (Figure 4a), (b) matrix of the magnetite basalts (Fig. 3A-C-D-E) and (c) veins along to fracture and fault zone in the basaltic rocks. Generally, In iron mineralizations hematite, ilmenite, rutile, pyrite and chalcopyrite are seen with magnetite. The common gangue minerals are actinolite, chlorite and epidote. Actinolitization and chloritization are common alteration types in this mineralization. The iron oxide grade is within the range of 15-60%FeO.

Cu-Mo, Pb-Zn mineralization, is seen with vertical or nearly vertical quartz-, quartz-tourmaline- and calcite-veins in granitic rocks. The main minerals of sulfide mineralization; chalcopyrite, sphalerite, galena, molybdenite and pyrite. Alteration types are silicification, kaolinization and tourmalinization. The copper, molybdenum, lead and zinc grades are <1.4 %Cu, <0.4 %Mo, <0.1 %Pb, <0.2 %Zn respectively.

According to the contact relations together with the structural-textural characteristics and wall rock alteration, iron and sulfide mineralizations in the Complex are the products of basaltic and granitic magma. It is suggested that these mineralizations are associated with the interaction, mixing and differentiation processes taking place between the granitic and basaltic magma. These data support the magma mixing processes are; Disturbances of basalts, pillow structures in basalts, granitic enclave in basalts and nevertheless, Cu-Mo, Pb-Zn and Fe mineralizations can not be explained with a single acidic magma or a single basic magma. Iron, copper and zinc elements are characteristic for basic rocks, while molybdenum and lead are characteristic for granitic rocks (Krauskopf, 1982; Rose et.al., 1976).

According to this informations, formation of the rocks and mineralizations in Karacaali magmatic complex are easily explained with the basic

and asidic magma mixing processes (Fig. 6).

DEĞİNİLEN BELGELER

Delibaş, O., 2002, Karacaali (Kırıkkale) Granitoyidi Demir, Bakır-Molibden ve Kurşun Cevherleşmelerinin Oluşumu ve Kökeni. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 102 s (yayınlanmamış).

Gez, S., 1959. Kırşehir-Yozgat Stratigrafik Profili Hakkında. M.T.A. Derleme No:2747, 30s (yayınlanmamış).

Gourgaud, A. and Thouret, C., 1989. Magma mixing and petrogenesis of the 13 November 85 eruptive products at Nevado del Ruiz (Colombia). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 41,79-96.

İşbaşarı, O., Arda, N., Tosun, S., 2002, Kırıkkale-Karacaali demir cevherleşmesi ve Orta Anadolu manyetik anomali sahaları jeoloji ve jeofizik Raporu. M.T.A. Derleme No: 10534, 67s. (yayınlanmamış).

Kaya, C, 2002, Karacaali (Kırıkkale) demir yatağının maden jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 127 s (yayınlanmamış).

Kayakıran, Ö., 1999, Karacaali-Kızıldere (Kırıkkale) civarındaki Pb-Zn-Cu±Mo cevherleşmeleri ve yan kayaç olan granitoidlerin incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 137 s (yayınlanmamış).

Ketin, İ., 1954. Yozgat bölgesinin jeolojik löveri hakkında rapor. M.T.A. Derleme No:2141, 50s (yayınlanmamış).

Ketin, İ., 1955. Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 6(1), 1-29.

Krauskopf, B.K., 1982. Introduction to Geochemistry. Earth and Planetary Sciences Series, McGraw-Hill Int. Edt., 617 s.

Kuşçu, E., 1999. Karacaali Köyü (Kırıkkale) ve Civarının Jeoloji Haritası. M.T.A. (rapor yazım aşamasında).

McBirney, A.R., 1980. Mixing and unmixing of magmas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 7, 357-371.

Norman, T., 1972. Ankara Yahşihan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer İstifinin Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 15(2), 180-277.

Norman, T., 1973. Ankara Yahşihan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer istifinin sedimantasyonu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 16(1), 27-41.

Rose, A.W., Hawkes, H.E. and Webb, J.S., 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. Academic Press Inc, London, 635s.

Reid, B., Jr Evans, CO. and Fates, G.D., 1983. Magma mixing in granitic rocks of the Central Sierra Nevada, California. *Earth and Planetary Science Letter*, 66, 243-261.

Sakuyama, M., 1984. Magma mixing and magma plumbing systems in island arcs. *Bulletin of Volcanology*, 47-4 (1), 685-702.

Sha, K.L., 1995. Genesis of zoned hydrous ultramafic/mafic-silicic intrusive complexes: an MHFC Hypothesis. *Earth and Science Reviews*, 39, 59-90.

Sparks, S.R.J., Sigurdsson, H. and Wilson, L., 1977. Magma mixing: A mechanism for triggering acid explosive eruptions. *Nature*, 267, 315-318.

Wiebe, R.A. and Collins, W.J., 1998. Depositional features and stratigraphic sections in granitic plutons: Implications for the emplacement and crystallization of granitic magma. *Journal of Structural Geology*, 20(9/10), 1273-1289.

Wiebe, R.A., Frey, H. and Hawkins, D.P., 2001. Basaltic pillow mounds in the Vinalhaven intrusion, Maine. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 107, 171-184.

Makale Geliş Tarihi : 12 Mayıs 2003
Kabul Tarihi : 25 Ocak 2004

Received : May 12, 2003
Accepted : January 25, 2004