

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARI ÇEVRESİNDEKİ
HİDROTHERMAL ALTERASYON

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimyager A. Namık GÜNEŞ

T606/1-1

Anabilim Dalı : JEOLojİ
Programı : Maden Yatakları - Jeokimya

OCAK, 1993

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
KÜTÜPHANESİ

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARI ÇEVRESİNDEKİ
HİDROTHERMAL ALTERASYON

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimyager A.Namık GÜNEŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.01.1993
Tezin Savunulduğu Tarih : 17.02.1993
Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mustafa KUÇCU
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ali BİLGİN
Yrd.Doç.Dr. Yaşar KIBICI

OCAK, 1993

ÖNSÖZ

Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi, Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ile Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından sağlanan olanaklarla gerçekleştirilmiştir.

Akd. Üni. Isparta Müh. Fak., araştırmacının çeşitli olanaklardan yararlanabilmesi için bilimsel ve idari yönden gerekli kolaylıkları sağlamıştır. Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi, araştırmacının araziden ve yeraltından ayrıca sondaj karotlarından inceliyerek örnek almasına izin vermiş, sahanın ve yeraltı işletmelerinin haritalarını sağlamıştır. M.T.A.Enstitüsünün ise kimya laboratuvarı olanaklarından yararlanılmıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Müh. Bölümündeki X.R.D. ve Jeoloji Müh. Bölümündeki incekesit laboratuvarlarından yararlanma olanaklarını araştırmacıya sağlamıştır.

Araştırmayı destekleyen Akd.Üniv. Isp.Müh.Fakültesi" ne, Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesine, M.T.A.Enstitüsü" ne ve Dokuz Eylül Üniversitesine teşekkür ederim. Özellikle araştırmanın her aşamasında yardımlarını gördüğüm değerli yöneticim Doç.Dr.Mustafa KUŞCU'ya, arazi çalışmalarının yürütülmesinde özveri ile yardımcı olan, Keçiborlu Kükürt İşletmesi elemanlarından Jeoloji Müh. İbrahim UZUNER'e, X.R.D. çekimlerinde yardımlarını esirgemeyen, D.E.Ü. Maden Müh. Bölümü öğretim üyelerinden Yrd.Doç.Dr. Uğur KÖKTÜRK'e ve bu araştırmanın yürütülmesi ve hazırlanması boyunca, bana her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan sayın Doç.Dr. Ahmet YAMIK'a, ayrıca değerli eşim Öğr.Görv. Gülistan GÜNEŞ'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
ŞEKİLLER.....	X
ÇİZELGELER.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Sahanın Coğrafi Konumu.....	2
1.2.1. Morfoloji.....	3
1.2.2. İklim.....	3
1.2.3. Hidrografi.....	3
1.2.4. Bitki Örtüsü.....	5
1.2.5. Yerleşim Biçimi.....	5
1.2.6. Ulaşım.....	5
1.3. Kullanılan Yöntemler.....	6
1.4. Önceki Çalışmalar.....	7
2. KÜKÜRT'E GENEL BAKIŞ.....	10
2.1. Özellikleri.....	10
2.1.1. Fiziksel Özellikleri.....	10
2.1.2. Kimyasal Özellikleri.....	13
2.2. Mineralleri.....	14
2.2.1. Sülfürler.....	14
2.2.2. Sülfatlar.....	14
2.3. Kükürt Yataklarının Jeolojisi, Oluşum.....	15
Şekilleri ve Sınıflandırılması	
2.3.1. Hidrotermal Tip Doğal Kükürt Yatakları.....	16
2.3.2. Volkanik Tip Doğal Kükürt Yatakları.....	18
2.3.2.1. Oluşumu.....	18
2.3.3. Sedimanter Tip Doğal Kükürt Yatakları.....	23
2.3.4. Tuz Domlarına Bağlı Kükürt Yatakları.....	26

İÇİNDEKİLER (Devam)

3. KÜKÜRT YATAKLARI ÇEVRESİNDEKİ GENEL KAYAÇ.....	30
ALTERASYONU	
3.1. Genel Özellikleri.....	30
3.2. Altere Kayaçların Oluşumu.....	31
3.2.1. Alterasyon Halesi ve Alterasyon Zonu.....	31
3.2.2. Altere Kayaçların Zonal Dağılımı.....	32
3.3. Alterasyon Kimyası.....	34
3.3.1. Altere Kayaçların Oluştığı Kimyasal Çevre.....	35
3.4. Küçük Birikimlerini Oluşturan Mineralleş-.....	39
tirme Sıvısının Özellikleri	
3.4.1. Orijinal Mineralleştirme Sıvısı.....	39
3.4.2. İkinci Derecedeki Mineralleştirme Sıvısı.....	40
4. GENEL JEOLJİ.....	43
4.1. Genel Tanım.....	43
4.2. Stratigrafi.....	43
4.2.1. Isparta Formasyonu (Er).....	43
4.2.2. Gökçebağ Karmaşığı (TJK _{GK}).....	45
4.2.3. Volkanik Kayaçlar.....	47
4.2.3.1. Andezitler.....	47
4.2.3.2. Tüfler.....	48
4.2.3.3. Volkanik Cam.....	50
4.2.4. Kuaterner Karasal Sediman Birikimi (Taraça)....	52
4.2.5. Yeni Alüvyon (Q _{al}).....	52
5. KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARI.....	54
5.1. Giriş.....	54
5.2. Tarihçe ve Genel Bilgiler.....	55
5.3. Cevher Oluşumu.....	56
5.3.1. Cevherin Fiziksel Özellikleri.....	58
5.3.2. Cevherin Kimyasal Özellikleri.....	59

İÇİNDEKİLER (Devam)

6. KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAGININ HİDROTERMAL ALTERASYONU...	60
6.1. Giriş.....	60
6.2. Keçiborlu Kükürt Cevherleşmelerinin Çevre-.....	61
sindeki Kayaçlarda Makroskobik Gözlemler	
6.3. Keçiborlu Kükürt Cevherleşmelerinin Çevre-.....	65
sindeki Kayaçlarda Mikroskobik Gözlemler	
6.4. Bölgesel Çevre Kayaçlarının İlksel Kimyasal....	66
Bileşimleri	
6.5. Keçiborlu Kükürt Yataklarının Yan Kayaçla-.....	68
rından ve Alterasyon Zonlarından Alınan	
Örneklerin Kiyasal Analizleri ve X.R.D.Çe-	
kimleri	
6.5.1. Kumludere.....	69
6.5.2. Kükürtdere.....	70
6.5.3. Değirmendere.....	73
6.5.4. Kemertepe, İrepdere, Kokardere.....	77
SONUÇLAR.....	80
KAYNAKLAR.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	85
LEVHALAR.....	86

Levha A

- Foto 1.
- Foto 2.
- Foto 3.
- Foto 4.

Levha B

- Foto 1.
- Foto 2.
- Foto 3.

İÇİNDEKİLER (Devam)

EKLER

- Ek 1. Keçiborlu Bölgesinin 1/5000'lik Jeolojik Haritası
- Ek 2. Keçiborlu Kumludere Maden Ocağı +1050 Katı imalat Planı
- Ek 3. Keçiborlu Kükürtdere Maden Ocağı +1030 Katı imalat Planı
- Ek 4. Keçiborlu Değirmendere Maden Ocağı +851 Katı imalat Planı

ÖZET

Keçiborlu kükürt yatakları, Akdeniz bölgesinde, Isparta ilinin kuzey-batısındaki Keçiborlu ilçesinde yer almaktadır.

Yörede; Eosen yaşlı Isparta formasyonunun, alt düzeylerinde yanal ve dikey geçişler gösteren ve kalınlığı 400-450 m. olan Dinar üyesi inceleme alanında geniş yayılım gösterir. Birim ince tabakalı, kırmızımsı-sarı renkli, marn, kumlu biyosparit ve biyomikrit ardalanmasından oluşmuştur.

Isparta formasyonu'nu Mesozoyik yaşlı Gökçebağ karmaşığı tektonik olarak örter. İnceleme alanında bu birim ultrabazik kayalar, kireçtaşları, radyolarit ve kumtaşlarından oluşmuştur. Bu karmaşığın ana litolojisini oluşturan magmatik kayalar ; dünitler, serpantinitle, gabrolar ve diyabazlar olarak belirlenmiştir. Ancak bu kayalar Keçiborlu kükürt yatakları dolayında gerek tektoniğin, gerekse hidrotermal alterasyonun etkisi ile büyük çapta değişime uğramışlardır. Bu nedenle, magmatik kayaları tanımak oldukça güçleşmiştir. Daha üstlerde volkanik camlar, andezitik tüfler ve andezitler yer alır. En üstte ise, çakıl, ince kum, silt ve killerin yer aldığı Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelir.

Kayalar, volkanik faaliyetlerin her safhasında çıkan volkanik gazların, asitik gazların ve asitik solüsyonların faaliyetlerinden etkilenerek altere olmaktadır. Bu nedenle çalışma sahasındaki cevher yatakları çevresinde geniş bir alterasyon alanı görülür. Alan içindeki altere kayalar; alünitleşme, alüminitleşme, opalleşme, killeşme (montmorillonit, illit), kloritleşme, limonitleşme, silisleşme gibi alterasyonlarla karakterize edilir. Bunların yanında ise ; cevher zonunda sülfürleşme, piritleşme gözlenir.

ÖZET (Devam)

Kimyasal olarak bu alterasyon, solüsyonlarca bazı iyonların kayalardan uzaklaştırılması (Na^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Fe^{+3} , Mg^{++} v.s. gibi), bazı iyonların ve bileşiklerin ise kayalara eklenmesiyle oluşur (Kükürt ve su gibi).

Keçiborlu kükürt yatakları ve çevresindeki alterasyon, hidrotermal solüsyonlar tarafından oluşturulmuştur. Cevherleşme, çatlak dolguları, ornatmalar ve kimyasal çökelmelerin karmaşık bir sonucudur.

ABSTRACT

The Keçiborlu sulfur deposits are located near the Keçiborlu town (NW -Isparta, Mediterranean region).

The Dinar member of Isparta formation, Eocene in age, yields outcrops widespread in the area of investigation. It is 400-450 meters in thickness, and has a lateral changes with the other deposits of the formation. The Isparta formation consists of reddish-yellow coloured marl, sandy biosparite and biomicrite sequences.

The Mesozoic aged Gökçebağ melange is overlain tectonically the Isparta formation. In the investigation area, this melange contains ultrabasic rocks, limestones, radiolarites and sandstones. The main lithological magmatic rocks of the melange are dunites, serpentinites, gabbro and diabases. However, these rocks have subject to tectonical and hidrothermal alterations. That is why, determination of the magmatic rocks is difficult in-situ. Over this, volcanic placer, andesitic tuffes and andesites are found. The Quaternary aged alluviums composed of pebbles, fine sands, siltites, clays are the youngest deposits.

Rocks are altered by volcanic gases, acidic gases and acidic solution of volcanic actions. For this reason, a wide alteration zone is observed around ore deposits in the investigation area. Altered rocks in the investigation area are characterized by alunitization, aluminization, opalization, clay-forming (montmorillonite, illite), chloritization, limonitization and silification alterations. In addition, sulfurization and pyritization alterations may also be observed.

Chemically, these alterations are caused by some ions (Na^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Fe^{+3} , Mg^{++} etc.) extracted from solutions

ABSTRACT (Continue)

and others by addition to rocks (such as sulfur and water, etc.)

Alterations around the Keçiborlu sulfur deposits are made by hidrothermal solutions. Ore deposition is a result of fissure fillings, ore replacement, and chemical deposition.

161

Şekil 1.	Keçiborlu Bölgesi Bulduru Haritası.....	4
Şekil 2.	Kükürtün PT Faz Diyagramı.....	12
Şekil 3.	Sinjenetik Karakterli Yatakların Oluşumunu....	24
	Gösteren Kükürt Devri Şeması	
Şekil 4.	Kubbe Oluşumunu Gösteren Bir Kükürt Rezervi....	27
	Düşey Kesiti	
Şekil 5.	Mineralleşme Merkezinin veya Cevher Kütle-....	32
	sinin Etrafındaki Altere Kayaçların Zonal	
	Düzenlemesini Gösteren Idealleştirilmiş Şema	
Şekil 6.	PH Fonksiyonuna Göre Alumina ve Silikanın.....	38
	Çözülürlüğü	
Şekil 7.	Çalışma Alanının Stratigrafik Dikme Kesiti....	44
Şekil 8.	Kumludere Ocağı Cevher Yatağında, Orijinal....	48
	Yapı ve Dokularını Tamamen Kaybederek Kükürt-	
	le Empreniye Olmuş Andezitler	
Şekil 9.	Kokardere Kesiminde Yüzeylemiş Andezitik.....	49
	Tüfler	
Şekil 10.	Kumludere Ocağı Civarındaki, Bazı Kesimleri....	50
	Limonitle Emprenye Olmuş Andezitik Tüfler	
Şekil 11.	Hidrotermal Altere Alan İçindeki Volkanik.....	51
	Camlardan Bir Görüntü	
Şekil 12.	Kumludere'de Mostra Vermiş Volkanik Camlar....	52
Şekil 13.	Değirmendere Ocağı ve Tesislerinin Genel....	54
	Görünümü	
Şekil 14.	Kumludere Ocağının Genel Görünümü.....	55
Şekil 15.	Çatlak Dolgusu Şeklinde Gelişmiş Kükürt....	58
	Cevherleşmelerine Bir Örnek (Kokardere)	
Şekil 16.	Kokardere Ocağı İçindeki Gaz Çıkışlarından....	60
	Bir Görüntü	
Şekil 17.	Mineralleşme Merkezinin veya Cevher Kütle-....	62
	sinin Etrafındaki Alterasyon Halesini Gös-	
	teren Idealleştirilmiş Şema	

ŞEKİLLER (Devam)

- Şekil 18. Mineralleşme Merkezinin veya Cevher Kütle-....63
sinin Etrafındaki Altere Kayaçların Zonal
Düzenlenmesini Gösteren Idealleştirilmiş
Şema
- Şekil 19. Altere Alanın Değirmendere Civarındaki Li-....64
monitik Zonlardan Bir Görünüm
- Şekil 20. Kumludere Yöresindeki Kireçtaşlarının Si-....64
lisleşme ile Ortaya Çıkmış Beyaz Renkli,
Silisleşmiş Kireçtaşı Görüntülü Kayaç Bi-
rimlerinden Bir Kesit
- Şekil 21. Altere Alan İçerisindeki Killerden Bir Gö-....65
rünüm
- Şekil 22. Kumludere`den Alınan 3 No`lu Örneğin....69
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 23. Kumludere`den Alınan A.1 No`lu Örneğin...70
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 24. Kükürtdere`den Alınan 12 No`lu Örneğin...72
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 25. Kükürtdere`den Alınan B.1 No`lu Örneğin...73
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 26. Değirmendere`den Alınan 26 No`lu Örneğin...75
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 27. Değirmendere`den Alınan 27 No`lu Örneğin...75
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 28. Değirmendere`den Alınan C.1 No`lu Örneğin...76
X-Işınları Kırınım Grafiği
- Şekil 29. Değirmendere`den Alınan C.5 No`lu Örneğin...77
X-Işınları Kırınım Grafiği

Çizelge 1. Japonyadaki Kükürt Yatakları ile ilgili,.....	33
Saha ve Laboratuvar Araştırmaları Sonucu	
Özetlenen, Kırıkları ve Cevher Kütleleri-	
ni Saran Alterasyon Halesi İçindeki Alte-	
re Kayaçların, Mineralleşme Sıralarının	
Tablo Edilmiş Hali	
Çizelge 2. Çalışma Sahasındaki Kayaçların, Yaklaşık.....	67
İlksel Kimyasal Bileşimleri	
Çizelge 3. Kumludere'den Alınan Örneklerin Kimyasal.....	68
Bileşimleri	
Çizelge 4. Kükürtdere'den Alınan Örneklerin Kimyasal.....	71
Bileşimleri	
Çizelge 5. Değirmendere'den Alınan Örneklerin Kimya-.....	74
sal Bileşimleri	
Çizelge 6. Kemertepe, İrepdere, Kokardere'den Alınan.....	78
örneklerin Kimyasal Bileşimi	

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Dünyada kükürt endüstrisinin sorunları teknik olmaktan çok ekonomiktir. Kükürt tüketiminin yaklaşık % 50'si gübre endüstrisinde kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda teknolojik gelişmeler kükürtün gübre endüstrisindeki payında fazla bir değişiklik yapmayacaktır. Dünya ülkelerinin bazılarındaki teknolojik gelişmeler, birtakım endüstrilerde kükürt kullanımını azaltmakta, hatta bir kısmında hiç kalmamaktadır. Bazı endüstrilerde ise kükürt kullanımı hızla artmaya devam etmektedir. Kükürt kullanımının azaldığı endüstrilere örnek olarak çelik ve titanyum dioksit yapımını gösterebiliriz. Çelik endüstrisinde sülfürik asit yerini hidroklorik asite terketmekte, titanyum dioksit yapımında ise sülfürik asit yerine klorür yöntemi kullanılmaktadır (Aksoy v.d., 1979).

Genel olarak günümüzdeki teknolojik gelişmeler kükürt endüstrisini etkilemektedir. Bu gelişmelerin ana kaynağı çevre kirlenmesi sorunudur. Çevre kirlenmesinin önlenmesi için, kükürtün artıklarda atıldığı veya yan ürünlerde bırakıldığı endüstrilerde bu kükürtlerin artıklardan yada yan ürünlerden ayrılarak üretilmesi için çalışmalar hızlandırılmış ve bir çok ülkede bu konularda yasal zorunluluklar getirilmiştir (Aksoy v.d., 1979).

Yeni teknolojik buluşların kükürt için yeni kullanım alanları doğuracağını düşünen birçok ülke tabii kükürt yataklarının yanı sıra, rafinerilerden ve diğer kaynaklardan da kükürt üretimine önem vermeye başlamışlardır.

Türkiye'ninde gittikçe artan nüfusu gözönüne alınırsa ve halen ileri bir sanayi ve teknolojiye sahip olmadığı düşünülürse; ziraata ve yapay gübre üretimine gereken önemi vermesi gerektiği anlaşılmaktadır. Yapay gübre üretiminde ve özellikle fosfatlı gübre lerin üretiminde sülfürik asit yegane kullanılabilecek asittir. Ülkemizdeki yeni gübre sanayii komplekslerinin kükürde dayalı olarak devreye

girmesi ile, sadece gübre sanayii sülfürik asit üretiminin bile büyük kükürt ithalatlarına neden olduğu görülmektedir. Son yıllarda Türkiye'nin elementer kükürt talebi giderek artmaktadır (zgner v.d., 1989).

Türkiye üretimini 1931-1941 yılları arasında Keçiborlu ve Denizli Sarayköy'den temin etmiştir. Türkiye bugün sadece elementer kükürt üretimini Keçiborlu'dan ve birde İpraş ve Aliağa rafinerilerinden yan ürün olarak elde etmektedir.

Keçiborlu'daki kükürt rezervlerinin giderek azalması, yörede yeni kükürt yatklarının aranmasını zorunlu kılmış ve bu amaçla M.T.A, Etibank birçok maden arama yöntemleri uygulamış sayısız sondaj alışmaları, Jeofizik etütleri yapılmış fakat bugüne kadar kayda değer ekonomik bir rezerv saptanamamıştır.

Bu araştırmanın amacı ise, Keçiborlu kükürt yatağını çevreleyen hidrotermal alterasyonun jeolojik ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi ve yatağın oluşum biçiminin yorumlanmasıdır.

Bu amaçlarla, yatağın bulunduğu bölgenin ve yeraltı maden ocaklarının haritaları alınmış, yöredeki volkanik kayaların, cevherleşmenin ve cevherleşme çevresindeki hidrotermal alterasyonun kimyasal özelliklerini saptamak içinde yüzeyden, yeraltı maden ocaklarından, sondaj karotlarından taze kayayı, çeşitli alterasyon zonlarını ve cevherleşmeyi temsil edecek nitelik ve sayıda örnekler toplanmış, ayrıca seçilmiş örnekler üzerinde, kimyasal analizler, ince kesitler ve x-ışınları kırınım çalışmaları yapılmıştır.

1.2. Sahanın Coğrafi Konumu

Keçiborlu kükürt yatakları (şekil 1), Türkiye'nin gller bölgesinde İsparta iline bağlı Keçiborlu ilçesinin Kaynardere mevkiinden İrepdere mevkiine kadar

kuzeybatı-güneydoğu istikametindeki bir hat boyunca uzanmaktadır (Etibank, 1991).

1.2.1. Morfoloji

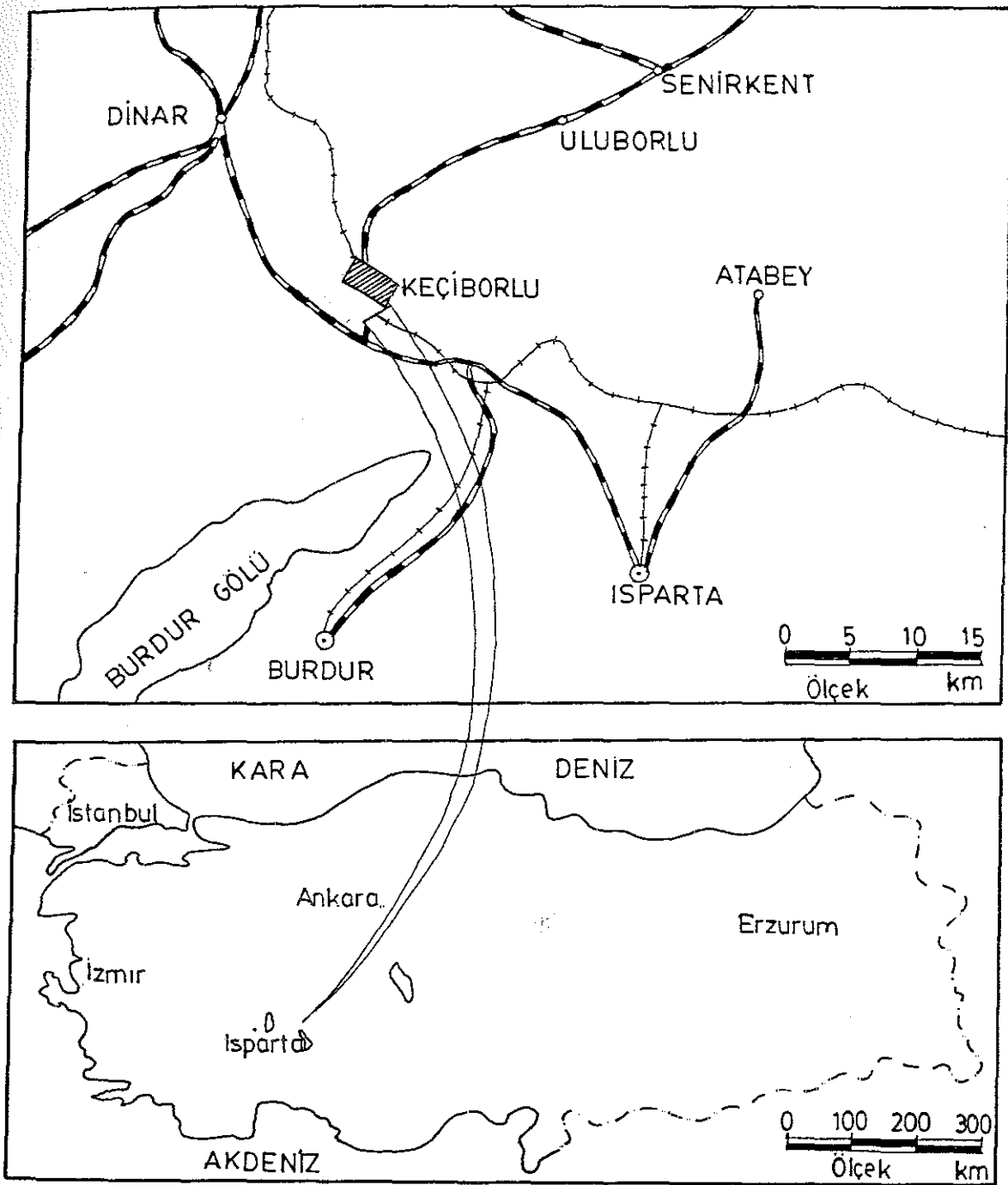
Bölgenin kuzey ve doğu kesimi ile güney doğusunda olmak üzere üç ayrı alanda yükseltiler izlenir. Kuzeyde Akdağ (1895 m) ile bunun uzantısındaki Kürtlû Tepe (1459 m), Kömürlük Tepesi (1351 m) ve Üç Sivri Tepe (1262 m), doğu kesiminde ise Göktepe (1596 m) Demirli Tepe (1565 m) ve Karakaya Tepesi (1470 m) sayılabilecek önemli yükseltilerdir. Güneydoğuda da Burdur - Isparta sınırını ayıran Söbüdağ (1450 m) Kayısivrisi Tepe (1664 m), Cevizliburun Tepe (1664 m) ve Kaleykığı Tepe (1614 m) yer alır. Yukarıda belirtilen yükseltiler arasında, oldukça geniş görülen düzlük ve ovalık sahaların kotu 1150 m.'nin altında olup, bölgenin başlıca tarım ve önemli yerleşim alanlarıdır. Keçiborlu'nun yaklaşık 13 km. G.D. daki Burdur Gölü yörenin en çukur havzasını oluşturmaktadır (Özgüner v.d., 1989).

1.2.2. İklim

Yöre, genel olarak Akdeniz iklimi ile karasal iklimin etkisi altındadır. Kış ayları soğuk ve yağışlı, yaz ayları sıcak ve kuraktır. Yıllık yağış ortalaması 694.6 mm. civarında olup, nemlilik oranı % 57'dir. En yüksek sıcaklık 40.6°C, en düşük sıcaklık ise - 13.9 °C dir (Özgüner v.d., 1989).

1.2.3. Hidrografi

Akarsular düzensiz olup, debileri mevsimlere bağlı olarak büyük değişiklik gösterir. Kurak ve çok sıcak geçen yazlar nedeniyle, birçoğu kurumaktadır. Sonbahar yağışlarıyla tekrar canlanan akarsuların debileri ilkbaharda karların erimesiyle en yüksek değerine ulaşır. İnceleme alanının en önemli akarsuları Keçiborlu yakınlarında Değirmendere, Gökçebağ yakınlarında sarı Dere ve Sar Dere'si



Sekil:1 Keçiborlu bölgesi bulduru haritası.

ile Güneykent yakınlarında Ulu Dere ve Keçiborlu'nun yaklaşık 15 km K.D. da Karakuyu Gölüne boşalıp Akdağ'ın altından Dinar'da çıkan ve Büyük Menderesi besleyen Eldere'dir. Eldere hariç bunların tümü Burdur Gölüne dökülmektedir (Özgüner v.d., 1989).

1.2.4. Bitki Örtüsü

Yöre, genel görünümüyle Akdeniz bitki örtüsünün özelliğini taşır. Yüksek kesimlerde çam ormanları ve meşelikler bulunmaktadır. Yerleşim bölgeleri ve çevresinde ise, meyve türü ağaçlar ile gül yağ bitkileri yetiştirilir (Özgüner v.d., 1989).

1.2.5. Yerleşim Biçimi

Yerleşim merkezlerinin çoğu, yamaçlar ve yükseltiler üzerinde kurulmuştur. İşletilen ocaklara en yakın yerleşim merkezi 15000 nüfuslu Keçiborlu kazasıdır. Yörede işçi temininde bir güçlük karşılaşılmaz. Yörenin en uygun su kaynağını, Değirmendere üzerinde kurulmakta olan baraj sağlayacaktır. Ayrıca, Keçiborlu ovasında, yeraltından sondajlarla bol su çekilmektedir. Elektrik kaynağı ise Keçiborlu ilçesi trafosundan elde edilebilir. Burdur Gölü suyu ise tuzlu olup içme ve sulamada kullanılamaz (Özgüner v.d., 1989).

1.2.6. Ulaşım

İnceleme alanını batıdan-doğuya kesen Dinar-Isparta ve kuzeydengüneye kesen Afyon-Antalya asfaltları ulaşım için büyük önem taşırlar. Burdur-Keçiborlu 40 km., Isparta-Keçiborlu 44 km., Afyon-Keçiborlu 132 km., Antalya-Keçiborlu 160 km.'dir. Küçük yerleşim merkezlerine yapılmış stabilize yollar dışında, orman işletmesi için açılan geçici yollar, yaz aylarında ulaşım için önemli katkıda bulunur. Çalışma bölgesinden geçen demiryolunun da, özellikle yük taşımacılığına önemli katkısı vardır. Afyon'dan, Karakuyu köyüne inen bir hat, Karakuyu'da ikiye

ayrılmakta biri Dinar üzerinden Denizli'ye, diğeri ise Keçiborlu Gümüşgün üzerinden Burdur'a ve Isparta'ya uzanmaktadır (Özgüner v.d., 1989).

1.3. Kullanılan Yöntemler

Keçiborlu kükürt yatağı çevresindeki hidrotermal alterasyon üzerindeki bu araştırma ile ilgili olarak, çalışma sahasının 1/5000'lik genel bir jeolojik haritası elde edilmiş ve yüzeyden alınan tüm örnekler harita üzerinde işaretlenmiştir. Daha sonra üretim yapılan kükürt ocaklarının ayrı ayrı haritaları elde edilmiş ve yeraltından örnek alım yerleride bunlar üzerinde tek tek işaretlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kontakt, kil ve volkanik örneklemelere daha fazla ağırlık verilmiştir.

Kimyasal, mineralojik ve X.R.D. analizleri için arazi çalışmaları sırasında yüzeyden 32 adet, yeraltından 22 adet, ayrıca yeni yatak aramalarında yapılan sondajlardan 13 adet olmak üzere toplam 67 adet örnek toplanmıştır. Yeryüzü örnekleri Kumludere, Kükürtdere, Kemertepe, İrepdere, Değirmendere, Kokardere mevkilerinden olmak üzere büyük bir kısmı yatağın yakın çevresinden toplanmış olup, örneklemeler Ek 1'de gösterilmiştir. Yeraltı örneklemeleri ise Kumludere, Kükürtdere, Değirmendere ocaklarından yapılmış olup Ek 2, Ek 3, Ek 4' de gösterilmiştir.

Laboratuvar çalışmaları;

Akdeniz Üniv.İsp.Müh.Fak.,D.E.Ü.Maden Mühendisliği bölümü ve M.T.A.'da tamamlanmıştır.Seçilerek alınan örneklerden 25 adedi İsp.Müh.Fak.Maden Müh.Bölümünde kırılmış, öğütülmüş, 100 mikronun altına indirilmiş ve bunlardan 8 adedi D.E.Ü.Maden Müh.Bölümüne gönderilerek x-ışınları kırınım yöntemi ile kil mineralleri tanımlanmıştır. Örneklerden 25 adedi ise kimyasal analizler için M.T.A.'ne gönderilmiş olup, bu örneklerin tümünde SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, ateş zaiyatı analizleri yapılmıştır. Ayrıca 18 adet örneğin ince

kesitleri Isp.Müh.Fak.'de yapılarak petrografik mikroskop altında incelenmiş, dokusal özellikleri ve mineral içerikleri saptanmıştır.

Ayrıca çalışılan sahanın fotoğrafları ve slaytları çekilerek alterasyon, cevherleşme ve zonlanma görsel olarak belirtilmiştir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Keçiborlu kükürt yataklarıyla ilgili olan önceki çalışmaları şöyle sıralanabilir(Özgüner v.d., 1989):

Lahn, (1940); Keçiborlu T.A.Ş.(Isparta Vilayeti) imtiyaz sahasının jeolojik haritası hakkında rapor yazmıştır.

Egeran, (1944); Keçiborlu kükürt yatağı ve yapılan sondaj hakkında bir rapor yazmıştır.

Armstrong, (1953); Keçiborlu kükürt madeni bölgesinin rezerv durumu hakkındaki raporu düzenlemiştir.

Guzzi, (1968); Keçiborlu kükürtleri yeni ruhsat sahası etüdünü yapmıştır.

Gutnic, (1972); Isparta batısındaki kükürt belirtileri M24b2 M24b3 paftaları üzerine bir rapor vermiştir.

Akça, (1973); Keçiborlu kükürt işletmesi ve yakın çevresi kükürt aramalarına ait sondaj programı belirlemiştir.

Gürcan, Yeğenoğlu, (1978); Keçiborlu kükürt işletmesi faaliyet raporu yazmıştır.

Sarıiz, (1982); Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumu ve yörenin jeolojisi hakkında bir çalışma yapmıştır.

Yukarıdaki sözkonusu olan tüm çalışmalar kükürt

cevherinin bir andezitik, liparitik dayk içinde veya tüfitler içinde yer aldığından bahsetmektedir. Buna ilaveten Sarıiz (1982) doktora tezinde, esas mineralizasyon ve alterasyonun NW-SE doğrultulu bir şaryaj zonunda geliştiğini belirtmekte, yan kayacın andezit, tuf, serpantinit ve kireçtaşları olduğunu söylemekte ve cevher yerleşimi için en iyi ortamı tüflerin sağladığını belirtmektedir (Özgüner v.d., 1989).

Özgüner v.d., 1989; Yörede lisien ofiolit napları ön cephe sınırını yaklaşık K.K.B. ve G.G.D. istikametinde kesen Üst Miyosen yaşlı doğrultu atımlı bir fay zonunun Üst Pliosende batı yakasının büyük bir atımla düşmesi neticesinde fay boyunca görülen subvolkanik bir sokulundan çıkan kükürtlü gaz ve emanasyonların ofiolitik melanj içersine metasomatizma yoluyla kükürdü yerleştirdiğini belirtmektedirler. Kükürdün 95°C'de ergidiği düşünülecek olursa bu andezitik veya liparitik dayk içersine veya bu volkanizmanın ürünü olan tüfler içersine kükürtün yerleşme imkanı, ancak daha sonraki faylarla gelen gazlarla mümkün olabileceği belirtilirken ocaklar içinde ve yöresinde mostra veren hiçbir dayka rastlamamışlardır. Söz konusu mostraların, yankayacın şiddetli alterasyon ve metasomatizma ürünleri olduğu belirtilmektedir.

Yörenin jeolojisi, volkanizması, petrografisi ve volkanizmasına bağlı ekonomik potansiyeller üzerinde de araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan son yıllarda yapılan araştırmaları şöyle sıralanabilir;

Karaman (1986) Burdur dolayları ; Karaman, v.d. (1988) Çünür kampüs dolayları; Karaman, v.d. (1989) Keçiborlu, Gönen, Atabey dolaylarında yaptıkları ayrıntılı arazi çalışmalarında ilgili bölgelerin 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarını tamamlamışlar ve kaya birimlerini ayırtlamışlardır.

Diğer yandan Kazancı, v.d. (1988) Gölcük volkanizması ve dolaylarında yaptığı araştırmalarında, Gölcük

volkanizmasının "maar" tipi bir volkanik etkinlik sonucu olduğu ve püskürmenin iki ayrı evrede (alt ve üst volkanik evre) meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bilgin ve diğerleri (1988) Flüorür'ün kayalardaki Dağılımı ve bazı cevher yataklarının prospeksiyonunda kullanılması üzerinde çalışmışlardır.

Gedikoğlu ve Kuşcu (1988) Gölcük yöresi pomza yataklarının ekonomik özellikleri üzerinde durarak pomzanın rezerve sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kuşcu ve Gedikoğlu (1990) Isparta Gölcük yöresi pomza yataklarının jeolojik konumu üzerinde çalışmışlar, volkanizmanın en az 7-8 kez etkin olduğunu ve 5 ayrı pomza düzeyinin bulunduğunu belirlemişlerdir.

Kuşcu ve Gedikoğlu (1992) Volkanizmaya bağlı arsenik zuhuru üzerinde, incelemelerde bulunmuşlardır.

2. KÜKÜRT'E GENEL BAKIŞ

2.1. Özellikleri

Mineraller, kimyasal bileşimlerine ve özelliklerine göre ayırt edilirler. Bu ayırmaya göre kükürt, metal olmayanlar sınıfına dahildir (Ametal). Sembolü S, atom ağırlığı 16, molekül ağırlığı 32.066 dır.

Serbest ve bileşik haldeki kükürt, madenkömürü, tabi gaz ve petrolde, volkanik kayalarda sıcak su kaynakları etrafında ve sedimanter halde, tuz domlarında, jips, anhidrit ve kalkerlerle birlikte, çoğu zaman piramidal holloedri şeklinde, küresel veya böbreğimsi, sarkıt ve dikitler üzerinde örtü olarak ve toz-kükürt çiçekleri şeklinde bulunur. Kristalize kükürtün yüzeyi midye kabuğu gibi ve yağ parlaklığında olup, toprağımsı kükürtün ise pürüzlü ve parlak olmayan bir görüntüsü vardır(Evinç, 1984).

Kristalize kükürt tabiatta hemen hemen rombik şekiller halinde bulunur. Bundan başka kolloidal kükürt de vardır. Örneğin, hidrojen sülfür içeren formallerdeki kükürt sütü gibi. Tabii olarak kükürt, bazı suların zemininde bakteri faaliyetlerinden dolayı bulunur. Sıvı ve gaz halde kükürt birçok volkanik faaliyetlerde görülür (Evinç, 1984).

2.1.1. Fiziksel Özellikleri

Saf sülfür (BRIMSTONE) empüriteler tarafından donuklaştırılabilir karakteristik sarı bir renktedir. Damar halinde ise beyaz, parlak, reçineli, çatlıklı, pürüzlü, konkoidal yapıdadır. Ayrıca reçine parlaklığında, şeffaf, yarı şeffaf, ayrı muntazam kırılmalı (pürüzlü, konkoidal), beyaz çizgi renkli, 1.5-2.5 sertliğinde, 2.03-2.06 yoğunluğunda, ısı iletkenliği az, elektrik iletkenliği olmayıp, sürtünme ile negatif elektriklenen, röntgen ışınlarını geçirmeyip, optik karakteri pozitifdir (Evinç, 1984 ; Tyler, 1945).

Kükürtün üç modifikasyonu vardır:

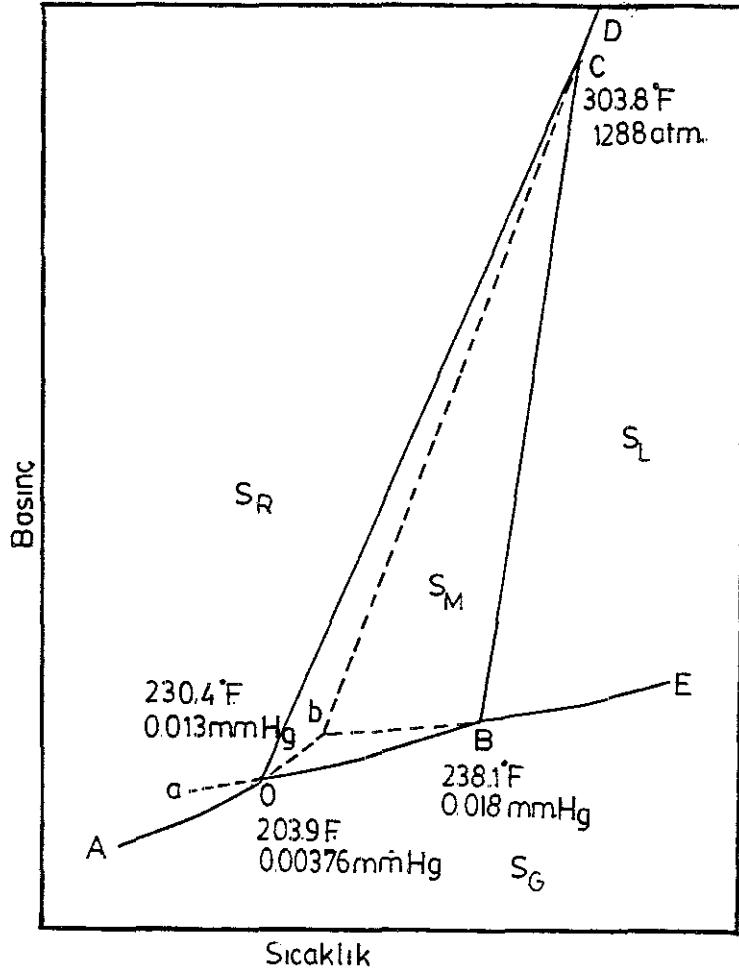
a. Katı modifikasyon : Rombik kükürt (α - kükürt) 95.5 °C'ye kadar dayanıklıdır. Monoklinik kükürt (β -kükürt) 95.5 °C ve 119.25°C arasında dayanıklıdır. Trigonal kükürt dayanıksızdır.

b. Sıvı modifikasyon,

c. Gaz modifikasyon.

Maden yataklarının incelenmesinde bizi, durumlardan ziyade katı halden ergiyik haline geçiş ve tersi ile, katı haldeki çeşitli biçimler(modifikasyonlar) ilgilendirmektedir.

Bir basınç (P) ve sıcaklık (T) diyagramında bir maddeninin çeşitli fazlarının sınırları, tek değişkenli eğri ve değişmeyen noktalarda gösterilebilir. Bu tip eğriler aynı zamanda buhar basıncı eğrileridir. En düşük buhar basıncını gösteren fazlar, en duraylı fazlardır. Şekil 2' de kükürtün PT faz diyagramı verilmiştir (Öztunalı, 1973).



Şekil 2. Kükürtün PT faz diyagramı (Tuller, 1954).

SR : Rombik kükürt, SM : Monoklinik kükürt, SL : Likid (er-
giyik,sıvı) kükürt, SG : Gaz halde kükürt (buhar haldeki kü-
kürt)

- AO = Rombik kükürttten gaz fazına geçiş eğrisi,
- OB = Monoklinik kükürttten gaz fazına geçiş eğrisi,
- OC = Rombik kükürttten monoklinik kükürte geçiş eğrisi,
- BC = Monoklinik kükürttten ergiyik fazına geçiş eğrisi,
- BE = Ergiyikten gaz fazına geçiş eğrisi,
- CD = Rombik kükürttten ergiyik fazına geçiş eğrisi.

O,B,C, değişmeyen ve üç fazın ortak üçlü (tripel) noktalarıdır. O noktasında; rombik kükürt, monoklinik kükürt ve buhar fazları yan yana bulunur. B noktasında; monoklinik kükürt, sıvı ve buhar fazı dengededir. C noktasında; rombik, monoklinik ve sıvı hallerdeki kükürt yanyana bulunur. b noktası ise; kararsız bir noktadır. Bu noktada rombik, sıvı ve buhar fazları yanyana bulunmaktadır (Pekin, 1977).

Rombik kükürtün ergime noktasına ancak yüksek basınçlarda (1320 At.) ulaşılabilir. Bu basıncın altında rombik kükürt, daima monoklinik modifikasyonuna dönüşecektir veya monoklinik kükürt, sıcaklığa göre rombik kükürte dönüşecektir ki, bu tür tersinir olaylara enansiotropi denir (Öztunalı, 1973).

Rombik ve monoklinik kükürtlerde olduğu gibi, bir elementin veya bir kimyasal bileşiğin (mineralin) çoğunlukla çeşitli modifikasyonları, yani katı faz türleri vardır. Aynı kimyasal bileşiğin, farklı şebeke yapısı düzenine sahip olmalarıyla oluşan modifikasyonlar, birbirlerinden farklı fiziko kimyasal özellikler gösterirler. Ancak sonuç olarak, aynı atom cinslerinin bileşikleri olduklarından, özellikle şebeke yapılarında ortak özelliklerde az değildir (Öztunalı, 1973).

2.1.2. Kimyasal Özellikleri

Ergime sıcaklığı 234 °F - 248 °F, koyu sarı renkteki sıvı kristal yapıya bağlı olarak 832 °F'de kaynar. Sülfür havada 478 °F'de yanar. Bu yanma işlemi SO₂ teşekkülü ve karakteristik mavi bir alevle olmaktadır (Tyler, 1945).

Sülfür buharları kaynama noktasında S₈ moleküllerinden ibarettir. Sıcaklık yükseldikçe S₈, S₄, S₂ molekülüne döner (Evinç, 1984). Eğer kaynayan sülfür aniden soğutulursa, kauçuk şekline dönüşür. Fakat birkaç gün içinde tekrar kristal yapısına dönüşür. Ayrıca sülfür karbondisülfid, karbon tetraklorit ve ağır sıvı hidrokarbonlar dışındaki diğer çoğu sıvılarda, asitlerde ve suda çözünmez (Tyler, 1945).

Doğal haldeki kükürt stabil izotoplarının bir karışımıdır. Bu karışımın yaklaşık yüzde dağılımları ise ; % 95.1 S³², % 0.74 S³³, % 4.2 S³⁴, % 0.016 S³⁶ dır. Kükürtün S³¹, S³⁵, S³⁷ izotopları doğal olarak bulunmamaktadır, bunlar çok kısa ömürlü ve radyoaktif özelliktedirler(Tuller, 1954).

2.2. Mineralleri

2.2.1. Sülfürler

Kükürt elementinin metallerle meydana getirdiği bileşiklerdir. Bu bileşiklere metal sülfürler veya metal sülfidler denir. Hatta bu serinin başında en önemli bileşik pirit olduğu için piritlerde denir.

En önemli metal sülfürler:

Pirit	: FeS_2	Orpiment	: As_2S_3
Pirotin	: Fe_nS_n	Stibin	: Sb_2S_3
Markasit	: FeS_2	Bizmutin	: Bi_2S_3
Kalkosin	: Cu_2S	Sinabr	: HgS
Sfalerit	: ZnS	Kovellin	: CuS
Galenit	: PbS	Millerit	: NiS
Realgar	: AsS	Molibdenit	: MoS_2

Bu bileşikler kükürttten çok metal içerikleri için önemlidir. Kükürt elde edilmesinde kullanılmazlar (Evinç, 1984 ; E.K.İ.).

2.2.2. Sülfatlar

Kükürt elementinin sülfat iyonu halinde metallerle yaptığı bileşiklerdir. Bu bileşiklere metal sülfatlar denir.

Önemli metal sülfatlar:

Anhidrit	: CaSO_4	Kalkantit	: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Jips	: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Anglesit	: PbSO_4
Kiserit	: $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Sölesit	: SrSO_4
Epsomit	: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Barit	: BaSO_4

Sülfatlarda metal içerikleri bakımından önem taşırlar (Evinç, 1984 ; E.K.İ.).

2.3. Kükürt Yataklarının Jeolojisi, Oluşum Şekilleri ve Sınıflandırılması

Kükürt ametaller grubuna giren ve doğada çok bulunan bir elementtir. Serbest halde (doğal kükürt olarak) veya bileşikleri (sülfürler, sülfatlar, hidrokarbonlar) halinde litosfer % 0.06, hidrosfer ise % 0.09 oranlarında kükürt içerir. Litosfer, hidrosfer ve atmosferin ortalama kükürt miktarı % 0.06 dır. Meteoritlerde, maden kömüründe, tabi gazlarda ve petrolde bulunur. Azot ve hareketsiz gazlar hariç en önemli elementlerin metal ve ametallerin bünyesine girer (Evinç, 1984 ; E.K.1.).

Sonuç olarak; Kükürt doğada bir çok formda oluşmaktadır.

- Elementer kükürt olarak kireçtaşı, anhidrit veya son volkanizma ile oluşmuş.

- Metalik kükürt olarak en önemli oluşumları pirit ve pirotit'tir.

- Sülfüroz bileşenleri olarakta kömür, petrol ve doğal gaz ile oluşmuştur (Walthier, 1973).

Buna göre kükürt yataklarını iki ana gruba ve bazı alt gruplara ayırmak mümkündür.

1. Serbest kükürt yatakları

- a. Hidrotermal yataklar,
- b. Volkanik yataklar,
- c. Sedimanter yataklar,
- d. Tuz domlarına bağlı yataklar.

2. Bağlı kükürt yatakları

- a. Petrolde ve katran kumlarında kükürt,
- b. Doğal gazda kükürt,
- c. Kömür ve petrol rezervuar kayaçlarında kükürt,
- d. Mineraller içerisinde kükürt.

Dünya kükürt üretiminin yaklaşık % 31'i serbest kükürt yataklarından, yaklaşık % 41'i içerisinde kükürt bulunan minerallerden ve yaklaşık % 25'i de petrol ve doğal gaz rafinasyonundan elde edilir. Serbest kükürt yatakları üretiminin ise, yaklaşık % 54'ü tuz kubbesi şeklinde oluşan kükürt yataklarından ve yaklaşık % 44'ü de volkanik kökenli kükürt yataklarından elde edilir (Aksoy v.d., 1979). Ancak, işletilebilir kükürt yatakları serbest kükürt ihtiva eden yataklardır.

Bizim çalışma sahamızda bu tip bir yatak olduğu için burada, serbest kükürt yataklanmaları, özellikle de volkanik kükürt yataklanmaları ele alınacaktır.

2.3.1. Hidrotermal tip doğal kükürt yatakları

Bu tip yatakların oluşumuna geçmeden önce magmatik eriyik ve magmatizmanın safhalarından kısaca bahsetmek gerekmektedir. Magmatik eriyik, güç ve kolayca uçabilen element ve bileşiklerin karşılıklı olarak birbirlerini çözüntü halinde tuttukları kompleks bir sistemdir. Böyle kompleks bir sistem, ancak belirli bir derinlikte ve belirli bir basınç altındadır. Magmatik eriyikler basınç değişmelerine karşı çok duyarlıdır.

Magmatik olayların yerin derinliklerinde oluşmasına plütonik, yeryüzünde oluşanlarına ise volkanik olaylar denir. Plütonik olaylar ve maden yatakları üç ayrı kümede toplanabilir.

a. Likid veya orta magmatik safha:

En yüksek basınç ve sıcaklığın (700 - 1100 °C) etkin olduğu bir safhada viskozitesi yüksek silikat eriyiği, tam anlamıyla kristalize olur.

b. Pegmatitik - Pnömatolitik safha:

Bu bölgede yüksek derecede hareket yeteneğine sahip

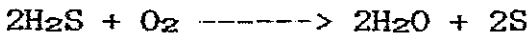
KÜTÜPHANE

çözüntüler bulunur. Sıcaklıkları 350 - 700 °C arasında sınırlanmış bu çözüntülerin bileşiminde hala silikatik maddeler etkin olmakla beraber, kolay uçucu maddeler yığılması da yüksektir.

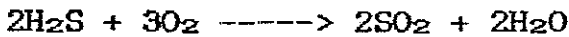
c. Hidrotermal safha:

Pegmatitik - pnömatolitik safhada gaz durumundaki kolay uçucu madde ile 400 °C çevresinde sulu eriyiklerin oluşması bu safhanın başlangıcıdır. Bu sulu eriyikler uçucu maddelerden meydana gelmiştir. Bu maddenin ve kritik durumdaki suyun büyük miktarda çözdükleri karbonat, sülfat ve sülfür bileşiklerini getiren eriyikler, 100 - 400 °C arasında bir sıcaklığa sahiptir. Bu safhaya adını veren sıcak sular içinde, erimiş halde H₂S bileşiği bulunmaktadır.

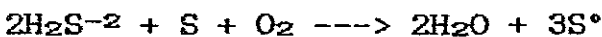
Erimiş durumda H₂S bileşiğini içeren hidrotermal sularla, erimiş durumda serbest oksijen içeren yeraltı sularının ilişkisi sonucunda meydana gelen ve tam olmayan bir oksitlenme ile bu özellikteki doğal kükürt yatakları oluşur.



Tam olmayan oksitlenme serbest oksijenin bol bulunduğu yer kabuğunun belirli derinliklerinde meydana gelir. Şayet bu hidrotermal sular yeryüzüne veya serbest oksijenin daha bol olarak bulunduğu yeryüzüne yakın seviyelere kadar çıkabildikleri taktirde bu oksitlenme tam olur ve SO₂ gazı açığa çıkar.



Böylece oluşan SO₂ gazı ile H₂S gazı arasında bir reaksiyon meydana gelir ve kükürt oluşur. Bu kimyasal olaylar solfator safhasına ait gazların yeryüzüne çıkmasıyla meydana gelir.



Burada H_2S gazındaki S^{-2} değerlikli iki kükürt atomu, SO_2 gazındaki S^{+4} değerlikli bir kükürt atomu, tarafından elementer şekilde yükseltgenmekte, bu sırada S^{+4} değerlikli kükürt atomu da elementer duruma indirgenmekte olup, böylece üç tane elementer kükürt atomu meydana gelmektedir. Hidrotermal tip kükürt yatakları A.B.D.'nde Utah ve Nevada'da bulunur (Evinç, 1984).

2.3.2. Volkanik tip doğal kükürt yatakları

Volkanik kükürt birikimlerinin dağılımı daha çok Pasifik Okyanusu'nu saran kuşakta sınırlıdır. Bunun yanısıra dünyanın diğer yerlerinde de yayılmış küçük birikim alanları mevcuttur. Bu birikintiler, bu kuşaklar içinde Geç Tersier ve yakın geçmişteki zamanlarda püskürmüş kayalar kuşağında bulunmaktadır. Ekonomik olarak en önemli yataklar Güney Amerika'daki And dağlarında ve Japonya'dadır. And yatakları, Peru ve Şili arasındaki üçbin millik bir hat boyunca uzanmaktadır ve burada yüzden fazla birikim bölgesi vardır. Japonya'daki volkanik alanlarda sayısız kükürt yatakları vardır. Bunlardan 200 ü son yüzyıldır işletilmektedir. Pasifik okyanusunun diğer alanlarında da küçük olarak yayılmış yataklar bulunmaktadır (Mukaiyama, 1988).

Volkanizma ile oluşmuş kükürt yatakları oldukça zengindirler fakat nispeten küçük boyuttadırlar ve bu kaynaklardan elde edilen kükürtün pazarı genelde bölgeseldir (Walthier, 1973).

Doğal kükürt yataklarının çoğu bu tür oluşum sınıfına girerler. Bu tür yataklara sahip olan ülkelerden yalnız Japonya, Türkiye, Meksika, İtalya ve Güney Amerika'nın And dağlık bölgesi (Andean) ülkeleri üretim yaparlar (Aksoy v.d., 1979).

2.3.2.1. Oluşumu

Magmanın içinde erimiş ve absorbe olmuş halde uçucu

maddeler vardır. Bunların bir kısmı kristalizasyon, bir kısmı da magmanın üzerindeki basıncın kalkması ile serbest duruma geçerler. Gazların erime özelliği basıncın kalkması ile azalır. H_2S ve SO_2 de bu gaz halindeki bileşiklerin iki tanesidir.

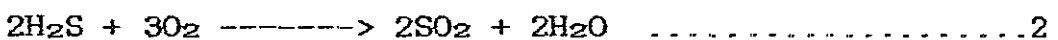
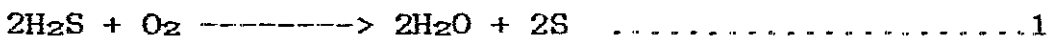
Volkanlardan çıkan gazların içindeki H_2S ve SO_2 bileşiklerinin birbirleriyle reaksiyona girerek su ve elementer kükürt meydana getirdikleri benimsenir. Bu reaksiyon ve sonuçları, kimyasal ve doğada meydana gelebilme yönünden doğrudur. Ancak bugün volkanik çatlaklardan H_2S ve SO_2 'nin beraberce çıkmadıkları kabul edilmektedir. Volkanizmanın sonunda çıkan bu gazlar bileşim, sıcaklık ve volkanizmaya bağlı olan uzaklığa göre çeşitli bölümlere ayrılmıştır. Bu ayırım çeşitli jeologlar tarafından farklı tanımlanmakla beraber, hemen hemen tüm jeologlar SO_2 nin H_2S e oranla, gazların daha sıcak ve volkanizmaya daha yakın olduğu bir safhada çıktığı görüşünde birleşmektedirler.

Volkanik bacanın çevresinde su ile karşılaşan kükürtlü gazlardan emprenye kükürt oluşur.

Bugün benimsenen sınıflandırma genellikle şu şekildedir:

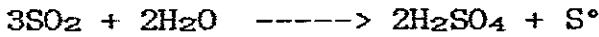
a. Fümeroller: Çıkan gazların sıcaklıkları 200 - 800 °C çevresinde olup, su buharı, SO_2 ve HCl içerirler ve tortu olarak $NaCl$, Fe_2O_3 , $FeCl_3$ ve diğer tuzları çökeltirler.

b. Solfatorlar: Sıcaklık 100 - 200 °C arasındadır. Bileşiminde az miktarda CO_2 (% 8) ve H_2S (% 0.04) bulunur. Geriye kalan büyük kısmı su buharından ibarettir. Bunlardan H_2S deki S^{-2} değerlikli kükürtün havanın oksijeni ile az veya çok yükseltgenmesine göre su ile birlikte elementer kükürt veya SO_2 gazı meydana gelir.



c. Mofetler: Sıcaklık 100 °C nin altındadır. En çok karbon (C) bileşiklerini (CO₂ ve CO), 25 °C'de de çok fazla CO₂ içerir.

Volkanik tip doğal kükürt yataklarında kükürtün kökeni solfatorlarla çıkan H₂S ve çok az olarak da fümeroller ile çıkan SO₂ dir. H₂S gazı denklem 1'de görüldüğü gibi oksijen tarafından yükseltgenerek su ve elementer kükürt meydana getirebilmesi yanında, oksitlenmenin tam olması durumunda su ve SO₂ de meydana getirebilmektedir. Denklem 2'de, meydana gelen bu SO₂, çıkan H₂S ile reaksiyona girip elementer kükürtü oluşturur. Diğer yandan fümeroller ile çıkan SO₂ gazı su ile diğer bir reaksiyona neden olmakta ve yine elementer kükürt oluşmaktadır.



Burada reaksiyon dengesinin sağ taraf yanında devam edebilmesi için SO₂ yığılmasının belirli bir seviyenin üstünde olması gerekir.

Bütün bu reaksiyonlarda H₂S den sonra en çok gerekli olan oksijendir. Bu da havadan veya suda erimiş durumda bulunan oksijenden sağlanır. Volkanik kökenli kükürt yatakları sığ olmamakla beraber, belirli bir derinlik içinde bulunmaktadır. Bu derinlik oksijenin inebildiği derinliktir (hava 30 m. ye kadar inebilir).

Hidrotermal ve volkanik tip doğal kükürt yataklarını kesinlikle birbirinden ayırt edebilmek çok zor ve hatta olanaksızdır.

Çoğu yataklarda iki tip bir arada bulunur. Böyle bir yatak kısmen sıcaksular içinde erimiş durumda bulunan H₂S in türlü yollarla oksitlenmesi, kısmen de solfatorla H₂S in yine türlü yollarla oksitlemesi ile meydana gelmiş olabilir.

Volkanik tip doğal kükürt yatakları epijenetiktir (yantaştan farklı yaşta). Bu tipte oluşan kükürtün

volkanların çevresindeki t f ve lavların, kalkerlerin çatlakları boyunca ve gözeneklerine etki ederek emprenye ve ramplase yerleştiği bilinir. Bu tip yataklar pek ekonomik olmamakla beraber bazen i letilmektedir. Meksika, Japonya,  in, Arjantin'de böyle tip yataklar vardır. Yurdumuzda Keçiborlu bu tip yataktır (Evinç, 1984).

Tokyo Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisinde yayınlanan Japonya'daki kükürt yataklarının oluşumuyla ilgili kitabın yazarı HIROMU MUKAIYAMA ise volkanik kükürt birikimleri için şunları söylemektedir (Mukaiyama, 1988) :

Volkanik kükürt birikimleri, jeolojik çevreye göre, aşağıdaki şekillerde sınıflandırılabilirler:

I) Yüzeyde oluşan cevherler

- A. S blime kükürt birikintileri,
- B. Sedimanter kükürt birikintileri,
- C. Kükürt akıntıları.

II) Yeraltında oluşan replacement birikintileri.

I) A. SÜBLİME BİRİKİNTİLER

Solfatarik alanlarda büyük miktarlarda hidrojen sülfid içeren gaz ve su buharından tasfiye edilerek oluşan birikintilerdir.

a. Bu safhada volkanik gazın ısısı nispeten azdır. Gaz çıkarken, kükürt baca kenarındaki yüzey kayaçlarına yapışır veya çatlak ve boşlukları doldurur. Bu çeşit kükürt oluşumları sonucu yüksek tenörlü kükürt cevherleri oluşur. Bazı yerlerde, gaz çıkışı sonucu volkanik baca çevresinde dikit şeklinde k k rtler oluşmaktadır. Diğer yerlerde volkanik gaz, kayaçlardaki boşluk ve kırıklardan havaya

çıkararak oldukça geniş bir alana yayılır. Bu kısımlarda kükürt, gazın yayıldığı alanda yüzeyde kabuk halinde birikir. Biriken bu kabuğun kalınlığı bacadan uzaklaştıkça azalır. Kabuğun kalınlığı 0.5-5 m. arasında değişmektedir. Bu şekilde oluşan, büyük cevherler azdır fakat tenörü yüksek olan (% 40-80) bu birikimlerde madencilik kolaydır. Bu alanlardaki kayalar, volkanik faaliyetler sonucu ortaya çıkan gaz ve sıcak sudan etkilenirler.

Baca civarında bulunan bu kayalar daima gözenekli ve opalleşmiş kayaç halindedir. Altere olmuş kayaçta bulunan çatlak ve kırıklar içinde alum, jips, alunojen ve diğer sülfat mineralleri bulunur. Bu tip çatlak ve kırıklarda, ince iğnemi kükürt kristalleri bol bulunur. Volkanik gazın ısısı genellikle 90-110 °C arasındadır, suyun pH'ı 0.2-4'dür. Suda sülfirik asit diğer sülfür asitlerinden çoktur.

b. Solfatarik faaliyet çok kuvvetli olduğu zaman bacadan daha çok gaz çıkar ve bu gazın ısısı yüksek olduğundan daha çok kükürt içerir, bunun sonucu havaya daha çok kükürt yayılır. Bu safhada madenciler gazı yakalamak için bacanın üzerine taş duvar örerler. Burada soğuyarak biriken kükürt daha sonra ısıtılarak dışarı alınır. Bu kükürtün saflığı % 98-99'a ulaşmaktadır. Kuyu madeninde çıkan gazın sıcaklığı 200-300 °C'ye ulaşır.

1) B. SEDİMANTER KÜKÜRT BİRİKİMLERİ

Eğer solfatarlar, krater gölünün içinde veya yakınlarındaysa, kükürt volkanik gazdan ayrılarak gölün dibine çöker.

a. Bu safhada gölün dip ısısı kükürtün erime ısısından azdır ve volkanik küller halinde gölün dibinde tabakalanır. Kükürt cevheri, laminar halde depolanmıştır. Siyah ve gri-sarı renkli cevherler, genellikle çok miktarda kükürt, az miktarda demir-sülfid mineralleri ve volkanik külden teşkil edilir. Bu cevherler genellikle kil ve opalleşmiş piroklastik kayalarla iç içe tabakalanmış haldedir. Bu

yataklarının alt kısmı, gölün depolanmadan önceki dip yüzeyi şeklindedir, üst kısımları ise hemen hemen yataydır. Kükürt cevherinin tenörü genellikle % 30-70 arasındadır.

b. Gölün taban ısısı kükürtün erime noktasından yüksek ise, kükürt tabanda sıvı halde yoğunlaşır. Bunlar kovalarla çekilerek alınır.

I) C. KÜKÜRT AKINTILARI

Sıvı kükürt, içinde bulundurduğu büyük miktarlardaki buhar ve asidik su ile birlikte, lava benzer bir şekilde solfatardan püskürtülür. Katılaşmış akıntıdan oluşan cevher, saf kükürt gibi gözükürse de, genellikle içerisinde, çok miktarda opalleşmiş çamur ve volkanik kül bulundurur.

II) REPLACEMENT BİRİKİNTİLERİ

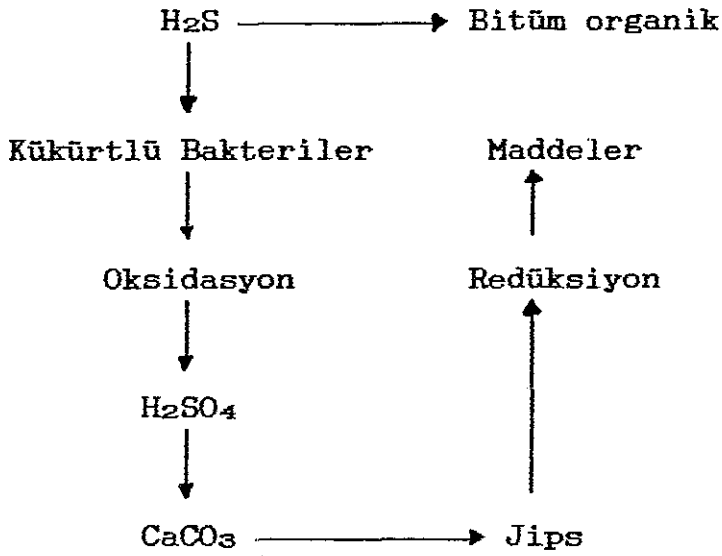
Opalli ve demir-sülfidli kükürt, volkanik kayalarla replace olarak bu tip birikimleri oluştururlar. Japonya'da bulunan kükürt yataklarının çoğu bu şekilde oluşmuş birikimlerdir (Mukaiyama, 1988).

2.3.3. Sedimanter tip doğal kükürt yatakları

Bu tip yataklar kükürtün içinde bulunduğu kayalar arasındaki yaş durumuna göre ikiye ayrılabilir.

a. Sinjenetik karakterli yataklar:

Açık denizle doğrudan bir bağlantısı olmayan bol organizmalı denizlerde sinjenetik sülfürlü mineral ve yatak oluşumları görülmektedir. Bu tip bölgelerde bazen de serbest kükürt çökelleri görülmektedir. Kükürt devri şematik olarak şöyle gösterilebilir(Şekil 3).



Şekil 3. Sinjenetik karakterli yatakların oluşumunu gösteren kükürt devri şeması (Evinç, 1984).

1. İlk safhada kükürt emen çürütme bakterilerinin ortak etkisi ile H_2S meydana gelir. Oksijensiz ortamlarda yaşayan (anaerob) bakterilerden bir kısmı (kükürt emen) sülfatları indirgeyerek, diğer bir kısmı ise (çürütme bakterileri) alüminli maddeleri çürütterek yaşamlarını devam ettirirler. Bu indirgeme olayları sonunda H_2S ve ikinci derece ürün olarak amonyak oluşur. Yukarıda belirtilen bakteri cinsleri yanında yaşayan ve NH_4OH meydana getiren bakteriler vardır. Bu suretle sülfatların indirgenebilmeleri için gerekli bazik ortam yaratılmış olur.

2. H_2S , gerçek kükürt bakterileri tarafından tüketilir. Bunlar kükürt emen bakteriler tarafından üretilen H_2S i serbest kükürt ve sülfirik asit halinde oksitlerler. Bunun için oksijene gereksinimleri vardır. Yani aerobtururlar yalnız suyun, yukarıdan gelen oksijeni ile aşağıdan gelen H_2S in erişebildiği katlarında yaşayabilirler.

3. Kükürt bakterilerinin ürettiği sülfirik asit, denizin üst tabakalarında erimiş durumdaki kalsiyum karbonat ile nötrleşerek $CaSO_4$ haline gelir ve bu da dibe doğru çöker. Bunca sülfat, kükürt emen bakteriler tarafından H_2S 'e

çevrilerek devir tamamlanmış olur. Şayet CaCO_3 konsantrasyonu bu reaksiyon için gerekli derecenin altında ise meydana gelen ve suda konsantrasyon halinde bulunan kükürt yavaş yavaş çökmekte, böylece sinjenetik biyolojik kökenli sedimanter doğal kükürt yatağı meydana gelmektedir. Bu tip yataklarda kükürte, sülfatlı ve karbonatlı tabakalarla birbirini izleyen katlar halinde rastlanır.

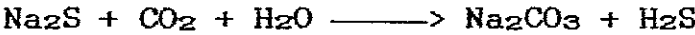
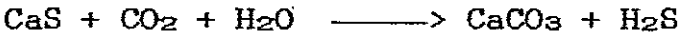
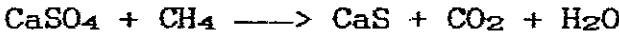
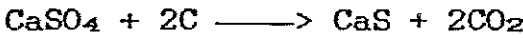
Deniz suyunun tuz miktarlarındaki değişiklikler bir çökelme belirtisidir. Bu tip yataklarda kükürt belirli stratigrafik yüzeylerde hidrokarbonatlarla beraber jips ve kalker tabakaları arasında bulunur. Sinjenetik doğal kükürt yataklarını epijenetik tipten ayıran ayırtman özelliklerden en önemlisi de kükürtün böyle belirli stratigrafik yüzeylerde bulunmasıdır. Epijenetik tipte ise kükürt, kalsit, aragonit, sölestin ve opal gibi epijenetik mineraller ile birlikte cepler ve boşluklar dolgusu halinde bulunur.

Ayrıca denizaltı püskürmeleri ile çıkan H_2S de kükürt devrinin 2. safhasında belirtilen aerob bakteriler tarafından kükürt haline dönüştürülüp, kükürt yatağı meydana gelmesine katkısı olur. Bazı denizlerde bu iki olay beraberce meydana gelebilir. Sinjenetik tip doğal kükürt yataklarının en önemlileri Polonya, Japonya, İsveç ile SSCB'nin Knibyhey yakınında bulunmaktadır. Ülkemizde bu tip yatakların en güzel örneği Simav'ın güneyinde Manisa'nın Demirci ilçesine bağlı Irişler köyü batısındaki kükürt yatağıdır. Kükürt burda yer yer bitümlü kalker ve silttaşları arasında jips ve bitüm ile beraber bulunmaktadır. Arazi muhtemelen Alt Miyosen yaşlıdır. Tenör yer yer % 60.5 ile % 20 S arasında değişmektedir. Yer yer görülen bu yüksek tenör işletme için uygun olsa dahi, yer üstü çalışmalarıyla varılan sonuç işletmeye geçilmesini gerektiren büyük bir rezervin bulunmadığı kanısını uyandırmaktadır.

b. Epijenetik karakterdeki doğal kükürt yatakları:

Bu tip yatakları sinjenetik karakterden ayıran en önemli özellik elementer kükürtün ana kaynağı olan sülfat tuzlarının suda eriyik halinde değil de çökelmiş durumda olmalarıdır. Böylece meydana gelen H_2S oksijenin inebildiği derinliklerde bulunan aerob kükürt bakteriler tarafından elementer kükürt ve H_2SO_4 haline dönüştürülür. Bu da $CaCO_3$ yığılmasını uygun olduğu taktirde elementer kükürt halinde çökelir. Bu sülfatlı kayalardaki + 6 değerlikli kükürtün - 2 değerlikli kükürt içeren H_2S haline dönüşmesini sağlayan araçlarda tartışma konusudur.

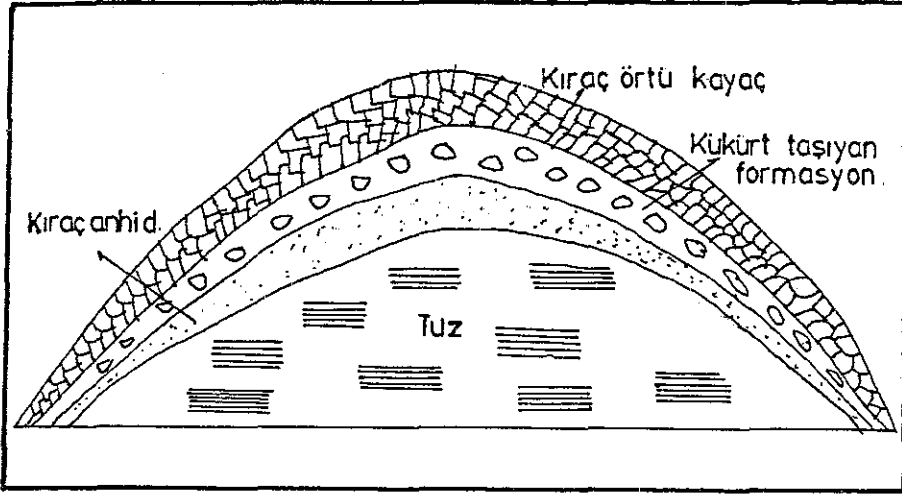
Epijenetik kükürt yataklarını meydana getiren reaksiyonlar:



Daha sonra bu sülfatlar CO_2 ile reaksiyona girerek H_2S meydana getirmektedir. Daha önce belirtilen yollarla H_2S den elementer kükürt meydana gelir. H_2S in meydana gelme olayı 600-700 °C civarında olur. Bu sıcaklık bazı kimyagerler tarafından da desteklenmiştir (Evinç, 1984).

2.3.4. Tuz Domlarına Bağlı Kükürt Yatakları

Tuz domu (Tuz kubbe), derinliklere doğru uzanım gösteren ve üzerindeki tortullara dom (kubbe) şeklini veren düşey, katı ve tuz sütunudur (Şekil 4). Yatay uzantısı birkaç yüz metre olup, dairesel veya eliptiktir (Evinç, 1984).

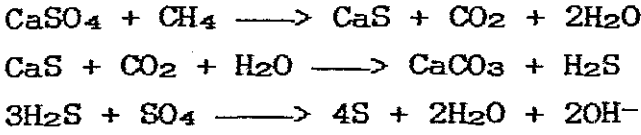


Şekil 4. Kubbe oluşumunu gösteren bir kükürt rezervi düşey kesiti (Tyler, 1945' den esinti).

Şekil 4'de de görüldüğü gibi oluşum, üzerinde anhidrit, kükürt taşıyan formasyon (kükürtlü kalker) ve kireç örtükayaç (tavan kayacı) bulunan çıkıntı şeklinde bir tuz kafasından ibarettir. Görüşlere göre, yatak, deniz suyunun buharlaşması sonucunda tuz, jips ve anhidritin çökmesi ile bugünkü deniz seviyesinden binlerce metre aşağıda oluşmuştur. Ancak, Nettleton (1934) tarafından öne sürülen teoriye göre, özgül ağırlığı 2.2 olan ve az sıkıştırılabilen yatak, yanlardaki daha ağır formasyonların zamanla oluşumu sonucu yukarıya doğru itilmiştir.

Başlangıçta tuz kubbesi üzerindeki kayacın, aşınma sonucunda gitmiş olan formasyonun geri kalan kısmı olduğu zannedilmekteydi. Ancak Taylor (1938) ve Goldman (1952) tarafından yapılan incelemelerde tavan kayacının, tuzda var olan anhidritin tortu şeklinde birikmesi sonucunda oluştuğu anlaşılmıştır.

Jeologların tesbitine göre tavan kayacında, kükürt ve kireçtaşı, anhidritin yerini almış olabilir. Bu oluşum ise, genel olarak, hidrokarbonların anhidriti kükürt ve kireçtaşına indirgemesi sonucu ortaya çıkar. Buna göre aşağıdaki kimyasal reaksiyonlar oluşur.



Biyologların ileri sürdüğü diğer bir görüş ise, tuz kubbelerindeki kükürtün biyojenik ve epijenetik kökenli oluşudur. 1946 yılında, Zobel bir tavan kayacında sülfat indirgeyici bakteri bulmuştur (Aksoy v.d., 1979).

Bir başka kaynakta ise;

Tuz domlamlarındaki kükürt yatakları da epijenetik olan sedimanter kükürt yatakları ile aynı kökenlidir. Oluşum yollarıda aynıdır, denilmektedir (Evinç, 1984).

Tuz domlarına bağlı kükürt yatakları büyük ve ekonomiktir, zengin ve geniş elementer kükürt yataklarını oluştururlar. Kükürt içeren tuz kubbe oluşumları ABD'nde Teksas ve Louisiana'nın sahil bölgelerinde ve Meksika körfezinde bulunur. Dünyanın bilinen en büyük kükürtlü kubbesi, Teksas eyaletinin Newgulf bölgesindeki Boling kubbesidir. Dünyanın en büyük yatakları ABD 'nde bulunur. ABD'nden başka; Romanya, İspanya, Yugoslavya, Polonya, Kafkas, Karakum çölünde bulunur (Aksoy v.d., 1979; Evinç, 1984).

Normal olarak, dünyanın çoğunda yada % 95'inde ki nabit sülfür, nadiren çok az barit yada sölestinle, kalsit, dolomit, jips, anhidrit ve genellikle bitümlü maddelerle düzensiz olarak birleşmiş kütleler olarak oluşan sedimanter tortullardan gelmektedir. Sicilya'daki yataklanmış tortullardan ortalama kayaç içeriği yaklaşık % 17 ile ham üretim yapılmaktadır. Gulf Coast tortullarında, sülfür derinliği 450 ile 1500 ft., arasındaki, genellikle anhidrit yada anhidrit-kalsit tabakalarında toplanmış tuz domlarının üstündeki kayaçlarda oluşur. Bunlar her bin dönümde birkaç tane arazide sıralı ve geçiş bölgesinde daire yada eliptik şeklindedir. Sülfürün kalınlığı ise birkaç inçten 100 ft. 'e kadar tabakalar şeklindedir. Sülfür içeriği ise % 50

civarında olabilmektedir. Fakat ortalama % 20'den daha fazla olmamaktadır (Tyler, 1945).

Son keşifler Meksika körfezinde, Batı Teksas'ta, Polonya'da ve Irak'ta karadan biraz uzakta yapılmaktadır. Bu keşifler böyle büyük kükürt yataklarının hala bulunabileceğini göstermektedir (Walthier, 1973).

3. KÜKÜRT YATAKLARI ÇEVRESİNDEKİ GENEL KAYAÇ ALTERASYONU

3.1. Genel özellikler

Son yıllarda hidrotermal alterasyonla ilgili araştırmalar arazide ve laboratuvarlarda yapılmaktadır. Solüsyonların kimyasal bileşiklerini, ısısını ve basıncını, altere ve yerli kayaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini içeren birçok tetkikler yapılmaktadır.

Hazne kayacı ve mineralleşme sıvısı arasındaki reaksiyonlara izin veren kimyasal ve fiziksel çevrelerde, magmadan gelen mineralleşme sıvısının sebep olduğu, hidrotermal alterasyon neticesinde, kayaların alterasyonu meydana gelir. Alterasyon, hazne kayacının bozulmasını, cevherler ve gang minerallerinin yoğunlaşmasını kolaylaştıran çevrelerde yer alır. Reaksiyonlarda zaman da önemli etkindir.

Argillik alterasyon ve silisleşme, volkanik sahaların alçak derinliklerinde nisbeten karakteristiktir. Serisitik alterasyon sadece alçak derinliklerde değil, derinlerde yerleşmiş birikimlerde de karakteristiktir. Argillik alterasyon genellikle kuvars, kalcedon, opal, alunit ve kaolin mineralleri, klorit ve montmorillonit gruplarını içerir. Serisitik alterasyon genellikle kuvars, klorit, montmorillonit ve karbonatları içerir.

Kuvars, opal, karbonat, serisit ve hidromika, klorit mineralleri ve montmorillonit grupları gibi çeşitli yeni minerallerle karakterize edilen altere kayalar esas olarak alkali şartlarda oluşmuştur. Kuvars, opal, piropillit, alunit ve kaolin mineralleriyle karakterize edilen bazı altere kayalar esas olarak asidik şartlarda oluşmuştur.

Hazne kayalar, volkanik faaliyetlerin her safhasında çıkan volkanik gazların, asidik gazların ve asidik solüsyonların faaliyetlerinden etkilenerek altere olmaktadır. Bu altere kayalar, sülfürleşme, opalleşme,

alunitleşme, kaolinleşme ve saponitleşme gibi alterasyonlarla karakterize edilir. Bazı alterasyonlar montmorillonitleşmeyle karakterize edilir.

Kimyasal olarak bu alterasyon, mineral ve metallerin solüsyonlarca cevherden çıkarılması ile karakterize edilir. Orijinal kayaktan uzaklaştırılan bu bileşikler sodyum, kalsiyum, demir, magnezyum ve kısmen alüminyum ve silikalardır. Mineralleşme sıvısından altere kayalara eklenen ana bileşikler kükürt ve sudur (Mukaiyama, 1988).

3.2. Altere kayaçların oluşumu

3.2.1. Alterasyon halesi ve alterasyon zonu

Cevher kütlesini veya merkezini, genellikle bir veya daha çok altere kayaçları ihtiva eden bir alan, çepeçevre sarar. Bu alan "Alterasyon Halesi" olarak adlandırılır.

Hale içinde, her kısmın bir çeşit altere olmuş kayaçla tertiplendiği oluşumlar, "Alterasyon Zonu" olarak adlandırılır.

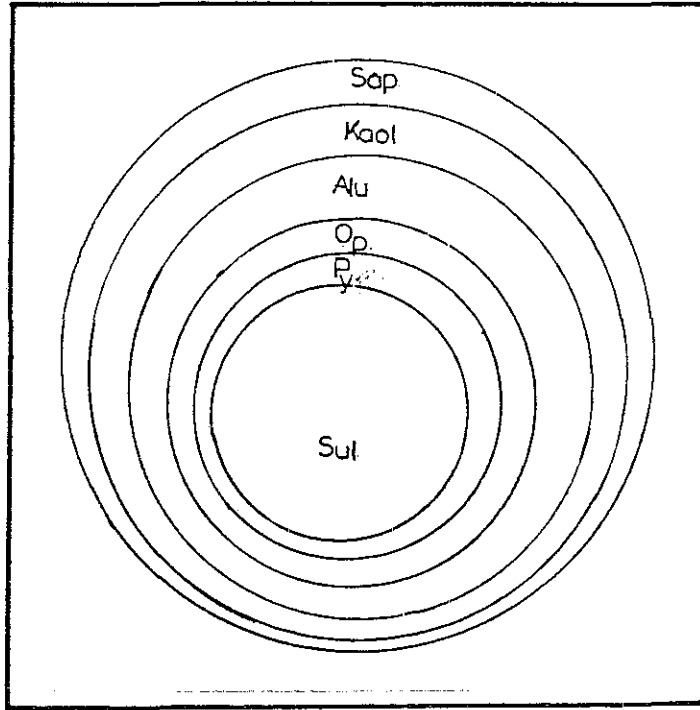
1. Alterasyon halesi:

Kükürt alanlarında, birçok alterasyon halesi vardır. Masif kükürt cevheri ve demir-sülfid cevheri bazen buralarda oluşur. Halenin genel şekli, çok basık mantar biçimindedir. Japonya'da birçok kükürt alanlarında görüldüğü gibi, halenin boyu, müstakil birikimlerin tiplerine, derecesine ve oluşum şekline dayanır. Alterasyon halesinin boyu ile içindeki cevher kütlesinin büyüklüğü arasında görünürde bir ilgi yok. Doğal olarak cevher kütlesi geniş olduğunda, alterasyon halesi de geniş oluyor, fakat daha küçük cevher birikimlerinin etrafında, geniş alterasyon haleleri bulunabilir. Alterasyon halelerine, mineralleştirme sıvısına yol görevi yapan kırıkların her iki yanında da rastlanabilir (Mukaiyama, 1988).

3.2.2. Altere kayaçların zonal dağılımı

Zonlaşma bu tip alterasyonların genel karakteridir ve bu alterasyonların mineralojik ayrıntıları, Japonya'daki birçok kükürt yatakları ve solfataralarda benzer şekilde bulunur. Neticelenen alterasyonun bu benzerlikleri, birçok kükürt alanının şekillenmesinde, bazı oluşum ilişkilerinin varlığını gösterir.

Kükürtleşmiş, piritleşmiş, opalleşmiş, alunitleşmiş, kaolinleşmiş ve saponitleşmiş kayaçların merkezleri bir sarmalları veya simetrik düzenlenmeleri, alterasyon içinde daima aynı nisbi durumu kaplar. Sülfürleşmiş kayaçlar mineralleşme merkezine en yakın ve mineralleşmenin en yoğun olduğu yerde bulunur, diğer kayaçlar sülfürleşmiş kayaçlarla, altere olmayan kayaçlar arasındadırlar. Alterasyon halesi içindeki, altere kayaçların mineralleşme sırası şematik olarak Şekil 5'de gösterilmektedir.



Şekil 5. Mineralleşme merkezinin veya cevher kütlesinin etrafındaki altere kayaçların zonal düzenlenmesini gösteren idealleştirilmiş şema (Mukaiyama, 1988).

Sul : Kükürtleşmiş kayaç (Kükürt cevheri), Py : Piritleşmiş kayaç, Op : Opalleşmiş kayaç, Alu : Alunitleşmiş kayaç, Kaol : Kaolinleşmiş kayaç, Sap : Saponitleşmiş kayaç.

Her altere zonun sınırı, genellikle daha dıştaki cevher kütlesinin kenarına ve kırığın yan kenarına paraleldir. Fakat ayrıntıda sınır çok düzensizdir. Her zonun genişliği halenin genişliğindeki farklılıklara göre, genellikle farklı orandadır. Fakat bu oran kısmi alanlarda ve halelerde benzer değildir. Hale içindeki altere kayaçların mineralleşme sıraları çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Saha ve laboratuvar araştırmaları sonucu özetlenen, kırıkları ve cevher kütlelerini saran alterasyon halesi içindeki altere kayaçların, mineralleşme sıralarının tablo edilmiş hali (Mukaiyama, 1988).

1. Tip	2. Tip	3. Tip
Sülfürleşmiş kyc.	Sülfürleşmiş kyc.	Sülfürleşmiş kyc.
Piritleşmiş kyc.	Piritleşmiş kyc.	Piritleşmiş kyc.
Opalleşmiş kyc.	Opalleşmiş kyc.	Opalleşmiş kyc.
Alunitleşmiş kyc.	Alunitleşmiş kyc.	Alunitleşmiş kyc.
Kaolinleşmiş kyc.	Kaolinleşmiş kyc.	Kaolinleşmiş kyc.
Saponitleşmiş kyc.	Kaolin-götüt kycı	Montmorillonitleş-
Altere olmamış kyc.	(Hallosit kili)	miş kayaç.
	Saponitleşmiş kyc	Saponitleşmiş kyc.
	Altere olmamış	Altere olmamış kyc.
	kayaç.	

1. Tip : Bütün kükürt bölgelerinde bulunur.

2. Tip : Matsuo, Zao ve Numajiri, Shirane, Azuma, Ogusmi ve Yoraponun bazı kısımlarında bulunur. Genel olarak sahadaki alterasyonun bu tip kayaçları yoğun bir şekilde opalleşmiş, sert ve kompakt olarak bulunurlar.

3. Tip: Sadece üç yörede bulunmaktadır; Azuma, Matsuo ve Horobetsu madeninin aşağı kısımları. Çizelge 1'deki 1. tip alterasyon, kükürt birikimlerinin temel alterasyon tipidir (Mukaiyama, 1988).

Yazar burada, Japonya'daki bütün kükürt bölgelerinde yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkan, altere kayaçların mineralleşme sıvılarını tablo etmiştir. Bu tablo, bizim çalışmalarını yaptığımız sahadaki hidrotermal alterasyona ışık tutacak ve bizi yönlendirecek çok önemli bir kaynaktır.

3.3. Alterasyon kimyası

Kimyasal olarak, bu tip alterasyon, altere kayaçlara mineralleştirme sıvısından S ve H_2O eklenmesiyle bilinen, sıvı tarafından minerallerin veya metallerin cevher dışında eritilmesi işlemi ile karakterize edilen solfatara ve replacement kükürt birikimlerinde bulunur. Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir ve az miktarda alüminyum gibi yerli kayanın ana bileşenleri, büyük oranda orjinal andezitten uzaklaştırılırlar. Yerli kayacın ana bileşiği olan silika, yavaş hareket eder, netice olarak her altere kayaçta, özellikle opalleşmiş kayaçta büyük oranda kalırlar.

Kükürt ve su daha çok oranda bütün altere kayaçlara eklenir, bununla beraber kükürtün çoğu kükürtleşmiş ve piritleşmiş kayaçlarda toplanır. Suyun eklenmesi esas olarak alunitleşmiş ve kaolinleşmiş kayaçlarda oluşur. Altere kayaçların bunları kazanımı, daha çok nisbeten silika kaybı fazla olan altere zonlarda gözlenir. Alterasyon oluşumu, orjinal ve altere kayaçlar arasında görünüşteki hacimde değişiklik olmadan yer alır.

Alterasyon halesi içinde bazı bileşenlerin bir yerden, diğer yere daha kolay hareket ettiği bulunabilir ve bu bileşenler belirli bir sıraya konabilir. Bunlar çözülürlük yoğunluğuna göre sırayla şöyle dizilebilir : Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, SiO_2 .

Elementlerin iyonik potansiyelleri, sıvı ortamda mineral oluşum sürecinde bunların depolanma yerlerini geniş olarak belirler. İyonun hidrasyonu, onun yüküyle (z) doğru, çapıyla da (r) ters orantılıdır. z/r faktörü iyonik

potansiyel diye bilinir. Altere kayaçlardaki, ana elementlerin iyonik potansiyelleri aşağıda verilmiştir.

K ⁺ : 0.75	Na ⁺ : 1.0	Ba ⁺² : 1.4	Ca ⁺² : 1.9
Mn ⁺² : 2.2	Fe ⁺² : 2.4	Mg ⁺² : 2.6	Fe ⁺³ : 4.5
Ti ⁺⁴ : 6.3	Si ⁺⁴ : 10.0	Si ⁺⁶ : 18.0	

İyonik potansiyelleri düşük olan sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demir gibi elementler, yeni alterasyon mineralleri şekillenirken solüsyon halinde kalırlar ve mineralleştirme sıvısına katılarak alterasyondan, dışarılara kaçar. Bununla beraber, yüksek iyonik potansiyeli olan Si ve Ti gibi elementler alterasyondan yoğun olarak etkilenen kayaçlarda kalırlar (Mukaiyama, 1988).

3.3.1. Altere kayaçların oluştuğu kimyasal çevre

Bu bölümde, çeşitli altere kayaçların alterasyon halesinde, altere kayaçları oluşturan, mineralleştirme sıvısının kimyasal özellikleri farklılıklarının sebep olduğu, dağılım zonları ve bunun yanında sıvıda bulunan hidrojen iyonunun yoğunlaşma derecesindeki farklılaşmasının önemi vurgulanacaktır.

1), Her altere kayacın oluşumunu karakterize eden minerallerin çevreye bağımlılıkları ile ilgili bilgiler.

Genel olarak solfatarik alanlarda yer alan alterasyonun neden olduğu sıcak sülfirik asit solüsyonunun faaliyeti veya hidrojen sülfid veya sülfürdioksit içeren volkanik gazın sonucu olarak oluşan kükürt birikimlerindeki çeşitli altere kayaçlar buna örnektir.

Her altere kayaç, kükürt, pirit, markasit, alunit, kaolin mineralleri, montmorillonit, götit ve demir-saponit gibi çeşitli yeni karakteristik minerallerin oluşumuyla

karakterize edilirler. Her altere kayaç diğerlerinden farklı jeolojik çevrede, ayrı ayrı oluşurlar.

Minerallerin oluştuğu kimyasal çevre, birçok araştırmacı tarafından yapılan gözlemler sonucu belirlenmiştir. Bunlar Mukaiyama, (1988) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

1. Markasit piritleşmiş zonu karakterize eder. H.Stokes ve E.T.Allen'e göre markasit ve pirit, sülfirik asit içeren pH'ı 1 ve ısısı 100 °C olan solüsyondan aynı anda depolanır.

2. (a) Leonard, alunitin 100-200 °C arasındaki, SO₄ iyonları içeren, solüsyonlardan olduğunu belirtiyor.

(b) Day ve diğerleri alunitin Lassen Park'ta solfataralarda olduğunu söylüyor. Alunit, sülfirik asitçe kuvvetli sıcak sudan oluşur.

(c) Iwao, alunitin çokça SO₄ iyonları içeren asidin sıcak solüsyonlarından oluştuğunu söylüyor.

3. Lindgren, Anderson ve diğerleri kaolin minerallerinin çeşitli şartlar altında oluştuğunu belirtiyorlar. Yapılan laboratuvar çalışmalarında kaolin minerallerinin, 500 °C den az sıcaklıkta, zayıf asitli solüsyonlardan oluştuğu görülmüştür.

(a) Noll 400 °C de, sülfirik ve hidroklorik asit içeren, asit solüsyonlarındaki alüminyum oksit ve silika jelinden kaolin elde etti.

(b) Roy, yüksek basınç ve ısıda saf su içindeki amorf silika ve alüminyum oksitten kaolin elde etti.

(c) Gruner, 350 °C den az ısıda hidroklorik asitli solüsyonla, feldsparın işlemi sonucu kaolinit elde etti.

(d) Day, solfataralar yakınında kaolinit ve alunit dağılımlarını araştırdı ve kuvvetli asidik solüsyonlardan alunitin kaolinden daha kolayca şekillendiğini belirtiyor.

4. (a) Noll, 400 °C de Na(OH) , MgCl_2 , CaCl_2 vs. içeren alkalin solüsyonlarından montmorillonit elde etti ve Mg(OH)_2 'in varlığının montmorillonitin oluşumunda önemli rol oynadığını söyledi.

(b) Norton, albiti CO_2 gaz karışımı ve su buharı içinde ısıtmasıyla montmorilloniti elde etti.

(c) Hauser ve diğerleri, montmorillonitin Mg(OH)_2 içeren alkali solüsyonlar ve obsidyan veya diğer volkanik camları arasındaki reaksiyonların sonucu kolayca elde edildiğini belirtiyorlar.

Her kayacın oluştuğu solüsyonun (sıvının), asitlilik derecesine göre çeşitli minerallerce temsil edilen çeşitli altere kayaçlar düzenlenebilir :

Piritleşmiş kayaç-Alunitleşmiş kayaç-Kaolinleşmiş kyç. Götite-Kaolin kayacı-Montmorillonitleşmiş kayaç-Saponitleşmiş kayaç.

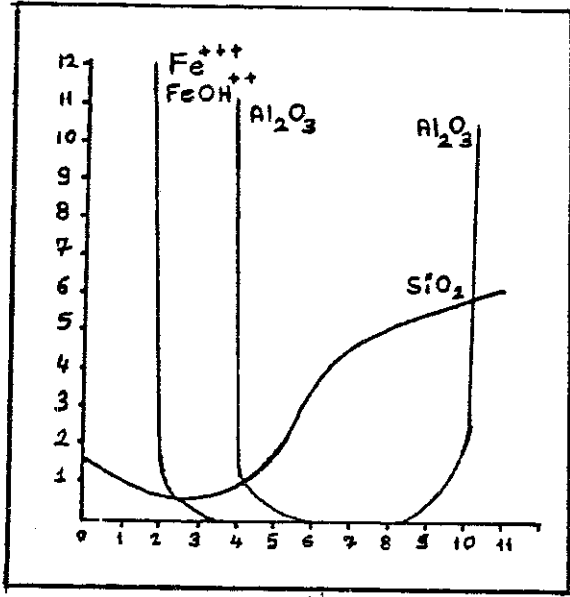
Altere olmuş kayaçların bu düzenlemesi, kükürt birikimlerinde mineralleşmenin olduğu merkezin çevresinde genellikle bulunan altere olmuş kayaçların zonal dağılımlarına benzer (Mukaiyama, 1988).

II) Mineralleştirme sıvısının pH miktarı değişimleri- nin etkileri:

SiO_2 , solüsyonda eridiğinde, onun çözülürlüğü'nün solüsyonun pH'ıyla idare edildiği iyi bilinen bir gerçektir. Bu gerçek birçok jeolog ve kimyager tarafından gözlenmiştir. Solüsyonun pH'ı arttığında, daha çok SiO_2 solüsyonda erir, fakat pH azalırsa SiO_2 hızlı bir şekilde çözülmez olur.

HCl ve H₂SO₄ solüsyonlarında silikanın çözülürlüğü, Gruner ve diğerleri tarafından araştırıldı. Onlara göre, hidrojen demir konsantrasyonu, reaksiyon olan solüsyon içinde daha azsa, silika daha çözülgendir.

Correns, alumina ve silikanın çözülebilirliğini nisbi olarak solüsyonun pH'ıyla etkilendiğini izah etmiştir (Şekil 6). Ona göre, solüsyonun pH'ı 4-9 ise, aluminanın çözülürlüğü en az, solüsyon yukarıdakinden daha asitli ve alkalili ise alumina hızlı bir şekilde daha çözülgen olur. Eğer o solüsyonun pH'ı yüksekse, silikanın daha çözülgen olduğunu belirtiyor.



Şekil 6. pH fonksiyonuna göre alumina ve silikanın çözülürlüğü (Mukaiyama, 1988).

Altere kayaçların zonlaşmasıyla ilgili diğer bir açıklama da şöyledir :

Çok kuvvetli, asitli solüsyonlarda silikanın eritilebilirliği öyle yüksek değildir, bu nedenle bu solüsyon daha çok alumina ve sülfirik asit ve az miktarda silika içerir, bunun sonucu alunitin oluşumu daha olasıdır. Asitli solüsyonlarda (pH=4) daha çok alumina ve nisbeten az silika bulunur, bunun sonucu kaolinitik minerallerin

($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 = 1:2$) oluşumuna uygundur. Alkalimli solüsyonlarda daha çok silika bulunur, bunun sonucu montmorillonitin oluşumu ileridir ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 = 1:4$).

Yukarıda gösterilen gerçek ve tahminlerden, mineralleşme sıvısında yoğunlaşan daha yüksek oranlı hidrojen iyonuna göre altere kayalar şu şekilde sıralanabilir:

Opalleşmiş ve Piritleşmiş kayaç-Alunitleşmiş kayaç-Kaolinleşmiş kayaç-Montmorillonitleşmiş kayaç-Saponitleşmiş kayaç (Mukaiyama, 1988).

3.4. Kükürt birikimlerini oluşturan mineralleştirme sıvısının özellikleri

3.4.1. Orijinal mineralleştirme sıvısı

Kükürt birikimlerini oluşturan mineralleştirme sıvısı volkanın solfatarik alandan çıkardığı gaz ve sıcak su ile aynıdır. Kükürtün çeşitli şekillerini çok miktarlarda içeren orijinal mineralleştirme sıvısı fazla asidik olmayan alkalili sıvıdır.

Solfatarik alanlarda birçok volkanolojist ve kimyager, araştırmalarda bulunmuştur. Bu araştırmaların özeti Mukaiyama, (1988) tarafından şöyle özetlenmiştir:

1. Volkanik faaliyet sürecinde, solfatarik sıcak su faaliyetleri, gaz ve buhar çıkışı görünür. Gaz ve sıcak suyun çıktığı yerlerde bunların ısısı yaklaşık 100 °C veya daha azdır. Ana çıkış yerlerinde iyice ısıtılmış buharın ısısı 90-150 °C arasındadır.

2. Buralarda bulunan gazlar ve buharlar H_2O , CO_2 , H_2S , H_2 , N_2 , O_2 , NH_3 , HCl , HF ve SO_2 den oluşurlar. Az olarakta diğer element veya bileşikler mevcuttur.

3. Sıvının asit ve alkali durumlarına ve oksitlenme

durumlarına göre kimyasal özellikleri değişir. H_2S 'in yüzeye yakın yerlerde kükürtten ayrılarak oksitlenmesiyle H_2SO_4 oluşur. Yaygın alterasyon aktif solfataralarda bulunur.

4. Fenner ve Steiner, solfataraların alt kısımlarını araştırmışlardır. Bu çalışmaların sonunda, meteorik suyun üst kısımlarında, volkanik gaz oksitlenerek asidik alterasyona sebep olur, fakat daha alt kısımların alkali özellik taşıdığı ortaya çıkmıştır.

5. Brannoch ve White, Steamboat sıcak su kaynağında, alkalili sıcak kaynak suyunun yüzeye yaklaştığında kısmi olarak asitli solüsyon haline geldiğini, daha alt kısımlarında alkalili olduğunu belirtiyorlar. Alterasyon sonucu oluşan kayaçlar, montmorillonit-beidellit killeri, zeolit ve serpantindir.

6. Kükürt birikimlerinin alt kısımlarında, yalnız montmorillonitleşmiş kayaç bulunur. Montmorillonitleşmiş kayaç içinde karbonat minerallerinin oluşumu orijinal mineralleştirme sıvısının çok asitli bir sıvı olmadığını ispatlar.

7. Bunun yanında, kükürt birikimlerini oluşturan orijinal mineralleştirme sıvısı alkalidir veya en azından kuvvetli olarak asidik değildir. Sıvıda aynı anda H_2O , CO_2 ve çeşitli sülfür asitleri vardır.

3.4.2. İkinci derecedeki mineralleştirme sıvısı

Orijinal mineralleştirme sıvısı, meteorik suya girdiğinde onunla karışır ve (a) orijinal sıvının kimyasal özellikleri ve bileşiği, oksitlenme ve sülfirik asidin hidrolizi sonucu, değişerek ikinci mineralleştirme sıvısını oluşturur, bunun yanında (b) bu değişim kükürtün sıvıdan ayrılarak depolanmasına öncülük eder.

İkinci mineralleştirme sıvısı su, hidrojen sülfid, sülfirik asit ve diğer sülfür asitleri ile çeşitli

metallerin silika ve sülfatlarını içeren kuvvetli bir asittir. Solfatarik alanlarda volkanik gaz ve sülfirik asit içeren kuvvetli asidik sıcak su kaynağında, benzer kimyasal kompozisyon ve özellikler bulunur.

İkinci mineralleştirme sıvısının kimyasal kompozisyonu ve özellikleri, karışma oranına göredir. Farklı kompozisyon ve özellikler zonlaşmaya neden olur.

Hale içinde mineralleştirme sıvısının kimyasal özelliklerindeki önemli değişimler şu sebeplere bağlanır (Mukaiyama, 1988):

1. İkinci mineralleştirme sıvısının kuvvetli asit solüsyonu oluş sebebiyle, pH azalır.

2. İkinci sıvının meteorik suyla karışmasıyla seyreltilmesi sonucu pH artar.

3. İkinci sıvının hazne kayacı ile reaksiyonu sonucu, sıvının kimyasal özellikleri değişir ve pH artar. Sıvının özelliklerinin değişimi merkezden dışarı doğru hareket ettiğinde olur.

4. Hidrojen sülfid içeren oksitleşmiş, mineralleştirme sıvısından kükürtün ayrılarak depolanması, reaksiyona neden olabilir. Bu reaksiyonlar:

a) H_2S ve S^{2-} ün oluşumu, sülfür asitlerinin ve onların sıvıdaki bileşikleri ile yapılır.

b) H_2O ve S veya SO_2 'nin oluşumu, meteorik suda bulunan serbest oksijen tarafından H_2S ve sülfür asitlerinin yetersiz oksitleşmesiyledir.

c) H_2O ve S^{2-} ün oluşumu, H_2S ve SO_2 reaksiyonu nedeniyledir.

d) H_2O ve SO_2 veya S^{2-} ün oluşumu, H_2S ve SO_4^{2-} ün reaksiyonu sonucudur.

e) H_2O , FeS_2 ve S veya SO_2 'nin oluşumu, H_2S ve demir-oksitin reaksiyonu sonucudur.

f) H_2O , FeS_2 ve S veya SO_2 'nin oluşumu, H_2S ve $FeSO_4$ 'ün reaksiyonu sonucudur.

(a), (b), (c) ve (e) en çok orijinal mineralleştirme sıvılarında olan reaksiyonlarca yapılan oluşumlardır. Bunlar ikinci sıvıda da olabilirler.

4. GENEL JEOLoji

4.1. Genel tanım

Bu tez kapsamında Keçiborlu kükürt yatakları çevresinde gelişmiş olan hidrotermal alterasyonların araştırılması amaçlandığından genel jeoloji bölümü önceki araştırmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

İnceleme alanında tabandan, tavana doğru Eosen yaşlı ve filiş karakterli Isparta formasyonu bu birimin üzerine, tektonik hareketlerle yerleşmiş Gökçebağ karmaşığı ve bütün bu birimleri kesen Gölcük volkanizmasına bağlı Andezitik, volkanik kayalar ile bu volkanizmaya bağlı olarak gelişmiş Tüf, volkanik cam ve kükürt yığılımları gözlenir.

Yukarıda anlatılan tüm bu birimler üzerine açısız uyumsuz olarak konumlanmış Burdur Gölünün eski kıyı düzeylerine ait taraça çökelleri ile en genç oluşuklar olarak dere yataklarında gelişmiş Alüvyonlar gelir (Şekil 7).

4.2. Stratigrafi

4.2.1. Isparta Formasyonu (E₁)

Isparta formasyonu Sarıiz (1985), tarafından tanımlanmıştır. Aynı yazar Isparta formasyonunun taban düzeylerinde renk ve farklı litolojik özellikleri ile bir başka birimin varlığı saptanmış ve bu birim Dinar üyesi olarak ayırtlanmıştır. İnceleme alanı içerisinde Dinar üyesi yaygındır (Şekil 7).

Ek 1'de görüleceği gibi filiş karakterli Dinar üyesi inceleme alanının kuzey kesiminde geniş yayılım gösterir. Birim; ince tabakalı, kırmızımsı-sarı renkli marn, kumlu biyosparit ve biyomikrit ardalanmasından oluşmuştur (Sarıiz, 1985).

Dinar üyesi, Isparta formasyonunun alt düzeylerinde yanal ve dikey geçişler gösterir. Birimin kalınlığı 400-450 m. olarak verilmiştir.

Üyenin yaşının Eosen, muhtemelen de Alt-Eosen olduğu kumlu kireçtaşlarından alınan örneklerle belirlenmiştir (Sarıiz, 1985).

4.2.2. Gökçebağ Karmaşığı (TJKgk)

İnceleme alanında bu birim Ultrabazik kayalar, Kireçtaşları, Radyolarit ve Greyvak tipi Kumtaşlarından oluşmuştur.

Birime Gökçebağ karmaşığı ismi Sarıiz (1985) tarafından verilmiştir. Birimin alt sınırı Isparta formasyonu ve Oligosen yaşlı İncesu konglomerası ile tektonik dokanak durumundadır. Birim, Burdur dolaylarında Pliyosen yaşlı Burdur formasyonu ile uyumsuz olarak örtülür. Gökçebağ karmaşığı tüm yörede Allohton bir birlik olarak düşünülürse (Sarıiz, 1985), Eosen yaşlı Kayıköy formasyonunun tabanında da görüldüğü bölgeler mevcuttur (Karaman, 1986).

Gökçebağ karmaşığı içerisindeki tortul kökenli kumtaşları, Radyolaritler ve Kireçtaşı Olistolitleri birimi oluşturan diğer Litolojik bileşenlerdir.

Araştırma alanının özellikle güney kesimlerinde Gökçebağ karmaşığı içerisinde kumtaşı düzeyleri gözlenir (Ek 1). Sarıiz (1985) tarafından Keçiborlu kumtaşı üyesi olarak adlandırılan bu birim, alt seviyelerinde çoğunlukla Serpantinit çakıllarının oluşturduğu Konglomera ve Mikro-konglomera ile başlar. Çakıllarının çok bol olduğu yerlerde kolayca ufalanma ve parçalanmalar gösteren bu üye üst seviyelerine doğru ince taneli alacalı yeşil kumtaşlarına geçer.

Sarıiz (1985) tarafından mikroskobik incelemelerle kötü boylanmış Serpantinit, Diyabaz ve Çört kırıntılarınca

oluşturulan birim içerisinde daha az olarak Epidot, Klorit, Volkanik kayaç kırıntıları ve Kuvars tanelerinin bulunduğu belirtilir.

Bu kumtaşları en üst seviyelerine doğru tedrici olarak kırmızımsı renkli Radyolarite geçiş gösterir.

Birimin yaşı konusunda Paleontolojik veriler elde edilememiştir. Ancak Ofiyolitlerle ilişkili olduğundan onlarla eş yaşlı olduğu bildirilir (Sarıiz, 1985). Ancak böyle olduğu önceki araştırmacılarca düşünülse de bu birimin yaşı içerdiği kırıntıların niteliğine dayanılarak ofiyolitlerden daha genç olduğu söylenebilir.

Araştırılan alanda Keçiborlu dolayında değişik kesimlerde ve değişik boyutlarda kireçtaşı olistolitleri saptanmıştır.

Kırıklı, kıvrımlı, kristalize kireçtaşı olistolitleri yörenin Güneyinde geniş bir alanda yüzeyleyen masif yapıllı Akdağ kireçtaşlarının bir uzantısıdır.

Birimin bölgesel Jeoloji içerisinde 700 m'den fazla bir kalınlığa sahip olduğu belirtilirken (Sarıiz, 1985), inceleme alanında böyle bir kalınlığı bulmak kireçtaşlarının yayılımı gözönüne alındığında mümkün değildir. Kireçtaşları beyaz, gri, renkli ve yer yer şeker dokuludur. Kireçtaşlarının yaşı Sarıiz (1985) tarafından Trias-Jura Kretase olarak verilmiştir.

Gökçebağ karmaşığının ana Litolojisini oluşturan magmatik kayaçlar; Dunitler, serpantinitler, Gabrolar ve Diyabazlar olarak belirlenmiştir. Ancak tüm bu kayaç grupları Keçiborlu Kükürt yatakları dolayında gerek tektoniğin, gerekse hidrotermal alterasyonun etkisi ile büyük çapta değişime uğramışlardır. Bu nedenle magmatik kayaçların tanımak oldukça güçleşmiştir.

4.2.3. Volkanik Kayaçlar

Bu volkanitler kükürt yataklarının oluşum biçimiyle yakından ilgilidirler. Arazi üzerinde yaklaşık yayılımlarının 100 ila 150 m genişliğinde ve yer yer 1 km. uzunluğunda izlenmesi mümkündür. Yaklaşık Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu, Güneybatı eğimlidir. Bu aralıklarda yükselen mağma, dayk biçiminde katılaşmıştır. Dayklar ve civarı, çok ileri derecede bir tektoniğe maruz kalmış olup, kireçtaşı, ofiyolit birliği kayaçları ve Andezitik tüflerle kırılma ağı içinde birbirlerine karışmışlardır (Sarıiz, 1985). Bu kesime ait kayaçlar özellikle Keçiborlu İrepdere mevkiinde bolca gözlenmektedir.

4.2.3.1. Andezitler

Değirmendere ocağı içinde ve onun Güneydoğu uzantısında bulunan İrepdere ve Kuzeybatı uzantısındaki Asartepe'ye yakın kesimlerde dayk biçiminde görülürler (Ek 1). Sahada genel olarak sarımsı boz, altere olmamış kısımları ise koyu gri ve siyahımsı görünümlüdürler. Ocak içinde tamamen siyah olup, bol çatlaklı limonit dolguludurlar. İncekesitlerinin etüdünde; Plajyoklasların hemen hemen hepsinde analsimleşme, zeolitleşme, opaklaşma ve kaolenleşme mevcuttur. Ancak birkaç Plajyoklasda yapılabilen ölçmelerle andezin oldukları saptanmıştır (Sarıiz, 1985).

Kumludere ocağı cevher yatağında ise orijinal yapı ve dokularını tamamen kaybederek kükürtle empreniye olmuşlardır (Şekil 8). İnce kesitlerinde yer yer ojit ve feldispat kalıntılarını görmek mümkündür. Çatlak ve boşluklarında kükürtle birlikte jips'lerde yer almışlardır (Sarıiz, 1985).



Şekil 8. Kumludere ocağı cevher yatağında, orijinal yapı ve dokularını tamamen kaybederek kükürtle empreniye olmuş andezitler.

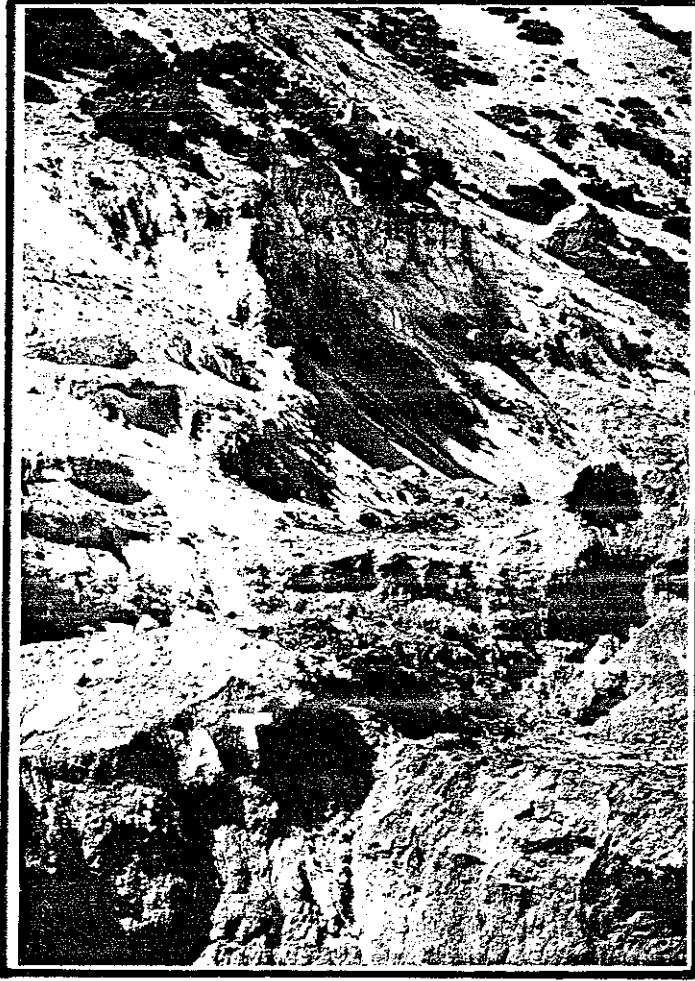
4.2.3.2. Tüfler

Inceleme alanında, Andezitik tüfler şeklinde Keçiborlu'nun Değirmendere, Kokardere ve İrepdere kesiminde yüzeylenmişlerdir.

Çoğu kez, ayrışma ve el ile parçalanabilir duruma gelmişlerdir. Genellikle sarımsı-gri ve alacalı-gri görünüşlü bol çatlaklı, çatlakları limonitle dolmuş, masif ve kalın tabakalı olup, Değirmendere bindirme hattı içinde diğer kayalarla karışmışlardır.

Değirmendere ocağı içinde görüldüğü gibi, ocak dışında İrepdere'den Asarteppe civarına kadar diğer kayalarla karışmış ve ezilmiş durumda bulunurlar. Yukarıda da belirtildiği gibi genellikle sarımsı gri ve alacalı gri görünüşlüdür. Fakat ocak içinde siyah ve boz renklidir (Şekil 9). Bunlar içlerinde diyabaz, volkanik cam, radyolarit, andezit ve serpantinit parçaları ile kuvars,

kromit ve çört içermektedir. Cevherleşmeye yakın kesimlerde çatlaklar boyunca jips damarcıkları gelişmiştir.



Şekil 9. Kokardere kesiminde yüzeylenmış andezitik tüfler (AT).

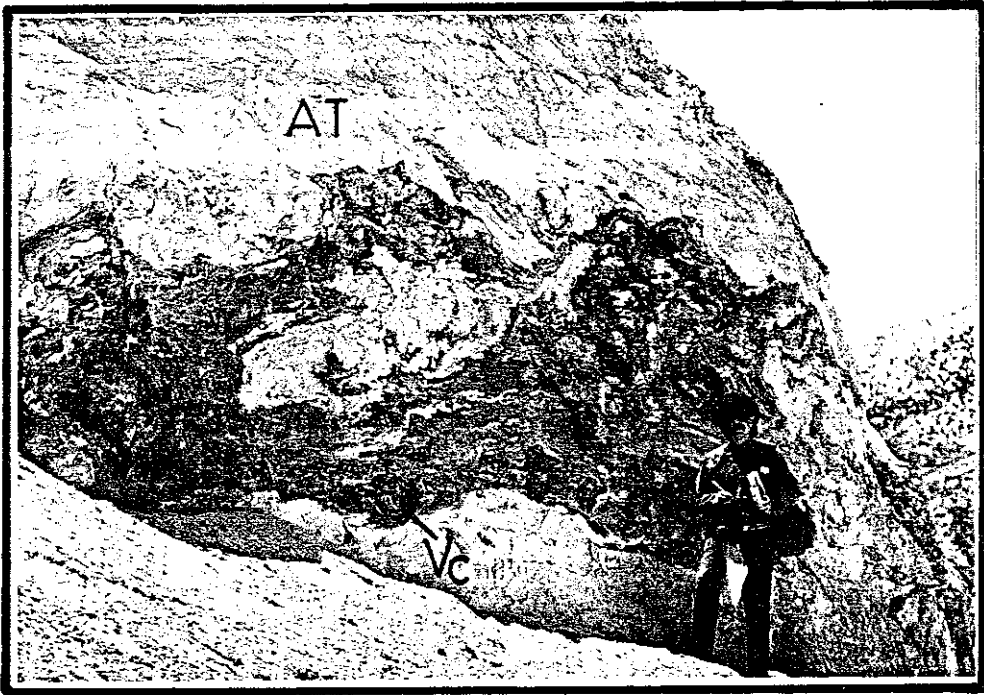
Ayrıca İrepedere'deki tüfler içinde milonitik zonda damarcıklar şeklinde götit, pisilomelan ve pirolusit gelişimi mevcuttur.

Değirmendere ocağı cevher yatağı içinde siyah rengi ile ocakta ilk göze çarpan kayadır. Tüf içerisindeki 0.05 ile 0.7 mm. arasında değişen kuvars taneleri, blastokataklazma olayı sonunda kırılma ve ufalamalar halinde görülürler. Opak minerallerden kayaca siyah rengi veren kömürümsü materyal ile mikro oluşumlar halinde pirit ve markasit mevcuttur. Hafif akma yapısı gösteren bu kayacın gözenek ve boşluklarının tamamen kükürtle dolduğu

anlaşılmaktadır. İleri derecede alterasyona maruz kalmış kayada kil minerallerinden montmorillonit, illit meydana gelmiştir.

Tüflerin cevher yerleşimi için uygun bir ortam teşkil ettikleri gibi, yaklaşık % 60-70 kükürt tenörü ile ekonomik yönden önem kazanırlar. Kükürtle emprenye olan kayalar bazen breşik ve konsantrik yapıda bazen tabakamsı bir görüntü içindedir.

Kumludere ocağı civarındaki Andezitik tüfler, Değirmendere ocağı ve civarındakilerle aynı özelliği göstermekte olup, bazı kesimlerinin Limonitle emprenye olduğu görülmektedir (Şekil 10).

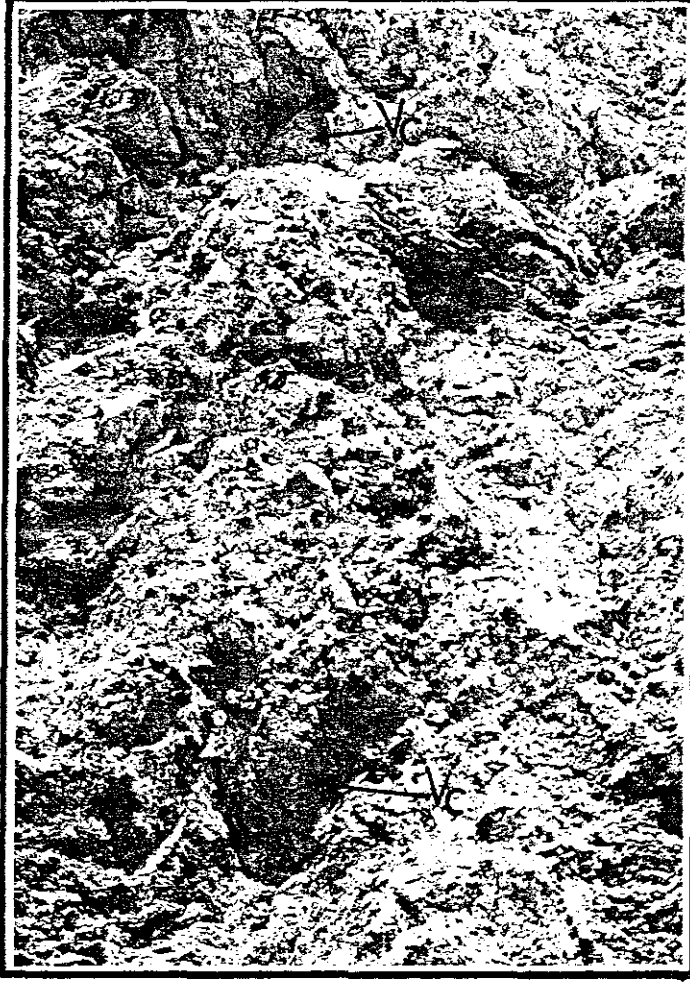


Şekil 10. Kumludere ocağı civarındaki, bazı kesimleri limonitle emprenye olmuş andezitik tüfler (AT) ve volkanik cam (Vc) (koyu kesimler).

Volkanik faaliyetlerin Pliyosen esnasında gelişmesinden dolayı tüflere Neojen yaşı verilmiştir (Sarıöz, 1985).

4.2.3.3. Volkanik Cam (Opsidiyen-Pekştayn)

Volkanik cam (Şekil 11) hidrotermal altere alan içinde İrepdere, Bebeşdere'den başlayıp Kumludere'ye kadar bu hat içinde çeşitli yerlerde mevcuttur (Ek 1).



Şekil 11. Hidrotermal altere alan içindeki volkanik camlardan (Vc) bir görüntü.

Volkanik cam Kumludere'de bir dayk şeklinde mostra vermiştir (Şekil 12). Kükürtdere'den Asartep'e doğru yan kayaçla yapmış olduğu kontak içinde kontak boyunca, ayrıca hidrotermal sınır içinde kalan kireçtaşlarının serbest silis tarafından istilas ile masif bloklar halinde görülmektedir. İrepdere, Bebeşdere mevkiinde ise; Ofiyolit içindeki kireçtaşı blokları yine serbest silisce istila edilmiş ve neticede bu bloklar volkanik cam hüviyetine girmiştir.

Ayrıca Değirmendere mevkiine doğru olan kontak içinde (Kemertepeye yaslanan kontak), kontak boyunca Değirmendere ocağının üretim yapılan bölgesine kadar gelmektedir. Kısaca hidrotermal altere alanının büyük bir kesiminde yüzeylenmektedir.

Renk siyah, kahverengi ve gridir. Pekştayn'da siyah inci parlaklığından, oldukça donuk renklere kadar, değişik renklerde de görülür. Çizgi rengi yok, kayaç camsıdır, doku camsıdır.

Yapı; Akıntı bantlı ve kristalize kalker blokların silisce zengin magma ürünleri tarafından istilası ile masif bloklar halinde görülürler. Kırıldığı zaman konkoidal kırılmakta ve kırıklar keskin sivri bir tarzda olmaktadır. Arazide bulunuşu masif yapılı ve akıntı bantlı haldedir. Kimyasal bileşimleri genelde aynıdır.

Volkanik camın bu kadar geniş bir alana yayılması o bölgedeki volkanik etkinliğin derecesi ve gelişen tektoniğin şiddeti hakkında bilgi vermektedir. Volkanik cam cevherleşme açısından klavuz olarak değerlendirilebileceği gibi yataklanma açısından olumsuzluk teşkil etmektedir.



Şekil 12. Kumludere'de mostra vermiş volkanik camlar (Vc).

4.2.4. Kuaterner Karasal Sediman Birikimi (Taraça)

Bu birikimi oluşturan sedimanları; fosil içeren iri çakıllar (200-20 mm), kaba kum (2-0.2 mm), çakıl (20-2 mm) ve üzerinde cılız bitki örtüsünün görüldüğü kireçli toprak olarak sıralayabiliriz.

Bu sedimanlar; E-W, 5-10° S konumunda olup, birbirleriyle dokanak ilişkileri çapraz tabakalı kama şeklinedir. Kalınlık ise takriben 10 cm ile 10 m arasında değişmektedir.

Taraça diyede isimlendirilebilen bu birimin iri çakıllarına gelince bunlar harita alanımızın dışında olan kuzeyde Göktepe civarında bulunan ve Fliş ile açılı uyumsuzluk kontak ilişkisine sahip Miyosen konglomerasının akıllarıdır. Geniş bir alanı kaplayan ve üzerinde tarımın yapıldığı bu sediman birikimi, kuzeydoğu yönünde görülen 1596 rakımlı sırtlarda ve Göktepe mevkiinden saybildiğimiz birikinti konilerinin malzemesini temsil etmektedir.

Bu birikimi, hidrotermal zeltiller, cevherleşme açısından Hasanz ve Kaynardere mevkiinde görüldüğü gibi, olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer kayaçlarla kontak ilişkileri uyumludur.

4.2.5. Yeni Alüvyon (Q_{a1})

Genç jeolojik zaman içinde, sularla ve diğer etkenlerin neticesinde sürüklenerek bir yerde birikme meydana getiren gevşek sedimanlardan oluşan en genç örtüdür.

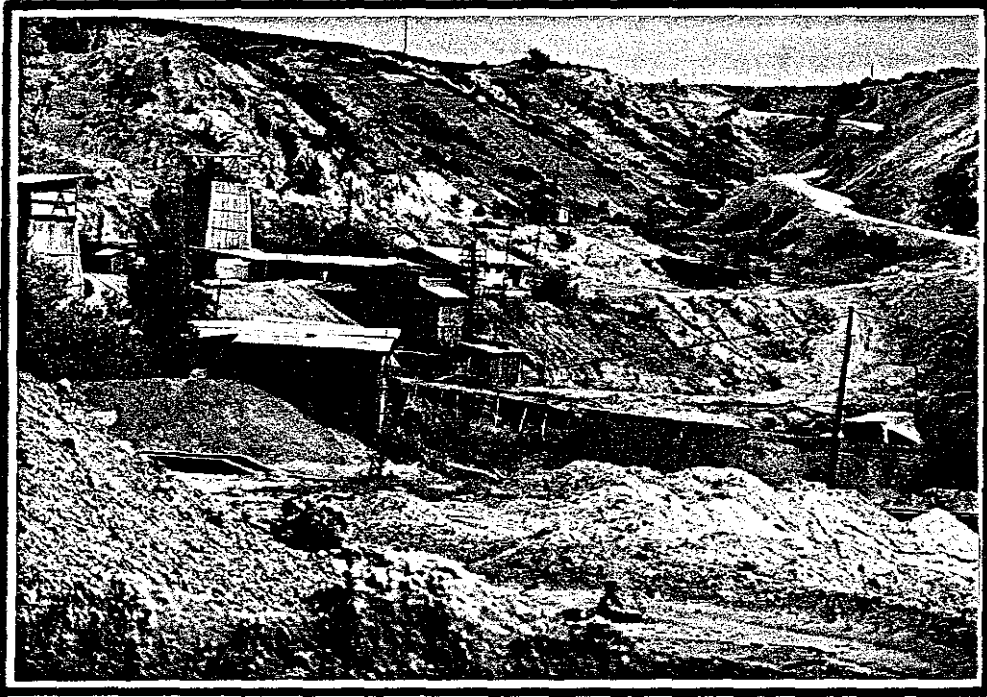
Bu örtüyü oluşturan birimler;çok ince kum, siltler,kum-silt, kil karışımları vede iri olmayan akıllardır. Bu birikimi haritamızda Değirmendere mevki ve Keçiborlu ovasında görmekteyiz.

5. KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARI

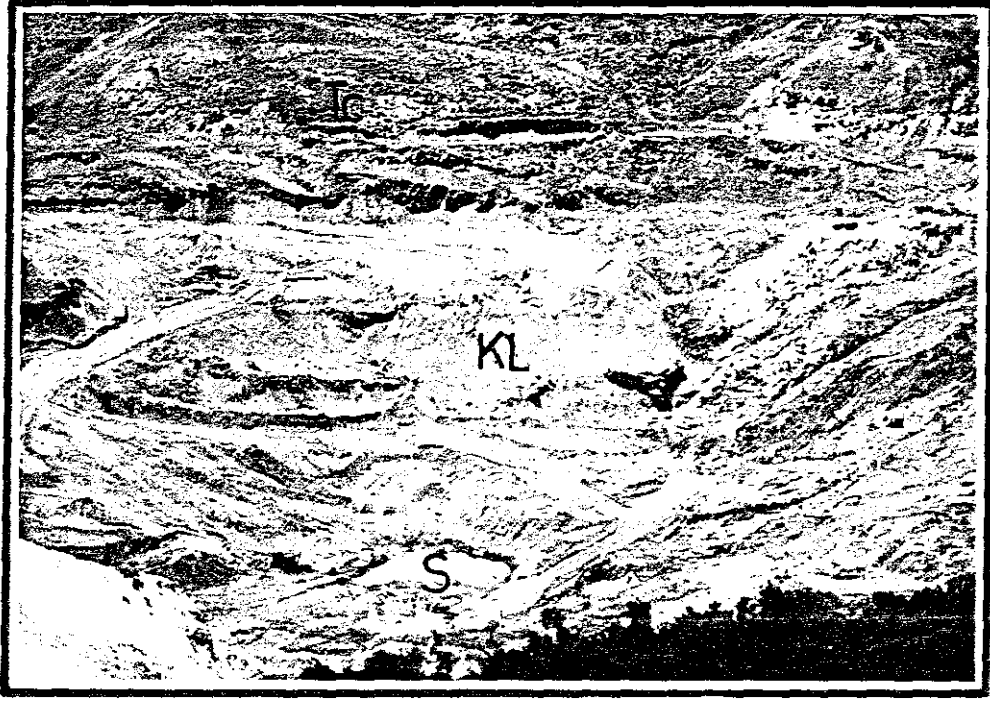
5.1. Giriş

Keçiborlu kükürt yatakları, Türkiye'nin göller bölgesinde Isparta iline bağlı Keçiborlu ilçesinin Kaynardere mevkiinden İrepdere mevkiine kadar kuzeybatı-güneydoğu istikametindeki bir hat boyunca uzanmaktadır.

Keçiborlu'da üç önemli yatak mevcut olup, bunlar sırasıyla Değirmendere(Şekil 13), Kumludere(Şekil 14) ve Kükürtdere, Kokardere ocağıdır. Bu yatakları Etibank işletmekte olup, müessesenin sanayii tesisleri ve sosyal tesisleri Keçiborlu ilçesi kuzeyindeki bir yamaç üzerinde yer almaktadır. Değirmendere, Kumludere ve Kükürtdere maden ocakları ise, sanayii tesislerine 2-3.5 km.'lik stabilize yollarla bağlı bulunmaktadır. Ayrıca müessesenin gerek devlet karayolları gerekse devlet demiryolları ile ülkemizin bütün kent ve limanlarına bağlantısı bulunmaktadır (Etibank, 1991).



Şekil 13. Değirmendere ocağı ve tesislerinin genel görünümü.



Şekil 14. Kumludere ocağının genel görünümü.

Tç : Taraça çökelleri, KL : Killeşme, S : Kükürt yatağı.

5.2. Tarihçe ve genel bilgiler

Keçiborlu'da kükürtün bulunuşu ve bulunuş tarihi hakkında kesin bilgiler yoktur. Ancak, kükürt üretimi ile ilgili ilk çalışmaların 1900 yıllarında Keçiborlu'lu Hüseyin Kreysi (kükürtçü) tarafından yapıldığı söylenmektedir.

Keçiborlu kükürt yatakları Degirmendere, Kükürtdere ve Kumludere içlerinde mostra verdikleri için ilk olarak bulunması zor olmamıştır. Osmanlılar zamanında harp yıllarında barut üretimi için, iptidai metodlarla da olsa, işletilmiş ve işlenmiştir.

İstiklal savaşından sonra, madenin işletme imtiyazını alan ve İtalyan sermayedarlarının da katılmış olduğu bir Fransız şirketi yatakları işletmiştir. 1933 yılında yeterli gerekçelere dayanılarak Fransız şirketinden bu imtiyaz alınmıştır. 1936 yılında Etibank madeni işletmeye başlamış ve istihsal safhasına geçmiştir.

Keçiborlu'daki belli başlı madencilik faaliyeti ilkin, Kükürtdere'de açılan maden ocağıyla başlamıştır. 1935'de 1638 ton saf kükürt istihsal edilmiştir. Kükürtdere ocağı 1967 yılına kadar işletilmiş, sonradan cevher tenör düşüklüğü nedeniyle terkedilmek zorunda kalınmıştır.

Değirmendere ve Kumludere ocaklarında ilk önce sondajlarla rezerv tesbit çalışmaları yapılmıştır. Kumludere yatağı ilk önce açık işletme yöntemiyle işletilmiş, toprak kaymaları artınca, kapalı işletmeye geçilmiştir. En zengin ve büyük yatak, Değirmendere kapalı ocağında işletilmektedir. Bu ocakların en büyüğü ve en eskisi olup 1937 yılından bu yana üretime devam etmektedir. Bu ocaktan çıkarılan madenin ortalama tenörü % 57'dir. Ocaklarda zaman zaman arama galerileri vasıtasıyla yeni rezervler bulunmaktadır. Yeni rezervler, ana cevher kütlesiyle akraba ve komşu daha küçük cevher kütlelerini oluşturmaktadır. Yeraltındaki galerilerden eğik arama sondajları açıldığı gibi, yerüstünden de arama sondajlarına devam edilmektedir.

Dördüncü ve daha küçük bir yatak Kokardere mevkiinde yer almaktadır. Bu yatak zaman zaman açık işletilmiştir. 1979-1981 yıllarında Etibank Bebbeşdere mevkiinde beşinci ve daha küçük bir yeraltı rezervini sondajlarla bulmuştur.

Sondajlı arama çalışmalarını jeofizik anomalileri ve eski sondaj logları yönlendirmektedir (Sarıiz, 1985 ; Özgüner v.d., 1989).

5.3. Cevher oluşumu

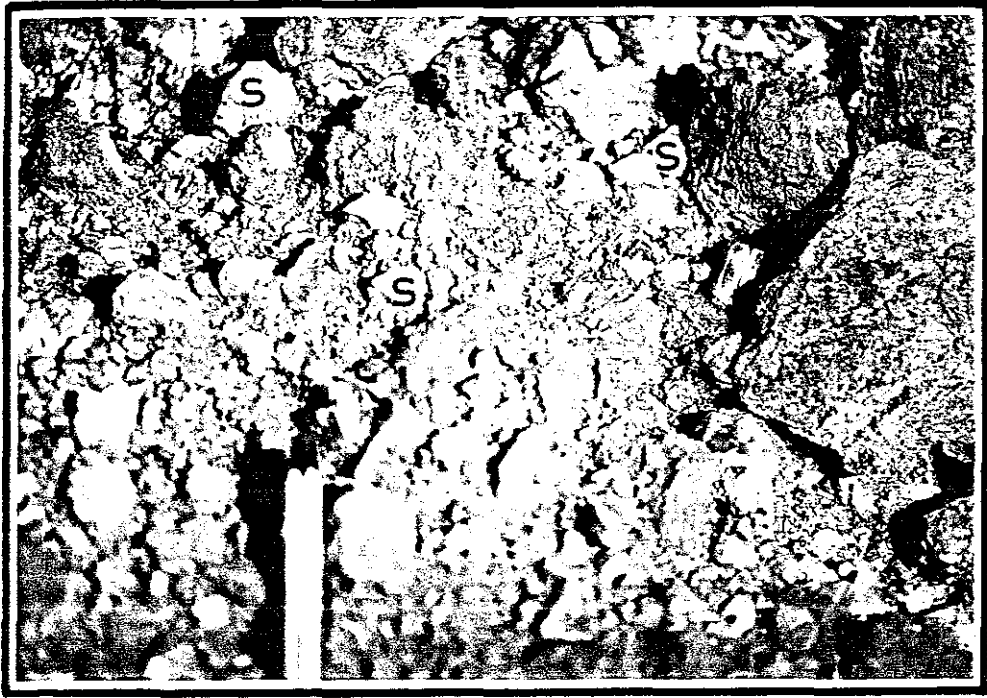
Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumu önceki çalışmalara göre aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Özgüner v.d., 1989 ; Etibank, 1991).

Cevher, ocaklar bölgesinde gelişen volkanik faaliyetlerin, yeraltı suyuna doygun olan ortamlarda volkanik maddelerin (Hidrotermal safhada sıcak sular içinde, erimiş haldeki H_2S bileşiği, volkanik faaliyet neticesi

çıkan gazların içindeki H_2S ve SO_2 bileşikleri) erimiş durumda serbest oksijen içeren yeraltı sularının ilişkisi sonucunda meydana gelen ve tam olmayan oksitlenme ile ve de birbirleriyle reaksiyona girerek ortamda adeta yoğunlaşmayı andırır biçimde kükürt yataklanmıştır. Cevherin kayaca emprenye olarak yerleşmesi bu tanıımı doğrular. Özet olarak kükürt cevheri magmatik tipte bir yataklanmayla oluşmuştur. Çok düzensiz, geometrik bir şekle sokulamayan kütle-yığın şeklinde bir yataklanma Cevher yatakları NW-SE doğrultusunda bir hat boyunca dizilirler. Büyük olasılıkla bir fay hattı boyunca cevherleşme gelişmiştir.

Cevherli yerlerin yaklaşık boyutları şöyledir: Değirmendere ana kükürt cevherinin boyu 230 m., eni 110 m., derinliği 210 m. dir. Kükürtdere ana kükürt cevherinin boyu 200 m., eni 90 m., derinliği 150 m. dir. Kumludere ana cevher kütlelerinin yaklaşık boyutları ise; boyu 340 m., eni 125 m., derinliği 230 m. dir. Ancak, Değirmendere ocağında yan kükürt cevheri kafaları daha çok ve büyük olduğu için, yatak olarak diğerlerinden büyüktür. Bu kükürt kafalarının herbiri fay düzlemine paralel bir konumda, şiddetli magmatik alterasyona uğramış ofiolitik ana kayacı içerisinde (fay zonunda) yer almaktadırlar.

Cevher altere andezit, ofiyolit, volkanik breş ve altere kalkerler içerisinde yataklanmışlardır (Şekil 8). Cevherlemeler genellikle masif, breşik, konsantrik dalgalı, curufumsu dokuda ve bundan başka çatlak dolgusu şeklinde de gelişmiş süblimleşmeye bağlı S cevherleşmeleri de mevcuttur (Şekil 15).



Şekil 15. Çatlak dolgusu şeklinde gelişmiş kükürt (Sarı) cevherleşmelerine bir örnek (Kokardere).

Cevherleşmenin yaşı: Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumuna sebep olan subvolkanizma, zaman bakımından kuzeyindeki Afyon volkanizması ve güneyindeki Isparta-Gölcük volkanizması ile eşyaşlı veya biraz daha genç ve mekan bakımından heriki volkanizmanın arasında yer almaktadır. Afyon yöresinin volkanik faaliyeti Üst Miyosen-Pliyosen zamanını kapsamaktadır. Isparta yöresinin volkanik faaliyeti Pliyosen dönemini kapsamakta, Keçiborlu kükürt fay zone boyunca magmatik sokulumların Üst Pliyosen ve Kuaterner zamanlarında olduğu anlaşılmaktadır.

Mineral parajenezi: Kükürt, demir-sülfürler, opal, ikincil öz kristalli jips ve diğer ekonomik olmayan endüstriyel silikalardır (Özgüner v.d., 1989 ; Etibank, 1991).

5.3.1. Cevherin fiziksel özellikleri

Renk : Emprenye oluşumlarda demir oksitlerden dolayı gri-siyah, süblime oluşumlarda yantaşın çatlaklarında karakteristik kükürt sarısı renginde.

Parlaklık : Reçine parlaklığı veya mat.
 Kırılma : Düzgün olmayan şekilde.
 Çizgi : Açık ve koyu gri.
 Sertlik : 1.5-2
 Yoğunluk : 2-2.5 gr/cm³ tür

(Etibank, 1991).

5.3.2. Cevherin kimyasal özellikleri

Normal sıcaklıkta katı haldedir. Cevher içerisindeki elementer kükürt 140 °C de erir, 250 °C nin üstünde okside olur ve mavi bir alevle SO₂ çıkararak yanar.

Çeşitli numunelerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre kükürt cevheri aşağıda belirtilen mineralleri karşılardaki sınırlarda içermektedir (Etibank, 1991).

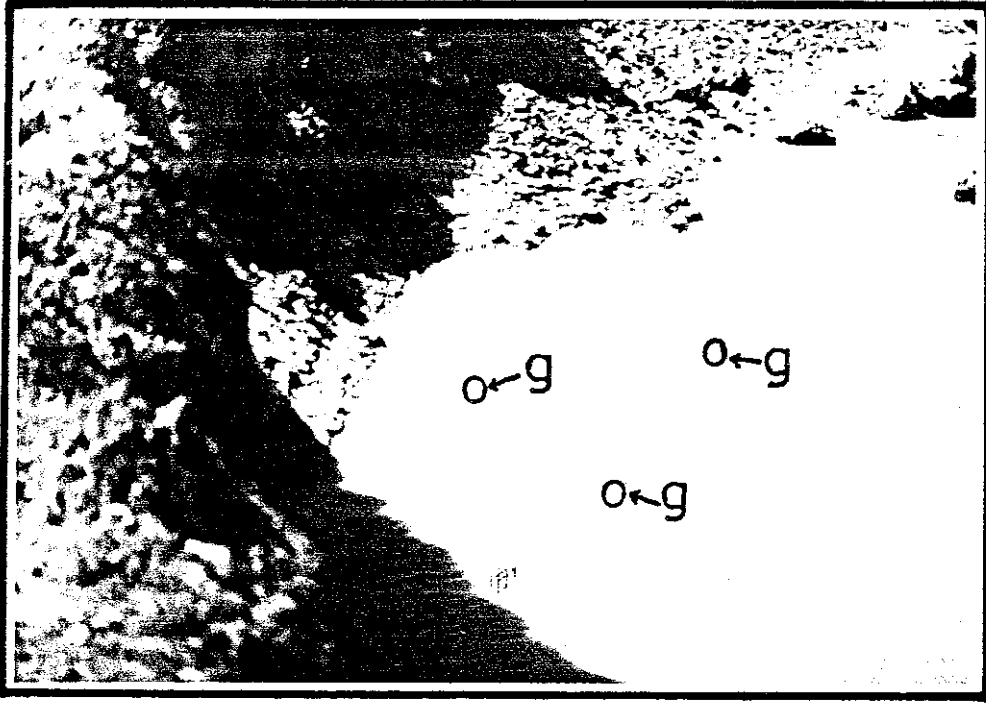
	Flotasyon cevheri (%)	Direkt izabe cevheri (%)
Serbest kükürt	15-70	70-90
FeS ₂	15-30	5-15
SiO ₂	5-50	5-10
Al ₂ O ₃	1-5	0-1
CaO	1-5	0-2
CaSO ₄	0-5	0-3
MgO	0-0.5	0-0.5

6. KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAGININ HİDROTERMAL ALTERASYONU

6.1. Giriş

Keçiborlu kükürt yataklarının içerisinde yer aldığı kayalar ve onun çevresinde yer alan kayalar, bölge jeolojisinde de belirtildiği gibi fliş, Gökçebağ karmaşığı (serpantinit, radyolarit, Akdağ kireçtaşları) ve andezitler ile andezitik tüflerdir.

Keçiborlu yöresinde halen gaz çıkışları sürmektedir. Bu gaz çıkışları Kokardere'de açık bir şekilde saptanmıştır (Şekil 16).

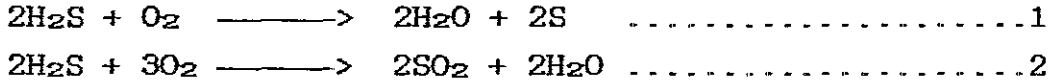


Şekil 16. Kokardere ocağı içindeki gaz (g) çıkışlarından bir görüntü.

Derinlerden gelen H_2S + CO_2 li getirimler kükürtün içerisine yerleştiği kayaç topluluklarını etkileyerek onların minerallerinde bozulmalar meydana getirmekte, yanısıra iyon alışverişi ile yankayaç kimyasında değişimler gerçekleşmektedir. Bu değişimler büyük bir olasılıkla Keçiborlu kükürt yataklarının çevresinde halen de sürmektedir.

Solfatorlar:

Sıcaklık 100-200°C arasındadır. Bileşiminde az miktarda CO₂ (% 8) ve H₂S (% 0.04) bulunur. Geriye kalan büyük kısmı su buharından ibarettir. Bunlardan H₂S 'deki S⁻² değerlikli kükürtün havanın oksijeni ile az veya çok yükseltgenmesine göre su ile birlikte elementer kükürt veya SO₂ gazı meydana gelir (Evinç, 1984).

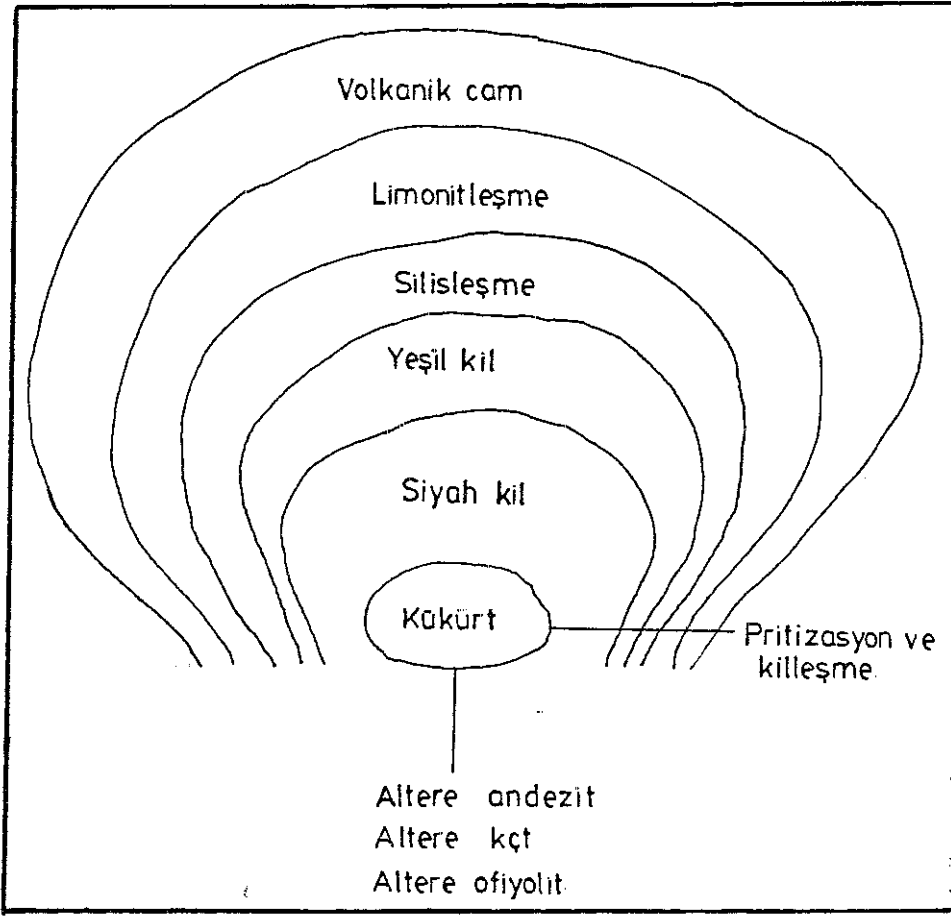


6.2. Keçiborlu Kükürt Cevherleşmelerinin Çevresindeki Kayaçlarda Makroskobik Gözlemler

Kumludere, Kokardere, Değirmendere, Kükürtdere'nin tümünde yan kayaçlardaki değişimler benzer şekilde izlenmiştir. Yüzeyden derine, çevreden kükürt yataklarına doğru şu sıralı değişim izlenir. Bu değişim Şekil 17 ve Şekil 18'deki modellerde de görüldüğü gibi alterasyon halesi ve alterasyon zonu şeklinde şemalandırılabilir.

Alterasyon Halesi :

Cevher kütlesini veya merkezini, genellikle bir veya daha çok altere kayaçları ihtiva eden bir alan, çepeçevre sarar. Bu alan "alterasyon halesi" olarak adlandırılır (Şekil 14).

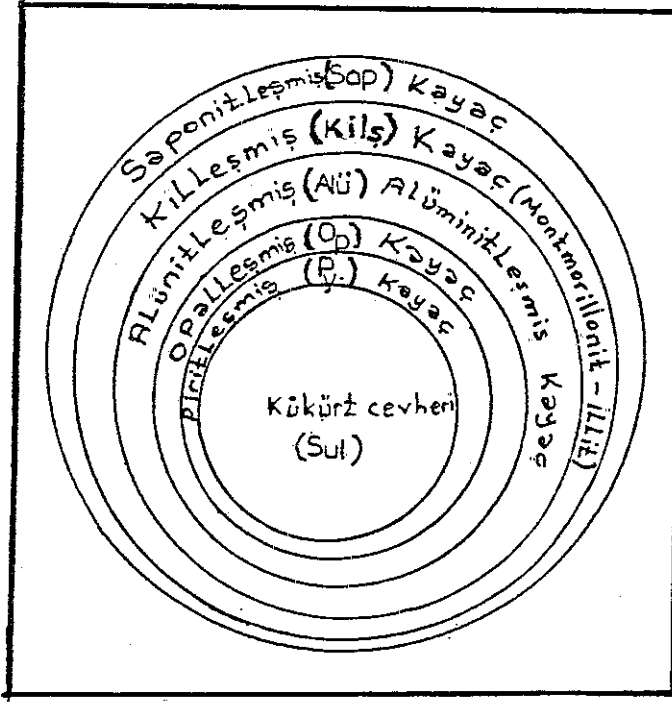


Şekil 17. Mineralleşme merkezinin veya cevher kütlesinin etrafındaki alterasyon halesini gösteren idealleştirilmiş şema.

Alterasyon halesi içiindeki altere kayaçların mineralleşme sırası şematik olarak Şekil 18'de gösterilmiştir.

Alterasyon Zonu :

Hale içinde, her kısmın bir çeşit altere olmuş kayaçla tertiplendiği oluşumlar "alterasyon zonu" olarak adlandırılır.

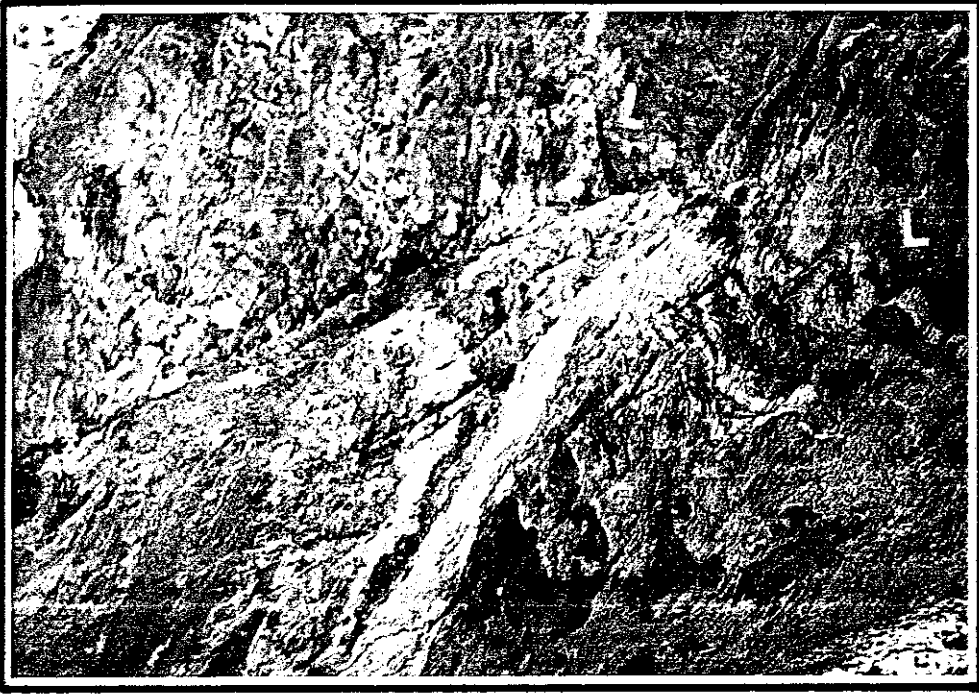


Şekil 18. Mineralleşme merkezinin veya cevher kütlesinin etrafındaki altere kayaçların zonal düzenlenmesini gösteren idealleştirilmiş şema Mukaiyama (1988)'den esinti.

Yukarıdaki şekilde belirtilen zonal düzenlenme Mukaiyama (1988)'den esinlenerek çizilmiştir. Çünkü çalışma sahasının zonal düzenlenmesi bu şema'ya, farklılıklar olmasına rağmen benzemektedir.

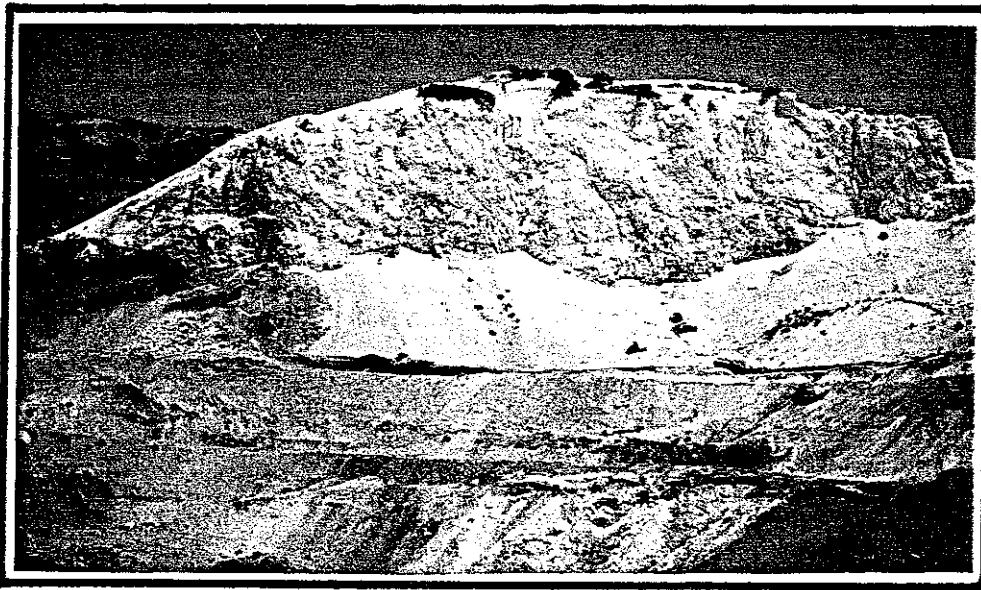
Çalışma sahasının en dış zonunda volkanik camlar ve limonitleşme gözlenir. Volkanik camlar siyah (obsidiyen), kahverengi, sarımsı-kahve, gri, siyah inci parlaklığında oldukça donuk renklere kadar izlenir.

Bu birimlerden volkanik camlar hidrotermal altere alan içinde Irepdere, Bebeşdere'den başlayıp, Kumludereye kadar bu hat içinde çeşitli yörelerde gözlenir. Limonitleşme ise; Kemertepe civarında gelişmiştir. Ayrıca Limonit oluşumlarına dolgu biçiminde altere alanın her yerinde rastlanır (Ek 1 ve Şekil 19).



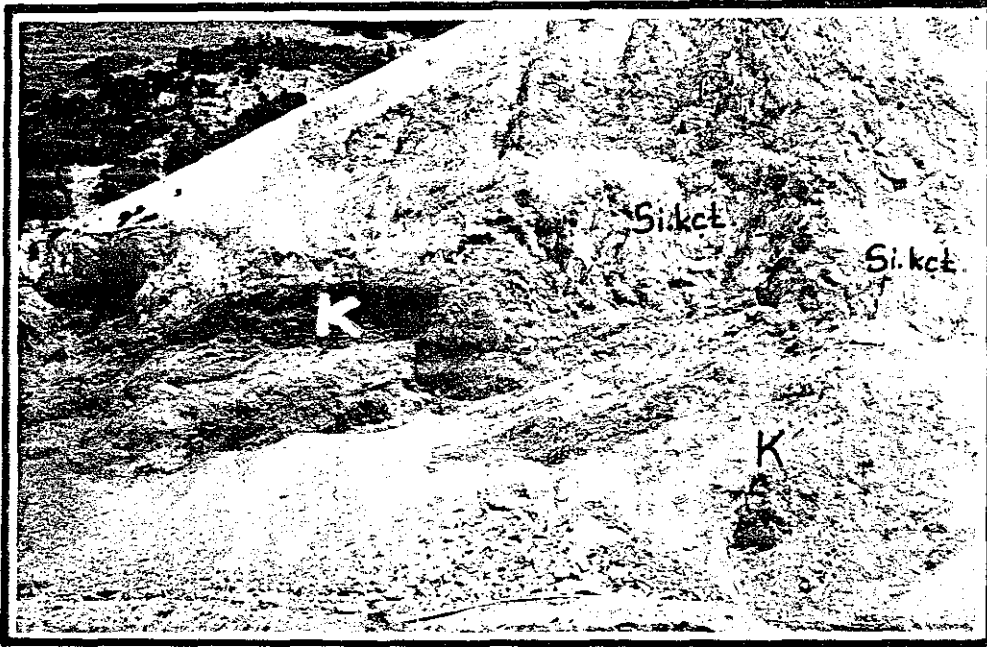
Şekil 19. Altere alanın Değirmendere civarındaki limonitik (L) zonlardan bir görünüm (Sarı, kahverengi).

Daha alt zonlarda, kireçtaşlarının silisleşmesi (Şekil 20) ile ortaya çıkmış beyaz renkli, arazide silisleşmiş kireçtaşı görüntülü ancak çok hafif olan kayaç birimlerine rastlanmıştır.



Şekil 20. Kumludere yöresindeki, kireçtaşlarının silisleşmesi ile ortaya çıkmış beyaz renkli, silisleşmiş kireçtaşı görüntülü kayaç birimlerinden bir kesit.

Daha derine doğru ise; Killer izlenir (yeşil, siyah) (Şekil 21 ve Şekil 9). Bu killerin daha önceki araştırmacılarca ofiyolitlerin değişimi sonucu olduğu belirtilir, kimyasal analizler bu sonucu doğrulamamaktadır. Bütün yataklarda bu killeşme yaygın şekilde izlenir. Çalışma sahasının değişik yerlerinden alınan killerin X.R.D. çekimleri ve kimyasal analiz sonuçları zuhurların ayrı ayrı değerlendirildiği bölümlerde verilmiştir.



Şekil 21. Altere alan içerisindeki killerden bir görünüm.
(Si.kçt : Silisleşmiş kireçtaşı, K : Kil).

6.3. Keçiborlu Kükürt Cevherleşmelerinin Çevresindeki Kayaçlarda Mikroskobik Gözlemler

İnceleme alanında, kükürt yataklarının içerisinde bulunduğu kayaçlar ve yakın çevresindeki kayaçlardan, gerek mostradan, gerekse sondajlardan derlenen örneklerin (38 adet) ince kesitleri polarizon mikroskopta incelenmişlerdir.

Çoğunlukla, cevherleşmenin içerisinde yer aldığı kayaçlar yoğun alterasyon nedeniyle ilksel yapı, dokularını ve minerolojik özelliklerini kaybettikleri görülmüştür. Bu nedenle kayaçların mikroskop altında tanınmaları hemen,

hemen imkansız hale gelmiştir. Bütün bunlara rağmen, hidrotermal alterasyondan korunmuş bazı minerallere ve dokulara dayanarak kayalar tanımlanmaya çalışılmıştır.

Kayaların ince kesitlerinde; hidrotermal alterasyonun etkisi ile yoğun bir biçimde killeşme (Levha A, Foto 1), silisleşme (opalleşme) (Levha A, Foto 2), limonitleşme (Levha A, Foto 3), yer yer kloritleşme, piritleşmeler (Levha A, Foto 4) belirlenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda, kükürt cevherleşmesinin çoğunlukla andezitik tuf (Levha B, Foto 1), kireçtaşı (Levha B, Foto 2), ultrabazik kayaların (Levha B, Foto 3) kırık, çatlak, boşluk ve gözeneklerine yerleştiği gözlenmiştir.

Bütün bu altere olmuş kayalarda saptanabilen mineraller olarak; kükürt, kuvars, kalsit, serpantin, muskovit, klorit, limonit, kil, opak mineraller (Prit), feldspat mikroskopta belirlenmiştir.

6.4. Bölgesel Çevre Kayalarının İlksel Kimyasal Bileşimi

Çalışma sahasında belirlenen bazı kayaların ilksel kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışma Sahasındaki Kayaçların Yaklaşık İlksel Kimyasal Bileşimleri

X	HARZBURJIT		GABRO		SERPANTİNİT	SERPANTİN	KUMTAŞI	KIREÇTAŞI		TÖF	ŞEYL	RIYOLİT	ANDREZİT	RADYOLARİT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	38.92	38.16	48.24	48.24	39.40	44.1	78.33	5.19	5.2	64.50	58.10	72.80	58.24	93.54
TiO ₂	----	----	0.97	0.97	0.03	----	0.25	0.06	0.1	1.13	0.65	----	----	-----
Al ₂ O ₃	2.42	1.32	17.88	17.88	0.70	----	4.77	0.81	0.8	12.50	15.40	13.49	17.24	2.26
Fe ₂ O ₃	----	-----	3.16	3.16	3.44	----	1.07	0.54	0.5	2.80	4.02	1.45	4.96	0.48
FeO	9.20	8.05	5.98	5.95	1.50	----	0.30	----		2.51	2.45	0.88	----	----
MgO	40.30	38.78	7.51	7.51	38.50	43.0	1.16	7.89	7.9	0.80	2.44	0.38	1.63	0.23
CaO	0.35	0.34	10.99	10.99	0.50	----	5.50	42.57	42.6	1.80	3.11	1.20	5.96	0.66
Na ₂ O	0.02	0.03	2.53	2.55	0.14	----	0.45	0.05	0.05	2.35	1.30	3.38	3.74	0.37
K ₂ O	iz	iz	0.89	0.89	0.01	----	1.31	0.33	0.3	1.13	3.24	4.46	5.48	0.51
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.28	0.28	0.01	----	0.08	0.04	0.04	0.01	0.17	----	----	----
MnO	----	----	0.13	0.13	0.10	----	----	----	0.05	0.02	----	----	----	0.79
Cr ₂ O ₃	2.09	1.25	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
BaO	----	----	----	----	----	----	0.05	----	----	----	0.05	----	----	----
CO ₂	----	----	----	----	----	----	5.03	41.54	----	----	2.63	----	----	----
SO ₃	----	----	----	----	----	----	0.07	0.05	----	----	0.64	----	0.28	----
C	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0.80	----	----	----
H ₂ O	----	----	1.45	1.45	----	12.9	1.63	0.77	0.5	----	5.00	----	----	H ₂ O+ 0.72 ve H ₂ O- 0.21
A.Z.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.47	1.62	----
Yoğ.	----	----	2.97	----	2.42	----	----	----	----	1.88	----	----	----	----
Topl.	93.40					100	100	99.84			100			99.86

1 ve 2 (KUŞÇU, M., 1992) - 3 (TUZCU, N., 1983) - 4 (COĞULU, H.E., 1976) - 5 ve 10 (SARILIZ, K., 1985) - 6 (BETEKHTINE, A., 1968)
7,8 ve 11 (MASON, B., 1966) - 9 (ÇAGATAY, N., v.d., 1984) - 12 (KUŞÇU, M., 1991) - 13 (SELCUK, G., 1992) - 14 (PETTICORN, F.J., 1975)

6.5. Keçiborlu Kükürt Yataklarının Yan Kayaçlarından ve Alterasyon Zonlarından Alınan Örneklerin Kimyasal Analizleri ve X.R.D. Çekimleri

6.5.1. Kumludere

Bu mevkiiden 10 adet yer üstü ve 4 adet yeraltı olmak üzere toplam 14 adet örnek alınmış, bunların arasından seçilerek alınmış 5 adet örnekte kimyasal analiz ve 2 adet örnekte X.R.D. çekimleri yapılmıştır (Çizelge 3, Şekil 22 ve Şekil 23).

Çizelge 3. Kumludereden Alınan Örneklerin Kimyasal Bileşimleri

Örnek	Y E R Ü S T Ü				YERALTI
	Andz.	Si.Kçt.	Vo.Cam	Si.Kçt.	Siyah Kil
Örnek No.	2	3	5	8	A.1
Oksit	%	%	%	%	%
SiO ₂	51.50	30.6	81.30	91.10	70.0
TiO ₂	1.50	0.2	k0.1	2.1	1.2
Al ₂ O ₃	7.35	6.4	1.30	1.10	1.4
Fe ₂ O ₃	15.4(T)	3.7	7.0	k0.5	9.0
FeO	3.20	1.8	1.0	0.05	0.90
MgO	0.40	4.1	0.40	0.04	0.10
CaO	k0.2	27.6	0.5	k0.2	k0.2
Na ₂ O	0.15	0.30	0.05	0.15	0.06
K ₂ O	1.00	1.2	k0.1	k0.1	0.1
Top.S	10.40	---	4.30	0.48	---
A.Z.	---	25.00	8.15	3.00	18.10

Andz : Andezit

Vo.Cam: Volkanik Cam

Si.Kçt : Silisleşmiş Kireçtaşı

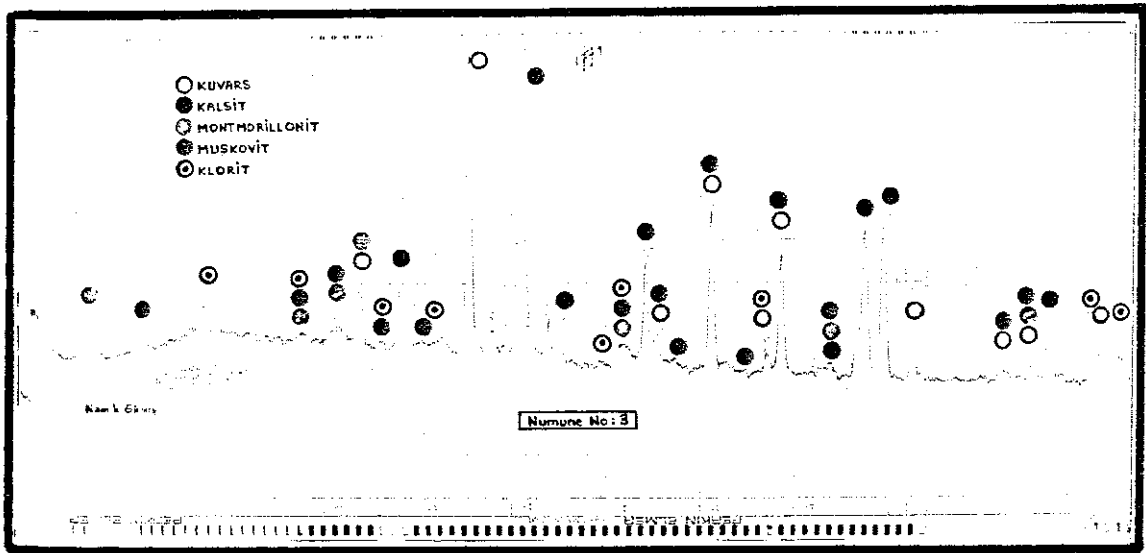
Siyah Kil: Vo.Cam içeren siyah kil

Kumludere cevherleşmesinin yan kayaçlarından alınan örnekler Çizelge 3'de verilmiştir. Bu örneklerin alımı esnasında arazi gözlemleri ile yapılan tanımlamaların bir kısmının kimyasal analizler tarafından desteklenmediği görülmüştür. Analiz verileri ve mikroskopik gözlemler ile yan kayaçlardaki değişimlerde gözönüne alınarak Kumludere yan kayaçlarının çizelge 3'deki gibi olması gerekir.

2 No'lu örneğin kimyasal bileşimine bakıldığında bu kayacın andezit yada andezitik tuf olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu kayacın altere olduğu ve kısmende kükürt dolgularının varlığı tesbit edilmiştir. Yöre andezitlerinde yada andezitik tüflerinde genelde % 15 - 21 arasında Al_2O_3 bulunurken örneğimizde Al_2O_3 azalırken Fe_2O_3 de bir artma gözlenmiştir.

3 No'lu örneğin incelenmesinde ilksel kayacın kireçtaşı olabileceği ancak CaO aleyhine bir SiO_2 artışının varlığı izlenmiştir. Ayrıca Al_2O_3 'de de bir artmanın olduğu hissedilmektedir.

Bu örnek üzerinde yapılan X.R.D. çalışmaları sonucunda ise; Kuvars, kalsit, montmorillonit, muskovit, klorit minerallerinin varlığı tesbit edilmiştir (Şekil 22).



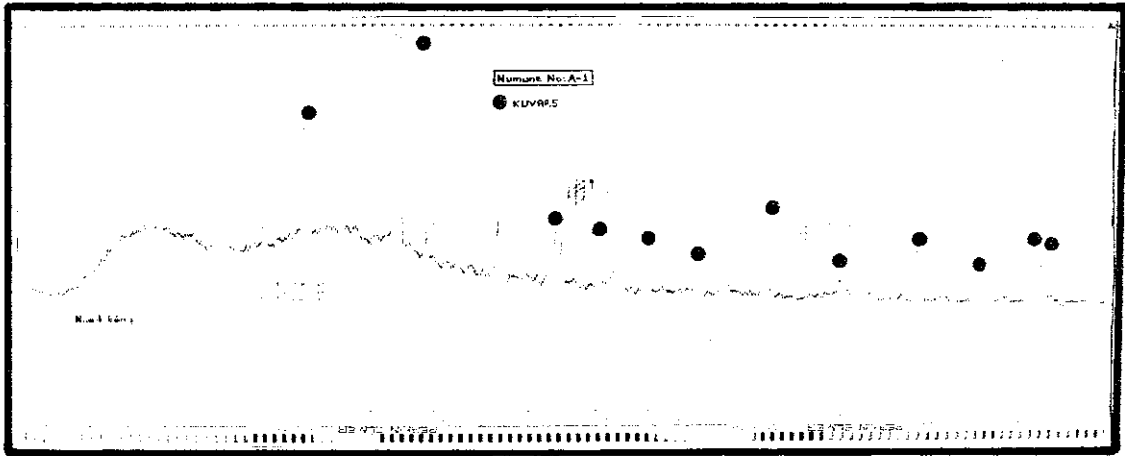
Şekil 22. Kumludere'den alınan 3 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

5 No'lu örnek doğrudan siyah renkli volkanik cam olup, kimyasal bileşimi Çizelge 3'deki gibidir.

8 No'lu örnek sahada grimsi beyaz, beyaz renkli yoğunluğu düşük kesimden alınmıştır. Daha önceki çalışmacılar tarafından kireçtaşı olarak belirtilen (Sarıiz, 1985) ve arazi gözlemlerine görede ilksel kayacının kireçtaşı olduğu anlaşılan bu kayacın bütünü ile silisleştiği kimyasal bileşiminden anlaşılmaktadır.

A.1 No'lu örnek cevherleşmenin içerisinde yer aldığı Siyah olarak gözlenen killi kesimden alınmıştır. Kimyasal bileşimine bakıldığında Al_2O_3 , MgO , K_2O_3 ve Na_2O gibi killerde bulunan oksitlerin yeterli oranda bulunmadığı açıktır. Bu örneğin killeri içerisindeki silisçe zengin (obsidiyen) bir kesiminden analiz edilmiş olabileceği düşünülmektedir. Kızdırma kaybı S'den gelebilir.

Bu örnek üzerinde yapılan X.R.D. çalışmaları sonucunda ise, sadece kuvars mineraline rastlanmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Kumludere'den alınan A.1 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

6.5.2. Kükürtdere

Bu mevkiiden 10 adet yerüstü ve 6 adet yeraltından olmak üzere toplam 16 adet örnek alınmış, bunlardan

seçilerek alınan 5 adet örnekte kimyasal Analiz ve 2 adet örnekte de X.R.D çekimleri yapılmıştır (Çizelge 4, Şekil 24 ve Şekil 25).

Çizelge 4. Kükürtdere'den Alınan Örneklerin Kimyasal Bileşimleri

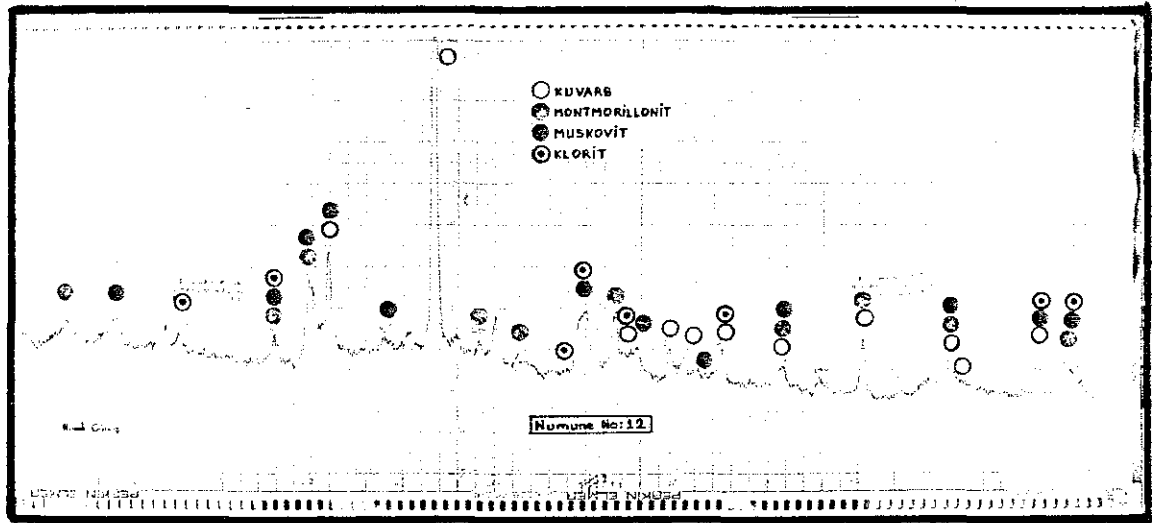
Örnek	Y E R Ü S T Ü			Y E R A L T I	
	A.Andz.	Gabro	A.Andz.	A.Andz.T	S Cevheri
Örnek No.	12	19	20	B-1	B-2
Oksit	%	%	%	%	%
SiO ₂	55.5	48.4	55.0	42.1	---
TiO ₂	0.8	0.6	1.3	1.0	---
Al ₂ O ₃	18.6	14.8	19.7	16.70	---
Fe ₂ O ₃	7.7	20.4	6.4	9.4	---
FeO	0.70	0.20	0.25	0.50	0.15
MgO	2.40	0.75	0.70	2.30	0.06
CaO	1.1	0.2	0.7	7.5	---
Na ₂ O	0.20	0.20	1.10	0.07	0.05
K ₂ O	3.7	1.0	k0.1	0.1	---
Top.S	---	---	---	---	86.02
A.Z.	8.0	12.10	13.0	15.85	---

A.Andz : Altere Andezit ; A.Andz.T : Altere Andezitik Tüf

Kükürtdere'de cevherleşmenin yan kayaçlarından alınan örneklerden;

12 No'lu örnek sahada makroskobik olarak yeşil renkli ve killeşme göstermektedir. Bu örneğin kimyasal bileşimine bakıldığında andezitik bir bileşimde olduğu çizelge'den açıkça görülür. Ancak kayacın büyük olasılıkla altere olduğu ve piroksen ile amfibollerinin büyük olasılıkla kloritleştiği, feldspatlarının ise killeştiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Dolayısıyla bu örnek yoğun altere olmuş andezite karşılık gelmektedir.

Bu örnek üzerinde yapılan X.R.D. çalışmaları sonucunda ise; Kuvars, montmorillonit, muskovit, klorit minerallerinin varlığı tesbit edilmiştir (Şekil 24).

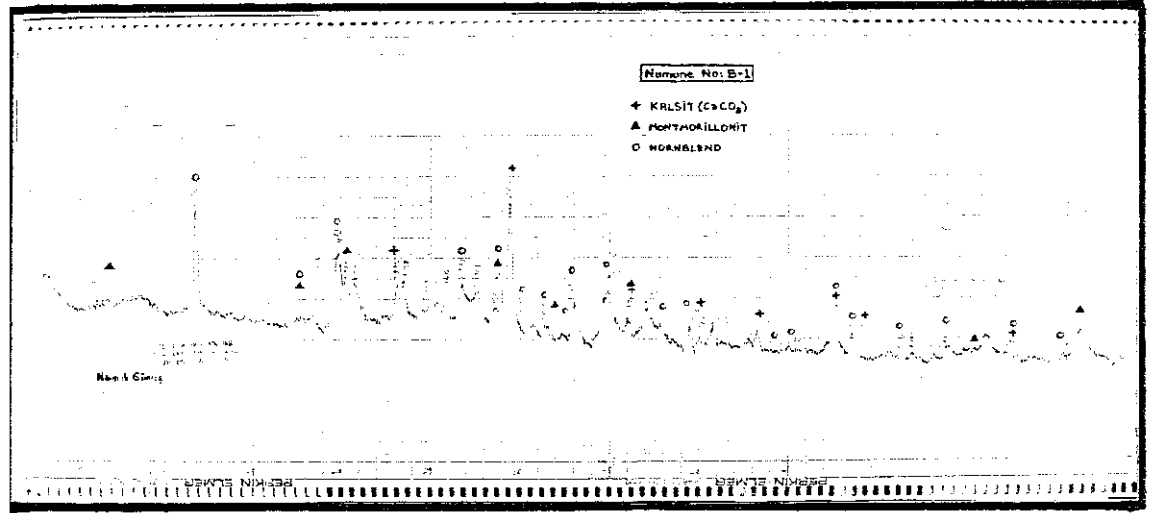


Şekil 24. Kükürtdere'den alınan 12 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

19 No'lu örneğin kimyasal bileşimine bakıldığında demir oranı yüksek altere andezit bileşimli bir kayaç intibanı vermektedir. Ancak sahada ultrabazik bir kayaç izlenimi veren örneğin ultrabaziklerden gabro'ya yakın olduğu fakat Fe^{+3} , Na, Ca ve Mg eksikliğiyle karşılandığı yorumu yapılabilir.

20 No'lu örnek ise sahada bulunan andezitik bileşimli kayaçların kimyasal bileşimiyle uyum içerisindedir. Dolayısıyla kayaç altere andezittir.

B.1 No'lu örnek Keçiborlu kükürt sahalarında her zaman belirgin olan ve cevherleşmenin çoğunlukla içerisinde yer aldığı siyah killi kesimden alınmıştır. Kayacın kimyasal bileşimi ve X-Ray Difraktogramı Çizelge 4 ve Şekil 25' de verilmiştir. Bunlara göre örnekte kalsit, montmorillonit, hornblend belirlenmiş, kimyasal bileşim ise belirgin olarak ilksel kayacı yansıtmamaktadır. Ancak altere andezitik tuf olabilir.



Şekil 25. Kükürtdere'den alınan B.1 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

B.2 No'lu örnek arazi gözlemlerinde altere riyolit olarak tanımlanmışken, kimyasal analizlerinden de anlaşılacağı gibi kükürt cevheri olduğu ortadadır.

3.5.3. Değirmendere

Bu mevkiiden 5 adet yerüstü ve 12 adet yeraltından olmak üzere toplam 17 adet örnek alınmış, bunlardan seçilerek alınan 11 adet örnekte kimyasal analiz ve 4 adet örnekte X.R.D. çekimleri yapılmıştır (Çizelge 5, Şekil 26, Şekil 27, Şekil 28, Şekil 29).

	Y E R Ü S T Ü				Y E R A L T I						
Örnek	Kiltaş1	Aln.kyç	Vo.Cam	Si.Kçt.	Al.Kyç.	Kçt.	Al.Kyç	Cevher	İz.Cev.	Kil	An.An.T
Ör. No.	26	27	28	29	C-1	C-2	C-3	C-5	C-7	C-9	C-11
Oksit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	64.0	11.4	89.5	91.8	28.0	k1.0	15.1	---	---	36.65	51.7
TiO ₂	0.50	0.20	k0.1	2.2	0.8	k0.1	k0.1	---	---	0.50	1.0
Al ₂ O ₃	20.3	34.0	1.35	0.80	22.0	3.60	38.1	---	---	26.4	14.6
Fe ₂ O ₃	4.4	0.70	1.40	k0.5	k1.0	k0.5	0.5	---	---	8.3	9.50
FeO	0.15	0.15	0.25	0.07	2.75	k0.1	0.10	0.25	1.30	0.65	0.60
MgO	0.50	0.20	0.45	0.06	0.07	0.50	0.06	0.15	0.10	0.50	3.10
CaO	0.60	0.20	k0.2	0.20	6.1	52.5	0.70	---	---	0.40	2.30
Na ₂ O	0.10	0.60	0.10	0.07	0.07	0.05	0.25	0.06	0.05	0.10	0.75
K ₂ O	0.80	9.30	k0.1	k0.1	k0.1	k0.1	k0.1	---	---	0.50	3.60
Top.S	---	---	0.52	0.56	---	8.98	---	67.94	86.43	8.12	---
A.Z.	8.50	42.0	3.60	3.00	40.65	44.70	44.10	---	---	24.1	11.30

Aln.Kyç: Alünitleşmiş Kayaç

Al.Kyç : Alüminitleşmiş Kayaç

Vo.Cam: Volkanik Cam

İz.Cev: İzabe Cevher

Si.Kçt.: Silisleşmiş Kireçtaşı;

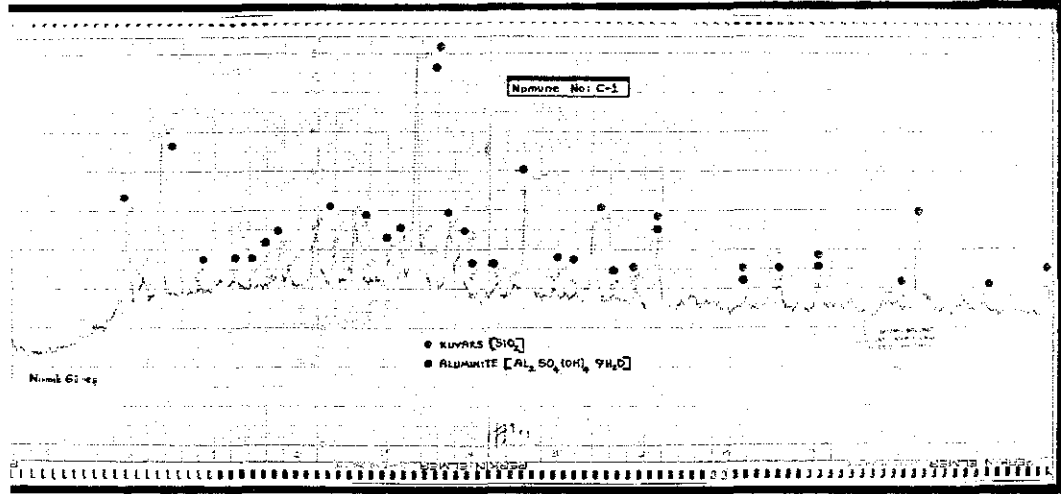
An.An.T: Andezit yada Andezitik Tuf

28 No'lu örnekte arazi gözlemleri ile analiz sonuçları uyuşmuştur. Volkanik camı karakterize etmektedir.

29 No'lu örnek Kumludere'deki altere kireçtaşı olarak alınan örnekle benzer bileşime ve görüntüye sahiptir. Bu örnekle bütününüyle silisleşmiş kireçtaşı olması mümkündür.

C.1 No'lu örnek arazi tanımlamalarına göre yeşil kil olarak belirlenmiştir. Kimyasal bileşimi ile alüminitleşmiş olarak adlandırılabilir. Bu örneğin, kimyasal bileşiminin X.R.D sonuçlarıyla da uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Bu örnek üzerinde yapılan X.R.D. çalışmaları sonucunda Kuvars, alüminit minerallerinin varlığı tesbit edilmiştir (Şekil 28).

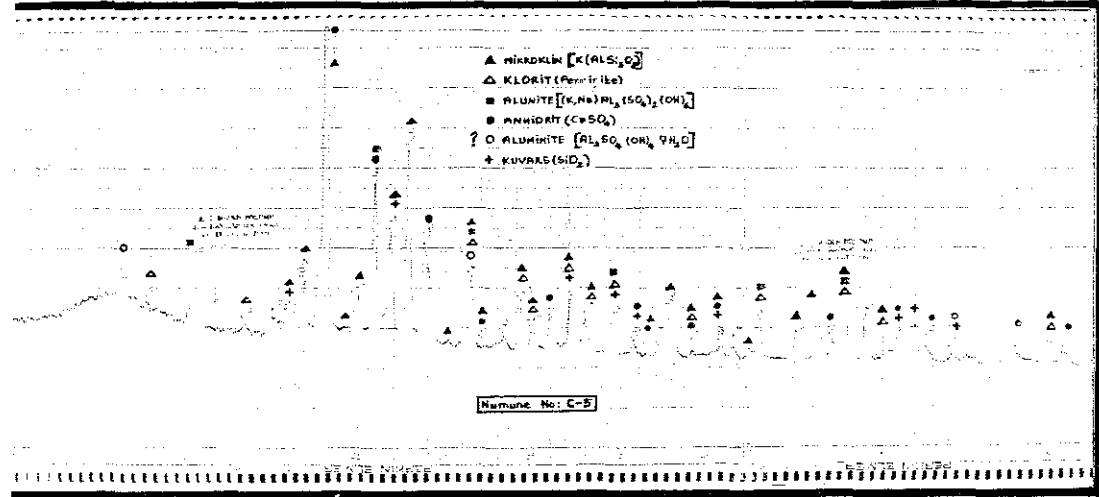


28. Değirmendere'den alınan C.1 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

C.2 No'lu örnek arazi gözlemleriyle uyum içinde olup, kireç taşıdır.

C.3 No'lu örnekte Al_2O_3 oranı çok yüksek olup kızdırma ile oldukça fazladır. Ayrıca SiO_2 oranında % 15'lere kadar vardır. Bu örnekte alüminitleşme mümkün görülmektedir. Bu kayıplar örnek içerisindeki bol miktarda olan kristal ve sülfatın uçmasından kaynaklanmaktadır.

C.5 No'lu örneğin X.R.D. sonuçlarında kuvars, idrit, klorit, alunit, alüminit, mikroklin gözlenmiştir (kil 29). Kimyasal analiz sonucunda ise, kükürt miktarının çok fazla olduğu saptanmıştır.



il 29. Değirmendere'den alınan C.5 No'lu örneğin X-ışınları kırınım grafiği

C.7 No'lu örnek arazi gözlemlerinde izabe cevheri olarak tanımlanmış olup, kimyasal bileşimi de bunu doğrulatmaktadır.

C.9 No'lu örnek arazi gözlemlerinden siyah kil olarak tanımlanmış olup, örneğin analizi de bütünüyle bir kili sınıftadır.

C.11 No'lu örnek arazi tanımlamalarında yeşil kil olarak belirlenmişken, kimyasal bileşimiyle andezit ya da bazaltik tüfe karşılık gelmektedir.

4. Kemertepe, İrepedere, Kokardere

Bu yörelerden toplam olarak 7 adet örnek alınmış olup, bunlardan 4 adedinin kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 6).

elge 6. Kemertepe, İrepdere, Kokardere'den Alınan Örneklerin Kimyasal Bileşimi

MEVKİİ	KEMERTEPE	İREPDERE	KOKARDERE	
Örnek	Si ve Li.K.	An.,An.Tüf	Kil	A.An.Tüf
Örnek No.	21	23	30	31
Oksit	%	%	%	%
SiO ₂	47.5	54.4	38.7	48.6
TiO ₂	0.10	1.40	1.60	1.0
Al ₂ O ₃	1.70	14.15	17.60	19.1
Fe ₂ O ₃	44.10	9.1	12.80	10.6
FeO	0.10	1.30	1.15	1.10
MgO	0.15	2.50	0.30	1.20
CaO	0.90	4.0	1.0	0.3
Na ₂ O	0.06	3.15	1.0	0.30
K ₂ O	0.1	0.60	0.3	2.6
Top.S	0.18	1.95	18.5	---
A.Z.	5.30	7.45	26.60	14.40

ve Li.K.: Silisleşmiş ve Limonitleşmiş Kayaç
 ,An.Tüf : Andezit yada Andezitik Tüf
 n.Tüf : Altere Andezit yada Altere Andezitik Tüf

Bölgeden zuhurların dışında değişik yörelerde (Emertepe, İrepdere, Kokardere) örnekler alınmıştır.

Bu örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre;

21 No'lu örnek silisleşme ve limonitleşmenin birlikte bulunduğu bir örneği temsil etmektedir.

23 No'lu örnek ya bir andezitin yada andezitik tüfün altere olan ve genelde uralitleşme ve kloritleşmeden dolayı siyah renge dönüşüm gösteren kayacı temsil etmektedir.

30 No'lu örnek kimyasal bileşimi ile demirce zengin kilit kile karşılık gelmektedir.

31 No'lu örnek altere killeşmiş andezitik tüfe karşılık gelebilir.

IÇLAR

Keçiborlu Kükürt yatakları çevresinde yapılan bu tırmanın önemli sonuçları şunlardır:

Yörenin stratigrafi birimleri: En altta Dinar üyesini ihtiva eden Eosen yaşlı Isparta Formasyonu, daha üstte Triyas-Jura-Kretase yaşlı Gökçebağ karmaşığı, en üstte Quaterner yaşlı Alüvyonlardır.

Cevher kütlesini veya merkezini genellikle bir veya çok altere kayaçları ihtiva eden bir alan (alterasyon zonu) çevre sarmıştır. Yüzeyden derine doğru bu hale sıralanabilir; Volkanik camlar (Opsidiyen), Limonitleşme, Silisleşme, Killeşme (yeşil, siyah) ve Kükürt, cevherin kesimlerinde de Piritizasyon ve Killeşme ile Altere Andezit, Altere Kireçtaşı ve Altere Ofiyolit gözlenir.

Hale içinde ise her kısmın altere olmuş kayaçlarla düendiği bir alterasyon zonu vardır. Burada izlenen alterasyon türleri ise ; Sülfürleşme, Piritleşme, Opalleşme, Silisleşme, Alüminitleşme, Killeşme (Montmorillonit, Illit) Japonitleşme'dir. Bu zonlanma şekli, Japonya'daki kükürt yataklarının zonlanmasına Mukaiyama (1988) ile farklılıklarına rağmen benzerdir.

Kumludere, Değirmendere, Kükürtdere ve Kokardere çevreleşmelerinin tümünde yan kayaçlardaki değişimler benzer şekilde izlenmiştir.

Yüzeydeki alterasyon türlerinde, kayaçların bazıları temel yapı ve dokularını az çok korumuşlardır.

Bu araştırma sonuçlarının ışığı altında, Keçiborlu Kükürt işlekmesinden elde edilen sahanın 1/5000'lik jeolojik haritasında riolit olarak işaretlenmiş yerlerin, andezit olduğu, asidik tüf olarak belirtilen yerlerin ise andezitik oldukları yapılan incelemelerle saptanmış ve harita buna değiştirilmiştir.

Keçiborlu yöresindeki gaz çıkışlarının halen sürmek te
uğu ve derinlerden gelen $H_2S + CO_2$ 'li getirimler, kükürt
çerisine yerleştiği kayaç topluluklarını etkileyerek
arın minerallerinde bozulmalar meydana getirmekte ve iyon
verişi ile yan kayaç kimyasında değişimler
ekleşmektedir.

Bu değişimler büyük bir olasılıkla kükürt yataklarının
resinde halen de sürmektedir.

LAR

S., Alptekin, U., Şahin, K., 1979, Kimya Sektör Araştırması (Kükürt, Pirit ve Sülfürik Asit) : Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., Yayın No. Kimya 13, İstanbul.

rtine, A., 1968, Manuel De Minéralogie Descriptive, 607 p., Moscou.

n, A., Özkan, G., Köseoğlu, M., 1988, Flüorür'ün Kayaçlardaki Dağılımı ve Bazı Cevher Yataklarının Prospeksiyonunda Kullanılması : Isp. Müh. Fak. Dergisi, Sayı 4, 68 s., Isparta.

ay, N., Erler, A., Savaşçın, Y., Tokel, S., 1984, Jeokimya Temel Kavramlar ve ilkeler : Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Eğitim Dizisi, 210 s., Ankara.

u, H.E., 1976, Petrografi ve Petroloji (Magmatizma) : İ.T.Ü., Müh.Mim.Fak. Yayınları 111, Cilt I, 54 s., İstanbul.

l., Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi Brifing Notları, Yayınlanmamış.

ank, 1991, Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi Müessesesi Föyü, Yayınlanmamış.

c, H., 1984, Türkiye Kükürt Envanteri : Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınlarından, No. 190, Ankara.

koğlu, A., Kuşçu, M., Türker, F., 1988, Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Ekonomik Özellikleri: Akdeniz Univ., Isp. Müh. Fak. Yayınları, No 4, Isparta.

an, M.E., 1986, Burdur Dolayınının Genel Stratigrafisi: Isp. Müh Fak. Dergisi, Sayı 2, 23-36.

NAKLAR (Devam)

- ancı, N., ve Karaman, M.E., 1988, Gölcük (Isparta) Pliyo-sen Volkaniklastik İstifinin Sedimentolojik Özellikleri ve Depolanma Mekanizmaları : İsp.Müh.Fak. Dergisi, Sayı 4, 16.
- cu, M., Gedikoğlu, A., 1990, Isparta Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Jeolojik Konumu: Jeoloji Müh. Dergisi, Sayı 37, Ankara.
- cu, M., 1991, Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller : Ak. Üni., Fen Bilimleri Enst. Yayını, No 2, 27 s., Isparta.
- cu, M., 1992, Kızıldağ (Eğirdir-Isparta) Harzburjitinin Mermer Olabilirliğinin Araştırılması: Türkiye'de Mermer, Sayı 23, 12 s., İstanbul.
- cu, M., Gedikoğlu, A., 1992, Gölbaşı ve Arsenik Zuhurunun Jeolojisi ve Oluşumu : İsp.Müh.Fak., 7. Mühendislik Haftası Tebliği Özetleri Dergisi, 27 s., Isparta.
- on, B., 1966, Principles of Geochemistry (Third Edition): John Wiley & sons Inc., 153 p., U.S.A.
- aiyama, H., 1988, Japonya'daki Kükürt Yataklarının Oluşumu: Tokyo Üniversitesi, Fen Fak. Dergisi, Japonya.
- iner, A.M., Fişekçi, A., Kılıç, İ., Özgünel, E., Ölmez, M., Akıncı, A., Taş, N., 1989, Isparta-Keçiborlu Kükürt Yatakları Maden Jeoloji Raporu : MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- analı, Ö., 1973, Maden Yatakları Oluşumları ve Değerlendirilmeleri: 23, 24 s., İstanbul.
- in, B., 1977, Fizikokimya Dersleri (Sıvılar, Katılar, Çözeltiler ve Fazlar Kuralı) : Ege Univ., Fen. Fak. Kitapları Serisi, No 64, 116, 117 s., İzmir.

AR (Devam)

an, F.J., 1975, Sedimentary Rocks (Third Edition) : The Johns Hopkins University, Baltimore, 396 p., New York.

K., 1985, Keçiborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu ve Yörenin Jeolojisi : Anadolu Üniv., Müh.Mim. Fak. Yayınları, No 22, Eskişehir.

G., 1992, Dereboğazı (Isparta) Yöresi Tras Yataklarının Özellikleri : Akd.Ün., Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, 50 s., Isparta.

, W.N., 1954, The Sülphür Data Book, 3, 10 p., Toronto.

N., 1983, Petrografi - I (Magmatizma) : D.E.Ü., Müh. Mim. Fak. Ders Notları No 7, 36 s., İzmir.

P.M., 1945, Indüstriyel Minerals: Handbook of Mineral Dressing, Section 3, 118 p., New York.

er, T.N., 1973, Special Exploration Technique Miscellaneous Minerals : SME Mining Engineering Handbook, Volum 1, Section 5, 58 p., New York.

Ş

araştırmacı 8.7.1955 yılında Afşin'de doğmuştur. İzmir
Lisesini bitirip, Ege Üniversitesi Kimya
Bölümünde lisans öğrenimini tamamlamış, ayrıca Ege
Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesinden, gerekli eğitim
kuvvamları başararak Pedagoji sertifikası almıştır.

Önce Ege Üniversitesi, daha sonra Dokuz Eylül
Üniversitesi bünyesindeki Maden Mühendisliği Bölümünde 12
yıl çalışmış ve birçok proje ve araştırmada fiili olarak
katılmıştır. 1990 yılında Akdeniz Üniversitesi Isparta
Fak. Maden Müh. Bölümünde çalışmaya başlamış olup, halen
öğretim görevlisi olarak çalışmalarına devam
etmektedir.

1990 yılında Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fak.
Maden Müh. Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başlamış ve
devam etmektedir.

L E V H A L A R

161

LEVHA - A

Foto 1. Alterasyon alanında görülen killeşmelerden bir görünüşü.

Si : Silis

K : Kil mineralleri

Op : Opak mineral

Çift nikol (4 x 10X)

Foto 2. Kireçtaşıda görülen ikincil silisleşmenin görünüşü.

Ka : Kalsit

Q : Kuvars

Op : Opak mineral

Çift nikol (4 x 10X)

Foto 3. Alterasyon alanında görülen limonitleşmenin bir görünüşü.

Li : Limonit

Op : Opak mineral

Tek nikol (4 x 10X)

Foto 4. Alterasyon alanında görülen piritleşmenin bir görünüşü.

Py : Pirit

Q : Kuvars

Çift nikol (4 x 10X)

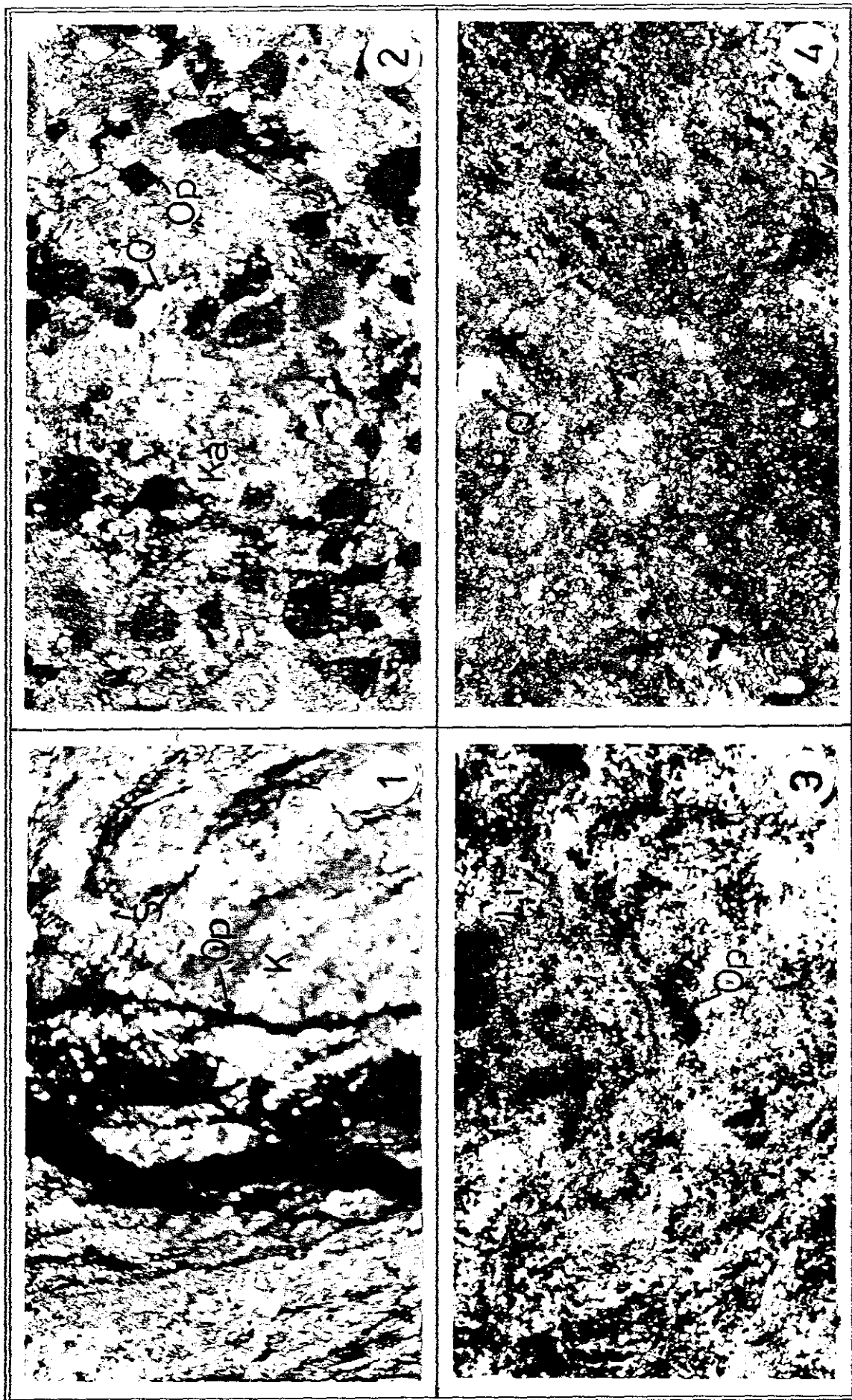


Foto 1. Altere andezitik t f biriminin mikroskoptaki görünüşü.

Çift nikol (4 x 10X)

Foto 2. Altere kireçtaşı içerisinde replase olmuş kükürt mineralinin görünüşü.

R t : Kireçtaşı

S : Kükürt

Çift nikol (4 x 10X)

Foto 3. Altere olmuş bazik kayaç ; kayaçta ileri derecede kloritle me, yer yer de serpantinle me tanınmakta. Kalık olarak olivin ve piroksen kristallerine benzeyen kristaller var. Fakat alterasyon nedeniyle bunların kesin tayinleri yapılamamıştır.

Çift nikol (4 x 10X)