

## ÖNSÖZ

Dergimizin 31. sayısı ile tekrar beraber olduğumuz için mutluyuz. 30. sayımız Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümünün 20. Yıl Sempozyumu bildirilerine ayrıldığı için 31. sayımızı Aralık 1997 olarak yayımlamış bulunuyoruz. 29 Nisan - 2 Mayıs 1997 tarihleri arasında Adana'da gerçekleştirilen 20.Yıl Sempozyumunda çok sayıda bildiri sunulmuş ve hazırlanan bildirilerin yayınlanması planlanmıştır. 30. Özel Sayımız kısa bir süre içinde 2 cilt halinde yayınlanacaktır.

Bu sayımızda toplam 18 makale yer almıştır. Her sayıda yazım kurallarımız yayınlanmasına rağmen, editörlüğümüze yayınlanmak üzere gönderilen makalelerin formatlarımıza tam olarak uymadığı görülmektedir. Bu uyumsuzluklar hem bize zaman kaybettirmekte ve hemde maliyeti artırmaktadır. Yazarlarımızın özellikle film gerektirmeden şekil ve grafiklerini modern baskı tekniklerine uyacak şekilde hazırlamalarını önemle hatırlatırız.

Yerbilimleri / Geosound'a makale gönderen araştırmacılarından makalelerini 6 sayfa ile sınırlırmalarını ve hiçbir katkı payı ödememelerini öneririz. Zira fazla sayfalar için her geçen gün katkı payının yükselmesi kendilerine önemli bir maddi küllefet getirdiğinin bilincinde olduğumuzu hatırlatırız.

Dergimizde uzun yillardan beri hakemlik görevi yapan çok değerli hocalarımızdan zaman zaman bazı sitemler almaktayız. Yerbilimlerine çeşitli üniversitelerden gelen makalelerin içeriklerinde de önemli farklılıklar olmaktadır. Bu sebeple reddedilen makale yazarlarının bizleri anlayışla karşılamasını dileriz. Öte yandan reddettiği bir makalenin yayınlandığını gören hakemlerimizin de haklı eleştirilerini aldığımız olmaktadır. En az iki hakeme giden makalelerden biri olumsuz olduğunda 3. hakeme yollanmakta, olumlu görüş verildiğinde yayınlanmaktadır. Dergimizin ülkemizdeki tüm üniversitelerimize eşit uzaklıkta olduğunu ve orta bir yolu takip etme zorunluluğumuzu tüm hakemlerimizin anlayışla karşılamasını arzu ediyoruz.

Yerbilimleri / Geosound'un 32. sayısı Haziran 1998 olarak yayınlanacaktır. Bu sayımızda özgün çalışmalarınızı bekliyor, yayın hayatımıza südürebilmemize yardımcı olan tüm kişi, kurum ve kuruluşlara teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına  
Mesut ANIL  
Baş Editör



*Ülvi Can*



G E O S O U N D



# YERBİLİMLERİ

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Geochemistry of Metasedimentary Rocks of The Kadınhanı (Konya) Area, Turkey / Kadınhanı (Konya/Türkiye) Bölgesindeki Metasedimanter <i>Kayaşların Jeokimyası</i> Hüseyin KURT .....	1
The Geological Setting And Chemical Properties of The Coal Seam Associated With Continental Limestones, Selimoğlu-Divriği, Turkey <i>Karasal Kireçtaşlarıyla Ardalanmalı Kömür Damarının Jeolojik Konumu ve Kimyasal Özellikleri, Selimoğlu-Divriği, Türkiye</i> Ali İhsan KARAYİĞİT .....	23
Compaction Characteristics of A Soil Proposed For An Earth-Fill Dam <i>Toprak Dolgu Bir Baraj İçin Önerilen Zeminin Kompaksiyon Özellikleri</i> Hasan ÇETİN .....	35
İstanbul ve Yakın Çevresi Geç Kuvaterner (Holosen) Bentik Foraminifer Faunası / Benthic Foraminifera of Late Quaternary (Holocene) of İstanbul And Surrounding Area Engin MERİÇ ve Niyazi AVŞAR .....	41
Doğu Akdeniz Kıyı Bölgesi Bentik Foraminiferleri <i>Foraminifera of The Eastern Mediterranean Coastline</i> Niyazi AVŞAR .....	67
Pınarbaşı (Kayseri) Karstik Kaynağının Hidrojeoloji İncelemesi <i>Hydrogeological Investigation of Karstic Spring of Pınarbaşı(Kayseri)</i> Ahmet GÜZEL, M. Tahir NALBANTÇILAR ve Mehmet BAYRAM .....	83
Konya - İlgin, Çavuşcugöl Sıjak Su Kaynağının Jeoloji - Hidrojeoloji İncelemesi Ve Kaptaj Çalışması <i>Geological-Hydrogeological Investigation of Konya-İlgin, Çavuşcugöl Hot Water Spring And Catch-Pit Construction</i> Osman ŞEN, Güler GÖCMEZ ve Suzan PASVANOĞLU .....	93
Ören Çayı Havzası'nın (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi <i>The Chemical Investigation of Groundwater of Ören Stream Basin (Elazığ)</i> Bahattin ÇETİNDAĞ ve Baki CANİK .....	103

İstanbul Alüvyonlarının Mühendislik Özellikleri <i>Engineering Properties of Alluviums in İstanbul</i>	121
Ali Malik GÖZÜBOL .....	
Divriği (Sivas) Demir Yatağının Mineralojisi ve Oluşum Modeline Yeni Bir Yaklaşım <i>A New Approach To The Mineralogy And The Genesis Of Iron-Deposits Of Divriği (Sivas)</i>	
İbrahim ÇOPUROĞLU .....	131
Yüksek Titan İçerikli Aydın-Çine Feldspatlarının Flotasyonla Zenginleştirilmesi <i>Enrichment of Aydin-Çine Feldspar High In Titanium by Flotation</i>	
İlknur CÖCEN ve İbrahim ERMİŞ .....	151
Using Geostatistics To Estimate Coal Reserves And Comparison With Classical Methods <i>Jeoistatistiksel Kömür Rezerv Tahmini ve Klasik Metodlarla Karşılaştırılması</i>	
Ercüment YALÇIN ve Ayhan İ. YILMAZ .....	159
G.L.İ.Tunçbilek Yeraltı Ocağında İki Ayrı Panoda Yapılan Yük ve Konverjans Ölçümlerinin Değerlendirilmesi / <i>The Evaluation of Load And Convergence Measurements Carried Out on Two Panels of G.L.I. Tunçbilek Underground Mine</i>	
Gürcan KONAK .....	167
Cam Hammaddesi Olarak Kuvarsit-Kuvars Kumunun Hazırlanması <i>Processing Of Quartzite-Quartz Sand As The Glass Raw Material</i>	
Mehmet YILDIRIM .....	183
Basamak Patltaması Özgül Şarj Tahmininde Geleneksel Ufalamada Teorisi İlkelerinin Kullanılabilirliği <i>The Use of Classical Comminution Theory Principles To Estimate Powder Factor In Bench Blasting</i>	
Ali KAHRİMAN, Ö.Lütfi SÜL ve Ahmet DEMİRCİ .....	191
Tunçbilek Güney Panoları Dekapaj Atıklarından Yapı Tuğları Üretimi <i>Production Of Brick From The Spoil Heaps Of Tunçbilek South Panel</i>	
A.Hadi ÖZDENİZ ve Osman ŞAN .....	205
Mermerlerde Yüzey Sertliğinin Tek Eksenli Basınç Dayanımına Olan Etkisinin Araştırılması <i>An Investigation For The Effect Of Marble Hardness Upon Uniaxial Compressive Strength</i>	
Turgay ONARGAN, A. Hamdi DELİORMANLI, Serkan SAYDAM ve S. Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU .....	211
Spekülarit Artıklarının Geleneksel Kolon Flotasyonuyla Zenginleştirilmesi <i>Enrichment Of Specular Hematite Tailings by Conventional And Column Flotation</i>	
İlknur CÖCEN .....	219

GEOCHEMISTRY OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE  
KADINHANI (KONYA) AREA, TURKEY

Hüseyin Kurt

S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Turkey

**ABSTRACT:** The petrographic and geochemical investigations of the metasedimentary rocks in the Bağrikurt formation indicate a great range in petrography and geochemistry.

The psammite and quartzites have a passive or active continental margin setting. The cherts have been deposited in a relatively shallow water environments. The pelitic rocks were originally shales in which the main control in composition was the sheet silicates. The metabasic schist were possibly tuffs in the pelites. The calcareous schists were originally impure siliceous limestone with variable amounts of clay material.

KADINHANI (Konya/Türkiye) BÖLGESİNDEKİ METASEDIMANTER  
KAYAÇLARIN JEOKİMYASI

**ÖZET:** Bağrikurt Formasyonunun içeriği metasedimanter kayaçların petrografik ve jeokimyasal yönünden incelenmesi petrografik ve jeokimyasal olarak bir dizilim gösterir.

Psammit ve kuvarsitler pasif veya aktif kıta kenarı oluşumlarıdır. Çörtler sıç su ortamlarıyla ilişkili olarak çökelmışlardır. Bileşimleri tabakalı silikatların kontrolünde olan pelitik kayaçların kökeni şeyllerdir. Pelitik kayaçlar içinde yer alan metabazitlerin kökeni muhtemelen tüfelerdir. Kalkerli sistler orijinal olarak değişik miktarda kıl içeren silisifiye kireçtaşlarıdır.

## 1. INTRODUCTION

The study area, 60 km NW of Konya (Figure 1), contains greenschist to blueschist facies metamorphic rocks and meta-igneous rocks all of which belong to the Afyon-Bolkardağ Zone (Okay, 1984), which displays distinctive stratigraphic and metamorphic features.

Rocks of the Afyon-Bolkardağ Belt consist, at the base, of quartzofeldspathic gneisses that are overlain by more than 1500m of meta psammites and pelites with rare metabasite and calcite marble horizons. In the lower part of these metaclastic rocks, Devonian fossils are present whereas upwards the sequence gradually passes into Carboniferous and Permian limestones (Okay, 1984). The overlying Mesozoic rocks are dominated by platform carbonate rocks with Triassic clastics at the groundwork. The carbonates extend upward into the early Maastrichtian whereas the later Maastrichtian and the Paleocene rocks are developed as wldflysch with blocks of Permian, Jurassic, and Cretaceous limestones. An intensely deformed volcano-sedimentary complex with incipient blueschist metamorphism and a nappe containing peridotite tectonically overlies the rocks of the Afyon-Bolkardağ Zone (Okay, 1984).

This paper is concerned with the petrologic significance of the metasedimentary rocks based on mapping, petrography, mineral and rock chemistry.

## 2. GEOLOGICAL SETTING

The area is composed of Paleozoic,

Mesozoic and Cenozoic rocks in the following stratigraphical order.

The oldest formation exposed in the area is the Esırağıl Formation. The lower part of this formation is mostly of metacarbonate with phyllite and psammite. This formation passes upwards into the Bağrikurt Formation with a gradational contact.

The Bağrikurt formation is the commonest in the area (Fig. 1) and includes phyllite, schist, marble, quartzite, metachert, psammite, pebbly quartzite, milky quartz veins, metaconglomerate and blocks of limestone and also metavolcanic rocks such as metatrachyandesite. Generally the pelitic schist and phyllite have brownish-purple-grey weathered surface but fresh rocks are greenish in colour, with a well developed schistosity. Intercalations of pelitic schist, phyllite, quartzite and limestone occur. Schist is dominated by a penetrative schistosity and shows the later development of crenulation cleavages. The bedding planes of the phyllite were not observed in the field due to strong development of the foliation. Milky quartz veins are parallel to the foliation of the phyllite and are synmetamorphic. Conglomerates occur with rounded clasts of phyllite, metachert, quartzite and limestone fragments varying from 3 cm to 10 cm in diameter. Dark grey limestone and marble occur as lenses surrounded by schists and phyllite and are up to 20-40 cm thick.

Metabasites occur in the formation and

GEOCHEMISTRY OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE KADINHANI (KONYA) AREA,

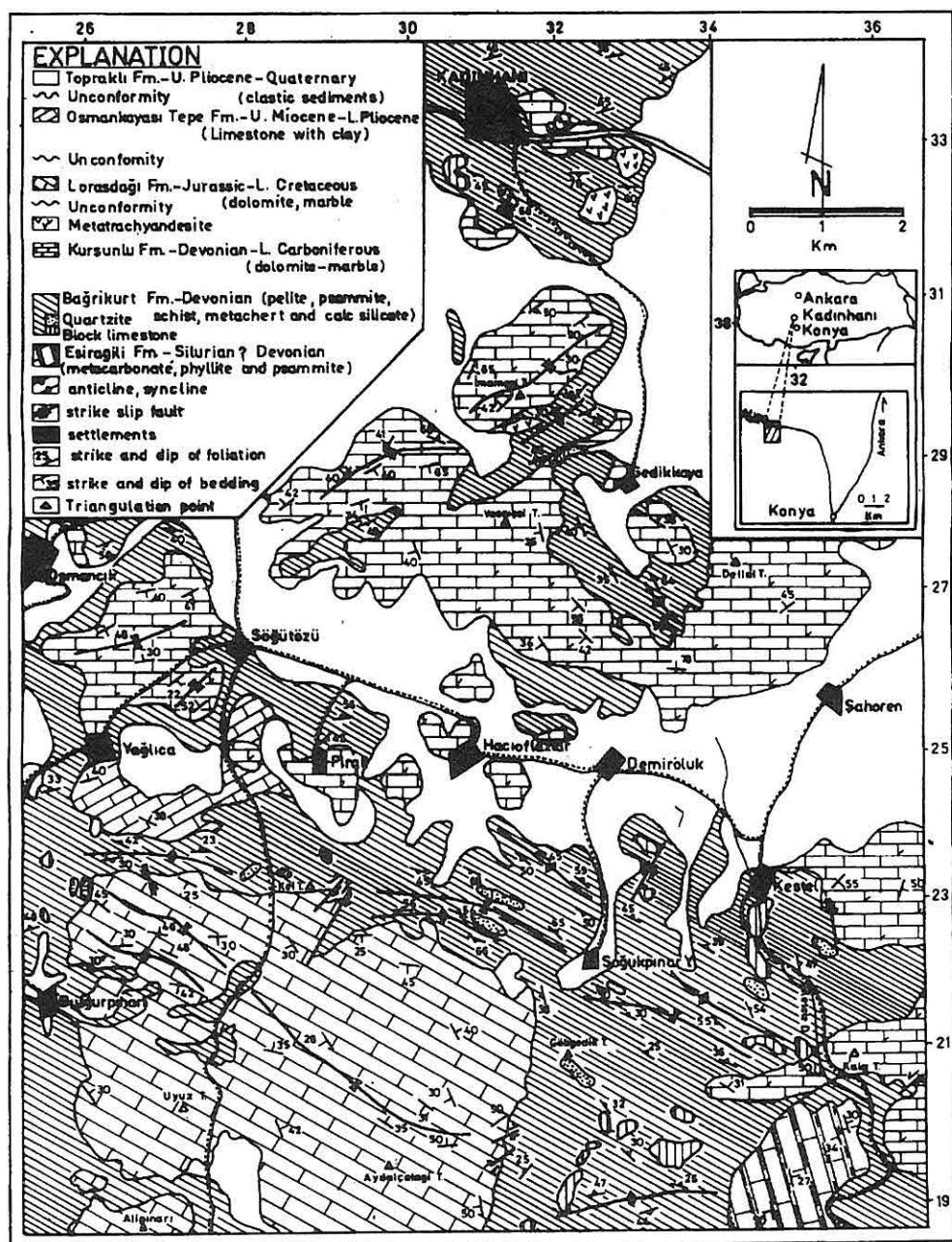


Figure 1. Geological map of the studied area. Modified from Kurt (1994).

are generally concordant with the schistosity of the host rocks. They are green to dark green in colour and have a fine to medium grain size.

Metacherts, 15cm to 15m thick are interbedded with metapelites and grey and white quartzites up to 10 m thick are interlayered with pelites and occur on the highest ridges in the area.

Psammites vary in colour from pale-grey to pink. Occasionally the rocks are found interbedded with pelite bands (3cm to 15 cm thick). Generally they occur close to the quartzite. The grains are flattened in the foliation and elongated to lengths up to 0.5cm. Bedding planes are well developed in this rocks. Graded sandstones occur in cyclic sequence probably as result of turbidity currents.

Weisner (1968) suggested a Devonian age for the formation due to the stratigraphy, as this formation underlies the Kurşunlu Formation which has Middle Devonian-Lower Carboniferous fossils.

Metatrachyandesite shows a good foliation which is conformable with that of country rocks. The Loresdağı Formation, of Jurassic-Cretaceous age (Eren, 1993), overlies the Kurşunlu and Bağrikurt Formations unconformably and continues up to the unconformably overlying upper Miocene-Pliocene Osmankaya Tepe Formation. The upper Miocene-Pliocene is overlain by dacite which itself limestone is overlain by the Plio-Quaternary Topraklı Formation.

### 3. ANALYTICAL TECHNIQUES

76 samples were subjected to X-ray fluorescence analysis for both major elements (Leake et al. 1969) and trace elements (Harvey et al 1973) with FeO, H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> by the methods of Riley (1958) REE were analyzed by ICP-MS (Murray et al. 1991) at the Scottish Universities Research and Reactor Centre and mineral analyses were obtained using a Cambridge Instrument Microscan 5 electron microprobe with EDS.

### 4. PETROGRAPHY

#### 4.1. Psammites

These consist of 60-75 % quartz, 15 % calcite, 5 % muscovite and 15 % groundmass, which includes calcite, sericite, chlorite, quartz and accessory zircon, ilmenite, hematite and Fe-oxides.

Original quartz grains have been recrystallized to produce a granoblastic -polygonal texture, with an average grain size of 0.4 mm. The mica flakes (up to 0.4mm) are, in general, oriented parallel to the bedding but small laths may occur as inclusions in quartz grains. Calcite is replaced by euhedral secondary quartz, and secondary calcite forms fine anhedral grains.

#### 4.2. Quartzites

These consist of 80-90 % quartz, 3-5 % sericite, chlorite, 3-5 % albite, K-feldspar, tourmaline, zircon, magnetite, hematite with Fe-oxides in a granoblastic texture.

The polygonal - granoblastic quartz grains are generally small, (0.4-0.6 mm in

diameter) with slightly curved grain boundaries and have weak undulose extinctions. Fine sericite and greenish chlorite flakes, (0.4mm) have a preferred orientation. Small, recrystallized muscovite flakes in the quartzites are common. Smaller flakes are sometimes enclosed in quartz grains, often displaying rounded ends in the quartz.

#### 4.3. Metacherts

This dominantly consists of fine-grained quartz with cryptocrystalline and microcrystalline quartz, calcite, hematite, graphite and limonite.

The size of the grains is very uniform and so fine-grained that the texture is effectively cryptocrystalline with crystallized areas of secondary quartz. The groundmass is essentially made up of quartz and carbonate. In some assemblages quartz veinlets are noted inside fractured granules. A radial texture occurs in some specimens due to pigmentation of limonite in the core of granoblastic quartz. In the outer zone, a concentric texture occurs due to alternating zones or rings of iron-oxide pigments.

#### 4.4. Meta-Pelitic rocks

These contain 35-47 % chloritoid, 20-30 % quartz, 5-20 % muscovite, 3-5 % chlorite, 3-5 % tourmaline, albite and hematite, ilmenite and rutile.

Muscovite, chlorite and quartz porphyroblasts have different orientations and overprint an earlier stage of fabric

development. Some chlorites are aligned parallel to the schistosity. Chloritoid grains, 2-3 mm long and some chloritoid crystals occur as rosette-like clusters. They show post-crystalline deformation. No aluminium silicates such as kaolinite or pyrophyllite occur with chloritoid. Tourmaline is present as irregular shaped crystals in the plane of foliation. Magnetite and rutile are the dominant Fe-Ti oxide minerals. Quartz occurs as fine-grained and porphyroblastic crystals. Polycrystalline quartz porphyroblasts are surrounded by a fine-grained matrix of quartz, chlorite and muscovite.

#### 4.5. Phyllites

These contain 30 % sericite, 25-30 % quartz, 5-10 % calcite, 3-5 % chlorite, 3-5 % chloritoid, 3-5 % muscovite, 3-5 % hematite and ilmenite in a fine-grained texture.

The matrix has equidimensional grains, and a fine layering which is predominantly parallel to the cleavage. The cleavage wraps around the chloritoid and chlorite porphyroblasts sigmoidally and the ends of the porphyroblasts are rounded in contact with the cleavage. Inclusions of quartz and sericite are common in all the porphyroblasts. There are post-tectonic muscovites later than the schistosity, which are undeformed and perpendicular to the schistosity. The syntectonic and coarse anhedral calcite crystals are wrapped around by the foliation. The magnetite occurs as dendritic grains.

#### 4.6. Metabasite

These consist of 25-30 % epidote, 20-25 % amphibole, 15-18 % quartz, 15-17 % chlorite, 5-10 % albite and accessory magnetite, sphene and apatite. This is a medium grained, strongly foliated schist dominated by epidote and green amphibole, with minor winchite and magnesian riebeckite.

Epidote occurs most commonly as porphyroblasts (0.05mm). Amphiboles occur as tiny green needles and are actinolites, magnesio-riebeckite, magnesio-hornblende and winchite. The green magnesian hornblende and actinolite often show partial replacement by winchite and magnesian riebeckite. The amphiboles display a sequence of changes from actinolite to sodic-calcic variation (e.g. winchite) on the greenschist-blueschist boundary and magnesio-riebeckite in the blueschist facies. Presumably this was due to relatively rapid increase in pressure at rather low temperatures down a subduction zone, followed by a sudden snap-back which prematurely terminated most of the reactions. NaM<sup>IV</sup> poor calcic amphibole is sequentially replaced first by a deeper green to green blue winchitic amphibole, and then by a blue riebeckite. The extremely low NaM<sup>IV</sup> content of the actinolite suggests that the metamorphism was initiated with low pressure, greenschist facies conditions and only later became of blueschist facies (Kurt, 1996).

The albite has lamellar twinning and the most common type is a simple twin

composed of two individuals. Magnetite ranges from fine to coarse grained. It also occurs in strongly recrystallized assemblages which show the relict outline of magnetite granules. Many of the magnetites are oxidized to euhedral hematite.

#### 5. GEOCHEMISTRY

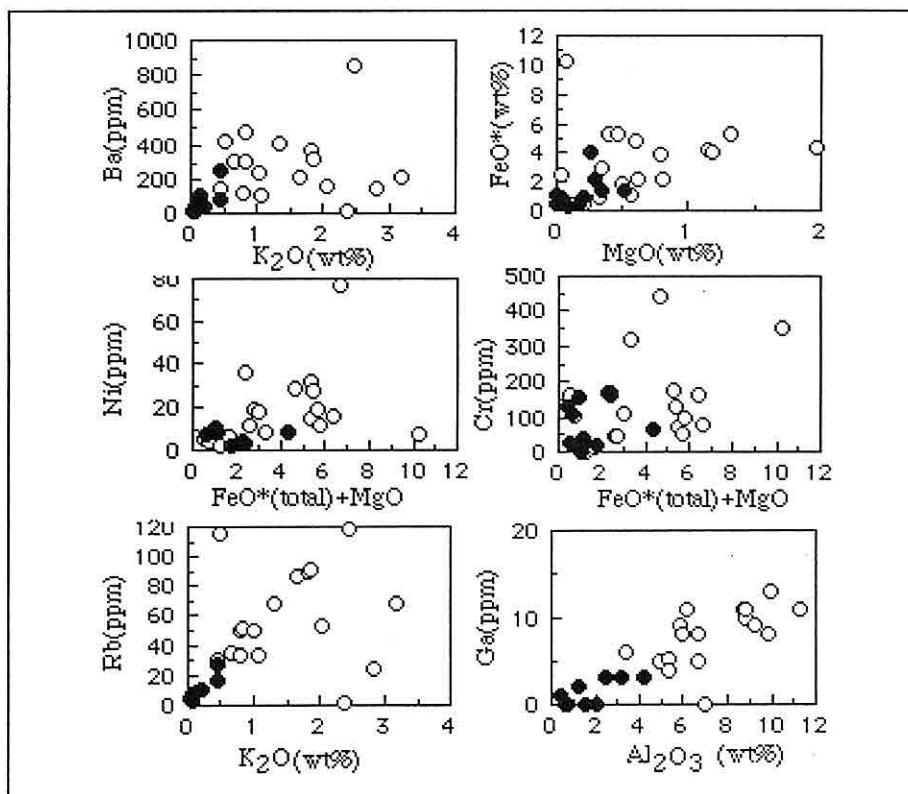
76 rock samples have been analyzed for major and trace elements, 12 metapelitic rocks, 10 metabasite, 18 calcareous schist, 18 psammite, 10 quartzite and 8 metacherts. 8 rock samples have been analysed for REE elements 1 psammite, 1 quartzite and 6 metacherts.

##### 5.1. Psammite and quartzite

Representative chemical compositions of the psammites and quartzites are given in Table 1, 2 and 4.

$\text{Al}_2\text{O}_3$  has positive correlation with Ga as expected by their similar ionic radii and charges. Rb exhibit very good positive correlations with  $\text{K}_2\text{O}$  which indicates that both elements were in mica and K-feldspars (Fig. 2).  $\text{FeO}^*(\text{total})$  exhibits a good positive correlation with  $\text{MgO}$  (Fig. 2) which indicates that these crystals are held in the mafic components although some Fe certainly came in magnetite minerals that are present in the rocks.

The association between Al and Ga is reflected in the high correlation between  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and Ga in both psammites and quartzite, Ga being widely distributed in all the Al-bearing minerals (Fig. 2).



**Figure 2.** Major oxides and trace element plots for psammite (o) and quartzite (•).

Sr and La are low in the quartzite compared with the psammites. Sr is normally expected to be in plagioclase mineral and carbonate in the a rock. Ba, Ce and La are higher in the psammites, probably due to their concentrations in muscovite.

#### 5.1.1. Tectonic Setting

When compared to the psammite and quartzite used in Bhatia's (1983) study, all the rocks consistently plot on the various diagrams (Fig. 3, 4) in domains most closely related to the passive continental margin field or marginally

fall into the active continental margin field (Fig. 3). On the discriminant function diagram (Fig. 4), the data give a clear indication of a passive margin type setting. When compared to the fields delimited by Roser and Korsch (1988), all rocks are of a quartz sedimentary provenance source (Fig. 5).

#### 5.1.2. Rare earth elements

Representative of some REE compositions of the psammites and quartzites are given in Table 4.

The chondrite-normalized value of the psammites and quartzites from Kadinhani

**Table 1.** Major oxides and trace elements of psammites

Sa.No	160	179	159	193	175	298	162	477	476	Ave.
SiO <sub>2</sub>	82.88	78.60	81.74	84.92	81.87	81.31	88.79	84.15	76.02	82.00
TiO <sub>2</sub>	0.33	0.29	0.55	0.23	0.79	0.23	0.19	0.25	0.40	0.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.67	6.63	9.27	7.01	5.83	5.94	5.29	6.62	9.80	6.60
FeO	0.30	1.68	0.36	0.47	1.20	1.79	0.19	0.40	0.60	0.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.85	2.59	1.52	0.48	2.75	3.69	0.21	1.77	4.32	2.82
MnO	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.07
MgO	0.81	1.18	0.50	0.32	0.78	1.32	0.12	0.61	0.60	0.63
CaO	0.07	3.36	0.08	0.03	1.21	0.00	0.03	0.08	0.00	1.10
Na <sub>2</sub> O	0.81	1.49	0.80	1.71	1.31	0.00	1.25	0.70	2.31	1.00
K <sub>2</sub> O	0.45	0.64	2.82	2.37	0.81	0.80	2.04	1.32	2.46	1.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.06	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.06	0.08	0.05
CO <sub>2</sub>	0.00	0.13	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.10	0.00	0.60
H <sub>2</sub> O	1.30	2.00	2.10	1.90	3.15	1.33	2.50	1.63	1.96	2.06
Total	97.90	98.70	99.80	99.50	100.60	96.40	100.60	97.20	98.60	98.90
Cr	110	178	165	bdl	440	76	160	46	349	145
Co	4	13	14	bdl	9	35	bdl	5	5	9
Ni	18	15	36	2	29	77	5	9	7	18
Cu	0	4	85	4	15	bdl	0	bdl	bdl	14
Zn	51	27	73	bdl	34	16	0	18	18	39
Ga	11	5	9	0	9	8	5	8	bdl	8
Rb	31	35	25	1	50	33	53	68	4	76
Sr	77	184	30	172	41	42	11	30	12	52
Y	17	17	17	6	16	18	12	10	12	15
Zr	146	116	251	59	349	81	54	162	190	169
Ba	139	304	150	10	308	117	1158	412	19	289
La	26	18	12	8	20	33	6	7	19	18
Ce	85	19	26	bdl	33	66	1	20	30	31
Pb	54	3	8	1	8	9	9	7	3	12
U	1	bdl	bdl	bdl	bdl	3	bdl	1	0	2
Th	10	10	8	7	8	2	8	6	4	7

Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit.  
Ave: average of each of the rock types.  
Each number of the grid references of its position  
160: 33750 - 38250      298: 18500 - 33275  
179: 32500 - 30000      162: 32900 - 31500  
159: 33500 - 31700      477: 32650 - 30500  
193: 29750 - 28750      476: 32650 - 30500  
175: 33250 - 32825

GEOCHEMISTRY OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE KADINHANI (KONYA) AREA,

**Table 2.** Major oxides and trace elements of Quartzites

Sa.No	116	468	97	60	67	198	51	219	143	57	Ave.
SiO <sub>2</sub>	92.66	90.18	97.53	90.68	97.67	93.58	92.93	90.06	92.78	95.10	93.31
TiO <sub>2</sub>	0.21	0.36	0.16	0.27	0.25	0.26	0.12	0.24	0.12	0.04	0.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.00	3.18	0.31	1.53	0.71	1.28	0.38	4.25	2.49	2.00	1.91
FeO	0.80	0.43	0.79	0.50	0.39	1.79	0.51	0.60	0.00	0.00	0.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40	1.37	0.41	0.95	0.13	0.50	0.48	4.00	0.86	0.51	0.96
MnO	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.06	0.11	0.02	0.12	0.05
MgO	0.03	0.52	0.08	0.34	0.17	0.29	0.04	0.26	0.20	0.15	0.20
CaO	0.04	2.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
Na <sub>2</sub> O	0.78	0.55	0.71	0.00	0.53	0.53	0.52	0.62	0.00	0.00	0.60
K <sub>2</sub> O	0.20	0.45	0.05	0.15	0.08	0.05	0.07	0.06	0.45	0.00	0.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
CO <sub>2</sub>	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O	0.00	2.30	0.00	0.61	0.00	2.10	1.20	0.00	2.50	0.20	1.49
Total	98.16	101.60	100.00	95.22	99.95	100.41	97.30	100.25	99.43	98.13	98.95
Cr	41	117	31	19	113	163	155	67	bdl	27	81
Co	7	5	bdl	11	1	3	bdl	4	bdl	0	5
Ni	8	4	4	2	7	3	9	9	11	bdl	6
Cu	bdl	2	bdl	bdl	bdl	1	bdl	bdl	5	bdl	3
Zn	12	18	bdl	6	6	16	10	38	0	25	16
Ga	0	3	1	0	bdl	2	1	3	3	bdl	2
Rb	11	27	4	9	7	4	6	3	17	4	9
Sr	24	47	11	12	10	6	5	14	4	8	14
Y	21	0	11	12	15	8	9	13	15	5	12
Zr	214	161	115	341	288	162	73	157	33	8	155
Ba	43	249	24	103	46	19	38	19	81	16	64
La	11	9	17	9	16	14	7	17	41	2	14
Ce	25	16	26	36	29	17	11	16	13	bdl	21
Pb	5	9	5	13	5	7	5	29	6	3	9
U	bdl	0	bdl	0	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0
Th	4	bdl	5	5	4	7	7	10	5	bdl	6

Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit.

Ave: average of each of the rock types.

Each number of the grid references of its position

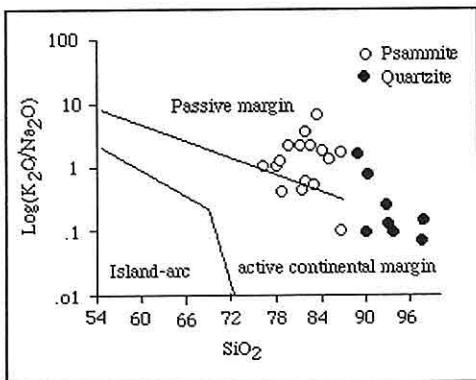
116: 23000 - 25975                          198: 21600 - 23800

468: 33250 - 31770                          51: 20750 - 33675

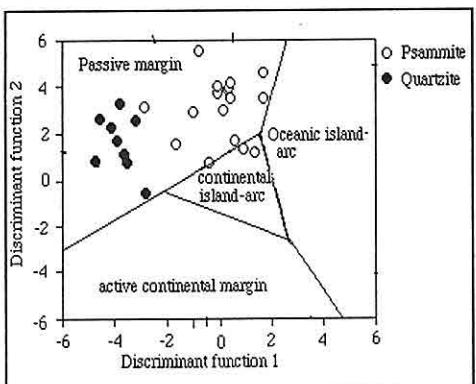
97: 25325 - 31875                          219: 21300 - 25000

60: 21875 - 33900                          143: 24600 - 23525

67: 22625 - 33375                          57: 21400 - 34200



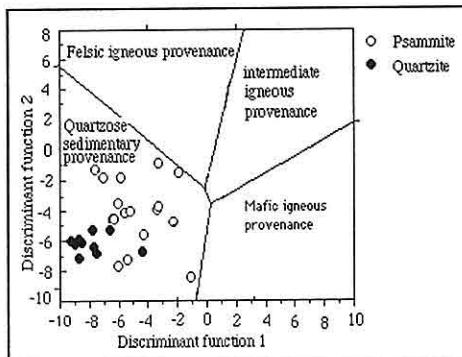
**Figure 3.** Plot of  $\log (K_2O / Na_2O)$  vs  $SiO_2$  for quartzites and psammites, (after Bhatia, 1983).



**Figure 4.** Plot of discriminant functions F1 and F2 (as calculated by Bahatia, 1983) showing the position of psammites and quartzite.

are compared to the composite of N. American shales and upper continental crust (from Taylor and McLennan, 1985). The REE patterns from the rocks are quite similar to NASC and upper continental crust REE patterns (Fig. 6), but at lower concentrations due to the

diluting effects of large volumes of quartz. The negative Eu/Eu\* value is 0.63 for quartzite and 0.56 for psammites which are not significantly different from that obtained by Taylor and McLennan, (1985) for a composite of N. American shales (0.70). The negative Eu anomalies may be interpreted as reflecting shallow, intracrustal differentiation resulting in Eu depletion in the upper crust, associated with the production of granitic rocks (McLennan, 1989).

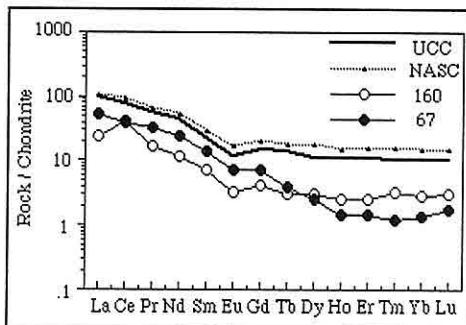


**Figure 5.** Plot of discriminant function F1 and F2 (as calculated by Roser and Korsch, 1988) showing the provenance of psammites and quartzite.

The patterns remain very nearly parallel each other and there is little difference between the quartzites and psammites, but the quartzites have lower Eu/Eu\* and lower HREE than the psammites.

These REE characteristics are similar to cratonic sedimentary rocks. The general similarity of the REE patterns in the psammites and quartzites, variable LREE enrichment, Eu depletion and flat HREE

reflect the sedimentary province. These indicate ultimate sediment sources dominated by granites with negative Eu anomalies (Taylor et al., 1986).



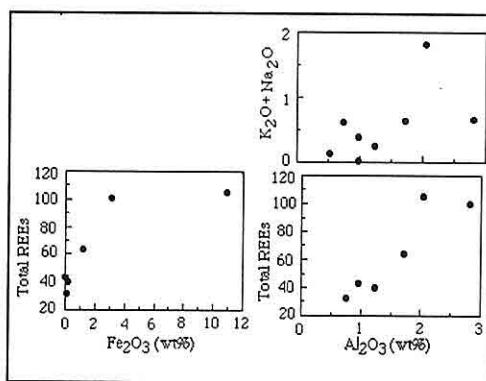
**Figure 6.** Chondrite normalised REE patterns for psammite (160) and quartzite (67) (UUC; upper continental crust, NASC; North American shale composition) (after Boynton, 1984).

## 5.2. Metachert

Some chemical data are presented in Table 3. and 4. All types of chert average about 93% SiO<sub>2</sub> and 1.38 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with very little TiO<sub>2</sub> in most rocks. Iron is present in most of the samples in the form of iron oxides (hematite).

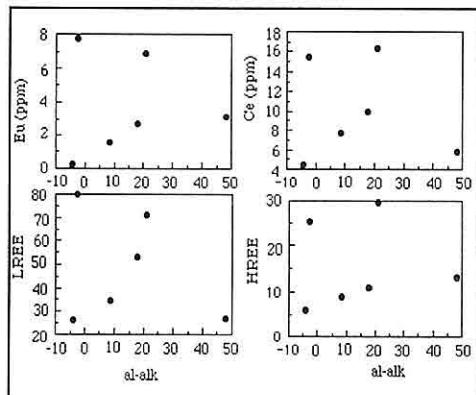
There is a positive correlation between the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O contents (Fig. 7). The positive correlation of REEs with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig. 8) implies that the terrigenous fractionation is the dominant REE carrying phase (Murray et al., 1991). The positive correlation of REEs (total) with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(total) indicates that the abundance of the metalliferous

component is responsible for the variations in REE content.



**Figure 7.** The total REEs and K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O vs some major oxides for metacherts.

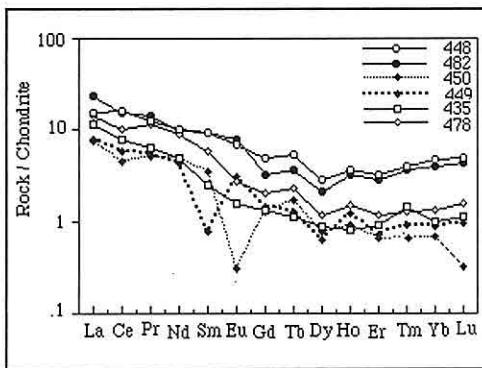
In figure 8, The plot of Niggli (1954) al (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+rare earth element oxide)-alk (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) vs some REE and La, Ce, Eu and LREEs show positive correlation with al-alk. It suggest that clay mineral control the LREE in chert.



**Figure 8.** Some REE vs al-alk.

The REE patterns (Fig. 9) show a small negative Ce anomaly. Large negative Ce

anomalies are suggestive of deep-sea environments (Schimuzu and Masuda, 1977). Chert and shale from the continental proximal Claremont Formation average  $Ce/Ce^* = 0.93$  (Murray et al., 1991). Two depositional regimes can be identified; ocean-basin floor with  $Ce/Ce^* \sim 0.55$  and continental margin (within  $\sim 100$  km of a landmass) with  $Ce/Ce^* \sim 0.90$  to 1.30 and very low total REE (Murray et al., 1992).



**Figure 9.** Chondrite - normalised rare earth element distribution patterns for metacherts from the Kadinhani area. Chondrite normalising values from Boynton (1984).

Sample 450 shows a negative Eu anomaly, while sample 449 shows a positive Eu anomaly. The cause of the decreases in  $Eu/Eu^*$  in chert may reflect a small loss of feldspar (Taylor and McLennan, 1985). Most continental margin sediments display intermediate REE abundances, variable LREE enrichment and variable negative Eu anomalies, with  $Eu/Eu^*$  in the range

0.6-1.0 (e.g., Mc Lennan et all., 1989, 1990 a, b).

The chert samples from Kadinhani generally have  $Ce/Ce^* 0.7 - 1.16$ . and  $Eu/Eu^* \sim 0.8-1.4$  (one sample (450) has  $Eu/Eu^* \sim 0.14$  and one sample (449) has  $Eu/Eu^* \sim 5.3$ ). The  $La/Yb$  ratio of the cherts normalized to chondrites range from 3.3 to 12. This ratio gives a measure of the light REE enrichment over the heavy REE relative to a chondrite average. The REE patterns (Fig. 9) from cherts suggest that they are formed in shallow-water environments.

### 5.3. Metapelite, Metabasite and calcareous schists ;

Metapelitic rocks have low CaO (< 1 wt %) and comprise phyllite, chlorite-chloritoid schist and chlorite-muscovite schist. Metabasites have (1-10 wt %) CaO and consist of albite-chlorite-actinolite-epidote schist. Calcareous schists have (>10 wt %) CaO and include chlorite-calc schist, calcite-epidote schist and calcite-muscovite - epidote schists. Some major and trace - element compositions of these rocks are given in tables 5, 6, 7.

The chemical characteristics of these three groups will be examined in order to determine the original sources of each group.

On the Niggli (1954) c ( $(CaO + SrO + BaO)$ ) vs mg ( $(MgO / FeO + 1/2 Fe_2O_3 + MgO + MnO)$ ) diagram (Fig. 10) and Niggli al-alk vs c diagram (Fig. 11) the metapelitic rocks plot within the field of shales, the

**Table 3.** Major oxides and trace elements of Metacherts

Sa.No	448	463	482	449	450	435	478	473	Ave.
SiO <sub>2</sub>	89.85	97.14	84.52	92.41	93.02	98.34	94.40	94.98	93.08
TiO <sub>2</sub>	0.11	0.04	0.17	0.04	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.81	0.53	2.04	1.24	0.75	0.97	1.72	0.98	1.38
FeO	0.62	0.05	0.80	0.26	0.02	0.00	0.28	0.06	0.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.15	0.30	10.93	0.16	0.05	0.00	1.19	0.34	2.00
MnO	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02
MgO	0.69	0.42	0.49	0.01	0.25	0.00	0.53	0.57	0.37
CaO	0.00	0.00	0.23	0.00	0.78	1.35	0.06	0.00	0.30
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.01	1.14	0.18	0.42	0.38	0.00	0.03	0.28
K <sub>2</sub> O	0.66	0.12	0.67	0.07	0.19	0.01	0.63	0.00	0.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.01	0.12	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.04
LOI	0.40	0.76	0.84	0.33	1.10	0.25	0.35	0.00	0.37
Total	97.77	99.40	101.97	94.71	96.71	101.6	99.27	97.05	98.48
Cr	12	145	174	75	177	24	124	70	100
Co	25	4	7	bdl	bdl	bdl	0	bdl	4
Ni	51	3	4	1	2	2	6	0	8
Cu	0	bdl	bdl	bdl	bdl	6	31	bdl	5
Zn	31	bdl	4	0	5	0	11	0	6
Ga	2	bdl	5	1	0	0	2	1	1
Rb	23	6	14	13	7	12	22	15	16
Sr	165	12	9	19	10	14	4	3	29
Y	14	10	11	5	8	4	8	7	8
Zr	42	27	81	24	15	17	23	20	31
Ba	160	889	53	183	146	64	164	150	285
La	2	2	8	2	bdl	2	5	4	3
Ce	20	bdl	45	5	bdl	4	15	16	13
Pb	bdl	bdl	22	26	9	13	25	20	13
U	1	bdl	3	6	bdl	5	2	0	2
Th	3	bdl	8	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	1

Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit.	
Ave: average of each of the rock types.	
Each number of the grid references of its position	
448: 22125 - 24500	450: 28500 - 27375
463: 22750 - 24025	435: 30750 - 39100
482: 27125 - 26625	478: 29500 - 32000
449: 26875 - 25275	473: 27500 - 40500

**Table 4.** Rare earth element data for the metacherts, psammite (160) and quartzite (67)

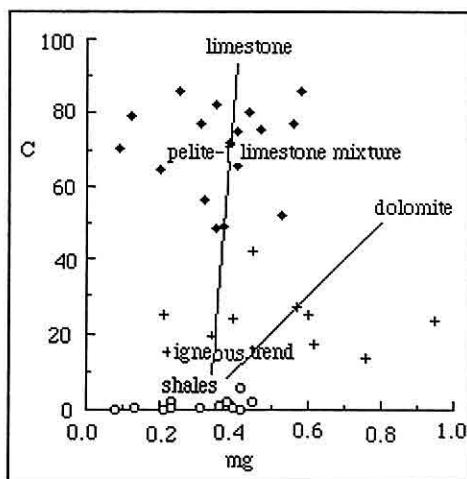
Sam. No	448	482	449	450	435	478	160	67
La	15.4	23.7	7.8	7.5	11.6	14.3	7.4	16.8
Ce	16.3	15.4	5.8	4.5	7.7	10.0	33.0	31.8
Pr	12.8	14.0	5.4	5.2	6.4	11.5	2.0	4.1
Nd	9.9	9.8	4.3	5.0	4.8	8.8	6.9	14.3
Sm	9.5	9.2	0.8	3.6	2.5	5.9	1.4	2.8
Eu	6.9	7.7	3.1	0.3	1.6	2.7	0.2	0.5
Gd	1.0	1.6	0.4	0.4	1.5	0.5	1.2	2.1
Tb	5.4	3.6	1.3	1.9	1.1	2.3	0.2	0.2
Dy	2.8	2.1	0.6	0.8	0.9	1.2	1.0	0.8
Ho	3.7	3.2	3.6	0.9	0.8	1.5	0.2	0.1
Er	3.2	2.9	0.7	0.7	0.9	1.2	0.6	0.3
Tm	4.0	3.7	0.9	0.6	1.4	1.3	0.1	0.5
Yb	4.6	4.1	0.9	0.7	1.0	1.4	0.6	0.3
Lu	5.0	4.3	0.9	0.3	1.1	1.6	0.1	0.1

REE are in ppb.  
Each number of the grid references of its position  
448:22125 - 24500                          435:30750- 39100  
482:27125 - 26625                          478:29500 - 32000  
449:26875 - 25275                          160:33750- 31825  
450:28500 - 27375                          67: 22625 - 33375

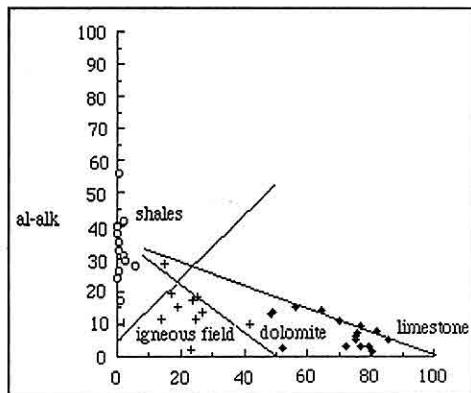
plagioclase and actinolite rich metabasites closely follow an igneous trend and the calcareous schists plot in the field of pelite-limestone mixtures. These deduction are conformed by a Niggli al-alk against c plot (Fig. 10) in which the same features re-occur but with the metabasites (except one sample) plotting in the field of igneous rocks, consistent with the igneous trend in Figure 11. These rocks may have been basic tuffs in the pelites.

In figure 12, plots of Rb, Ba, Ni, Ga, La, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and K<sub>2</sub>O against al-alk for

the metapelites show positive correlation. Senior and Leake (1978) suggest that all these elements are substantially added in sheet (mica and clay) minerals in pelites. Zr correlates poorly with al - alk (Fig. 12), probably because it is partly added in clay minerals and partly in detrital zircon in the original sediment. The calcareous schist show a similar positive correlation for al-alk and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Rb and Ga but the remaining elements are more scattered as carbonate deposition influenced many trace elements.



**Figure 10.** Niggli c vs mg plot showing the fields of shales, dolomites, limestone and pelite-limestone mixtures as well as the igneous trend defined by the Karroo basalts (after Leake, 1964). metapelites (o), metabasite (+), calcareous schists (◎) from the studied area.



**Figure 11.** Niggli al-alk : c plot showing the fields of shales, dolomites, limestones and the igneous field (after Van de Kamp, 1969). Data are metapelites (o), metabasite (+), calcareous schists (◎).

In figure 13, the K content is almost certainly due to the original presence of clay minerals and, or mica. As there are clear positive correlations between K and Ba, Th, Rb and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the metapelites these elements are clay-mineral related (probably illite).

## 6. CONCLUSIONS

1-The psammites and quartzites samples from Kadinhani have a generally similar chemistry which suggests a similar source for these rocks. The sheet silicates in both the psammites and the quartzites are predominantly muscovite and chlorite. A passive continental margin setting and a quartzo sedimentary provenance is deduced. The geochemistry and especially the REE values suggest that the rocks were derived from a granitic, sedimentary, or metasedimentary acidic source, or sources.

2-The major oxides, trace elements, REE, and REE patterns in the cherts are in favour of deposition of the Kadinhani cherts in a basin not far from the continent and they have been deposited in a relatively shallow-water environment similar to recent continental shelf slope environments. In the metachert the main control in composition was clay which influenced Al, Fe and LREE.

3-The pelitic rocks in the Kadinhani area contain less than 1 % CaO and were originally shales in which the main control in composition was the sheet silicates (clay, mica, and chlorite) which influenced elements such as Zn, Rb, Ba,

**Table 5.** Major oxides and trace elements of metapelitic rocks

S.No	151	231	208	104	107	48	35	42	306	40	305	289	Ave.
SiO <sub>2</sub>	65.9	66.7	55.4	67.0	69.5	61.7	58.8	65.6	65.6	73.3	70.5	62.3	65.2
TiO <sub>2</sub>	1.26	0.99	1.10	0.61	0.64	0.47	0.81	0.70	0.77	0.84	0.88	0.73	0.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.1	20.5	23.9	12.7	13.8	16.1	20.1	16.7	18.0	11.8	14.5	19.2	16.8
FeO	9.6	0.6	0.0	1.2	0.8	7.1	4.4	4.6	4.2	3.0	1.4	3.9	3.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.6	4.6	10.9	3.7	4.7	3.7	2.4	2.7	3.0	2.0	4.2	3.8	4.0
MnO	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04	0.10	0.08	0.14	0.06	0.07	0.06	0.11	0.79
MgO	0.46	0.77	0.65	1.58	2.00	4.10	2.31	0.87	2.36	1.50	0.81	1.73	1.59
CaO	0.00	0.41	0.09	0.82	0.36	0.00	0.13	0.02	0.52	0.16	0.13	0.10	0.22
Na <sub>2</sub> O	0.78	0.60	0.49	0.19	0.00	1.19	1.29	0.81	0.99	3.01	2.24	1.08	1.05
K <sub>2</sub> O	0.82	4.40	1.15	3.37	3.54	2.90	4.73	3.13	4.13	1.62	2.65	4.16	3.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.17	0.13	0.09	0.21	0.15	0.14	0.05	0.10	0.12	0.12	0.09	0.11
LOI	4.50	0.01	4.70	5.30	3.60	-1.76	3.20	4.50	0.02	2.00	3.00	1.00	2.55
<b>Total</b>	<b>98.6</b>	<b>99.8</b>	<b>98.6</b>	<b>97.0</b>	<b>99.1</b>	<b>99.2</b>	<b>98.4</b>	<b>99.3</b>	<b>99.8</b>	<b>99.4</b>	<b>99.6</b>	<b>98.1</b>	<b>98.1</b>
Cr	633	130	144	355	68	76	146	196	190	80	90	139	146
Co	29	30	21	20	24	17	27	9	25	11	9	25	21
Ni	242	48	69	74	45	18	59	69	96	27	26	94	72
Cu	26	9	17	57	75	68	26	22	33	3	2	60	31
Zn	75	116	122	29	24	206	70	108	74	69	78	105	85
Ga	20	22	36	15	16	14	25	21	24	14	18	24	20
Rb	bdl	140	74	93	120	57	150	106	166	65	117	175	05
Sr	205	31	122	11	15	20	61	189	62	53	52	96	76
Y	18	30	44	26	38	17	39	35	25	32	29	31	30
Zr	93	249	276	314	126	66	172	154	173	256	234	158	189
Ba	50	639	174	282	538	483	563	499	445	348	484	575	423
La	5	29	59	26	43	12	40	41	21	27	24	34	30
Ce	bdl	54	119	86	69	19	73	78	45	50	55	69	55
Pb	1	14	19	5	15	5	5	14	6	12	9	11	8
U	bdl	bdl	7	bdl	0	1	0	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0
Th	bdl	18	22	11	13	3	15	9	17	11	13	14	12

Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit.

Ave: average of each of the rock types.

Each number of the grid references of its position

151: 26750 - 32825      231: 16500 - 37200

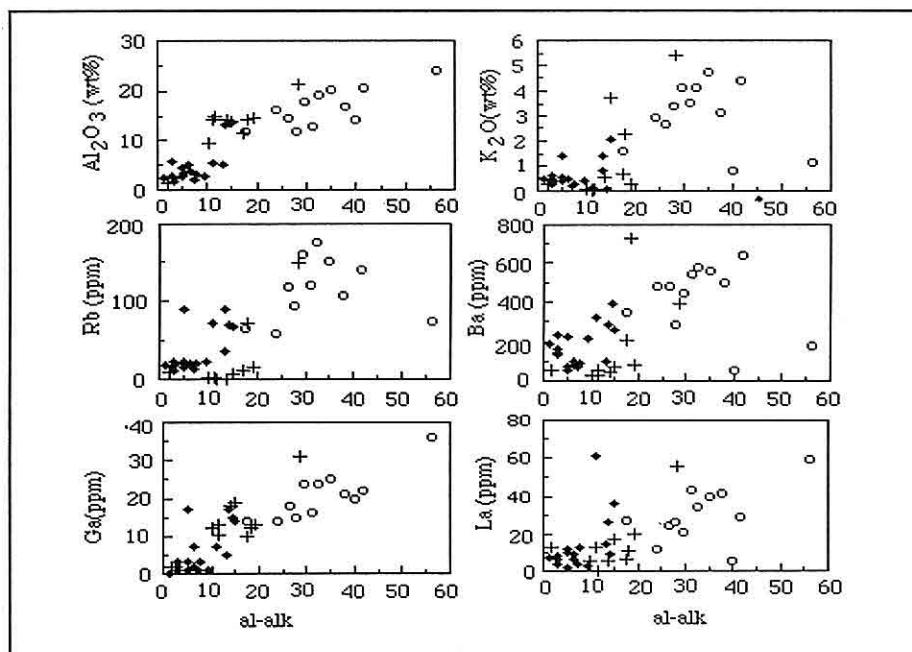
42: 18525 - 36150      208: 21300 - 25250

306: 18150 - 36100      104: 25825 - 27500

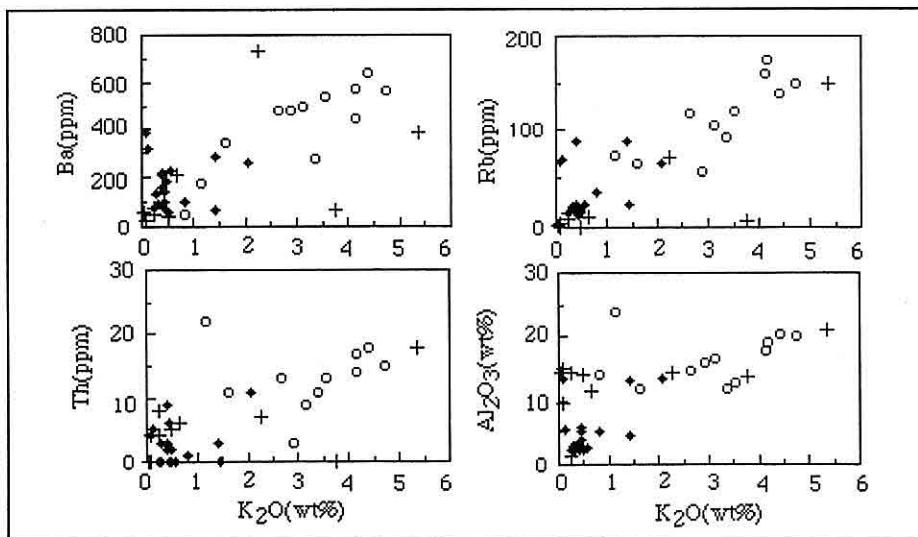
40: 18125 - 36375      107: 25900 - 28125

305: 18300 - 36175      48 : 20475 - 33675

289: 18250 - 37675      35 : 18750 - 36375



**Figure 12.** Plots of Niggli al-alk against La, Ni, Ga, Zr, Ba, Rb , Zn,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{K}_2\text{O}$ . metapelites (o), metabasite (+), calcareous schists (◆).



**Figure 13.** Plots of  $\text{K}_2\text{O}$  against Pb, Ba, Th and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . metapelites (o), metabasite (+), calcareous schists(◆).

**Table 6.** Major oxides and trace elements of the metabasites.

Sa.No	154	286	47	281	283	79	5(7)	289b	41	62	Ave.
SiO <sub>2</sub>	60.4	54.6	46.8	52.8	66.9	64.4	60.8	49.9	46.4	50.0	55.3
TiO <sub>2</sub>	0.50	1.47	1.18	0.53	0.41	0.12	0.90	1.21	1.45	1.40	0.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.30	14.86	21.10	14.40	11.5	7.21	7.36	15.30	14.10	14.90	13.5
FeO	4.49	4.75	1.39	3.85	3.83	0.43	3.35	3.90	6.87	3.09	3.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.72	6.24	9.82	6.89	4.75	0.58	4.34	5.71	6.21	8.10	5.4
MnO	0.07	0.24	0.04	0.20	0.15	0.14	0.19	0.11	0.19	0.22	0.19
MgO	1.45	2.34	1.35	8.13	4.74	8.78	2.95	10.90	7.77	8.03	4.1
CaO	6.80	4.68	4.23	5.76	7.16	5.72	9.90	4.43	9.70	9.50	6.6
Na <sub>2</sub> O	1.77	0.98	0.51	1.50	0.65	2.85	2.55	2.45	2.16	3.85	1.9
K <sub>2</sub> O	2.26	3.76	5.37	0.24	0.66	0.24	0.08	0.03	0.50	0.07	1.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.10	0.14	0.26	0.14	0.22	0.11	0.16	0.12	0.10	0.2
LOI	0.06	6.54	6.38	3.53	0.14	5.56	5.80	4.50	2.00	0.00	3.5
Total	99.00	98.10	98.34	98.20	100.5	96.25	98.30	97.10	97.50	99.30	98.30
Cr	129	395	160	124	120	180	197	245	359	390	230
Co	21	45	26	39	16	1	29	22	49	49	29
Ni	25	257	65	20	17	6	43	64	95	98	69
Cu	bdl	51	4	3	890	9	66	18	71	63	117
Zn	26	102	33	113	70	2	170	30	89	90	67
Ga	12	19	31	13	10	2	12	10	18	13	14
Rb	71	6	149	15	11	9	3	2	0	1	26
Sr	192	156	122	505	444	93	549	372	324	333	308
Y	18	20	29	17	18	17	25	45	36	39	26
Zr	73	120	233	94	46	55	60	92	157	142	107
Ba	730	69	388	77	208	50	29	55	44	25	162
La	11	17	56	20	6	13	5	13	5	bdl	14
Ce	17	20	106	8	10	15	bdl	bdl	bdl	bdl	32
Pb	12	2	8	12	11	9	3	4	4	3	6
U	bdl	bdl	bdl	1	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0
Th	7	2	18	8	6	4	0	bdl	5	4	5
Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit.											
Ave: average of each of the rock types.											
Each number of the grid references of its position											
154:	28500 - 32250			79:	25375 - 31875						
286:	19100 - 38900			5(7):	22125 - 35400						
47:	20100 - 34400			289b:	18250 - 37675						
281:	16450 - 40225			41 :	18400 - 36075						

*GEOCHEMISTRY OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE KADINHANI (KONYA) AREA,*

**Table 7.** Major oxides and trace elements of calcareous schists

Sa.No	411	464	467	425	81	65	271	278	Ave.
SiO <sub>2</sub>	42.10	45.45	43.81	37.46	61.42	62.22	75.16	71.28	60.70
TiO <sub>2</sub>	0.52	0.57	0.12	0.74	0.34	0.32	0.40	0.25	0.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.53	5.03	3.42	13.12	2.60	2.28	3.81	3.00	5.71
FeO	1.00	4.32	0.00	1.36	0.79	0.00	1.02	0.19	0.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.66	1.87	1.28	5.65	1.34	1.42	0.52	1.07	2.30
MnO	0.04	0.10	0.19	0.32	0.31	0.14	0.15	0.13	0.14
MgO	0.79	2.33	0.89	2.09	0.16	0.57	0.50	0.31	0.89
CaO	18.65	21.55	25.94	17.08	15.57	16.51	12.99	13.36	15.3
Na <sub>2</sub> O	0.40	0.45	0.08	1.86	0.58	0.76	0.57	0.04	0.55
K <sub>2</sub> O	1.43	0.45	0.41	1.41	0.57	0.49	0.44	0.30	0.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.05	0.13	0.10	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04
LOI	29.80	18.53	21.12	16.26	12.94	13.15	1.55	6.80	10.80
Total	100.00	100.70	97.40	97.45	96.64	97.87	97.15	96.95	97.90
Cr	18	60	13	89	166	34	161	18	98
Co	bdl	26	2	14	14	1	3	bdl	10
Ni	3	45	30	37	8	bdl	6	5	23
Cu	703	bdl	bdl	bdl	8	bdl	bdl	bdl	42
Zn	4	47	57	50	2	bdl	1	2	22
Ga	3	7	17	15	3	0	2	3	6
Rb	23	21	89	80	23	17	19	20	35
Sr	393	194	288	278	48	31	84	80	103
Y	10	22	29	29	10	18	16	17	18
Zr	28	170	160	167	202	181	140	72	141
Ba	68	76	219	288	230	186	102	92	168
La	2	9	10	26	8	7	6	13	13
Ce	14	37	18	74	26	30	7	16	29
Pb	6	13	23	23	7	11	8	4	13
U	6	6	8	8	1	0	bdl	bdl	4
Th	bdl	bdl	3	3	bdl	bdl	6	3	4
Major oxides are in wt %, and trace elements are in ppm, bdl is below the detection limit. Ave: average of each of the rock types. Each number of the grid references of its position									
411:	15675 - 38375			81:	25625 - 31750				
464:	33235 - 31925			65:	23325 - 23600				
467:	33250 - 32450			271:	15500 - 40500				
425:	24825 - 32325			278:	16025 - 40375				

Ga, La, Al, K, and Ti. The calcareous schists were originally impure siliceous limestones (not dolomites) with variable amounts of clay material (pelite) and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  and Ba were added in clay minerals to the calcareous schists.

4. The sediments with 1-10 % CaO were originally rich in basic magmatic material and possibly formed tuffs in the pelites. Calcic amphibole is sequentially replaced first by a deeper green to green blue winchitic amphibole, and then by a blue riebeckite. These suggests that the metamorphism was initiated with low pressure, greenschist facies conditions and only later became of blueschist facies.

## 7. ACKNOWLEDGEMENTS.

I thank the Turkish Government and Selcuk University for providing a grant which enabled this work. This research was carried out at the Department of Geology & Applied Geology in Glasgow University. I would like to thank J. Gallagher, D. Turner, M. Macleod and W. Higgison for the XRF chemical analyses and Scottish Universities research and Reactor centre for REE analyses. Also I am indebted to the people of Glasgow university for allowing me the use of the facilities and a friendly atmosphere in the department.

## 8. REFERENCES

- Bhatia, M. R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones: *Jour. Geol.*, 91, 611-627.
- Boynton, W. W., 1984. Cosmochemistry of the rare elements. *Rare Earth Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, 63-107.
- Eren, Y. 1993. *Eldes - Derbent - Tepeköy - Söğütöz (Konya) arasındaki jeolojisi*, Doktora, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 224.
- Harvey, P. K., Taylor, D. M., Hendry, R. D. and Bancroft, F., 1973. An accurate fusion method for the analysis of rocks and chemically related minerals by X-ray fluorescence spectrometry,. *X-ray spectrometry.*, 21, 33-44.
- Kurt, H., 1994. *Petrography and Geochemistry of Kadınhanı (Konya) area, central Turkey.*, PhD., Glasgow University (Unpublished), U.K., 191.
- Kurt, H., 1996. *Geochemical characteristics of the meta-igneous rocks near Kadınhanı (Konya), Turkey*. Geosound/Yerbilimleri, no:28,1-22.
- Leake, B. E., 1964. The chemical distinction between ortho-and para amphibolites., *J. Pet.*, 5-2, 238-254.
- Leake, B. E., Hendry, G. L., Kemp, A., Plant, A.g., Harrey, P. K., Wilson, J. R., Coats, J. S., Aucott, J. W., Lunel, T. & Howarth, R. J., 1969. The chemical analysis of rock powder by automotic x-ray fluorescence. *Chem. Geology.*, 5, 7-86.
- McLennan, S. M., 1989. Archean sedimentary rocks and the archean mantle. *Lunar and planetary Institute.*, Houston,TX.
- McLennan, S. M. McCulloch, M. T., Taylor, S. R & Maynard, J. B., 1989. Effects of sedimentary sorting on neodymium isotopes in deep-sea

GEOCHEMISTRY OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE KADINHANI (KONYA) AREA,

- turbidites. *Nature*, 337 (6207), 547-549.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M.T. and Maynard, J. B., 1990a. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites. Part I; Implications for crustal evolution. *Geochim. Cosmochim. Acta* (submitted).
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M. T. and Maynard, J. B., 1990b. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep sea turbidites. Part II: Sedimentological and plate tectonic controls. *Geochim. Cosmochim. Acta*.
- Murray, R. W., Buchholtz Ten Brink, M. R., Gerlach, D. C., Russ, G. P., III, and Jones, D. L., 1991. Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55, 1875-1895.
- Murray, R. W., Buchholtz Ten Brink, M. R., Gerlach, D. C., Russ III, G. P., and Jones, D. L., 1992. Rare earth, major, and trace element composition of Monterey and DSDP chert and associated host sediment: Assessing the influence of chemical fractionation during diagenesis. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 56, 2657-2671.
- Niggli, P., 1954. Rocks and Mineral Deposits. Freeman, San Francisco, 559 pp.
- Okay, A., 1984. Distribution and characteristics of the north-west Turkish blueschist, In: J. E. Dixon and A. H. F. Robertson (eds). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*,
- 455-466. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 17, Blackwell, Oxford, 848.
- Riley, J. P., 1958. Simultaneous determination of water and carbondioxide in rocks and minerals,. *Analyst*, 83/982, 42-49.
- Roser, B. P., and Korsch, R. J., 1988. Provenance signatures of sandstone -mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data,. *Chem. Geol.*, 67, 119-139.
- Senior, A. & Leake, B. E., 1978. Regional metasomatism and the geochemistry of the Dalradian metasediments of Connemera, western Ireland. *J. Pet.*, 19, 585-625.
- Shimizu, H. and Masuda, A., 1977. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. *Nature*, 266, 346-348.
- Taylor, S. R., and McLennan,S. M., 1985. The continental crust; its composition and evolution. Blackwell Scientific Puplications, Oxford, U.K.
- Taylor, S. R., Rudnick, R. L., McLennan S. M., Eriksson K. A., 1986. Rare earth element patterns in Archean high-grade metasediments and their tectonic significance. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50, 2267-2279.
- Van de Kamp, P. C., 1969. Origin of amphibolites in the Beartooth Mountains -new data and interpretation. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 80, 1127-1136.
- Wiesner, K., 1968. Konya civâ yatakları ve bunlar üzerindeki etüdler. Maden Tektik Arama Enstitüsü dergisi, Ankara, 70, 178-213.



**THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE  
COAL SEAM ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES,  
SELİMOĞLU-DİVRİĞİ, TURKEY**

**Ali İhsan KARAYİĞİT**

*Hacettepe University, Department of Geological Engineering, Ankara /Turkey*

**ABSTRACT:** *The Selimoğlu coalfield is situated at the southeastern part of Divriği, which is far away from the major coalfields of Turkey. A number of thin and lenticular coal seams and associated sedimentary rocks occur in the Selimoğlu unit of the Upper Miocene Oğlbey Formation. Only one seam associated with continental micritic limestones is exploited in an underground mine and was analysed in this paper. The coal seam macroscopically has bright appearance and geological thickness between 1.0-1.5 m. A total of 32 channel samples from the seam were collected. The results from proximate analyses on an air-dried basis show that the coal is on average characterized by low moisture content (1.68 %), high ash yield (24.04 %), high volatile matter content (39.12 %), high total sulphur content (5.64 %) and high calorific value (5606 kcal kg<sup>-1</sup>). Based on volatile matter contents, calorific vaules, H/C and O/C values, the coal rank is of a high-volatile bituminous coal stage. This high rank reveals that the thermal development may have been affected by the volcanic intrusions that occurred in the coal field.*

**KARASAL KİREÇTAŞLARIYLA ARDALANMALI KÖMÜR DAMARININ  
JEOLOJİK KONUMU VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ,  
SELİMOĞLU-DİVRİĞİ, TÜRKİYE**

**ÖZET:** *Türkiye'deki önemli kömür yataklarından uzakta bulunan Selimoğlu kömür sahası, Divriği'nin güneydoğusunda yer alır. Üst Miyosen yaşı Oğlbey Formasyonunun Selimoğlu birimi, içerisinde ince ve yanal devamsız kömür damaları içeren sedimanter kayaçlardan oluşur. Karasal mikritik kireçtaşlarııyla ardalanmalı sadece bir kömür damarı yeraltı metoduyla işletilebilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen bu damar, parlak bir görünümde ve 1.0-1.5 m arasında bir kalınlığa sahiptir. Toplam 32 adet oluk kömür örneği alınmıştır. Havada kuru bazda kaba kimyasal analiz sonuçlarının ortalamalarına göre kömürler, düşük nem içeriği (1.68 %), yüksek kül içeriği (24.04%), yüksek uçucu madde içeriği (39.12 %), yüksek toplam kükürt içeriği (5.64 %) ve yüksek kaloriler (5606 kcal kg<sup>-1</sup>) sahiptir. Uçucu madde içeriklerine, kalorilerine, H/C ve O/C değerlerine göre kömürleşme derecesi, yüksek uçuculu bitümlü kömür aşamasındadır. Bu yüksek kömürleşme derecesi, kömür*

*sahasının ısı gelişiminin volkanik sokullumlardan etkilendiğini göstermektedir.*

## 1. INTRODUCTION

Coal formation within continental carbonates in the world is rare, and some information was published by Durand (1980), Cabrera and Sáez (1987), Loftus and Greensmith (1988), Gierlowski - Kordesh et al. (1991). Most Miocene coals in Turkey are of lignite or subbituminous coal stage and generally associated with clastics, such as claystone, marl and rarely sandstone. However, there is not any information about this type of formation in Turkey, the mining seam in the Selimoğlu coal field forms a useful sample to assess the formation of coals intercalated with micritic limestones. The present paper summarizes the geology of the coal field, and chemical properties of the mining seam.

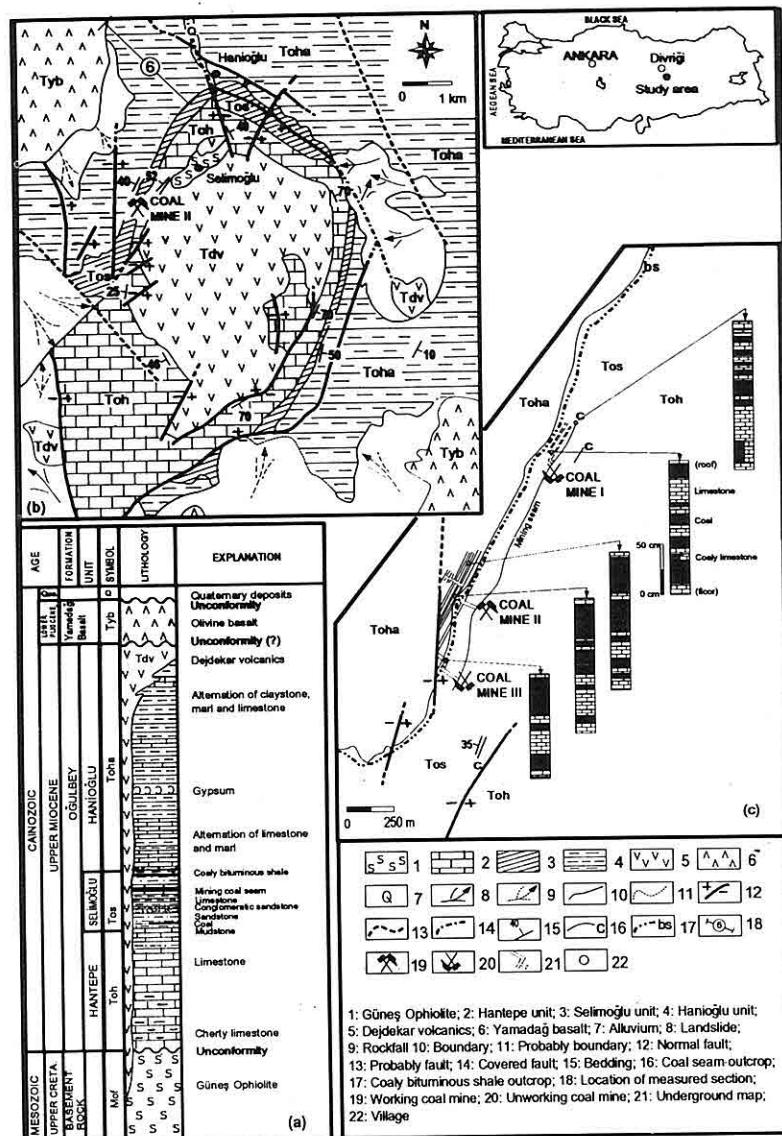
The Selimoğlu coal field lies far away from the major coalfields of Turkey, and it is situated at the southeastern part of Divriği (Fig. 1), which is about 20 km away. About 30-50 tonnes of coal a day is exploiting by a small underground mine. The region including the coal field, was first investigated by Wedding (1965), who studied the stratigraphy of the region. This was followed with studies by Keskin et al. (1984), who made the revised geological map and determined stratigraphy of the coal field with similar results as Wedding (1965). Basic geological characteristics of the

Divriği region including the northern small part of the study area have been investigated by Tunç et al. (1991). The present paper was prepared from the writer's project study (Karayığit, 1993).

## 2. METHODS OF STUDY

During field studies, representative rock, coal and coaly bituminous shale samples were collected. Thin sections of rock samples were prepared to determine the petrographical composition. X-ray powder diffraction (XRD) analyses were performed to determine mineralogical composition of limestones. In addition, for age determination, limestones, marls and claystones were sieved for ostracods, and palynological investigations were made on the coals and coaly bituminous shales. A total of 32 fresh, channel coal samples that represent the full thickness containing dirt bands (<1 cm thick) within the mining seam were collected from the underground mine workings for chemical analyses. Proximate analyses (moisture, ash volatile matter) as well as total sulphur analyses and calorific values of all the samples, and ultimate analyses (carbon, hydrogen and nitrogen, and oxygen by difference) of eight samples on an air-dried basis were made. In order to examine the effects of calcium carbonates on proximate analyses, all coal samples were treated with 10% HCl, and later their ash, volatile matter and calorific analyses were performed on a dry basis. In addition, ash analyses of fourteen samples after ashing at 750°C

**THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE COAL SEAM  
ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES**



**Figure 1 (a).** The stratigraphical sequence of the Selimoğlu coal field, (b) simplified geological map around the coal mines. (c) the underground map on a more detailed geological map, some macroscopical seam sections and lateral extend of the mining seam investigated in this study (modified after Karayıgit, 1993).

on a dry basis were made. All chemical analyses were presented by weight percentages, except calorific values, and made in accordance with the ASTM (1991) procedure.

### 3. GEOLOGY

The location map of the study area, the stratigraphical sequence of the coal field and simplified geological map around the coal mines are shown in Fig. 1. The Güneş Ophiolite forms the basement in the coal field (Fig. 1a). It is of Upper Cretaceous situated age and contains generally serpentized rocks (Tunç et al., 1991). The Oğulbey Formation rests unconformably on the basement. It has an extensive areal distribution and is subdivided into three units, from base upward. Hantepe unit, coal-bearing Selimoğlu unit and Hanioğlu unit (Fig. 1a). The lithology, depositional environment and age of the Oğulbey Formation were explained in some more detail due to the coal-bearing unit. The Dejdekar volcanics are of Upper Miocene (or Lower Pliocene ?) age and usually massive and rarely with columnar jointing, and were intruded in the Oğulbey Formation. The volcanics are petrographically identified as andesite, trachyandesite and dacite. The Yamadağ basalt is of Lower Pliocene age (Tunç et al., 1991) and were petrographically determined as olivine-basalt. Over these units, the Quaternary deposits contain alluvium, landslides and rockfalls (Fig. 1 a and b).

During field studies, it was determined

that horizontal or nearly horizontal bedded Oğulbey Formation was in the area close to the Dejdekar volcanic intrusion tilted up to 70° (Fig. 1b) Even though the rocks of the Oğulbey Formation over the intrusion are mainly eroded, the formation has the circular character (the dome shape folding) of the outcrop pattern produced by the Dejdekar volcanic intrusion (Fig. 1b). The basement rocks and the older units of the Oğulbey Formation are exposed adjacent to the intrusion. A number of normal faults in the Oğulbey Formation were mainly formed by the volcanic intrusions (Fig. 1b).

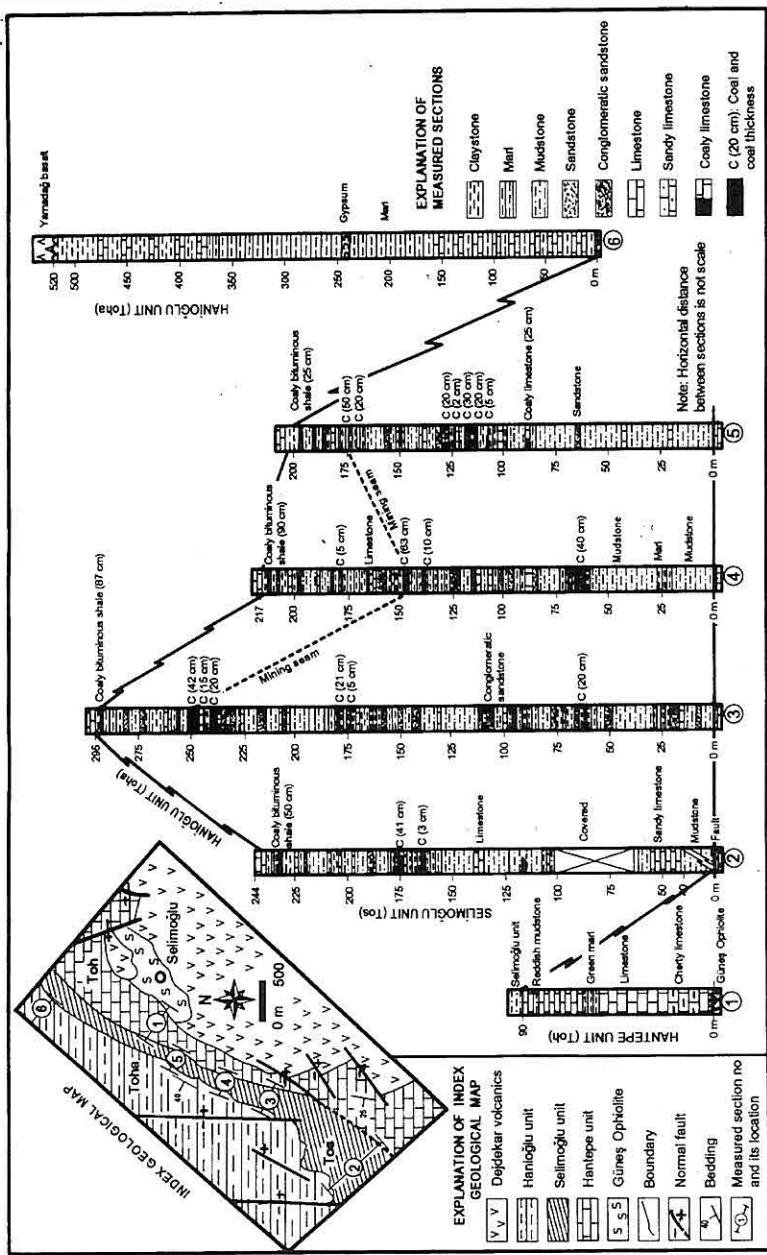
#### Oğulbey Formation:

Outcrop descriptions of rocks and coals in the Oğulbey Formation were illustrated on six measured sections, one of each for the Hantepe unit (1) and Hanioğlu (6) unit, four for the Selimoğlu unit (2,3,4,5) in Fig. 2. The locations of the measured sections are shown on Fig. 1b and on the index geological map in Fig.2.

The Hantepe unit, which has an average thickness of 90 m, contains mainly thin bedded lacustrine micritic limestones (Fig. 1a) that composed of calcites.

The Selimoğlu unit only hosts coal seams throughout the coal field and the thickness can reach up to maximum 295 m. In the lower part of the unit, the reddish mudstones and minor sandy limestones and thin sandstones (<0.2 m thick) are more common. In the middle and upper part, the unit consists of lateral discontinuous rocks ranging in grain size

## *THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE COAL SEAM ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES*



**Figure 2.** Outcrop descriptions of rocks and coals in the Oğulbey Formation illustrated on six measured sections, one of each for the Hantepe unit (1) and Hamioğlu (6) unit, four for the Selimoğlu unit (2,3,4 and 5). The locations of the measured sections are shown on the index geological map and Fig. 1.

from conglomeratic sandstone to claystone, and also coal seams and limestones. At the top, laterally extensive coaly bituminous shale (about 1.0 m thick), which can be used as a marker in the coal field, was determined (Fig. 1a, c and Fig. 2). The conglomeratic sandstone is observed as a cross-stratified channel fill sequence. Most of the thick bedded sandstones include channel lag pebbles. Both the conglomeratic sandstones and thick sandstones contain erosional bases, and they are interpreted as fluvial deposits. Thinner sandstones, which have large amounts of calcitic cement with minor rock fragments, quartz and feldspars, do not show any sedimentary structures.

Only one coal seam, which exposes around the Selimoğlu village (Fig. 1b and c), is produced by an underground method. This mining seam is associated with continental thin micritic limestone lenses and bands (Fig. 1c). It shows macroscopically bright appearance and has a geological thickness between 1.0-1.5m, and a working thickness of 0.5-0.9 m (0.7 m average thick). The coal thickness within the limestones decreases from Coal Mine III to Coal Mine I (Fig.1c), which presumably depending on subsidence, precipitation of carbonate and organic matter supply in peat environment. The limestones are well cemented and composed of calcites. The micritic texture of the limestones shows both diagenetic and authigenic origin (Gierlowski-Kordesh et al. 1991). Other coal seams up to 7 different coal seams

(<0.5 m thick) in the unit do not have any economic significance in the coal field.

The lower part of the Selimoğlu unit was interpreted to have been accumulated in a lacustrine environment, but its middle and upper parts are in general considered to have been accumulated in an alluvial - fluvial environment in prograding lacustrine deltaic system. The mining seam was probably formed in a small, shallow lake or pond on an alluvial plain, whereas the other seams were occurred in small swamps between fluvial channels.

The Hanioğlu unit, which has an average 500 m thick, contains alternations of limestone-marl, and claystone-limestone-marl of lacustrine origin. The limestones have similar petrographic composition with the Hantep unit.

The age of the Oğulbey Formation was determined by means of ostracods and palynology. During ostracods studies, some ostracods, such as *Candona* (*Candona*) *churmensis* FREELS; *Candona* (*Candona*) *candida* MULLER, *Candona* (*Candona*) *devexa* KAUFMANN; *Candona* sp. 1; *Candona* sp. 2; *Candoniella* sp.; *Cyprideis* cf. *pontica* KRSTIC; *Cyprideis* (*Cyprideis*) *pannonica* (MAHES); *Heterocypris* cf. *incongruens* *incongruens* RAMDOHR; *Xestoleberis* *lutrae* SCHNEIDER; *Cytherissa* ? sp.; *Leptocythere* sp.; *Ilyocypris* sp. were identified and determined as a Upper Miocene to Pliocene age. In addition, chara and gastropods were also defined in some

## THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE COAL SEAM ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES

samples. These all appear to be of non-marine origin.

The mining seam does not contain enough palynomorphs to determine the age for the Selimoğlu unit. However, in some samples collected from the other coal seams and the coaly bituminous shale, some spores and pollens, such as *Monoporopollenites* sp.; *Triatriopollenites* sp.; *Triatriopollenites myricoides* Kremp.; *Triatriopollenites coryphaeus* (Pot.); *Polyvesti bulopollenites verus* (Pot.); *Tricolpopollenites* sp.; *Tricolpopollenites henrici* (Pot.); *Tricolpopollenites densus* Pf.; *Tricolpopollenites asper* Pf. and Th.; *Tricolpopollenites microhenrici* (Pot.); *Tricolpopollenites liblarensis* Th.; *Tricolpopollenites retiformis* Pf. and Th.; *Tricolporopollenites* sp.; *Tricolporopollenites cingulum* (Pot.); *Tricolporopollenites megaexactus* (Pot.); *Tricolporopollenites microreticulatus* Pf. and Th. were determined as Miocene in age. It was concluded that the Oğulbey Formation was of Upper Miocene in age.

### 4. ANALYSIS RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 summarizes the chemical analysis results including proximate, ultimate and ash analyses of the coals, and also the results of the ash yields, volatile matter contents and calorific values of the samples treated with 10 % HCl.

**Proximate analysis:** The average values of proximate analyses show that the coals are characterized by low

moisture content, high ash yield, high volatile matter content and high calorific value (Table 1). In addition, the coals show weak agglomerating button determined from the material retained in crucible after volatile matter analysis. The agglomerating character indicates to be of a bituminous coal rank stage (ASTM, 1991).

The coals have high total sulphur contents (ST) (Table 1). High sulphur contents in coals have been explained by marine roof rocks (Horne et al., 1978; Cohen et al., 1984), marine influences during deposition (Casagrande, 1987), and accelerated microbial degradation as the result of increased swamp water pH (>pH 6) (Renton and Bird, 1991). There are no marine overburden rocks in the Selimoğlu coal field (see Fig. 1a), so the high sulphur contents in the coals show that peat formation may have been occurred in high pH conditions with an accelerated bacterial activity. The average combustible sulphur (SC) describing the loss of ST during high temperature ashing is 3.08 % (55% of the ST). The average sulphur content retained in ash (SA) is 2.56% (45% of the ST). Most of the SC are usually derived from organic sulphurs (Whateley and Tuncali, 1995). This implies that the coal seam must include significant amounts of organic sulphurs, but sulphur forms need to be determined to confirm this.

In the coal samples treated with 10% HCl, the ash yields and volatile matter contents clearly decrease, whereas the calorific values increase (Table 1),

**Table 1.** Range and average values of the chemical analyses including proximate, ultimate and ash analyses of the coals, and also the results of the ash yields, volatile matter contents and calorific values of the samples treated with 10 % HCl.

Analyses	Range	Average
<b>Proximate analysis (n:32)</b>		
Moisture %, (adb)	1.20-4.00	1.68
Ash %, (adb)	17.86-32.46	24.04
Volatile matter %, (adb)	36.08-47.10	39.12
Total sulphur %, (adb)	4.14-8.92	5.64
Combustible sulphur %, (adb)	0.89-6.42	3.08
Sulphur in ash %(adb)	1.03-3.85	2.56
Calorific value, kcal kg <sup>-1</sup> , (adb)	4284-6312	5606
Ash %, (HCl), (dry)	6.05-18.27	11.71
Volatile matter %,(HCl),(dry)	33.02-41.45	35.61
Calorific value, kcal kg <sup>-1</sup> ,(HCl)(dry)	5932-6925	6495
<b>Ultimate analysis (adb, n:8)</b>		
Carbon %	57.27-64.16	60.02
Hydrogen %	4.13-4.54	4.32
Nitrogen %	0.81-1.22	1.03
Oxygen %, (by difference)	4.88-8.50	6.18
<b>Ash analysis (%, dry, n:14)</b>		
SiO <sub>2</sub>	20.75-40.90	31.87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.29-13.11	7.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.17-14.86	9.67
CaO	14.82-51.54	26.64
MgO	2.68-5.29	4.29
TiO <sub>2</sub>	0.03-0.59	0.3
Na <sub>2</sub> O	0.30-1.39	0.77
K <sub>2</sub> O	0.01-1.08	0.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.60-1.27	0.8
SO <sub>3</sub>	10.40-30.26	17.57

adb:air-dried basis; dry:dry basis; n: the number of samples;(HCl):in samples treated with 10 % HCl

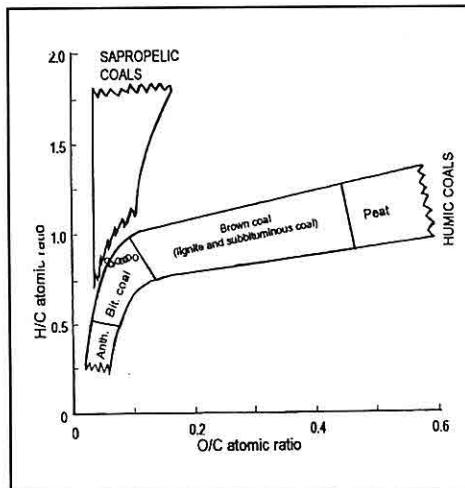
**THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE COAL SEAM  
ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES**

because of dissolved carbonates in the coals. The volatile matter contents and calorific values on a dry, mineral matter-free basis were calculated from the results on a dry basis using the total sulphur contents on untreatment samples, and the average values were found as 38.47% and 13550 Btu lb<sup>-1</sup>, respectively. These values refer to a high volatile bituminous coal stage. However Most Miocene coals in Turkey are of lignite or sub-bituminous coal stage, the investigated coals are of a high volatile bituminous coal rank. The result shows that the coal seam may have been affected by the volcanic intrusion that occurred in the coal field.

**Ultimate Analysis:** Ultimate analyses were performed (Table 1). The atomic ratios of H/C and O/C on a dry, ash-free basis are calculated from the analysis results and plotted on the Van Krevelen diagram showing the main evolutionary trends of sapropelic (cannel and boghead), humic coals and the position of the main coal rank (Fig.3). It is determined that the investigated coals plot in the humic coal trend and a bituminous coal rank.

**Ash Analysis:** In the analyses, the higher amounts of SiO<sub>2</sub>, CaO and SO<sub>3</sub> values were determined (Table 1). As the pyrite and organic sulphur are oxidized during the high temperature ashing, some of the sulphur combines with the calcium oxide released from the calcium carbonates in the coals to form synthetic

anhydrite and is retained in the ash. Anhydrite was also detected in the XRD traces of the ash samples.



**Figure 3.** Van Krevelen diagram showing the main evolutionary trends of sapropelic and humic coals, and the positions of the investigated coals (diagram taken from Killops and Killops, 1993).

## 5. CONCLUSIONS

Thin and lenticular coal seams were formed in the Selimoğlu unit of Upper Miocene Oğulbey Formation, but only one seam, which is intercalated with thin micritic limestones and was probably formed in a small, shallow lake or pond on an alluvial plain, is producing by an underground mine. The micritic texture of the limestones shows both diagenetic and authigenic origin. The coal seam is characterized by low moisture 1.68%, high ash 24.04%, and high volatile matter content 39.12%, high total sulphur content 5.64 % and high calorific value

5606 kcal kg<sup>-1</sup> on an air-dried basis. High sulphur contents in the coals show that peat formation may have been occurred in high pH conditions with an accelerated bacterial activity. The coals show agglomerating characters. Based on volatile matter contents, calorific values, H/C and O/C values, the coal rank is of a high-volatile bituminous coal stage. This means that the thermal development of the coal field may have been affected by the volcanic intrusions that occurred in the area.

## 6. ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank Turkish Scientific and Research Council (TÜBİTAK) that supported the writer's research project (TBAG/YBAG-948), A. Culfaç (METU) for ultimate analyses, N. Tulu (MTA) for the palynological determinations and C. Tunoğlu (HU) for ostracode studies. The writer also acknowledge E. Eriş and E. Cicioğlu (HU) for technical assistance, C. Helvacı (DEU) and G. Kavuşan (AU) who critically reviewed the manuscript.

## 7. REFERENCES

- ASTM, 1991, *Annual Book of ASTM Standards, gaseous fuels; coal and coke, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103,05,05.*
- Cabrera, Lt. and Sáez, A., 1987, Coal deposition in carbonate-rich shallow lacustrine systems: the Calaf and Mequinenza sequences (Oligocene, eastern Ebro Field, NE Spain), *Journal of the Geological Society, London*, 144, 451-461.
- Casagrande, D. 1987, Sulphur in peat and coal. In: Scott, A.C. (Editor) *Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances*, Geological Society, London, Special Publication, No: 32, 87-105.
- Cohen, A.D., Spackman, W. and Dolsen, P., 1984, Occurrence and distribution of sulfur in peat-forming environments of southern Florida, *Int. J. Coal Geology*, 4, 73-96.
- Durand, J.P., 1980, Les sédiments fuvéiens du synclinal de L'Arc (Provence), *Ind. Min. (Suppl.)*, 62 (6), 13-25.
- Gierlowski - Kordesh, E., Gómez Fernández, J.C. and Meléndez, N., 1991, Carbonate and coal deposition in an alluvial-lacustrine setting: Lower Cretaceous (Weald) in the Iberian Range (east-central Spain), *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, 13, 109-125.
- Horne, J.C., Ferme, J.C., Caruccio, F.T. and Baganz, B.P., 1978, Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian Region, *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 62, 2379-2411.
- Karayığit, A.İ., 1993, Geological and sedimentological investigation of the Selimoğlu (Divriği-Sivas) basin, and chemical-petrographical properties of the coals, Project No: TBAG 948/YBAG 15, TÜBİTAK, Earth Sciences Research Grant Committee, 93pp., (in Turkish).
- Keskin, E., Gürsoy, N. and Gürsoy, B., 1984, Geology of the Sivas-Divriği (Selimoğlu-Mursal) area, MTA Report

**THE GEOLOGICAL SETTING AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE COAL SEAM  
ASSOCIATED WITH CONTINENTAL LIMESTONES**

- No: 7616, 18pp., (in Turkish).
- Killops, S.D. and Killops, V.J., 1993, *An introduction to organic geochemistry*, Longman Scientific & Technical, Longman Group UK, 265 pp.
- Loftus, G. W. F. and Greensmith, J.T., 1988, *The lacustrine Burdiehouse Limestone Formation-a key to the deposition of the Dinantian oil shales of Scotland*, In: Fleet, A.J., Kelts, K. and Talbot, M.R. (Editors) *Lacustrine Petroleum Source Rocks*, Geological Society, London, Special Publication No: 40, 219-234.
- Renton, J.J. and Bird, D.S., 1991, *Association of coal macerals, sulfur, sulfur species and the iron disulphide minerals in three columns of the Pittsburgh coal*, Int. J. Coal Geology, 17, 21-50.
- Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, Z. and Gökçe, A., 1991, *Basic geological characteristics of the Divriği - Yakuplu - İliç - Hamo (Sivas) area*, Doğa Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 15:2, 225-245.
- Wedding, E., 1965, *A report on the Divriği (Sivas) lignite field*, MTA Report No: 3774, 23pp., (in Turkish translation).
- Whateley, M.K.G. and Tuncali, E., 1995, *Origin and distribution of sulphur in the Neogene Beypazarı lignite field, Central Anatolia, Turkey*, In: Whateley, M.K.G. and Spears, D.A. (Editors) *European Coal Geology*, Geological Society, London, Special Publication No: 82, 307-323.



**COMPACTION CHARACTERISTICS OF A SOIL PROPOSED FOR AN  
EARTH-FILL DAM**

**Hasan ÇETİN**

*Department of Geology, Çukurova University, Adana / Turkey*

**ABSTRACT:** *A zoned earth-fill dam was proposed to supply drinking water for the cities of Bryan and College Station in Texas, USA. The dam is to be built on the Navasota river about 16 km west of the cities. A local soil is proposed for the construction of the impervious section (core) of the dam. The compaction test results show that the soil is classified as a "good stability" soil for embankment material, and suitable for the construction.*

**TOPRAK DOLGU BİR BARAJ İÇİN ÖNERİLEN ZEMİNİN KOMPAKSİYON  
ÖZELLİKLERİ**

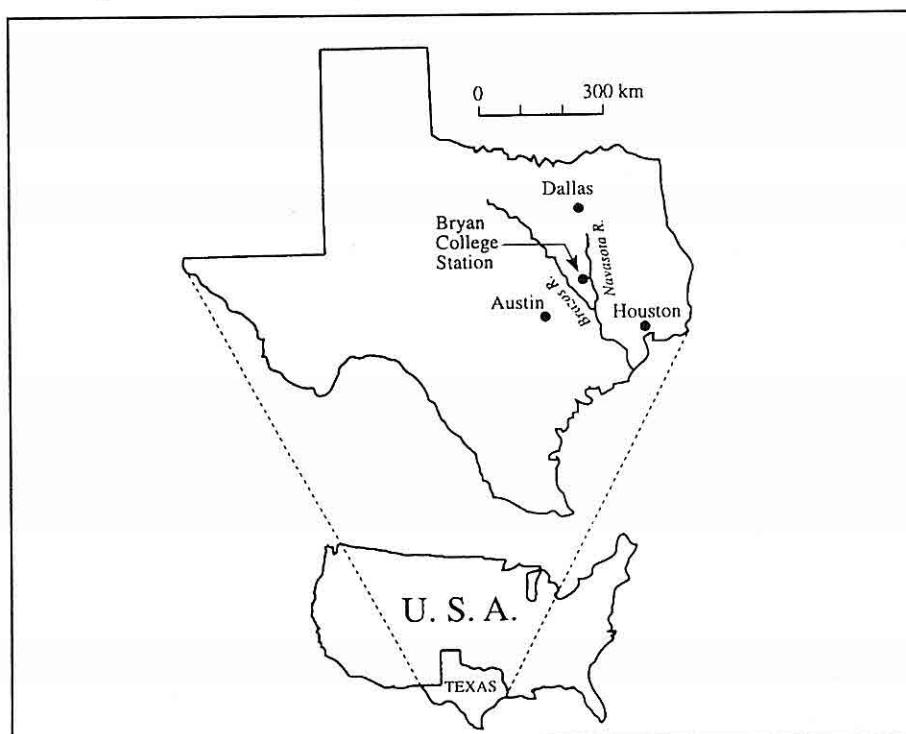
**ÖZET:** *Amerikanın Teksas eyaletindeki Bryan ve College Station şehirlerinin içme suyu temini için zonlu toprak bir baraj önerilmiştir. Baraj, bu şehirlerin yaklaşık 16 km batısında, Navasota nehri üzerinde kurulacaktır. Barajın geçirimsiz çekirdek kısmında kullanılmak üzere bölgede yaygın olarak bulunan jeolojik bir birim önerilmiştir. Yapılan kompaksiyon deney sonuçlarına göre birim "iyi duraklı" olarak sınıflandırılmıştır ve barajın çekirdek inşaası için uygundur.*

## 1. INTRODUCTION

The twin cities of Bryan and College station are currently producing drinking water from artesian wells which have a salinity problem. The water contains approximately 250 ppm of sodium which comes from the salt domes intruded into the aquifers at depths. An earth-fill dam of zoned type was proposed on the nearby Navasota river whose sodium content is around 50 ppm Figure 1. Availability of construction materials is an important factor in selecting type of a dam. While, abundant supply of a single material suggest a homogeneous earth-fill dam, sufficient amount of pervious and impervious

materials lead to a zoned type earth-fill dam (Armstrong, 1977; U.S. Army Corps of Engineers, 1978). Soils having a permeability of less than  $1 \times 10^{-6}$  cm/sec are considered impervious, while soils with a permeability greater than  $1 \times 10^{-4}$  cm/sec are pervious in earth-fill dam construction (Harboe et al., 1977).

A sufficiently available local soil is suggested for the construction of the impervious core of the dam. The aim of this study is to study the compaction characteristics of this soil. The optimum moisture content, maximum dry density, and in turn, suitability of the soil are to be determined.



**Figure 1.** Location map.

## **2. MATERIAL AND METHODOLOGY**

According to the Unified Soil Classification System (USCS), the soil is classified as CL type (silty clay) with a permeability of  $5 \times 10^{-7}$  cm/sec and a plasticity index of 13 %. It is composed of 29 % sand, 32% clay, 37 % silt, and 2 % gravel. 14 standard proctor compaction tests were performed to determine the optimum moisture content and maximum dry density of the soil. The tests were run following the American Society of Testing Materials (ASTM) D 698-64T (Method A) (1981). The samples were first oven dried at 60°C. After drying, a representative sample is taken and broken up in such a manner as to avoid reducing the natural size of the particles. Then, the sample is passed through the Number 4 sieve. A series of specimens were prepared from the sample passing through the Number 4 sieve by adding increasing amounts of distilled water to each sample so that varying moisture contents are obtained. Each specimen is thoroughly mixed to ensure even distribution of moisture throughout, put in plastic bags, and allowed to stand for 24 hours prior to the test. Each sample is then placed in a compaction mold with 10.16 cm (4 in) diameter and 11.63 cm (4.58 in) height and compacted in three layers of approximately equal height by dropping a 2.5 kg (5.5 lb) compaction hammer. Each layer received 25 blows from a height of about 30 cm (12 in). Following compaction, the extension collar is

removed, and the compacted specimen is trimmed with a straightedge. The mass, and in turn, the wet density of the compacted specimen are determined. Then, the specimen is removed from the mold to determine its moisture content. The moisture contents are determined following ASTM D 2216 (1993). The wet densities are found using the following equation.

$$\gamma_{wet} = W_{sm} - W_m / 453.6 V_m$$

where

$\gamma_{wet}$  = wet density ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ ),

$W_{sm}$  = weight of compacted soil and mold (g),

$W_m$  = weight of mold (g), and

$V_m$  = volume of mold ( $\text{ft}^3$ ).

The dry densities are determined using:

$$\gamma_{dry} = g_{wet} / 1 + \omega$$

where

$\gamma_{dry}$  = dry density ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ ),

$g_{wet}$  = wet density ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ ),

$\omega$  = moisture content (in decimal).

The moisture contents are determined using the equation,

$$\omega = (W_1 - W_2 - W_c) / W_1 \times 100$$

where

$W_1$  = weight of wet soil + can (g),

$W_2$  = weight of dry soil + can (g),

$W_c$  = weight of can (g).

## **3. RESULTS**

The compaction test results are

Table 1. Summary of the compaction tests.

Trial No	Weight of Compacted Soil+Mold $W_{sm}$ (g)	Weight of Mold, $W_m$ (g)	Weight of Compacted Soil, (g)	Wet Density $\gamma_w$ (lb/cuft)	Moisture Content Determination				Dry Density, $\gamma_d$ (lb/eu ft)			
					Can No	Wt. of Wet Soil+Can, $W_l$ (g)	Wt. of Dry Soil+Can, $W_2$ (g)	Wt. of Water, $W_w$ (g)				
1	3888.40	1942.90	1945.50	128.67	1	39.30	33.29	6.01	1.00	32.29	18.61	108.48
2	3813.00	1942.90	1870.10	123.68	2	42.20	34.48	7.72	1.00	33.48	23.06	100.51
3	3842.30	1942.90	1899.40	125.62	3	42.40	37.57	4.83	1.00	36.57	13.21	110.97
4	3946.00	1942.90	2003.10	132.48	4	33.60	29.60	4.00	1.00	28.60	13.99	116.22
5	3920.30	1942.90	1977.40	130.78	5	33.50	29.74	3.76	1.00	28.74	13.08	115.65
6	3759.40	2029.60	1729.80	114.40	6	44.12	40.53	3.59	0.98	39.55	9.08	104.88
7	3929.10	2029.60	1899.50	125.63	7	30.31	27.09	3.22	0.99	26.10	12.34	111.83
8	3963.20	2029.60	1933.60	127.88	8	35.94	31.58	4.36	1.02	30.56	14.27	111.92
9	3979.90	2029.60	1950.30	128.99	9	36.32	31.56	4.76	1.02	30.54	15.59	111.59
10	3899.60	2029.60	1870.00	123.68	10	49.30	40.88	8.42	1.01	39.87	21.12	102.11
11	3954.00	2034.10	1919.90	126.98	11	1030.90	919.10	111.80	52.59	866.51	12.90	112.47
12	3980.00	2034.10	1945.90	128.70	12	1039.10	912.40	126.70	14.95	897.45	14.12	112.78
13	4017.00	2034.10	1982.90	131.14	13	1068.80	929.00	139.80	52.59	876.41	15.95	113.10
14	3992.00	2034.10	1957.90	129.49	14	1008.10	858.90	149.20	14.95	843.95	17.68	110.04

## COMPACTION CHARACTERISTICS OF A SOIL PROPOSED FOR AN EARTH-FILL DAM

summarized in Table 1. According to these results, the optimum moisture content is 14.66 % and maximum dry density is 112.97 lb/ft<sup>3</sup> (1.81 kg/cm<sup>3</sup>) (Figure 2). With these values, the soil is classified as a "good stability" soil for embankment material according to U.S. Army Corps of Engineers (1957 and 1978) and Krebs and Walker (1971). The natural/field moisture content of the soil is between 13 % and 17 %. Mixing of the soil should give the required optimum moisture content and maximum dry density for best compaction without adding water.

### 4. ACKNOWLEDGEMENTS

Part of this study was done as a graduate level class project at Texas A &

M University, College Station, Texas, USA. I would like to thank Victoria Walters, Juliet Walker and Harry Zhao for their assistance during this project. Bucky L. Turk helped in some of the tests.

### 5. REFERENCES

American Society of Testing Materials (ASTM), 1981, *Annual Book of ASTM Standards: Vol. 04.08*, Philadelphia, Pa.

American Society of Testing Materials (ASTM), 1993, *Annual Book of ASTM Standards: Vol. 04.08*, Philadelphia, Pa.

Armstrong, E.L., 1977, *Selection of the type of dam*, In: A.R. Golze (ed), *Handbook of Dam Engineering*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp. 267-289.

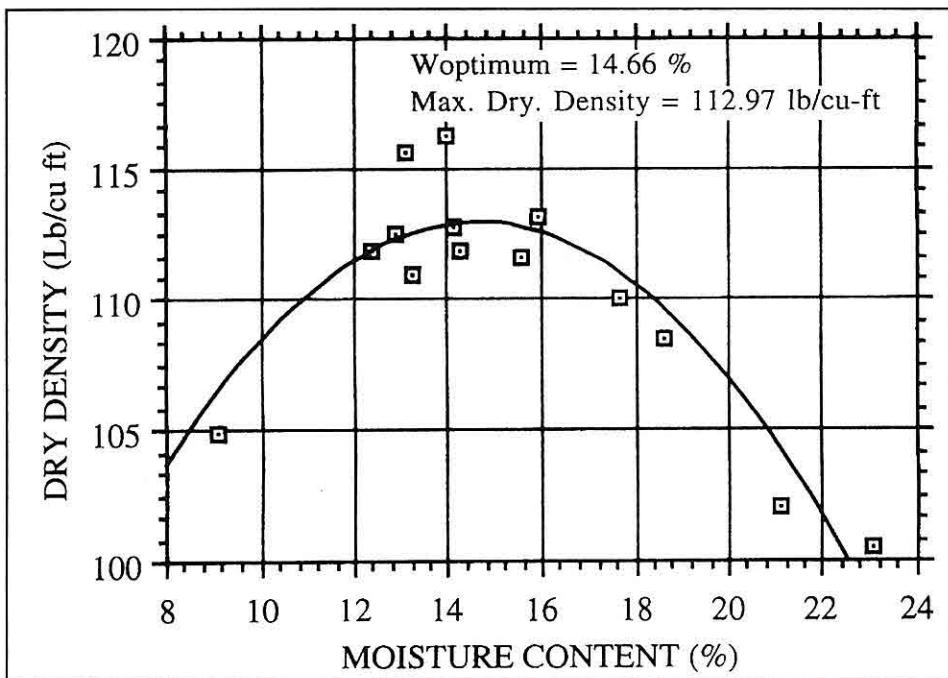


Figure 2. Compaction curve.

*Harboe, E.M., Kramer, R.W. and U.S. Bureau of Reclamation, 1977, Materials suitable for construction, In: A.R. Golze (ed), Handbook of Dam Engineering, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp. 149-186.*

*Krebs, R.D. and Walker, R.D., 1971, Highway materials, McGraw-Hill Book Company, New York.*

*U.S. Army Corps of Engineers, 1953, The Unified Soil Classification System, Waterways Exp. Sta. Tech. Mem. 3-357 (including Appendix A, 1953, and Appendix B, 1957), Vicksburg, Miss.*

*U.S. Army Corps of Engineers, 1978, Notes for construction of Earth and Rock-fill dams course, Waterways Exp. Sta. Soils and Pavements Lab., Vicksburg, Miss.*

**İSTANBUL VE YAKIN ÇEVRESİ GEÇ KUVATERNER (HOLOSEN)  
BENTİK FORAMİNİFER FAUNASI**

**Engin MERİÇ**

*İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye*

**Niyazi AVŞAR**

*Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** *Bu araştırmada İstanbul ve yakın çevresinde çeşitli mühendislik çalışmaları nedeniyle karada ve denizde yapılmış olan 47 sondajda derlenen 402 örneğin foraminifer içeriği belirlenerek, Holosen dönemine ait 62 cins ve 135 tür tayin edilmiştir.*

**BENTHIC FORAMINIFERA OF LATE QUATERNARY (HOLOCENE) OF  
İSTANBUL AND SURROUNDING AREA**

**ABSTRACT:** *47 drill-holes were done on the land and sea bottom for the purpose of the various engineering projects in İstanbul and surrounding area. 402 samples were obtained from these drill-holes. The foraminiferal assemblage (62 genera and 135 species) of the study area belonging to Holocene stage had been described from these samples.*

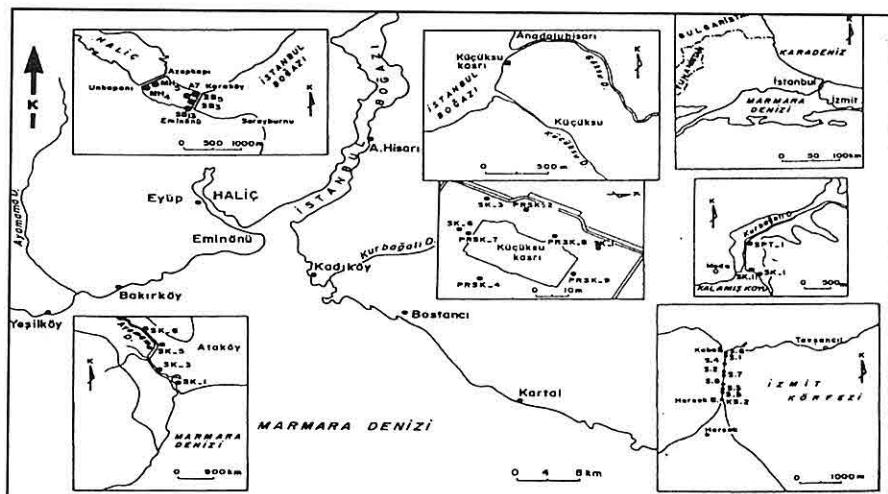
1.GİRİŞ

İstanbul ve yakın çevresinde gerçekleştirilen ve yapılması düşünülen mühendislik projeleri ile ilgili olarak Ayamama Deresi İslahı (Bakırköy), Yeni Galata Köprüsü (Haliç), Metro Köprüsü (Haliç), Tüp Tünel (Güney Boğaziçi), Küçüksu Kasrı (Anadoluhisarı), Atıksu kanalları (Kızıltoprak-Kadıköy) ve İzmit Körfezi Köprüsü (Hersek Burnu-Kaba Burun) ile ilgili olarak (Şekil 1) kısmen karada ve çoğu denizde yapılmış olan sondajlardan derlenen örnekler, Holosen döneminde adı geçen yörede çökelmanış olan tortulların ayrıntılı bir şekilde incelenmesine imkan sağlamıştır.

Boğaziçi’nde (81), Anadoluhisarı’nda (98), Kadıköy’de (39) ve İzmit Körfezi’nde (21) dir. Dolayısı ile İstanbul çevresinde karada ve denizde yapılmış olan toplam 47 sondaja ait 402 örneğin incelenmesi yöre Holosen bentik foraminifer topluluğu ile ilgili ayrıntılı bilgilerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır.

İstanbul ve yakın çevresinde yeralan Holosen istiflerinin içermiş olduğu mikrofauna (foraminifer ve ostracod), yörede sağlam denizel ve acı su fasyesindeki ortamların varlığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada; gerek sığ denizel ve gerçkse acı su fasıyesini simgeleyen



**Sekil 1.** Sondaj yerleri bulduru haritası.

Üzerinde çalışılan sondaj sayısı Ayamama'da (6), Haliç'de (6), Güney Boğaziçi'nde (15), Anadoluhisarı'nda (8), Kadıköy'de (3), İzmit Körfezi'nde (9) olup, örnek sayısında Ayamama'da (57), Haliç'de (106), Güney

foraminiferler ele alınmış olup,  
 Rzehakinidae, Spiroplectamminidae,  
 Eggerellidae, Textulariidae, Spirillinidae,  
 Patellinidae, Spiroloculinidae,  
 Hauerinidae, Nodosariidae,  
 Vaginulinidae, Lagenidae.

Polymorphinidae,	Ellipsolagenidae,	<i>Textularia agglutinans</i> d'Orbigny
Bolivinidae,	Cassidulinidae,	<i>Textularia alborensis</i> (Colom)
Siphogenerinoididae,	Buliminidae,	<i>Textularia bocki</i> Höglund
Uvigerinidae, Reussellidae, Bagginiidae,		<i>Textularia goesii</i> Cushman
Eponinidae,	Mississippinidae,	<i>Textularia cf. pala</i> Czjzek
Rosalinidae,	Discorbineillidae,	<i>Textularia sagittula</i> Defrance
Planulinidae,	Cibicididae,	<i>Textularia truncata</i> Höglund
Planorbulinidae,	Acervulinidae,	
Asterigerinatidae,	Nonionidae,	
Trichohyalidae, Ammoniidae ve		
Elphidiidae familyalarına ait 62 cins ve		
135 tür saptanmıştır (Şekil 2a ve b).		

Bu foraminiferlerin taksonomik tanımları yapılırken karşılaştırmalı olarak; Alavi (1988), Loeblich ve Tappan (1988), Meriç ve Sakınç (1990), Cimerman ve diğ. (1991), Meriç ve diğ. (1991a ve b), Hatta ve Ujiie (1992), Hottinger ve diğ. (1993), Sgarrella ve Moncharmont-Zei (1993), Meriç ve diğ. (1995), Şamlı (1995), Meriç ve diğ. (1996) gibi yazarların yayınlarından yararlanılmıştır.

## 2. HOLOSEN BENTİK FORAMİNİFERLERİNİN SİSTEMATİK DİZİMİ

### Familya Rzehakinidae Cushman, 1933

*Miliammina fusca* (Brady)

### Familya Spirolectamminidae

Cushman, 1927

*Spirolectinella sagittula* (d'Orbigny)

### Familya Eggerellidae Cushman, 1937

*Eggerella scabra* (Williamson)

### Familya Textulariidae Ehrenberg, 1838

#### Familya Spirillinidae Reuss ve Fritsch, 1861

*Spirillina vivipara* Ehrenberg

#### Familya Patellinidae Rhumbler, 1906

*Patellina corrugata* Williamson

#### Familya Spiroloculinidae Wiesner, 1920

*Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland)

*Adelosina duthiersi* Schlumberger

*Adelosina intricata* (Terquem)

*Adelosina longirostra* (d'Orbigny)

*Adelosina mediterranensis* (Le Calvez J. ve Y.)

*Adelosina pulchella* d'Orbigny

*Spiroloculina angulosa* (Terquem)

*Spiroloculina depressa* d'Orbigny

*Spiroloculina dilatata* d'Orbigny

*Spiroloculina excavata* d'Orbigny

*Spiroloculina ornata* d'Orbigny

*Spiroloculina cf. tenuiseptata* Brady

#### Familya Hauerinidae Schwager, 1876

*Siphonaperta agglutinans* (d'Orbigny)

*Siphonaperta aspera* (d'Orbigny)

*Siphonaperta irregularis* (d'Orbigny)

*Cycloforina colomi* (Le Calvez J. ve Y.)

*Cycloforina contorta* (d'Orbigny)

*Cycloforina juleana* (d'Orbigny)

CINS ve TÜRLER	Ayamama	Haliç	Boğaziçi	A.Hisar	Kuşdili	I.Körfezi
<i>Miliammina fusca</i> (Brady)		Δ				
<i>Spiroplectinella sagittula</i> (d'Orbigny)	Δ		Δ		Δ	
<i>Eggerella scabra</i> (Williamson)	Δ					
<i>Textularia agglutinans</i> d'Orbigny	Δ	Δ				
<i>Textularia alboronensis</i> (Colom)		Δ				
<i>Textularia goesii</i> Cushman		Δ				
<i>Textularia cf. pala</i> Czjzek			Δ			
<i>Textularia sagittula</i> Defrance			Δ	Δ	Δ	
<i>Textularia truncata</i> Höglund	Δ		Δ		Δ	
<i>Spirillina vivipara</i> Ehrenberg	Δ		Δ			
<i>Patellina corrugata</i> Williamson	Δ					
<i>Adelosina clairensis</i> (Heron-Alen ve Earland)	Δ	Δ		Δ	Δ	
<i>Adelosina duthiersi</i> Schlumberger	Δ					
<i>Adelosina intricata</i> (Terquem)					Δ	
<i>Adelosina longirostra</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ				
<i>Adelosina mediterranensis</i> (Le Calvez J. ve Y.)	Δ				Δ	
<i>Adelosina pulchella</i> d'Orbigny					Δ	
<i>Spiroloculina angulosa</i> (Terquem)	Δ			Δ	Δ	
<i>Spiroloculina depressa</i> d'Orbigny	Δ	Δ		Δ	Δ	
<i>Spiroloculina dilatata</i> d'Orbigny	Δ			Δ		
<i>Spiroloculina excavata</i> d'Orbigny	Δ	Δ		Δ	Δ	
<i>Spiroloculina ornata</i> d'Orbigny	Δ			Δ	Δ	
<i>Spiroloculina cf. tenuiseptata</i> Brady					Δ	
<i>Siphonaperta agglutinans</i> (d'Orbigny)					Δ	
<i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)					Δ	Δ
<i>Siphonaperta irregularis</i> (d'Orbigny)						Δ
<i>Cycloforina colomi</i> (Le Calvez J. ve Y.)	Δ	Δ				Δ
<i>Cycloforina conforta</i> (d'Orbigny)	Δ			Δ	Δ	
<i>Cycloforina juleana</i> (d'Orbigny)	Δ					Δ
<i>Cycloforina rugosa</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ		Δ	Δ	
<i>Lachlanella bicornis</i> (Walker ve Jacob)	Δ					Δ
<i>Lachlanella undulata</i> (d'Orbigny)				Δ		Δ
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)			Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i> d'Orbigny	Δ			Δ	Δ	
<i>Quinqueloculina bidentata</i> d'Orbigny	Δ					
<i>Quinqueloculina jugosa</i> Cushman						Δ
<i>Quinqueloculina laevigata</i> d'Orbigny	Δ		Δ	Δ	Δ	
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny				Δ		
<i>Quinqueloculina lata</i> Terquem	Δ					
<i>Quinqueloculina limbata</i> d'Orbigny						Δ
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linne)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
<i>Quinqueloculina stelligera</i> Schlumberger						Δ
<i>Quinqueloculina undosa</i> Karrer	Δ	Δ				
<i>Quinqueloculina ungeriana</i> d'Orbigny	Δ	Δ				
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny	Δ	Δ				
<i>Miliolinella australis</i> (Pari)	Δ					
<i>Miliolinella dilatata</i> (d'Orbigny)	Δ					
<i>Miliolinella elongata</i> Kruis	Δ			Δ		Δ
<i>Miliolinella fabiosa</i> (d'Orbigny)	Δ		Δ	Δ	Δ	
<i>Miliolinella semicostata</i> Hofker			Δ			
<i>Miliolinella subtortunda</i> Montagu	Δ		Δ	Δ	Δ	
<i>Miliolinella webbiana</i> (d'Orbigny)	Δ					
<i>Pseudotriloculina laevigata</i> (d'Orbigny)				Δ	Δ	Δ
<i>Pseudotriloculina oblonga</i> (Montagu)						Δ
<i>Pseudotriloculina rotunda</i> (d'Orbigny)						Δ
<i>Pygo anomala</i> (Schlumberger)					Δ	
<i>Pygo elongata</i> (d'Orbigny)	Δ					Δ
<i>Pygo subspherica</i> (d'Orbigny)	Δ					
<i>Pygo williamseni</i> (Silvestri)	Δ	Δ				
<i>Triloculina adriatica</i> Le Calvez	Δ	Δ				
<i>Triloculina bermudezi</i> Acosta					Δ	
<i>Triloculina marioni</i> Schlumberger	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
<i>Triloculina plicata</i> Terquem				Δ		
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny	Δ					Δ
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)	Δ		Δ			
<i>Sigmollinita costata</i> (Schlumberger)	Δ	Δ			Δ	Δ
<i>Sigmollinita tenuis</i> (Czjzek)	Δ					

Şekil 2a. Foraminifer cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

*İSTANBUL VE YAKIN ÇEVRESİ GEÇ KUVATERNER BENTİK FORAM. FAUNASI*

CINS ve TURLER	Ayamama	Haliç	Boğaziçi	A.Hisarı	Kuşdili	I.Körfezi
<i>Dentalina inornata</i> d'Orbigny				Δ		
<i>Dentalina leguminiformis</i> (Bartsch)						Δ
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Bartsch)	Δ					Δ
<i>Marginulina glabra</i> (d'Orbigny)			Δ			
<i>Astacolus crepidulus</i> (Fichtel ve Moll)	Δ					
<i>Lenticulina culturata</i> (Montfort)						Δ
<i>Lenticulina orbicularis</i> (d'Orbigny)			Δ			
<i>Lagena interrupta</i> Williamson	Δ					
<i>Lagena striata</i> d'Orbigny	Δ					
<i>Globulina myristiformis</i> (Williamson)						Δ
<i>Polymorphina</i> sp.				Δ		Δ
<i>Favulinina hexagona</i> (Montagu)	Δ					Δ
<i>Brizalina alata</i> (Seguenza)	Δ	Δ				
<i>Brizalina dilatata</i> (Reuss)	Δ					
<i>Brizalina spathulata</i> (Williamson)	Δ					Δ
<i>Cassidulina canaria</i> Silvestri	Δ		Δ			Δ
<i>Rectuvigerina phlegeri</i> Le Calvez	Δ					Δ
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny	Δ					
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny	Δ		Δ			Δ
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny	Δ	Δ	Δ			Δ
<i>Globobulimina affinis</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ				
<i>Protoglobobulimina pupoides</i> (d'Orbigny)						Δ
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman						Δ
<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss)						Δ
<i>Valvularia bradyana</i> (Fornasini)	Δ					
<i>Eponides repandus</i> (Fichtel ve Moll)	Δ	Δ				Δ
<i>Stomatorbina concentrica</i> (Parker ve Jones)	Δ		Δ			Δ
<i>Gavelinopsis praegem</i> (Heron-Alen ve Earland)	Δ					
<i>Neoconorbina orbicularis</i> (Terquem)	Δ	Δ				Δ
<i>Neoconorbina terquemi</i> (Rzehak)					Δ	
<i>Rosalina bradyi</i> Cushman	Δ	Δ	Δ	Δ		Δ
<i>Rosalina floridensis</i> (Cushman)			Δ	Δ		
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny	Δ					
<i>Discorbina berholotti</i> (d'Orbigny)	Δ					
<i>Hyalinea bathica</i> (Schröter)	Δ					
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)				Δ	Δ	
<i>Cibicides floridanus</i> (Cushman)	Δ		Δ			Δ
<i>Cibicidina walli</i> Bandy	Δ	Δ	Δ	Δ		Δ
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker ve Jacob)	Δ	Δ	Δ	Δ		Δ
<i>Dyocibicides biserialis</i> Cushman	Δ					
<i>Planorbolina mediterraneensis</i> d'Orbigny	Δ	Δ	Δ			Δ
<i>Acervulina cf. inhaerens</i> Schultz				Δ		
<i>Sphaerogypsina globula</i> (Reuss)			Δ	Δ		Δ
<i>Asterigerinata mammilla</i> (Williamson)	Δ	Δ	Δ			Δ
<i>Chiostomella mediterraneensis</i> Cushman ve Todd	Δ					
<i>Nonionella turgida</i> (Williamson)	Δ					Δ
<i>Astrononion stelliferum</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ	Δ			
<i>Melonis pomilioides</i> (Fichtel ve Moll)	Δ					
<i>Aubignyna perfucida</i> (Heron-Alen ve Earland)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Ammonia ammoniformis</i> Colom	Δ	Δ	Δ	Δ		
<i>Ammonia compacta</i> Hofker	Δ	Δ	Δ	Δ		Δ
<i>Ammonia parasovica</i> Stshedrina ve Mayer						
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)				Δ	Δ	Δ
<i>Ammonia tepida</i> Cushman	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Challengerella bradyi</i> Billman, Hottinger ve Oesterle	Δ					
<i>Cnbroelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Porosononion subgranosum</i> (Egger)	Δ		Δ	Δ		Δ
<i>Haynesina anglica</i> (Murray)				Δ		
<i>Haynesina depressula</i> (Walker ve Jacob)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	Δ		Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium crispum</i> (Linne)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium depressulum</i> Cushman						Δ
<i>Elphidium jensenii</i> (Cushman)				Δ		
<i>Elphidium cf. limbatum</i> (Chapman)				Δ		
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel ve Moll)	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
<i>Elphidium majoricense</i> Colom					Δ	

**Şekil 2b.** Foraminifer cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

- Cycloforina rugosa* (d'Orbigny)  
*Lachlanella bicornis* (Walker ve Jacob)  
*Lachlanella undulata* (d'Orbigny)  
*Massiliha secans* (d'Orbigny)  
*Quinqueloculina berthelotiana*  
d'Orbigny  
*Quinqueloculina bidentata* d'Orbigny  
*Quinqueloculina jugosa* Cushman  
*Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny  
*Quinqueloculina lamarckiana*  
d'Orbigny  
*Quinqueloculina lata* Terquem  
*Quinqueloculina limbata* d'Orbigny  
*Quinqueloculina seminula* (Linné)  
*Quinqueloculina stelligera*  
Schlumberger  
*Quinqueloculina undosa* Karrer  
*Quinqueloculina ungeriana* d'Orbigny  
*Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny  
*Miliolinella australis* (Parr)  
*Miliolinella dilatata* (d'Orbigny)  
*Miliolinella elongata* Kruit  
*Miliolinella labiosa* (d'Orbigny)  
*Miliolinella semicostata* Hofker  
*Miliolinella subrotunda* (Montagu)  
*Miliolinella webbiana* (d'Orbigny)  
*Pseudotriloculina laevigata*  
(d'Orbigny)  
*Pseudotriloculina oblonga* (Montagu)  
*Pseudotriloculina rotunda* (d'Orbigny)  
*Pyrgo anomala* (Schlumberger)  
*Pyrgo elongata* (d'Orbigny)  
*Pyrgo subspherica* (d'Orbigny)  
*Pyrgo williamsoni* (Silvestri)  
*Triloculina adriatica* Le Calvez  
*Triloculina bermudezi* Acosta  
*Triloculina marioni* Schlumberger  
*Triloculina plicata* Terquem  
*Triloculina tricarinata* d'Orbigny
- Triloculina trigonula* (Lamarck)  
*Sigmoilinita costata* (Schlumberger)  
*Sigmoilinita tenuis* (Czjzek)
- Familya Nodosariidae Ehrenberg, 1838**  
*Dentalina inornata* d'Orbigny  
*Dentalina leguminiformis* (Batsch)
- Familya Vaginulinidae Reuss, 1860**  
*Amphicryna scalaris* (Batsch)  
*Marginulina glabra* (d'Orbigny)  
*Astacolus crepidulus* (Fichtel ve Moll)  
*Lenticulina cultrata* (Montfort)  
*Lenticulina orbicularis* (d'Orbigny)
- Familya Lagenidae Reuss, 1862**  
*Lagena interrupta* Williamson  
*Lagena striata* d'Orbigny
- Familya Polymorphinidae d'Orbigny, 1839**  
*Globulina myristiformis* (Williamson)  
*Polymorphina* sp.
- Familya Ellipsolagenidae A. Silvestri, 1923**  
*Favulina hexagona* (Montagu)
- Familya Bolivinidae Glaessner, 1937**  
*Brizalina alata* (Seguenza)  
*Brizalina dilatata* (Reuss)  
*Brizalina spathulata* (Williamson)
- Familya Cassidulinidae d'Orbigny, 1839**  
*Cassidulina carinata* Silvestri
- Familya Siphogenerinoididae Saidova, 1982**

*Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez

**Familya Buliminidae Jones, 1875**

*Bulimina aculeata* d'Orbigny  
*Bulimina elongata* d'Orbigny  
*Bulimina marginata* d'Orbigny  
*Globobulimina affinis* (d'Orbigny)  
*Protoglobobulimina pupoides*  
(d'Orbigny)

**Familya Uvigerinidae Haeckel, 1894**

*Uvigerina peregrina* Cushman

**Familya Reussellidae Cushman, 1933**

*Reussella spinulosa* (Reuss)

**Familya Bagginidae Cushman, 1927**

*Valvularia bradyana* (Fornasini)

**Familya Eponididae Hofker, 1951**

*Eponides repandus* (Fichtel ve Moll)

**Familya Mississippinidae Saidova, 1981**

*Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jones)

**Familya Rosalinidae Reiss, 1963**

*Gavelinopsis praegeri* (Heron-Allen ve Earland)  
*Neoconorbina orbicularis* (Terquem)  
*Neoconorbina terquemi* (Rzehak)  
*Rosalina bradyi* Cushman  
*Rosalina floridensis* (Cushman)  
*Rosalina globularis* d'Orbigny

**Familya Discorbinellidae Sigal, 1952**

*Discorbinella berhelotti* (d'Orbigny)

**Familya Planulinidae Bermudez, 1952**

*Hyalinea balthica* (Schröter)

**Familya Cibicididae Cushman, 1927**

*Cibicides advenum* (d'Orbigny)  
*Cibicides floridanus* (Cushman)  
*Cibicidina walli* Bandy  
*Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob)  
*Dyocibicides biserialis* Cushman

**Familya Planorbulinidae Schwager, 1877**

*Planorbulina mediterranensis*  
d'Orbigny

**Familya Acervulinidae Schultze, 1854**

*Acervulina cf. inhaerens* Schultz  
*Sphaerogypsina globula* (Reuss)

**Familya Asterigerinatidae Reiss, 1963**

*Asterigerinata mamilla* (Williamson)

**Familya Nonionidae Schultze, 1854**

*Chilostomella mediterranensis*  
Cushman ve Todd  
*Nonionella turgida* (Williamson)  
*Astrononion stelligerum* (d'Orbigny)  
*Melonis pomphiloides* (Fichtel ve Moll)

**Familya Trichohyalidae Saidova, 1981**

*Aubignyna perlucida* (Heron -Allen ve Earland)

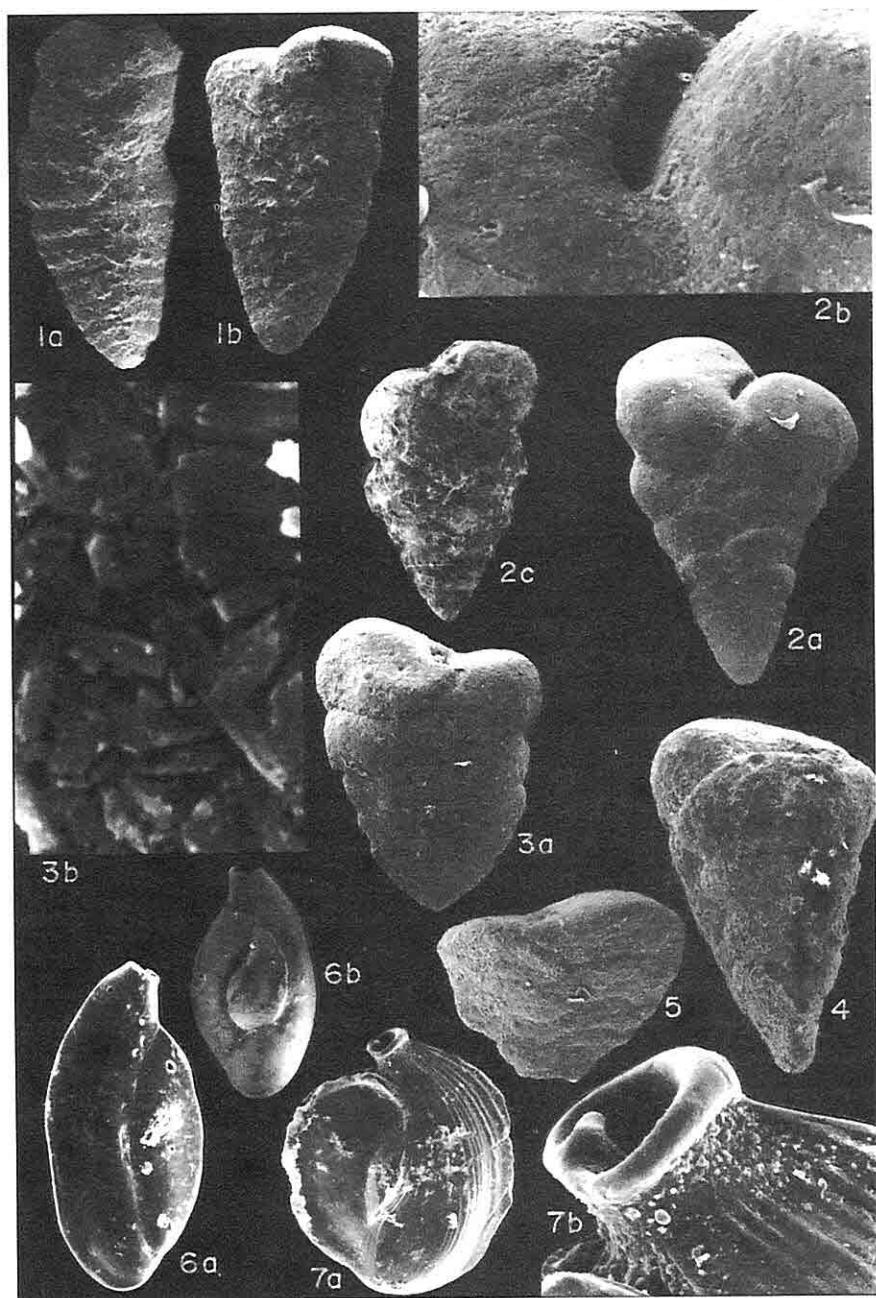
**Familya Ammoniidae Saidova, 1981**

*Ammonia ammoniformis* Colom  
*Ammonia compacta* Hofker  
*Ammonia parasovica* Stshedrina ve Mayer

## LEVHA 1

1. *Spiroplectinella sagittula* (d'Orbigny). a ve b, dış görünümler; a, x 100; Anadoluhisarı SK-1, 10.50-10.40 m; b, x 110; Anadoluhisarı PRSK- 8, 20.10-20.00 m.
2. *Textularia bocki* Höglund. a, dış görünüm, X 100; b, ağız, x 500; Anadoluhisarı PRSK-8, 20.10-20.00 m; c, dış görünüm, x 150; Haliç A-7, 49.75-49.35 m.
3. *Textularia* cf. *pala* Czjzek. a, dış görünüm, x 100; b, kavkı yüzeyinin ayrıntılı görünümü, x 6.000; Anadoluhisarı SK-1, 23.40-23.30 m.
4. *Textularia sagittula* Defrance. Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı SK-6, 10.50-10.40 m.
5. *Textularia truncata* Höglund. Dış görünüm, x 160; Anadoluhisarı PRSK-8, 20.10-20.00 m.
6. *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland). Dış görünümler; a, x 150; b, x 100; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.
7. *Adelosina intricata* (Terquem). a, dış görünüm, x 150; b, ağız, x 750; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m.

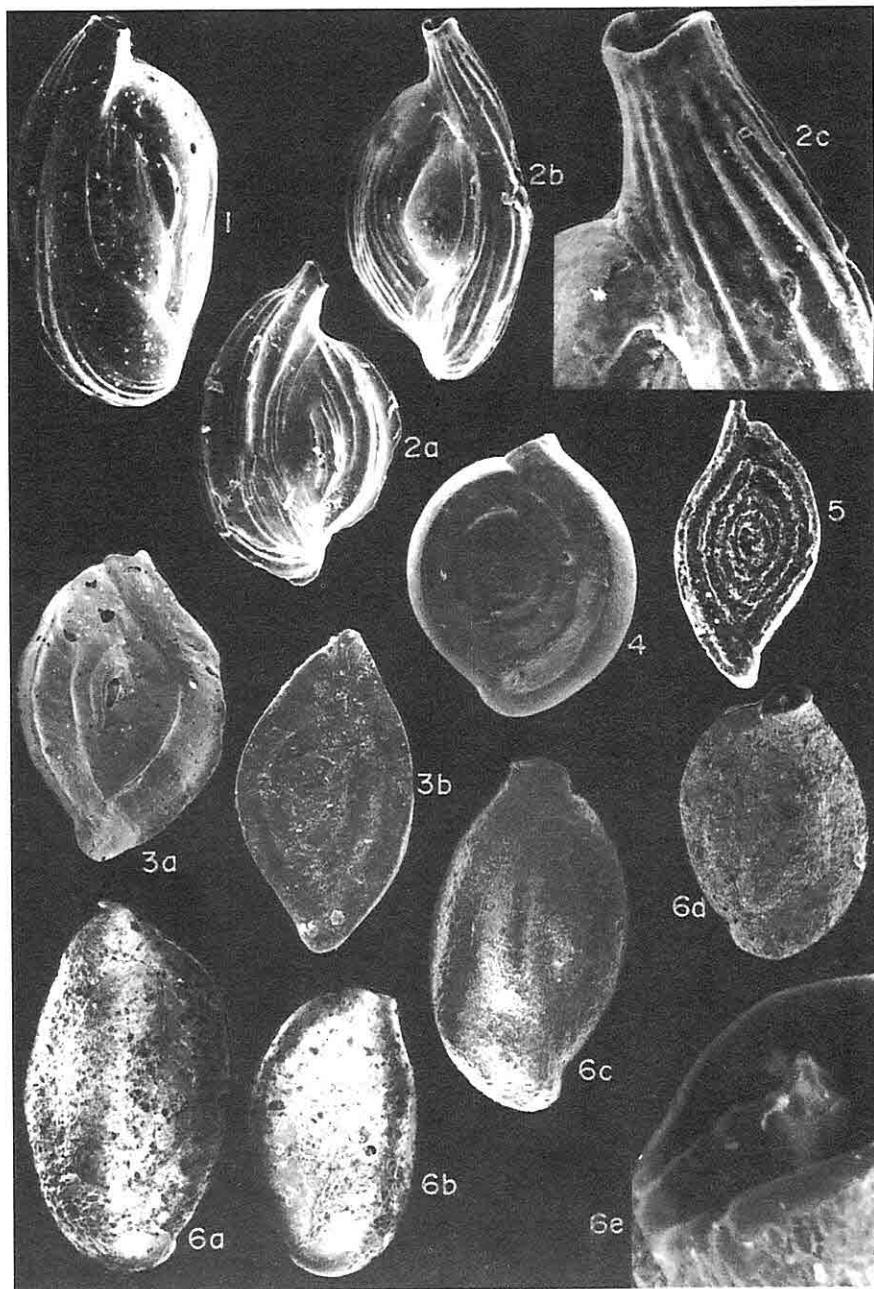
LEVHA 1



## LEVHA 2

1. *Adelosina longirostrata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 200; Haliç SB-13, 54.20-53.80 m.
2. *Adelosina mediterranensis* (le Calvez J. ve Y.). Dış görünümler; a ve b, x 150; c, ağız, x 500; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.
3. *Spiroloculina depressa* d'Orbigny. Dış görünümler; a, x 75; İzmit Körfezi S-1, 33.45-33.00 m; b, x 100; Kalamış SK-1, 9.50-9.40 m.
4. *Spiroloculina excavata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 80; Kurbağalıdere SK-1, 2.15-2.00 m.
5. *Spiroloculina cf. tenuiseptata* Brady. Dış görünüm, x 150; İzmit Körfezi S-7, 54.00-53.50 m.
6. *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny). Dış görünümler; a ve b, x 100; İzmit Körfezi KS-2, 3.20-2.75 m; c, x 120; Kalamış SK-1, 9.50-9.40 m; d, x 100; e, ağızın ayrıntılı görünümü, x 750; Haliç SB-13, 28.80-28.40 m.

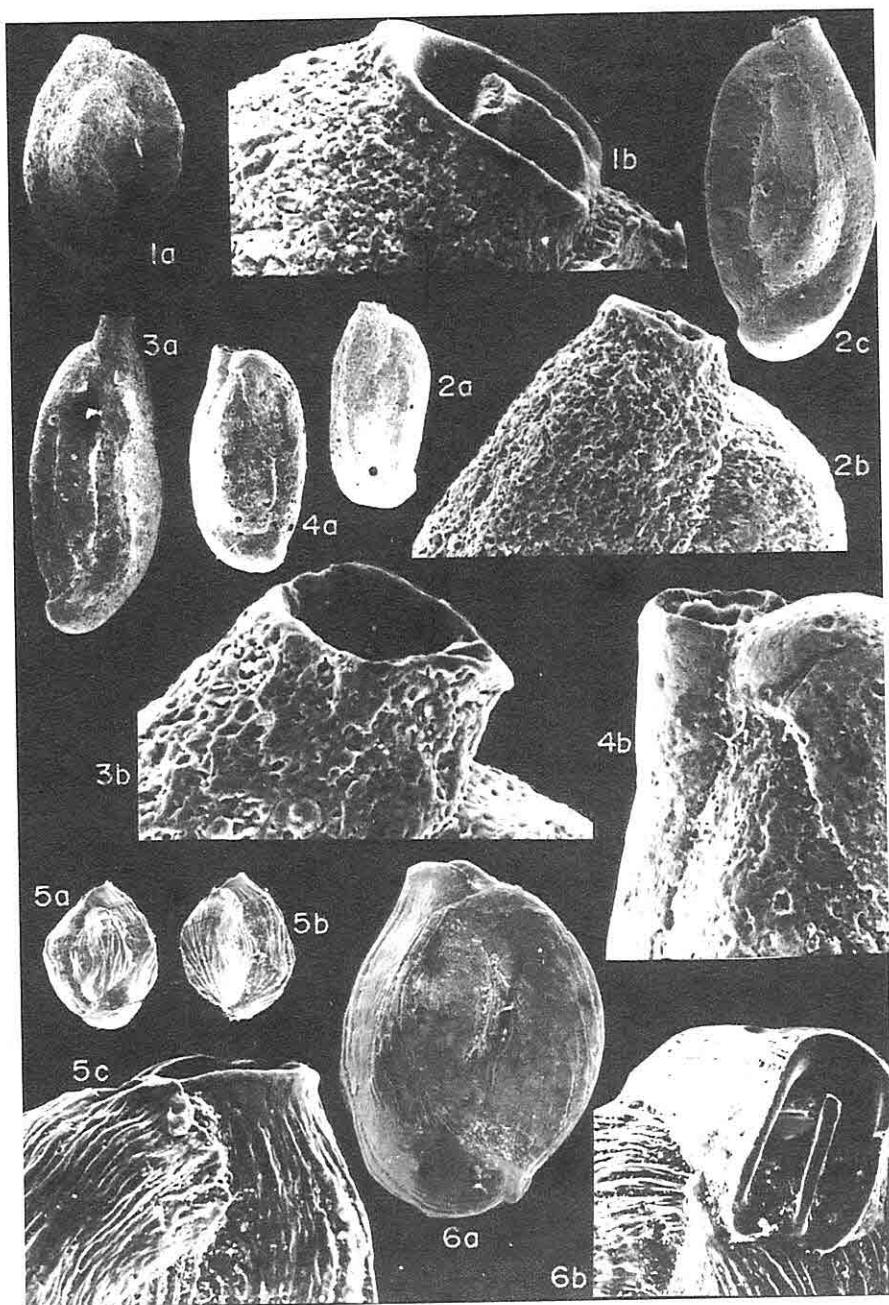
LEVHA 2



### LEVHA 3

- 1.** *Siphonaperta irregularis* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 100; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 500; İzmit Körfezi S-6, 19.50-19.00 m.
- 2.** *Cycloforina contorta* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 75; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 350; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m; c, dış görünüm, x 100; Kalamış SK-11, 9.80-9.70 m.
- 3.** *Cycloforina juleana* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 100; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 750; İzmit Körfezi S-6, 19.50-19.00 m.
- 4.** *Cycloforina rugosa* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 75; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 350; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.
- 5.** *Lachlanella bicornis* (Walker ve Jacob). Dış görünümler, a ve b, x 75; c, ağızın ayrıntılı görünümü, x 350; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m.
- 6.** *Lachlanella undulata* (Walker ve Jacob). a, dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı PRSK-8, 5.60-5.50 m; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 300; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m.

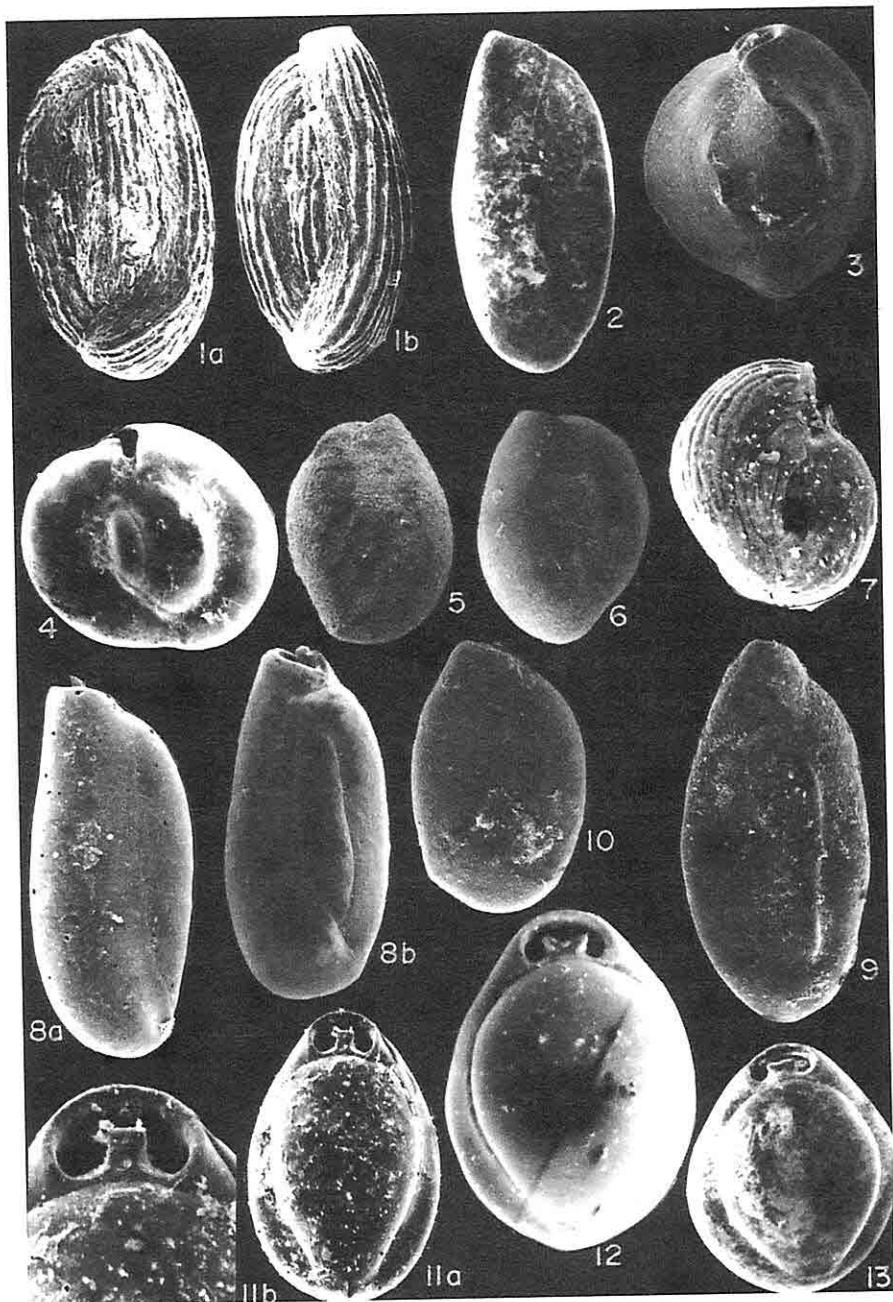
LEVHA 3



#### LEVHA 4

1. *Quinqueloculina jugosa* Cushman. a ve b, dış görünümler, x 100; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m.
2. *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 150; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.
3. *Quinqueloculina lamarckiana* d'Orbigny. Dış görünüm, x 130; Anadoluhisarı SK-3, 18.60-18.50 m.
4. *Miliolinella australis* (Parr). Dış görünüm, x 200; Haliç A-7, 51.75-51.35 m.
5. *Miliolinella elongata* Kruit. Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı PRSK-4, 11.80-11.70 m.
6. *Miliolinella subrotunda* (Montagu). Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı PRSK-8, 20.10-20.00 m.
7. *Miliolinella webbiana* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 200; Haliç SB-13, 49.60-49.20 m.
8. *Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny). a ve b, dış görünümler, a, x 75; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m; b, x 140; Anadoluhisarı PRSK-9, 14.40-14.20 m.
9. *Pseudotriloculina oblonga* (Montagu). Dış görünüm, x 100; Kalamış SK-1, 8.50-8.40 m.
10. *Pseudotriloculina rotunda* (d'Orbigny) Dış görünüm, x 100; Kalamış SK-1, 8.50-8.40 m.
11. *Pyrgo elongata* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 200; Haliç MH-4, 42.95-42.45 m; b, ağızın ayrıntılı görünümü, x 500; Haliç SB-13, 48.20-47.80 m.
12. *Pyrgo subsphaerica* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 200; Haliç MH-4, 42.95-42.45 m.
13. *Pyrgo williamsoni* (Silvestri). Dış görünüm, x 200; Haliç MH-4, 42.95-42.45 m.

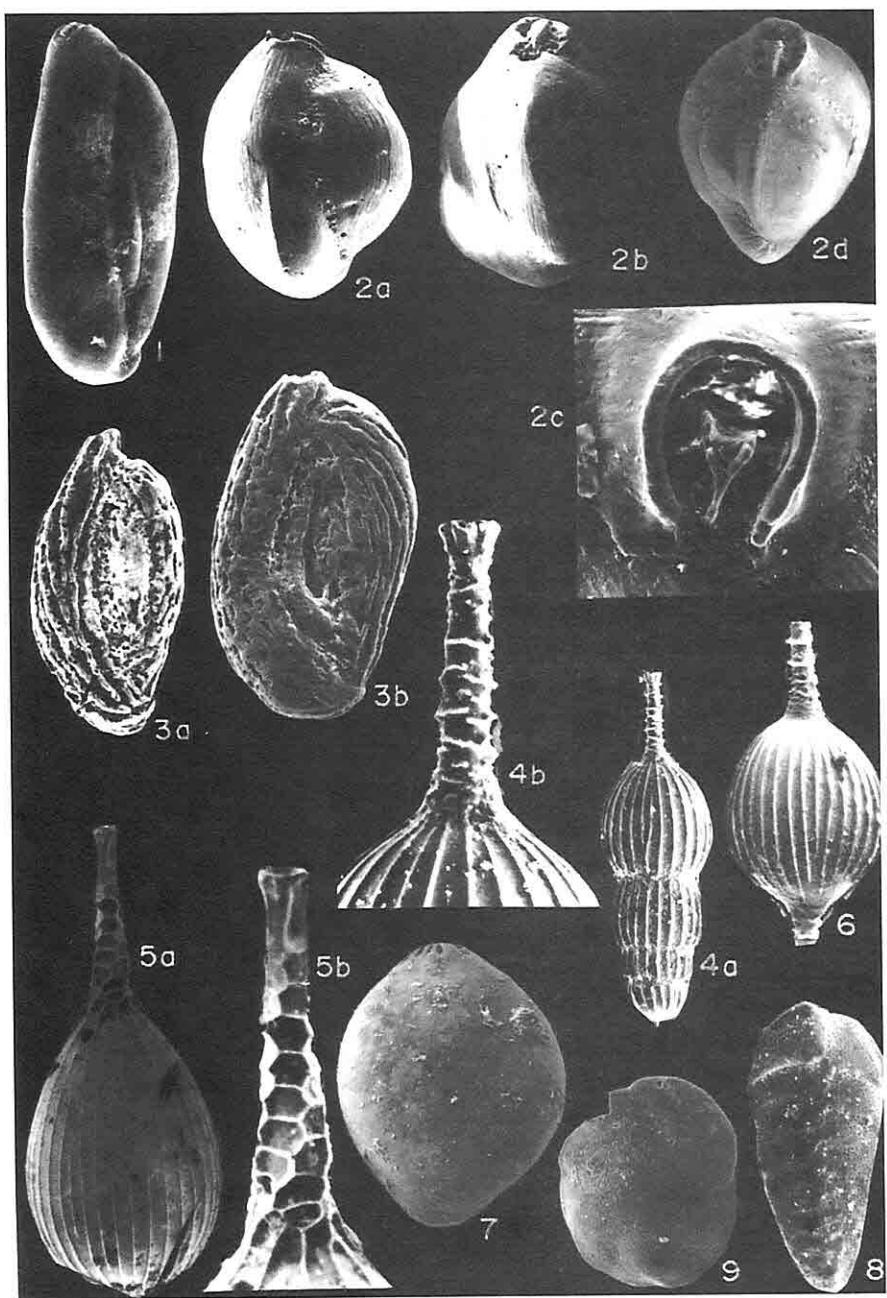
LEVHA 4



## LEVHA 5

1. *Triloculina bermudezi* Acosta. Dış görünüm, x 100; Kurbağalıdere SK-1, 18.35-18.25 m.
2. *Triloculina marioni* Schlumberger. a ve b, dış görünümler, x 100; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m; c, ağızın ayrıntılı görünümü, x 500; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m; d, dış görünüm, x 140; Anadoluhisar SK-1, 10.50-10.40 m.
3. *Sigmoilinita costata* (Schlumberger). a ve b, dış görünümler, a. x 150; İzmit Körfezi S-2, 48.45-48.00 m; b. x 120; Kurbağalıdere SK-1, 7.20-7.10 m.
4. *Amphicoryna scalaris* (Batsch). a, dış görünüm, x 150; b, boyunun ayrıntılı görünümü, x 500; Haliç MH-5, 48.70-48.25 m.
5. *Lagena interrupta* Williamson. a, dış görünüm, x 350; b, boyunun ayrıntılı görünümü, x 750; Haliç A-7, 55.75-55.35 m.
6. *Lagena striata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 200; Haliç MH-4, 42.95-42.45 m.
7. *Polymorphina* sp. Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı PRSK-2, 14.80-14.70 m.
8. *Brizalina spathulata* (Williamson). Dış görünüm, x 200; Haliç MH-5, 48.70-48.25 m.
9. *Cassidulina carinata* Silvestri. Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı PRSK-2, 20.00-19.80 m.

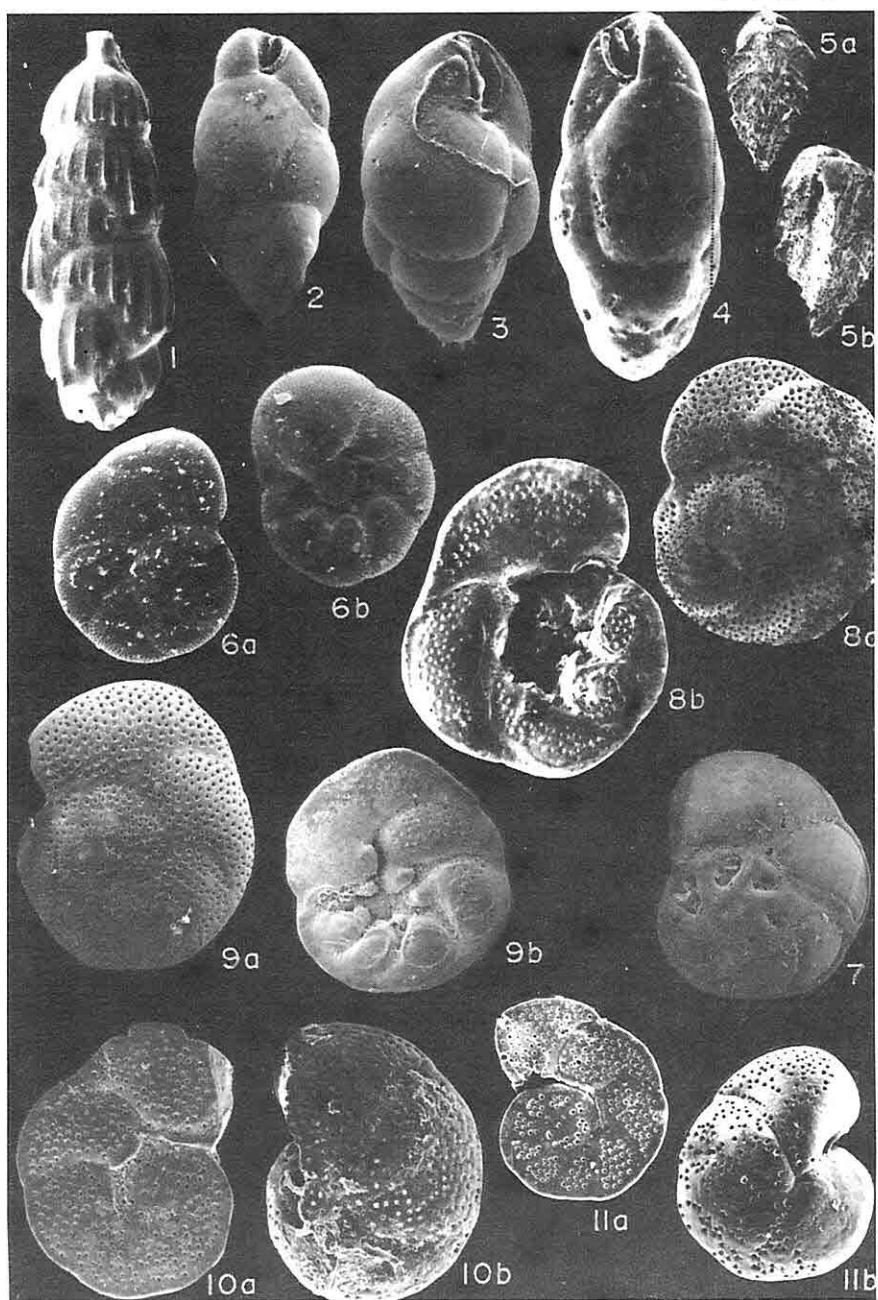
LEVHA 5



## LEVHA 6

1. *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez. Dış görünüm, x 350; Haliç SB-13, 46.70-46.30 m.
2. *Bulimina elongata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 230; Anadoluhisarı PRSK-7, 12.50-12.40 m.
3. *Bulimina marginata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 250; Anadoluhisarı SK-3, 16.40-16.30 m.
4. *Protoglobobulimina pupoides* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 350; İzmit Körfezi S-8, 55.45-55.00 m.
5. *Reussella spinulosa* (Reuss). Dış görünümler, a ve b, x 100; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.
6. *Valvularia bradyana* (Fornasini). Dış görünümler; a, spiral taraf; b, ombilikal taraf, x 200; Haliç SB-13, 40.00-39.60 m.
7. *Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jacob). Dış görünüm, spiral taraf, x 110; Anadoluhisarı PRSK-8, 19.10-19.00 m.
8. *Rosalina bradyi* (Cushman). Dış görünümler; a, spiral taraf; b, ombilikal taraf, x 150; Haliç SB-13, 49.60-49.20 m.
9. *Rosalina floridensis* (Cushman). Dış görünümler; a, spiral taraf, x 120; b, ombilikal taraf, x 100; Anadoluhisarı PRSK-8, 20.10-20.00 m.
10. *Cibicides advenum* (d'Orbigny). Dış görünümler; a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 150; Anadoluhisarı, a, PRSK-8, 20.10-20.00 m; b, PRSK-7, 12.50-12.40 m.
11. *Cibicides floridanus* (Cushman). Dış görünümler; a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 120; İzmit Körfezi S-2, 46.45-46.00 m.

LEVHA 6

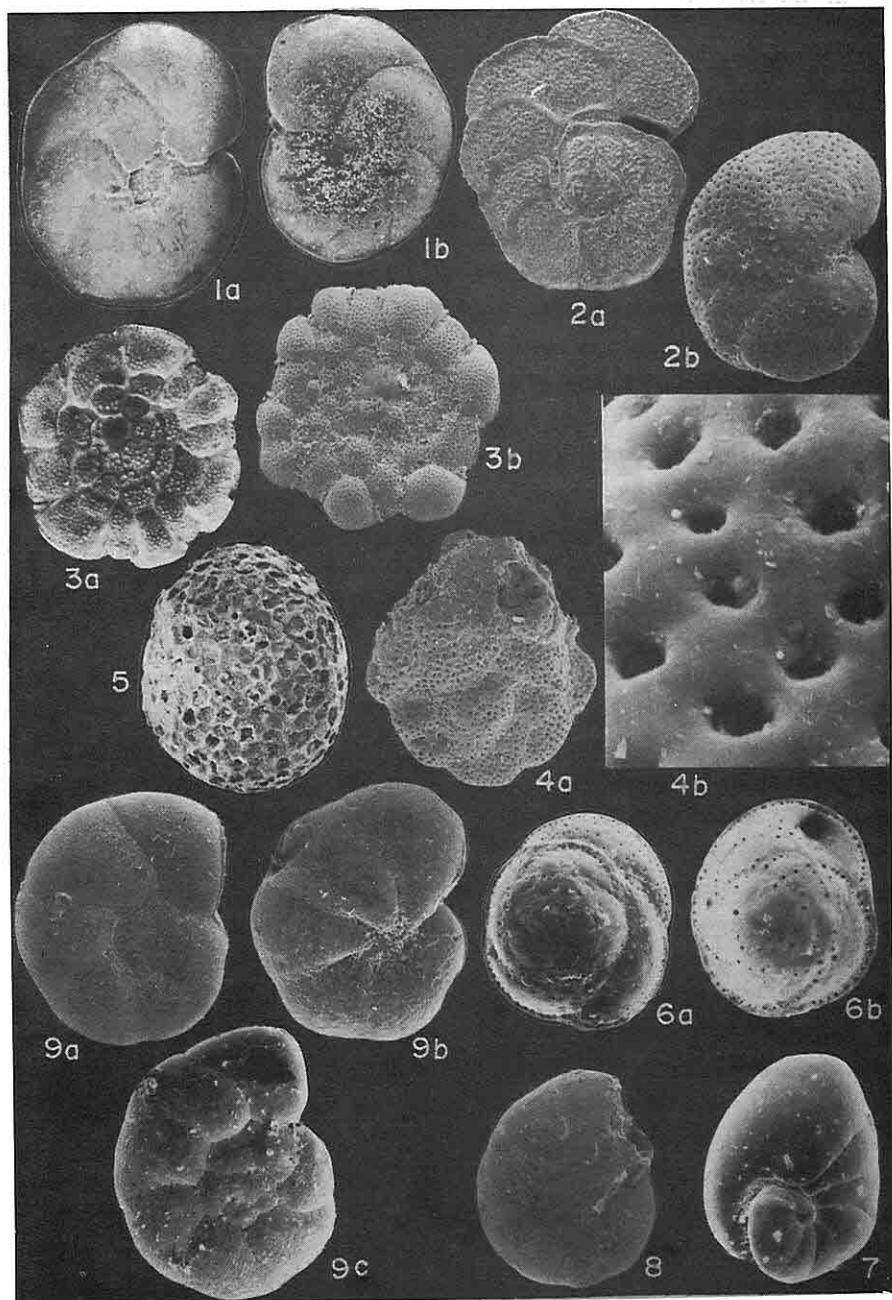


## LEVHA 7

1. *Cibicidina walli* Bandy. Dış görünümler; a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 150; İzmit Körfezi S-7, 54.00-53.50 m.
2. *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob). Dış görünümler; a, spiral taraf, x 100 ve b, ombilikal taraf, x 160; Anadoluhisarı, a, SK-1, 23.40-23.30 m; b, PRSK-7, 14.10-14.00 m.
3. *Planorbolina mediterranensis* d'Orbigny. Serbest yüzeyler; a, x 150, Haliç A-7, 45.75-45.35 m; b, x 110, Anadoluhisarı SK-1, 10.50-10.40 m.
4. *Acerkulina cf. inhaerens* Schultz. a, dış görünüm, x 120 ve b, dış görünümün ayrıntılı sunumu, x 2.000; Anadoluhisarı SK-1, 6.60-6.50 m.
5. *Sphaerogypsina globula* (Reuss). Dış görünüm, x 100; İzmit Körfezi S-7, 54.00-53.50 m.
6. *Asterigerinata mamilla* (Williamson). Dış görünüm ve spiral taraflar; a, x 150; İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m; b, x 200; Haliç A-7, 49.75-49.35 m.
7. *Nonionella turgida* (Williamson). Dış görünüm, x 200; Haliç SB-13, 54.20-53.80 m.
8. *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 160; Anadoluhisarı PRSK-7, 6.00-5.90 m.
9. *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen ve Earland). Dış görünümler; a, spiral ve b, ombilikal taraflar, x 150; Kalamış SK-1, 9.50-9.40 m; c, spiral taraf, x 200; Haliç A-7, 65.75-65.35 m.

İSTANBUL VE YAKIN ÇEVRESİ GEÇ KUVATERNER BENTİK FORAM. FAUNASI

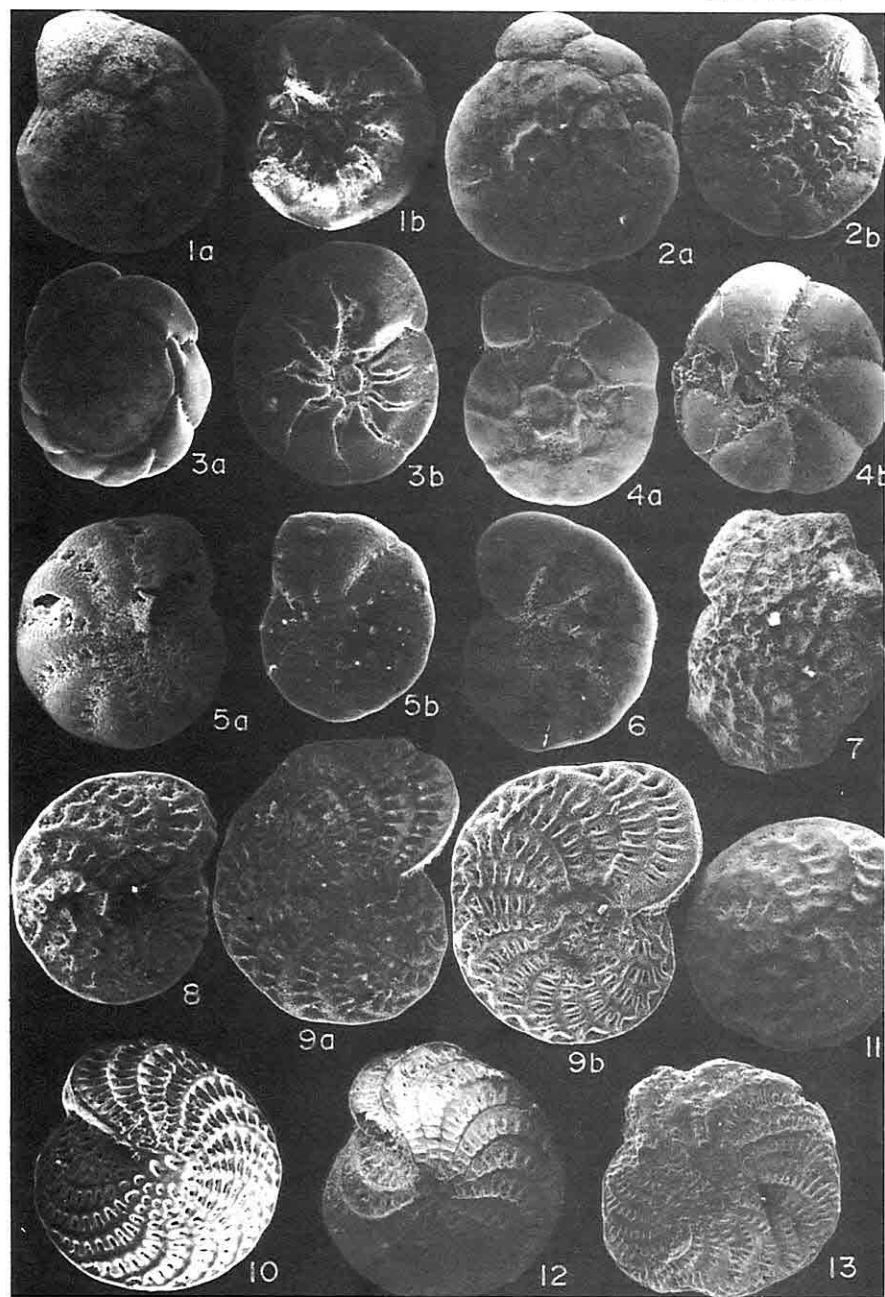
LEVHA 7



## LEVHA 8

1. *Ammonia ammoniformis* Colom. Dış görünümler; a, spiral taraf; b, ombilikal taraf, x 150; Anadoluhisarı, PRSK-2, 14.80-14.70 m.
2. *Ammonia compacta* Hofker. Dış görünümler; a, spiral taraf; b, ombilikal taraf, x 80; Kalamış SK-1, 27.00-26.90 m.
3. *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny). Dış görünümler; a, spiral taraf, b, ombilikal taraf, x 60; Kalamış SK-11, 7.70-7.60 m.
4. *Ammonia tepida* Cushman. Dış görünümler; a, spiral taraf, x 160; b, ombilikal taraf, x 150; Anadoluhisarı, SK-3, 4.50-4.40 m.
5. *Criboelphidium poeyanum* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 140; Anadoluhisarı, SK-1, 10.50-10.40 m; b, dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı, PRSK-2, 7.10-7.00 m.
6. *Haynesina depressula* (Walker ve Jacob). Dış görünüm, x 160; Anadoluhisarı, PRSK-2, 20.00-19.80 m.
7. *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 150; Anadoluhisarı, SK-3, 7.00-6.90 m.
8. *Elphidium advenum* (Cushman). Dış görünüm, x 100; Anadoluhisarı, PRSK-2, 20.00-19.80 m.
9. *Elphidium complanatum* (d'Orbigny). Dış görünümler, x 100; a, Kalamış SK-1, 9.50-9.40 m; b, İzmit Körfezi S-3, 37.45-37.00 m.
10. *Elphidium crispum* (Linné). Dış görünüm, x 80; İzmit Körfezi KS-2, 46.45-46.00 m.
11. *Elphidium* cf. *limbatum* (Chapman). Dış görünüm, x 130; Anadoluhisarı, PRSK-7, 15.00-14.90 m.
12. *Elphidium macellum* (Fichtel ve Moll). Dış görünüm, x 65; Kalamış SK-1, 9.50-9.40 m.
13. *Elphidium maioricense* Colom. Dış görünüm, x 55; Kurbağalıdere, SK-1, 7.20-7.10 m.

LEVHA 8



*Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny)  
*Ammonia tepida* Cushman  
*Challengerella brady* Billman,  
Hottinger ve Oesterle

#### Familya Elphidiidae Galloway, 1933

*Cribroelphidium poeyanum*  
(d'Orbigny)  
*Porosononion subgranosum* (Egger)  
*Haynesina anglica* (Murray)  
*Haynesina depressula* (Walker ve Jacob)  
*Elphidium aculeatum* (d'Orbigny)  
*Elphidium advenum* (Cushman)  
*Elphidium complanatum* (d'Orbigny)  
*Elphidium crispum* (Linné)  
*Elphidium depressulum* Cushman  
*Elphidium jensenii* (Cushman)  
*Elphidium cf. limbatum* (Chapman)  
*Elphidium macellum* (Fichtel ve Moll)  
*Elphidium maioricense* Colom

### 3. SONUÇLAR

İstanbul ve çevresinde gerek karada ve gerekse deniz tabanında yer alan Geç Kuvaterner (Holosen) yaşlı tortulların 33 familyaya ait 62 cins ve 135 tür gibi zengin bir topluluk içerdigi belirlenmiştir. Bunun dışında Ayamama Deresi sondajlarında 5, Haliç'de 92, Güney Boğaziçi'nde 45, Anadoluhisarı'nda 51, Kuşdili'nde 42 ve İzmit Körfezi'nde 74 tür rastlanmış olmasi; çalışılan bölgelerden Haliç'in foraminifer yaşamı için en uygun koşulları içerdigini, özellik açısından bu yöreyi İzmit Körfezi'nin izledigini, Güney Boğaziçi ve Anadoluhisarı yörelerinde ise fert sayılarındaki azlığı bu

kesimlerde Kara Deniz ile Akdeniz arasında varlığı bilinen akıntıların neden olduğu ve Kuşdili'nde ise Kurbağalı Dere'nin boşaltmış olduğu tatlı suyun etkisi ile ekolojik koşullarda değişimlerin olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, yoğun Akdeniz kökenli olan foraminiferlerin varlığı (Meriç ve Sakınç, 1990; Meriç, 1995) Ayamama Deresi civarı dışındaki yörenin Holosen dönemi süresince Akdeniz'in etkisinde kaldığını ve bugünkü Ataköy çevresinin Holosen sonlarına kadar bir göl niteliğini taşıdığını kanıtlamaktadır.

### 4. KAYNAKLAR

- Alavi, S.N., 1988. Late Holocene deep-sea benthic foraminifera from the Sea of Marmara. *Marine Micropaleontology*, 13, 213-237.
- Cimerman,F. and Langer, M.R., 1991. Mediterranean Foraminifera. 118 s., 93 levha, Ljubljana.
- Hatta, A. and Ujiie, H., 1992. Benthic Foraminifera from Coral Seas between Ishigaki and Iriomote Islands, Southern Ryukyu Island Arc, Northwestern Pasific. *Bull. of the College of Sci. Univ. of the Ryukyus*.53, 49-119; 54, 163-287.
- Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z., 1993. Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti Academia Sci. et Art. Slovenica*. 179 s., 230 levha. Ljubljana.
- Loeblich, Jr. A.R. and Tappan, H., 1988. Foraminiferal genera and their classification. *Van Nostrand Reinhold Comp.*, New York, 970 s., 842 levha.

- Meriç, E., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner'inin stratigrafisi ve ortamsal özellikleri. *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi*, 251-257, Ed.: E. Meriç, İstanbul.
- Meriç, E. ve Sakınç, M., 1990. Foraminifera, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları, 13-41, 1-7, Ed. E. Meriç, İstanbul.
- Meriç, E., Oktay, F.Y., Sakınç, M., Gülen, D., Ediger, V.Ş., Meriç, N. ve Özdoğan, M., 1991a. Kuşdili (Kadıköy-İstanbul) Kuvaterner'inin sedimenter jeolojisi ve paleoekolojisi. *C.Ü. Müh.Fak.Derg.*, A, Yerbilimleri, 8 (1), 83-91.
- Meriç, E., Oktay, F.Y., Sakınç, M., Gülen, D. ve İnal, A., 1991b. Ayamama (Bakırköy-İstanbul) Kuvaterner istifinin sedimenter jeolojisi ve paleoekolojisi. *C.Ü. Müh.Fak.Derg.*, A, Yerbilimleri, 8 (1), 93-100.
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu - Kaba Burun) Kuvaternert istifinin foraminifer faunası. *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi*, 105-151, 1-13, Ed. E. Meriç, İstanbul.
- Meriç, E., Şamlı, A.C. ve Avşar, N., 1996. Haliç Geç Kuvaterner (Holosen) istifi foraminifer topluluğu ve ortamsal özelliklerde gözlenen değişimler. *Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı Bildiriler Kitabı*, 187-192, İstanbul.
- Sgarrella, F. and Moncharmont-Zei, M., 1993. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy), systematic and autoecology. *Bull. della Soc. Paleont. Italiana*, 32 (2), 145-264, 1-26.
- Şamlı, A.C., 1995. Haliç güncel çökellerinin mikropaleontolojik incelemesi. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst. Yüksek Lisans Tezi 69 s. 4 levha.
- Şamlı, A.C., 1996. Haliç (İstanbul) Holosen dip çökellerinin bentik foraminifer faunası. *T.J.B.*, 39 (2), 87-102.



## **DOĞU AKDENİZ KIYI BÖLGESİ BENTİK FORAMİNİFERLERİ**

**Niyazi AVŞAR**

*Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölüm, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** Doğu Akdeniz kıyı çizgisine yakın sıçrık bölgelerdeki (7-20 m) on istasyondan güncel tortullarda 23 familyaya ait 41 cins ve 60 tür tayin edilmiştir. Baskın familyalar olarak Rotaliidae ve Miliolidae gözlenmiştir. Ayrıca, bölgede sıçrık su karakteristiği olan kalker kavaklı dört foraminifer topluluğu saptanmıştır.

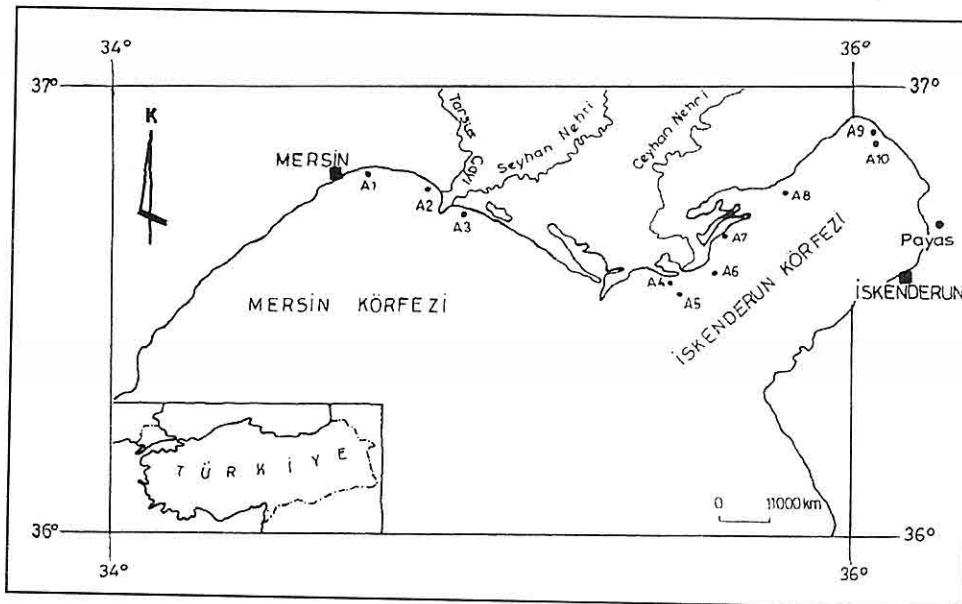
### **FORAMINIFERA OF THE EASTERN MEDITERRANEAN COASTLINE**

**ABSTRACT:** Ten sediment samples were collected from the shallow environments (7-20 m.) of the eastern Mediterranean coastline. 41 genera and 60 species belonging to 23 families were identified from these samples. The dominant families are Rotaliidae and Miliolidae. In addition, four foraminiferal assemblages, characteristic of shallow marine and carbonate species, were described in the region.

## 1.GİRİŞ

İnceleme alanı Akdeniz'in doğusunda Mersin ile İskenderun Körfezleri sahil çizgisinde yerleşim alanı olarak bulunan Mersin ili ile İskenderun'a bağlı Payas kasabası arasında yer almaktadır (Şekil 1). Oldukça uzun bir sahil çizgisi boyunca izlenen alanda Ceyhan ve Seyhan nehirleri ile Tarsus Çayı'nın oluşturduğu başlıca deltalar bulunmaktadır.

Bölgelin bentik foraminiferleri ile ilgili şimdije kadar herhangi bir inceleme yapılmamıştır. Yalnız bölge ve yakın çevresi ile ilgili olarak bir takım biyostratigrafik, sedimentolojik, kirlilik, su sirkülasyonu, ötrifikasiyon, ağır metal dağılımı ve İskenderun Körfezi'nin bentik foraminifer dağılımı ile ilgili çeşitli çalışmalar; Saydam ve diğ., 1984; İyiduyar, 1986; Salihoglu ve diğ., 1987;



**Şekil 1.** İnceleme alanı örnek alım istasyonlarını gösteren harita.

Uffenorde ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1992; Basso ve diğ., 1994; Ergin ve diğ., 1995, 1996 ve Avşar ve Meriç, 1996 olarak belirtilebilir.

Bu çalışmanın amacı Doğu Akdeniz bentik foraminiferlerinin varlığını ve dağılımını ortaya koymaktır.

## 2. MATERİYAL ve METOD

Mersin Körfezi'nden İskenderun

Körfezi'nde yeralan Payas'a kadar olan sahil çizgisi boyunca sıçrı bölgelerden Nisan 1989 yılında R/V Bilim araştırma gemisi ile Van Veen grab örnek alıcıları kullanılarak on istasyona ait, bentik foraminifer içeren dip çökellerinden örnekler alınmıştır.

Laboratuvara örneklerin 1/4 lük bölümü, 250 µm elektre elenerek üstte kalan foraminiferlerden 300 tane alınmış

ve bütün işlemler ve tanımlamalar bu formlar üzerinde yapılmıştır.

Bu foraminiferlerin taksonomik tanımları yapılrken karşılaştırmalı olarak şu yazarların yayınlarından yararlanılmıştır; Parisi, 1981; Loeblich ve Tappan, 1988; Cimerman ve diğ., 1991; Hatta ve Ujije, 1992; Hottinger ve diğ., 1993; Sgarrella ve Zei., 1993 ve Meriç ve diğ., 1995.

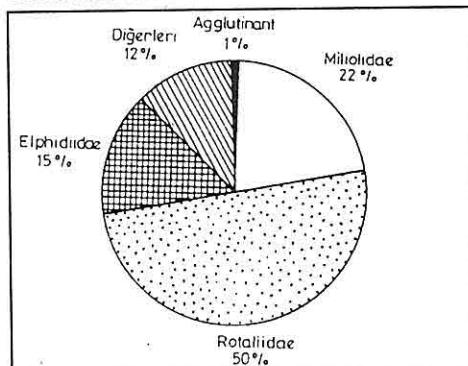
### 3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

İnceleme alanında toplam 23 familyaya ait 41 cins ve 60 tür tayin edilmiştir (Tablo 1 ve Ek-1). Aglutanant kavaklı foraminiferler 3 familyada 4 tür ile temsil edilmiştir. Bunlar sırasıyla *Eggerella scabra* (Williamson), *Textularia bocki* Höglund, *T. sagittula* Defrance ve *Clavulina angularis* (d'Orbigny) olup, hiç bir istasyonda dominant sayıya ulaşamamıştır. Kalker kavaklı foraminiferler ise 20 familya ve 56 tür ile temsil edilmektedir (Levha 1, 2 ve 3).

On istasyondaki örneklerden 4 foraminifer topluluğu saptanmıştır. Genelde bunların hepsinde sıg su karakteristiği olan kalker kavaklı türler baskın olarak gözlenmektedir.

**Topluluk 1.** *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland)'in baskın olduğu bu topluluk, genellikle Yumurtalık KB sahiline yakın sıg kumlu ortamlar boyunca izlenmektedir. Bu türün baskın olduğu istasyon sayısı bir (A8) ve derinliği 18 metredir. Ayrıca bu topluluk içerisinde *Ammonia tepida* Cushman, *A. parkinsoniana* (d'Orbigny), *Triloculina marioni* Schlumberger,

*Amphistegina lobifera* Larsen, *Peneroplis pertusus* (Forskal), *P. planatus* (Fichtel ve Moll), *Challengerella bradyi* Billman, Hottinger ve Oesterle, *Sorites orbiculus* (Ehrenberg), *Coscinospira hemprichii* Ehrenberg ve *Sigmoilinita edwardsi* (Schlumberger) gibi cins ve türler bulunmaktadır.



Şekil 2. İncelenen örneklerde gözlenen foraminiferlerin ana taksonomik grup yüzdesini gösteren diyagram

**Topluluk 2.** *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny)'nın hakim olduğu topluluktur. Bu topluluk Mersin Körfezi'nde Seyhan Deltası ve İskenderun Körfezi'nde Ceyhan Deltası ile körfezin kuzey sahiline yakın bölgelerde bulunan çakılı, kumlu ve killi ortamlarda saptanmıştır. Bu tür 5 istasyonda (A3, A4, A7, A9 ve A10) baskın olup, istasyonların derinliği 7-13 m. arasında değişmektedir. *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny)'nın hakim olduğu bu topluluk içerisinde; *Ammonia tepida* Cushman, *Porosponion subgranulosum* (Egger), *Elphidium advenum* (Cushman), *Cribroelphidium poeyanum* (d'Orbigny), *Challengerella*

Tablo 1. Foraminifer cins ve türlerinin istasyonlara göre dağılımı.

CİNS ve TÜRLER	İSTASYONLAR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Eggerella scabra</i> (Williamson)					*				*	
<i>Textularia bocki</i> Höglund					*					
<i>Textularia sagittula</i> Defrance	*	*								
<i>Clavulina angularis</i> (d'Orbigny)								*		
<i>Vertebralina striata</i> d'Orbigny								*	*	*
<i>Edenostomina cultirata</i> (Brady)	*								*	
<i>Adelosina clairensis</i> (Heron-Allen ve Earland)	*	*			*		*	*	*	*
<i>Adelosina mediterranensis</i> (Le Calvez J. ve Y.)	*	*						*		
<i>Adelosina pulchella</i> d'Orbigny		*								
<i>Spiroloculina angulata</i> d'Orbigny	*					*		*	*	*
<i>Spiroloculina antillarum</i> d'Orbigny							*		*	
<i>Spiroloculina dilatata</i> d'Orbigny							*			
<i>Spiroloculina ornata</i> d'Orbigny										*
<i>Spiroloculina rostrata</i> Reuss	*	*			*					
<i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)							*	*	*	*
<i>Cycloforina contorta</i> (d'Orbigny)							*			
<i>Cycloforina</i> sp.	*				*					
<i>Hauerina diversa</i> Cushman									*	
<i>Lachlanella variolata</i> (d'Orbigny)								*		
<i>Quinqueloculina laevigata</i> d'Orbigny									*	
<i>Quinqueloculina limbata</i> d'Orbigny									*	
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linne)	*	*			*		*	*	*	*
<i>Pseudotriloculina laevigata</i> (d'Orbigny)									*	
<i>Pseudotriloculina rotunda</i> (d'Orbigny)									*	*
<i>Ptycomiliola separans</i> (Brady)									*	
<i>Triloculina marioni</i> Schlumberger	*	*			*	*	*	*	*	*
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny									*	
<i>Sigmoidulina edwardsi</i> (Schlumberger)									*	
<i>Articulina carinata</i> Wiesner					*					
<i>Coscinospira hemprichii</i> Ehrenberg								*		
<i>Peneroplis pertusus</i> (Forskal)					*			*	*	*
<i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel ve Moll)								*	*	*
<i>Sorites orbicularis</i> (Ehrenberg)			*					*	*	*
<i>Lenticulina cultrata</i> (Montfort)							*			
<i>Polymorphina</i> sp.1								*	*	
<i>Polymorphina</i> sp.3								*	*	
<i>Bulimina alazanensis</i> Cushman			*	*						
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny	*	*			*	*				
<i>Globobulimina</i> sp.				*	*			*		
<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss)					*	*				

Tablo 1 (Devam ediyor)

Tablo 1' in devamı

CİNS ve TÜRLER	İSTASYONLAR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Neoeponides bradyi</i> (Le Calvez)				*						*
<i>Neoconorbina terquemii</i> (Rzehak)					*					
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny						*				
<i>Siphonina reticulata</i> (Cejzek)					*					
<i>Amphistegina lobifera</i> Larsen				*	*		*	*		
<i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson)					*					
<i>Nonion depressulum</i> (Walker ve Jacob)	*				*	*				
<i>Nonionides grataloupi</i> (d'Orbigny)					*	*				
<i>Aubignyna cf. planidorsa</i> (Atkinson)					*					
<i>Pararotalia spinigera</i> (Le Calvez)	*							*	*	*
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	*	*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Ammonia tepida</i> Cushman	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Challengerella bradyi</i> Billman, Hottinger ve Oesterle				*			*	*		*
<i>Cribroelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny)			*		*	*				
<i>Porosononion subgranosum</i> (Egger)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Haynesina depressula</i> (Walker ve Jacob)					*					
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	*		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Elphidium crispum</i> (Linné)			*	*	*		*	*	*	
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel ve Moll)								*		
<i>Elphidium striato-punctatum</i> (Fichtel ve Moll)					*		*	*		*

*bradyi* Billman, Hottinger ve Oesterle, *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland), *Amphistegina lobifera* Larsen, *Elphidium striato-punctatum* (Fichtel ve Moll), *Haynesina depressula* (Walker ve Jacob), *Triloculina marioni* Schlumberger, *Quinqueloculina seminula* (Linné), *Sorites orbicularis* (Ehrenberg) ve *Vertebralina striata* d'Orbigny, gibi türler yer almaktadır.

**Topluluk 3.** *Ammonia tepida* Cushman'nın baskın olduğu bu topluluk Tarsus Çayı ve Ceyhan Nehri'nin oluşturduğu deltaların önündeki kumlu ve killi ortamlardaki üç istasyonda (A2, A5 ve A6) gözlenmiştir. Bu istasyonlardaki derinlik 8-20 m. arasındadır. Bu topluluk içerisinde *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny),

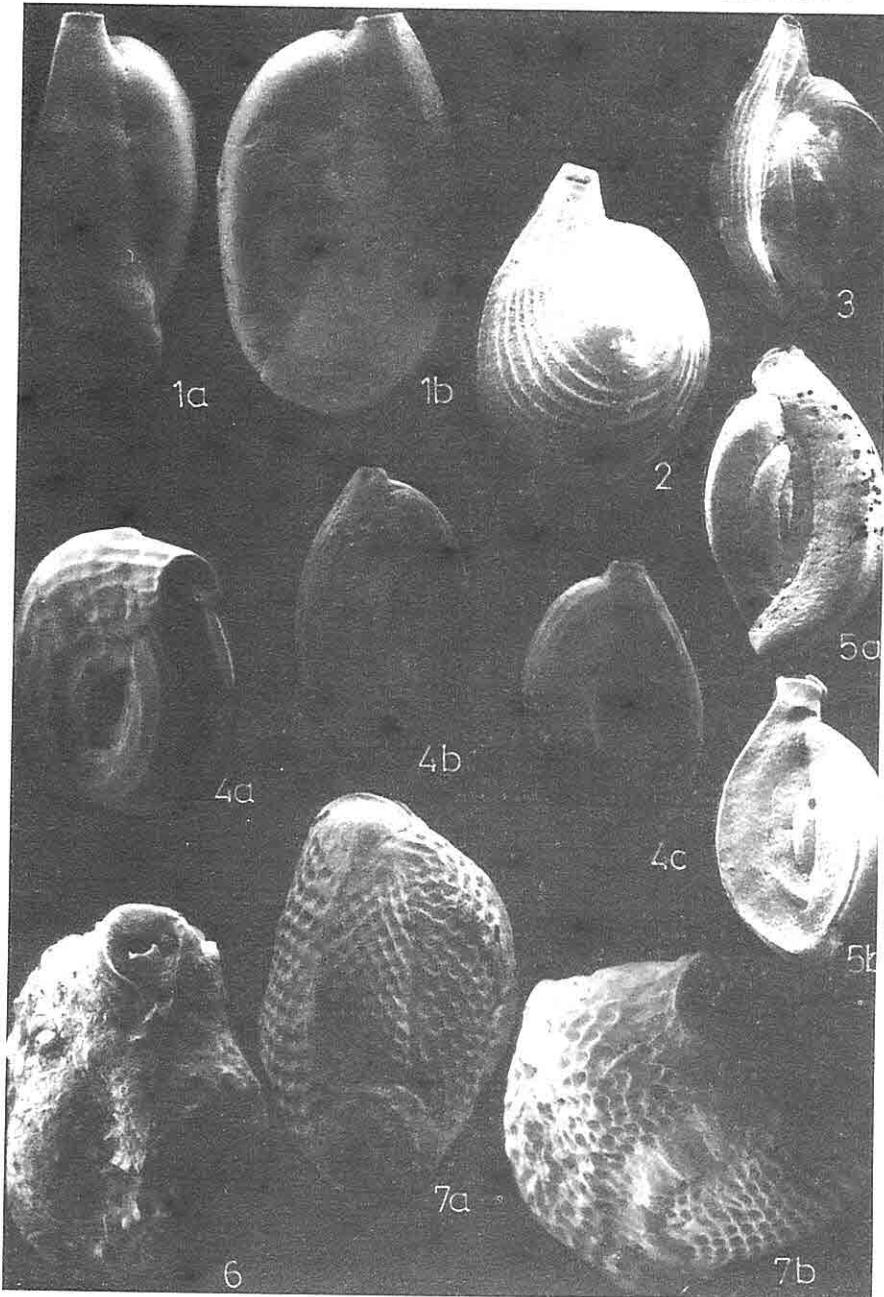
*Porosononion subgranosum* (Egger), *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland), *Triloculina marioni* Schlumberger, *Elphidium advenum* (Cushman), *Asterigerinata mamilla* (Williamson), *Reussella spinulosa* (Reuss), *Peneroplis pertusus* (Forskal), *Neoeponides bradyi* (Le Calvez), *Aubignyna cf. planidorsa* (Atkinson), *Bulimina elongata* d'Orbigny, *Cribroelphidium poeyanum* (d'Orbigny) ve *Haynesina depressula* (Walker ve Jacob) gibi türler gözlenmiştir.

**Topluluk 4.** *Triloculina marioni* Schlumberger'nin hakim olduğu bu topluluk Mersin Körfezi'nde 8 m derinlikteki istasyon A1 de çakılı ve kumlu bir ortamda yer almaktadır. Bu topluluk içerisinde ise sırasıyla *Ammonia*

## LEVHA 1

1. *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland). a ve b, dış görünümler; a, x 86; b, x 70; Ist. A1.
2. *Adelosina mediterranensis* (Le Calvez J. ve Y.). Dış görünüm. x 66; Ist. A9.
3. *Adelosina pulchella* d'Orbigny. Dış görünüm, x 66; Ist. A2.
4. *Spiroloculina antillarum* d'Orbigny. a, ağız yüzeyi görünüm,, x 160; b ve c, dış görünümler, b, x 105; c, x 90; Ist. A8.
5. *Spiroloculina rostrata* Reuss. a ve b, dış görünümler; a, x 76; b, x 86; Ist. A5.
6. *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny). Ağız yüzeyi görünüm,, x 105; Ist. A10.
7. *Lachlanella variolata* (d'Orbigny). a, dış görünüm, x 90; b, ağız yüzeyi görünüm,, x 110; Ist. A8.

LEVHA 1

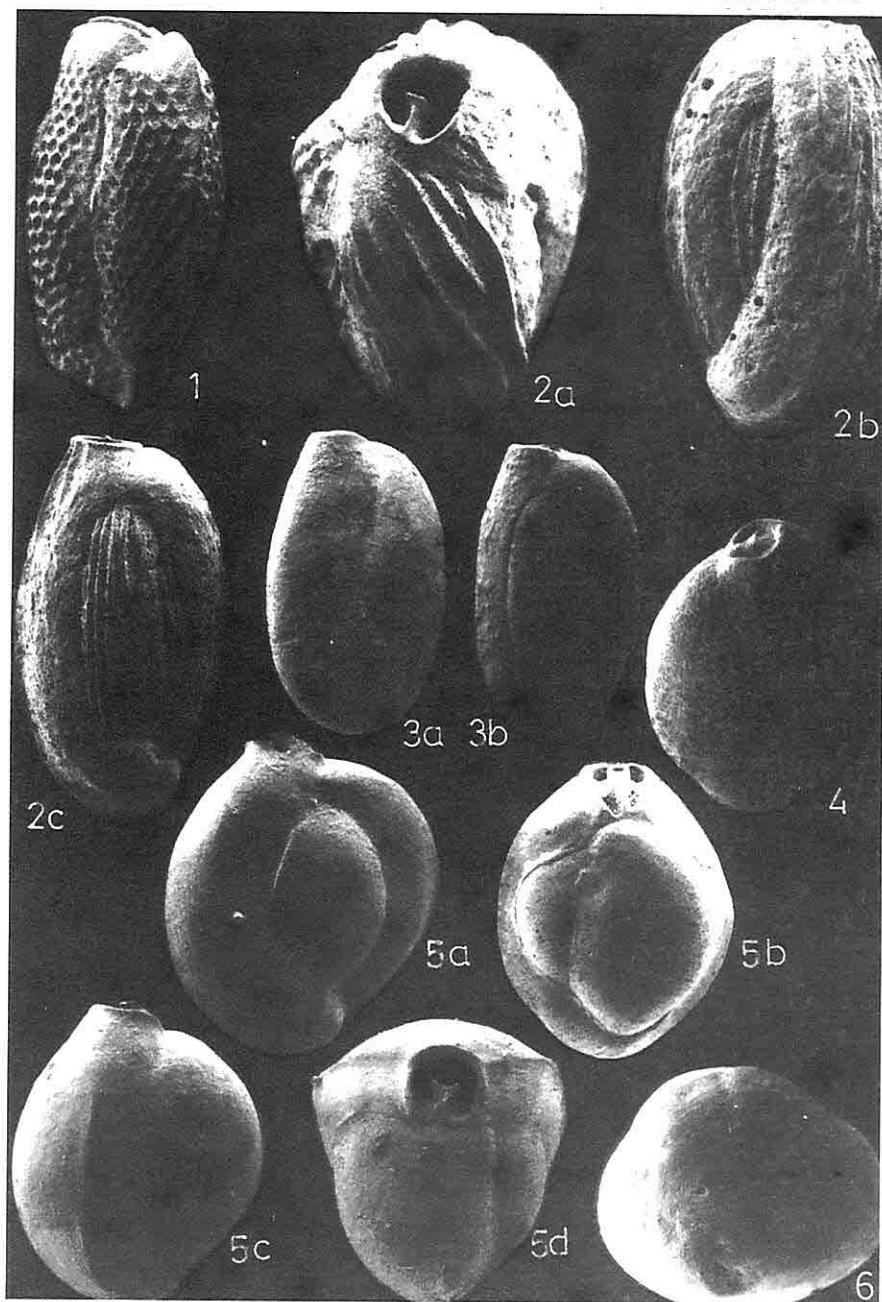


## LEVHA 2

1. *Lachlanella variolata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 74; Ist. A8.
2. *Quinqueloculina limbata* d'Orbigny. a, ağız yüzeyi görünüm, x 165; b ve c dış görünümler, x 100; Ist. A8.
3. *Quinqueloculina seminula* (Linné). Dış görünümler, a, x 130; b, x 110; Ist. A9.
4. *Pseudotriloculina rotunda* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 175; Ist. A8.
5. *Triloculina marioni* Schlumberger. a, b ve c, dış görünümler, a, x175; b, x 92; c, x 190; d, ağız yüzeyi görünümü, x 200; Ist. A1.
6. *Sigmoilinita edwarsi* (Schlumberger). Ağız yüzeyi görünümü, x 150; Ist. A8.

*DOĞU AKDENİZ KIYI BÖLGESİ BENTİK FORAMİNİFERLERİ*

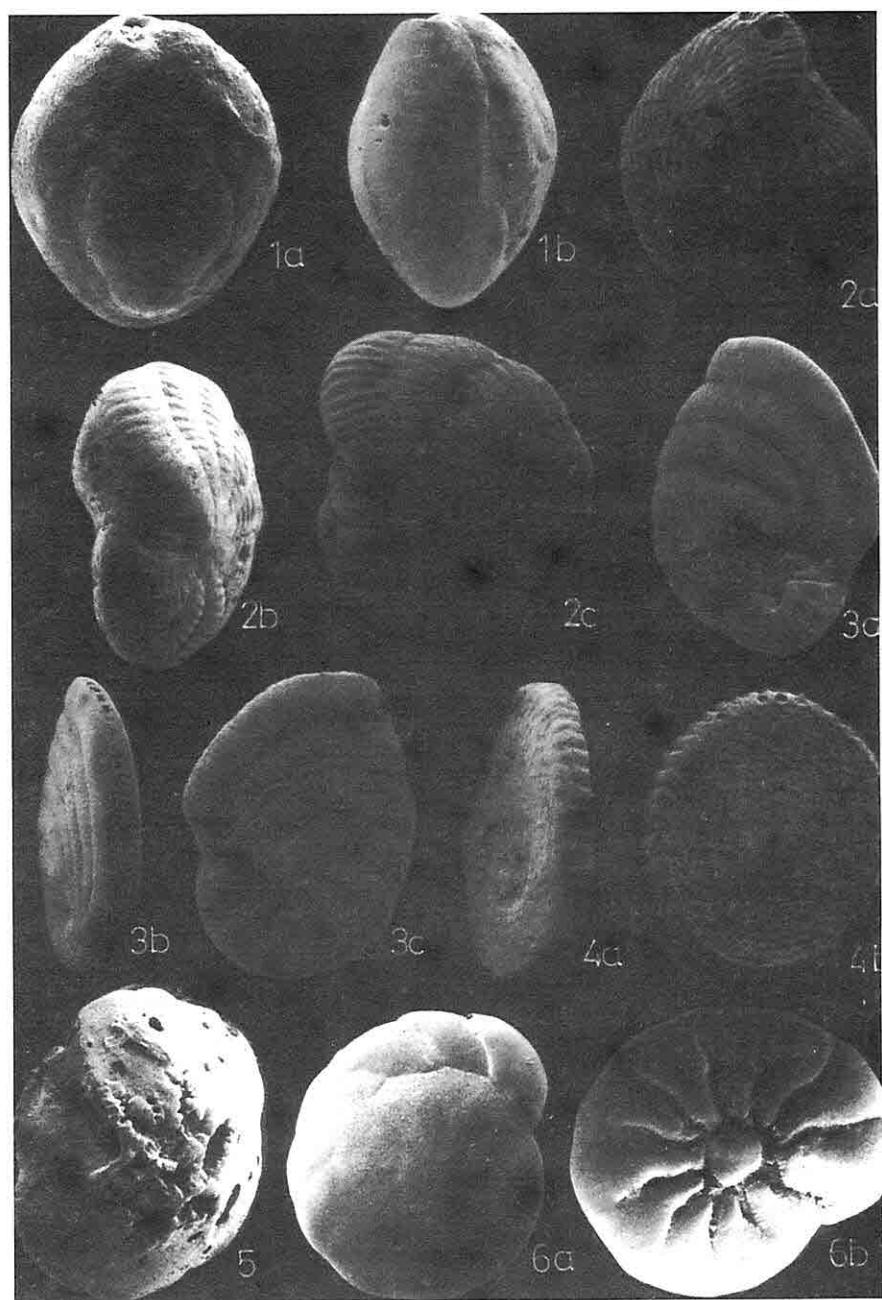
**LEVHA 2**



### LEVHA 3

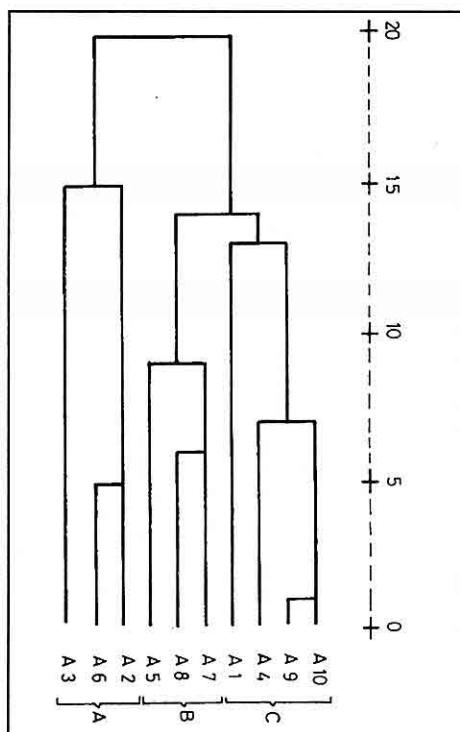
1. *Sigmoilinita edwarsi* (Schlumberger). Dış görünümler, a, x 105; b, x 98; Ist. A8.
2. *Coscinospira hemprichii* Ehrenberg. Dış görünümler, a ve c, spiral taraf, a, x 92; c, x 130; b, ağız yüzeyi görünümü, x 110; Ist. A8.
3. *Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll). Dış görünümler, a ve c, spiral taraf, a, x 68; c, x 88; b, ağız yüzeyi görünüm,, x 72; Ist. A8.
4. *Sorites orbiculus* Ehrenberg. a, kenar görüm,, x 64; b, dış görünüm, x 52; Ist. A8.
5. *Neoeponides bradyi* (Le Calvez). Dış görünüm, ombilikal taraf, x 300; Ist. A3.
6. *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny). Dış görünümler, a, spiral taraf, x 110; b, ombilikal taraf, x 135; Ist. A9.

LEVHA 3



*parkinsoniana* (d'Orbigny), *Ammonia tepida* Cushman, *Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland), *Quinqueloculina seminula* (Linné) ve *Porosononion subgranosum* (Egger) gibi türler yer almaktadır.

Ayrıca foraminiferlerin ana taksonomik grupları üzerine yapılan çalışmada baskın olarak Rotaliidae (%50) ve Miliolidae (%22) familyalarının varlığı görülmektedir. Bunları sırasıyla %15'lük bir oranla Elphidiidae ve %12'lük toplam bir oranla da diğer familyalar izlemektedir. Aglutinantlar ise ancak %1'lük bir oran teşkil edebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 3. "Q mode cluster" analizinin dendrogramı.

Son olarak SPSS Programı kullanılarak hazırlanan "Q mode cluster" analizine bakıldığından inceleme alanında iki ana foraminifer grubuna bağlı olarak iki fasiyesin varlığı görülmektedir. Daha sonra bu iki fasiyesten ikincisi kendi arasında iki alt fasiyese ayrılmıştır. Bunlarda dendrogram üzerinde killi, kumlu ve çakılı fasiyelere karşılık gelmek üzere A, B ve C olarak gösterilmiştir (Şekil 3).

#### EK-1 Foraminiferlerin Taksonomik Listesi

##### Familya Eggerellidae Cushman, 1937

*Eggerella scabra* (Williamson)

##### Familya Textulariidae Ehrenberg, 1839

*Textularia bocki* Höglund

*Textularia sagittula* Defrance

##### Familya Valvulinidae Berthelin, 1880

*Clavulina angularis* (d'Orbigny)

##### Familya Fisherinidae Millett, 1898

*Vertebralina striata* d'Orbigny

##### Familya Ophtalmidiidae Wiesner, 1920

*Edentostomina cultrata* (Brady)

##### Familya Spiroloculinidae Wiesner, 1920

*Adelosina clairensis* (Heron-Allen ve Earland)

*Adelosina mediterranensis* (Le Calvez J. ve Y.)

*Adelosina pulchella* d'Orbigny

*Spiroloculina angulata* Cushman

*DOĞU AKDENİZ KIYI BÖLGESİ BENTİK FORAMİNİFERLERİ*

*Spiroloculina antillarum* d'Orbigny  
*Spiroloculina dilatata* d'Orbigny  
*Spiroloculina ornata* d'Orbigny  
*Spiroloculina rostrata* Reuss

*Bulimina alazanensis* Cushman  
*Bulimina elongata* d'Orbigny  
*Globobulimina* sp.

**Familya Hauerinidae Schwager, 1876**

*Siphonaperta aspera* (d'Orbigny)  
*Cycloforina contorta* (d'Orbigny)  
*Cycloforina* sp.  
*Hauerina diversa* Cushman  
*Lachlanella variolata* (d'Orbigny)  
*Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny  
*Quinqueloculina limbata* d'Orbigny  
*Quinqueloculina seminula* (Linné)  
*Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny)  
*Pseudotriloculina rotunda* (d'Orbigny)  
*Ptycomiliola separans* (Brady)  
*Triloculina marioni* Schlumberger  
*Triloculina tricarinata* d'Orbigny  
*Sigmoilinita edwarsi* (Schlumberger)  
*Articulina carinata* Wiesner

**Familya Reussellidae Cushman, 1933**  
*Reussella spinulosa* (Reuss)

**Familya Eponididae Hofker, 1951**  
*Neoepionides bradyi* (Le Calvez)

**Familya Rosalinidae Reiss, 1963**  
*Neoconorbina terquemi* (Rzehak)  
*Rosalina globularis* d'Orbigny

**Familya Siphoninidae Cushman, 1927**  
*Siphonina reticulata* (Czjzek)

**Familya Amphisteginidae Reiss, 1963**  
*Amphistegina lobifera* Larsen

**Familya Asterigerinatidae Reiss, 1963**  
*Asterigerinata mamilla* (Williamson)

**Familya Nonionidae Schultze, 1854**  
*Nonion depressulum* (Walker ve Jacob)  
*Nonionides grateloupi* (d'Orbigny)

**Familya Trichohyalidae Saidova, 1981**  
*Aubignyna* cf. *planidorsa* (Atkinson)

**Familya Pararotaliididae Reiss, 1963**  
*Pararotalia spinigera* (Le Calvez)

**Familya Ammoniidae Saidova, 1981**  
*Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny)  
*Anomia tenuipes* Cushman  
*Challengerella bradyi* Billman,  
Hottinger ve Oesterle

**Familya Peneroplidae Schultze, 1854**

*Coscinospira hemprichii* Ehrenberg  
*Peneroplis pertusus* (Forskal)  
*Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll)

**Familya Soritidae Ehrenberg, 1839**

*Sorites orbicularis* (Ehrenberg)

**Familya Vaginulinidae Reuss, 1860**

*Lenticulina cultrata* (Montfort)

**Familya Polymorphinidae d'Orbigny, 1839**

*Polymorphina* sp. 1  
*Polymorphina* sp. 3

**Familya Buliminidae Jones, 1875**

**Familia Elphidiidae Galloway, 1933**

- Cribroelphidium* poeyanum  
(d'Orbigny)  
*Porosononion subgranosum* (Egger)  
*Haynesina depressula* (Walker ve Jacob)  
*Elphidium advenum* (Cushman)  
*Elphidium crispum* (Linné)  
*Elphidium macellum* (Fichtel ve Moll)  
*Elphidium striato-punctatum* (Fichtel ve Moll)

**4. KAYNAKLAR**

- Avşar, N. ve Meriç, E., 1996. İskenderun Körfezi'nde Bentik Foraminifer Dağılımı. Boğaziçi Üniversitesi SBT'96 Semp. Bildiriler Kitabı, s. 220-224.
- Basso, D., Spezzaferri, S., Yanko, V., Koral, H. and Avşar, N., 1994. CruiseAVI-II 93: preliminary data from the İskenderun Bay (Turkey). Rend Fis. Acc. Lincei s. 9, v. 5: 233-245.
- Cimerman, F. and Langer, M.R., 1991. Mediterranean Foraminifera. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, 118 p., pl. 1-93.
- Ergin, M., Kazan, B. ve Ediger, V., 1995. İskenderun Körfezi Genç (Holosen) çökellerin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri. TJK Bült., s. 10, 130-235.
- Ergin, M., Kazan, B. ve Ediger, V., 1996. Source of depositional control on heavy metal distribution in marine sediments of the Gulf of İskenderun, Eastern Mediterranean. Marine Geology, 133, pp. 223-239.
- Hatta, A. and Ujiie, H., 1992. Benthic Foraminifera from Coral Seas between Ishigaki and Iriomote Islands, Southern Ryukyu Island Arc, Northwestern Pasific. Bull. of the College of Sci. Univ. of the Ryukyus. 53, 49-119; 54, 163-287.
- Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z., 1993. Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, 179 p., pl.1-230.
- İyiduyar, O., 1986. Hydrographic characteristics of İskenderun Bay. M. Sc. Thesis, Inst. of Marine Sci., METU. Erdemli, 157 s.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1988. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 2 v., 970 p., pl.1-847.
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin foraminifer faunası. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, 105-151, 1-13, Ed. E. Meriç.
- Parisi, E., 1981. Distribuzione dei foraminiferi bentonici nelle zone battiali del Tirreno e del Canale di Sicilia, Milano. Riv. Ital. Paleont. v. 87, n. 2, pp.293- 328.
- Salihoglu, I., Saydam, C. ve Yilmaz, A., 1987. Long term impact of dissolved/dispersed petroleum hydrocarbon (DOPH) in Gulf of İskenderun. Chemosphere, 16, 2/3, 381-394.
- Saydam, C., Salihoglu, I., Sakarya, M. ve Yilmaz, A., 1984. Dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons suspended sediment, plastic pelagic tar and other litter in the northern-eastern Mediterranean VII Journees Pollution.

## *DOĞU AKDENİZ KIYI BÖLGESİ BENTİK FORAMİNİFERLERİ*

*CIESM, Lucerne. 509-518.*

- Sgarrella, F. and Moncharmont Zei, M., 1993. Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology, Modena. Bollettino della Societa Paleontologica Italiana, 32 (2), p.145-264., pl.1-26.*
- Uffenorde, H., Lund, J.J. ve Georgi, K. H., 1990. İskenderun Baseni Neojen Biyostratigrafisi. Türkiye 8. Petrol Kongresi. 363-370.*
- Yılmaz, A., Baştürk, O., Saydam, C., Ediger, D., Yılmaz, K. ve Hatipoğlu, E., 1992. Eutrophication in İskenderun Bay, north-eastern Mediterranean. In: Science of total Environment. Elsevier Sci. Publish. 705-717.*



## **PINARBAŞI (KAYSERİ) KARSTİK KAYNAĞININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ**

**Ahmet GÜZEL ve M. Tahir NALBANTÇILAR**

*S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye*

**Mehmet BAYRAM**

*DSİ, 12. Bölge Müdürlüğü, Kayseri/Türkiye*

**ÖZET:** Pınarbaşı kaynağı Kayseri-Büyünyan ilçesinin 7 km güneydoğusunda yer alır. Kaynak çevresindeki litostratigrafik birimleri; Permo-Karbonifer yaşılı kuvarsit, şist, mermer, kalkşist ve rekristalize kireçtaşı, Eosen yaşılı filiş, Pliyosen'e ait gölsel çökeller ve volkanitler ile Kuvaterner yaşılı traverten oluşturmaktadır. Kaynak suları, rekristalize kireçtaşından ters atımlı fay boyunca boşalır.

Kaynağın inceleme dönemine ilişkin hidrograf üzerinden boşalım katsayıları, Maillet'e (1905) göre hesaplanmıştır. Buna göre boşalının olduğu 16 Ağustos-15 Aralık 1994'te  $\alpha = 0,00284 \text{ gün}^{-1}$ , 30 Haziran -21 Aralık 1995 tarihlerinde de  $\alpha = 0,00197 \text{ gün}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Pınarbaşı kaynağının aylık boşalımlarından ve su yılındaki dinamik rezerv değişimlerinden yararlanarak, karstik rekristalize kireçtaşından oluşan akiferin inceleme dönemindeki depoladığı su hacmi, hidrograf üzerinden yaklaşık  $V_{OT} = 5,41 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Akiferin aynı dönemdeki boşalttığı su miktarı ise  $V_T = 1,75 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ , tür.

Kaynak suyunun fizikokimyasal nitelikleri, boşaldıkları kayabirimleri ile uygunluk göstermektedir. Pınarbaşı kaynağından alınan suyun tahliline göre iyon sıralanışı;  $rCa^{++} > rMg^{++} > rNa^+ + rK^+$  ve  $rCO_3^- + rHCO_3^- > rSO_4^- > rCl^-$  şeklindedir.

## **HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF KARSTIC SPRING OF PINARBAŞI (KAYSERİ)**

**ABSTRACT:** Pınarbaşı spring is located 7 km southeast of Büyünyan-Kayseri. Permo-Carboniferous aged quartzite, schist, marble, calcschist and recrystallized limestone, Eocene aged flisch, Pliocene aged lacustrine deposits and volcanics, Quaternary aged travertine deposits crop out around the spring. The spring waters discharged from recrystallized limestone along to trust fault.

Spring discharge coefficients were evaluated based on recession periods of spring hydrograph. Spring discharge coefficients were determined according to Maillet (1905)

for the discharge period of 16 August-15 December 1994 as  $\alpha = 0,00284 \text{ day}^{-1}$ , and for the discharge period of 30 Jun-21 December 1995 as  $\alpha = 0,00197 \text{ day}^{-1}$ . Monthly water discharge of Pınarbaşı spring and dinamic water reservoir variation for one year period were used to calculate water reservoir volume.  $V_{OT} = 5,41 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  water accumulation was calculated in this karstic aquifer reservoir, developed in recrystallized limestone, during the specified research period based on hydrographic data. Amount of water discharge in the same period was calculated as  $V_T = 1,75 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ .

Physicochemical properties of the spring waters are well suited with the lithologic constituents of the rocks from which they flow. According to analysis of Pınarbaşı spring water, ion series are as follows;  $rCa^{++} > rMg^{++} > rNa^+ + rK^+$  and  $rCO_3^- + rHCO_3^- > rSO_4^- > rCl^-$ .

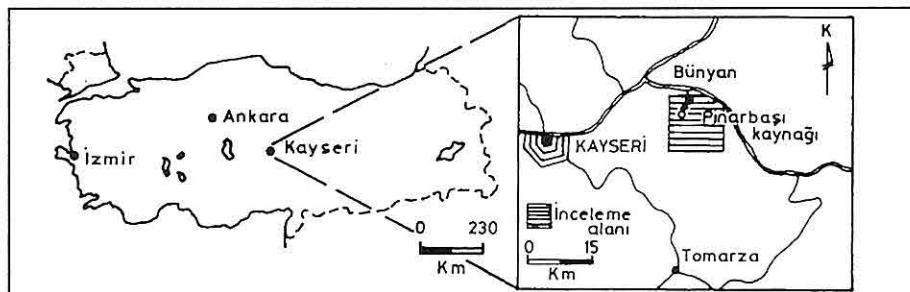
rekristalize kireçtaşı uyumlu olarak gelir.

## 1. GİRİŞ

Pınarbaşı kaynağı, Kayseri-Bünyan ilçesinin 7 km güneydoğusunda yer alır (Şekil 1). Sularının bir kısmı Bünyan'ın içme, sulama ve elektrik; diğer bir kısmı ise Sarımsaklı barajı depolamasıyla Kayseri'nin sulama suyu ihtiyacını karşılar. Bu nedenle gün geçtikçe kaynağın önemi artmaktadır. Kaynağın debisinin değişimi 1994 ve 1995 yılları süresince eşel aracılığı ile denetlenmiştir. Elde edilen verilerle, debi değişim grafikleri çizilmiştir. Kaynağın depolayabileceği ve boşaltabileceği su miktarları, bu grafikler üzerinden ve formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

## 2. JEOLOJİ

İnceleme alanı güneybatisında siyahimsı renk tonlarında, orta-kalın tabakalanmalı kuvarsit, şist, mermer ve kalkıştadan oluşan metamorfikler yer



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

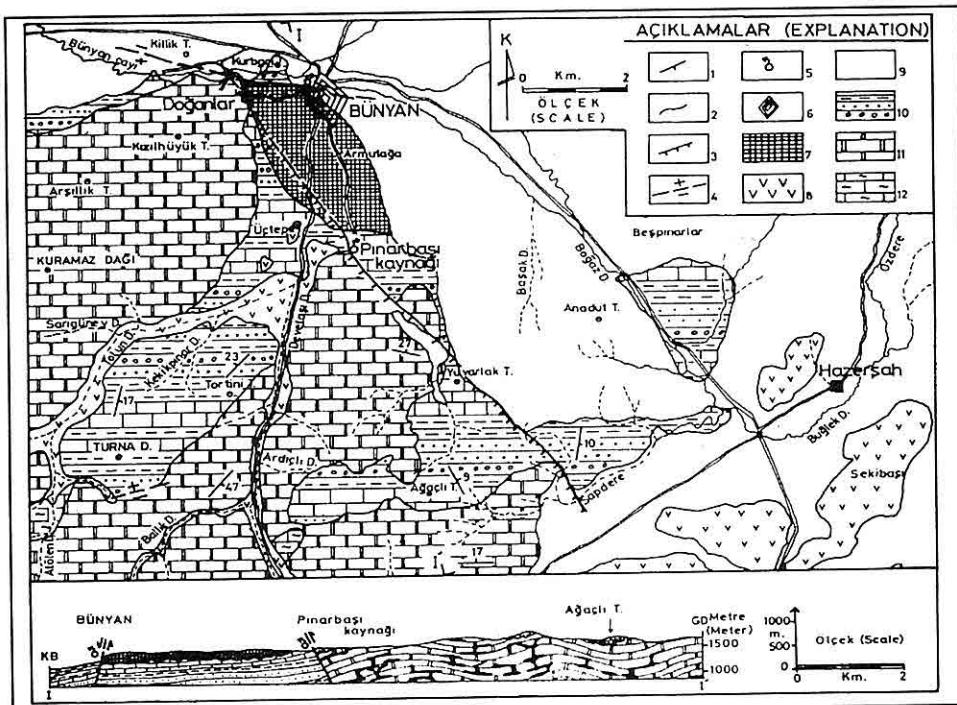
almaktadır. Bunlar Permo-Karbonifer yaşı (Ketin, 1963) olup, geçirimsiz temeli oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine geniş yayılıma sahip siyahimsı, gri, bey renkli, orta-kalın tabakalanmalı

Paleozoyik istifi açısal uyumsuzlukla sarı, kahverengi, yeşil renk tonlarında çakıltaşlı, kumtaşlı, kiltaşlı, marn ve kireçtaşından oluşmuş Eosen filisi örter. Çakıltaşlı, kumtaşlı, kumlu kil, kil ve

## PINARBAŞI (KAYSERİ) KARSTİK KAYNAĞININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

kireçtaşından oluşan beyazımsı, sarımsı renkli, Pliyosen'in gölsel çökelleri ile gözenekli ve çatlaklı, kumtaşı-çakıltaşlı arakatkılı riyolitik tuf ve bazaltik lavı Eosen istif üzerine uyumsuz olarak gelir

(Çelenk, 1985). Ayrıca kaynak çevresinde yaygın olarak, sarımsı - boz renkli, boşluk ve gözenekli yapıya sahip Kuvaterner yaşı (Bayram, 1989) traverten izlenir (Şekil 2).



**Şekil 2.** İnceleme alanının jeoloji haritası ve kesiti: 1. Tabaka doğrultu ve eğimi 2. Formasyon sınırı 3. Ters fay 4. Olasılık 5. Kaynak 6. Yerleşim alanı 7. Traverten (Kuvaterner) 8. Riyolitik tuf ve bazaltik lav (Pliyosen) 9. Çakıltaşlı, kumtaşı, kumlu kil, kil ve kireçtaşı (Pliyosen) 10. Filiç (Eosen) 11. Rekrystalize kireçtaşı (Permo - Karbonifer) 12. Kuvarsit, şist, mermer ve kalksist (Permo-Karbonifer)

### 3. HİDROJEOLOJİ

Pınarbaşı kaynağı Permo-Karbonifer yaşı kireçtaşı ile Eosen yaşı filiç oluşuklarının ters faylı dokanlığının en belirgin olduğu noktadan boşalar (Şekil 2). Fay hattı boyunca filiç oluşukları suyun yüzeye çıkışında geçirimsiz sınır

görevi yaparlar. 1460 m kotundaki Pınarbaşı kaynak alanında, havuz şeklinde bir kaptaj yapılmıştır. Kaptajda su derinliği 0,5 - 2 m arasında değişir.

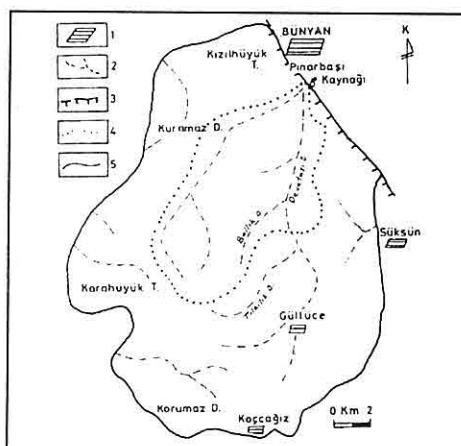
Kayseri - Bünyan yörensinin iklimsel özelliği yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır. Kayseri

meteoroloji istasyonu verilerine göre bölgeye düşen yıllık toplam yağış 1994'te 287,9 mm ve 1995'te ise 414 mm'dir. Yörede 1994 yılında Temmuz ayı yağışsız geçmiş, en çok yağış ise Aralık ayında düşmüştür. 1995'te ise Ağustos ayında yore yağış almazken, Nisan ayı en fazla yağışın düşüğü ay olmuştur.

### 3.1. Pınarbaşı Kaynağının Akiferi

Pınarbaşı kaynağının akiferini kırıklı, çatlıaklı, erime boşluklu Permo-Karbonifer yaşılı rekristalize kireçtaşı oluşturur. Geniş alanlarda mostra veren bu kayaçlar, farklı yönlerde gelişmiş sık çatlanan mal olmaları yanı sıra, özellikle tabakalanmalara dik yönde oluşmuş çatlıklar boyunca, karstlaşmaya bağlı gelişen erime boşlukları nedeniyle akifer özelliğindedir. Akifer, rekristalize kireçtaşı seviyeleri üzerine düşen yağışın, süreklişılık boyunca içeriye süzülmesiyle beslenmektedir. Akiferin topografik sınırlara dayalı beslenme alanı çok dardır. Yöreneye düşen yağışın tamamı süzülse dahi, kaynaktan boşalan suyu karşılaşması olanaksızdır. Bu nedenle kaynağı hidrolojik-jeolojik sınırlara dayalı geniş bir beslenme alanı olmalıdır. Bu alan, Permo-Karbonifer yaşılı rekristalize kireçtaşının yaygın görüldüğü, kaynağın ve incelenen alanın güneyinde ve batisındaki geniş alanları içine alır (Şekil 3). Kaynakların topografik ve hidrolojik-jeolojik sınırlara dayalı beslenme alanlarından değişik araştırmacılar benzer açıklamalarda bulunmuşlardır (Bonacci, 1987; Dreiss, 1983; Karanjac, 1977). Ancak,

hidrolojik-jeolojik sınırlara dayalı beslenme alanlarının belirlenmesi, karst bölgelerinde çeşitli yöntemler kullanılabilmesine rağmen çok zordur. Bonacci (1987) olabilecek her sahanak yağışta bile yeraltındaki karstik kanalların aktive olabileceğini ve beslenme alanlarının yeni dağılımlarının oluşabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle Şekil 3'deki 5 ile belirtilmiş olan hidrolojik-jeolojik beslenme alanı sınırının, mevsimsel yağış değişimlerine paralel olarak farklılık göstermesi mümkün olabilecektir.



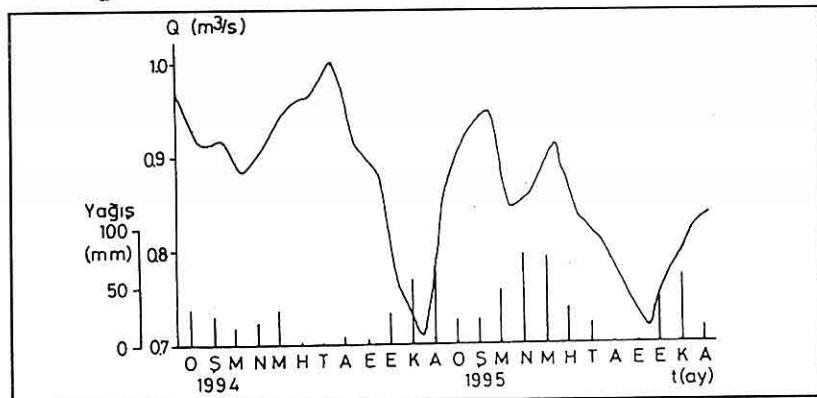
Şekil 3. Pınarbaşı kaynağının topografik (4) ve jeolojik - hidrolojik (5) beslenme alanı sınırları ; (1) Yerleşim yeri, (2) Dere, (3) Ters fay.

### 3.2. Kaynağın Debi Değişimi

Kaynağın toplam debisi kaptaj alanındaki çıkış kanalına yerleştirilmiş bulunan eşelden DSİ 12. Bölge Müdürlüğü elemanlarıncı denetlenerek, elde edilen ölçüm değerleriyle inceleme

dönemine (1994 ve 1995) ait debi değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 4). Bu süre içerisinde en az debiler 0,709 ve  $0,718 \text{ m}^3/\text{s}$  ile sırasıyla 15.12.1994 ve 05.10.1995 tarihlerinde, yine en yüksek debi değerleri ise 1,003 ve  $0,947 \text{ m}^3/\text{s}$  ile 16.08.1994 ve 23.03.1995 tarihlerinde ölçülmüştür. Kaynağın debi değişimi yüzdesi  $Q_d = dQ / Q_0$  formülü ile

hesaplanmıştır.  $dQ=Q_0-Q_t$  olup kurak dönem başlangıç debisi ( $Q_0$ ) ile kurak dönem sonu debisi ( $Q_t$ ) arasındaki farktır. Buna göre hesaplanan Pınarbaşı kaynağının debi değişim yüzdesi 1994 için % 29.3, 1995 için % 21.3'tür. Bu değerlerle kaynak debi değişim yüzdesine göre sınıflandırılırsa, debi değişimi fazla kaynaklar sınıfına girer (Şahinci, 1991).



**Şekil 4.** Pınarbaşı kaynağının hidrografı ve bölgeye düşen aylık toplam yağış miktarları

### 3.3. Kaynağın Boşalımı

İnceleme döneminde Pınarbaşı kaynağının boşalımı, 16.08.1994'te başlayıp 15.12.1994'e ve 30.06.1995'te başlayıp 05.10.1995'e kadar sürmüştür (Şekil 4 ve 5). Bu tarihlerden itibaren debi değerlerindeki artışlar, haznenin dolmaya başladığını belirtmektedir (Canik, 1979). 1994 yılı boşalım doğrusunun eğimi, 1995 yılınınkinden daha fazladır (Şekil 5). Dolayısıyla 1994 döneminde su tablasının daha yüksek, hidrolik eğim ve akım hızının ise fazla olduğu söylenebilir.

Şekil 5'de görüldüğü gibi yarı logaritmik kağıt üzerine kaynağın gerçek

rejimdeki boşalımına ait debi değerleri logaritmik eksene, zamanda aritmetik eksene gelecek şekilde yerleştirilerek Pınarbaşı kaynağının yarı logaritmik boşalım grafiği oluşturulacak olursa elde edilen noktalar tek bir doğru üzerine düşer. Bu doğrunun denklemi, Maillet'in (1905) aşağıdaki eşitliği ile hesaplanır;

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad (1)$$

Burada  $Q_0$ , boşalım döneminin başlangıcındaki ve  $Q_t$  ise bitimindeki debi değerleridir ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).  $t$ , boşalım süresi (gün),  $\alpha$  boşalım katsayısı ( $\text{gün}^{-1}$ ) ve  $e$  ise sabit bir değerdir (2,718).

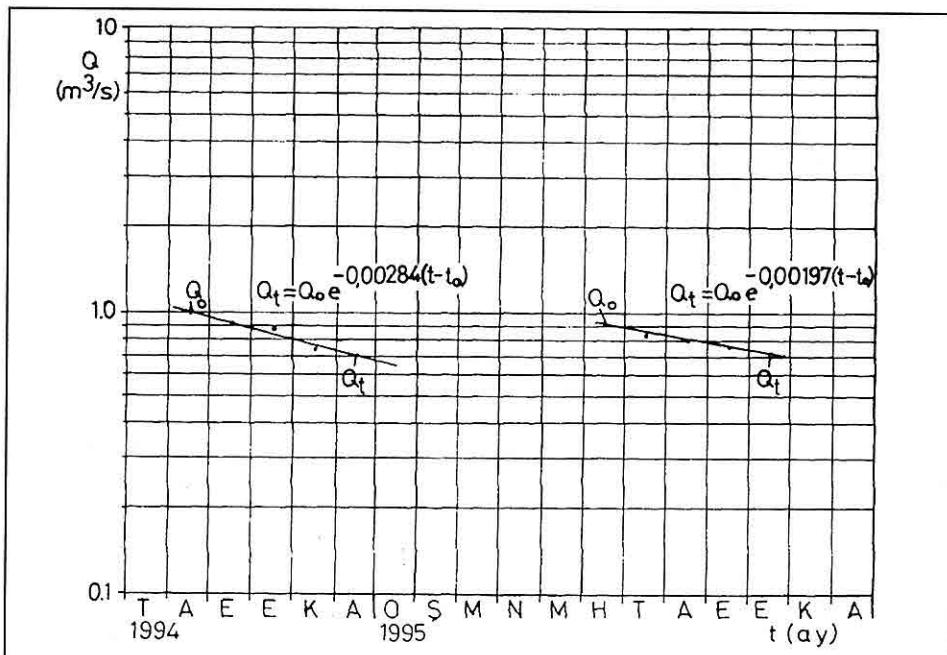
Yağsız-kurak dönemde akiferin boşalım kotu üzerindeki depolama kapasitesi ( $m^3$ ),

$$V_0 = Q_0 / \alpha \cdot 86400 \quad (2)$$

formülünden belirlenir.

$$V = Q_0 - Q_t / \alpha \cdot 86400 \quad (3)$$

denklemi yardımıyla gerçek rejime ait dinamik rezerv değişimi ( $m^3$ ) hesaplanır (Korkmaz, 1990). Bunun için, boşalım sürecinin başlangıç ( $Q_0$ ) ve bitiş ( $Q_t$ ) debi değerlerinin farkı, boşalım katsayısına ( $\alpha$ ) oranlanır.



**Şekil 5.** Pınarbaşı kaynağına ait yarı logaritmik boşalım grafiği

Pınarbaşı karstik kaynağının inceleme dönemi içerisindeki her bir hidroloji yılı için boşalım katsayıları 1994 için  $\alpha_1=0,00284 \text{ gün}^{-1}$ , 1995 için  $\alpha_2=0,00197 \text{ gün}^{-1}$  dir. Bu katsayılara göre Pınarbaşı kaynağı, boşalım katsayısı fazla değişken kaynaklar sınıfındadır. Akiferin depolama gücü (2)'den; 1994 için  $V_0=3,05 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  ve 1995 için  $V_0=4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  hesaplanmıştır. İnceleme süresindeki

toplam depolama gücü ise,  $V_{0T}=3,05 \cdot 10^7 + 4 \cdot 10^7 = 7,05 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  'tür.

Debi değişim grafiği üzerinden hesaplama ile inceleme döneminde kaynağı depoladığı su hacmi ise  $V'_{0T}=5,41 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  olarak bulunmuştur (Şekil 4). Yine hidrolojik yıla ait gerçek rejim dönemi içerisinde boşaltılan su hacimleri, (3)'e göre; 1994 için  $V=0,894 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ , 1995 için  $V=0,855 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  'tür. İnceleme

*PINARBAŞI (KAYSERİ) KARSTİK KAYNAĞININ HİDROJELOJİ İNCELEMESİ*

süresinde toplam boşaltılan su hacmi ise,  
 $V_T = 0,894 \cdot 10^7 + 0,855 \cdot 10^7 = 1,075 \cdot 10^7$   
 $m^3$  'tür.

### 3.4. Su Kimyası

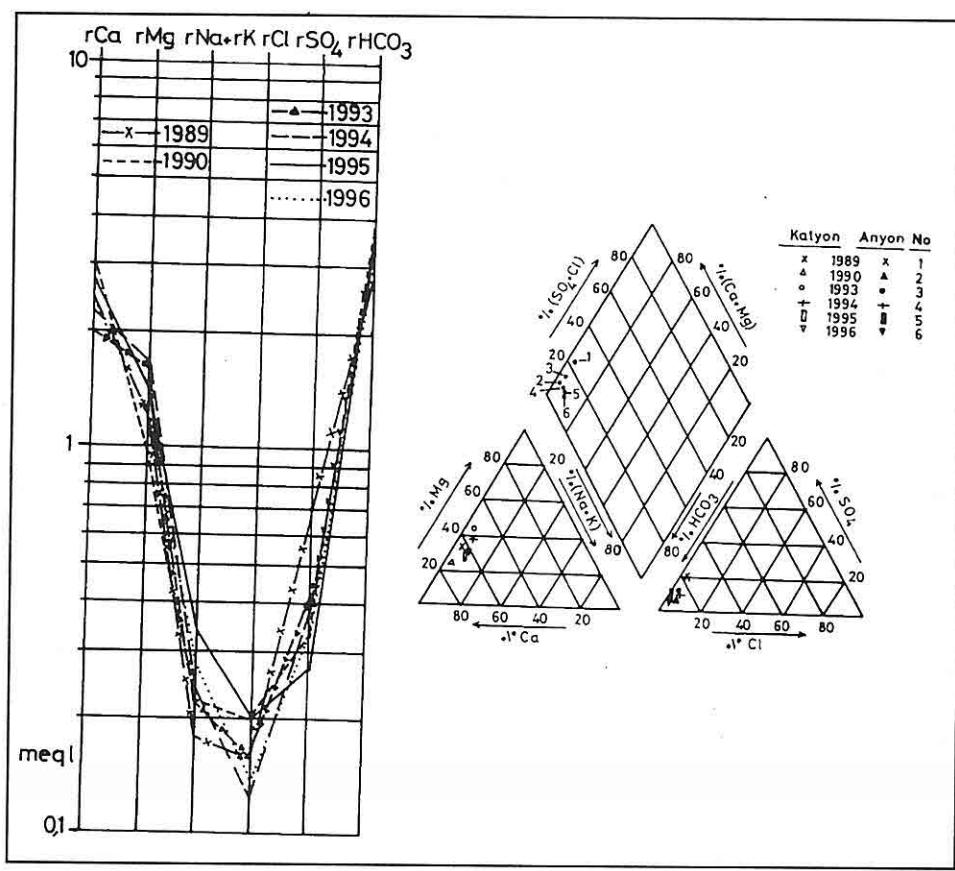
Pınarbaşı kaynağından alınan suların fizikokimyasal özellikleri (Tablo 1),

boşaldıkları kaya birimleri ile uygunluk göstermektedir. 1989-1996 tarihleri arasında kaynak sularından tahlil yapılmış ve kimyasal bileşiminde bir değişimin olmadığı gözlenmiştir.

Schoeller ve Piper diyagramlarına göre kaynak suyu sınıflandırılmıştır (Şekil 6).

**Tablo 1.** Pınarbaşı kaynak suyuna ait analiz sonuçları

Bünyan Kaynağı	07.04.1989	05.12. 1990	07.05. 1993	04.05. 1994	01.05.1995	01.05.1996
Sıcaklık (°C)	18	15	10	14	14	11
PH	7.30	7.60	7.47	7.46	7.14	7.43
EC (µmho/cm)	396	375	421	464	450	422
TÇKM (mg/l)	217	244	263	286	233	197
AsKM (mg/l)	6	11	89	64	-	-
TKM (mg/l)	223	255	352	350	-	-
Bulanıklık (ntu)	1	1	-	-	-	-
Renk (Pt-Co)	5	<5	-	-	-	-
Alkalinité (mg/lCaCO <sub>3</sub> )	145	185	173	175	195	175.5
Cl (mg/l)	5.7	7.1	5.7	4.6	7.1	5.0
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.29	0.04	0	0.29	0	0.06
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.001	0	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> (mg/l)	2.20	3.80	1.92	0.56	1.25	2.61
MnO <sub>4</sub> (mg/l)	0.5	0.2	0.3	0.7	0.3	0.3
Sertlik(Fr) (mg/l)	18.1	20.1	18.1	19.1	20.7	18.5
O.PO <sub>4</sub> (mg/l)	0	0.02	0.04	0	0.21	0
SO <sub>4</sub> (mg/l)	34.6	15.7	19.1	18.6	17.6	15.7
Fe (mg/l)	0	0	0	0	0.01	0
Mn (mg/l)	0	0	0.05	0	0	0
Na (mg/l)	3.91	4.37	5.1	4.83	6.67	5.75
K (mg/l)	0.39	1.17	1.2	1.17	1.56	1.17
Ca (mg/l)	48.1	60.1	40.1	46.1	54.5	49.5
Mg (mg/l)	14.6	12.2	19.4	18.2	17	14.7
F (mg/l)	-	-	0.26	0	0	0.16
B (mg/l)	-	-	0.20	0	0.20	0.20
T.Koliform (sayı/100ml)	0	0	0	0	0	>240



Şekil 6. Kaynak suyuna ait Schoeller (a) ve Piper diyagramı (b)

Yarı logaritmik diyagramına göre (Schoeller, 1962) kaynak suyunun katyon ve anyon sıralaması şöyledir ( $r = \text{meq/l}$ );  $r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++} > r\text{Na}^+ + r\text{K}^+$  ve  $r\text{CO}_3^{=} + r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{=} > r\text{Cl}^-$ .

Piper diyagrama göre kaynak suyu 5 nolu bölgede yer almaktadır. Bu bölgeye düşen suların karbonat sertliği % 50'den fazladır. Ayrıca alkali toprak elementleri ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ) alkali elementlerinden ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ), zayıf asit kökleri ( $\text{CO}_3^{=} +$

$\text{HCO}_3^-$ ) ise güçlü asit köklerinden ( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{=}$ ) fazladır.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Pınarbaşı Kaynağı, çatlaklı, erime boşluklu Permo-Karbonifer yaşı rekristalize kireçtaşı ile Eosen yaşlı filiş oluşukları arasında gelişmiş ters atımlı fay boyunca boşalmaktadır. Ters fay, Eosen yaşlı filiş birimleriyle akifer durumındaki rekristalize kireçtaşını karşı

## *PINARBAŞI (KAYSERİ) KARSTİK KAYNAĞININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ*

karşıya getirmiştir. Böylece rekristalize kireçtaşı filisin aşırı killi birimleriyle kuzyeydoğudan kuşak şeklinde sarılarak sınırlandırılmıştır. Bu durum beslenme alanına düşen yağışın rekristalize kireçtaşı içerisinde süzülmesi ve orada depolanması yönünden önemlidir. Zira süzülen yağış, yeraltı su tablasına ulaştıktan sonra yeraltı suyu akımı yönünde kuzeye doğru hareket etmektedir. Faylı dokanaktan daha ileriye geçememekte ve depolanmakta, yeraltı su seviyesi kaynak boşalım kotu olan 1460 m'ye ulaşlığı andan itibaren de kaynak suları yüzeye çıkmaktadır.

Kaynağın 1994 ve 1995 yılları süresince debi değişimi denetlenmiştir. Elde edilen verilerle debi değişim ve boşalım hidrografları çizilmiştir. Kaynağın inceleme döneminde depoladığı ve boşalttığı su miktarları hidrograf ve formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Hidrograf ve formüllere dayalı hesaplamaların farklı olmasının, hidrograf çizimine dayalı hatalardan kaynaklanmış olabileceği mümkündür. Ayrıca debi değişim yüzdesi ve boşalm katsayıları yönünden kaynağın debisinin ve boşalttığı su miktarının yıllık yağış miktarı ve dağılımı ile ilgili olduğu belirlenmiştir.

Pınarbaşı kaynağının beslenme alanı topografik ve hidrolojik-jeolojik koşullar dikkate alınarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Çünkü yağış-beslenme ilişkisi, kaynağın yalnızca topografik sınırlara dayalı beslenmediğini, diğer jeolojik ve hidrolojik şartların da beslenmede etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum,

topografik beslenme alanına düşen yağışa karşılık, boşalan su miktarının fazlalığından açıkça görülmektedir.

Kaynak suyunun kimyasal tahlilleri yapılarak diyagramlarla yorumlanmıştır. Kaynak suyunun geldikleri rekristalize kireçtaşı akiferinin bileşimine uygun olarak kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı olduğu diyagramlarla belirlenmiştir.

Kaynak, çevre yerleşim birimlerinin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamada son derece önemlidir.

Pınarbaşı kaynağının suyu, başta Bünyan ilçesinin içme, kullanma, sulama, elektrik üretimi gibi ihtiyaçlarını karşıladığı gibi, Sarımsaklı barajı depolamasıyla Kayseri ilinin önemli bir kesiminin sulama suyu ihtiyacını da karşılamaktadır.

Kaynak kaptaj alanından alınan su örneklerinin tahlillerinde nitrit, nitrat ve bakteriyolojik kirlenme izlerine rastlanmıştır. Son zamanlarda kaptaj alanı ve çevresinde görülen kirleticilerin buna neden olması muhtemeldir. Bu nedenle kaynak suyunun çevreden olabilecek olumsuz kirletici unsurlardan (Bünyan Belediye çöp depo alanı gibi) etkilenmemesi konusunda gerekli titizliğin gösterilmesi, kaynak kaptaj alanı ve çevresinde koruma bögelerinin oluşturulması, su içme amaçlı olarak kullanılıldığından bakteriyolojik tahlillerin sık sık yapılması zorunludur.

### **5. KAYNAKLAR**

*Bayram, M., 1989, Bünyan - Süksün - Elbaşı (Kayseri) Tali havzası hidrojeoloji incelemesi, Yüksek lisans tezi, Selçuk*

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 43 s.
- Bonacci, O., 1987, *Karst Hydrology, With special reference to the Dinaric Karst*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 184 p.
- Canik, B., 1979, *Bolu-Gökpınar karstik kaynağının boşalımı*, Altınlu Simp., Ankara, 57-63.
- Çelenk, S., 1985, *Bünyan - Akçatı köyü hidrojeolojisi raporu*, DSİ raporu.
- Dreiss, S. J., 1983, *Linear unit - response function as indicators of recharge areas for large karst springs*. In: Back W., La Moreaux P.E. (Guest - Eds) VT. *Stringfield symp - processes in karst hydrology*, J. Hydrol., 61, 31-44.
- Karanjac, J., 1977, *Recession hydrograph analysis in karst aquifers*, DSİUNDP seminar on karst hydrogeology, 16 p.
- Ketin, İ., 1963, *Türkiye jeoloji haritası Kayseri Paftası*, MTA yayını.
- Korkmaz, N., 1990, *The estimation of groundwater recharge from spring hydrographs*, Hydrological Sci. Jour. 35, 2, 209-217.
- Mijatovic, B.F., 1970, *A method of studying the hydrodynamic regime of karst aquifers by analysis of the discharge curve and level fluctuation during recession*, Institute for Geological and Geophysical research, Beograd.
- Schoeller, H., 1962, *Les aux souterraines*, Masson et cie, Paris, 642 p.
- Şahinci, A., 1991, *Karst, Reform Matbaası*, İzmir, 171 s.

**KONYA - ILGIN, ÇAVUŞCUGÖL SICAK SU KAYNAĞININ  
JEOLOJİ - HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ VE KAPTAJ ÇALIŞMASI**

**Osman ŞEN ve Güler GÖÇMEZ**

*S. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye*

**Suzan PASVANOĞLU**

*Kocaeli Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmit/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada Ilgin-Çavuşcugöl Beldesine 5 km uzaklıktaki Çavuşcugöl kaynağının incelenmesi ve kaynaktaki suyun sıcaklığını sondajlı kaptajla artırma imkanı araştırılmıştır.

Bölgede alttan üste doğru metamorfik şistler (Paleozoyik), mermerler (Üst Paleozoyik) ve Pliyosen göl çökelleri ile alüvyon yer almaktadır. Mermerler kıraklı, çatlaklı, faylı olup karstleşme oldukça gelişmiştir. Çavuşcugöl sıcak suları Ilgin gölü batısında kuzey-güney yönde uzanan ters bir fay boyunca açığa çıkmaktadır. Kaynak sıcaklıklarları 25-29 °C. toplam debisi ise 30 l/s dir. Kaynak suları AIH'a göre kalsiyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlıdır.

Ayrıca suda terapötide etkili olan radyoaktivite (10 eman) ve 31 mg/l ye ulaşan  $H_2SiO_3$  vardır. Sıcak kaynakların debisini artırmak için kaynak çevresinde yapılan sondajlı kaptajla suyun sıcaklığı 38 °C artırılmıştır.

**THE GEOLOGY AND HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF THE  
ILGIN -ÇAVUŞCUGÖL (KONYA) THERMAL WATER SPRING**

**ABSTRACT:** In this study the investigation of Çavuşcugöl spring, 5 km away from the town of Ilgin-Çavuşcugöl, has been carried out. In addition to this, the possibility of temperature increment of the discharge has been studied by using drilling captaj method. In the area, from bottom to top, the metamorphic schists (Paleozoic), marbles (Upper Palaeozoic), Pliocene lacustrine sediments and alluvium outcrops. Marbles are faulted and jointed and karstification is extensive. The Çavuşcugöl hot spring found in N-S trended inverse fault which located in the west of Ilgin Lake. The temperature of spring water varies between 25 and 29 °C. The total discharge is 30 l/s. The water of the spring is named as Calcium-Magnezium-Bicarbonate water according to the AIH standart.

## 1.GİRİŞ

Çavuşcugöl kaynağı, Ilgın- Çavuşcugöl Beldesi arasında, Ilgına 9 km ve Çavuşcugöl Beldesi'ne 5 km uzaklıktadır (Şekil 1). Ilgin gölünün batısında, topografyannın batıya doğru aniden yükselmeye başladığı yerde, kuzey - güney doğrultusunda sıralamış altı adet kaynak bulunmaktadır.

Bunlar Ağustos 1994'te incelenmiş ve kaynaktaki sıcaklığı 25 -29° C arasında değişen suyun sıcaklığını, sondajlı kaptajla artırma imkanı araştırılmıştır.

Bunun için doğuda Ilgin gölü, güneyde Ilgin - Akşehir 80 nolu devlet yolu, batıda 95,5 boylamı ve kuzeyde 50,5 enlemi ile çevrili yaklaşık 79 km lik alanda 1/25000 ölçekli jeoloji ve hidrojeoloji çalışması yapılmıştır.



**Şekil 1.** İnceleme alanının yer bulduru haritası

## 2. JEOLOJİ

İnceleme alanında alttan üstte doğru metamorfik şistler, mermerler ve Pliyosen göl çökelleri ile alüvyon bulunur.

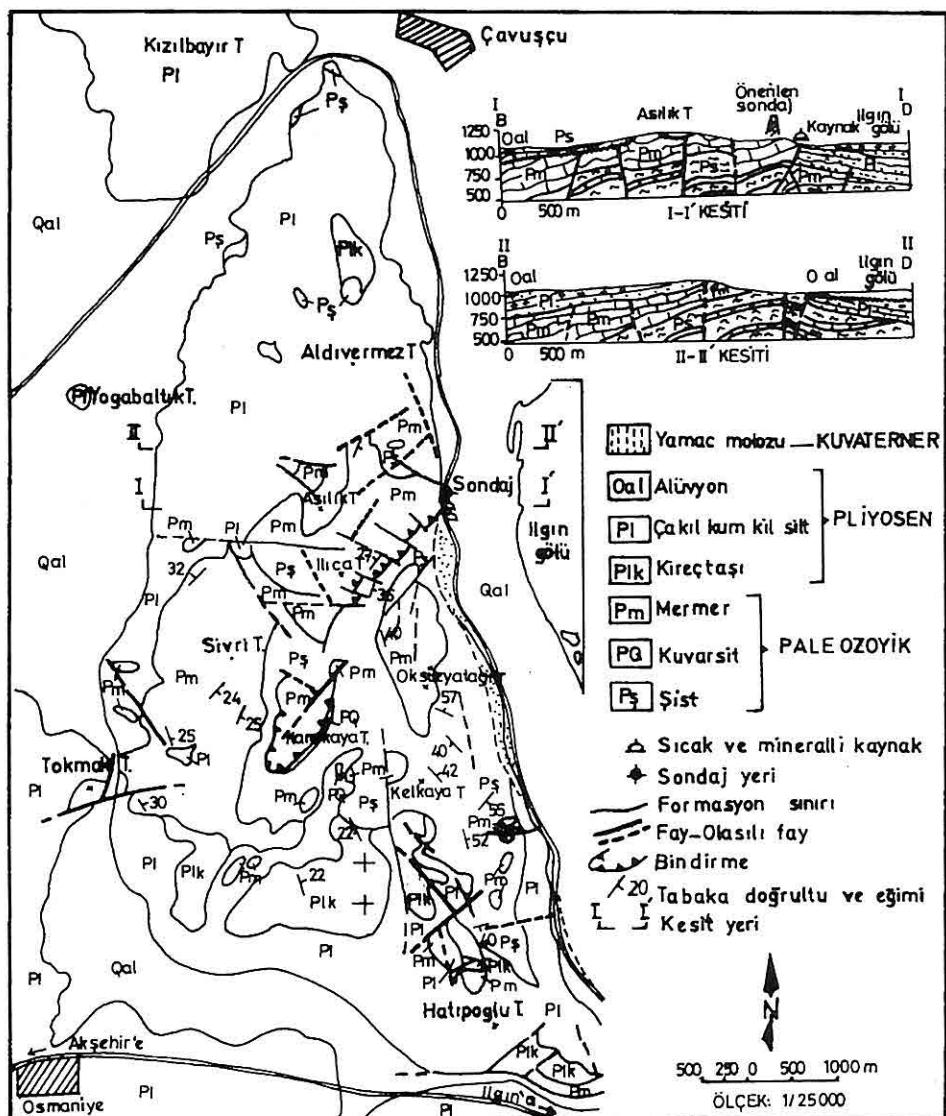
### Metamorfik Şistler

Sürekli mostrası Çavuşcugöl kaynağının hemen güney batısından başlayıp buradan güneybatı ve güneye doğru devam eder (Şekil 2). Çoğu açık yeşil ve gri renkli, az metamorfik killi şist, klorit muskovit şist, kuvars şist vb oluşturur (7). Şistler mermer ve kalkıştle de ardalanmaktadır. Bu Karakaya tepe ile Sivri tepe arasında gözlenir. Arada bazen kuvarsit mercek ve damarları gözlenir. Yaşları, karşılaştırma yolu ile Paleozoyik kabul edilmiştir (1).

### Mermerler

Mollaosman ağılı güneyinde şistlerin üzerinde uyumlu gibi görülmektedir. Renkleri beyazımsı gri mavimsi, bazen koyu gri renklerdedir. İlca tepede ise kuzey doğuya, kuzeye ve batıya devam eden bir mostrası, şistlerin üzerine tektonik dokanakla gelmektedir. Diğer tektonik dokanaklı bir mostrası da Karakaya tepededir. Tektonik dokanaklı mostralalar koyu gri ve yoğunlukla dolomitiktir.

Mermerler çok çatlaklı kırıkçı ve faylıdır. Çatlaklı yapıya paralel olarak karstlaşma gelişmiş olup in boyutunda erime oyuklarına rastlanmıştır. Çatlaklar çoğunluk kalsitle doldurulurken, yarık ve erime boşlukları erime ürünü kırmızı killi malzeme ile doldurulmuştur. Mermerlerde fay kuşağında ezilme, bresleme, parçalanma ile, tektonik dokanaklar önünde buna ek olarak kuvarsit blokları gözlenir. Mermerlerin kalınlıkları enine kesitlerde 400 m'ye ulaşmaktadır (Şekil 3). Yaşları karşılaştırma yolu ile Üst Paleozoyik



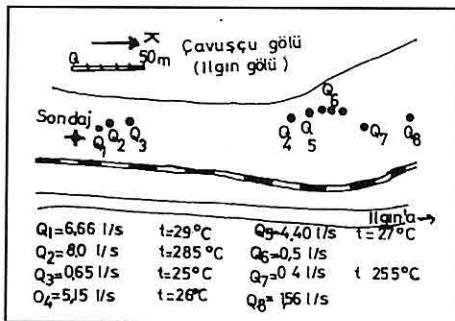
Şekil 2. Çavuşçu güneyinin jeoloji haritası ve kesiti

kabul edilmiştir (2).

#### Göl Çökelleri

Sürekli mostrası alanın kuzey ve batısında gözlenir. Metamorfik şist vemermerleri uyumsuz olarak örter. Altta kırmızı renkli çakıl ve kumlu kil, silt,

kumtaşı, çakıltaşı üste doğru bej renkli ve beyaz killi kireçtaşları ve kireçtaşları bulunur. Çakılılı seviyelerde Aldivermez tepenin doğu ve güneydoğusunda blok boyutunda çakıllar görülür. Burada, kırmızı seviyeler arasında gri-beyaz şist ve kumlu kil



**Şekil 3.** Çavuşcugöl batısındaki kaynakların debi ve sıcaklıkları.

seviyeleri bulunur. Yatay tabaklıdır.

Kalınlıkları 250 m den fazladır .Göl çökellerinin yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

#### Alüvyon

İlgın gölü batısında alüvyonu oluşturan kil ve siltli oluşuklar, altta Pliyosen göl çökellerine geçerler (5). Alanın batısında mevsimlik vadi tabanlarında kalınlığı 10 m yi bulabilen killi ve siltli alüvyon gözlenir.

### 3. HİDROJEOLOJİ

Çavuşcugöl sıcak suları İlgın gölü batısında, kuzey- güney yönünde uzanan ters bir fay boyunca yeryüzüne çıkmaktadır (1). Kaynakların sıcaklıkları maksimumlu termometre ile, debileri de bilinen hacim yöntemi ile ölçülmüştür (Şekil 4). Bu sular yerin derinliklerine süzülürken ve yeraltında dolaşımı sırasında jeotermik gradyanla ısınmış meteorik vadod sularıdır. Kaynaklarda  $CO_2$  gazı çıkışları gözlenmektedir.

Bu suların geldiği en az derinlik yaklaşık olarak şu eşitlikle hesaplanabilir:

Burada;

$Sk$ =Kaynak suyunun sıcaklığı- $^{\circ}C$

$D=(Sk-So)Jg$

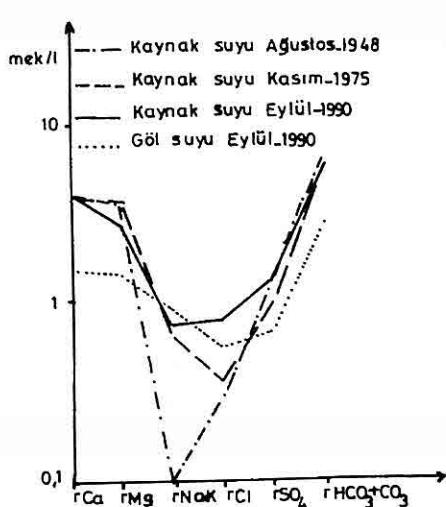
$So$ =Ortamın yıllık sıcaklık ortalaması- $^{\circ}C$

$Jg$ =Ortalama jeotermik gradyan-m.

Kaynak sıcaklığı 29°C, ortamın yıllık sıcaklık ortalaması 11,5°C ve jeotermik gradyanda 33 m alınarak sıcak suyun geldiği en az derinlik:  $D= (29 - 11,5) \cdot 33 = 580$  m dir. Bu sulara derinlerden yükselmeleri sırasında soğuk su karışlığı ve sıcaklığının yüzeyde bu nedenle düşük olduğu kabul edilmektedir. Sondajla, buradan sıcaklığı 40°C dolayında su almak mümkün olabileceği düşünülmektedir. 40°C lik sıcaklığın yukarıdaki eşitlige göre geldiği derinlik 950 m dolayı olmalıdır.

#### Sıcak Suların Fizikokimyası Özellikleri

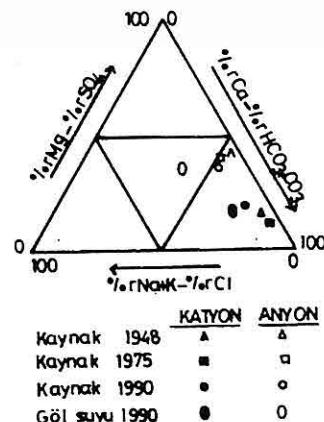
Kaynakların 3 Ağustos 1995 tarihinde bilinen hacim yöntemi ile debileri ve maksimumlu termometre ile sıcaklıklarını ölçülmüştür (Şekil 4). Çavuşcugöl batısında göl ile demiryolu arasında, kuzey - güney doğrultusunda sıralanmış pek çok kaynak vardır. Bunlardan 6 tanesinin debi ve sıcaklığı ölçülebilmiştir. Diğerleri, debisi sıfıra yaklaşan sızıntı şeklinde dir. Kaynakların toplam debisi 27,32 l/s dir. Sıcaklıklar 25°C - 29°C arasında değişmektedir. Kaynaklardan, ölçülemeyen bir miktar su çıkışı daha vardır. Bunlarla toplam debi 30 l/s ye ulaşabilmektedir. Bu suların özelliklerini ve zaman içindeki değişimini belirlemek için yapılmış tüm tahlilerin sonuçları, göl suyu ve İlgın sondajının suyu karşılaştırılmıştır. Buna göre sıcaklığı



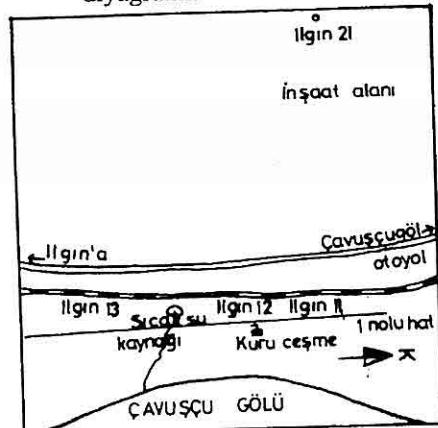
Şekil 4. Kaynakların yeri, debisi ve sıcaklıkları.

25-29°C arasındaki değişen kaynaklarda şimdiden kadar yapılan tahliller derlenerek suyun zaman içindeki değişimi incelenmiştir (Tablo 1). Buna göre çizilen yarı logaritmik diyagram ve üçgen diyagramda suların kimyasal bileşimlerinde zaman içinde büyük değişiklik olmadığı görülmektedir (Şekil 5 - Şekil 6). Yarı logaritmik diyagramda iyonları birleştiren doğrular yakın paralel geçmekte veya üstelenmektedir. Üçgen diyagramında ise kaynağın yapılan tüm tahlillerinde katyonlar kalsiyumlu sular bölgesinde, anyonlar da bikarbonatlı sular bölgesinde gruplanmıştır. Göl suyunda ise katyonlar karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanırken, anyonlar bikarbonatlı sular bölgesinde gruplanmaktadır.

CO<sub>2</sub> nin kökeni, sudaki sülfatların aşağıdaki reaksiyonuna göre metan gazi

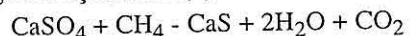


Şekil 5. Çavuşcugöl sıcak sularının üçgen diyagramı.



Şekil 6. Çavuşçu gölü batosunda jeofizik ölçüm noktaları.

ile indirgenmesi ile aşağı çıkacağı kabul edilmiştir. Çavuşçu göldeki bataklık ve sazlık alan, metan gazının oluşmasına uygun bir ortam oluşturmaktadır. Ayrıca bu yörede Miyosen göl çökelleri içinde bulunan linyit kömür damarları da metan gazi oluşturabilir (4). O halde:



CO<sub>2</sub> in bir kısmı buğdaygillerin kök sisteminin solunumundan yeraltı suyuna

karişabileceği gibi, metamorfik şist ve linyit kömürleri içinde sık rastlanan piritin oksidasyonu ile de bir miktar  $\text{CO}_2$  yeraltı suyuna geçebilmektedir.

Kaynak suyunun Uluslararası Hidrojeologlar Birliği sınıflamasına (8) göre sınıfı tüm tahlillerde aynı olup, "Kalsiyumlu, Magnezyumlu, Bikarbonatlı sıcak su" dur. Suda ayrıca, hekimlere göre terapötide olumlu etkisi olan radyoaktivite (10 eman) ve 31 mg/l ye ulaşan  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  vardır.

Suyun sıcaklığı ile ilgili yapılan araştırmada, arazinin geçirgenlik durumu ve sıcak suyun çıkışına neden olan fayın birkaç yüz metre boyunca sıcak su çıkışlarına neden olması, bu sulara soğuk su karışım ihtimalini güçlendirmektedir. Karışım suyunun nihai sıcaklığı şu formülle bulunabilir:

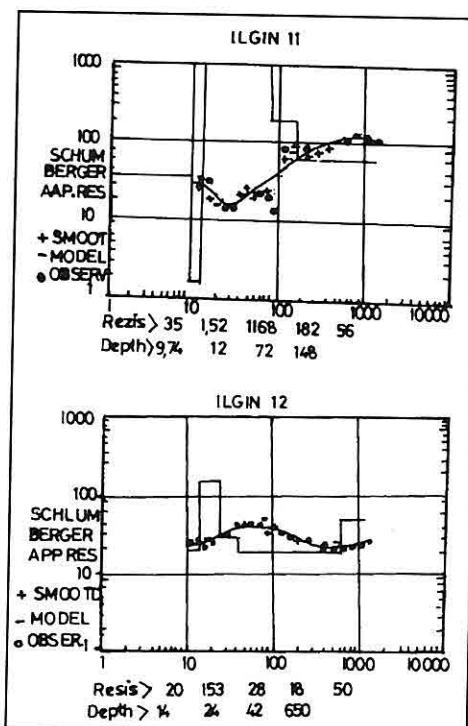
$$t = \frac{\text{sıcaklık} \times \text{debi} + \text{sıcaklık} \times \text{debi}}{\text{Toplam debi}}$$

Buna göre yeraltıda sıcak suyun yükselişi sırasında  $40^\circ\text{C}$  sıcaklığta 13-14 l/s debideki suya, o kadar da  $15^\circ\text{C}$  lik soğuk su karıştığı düşünülmektedir.

#### Jeofizik İncelemeler

Yeraltı jeolojisinin daha kolay yorumlanabilmesi için kaynakların dolayında 4 noktada elektriki rezistivite incelenmesi yapılarak yerin derinliklerine doğru Schlumberger dizilimi ile özdirenç ölçümleri yapılmıştır (Şekil 7).

Batıdan doğuya 3 tanesi kaynakların çıkış hattına paralel olup bir tanesi yapışmanın olacağı alanda yapılmıştır.

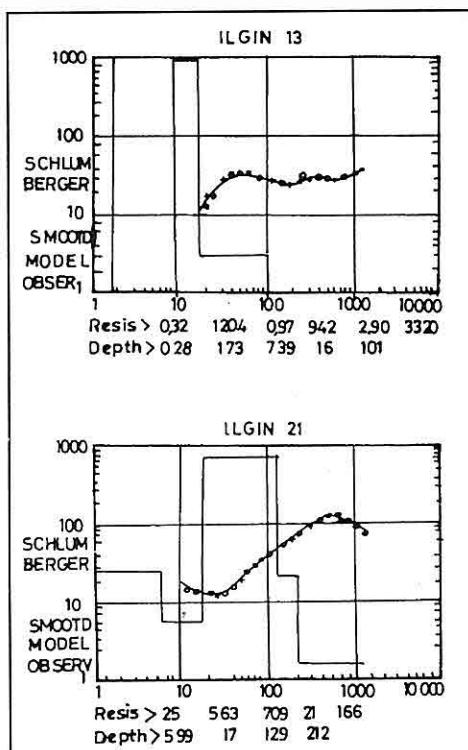


Şekil 7. Ölçüm noktalarına ait rezistivite eğrileri.

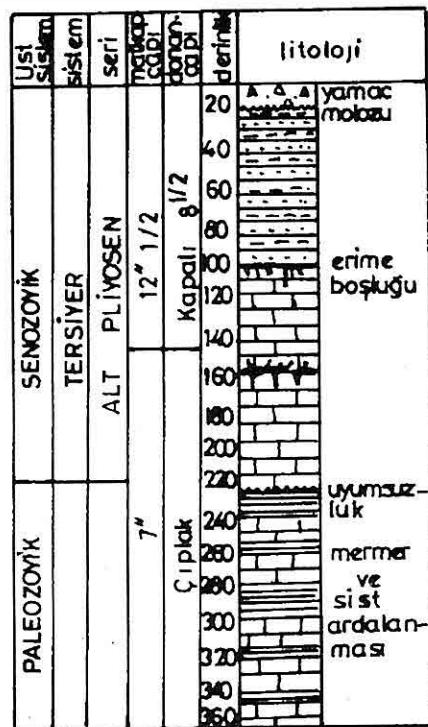
Sıralı yapılan İlgin 11, İlgin 12, İlgin 13 noktalarındaki sonuçlar karşılaştırıldığında 12 ve 13 nolu eğriler benzerlik göstergelerine rağmen 11 nolu en batıdaki ölçüye ait eğrinin oldukça farklı olduğu görülmektedir (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

İlgün 11 nolu noktada derinliklere doğru 80 m dolayında ani özdirenç yükselmesi burada bir fayın varlığını düşündürmektedir (Şekil 11). Bu fay jeoloji haritasına muhtemel fay olarak işaretlenmiştir.

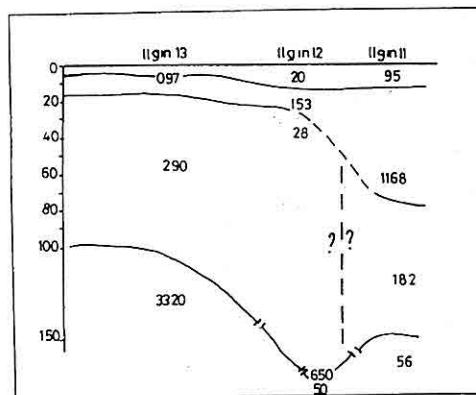
Rezistivite eğrilerinde yüzeyde düşük özdirençli kuşağın yamaç molozu, bunun altındaki yüksek özdirençli kuşağın da



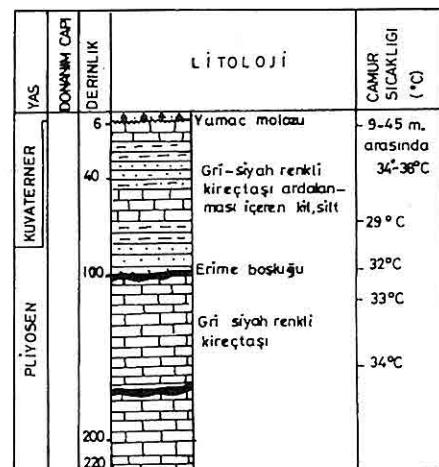
Şekil 8. Ölçüm noktalarına ait rezistivite eğrileri.



Şekil 10. Olasılı sıcak su sondaj logu.



Şekil 9. Jeofizik yapılan ölçüm noktalarına ait özdirenç değişimi.



Şekil 11. Çavuşcugöl sıcak su deneme sondajı kuyu logu.

kireçtaşı olabileceği, ince olarak bulunan ara tabakaların su ve sıcaklık etkisi ile farklı özdirenç verdiği düşünülebilir.

### Kaptaj Çalışmaları

Sıcak kaynakların debi ve sıklıklarını artırmak için yapılan jeoloji, Jeofizik ve hidrojeoloji incelemelerine göre kaynakların dolayında sondajlı bir kaptaj yapılması uygun olacağı düşünülmüştür. Buna göre Çavuşcu gölü batıdan sınırlayan ters fayın doğudaki çöken bloğu üzerinde yapılması düşünülen sondaj 300-350 m derinliğe kadar, Pliyosen göl çökelleri altında metamorfik şistlerle ardalanmalı mermer tabakalarını kesmesi ve buradan sıcak suyu alması planlanmıştır (Şekil 12). Yapılan deneme sondajında 200 m derine inilmiştir. Sondajda 40 - 45 m dolayında sıcaklık 38°C kadar yükselmiştir. Derinlere doğru sıcaklık 32 - 33°C arasında değişmiştir. 6 m yamaç molozu kesen sondaj, 6 - 100 m arasında Pliyosen yaşılı silt kil ve killi kireçtaşı kesmiştir. Sonra 220 m ye kadar gri bej renkli bazen erime boşluklu kireçtaşı geçilmiştir.

Burada yapılacak 300 - 350 m derinlikteki sondajdan 40°C ye kadar sıcak su almak mümkün olabilecektir. Derinlere doğru daha fazla sıcaklık artışı gözlenmezse, deneme sondajında 40 - 45 m derinlikte rastlanan 38°C lik suyun alınması uygun olacaktır. Bu su batıdan, şaryaj hattı boyunca geliyor olmalıdır.

### Kaynakların Korunması

Mevcut kaynaklarda yün, kilim, halı vb yıkarak çevre maksimum kirletilmektedir. Kirliliğin etkisi şüphesiz

derinlere kadar sürmektedir. Bir kaynağına daha fazla kirletilmesi mümkün değildir. İnsanlar bilinçsizce bu hatayı işlemektedir. Burada, halka mutlaka kirliliğin getireceği olumsuzluklar anlatılmalı ve temizlik konusunda halkın destek ve yardımcı sağlanmalıdır. Kaynaklardan doğuya doğru 20 m uzaklığa ve batıya doğru Çavuşcu-Ilgın yoluna kadar, kaynaklar ve dolayını kirletecek hiç bir unsurun bulunmasına, yıkanmasına, depolanmasına vb izin verilmemelidir.

## 4. SONUÇLAR

1-Çavuşcugöl sıcak su kaynağı çevresinde 79 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

2-Çavuşcugöl sıcak su kaynağı Ilgin gölü batısında N-S yönünde uzanan ters bir fay boyunca çıkmakta olup sıcaklıklar 25-29 °C dir.

3-Kaynak suyu "Kalsiyumlu, Mağnezyumlu, bikarbonatlı sıcak su"dur. Ayrıca sudaki Radyoaktivite değeri 10 eman H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ise 31mg/l ye kadar ulaşmaktadır.

4-Jeofizik çalışmalarına göre yüzeydeki düşük dirençli kuşağın yamaç molozu, yüksek dirençli kuşağın kireçtaşı olabileceği ve ince olan ara tabakaların su ve sıcaklık etkisiyle farklı özdirenç gösterebileceği düşünülmektedir.

5-Belirlenen noktada 300-350 m derinliğinde yapılacak olan sondajdan 40°C kadar sıcak su almak mümkündür.

6-Kaynak çıkışında ve çevresinde, doğuya doğru 20 m batıdan ise Çavuşcugöl-Ilgın yoluna kadar tüm

## *ILGIN, ÇAVUŞCUGÖL SICAK SU KAYNAĞININ JEOLOJİ- HİDROJ. İNC.VE KAPTAJ ÇAL.*

kirlitici unsurlar ortadan kaldırılmalı, korunmaya alınmalıdır.

### **5. KAYNAKLAR**

*Canik, B., 1974. Ilgin kaplıcaları hakkında not. M.T.A. hidrojeoloji servis arşivi no:23. Ankara.*

*Canik, B., 1981. Ilgin sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi. S.Ü.Fen Fakültesi Dergisi. seri: A. sayı 1.s.18. Konya.*

*Davis, S.N. De Wiest, R. J.M., 1966: Hydrogeology, John Wiley et Sons. New York.*

*Moret, 1946. Les sources*

*thermominerales, hydrogeologie  
geochimie, biologie, Masson et cie Paris.*

*Niehoff, W., 1961. 1/100.000 ölçekli Akşehir 90/2 paftası, Ilgin 91/1, 91/3 ve 91/4 paftaları üzerinde 1961 yaz mevsiminde yapılmış olan haritalama revizyon çalışmaları hakkında rapor. M.T.A.rapor no:3387.Ankara.*

*Schoeller, H., 1962. Les eaux souterraines, Masson et cie Paris.*

*Üngör, A., 1975. Konya, Ilgin kaplıcaları hidrojeoloji etüd raporu, M.T.A.rapor no 5841, Ankara.*

*Başkan, E., Canik, B., 1983. (AIH) Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası, Ege Bölgesi, MTA yayını no:189, Ankara*



**ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI  
SUYU KİMYASI İNCELEMESİ**

**Bahattin ÇETİNDAĞ**

*F. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ /Türkiye*

**Baki CANİK**

*A. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara /Türkiye*

**ÖZET:** İnceleme alanı Elazığ il merkezinin batısında yer almaktadır. Ören Çayı Havzası'nın en yaşlı birimini Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleri oluşturur. Bu birim micasist ve daha çok kristalize kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Elazığ Mağmatitleri diorit, granodiorit, diabaz, bazalt, andezit ve tüflerden ibarettir. Tanesiyen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu kumtaşı ve kireçtaşlarından ibarettir. Lütesiyen-Üst Oligosen yaşlı Kirkgeçit Formasyonu kumtaşı, çakıltaşları ve kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Pliyosen yaşlı göl oluşuklarını, birbiriyle yanal geçişli olan silt, kumtaşı ve kireçtaşları oluşturur.

İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularında en fazla bulunan iyonlar  $(HCO_3)^{-1}$ ,  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$ 'dur. Tahsil sonuçlarına göre katyon ve anyonların sıralanışı;  $r(HCO_3)^{-1} > rCa^{+2} > rMg^{+2} > rCl^{-1} > r(Na^{+1} + K^{+1}) > r(SO_4)^{-2}$   $r(HCO_3)^{-1} > rMg^{+2} > rCa^{+2} > r(Na^{+1} + K^{+1}) > rCl^{-1} > r(SO_4)^{-2}$  şeklinde dir.

Çizilen Schoeller diyagramlarında Keban kristalize kireçtaşları ve diğer sedimenter oluşuklardan beslenen kaynak ve kuyu sularının  $CaCO_3$ 'a doygun oldukları, Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise  $CaCO_3$ 'a doygun olmadıkları görülmüştür.

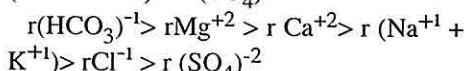
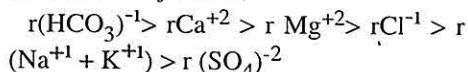
Piper diyagramlarında ise mağmatik kayaçlardan beslenen kaynak suları karışık sular bölgesinde, diğer birimlerden beslenen kaynak ve kuyular ise karbonat sertliği % 50'den fazla olan bölgede yer almışlardır.

**THE CHEMICAL INVESTIGATION OF GROUNDWATER OF ÖREN  
STREAM BASIN (ELAZIĞ)**

**ABSTRACT :** Investigated area is located in the west of Elazığ. The oldest unit of the Ören Çay Basin is the Keban Metamorphites of Permo-Triassic age. This unit made up of micaschist and mainly crystallized limestone. The Elazığ Magmatics constitute diorite, granodiorite, diabas, basalt, andesite and tuffs. Thanecian-Lower Eocene Seske Formation bears sandstones and limestones. Lutetian-Upper Oligocene Kirkgeçit Formation has the lithologies of conglomerate, sandstone and limestone. Pliocene

*lagunar formations are silt, sandstone, conglomerate and limestones what grades into each other horizontally.*

*In the studied area  $(HCO_3)^{-1}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  are most ions that present in the spring and well water. According to chemistry analyses the cation and anion orders are as follows;*



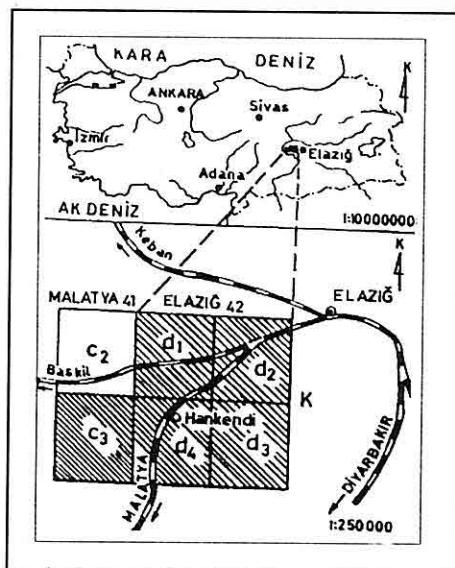
According to the Schoeller Diagrams, the waters of springs and the wells that are recharging from the crystallized limestones of Keban Metamorphics and the other sedimentary formations, are saturated with  $CaCO_3$ ; that are recharging from Elazığ Magmatics are unsaturated with  $CaCO_3$ .

According to the Piper Diagrams, the waters of the springs recharging from magmatic rocks are in the complex water group and recharging from other formations are in the group of waters that have carbonate hardness of 50 %.

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı Elazığ il sınırları içerisinde olup, il merkezinin batısında, Baskıl kazasının doğusunda Ören Çayı Havzası'nı kapsayan yaklaşık  $350 \text{ km}^2$ lik bir alandır (Şekil 1).

Bu çalışmada Ören Çayı Havzası'ndaki akifer sularının kökeni, fiziko-kimyasal karakterleri ve yan kayaçlarla ilgileri aydınlatılmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde değişik amaçlı jeoloji incelemeleri yapılmıştır. Bu



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

çalışmalardan bazıları Bayır (1964), Bulut (1978), Doğru ve diğerleri (1970), Perinçek (1979), Özkuş (1988), Bingöl (1984, 1996), Çetindağ (1989, 1993), Turan (1984), Asutay (1985), İnceöz (1994) sayılabilir.

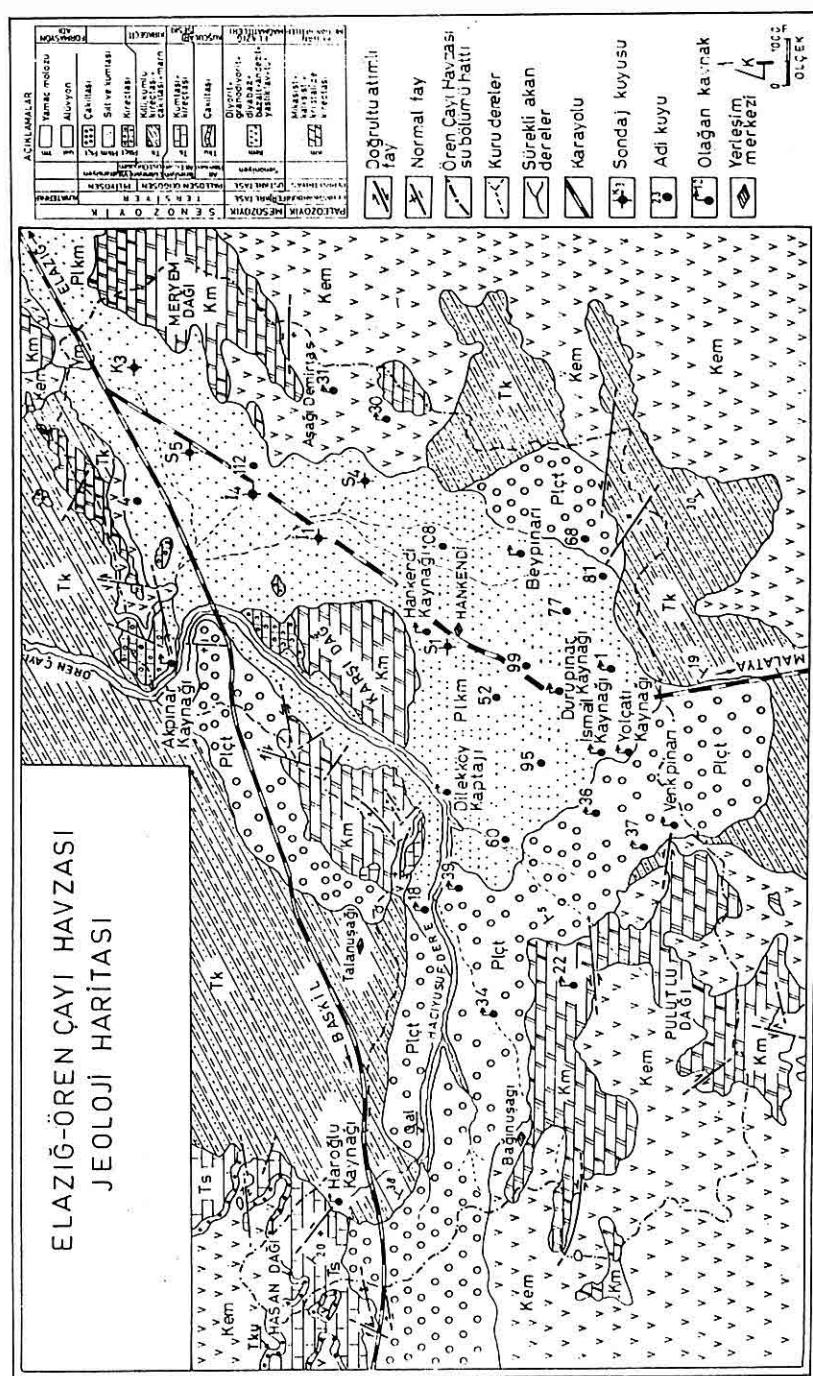
## 2. JEOLOJİ

Çalışma alanında Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar, Mesozoyik yaşlı mağmatik kayaçlar ve Senozoyik yaşlı çeşitli oluşuklar vardır (Şekil 2).

### 2.1 Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas, Km)

Çalışma alanında rekristalize kireçtaşları ile temsil olunan birim en geniş yayılımını sahanın batı ve kuzeydoğu kesimlerinde sunmaktadır. Formasyon ilk defa Özgül (1976)

ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ



**Şekil 2.** Ören Çayı Havzası'nın Jeoloji Haritası

tarafından adlandırılmış ve Batı Toroslar'da görülen Alanya Birliği'ne dahil edilmiştir.

Formasyon Dilek Köyü batısında mikaşist, muskovitli kalksistlerle başlamaktadır. İnceleme alanında Keban Metamorfitleri ile Baskıl Mağmatitleri arasında intrüzif bir dokanak mevcuttur. Bu skarn zonu harita alanı dışında da görülmektedir.

Formasyona ait rekristalize kireçtaşları kırık ve çatlaklı olup, kimi yerde erimeli yapı gelişmiştir. Çoğunlukla kaba, masif görünüslü olup, bantlar ve mercekler halinde dolomitleşme gözlenmektedir (Çetindağ, 1989).

Formasyon üzerinde yapılan bölgesel çalışmalarda birime yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Bu nedenle, daha önce yapılan çalışmalarla bağlı kalınarak Permo-Triyas yaşı kabuledilmiştir.

## **2.2. Elazığ Mağmatitleri (Üst Kretase, Kem)**

Genel olarak bölgede derinlik, damar ve yüzey kayaçları ile temsil edilmiştir. Formasyon en geniş yayılımını harita alanının batı ve güneydoğu kesimlerinde sunmaktadır. Karmaşık, inceleme alanının batı kesimlerinde diyoritik kayaçlarla, güneydoğu kesimlerinde ise andezit, diyabaz, bazaltik yastık lav, tuf ve mor spilitleşmiş volkanitlerle temsil edilmektedir. Birim, çalışma alanında Keban Metamorfitleri'ni kesip intrüzif dokanak oluşturmuştur. Karmaşık üzerinde yapılan daha önceki çalışmalarda (Perinçek, 1979; Çetindağ,

1989) verilen yaşlar benimsenerek, bu çalışmada da Senonyen yaşı kabul edilmiştir.

## **2.3. Kuşcular Formasyonu (Alt Paleosen, Tku)**

Çakıltaşlarından oluşan bu formasyon, Seske kireçtaşları altında yer almaktadır. İnceleme alanında Hasan Dağı çevresinde Elazığ Mağmatitleri üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir.

Kiremit kırmızısı ve limonit sarısı renkler sunan çakıltaşı litolojisindeki formasyon, yer yer ara seviyeler halinde ince taneli, koyu kahve renginde kumtaşlı tabakaları içermektedir. Formasyonun yaşı daha önce yapılan çalışmalarla bağlı kalınarak Alt Paleosen olarak kabul edilmiştir.

## **2.4. Seske Formasyonu (Orta Paleosen-Alt Eosen, Ts)**

İnceleme alanında tabanda gri-beyaz renkli kumtaşları ile başlayan birim, üstে doğru dereceli olarak kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Formasyon genelde masif görünümde olup, üst seviyelerde bazen orta-kalın tabakalanma sunar. Kırıklı-çatlaklı ve karstik boşlukludur.

Formasyonun fosil içeriğine (*Discocyclina* sp., *Rotalia* sp., *Gypsina* sp., *Nummulitidae*) bağlı olarak Orta Paleosen-Alt Eosen yaşı verilmiştir (Çetindağ, 1989).

## **2.5. Kırkgeçit Formasyonu (Lütesyen-Üst Oligosen, Tk)**

Çalışılan sahada, formasyon tabanda ince bir çakıltaşı ile başlamakta, karbonat

çimentolu kumtaşı, marn, kumlu-killi kireçtaşları ardalanması şeklinde bir litoloji sunmaktadır. Fliş fasiyesinde olan bu formasyon, bazı kesimlerde kumtaşı ve marnlarla başlamaktadır. Kumlu-killi kireçtaşları seviyeleri arasında bulunan iri çakılı kumtaşlarında tabaka altı yapıları, tabaka içi yapıları ve çapraz tabakalanma örneklерinin görülmesi, birimin hareketli bir ortamda çökeldiğini kanıtlamaktadır. Birimden derlenen numunelerdeki fosillere (*Fabiania cassis*, *Orbitolides* sp., *Halkyardia* sp., *Globigerina* sp.) bağlı olarak, formasyon Lütesiyen-Üst Oligosen olarak yaşlandırılmıştır (Çetindağ, 1989).

## 2.6. Pliyosen Çökelleri

### 2.6.1. Çakıltaşları (Plçt)

Birim harita alanında çakıltaşları, kaba taneli kumtaşı, silt, yer yer kalişi-karbonatlı çökellerle temsil edilmektedir. Çakıltaşının elemanları zayıf, kumlu bir çimento ile tutturulmuşlardır. Çoğu yerde de çakıllar serbest halededir. Birim inceleme alanında 100 m'lik bir kalınlığa sahip olup, tabakalanma iyi gelişmiş ve genel olarak yataydır.

### 2.6.2. Silt ve Kumtaşları (Plkm)

Kahverengi kil, silt ve kireçtaşları yumrulu birimlerle bunların arasında kama ve mercek şeklinde ince kum ve küçük çakılı seviyelerden oluşan bir litoloji ile temsil edilmektedir. Kum ve çakıllar çoğu zaman kil ve killi kum ile ardalanmalıdır. Alt seviyelere inildikçe sarı ve gri renkte killer çokluktadır.

Yer yer ara seviyeli kaliş türü kireçtaşları ve jipsli seviyeler gözlenmektedir.

### 2.6.3. Gölsel Kireçtaşları (Plkçt)

Bunlar kirli beyaz ve gri renkte olup, üzerinde düzensiz karst yapıları gözlenmektedir. Yatay tabakalı ve oldukça kırılgandırlar. Tabanda pizolitik kireçtaşları ile başlamaktadır.

Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla birim Villafransiyen olarak yaşlandırılmıştır (Çetindağ, 1989).

## 3. HİDROJEOLOJİ

### 3.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar

Keban Metamorfitlerine ait kristalize kireçtaşlarının birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak metamorfizmadan sonra bu bölgede meydana gelen tektoniğe bağlı olarak, çatlaklı ve kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Bu çatlaklı ve kırıklı yapı karstlaşmayı daha da geliştirmiştir. Dolayısı ile, bu kayaçlarda geçirimlilik ve ikincil porozite oldukça yüksek olup, su depolayabileceklerdir. İnceleme alanındaki akiferlerin beslenmesi çoğulukla bu kayaçların mostralı üzerine düşen yağışla olmaktadır.

Elazığ Mağmatitleri'ne ait derinlik ve yüzey kayaçlarının birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak bu kayaçlarda gelişen çatlak ve kırık sistemleri ikincil gözeneklilik ve geçirimlilik oluşturmuştur. Bu nedenle bu kayaçlar da yeraltı suyunu depolayabileceklerdir.

İnceleme alanının kuzeybatı

kesimlerinde yeralan Seske Formasyonu'na ait kireçtaşları bol miktarda su depolayabilmektedir. Kırkgeçit Formasyonu'nun tavan birimini oluşturan kireçtaşları su verebilmektedirler. Kumtaşı ve çakıltası seviyelerinde yeraltı suyunun hareketi daha çok tabaka duruşları ile ilgilidir (Canik, 1982).

Pliyosen çakıltashlarının gözeneklilik ve geçirilimliliğinin yüksek değerlerde olması nedeniyle iyi bir akiferdirler.

### **3.2. Yeraltı Suyu Kimyası**

Ören Çayı Havzası'nda bulunan sondaj, adı kuyu ve kaynaklardan su örnekleri steril numune kapları ile alınarak, kimyasal tahlilleri Perkin Elmer-370 Atomik Absorpsiyon Spektro Fotometresi ile yapılmıştır (Tablo I). Sularda bulunan başlıca maddelerin kökenleri aydınlatılmış ve bu değerlerle çeşitli diyagramlar çizilerek yorumları yapılmaya çalışılmıştır.

#### **3.2.1. Sularda Bulunan Başlıca İyonlar**

Kalsiyum iyonu kuyu sularının toplam miliekivalen değerlerinin % 5,64-% 34,26'sını, kaynak sularının da % 17,81-% 36,28'ini oluştururlar. Bu iyon, bölgede geniş alanlar kaplayan kireçtaşlarının  $\text{CO}_2$ 'li sularla eritilmesinden yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. Mağmatik arazilerde beslenen kuyu ve kaynaklarda bu iyonun kökenini albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Kalsiyum oluşturmaktadır.

Mağnezyum iyonu kuyu sularının

toplam miliekivalen değerlerinin % 10,53-% 38,21'ini, kaynak sularının % 11,97- % 31,55'ini oluşturur. İnceleme alanının batı ve güneybatı kesimlerinde bulunan gabro ve dijoritlerdeki mağnezyumlu bileşenlerin bozusmasıyla yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. Asidik mağma kökenli kayaçlarda mika ve amfibollerin, bazik kayaçlarda olivin ve piroksenlerin bozusması suya mağnezyum iyonunun geçmesini sağlamaktadır (Şahinci, 1991).

Mikaların bozunumundan ortaya çıkan mağnezyum, uzun süre silisle birlikte kalır. Olivin ve piroksen daha çabuk bozundukları için mağnezyum kolayca ortamdan ayrılır. Ayrıca Keban kristalize kireçtaşları içerisinde yer yer dolomitleşmenin görülmESİ bu iyonun başka bir kaynağıdır. Zira Keban kristalize kireçtaşlarından beslenen kaynak ve kuyularda bu iyon oldukça büyük değerlerdedir.

Sodyum iyonu kuyu sularında % 1,17-% 12,53, kaynak sularında da % 0,84-% 10,52 arasında bulunmaktadır. Sodyumun coğulluğu bölgede bulunan Elazığ Mağmatitleri'ndeki sodyumlu feldispatların bozusmasıyla yeraltı suyuna karışmış olmalıdır. Ancak bunların bir kısmı kil minerallerince tutulmaktadır.

Klorür, kuyu sularında % 1,34- % 22,92, kaynak sularında ise % 0,92-% 18,56 arasında bulunmaktadır. Bu iyonun yeraltı sularındaki normal tenörü birkaç mg/l ile 30 mg/l arasında değişmektedir (Schoeller, 1962). Daha büyük değere ulaşan noktalarda klorürce zenginleşme,

*ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ*

**Tablo 1 :** İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.

Kuyu ve Kaynak İsmi (No)	Ca		Mg		Na		K		Cl		SO <sub>4</sub>		HCO <sub>3</sub>		EC	pH
	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l	mg/l	mek/l		
Hacıoğlu Kaynağı	146.13	7.31	41.72	3.48	4.96	0.22	1.91	0.05	20.62	0.58	7.93	0.17	629.34	10.32	485	7.8
Akpınar Kaynağı	102.6	5.13	23.16	1.93	20.2	0.88	1.15	0.03	5.41	0.14	29.0	0.60	438	7.18	655	7.6
Yolçatu Kaynağı	39.5	1.98	10.2	0.85	2.71	0.12	0.28	0.01	16.12	0.45	5.96	0.12	145	2.38	535	7.5
Beypınar Kaynağı	136.0	6.80	56.68	4.72	17.9	0.78	3.0	0.08	70.86	2.00	28.4	0.59	595.5	9.76	710	7.8
Durupınar Kaynağı	96.1	4.81	60.5	5.04	13.17	0.57	2.85	0.07	29.12	0.82	34.18	0.71	545.8	8.94	590	7.5
Hankendi Kaynağı	89.9	4.50	63.7	5.31	13.66	0.59	1.73	0.04	36.2	1.02	40.46	0.84	523.0	8.57	695	8.2
İsmail Kaynağı	55.5	2.78	53.12	4.43	10.16	0.44	2.04	0.05	69.71	1.96	50.13	1.04	286	4.69	545	8.0
Venik Pınarı	40.96	2.05	46.0	3.83	3.9	0.17	3.40	0.09	8.33	0.23	5.40	0.11	353.5	5.80	385	7.5
Dilekköy Kaptajı	40.0	2.0	46.18	3.85	16.3	0.71	1.86	0.05	9.17	0.26	20.0	0.42	360	5.90	410	7.2
22 Nolu Kaynak	53.5	2.68	31.6	2.63	18.5	0.80	6.8	0.17	40.5	1.14	7.13	0.15	302.5	4.96	420	7.5
30 Nolu Kaynak	24.6	1.23	10.6	0.88	13.5	0.59	8.7	0.22	38.5	1.08	49.5	1.03	52.4	0.86	410	7.3
31 Nolu Kaynak	22.5	1.13	10.5	0.88	13.5	0.59	8.5	0.22	30.6	0.86	46.5	0.97	58	0.95	400	7.3
37 Nolu Kaynak	36.5	1.83	16.2	1.35	2.4	0.10	1.1	0.03	18.6	0.52	5.5	0.11	160	2.62	360	7.2
18 Nolu Kaynak	46.5	2.33	33.8	2.82	13.0	0.33	6.8	0.17	16.7	0.47	4.82	0.10	320	5.25	420	7.5
39 Nolu Kaynak	61.8	3.09	49.6	4.13	13.4	0.58	3.56	0.09	56.5	1.59	4.48	0.09	370.5	6.07	480	7.6
34 Nolu Kaynak	50.9	2.55	46.5	3.88	17.2	0.75	5.5	0.14	22.6	0.64	3.46	0.07	400	6.56	400	7.4
1 Nolu Kaynak	52.8	2.64	34.6	2.88	9.7	0.42	2.10	0.05	66.8	1.88	30.42	0.63	210.5	3.45	510	7.7
I, Kuyusu	81.1	4.06	97.72	8.06	8.76	0.38	4.32	0.11	140.18	3.95	26.16	0.55	494.5	8.11	460	7.7
I, Kuyusu	198.6	9.93	170.2	14.18	28.71	1.25	10.4	0.27	165.1	4.65	230.5	4.80	985	16.15	845	7.5
S, Kuyusu	50.16	2.51	61.2	5.1	4.3	0.19	2.86	0.07	120.5	3.39	9.83	0.20	260	4.26	480	7.8
Gölköy Adı Kuyu(77)	45.5	2.28	30.1	2.51	38.8	1.60	21.0	0.54	53.0	1.49	43.5	0.91	280.0	4.59	435	7.1
K <sub>1</sub> Kuyusu	102.5	5.13	33.16	2.76	18.4	0.80	1.6	0.04	51.2	1.44	28.5	0.59	406	6.66	680	7.7
S <sub>2</sub> Kuyusu	95.5	4.78	43.4	3.62	14.5	0.63	7.7	0.20	97.9	2.76	61.8	1.29	310	5.08	740	8.1
4 Nolu Adı Kuyu	10.0	5.0	28.2	2.35	14.12	0.62	0.96	0.02	36.5	1.03	29.5	0.61	380	6.23	640	7.8
81 Nolu Adı Kuyu	17.6	0.88	10.22	0.85	8.62	0.37	1.93	0.05	13.46	0.38	11.36	0.24	91.9	1.51	380	7.2
60 Nolu Adı Kuyu	86.5	4.33	36.15	3.01	12.6	0.55	1.98	0.05	45.5	1.28	18.5	0.38	376.8	6.18	500	7.7
36 Nolu Adı Kuyu	70.82	3.54	20.46	1.71	13.5	0.59	2.4	0.06	86.7	2.44	20.5	0.43	182.5	2.99	540	7.4
52 Nolu Adı Kuyu	82.5	4.13	40.0	3.33	12.8	0.56	2.8	0.07	71.6	2.02	41.5	0.86	305.0	5.0	540	7.6
68 Nolu Adı Kuyu	26.18	1.31	13.46	1.12	9.5	0.41	2.34	0.06	22.5	0.63	13.4	0.28	118.4	1.94	400	7.4
95 Nolu Adı Kuyu	66.7	3.34	38.5	3.21	14.2	0.62	2.2	0.06	48.64	1.37	18.4	0.38	331.5	5.43	560	7.9
99 Nolu Adı Kuyu	78.5	3.93	41.46	3.47	13.7	0.60	3.36	0.09	48.6	1.37	59.5	1.24	330.0	5.41	510	7.9
108 Nolu Adı Kuyu	100.0	5.0	36.5	3.04	12.5	0.54	2.60	0.07	68.0	1.92	51.5	1.07	340.0	5.57	680	7.7
112 Nolu Adı Kuyu	104.5	5.23	48.2	4.02	10.4	0.45	2.6	0.07	99.5	2.80	62.6	1.30	342.0	5.61	765	8.0

bu suların beslenme alanı içindeki çöp yiğini, ahır, gübre yiğini, klörülü kimyasal maddeler vb gibi kirletici atıklardan gelebileceği gibi, Pliyosen göl

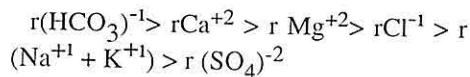
çökellerinde bulunan tuzlu seviyelerden ve yağmur sularından yeraltı suyunu geçmiş ve yeraltı suyunun akım yönü boyunca zenginleşmiş olmalıdır.

Sülfat iyonunun miktarı, kuyu sularında % 0,34-% 7,70, kaynak sularında da % 0,49-% 17,29 arasında değişmektedir. Bu iyonun çoğunluğu Pliyosen göl oluşukları içerisinde bulunan jips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), Elazığ Mağmatitleri içerisinde bulunan kaynak ve kuyu sularında da pirit ( $\text{FeS}_2$ )'in oksidasyonu ile oluşan demirsülfat ( $\text{FeSO}_4$ )'tan gelmektedir (Tood, 1980).

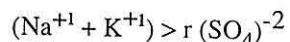
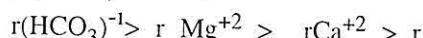
Kuyu sularında % 22,19- % 46,67, kaynak sularında da % 14,60-% 47,19 oranlarında bulunan bikarbonatın bir bölümü karbonatlı kayaçların  $\text{CO}_2$ 'li sularla eritilmesi sonucu yeraltı suyunu geçmiş olmalıdır. Yağmur suları havadaki  $\text{CO}_2$  ile, bu gazın basıncıyla orantılı olarak doygun hale gelmiştir. Ayrıca bitkilerin köklerinin solunumu sonucu  $\text{CO}_2$  açığa çıkar (Schoeller, 1962). Tüm bu nedenlerle  $\text{CO}_2$ 'ce zenginleşen yeraltı suları kireçtaşlarını çok daha fazla aşındırma gücüne sahip olur.

### 3.2.2. Kimya Tahillerinin Diyagramlarla Gösterilmesi

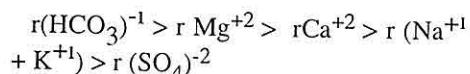
Kaynak ve kuyu sularında yapılan tahlil sonuçlarına göre iyonların sıralanışı Haroğlu, Akpınar, Yolçatı, Beypınarı, 22, 37 nolu kaynaklarla;  $\text{K}_3$ , 4, 60, 81, 95, 68 nolu kuyularda;



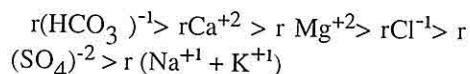
Durupınar, Hankendi, İsmail kaynakları ile  $\text{I}_1, \text{I}_4$  ve  $\text{S}_4$  nolu kuyularda;



Venk Pınarı, Dilekköy kaptajı, 1, 18, 34, 39 nolu kaynaklarla  $\text{Si}$  ve 77 nolu kuyularda;



99, 108, 112 ve 52 nolu kuyularda ise;



şeklindedir.

Haroğlu, Yolçatı, Beypınarı ve Akpınar kaynaklarındaki iyonların miliequivale değerlerini birleştiren doğrular birbirine az çok parelelderdir. Aynı şekilde İsmail Kaynağı ile Venk Pınarı sularının diyagramları da benzerlik göstermektedir (Şekil 3a).

Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen 30 ve 31 nolu kaynak suları benzerdir (Şekil 3b). Bu benzerlik Kırkçeşit Formasyonu'ndan beslenen 37 ve 18 nolu kaynaklar ile 81 nolu kuyu suları arasında da görülmektedir (Şekil 3b, c). Havzada Pliyosen silt, kumtaşı ve çakıltaşları içerisinde oluşmuş serbest akiferin beslenmesi, Keban kristalize kireçtaşları ve Elazığ Mağmatitleri'nden olduğundan bu oluşuklar içerisinde bulunan kuyu suları diyagramlarında genel olarak bir benzerlik görülmektedir.

İnceleme alanında yeraltı suyu genel akım yönü GB'dan KD'ya olup (Çetindağ, 1989), yeraltı suyu akım yönünde açılan 68, 95, 99, 108 ve 112 nolu kuyularda

iyonlarca zenginleşme tipik olarak gözlenmektedir (Şekil 3d). İncelenen kaynak ve kuyu sularının kirece doygun olup olmadığı araştırılmış olup, Keban kristalize kireçtaşları, Seske ve Kırkgeçit formasyonları ile Pliyosen oluşuklarından beslenen kaynak ve kuyu sularının az veya çok doygun oldukları, Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise kirece doygun olmadıkları gözlenmiştir (Şekil 3 a, b, c).

Suların üçgen diyagramlarında;  $I_1$  ve  $S_1$  sondaj kuyu suları ile Venk, İsmail, Hankendi kaynakları ve Dilekköy kaptaj sularında katyonlar mağneyzumlu ve sülfatlı sular bölgesinde; Haroğlu, Yolçatu, Akpinar ve Beypınarı kaynak sularının kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde; Durupınar Kaynağı ile Gölköy adı kuyu (77) suları ise karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanmışlardır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Anılan kaynak ve kuyu sularının anyonları ise kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde guruplanılmışlardır (Şekil 4). İnceleme alanında çeşitli oluşuklardan beslenen kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 5).

Elazığ Mağmatitlerinden beslenen 30 ve 31 nolu kaynaklar karışık sular bölgesinde, diğer bütün kaynak ve kuyu suları ise 5. bölgede gruplanmışlardır. 5. Bölge sularının karbonat sertliği % 50'den fazla olup  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$ 'li sular olarak tanımlanmaktadır.

Havzadan derlenen numunelerin yapılan tahlillerinde iyonların miliequivaleş değerleri ile sütun

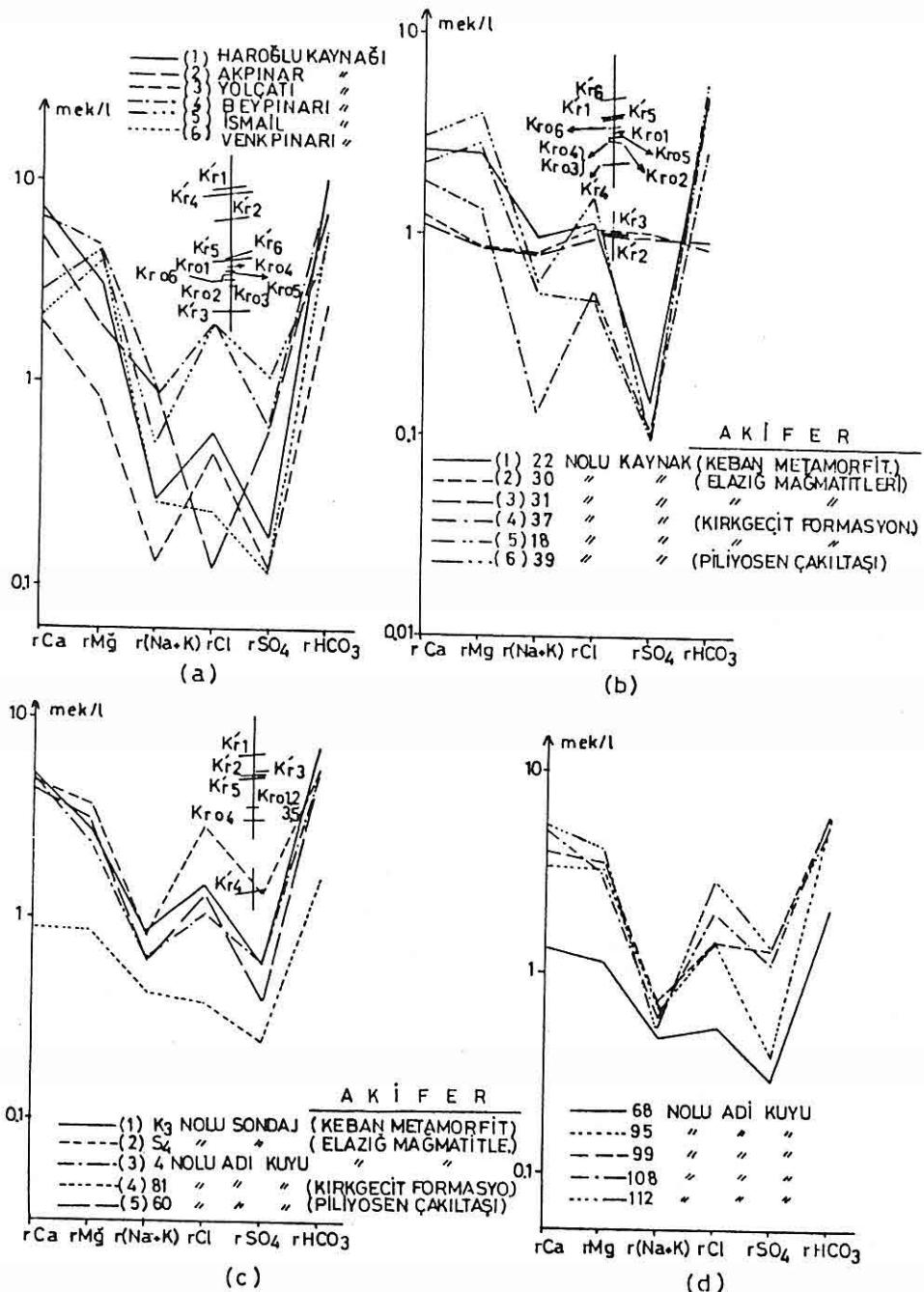
diyagramları çizilmiştir (Şekil 6).  $I_1$  nolu sondaj kuyusunun iyon içeriği en fazla, 81 nolu kuyu ile Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen 30 ve 31 nolu kaynakların iyon içeriği en azdır. Yeraltı suyu akım yönünde bulunan 68, 95, 99, 108 ve 112 nolu kuyu sularında iyonca zenginleşme açıkça gözlenmektedir.

Sütun diyagramlar yardımıyla suların tuzlarının artış veya azalış %'leri hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tahlil sonuçlarına göre çizilen Schoeller'in içilebilme diyagramında; Haroğlu Kaynağı'nın suyu "Devamlı İçilebilen 3. Kalite Sular" sınıfında, Keban Metamorfitleri'nden beslenen  $K_3$  nolu sondaj kuyusu ile Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen  $S_4$  nolu sondaj kuyusu ve Pliyosen oluşuklarından beslenen 60, 36 ve 52 nolu adı kuyu suları "Devamlı İçilebilen 2. Kalite Sular", Kırkgeçit Formasyonu'ndan beslenen 81 nolu adı kuyu suyu ise "Devamlı İçilebilen 1. Kalite Sular" sınıfındadır (Şekil 7).

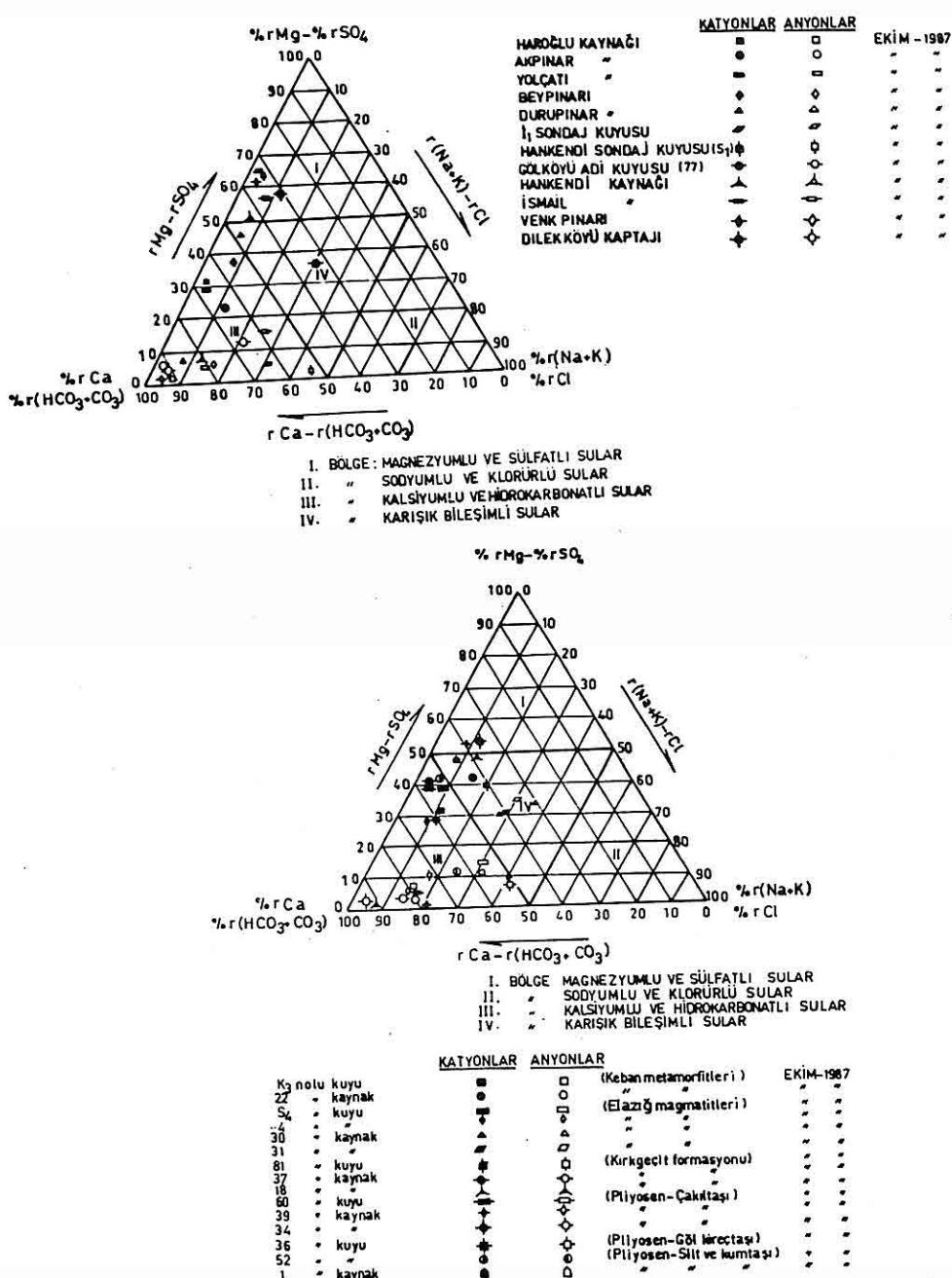
İnceleme alanında bikarbonat değerlerine göre çizilen haritada, izobikarbonat eğrileri 1 mek/l ile 8 mek/l arasında değişmektedir (Şekil 8).

Harita; Hankendi ve batısında kuşaklar şeklinde, havzanın diğer kesimlerinde ise eğriler şeklinde olup  $(\text{r HCO}_3)^{-1}$  değerleri bu alanlarda 6 mek/l'den fazladır. Kuşaklar şeklinde oluşan alanlarda suların  $(\text{r HCO}_3)^{-1}$  ca zenginleşmesi bu yörelerde oldukça geniş alanlarda mostrada olan Keban kristalize kireçtaşlarından kaynaklanmaktadır. Havzanın doğu ve güneydoğu



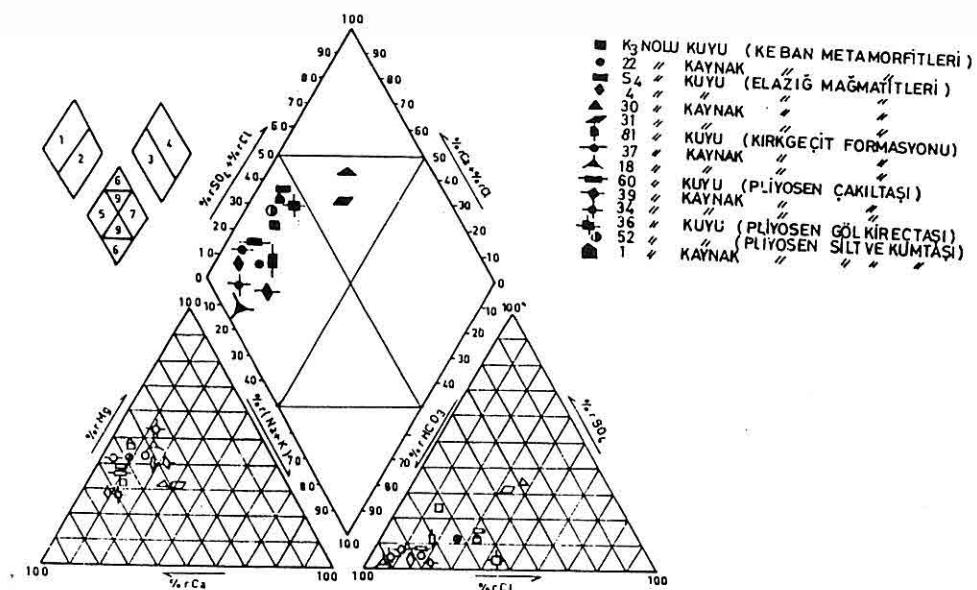
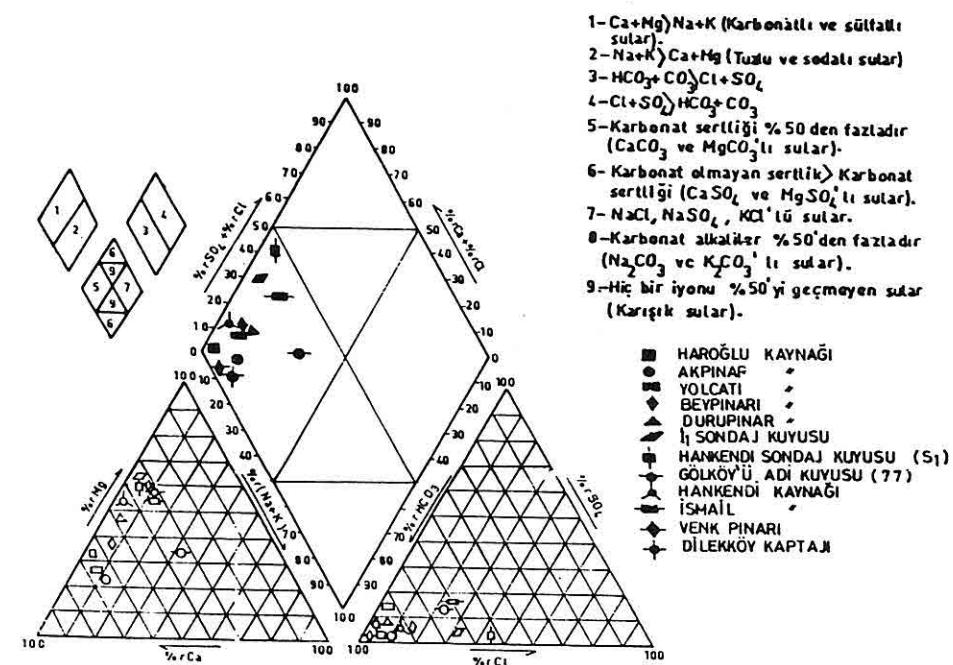
Şekil 3. İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklara ait Schoeller diyagramları.

ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ



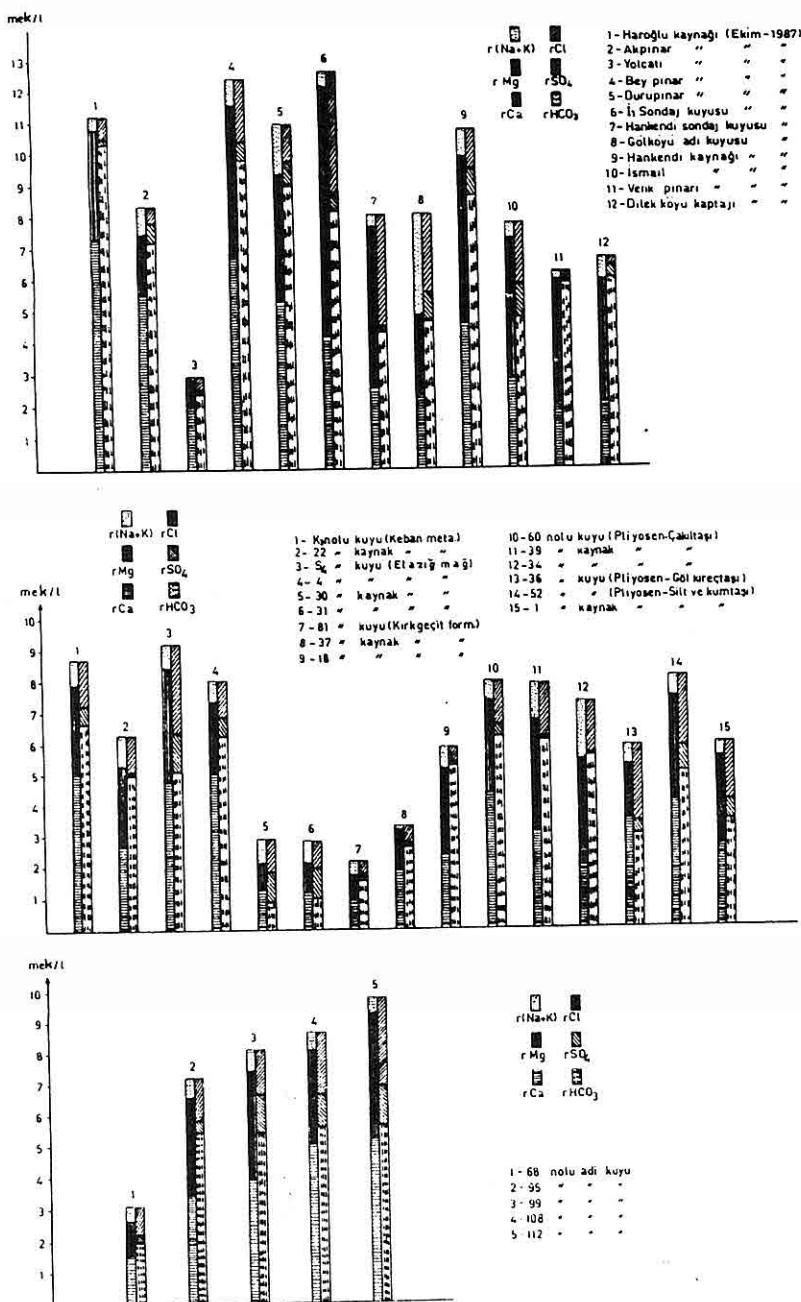
Şekil 4 . İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularına ait üçgen diyagramlar.

## ÇETİNDAĞ ve CANİK



Şekil 5 . İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularına ait Piper diyagramları.

*ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ*



Şekil 6 . İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularına ait sütun diyagramları.

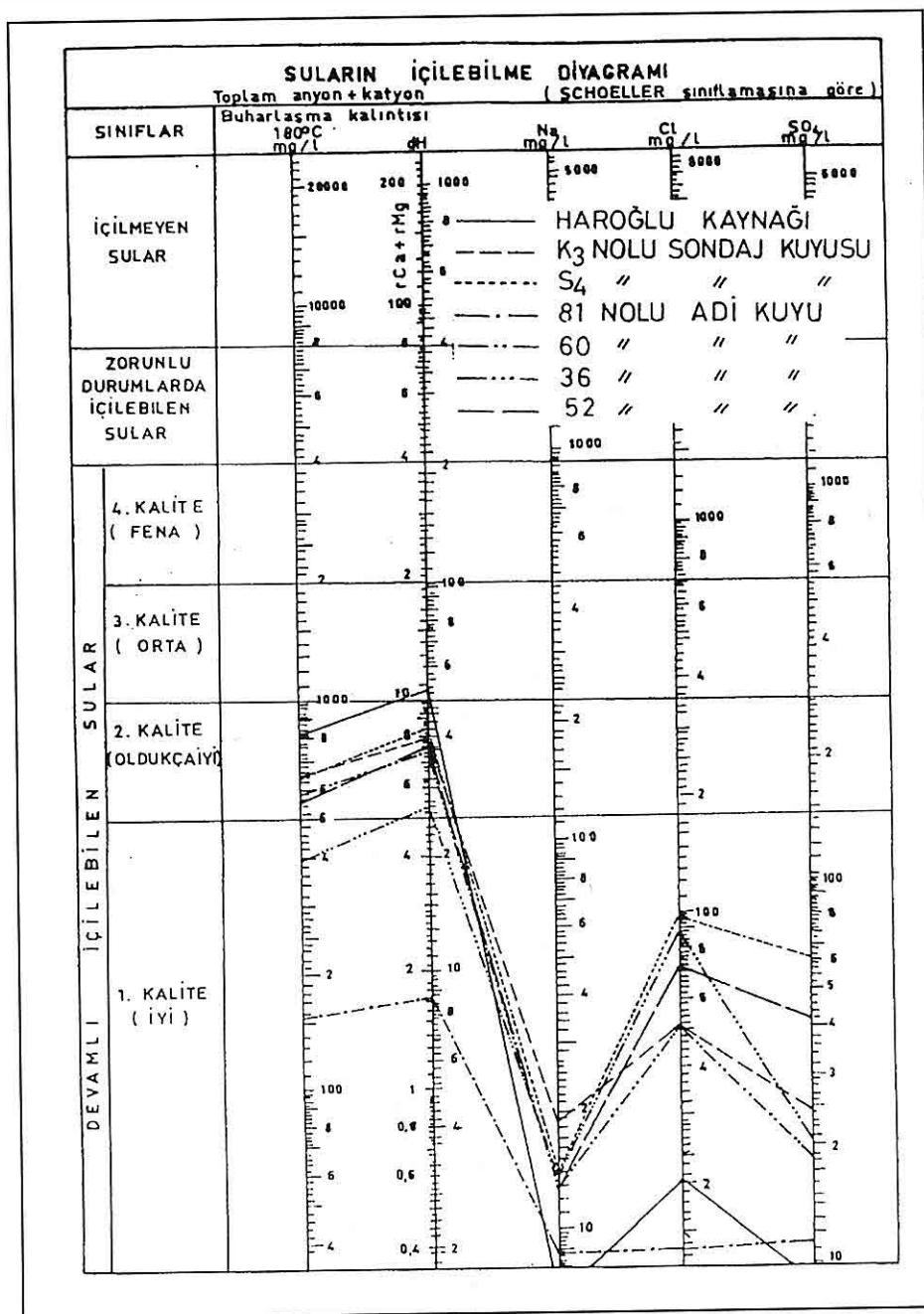
**Tablo 2.** Ören Çayı Havzası'ndaki kaynak ve kuyu sularında tuzların artış ve azalış yüzdeleri.

Kuyu ve Kaynak İsmi (No)	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (%)	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (%)	MgSO <sub>4</sub> (%)	MgCl <sub>2</sub> (%)	NaCl (%)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	CaCl <sub>2</sub> (%)	Ca <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	KHCO <sub>3</sub> (%)
Haroğlu Kaynağı	66.0	24.7	1.5	5.3	2.5	-	-	-	-	-
Alperen Kaynağı	65.9	23.2	-	-	1.9	-	-	-	7.6	1.4
Yılçatı Kaynağı	67.1	13.5	4	11.2	4.2	-	-	-	-	-
Beyipınar Kaynağı	54.9	24.2	4.8	9.1	7	-	-	-	-	-
Durupınar Kaynağı	48.1	37.3	6.8	1.9	5.9	-	-	-	-	-
Henkendi Kaynağı	43.1	36.8	7.8	6.2	6.1	-	-	-	-	-
İsmail Kaynağı	36.1	24.9	13.5	19.1	6.4	-	-	-	-	-
Venik Pınarı	33.4	61	1.4	3.8	-	0.4	-	-	-	-
Dilekköy Kaptajı	30.3	58.2	-	-	4	6.4	-	-	-	1.1
22 Nolu Kaynak	42.6	36.7	2.4	2.7	15.6	-	-	-	-	-
30 Nolu Kaynak	29.4	-	20.7	9.4	27.8	-	-	12.7	-	-
31 Nolu Kaynak	34.4	-	29.2	2	28.8	-	-	5.6	-	-
37 Nolu Kaynak	55.2	25.4	3.4	12.1	3.9	-	-	-	-	-
18 Nolu Kaynak	39.6	47.9	-	-	8.1	-	-	-	1.7	2.7
39 Nolu Kaynak	39.2	38.9	1.4	12	8.5	-	-	-	-	-
34 Nolu Kaynak	34.8	53	-	-	8.8	-	-	-	1	2.4
1 Nolu Kaynak	44.1	13.8	10.6	23.7	7.8	-	-	-	-	-
I <sub>1</sub> Kuyusu	33.2	32.1	4.4	27.4	3.9	-	-	-	-	-
S <sub>1</sub> Kuyusu	31.9	20.8	2.5	41.5	3.3	-	-	-	-	-
Gölköy Adlı Kuyu(77)	32.5	33.2	2.5	-	21.3	10.5	-	-	-	-
K <sub>1</sub> Kuyusu	58.8	17.8	6.8	7	9.6	-	-	-	-	-
S <sub>2</sub> Kuyusu	51.8	3.9	14.1	21.2	9	-	-	-	-	-
4 Nolu Adlı Kuyu	62.5	14.5	7.5	7.4	8.1	-	-	-	-	-
81 Nolu Adlı Kuyu	40.9	30	9.5	-	17.8	-	-	-	1.8	-
60 Nolu Adlı Kuyu	54.5	24.2	5	8.7	7.6	-	-	-	-	-
36 Nolu Adlı Kuyu	51.1	-	-	29	11	-	1.6	7.3	-	-
52 Nolu Adlı Kuyu	51	12.5	10.9	17.8	7	-	-	-	-	-

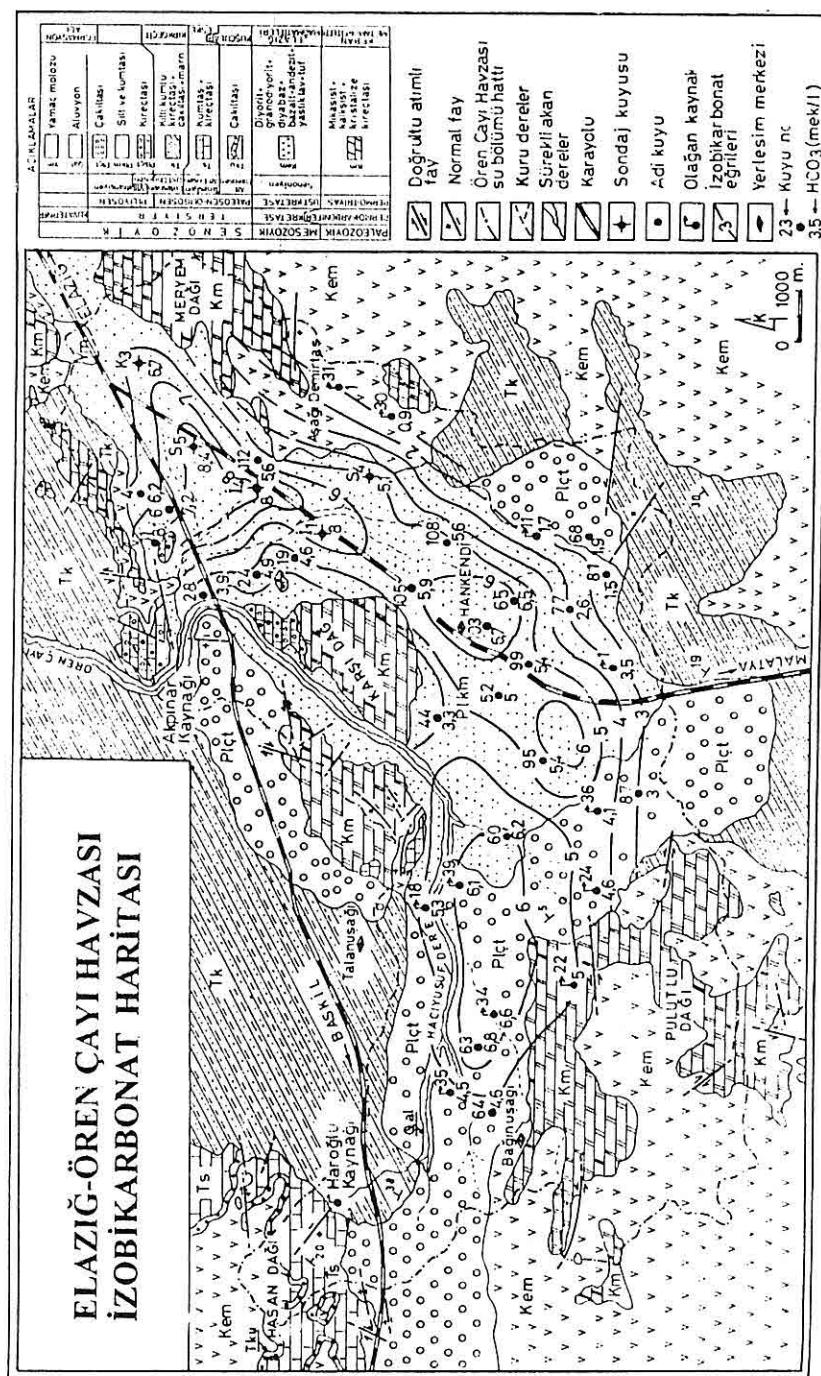
kesimlerinde suya ( $r$  HCO<sub>3</sub>)<sup>-1</sup> iyonları verecek olan kireçtaşlarının fazla olmaması nedeniyle, bu yörelerdeki su noktalarından derlenen örneklerde ( $r$

HCO<sub>3</sub>)<sup>-1</sup> miktarı, kireçtaşçı ve mermere akiferlerden beslenen su noktalarından alınan örneklerdekinden oldukça düşüktür. Zira bu alanlarda hakim litoloji

ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ



Şekil 7. İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularına ait Schoeller'in içilebilme diyagramı.



Şekil 8. İnceleme alanının izobikarbonat haritası.

## ÖREN ÇAYI HAVZASI'NIN (ELAZIĞ) YERALTI SUYU KİMYASI İNCELEMESİ

Elazığ Mağmatitleri ve Kırkçeçit Formasyonuna ait kumtaşı, marn ve killi kumtaşlarıdır.

Pliyosen silt ve kumtaşlarının yaygın olduğu Hankendi dolayında ( $\text{r HCO}_3^{-1}$ )ta gözlenen artışlar, kuyuların derinde Keban kristalize kireçtaşlarından beslendiğini göstermektedir.

### 4. SONUÇLAR

İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu suları en fazla Ca, Mg ve  $\text{HCO}_3^-$  iyonları içermektedir. Bu iyonlar bölgede geniş alanlar kaplayan kireçtaşlarından yeraltı suyuna geçmektedir. Keban kristalize kireçtaşları içerisinde yer yer dolomitleşmenin görülmemesi, bu kayaçlardan beslenen kaynak ve kuyu sularında Mg iyonu miktarının fazlalaşmasına neden olmaktadır.

Keban kristalize kireçtaşları ile diğer sedimenter oluşuklardan beslenen kaynak ve kuyu sularının  $\text{CaCO}_3$ 'ca doygun oldukları; Elazığ Mağmatitleri'n den beslenen kaynak ve kuyu sularının ise  $\text{CaCO}_3$ 'ca doygun olmadıkları belirlenmiştir.

Üçgen diyagamlarda sulardaki katyon ve anyonlar genel olarak kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanırken; Elazığ Mağmatitleri'nden beslenen kaynak sularının anyonları karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanmışlardır.

Çizilen tüm diyagamlarda yeraltı suyu akım yönünde bulunan kuyu sularında iyonlarca zenginleşme tipik olarak gözlenmiştir.

Sütun diyagramlar yardımıyla

hesaplanan, sulardaki tuzların artış veya azalış yüzdelerine göre; genel olarak sularda  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)^2$ ,  $\text{Mg} (\text{HCO}_3)^2$  ve  $\text{NaCl}$  diğer tuzlardan daha fazladır.

Hazırlanan izobikarbonat haritasında; izobikarbonat eğrileri 1 mek/l ile 8 mek/l arasında değişim göstermektedir. Pliyosen silt ve kumtaşlarının yaygın olduğu Hankendi dolayında  $\text{HCO}_3^-$ da gözlenen artışlar, kuyuların derinde Keban kristalize kireçtaşlarından beslendiğini göstermektedir.

Schoeller'in içilebilme diyagramında sular daha çok 1. ve 2. kalite "Devamlı İçilebilen Sular" grubunda toplanmışlardır.

### 5. KAYNAKLAR

Asutay, H. J., 1985, *Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojik ve Petrografik İncelemesi : Doktora Tezi*, Ankara Univ. Fen Bil. Enst., (yayınlanmamış), 156 s., Ankara.

Bayır, M., 1964, *Elazığ - Palu Karakoçan Ovalarının Hidrojeolojik Raporu*: DSİ, Rap. No : 604 (yayınlanmamış), Elazığ.

Bingöl, A. F., 1984, *Elazığ - Pertek Kovancılar (Doğu Toroslar) Bölgesinin Jeolojisi : Toros Jeolojisi Uluslararası Sempozyumu, Tebliğler*, 26-29 Eylül 1983, Ankara.

Bingöl, A. F., ve Beyarslan, M., 1996, *Elazığ Mağmatitlerinin jeokimyası ve Petrolojisi : KTÜ Sempozyumu Bildiri Metinleri* (baskıda), Trabzon.

Bulut, C. ve diğerleri, 1978, *Elazığ-Kuzova Hidrojeolojik Etüd Raporu*: DSİ Genel Müdürlüğü, 31 s.,

*YÜKSEK TİTAN İÇERİKLİ AYDIN-ÇİNE FELDSPATLARININ FLOTASYONLA ZENGİNL.*

Ankara.

Canik, B., 1982, *Hidrojeoloji (Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası)* Ders Notları: Selçuk Üniv. Fen Fak., (yayınlanmamış), Konya.

Canik, B. ve diğerleri, 1995, Yedigöz Kaynağının Hidrojeoloji İncelemesi : Bilirkişi Raporu (yayınlanmamış), 1. Asliye Hukuk Mahkemesi Dosya No: 1993/855, Elazığ.

Çetindağ, B., 1989, *Elazığ-Ören Çayı Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi* : Doktora Tezi (yayınlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 270s. Elazığ.

Çetindağ, B., Canik, B. ve Afsin, M., 1993, *İspendere (Malatya) Sicak ve Mineralli İçmece Kaynağının Hidrojeoloji İncelemesi*: A. Suat Erk Semp., Bildiriler, 2-5 Eylül, Ankara.

Doğru, S. ve diğerleri, 1970, *Uluova ve Elazığ Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu* : DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1984, *Yeraltı Suları Jeolojisi*: İTÜ. Mad. Fak. Yayıni 697s., İstanbul.

İnceöz, M., 1994, *Harput (Elazığ) Yakın Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri*: Doktora Tezi (yayınlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 112s., Elazığ.

Özgül, N., 1976, *Torosların Bazı Temel*

*Jeolojik Özellikleri*: TJK Bült., 19, 1, 65-78, Ankara.

Özkul, M., 1982, *Güneyçayırı (Elazığ) bölgесinin sedimentolojisi*: Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 90s., Elazığ.

Özkul, M., 1988, *Elazığ Batosında Kirkgeçit Formasyonu Üzerinde Sedimentolojik İncelemeler* : Doktora Tezi (yayınlanmamış), Fırat Üniv., Fen Bil. Enst., 240 s., Elazığ.

Perinçek, D., 1979, *Palu-Karabegan-Elazığ - Sivrice - Malatya Alanının Jeolojisi ve Petrol İmkânları*: TPAO Arşiv Rap. No: 1361 (yayınlanmamış), Ankara.

Schoeller, H., 1962, *Les Eaux Souterraines*. Masson et Cie, 600p., Paris.

Şahinci, A., 1991, *Doğal Suların Jeokimyası*: Reform Matbaası, 548s., İzmir.

Tood, D. K., 1980, *Groundwater Hydrology*. John Wiley and Sons Inc., New-York, USA.

Turan, M., 1984, *Baskıl - Aydinlar (Elazığ) Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği*: Doktora Tezi, (yayınlanmamış), Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 180s., Elazığ.

## **İSTANBUL ALÜVYONLARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ**

**Ali Malik GÖZÜBOL**

*İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye*

**ÖZET:** *İstanbul Boğazı ve çevresinde vadilerin denize açılan kesimleri ile sahil düzliklerinde yayılım gösteren alüvyonlar, birbirleriyle korelasyonu yapılabılır benzer kesitler göstermektedir. Giderek artan teknik girişimlerin yapıldığı bu düz alanlarda alüvyonların mühendislik özellikleri önem taşımaktadır.*

*Batıdan doğuya doğru Küçükçekmece Nakkaşdere, İstinye deresi, Kurbağalıdere ve Tuzla deresinde, alüvyonların mühendislik özellikleri incelenmiştir. Bütün alüvyonlarda, üstte bulunan örtü çökelleri niteliğindeki kumlu, çakılı bir seviyenin altında, kavaklı parçaları bakımından zengin, gri renkli, kokulu organik killer yer almaktadır. Paleontolojik tesbitlere göre killi seviyeler, son 7400 yıllık dönemde, deniz seviyesinin yükselmelerine bağlı gelişen sığ su ve bataklık alanlarında çökelmişlerdir. Konsolide olmamış, su muhtevası yüksek, düşük dayanımlı killer mühendislik girişimleri sırasında, önlemler gerektirmektedir.*

## **ENGINEERING PROPERTIES OF ALLUVIUMS IN İSTANBUL**

**ABSTRACT:** *Alluviums that occur in sections of valleys close to the sea and coastal plains have similar cross-sections that can be correlated with each other. As a result of increasing engineering applications, properties of these alluviums are of importance.*

*Engineering properties of alluviums in Küçükçekmece-Nakkaşdere, İstinye, Kurbağalıdere and Tuzla creeks were investigated. In all aluviums, there are grey-colored smelly organic clayey sediments rich in shell particules, underlain by sandy and pebbly layer. Paleontological determinations suggest these clayey sediments were deposited under shallow water and marsh environmental conditions as a consequence of changes in sea level within the last 7400 years. These clayey sediments require prevention techniques due to their unconsolidated nature, high water content and low strength properties.*

## 1. GİRİŞ

İstanbul Boğazı ve çevresindeki vadiler ile deniz seviyesine yakın düzlüklerde, genç alüvyon çökelleri yayılım göstergemektedir. İstanbul topografyasının dik yamaçlar ile çevrilmiş olan bu düzlüklerinde yeralan alüvyonların tabanı, deniz seviyesinin altına kadar inmektedir. Deniz seviyesinin altından başlayarak, +10 m kotuna kadar mevcut alüvyonların litoloji dağılımı, jeolojik evrime bağlı olarak benzerlikler göstermektedir.

Yüzey jeolojisine yansımayan, fakat yeraltı şartları ile benzer bulunan alüvyonların mühendislik özelliklerini incelemek ve korelasyonlarını yapmak için sondaj verilerinden yararlanılmıştır. İstanbulun farklı kesimlerindeki alüvyonlarda yapılmış araştırma sondajlarından elde edilen örnekler incelenmiş, mühendislik özelliklerini belirlemek üzere deneyler yapılmıştır. Mühendislik özellikleri ile jeolojik evrim arasındaki ilişki tesbit edilmiş ve modellenmiştir.

İstanbul ve dolayının genç tektonizması ve jeolojik evrimi ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır (Meriç, 1988.; Meriç ve Sakınç, 1990; Şamlı, 1996). Alüvyonların mühendislik özelliklerindeki benzerlikler, jeolojik evrime ve bölgede genç tektonizma ile ilişkili yapılan çalışmalara ışık tutacaktır.

İstanbul ve çevresinde bulunan alüvyon düzlükleri, daha evvel yeşil alanlar

halinde iken, yapılışma alanlarına dönüştürmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, alüvyon düzlüklerindeki mühendislik çalışmalarında yönlendirici olacaktır.

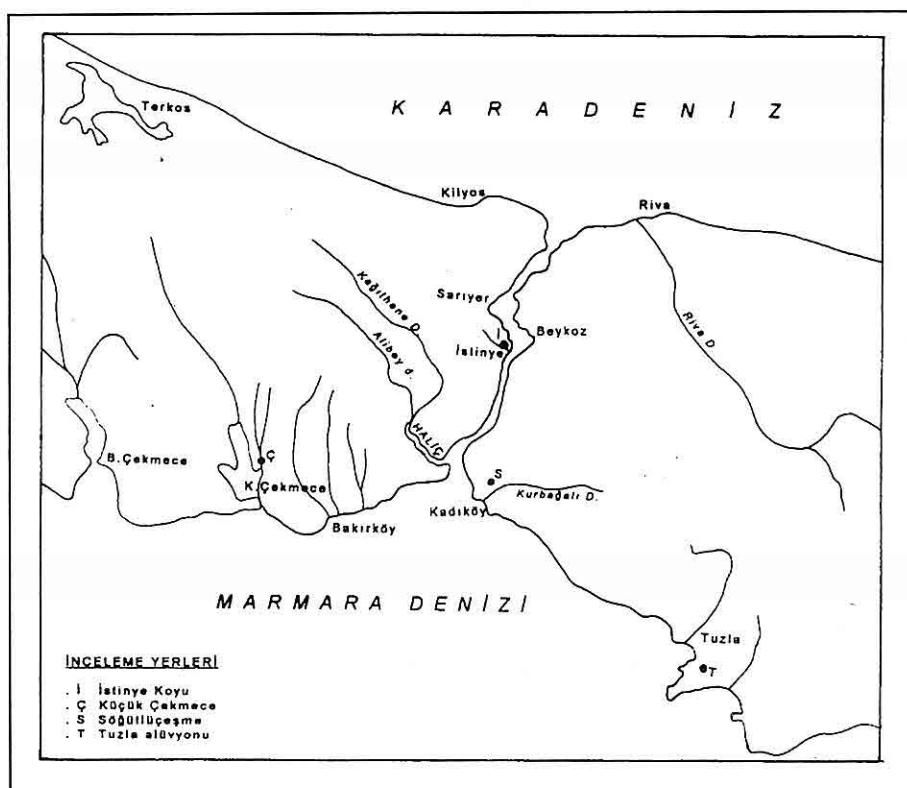
## 2. İSTANBUL ALÜVYONLARININ DAĞILIMI

Başa İstanbul Boğazının iki yakasındaki vadiler ile Marmaraya akan vadilerin ağız kısımlarında, oldukça kalın alüvyonlar gelişmiştir. Bu alüvyon sahalarının bazıları aşağıda sunulmaktadır:

İstanbul Boğazının kuzey kesimlerinden başlayarak Sarıyer, İstinye dereleri ile Büyükdere, Çubuklu, Beykoz, Göksu ve Küçüksu vadileri, boğazdaki önemli alüvyon sahalarıdır. Güneye doğru Beşiktaş, Dolmabahçe, Haliçin kolları olarak da kağıthane ve Alibey dereleri alüvyon sahalarını oluşturur. Marmara kıyı çizgisinde batıdan doğuya doğru Büyükçekmece, Küçükçekmece düzlükleri ile İspartakule, Menekşe ve Nakkaş dereleri, Ayamama deresi ile Ataköy alüvyon düzluğu, çırıcı deresi, Anadolu yakasında Kurbağalıdere, Maltepe ve kartal alüvyon düzlükleri, Tuzla deresi alüvyon düzluğu, Dilderesi başlica alüvyon alanlarıdır.

Bu alanlardan İstinye deresi, Küçükçekmece Nakkaş deresi, Kurbağalıdere ve Tuzla deresi alüvyonlarında yapılmış olan araştırma sondajlarının bulguları değerlendirilmiştir (Şekil 1).

## İSTANBUL ALÜVYONLARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ



Şekil 1. İnceleme alanı mevkii haritası

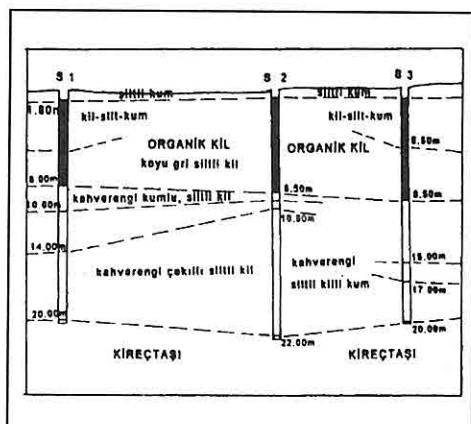
### 3. ALÜVYON KESİTLERİ

İstanbul alüvyonlarında yapılmış olan sondaj verilerine göre, düşey alüyon kesitlerinde benzerlikler bulunmaktadır. Üstte kahverengi, boz renkli kum, çakıl ve çakılık killer, altında gri ve koyu gri renkli, kokulu organik killer, en alta da kahverengi, kırmızı kahverengi çakıl, kum, çakılık ve kumlu killer yer almaktadır. Değerlendirmeye alınmış olan alüyon kesitleri aşağıda sırayla sunulmaktadır:

Tuzla alüyonu: Sahile yakın kesimde 20.00-22.00 metre kalınlıkta bulunan alüyonun üstte 1.50 m.'lik kesimi siltli

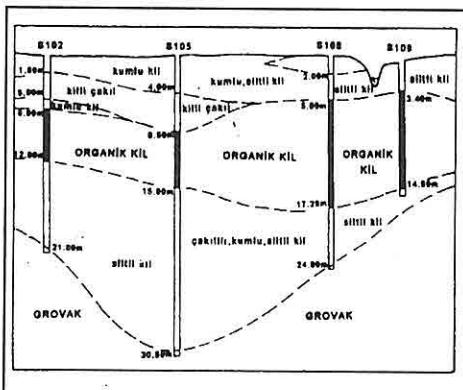
kum, altında 8.00-9.50 m. derinliğe kadar koyu gri renkli ve kokulu organik kil, daha alta 8.00-22.00 m. arasında da kahverengi silt, kum ve çakıl zonu yer almaktadır. Alüyonun tabanında Devoniyen kireçtaşları bulunmaktadır (Şekil 2).

Kurbağalıdere alüyonu: Kurbağalıderenin Söğütlüçeşme mevkisinde, demiryolu viyadükleri için yapılmış olan sondaj verileri ile hazırlanmış olan kesitte, üstte 3.40-8.50 m. kalınlıkta kum, kumlu kil, çakılık kil bulunmaktadır. Altında 6.00-12.25 m



**Şekil 2.** Tuzla alüvyonu kesiti (Gözübol, 1988)

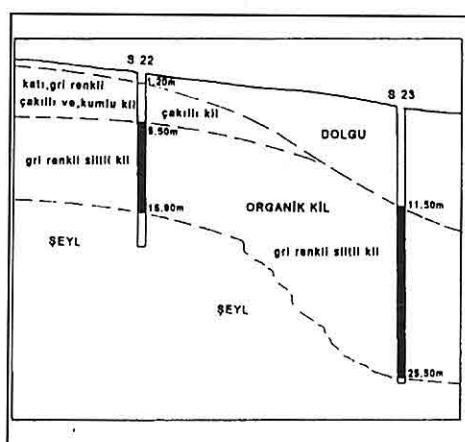
kalınlığa sahip olan koyu gri renkli organik kil, en alta da kahverengi boz renkli çakılılı, kumlu silt ve kil yeralmaktadır. Alüvyonun tabanında Karbonifer yaşında grovak istifi bulunmaktadır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Kurbağalıdere alüvyonu kesiti (Tezcan, vd. 1974)

İstinye deresi alüvyonu: İstanbul Boğazının kuzey kesiminde yeralan İstinye Koyu'nda, yüzeysel bir dolgu

bulunmaktadır. Denize doğru kalınlığı artmakta olan dolgunun altında doğal kesit olarak alüvyon, alüvyonun altında da şeyler tabanı oluşturmaktadır. Alüvyonun üst kesiminde, kara tarafında kalınlığı 5.50 m. olan, gri renkli çakılı ve kumlu kil bulunmaktadır. Altında tabana kadar, kalınlığı kara tarafında 10.00 m. ve deniz tarafında 14.00 m. olan, koyu gri renkli organik kil yer almaktadır. Bol kavkı ve fosil kapsayan organik kil içerisinde aradüzeyler halinde de silt bulunmaktadır (Şekil 4).

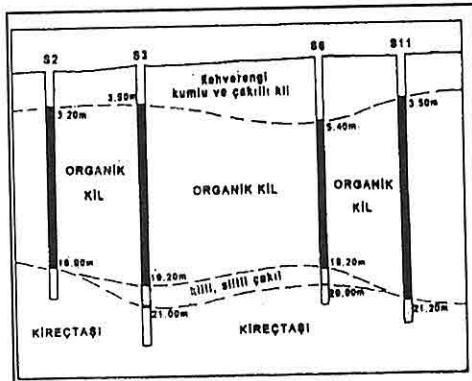


**Şekil 4.** İstinye alüvyonu kesiti (Geos, 1996)

Küçükçekmece Nakkaşdere alüvyonu: Küçükçekmece Gölü'nün kuzeyinde çok yaygın alüvyon mostra vermektedir. Nakkaşderede yapılmış olan sondajlar ile oluşturulan kesitlerde, 17.00-21.00 m. kalınlıkta alüvyonun varlığı belirlenmiştir. Alüvyonun üst kesiminde kalınlığı 3.20-5.40 m. arasında değişen, kahverengi kumlu, çakılı kıl bulunmaktadır. Altında 13.50-17.50 m.

## İSTANBUL ALÜVYONLARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

kalın koyu gri renkli, fena kokulu organik kil yeralmaktadır. Alüvyonun alt kesiminde merceksel yayılım gösteren 2.00-3.00 m. kalın çakıl zonunun varlığı belirlenmiştir. Nakkaşdere alüvyonunun tabanında Eosen kireçtaşı yeralmaktadır. (Şekil 5).



Şekil 5. Nakkaşdere alüvyon kesiti  
(Akartuna vd. 1988)

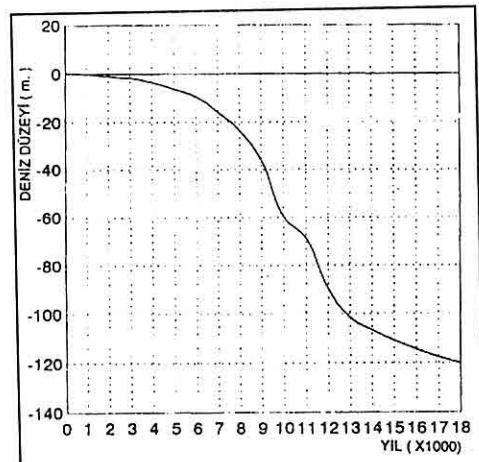
### 4. JEOLOJİK EVRİM

Her kesimde benzer düşey kesitlere sahip olan İstanbul alüvyonlarının oluşumunda etkin jeolojik koşulların, genç tektonizma ile ilişkisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Son yıllarda İstanbul Boğazı'nın oluşumuna ve yakın jeoloji tarihine ilişkin çalışmalar yapılmıştır (Meriç ve Sakınç, 1990; Meriç, Sakınç, Eroskay, 1988). Haliç dip çökellerinin paleontolojik değerlendirmelerinden, 7400 yıl öncesine kadar karasal ortam koşullarının bulunduğu, Haliç'in bundan sonra deniz suyu istilasına uğradığı ve acısız ortamına geçtiği, 5700 yıl önce de deniz etkisine girdiği belirlenmiştir (Şamlı, 1996). Marmara sahillerinde yapılan arkeolojik

arastırmalarda da, M.Ö. 5000-8000 aralığına tarihlenen döneme ait hiçbir tarihsel izin bulunamadığı, bu yörede kıyı şeridinin değişmiş olması gerektiği bildirilmektedir (Özdoğan, 1995).

Akdeniz ve Marmara denizlerinin sahil kesimlerinde yapılmış araştırmalardan deniz düzeyinin son 7400 yıllık jeolojik zamanda 15-20 m. yükseldiği bildirilmiştir (Fairbanks, 1989) (Şekil 6).

İstanbul alüvyonlarında yaygın olarak yeralan organik killerin oluşumu, denize açılan vadilerde ve kıyı düzlüklerinde, deniz düzeyi yükselime ve deniz ilerlemesine bağlı gelişmiş sıçan koşulları ve bataklık alanların, üstüne gelen kumlu, çakılı çökellerin yerleşmesi ile kapandığı ve kara halini aldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Holosen deniz düzeyi değişimleri  
(Fairbanks, 1989)

### 5. ALÜVYONLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

İstanbul alüvyonlarında, mühendislik

özellikleri birbirinden farklı 3 seviye ayrılmaktedir. Tabanda, daha çok kahverengi ile belirgin kum, çakıl ve çakılı kilden oluşan sıkı, katı çökeller bulunmaktadır. Bunun üstünde gri, koyu gri renkli, organik killar; en üstte ise yaygın olarak suya doygun silt, kum ve çakıllar yer almaktadır.

Alüvyonların mühendislik özelliklerini belirlemek için sondajlarda standart penetrasyon testleri yapılmış, alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyici deneyler yapılmıştır.

Alüvyon içerisinde varlığı belirlenen organik killar, mühendislik özellikleri ile ayrılan özel zeminlerdir. Sıkışma kabiliyetleri yüksek, kayma mukavemetleri düşük zeminlerdir. Esasen organik zeminlerde, düşük permeabilite sebebiyle konsolidasyon gecikmekte, çok uzun zaman almaktadır (Çinioğlu vd., 1991). Bünye suyu kolay atılmadığı için, bu killerin su muhtevaları yüksek bulunmaktadır (Wasti, 1992). İstanbul alüvyonlarında, organik killar konsolidasyonu düşük olan, civik zeminlerdir.

Organik killerin mühendislik özellikleri, organik madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Likit limitleri, organik madde miktarı ile doğru orantılı, serbest basınç dayanımları da ters orantılı olarak artış göstermektedir (Çinioğlu ve Ünal, 1992).

İstanbul alüvyonlarında organik killar, benzer mühendislik özellikleri gösterdiği halde, altında ve üstünde yer alan zeminler, her yerde aynı değildir.

Organik killerin altında yer alan zeminler, genellikle tutturulmuş sıkı zeminlerdir. Organik killerin örtüsü şeklinde üstte yer alan kum ve çakıllar ise, tutturulmamış, ancak taşıma gücü organik killere kıyasla yüksek malzemelerdir. İstanbul alüvyonlarında yapılmış olan temel araştırma sondajlarının Standart Penetrasyon Testlerine ait penetrasyon sayıları Tablo 1'de sunulmuştur.

İncelemesi yapılan Tuzla ve Nakkaşdere alüvyonlarındaki organik killar, birleştirilmiş zemin sınıflandırmasına (Casagrande, 1948) göre CH ve CL sınıfına girmektedir. Organik killerin üstünde yer alan, kalınlığı 1-6 m. arasında değişen, kumlu ve çakılı kil, çoğunlukla kahverengi veya kahverengimsi boz renklidir. Bu çökeller içerisinde % 5-15 kadar kil, silt, % 60-70 kum, % 10-15 çakıl bulunmaktadır. Sahil çizgisine ve deniz seviyesine yakın bulunduğuundan, çoğunlukla suya doygundur. Su muhtevası % 20-35 arasında değişmektedir (Tablo 2, 3, 4).

İstanbul alüvyonlarının suya doygun bu üst seviyeleri, depremlerde sıvılaşma özelliklerini olan zeminlerdir. Bu özelliklerinden dolayı, altında yer alan organik killerin mühendislik özellikleri önem kazanmaktadır. Organik killar, çok az miktarda silt, kil ve fosil kavaklı parçalarından oluşmaktadır. Tabii su muhtevası % 28-87 arasında, tabii birim hacim ağırlıkları 1.28-1.70 gr/cm<sup>3</sup> arasında, likit limitleri % 33-86.5 arasında, plastik limitleri ise % 15-32.4 arasında değişmektedir. Bu değerler ile Leonard (1962) sınıflamasına göre plastik

*İSTANBUL ALÜVYONLARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ*

**Tablo 1.** Organik killerin dağılımı ve SPT penetrasyon sayıları

Yer	Sondaj no	Derinlik (m.)	SPTsay.	Zemin Türü
Tuzla	S1	4.50	5	Organik kil
Tuzla	S1	6.00	5	Organik kil
Tuzla	S1	9.00	25	Kahverengi kumlu kil
Tuzla	S1	10.50	>50	Kumlu kil
Tuzla	S2	3.50	2	Organik kil
Tuzla	S2	5.00	2	Organik kil
Tuzla	S2	6.50	2	Organik kil
Tuzla	S2	8.50	35	Kahverengi kum
Tuzla	S2	11.00	15	Çakılı kil
Tuzla	S2	12.50	>50	Çakılı kil
Tuzla	S3	3.00	2	Organik kil
Tuzla	S3	4.50	2	Organik kil
Tuzla	S3	6.00	2	Organik kil
Tuzla	S3	7.50	2	Organik kil
Tuzla	S3	10.50	12	Siltli killi kum
Tuzla	S3	12.00	23	Siltli killi kum
Tuzla	S3	13.50	45	Siltli killi kum
İstinye	S22	3.00	6	Çakılı kil
İstinye	S22	4.50	9	Çakılı kil
İstinye	S22	6.00	2	Organik kil
İstinye	S22	7.50	4	Organik kil
İstinye	S22	9.00	4	Organik kil
İstinye	S22	10.50	7	Organik kil
İstinye	S23	12.00	2	Organik kil
İstinye	S23	13.50	2	Organik kil
İstinye	S23	15.00	2	Organik kil
İstinye	S23	16.50	2	Organik kil
İstinye	S23	18.00	2	Organik kil
İstinye	S23	19.50	3	Organik kil
İstinye	S23	24.00	5	Organik kil
İstinye	S23	27.00	5	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S6	1.50	6	Çakılı kumlu kil
K.Ç. Nakkaşdere	S6	3.00	3	Kumlu kil
K.Ç. Nakkaşdere	S6	6.00	2	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S6	7.50	2	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S6	12.00	2	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	1.50	7	Çakılı kumlu kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	4.50	4	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	7.50	4	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	10.50	4	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	12.00	3	Organik kil
K.Ç. Nakkaşdere	S11	15.00	2	Organik kil

**Tablo 2.** Nakkaşdere alüvyonunda organik killerin indeks özellikleri

Sondaj no	Derinlik (m)	T.B.H.A. gr/cm <sup>3</sup>	K.B.H.A. gr/cm <sup>3</sup>	T.Su Muh. %	Likit L. %	Plastik L. %
S2	3.45-3.90	2.02	1.56	29	33	17.5
S2	4.55-5.00				52	19
S3	3.42-3.92	2.09	1.62	28	43	19
S4	7.00-8.00	1.82	1.28	42	58	25
S9	3.50-3.95	1.96	1.51	30	36	15
S11	6.50-6.95	1.98	1.61	23	43	21

**Tablo 3.** Tuzla alüvyonunda organik killerin mühendislik özellikleri

Sondaj no	Derinlik(m)	T. Su Muh. %	Likit L. %	Plastik L. %	Plastisite İndisi %
S2	2.00-2.45	87	75	28	47
S2	4.00-4.45	73	57	22	35
S2	6.00-6.45	73	61	28	33

**Tablo 4.** Nakkaşdere alüvyonunda organik killerin mukavemet özellikleri

Sondaj no	Derinlik (m)	Kayma mukav. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Serbest bas. Mukav. (Kg/cm <sup>2</sup> )
S2	3.45-390	0.20	0.42
S3	3.42-3.92	0.12	0.28
S4	6.80-7.25	0.15	0.35
S4	9.05-9.50	0.14	0.38
S6	5.50-5.95	0.18	0.38
S9	3.50-3.95	0.30	0.69

killer sınıfına, Burmister (1951) sınıflamasına göre de, orta ve yüksek kapasiteli killer sınıfına girmektedirler.

Organik killerin dayanım özellikleri, hem organik madde miktarına ve hem'de su muhtevasına bağlı olarak değişkenlikler göstermekle birlikte,

düşük dayanımlı zeminlerdir. Kayma mukavemetleri, Nakkaşdere alüvyonunda 0.12-0.30 Kg/cm<sup>2</sup> arasında, Tuzla alüvyonunda 0.3 Kg/cm<sup>2</sup> ortalama değer olarak elde edilmiştir. Bu dayanım değerleri ile İstanbul alüvyonlarındaki organik killer, Terzaghi ve Peck (1967)

sınıflamasında yumuşak ve çok yumuşak killer sınıfına girmektedir.

İstanbul alüvyonlarında, yoğunlukla temel derinliğinde ortaya çıkan organik killerin düşük dayanım değerleri, mühendislik girişimleri için sorunlar getirmektedir. Bu killerin altında yer alan alt alüyon çökelleri, yoğunlukla kahverengi, sıkı veya çok sıkı kum, çakıl veya kumlu, çakılı killerden oluşmaktadır. Organik killerin oluşumundan önceki karasal ortamlarda çökelmiş olan istif, konsolide, katı, sıkı zeminlerdir. Dayanımları daha yüksek, tabii su muhtevaları düşük bulunmaktadır. Bu alt birimin, Tuzla alüvyonunda tabii su muhtevası % 14-25 arasında, tabii birim hacim ağırlığı 2.1-2.15 gr/cm<sup>3</sup> arasında, serbest basınç dayanımları ortalaması 2 Kg/cm<sup>2</sup> bulunmaktadır. Kurbağalıdere alüvyonunda da yüksek dayanım değerleri ile bu alt seviyeler, kazık çakmaları sırasında yüksek darbe sayıları ve refü şartları göstermiştir.

## 6. SONUÇLAR

İstanbul Boğazı ve çevresindeki alüvyonların mühendislik özelliklerinin inceleniği bu çalışmada, vadilerin denize açılan kesimleri ile sahil düzliklerinde oluşan alüvyonların korelasyonları yapılarak, benzer düşey kesitlere sahip oldukları belirlenmiştir.

Alüvyonlarda, üstte ince bir kumlu, çakılı seviyenin altında yaygın organik killerin oluşu, bu oluşumda son 7400 yıllık dönemdeki deniz seviyesi yükselmelerinin etkin olduğu sonucuna

varılmıştır.

Organik killerin her kesimde, kavaklı, gri, koyu gri renkli, fena kokulu killerdenoluştugu ve standart penetrasyon testlerinde düşük penetrasyon sayıları gösterdiği, kayma mukavemetlerinin düşük bulunduğu belirlenmiştir.

İstanbul alüvyonlarında bir aradüzeyle halinde bulunan organik killerin, düşük dayanım değerleri sebebiyle mühendislik girişimlerinde teknik sorunlar getireceği ve önlemler gerektireceği sonucuna ulaşılmıştır.

## 7. KAYNAKLAR

Akartuna, M., Gözübol, A. M., Ulakoğlu, S., Gürpinar, O., 1988, *Konutbirlik Halkalı toplu konut alanının jeolojik ve jeoteknik incelemesi*, İ.Ü. Müh. Fak. Proje No. 1594/88.

Burmister, D.M.(1951) *Identification of soils-An apprasial and statement of principles*, ASTM STP 113, Amer.Soc for Test and Mat.Philadelphia.

Casagrande, A.(1948) *Classification and Identification of soils*, Transactions, ASCE, .113,901-991.

Çinicioglu, F.Ö., Siyahi, B.G., Ünal, G.Y., 1991, organik içerikli kil davranışları, 5. Ulusal Kil Semp. Bildiriler (Ed. Zor), 302-317.

Çinicioglu, F.Ö., Ünal, G.Y., 1992, Kil zemin davranışında organik içeriğin etkisi, zemin Mekanığı ve Temel Mühendisliği 4. Ulusal Kong. Teb. Der., 31-45.

Fairbanks, R.G., 1989, A 17000 year glacio-eustatic sea-level record: Influence of glacial melting rates on the

- younger Drayas event and deep-ocean circulation; *Nature*, 342, 637-642.
- Geos Ltd., 1996, Sarıyer İstinye-Haciosman bağlantı yolu zemin etüdü (*Teknik rapor*).
- Gözübol, A.M., 1988, Tüm eczacılar birlilik yapı kooperatifî arazisi jeoteknik incelemesi, İ.Ü. Müh. Fak. proje no. 1568/88.
- Leonards, G.A., 1962, Foundation Engineering, Mc Graw Hill Book.
- Meriç, E., Sakınç, M., Eroskay, O., 1988, İstanbul Boğazı ve Haliç çökellerinin evrim modeli, Müh. Jeo. Bült. s. 10.
- Meriç, E. ve Sakınç, M., 1990, Foraminifera, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (*Ed. Meriç*), 13-41.
- Özdoğan, M., 1995, Tarih öncesi dönemde İzmit körfesi ve çevresi, *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi* (Ed. Meriç), 349-351.
- Şamlı, A.C., 1996, Haliç (İstanbul) Holosen dip çökellerinin bentik foraminifer faunası, *T.J.B.*, c. 39, s. 2,87-102.
- Terzaghi, K. and Peck, B.C., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons Inc.
- Tezcan, S., Durgunoğlu, H.T., İpek, M. ve Durgunoğlu, T., 1974, İstanbul Söğütlüçeşme istasyon tesisleri projesi geoteknik ve dinamik etüdü, Boğaziçi Univ., dahil rapor no. 74-6t.
- Wasti, Y., 1992, Organik zeminlerin tanımlaması ve özellikleri, Zemin Mekanığı ve Temel Mühendisliği 4. Ulusal Kong. Teb. Der. 46-53.

**DİVRİĞİ (Sivas) DEMİR YATAĞININ MİNERALOJİSİ VE OLUŞUM  
MODELİNE YENİ BİR YAKLAŞIM**

İbrahim ÇOPUROĞLU

Niğde Üniversitesi, Jeoloji Müh.Böl., Niğde.

**ÖZET:** İnceleme alanı Toros kuşağıının kuzeydoğu bölümünde, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonunun kesiştiği alanda yer almaktadır. Buradaki kayaçlar, Üst Kretase'den başlayarak Pliosen'e kadar devam eden magmatizmanın ürünleri olup, altta ofiyolitik seri ve kristalize kireçtaşları ile üstte kalkalkalı asidik, nötr ve bazik karekterli derinlik ve yüzey kayaçları bulunmaktadır. Divriği A-B Kafası manyetit yatağı, % 55 ortalama Fe tenörlü ve 53 milyon ton görünür, 20 milyon ton da muhtemel rezervli olup, felsler içerisinde damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde oluşmuştur. Yatağın birincil mineral parajenizini, manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, pirotin, ilmenit, ilmenomanyetit, rutil-anatas, bravoit, arsenopirit, sfalerit ve nabit altından ibaret cevher mineralleri ile skapolit (birincil), diyopsid, biyotit, apatit, epidot, klorit, karbonatik mineraller ve kuvars'dan ibaret gang mineralleri temsil etmektedir.

Yatağın mineral parajenezine ait manyetit, skapolit, diyopsid, biyotit ve apatit minerallerinin birbirlerinin içerisinde kapanımlar halinde bulunmaları, manyetit, pirit ve kalkopiritin bünyesinde ancak yüksek sıcaklıkda bulunabilen iz elementlerin varlığı ve hematitlerin mikroskop altında akma dokusu göstergeleri, bunların aynı magmadan ve aynı zamanda oluştuklarına işaret etmektedir. Ayrıca, klorit, epidot, Na-skapolit, karbonat ve kuvarsın varlığı; su oranı yüksek ve akıcı özelliği yüksek, alkali karekterli spilitik cevher magmasına işaret etmektedir. Dalma-batma işleviyle oluşan bu magma ofiyolit serisine ait gabroikler içeresine nüfuz ederek onların içine yerleşmiş, bu arada da uçucu gazları yankayacı felsleştirmiştir.

**A NEW APPROACH TO THE MINERALOGY AND THE GENESIS OF  
IRON-DEPOSITS OF DİVRİĞİ (Sivas)**

**ABSTRACT:** The area under study covers an area in a part of Nort-eastern Taurus Mountains which is a crossing spot between Northern Anatolian Fault Zone and Eastern Anatolian Fault Zone. The rocks here are the products of magmatism starting from the Upper Cretaceous to the Pliocene. Of the series the first from the bottom contains ophiolite and crystallised limestone, and the second from the bottom comprises of plutonic and volcanic rocks with the characters of calcalkaline, acidic, neuter and basic. The magnetite deposits of A-B Kafas of Divriği contains % 55 Fe and

*possesses roughly 53 million tone visible reserves and possibly 20 million tone hidden reserves in the form of ore vein, stock-work and hollow filling in the felsic rocks. The primary minerals' paragenesis of deposits is comprised of both ore minerals namely magnetite, hematite, pyrite, calcopyrite, pyrotine, ilmenite, ilmenomagnetite, rutile-anatas, bravoite, arsenopyrite, sfalarite and native gold, and other minerals whose names are magnetite, scapolite, diopside, biotite, apatite minerals belonging to the mineral paragenesis of deposits are crystallised together (or each other).*

*The existence of trace elements in the bodies of calcopyrite, magnetite and pyrite in high temperature, and of the hematite indicating a speciality of flowing structure under microscope points that all these minerals have been formed from the same magmas and created at the same time. Furthermore, the presence of chlorite, epidote, scapolite, carbonate and quartz minerals, of high proportion of water, and of bearing densely flowing characters shows that it is a spilitic ore magma with alkaline characters. The magma, which is created by the movement of subduction and obduction of plate-tectonic, penetrates into this gabbro and converts flowing gases in magma into the felsic rocks by influencing the garnet in the series of ofiolite.*

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Sivas ili, Divriği ilçesi sınırları içerisinde, Toros kuşağının

kuzeydoğu bölümünde ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kesiştiği alanda yer almaktadır (Şekil 1).

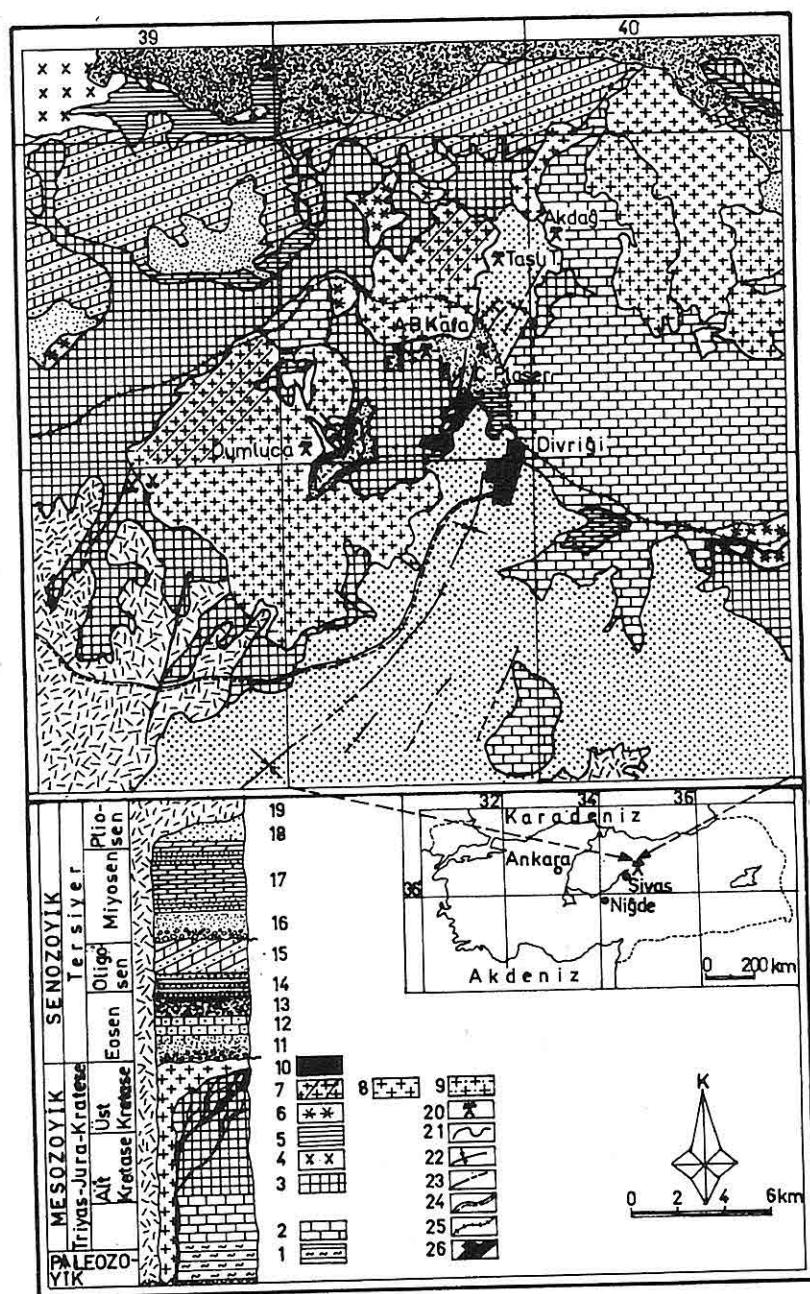
Yazar, uzun yıllar M.T.A. ve T.D.Ç.İ. Genel müdürlükleri tarafından yürütülen projelere doğrudan katılarak, projelere ait mineralojik - petrografik raporları hazırlamıştır (Yıldızeli ve diğ., 1991).

Bu kapsamda elde edilen mineralojik bulgular ile M.T.A. tarafından son yıllarda gerçekleştirilen, Divriği A-B Kafaya çok yakın olan Ekinbaşı mevkiiinde yapılan E-1 sondajı ile cevherleşmenin 379,60 m'lik derinliğine kadarki bir alanda yapılan inceleme sonuçları; bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır (Şekil 2).

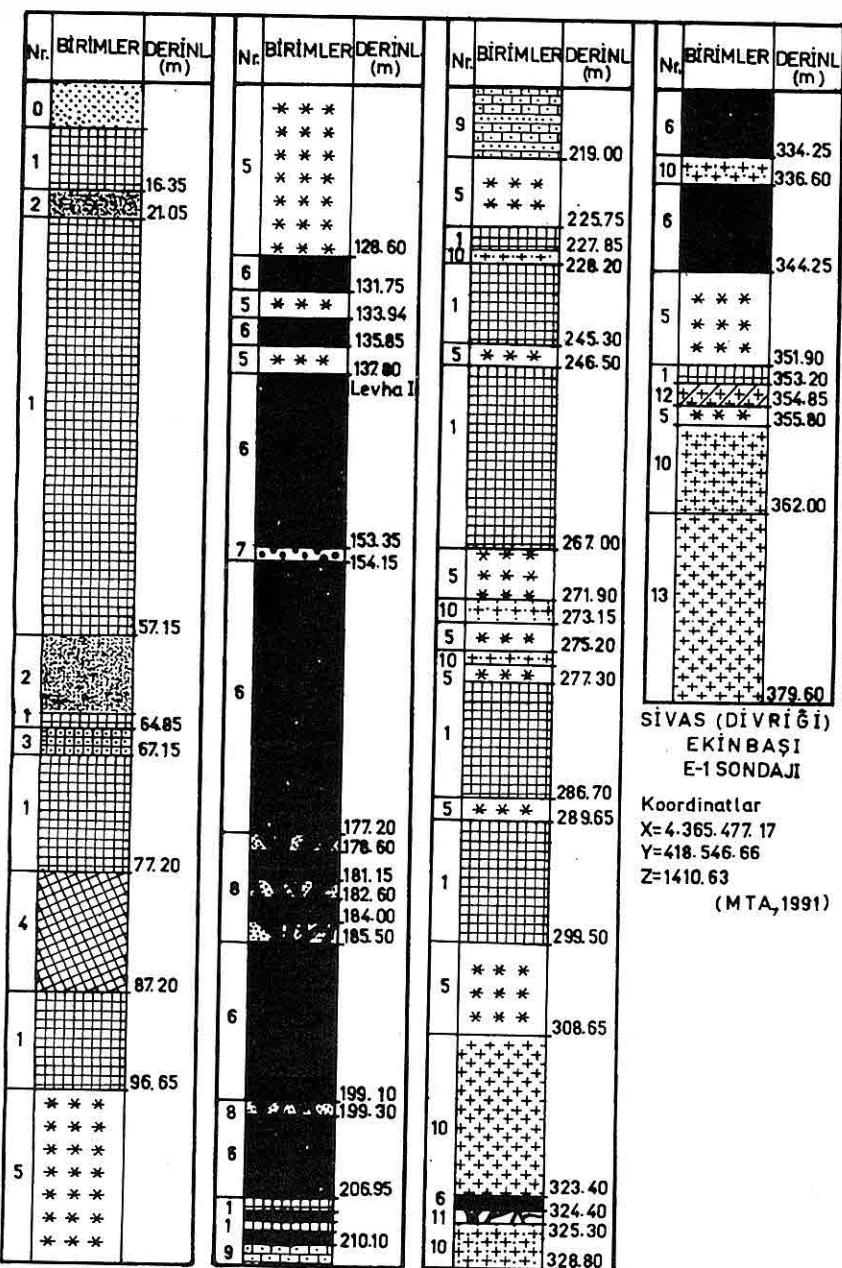
Divriği ve çevresinde bu güne kadar yapılan çalışmalar, ya arazi gözlemlerine dayalı jeolojik çalışmalar, ya da başkaları tarafından yapılan çok sayıdaki kimyasal analiz değerlerinin korelasyon hesapları ile bunların grafikler üzerindeki yorumları şeklindedir. Üst Kretase'den başlayarak Pliosen'e kadar devam eden bir magmatizmanın hakim olduğu bir bölgede kontaminasyona uğramış kayaç ve minerallerin kimyasal içeriklerine göre yorum yapılmasının çok hatalı olacağı muhakkakdır.

Bu nedenle, mineralojik incelemeler kapsamında cevher mineral parajenezi, yapı ve dokuların belirlenmesi yanında aynı mineraller içerisindeki element dağılımını belirlemek üzere scanning elektromikroskopu ile (TPAO, Jeol-JSM-840A, SEM-EDS) nokta analizleri gerçekleştirilmiştir.

DEMİR YATAĞININ MİNERALOJİSİ VE OLUŞUM MODELİNE YENİ BİR YAKLAŞIM



Şekil 1. İnceleme alanının jeolojik ve yer bulduru haritası (Yıldızeli ve diğ., 1991'den değiştirilerek alınmıştır) (Açıklama Ek 1/1).



**Şekil 2.** İnceleme alanında M.T.A. tarafından yapılan E-1 sondaj verileri (Yıldızeli ve diğ., 1991'den değiştirilerek alınmıştır) (Açıklama Ek 1/2).

## 2. GENEL JEOLOJİ

İnceleme alanında bulunan kayaçlar allokton ve otokton olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Alloktonlar, ultramafik, bazik ve kristalize masif kireçtaşları ile bunların tektonik dokanaklı olduğu ve "Görenli Otokton" olarak adlandırılan Keban Birliği (Özgül ve diğ., 1981) ile temsil edilmektedir. Otoktonlar ise, alloktonları kesen magmatitler ile bunların üzerinde çökelen denizel ve karasal çökeller olarak gözlenen daha genç birimlerdir (Yıldızeli ve diğ., 1991).

Divriği bölgesinde ofiyolitik serisi ve rekristalize kireçtaşları geniş yayılım göstermekte olup, bunlar granitoidler tarafından kesilmişlerdir (Yıldızeli ve diğ., 1976 ve 1991; Özgül ve diğ. 1981; Çapan 1980; Bayhan 1980 ve Doğan ve diğ. 1989).

Ofiyolitik seri, alttan üstte doğru ultramafik kayaçlar, gabroikler ve spilit-diyabazlar ile onların piroklastik türevlerinden oluşmaktadır. Ayrıca, ultramafik ve gabroik kayaçları kesen gabro-porfir, gabro-pegrnit ve minet damar kayaçları yaygındır (Yıldızeli ve diğ., 1991).

Ultramafik kayaçlar, inceleme alanında geniş yayılım göstermekte, çoğunlukla serpentinleşmiş harzburjıt, piroksenit ve hornblenditlerden oluşmaktadır. Mikroskop altında tipik elek dokusu özelliği gösteren krizotil ve antigorit mineraleri yanında olivin ve klinopiroksen kalıntıları gözlenmektedir. Kayacın cevher mineraleri; dissemine manyetit, çok az miktarda kromit ve

piritten oluşmaktadır. Kromitler, kenar ve çatıtları boyunca manyetit ve kromspinele dönüşmüştür,

Ekinbaşı Köyü'nün doğusunda geniş bir alanda karbonatlaşmış, silislesmiş ultrabazik kayaçlar (lisvenit) yüzeylenmektedir. Petrografik incelemelerde, olivin ve piroksenlere ait yapı ve doku kalıntıları, yer yer kromit mineralinin gözlenmesi, bunların ultrabaziklerden dönüştüğüne işaret etmektedir. Ayrıca, aynı kayaçlar içerisinde dissemine manyetit, rutil iskeletcikleri, flogopit, klorit mineralerinin yanında serizitleşme ve talklaşma özellikleri de gözlenmektedir. Serpentinleşmiş ultramafik kayaçlar genellikle krizotil ve antigoritten, az miktarda lizarditten oluşan serpentin mineralerini içermektedir.

Felsik kayaçlar, genellikle serpentinitlerin üzerinde, Divriği demir yatağının yankayacı konumunda olup, geniş bir alanda yüzeylemiştir. Bundan önceki çalışmalarında söz konusu birim kontakt metamorfik kayaçlar, felsik ve skarn - zonlar olarak adlandırılmıştır (Klemm, 1960; Koşal, 1974; Bozkurt, 1980; Ünlü, 1989; Ünlü ve Stendal, 1989 ve Doğan ve diğ., 1989).

Bölgedeki konumu itibarıyle, alta serpentinit, üzerinde ise, bazik volkaniklerin yer aldığı bu birim, ofiyolitik serisi tamamlamaktadır. Mikroskopik olarak, iri taneli, öz ve yarı özşekilli plajiolas (labrador), klinopiroksen (diyopsit), yapraklı dilinimli biyotit, epidot, skapolit (dipir), aktinolit-tremolit, eser miktarda apatit,

sfen, Ca, Mg ve Fe'li granat ve opak mineralleri gözlenmektedir. Ekonomik cevher minerali olan manyetitler; iki ayı türde bulunmaktadır. Bunlardan ilkinde, küçük taneli öz, yarı özçekilli ve saçılımlı, ayrıca içerisinde ince taneçiklerin oluşturduğu ilmenit ayrılmaları gözlenmektedir. Bunlar muhtemelen gabroiklerin bünyesinde bulunan manyetitlerdir. İkinci türde olanları ise, masif görünümlü, damar ve damarcıklar şeklinde, yatağın ekonomik cevher minerali olan manyetitlerdir. Mineral içeriği bakımından gabroik kayaça çok büyük benzerlik gösteren bu birim içerisinde, muhtemelen Divriği demir yatağını oluşturan cevher magmasının pnömatolitik gazları nufuz ederek kayacın plajiolasların skapolite (dipir), piroksen (diyopsit) ve amfiboller ise biyotit, aktinolit-tremolit, klorit ve epidota dönüştürmüştür. Bu durum, Hekimhan-Hasançelebi demir yatağının yankayacı olan skapolitfelslere (gabroikler) büyük benzerlik göstermektedir (Çopuroğlu, 1989).

Söz konusu ofiyolitlerin içerisinde irili ufaklı bloklar şeklinde ve inceleme alanının doğusunda ise geniş bir alanda yüzeylenen Triyas-Jura-Alt Kratese yaşı kristalize masif kireçtaşları yer almaktadır (Şekil 1).

Bölgede bulunan mağmatik kökenli asitik kayaçların Güneş civarında kuvars-siyenit, mikro-diyorit, Divriği civarında granodiyorit, kuvars-monzonit, kuvars-diyorit, siyenit, monzonit, monzo-diyorit, diyorit ve İlç'a doğru, granodiyorit, kuvars-diyorit, diyorit

monzonit, monzo diyorit ve granit ile bunların porfirleri bileşiminde oldukları Yazar tarafından daha önceki yıllarda yürütülen M.T.A. projeleri kapsamında belirlenmiştir (Yıldızeli ve diğ., 1991).

İnceleme alanı ve civarındaki diğer magmatik kayaçları; Aslan (1970) İlç civarındaki Paleosen yaşlı andezitleri, Kurt (1971) kuvarslı diyoritleri, Özdemir ve Biçen (1971) demir cevherleşmeyi inisial magma ile açıklıyarak, Eosen sonu bölgeye yerleşen intrüzifleri, Durgun (1972) granodiyoritlerin Pirenien Orijenezi ile ilgili olduğunu, Maviş (1977) söz konusu asit intrüzyonlarının Eosen'de bölgeye yayıldığını, Özgül ve diğ., (1981) granit sokulumunun Üst Kampanyen'de, andezit ve bazalt volkanizmasının ise, Eosen-Miosen zaman aralığında, Bayhan (1980) Güneş-Soğucak yörenin'deki volkanitlerin Neojen yaşlı ve kalk alkalen özellikte ada hayatı ürünü olduklarını, Yılmaz (1985) Üst Kretase-Paleosen zaman aralığında kıtakabuğuna yerleşmiş diyapirlerin yeniden hareketlenmesi sonucu oluşuklarını, Yıldızeli ve diğ. (1987) Kangal-Alacahan ve Kuluncak yöreninde Üst Kretase-Paleosen yaşlı siyenit-porfirler, Oligosen yaşlı trakit ve trakiandezitler ile Miyosen yaşlı aglomera tuf ve bazaltların varlığını, Tutkun ve diğ. (1988), Bölgenin doğusunu yorgan gibi örten Yamadağ volkanizmasının Eosen'den Pliosen'e kadar devam ettiğini, Ünlü ve diğ. (1989) Divriği yörenindeki Dumluca, Murmano ve Karakeban'da oluşan üç ayrı plütonik kayaçların varlığını belirterek, bunların

kireçtaşları ve serpatinitler içerisinde sokulum yaptıklarını, Zeck ve Ünlü (1988) söz konusu plütoniklerin yaşıının  $110 \pm 5$  mily. yıl, yani Alt Kretase'nin üst sınırında yerleştiklerini savunmuşlardır.

Kısaca, inceleme alanında ve yakın çevresinde Üst Krétase'den başlıyarak pliyosen'e kadar devam eden magmatik aktivitenin varlığı bilinmektedir.

Eosen yaşlı nümmilit fosilli transgressif sedimanlar, Oligosen-Miyosen yaşlı karasal ve denizel çökeltiler, Plio-Kuvaterner karasal çökeltiler bölgede yaygın olarak bulunan diğer birimlerdir (Yıldızeli ve diğ., 1987).

### **3. A ve B KAFASI DEMİR YATAKLARI**

Divriği A-B Kafası demir yatağı, çok eski tarihlerden beri işletildiği (Hititler), Almanlar tarafından Bağdat demiryolu inşaatı esnasında yeniden belirlendiği bilinmektedir. M.T.A. ve T.D.Ç.İ. Genel müdürlükleri 1968 yılından beri belirli aralıklarla jeolojik, jeofizik ve sondajlı demir etüdü çalışmaları yapmışlardır. Bu kapsamda, A-B Kafası, C-Plaseri ve Purunsur yataklarında M.T.A. tarafından toplam 63 yerüstü ve 16 yeraltı sondajları, T.D.Ç.İ. tarafından ise, 1973-1989 yılları arasında 50 adet sondaj yapılarak, A-B Kafada ortalama %55 Fe tenörlü (Tablo 1) 53 milyon ton görünür, 20 milyon ton muhtemel demir cevheri belirlenmiştir (Koşal, 1974; Yıldızeli ve diğ., 1976, 1991).

A-Kafası demir yatağı, genel olarak güney-güneydoğuya eğimli ve batı-güneybatıya dalımlıdır. Cevher,

serpatinitlerin üzerinde yer alan felsler içerisinde masif, cep dolgusu, damar ve damarcıklar şeklinde yerleşmiştir. Granoidler serpatinit ve felslerle belirgin kontakt oluşturmaktadır, veya onları ornatmaktadır. Granitoid ve cevherli felslerin altında yer alan serpatinitler ile karbonatlaşmış -silislesmiş, ultrabaziklerin içerisinde ise ekonomik düzeyde herhangi bir cevherleşmeye raslanmamış olup, sadece serpatinleşme esnasında açığa çıkan saçılımlı manyetit, kenar ve çatlakları boyunca manyetite ve krom spinele dönüşmüş olan, öz, yarı öz şekilli küçük taneli kromitler gözlenmiştir.

B-Kafası cevherleşmesi ise, A-Kafa yatağının üst zonlarında, serpatin-kireçtaşı kontağındaki zayıf zon içerisinde yine aynı şekilde damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde, masif görünümlü, A-Kafa cevher parajenezine benzer mineraller yanında, daha çok diyopsit, aktinolit-tremolit, muskovit, filogopit, turmalin, vollastonit, klorit ve epidotun oluşturduğu skarn minerallerinden oluşmaktadır. Na-iyonlarında zengin cevher mağması, kırık ve ezik zonları kat ederek gabroikler içerisinde yerleşirken, aynı mağmanın uçucu gazları, serpatinit, kireçtaşları ve granitoid kontaktlarında skarn zonlarını oluşturmuştur.

C-Plaseri yatağı, özellikle B-Kafa birincil cevher kütlesinden, Orta Pliyosen zaman aralığında Çaltı Grabeni'ne kısa bir süre içerisinde yığılmasıyla oluşmuş ikincil bir oluşumdur (Yıldızeli ve diğ., 1976; Ünlü, 1989).

**Tablo 1.** Sivas-Divriği (Ekinbaşı) E.1. Sondaj Karotlarına Ait Kimyasal Analiz Değerleri. (Açıklama Ek.1/3'de).

ÖRNİK No.	DƏRİNLİK (m)	Fe %	Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> %	S %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	Ni %	Mn %	Cu %
1 (6)	128,60-129,80	61,9	83,0	1,72	4,30	0,16	0,97	0,49	0,64	1,08	-	0,048	0,043
2 (6)	129,80-131,90	62,6	83,9	2,22	4,46	2,08	0,70	0,55	0,48	1,31	-	0,051	0,043
3 (5)	132,00-132,45	56,2	75,9	1,67	4,33	3,44	0,66	1,20	0,70	0,25		0,048	0,025
4 (6)	134,00-135,85	63,1	84,6	1,95	3,00	3,38	0,91	0,55	1,19	1,10		0,051	0,071
5 (6)	137,80-138,95	58,8	78,9	2,42	8,46	2,76	0,44	0,50	0,90	1,98		0,051	0,051
6 (6)	141,15-142,00		74,0	1,84	11,5	0,15	0,72	0,55	1,34	2,33		0,062	0,051
7 (6)	144,00-145,05	55,9	74,9	1,98	8,74	0,16	0,72	0,55	1,91	1,58		0,096	0,051
8 (6)	147,10-148,10	62,3	83,5	2,47	6,08	1,28	0,70	0,49	0,28	1,65		0,070	0,025
9 (6)	148,10-151,15	64,6	86,6	1,79	2,52	4,04	0,74	0,25	0,21	1,11		0,045	0,077
10 (6)	151,15-154,20	62,3	89,9	1,95	2,44	3,79	0,32	0,32	0,59	1,27		0,045	0,077
11 (6)	154,20-157,25	66,0	89,1	2,11	2,34	2,98	0,71	0,18	0,17	1,13		0,053	0,025
12 (6)	157,25-160,30	64,3	86,7	2,83	1,90	2,59	0,50	0,19	0,20	1,10		0,079	0,051
13 (6)	160,30-163,35	66,0	89,1	2,90	1,78	2,16	0,72	0,18	0,41	1,25		0,076	0,043
14 (6)	165,75-166,40	62,9	84,4	3,26	3,14	2,66	0,46	0,19	0,55	1,21		0,073	0,051
15 (6)	168,00-169,45	64,3	86,7	2,42	2,28	2,60	0,72	0,25	0,41	1,28		0,081	0,043
16 (6)	172,35-172,75	62,9	84,8	2,55	2,96	3,61	0,31	0,20	0,52	1,78		0,076	0,043
17 (6)	173,50-175,35	66,6	89,9	2,45	2,10	2,45	0,67	0,38	0,66	1,30		0,076	0,077
18 (6)	175,55-177,35	64,3	86,7	2,90	2,62	2,56	0,48	0,24	0,38	1,84		0,081	0,043
19 (6)	180,60-181,15	57,5	77,4	2,37	8,89	1,84	0,48	0,19	1,11	2,13		0,048	0,025
20 (6)	182,60-184,00	54,0	76,2	1,74	6,30	1,09	0,31	0,50	0,95	1,51		0,051	0,051
21 (6)	185,90-187,75	56,3	76,5	1,63	3,02	0,79	0,25	0,32	1,15	1,63		0,062	0,010
22 (6)	189,25-190,80	58,6	80,4	2,60	3,12	0,92	0,51	0,38	0,66	2,32		0,045	0,043
23 (6)	193,10-193,85	55,7	75,7	2,78	7,30	1,13	0,51	0,30	1,15	1,97		0,051	0,051
24 (6)	194,40-196,85	58,0	78,7	3,49	4,72	0,17	0,32	0,30	0,72	1,63		0,053	0,043
25 (6)	199,75-199,95	59,2	82,0	2,47	2,08	2,84	0,66	0,24	0,64	1,52		0,045	0,025
26 (6)	199,95-203,00	62,4	83,6	2,32	3,86	0,46	0,46	0,25	0,59	1,57		0,051	0,025
27 (6)	203,00-205,05	60,9	82,7	3,21	3,28	1,09	0,54	0,18	0,39	1,93		0,076	0,077
28 (6)	206,95-207,35	61,4	82,0	2,94	3,24	0,33	0,38	0,24	0,66	2,00		0,054	0,081
29 (6)	208,20-209,08	61,4	79,7	2,29	1,99	1,00	0,31	0,49	0,99	1,47		0,076	0,077
30 (8)	177,20-177,40	53,8	72,2	8,89	5,24	1,38	0,48	0,14	2,70	1,80	0,27	0,057	0,028
31 (6)	185,50-185,90	56,4	75,8	2,47	2,72	1,51	0,52	0,18	1,99	1,28	0,15	0,079	0,008
32 (6)	323,40-324,40	60,7	81,7	3,20	6,50	1,67	0,34	0,16	0,99	0,04	0,13	0,075	0,009
33 (10)	325,80-330,75	65,2	89,0	0,78	3,22	2,03	0,39	0,17	0,71	0,53	0,34	0,070	0,009
34 (6)	330,75-331,05	66,2	89,4	0,99	3,48	1,96	0,39	0,18	0,71	0,62	0,13	0,040	0,009
35 (6)	331,05-334,25	62,6	84,4	7,53	4,12	0,66	0,31	0,15	0,71	0,42	0,18	0,079	0,015
36 (6)	336,60-337,20	63,7	85,8	3,52	6,48	1,87	0,52	0,14	0,71	0,53	0,18	0,088	0,010
37 (6)	337,20-340,25	64,8	87,4	4,36	3,28	1,65	0,52	0,17	0,85	0,62	0,20	0,079	0,013
38 (6)	340,25-342,80	64,9	87,6	4,66	3,08	1,99	0,48	0,17	0,85	0,50	0,19	0,079	0,011
39 (6)	342,80-344,25	65,5	88,4	2,67	3,06	2,23	0,50	0,16	0,99	0,75	0,18	0,080	0,010
40 (5)	350,50-351,40	68,1	78,1	0,69	5,06	1,66	0,31	0,11	3,27	1,49	0,18	0,075	0,009
41 (5)	219,35-219,55	56,9	74,6	2,00	5,36	1,96	0,37	0,36	1,84	1,61	0,31	0,066	0,023
42 (5)	219,75-221,40	53,6	78,9	1,94	3,02	1,64	0,34	0,18	2,41	1,59	0,28	0,088	0,019
43 (5)	221,40-222,45	59,9	80,5	1,57	4,10	1,44	0,25	0,29	3,27	1,69	0,20	0,062	0,023
44 (5)	222,45-223,30	53,5	71,9	1,55	6,46	1,72	0,19	0,36	3,98	1,49	0,18	0,079	0,023
45 (1)	255,15-256,50	42,7	56,9	6,14	17,8	4,26	0,46	1,35	1,28	3,82	0,53	0,022	0,013
46 (1)	257,65-257,80	60,3	81,2	6,58	5,22	1,76	0,39	0,44	1,28	1,19	0,48	0,020	0,011
47 (1)	257,80-258,45	63,2	85,2	3,12	4,60	1,88	0,51	0,44	0,64	1,20	0,28	0,020	0,005
48 (1)	259,90-261,25	56,6	76,1	0,90	8,02	2,28	0,48	0,35	1,21	1,51	0,16	0,031	0,009
49 (1)	262,10-262,55	53,2	71,4	0,40	10,3	3,78	0,57	0,65	1,93	1,60	0,15	0,022	0,006
50 (1)	262,55-264,30	63,8	86,0	1,99	4,34	1,56	0,38	0,17	1,28	0,93	0,16	0,044	0,011
51 (1)	283,05-283,95	52,4	70,3	1,68	14,0	2,02	0,37	0,35	4,70	2,36	0,16	0,048	0,011
52 (1)	283,95-285,65	37,6	49,8	1,43	21,7	4,16	0,48	1,35	6,40	5,02	0,15	0,044	0,011
53 (1)	285,65-286,10	43,3	57,8	2,18	20,6	4,40	0,51	1,06	3,96	3,71	0,15	0,044	0,009
54 (5)	288,00-288,15	45,0	59,2	2,62	14,3	4,30	0,15	1,20	4,55	3,68	0,17	0,024	0,011
55 (5)	288,90-289,00	50,1		2,45	20,7	5,06	0,17	1,49	3,27	4,06	0,16	0,031	0,011
56 (1)	290,60-291,75	57,5	3,12	19,8	3,76	0,17	0,91	3,27	4,96	0,16	0,029	0,010	
57 (1)	293,00-294,80	56,7	3,05	16,2	4,32	0,17	1,06	2,98	4,02	0,30	0,026	0,011	

## *DEMİR YATAĞININ MİNERALOJİSİ VE OLUŞUM MODELİNE YENİ BİR YAKLAŞIM*

Cevher-yankayaç ilişkilerinin derinliğine incelenmesi, Divriği A-B Kafası yatağına çok yakın olan Ekinbaşı mevkiiinde, M.T.A. tarafından yapılan 379,60 m. derinlikteki E-1 sondajına ait karot örnekleri ile gerçekleşmiştir (Şekil 2).

Buna göre, bölgede çok yaygın bir alanda yer alan serpentinitler ve granotoidler içerisinde ve yakın çevresinde herhangi bir cevherleşme görülmemektedir (Şekil 2). Serpatinitlerin içerisinde dissemine manyetit ve kromit kristalleri makroskopik olarak izlenmektedir. Bunların bazı bölgelerinde ise, söz konusu bu cevher mineralerinin remobize olarak zenginleşikleri görülmektedir (Şekil 2, No. 2).

Cevher; masif, damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde, skapolit, granat, epidot, diyopsit, aktinolit-tremolit, klorit ve karbonatik mineralerin oluşturduğu felsler içerisinde bulunmaktadır (Şekil 2, No.: 5, 6, 7 ve 8).

Cevher damarları ile serpentinitler arasında çok belirgin ve keskin kontakt olup, cevherin serpentinitleri ornatıtları gözlenmektedir. Ayrıca, aynı cevher damarları intrüzyon esnasında ornatıtları serpentinitlere ait breşik yapılı parçaları da birlikte taşımışlardır (Foto 1, 2 ve 3).

### **4. MİNERALOJİK İNCELEMELER**

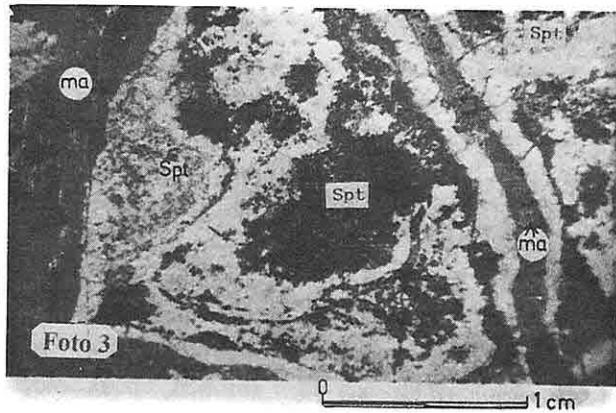
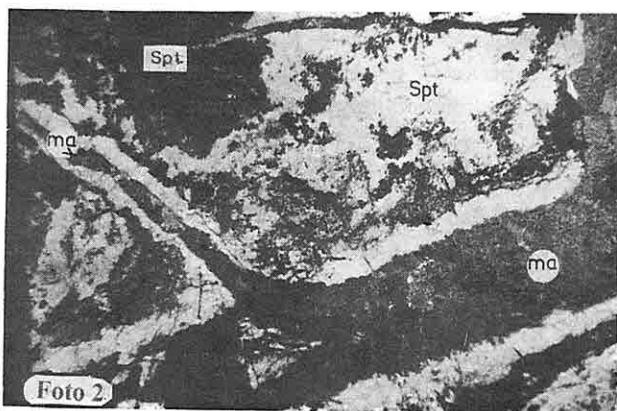
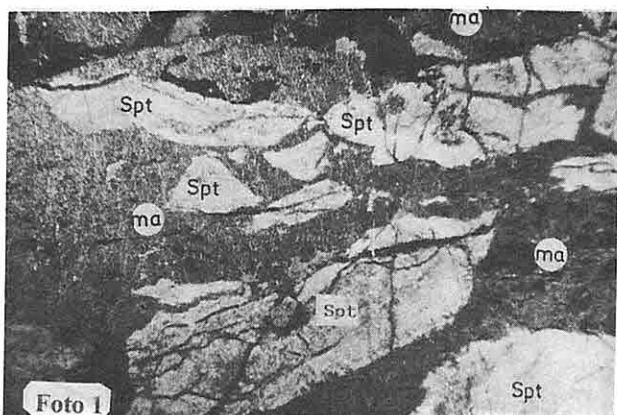
Mineralojik incelemeler kapsamında, E-1 sondajına ait farklı birimlerden derlenen karot örnekleri üzerinde, sırayla incekesit-parlakkesitlerin mikroskopik incelemeleri yanında, aynı parlak kesitler

üzerinde SEM ile nokta analizleri gerçekleştirilerek, mineral parajenezi, mineraler içerisindeki iz element dağılımları belirlenmiştir (Şekil 2). Böylece, cevher damarı içerisindeki iz element dağılımı ile yankayaç konumundaki serpatinitlerin iz element içerikleri karşılaştırılarak jenez yorumuna gidilmiştir.

A-B Kafası demir yatağının bütün özelliklerini yansitan E-1 sondaj karot örneklerinin incelenmesi sonucu; Cevherin yankayaç konumundaki felsik kayacı; skapolit, diyopsit, biyotit, flogopit, sfen, aktinolit-tremolit, klorit, epidot, granat, apatit, kalsit ve kuvars oluşturmaktadır. Cevher mineralerleri olarak da manyetit, hematit, ilmenit-ilmenomanyetit, rutil-anatas, pirit, kalkopirit, pirotin, markazit, bravoit, eser mikarda sfalerit, arsenopirit ve nabit altın belirlenmiştir.

Yankayaç felsler ile cevherli zonlar üzerinde yapılan inceleme sonucunda; cevher mineral parajenezine ait ve birbirleri içerisinde kapanım olarak izlenen birincil mineraler ile aynı cevher magmasının pnömatolitik gazlarının etkisiyle, ofiyolit serisi ait gabroiklerin bünyesindeki plajiolaslardan; skapolit (dipir), piroksen, amfiboller ve biyotitten ise, aktinolit-tremolit, epidot, klorit, granat ve karbonatik mineralerin oluştuğu belirlenmiştir.

Cevher mineral parajenezine ait, manyetit, sfen, rutil-anatas, skapolit (birincil olarak oluşan türü), diyopsit, apatit ve biyotit gibi birincil mineraler; genellikle birbirleri içerisinde kapanım



olarak bulunmaktadır. Aynı mineral parajenezi ve benzer özelliklerdeki minerallerin birbirleri içerisinde kapanış olarak bulunmalarını Boivin ve Camus (1981) bunların aynı magmadan birincil olarak oluştuklarına işaret etmektedir. Troger (1969)'e göre de, skapolitler, birincil olarak da oluşabilir. Kireçtaşları içerisindeki geçen magmanın  $\text{CO}_2$  miktarı artmakta, normal olarak magmadan ayrılan plajoiklaslar skapolite dönüşmektedir. Böylece inceleme alanında iki tür skapolitin varlığı belirlenmiş olup, bunlardan biri, gabroiklere ait plajoiklasların alterasyonu sonucu açığa çıkan, diğeri ise, cevher mineral parajenezine ait birincil olarak oluşanlardır.

Divriği A-B Kafası demir yatağının ekonomik cevher minerali manyetittir. Genellikle masif, damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde izlenmektedir. Ayrıca gabroiklere ait öz, yarı özçekilli küçük taneli ve saçılımlı manyetitler gözlenmektedir. Bunların daha genç olan damar şeklindeki manyetitlerden ayıran özelliği, kırık ve çatlakları boyunca hidrotermal etkinlik sonucu martılaşerek ileri derecede hematite dönüşmeleri ile içerisinde ilmenit ayrılımları bulundurmalarıdır.

Ana yatağı oluşturan intrüzif manyetitler genellikle pirit, kalkopirit, pirotin ve hematitlerle birlikte bulunmakta, içerisinde kesinlikle ilmenit ayrılımları yoktur. Aynı parajeneze ait hematitler; tipik hidrotermal oluşum özelliği olan çubuksu yapılar ile akma dokusu göstermektedir (Foto 4, 5 ve 6).

E-1 sondajına ait, ana cevherleşmeyi temsil eden manyetitlerin kimyasal analizleri; Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre, masif manyetitlerin ortalama %75-89 arasında değişen  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  İçeriği yanında yüksek S, Al, Mg, Ni, Mn ve Cu değerlerinin varlığı belirlenmiştir.

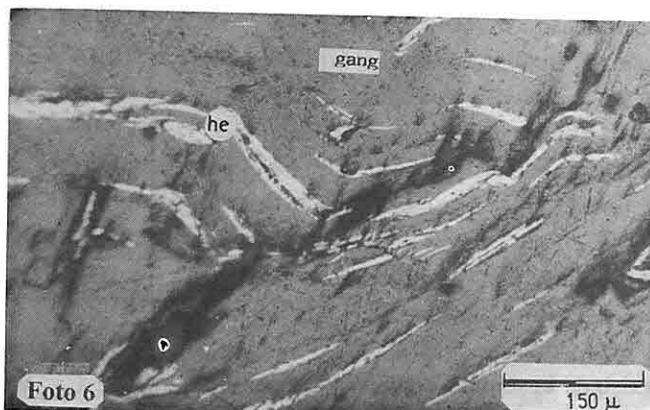
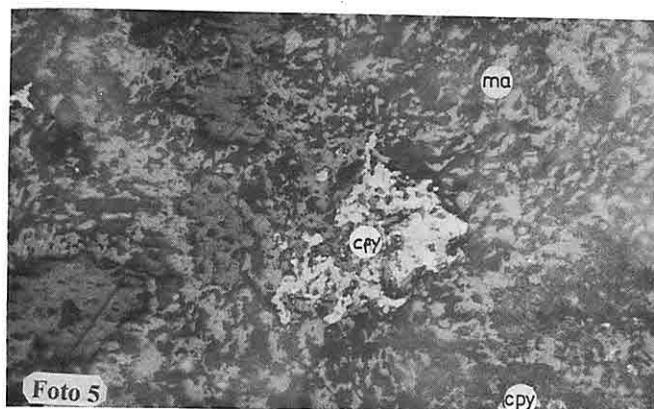
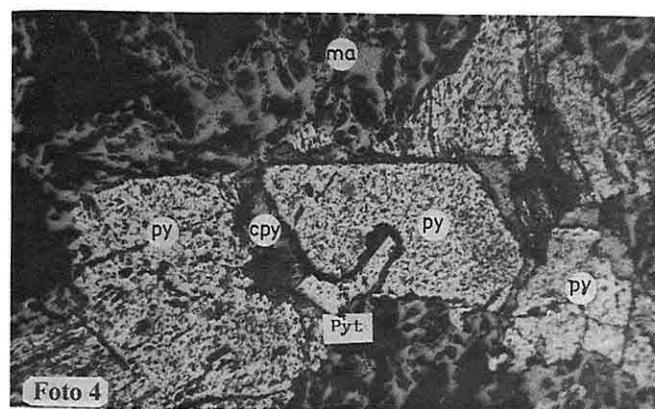
Buna ilaveten, söz konusu bu masif manyetitler, SEM nokta analizine tabi tutularak, içerisindeki iz elementlerin dağılımı belirlenmiştir (Tablo 2). Burada görülen manyetit bünyesindeki iz elementlerin varlığı, yüksek sıcaklıkta, aynı magmadan oluştuklarına işaret etmektedir.

**Tablo 2.** Divriği A-B Kafa demir yatağı, E-1 sondajına ait 138,00 m. derinlikdeki manyetit damarı üzerinde scannig elektromikroskop ile yapılan nokta analizdeğerleri.

Elementler	Atom%	Ağırlık%
Fe	98.29	98.61
Mn	0.46	0.45
Ti	0.32	0.28
Sn	0.07	0.15
Nb	0.08	0.14
Si	0.33	0.17
Al	0.45	0.22
TOPLAM	100.00	100.00

Bünyesinde bulunan diğer iz elementler: Cu, Zn, Ca, Mg, V, F, Cd, Xe, B, Eu

Aynı numunenin (E-1 sondajı, 138,00 m) cevher damarı ile keskin dokanak oluşturan serpantinitlerden yapılan



## DEMİR YATAĞININ MİNERALOJİSİ VE OLUŞUM MODELİNE YENİ BİR YAKLAŞIM

parlakkesitlerin incelenmesinde; öz, yarı öz şekilli ufak taneli saçılımlı manyetit ve kromit tanecikleri fazlaca miktarlarda oldukları gözlenmiştir. Bu cevher mineralleri, yapı, doku ve alterasyon özellikleriyle, ana yatağı oluşturan manyetitlerden ayırt edilmektedir. Söz konusu manyetitler kenar, kırık ve çatlakları boyunca ileri derecede martıtlışerek hematite dönüşmüştür. Rutil kafes ve iskeletçiklerinin yanında küçük taneli, kenar, kırık ve çatlakları boyunca manyetit ve spinele dönüşmüş olan kromit taneciklerine de sıkça rastlanmaktadır.

Manyetit damarı içerisindeki serpentin breş parçaları içerisindeki element dağılımını belirlemek üzere, yine SEM nokta analizi gerçekleştirılmıştır (Tablo 3). Buna göre, Fe ve diğer elementlere ait değerler, normal bir ultrabazik bir kayaçda bulunması gereken değerlere (Pfeiffer, 1981) çok yakın olup, bu kayaçlar içerisindeki Fe'nin taşınması, remobilize olması halinde daha düşük değerlerin mevcut olmaması gereklidir.

Cevher mineral parajenezine ait, manyetitlerin içerisinde bulunan pirit ve kalkopiritler (Foto 1 ve 2) üzerinde aynı şekilde SEM ile gerçekleştirilen nokta analizlerinde, söz konusu minerallerin içerdikleri iz elementlerin, cevher mineral parajenezine ait minerallerin bünyesindekilerle benzerlik gösterdikleri ve bunların yüksek sıcaklıklarda oluşan, aynı cevher magmasına ait oldukları belirlenmiştir (Tablo 2 ve 4).

**Tablo 3.** Divriği A-B Kafa demir yatağı, E-1 sondajına ait 138.00 m. derinlikdeki manyetit damarı içerisindeki serpentin parçalarında (Foto 1, 2 ve 3, breşler) üzerinde SEM ile yapılan nokta analiz değerleri.

Elementler	Atom %	Ağırlık %
Fe	15.91	27.16
Mn	0.12	0.20
Ti	0.53	0.77
Si	38.36	32.95
S	0.18	0.17
Al	10.56	8.71
Ca	1.04	1.28
K	8.75	10.46
Mg	24.47	18.19
Cl	0.10	0.11
TOPLAM	100.00	100.00

Bünyesinde bulunan diğer iz elementler: B, Cu, Zn, Co, Cr, Lu, In, Ir, Au.

### 5. OLUŞUM MODELİ ÜZERİNE TARTIŞMA

Divriği demir yatağının oluşumuna ilişkin iki farklı görüş hakimdir. Bunlardan ilkine göre, cevherleşme doğrudan granitik kayaçlarla ilişkilidir. Cevher kontakt metasomatik ve pnömatolitik süreçlerle şekillenmiştir (Klemm, 1960 ve Koçal, 1974).

İkinci görüşe göre ise, söz konusu demirin kaynağının ultrabazikler olduğu, serpentinleşme esnasında silikatların bünyesinden ayrılan demirin,

**Tablo 4.** Divriği A-B Kafa demir yatağı, E-1 sondajına ait karot örneklerinde belirlenen cevher mineral parajenezine ait pirit ve kalkopirit cevher mineralleri üzerinde SEM ile yapılan nokta analiz değerleri.

PİRİT			KALKOPİRİT	
Elementler	Atom%	Wt%	Atom%	Wt %
S	66.23	52.54	45.50	28.83
Fe	33.43	46.18	25.80	28.47
Cu	---	---	25.90	32.53
Ti	---	---	2.44	9.83
Ca	0.20	0.16	----	----
Ni	---	----	0.16	0.18
K	0.06	0.06	----	----
Lu	0.28	1.22		
TOPLAM	100.00	100.00	100.00	100.00
Bünyesinde bulunan diğer iz elementler:				
Pirit : Mo, Se, Sc, Re, La, Tl				
Kalkopirit : In, Sb, Os, Au, Co, Al, TI, Nd, Eo				

hidrotermal, sirkilasyonlarla mobilize olarak Divriği manyetit yatağını oluşturmuştur (Ünlü, 1989; Tokel ve Köprübaşı, 1986; Doğan ve diğ., 1989 ve Yıldızeli ve diğ., 1991).

Her iki görüşü savunan çalışmalar, genellikle arazi gözlemlerine dayanarak ve cevher ile yankayaçalar üzerinde modern cihazlarla yapılan yüzlerce kimyasal analiz değerlerinin grafikler üzerinde yorumlanması ilkesinden hareket ederek bu sonuca varmışlardır (Ünlü ve Stendal, 1989). İnceleme alanında ve çevresinde Üst Kratese'den başlayarak Pliosen'e kadar devam eden bir magmatizmanın varlığı bilinmektedir. Bu ortamda yapılan bütün kimyasal analizler, kontaminasyon nedeniyle yaniltıcı olabilir. Bu değerler aynı

zamanda mineralojik incelemelerle de kontrol edilmelidir. Böylece minerallerin gösterdikleri yapı, doku, kapanım, ornatma, parajenez ve jeotermometrik özellikleri gösteren mineraller ile bölgedeki magmatik olaylar daha sağlıklı yorumlanabilmektedir.

Yukarıda belirtilen iki farklı cevher oluşum mekanizmasının daha farklı bir biçimde açıklanmasını gerektiren yeni veriler ve görüşler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

-İnceleme alanındaki kalkalkali karekterli magmatizmanın kaynağı, levha tektoniği modeline göre açıklanarak (Tokel ve Köprübaşı 1986), bunların adayı magmatizması karekterinde olduğu bütün yerbilimcilerin ortak görüşüdür.

-Derinlerde eriyerek kalkalkali karekterli magmanın oluşmasını sağlayan malzeme, bölgedeki ofiyolitik seride ait kayaçlar ile yaşı tortul ve metamorfik kayaçlardan oluşmaktadır. Bu malzemenin bünyesinde kayaç yapıcı mineralleri oluşturan elementler (Na, K, Ca, Mg, Al, Si v.s) ile maden yataklarını oluşturan elementleri de (Fe, Cr, Ti, Cu, Au v.s) bulundurması gerekmektedir. Oysa, bölgedeki bütün derinlik kayaçları bünyesinde ekonomik düzeyde bir cevherleşmeye rastlanmamıştır (Şekil 2).

-Amstutz (1959, 1974), Borchert (1958, 1960 ve 1972), Bottke (1981) ve Pfeiffer (1981)'e göre yaklaşılan kıta kenarında, dalma-batma süreçleri sırasında okyanus litosferine ait ultramafiklerle, Na ve Ca'ca zengin tortul malzemelerin derinlere inmeleri ve oralarda ergimeleri sonucu ağır mineralerce ve uçucu gazlarca zengin alkali bileşimli bir magma oluşmakta ve bu magma; yükselmeden önce yoğunluk farklılıklarından dolayı, demiroksit ve diğer metal iyonlarında zengin bir bölüm ile alkali veya kalkalkali silikat çözeltilerinden oluşturduğu bir diğer bölüme ayrılmaktadır. Aynı yazarlar, her iki karekterdeki magmanın zayıf zonları katederek adayayı civarındaki kayaçların içerisinde nufuz ettiklerini ve bu mekanizmayla da ekonomik demir yataklarının oluşabileceğini açıklamışlardır. Bu şekildeki yatak oluşturan spilitik karekterli cevher magması, İsveç'deki Kiruna yatağını (Park, 1972); Şili'nin kuzeyindeki ekstrüzif şekilde bir dağ oluşturan

"Coquimbo ve Atamacada" manyetit yatağını; Rusya'daki "Krivoy Rog" demir yatağını (Bottke, 1981) oluşturmuştur.

Yukarıda belirtilen Dünya'nın diğer bölgelerine ait demir yatakları, mineral içeriklerine ve diğer birçok özelliklerle Divriği demir yatağına büyük benzerlikler göstermektedir. Söz konusu yataklardaki en önemli ortak özellik; manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, pirotin, diyopsid, apatit, skapolit, biyotit, klorit ve epidottan oluşan mineral parajenezleri yanı sıra, bütün bu mineralerin kapanım olarak birbirleri içerisinde bulunmalarıdır. Mikroskopik incelemelerde, manyetit içerisinde; opak mineralleri, skapolit (dipir), biyotit, sfen, kalsit; skapolit içerisinde; manyetit, biyotit, apatit, diyopsit, biyotit, kalsit, klorit, epidot ve kuvars; Diyopsit içerisinde; manyetit ve biyotit; Apatit içerisinde; manyetit ve skapolit oluşumları gözlenmiştir. Belirlenen özellikler, söz konusu minerallerin aynı magmadan yüksek sıcaklık ve basınç şartları altında oluşuklarına işaret etmektedir. Ayrıca, cevher mineral parajenezi içerisinde birincil olarak olmuş epidot, klorit, karbonat, kuvars ile Na'ca zengin skapolit (dipir) mineralerinin mevcudiyeti, su oranı ve akıcı özelliği yüksek olan cevher magmasının alkali spilitik karekterde olduğunu göstermektedir. Benzer bir mineral parajenezi ve oluşumu Boivin ve Camus (1981) tarafından Fransa ve Cezayir'de belirlenmiştir.

-Divriği A-B Kafası demir yatağının yakınında yapılan 379.60 m. derinlikteki

E-1 sondaj karotlarının makroskopik ve mikroskopik incelemeleri sonucu, cevherin damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde intrüzif karakterli olarak serpentinitleri keserek onları kat ettiği ve gabroikler içeresine yerleştiği belirlenmiştir (Şekil 2). Cevher yerleşimi esnasında ve bunu takip eden süreçlerle cevher magmasının uçucu gazları, gabroiklerin plajioklaslarını skapolite (ikincil skapolit), piroksen, amfibol ve mikalarında aktinolit, tremolit, klorit, epidot, karbonat ve kuvarsı dönüştürmüştür. Kısaca cevherin yan kayacı olan felslerin ilksel kayacı bölgedeki ofiyolit serisine ait gabroiklerdir. Koşal (1974), bu birimi "metamorfik gabro" olarak adlamıştır. Böylece her iki oluşum birbirlerini takip ettiği belirlenmiştir.

-Serpantinitler içerisindeki manyetitler ile damar şeklindeki manyetitler; yapı, doku ve kimyasal içerikleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Serpentinitler içerisindeki manyetitler küçük taneli, öz, yarı öz şekilli ve saçılımdır. Kenar, kırık ve çatlakları boyunca ileri derecede martıtitleşerek hematite dönüşmüşlerdir. Damar içerisindeki manyetitler ise, masif görünümlü, içerisinde yüksek sıcaklıkda olduğunu belgeleyen çok sayıda iz elementler bulunmaktadır (Tablo 2). Ayrıca, serpentinitlerin üzerinde yapılan SEM analizinde, serpentinitlerin kimyasal içerikleri normal kayaçlardaki değerlerle büyük bir uyum içindedir. Diğer bir deyişle fazla bir demir taşınması söz konusu değildir (Tablo 3).

-Cevher mineral parajenezine ait pirit

ve kalkopiritlerin üzerinde yapılan nokta analizleri yanısıra, manyetitler içinde yüksek sıcaklık oluşumuna işaret eden bazı iz elementler belirlenmiştir (Tablo 3). Ayrıca, aynı parajenezde bulunan hematitler, çubuslu şekilde akma dokusu özelliği göstermektedir (Foto 4).

Böylece, Divriği manyetit yataklarının, nispeten geniş bir jeolojik zaman aralığında bölgede hakim olan magmatik aktivitenin pnömatolitik-hidrotermal evreleriyle ilgili olduğu belirlenmiştir. Söz konusu spilitik-alkali karakterli cevher magması, ofiyolit serisini kat ederek yükselmiş ve aynı seride ait gabroiklerin içeresine nufuz ederek damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde yerleşmiştir. Aynı magmanın uçucu gazları ise yan kayacı etkiliyerek onları felsleştirmiştir.

## 6. SONUÇ

Divriği demir yatağının yankayacı konumundaki felsler, bölgedeki ofiyolit seride ait gabroik kayaçlar olup, yatağı oluşturan cevher magmasının pnömatolitik gazlarının etkisiyle ortaya çıkmışlardır

E-1 sondaj karotlarının makroskopik ve mikroskopik incelenmesiyle cevher -yankayaç ilişkileri, cevher mineral parajenezi belirlenmiş ve yatak; damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde felsleşmiş gabroikler içeresine yerleştiği anlaşılmıştır. Cevher mineral parajenezine ait manyetit, pirit, kalkopirit, skapolit, diopsit, apatit ve biyotitten oluşan minerallerin kapanım olarak birbirlerinin içerisinde

bulunmaları, bunların aynı zamanda ve aynı magmadan oluşuklarını göstermektedir. Ayrıca, Dünya'nın diğer benzer demir yatakları tesbit edilerek Divriği demir yatağı ile karşılaşmaları yapılmıştır.

Çok ayrıntılı olarak cevher mikroskopisi incelemeleri yapılarak cevher mineral parajenezini ve bunların yapı-dokularının serpantinitler içerisindeki cevher minerallerinden farklılık gösterdikleri belirlenmiştir. Cevher mineral parajenezine ait manyetit, pirit ve kalkopiritler üzerinde SEM analizleriyle, söz konusu minerallerin bünyelerinde bulunan iz elementlerin analizleri yapılarak, bunların yüksek sıcaklıkda oluşukları belirlenmiştir.

Ayrıca, bütün bu bilgiler ışığı altında, Divriği demir yatağının oluşumuna ilişkin bu güne kadar yapılan görüşlerin aksine, değişik bir oluşum modeli yorumlanmıştır.

Bölgedeki magmatizmanın kaynağı olarak açıklanan levha tektoniği modeline göre, derinlerde ergiyen okyanus litosferine ait malzemeler (ofiyolitik seri, Na ve Ca'ca zengin tortullar) iki ayrı özellikte magma oluşturmuştur. Bunlardan ilki; bölgedeki derinlik ve yüzey kayaçlarının hammaddesi olan silikat magmasıdır. Diğer ise uçucu gaz ve metal iyonlarca zengin olan alkali karakterli spilitik cevher magmasıdır. Her iki magma belirli zaman aralıklarında aynı yolu katederek yükselmiş, adayayı gerisinde magmatik falyetlerle değişik bölgelere yerleşmiştir. Cevher magması, Divriği

bölgesinde ofiyolit serisini kat ederek gabroikler içerisine damar, damarcık ve cep dolgusu şeklinde yerleşmişlerdir. Bunlara karşılık aynı magmanın ucuğu bileşenleri gabroikleri felsleştirmiştir.

#### KATKI BELİRTME

Yazar, bu makalenin gerçekleşmesinde büyük katkıları olan M.T.A. Genel Müdürlüğüne, her zaman yardımcılarını gördüğüm Jeo. Yük. Müh. Erhan Önder'e (M.T.A.), SEM analizlerindeki katkıları için Fizik Müh. Mehmet Bülbül'e (TPAO) teşekkür eder. Ayrıca, araştırmmanın her safhasında yardımcı esirgemeyen ve makaleyi eleştirek okuyan değerli hocası Prof. Dr. Ahmet Ayhan'a (Gebze Yük.Tek. Enst. Rektörü) teşekkür borçludur.

#### KAYNAKLAR

Amstutz G.C., 1959, *Syngenese und Epigenese in Petrographie und Lagersteattenkunde: Schweiz. Mineral. Petr. Mitt.*, 39; 1-84.

Amstutz, G.C., 1974, *Spilites and Spilitic Rocks: IUGS. Ser. A, No. 4, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York*, 482 s.

Aslan, V., 1970, *Divriği J-41a2 paftasına Ait Jeoloji Raporu: M.T.A. Sivas Bölge Müdl. Rapor No. 89.*

Bayhan, H., 1980, *Güneş-Soucak (Divriği) Yöresinin Jeolojik, Mineralojik, Petrografik-Petrolojik ve metalojik İncelenmesi: H.Ü. Doktara Tezi, 1988 s., Ankara (Yayınlanmamış).*

Boivin, P. ve Camus, G., 1981, *Igneous*

- scapolite-bearing associations in the Chaine des Puys, Massif Central (France) and Atakor (Hoggar, Algeria): Cont. Mineral. Petrol.*, 77, 365-375.
- Borchert, H., 1958, *Die Chrom-und Kupferezlagersteatten des initialen ophiolithischen Magmatismus in der Türkei: M.T.A. raporu*, No. 102, 175s.
- Borchert, M. R., 1960, *Geosynklinale Lagersteatten, was dazu gehört und was nicht dazu gehört sowie deren Beziehungen zu Geotektonik und Magmatismus: Freiberg. Forschungsh. C 7, 7 - 61.*
- Borchert, H., 1972, *Zur Bildung marin-sedimentärer Eisen und Manganerze in Verknüpfung mit spilitischen und keratophyrischen -weilburgitischen Gesteinsassoziationen: Min. Deposita*, 7, 18-24.
- Bottke, H., 1981, *Lagersteattenkunde des Eisens: Glückauf Verlag. Essen*, 195 s.
- Bozkurt, M. R., 1980, *Divriği demir madenleri Cevher Minerallerinin İncelenisi ve Oluşumu: Eskişehir A. Ü., Doçentlik Tezi*, 595 s (Yayınlanmamış).
- Çapan, U. Z., 1980, *Toros Kuşağı Ofiyolit Massiflerinin İç Yapıları, Petroloji ve Petrokimyalarına Yaklaşımlar: H.Ü. Doktara Tezi*, 400 s., Ankara (Yayınlanmamış).
- Çopuroğlu, İ., (1989) Hasançelebi (Hekimhan-Malatya) Yöresi Demir Yataklarının Jeolojisi, Mineralojisi ve Jenerik İncelenmesi: S.Ü. Doktara Tezi, 154 s., Konya (Yayınlanmamış).
- Doğan, H., Yıldızeli, N., Yurt M. Z., Çelebi, A. ve Özcan H., 1989, T.D.Ç.J. Genel Müdürlüğü Adına Sivas-Divriği Çevresinde İİ-59, AR: 33613-Polygon-I, II. İR: 922 Ruhsat Alanlarında Yapılan Demir Etüdü Jeoloji Raporu : M.T.A.Maden Etüd Arşivi, Ankara.
- Durgun, H., 1972, *Erzincan Çaltı Zuhurları ve Divriği J 40-b3, 1/25000, Kismi 1/10000 Ölçekli Paftaların Jeoloji Raporu: M.T.A. Sivas Bölge Müdl. Raporu No. 36, Sivas.*
- Klemm, D.D., 1960 *Die Eisenerzvorkommen von Divriği (Anatolien) metasomatischer Lagersteattenbildung: N. Jb. Mineral., Abh. 94 (Ramdohr Festband)*, 591-607.
- Koşal, C., 1971, *Divriği A-B Kafası Demir Yataklarının Sondajlı Aramalar Jeolojik Raporu: M.T.A. Rapor No. 4304.*
- Koşal. C., 1974, *Divriği A-B-C Demir yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu Üzerine Çalışmalar. M.T.A. Dergisi*, No. 81.
- Kurt, M., 1971, *Divriği J40-b4 (1/25000) ve J40-b3,b4, c1, c2 (1/10000) Paftaların Jeolojik Raporu: M.T.A. Sivas Bölge Müdl. Rap. No. 24, Sivas.*
- Maviş, M., 1977, *Erzincan İli İliç İlçesi Findıklı Deresi Mevkii Detay Demir Etüdleri Raporu: M.T.A. Sivas bölge müdl. Rap. No. 123, Sivas.*
- Özdemir, C. ve Biçen C., 1971, *Erzincan İli İliç İlçesi ve Civari Demir Etüdleri Raporu: M.T.A. Sivas Bölge Müdl. Rap. No. 135, Sivas.*
- Özgül, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Senol, M., Bingöl, İ. ve Uysal, Ş., 1981, *Munzur Dağlarının Jeolojisi: M.T.A. Derleme No. 6995, Ankara.*

## DEMİR YATAĞININ MİNERALOJİSİ VE OLUŞUM MODELİNE YENİ BİR YAKLAŞIM

- Park, Ch. F. Jr., 1972, *The Iron ore deposits of the Pacific Basin*: Econ. Geol., 67, 339-349.
- Pfeiffer, L., 1981, *Einführung in die Petrographie*: Feridinand Enke Verlag, Stuttgart, 606 s.
- Tokel, S. ve Köprübaşı N., 1986, *Doğu Anadoluda Tersiyer Yaşı "S" Tipi Çarpışma Granitoidleri ve Üçlü Dokanak Demir birikimleri*: TJK Kurultay Bil. Özelt., s 3 Ankara.
- Tröger, W. E., 1969, *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*: Schweizerbart Verl., Stuttgart, 822 s.
- Tutkun, Z., Tunç, M., Gökçe, A. ve Özçelik, O., 1988, *Yakuplu-Ilıç-Homo Yöresinin Temel Jeoloji Özellikleri*: C.Ü. Müh. Fakültesi, Sivas.
- Ünlü, T., 1989, *Türkiye Demir Yatakları Arama Çalışmalarında I. Derece Ağırlıklı Hedef Saha Seçimi ve Maden Jeolojisiyle ilgili Proje Teklifi*: M.T.A. Maden Etüt Rap. No. 2092, Ankara.
- Ünlü, T. ve Stedal, H., 1989, *Divriği Bölgesi Demir Cevheri Yataklarının Nadir Toprak Element (REE) Jeokimyası*, Orta Anadolu, Türkiye: TJK Bülteni, C. 32, 21-37.
- Yıldızeli, N., 1976, *Divriği-Dumluda Demir yatağı Sondajlı Etüt Raporu*: M.T.A. Rap. No. 315, Ankara.
- Yıldızeli, N., Yurt, M. Z., Yıldırım, A., Adıgüzel, O., Avci, N ve Çubuk Y., 1987, *Kangal, Alacahan (Sivas)-Kuluncak (Malatya) Yöresinin Demir Prospeksiyonu Jeoloji Raporu*: M.T.A. Maden Etüt Rap., Ankara.
- Yıldızeli, N., 1991, *I/01.4.01.58.03.01 Proje No'lu Program Gereğince TDÇİ Genel Müdürlüğü Adına Sivas-Divriği Yöresinde Yapılan Sondajlı Jeolojik Etüt Raporu*: M.T.A. Maden Etüt Derl., Ankara.
- Zeck, H. ve Ünlü, T., 1988, *Murmano Plütonu'nun Yaşı ve Ofiyolitle Olan İlişkisi (Divriği-Sivas)*: M.T.A. Dergisi, 108, 83-97.

**EK-1****1. Şekil 1'in açıklamaları:**

1. Muskovit, klorit, serizit ve kalkşist;
- 2.- Rekristalize kireçtaşı; 3. Serpentinit (Ultrabazik ve bazik seri); 4. Bazik volkanik seri; 5. Filiş, kumtaşı ve şeyl; 6. Silisleşmiş karbonatlaşmış kayaç (Lisvenit); 7. Diyorit; 8. Granodiyorit; 9. Siyenit; 10. Divriği manyetit yatağı; 11. Eosen taban konglomerası; 12. Eosen kireçtaşı; 13. Eosen filisi; 14. ve 15. Oligosen-Miyosen jipsli serisi; 16. Miyosen konglomera; 17. Miyosen kireçtaşı; 18. Ayrılmamış Neojen tortulları; 19. Yama Dağ volkanitleri (bazalt, andezit, aglomera ve tüf); 20. Bölgedeki demir yatakları; 21. Formasyon sınırları; 22. Senkinal; 23. Fay; 24. Kara yolu; 25. Demiryolu; 26. Yerleşim yeri.

**2. Şekil 2 'nin açıklamaları:**

1. Serpentinit I, dissemine manyetit, çatlaklıarda yer yer talklaşma; 2. Altere zon; 3. Serpentinit II, dissemine manyetit, ince manyetit damarcıkları, yer yer altere ve ufalanmış zon 4. Serpentinit III, bol miktarda talklaşma, kalsit damarcıkları, silisleşmiş-karbonatlaşmış zon, 85.15 m'den sonra bol miktarda saçılımlı pirit; 5. Felsik zon, yer yer pirit damar ve damarcıkları, dissemine manyetit, yer yer fazlaca miktarda mika; 6. Masif manyetit, içerisinde saçılımlı, yer yer damar ve damarcıklar şeklinde

pirit, fazlaca miktarda yeşil biyotit; 7. Fay zonu, ufalanmış parçalanmış manyetit; 8. Felsik zon içerisinde manyetit damar ve damarcıkları, cep dolgusu şeklinde manyetit zenginleşmesi, saçılımlı pirit, fazlaca miktarda yeşil biyotit; 9. Silisleşmiş-karbonatlaşmış ultrabazik kayaç; 10. Diyoritporfür damarları; 11. Manyetit damar ve damarcıkları; 12. Siyenit; 13. Diyorit.

**3. Fotoğrafların açıklaması:**

Foto 1- Divriği manyetit yatağında yapılan E-1 sondajına ait, 138 m. derinlikten alınan karot örneğinin makroskopik görünümü. Manyetit (ma) içerisinde serpentinit kayaç parçaları (spt).

Foto 2 ve 3- Aynı karot örneğinin içerisinde serpentinitleri (spt) ornatılan, kesen manyetit (ma) damar ve damarcıkları.

Foto 4- Divriği manyetit yatağında yapılan E-1 sondaj karotlarına ait cevherli örneklerden yapılan parlakkesitlerin mikroskopik görüntüsü. Manyetit (ma), Pirit (py), kalkopirit (cpy), ve pirotinden (pty) oluşan cevher parejenezi, Parlakkesit No. 48, // N, yağsız ortam.

Foto 5- Aynı parlakkesite ait manyetit (ma) içerisinde kalkopirit (cpy).

Foto 6- Aynı parlakkesit içerisinde, aynı cevher mineral parajenezine ait çubuksu ve akma doku özelliği gösteren hematit (he).

## **YÜKSEK TİTAN İÇERİKLİ AYDIN-ÇİNE FELDSPATLARININ FLOTASYONLA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**İlkıncı CÖCEN ve İbrahim ERMİŞ**

*D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye*

**ÖZET:** Araştırmada Aydin-Çine yöresine ait yüksek titan içeriği (%8.64 TiO<sub>2</sub>) feldspatların flotasyonla zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Flotasyon işlemi ağır mineral (rutil) ve feldspar flotasyonu şeklinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, %60.22 TiO<sub>2</sub> tenörlü rutil konsantresi ve %11.27 Na<sub>2</sub>O tenörlü feldspar konsantresi elde edilmiştir. Orjinal cevher içindeki yüksek titan içeriği (%8.64 TiO<sub>2</sub>) feldspar konsantresinde %0.34 Ti O<sub>2</sub> değerine düşürülmüştür.

### **ENRICHMENT OF AYDIN-CINE FELDSPAR HIGH IN TITANIUM BY FLOTATION**

**ABSTRACT:** In this study, floatability of Aydin-Çine feldspar ore which contains high amounts of titan (8.64% TiO<sub>2</sub>) was investigated. The flotation process consisted of a rutile and feldspar flotation steps. As a result, a rutile concentrate containing 60.22 % TiO<sub>2</sub> and a feldspar concentrate containing 11.27 % Na<sub>2</sub>O were obtained. The TiO<sub>2</sub> content of the feldspar concentrate was reduced from 8.64 % to 0.34 % by flotation.

## 1.GİRİŞ

Endüstriyel hammadde açısından Türkiye ve özellikle de Ege Bölgesi önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin büyük kısmını oluşturan feldspat ise seramik sektörünün önemli bir hammaddesini oluşturmaktadır. Seramik sektöründe teknolojinin gelişmesi ve bazı spesifikasyonların seramik pazarlarında istenmesi, feldspatların kalitesinin yükseltilmesini zorunlu hale getirmiştir.

Fe, Ti ve Cu gibi safsızlıkların varlığı elde edilen son ürünün beyazlığını ve dolayısıyla kalitesini etkilemektedir (Bozdoğan ve diğ., 1992). Bu nedenle seramik sektörünün bu talebini karşılayabilmek için feldspatların bir zenginleştirme işleminden geçirildikten sonra pazarlanması gerekmektedir (Chiani ve diğ., 1995).

Genelde feldspatik kayaçlardan manyetik ayırma, flotasyon ve gravite ayırması gibi yöntemlerle temiz feldspat konsantresi elde edilebilmekte ve bu konuda değişik çalışmalar yapılmaktadır (Akar, 1994; Geredeli ve Özbayoğlu, 1995; Sümer ve Kaya, 1995).

Tüketimini iç taleple karşılayan ülkemizde de artık temiz kalitede feldspat bulmak zorlaştığından talebin bir kısmı dış ülkelerden sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak yeterli feldspat potansiyeli bulunan ülkemizde feldspat kalitesi yükseltildiği taktirde, ithalata gerek kalmayacaktır. Bu çalışmada da, yüksek titan içerikli (%8.64 TiO<sub>2</sub>) Aydin-Çine yöresine ait feldspatlar dan flotasyon yoluyla uygun kalitede rutil

konsantresi ve feldspat konsantresi elde etme hedefine yönelik araştırmalar yapılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

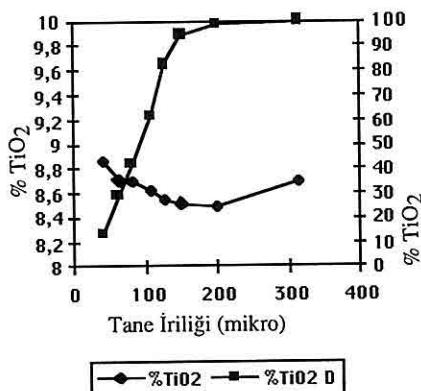
### 2. 1. Materyal ve Yöntem

Araştırmada, %8.64 TiO<sub>2</sub> içeren Aydin-Çine yöresine ait Na-feldspatlarının içindeki ağır minerallerin (rutil ve demir oksit) ve feldspatın flotasyon yoluya kazanılmasına çalışılmıştır. Çalışmalarda kullanılan numunenin komple analizi aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Yapılan mikroskopik inceleme sonucu numunenin; Na-feldspat, rutil, az miktarda K-feldspat, ilmenit ve kuvarsdan olduğu gözlenmiştir. Deneylerde kullanılacak numunenin tamamı kademeli olarak kırma, işlemlerinden geçirilerek tamamı 600 mik.altına indirilmiştir. Söz konusu numunenin, tane boyutuna göre titan tenör ve dağılımı aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Tablo1.** Feldspat Numunesinin Kimyasal Analizi

Bileşim	%
Na <sub>2</sub> O	9.10
K <sub>2</sub> O	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
CaO	1.98
TiO <sub>2</sub>	8.64
SiO <sub>2</sub>	60.60
K.K.	0.80



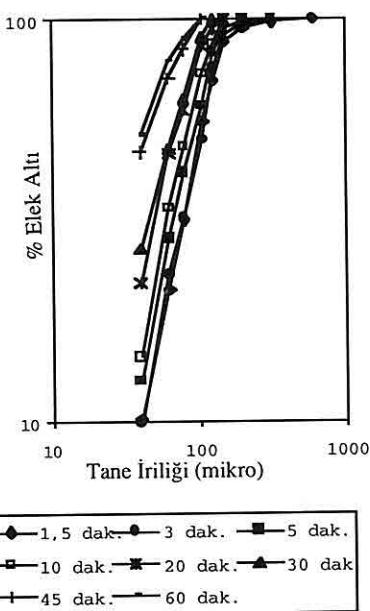
**Şekil 1.** Besleme Mali Tane Boyut Dağılımı

Yapılan mikroskopik inceleme ile rutil serbestleşmesinin ince tane boyutlarında olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle flotasyon için uygun tane boyutunu tesbit etmek amacıyla, numuneler değişik sürelerde öğütme testlerinden ve elek analizi işlemlerinden geçirilmiştir (Şekil 2). 45 dk lik öğütme sonucunda yeterli serbestleşme boyutuna ulaşılmıştır.

Öğütme işlemi sonucunda yeterli serbestleşme boyutuna ( $d85=0.080$  mm) getirilmiş olan feldspat numunesindeki şlam (-0.040 mm) atıldıktan sonra, ağır mineral ve feldspat flotasyonu yapılmıştır.

### 3. FLOTASYON DENEYLERİ VE SONUÇLARININ DEĞERLENMEĞİ

Yüksek titanlı feldspat numunesi ile yapılan flotasyon deneyleri laboratuvar tipi Denver flotasyon makinasında, 1lt lik flotasyon hücresinde, iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında



**Şekil 2.** Öğütme Süresi Tesbiti.

%30 katı oranında çalışılmış ve tüm deneylerde köpürtücü olarak 40g/t çamyağı kullanılmıştır.

İki aşamalı olarak gerçekleştirilen flotasyon deneyleri öncesi, toplam ağırlığın yaklaşık %12'sini teşkil eden 40 mikronun altındaki taneciklerin flotasyonda olumsuz etki yaratmaması için şlam olarak atılmıştır.

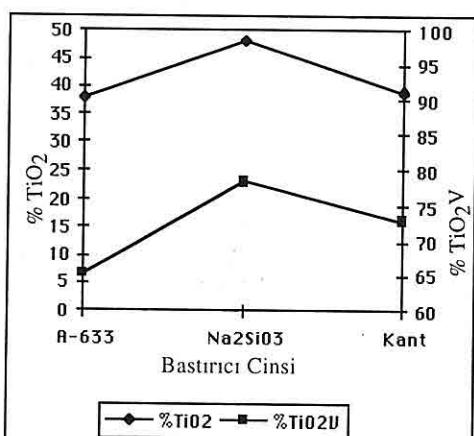
İlk aşamada Na-feldspatları içinde ağır mineral olarak yer alan rutil ve demir oksitlerin flotasyonu, ikinci aşamada da feldspat flotasyonu yapılmıştır.

Ağır mineral flotasyonu kademesinde öncelikle, tane boyutunun rutil flotasyonun da etkisini görebilmek amacıyla, değişik sürelerde öğütülmüş olan feldspat numunelerinin flotasyonu yapılmıştır (Tabelo 2).

Tablo 2'den görüldüğü gibi numunenin 45 dk. lik sürede yaklaşık %85 inin 80 mikronun altına öğütülmesinin, hem rutil konsantresinin titan veriminin (%74.21) yüksek olması, hem de feldspat+kuvars içindeki titan tenörünün daha az (%1.87) olması nedeniyle en uygun olarak kabul edilmiştir.

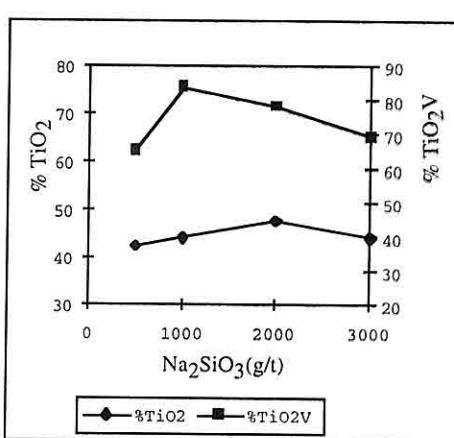
Rutil flotasyonunda pH değerinin 2.5-4 arasında değişiminin rutil konsantresinin titan tenör ve veriminde önemli bir etkisi olmamıştır. Bu nedenle deneylerde pH 2.5 olarak alınmıştır.

Feldspat içinde gang minerali olarak yer alan silikatları bastırabilmek için sodyum silikat, Kant, Aero 633, Gum Arabic gibi bastırıcıların etkisi araştırılmıştır (Şekil 3). Gum Arabic ile yapılan deney başarısız olmuştur. %47.90TiO<sub>2</sub> tenörlü rutil konsantresinin %78.21 flotasyon verimi ile elde edildiği Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> en uygun bastırıcı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3. Bastırıcı Cinsinin Flotasyona Etkisi.

Sodyum silikat tüketimini tesbit etmek için, miktarı (0.5-3) kg/lt arasında değiştirilmiştir (Şekil 4). Şekil 4'den de görüldüğü gibi bastırıcı miktarındaki (0.5-2) kg/lt arasındaki artış rutil konsantresi tenörünü %42.50 TiO<sub>2</sub> den %47.90 TiO<sub>2</sub> değerine yükselmiştir. Ancak konsanitrede rutil kazanma verimi 1 kg/lt da %83.59 iken, 2 kg/t da %78.21 değerine düşmüştür. Tek kademeli zenginleştirmede verimin yüksek olması gerektiğinden 1kg/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> tüketimi en uygun kabul edilmiştir.



Şekil 4. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Miktarının Etkisi.

Yukarıda tesbit edilmiş olan koşullar sabit kalmak üzere ağır mineral (rutil ve demir oksit) flotasyonunda etkin olan amin grubu ve sülfonat grubu toplayıcı reaksiyonlarla, asidli ortamda flotasyon deneyleri yapılmıştır (Tablo 3).

Sülfonat grubundan AP (801+825) karışımı tenör açısından başarılı olsa bile, verim açısından amin grubuna (Armoflote 21) göre etkisiz kalmıştır. Armoflote 21 (Alkil amin asetat) diğer

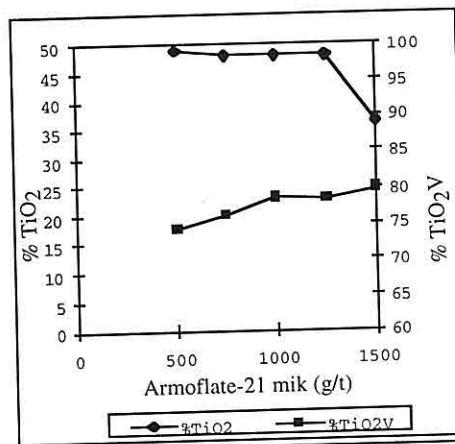
**YÜKSEK TİTAN İÇERİKLİ AYDIN-ÇİNE FELDSPATLARININ FLOTASYONLA ZENGİNLİĞİ**

**Tablo 2.** Ağır Mineral Flotasyonunda Tane Boyutunun Flotasyona Etkisi

Tane İriliği	Rutil Konsantresi			Feldspat + Kuvars Konsantresi		
	Mikron	%Ag	%TiO <sub>2</sub>	%TiO <sub>2</sub> Verim	%Na <sub>2</sub> O	%TiO <sub>2</sub>
150	11.85	51.70	72.07	9.91	2.15	82.30
106	12.85	47.24	72.41	10.11	2.10	81.12
80	12.90	48.90	74.21	10.15	1.87	81.65
63	16.89	32.60	64.78	10.09	3.11	76.43

topluyıcı reaktiflere göre, rutil flotasyonunda en etkili olmuş ve feldspat konsantresi içindeki titan kaçığını da %1.87 TiO<sub>2</sub>'ye azaltmıştır.

Alkil amin asetat miktarı (Armoflate 21), (0.5-1.5) kg/tit miktardında değiştirilerek deneyler yapılmıştır (Şekil 5). Toplayıcı miktarındaki artış rutil konsantresinin verimini artırırken, tenörde 1250g/t tüketimine kadar önemli bir değişiklik olmamıştır. Ancak 1500g/t kullanımında rutil konsantresi tenörü %36.40 TiO<sub>2</sub> değerine düşmüştür. Bu nedenle tenör ve verim açısından birlikte değerlendirildiğinde, %47.91 TiO<sub>2</sub> tenörlü rutil konsantresinin %78.39



**Şekil 5.** Armoflate 21 Miktarının Etkisi.

**Tablo 3.** Ağır Mineral Flotasyonunda Toplayıcıların Etkisi.

Toplayıcı Cinsi	Rutil Konsantresi				Feldspat + Kuvars		
	Amin Grubu	%Ag	%TiO <sub>2</sub>	%TiO <sub>2</sub> Verim	%Na <sub>2</sub> O	%TiO <sub>2</sub>	%Na <sub>2</sub> O
Armoflate 64		29.59	21.20	61.05	8.68	5.51	9.78
Armoflate 21		12.90	48.90	74.21	4.06	1.87	10.15
Armoflate 820		20.45	21.75	52.34	6.46	4.86	10.15
Armoflate 14		23.81	20.28	56.82	7.42	4.52	9.94
Sülfonat Grubu							
AP(801+825)		11.71	46.60	52.43	5.95	5.42	9.67
AP(801+825+845)		33.53	27.03	70.15	6.87	5.39	9.86

flotasyon verimi ile elde edildiği 1000 g/t kullanımı en uygun olmaktadır.

Ağır mineral flotasyonu için tesbit edilen optimal koşullar aşağıda verilmiştir;

Tane İriliği	: %85'i -80 $\mu$
pH değeri	: 2.5 ( $H_2SO_4$ )
Bastırıcı ( $Na_2SiO_3$ )	: 2 kg/t
Toplayıcı (Armoflote 21)	: 1 kg/t
Köpürtücü (Çamyağı)	: 40 g/t

Tesbit edilen optimal koşullarda, bir temizleme ve bir süpürme kademesinden oluşan ağır mineral flotasyonu ve feldspat flotasyonu yapılmıştır. Feldspat flotasyon koşulları sabit alınmıştır.

pH	: 2.0 (HF)
$Na_2SiO_3$	: 0.5 kg/t
ArmacT	: 0.5 kg/t

Sonuç olarak, %60.22  $TiO_2$  tenörde %67.52 titan veriminde rutil konsantresi ile %11.27  $Na_2O$  tenöründe %67.40 flotasyon veriminde feldspat konsantresi elde edilmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Aydın-Çine yöresine ait yüksek titan içeriaklı feldspatların içindeki safsızlıkların arındırılması ve uygun kalitede rutil-feldspat konsantresi kazanılması koşulları araştırılmıştır.

Flotasyon işlemi ağır mineral flotasyonu ve feldspat flotasyonu şeklinde yapılmıştır.

Ağır mineralin (rutilin) ince tane boyutunda ( $d_{85}=0.080$  mm) serbestleşme

gösterdiği, bastırıcı olarak  $Na_2SiO_3$ , toplayıcı olarak Armoflote 21 kullanılması gerektiği tesbit edilmiştir.

Feldspat içindeki rutilin flotasyon yoluyla kazanılmasının tenör ve verim açısından Multi Gravite Separatöre (MGS) (Ermiş, 1996) göre daha başarılı olduğu anlaşılmıştır.

Flotasyon sonucunda elde edilen feldspat konsantresindeki titan tenörü %8.64  $TiO_2$  den %0.34  $TiO_2$  oranına düşürülmüştür.

Elde edilen %60.22  $TiO_2$  tenörlü rutil konsantresi direkt satılabilceği gibi, ek teknolojik işlemlerden geçirildikten sonra satılabilir ürün haline getirilebilecek kalitededir.

Feldspat konsantresi ise seramik sektöründe kullanılabilecek kalitede olup %11.27  $Na_2O$  ve %0.34  $TiO_2$ , %0.01  $Fe_2O_3$  içermektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

Akar,A.,1994, *Evaluation of Gördes-Köprübaşı district feldspar industrial raw material deposits, Progress in Mineral Processing Technology*, 243-251

Bozdoğan, İ, Türkistanly, A, ve Yapa, N, 1992, *Milas-Çine Yöreni Albit Cevherinin Özellikleri ve Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi*, *Proceeding of the 4th International Mineral Processing Symposium*,563-575  
Ermiş, İ., 1996, *Determination of the Processing Parameters of Aydin-Çine Feldspar and recovering of Rutile as a by Product*

Geredeli, A. ve Özbayoğlu, G., 1995, *Simav Feldspatinin flotasyonu*,

*YÜKSEK TİTAN İÇERİKLİ AYDIN-ÇİNE FELDSPATLARININ FLOTASYONLA ZENGİNL.*

*Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu,*  
71-81.

*Ghiani, M., Serici, A., Peretti, R.,*  
*Zucca, A., 1995, Beneficiation of feldspar*  
*ores for the ceramic industry, 14.*

*Madencilik Kongresi, 405-412.*

*Sümer, G. ve, Kaya, M., 1995, Aydın*  
*Çine Feldspatlarının flotasyon ile*  
*zenginleştirilmesi, Endüstriyel*  
*Hammaddeler Sempozyumu, 59-69.*



**USING GEOSTATISTICS TO ESTIMATE COAL RESERVES  
AND COMPARISON WITH CLASSICAL METHODS**

**Ercüment YALÇIN**

*D.E.U., Mining Engineering Department, İzmir/Türkiye*

**Ayhan İ. YILMAZ**

*Celalbayar U., Mining High School, İzmir/Türkiye*

**ABSTRACT:** *In this study, the coal reserves of Eynez II coal seam were estimated with the classical methods, Cross-section and Polygonal, and Geostatistical method - Kriging and the results obtained were compared . It was found that, the estimated coal reserve with the cross-sectional method is overestimated, the reserve estimated with the polygonal method is underestimated about the geostatistical method. Also, the calorific values of 39 blocks were estimated with the Kriging method.*

**JEOİSTATİSTİKSEL KÖMÜR REZERV TAHMİNİ VE  
KLASİK METODLARLA KARŞILAŞTIRILMASI**

**ÖZET:** *Bu çalışmada Eynez II kömür damarının rezerv tahmini, klasik yöntemler olan Kesit alma ve Poligon metodu, Jeoistatistiksel yöntem olan Kriging metodu ile yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Kesit alma yöntemi ile yapılan rezerv tahmininin Jeoistatistik yöntem ile tahmin edilen rezerv miktarına göre fazla, poligon yönteminin ise az tahmin ettiği görülmüştür. Ayrıca sahada oluşturulan 39 bloğun kaloriflik değerleri de Kriging yöntemi ile tahmin edilmiştir.*

## 1. INTRODUCTION

The need for accurate ore reserve estimation has always been very important. With the depletion of natural resources and the increasingly large investments required to open new mines, today, this need becomes almost critical. The results of sampling and ore reserve estimation research have made significant contributions to the current art of ore reserve estimation.

Several factors affect coal reserve computation. One of them is the method used to estimate coal reserve. In this paper, the reserve estimation results of classical methods (cross sectional and polygon) and geostatistical method (kriging) for Eynez II coal seam are compared.

## 2. EYNEZ - II COAL SEAM

Eynez mine is a branch of Aegean Lignite's Corporation of Turkish Coal Enterprises and it has both open pit and underground production facilities. Area of the project district is about 4 km<sup>2</sup> and has two coal seams denoted as Km1 and Km2. However, only Km2 coal seam is of economical importance and hereafter, it is called as Eynez II.

Inclination of the seam varies between 10° and 25°. Sulphur content is below 1% where only half of this amount is reactive (Yilmaz, 1996). Therefore, Eynez Lignite is a very important industrial and domestic fuel especially in areas where air pollution is a problem.

### 2.1. Statistical Analysis of Used Data

The data used in the study was obtained

from 61 boreholes. In Table 1 and Figure 1, the statistical analysis of used data and the locations of boreholes are given.

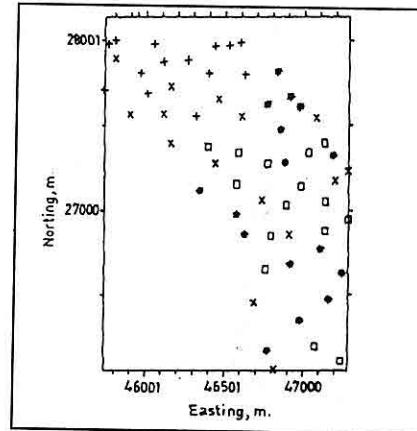
## 3. RESERVE CALCULATIONS

### 3.1. Reserve Calculation with Cross-Sectional Method

Boundary of coal deposit was determined and the deposit was divided into 12 sections in East-West direction for every 200 meters. The reserve of each section was calculated with the frustum

**Table 1.** Results of Statistical Analysis Carried Out on 61 Drill-holes Data

Mean	19.20 m	Minimum Value	2.00 m
Variance	62..88 m	25th Percentile	13.68 m
Standard Deviation	7.93	Median	18.70 m
% Coef. of Variation	75th 41.31	Percentile	25.73 m
		Maximum Value	34.00 m



**Figure 1.** Drill - hole locations in Eynez district.

equation (Readdy et al., 1982) and it was found that the coal reserve is 42,375,795 tons. The density of coal was taken as 1.3 ton/m<sup>3</sup>.

### 3.2. Reserve Calculation with Polygonal Method

The coal reserve was also calculated with polygonal method. After the measurement of polygon area with planimeter, it was multiplied with the coal thickness of borehole and with the coal density. The geological factor taken for the polygons varies between 0.80 and 1.0. This procedure was repeated for 58 polygons. The calculated total reserve was found as 40,240,477 tons.

### 3.3. Reserve Calculation with Geostatistical Method

The first step in geostatistical method is variogram analysis for to check whether the deposit has isotropy or anisotropy. Therefore the variogram model of the deposit was determined with the 90° tolerance angle and obtained model is given in Figure 2.

As shown in Figure 2, the model type is spherical model which has the nugget and sill values of 6 and 80, respectively. The range is 1500 m.

Cross-validation process has been carried out using kriging radiiuses of 400, 500, 527, 550, 600 and 1000 m in order to determine the optimum kriging radius that causes minimum estimation error and kriging standard deviation. It was found that, 527 m is the best radius with the 0.022 mean difference and 0.403

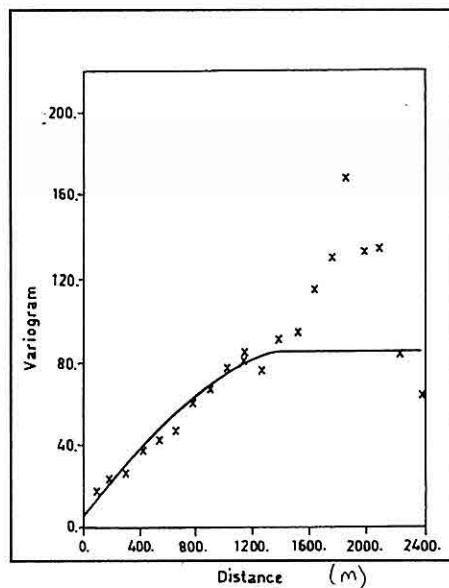


Figure 2. Variogram model of the deposit.

kriging standard deviation.

The area was divided into 200 m x 200 m blocks in dimensions for block kriging. The polygon file was prepared to define the coal seam border. In the polygon file, there were 24 vertices. Then, the coal thicknesses of 39 blocks located in the border line were estimated with the block kriging.

The coal reserve of each block was calculated with the multiplication of block area, coal thickness and coal density. The estimated coal thicknesses and reserves of blocks are given in Table 2.

At the end, the total reserve of Eynez II coal seam was calculated as 41,307,760 tons with the mean coal thickness of 20.37 m and average kriging standard deviation of 2.29 m.

**Table 2.** Estimated block coal thicknesses and reserves.

Y Coord.	X Coord.	Block Coal Thickness (m)	Kriging Standard Deviation (m)	Block Coal Tonnage (Tons)
26000.00	46800.00	19.68	3.13	1023360
26000.00	47000.00	19.68	3.73	1023360
26200.00	46800.00	24.72	2.23	1285440
26200.00	47000.00	25.28	2.34	1314560
26200.00	47200.00	2.91	2.56	1191320
26400.00	46800.00	24.50	2.68	2740000
26400.00	47000.00	30.17	2.26	1568840
26400.00	47200.00	28.59	2.79	1486680
26600.00	46800.00	22.91	2.14	1191320
26600.00	47000.00	29.17	2.54	1516840
26600.00	47200.00	29.07	2.10	1511640
26800.00	46800.00	22.69	1.90	1179880
26800.00	47000.00	25.35	2.09	1318200
26800.00	47200.00	26.25	2.21	1365000
27000.00	46600.00	26.36	1.95	1370720
27000.00	46800.00	22.00	1.94	1144000
27000.00	47000.00	21.87	2.20	1137240
27200.00	46400.00	25.58	1.97	1330160
27200.00	46600.00	23.39	1.96	1216280
27200.00	46800.00	23.58	1.95	1226160
27200.00	47000.00	22.52	1.97	1171040
27400.00	46200.00	18.83	2.21	979160
27400.00	46400.00	19.00	2.04	988000
27400.00	46600.00	20.86	2.16	1084720
27400.00	46800.00	25.00	2.12	1300000
27400.00	47000.00	23.07	1.94	1199640
27600.00	46000.00	15.08	1.97	784160
27600.00	46200.00	15.90	2.07	826800
27600.00	46400.00	15.65	1.94	813800
27600.00	46600.00	17.23	2.04	895960
27600.00	46800.00	24.97	1.87	1298440
27800.00	45600.00	8.51	4.11	442520
27800.00	45800.00	10.52	2.12	547040
27800.00	46000.00	12.14	1.82	631280
27800.00	46200.00	12.11	1.86	629720
27800.00	46400.00	10.80	1.94	561600
27800.00	46600.00	11.82	2.05	614640
28000.00	45600.00	7.92	4.39	411840
28000.00	45800.00	8.70	1.86	452400
Mean = 20.37		Mean = 2.29		Total= 41307760

### 3.4. Comparison of Reserve Calculation Results

Reserve calculation results of classical methods and geostatistical method are given in Table 3.

**Table 3.** Reserve calculation results

Estimation Method	Total Reserve (Tons)
Cross-sectional	42,375,795
Polygon	40,240,470
Geostatistical	41,307,760

As shown in the table, the difference between the estimated reserves of cross-sectional and polygonal methods is 2,135,325 tons (5%), The geostatistical estimation result is approximately 1,000,000 tons more than polygonal method result and 1,000,000 tons less than cross-sectional method result.

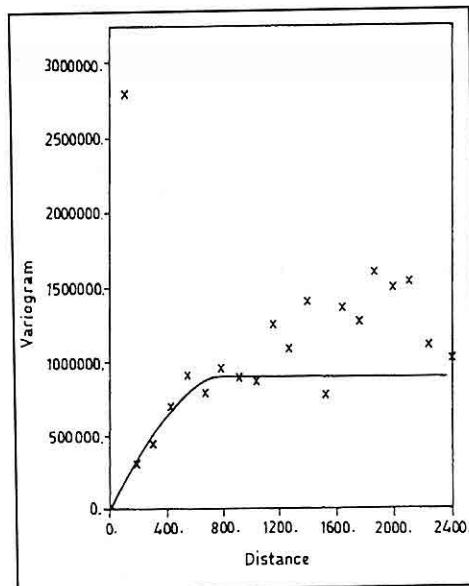
### 4. ESTIMATION OF BLOCK CALORIFIC VALUES

The calorific values of the blocks mentioned before were also estimated. For this purpose, the calorific variogram model of Eynez II coal seam was determined by using 46 borehole data. The mean calorific value is 3,840.717 Kcal/kg, The obtained variogram model is shown in Figure 3. Variogram model is spherical. The sill, nugget and range values are 900,000.00, 0.0 (Kcal/kg)<sup>2</sup> and 800 m, respectively.

The same polygon file was used to define the border line. The optimum kriging radius was found as 600 m. Kriging results of blocks for calorific

value are given in Table 4.

The mean calorific value and kriging standard deviations are 4083.30 Kcal/kg and 293.42 Kcal/kg.



**Figure 3.** Calorific variogram model of the deposit

**Table 4.** Estimated calorific values of blocks.

Y Coord.	X Coord.	Block Calorific Value Kcal/kg	Kriging Standard Deviation (Kcal)
26000.00	46800.00	4342.03	358.05
26000.00	47000.00	4686.11	499.77
26200.00	46800.00	4864.71	253.06
26200.00	47000.00	5030.34	277.06
26200.00	47200.00	4935.96	313.13
26400.00	46800.00	4960.28	453.84
26400.00	47000.00	4808.14	282.56
26400.00	47200.00	4221.01	493.48

26600.00	46800.00	4983.90	265.57
26600.00	47000.00	4779.22	345.44
26600.00	47200.00	3457.38	274.61
26800.00	46800.00	4727.35	212.74
26800.00	47000.00	4833.18	248.30
26800.00	47200.00	3554.97	294.07
27000.00	46600.00	3682.46	210.57
27000.00	46800.00	3961.81	219.48
27000.00	47000.00	4209.90	298.03
27200.00	46400.00	4148.19	212.49
27200.00	46600.00	3916.68	216.73
27200.00	46800.00	4143.81	226.06
27200.00	47000.00	4273.63	254.61
27400.00	46200.00	4081.74	252.61
27400.00	46400.00	3965.07	343.19
27400.00	46600.00	3856.01	254.28
27400.00	46800.00	3800.81	251.80
27400.00	47000.00	3833.20	354.05
27600.00	46000.00	3376.86	220.35
27600.00	46200.00	3725.30	242.53
27600.00	46400.00	3954.58	207.13
27600.00	46600.00	3705.54	239.14
27600.00	46800.00	3532.79	397.36
27800.00	45600.00	4266.79	542.24
27800.00	45800.00	3675.92	244.55
27800.00	46000.00	3290.41	198.45
27800.00	46200.00	3317.37	202.07
7800.000	46400.00	3489.87	214.63
27800.00	46600.00	3383.17	242.98
28000.00	45600.00	950.78	584.26
28000.00	45800.00	3521.32	293.24
Mean = 4083.30		Mean = 293.42	

#### 4. RELATIONSHIP BETWEEN THICKNESS AND CALORIFIC VALUES

The regression analysis was carried out to find out the correlation between coal

164

thickness and calorific values. The results of regression analysis are given in Table 5.

**Table 5.** Regression analysis results

Correlation Coefficient, r	0.48
Intercept	3250.101
X Variable	40.91
F test	10.95

As shown in the table, there is a relationship between the coal thickness and calorific values. But the relationship is very weak where  $r$  is 0.45.

The regression equation for the prediction of block calorific values is found as

$$Y=3250.10 + 40.91 X$$

where,  $X$  is the block coal thickness.

The estimated values with kriging and predicted calorific values are given in Table 6.

For to test the effect of coal thickness on the estimation of calorific value, F test was done. At the 95% confidence level, table F value is 4.10 which is less than the calculated F value of 10.95. Therefore, it can be said that, the results predicted are acceptable. It can also be seen from Table 6 that, the mean calorific values of both estimated and predicted are same.

#### 6. CONCLUSION

Accuracy of reserve estimations affects both long and short term production

planning and economic cash flow. If the reserve of deposit is estimated in an incorrect manner, resulting in big differences between real and

**Table 6.** Estimated and predicted calorific values

Block No	Block Coal Thickness	Kriging Estimation n	Predicted Y	Residuals
1	19,68	4342,03	4055,125	286,9053
2	19,68	4686,11	4055,125	630,985
3	24,72	4864,71	4261,289	603,4206
4	25,28	5030,34	4284,197	746,1434
5	22,91	4935,96	4187,25	748,7099
6	24,5	4960,28	4252,29	707,9899
7	30,17	4808,14	4484,225	323,9146
8	28,59	4221,01	419,594	-198,584
9	22,91	4983,9	4187,25	796,6499
10	29,17	4779,22	4443,32	335,9003
11	29,07	3457,38	4439,229	-981,849
12	22,69	4727,35	4178,251	549,0992
13	25,35	4833,18	287,06	546,12
14	26,25	3554,97	4323,875	-768,905
15	26,36	3682,46	4328,375	-645,915
16	22	3961,81	4150,026	-188,216
17	21,87	4209,9	4144,708	65,19184
18	25,58	4148,19	4296,468	-148,278
19	23,39	3916,68	4206,885	-290,205
20	23,58	143,81	4214,657	-70,8469
21	22,52	4273,63	4171,297	102,3331
22	18,83	4081,74	4020,355	61,38514
23	19	3965,07	4027,309	-62,2388
24	20,86	3856,01	4103,393	-247,383
25	25	3800,81	4272,743	-471,933
26	23,07	3833,2	4193,795	-360,595
27	15,08	3376,86	3866,959	-490,099

28	15,9	3725,3	3900,501	-175,201
29	15,65	3954,58	3890,275	64,30523
30	17,23	3705,54	3954,906	-249,366
31	24,97	3532,79	4271,516	-738,726
32	8,51	4266,79	3598,208	668,5819
33	10,52	3675,92	3680,429	-4,50858
34	12,14	3290,41	3746,696	-456,286
35	12,11	3317,37	3745,469	-428,099
36	10,8	3489,87	3691,882	-202,012
37	11,82	3383,17	3733,606	-350,436
38	7,92	3950,78	3574,074	376,7062
39	8,7	3521,32	3605,98	-84,6602
		Mean = 4083.30	Mean = 4083.30	Mean = -2E-13

estimated reserves, there would be very serious problems during production period.

In this study, the reserve of Eynez II coal seam has been calculated by using classical and geostatistical method. The reserve with geostatistical method is estimated as 41,307,760 tons. Cross-sectional method is overestimated and polygonal method is underestimated about the geostatistical method.

The relationship between the coal thickness and calorific value is weak and in the same direction.

Geostatistical methods should be used for reliable estimation of reserves especially when there is high variation in thickness. It is essential to estimate reserves as close as possible to real values for the sake of an efficient and economic exploitation of reserves.

## 7. REFERENCES

Yilmaz, A. I,1996, *The Coal Reserve*

*Estimation of Soma Eynez II Coal Region by Using Geostatistical and Classical Methods, Master Science Thesis, D.E.U. Graduate School of Natural Sci. and App. Science, 49 p.*

*Readdy, L.A., Bolin, S., ve Athieson, G.A., 1982, Ore Reserve Calculation, Underground Mining Methods Handbook, Editor: W.A. Hustrulid, pp.17-38.*

**G.L.İ. TUNÇBİLEK YERALTI OCAĞINDA İKİ AYRI PANODA YAPILAN  
YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Gürcan KONAK**

*D.E.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova/İzmir*

**ÖZET:** Uzunayak üretim yönteminde dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerden birisi de tavan tabakalarının hareket mekanizması ve buna bağlı olarak yalancı tavan yüksekliği ile ayak üzerinde oluşan yük dağılımı ve ayak konverjansıdır. Üretim esnasında ayak üzerindeki yayılı yük yoğunluğu ve ayak ilerleme hızı - konverjans ile yük yoğunluğu - konverjans arasındaki ilişkilerin bilinmesi tahkimat seçimi (tahkimat yoğunluğunun belirlenmesi) ve üretim stratejisi açısından önem arzettmektedir. Gerek yük yoğunluğu gerekse ayak konverjansının belirlenmesi için teorik hesaplama yöntemlerinin yanısıra yerinde ölçümlerde yapılmaktadır. Bu amaçla T.K.İ.'ne bağlı Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Yeraltı Ocağında iki farklı panoda yük ve konverjans ölçümleri yapılarak değerlendirilmiştir.

**THE EVALUATION OF LOAD AND CONVERGENCE MEASUREMENTS  
CARRIED OUT ON TWO PANELS OF G.L.İ. TUNÇBİLEK UNDERGROUND  
MINE**

**ABSTRACT:** One of the most important factors that should be considered at longwall mining, is the displacement mechanism of the roof layers, and depending on this, height of immediate roof, the distribution of load set up over the longwall and the convergence of the longwall. The determination of load density over the longwall during production and the relations between advance rate - convergence and load density - convergence, is of great importance from the aspect of support selection (determination of the support density) and production strategy. In order to determine both the load density and the longwall convergence; in-situ measurements can be performed beside theoretical calculation methods. For this aim, load and convergence measurements have been taken and evaluated on two different panels of G.L.I. - Tunçbilek colliery.

## 1.GİRİŞ

Uzunayakta tahkimat sisteme etki eden tavan basincının kesin olarak hesaplanması oldukça güçtür. Buna karşılık uygulamada kullanılan değişik yaklaşımalar mevcuttur (Birön, 1985). Teorik yaklaşımaların yanısıra yerinde yapılan ölçümlerle de tavan basınçları belirlenebilmektedir (Paşamehmetoğlu, 1987; Köse, 1992; Bilir, 1995).

Kalın linyit damarlarında uygulanan arkadan göçertmeli üretim yönteminde, tavan yüklerinin hesaplanmasıında kullanılabilecek empirik yaklaşımalar oluşturulmasına yönelik olarak bir dizi çalışma yapılmıştır (Konak, 1995). Bu çalışmalarla yeni teorik formüllerin geliştirilmesinin yanısıra yerinde ölçümler de yapılmıştır. Ölçümlerin bir kısmının yapıldığı G.L.İ. Tunçbilek Yeraltı Ocağı ve burada yapılan çalışmalar bu makalede incelenmektedir.

Sonuç olarak teorik yöntemlerle hesaplanan yük yoğunlukları ile yerinde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak mevcut tahkimat sistemi irdelenmektedir.

## 2. KÖMÜR DAMARI VE TAVAN - TABAN FORMASYONLARININ ÖZELLİKLERİ

Eğimi  $8^0$  –  $10^0$  arasında değişim gösteren linyit damarının kalınlığı tektonizmaya bağlı olarak 5-12 metre arasında değişmekte olup, ortalama 8 metre civarındadır (Köse, 1994). Tavan ve taban taşları marndan oluşmaktadır. Kömür damarı ve tavan - taban kayaçlarının jeomekanik özellikleri

Tablo 1' de verilmektedir.

Kömür damarı içerisinde belirlenen kil arakesmelerine ek olarak kumtaşlarına ve merceksel yapıda sileks formasyonlarına rastlanmaktadır. Çok sert bir yapı gösteren silekslerin dayanım parametreleri de oldukça yüksektir. Yapılan laboratuvar deneylerinde tek eksenli basınç dayanımları ortalama 180 MPa olarak belirlenmiştir. Kabarma faktörü "K" yapılan ölçümler sonucu 1.469 olarak saptanmıştır.

## 3. UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİ VE TAHKIMAT SİSTEMİ

Tunçbilek bölgesinde geri dönümlü arkadan göçertmeli uzunayak yöntemi uygulanmaktadır. Damar kalınlığına göre, taban ayak veya tavan-taban ayak şeklinde üretim yapılmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı 45-C nolu panoda yalnız taban ayak uygulanırken 45-A-2 nolu panoda tavan-taban ayak birlikte uygulanmaktadır. Tavan ayakta bir havelik ilerleme için yapılan çalışmalar (Vardiya=V) V1 Ayna kazısı, V2 tahkimat sökümü, V3 oluk havesi, konveyör çekimi ve delme-patlatma işlemlerinden oluşmaktadır. Taban ayakta ise V1 Ayna kazısı, V2 tahkimat sökümü, V3 arka kömürün çekilmesi, V1 oluk havesi, konveyör çekimi ve delme - patlatma işlemlerinden oluşmaktadır.

Ayak tahkimatında hidrolik direk+çelik sarmalar kullanılmaktadır. Tavan akmasını önlemek için sarmalar üzerine ağaç kamalar yerleştirilmektedir. Taşıma kapasitesi 40 ton olan hidrolik direklerin ilk sıkılama yükü yaklaşık 20 ton dur.

**Tablo 1.** Kömür damarı ve tavan-taban formasyonlarının jeomekanik özelliklerı.

Formasyon	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Tavan kayacı	41.8	4.23	1.98
Taban kayacı	28.4	3.66	2.07
Kömür damarı	12.3	-	1.29

Kasalar arası mesafe, tavan ayakta 1 m, taban ayakta ise 80 cm dir.

### 3.1. Ölçüm Yapılan Panoların Özellikleri

Ölçümlerin ilk kısmı 45-C-505 nolu taban ayakta ikinci kısmı ise 45-A-2 nolu panonun 500 tavan ve 505 nolu taban ayaklarında yapılmıştır. "Makalede bundan sonra 45-C-505 taban ayak 1 nolu ayak, 45-A-2-500 tavan ayak 2 nolu ayak ve 45-A-2-505 taban ayak 3 nolu ayak olarak anılacaktır." 1 nolu ayağın bulunduğu panoda kömür damarı kalınlığı 7.5 m, damar eğimi ise 0-30° arasında değişmektedir. Kömür damarının 2 m'si ayak aynasından kazılmakta geriye kalan 5-5.5 m'lik kısmı ise arkadan göçtilerek alınmaktadır. Kömür damarı içerisindeki arakesmelerin toplam kalınlığı 1.1 m civarındadır. Pano boyu 340 m, ölçümlerin alındığı 505 nolu taban ayağın uzunluğu 75 m, panonun üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı ise 185 m'dir. Panonun plan görünüsü ve kurulan ölçüm istasyonlarının ayak içerisindeki konumları şekil 1'de verilmektedir.

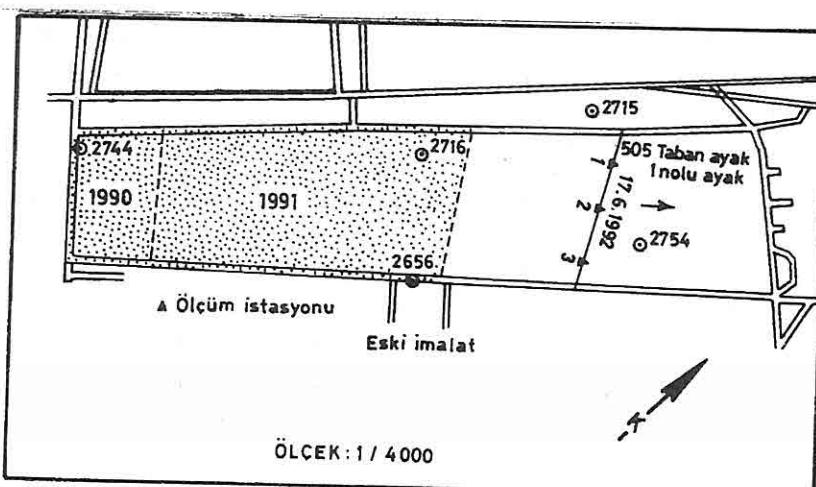
İkinci bölüm ölçümler tavan-taban ayak

çalışan 45-A-2 nolu panoda yapılmıştır. Bu panoda ikisi tavan üçü taban olmak üzere toplam beş adet uzunayaktan üretim yapılmaktadır. Ölçümlerin alındığı bölgedeki kömür damarı kalınlığı 8 m, eğimi ise 0-30° arasında değişmektedir. Damarın 2.2 m'si tavan ayak aynasından, 1.8 m'si taban ayak aynasından kazılmakta geriye kalan 4 m'lik kısmı ise taban ayak arkasından göçtilerek alınmaktadır. Kömür damarı içerisindeki arakesmelerin toplam kalınlığı 1.0 m civarındadır. Pano boyu 560 m, ölçüm yapılan 500 tavan ayağın uzunluğu 61 m, 505 taban ayağın uzunluğu ise 54 m'dir. Pano üzerindeki örtü tabakası kalınlığı 140 m'dir. Pano plan görünüsü ve ölçüm istasyonlarının ayak içerisindeki konumları şekil 2'de verilmektedir.

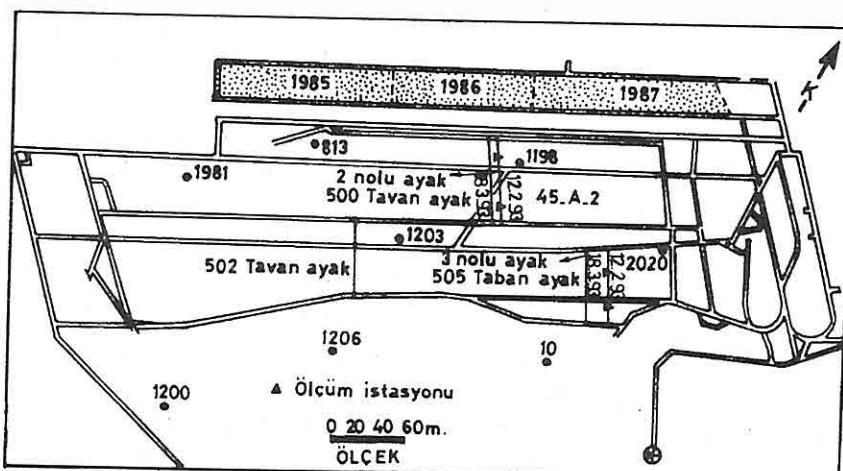
## 4. ÖLÇÜM YÖNTEMİ VE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI

### 4.1. Yük Ölçerler

Yük ölçümleri hidrolik yük ölçerlerle yapılmıştır. Hidrolik direk dikim valfine monte edilen ölçme düzeneğinden



**Şekil 1.** 45-C nolu pano ve istasyonların ayaktaki konumu.



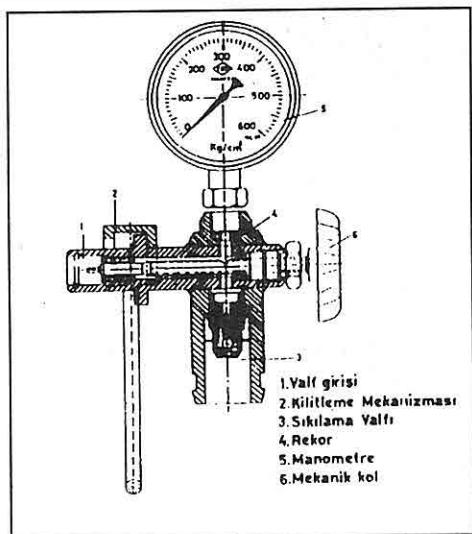
**Şekil 2.** 45-A-2 nolu pano, 1 ve 2 nolu istasyonların ayaktaki konumları.

hidrolik direk üzerine etki eden tavan yükleri okunmuştur. Yük ölçme düzeneği ve düzenek parçaları şekil 3'de görülmektedir. Yük ölçme cihazlarının kalibrasyonları ölçümlere başlamadan önce direk test ve kalite kontrol laboratuvarlarında yapılmıştır.

#### 4.2. Konverjans Ölçme Düzeneği

Tavan alçalmaları hidrolik direk üzerine yerleştirilen iki referans noktası arasında yapılmıştır. Referans noktalarının birincisi direğin iç olarak adlandırılan erkek kısmına, ikincisi ise direğin kovan olarak adlandırılan dış

## G.L.I. TUNÇBİLEK YERALTı OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ



**Şekil 3.** Ölçümlerde kullanılan hidrolik yük ölçme cihazı.

kısımına yerleştirilmiştir. Ölçümler milimetrik şerit metre ile yapılmıştır.

### 5. YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ

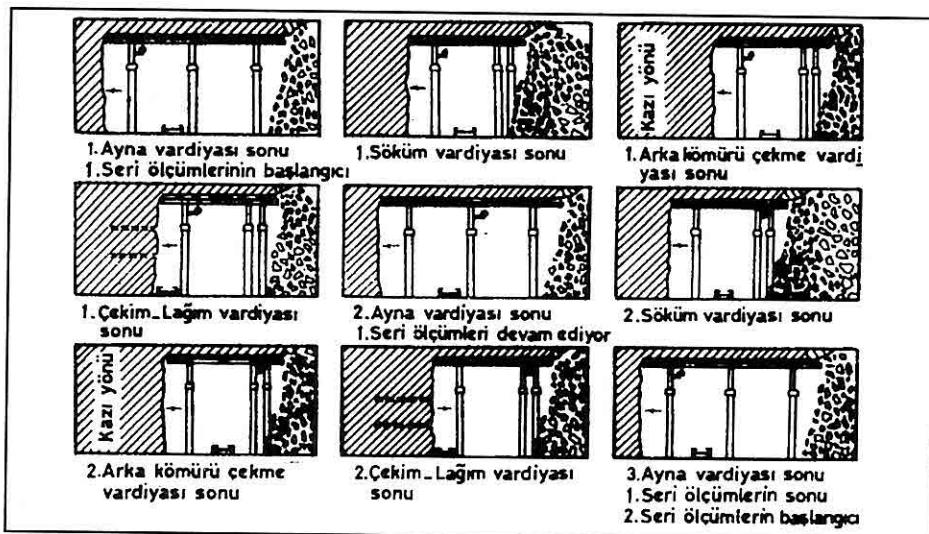
3 ayakta kurulan yedi adet yük ve konverjans ölçüm istasyonundan periyodik olarak iki saat arayla ölçüm değerleri alınarak kayıt edilmiştir. 1 nolu ayakta kurulan üç istasyon noktasında 30, 2 nolu ayakta kurulan iki istasyon noktasında 12 ve 3 nolu ayakta kurulan iki istasyon noktasında 22 olmak üzere toplam 64 seri yük ve konverjans ölçümleri yapılmıştır. Her "seri" ölçüm periyodu şekil 4'de görüldüğü üzere, bir üretim periyodu içerisinde, ayağın belirli bir konumdan başlayıp yine aynı başlangıç konumuna gelmesine kadar geçen süreyi kapsamaktadır. Bu süre yaklaşık olarak dokuz yarım saat civarındadır.

Yük ve konverjans ölçüm istasyonları, 1 nolu ayakta motor başından itibaren ayağın (TIL-1) onsekizinci, (TIL-2) kırkikinci, (TIL-3) ellialtinci metrelerine ve ayanın hemen önüne kurulmuştur (Şekil 1). Bu istasyon noktasında 17.6.1992 tarihinde başlayan ölçümler 16.7.1992 tarihinde sona ermiştir. 2 nolu ayakta oluşturulan ölçüm istasyonları, motor başından itibaren ayağın (T2U-1) yirmidördüncü, (T2U-2) otuzdokuzuncu metrelerinde, 3 nolu ayak ise (T2L-1) onaltrinci ve (T2L-2) otuzyedinci metrelerinde kurulmuştur. 2 ve 3 nolu ayaklarda 12.2.1993 tarihinde başlayan ölçümler, 2 nolu ayakta 13.3.1993, 3 nolu ayakta ise 17.3.1993 tarihine kadar devam etmiştir.

### 5.1. Ölçüm Sonuçları

#### 5.1.1. Konverjans Ölçüm Sonuçları

Konverjans ölçümleri her üç ayakta da yük ölçümleriyle beraber yürütülmüştür. 1 nolu ayakta yapılan onbeş seri ölçümden en yüksek toplam konverjans 122 mm, 2 nolu ayakta yapılan altı seri ölçümden en yüksek toplam konverjans 106 mm ve 3 nolu ayakta yapılan onbir seri ölçümden en yüksek toplam konverjans değeri ise 157 mm olarak belirlenmiştir. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar, toplam konverjans değerleri, günlük ayak ilerleme hızı ve birim ayak ilerlemesine karşılık oluşan konverjans değerleri Tablo 2, 3 ve 4'te ayrıntılı olarak verilmektedir. Ayak ilerleme hızı arttıkça konverjans değerleri azalmaktadır (Şekil 5). Benzer şekilde



**Şekil 4.** Ayakta yapılan çalışmalar ve ölçme düzeneklerinin konumu.

ayakta ölçülen tavan yükleriyle konverjans arasında da belirgin bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Ölçümlere göre yük yoğunluğu arttıkça konverjans da artmaktadır (Şekil 6).

Her üç ayakta yapılan 32 seri konverjans ölçümünden elde edilen

verilere göre zamana bağlı grafikler hazırlanmıştır. Burada bu grafiklerin hepsini vermek mümkün olmadığı için örnek olarak bir tanesi şekil 7'de verilmektedir. Grafikler üzerinde ölçüm anında ayakta yapılan iş ve ölçüm yeri de ayrıca belirtilmektedir.

**Tablo 2.** 1 nolu ayakta yapılan konverjans ölçümleri.

Seri No	1 Nolu İstasyon			2 Nolu İstasyon			3 Nolu İstasyon		
	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)
1	40	10.67	0.56	122	32.53	0.56	65	17.33	0.56
2	71	18.93	0.66	61	16.27	0.66	74	19.73	0.66
3	33	8.80	0.94	27	7.20	0.94	26	6.93	0.94
4	42	11.20	0.87	20	5.33	0.87	61	16.27	0.87
5	68	18.13	0.63	58	15.47	0.63	66	17.60	0.63

T.K. : Toplam konverjans  
B.I.K. : Birim ilerlemeye karşı konverjans  
A.I.H. : Ayak ilerleme hızı

*G.L.İ. TUNÇBİLEK YERALTI OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ*

**Tablo 3.** 2 nolu ayakta yapılan konverjans ölçümleri.

Seri No	1 Nolu İstasyon			2 Nolu İstasyon		
	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)
1	30	8.00	0.59	27	7.20	0.51
2	104	27.73	0.31	42	11.20	0.35
3	106	28.27	0.32	71	18.93	0.29

**Tablo 4.** 3 nolu ayakta yapılan konverjans ölçümleri.

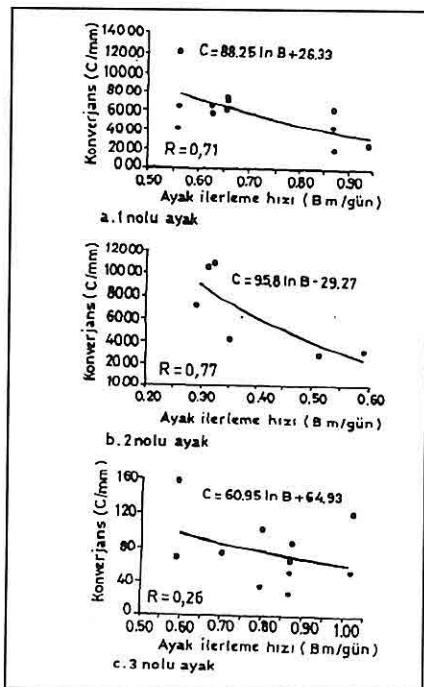
Seri No	1 Nolu İstasyon			2 Nolu İstasyon		
	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)	T.K. (mm)	B.I.K. (mm/m)	A.I.H. (m/gün)
1	35	9.33	0.80	102	27.20	0.80
2	27	7.20	0.87	54	14.40	0.87
3	69	18.40	0.59	157	41.87	0.59
4	56	14.93	1.02	124	33.07	1.02
5	70	18.67	0.87	89	23.73	0.87
6	76	20.27	0.70			

### 5.1.2. Yük Ölçüm Sonuçları

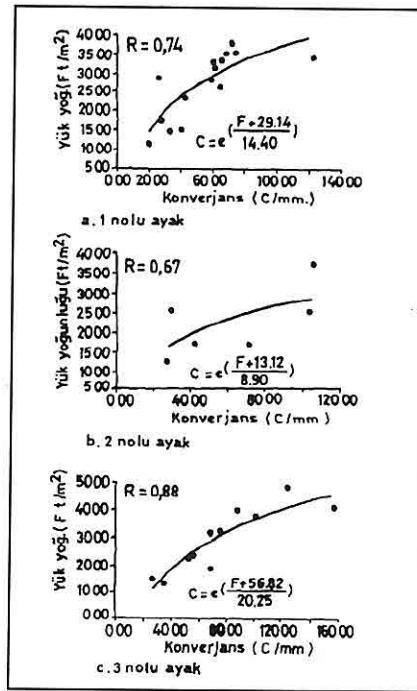
Tunçbilek yeraltı ocağında 1, 2, 3 nolu ayaklarda yapılan yük ve konverjans ölçümlerinin tümünün burada verilmesine olanak bulunmadığından, her seri ölçüm için ayak aynası, ayak ortası ve ayak arkasından alınan ölçüm değerlerinden, ayaktaki direk sıklığına göre hesaplanan ortalama ve maksimum yük yoğunlukları verilmiştir (Tablo 5, 6, 7). Ayrıca her seri yük ölçümü için ayrı ayrı çizilen zamana bağlı grafiklerden bir tanesi örnek olarak şekil 8'de verilmektedir. Grafik üzerinde ölçüm arasında ayakta yapılan iş ve ayağın hangi pozisyonunda (ayak aynası, ayak

ortası ve ayak arkası) ölçümün yapıldığı da belirtilmektedir.

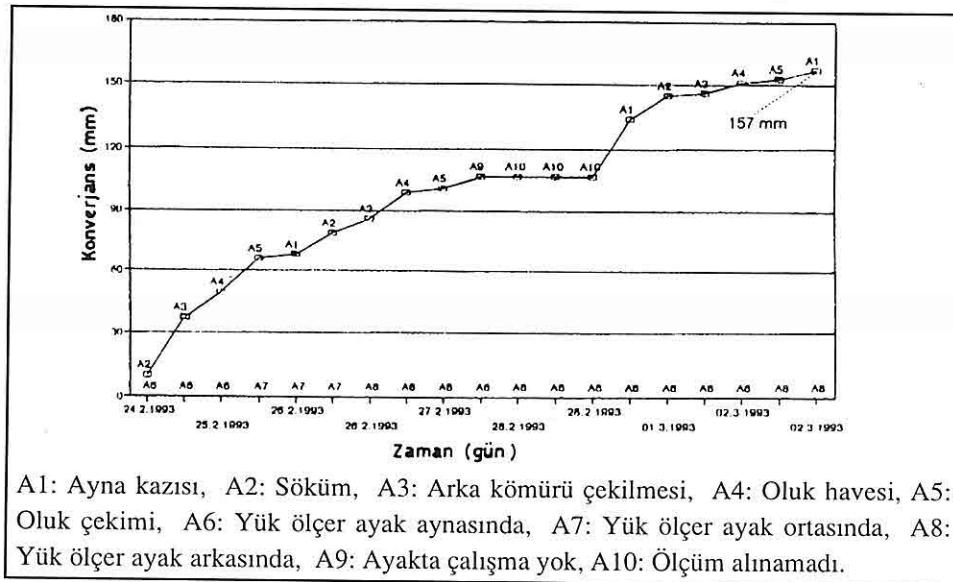
1 nolu ayakta yapılan 15 seri yük ölçümlü sonucuna göre ayağa etki eden ortalama yük yoğunluğu  $27.69 \text{ t/m}^2$ , maksimum yük yoğunlıklarının ortalaması ise  $32.92 \text{ t/m}^2$  olarak belirlenmiştir. Ayrıca her istasyon noktası için ayağın değişik pozisyonlarına göre hesaplanan ortalama ve maksimum yük yoğunlukları Tablo 5'te verilmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde 1 nolu ayağın tavan yoluna yakın kısmına etki eden yük miktarının taban yolunu kısmına göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 5. Ayak ilerleme hızı konverjans arasındaki ilişki.



Şekil 6. Yük yoğunluğu konverjans arasındaki ilişki.



Şekil 7. 3 nolu ayak 3. seri konverjans ölçüm sonuçları (2 no'lu istasyon).

*G.L.I. TUNÇBİLEK YERALTI OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ*

**Tablo 5.** 1 nolu ayakta ölçülen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları.

İstasyon No	Seri No	Ölçüm istasyonlarının ayaktaki konumu							
		A6 (t/m <sup>2</sup> )		A7 (t/m <sup>2</sup> )		A8 (t/m <sup>2</sup> )		Ortalama(t/m <sup>2</sup> )	
		Ort.	Max.	Ort.	Max	Ort.	Max	Ort.	Max
1	1	19.87	25.60	15.53	17.44	11.95	27.61	14.91	23.55
	2	41.02	51.81	28.29	31.09	40.68	45.32	38.14	42.74
	3	13.87	15.56	16.30	18.32	13.65	15.09	14.38	16.32
	4	31.08	42.24	17.73	18.96	18.69	22.06	23.36	27.75
	5	32.36	42.41	27.10	31.27	40.98	47.20	35.33	40.29
Ortalama		28.00	35.52	20.99	23.42	25.42	31.46	25.334	30.13
2	1	36.25	40.45	21.94	25.82	37.82	47.92	34.55	38.06
	2	33.32	43.26	23.22	33.67	34.47	37.28	31.65	38.07
	3	14.61	19.67	12.98	17.02	23.03	31.99	17.71	22.89
	4	11.04	12.03	7.87	9.81	15.93	18.96	11.55	13.60
	5	19.46	27.60	32.68	39.59	33.36	40.01	28.59	35.77
Ortalama		23.81	28.62	19.73	25.18	31.45	35.23	26.28	29.68
3	1	17.77	22.06	17.14	18.71	34.68	43.50	26.59	28.09
	2	31.00	52.98	34.25	39.04	39.89	46.00	35.51	46.01
	3	32.04	40.99	19.59	26.27	32.69	37.99	29.20	35.08
	4	29.45	50.45	32.41	38.67	38.88	40.53	33.17	43.22
	5	24.08	38.99	29.20	39.22	42.73	49.08	33.81	42.43
Ortalama		26.53	41.09	26.52	32.38	39.36	43.42	31.45	38.96
Genel Ortalama		26.11	35.08	22.41	26.99	32.08	36.70	27.69	32.92

Bunun nedeni, ayağın tavan yolu kısmı eski imalat, taban yolu kısmının ise üretime hazır bakır bir panoyla sınırlanmış olmasıdır (Şekil 1). Eski imalat nedeniyle doğal dengesi bozulan tavan tabakalarının yatay yönde yük taşıma özellikleri azaldığından, ayak üzerine etki eden yük miktarı artmaktadır.

2 nolu tavan ayakta otuzbir gün süreyle yapılan 6 seri yük ölçümü sonucuna göre ortalama yük yoğunluğu  $22.93 \text{ t/m}^2$ , maksimum yük yoğunlukları ortalaması  $25.10 \text{ t/m}^2$  olarak belirlenmiştir. İki

istasyon noktasının 'ayak aynası, ayak ortası ve ayak arkasındaki pozisyonlarına göre belirlenen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları Tablo 6' da verilmektedir.

2 nolu tavan ayağın kuyruk (taban yolu) kısmında ölçülen yük yoğunlukları ayak başına göre daha yüksektir. Çünkü bu ayağın taban yolu 502 ayakla ortak nakliye yolu olarak kullanıldığından, ayağın bu kısmı daha fazla deformasyona uğramıştır.

3 nolu taban ayakta otuzbeş gün süreyle konverjans ölçümlerine paralel olarak 11

**Tablo 6.** 2 nolu ayakta ölçülen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları.

İstasyon No	Seri No	Ölçüm istasyonlarının ayaktaki konumu							
		A6 ( $t/m^2$ )		A7 ( $t/m^2$ )		A8 ( $t/m^2$ )		Ortalama( $t/m^2$ )	
		Ort.	Max.	Ort.	Max	Ort.	Max	Ort.	Max
1	1	16.58	16.76	23.98	28.03	28.04	29.18	25.76	24.66
	2	10.54	12.16	19.23	24.31	31.89	45.06	25.11	27.18
	3	31.16	38.91	40.28	41.18	44.46	48.00	37.35	42.70
Ortalama		26.11	22.60	27.24	31.17	33.40	40.75	29.82	31.51
2	1	2.87	3.07	7.75	12.10	16.39	19.33	12.69	11.50
	2	10.41	11.01	14.41	16.87	21.15	22.02	17.06	16.63
	3	16.50	28.54	15.23	17.43	19.51	22.78	16.87	22.92
Ortalama		14.43	14.21	13.38	15.47	18.95	21.38	16.13	17.02
Genel Ortalama		19.69	20.91	20.17	23.32	26.60	31.07	22.93	25.10

seri yük ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre ortalama yük yoğunluğu  $29.76 \text{ t/m}^2$ , maksimum yüklerin ortalaması ise  $35.23 \text{ t/m}^2$  olarak belirlenmiştir (Tablo 7). 3 nolu taban ayakta eski imalatla sınırlı olan tavan yolu kısmında ölçülen yükler taban yolu kısmına göre daha yüksek çıkmıştır.

Her üç ayak için, ölçüm istasyonlarının ayak içindeki konumuna ve maksimum yük yoğunluklarına göre çizilen ve ayak üzerindeki yük dağılımını üç boyutlu olarak gösteren grafik Şekil 9'da verilmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere, ayakların kısa ekseni boyunca en fazla yük ayak arkasına etki etmektedir. Ayakların uzun ekseni boyunca ise her ayagın özel durumuna göre (eski imalat, ortak nakliye yolu gibi) yük dağılımı farklılıklar göstermektedir.

Üç ayakta kurulan yedi adet istasyon noktasında toplam 1500 civarında yük ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümelerin % 99'u hidrolik direğin nominal taşıma

kapasitesinin (40 ton) altında çıkmıştır. Yalnız % 1'inde hidrolik direğin taşıma kapasitesine ulaşılmış veya geçilmiştir. Ayaklarda yapılan ayna kazısı, söküm, arka kömürün alınması, oluk çekimi ve patlatma işlemlerine bakıldığından en fazla yük yoğunluğu, söküm işlemi yapıılırken ayak arkasında belirlenmiştir. Arka kömürün çekilmesi sırasında ise ayakta belirgin bir ferahlama gözlenmiştir. Diğer işlemlerde yük yoğunlukları birbirine yakın değerdedir.

### 5.1.3. Ölçüm Sonuçlarının Teorik Sonuçlarla Karşılaştırılması

Elde edilen ölçüm sonuçlarıyla teorik yük yoğunluklarının karşılaştırılması amacıyla aşağıda Peng ve makalenin yazarı tarafından geliştirilen 1, 2, 3 nolu eşitlikler kullanılacaktır.

1 nolu ayakta olduğu gibi, yalnız tavan ayak çalışılması durumunda göçme yüksekliği;

*G.L.İ. TUNÇBİLEK YERALTı OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ*

**Tablo 7.** 3 nolu ayakta ölçülen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları.

İstasyon No	Seri No	Ölçüm istasyonlarının ayaktaki konumu							
		A6 (t/m <sup>2</sup> )		A7 (t/m <sup>2</sup> )		A8 (t/m <sup>2</sup> )		Ortalama(t/m <sup>2</sup> )	
		Ort.	Max.	Ort.	Max	Ort.	Max	Ort.	Max
1	1	13.87	16.00	13.61	13.27	11.20	21.76	12.79	17.01
	2	17.41	23.25	10.22	14.67	13.88	16.19	14.56	18.04
	3	20.23	25.48	11.62	12.06	20.29	30.98	18.61	22.84
	4	24.89	29.04	27.80	32.23	32.62	37.60	22.94	32.96
	5	24.06	29.76	24.79	27.87	38.17	42.65	31.26	33.43
	6	27.29	34.67	26.17	31.27	37.55	46.90	31.77	37.01
Ortalama		21.40	26.37	18.89	21.89	25.93	32.69	22.97	26.98
2	1	26.72	36.78	31.42	47.67	51.17	54.13	37.32	46.19
	2	26.70	40.18	34.53	31.43	11.95	26.97	22.36	32.86
	3	36.13	45.41	31.29	37.83	44.71	59.11	40.57	47.45
	4	40.89	45.20	37.79	45.99	59.12	63.18	48.33	51.46
	5	33.14	40.31	23.05	23.18	49.70	54.91	39.40	39.47
Ortalama		32.34	41.57	32.00	37.21	44.42	51.66	38.08	43.48
Genel Ortalama		26.26	33.97	24.54	29.55	34.28	42.18	29.76	35.2

$$h = \frac{m(1-v)}{(K-1)(1-s)\gamma_2} \left[ s(\gamma_1 - \gamma_2) + \gamma_2 \right] - \frac{m v (Kc-1)}{(K-1)}$$

(1) (Konak, 1995)

Tavan – taban ayak çalışması durumunda tavan ayak göçme yüksekliği (2 nolu ayak);

$$h = \frac{m_1}{K-1} \quad (2) \quad (\text{Peng, 1984})$$

Taban ayak göçme yüksekliği (3 nolu ayak);

$$h = \frac{m(1-v)}{(K-1)(1-s)\gamma_2} \left[ s(\gamma_1 - \gamma_2) + \gamma_2 \right] - \frac{m v (Kc-1)}{(K-1)} + h_1 \left( 1 - \frac{K-Kro}{K-1} \right) \quad (3) \quad (\text{Konak, 1995})$$

m: Üretilen dilim kalınlığı (m)

h: Göçme yüksekliği (m)

v: Göçükte kalan kömür oranı (%)

$h_1$ : Tavan ayak göçme yüksekliği (m)

s: Tüvenana karışan tavan taşı oranı (%)

$m_1$ : Tavan ayak ayna yüksekliği (m)

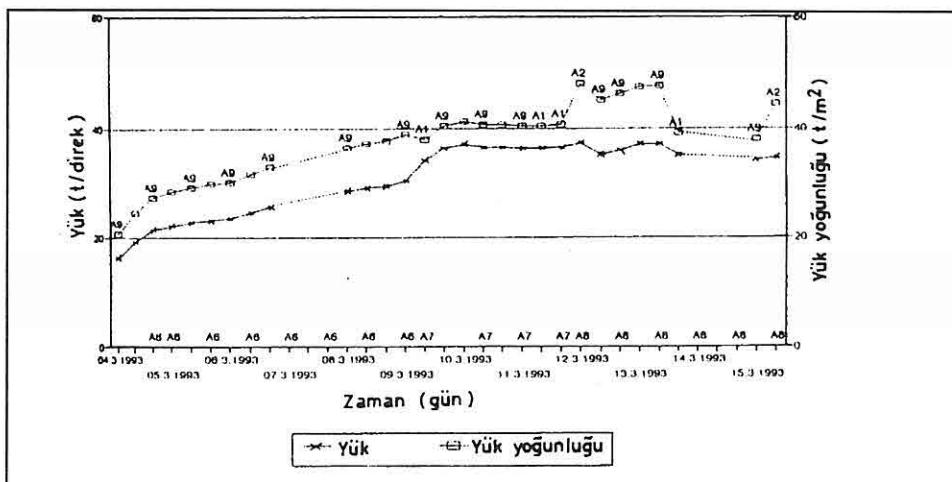
$\gamma_1$ : Kömür yoğunluğu (ton/m<sup>2</sup>)

$\gamma_2$ : Tavan taşı ortalama yoğunluğu (ton/m<sup>3</sup>)

K: Tavan taşıının kabarma faktörü

Kro: Yarı kalıcı kabarma faktörü

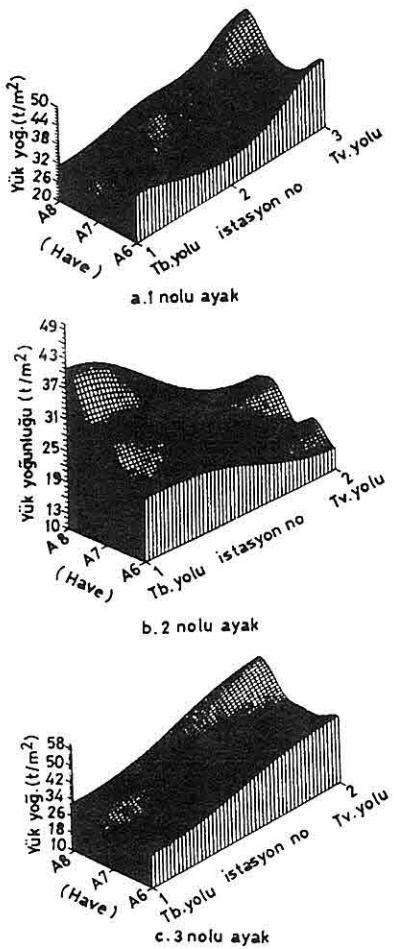
Kc: Kömürün kabarma faktörü



## G.L.I. TUNÇBİLEK YERALTI OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ

**Tablo 9.** Her üç ayak için hesaplanan ve ölçülen yük yoğunlukları.

1 Nolu Ayak				2 Nolu Ayak				3 Nolu Ayak			
Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen
h (m)	Y.Y (t/m <sup>2</sup> )	Ort. (t/m <sup>2</sup> )	Max. (t/m <sup>2</sup> )	h (m)	Y.Y (t/m <sup>2</sup> )	Ort. (t/m <sup>2</sup> )	Max. (t/m <sup>2</sup> )	h (m)	Y.Y (t/m <sup>2</sup> )	Ort. (t/m <sup>2</sup> )	Max. (t/m <sup>2</sup> )
14.2	28.1	27.7	32.9	4.9	9.7	22.9	25.1	14.9	29.6	29.8	35.2
Y.Y. : Yük yoğunluğu											



**Şekil 9.** Ayakların kısa ve uzun eksenleri boyunca ölçülen maksimum yük yoğunlukları.

Sağlam olmayan ve tabakalı yapıda olan tavan formasyonlarının yatay yönde yük taşıma özelliklerini sınırlıdır. Bu tür kayaçlarda yalancı tavan yüksekliğinin teorik olarak hesaplanan değerden daha yüksek olduğu burada da görülmüştür.

### SONUÇ

1 ve 3 nolu ayaklarda ölçülen yük yoğunluğu ortalamaları ( $27.7 \text{ t/m}^2$ ,  $29.8 \text{ t/m}^2$ ) ile teorik olarak hesaplanan yük yoğunlukları ( $28.1 \text{ t/m}^2$ ,  $29.6 \text{ t/m}^2$ ) birbirine uyum sağlamaktadır. 2 nolu ayakta ölçülen ortalama yük yoğunluğu değeri ( $22.9 \text{ t/m}^2$ ) hesaplanan değerden ( $9.7 \text{ t/m}^2$ ) yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni kömür damarı üzerindeki 6-7 m kalınlığındaki killi formasyonun düşük dayanımlı olması nedeniyle hemen göçebilen bir yapı göstermesidir.

Ayaklarda ölçülen maksimum yüklerin ortalaması 1 nolu ayakta  $32.9 \text{ t/m}^2$ , 2 nolu ayakta  $25.1 \text{ t/m}^2$ , ve 3 nolu ayakta  $35.2 \text{ t/m}^2$  dir. 1 ve 3 nolu taban ayaklarda en düşük direk yoğunluğu ayna vardiyası sonunda  $0.67 \text{ m}^2/\text{direk}$ , 2 nolu tavan yakta ise  $0.83 \text{ m}^2/\text{direk}$  olmaktadır. Bu durumda hidrolik direklere gelen en fazla yük 1 nolu ayakta 22.04 ton, 2 nolu ayakta 23.58 ton, 3 nolu ayakta ise 20.83

ton'dur. Bu değerler hidrolik direklerin taşıma kapasitelerinin (40 ton) oldukça altındadır.

Maksimum yük yoğunlukları dikkate alınarak grafiksel olarak çizilen yaylı yüklerde göre, ayakların kısa eksen boyunca en yüksek yük yoğunluğu ayak arkasında, uzun eksen boyunca ise ayakların özel durumlarına göre (eski imalat vb.) değişiklik göstermektedirler.

Ayaklarda yapılan ayna kazısı, söküüm, arka kömürünün alınması, oluk çekimi ve patlatma işlerinde, en fazla yük yoğunluğu söküüm işlemi yapılmırken ayak arkasında belirlenmiştir. Ayak arkasından kömür çekme işlemi sırasında ise yük miktarında bir azalma gözlenmiştir. Diğer işlerde yükler birbirine yakın değerde çıkmıştır.

En yüksek konverjans değerleri 1 nolu ayakta 122 mm, 2 nolu ayakta 106 mm 3 nolu ayakta 157 mm olarak ölçülmüştür. Ölçümlerin yapıldığı serilerdeki ayak ilerleme hızları diğer serilere göre daha düşüktür. Konverjans değerinin yüksek olduğu serilerdeki yük yoğunlukları diğer serilere göre daha yüksektir (1 nolu istasyonda 40.45 t/m<sup>2</sup>). Buna karşılık ayak ilerleme hızlarının yüksek olduğu serilerde konverjans değerleri daha düşük çıkmıştır.

Her üç ayakta da ayak ilerleme hızı ile konverjans arasında ters orantının, yük yoğunluğu ile konverjans arasında doğru orantının varlığı net bir şekilde saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

Ahiska, T., İnce, M., 1989, "Çok Katlı

*Uzun Ayak Panolarında Yapay Ayak Uygulaması", Türkiye 11. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, Ankara, s. 203 - 226.*

Bilir, M.E., Müftüoğlu, Y.V., 1995, "Hidrolik Direkli Uzunayakta Yük ve Konverjans Ölçümlerinin Değerlendirilmesi", Türkiye 14. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 7-14.

Birön, C., Arioğlu, E., 1985, "Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı", Birsen Kitapevi, İstanbul, s.22-44.

Konak,G., 1995, "Measurement and Evaluation of Loads and Convergences in Underground Coal Mines With Regard to Roof Control", Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İzmir, 220 s.

Köse, H., Kahraman B., 1989, "Kaya Mekanığı", Dokuz Eylül Üniversitesi, MM/MAD.89.EY.177, İzmir, s. 41-437.

Köse, H., Şenkal,S., Şenkal,G.,1992, "Tuncbilek Yeraltı İşletmesinde Yapılan Yük ve Konverjans Ölçümlerinin Değerlendirilmesi", Türkiye 8. Kömür Kongresi, Zonguldak, s. 83-97.

Köse, H., Tatar, Ç., Konak, G., Onargan, T., Kızıl, M.S., 1994, "Ömerler Yeraltı İşletmesi Tabaka Kontrolü Yük ve Konverjans Ölçümleri", Araştırma Projesi, DEÜ Müh.Fak., İzmir.

Paşamehmetoğlu, A.G., Ünal, E., Tutluoğlu, L., 1988, "Etibank Bigadiç Madenleri İşletmeleri Müessese Müdürlüğü, Simav Yeraltı Ocağı Kaya Mekanığı Etüdleri", ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, s. 87-183.

Peng, S.S. ve Chiang, H.S., 1984, "Longwall Mining", John Wiley and

*G.L.İ. TUNÇBİLEK YERALTI OCAĞINDA YAPILAN YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ*

*Sons, New York, s. 17-70.*

*Şenkal, S., Köse, H., ErmİŞoğlu, H., 1988, "G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi'nde Uygulanmakta Olan Yeraltı Üretim*

*Yönteminde Oluşan Kömür Kaybının ve Seyrelmesinin Etüd Edilmesi", Madencilik Dergisi 27, s.4, Ankara, s. 5-12.*



**CAM HAMMADDESİ OLARAK KUVARSİT-KUVARS  
KUMUNUN HAZIRLANMASI**

**Mehmet YILDIRIM**

*Ç.U. Maden Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

**ÖZET:** *Bu çalışmada kum hazırlamaya uygun değişik yöntemlerle cam yapımının gereksinimleri ve kuvars kumunun bileşimi arasındaki ilişkiler belirlenmektedir. Her ne kadar kum üreticisi ve cam yapımıçısı çok az farklı yaklaşımlara sahip olsalarda bu çalışmada bilgiler her ikisi için de önemlidir.*

*Ümit edilmektedir ki, bu çalışma Türkiye'de kuvarsit kumlarının daha gelişmiş yöntemlerle hazırlamada ilginin teşvik edilmesine yardımcı olacak ve böyle yöntemlerin bu memlekette sadece kum üreticileri tarafından değil aynı zamanda cam kumu kullanıcıları tarafından da uygulanması sağlanabilecektir.*

**PROCESSING OF QUARTZITE-QUARTZ SAND AS THE GLASS RAW  
MATERIAL**

**ABSTRACT:** *In this study, the relations between composition of quartz sand, requirements of glass manufacture and the various methods adopted in sand processing are determined. Although the sand producers and glassmakers have somewhat different approaches the informations in this paper are important for both of them.*

*It is hoped that the article will help to stimulate interest in the more sophisticated processing of quartzite sands in Turkey and may lead to a wider application of such methods in this country not only by sand producers but also in some cases, by glass sand users.*

*Keywords:* Glass-sand processing/Glass-sand specifications

## 1.GİRİŞ

Cam yapımında kullanılan kum ya herhangi bir boyut dağılımında serbest tanecikler veya bağlayıcı bir madde ile bağlanarak oluşan kum taşları şeklindedir. Kum taşları şeklindeki parçacıklardaki kuvars taneciklerinin serbest hale getirilmesi için boyut küçültme işlemine gereksinim vardır.

Kumun cam yapımında kullanılabilmesi için içerdeği bazı elementlerin oksitlerinin % miktarlarının belirli limitlerin altında olması gereklidir. Özellikle beyaz cam üretiminde demir ve krom gibi metalik oksitlerin içerilmesi halinde cam üretimi mümkün değildir. Cam'da esas element silisyumdur. Alkaliler viskozitesi yüksek olan ergimış silisyum oksidin viskozitesini düşürür. Kalker, dolomit gibi toprak alkaliler ise camın kimyasal dayanıklılığını artırmaktadır (Kuşculoğlu, 1983). Bazı element oksitlerin toplam kimyasal % sinin verilmesi bazı durumlarda yeterli olmuyabilir. Sefsizliğin şekli ve dağılımı da önemli olmaktadır. Örneğin eğer demir oksit mevcutsa ve taneciklerdeki dağılımı bir homojenite göstermiyorsa üründe belirli renkli noktalar olabilmektedir.

Kum hazırlama genel olarak normal cevher hazırlama yöntemlerini kapsamaktadır. Cam kumu diğer cevher konsantrelerine kıyasla ucuzdur. Buna nedenle cam yapımında kullanılabilecek safsızlık %' si düşük bir konsantreyi mümkün olduğu kadar ucuza mal etmek gerekmektedir. Metalik cevherlerden diğer bir farkı, elde edilen konsantre

ağırlık olarak büyük bir miktarı teşkil etmektedir. Sefsizlik minerallerinin depolanması, nakliyatı hiç önemli bir problem teşkil etmemektedir.

## 2. CAM KUMUNDAKİ MINERAL SAFSIZLIKLARI

Kuvars kumları ana kayaç olarak granit gibi serbest kuvars ihtiva eden magmatik kayaçlardan oluşmaktadır. Kum içindeki safsızlıklar orijinal kayaçtaki dayanıklı birincil mineraller ile daha az dayanıklı ve daha az kararlı ikincil minerallerden oluşmaktadır. Bunların dışındaki safsızlıklar ise başka kaynaklardan taşınmakta ve ayırma işini güçlendirmektedir. Cam kumunun belirgin mineral bileşimi Tablo 1' de görülmektedir.

Kum taneciklerinde mevcut olan safsızlıklar bir numunede elde edilebilir nihai safsızlık olarak kabul edilmelidir. Çünkü kristalleşme sırasında yapıda kalan bu safsızlık hiç bir fiziksel yöntem hatta liç ile dahi atılamaz. Bu tür elementel safsızlıklar cevherdeki kaynak olan mineral safsızlık ile aynı karakteristik özelliklere sahiptirler. Titanyum oksitleri, turmalin ve zirkon bu tür safsızlık minerallerine örnektirler. Çünkü çok küçük boyutlu kristal yapısına sahiptirler. Demir oksitler kuvars taneciklerinin yüzeyinde olabildiği gibi yarık ve çatlaklarında da olabilmektedirler. Bunların dışında cam kumlarında gaz ve sıvı kapanımlar da bulunmaktadır. Bunlar normal cam yapımında önemli olmamakla birlikte

**Tablo 1.** Kuvars Kumundaki Mineral Sefsizlikleri ve İçerdiği Başlıca Elementler(Gregory, 1964).

Mineral	Element	Yaklaşık Yoğunluk (g/cm3)
Glokonit	Fe,k	2.20-2.90
Feldspat	K,Ca,Na	2.55-2.75
Muskovit	K,Al	2.90
Turmalin	Fe,Al	3.15
Stovrolit	Fe,Al	3.60
Kyanit (Disten)	Al	3.60
Lökoksen	Ti	3.60
Limonit	Fe	3.80
Anatas	Ti	3.90
Brokit	Ti	3.90
Rutil	Ti	4.00
Kromit	Cr	4.40
Zirkon	Zr	4.70
İlmenit	Fe,Ti	4.80
Pirit	Fe	5.0

özel cam için çok önemli etkilere sahiptir (Kuşçuoğlu, 1983).

### 3. KİMYASAL BİLEŞİM

Cam yapımında kullanılacak kumun kimyasal özellikleri bu kumdan yapılacak camın tipine bağlıdır. Homojen ve değişken olmayan bileşim en önemli faktördür. Uygulamada numunenin belirli bir minimum SiO<sub>2</sub> % sine sahip olması istenir. Kritik sayılabilen oksitlerin ise bilerli bir limitin altında olması gereklidir. Renksiz cam yapımında kullanılabilen kumları üç gruba ayırmak mümkün

olmaktadır (Mills, 1975).

### 4.TANE BOYUTU DAĞILIMI

Tane boyutu kum taneciklerinin ergime hızını etkilemektedir. Şekil olarak küresel taneciklerden ziyade sivri şekilli tanecikler tercih edilir. Çünkü daha çok yüzey alanına sahiptir. Daha fazla iri boyut dağılımında tanecik içeren numunenin ergimesi için geçecek süre daha fazla olmaktadır. Homojen boyut dağılımı olmadığı zaman taneciklerin tam karışımı sağlanamadığı gibi bazı bölgesel birikmelerde olmaktadır. Çok toz boyuttaki tanecikler de ergitme işlemi sırasında fırın duvarlarına yapışarak istenmeyen bir birikime ve nakliyat ile depolama işlemlerinde sorunlara neden olmaktadır.(Mills,1975).

### 5. HAZIRLAMA YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİ

Hazırlama tesisi akım şeması oluşturulurken cevherin mineralojik ve kimyasal analizleri ile elek analizi bilinmelidir. Sefsizliklerin dağılımı seçilecek proses için etken olmaktadır. Örneğin demir içeriğinin büyük bir kısmı yüzeydeki killere bağlı olarak bulunmuyorsa bu tip kuvars tanecikleri yüzey temizleme (scrubbing)veya asit liçi işlemleri ile temizlenir. Bu tip bir numunede ek zenginleştirme işlemlerine gerek yoktur. Eğer sefsizlik mineralleri serbest olarak bulunmuyorsa, manyetik olanlar için manyetik ayırmaya diğerleri için ise gravite ile zenginleştirme ve flotasyon yöntemleri uygulanır.

**Tablo 2.** Renksiz Cam Yapımında Kullanılan Kumun Kimyasal Bileşim Sınırları.

Grup	En fazla Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	En fazla CaO (%)	En az SiO <sub>2</sub> (%)	En fazla demir(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) (%)	En fazla TiO <sub>2</sub> (%)	En fazla Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
A	0.25	0.01	99.50	0.008	0.030	0.0002
B	0.30	0.03	99.50	0.013	0.040	0.0003
C	0.60	0.07	98.50	0.030	0.060	0.0006

## 6. BAŞLICA HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ

### 6.1. Boyut Küçültme

Tesise cevherin beslenmesinden önce bir ön homojenleştirme işlemi çoğu kez gerekli olmaktadır. Bunu sağlamak için daha ocaktan üretim sırasında karışım yapılmamıştır. Malzemenin hem kimyasal içerik hem de boyut dağılımı olarak homojen olması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için de en önemli koşullardan bir tanesi cevherin belirli boyuta kırılıp sınıflandırılmış olmasıdır.

Bunun için doğal çimento ile birbirine bağlanmış olan kuvars tanecikleri serbest hale getirilir. Diğer taraftan mineral safsızlıklarının belirli bir serbestleşme tane boyutu mevcut ise zenginleştirme işlemlerinde yüksek verime ulaşabilmek için bu boyutun altına kırılır. Boyut küçültmede çoğu kez bir çeneli kırıcı veya çekiçli dejirmenden sonra çubuklu dejirmen sınıflandırıcı (hidrosiklon) ile kapalı devre olarak seçilir. Öğütme yaşı ortamda yapılmalıdır. Bu istenen boyuta yüksek kapasite ile ulaşmayı sağlamaktadır. Uygulamada öğütmede 3.81, 5.08 ve 6.35 cm'lik çubuklar

kullanılır. Kuvars aşındırıcı olduğu için öğütme ortamı çubuklar kısa sürede aşınmaktadır. Yenisi ile değiştirilmediği takdirde dejirmen çıkışının boyut dağılımı değişimekte dolayısı ile verim etkilenmektedir. Kuvarsit için çubuk sarfiyatı 150-200 kg/ton'dur (Akarsu, 1997).

### 6.2. Yüzey Temizleme (Scrubbing)

Kuvars taneciklerinin yüzeylerindeki demir oksit ve kil tabakasının temizlenmesi amacı ile yapılmaktadır. Temizleme işlemi birbirine ters yönde dönen iki pervanenin yarattığı hareket ile taneciklerin birbirine sürtünmesi sonucu yüzeydeki kil ve demir oksitin uzaklaştırılması ile sağlanmaktadır. İşlem sırasında genellikle yüksek katı yoğunluklarında çalışılır (% 70-80). Her numune için en uygun katı yoğunluğu ve süre deneyel olarak belirlenir.

### 6.3. Kimyasal İşlem

Kuvars taneciklerinin yüzeyindeki kaplamalar bazı durumlarda yüzey temizleme işlemleri ile giderilemez. Bu nedenle mevcut cevherden SiO<sub>2</sub> %'si yüksek ürün elde etmek istenirse

kimyasal işlem de uygulanır. Yüzeydeki tuz ve uçucu olmayan kloritler 700°C' ye ısıtılp yıkandığı takdirde yüzeyi terketmektedir. Sülfirik asit ve hidroklorik asit'in değişik konsantrasyonlardaki çözeltileri değişik sıcaklıklarda ve basınçlarda uygulanabilir. Basınç uygulamanın nedeni çözücü ortam olan asit çözeltisinin tanecığın çatlaklarına daha iyi girebilmesi ve çözme işlemini daha iyi yapabilmesi içindir. Bu işlem ile teknik olarak yeterli sonuç alınmasına karşın her zaman ekonomik olmuyabilmektedir. (Segrove, 1956).

#### 6.4. Köpük Flotasyonu

Flotasyon işlemi ile karbonatlar ve ağır metal taşıyan tanecikler uzaklaştırılabildiği gibi feldspatlar ve mikalar da ayrılabilir. Kuvars taneciklerinin hızlı çökelmelerinden dolayı (bunu önlemek için) mekanik karıştırıcılı flotasyon makinaları tercih edilir. Reaktif seçimi yüzdürülmek istenen safsızlık mineraline uygun olarak yapılır. En çok kullanılan reaktifler ve tüketim oranları Tablo 3' de görülmektedir. (Gregory, 1964).

Reaktif tüketimini azaltmak ve verimi artırmak için çok ince boyuttaki tanecikler (şlam) ortamdan uzaklaştırılmalı ve mümkün olduğu kadar yüksek katı yoğunluğunda kondüsyonlama işlemi yapılmalıdır. Kuvarsit kumu çok aşındırıcı olduğu için kullanılan aletlerin iç yüzeyleri aşınmaya dayanıklı PVC ile kaplanmalıdır.

#### 6.5. Yoğunluğa Göre Zenginleştirme

Sarsıntılı masa safsızlık taşıyan serbest mineral taneciklerinin ayrılabilmesi için kullanılmakta olan ilk gravite yöntemidir. Ancak son zamanlarda bu yöntemin yerine çoğu kez flotasyon yöntemi tercih edilmektedir.. Çünkü, flotasyon ile daha yüksek kapasitelere ulaşılabilimekte buna karşın masa ile yakın yoğunluktaki örneğin kalsit taneciklerinin kuvars taneciklerinden ayrılması zordur. Spiral ile de yakın yoğunluktaki tanecikleri verimli bir şekilde ayırmak mümkün değildir. Masa ve spiral kuvarsit kumu hazırlama tesislerinde, kuma nakliyatı ve madenciliği sırasında dışarıdan karışan ağır taneciklerin ayrılmamasında kullanılmaktadır.

Muskovit ve serisit tanecikleri plaka

**Tablo 3.** Flotasyon Reaktifleri ve Tüketim Oranları

Reaktifler	Tüketim Oranı (gr/ton)	pH	Kullanılan Çözelti
Yağ asitleri	500-900	7.5-10	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
Na,K-Oleat	" "	" "	"
Sulfonatlar	430-900	3.5-4.5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Aminler	113	3.5-4.5	HF

şeklinde olduğu için çökelme hızları kuvars taneciklerine nazaran daha azdır. Bu nedenle bu tür taneciklerin ayrılığında masa ve spiral kullanılabilmektedir (Taggart, 1954).

#### **6.6. Manyetik Ayırma**

İşlem olarak kolay kontrol edilebilen yöntemdir. Demir içeriği taşıyan tanecikler kolaylıkla ayrılabilir. Ayırma işlemi genellikle kuru olarak yapılır. Uygulamada ayırma işlemi yaş olarak da yapılmaktadır. Ancak elde edilen konsantrenin kurutulması enerji tüketimine neden olduğu için öncelikle kuru yöntem tercih edilir. Kuvars kumlarındaki demir safsızlık içeren tanecikler kuvars taneciklerinden düşük olan şiddetli ayırıcılarda ayrılabilmektedir. İri boyutlar için kuru, ince boyutlar için yaş tambur veya bantlı ayırıcılar kullanılmaktadır. Bir tambur tipi manyetik ayırıcının her 5 cm tambur boyu için 160-270 kg/saat kapasiteye ulaşmak mümkündür. Nümunenin temizliğinin kapasiteye etkisi çoktur (Gregory, 1964). Rutil, Zirkon manyetik alınganlıklarını az olan serbest tanecikler ile bu safsızlıklarını taşıyan bileşik tanecikler ise yüksek alan şiddetli ayırıcılarla ayrılabilmektedir.

### **7. SONUÇLAR**

Kuvarsit kuvars kumlarının cam hammaddesi olarak hazırlanmasında uygun olan zenginleştirme prosesinin seçilebilmesi için mineralojik, kimyasal ve tane boyut analizlerinin öncelikle bilinmesi gerekmektedir. Safsızlık

mineralleri kuvars taneciklerinin yüzeylerinde olduğu gibi yarık ve çatlaklarında da olabilmektedir. Bu tür kuvars taneciklerindeki safsızlık elementlerinin uzaklaştırılması ancak kimyasal çözeltilerle çözündürülerek mümkün olabilmektedir. Feldspatların kile dönüşmesi ve serisitlerin oluşturduğu yüzey tabakası ve taneciklerin arasındaki cimento boyut küçültme ve yüzey temizleme işlemleri ile uzaklaştırılabilmektedir.

Mineral safsızlıkları ve tane boyu dağılımları ayrıca homojen olmalıdır. Bunun sağlanabilmesi için genellikle cevher için bir ön homojenleştirme işlemi yapılır. Cam kumları belirli kimyasal bileşim ve tane boyu dağılımına sahip olmalıdır.

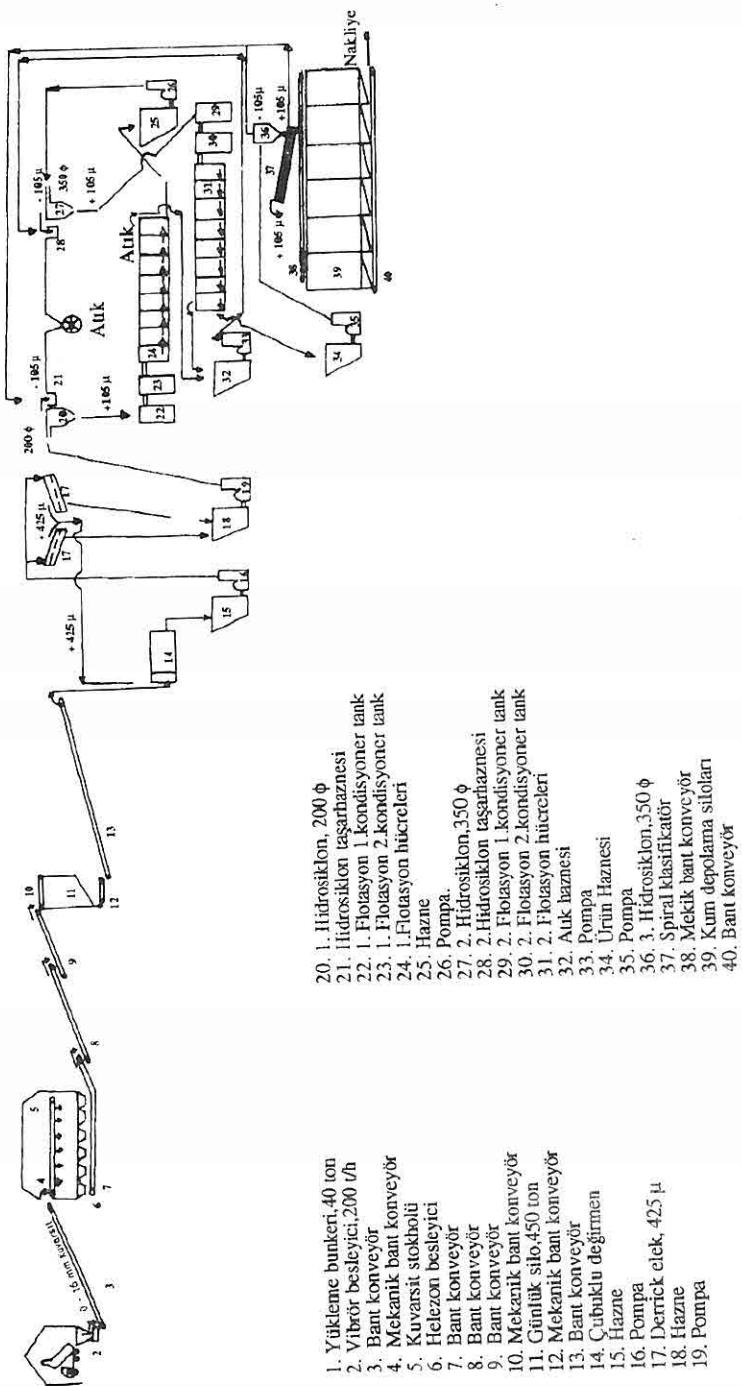
Hazırlama işlemi geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Akım şemasında yer alan aşamalardaki değişkenlerin kontrolü kolay olduğu için yüksek zenginleştirme verimine kolaylıkla ulaşılabilir. Şekil 1'de Trakya Cam San A.Ş.'nin Mersin'deki tesisinin akım şeması görülmektedir.

Kuvars tanecikleri fiziksel olarak çok aşındırıcı oldukları için proseslerde yer alacak makina ve teçhizatın iç yüzeylerinin aşınımıya dayanıklı PVC ve plastik maddelerden hazırlanmış astar malzeme ile kaplanması gerekmektedir.

### **8. GELECEKTE BEKLENEN GELİŞMELER**

Türkiyede doğal olarak hemen cam yapımına uygun kum yatağı ve rezervi oldukça azdır. Kum tüketiminin artması

CAM HAMMADDESİ OLARAK KUVARSİT-KUVARS KUMUNUN HAZIRLANMASI



Şekil 1. Trakya Cam San. A.Ş. (Mersin) Kuvarsit Kumu hazırlama Testisi Akım Şeması

beklenmekte ve cam üretimi için gerekli sınır değer ön koşullarını koruyacağı düşünülmektedir. Önümüzdeki yıllarda daha düşük kuvars tenörlü kum yataklarındaki kum numunelerinin safsızlıklardan arındırılarak cam hammadde olarak hazırlanması kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle hazırlama tekniklerinin daha geliştirilebilmesi için çalışmalar yapılacaktır.

#### KAYNAKLAR

Akar, A., *Cevher Hazırlama Akım Şemalarında Proses Simgesel Sunumları*, D.E.Ü., Müh. Fakültesi, MM/MAD - 85, Ey.01. Sayfa 247-253

AKARSU, H., *Kuvarsit kumunun hazırlanması*, M.Sc. Seminer Notları, Ç.Ü., Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, 1997.

Gregory A.G., *The extraction and processing of sands for glass manufacture*, Jnl. of Cement,Lime and Gravel, pp 125-134, 1964.

Kuşçuoğlu, S., *Harman ve Cam Kurs Notları*, Topkapı Şişe San A.Ş. 1983.

Mills H.N., *Glass raw materials, Industrial Minerals and Rocks*. 4th Editior, AIME, p 327-357, 1975.

Segrove, H.D., *The production of sand for making colourless glass 3.5. Glass T. XL* pp 363-375, 1956

Taggart, A.F., *Handbook of Minerals Dressing Section 8*, p1-60, 1954.190

**BASAMAK PATLATMASI ÖZGÜL ŞARJ TAHMİNİNDE GELENEKSEL  
UFALAMA TEORİSİ İLKELERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Ali KAHRİMAN**

*I. Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye*

**Ö. Lutfi SÜL ve Ahmet DEMİRCİ**

*C. Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye*

**ÖZET:** Herhangi bir işletmede optimum patlatma koşullarının belirlenmesi ve en uygun patlatma ekipmanının seçimi için etken olan pek çok parametre söz konusudur. Ancak bunlardan en önemli olanlarından biri de özgül şarjdır. Özgül şarjin güvenilir yaklaşımlarla önceden belirlenebilmesi; işletmecilere çok önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Bu nedenle çeşitli araştırmacılar, özgül şarjin bazı kaya ve patlayıcı madde özelliklerinden ve patlatma geometrisinden hareketle belirlenmesine dönük araştırmalar yapmışlar ve oldukça önemli sonuçlara ulaşmışlardır. Ancak tüm bu sonuçlar herhangi bir kaya ve işletme koşulu için yeterli olamamıştır. Bu nedenle yeni bazı yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç özellikle deneme maliyetlerini en aza indirmek için gerekli gözükmemektedir. Bu çalışma kapsamında, kaya ve patlayıcı madde özelliklerini esas alan önceki yaklaşımları desteklemek amacıyla özgül şarjin boyut küçültme teorisinden yararlanılarak tahmin edilebilirliği konusu incelenmiş ve Bond teorisinden yararlanılarak özgül şarjin tahmin edilebileceği yargısına varılmıştır. Bu amaçla ondört farklı kaya birimi üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu konuya ilgili bazı bağıntılar önerilmiştir.

**THE USE OF CLASSICAL COMMINTION THEORY PRINCIPLES TO  
ESTIMATE POWDER FACTOR IN BENCH BLASTING**

**ABSTRACT:** There are a lot of parameters that are necessary for the determination of optimum blasting conditions and the selection of most suitable blasting equipment in any mine. One of the most important factor among these parameters is the specific charge. The prediction of specific charge with reliable approaches will give important facilities to the miners. Due to this impact many research workers have carried out a lot of investigations in order to determine the specific charge considering some rock mass and material properties and blasting geometry and achieved pretty considerable results. On the other hand, all these relationships and equations acquired empirically haven't been found sufficiently useful for any rocks and mine conditions. Therefore it has been found necessary to develop some new approaches to this question: This necessity seems especially to have the objective to decrease the cost of implementation of trial and error

*method used popularly in mining activities. Within the scope of this research work, the estimation predictability of specific charge has been investigated using comminution and Bond work index theory in order to support previous investigations carried out on the basis of rock and explosive properties. To elaborate on this problem, 14 various rock units in different mines have been prepared for blasting considerations and the related bench blasting applications have been performed in the field. At the end of evaluations some relationships were developed and suggested for further use in the mining industry.*

## 1.GİRİŞ

Bilindiği gibi, patlatma; maden hammaddelerinin üretimi başta olmak üzere kaya kazı faaliyetinin yürütüldüğü birçok alanda, kaçınılmaz bir işlemidir. Doğal olarak belirli kayaç dayanımlarına kadar, kazı faaliyetleri doğrudan veya riperleme ile yapılabildiği halde, pek çok kayaç kazısında delme ve patlatma zaruri olarak ortaya çıkmakta ve bu haliyle işletme faaliyetlerine yönelik üretim sürecinin ilk işlemini oluşturmaktadır. Patlatmanın günümüzde dahi en önemli özelliği, hem bilim hemde sanat ağırlıklı olmasıdır. Araştırmacıların süregelen çabalarının en önemli hedefi; patlatma tasarımlarında bilimsel yönü öne çıkararak geçerli yaklaşılara ulaşmaktır.

Delme ve patlatma; madenciliğin en önemli işlemlerinden biridir. Açık ocak işletmeciliğinde, çoğu zaman ilk işlemi

oluşturan delme-patlatma faaliyetlerinin toplam üretim maliyeti içindeki payı (uygun patlatma koşullarının sağlanıp sağlanmadığına bağlı olarak) %10 ile %35 arasında değişmektedir. Açık işletmelerin kapasiteleri gün geçtikçe artmaka olduğundan bu maliyet değerinin aralığı belirgin bir önem taşımaktadır. Uygun patlayıcı madde seçimi ve patlatma geometrisinin bulunması, toplam üretim maliyetinde belirgin düşüşler sağlayabilmektedir. Teknik, ekonomik ve emniyetli bir patlatma tasarımda başlıca üç parametre grubu etkilidir:

- i. Kaya madde ve kütle özelliklerı
  - ii. Kullanılan patlayıcı maddenin tipi ve özelliklerı
  - iii. Patlatma geometrisi ve şarj dağılımı
- Bu temel parametre gruplarından kaya madde ve kütle özelliklerini doğal olarak belirlenmiş olup değiştirilemezken (türetilmiş özellikler hariç) diğer parametre grupları şartlara ve amaçlara bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Bununla birlikte herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatmasında yanıt aranacak iki temel parametre özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Özgül şarj ve dilim kalınlığının belirlenmesi durumunda öteki parametreler, bu ikisine bağlı olarak hesaplanmakta ve tasarım tamamlanabilmektedir. Özgül şarjin sağlıklı yöntemlerle tahmin edilmesi, makina ekipman seçimi başta olmak üzere, patlatma verimliliğini yakından ilgilendirmektedir. Deneme yanlışla

atımlarını en aza indirerek başlangıçtaki maliyeti azaltacağından, araştırmacıların önemli hedeflerinden biri, herhangi bir kaya birimi için özgül şartı önceden belirlemek olmuştur. Bu kapsamda, kaya birimlerinin bazı malzeme ve kütle özellikleri ile özgül şart arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu yönde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen empirik ilişkiler kullanılmaya başlanmış ise de işin doğası gereği, nihai bir çözüme kavuşturulamamıştır. Konunun karmaşıklığı ve zorluğu daha başka unsurlarla takviyeyi gerektirmektedir. Öte yandan kırma öğütme yoluyla boyut küçültme olayının mekanizması ile patlatma yolu ile kaya kazısı arasında bir benzerlik olduğu düşünüldüğünde, boyut küçültme teorisinden yararlanarak özgül şart tahminine gidilebileceği düşüncesi, özgül enerji ve tane boyutu arasındaki ilişkilere dayandırılabilir. Patlatma işleminin de son tahlilde, bir boyut küçültme olduğu varsayıldığında; kırma-ögütme yoluyla boyut küçültme için geçerli olan kural ve yaklaşımların patlatma işlemi için de geçerli olması olasılığını artırmaktadır. Bu düşünmeden hareketle özgül şartın; sadece kaya malzeme ve kütle özelliklerinden elde edilecek yaklaşımlarla belirlenmesinin yeterli olamayacağı, bu nedenle bu yaklaşımlara ek olarak boyut küçültme teorisinden, özellikle Bond teorisi ve iş indeksi kavramlarından yararlanması gündeme getirilmiştir. Bu çerçevede kaya patlatmasında; özgül şartın tahmini için iş indeksi ile patlatma öncesi ve sonrası boyut dağılımından yararlanması ve

bond eşitliğinin kullanılabilirliği incelemeye değer bulunmuştur.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Katı bir malzemenin iç bağlantı kuvvetlerini yenecek bir dış kuvvetin uygulanması sonucu cisim daha küçük parçalara bölünmekte ve böylece parçalanma, kırma ve öğütme olayları gerçekleşmektedir. Hukki (1961), boyut küçültmeyi; kayaların patlatmayla parçalanması, kırma ve öğütme olarak üç aşamalı bir işlem olarak tariflemiştir ise de; genel olarak kırma ve öğütme esasına dayalı bir işlem olarak algılanmıştır. Bu nedenle araştırmacılar konuyu bu kapsamında ele almış, incelemiş ve bazı empirik ilişkiler elde etmişlerdir. Ufalama olarak da ifade edilen boyut küçültme oyunu açıklamak üzere 19. yüzyılın sonundan beri geliştirilen tüm bu yaklaşım ve eşitlikler; tane boyut dağılımı ve enerji girişi esasına dayandırılmıştır. Bu sürecin başlangıcında, Rittinger (1867) ve Kick (1885) soruna çözüm üretmek amacıyla yoğun çaba gösteren ve yaklaşımları günümüzde de kabul gören en önemli araştırmacılar olmuşlardır. Rittinger, katı bir malzemeyi parçalamak için harcanacak enerjinin; boyut küçültme sonucu ortaya çıkan yeni yüzeylerin alanıyla orantılı olduğunu öne sürmüştür. Kick ise, oayı, kırılmış tane hacminin küçülmesi yönünden ele almış ve hacim küçülmesi ile orantılı bir enerji harcaması gerektiğine dayalı teorisini ortaya atmıştır. Bond (1952), bu yaklaşımları dikkate alarak; değirmen tasarımlı için

üçüncü uşalama teorisini geliştirmiştir. Kendi adıyla da anılan bu teoride Bond; boyut küçültme için gerekli enerji ihtiyacını, iş indeksi ile beslenen ve çıkan ürünün boyut dağılımının fonksiyonu olarak aşağıdaki formülle ifade etmiştir;

$$W = 10 * Wi * [(1 / P^{1/2}) - (1 / F^{1/2})]$$

Burada: W birim ağırlığı kırmak için gerekli enerjiyi (Kwh/ton), Wi iş indeksini (Kwh/ton), F ve P sırasıyla kırılacak (beslenen) ve kırılmış malzemenin (ürün) %80'nin geçtiği elek açıklıklarını(mikron) ifade etmektedir.

Hukki (1961), Bond'a benzer şekilde uşalamanın belli bir aşamasında gerekli enerji ihtiyacını, nihai ince ürün boyutunun fonksiyonu olarak aşağıda verilen diferansiyel denklemle açıklamıştır:

$$dE = - C * dx / (X^n)$$

Burada: E birim ağırlık için gerekli enerji ihtiyacı, X ince ürün boyutu, n uşalama işlem aşamasını belirten bir sayı ve C de kaya yada cevher tipine bağlı bir sabittir.

Yukarıda açıklanan önemli yaklaşımın analizinden de anlaşılacağı gibi, boyut küçültme teorisi daha çok kırma ve öğütme kapsamında ele alındığından geliştirilen eşitlikler hep bu çerçevede kalmıştır. Bununla birlikte patlatma ile parçalamada gerekli enerji ihtiyacının, benzer yaklaşım larla tahmini konusunda önemli araştırmalardan biri de yine Bond (1959) tarafından

gerçekleştirilmiştir. Çok az sayıdaki atım sonucuna dayanmasına rağmen bu araştırmada; Bond, patlatmayla parçalama için gerekli enerji ile parça boyutu arasında bir korelasyonun varlığına işaret etmiş ve iş indeksi kavramının kırma ve öğütmede olduğu gibi, bir kaya özelliği olarak, patlatmada da kullanılabileceğine degniştir. Benzer şekilde boyut küçültme işlemleri, çeşitli araştırmacılar tarafından (Hukki,1961) tariflenirken, patlatmanın da esas olarak uşalama işleminin başlangıç aşaması olduğu kabul edilmekte ve bu işlemdeki besleme ve ürün boyutları; sırasıyla sonsuz ve 1m olarak dikkate alınmaktadır.

Bu değerlendirmeler ışığı altında, eğer belli bir kaya yada cevher birimi için, iş indeksi, blok ve parça boyutları sağlıklı yöntemlerle belirlenebilirse; Bond formülünün özgül şarjın tahmininde kullanılabilirliği, mantıksal açıdan doğru bir yaklaşım olacaktır. Sağlam, homojen ve izotrop özellikler gösteren bir kaya ortamında yapılacak patlatma çalışmasında; blok boyutu teorik olarak sonsuz kabul edilebilir. Bu durumda; Bond eşitliği, özgül şarjın tahmininde kullanılabilecek basit bir formül olarak aşağıdaki gibi olacaktır:

$$W = 10 * Wi * (1/P^{1/2})$$

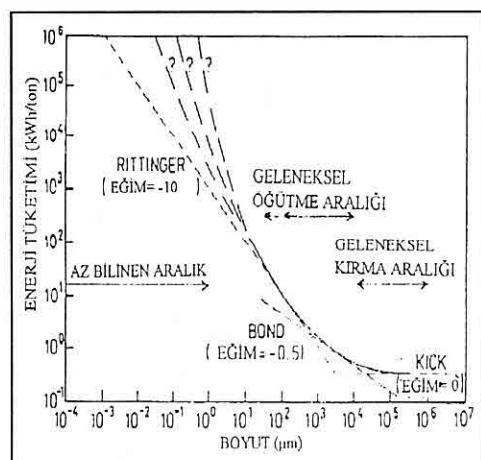
Gördüğü gibi, formülün başarısı için belli bir kaya birimine ait iş indeksinin laboratuvar testleriyle sağlıklı bir şekilde belirlenmesi ve arzu edilen yığın parça boyutunun çok iyi belirlenmesi

gerekecektir. Öte yandan, blok boyutunun ayrıntılı jeoteknik etüdlerle, parça boyutunun da geçerli yöntemlerden biriyle ölçülmesi her zaman mümkün olduğuna göre; Bond yaklaşımının patlatma tasarımlarında kullanılabilirliği anlam taşımaktadır. Bu nedenle bu araştırmada, Kahriman (1995) ve Sül (1996) tarafından 5 ayrı işletmedeki 14 farklı kaya birimi için gerçekleştirilen patlatma optimizasyon çalışmalarının sonuçları kullanılarak Bond eşitliğinin özgül şarj tahmininde kullanılabilirliği irdelemeye çalışılmıştır.

### 3. ÖZGÜL ŞARJIN TAHMİNİNE UFALAMA TEORİSİ AÇISINDAN YAKLAŞIM

Genel olarak kırma ve öğütme işlemi için gerekli olan ufalama enerjisi ile tane boyu arasında hiperbolik bir ilişki söz konusudur (Şekil 1). Genel bir yaklaşımla, hedeflenen tane boyutu büyündükçe özgül enerji gereksiniminin azalmakta olduğunu Şekil 1'de bariz biçimde izlemek mümkündür. Bu husus sadece hedeflenen tane boyutunu değil, aynı zamanda başlangıç tane boyutunu ve bu boyutun dağılımını da doğal olarak yakından ilgilendirmektedir.

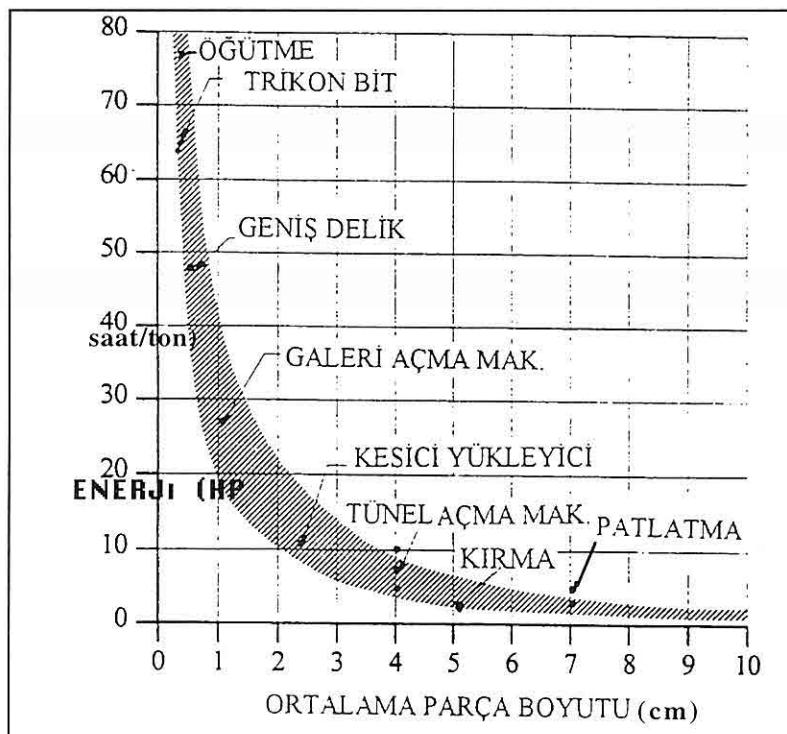
Öte yandan Şekil 1' de grafiksel olarak verilmiş olan enerji tane boyutu ilişkisi Bond formülü ile ifade de edilmektedir. Konuya daha özet bir bazda yaklaşıldığında, bu formülün çok genel bir ifadesi, kendisini tüm kazı-kırma-ögütme faaliyetlerinde yansıtmaktadır. Bu ifade şeklini  $W = A / (fx)$  gibi bir modelle tanımlamak



Şekil 1. Enerji ve tane boyu ilişkisi.

mükün gözükmektedir. Burada:  $W$  özgül enerji,  $A$  katsayı ve  $fx$  tane boyu dağılımını kontrol eden değerdir. Nitekim konuya ilgili olarak Rostami vd.(1994) tarafından geliştirilen şekil 2' deki grafiğe patlatmalı kazı değerleri de yerleştiridiğinde; yukarıda bahis konusu olan genel yaklaşım daha da belirgin olarak desteklenmektedir. Bu grafikte de kazı faaliyetini yürüten araç cinsi ile parçayı belirli bir büyüklükten istenen tane boyutuna indirmek için gerekli enerji arasındaki ilişki global bir yaklaşım olarak algılanabilmektedir. Şekil 1 ve 2' de verilen genel yaklaşımlardan, en fazla araştırma Bond teorisi üzerinde yapılmış olup bu teori aşağıda sıralanan patlatma ile mukayeseli özellikler çerçevesinde matematiksel bir model ile ifade edilebilir hale gelmiştir.

- Bond formülü kırıcılarda 5 kat, değirmenlerde 600 kat küçültme oranları arasında geniş bir kullanım alanına sahiptir.



Şekil 2. Kaya kazısında ortalama parça boyutunun fonksiyonu olara k özgül kesme enerjisi.

- ii. Bond teorisinin laboratuvar ölçümlerindeki neticeleri, sanayide de kullanılmaktadır.
  - iii. Tesis (konkasör veya değirmen) kapasitesinin büyük veya küçük olması dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle delme patlatmada da her dilim kalınlığı ve delik boyunda bu formül kullanılabilir.
  - iv. Kırmada blokların altı yüzeyi serbest iken açık işletmelerdeki basamak patlatmalarında iki yüzeyi serbestir.
  - v. Hem kırmada hemde delme - patlatmada malzeme homojen değildir.
  - vi. Kırıcıda, boşta çalışma ve diğer güç kayipları vardır. Buna karşılık delme ve patlatma işleminde gaz kaçakları vb. söz konusudur.
  - vii. Kırmada - öğütme cihazlarında kullanılan enerjinin %98 - 99' na varan bölümünü produktif olmayıp ısı ve ses enerjisi olarak kaybolmaktadır
- Yukarıda söz konusu olan genellemeler işığında, boyut küçültmenin temelini oluşturan hiperbolik ilişki ve parçalanmaya etki eden diğer faktörler (çatlak sayısı, tabakalaşma, vs.) nazarı dikkate alındığında; öğütme için esas alınan Bond iş indeksinden hareketle, diğer boyut küçültme işlemleri için gerekli enerjiyi tesbit etmek mümkün gözükmemektedir (Bu mümkün olma

duyusu, bahis konusu hiperbolik ilişkiden kaynaklanmaktadır.). Bu yaklaşım, Bond iş indeksinden faydalananarak özgül patlayıcı madde gereksiniminin belirlenip belirlenmeyeceğini ortaya koymaktadır. Bu tür bir araştırma sonucu özgül şarjı belirleme mümkün olduğu ve sonuçlar kullanılabilir bir özellik arzettiği taktirde, en azından deneme-yanılma yoluyla özgül şarj ve dilim kalınlığı optimizasyonunda belirgin bir maliyet azalması söz konusu olacaktır. Bu vesile ile sözkonusu araştırmanın yapılmasında fayda görülmüştür. Daha önce de değinildiği üzere konuya ilgili yapılacak analizlerin başarısı için blok ve yığın parça boyutunun sağlıklı yöntemlerle tesbiti önem taşımaktadır.

### **3.1. Patlatmadan Sonraki Parça Boyutunun Belirlenmesi**

Patlatmadan sonra oluşan yığının parça boyut dağılımı, patlatmanın verimliliği hakkında bilgi veren en önemli parametrelerden birisidir. Kaya parçacıklarının boyut dağılımının bulunabilmesi için, boyutları belirli sınırlar arasında bulunan parçacıkların hangi oranda bulunduğu belirlenmelidir. Her yığın için bir granülometri eğrisi (parça boyut dağılım eğrisi) çıkarılır. Bu eğri sayesinde yığın içinde belirli boyutların altında kalan parçacıkların yüzdeleri belirlenebilir. Granülometri eğrisini elde edebilmek için doğrudan veya dolaylı olmak üzere birkaç yöntem sözkonusudur.

#### **i. Doğrudan yöntemler**

Doğrudan yöntemlerin başında elek-

analizi gelmektedir. Bir yığının bu yöntemle analiz edilmesi hem oldukça pahalı hemde zaman alıcı olduğundan pratik değildir. Bir diğer doğrudan yöntem ise belirli hatlar boyunca parçaların ölçülmesi ve sayılmasıdır.

#### **ii. Dolaylı Yöntemler**

Dolaylı yöntemlerin geliştirilmesinin nedeni, doğrudan yöntemlerin pratikte verimli olmayacağıdır. Kullanılmakta olan başlıca dolaylı yöntemlerden birisi, empirik parçalanma modelidir (Kuz - Ram, S ve De Fo gibi). Bir başka dolaylı yöntem de fotogrametri yöntemidir. Bu yöntemde üç boyutlu görüntü elde edilebilir. Bu yöntemin doğruluk payı fazla olmasına rağmen kullanılan araçların pahalı olması ve ölçümün çok zaman almasından dolayı pratikte çok kullanışlı değildir. En son üzerinde çalışılan dolaylı yöntem ise sayısal görüntü işleme yöntemidir. Bu yöntemle bir yığından elde edilen görüntü bilgisayarda görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmektedir. Bu teknikler görüntünün pekiştirilip analiz edilmesini sağlar. Fotografik görüntü ile parçalanmanın değerlendirilmesinde bazı sorunlar ile karşılaşılmaktadır. Görüntünün işlenmesi aşamasında düzensiz ışıklandırma, gölge, parazit, gibi zorluklar ortaya çıkmaktadır. Parçacıklar birbirine dokunmakta veya birbiri üstüne gelmektedir. Görüntüdeki kaya parçacıklarının tamamen otomatik olarak birbirinden ayrılabilmesi için bir çok araştırmacı tarafından bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir.

#### 4.2. Blok Boyutunun Belirlenmesi

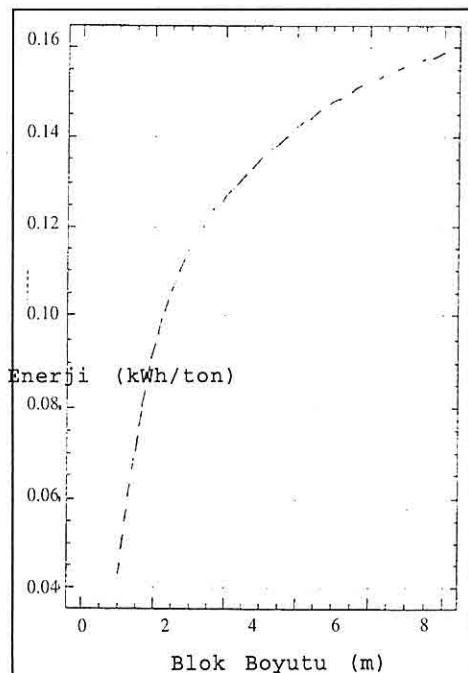
Patlatma ile kaya kazısının da esas itibarıyla bir boyut küçültme işlemi olduğu düşünüldüğünde; Bond yaklaşımına benzer bir yaklaşımın özgül şarjin tahmininde kullanılabilirliği önem taşımaktadır. Ancak bunun sağlıklı bir yaklaşımla yapılabilmesi için patlatma öncesi blok boyutunun belirlenmiş olması gerekmektedir.

Doğal olarak özgül şarj; başlangıç ve nihai tane boyutu yani dilim kalınlığı ile yakından ilişkilidir. Bu büyüklüklerin de son tahlilde delik çapının birer fonksiyonu olduğu bilinmektedir. Nitekim atım öncesi blok boyutunun özgül şarja etkisini daha iyi kavrayabilmek için, Bond modelin de çıkış malzeme boyutu sabit tutulmak üzere özgül enerji ihtiyacı giriş boyutunun fonksiyonu olarak şekil 3' deki gibi ifade edilebilir. Şekilden de görüleceği üzere giriş blok boyutu küçüldükçe enerji ihtiyacı azalmaktadır. Bu fonksiyonel ilişkiden dolayı problemin çözümü için, en önemli hususlardan biri, gerek usulamada gerekse patlatma çalışmalarında, başlangıç blok boyutunun doğru kriterlerle belirlenmesidir. Basamak patlatmasında, söz konusu blok boyutu genel olarak dilim kalınlığına (dolayısıyla delik çapına) ve kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerine (süreksizlik düzlemlerinin sayısı, eğimi, konumu vs.) bağlıdır.

Özellikle süreksizlik düzlemlerine bağlılık, normal olarak herhangi bir kaya birimi ya da işletmede, detay etüd

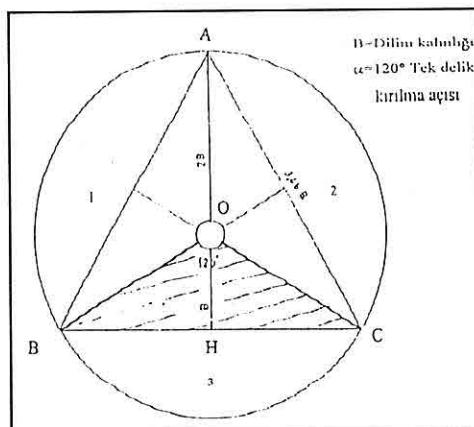
çalışmalarıyla ve uygun modellerle blok boyutunun belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmaların güçlüğü ve zaman gerektirdiği dikkate alındığında ve de her kaya birimi için yapılması zorunluluğu daha genel yaklaşımlarla ifade edilmesi olanağının olup olmadığını gündeme getirmiştir. Bu nedenle blok boyutunun daha genel olarak, dilim kalınlığı ve/veya delik çapının bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi önem arzettmektedir. Bu tür bir ilişkinin ortaya konulması Bond yaklaşımının patlatma çalışmalarına uygulanmasında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

Bond teorisine göre, boyut küçültmede, faydalı iş, yeniden oluşturulan çat�ak



Şekil 3. Başlangıç blok boyutu - özgül enerji ilişkisi.

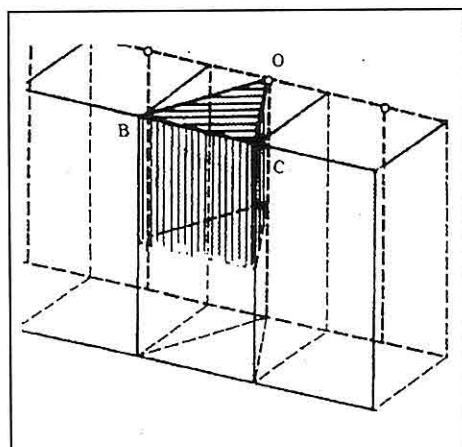
uzunluklarıyla orantılıdır. Çatılar uzunlukları ise, oluşan yüzeylerin kare kökü ile orantılıdır. Ufalama teorisinde partiküllerin geometrik şekil olarak küre gibi düşünüldüğü bilinmektedir. Konunun patlatma ile ilişkilendirmesi amacıyla tümyle serbest yüzeyi küre şeklindeki bir kayanın, ortasına konulan yeterli miktardaki bir patlayıcı madde ile parçalandığı varsayıldığında (Şekil 4); Vutukuri ve Rustan (1983) tarafından uygulanan tek delik düzenine göre bir patlatmanınoluştuğu ve bunun sonucu 120° lik kırılma açısına sahip üç parçanın elde edilmesi (tüm yüzeyleri açık) mümkün görülmektedir. Bu durumda



Şekil 4. Tek delik patlatması (120° lik kırılma açısı ile).

yeni meydana gelecek parçalardan birinin boyutu Bond yaklaşımına göre başlangıçtakinin kare kökü kadar olacaktır. Buna göre; başlangıç blok boyutu yüzeyi:  $S = \pi * r^2$  ve yeni parçanın boyutu ise;  $F = (\pi * r^2)^{1/2}$  olacaktır. Açık işletmelerdeki basamak

patlatmalarında serbest yüzey sayısının çoğu zaman iki adet olduğu da bilinen bir gerçekdir. Bu şekildeki bir patlatma olayının mekanizması çeşitli araştırmacılarca (Vutukuri ve Rustan, 1983; Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1993) tek delik düzeni ile incelenmiş ve de bir basamak aynasında belirli bir dilim kalınlığına sahip olarak açılan bir deliğe konan yeterli patlayıcı maddenin aynadan üçgen prizması şeklindeki bir hacmi patlatarak parçalandığını belirlemiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Basamakta tek delik patlatması.

Şekil 4'de ifade edilen küre örneğinde 1, 2, 3, ile ifade edilen alanlar ihmali edildiğinde parçalanan bloğu bir eşkenar üçgen prizma hacmi olarak kabul etmek mümkündür. ABC eşkenar üçgen prizma mekanizmasını, basamak patlatmasına benzetmek için, OAB ve OAC üçgen prizmaları ile ifade edilen kısımların sadece üst yüzeylerinin, OBC ile ifade edilen üçgen prizmanın ise üst ve BC

kenarından geçen yüzeylerden de serbest olduğu kabul edilmesi yeterli olacaktır. Bu durumda, tek delik düzene benzer bir yaklaşım elde edilmiş olacaktır. Buna göre problem, basamak aynasından B dilim kalınlığı kadar uzaklıkta açılan bir deliğin basamak aynasından BC taban uzunlığında bir üçgen prizma hacmini patlatması halini almış olacaktır.

Öyle ise, patlatılan bu yeni bloğun boyutu aranan blok boyutu olarak mütala edilebilir. Bu durumda yeni bloğun boyutu ( $F$ ):

$$F_{(BOC)} = S_{(ABC)}^{1/2} \text{ olacaktır.}$$

Bu durumda dilim kalınlığının ( $B$ ) fonksiyonu olarak blok boyutu ifade edildiğinde (Şekil 4):

$$OH = B \text{ ise } AH = 3 * B \text{ dir.}$$

Eşkenar üçgende

$$AB = BC = AC = 3.46 * B$$

$$S_{(ABC)} = (1/2) * 3B * 3.46B$$

$$S_{(ABC)} = 5.19 * B^2$$

$$F = S_{(ABC)}^{1/2} = (5.19 * B^2)^{1/2}$$

olacaktır.

Bu durumda, başlangıç blok boyutunu, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak:

$$F = 2.27 * B$$

şeklinde ifade etmek mümkün olacaktır. Dilim kalınlığı da, patlatma tasarımda önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle araştırmacılar dilim kalınlığının belirlenmesine yönelik olarak oldukça yoğun çalışmalar yapmışlar ve önemli

yaklaşılarda bulunmuşlardır. Ancak gerek araştırmacıların gerekse uygulamacıların hem fikir olduğu konu, genel olarak dilim kalınlığının delik çapının bir fonksiyonu olduğunu. Çoğu zaman, pratik amaçlar için: Delik çapı ( $d$ : inç) = Dilim kalınlığı ( $B$ : m) yaklaşımı geniş kabul görmüştür. Bu nedenle, daha önce de ifade edebildiği gibi, blok boyutunu, delik çapının fonksiyonu olarak ifade etmek daha anlamlı olacaktır. Bu durumda da:

$$F = 2.27 * d \text{ olacaktır.}$$

Öte yandan kürenin tümü üzerinden hareket edilerek şekil 4' de 1, 2, 3 ile ifade edilen alanlar ihmal edilmeden sadece BOC merkez açısı ile ifade edilebilen kısmın parçalandığı düşünüldüğünde, benzer şekilde yapılan hesaplamalar sonucu başlangıçtaki blok boyutu:

$$F = 3.54 * d$$

olarak belirlenmiştir. Küre ve üçgen prizma şeklindeki hacimlerin patlatılarak parçalanmasının kabulünden çıkan değerlerin ortalaması alınarak başlangıç blok boyutu:

$$F = [(3.54 + 2.27) / 2] * d$$

$$F = 2.90 * d$$

olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuç genel olarak patlatma çalışmalarında eğer ayrıntılı jeoteknik etüd yapılmış blok boyutu belirlenmemiş

ise, makul ölçüler içerisinde kabul edilip kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Bu araştırmada başlangıç blok boyutu tahmini için geliştirilen bu yaklaşım esas alınmıştır.

#### **4. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu araştırma kapsamında, ondört kaya birimi için en iyi delme-patlatma koşullarının belirlenmesi amacı ile, işletmelerin önceki yillardaki uygulamaları da gözönünde tutularak değişik sayıda atımlar gerçekleştirilmiştir. Delme-patlatma tasarımlarında Langefors metodu kullanılmıştır. Atımlarda dilim kalınlığı, delik düzeni, delik eğimi, sıkılık boyu, delik taban payı, yemleme miktarı ve konumu, ateşleme düzeni ile basamak aynalarının yüksekliği dikkate alınmıştır. En iyi delme-patlatma şartlarının ortaya konulmasında, yükleyici ve/veya kırıcıının verimliliği, birim maliyet, yiğinla ilgili gözlem ve ölçümler gözönünde tutulmuştur. İş indeksini belirlemek amacıyla araziden numuneleri alınan kaya birimlerinde gerçekleştirilen atımlarda; en uygun patlatma koşullarının sağlanması özen gösterilmiştir. Kaya birimlerinin iş indeksleri; laboratuvara yeterli sayıda örnekler üzerinde standart Bond testi yapılarak belirlenmiştir.

Atım sonrası parça boyut dağılımı analizi için yapılan çalışmalar; mevcut olanaklar dolaylı yöntemlerin kullanımına izin vermediğinden, parça boyutu, hem fotoğraf analizleri hem de

yığını karakterize edecek kesit hatları boyunca şeritmetre ile doğrudan ölçmek suretiyle belirlenmiştir. Atımdan sonra şeritmetre ile parça boyutları ve yiğin öteleme miktarı ölçülmek suretiyle kaydedilmiştir. Ayrıca 2 m. kenar uzunlığında, kare şeklinde, 50 cm. aralı tahta çatalardan oluşan bir izgara parça, boyutun belirlenmesinde yardımcı olarak kullanılmıştır.

Çalışılan basamaklarda, blok boyutları ayrıntılı geoteknik çalışmalarıyla belirlenmeden, atımların planlanmasında mümkün olduğunda çatlaksız ve optimum koşulların sağlandığı basamaklar tercih edilmiştir. Bu çerçevede kaya birimlerinin homojenliği ve izotropluğu açısından ideal patlatma şartlarının var olduğu kabul edilerek, patlatmadan önceki blok boyutunun ( $F$ ) belirlenmesinde önceki bölümde detaylı olarak açıklanan ve blok boyutunu, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ( $F = 2.90 * B$ ) olarak ifade eden yaklaşımından yararlanılmıştır. Ayrıca elde edilen verilerden hareketle Bond formülü kullanılarak kaya birimlerine ait tahmini özgül şarjlar hesaplanmıştır. Yukarıda özetlenen yöntem çerçevesinde gerçekleştirilen çalışma sonuçları toplu halde Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1'de verilen arazi ve laboratuvar çalışma sonuçlarından yararlanılarak çalışılan kaya birimlerinin uygulamadaki özgül şarj değerleri ile Bond teorisi kullanılarak tahmin edilen özgül şarj değerleri bu bölümde ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla regresyon analizine gidilmiştir. Statgraph paket

**Tablo 1.** Çalışma Sonuçları (Kahriman, 1995; Sül, 1996).

Kaya Birimi	İş İndeksi Wi (kWh/ton)	Patlatma Öncesi Blok Boyutu F (m)	Patlatmadan Sonraki Parça Boyutu P (m)	Özgül şarj	
				Uygulama (q)	Hesaplanan (qb)
Jips II (Ulaş)	17.48	10.7	0.90	0.292	0.285
Jips III (Ulaş)	14.72	8.5	0.75	0.335	0.248
Anhidrit (Ulaş)	15.04	8.5	0.87	0.313	0.288
Sölestit IV (Üst Seviye)	10.37	6	0.45	0.372	0.370
Sölestit VI (Kahverengimsi)	12.01	7	0.50	0.388	0.380
Sölestit V2 (Manganlı)	19.94	6.4	0.55	0.418	0.415
Sölestit V3 (Limoni ) (Ulaş)	15.57	6.4	0.45	0.469	0.500
Manyetit (Divriği)	16.84	11.3	0.65	0.622	0.601
Kromit (Eskişehir)	19.28	5.7	0.75	0.360	0.370
Dünit (Eskişehir)	15.04	7	0.65	0.310	0.295
Hematit (Çetinkaya)	27.64	5	0.90	0.516	0.519
Diyorit (Çetinkaya )	24.18	5.7	0.90	0.360	0.352
Hematit (Otlukilise)	26.06	5.7	0.90	0.420	0.413
Kalker (Otlukilise)	16.49	8	0.90	0.300	0.285

programı kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, özgül şarjin, Bond yaklaşımından hareketle tahminine yönelik aşağıda verilen oldukça anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

$$q \text{ (kg/m}^3\text{)} = 0.056667 + 0.879884 * qb, \quad (r^2=0.94)$$

Ayrıca aynı kaya birimlerine ait uygulamadaki özgül şarj değerleri ile laboratuvara tesbit edilen Bond iş indeksi değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen ilişkide aşağıda verilmiştir:

$$q = 0.183902 + 4.0426 * 10^{-3} * Wi,$$

(r=0.72)

Korelasyon katsayısı nisbeten düşük olan bu eşitlik, yine de iş indeksinin, bir kaya özelliği olarak (malzeme ve kütle özelliğine benzer şekilde) alınabileceğini ve özgül şarjin tahmininde belirli ölçülerde kullanılabileceğini ifade etmektedir. Yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen her iki ilişki değerlendirildiğinde; Ufalama teorisi kapsamında özellikle değirmen tasarımda yaygın olarak kullanılan Bond yaklaşımının, iş indeksinin yanında blok ve parça boyutlarını içermesi dolayısıyla özgül şarjin tahmininde daha anlamlı ve sağlıklı sonuçlar sunabileceği anlaşılmaktadır.

## 7. SONUÇ

Özgül şarjin, kaya (malzeme ve kütle olarak) ve patlayıcı madde özellikleri ile patlatma geometrisinden hareketle tahminini esas alan önceki araştırma ve yaklaşımıları desteklemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, patlatma işleminin esas itibarıyle bir boyut küçültme işlemi olduğu varsayımdan hareketle, ufalama için geçerli olan Bond teorisine benzer bir yaklaşımın patlatma için de geçerli olabileceği düşüncesinin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu çerçevede, özgül şarjin; kaya birimine ait iş indeksi ( $W_i$ ), başlangıçtaki blok boyutu ( $F$ ) ve elde edilen yığının parça boyutunu ( $P$ ) esas alan bir ilişki ile tahmin edilebileceği anlaşılmıştır. Ancak bu yaklaşımından hareketle özgül şarjin, sağlıklı bir şekilde tahmini için, çalışılan kaya birimine ait iş indeksinin, atım öncesi blok boyutu ve atım sonrası parça boyutunun titizlikle belirlenmesini gerektirmektedir. Bu amaçla yapılacak çalışmalarında özgül şarjin optimum patlatma sonuçlarına dayandırılması, blok ve parça boyut analizlerinin bilgisayar destekli yeni yaklaşımalarla gerçekleştirilmesi, ortaya konacak ilişkilerin güvenilirliği için zorunlu olacaktır. Ondört farklı kaya biriminde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen bu eşitlıkların; daha fazla kaya birimlerini (benzer özellikleri gösteren) içerecek şekilde yapılacak çalışmalarla desteklenmesi yararlı olacaktır.

## 8. KAYNAKLAR

- Bilgin, H.A., Paşamehmetoğlu, A.G., 1993, "Optimum Burden Determination and Fragmentation Evaluation by Full Scale Slab Blasting", 4. International Symposium on Rock Fragmentation by blasting, 5-8 July, Vienna, Austria.
- Bond, F. C., 1952, "The Third Theory of comminution"; Trans. A. I. M. E. 193, 484
- Bond, F.C., 1959, "The Work Index in Blasting", Quarterly of the Colorado School of Mines, Vol.54, No. 3, pp. 77-82
- Hukki, R.T., 1961, "Proposal for a Solomonic Settlement Between the Theories of Von Rittinger, Kick, and Bond" Trans.AIME/SME,220: 403-408
- Kick, F., 1885," Das Gesetz der Proportionalem Widerstand und Seine Anwendung", Felix, Leipzig
- Kahriman, A., 1995, "Sivas Ulaş Yöreni Sölestit cevheri ve Yan Kayaçları için Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi", Doktora Tezi, C.Ü., Slivas
- Rostami, J., Özdemir, L., Neil, David, M., 1994, "Performance Prediction; A Key Issue In Mechanical Hard Rock Mining." Mining Engineering, November
- Sül, Ö.L., 1996, "Patlatma Çalışmalarında Özgül şarj ile Bond İş İndeksi Arasındaki İlişkilerin Araştırılması", Doktora tezi, C.Ü., SIVAS
- Von Rittinger, P. R., 1867,"Lehrbuch der Aufbereitung Kunde", Ernst and Korn, Berlin
- Vutukuri, V.S., Rustan, A., 1983, "Influence of Physical" Properties of

*Rock and Rocklike Material on A Literature and Model Study, Research  
Blastability in Crater and Slab Blasting" Mine Report, FG 8221, Luleå-Sweden.*

**TUNÇBİLEK GÜNEY PANOLARI DEKAPAJ ATIKLARINDAN  
YAPI TUĞLASI ÜRETİMİ**

**A. Hâdi ÖZDENİZ**

*S.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye*

**Osman ŞAN**

*D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Tunçbilek Açık ocak güney panosu dekapaj atığı gri marnın, tuğla endüstrisinde hammadde olarak kullanım imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla, kazı anında aynadan alınan marn (yeni marn) ve iki yıl önce atık harmanına atılan ve doğal şartların etkisiyle bozmuş marn (eski marn) malzemeleri kullanılmıştır. Bu malzemeler önce 1 mm altına öğütülmüş, daha sonra üç farklı basınçta sıkıştırılmış ve dört ayrı sıcaklıkta pişirilmiştir. Bu yolla elde edilen bu tuğla numuneleri, standart tuğla testlerine tabi tutulmuş ve sonuçlar özetlenmiştir.

**PRODUCTION OF BRICK FROM THE SPOIL HEAPS OF TUNÇBİLEK  
SOUTH PANEL**

**ABSTRACT:** In this study, the possible use of gray-marl, which has been stock piled from the South Panel of Tunçbilek open pit mines, in the brick industry as raw material has been searched. For this purpose, newly excavated marl and the marl which was stocked in the spoil heaps two years ago and has been under weathering conditions ever since were used. Samples taken were first ground under 1mm and then compressed with three different load. These samples were finally prepared being sintered under four different levels of temperature. The bricks obtained by this procedure were then tested according to the standart brick test methods. Consequently, the results are summarized in the study.

## 1. GİRİŞ

Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Tunçbilek açık ocak güney panolarından harmanlara atılan gri marnın miktarı, milyonlarca m<sup>3</sup> 'ü bulmaktadır. Son beş yılda harmanlara atılan gri marnın miktarı, yaklaşık olarak 250 milyon tondur (GLİ, 1995). Bu atıklar bugüne kadar bölgede hiçbir ekonomik değerlendirilmeye tabi tutulmadığından, işletme ve çevre kirliliği açısından problemler oluşturmaktadır. Bu çalışmada söz konusu atıkların yapı tuğları olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. MALZEME

Alınış yerine göre yeni marn ve eski marn olarak grublandırılan numuneler, halen üretimi yapılan GLİ açık ocak güney panolarından yeni marn ve aynı panolardan iki yıl önce atık harmanına atılan sahadan eski marn alınmıştır. Her iki numune de bölgede yataklanan gri marn serisine aittir. Deneylerin tamamında 1mm altına öğütülmüş numuneler kullanılmıştır.

Numunelerin gravimetrik yöntemle yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de; Rigaku-Geigerflex marka X-Ray Difraktometre cihazı kullanılarak yapılan mineralojik analiz sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

## 3. YÖNTEM

Numunelerin şekillendirme işlemi için, çapı 2,82cm ve boyu 5,08cm olan çelik malzemeden yapılmış silindirik kalıplar kullanılmıştır. Şekillendirme esnasında numunelerin plastik hale getirilmesi için

ağırlıkça yaklaşık %25 oranında yoğrulma suyu ilave edilmiştir. Şekillendirme için numuneler 80, 100 ve

**Tablo 1.** Yeni ve Eski Marnın Kimyasal Analizleri.

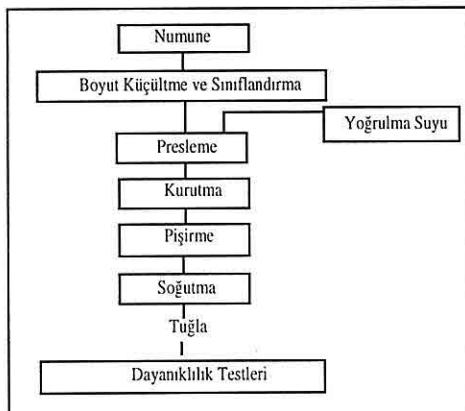
Bileşikler	Eski Marn (%)	Yeni Marn(%)
SiO <sub>2</sub>	42.20	36.79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.49	5.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.78	4.94
CaO	14.30	21.40
MgO	12.58	10.41
A.Z.	22.53	20.73

**Tablo 2.** Yeni ve Eski Mineralojik Analizi.

Numune	Mineraller
Eski Marn	kuvars, ankerit, kaolen, mika, simektit
Yeni Marn	kuvars, kalsit, klorit, mika, simektit

130 kg/cm<sup>2</sup>'lik üç farklı basınçda preslenmiştir. Bu işlemlerden sonra kalıplardan alınan numuneler oda sıcaklığında 15 gün bekletilip 105°C'lik bir etüvde 24 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan numuneler ısıtma hızı 2,5°C/dakikaya ayarlanmış Lenton marka termostatlı bir fırında pişirilmiştir. Pişirme işlemleri 900, 950, 1000 ve 1050°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş ve numuneler anılan sıcaklık değerlerinden bir saat süreyle bekletilmiştir. Bu işlemler sonucunda elde edilen tuğlalar,

termal şoklar sonucu oluşabilecek deformasyonları önlemek amacıyla fırın içinde tedrici olarak soğumaya bırakılmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Eski ve yeni marn numunelerinden tuğla eldesi.

Tuğlaların dayanıklılık testleri TSE normlarına (TS.705) uygun olarak yapılmış olup, bunlar kuruma ve pişme küçülmesi, ateşe zayıat, birim hacim ağırlığı, su emme, basınç dayanımı, zararlı manyezi-kireç ve don deneyleridir (TSE, 1985).

#### 4. TEST SONUÇLARI

TSE normuna uygun olarak yapılan plastisite suyu ve kuruma küçülmesi testlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 3'de; 80, 100 ve 130 kg/cm<sup>2</sup> basınçta preslenen eski ve yeni marn numunelerinden elde edilen test sonuçları ise Tablo 4-5'de gösterilmiştir.

Daha sonra numunelerin 80, 100 ve 130 kg/cm<sup>2</sup> sıkıştırma basıncındaki değerler, aşağıdaki Tablo 4-5'de verilmiştir. Bu deneyler beser adet

numune üzerinde yürütülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

**Tablo 3.** Yeni ve Eski Marn Numunelerinin Plastisite Suyu ve Kuruma Küçülmesi Değerleri.

Fiziksel Özellikler	Eski Marn	Yeni Marn
Plastisite suyu(%)	23.1	31.2
Kuruma küçülmesi(%)	2.2	2.5

#### 5. DEĞERLENDİRME

Deneylerde kullanılan marnın CaO içeriğinin yüksek olması, yapı tuğası hammaddelerinde istenmeyen bir özelliktir. Marnın bu kimyasal yapısı itibarı ile yapı tuğası özelliklerine uymayan yönü, fazla miktarda CaO içermesidir. Çünkü, hammadde olarak kullanılan bu tür killerde ince öğütülmüş malzemede CaO oranının %8'i geçmemesi (Sarız; Nuhoğlu, 1980) ve organik madde miktarının da daha az olması istenir. Tablo 1'de görüldüğü gibi, eski marnın CaO oranının, yeni marna nazaran düşük olması (%14.3), atmosferik şartların etkisiyle karbonatlı bileşiklerinin bir miktar yıkanması ve böylece kalsit ve kloritin ankerite dönüşmesi ile izah edilir.

Bilindiği gibi tuğla hammaddelerinde fazla miktarda bulunan karbonatlı bileşikler, tuğlanın pişirilmesini güçleştirir, kiremit rengin kaybolmasına sebep olur (Seyhan, 1972). Eski marn numunesinden elde edilen tuğla renginin, yeni marn numunesine nazaran ideal

**Tablo 4.** Yeni Marndan Üretilen Tuğlaların Fiziksel Özellikleri.

FİZİKSEL TESTLER	Sıkıştırma Basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	Pişme Sicaklığı (°C)			
		900	950	1000	1050
Pişme küçülmesi (%)	80	0.7	0.5	0.5	0.6
	100	0.8	0.6	0.7	0.5
	130	0.8	0.6	0.6	0.5
Birim hacim ağırlığı (kg/cm <sup>3</sup> )	80	1678	1668	1663	1686
	100	1682	1679	1669	1698
	130	1698	1700	1704	1730
Su emme (%)	80	10.8	10.6	10.2	10.1
	100	9.8	9.6	9.5	9.1
	130	9.5	9.3	8.9	8.8
Basınç dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	80	101	151	159	106
	100	110	158	162	109
	130	145	160	165	113
Zararlı manyezi-kireç (kg/cm <sup>2</sup> )	80	-	138	142	-
	100	-	142	149	-
	130	130	150	151	-
Don testi (kg/cm <sup>2</sup> )	80	-	130	135	-
	100	-	138	140	-
	130	125	140	145	-

**Tablo 5.** Eski Marndan Üretilen Tuğlaların Fiziksel Özellikleri.

FİZİKSEL TESTLER	Sıkıştırma Basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	Pişme Sicaklığı (°C)			
		900	950	1000	1050
Pişme küçülmesi (%)	80	0.4	0.3	0.3	0.5
	100	0.6	0.5	0.3	0.3
	130	0.6	0.7	0.4	0.4
Birim hacim ağırlığı (kg/cm <sup>3</sup> )	80	1251	1248	1253	1257
	100	1279	1278	1284	1291
	130	1304	1310	1295	1289
Su emme (%)	80	7	7.2	7.3	7.2
	100	7.1	6.7	7	6.9
	130	6.8	6.7	6.5	6.4
Basınç dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	80	152	164	160	150
	100	132	143	109	129
	130	155	165	157	145
Zararlı manyezi-kireç (kg/cm <sup>2</sup> )	80	124	140	145	132
	100	-	-	-	-
	130	135	142	135	130
Don testi (kg/cm <sup>2</sup> )	80	112	125	139	123
	100	-	-	-	-
	130	140	160	151	135

tuğla rengine yakın olması ve eski marn numunesinin daha kolay pişmesi, yani pişme esnasında deformasyona uğramaması, eski marnda CaO yüzdesinin daha az olması sebebiyedir.

Tablo 4-5'de görüldüğü gibi, eski ve yeni marnın sinterlenmesi için seçilen 900-1050°C arasındaki sıcaklıkların, malzemenin basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. En yüksek mukavemete, 1000°C sıcaklıkta yapılan pişirme ile ulaşılmıştır. Bunun altındaki sıcaklıklarda yeterli sinterleme meydana gelmemiş, daha yüksek sıcaklıklarda ise malzemede bir miktar camlaşma gözlenmiş, bu da mukavemeti düşürmüştür.

Pişme sıcaklığının artırılması ile malzemenin su emme değerinde gözlenen azalma, bünyede bulunan mika ve benzeri minerallerin eriyerek boşlukları doldurmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi hammadde bileşiminde bulunan mika ve feldspat türü mineraller pişme sırasında eriyerek viskoz bir sıvı oluşturur. Bu sıvı, soğuma sırasında tamamen kristalize olmadığından camlaşarak gözenekleri doldurur. Pişme sıcaklığının 1000°C'den 1200°C'ye yükseltilmesi ile üretilen tuğlalarda daha fazla camlaşma görülmüştür.

Deney sonuçlarından malzemenin sinterlenmesi için seçilen 900-1050°C arasındaki sıcaklıkların, malzemenin basınç dayanımını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Diğer taraftan pişme sıcaklığı artışı ile ürünün su emme değeride bir miktar azalmaktadır.

Malzemede en yüksek mukavemet değerleri 1000°C'de yapılan pişirme ile sağlanmıştır. 900°C'de yapılan pişirmelerde yeterli sinterleme meydana gelememektedir. 1050°C'de ise malzemede bir miktar camlaşma olmuşmuş bu da mukavemeti düşürmüştür.

Üç değişik basınçta preslenip pişirilen tuğla numunelerinin, sıkıştırma basıncı arttıkça malzemenin basınç dayanımının arttığı saptanmıştır. Bunun nedeni, yüksek sıkıştırma basıncında malzeme daha iyi sıkı paketlenmekte ve sinterlenmektedir.

Ayrıca sıkıştırma basıncı arttıkça, malzemenin birim hacim ağırlığı da artmaktadır. Tablo 4-5'den görüldüğü gibi eski marn, birim hacim yönyle yaklaşık olarak %30 daha hafiftir. Bunun nedeni, doğal şartların etkisiyle marnın yapısında meydana gelen değişikliklerdir. Özellikle montmorillonit türü minerallerin, yüzey sularını bünyesine alarak şişmesi, malzemenin yoğunluğunu düşürmüştür.

Yeni ve eski marnın pişme küçülmesi değerleri %0.3-0.8 arasında değişmektedir. Beklendiği gibi plastisitesi düşük olan eski marnın, pişme küçülmesi de düşük olmuştur.

Pişme sıcaklığı arttıkça, tuğlaların su emme oranı bir miktar azalmaktadır. Bilindiği gibi fazla kireç içeren hammaddelerde su emme oranı yüksektir. Eski marnda CaO oranı az olduğundan, üretilen tuğlalarda su emme oranı düşük çıkmıştır.

Marndan üretilen tuğlalardan basınç mukavemeti 150 kg/cm<sup>2</sup>'ye yaklaşan numuneler, zararlı manyezi-kireç ve don

numuneler, zararlı manyezi-kireç ve don deneylerine tabi tutulmuş ve tuğlaların basınç kayıpları kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır. Testler sonucunda numuneler üzerinde yapılan kontroller neticesi, herhangi bir dağıılma, pullanma, çatlama ve kopma gibi hasarlar gözlenmemiştir.

## 6. SONUÇLAR

GLİ Tunçbilek bölgesi açık ocak güney panosu gri marmından, yapı tuğası üretme imkanlarının araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar alınmıştır:

1- En önemli sonuç, gri marnların belli proses şartlarına uyulduğunda, tuğla endüstrisinde hammadde olarak kullanılabilceğinin anlaşılmasıdır.

2- Standartlara uygun özelliklerdeki tuğlanın, 130 kg/cm<sup>2</sup> basınçta sıkıştırılarak 950-1000°C'de sinterlenmesiyle elde edilmiştir.

3- Marnın pişme rengi tuğlaya göre açık pembe renk almıştır. Bu ise içerisindeki CaO %'sinin fazla olmasındandır.

4- Eski marndan üretilen yapı tuğlasının birim hacim ağırlığı, yeni

marndan üretilen tuğlaya göre daha düşüktür. Yaklaşık olarak %30 daha hafif olan eski marn tuğası ticari açıdan değerlendirildiğinde nakliye ve bina ölü ağırlığı açısından tercih edilebilecek özelliktidir.

## 5. KAYNAKLAR

GLİ Faaliyet Raporu, 1995, Tavşanlı

TS: 705, 1985, Fabrika

Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli Tuğla

Özdeniz, A.H., GLİ Tunçbilek Açık Ocak Güney Panosu Dekapaj Atığı Gri Marnlarından Yapı Tuğası Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Ağustos, 1996 Sariiz, K. ve Nuhoglu, İ, 1992, Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, Osman Gazi Üniversitesi, Eskisehir.

Seyhan, İ, 1972, Kaolin, Bentonit, Kil ve Tuğla-Kiremit Toprakları Jeolojisi, M.T.A., Ankara.

Toydemir, N., 1976, Seramik Yapı Malzemeleri, İstanbul, s. 1-5

Yaman, C., 1995, Sur Tuğlalarının ve Pigme Sicaklığının Belirlenmesi, 7. Ulusal Kil Sempozyumu.

**MERMERLERDE YÜZEY SERTLİĞİNİN TEK EKSENLİ BASINÇ  
DAYANIMINA OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Turgay ONARGAN, Ahmet Hamdi DELİORMANLI, Serkan SAYDAM**  
*D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye*

**Selçuk Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU**  
*D.E.Ü., Torbalı Meslek Yüksekokulu, İzmir/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada gerçek ve mikritik kökenli mermerlerde, yüzey sertlik kriterleri ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Literatürde Schmidt Sertliği ve Tek Eksenli Basınç Dayanımı arasındaki ilişkisi gösteren grafiksel kestirimler bulunmasına rağmen, Shore Scleroskope ile ilgili bir formülasyon veya grafiksel ilişki bulunmamaktadır. Bu nedenle böyle bir ilişkinin ortaya konulması halinde, özellikle mermer kalite kontrolü ve diğer mühendislik çalışmalarında kullanılması ve uygulanması kolay olan yüzey sertliğinin gerek ocaklarda üretilmiş bloklar üzerinde gerekse plakalarda belirlenerek, mermerin dayanımı ile ilgili yaklaşımında bulunmak mümkün olabilecektir.

**AN INVESTIGATION FOR THE EFFECT OF MARBLE HARDNESS UPON  
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH**

**ABSTRACT:** In this study, relationship between Schmidt Hammer Criteria and Compressive Strength was investigated in real and micritic marbles. Although there are graphical approaches which show that relationship, any formulation or graphical approach is not available about shore scleroskope. For this reason, it will be possible to find a relationship, which is readily applicable in marble quality control and other engineering applications about marble strength, by determining Shore Sclereskope Index in blocks produced in quarries or plates.

## 1. GİRİŞ

Bilindiği üzere mermerin gerek ocakta kesilerek üretilmesi, gerekse mermer işleme tesislerinde plaka haline getirilmesi için yapılan kesme ve cilalama işlemlerinde kayaçların sertlik özelliği önemli rol oynamaktadır (Tablo 1). Sert mermerler genellikle iyi cila kabul etseler de, cilalanmaları diğer mermerlere oranla zaman almakta ve buna bağlı olarak ta işçilik maliyetleri artmaktadır. Ancak sert mermerler, kullanım alanları bakımından yumuşak mermerlere ve travertenlere göre daha geniş uygulama alanı bulmakta ve tercih edilmektedirler.

Bu çalışmada; doğal taşların kullanım alanlarının belirlenmesine yarayan teknico-mekanik özelliklerden en önemlisi olan Tek Eksenli Basınç Dayanımının değişik faktörlerden kestirilebilmesi için formülsel sonuçların eldesine yönelik laboratuvar koşullarında yapılmış bir dizi deneysel sonuçlar verilmektedir.

## 2. SERTLİK KAVRAMI

Kayaçlarda sertlik kavramı; düzgün yüzeyli kayacın taze yüzeyinin göreceli olarak değişik cisim, alet ve cihazlarla tespit edilebilen bir özelliğidir. Genellikle kayaçlarda kullanılan sertlik belirleme yöntemlerinden en önemlileri Mohs

**Tablo 1.** Mermerlerin sertliğeye göre sınıflandırılması

Yumuşak Mermerler		Sert Mermerler	
Mohs Sertliği =3.5-4		Mohs Sertliği =6-7	
Açık Renkli	Koyu Renkli	Açık Renkli	Koyu Renkli
Kireçtaşısı	Renkli Mermerler	Granit	Diyabaz
Metamorfik Kireçtaşısı	Renkli Metamorfik Kayaçlar	Siyenit	Gabro
Şistler	Yeşil şistler	Kuvars	Serpantinit
Diğerleri	Diğerleri	Diyorit	
(Köse ve Onargan, 1992)			

Sertlik, Schmidt ve Shore Scleroskope Endeks Değerleridir. Mohs sertliği en pratik sertlik belirleme yöntemi olup, belirli minerallerin sertliklerini ölçü olarak almaktadır. Buna göre Talk (1), Jips (1,5-2), Kalsit (3), Fluorit (4), Apatit (5), Ortoklas (6), Kuvars (7), Topaz (8), Korendon (9) ve Elmas (10) değerlerinde sertliği temsil ederler. Bu sayılar sertlik

für için bir ipucu niteliğinde olup, sayı aralıklarındaki sertlik farkları birbirlerine eşit değildir. Schmidt sertliği, Schmidt Çekici ile bulunan bir endeks değeridir. Schmidt Çekici silindirik kapalı bir kutu içinde bulunan yay, çekici ve çekici kurma düzeneğinden oluşur. Alet hem arazide hem de laboratuvara yapılan deneyler için uygundur.

## *MERMERLERDE YÜZYEY SERT TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMINA OLAN ETKİ. ARAŞ.*

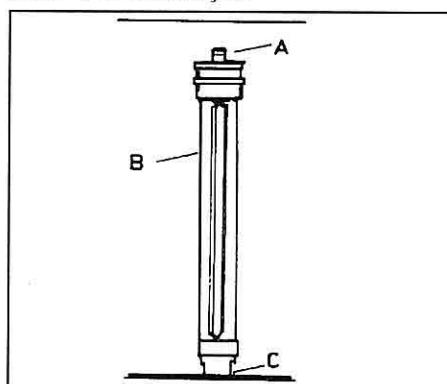
Shore Sertliği, Shore Scleroskobu (Şekil 1) ile bulunan bir endeks değeridir. Deney prosedürü uygulanırken, belli aralığa sahip elmas ya da sertleştirilmiş metalden yapılmış ucu sahip bir çubuk, sabit bir yükseklikten örnek üzerine düşürülür. Yüzeye küçük bir deformasyon oluşturarak örneğin yapısına göre enerjisinin bir kısmını kaybederek zipler. Ancak yerçekiminin etkisiyle yeniden düşmesi engellendiğinden sıkışır ve durur. Ucun zıplama uzaklığı, 100 bölümlü bir kadranda okunur. Her deney numunesi en az 40 okuma yapılır ve ortalaması ve standart sapması saptanır. Bu değer shore sertliği olarak kabul edilir (Köse ve Kahraman, 1993). Deneylerde kullanılan Shore sertlik cihazı, The Shore Instrument & MFG. Co. Inc.'a ait olup, modeli C-2 (code: CBC)'dır.

### **3. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM VE DENEYLER**

Araştırmada kullanılan mermer cinsleri belirlenirken homojen yapı gösteren kayaçlar tercih edilmiştir. Bunun nedeni heterojen yapıda olan kayaçların mineralojik, petrografik ve sertlik değerleri bakımından her kayacın kendi içerisinde farklı değerler verebileceği düşünücsindendir. Bu nedenle bu araştırmada, gerçek ve mikritik (rekristalize) mermerler sınıfından 4 değişik cinsteki mermer numuneleri kullanılmıştır. Bu mermer cinsleri Süpren, Milas Leylak, Yakyın Beyaz (Kristal) ve Ege Bej'dir.

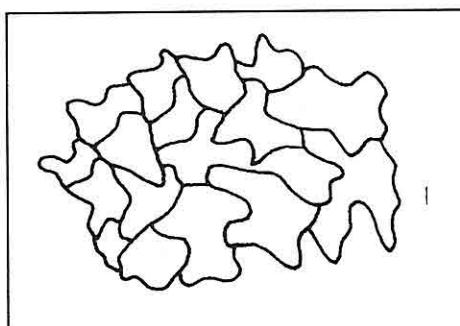
### **3.1. Petrografik ve Mineralojik Tanımlama**

Kayaç oluşturan minerallerin birbirleri ile olan göreceli özellikleri doku olarak adlandırılır. Doku kavramı kayacın temel bileşenleri olan minerallerin boyutları, şekilleri, dağılımları ve yönelimleri gibi özelliklerin yanı sıra kayacın uğradığı farklı P-T (basınç-sıcaklık) koşulları altındaki çoklu metamorfizma ve deformasyon evreleri gibi jeolojik evrimlere ait bilgileri kapsamaktadır. Bunlar tanelerin bireysel özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileri olarak iki ana grup altında incelenebilir. Taneler arası özelliklerin (Intergranular) başlıcaları tane sınırları, kristal boyutları ve şekilleridir. Tanelerin bireysel özellikleri (Intragranular) ise bileşimsel zonlanmaları, ikizlenmeleri, kink-band yapıları, eksolusyon ve inklüzyonlar olarak verilebilir. İncelenen numunelerin petrografik ve mineralojik tanımlamaları Tablo 2'de verilmiştir.

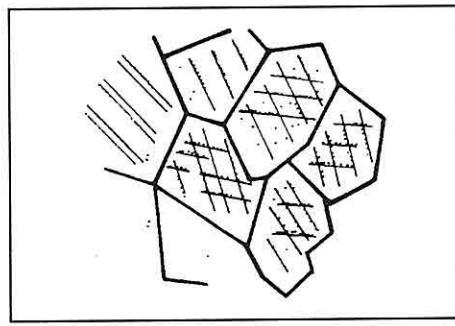


**Şekil 1.** Shore Scleroscope

- A- Ucu sertleştirilmiş çubuğu kaldırıp düşürmek için el ile tutma kısmı.
- B- 100 bölümlü kadran.
- C- Çubağın sertleştirilmiş ucu



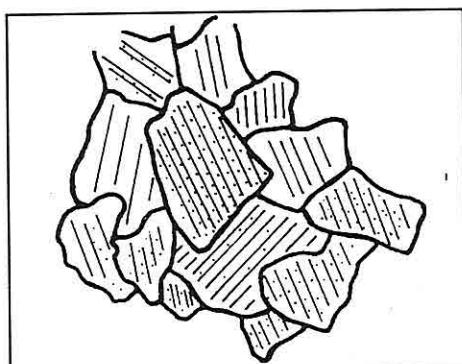
**Şekil 2.** Ege bej mermerinin ince kesit görüntüsü



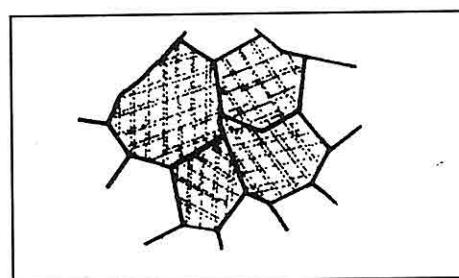
**Şekil 3.** Süpren mermerinin ince kesit görüntüsü

**Tablo 2.** Petrografik ve Mineralojik Analiz Sonuçları

NUMUNE ADI	AÇIKLAMALAR
EGE BEJ	Monomineral bir karakterdedir. Kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Kristal boyutu genelde ince karakterli fakat bunun yanında iri kristaller de içermesi nedeniyle farklı boyutlu (ince ve iri kristal) taneler içerecek Intergranular doku özelliğini göstermektedir. Genel doku karakteri granoblastiktir. Kristal sınır ilişkisinde, tane sınır şekilleri açısından taneler özsekilsiz (Ksenoblastik), çok az düz, genelde graft ve zikzak yapılıdır.
SÜPREN	Tamamen kalsit kristallerinden oluşan monomineral kayaç karakterinde, genel doku özelliği granoblastik, fakat ince kristal yapısı ve az oranda orta boyutta taneler içermesi nedeniyle Intergranular yapı özelliğini göstermektedir. Kristal şekilleri ve sınır özelliklerini açısından irdelediğinde taneler özsekilsiz (Ksenoblastik), böbreğimsi yapıda (Interlobate) ve birbirine graft bir şekil sunmaktadır.
MİLAS LEYLAK	Doku karakteri granoblastik poligonalıdır. Tamamen iri boyutlu kalsit kristallerinden oluşan monomineral niteliklidir. Dokuyu oluşturan kristaller özsekilli (idioblastic), genelde üçlü 120°'lik sınırlar yapan düz yüzeyli tanelerden yapılmıştır. Taneler eş boyutlu (equigranular) karakterdedirler.
YAYKIN BEYAZ (KRIST.)	Tamamen kalsit minerallerinden oluşan bu mermer, monomineralik bir karakter göstermektedir. Granoblastik poligonal dokuya sahiptir. Tane sınır geometrisi kayacı oluşturan kalsit kristalleri özsekilli (idioblastic), iri, düzgün kristal yüzeyleri içeren ve genelde üçlü 120°'lik sınırlar yapan düz yüzeyli tanelerden yapılmıştır. Doku özelliği göstermektedir. Tane boyut dağılımında ise kayacı oluşturan kristallerin tümünün eşboyutlu (equigranular) bir özellik gösterdiği ince kesitte saptanmıştır. Metamorfik kayacın dokusal karakterini etkileyen diğer bir faktör tanelerin bireysel özellikleridir (intragranular). Bu açıdan incelendiğinde kalsit kristalleri aralarında yaklaşık 75°'lik açı bulunan iki yönlü mükemmel bir dilinim özelliği göstermektedir. Ayrıca bazı kalsit kristallerinde de polisentetik ikizlenmeler gözlenmiştir.



**Şekil 4.** Milas Leylak mermerinin ince kesit görüntüsü



**Şekil 5.** Yakin beyaz mermerinin ince kesit görüntüsü

### 3. 2. Kimyasal Analiz

Deneylerde kullanılan numunelerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Ortalama Kimyasal Analiz Sonuçları (%)

Numune Adı	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Ege Bej	0,34	0,07	55,34	0,56
Süpren	1,29	0,20	48,58	5,93
Milas Leylak	0,05	0,20	50,85	4,38
Yayın Beyaz	0,14	0,06	54,49	1,51

### 3.3 Shore Sertlik Deneyi

Deneyde kullanılan örnekler 7x7x7 cm.

boyutundadır. Deney sonuçlarının sağlıklı olması amacı ile aynı örnek üzerinde 40-50 okuma yapılmıştır. Shore Sertlik Endeksi, okumaların ortalaması olarak kabul edilmiş ve istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Tablo 4'de ortalama sertlik endeks değerleri verilmektedir.

### 3.4. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde 7x7x7 cm. boyutlarında küp numuneler kullanılmıştır. Deneyde kullanılan cihaz, ELE Autotest 3000'dir. Yapılan deneylerde kayaçların tek eksenli basınç dayanımları 622-985 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir (Tablo 4).

## 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.3. Petrografik Analiz Sonucu

Kayaçların dokusal özelliklerinden sertlik kriterine etki eden iki temel faktör mevcuttur:

1. Tane sınır geometrisi (Grain boundary geometry)
2. Tane boyut dağılımı (Grain dimension dispersion)

Bu bağlamda tane boyut dağılımının iri ve tane sınırlarının düz olması, mermerin sertliğinin düşük olmasına neden olmaktadır. Tane boyut dağılımının genelde ince, tane sınırlarının ise girift olması mermerin sertliğini artırmaktadır. Tane sınırlarında yuvarlaklık ve tane boyutu arttıkça sertlik azalmakta, kristal boyutu inceldikçe ve tane sınırları giriftleşikçe sertlik artmaktadır. Sonuç olarak bu bilgilerin ışığında dört

numunenin belirlenen sertlik özellikleri karşılaştırıldığında sertten yumuşağa doğru Ege Bej, Milas Leylak, Yayıkın Beyaz (Kristal) ve Süpren olarak sıralanmaktadır.

#### **4.4. Shore Sertliği, Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Kimyasal Analiz Sonuçları**

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen deney verileri ve ortalamaları Tablo 4'te verilmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ile elde edilen istatistiksel sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre; elde edilen

regresyon değeri olan 0,9, değişkenler arasında yüksek düzeyde bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Aynı zamanda R2 ve düzeltilmiş R2 değerlerinin birbirine olan yakınlığı da bu ilişkinin yüksek düzeyde olduğunu bir kanıtdır. Şekil 6 ve Şekil 7'de shore endeks değerleri ve  $\text{SiO}_2$  yüzde değerlerine göre fili tek eksenli basınç dayanımları ile regresyon bağıntısına göre elde edilen tahmini tek eksenli basınç dayanımları görülmektedir. Burada görülen sonuçlarda ilişkinin yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.** Deney numunelerinin fiziko-mekanik özellikleri

Numune No	Shore Sertlik Endeksi (Ort.)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	$\text{SiO}_2$ (%)
<b>EGE BEJ</b>	58,12	940,5	0,34
	55,20	913,4	0,31
	56,86	924,3	0,32
	63,40	985,9	0,37
<b>SÜPREN</b>	55,96	622,2	1,25
	62,84	680,4	1,34
	60,41	640,5	1,28
	61,58	650,1	1,29
<b>MİLAS LEYLAK</b>	55,44	875,3	0,05
	54,24	862,4	0,05
	50,50	855,8	0,04
	50,18	845,9	0,04
<b>YAYKIN BEYAZ</b>	53,20	771,7	0,12
	53,70	785,5	0,14
	53,95	798,5	0,14
	54,95	835,1	0,15

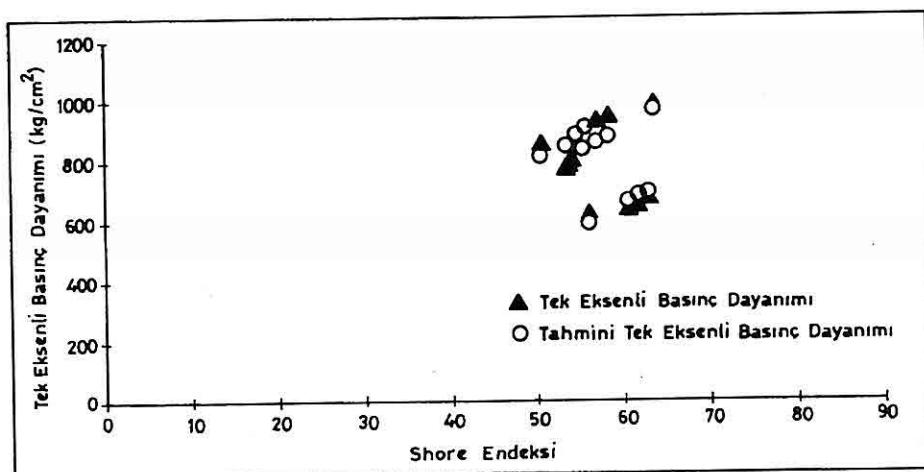
(Her bir numune için 10 deney uygulanmış ve ortalamaları verilmiştir.)

MERMERLERDE YÜZYE SERT TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMINA OLAN ETKİ. ARAŞ.

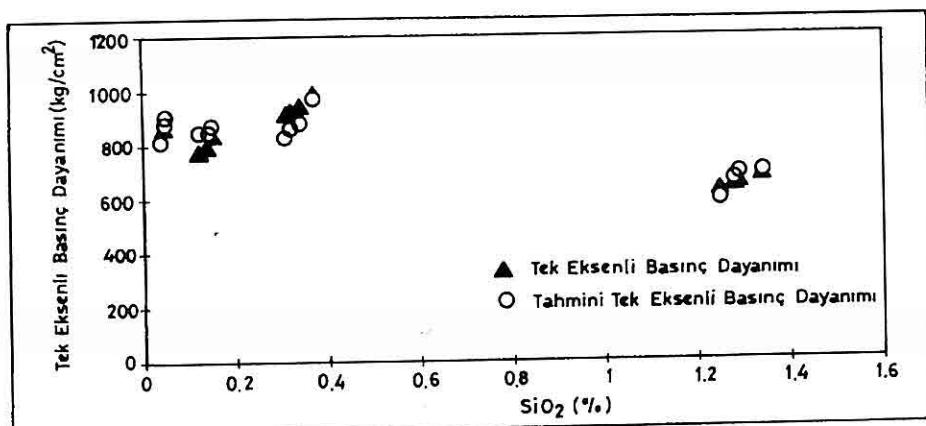
Tablo 5. İstatistiksel sonuçlar.

Korelasyon Katsayısı	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Regresyon Bağıntısı
0.9	0.81	0.78	TBD( $\sigma_c$ )=18.80 x SS - 272.62 x Si - 122.97

TBD : Tek eksenli basınç dayanımı.  
SS : Shore sertlik endeksi.  
Si : SiO<sub>2</sub> (%) oranı.



Şekil 6. Shore endeksine göre tek eksenli basınç dayanımı.



Şekil 7. SiO<sub>2</sub> oranına (%) göre tek eksenli basınç dayanımı.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonucunda, shore sertlik endeksi ile kayaç içinde % SiO<sub>2</sub>'nin kayacın tek eksenli basınç dayanımını tayin etmede önemli parametreler olduğu saptanmıştır. Shore sertlik deneyi, uygulamada plakaların parlak yüzeylerine tatbik edildiğinde başarılı olabilmektedir. Bu nedenle özellikle gözenekli yapıya sahip (traverten gibi) mermerlere uygulanması sonuçlar açısından yaniltıcı olmaktadır.

Bu çalışmanın sonucunda; gerçek ve mikritik mermerlerde yüzey sertliği ve % SiO<sub>2</sub> içeriğinin tek eksenli basınç dayanımının tayininde kullanabileceğin yapılan deneysel ve istatistiksel çalışmalar sonunda saptanmıştır. Buna göre Shore Sertlik Endeksi ve % SiO<sub>2</sub>'nin tayin ettiği Tek Eksenli Basınç Dayanımı bağıntısı;

$$\text{TBD}(\sigma_c) = 18.80 \times \text{SS} - 272.62 \times \text{Si} - \\ 122.97$$

olduğu R<sup>2</sup>= 0.81 doğruluk derecesiyle belirlenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

Göktan, R.M. ve Emir, E., "Rockwell Sertlik Deneyinin Mermerlerde Sürtünme ile Aşınma Dayanımı Kestirimi Amacıyla Kullanılabilirliği", Osmangazi Üniversitesi Maden Müh. Böl., Eskişehir.

Onargan, T. ve Köse, H., 1992, "Mermer Üretimi, Kesme Teknolojisi ve Ekonomisi", D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 220, İzmir.

Köse, H. ve Kahraman, B., 1993, "Kaya Mekanığı", D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 177, İzmir.

Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y. ve Sarışık A., 1996, "Mermer Teknolojisi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Till, R., 1974, Statistical Methods For The Earth Scientist, Department of Geology University of Reading, The Macmillan Press. Ltd., New York.

**SPEKÜLARİT ARTIKLARININ GELENEKSEL VE KOLON  
FLOTASYONUyla ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**İlknur CÖCEN**

*D.E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, Ege Bölgesinde (İzmir) mevcut spekülerit tesisinin artıklarının flotasyon yoluyla zenginleştirilerek boyalı sanayine uygun kalitede spekülerit konsantresi elde edilmesine olanak sağlamaktır. Bu amaçla  $-75\text{ }\mu\text{m}$  ve  $-100+63\text{ }\mu\text{m}$  boyutlarındaki spekülerit artıklarına geleneksel ve kolon flotasyon kombinasyonları uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, yalnızca  $-100+63$  mikron boyutlu spekülerit artıklarının geleneksel flotasyon yoluyla %98  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenör ve %82.24 verimle boyalı sanayine uygun kalitede zenginleştirileceği saptanmıştır.

**ENRICHMENT OF SPECULAR HEMATITE TAILINGS BY  
CONVENTIONAL AND COLUMN FLOTATION**

**ABSTRACT:** The objective of this study is to produce specular hematite concentrate suitable for paint industry from concentrator tailings utilizing flotation method. Conventional and column flotation combined methods were applied to  $-75\text{ }\mu\text{m}$  and  $-100+63\text{ }\mu\text{m}$  sized specular hematite tailings. The tailings of  $-100\text{ }\mu\text{m}$  in size were enriched by flotation and a suitable product for paint industry was achieved with 98%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and 82 % recovery.

## 1. GİRİŞ

Spekülar hematit ( $Fe_2O_3$ ) veya demir mikası olarak isimlendirilen pulsu yapıdaki spekülarit; oksidik aşınmaya karşı etkili olduğundan boyalarda sanayide, katkı maddesi olarak ve diğer boyalara eklendiğinde yapışmaya yardım ettiğinden astar boyası olarak kullanılmaktadır. Spekülaritin bu amaçla kullanılması için genellikle ince taneli ( $-100\text{ }\mu\text{m}$ ) ve yüksek oranda (%95'in üzerinde)  $Fe_2O_3$  içermesi gerekmektedir (Brady, 1991).

Genelde demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde cevherin fiziksel ve fiziko-kıyasal özelliklerine dayanarak gravimetrik, manyetik, düz veya ters flotasyon gibi yöntemler uygulanmaktadır. Son yıllarda ise çok ince boyutlu cevherler, metaller ve endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesi için kolon flotasyonu da kullanılmıştır (Sastry, 1988). Demir cevherlerinden hematitin genelde iri boyutlu kısımları gravite, ince taneli yapı gösteren kısmı da flotasyon yoluyla zenginleştirilmektedir (Burt, 1987).

Bu çalışmada, Ege Bölgesinde (İzmir) bulunan bir spekülarit tesisinin sallantılı masa ara ürünlerindeki hem spekülarit kaçaklarını geri kazanmak hemde bu ürünleri boyalarda sanayide kullanılabilecek kaliteye getirebilmek için geleneksel ve kolon flotasyonu ile değerlendirilebilirliği araştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal ve Yöntem

Tesisten temsili olarak alınmış ve

çalışmada kullanılan %78.25  $Fe_2O_3$  tenörlü, ağırlıksal olarak %72.95'i ( $-100+63$ )  $\mu\text{m}$  boyutlu olan numune N-1 olarak, ve %56.51  $Fe_2O_3$  tenörlü %75.33'ü  $-75\text{ }\mu\text{m}$  boyutlu numune ise N-2 olarak gösterilmiştir.

Araştırmada kullanılan numunelerin tam kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Besleme Mali Tam Analizi

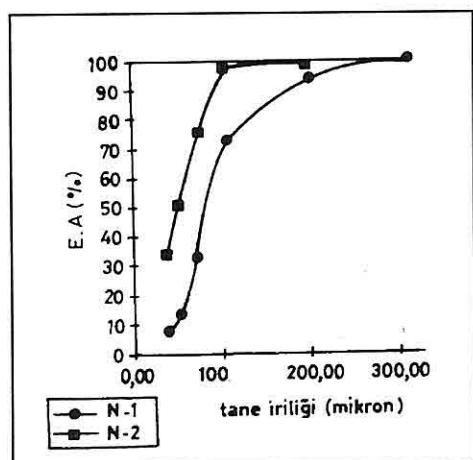
Bileşim(%)	N-1	N-2
$Fe_2O_3$	78.25	56.51
$SiO_2$	9.45	32.10
$Al_2O_3$	2.16	3.41
$MgO$	2.67	1.93
$CaO$	3.11	3.94
$K_2O$	0.08	0.65
$Na_2O$	0.06	0.22

Anılan tesis artık numunelerin mikroskopik incelemesi sonucu; hematit (spekülarit), kuvars, mika, klorit, dolomit ve biotit içeriği saptanmıştır.

Numuneler flotasyon tane boyutunda olduğundan ek bir maliyet girdisi yaratmamak ve taneleri dahada incelterek şlam oranını artırmamak için kırma öğütme işlemlerinden geçirilmemiştir. Ancak elek analizleri yapılmış ve tane boyut dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

### 2.2. Flotasyon Deneyleri

Geleneksel flotasyon deneyleri Denver flotasyon makinasında 1 lt'lik flotasyon hücrende %30 katı oranında, iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Tane boyut dağılımı.

Birinci aşamada; şlam atma işleminden sonra ters flotasyon, ikinci aşamada düz flotasyon şartları araştırılmıştır. Flotasyon deneyleri bir temizleme ve bir süpürme kademesinden oluşmaktadır.

Kolon flotasyon deneyleri ise; geleneksel + kolon, kolon + geleneksel ikilemleri şeklinde yapılmıştır. Kolon flotasyon deneylerinde:

Hava debisi : 2.2 kg/cm<sup>2</sup>  
Besleme süresi : 5 dk.  
Yıkama suyu : 1.8 lt/sa  
koşulları sabit alınmıştır.

### 3. DENYE SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Başarılı bir flotasyon işleminin uygulanabilmesi, mineral taneciklerin yüzey özelliklerinin, flotasyon reaktiflerinin özelliklerinin ve bulamaca içindeki karşılıklı etkileşmelerinin bir bütün içinde değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır (Fuerstenau, 1978).

#### 3.1. Ters Flotasyonla Zenginleştirme

%78.25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü N-1 numunesi ile aşağıda belirtilen koşullarda deneyler yapılmıştır.

Tane iriliği : %72'si (-100+63) μm  
pH-değeri : 4.0 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
Mısır Nişastası : 5 kg/t  
CaCl<sub>2</sub> : 170g/t  
Toplayıcı : .500g/t (Değişken)  
Çamyağı : 50g/t

Demir cevherlerinin flotasyonunda, cevherdeki demir mineralinin kristal yapısı, cevherin gang içeriği, şlam problemi, pulpun pH değeri, reaktiflerin cinsi ve bulamac (pülpün) pH değeri, toplayıcı reaktifler önemli etkenlerdir. Özellikle oksitli demir cevherlerinin ters flotasyonunda etkin olan toplayıcı reaktiflerden amin kökenli reaktiflerin etkisi araştırılmıştır (Tablo 2) (Yang, 1988).

Değişik amin kökenli toplayıcılarla yapılan ters flotasyon sonucunda elde edilen spekülarit konsantreleri Tablo 2 den de görüldüğü gibi, tenör açısından yetersiz kalmıştır. Bilindiği gibi genelde kuvarsın sıfır yük noktası 1.8 dir (Fuerstenau, 1978). Bu değer üzerinde kuvars, aminyum ( $\text{NH}_3^+$ ) iyonlarını yüzeye absorbe edebileceğinden, aminlerle pH 4'de kuvars yüzdürülmüş, hematitin bastırılması mümkün olabilecektir (Atak, 1982). Ancak bu pH değerinde aminyum iyonu ile protonun yüzeye rekabetinde aminyum iyonu başarılı olamadığından, kuvars yüzdürülememiştir. Zaten oksitli

**Tablo 2.** Ters flotasyonda toplayıcı cinsinin etkisi

Toplayıcı cinsi	Spekülarit konsantresi			Artık
	Ağırlık (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% V)	
Armac T	92.55	75.11	95.96	15.67
Armac C	90.96	77.98	95.96	10.09
Dodecil A.A	86.68	78.51	90.42	32.32
Flotigam TA	94.66	75.11	96.35	18.53
Armoflote 64	93.73	82.12	97.55	8.04
Armoflote 21	97.85	81.03	99.03	60.51

cevherlerin aminlerle flotasyonunda, yüzey reaksiyonundan çok elektrostatik etkilerin önemli olduğu da çeşitli incelemelerle ortaya konmuştur (Yang, 1988).

Sonuç olarak boyalı sanayinde yaygın olarak kullanılan spekülarit konsantrelerinin en az % 90-95 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü olması istendiğinden aminlerle yapılan ters flotasyon başarılı olmamıştır.

### 3.2. Düz Flotasyonla Zenginleştirme

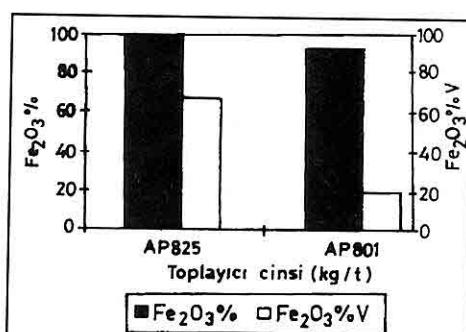
N-1 numunesi ile aşağıda belirtilen koşullarda düz flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Tane iriliği :%72'si (-100+63) µm  
 pH-değeri : 2.5-3.0 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>+DrückerK : (:2+0.1)kg/t  
 Toplayıcı : 500 g/t (değişken)  
 Çamyağı : 50g/t

Bilindiği gibi hematitin sıfır yük noktası (zpc) 6.7 dir. Bu değerin altında hematitin yüzey yükü pozitif olduğundan, ancak asidik ortamda hematitin sülfat tipi toplayıcılarla yüzeyde adsorbanlanması

kolaylaşmaktadır ve etkin bir flotasyon mümkün olmaktadır. Zpc değerinin üzerinde ise yüzey yükü negatif olacağından flotasyon benzer etkiler nedeniyle bazik ortamda ancak aminlerle mümkün olabilecektir (Yang, 1988). Aminler başarılı olmadığından, sülfat grubundan AP801 ve AP825 kullanılarak deneyler yapılmıştır (Şekil 2).

Her iki toplayıcı reaktifin kullanımı sonucunda tenör açısından istenilen kalitede spekülarit konsantresi elde edilmiştir. Ancak kosantre veriminin (%18.66) düşük ve artık kaçağının (%71 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) çok yüksek olması nedeniyle



**Şekil 2.** Düz flotasyonda toplayıcı cinsinin etkisi

## SPEKÜLARİT ARTIKLARININ GELENEKSEL VE KOLON FLOTASYONUYLA ZENGİN.

AP801 tercih edilmemiştir. %98 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresinin %67.66 flotasyon verimi ile elde edilmesini sağlayan AP825'in toplayıcı olarak kullanımı uygun varsayılmıştır.

AP825 tüketim miktarı, 0.5-3.5 kg/t arasında değiştirilerek deneyler yapılmıştır (Tablo 3).

Toplayıcı miktarındaki artış konsantrasyon verimini önemli ölçüde etkilemiştir. 0.5kg/t AP825 tüketiminde %67.67 olan flotasyon verimi, 2.5kg/t da %82'ye yükselterek flotasyon veriminde yaklaşık %15'lük bir artış sağlamıştır. Ayrıca artıktaki kaçak tenörü %20 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'e düşmüştür. 2.5 kg/t üzerinde AP825 tüketimi elde edilen spekülerit konsantresi tenöründe (%98.25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) önemli bir artış göstermemiştir. Diğer taraftan fazla miktardaki toplayıcı reaktifin ilavesi, hem misel oluşturma olasılığı nedeniyle, hem de yüzeyde toplayıcının toplanmasını engellediği için tercih edilmemektedir. Ayrıca fazla reaktif tüketimi de önlenmiş olacaktır. Bu sebeple 2.5 kg/t AP825 kullanılması uygun olacaktır.

Elde edilen sonuçların ışığı altında, N-1 numunesinin düz flotasyonu sonucunda

boya sanayine uygun kalitede %98 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresi %82.29 flotasyon verimiyle sağlanabilmiştir..

N-2 olarak tanımlanan tesis artığı ile aynı flotasyon koşullarında şlam atmalı düz flotasyon deneyleri yapılmıştır. Ancak flotasyon sırasında speküleritin etrafını kolloidal boyutlu kırmızı hematit film tabakası kaplamıştır. Oluşan bu tabaka spekülerit konsantresinin boyalama rengini, dolayısıyla boyalama kalitesini bozduğundan flotasyonla değerlendirilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle son yıllarda özellikle ince boyutlu cevherler için değişik uygulama alanı bulan ve genelde temizleme, süpürme flotasyon kademelerinde kullanılan kolon flotasyonunun spekülerit artıklarına uygulanabilirliği araştırılmıştır (Sastry, 1988).

### 3.3. Geleneksel ve Kolon Flotasyon Kombinasyonları

N-1 ve N-2 numuneleri ile saptanan düz flotasyon koşullarında geleneksel ve kolon flotasyonu kombinasyonları ile deneyler yapılmıştır (Şekil 3 ve 4).

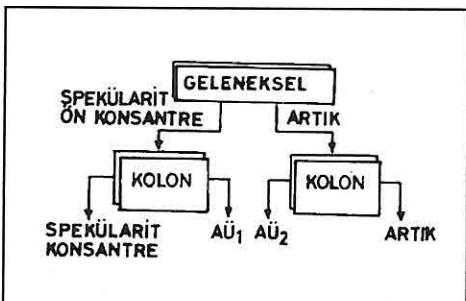
- N-1 numunesi ile yapılan;
- geleneksel + kolon flotasyonu

**Tablo 3.** N-1 numunelerinin düz flotasyonunda AP825 miktarının etkisi

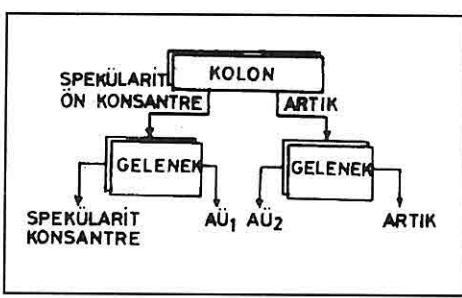
AP825 (Kg/ton)	Spekülerit konsantresi			Artık Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
	Ağırlık (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% V)	
0.5	54.58	98.00	67.67	24.00
2.0	56.52	97.52	74.30	34.87
2.5	71.72	98.00	82.29	20.50
3.5	72.24	98.25	84.50	34.41

kombinasyonu deneylerinde %98 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresi %38.14 flotasyon verimi ile,

- kolon+geleneksel flotasyon deneyi sonucunda ise; %84.84 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresi %47.37 flotasyon verimi ile elde edilmiştir.



Şekil 3. Geleneksel + kolon flotasyonu akım şeması



Şekil 4. Kolon + geleneksel flotasyonu akım şeması

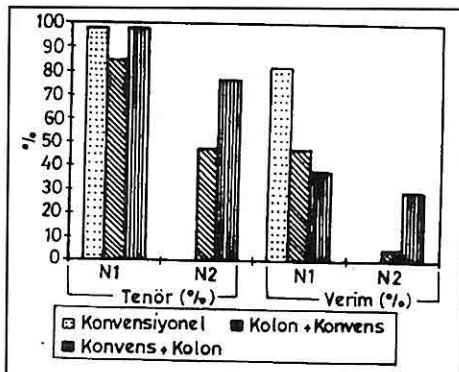
N-2 numunesi ile yapılan;

- kolon+geleneksel flotasyon deneyi sonucunda %47.42 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresi %5.30 flotasyon verimi ile,

- geleneksel + kolon flotasyonu kombinasyonu deneylerinde ise %76.71 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü spekülerit konsantresi %29.32 flotasyon verimi ile elde

edilmiştir.

Şekil 5'ten anlaşılacağı gibi, N-2 numunesinden boyalı sanayine uygun kalitede spekülerit konsantresinin yukarıdaki kombinasyonlarla elde edilmesi mümkün değildir. Diğer taraftan N-1 numunesinin geleneksel ve geleneksel + kolon flotasyonları sonucunda elde edilen spekülerit konsantreleri yaklaşık aynı tenöre sahip olmasına rağmen, geleneksel+kolon kombinasyonu şeklinde gerçekleştirilen flotasyon deneyleri verim açısından geleneksel flotasyona göre yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle temizleme amacıyla kolon devresine gerek yoktur. N-1 numunesinin geleneksel flotasyonla zenginleştirilmesi yeterli olacaktır.



Şekil 5. Flotasyon kombinasyonlarının tenör ve verim açısından karşılaştırılması

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ege Bölgesinde (İzmir) bulunan spekülerit tesisinin %56.51 ve %78.25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü ve farklı boyuttaki sallantılı masa ara ürünlerinin değerlendirilmesi ve boyalı sanayine

## SPEKÜLARİT ARTIKLARININ GELENEKSEL VE KOLON FLOTASYONUyla ZENGİN.

uygun kalitede spekülerit konsantresi elde edilmesi amacıyla yönelik araştırma sonuçlarını aşağıdaki gibi irdelemek mümkündür:

- %78.25  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörlü N-1 numunesinin ters flotasyonla değil, düz flotasyonla zenginleştirilmesi gerekmektedir.

- Geleneksel flotasyona ek olarak temizleme amacıyla kolon flotasyon devresine gerek yoktur. Sadece geleneksel ve tek kademeli temizleme flotasyonu yeterli olmaktadır.

- %98  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörlü spekülerit konsantresi %82.29 flotasyon verimi ile temizlemeli geleneksel flotasyon sonucunda elde edilmiştir. Boya sanayi için %90-95  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörlü spekülerit konsantresi uygun olduğundan, temizleme flotasyonu yapılmadan da %97.70  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörlü konsantre elde etmek olanağıdır.

- %56.51  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörlü N-2 numunesinin geleneksel ve kolon flotasyonu ile değerlendirilmesi sonucunda uygun kalitede spekülerit konsantresi elde edilememiştir. Bu nedenle şlam boyutundaki numunelerde başarılı olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiş olan multi gravite (MGS) ve yüksek gradyentli yaşı manyetik ayırcılar (HGMS) ile N-2 numunelerinin değerlendirilmesi uygun olacaktır. Bu konuda tarafımızdan gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda her iki yöntemle de uygun kalitede spekülerit

konsantresinin elde edilebileceği tesbit edilmiştir (Cöcen ve ark., 1996 ve 1997).

Sonuç olarak, ince boyuttaki spekülerit tesis artığının (N-2) flotasyonunun başarılı olmadığı, iri boyutlu spekülerit tesis artığının (N-1) düz flotasyonla zenginleştirilmesi sonucu ise boyalı sanayine uygun kalitede spekülerit konsantresinin %98  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tenörü ve %82 flotasyon verimiyle sağlanabileceği saptanmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

Atak, S., 1982; "Flotation" İTÜ-Maden Fakültesi Yayınu, İstanbul.

Brady, G., 1991; "Materials Handbook" McGraw-Hill Inc.

Burt, O.R., 1987; "Gravity Concentration Technology" Elsevier, Tokyo.

Cöcen, İ., Çiçek, T., Çilingir, Y., 1996; "Spekülerit cevherinin HGMS ile zenginleştirilebilirliği" S.D.İ. IX. Müh. Haf., Isparta.

Cöcen, İ., Çiçek, T., Tükel, Ç., 1997, "Enrichment of specular hematite by using multi gravity separator", VII th. Balkan Conference on Mineral Processing, Romania.

Fuerstenau, M.C., 1978, "Flotation", vol.1, New York.

Sastray, K.V.S., 1988, "Column flotation 88", SME Annual Meeting, Phoenix, Arizona.

Yang, D., 1988, "Reagents in mineral technology", vol.19, USA.



## GEOSOUND / YERBİLİMLERİ YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 6 sayfayı geçemez. Ancak yazarlar tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazilar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazilar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazdırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölüstürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraf ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şıklar, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilineli ve alt yazılar tek dilde yapılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketiyle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü  
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi  
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri  
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE  
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)

## **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 wordprocessor 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 authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drown by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be orginised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü  
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi  
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümü  
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE  
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)