Yrd. Doç. Dr. U. Can ÜNLÜGENÇ
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
01330 Balcalı-ADANA

ÖNSÖZ

Geosound/Yerbilimleri'nin 25. sayısıyla tekrar huzurunuzda olmaktan kıvanç duyuyoruz. Günümüz ekonomik koşullarında devlet desteği olmadan bilimsel bir dergiyi yayınlamak kolay olmamaktadır. Bu sebeble makale başına 6 sayfalık sınır getirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Yazarlarımızın bu konuda bizi anlayışla karşılayacağını ümit etmekteyiz.

Bu sayımızda toplam 17 makale yayınlanmış olup, bunlardan 6 tanesi yabancı dilde hazırlanmıştır. Yabancı dildeki makalelere öncülük tanıdığımızı önceki sayılarımızda belirtmiş ve bu konuda yazarlarımızdan destek istemiştik. Bu makaleler, özellikle dış abonelerimiz için daha yararlı olmakta ve ülkemizde gerçekleştirilen çalışmaların daha geniş bir kitleye duyulmasını sağlamaktadır.

Yerbilimleri/Geosound yurt içinde tüm üniversiteler, yerbilimleri ile ilgili kamu kuruluşları, ilgili odalar, kütüphaneler ve yurtdışındaki çoğu kütüphane ve merkez olmak üzere 90 aboneye gönderilmektedir. Bu kurum ve kuruluşlara ücretsiz gönderilen dergimize kişisel abone olmak da mümkündür. 1995 yılı abonmanı için 400.000 TL 'lik posta pulunu editörlüğümüze ulaştırmak yeterlidir.

26.sayımız Haziran 1995 olarak yayınlanacaktır. Bu sayımıza da yerbilimleri konusunda araştırma yapan değerli araştırmacılarımızın yoğun ilgisinin olacağını bekliyoruz. Fazla sayfalar için katkı payı ödeme zorunluğu doğmasını önlemek amacıyla yazarlarımızın makalelerini 6 sayfayla sınırlamalarını rica ederiz.

Dergimize reklam vererek yayın hayatını sürdürmesine yardımcı olan tüm şirket, firma ve kurumlara teşekkürlerimizi sunar, bu ilginin devamını dileriz.

Yayın Kurulu Adına
Mesut ANIL
Editör

METİN OFSET
Cemal Gürsel Cad. 33/A
Tel.: 359 30 38 ADANA

GEOSOUND

YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Geochemical Properties and Genetical Interpretation of the Igneous Rocks in Sivrihisar - Günyüzü (Eskişehir)
Sivrihisar - Günyüzü (Eskişehir) Yöresi Derinlik Kayaçlarının Jeokimyasal Özellikleri ve Kökensel Yorumu
Yaşar KİBİCİ 1

Alterasyondaki Kimyasal Değişimlerin İncelenmesiyle Kutlular (Sürmene-Trabzon) Masif Sülfit Yatağında Cevher Kütlesinin Saptanması
An Investigation of Kutlular (Sürmene-Trabzon) Massive Sulphide Ore Deposite Using Chemical Changes of Alteration.
Hasan KOLAYLI 13

Adana Baseni Tersiyer İstifi Güvenç Formasyonunun Planktik Foraminifer Biyostratigrafisi
Planktic Foraminifera Biostratigraphy of the Güvenç Formation in Adana Basin
Nimet ÖZÇELİK, Cengiz YETİŞ 21

Pamukluk Barajının (Tarsus) Mühendislik Jeolojisi İncelemesi
Engineering Geological Study of the Pamukluk Dam in Tarsus
Sedat TÜRKMEN, Aziz ERTUNÇ 31

Tarsus - Adana - G.Antep (TAG) Otoyolu, Tünel 2 - Tünel 4 Arasının Mühendislik Jeolojisi
Engineering Geology of Tarsus-Adana and G.Antep (TAG) Motorway Between Tunnel 2 and Tunnel 4
Tamer Yiğit DUMAN 45

Dolomitisation of the Koruk Formation (Cambrian), Amanos Mountains, South Central Turkey
Amanos Dağları Koruk Formasyonunun (Kambriyen) Dolomitizasyonu
Cengiz YETİŞ 61

Geochimie et Pétrogenèse des Gisements de Chromite d'ophiolite de Mersin (Sud Turquie)
Mersin Ofiyoliti Krom Yataklarının Petrojenezi ve Jeokimyası (G.Türkiye)
Servet YAMAN, Fikret İŞLER 77

Yeraltı Madenciliğinde Kullanılan Sayısal Anal İzlerin Değerlendirilmesi
Evaluation of Numerical Methods for Underground Mining Application
M.K. GÖKAY 97

Akışkan Yatak
Fluidised Bed
Fikri KAHRAMAN 107

An Investigation on the Oxidation of Bituminous Coal
Bitümlü Kömürün Oksidasyonu Üzerine Bir İnceleme
Musa SARIKAYA 119

Sert Kayaçların Jeomekanik Özelliklerinin İrdelemesi
An Evaluation on Geomechnical Properties of the Hard Rock Masses
Lütfullah GÜNDÜZ 131

Basic Operations of Cemented Bacfill Technology
Çimentolu Dolgu Teknolojisinin Temel İşlevleri
Lütfullah GÜNDÜZ 143

Yeraltı Madenciliğinde Aydınlatma ve T.K.İ. O.A.L.Çayırhan Müessesesi Genel Aydınlatma Şartları
Underground Mine Lighting and Investigation of the Lighting Conditions of Çayırhan (T.K.İ.) (O.A.L.) Coal Mine
M.Semih YÜKSEK, Gündüz ÖKTEN 155

Evaluation of Drilling and Blasting Operations at Batıçim Limestone Quarries
Batıçim Kireçtaşı İşletmesinde Delme ve Patlatma Çalışmalarının Değerlendirilmesi
Necip TERZİBAŞIOĞLU, Halil KÖSE 165

Linyitlerin Fiziko-Kimyasal Özellikleri
Physico-Chemical Properties of Lignites
Ahmet YAMIK , Islam MUSTAFAEV, Nigar GULİYEVA, Ata AKÇIL 175

Bor Yataklarındaki Killer ile Bazı Güncel Göl Sularındaki Lityum'un Varlığı ve Dağılımı
Occurence and Ditribution of Lithium in the Clays of Borate Deposits and Some Recent Lake Waters, Turkey
Hasan MORDAĞAN, Cavit HELVACI 185

Kuşçular - Belemedik Alanının (KB Adana) Stratigrafisi
Stratigraphy of Kuşçular - Belemedik Area (NW Adana,Turkey)
Doğan USTA , Cengiz YETİŞ 197

YERBİLİMLERİ ARALIK 1994 SAYI 25 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

GEOCHEMICAL PROPERTIES AND GENETICAL INTERPRETATION OF THE IGNEOUS ROCKS IN SİVRİHİSAR - GÜNYÜZÜ (ESKİŞEHİR)

Yaşar KİBİCİ
S.Demirel University, Geology Department, Isparta / Türkiye

ABSTRACT : *The igneous rocks are named as diorite, granite, graniteporphyr and granodiorite. They crop out in the south of Sivrihisar.*

The mineralogy consists mainly of quartz, alkaline feldspar (ortoclase, microcline), plagioclase (oligoclase), biotite, hornblende, epidote, and minör zircon, sphene, apatite, opaque minerals as primary minerals. Chlorite, allanite, zoisite, serisite, and calcite as secondary minerals.

These igneous rocks, however, are traversed by numerous dykes of pegmatite, aplite and diabase. Espeacially, the amount of pegmatite and aplite dykes increase in Kadıncık granite and Dinek graniteporphyr whereas they decrease in Tekören granite and Karacaören granite.

The joint systems and fractures were formed by cooling of the magmatic body during the intrusive complex emplacement. The size of pegmatite and aplite dykes depend on the continuity of fracture. The igneous rocks have two different joint systems. The regional fracture strikes of them are NW-SE and NE-SW, and they dip to the NE and SW at angles varying between 55 to 65 degrees. The thickness of pegmatites and aplites vary between them 5 cm. to 70 cm. Besides, the dykes of diabase have different structure and texture. They are always at N-S direction.

In this study, the petrological, petrographical, mineralogical, chemical and geochemical properties of the igneous rocks have been researched. For this purpose, fiftheen samples have taken from different type igneous rocks of investigated area, some samples of them have been collected and studied in thin sections in order to research the petrographical properties. The chemical properties have also been determined in the laboratory.

The diagrams of Y - Nb, (Y+Nb) - Rb have been used to explain the discrimination boundaries (ORG), (VAG), (WPG) and syn- COLG. As a result of this investigation, the igneous rocks which is located in the investigated area belt have the same geochemical

characteristics. According to these results, the igneous rocks are characterized I-type, volcanic arc (VAG). In other words, it may be claimed that according to their mineralogical-petrographical, geochemical properties and some trace elements of the study areas igneous rocks show similarities to volcanic arc granitoids.

SİVRİHİSAR - GÜNYÜZÜ (ESKİŞEHİR) YÖRESİ DERİNLİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KÖKENSEL YORUMU

ÖZET : *İnceleme alanındaki derinlik kayaçları, diorit, granit, granitporfir, granodiyorit bileşimindedir ve Sivrihisar'ın güneydoğusunda geniş alanlarda mostra verirler.*

Mineralojik bileşiminde; kuvars, alkali feldspat (ortoklas, mikroklin), plajiyoklas (oligoklas), biyotit, hornblend, epidot grubu ve az miktarda zirkon, sfen, apatit ve opak mineral bulunur. Klorit, allanit, zoizit, serisit ve kalsit ise kayaç içindeki sekonder minerallerdir.

Derinlik kayaçları, sayısız miktarda pegmatit, aplit ve diyabaz dayklarıyla kesilir. Genellikle, pegmatit ve aplit daykları Kadıncık graniti, Dinek granitporfiri içinde artarken, Tekören graniti ve Karacaören graniti içinde azalmaktadır.

Çatlak sistemleri ve kırıklar intrüzif kompleksin yerleşimi ve magmatik kütlenin soğuması esnasında gelişmiştir. Pegmatit ve aplit dayklarının boyutları çatlakların sürekliliğine bağlıdır. Derinlik kayaçları, farklı iki çatlak sistemine sahiptir. Bölgesel olarak çatlak doğrultuları, KD-GB ve KB-GD, genel eğimleri de KD,GB yönünde olup 55-65° arasındadır. Pegmatit ve aplit damarlarının kalınlıkları ise 5-70 cm.dir. Bunun yanısıra, diyabaz daykları ise farklı yapı ve dokudadır. Doğrultuları daima K-G istikametindedir.

Bu çalışmada, Sivrihisar- Günyüzü yöresi derinlik kayaçlarının petrolojik, petrografik, mineralojik, kimyasal ve jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, inceleme alanındaki derinlik kayaçlarından 15 adet örnek alınmış , kimyasal ve jeokimyasal özellikleri laboratuvarda belirlenmiştir. Aynı çins örneklerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin araştırılması için mikroskopta incekesit çalışmasıda yapılmıştır.

Y - Nb, (Y+Nb) - Rb ve diyagramları (ORG), (VAG), (WPG) ve COLG sınırlarını belirlemek için kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, inceleme alanında yüzeylenen derinlik kayaçları aynı jeokimyasal karakteri göstermektedir. Bu sonuçlara göre, derinlik kayaçları I- tipi , volkanik yay (VAG) granitoyidi şeklindedir. Diğer bir değişle, bu kayaçlar, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ve bazı iz element içerikleri açısından volkanik yay granitoyidlerine benzerlik gösterir.

1. INTRODUCTION

The Günyüzü igneous rocks are composed of four major different igneous suites-Kadıncık granite (diorite, granite), Dinek graniteporphyr (graniteporphyr), Tekören granite (granodiorite I) and Karacaören granite (granodiorite II) - They cover the area of approximately 50 square kilometers. These rocks are situated in the south-east of the Sivrihisar (Eskişehir) intrusive complex (see Figure 1-2).

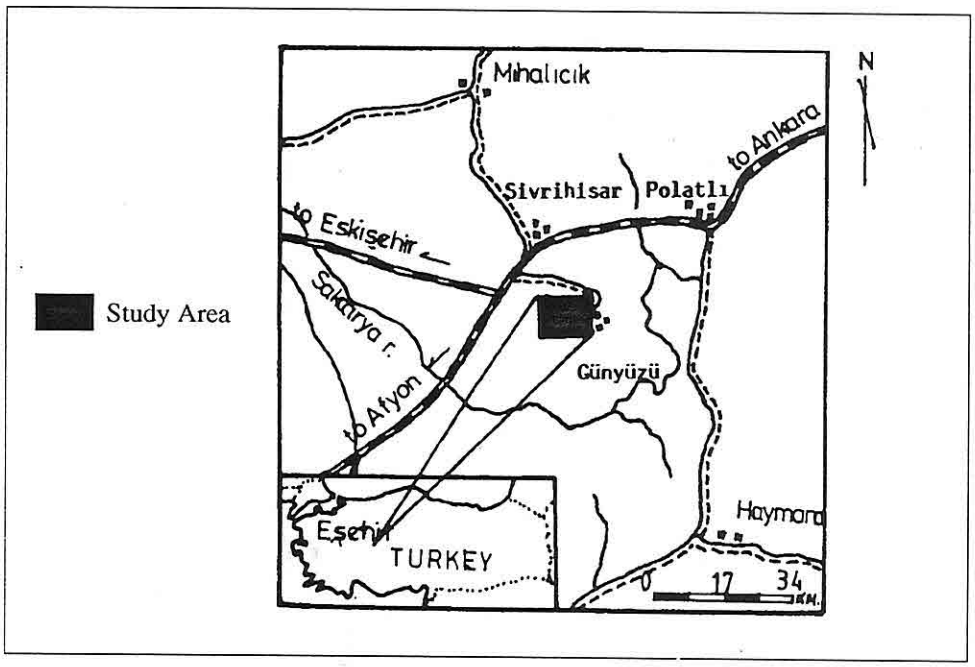


Figure 1. Location map

This study includes the geological, mineralogical, petrographical and geochemical properties of the igneous rocks, the ANKARA J 27-a1, a2, a3 and ANKARA J 27-b4 topographic map, in the scale of 1/25.000.

The field work has been conducted by Kibici et all. (1993) from September 10 th to September 30 th, 1991. During this period, an area of approximately 500 square kilometers has been investigated in the scale of 1/25.000. After working in this area, granitoid belt has been worked again in detail by the author. The samples for chemical and geochemical analyses have also been selected carefully.

The laboratory work consists of preparation and determination of thin section. The interpretation has been based on more than 100 thin sections. In addition, major and some trace element chemical analyses are made on 14 samples of igneous rocks and 4 samples of pegmatites, 1 sample of diabase (see Table.1).

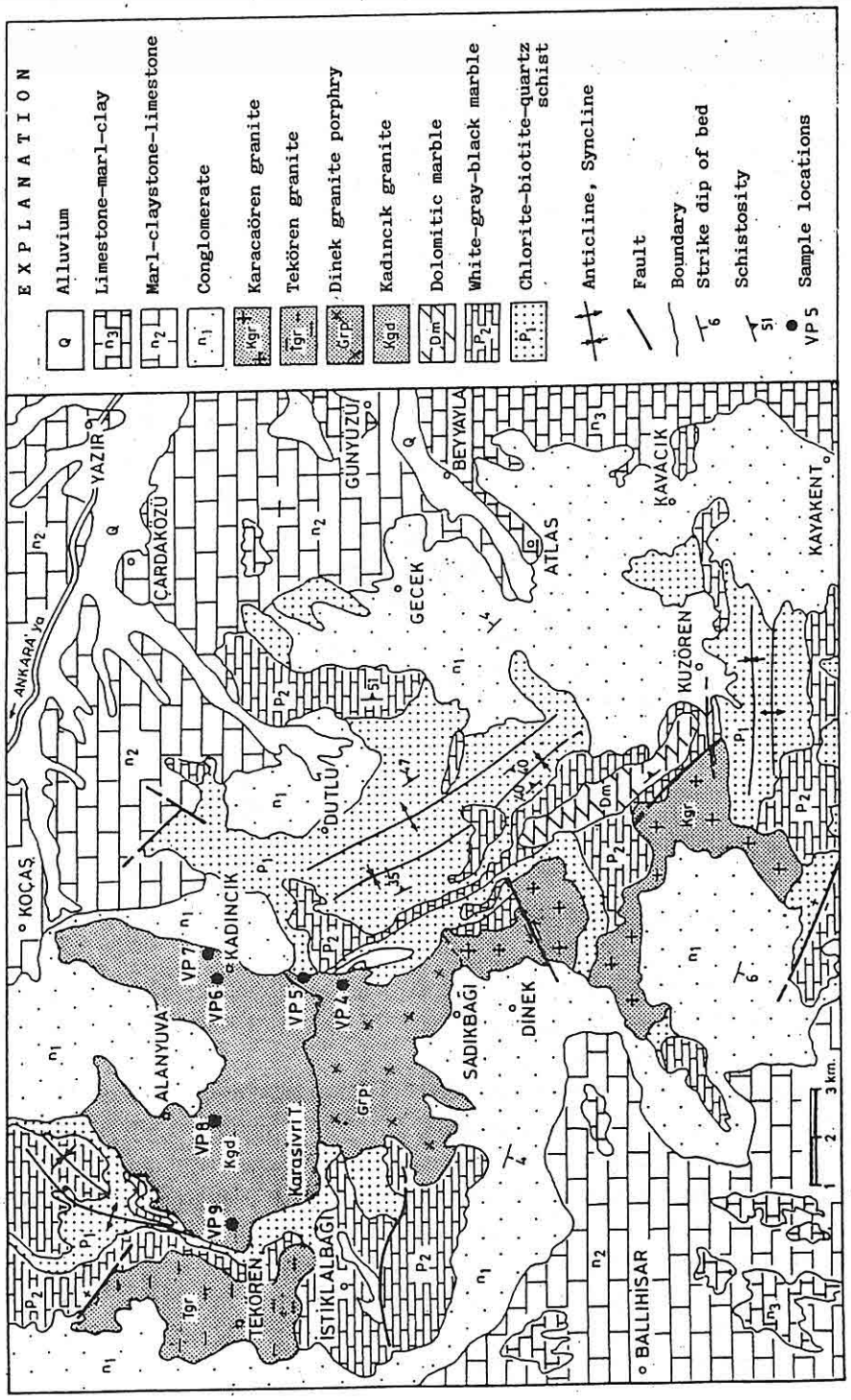


Figure 2 Simplified geological map of the study area (Kibici, et all, 1992)

Table 1. Major and trace element analyses result of the igneous rocks in the investigated area.

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	K.K.	Toplam	
K.G.D.1	67.00	16.85	2.69	0.07	1.11	3.35	5.16	3.16	0.32	0.14	0.61	100.46	KADINCIK GRANİTE
K.G.D.3	67.71	16.44	3.46	0.07	0.83	3.04	4.87	2.72	0.31	0.10	0.46	99.98	
K.G.D.5	67.59	16.67	2.91	0.07	0.94	3.65	4.97	2.48	0.32	0.12	0.39	100.10	
K.G.D.5A	67.27	16.91	2.50	0.07	0.91	3.39	5.02	2.92	0.31	0.10	0.41	99.83	
G.R.P.1	66.80	16.89	2.30	0.06	1.02	3.41	5.33	3.12	0.31	0.11	0.37	99.73	DİNEK GRANİTEPORHRY
G.R.P.2	60.67	17.54	4.93	0.12	1.98	5.37	5.31	2.76	0.55	0.28	0.45	99.96	
G.R.P.3	60.91	17.92	4.52	0.11	1.82	5.21	5.59	2.66	0.50	0.26	0.46	99.97	
G.R.P.4	68.40	16.48	1.98	0.06	0.83	3.07	5.14	3.10	0.30	0.10	0.48	99.94	
G.R.P.5	65.76	17.06	3.00	0.08	1.28	3.69	5.22	3.03	0.34	0.16	0.43	100.04	TEKÖREN GRANİTE
T.G.R.1	64.56	17.14	3.70	0.07	1.83	4.21	4.74	2.76	0.42	0.20	0.39	100.02	
K.G.R.1	52.43	16.17	6.87	0.12	5.53	8.29	4.18	1.85	0.92	0.18	3.48	100.02	KARACAÖREN GRANİTE
K.G.R.1A	69.01	15.72	2.51	0.10	0.78	3.52	4.06	3.04	0.29	0.08	0.60	99.71	
K.G.R.2	68.96	16.82	2.27	0.11	0.63	4.27	4.45	1.66	0.23	0.05	0.64	100.10	
K.G.R.3	67.82	16.12	3.30	0.09	0.88	4.14	3.78	2.61	0.36	0.13	0.64	99.87	
K.G.R.4	67.14	16.46	3.52	0.11	0.94	4.32	3.91	2.56	0.40	0.14	0.80	100.29	PEGMATITE
V.P.4	76.33	13.83	0.34	0.01	0.00	0.95	4.83	3.46	0.04	0.00	0.25	100.04	
V.P.5	74.22	14.72	0.44	0.02	0.00	1.16	4.79	4.23	0.06	0.00	0.14	99.77	
V.P.6	73.19	15.02	0.21	0.01	0.00	0.42	2.66	8.30	0.06	0.00	0.20	100.08	
V.P.7	75.03	14.43	0.41	0.06	0.00	0.87	4.34	4.69	0.05	0.00	0.24	100.12	

	Cr	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr	Ba	La	Ce	Nd	Cl	S
K.G.D.1	14	13	23	10	7	48	93	1038	10	46	19	18	163	1322	33	63	27	28	56
K.G.D.3	12	7	22	9	7	44	86	894	7	34	17	83	153	1241	22	42	16	17	67
K.G.D.5	18	8	22	10	5	34	76	941	5	38	17	39	172	1405	19	58	18	24	63
K.G.D.5A	22	8	21	9	6	48	92	986	6	38	15	59	162	1165	22	52	27	0	51
G.R.P.1	21	11	23	8	7	57	15	980	9	41	11	49	130	899	13	38	20	42	55
G.R.P.2	24	29	24	16	10	49	100	1331	39	91	26	81	246	571	93	172	60	40	66
G.R.P.3	21	24	24	15	8	52	94	1383	35	84	24	77	228	617	89	167	64	1	59
G.R.P.4	20	6	23	8	8	66	147	881	8	42	10	46	113	692	16	38	20	5	56
G.R.P.5	19	13	23	9	6	54	104	1171	11	59	15	55	144	892	36	78	37	28	62
T.G.R.1	20	12	22	8	10	31	72	1062	5	89	18	54	142	1359	22	54	19	40	51
K.G.R.1	163	40	18	12	67	15	63	465	4	181	23	59	123	622	4	40	22	108	62
K.G.R.1A	10	6	18	9	3	21	105	407	12	47	19	48	138	779	22	32	21	41	46
K.G.R.2	10	7	21	5	3	12	53	405	3	30	15	53	125	540	5	40	18	49	46
K.G.R.3	10	4	17	9	3	17	73	427	10	43	22	53	162	711	16	58	81	54	47
K.G.R.4	9	5	19	10	4	17	85	416	10	60	22	56	130	607	16	38	20	62	49
V.P.4	11	2	20	4	3	72	185	286	8	0	4	14	35	143	6	21	13	28	50
V.P.5	14	11	25	5	3	111	247	205	0	6	6	11	43	81	4	10	16	0	45
V.P.6	19	2	18	2	3	106	274	353	0	12	2	11	16	287	0	6	16	4	46
V.P.7	14	0	29	15	2	119	251	79	5	3	15	14	60	33	0	3	8	12	43

This paper is documented and discussed aspects of the field geology, petrography, geochemistry and the origin of the igneous rocks. Although small portions of the area were studied previously by Weingart (1954), Erdinç (1978), Kibar et all.(1992), Kibici et all.(1992), Kibici et all.(1993), Kibici et all.(1994).

2. GENERAL GEOLOGY

The oldest lithological unit in the investigation area is the Paleozoic aged metamorphic rocks. These rocks are composed of gneiss - garnetschist - biotiteschist - quartzschist - calcschist and marble. They have named by their index minerals. Some of the biotiteschist and calcschist are squeezed in among the various marbles. In other words, they are parallel to the schistosity. These marbles can be distinguished by their colours and structures. The marbles in the mapped area are divided into two groups. The dolomitic marbles extend in NW-SE direction. The white, gray and black marble crop out around Kocaş and Atlas (see, Figure.2).

Different types of metamorphic rocks occured as a result of different conditions. They have also different structures and textures.

The metamorphic unit is cut by the Mesozoic aged intrusive complex. The rocks of the granitoid belt crop out at the south of Sivrihisar in large. The intrusive complex is probably connected to the intrusive massive occuring around Sivrihisar. The igneous rocks are further divided into four groups. From the oldest to youngest rocks are as follows; Kadıncık granite (Kgd), Dinek graniteporphyr (Grp), Tekören granite (Tgr) and Karacaören granite (Kgr). The four different types of igneous rocks were occured under different conditions. The predominant rock types in the granitoid belt are variety of Kadıncık granite which can be distinguished from one another by grain size and texture.

In order to explain the petrographical properties of the igneous rocks, 100 thin section have been determined thoroughly. As a conclusion of this investigation, these rocks consist mainly of quartz, alkaline feldspar (orthoclase, microcline), plagioclase (oligoclase), biotite, hornblende, epidote, and minor zircon, sphene, apatite, opaque minerals as a primary minerals, chlorite, allanite, zoisite, serisite and calcite as secondary minerals. Felsic minerals decrease whereas mafic minerals increase towards the diorite part of the body. In hand specimens, the diorite and granite consist of some pieces of enclaves in the west of the investigated area. These enclaves have mafic character .

These igneous rocks are traversed by numerous dykes of pegmatite, aplite and diabase in different directions. Especially, the amount of pegmatite, aplite dykes increase in Kadıncık granite and Dinek graniteporphyr whereas they decrease in the Tekören granite and Karacaören granite.

The microscobic investigation shows that, these pegmatites consist mainly of alkaline feldspar (orthoclase, mikrocline), plagioclase (albite, oligoclase), quartz, and minor hornblende, biotite, muscovite, epidote as primary minerals, chlorite and calcite as secondary minerals.

The joint systems and fractures were formed by cooling of the magmatic body during the intrusive complex emplacement. The size of pegmatite and aplite dykes depend on

continuity of fracture. The igneous rocks have two different joint systems. The regional fracture strikes of the igneous rocks are in NE-SW and NW-SE. They dip to the NE and SW at angles varying between 55-65 degrees. The thickness of pegmatite and aplite dykes are between 5 cm and 70 cm. Besides, the dykes of diabase have different structures and textures. They are always in N-S direction.

The igneous and metamorphic rocks are uncomformably overlain by the conglomerate (n_1), claystone-limestone-marl-gypsum (n_2), limestone-marl-claystone (n_3) sequence in Pliocene age. The series are named as " The formation of Günyüzü".

The conglomerates occur at the bottom of this formation. These conglomerates consist essantially of a mixture of schist and granites pebbles. They overlain on the igneous and metamorphic rocks in somewhere of the investigated area. The bedding of the formation is subhorizantal and the degrees of dip are not much more than 10 degrees.The dips of the strata are consistently to different direction varying between 3 and 10 degrees. As viewed from the south, (n_2) series can be seen that gypsyum layers have been thickened in some parts.

The Quaternary aged alluvium, composed of loose sand-clay-gravel pebbles overlies the Pliocene deposites as a thick layer in the some sections. These alluviums can be observed in the stream beds in NE-SW direction.

3. GEOCHEMISTRY

3.1 Geochemical properties of the igneous rocks

In this paper, the author will attemt to show that the mineralogy and the geochemistry of the igneous rocks can be succesfully used to characterize the genetical interpretation.

Nineteen rock chip samples have been collected from the different igneous rocks of Günyüzü (Eskişehir) from outcrops and road cuts. Rock samples generally were fresh without any obvious surface weathering. Sample powders were pelletized and analyzed by X-ray flourescence for trace elements (see. Table.1) using ARL 8420 spectrometer. Instruments setting and procedures described by Dr. John A. Winchester.

The element pairs K-Rb, K-Ba and Ca-Sr, respectively, have similar ionic properties. Therefore, Rb and Ba are usually incorporated in K-bearing minerals such as K-feldspar and biotite, and Sr is usually found in Ca- bearing minerals such as plagioclase. Rb contents increase in the melt fraction during fractional cyristalization due mainly to the larger ratios of Rb relative to K resulting in higher bond energy between K and O than between Rb and O. Thus, K is preferenttially removed, while Rb tends to concentrate in residual melts (Ekwere, 1985).

Sr has a slightly greater ionic radius than Ca. During late magmatic differantiation

culminating in hydrothermal processes (Holland, 1972). Sr is depleted relative to Ca (Turekian and Kulp, 1956). Thus, the geochemical behavior of Rb and Sr indicates that they have a greater sensitivity to magmatic processes than K and Ca (Ekwere, 1985).

Our investigation shows that the igneous rocks of the study area have high concentration of K, Rb, Sr, Ba, Zr, NB, Th, Rb/Sr, and a low concentration of K/ Rb and Sr/Ba. According to the CaO-Na_2O-K_2O triangle diagrams, the igneous rocks occur in the granodiorite, diorite, tonalite area. The passage is gradual (Figure 3).

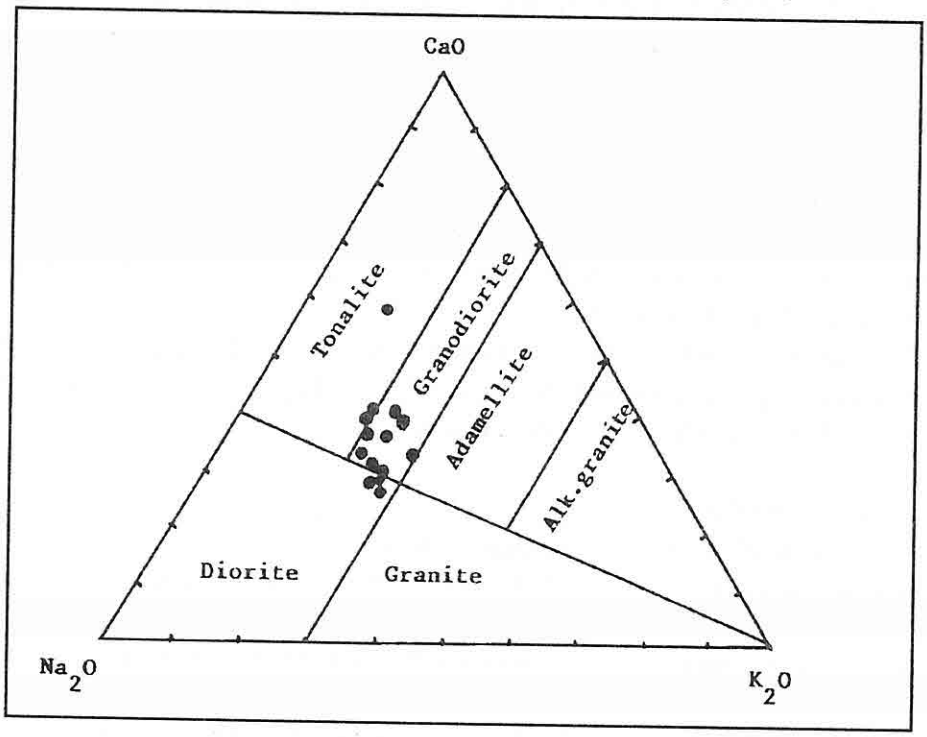


Figure 3. CaO - Na_2O - K_2O Diagram of igneous rocks in the investigated area.

3.2. Genetical interpretation of the igneous rocks

The discrimination of the igneous rocks are based on the major and minor element chemistry. Various discrimination plots are presented in illustrating the different tectonic environments.

Granitoids maybe subdivided according to their intrusive setting into four main groups- ocean ridge granitoids (ORG), volcanic arc granitoids (VAG), within plate granitoids (WPG) and collision granitoids (COLG) - and the granitoids within each group maybe further subdivided according to their precise setting and petrographical characteristics.

Discrimination of ORG, VAG, WPG and COLG is most effective in (Y-Nb)-Rb and (Yb-Ta)-Rb space, particulary on projections of Yb-Nb, Yb-Ta. Discrimination boundaries, though drawn empirically, can be shown by geochemical modelling to have a theoretical basis in the different petrographic histories of various granitoids (Pearce et all., 1984).

The mineralogical and major element classification generally make poor discriminants because they rely on only a few variables, none chosen for the purpose of the tectonic classification. The classification into S-type, I-type, A-type, and M-type granitoids is difficult to apply because there are no well-defined boundries between these granitoid types.

Chappell and White (1974) proposed a genetic subdivision of granitoid's rocks into those extracted from igneous protolits. (I-type) and those extracted from sedimentary protolits (S-type).

A quite different type of granitoid classification can be constructed in analysing the large number of chemical analyses of granitoids from the well-defined tectonic setting (Pearce et al., 1984).

Our investigation shows that, the igneous rocks are the volcanic arc granitoids (VAG). These rocks can vary in setting calc-alkaline according to chemical properties, plotting diagrams and geochemical analysis results (Figure 4).

The igneous rocks from the volcanic arc setting vary significantly and systematically in their major elements and mineralogical characteristics. The igneous rocks predominantly in the diorite, granite and tonalite fields on diagram , have hornblende as principal ferromagnesian mineral. Granitoids have hornblende and biotite as their characteristic ferromagnesian mineral and generally belong to "calc-alkaline" (Pearce et all., 1984).

According to petrographical investigation.; biotite hornblende, epidote; minör sphene, zircon, apatite, opaque minerals have occured in the igneous rocks as a primery minerals.It is necessery to know the mineral paragenesis in the rocks in order to distinguish I-type and S-type granitoids. The occurence of the biotite, hornblende, small amount of sphene, apatite and zircon is a good indicator fór I-type granitoids. The garnet minerals and cordierite may occur in the S-type granitoids. Our investigation area of igneous rocks have no garnet and cordierite minerals. It represents I-type granitoids.

If the granitoids have some basic origin enclaves, they must be I-type granitoids. The igneous rocks of Günyüzü includes also enclaves in the west of the investigation area. It is not far from Kocaş village.

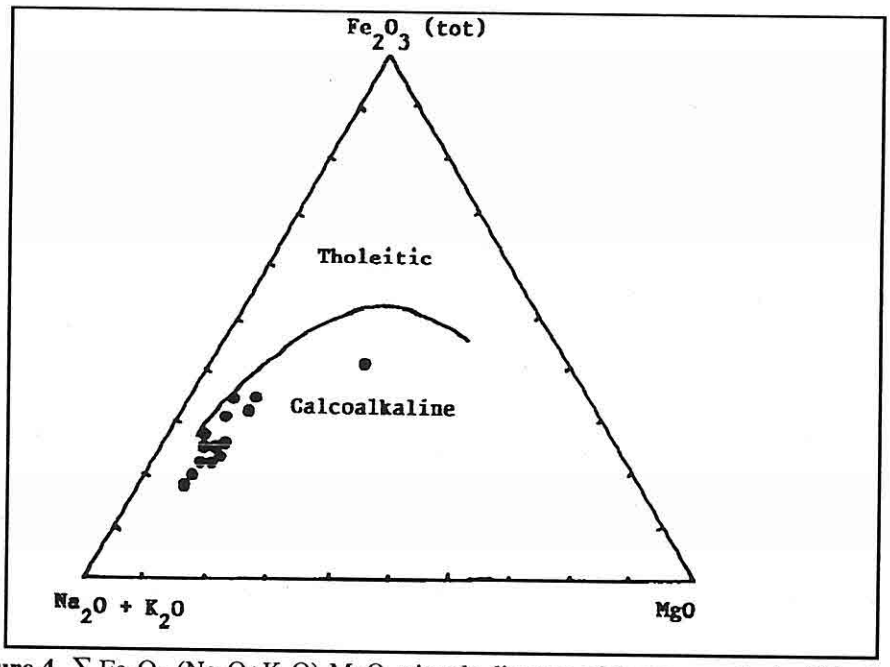


Figure 4. Σ Fe_2O_3-(Na_2O+K_2O)-MgO triangle diagram of igneous rocks in Günyüzü (Pearce et all., 1984).

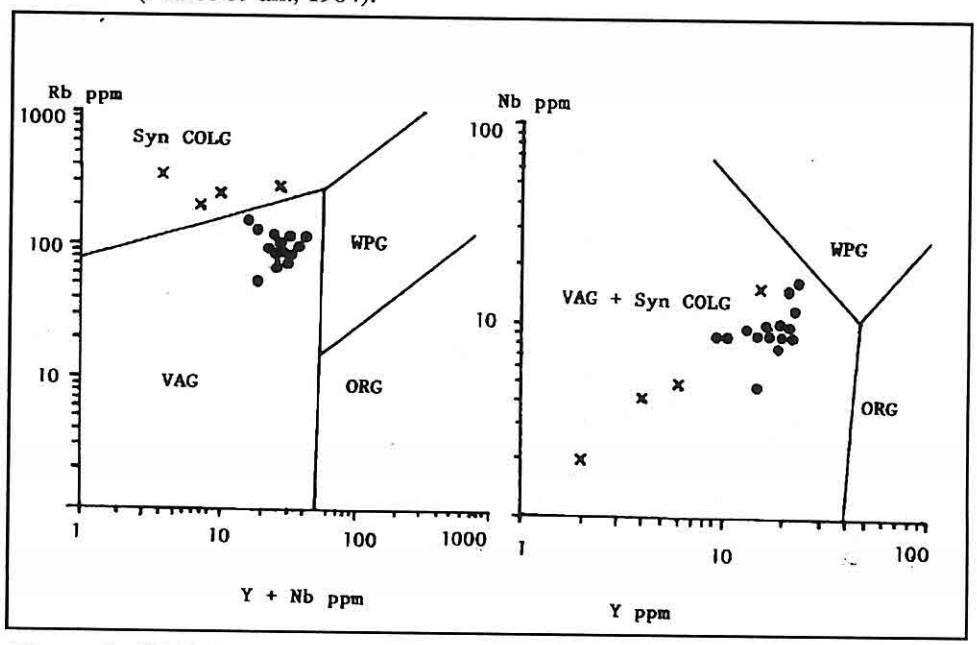


Figure 5. (Y+Nb)-Rb Diagram of igneous rocks.

Figure 6. Y-Nb Diagram of igneous rocks (Boztuğ, 1988).

x: pegmatites • : igneous rocks

Pearce et all., (1984) have proposed a tectonic classification of granitoids based on discrimination diagram using Rb, Y, Nb, Yb and Ta data. Plots of our data- which are taken from the investigated area- on their (Y+ Nb)-Rb and Y-Nb diagrams show that most of the samples- belong to this study- are clearly classified as volcanic arc granitoid (Figure 5, 6).

4. CONCLUSIONS

1. The petrographical, petrological, mineralogical chemical and geochemical properties of the igneous rocks have been researched.
2. Nineteen samples (includes pegmatites) have been taken from different types of igneous rocks in the investigated area. Some collected samples have been carried out in a research of the petrographical properties based on thin sections.
3. The chemical properties of the igneous rocks have also been examined in the laboratory.
4. CaO-Na_2O-K_2O triangle diagram has been used in order to name all igneous rocks. According to this diagram, the igneous rocks were named diorite, granite and granodiorite. In addition, Fe_2O_3(tot)-(Na_2O+K_2O)-MgO triangle diagram has been prepared in order to explain the magma type. According to this result, the igneous rocks of Günyüzü have the calc-alkaline character.
5. The diagram of Y-Nb and (Y+Nb)-Rb have been used to explain the discrimination boundary ORG, VAG, WPG and COLG. As a result of this investigation, the igneous rocks which are located in the granitoid belt have same geochemical characteristics.
6. The igneous rocks show similarities to volcanic arc (VAG) granitoids.

5. ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank Dr. John A.Winchester for making all analyses about our investigation.

6. REFERENCES

Boztuğ,D., Granitoyidler, TJK Yerbilimleri serisi eğitim dizisi, (Jeokimya ortamlar), 93-176, Ankara, 1988.

Chappel,BW. & White,A,J,K., Two contrasting granite types. Pasific Geol.8. 74-173, 1974.

Collins,W,J., Bearns,S.D, White.A,J,R & Chappel,B,W., Nature and origin of A-Type granites with particuler refernce to Southeastern Australia. Contr. Miner. Petrol. 10. 189-200, 1982.

Ekwere,J.S., Li, F and Rb contents and Ba/Rb and Rb/Sr ratios as indicators of postmagmatic alteration and mineralizatioin in the granitic rocks of the Banke and Ririwai younger Granite complex, Northern Nigeria, Mineral Deposita, 20, 89-93, 1985.

Erdinç,H., Sivrihisar kristalin masifinin jeolojisi ve petrografisi İ.Ü. Fen Fak. (Doktora tezi) İstanbul, 1978.

Holland,H.D., Granites, solution and base metal deposites, Econ. Geol.67. 281-301, 1972.

Kibar,M. et all., Sivrihisar intrüzif kompleksi ve civarının jeoloji ve petrografisi, T.J.Kurultayı Bülteni. 7, s: 71-78, Ankara, 1992.

Kibici,Y., Yılmaz,K., Bozcu,M., Yalçın,A., Kumral,M., Sivrihisar (Eskişehir) - Günyüzü - Koçaş yöresinin jeolojisi, Isparta Müh.Fak.VII. Müh. Haftası tebliğ özetleri, s: 40, Isparta, 1992.

Kibici,Y., Yılmaz,K., Bozcu, M., Yalçın, A., Kumral, M., Sivrihisar (Eskişehir) -Günyüzü-Koçaş yöresinin jeolojisi ve petrografisi, Akdeniz Ün. Isparta Müh. Fak. dergisi, sayı: 7, s: 45-63, Isparta, 1992.

Kibici,Y., Dağ,N., Özgenç,I., Sivrihisar (Eskişehir)-Günyüzü granitoid kuşağının mineralojik ve petroğrafik özellikleri, Yerbilimleri, GEOSUND, sayı:23, s: 97-113, Adana, 1993

Kibici,Y., Dağ,N., Özgenç,I., Sivrihisar (Eskişehir)-Günyüzü granitoid kuşağının jeokimyasal özellikleri ve kökensel yorumu, 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Tebliğ Özetleri, S: 61, Ankara, 1994.

Pearce,A.J. et all., Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Geology, Vol.25, part.4, p.956-983, 1984.

Turekian,K.I. and Kulp,J.I., The geochemistry of strontium. Geochim. Cosmoshim. Acta 10.245-296, 1956.

Whalen,B.J., Currie and Bruce W.,Chappell, A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Min. Petrol, 95, 407-419, 1987.

Weingart,W., 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeolojik haritalarının korelasyon raporu, M.T.A. Ens. Genel Müd. (arşiv), Ankara, 1954.

ALTERASYONDAKİ KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİYLE KUTLULAR (SÜRMENE-TRABZON) MASİF SÜLFİT YATAĞINDA CEVHER KÜTLESİNİN SAPTANMASI

Hasan KOLAYLI
K. T. Ü. ,Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye

ÖZET: *Kutlular maden yatağı dasitik tüfler üzerinde yer alan masif sülfit tipte bir yataktır. Pirit-kalkopritten oluşan cevher üzerine andezitik-bazaltik lavlar ve bunların üzerine de valkano-sedimanter seri gelir. Cevher kütlesi etrafındaki değişik kayaçlar içerisinde cevherleşmeden dolayı alterasyon zonları gelişmiştir. Bu alterasyonlar dıştan içe doğru kaolenleşme, serisitleşme ve silisleşmedir. Yapılan jeokimyasal çalışmayla cevhere doğru yaklaştıkça Na_2O, MgO değerleri azalmaktadır. K_2O ve özellikle K_2O/Na_2O değerlerinde cevhere yaklaştıkça belirgin bir artış tespit edilmiştir.*

AN INVESTIGATION OF KUTLULAR (SURMENE,TRABZON) MASSIVE SULPHIDE ORE DEPOSITE USING CHEMICAL CHANGES OF ALTERATION

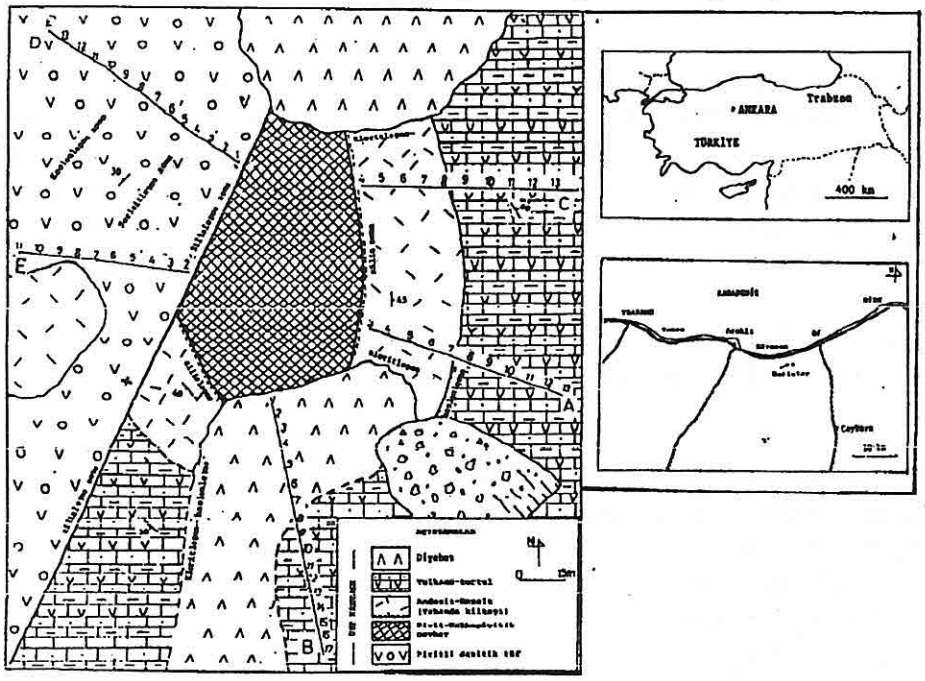
ABSTRACT: *Kutlular ore deposite is a massive sulpide type ore deposite which is underlined by dacitic tuffs. Andesitic-bazaltic lavas overly the ore deposit and they are covered by volcano-sedimentary serie. Several alteration zonations are developed around the ore deposits as a results of ore deposition. These alterations zones from outer to inner zone, of kaolinization, sericitization and silicification. Geochemical data suggest that Na_2O and MgO in the surrounding rocks decrease toward the massive sulphide deposit. In contrast K_2O and the ratio of K_2O/Na_2O increase toward the ore deposite.*

1. GİRİŞ

Kutlular maden yatağı Sürmene (Trabzon) ilçesinin güney doğusunda ve ilçeye 10 km uzaklıkta yer alır (Şekil 1). Halen Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) tarafından kalkopirit-pirit için açık işletmeyle üretim yapılan ocaklar 1983 yılında işletmeye açılmıştır.

MTA ve KBİ tarafından 1974 yılından itibaren 40 dan fazla sondaj yapılmıştır. Sondaj verilerinden hareketle Kutlular masif sülfit yatağının bakır için işletilebilecek rezervinin 1,4 milyon ton, bakır tenörünün ortalama %1,5, pirit rezervinin ise 10 milyon ton olduğu belirlenmiştir (Yıldız, 1988). Cevher kütlesi tabanı düz, ince kenarlı bir mercek şeklinde olup, kuzey ve güney sınırları genç dayklarla parçalanmıştır.

Doğu Pontid Kuzey zonu olarak bilinen Doğu Karadeniz bölgesi sahil şeridi önemli bir bakır provensini oluşturmaktadır (Aslaner, 1977). Hopa'dan Samsun'a kadar 50-70 km genişliğindeki bu alanda Murgul (Artvin), Çayeli (Rize), Tirebolu (Giresun), Kutlular (Trabzon) gibi bilinenler yanında bilinmeyen yatakların varlığı da bilimsel bir gerçektir. Ancak, bölge topoğrafyasının son derece engebeli olması bol nemden dolayı kalın bitki ve toprak örtüsü bu tip yatakların aranmasında çok önemli engelleri oluştururlar. Cevher kütlesi etrafındaki yan kayaçlarda görülen ayrışmanın cevhere uzaklığına bağlı kimyasal değişimini inceleyen bu çalışmanın Kutlular gibi masif sülfit yataklarının aranmasında özellikle sondaj aşamasında yararlı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 1. Kutlular masif sülfit yatağının yer bulduru ve jeolojik haritası(A,B,C,D ve E örnek profillerini göstermektedir).

2. MADEN SAHASININ GENEL JEOLOJİSİ

Kutlular cevherleşme sahasında, cevher kütlesinin taban kayacını oluşturan dasitik lav ve piroklastlar cevherleşme sahası dışında yüzeylenen Alt Kretase yaşlı ve spilitlerin hakim olduğu Alt Bazik Seriyi (ABS) keserek yüzeylenmişlerdir. Cevherleşme sahasında yaklaşık 5 km çapında bir dom şeklinde yüzeylenen dasitik lav ve piroklastların merkezi kısmında lavlar, kenar kısımlarında piroklastlar hakimdir. Cevher kütlesi, Gelincik domu olarak adlandırılan bu dasitik domun kuzey yamacında bulunur (Aslaner, 1977 ; Pejatoviç, 1979). Cevher sahasında yer alan dasitik piroklastlar bolluk sırasına göre kaolenleşme, limonitleşme, silisleşme ve kloritleşme gösterirler (Şekil 1).

Pirit-kalkopiritten oluşan cevher kütlesi, altta bulunan dasitik piroklastlar üzerine uyumlu olarar oturur. Yaklaşık 30-40m'lik bir dekapajdan sonra açığa çıkmıştır.

Cevher kütlesinin üzerine gelen ince kiltaşı örtüsü 1-1,5m kalınlığında olup oldukça silisleşmiştir. Kiltaşı üzerine oturan bazaltik - andezitik karakterli lav ve piroklastlar 30m den fazla kalınlığa sahip olup cevhere yakın kısımlarında silisleşme diyabaz dayklarına yakın kısımlarında ise kloritleşme gösterirler.

Bazaltik andezitik lav ve piroklastların üzerine uyumlu olarak oturan volkano-tortul seri genelde dasitik tüfit karakterli olup, yer yer kırmızı kireçtaşı, marn ve kiltaşı seviyelerini ardışıklı olarak içerir. Cevherleşme sahasında 50 m den fazla kalınlığa sahip olan bu seri iki sekansa ayrılmıştır. Birbirinin hemen hemen aynı karakterde olan her iki sekans dasitik tüfitlerle başlayıp, kırmızı kireçtaşlarının hakim olduğu seviyelerle son bulurlar. Yer yer kaolenleşme, fay hattına yakın alanlarda ise bolca silisleşme gösterirler. Kırmızı kireçtaşlarında bulunan Globotruncana fosillerine dayanarak Senoniyen yaşlı oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla cevherleşmenin yaşının Senoniyon veya öncesi olduğu kabul edilir.

Cevherleşme sahasındaki daha genç oluşuklar, Senoniyen sonrası gelişen diyabaz dayklarıdır. Bunlar 4-5 dekarlık bir alanda dekapaj yapıldıktan sonra yüzeylenmişlerdir. Cevherle olan dokanakları uyumsuz olup, cevheri oldukça parçalamışlardır.

3. CEVHERLEŞMENİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Genelde pirit, daha az oranda kalkopiritten oluşan cevher kütlesi tabanı düz ince kenarlı bir mercek şeklindedir. KG doğrultusundaki boyu 110, DB doğrultusundaki genişliği 60-70, kalınlığı 30 m dir. Cevher kütlesinin tabanı 20-25° ile KD'ya dalımlıdır. Kuzey ve güney sınırları diyabaz damarlarıyla parçalanmış olup batı sınırı K20D doğrultulu normal bir fayla sınırlıdır (Şekil 1).

Cevher kütlesi genelde masif karakterlidir. Ancak merceğin üst seviyelerine ve kenarlara doğru taneli; taban ve fay hattı civarına doğru da stokwork yapıya dönüşür. Genellikle yeşilimsi sarı renkli olan cevher kütlesi en üst seviyelerde çok az sfalerit ve tetraedrit mineralleri içerir. Sementasyon ürünü olarak kovellin ve bornit, gang

mineralleri olarak bol kuvars (özellikle kenar ve tavan kısımlarında) ve nadiren barit, oksidasyon zonu mineralleri olarak da malakit, azurit ve limonit bulunur.

Mineralojik zonlanma, dokusal zonlanmaya paralellik gösterir. Merceğin taban ve orta kısımlarında kalkopirit/pirit oranı en yüksek seviyelere ulaşırken, üste ve kanarlara doğru bu değer giderek azalır.

4. ÖRNEK ALIMI ve ANALİTİK YÖNTEM

Üst yüzeyi bir antiklinali andıran cevher üzerindeki örtü kayaçları ile ve yan kayaçlardan ışınsal ve sistematik örnekler alınmıştır. Örtü kayaçlarından 3 profil boyunca (A,B ve C profilleri), cevherin batı kenarını sınırlayan faydan itibaren dasitik tüflerden de 2 profil (D ve E profilleri) boyunca sistematik örnek alınmıştır (Şekil 1).

A ve C profilleri cevherin üst yüzeyine dik, B profili ise cevherin üst yüzeyine yaklaşık 45° eğiktir. D ve E profilleri de yatayla 40-45°'lik açı yapacak şekilde alınmıştır. Profillerdeki tüm örnekler arasındaki uzaklık 4m kot farkı olarak seçilmiştir.

Araziden yaklaşık 100'er gram alınan örnekler 105°C de kurutularak rutubetleri alınmış, daha sonra da 80-100 mesh boyutunda öğütülmüşlerdir.

Analizler, atomik absorbsiyon spektrometresinde, teflon bombası $HF+H_3BO_4$ çözündürme tekniği ile yapılmıştır (Tokel, 1985). Teflon bombası içerisinde öğütülmüş örnekten 0,5 gr alınmış, üzerine 0,5 ml agua regia ilave edilerek bütün tozların ıslanması sağlanmıştır. Daha sonra 2 ml derişik hidroflorik asit lastik enjektör yardımıyla eklenmiş ve reaksiyon otoklavı etüvde 110°C de 30 dakika ısıtılmıştır.

Otoklav oda sıcaklığına geldikten sonra çözeltiye 2 gram ince öğütülmüş borik asit ve 5-10 ml su ilave edilerek fazlalık HF nin cam kaba zarar vermemesi sağlanmıştır. Daha sonra bu çözelti, içerisinde 10-20 ml su bulunan 50 ml 'lik cam şişeye aktarılmıştır. Borik asitin tamamen çözünmesi sağlandıktan sonra şişe, hacmine tamamlanarak sulandırma faktörü 1000 olan çözelti elde edilmiş olur.

5. ALTERASYON ZONLANMASI VE KİMYASAL DEĞİŞİMLER

Masif sülfit yataklarının en önemli özelliklerinden biri cevheri saran alterasyon zonunun karakteristik oluşudur. Bu durum daha ziyade taban kayaçlarında gözlenmesine karşın, bazan çok ideal olarak tavan ve yan kayaçlarda kendini gösterir. Kutlular yatağında cevher kütlesine yaklaştıkça kaolenleşme, serisitleşme ve silisleşme artmaktadır.

Silisleşme cevhere yakın birkaç metrelik zonda ve cevherin batı kenarını sınırlayan fay boyunca (yaklaşık 200 m boyunda ve 20-30 m genişliğindeki bir alanda) belirgin bir şekilde görülür. Serisitleşme, genelde silisleşmeye eşlik etmekle birlikte hakim olarak

cevher kütlesinden uzak 40-150m uzaklıktaki alanlarda görülür. Kloritleşme daha çok bazik kayaçlar içerisinde ve özellikle diyabaz damarlarının yüzeylenme gösterdiği alanlarda bulunur. Cevher kütlesi etrafında görülen bu alterasyon zonlanmasına kimyasal değişimlerin de az çok paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

6. K_2O DEĞERLERİNİN DEĞİŞİMİ

Maden sahasında 5 profil boyunca alınan örneklerin hemen hepsinde cevhere yaklaştıkça K_2O değerlerinde artış mevcuttur (Şekil 2).

Cevher kütlesi üzerinde yeralan andezitik bazaltik lavların üst seviyelerinde bu değer % 0,12-0,15 iken cevhere yaklaştıkça birkaç kat artarak % 0,65 -1,20 ye kadar yükselir (A ve C profilleri). A profilinde lavlar üzerine gelen tortul sekansların herbirinde cevhere yaklaştıkça artış görülürken, B profilindeki tortul seride bu artış net değildir. Bu durum, daha genç ve sağlam yapılı olan diyabaz daykının tampon görevi görmesinden kaynaklanabilir.

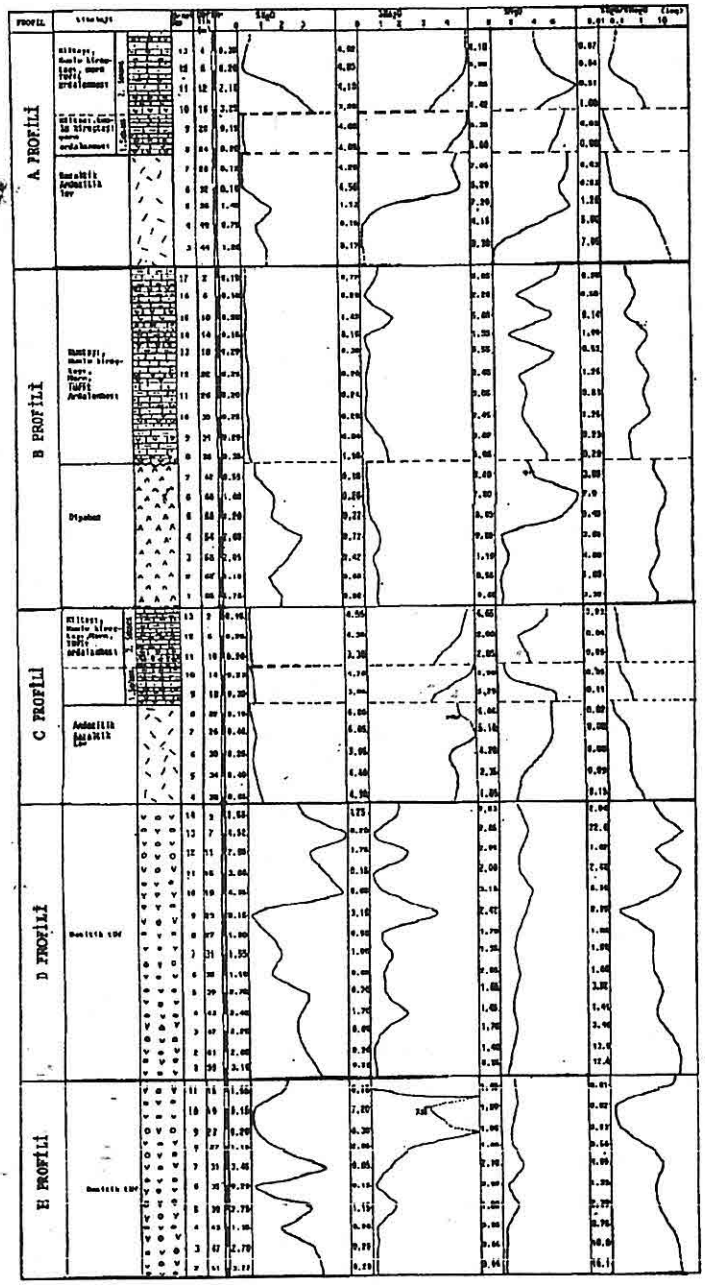
Diyabaz daykındaki K_2O değeri cevhere yaklaştıkça belirgin bir artış gösterir. Profil üzerinde, cevher kütlesine en yakın ile en uzak nokta arasında 2,5 kat fark vardır (B profili).

Dasitik tüflerdeki K_2O değerleri ortalama olarak andezitik-bazaltik lavlardan 4 kat, diyabaz daykındaki değerlerden de 2 kat fazladır. Bu durum, sözkonusu kayaçların içinde yer yer %5'e varan potasyumlu feldispattan kaynaklanır. Dasitik tüflerin yüzeye yakın kısımlarında sözkonusu değerlerde dalgalanma mevcuttur. Ancak bu değerler cevher kütlesine yakın 30 m'lik bir zonda cevhere yaklaştıkça 20 kat artmaktadır (D profili).

7. Na_2O DEĞERLERİNİN DEĞİŞİMİ

Genel anlamda bu değer cevhere yaklaştıkça azalmaktadır. Bu durum A ve C profilindeki tortul kayaçlarda ve lavlarda, E profilindeki dasitik tüflerde kendini net olarak gösterir. B hattında hemen hemen tersi bir durum mevcuttur.

A profilinde bazaltik-andezitik lavlarda cevhere 20 m uzaklıktaki bir zonda Na_2O değerlerinde yaklaşık 25 kat azalma vardır. Ancak C profilinde bu azalma az belirgindir. E profilinde cevhere 30 m uzaklıkta sözkonusu değer % 7,2 iken cevherin kontağına yakın bir yerde yaklaşık 35 kat azalarak 0,2'ye düşmektedir. D profilinde yüzeye yakın kısımlarda Na_2O değerinde dalgalanma mevcuttur. Ancak cevhere 30 m uzaklıktaki bir zonda cevhere yaklaştıkça 10-15 kat azalma mevcuttur. B profilinde diğer profillere nazaran tersi bir durum mevcuttur. Bunu da diyabaz dayklarına bağlamak mümkündür.



Şekil 2. Cevher üzerinden ve yan kayaçlardan alınan A,B,C,D ve E profillerindeki K_2O Na_2O,MgO ve K_2O/Na_2O değerlerinin derinlikle değişimleri.

8. MgO DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM

Örneklerdeki MgO değerleri oldukça değişken olmakla beraber cevhere yaklaştıkça yer yer azalma göstermektedirler. Tortul birimlerdeki (A,B,C profilleri) değerler oldukça değişkendir. Diyabaz ve andezitik-bazaltik lavlardaki azalma net olarak kendini gösterir. Ancak dasitik tüflerde sözkonusu değerlerdeki azalma çok az belirgindir.

9. K_2O / Na_2O ORANININ DEĞİŞİMİ (a)

Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre cevhere yaklaştıkça en belirgin değişimi (B profili hariç) potasyum oksitin sodyum oksite oranı vermektedir (a).

A ve C profilinde volkano-sedimanter istifte her bir sekansta bu değerler net olarak artmaktadır (Ancak bu değişimi sadece cevhere bağlamak hatalı olabilir. Çünkü volkano-sedimanter seri içindeki kayaçlar homojen değildir). B profilinde sözkonusu bu değer oldukça değişkendir.

A profilinde andezitik-bazaltik lavlarda a değeri cevhere yaklaştıkça net olarak (235 kat) artmaktadır. C profilindeki bu artış hızı daha azdır (7 kat).

Dasitik tüflerde yüzeye yakın kısımlarda a değeri oldukça değişken olup, cevhere yakın 30 m 'lik bir zonda 250 (D profili) ile 800 kat (E profili) artar. Diyabaz içindeki a değeri hemen hemen sabit olup 3 ile 5 arasında değişir.

10. JEOKİMYASAL SONUÇ

Kutlular masif sülfit yatağında yaptığımız jeokimyasal incelemelerde cevher kütlesine yaklaştıkça K_2O değerlerinin genelde artmasına karşın Na_2O ve MgO değerlerinde genelde azalma mevcuttur. Kuroko tipi masif sülfit yataklarında yapılan benzer bir çalışmada cevher kütlesine yaklaştıkça K_2O nun yanında MgO değerlerinin de arttığı Na_2O değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Marcotte and David,1981). Ancak her iki tip yatakta cevhere yaklaştıkça benzer olarak K_2O/Na_2O değerlerinde belirgin bir artış mevcuttur.

11.TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm hocalarım Prof.Dr.Mustafa ASLANER ve Prof. Dr. Selçuk TOKEL'e içtenlikle teşekkür ederim.

12. KAYNAKLAR

Aslaner, M. 1977, Türkiye Cu-Pb-Zn yataklarının jeolojik ve bölgesel sınıflamasıyle plaka tektoniği yönünden incelenmesi, KTÜ, Trabzon

Marcotte, D. and David, M. 1981, Target definition of Kuroko type deposits in Abitabi by discriminant analysis of geochemical data, CIM Bull, Canada.

Pejatoviç, S. 1979, Pontid tipi masif sülfit yataklarının metalojenezi , MTA yayın no:177, Ankara.

Tokel, S. 1985, Silikat ve sülfitlerin teflon basınçlı kabında çabuk çözündürülmesiyle atomik absorbsiyon spektrometresinde analizleri, KÜ dergisi, Cilt 4, Trabzon.

Yıldız, S. 1988, Kutlular (Sürmene) masif sülfit yatağının rezerv, tenör ve cevher zenginleştirme açısından irdelenmesi, Master tezi, KTÜ, Trabzon, (Yayınlanmamış).

YERBİLİMLERİ ARALIK 1994 SAYI 25 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

ADANA BASENİ TERSİYER İSTİFİ GÜVENÇ FORMASYONUNUN PLANKTİK FORAMİNİFER BİYOSTRATİGRAFİSİ

Nimet ÖZÇELİK ve Cengiz YETİŞ
Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, başlıca şeyl yapılışlı Güvenç formasyonunun Adana baseninde maksimum kalınlığa eriştiği Karaisalı-Güvenç-Kuzgun (2113 m) ve Çukurköy (108 m) ölçülmüş stratigrafi kesitlerinden yararlanılarak planktik foraminifer biyostratigrafisi ortaya konmaya çalışılmaktadır. Derlenen örneklerden 24 planktik foraminifer türü tanımlanmış olup,* ***Globigerimoides trilobus, Praeorbulina glomerosa curva, Orbulina suturalis, Globorotalia mayeri*** *zonları belirlenmiştir. Bu zonlar, birimin Burdigaliyen-Serravaliyen zaman aralığında çökelmiş olduğunu göstermektedir.*

PLANKTIC FORAMINIFERA BIOSTRATIGRAPHY OF THE GÜVENÇ FORMATION IN ADANA BASIN

ABSTRACT : *This study is based on planktonic foraminifera, reveals the biostratigraphical subdivisions of the Güvenç Formation which croping out around Karaisalı-Güvenç-Kuzgun (2113 m) and Çukurköy (108 m) areas in tle northern part of the Adana basin. Twenty-four planktic foraminifer species have been identified and assigned to* ***Globigerimoides trilobus, Praeorbulina glomerosa curva, Orbulina suturalis, Globorotalia mayeri*** *biozones. Fossil contenet and these biozones show that the Güvenç Formation were deposited during Burdigalian-Serravalian.*

1. GİRİŞ

Çalışma alanı; Adana baseninin kuzeybatı kesiminde yeralmaktadır (Şekil 1). Adana baseni, kuzeyde Toros orojenik dağ kuşağı, batıda Ecemiş Fay Kuşağı, doğuda ise Amanos Dağları ile sınırlanmıştır. Adana baseni, Tersiyer istifi Güvenç formasyonunun planktik foraminifer biyostratigrafisini belirlemek üzere birimin yüzeylediği Kozan N34-a_4 ve Kozan N34-d_1 paftalarında ölçülen Karaisalı-Güvenç-Kuzgun ve Çukurköy kesitlerinden derlenen toplam 217 örnekte; planktik foraminiferler perhidrol (H_2O_2) yöntemi kullanılarak yıkanıp, ayıklanmış ve tanıtımları yapılmıştır.

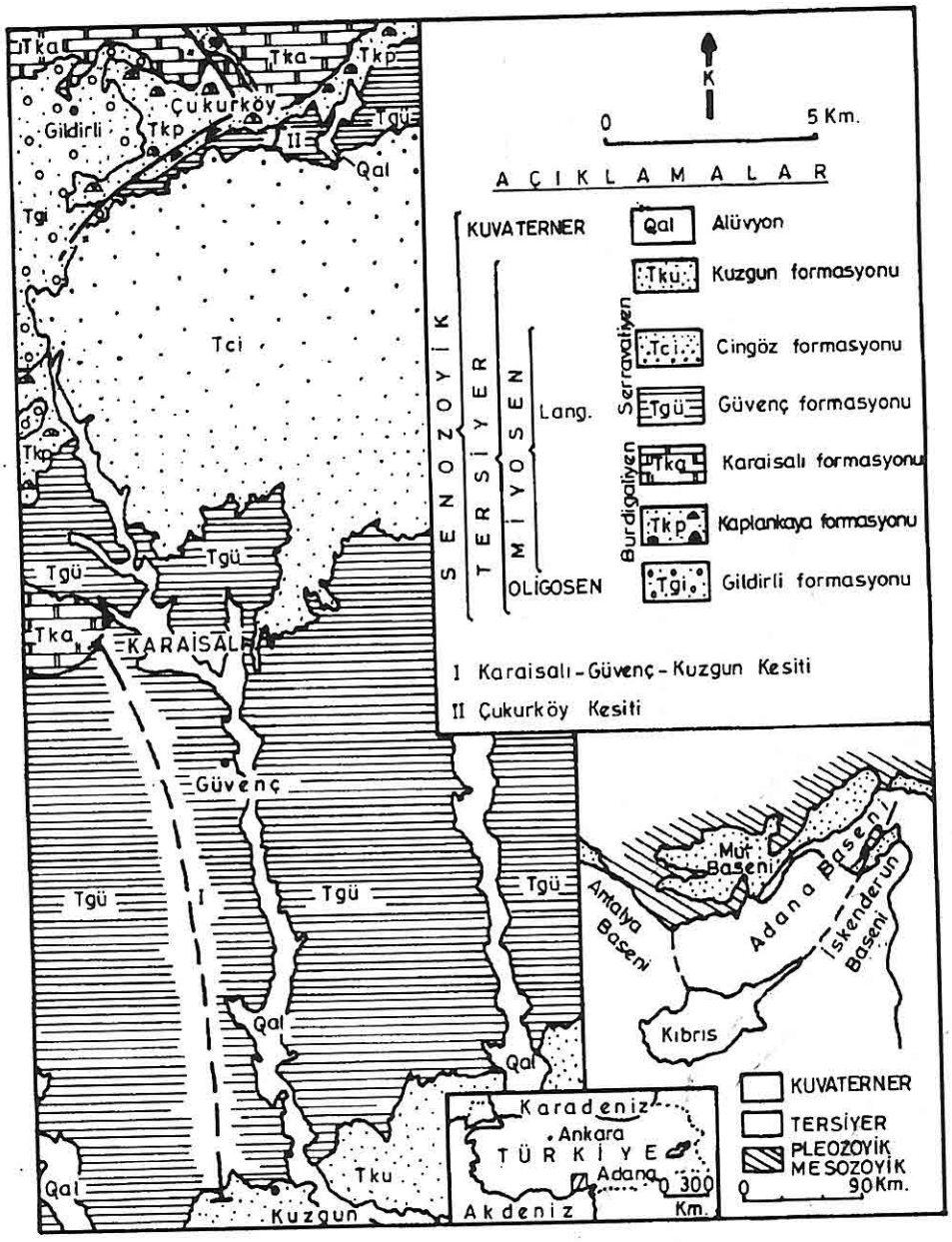
Bölgede daha önce Schmidt (1961), Öztümer ve diğ. (1974), İlker (1975), Nazik (1983), Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından çalışmalar yapılmış olup birime Langhiyen-Serravaliyen yaşı uygulanmıştır.

2. STRATİGRAFİ

2.1. Litostragrafi

Adana baseninde temeli Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı karbonatlar ile ofiyolit karmaşığı oluşturmaktadır (Yetiş, 1978; Lagap, 1985; Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç, 1986). Oligosen-Pliyosen zaman aralığında çökelen Tersiyer istifi; Paleozoyik-Mesozoyik temelin oluşturduğu engebeli topoğrafya üzerinde açısal uyumsuz olarak karasal Gildirli formasyonu ile başlamaktadır. İstif, transgresif döneme ait Kaplankaya, Karaisalı, Cingöz, Güvenç formasyonları ile devam edip regresif döneme ait Kuzgun ve Handere formasyonları ile son bulmaktadır. Tersiyer istifi üzerine Kuvaterner'e ait taraça-kaliçi gelmektedir.

Bu çalışmada şeyl yapılışlı Güvenç formasyonunun planktik foraminifer biyostratigrafisi ele alınmaktadır. Schmidt (1961) Cingöz formasyonunun tabanında Köpekli şeyl üyesi ile Karaisalı ve Cingöz formasyonlarının üzerinde Güvenç şeylini ayırtlamıştır. Yetiş (1988) bölgede Köpekli şeyli ile Güvenç şeylini Güvenç formasyonu adı altında incelemiştir. Birimin Gildirli-Karaisalı-Kuzgun alanında biri Cingöz formasyonunun güneyinde, diğeri kuzeyinde olmak üzere iki büyük yüzleği bulunmaktadır. Birincisinde birim; resifal nitelikli Karaisalı formasyonu üzerinde uyumlu olup başlıca yeşilimsi gri renkli, az belirgin laminalı, küresel ayrışmalı ve kıymıksı kırıklı şeyl yapılışlıdır (Şekil 1). İstifin taban kesiminde silttaşı-ince kumtaşı arakatmanları gözlenmekte olup, bunlar genellikle sarımsı kahverengimsi gri renkli, sert-sağlam yapı gösterirler. As yuvarlak-küt köşeli kuvars, radyolarit, ofiyolit tanelerinden oluşan çapraz laminalı ve taban yapılarının gözlendiği arakatmanlar istifin orta kesimlerinde oldukça seyrektir. Paralel laminalı silttaşının tane boyu yukarıya doğru incelerek koyu yeşilimsi-siyahımsı gri renkli şeyle geçmektedir. Kalın şeyl düzeyleri içerisinde kavkı kırıntıları ile piritli kesimler dikkati çekmektedir. Birimin üst seviyelerinde kaba kırıntılılar ince kırıntılılardan daha fazladır ve gevşek tuturulmuş, dağılgan, kavkı kırıntıları içeren keskin tabanlı, paralel laminalı, bol bitki kırıntılı,



Şekil 1. Adana baseni kuzey kesiminin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Yetiş-Demirkol 1986'dan alınmıştır).

kumtaşı yeralmaktadır. Yoğun oksidasyon ile yer yer limonitleşmeli, aşınmalı taban ile başlayan sarımsı-kırmızımsı renkli, çok kalın katmanlı, maksimum tane boyu 1 cm'ye ulaşan ince çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşan Kuzgun formasyonu Kuzgun üyesinin karasal kırıntılıları Güvenç formasyonunun üzerinde uyumludur (Yetiş ve Demirkol, 1986;Yetiş ve diğ., 1986; Yetiş, 1988).

Güvenç formasyonunun bu kesitte resifal nitelikli Karaisalı formasyonu üzerinde yeşilimsi-gri renkli şeyl yapılışlı olması, orta kesimlerde ise seyrek-ince kumtaşı-silttaşı arakatmanlı şeylin hakim olması, resifal ortamdan resif ilerisi ve derin denizel (basen) fasiyesine geçişi, piritleşmenin gözlenmesinin ise aneorobik ortam şartlarında çökelmenin olduğunu, üst kesimlerde kaba kırıntılı oranının artarak karasal nitelikli Kuzgun formasyonuna geçişi, ortamın sığ denizel fasiyese geçtiğini ifade etmektedir.

Kuzeydeki Çukurköy kesitinde Güvenç formasyonu; sığ denizel-plaj nitelikli kırıntılı-kırıntılı karbonatlardan oluşan Kaplankaya formasyonu üzerinde yanal ve düşey geçişli bulunmaktadır (Şekil 1). Genellikle açık yeşilimsi gri-siyahımsı koyu gri renkli şeyl yapılışlı olan birim dayanımsız, belirgin katmansız, kıymıksı kırıklı ve yer yer çok ince kumtaşı ve silttaşı arakatmanlıdır. İnce kumtaşı-silttaşı arakatmanları kahverengimsi gri-koyu gri renkli, paralel laminalı olup yassılaşmış küçük, ince gastropod kavkıları içermektedir. İstifin alt seviyelerinde başlayan piritleşme üst kesimlere kadar devam etmektedir. Tavan kesiminde kahverengimsi-gri renkli, maksimum tane boyu 8 cm'e erişen, başlıca as yuvarlak, küt köşeli, kireçtaşı, radyolarit, ofiyolit ve kuvarsitten türeme tanelerden oluşan Cingöz formasyonunun, türbiditik çökellerini karakterize eden kalın katmanlı kötü boylanmalı konglomeratik seviye Güvenç formasyonunu üzerlemektedir (Şekil 1).

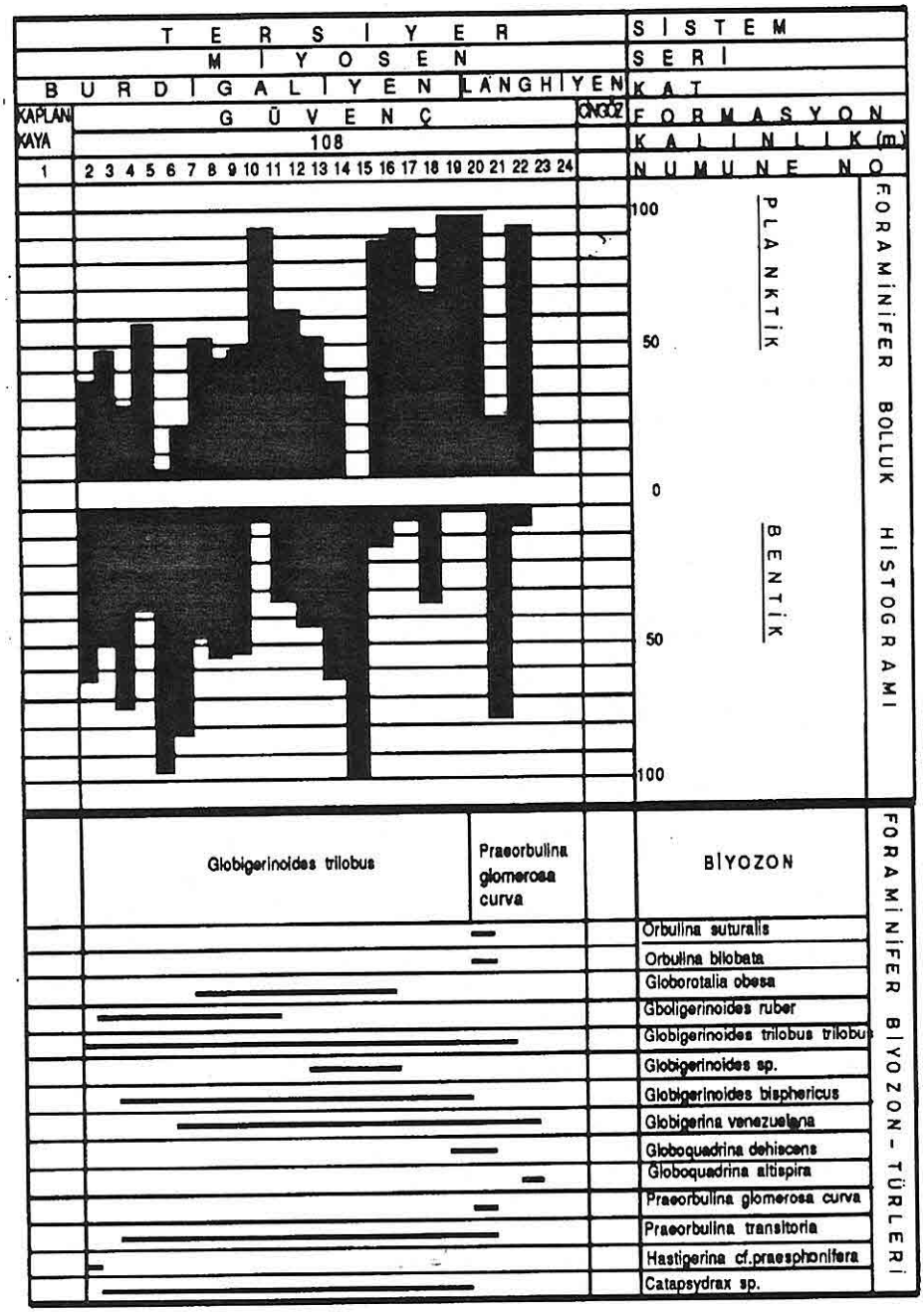
Bu kesitte sığ deniz-plaj ortamına ait Kaplankaya formasyonu üzerine gelen Güvenç formasyonunun; ince kumtaşı-silttaşı arakatmanlı, açık yeşilimsi gri-siyahımsı koyu gri renkli, paralel laminalı şeyl yapılışlı olması, sığ denizden derin deniz ortamına geçişi ifade etmektedir. Ayrıca piritleşmenin bulunması derin deniz ortamında aneorobik ortam koşullarının hakim olduğunu işaret etmektedir.

2.2. Biyostratigrafi

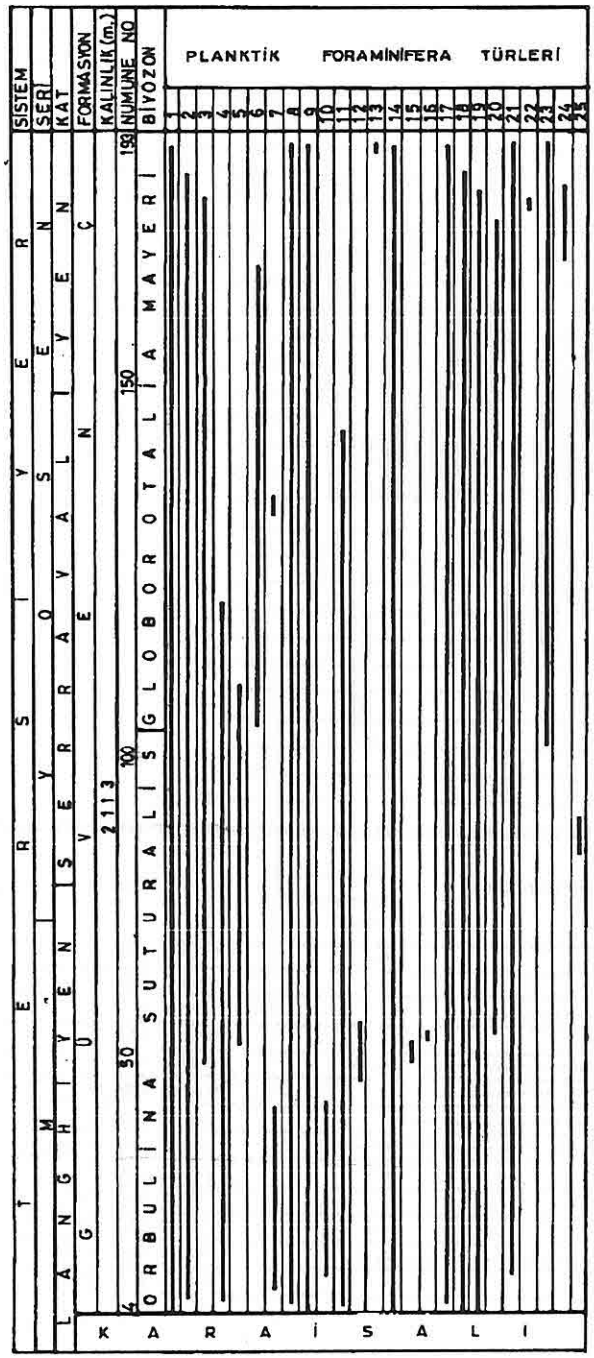
Bu çalışmada biyostratigrafi zonları için tanımlamalar, Jenkins (Bolli ve diğ., 1985'den) esas alınarak yapılmıştır. Kozan N34-d_1 ve N34-a_4 paftalarında gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen planktnik foraminifer biyozonları yaşlıdan gence doğru aşağıda sunulmaktadır (Şekil 2,3).

Globigerinoides trilobus Zonu

Tanım : Globigerinoides trilobus Reuss'un ilk görünümü ile **Praeorbulina glomerosa curva** Blow'un ilk görünümü arasındaki süreçte oluşan kayaçlarla tanımlanmaktadır.



Şekil 2. Çukurköy kesiti foraminifer tür ve biyozonları



Şekil 3. Karaisalı-Güvenç-Kuzgun kesiti foraminifer tür ve biyozonları.

Zonu Tanımlayan : Jenkins (1960,1967)'de düzeltme

Yaş : Alt Miyosen (Burdigaliyen)

Lokalite : Bu zonun formları Çukurköy kesitinde 2-21 nolu örnekler arasında tanımlanmıştır (Şekil 2).

Yaygın Türleri : Globorotalia obesa Bollii, **Globigerinoides ruber** (d' Orbigny), **Globigerinoides trilobus trilobus** (Reuss), **Globigerinoides** sp., **Globigerinoides bisphericus** Todd, **Globigerina venezuelana** Hedberg, **Globoquadrina dehiscens** Cushman, Parr ve Collins, **Praeorbulina transitoria** Blow, **Hastigerina** cf. **praesphenifera, Catapsdrax** sp.

Karşılaştırma ve Yorum : Blow (1969)'un standart zonlamasında N7 olarak tanımlanan bu zonu, Antalya yöresinde Toker (1985), Mut yöresinde Şafak ve Gökçen (1991) yaptıkları çalışmalarda kullanmışlardır. Jenkins (1966) Yeni Zelanda'da **Globigerinoides trilobus** zonuna karşılık **Porticulasphaera curva**, Bizon ve diğ. (1972) **Globorotalia kugleri, Globigerinoides primordius, Globigerinoides altiaperturus, Catapsydrax dissimilis,** Silifke yöresinde Gökten (1976) **Globigerinoides trilobus/Globigerinoides bisphericus** zonlarını kullanmışlardır.

Praeorbulina glomerosa curva Zonu

Tanım : Praeorbulina glomerosa curva Blow'un ilk görünümü ile **Orbulina suturalis** Brönnimann'ın ilk görünümü arasındaki süreçte oluşan kayaçlarla tanımlanmaktadır.

Zonu Tanımlayan : Jenkins (1960), Jenkins (1967)'de düzeltme.

Yaş : Alt Miyosen (Langhiyen)

Lokalite : Bu zonun formları Çukurköy kesitinde 19-21 nolu örnekler arasında tanımlanmıştır (Şekil 2).

Yaygın Türleri : Orbulina suturalis Brönnimann, **Orbulina bilobota** (d'Orbigny), **Globigerinoides trilobus trilobus** (Reuss), **Globigerina venezuelana** Hedberg, **Globoquadrina dehiscens** Cusman, Parr ve Collins, **Globoquadrina altispira** Cushman, **Praeorbulina glomerosa** curva (Blow), **Praeorbulina transitoria** Blow.

Karşılaştırma ve Yorum : Blow (1969)'un standart zonlamasında N8 olarak tanımlanan bu zonu Toker (1985) Antalya yöresinde, Şafak ve Gökçen (1991) Mut havzasında, Nazik ve Gürbüz (1992) Adana (Karaisalı-Çatalan-Eğner) bölgesinde yaptıkları çalışmalarda kullanmışlardır. Bizon ve diğ. (1972), Bizon ve diğ. (1974) Antalya-Mut-Adana yöresinde **Praeorbulina glomerosa curva** zonuna karşılık **Globigerinoides trilobus** zonunu, Silifke yöresinde Gökten (1976) **Globoquadrina dehiscens/Orbulina suturalis** zonlarını kullanmışlardır.

Orbulina suturalis Zonu

Tanım : Orbulina suturalis Brönnimann'ın ilk görünümü ile **Globorotalia mayeri**

Cushman ve Ellisor'un ilk görünümüne kadar olan süreçte oluşan kayaçlarla tanımlanmaktadır.

Zonu Tanımlayan : Jenkins (1960)

Yaş : Orta Miyosen (Langhiyen)

Lokalite : Bu zonun formları Karaisalı-Güvenç-Kuzgun kesitinde 6-189 nolu örnekler arasında tanımlanmıştır (Şekil 3).

Yaygın Türleri : **Orbulina universa** (d'Orbigny), **Orbulina suturalis** Brönnimann, **Orbulina bilobota** (d'Orbigny), **Globorotalia obesa** Bolli, **Globorotalia fohsi fohsi** (Blow), **Globigerinoides ruber** (d'Orbigny), **Globigerinoides trilobus trilobus** (Reuss), **Globigerinoides trilobus sacculifer** (Brady), **Globigerinoides bisphericus** Todd, **Globigerinoides obliquus obliquus**, **Globigerina venezuelana** Hedberg, **Globigerina praebulloides leroyi** Blow ve Banner, **Globigerina foliata** Bolli, **Globigerina bulloides** d'Orbigny, **Globoquadrina dehiscens** Cushman, Parr ve Collins, **Globoquadrina langhiana** Cita ve Gelati, **Globoquadrina altispira** Cushman, **Globoquadrina altispira conika** Brönnimann ve Resig, **Globigerinanus tokerae** Nazik ve Gürbüz, **Globorotalia** sp., **Globigerina** sp., **Hastigerina** sp.

Karşılaştırma ve Yorum : Blow (1969)'un standart zonlamasında N9,10 olarak tanımlanan bu zonu Jenkins (1966) Yeni Zelanda'da, Toker (1985) Antalya'da, Şafak ve Gökçen (1991) Mut havzasında, Nazik ve Gürbüz (1992) Adana (Karaisalı-Çatalan-Eğner) bölgesinde kullanmışlardır. **Orbulina suturalis** zonuna karşılık olarak Akdeniz'de Bizon ve diğ. (1972), Antalya-Mut-Adana yöresinde, Bizon ve diğ, (1974) **Praeorbulina glomerosa**, **Orbulina suturalis**, **Globorotalia fohsi peripheroranda**, Gökten (1976) Silifke yöresinde **Orbulina universa**, Nazik ve Toker (1974) Adana'da **Globorotalia fohsi peripheroranda**, **Globorotalia fohsi fohsi**, **Globorotalia fohsi lobota** zonlarını uygulamışlardır.

Globorotalia mayeri Zonu (NP 11-14)

Tanım : **Golorotalia mayeri** Cushman ve Ellisor'un yaşam süreci ile sınırlıdır.

Zonu Tanımlayan : Jenkins (1960)

Yaş : Orta Miyosen (Serravaliyen)

Lokalite : Bu zon Karaisalı-Güvenç-Kuzgun kesitinde 104-171 nolu örnekler arasında tanımlanmıştır (Şekil 3).

Yaygın Türleri : **Orbulina universa** (d'Orbigny), **Orbulina suturalis** Brönnimann, **Orbulina bilobota** (d'Orbighy), **Globorotalia mayeri** Cushman ve Ellisor, **Globorotalia fohsi fohsi** Blow, **Globigerinoides ruber** (d'Orbighy), **Globigerinoides trilobus trilobus** (Reuss), **Globigerinoides trilobus sacculifer** (Brady), **Globigerina venezuelana** Hedberg, **Globigerina foliata** Bolli, **Globigerina bulloides** d'Orbigny, **Globoquadrina dehiscens** Cushman, Parr ve Collins, **Globoquadrina langhiana** Cita ve Gelati, **Globoquadrina altispira** Cushman, **Globigerinanus tokerae** Nazik ve

Gürbüz, **Sphaeroidinellopsis mulltiloba**, **Globorotalia** sp.

Karşılaştırma ve Yorum : Blow'un (1969)'un standart zonlamasında N 11,14 olarak tanımlanan bu zonu; Yeni Zelanda'da Jenkins (1971), Akdeniz'de Bizon ve diğerleri (1972), Antalya-Mut-Adana yöresinde Bizon ve diğ. (1974), Antalya'da Toker (1985), Nazik ve Gürbüz (1992) Adana (Karaisalı-Çatalan-Eğner) bölgesinde, Mut havzasında Şafak ve Gökçen (1991) kullanmışlardır.

3. SONUÇLAR

Adana baseni Tersiyer istifi Güvenç formasyonunda, planktik foraminiferlere dayanılarak yapılan biyostratigrafik çalışmada;

1. Çukurköy kesitinde 11, Karaisalı-Güvenç-Kuzgun kesitinde 21 planktonik foraminifera türü tanımlanmıştır.

2. Planktik foraminiferlerden Alt-Orta Miyosen zaman aralığında **Globigerinoides trilobus, Praeorbulina glomerosa curva, Orbulina suturalis, Globorotalia mayeri** biyozonları saptanmıştır.

3. Tanımlanan bu zonlara göre Güvenç formasyonu Çukurköy alanında Burdigaliyen-Langhiyen, Karaisalı - Güvenç - Kuzgun alanında ise Langhiyen - Serravaliyen zaman aralığında çökelmiştir.

4. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu desteğinde (FBE 91-29) Yüsek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma için gerekli desteği sağlayan Ç.Ü. Araştırma Fonu Başkanlığına teşekkür ederiz.

Planktik foraminifer tanıtımlarını yapan Doç.Dr. Atike Nazik ve Doç.Dr. Ümit Şafak'a teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

Bizon, G., Bizon, J.J., Autbert, J. ve Oerti, N. J., 1972, Atlas des primapaux Foraminifers plactoniques du bassin Mediterrenean (Oligocenea Quaternaire) Edit, Techniq Paris, 316 s.

Bizon, G., Bizon, J.J., Feinberg, N. ve Öztümer, E., 1974, Antalya-Mut-Adana Havzaları Tersiyer biyostratigrafisi ve mikropaleontoloji yenilikleri, Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri, 217-228.

Blow, W. H., 1969, Late Middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. Proceedings First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva, 1, 199-442.

Bolli, Saunders ve Perch Nielsen, 1985, Plankton stratigraphy, Cambridge, vol.1.

Gökten, E., 1976, Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi, TJK Bülteni, 19 (2), 117-126.

İlker, S., 1975, Adana baseni kuzeybatısının jeoloji ve petrol olanakları. T.P.A.O. Arama Arşiv No : 973, (Yayınlanmamış), 63 s.

Jenkins, D. G., 1960, Planktonic foraminifera from the Lakes Entrance Oilstaft. Victoria. Australia. Micropaleontology 6, 345-371.

Jenkins, D. G., 1966, Planktonic foraminiferal zones and new taxa from the Danian to Lower Miocene of New Zealand. N. Z. J. Geol. Geophys., 8, 1088-1126.

Jenkins, D. G., 1967, Planktonic foraminiferal zones and new taxa from the Lower Miocene to the Pleistocene of New Zealand. N. Z. J. Geol. Geophys., 10, 1064-1078.

Jenkins, D. G., 1971, New Zeland Cenozoic planktonic foraminifera, paleontol. Bull. N.Z., Geol., Surv., 42, 1-278.

Lagap, H., 1985, Kıralan-Karakılıç-Karaisalı (NW Adana) alanının litostratigrafik-kronostratigrafik incelemesi.Ç.Ü. Fen Bil. Enst., Jeoloji Müh. Böl.,Yüksek Lisans Tezi,

Nazik, A., 1983, Güvenç formasyonu stratigrafi kesitinin (KB Adana) planktonik foraminiferlerle biyostratigrafik incelemesi. A.Ü. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl., Yüksek Müh. Tezi, 35 s.

Nazik, A. ve Toker, V., 1986, Karaisalı Yöresi Orta Miyosen İstifinin Foraminifer Biyostratigrafisi. M.T.A. Dergisi, 103/104 : 139-153.

Nazik, A. ve Gürbüz, K., 1992, Karaisalı-Çatalan-Eğner yöresi (KB Adana) Alt-Orta Miyosen yaşlı denizaltı yelpazelerinin planktonik foraminifer biyostratigrafisi. T.J.K. Bül. c. 35 : 1, 67-80.

Öztümer, E., Bizon, G., Bizon, J. J. ve Feinberg, H., 1974, Mut ve Adana havzaları Tersiyer biyostratigrafi ve mikropaleontoloji yenilikleri. Türkiye II. Petrol Kong. Tebliğleri, 217-228.

Schmidt, G.C., 1961, Stratigraphic nomenclature for the Adana region petroleum district. 7. petroleum administration Bull. 6., 47-63 s.

Şafak, Ü. ve Gökçen, N., 1991, Planktonik foraminifer zonlamasına Doğu Akdeniz Provensinden Bir Örnek : Mut Havzası Tersiyer İstifi. T.J.K. Bül., c. 34 :1.

Toker, V., 1985, Korkuteli Yöresi Miyosen nannoplankton biyostratigrafisi. Karadeniz Üniversitesi Dergisi, Jeoloji, 4 (1-2), 9-21.

Ünlügenç, U.C., 1986, Kızıldağ yayla (Adana) dolayının jeolojik incelemesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, 77 s.

Yetiş, C., 1978, Çamardı (Niğde) yakın ve uzak dolayının jeoloji incelemesi ve Ecemiş Yarılım Kuşağının Maden Boğazı-Kamışlı arasındaki özellikleri. İst. Üniv. Fen Fak. Doktora Tezi, 164 s.

Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986, Adana baseninin batı kesiminin detay jeolojisi etüdü I. M.T.A. Rapor No : 8037, 187 s.

Yetiş, C., Demirkol, C., Kerey, E., 1986, Adana havzası Kuzgun formasyonunun (Üst Miyosen) fasiyes ve ortamsal nitelikleri. T.J.K. Bült. c.29, 81-96.

Yetiş, C., 1988, Reorganization of the Tertiary stratigraphy in the Adana Basin, southern Turkey. Newsl. Stratigr., 20 (1), Berlin-Stuttgart, Germany, 43-58.

PAMUKLUK BARAJININ (TARSUS) MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ İNCELEMESİ

Sedat TÜRKMEN
DSİ 6. Bölge Müdürlüğü , Adana/Türkiye
Aziz ERTUNÇ
Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: *Bu inceleme, Pamukluk barajının mühendislik jeolojisi açısından yapılabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Baraj yerindeki jeoteknik çalışmalar; baraj yeri ve göl alanı jeolojisi, duraylılık ve geçirimlilik problemleri ve yeraltı jeolojisi incelemelerinden oluşur. Temel kayanın mühendislik özellikleri, jeolojik harita alımı, petrografik analizler, fotojeoloji çalışmaları, doğal yapı gereçleri araştırmalarıda bu inceleme kapsamında yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda barajın 100 m yüksekliğinde ve kaya dolgu tipinde yapılabileceği sonucuna varılmıştır.*

ENGINEERING GEOLOGICAL STUDY OF THE PAMUKLUK DAM IN TARSUS

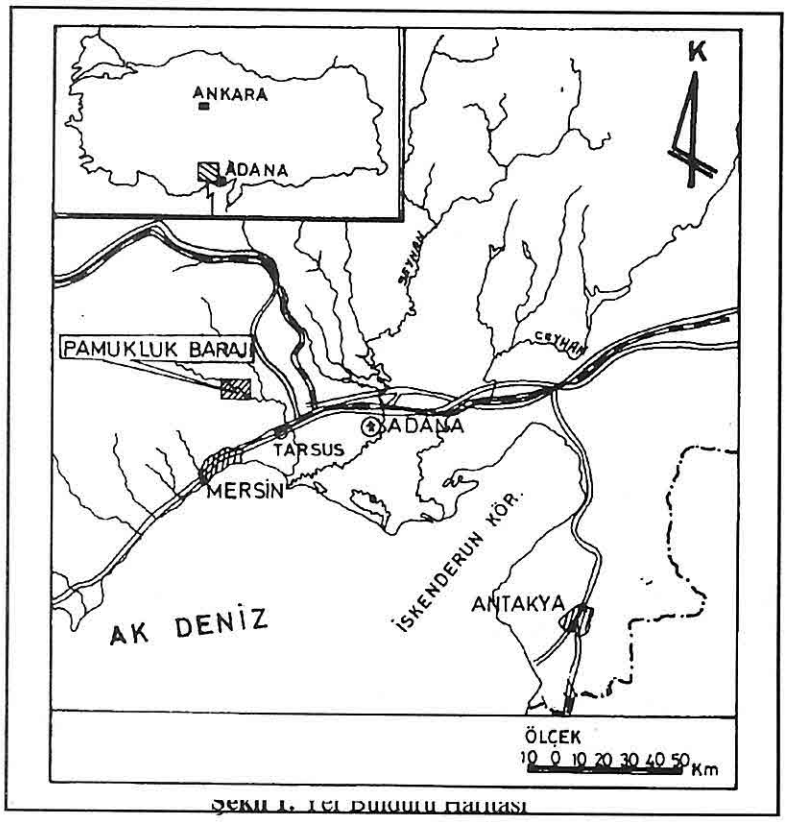
ABSTRACT: *This study was accomplished in order to show that construction of Pamukluk dam is feasible from the stand-point of engineering geology. Geotechnical studies at dam site were carried out at different stages; Geology of dam site and reservoir area, stability and permeability problems and underground geology. The engineering characteristics of baserock, geological mapping, petrographic analysis, photogeological studies, and investigation of aggregate are also included in the study. As a result of this study it was concluded that a rock fill dam of 100 m high would be constructed, for this purpose.*

1. GİRİŞ

Mersin-Tarsus projesi olarak adlandırılan proje ile bölgenin akarsu potansiyelinden maksimum düzeyde yararlanma hedeflenmiş ve bir çok plan yapılmıştır. İçmesuyu, sulama ve enerji amacına yönelik yeni projeler içerisinde en önemli su potansiyeli olarak Pamukluk Çayı görülmektedir.

İnceleme alanında yer alan Pamukluk Barajı Tarsus ilçesinin 30 km kuzeyinde olup, enerji, sulama ve Mersin ilinin içmesuyu ihtiyacını karşılamak amacı ile tasarlanmıştır (Şekil 1). Projenin gerçekleştirilmesiyle 57 GWh/yıl enerji üretilecek, net 15.000 hektar arazi sulanacak ve 107 hm^3 su Mersin için içmesuyu olarak alınacaktır. Pamukluk çayının yıllık ortalama verimi 412 hm^3 olup, baraj yapıldığında 190 hm^3 su depolanabilecektir.

Bu amaca yönelik olarak baraj aks yerini belirlemek, baraj yerinin mühendislik jeolojisi açısından özelliklerini ortaya koymak,barajın boyutlandırılmasını sağlamak, gerekli yapı malzemelerini araştırmak incelemenin başlıca amacını oluşturmuştur.



Şekil 1. Yer Bulduru Haritası

2. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Pamukluk barajında yapılan mühendislik jeolojisi incelemesi sonucunda seçilen aks yerinin jeoteknik özellikleri ortaya konmuştur. Baraj yeri ve göl alanındaki birimlerin stabilite ve geçirimsizlik özellikleri saptanmış, bu amaçla fiziksel ve mekanik parametreler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ve saha çalışmaları sonucunda sanat yapılarının yerlerinin seçimi derivasyon tünelinin kaya sınıflaması, baraj yeri ve göl alanını oluşturan kayaçların jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi, kazı miktarlarının saptanması, gerekli doğal yapı malzemelerinin yerleri ve özelliklerinin saptanması, bir bütün olarak ele alınmış ve barajın yapılabilirliği ortaya konmuştur (Şekil 2, 3).

Baraj yerinde yapılan Mühendislik jeolojisi çalışmaları sonucunda temel araştırma sondajları açılmış, yeraltı jeolojisi ile kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Baraj yerini oluşturan birimlerin taşıma gücü, olası oturmaların hesabı, elastisite ve deformabilite modülleri gibi mekanik özelliklerinin saptanması amacıyla da yerinde deneyler yapılmıştır.

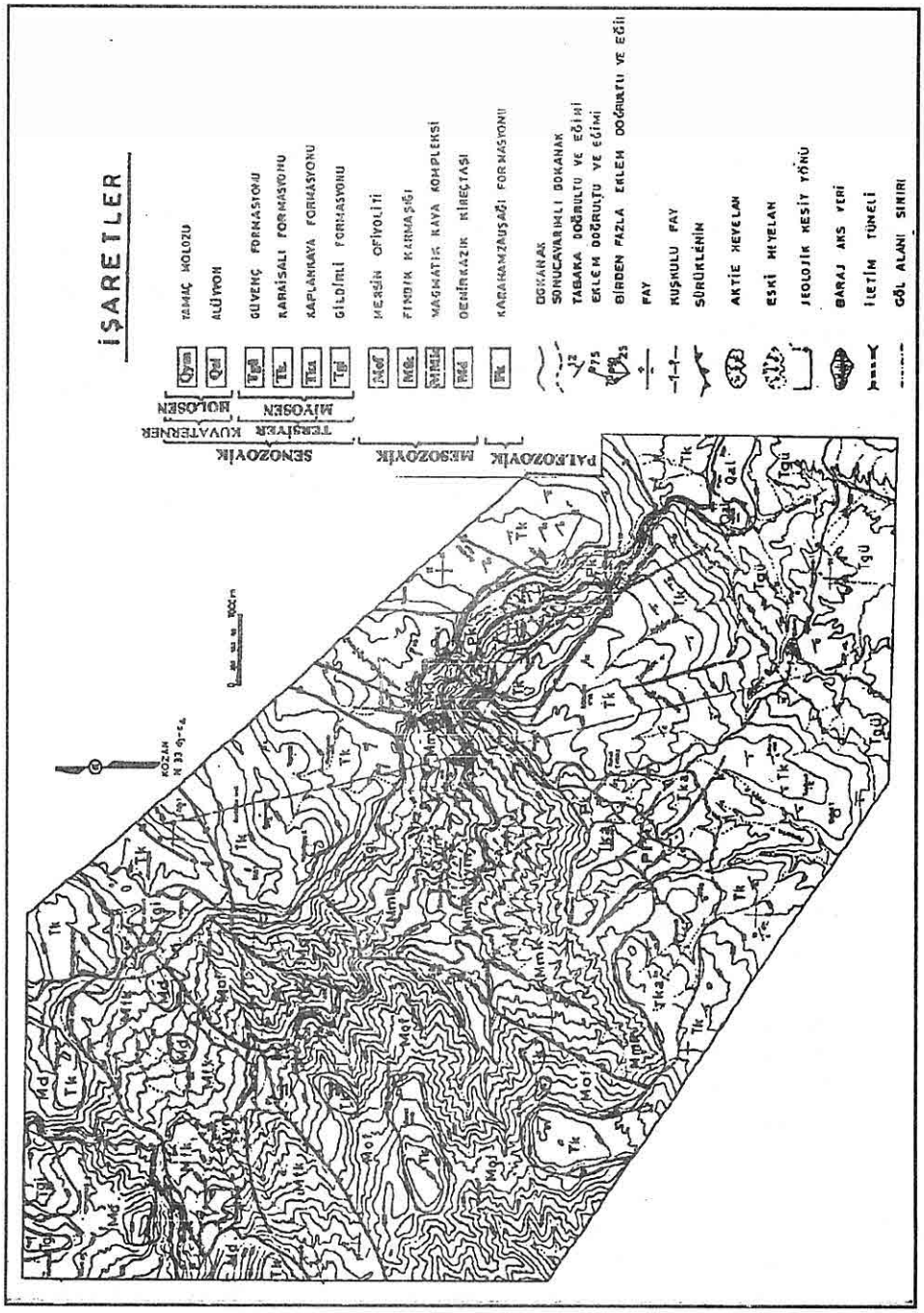
Barajın Özellikleri;

Barajın amacı	: Sulama,içmesuyu ve enerji
Barajın tipi	: Kaya dolgu
Kret kotu	: 345 m
Talveg kotu	: 245 m
Barajın yüksekliği	: 100 m
Dolgu hacmi	: 8 milyon m^3
Kret uzunluğu	: 510 m
Yağış alanı	: 561 km^2
Yıllık ortalama akım	: 386 milyon m^3 (1972-1991)
Max. göl alanı	: 430 ha
Max. göl hacmi	: 190 milyon m^3
Dolusavak yeri ve tipi	: sol yakada kapaklı
Derivasyon tüneli yeri	: sol yakada
" " çapı	: D=4.0 m
Memba batardosu yüksekliği	: 27,5 m

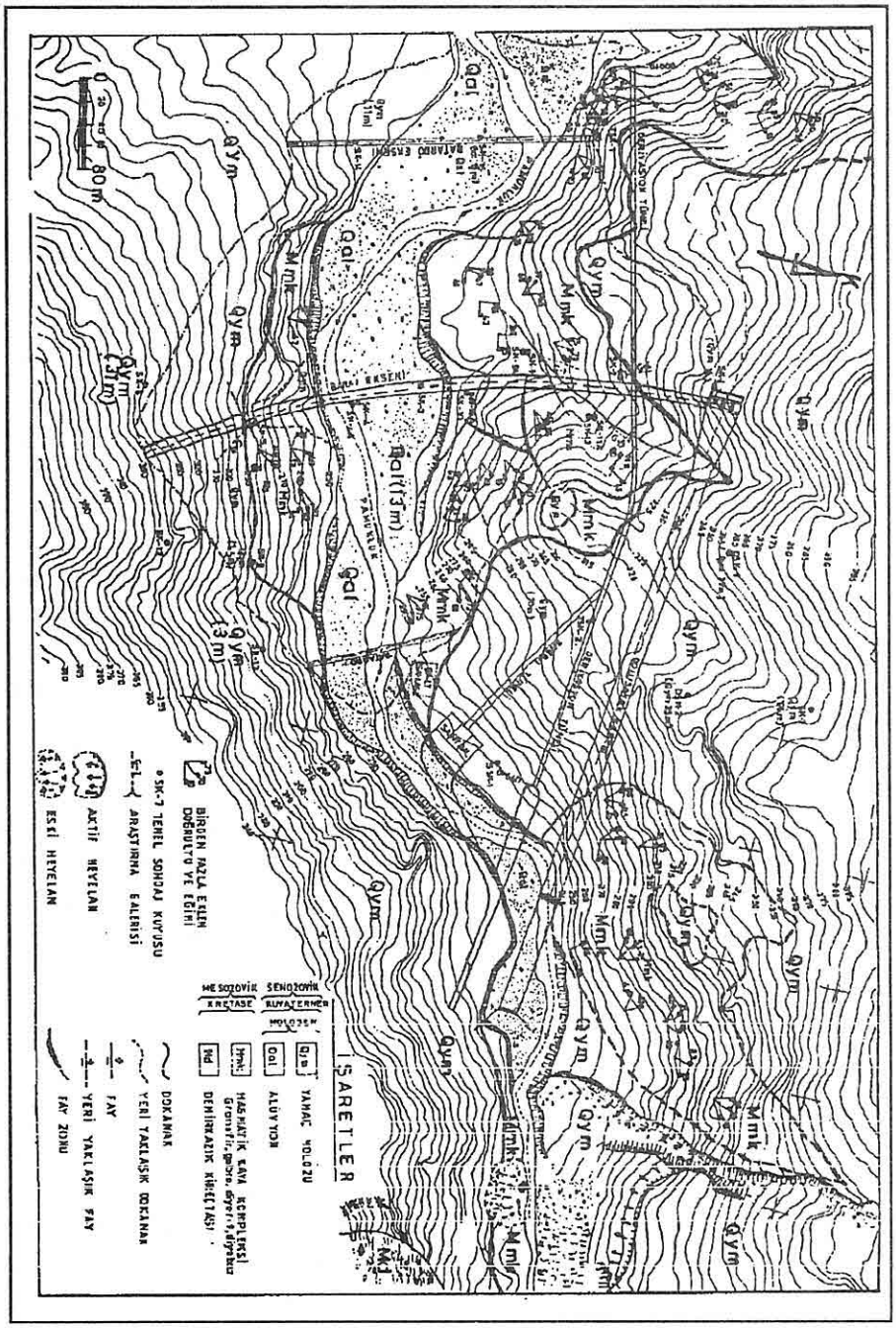
2.2 . Jeoteknik Koşulların Baraj Yerine Etkisi

2.2.1. Baraj Yeri ve Göl Alanının Jeolojisi

Baraj yerinde temeli, yerleşim yaşı Mesozoyik olan magmatik kaya kompleksi oluşturur. Magmatik kaya kompleksi; granofir, gabro, diyorit, kuvarslı diyorit, diyabaz,



Şekil 2. Pamukluk Baraj Yeri ve Çevresinin Jeoloji Haritası (Türkmen 1994).



Şekil 3. Pamukluk Baraj Yerinin Jeoloji Haritası (Türkmen , 1994).

riyolit ve spilitik bazalttan oluşan derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayaçlarından ibarettir. Düzensiz bir özellik sunan bu değişik kayaçların dokanaklarında belirgin bir ilişki izlenmez. Genel görünüşü düzensiz olup, belli bir yapı sunmazlar. Birim farklı zamanlı sokulumlardan meydana gelmiş olup, eski sokulumlar yeni sokulumların etkisi ile mekanik olarak etkilenmiş, ayrışmış ve metamorfizmaya uğramıştır. Genel olarak kuvarslı ve açık renkli olan kayaçlar kompleksin hakim litolojisini oluşturur. Gabro ve diyorit gibi bazik kayaçlar ise asidik kayaçlar içerisine sokulum yapmıştır. Taze yüzeyli diyorit sağ yakada hakimdir. Sol yaka daha çok granofir, kuvarslı diyorit, olivinli gabro ve diyabazdan ibarettir.

Yamaçlarda kalın yamaç molozu gelişmiştir. Kalınlığı değişken olan yamaç molozu, eski topoğrafyanın düzensiz yüzeyine bağlı olarak yer yer çok kalın yer yer de çok sığdır (En çok 35 m, en az 5 m dir).

Dere tabanında yaklaşık 15 m kalınlığında alüvyon mevcuttur. Alüvyonun bazı düzeyleri, bloklu, genelde iri çakıllı ve kumludur.

Göl alanında magmatik kaya kompleksinin yanı sıra faylı dokanakla ultrabaziklerden oluşan Mersin ofiyolitleri, Mersin ofiyolitlerinin ters fayla üzerlediği Fındık karmaşığı yeralır. Mersin ofiyolitleri, serpantinleşmiş peridotit, diyabaz ve serpantinden oluşur. Çatlaklı ve kırıklı yapı gösteren peridotit içerisinde yer yer kromit ve magnezit damarları izlenir.

Fındık karmaşığı ise kırmızı-kahverengi kumtaşı, radiolarit gri-yeşil diyabaz daykları, spilitik bazalt ve büyük çaplı kireçtaşı bloklarından ibarettir.

2.3. Temel Araştırmaları

İnceleme alanının yeraltı jeolojisini açıklamak amacıyla 1/25.000 - 1/5.000 - 1/1. 000 ölçekli jeolojik harita alımı yapılmış, baraj yerinde, göl alanında sanat yapı yerleri ve güzergahında toplam 31 adet 1643 m temel sondaj kuyusu açtırılmıştır. Temel kayanın mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla açılan sondaj kuyularında pressiometre deneyi, sağ ve sol yakada açtırılan 4 adet araştırma galerisinde de plaka yükleme deneyleri yapılmıştır.

2.3.1. Temel Sondaj Kuyuları

Baraj aks yerinde, dolusavak güzergahında, santral yeri ve derivasyon tüneli güzergahında ve göl alanında açtırılan temel sondaj kuyularının değerlendirilmesi sonucunda baraj aks yerinde 15 m'ye ulaşan alüvyon kalınlığı, 35 m'ye ulaşan yamaç molozu kalınlıkları ve göl alanında geçirimsiz birimler belirlenmiştir. Ana kaya, gabro, diyorit, granofir, kuvarslı diyorit ve diyabazdan oluşur. Basınçlı su deneylerinde ana kayanın geçirimsiz, yamaç molozu ve alüvyonun ise geçirimli veya çok geçirimli olduğu saptanmıştır.

2.3.2. Araştırma Galerileri

Baraj yerindeki temel kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılmasına yönelik olarak açılan, araştırma galerilerinin jeoteknik incelemesi ve galerilerde yapılan kaya mekaniği deneylerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Önce sağ ve sol yakada birer adet, sonra da sol yakanın sağ yakaya göre daha zayıf olduğunun belirlenmesi ve G-1 galerisinin bir sezon açıkta kalması üzerine sol yakada 2 adet araştırma galerisi daha açılmıştır.

Araştırma galerilerinde plaka yükleme deneyi yapılmış, kayanın elastisite ve deformasyon modülleri hesaplanmıştır.

2.4. Kaya ve Zemin Mekaniği Deneyleri

Pamukluk Baraj yerinde kayaçların mekanik özelliklerini saptamak amacı ile yerinde deneyler yapılmıştır.

Temel kayanın taşıma gücünü ve olası oturma hesaplamalarını yapabilmek için açılan 6 adet temel sondaj kuyusunda pressiometre deneyleri yapılmıştır. Ayrıca temel kayanın elastik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak açtırılan araştırma galerilerinde plaka yükleme deneyleri yapılmıştır.

2.4.1. Pamukluk Barajında Pressiometre Deneyinin Uygulaması

Pressiometre deneyinde uygulanan yöntemin esası, açılan bir sondaj kuyusu vasıtasıyla zemine radiyal basınç uygulamak ve bu basıncın zeminde oluşturduğu deformasyonları ölçmektir.

Basınç sondaj kuyusu içine indirilen silindirik lastik propla uygulanır. Propun zemini deforme ederek genişlemesi ise hacimsel deformasyon olarak ölçülür ve cihazın hacim ölçülerinden okunur.

Pamukluk barajında zeminin mukavemeti göz önünde bulundurularak basınç artımları her iki metrede bir başlangıçta birer atmosfer, daha sonra üçer atmosfer uygulanmıştır.

Pressiometre deneyi ile zeminin taşıma gücü ve baraj yüksekliğine göre oturma hesapları yapılmıştır.

Pressiometre deneyi yapılan sondaj kuyuları SK-2A, SK-4A, SK-5A, SK-9A, SK-10A ve SK-11A' dır. Bu kuyulardan SK-5A sağ yakada diğerleri sol yakadadır. SK-4A ise talveg kotunda, dere yatağında açılmıştır.

2.4.1.1. Pressiometre Deneyinin Sonuçları

Hesaplamalar temel zemini sağlam kayaya oturtularak yapılmıştır. Hesaplamalara göre dolgu yüksekliğinin 100 m, temel genişliğinin 50 m olması halinde zemindeki oturmalar 2.74 cm ile 5.72 cm arasında değişecektir. Dolgu yüksekliğinin 120 m olması halinde oturmalar 3.29 cm ile 6.86 cm arasında değişecektir.

Zemin emniyet gerilmesi ise, 14.74 kg/cm^2 ile 27 kg/cm^2 arasında hesaplanmıştır. Projede zemin emniyet gerilmesinin (qa) 20.0 kg/cm^2 alınması uygun olacaktır. Her kuyu ve civarı için, oturma ve farklı oturma miktarları kabul edilebilir limitlerin altında olup, oturmalarla ilgili bir sorun olmayacaktır (Güven,1990).

2.4.2. Plaka Yükleme Deneyleri

Baraj aks yerinde temel kayanın deformabilite özelliklerini saptamak amacıyla sağ ve sol yakada açılan araştırma galerilerinde yatay yükleme deneyi olmak üzere toplam 22 adet plaka yükleme deneyi yapılmıştır.

Deneyin Yapılışı

Açılan 2x2 m boyutundaki galeri içerisinde taze kaya yüzeyine krikolar vasıtası ile belirli zaman dilimlerinde, artan yükler uygulanarak kayanın deformabilite ve elastisite özelliklerinin saptanmasıdır. Uygulanan yük sonunda kayanın eformasyonları hassas ekstansometreler vasıtasıyla ölçülmüştür.

Toplam deney süresi 28 saat 40 dakikadır. Yükleme ve boşaltma kademelerinde 5' er dakika minumum ve maksimum basınç kademelerinde 25' er dakika bekleme yapılmıştır.

Pamukluk barajında yapılan plaka yükleme deneyleri DSI Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi, Kaya ve Zemin Mekaniği Servisince yapılmıştır.

2.4.2.1. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Temel kayanın deformabilite özelliklerini saptama amacıyla yapılan plaka yükleme deneyi ile elastisite modülü ve deformasyon modülü hesaplanmıştır.

Deney sonuçları

1- Yükleme metoduna göre 2. evrenin elastik ve deformasyon modülleri göz önüne alındığında, G-2 sağ sahil galerisi için elastik modül 439-71967 kg/cm^2 deformasyon modülü 1046-32096 kg/cm^2, toplam deformasyon modülü de 1619-26213 kg/cm^2 arasında bulunmuştur. Ayrıca krip faktörü en düşük % 11.7 en yüksek % 53.0 bulunmuştur.

2- G-1 sol yaka galerisi için elastik modül 4719- 25437 cm^2, deformasyon modülü 1546-17983 kg/cm^2, toplam deformasyon modülü 816- 15451 kf/cm^2, krip faktörü de % 0.7-% 22.0 arasında bulunmuştur (Güven, 1990).

3- G-3 sol yaka galerisi için elastik mödül 12565-104385 kg/cm^2, deformasyon modülü 5793-74513 kg/cm^2, toplam deformasyon modülü 4080-40039 kg/cm^2 arasındadır. Ayrıca krip faktörü en düşük % 13 en yüksek % 133 bulunmuştur.

4- G-4 galerisi için elastik modül 8276-41739 kg/cm^2, deformasyon modülü 3122 - 14385 kg/cm^2, toplam deformasyon modülü 1986-10336 kg/cm^2, krip faktörü %

17 - % 38 arasında bulunmuştur (Türkel ve Güven, 1992).

Değerler topluca incelendiğinde baraj yerindeki kayaçları jeoteknik açıdan üç gruba ayrılabilir.

A- Sağlam ve ayrışmamış sokulumlar

Magmatik Kaya Kompleksi özelliği taşıyan temel kaya içerisinde, kuvarsca zengin, taze yüzeyli granofir ve sonradan sokulum yapmış diyorit ile mikro diyoritlerde yapılan deneylerde Elastik modül (Ɛ)=35000 kg/cm^2 civarında bulunmuştur.

B- Sağlam az ayrışmış sokulumlar

Kompleks içerisinde yer alan diyorit, gabro ve az ayrışmış granodiyoritlerde elastik modül (Ɛ) = 25000 kg/cm^2 civarında bulunmuştur.

C- Ayrışmış ve zayıf özellik sunan sokulumlar veya düzeyler

Bu grupta yer alan kayaçlar daha çok yeni sokulumların etkisi ile ezilmiş paralanmış ve ayrışmıştır. Elastik modül (Ɛ)=25000 kg/cm^2'den küçüktür. Kırıklı ve ayrışmış kesimlerde bu değer 8 276 kg/cm^2, ye kadar düşmektedir.

Proje aşamasında statik hesaplar için elastik modülün (Ɛ): Sağlam ve ayrışmamış zonlar için 50 000 kg/cm^2, taze çıkışlı, az ayrışmış zonlar (diyorit ve gabro) için elastik modül 35 000 kg/cm^2 alınması uygundur. Altere olmuş kayaçlar için 15 000 kg/cm^2, çok ayrışmış zonlar için 10 000 kg/cm^2 'dir (Türkel ve Güven, 1992).

2.5 Baraj Yeri ve Göl Alanının Jeoteknik Özellikleri

Baraj yerinde temeli, yerleşim yaşı Mesozoyik olan magmatik kaya kompleksi oluşturur. Magmatik kaya kompleksi granofir, gabro, diyorit, kuvarslı diyorit ve diyabazdan meydana gelmiştir. Genel olarak kuvarslı ve açık renkli olan kayaçlar birimin hakim litolojisini oluşturur. Gabro ve diyorit gibi bazik kayaçlar ise asidik kayaçlar içerisine sokulum yapmıştır.

Taze diyoritler sağ yakada egemendir. Sol yaka daha çok gronofir, kuvarslı diyorit, olivinli gabro ve diyabazdan oluşmuştur.

Yamaçlarda kalın yamaç molozu gelişmiştir. Sondajlarda sol yakada 35 m, sağ yakada ise 30 m' ye ulaşan yamaç molozu geçilmiştir. Dere tabanında yaklaşık 15 m kalınlığında alüvyon vardır. Alüvyonun bazı düzeyleri iri bloklu, genelde iri çakıllı ve kumludur.

Göl alanında magmatik kaya kompleksinin yanı sıra faylı dokanakla ultrabazik kayaçlar ve yine ultrabazik kayaçların sürüklenimle üzerlediği Fındık karmaşığı yer alır.

2.5.1. Baraj Yerinin Geçirimliliği

Baraj yerini oluşturan magmatik kaya kompleksi içerisinde yer alan derinlik -yarı derinlik kayaçlar geçirimsiz özelliktedir. Yapılan basınçlı su deneylerinde genellikle geçirimsiz değerler elde edilmiştir. Yamaçlarda yer alan yamaç molozu ve dere yatağında yer alan alüvyon ise geçirimli özelliktedir.

Açılan sondaj kuyularında yapılan basınçlı su deneylerinde 1 - 3 lugeon arasında kaçak olan bazı düzeyler vardır. Bu düzeyler ana kayada bulunan kırık ve çatlaklı kesimlerdir.

Bu nedenle ana kayanın 0 - 15 m arasında bazı düzeylerin kırık ve çatlaklı olması dolayısıyla geçirimli kabul edilmesi ve buna göre değerlendirilmesi uygun olacaktır.

2.5.2. Baraj Yerinin Duraylılığı

Jeoloji çalışmaları sırasında baraj yeri olarak belirlenen aks boyunca ve yamaçlarda duraylılığın araştırılmasına yönelik olarak 13 adet sondaj kuyusu açtırılmıştır. Yapılan saha çalışmaları ve açtırılan sondaj kuyularındaki karot örneklerinin incelenmesi sonucunda; magmatik kaya kompleksi özelliğinde olan ana kayanın sol yakada, ayrışmış, sağ yakaya nazaran daha zayıf özellikte olduğu belirlenmiştir. Magmatik kaya kompleksine ait gabro, diyorit gibi bazik kayaçlar sağ yakada egemendir. Az ayrışmış taze yüzeyli diyoritler sağ yakanın daha duraylı ve dayanımlı özellik kazanmasına neden olmuştur.

Sol yakada açtırılan araştırma galerisi içerisinde yapılan plaka yükleme deneyleri sonucunda bulunan elastik modüllere göreana kayanın dayanımlı, sağlam ve ayrışmış zayıf zonlar içerdiğini göstermiştir. Aks boyunca yapılan pressiometre deneyleri sonucunda, ana kayanın taşıma gücünün 44-82 kg/cm^2 arasında, zemin emniyet gerilmesinin de 14 - 27 kg/cm^2 arasında değişeceği, projede zemin emniyet gerilmesinin (qa) 20.0 kg/cm^2 alınmasının uygun olacağı anlaşılmıştır.

Vadi tabanında 10-15 m kalınlığında alüvyon mevcuttur. Alüvyonun taşıma gücü düşüktür. Alüvyon yer yer iri bloklu, yer yer kum içeren büyük çoğunluğu iri - orta boyda çakıldan ibarettir. Yapılan pressiometre deneylerinde, düşük elastik modül değerleri elde edildiğinden, taşıma gücü hesaplarına dahil edilmemiştir (Güven, 1990).

Baraj yerinde yapılan jeoteknik incelemeler sonucu, sondaj karotları üzerinde yapılan araştırmalar, saha incelemesi ve laboratuvar sonuçları değerlendirilerek, baraj yerini oluşturan kayaçlar, yüzeyden itibaren 5 zona ayrılmıştır.

I. Zon : Gevşek, tutturulmamış, dayanımsız olup, yamaç molozu ve alüvyondan oluşur. Kalınlığı sağ yakada SK-6 sondaj kuyusunda 32 m, sol yakada SK-1 sondaj kuyusunda 16 m ve DSK-1 sondaj kuyusunda 27 m' ye ulaşmaktadır.

II. Zon : Ayrışmış, okside olmuş, yüzey etkisi ile fiziksel ayrışmaya uğramış, çatlaklı ve kırıklıdır. Kalınlığı fazla olmayıp, sol yakada 7 m' ye kadar ulaşmaktadır.

III. Zon : Az ayrışmış sağlam az kırıklı ve çatlaklıdır, dayanımlı ana kaya kesimini ifade eder.

III A Zon : Genelde sağlam ancak, yer yer ezikli, faylı ve ayrışma zonu içeren III.zon içerisindeki zayıf kesimlerdir.

IV. Zon : Çok sağlam, ayrışmamış az çatlaklı tamamen dayanımlı kesimlerdir.

Ayrımı yapılan bu zonlara göre I. zon gövde altı sıyırma kazısında tamamen kaldırılacak kesimi oluşturmaktadır. II. zon'un üst kesimlerinde ayrışmış,zayıf özellik kazanmış ve ortalama 1- 3 m kalınlığında olan kesim ise cut-off (saplama hendeği) kazısında kaldırılacak kesimlerdir (Türkmen, 1994).

2.5.3. Göl Alanının Geçirimliliği

Göl alanını oluşturan tüm kayaçlar geçirimsiz özelliktedir. Göl alanında geçirimlilik sorunu oluşturabilecek herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Magmatik kaya kompleksi ve ultrabazik kayaçlar magmatik kökenli olduklarından, Fındık karmaşığı ise içerdiği geçirimsiz birimlerden dolayı, sorun yaratmayacaktır. Ayrıca göl alanı içerisinde her hangi bir su kaynağına raslanmamıştır.

2.5.4. Göl Alanını Duraylılığı

Göl alanında yapılan incelemeler sonucunda sağ ve sol yakada pasif heyelan alanları tespit edilmiştir. Bu amaçla sağ yakada SK-18, SK-19 ve SK-20, sol yakada ise SK-16 ve SK-17 sondaj kuyuları açtırılmıştır.

Yapılan saha incelemesi ve sondaj verilerinden her iki yakada yer alan bu kesimlerin duraylılık problemi yaratmayacağı, sol yakanın daha çok üst kotlarda yer alan kireçtaşının su boşalımları ile yamaç molozu konisi oluşturduğu, sağ yakanın ise yine su boşalımları ile gelişen kaya-toprak akması şeklinde oluştuğu ve pasif hale geldiği anlaşılmıştır. Göl alanının diğer kısımlarında duraylılık problemi oluşturacak birimlere rastlanmamıştır.

2.6. Derivasyon Tüneli

Bu bölümde derivasyon tüneli güzergahı jeoteknik açıdan değerlendirilmiş, kaya kütlesi sınıflamaları yapılarak, sorunlar ortaya konmuştur. Yapılan sınıflamalara göre gerekli olan kazı destekleme sistemleri belirlenmiştir. Kaya kütlesi sınıflaması yapılırken, derivasyon tüneli 3 farklı bölüme ayrılmış ve tanımlamalar bu bölümler için ayrı ayrı yapılmıştır.

Derivasyon tüneli sol yakada, giriş kotu 247 m, çıkış kotu 243 m' ve uzunluğu 640 m dir ve daha sonra enerji tüneli olarak kullanılacaktır.

2.6.1. RS R Sisteminin Derivasyon Tüneline Uygulanması

I.BÖLGE, Litoloji: diyabaz, gabro, granofir. Km: 0+000-0+080 magmatik, orta sert-sert, çok faylı, A= 10 Doğrultu eksene dik, açma eğimin tersi yönünde eğim:

60°-80° çok sık eklemli B =12, A + B = 22, su akımı hiç , eklem durumu fena C=12 RSR = 10+12+12 = 34

Kaya yükü = 3,16 kg/ft2

Destekleme: 1' (inç) çapında, 3 m boyunda, 66 cm aralıklı sistematik bulon, 5-6 cm kalınlığında püskürtme beton.

II.BÖLGE, Litoloji: gabro, granofir, diyorit. Km:0+080-0+330 magmatik, sert, orta derecede faylı, A =16 Doğrultu eksene dik, açma eğimin tersi yönünde eğim: 60°-80° sık eklemli B = 17, A + B = 33, su akımı hiç yok, e klem durumu orta C =18 RSR = 16+17+18 = 51

Kaya yükü = 1.37 kg/ft2

Destekleme: 1'(inç) çapında 3 m boyunda, 127 cm aralıklı sistematik bulonlama, 3 cm püskürtme beton.

III.BÖLGE, Litoloji:gabro, diyorit, granofir Km:0+330-0+640 magmatik, sert, az faylı, A= 23 Doğrultu eksene dik, açma eğimin tersi yönünde eğim: 60°-80° orta derecede eklemli B=22, A + B = 45 su akımı hiç yok eklem durumu orta C = 22 RSR = 23+22+22 = 67

Kaya yükü = 0.43 kg/ft2

Destekleme: 1'(inç) çapında, 3 m uzunluğunda, 227 cm aralıklı sistematik bulonlama veya 2 m aralıklı çelik iksa.

2.6.2. RMR, Jeomekanik Sınıflama

RMR sınıflamasına göre Pamukluk Barajı, Derivasyon Tünelinin;

Km: 0+000-0+080 arası zayıf kaya (IV): maksimum iksasız açıklık 1.20m, iksasız kendini tutma süresi=ani göçme olabilir,

Km: 0+080-0+330 arası orta kaya (III): maksimum iksasız açıklık 1.80m, iksasız kendini tutma süresi=10 gün,

Km: 0+330-0+640 arası iyi kaya (II): maksimum iksasız açıklık 2.50 m, iksasız kendini tutma süresi 2 ay olarak değerlendirilebilir (Bianiawski, 1976).

2.6.3. Q Sınıflaması (NGI)

Bu sınıflamaya göre derivasyon tünelinin;

Km: 0+000 - 0+080 arası çok zayıf kaya, Q= 0,145

Km: 0+080 - 0+330 arası zayıf kaya, Q= 2,5

Km: 0+330 - 0+640 arası iyi kaya, Q= 12,5 olarak hesaplanmıştır.

Bulunan destek kategorilerine göre tünelin, km: 0+000-0+080 arasında destekleme; 1m aralıklı, germeli enjeksiyonlu sistematik bulonlama, tel kafes 10-15 cm püskürtme beton veya 20-60 cm beton kaplama

Km: 0 + 080 - 0 + 330 arasında destekleme; 1m aralıklı germeli enjeksiyonlu sistematik bulonlama tel kafes, 5-10 cm püskürtme beton.

Km: 0+330-0+640 arasında destekleme; germesiz enjeksiyonlu yersel bulonlama, (gerekirse 1,5-2 m aralıklı germesiz enjeksiyonlu sistematik bulonlama) olarak belirlenmiştir.

2.7. DEPREM DURUMU

Inceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 4. derece deprem bölgesi içindedir. Maksimum yatay yer hareketi ivmesi 50,2 cm/s2 (0,05g) dir (Karabiber, Uzun, Kaptan 1989).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar, saptanan sorunlar ve bu sorunlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Ana kaya sağlam ve dayanımlı özellik gösterdiğinden, duraylılık açısından herhangi bir sorun göstermeyecektir.

2. Baraj yerini oluşturan birimlerden alüvyon ve yamaçmolozu geçirimli özelliktedir. Yapılan basınçlı su deneylerinde ana kayanın genel olarak geçirimsiz özellikte olduğu belirlenmiştir. Diyorit, granofir, gabro gibi özellikte olan ana kayadaki basınçlı su deneylerinde çoğunlukla 1 lugeon' dan küçük değerler elde edilmiştir.

3. Gövde ve batardo altında 11-15 m arasında değişen, yer yer iri bloklu, genelde orta boy çakıl ve kumdan oluşan alüvyon vardır. Alüvyon geçirimli ve az dayanımlı özelliktedir. Yamaçlarda ise kalınlığı fazla olan yamaç molozu yeralır. Bu nedenle cut-off kazısında ve gövde altı sıyırma kazısında alüvyon ve yamaç molozu tamamen kaldırılmalıdır.

4. Yerinde yapılan kaya ve zemin mekaniği deneyleri sonucuna göre, dolgu yüksekliğinin 100 m temel genişliğinin 50 m olması halinde zemindeki oturmalar 1.74 cm ile 5.72 cm arasında, dolgu yüksekliğinin 120 m olması halinde ise oturmalar 3.29 cm ile 6.86 cm arasında değişecektir. Zemin emniyet gerilmeleri 14.74 kg/cm^2 ile 27.46 kg/cm^2 arasında değişecektir. Projede zemin emniyet gerilmesinin (qa) 20.0 kg/cm^{2}alınması uygun olacaktır.

5. Yapılan plaka yükleme deneyi sonucuna göre temel kaya mühendislik açısından 3 sınıfa ayrılmıştır. Sağlam, dayanımlı olan, az ayrışmış kayanın elastik modülü 25000 kg/cm^2 'nin üstünde sağlam, az ayrışmış ve çatlaklı olan kayanın elastik modülü 10000 kg/cm^2 - 25000 kg/cm^2 arasında, ayrışmış, çok kırıklı ve zayıf kayanın elastik modülünün 10 000 kg/cm^2 nin altında olduğu belirlenmiştir.

6. İnceleme alanı 4. derece deprem bölgesindedir. Deprem yatay yer ivmesi 50.2 cm/s^2 (0.05 g) dir.

Bu inceleme sonucunda barajın 100 m yükseklikte, kaya dolgu tipinde, derivasyon tüneli ve dolusavağın sol yakada olabileceği ortaya çıkartılmıştır.

4. KAYNAKLAR

Bıanıawskı, Z.T., 1976, "Proceding of Symposium on Exploration for Rock Engineering, Johannesburg.

Ertunç, A., 1984, Tünellerde yapılan kaya sınıflamaları; E.I.E Tünelcilik Semineri, 164-206, Ankara.

Güven M., 1990, " Pamukluk Barajı Aks Yerinde Yapılan Kaya ve Zemin Mekaniği Deneyleri Raporu" DSI Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Kaya ve Zemin Mekaniği şube Müdürlüğü Rapor No:127.

İlker, S., 1975, Adana Baseni Kuzeybatısının Jeolojisi ve Petrol olanakları: TPAŞ. Raporu. Arşiv No: 973, Ankara.

I.S.R.M., (1978), Suggest Methods For The Quantitative Description Of Discortinuties In Rock Masses; Int. 1.Rock Mech. Min. Sci., Geomech. Abstr. Vol. 15 PP.319368, Great Britain.

Juteau, T., 1980, Ophiolites of Turkey: Ofioliti Special Issue, V: 2.p 199-237.

Karabiber, S., Uzun Ö.L., Kaptan, C., (1989), "Pamukluk Barajı Yeri İçin Yapılan Deprem Risk Analizi Raporu" DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı.

Lagap, H., 1985, Kıralan-Karakılıç-Karaisalı (NW-Adana) alanının litostratigrafik - kronostratigrafik incelemesi: Ç:Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Master Tezi, 80 s., Adana.

Şafak, Ü., Ünlügenç, U., 1992, Kozoluk, Solaklı ve Kevizli (Adana kuzeyi) Civarında Yüzeyleyen Oligosen - Orta Miyosen yaşlı istiflerin Ostrakod Faunası ve Biyostratigrafisi: Geosound Yerbilimleri. Sayı: 21. 117-141 s., Adana.

Türkel, E., Güven, M. (1992), " Pamukluk Barajı Aks Yerinde Yapılan Kaya Mekaniği Deneyleri Ek Raporu" DSI. Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Kaya ve Zemin Mekaniği şube Müdürlüğü, Rapor No: 134., Ankara.

Türkmen,S., 1994, Pamukluk Baraj Yerinin (Tarsus) Mühendislik Jeolojisi İncelemesi: Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi., Adana.

Ünlügenç, U.C., 1986, Kızıldağ yayla (Adana) dolayının Jeoloji incelemesi: Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Master Tezi,. Adana.

Yetiş, C., Demirkol, C., 1986, Adana baseni Batı kesiminin detay Jeoloji etüdü: Ç.Ü. Müh-Mim.Fak.Jeo.Müh.Bül., MTA. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi. 187s. Adana.

Yördem, C., (1986), " Mersin-Tarsus Projesi Master Plan Mühendislik Jeolojisi Raporu" DSI VI. Bölge Müdürlüğü, Adana.

TARSUS-ADANA-GAZİANTEP (TAG) OTOYOLU, TÜNEL2-TÜNEL4 ARASININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Tamer Yiğit DUMAN
MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara /Türkiye

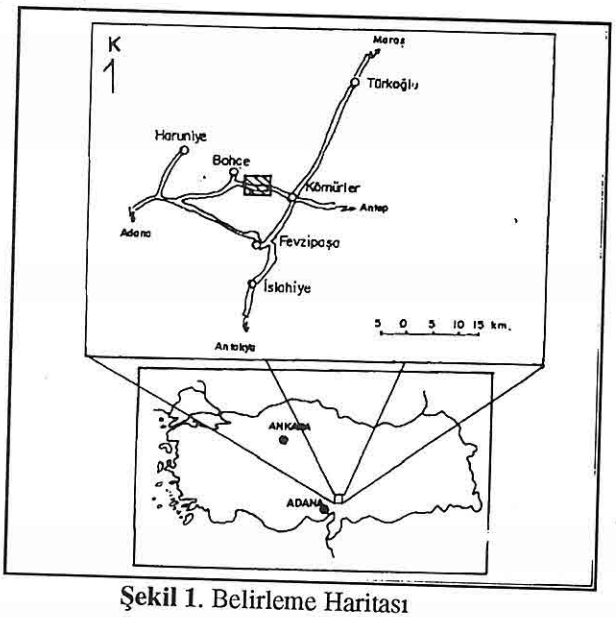
ÖZET :*TARSUS - ADANA - GAZİANTEP otoyolunun en tartışmalı yerlerinden biri, Nur Dağı-Kızlaç geçididir. Bu çalışmada Kızlaç geçidinin 4 km'lik bölümünde ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılmıştır.Yaklaşık 1 ve 1.5 km uzunluğunda iki tünelin bulunduğu bölgenin genel jeolojisi, yapısal jeolojisi, kayaçların mühendislik özellikleri ve üç boyutlu dağılımları, hidrojeoloji özellikleri ve ana duraysızlık sorunları araştırılmıştır. Tünel, giriş-çıkış ağızlarındaki yarmalarda, tavan ve yan yüzeylerinde, kinematik incelemelerle düzlemsel kayma, kama tipi kayma, devrilme ve kopma durumları incelenmiştir.*

ENGINEERING GEOLOGY OF TARSUS - ADANA AND GAZİANTEP (TAG) MOTORWAY BETWEEN TUNNEL 2 AND TUNNEL 4

ABSTRACT: *The study area covers the Kızlaç crossing of Nur Mountain which is one of the most critical portion of the TARSUS-ADANA-GAZİANTEP Motorway. This study also comprises detailed engineering geology of this 4 km long stretch. General geology, lithologhy and engineering properties of the formations, three dimensional localisation, hydrogeology and stability problems of this stretch which has 2 tunnels 1 and 1.5 km lengh respectively, have essentialy been searched. Cuts, portals and underground excavation sites have been analysed kinematically to define plane failure, wedge failure, toppling, and rockfall conditions.*

1. GİRİŞ

Adana ili, Bahçe ilçesi civarında, TAG otoyolu, Kızlaç geçidinde yapılan bu çalışmada 2 ve 4 nolu tüneller arasındaki yaklaşık 4 km'lik bölgenin ayrıntılı mühendislik jeolojisi yapılmıştır (Şekil 1). Stratigrafi, yapısal jeoloji, hidrojeoloji incelenmiş ve bunların ışığı altında mühendislik jeolojisi araştırmaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Belirleme Haritası

TAG otoyolu, TEM (Trans Euroope Motorway) otoyol projesinin Türkiye içerisindeki kısmının bir bölümüdür. Pozantı'dan başlayan TAG otoyolu 245 km boyunca Gaziantep'e doğru devam eder. Otoyol gidiş ve gelişi ayrı olmak üzere 4 şeritli, gerektiğinde 6 şerite çıkartılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Her şerit 3.75 m genişliğindedir. Düz arazilerde 120 km/saat, dalgalı arazilerde 100 km/saat ve dağlık arazilerde 80 km/saat hız kapasitesinde planlanmıştır.

Çalışma alanı ve bölgesinde Arpat ve Şaroğlu 1975, Atan 1969, Demirkol 1988, Duman 1993, Eroskay vd.1978, Ketin 1966, Önalan 1986, Yalçın 1988, Yetiş vd. 1989, Yılmaz vd. 1984, Yılmazer vd. 1992a, Yılmazer vd. 1992b, ve Yılmazer ve Demirkol 1992 değişik amaçlı çalışmalar yapmışlardır.

2.STRATİGRAFİ

Yazar bu çalışmada, Yılmazer ve Demirkol 1992 ve Duman'ın 1993 tanımladıkları kaya birimlerinden ve kurdukları stratigrafiden önemli ölçüde yaralanmıştır.

Çalışılan alanda Devoniyen yaşlı Horu formasyonu (Dh) bulunur. Horu

formasyonunda bulunan yaygın kaya türleri klorit şist, hematit şist, kayraktaşı ve fillit şeklindedir.

Bindirme kuşakları yakınlarında, Dh biriminde Kretase (?) yaşlı dolerit (Kd) sokulumları gözlenir.

Kuvaterner birimleri (seki çökelleri, alüvyon, kolüvyon ve yamaç molozu) tüm yaşlı birimleri uyumsuz olarak örter.

Tüm bu birimler ayırtlanarak, mühendislik jeolojisi haritası ve farklı iki tünel güzergahında boyuna kesitler hazırlanmıştır (Şek.2-3).

3. YAPISAL JEOLOJİ

Nur Dağında ileri derecedeki tektonik itme, devrik kıvrımlanmaları, şistozite ve ters fayları meydana getirmiş ve hemen hepsi de KB'ya doğru eğim kazanmışlardır. Yani Nur Dağı sıkı ve devrik kıvrımlanma geçirmiş tek yönlü (monoklinal) yapılardan oluşan bir bölgedir (Yılmazer ve Demirkol 1992). Gözlenebilen kıvrım çeşitleri; bakışımsız, sürüklenme ve yatık kıvrımlar olarak sıralanabilir. Mühendislik bakımından incelendiğinde kıvrımlanmanın bazı olumlu yanları çalışma alanında gözlenebilmektedir. Örneğin sıkı kıvrımlanma, süreksizliklerin devamlılığını kısaltmaktadır. Yüksek sıcaklık ve basınç şartları altında kayaçlar visko-elastik özellik taşıdığından antiklinal ve senklinal dış bükeylerinde beklenen gerilme çatlakları kolay farkedilebilir oranda oluşamamaktadır. Bu da kayaç kütle kalitesini arttırmaktadır. Oluşan çatlaklar da genellikle kapalı ve / veya mineral dolgulu (kuvars ve kalsit) olduğundan duraysızlık sorununu azaltmaktadır.

4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

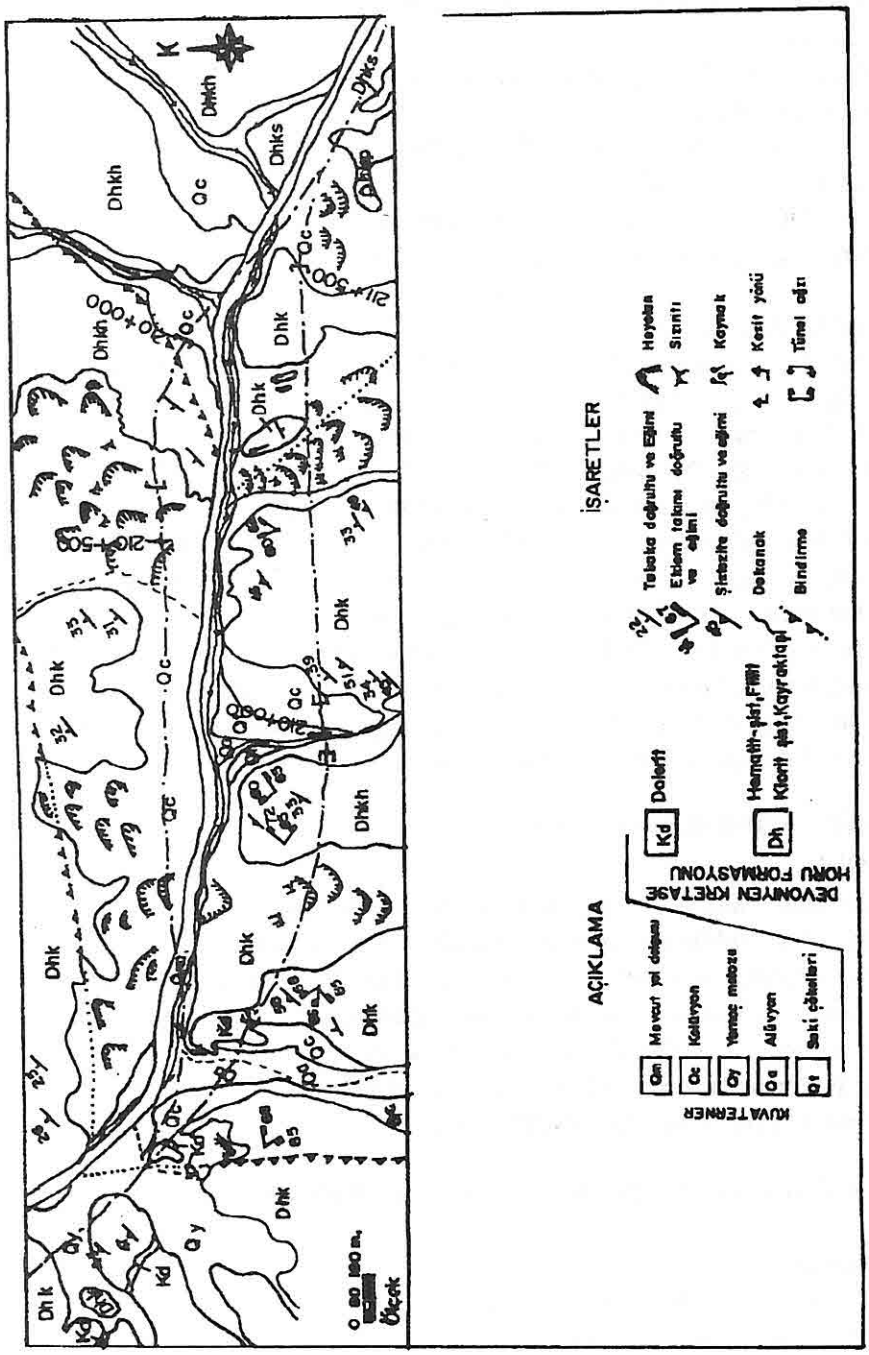
4.1.Giriş

Çalışma alanındaki tüm mühendislik verileri, metamorfik kaya sınıfında ele alınıp değerlendirilmiştir.Yapısal elemanların (fay, dokanak, kıvrım, şistozite, çatlak ve tabakalanma) kayaçların mühendislik özelliklerine etkisi, etken ve edilgen kayma alanlarında yeraltı suyunun durumu araştırılmaya çalışılmıştır. Çok sayıda şistozite, tabakalanma ve çatlak sistemi ölçülmüş ve her biri mühendislik veri tutanaklarında ayrı ayrı tanımlanmıştır. Daha sonra bu süreksizliklerin bir arada bulunuşları kinematik değerlendirmelerle incelenmiştir.

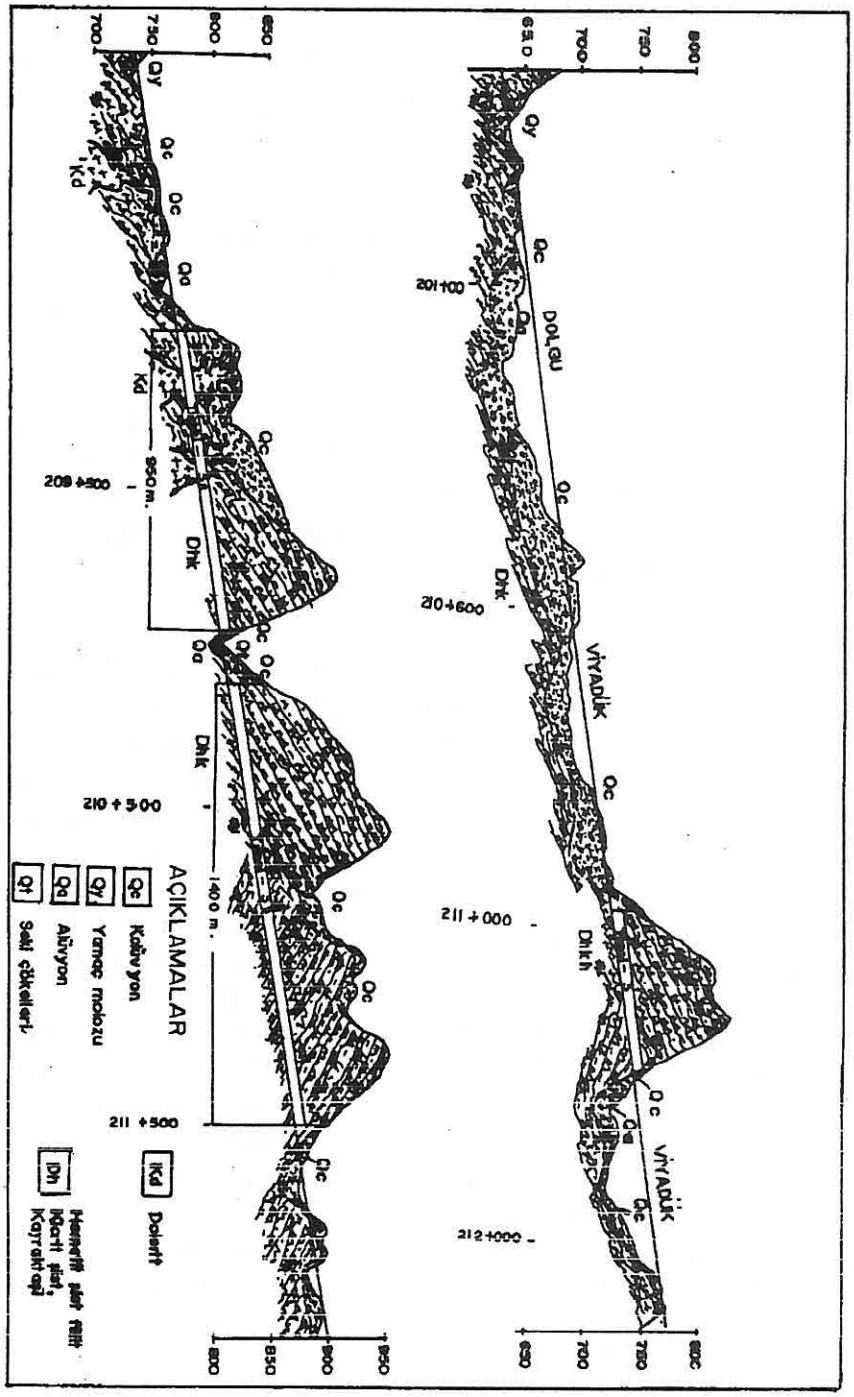
4.2. Çalışma Alanındaki Kaya Birimlerinin Mühendislik Özellikleri

Klorit Şist

Klorit şist genellikle iyi kaliteli kayaç gurubundadır. Metamorfizma nedeni ile oluşan kristalizasyon dayanımı arttırmıştır.



Şekil 2. İnceleme Alanı Mühendislik Jeolojisi Haritası



Şekil 3. Tünel Güzergahlarının Jeoloji Boyuna Kesitleri

Kayraktaşı

Üzerinden yükün kalkmasına bağlı olarak yüzeyde yapraklanmalı fakat artan derinlikle masiflik kazanmaktadır. İyi kaliteli kayaç olarak sınıflanabilir. Günlenmemiş kayacın dayanımı oldukça yüksektir.

Hematit Şist

Hematit şistler, dayanım yönünden kayraktaşına benzemektedirler. Yer yer dağ oluşturan kuvvetlere dik ve tabakalanmaya verev şistozite yaygın olarak görülmektedir.

Fillit

Tektonik kuşaklar boyunca yoğun değişim, ayrışma ve günlenme nedeni ile genellikle zayıf çok zayıf dayanım gösterir. Bölgede bindirme kuşaklarının yakınlarında dolerit sokulumları görülmektedir. Fillit, bu sokulum yerlerinde ve fay kuşaklarında hidrotermal olarak çok zayıf kayaca dönüşür. Ayrışmaya bağlı olarak zayıf-çok zayıf dayanımındadır (Yılmazer, Ertunç, ve Kaya 1992).

4.3. Hidrojeoloji

Tek yönlü (monoklinal) yapılardan oluşan Nur Dağının her iki tarafındaki hidrojeoloji özellikleri farklıdır. Çalışma alanında kayaçların mühendislik özelliklerinin hem yüzey suları hem de yeraltı suları tarafından etkilendiği gözlenmiştir. Bu anlamda sızıntı ve kaynaklar bir taraftan ana kayada günlenme ve ayrışmayı hızlandırırken, bir taraftan da yüzey örtüsünün yamaç aşağı hareketine yardımcı olmaktadır. Gözlenen duraysız alanların pek çoğunun yamaç yukarısında debileri değişik kaynaklar yer almaktadır. Çalışma alanında yüzey sularının etkili olduğu yerlerde günlenmenin birkaç metre derinliğe ulaştığı görülmüştür. Yeraltı sularının hareketi genellikle yapısal unsurlarla kontrol edilir. Etken kayma alanları fay kuşaklarında gelişmektedir. Bunun en önemli sebebi de güncel kolüvyon birimine suyun kolaylıkla etki edebilmesidir. Derelerde suyun debisinin belirlenmesi mühendislik yapılarının boyutlandırılmasında önem taşır. Menfez, köprü vb. yapıların yapılacağı yerlerden, yapının faydalı ömrü boyunca geçecek su miktarının hesaplanması son derece önemlidir. Nur Dağındaki yapısal durum değerlendirilip, yeraltı suları açısından incelendiğinde; batı taraftaki derelerin çoğunun sürekli akar durumda, doğu tarafındaki derelerin ise mevsimlik olduğu görülür.

Bu durum yapısal elemanların KB'ya eğimli olmasından kaynaklanmıştır. Doğu tarafa düşen yağışların belli bir kısmı yapısal unsurlarla batıya taşınmaktadır.

4.4. Etken ve Edilgen Kaymalar

Çalışma alanında genelde geniş ezik kuşaklar meydana getiren ters faylar

görülür. Bu bölgelerde de faylanma sırasında (genellikle fayın fillitleri kestiği yerlerde) ezilme sonucu kayaçlar zayıfladığından, kolüvyon malzeme özelliğinde kalın güncel örtü malzemesi meydana gelmiştir. En önemli etken güncel kaymalar bu tür kuşaklarda, kolüvyon içerisinde gelişmiş ve gelişmektedir. Örnek olarak Kızlaç köyündeki güncel etken kaymalar gösterilebilir. Bu kayma alanında yeraltı su seviyesinin yüzeyde olduğu hatta arteziyen yaptığı yerler vardır. Kayma bölgesinin üst kesimlerinde ıslaklılık, sızıntı ve kaynaklar sık olarak gözlenmektedir. Burada kayma malzemesi yaklaşık olarak on milyon m^3 hacmında ve 40 m kalınlığındadır.

Horu formasyonu (Dh) ardışık katmanlı filiş karakterindeki birimlerin başkalaşımı sonucu oluşmuş bir istiftir. Dağ oluşturan sıkıştırma kuvvetleri yukarıda da anlatıldığı gibi genelde ters fayları meydana getirmişlerdir. Bu faylar, Kaman meta kırıntılı üyesi içerisinde metakuvarsit, hematit şist gibi dayanımlı seviyelerle, fillit gibi daha az dayanımlı seviyeleri de kesmektedir. Böylelikle fayın daha az dayanımlı seviyeleri kestiği ezik yerlerde doğal olarak kalın kolüvyonal güncel malzeme gözlenmektedir. Daha sonra suyun da etkisiyle etken kaymalar oluşmaya başlamıştır. Bazen yukarıdan bir defada gelen kayma malzemesinin ana kaya yüzleklerini kısmen örtmesiyle açıkta kalan ana kaya yüzleklerine yüzen blok görünümünü kazandırmıştır. Çürçek kayma alanı (km 210+600-210+900) tipik bir örnektir.

Çürçek mevkiinde, tepe yukarısından başlayan kayma fillitte gelişmiştir. Alt kesimlerde dayanımlı ana kaya (iri dokulu şist) yüzleklerini aşarak tepe eteğindeki dereye doğru akmıştır. Aşan malzeme açıkta kalan ana kaya yüzleklerini yüzen blok görünümünde bırakmıştır. Bu yüzen blok görünümündeki ana kaya yüzlekleri ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Çatlak, şistozite ve tabakalanma ölçümleri ve litoloji özellikleri çalışılıp değerlendirildiğinde, bağımsız gibi görülen ana kaya yüzleklerinden alınan, egemen şistozite ve çatlak takımları konumlarının aynı olduğu görülmüştür. Bu nedenle sözü edilen yüzleklerin kayma malzemesi içerisinde hareket eden bloklar değil de yüzleklerin genelde ilişkili ve yerinde oldukları, ana kayma malzemesinden taşan malzeme ile kısmen örtüldüğü sonucuna varılmıştır. Çalışma alanında görülen güncel etken kaymaların, özellikle fay kuşaklarında ve güncel kolüvyonal örtü malzemesi içerisinde, suyun da etkisiyle geliştiği anlaşılmıştır.

4.5. Oluşabilecek Hareketlerin Değerlendirilmesi

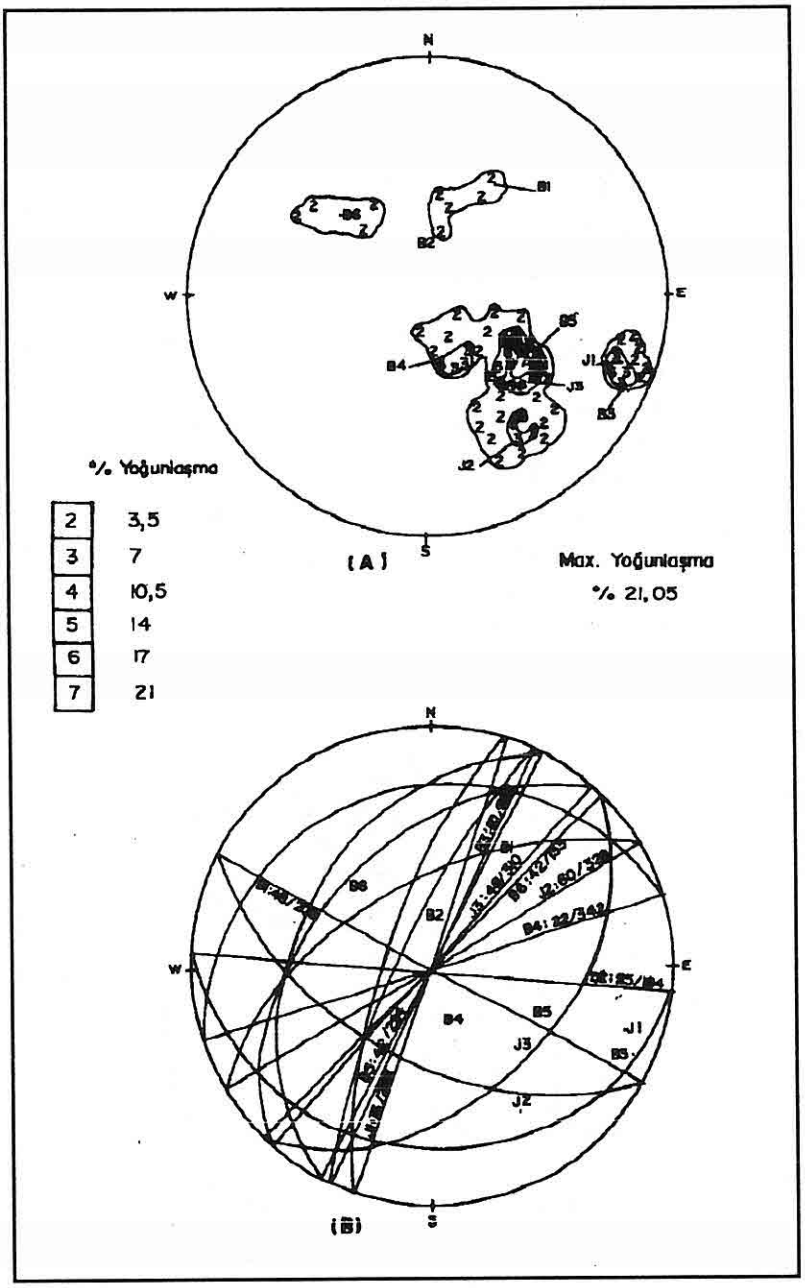
Çalışma alanında 350 adet süreksizlik, yaklaşık olarak 4 km uzunluğundaki otoyol güzergahının değişik veri noktalarında çalışılıp, mühendislik jeolojisi veri tutanaklarına işlenmiştir. Bu makalede sadece km 209+000 -km 209+900 arasında, 900 metrelik bölümündeki çalışma örnek olarak verilecektir. Araştırılan bu özellikler kısaca şöyledir. Süreksizlik tanımlaması (türü, eğimi ve yönü, aralık, açıklık, pürüzlülük, şekli, dayanıklılık, su durumu), dolgu ve kayaç tanımlaması (dolgu tipi, dayanım,

ayrışma, çözünme ve çatlak takım sayısı) olarak ele alınıp değerlendirilmiştir. Daha sonra bu süreksizliklerin stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak ortalama eğim ve doğrultu yoğunlaşmaları bulunmuştur (B1; 48/208, B2; 25/184, B3; 80/294, B4;22/342, B5; 42/294, B6; 42/133 J1; 75/288, J2; 60/328, J3; 48/330). Her bir süreksizlik gurubunun diğerleriyle beraber bulunuşlarında, tünel giriş-çıkış ağızlarındaki ve tünel tavan ve yan yüzeylerinde meydana getirebilecekleri devrilme, kopma, kama tipi kayma ve düzlemsel kayma durumları kinematik yöntemlerle incelenmiştir. İstatiksel olarak (Yılmazer, Ertunç ve Kaya, 1992'de kullanılan " Key for rock mass description" a göre) elde edilen kayma direnci değiştirgeleri (Ø; 300 ve C; fillit içerisindeki süreksizlikler için, 50-100 ve hematit şist ve klorit şist içerisindeki süreksizlikler için 100-500 kPa) yerinde ve laboratuar deneyleriyle deneştirilip geri incelemelerle (back analysis) doğrulandıktan sonra kinematik incelemelerde kullanılmıştır.

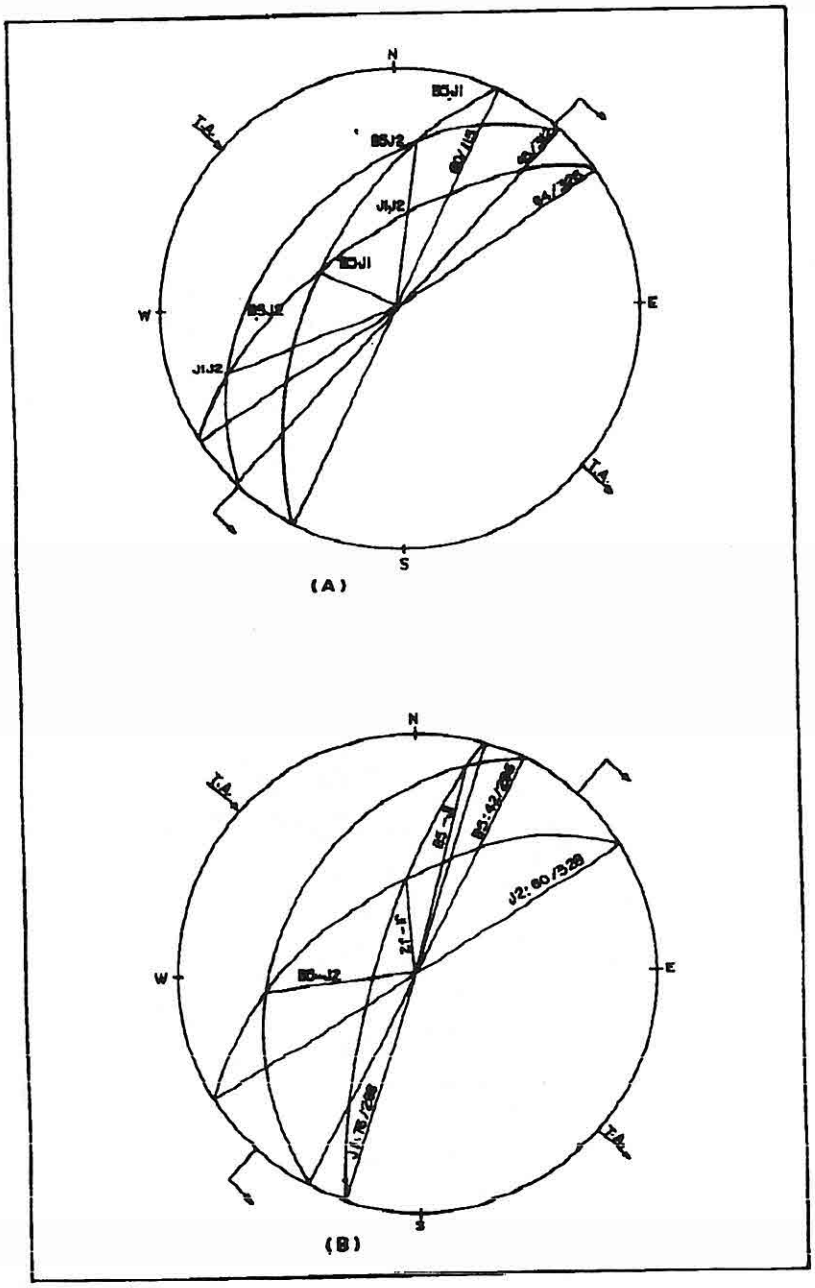
Şekil 4A'da sıkıştırma kuvveti KB-GD olup, etken kuvvet yönü KB'dan GD' yadır. Şekil 4B'de tüm olanakları değerlendirmek için belirgin süreksizlik düzlemlerinin izdüşümleri alt yarımkürede gösterilmiştir. Bütün süreksizlikler beraber incelendikten sonra birlikte tehlike yaratabilecek süreksizlik sistemleri seçilip incelenmiştir. Şekil 5A'da kama tipi kayma yan duvarlarda beklenmektedir. Gerekli destekleme yöntemleri (ankraj, bulonlama) tünel kazısı sırasında uygulanmaya konulmalıdır. Şekil 5B'de tünelde kama tipi kopma (kayma) araştırılmıştır. B5-J1-J2 süreksizliklerinin birlikte olmaları durumunda kama tipi bir duraysızlık beklenmektedir. Şekil 6A'da B1-J1 süreksizlikleri tarafından oluşturulabilecek bir kama tipi kayma ve Şekil 6B'de düzlemsel ve kama tipi kaymalar beklenmektedir. Ancak yarma yamaç eğimini azaltmak büyük ölçekli kazıların yapılmasına neden olacağından ankraj, bulonlama ve püskürtme betonu kullanılarak yamaç duraylılığı sağlanacaktır. Şekil 7A'da J1-J2 ve J1-J3 çatlak sistemlerince oluşturulacak kama tipi kaymalar beklenmektedir. Şekil 7B' 'de J2 - J3 - B5 süreksizlikleri tarafından oluşturulacak kama tipi kaymalar beklenmektedir. Kazı sırasında gerekli görüldüğünde bulonlama yapılacaktır. Şekil 8A'da J1-J3 eklemleri tarafından oluşturulacak ancak sınır koşullarda bir kama tipi kayma beklenmektedir. Şekil 8B'de çok küçük ölçekli bir düzlemsel kayma beklenmektedir.

Şekillerde Kullanılan Simgeler

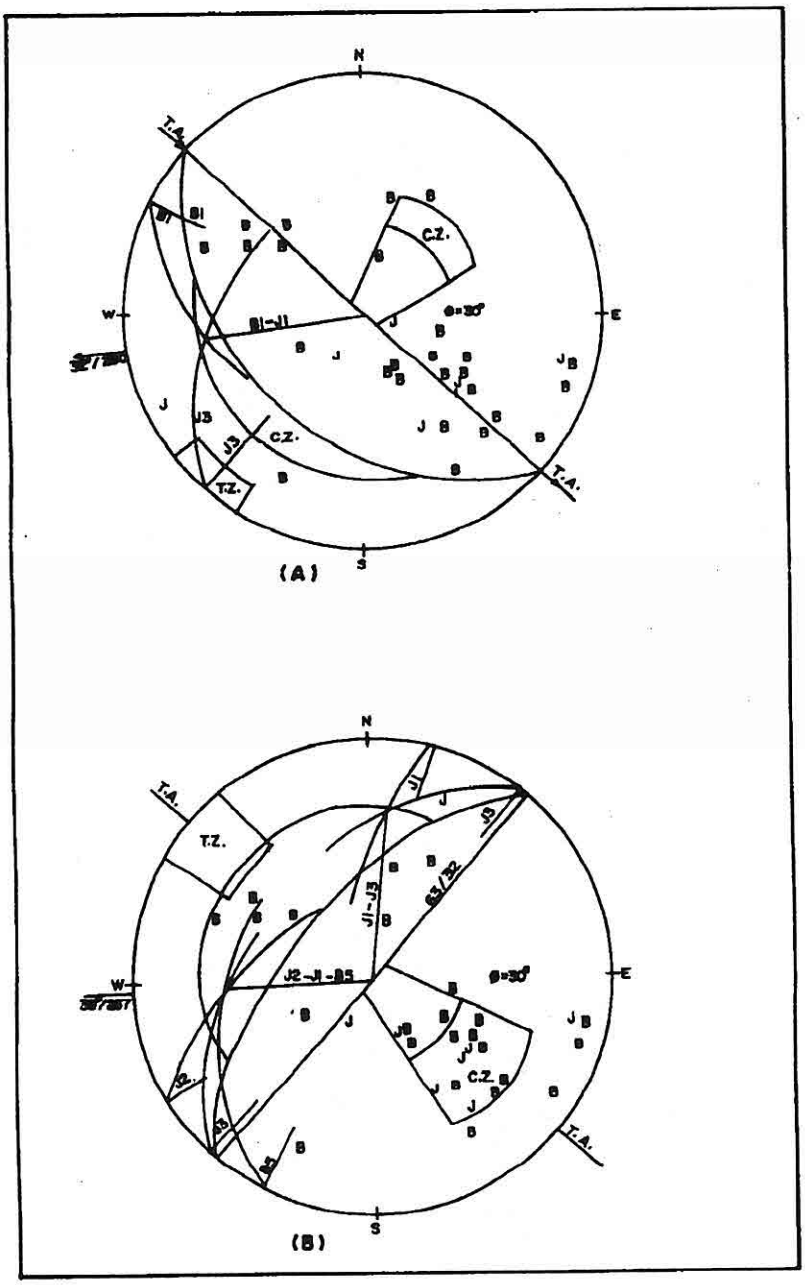
TA, Tünelin gidişi
Ø, Sürtünme açısı
CZ, Tehlikeli bölge
B, Tabakalanma
j, Çatlak
F, Fay
S, Şistozite



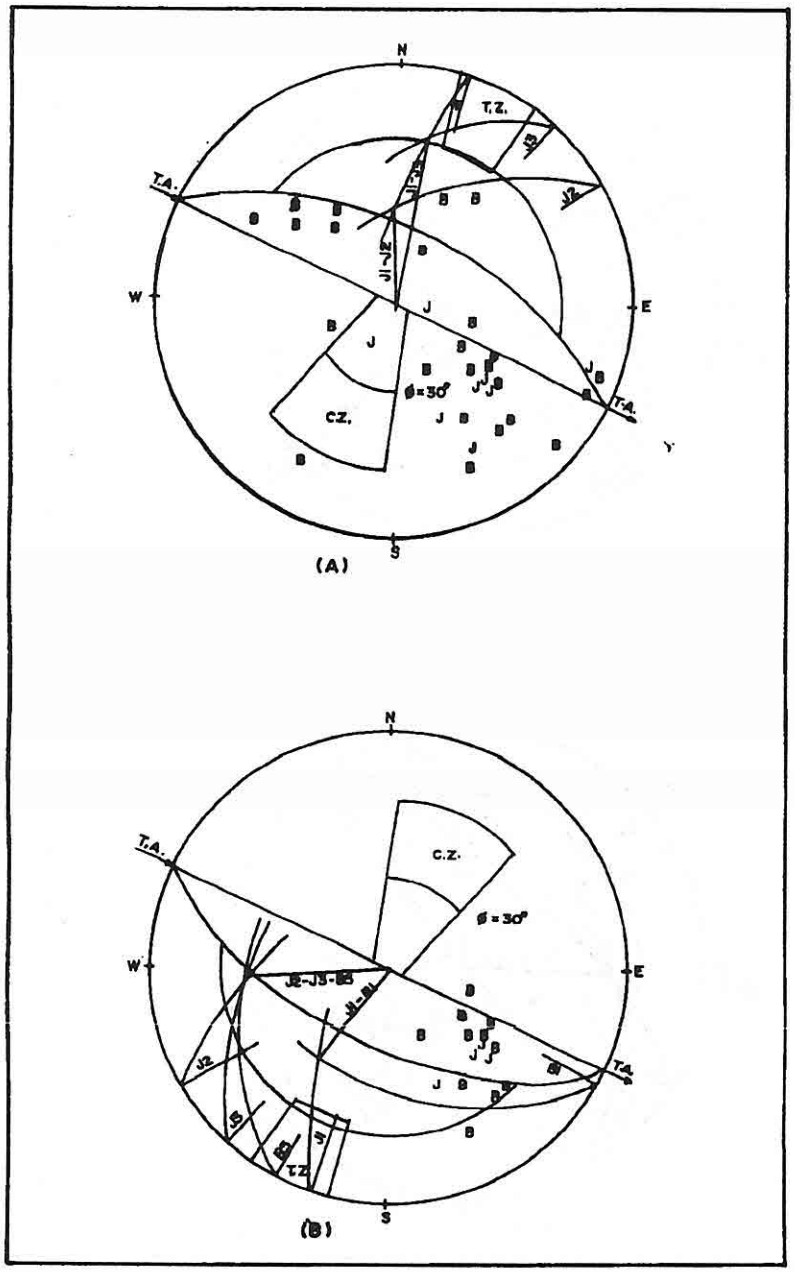
Şekil 4. Schmit neti-alt yarım kürede tabakalanma ve eklem sistemlerinden alınan eğim ve doğrultu ölçümlerinin stereografik iz düşüm yöntemi ile araştırılması (A), belirgin süreksizlik düzlemlerinin alt yarım kürede iz düşümleri (B).



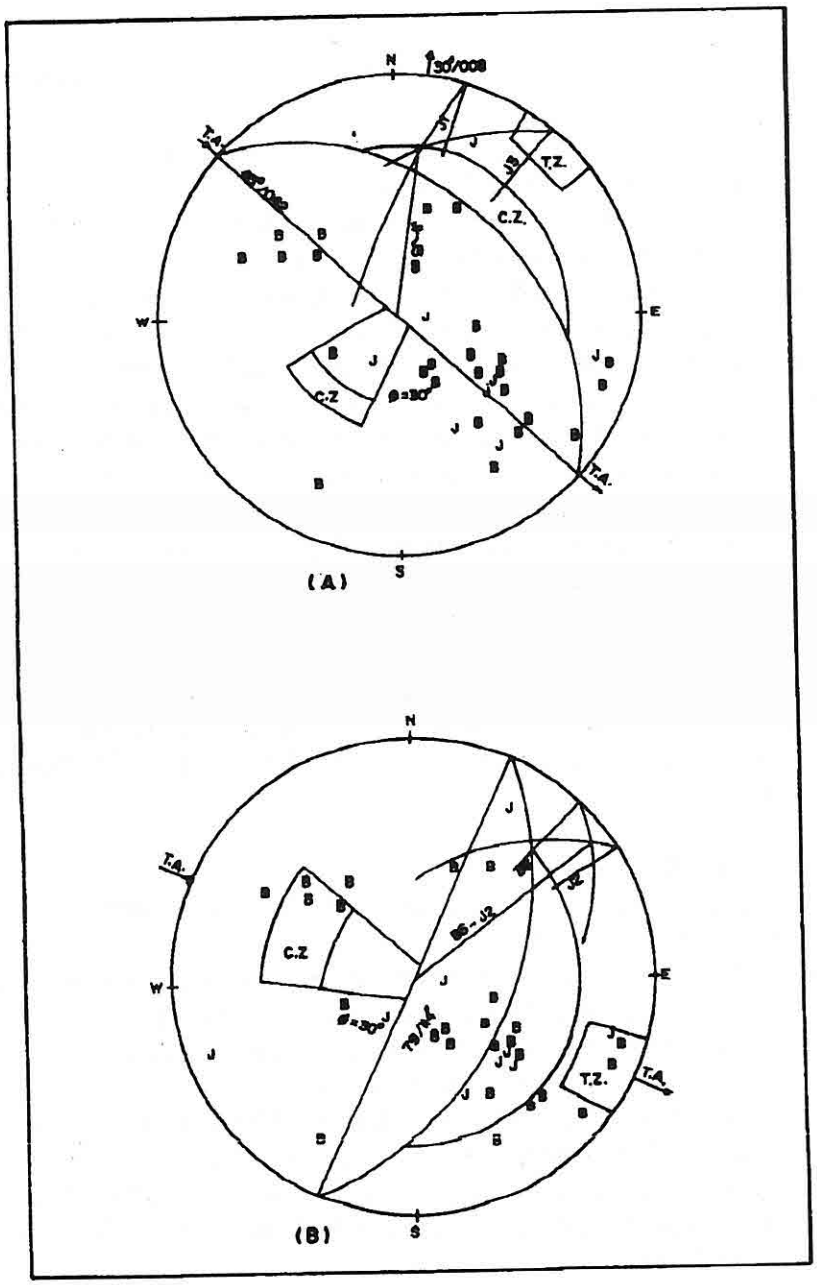
Şekil 5. B5,J1,J2 süreksizlikleri beraber bulunduklarında duvarda *(A)* ve tavanda *(B)* kama tipi kayma araştırması.



Şekil 6. B1, J3 (A) ve J1, J3,J3 (B) süreksizliklerinin beraber bulunuşlarında yarmalarda devrilme, düzlemsel ve kama tipi kayma araştırması.



Şekil 7. J1, J2, J3 ve J2, J3, B5 süreksizlikleri için sağ (A), sol (B) yarma yamaçlarında devrilme, düzlemsel ve kama tipi kayma araştırması



Şekil 8. J1, J3 (A) ve J2, B6 süreksizlikleri tarafından oluşturulabilecek devrilme, düzlemsel ve kama tipi kayma araştırması

5.SONUÇ

Bu çalışma, TAG otoyolunun, Nur Dağı-Kızlaç geçidinde yaklaşık olarak 4 km'lik bölümünü de içine alan sahanın ayrıntılı mühendislik jeolojisini ortaya çıkarmak için yapılmıştır.

Bu amaçla stratigrafi, yapısal jeoloji ve hidrojeoloji çalışmaları öncelikle tamamlanmıştır. Bölgede özellikle faylanmanın yaratmış olduğu ezik zonlarda güncel kolüvyonal örtü malzemesi gelişmiştir. Bu malzeme içerisinde, suyun da varlığı ile etken güncel kaymalar oluşmuş ve hala oluşmaktadır.

Çalışma bölgesinde yapısal unsurlar genelde KB' ya eğimlidir. Bu duruma bağlı olarak YAS'nun beslenme alanı, yağış alanından daha farklı olmaktadır. Süreksizlik sistemleri fazla duraysızlık sorunu yaratacak özellikte değildirler. Yani eklem sistemlerinin çoğunluğu kuvars veya kalsitle dolgulu, pürüzlü ve devamsızdır. Tabakalanma, başkalaşma sırasında genellikle kaynaştığı ayrıca şistozite de tabakalanma ile kesildiği için duraysızlık yönünden pek önemli değildirler. Yaklaşık olarak 350 adet eklem, tabakalanma ve şistozite ölçümleri, arazide mühendislik veri tutanaklarında tanımlanmıştır. Bu süreksizlikler, tünel giriş- çıkış ağızlarındaki yarmalarda, tünel tavan ve yan yüzeylerinde kama tipi kayma, düzlemsel kayma, devrilme ve kopma durumları için kinematik incelemelerde kullanılmıştır. Kinematik incelemeler sonunda bazı küçük kama tipi ve düzlemsel kaymaların yanı sıra, sınır koşullarında kopma ve düşmeler meydana gelebileceği görülmüştür. Bu duraysızlık sorunları tünel içerisinde kaya bulonlaması ile, tünel giriş çalışmalarında meydana gelebilecek yüzeysel döküntülerin ise püskürtme betonu ile önlenebileceği önerilmiştir.

6. KAYNAKLAR

Arpat, E. ve Şaroğlu, F., (1975), Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, Türkiye jeol. Kur. Bült., c.18 s.1,91-101.

Atan, O.R., (1969), Eğribucak-Karacaören(Hassa) Ceylanlı -Dazevleri (Kırıkhan) arasındaki Amanos dağlarının jeolojisi;MTA yayınları, no.139,85s., Ankara.

Demirkol, C. (1988), Türkoğlu (K.Maraş) batısında yer alan Amanos Dağlarının stratigrafisi, yapısal özellikleri ve jeoteknik evrimi, MTA Derg., 108.s.

Duman, T, Y.,(1993), TARSUS- ADANA-GAZİANTEP (TAG) Otoyol, Tünel2-Tünel4 Arasının Mühendislik jeolojisi. Ç.Ü.Fen Bil. Enst. Master Tezi No. 104s., Adana.

Eroskay, O., Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Yalçın, N., ve Gözübol, A.M., (1978), Ceyhan -Berke rezervuarının jeolojisi ve mühendislik özellikleri, Türkiye Jeoloji Kur. Bült.,c.21,s.51-56, Ankara.

Ketin, İ,. (1966), Güneydoğu Anadolunun Kambriyen teşekkülleri ve bunların Doğu İran Kambriyen'i ile mukayesesi, MTA Derg.No.66, Ankara

Önalan, M,. (1986), Amanos Dağlarındaki Alt Paleozoyik Çökellerinin Çökelim

Ortamları ve Bölgenin Paleocoğrafik Evrimi, Türkiye Jeol. Kur. Bült,. 49-64.

Yalçın, N,. (1988), Amanosların Litolojik karekterleri ve Güneydoğu Anadolu'nun tektonik evrimdeki anlamı, Türkiye jeol. Kurt.Bült., c.23, 21-30

Yetiş, C., Searl, A., Hallam, A., (1989), İndere (Bahçe- Adana) dolayının stratigrafisi ve Paleozoyik kuvarsitleri ile dolomitlerinin jeoteknik özelliklerinin araştırılması, Ç.Ü. Araştırma Fonu (MMF 88-4), 40 s.

Yılmaz, Y,. Demirkol, C., Gürpınar, O., Yalçın, N., Yetiş, C., Yiğitbaş, G., Günay, Y., ve Sarıtaş, B.,(1984), Amanos dağlarının jeolojisi ve stratigrafisi, İ.Ü.Müh.Fak. Dönersermaye işletmesi, 227s, İstanbul.

Yılmazer, İ, Ertunç, A., ve Kaya, Ş., (1992), Yarma yamaç dizaynı ve kinematik analiz,3. Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Bildiri özetleri, Çukurova Üniversitesi /Adana

Yılmazer, İ., Erhan, F., Duman, T.Y., ve Erdal, A.,(1992), Mühendislik çalışmalarında süreksizlik araştırmalarının önemi; 3. Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Bildiri özetleri, Çukurova Üniversitesi-Adana

Yılmazer, İ., İşler, F., and Duman, T.Y.,(1992), Metamorphism in the Nur Mountain Range and its Effect on Engineering Geology of the Region, Geosaund; Yerbilimleri. Çukurova University-Turkey, p.67-77

Yılmazer, İ,. and Demirkol, C,. (1992), About the geology of the Nur Mountain Range (NMR), Geosaund; Yerbilimleri. Çukurova University-Turkey, p.313-314

YERBİLİMLERİ GEOSOUND | ARALIK DECEMBER 1994 | SAYI NO 25 | ISSN 1019-1003

DOLOMITISATION OF THE KORUK FORMATION (CAMBRIAN), AMANOS MOUNTAINS, SOUTH CENTRAL TURKEY

Cengiz YETİŞ
Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ABSTRACT : *The Koruk Formation is a 167 m thick carbonate unit of Middle Cambrian age which crops out in the Amanos Mountains of south central Turkey. It forms part of a folded Palaeozoic sequence which is overlain by later Mesozoic carbonates and ophiolites. The Koruk Formation is largely dolomitised contains a basal fine - grained unit containing pseudomorphs after anhydrite, overlain by mixed dolomitised oolitic and intraclastic grainstones. A thin undolomitised peloidal grainstone seperates the dolomitised grainstones into upper and lower oolitic units. Both grainstone units have been replaced by coarsely crystalline dolomite with a typical burial fabric. The two oolitic units are geochemically distinct with the lower unit being chemically similar to the underlying fine - grained basal unit. The upper part of this oolite is heavily fractured and dedolomitised which suggests that dolomitisation and subsequent calcification of dolomite occured prior to deposition of the later oolite. The peloidal grainstone contains nonferroan calcite cements with a typical meteoric - phreatic fabric.*

The Koruk Formation is interpreted to represent a transition from a marginal marine sabkha facies into shelf carbonate sands. Dolomitisation by evaporatively concentrated marine fluids accompanied by deposition. Sea-level lovering and associated meteoric diagenesis led to dedolomitisation and calcite cementation. The upper oolitic grainstone appears to have been largely dolomitised during burial, with at least two main phases of dolomitisation, separated by a period of uplift and deep penetration of meteoric fluids.

AMANOS DAĞLARI KORUK FORMASYONUNUN (KAMBRİYEN) DOLOMİTİZASYONU

ÖZET : *167 m kalın başlıca karbonatlardan oluşan Koruk formasyonu Amanos Dağları boyunca yüzeylemektedir. Kıvrımlı Paleozoyik istife ait olan birim Mesozoyik karbonatları ve ofiyolit dizisi kayaçlar tarafından üzerlenmektedir. Çoğunlukla dolomitleşmeli olan Koruk formasyonu istifin tabanında ince kristalen dolomit yapılışlı olup üste doğru dolomitize oolitik ve intraklastik tanetaşlarına geçer. Alt ve üst dolomitize oolitik tanetaşı düzeyleri arasında ince bir dolomitize olmamış pelloidal tanetaşı düzeyi bulunur. Her iki tanetaşı düzeyi de kaba kristalen dolomite replase olmuşlardır. Bu oolitik birimler jeokimyasal yönden farklı olup alt birim ince kristalen taban birimi ile kimyasal yönden benzerlidir. Alttaki dolomitize oolitik düzeyin tavan kesimi yoğun bir şekilde kırıklı ve dedolomitizedir. Bu durum dolomitizasyon ve dolomitin daha sonraki evredeki kalsitleşmesinin üst oolitik düzeyin çökelmesinden önce geliştiğini işaret etmektedir. Pelloidal tanetaşındaki non - ferroan kalsit çimento, meteorik - freatik fabrik için tipiktir.*

Koruk formasyonu sığ denizel sabka fasiyesinden şelf karbonat kumlarına geçişi işaret etmektedir. Yoğun evaporasyon sonucu aşırı konsantre denizel akışkanlar çökelme sonrası dolomitizasyona yol vermişlerdir. Deniz seviyesindeki küçük ölçekteki bir düşüş çökelmenin durmasına ve meteorik diyajenez ile dedolomitizasyon ve kalsit çimento gelişmesine neden olmuştur. Üst oolitik tanetaşı düzeyi gömülme esnasında büyük ölçekte dolomitleşmelidir. Burada iki evreli dolomitleşme, yükselme ve meteorik akışkanların yoğun etkisi ile ayrılabilmektedir.

1. INTRODUCTION

The Koruk Formation is a highly dolomitised carbonate unit of Cambrian age which outcrops in the Amanos Mountains of south central Turkey (Fig.1). This article describes the sedimentology and petrography of the Koruk Formation and presents an interpretation of the unit's depositional and diagenetic histories.

The unit was logged as part of a regional geological study (Yetiş, 1989). 20 samples were later examined in thin section and as stained peels (Dickson, 1965; Adams et al., 1984). A cathodoluminescence study was also made and the samples were analysed chemically using ICP.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

The Koruk Formation outcrops in the Amanos Mountains: a N - S trending fold belt at the eastern end of the Mediterranean. The unit is of Cambrian age and overlies the Lower Cambrian Zabuk Formation which is largely cross bedded quartz arenite (Figs.1, 2). The Koruk Formation is overlain by Upper Cambrian shales of the Sosink

Formation, overlain in turn by the Cambro - Ordovician Kardere Formation of interbedded shales and quartz arenites. The youngest exposed Lower Palaeozoic unit is shales of the Ordovician Kızlaç Formation (Ishmavi, 1972; Wolfart, 1981; Önalan, 1986; Yetiş, 1989-1991). These units now form a major anticlinal structure which is in faulted contact with younger ophiolitic unit (Fig.1). The ophiolites were emplaced during late Cretaceous (Campanian) times, onto a deeply eroded landscape of the Palaeozoic rocks described here and a younger Mesozoic carbonate cover of Demirkazık Formation (Rigo de Righi and Cortesini, 1964; Yalçın, 1980; Yetiş, 1978-1989). The Koruk Formation appears to be equivalent to Formation C of Dean and Krummenacher's (1961) lithostratigraphy of the Amanos Mountains. Dean et al. (1981) and Dean et al. (1986) have identified both articulated brachiopods and a rich Middle Cambrian trilobite fauna at the transition between the Koruk Formation and the overlying Sosink Formation.

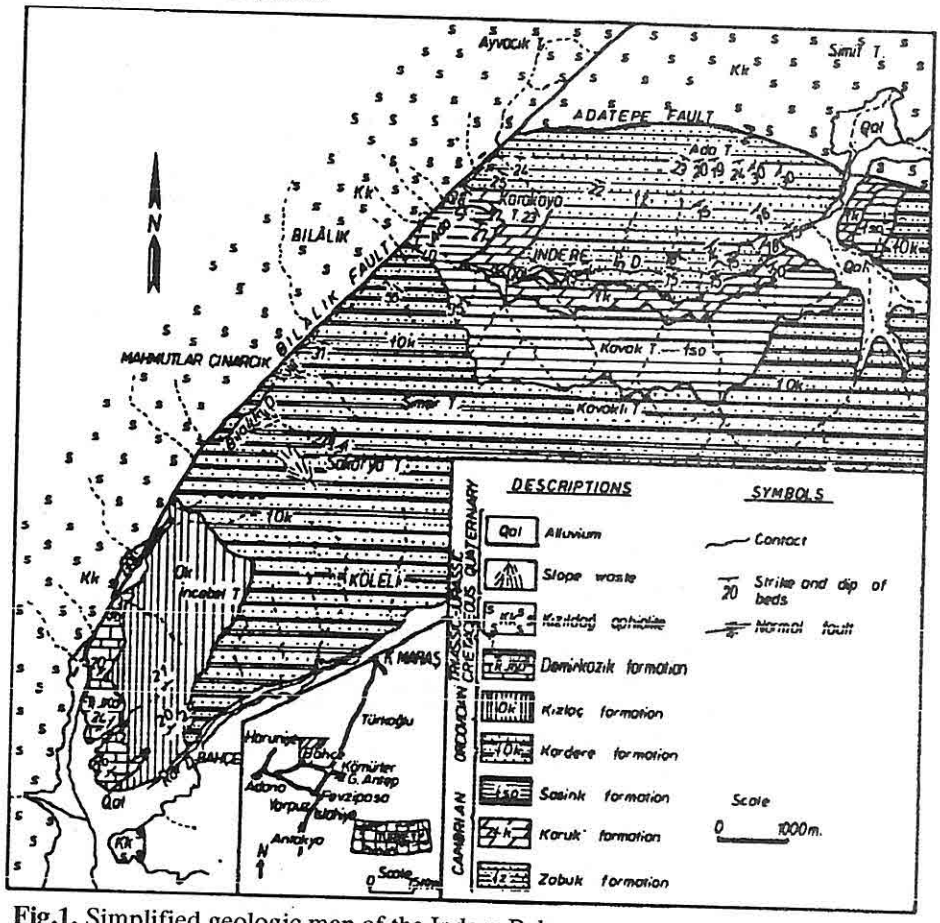


Fig.1. Simplified geologic map of the Indere-Bahçe area.

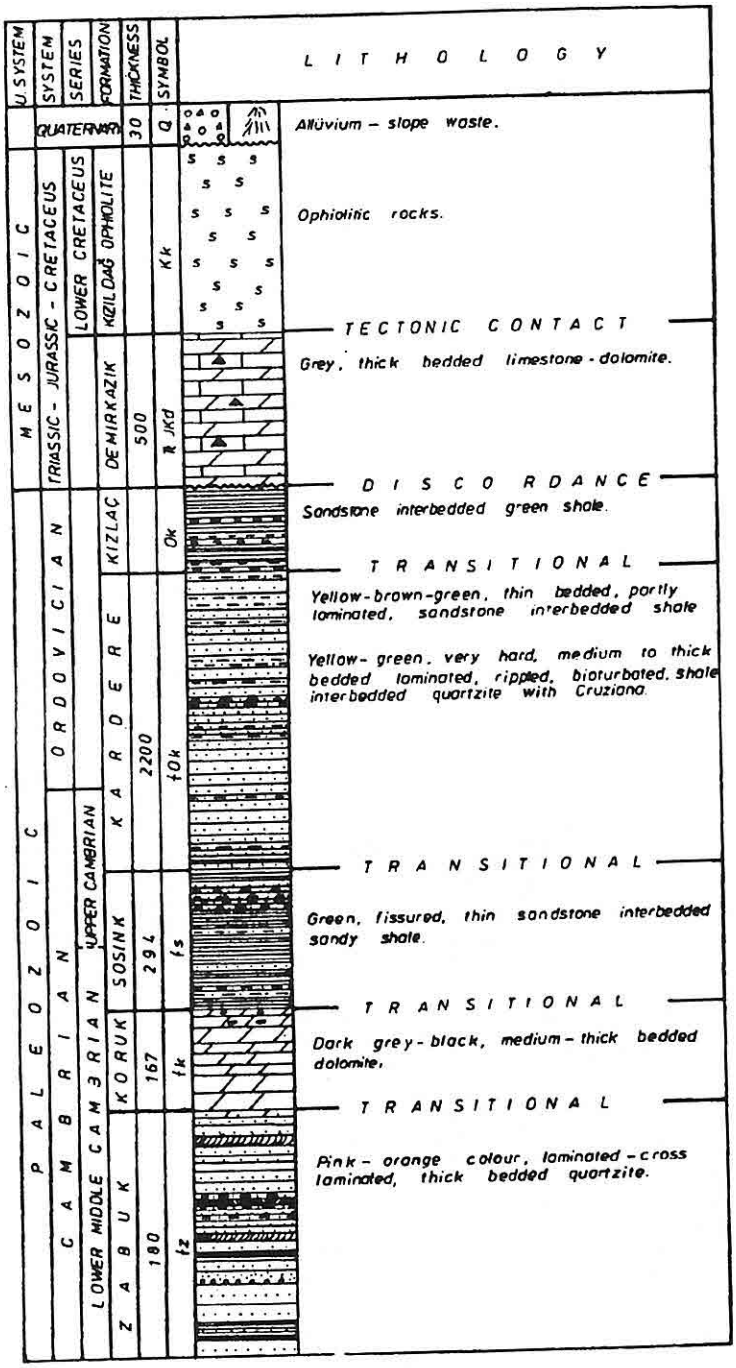


Fig.2. Lower Palaeozoic stratigraphy of the Indere-Bahçe area.

3. SEDIMENTOLOGY OF THE KORUK FORMATION

The Koruk Formation (167 m) is dominantly composed of oolitic grainstones that overlie a basal fine-grained unit (26 m) which contains pseudomorphs after anhydrite. Most of the unit has been extensively dolomitised but an undolomitised interval of peloidal grainstones separates a lower oolitic unit from an upper oolite (Fig.3). Immediately underlying the limestone the dolomite is extensively brecciated and calcified. The unit appears to be of constant thickness throughout the region and is conformable with both the underlying and overlying formations (Figs. 2, 3).

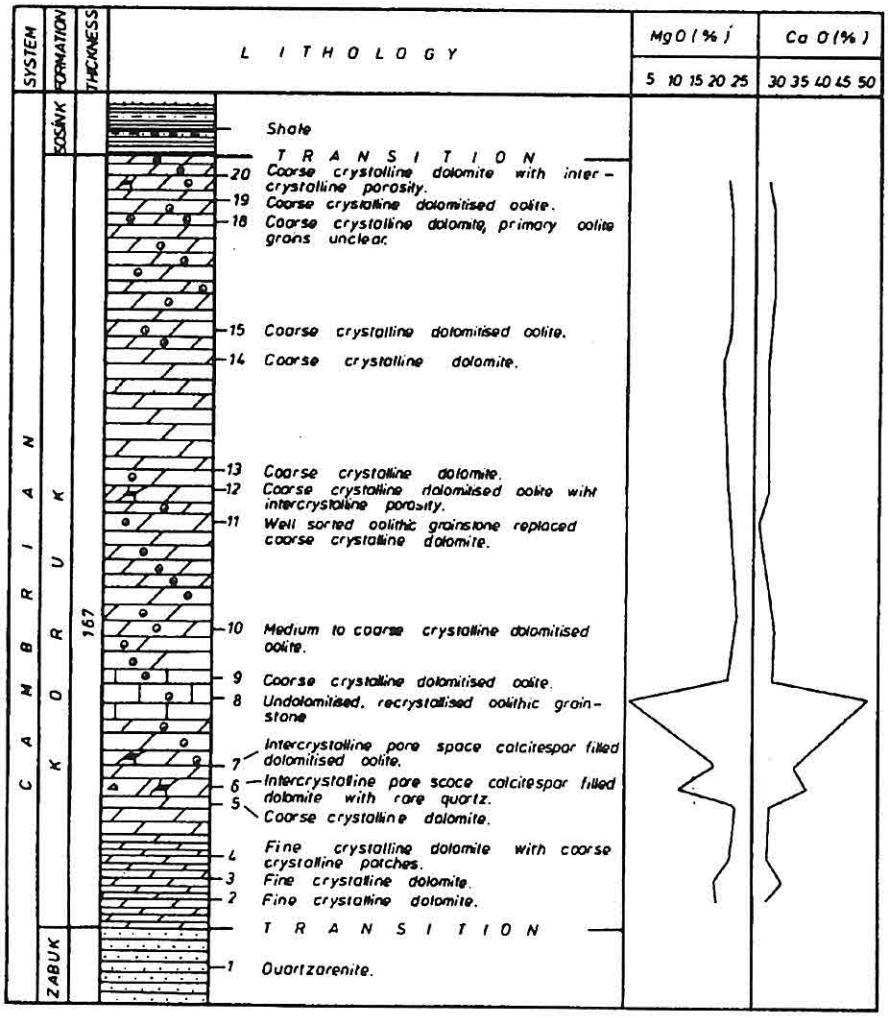


Fig.3. Indere measured stratigraphic section.

4. PETROGRAPHY OF THE KORUK FORMATION

4.1. Basal Fine Grained Dolomite

The lowermost part of the Koruk Formation comprises nonferroan, dully luminescent, subhedral dolomite with crystal sizes ranging from 5 - 30 μm (Figs. 4a, b). This is overlain by coarser (100 μm) anhedral dolomite with a pale brown pleochroism. The top of this basal dolomite unit has a clastic fabric in which variably sized rounded dolomite crystals are syntaxially enclosed by poikilotopic nonferroan calcite. Throughout the basal unit the dolomite contains both scattered pyrite cubes (20 μm) and rare dolospar, calcite and silica filled pseudomorphs after anhydrite (1 mm). The dolospar crystals are nonferroan, up to 500 μm diameter and contain numerous pyrite and 2 phase fluid (liquid and gas) inclusions. The dolospar is moderately luminescent and shows both concentric and sector growth zonation. The silica includes both microcrystalline quartzine and megacrystalline quartz with 2 phase fluid inclusions.

The dolomite is cut by several generations of fractures, and the earliest of these are associated with dedolomitisation. Dedolomitisation was extremely localised and appears to have been more effective on the lower rather than upper side of cavities. Replaced dolomite rhombs have moderately ferroan calcite cores surrounded by strongly ferroan calcite. Later fracture - filling nonferroan calcite is syntaxial on the calcified dolomite rhombs of the wall rocks. In some veins quartz euhedra passively fill the residual porosity, but more commonly carbonate in silicified veins is only present as tiny inclusions within quartz crystals. Locally quartz crystals have elongate, rather than equant morphologies and are obliquely oriented with respect to fractures. The quartz veins are cut by nonferroan calcite veins, in which the calcite has a scalenohedral habit.

4.2. Lower Oolitic Dolomite

This unit comprises a heavily deformed, dolomitised oolitic grainstone (Fig.3). Ooids are well sorted, about 300 μm diameter, and are preserved within the coarsely crystalline dolomite by small dark inclusions which delineate up to three concentric zones (Figs. 4c,d). The dolomite is nonferroan and dully luminescent with subhedral crystals of 20 - 25 μm diameter. Crystals have sweeping extinction which appear to preserve the original radial crystallographic orientations in the ooids cortices. Some scattered needles (100 μm) of anhydrite and pyrite replaced gypsum (20 μm) are present both within original intergranular porosity and replacing ooids.

The oolite is extensively fractured and forms elongate lenses and clasts, which are coated by opaque material and appear to float in a mixture of nonferroan calcite and dolomite spar (Figs. 4c,d). Ooids within this clasts are flattened parallel to clast elongation. Fracture filling limpid dolomite occurs as 50 μm rhombs nucleated on remnant scraps of oolite. This dolomite is fractured, and undergone some dissolution and is succeeded by nonferroan calcite (crystals about 70 μm). Both the calcite and dolomite contain fluid inclusions, some of which contain gas bubbles.

4.3. Undolomitised Limestone Interbed

This unit coomprises a poorly sorted peloidal grainstone containing large angular

laminated mudstone clasts. The morphology and size of the peloid suggests that they were originally ooids. They now comprise dully luminescent, nonferroan calcite microspar - spar, which grades into the surrounding nonferroan calcite cement. Cement crystals are equant with interdigitating boundaries and they increase in size away from their substrates, to about 50 µm. The earliest nonluminescent calcite cement is syntaxially overgrown by dully luminescent material (Figs. 4e, f).

4.4. Upper Dolomitised Oolite

This unit largely comprises coarsely crystalline (300 µm to 1 mm), dully luminescent, unzoned, brown pleochroic dolomite which replaces oolitic and intraclastic grainstones (Figs.4g, h). Intraclasts are of oolite petrographically identical to that in adjacent oolitic grainstones and allochems generally appear to be floating in 2-dimensional sections. Ooids are usually replaced by large single crystals in which sweeping extinction preserves the precursor cortical fabric. Under luminescence the ooids are sometimes slightly brighter than the surrounding material. Dolomite crystals are of very variable in size and are often coated by opaque material which is concentrated into microstylolites. The opaque material is most abundant around small crystals, which are also more intensely coloured than large crystals. Large crystals are usually isolated from each other by smaller crystals. In luminescence appear to be brecciated remnants of earlier coarse crystals. In addition to the microstylolites there are a number of through going stylolites having relief of about 1 mm, are filled by dark insoluble residue. They appear to be preferentially developed in more highly coloured parts of the rock.

In addition to the main "coloured" dolomite, samples also contain rare void filling coarsely crystalline saddle dolomite and later limpid dolomite. These fill the microporosity between the earlier coloured crystals and localised, fracture associated dissolution cavities. Underluminescence the limpid dolomite shows well developed concentric growth banding in the lower part of the unit, the early growth stages are dull luminescent, whereas higher in the succession only the later stages are brightly luminescent limpid. The latest fractures are perpendicular to stylolites and filled by a mixture of Fe oxides and green clays.

5. GEOCHEMISTRY OF THE KORUK FORMATION

5.1. The Dolomites

The whole rock ICP data illustrated in figures 5-6 divides the dolomite into four groups which are closely related to the petrographic groups described above. These are the basal unit, the lower oolite, and two groups (middle and upper) corresponding tohe upper oolite. The basal unit is slightly ferroan with up to 90 ppm Sr and up to 500 ppm Mn. The lower oolite is less ferroan and contains less Sr than the basal unit, but has similar low Mn contents. The middle and upper oolites have high Mn contents: 3000-6000; the middle oolite is slightly ferroan with a Sr content of about 40 ppm, and the upper oolite is moderately ferroan with Sr contents to 80 ppm.

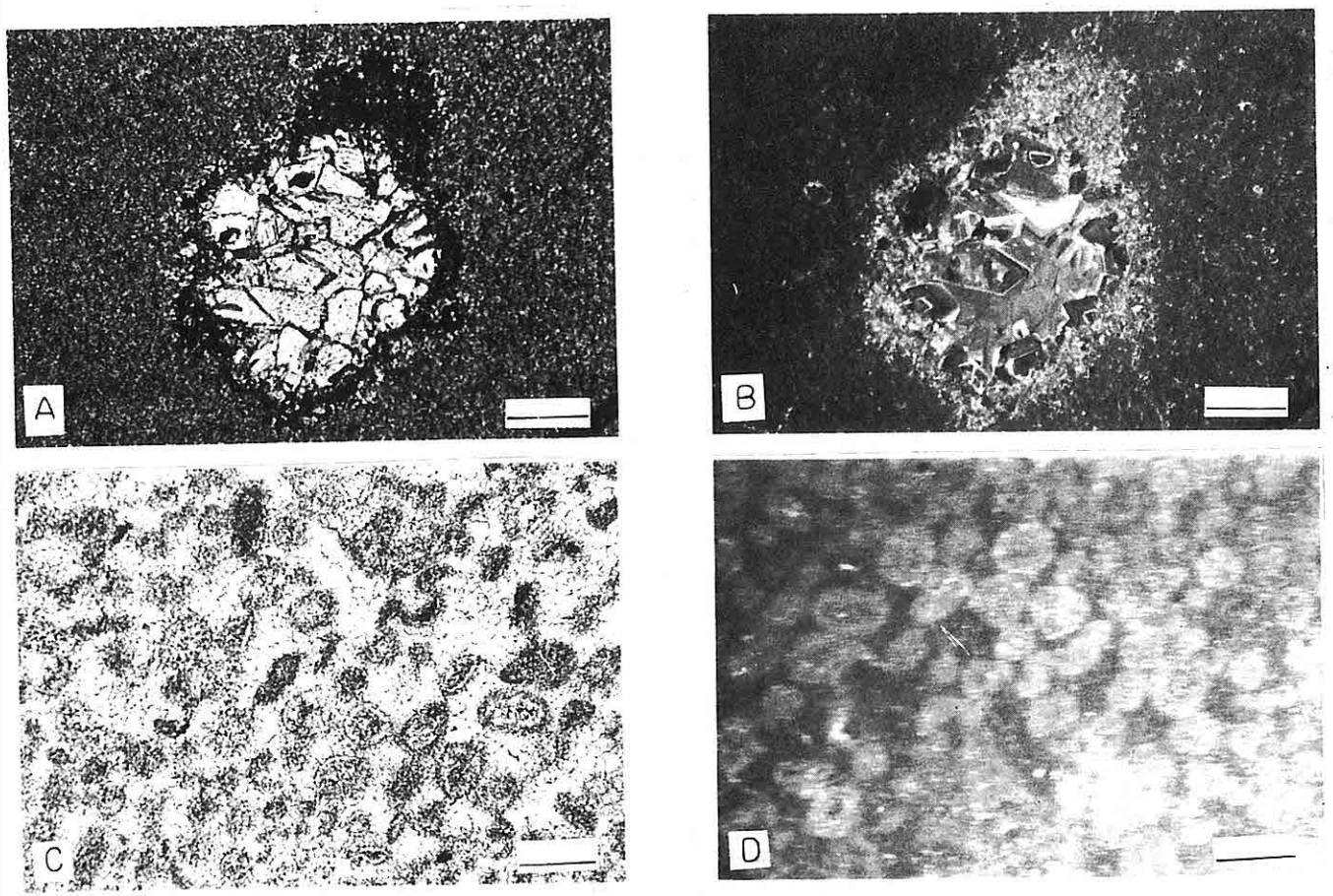
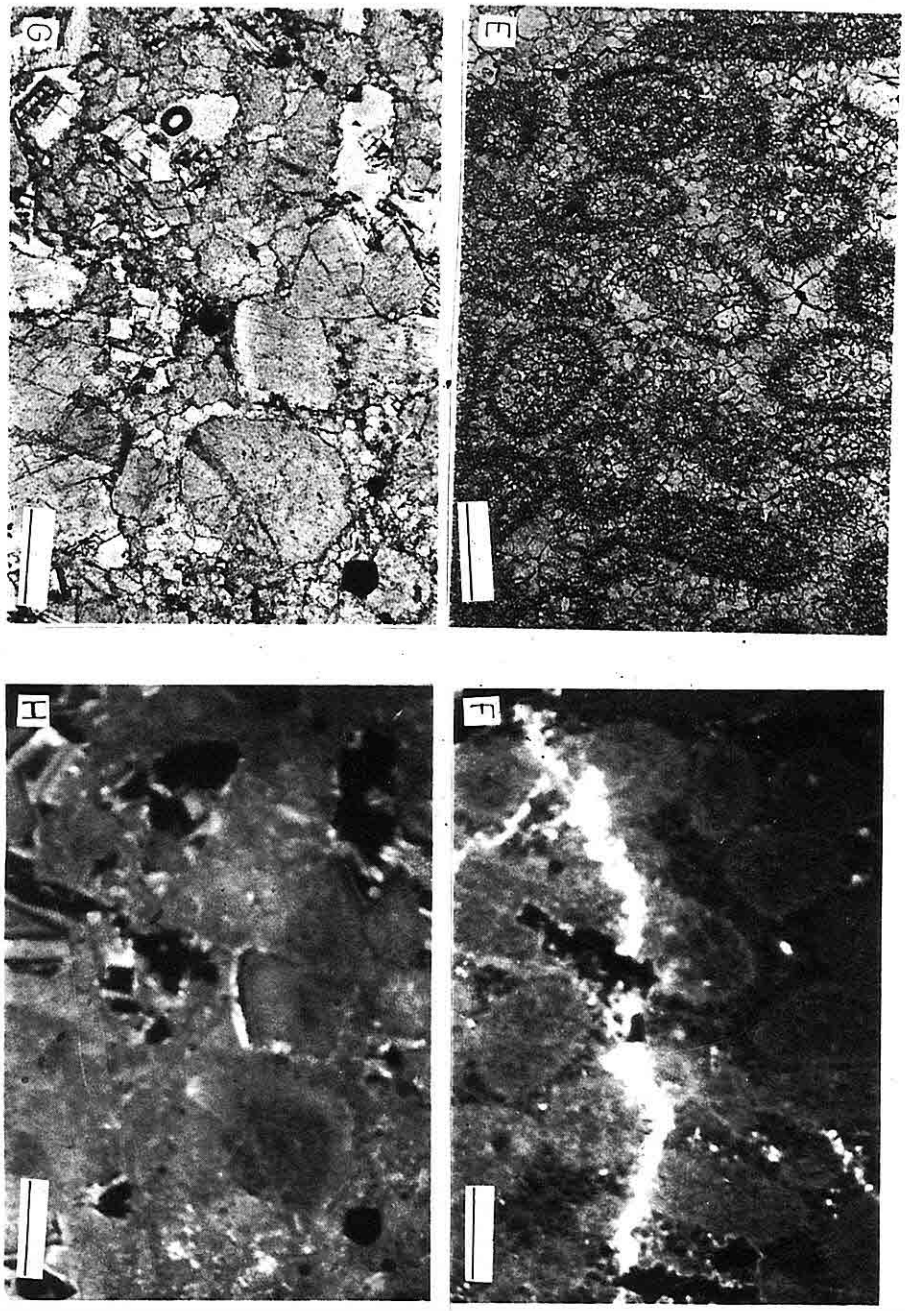


Fig.4. Photomicrographs from the Koruk Formation. B, D, F, H are cathodoluminescence view.
A,B.Basal fine grained (5-30μm), dully luminescent, suphedral dolomite comprise slightly coarser patches. Scale bar 250μm.
C,D.Lower oolitic dolomite comprises heavily deformed dolomitised oolite which are seperated by zones of mixed nonferroan calcite and dolomite spar. C stained thin section, scale bar 250 μm.



E, F. Undolomitised limestone interbed consist of, rather recrystallised, poorly sorted oolitic grainstone with large angular laminated mudstone clasts. Scale bar 40 0 µm.

G,H. Upper dolomitised oolite: uncompacted, brown pleochroic oids are usually replaced by a large single or a couple of dolomite crystals in which sweeping extinction preserves the precursor cortical fabric. Scale bar 400 µm.

5.2. The Limestones

The limestones contain up to .44 % MgO, .05 % Fe_2O_3, 46 ppm Mn and 210 ppm Sr (Figs.5, 6).

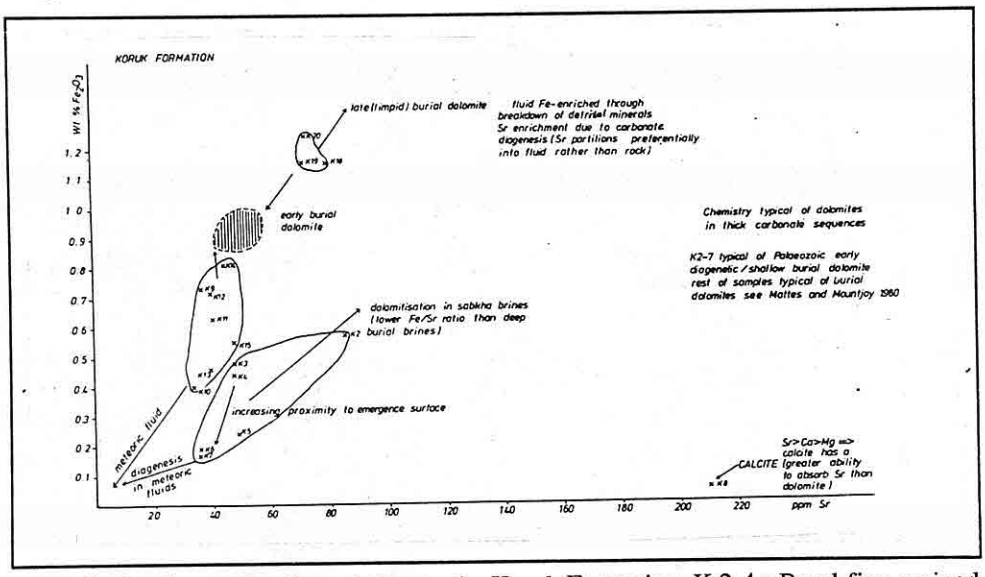


Fig.5. Fe_2O_3 versus Sr variation in the Koruk Formation. K.2-4 : Basal fine grained dolomite; K.5-7 : Lower oolitic dolomite; K.8 : Undolomitised limestone interbed; K.9-20: Upper dolomitised oolite.

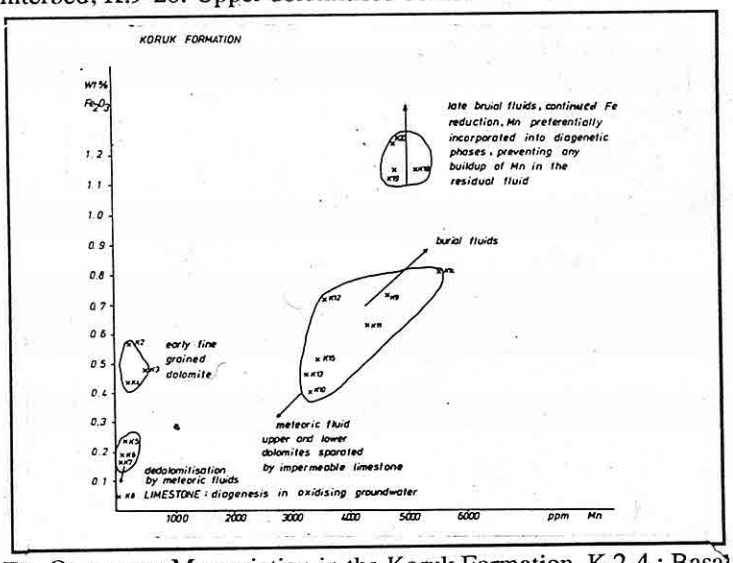


Fig.6. Fe_2O_3 versus Mn variation in the Koruk Formation. K.2-4 : Basal fine grained dolomite; K.5-7 : Lower oolitic dolomite; K.8 : Undolomitised limestone interbed; K.9-20: Upper dolomitised oolite.

6. DISCUSSION

6.1. Deposition

The Koruk formation appears to represent the transition from an inshore sabkha environment to a higher energy open shelf setting (Fig. 7). The oolites were probably deposited within an active ooid shoal system with the intraclast derived from hardgrounds developed in temporarily inactive, algally bound parts of the complex. The high proportion of intraclasts may be indicative of a very variable hydraulic regime and over all slow rates of accumulation. An alternative possibility, suggested by the high incidence of intraclasts, is that the oolites are in fact reworked older oolitic grainstones which were perhaps time equivalent to the underlying sabkha sediments.

6.2. Early Diagenesis

In the basal sabkha unit anhydrite was precipitated immediately below the sediment surface during deposition. The small amounts of pyrite present through most of the dolomitised oolite were probably precipitated through microbial sulphate reduction during the first few metres of burial in marine fluids.

6.3. Diagenesis of the Undolomitised Oolitic Grainstone

The absence of dolomite in this unit indicates that this part of the succession was probably diagenetically distinct from the rest of the formation at the time of dolomitisation. This may indicate the early conversion of this unit to calcite whereas the rest of the formation persisted as metastable carbonate until the time of dolomitisation (Sibley, 1980). Alternatively this unit may have been impermeable at the time of dolomitisation and thus escaped interaction with dolomitising fluids. The extremely low packing density of the ooids, indicates that cementation occurred prior to significant burial. The cements have fabrics typical of meteoric - phreatic cements (Longman, 1980) and their nonferroan, non - dully luminescent nature suggests precipitation close to the water table (Frank et al., 1982). In addition the limestones low Sr content compared with marine calcite, suggests some interaction with meteoric fluids (Land, 1980). The higher proportion of Sr in the limestone than in any of the dolomites reflects the greater ease of substitution of Sr into calcite than into dolomite as a consequence of the greater size of Ca compared Mg (Land, 1980).

6.4. Silicification

It seems probable that silicification occurred during the phase of emergence described above. It is possible that some silica was precipated in the mixing - zone between marine-derived formation waters and meteoric fluids (Knauth, 1979). Quartzine is typically associated with silicified evaporites and indicates high silica supersaturations. The megacrystalline quartz was precipitated from more dilute solutions and the 2 phase fluid inclusions indicate temperatures in excess of 50°C and therefore a burial environment.

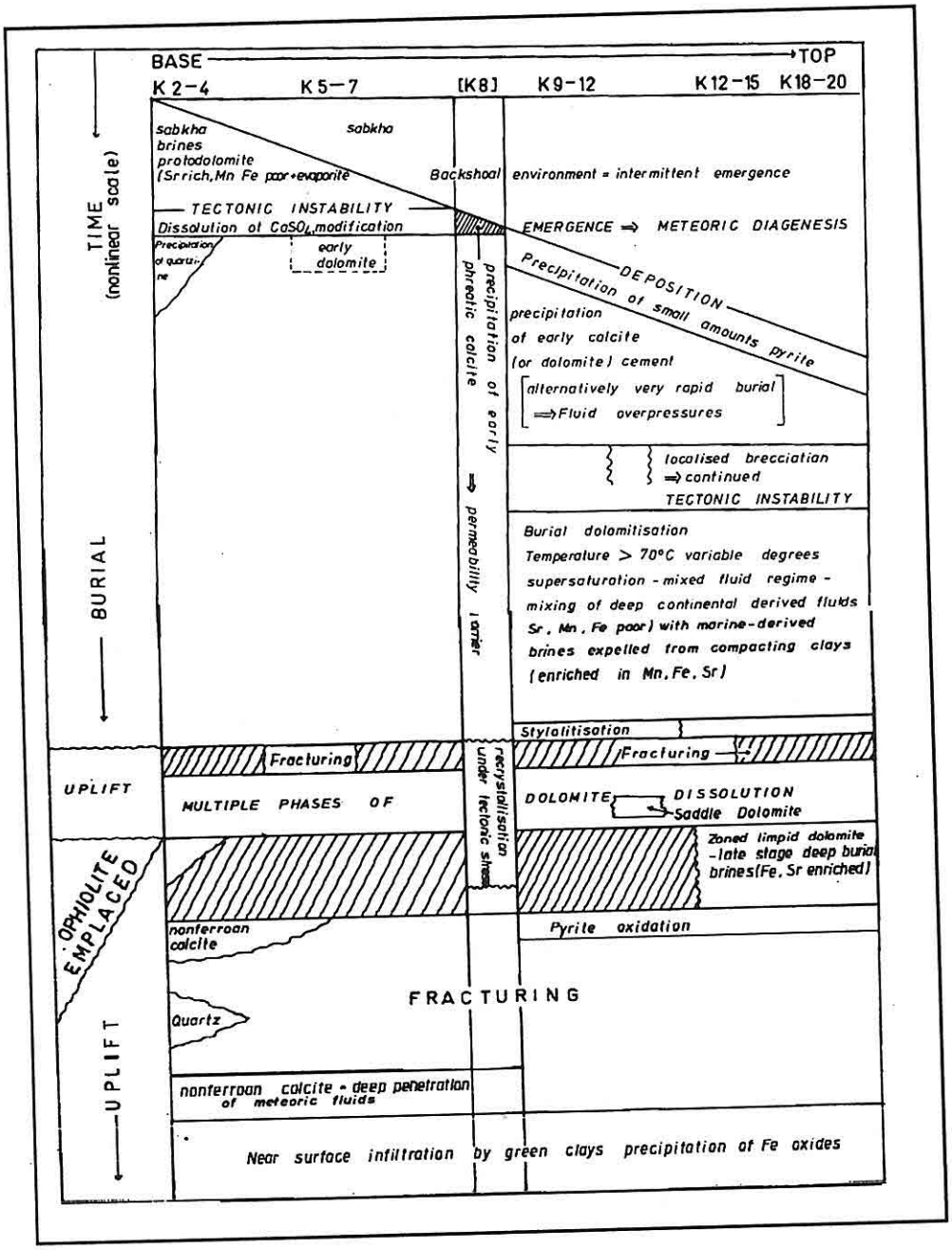


Fig. 7. Depositional and diagenetic histories of the Koruk formation.

6.5 Dolomitisation

The fine grained fabric of the basal dolomite are consistent with very early dolomitisation whereas the coarser fabrics of the oolitic facies are more typical of burial environments (Sibley, 1982). The basal unit and lower dolomite have trace element chemistries typical of Palaeozoic early diagenetic/shallow burial dolomites, and the 2 phase fluid inclusions within the coarser dolomites suggest temperatures of precipitation greater than 70°C. The undolomitised oolitic limestone appear to have acted as an important permeability barrier during diagenesis, leading to the geochemical distinctions between the lower and upper oolitic dolomites.

The extensive brecciation and calcification of the upper parts of the lower dolomite are consistent with subaerial weathering and meteoric diagenesis. This appears to predate dolomitisation of the upper oolite and most probably occurred prior to or immediately after deposition of the overlying limestone. This suggests that dolomitisation of the lithologies underlying the limestone occurred at shallow depths, most probably prior to the deposition of the limestone. The sabkha association of the basal dolomite suggests dolomitisation may have occurred in sabkha brines. The geochemical similarity of the dolomites in the lower oolite to the sabkha material and the small amounts of anhydrite and pseudomorphed anhydrite within it, suggest that this dolomite may also have been dolomitised within hypersaline fluids.

The dissolution of anhydrite in the basal unit and lower oolite and its replacement by quartzine and calcite accompanied early meteoric diagenesis of the dolomite. The 2 phase fluid inclusions within the coarser quartz and the dolospar pseudomorphs after anhydrite, suggest higher temperatures of precipitation and these have formed during burial.

The upper coarsely crystalline dolomites have typical compositions of burial dolomites (Mattes and Mountjoy, 1980). The floating fabrics of the upper oolitic dolomite indicate that compaction was inhibited either by high pore fluid pressures or early lithification during shallow burial. The development of fluid overpressures seems unlikely as there are no clay aquicludes in the formation to restrict dewatering of the oolite. The "coloured" dolomite, may therefore have an early origin or it may partly replace an earlier calcite cement. The enhanced Mn and Fe contents of the upper dolomites relative to the lower indicate that at least a component of the dolomite was precipitated from reduced fluids. As none of the dolomite is stained by K - ferricyanide, it seems unlikely that the Fe is concentrated in the petrographically later dolomite phases, although the most probable source of Fe, Mn (and Mg) are the clays underlying the Koruk Formation. If these were a source of Fe and Mn, it seems probable that the coloured dolomite cannot be a simple product of early diagenesis. The Sr enrichment of the upper dolomites relative to the lower also suggests a strong burial influence on fluid chemistry as the incompatibility of Sr into diagenetic minerals causes it to

fluid chemistry as the incompatibility of Sr into diagenetic minerals causes it to become progressively concentrated in the fluid phase (Land, 1980). On the other hand, it seems unlikely, given the relatively low Fe contents of the dolomite that the clays could have been a major source of Mg and Mg could have been more easily sourced from seawater during earliest burial. Possibly dolomitisation was a multistep process in which an early phase of dolomite was overprinted by recrystallisation during burial and later precipitation of later void - filling dolomite. The 2 phase fluid inclusions suggest that the main phase of burial dolomitisation occurred at temperatures greater than 70°C and therefore at depths in excess of 2 km, but prior to maximum burial and stylolitisation (Fig.7). Dolomites are relatively resistant to chemical compaction and the extensive microstylolitisation of this unit suggests either extremely deep burial of the unit, or that chemical compaction was enhanced by the presence of strongly dolomite undersaturated fluids. Sources of dolomite undersaturated fluids in the subsurface include sulphate - rich brines expelled from evaporative units or gravity driven meteoric fluids which can penetrate to several km depth from an aquifer exposed at an uplifted basin margin. The absence of adjacent evaporite units and the areas complex tectonic history suggest that chemical compaction may have been enhanced by deep penetration by meteoric fluids. The subsequent fracturing may have occurred during uplift, possibly related to basin closure and the associated dissolution again suggests the action of meteoric fluids. The lack of insoluble residue in dissolution voids suggests that it was removed by the fluid and indicates relatively high fluid flow rates, compatible with shallower depths of burial than those associatad with pervassive chemical compaction. The saddle dolomites are likely to have precipitated from highly oversaturated fluids (Searl, 1989) and probably at temperatures in excess of 60°C. They may have precipitated during hydrothermal activity associated with ophiolite emplacement. The later limpid dolomites were probably precipitated from less oversaturated fluids, at slower rates and have therefore incorporated fewer inclusions. It is also possible that precipitating fulids may have contained smaller amounts of organic material than the earlier dolomitising fluids and therefore crystal faces were less susceptible to posioning during growth and subsequent inclusion formation.

6.6. Late - Stage Diagenesis

During the long phase of uplift and gradual unroofing which succeeded ophilite emplacement, the formation was extensively fractured allowing the deep penetration of oxidizing meteoric fluids, that partly oxidised some early pyrite, and precipitated nonferroan calcite veins. During the latest phase of unroofing a series of minor fractures developed, sometimes with microscale displacements, which have been filled in the very shallow subsurface by infiltrated clays.

7. CONCLUSIONS

The Koruk formation represents a transition from a marginal marine sabkha facies into shallow marine shelf carbonate sands. Dolomitisation of the lower parts of the unit was penecontemporaneous with deposition. Deposition was interrupted by a minor phase of uplift and emergence. This was accompanied by early cementation of the uppermost exposed lime sediment and dissolution of the underlying dolomite. Renewed subsidence during the Middle Cambrian was accompanied by further deposition of shelf sands which underwent some form of early cementation. This upper unit was then extensively dolomitised during burial, with at least two main phases of dolomitisation, separated by a period of uplift and deep penetration of meteoric fluids.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

I thank the Royal Society who provided funds for a study visit to Birmingham University (UK), the Çukurova University Research Foundation for assistance with essential financial and resource support, Professor Antony Hallam for helpful discussions and providing necessary laboratory facilities, Dr. Alison Searl for petrographic interpretations and useful discussions, Dr. Nick Walsh for ICP data, Professor Selim Kapur for critically reading the early version of the manuscript and Paul Hands for thin sections.

9. REFERENCES

Adams, A.E., MacKenzie, W.S. and Guildford, C., 1984. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman 104pp.

Dean, W.T. and Krummenacher, R., 1961. Cambrian trilobites from the Amanos Mountains, Turkey. Paleontol., 4: 71-81.

Dean, W.T., Monod, O., and Perincek, D., 1981. Correlation of Cambrian and Ordovician rocks in Southeastern Turkey. Petrol Işleri Genel Mudurlugu Dergisi, 25:269-291.

Dean, W.T., Monod, O., and Gunay, Y., 1986. Lower Palaeozoic Stratigraphy in the southern and central Amanos Mountains, South Central Turkey. Geol. Mag., 123, 3: 215-226.

Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonates in thin section. Nature, 205: 587.

Frank, J.R., Carpenter, A.B. and Ogelsby, T.W., 1982. Cathodoluminescence and composition of calcite cement in the Taum Saute Limestone (Upper Cambrian), south-east Missouri. J. Sedim. Petrol., 52: 631-638.

Ishmawi, R., 1972. Geologie des nördlichen Mittelteils des Amanosgebirges zwischen Islahiye und Bahçe (S. Türkei). Geotekt. Forschungen, Heft 42: 34-93.

Knauth, L.P. 1979. A model for the origin of chert in limestone. Geology 7: 274-277.

Land, L.S., 1980. The isotopic and trace element geochemistry of dolomite: the state of the art. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ., 28: 87-110.

Longman, M.W., 1980. Carbonate diagenetic textures from near surface diagenetic environments. Bull. Am.Assoc.Petrol. Geol., 67: 433-434.

Mattes, B.W. and Mountjoy, E.W., 1980. Burial dolomitisation of the Upper Devonian Miette Buildup, Jasper National Park, Alberta. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ., 28: 259-297.

Önalan, M., 1986. Depositional environments of the Palaeozoic sediments in the Amanos Mountains and paleogeographic evolution of the region. Bull. Geol. Soc. Turkey, 29, 2: 49-64.

Rigo de Righi, M. and Cortesini, A., 1964. Gravity tectonics in foothill structure belt of southeast Turkey. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 48: 1911-1937.

Searl, A., 1989. Saddle dolomite: a new view of its nature and origin. Mineral. Mag., 53: 547-585.

Sibley, D.F., 1980. Climatic control of dolomitisation, Seroe Domi Formation (Pliocene), Bonaire, N.A.. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ., 28: 247-258.

Sibley, D.F., 1982. The origin of common dolomite fabrics:clues from the Pliocene. J. Sediment. Petrol., 52: 1087-1100.

Wolfart, R., 1981. Lower Palaeozoic rocks of the Middle East. In: C.H. Holland (Editor), Lower Palaeozoic of the Middle East, Eastern and Southern Africa, and Antartica, John Willey & Sons, pp. 6-130.

Yalçın, N., 1980. Lithological characteristics of the Amanos Mountain range and its significance on the tectonic evolution of the southeast Turkey. Bull. Geol. Soc. Turkey, 23, 1: 21-30.

Yetiş, C., 1978. Geology of the Çamardı (Niğde) region and the characteristics of the Ecemiş Fault zone between Maden Boğazı and Kamışlı. Revue de la Faculte des sciences, de l'Universite d'Istanbul, serie B, 43: 41-61.

Yetiş, C., 1989. Stratigraphy and some geotechnical properties of the Palaeozoic aged quartzites and dolomites of Bahçe-Indere (Adana) area.Çukurova Univ. Research Foundation, MMF 88-4, rept., Adana 40 pp.

Yetiş, C., Searl A., Hallam A., 1991. Lower Palaeozoic stratigraphy of the Bahçe-Indere area, Amanos Mountains and dolomitisation of the Koruk Formation. In: C. Yetiş (Editor), Ahmet Acar Geology Semp., Proc., Adana, pp 289-301.

GEOCHIMIE ET PETROGENESE DES GISEMENTS DE CHROMITE D'OPHIOLITE DE MERSIN (Sud TURQUIE)

Servet YAMAN et Fikret İŞLER
Universitié de Çukurova, Département de Géologie, Adana/Turkey

ABSTRACT : *Mesozoic limestones are considered to be part of a Tauric limestone axis which is the para - basement of the Mersin ophiolite nappe. Ophiolites are composed of peridotites, pyroxenites, gabbros and pillow lavas and these latter are intersected by a number of diabase dykes. These units are in tectonic contact with the "Fındık Melange" unit which contains limestone blocs. Harzburgites are the most common rock type and are considered as alpine type peridotites. Diabase dykes show tholeitic affinity. The mineral composition, texture and geometric features of the chromite ores are similar to those of podiform chromitites from alpine type peridotites. Micro-chemical data show that chromite has a* Cr_2O_3 *content >53, % Cr /Fe ratio >3.1, total iron content <20 and constant* Fe^{+2}/Mg^{+2} *ratio with* $TiO_2 < 0.3$ *these values are in aggrement with the proposed podiform atribution of the Mersin ophiolite chromite ores.*

MERSİN OFİYOLİTİ KROM YATAKLARININ PETROJENEZİ VE JEOKİMYASI (G. TÜRKİYE)

ÖZET: *Mersin ofiyolit napına göreceli temel oluşturan Mezozoik Karbonatları Toros Kireçtaşı ekseninin önemli bir kısmını oluşturur. Ofiyolitler ; peridotitler, piroksenitler gabrolar ve yastık lavlar ile bunları kesen sayısız diabaz dayklarından oluşur. Bu birimler kireçtaşı blokları içeren "Fındık Karmaşığı" ile tektonik dokanaklıdır. Alpin tip peridotitler olarak kabul edilen harzburjitler en yaygın kayaç birimleridir. Diabazlar toleyitik karakterlidir. Kromitlerin kimyasal yapısı, dokusu ve geometrik şekileri alpin tip podiform kromitlere benzer. Mikrokimyasal veriler kromitlerin >53%* Cr_2O_3 *, Cr / Fe oranı >3,1, toplam demir <20 % ve sabit* Fe^{+2} / Mg^{+2} *oranı ile* $TiO_2 < 0.3$ *içerdiklerini gösterir. Bu değerler podiform olarak nitelendirilen kökenleriyle iyi bir uyum gösterir.*

1. GEOLOGIE

L'ophiolite de Mersin (Juteau, 1979) est situé entre le nord de Mersin et le flanc sud de Balkardağ (Fig.1). "L'axe calcaire du Taurus" (Ricou et al.,1975) qui constitue la partie principale des chaines tauriques est compose de calcaires d'âge cénomanien. Ces unités forment une base para-autocthone pour les nappes plus jeunes et aussi pour l'ophiolite de Mersin. L'ensemble ophiolitique repose par un contact tectonique sur ces calcaires suivant la ligne NE-SW passant par Aslanköy-Namrun. Selon Çetinkaya (1974) les fragments ophiolitiques ont été déplacés, par des glissements gravitaires dans la formation carbonatée de Yavça d'âge santonien-campanien. Les unités de mélange, appelés par l'auteur "Mélange de Fındık", qui accompagnent le corps d'ophiolite homogène contiennent les blocs de calcaire à grand échèlle dont les plus jeunes sont d'âge Maestrichtien (Yaman, 1989).

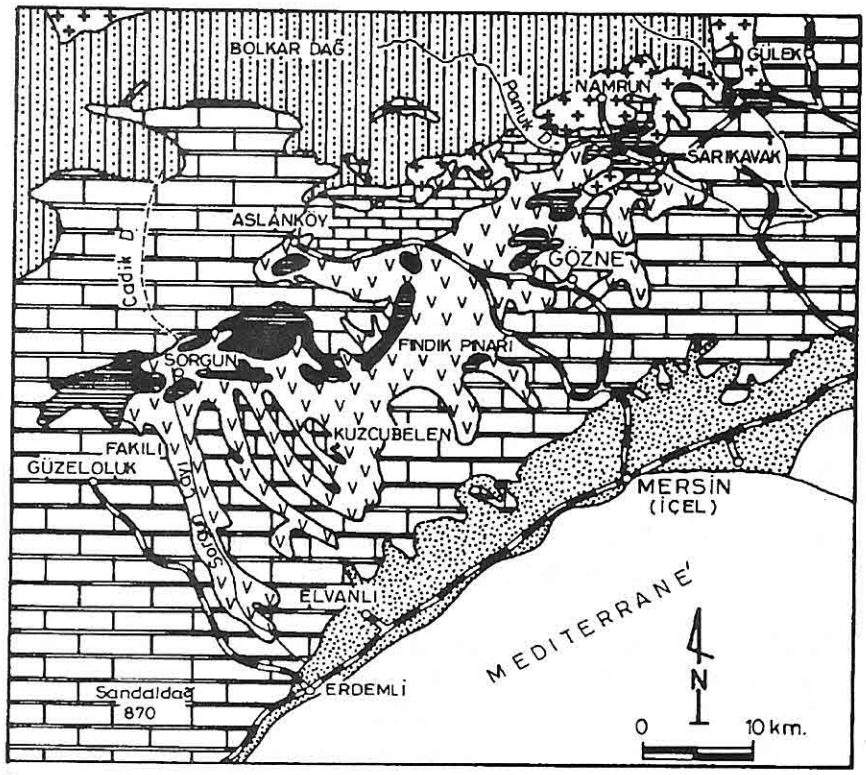


Fig.1. Le massif ophiolitique de Mersin (d'après la carte au 1/500.000 ème de la Turquie, M.T.A)

La couverture tértiaire alimentée par ces matériaux recouvre les unités précédentes par un conglomérat de base sur lequel repose une sédimentation plus fine se terminant par des calcaires à caractère récifal de Karaisalı (Fig.2).

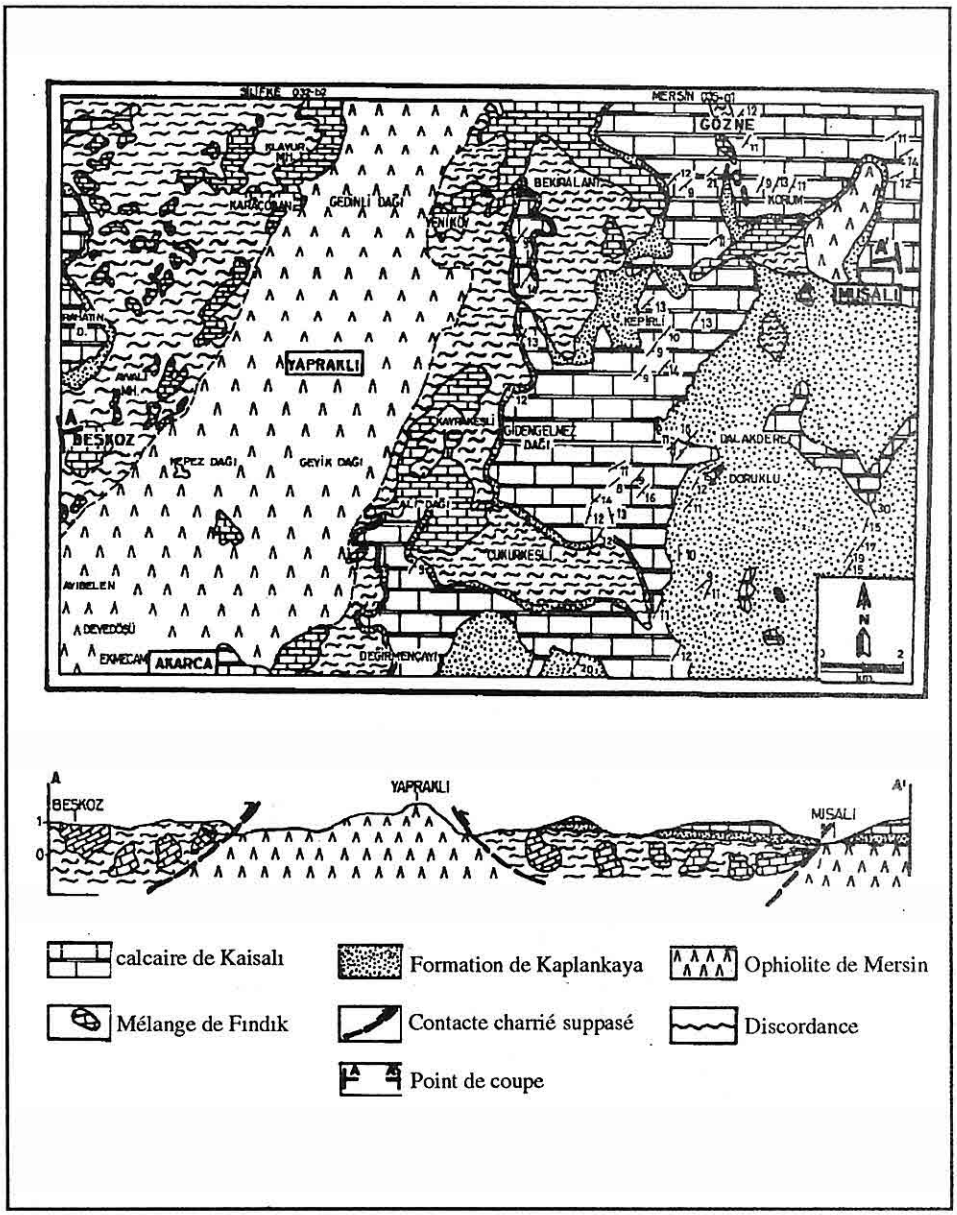


Fig.2. Carte et coupe géologique de la région etudieé (D'après, Yaman 1989).

L'ophiolite de Mersin, couvert par ces formations, affleure au fond des valleés comme les fenêtres d'érosion. Vers le nord, plus la topographie s'accentue, plus les unités de mélange se superposent sur le corps ophiolitique (Fig.3).

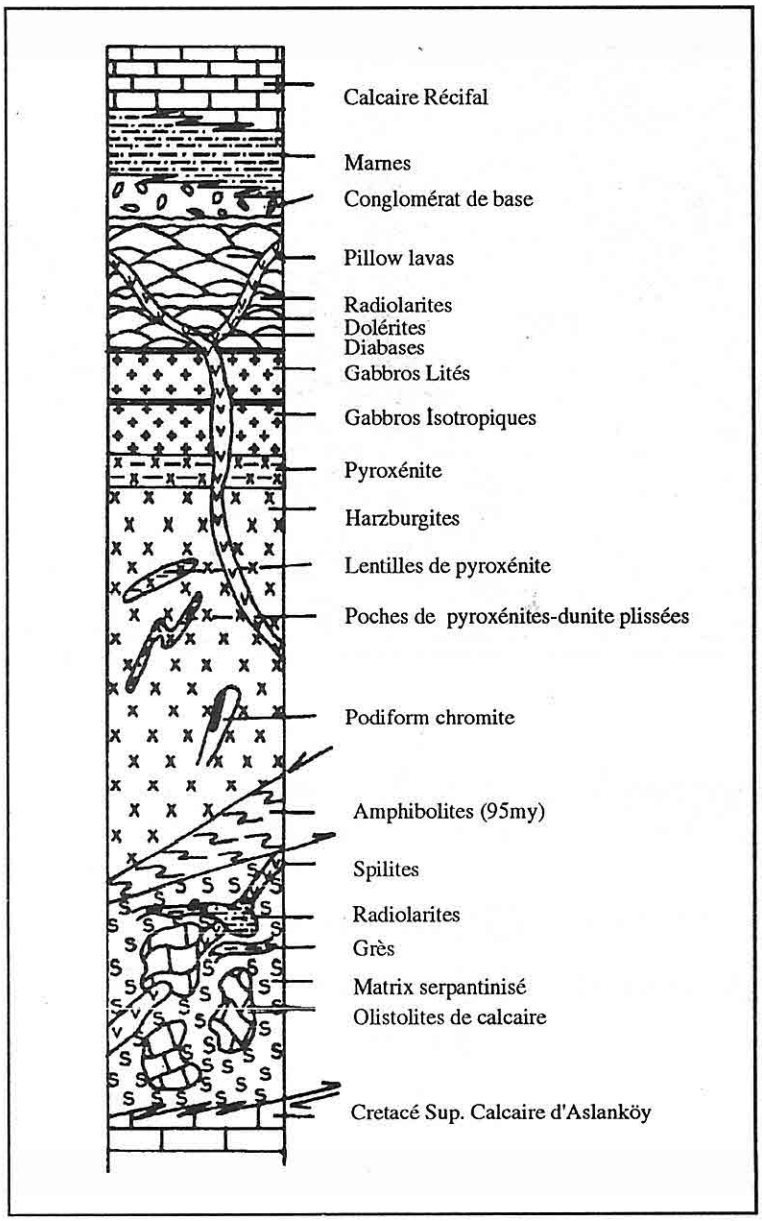


Fig.3. Coupe vertical genéralisé du secteur étudié

Quelques écailles d'amphibolite jolonnent le contact d'ophiolite avec le mélange de Fındık. On les trouve également dans les unités de mélange englobeés dans un matrix serpantinisé. Les amphibolites sont composés de hornblend et d'actinote metamorphisés au début du Cénomanien (95 M.A) (Juteau,1980).

L'ensemble ultramarfique d'ophiolite de Mersin constitue donc un noyau entouré par les unités de mélange. La zone ultramafique est composée de grandes écailles d'harzburgites coupées par les dykes isolés de diabase. Les harzburgites portent les traces des déformations tectoniques marquées par l'aplatissement des pyroxenes et des spinels (S1). La variation lithologique, aux mêmes endroits, due aux différent degré de chargement des pyroxènes (So) présente à peu près le même plan d'organisation parallèle aux plans de foliations. A l'échelle microscopique ce sont des harzburgites à texture poryhyro clastiques. . Les dunites sont présentes souvent sous forme de lentilles ou de poches à dimentions variables. Les affleurements marqués sont regroupés autour de gisements de chromite d'Akarca, Muşalı et de Yapraklı. L'aspect en mosaique et cataclastique des olivines revele les mêmes contraintes que les harzburgites.

Les harzburgites de sécteur sont parcourues par de nombreux dykes sub-verticaux de diabase à épaisseurs variables. Ils atteignent le sommet de la zone magmatique près de Sorgun., à environs 20 km à l'ouest du sécteur étudié.Les niveaux à cumulats appartenant au cortège ophiolitique sont également localisés dans la vallée de Sorgun. On y observe; des gabbros litées puis isotropique, des pyroxénites et des pillow-lavas écaillés. Ils sont chariés sur les harzburgites en formant un contact tectonique.

A l'échelle régionale, l'ophiolite de Mersin présente donc une séquence complète sauf le complexe filonien.

2. PETROCHIMIE

Les échantillons recoltés dans le secteur étudié sont identifiés selon la nomenclature de Streckeisen (1974) puis analysés en éléments majéurs par X.R.F. quelques éléments en trace (Cr, Ni) sont determinés par A.A. spectrophométrie. Les résultats sont présentés dans le Tableau I. Les importantes variations observées sur la teneur de H_2O proviennent probablement de différents degrés de serpentinisation. Les péridotites de type alpin sont caractérisés par leur pauvreté en Al_2O_3 et en minéraux qui le contient (Coleman, 1977). L'observation microscopique montre que l'orthopyroxène, majeur composant de la roche contrôle également la quantité d'Al_2O_3. Les quantités d'Al_2O_3 et de CaO montrent le degré de consamation de ces elements dans manteau superieur. Les donnés analytiques sont portées sur diagrammes MgO-Al_2O_3, MgO-CaO et Al_2O_3-MgO-CaO. Les échantillons qui ont une teneur Al_2O_3 inférieure à 1,2 restent en dehors de la zone de la pyrolite de Ringwood (1975). (Fig.4) Ce-ci peut étre consideré également comme le "restites" du Manteau Supérieur Le taux moyen d'Al_2O_3 pour les harzburgites de type alpin est de l'ordre de 0.89 % et

ELEMENT \ ECH	PERİDOTİTE				DİABASE				
SiO_2	41.07	39.11	40.86	38.52	49.60	51.35	50.50	52.32	50.10
Al_2O_3	1.25	1.03	1.00	0.84	13.55	14.52	15.19	14.40	15.00
TiO_2	0.03	0.02	0.03	0.01	1.20	0.95	0.80	0.69	0.75
Fe_2O_3	7.11	8.40	7.79	8.32	11.95	9.85	8.84	8.15	10.15
MgO	38.62	40.22	34.90	40.75	7.55	5.85	7.60	6.42	8.24
MnO	3.04	0.17	0.14	0.04	0.15	0.09	0.11	0.28	0.16
CaO	1.03	1.21	0.77	0.75	7.18	9.45	11.05	10.54	9.73
Na_2O	0.03	0.07	0.03	0.04	3.80	4.25	1.95	2.37	2.85
K_2O	0.02	0.02	0.01	0.04	0.45	0.35	0.40	0.10	0.71
P_2O_5	0.01	0.01	-	-	0.16	0.20	0.15	0.10	0.05
H_2O	9.72	11.18	13.51	12.28	2.40	1.55	3.35	1.67	3.20
TOTAL	101.93	101.40	99.25	101.68	98.10	98.31	99.94	98.04	100.94
SiO_2	44.34	42.82	46.77	42.45	51.80	53.05	52.22	54.27	51.20
Al_2O_3	1.13	1.12	1.15	0.93	14.15	15.00	15.63	14.94	15.32
TiO_2	0.05	0.02	0.03	0.01	1.23	0.98	0.83	0.71	0.76
Fe_2O_3	7.73	9.49	9.24	9.17	12.48	10.18	9.15	8.45	10.38
MgO	41.58	44.13	40.96	44.90	7.89	6.94	7.85	6.66	8.42
MnO	3.36	0.20	0.17	0.04	0.15	0.09	0.11	0.30	0.16
CaO	1.22	1.43	0.89	0.82	7.50	9.76	11.44	10.93	9.95
Na_2O	0.04	0.17	0.03	0.40	3.98	4.39	2.02	2.46	2.91
K_2O	0.03	0.02	0.01	0.40	0.46	0.37	0.37	1.13	0.73
P_2O_5	0.03	0.02	-	-	0.16	0.20	0.21	0.10	004
TOTAL	99.82	99.52	99.25	99.12	99.80	100.07	99.83	99.85	99.87
Cr (ppm)	27.40	22.55	21.00	31.00	42	55	48	77	65
Ni (ppm)	21.45	21.70	23.00	23.50	49	76	58	21	39

Tableau 1- Analyse des éléments majeurs des harzburgites et des diabases

pour les dunites de 0.35 % (Coleman,1977). En prenant ces chiffres pour références, les harzburgites de Mersin restent plus alumineuses que celles prélevées sur le massif de Kızıldağ (Parrot,1973) mais moins que celles de Karsantı (Çakır, 1978). Sur le diagramme d'Al_2O_3CaO (Coleman,1977) les harzburgites de Mersin restent au voisinage de péridotites cumulativés (Fig.5).

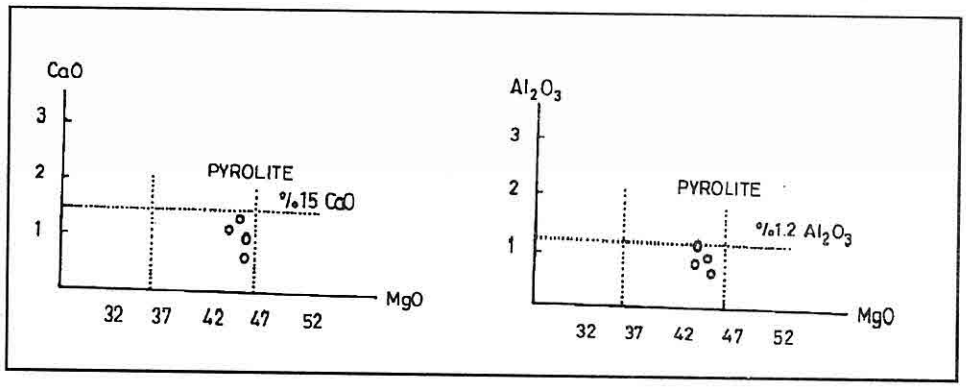


Fig.4. La place les harzburgites d'ophiolite de Mersin sur la diagramme d'Al2O3-MgO et MgO-CaO (Ringwood, 1975).

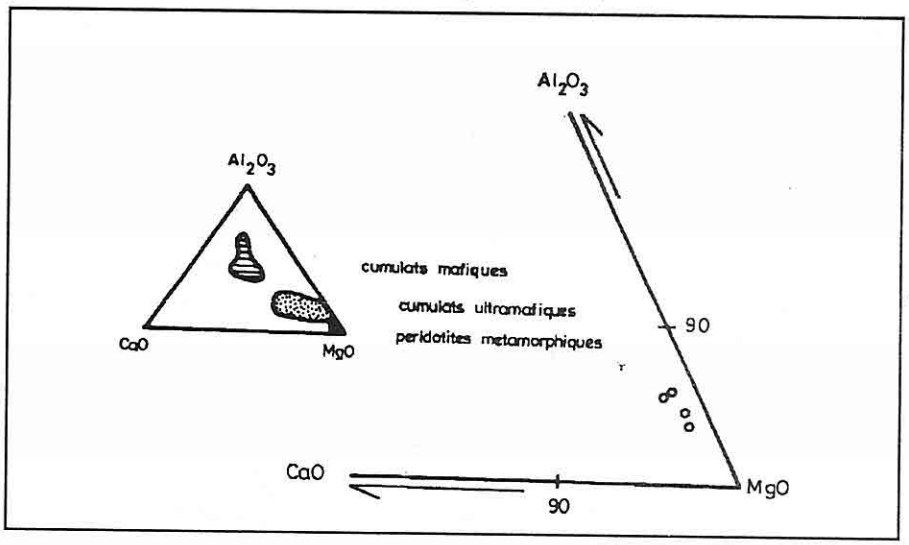


Fig. 5. La place des harzburgites sur la diagramme Al_2O_3-CaO-MgO de Coleman (1977).

Le contenu de Cr des peridotites provient de chromite dont la teneur en ce mineral atteint jusqu'au 4% de la roche, ce ci donne environs une teneur de 2500-3000 ppm pour les harzburgites de Mersin. La teneur en Ni est de 2241 ppm en moyenne. A ce chiffre il faut rajouter des ions de Ni cumulés au cours de serpentinisation. La distribution de ces éléments souligne le type alpin d'harzburgites comme le montre le diagramme NiO-Cr_2O_3 de Findlay et Irvine (1972) (Fig.6).

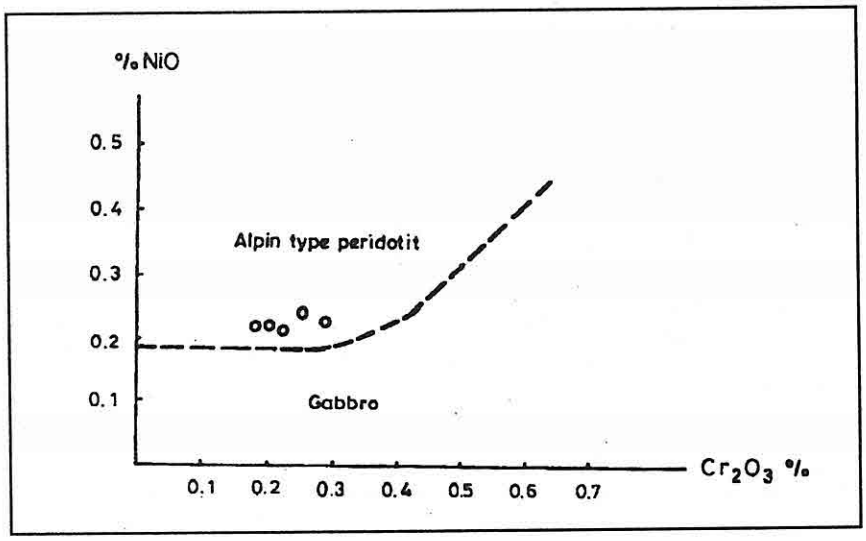


Fig.6. Reportition des harzburgites d'ophiolite de Mersin dans le diagramme de NiO-Cr_2O_3 (Irvine et Findlay, 1972).

Plusieurs chercheurs ont souligné le charactère tholéitique des diabases appartenant au cortège ophiolitique des chaines Taurique (Juteau, 1980; Çakır,1978; Çataklı, 1983). Traitement des données sur les diagrammes A.F.M et Miashiro (1975), Mc.Donald (1964) on constate les mêmes distributions d'éléments dans le domaine des tholéites normales. Le contenu en Cr des diabases reste au dessous de 100 ppm, chiffre donné pour les dykes des complexes filoniens. Ce fait est également ont observé sur les distributions des éléments en Ti, Cr, Ni (Fig.7).

Les données en MgO pour les diabases varient de 5.8 - 8,2 % . Ceux- ci indiquent probablement une origine primaire tholeïtique de ces dykes, formés au cours d'évolution de la mise en place et d'intra-écaillages consécutifs des croûtes océaniques (Parrot, 1977). Bien qu'ils soient nombreux et d'épaisseurs variables ils ne constituent pas un véritable complèxe filonien. Si l'on fait une comparaison géochimique entre les dykes de Bassit et ceux des massifs du Trodos, au constate que les valeurs obtenues pour Mersin montrent la même affinité tholeïtique (Fig.8).

Au cours d'étude des roches ultrabasiques on n a pas rencontré de lhérzolites. L'absence de ces roches considérées comme le matérial primaire du manteau peut s'éxpliquer par la fusion partielle des niveaux supérieur du manteau qui résulterais de la disparition des clinopyroxènes pour former des harzburgites ou même dunites (Boudier et Nicholas, 1977). Les données expérimentales révèlent que la fusion des lherzolites donne 15-20% de liquide dû à la chaleur mais encore plus à la chûte de la pression (Jaques et Green,1980).

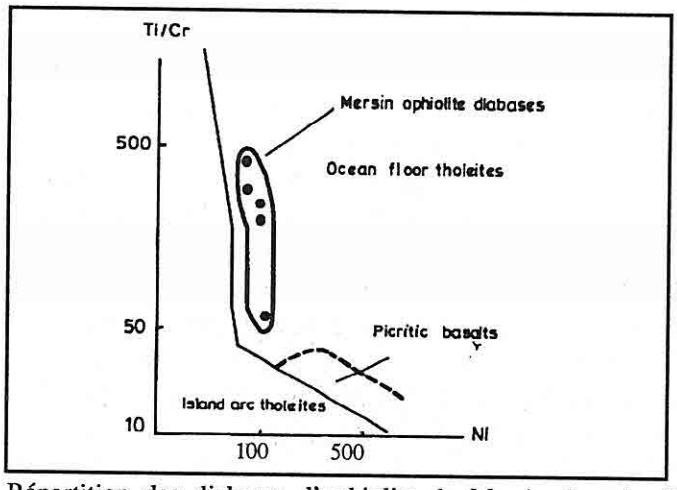


Fig.7. Répartition des diabases d'ophiolite de Mersin dans le diagramme de Ti/Cr-Ni (Beccaluva et al., 1979).

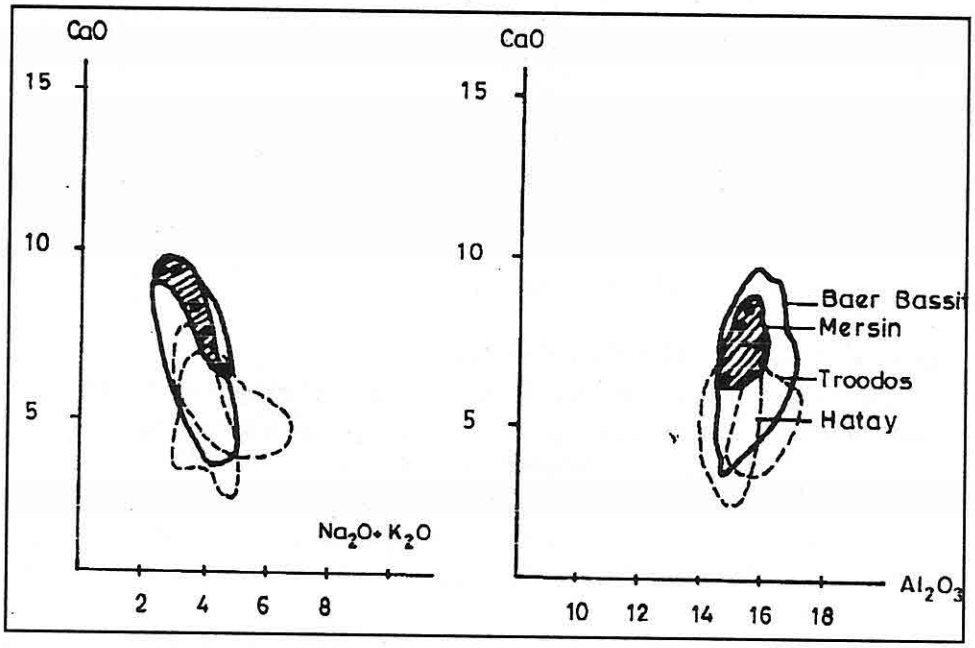


Fig.8. Répartition des diabases d'ophiolite de Mersin et ceux de la Mediterrané orientale dans les diagrammes de Ca-Na_2O_3 (Parrot,1977).

Quelles que soient les causes de la fusion, les lherzolites se transforment en harzburgites réfractaires. Les donneés, chimiques d'harzburgites montrent qu'élles constituent un ensemble homogène et ce-ci pourait être consideré comme du matériel "restite" issue de la fusion du Manteau Supérieur.

3. GISEMENTS DE CHROMITE

Plusieurs corps minéralisés en chromite sont encaissés dans les secteurs d'Akarca, Musalı et Yapraklı. Ce sont essentiellement des masses lenticulaires allongées dont la plus grande est plus ou moins parallèle au plan de foliation des harzburgites. Les chromitites sont enveloppées dans des zones dunitiques irrégulières les passages dunite-chromite sont souvent graduels, dû au chargement de la roche en chromite. L'absence de marqueurs stratigraphiques dans la série mantellique permet difficilement de les situer dans la profondeur bien déterminée par rapport à l'interface manteau-cumulat. Les zones minéralisées sont souvent coupées par les dykes de diabes isolés. Les trois gisements présentent les mêmes aspects pétrographiques. Les données géométriques des minéralisations permet de les qualifier de corps tabulaire car sur plusieurs indices exploités le ratio longeur / épaisseur est superieur à 10.

Les contacts des enveloppes dunitiques avec la harzburgite encaissante sont souvent faillés. Localement, on observe des passages graduels de ces deux roches bien visibles dans l'éxploitation à ciel ouvert d'Ekmeçam (Akarca). Les caractéristiques structurales des gisements et de l'encaissant mantellique (Yaman, 1989) sont présentés dans le Tableau II.

Morphologiquement les gisenents sont repartis en deux formes différentes: les lentilles présentés à Akarca (Duygu), Yapraklı (Kırkgeliş) et les corps tabulaires presents à Akarca (Manıt, Ekmeçam, Gözde, Devedöşü), Yapraklı (Sedef) et Musalı. Selon la classification structurale de Cassard (1981) les gisements de type lentilles se rangeraient parmi les indices discordants alors que les corps tabulaires présentent des indices de type concordants ou subconcordants.

4. PETROGRAPHIE DES CHROMITITES

Aucune difference n'a été observé au niveau de la pétrographie des chromitites intramantéllaires selon les formes des corps. Ils presentent à quelques différences près les mêmes textures et les mêmes silicates associes.

Les chromitites massives présentent des textures d'adcumulats ou d'hetaradcumulats avec les cristaux de chromite sub-automorphes trapus, laissant entre eux de fins espaces qu'occupe des silicates, ils sont une taille variant de 1,5 mm à 4 mm. et sont efféctés d'une microfracturation.

Les chromitites disséminés présentent des textures d'orthocumulats. Les cristaux de chromite xénomorphes de taille 1.5-3 mm. sont englobés dans une ganque essentiellement d'olivine en intercumulus.

Ces deux faciés contiennent parfois des inclusions silicatées tels qu'olivine, pyroxène et parfois amphibole. Ceux-ci sont considéres comme provenant de la cristallisation en phase cumulus puis poussée durant la phase de consolidation post-cumulus (Greenbaum, 1977).

Tableau 2- Analyse de microsonde électronique des olivines des chromitites d'ophiolie de Mersin.

Nom de Gisement	Direction et Pendage	Roche encaissant		Geometrie			Type de Minerais	% Cr_2O_3
		S_1	$_1$ L	L	E	P		
Akarca (Manıt)	N120,SW25	N120,SW24	N10,SW25	100	2-2,5	55	Dissemine, Massif	22-27
Akarca (Ekmeçam)	N45,SE68	N45,SE70	N25,SE65	100	1-6	35	Dissemine, Massif	-
Akarca (Devedöşü)	N35,NW50	N35,W28	N30,W46	250	1-4	75	Dissemine, Massif, Schliren	12-18
Akarca (Duygu)	N160,Subvert	N172,NW80	N165,NW75	15	1-4	10	Dissemine, Massif	23
Akarca (Gözde)	N75,SE50	N72,SE75	N30,SE45	120	1-2	25	Dissemine, Massif	22
Yapraklı (Sedef)	N160,SW75	N75,SE75	N42,SE Subvert	135	1-3	90	Dissemine, Massif, Antinodulaire	16
Yapraklı (Kırkgeliş)	N35,NW68	N152,NE80	N30,NE85	25	0,5-4	35	Dissemine, Massif, Antinodulaire	34-35
Musalı	N165,SW85	N5,SE85	N130,SW Subvert	50	0,5-3	25	Dissemine, Massif, Schliren	38-56

Des cristaux subautomorphes de taille (100-150 micron) d'olivine, contenant de très fines inclusions de clinopyroxène quelques petits cristaux d'amphibole contenant de fines inclusions de sulfures (pentlandite) ont été observes ainsi que des inclusions associées aux cristaux de chromite. Parmi les silicates primaires associés en phase intercumulus, l'olivine est la phase la plus abondante. Elle se présente en cristaux xénomorphes ou en plages serpantinisés. Le clinopyroxène se presente sous forme de petits cristaux xénomorphe ou en plages poécilitique englobant les cristaux de chromite.

5. CHIMIE DES OLIVINES INCLUS ET INTERSTITIELS

L'Olivine constitue l'essentiel de la ganque et des inclusions de chromitites. De fines inclusions de clinopyroxène et quelques pailletes d'amphibole verte sont églament detectcés dans les deux phases.

Les olivines en inclusion dans la chromitite sont plus magnesiennes que les olivines interstitielles (Tab.III). La teneur en Fo des olivines intertitielles varie de 95,04 à 92,09. La variation en Mg et Ni peut s'éxpliquer par des réequilibrages sub-solidus, pendant lesquels Mg et Ni migrent de la chromite vers l'olivine (Lehman,1981). Toutefois, les teneurs en Fo des olivines des différent gisements peuvent être difficilement expliquees par ce phénoméne. Cela dépandrait également de la compsition du liquide magmatique dont elles sont issues.

Les chromitites de Yapraklı et Musalı se différencient netement des autres gisements par leurs teneurs en Fo des olivines. Il en va de même de la concentration en Ni. La téneur en Ni des olivines des gisements de type cumulatif est systématiquement plus faible que celle du manteau (Ohnenstetter,1985) ceci suggère un niveau intérmédiaire pour la chromite entre celle du manteau et de gisements cumulatifs.

	Olivine inclue (Fo)	Olivine intersititielle (Fo)	NiO	Cr_2O_3
Yapraklı	96.32	95.04	0,54	0,08
Musalı	95.26	94.43	0,59	0,08
Akarca (Devedöşü)	92.78	92.09	0,48	0,05
Akarca (Ekmeçam)	93.61	92.58	0,30	0,06

Tableau 3. Analyse de microsonde électronique des olivines des chromitites d'ophiolie de Mersin.

6. CRISTALLOCHIMIE DES CHROMITES

La distribution de majeur constituant des elements majeurs de chromite tels que Mg, Al, Cr, Fe^{+2}, est étudiée par microsonde electronique. Les résultats des analyses sont presentés au Tableau IV sur lequel les chromites de type massif ou disseminé de chaque gisement sont traités ensemble. A la suite des analyses des cristaux du centre jusqu'à la périphérie, aucune variation significative n'a été observée. Dans quelques cristaux de chromite ont été detectés zonés en ferrite-chromite qui résultent de l'augmentation considérable en Cr/Cr+Al et de l'appauvrissement en Mg/Mg+Fe^{+2} atomic ratio.

Les chromites des chromitites de Musalı, Yaprakli et Akarca présentent des teneurs en Cr_2O_3 très variables. 53.58 - 58.86 % mais à l'intérieur de chaque indice la variation reste peu significative. L'amplitude des variations qui peut être très faible au sein d'un même gisement est voisine de celle observée entre les gisements. D'une façon générale, toute les chromites analysées restent dans le domaine des chromites alumineuses dans le prisme de Stevens (Fig.9). La teneur en Cr_2O_3 d'Akarca varie de 53.58 à 56.82 % et la ratio Cr/Fe est de 3.47 à 3.89 et de 3.41 à 4.03 pour Cr/Al.

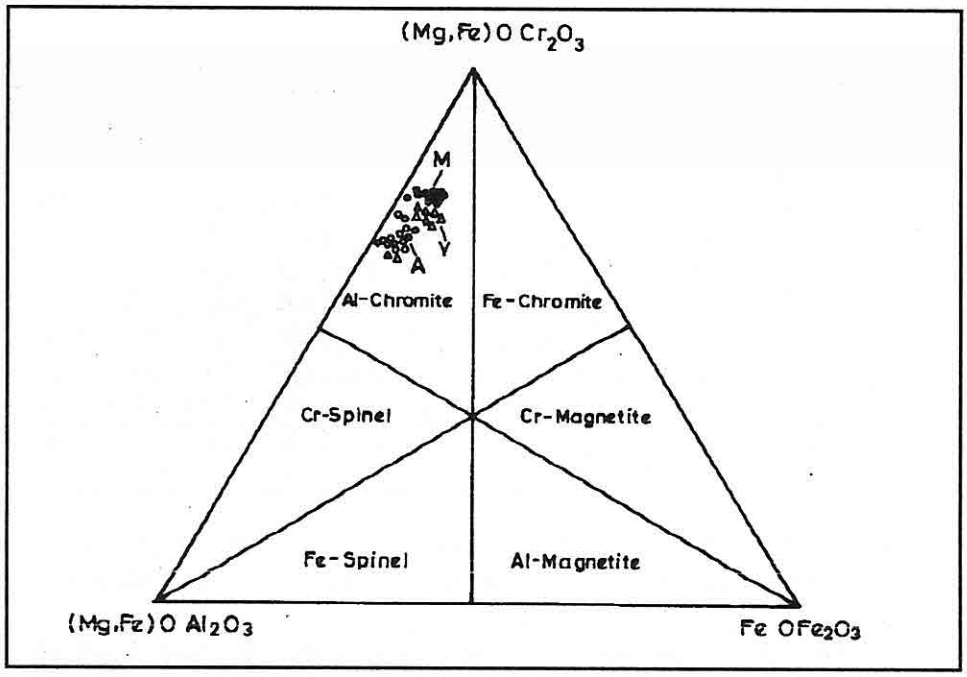


Fig.9. Composition chimique des chromites d'Akarca, Yaprakli et Musalı dans le diagramme de Stevens (1944).

Les chromites de Yaprakli montrent des teneurs en Cr_2O_3 variant de 54.24 à 56.13 %. Le ratio pour Cr/Fe est de 3.17 - à 3.78 et de 3.60 à 4.61 pour Cr/Al.

	AKA				Y				M			
FeO	11.78	12.02	12.08	11.28	09.64	12.32	13.07	12.57	12.79	12.34	12.11	11.79
Fe_2O_3	03.92	02.55	03.42	03.40	05.18	03.95	04.04	04.49	04.36	04.25	04.64	04.59
TiO_2	00.09	00.17	00.20	00.11	00.18	00.03	00.00	00.08	00.06	00.01	00.02	00.02
MgO	15.62	14.74	14.71	14.90	15.57	14.37	14.00	14.11	13.69	13.85	14.11	14.22
Cr_2O_3	53.58	56.82	54.70	53.95	56.13	54.40	54.59	54.24	58.86	58.79	57.78	58.04
ZnO	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.16	00.00	00.17	00.00	00.00	00.00	00.00
Al_2O_3	14.41	14.08	16.04	15.81	12.17	14.84	14.82	14.44	10.52	10.51	10.93	10.71
NiO	00.21	00.05	00.03	00.10	00.10	00.09	00.05	00.10	00.11	00.10	00.09	00.13
MnO	00.16	00.18	00.12	00.22	00.22	00.16	00.13	00.29	00.22	00.26	00.02	00.15
CaO	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.02
Total	100.04	101.24	101.34	99.77	99.18	1.0021	1.0069	1.0048	100.60	100.10	99.70	99.68
Cr/Fe	3.47	3.89	3.52	3.67	3.78	3.34	3.17	3.17	3.43	3.54	3.44	3.54
Cr/Al	3.71	4.03	3.41	3.41	4.61	3.60	3.68	3.75	5.59	5.60	5.28	5.41
cations pour 32 oxygène												
Fe^{+2}	2.16	2.41	2.60	2.37	2.05	2.59	2.74	2.65	2.74	2.65	2.61	2.54
Fe^{+3}	0.73	0.48	0.46	0.65	0.99	0.75	0.76	0.85	0.84	0.82	0.90	0.89
Ti	0.03	0.07	0.12	0.02	0.07	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
Mg	5.79	5.56	5.46	5.57	5.92	5.38	5.24	5.30	5.23	6.31	5.41	5.45
Cr	10.49	10.72	10.79	10.69	11.31	10.81	10.83	10.81	11.94	11.96	11.75	11.81
Zn	00.00	00.00	00.00	00.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	4.77	4.78	4.81	4.70	3.65	4.39	4.39	4.29	3.18	3.18	3.31	3.25
Ni	0.05	0.01	0.01	0.09	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Mn	0.04	0.04	0.03	0.06	0.06	0.03	0.03	0.06	0.05	0.06	0.00	0.03
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	24.06	24.07	24.19	24.15	24.00	24.00	24.00	24.00	24.01	24.00	24.02	24.00
Mg/	0.72	0.69	0.67	0.70	0.74	0.67	0.66	0.67	0.66	0.67	0.67	0.68
Mg+Fe	0.68	0.69	0.69	0.68	0.76	0.71	0.71	0.71	0.79	0.79	0.78	0.78

Tableau 4. Analyse de microsonde éléctronique et valeurs cationique des chromites d'ophiolite de Mersin (Aka:Akarca, Y:Yapraklı, M:Musalı).

La teneur en Cr_2O_3 de chromites de Musalı semble plus riche. Elle varie de 58.04 à 58.86% le ratio pour Cr/Fe est de 3.43 à 3.54 et de 5.28 à 5.60 pour Cr/Al.

L'augmentation de la teneur en Cr_2O_3 dans les chromites podiformes semble compensée par la diminution de la teneur en Al_2O_3 et invérsement comme l'indique Thayer (1970). Plusieurs chercheurs ont également mis en évidence des variations des compositions chimiques des chromites de type alpin ou stratiforme (Irvine, 1967;

Thayer, 1970; Princivalle et Al, 1989; Anıl, 1990). Les chromites de type alpin montrent générelement des valeurs de Cr/Al et Mg/Fe^{+2} variation dans un large intervalle et de faibles valeurs en Fe^{+3} C'est pourquoi les donnees sont rapporteés sur les diagrammes de Cr/Cr+Al sur $Mg/Mg+Fe^{+2}$ (Fig.10).

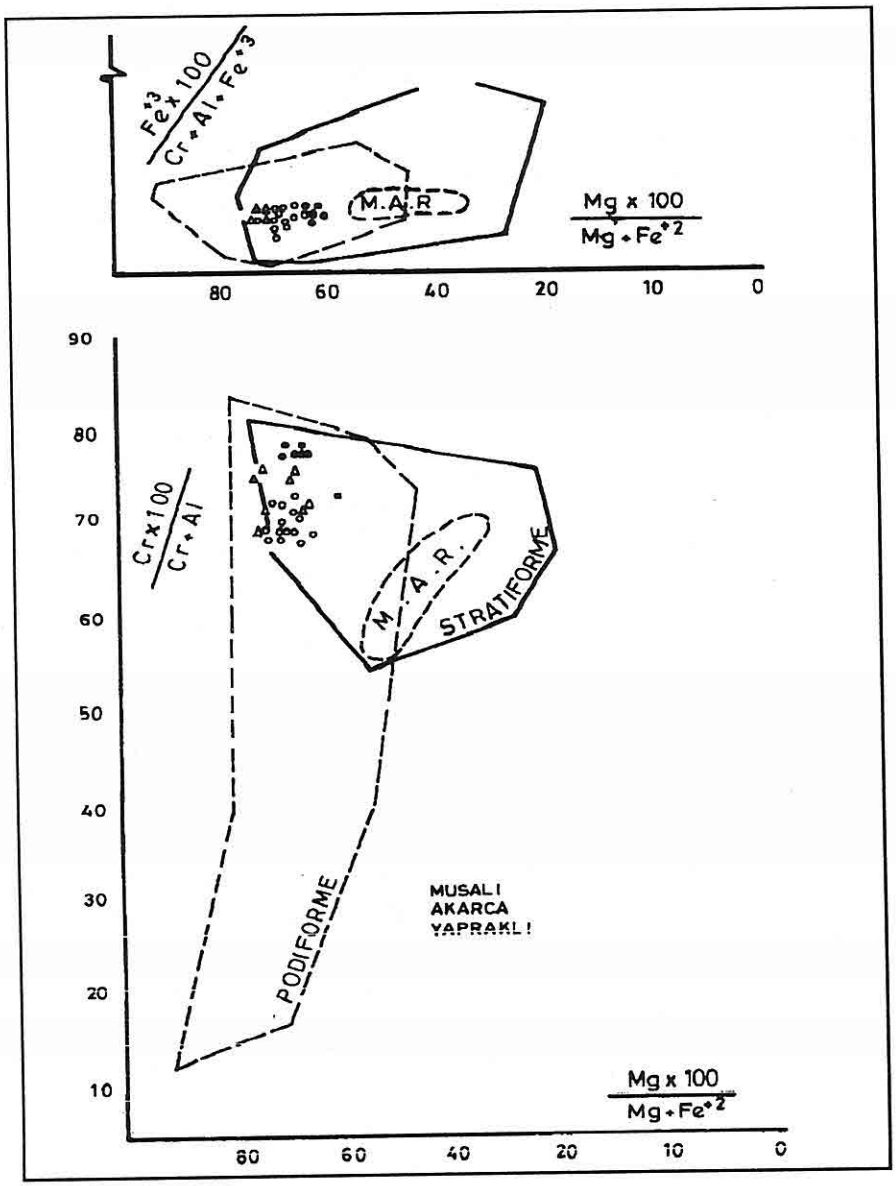


Fig.10. Répartition des chromites du secteur M.A.R (Mid-Atlantic Ridge) (Aumento and Loubat, 1971) dans le diagramme d'Irvine (1967).

Toutes les données pointilleés prennent place dans le domaine propre aux chromites alpins. D'une manière générale l'augmentation de la molecule de spinelle dans les chromites s'accompagne d'une diminution de TiO_2 à Fe_2O_3 constant (Ohnensteter 1985). Les variations de MgO entre chromite disséminé et chromite massive n'entrainent pas de variation notable de TiO_2. Il y a donc un contrôle de l'Al_2O_3 fusibles sur l'entrée de TiO_2 incompatible dans le spinelle. En autre la faible teneur en TiO_2 < 0,25 et son autonomie vis à des oxydes majeurs soulignent également le caractére alpin de ces gisements. La composition des spinels en fonction de fO_2 dans un système dépourvu de TiO_2 et à une témperature donnée de 1300°C, $MgAl_2O_4$ (Al-spinel) et $MgCr_2O_4$ (picrochromite) contenant du fer, (MgFe) Cr_2O_3 n'est stable qu'entre -9,-21 (exprimé en valeurs log.) (Hill and Roedder, 1974). Au dessous de 1300° C et fO_2= -2,-10 la fractination commence à paraitre entre le spinel normal et ulvospinel (Haggarty 1976). La difference de composition entre le magnetite et spinelle normal devient plus claire au dessous de 830°C. C'est pourquoi elle reste au fond du prisme de composition dans spinels pauvres en Fe^{+3} et Ti^{+4}. Dans les péridotites pauvres en Ti les dépots de Al-Chromites s'effectuent entre -7 et -9. La concentration de Fe^{+3} semble augmenter avec la chute de témperature et avec l'augmentation de fO_2 en se términant par la formation de magnetite. Au contraire dans les magmas gabbroique riches en Ti, la chromite évolue vers la composition de la magnetite ou ulvospinel avec l'augmentation de fO_2 et la chute de témperature. Le rapport Cr/Fe des chromites est donc partiellement contrôlé par les variations du degrée de fO_2 au cours des crystalisations. Ceci suggère un système ouvert pour la chute de fO_2 ou fermé pour l'augmentation de fO_2. Le rapport Cr/Fe est aussi contrôlé par le degrée de température de crystalisation ou la composition du magma. Le rapport Mg/Fe^{+2} au cours des fractionement partielle dépend largement de la témpérature du magma (Maurel, 1982) . Pour un niveau donné du fO_2, les effets d'oxydation augmentent avec la chûte de témpérature. Le niveau d'Al et Cr est très dispersé dans les chromites podiforms qui reflete leur crystallisation à haute témpérature et pression dans le manteau supérieur. On sait que de l'augmentation de la témpérature suivie d'une chute de PO_2 résulte l'augmentation de ratio Cr/Fe qui provoque également la cristtallisation da Cr (Maurel, 1982). Cr et Al sont liées inversement et se rangent parmi les chromites riches en Al, encaissés dans les harzburgites à Cr-riche en spinels.Par contre dans les complexes stratiformes Fe et Mg sont inversement liés ; mais il en resulte un enrichissement en Fe.

Le ratio Cr/Fe sur les indices montre des variations peu significatives alors que, à l'interieur de chaque indice la variation est plus accentuée. Ces données permettent de préciser qu'à un même niveau donné, à l'intérieur du manteau, le ratio Cr/Fe resterarit stable alors que le changement des ces valeurs proviendrait de la formation des

chromites à différents niveaux. Ceci nous ramène à l'hypothèse presenté par Lago et Al (1982) qui permet d'expliquer les variation du chimisme des chromites en accord avec la déformation plastique du manteau supérieur. Les résultats obtenus pour le chimisme des chromites peuvent être aussi utiliés pour la reconnaissance des fragments ultramafiques écaillés (Alevizos and Sclar, 1988; Ohnenstetter, 1985). La distribution des projection représentatives des points dans les diagrammes de Cr_2O_3 - Al_2O_3 (Ferraio et Grutti.1988) et Cr_2O_3 - TiO_2 (Mussalem et al.,1981) permet de discriminer les familles de chromites podiformes ou stratiformes. Elle souligne encore une fois les caractères podiformes des chromites de Mersin (Fig. 11).

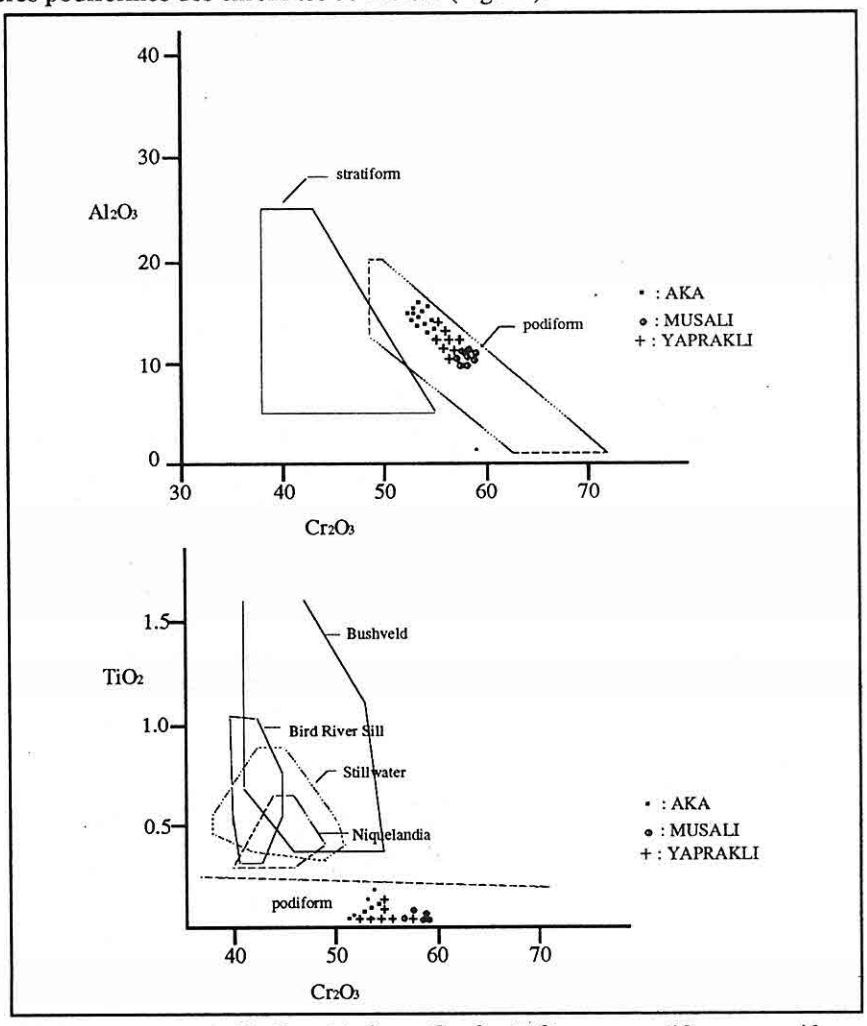


Fig 11. Diagrammes de Cr_2O_3- Al_2O_3 et Cr_2O_3-TiO_2 pour podiform , stratiform et Mersin chromites (Mussalem,1981. Ferrario and Garuti, 1988).

7. CONCLUSIONS

La grande partie du Massif Ophiolitique de Mersin est constituée de grandes écailles d'harzburgites à spineles déformées et coupées par les dykes de diabase isolés à caractère tholeïtique. Les gisements de chromite Akarca, Yapraklı et Musalı sont encaisses dans les harzburgites et enveloppés par des zones dunitiques à épaisseur variable.

Les donnees chimiques montrent que les conditions physico chimiqes lors de la crystallisation du chromite sont definies par le rapport Cr/Cr+Al la variation de ces valeurs traduit le changement en Cr/Cr+Al propre aux chromitite alpin intramatéllaires. Les analogies pétrographique et chimique observées entre les chromitites d'Akarca, Yapraklı et Musalı font penser que les trois giséments ont la même origine mantellique, depuis les lentilles jusqu aux corps tabulaires. Ainsi les gisements d'Akarca apparaissent plus concordant selon la classification de Cassard (1981).

8. REMERCİMENT

Une partie de ce travail a été réalisé grêce à l'aide financière de l'OTAN (Projet RG 401-87). Les auteurs remercient cet organisme ainsi que le Professeur J.C TOURAY de l'universite d'ORLEANS et Dr.M. OHNENSTETTER de C.N.R.S (FRANCE).

9. BIBLIOGRAPHIE

Alevizos,A. and Sclar,C., (1988). The chemical composition of chromite from the Skoumtsa Terolivado deposits, vourinos ophiolitic complex, Greece, as a tectonic, indicator, Proceedings of 7th IAGOD Symposium, 67-74, Stuttgart.

Anıl, M. (1990). Le complexe ophiolitique chromifère du massif de Pozantı-Karsantı (Adana, Turquie) ofiyoliti, 15(2) 209-229

Aumento,F. et Loubat,H. (1971). The Mid. Atlantic Ridge hear 45N. XVI. Serpentinized ultramafic instrusions. Can. J. Earth Sciences'8; 631-663.

Boudier,F. and Nicholas,A., (1977). Structural control on partial melting in the Lanzo Peridotit. In "Magma Genesis", States Oregon Dept. of Geol. Mining Indust. Bull. 96, 63-78.

Coleman,R.G., (1977). Ophiolite minerals and rocks, 12, Wyllie (Ed) 229 p. Spinger-Verlag.

Cassard,D., Nicolas,A., Rabinovitch,M., Leblanc,M. et Prinzhofer,A., (1981). Structural classification of chromites pods in New Caledonia. Econ. Geol., 76:805-881.

Çakır,U., (1978). Pétrologie du Massif ophiolitique de Pozantı-Karsantı (Taurus Cilicien, Turquie). Etude de la partie centrale, Thèse. Univ. Louis Pasteur, 251 p.

Çataklı,A.Ş., (1983). Assemblage ophiolitique et roches assosiées de le partie occidentale du massif de Pozantı-Karsantı. Thèse Univ. de Nancy, 730 p.

Çetinkaya,İ., (1974). Geology of the Aslanköy Region, Mersin Turkey. Ms.Thesis,

METU Ankara, 105 p.

Greenbaum,D., (1977). The Chromiferous rocks of the Troodos Ophiolite complex; Cyprus Econ. Geol., 72, 1175-1194.

Ferrario,A., and Grutti,G., (1988) Platinum Group mineral inclusions in chromit riche horizons of Niquelandia Complex (Central Goias . Brasil) in Geo-Platinium 87, Eds.,Prichard,H .M.,Potts,J., Bowles J.F.,and Cribb,S., Elsevier,p.261-272.

Haggerty, S (1976) The Oxide Minerals , Reviews in Mineralogy , Vol. 3 ed. Rumble,656 p. Washington, D.C Mineralogical Society of America

Hill, R., and Roeder, P . (1974) The crystallisation of spinel from basaltic liquid as a function of oxygene fugacity Jour. Geology, 82,709-729

Irvine,T.N., [1967). Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 2. Petrologic Applications, Cad. J. Earth Scie. 4, 71-103.

Irvine,T.N. and Findlay,T.C., (1972). Alpine-type peridotite with particular reference to the Bay of Islands Complex Publ. Earth. Phys. Branch Depth. Energy Mines Res. Can., 42, 97-128.

Jacques,Al., et Green,D.H., (1980). Anhydrous melting of peridotite at 0-5 kb Pressure and the genesis of tholeitic basalts, Cont. Min. Petr. 73, 287-310.

Juteau,Th., (1979). Ophiolites des Taurides: essai sur leur histoire océanique. Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys. 21, 191-214.

Juteau,T. (1980). Ophiolites of Turkey, Ofiyoliti, Special Issue, 2, 199-237.

Lago,B., Rabinowicz,M., Nicolas,A., (1982). Podiform Chromite Ore Bodies: a genetic model, Jour. Petrology 23, 103-125.

Lehmann,J., (1981). Equilibrage en subsolidus du couple olivine-spinelle. Application aux chromitites de Nouvelle Caléondie. Thèse, Ecole notionale Supérieure des mines de Paris, 229 p.

Mac Donald,G.A. and Katsura,T., (1964). The chemical of Hawaian Lavas, Jour, Petrology, s.82-133.

Maurel,C. et Maurel,P., (1982). Etude experimentale de la solubilite du chrome dans les bains silicates basique et de sa distribution entre liquide et mineraux coexistants: Conditions d'existance du spinelle chromifére, Bull. Mineral., 105, 640-647.

Miyashiro, A. and Shido,F., (1975). Tholeitic and Calcoalcalic series in relation to the behaviours of II, V, Cr, Ni Am. Jour. Sci., 275, 265-277.

Mussalem, K., Jung,D.and Bugarth, K., (1981) Textural features and chemical characteristics of chromites in ultramafic rocks, Chalkidiki Complex (N. Greece) Tschermaks Mineralog. Petrog. Mitt. 29.75-101.

Ohnenstetter, M., (1985). Classification petrographique et structurale des ophiolites, écho de la dynamique das zones de transition croute-manteau. Incidence sur la nature et la disposition des corps de chromite associés. C.R. Acad. Sci. Fr. 301 (II) pp. 20

Princivalle, F., Della Giusta,A. et Carbonin,S., (1989). Comparative crystal chemistry of spinels from same suites of ultramafic rocks, Mineral. Petrol. 40, 117-126.

Parrot, J. F., (1977). Assemblage ophiolitique du Baer-Bassit et termes effusifs du Volcano - Sédimantaire., Thèse, Trav-Et Doc. du O.R.S.T.O.M., 72, 304 p.

Ricou, L.E., Argyriadis,I., Marcoux,J., (1975). I'Axe Calcaire du Taurus, un aligrement de fenetres Arabo - Africaines Sous les nappes radiolaritiques, ophiolitiques et metamorphiques, Bull.Soc.Geol.Fr. 12, 1024 - 1044.

Ringwood,A.E., (1975). Composition and Petrology of the Earth's Mantle., Mc Graw-Hill Inc.New York, 618 p.

Streckeisen,A., (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks. Geol. Rundsch., 63, 773-785.

Thayer,T.P., (1970). Chromite segragations as petrogenetic indicators, Geol. Soc.S., Africa Spec.Publ. 1,380-390.

Yaman, S., (1989). Geology and Metallogeny of Mersin ophiolite, Acar Geology Sympos. Çukurova Univ. Adana, Proc. 255-267.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1994 SAYI 25 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

YERALTI MADENCİLİĞİNDE KULLANILAN SAYISAL ANAL İZLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

M. K. Gökay
S.Ü., Maden Müh. Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: *Sayısal analizlerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar ilerledikçe, konunun madencilikdeki uygulamalarıda artmıştır. Yeraltı ve yerüstü kazılarında uygulanan sayısal gerilme analizleri, bu konularda uygulanan fiziksel modellemeleri azaltmış ve son yıllarda tamamen yerine geçmiştir. Amaç, kaya kütlesi üzerinde veya içinde yapılacak herhangi bir mühendislik çalışmasından önce, kaya kütlesinin yapılmak istenen projeye karşı davranışının anlaşılmasına yöneliktir. Bu çalışmada sayısal modellemelerin kullanıcılara daha kolay ulaştırılması için bir bilgisayar yazılım programı hazırlanmıştır. Bu programın kullanılmasıyla, sayısal analizlerin veri girişlerinde ve sonuçlarının yorumlamasında karşılaşılan problemler azaltılmaktadır.*

EVALUATION OF NUMERICAL METHODS FOR UNDERGROUND MINING APPLICATIONS

ABSRACT: *As the improvements are taking place in numerical analyses, their implementation on mining problems are increased. In the last decade, numerical methods are replaced physical model studies in engineering stress-displacement determination. It is purposed here to determine behaviour of the rock mass before engineering structure has been excavated. In this study, special computer software programs has been developed to operate numerical analyses for PC based computers. Consequently, data evaluation as input and output for the selected programs has become quicker and easier.*

1. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğiyle uğraşan mühendislerin galeri ve benzeri yeraltı kazılarını yapmadan önce konuyla ilgili araştırmalara göz atmaları yerinde olacaktır. Açılacak galeri veya tünelin tekrar taramaya maruz kalmaması ve tahkimat masraflarının azaltılması için gerekli ön bilgilerin toplanması, bu konuda ileride çıkacak problemleri azaltacaktır. Basit bilgilerin bile bilinmesi ve dikkate alınması unutulmaması gereken bir kural olmalıdır. Örneğin, açılacak galeri uzun ekseninin yüksek yan gerilme doğrultusuyla mümkün olduğu kadar paralel olması gerektiği kuralı hatırlanırsa, genel maden planlaması üzerinde gerekli ayarlamalar önceden yapılabilecektir. Böylece, planlanan galeriler aksi durumda açılanlara göre daha az gerilme altında kalacakları için fazla ezilmeyecek, fazla taramaya ve tahkimata gereksinme duymayacaklardır.

Madencilikle uğraşan tasarım mühendisleri veya kaya kütlesi ile direk ilişkili proje çalışması yapan tasarımcılar proje sahalarındaki kaya kütlesini yeterli ve detaylı şekilde modelleyebilirlerse kayaç davranışlarını da model üzerinde inceleyebileceklerdir. Bu modelleme çalışmalarında geliştirilen sayısal yaklaşımlarla gerçek kaya kütlesi davranışlarına ulaşılmaya çalışılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda kaya kütlesi modellemelerinin gerçeğe yaklaşık duruma getirilmesiyle, proje olarak kaya içinde açılan galeri ve benzeri kazılar etrafındaki gerilmeler kaya kütlesi içindeki eklem yapılarına göre incelenebilecektir. Bu konudaki çalışmalar değişik araştırma merkezlerinde sürdürülmektedir.

Genel mekanik yaklaşımlardan yararlanan kaya mekaniği araştırmacıları, kaya maddesi ve kütlesi için farklı yenilme yaklaşımları geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımlarda sayısal modelleme yoluyla belirlenen kayaç iç gerilme değerleri kayanın mukavemetini belirleyen özelliklerle karşılaştırılır. Bu işlem sonunda kaya kütlesi belirli noktalarda bu gerilmelerden dolayı yenilip kırılacakmı yoksa bu gerilmelere dayanacakmı belli olacaktır. Bu incelemeyi yapabilmek için kaya maddesi ve kütlesi için önerilen yenilme kriterlerinin bilinmesi gereklidir. Bu konudaki çalışmaların önemli olanlarını Pan (1988) aşağıdaki şekilde sıralamıştır.

* Coulomb (1776), makaslama dayanımı yenilme kriteri,
* Tresca (1868), maksimum kesme gerilmesi yenilme kriteri,
* Mohr (1900), makaslama-zarfı yenilme kriteri,
* Griffith (1921), çatlak teorisi (gevrek kayalar için),
* Fairhurst (1964), Griffith teorisinin sağlam (çatlaksız) kaya maddeleri için genelleştirilmesi (iki boyutlu ampirik yaklaşım),
* Hoek (1968), sağlam kayalar için iki boyutlu ampirik değerlendirme,
* Pariseau (1968), genel tecrübeye dayalı üç boyutlu yenilme kriteri,
* Franklin (1971), 500 numune sonucundan hazırlanan iki boyutlu ampirik değerlendirme,

* Wilson (1971), gevrek kayada sürülen tüneller için hazırlanmış iki boyutlu değerlendirme,
* Bieniawski (1974), 7005 numune sonucundan hazırlanan iki boyutlu değerlendirme,
* Yoshinaka ve Yamake (1980), yumuşak kayaçlarda (çamurtaşı, şeyl, kiltaşı v.s.) yapılan deney sonuçlarına göre hazırlanmış üç boyutlu değerlendirme,
* Hoek ve Brown (1980), Griffith teorisinin iki boyutlu uygulaması,
* Elliott (1982), İki boyutlu kritik durum teorisi,
* Yudhbir ve Prinzl (1982), iki boyutlu ampirik deney verisi değerlendirmesi,
* Laubscher (1984), deneye dayalı, iki boyutlu ampirik kaya kütlesi yenilme yaklaşımı,
* Desai ve Salami (1987), üç boyutlu polinomiyal değerlendirme,
* Michelis (1987), üç boyutlu, analitik deneysel yenilme yüzeyi araştırması.

Kaya kütlesi içindeki belirli noktalarda yoğunlaşan gerilmelerin bilinmesi durumunda, yukarıda verilen yenilme kriterlerinden kaya modeline uygun olanının seçilmesiyle kaya kütlesinin proje kazısı etrafında kırılıp kırılmayacağı matematiksel olarak elde edilecektir. Burada dikkat edilirse yapılan çalışmalar kaya kütlesinin doğru ve tam olarak matematiksel modellemesine dayanmaktadır. Bu konudaki çalışmalarda uygulanan yöntemler iki bölümde incelenebilir. Birinci bölümde kaya kütlesi çok küçük bloklara ayrılmış gibi düşünülür. Kaya kütlesi içindeki gerilme ve yerdeğiştirmeler bu küçük bloklar üzerinde modellendikten sonra sonuçlar birleştirilir. Bu yöntem kullanılarak geliştirilen sayısal çözümleme modellerine *"Sonlu Eleman Yöntemi"* (Finite Element Method) denir. İkinci yöntemde gerilme ve yerdeğiştirmeler ilk önce proje için seçilen kazı çalışmalarının sınırında hesaplanır. Daha sonra kaya kütlesi içindeki gerilme etkileşimi bu değerler baz alınarak değerlendirilir. Bu yöntemle geliştirilen sayısal yönteme "Sınır Elemanları Yöntemi" (Boundary Element Method) denmektedir (Crouch ve Starfield, 1983). Bu analizlere ek olarak *"Ayrı Elemanlar Yöntemi"* (Distinct Element Method) (Cundall, 1987), *"melez yöntemler"* (Hybrid Methods), v.b. geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin kullanılmasında, yöntemin geliştirilme amacının bilinmesi önemlidir, bunu dikkate alan Yazıcı ve Nasuf (1993) sayısal yöntemlerin madencilikdeki uygulamalarını özetlemişlerdir.

Madencilik tasarımlarıyla uğraşan mühendislerin kaya kütlesi modellemesi konusunda uzmanlaşması istenen bir konu olmakla birlikte, bunun zaman alıcı ve uzun çalışmalar gerektiren bir uğraş olacağı açıktır. Bunun yerine son yıllardaki uygulamalarda, konunun uzman araştırmacıları tarafından geliştirilen bilgisayar yazılım programları kullanılmaktadır. Üzerinde çalıştığı tasarımda sayısal olarak gerilme-yerdeğiştirme analizi yapmayı düşünen mühendisler, sayısal modellemelere ve bunların sonuçlarına daha çabuk ulaşmak için, *FORTRAN* programlama dilinde yazılan sayısal çözümleme

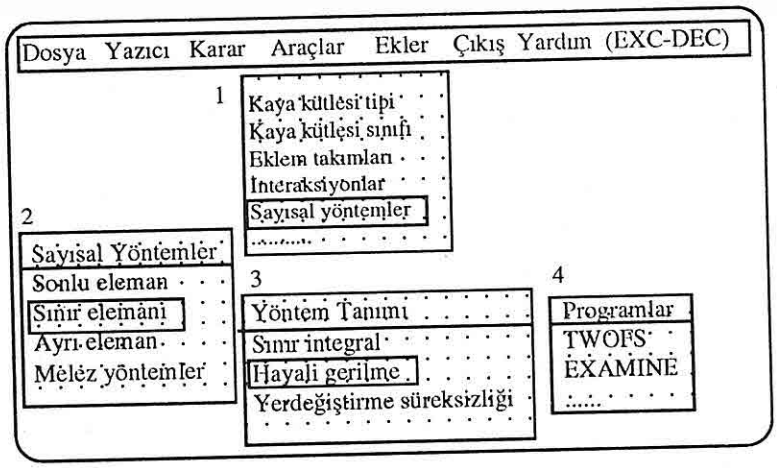
kodlarını kullanıp yorumlamaktadırlar. Burada önemli olan programda verilen kaya kütlesi parametreleriyle (elastik, elasto-plastik, plastik, visko-plastik v.b. davranışlar) proje çalışma sahasındaki kaya kütlesi davranışlarının uyuşmasıdır. Son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalara yenileri eklenerek tasarım mühendislerine kullanım kolaylığı (user-friendly) sağlayan basamaklarla donatılan yazılım programları geliştirilmiştir.

2. GELİŞTİRİLEN YAZILIM PROGRAMININ ÖZELLİKLERİ

Madencilikde kullanılan hesaplamaları ve tasarımları birleştirerek kullanım kolaylığı içerecek özel bir madencilik yazılım programı hazırlanmaktadır (Gökay, 1993). Burada bu çalışmalar sırasında hazırlanan programın sayısal çözümleme bölümü anlatılacak ve madencilik tasarımlarına getirdiği yenilikler ve kolaylıklar açıklanacaktır.

Sayısal program kodlarının geliştirilmesinde izlenen temel çalışmalardan sonra bunların kullanıcılara kullanım kolaylığı ile donatılarak aktarılması birçok araştırma şirketinde temel çalışma konusu olmuştur. Bu çalışmalar sırasında birçok problemin çözümü için modellemeler hazırlanmıştır. Uluslararası Kaya Mekaniği Derneğinin (ISRM) 1988'de yaptığı bir araştırmada, sayısal yöntemler konusunda o yıllarda kullanıma hazır yazılım programlarının listesi çıkarılmıştır (Plischke, 1988). Bu çalışmada, galeri etrafındaki gerilmelerin bulunmasından baraj temel hesaplamalarına varıncaya kadar değişik kaya ve zemin mekaniği konularında hazırlanmış 198 yazılım programı saptanmıştır. Bu tarihden günümüze kadar geçen zamanda bilgisayar teknolojisinin de gelişmesiyle bunlara ek olarak çok sayıda yazılım geliştirilmiştir. Son yapılan çalışmalarla gerilme, yerdeğiştirme, yeraltısuyu akış miktarı ve diğer mekanik özelliklerin dinamik şekilde, belirli zaman aralıklarındaki değişimlerini gösteren yazılımlar hazırlanarak piyasaya sunulmuştur. Böylesi rekabet ortamında baraj, temel, tünel ve madencilik işlerinde çalışan uluslararası şirketlerin bu yazılımlarla aktarılan hesaplama tekniklerinden, modellemelerden ve tecrübelerden yararlanmamaları düşünülemediğinden, bu şirketler kendi bilgisayar uygulama birimlerini (CAD birimleri) ve kaya mekaniği çalışma grublarını kurmuşlardır. Bu konuda yapılan yenilik ve gelişmelere, özellikle bu şirketlerde çalışan araştırmacıların katkısı kayda değerdir. Benzer şekilde, Türkiye madencilik sektöründe kullanılmak üzere özel bir yazılım programının geliştirilmesinin yararı düşünülmüş ve hazırlanan yazılım programı yeni analiz yöntemlerini kullanacak duruma getirilmiştir.

Geliştirilen yazılım programının, kullanılan sayısal yöntemler konusunda kullanıcı mühendislere alternatif sunması düşüncesiyle programın hiyerarşik alt kademelerinde sonlu eleman, sınır elamanı, ayrı elamanlar ve melez yöntemlerden ayrı ayrı programlar içermesi için ön işlemler hazırlanmıştır (Şekil 1). Bugüne kadar yayınlanmış kaynaklardan elde edilen sayısal çözümleme yöntemleri ve özel yazılım programları yukarıda verilen yöntem farklılıklarına göre programa yerleştirilmiştir. Böylece

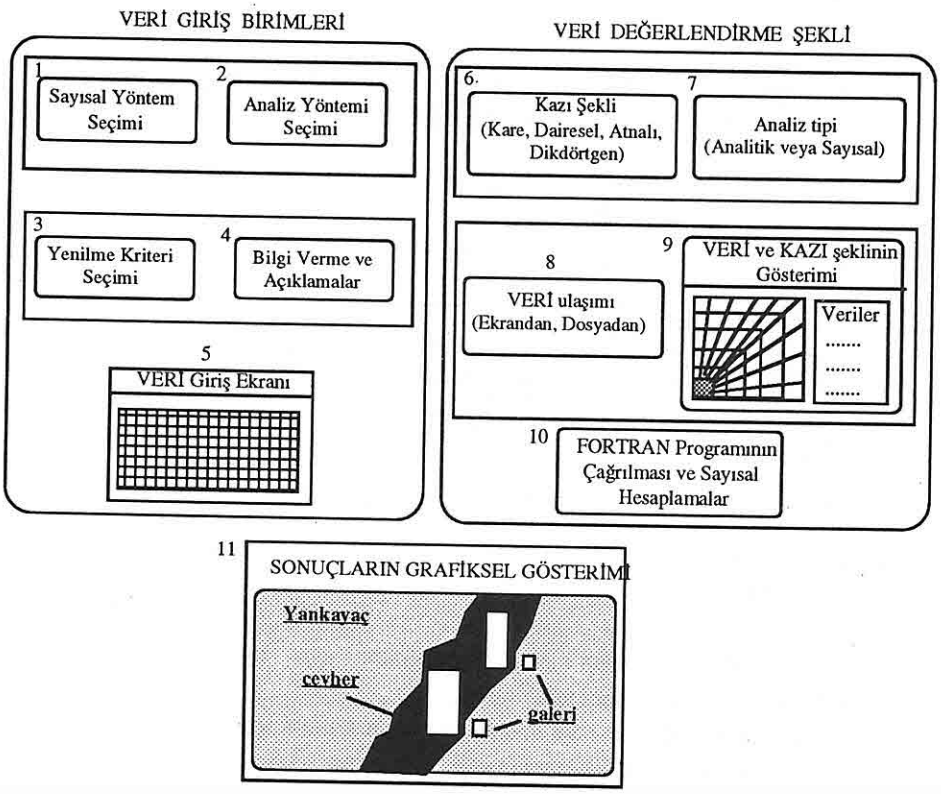


Şekil 1. Exe-Dec madencilik programı, sayısal analiz bölümünün işlem menüsü (Gökay, 1993).

geliştirilmekte olan program birçok programı ayrı ayrı çalıştırabileceğinden kullanıcılara geniş alternatifler sunabilecektir.

Kaya kütlesi modellemesi ve sonucunda kaya kütlesi içindeki değişik noktalarda gerilme ve yerdeğiştirmeler hesaplanarak kullanıma hazır hale getirildikten sonra, yenilme kriterlerinin, sayısal programlarca kullanılarak kayanın belirtilen noktalardaki dayanıklılığı belirlenecektir. Geliştirilen yazılım programında kullanımda kolaylık sağlamak amacıyla yenilme kriterlerinden birisi veya daha çoğu sırayla seçilebilmektedir. Böylece kullanıcı mühendis değişik kriterlere göre kaya kütlesinin yenilip yenilmeyeceğini öğrenebilecektir. Şekil 2'de gösterilen işlem basamaklarına göre çalışan Exc-Dec sayısal-çözüm alt yazılım programı istenilen sayısal yönteme göre sonuçları bulacak ve bunları hazırladığı çıkış ekranında grafik olarak gösterecektir. Sonuçların daha sonra detaylı olarak incelenebilmesi için standart *FORTRAN* çıkışları ayrı dosyalara bir düzen içinde kayıt edilerek saklanacaktır.

Kullanımda kolaylık getirmesi amaçlanan bu programda yenilme kriterlerinin seçilmesinden sonra isteğe bağlı olarak, yenilme kriteri hakkında kısa bilgi verilmektedir. Böylece kullanıcının üzerinde çalışılan konuda var olan bilgileri tazelenmekte, yaklaşımda kullanılan belirli kabullerin nedenleri de sıralanmaktadır. Yaklaşımın kullanım özelliklerini ve sınırlarını gösterecek olan bu bilgi açıklama bölümü kullanıcının hesaplanan değerler hakkında doğru karara ulaşmasını sağlayacaktır. Kullanıcının, programın sonucunu nasıl bulduğunu bilmesi, üzerinde çalıştığı konuda yapacağı yorumları kolaylaştıracaktır.



Şekil 2. Hazırlanan programda sayısal analiz basamakları (Gökay, 1993).

3. YAZILIM PROGRAMININ KULLANIMI

Yukarıda açıklanan aşamalardan sonra kullanıcının hesaplamalar için veri girişi yapması gerekmektedir. Bu amaçla özel olarak hazırlanan veri-giriş ekranlarından hesaplamalarda kullanılacak bilgiler yazılır (Şekil 3). Daha sonra kullanımda kolaylık sağlanması için programa girilen veriler iki ayrı dosyada saklanmak üzere ayrılırlar. Birinci dosyada kaya kütlesine ait kaya mekanigi laboratuvar verileri saklanırken, ikinci dosyaya kazı boyutları ve arazi gerilme verileri kayıt edilir. Kullanıcının bilmesi ve analiz için hazırlanan programa vermesi gereken kaya kütlesi değerleri sırayla şunlardır;

Birinci dosya için:

a) Değerlerin alındığı bölgenin ismi,
b) Kaya kütlesinin ismi,
c) Elastik modulus (GPa),
d) Tek eksenli basma dayanımı (MPa),

İkinci dosya için:

a) Değerlerin alındığı bölgenin ismi,
b) Kazı şekli,
c) Kazının bulunduğu derinlik (m),
d) Kazı boyutları (m),

e) Çekme dayanımı (MPa),
f) Kohezyon (MPa),
g) İç sürtünme açısı, (derece),
h) Yoğunluk (gr/cm^3),
i) Poisson oranı (V),

e) X_yönünde arazi gerilmesi (MPa),
f) Y_yönünde arazi gerilmesi (MPa),
g) Z_yönünde arazi gerilmesi (MPa),
h) Kaya kütlesi m_değeri,
i) Kaya kütlesi s_değeri.

Veri girişi tamamlandıktan sonra ve yeraltı kazı şekli belirlendikten sonra program bu değerleri isteğe bağlı olarak değişik isimlerde kaydeder. Şekil 3'de görüldüğü gibi ekranda çıkan özel veri-giriş formatında dört ayrı lokasyon için veri girişi yapılabilmektedir. Böylece aynı proje çalışmasının dört ayrı bölgesine ait değerler aynı dosyada saklanabilmektedir. Daha fazla lokasyon verisi için yeni dosyalar açmak gerekecektir. Exc-Dec yazılım programı C programlama formatına uygun olarak kaydettiği bu dosyalarda gerekli işlemleri yaparak, girilen verileri sayısal alt programlarda kullanılmaya hazır hale getirecektir. Programda kullanılan sayısal analiz programlarının büyük çoğunluğu *FORTRAN* ile yazıldığı için bu programlar için hazırlanan veri dosyaları ASCII kodunda kaydedilecektir.

KAYA KÜTLESİ VERİ GİRİŞ EKRANI

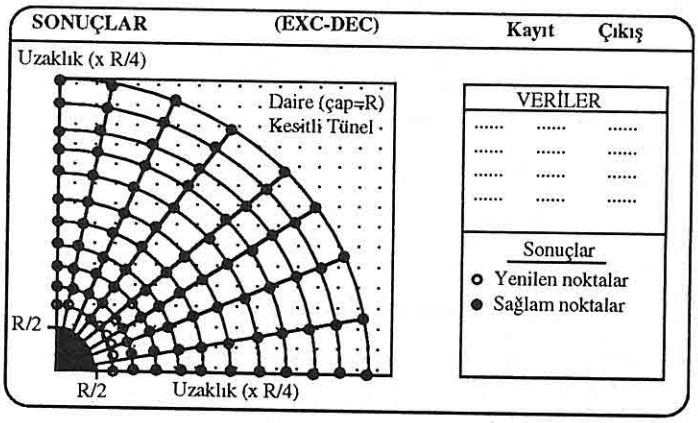
Lokasyon	Ank-A	Ank-B	Ank-C	Ank-D
Kaya kütlesi ismi	Andezit	Kireçtaşı	Konglom.	Kiltaşı
Elastik Modulus (GPa)	7.0	10.0	5.0	2.0
Basma Day. (MPa)	10.0	5.0	8.0	1.0
Çekme Day. (MPa)	1.10	0.12	0.08	0.012
Kohezyon (MPa)	1.4	0.50	0.25	0.080
İç Sürtünme Açısı (der.)	23	21	23	24
Yogunluk (gr/cm3)	2.8	2.5	1.95	1.50
Poisson Oranı	0.21	0.19	0.3	0.2

Şekil 3. Kaya kütlesi özellikleri için hazırlanan veri giriş ekran formatı (sentetik değerler)

Burada üzerinde durulması gereken konu *FORTRAN* ve diğer programlarla yapılan işlemler için özel veri dosyalarının hazırlanmasının gerekliliğidir. Bu işlemler, bu programları kullananların *FORTRAN* dilini bilmelerini ve sayısal analiz konusunda uzmanlaşmalarını gerektirmektedir. Bu sorun geliştirilen yazılımın hazırladığı *FORTRAN* veri-giriş dosyalarıyla çözülmüş olacaktır. Bu dosyaları hazırlamak özel dikkat gerektirdiğinden bu işlem geliştirilen yazılımda özel olarak düzenlenmektedir.

Bir sonraki kademede yazılım programı girilen verilere, seçilen kazı şekline ve sayısal analiz yöntemine göre, otomatik olarak hazırladığı eleman örgü düzenlemesini kullanıcıya gösterecektir. Verilerin ve sayısal örgü düzeninin isteğe uygun olup olmadığı belirtildikten sonra hesaplamalara geçilecektir. Geliştirilmekte olan programın bu aşamasında sadece sınır elemanı yöntemi için otamatik örgü düzeni hazırlamaktadır. Bu işlem ileride yapılacak çalışmalarla diğer sayısal yöntemler için de geliştirilecektir. Kullanıcı gösterilen örgü düzeni grafiği üzerinde büyültme ve küçültme yaparak istediği boyut oranını ayarlandıktan sonra programın sayısal çözüm bölümünü çalıştırmaktadır. Çalıştırılan *FORTRAN* programı kendisi için hazırlanan veri dosyasından istenilen değerleri alarak, kaya kütlesi modelleme hesaplamalarını yapacaktır. Program bulduğu gerilme-yerdeğiştirme değerlerini ve bu değerleri kullanarak bulduğu kaya kütlesi yenilme durumunu yeni dosyalar şeklinde kaydedecektir.

Bulunan sonuçların değerlendirmesi yapılırken kaya kütlesinin seçilen noktalarda yenilip yenilmediği renk farklılıklarıyla model üzerinde gösterilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Hazırlanan yazılım programının verileri ve sonuçları göstermekte izlediği yöntem.

Bu noktalardaki s1 ve s3 gerilme değerlerinin ve bunların birbirlerine göre yönlenmelerinin gösterilme işlemleri şu anda geliştirilme aşamasındadır.Üzerinde yürütülen çalışmalarla yazılım programı bulduğu değerlerin gösteriminde daha fazla bilgiyi sunacak duruma getirilecektir.

4. SONUÇ

Geliştirilen yazılım programı ve benzerleri sayesinde tasarımcı mühendislerin işlem yoğunluğundan çekinerek veya konunun karmaşıklığından (bilgi eksikliğinden) ortaya çıkan ek çekingenlikle sayısal yöntemleri kullanmama yolunu seçmeleri azaltılmış

olacaktır. Konuyla ilgili yaklaşımlar, modellemeler, uzmanların bilgi ve becerisi bu tür yazılımlarda birleştirilerek kullanıcıya verilmektedir. Tasarımcı mühendis kendi şartlarına göre, değişik verilerle programı çalıştıracak ve tasarladığı yeraltı kazı boşluğu etrafında neler olabileceğini kazıyı yapmadan kestirebilecektir. Kullanım kolaylığı sağlayan yazılımların tasarım mühendisine kazandırdığı zaman bu mühendislerin tasarım üzerinde daha detaylı düşünmelerini sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

Crouch, S.L. ve Starfield, A.M. (1983). Boundary Element Methods in Solid Mechanics. Allen-Unwin Yayınevi, Londra.

Cundall, P.A. (1987). Distinct element models of rock and soil structure. Analytical and Computational Methods in Engineering Rock Mechanics (ed: E.T. Brown), Allen-Unwin Yayınevi, Londra.

Gökay, M.K. (1993). Developing Computer Methodologies for Rock Engineering Decision. Doktora (Ph.D.) Tezi, Londra Üniversitesi, Imperial College, MRE bölümü, Londra.

Pan, X.D. (1988). Numerical Modelling of Rock Movements Around Mine Openings. Doktora (Ph.D.) Tezi, Londra Üniversitesi, Imperial College, MRE bölümü, Londra.

Plischke, I.B. (1988). A report compiled by the ISRM commission106107ÓYcomputer programs. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abst., Vol.25, s183-252.

Yazıcı, S. ve Nasuf, E. (1993). Arazi kontrolunda sayısal modelleme. Madencilik, Vol.32, No.3-4, s5-14.

AKIŞKAN YATAK

Fikri KAHRAMAN
Dicle Universitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

ÖZET: *Akışkan yatak, sıvı-katı ve gaz-katı sistemleri halinde oluşturulmakta, ancak davranış ve özellikleri itibariyle tek bir sıvı gibi hareket etmektedir. Sıvı veya düşük hızlarda gaz akışkanlarda tanelerin birbirinden ayrı halde düzenli dağılımı şeklinde meydana gelen yatak türütaneli yada sakin yatak, yüksek hızda gaz akışkanda oluşan türü ise kümeli yatak olarak bilinmektedir.*

Bu makalede, akışkan yatağın oluşumu, nitelikleri, kaliteli bir akışkan yatakta bulunması gereken özellikler, akışkan yatakta hava ve gaz kabarcıkların davranışları, katı ve gaz fazları karıştırma şekilleri, akışkan yatakta ısı ve kütle iletimi ve akışkan yatağın bazı endüstriyel uygulamaları , üzerinde durulmaktadır.

FLUIDISED BED

ABSTRACT: *Fluidised bed, is a system made of solid-liquid or solid-gas, but its properties and behaviours are somewhat like a single liquid. Fluidised bed is known as particulate fluidisation or "quiescent bed" when the fluidising fluid is a liquid or a gas at low velocity, and as aggregative fluidisation when fluidising fluid is a gas at high velocity.*

Types of fluidisation, requirements for good quality fluidisation, properties of bubbles in fluidised beds, mixing solid and gas in fluidised beds, heat and mass transfer in fluidised beds, and some of the industrial applications of fluidised beds are summarised here.

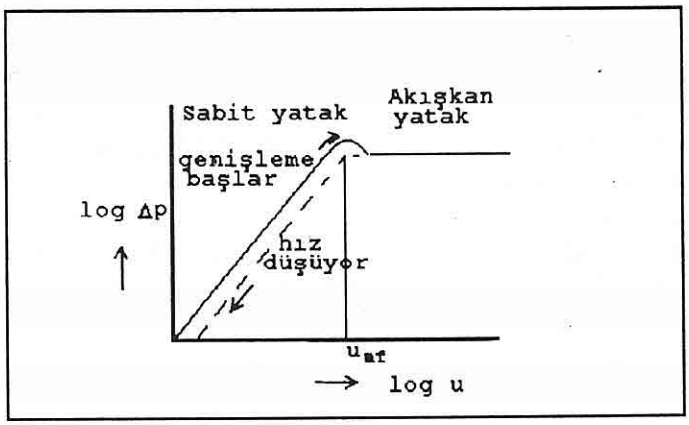
1. GİRİŞ

Bir akışkan, katı bir yataktan aşağıya doğru hareket ettiğinde taneler hareket etmez, eğer akım hareket yönünüde ise, yatak boyunca meydana gelen basınç düşüşü doğrudan akım hızı ile orantılıdır (Swaaij, Prins, 1986).

$u = [e^3/5(1-e)^2][1/\varsigma s^2][\Delta p/l]$ (Carman-Kozeny formülü).

Burada, u akışkan hızını, e taneler arası boşluğu, ς viskoziteyi, s tane şekil faktörünü, l yatak kalınlığını ve Δp basınç farkını ifade etmektedir.

Akışkan, katı bir yataktan yukarıya doğru hareket ettiğinde düşük akım hızlarında Δp aynıdır, fakat taneler ¸zerindeki sürtünme nedeni ile sürüklenme, tanelerin görünür ağırlığına eşit olduğunda taneler yeniden dizilirler ve yatak genişler. Akım dahada arttırılırsa, taneler birbirinden ayrılıp akışkan içinde serbest halde duruncaya kadar genişleme devam eder. Bu duruma gelen yatağa akışkan yatak denir. Akım hızındaki daha fazla artışlarda, Δp yaklaşık olarak, yatağın birim alanına düşen ağırlığa eşit bir değerde kalır (Şekil 1).



Şekil 1. Akışkan Yatak

Akışkan özelliğin başladığı nokta ve biraz üzerine kadarki u_p değerlerinde sıvı ve gazlar için davranışlar aynıdır (burada u_p akışkana göre tanenin hızını ifade etmektedir). Fakat daha yüksek akım hızlarında, sıvılarda yatak genişemeye başlarken, gazlarda kabarcıklar oluşur ve yataktan yukarıya doğru hareket ederler. Genel olarak iki tip akışkan yatak vardır.

1. Taneli Akışkan Yatak: Bu tür akışkan yatak, yalnızca akışkan sıvı olduğunda veya gazlar için düşük hızlarda oluşmaktadır. Taneler düzenli olarak ve birbirlerinden ayrı bir halde dağılmışlardır (sakin yatak).

2. Kümeli Akışkan Yatak: Bu tür yatak, gaz akışkanda, yüksek akım hızlarında elde edilir.İki ayrıfaz oluşur:

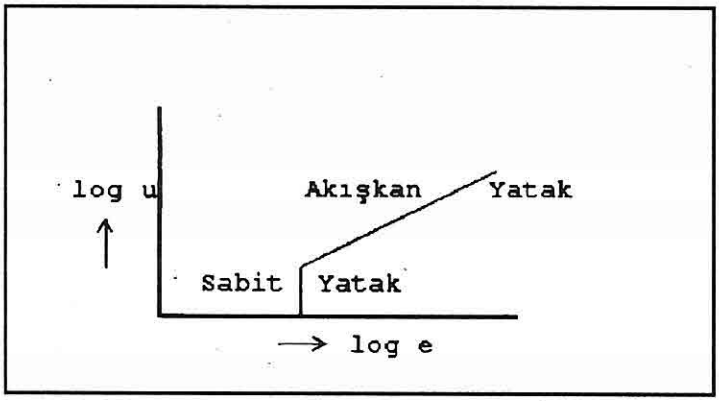
i) Yoğun veya emülsiyon fazı-sürekli faz.
ii) Gevşek veya kabarcık fazı-kesikli faz.
Bu sistem kaynıyan bir sıvıya benzer.

2. SIVI-KATI SİSTEMLERİ

Tanelerin terminal düşme hızlarına ulaşıncaya kadar yatak sürekli genişler. Mevcut taneler için, tane boyutu ve yoğunluğa göre ayrılmalar başlar (Şekil 2). Burada, akışkanlar mekaniğindeki formüller uygulanabilir. Yani;

$$u_f/u_t = e^n$$

u_f boş tüpteki akışkan hızı, u_t terminal düşme hızı(serbest düşme hızı), e taneler arası boşluk ve n Reynold sayısı(Re) ve tane çapı/kabın çapı=d/D' ye bağlı bir sayıdır.



Şekil 2. Sıvı -katı sistemlerinde Akışkan Yatağın Oluşumu

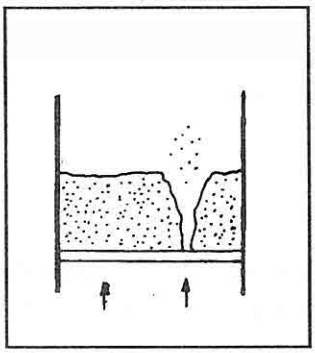
3. GAZ-KATI SİSTEMLERİ

Gazla meydana getirilmiş bir akışkan yatak, birçok yönden, gaz+katı yoğunluğu ile aynı yoğunluktaki bir sıvı ile benzer davranışlar gösterir. Örneğin;

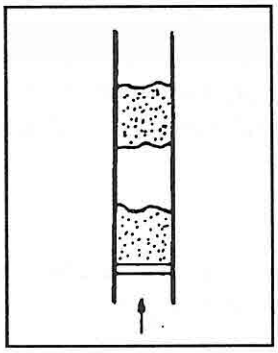
1) Katı maddeler, yoğunluklarına göre bu akışkan ortamda batar veya yüzerler.
2) Yatak aşağıya doğru akar.
3) Yatak hidrostatik kuvvetleri iletir.
4)Yatağın ısı iletme hızı yüksektir, ve sıcaklık bütün ortamda aynıdır.

3.1 Akışkan Yatağın Niteliği

Taneler düzenli (uniform) olarak dağılırlarsa ve yatakta düzensizlikler, yani kanallaşma ve kabuklaşma yoksa yatağın kalitesi iyi demektir. Kanallaşma, gaz yatağın belirli bir yerinde bir kanal oluşturması ve hareket etmek istiyen katıların engellenmesidir (Şekil 3). Kabuklaşmada ise gaz kabarcıkları bir araya gelerek birleşirler ve dar bir kapta bütün kesit alanını kaplıyan bir gaz kabuğunun oluşmasına neden olurlar (Şekil 4).



Şekil 3. Kanallaşma



Şekil 4. Kabuklaşma

3.2 Kaliteli Akışkan Yatak İçin Gerekli Şartlar

1) Gaz dağıtıcıdaki basınç düşmesi, yataktaki basınç düşmesinden az olmalıdır.

2) Taneler mümkün olduğunca yuvarlak olmalıdırlar.

3)Taneler, yumuşak, yapışkan, nemli olmamalı yada elektrostatik yükleri nedeniyle topaklaşmamalıdırlar.

4) Yalnızca belirli tane-boyut aralıklarındaki taneler mevcut olmalıdır.

3.3 Minimum Akışkan Hızı

Bir yatak akışkan hale gelince, tane üzerindeki sürtünme kuvveti yatağın görünür ağırlığına eşittir. Kalınlığı (derinliği) l olan birim kesit alana sahip bir yatak için;

$$\Delta p = (1-e)(\sigma-\rho)lg$$

Burada, g yer çekimini, σ katı yoğunluğunu ve ρ gaz yoğunlunu ifade etmektedir. Laminar akımlı sabit bir yatak için;

$$u = [e^3/5(1-e)^2][1/\varsigma s^2][\Delta p/l]$$

Akışkan özelliğin başlamak üzere olduğu noktada bu formüllerin ikiside aynı zamanda uygulanabilir. Bu formüllerde Δp elimine edilirse,

$u_{mf} = [e^3(\sigma-\rho)g]/[5(1-e)\varsigma s^2]$

Burada, u_{mf} minimum akışkan hızıdır. Küresel taneler için; $s = 6\pi d^2/\pi d^3 = 6/d$ olarak yerine konulursa;

$u_{mf} = [e^3(\sigma-\rho)d^2g]/[180(1-e)\varsigma]$ olur.

Burada, e akışkan özellik başlamadan hemen önceki taneler arası boşluktur. Bu durum ,için yarı ampirik bir formül elde edilmiştir (Huarui;Yanfu., 1985).

$R_e = d_A u_{mf} \rho/\varsigma = \{(33.7)^2+0.0408\ [d_A^3\ \rho(\sigma-\rho)g/\varsigma^2]\}^{1/2}-33.7$

dA tanelerin elek çapı ve ς gazın vizkozitesini ifade etmektedir. Bu formülü R_e=0.001-4.000 arasında olduğu durumlarda uygulanabilir ve buradan u_{mf}'nin değeri, ölçülen değerinin % 34 altında veya üstünde bulunur.

3.4 Akışkan Yataktaki Kabarcıkların Özellikleri

Kabarcıklar, yatak boyunca büyük miktarda gaz taşıdıkları ve gaz ile katı kısımların akım şekillerine etki ettikleri için önemlidirler.

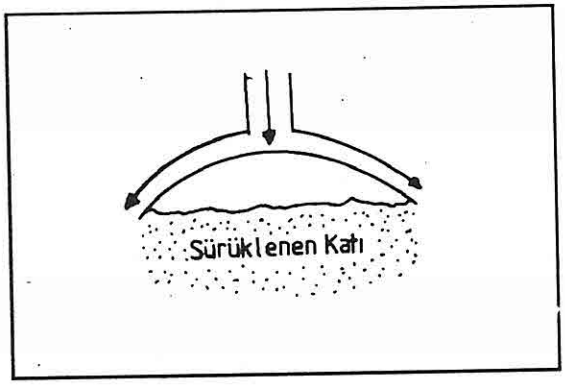
Akışkan yatağa hava üfleyerek oluşturulan kabarcıkların davranışları incelenmiş ve kabarcıkların, sadece kabarcık hacmine bağlı olarak sabit bir hızla yükseldikleri tesbit edilmiştir (Almstedt,1987;Yamazaki;Nahajima;Ueda,1985). Su ve nitrobenzen içindeki kabarcıkların yükselme hızlarının aşağıdaki formülle bulunabileceği tesbit edilmiştir (Grek, 1986).

$u = 0.792\ v^{1/6}\ g^{1/2}$

Burada v kabarcık hacmidir. Bu ilişkinin akışkan yatak içindeki kabarcıklar için de geçerli olduğu bulunmuştur. Gerçek sıvılarda ise, akışkan yataktaki büyük kabarcıklar, küresel birer kapak şeklini alırlar. Her kabarcık, beraberinde bir miktar katı sürükler ve dolayısıyla katıların karışmasını sağlar (Şekil 5). Yükselen bir kabarcık, yolu üzerindeki taneleri kenara iter, taneler kabarcığın içinden geçmezler. Gaz akışkan yatakta enjekte edilen kabarcıkların duraylı olması, ancak sıvı akışkan yatakta bu kabarcıkların duraysız olması durumu kümeli ve taneli akışkan yatakları izah etmektedir.

Kabarcıklaşmakta olan bir yataktan NO_2 gazı geçirilmiş, ve sürekli fazdan kabarcığa ve oradanda tavana doğru bir gaz akımı olduğunu tesbit edilmiştir (Rowe, 1980). Eğer kabarcığın yükselme hızı, sürekli fazdaki gaz hızından yüksekse tavanı terk eden gaz geri döner ve kabarcığın etrafında bir bulut oluşturur.

Akışkan yatakta yükselen normal büyüklükteki, C_D=2.5 (C_D =Sürüklenme katsayısı)



Şekil 5. Gerçek Sıvılarda Büyük Hava Kabarcıklarının Hareketi

olan, kabarcıkların hızları gerçek sıvılardaki kabarcık ların hızları ile uygunluk içindedir (Şekil 6).

Küresel katılar için;

$C_D = 4d(\sigma-\rho)g/3\rho\upsilon^2 = 0.4$ (turb.)

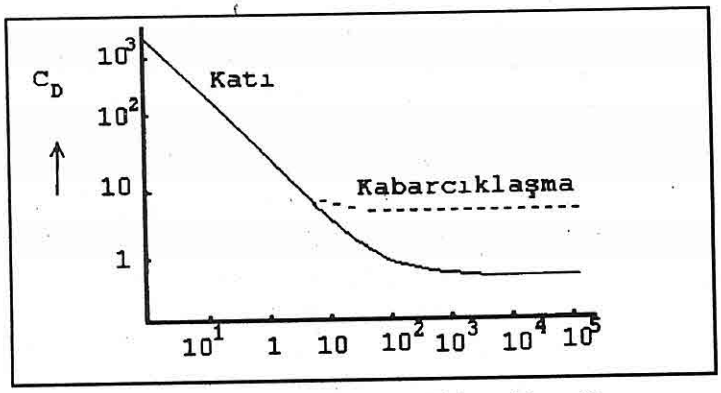
Gaz kabarcıkları için;

$C_D = 4D(\rho_B-\rho_G) / 3\rho_B u_B^2 = 2.5$

Burada, D kabarcık çapı(m), ρ_B yatak yoğunluğu(kg/m^3) ve ρ_G gaz yoğunluğudur. Gaz yoğunluğu ihmal edilirse,

0xradan kabarcık yükselme hızı,

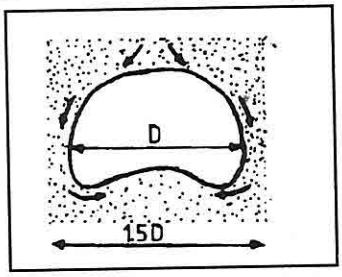
$u_B=2.2\sqrt{D}$ m/sn bulunur.



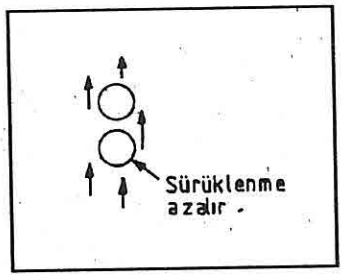
Şekil 6. Akışkan Yatakta Kabarcıkların Hızı

Başlangıçta küçük kabarcıklar oluşur, fakat yükselirken yukarıdaki kabarcıklarla birleşerek büyürler.Tane-kabarcık ortalama hızı, kabarcık çeperinde u_B'den biraz büyük tür, çünkü taneler aşağıya doğru hareket ederler. Eğer tane-kabarcık hızı u_t 'yi geçerse taneler kabarcığın içine emilir ve kabarcık kırılır (patlar). Taneli ve kümeli akışkanlar, u_t değerleri ile tanımlanırlar, çünkü gaz yataklarda u_t değerleri çok daha yüksektir. Dolayısıyla büyük taneli kabarcıklar için gaz yataklar daha duraylıdır (Şekil 7).

Katılar, kabarcık çeperlerinde aşağıya doğru kayarlar ve D/4 kalınlığında bir "kabuk" oluıtururlar. Kabarcık hareketine kapılan katı taneler kabarcıkla birlikte yukarıya doğru hareket ederler. Yükselen kabarcık, yolu üzerindeki taneleri kenera iter, bu taneler kabarcığın içine geçmezler. Bunun nedeni araştırılmış ve aşağıya akan tane ,zerindeki sürüklenmenin, yakınında yükselmekte olan taneler etkisiyle azaldığı tesbit edilmiştir. Bir tane, kabarcık tavanından düşemez, çünkü eğer düşseydi onun üstündeki onu takib ederdi ve bu şekilde bütün sistem bir bütün olarak çökerdi ve gaz kaçıp kurtulamazdı (Şekil 8). Oysa sabit akımlı bir gaz, kabarcıkların tabanından kabarcıkların içine emilir ve tavanlarından dışarı çıkar (Rowe, 1980).



Şekil 7. Akışkan Yatakta Yükselen Kabacığın Yolu Üzerindeki Tanelerin Kenara İtilmesi



Şekil 8. Akan Taneler Üzerindeki Sürüklenmenin Yükselmekte Olan taneler Etkisi İle Azalması

3.5 Akışkan Yatakta Katı ve Gaz Karıştırmak

Gaz ve katılar şu amaçlar için birbirlerine karıştırılırlar (Wang;Zang,1985;Gyure 1984).

a) ısı veya kütle değişimini sağlamak,

b) kimyasal tepkime meydana getirmek veya hızlandırmak.

Gaz ve katıları karıştırmanın üç temel yöntemi vardır.

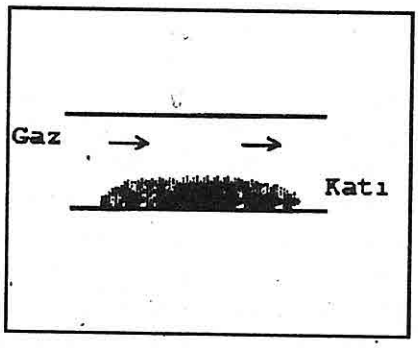
1. Sabit Yataklar: Basittir. Yüksek transfer hızları ve şartların duraylı olmasının gerekli olmadığı durumlarda kullanılır (Şekil 9).

2. Hareketli Yataklar: Hareket, prosesin devamlılığını sağlamak için vardır .

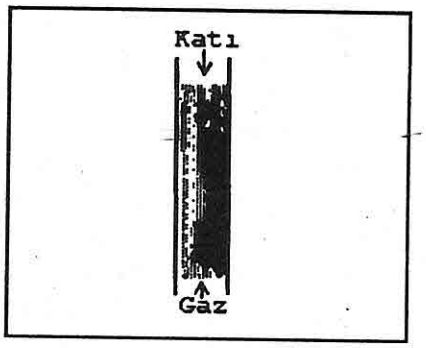
a) Bir kolondan aşağıya doğru hareket eden yataklar. Örneğin; kireç fırını (Şekil 10).

b) Katılar, dönen eğimli bir silindirden aşağıya doğru hareket eder. Örneğin; döner

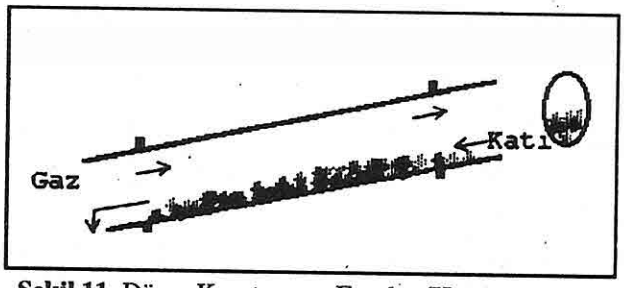
kurutucu ve fırınlar (Şekil 11).



Şekil 9. Kesikli çalışan Sabit Kurutucu ve Fırınlar (Sabit Yatak)



Şekil 10. Kireç Fırını (Hareketli Yatak)



Şekil 11. Döner Kurutucu ve Fırınlar (Hareketli Yatak)

3. Akışkan Yataklar: Gaz ve katı arasında dolaylı bir temas vardır. Katıların, normalde tam olarak karıştırıldığı kabul edilir. Gaz ise tekrar karıştırma ile sıkıştırılmış akım halindedir.

Katıların Akım Şekli: Kabarcıklar, katıların büyük oranda karışmasını sağlarlar. Buna ek olarak, her tane sürekli olarak rastgele hareketler yapar.

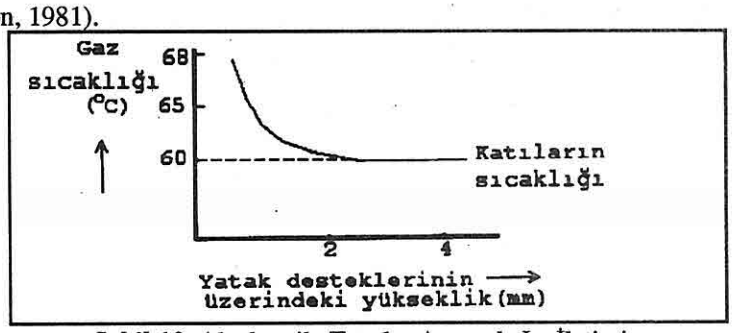
Gazın Akım Şekli: Bu, gazın içinde bulunduğu kabın geometrisine bağlıdır. Temel olarak, gazın yukarıya doğru bir hareketi vardır, fakat kabarcıklar, akımın nihai şekillerine önemli ölçüde etki ederler, örneğin lokal ters akımlar meydana getirebilir ve aynı zamanda katıları es geçebilirler.

4. AKIŞKAN YATAKLARDA ISI VE KİTLE İLETİMİ

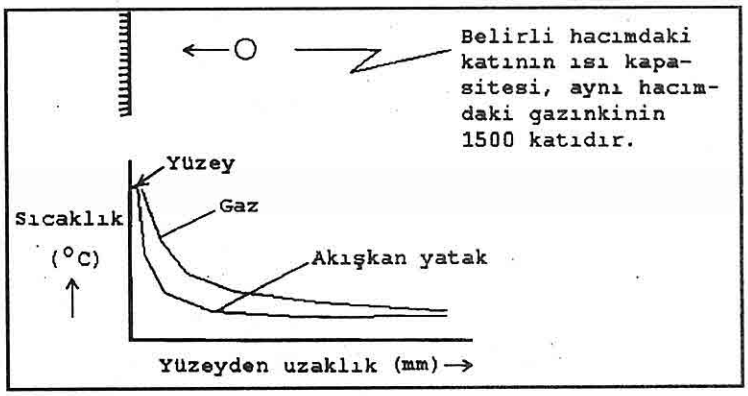
a) Akışkan ve taneler arasında: Düşük gaz akımlarında, gazın yatağa girişinin hemen ardından, gaz ve katı arasındaki dengeye ulaşılır (Şekil 12).

b) Akışkan yatak ile bir yüzey arasında: Isı transfer sabitesinin değeri, yatağın geometrisi ve akışkanın niteliğine bağlıdır. Ancak katı tanelerin varlığı, kabın içinde yalnız gaz akımı olduğu değerlere göre, ısı transfer hızlarını 100 kata kadar arttırır. Daha yüksek ısı transfer hızları, tanelerin akışkan yatak ile ısı iletim yüzeyi arasındaki

hareketleri sonucunda meydana gelir. Taneler, yüzeye yakın sıcaklığın yatak kütlesi içindeki sıcaklıkla aynı olmasına neden olur (Şekil 13). Isı transfer katsayısının ani ölçümleri, kabarcığın geçtiği durumlarda çok daha düşük değerde olduğunu göstermiştir (Davidson, 1981).



Şekil 12. Akışkan ile Taneler Arasında Isı İletimi



Şekil 13. Akışkan ile Bir Yüzey Arasında Isı İletimi

5. AKIŞKAN YATAKLARIN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

İlk önemli uygulama olarak 1942' de, akışkan sistem kullanılarak ağır hidrokarbonlar parçalanmış ve yüksek oktanlı petrol eteri elde edilmiştir (Herrero;Duge, 1981). Temel olarak akışkan yataklar,

a) Malzeme nakliyatı ve

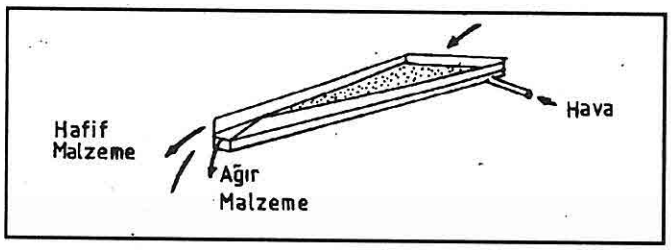
b) Kimyasal reaksiyon meydana getirmek için kullanılır.

5.1 Malzeme Nakliyatı

Akışkan yatakların, sıvılara benzer özellikleri nedeniyle, toz halindeki malzemelerin taşınmasında kullanılabilirler (Lakshmanan; Potter, 1987; Subbaro; Mughaddam; Bannard, 1988-90). Bu iş için kullanılan alet, 3-60 eğiminde, tabanında geçirgen bir ortam ve bunun altında hava girişi için bir hücre bulunan konveyörden oluşmaktadır. Bunun için düşük basınçlarda büyük hacimde havaya ihtiyaç vardır. Bir konveyörün kapasitesi, ebatlarına, eğim açısına, vs. bağlıdır. Örneğin; 25.4 cm genişliğinde bir

ünite yaklaşık olarak 56.75 m^3/h (0.25 m genişlik için 50 ton/h) çimento taşıyabilir. Siloların boşaltılması, demiryolu araçlarının boşaltılması vs. akışkan yatak sistemi ile yapılabilir. Akışkan sistem tozların karıştırılması amacıylada kullanılabilir.

Akışkan yatağın, mineralleri yoğunluklarına göre ayırmak amacı ile kullanılması yönünde gelişmeler kaydedilmektedir (Wang;Jin;Mooson,1985). Bu amaçla çok sığ bir yatak kullanıl maktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Akışkan Yatağın Minerallerin Yoğunluklarına Göre Ayırmada Kullanılması

5.2 Kimyasal Reaksiyonlar

Ağır petrolün katalitik parçalanması: silis-aluminyum katalizör ve 500 °C sıcaklık gerekir. Başlangıçta, sabit katalizör yataklar kullanıyordu, fakat sıcaklık kontrolünde ve katalizör üzerinde biriken karbonun yakılmasında sorunlar vardı. Bir akışkan sistemde, yatağın derinliği 6.1 m ve çapı 13.73 m olsa bile, sıcaklık 3°C 'lik dilimler şeklinde kontrol edilebilmektedir (Davies; Richardson, 1980).

Kireçtaşı, dolomit,..vs. kalsinasyonu: yakıt, direkt olarak yatağın içinde yakılmaktadır. Yakıt tasarrufu sağlamak için bu işlem birkaç aşamada yapılmaktadır.

Sülfürlü, cevherlerin kavrulması: oksidasyon egzotermiktir ve bu işlem için bir kademe genellikle yeterlidir. Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, akışkan yatak, daha büyük kapasiteli olup daha az havaya gerek duymaktadır, bu ise daha yüksek SO_2 içerikli gazın dışarı atılması demektir.

Demir oksit'in redüksiyonu: ergitme fırınının (yüksek fırın) yerini alacak bir akışkan proses bulmak için birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, redüksiyon için gerekli olan yüksek sıcaklıklarda, cevher yapışkan bir özellik kazanmaktadır; bu durum prosesin uygulanmasında önemli bir sorun teşkil etmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gaz-katı karışımı ile oluşturulan bir akışkan yatak, birçok yönden, yatağı meydana getiren gaz+katı yoğunluğu ile aynı yoğunluktaki bir sıvı ile benzer özellikler göstermektedir. Bu tür akışkan yatakların endüstride özellikle malzeme nakliyatı alanında daha kapsamlı bir şekilde kullanılması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

Yüksek Fırının yerini alacak bir akışkan proses üzerindeki çalışmalarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda karşılaşılan problemlerin aşılması yönünde çalışmalar geliştirilmelidir.

Akışkan yatağın cevher zenginleştirme amacı ile kullanılması yönündeki çalışmalar ümit vericidir. Bu yönde, yapılacak çalışmalarla, akışkan yatağın özellikle gravite zenginleştirilmesinde geniş uygulama alanı bulacağı kuşkusuzdur.

7. KAYNAKLAR

Almstedt, A.E.,1987, Distribution of the Gas Flow Influidized Beds with a Slugging Behaviour., Chem. Eng. Sci., 42(3), 581-90

Davidson, J.F.,1981, Fluidized Bed Combustion: Research and Scientific Desing, Univ. of Cambridge, Cambridge Engl, fluid.Combust. Conf.[Proc]., 3,3.1, 3.21

Davies, David R.;Richardson, Edwin A.,1980, (Shelloil Co.) US.4,241,791, 5pp.

Grek, F.Z., 1986, (USSR) Equation for the Fluidized State, Zh. Prikl. Khim., 59(11), 98-103

Gyure, Dale Coleman., 1984, State Estimation and Control of a Bubbling Fluidized Bed, Univ. Colorado, Boulder, CO-USA, 139pp.

Herrero, Blanco; Duge,Carlos., 1981, Fluidized Bed Catalytic Craking, (INITEC, Spain) Ing. Quim. (Madrid), 13, (146), 57-64

Lakshmanan, Chandrasekharan C.; Potter, Owen E.,1987, Cinematic Modeling of Dynamics of Solids Mixing in Fluidized Beds, (Dept. Chem. Eng.,Monash Univ; Clayton, 3168 Australia). Ind. Eng. Chem.Ros., 26 (2), 292-6

Rowe, P.N., 1980, Basic Fluidisation, NATO Adv. Study Int. Ser., Ser. E. 39(Chem. Chem. Eng. Catal. Processes), 181-202

Rowe, P.N., 1980, Fluidization of Fine Powders Such as FCC, NATO Adv. Study Int. Ser., Ser. E. 39(Chem.Chem. Eng. Catal. Processes), 203-15

Subbaro, D; Mughaddam, E. Bannard, J.E., 1988-90, Lateral Mixing of Particles in Fluidized Beds, Chem. Eng.Sci.,1985 40(10).

Wang, Zhangmon; Zang, Nianying.,1985, Effect of Particle Size and Distribution on Fluidization Characteristis, Fluid. Sci. Technol., Conf. Pap. China-Jpn. Symp. 2nd., 205-16

Wang, Yangan; Jin,Yang; Mooson,Kwaul., 1985, Challenges in Fluidization, Fluid. Sci. Technol. Conf. Pap. China-Jpn,Sypm; 2nd. 11-24.

Van Swaaij, W.P.M; Prins, W., 1986, Fundamentals of Fluidization, Proc. Int. Cent. Heat Mass Transfer, 21(Fluid.Bed Combust.), 87-125

Yamazaki, R; Nahajima M; Ueda N., 1985, Behaviour of Bubbles in a 500 mm. Diameter Fluidized Bed. Fluid. Sci. Technol., Conf. Pap. China-Jpn. Symp.2nd., 63-74

Yu, Huarui; Shi, Yanfu., 1985, Characteristics of Fluidization of Binary Particle Mixtures, Fluid:Sci. Technol. Conf. Pap., China-Japan., Symp: 2nd. 250-61

AN INVESTIGATION ON THE OXIDATION OF BITUMINOUS COAL

Musa SARIKAYA
İnönü. Ü., Maden Mühendisliği Bölümü , Malatya/Türkiye

ABSTRACT: *In this study, it was aimed to determine the spontaneous combustion liability of a bituminous coal by investigating the oxidation reaction and primary gaseous products. For this reason, the oxidation experiment was carried out with the sample taken from Çay Seam of Zonguldak Coal Basin. It was found that there is an apparent change in the oxidation reaction between 168 °C to 230 °C and the spontaneous combustion liability of the coal is in the range of medium class.*

BİTÜMLÜ KÖMÜRÜN OKSİDASYONU İZERİNE BİR İNCELEME

ÖZET: *Bu çalışmada, bitümlü bir kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığı oksidasyon reaksiyonu ve gaz ürünlerinin yakından izlenmesi yoluyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için, Zonguldak Kömür Havzası Çay Damar'da alınan numune ile oksidasyon deneyi yapılmıştır. 168°C ile 230°C arasında oksidasyon reaksiyonunda belirgin bir değişikliğin olduğu gözlenmiş ve bitümlü kömürün yanma riski orta derecede bulunmuştur.*

1. INTRODUCTION

The behaviour of coal with regard to oxygen is partly an academic problem that can give information about the chemical structure of coal. But it is also a practical problem important in the storage of coal on account of the tendency of coal to spontaneous combustion, and has great influence on the technological properties for coal beneficiations, carbonization and other coal conversion processes.

Eventhough the mechanism of coal oxidation is not fully understood yet, the researches have been still going on. As it is known, all coals, begin to oxidize as soon as the broken coal is exposed to air by mining activities.

Coal oxidation process occurs in several stages (Carpenter and Giddings,1964; Güney, 1972; Swann and Evans,1979). The first step in oxidation is the formation of solid coal / oxygen complexes. These may break down to yield carbon dioxide and water or form more stable functional groups such as carboxyl and carbonyl groups. At the tempertures greater than 100 °C these also tend to break down to yield gaseous products and the net result of this oxidation sequence is the loss of aliphatic structures and the production of carbon monoxide, carbon dioxide and water.

It has been found (Gouws M.J., and Wade L.,1989) that crossing point temparature is indistinct for low moisture content samples, including coking coals, shales and devolatilsed material. The intention of this work was to find out the spontaneous combustion liability of coal by investigating primary gaseous products and oxidation reaction.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

A channel sample representing the whole thickness of the seam taken from Çay Seam of Zonguldak Coal Basin was used during this study. To avoid oxidation, only freshly exposed areas were sampled and kept in plastic bags under nitrogen.

In order to take a representive sample from the channel sample, the material was first crushed to minus 2 cm by using a jaw crusher. After several coning and quartering operations, the amount of sample was reduced to 100 grams. The reduced samples were ground in rolls to minus 28 mesh size with a close screening control for the oxidation tests.

A previously designed experimental set up, shown in Figure 1, was used for oxidation studies. It mainly consists of an oxidation cell, a continous gas analyzer, a gas chromotography, a linear mass flowmeter and programmable heating and temperture, pressure control devices.

The oxidation cell as shown in Figure 2 consists of a stainless steel tube, 34.2 mm outer diameter with 1.1 mm wall thickness and 130.2 mm length. Specially designed three iron-constantan thermocouples were used to measure the temperatures in the cell and the heater. One of the thermocouples, with 1.5 mm diameter and 50 cm length was

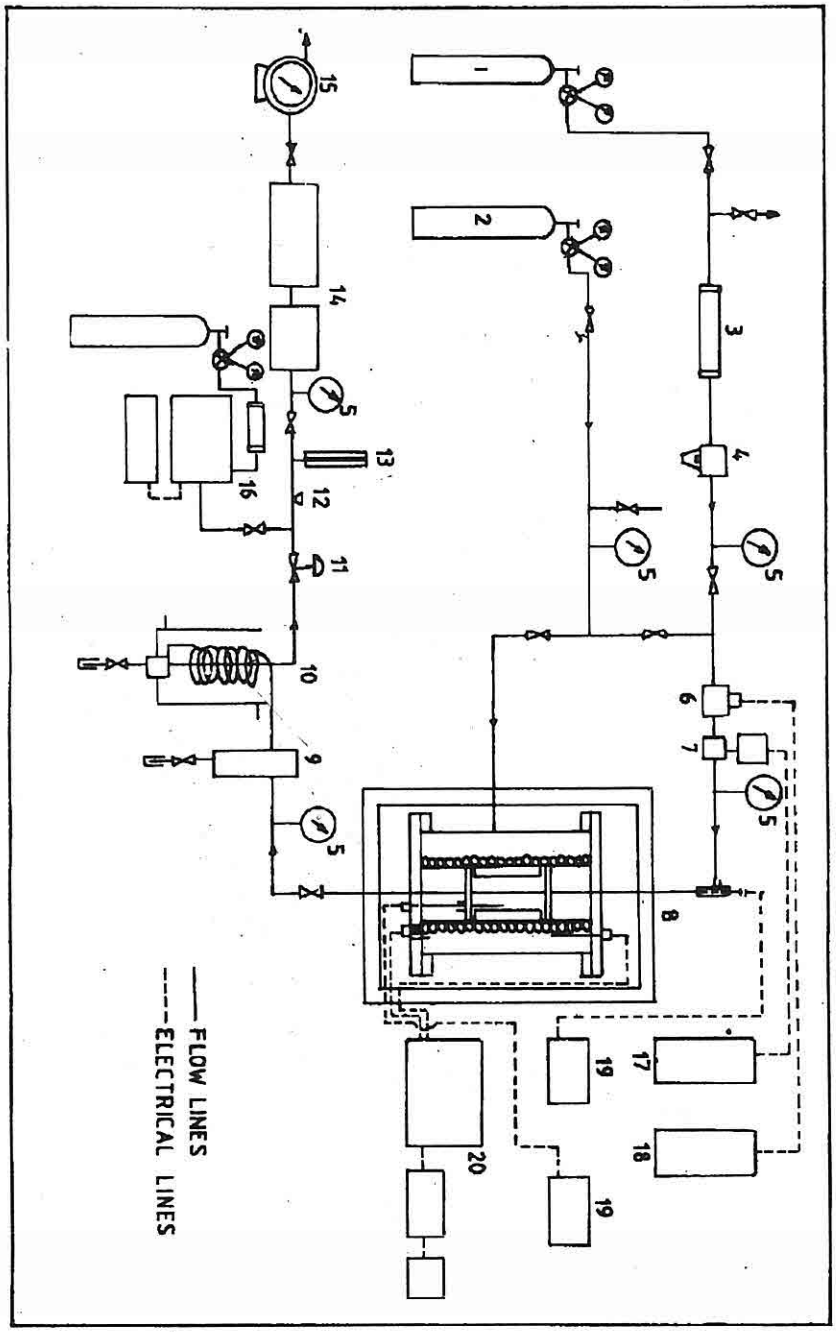


Fig 1. Schematic Flow Diagram of the Set-Up Used for Oxidation Experiment

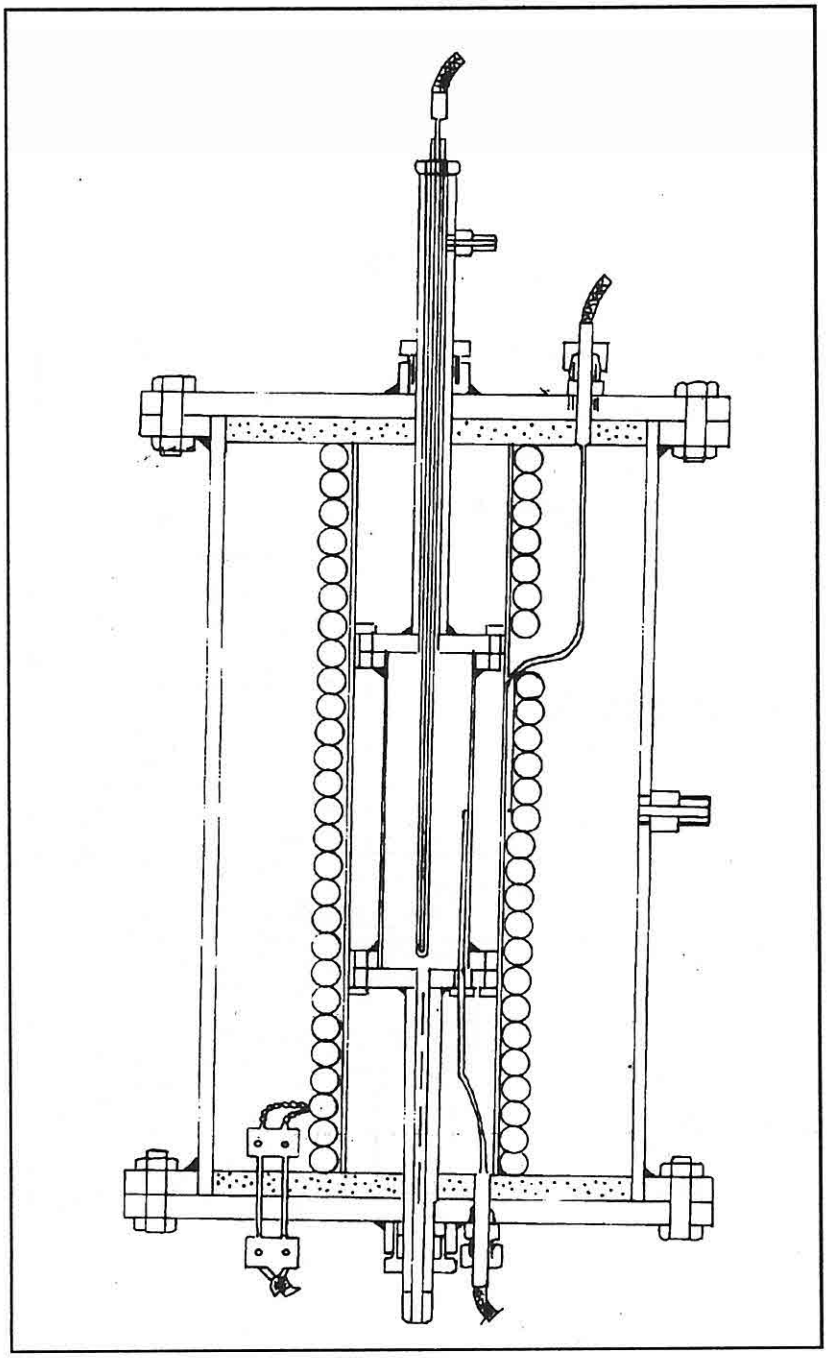


Fig 2. Oxidation Cell

used to measure the temperature at the center of the oxidation cell. Second thermocouple, with 1.5 mm diameter and 15 cm length, was used to measure the temperature at the wall of the oxidation cell. Last thermocouple, with 1.5 mm diameter and 50 cm length, was welded on the jacket in order to control the temperature of the heater.

100 grams of minus 28 mesh size coal sample was packed in the oxidation cell. Then the cell was placed concentrically in a cylindirical tube sorrounded with electrical heating coils. The thermocouples were inserted into the cell to measure the temperatures in the center and the wall of the cell. Another thermocouple welded on the tube within electrical coils was used to control the heating temperature given by temperature programmer. The electrical furnace with the oxidation cell was placed in the jacket tube. Then, the jacket tube with oxidation cell was placed into the oven to prevent the heat transfer to surroundings and nitrogen was injected to prevent any oxidation during initial heating period.

Variable temperature program was applied to the oxidation cell with an increase at a constant heating rate. During the experiment, the initial temperature of the oxidation cell was set around 20 °C, Then the cell temperature was raised to 110 °C in 10 minutes retained for 1 hour at 110°C in order to reach thermal equilibrium in the oxidation cell. After thermal equilibrium was achieved, the oxidation cell temperature was increased at a constant heating rate (1°C/min) and the nitrogen valve was closed and the air was injected in to the cell at a constant rate of 3.5 lt/min.

Desccription of the Equipment Used in the Expertimental Set Up

1. Air Cylinder
2. N2 Cylinder
3. Drier
4. Air Filter
5. Pressure Gauge
6. Flow Transducer
7. Automatic Motorized Valve
8. Oxidation Cell
9. Pressure Separator
10. Condenser
11. Black Pressure Regulator
12. Needle Valve
13. Rotameter
14. Continous Gas Analyser
15. Wet Test Meter
16. Gas Chromotography
17. Lineer Mass Flowmeter
18. Automatic Flow Controller
19. Digital Temperature Readout
20. Programmable Heating Control Unit

3. RESULTS AND DISCUSSION

During the experiment, center temperature in the cell, heating bath and sample of the product gases were analysed and recorded every 5 minutes. The complete experimental data and the analytical results of the effluent gases are given in Table 1.

% oxygen in effluent gases and carbon monoxide, carbon dioxide production curves is plotted in Figure 3.

As can be seen from Figure 3., at lower temperatures there is a rather slow increase in the rate of oxygen absorption. But as the temperture rises the reaction rate becomes extremely rapid and continued until nearly complete removal of oxygen is achieved. The rapid decreasing of oxygen and increasing of CO and CO2 percent in effluent gases are seen between 168 °C and 230°C. The CO2/CO production ratio appears to reach a minumum and H/C ratio appears to reach a maximum between these coal temperatures (Table 1). This means that for a given amount of oxygen reacted to form CO and CO2 the relative amount of carbon stripped from the coal is at maximum. After a certain point of coal temperature, the production rates of both CO2 and CO attain constant values.

Table 1. Results of Oxidation Tests

Time (Min.)	Coal Temp. (°C)	Heating Bath (°C)	O_2 (%)	CO (%)	CO_2 (%)	N_2 (%)	CO_2/CO Ratio	H/C Ratio	O_2 Def.%
25	131	172	20.90	0.01	0.10	78.99	10.00	-	-
30	138	177	20.80	0.01	0.20	78.99	20.00	0.15	0.11
35	144	182	20.70	0.01	0.20	79.09	20.00	2.27	0.24
40	149	186	20.60	0:02	0.20	79.18	10.00	4.32	0.37
45	155	192	20.50	0.03	0.20	79.27	6.67	6.20	0.49
50	163	197	20.40	0.03	0.20	79.37	6.67	8.41	0.62
55	168	201	20.20	0.08	0.20	79.52	2.50	9.97	0.85
60	175	206	17.60	0.19	0.30	81.91	1.58	30.85	4.09
65	184	210	16.40	0.17	0.50	82.93	2.94	30.21	5.56
70	193	216	15.10	0.22	0.60	84.08	2.73	31.90	7.16
75	200	220	13.60	0.26	0.80	85 34	3.08	30.77	9.00
80	208	226	11.70	0.30	1.00	87.00	3.33	31.62	11.34
85	215	231	9.00	0.36	1.20	89.44	3.33	34.35	14.68
90	220	237	6.00	0.45	1.60	91.95	3.55	32.42	18.35
95	222	240	4.30	0.56	2.10	93.04	3.75	27.15	20.34
100	224	246	3.20	0.78	3.20	92.82	4.10	17.97	21.38
105	226	251	2.90	1.05	4.40	91.65	4.19	12.14	21.37

110	230	256	2.70	1.24	5.50	90.56	4.43	9.05	21.28
115	234	262	2.50	1.40	6.20	89.90	4.43	7.63	21.30
120	237	266	2.40	1.53	6.60	89.47	4.31	6.90	21.29
125	242	271	2.40	1.63	7.00	88.97	4.29	6.23	21.16
130	246	276	2.30	1.70	7.30	88.70	4.29	5.83	21.19
135	250	281	2.20	1.76	7.60	88.44	4.32	5.48	21.22
140	254	286	2.20	1.80	7.80	88.20	4.33	5.53	21.16
145	259	292	2.20	1.86	8.00	87.94	4.30	4.97	21.09
150	263	297	2.20	1.90	8.20	87.70	4.31	4.74	21.02
155	267	300	2.20	1.93	8.30	87.57	4.30	4.62	20.99
160	271	305	2.20	1.95	8.40	87.45	4.30	4.51	20.96
165	275	310	2.10	1.97	8.50	87.43	4.31	4.45	21.05
170	279	315	2.10	1.98	8.60	87.32	4.34	4.36	21.02
175	284	320	2.10	2.01	8.70	87.19	4.33	4.25	20.99
180	288	324	2.10	2.02	8.70	87.18	4.31	4.24	20.98
185	292	329	2.10	2.03	8.80	87.07	4.33	4.15	20.96
190	297	333	2.10	2.05	8.80	87.05	4.29	4.13	20.95
195	301	339	2.10	2.05	8.90	86.95	4.34	4.05	20.92
200	306	343	2.00	2.06	9.00	86.94	4.37	4.01	21.02
205	311	349	2.00	2.06	9.00	86.94	4.37	4.01	21.02
210	316	353	2.00	2.07	9.10	86.83	4.40	3.92	20.99
215	321	359	2.00	2.07	9.20	86.73	4.44	3.84	20.97
220	324	363	2.00	2.07	9.20	86.73	4.44	3.84	20.97
225	329	367	2.00	2.07	9.20	86.73	4.44	3.84	20.97
230	335	374	2.00	2.07	9.30	86.63	4.49	3.76	20.94
235	340	379	2.00	2.07	9.30	86.63	4.49	3.76	20.94
240	343	382	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
245	348	388	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
250	353	393	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
255	358	397	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
260	363	403	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
265	367	407	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
270	372	412	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
275	377	417	1.90	2.08	9.30	86.72	4.47	3.80	21.06
280	382	422	1.90	2.08	9.20	86.82	4.42	3.88	21,09
285	387	427	1.90	2.08	9.20	86.82	4.42	3.88	21.09
290	392	431	1.80	2.09	9.20	86.91	4.40	3.92	21.21
295	397	436	1.80	2.09	9.20	86.91	4.40	3.92	21.21
340	401	480	4.30	2.00	9.20	84.50	4.60	2.84	18.06

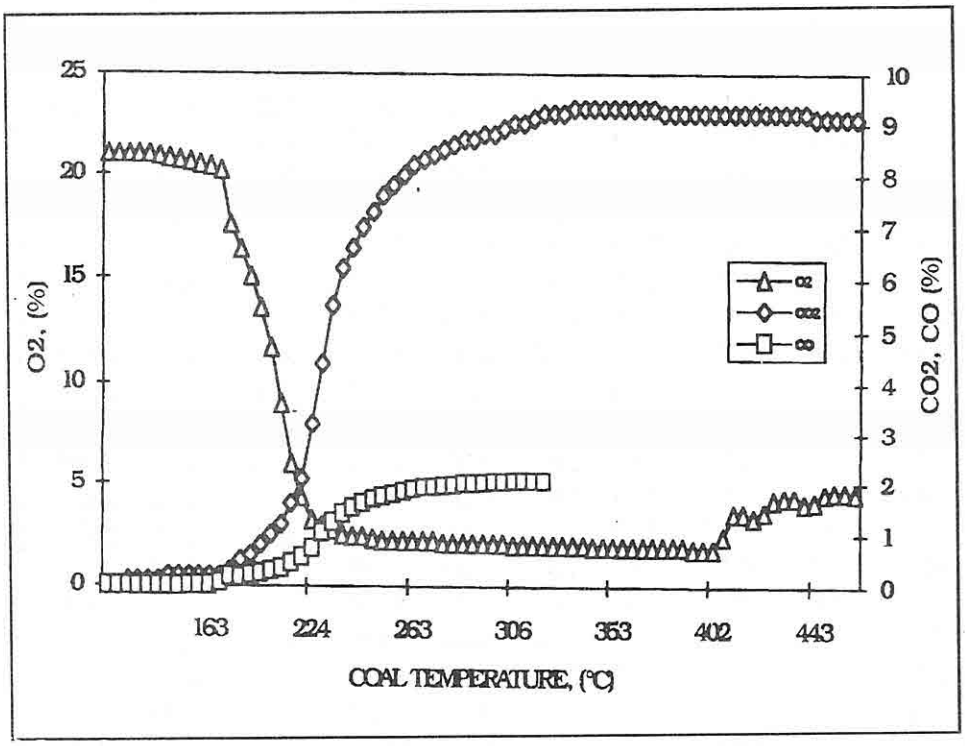


Fig 3. Oxidation and CO_2, CO Production Curves

The spontaneous combustion tendency of a coal depends on a large number of factors (Feng et al, 1973; Güney,1972; Durucan and Güyagüler, 1984) and it is extremely diffucult to work out an index from a single laboratory test. The relative ignition temperature has been used by different investigators as a guide for indexing coals with respect to their susceptibility to spontoneous combustion. An index based on the ratio of heating rate to relative ignition temperature has been proposed by Feng et al. (1973). The proposed index and liability index rating is defined as follows:

$$\text{Index} = \frac{\text{Avarege heating rate between 110 °C to 220 °C}}{\text{Relative Ignition Temperature}} \times 1000$$

Index	Liability to spontaneous combustion
0-5	Low
5-10	Medium
>10	High

The tendency of the bituminous coal for spontaneous combustion is also studied by FCC index and shown in Figure 4.

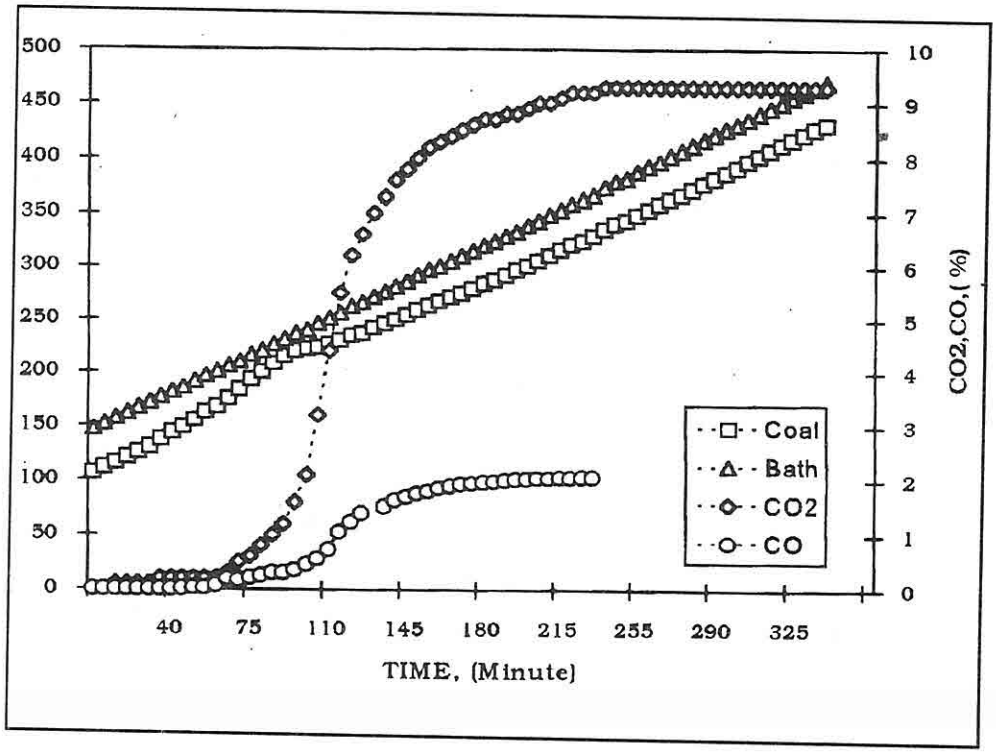


Fig 4. Heating Curves for Çay Seam Coal

As can be seen from the Figure, between 168 °C to 230 °C, coal temperture closes but not exeeds bath temperature. On the other hand an increase in coal temperture and the amount of oxygen consumption and CO_2, CO production rate is observed. It can be concluded that there is a relationship between the exothermic heat and the oxygen consumption. The crossing point temperature (the position at which the temperatures of coal and an inert reference medium, subjected to identical conditions of external heating, are the same) is indistinct for this particular coal sample.

In Figure 5 oxygen deficiency % is plotted against coal temperature. As shown in the Figure maximum reactivity attained around 230°C. Oxygen deficiencies of 1% were not observed until at least 168°C.

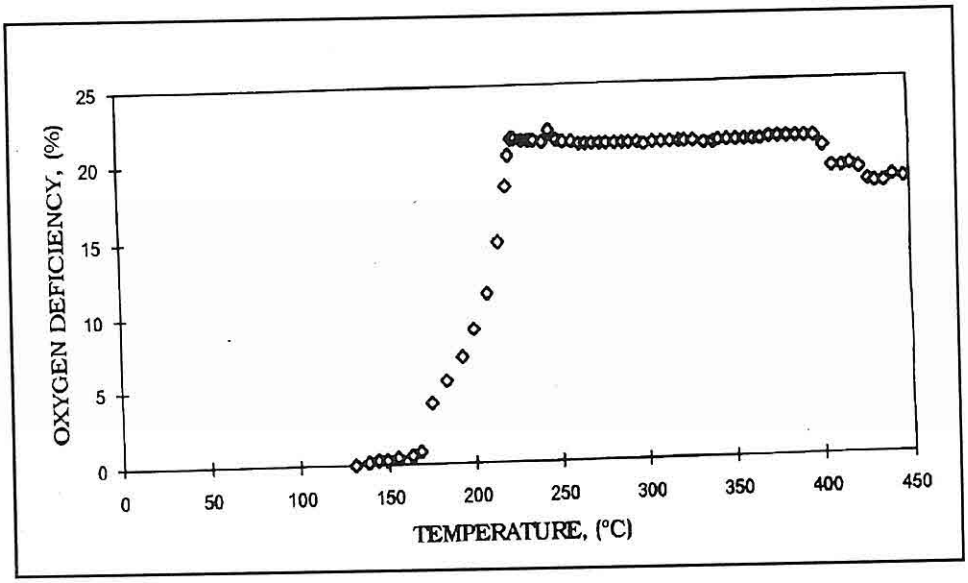


Fig 5. Oxygen Deficiency Versus Temperature

4. CONCLUSIONS

1. The CO2/CO ratio appears to reach a minimum and H/C ratio appears to reach a maximum between 168°Cand 230 °C.

2. By investigating gaseous product , it would appear that the liability to spontaneous combustion of a coal can be determined. It may be thought that the percent CO and CO_2 in effluent gases could be of use for indicating development of heating.

5. ACKNOWLEDGEMENT

This work was carried out at M.E.T.U., Petroleum Engineering Department. I wish to express my sincere gratitude to Prof. Dr. E. Okandan and Assoc. Prof. Dr. S. Bağcı who provided the necessary laboratory facilities.

6. REFERENCES

Carpenter, D.L., and Giddings, D.G., 1964, The Initial Stages of the Oxidation of Coal with Molecular Oxygen, Fuel, Vol. 43, 247-264.

Durucan, Ş., Güyagüler, T., 1984, Yeraltı Kömür Madenciliğinde Çevre Sorunları ve Kontrol Yöntemleri : Seminer El Kitabı , ILO / Türk- İş Genel Maden ışçileri Sendikası Yayını.

Feng, K.K., Chakravorty, R.N., and Cochrane T.S.,1973, Spontaneous Combustion - A Coal Mining Hazard , CIM Bulletin , 75-82,.

Güney ,M.,1972, Oxidation and Spontaneous Heating of Coal, METU Journal of Pure and Applied Sciences, Vol. 5., No 1, 109-155.

Gouws, M.J., and Wade, L., 1989, The Self - Heating Liability of Coal: Prediction Based on Composite indices, Mining Science and Technology, Vol 9, 81-85.

Swan , P.D. , and Evans , D.G. , 1979, Low Temperture Oxidation of Brown Coal. 3. Reaction with Moleculer Oxygen at Tempertures Close to Ambient, Fuel , Vol. 58., 236-241.

SERT KAYAÇLARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İRDELEMESİ

Lütfullah GÜNDÜZ
S.D.Ü, Mühendisliği Bölümü, Isparta/Türkiye

ÖZET: *Nümerik simulasyon yöntemleri ile maden işletmelerinin stabilite analizlerinin yapılması, maden işletme emniyeti ve ekonomisi bakımından günümüzde önemli bir konuma gelmiştir. Bu sebeple, analiz yöntemlerinde input veri olarak gerekli olan cevherleşme zonu ve yan kayaç formasyonlarına ait jeomekanik faktör ve parametrelerin effektif olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu makalede, Currighinalt Kuzey ırlanda altın madeninde kuvars türü sert kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan in-situ (yerinde) ve laboratuvar test sonuçlarının irdelemesi sunulmaktadır. Araştırma bulgularından, stabilite analizlerinde input olarak kullanılabilecek jeomekanik özellikler üzerine bir yaklaşım oluşturulmuştur.*

AN EVALUATION ON GEOMECHNICAL PROPERTIES OF THE HARD ROCK MASSES

ABSTRACT: *The stability analysis of mining sequences with the numerical simulation techniques became currently an important impact on mine environment and mining economical aspects. Therefore, the geomechanical parameters and factors to be used as an input data related to the mineralisation zones and adjacent formations are required to determine effectively. In this study, an evaluation of the in-situ and laboratory test results is presented in order to determine the geomechanical properties of Quartzite hard rock mining in Currighinalt Gold Mine, Northern Ireland. From the research findings, a criterion on the geomechanical properties to be used as an input data in stability analyses was developed.*

1. GİRİŞ

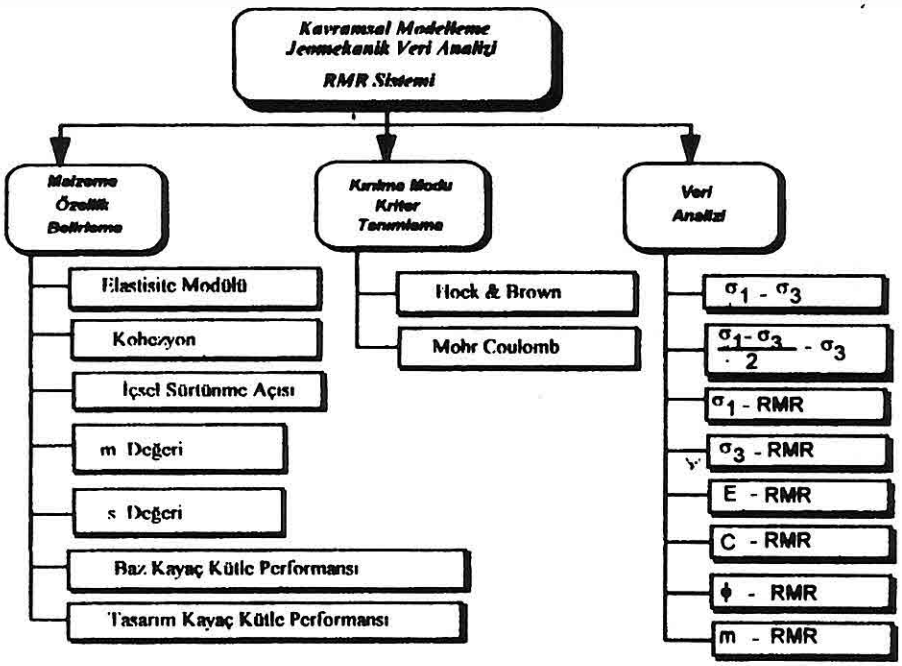
Bir maden işletmesinin ön projelendirme tasarım aşamasında, malzeme karakterizasyonu prosedürleri, cevherleşme zonu ve yan kayaç kütle yapılarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve araştırılması için bir tasarım aracı olarak kullanılabilmektedir. Günümüzde mevcut olarak bulunan kayaç kütle sınıflandırma sistemleri (RMR ve Q Sistem Endeksi), kayaç kütle yapılarının karakterizasyonu için bir dizi jeoteknik parametreleri kullanmakta ve kayaç kütlelerinin uygulanan işletme yöntemlerinde stabilizasyonu için kalitelerini analiz etmektedir. Bu parametreler, ya doğrudan ölçülebilmekte veya tanıtımsal ölçeklerle belirlenmektedir. Bununla birlikte, kayaç sınıflandırma endeks sistemleri yardımıyla, kayaç kütle özellikleri, göreceli olarak tahmin de edilebilmektedir. Bu kaya mekaniği sistemleri, maden tasarım aşamasında ampirik tasarım modellemelerinin bel kemiğini oluşturmaktadır.

Maden tasarımları kapsamında yapılan stabilizasyon analizlerinde, nümerik simulasyon modelleri kullanılmaktadır. Kayaç kütlelerinin;

Elastisite modülü,
Poisson's oranı,
Kohezyonu,
İçsel sürtünme açısı,
Deviatör basınç dayanımı,
m ve s kayaç kütle kalite endeks parametreleri

gibi jeomekanik parametreler, nümerik analizlerde input olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden, cevherleşme ve kayaç kütleleri ile ilgili tüm bu parametrelerin efektif olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlev, stabilite analizi yapılacak olan herhangi bir yapılaşmanın kayaç kütle performansının tahmininde mühendislere yardımcı olmaktadır. Genellikle, bu jeomekanik özellikler, elastik ve makaslama dayanım deney sonuçlarının analizi ile belirlenmektedir. Ancak yakın geçmişte, araştırmacılar kayaçların jeomekanik özelliklerini belirlemeye yarayan fonksiyonel bazı eşitlikleri, kayaç kütle sınıflandırma endekslerine bağımlı olarak tanımlamışlardır (Gündüz, 1992). Bunun için, laboratuvar deney sonuçlarının analizi ve kayaç kütle sınıflandırma endeksleri, maden tasarımında, malzeme karakterizasyon prosesinin bir parçasını oluşturmuştur.

Günümüzde, RMR (kayaç kütle sayısı) sınıflandırma sistemi, kayaç kütle karakterizasyonu için yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Bu sisteme bağımlı olarak, kayaç kütle verilerinin analiz prosesi Şekil 1' de özetlenmiştir.



Şekil 1. Kayaç kütle verilerinin analizi

Bu makalede, Londra İniversitesi Imperial College tarafından Kuzey ırlanda Currighinalt altın madeninde,

Kuvarsit Pelit,
Kuvarsit Yarı Pelit,
Pisamit,
Yarı Pelit

türü kayaçlar üzerinde yapılan in-situ (yerinde) ve laboratuvar araştırma sonuçlarından RMR kayaç sınıflandırma endeksine bağımlı, kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma bulguları sunulmaktadır. Elde edilen bulguların detay irdelemeleri yapılarak, bu kayaç türlerinin jeomekanik özelliklerinin tayini amacıyla regresyonel yöntemler geliştirilmiştir.

2. JEOTEKNİK DATA

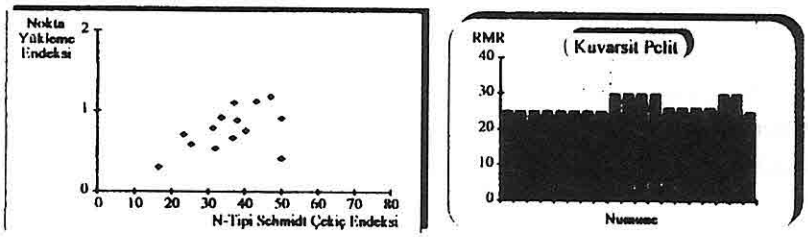
Bu araştırmada kullanılan jeoteknik data, deneysel ve gözlemsel olarak jeoloji çalışmalarından elde edilmiştir:

**Numune alım yeri,*
**Süreksizliklerin genel konumu (dokanak, fay v.b.),*
**Süreksizliklerin yönelimi (eğim ve büyüklük),*
**Süreksizlik aralığı (JS),*
**Kayaç kalite sayısı (RQD),*
**Süreksizlik boyutlandırması,*
**Süreksizlik açıklığı,*
**Süreksizlik dolguları (kil, kuvars, kalsit v.b.),*
**Süreksizlik yüzey özellikleri,*
**Süreksizlik devamlılığı,*
**Yeraltı suyu konumu,*
**N-Tipi Schmidt çekici endeksi (N-tipi yüzey sertlik değeri - IRS).*

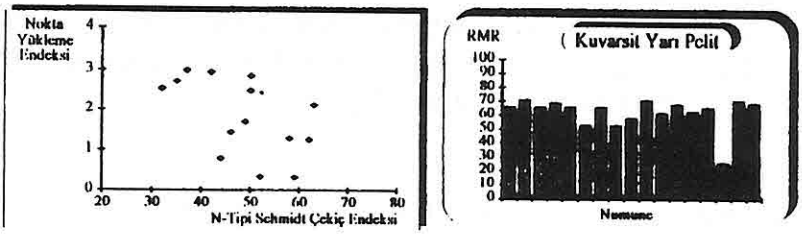
Ayrıca, yan kayaçlardan ve cevher zonundan blok numuneleri alınarak, Londra İniversitesi Kaya Mekaniği laboratuvarlarında :

**Nokta yükleme deneyleri,*
**Basınç dayanım deneyleri,*
**İnce kesit bazında kuvars içeriği analizleri yapılmıştır.*

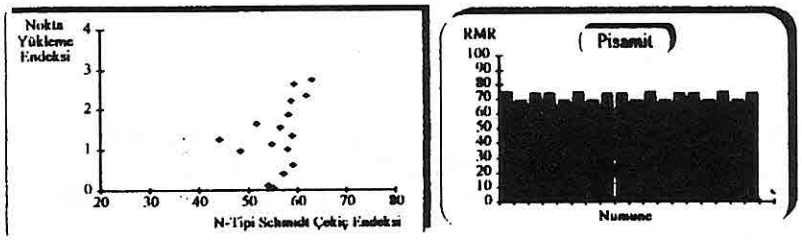
Yukarıdaki jeoloji verileri ve laboratuvar analiz bulguları kullanılarak, RMR kayaç kütle sınıflandırma endeks dağılımları belirlenmiştir. Kayaç türlerine ait jeoteknik veri ve RMR endeks değerleri Şekil 2 - Şekil 5' de verilmiştir.



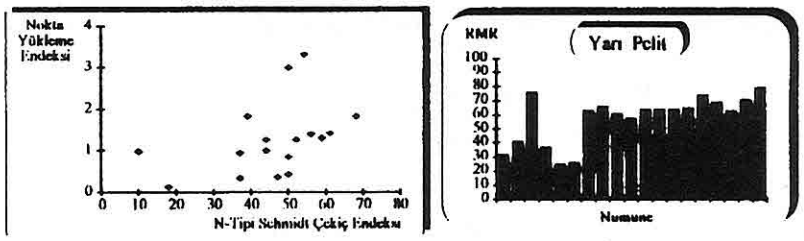
Şekil 2. Jeoteknik veri analizi (Kuvarsit Pelit).



Şekil 3. Jeoteknik veri analizi (Kuvarsit Yarı Pelit).



Şekil 4 Jeoteknik veri analizi (Pisamit).



Şekil 5. Jeoteknik veri analizi (Yarı Pelit).

Araştırma bulguları, bir veri tabanı içersinde kümelenerek rasyonel bir kategoriye dönüştürülerek, kayaçların jeomekanik özellikleri ile kayaç kütle performansı arasında regresyonel ilişkiler lineer fonksiyonel modelleme yöntemleri ile araştırılmıştır.

3. KAYAÇ KİTLELERİNİN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Çatlaksız tek cisim ortamındaki bir kayacın (Intact Rock) elastisite özellikleri, laboratuvarda intact (sağlam) deney numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli ve/veya üç eksenli basınç dayanım deney sonuçlarından belirlenmektedir. Ancak, belirlenen bu değer, hiçbir zaman in-situ jeomekanik özellik değeri olarak tanımlanmıyacaktır. «ünkü, in-situ değerleri, laboratuvarda ölçülen değerlerden daha düşüktür. Bu sebeple, RMR bazında, jeomekanik elastisite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, şu matematiksel eşitlikler değişik araştırmacılar tarafından sunulmuştur;

RMR endeks değerinin 50 'nin üzerinde olması halinde (RMR > 50) Elastisite Modülü (E) GPa biriminde

$$E = 2^* \text{RMR} - 100$$

ifadesi ile belirlenebilmektedir (Bieniawski, 1989).

Kayacın kalitesi düştükçe (RMR<50), elastisite modülü bu durumda,

$$E=10^{\frac{RMR-10}{40}}$$

ifadesiyle belirlenmesi uygun görülmüştür (Serafim and Periera, 1983). Kayaç kütle kırılma modlarının tayininde etkin olan kohezyon, içsel sürtünme açısı gibi faktörler, RMR bazında, Serafim and Periera (1983) tarafından verilen yaklaşımla tahmin edilebilmektedir.

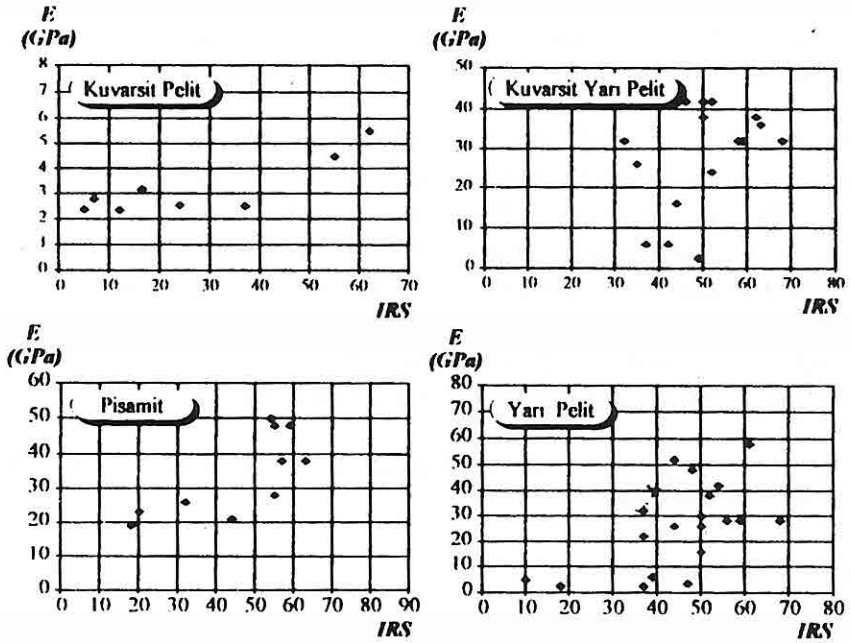
Bu yaklaşımlar kapsamında, yukarıda belirtilen kayaç türlerinin elastisite özellikleri belirlenmiş ve regresyonel olarak Şekil 6 - Şekil 8 de gösterilmiştir.

Hoek and Brown (1980), kayaç kütlelerinin yerinde basınç dayanım değerlerinin tahmini için ampirik bir yaklaşımın kullanılabileceğini göstermişlerdir. Bu yaklaşımda;

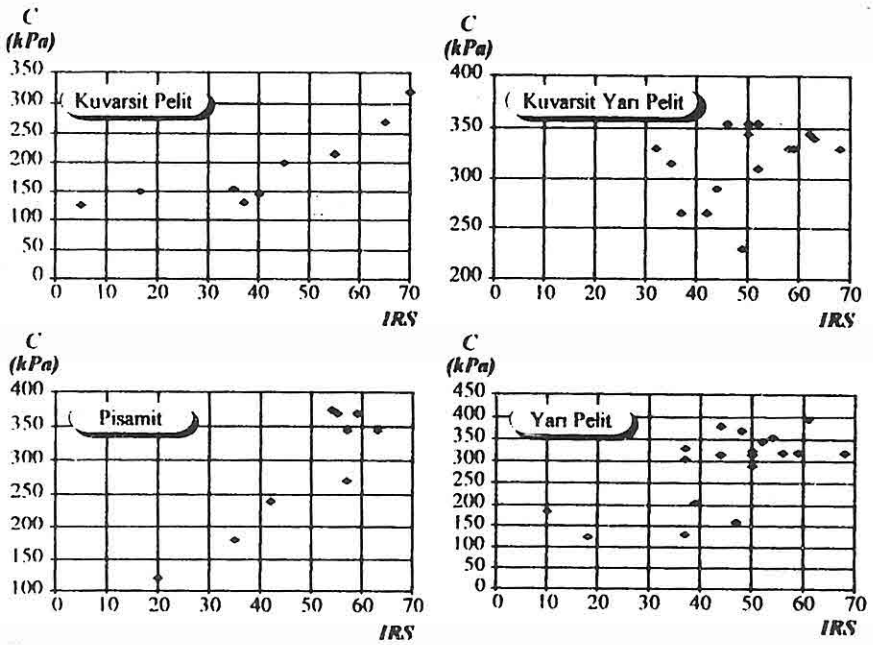
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_c}=\frac{\sigma_3}{\sigma_c}+\sqrt{m\frac{\sigma_1}{\sigma_c}+s}$$

burada,

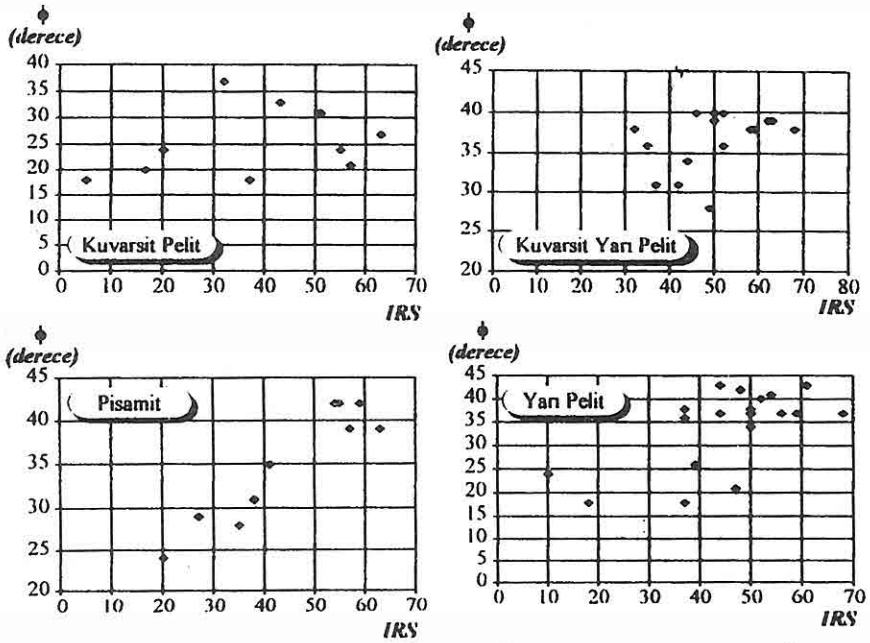
s1 : kırılma noktasındaki düşey asal gerilme, (MPa),
s3 : uygulanan yatay asal gerilme, (MPa),
sc : kayacın tek eksenli basınç dayanımı, (MPa),
m ve s : kayaç kalitesini tanımlayan sabitlerdir.



Şekil 6. Kayaçların elastisite - IRS (N tipi yüzey sertlik değeri) değişimleri.



Şekil 7. Kayaçların kohezyon - IRS (N tipi yüzey sertlik değeri) değişimleri.



Şekil 8. Kayaçların içsel sürtünme açısı - IRS (N tipi yüzey sertlik değeri) değişimleri.

Kayaç kütlesinin tek eksenli basınç dayanım değeri, laboratuvarda sağlam kayaç numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanım değerinden şu ampirik yaklaşımla tahmin edilebilmektedir (Hoek and Brown, 1980).

$$\sigma_{c_{kütle}} = \sqrt{s\ \sigma_{c_{intact}}}$$

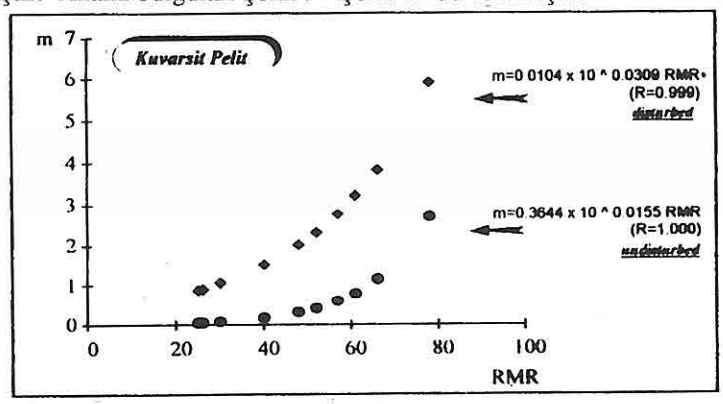
burada,

$\sigma_{c_{kütle}}$: kayaç yerinde basınç dayanım değeri, (MPa),

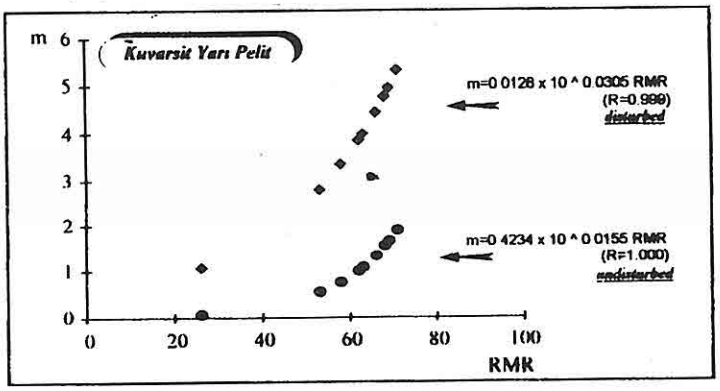
$\sigma_{c_{intact}}$:sağlam kayaç numunesinin tek eksenli basınç dayanım değeri, (MPa).

m ve s parametrelerinin belirlenmesinde, kayaç kütlesinin dış etkenlerle bozulmaya uğramış (disturbed) veya bozulmaya uğramamış (undisturbed) konumları için RMR bazında literatürde verilmiş bir seri ampirik eşitlikler yardımıyla bulunabilmektedir (Brown, 1985).

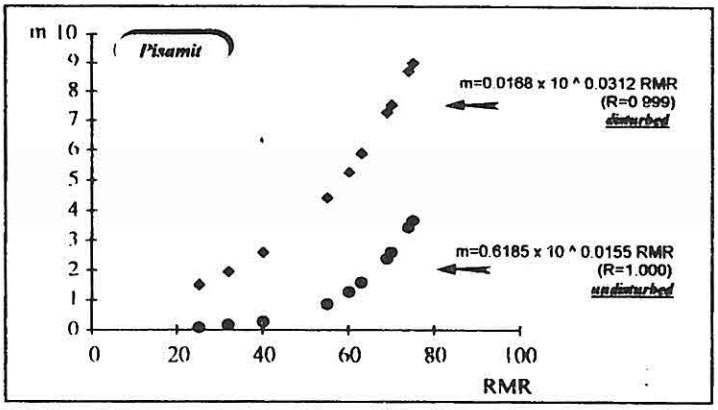
Yukarıda kısa olarak verilen analoji kullanılarak, araştırma kapsamında kayaç türlerinin kalite sayılarını belirlemek amacıyla, m değerleri istatistiksel olarak belirlenmiştir. Analiz bulguları Şekil 9 - Şekil 12 de verilmiştir.



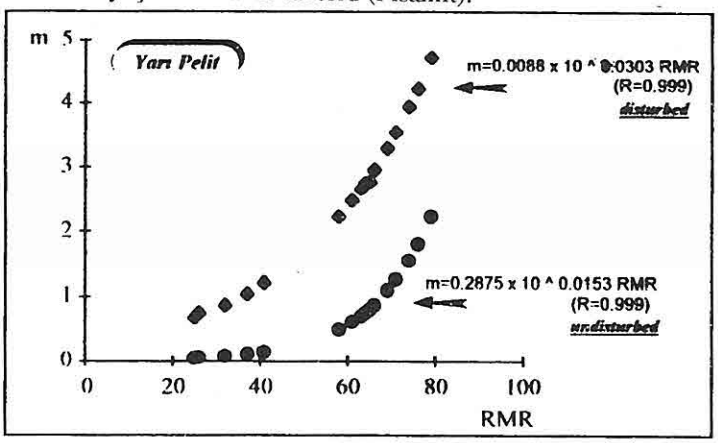
Şekil 9. m kayaç kütle kalite faktörü (Kuvarsit Pelit).



Şekil 10. m kayaç kütle kalite faktörü (Kuvarsit Yarı Pelit).



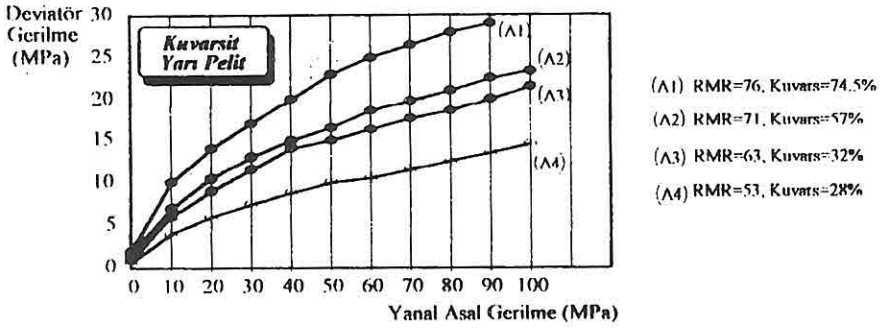
Şekil 11. m kayaç kütle kalite faktörü (Pisamit).



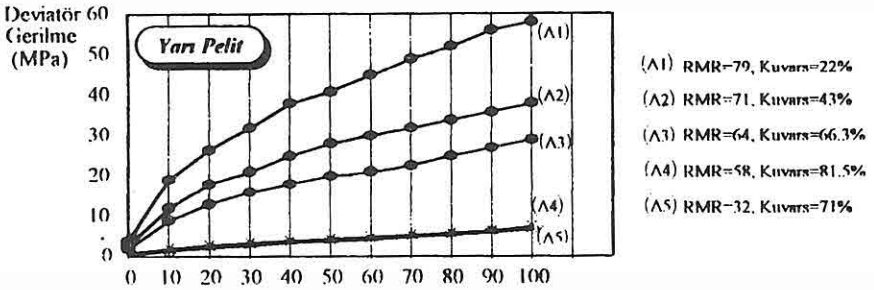
Şekil 12. m kayaç kütle kalite faktörü (Yarı Pelit).

Araştırmanın diğer bir aşaması olarak, kayaç kütlelerinin belirlenen jeomekanik özellikleri bağımsız değişkenler olarak, deviatör basınç dayanım performans değeri ise bağımlı değişken olarak belirlenmiş ve kayaçların kırılma modu tahmini için deviatörik basınç dayanım zarfları bir diyagram üzerinde çizilmiştir (Şekil 13 ve Şekil 14).

Diyagramlardan da görüleceği gibi, kayaçların RMR sınıflama endeks değeri bağımsız değişken olarak arttığında, tahmin edilen deviatör basınç dayanım değerleri paralel bir artış göstermektedir. Diğer taraftan, kuvarsit pelit, kuvarsit yarı pelit ve pisamit türü kayaçların bileşimindeki kuvars içeriğinin artış miktarı ile RMR endeks değeri arasındaki orana bağımlı olarak, kayacın yenilme gerilmelerine karşı daha dayanım gösterdiği gözlenmiştir. Ancak, yarı pelit türü kayaçlarda artan RMR endeks değeri ve azalan kuvars içeriği oranlarına bağımlı olarak, yenilme gerilmelerine karşı dayanım performansının daha iyi olduğu gözlenmiştir.



Şekil 13. Basınç gerilme zarfları (Kuvarsit Yarı Pelit).



Şekil 14. Basınç gerilme zarfları (Yarı Pelit).

Analizlerde kullanılan sert kayaç kütlelerine ait deviatörik basınç gerilme performansını ampirik yaklaşımla tahmin etmek için, RMR ve Kuvars içeriği değişkenlerine bağımlı olarak oluşturan lineer fonksiyonel yaklaşım;

$$\text{Deviatorik Gerilme} = A1 + A2\,\sigma_3^2 + A4\,\sigma_3^3 \quad (MPa)$$

normunda belirlenmiştir. Buradaki analiz bulgularına göre, değerlendirmeye alınan kuvarsit yarı pelit ve yarı pelit türü kayaçlara ait yukarıdaki eşiklikte kullanılan sabit parametre değerleri Tablo 1 'de verilmiştir.

Yukarıdaki regresyonel ifadelerin, korelasyonel katsayıları göz önüne alındığında, jeolojik araştırma sonuçlarının değerlendirmesi sonucunda oluşturulan ampirik yaklaşımlar, kayaç kütlelerine ait, deviatörel basınç dayanım performansının tahmininde kullanılabilir sınırlar içinde kalmaktadır.

Tablo 1. Deviatörik Gerilme fonksiyonundaki sabit parametre değerleri.

		A1	*A2*	*A3*	*A4*	*Korelasyon Katsayısı*
Kuvarsit Yarı Pelit	RMR =76 74.5% Kuvars	2.55245	0.71782	0.00834	0.00004	0.996
	RMR =71 57% Kuvars	1.88601	0.52760	0.00618	0.00003	0.996
	RMR =63 32% Kuvars	1.15035	0.51570	0.00649	0.00003	0.997
	RMR =53 28% Kuvars	0.89217	0.31292	0.00360	0.00002	0.997
	RMR =79 22% Kuvars	5.39860	1.23718	0.01314	0.00006	0.995
	RMR =71 43% Kuvars	3.76923	0.81276	0.00867	0.00004	0.995
Yarı Pelit	RMR =64 66.3% Kuvars	2.42657	0.64847	0.00815	0.00004	0.996
	RMR =58 81.5% Kuvars	0.66434	0.12150	0.00124	0.00001	0.980
	RMR =32 71% Kuvars	0.29441	0.13934	0.00170	0.00001	0.998

4. SONUÇLAR

Sert kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi konusunda yapılan bu incelemede, kayaçların elastisite özelliklerine etkiyen bileşenlerinin, jeolojik araştırma verileri ve jeomekanik kayaç özelliklerinin kombinasyonu şeklinde olduğu gözlenmiştir. Yapılan incelemelerden anlaşıldığı üzere; ampirik modelleme yaklaşımında, lineer regresyon verileri ile elde edilen korelasyonlarda, RMR ve Schmidt çekici endeksi ile belirlenen IRS (sağlam kaya dayanımı), kayaçların jeomekanik özellik performansına etkiyen en kuvvetli parametreler olarak görülmüştür. Kayaçlardaki kuvars içeriği oran değişimlerinin, göreceli olarak kayaç jeomekanik özelliklerine etken olduğu gözlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, katkılarından dolayı Dr. Şevket Durucan (Londra İniversitesi,

Imperial College) 'a ve jeoloji çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Mr. B. Murphy (Jeoloji Müh. Kuzey İrlanda) 'e teşekkür ederim.

6. KAYNAKLAR

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Characterisations, New York, Chichestre, Brisbane, Toronto, Singapore.

Brown, E.T., 1985. From theory to practice in rock engineering, Trans. Institution of Mining and Metallurgy, London, Vol. 94, April, pp A67-A83.

Gündüz, L., 1992. System Analysis and Fill Design in Mining with Backfill, Ph.D. thesis, Imperial College, University of London.

Hoek, E. and Brown, E.T., 1980.Underground Excavations in Rock, Institution of Mining and Metallurgy, London, U.K.

Serafim, J.L. and Periera, J.P., 1983. Considerations of Geomechanics of Bieniawski, Proc. Int. Symp. of Eng. Geology and Underground Construction, LNEC Lisbon, Vol 1, pp 11.33-11.42.

BASIC OPERATIONS OF CEMENTED BACKFILL TECHNOLOGY

Lütfullah GÜNDÜZ
S.Demirel University, Mining Engineering Department, Isparta/Türkiye

ABSTRACT: *Cemented backfill applications have gained great importance in underground mining. Several types of backfill from different kinds of material and binding agents have been developed. Hydraulic backfill is mainly transported as a slurry through a system of boreholes and pipelines incorporating both horizontal and vertical components. The energy required to overcome the friction of the system is either provided by gravity only or by the use of additional pumps. These components make up the hydraulic transport network in a hydraulic backfill system. Therefore, hydraulic stowing systems presently used in many filling applications are described and the principles of backfill preparation and storage are discussed in this paper.*

ÇİMENTOLU DOLGU TEKNOLOJİSİNİN TEMEL İŞLEVLERİ

ÖZET : *Çimentolu dolgu uygulamaları, yeraltı madenciliğinde çok önemli bir yer almıştır. Farklı tür malzeme ve bağlayıcı elemanlardan, bir kaç çeşit dolgu karışımları geliştirilmiştir. Hidrolik dolgu, yatay ve düşey bileşenlere sahip olan boru hatları ve şaftlar yardımıyla, bir katı-sıvı karışımı şeklinde taşınmaktadır. Sistemde oluşan sürtünme kaybını yenmek için gerekli enerji, ya yanlızca kot farkından veya ilave pompalar vasıtasiyle sağlanabilmektedir. Bu bileşenler, bir hidrolik dolgu sisteminde, hidrolik taşıma networkünün oluşumunu sağlamaktadır. Bu makalede, günümüzde birçok dolgu operasyonlarının uygulandığı hidrolik taşıma sistemleri tanımlanmakta ve dolgu hazırlama ve yerine nakil işleminin prensipleri tartışılmaktadır.*

1. INTRODUCTION

Because of its technical advantages in overcoming a variety of mining problems, mining with backfill is recognised as one of the main methods of the future. The method provides effective ground support and is well suited to selective mining with minimum damage to the surface environment. Backfill applications in underground openings have been probably practised as long as man has been extracting minerals from the earth. However, cemented backfilling for ground support purposes is relatively new. In the late 1950's and early 1960's experimentation started with use of cement to stabilise the fill mass. Cemented backfills today represent a major and widely applied form of support in mining applications, and serve many purposes. These purposes may be mainly considered as structural and non-structural. The non-structural purpose of the use of fill is to create a method for the disposal of waste products. As a structural material, backfill is required to:

**accept load to support or resist mining activities,*
**provide regional or local support,*
**produce a working platform for the heavy mining machinery,*
**control dilution*

so that maximum ore recovery can be achieved safely and economically.

The use of cemented backfill is influenced by the following parameters (Figure 1).

Mining Parameters

**Mining method,*
**Rock Mechanics Aspects,*
**Soil Mechanics Aspects,*
**Stoping Operations (including development).*

Backfill Parameters

**Hydraulic Transportation System,*
**Backfill Material Characteristics,*
**Backfill Mixture Design,*
**Cost Estimation.*

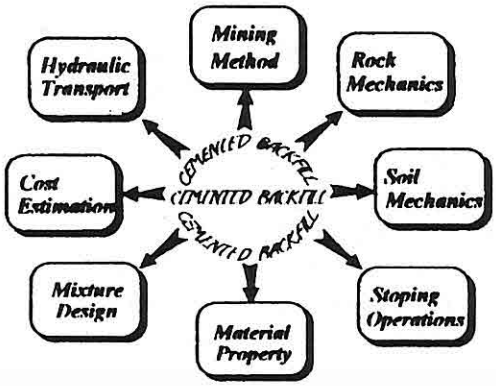


Figure 1. Interaction of backfilling and mining parameters.

2. BASIC REQUIREMENTS FOR BACKFILL OPERATIONS

The requirements for the backfill can be summarised as follows:

Regardless of the mining method - pull up or pull down system the backfill has to be stable enough for using it as a roof or a platform. Thus the influencing parameters/ingredients) fill material, particle size, hardening agents, water content etc.) have to be investigated to meet the required strength and to guarantee the constant of the backfill.

Backfill operations have to be worked out to deposit as much of the waste and tailings underground as possible. This would minimise the potential damage to the surface environment. From an economical point of view, money which has to be spent for provisions (such as sealing, cover systems, drainage and monitoring systems) against pollution and for land reclamation can be saved if the amount of waste materials to be stored is reduced.

3. POTENTIAL STOWING SYSTEMS

Using backfill in metalliferous or non-metalliferous mines there is a large number of existing and applied stowing systems emplacing materials (waste, tailings, sands, shale etc.) underground with or without the addition of binding agents. These systems have been fully developed and a large range of technical knowledge and practical experiences have been also gained.

3.1. Pneumatic Transportation and Stowing Systems

Using pneumatic transportation and emplacing systems all bulk material between coarse fractions and down to the very fines (powder) can be hauled underground. This kind of equipment is installed for two main purposes;

- to supply the development works with building material,
- to transport backfill material into the stopes

Providing the working face with building material for filling behind the roadway supports and small cavities, the handling of the components is fully controlled by an automatic remote supervision. A pipeline system with remote controlled switches allocate the amount of material over the mine opening to intermediate bins located close to the working faces. These intermediate binds supply the working faces with building materials by a mechanical, pneumatic and/or hydraulic system depending on the consumption (Figure 2).

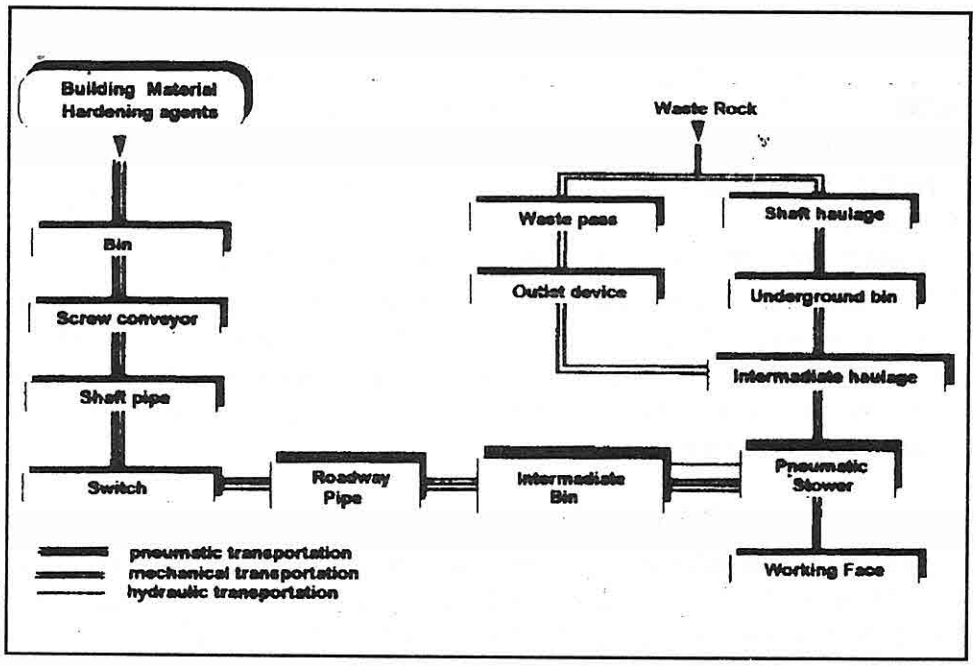


Figure 2. Flow chart of a Pneumatic Stowing System.

In placing backfill pneumatically, the volume which has to be transported as well as the particle size of material increase significantly in comparison with building material. It is necessary to minimise the length of the pipelines to keep the cost for compressed air low. Thus mechanical transportation systems haul the material from the surface close to the working place where pneumatic stowers are installed stowing the material into the excavated stopes.

3.2. Hydraulic Stowing Systems

Hydraulic transportation of material is mainly carried out in tubes and pipes straight from the surface to the working faces. From a central loading point station on the surface, automatic remote supervision control the supply of material to different locations at different consumption rates. This system makes it possible to take advantage of the differences in height - from the surface to the working level- using the gravity forces for transportation purposes. The additionally required capacity of pumps having to be installed depends on length and design of the pipeline as well as on the

friction forces. The amount of frictional resistance in a pipeline system is influenced by the composition of the suspension (especially the water- solid content), roughness of the sides and diameter of the pipes. These parameters mainly de ine the compression drop along the line and thus the transporting distance of the material without an intermediate pump. Hydraulic stowing systems can be classified into systems using a large amount of water (Sandfill Systems) and very little water (Pumped Fill Systems) related to water-solid ratio.

Hydraulic Sandfill Systems

Hydraulic sandfill systems are the most common backfill systems used in metalliferrous mining. Classified flotation tailings and natural sand are generally used as a backfill material. Binding agents as cemei ', smelt r slag and fly ash are added to the slurry on the surface, before the mixture is sent underground to the stopes via pipelines and boreholes. The excess water is collected from the stopes. After settling of fine particles and pumping to the surface water can be re-used for transportation.

Transport is possible over large vertical and horizontal distances. If the hydrostatic pressure is sufficient, even upward transport in the stope areas is possible. If necessary, sand pumps can be used for support. The capacity of hydraulic fill systems is large; upto several hundred tonnes of dry material per hour can be placed. The main disadvantage of the system is the need for drainage installations. The fill cost consists mainly of the cost for binding agents (Gündüz, 1992).

Hydraulic fill with addition of binding agents is used in many mines all over the world, in most cases in mining with backfill, and for filling of large open stopes. Figure 3 shows the flow-chart of hydraulic sand fill systems.

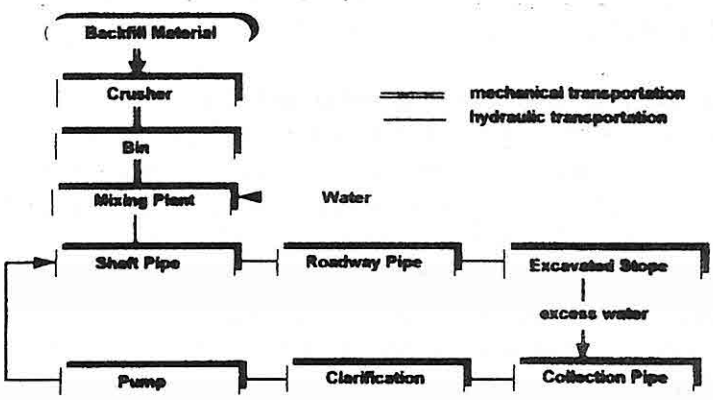


Figure 3. Flow chart of a hydraulic sand fill system.

Hydraulic Pumped Fill Systems

The transportation of concrete-like backfill mixtures in pipelines with suitable pumps is restricted to a few mines. In general, coarse waste from a heavy media separation plant and dewatered unclassified flotation tailings are mixed on surface and pumped underground directly to the stopes with a concrete pump. If necessary, additional underground pumps can be used. Before entering a stope, cement is injected into the line pneumatically. There is no need for dewatering the backfill in place.

These systems require high-quality aggregates regarding the transportation in pipelines with concrete pumps. The technical systems are rather sophisticated. A special problem is the filling of the line when starting the pumping process. The capacity directly depends on the capacity of the concrete pump (Helms, 1988). A simplified flow chart of a hydraulic pumped fill system is given in Figure 4.

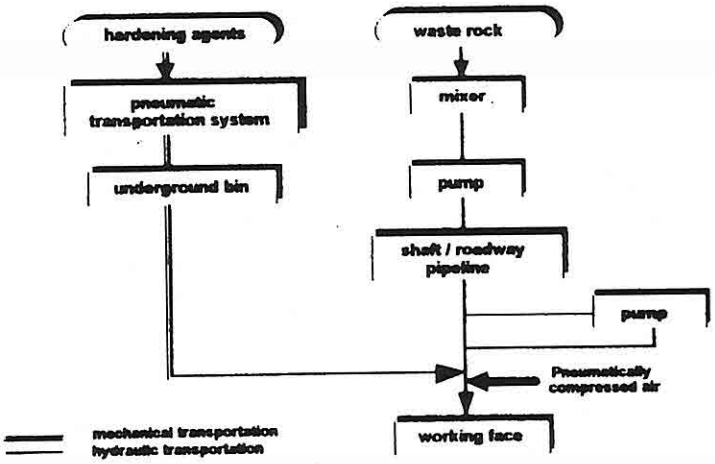


Figure 4 . Flow-chart of a hydraulic pumped fill system.

3.3. Mechanical Transportation and Stowing Methods

A large range of material transporting systems are available which can be divided into continuos and discontinuous procedures. A few continuos methods are using the gravity force in waste passes and boreholes to put the material in place, while conveyor belts and pipe conveyors are able to follow the inclination of drivages.

The discontinuous transportation equipment has to be split up according to the mobility and flexibility. While trains only will haul materials on appointed routes - especially horizontal main and subsidiary roadways - the free-steered vehicles (LHD-units, trucks) can be applied more or less at any working place on the surface and underground. Normally trains and conveyor belts are not installed in the working faces

but they transport the backfill aggregates to central binds from where the material is allocated to the excavated stopes by free-steered vehicles. While LHD's are used for any kind of loading and transporting operations (ore and waste loading, material transport and man riding) slinger belt trucks are especially designed equipment for emplacing using a fast running slinger belt (20 m/s) to throw material about 8 m high and over a distance of 14 m (Helms, 1988). Figure 5 shows a typical flow chart of a mechanical stowing system.

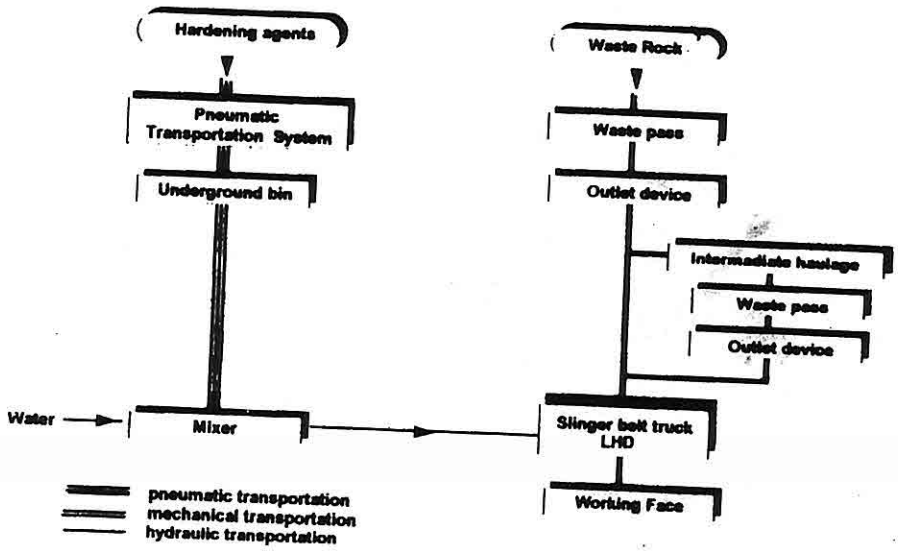


Figure 5. Flow-chart of a Mechanical Stowing System.

3.4. Applicability of the Stowing Systems to a Mine

All parameters of the mentioned stowing systems are summarised in an overview in Table 1 relating the capacity (emplacing capacity and transportation length) and the characteristics of the backfill (water and cement content, particle size, Unconfined Compressive Strength) (Shaw et.al. 1991).

Only the relevant parameters for slinger belt trucks are specified for the mechanical stowing systems as the capacity of LHD units and the parameters of the backfill cannot be generalised. There are a large number of LHD units with different specifications and the quality of backfill varies significantly from one operation to another. Therefore, the figures for slinger belt trucks represent the average parameters concerning capacity and backfill characteristics for both - slinger belt truck and LHD units in the following.

Based on an expected ore production of 500 t/d, i.e. 200 m^3/d of excavated cavities,

Table 1. Capacity and backfill parameters of the stowing systems (Shaw et.al. 1991).

	Pneumatic		Hydraulic		Mechanical
	backfill	building material	pumped fill	sand fill	slinger belt truck
Emplacing capacity (m3/h)	200	10 3	52	500	20
Transportation length (m)	400	400 2000	any intermediate pump	any intermediate pump	350
Water content (%)	4-75	13	12-15	68	10
Particle size (mm)	<100	<16	<30	<10	<50
Cement content (kg/m3)	130-150	-	60-80	-	30-60
Uniaxial comp. strength (MPa)	10-12	-	1.5-2	not available	2-4

in 2-3 stopes the stowing systems are restricted by the emplacing capacity regarding to backfill aggregates (waste rocks, tailings and hardening agents). The economical length of the pneumatic and mechanical transportation can be achieved by designing the stopes length at less than 300 m and installing an intermediate bin or an outlet device close to the stope entrance (Shaw et.al., 1991). The efficient length of the hydraulic system depends on the static head between the surface and the working level and the use of intermediate pumps.

The water content of the hardened material varies between 4-15% except for the hydraulic sand fill (68%) (Table 1). The water content mainly influences the cement consumption. Draining the backfill after having put it in place results very often in losing the very fine particles (tailings and cement). Therefore emplacing a well defined backfill regarding quality and strength is nearly impossible (Shaw et.al., 1991). The economical and technical reasons - high cement consumption and non-constant quality of the backfill - indicates that hydraulic sand fill might be used to handle the coarse fractions (rockfill) while putting the tailings as backfill in place this method cannot be operated on its own but in combination with another system. The economical impact

on the cement content of the system is considered in the operation cost.

With regards to the particle size two transportation and stowing systems - pneumatic building material (<16mm) and hydraulic sand fill (<10mm) - cannot be applied to emplace rockfill (<25mm), while the quality of the backfill can be met by all systems.

4. BACKFILL PREPARATION AND STORAGE

Most backfill is currently prepared by using hydrocyclone classifiers to deslime and dewater mill tailings from flotation plants. Then it is placed underground through a system of boreholes and pipelines as a pulp. In most backfill applications, deslimed tailings need to be stored for a period of time before placing in the stope. Therefore, the main principles of backfill preparation and storage are discussed below.

In general, backfill preparation involves physical and chemical process necessary to achieve the slurry characteristics required for hydraulic transport and utilisation. Preparation normally involves classification and slurrification. Chemical treatment may also be part of a fill slurry preparation system for corrosion inhibition, thinning, and improving the characteristics of the final product. The utilisation process may include facilities to change the slurry concentration, normally to increase the solids content by means of thickening decanting, cycloning, and screening.

Performance and operation of hydrocyclones are the important part of the mineral processing stage during the preparation of hydraulic backfill. The hydrocyclones in a preparation plant are used for the following purposes:

**classification by producing a filling material underflow and a residue overflow,*

**dewatering by producing a high density underflow and a low density overflow.*

The preparation plant may be operated by using a range of hydrocyclone circuits. The hydrocyclone circuits may be either single-stage or multi-stage circuits. In Figure 6, a two-stage hydrocyclone circuit used in a South African Gold Mine for backfill preparation is schematically represented (Hinde and Kramers, 1989).

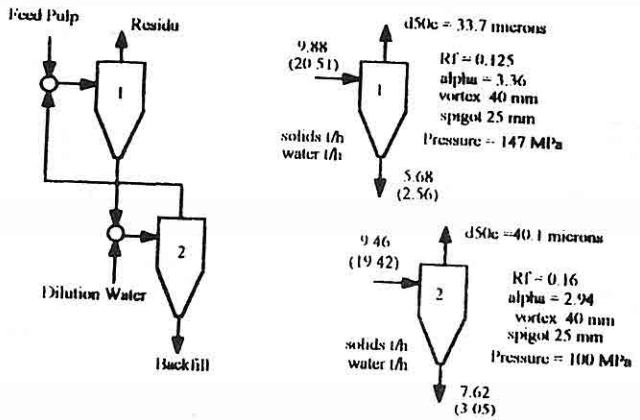


Figure 6. Two-stage flow sheet and hydrocyclone specifications.

The classification performance of a hydrocyclone is best characterised by a plot of the recovery of the feed solids to the underflow, expressed as a function of particle size. This plot is called a partition curve or recovery curve, Figure 7. The mass balance of solids across the hydrocyclone and the size distribution of the underflow and overflow products can be determined using a partition curve and particle size distribution of the feed. The recovery of solids in a hydrocyclone is described by the empirical equation proposed by Yoshioka and Hotta (1955):

$$R(d) = Rf + (1-Rf)\, Rc(d) \qquad [1]$$

where

R is the recovery of solids,
Rf is the recovery of water referred as bypass parameter,
d is the solids diameter, and
Rc(d) is a function related to size and particle size distribution.

Later Rc(d) was defined by Lynch and Rao (1975) as:

$$R_c(d) = \frac{\exp(\alpha d/d_{50})^{-1}}{\exp(\alpha d/d_{50}) + \exp(\alpha)^{-1}} \qquad [2]$$

where

d50 is the cut-size (corrected for water split),
α is the sharpness of classification, which is measured by the steepness of the partition curve in the cut-size.

The size distribution of the product from a hydrocyclone plant is determined by the feed size distribution and the plant partition curve. While the feed size distribution is essentially constant, much scope exists for effecting changes to the partition curve. This can be done by changing hydrocyclone design geometries, feed flowrates, and feed pulp densities, or by using several stages of classification. Figure 8 shows the effect of changes in cut-size on the size distribution by changing the classification.

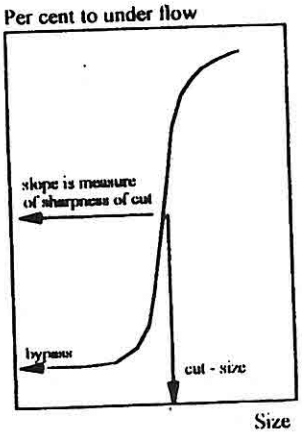


Figure 7. A simplified hydrocyclone partition curve.

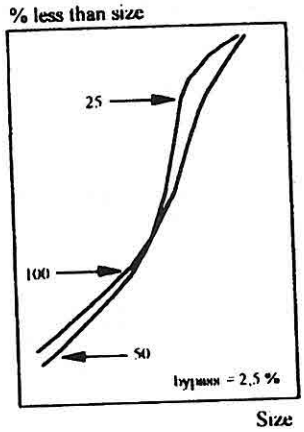


Figure 8. A simplified sketch of backfill size distributions.

distributions.

The main objective of storing backfill is to reduce mismatch between fill supply from mill and fill demand in the mine. There exists one particular case, however, where storage is absolutely essential. If the fill production rate is very small, not enough to maintain flow in even a very small diameter fill line, then fill must be accumulated until enough is available for a reasonable extended filling campaign. Fill storage may be either:

*settled, where no attempt is made to retain fill solids in suspension, or
*agitated, where solids are kept in suspension.

Examples of use of both types occur in mining operations. Settled storage is occasionally used to further deslimed and dewater fill, by allowing overflow of dirty water from above the settled fill surface. Flushing water is normally required to repulp settled fill and in many cases this results in poor control of fill pulp density giving excessively low pulp densities.

If Portland cement additions are made, they are made downstream of fill preparation and storage facilities. Cement is normally delivered in bulk, pneumatically transferred to a surface or underground bin and added to the fill stream in a continuous or batch mixing process. This process is carried out either dry or pre-slurried.

5. CONCLUSIONS

Fill transportation and placement is an integral part of the design process in mining with backfill. Most characteristics of backfill that affect its support performance also affect its transport properties. A systems approach to backfilled mine design therefore should consider the design of backfill transport systems in the mine. The principles of backfill preparation and storage in hydraulic backfill applications should be well defined. Particle size and shape, as well as solids concentration are the principal factors effecting the characteristics of a backfill transportation.

6. REFERENCES

Gündüz, L., 1992. System analysis and fill design in mining with backfill, Ph.D. Thesis, University of London, Imperial College, London.

Helms, W., 1988. Preparation and transportation systems for cemented backfill, IV Mining Scene and Technology 7, pp 183-193, Amsterdam.

Hinde, A.L. and Kramers, C.P., 1989. The role of hydrocyclone technology in backfilling operations, Int. Symp. on Mining with Backfill, 4th, Montreal.

Lynch, A.J. and Rao, T.C., 1975.Modelling and scale-up of hydrocyclone classifiers, Proc. of 11th Mineral Processing Conf., Cagliara, pp 114-123.

Shaw, C.T., Kelly, J.G. and Wilke, F.L., 1991. Cut-and-fill mining in hard rock without the use of explosives, EC Raw Materials Research Programme, Report on Progress of Research Activity, Imperial College, London.

Yoshioka, N. and Hotta, Y.K., 1955. Classification with Hydrocyclone, Chem. Eng. Japan, 19, pp 632-635.

YERBİLİMLERİ GEOSOUND | ARALIK 1994 DECEMBER | SAYI NO 25 | ISSN 1019-1003

YERALTI MADENCİLİĞİNDE AYDINLATMA VE T.K.İ O.A.L ÇAYIRHAN MÜESSESESİ GENEL AYDINLATMA ŞARTLARI

M. Semih YÜKSEK
Ç.Ü. , Maden Mühendisliği Bölümü , Adana/Türkiye
Gündüz ÖKTEN
İ.T.Ü. , Maden Mühendisliği Bölümü , İstanbul /Türkiye

ÖZET: *Bu çalışmada, yeraltı madenciliğinde genel aydınlatmanın önemi üzerinde durularak, çalışma alanları 4 grupta incelenmiş ve genel aydınlatmanın temel parametreleri açıklanmıştır. Ayrıca T.K.İ. O.A.L. Çayırhan Müessesesi'nde Şubat 1993 koşullarında lüksmetre cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler ve bunlara ait sonuçlar yorumlanmıştır.*

UNDERGROUND MINE LIGHTING AND INVESTIGATION OF THE LIGHTING CONDITIONS OF ÇAYIRHAN (T.K.I.) (O.A.L.) COAL MINE

ABSTRACT: *In this study, the most important requirements of undergraund Lighting are considered and basic parameters of lighting have been investigated for 4 groups of area. Beside, the measurements obtained by luxmeter at Çayırhan plant, T.K.I (Turkish Coal Enterprices), O.A.L (Middle Anatolian Lignite Division) in February 1993 and results related to these measurements are given.*

1. GİRİŞ

İnsan bütün çalışmalarında ışığa çok bağlıdır. Doğal ışığın (güneş, ay ve yıldızların ışığı) yetmediği durumlarda yapay ışıkla aydınlanma zorunluluğu duyulur. Aydınlatmacılığın temel konusunu yapay ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi oluşturur. Günümüzde aydınlatılacak yerin özel bir problem olarak incelenmesi ve sonuçlara göre bir aydınlatma sisteminin oluşturulması gerekir. Bu incelemede, fizyolojik ve ekonomik koşullardan başka, mimari ve teknik düşünceler de önemli bir yer tutar (Özkaya 1972).

-Madenlerde iyi bir aydınlatma ne kadar önemli ise, onu oluşturmak da o derece zordur. Yeraltı madenlerinin aydınlatılmasında, doğal ışıktan yararlanılamaması, yapay ışıkla aydınlatmanın önemini arttırmaktadır. Ancak, yapay ışığın bütün çalışma noktalarına götürülmesinde (kablo çekme) ocak faliyetlerinin geniş alanlara yayılması ve sürekli yer değiştirmesi nedeniyle güçlüklerle karşılaşılmaktadır. Ayrıca elverişsiz yeraltı şartları da (alan darlığı, yüzeylerin yansıtma faktörlerinin düşük olması, gaz, toz v.d) iyi bir aydınlatma seviyesi oluşturulmasını zorlaştırır.

Madenlerde aydınlatmanın amacı; yeraltı maden ocaklarında ve açık ocaklardaki gece çalışmalarında yeterli bir görme alanı yaratarak emniyeti arttırmak ve özellikle bu görme alanında, çalışanın tehlikeleri önceden farkederek önlem almasını sağlamaktır (Trotther 1982).

2. AYDINLATMA SİSTEM TİPLERİ

Yeraltı maden aydınlatmasında kullanılan metodlar genel anlamda üçe ayrılır. Bunlar genel aydınlatma, yerel aydınlatma ve kişisel aydınlatmadır (Weis 1983).

2.1. Genel Aydınlatma

Madencilik çalışmalarının sürdüğü ve çalışanların geçici olarak bulunduğu veya içinden geçtiği yerlerdeki aydınlatmadır.

2.2. Yerel Aydınlatma

Özel çalışmaların sürdüğü, genel aydınlatma sisteminin yeterli görme işlevlerini sağlayamadığı veya genel aydınlatma sisteminin mevcut olmadığı yerlerde uygulanır.

2.3. Kişisel Aydınlatma

Yeraltı madenlerinde çalışanların beraberinde taşıdıkları baret lambaları vb. aydınlatma cihazlarıyla oluşturulan aydınlatmadır. İşçilerin emniyetli hareket etmeleri ve tehlike anında emniyetli bir tahliye için minimum aydınlatma şartlarını oluşturur

Burada sadece genel aydınlatma ana hatlarıyla incelenecektir.

3. GENEL AYDINLATMA İLE DONATILMASI GEREKEN ALANLARIN SEÇİMİ

Yeraltı çalışma alanları genel aydınlatma uygulamaları açısından dört ana gruba ayrılabilir (Weis 1983).

3.1. Grup A

Genel aydınlatma sisteminin zorunlu olduğu alanlar bu gruba girer. Sözkonusu genel aydınlatma sistemi ya maden şebekesi vasıtasıyla veya hareket eden mekanize cihazlardan sağlanabilir. Bu grup, işçilerin devamlı çalıştığı bütün alanları ve geçici olarak bulunulan, içinden geçilen tehlikeli alanları kapsar.

**Ana yollar*
**Nakliye yolları*
**Atölyeler*
**Elektrik ve mekanik donanımların bulunduğu hacimler (Pompa odası,kompresör odası v.b)*
**Malzeme depoları*
**Üretim alanları(Kazı arını v.b)*
**Yeraltı revirleri*
**Araştırma galerileri*

3.2. Grup B

Genel aydınlatmanın maden şebekesi tarafından sağlanmasının tavsiye edildiği fakat zorunlu olmadığı alanlardır. Bu grup, işçilerin geçici olarak kaldığı veya arasıra çalıştığı ve onların bu kalış ve geçişlerinin tehlikeye neden olmadığı bütün alanları kapsar.

**Üretimin durduğu fakat ekipmanların bulunduğu, bakım isteyen galeriler ve alanlar*
**Konveyör yolu (İşçi geçişi olmayan)*
**Desandriler*
**Galeri boyunca havalandırma kapıları*
**Ekipman bulunmayan işçi geçiş yollar*

3.3. Grup C

Maden şebekesi tarafından beslenen genel aydınlatma sisteminin gerekli olmadığı alanlardır. Bu grup, nakliye makinaları veya mekanik olarak hareket eden ekipmanların ışık kaynakları veya baret lambaları ile ihtiyaçlara göre standart aydınlatma seviyesi sağlanabilen alanları kapsar. Bu alanlar trafik yoğunluğunun (Gerek ekipman gerekse işçi açısından) düşük olduğu bölgelerdir.

3.4. Grup D

Genel aydınlatmanın tavsiye edilmediği alanlardır. İşçilerin bulunması veya geçmesi düşünülmeyen bütün alanlar bu gruba girer.(Örneğin, işçi geçişi ve nakliyat için kullanılmayan tüneller veya galeriler). Değişik güç kaynakları veya ana şebeke tarafından beslenen aydınlatmanın emniyet açısından ve teknik/ekonomik nedenlerden dolayı tavsiye edilmediği alanlar da bu grubta yeralmaktadır.

**Metan yayılımı olan derin ocaklar*
**Teknik çözümün zor olduğu bölgeler*
**Hava dönüş yolları*

4. GENEL AYDINLATMANIN TEMEL PARAMETRELERİ

4.1. Işık - Aydınlatma Şiddeti

Işık: İnsanda görme duyumuna yol açan görülebilir ışınımdır. İnsan gözü 380-780 nm dalga boyları arasındaki ışınımı algılayabilmektedir (DIN 5039).

Işık Şiddeti: Işık şiddeti (I), noktasal bir ışık kaynağından herhangi bir doğrultuda çıkan ışık akısının (ϕ), çıktığı kabul edilen uzay açısına (Ω) oranıdır .

$$I = \frac{\phi \text{ (lümen)}}{\Omega \text{ (steradyan)}} = \text{candela (cd)} \qquad (4.1)$$

Aydınlatma Şiddeti: Aydınlatma şiddeti (E), aydınlatılacak alana (S) düşen ışık akısının (ϕ), bu alana oranıdır (DIN 5031).

$$E = \frac{\phi \text{ (lümen)}}{S \text{ (m}^2\text{)}} = \text{lüks (lx)} \qquad (4.2)$$

Aydınlık yoğunluğu (Parıltı): Bir yüzeydeki aydınlık yoğunluğu (L); bakış doğrultusundaki ışık şiddetinin ($I\varepsilon$),görülen yüzeyin yüzeyin büyüklüğüne oranına eşittir.

$$L = \frac{I\varepsilon \text{(candela)}}{S \text{ (m}^2\text{)} \times \cos\varepsilon(°)} = \text{candela / m}^2 \text{ (nit)}$$

Burada ε, bakış doğrultusu ile görülen yüzeyin normali arasındaki açıdır.

Çeşitli ülkelerde, aydınlatma şiddeti standartları Tablo 1'de verilmiş bulunmaktadır.

Tablo.1-Değişik ülkelerin yeraltı çalışma noktaları için öngördükleri aydınlatma şiddeti (lx) standartları (Weis 1983).

	Belçika	Almanya	Macaristan	Polonya	İngiltere
Kuyu Bölgesi	20-50	30-40	40-100	15-50	70
Yükleme Noktaları	20	40	40-60	15-30	30
Makina Çevresi	25	80	20-50	10-50	30
Nakliyat Yolları	10	15	2-10	0.5-2	2.5

Ayrıca ilgili standartlarda aydınlık yoğunluğu açısından aşağıda belirtildiği gibi dört farklı seviye tanımlanmaktadır (Yüksek 1993).

a- Gidiş-gelişin aydınlık olduğu ve mekanizasyonun minimum olduğu alanlar(genel aydınlatma güvenlik nedeniyle gereklidir), 0.05 cd/m^2

b- Mekanize edilmiş alanlar(makineler çalışıyorken), 0.20 cd/m^2

c- Yüksek dikkat seviyesini gerektiren işlerin yapılmadığı ve yoğun çalışma olmayan alanlar, 10 cd/m^2

d- Dikkat edilmesi gereken ve yoğun çalışma olan alanlar, 20 cd/m^2.

4.2. Aydınlatmanın Düzgünlüğü (Homojenliği)

Bir aydınlatmanın niteliği yalnız aydınlık düzeyinin uygun seçilmesi ile sağlanamaz. Ayrıca aydınlatmanın yer ve zaman bakımından da düzgün olması istenir.

Genel olarak aydınlığın yer bakımından düzgünlüğünü belirtmek için iki düzgünlük faktörü tanımlanır (DIN 22433).

* Minimum aydınlatma şiddetinin (E_{min}), ortalama aydınlatma şiddetine (E_{ort}) oranı (DIN 5044).

$$g_1 = \frac{E_{min}}{E_{ort}} \qquad (4.3)$$

* Minimum aydınlatma şiddetinin (E_{min}), maksimum aydınlatma şiddetine (E_{max}) oranı (DIN 5035).

$$g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}} \qquad (4.4)$$

Genel aydınlatmada g_1 faktörü tüm mekan ve makinaların kontrol edildiği kesimler için 1/2,5'un altına düşmemelidir. Aydınlığın zaman bakımından dalgalanmaları o kadar yavaş veya hızlı olmalıdır ki, gözde rahatsız edici bir etki yapmasın (Ökten ve Ayvazoğlu).

Aydınlatma planlanırken birbiriyle irtibatlı olan bölgeler arasında aydınlatma seviyesi açısından büyük farklar bulunmamalıdır. Böylesi yerlerde gözün karanlık-aydınlık adaptasyon süreleri dikkate alınmalıdır.

Dikkat edilmesi gereken diğer noktalar şöyle sıralanabilir (Özkaya 1972).

**Yüksek aydınlık şiddetlerinde, aydınlatmanın mümkün olduğu kadar titreşimsiz olması gerekir.*

**Hareketli olaylar, düşük aydınlık düzeyinde gerçekte olduğundan daha hızlı seyrediyormuş gibi görünürler.*

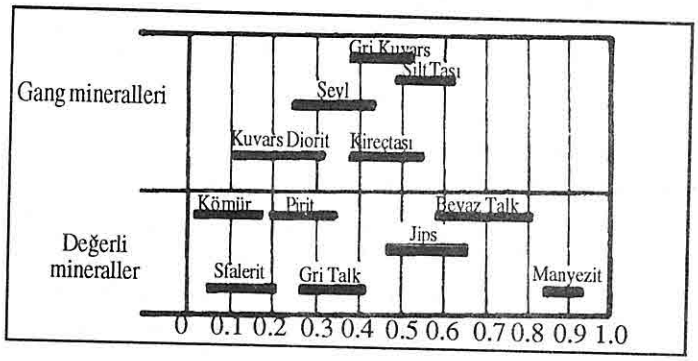
**Kesikli ışıkta gözlenen periyodik hareketler, hareket yanılmalarına neden olurlar (Stroboskopik olay). Örneğin bir dönme hareketi duruyormuş gibi, sağa doğru bir dönme sola doğru bir hareketmiş gibi görünebilir.*

4.3. Kamaşmanın Sınırlandırılması

Kamaşma, sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak etraftaki cisimleri göremez hale gelmesine denir. Kamaşma parıltısı, çevre parıltısına bağlıdır. Çevrenin parıltısı yüksek ise, kamaşma parıltısı da yüksek olur. Kamaşma gözü yorar, görme yeteneğini düşürür ve aydınlık düzeyi düşükmüş gibi etki gösterir.

Bu olumsuz etkiler , lambaların pozisyonlarının uygun tesbit edilmesi, yüksek ışık yoğunluğunun kalkan ve siper kullanımıyla tehlikesiz seviyeye indirilmesi ile azaltılabilir (Weis,1983).

Yeraltı şartlarında duvarların yansıtma faktörleri çok düşüktür ve görme alanı boyunca da önemli bir oranda değişmez. Bu nedenle kamaşmanın sınırlandırılması özel bir anlam taşır. Sorun galeri duvarlarını belli aralıklarla badana yaparak hafifletilebilir (Ökten ve Ayvazoğlu 1993). Kamaşmanın önlenmesinde yüzey yansıma derecelerinin de göz önünde tutulması gerekir. Şekil 1'de değişik minerallerin yüzey yansıtma dereceleri gösterilmiştir.



Şekil.1. Değişik minerallerin yüzey yansıtma dereceleri (Trotther 1981).

5. T.K.İ O.A.L ÇAYIRHAN MÜESSESESİ'NDE YAPILAN AYDINLATMA ÖLÇMELERİ

5.1. Müessesenin Tanıtılması

O.A.L Müessesesi Ankara'nın kuzeybatısındaki Beypazarı ve Nallıhan ilçeleri arasında ve Ankara'ya 125 km uzaklıktaki Çayırhan kasabasında bulunmaktadır. 1966 yılında özel sektörden devir alınan işletmede 1980'li yıllara kadar çevre illerdeki bazı sanayi kuruluşları ve konutların yakacak ihtiyacına cevap verecek şekilde üretim yapılmıştır. Bugün hem Çayırhan'da kurulu olan 2x150 MW gücündeki termik santralı beslemek, hem de çevrenin yakacak ihtiyacını karşılamak için yılda 2.200.000 ton linyit üretilmektedir.

Havzada üç kömür damarı mevcut olup bunlardan ikisi ortalama kalınlığı 0.5-1.5 m olan bir arakesme ile birbirinden ayrılmaktadır. Tavan kömürü diye adlandırılan üst damar 1.5 m, taban kömürü diye adlandırılan alt damar 1.70-2.00 m arasında değişen bir kalınlık gösterir. Üçüncü damar ise alt damarın 150 m kadar altında ve değişik kalınlıklar göstermektedir. Bu üç damarda yapılan sondajlı çalışmalar sonunda toplam rezervin 400 milyon ton civarında olduğu tespit edilmiştir. Havzadaki üç damardan ilk ikisinde üretim ve hazırlık işleri yapılmakta olup üçüncü damarın yakın gelecekte işletilmesi düşünülmemektedir.

O.A.L Ocaklarında tam mekanize edilmiş göçertmeli, dönümlü uzun ayak sistemiyle üretim yapılmaktadır. Bu sistemde panonun sınırına kadar taban yolları götürülmekte, ayak kurulup kömür toplanarak geri dönülmektedir. Pano boyu, jeolojik koşulların sınırlaması olmazsa 1500 m, ayak uzunluğu 22 m' dir. Müessesede cevher nakliyatı bantla, insan ve malzeme nakliyatı monoray ile gerçekleştirilmektedir (Yüksek 1993).1985 yılından itibaren tam mekanize uzun ayak sistemine geçen işletmeye aynı anda monoray nakliyat üniteleri de getirilmiştir. Sistem işletmeye büyük avantaj sağlamıştır. (Anıl ve Özalp 1992).

Sözkonusu müessesenin yeraltı ocağındaki değişik noktalarda, Şubat 1993'te

aydınlatma şiddetleri ölçülmüştür. Ölçmelerde Testoterm 0 500 marka, 0-100.000 lx ölçme kapasiteli dijital lüksmetre kullanılmıştır. Ölçme sonuçlarından bazıları aşağıda özetlenmiş ve değerlendirilmiştir.

5.2. Ölçmeler ve Değerlendirmeler

5.2.1. 4.007 Ana Nakliyat Galerisinde Yapılan Ölçmeler

Atnalı kesitinde olan bu galeride taban genişliği 4.4 m, yükseklik 3.80 m'dir. Fluoresan lambalar (240 V, 50 Hz, 40W, Alev sızdırmaz, Antigrizu) 7 m ara ile yerden 3.40 m yükseğe, galeri eksenine dik olarak asılmıştır. Bu nakliyat galerisinde E_{max} değerleri 24-28 lx, E_{min} değerleri galerinin sağ tarafında 7-9 lx, sol tarafında ise 4-9 lx arasında değişim göstermiştir.

Sol taraftaki E_{min} değerlerinin düşük olması monoray hattının gölgelemesinden kaynaklanmaktadır. Ölçülen değerler, değişik Avrupa ülkeleri standartlarına göre yeterli düzeyde olup, galeride aydınlatmanın homojenliği sağlanmıştır (Yüksek 1993).

5.2.2. A 710 Hazırlık Galerisinde Yapılan Ölçmeler

Galeri kesiti yamuk şeklinde olup, taban genişliği 5.20 m, tavan genişliği 4.40 m ve yüksekliği 3.90 m'dir. Lambalar galeri eksenine dik olarak, tabandan 3.40 m yükseğe asılmıştır. Lambalar arası mesafe yaklaşık olarak 50 m'dir. Galeride, lambalar arası mesafenin fazla olması nedeniyle birbirini takip eden iki lamba arasında 44 m uzunluğunda karanlık (0 lx) bir alan kalmaktadır. Ölçmeler aydınlatma şartlarının oldukça kötü olduğunu göstermektedir (Yüksek 1993).

5.2.3. A 710 Hazırlık Galerisinin Arınında Yapılan Ölçmeler

Galeri arınında galeri açma makinası ile kazı yapılmaktadır. Makine üzerine monte edilmiş aydınlatma armatürlerinin bozuk olduğu ve kazı çalışmalarının baret lambalarının aydınlatması ile sağlanmaya çalışıldığı gözlenmiştir. Arında galeri açma makinası çalışmıyorken yapılan ölçmelerde, baret lambalarının arında 2-4 lx' lük bir aydınlatma sağladığı belirlenmiştir. Makina çalıştığı zaman oluşacak toz nedeniyle bu değer daha da düşecektir. Galeri arınında yapılan ölçümler aydınlatma şartlarının yeterli olmadığını göstermektedir (Yüksek 1993).

5.2.4. F01 Taban Ayakta Yapılan Ölçmeler

Ayaklarda, kompakt bir dizayna sahip, kısa ve hafif iki direkli kalkan tahkimat üniteleri kullanılmaktadır. Aydınlatma armatürleri (220V, 50Hz, 40W, Alev sızdırmaz ,Antigrizu) tahkimat kalkanlarının altına, bir ünite arayla yerleştirilmiştir. Aydınlatma armatürü bulunan kalkan altındaki geçiş yolu tabanında aydınlatma şiddeti 12 lx, armatürsüz kalkan altında ise 1-2 lx olarak ölçülmüştür. Üretim sırasında oluşan toz nedeniyle bu değerler daha da düşeceğinden uzun mesafe görüşü için aynlatma

yetersiz kalabilir. Bu nedenle armatürlerin temizlik ve bakımının periyodik olarak yapılması gerekir (Yüksek 1993).

Bütün alanlar için periyodik bir temizlik ve bakım, aydınlatma şiddetinde %10-20 arasında bir değer artışı sağlamaktadır (Trotther 1982).

Ölçüm yapılan, A05 tavan ayak başı, Monoray istasyonu, devre kesiciler odası ve 3206 desandri sindeki ölçümler sonucu, buralardaki aydınlatma şiddetlerinin şartlara uygun olduğu gözlenmiştir (Yüksek 1993).

6. SONUÇLAR

Yapılan araştırmalar, iyi bir aydınlatma için aşağıda belirtilen koşulların gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur:

**Yapılacak işe uygun bir aydınlatma düzeyi seçmek.,*

**Biçim ve ayrıntıların algılanabilmesi için, iyi bir ışık yönelimi sağlamak,*

**Göz kamaşmasına engel olmak.,*

**Görüşü bozmamak için çalışma alanı ile duvarlar arasındaki ışıltı kontrastlarını, uygun biçimde seçerek kolaylaştırmak.,*

**Işık etkinliği yüksek olan ve iyi bir renk veren lambalar kullanmak.,*

**Renk sıcaklığı, aydınlatma ile uyuşan lambalardan yararlanmak.*

Diğer taraftan iyi bir aydınlatma ile

**Göz sağlığı nın korunduğu,*

**Gözün görme yeteneği nin arttığı,*

**Kazaların azaldığı,*

**İş veriminin yükseldiği,*

**İş emniyetinin arttığı,*

**Çalışanların iş aktivitelerinin yükseldiği belirlenmiştir.*

Sözkonusu işletmede aydınlatma konusunda yapılan çalışma ve ölçmeler ışığında işletmeye sunulabilecek öneriler şöyle sıralanabilir:

*Bant nakliyat yollarında lambalar arası mesafe, karanlık adaptasyonu olmayacak şekilde yeniden düzenlenmeli (kısaltılmalı) dir.

*Yükleme-boşaltma noktalarında ve tumba sahalarında duvarlar kireçle beyaza boyanarak duvarlara yansıtıcılık özelliği kazandırılmalı veya bir armatüre iki lamba konarak aydınlatma düzeyi yükseltilmelidir.

*Aydınlatma armatür ve lambalarının bakımı ve temizliği belirli periyotlarla düzenli olarak yapılmalıdır.

*Yanmış veya çalışma ömrünü doldurmuş ve titreşimli ışık yayan lambalar yenileriyle değiştirilmelidir.

*Ayaklarda her kalkana bir aydınlatma armatürü konmalıdır. Böylece ayakta çalışan işçilerin uzak mesafe görüşü sağlanmış olur.

*Kazı arınlarında 20-50 lx'lük bir aydınlatma şiddeti oluşturacak şekilde aydınlatma

sistemi kurulmalıdır.

*Kavşak noktalarında aydınlık alandan karanlık alana geçerken aydınlatma armatürleri karanlık adaptasyonu oluşturmayacak şekilde yerleştirilmelidir.

*İşçilerin sağlığı, performansı ve aktiviteleri için, işçilerin genel oturma ve çalışma yerlerinde aydınlatma düzeyleri yüksek tutulmalıdır.

8. KAYNAKLAR

Anıl,M.,Özalp, Z., 1992. Yeraltı Maden İşletmeciliğinde Monoray Sistemi ile Nakliyat, Çayırhan'daki uygulama, Yerbilimleri, Adana .

DIN 5031(Teil 3),1982. Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik

DIN 5035(Teil 5) ,1987. Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht

DIN 5039 ,1980. Licht,Lampen,Leuchten

DIN 5044(Teil 1),1981. Ortsfeste Verkersbeleuchtung

DIN 22433,1990. Beleuchtung im Bergbau

Ökten,G.,Ayvazoğlu, E.,1993. Yeraltı Madenciliğinde Aydınlatma Esasları, İ.T.Ü Maden Fakültesi 40.Sempozyumu Tebliğleri, İstanbul

Özkaya,M.,1981. Aydınlatma Tekniği, Bursa Üniversitesi Basım Evi, Bursa

Trotter,D.A.,1982. The Lighting of Underground Mines, by trans.Tech. Publication, Clausthal, Germany

Trotter,D.A.,1981. Reflectance measurements in mining,Internationel Mine Lighting Conference of CIE

Weis, B., 1983 Illumination of Mines, CIE 20 th Session 1983, sh.D 501/1-4

Yüksek , M.S.,1993. Yeraltı Madenciliğinde Aydınlatma ve T.K.İ O.A.L Çayırhan Müessesesi Aydınlatma Şartlarının Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü

EVALUATION OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS AT BATIÇİM LIMESTONE QUARRIES

Necip TERZİBAŞIOĞLU
Batı Anadolu Cement Factory, İzmir/Türkiye

Halil KÖSE
D.E. U., Mining Eng. Department, İzmir/Türkiye

ABSTRACT: *This study investigates the optimisation of drilling and blasting operations at Batyáim Limestone Quarries. As a result of a large number of blasting operations, the optimum bench height is found to be approximately 15 m and the most suitable burden and spacing are 3.25 m for a drillhole of d= 115 mm (W= 28 d). In addition, the maximum drilling rate is determined to be around 2500 KPa for percussion drilling and 5000 KPa for rotary drilling from the drilling operations carried out by rotary, percussion and rotary - percussion drilling machines.*

BATIÇİM KİREÇTAŞI İŞLETMESİNDE DELME VE PATLATMA ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET: *Bu çalışmada, Batıçim Kireçtaşı İşletmesinde delme ve patlatma işlerinin optimizasyonuna yönelik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda optimum basamak yüksekliğinin 15 m civarında, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe ise d=115 mm delik çapı için W= S= 3.25 m olduğu (W= 28 d) yapılan çok sayıda delme patlatma deneylerinden belirlenmiştir. Ayrıca döner, darbeli ve döner-darbeli delme işlemleri sonucu, maksimum ilerlemenin darbeli delmede 2500 KPa ve döner delmede 5000 KPa civarynda olduğu gözlendi.*

1.INTRODUCTION

Drilling and blasting operations are realised before loading operations for quarrying of limestone. However, there are some limestone quarries which are applied tunnel blasting method (Coyote Hole) for blasting, drilling and blasting operations are done at 15-20 m height benches for requirement of today's modern mining practice. Drilling is done by percussion, rotary or rotary percussion drilling machines and ANFO explosives areq used for blasting. However, slurry is used for wet holes. It is extremely important to obtain good fragmentation and less amount of boulders after blasting, because the limestone which is produced from Batyáim Limestone Quarry is used for cement production and it is crushed before feeding to belt conveyer.So for this reason, good planning and applying of drilling and blasting offer a great benefit.

2. THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE LIMESTONE

(a) The average dry unit volume weight of the grey, dart grey coloured, medium and thick layered, fossiliferous and micritic limestone is 2.67 t/m^3; and its water-saturated unit weight is 2.68 t/m^3, its absorption by volume is 1.24 %, with its is 1.25 % porosity (İ.T.Ü. MJKM, 1993).

(b) The average dry unit volume weight of the light grey, white coloured, in places extensively fractured with disordered bedding sparitic limestone is 2.57 t/m^3, water-saturated unit weight of it is 2.61 t/m3, its absorption by volume is 3.93 %, with it is 3.94 % porosity.

(c) The average dry unit volume weight of the grey coloured, at places siliceous and rather hard limestone is 2.63 t/m^3, water-saturated unit volume weight is 2.66 t/m^3, its absorption by volume is 2.63 % and the porosity of it is found to be 2.64 %.

3.THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE LIMESTONE

Therefore, uniaxial compressive strength and indirec tensile strength tests conducted on several samples taken from the cores various levels of the 7 drillholes drilled at the vicinity of the quarry. Test results are given in Table 1.

Table 1. Mechanical Properties of Limestone

Mech. Prop. Values	σ_C *MPa*	σ_T *MPa*	*E x 10^3 MPa*	ϕ (°)	*RQD*
MAXIMUM	138.10	8.30	17.55	60	45
MINIMUM	20.50	2.40	3.45	52	25
AVERAGE	50.45	4.18	8.02	58	35

σ_C : Compressive strength
σ_T : Tensile strength
RQD : Rock quality degree
ϕ : Internal friction angle

4. DRILLING

Drilling is made by means of two Böhler TCD221 drilling machines is Batıçim Limestone Quarry. Physical and mechanical properties of limestone are changed according to its SiO_2 and MgO contents. This variation influences the drillability of limestone is drilled by percussion drilling method and soft limestone is drilled by rotary drilling method. Some drilling machines are used for both drilling methods but drilling units are changed only for different drilling methods. The thrust and drilling rate values of rotary drilling change between 2500 KPa and 8000 KPa, 40 cm/min and 80 cm/min respectively. As seen from Figure 1, the thrust and drilling rate values of rotary drilling change between 1500 KPa and 3000 KPa, 15 cm/min and 45 cm/min respectively. The depth of holes are 15-22 m and diameter of holes are 115 m. The drilling rate increases by increasing of thrust and drilling rate reaches peak value which is 45 cm/min when thrust is 2500 KPa. Drilling rate decreases after reaching peak value. If percussion drilling method is applied the proper thrust changes between 2200 KPa and 2700 KPa for this type of limestone. As seen from characteristic curve of rotary drilling method, the drilling bit penetrates the rock at 1000 KPa. In other words, critical thrust which is defined as that the starting point of the penetration is 1000 KPa for this type of rock. The drilling rate increases with increasing thrust and it reaches 64 cm/min peak value at 6000 KPa thrust. The proper thrust of rotary drilling changes between 5000 KPa and 7000 KPa for this type of limestone.

5. BLASTING

5.1. Blast Hole Design

5.1.1. Blast Hole Diameter

Blast hole diameter is one of the most important factor that effects uniformity of bench slope and size of broken pieces of rock after blasting. Good fragmentation is not obtained everytime by increasing the quantity of specific charge more than its necessary (explosive gr/ore ton). The best method of obtaining small size fragmentation is done with increasing length of blast hole corresponding to unit volume. Another advantage of choosing small hole diameter in quarries which is near the residential quarters is reduced ground vibrations caused from blasting Increasing the cost of drilling and blasting is the most important disadvantage of choosing small blasthole diameter.

Balancing this relationship and determining suitable blast hole diameter is so important. The blast hole diameter for the quarry which has been studies is chosen 115 m (4 1/2"). The relation between blast hole diameter and bench height is given in Figure 2. As the bench height is about 20 m, the blast hole diameter which is more than 95 mm is sufficient. 115 mm blast hole diameter which is applied in this quarry suits to bench height.

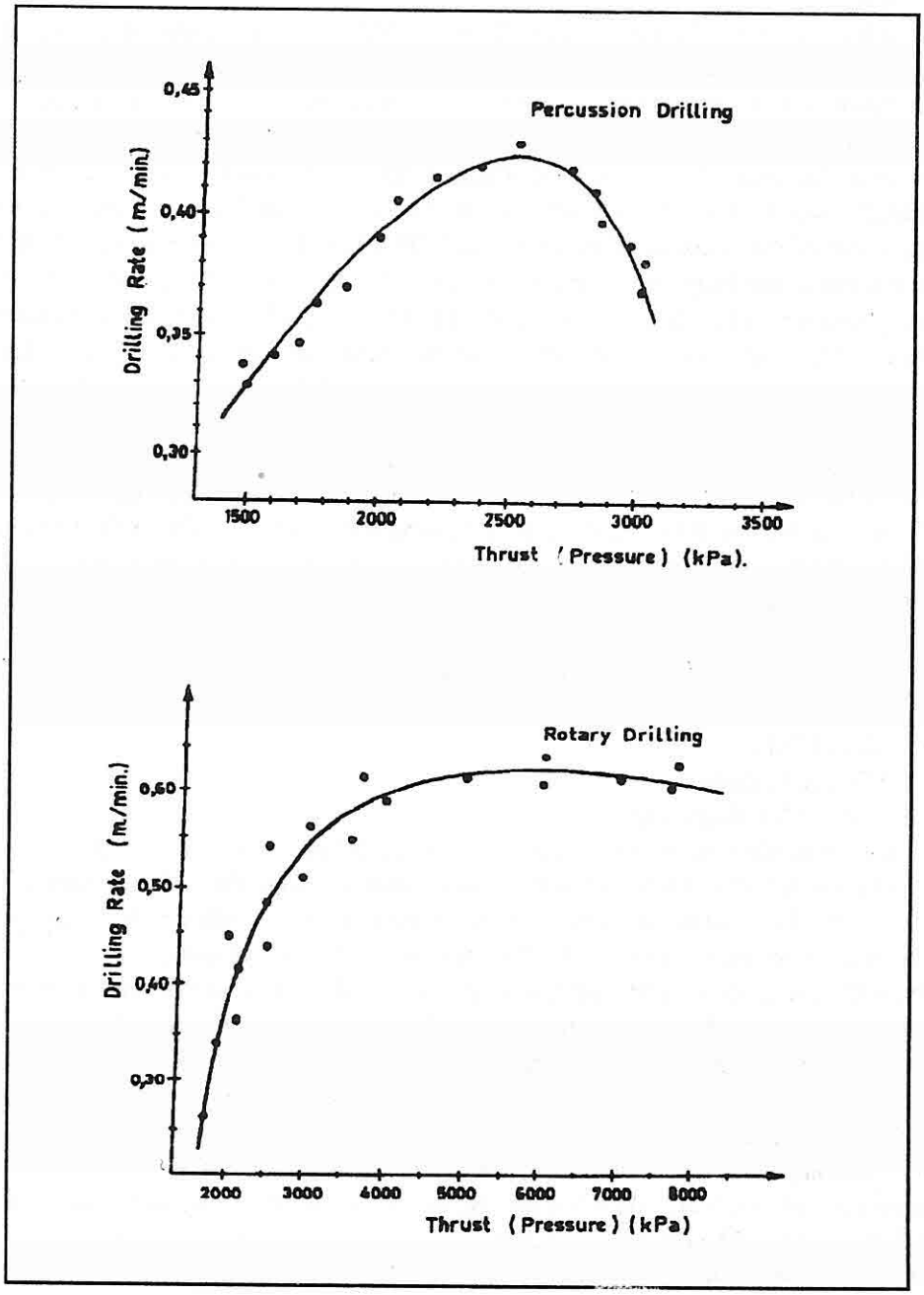


Figure 1. Relation Between Drilling Rate and Thrust for Percussion and Rotary Drills

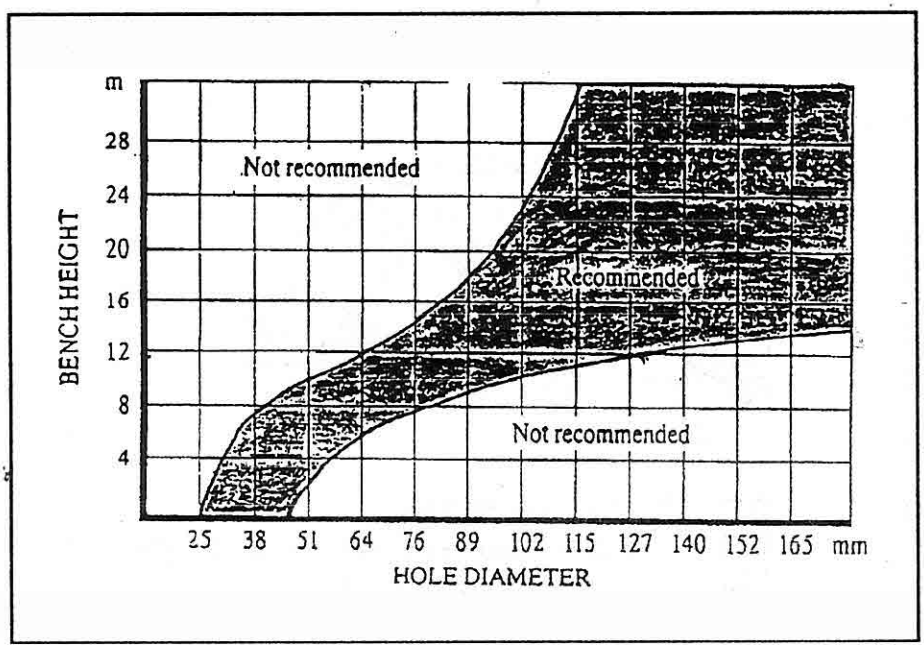


Figure 2. Relation Between Blast Hole Diameter and Bench Height

5.1.2. Inclination of Blast Hole

Blast holes have been drilled vertically. Because drilling machine which is used in the quarry can not drill inclined hole. Although the vertical drilling is more simple and easier it is not used whole blasting energy of explosive. Some part of energy causes ground vibrations and also the other part of it causes the damage of the lower bench and back of slope face.

However in inclined blast holes slope face area that is effected from shock waves are large. As seen from Figure 3, fracture in inclined hole blasting is more homogeneous that is why less amount of boulders occur. On the other hand the inclination of inclined blast hole should be carefully controlled and also prevent from deviation of proposed inclination. This factor is more important for studying benches with 20 m height. In spite of advantages of inclined blast holes which are explained before, the blast holes have been drilled vertically because of only vertical drilling can be done with existing drilling machines and simple charging and easiness of vertical drilling.

5.1.3. Burden and Spacing

Burden is one of the important factor effected for having a good result of drilling and blasting in open pits. Burdenq should be chosen such like that whole energy of

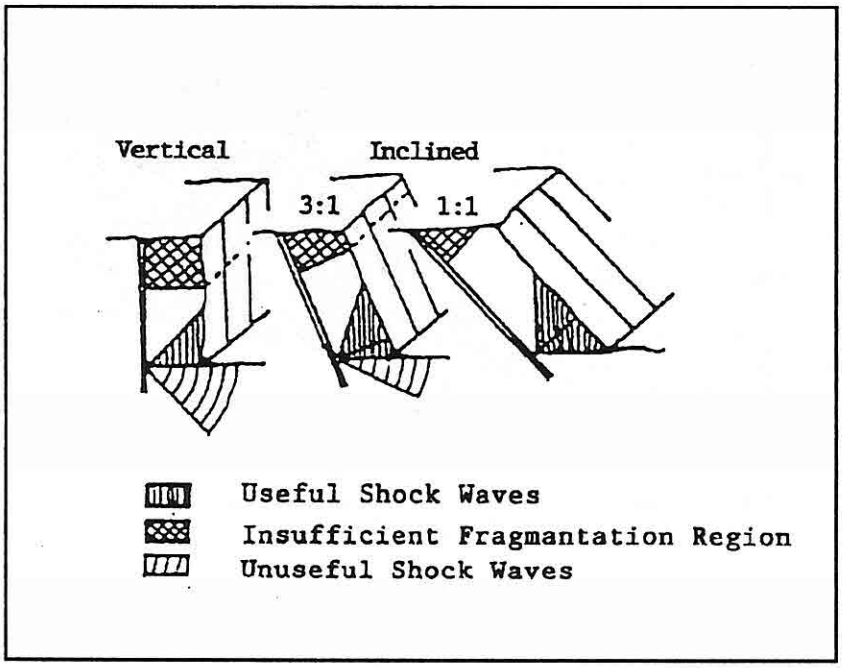


Figure 3. The Area Affected from Shock Waves of Vertical and Inclined Blast Holes

explosive gases should be used for rock fragmentation until they spread out to the atmosphere. If burden is chosen small, cracks which are set up by means of pressure reach to the slope face and gas spreads out from these cracks and by reason of this gas may not use the whole energy. When the burden is chosen large the fragmentation is insufficient because of the amount of huge burden. In that case, energy waves that impact to the back will cause ununiform and instable of a new slope face which will occur after blasting.

There are some different kinds of suggestion and formulas related with burden. Tamrok (Tamrok, 1984) and Hagan (Hagan, 1983) explain the most suitable burden formula as,

$W = 25\text{-}40\ d$ (Tamrok, 1984) (Gustafsson, 1981)
$W = 20\text{-}35\ d$ (Hagan, 1983)

where;
W: Burden (m)
d: Diameter of borehole (m)

Blast of hole diameters are 115 m in the studied quarry. Hence, suitable burden according to Tamrok for 115 mm diameter is between 2.9-4.6 m and according to Hagan, it changes between 2.3-4.0 m. For 115 m diameter, burden is suggested to best between 2.3-4.6 m. Burden is changed between 3-4 m (3.0, 3.25, 3.75 and 4.0 m) and results are evaluated in this investigation. The ratio of burden and spacing (W/S) for test has taken 1. Because previous tests showed that good results was obtained when this ratio close to 1.

During the investigation boreholes are blasted in a triangle pattern and two rows and the number of boreholes for each round changed between 26-44. Millisecond delay detonators are used for blasting investigation. In this investigation 15 blasting rounds are made and photos of blasted materials have been taken and the size of broken pieces of rock after blasting is evaluated with the method of photogramatic (Vogt, 1990). The results of this investigation is given in Table 2. and Figure 4.

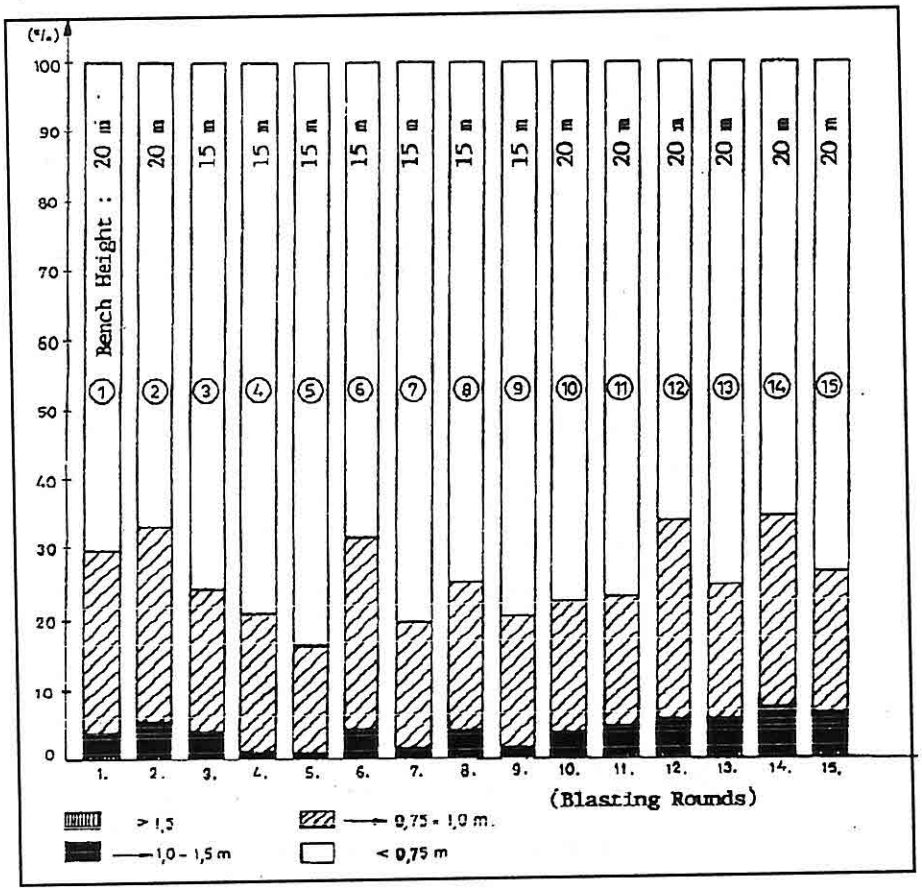


Fig.4. Distribution of Fragmentation Percentages.

Table 2. Results of Various Blasting Rounds (after Terzibaşıoğlu, 1993)

Blasting Round Number	Burden & Spacing	Bench Height	Specific Charge	Fragmentation	The Number of Boulders >1 m (%)	Presence of toe at Bench	Evaluation on over 10 Value	Bench Face Condition After Blasting	Explanation
1	3 m x 3 m	20 m	217 gr/ton	Average	3.5	No toe	6	Uniform	Good Blasting in general.
2	3 m x 3 m	20 m	202 gr/ton	Average	5.5	Toe exist	6	Generally	Low efficiency of blasting because of fractured formation
3	3 m x 3 m	15 m	262 gr/ton	Good	4.0	No toe	8	Uniform	No fracture. Good blasting
4	3.25 mx3.25m	15 m	195 gr/ton	Excellent	1.0	No toe	10	Uniform	Good blasting.
5	3.25mx3.25 m	15 m	147 gr/ton	Excellent	1.0	No toe	10	Uniform	Good blasting.
6	3.25m x3.25m	15 m	196 gr/ton	Insufficient	4.5	No toe	4	Non-uniform	There are limestoneboulders in soft zone. Insufficient blasting.
7	3.25mx3.25 m	15 m	212 gr/ton	Excellent	2.0	No toe	10	Uniform	Good blasting.
8	3.25mx3.25 m	15 m	201 gr/ton	Insufficient	4.5	No toe	4	Non-uniform.	Low efficiency of blasting because of fractured limestones
9	3.25m x3.25m	15 m	193 gr/ton	Excellent	2.0	No toe	10	Uniform	No breakage in formation, good blasting.
10	3.75mx3.75 m	20 m	220 gr/ton	Average	6.5	Big to exist	2	Non-uniform.	Fractured.
11	3.75 mx3.75m	20 m	215 gr/ton	Average	6.0	Toe exist	2	Non-uniform.	Semi- fractured formation.
12	3.75m x3.75m	20 m	220 gr/ton	Average	5.5	Toe exist	4	Non-uniform.	Semi-fractured formation.
13	4.0m x 4.0m	20 m	218 gr/ton	Average	6.0	Toe exist	4	Non-uniform.	Semi-fractured formation.
14	4.0m x 4.0m	20 m	200 gr/ton	Average	5.0	No toe	4	Non-uniform.	Semi-fractured formation.
15	4.0mx 4.0m	20 m	210 gr/ton	Average	6.5	No toe	4	Non-uniform.	Semi-fractured formation.

In that case two important factor effecting the fragmentation in blasting (except rock characteristic) are observed. First one is bench height and second one is burden. In experiments consumption of unit explosive amount in whole blasting round are equal to each others approximately.

The relation between bench height and borehole diameter which is shown in Figure 2 shows that suitable bench height is between 10-30 m for 115 mm hole diameter. The best result (good fragmentation) are obtained between 10-13 m of bench height. As bench heights are more than 20 m insufficient results are obtained from blasting.

Most suitable burden and spacing are 3.25 m and 3.25 m respectively in the investigation. So it equals to W= 28 d. Burden according to Tamrok is W=25-40 d and burden according to Hagan is W= 20-35 d so 3.25 m burden is suitable to both but more to Hagan.

In this quarry, the most proper bench height is 15 m approximately and most proper bench is 3.25 m for 115 mm hole diameter. The ratio between burden and spacing may be considered 1.

6. CONCLUSIONS

A large number of drilling and blasting experiments have been carried out towards identifications of design parameters at Batıçim Limestone Quarries and the following results have been obtained: The optimum bench height of approximately 15 m is suitable. The most suitable burden and spacing may be selected as 3.25 m for a drillhole of d= 115 mm (W= 28 d). The burden/spacing ratio (W/S) of 1 may be sufficient. The maximum drilling rate is determined to be around 2500 KPa for percussion drilling and 5000 KPa for rotary drilling from the drilling operations carried out by rotary, percussion and rotary-percussion drilling machines.

7. REFERENCES

Gustafsson, R.,1981. "Blasting Technique." Buchdruckerei und Zeitungsverlag Karl Otto Karner, Vienna.

Hagan, T.N., 1983. "The Influence of Controllable Blast Parameters on Fragmentation and Mining Costs." 1st Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting. Volume 1, pp 31-50; Lulea, Sweden.

İ.T.Ü.,MJKM.,1993. "Batıçim A.Ş. Palamutlu Sırtı ve Dolayı Kireçtaşı Hammaddesi Araştırma Raporu." İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İstanbul.

Konya, C.J., 1979. "Proceeding of the Fifth Conference on Explosives and Blasting Technique." Society of Explosives Engineers, Missouri.

Tamrok., 1984. "Drilling and Blasting." Finland.

Vogt,W.,1990. "Korngrîssenbestimmung bei Gewinnungssprengungen im Tagebau." Nobel Hefte 3/4, Deutschland.

Terzibasyodlu, N.,1993. "Determination of Geotechnological Evaluation Criteria for Planning Cement Industry Limestone Quarries." Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitisü, İzmir.

LİNYİTLERİN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ahmet YAMIK
S.D.Ü., Maden Böl., Isparta / Türkiye
Islam MUSTAFAEV, Nigar GULİYEVA
Azerbaycan Bil.Akad.Rdysyon Arş.Böl., Bakü / Azerbaycan
Ata AKÇIL
S.D.Ü., Maden Böl., Isparta /T ürkiye

ÖZET: *Türkiye'nin Yatağan, Rusya'nın Kansk-Açinsk havzalarından alınan linyit örneklerinin moleküler yapısı, paramagnetizması, radyasyon ve termik dayanıklığı; Infrared-Spektroskopi, Derivatografi, Elektron-Spin Rezonans ve Kromatografi yöntemleri ile araştırılmıştır. Araştırmalardan, Kansk-Açinsk linyitlerinin metamorfizma derecesinin Türkiye Linyitlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları, linyitlerin polimerik yapısına bağlı olarak yorumlanmıştır.*

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LIGNITES

ABSTRACT: *Molecular structure, paramagnetism, radiation and thermic resistivity of lignite samples taken from Yatagan-Turkiye and Kansk-Acinks-Russian were investigated by Infrared spectroscopy, Derivatography, Electrone-spin resonans and Chromatography. From this research, it was found that metamorphism degree of Kansk-Acinsk Lignite was greater than that of Yatağan Lignite. Experimental results were explained by polimerical structures of lignites.*

1. GİRİŞ

Kömür teknolojisinin gelişimi, kömürden değerli kimyasal ürünlerin ve yakıtların üretilmesi işlemlerinin optimum düzeye getirilmesi; kömürün yapısının, reaksiyon aktivitesinin ve diğer fiziko-kimyasal özelliklerinin incelenmesini gerekli kılmaktadır. Kömürlerin yapısının ve içeriğinin kompleks olması nedeniyle, özelliklerinin incelenmesinden elde edilen sonuçlar, gerek nicelik ve gerekse nitelik bakımından her zaman birbiriyle uyum içinde olmamaktadır. Bu türlü araştırmalarda, kömür teknolojisinin temel prensiplerinin belirlenmesinde kullanılan sonuçların güvenilir olması için bir çok bağımsız yöntemin uygulanması gerekmektedir. Çeşitli yöntemlerle elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla, daha ayrıntılı bilgiler almak mümkündür. Kömürlerin moleküler yapısının incelenmesinde fiziko-kimyasal yöntemlerin uygulanmasıyla, onun içeriğinde bulunan organik kısımların özellikleri ve miktarı hakkında daha hassas bilgiler alınabilmektedir. Bu yüzden özellikle, kömür yapısını bozmayan yöntemler daha önemlidir. Kömürleri yapısının parçalanmadan araştırılması, incelenmesi, belirli teknolojik işlemler için kömür türünün ve teknolojik şartların seçilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Yatağan ve Rusya'nın Kansk-Açinsk (Nazarovskoye) linyit havzalarından alınan örnekler fiziko-kimyasal yöntemlerle araştırılarak bu linyitlerin bazı özellikleriyle ilgili bulgular Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. İncelenen Linyitlerin Özellikleri

ÖZELLİKLER	ÖRNEKLER				
	Nem, %	**Uçucu madde, %**	**Kül, %**	**Kükürt, %**	**Q, MJ / Kg**
Kansk-Açinsk	37.0	47.0	13.0	0.6	13.6
Yatağan	38.0	35.0	22.2	4.1	20.5

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda, anılan bölgelerden alınan kömür örneklerinin moleküler yapısı, magnetizması, termik özellikleri ve radyasyon miktarı gibi özellikleri çeşitli cihazlarla araştırılmıştır.

2.1. Örneklerin Moleküler Yapısının İncelenmesi

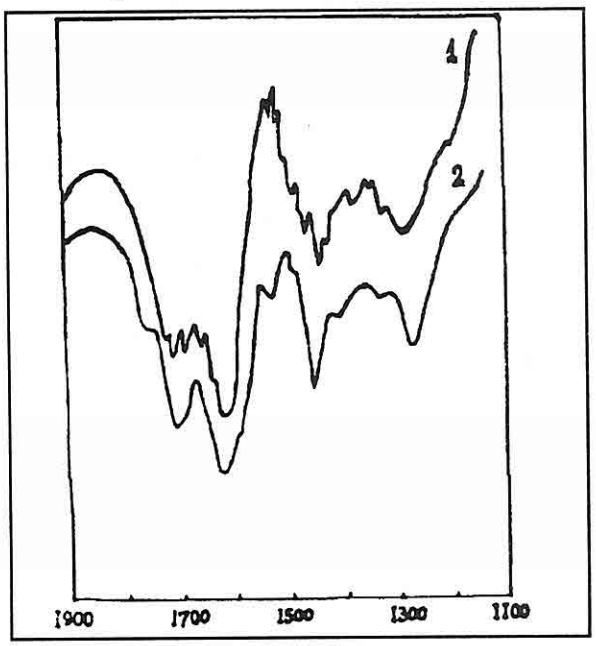
Linyitlerin moleküler yapısının incelenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi infrared spektroskopi (IR) yöntemidir. Bu yöntem vasıtasıyla, linyitlerin organik kısmındaki çeşitli moleküler grupların durumu, kimyasal bağların ısı ve yoğunluğu, bu gruplardaki aromatik ve alifatik yapıların oranları belirlenmektedir.

Kömürlerdeki CH_2, CH_3, COH, CO ve diğer grupların titreşme ve dönme hareketleri için gerekli olan enerji (ε<1ev) elektromanyetik dalga spektrumunun infrared aralığına (100-5000 cm^{-1}) düşmektedir. Uygun dalga boyunda ışınlar absorplanmakta ve absorpsiyon miktarı grupların yoğunluğunu belirlemektedir. Bu prensip esasına göre çalışan IR-spektroskopi yöntemi katı, sıvı ve gaz maddelerin moleküler yapısını araştırmak için uzun yıllardan beri kullanılmaktadır.

Fridel ve Kasatoçkin kömürlerin IR-spektroskopi yöntemi ile araştırılmasına yönelik çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların sonucu olarak, IR - ışının absorpsiyon spektrumundaki piklerinin doğru olarak belirlenmesi için standartlar tayin etmişlerdir.

Bu standartlar Çizelge 2'de verilmiştir. Linyitlerin yapısının IR-spektroskopi yöntemi ile incelenmesinde ilk kez bizim çalışmalarımızda matriks malzemesi olarak termoplastik cam kullanılmaya başlanmıştır (Reklamniy prospect SSSR,1983; Mustafaev ve diğ.,1993). Bu malzemenin kullanılmasıyla yüksek basınç uygulama zorunluluğu olmamakta, mekanik - kimyasal reaksiyonlar oluşmamakta ve IR-spektrumunda yanıltıcı pikler görülmemektedir.

Türkiye ve Rusya yataklarından alınan linyit örneklerinden 1.5-2.5 mg alınarak termoplastik cam ile birlikte peletler hazırlanmış ve "Spekord-71" IR-cihazında V=1000-2000 cm^{-1} arası spektrumlar alınmıştır. Her iki örnekten alınan spektrumlar Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu spektrumlarda meydana gelen piklerin, hangi kimyasal bağlara ait olduklarını belirlemek için, Çizelge 2' deki sonuçlardan ve yapılan diğer çalışmalardan yararlanılmıştır (Fridel, 1970; Kasatoçkin ve diğ., 1975).



Şekil 1. Kansk-Açinsk (1) ve Yatağan (2) linyitlerinin infrared spektrumları

Çizelge 2. Kömürlerin İnfrared Spektrumundaki Karakteristik Pikleri

	Dalga sayısı (cm^{-1})	Titreşimler
1.	3030 aşağıdaki doğal sayıları ile birlikte	Aromatik çembere bağlı CH grubunun valent titreşmesi; çevresinde H atomu olan CH grubun deformasyon titreşmesi.
	770 - 735	Çevrede 4 H atomu
	810 - 750	Çevrede 3 H atomu
	860 - 800	Çevrede 2 H atomu
	900 - 860	Çevrede 1 H atomu
2.	2850, 2870, 2900	Alifatik CH_2 ve CH_3 grubların valent titreşmesi.
3.	1600	C=C grubunun valent titreşmesi, hidrojen bağları ile birleşen hinonlarda C=0 grubunun valent titreşmesi.
4.	1440	CH_2 ve CH_3 alifatik grubların deformasyon titreşmesi.
	1380	Aromatik çemberlerde C=C grubunun valent titreşmesi.
5.	1725 - 1700	Doymuş alifatik asitlerde C=0 grubunun titreşmesi.
6.	1700 - 1680	Aromatik asitlerde C=0 grubunun titreşmesi.
7.	1440 - 1395	Karbon asitlerde ve aromatik basit eterlerde C-O grubunun valent titreşmesi; karbon asitlerde O-H grubunun deformasyon titreşmesi.
8.	1410 - 1340, 1200	Fenollerde C-O grubunun valent titreşmesi.
9.	1030 1080 1150	C-O grubunun valent titreşmesi; alkolde OH grubun deformasyon titreşmesi; alifatik basit eterlerde CO grubunun valent titreşmesi.
10.	3300	Fenollerde ve hidroferoksitlerde OH grubunun valent titreşmesi; aminlerde NH grubunun valent titreşmesi.

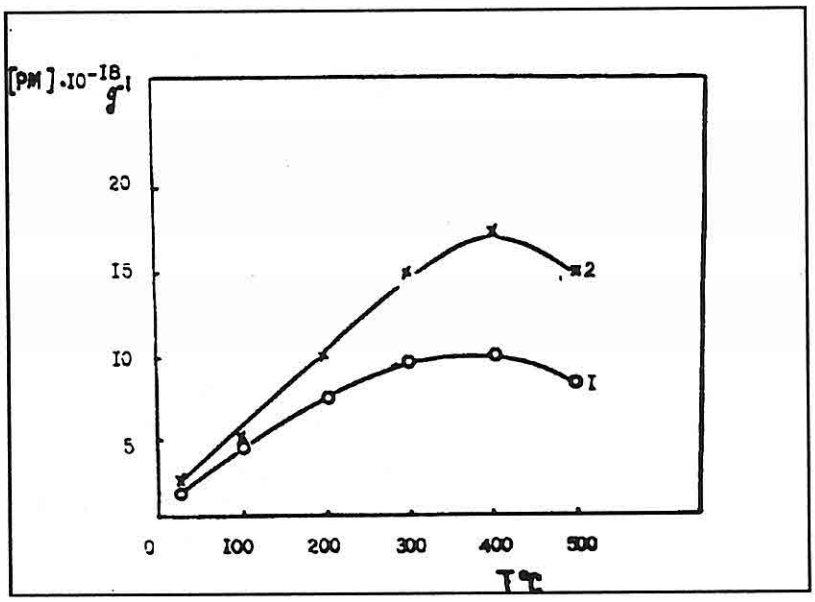
Her iki spektrumda, -0-C- grubuna karşılık gelen V_1=1250 cm^{-1}; CH_2, CH_3 alifatik grubuna karşılık gelen V_2= 1380-1500 cm^{-1}; C= 0, -O-H gruplarına karşılık gelen V_3= 1430-1460 cm^{-1} ve C=0 grubuna karşılık gelen V_4= 1680-1700 cm^{-1} dalga boyunda pikler görünmektedir. Elde edilen pikler, linyitlerin yapısını karakterize etmekle birlikte bu linyitlerin alifatik hidrojen ve oksijen bakımından zengin olduğunu göstermektedir. V_1= 1700±30 cm^{-1}, V_2= 1470±30 cm^{-1} ve V_3= 1280±30 cm^{-1} dalga boyunda piklerin yoğunluğu Yatağan linyitlerinde daha yüksek olmaktadır.

2.2. Örneklerin Paramagnetizmasının İncelenmesi

Bu grupta yapılan deneylerde, Elektron-Spin Rezonans (ESR) yöntemi kullanılarak, malzeme içindeki paramagnetik merkezlerin (PM) konsantrasyonu ve özellikleri incelenmiştir. Magnetik alan etkisi ve radyo dalgalarının etkisi sonucunda serbest radikaller radyo dalga enerjisini yoğun olarak absorplayabilirler. Bu rezonans absopsiyonu, magnetik alan şiddetinin ve radyodalga uzunluğunun belli bir değerinde oluşmaktadır ve sonuçta çeşitli şartlarda elde edilen spektrumların (pik değerlerinin) şekline ve absorpsiyon şiddetine (g,H) bağlı olarak kömürün bünyesindeki serbest radikaller (oluşumlar) karakterize edilebilmektedir.

Paramagnetik özelliği olan serbest radikaller, kimyasal reaksiyonlarda önemli rol oynamaktadırlar. Serbest radikallerin konsantrasyonunun değişim kinetiği incelenerek, onların kimyasal reaksiyonlardaki rolünü açıklamak ve bu reaksiyonları yönlendirmek mümkün olmaktadır. Kömürlerin reaksiyon aktivitesi ile paramagnetizması arasındaki ilişkilerin mevcudiyeti deneysel olarak kanıtlanmıştır (Mustaev ve diğ.,1988). Bu nedenle kömürlerin çeşitli proseslerde, reaksiyon aktivitesini tayin etmek için ESR yöntemi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Retcofsky ve diğ.,1982;Petrakis ve diğ.,1983). Bu çalışmada Yatağan ve Kansk-Açinsk linyitlerinin paramagnetik özellikleri PE-1306 Spektrometresi kullanılarak, Retcofsky Yöntemi ile araştırılmıştır.

Yatağan linyitinden alınan örnekler üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilen spektrumda serbest radikallerin konsantrasyonu (PM)= 1.8 x 10^{18} g^{-1}; g= 2.0024; ∂H= 0.26 mTL; Kansk-Açinsk linyiti için bu rakamlar (PM)= 2.4 x 10^{18} g^{-1} ; g= 2.0024; ∂H=0.22mTL'ye eşittir. Görüldüğü gibi spektrumların karakteristi 180185Σe parametreleri birbirine benzemektedir. Her iki örnekte ısı etkisi ile PM konsantrasyonu değişmektedir. Şekil 2' de görüldüğü gibi linyitler inert ortamda 400°C sıcaklığa kadar ısıtıldığı zaman, PM konsantrasyonu Kansk-Açinsk linyitinde $(PM)_1$=2.4 x10^{18} g^{-1} den 17x10^{18} g^{-1} kadar, Yatağan linyitinde ise $(PM)_2$= 1.8x10^{18} g^{-1} den 10x10^{18} g^{-1} kadar artmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklarda PM konsantrasyonu düşmeye başlamaktadır. Bu özellik linyitin yapısında termik etki ile oluşan parçalanmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Inert ortamda sıcaklığın Yatağan (1) ve Kansk-Açinsk (2) linyitlerinde paramagnetik merkezlerin konsantrasyonuna etkisi

2.3. Örneklerin Termik Özelliklerinin İncelenmesi

Linyitlerin gazlaştırma, koklaştırma, sıvılaştırılması vb. yöntemleri termik etki ile ilgilidir. Bu nedenle, linyitlerin termik davranışlarının araştırılması önem taşımaktadır. Termik özelliklerin araştırmasında "derivatografi" yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Bürküt ve diğ.,1991; Mustaev ve diğ.,1985). Bu yöntemde; hassas terazi üzerine yerleştirilen kroze içine konulan 0.5-2 gram kütleli linyit, inert ortamda 1000°C sıcaklığa kadar 5-10°C/dk hızla ısıtmaktadır.

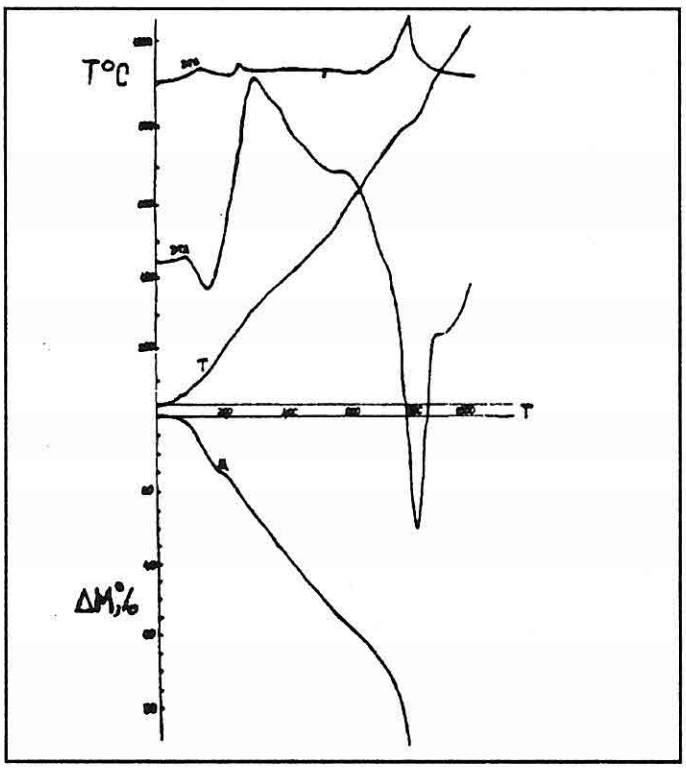
Isı etkisi ile parçalanmaya başlayan linyitin kütlesinin azalması (δm), azalma hızı (DTG), bu sırada oluşan endotermik ve ekzotermik reaksiyonlar (DTA) ve sıcaklığın zamana bağlı olarak yükselmesi (δT), gibi parametreler cihazdan elde edilen bilgi grafiğinden okunabilmektedir (Bürküt ve diğ.,1991;Smutkina,1983).

MOM (Macaristan) firmasının ürettiği derivatografla Yatağan, Soma ve Kansk-Açinsk linyitleri üzerinde yapılan araştırmalar, kütle kaybının dört sıcaklık aralığına ayrıldığını göstermiştir. Örneğin; Yatağan linyiti için alınan derivatogram Şekil 3'de verilmiştir. Buradan sıcaklığa bağlı olarak, T(1)= 100-300°C ' de nemin ve gazların ayrışmaya başladığı, T(2)= 300-650°C'de organik kütlenin bozulması ve yoğun gaz oluşma reaksiyonlarının oluştuğu, T(3)=650-750°C organik kütlenin yapısının değiştiği, T(4) > 750°C'de mineral bileşenlerinin parçalandığı görülmektedir.

DTA eğrisinde görülen T(1)= 150-170°C sıcaklığında, reaksiyonun ısı alarak nemin

ayrıldığı; T(2)= 350°C sıcaklığında,ısı vererek polikondensasyon proseslerinin oluştuğu; T(3)= 800°C sıcaklıklarda ise tekrar ısı alarak mineral kısmın parçalanmaya başladığı prosesleri göstermektedir. Rusya linyitinde T(3) = 800°C sıcaklıkta minerallerin parçalanmasına bağlı olan reaksiyonlarda ısı alma durumu görülmemektedir. Grafikten görüldüğü üzere (DTA), organik kütlenin parçalanması T= 300°C sıcaklıkta başlamakta ve T= 300-600°C arası maksimum hıza ulaşmaktadır.

DTG eğrisinde, T(2)= 800°C sıcaklığı mineral kısmın parçalanması prosesini göstermektedir.



Şekil 3. Yatağan linyitinin derivatogramı

2.4. Radyasyon Miktarı

Linyitlerdeki radyasyon miktarının araştırılması, hem fiziko-kimyasal ve teknolojik olarak, hem de jeolojik bakımdan önemlidir.

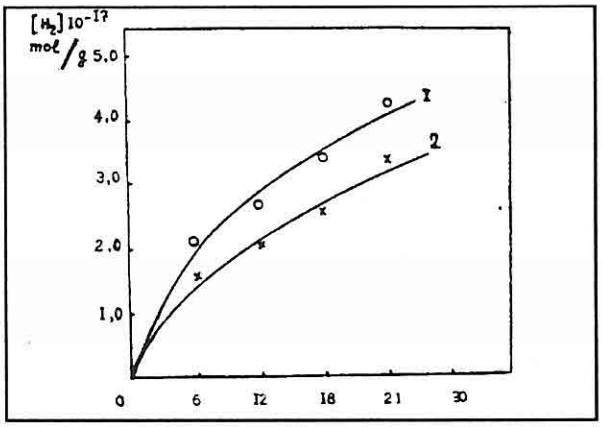
Linyitlerin radyasyon - kimyasal teknolojisi yöntemiyle, fiziko - kimyasal özelliklerinin belirlenmesi (Mustaev, 1992; Dzantiev, 1990), yani bitki kalıntılarının kömürleşmesinin ve kömürlerin metamorfizma derecesinin saptanması mümkündür (Kalyazin, 1990). Türkiye linyitlerinde radyasyon kaynağı olan uranyum miktarı geniş bir aralıkta (3-265 ppm) değişmektedir (Kural, 1991). Çeşitli linyit örnekleri, radyasyon

- kimyasal proseslerle incelenerek, linyitlerin metamorfizmasındaki radyasyonun rolü belirlenmiştir.

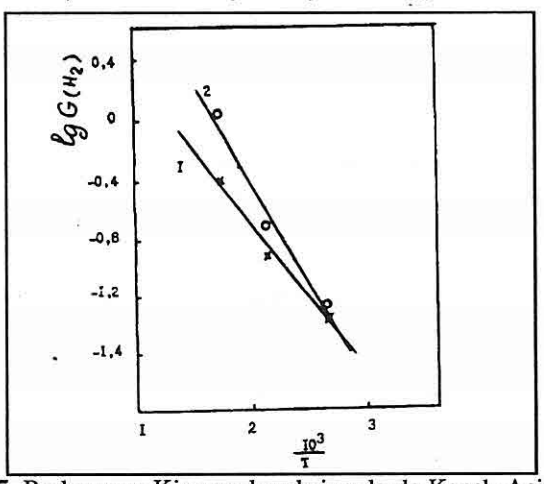
Bu çalışmada, Yatağan ve Kansk - Açinsk linyitlerinin gama-ışını etkisi ile parçalanma proseslerinde hidrojenin oluşum mekanizması araştırılmıştır. Şekil 4'de hidrojen oluşum kinetiği gösterilmiştir. Bu eğrilerden hesaplanan hidrojenin oluşum enerjisi, Yatağan linyiti için $G(H_2)$= 0.06 mol/100 ev, Kansk - Açinsk linyiti için ise $G(H_2)$ = 0.049 mol/100 ev olarak bulunmuştur.

∂T= 20-300°C arasındaki sıcaklık değişiminin hidrojenin oluşum hızına etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Her iki linyit örneğinde sıcaklığın yükselmesi ile H_2 oluşum hızı artmaktadır.

Aktifleşme enerjisi değeri Yatağan linyiti için E_1= 21.1 KJ/mol, Kansk-Açinsk linyiti için E_2= 18.2 KJ/mol'a eşittir.



Şekil 4. Gama-ışını etkisinde, Yatağan (1) ve Kansk-Açinsk (2) linyitlerinde hidrojen oluşum kinetiği.



Şekil 5. Radyasyon-Kimyasal reaksiyonlarda Kansk-Açinsk (1) ve Yatağan (2) linyitlerinde hidrojen oluşum hızına sıcaklığın etkisi

3. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

*Infrared Spektroskopi cihazında örneklerin incelenmesinden, belirli dalga boyunda, pik yoğunluğunun Yatağan linyitlerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, -CO-, $-CH_2$, $-CH_3$ ve -O-H grupları Yatağan linyitlerinde, Kansk-Açinsk linyitlerinden daha çoktur. Bu nedenle, Kansk-Açinsk linyitinin metamorfizma derecesi yüksektir ve dolayısıyla oksijenli ve alifatik gruplar daha az yer almaktadır.

*Elektron-Spin Rezonans yöntemiyle yapılan araştırmalarda, kömür örneklerinin spektrumlarının karakteristikleri ve parametreleri birbirine benzemektedir. Buradan da örneklerdeki serbest radikallerin kaynakları ve yapılarının aynı olduğu görülmektedir.

*Derivatografi yöntemiyle yapılan araştırmalardan, örneklerdeki kütle kaybının dört sıcaklık aralığına ayrıldığı saptanmıştır.

Bunlardan, Yatağan linyitlerinde termik etki ile 300-650°C arasındaki sıcaklıklarda organik kütlenin parçalandığı, 750°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise mineral bilşenlerinin parçalandığı görülmektedir. Rusya linyitlerinde ise minerallerin parçalanması 800°C'de başlamaktadır.

*Radyasyon miktarının değişiminin incelenmesinden, hidrojen oluşum enerjisi ve hızının Yatağan linyitlerinde Kansk-Açinsk linyitlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çeşitli fiziko-kimyasal yöntemlerin uygulanması ile elde edilen bulgular, Kansk-Açinsk linyitlerinin radyasyon dayanıklılığı ve metamorfizma derecesinin Yatağan linyitlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4. KAYNAKLAR

Bürküt, Y., Kırıkoğlu, S., Suner, F., 1991. Kömürlerin termik özellikleri., Kömür, Ed. Orhan KURAL.

Dzantiev,B.G.,etc., 1992. 5 th Work. Meet. Radiat. Interact., Leipzig-1990 p.99.

Fridel,R., 1970. in "Applied IR-Spectroscopy"., Ed. Kendall,D..

Kasatoçkin,V., Larino,N., Stroeniyei, 1983. svoystva prirodnikh ugley. M. Nedra, 1975. Teknologiya izgotovleniya elementov NPVO; Reklamniy prospect SSSR. Dom optiki, p.8.

Kalyazin, E.P.,etc., 1990. Ibid p.114.

Kural,O., 1991. Editor/ Kömür, Istanbul, p.115.

Mustafaev,I., Tolgonay,V., Guliyeva, 1983. N., Cont. "Fizika-93", Baku 1993, Abstracts, p.25.

Mustafaev,I.,1988. Paramagnetizm and reactiviti brown coal semi-coke, Şb.Aktualniye voprosi preobrazovaniya energiy, Baku, p.32.

Mustafaev,I., Eyubova,N., Melirzade,M., 1985. Azerbaycan Kimya Jurnali, N2, p.30-33.

Mustafaev,I.,Radiation-Thermal methods of coal processing, 4th Inter. Mineral Proc. Symposium., Antalya, Türkiye. c.2, p. 866-876.

Petrakis,L., Grandy,P., Tones,G., 1983. Fuel v 63, p.665-670.

Retcofsky,H.L., 1982. Magnetik Resonance Studies of coals., In coal Science., Ed by Gorbaty M.L., New-York, Academic Press, p.43-80.

Smutkina,Z.S.,etc., 1983. Kimya iverdogo Topliva, N3, 18.

BOR YATAKLARINDAKİ KİLLER İLE BAZI GÜNCEL GÖL SULARINDAKİ LİTYUM'UN VARLIĞI VE DAĞILIMI

Hasan MORDOĞAN
D.E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova/İZMİR
Cahit HELVACI
D.E.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova/İZMİR

ÖZET: *Bu çalışmada, günümüzde teknolojinin değişik alanlarında kullanılan, gelecekte yümsek teknolojinin önemli bir bileşeni olarak stratejik bir madde konumuna sahip olacak olan lityumun ülkemiz doğal kaynakları içindeki varlığı ile dağılımı araştırılmıştır. Çalışmada önce Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet, Kırka borat ve Soma Kömür bölgesi yataklarından 31 adet kil örnekleri ile Acıgöl, Salda Gölü, Yarışçı Gölü, Burdur Gölü, Eğridir Gölü, Tesakan Gölü, Boluk Gölü, Karapınar Acıgöl, Tuz Gölü ve Pamukkale termal su kaynaklarındaki 28 noktadan su örnekleri alınmıştır.*

OCCURENCE AND DISTRIBUTION OF LITHIUM IN THE CLAYS OF BORATE DEPOSITS AND SOME RECENT LAKE WATERS, TURKEY

ABSTRACT: *In this study, the presence and distributuon of lithium, which is used in a variety of applications in current technology and will be a strategic companent in advenced future technology, has been investigated within the scope of some of Turkey's national resources. In this research, 31 clay samples from the Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet, Kırka borate and Soma coal deposits and water samples from 28 points in the Acıgöl, Salda Lake, Yarışçı Lake, Burdur Lake, Eğridir Lake, Tersakan Lake, Boluk Lake, Karapınar Acı Lake, Tuz Lake and Pamukkale thermal water sources were collected.*

According to the analytical results, the lithium values obtained from clays of borate deposits vary between 0.020 and 0.30% Li. The investigated lake water samples contain between 0.30 and 325 ppm Li. These findings indicate that both the waters of Tuz Lake and the clays associated with borate deposits are potential lithium resources and that they may be considered economic in the near future.

1.GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin değişik alanlarında lityum ve bileşikleri kullanılmakta ve önemli her geçen gün artarak stratejik bir madde konumuna gelmektedir. Yüksek güçlü pillerin yapımı, nükleer reaktörlerde ısı transfer ortamı sağlaması ve füzyon reaktörleri için trityum kaynağı olarak kullanılması 2000'li yıllarda lityum ve bileşiklerinin vazgeçilmez maddeler olacağının göstergeleridir.

Ülkemizde bugüne değin lityum ile ilgili yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada lityumun bulunuşu, kullanımı ve üretimi hakkında genel bilgiler verildikten sonra, bor yatakları killeri içindeki ve bazı güncel göl sularındaki varlığı ve dağılımı araştırılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bulunuşu

Doğada iz miktarlarda geniş bir dağılım gösteren lityum birçok kayaçlar, toprak ve doğal sularda bulunmaktadır. Yer kabuğunun ortalama derişimi 20 ppm olup, deniz suyunda 0.18 ppm bulunmaktadır (Bleiwas ve Coffman, 1986; Crozier, 1986). Çok sayıda lityum minerali olmakla beraber en yaygın mineralleri Tablo 1' de gösterilmektedir. Lityum mineralleri farklı jeolojik ortamlarda kolayca değişime uğrayabilir ve böylece killere dönüşebilir. Doğal tuzlu sularda/salamuralarda ve killer içinde yüksek oranda lityum bulunabilir. Hectorit gibi kil mineralleri %0.30-0.60 Li içerirken yüksek alüminalı killer % 0.0.1-0.50 Li içerebilir (Crocker ve diğerleri, 1986).

Tablo 1. Ticari Lityum Mineralleri (Westerberger, 1963; Mordoğan, 1991).

Mineral Adı	Formülü	%Li(Teorik)	% Li (Gerçek)
Ambligonit	$LiAL(PO_4)(OH,F)$	4.73	3.7 - 4.2
Lepidolit	$K_3Li_3Al_3\ (AlSi_3O_{10})\ (OH,F)_4$	Değişik	1.4 - 1.9
Petalit	$Li(AlSi_4O_{10})$	2.26	1.4 - 2.2
Spodümen	$LiAl(Si_2O_6)$	3.73	2.6 - 3.0

Dünyada çıkarılabilir lityum kaynakları toplam 2.1.000.000 ton olarak belirlenmiştir. Tablo 2' den görülebileceği üzere lityumlu killer büyük bir potansiyel oluşturmakta olup, A.B.D.'deki Kuzey Nevada kil yataklarının en büyüklerinden birisi olan McDermitt killerinin 3 milyon ton lityum içerdiği sanılmaktadır (Crocker ve diğerleri, 1986).

Tablo 2. Tahmin Edilen Lityum Kaynakları (Crozier ve diğerleri, 1986)

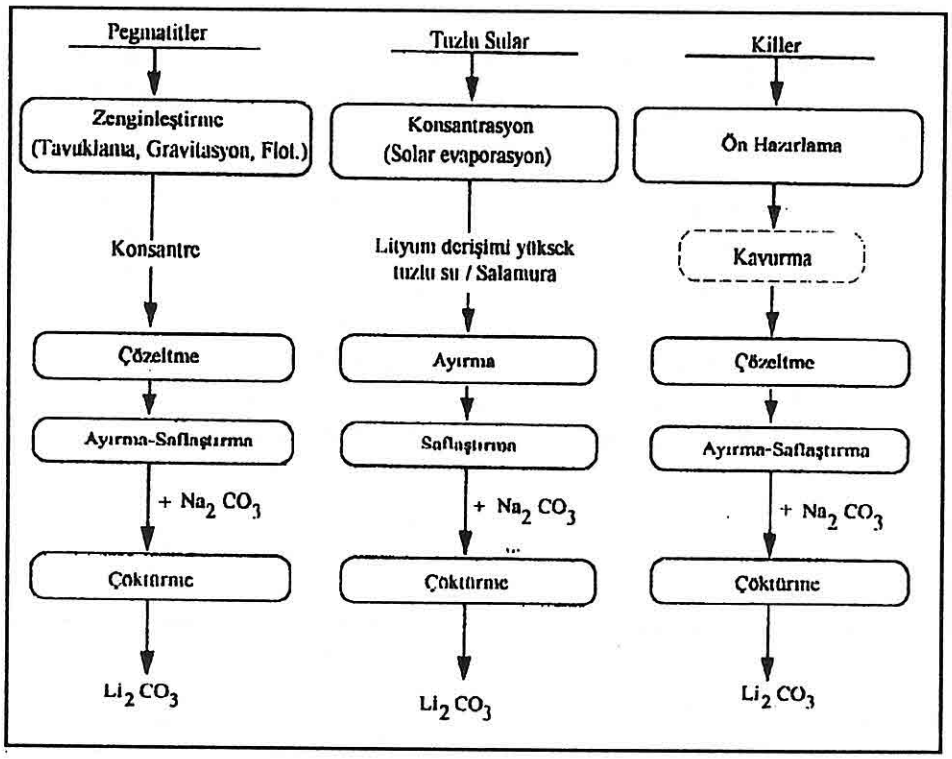
Tipi	Üretici	Yer	Rezerv (Mt)
Pegmatitler	Lithium Corp.Of America	ABD (K.Karolina)	0.3
	FooteMineral	ABD (K.Karolina)	0.2
	Greenbushes Tin	Avustralya	1.0
	Diğerleri		6.1
	Toplam		7.6
Tuzlu sular,	Salar de Atacama	Şili	4.4
salamuralar	Salar de uyuni	Bolivya	5.5
	Foote Mineral, Silver Peak	ABD (Nevada)	0.1
	Jeotermal tuzlu sular	ABD (Kaliforniya)	4.0
	Toplam		14.0
Killer	(Hectoritler)	ABD	15.1
	Genel Toplam		36.7

2.2. Kullanım Alanları

Geniş kullanım alanlarına sahip olan lityum, lityum mineral konsantreleri, lityum kimyasalları ve lityum metali olmak üzere 3 şekilde pazarlanır. Spodümen, petalit, ambligonit ve lepidolit gibi mineral konsantreleri düşük genleşme gösteren seramik bir cam imalinde, sır ve kaplamalarda kullanılmaktadır. Lityum kimyasalları seramik, alüminyum üretimi, ilaç sanayii ve yağlayıcı üretiminde kullanılırken, lityum metali piller, uzay araçları alaşımları, lastik ve füzyon enerjisi alanlarında tüketilmektedir (Mordoğan, 1991).

2.3. Üretimi

Bugünkü ticari üretim için başlıca kaynaklar lityumlu pegmatitler ve tuzlu sular/salamuralardır. A.B.D. ve Şili'de her iki kaynaktan, Avusturalya, Zimbabve, Çin ve Rusya'da yalnız cevherlerden üretim yapılmaktadır. Dünya üretiminin % 40'ı tuzlu su/salamuralardan sağlanmakta olup, % 20'lik payla Şili'deki Salar de Atacama en büyük kaynağı oluşturmaktadır. Buna ilaveten büyük bir potansiyel oluşturan lityumlu killerden üretim için ekonomik yöntemler geliştirilmektedir (Croker ve diğerleri, 1986). Şekil 1' de çeşitli kaynaklarda lityum üretimleri şematik olarak gösterilmiştir.



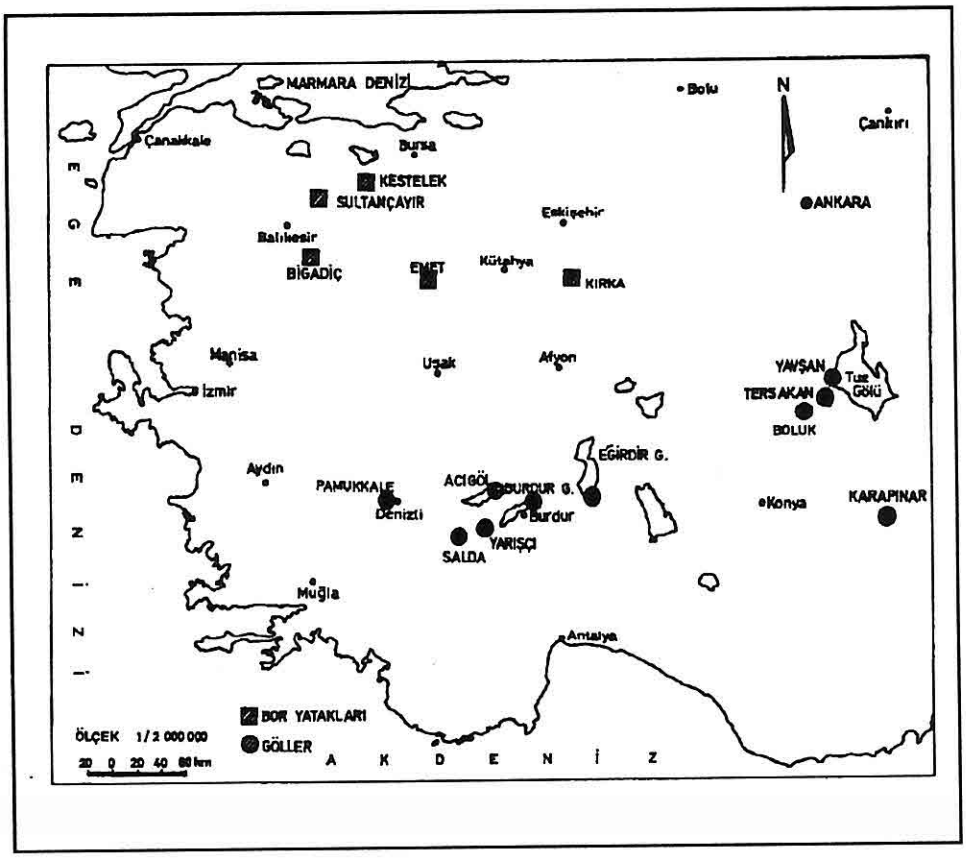
Şekil 1. Değişik Kaynaklardan Lityum Karbonat Üretimi.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Malzeme ve Yöntem

Deneylerde kullanılan kil örnekleri Mayıs-Haziran 1992 tarihinde Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet ve Kırka bor ve Soma kömür yataklarındaki killi yüzeylerden noktasal olarak 31 adet derlenmiştir. Yüzeydeki 20 cm kalınlıktaki ayrışma kesimi atıldıktan sonra toplanan taze örnekler yerinde karıştırılıp, azaltılarak 1-2'şer kg temsili örnek alınmıştır.

Temmuz 1992 tarihinde güncel göllerden Acıgöl, Salda Gölü, Yarışçı Gölü, Burdur Gölü, Eğridir Gölü, Bolluk Gölü, Tersakan Gölü, Karapınar Acıgöl, Tuz Gölü (Yavşan Tuzlası) ile Pamukkale Termal su kaynaklarından belirlenen istasyonlardan toplam 28 adet birer litrelik noktasal anlık su numuneleri alınmıştır. Sıcaklık, yoğunluk ve pH değerleri ölçüldükten sonra içlerine birer milimetre HNO_3 asidi katılmıştır. Örnek alım yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Örnek Alınan Bor Yatakları Killeri ve Güncel Göller

Kil örnekleri 105 °C'de etüvde kurutulduktan sonra, titreşimli bilyalı değirmen ve agat havan kullanılarak öğütülmüştür. Bu örneklerde silis, gravimetrik olarak, diğer metal tayinleri ise $HF/HClO_4$ çözünürleştirilmesi uygulandıktan sonra A.A.S. ve alev fotometresinde yapılmıştır. Lityum içerikleri yüksek olan kil örneklerinin XRD (20 °C, 550 °C ve glikollü) analizleri yapılmıştır. Su örneklerindeki metal iyonları A.A.S ve alev fotometresi kullanılan standart yöntemler uygulanarak analiz edilmişlerdir.

4. BULGULAR

4.1. Kil Örneklerinin Lityum Analiz Sonuçları

Bigadiç ve Kırka bor yatakları kil örneklerinin XRD analizleri, kil minerallerinin smektit grubunda olduğunu göstermektedir. Lityum elementi smektit grubu kil mineralleri ile yakından bağlantılıdır. Yüksek lityum içeren killeri ise olasılıkla hectorit ($Na_{0.33}(Mg,Li)_3Si_4O_{10}(F,OH)_2$)) tipindedir.

Bor yataklarının genelinde, lityumun Bigadiç ve Kırka killerinde yüksek oluşu, bu yatakların genel mineral ve kimyasal bileşimleri ile yakından ilişkilidir. Kırka'da yüksek oranda boraks mineralinin yanısıra her iki yatakta da üleksit minerali bol oranda mevcuttur (Helvacı ve diğ. 1993). Baskın olarak kalsiyum boratlar içeren diğer bor yatakları ise lityum yönünden de fakirdir. Bu durum, lityumun sodyum elementi ve bu elementin yüksek olduğu minerallerle yakından ilişkilidir. Kil örneklerinde bulunan lityum içerikleri tablo 3'de verilmektedir. Tablo 3' den Bigadiç ve Kırka bölgeleri bor yataklarına yakın kil örneklerindeki lityum içeriğini yüksek olduğu ve % 0.30 lityum değerine ulaştığı görülmektedir. Bu değerlerin Tablo 4' den görüleceği gibi bugün için pilot çapta lityum üretimi yapılan A.B.D.'deki çok büyük kil yataklarındaki lityum değerlerine yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5' de lityumlu kil örneklerinin analiz sonuçlarından görüleceği gibi bor yatakları dışında Soma Kısrakdere Kömür ocağı taban killerinden alınan örneklerden lityum tesbit edilmemiştir. Bu durum lityumu evaporitlerde oluşması yüzünden beklenen bir sonuçtur.

4.2. Güncel Göl Suları Lityum Analiz Sonuçları

Güncel göl suları ve Pamukkale termal su kaynaklarından alınan örneklerin lityum içerdikleri ve bazı fiziksel özelliklerin verildiği tablo 6' dan görüleceği üzere Tuz Gölü (Yavşan Tuzlası)'ndan alınan örneklerde oldukça yüksek lityum derişimleri saptanırken Boluk ve Tersakan Göllerinde de dikkate alınabilecek değerler bulunmuştur. Tablo 7'de lityum derişimli yüksek olan göller ile bugün için dünyada ana ürün ve yan ürünü olarak lityum üretimi yapılan tuzlusu gölü salamuralardaki lityum derişimleri karşılaştırılmalı olarak verilmektedir. Tablo 7' de verilen değerlere göre Tuz Gölü Yavşan Tuzlası mevkiinden alınan örneklerin lityum derişimleri, Dünya'da lityum üretimi yapılan tuzlu su/salamuralardaki lityum derişimlerine çok yakındır. Boluk ve Tersakan tuzlu göl sularında da dikkate değer miktarda lityum'a rastlanmaktadır.

Tuzlu göl suları ve salamuralarından ekonomik olarak lityum üretimi için lityum derişimi yanında diğer bileşenlerin (Mg_2^+ gibi) derişimleri de oldukça önemlidir. Lityum üretimi için Mg/Li oranının 6/1 değerinde olması gerektiği ileri sürülmektedir (Crozier, 1986). Tuz gölü, Boluk ve Tersakan göl suları Mg_2^+ derişimlerinin lityuma göre çok yüksek olması, bugün için ekonomik olarak lityumun kazanımını önleyecek boyuttadır. Bununla beraber özellikle Tuz Gölü gelecekte lityum bileşikleri üretilebilinecek bir potansiyel kaynak olarak oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır.

Tablo 3. Bor Yatakları Killeri Lityum İçerikleri

Bölge	Örnek Yerleri	% Li
BİGADİÇ	Acep ocağı bor zonu üstü	0.21
	Cevherin 15 m üstündeki kil	0.02
	Karbonatlı birim içindeki tüflü düzey	0.04
	Artık barajı örneği -1-	0.18
	Artık barajı örneği -2-	0.21
	Tülü ocağı en üst nodüler cevher üstü	0.07
	Günevi açık ocak	0.18
	Simav açık ocak	0.13
SULTANÇAYIRI	Açık ocak Orta	0.08
	Kil -1-	0.05
	Kil -2-	0.04
	Kil -3-	0.05
KESTELEK	Açık ocak işletme karşısı	0.07
	Açık ocak üst zon	0.08
	Açık ocak alt zon	0.07
EMET	Kil Taşı	0.12
	Ayrışmış tüfit örneği	0.07
	Espey açık ocak 2. cevher arası zon	0.07
	Espey açık ocak 2/3 cevher arası zon	0.05
	Espey açık ocak 3. cevher arası zon	0.08
	Espey açık ocak kons. şlam havuzu taşan	0.08
	Konsantratör artığı	0.08
KIRKA	İri boraks kristali içindeki dolomitik kil	0.30
	Doğu fayı kontağındaki dolomitik kil	0.08
	Doğu fayı kontağı ayrışmamış tüf	0.04
	Cevher içindeki ara yeşil kil	0.26
	Üleksit düzeyi üst kil	0.16
	Üle192 »µ zonu kil	0.26
ELİ SOMA	Batı panosu taban kili	-
	Diğer panosu tabankili	-

Tablo 4. Bazı Kil Yataklarındaki Lityum Değerleri

Yer		% Li
ABD	McDermitt Kuzey Yatakları	0.1 - 0.36
	McDermitt Güney Yatakları	0.1 - 0.65
TÜRKİYE	Bigadiç Bor Yatakları Killeri	0.02 - 0.21
	Kırka Bor Yatakları Killeri	0.04 - 0.30

Tablo 5. Bigadiç Kırka Bor Yatakları Kil Örnekleri ile Soma Kömür Yatağı Kil Örnekleri Analiz Sonuçları.

	BİGADİÇ		KIRKA		SOMA	
% Oksit	Acep Ocağı Bor Zonu Üs	Karbonatlı birim içinde ki tüflü	Baraj Ör. 1.	İri Boraks kristalleri için dolomit	Üleksit Zom	Batı Panosu
SiO2	69.76	56.37	49.20	34.98	42.23	58.89
Al2O3	0.47	12.45	0.96	7.03	3.50	17.53
Fe2O3	0.08	4.40	0.21	1.72	0.63	1.31
CaO	2.10	5.36	8.61	15.86	14.42	5.71
MgO	12.90	5.77	9.92	11.84	11.79	2.00
Na2O	0.59	1.32	1.59	1.62	0.94	2.74
K2O	0.02	4.55	0.05	0.24	0.48	0.71
Li2O	0.44	0.08	0.38	0.64	0.56	---

Bugün için ticari olarak Na_2SO_4 üretimi yapılan Acıgöl, Tersakan, Boluk Gölleri ile tuz üretimi yapılan Tuz Gölünde' ki sodyum iyonu derişimine göre oldukça yüksektir. Sodyum iyonu derişiminin yüksek olduğu göl sularında lityum iyonu derişimi de yüksektir. Bu durumda bor yatakları killerindekine benzer şekilde, lityumun sodyum iyonu ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bor yatakları killeri ve bazı güncel göl sularındaki lityumun varlığı ve dağılımı nın araştırıldığı bu çalışmada;

* Bor yatakları killerinden Kırka ve Bigadiç bölgeleri killeri lityumca zengin olup, yaklaşık %0.30 li tenörüne sahiptirler. Bu değer lityumun pilot çapta üretildiği A.B.D. 'deki McDermitt killeri lityum değerlerine oldukça yakındır. Bu yüzden bor yatakları killerinden lityum üretimi için ekonomik prosesler geliştirmeye çalışılmalıdır.

* Kırka ve Bigadiç bor yatakları killerindeki lityum büyük olasılıkla hectorit minerali şeklinde bulunmaktadır.

* Sodyum içeren boraks ve üleksit minerallerinin bulunduğu yataklarda lityumun zengin olması, bu elementin sodyumlu minerallerle yakın ilişkisi olduğunu göstermektedir.

* Tuz Gölü (Yavşan Tuzlası Bölgesi) lityum derişimi, dünyada lityum üretimi yapılan tuzlu göl suları/salamuraları lityum derişimine yakındır. Ancak magnezyum ve kalsiyum iyonlarınca çok zengin oluşu yüzünden bügün için ekonomik olarak lityum

Tablo 6. Bazı Güncel Göl Suları ile Pamukkale Teral Su Örneklerindeki Li+, Na+, K+,Mg++ Derişimleri ile Bazı Fiziksel Özellikleri

Bölge	Numune Alınan Nokta	Sıcaklık °C	pH	Li+	Na+	K+	Mg+
				(mg/lt)			
Pamukkale	Özel idare tes. kaynaksuyu	35	6.2	0.7	32	4	81
	Tiyatro altı kaynak suyu	36	6.2	0.8	32	4	80
Acı Göl	Göl Suyu (1)	31	8.5	15	46000	1000	4100
	Göl Suyu (2)	31	8.5	16	47000	1000	4108
	Üretim Havuzu (1)	33	8.4	14	48000	1050	4100
	Üretim Havuzu (2)	30	8.6	15	46000	1000	4100
	Gemiş Köyü Kaynak Suyu (1)	22	7.4	0.3	59	3.1	60
	Gemiş Köyü Kaynak Suyu (2)	22	7.5	0.3	58	3.0	60
Salda Gölü	Akçeşme (1)	24	9.0	0.3	200	19.0	250
	Akçeşme (2)	25	9.0	0.3	196	19.5	245
Yarışçı Gölü	Merkez	26	6.8	-	12	1.1	18
Burdur Gölü	1 nolu merkez	26	8.8	2.8	5500	45	960
	2 nolu merkez	26	8.8	2.8	5600	45	955
	Doğu uç noktası	26	8.9	3.0	5550	46	970
Eğridir Gölü	Yarımada tesisleri önü	28	8.5	-	8.5	2.5	30
Tersakan Gölü	Anagöl C Havuza Girişi (1)	31	7.7	34	23500	2000	6300
	Anagöl C Havuza Girişi (2)	31	7.7	30	24000	2050	6300
	Üretim Havuzu	30	7.8	28	24000	2000	6300
	Anagöl stok sahasıyanı	31	7.9	28	24000	2000	6300
Tuz Gölü	Yavşan Tuzlası Göl Suyu (1)	34	6.0	325	61000	12000	37500
	Yavşan Tuzlası Göl Suyu (2)	34	6.0	325	62000	12100	38000
	Yavşan Tuzlası Havuz Suyu (1)	33	6.1	310	61500	12100	38000
	Yavşan Tuzlası Havuz Suyu (2)	33	6.1	318	62000	12100	38000
Boluk Gölü	Eski Karakol Yanı	25	8.0	36	50000	2000	8800
	Eski Karakol Karşısı	27	7.7	34	50500	2000	8800
	Soda Yanı	27	6.3	34	50500	2000	8800
	C Havuzu İskele Yanı	26	6.6	34	50500	2050	8700
Karapınar Acı Göl	Merkez	29	7.7	4.0	15500	260	3100

Tablo 7. Bazı Tuzlu Göl Sularının Ortalama Li+, Mg++, K+, Na+ Element İçerikleri mg/lt).

Yer		Li+	Mg++	K+	Na+
Bolovya	: Salar de uyuni	250	5400	6200	91000
Şili	: Salar de Atacama	1250	9100	18700	69200
İsrail - Ürdün	: Ölüdeniz	20	40000	6000	30000
ABD	: Great Salt Lake, UT	60	8000	4000	70000
	Salton Sea, CA	220	280	14200	57100
	Searles Lake, CA	83	340	23000	152000
	Silver Peak, N	300	400	8000	62000
Türkiye	: Tuz Gölü	325	38000	12000	61000
	Boluk Gölü	34	8800	2000	50500
	Tersakan Gölü	28	6300	2000	24000
	Acıgöl	15	4100	1000	47000

üretimine uygun değildir. Gelecekte lityum üretimi için potansiyel bir kaynak konumundadır. Tersakan ve Boluk göl sularındaki lityum derişimi düşük olmasına karşın dikkate alınacak değerde görülmektedir.

* Killerdekine benzer şekilde, göl sularında da lityum un, sodyum iyonu ile ilişkili olduğu görülmektedir.

6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı' nın 0908.91.06.01 nolu projesi tarafından desteklenmiştir

7. KAYNAKLAR

Bleiwas, I.D. ve Coffman, S.J., 1986. Lithium availability market economy countries. Bureau of Mines IC 9102, 1-23.

Crocker, L., Lien, H.R. ve diğerleri, 1986. Lithium and recovery from Low-grade Nevada clays. Bureau of Mines Bulletin 691, 1-29.

Crozier, D.R., 1986. Lithium, reseourcese and prospects, Mining Magazine, 148-152.

Helvacı, C., Stamatakis, M.G., Zagouroglu , C. and Kanaris, J., 1993. Borate minerales and releated authigenic silicates in Northeastern Mediterranean late miocene continental basins. Explor. Mining Geol., Vol.2, No.2, 171-178.

Mordoğan, H., 1991. Lityum, üretim teknolojisi ve kullanımı, Geosound Yerbilimleri

Dergisi, Adana, 18, 93-109.

Westenberger, H., 1963. Lithium-mineralien, bildung und vorkommen, Metelages, A.G., Mitt. Arbeitsbereich N.F., No, 6.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1994 SAYI 25 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

KUŞÇULAR-BELEMEDİK (KB ADANA) ALANININ STRATİGRAFİSİ

Doğan USTA
M.T.A., Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara/Türkiye
Cengiz YETİŞ
Ç. Ü. , Jeoloji Müh. Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışma ile Kuşçular-Belemedik (Kuzeybatı Adana) dolayının detay stratigrafi incelemesi yapılmıştır. Bölgede temeli başlıca mercanlı kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı-miltaşı-şeylden oluşan Yerköprü formasyonu (Orta (?)-Üst Devoniyen); dolomit, dolomitik kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşan Karahamzauşağı formasyonu (Permo-Karbonifer) ile dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Demirkazık formasyonu (Üst Triyas-Kretase) oluşturur. Paleozoyik ve Mesozoyik temel üzerine Tersiyer istifi açısal uyumsuzlukla gelir. İstifin tabanında, Miyosen öncesi düzensiz topoğrafyanın vadi ve çukurluklarını dolduran, karasal nitelikli, Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Gildirli formasyonu bulunur. Alt-Orta Miyosen yaşlı, sığ deniz-plaj kırıntılılarından oluşan Kaplankaya, resifal karbonatlardan oluşan Karaisalı formasyonları Gildirli formasyonu üzerinde uyumlu bir şekilde bulunmaktadır. Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları paleotopoğrafyaya bağlı olarak zaman zaman Paleozoyik ve Mesozoyik temel üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir.*

STRATIGRAPHY OF KUŞÇULAR-BELEMEDİK AREA (NW ADANA, TURKEY)

ABSTRACT : *In this study , detailed stratigraphic investigation has been done around Kuşçular-Belemedik (NW Adana) area. At the base of the Tertiary succession of the Adana basin Paleozoic and Mesozoic aged lithostratigraphic units are outcropped. Paleozoic repersented mainly by Middle-Upper Devonian coraline carbonates-detritics of Yerköprü formation and limestone-dolostone of Permocarbonifereous (Karahamzauşağı Formation); by contrast, Mesozoic succession comprise shallow marine character of Upper Triassic-Cretaceous platform carbonates (Demirkazık formation). Paleozoic and Mesozoic basement unconformably overlain by the Tertiary units which begin with terrestrial, Oligocene-Lower Miocene aged Gildirli formation. Transgressive cycle of the Miocene sea coprise Lower-Middle Miocene aged shallow marine-Beach clastics of Kaplankaya, reefal carbonates of Karaisalı formations. Paleozoic-Mesozoic basement sometimes disconformably overlain by the Kaplankaya and Karaisalı formations depending on the paleotopographic situation.*

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, 1/25000 ölçekli Kozan N33b3-c2 topoğrafik paftaları içerisinde kalan Kuşçular-Belemedik (KB Adana) alanının farklı stratigrafik ve yapısal konum sunan kayastratigrafi birimleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. İnceleme alanı ve çevresi değişik amaçlı araştırmalara konu olmuş, bölgedeki ilk araştırmalar Blumenthal (1947) ile başlayıp Abdüsselamoğlu (1962), İlker (1975), Yalçın ve Görür (1984), Lagap (1985), Yetiş ve Demirkol (1986), Yetiş (1988a), Yetiş (1988b), Parlak (1990), Uçar (1991) ve Özalp (1992) ile devam etmiştir.

2. STRATİGRAFİ

İnceleme alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler bulunmaktadır (Şekil 1). Bunlardan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı olanlar Adana Baseni'nin temelini oluşturmaktadır. Adana Baseni Tersiyer istifinin temelinde Orta (?)-Üst Devoniyen'e ait Yerköpü, Permo-Karbonifer'e ait Karahamzauşağı ve Üst Triyas-Kretase evresinde çökelmiş Demirkazık formasyonları bulunur. Tersiyer istifi havza dolgusu olup Oligosen-Alt Miyosen'e ait Gildirli, Alt-Orta Miyosen'e ait Kaplankaya ve Karaisalı formasyonlarından meydana gelir ve temel üzerine uyumsuz olarak oturmaktadır (Şekil 2).

2.1 Havza Temeli

2.1.1 Yerköprü formasyonu (Dy)

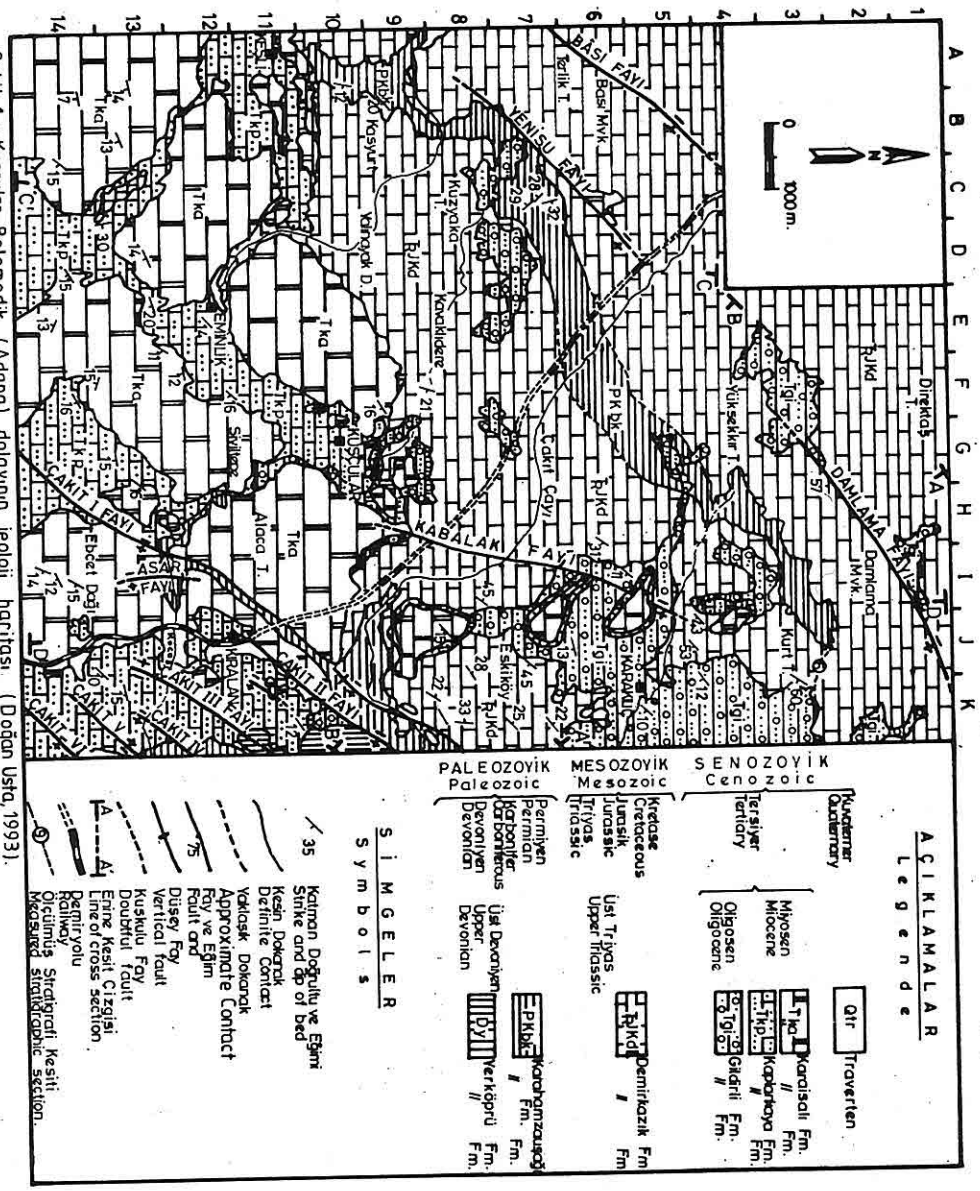
Yerköprü dolayında yüzeyleyen birim Lagap (1985) tarafından adlandırılmıştır. Üzerine gelen Karahamzauşağı formasyonu ile olan dokanağı faylı olup daha üstte Tersiyer birimleri tarafından uyumsuzlukla üzerlenir (Şekil 1-2). Tavan ve taban dokanağı faylı olan birimin gerçek kalınlığını belirlemek güç olmakla birlikte bu sahada ölçülebilen kalınlığı 350 m civarındadır.

Orta (?)-Üst Devoniyen zaman aralığında çökelen birim koyu gri, siyahımsı gri renkli mercanlı kireçtaşı ile başlayıp üste doğru sarımsı kahverenkli brakiyopod ve krinoid kavkılı, riple marklı kumlu kireçtaşı ve yeşilimsi gri renkli, çapraz laminalı kumtaşı-silttaşı ve şeyl ardalanmasına geçer. Bu seviye ince-orta tabakalı olup brakiyopod, krinoid ve canlı izleri ile canlı yuvaları içerir.

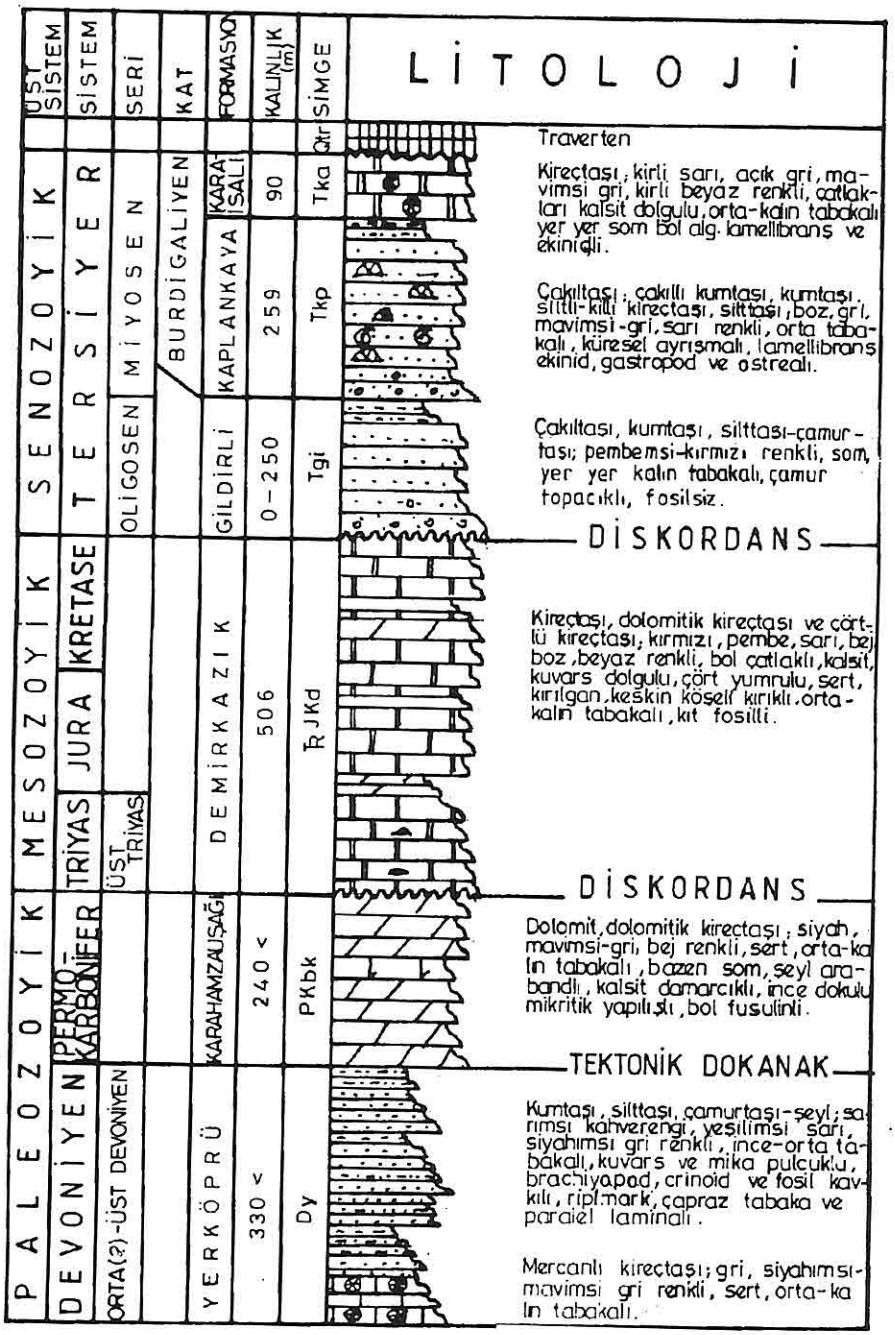
Birimin tabanında yeralan kireçtaşının farklı kalınlıkta düzenli tabakalanma sunması ve mercan, brakyopod, krinoid vb. gibi fosiller içermesi ayrıca kuvars, çört gibi terrijen klastiklerin bulunması Yerköprü formasyonun sığ denizel bir ortamda çökelmiş olabileceğini göstermektedir.

2.1.2 Karahamzauşağı formasyonu (PKbk)

Lagap (1985) tarafından Yellikaya formasyonu adı ile ayırtlanan birim daha sonra Ünlügenç (1986) tarafından Karahamzauşağı formasyonu olarak adlanmıştır. Birimin



Şekil 1 - Kuşçular-Belemedik (Adana) dolayının jeoloji haritası. (Doğan Usta, 1993).



Şekil 2. Kuşçular-Belemedik dolayının (KB Adana) genelleştirilmiş stratigrafi kesiti

Yerköprü formasyonu ile olan taban dokanağı faylıdır. Karahamzauşağı formasyonunun üzerine Üst Triyas-Kretase evresinde çökelmiş olan Demirkazık formasyonu gelir (Şekil 2). Sahada çoğu yerde Adana Baseni Tersiyer istifine ait Gildirli, Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları bu birimi açısal uyumsuzlukla örter (Şekil 1). Karahamzauşağı formasyonu çalışma alanında 240-1400 m arasında değişen kalınlıklar sunmaktadır.

Permo-Karbonifer zaman aralığında çökelen birim siyahımsı gri, koyu mavimsi gri renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer fusulinli biyomikritik kireçtaşı; çok ince bitümlü şeyl-kil aratabakalı kireçtaşı; koyu gri, sarımtrak, beyaz ve kirli beyaz renkli, kalın-çok kalın tabakalı, fosilsiz, yer yer kalsit dolgulu dolomitik kireçtaşı ve boz, yeşilimsi-gri, kirli beyaz renkli, kalın-çok kalın tabakalı, sert, sağlam, fosilsiz, son derece kristalize, zaman zaman elle ufalanabilen dolomit yapılışlıdır.

Karahamzauşağı formasyonunun Yerköprü mevkiindeki fosilli seviyelerinden alınan seri numunelerinden S. Kirici (T.P.A.O) ile T. Süer (M.T.A) şu fosilleri saptamışlardır : **Pachyploia** sp., **Hemigordius** sp., **Glomospira** sp., **Climacammina** sp., **Globivalvulina** sp., **Nankinella** sp. Bu fosil topluluğuna dayanarak Karahamzauşağı formasyonunun Karbonifer-Permiyen yaş sınırını kapsadığı anlaşılmıştır (Lagap, 1985).

Düzenli tabakalanmalı Karahamzauşağı formasyonunda lamellibranş, fusulin, schwagerin vb. gibi fosillerin bulunması, mikritin kaya içerisinde hakim bileşen olması birimin sığ deniz şelfinde çökelmiş olabileceğini kanıtlamaktadır.

2.1.3 Demirkazık formasyonu (TrJKd)

Doğu Toroslarda geniş alanlar kaplayan birim ilk olarak Yetiş (1988a,b) tarafından Demirkazık kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Birim Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonunu açısal uyumsuzlukla üzerleyip; Tersiyer yaşlı Gildirli, Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları tarafından açısal uyumsuzlukla üzerlenir. İnceleme alanı sınırları içerisinde Karakılıç köyü dolayında Kurt Tepe ölçülmüş stratigrafi kesitine göre birim 506 m kalınlık sunmaktadır (Şekil 3).

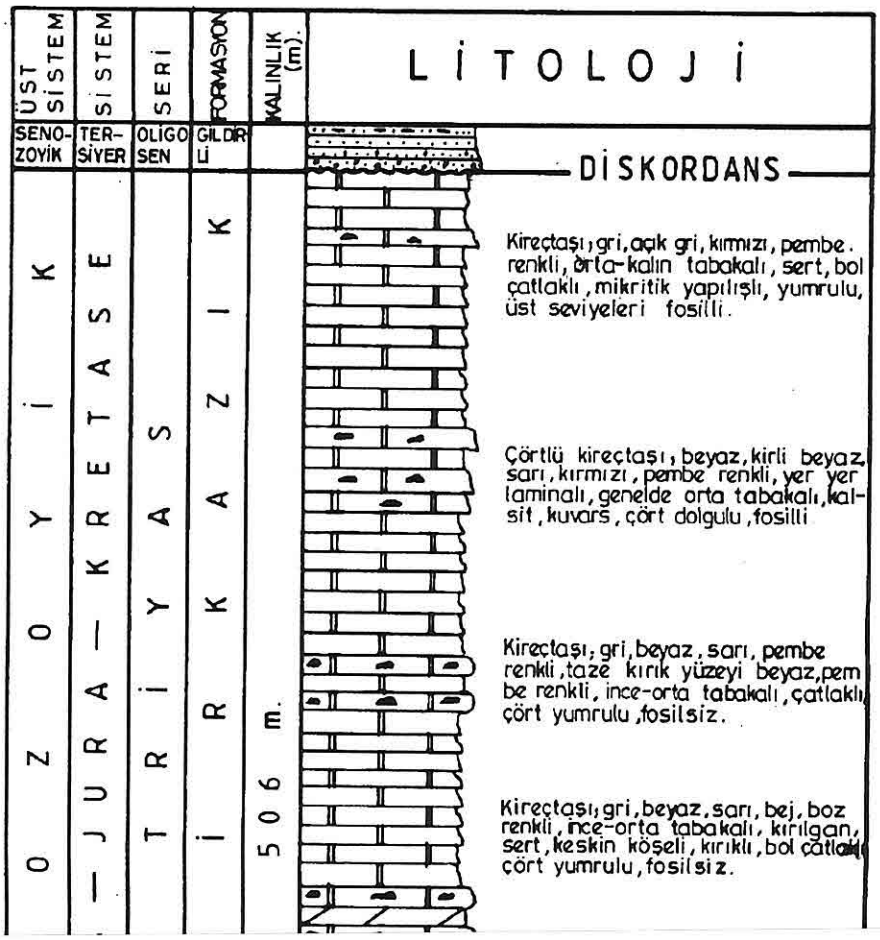
Çalışma alanında geniş yayılım sunan Üst Triyas-Kretase zaman aralığında çökelen birim kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mikritik kireçtaşı yapılışlıdır. Birim tabanda beyaz, kirli beyaz, gri, kırmızı, pembe, kahverengimsi sarı renkli, ince dokulu, kalsit, kuvars, çört damarcıklı, demir pigmentli, sert, eklemli, klivajlı, orta-kalın tabakalı, biyoklastlı, mikritik kireçtaşı ve çok kalın tabakalı dolomitle başlamaktadır. Bunun üzerine gri, beyaz, kirli-beyaz, pembemsi-kırmızımsı-tuğla renkli, kalın-çok kalın tabakalı, sert, fosilsiz, mikritik kireçtaşı gelmektedir. Birim tavanda gri, siyahımsı-gri, koyu kırmızı renkli, demirli, yer yer kalsit dolgulu, 1-3 cm kalnlıkta çört ve kuvars arakatmanları içeren, ince-orta tabakalı kireçtaşı ile son bulur.

M.K.Düzbastılar tarafından tanımlanan;**Teutloporella tabulata**, **Involutina ganschei** (Koehn - Zaninetti et Brönnimann), **I. minuta** (Koehn - Zaninetti), **Pfenderina** sp.,

gelmektedir (Şekil 2). Çalışma alanının kuzeydoğu ve güneybatı kesimlerinde geniş yayılım gösteren Gildirli formasyonunun bu sahada ölçülebilen kalınlığı 0-250 m kadardır.

Gildirli formasyonu sarımsı pembemsi kırmızımsı renkli, çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, karbonat çimentolu kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşma dönemler halinde bulunan akarsu çökellerinden ibarettir. Paleozoyik, Mesozoyik ve Eosen yaşlı kireçtaşı, ofiyolit, radyolarit ve metamorfitlerden oluşmuş, 10-15 cm boya erişen, yuvarlak, küresel-asküresel, belirgin yönlenmeli çakıllar eşitli bileşenli kumlu-karbonatlı bir matriks ile tutturulmuştur.

İnceleme alanı sınırları içerisinde Gildirli formasyonuna yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Fakat formasyonun altında en genç kayastratigrafi birimi olarak Üst Kretase yaşlı Demirkazık formasyonunun bulunması, üzerine ise Burdigaliyen-Langhiyen yaşlı Kaplankaya formasyonunun gelmesi, birimin çakılları içerisinde Eosen (Lütesiyen)'e ait Nummulites'li kireçtaşı çakıllarına rastlanması Gildirli formasyonunun



INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 6 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocesser compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be orginised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the