



Şükrüpaşa sokulumu (Dereköy-Kırklareli) ile ilişkili Cu-Mo cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal izcilikleri

Geology, mineralogy and geochemistry of the Cu-Mo deposit associated with the Şükrüpaşa intrusion, Dereköy, Kırklareli

Ui Haydar Gültekin İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı, Maslak, 80626 İstanbul.

Öz

Şükrüpaşa sahasının jeolojisini; metagranitlerden oluşan temel kayalar üzerine uyumsuzlukla gelen Mesozoyik yaşlı kireçtaşları, şist-kalkışit ve metakumtaşlarından oluşan örtü-tortul kayalar ile bu kayaları kesen Geç Kretase yaşlı Şükrüpaşa sokulumu oluşturur. Şükrüpaşa sokulumu, adayayı karakterli Srednogorie-Istranca granitoid zincirinin bir parçasını oluşturur.

İnceleme alanında cevherleşme, sokulum-örtü kayaları dokanalarında pirometasomatik türde, büyük çoğunlukla granodiyorit ve tonalit bileşiminde olan sokulum kayaları içinde saçınımlı, ince damar ve ağsallık şeklinde gelişmiştir. Başlıca cevher mineralleri pirit, kalkopirit, molibdenit ve şelit oluşturur. Bu minerallere birincil magnetit, bornit, pirotin, Bi-mineralleri, sfalerit, galen, enarjit, neodijenit, arsenopirit, ilmenit, ilmenomanyetit, rutil, anatas ve psilomelan; ikincil olarak da kalkosin, kovelin, malakit, azurit, limonit ve götüt gibi mineraller eşlik eder. Yatakta ortalama bakır içeriği %0.41, molibden içeriği %0.08 olup, yüksek cevher içeren alanların yayılımı skarnlarla uyumluluk gösterir.

Anahtar sözcükler: Cu-Mo cevherleşmesi, Jeokimya, Srednogorie-Istranca zonu, Şükrüpaşa sokulumu.

Abstract

In the Şükrüpaşa area studied, the rocks are made up of Mesozoic limestones, schist, calc-schist, and metasandstones which unconformably overlay a basement of metagranitic rocks and the intrusive rocks of Cretaceous age. The Şükrüpaşa intrusion forms a part of the Srednogorie -Istranca granitoid chain identified as the island-arc type plutonism.

The mineralization in the study area occurs as pirometasomatic type in the contact zone between the intrusive and sedimentary cover rocks, and as disseminated, fine vein, and stockwork types in the calc-alkaline magmatic rocks, mainly including granodiorite and tonalite. Major ore minerals are pyrite, chalcopyrite, molybdenite, and scheelite. Primary magnetite, bornite, pyrrhotite, Bi-minerals, sphalerite, galena, enargite, neodigenite, arsenopyrite, ilmenite, ilmenomagnetite, rutile, anatase, and psilomelane and secondary chalcocite, covellite, malachite, azurite, limonite and goethite accompany to these minerals. The average contents of Cu and Mo are 0.41 percent and 0.08 percent respectively and it was determined that the most important mineralizations are associated with the contact zone.

Key Words: Cu-Mo mineralization, Geochemistry, Srednogorie-Istranca zone, Şükrüpaşa intrusion.

GİRİŞ

İnceleme sahası, Istranca masifi içinde Kırklareli'nin 54 km kadar kuzeydoğusunda Şükrüpaşa köyü ile Rezve deresi arasında yaklaşık 15 km²'lik bir alanı kaplar. 1970'li yılların başından itibaren Cu-Mo cevherleşmesine

yönelik pek çok çalışmaya sahne olan araştırma sahası, Istranca metalojenik provensinin bir parçasını oluşturur.

Istranca Masifi, Üst Kretase yaşlı bir kaç km² ile yüzlerce km²'lik alanlarda yüzeylenmiş sayısız nötr-asitik magmatik kayalar içerir. Subhersinyen magmatik-yay

granitoidlerince simgelenen bu kayaçlar, tüm Mesozo-yik ve Senozoyik boyunca Tetis'in kuzey kolunun bir aktif kıta kenarı olan Karpat-Balkan-Pontid kuşağının Srednogorie-Istranca zonü içinde yer alır. Trakya'da Istranca dağlarında, Bulgaristan'da Srednogorie kesiminde ve Doğu Sırbistan'da izlenen bu yapısal-metalojenik zon irili ufaklı bir çok cevherleşme içerir.

Şükrüpaşa sahasında maden prospeksiyonuna ilişkin ilk çalışmalardan biri Aral (1976) tarafından gerçekleştirilmiş, cevherleşmeye dair ilk veriler elde edilmiştir. Daha sonraki yıllarda doğrudan Şükrüpaşa cevherleşmesiyle ilişkili jeolojik, mineralojik, petrografik ve kimyasal çalışmalar Çubukçu (1979), Taner (1981), ve Taner ve Çağatay (1983), Acar ve Taner (1983) tarafından sürdürülmüştür. 1981 ve 1983 yıllarında ise M.T.A. Enstitüsü tarafından Şükrüpaşa sahasında toplam 19 ayrı lökasyonda sondaj çalışmaları yapılmış, cevherleşmenin rezerv ve tenörüne yönelik bazı ön bilgilere ulaşılmıştır.

Üst Kretase mağmatizmasına bağlı Istranca Cu-Mo cevherleşmeleri anakayaç içinde saçılımlı, damar ve kontakt tip oluşumlar şeklinde izlenir. Bulgaristan'daki Balkan kıvrım sistemi ile Rodop ara masifi ve Pontidlerden oluşan, Batıda Sofyadan başlamak üzere Doğu'ya doğru Azarbecyan'a kadar uzanarak çatallanan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde önemli porfiri cevherleşmelerin varlığı (Çağatay ve Çağatay 1978; Aral ve Erler 1981), benzer türde yatakların Istranca masifinde bulunabileceğini düşündürmüştür, son yıllarda araştırmaların bu yönde yoğunlaşmasına yol açmıştır. Bu amaçla çalışmaların yoğunlaştığı başlıca alanlardan biri de Şükrüpaşa cevherleşmesi olmuştur.

Bu çalışmada, Istranca masifinin Kuzeybatı ucunda yer alan Şükrüpaşa sokulumu ve onunla ilişkili bakır cevherleşmesi üzerinde sürdürülmüş olan petrografik, mineralojik ve kimyasal çalışmaların bazı sonuçları sunulmuş, saha verileri ile sondaj verileri bir arada değerlendirilerek cevherleşmenin içeriği, yayılımı ve anakayaçla olan ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MADEN YATAĞININ JEOLJİSİ

Bölgesel Jeoloji

Şükrüpaşa cevherleşmesine benzer bir çok mineralizasyon içeren Istranca masifi, Türkiye tektonik birliklerinden birini oluşturan Pontitlerin KB ucunda Doğu Rodop ve Srednogorie yapısal-metalojenik zonların Türkiye uzantısı içinde yer alır (Bogdanov ve diğ., 1974; Boncev, 1974).

Istranca Masifinin temelini Permian ve öncesi yaşlı

yüksek derecede metamorfizmaya uğramış metagranit oluşturur. Bu yüksek dereceli metamorfiklerden alınan bir metagranit örneği 245 my'lık bir Rb/Sr isokron vermiştir (Aykol and Tokar 1993). Kırklareli'nin Kuzeyinde KB-GD yönünde geniş bir alanda oldukça iyi 1 şekilde izlenen bu çekirdek kayaçlar, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı düşük dereceli metamorfizma etkisinden kalmış çökel kayalar tarafından örtülür. Temeli örtü bu tortul kökenli metamorfik kayaçlar, temel kristal kayaçlarla aynı tektonik doğrultuya sahiptir ve Alp orijenezi etkisi ile yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Üst Kretase yaşlı KB-GD doğrultulu çoğunlukla granodiyoritik bileşimli intrusiflerle kesilen örnekler kayaçların etrafında, tüm Istranca'da yaygın olan hornfels ve skarn zonları gelişmiştir. Konglomeratik bir seriyeye ile başlayan Senozoyik yaşlı volkanosedimanter kayaçlar daha yaşlı birimlerin hepsini örter. Bölge genelinde Eosen'de başlayan tektonik hareketlerin bir sonucu olarak da Trakya Tersiyer havzası gelişmiştir.

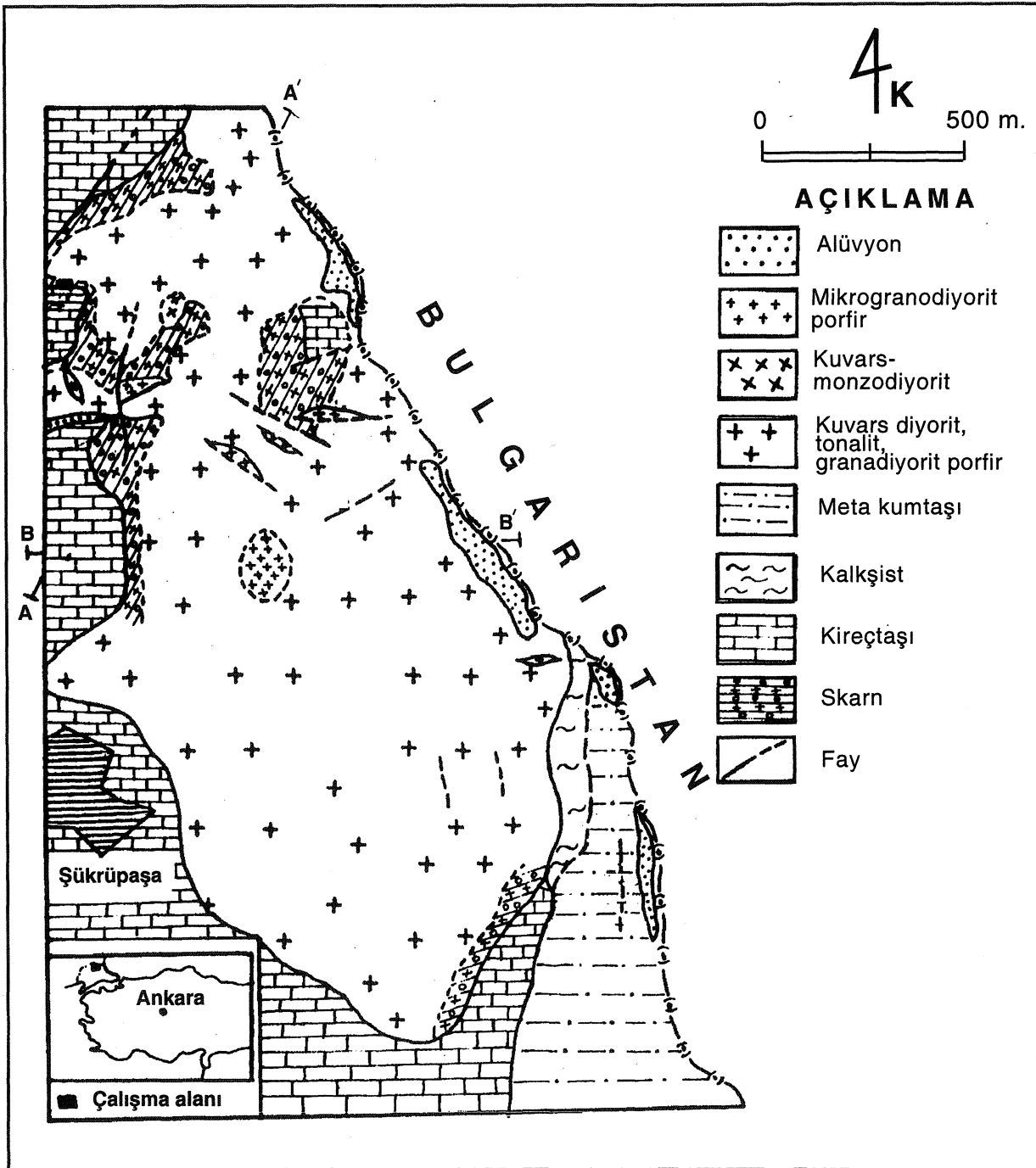
Istranca masifi çekirdek kayalarından KB-GD doğrultulu ana tektonik hatlar boyunca sokulum yapan Kretase intrusiflerinin Srednogorie'nin kapanmasıyla ilgili oluşmuş yay mağmatizması ürünleri oldukları düşünülmüştür (Karaguleva ve diğ., 1979). Gabro, diyorit, monzonit, siyenit, granodiyorit, monzogranit, kuvars çiyorit, granit, lokogranit, mikrogranit, diyorit porfir ve aplit bileşimler sergileyen bu post tektonik sokulumlu pek çok yerde düzenli bir fraksiyonel kristalleşme ilişkisi yansıtan çoğunlukla küçük hacimli batolitler şeklinde izlenirler. Bununla birlikte cevherleşmeye yataklık kayaçlar yaygın şekilde granodiyorit, kuvars diyorit, tnalit ve porfirlerinden oluşur.

Şükrüpaşa Sahasının Jeolojisi

Çalışma sahasında yüzeylenen kaya birimleri Doğu Rodop kristalin masifinin Jura yaşlı örtü kayaçları ile karşılık gelen birimler ile bunları kesen Geç Kretase yaşlı sığ sokulum kayalarından oluşur (Şekil 1). Bölgesel metamorfizmaya uğramış örtü kayaçların sokulum yapan kontaktlarında, yer yer ekonomik boyutta olan ve izletmeciliği 150 yıl kadar geriye gidebilen skarn zonları gelişmiştir. Bulgaristan tektonik birliklerinden Rodop ara masifine karşılık gelen çekirdek metagranitleri çalışılan alanda mostra vermez.

Metamorfik örtü paketi, çekirdek kayaçlar üzerine Triyas'tan itibaren uyumsuzlukla başlayarak Kretase'ye kadar devam eden bir zaman aralığında çökelmiştir. Çalışma sahasının kuzeybatı ve güney kesimlerinde genelleşen bu birimler, kireçtaşı-şist-kalkşı ve metakumtaşları tarafından temsil edilir. Bölgesel m

ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ



Şekil 1. İnceleme alanının jeolojik haritası
Figure 1. Geological map of the study area

tamorfizma etkisiyle kısmen kristalleşmiş olan kireçtaşlarının intrusif kayalarla olan dokanakları tamamen mermerleşmiş ve skarnlaşmıştır. Metamorfik örtü paketinin en yaygın birimini gri-beyaz-sarı renkli, yer yer do-

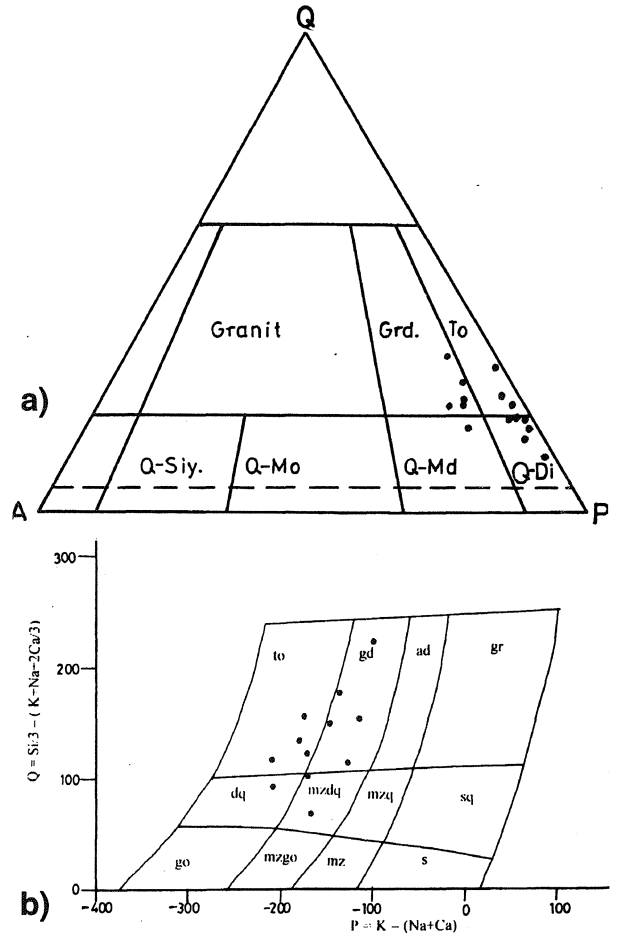
lomitik seviyeli kireçtaşları oluşturur. Daha doğuda, Kıyıköy civarında metamorfik çökel kayaların tabanını çekirdek kayaların üzerine diskordansla gelen kanal dolgusu tipinde çakıltaşları ile metakumtaşları oluştur-

maktadır. Çalışılan alanda izlenmeyen bu birim yanal olarak, küçülen tane boyu ile birlikte kanal dolgusu akarsu çökellerinden, denizel ortamda çökelmiş olan metamorfik birimlere geçiş gösterir. Birbirleri ile ardalanmalı olan örtü kayaçları fosilsiz olup arazi gözlemlerine göre en az iki deformasyon evresinde kıvrılmıştır. Genel olarak birimde mikro kıvrılma dışında dik, devrik, yatık eksen düzlemlili izoklinal kıvrımlar gözlenmiştir. Şist-kalkışitler, sahanın güneydoğusunda Rezve deresi boyunca K-G doğrultusunda oldukça iyi mostra verirler. Gri, yeşilimsi sarı ve siyah renklerde bantlı yapı sunan bu kayalar esasen kuvars, feldspat ve mikalardan oluşmuşlardır ve az oranda pirit ve kalkopirit gibi cevher mineralleri içerirler. Birimin özellikle granodiyorit porfirlerle olan dokanaklarında granat, diyopsit, epidot, andaluzit, korund, alkali feldspat gibi mineraller teşekkül etmiştir. Çoğunlukla kalkışitleri üzerleyen metakumtaşları grimsi-beyaz renkli, çapraz tabakalı olup kuvars, serizit, klorit ve az oranda feldspat içerir. Çalışma alanı dışında metamorfik tortul kayaçların tabanını oluşturan denizel çökel kayaçları ile olan dokanakları tektoniktir. Sokulum kayaçları ile olan dokanaklarında ise metamorfik mineraller gelişmiştir.

Şükrüpaşa çevresinde izlenen kontakt metamorfik kayaçlar sokulumun kestiği örtü kayacının türüne göre farklılıklar gösterir. Kireçtaşları ile olan kontaklarda mermerler, buna karşın şist-kalkışit ve metakumtaşları ile olan kontaklarda ise hornfelsler gelişmiştir. Istranca masifinin genelinde bu tür kayaçlar oldukça ilgi çekicidir. Esasen bölgesel etkili metamorfizmaya uğramış olan örtü paketi, dokanakları boyunca sokulumlarla birlikte tekrar termik metamorfizmaya uğrayarak mineralojik ve petrografik olarak değişiklikler göstermiştir. Yer yer andaluzit ve sillimanit gibi minerallerin oluşmuş olması (Bürküt 1969), metamorfizma esnasında sıcaklığın oldukça yükselmiş olduğunun bir işaretidir. Şükrüpaşa sahasında gözlenen mineral birlikleri dikkate alındığında esas olarak klorit+muskovit+kuvars yada albit+muskovit+klorit+epidot birliğinden ibaret albit-epidot hornfels fasiyesi ile diopsit+vollastonit+granat birliği ile diopsit+andaluzit+granat birliğince temsil edilen hornblend hornfels fasiyesinin geliştiği gözlenmiştir. Bu fasiyeslerde saptanmış olan biotit, muskovit gibi mineraller esasen bölgesel metamorfizma sonucu oluşmuş mineraller olarak düşünülmelidir. Kontaklarda bu tür silikat minerallerine değişen oranlarda pirit, kalkopirit, bornit, manyetit, şelit ve bizmut mineralleri eşlik eder.

Sokulum kayaçları çalışılan sahanın büyük bir kısmını kaplar. Bu kayaçlara ait modal analiz sonuçları

Çizelge 1'de topluca verilmiştir. Çoğunlukla açık gr, renkli, orta-ince taneli yaygın porfirik dokulu bu kayalar Streckeisen (1976) tarafından önerilmiş olan sınıflama diyagramına taşındığında bu kayaların esas olarak kuvars diyorit, tonalit bileşiminden granodiyorit bileşimine doğru değişim gösterdiği, yalnızca bir örneğin kuvars monzodiyorit alanında kaldığı görülmektedir (Şekil 2a). Aynı örnekler Debon ve Le Fort (1982) diyagramına taşındığında ise örneklerin benzer alanlarda kaldığı; ancak farklı olarak tonalit ve granodiyorit bileşiminde yoğunlaştıkları, kuvars diyorit, tonalit, granodiyorit doğru mineralojik ve kimyasal farklılaşma içinde oldukları görülmektedir (Şekil 2b). Buna göre hakim litolojinin biotit veya biotit-hornblend granodiyorit olduğu söy-



Şekil 2. Şükrüpaşa sokulumuna ait örneklerin a) QAF (Streckeisen 1976) ve b) P-Q diyagramlarında (Debon and Le Fort 1983) dağılımları.

Figure 2. Modal analysis of the selected samples plotted on the classification diagram recommended by Streckeisen (1976), and Q-P plots (Debon and Le Fort 1983) of the samples taken from the şükrüpaşa granitoid.

ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ

lenebilir. Istranca masifinde yaygınca izlenen sokulumlar Kretase yay mağmatizması ürünleri olarak dikkate alınırlar ve birbirlerini keser şekilde sokulumları aynı magmaya ait çok fazlı sokulumlar şeklinde yerleştiğini ortaya koyar. Gerek sokulum kayaçları gerekse de bunların kestiği örtü paketi pek çok NW-SE doğrultulu apolit, lamprofir ve kuvars damarlanca kesilmiştir.

Granodioritik sokulumlar gerek çalışılan alanda gerekse de Istranca masifinin genelinde oldukça yaygın, çoğunlukla porfirik dokulu plajiyoklaz, biyotit, hornblend ve az miktarda alkali feldspat ve ojitten oluşmuş kayaçlardır. Pirit, manyetit, ilmenomanyetit, ilmenit gibi mineraller opakları oluşturur. Aksesuar mineralleri ise sfen, zirkon ve apatit gibi mineraller teşkil eder. Hornblende sokulumun her tarafında rastlamak mümkündür. Biotit ojit dağılımı sınırlıdır. Bu kayaçlarda kayda değer diğer bir özellik manyetit bolluğudur. Hakim durumda olan plajiyoklazlar çoğunlukla zonlu yapıda izlenirlerse de polisitetik ikizli olanlarına da rastlanılır. K-feldspat ortoklaz bileşiminde olup, kuvars diyoritlere geçişte, özellikle de kontakt bölgelerine doğru kaybolur. Alterasyon sonucu plajiyoklazlarda serizitleşme, killeşme femik minerallerde ise kloritleşme ve epidotlaşma gelişmiştir. Bu kayaçlara ait modal analiz sonuçları % 28'lere kadar çıkabilen kuvars, % 50-60 arası plajiyok-

laz, % 4-8 biyotit, % 3-14 hornblend, % 7-11 K-feldspat ve % 4'e kadar çıkabilen ojit varlığını ortaya koyar (Çizelge 1).

Kuvars diyoritler beyaz, sarımsı beyaz ve gri renkli taneler dokulu, yerel porfirik dokulu kayaçlardır. Major minerallerini plajiyoklaz (yaklaşık % 60-70), amfibol (% 5-7), biyotit (% 8-15) ve kuvars (% 10-17) oluşturur. Kristallerin tane boylan 0.01 mm ile 20 mm arasında değişim gösterir. Yer yer tane boyları 20 mm'ye kadar çıkabilen plajiyoklaz kristallerinin miktarı % 30'a kadar yükselir. Oligoklaz, andezin bileşimli plajiyoklazlar yarı özşekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde, çoğunlukla zonlu yapıda izlenirler. Alterasyon sonucu kısmen serizit ve kil mineralleri gelişmiştir. Kuvars mineralleri esas olarak diğer mineraller arasındaki boşlukları doldurmuştur. Kayacın tali minerallerini genellikle rutil, anatas, titanit ve opak mineraller (manyetit ve ilmenit) teşkil eder. Porfirik dokunun izlendiği örneklerde iri plajiyoklaz kristalleri kayacı oluşturan minerallerin mikrokristallerinden müteşekkül matris içinde dağılmış durumdadır.

Tonalitler büyük çoğunlukla hipidiomorf kristaller halinde yer yer zonlu ve altere olmuş plajiyoklaz, hornblend, kloritleşmiş biyotit, kuvars ve az miktarda alkali feldspattan oluşur. Porfirik dokulu tonalitler ufak ve eşboyutlu kuvars taneleri ile birlikte kristal boyutu 2 mm'ye kadar çı-

Çizelge 1. Şükrüpaşa sahasında yüzeylenen Kretase yaşlı sokulum kayaçlarının modal analiz sonuçları.

Table 1. Modal analysis for the Şükrüpaşa intrusion of Cretaceous age.

No	Q	P	Af	B	H	Au	Ac	Kayaç ismi
ŞP1	17.01	65.50	4.02	7.78	4.40	-	1.59	Kuvars-diyorit
ŞP2	28.10	50.23	7.49	4.18	9.60	-	0.89	Granodiyorit
ŞP5	17.29	51.33	10.95	4.45	13.91	-	2.07	Granodiyorit
ŞP9	15.47	59.17	2.99	14.06	7.12	0.39	0.80	Kuvars-diyorit
ŞP10	16.94	66.03	1.94	8.10	5.59	-	1.40	Kuvars-diyorit
ŞP11	12.75	66.53	3.48	9.44	6.67	-	1.13	Kuvars-diyorit
ŞP12	14.46	57.79	10.93	8.89	7.41	-	0.52	Kuvars-Monzodiyorit
ŞP15	19.82	54.67	7.60	7.95	3.65	3.61	2.69	Granodiyorit
ŞP16	24.03	54.63	1.03	11.27	6.43	-	2.61	Tonalit
ŞP17	21.65	63.51	3.13	7.91	3.05	-	0.75	Tonalit
ŞP17	18.48	53.92	8.72	5.01	13.69	-	0.48	Granodiyo
ŞP19	19.58	66.80	2.05	4.78	5.53	-	1.26	Tonalit
ŞP21	14.64	67.03	1.58	9.87	5.80	0.25	0.83	Kuvars-diyorit
ŞP23	9.02	70.98	1.90	10.43	5.88	-	1.79	Kuvars-diyorit
ŞP25	21.76	51.56	7.25	4.90	12.65	-	1.88	Granodiyorit

Q: Kuv ars, P: Plajiyoklaz, Af: Alkali Feldspat, B: Biotit, H: Hornblend, Au: Ajit, Ac: Tali Mineraller.

kabilen yaygın iri plajiyoklazlardan yapıldır. Tali mineralleri sefen, ilmenit ve manyetit teşkil eder.

Kuvars monzodiyoritler, diğer kayalara oranla Şükrüpaşa sahasının yayımları daha sınırlı olan kayaçları oluşturur. Mevcudiyetleri bir kaç örnekte tanımlanmış olmaktan öteye gitmez, Gri, koyu yeşil, siyahımsı renkli bu kayaçlar granodiyorit porfirlerle skarn zonları arasında gözlenmeleri ile dikkat çekicidir. Mineralojik bileşimleri esas olarak plajiyoklaz, K-feldspat, kuvars ile daha az olarak biotit ve amfibollerden oluşmuştur (Çizelge 1). Amfibollerin hornblend, plajiyoklazları ise andezin bileşiminde olduğu saptanmıştır. Zirkon, sfen, apatit, manyetit ve ilmenit tali mineralleri teşkil eder. Diğer yandan, saha gözlemleri ve mikroskopik çalışmalar çalışılan sahada granodiyoritleri yaklaşık D-B doğrultuda kesen mikrogranodiyorit porfirlerin varlığını ortaya koymuştur. İçerdikleri mineral türü yönüyle granodiyoritlerle benzerlik içinde olan bu kayaçlar dayak şeklindeki yerleşimleri ile farklı dokusal karakter kazanmıştır. Belirgin bir şekilde hamurun daha ince taneli olduğu bu kayaçlar kuvars ve plajiyoklaz fenokristalleri içermeleri ile dikkati çeker.

Şükrüpaşa sahasında tüm intrusif kayaçlar mağmatik aktivitenin son ürünleri olan gri-beyaz renkli aplit ve koyu renkli lamprofir dayakları kesilmiştir. Hipidiomorf taneli dokulu bu damar kayaçları da çok daha genç olan kuvars damarları kesilmiştir. Genellikle D-B doğrultulu olan lamprofirler aplit dayaklarına oranla daha fazla yayımlıdır ve Rezve deresi ve kolları boyunca bir çok yerde rahatlıkla izlenirler. Istranca'da Geç Kretase yaşlı volkanitlerle ilişkili olabileceği varsayılan bu kayaçlar mineralojik olarak plajiyoklaz, titanyumca zengin klinopiroksen, biotit ve opak minerallerden oluşurlar. İnce taneli kuvars ve feldspat kristallerinden oluşan aplitler, lamprofirlere oranla daha genç sokulumlarıdır.

Çalışılan sahada en genç birimi Rezve deresi ve yan kolları boyunca izlenen güncel alüvyonları oluşturur. Bir kaç metre kalınlığına kadar ulaşabilen bu çökeller çoğunlukla ince orta taneli, kötü boylanmış elemanlardan yapılabilmektedir ilmenit, manyetit, granat, turmalin, rutil ve zirkon gibi ağır mineraller içerirler.

ŞÜKRÜPAŞA GRANİTOİDİNİN JEOKİMYASI

Şükrüpaşa sahasında yer alan plutonik kayaçların oluşum ortamları, kökenleri ve jeokimyasal karakteristiklerinin ortaya konulması amacı ile, mikroskopik incelemeler sonucu seçilmiş olan 12 adet örneğin ana ve eser element analizleri yapılmış, sonuçları CLP .W. normları

ile birlikte Çizelge 2'de topluca verilmiştir. FeO içeriği titrasyon yöntemi ile, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 yaş kimyasal yöntemlerle, SiO_2 gravimetrik yöntemlerle saptanmış, diğer ana ve eser elementler ise atomik absorpsiyon spektrofotometre ve nötron aktivasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Ana elementler İTÜ Maden Fakültesi, Maden Yatakları-jeokimya Anabilim Dalı Laboratuvarında, eser elementler ise ACME Laboratuvarlarında (Kanada) yapılmıştır. CLP .W. normlarının hesaplanmasında ve analiz sonuçlarının diyagramlara taşınmasında Newpet bilgisayar programından büyük ölçüde faydalanılmıştır.

Granitoidlere ait analiz sonuçları mağmalarda alkali, kalk-alkali niteliğini ortaya koymada yaygınca kullanılan Peacock (1931)'un alkali-kalsiyum diyagramında değerlendirildiğinde, örneklerin $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ değerleri arasında yüksek pozitif korelasyon ($r=0.83$), SiO_2-CaO değerleri arasında ise yüksek negatif bir korelasyon ($r=-0.90$) bulunduğu görülmektedir (Şekil 3). Alkali-kalsiyum indeksi ise alkali karaktere karşılık gelecek şekilde yaklaşık olarak 66'dır. İntusif kayaçları kalk-alkali karakteri Irvine ve Barager (1971)'in AFM diyagramında açık bir şekilde desteklenmektedir (Şekil 3).

Şükrüpaşa granitoidleri Batchelor and Bowden (1985)'in R1-R2 diyagramına taşındığında, örneklerin 1 ve 2 nolu alanlarda toplandıkları, bu kayaçların yitim fazını takiben çarpışma öncesinde mantodan ayrımlaşarak türeyen bir magmadan itibaren geliştiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4). Granitoidlerin esas element jeokimyasına dayalı ayrımlarında yaygınca kullanılan bir diğer diyagram Chappel ve White (1974)'ün Na ve K değerlerinde değişimleri yansıtan diyagramdır. Diyagram Na/K oranındaki değişime dayalı olarak I ve S tipi granitoid ayrımlarına imkan verir. S tipi granitoidlerde Na değerlerindeki azalmaya karşın K değerlerinde bir artma meydana gelirken I tipi granitoidlerde tersine bir yönelim vardır. Bu nedenle I tipi granitoidlerin Na/K oranı S tipi granitoidlerden daha yüksektir. Çalışılan sahaya ait kayaç örnekleri yüksek Na içerikleri ile belirgin bir şekilde daha homojen bir kaynaktan türediği kabul edilen I tipi granitoid alanında toplanmaktadır (Şekil 5). Bu sonuç Çizelge 1'de verilmiş CLP .W. normatif hesaplamalarında diyopsitin ortaya çıkması ve normatif korundun % Tden küçük olması ile uyum içindedir. Şükrüpaşa sokulumuna ait eser element sonuçları Pearce ve diğ. (1984)'nin tektonik diskriminasyon diyagramlarına taşındığında ise kayaçların volkanik yay ortamında yer aldıkları ortaya çıkmaktadır (Şekil 6). Buradan hareketle yitim zonunda mağmatizmanın büyük iyon çaplı litofil elementlerce (LIL) zenginleştiği, buna karşın yüksek

ÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ

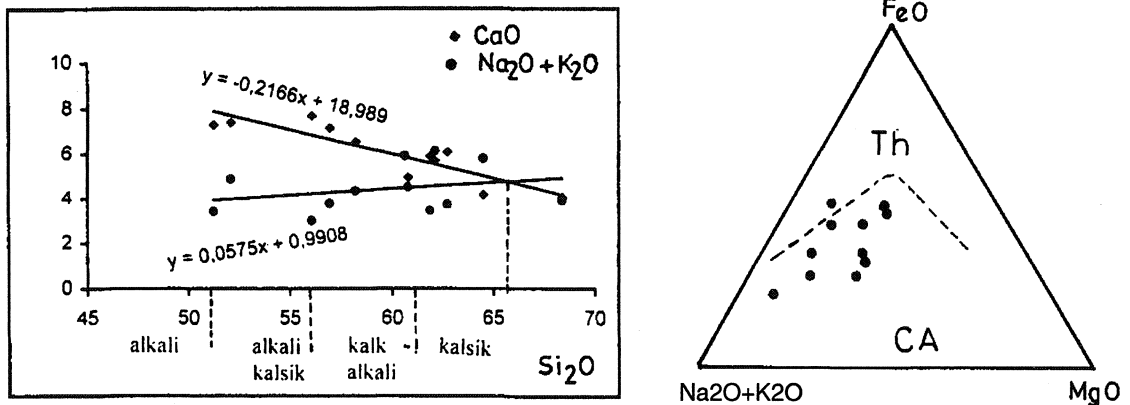
lan gücüne haiz elementlerce (HFS) tüketilmiş olduğu nlaşılmaktadır. Ancak yitim zonu ile ilişkili mağmatik ayaçların jeokimyasal özelliklerinde primitif yay, nor- lal ada yayı ve yay ardı kesimlerinde doğal olarak bazı

farklılıklar ortaya çıkar. Bu durum yitim esnasında mey- dana gelen kabuk asimilasyonu ve kalmlaşan kabuktaki fraksiyonel kristalizasyonun bir sonucu olarak belirgin- leşir. Brojn ve diğ. (1984) tarafından geliştirilmiş olan

Çizelge 2. Şükrüpaşa Granitoidi kimyasal analiz sonuçları.

"able 2. Chemical analysis results of ide Şükrüpaşa granitoid.

oksit. A. (%)	P1	P2	P9	P10	P12	P15	P16	P18	P20	P22	P23	P2u5
SiO ₂	60.76	68.38	56.22	62.23	64.49	60.87	58.21	60.01	52.08	56.44	56.06	62.11
Al ₂ O ₃	17.60	15.90	18.10	17.16	17.04	16.04	16.09	15.03	18.63	12.83	18.65	15.04
FeO	0.48	0.23	0.70	0.57	0.35	1.04	0.88	1.10	0.43	0.60	0.57	0.90
Fe ₂ O ₃	4.49	3.10	3.94	4.01	3.90	4.07	5.30	5.35	7.39	12.01	5.65	4.10
CaO	4.07	2.30	4.89	2.00	1.87	3.90	5.02	2.94	4.05	2.95	4.47	2.18
MgO	1.63	0.98	3.01	2.35	0.90	2.40	2.14	1.80	3.47	3.00	3.10	2.60
Na ₂ O	4.95	4.07	7.30	6.10	4.18	5.90	6.55	5.90	7.40	7.15	7.70	5.70
K ₂ O	2.85	2.03	2.80	2.44	3.01	1.90	2.71	3.53	2.58	3.00	1.98	2.90
CO ₂	1.67	1.90	0.64	1.31	2.80	1.56	1.63	2.40	2.30	0.78	1.05	3.25
MnO	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.08	0.05	0.15
P ₂ O ₅	0.13	0.05	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.12	0.10	0.10	0.05	0.10
S, Z,	1.05	0.97	1.89	1.14	0.73	1.09	0.85	1.16	1.16	0.93	0.56	0.95
Top.	99.78	99.99	99.60	99.49	99.47	98.99	99.58	99.39	99.69	99.87	99.89	99.98
DIPW Normları												
Si	23.68	38.50	10.57	24.80	26.64	27.82	1989	18.08	8.00	20.31	18.19	18.88
Al	9.89	11.25	3.79	7.75	16.57	9.25	9.65	14.21	13.61	4.62	6.22	19.24
Fe	24.11	17.18	23.69	24.03	25.47	16.08	22.93	29.87	21.83	25.38	16.25	24.54
Ca	23.94	20.12	34.96	29.87	20.34	28.74	28.05	18.10	32.49	19.26	38.19	18.48
Mg	-	-	0.63	-	-	-	3.34	8.31	2.95	12.28	-	7.51
Na	7.05	3.87	11.94	5.85	2.24	8.24	4.77	0.64	7.82	1.79	10.41	3.01
K	6.80	4.49	5.71	5.05	5.35	5.90	7.68	6.45	11.15	8.03	8.19	4.49
Mn	-	-	-	0.52	0.22	-	-	0.90	-	6.47	2.19	0.72
Co	0.91	0.44	1.33	1.08	0.66	1.97	1.67	2.90	0.82	1.14	1.08	1.71
Pb	0.31	0.12	0.24	0.24	0.24	0.29	0.24	0.29	0.24	0.24	0.12	0.24
Zn	2.34	3.15	-	0.14	1.62	0.71	-	-	-	-	0.38	1.31
Zr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Top.	99.05	99.13	92.23	99.35	99.37	99.02	99.24	98.95	98.92	99.13	99.55	99.23
Bazı eser elementler (ppm)												
Ba	327	471	203	263	490	370	360	514	245	261	410	980
Cu	1300	700	3500	490	1900	9000	3100	4300	2700	700	650	1200
Mo	70	40	200	40	100	300	70	1000	150	70	200	100
Zn	35	62	76	40	23	35	68	40	34	100	73	65
Pb	40	10	10	8	20	15	15	18	16	10	13	15
Rb	56	60	32	20	60	67	54	75	44	27	40	79
Sr	388	340	315	505	335	412	318	384	356	370	552	590
Y	17	15	12	8	18	25	21	24	16	9	21	36
Zr	72	63	50	60	81	105	59	48	58	33	43	67
Vb	6	3	7	2	1	2	3	12	8	4	2	4
La	18	17	20	15	19	18	17	16	42	7	18	40
Ce	28	35	83	43	32	43	24	80	26	30	58	69



Şekil 3. Şükrüpaşa plutonunun alkali-kalsiyum ilişkisi (Peacock 1931) ve AFM diyagramı (Irvine ve Barager, 1971).

Figure 3. Alkali-lime relation of the Şükrüpaşa pluton based on the diagram from Peacock (1931), and AFM plots of the sample (Irvine and Barager 1971).

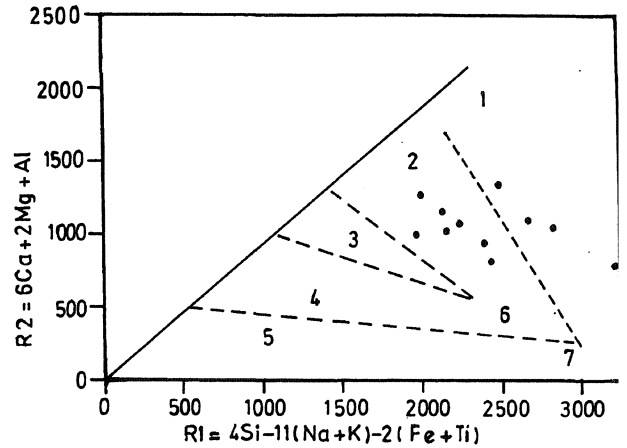
Nb-Rb/Zr ve Y-Rb/Zr diyagramlarında Şükrüpaşa granitoidi primitif ada yaylarından normal kıtasal yaylara uzanan bir yay olgunluğu alanında yayılım gösterir (Şekil 7).

Granitoidlerin petrolojik değerlendirilmelerinde kayaç oluşturuca bazı mafik minerallerin kullanılması yaygınca benimsenen bir yöntemdir. Bu amaçla yaygınca kullanılan minerallerden birini biotit oluşturur. Kaba taneli mafik kayaçlarda geç oluşan ve nispeten nadir olan biotit felsik kayaçlarda bol oranda, çoğunlukla kuvars ve feldspatlara eşlik eder. Plutonik kayaçlarda biotitlerin kimyasal bileşimleri ile kayacın türü arasındaki ilişkileri yansıtan değerlendirmeler, bu mineralin alterasyona olan eğilimi, birincil biotitler ile ikincil biotitlerin ayrılmasındaki güçlükler ve yapıdaki olası oktahedral boşlukların miktarında yanılığlara yol açabilmektedir. Bununla birlikte biotitlerin (FeO+MnO), (Fe₂O+TiO₂) ve (MgO) içeriklerinin değişimlerine göre magmatik, volkanik veya metamorfik kayaç tanımlamasının yapılması ideal yapıların korunduğu durumlarda mümkündür. Benzer şekilde Fe⁺² ve Mg'un oransal değişimi birinci ve ikincil biotitleri ayırmada önemli sonuçlar verir (Heinrich 1946).

Abdel-Rahman (1994) çok sayıda biyotit analizinden hareketle geliştirdiği ikili ve üçlü diskriminasyon diyagramlarında, anorojenik alkali birlik, peralüminyumlu birlik ve kalk-alkali orojenik birlik biyotitlerin sınıflamasını olanaklı kılmıştır. Diğer bir ifadeyle plutonik kay açların alkali, kalk-alkali karakterlerinin tanımlanmasında biyotitlerin major element analiz sonuçları kullanılabilir. Bu amaçla Şükrüpaşa sahası granitoidine ait biyotitlerin mikroprob yöntemi ile major element analiz-

leri yapılmış, sonuçlar tanımsal diyagramlara taşınmıştır.

Şükrüpaşa sokulumuna ait biotitlerin Mg (Al^{VI}+Fe³⁺+Ti) - (Fe²⁺+Mn) üçgen diyagramındaki yaylımları, bunların Mg-biyotit ile Fe⁺²'ce zengin biyotitlik olduğunu, ancak Mg-biyotit türünün daha baskın olduğunu,



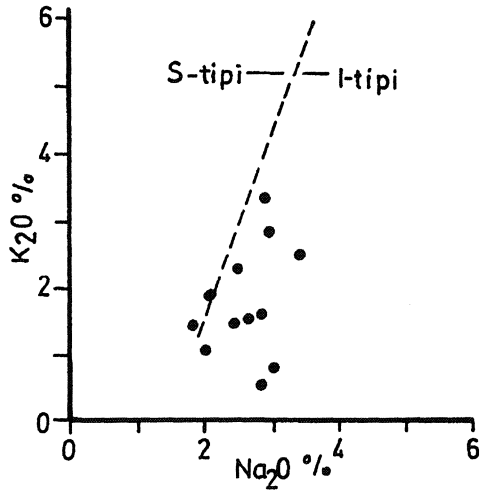
Şekil 4. Şükrüpaşa sokulumundan alınan örnekleri Batchelor ve Bowden, 1985 (R_j - R₂ çizimleri) diyagramında dağılımları.

1- Manto ayrışması, 2- Kıta öncesi çarpışma, 3- Çarpışmada sonraki yükselim, 4- Geç orojenik, 5- Anorojenik, 6-Çarpışma ile eş zamanlı, 7- Çarpışma sonrası.

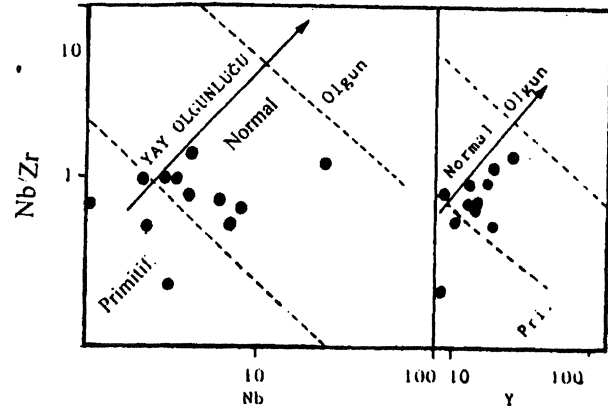
Figure 4. R_j-R₂ plots (Batchelor and Bowden 1985) of selected samples taken from the Şükrüpaşa pluton.

1- Mantle fractionates, 2- Pre-plate collision, 3- Post-collisional uplift, 4- Late-orogenic, 5- Anorogenic, 6- Syn-collision, 7- Post-orogenic

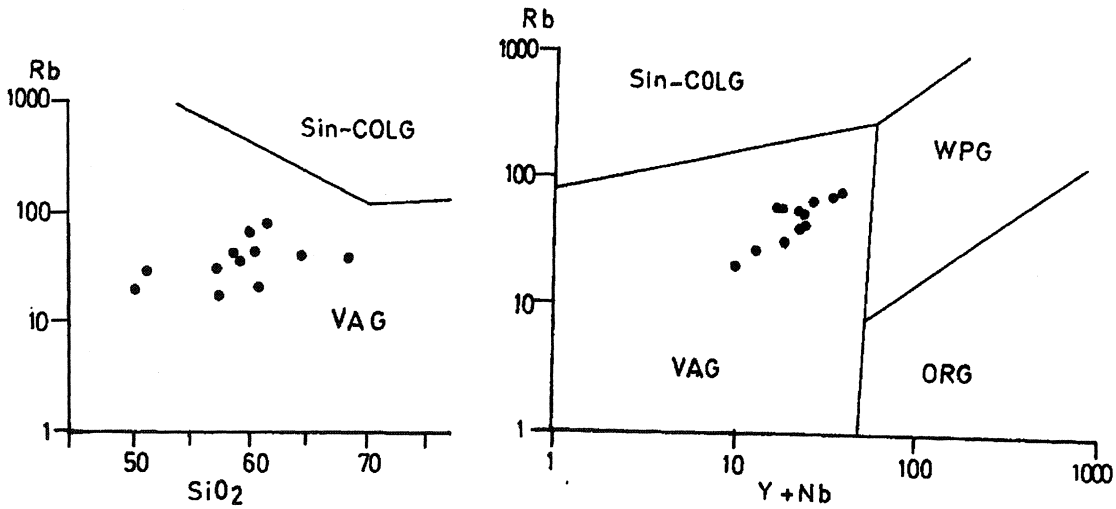
ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ



Şekil 5. Şükrüpaşa plutonundan alınan örneklerin Na_2O - K_2O diyagramı. Ayırım çizgisi Chappel ve White (1974)'in verilerine dayandırılmıştır.
Figure 5. K_2O vs Na_2O plots of the samples. Dashed line based on the criteria of Chappel and White (1974).



Şekil 7. Şükrüpaşa granitoidlerinin yay olgunluğunu gösteren Rb/Zr - Nb ve Y diyagramları (Brojn ve diğ. 1984).
Figure 7. Rb/Zr vs Nb and Y plots for the samples taken from the Şükrüpaşa granitoid indicating arc maturity suggested by Brown et al. (1984).



Şekil 6. Çalışma sahasından alınan granitoid örneklerinin tektonik diskriminasyon diyagramlarında dağılımları (Pearce ve diğ. 1984)
Figure 6. Rb vs SiO_2 and Rb vs $(\text{Y}+\text{Nb})$ discriminant plots (Pearce et al. 1984) of the samples taken from the Şükrüpaşa pluton.

ğunu (Şekil 8a), MgO - FeO - Al_2O_3 diyagramında ise esas olarak amfibol ve diğer ferromagnezyen minerallerle bir birlik oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 8b). Kimyasal analizler sonuçları Abdel-Rahman (1994)'ün tektonomagmatik üçgen ve ikili diyagramlarına taşındı-

ğında (Şekil 8c-d) ise örneklerin C bölgesinde kümelenme gösterdiği, kayaların kalk-alkali orojenik birliğin üyeleri oldukları görülmektedir. Bu eğilim, granitoidlerin esas ve eser element sonuçlarının ortaya koyduğu neticelerle esas olarak uyumluluk içindedir.

Çizelge 3. Şükrüpaşa sahası granitoidine ait birincil biyotitlerin kimyasal analiz sonuçları (Ağırlık %'si)

Table 3. Chemical analysis results of primary biotites from the Şükrüpaşa intrusion.

	1	2	3	4
SiO ₂	40.42	38.63	39.28	38.53
Al ₂ O ₃	13.98	13.60	14.17	13.95
TiO ₂	5.98	6.03	5.83	5.92
FeO	13.81	14.36	14.98	16.40
MgO	13.01	14.01	12.10	11.85
CaO	0.30	0.20	0.13	0.15
KO	9.70	9.78	9.79	10.13
Toplam	96.90	96.61	96.28	96.93

CEVHER MİNERALOGİSİ

Şükrüpaşa sahasında sokulum yapan kayalarda, özellikle granodiyorit porfirler içinde ve skarn zonlarında olmak üzere iki farklı tipte cevherleşme izlenir. Granodiyoritlere bağlı cevherleşme izleri, dikkatli bir gözlemlerle Rezve deresi ve yan kollarının yatağına derine kazımları sonucu açığa çıkmış olan mostralarda rahatlıkla gözlenir. Bu tür cevherleşme anakaya içinde daha çok saçılmış, damarcık, çatlak dolgusu, daha az olmak üzere ağsallıkta gelişmiştir. Granodiyorit porfirlerin KB-GD ve D-B doğrultulu çatlak ve kırıkları gayet belirgin bir şekilde cevherlidir. Yer yer 50 cm genişliğe ulaşan birbirine esas olarak paralel sayısız bu cevherli çatlak ve kırıklar kalınlıkları 10 cm'yi bulan hidrotermal kuvars damarlanca kesilmiştir. Cevherli kütle içinde hidrotermal dönüşümler sonucu oluşabilen alterasyon kuşakları Şükrüpaşa sahasında ya gelişmemiştir ya da zayıf veriler sunar. Skarn tipi cevherleşmeler büyük çoğunlukla granodiyorit porfirlerin kısmen dolomitik kireçtaşları, daha az oranda kalkıştı ve metakumtaşları dokanağında oluşmuş daha sonra sokulum yapmış olan mikrogranodiyorit porfirlerden etkilenmiştir. Mikrogranodiyorit porfir dayaklarla ilişkili post-skarn hidrotermal eriyiklerle oluşmuş cevher mineralleri ilksel skarn minerallerini belirgin bir şekilde kesmiştir.

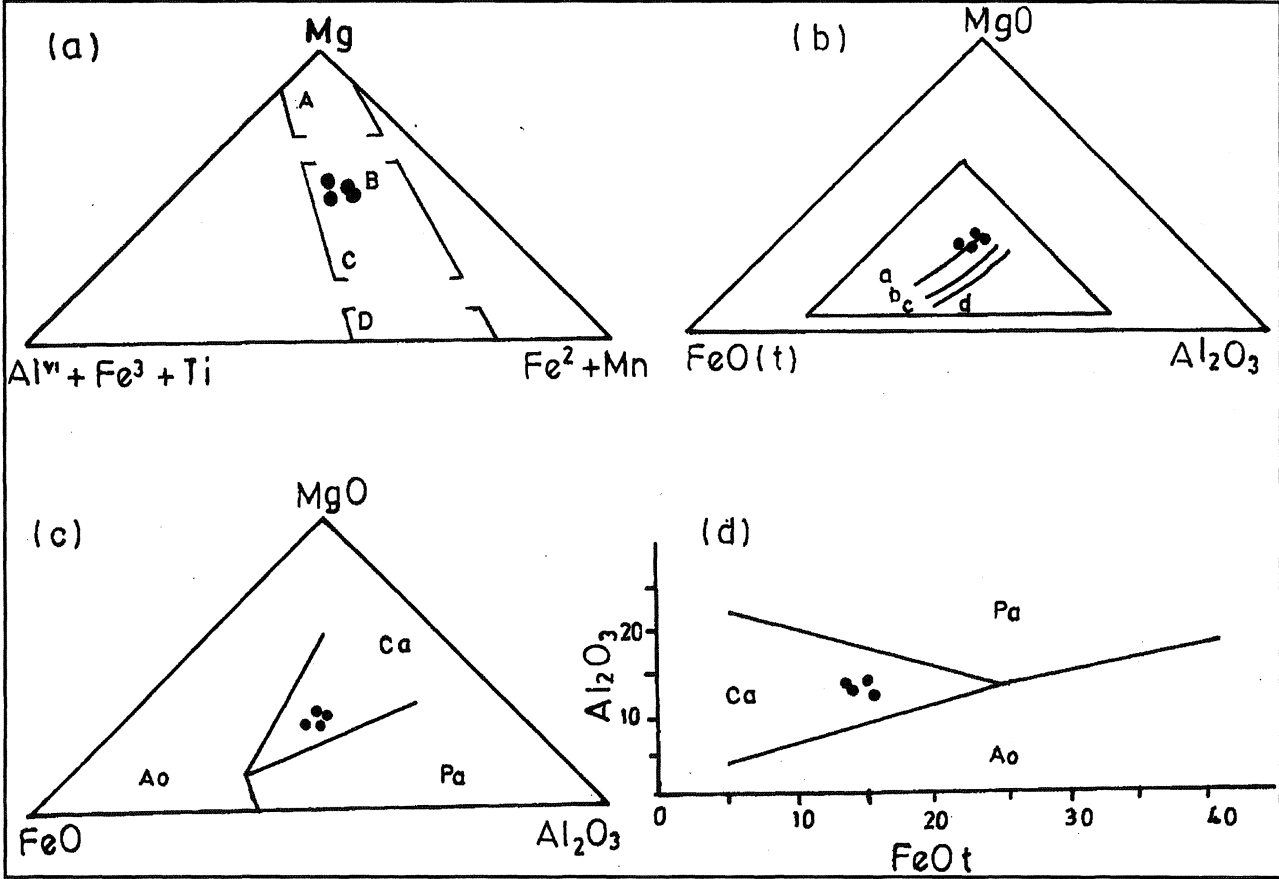
Şükrüpaşa sahasında cevherleşme nispeten basittir. Ekonomik nitelikli olabilecek cevher daha çok Cu-Mo mineralizasyonu şeklinde ortaya çıkar. Saha esasen bir bakır yatağı olarak dikkate alınır da bugün için işletilmekten uzaktır. Skarn zonlarında yaygın şekilde izlenen

cevher minerallerini pirit, manyetit, kalkopirit, bornit, şelit ve Bi-mineralleri, daha az olmak üzere kalkopirit içinde yıldızcıklar şeklinde sfalerit, galen, pirotin, enarjit, arsenopirit, kovelin, kalkozin gibi mineraller oluşur. Cevherli ana kütle içinde izlenen mineraller ise esas olarak pirit, kalkopirit ve molibdenitten ibarettir. Bu minerallere iz oranda sfalerit, galen, enarjit, neodijenit, markasit, kalkosin, kovelin, ilmenomanyetit, ilmenit, rutil, anatas, götit, azurit, malakit ve psilomelan eşlik eder. Sahada tanımlanan önemli cevher minerallerinin genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Pirit: Çalışılan sahada kalkopiritle birlikte en fazla gözlenen sülfür mineralidir. Granitoidler içinde ve kontakt zonlarında öz şekilsiz-yan özşekilli saçılmış taneler halinde, yer yer 3-4 mm boyutlarında iri kristaller halinde, bazen de mikro çatlaklar içinde ince damarcıklar halinde gelişmiştir. Kayaç içinde manyetit ve ilmenit gibi mineralleri ornattığı, kalkopiritle birlikte bu minerallerle yaygın ikili veya üçlü birlikler oluşturduğu gözlenmiştir. Kristallerde izlenen kalıntı manyetit varlığı hidrotermal koşullar altında manyetit piritleşmiş olduğunun bir işaretidir. Bir kaç kesitte kalkopirit eksolüsyonları içeren pirit kristalleri saptanmış olmakla birlikte genel olarak iri taneli olanlar yer yer bol oranda manyetit, kalkopirit, sfalerit ve ilmenit kapanından içerir. Kontaklara yakın kesimlerde ince damarcıklar içinde ikincil oluşumları da gözlenmiştir.

Kalkopirit: En önemli cevher mineralidir. Çoğunlukla piritle eşlik eder. Esas olarak öz şekilsiz, daha az olarak da yan özşekilli kristaller halinde gelişmiş olup yer yer 2 mm'lik tane boyutuna ulaşır. Bir kaç örnekte kalkopirit içinde yıldızcıklar şeklinde sfalerit varlığı belirlenmiştir. Şükrüpaşa'da belirgin şekilde iki farklı kristalleşme evresini simgeleyen kalkopirit oluşumları saptanmıştır. Granodiyoritler içinde primer molibdenite eşlik eden kalkopiritler kayacın kristalleşme evresinin bir parçasını oluşturacak şekilde yüksek sıcaklık evresini simgeler. İkincil evrede gelişen kalkopiritler ise remobilize olmuş sülfür minerallerinden itibaren gelişen ve çoğunlukla ikincil çatlaklarda izlenen cevherleşmelerle ilişkilidir. Kalkopiritin alterasyonu sonucu kovelin, kalkozin, malakit ve azurit gibi mineraller oluşmuştur.

Molibdenit: Kalkopirit ve pirit gibi minerallere eşlik eder. Oldukça ince taneli olan molibdenit kayaç içinde saçılmış taneler halinde, bazen kuvars damarcıkları içinde gözlenir. İnce tane boyu mikroskopik tanımlamalar yapmada zorluklar doğurmakla birlikte, çubuk şekilli kristallerde yer yer önemli deformasyonları saptanmıştır. Molibdenit/kalkopirit oranı çalışılan sahada yaklaşık



Şekil 8. Şükrüpaşa granitoyidi içindeki biyotitlerin kimyasal sınıflandırılması ve diskriminasyon diyagramları (Abdel-Rahman 1994). A: Flogopitler, B: Mg-biyotitler, C: Fe^{+2} biyotitler, D: Siderofillit ve lepidomelanlar a. Biyotit-amfibol birlikteliği, b: Biyotit ve diğer ferromagnezyen minerallerin birlikteliği, c: Biyotit-muskovit birlikteliği, d: Biyotit-alüminosilikat birlikteliği, Ao: Anorojenik alkalın birliktelerdeki biyotitler, Ca: Kalk-alkali orojenik birliklerdeki biyotitler, Pa: Peralüminyumlu birliklerdeki biyotitler

Figure 8. The chemical classification and chemical discriminant plots of biotites from the Şükrüpaşa granitoid (Abdel-Rahman 1994). a: Phlogopites, B: Mg-Biotites, C: Fe^{+2} biotites, D: Siderophyllites and lepidomelans.

a. Biotite associated with amphibole, b: Biotite associated with other mafic minerals, c: Biotite associated with muskovite, d: Biotite associated with aluminium silicates.

Ao: Biotite in anorogenic alkaline suites, Ca: Biotite in calc-alkaline orogenic suites, Pa: Biotite in peraluminous (including S-type) suites.

olarak 1/35 civarındadır.

Bornit: Kalkopirite oranla daha az, ancak kovelin ve kalkozin gibi bakır minerallerine oranla daha fazla gözlenen mineraldir. Bazı bornit kristalleri belirgin bir şekilde kalkopirite ornatmış şekilde izlenir. Hidrotermal alterasyonlar sonucu kalkozin, kovelin ve limonite dönüşmüş kristallere de rastlanılmıştır. Şükrüpaşa sahasında bornit başlıca primer bakır minerallerinden biridir.

Şelit: İnce taneli kristaller şeklinde kontaktlar boyunca oluşmuş olup çoğunlukla saçınımlar şeklinde izlenir. Genetik olarak kuvars damarları ile ilişkilidir.

Bizmut mineralleri: Bir kaç örnekte saptanmış olmakla sınırlıdır. Yalnızca mineralojik önem arz ederler. Büyük çoğunlukla iri pirit, kalkopirit ve bornit kristalleri içinde ince tanelenmiş kapammlar halinde izlenirler. Şükrüpaşa'da bizmut mineralleri; bizmutin, tetradimit, pilsenit, joseit, nabit vittişenitten oluşur (Taner ve Çağatay 1983).

Manyetit: Granitoidlerden alınan tüm örneklerde değişken oranda saptanmış olan manyetit, bu kayalarla beslenen dere kumlanı içinde belirgin bir derişime ulaşmıştır. Yan özşekilli kristaller halinde kayada içinde

saçılmış taneler halinde izlenir. Yer yer pirit, kalkopirit gibi minerallerle dokusal ilişkili olup, kenarlarından ve dilinimlerinden başlayarak hematite dönüşmüştür (martitleşme). Bazı örneklerde iri manyetit kristalleri içinde manyetiti ornatan pirit ve kalkopirit kristalleri ile tanınmayan çok sayıda sülfür mineralleri saptanmıştır. Kayaç içinde piritle birlikte ikincil çatlaklar içinde de izlenir.

CEVHERLEŞME, SÜKSESYON VE YORUM

Şükrüpaşa sahasında birden fazla sokulumla şekillenmiş iki farklı cevherleşme evresine ait veriler saptanmıştır. Esas olarak, cevher parajenezinin benzer olduğu bu evrelerden birincisi kuvars diyorit, tonalit ve granodiyoritlerden oluşan granitoidin yerleşmesi ile birlikte, anakayaç içinde ve daha az olarak ta kristalize kireçtaşları ile olan kontaklarda gelişmiştir. Bu cevherleşme evresi büyük ölçüde pirit, kalkopirit molibdenit ile daha az oranda manyetit, ilmenit, hematit ve kontaklarda gelişmiş şelit mineralizasyonunca temsil edilir. Anakayaç içindeki cevherleşme büyük çoğunlukla saçınındı, daha nadir olarak, özellikle de sokulumun kenar kesimlerine doğru damar ve damarcıklar şeklindedir. Birinci evreye ait materyalin az da olsa breşleşmiş olması, birinci evreyi takiben kayaçların deformatif kuvvetler etkisinde kaldığına işaret eder. Muhtemelen bu deformasyon, ikincil cevherleşme evresinin ilişkili olduğu mikrogranodiyorit porfirlerin sokulumuyla eş zamanlıdır. Mikrogranodiyorit porfirlerin sokulumu ile birlikte daha derin seviyelerdeki birincil sülfür mineralleri remobilize olmuş, mikrogranodiyorit porfirlere eşlik eden çözeltilerle üst seviyeler taşınarak kireçtaşları ile olan dokanıklarda pirometasomatik türde, diğer yerlerde ise ince damar tipi cevherleşmelere yol açmıştır. Şükrüpaşa'da asıl cevherleşme bu evrede gelişmiştir. Mikrogranodiyorit porfirlerin granodiyorit ve tonalitleri kestiği alanlar ile bunların kireçtaşları ile olan dokanıklannın yüksek Cu ve Mo içeriğine sahip olması bu fikri destekler nitelikte görünür. Bu durum, sahanın yaklaşık D-B ve KD-GB doğrultularda oluşturulmuş profiller boyunca alınan örneklerin Cu içeriklerinin değişimini gösteren Şekil 9'da da açıkça görülmektedir. Belirgin bir şekilde mikrogranodiyorit porfirlerin bulunmadığı alanlarda Cu içeriği daha düşüktür. İkincil evreye ait mineraller esas olarak birincil evrede oluşmuş olan minerallere benzer, ancak ek olarak kontaklarda bizmut minerallerinin varlığı saptanmıştır. Mikroskopik incelemeler, birincil evreye ait minerallerin ikincil sülfür mineralleri içeren ince damarlarca kesildiğini, birincil evre minerallerinin ikinciler tarafından kuşatıldığını ve birincil manyetitlerin mar-

titleştiğini ortaya koyar. Nihayi olarak her iki cevherleşme evresi son ve üçüncü bir faz olan, az miktarda pirit ve molibdenit içeren kuvars damarlanca kesilmiştir. Bu evrede bir miktar mangan ve demir oksid zenginleşmiş olup, kayacı kısmen boyamıştır. Şükrüpaşa sahasında ekonomik yönden en önemli cevherleşmeler sokulumların kontaktlarında gelişmiş olan pirometasomatik tip cevherdir. Kayda değer bir diğer husus da granitoid içindeki kireçtaşı anklavlarının etrafında sokulumun kimyasal yönden daha bazik bir karakter kazanmış olmasıdır. Şekil 10'da Üst Kretase mağmatizmasına bağlı Cu-Mo cevherleşmelerinin oluşumu şematik olarak verilmiştir.

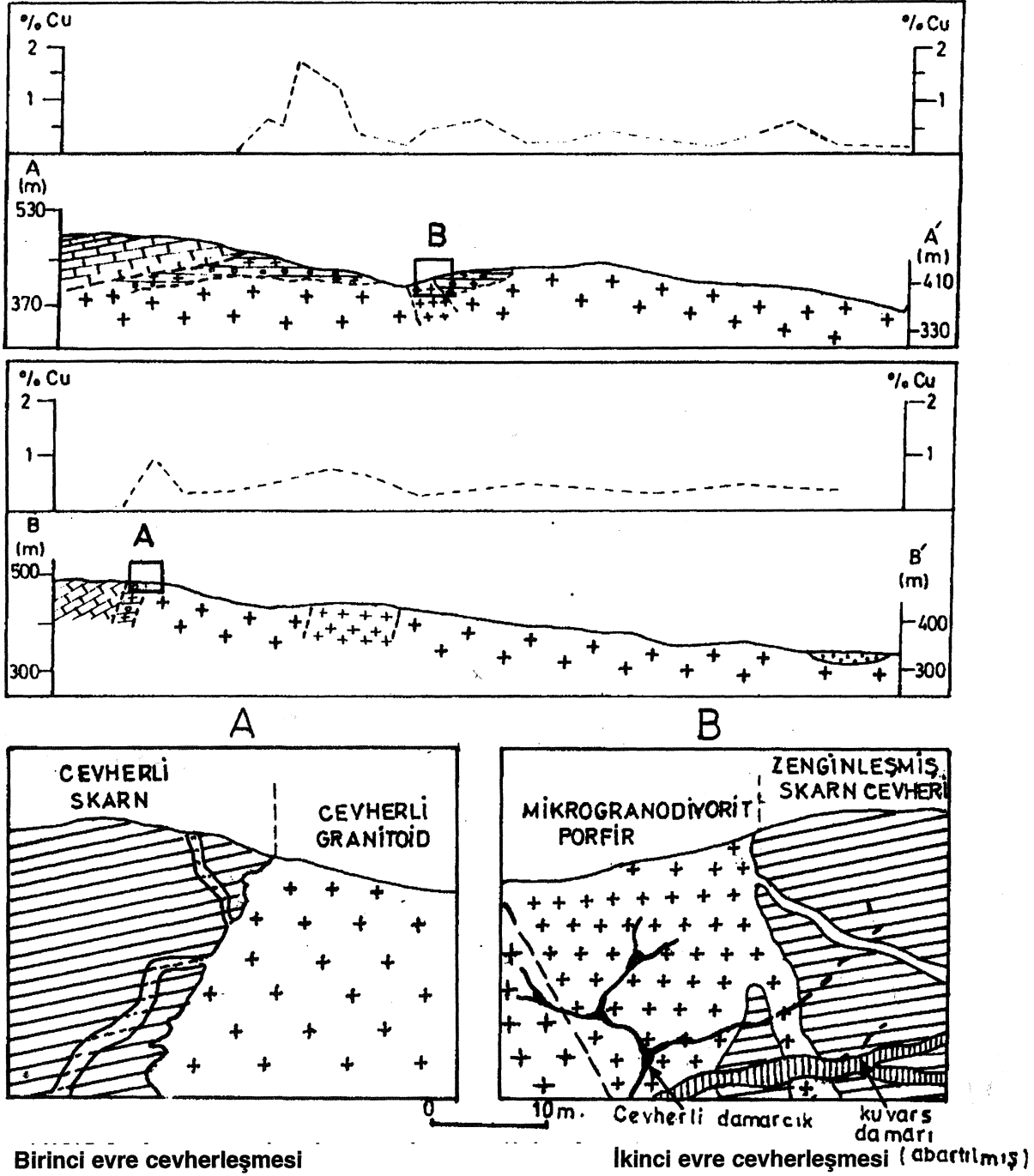
Genel olarak, çalışma sahasında süksesyon; manyetit, ilmenit, kalkopirit, molibdenit, şelit, sfalerit, pirit, bizmut mineralleri şeklinde gelişmiştir. Diğer oksid ve sülfür mineralleri eser miktarda izlenmeleri nedeniyle genel süksesyona dahil edilmemiştir. Malakit, azurit, kovelin, limonit ve götit gibi mineraller, pirit ve kalkopirit gibi minerallerin oksidasyonu sonucu gelişmiştir. Saha gözlemlerinde, skarn yüzeylenmeleri boyunca bol miktarda malakit, azurit, demir ve mangan oksid oluşumları saptanmıştır.

CEVHERLEŞMEYE İLİŞKİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMELER

Çalışılan sahada, cevherleşmenin dağılımı, bu dağılımın istatistiksel parametrelerinin saptanması ve derinlikle Cu ve Mo çiftleri arasındaki olası ilişkinin belirlenmesi amacıyla 250'ye yakın örneğin analiz sonuçları kullanılmıştır. Yapılan her bir sondaja ait Cu ve Mo değerleri Çizelge 4'de topluca verilmiştir (Acar ve Taner 1983). Genel olarak, Mo değerleri % 0.0-0.07 değerleri arasında kalacak şekilde nispetten dar bir aralıkta yayılım gösterirken, Cu değerleri % 0.04-6.0 olacak şekilde daha geniş bir aralıkta değişim gösterir. Derinlikle ilişkili olarak örnek sonuçlarının değişiminde sistematik bir azalma veya artış bulunmaz. Bazen birbirine yakın alınmış örneklerde dahi oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 11 'de verilen Cu ve Mo değerleri dağılımlarını yansıtan histogramlara göre; gerek Cu gerekse de Mo değerleri yüksek standart sapma ve çarpıklık değerleri ile normal bir dağılım sergilemez. Cu için aritmetik ortalama % 0.59, standart sapma 0.72, çarpıklık 3.89 olup, Mo için aritmetik ortalama % 0.01, standart sapma 0.013, çarpıklık ise 2.09'dur. Cu ve Mo değerlerinin logaritmalarının alınması ile oluşturulan log-normal dağılım histogramlarına göre ise düşük pozitif çarpıklık ($S_{kCu}=0.45$) ve ortalama % 0.41 ve 0.08 Cu ve Mo değer-

ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ

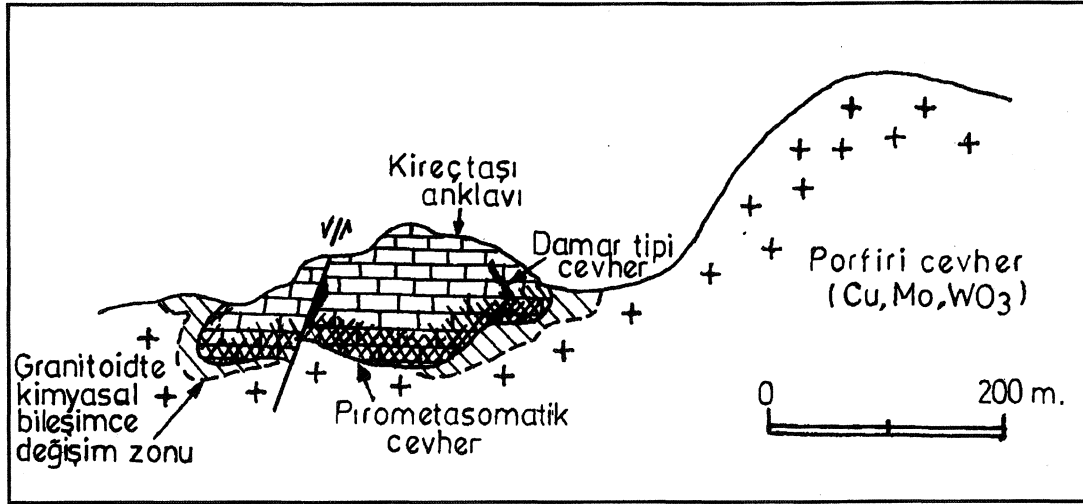


Şekil 9. Şükrüpaşa sahasında bazı doğrultularda oluşturulmuş kesitlerin Cu içeriğinin değişimi ve kontaktlarda gelişen cevherleşmeler (Kesit hatları için Şekil 1'e bakınız).

Figure 9. Some cross sections showing the variation of Cu content and the pirometasomatik ore formed at the contacts in the study area (See Figure 1 for the cross sections).

leri bulunmuştur. Cu-Mo, Cu-derinlik ve Mo-derinlik çiftleri arasında saptanan regresyon doğrulan ve korelasyon katsayıları Şekil 12'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre gerek Cu-Mo gerekse de element-derinlik çiftleri ara-

sında anlamlı bir ilişkinin bulunduğu söylenemez. Örneklerin tamamına yakın kesiminde Mo saptanmış olmakla birlikte, Cu değerleri ile Mo değerleri arasında çok zayıf ta olsa negatif bir ilişki mevcuttur. Benzer şe-

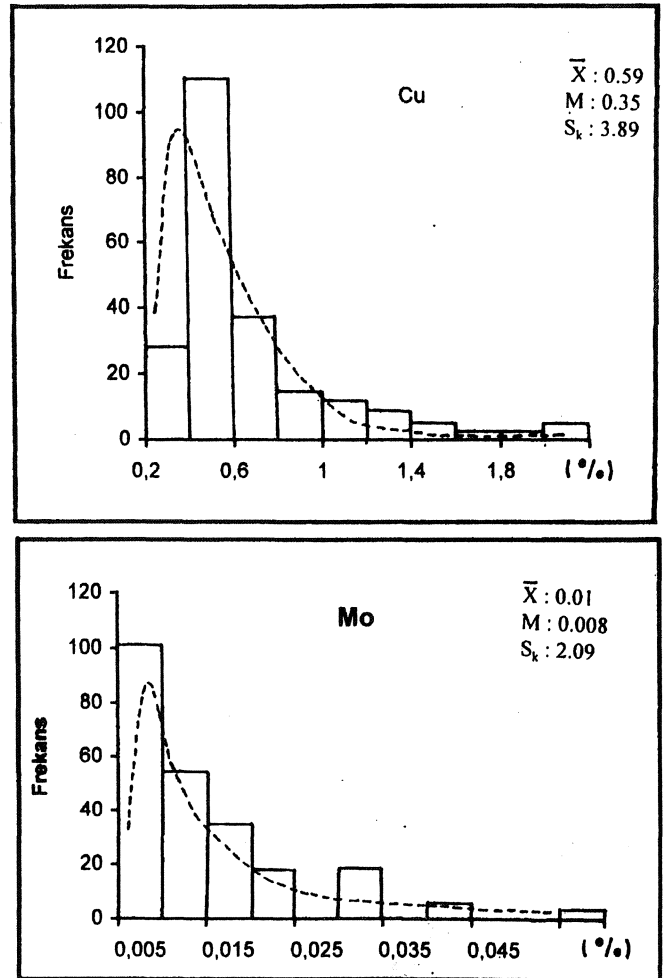


Şekil 10. Istranca masifinde granitoidlerle ilişkili cevherleşmelerin şematik gösterimi.

Figure 10. The various types of Cu-Mo mineralizations associated with granitoids in the Istranca massif

kilde artan derinlikle birlikte Cu değerlerinde zayıf bir azalma meydana gelirken, Mo değerlerinde pozitif bir ilişkinin bulunduğu saptanmıştır.

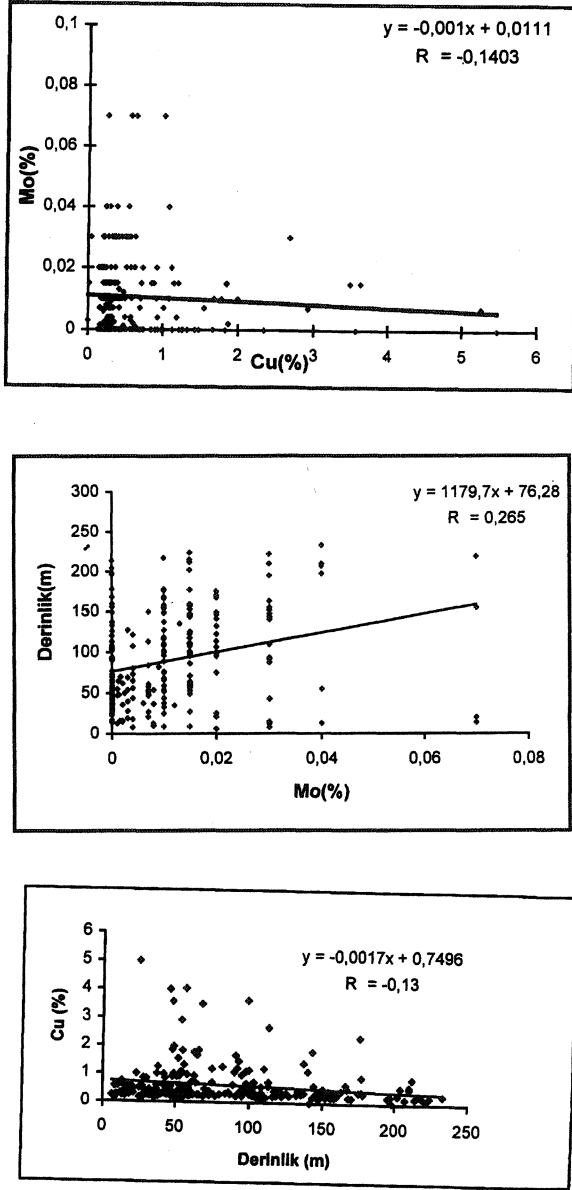
Şükrüpaşa sahasında yüzeiden alınan örneklerin Cu içeriğinin nasıl değiştiğinin daha iyi anlaşılabilmesi amacı ile, analiz değerlerinden hareketle lineer, kuadratik ve kübik yönelim yüzeyleri oluşturulmuş, sonuçlar Şekil 13'de bir arada verilmiştir. İstatistiksel bir yöntem olan yönelim yüzeyi (Polinoma uyarlama) analizi, yerel veya bölgesel cevherleşme alanlarının belirlenmesinde ve yönelimlerin ortaya konmasında yaygınca kullanılmaktadır (Gültekin ve diğ. 1996). Bu tür bir yöntemde bölgesel değişken olarak kabul edilen ve amaca göre tenor, kalınlık gibi herhangi bir büyüklük olabilen değerlerin dağılımını yansıtan basit bir geometrik şekil elde edilmektedir. Bu şekil iki veya daha fazla bağımsız değişken değerinden (örneğin değerler x, y koordinatı) bağımlı bir değişken (örneğin tenor, kalınlık v.b.) değerinin saptandığı polinom eşitliklerinden gidilerek, ara değerler atanması suretiyle oluşturulmaktadır. Yönelim yüzeyi analizi en basit şekli ile birinci dereceden lineer bir eşitlik ile ifade edilir ve eşitliğin ortaya koyduğu düzlem doğrular ile temsil edilir. İkinci dereceden yönelim yüzeyi bir parabol gösterir ve kuadratik yönelim yüzeyi olarak adlandırılır. Kübik yönelim yüzeyi analizinde ise dağılımı temsil eden yüzey içbükey veya dışbükey eğrilerle temsil edilmekte olup, çukur veya tepe alanlar ya da kapalı veya açık elipsoidler ortaya çıkmaktadır. Şükrüpaşa sahası lineer yönelim yüzeyi sonuçlarına göre kuzeybatıya doğru gidildikçe Cu değerlerinde bir artışın bulunduğu görülmektedir. Kuadratik yönelim yüzeyi ise



Şekil 11. Cu ve Mo değerleri histogramları.

Figure 11. Histograms of the Cu and Mo values.

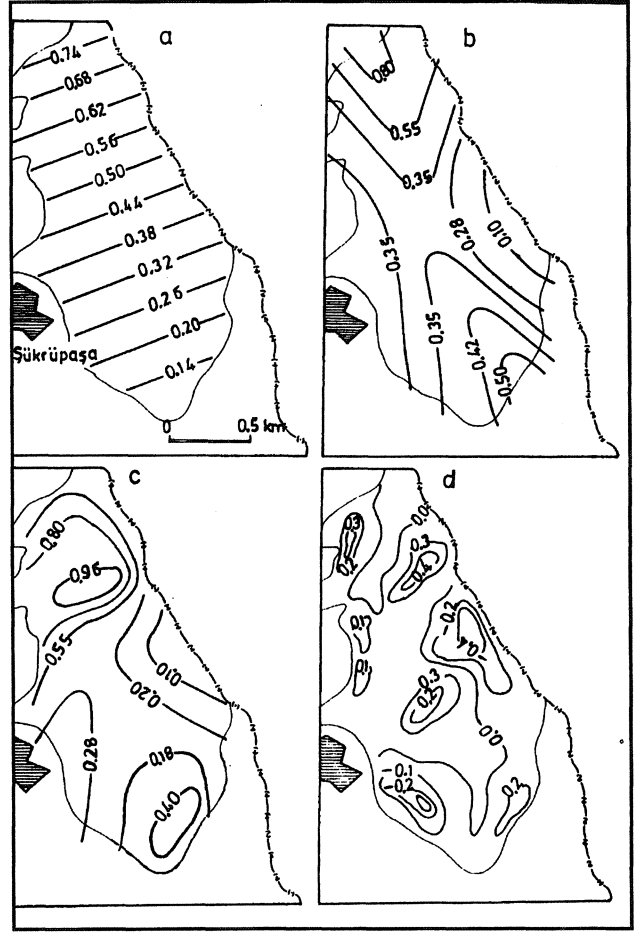
ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ



Şekil 12. Cu-Mo, element-derinlik çiftleri regresyon doğrulan, korelasyon katsayıları.

Figure 12. The regression analysis and correlation coefficients for the Cu-Mo and element-depth pairs.

farklı alanlarda ana eksenini güneydoğu ve -kuzeybatı'ya yönelimli olan pozitif kapanmamış iki elipsoidin bulunduğunu ortaya koyar. 3. dereceden polinom eşikliğinin ortaya koyduğu yönelim yüzeyi esas olarak sahanın ku-



Şekil 13. Şükrüpaşa cevherleşmesi Cu değerlerine ait (a) doğrusal, (b) kuadratik, (c) kübik ve (d) kuadratik kalıntı yüzeyleri.

Figure 13. (a) Linear, (b) quadratic, (c) cubic trend surface and (d) quadratic residual trend surface map for Cu values in the Şükrüpaşa area.

zeyinde ve güneyinde ortayı çıkan kapanmış pozitif iki elipsoid şeklindedir. Tüm sonuçlar açıkça göstermektedir ki en yüksek değerlerin bulunduğu alanlar büyük çoğunlukla skarn zonlarının yayılımları ile çakışmaktadır. Diğer yandan birinci ve ikinci dereceden yönelim yüzeyi değerlerinde kuzeybatıya doğru izlenen artışların çalışılan saha dışında da yüksek Cu içeren alanların bulunabileceğini göstermesi yönüyle ilgi çekicidir.

Çizelge 4. Şükrüpaşa Cu-Mo cevherleşmesine ait sondaj değerleri

Table 4. Drill hole results for the Şükrüpaşa Cu-Mo mineralization

Sondaj No	Kalınlık (m)	Ortalama Cu %'si	Ortalama Mo %'si	Analiz edilen örnek sayısı
1	13.25	0.27	0.008	-
2	11.75	0.89	0.001	8
3	59.2	0.7	0.024	45
4	17.95	0.38	0.008	7
5	14.03	2.0	0	5
6	64.85	0.38	0.001	-
7	54.5	0.75	0.011	31
8	55.58	0.95	0.013	22
9	23.55	0.44	0.013	9
11	33.18	0.49	0.008	15
12	26.45	0.3	0.001	-
13	0	0	0	-
14	0	0	0	-
15	7.2	0.6	0.027	3
16	11.6	0.36	0.065	6
17	57.8	0.39	0.019	27
18	69.33	0.42	0.02	26
19	54.3	0.29	0.13	34

(-): Analiz edilen örnek sayısı bilinmiyor.

Jeokimyasal araştırmalarda yönelim yüzeyi kalıntılarının incelenmesi cevherleşmeyi göstermesi yönüyle önem arz eder. Genel bir kural olarak, orijinal \hat{Z}_i değerleri ile hesaplamalar sonucu bulunmuş olan Z_i değerleri arasındaki farkların toplamının ($\hat{Z}_i - Z_i$) minimum olması arzu edilir. Ancak, orijinal değerler ile polinom eşitliğinden gidilerek bulunmuş olan değerler arasında bir miktar fark bulunmaktadır. Kalıntı olarak ifade edilen bu farklar yeni bir veri topluluğu olarak kabul edilerek konturlanmaktadır. Bu amaçla kalıntı Cu değerlerinin yalnızca kuadratik yüzey yönelimi oluşturulmuş, sonuç Şekil 13 d'de gösterilmiştir. Sunulmuş olan kuadratik kalıntı yüzeyinde pozitif anomalilerin bulunduğu alanlar yerel zenginleşme noktaları göstermesi yönüyle önem arz eder ki bu sonuç esas olarak skarnların yayılımı ile uyum içindedir.

SONUÇLAR

Şükrüpaşa cevherleşmesi, kalk-alkali karakterli yaymağmatizması ürünleri granitoid porfirler içinde saçılımlı ve damar-damarcık ile sokulum-tortul örtü kayaç dokanaklarında pirometasomatik tip oluşumlar şeklindedir. Bulgaristan'daki Doğu Rodop-Srednogorie yapısal-metalojenik zonların Türkiye uzantısı içinde yer alan Kretase granitoidlerine bağlı saçınımlı cevherleşme esas olarak kayacın kristalleşme periyodunun bir parçasını oluşturur ve daha sonraki bir evrede sokulmuş dayk şekilli nötr-asitik sokulumlardan etkilenmiştir. Şükrüpaşa sahasında asıl cevherleşme esas olarak bu tür mikrogranodiyorit porfirlerin sokulumu ile gelişmiştir.

Şükrüpaşa sahası sokulum kayaçları içindeki cevherleşme, içerdiği cevher mineralleri türü, cevherin nötr-asitik tür kayaçlarla olan ilişkisi, düşük bakır içeriği, buna karşın yüksek rezervli oluşu yönüyle porfiri tip cevherleşme özellikleri yansıtır. Bu esas özellikler dışında, kayaç içerisinde saçılımlı bakır minerallerinin nispetten düzenliliği ve kenar kesimlerinde damar ve damarcıklar şeklinde mineralizasyonlar ve cevherleşmenin Bulgaristan'da Sofya'dan Azerbaycan ve İran'a kadar uzanan porfiri tip cevherleşmelerin görüldüğü bir kuşak üzerinde bulunması bu fikri destekler görünen diğer verileri oluşturur. Buna karşın, porfiri bakır yataklarının tanınmasında önemli bulgulardan biri olan hidrotermal değişimlere uğramış yankayaçta alterasyon zonlarının izlenmemesi ya da bunlara ait verilerin zayıf olması porfiri yataklarda yaygınca izlenen kalkopirit ve pirit ornatmasının izlenmemesi, anakaya içinde cevherleşmenin belirgin bir şekilde KB-GD ve D-B doğrultulu bazı çatlaklarla ilişkisi porfiri tip bir cevherleşmenin zayıf yönlerini oluşturur. Diğer yandan, kalk-alkali plutonik kayaların dağılımı ile porfiri Cu yataklarının bölgesel konumları arasındaki ilişki dikkate alındığında porfiri Cu yataklarının bulunduğu kıta kenarları ve ada yaylan esas olarak kalk-alkali volkanizma ile tanımlanmakta olup, benzer şekilde Şükrüpaşa sokulumu da yaymağmatizması karakteri göstermektedir. Tüm veriler bir arada düşünüldüğünde Şükrüpaşa sahasında granitoidler içindeki saçınımlı birincil cevherleşmenin esas olarak porfiri tip olduğu, ancak daha sonraki bir evrede sokulum yapan ve kayaçta yer yer etkili silisleşme ve serizitleşmeye de neden olan mikrogranodiyorit porfirlerle bağlı çözeltilerle etkilendiği, sülfürlerin remobilize olması ile ikincil cevher damar ve damarcıklarının oluştuğu söylenebilir. Sokulum-örtü kayaç kontaklarında ise ortalama yüksek ısı sıcaklık koşulları altında Cu içeriği daha yük-

ŞÜKRÜPAŞA SOKULUMU (KIRKLARELİ) İLE İLİŞKİLİ Cu-Mo CEVHERLEŞMESİ

sek pirometasomatik tip cevher gelişmiştir. Genel olarak, granitoidler içindeki cevher düşük bakır ve molibden içerikli olup bugün için ekonomik olmaktan uzak görünmektedir. Buna karşın skarnlar içindeki cevherleşme ikincil sokulum yapan mikrogranodiyorit porfirlerin hidrotermal eriyiklerin ürünü olarak da zenginleşme gösterdiklerinden daha fazla ekonomik önem arz ederler.

Genel olarak, Istranca masifi kontakt cevherleşmeleri içerdikleri şelit ve bizmut mineralleri ile ilgi çekicidir. İçerikleri, molibdenitten daha az olan bu mineraller, bazı yerlerde kısmen zenginleşmiş olmakla birlikte ekonomik bir önem arz etmezler. Yatakların oluşum sıcaklıkları hakkında kesin veriler bulunmamasıyla birlikte, Trakya bölgesinde benzer yataklarda vallerit ve kübanitin varlığı 250-300°C arasında bir cevherleşme sıcaklığının hakim olduğunu, kalkopirit içinde sfalerit yıldızcıklarının gözlenmiş olması, kalkopirit ikiz lamellerinin varlığı yatakların meso-katatermal sıcaklık koşullarında oluştuğunun düşünülmesine yol açmıştır (Taner ve Çağatay 1983).

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdel-Rahman, A. M., 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas, Jour. of Petrol., 35, 525-541.
- Acar, F. E. ve Taner, F., 1983. Kırklareli, Demirköy-Şükrüpaşa Köyü Cu-Mo yatağı ayrıntılı jeolojisi, M.T.A. Rap. No: 250.
- Aral, EL, 1976. Kırklareli, Demirköy, Karadere civarı jeolojisi ve bakır aramalarına ilişkin prospeksiyon raporu, M.T.A. Rap. No: 1519.
- Aral, H. ve Erler, A., 1981, Porfiri bakır yatakları, ODTÜ. Müh. Fakültesi yayını No: 67.
- Aykol, A., ve Toker, S., 1993. The geochemistry and tectonic setting of the Demirköy Plotun of the Srednogorie-Istranca granitoid chain, NW Turkey, Min. Magazine^ 55, 249-256.
- Batchelor ve Bowden, 1985. Petrogenetic interpetation of granitoid rocks series using multicationic parameters, Chem.Geol., 48,43-55.
- Bogdanov, B., Dachev, H., ve Vulchanov, A., 1974, Metallogeny of Bulgaria in the context of plate tectonics; International Association on the Genesis of Ore Deposit (4th Symposium of IAGOD), Varna, Bulgaria, 58-63.
- Boncev, E., 1974. General features of the geological structure of Bulgaria, International Association on the Genesis of Ore Deposit (4th Symposium of IAGOD), Varna, Bulgaria, 35-43.
- Brown, G. C, Thorpe, R. S., ve Webb, P. C, 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments of magma sources, Ö. Geol. Soc. Lond., 141,413-426.
- Bürküt, Y., 1969. Istranca kristalin Masifinin petrojenezi, Madencilik Dergisi, Cilt VIII, Sayı 4,165-180.
- Çağatay, A. ve Çağatay, N., 1978. Porfiri bakır yatakları, Yer-yuvarı ve İnsan, Şubat, 32-37.
- Chappel, B. W. ve White, A. J. R., 1974. Two contrasting granite types, Pacific Geol., 8, 173-174.
- Çubukçu, E., 1979, Jeokimya prospeksiyon neticeleri, M.T.A. Maden Etüd Rap. No: 1712.
- Debon, F., Le Fort, P., 1982. A chemical mineralojigal classification of the plutonic rocks and association, Transaction of the Royal Soc. Edinburgh, Earth Sci., 73, 135-149.
- Gültekin, A. H., Yavuz, F., ve Budakoğlu, M., 1996. Çiniyeri-Küre (Tire, İzmir) plaser titanyum sahasından alınan toprak ve dere kumları titanyum içeriklerinin yönelim yüzeyi yöntemiyle incelenmesi; (Menderes Masifi-Batı Anadolu), Tr.J. of Earth Sciences, 5,1-10.
- Heinrich, E. W., 1946. Studies in the Mica group, the biotite-phlogopite series, Amer. J. Sci., 244, 836-848.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971, A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Can. J. Earth Sci, 8, 523-48.
- Karagjuleva, J., Kostadinov, V. ve Boncev, E., 1979. The Carpat-Balkan sigmoid in the context of shearing transite Wrench fault Lines, Geologica Balkanica, 10.1,3-14.
- Peacock, M. A., 1931. Classification on igneous rocks, V. Geol., 39,65-67.
- Pearce, J. A. Harris, N. G. W. ve Tindle, A. G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, J. Petrol., 25,956-983.
- Streckeisen, A. L., 1976. To each plutonic rock its proper name, Earth Sci, Rev., 12, 1-33.
- Taner, M. F. ve Çağatay, A., 1983. Istranca masifindeki maden yataklarının jeolojisi ve mineralojisi, T.J.K. Bülteni, Cilt 26, Sayı 1,31-40.
- Taner, M. F., 1981. Şükrüpaşa (Demirköy-Kırklareli) çevresinde jeolojik, petrografik inceleme ve Cevherleşme üzerine görüşler, M.T.A. Rap. No: 1777.

Makalenin geliş tarihi: 30.09.1997

Makalenin yayma kabul edildiği tarih: 11.08.1998

Received: September 30, 1997

Accepted: August 11, 1998

