

6560

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

ALTERASYONDAKİ KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİYLE
KUTLULAR (SÜRMENE) TİPİ SÜLFİT YATAKLARINDA MERCEĞİN
SAPTANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeol.Müh. Has an KOLAYLI

Ocak - 1989

Trabzon

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

ALTERASYONDAKİ KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİYLE
KUTLULAR (SÜRMENE) TİPİ SÜLFİT YATAKLARINDA MERCEĞİN
SAPTANMASI

Jeol.Müh.Hasan KOLAYLI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"Jeoloji Yüksek Mühendisi"

Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.1.1989

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 27.2.1989

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Selçuk TOKER

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Mustafa ASLANER

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Burhan SADIKLAR

Enstitü Müdürü V. : Doç.Dr. İlhan SUNGUR

Ocak - 1989

Trabzon

Ö N S Ö Z

Pontid Tipi bir yatak olan Kutlular (Sürmene-Trabzon) masif sülfid yatağı, içerisinde bulunduğu bakır provensinde önemli bir örneği teşkil etmektedir. Dekopaj yapıldıktan sonra açık bir işletme ile işletilen bu yatakta cevher kütlesinin konumu ve etrafında oluşan alterasyonun jeokimyasal olarak irdelenmesi bu tip yeni yatakların bulunmasında önemli bir kriter olacağı ümidi içerisindeyim.

Çalışmalarımın bütün aşamalarında yakından ilgilenen tez yöneticisi Hocam Sayın Doç.Dr. Selçuk TOKEL'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Yine çalışmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım hocalarım Sayın Prof.Dr. Mustafa ASLANER'e ve Yrd.Doç.Dr.Burhan SADIKLAR'a parlatılmış kesitlerin incelenmesinde büyük katkılarını gördüğüm hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Mithat VICIL'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarım sırasında da yardımlarını gördüğüm MATAS Kutlular şefi Maden Mühendisi Selim ALTUN'a ve Paleontolojik tür tayinlerini yapan Arş.Gör.Sibel ÖZGÜR'e de ayrıca teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana her türlü desteği esirgemeyip, madden ve manen her zaman yanımda olan anneme bu çalışmamı atfetmekten mutluluk duymaktayım.

Hasan KOLAYLI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET

SUMMARY

BÖLÜM I. Giriş

1.1. COĞRAFİ DURUM	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.3. KUTLULAR CEVHERLEŞMESİ VE CİVARINDA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
1.4. VOLKANİK EŞLİKLİ MASİF SÜLFİT YATAKLARININ GÜNÜMÜZ LİTERATÜRÜNDEKİ TANIMI	4
1.5. KUTLULAR MASİF SÜLFİT YATAĞININ REZERV VE TENÖRÜ	8

BÖLÜM II.

2.1. STRATİGRAFİK KONUM VE PETROGRAFI	10
2.1.1. Giriş	10
2.1.2. Alt Bazik Seri	12
2.1.2.1. Spilitik Bazaltlar	13
2.1.2.2. Yastık Debili Lavlar	15
2.1.2.3. Gri Renkli Kireçtaşları	17
2.1.3. Dasitik Lav ve Piroklastları	18
2.1.4. Piritik ve Kalkopiritik Cevher	24
2.1.5. Bazaltik-Andezitik Lav ve Piroklastları	25
2.1.5.1. Bazaltik-Andezitik Lav ve Aglomeralar	25
2.1.5.2. Kırmızı-Bordo Renkli Kireçtaşları	29
2.1.6. Kiltası, Marn, Kumtası, Tüfit, Kumlu Kireçtaşı Ardalanması	31
2.1.7. Riyolitik, Riyodasitik, Dasitik Lav ve Piroklastları	33
2.1.8. Diyabaz Sokulumları	35
2.2. YAPISAL JEOLJİ	38
2.2.1. Tabaka Doğrultu ve Eğimleri	38
2.2.2. Faylar	39
2.2.3. Çatlaklar	40

BÖLÜM III. CEVHERLEŞMENİN MİNERALOGİSİ, SIVI KAPANIMLARI VE JENEZİ	42
3.1. GİRİŞ	42
3.2. CEVHERİN MİNERALOGİSİ	42
3.3. MİNERALOGİK VE DOKUSAL ZONLANMA	47
3.4. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI	49
3.4.1. Giriş	49
3.4.2. Örnek Hazırlama	50
3.4.3. Yöntem	50
3.4.4. Deneyler ve Sonuçlar	51
3.5. KUKULTEPE CEVHERLEŞMESİ	53
3.6. KUTLULAR MASİF SÜLFİT YATAĞININ JENEZİ	55
BÖLÜM IV. ALTERASYON ZONLANMASINDA JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLER	59
4.1. GİRİŞ	59
4.2. ALTERASYON	60
4.3. ÖRNEK ALIMI VE ANALİTİK YÖNTEM	61
4.4. JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLER	63
4.4.1. %K ₂ O Değerinin Değişimi	63
4.4.2. %Na ₂ O Değerinin Değişimi	68
4.4.3. %K ₂ O/%Na ₂ O Oranının Değişimi	72
4.4.4. %MgO Değerinin Değişimi	73
4.5. JEOKİMYASAL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	74
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ	78

EKLER

EK-1

EK-2

EK-3

ÖZET

Sürmene-Kutlular bölgesinde yapılan bu çalışmayla kayaçların stratigrafik konumu ve petrografik özellikleri, Kutlular cevherleşmesinin mineralojisi, jenezi ve yatağın civarındaki alterasyonun jeokimyasal özellikleri açığa çıkarılmıştır.

Çalışma alanında en altta Jura yaşlı spilitik bazalt, yastık debili lav ve gri kireçtaşı karmaşığı yer alır. Bunların üzerine uyumsuz olarak ve yer yer piritleşmiş dasitik lav ve tüfleri gelmektedir. Kalkopiritik-piritik cevher kütlesi bunları uyumlu olarak üstlemektedir. Daha sonra hem cevher hem de dasitler üzerine bazaltik-andezitik lav ve piroklastları ve bunları takiben de volkano-tortul seri uyumlu olarak gelmektedir. Diyabaz soku-lumları ise magmatizmanın en son ürününü oluşturur.

Yaklaşık 110x70x40 m. boyutundaki cevher kütlesinin masif, stokvörk ve taneli bir yapıda olduğu, cevher kütlesinin alt seviyelerinde masif olan cevherin üst seviyelere doğru taneli bir yapı kazandığı tespit edilmiştir.

Cevher kütlesine yaklaştıkça MgO değerinin kısmen değişiklik göstermesine karşın genelde azaldığı, Na₂O değerinin de buna paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. K₂O tayinlerinde ise MgO ve Na₂O'nun tersine cevhere yaklaştıkça bir artış söz konusudur. Ancak, cevhere yaklaşımdaki bu artış, %K₂O/%Na₂O değerinde daha belirgin olarak kendini göstermektedir.

SUMMARY

In this study general stratigraphy of the area and mineralogy, genesis and geochemical characteristics of the alteration halo of the Kutlular massive sulphide deposits are studied.

In the area studied, spilitic, basaltic pillow lavas and greyish limestones alternations of Jurassic age are placed at the base.

These are overlain unconformably by dacitic pyriteferous lavas and tuffs. The massive pyrite-calcopyrite deposits occur in upper level of this unit.

The dacitic unit and massive sulphide deposition are covered by basaltic-andesitic lavas and pyroclastics and followed by the volcano-sedimentary series of Upper Cretaceous age. The whole series are cut by diabase stock of Tertiary age.

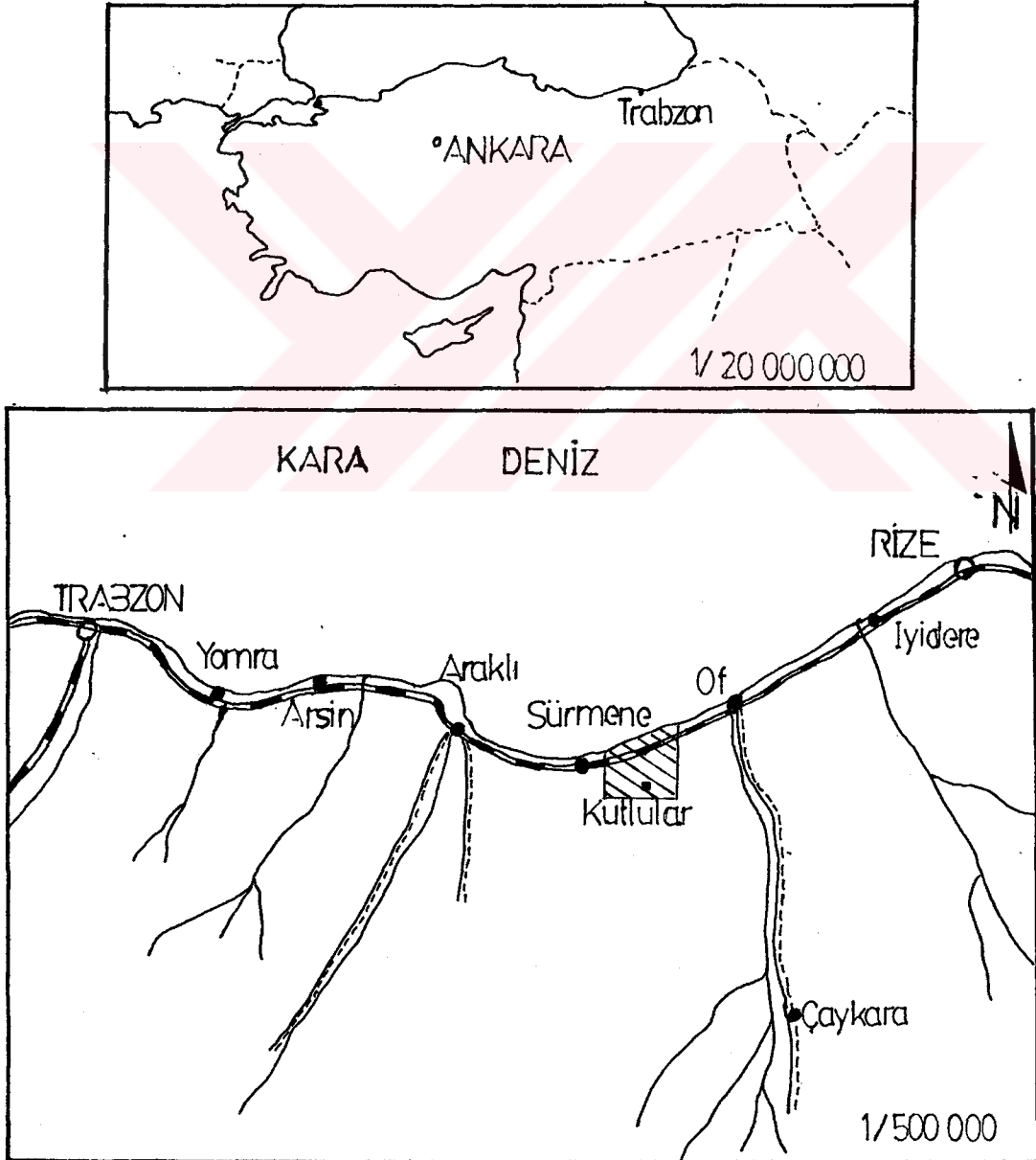
Diameter of the ore body are 110x70x40 m. The ore body is massive at the base and gradually pass into granular character towards upper level.

In the alteration halo, towards the ore body MgO and Na₂O content decrease but K₂O content increase. The increase of K₂O%/Na₂O% ratio towards the ore body is more.

BÖLÜM I
G İ R İ Ş

1.1.COĞRAFİ DURUM

Çalışma alanı Trabzon İli, Sürmene İlçesinin doğusunda bulunmaktadır. Kutlular masif sülfid yatağı ve çevresini içine alan çalışma sahası 42 km²'lik bir alanı kapsayıp G44-a2 ve G44-a3 paftaları içerisinde yer alırlar (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Coğrafi Konum Haritası

1.2 ÇALIŞMANIN AMACI

Bilindiği gibi Doğu Pontid Kuzey Zonu olarak bilinen Doğu Karadeniz sahil şeridi önemli bir bakır provensini oluşturmaktadır (Aslaner,1977).

Eski bir adayayı niteliğinde olan bu bölgenin bitki örtüsü bakımından son derece örtülü oluşu ve toprak örtüsünün çok kalın oluşu, bölgede var olduğu tahmin edilen birçok yatağın bulunmasını oldukça fazla zorlaştırmaktadır.

Tipik bir "Doğu Pontid Tipi Masif Sülfid Yatağı" olan Kutlular madeni açık olarak işletilmektedir. Örtü kayaçlarının net bir şekilde izlendiği maden sahasında cevherden itibaren birçok alterasyonun varlığı belirlenmiştir. Çalışmanın amacını, bu örtü kayaçlarındaki alterasyonun jeokimyasal olarak belirlenmesi oluşturmaktadır. Böylece, bölgedeki başka masif sülfid yataklarının aranmasında ve özellikle sondaj aşamasında önemli bulgular elde edilmiş olacaktır.

1.3. KUTLULAR CEVHERLEŞMESİ VE CİVARINDA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bölge, maden yatakları, özellikle Cu zuhurları yönünden ilginç olduğundan birçok yerbilimci tarafından zaman zaman incelenmiştir.

Atabek (1939), çalışma alanına yaklaşık 5 km uzaklıkta olan Aksu yöresindeki spekülarit zuhurlarını incelemiş, ekonomik olmadığı kanaatine varmıştır.

Ketin (1966), Pontidlerin tektonik birliklerinin irdelemesini yapmıştır.

Sawamura ve Yılmaz (1971), Trabzon G44-a2 paftasının 1:25000 ölçekli haritasını yapmış, yöredeki zuhurları 3 grupta toplamıştır.

a) Dasitik seriler içinde subvolkanik hidrotermal Cu-Pb-Zn zuhurları,

b) Üst bazik seri içinde Mn zuhurları,

c) Skarn tipi spekülarit-pirit zuhurları.

Alpen (1971), Trabzon G43-b1, b2, b3 ve G44-a1, a2, a4 paftalarını incelemiş, bölgedeki Kutlular zuhurunun önemli olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz (1972), Yörede detay jeoloji çalışması yapmış, cevherleşmenin Üst bazik seri ile örtülü olduğunu ve Üst Kretase'de cevherleşmenin iki aşamada oluştuğunu vurgulamıştır.

Çelik (1973), Kutlular sahasında jeofizik etüdü yapmış, 4 adet sondaj yapılmasını önermiştir.

Gümrükçü (1974), Kutlular civarında detay arama ve sondaj çalışmaları yapmıştır.

Aslaner (1977), Sürmene yöresindeki yatakların başta Kutlular olmak üzere volkanik merkezler etrafında yer aldığını vurgulamıştır.

Pejatoviç (1979), Of-Sürmene yöresindeki cevherleşmenin yöredeki Gelincik domunun piroklastik kayaları içinde küçük masif sülfid mercekleri şeklinde yer aldığını belirtmiştir.

Yılmaz, Yazıcı, Boğuşlu, Tüysüz (1982), Sürmene-Of yöresinde Üst Kretase yaşlı volkanotortul kayaların egemen olduğu, bunların altta bulunan dasit ve piroklastiklerini örttüğünü, bunların dokanağında yaygın hidrotermal ayrışma gösteren kısımların cevherleşmeler yönünden önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Yıldız (1988), Kutlular Masif Sülfid Yatağının Rezerv, tenör ve zenginleştirme açısından irdelemesini yapmıştır.

1.4. VOLKANİK EŞLİKLİ MASİF SÜLFİT YATAKLARININ GÜNÜMÜZ LİTERATÜRÜNDEKİ TANIMI

Literatürde; volkanojenik, ekshalatif volkanojenik, volkanik hidrotermal gibi başlıklarla verilen bu yataklar, volkanik etkinliğin egemen olduğu denizel seriler içerisinde yan kayaların istiflenmesine paralel olarak ve genelde mercek şeklinde birikim gösterirler. Esas cevher minerallerinin kalkopirit, pirit, galen ve sfalerit olduğu bu yataklar zengin tenör (%2-10) ve küçük rezerve ($0.1-10 \times 10^6$ ton) sahiptirler (Edwards and Atkinson, 1986).

Magmatik hidrotermal birikimlerin belirgin bir grubu olarak 1950'lerden beri tanımlanan masif sülfidler birçok yazarlarca çeşitli açılardan sınıflanmışlardır.

Hutchinson'un (1980) sınıflaması aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

Pirimitiv tip

Zn-Cu: Ag-Au Arkeen ve erken Paleozoik yaşlı volkanoklastik + denizel volkanizma.

Polymetalik tip

Pb-Zn-Cu: Ag-Au Fanerozoik yaşlı volkanoklastik + denizel volkanizma

Bakırlı pirit tipi

Cu : Au Fanerozoik yaşlı derin toleyitik volkanizma

Kieslager

Cu-Zn : Au Proterozoik ve Paleozoik yaşlı Grovak ve Şeyl + Volkanitler

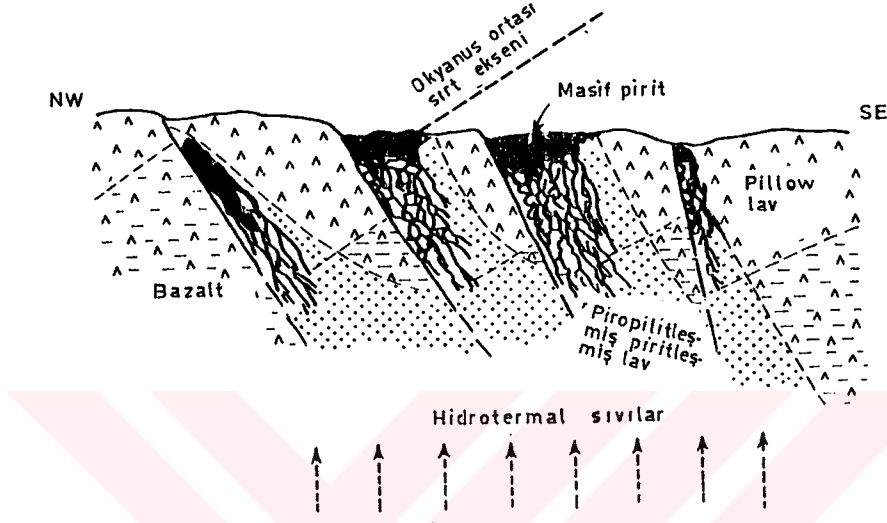
Sınıflandırılmanın basitleştirilmesi açısından Tokel (1988) masif sülfidleri jenez ve jeotektonik ortamlarına göre başlıca ikiye ayırmıştır: (1) Okyanus ortası sırtlardaki toleyitik magmatizmaya bağlı "Kıbrıs tipi" yataklar, (2) Normal olguluaktaki ada yaylarındaki ark-içi havzalarda görülen felsik magmatizmaya bağlı "yitim tipi" yataklar, örneğin Kroko tipi, Beshi tipi, Pontid tipi gibi.

Kıbrıs Tipi Masif Sülfid Yatakları

Ofiyolitlerin volkanik kısımlarında pirit, kalkopirit ve az miktarda sfaleritten oluşmuş, taban kısımları stokvörk olarak yataklanmış masif sülfid yataklarını oluştururlar. Bu tip

yataklara ait en ayrıntılı incelenmiş örnek Kıbrıs'ta Troodos ofiyolitik masifi içinde yer alır.

Çeşitli yastık lav seviyeleri arasında yer alan birikimler eşoluşumlu basamak faylarla ilgilidirler (Şekil 1.2).



Şekil 1.2; Kıbrıs tipi bir masif sülfid yatağı (Agrokipia madeni, Adamides 1980)

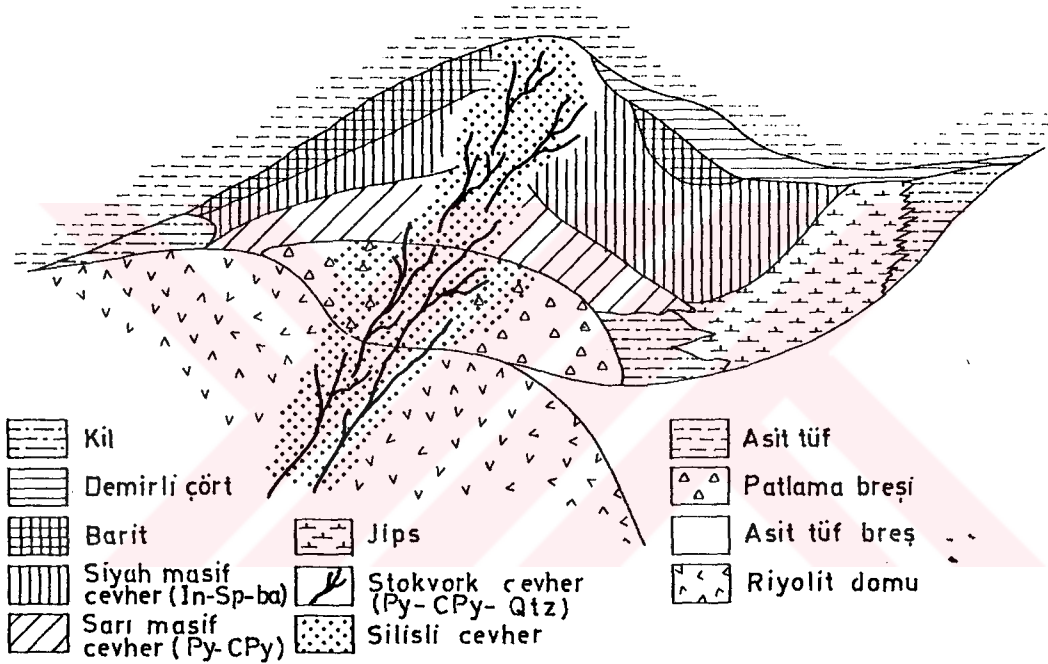
Bu tip yatakların okyanus ortasındaki açılma sırtları civarında oluştuğu bilinmektedir. Açılma eksenindeki magmatizmanın oluşturduğu yüksek ısı aksı hidrotermal çevrimleri oluşturmakta ve eksene paralel faylar boyunca yükselen sıcak sular deniz tabanına ulaşınca minerallerini çökeltebilirler.

Bu tip yataklar genelde küçük rezerv, yüksek tenörlü olup, yitim zonlarındaki masif sülfid yataklarından farklı olarak Co bakımından zengindirler (Edward and Atkinson, 1986). Bunlara Türkiye'den Ergani ve Küre pirit-Cu yatakları örnek olarak verilebilirler (Tokel, 1988).

Kroko Tipi Yataklar

Japon ada yayı üzerinde Miyosen yaşlı magmatik aktivitenin

meydana getirdiği cevher riylolitik, dasitik tuf ve tuf breşler üzerinde olup tekrar felsik tüflerle örtülüdür. En üstte barit olmak üzere derine doğru siyah cevher (galen + sfalerit) ve daha derinde sarı cevher (pirit + kalkopirit)'den oluşmuştur. Cevher yatağının şematik kesidi Şekil 1.3 de sunulmuştur. Kroko tipi yataklanmayla ilgili bütün araştırmaların incelenmesi Ohmato and Skinner (1983) tarafından yapılmıştır.



Şekil 1.3: Kuroko masif sülfid yatağının şematik kesiti (Sato ve Franklin, 1981)

Pontid Tipi Yataklar

Samsundan Kafkaslara kadar uzanan ve güneyde Doğu Karadeniz Dağlarını da içine alan Pontid zonu eski bir yitim zonunu temsil etmektedir. Üst Kretase'de yoğun bir kalk-alkalen magmatik aktivitenin etkisinde kalmış olan bu zonda Ordu'dan Rus sınırına kadar uzanan ve eski ada-yayı'nın eksenini oluşturan kalk-alkalen granitoyid zinciri yer almaktadır. Bu Granitoyid zincir boyunca

ve özellikle bu zincirin kuzey yamaçları üzerinde yüzlerce polimetallik yitim tipi masif sülfid yatakları yer alır.

Yoğun etkinliği Üst Kretase'de olan kalk-alkalen granitizasyonla ilgili oluşmuş effuzif merkezler civarındaki bu birikimlerin içinde olduğu kayalar felsik tüfler, lav kamaları ve tuf breşleridir. Tavan kayaları genellikle pelitik denizel tortulardır.

Pontid tipi olan masif sülfid yataklarının diğer önemli ortak özelliklerinin başında bunların denizel bir ortamda çöküp, alt ve üst yüzeyleri genel tabakalanmaya paraleldir. Yer yer masif, stokvörk, saçınım şeklinde ve yüksek tenörlü, küçük rezervli mercekler şeklindedirler. Doğu Karadenizdeki başlıca masif sülfid yatakları olarak Karılar, Karaerik, Lahanos, Tirebolu-Köprübaşı, Hamsiköy, Kutlular-Sürmene, İsrail, Çayeli-Madenköy ve Murgul yatakları sayılabilir.

1.5. KUTLULAR MASİF SÜLFİT YATAĞININ REZERV VE TENÖRÜ

Daha önce, 1974 yılında rezerv ve tenör tespiti amacıyla M.T.A. tarafından Kutlular yatağı ve civarında 36 adet sondaj yapılmıştır. Bunların 16 tanesi cevheri kesmiş, 20 tanesi ise kesmemiştir. Yapılan bu sondajların incelenmesiyle işletilebilecek sınır tenör %0.5 Cu alınarak bu yatağın 1.9×10^6 tonluk bir rezerve sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, işletme aşamasında Kutlular zenginleştirme tesisinin ancak %1.5 lik Cu cevherini kabul etmesi nedeniyle aynı sondaj sonuçlarının tekrar değerlendirilmesine gerek duyulmuştur (Yıldız, 1988).

Tenörü %1.5 Cu 'dan fazla olan cevherin görünür rezervinin 1.4×10^6 ton olduğu, bunun metalik olarak karşılığının 40128 ton Cu olduğu hesaplanmıştır.

Yine aynı çalışmada Cu tenörü %0.5-1.5 olan cevherin ortalama tenörünün %0.85 Cu olduğu, bu tenöre sahip rezervin ise 1.7×10^5 ton olduğu hesaplanmıştır. Kutlular tesisinde hem teknik açıdan ve hem de dekapajın yüksek maliyeti açısından kabul edilemeyen sözkonusu bu cevherin 1463 ton metalik Cu'a karşılık geldiği tespit edilmiştir.

Sözkonusu bu maden yatağı pirit bakımından da oldukça yüksek bir tenör ve büyük rezerve sahiptir. M.T.A. tarafından yapılan hesaplamalara göre bu yatakta ortalama pirit tenörünün %18, rezervinin ise yaklaşık 10 milyon ton olduğu tespit edilmiştir. Ancak bugün için gerek yurt içi ve gerekse yurt dışındaki pirit piyasası oldukça fazla durgundur.

Kutlulardan Hopadaki KBİ tesislerine kamyonlarla gönderilen pirit cevheri burada sülfirik asit yapımında kullanılmaktadır.

B Ö L Ü M II

2.1. STRATİGRAFİK KONUM VE PETROGRAFI

2.1.1. Giriş

Sürmene-Kutlular (Trabzon) yöresinde yeralan çalışma sahası Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Mesozoik yaşlı birimler içinde yer almaktadır.

En altta bulunan, kalınlığı hesaplanamayan ve çeşitli araştırmacılar tarafından da kabul edilen Alt Bazik Seriyi spilitik bazaltlar, yastık lavlar ve gri renkli kireçtaşları oluşturmaktadır.

Alt Bazik Seri üzerine uyumsuz olarak ve yer yer hidrotermal değişimlere uğramış dasidik lav ve piroklastları gelmektedir. Bunların görünür kalınlığı yaklaşık 180 m dir.

Dasidik lav ve piroklastları üzerine yaklaşık K-G doğrultulu düşey bir faylanmaya bağlı olarak gelişen pirit, kalkopirit cevherleşmesi uyumlu olarak oturmaktadır. Cevher yaklaşık mercek şeklinde olup ortalama kalınlığı 25-35 m arasında değişmektedir.

Kısmen cevher, kısmen de dasitik lav ve piroklastları üzerine yer yer merceksi kırmızı kireçtaşı içeren andezitik ve bazaltik lav ve piroklastlar uyumlu olarak gelmektedir. Bunları da uyumlu olarak üstleyen volkano-tortul seriyi Üst Bazik Seri olarak adlandırılan dasitik, riyolitik, riyodasitik bileşimde ve sağlam yapıldı, birincilere nazaran oldukça taze görünümlü lavlar ve bunların piroklastikleri üstlemektedir.

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	KAT	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENO.	KUV.	HOL.		> 30		Alüvyon
M E S O Z O Y İ K	ÜST KRETASE	SENONİYEN	Kampaniyen - Maestrihtiyen	> 150		Riyodasitik, Riyolitik, Dasitik lav ve piroklastları
				> 50		Kiltaşı, Marn, Kumtaşı, Tüfit, Kumlu Kireçtaşı ardalanması
				20 - 300		Bazaltik-Andezitik lav ve aglomera
						Kırmızı kireçtaşı
						Diyabaz sokulumu
				35		Kalkopirit, Piritik masif cevheri
						Dasitik lav ve piroklastları
				> 480		Yer yer ayrılmış piritli dasitler
JURA			> 200		Spilitik bazalt, yastık debili lav ve gri renkli kireçtaşı karmaşığı	

Şekil 2.1: Kutlular (Sürmene) yöresinin stratigrafik dikme kesidi

Çalışma sahasında gözlenen diyabaz daykları ise çalışma alanının en genç volkanik birimini oluşturup, riyolit, riyodasit, dasitik lav ve piroklastları hariç, tüm istifi katederek yüzeylenmişlerdir. Yerleşim şekli ise oldukça düzensizdir. Genel stratigrafik dizilim Şekil 2.1 de gösterilmiştir.

2.1.2. ALT BAZİK SERİ

Doğu Pontid Kuzey ve Güney zonunda yeralan Alt Bazik Seri, çalışma alanımızda da yüzeylenip en yaşlı birimi temsil etmektedir. Bu seriye ait çalışmalarda bunların toleyitik-kalkalkalen karakterli oldukları, Doğu Pontid Kuzey Zonunda (Dağbaşı) yeralan Alt Bazik volkanitlerinin güney zonda bulunan (Gümüşhane-Bayburt) volkanitlere göre uyumsuz element konsantrasyonu bakımından daha zengin oldukları belirtilmiştir (Şen, 1988).

Çalışma alanının daha çok GB kısmında yüzeylenen bu birim yaklaşık 1.5 km² lik bir alanda yüzeylenmektedir.

Genelde spilitik bazaltlardan oluşan seri içerisinde az miktarda yastık debili lavlara rastlanılmaktadır. Gri renkli kireçtaşları ise bu seri içinde çok küçük ölçekli mercekler şeklinde olup, özellikle Kukultepe civarında çatlaklarında pirit, kalkopirit, galen, sfalerit damarcıkları içermektedir.

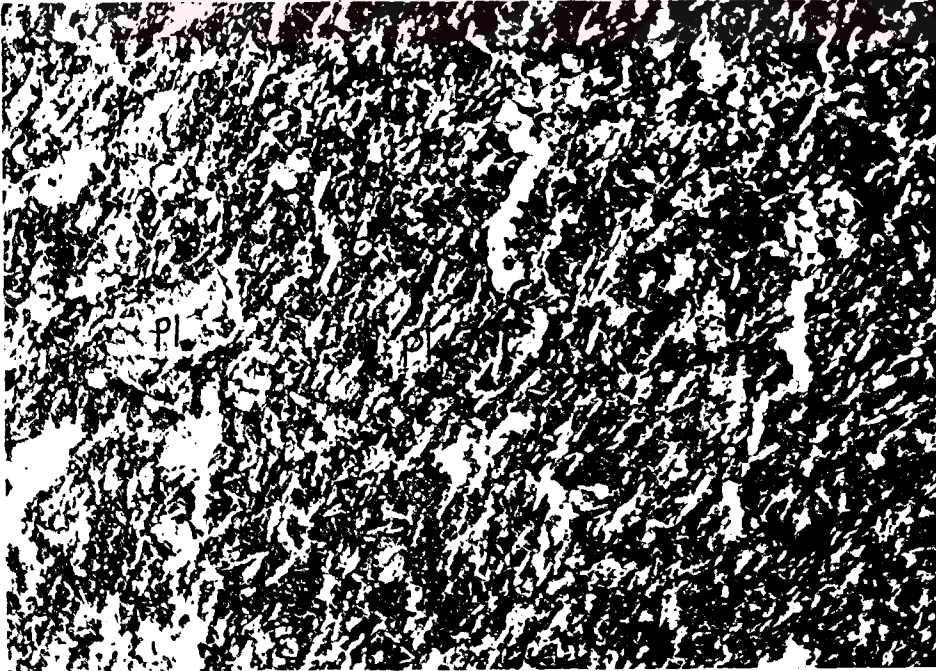
Genelde koyu yeşil-gri renkli olan bu serinin magmatik ürünlerinde oldukça fazla silişleşme, piritleşme ve kloritleşme gözlenmektedir. Alt Bazik Seriyi oluşturan kayalar çok küçük ölçekte oldukça fazla değişkenlik göstermeleri nedeniyle bunların kendi özel adları altında haritalanmaları mümkün olmamıştır.

2.1.2.1. Spilitik Bazaltlar

Bu birim, Alt Bazik Seri içerisinde en büyük hacmi kaplayan birim olup, serinin değişik seviyelerinde çok küçük ölçekli faylara bağlı olarak serinin diğer birimleriyle karmaşa halinde bulunurlar.

Taze kırık yüzeyi renkleri koyu gri-yeşil olup çatlaklarında bol miktarda silisleşme ve kloritleşme, gözenek ve çatlaklarında piritleşme, kalsitleşme gözlenmiştir. Kukul Tepe civarında oldukça daha fazla çatlaklı olan bu birimin 0.5-5 cm genişliğinde olan ve genelde KD-GB doğrultulu çatlaklarında yer yer pirit, galen, kalkopirit, sfalerit damarcıklarına rastlanılmıştır. (Bu cevherleşmenin ayrıntılı olarak incelemesi bir sonraki bölümde yapılacaktır).

Mikroskopik incelemelerde bu birimin genelde fluidal ve mikrolitik porfirik strüktür gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 2.2)..



Şekil 2.2. Spilitik bazaltlarda görülen flüidal strüktür. Küçük latalar plajiyoklaslardan oluşmaktadır. (ÇN; Ölçek: Uzun kenar 5.8 mm)

-Plajiyoklas : Hem fenokristaller, hemde mikrolitler halinde bulunmaktadır. Fenokristallerin gözlenebildiği kesitlerde bunların oldukça fazla ayrıştığı; zeolitleştiği, kısmen kalsitleştiği gözlenmiş olup, bir kısmı da albitleşmiştir. Mikrolitler ise birime ait tüm kesitlerde gözlenip bazılarında akıntı şeklinde dizinin göstermektedirler. Bunlar tamamen albitleşmiş ve dik sönme gösterirler. Fenokristallerin labrador-andezin bileşiminde olmalarına rağmen bunların ilksel cinslerinin kayaç içinde yer alan piroksenlerden dolayı daha bazik olabileceği (labrador-bitovnit-anortit) düşüncesini vermektedir. Bütün bu plajiyoklaslar, kayaç içerisindeki tüm birincil açık renkli mineralleri oluşturmaktadırlar.

-Ojit: Hem hamurda mikrogranüler hemde fenokristaller halinde bulunurlar. Genelde kloritleşmiş ve uralitleşmişlerdir. Fenokristaller subtomorf olup kenarları boyunca opaklaşma göstermektedirler. Kayaç içinde yaklaşık %5 oranında bulunmaktadırlar.

-Tremolit: Alterasyon ürünü olarak az miktarda bulunmaktadır. Kayaç içinde %2 oranına sahiptir.

-Kuvars: Kayaç içinde ikincil olarak, boşluklarda ve özellikle çatlaklarda mikrogranüler halde bulunmaktadır.

-Klorit: Genelde kayacın boşluklarında ve ferromagnezyen minerallerin etrafında bulunan bu mineral kayaçta ikincil olarak yer almaktadır.

-Prehinit ve Analsim: Boşluk dolgusu ve alterasyon ürünü olarak bulunmaktadırlar.

-Kalsit: Boşluk ve çatlak dolgusu olarak bulunmaktadır.

-Opak Mineral: Bunlar kayaç içerisinde boşluklarda, etrafında ikincil kuvars mikrotanelerinin bulunduğu, kare veya kareye yakın köşeli şekillerde gözlenmektedirler. Bunların makroskobik ve mikroskobik incelemelerden hareketle pirit olduğu saptanmıştır.

2.1.2.2. Yastık Debili Lavlar

Alt Bazik seri içinde spilitik bazaltlara nazaran daha küçük bir hacim kaplayan bu birim yastık debi göstermesiyle, Alt Bazik serinin diğer birimlerinden kolayca ayrılırlar.

Taze kırık yüzeyi renklerinin koyu gri, ayrışma yüzeyi renginin sarımsı kahve-kahve-yeşilimsi kahve olduğu bu birim genelde bazaltik, kısmen de andezitik bileşimdedir. Yer yer soğan kabuğu şeklinde ayrışmanın da görüldüğü yastık debili bazik lavlar, spilitik bazaltlara nazaran daha az çatlaklıdırlar. Silisleşmenin daha az olduğu bu birimde limonitleşme ve kloritleşme daha egemendir.

Makroskobik olarak bir tek yastık lav ele alındığında merkezi kısımlarında kısmen fenokristaller gözlenmesine karşın, bunların kenarlara doğru küçülüp gözle ayırtedilemez olduğu belirlenmiştir.

Mikroskobik olarak genelde mikrolitik porfirik bir strüktür gözlenip (Şekil 2.3) şu mineraller tayin edilmiştir.

-Plajiyoklas: Genelde mikrolitler, kısmende fenokristaller halinde olup serisitleşme, kalsitleşme, zeolitleşme gösterirler. Ayrıca bazı mikrolitlerin albitleşme gösterdiği de gözlenmiştir. Açık renkli minerallerin tamamını oluşturlar.



Şekil 2.3: Yastık debili lavalarda görülen mikrolitik porfirik yapıdır. Pl: Plajiyoklas, O:Opak, Kl:Klorit (ÇN; Ölçek: Uzun kenar 5.8 mm)

-Ojit: Genelde küçük fenokristaller halinde, kısmen de mikrotaneler halinde gözlenirler. Genelde subtomorf, bazen de otomorf olan bu mineraller, kısmen kloritleşme ve uralitleşme gösterirler. Kayaç içinde %5 oranında bulunurlar.

-Aktinolit: Çok az miktarda olup hem birincil, hem de uralitleşme ürünü olarak bulunurlar. Kayaç içinde %1 oranında bulunurlar.

-Klorit: İkincil olarak kayacın boşluk ve çatlaklarında, ferromagnezyen minerallerin etrafında bulunmaktadır.

-Kuars: İkincil olarak ve kayacın boşluklarında az miktarda gözlenmiştir.

-Epidot: Plajiyoklasların etrafında, kayacın boşluk ve çatlaklarında alterasyon ürünü ve boşluk dolgusu olarak bulunurlar.

-Zeolit: Bu mineral de ikincil ve boşluk dolgusu olarak gözlen-

miştir. Optik özelliklerinden prehnit olduğu tespit edilmiştir.

-Serisit: Plajiyoklasların üzerinde ve hamurda alterasyon ürünü olarak bulunmaktadır.

-Opak Mineral: İnce kesitte çok miktarda ve çatlak dolusu olarak gözlenmiştir. (Yaklaşık %15).

-FeO: Kayacın boşluk ve çatlaklarında sıvama şeklinde bulunurlar.

2.1.2.3. Gri Renkli Kireçtaşları

Alt Bazik Seri içinde küçük ölçekli mercekler halinde gözlenen bu birimin taze kırık yüzeyi rengi koyu gri olup hafifte olsa bir kristalizasyon göstermektedirler. Tabaka doğrultu ve eğimlerinin hayli değişken olduğu, tabaka kalınlıklarınının 20-30 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Özellikle Kukul Tepe civarında bu birimin çatlaklarında pirit-kalkopirit damarcıklarına rastlanılmıştır. Dolgu şeklinde olan bu damarcıkların genişliği birkaç mm, boyları ise birkaç cm arasında değişmektedir. Bu birimden alınan örneklerin mikroskopik inceleme sonuçlarında mikritik bir çimentoya sahip oldukları, çatlaklar boyunca ikincil kalsit damarlarını içerdikleri gözlenmiştir. Yine bu çatlaklarda yer yer opak minerallere rastlanılmıştır.

Bu birimden yapılan ince kesitlerde fosil gözlenememiştir. Ancak çalışma alanınının 5 km batısında yeralan bu kireçtaşlarında (Yalçınalp,1983) Malm yaşlı şu fosiller tespit edilmiştir.

-Saccocoma sp.

-Incertaecedis

-Cayenxia sp.

Buradan hareketle bu kireçtaşlarına Jura yaşı uygun görülmüştür.

2.1.3 Dasidik Lav ve Piroklastları

Çalışma alanınının yaklaşık üçte ikisini oluşturan bu birim genelde arazinin orta ve güney kısmında bir dom şeklinde yüzeylenir. Kutlular masif sülfid yatağı, çapı yaklaşık 5 km olan bu dasitik domun kuzey kenarında yer alır. Daha önceki araştırmacılara göre Gelincik domu olarak adlandırılan bu dasidik dom (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979) altta bulunan Alt Bazik seriyi keserek yüzeylenmiştir.

Dasitik lav, tüf ve aglomeralardan oluşan bu birimin lavlarına daha az rastlanılır. Genellikle Gelincik domunun merkezi kısımlarında; Aysa, Demir, Meşe Tepesi civarlarında yüzeylenir.

Dasitik tüfler ise daha çok bu domun kenarlarında, Kadofir, Orzar, Lüksera ve Baştimar civarında yüzeylenirler. Genelde dasitik lavlar üzerinde yeralmalarına karşın bazen de bunlarla içiçe bulunurlar. Sözkonusu bu dasitik tüfler kısmen tabakamsı özellik gösterirler. Eğim yönleri genelde K, KB ve KD ya doğrudur.

Dasitik aglomeralar daha çok idrom tepe güneydoğusu, Kukul Tepe'nin 500 m batısında yüzeylenirler. İçerisinde, çapları 0.5-15 cm arasında değişen çakıllar mevcuttur. Bunlar genelde yuvarlağımsı kısmen de köşelidirler. Bu çakılların genelde dasidik kısmen de sipilitik bazalt bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ender olarak da Alt Bazik Seriyeye ait gri kireçtaşı

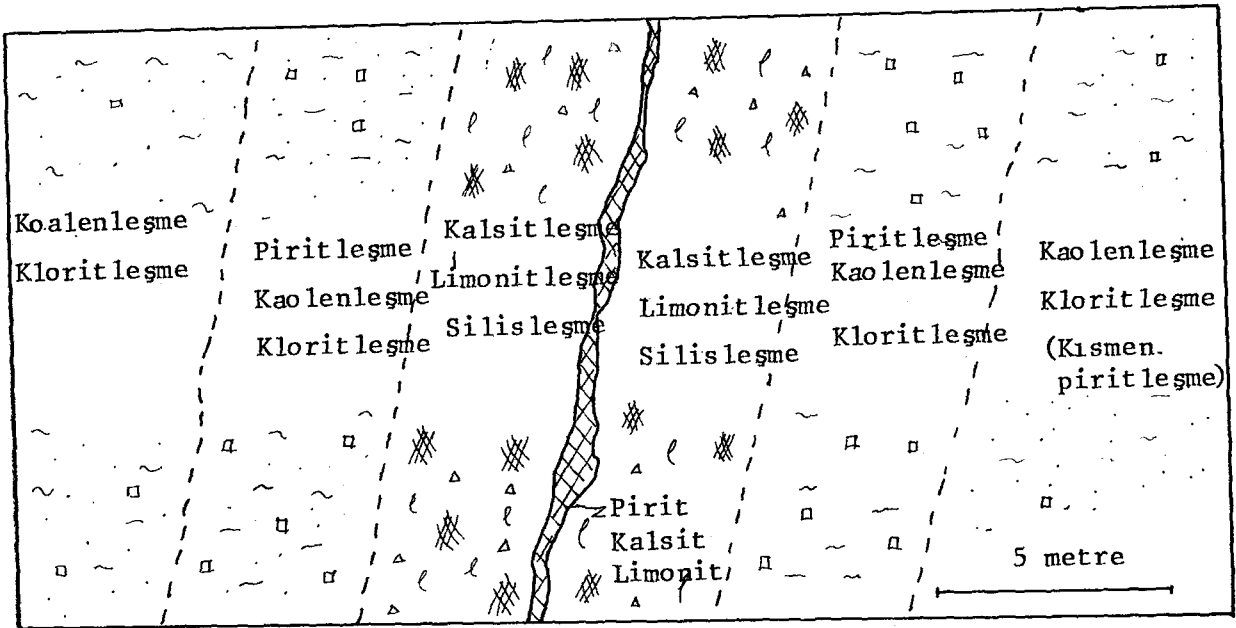
çakıllarına da rastlanılmıştır.

Arazi gözlemleriyle bej, kirli beyaz, yeşilimsi beyaz renkte gözlenen bu birimin lavlarının taze kırık yüzeyi renkleri sarımsı beyazdır.

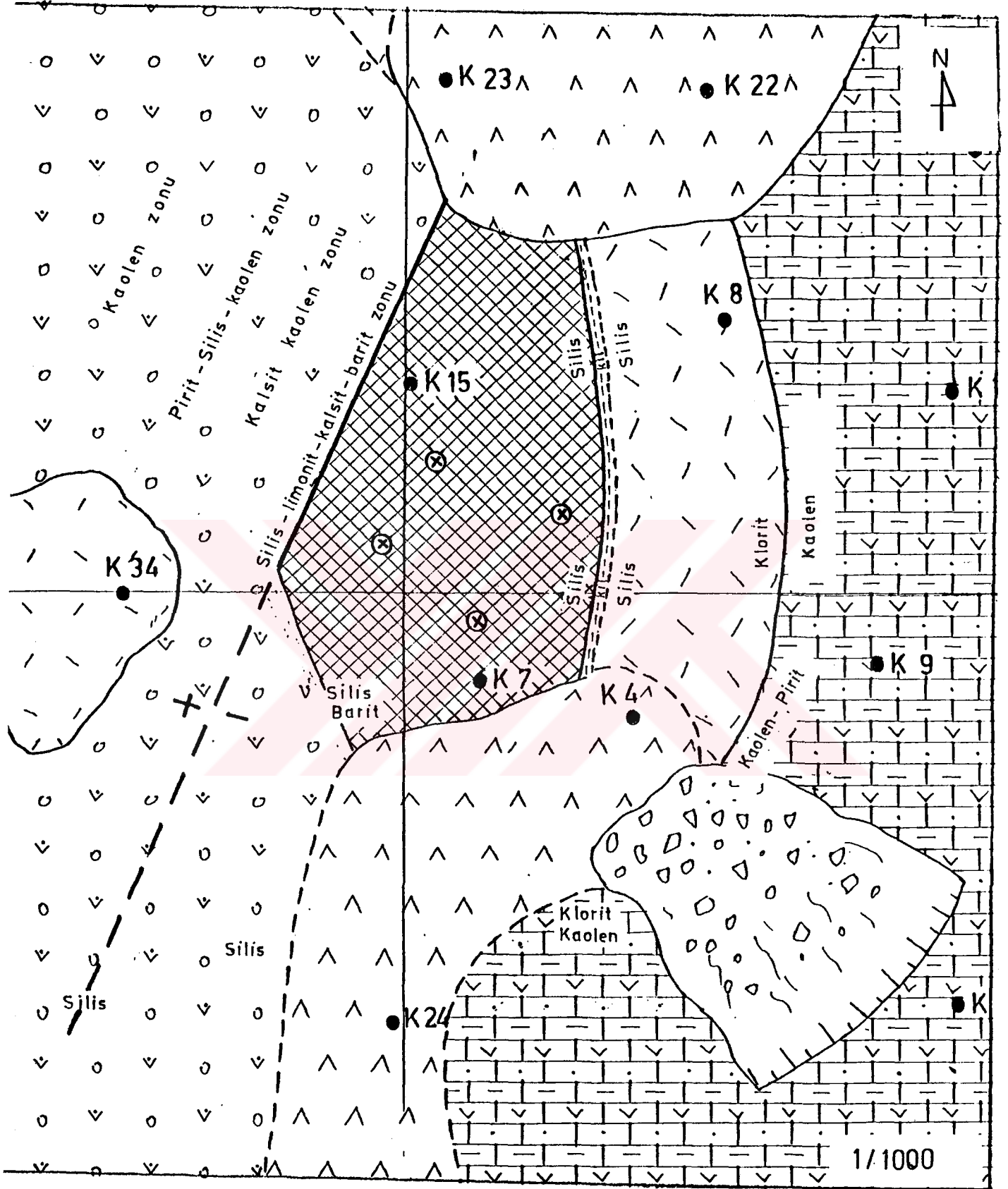
Sözkonusu bu birim oldukça fazla ayrışma göstermektedir. Görülen ayrışma türleri genelde kaolenleşme, kloritleşme, silisleşme, piritleşme ve az miktarda da limonitleşmeden ibarettir.

Arazide en çok gözlenen ayrışma türü kaolinleşmedir. Bu ayrışma türü daha çok dasidik piroklastlar üzerinde oluşmaktadır. Kloritleşme, silisleşme ve piritleşme genelde faylar ve çatlaklar boyunca gözlenirler. Daha çok dasitik tüfler içerisinde yer alırlar.

Arazide yapılan gözlemlerde bu birime ait çatlakların bazen kalsit dolgulu olduğu, kısmen de limonitleşmenin buna eşlik ettiği tespit edilmiştir. Ayrışmaların çatlaklar boyunca ve zonlar şeklinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Dasitlerde çatlaklar boyunca görülen alterasyonun zonlanması



Şekil 2.5 Kutlular masif sülfid yatağı civarında görülen alterasyon zonlanması (açıklamalar için Ek 2'ye bakınız)

Çatlaklar boyunca gözlenen bu zonlanma faylar boyunca daha net olarak izlenmektedir. Kutlular maden yatağının oluşumuna neden olan düşey fay etrafında ve dasitik birim içerisinde net bir ayrışma zonu tespit edilmiştir (Şekil 2.5).

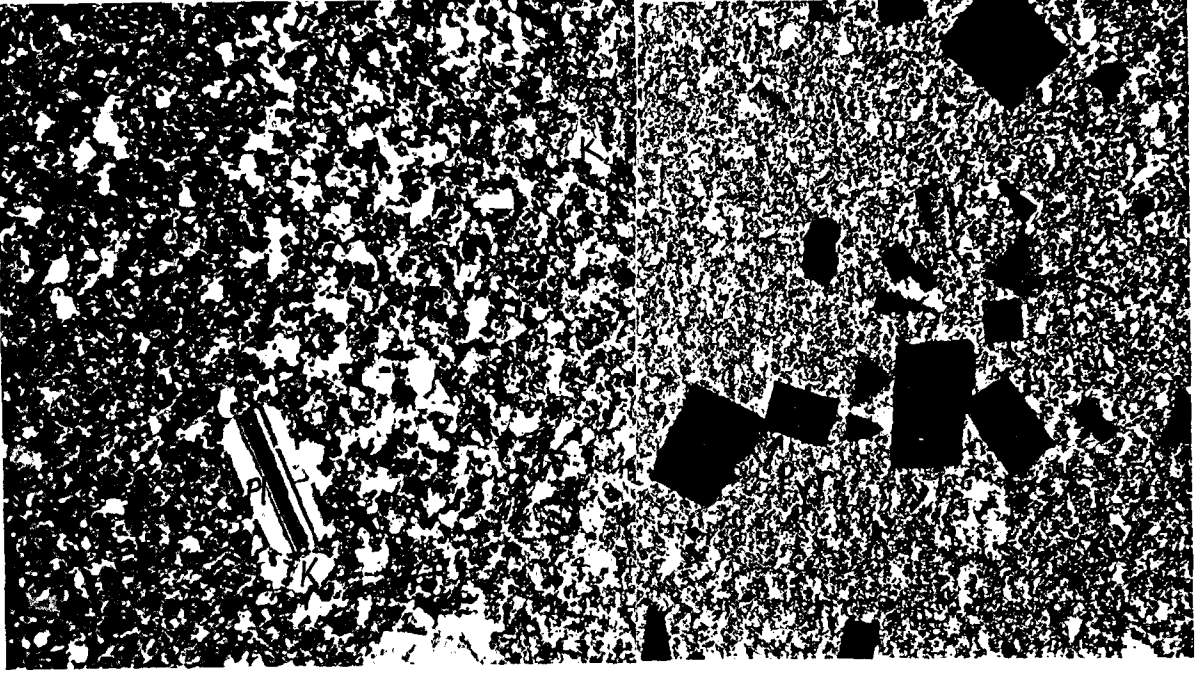
Fayın hemen kenarında ve kısmen fay hattı boyunca bol miktarda silisleşme ve limonitleşme mevcuttur. Buna kısmen baritleşme de eklenmektedir. Faydan 8-10 m uzaklaştıkça piritleşme ve kloritleşmenin egemen olduğu gözlenmektedir. Kaolenleşme hemen her zonda bulunmasına karşın faydan 30-40 m uzaklıkta daha bol olarak gözlenmiştir. Ayrışmanın çok fazla olması bunların mikroskobik olarak incelenmesine engel olmuştur.

Aynı şekilde bir alterasyon Baştımar vadisinde gözlenmiştir. Burada dere boyunca bir fayın varlığı tespit edilmiştir. Ancak bu fay kırmızı renkli kireçtaşlarını da etkilediğinden bunlardan daha genç olduğu açıktır. Kastel deresinin batı yamacında makroskobik olarak 3 zon belirlenmiştir. Dereye en yakın kısımda bol miktarda silisleşme + kloritleşme batıya doğru gidildikçe piritleşme ve kaolenleşme gözlenmiştir. Bu durum Kutlular'dakine benzerdir. Ancak burada cevher gözlenmemektedir.

Dasidik lav ve piroklastları içinde daha birkaç yerde piritleşmeye rastlanılmıştır. Kukul Tepe civarında da dasidik tüfler içerisinde piritleşme ve kloritleşme gözlenmiştir. Ancak bunların küçük ölçekli faylara bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir.

Dasitik lavlardan alınan örneklerin mikroskobik inceleme sonucunda genelde mikrogronü porfirik bir strüktür gözlenip (Şekil 2.6) şu mineraller tespit edilmiştir.

-Kuars, kayaç içinde hem iri fenokristaller hem de mikrot-



(a)

(b)

Şekil 2.6: (a) Dasitik lavlarda görülen mikrogranü porfirik strüktür.
 (b) Aynı birimin tüflerinde görülen otomorf pirit kristalleri
 Pl:Plajiyoklas, K:Kuvars, P:Pirit (CN:6.3x12.5)

neler halinde bulunmaktadırlar. Kayaç içinde açık renkli minerallerin yaklaşık %50-60'ını oluşturmaktadırlar. Fenokristaller genelde ksenomorf, kısmen de otomorf şeklinededirler. Mikrotaneler ise hamurun önemli bir kısmını oluşturmaktadırlar.

Kutlular civarından alınan örneklerde bol miktarda boşluk dolgusu şeklinde silisleşme gözlenmiştir. Ayrıca Baştımara civarındaki dasit örneklerinde de çatlak ve boşluk dolgusu olarak silisleşme mevcuttur.

-Plajiyoklas, kayaç içinde hem fenokristaller hem de mikrotaneler halinde bulunmaktadırlar. İkinci hakim mineral olarak bulunan bu mineralin cinsinin oligoklas-andezin olduğu tespit edilmiştir. İri fenokristaller genelde subtomorf şekildedirler. Kutlular civarındaki örneklerde plajiyoklasların bol miktarda serisitleştiği, kaolenleştiği gözlenmiştir. Açık renkli minerallerin %40-50'sini oluştururlar.

-Ortoklas, bazı incekesitlerde çok az, bazılarında da açık renkli minerallerin en çok %5'ini oluştururlar. Kesitlerde kısmen fenokristaller şeklinde bulunurlar. Aşırı derecede serisitleşme ve kaolenleşme gösterirler.

-Biyotit, ince kesitte çok küçük lameller halinde gözlenen bu mineral kısmen kloritleşme göstermektedir. Kayaç içinde en çok %5 oranında bulunmaktadırlar.

-Muskovit, çok az miktarda küçük lameller halinde bulunurlar.

-Klorit, genelde biyotitlerin alterasyon ürünü olarak, bunların kenarlarında, kısmen de boşluk dolgusu şeklinde gözlenirler. Arazide daha çok fay boyunca alınan örneklerde bol miktarda gözlenmişlerdir.

-Kalsit, ince kesitte boşluk ve çatlak dolgusu şeklinde tespit edilmişlerdir. Arazide ayrışmanın bol olduğu kısımlarda gözlenmişlerdir.

-Analsim, bazen plajiyoklasların kenarlarında ayrışma ürünü olarak, bazen de boşluk dolgusu şeklinde gözlenirler.

-Opak mineral, dasitler içerisinde yer yer bol miktarda gözlenen bu mineraller daha çok Kutlular cevherleşmesi civarındaki dasitlerde, Kukul Tepe civarında ve Baştımar civarındaki dasitler içerisinde gözlenmişlerdir. İnce kesitte çatlak ve boşluk dolgusu olarak tespit edilmişlerdir. Kısmen kare ve genelde özsekilsiz olarak bulunurlar.

Dasitler içerisinde miktarda çok değişken olarak bulunan bu opak minerallerin parlak kesit analizlerinden hareketle pirit oldukları tespit edilmiştir. Dasitik tüfler içerisinde yer yer %20 oranında bulunan bu mineralin nispeten steril olduğu dasitik tüfler de mevcuttur.

Dasitik tüflerin mikroskobik incelemeleri sonucunda bunların genelde bol gözenekli pümüs tuf, kısmen de kristal ve litik tuf karakterli oldukları tespit edilmiştir. Bunlarda genelde iri ve kırılmış kuvars ve plajiyoklas mineralleri ile çok az miktarda kayaç parçacıkları bulunmaktadır. Pirit mineralleri ise özellikle bol gözenekli olanlarda görülmüştür.

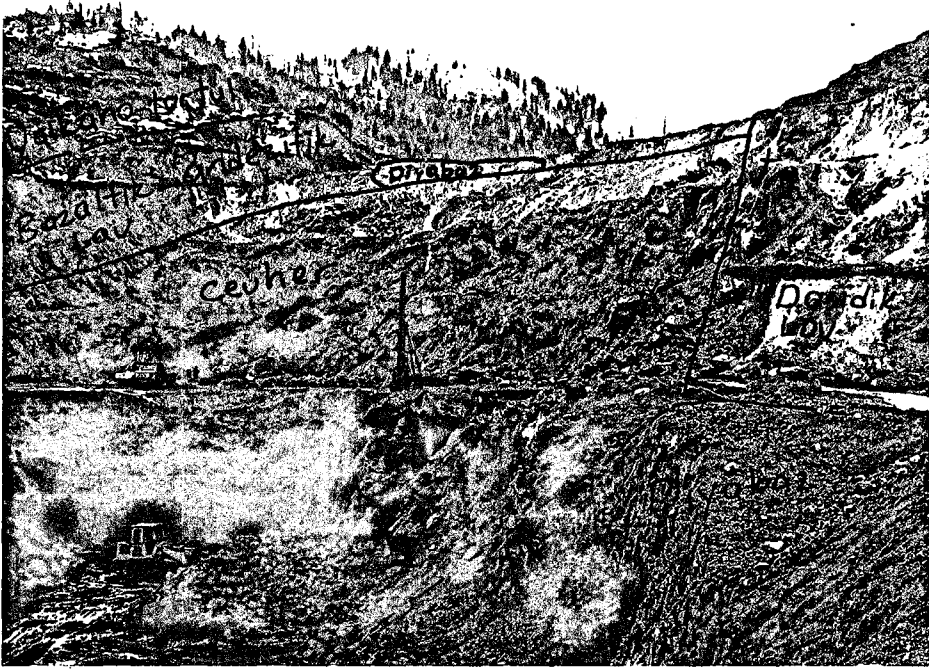
Dasitik lav ve piroklastların yaşı, civarda çalışmalar yapan çeşitli araştırmacılar tarafından Üst Kretase olarak kabul edilmiştir (Akıncı,1984). Bu birimin altta bulunan Alt Bazik Seriyi keserek uyumsuz bir şekilde üstlediği bilinmektedir. Bu Alt Bazik Seri içinde var olan Malm yaşı fosillerden hareketle dasitik lav ve piroklastların Malm'dan daha genç olduğu açıktır. Ayrıca bu birimin aglomeraları içerisinde alt bazik seriye ait gri kireçtaşı çakılları gözlenmiştir.

Bu birimi uyumlu olarak üstleyen bazaltik-andezitik lav içerisinde yer alan kırmızı kireçtaşı merceklerinin Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşı olduğu dikkate alındığında dasitik lav ve piroklastiklerin Kampaniyen'den daha yaşı, Malm'den daha genç bir zaman aralığında oluştuğu ortaya çıkmaktadır.

Doğu Pontid Kuzey zonunda çalışma yapan araştırmacılara göre görünür kalınlığı 800-1600 m arasında değişen (Akıncı,1984) dasitik lav ve piroklastiklerinin arazimizdeki görünür kalınlığı 480 m hesaplanmıştır (Ek.3).

2.1.4. Piritik ve Kalkopiritik Cevher

Çalışma alanının yaklaşık orta kısmında yer alan ve çalışmanın asıl amacını oluşturan bu birim, yaklaşık 30 m lik bir dekapajdan sonra yüzeylemiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Kutlular masif sülfid yatağı açık işletmesinin kuzeyden görünüşü

Sözkonusu bu cevher altta bulunan dasitik lav ve piroklastları üzerine uyumlu olarak oturmaktadır. Cevherleşmenin K 20 D doğrultulu ve düşey atımlı bir faya bağlı olarak denizel bir ortamda oluştuğu sonucuna varılmıştır. Cevher kütlesi KD'ya 20-25 derece dalımlı bir şekildedir. Cevher kütlesinin batı kıyısı düşey bir fayla sınırlı olmasına karşın kuzey ve doğu kıyısı kenarları gittikçe incelen bir merceği andırmaktadır. Ortalama kalınlığı 35 m olan bu birimi andezitik-bazaltik lav ve piroklastları uyumlu olarak üstlemektedir. En son tüm birimleri kesen bir diyabaz stoku ile oldukça parçalanmış olan bu yatakta cevherleşme genelde masif, kısmen de saçınım ve stokwork tiptedir. Masif sülfid tipte bu yatağın D-B yönünde genişliği 60-70 m, K-G yönünde olan boyu ise 110 m dir (Şekil 2.7). Stratigrafik olarak Üst Kretase yaşlı birimler içerisinde yer alan bu yatağın da Üst Kretase yaşlı olduğu kabul edilmektedir.

2.1.5. Bazaltik-Andezitik Lav ve Piroklastları

Çalışma alanının kuzey kesiminde D-B doğrultulu ve ortalama 2-3 km genişliğinde bir bant halinde yüzeylenmektedir. Çalışma alanının yaklaşık 10 km² lik bir alanını kaplayan bu birim bazaltik-andezitik bileşimdedir. Kısmen prizmatik debi gösteren lavlar, aglomeralar ve kalınlığı yer yer 5-15 cm arasında değişen tüfit, marn, kumlu kireçtaşı, kiltası ardalanmasından oluşmaktadır. Ayrıca Doğu Pontid Kuzey zonunda önemli bir stratigrafik seviyeyi oluşturan kırmızı renkli kireçtaşları bu sözkonusu lavlar içerisinde boyları birkaç on metre olan mercekler halinde bulunmaktadır.

2.1.5.1. Bazaltik-Andezitik Lav ve Aglomeralar

Birlikte bulunduğu tabakalı piroklastlarına oranla çok daha geniş bir alanda yüzeylenen bu birim altta bulunan dasitik lav ve cevher üzerine uyumlu olarak otururlar (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Bazaltik-andezitik lavlarda kalkopiritik-piritik cevherin dokanağı

Kısmen prizmatik debi gösteren bu lavlar daha çok Kutlular maden yatağı civarında, Kuşluca, Kumru, Yeniay, İvyan, Çerkezoğlu mahalleleri ile Amar Tepe civarında yüzeylemektedirler.

Aglomeralar lavlara oranla daha az yüzeyleme gösterirler. Genelde Kambo mahallesi güneyi, Baştımar mahallesi kuzeyi, Çerkezoğlu mahallelerinde yüzeyleyirler. Aglomera içerisindeki çakılların boyutları 3-20 cm arasında olup, genelde köşeli, kısmen yuvarlağımsı şekildedir. Bu çakılların genelde bazaltik-andezitik karakterli olduğu saptanmış olup, içlerinde yer yer gri ve kırmızı kireçtaşı çakıllarına da rastlanılmıştır (Şekil 2.9).

Bazaltik-andezitik lavlar arazi gözlemleriyle koyu gri-yeşilimsi gri renktedirler. Dasitlere nazaran daha kompakt, daha sağlam görünümlü olup, çok az miktarda çatlaklıdırlar. Makroskobik olarak gözle görülür mineral içermezler.



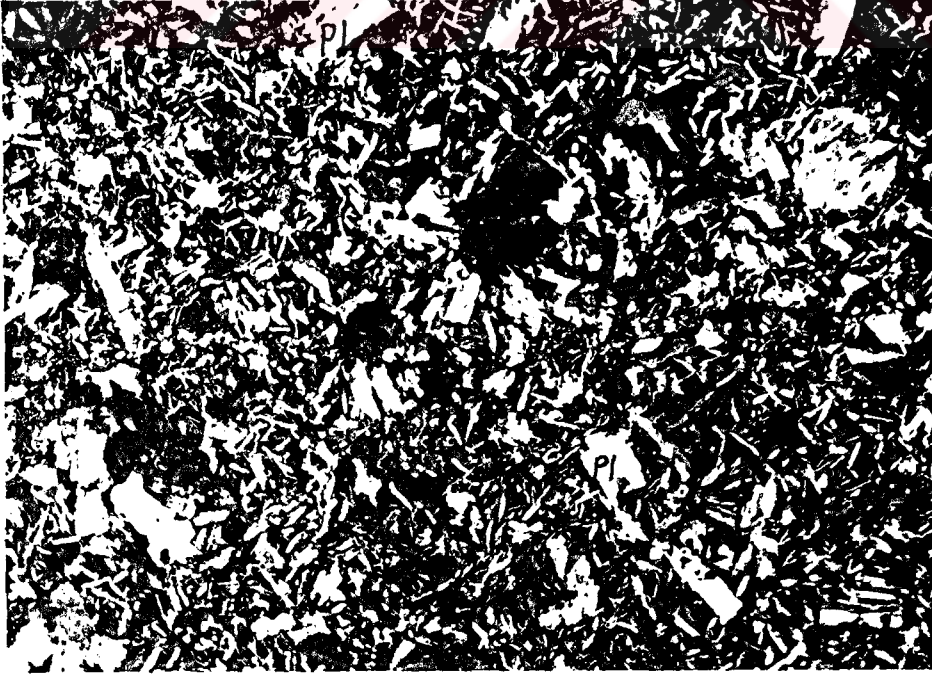
Şekil 2.9: Bazaltik-andezitik aglomera içindeki değişik kayaç çakılları

D: Dasit çakılı, BA: Bazalt-andezit çakılı

Sözkonusu lavlar mikroskobik incelemelerde genelde vaküoler mikrolitik porfirik, kısmen de mikrolitik porfirik strüktür gösterirler (Şekil 2.10). Bu birim içerisinde şu mineraller ayırtlanmıştır.

-Plajiyoklas: Kayaç içinde hem mikrolitler, hem de fenokristaller halinde bulunurlar. Fenokristaller genelde subtomorf olup, plajiyoklas cinslerinin bazı kesitlerde labrador, bazılarında ise andezin olduğu tespit edilmiştir. Mikrolitler ise hamurun önemli bir kısmını oluşturup, kısmen belli bir yönde dizenim gösterirler. Bazı kesitlerde kısmen serisitleşme gösterirler. Açık renkli minerallerin tamamına yakını oluştururlar.

-Ojit: Kayaç içinde en çok gözlenen ferromagnezyen mineral olup küçük subtomorf taneler halinde bulunurlar. Ojitlerin kenarında kısmen kloritleşme gözlenir. Kayaç içinde %3-5 oranında bulunurlar.



Şekil 2.10: Andezitik-bazaltik lavlarda gözlenen mikrolitik porfirik strüktür. Pl:plajiyoklas, Kl:klorit,(ÇN; Ölçek: Uzun kenar 5.8 mm)

-Hipersten : Bazı ince kesitlerde çok az miktarda küçük taneler halinde gözlenmişlerdir.

-Heulandit: Kısmen plajiyoklasların alterasyon ürünü kısmen de boşluk dolgusu olarak bulunurlar.

-Klorit: Kısmen ferromagnezyen minerallerin kenarında alterasyon ürünü olarak, kısmen de boşluk dolgusu olarak bulunurlar.

-Kalsit: Genelde boşluk dolgusu olarak bulunmaktadırlar.

-Prehinit : Bazı kesitlerde çok az miktarda ve boşluk dolgusu olarak bulunurlar.

-Serisit: Bazı plajiyoklas fenokristalleri üzerinde ve az miktarda bulunurlar.

2.1.5.2. Kırmızı-Bordo Renkli Kireçtaşları

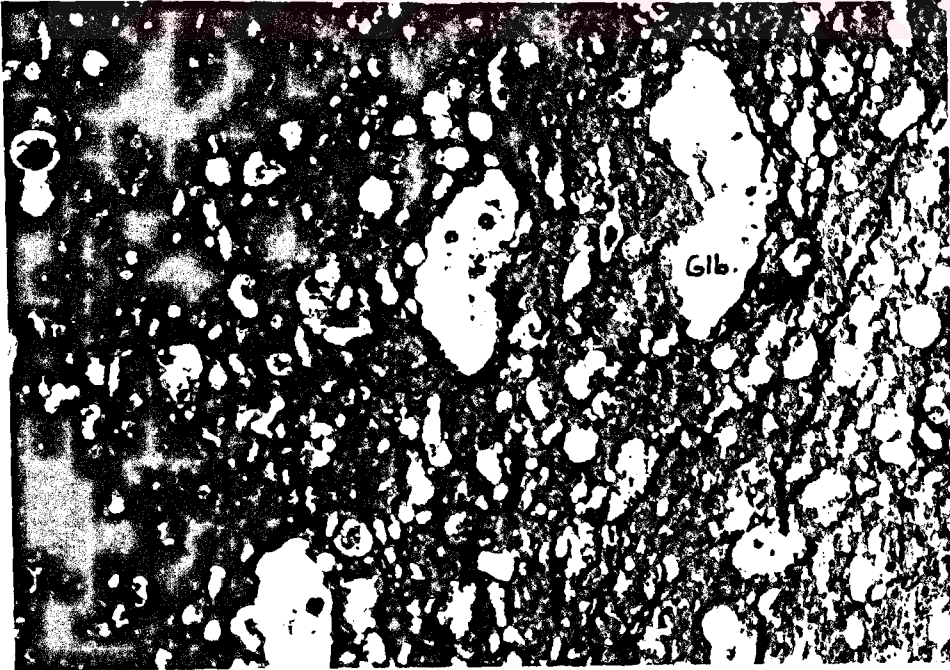
Bazaltik-andezitik lav içerisinde mercekler şeklinde yüzeylenen bu birim Baştımar mevkiinde Kastel vadisinin her iki yamacında, Kutlular maden sahasının 500 m kuzeydoğusunda mostra vermişlerdir. Alt ve üst sınırları bazaltik-andezitik lavlarla sınırlı olan kırmızı kireçtaşlarının nispeten derin deniz ortamında ve volkanik etkinliğin kısmen durakladığı zamanlarda çökeldikleri düşünülmektedir. Çünkü, çalışma arazisinin yaklaşık 10 km batısında kırmızı renkli kireçtaşlarının tüfitlerle arakatlı olması yersel de olsa çok hafif bir volkanik etkinliğin varlığını kanıtlamaktadır. Bunların kalınlıkları yaklaşık 25-30 m arasındadır. Tabaka kalınlıkları 5-25 cm arasında değişen bu birimin genelde eğimleri $10-70^{\circ}$ ile kuzeybatıya doğrudur. Kısmen ince çatlaklı olan kırmızı kireç taşlarının bu çatlakları genelde

kalsit dolguludur.

Makroskobik olarak boyutları 2-15 cm arasında değişen Inoceramus kavkı parçaları içermektedirler. Mikroskopta mikritik bir çimento içerisinde kalsitleşmiş, silisleşmiş Globotruncana mikrofosiller ve çok az miktarda kare şeklinde opak (pirit?) mineral içerirler (Şekil 2.11). Kayaç içerisinde yaklaşık %20 lik bir orana sahip olan mikrofosillerin şu cinsleri saptanmıştır.

- Globotruncana arca (CUSHMAN)
- Globotruncana linneiana (d'ORBIENY)
- Rosita patelliformis
- Globotruncana sp

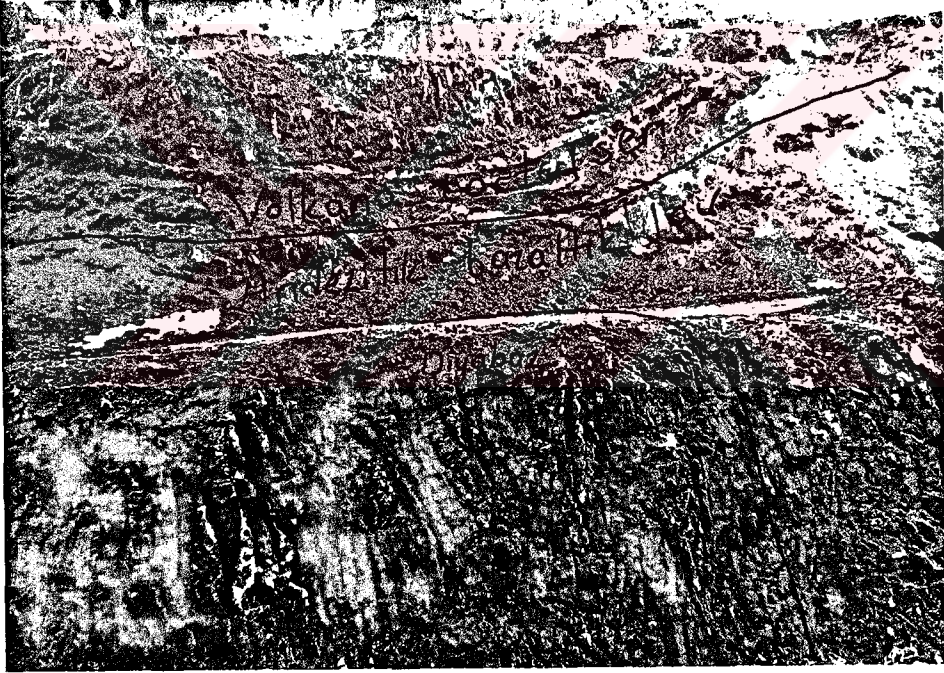
Dolayısıyla bu birimin nispeten derin denizde çöklediği anlaşılmaktadır. Bu fosillerden hareketle kırmızı kireçtaşlarının yaşının Kampaniyen-Maestrihtiyen olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.11: Kırmızı-Bordo renkli kireçtaşlarında mikroskopta görülen Globotruncana fosilleri (TN; Büyütme: Uzun kenar 5.8 mm)

2.1.6. Kiltası, Marn, Kumtaşı, Tüfit, Kumlu Kireçtaşı Ardalanması

Çalışma alanında bazaltik-andezitik seri üzerinde uyumlu olarak yer alan bu ardalanma, genelde Kutlular maden sahası etrafında, Kambo mahallesi, İvyan mahallesi güneyinde yüzeylenme gösterirler. Ortalama kalınlığı 40-50 m olan bu birimde eğimler değişken olmakla beraber, genelde kuzey ve kuzeybatıya doğrudur. Eğim açıları ise $10-80^{\circ}$ arasında değişmektedir. Maden sahası civarında daha çok tüfit ve marn ardalanması şeklinde yüzeylenmişlerdir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12: Bazaltik-andezitik lav ve bunları uyumlu olarak üstleyen vokano-tortul seri

Tüfit, marn, kumlu kireçtaşı, kiltası birimlerinin tabaka kalınlıkları 1-30 cm arasında değişmektedir. Bunlar genelde ardalanmalı olarak bulunurlar. Sözkonusu ardalanma içinde kumtaşları diğerlerine oranla çok daha az bir tekrarlanma gösterirler.

Tüfitler ise ardalama içerisinde en fazla tekrarlanmayı gösterip bazik karakterlidir.

Kumlu kireçtaşlarının mikroskobik incelemelerinde çimento-sunun mikritik olduğu, ancak kısmen ikincil olarak sparitleştiği gözlenmiştir. Kayaç içerisinde genelde kuvars, kısmen de ferromagnezyen ve opak mineraller bulunmaktadır. Kuvars tanecikleri genelde köşeli, kısmen yuvarlağımsı şekildedir. Söz konusu bu ardalama içerisinde Üst Kretase yaşlı *Globotruncana linnéiana* fosil bulunmuştur. Buradan hareketle bu ardalama ya Üst Kretase yaşı verilmiştir.

2.1.7. Riyolitik, Riyodasidik, Dasidik Lav ve Piroklastları

Çalışma alanınının kuzeyinde, sahile paralel olarak uzanan bu birim D-B doğrultusunda ortalama genişliği 1 km olan bir bant şeklinde yüzeyleyir. Altta bulunan Andezitik-bazaltik lav ve piroklastları ile volkano-tortul diye adlandırılan kiltası, marn, kumtaşı, tüfit, kumlu kireçtaşı üzerine uyumsuz olarak otururlar. Görünür kalınlıkları ise 150 m civarındadır.

Arazide, sözkonusu bu birimin genelde piroklastlarına, daha az olarak da lavlarına rastlanılmıştır. Piroklastlar genelde aglomera ve tüflerden oluşmaktadır.

Dasitik lavlar daha çok Yeniay civarı ve Kastel sahilinde yüzeyleme gösterirken, piroklastlarına daha çok Çamburnu ve güneyinde rastlanılmıştır. Fakat genel olarak, bunların lavları ve piroklastları birbirleri ile karmaşa halinde bulunurlar. Bu yüzden ayrı ayrı haritalanmaları da mümkün olmamıştır.

Aglomeralar içerisinde 1-5 cm çapında çakıllar mevcuttur. Bu çakılların genelde dasitik, kısmen de andezitik-bazaltik oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca ender olarak kireçtaşı çakıllarına da rastlanılmış, ancak bunlardan yaş tayinine gidilememiştir.

Sözkonusu birimin tüflerinin genel eğim yönleri kuzey ve kuzey batıya olup, diğer birimlerle uyum göstermektedirler. Bunların tabaka kalınlıkları ise 1-10 cm arasında değişmektedir.

Riyolitik, riyodasitik, dasitik lavlar oldukça sağlam yapılı olup kısmen prizmatik debi gösterirler. Arazi gözlemleriyle kirli beyaz-sarımsı beyaz renkte olup, taze kırık

yüzeyi renkleri pembemsi beyazdır. İçerisinde gözle görülebilir irilikte kuvars ve feldspat mineralleri mevcuttur.

Mikroskobik incelemelerde genelde mikrogronü porfirik strüktürün izlendiği bu lavlar içerisinde şu mineraller tespit edilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Riyolitlerde görülen mikrogronü porfirik strüktür.
K:Kuars, Pl:plajiyoklas, O:Ortoklas (ÇN:Uzun kenar 5.8 mm)

-Kuvars: Kayaç içinde hem fenokristal, hem de mikrotaneler halinde bulunmaktadır. Fenokristaller genelde subtomorf ve ksenomorf şekildedirler. Mikrotaneler ise hamurun anomali bir kısmını oluşturur. Kayaç içinde açık renkli minerallerin %40-60'ını temsil ederler.

-Plajiyoklas: Subtomorf şeklinde fenokristaller ve ksenomorf şekilde mikrotanelerden oluşmaktadır. Kısmen serisitleşme gösterirler. Plajiyoklas cinslerinin oligoklas-andezin olduğu tespit edilmiştir. Açık renkli minerallerin %30-40'ını oluştururlar.

-Potasyumlu Feldspat : Genelde fenokristal, az miktarda da mikrotanelerden oluşurlar. Plajiyoklaslara nazaran daha fazla koalenleşme gösterirler. Cinslerinin ortoklas olduğu tespit edilmiştir. Açık renkli minerallerin %5-35'ini oluştururlar.

-Biyotit: Kayaç içerisinde küçük latalar halinde bulunurlar. Kısmen kloritleşme gösterirler. En fazla %3 oranında bulunurlar.

-Muskovit: Az miktarda bulunurlar.

-Klorit: Az miktarda ve biyotitlerin kenarında alterasyon ürünü olarak bulunurlar.

-Serisit: Plajiyoklasların kenarında ve ikincil olarak bulunurlar.

-Demiroksit: Az miktarda ve çatlaklarda boyama şeklinde gözlenirler.

Riyolitik, riyodasitik, dasitik lav ve piroklastalılarından oluşan bu birimin yaşı konusunda en önemli veri bunların aglomeraları içinde yer yer bazalt-andezit ve kireçtaşı çakıllarının görülmesidir. Çalışma alanındaki kireçtaşları Üst Kretase-Senoniyen yaşlı olduklarından bunların kireçtaşlarından sonra oluştuğu anlaşılır. Ancak Üst Kretase Volkanik Serinin bir üyesi oldukları Sawamura (1970) tarafından belirtilmiştir.

2.1.8. Diyabaz Sokulumları

Bu birim, çok küçük bir alanda dayk sokulumu şeklinde yüzeylenir. Kambo mahallesinin 500 m kuzeydoğusunda çok küçük bir alanda mostra vermiştir. Maden sahasında ise dekopaj yapıldıktan sonra yüzeylenme göstermişlerdir (Şekil 2.14).

Kutlular maden sahasında cevheri hem kuzeyde hem de güneyde



Şekil 2.14: Maden sahasında dekopaj yapıldıktan sonra yüzeylenen diyabaz sokulumu ve andezitik-bazaltik lavla olan dokanağı



Şekil 2.15: Diyabazda görülen entersertal strüktür. (Pl:Plajiyoklas, Pj:Pijonit, Kl:Klorit. ÇN: Büyütme; Uzun kenar 5.8 mm).

keserek yükselen bu sokulum,cevheri önemli ölçüde parçalamış; cevherin kuzey ve güney sınırları ile derinliğini değişken hale getirmiştir.

Arazi gözlemleriyle oldukça sağlam ve kırıksız olan bu birimin taze kırık yüzeyi rengi koyu gri-yeşil olup ferromagnezyen mineraller ve plajiyoklaslar gözle görülebilir iriliktedir.

Özellikle maden sahasında hem arazi gözlemleriyle ve hemde mikroskobik gözlemler sonucunda diyabaz stoku içindeki mineral boyutlarının içten dışa doğru giderek incelendiği gözlenmiştir. Strüktürel olarak kenarlarda entersertal, merkezi kısımlarda ise ofitik özelliğin varlığı tespit edilmiştir.

Sözkonusu bu birimin yan kayaçlarla olan dokanağında hafif bir yanmanın varlığı belirlenmiştir. Diyabazın cevherle olan dokanağına yakın yerlerindeki küçük çatlaklarında pirit ve kal-kopirit dolguları mevcuttur. Ancak bu özelliğin yalnızca diyabaz stokunun dokanağa yakın kısımlarında gözlenip, iç kısımlarında gözlenememesi, bu çatlak dolgularının ikincil olarak yerleştiği, asıl kaynağının dokanakta bulunan cevher kütlesi olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan mikroskobik incelemeler sonucu bu birim genelde entersertal, kısmen de ofitik strüktür göstermektedir (Şekil 2.15). Mineralojik bileşimi aşağıdaki gibidir.

-Plajiyoklas : Genelde mikrolitler, kısmen de fenokristaller halinde bulunurlar. Daha çok birbirlerine aralarında pijonit minerallerinin yeralacağı şekilde yaslanmışlardır. Plajiyoklas mikrolitlerinin cins tayinleri pek sihatli yapılamamıştır. Ancak bazı fenokristallerin labrador olduğu tespit edilmiştir.

Mikrolitlerin kısmen albitleştiği, zeolitleştiği, kenarlara yakın kısımlarda ise kısmen serisitleştiği gözlenmiştir. Tüm plajiyoklaslar açık renkli minerallerin tamamını oluştururlar.

-Ojit: Çok az miktarda ve küçük fenokristaller halinde bulunurlar.

-Pijonit : Kayaç içinde yaklaşık %10 oranında bulunmakta, genellikle mikrotaneler halinde plajiyoklas latalarının aralarındaki boşlukları doldurmaktadırlar.

-Klorit: Genellikle ferromagnezyen minerallerin kenarlarında ve alterasyon ürünü olarak bulunurlar.

-Serisit: Plajiyoklas mikrolit ve fenokristalleri üzerinde alterasyon ürünü olarak bulunmaktadırlar.

-Kalsit: Genellikle çatlak, kısmen de boşluk dolgusu olarak bulunurlar.

-Opak mineral: Diyabaz stokunun özellikle cevherle olan dokanağına yakın yerlerinde çatlaklar boyunca ve kısmen boşluk dolgusu olarak bulunurlar. Boşluklarda bulunanların çoğu kare, mikroçatlaklarda bulunanlar ise özşekilsizdirler. Bunların makroskobik özelliklerinden hareketle pirit-kalkopirit oldukları saptanmıştır.

2.2. YAPISAL JEOLJİ

2.2.1. Tabaka Doğrultu ve Eğimleri

Çalışma alanının genelde magmatik bir arazi olmasına karşın tabakalı ve tabakamsı özellik gösteren birçok birim mevcuttur. Bunlardan kireçtaşları, tüfit, marn, kumlu kireçtaşı, kumtaşları

düzgün tabakalanma gösterirken bazaltik-andezitik lav ve dasitler içerisinde kısmen tabakamsı özellik gösteren tüfler yer almaktadır.

Alt Bazik seri içerisinde merccekler şeklinde yer alan gri kireçtaşlarının eğim ve doğrultuları oldukça değişkendir. Bunların genel eğimlerinin kuzey ve kuzeybatı olmasına karşın güneye doğru eğimli tabakalar da mevcuttur.

Bazaltik lav ve piroklastları içerisinde yer alan kırmızı renkli kireçtaşlarının genel eğimleri kuzey ve kuzeybatıya olup açıları $10-70^{\circ}$ arasında değişmektedir.

Bazaltik-andezitik lav ve piroklastları üzerine gelen kumtaşı, tüfit, marn, kumlu kireçtaşı ardalanmasının genel tabaka doğrultuları E-W ve NE-SW , eğim yönleri ise 10-80 derece ile N ve NW ye doğrudur.

Arazide yer alan bütün volkanik kayaların tüfleri de mevcuttur. Bunlar lavlarıyla birlikte içiçe bulunurlar. Tüflerin kısmen tabakamsı bir özellik gösterdiği, eğimlerinin diğer tortul birimlerle uyum içerisinde olup $5-80^{\circ}$ ile kuzey ve kuzeybatıya doğru olduğu görülmüştür.

2.2.2. Faylar

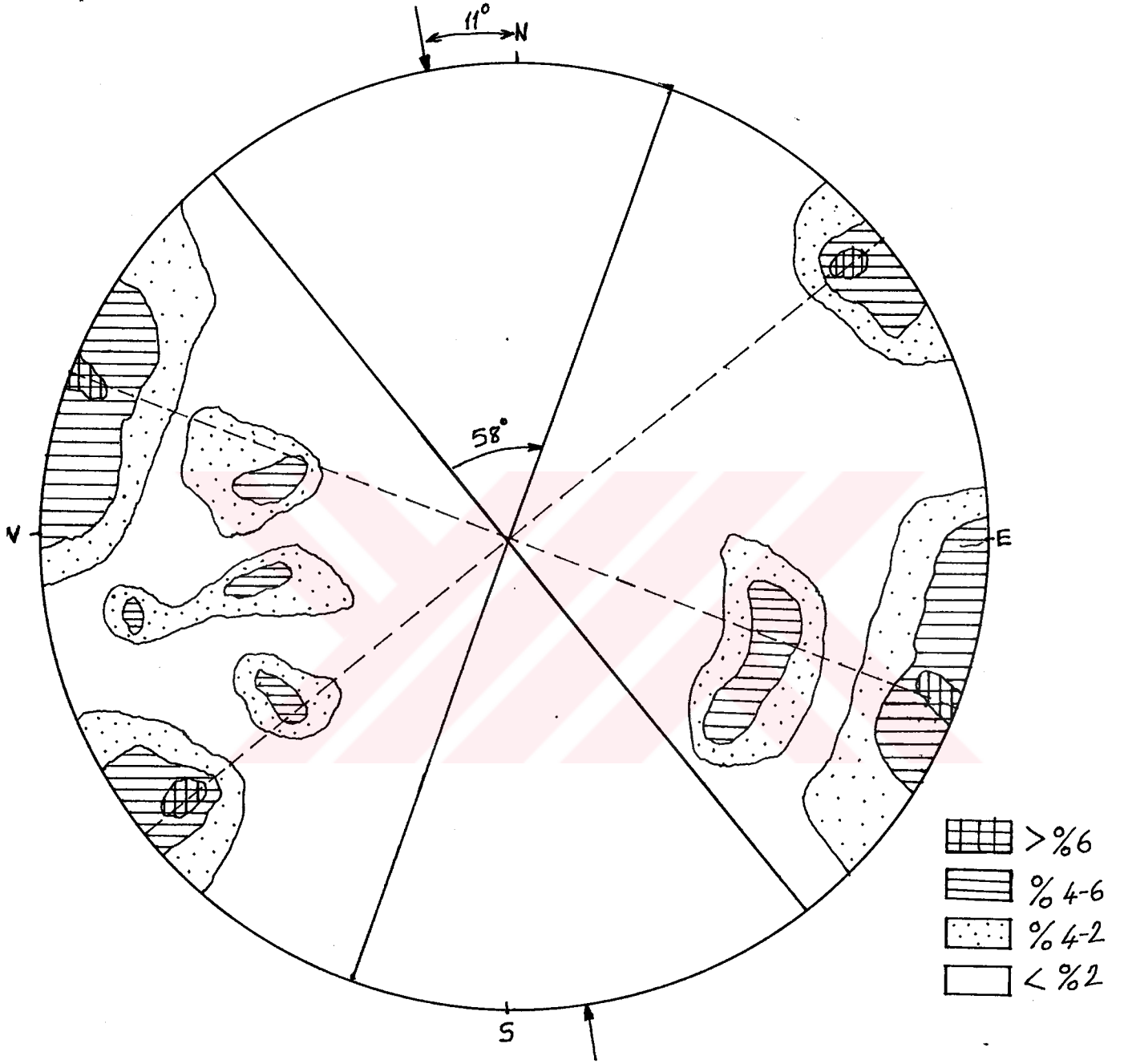
Kutlular pirit-kalkopirit cevherleşmesi N20E/85SE doğrultulu düşey bir faya bağlı olarak oluşmuştur. İşletme sahasının SE kısmında dasit ile volkanotortul seri dokonağında düşey atımlı bir fayın olduğu, üzerinde volkano-tortul birimin yer aldığı kuzey blokun diğer bloka oranla alçaldığı tespit edilmiştir.

Kastel vadisinde ve vadinin her iki yakasında yer alan kırmızı kireçtaşlarının sağ yönlü doğrultu atımlı bir faylanma sonucunda birbirine oranla ötelendikleri gözlenmiştir. Doğrultu yönünde olan atım yaklaşık 100 m dir.

Ayrıca arazide birçok küçük ölçekli fay gözlenmiştir. Bunların boyutları çok küçük olduğundan haritada gösterilmemiştir.

2.2.3. Çatlaklar

Çalışma alanında yer alan Alt Bazik seri ve dasitik lavlar diğer birimlere oranla çok daha fazla çatlaklıdırlar. Söz konusu bu çatlaklar genellikle iki yönde gelişmişlerdir. Genel eğim yönü doğrultuları KB ve KD ya doğrudur. Dasitlerden alınan 50 çatlak ölçüsü ile bir kontur diyagramı hazırlanmıştır. Bu diyagramdan hareketle arazideki tektonik hareketlerin K11B doğrultulu bir gerilme ile oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 2.16).



290/86, 296/90, 300/88, 305/70, 292/78, 285/80, 294/63, 275/80,
 280/46, 100/65, 110/80, 95/60, 86/75, 102/46, 108/65, 274/75,
 282/65, 340/60, 342/70, 320/74, 60/90, 55/80, 50/75, 48/85,
 45/70, 50/60, 52/72, 48/66, 35/80, 32/70, 225/80, 230/75, 240/80,
 232/60, 234/50, 284/42, 285/45, 300/50, 306/43, 308/54, 88/50,
 80/48, 82/70, 76/40, 78/30, 52/48, 60/80, 62/90, 66/82, 58/50.

Şekil 2.16: Dasitik lavlardan alınan 50 adet çatlak ölçüsü için hazırlanmış kontur diyagramı

BÖLÜM III

CEVHERLEŞMENİN MİNERALOGİSİ, SIVI KAPANIMLARI VE JENEZİ

3.1. GİRİŞ

Cevherleşmeyle eşzamanlı bir fay boyunca denizel ortama ulaşan hidrotermal sıvıların oluşturduğu yaklaşık 110x70x40 m boyutundaki masif blok başlıca pirit ve ikincil miktarda da kalkopiritten oluşmuştur. Sfalerit ve kovellin az, galen ve tetraedrit ise az miktardadır. Bu cevherleşmedeki oksidasyon ürünü mineralleri de bornit, malakit, limonit ve götit oluşturmaktadır. Gang minerali olarak kuvars ve yer yer de az miktarda barit görülür.

Cevher yatağının değişik seviyelerinden ve işletme sırasında yapılan sondajların karotlarından alınan örneklerden 35 adedi parlatılarak cevher mikroskobunda incelenmiş, bunlardan 21 tanesi sıvı kapanım çalışmalarında kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanında Kukul Tepe civarında damarcıklar şeklinde gözlenen küçük bir cevherleşmenin de mineralojisi aydınlatılmaya çalışılmıştır.

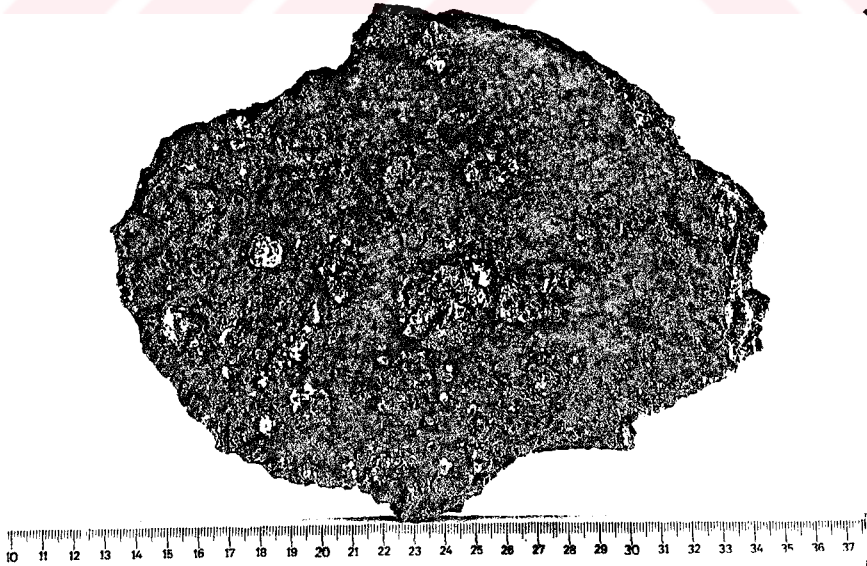
Yapılan çalışmalarda Kutlular masif sülfid yatağının mineralojisi, parajenezi, oluşum sıcaklığı, ortamı ve jenezi açıklanmaya çalışılmıştır.

3.2. CEVHERİN MİNERALOGİSİ

Mostrada, genelde masif ve kısmen de taneli ve stokvörk tipinde görülen bu cevherleşmede genelde sarı bir renk hakimdir.

Ancak çatlaklar ve fay boyunca cevher minerallerinin havayla teması ile bol miktarda yeşil, mavi, kırmızı. oksidasyon renkleri gözlenmiştir.

Cevherin üst seviyelerinden alınan örneklerin makroskobik olarak taneli bir yapıya sahip olduğu; içerisinde bol miktarda pirit, kalkopirit; az miktarda da sfalerit ve tetraedrit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Pirit ve kalkopirit minerallerinin genelde küremsi taneler halinde, kısmen de kapanım halinde oldukları gözlenmiştir. Küremsi tanelerin kum boyutundan 1-2 cm ye kadar değiştiği gözlenmiştir (Şekil 3.1). Mikroskopta da aynı özelliğin gözleendiği, ancak kalkopiritlerin piritlere nazaran daha az küremsi oldukları, genelde özşekilsiz oldukları tespit edilmiştir. Sfalerit ve tetraedrit mineralleri ise genelde bu minerallerin aralarını doldurmuş olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.1: Cevherin üst seviyelerinden alınan ve taneli bir yapıdaki cevherin makroskobik görünüşü

Piritler iki zamanlı olarak tespit edilmiştir. Pirit I'ler çoğu kez kırılmış, kataklastik bir dokuya sahiptirler (Şekil 3.2). Bunların boyutları 50 mikron civarında olup sfalerit ve kalkopirit I'ler tarafından ornatılmışlardır. Daha sonra ortama daha genç olan pirit II'ler yerleşmiştir. Bunların boyutları birincilere nazaran daha büyüktür. Bazen tetraedrit I'ler bunlara eşlik etmektedirler. Daha sonra bir kırılma sonucu oluşan ornatımla kalkopirit II'ler bütün bu mineralleri ornatarak içlerine almışlardır. İkinci bir kırılma ile oluşan ornatımla tetraedrit II'nin ve galen'in yerleştiği gözlenmiştir. Bütün bu mineralleri yer yer içine alan kuvars ve barit gangları ortamda en son oluşan birikimi temsil etmektedirler. Buna ilaveten, oluşum sonrası ve hava ile temasla malakit, azurit, kovellin ve bornit mineralleri de tespit edilmiştir. Üst seviyelere ait süksesyonu şöyle ifade edebiliriz.

-Pirit I

-Çinkoblend + kalkopirit I

-Pirit II

-Tetraedrit I

~~~~~ Kırılma + Ornatım

-Kalkopirit II

~~~~~ Kırılma + Ornatım

-Tetraedrit II

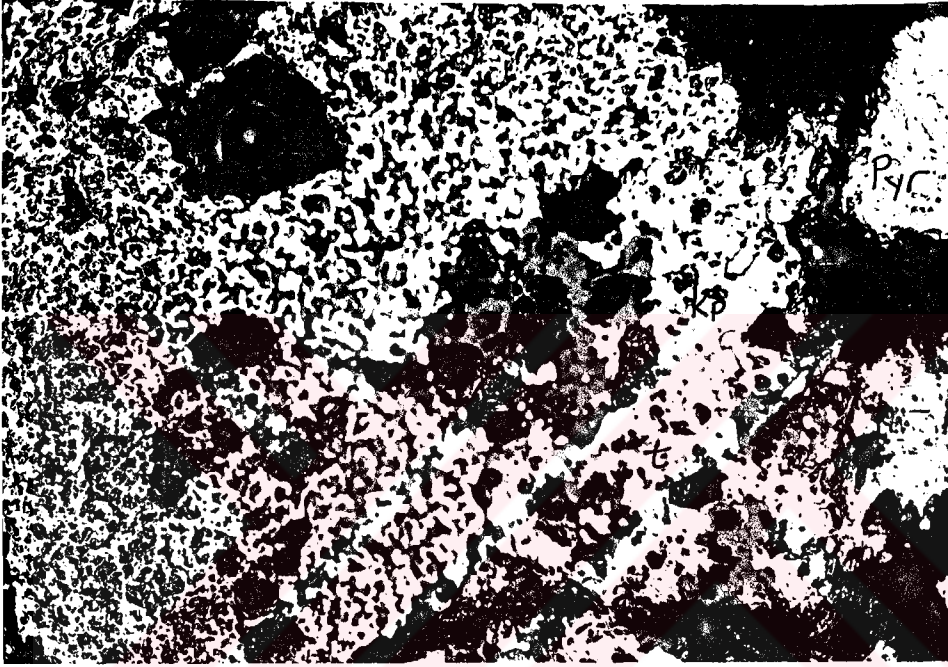
-Galen

-Barit

-Kuvars

~~~~~ Oksidasyon

- Kovellin
- Bornit
- Malakit
- Azurit



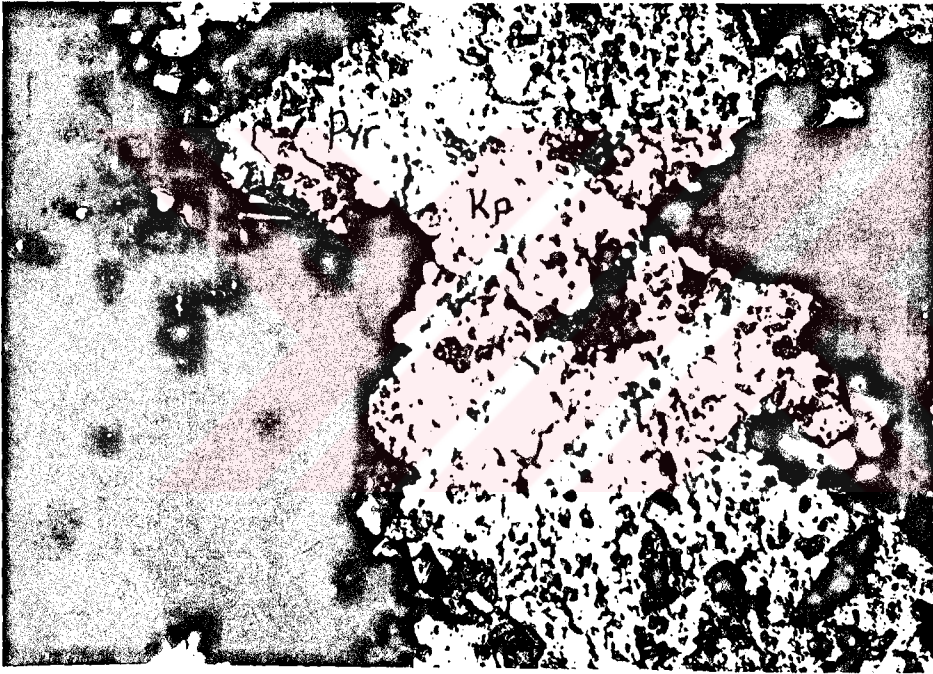
60 mikron

Şekil 3.2: Cevherin üst seviyelerine ait mikro fotoğraf  
Kp:Kalkopirit, Pyr:Pirit, t:tetraedrit

Cevherin alt seviyelerinden alınan örneklerde bol miktarda pirit ve kalkopirit gözlenmiştir. Pirit mineralleri kalkopirit minerallerine nazaran biraz daha fazla bulunmaktadır. Pirit taneleri kısmen küresel, genelde küp şeklinde bulunmaktadır. Kalkopirit ise daha çok özşekilsiz olarak yer alır ve pirit mineralleri arasındaki boşlukları doldururlar. Boyutları oldukça iri, nispeten som ve masif bir yapıya sahiptir. Bunların mikroskobik inceleme sonucu şöyledir.

Mikroskopta piritler çoğu kez kırılmış ve kataklastik bir

dokuya sahiptirler. Bunlar bazen küremsi küçük tanecikler şeklinde de gözlenmektedirler. Genelde boyutları 40-50 mikron arasında değişip, kısmen 100-200 mikrona kadar çıkmaktadır. Söz konusu bu piritler, kalkopirit I'ler tarafından ornatılmışlardır. Daha sonra bir kırılma (ya da ezilme) ile oluşan mikro çatlaklar boyunca ilerleyen kalkopirit II, pirit ve kalkopirit I'leri ornatmışlardır. Kuvars ise ortamda gang mineralini teşkil etmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Cevherin orta ve alt seviyelerini temsil eden mikro fotoğraf  
Kp: Kalkopirit, pyr:Pirit, K:Kuvars gangı

Cevherin alt kısımlarına ait süksesyonu şöylece sıralayabiliriz:

-Pirit

-Kalkopirit I

~~~~ Kırılma + Ornatım

-Kalkopirit II

-Kuars

~ Oksidasyon

-Malakit

-Azurit

3.3. MINERALOJİK VE DOKUSAL ZONLANMA

Yapılan çalışmalar sonucunda cevherin detaylı mineralojik ve dokusal özellikleri, parajenezi ve süksesyonu ortaya çıkarılmıştır.

Makroskobik ve mikroskobik gözlemlerle yatağın düşey ve yatay yönde dokusal ve mineralojik farklılıklarının varlığı tespit edilmiştir.

Yatağın tabanına yakın kısımlarında, üst kısımlarına nazaran daha som ve masif bir yapı gözlenirken üst seviyelere yakın kısımlarda daha çok taneli bir yapının varlığı tespit edilmiştir.

Aynı özellik yanal olarak da geçerlidir. Cevher getirimine sebep olan fayın bulunduğu yerdeki cevherin daha masif ve som olmasına karşın, cevher kütlelerinin doğu kıyısına doğru bu yapının giderek yerini daha taneli bir yapıya bıraktığı gözlenmiştir (Şekil 3.4). Stokvörk tipteki cevhere ise daha çok alt seviyelerde rastlanılmaktadır.

Söz konusu bu masif sülfid yatağında böyle bir dokusal zonlanma olmasına karşılık, mineralojik olarak da belli bir zonlanma mevcuttur.

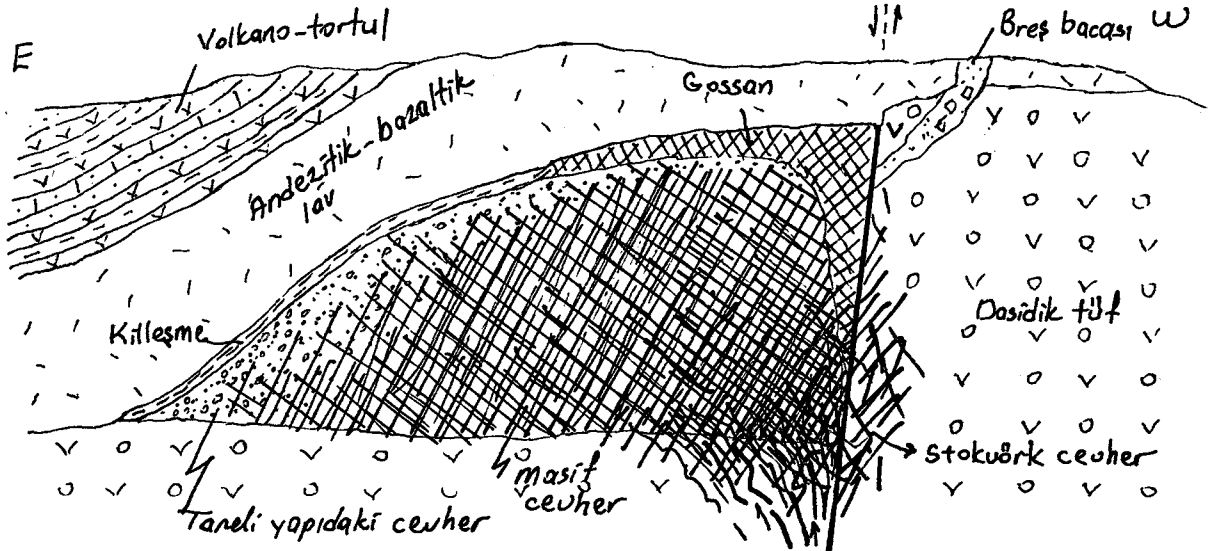
Cevher kütlelerinin alt kısımlarında bol miktarda pirit ve kalkopirit mevcuttur. Bu zonda piritler kalkopiritlere oranla daha fazladır. Orta seviyelerde ise piritlerin fazlalığı daha

da artmaktadır.

Cevherin üst seviyelerinde ise çokluk sırasına göre pirit, kalkopirit, sfalerit, tetraedrit mineralleri tespit edilmiştir. Gang minerali olarak da barit ve kuvars mevcuttur. Oksidasyon ürünü olarak bol miktarda kovellin, bornit, malakit ve azurit minerallerinin varlığı gözlenmiştir. Üst seviyelerde pirit/kalkopirit oranının 5 ve daha fazla olduğu, başka bir deyişle piritlerin kalkopiritlere nazaran 5 kat daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Sfalerit ve tetraedrit mineralleri ise bu üst seviyelerde en çok %2-3 oranında bulunmaktadır.

Mineral çeşidi bakımından cevher kütlelerinin alt seviyelerinde mineral çeşidinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Üst seviyelerde gözlenen sfalerit ve tetraedrit mineralleri bu kısımda ihmal edilecek kadar az gözlenmiştir. Yine en üst seviyelerde gözlenen barit mineralinin alt seviyelerde bulunmayışı da dikkat çekicidir.

Düsey yönde gözlenen bu mineralojik zonlanmanın yatay yönde geçerliliğini (barit haricinde) koruduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.4: Yağın düşey ve yatay yönde dokusal zonlanması

Cevher kütlesinin batı kenarındaki fay hattına yakın kısımlarda pirit oranı kalkopiritlere nazaran biraz daha fazla iken; cevherin doğu kenarına doğru bu oranın arttığı kalkopirit miktarının azaldığı gözlenmiştir. Sfalerit ve tetraedrit mineralleri de bu zonlanmaya uyum gösterip cevher kütlesinin batı kıyısında nispeten daha az oranda gözlenmesine karşın yatağın doğu kıyısına doğru miktarlarının gözle farkedilebilir derecede arttığı tespit edilmiştir. Gang minerali olarak barit ise üst seviyelerde, daha çok fay boyunca gözlenmektedir. Oksidasyon ürünü kovelin, barnit, malakit, azurit ve limonit ise daha çok fay boyunca izlenmektedir.

3.4. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

3.4.1. Giriş

Minerallerin oluşumları sırasında soğumadan dolayı içerisinde kalıp dışarı çıkamayan gaz veya sıvılar mineral içerisinde hapsolup küçük haznecikler şeklinde kapanımları oluştururlar. Bu kapanımlar içerisinde buldukları minerallerin oluşum sıcaklıklarının tayininde kullanılmaktadırlar. Maden yataklarında görülen ısıl zonlanma da bu yöntemle saptanabilmektedir. En son tekniklerle bu gaz veya sıvıların kimyasal analizleri de yapılabilmektedir. Ancak bu analizi yapan elektron probe aletinin olmayışı nedeniyle sadece örneklerin oluşum ısılarının tayini ile yetinilmiştir.

Sıvı kapanım analizinde laboratuvarlarımızda var olan Leitz marka mikroskop ısıtma seti kullanılmıştır. Bu ısıtma seti su

soğutmalı olup geçirgen ışığa göre dizayn edilmiş ve aynı marka bir mikroskoba monte edilmiştir.

3.4.2. Örnek Hazırlama

Arazinin üst seviyelerinden ve değişik noktalarından örnekler alınmıştır. Sıvı kapanımları makroskobik olarak gözlenemediği için bunların örneklerini mikroskoba hazırlamak gerekmektedir. Bu amaçla taneler çok küçük boyutlarda (0.5 cm veya daha az) kırılarak zımpara kağıdı üzerinde inceltilip, örneklerden ışığın kolayca geçişi sağlanır.

3.4.3. Yöntem

Hazırlanan örneklerde mikroskop altında sıvı kapanımları aranır. Bulunan sıvı kapanımcıkları objektif altında ısıtılırlar. Öyleki gaz kabarcığı belli bir sıcaklıkta kaybolur. Gaz fazının sıvı faz içerisinde kaybolduğu gözlenir. Yani kapanım artık tek fazlı duruma geçmiş olur ki buna "homojenleşme sıcaklığı" denilir. Homojenleşme sıcaklığı kapanımların oluştuğu sıcaklığa eşit veya yakın bir sıcaklık olarak yorumlanır.

Sıvı kapanımlarına ait deneyler yapılırken şu varsayımlar kabul edilmektedir (Roedder ve Skinner,1968).

- a) Kapanımlar tek bir homojen fazda oluşmuştur.
- b) Kapanımlar oluşuktan sonra hacmi değişmemiştir.
- c) Kapanımlara dışarıdan herhangi bir madde ilavesi yoktur.

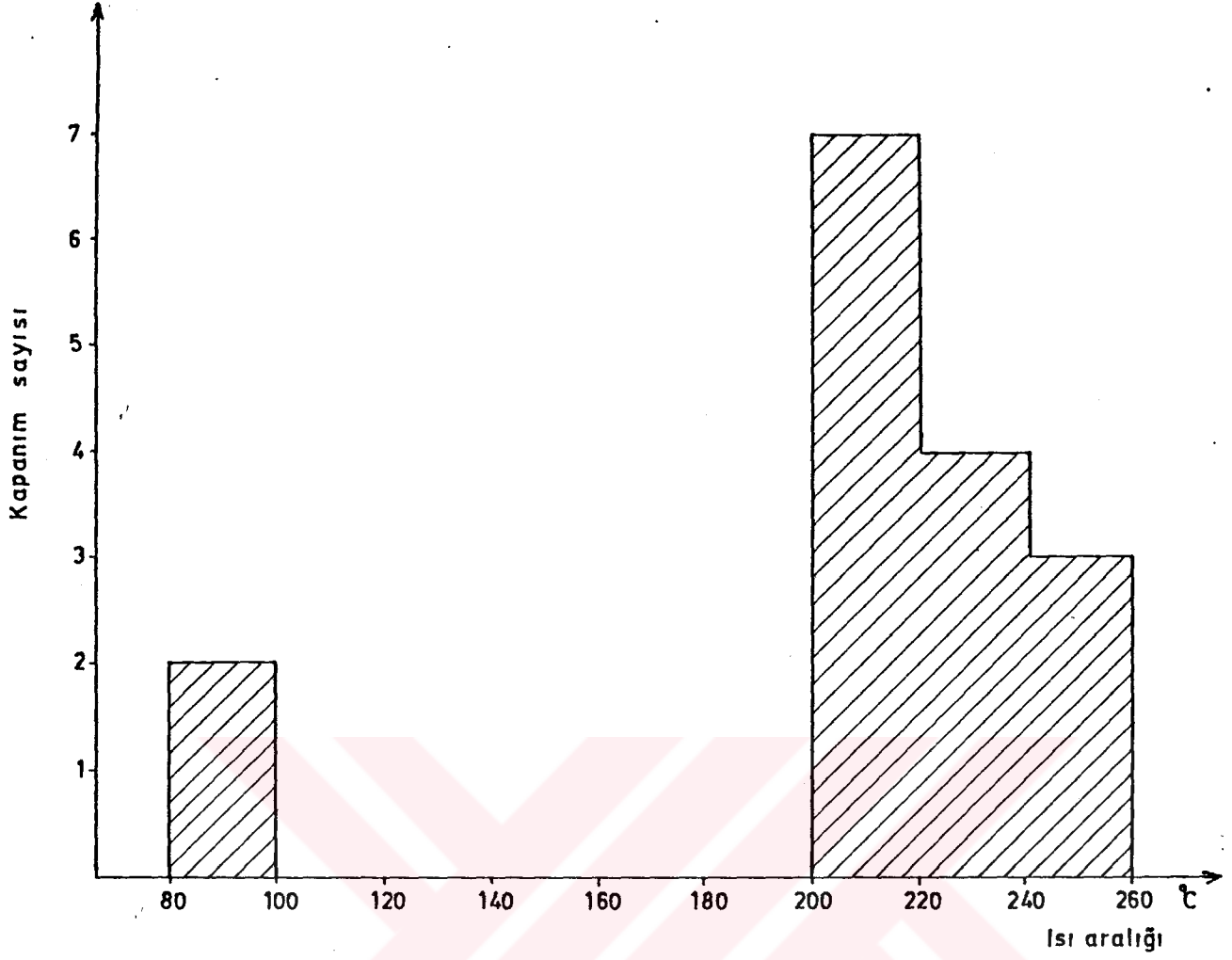
3.4.4. Deneyler ve Sonuçlar

Yapılan deneylerde baritlere ait 16, sfaleritlere ait ise 5 adet örnek kullanılmıştır.

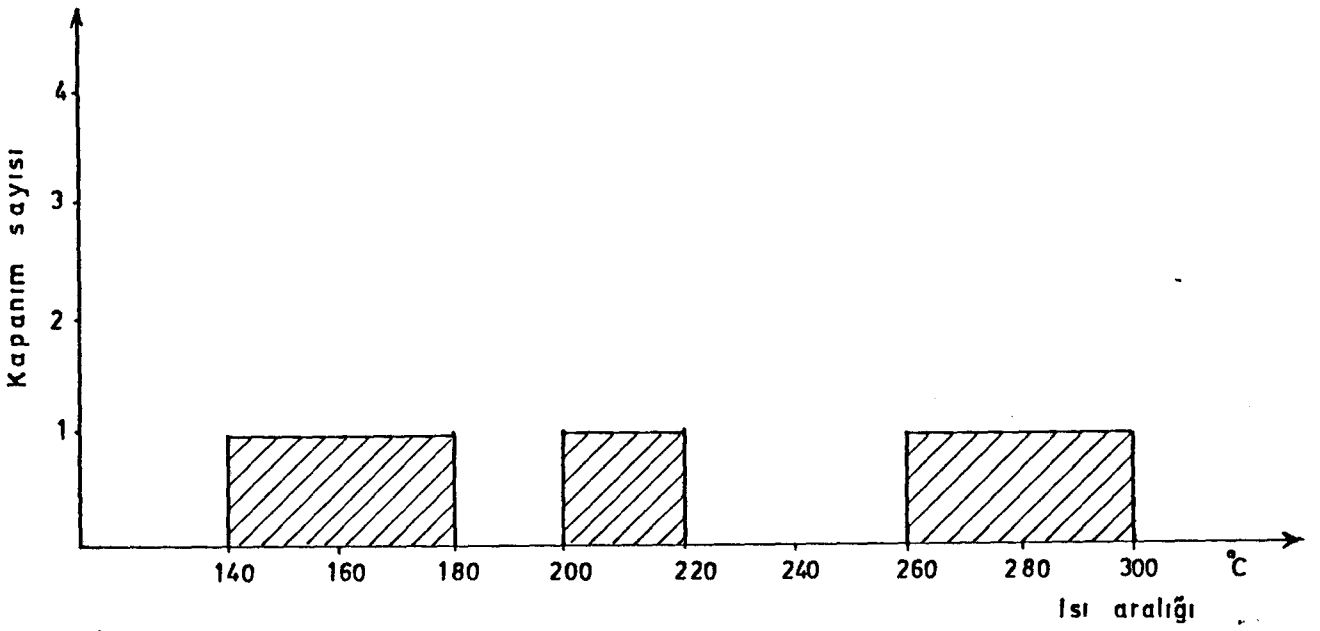
Baritlerde yapılan çalışmalarda, bunların içerisinde bol miktarda sıvı kapanımları tespit edilmiştir. Bunların boyutları 5-80 mikron arasında değişmektedir. Baritler içerisinde görülen kapanımlar iki tiptir. Birincisi gaz fazının sıvı fazından daha az olduğu I. tip kapanımlar, ikincisi ise gaz fazının sıvı fazından daha fazla olduğu II. tip kapanımlar. Birinci tip kapanımlar ikinci tip kapanımlardan çok daha fazla oranda gözlenmektedirler. Bunların oluşum ısılarının (homojenleşme sıcaklığı) genelde 200-260°C arasında yoğunlaştığı kısmen de 80-100°C aralığında yer aldığı tespit edilmiştir. Buna göre baritlerin genelde orta ışıda, kısmen de düşük ışıda oluştukları kabul edilmiştir (şekil 3.5).

Sfaleritlerde yapılan çalışmalarda ise az miktarda kapanım belirlenmiştir. Belirlenen kapanımlarda gaz oranı %50 den az olup I. tip gruba girerler. Yapılan tayinlerde sfaleritlerin 140-300°C ışı aralığında oluştuğu tespit edilmiştir (şekil 3.6).

Sonuç olarak, Kutlular masif sülfit yatağının st seviyelerindeki oluşum ısısının genelde mezotermal, kısmen de epitermel olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.5: Barit minerallerinde gözlenen sıvı kapanımlarının oluşum ısılarını gösteren diyagram

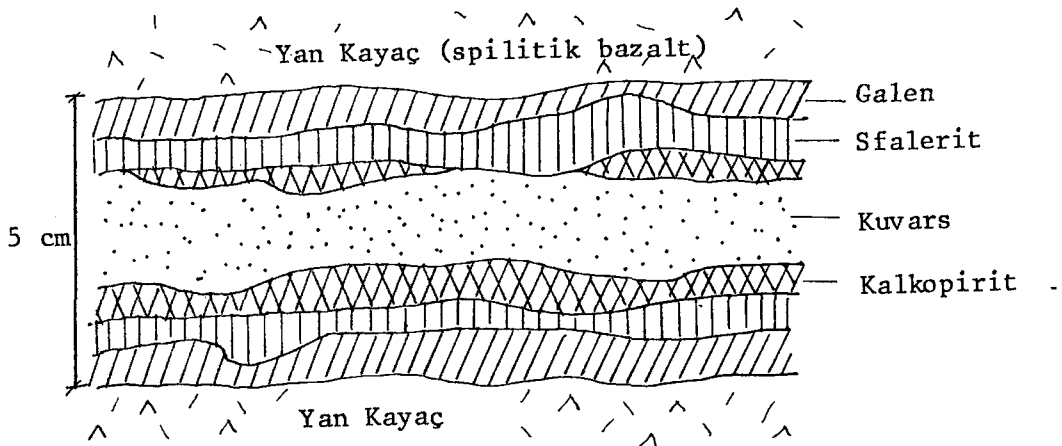


Şekil 3.6: Sfalorit minerallerinde gözlenen sıvı kapanımlarının oluşum ısılarını gösteren diyagram

3.5. KUKULTEPE CEVHERLEŞMESİ

Kukultepe civarında Alt Bazik Seri içerisinde küçük çatlaklarda damarcıklar şeklinde pirit, kalkopirit, galen ve sfalerit birikimcikleri tespit edilmiştir. Bu damarcıkların en fazla 2-3 m boyunda ve birkaç cm genişliğinde ve oldukça az sayıda oluşları bunların ekonomik olmadığını göstermektedir. Yapılan çalışmayla sadece bu cevherleşmenin zonlanması ve süksesyonu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Polimetalik tipte ve damarcıklarda yer alan bu cevherleşmenin mineralojik olarak belirgin bir zonlamaya sahip olduğu belirlenmiştir. Cevher damarcığının orta kısımlarında kuvars mineralleri yer almaktadır. Orta kısımdan yan kayaca doğru gidildikçe sırasıyla kalkopirit (kısmen pirit), sfalerit ve galen minerallerinin çatlak doğrultusuna paralel bir şekilde zonlama gösterdikleri tespit edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Kukultepe civarında gözlenen polimetalik cevher damarında cevher minerallerinin zonlanması

Yapılan birkaç parlak kesit incelemesi sonucunda cevherin bol miktarda galen, kalkopirit ve sfalerit içerdiği, daha az oranda da piritin bunlara eşlik ettiği tespit edilmiştir.

Mikroskopta, en yaşlı olan cevher mineralinin pirit olduğu ve boyutlarınının 50-100 mikron arasında değiştiği gözlenmiştir. Sözkonusu bu piritlerin daha genç olan sfalerit ve kalkopirit mineralleri tarafından ornatıldıkları ve üçüncü bir aşamada bunların üçünün de galen ve kuvars gangı tarafından ornatıldığı tespit edilmiştir. En son olarak da oksidasyon ürünü bornit kovellin ve malakit minerallerine rastlanılmıştır. Oluşan süksesyonu şöylece özetleyebiliriz:

- Pirit

~ Ornatım

-Kalkopirit

-Sfalerit

~ Ornatım

-Galen

-Kuars

~ Oksidasyon

-Kovellin

-Bornit

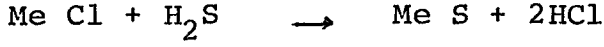
3.6. KUTLULAR MASİF SÜLFİT YATAĞININ JENEZİ

Volkanik etkinliğin egemen olduğu denizel seriler içerisinde birikim gözteren metal sülfitleri 1950'lerden sonra ayrı bir jenetik grup olarak tanımlanmışlardır. Literatürde volkanojenik, ekshalatif volkanojenik, volkanik hidrotermal gibi başlıklar altında verilmişlerdir. Sözkonusu bu yataklar 1960'lara kadar volkanizma sonrası çıkan metalli hidrotermal sıvıların uygun yan kayaçla reaksiyona girmesi sonucu oluştuğu ve sıcak suyun kaynağının magmatizma olduğu düşünülmekteydi (Edward and Atkinson, 1986). Daha sonra yapılan çalışmalarda (örn.: Kuroko-Japonya) magmatik suyun bu kadar bol metali getiremeyeceği kabul edilmiştir. Metal eriyiklerini getiren suyun yüzeysel kökenli olduğu, bunların derinlere inip yüzeye sirkülasyonu ile yan kayaçlardan söktüğü metal iyonlarını yüzeye taşıdığı kabul edilmektedir (Solomon, 1976). Ancak magmatik kökenli suyun etkisinin az da olsa var olduğu kabul edilmektedir.

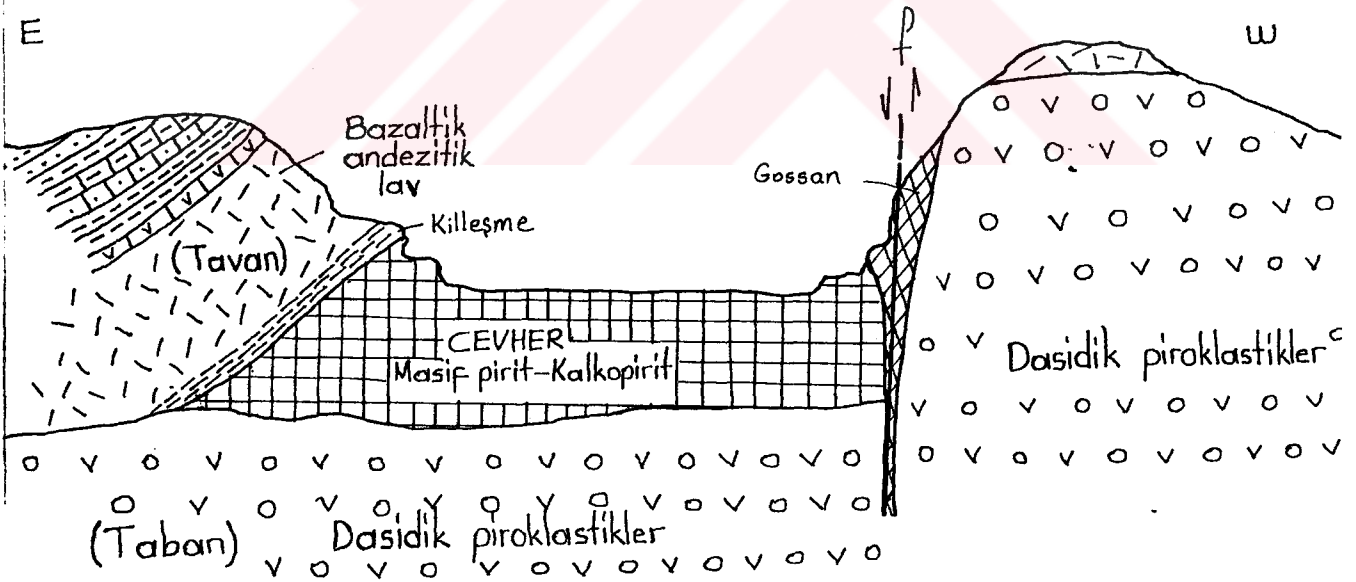
Bilindiği gibi deniz suları çökel veya volkanik kayaç içerisinde 5 km'ye kadar derine inebilmektedirler (Heaton and Sheppard, 1977). Kuroko masif sülfid yatağında yapılan çalışmalarda cevher mineralleri içerisindeki sıvı kapanımlarının tuzluluğu ısı ve oksijen izotopları, bunların deniz suyu kökenli olduğunu belirtmiştir (Ohmoto and Rye, 1974; Costa, 1980).

Volkanik kuşaklarda 4-5 km derine kadar inen ve burada ısınan asitli, bol klorlu sular bu indirgeyici ortamda yan kayaçtaki silikatları çözebilmekte ve eser haldeki metalleri içine alarak taşıyabilmektedir. Bu metalli sıvılar deniz suyu ile temasında ve gereken Eh, pH koşullarında minerallerini çökelt-

mehtedirler. Bu sözlü ifade Şu Şekilde formüle edilebilir.



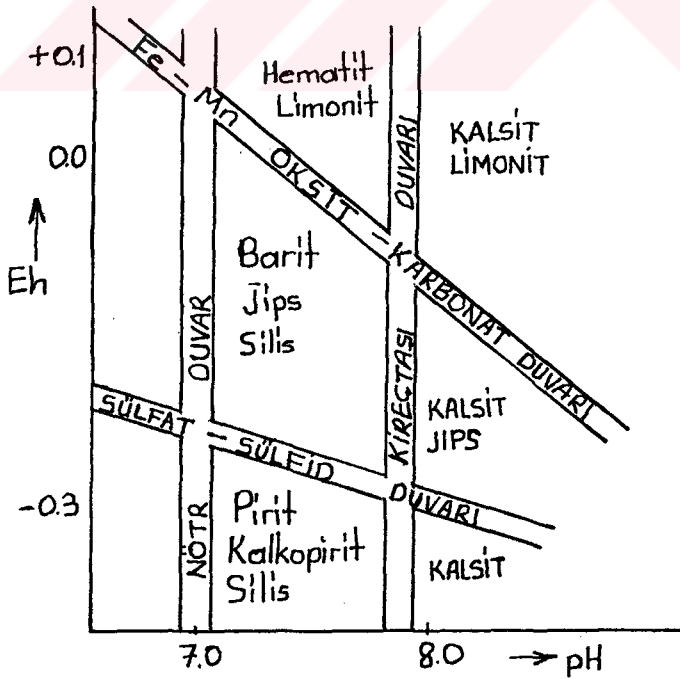
Çökelleyle eşzamanlı (syn-depositional) olan Kutlular masif sülfüt yatağı oluşum ortamı yitim kökenli kalk-alkalen magmatizmle karakterize olan yay içi denizel havzalardır. Bu açıdan Kuroko tipi yataklarla eşkökenli olması gerekir. Bu yatağı oluşturan hidrotermal sıvılar çok büyük bir olasılıkla cevherleşmeyle eş zamanlı oluşan fay boyunca denize ulaşmışlardır. Cevherleşmeyi takiben bir müddet devam eden asitli suların fay boyunca yükselmesi, fay boyunca yoğun bir gossanlaşmaya neden olmuştur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kutlular masif sülfüt yatağının D-B yönündeki jeolojik kesiti

Gelincik domunu oluşturan gratinoid kütlesi ve bunların sığ kısımlara doğru olan sokulumları büyük bir olasılıkla ısı- nın kaynağını oluşturmuştur. Bu ısının oluşturduğu 250-300°C lik konveksiyon hücresi, cevheri oluşturan metal iyonlarını Alt Bazik seriden söktüğü kabul edilebilir. Çünkü bu serinin meta- lik elementlerce zengin olduğu tespit edilmiştir (Şen,1986). Yan kayaç olarak Alt Bazik seriden sökülen bu iyonlar sıcak suların etkisiyle ve fay aracılığıyla yüzeye taşınıp deniz altında bi- rikmesi ile oluşan bu yatakta pH ve Eh'in çok önemli rolü var- dır. Deniz dibine ulaşan bu sulu eriyiklerden, oksijenin az ol- duğu indirgen ortamda pirit ve kalkopirit mineralleri çökelmiş- tir.

Söz konusu bu ortamda Eh değerinin -0.3 den küçük olduğu, pH değerinin ise 7-8 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9'. Eh ve PH'nın kontrol ettiği bazı kimyasal tortulaşma (Eh, pH diyagramları Çağatay, 1984 içinde Krumbein ve Garrels 1952'den değiştirilerek)

Bu ortamda barit gibi sülfat minerallerinin birincil olarak olmayışı da bunun bir diğer kanıtıdır.

Cevher kütlesinin üst seviyelerinde ve yan kayalarda rastlanan ve daha genç bir getirimle oluşan barit minerallerinden hareketle ortamın Eh değerinin nispeten yükseldiği ve en azından -0.3 den fazla olduğu anlaşılmaktadır. Baritlerin olduğu sıcaklığın ise sıvı kapanım çalışmalarından hareketle en çok 260°C civarında olduğu sonucuna varılmıştır.

Cevheri üstleyen birimler içinde kireçtaşlarının da varlığından hareketle ortamın pH 'ının da giderek yükseldiği, en azından 8 ve daha fazla olduğu kabul edilmiştir.

BÖLÜM IV

ALTERASYON ZONLANMASINDA JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLER

4.1. GİRİŞ

Volkanizma eşikli masif sülfidit yataklarının en belirgin özelliklerinden biri de cevheri saran alterasyon zonunun karakteristik oluşudur. Bu daha ziyade taban kayacında gözlenmesine karşın, bazen çok ideal bir şekilde tavan kayalarında da kendini gösterir. Alterasyonun kimyasal ve mineralojik özelliklerinin dikkatlice incelenmesi maden yatağının esas kütlelerinin belirlenmesinde çok önemli rol oynar. Bu tip yataklarda yapılan çalışmalarda merceğe yaklaştıkça silisleşme, serisitleşme ve kloritleşme şeklindeki alterasyonun varlığı gözlenmiş ve değişikliğin kimyasal olarak da varlığı tespit edilmiştir (Boyle,1982).

Abitibi kuşağındaki Kuroko tipi yataklarda yan kayalardaki alterasyonların jeokimyasal olarak incelenmesi sonucunda belirgin bir özellik ortaya çıkmış ve bu veriler yeni tip yatakların bulunmasında kullanılmıştır. Bu tip jeokimyasal verilerden hareketle cevher kütlelerine yaklaştıkça MgO oranının arttığı, CaO oranının ise azaldığı tespit edilmiştir (Marcotte and David,1981).

Çalışma alanında jeokimyasal çalışmalar cevher üzerindeki örtü kayaların üzerinde ve yan kayalarda yapılmıştır. Cevher kütlelerinden itibaren oluşan alterasyonların belirlenip zonallitesi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Böylece örtülü masif sülfidit yataklarının aranmasında önemli bir kriter elde edilmeye gayret edilmiştir.

4.2. ALTERASYON

Kutlular bakır yatağının da masif sülfid tipinde olması Kuroko ve benzeri tipteki masif sülfid yataklarında tespit edilen alterasyonların olabileceğini düşündürmüştür. Bu amaçla cevher kütlesi etrafında gözlenen alterasyonların jeokimyasal olarak belirlenmesi, değişimin cevhere uzaklığıyla olan ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

Bu masif sülfid yatağında genelde iki bölüm alterasyon gözlenmiştir. Birincisi fay boyunca sıcak eriyiklerin yan kayalarda meydana getirdiği alterasyonlar, ikincisi ise asıl amacımızı oluşturan ve cevher oluşumundan sonra oluşan ve tavan kayalarında görülen alterasyondur.

Fay boyunca çıkan sıcak hidrotermal eriyiklerin yan kayalardan özellikle dasitik lav ve tıflerinde meydana getirdiği alterasyonlar fay boyunca oldukça yoğun bir biçimde kendini gösterirler. Fay boyunca bol miktarda silisleşme, limonitleşme, kalsitleşme gözlenip bazan daha az miktarda baritleşme buna eşlik etmektedir. Fay hattından 5-10 m uzaklaştıkça klorit ve kaolenleşmenin, yaklaşık 15 m lik bir uzaklıktan sonra da piritleşmenin arttığı tespit edilmiştir (Şekil 2.5). Bu durum fay boyunca nispeten yükseltgen bir ortamın olduğu, faydan uzaklaştıkça ortamın indirgen olduğunu düşündürmektedir.

Cevher kütlesi üzerinde görülen alterasyon ise cevher oluşumundan sonra oluşmuş, piritin yan kayalarla olan dokanağı boyunca gözle farkedilebilir ölçüde kendini göstermiştir. Genelde cevher üzerindeki yan kayalarda ve özellikle bazaltik-andezitik

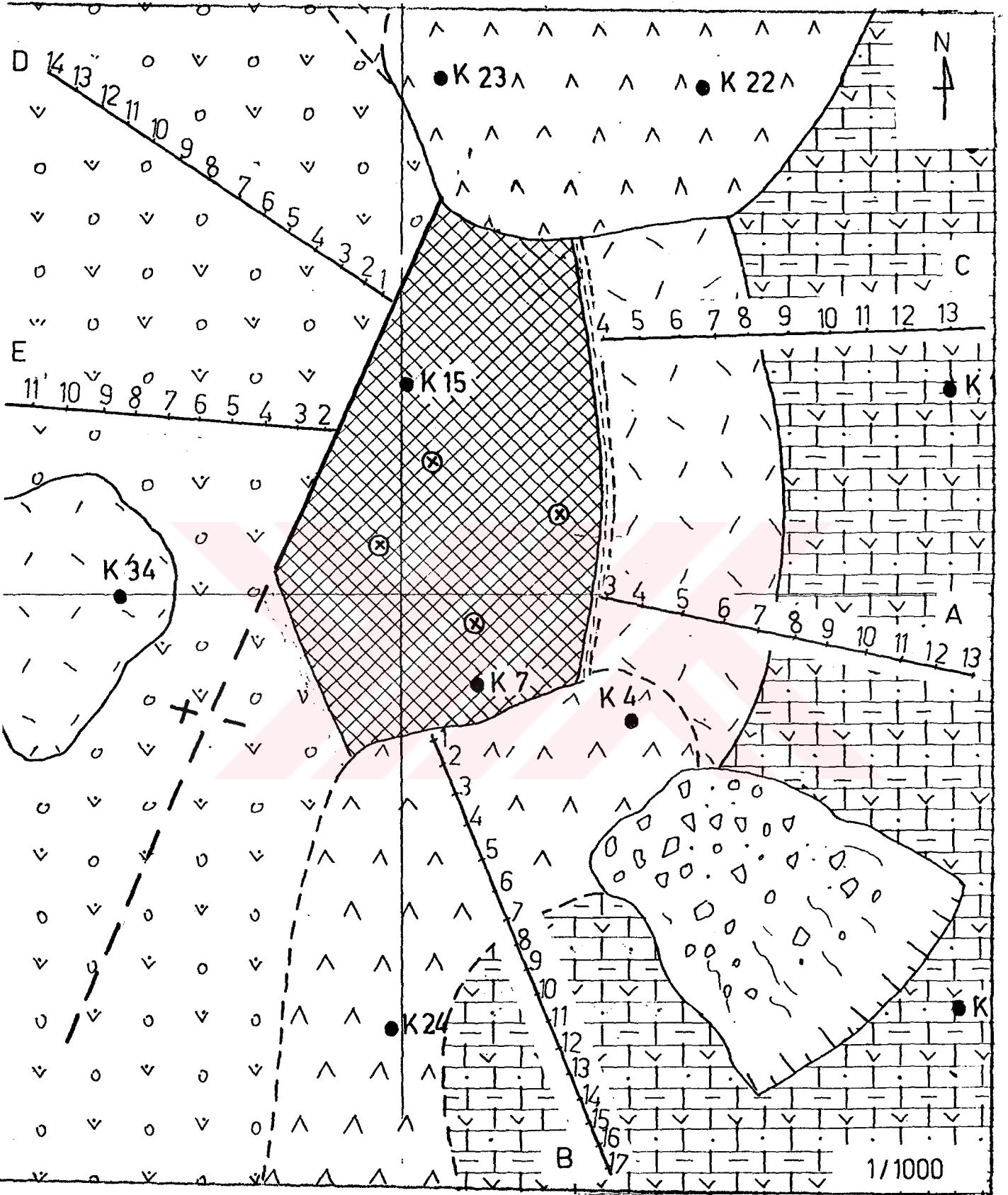
lavlarda ve kısmen de cevherin en üst seviyelerinde bol miktarda silisleşme, serisitleşme, kloritleşme şeklinde gözlenen alterasyonun örtü kayaçlarının üst seviyelerine doğru yerini piritleşmeye ve kaolenleşmeye bıraktığı gözlenmiştir.

Sözkonusu bu alterasyonlar genelde gözlemlere dayanmakla birlikte kısmen de mikroskobik incelemelerle de desteklenmiştir. Dasitik tüflerin ve volkanotortul serilerin çok ayrılmış ve dağılgan oluşu, bunların mikroskobik olarak incelenmesini zorlaştırmıştır.

4.3. ÖRNEK ALIMI VE ANALİTİK YÖNTEM

Üst yüzeyi bir antiklinali andıran cevher üzerindeki örtü kayaçlardan ışınsal ve sistematik örnekler alınmıştır. Cevher üzerindeki örtü kayaçlarından 3 hat boyunca, cevherin batı kenarını sınırlayan faydan itibaren de dasitik tüflerden 2 hat boyunca ışınsal örnekler alınmıştır (Şekil 4.1). A ve C hattı cevherin üst yüzeyine dik, B hattı ise cevher üst yüzeyine yaklaşık 45° eğiktir. D ve E hatları da cevherin batı kenarını sınırlayan faya 45° eğik (başka bir deyişle yatayla 45° lik açı yapacak şekilde) alınmıştır. Örnekler arasındaki uzaklık ise 4 m (kot farkı olarak) seçilmiştir.

Araziden yaklaşık 100'er gram olarak alınan örnekler 80-100 mesh boyutunda öğütülmüş, 105°C de kurutularak rutubetleri alınmıştır. Analizler Atomik Absorbsiyon Spektrometresinde, teflon bombası $\text{HF}+\text{H}_3\text{BO}_4$ çözüldürülmesi tekniği ile yapılmıştır (Tokel, 1981). Teflon bombası içerisinde bu öğütülmüş örnekten 0.5 gram hassas bir şekilde tartılmış, bunun üzerine 0.5 ml aqua regia



Şekil 4.1: Kutular masif sülfür yatağı üzerinde jeokimyasal incelemeler için alınan sistematik örnekler (açıklamalar için Ek 2'ye bakınız)

ilave edilerek bütün tozların ıslanması sağlanmıştır. Daha sonra 2 ml derişik hidroflorik asit lastik enjektör yardımıyla eklenmiş ve reaksiyon otoklavı etüvde 110°C 'de 30 dakika ısıtılmıştır.

Otoklav oda sıcaklığına geldikten sonra çözeltiye 2 gram ince öğütülmüş borik asit ve 5-10 ml su ilave edilerek fazlalık HF'in cam kaba zarar vermemesi sağlanmıştır. Daha sonra bu çözelti içerisinde 10-20 ml su bulunan 50 ml'lik hacimli cam şişeye aktarılır. Borik asitin tamamen çözünmesi sağlandıktan sonra şişe hacmine tamamlanarak sulandırma faktörü 1000 olan çözelti elde edilmiş olur. Atomik Absorbsiyon Spektrometresine analizini istediğimiz maddelere ait lambalar (Na, K, Mg vb.) takılarak, her bir elemente ait değerler aletten dijital olarak okunur.

4.4. JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLER

Daha önce de belirtildiği gibi cevher kütlesi üzerinden 3 hat boyunca, cevherin batı kenarı boyunca da faydan itibaren dasitik tüflerden iki hat boyunca sistematik örnekler alınmıştır. Bu örneklerin %K₂O, %Na₂O, %MgO değerleri hesaplanmış, litolojik değişimler de dikkate alınarak bu verilerin derinlikle olan ilişkisi irdelenmiştir.

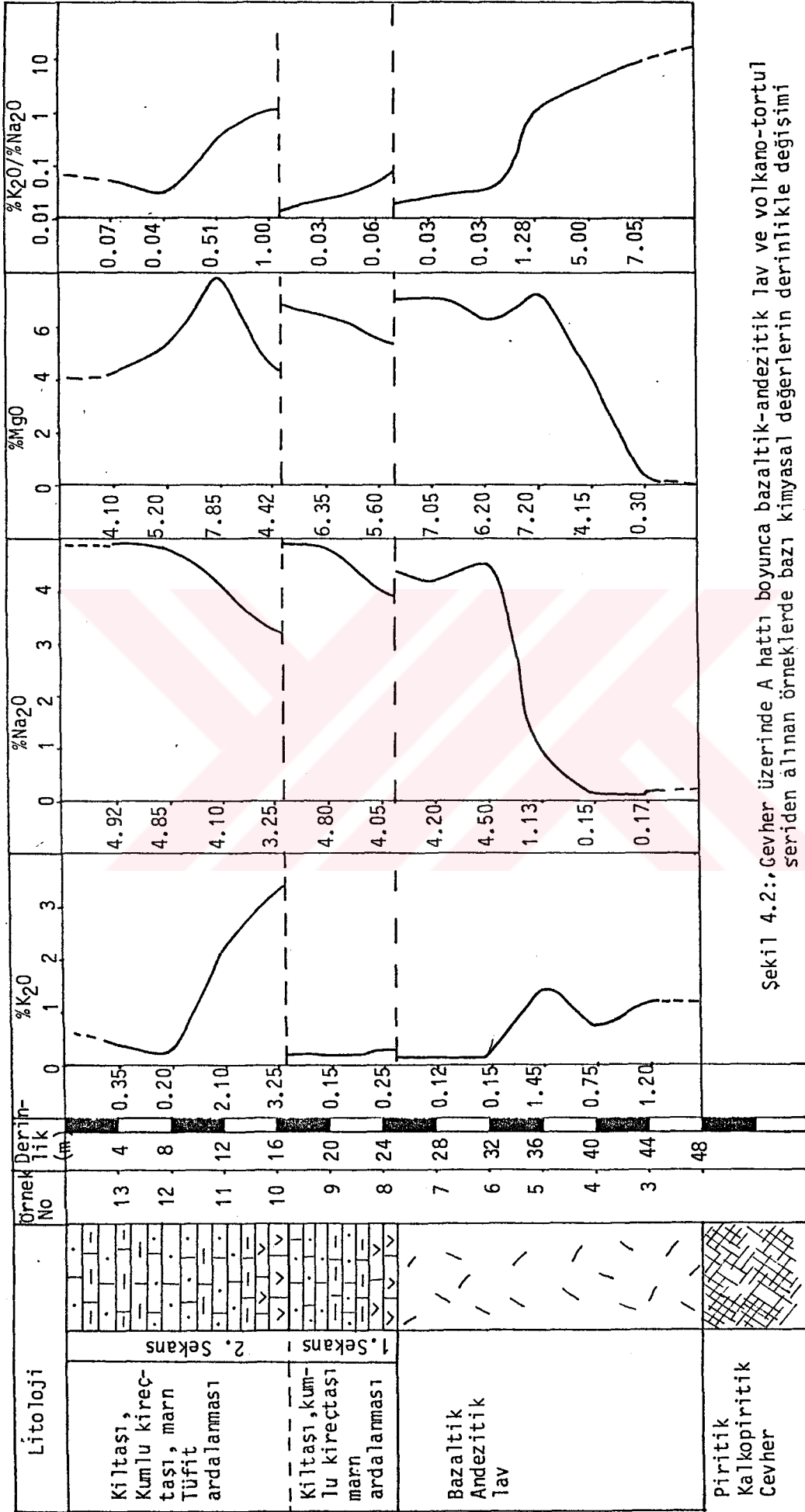
4.4.1. %K₂O Değerlerinin Değişimi

Cevher üzerinde ve etrafında 5 hat boyunca alınan örneklerin hemen hepsinde %K₂O değerinin cevhere yaklaştıkça arttığı tespit edilmiştir.

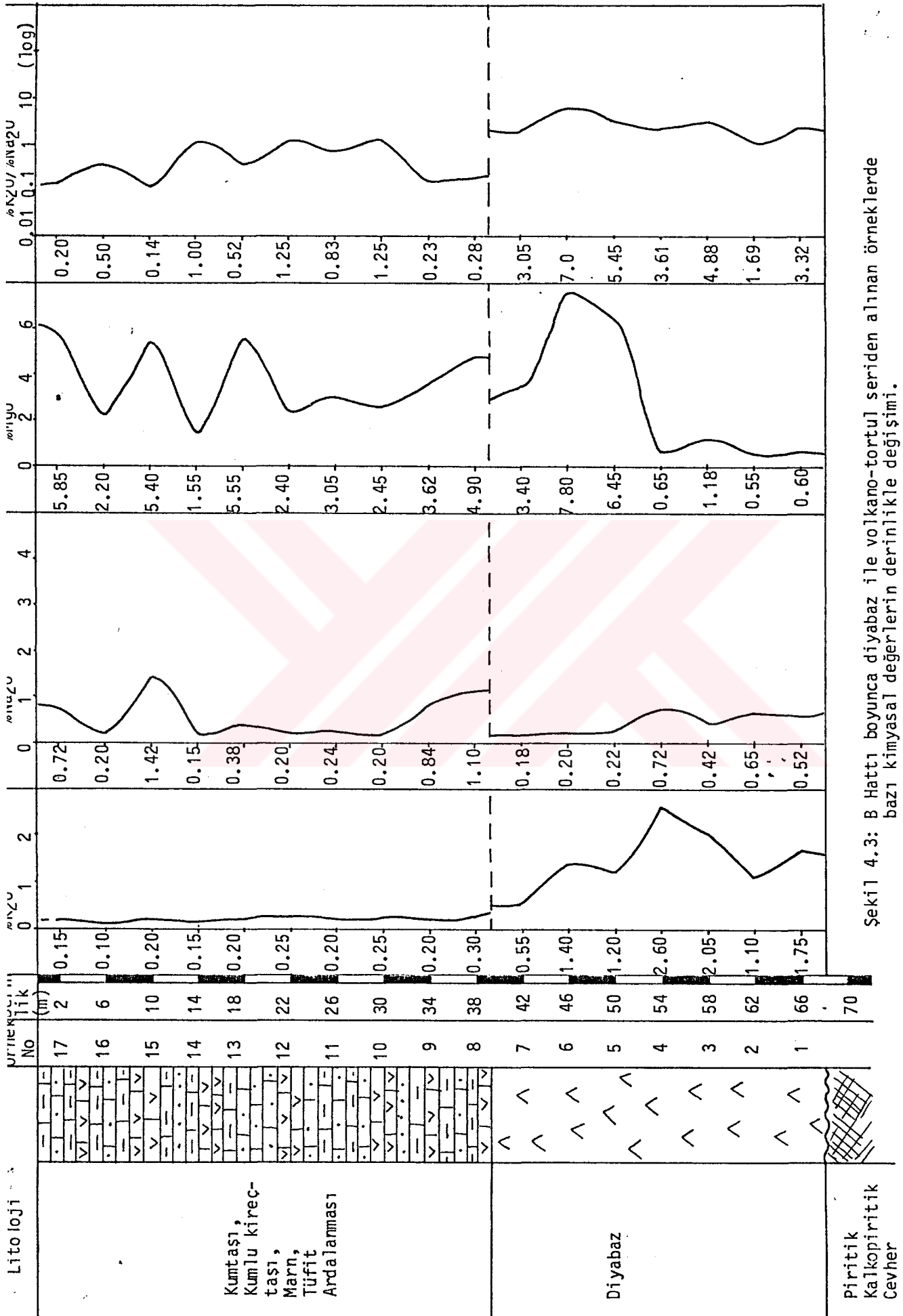
Cevher üzerinde A ve C hattı boyunca hem andezitik-bazaltik lavlardan, hem de bunların üzerine gelen volkano-tortul seriden alınan örneklerin $\%K_2O$ değerleri aynı bir seri içinde derine (cevher kütlesine) doğru arttığı tespit edilmiştir. Bu hatlar boyunca alınan örneklerde lavların üst kısımların da $\%K_2O$ içeriğinin 0.15-0.20 civarında olduğu, cevher kütlesine yaklaştıkça bu değer derinlikle pek doğrusal olmayan bir şekilde artarak $\%0.65-1.20$ değerlerine ulaştığı görülmüştür. Lavlar üzerine gelen ve iki ayrı sekans halinde gözlenebilir volkano-tortul seri (alttan üste doğru tüfit, marn, kumlu kireçtaşı, kiltası ardalanması) içindeki $\%K_2O$ içeriği her bir sekans içerisinde cevher kütlesine doğru artmaktadır (Şekil 4.2 ve 4.4).

B. hattı örneklerinde, cevher kütlesine doğru her iki birimde de $\%K_2O$ değerleri kısmen uyumsuzluk göstermesine rağmen genel olarak artmaktadır. Volkano-tortul seri içinde $\%K_2O$ değerleri derinlikle pek önemsiz artmasına karşın, diyabaz birimi içerisinde sözkonusu bu değer hissedilir derecede arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Ancak cevher ile olan dokanağına yakın yerde bu değer az da olsa azaldığı görülmüştür.

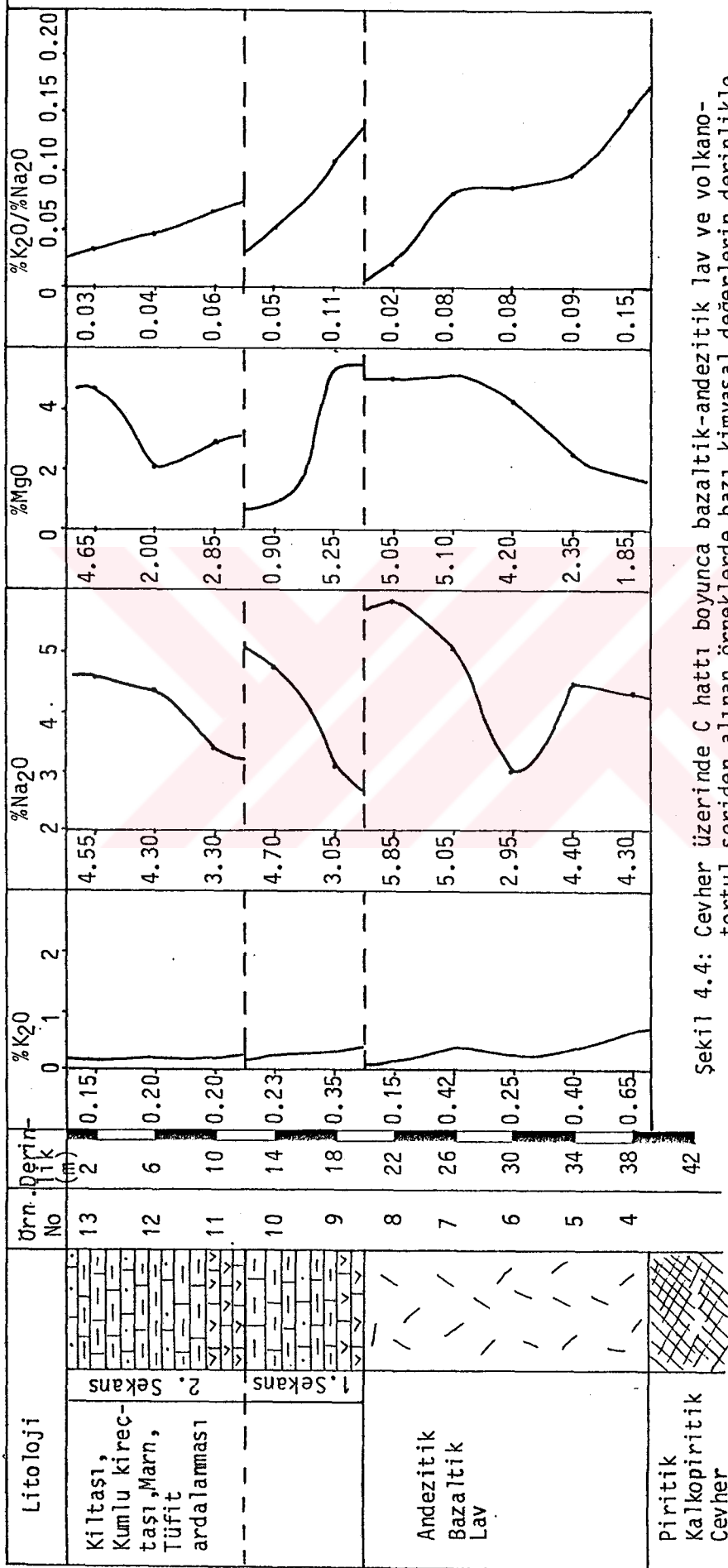
Dasitik tüflerden alınan D ve E hattı örneklerinde $\%K_2O$ değerlerinin diğer birimlerden alınan örneklerdeki $\%K_2O$ değerlerine nazaran oldukça yüksektir. Bunun nedenini, dasit ve dasitik tüfler içerisinde $\%5$ 'e kadar varan ortoklas mineralinin varlığına bağlamaktayız. Bu yüzden alterasyonla ikincil olarak K_2O 'nun değişimi toplam K_2O içinde kaybolmuş gözükmektedir. Ancak yine de toplam K_2O değeri oldukça fazla dalgalanma göstermesine karşın sözkonusu bu hatlarda cevhere (faya) yaklaştıkça artmaktadır.



Şekil 4.2.: Gevher üzerinde A hattı boyunca bazaltik-andezitik lav ve volkano-tortul seriden alınan örneklerde bazı kimyasal değerlerin derinlikle değişimi



Şekil 4.3: B Hattı boyunca diyabaz ile volkano-tortul seriden alınan örneklerde bazı kimyasal değerlerin derinlikle değişimi.



Şekil 4.4: Cevher üzerinde C hattı boyunca bazaltik-andezitik lav ve volkanotortul seriden alınan örneklerde bazı kimyasal değerlerin derinlikle değişimi

D hattı boyunca tüflerin en üst seviyelerinde %K₂O içeriğinin nispeten yüksek olduğu, cevher kütleline 30 m. uzaklıktaki bir zonda bu değerlerin hızlı bir şekilde düştüğü ve bu metreden itibaren cevhere yaklaştıkça tekrar bu içeriğin yaklaşık lineer bir şekilde arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

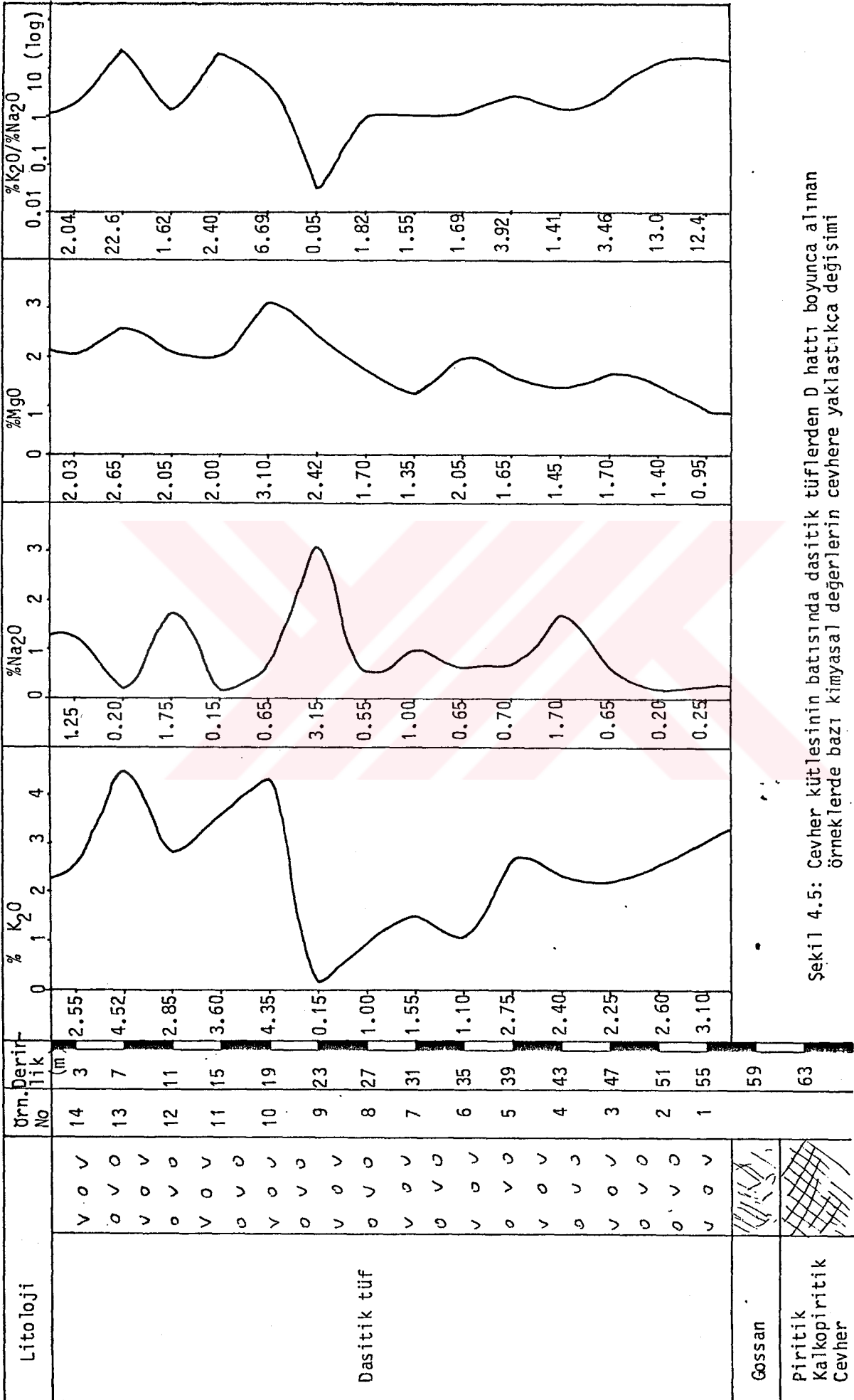
E hattındaki %K₂O değerlerinde de benzer bir durum mevcuttur. Bu hattaki örneklerde de sözkonusu bu değerlerin oldukça fazla dalgalanma göstermesine rağmen cevhere yakın 20 m. lik bir zonda cevhere doğru bu oranın arttığı görülmüştür (Şekil 4.6).

4.4.2. %Na₂O Değerlerinin Değişimi

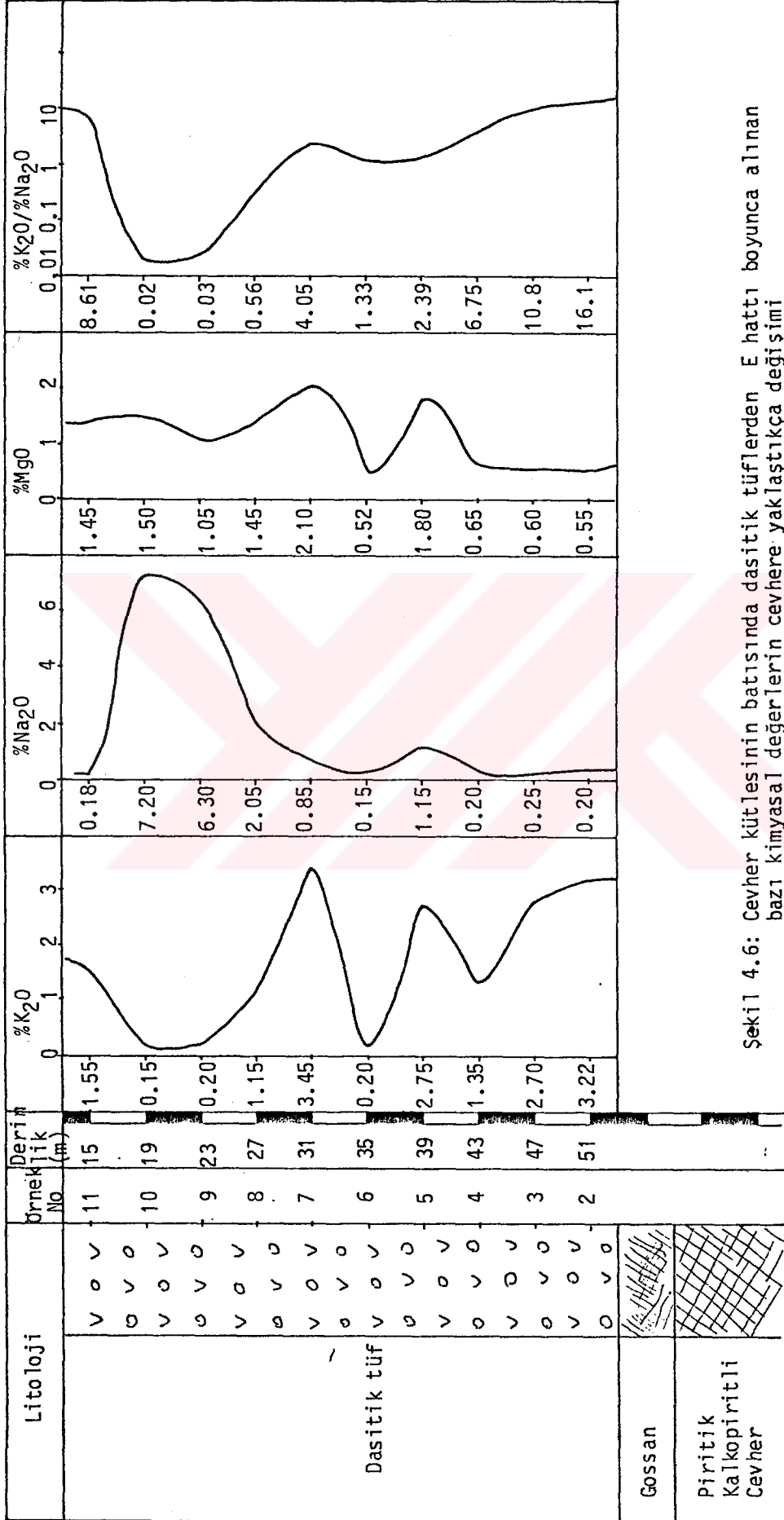
Yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre %Na₂O değerinin her bir jeolojik birim içerisinde cevhere yaklaştıkça genel olarak azalmasına karşın bazı istisnaları da görülmüştür.

A hattı boyunca cevheri üstleyen andezitik-bazaltik lavlarda ve volkano-tortul seri içindeki her iki ayrı sekanda da %Na₂O değerinin derinlikle yaklaşık orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Volkano-tortul seri içerisinde her iki sekansın da üst seviyelerinde %Na₂O değerinin yaklaşık 6 olmasına karşın bunların alt seviyelerine doğru bu değerlerin 3-4'e kadar indiği belirlenmiştir. Bazaltik-andezitik lavlarda da benzer bir durum mevcuttur. Lavların en üst seviyesinde bu oranın 4-4.5 olmasına karşın cevhere yaklaştıkça bu değerlerin hızla 0.15'e kadar düştüğü görülmüştür.

C hattı boyunca da tıpkı A hattında olduğu gibi benzer bir durum vardır. Volkano-tortul seri içerisinde her iki sekanda da



Şekil 4.5: Cevher kütlelerinin batısında dasitik tüflerden D hattı boyunca alınan örneklerde bazı kimyasal değerlerin cevhere yaklaşıtkça değışimi



Sekil 4.6: Cevher kütlesinin batısında dasitik tüflerden E hattı boyunca alınan bazı kimyasal değerlerin cevhere yaklaşıtkça değişimi

lineer bir azalma gözlenirken aynı hassasiyet lavlarda yoktur. Ancak bunların üst kısımlarındaki %Na₂O içeriği, alt kısımlara doğru göreceli olarak artmaktadır.

D ve E hattındaki %Na₂O değişiminde de cevher kütesine (faya) doğru göreceli olarak bir azalma mevcuttur. D hattında cevhere yaklaşık 40-50 m uzaklıkta olan bir zonda %Na₂O değerlerinin nispeten dalgalanma gösterdiği belirlenmiştir. Bu hat boyunca cevher kütesine 35 m uzaklıkta %Na₂O değerleri en fazla anomaliyi gösterirken, bu metreden itibaren cevher kütesine yaklaştıkça sözkonusu bu oranın göreceli olarak giderek 4-10 kat azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5). E hattında da cevherden 45 m uzaklıkta %Na₂O değerinde 0.18 gibi oldukça düşük bir rakam gözlenmesine karşın bu zonun hemen alt kısmında cevhere 40 m lik bir uzaklıkta bu değer 7.20 'ye kadar yükseldiği görülmüş, yine cevhere yaklaştıkça bu değer göreceli olarak düşerek cevhere birkaç metre kala 0.20 gibi düşük bir değere indiği görülmüştür.

B hattı örneklerinde A,C,D ve E hatlarındakinin tam bir durum sözkonusudur. Volcano-tortul seride sekansiyel özelliğin sınırları tespit edilemediğinden ayrıntılı bir yorum yapılamamıştır. Ancak cevherden 55-30 m uzaklıktaki bir zonda %Na₂O değerinde derinlikle giderek artan bir durum sözkonusudur. Yine bu hatta diyabaz birimi içerisinde de benzer bir durum sözkonusudur. Cevher kütesinden uzak olan kısımlarda 0.18-0.20 arasında olan %Na₂O değerinin cevhere yaklaştıkça arttığı, nihayet 0.52'ye yükseldiği görülmüştür. B hattındaki bu farklılığın sebebini

tüm birimleri kesip ortama sonradan ulaşan diyabaz sokulumunun yan kayalarda biraz olsun meydana getirebileceği kimyasal değişikliğe bağlamaktayız.

4.4.3. %K₂O/%Na₂O Oranının Değişimi

Yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarında cevhere yaklaşımda en belirgin özelliği veren bu oranın B hattı dışında tüm örneklerde cevhere yaklaştıkça arttığı tespit edilmiştir.

A hattı boyunca alınan örneklerde %K₂O/%Na₂O oranının cevher üzerindeki her iki ayrı birimde de cevhere yaklaştıkça arttığı görülmüştür. Bazaltik-andezitik lavların üst seviyelerinde bu oranın 0.03 mertebesinde olmasına karşın alt seviyelerde ve cevher kütesine birkaç metre kala bu oranın yaklaşık 235 kat artarak 7.05'e kadar ulaştığı belirlenmiştir. Volkano-tortul seri içindeki her iki sekansta da sözkonusu bu oranın derinlikle göreceli olarak arttığı belirlenmiştir.

C hattında da benzer bir durum görülmüştür. Lavların en üst seviyelerinde %K₂O/%Na₂O oranının 0.02 olmasına karşın cevhere yaklaştıkça (derinlikle) bu oranın 7-8 kat artarak 0.15'e ulaştığı tespit edilmiştir. Volkano-tortul seri içerisinde her bir sekansta da benzer bir durum gözlenip alt seviyelerdeki sözkonusu bu oranın üst seviyelere nazaran 2 kat daha zengin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4).

D hattında, dasitik tüflerden alınan örneklerde cevhere 60-40 m. uzaklıktaki bir zonda sözkonusu bu oranın hayli yüksek olduğu ve 22-24'e kadar ulaştığı belirlenmiştir. Ancak, cevher kütesine 35 m. uzaklıkta bu oranın hızla 0.05'e kadar düştüğü

görülmüş, bu metreden itibaren cevhere yaklaştıkça lineer bir biçimde bu oranın arttığı tespit edilmiştir. Cevher kütesine birkaç metre kala $\%K_2O/\%Na_2O$ oranının yaklaşık 250 kat artarak 12.4'e ulaştığı görülmüştür.

E hattında da, D hattında olduğu gibi bir benzerlik vardır. Dasitik tüflerin en üst seviyelerinde cevherden 40 m. uzaklıkta sözkonusu bu oranın 8.61 olduğu ve bu zonun birkaç metre altında bu değer 0.02-0.03'e kadar indiği, cevher kütesine (faya) yaklaştıkça bu oranın göreceli bir şekilde 500-800 kat artarak en son 16.1'e kadar ulaştığı tespit edilmiştir.

B hattındaki örneklerin $\%K_2O/\%Na_2O$ değerlerinde oldukça fazla bir dalgalanma mevcuttur. Ancak, hem volkano-tortul, hemde diyabaz birimi içerisinde diğer hatlardakinin tersine bir durum sözkonusudur. Cevher kütesine doğru $\%K_2O/\%Na_2O$ oranında az da olsa bir azalma sözkonusudur. Bu özelliği, daha önce de belirttiğimiz gibi diyabaz sokulumuna bağlamaktayız.

4.4.4. $\%MgO$ Değerinin Değişimi

Değişik hatlar boyunca alınan örneklerde $\%MgO$ miktarının kısmen değişiklik göstermesine rağmen genel olarak cevher kütesine yaklaştıkça azaldığı görülmüştür.

A hattındaki lavlardan alınan örneklerde sözkonusu bu değer üst seviyelerde oldukça yüksek ve 4-4.50 civarında olduğu, cevhere yaklaştıkça bu değer yaklaşık 30 kat azalarak 0.15-0.17 ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Ancak bu değişim lavların üzerine gelen volkano-tortul serinin en alt sekansında, lavlar-

daki gibi cevhere doğru bir azalma gösterirken ikinci sekansta daha karmaşık bir durum söz konusudur. Bu sekansın üst seviyelerinin alt seviyelerine nazaran %MgO içeriği daha azdır.

C hattındaki lavlarda da tıpkı A hattında olduğu gibi benzer bir durum olup, lavların seviyelerinde 5 civarında olan bu değerlerin cevhere yaklaştıkça göreceli olarak 1.85'e kadar indiği görülmüştür. Ancak buna karşın volkano-tortul seride tam tersi bir durum söz konusudur. Bu seride her iki sekansta da cevher kütlesine yaklaştıkça söz konusu bu değerlerin nispeten azaldığı tespit edilmiştir.

B hattında diyabaz birimi içerisinde cevherden nispeten uzak noktalarda %MgO değerinin yüksek olduğu, cevhere yaklaştıkça da azaldığı görülmektedir. Volkano-tortul serinin örneklerine ait %MgO miktarında ise oldukça fazla dalgalanma söz konusudur.

D hattında dasitik tüflerde cevherden 50-60 m. uzaklıkta %MgO değerinin 2-3 civarında olduğu görülmüş, cevhere yaklaştıkça bu değerlerin 2-3 kat azalarak 0.95'e kadar düştüğü tespit edilmiştir. E hattında da, D hattına benzer bir durum gözlenip, cevhere yaklaştıkça söz konusu bu değer 2-3 kat azalmaktadır.

4.5. JEOKİMYASAL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE GENEL SONUÇLAR

Kuroko tipi masif sülfid yataklarında yapılan jeokimyasal incelemelerde cevher kütlesine yaklaştıkça MgO değerinin artmasına (Marcotte and David, 1981) karşın, Pontid tipi olan Kutlular masif sülfid yatağında yaptığımız jeokimyasal incelemelerde bu

değerin kısmen değişiklik göstermesine karşın, genelde azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca MgO değerlerinin derinlikle olan bu değişimine Na₂O değerlerinin de kısmen paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan K₂O incelemelerinde ise, MgO ve Na₂O'nun tersine, cevhere yaklaştıkça bir artış sözkonusudur. Ancak cevhere yaklaşımdaki bu artış, %K₂O/%Na₂O değerinde çok daha belirgin olarak kendini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akıncı, Ö. (1984) The Geological Evaluation of the Eastern Mediterranean, Pitmann Press, Bath, Great Britain.
- Alpen, T. (1971) Trabzon civarının jeoloji etüd raporu, 1/25.000 ölçekli M.T.A. raporu (yayınlanmamış)
- Aslaner, M. (1977) Türkiye Bakır-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği yönünden incelenmesi, KTÜ, Trabzon.
- Aslaner, M. (1983) Kor ve Kor Kırıntılı Kayaçlar, KÜ, Trabzon.
- Atabek, S. (1939) Trabzon-Of arası sahildeki maden zuhurlarına ait rapor, M.T.A. yayını.
- Boyle, R.W. (1982) Geochemical methods for the discovery of bilind mineral deposits. Part 1, CIM Bull., Canada.
- Çağatay, N. ve Erler, A. (1984) Jeokimya Temel Kavramlar. T.J.K. Yerbilimleri Eğitim Dizisi, Ankara.
- Çelik, R. (1973) Trabzon-Sürmene bölgesi bakır aramaları Kutlular ve Baştımar sahaları, jeofizik etüdü.
- Edwards, R. and Atkinson, K. (1986) Ore Deposit Geology, Cambridge, England.
- Gümrükçü, A. (1974) Trabzon-Sürmene Kutlular maden sahası jeoloji ve bakır rezervi 1/2000 ölçekli harita alımı M.T.A. Ankara.
- Heaton, T.H.E. and Speppard, S.M.F. (1977) Hydrogen and oxygen izotope evidence for sea water hydrothermal alteration and ore deposition Troodos Complex Cyprus. Geol. Soc. London.
- Krumbein, W.C. and Garrels, R.M. (1952) Origin and Classification of chemical sediments in terms of PH and oxidation-reduction potentials. J. Geol.
- Marcotte, D. and David, M. (1981) Target definition of Kuroko-type deposits in Abitabi by discriminant analysis of geochemical data CIM Bull. Canada.
- Ohmoto, H. and Rye, R.O. (1974) Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in the Kuroko deposits, Econ. Geol., Japan.

- Ohmoto, H. and Skinner, B.J. (1983) The Kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits, Econ. Geol., Japan.
- Pejatoviç, S. (1979) Pontid tipi masif sülfit yataklarının metalojenezi, MTA yayın no: 177, Ankara.
- Roedder, E. and Skinner, B.J. (1968) Experimental evidence that fluid inclusions do not Leak, Econ. Geol.
- Sawamura, K. (1970) Geology and mineralization at the Sürmene (Trabzon), MTA Rep. No:4597, Ankara, Turkey.
- Solomon, M. (1976) 'Volcanic' massive sulphide deposits and their host rock-a review and an explanation, Amsterdam.
- Şen, C. (1988) Dağbaşı (Trabzon) bölgesinde yüzeylenen Alt Alt Bazik (Jura)-Granitoyid (Üst Kretase) özellikleri. KTÜ Master Tezi, Trabzon (yayınlanmamış).
- Tokel, S. (1985) Silikat ve sülfitlerin teflon basınçlı kabında çabuk çözündürülmeleriyle atomik absorpsiyon spektrometre-sinde analizleri, KÜ Dergisi, Cilt 4, Trabzon.
- Webb, J.S., Rose, A.W. and Hawkes, H.E. (1979) Geochemistry in mineral exploration Academic Press inc., London.
- Yalçınalp, B. (1983) Sürmene-Aksu (Trabzon) Yöresinin Jeolojisi ve Metalojeneji, KÜ Master Tezi, Trabzon (yayınlanmamış).
- Yıldız, Ş. (1988) Kutlular (Sürmene) masif sülfit yatağının rezerv, tenör ve cevher zenginleştirme açısından irdelenmesi Master Tezi, Trabzon (yayınlanmamış).
- Yılmaz, Ş. (1972) Trabzon ili Sürmene Kutlular Yöresi 1/2000 ölçekli jeolojisi ve maden yataklarının incelenmesi. MTA. Ankara.
- Yılmaz, T., Yazıcı, E., Boğuşlu, M. ve Tüysüz, N. (1982) Trabzon Sürmene-Of-Araklı Yöresinin Havza Çalışması Raporu, MTA. Raporu, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Kolaylı, 15.3.1963 de Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Akçaabat'ta tamamladıktan sonra 1981 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yüksek öğrenimine başladı. 1986 yılında buradan mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalında master çalışmalarına başladı. Halen Aynı bölümde Araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi