GEOSOUND

YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Geology Of The Çamardı (Niğde-Turkey) Region
Çamardı Bölgesinin Jeolojisi (Niğde- ürkiye)
İlkay KUŞÇU, Ayhan ERLER, M.Cemal GÖNCÜOĞLU.....1

A Statistical Study On Relationships Between The Uniaxial Compressive And Tensile Strengths Of Rocks
Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı İle Çekme Dayanımları Arasındaki Ampirik Bağlantılar Üzerinde Bir İstatistiksel Çalışma
Ergin ARIOĞLU, Nuray TOKGÖZ.....17

Olur (Erzurum) Yöresindeki Mesozoyik İstifinin Jeotektonik Evrimi
Geotectonic Evolution Of The Mesozoic Sequence In Olur (Erzurum) Region
Cemil YILMAZ, Hüseyin YILMAZ..... 27

Erciş-Diyadin (Vangölü Kuzeyi) Yöresi Magmatik Kayaçların Mineralojisi-Petrografisi Ve Jeokimyası
Mineralogy-Petrology And Geochemistry Of Magmatic Rocks In The Ercis-Diyadin Area (North Of The Van Lake)
İbrahim ÇOPUROĞLU..... 43

Economical And Geological Properties Of Yatağan (Muğla) Marble Deposits
Yatağan (Muğla) Mermer Yataklarının Jeolojik Ve Ekonomik Özellikleri
Mustafa KUŞCU.....61

Karkheh Baraj Yeri (İran) Lahbari Formasyonunun Mühendislik Özellikleri
The Engineering Characteristics Of Lahbari Formation In The Karkheh Dam Site(Iran)
Adel KHALİLİ.....75

Niğde Masifi Güneybatı Kesimi (Karamahmutlu-Karacaören)'in Jeolojisi, Petrografisi Ve Amfibolitlerin Kökensel Yorumu
Geological And Petrographical İnvestigation Of Southwest Niğde Massif (Karamahmutlu-Karacaören) Area And Genetic Interpretation Of The Amphibolites
Özay Demir, Fikret İŞLER.....85

Sivrihisar-Günyüzü (Eskişehir) Granodiyorit Kuşağının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri
Mineralogical And Petrographical Caracteristics Of Granodiorit Region In Sivrihisar-Günyüzü (Eskişehir)
Yaşar KİBİCİ, Nuran DAĞ, İsmet ÖZGENÇ.....97

Çok Kriterli Karar Verme Sistemlerinin Maden Mühendisliğindeki Uygulaması
The Application Of Multi-Creteria Decision Making Systems In Mining Engineering
M.Kemal GÖKAY.....113

Açık İşletmelerde Optimum Delme Ve Patlatma Düzeni
The Design Of Drilling And Blasting In Open Pit Mining
Alaattin KILIÇ, Mesut ANIL.....123

Sert Linyitlerdeki Kül Ve Nemin Isı Değerine Etkisi
The Effects Of The Ash And The Moisture On The Heating Value In Hard Lignites
Ümit ÖZER, Oktay BAYAT, Mesut ANIL.....149

Benefication Of Zonguldak High Ashed Coal By Convention-Column Flotation
Konvansiyonel-Kolon Flotasyonu İle Yüksek Küllü Zonguldak Kömürünün Değerlendirilmesi
İlknur CÖCEN, Yaşar ÇİLİNGİR, Ufuk MALAYOĞLU.....161

Enrichment Of Chromite Ore By Means Of Multi-Gravity Seperator
Kromit Cevherinin Multi -Gravitiy Seperatör İle Zenginleştirilmesi
Hüseyin ÖZDAĞ, Yaşar UÇBAŞ, Sabiha KOCA.....167

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

GEOLOGY OF THE ÇAMARDI (NİĞDE-TURKEY) REGION

İlkay KUŞCU, Ayhan ERLER and M.Cemal GÖNCÜOĞLU
Dept. Geol. Eng., METU, Ankara / Turkey

ABSTRACT: *The Çamardı region lies in the southern part of the Central Anatolia 68 km southeast of Niğde. The rock units of the Çamardı region are, Paleozoic-Mesozoic Niğde Group, Cenomanian Üçkapılı Granodiorite, Late Cretaceous-Paleocene Çamardı Formation and Early-Middle Eocene Evliyatepe Formation. The rock units of the Ulukışla Basin are represented with the Late Cretaceous-Late Paleocene Eskiburç Group in the study area.*

Niğde Group consists of (1) the Gümüşler Formation composed of sillimanite-biotite-muscovite gneisses with lenses of white marbles and calc-silicate marbles, and (2) the Aşıgediği Formation, characterized by thick bedded marbles intercalated with amphibolites and followed upward by cherty marbles. The Aşıgediği Formation overlies the Gümüşler Formation with a pre-metamorphism unconformity. The Üçkapılı Granodiorite intrudes the Niğde Group and crops out as patches crossed by pegmatite dykes. Çamardı Formation consists of conglomerates and sandstones derived mainly from the Niğde Group. The Evliyatepe Formation unconformably overlies the Çamardı Formation and includes conglomerates and alternations of sandstones, siltstones and silty limestones.

The Eskiburç Group which represents the oldest deposition of the Ulukışla Basin consists of (1) Ovacık Formation characterized by flysch-like sequences and chaotic mixture of volcanic and volcano-sedimentary rocks, and (2) Ulukışla Formation with volcano-sedimentary and volcanic rocks.

The most significant Neotectonic features in the study area fare the Üçkapılı Normal Fault and the Celaller Thrust along which the rock units of the Niğde Region are thrusted over the Eskiburç Group.

ÇAMARDI BÖLGESİNİN JEOLOJİSİ (NİĞDE - TURKİYE)

ÖZ: *Çamardı bölgesi Orta Anadolu'da Niğde'nin 68 km güneydoğusunda yer almaktadır. Çamardı bölgesinin kaya birimleri, Paleozoyik-Mezozoyik Niğde Grubu, Senomanian Üçkapılı Granodiyoriti, Geç Kretase-Paleosen Çamardı Formasyonu ve Erken-Orta Eosen Evliyatepe Formasyonudur. Ulukışla Baseni kaya birimleri çalışma alanında Geç Kretase-Geç Paleosen Eskiburç Grubu ile temsil edilir.*

Niğde Grubu, (1) beyaz mermer ve kalk-silikat mermer mercekli silimanit-biyotit-muskovit gnayslarından oluşan Gümüşler Formasyonu, (2) amfibolit ara katkılı, üste doğru çörtlü mermerlere geçen kalın tabakalı mermerle karakterize edilen Aşıgediği Formasyonundan oluşur. Aşıgediği Formasyonu, Gümüşler Formasyonunu metamorfizma öncesi bir uyumsuzlukla üzerler. Niğde Grubu'nu kesen Üçkapılı Granodiorit sokulumu pegmatit daykları tarafından kesilmiş küçük mostrolar halinde gözlenir. Niğde Grubunu uyumsuzlukla örten Çamardı Formasyonunun çakıltaşları ve kumtaşları tamamen Niğde Grubundan türemiştir. Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve siltli kireçtaşı ardalanmasından oluşan Evliyatepe Formasyonu tabanda Çamardı Formasyonunu uyumsuz olarak örter.

Ulukışla Basenindeki en genç çökelmeyi gösteren Eskiburç Grubu , volkanik ve volkano sedimentar kayaçların kaotik karışığı ile fliş benzeri birimlerle karakterize edilen Ovacık Formasyonu, ve volkanik ve volkano sedimanter kayaçlarından oluşan Ulukışla Formasyonlarından meydana gelir.

Orta Anadolu Kompleksinin Neotektonik ögeleri olan yapılar , NW-SE doğrultusunda Gümüşler ve Aşıgediği formasyonlarını kesen Üçkapılı Normal Fayı ve uzanımı boyunca Niğde Grubu kayaçlarının, Eskiburç Grubu üzerini itilmelerini sağlayan Celaller Bindirmesidir.

1. INTRODUCTION

The Çamardı region lies in the southeastern part of the Central Anatolia, within Niğde province. Çamardı is 68 kms southeast of Niğde along the Niğde-Pozantı (Adana) highway. In the Çamardı region, the geological studies so far carried out do not clearly establish the contact relationships between Niğde Group, one of the major components of the central Anatolian Complex, and the Eskiburç Group from the Ulukışla Basin. The aims of this study are to determine the distinctive features of the Çamardı region, and the relationships between the Niğde Unit (Niğde Group and the cover) and the rock units of Ulukışla Basin.

2. REGIONAL GEOLOGIC SETTING

The Çamardı region lies at the southernmost part of the Central Anatolian Massif which includes the Kırşehir Massif, Niğde Massif and the Central Anatolian volcanics (Ketin,

1966). The study area covers the southeastern part of the Niğde Massif along its boundary with the units of the Ulukışla Basin. The area is surrounded by the Central Anatolian Volcanic and volcanoclastic rocks on the west and north, by the Ecemiş strike-slip fault zone and the Aladağ Unit of the Eastern Taurides on the east and by the volcanics and volcano-sedimentary sequences of the Ulukışla Basin on the south (Figure 1).

The Niğde Massif is the assemblage of metamorphic rocks of various types intruded by granodiorite (Blumenthal, 1941; Kleyn, 1968; Göncüoğlu, 1977; 1980). The metamorphic rocks include Niğde Group (Göncüoğlu, 1977) and meta-ophiolite. The Niğde Group consists of three formations, from oldest to youngest, Gümüşler, Kaleboynu and Aşıgediği formations (Göncüoğlu, 1977; 1980). The meta-ophiolite is composed of meta-gabbros, meta-ultramafics and metamorphic equivalents of graywackes (Göncüoğlu, 1977; 1981; 1988). The Üçkapılı Granodiorite intruding the metamorphic rocks of the Niğde Group, includes stocks as well as aplitic and

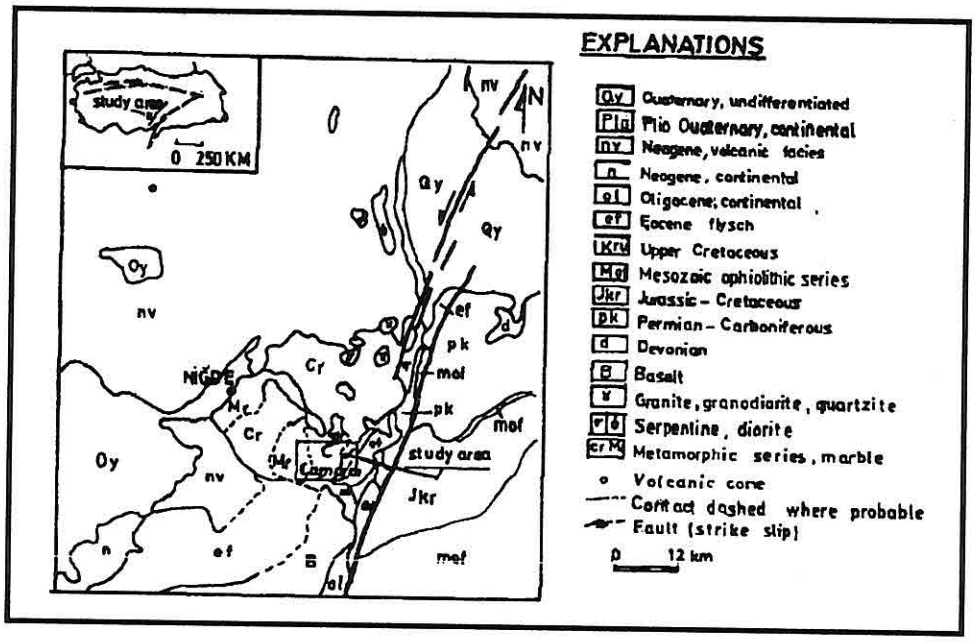


Figure 1. Regional geologic map of the Çamardı region (simplified from Ketin, 1963).

pegmatitic dykes (Göncüoğlu, 1977). The deposition, metamorphism and deformation of the Niğde Group ended prior to Maastrichtian indicated by the oldest non-metamorphosed Elmadere Olistostrome (Göncüoğlu and others, 1991). associated

with the Niğde Massif that contains microfossils of Maastrichtian age (Göncüoğlu, 1985), around the Elmadere to the NW of the Çamardı region.

The Ulukışla basin is characterized by the presence of island-arc volcanics related carbonates and flysch-like sequences derived from these rocks (Oktay, 1982). The rock units are classified into three groups as (1) the Ulukışla Group (2) the Kılan Group (3) the Bohçadikmen Group (Oktay, 1982). The basin persisted during Late Cretaceous to Late Paleocene extending to Lower Eocene (Oktay, 1982; Dellaloğlu and Aksu, 1986).

The pyroclastics and the volcanic rocks of Pliocene to Quaternary age derived from the volcanic activities of the Hasandağı, Melendizdağı and the Erciyes are the younger volcanic rocks to the west and north of the Niğde Massif. Lower parts of the volcanoclastic sequences are mostly ignimbritic (Beekman, 1966) intercalated with ash-flows, tuffite and tuffs (Atabey and Ayhan, 1986). The upper parts of the unit consists of basalt and andesites characterized by several flow units.

The fluvio-lacustrine clastic rocks of Neogene age consiste of Çukurbağ Formation Oligocene-Miocene in age and Burç Formation miocene-Pliocene in age (Yetiş, 1987) Among tehese, the Çukurbağ Formation is chorocterized by red thick bedded river type conglomerates. The Burç Formation contains cool bearing lacustrine shales, silty, limestones and siltstones.

3. ROCK UNITS

The rock units of the Çamardı region are classified into two subgroups as (1) rock units within the Niğde Unit and (2) rock units of the Ulukışla Basin. The first group of rocks are divided into four subdivisions as (1) Paleozoic-Mesozoic Niğde Group consisting of Gümüşler and Aşıgediği formations, (2) Cenomanian Üçkapılı Granodiorite, (3) Upper Cretaceous-Paleocene Çamardı Formation, and (4) Lower-Middle Eocene Evliyatepe Formation (Figure 2). The units from the Ulukışla Basin are the Eskiburç Group that contains Ovacık and Ulukışla formations.

3.1 Niğde Unit

3.1.1 Niğde Group

The Niğde Group consisting of metamorphic rocks of various types, intruded by the Üçkapılı Granodiorite named initially by Göncüoğlu (1977). This unit is widely exposed at the northeast, north and north-northwest occupying almost three quarters of the area (Figure 2). In the Çamardı region, Niğde Group is represented by the Gümüşler and Aşıgediği formations . The lower contact of the group is not exposed within the area. It is nonconformably overlain by the Upper Cretaceous-Paleocene Çamardı Formation in the southern and southeastern part around Çamardı, Celaller and Kavaklıgöl (Göncüoğlu and others, 1991). The Niğde Units (Niğde Group, Çamardı and Evliyatepe formations) is thrusted southwards over the units of the Ulukışla Basin

(Eskiburç Group) at the south of Ortatepe and southeast of Evliya and Kışlabayır Tepe along the Celaller Thrust Fault (Kuşcu, 1992).

3.1.1.1 Gümüşler Formation

The gneisses with marble lenses and quartzites which are the metamorphic equivalents of fine grained clastics and carbonates are named as the Gümüşler Formation by Göncüoğlu (1977). It is mostly exposed along a wide belt from the nortwest of Celaller to the northeast of Çamardı (Figure 2). The Gümüşler Formation is usually overlain by the Kaleboynu Formation within the Niğde Massif. However, the Kaleboynu Formation, is not observed within the study area. Depositional characteristics of the protoliths change from a sequence of fine grained clastic rocks and volcano clastict rocks to platform carbonate rock at the upper part . Aşıgediği Formation starts with reddish meta-clastic rocks (red quartzites) that suggest an old erosional surface and thus an erosional contact relationship between the Gümüşler and Aşıgediği formations. It is a pre-metamorphic unconformity and is verified mainly by discontinuity in lithologic characteristics of the metamorphic units.

The Gümüşler Formation consists of gneisses, marbles, calc-silicate marbles and quartzites. The gneisses are composed mainly of biotite, muscovite, feldspars, quartz, and sillimanite with sphene, tourmaline, apatite and chlorite as accessories. Alteration of feldspars to clay minerals and biotites to chlorites are common. Gneisses appear to be cataclastically deformed due to post metamorphic deformation. The quartz lenses of various sizes and shapes within the gneisses form well developed augens.

The white marbles are observed as lenses within the gneisses. They are composed mainly of calcite with minor amounts of quartz and trace amounts of muscovite and opaque minerals. Cataclastic deformation is well observed on the calcite crystals. The calc-silicate marbles are characterized by white bands of granoblastic calcite with alternations of yellow to gray bands consisting of diopside, biotite, plagioclase, epidote and quartz. They also contain scapolite and sphene (Göncüoğlu, 1988; Kuşcu 1992).

The quartzites occur as bands with tens of metres in thickness and several kilometers in length. Macrocopically, they show probable primary sedimentary structures such as lamination and cross-bedding. They consist of granoblastic quartz and muscovite. Additionally, presence of altered feldspar and tourmaline is reported (Göncüoğlu, 1988).

The study of zircons enriched from the para-gneisses by U/Pb method indicates that the para-gneisses contain clastics from a Protorezoic aged (2059±77 my) source terrain (Göncüoğlu, 1986). A lower Paleozoic age has been assigned to the Gümüşler Formation due to correlation with the low grade metamorphic Yahyalı Unit (Göncüoğlu and others, 1991). The Gümüşler Formation is correlated to Maden and Çamardı formations of the Pozantıdağı Massif (Viljoen and İleri, 1973), and to the Lower Series of the Niğde Crystalline Complex (Kleyn, 1970).

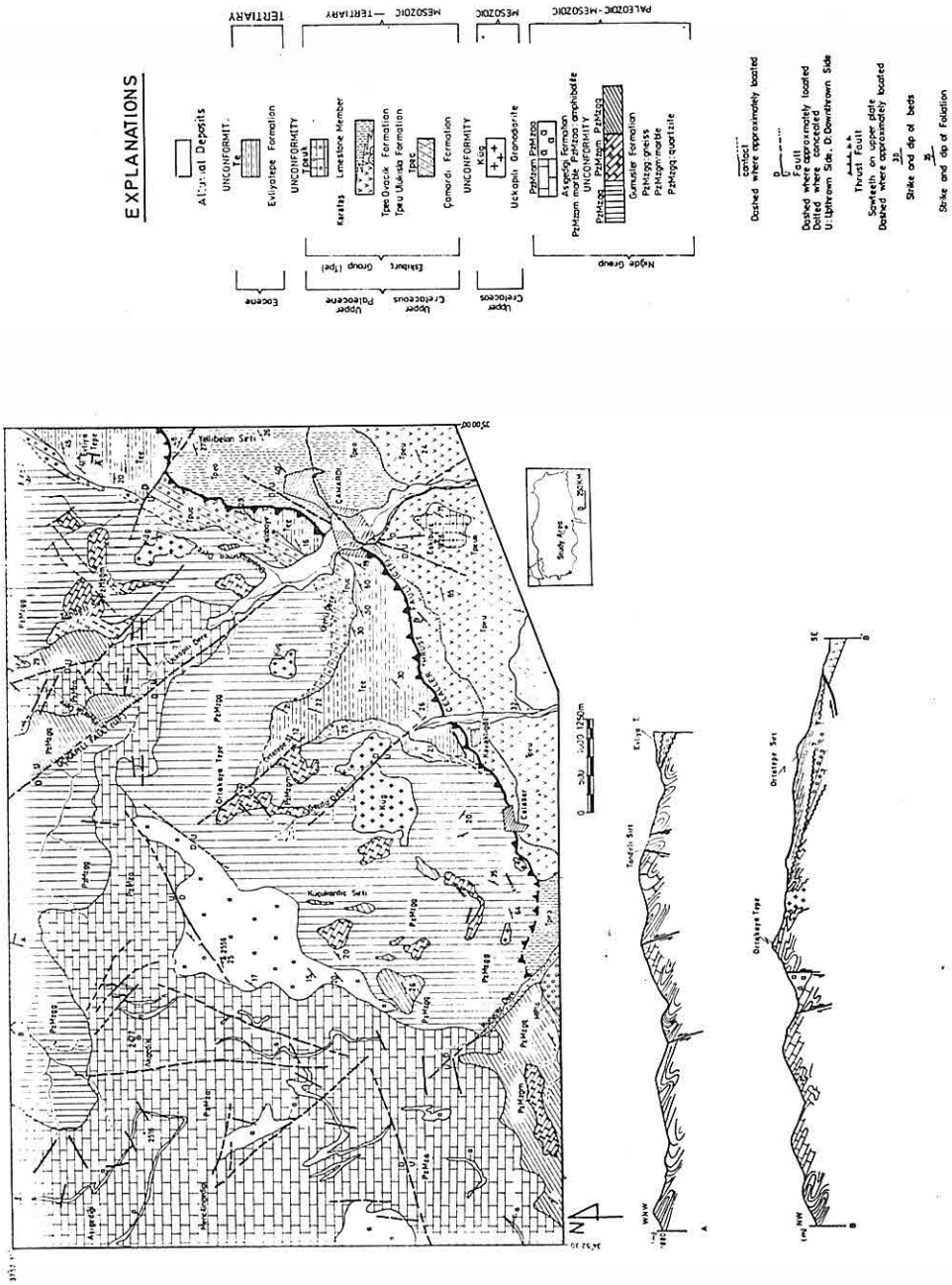


Figure 2. Geological map of the Çamardı region (after Kuşcu, 1992).

3.1.1.2 Aşıgediği Formation

The Aşıgediği Formation is named by Göncüoğlu (1977). It is dominantly exposed at the Aşıgediği, Mencilingediği, and Akgedik to the northwest of the region (Figure 2).

The Aşıgediği Formation is composed of massive, coarse grained thick, white-beige marbles with amphibolite interlayers and cherty marbles. The amphibolite interlayers are the characteristic features acting as marker horizons to map the formation and to understand the folding pattern of the metamorphics. The cherty marbles constitute the upper levels of the formation representing the metamorphic equivalents of the pinkish pelagic carbonates that passes upward to micritic limestone-chert alternation (Kuşcu, 1992). The amphibolites which may probably be derived from the metamorphism of tuffs, basic volcanics and marly units occur associated with the cherty marble and pinkish marble alternations. They are exposed as continuous bands within the marbles.

The age of the Aşıgediği Formation is Pre-Cenomanian, since it is intruded by the Cenomanian Üçkapılı Granodiorite (Göncüoğlu, 1986). The age of metamorphism is pre Upper Maastrichtian, since the non-metamorphic Elmadere olistostrome of Upper Maastrichtian age unconformably overlies the Aşıgediği Formation (Göncüoğlu and others, 1991). The Aşıgediği Formation can be correlated to the Middle Marble Series of the Niğde Crystalline Complex (Kleyn, 1970) and to the Kılavuz Formation of the Pozantıdağı Massif (Viljoen and İleri, 1973). A Middle Triassic-Lower Cretaceous depositional age had been assigned to this unit by regional correlations with the low metamorphic carbonates of the Kütahya-Bolkardağı Belt (Göncüoğlu, 1988).

3.1.2 Üçkapılı Granodiorite

The granodioritic intrusions in Niğde Massif with aplitic and pegmatitic dykes are named as the Üçkapılı Granodiorite by Göncüoğlu (1977). The Üçkapılı Granodiorite crops out at the north and northwest of Çamardı forming a series of small, isolated patches.

The Üçkapılı Granodiorite intruded into the Gümüşler and Aşıgediği formations. The contact of the granodiorite with metamorphic rocks, is characterized by a narrow zone of contact metamorphism and extensive weathering to limonitic and hematitic zones. The outcrops are associated with little amounts of aplites and pegmatites. The granodiorite is grayish to dark gray in color and medium to coarse grained. It is made up of quartz, muscovite, biotite, plagioclase, orthoclase ± zircon ± chlorite.

The field and microscopic features of the Üçkapılı Granodiorite in the region are different from those exposed at the type locality. Outcrops in the vicinitiy of faults are intensively sheared. Microscopical studies showed that (1) plagioclases and orthoclases are altered to sericites and only relicts are present, (2) quartz shows strong undulose extinction, (3) white micas seem to be aligned in micro-shear zones and some of them are bent, and (4) in some sections the rock shows blastomylonitic textures. These data

indicates that the Üçkapılı Granodiorite within the Çamardı region was cataclastically deformed. This deformation is probably due to (1) normal faults that either cross or closely located to the Üçkapılı Granodiorite, and (2) Celaller Thrust Fault that transported the block containing the granodiorite towards south. The age of this deformation should be post-Cenomanian (formation of the granodiorite) but pre-Miocene (upper limit of thrusting of the Niğde unit rocks to the Ulukışla Basin rocks).

The crystallization age of the granodiorite obtained by whole rock Rb/Sr isochrone as 95±11 my corresponds to Cenomanian (Göncüoğlu, 1986). The Late Maastrichtian age of the non-metamorphic Elmadere Olistostrome containing fragments of the Niğde Group and the Üçkapılı Granodiorite (Göncüoğlu and others, 1991) also indicates to a pre-Late Maastrichtian intrusion age.

3.1.3 Çamardı Formation

The conglomerates and sandstones composed mainly of clastic fragments derived from the rocks of underlying Niğde Group, Üçkapılı Granodiorite and meta-ophiolite, are named as the Çamardı Formation (Kuşcu, 1992). The formation is restricted to a narrow zone trending in SW-NE direction from the west of Kavaklıgöl towards the north of Evliyatepe. It nonconformably overlies the Niğde Group and the Üçkapılı Granodiorite and unconformably overlain by the Evliyatepe Formation at Evliyatepe and to the northwest of Kışlabayır Tepe.

The conglomerate is polygenic and composed of sub-angular to angular fragments of marble, quartzite, gneiss and granite ranging in size from sand to boulder or even larger. They are supported by a fine grained, sandy to silty matrix derived from the gneisses of the Niğde Group. Slaty cleavage and small scale folds are observed within the matrix of the conglomerates. The general appearance of conglomerates with their matrix, is similar to a deformed metamorphic unit, since all the particles and the matrix that support them are directly derived from the underlying metamorphic rocks (Kuşcu, 1992).

The sandstones are grayish to dark gray in color. Marble and quartzite fragments are dominant components of the sanstones. The gneiss and granodiorite particles are little in amount, some benthonic fossils such as Nummulites sp., Discocyclina sp., Gastropoda, Bryozoa and Red-algae were determined from the sandstones by TPAO research laboratory.

The Çamardı Formation is assigned to Paleocene-Eocene time interval by TPAO research laboratory on the basis of these fossils. The overlying Evliyatepe Formation of Lower to Middle Eocene age limits the uppermost age as Late Paleocene. However, the Çamardı formation is regionally accepted to be deposited during Upper Maastrichtian-Paleocene time interval (Göncüoğlu and others, 1991). The Çamardı Formation was first determined as a nonconformable sedimentary unit lying over the Niğde group by Göncüoğlu and others (1991) and Kuşcu (1992). It is correlated to the

Çamardı Çakıltaşı of Göncüoğlu and others (1991). It is totally different from the Çamardı Formation of Viljoen and İleri (1973) which is a metamorphic unit found equivalent to upper part of the Gümüşler Formation. It is also different from the Çamardı Formation of Yetiş (1978) which is equivalent to the Ovacık Formation of Göncüoğlu and others (1991) and Kuşcu (1992).

3.1.4 Evliyatepe Formation

The flysch-like sedimentary rocks exposed at Evliyatepe is named as the Evliyatepe Formation (Göncüoğlu and others, 1991). The outcrops are seen as patches covering the southern parts of the Evliya Tepe, Kışlabayır Tepe and Ortakaya Sırtı.

The Evliyatepe Formation overlies the Çamardı Formation with an angular unconformity at the Evliya Tepe and Kışlabayır Tepe. It is unconformably overlain by the Quaternary alluvial deposits.

The formation consists of conglomerates, alternation of sandstones-siltstones, silty-limestones and occasionally intercalations of shales. The conglomerates are polygenic, poorly sorted and graded, well supported by a grayish to yellowish sandy matrix and are well cemented by calcareous material. They are composed of angular, subangular and elongated metamorphic rock fragments of various sizes and types. The limestone fragments from the Aladağ Unit which are also reported in NE of Çamardı (Göncüoğlu and others 1991) and the quartzite from the Niğde Group are observed as coarse particles even coarser than boulder size. On the other hand, the amount of gneiss clasts increases towards the topof the sequence. The gneiss, quartzite and marble fragments from the underlying Niğde Group rocks and non-metamorphic Aladağ - type limestone particles are the main constitutents of the conglomerates. Characteristically, no granodiorite fragments are seen within the conglomeratic levels. Comparatively, the percentage of the gneiss fragments are higher than the other fragments. The alternation of sandstones, siltstones and silty limestones and occasional shale intercalations transitionally overlie the conglomeratic levels with a coarse grained sandstone. The dominant fragments of the sandstones are from the Gümüşler Formation, especially from the gneisses and quartzites. The siltstones consist of fragments of quartz, feldspar, calcite, fossils and little amounts of unidentified rock. They occur as interbeds between the silty limestones.

Nummulites globulus, Nummulites sp., Assilina sp., Alveolina oblonga, Alveolina spp., Flosculina sp. were determined by E. Sirel (Göncüoğlu and others, 1991) in the samples collected from the silty and sandy levels of the Evliyatepe formation, indicating to Early Eocene (İlerdian-Ypresian). Disregarding its age, the Evliyatepe formation is correlated to the Kaleboynu Formation of Yetiş (1978) and to the Subatu Formation of Gül and others (1984).

3.2 Rock Units of the Ulukışla Basin

3.2.1 Eskiburç Group

The sedimentary, volcano-sedimentary and volcanic rocks at the southern parts of the study area named as the Eskiburç Group (Göncüoğlu and others, 1991). It consists of Ovacık and Ulukışla formations.

The Niğde Unit; consisting of Niğde Group, Üçkapılı Granodiorite, Evliyatepe and Çamardı formations is thrusted on to this group at the south of Ortatepe Sırtı, southeast of Evliya Tepe. The Eskiburç Group may be correlated to the Ulukışla Group of Oktay (1982).

3.2.1.1 Ovacık Formation

The Ovacık Formation is named by Dellaloğlu and Aksu (1986) at and around Ovacık at the northeast of Ulukışla. In the study area, it comprises (1) flysch-like sedimentary sequences and (2) chaotic mixture of sedimentary and volcanic rocks. The formation is characterized by large blocky outcrops with the appearance of a broken formation in the region. It displays an intertonguing relationship with the Middle to Upper Paleocene Ulukışla Formation according to Dellaloğlu and Aksu (1986), however, such relationships are only locally observed within the study area.

The flysch-like sedimentary rocks that form stratigraphically lower constitutents of the formation are composed of clayey to micritic limestones with alternations of sandstones. The distribution and outcrops of the lithologic units are not uniform because of the blocky character of the unit. Commonly, silty limestones lie at the bottom with sandstones. They rarely alternate with thin bedded siltstones and volcanogenic units. The sandstones are commonly arkoses containing clasts of plagioclase and chlorite.

The chaotic mixture is characterized by large size blocks of reddish to violet silty limestones, micritic limestones, andesites and basalts within a silt-sand sized volcano-clastic matrix with shale interlayers. The volcano-clastic dominated sand to silt sized matrix, is found around the andesite and basalt blocks, the blocks and large fragments of massive and vesicular basalts with andesites are embedded within a sand - sized volcanoclastic matrix, whereas silty to sandy fine grained fragments of sedimentary rocks are dominant around the sedimentary rock blocks.

Planorotalites chapmani, Morozovella conicotruncana, Miliolidae sp., Globigerina triloculinoides, Heterohelicidae, Globorotalia pseudomonardi Globigerinidae, Rotalidae, Olistochoplax sp., algae and shell fragments were determined in the silty sandstones of Ovacık Formation within the study area by TPAO research laboratory indicating to Middle to Late Paleocene age. To the west of the study area, however this formation is shown to be deposited during Upper Maastrichtian-Upper Paleocene time interval (Göncüoğlu, 1985). The Ovacık Formation is the equivalent of the Güney Formation of Oktay (1982), and Çamardı Formation of Yetiş (1978). However, the depositional contact

described by Yetiş (1978) with underlying metamorphic rocks is not observed. Instead, a tectonical relationship was established between the Niğde Group and the Ovacık Formation.

3.2.1.2 Ulukışla Formation

The Ulukışla Formation is first named by Demirtaşlı and others (1975). It is composed of basalts, volcanoclastics and limestones (Karataş Limestone) (Göncüoğlu and others, 1991; Kuşcu, 1992). The formation crops out at the southern part of the study area, along the southeastern margin of the Niğde Massif.

The formation is overlain and underlain locally by the turbiditic sedimentary rocks of the Ovacık Formation at and around Ovacık and Ulukışla (Dellaloğlu and Aksu, 1986).

The basalts are mainly vesicular, grey to black in color, and weathered. White to beige calcite amygdules are easily seen by the naked eye. They are seriate textured porphyritic basalts constituting of phenocrysts of pyroxenes with finer grained groundmass plagioclases and altered pyroxenes, calcite, iron oxide, chlorite and zeolite as secondary minerals.

The volcanoclastic rocks are agglomerates and volcanogenic sandstones. They are exposed locally within the area covered by basalts at a small stream at the southwest of Çamardı. The alternations of basalt flows and volcanogenic sandstones are characteristics of the upper levels of the volcanoclastic unit. They are, then, overlain completely by the vesicular basalts.

The age of the formation can not be estimated directly due to lack of fossils. The age of the Ovacık Formation that is intertonguing with theUlukışla Formation, is Late Cretaceous-Late Paleocene so the deposition of the unit is considered to be contemparenous with the Ovacık Formation.

3.2.1.2.1 Karataş Limestone Member

The fossiliferous shallow marine limestones exposed as lenses within the Ovacık Formation is named as Karataş limestone member (Göncüoğlu and others, 1991). The limestones are generally underlain by vesicular basalts of the Ulukışla Formation.

The Karataş limestone member consists of gray to dark gray and sometimes beige colored limestones and conglomerate. The conglomerate is observed generally at the lower part of the limestone. The rounded vesicular basalts and beige to white rounded limestones are the particles within the conglomeratic unit. Sometimes the Limestone member starts directly with the carbonates on the volcanic rocks.

Laffitenia sp., Loflusia sp., were determined by TPAO research laboratory, within the limestones at the lowerparts of the Ulukışla sequence indicating to Late Maastrichtian The limestone bands in the upper part of the sequence, however, include Miscellenae miscella, Alveolina sp., Disticoplax biseriatis, Globorotalia triloculiniodes, Planorbulina Cretae,

which is indicative for Upper Maastrichtian-Upper Paleocene. The age is quoted as Late Cretaceous-Early Eocene by Dellaloğlu and Aksu (1986), Late Paleocene by Gül and others (1984) and Middle - Late Paleocene by Yetiş (1984). On the basis of the ages assigned, the age of the Karataş Limestone member is accepted as Late Maastrichtian-Late Paleocene.

The Karataş limestone member is correlated to the Güneydağı Formation of Demirtaşlı and others (1975), Başmakçı Limestone of Oktay (1982), Mavraş limestone of Yetiş (1978) and the Mavraş Member of Gül and others (1984).

4. STRUCTURAL GEOLOGY

The study area undergoes a continuous N-S compression since at Least Middle Eocene whereas compressional and tensional regime dominates the neotectonic period. Most of the structures within the area are part of neotectonic conjugate fault systems, namely, NW-SE trending dextral Tuzgölü Fault and NNE-SSW trending sinistral Ecemiş Fault systems. Six main neotectonic faulting trends are observed in the region (Kuşcu, 1992). Two neotectonic structures are of special interest as, the Üçkapılı Fault and the Celaller Thrust (Kuşcu, 1992).

4.1 Üçkapılı Fault

The Üçkapılı Fault trending N30-35W direction, is a normal fault. The rocks are highly deformed and mylonitized along the fault, although no off-set is clearly seen in the field. The general trend of the fault is more or less conformable with that of NW-SE trending faults of Hasandağ Fault zone which is a normal fault with a right-lateral component (Göncüoğlu and others, 1991; Toprak and Göncüoğlu 1991). Üçkapılı Fault is one of the the en echelon faults of the Tuzgölü Fault zone and is the southward extension of the Hasandağı Fault zone along which the Central Anatolian and Niğde Massif rocks are displaced (Toprak and Göncüoğlu, 1991). Therefore, it may be a normal fault with right lateral component and have been formed or reactivated in the same phase that formed the Hasandağı Fault set. Since it displaces the Miocene-Pliocene Cihanbeyli Formation outside the study area, It is younger than the Pliocene. The northward extension of this fault, the Hasandağı Fault displace the Pliocene ignimbrites in the vicinity of Derinkuyu (Göncüoğlu and others, 1991).

4.2. Celaller Thrust

The Celaller Thrust (Kuşcu, 1992) trends more or less N60-70E and dips moderately (30o-40o) northwards. The Niğde Group, Upper Maastrichtian-Paleocene Çamardı Formation and Lower-Middle Eocene Evliyatepe formation is thrusted over the Late Cretaceous-Upper Paleocene Eskiburç Group (Figure 3) along this fault. The mylonitization, deformation, development of slaty cleavage on silty limestones of

Evliyatepe Formation and steeply dipping bedding planes along the fault, and mezoscopicel recumbent to overturned folds developed in the clayey limestones of the underlying Ovacık Formation, are the evidences for this fault. The age of the this fault is post-Eocene and pre-Pliocene as Pliocene clastics to the west of the study area (Figure 2) cover the thrust. The Celaller Thrust provides critical evidence for the importance of the structures formed in the area where en echelon faults extending from Tuzgölü Fault set and Ecemiş Fault Zone intersects. The thrust in the area is probably resulted by the left lateral movement of the Ecemiş Fault.

All the macroscopic and mezoscopic structure on the Tuzgölü and Ecemiş Fault system are produced by present N-S compression (Toprak and Göncüoğlu, 1991). IAs a result, Celaller Thrust was developed possibly under this tectonic regime.

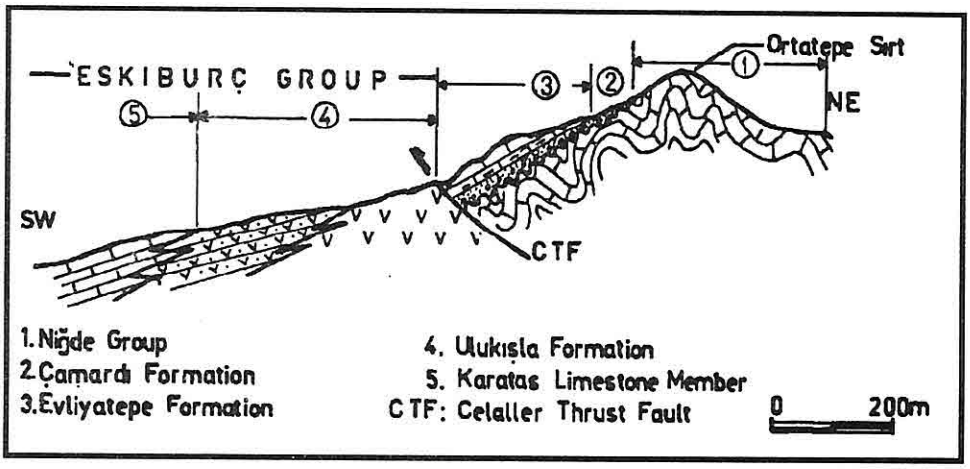


Figure 3. Sketch cross-section illustrating the contact relationships between Niğde Group, Çamardı, Evliyatepe formations and the Eskiburç Group.

5. CONCLUSIONS

The principal conclusions of the study are;

1. The study area is located to the south of the Niğde Massif and northeastern part of the Ulukışla Basin. The Niğde Group, and its cover (Çamardı and Evliyatepe formations) form the Niğde Unit. The Ovacık and Ulukışla formations belong to the rock units of the Ulukışla Basin.

2. In the Niğde Group, the Aşıgediği Formation site on the Gümüşler Formation over an unconformity.

3. The Üçkapılı Granodiorite of Cenomanian age intruding the metamorphic rocks has produced very weak contact metamorphic zone. Later cataclastic deformation and resulting mylonitization were superimposed on the rocks probably during post-middle

Eocene and pre-Pliocene period.

4. The oldest sediments of the non metamorphic cover of the Niğde Group to the north of Çamardı (Evliyatepe) dated as Lutetian by Yetiş (1978). New fossil data, however clearly indicates that the earliest deposition on the metamorphics is paleocene in age. The lower contact of the unconformably overlying flyschoidal sediments (Kaleboynu Formation of Yetiş (1978; 1984), Evliyatepe Formation in this work). On the other hand, yield fossils of İlerdian age, which shows that the transgression has started earlier then suggested in previous work (Yetiş, 1978; 1984).

Another critical finding in the study area is the presence of well-rounded pebbles and boulders of fossiliferous Aladağ-type limestones within the Evliyatepe Formation. (which directly overlies the Niğde Metamorphics). These data further supports the suggestion of Göncüoğlu and others (1991) that the Aladağ Unit and consequently the Taurides must have been located very close to the Niğde sub-Massif (during Early Eocene) of the Central Anatolian Crystalline Complex. This suggestion obviously discredites the presence of a wide Inner Tauride Basin during Early Eocene, which is advocated by some authors (Oktay, 1982, Görür and others, 1984).

5. It has been shown that Niğde group with its paraautocthonous cover (Çamardı and Evliyatepe formations) is in thrust contact with rock units of the Ulukışla Basin. Which was formerly considered to be a depositional contact (Yetiş, 1978; 1984).

6. The Cellaler Thrust Thrust is a neotectonic structure produced by present N-S compression within the area where Ecemiş and Tuzgölü (Hasandağ) fault zones make a conjugate system. The fault should be activated during post-middle Eocene and pre-Pliocene periods.

7. The Cellaler and Üçkapılı faults, as well as and other minor noteworthy faults in the region are the neotectonic structures. They have the similar general trends with the Ecemiş and Tuzgölü (Hasandağ) fault zones. This may indicate that the faults in the study area have a common origin with the Ecemiş and Tuzgölü (Hasandağ) fault zones.

ACKNOWLEDGEMENT

Authors wish to express their thanks to Dr. F. Bora Rojay for comments and criticism on the netotectonic structures described in this study.

REFERENCES

Atabey, E. and Ayhan, A., 1986. "Niğde Ulukışla, Çamardı, Çiftehan Yöresinin Jeolojisi", M.T.A. Derleme Raporu No. 8064 (unpublished).

Beekman, P.H., 1986. "The Pliocene and Quaternary Volcanism in the Hasandağ - Melendizdağ Region", M.T.A. Bull., Vol.66, pp.90-106.

Blumenthal, M.M., 1941. "Niğde ve Adana Vilayetleri Dolayındaki Torosların Jeolojisine Umumi Bir Bakış", M.T.A. publ., Series B, No.6, 95 pp.

Dellaloğlu, A.A. and Aksu, R., 1986. "Ereğli (Konya)-Ulukışla- Çiftehan-Çamardı (Niğde) Dolayının Jeolojisi ve Petrol Olanakları", T.P.A.O. Raporu No. 2205 (unpublished).

Demirtaşlı, E., Bilgin, A.Z., Erenler, F., Işıklar, S., Şanlı, D.S. and Turhan, N., 1975. "Bolkardağlarının Jeolojisi", Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, pp. 42-57.

Göncüoğlu, M.C., 1977. Geologie des Westlichen Niğde Massivs, Univ Bonn, Ph.D. Thesis, 181 p. (unpublished).

Göncüoğlu, M.C., 1980. "Niğde Masifinin Jeolojisi", Türkiye Jeol. Kur. İç Anadolunun Jeolojisi Simpos., pp. 16-19.

Göncüoğlu, M.C. , 1981. "Niğde Masifinde viridin gnaysın kökeni", Türkiye Jeol. Kur. Bült., Vol. 24, pp. 45-51.

Göncüoğlu, M.C., 1985. "Niğde Masifi Batı Yarısının Jeolojisi", MTA Derleme Rapor No. 5883 (unpublished).

Göncüoğlu, M.C., 1986. "Geochronological Data from the Southern Part of the Central Anatolian Massif", M.T.A. Bull., Vol. 105/106, pp. 83-97.

Göncüoğlu, M.C., 1988. "Geology of the Niğde Massif", TÜBİTAK Geotraverse Project Proceedings (unpublished).

Göncüoğlu, M.C., Toprak, G.M.V., Kuşcu, I., Erler, A., and Olgun, E., 1991. "Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim, TPAO.Rapor No. 2909, (unpublished).

Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, I., Şengör, A.M.C., 1984. "Paleotectonic Evolution of the Tuzgölü Basin Complex, Central Turkey" : Sedimentary record of a Neo Tethys Closure" . The geological evolution of the Eastern Mediterranean, special Publ. of Geol. Soc. J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (ecls): Blackwell Scientific Publ., Oxford, p.p. 77-111.

Gül, M., Çuhadar, Ö., Öztaş., Y., Alkan, H. and Efeçınar, T., 1984. Bolkardağı-Belemedik Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları, T.P.A.O. Raporu No. 1972 (Unpublished).

Ketin, İ., 1963. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri Paftası, MTA Publ. Ankara.

Ketin, İ., 1966. "Tectonic Units of Anatolia", M.T.A. Bull., Vol. 66, pp. 23-34.

Kleyn, P.H. van der., 1968. Field Report on the Geological and Geochemical Prospection in the Niğde-Çamardı Massif, M.T.A. Maden Etüd Rapor No. M-174 (unpublished).

Kleyn, P.H. van der, 1970. Recommendation of Exploration for Mineralization in the SW part of the Niğde-Çamardı Massif, M.T.A. Maden Etüd Raporu No. M-48 (unpublished).

Kuşcu, İ., 1992. The Geology of the Çamardı (Niğde) Region and the Madsan

Antimony Deposit, Middle East Technical University, Ankara, Master Thesis, 152 p. (unpublished).

Oktay, F.Y., 1982. "Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi", Türkiye Jeol. Kur. Bült. Vol. 25, pp. 15-23 .

Toprak, V. and Göncüoğlu, M.C., 1991. Tuzgölü ve Ecemiş Fay kuşakları arasındaki bölgenin neotektonik özellikleri, suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiri Özleri, pp. 31-32, Ankara.

Viljoen, R.P. and İleri, S., 1973. The Geology and Mineralization of Portions in the Pozantıdağı (Niğde Massif of South Central Turkey, Johannesburg Consol. Invest. Co. Ltd. Geol. Res. Dept., Unpublished Rep. No. 39, 59 p.

Yetiş, C., 1978. "Geology of the Çamardı (Niğde) region and Characteristics of the Ecemiş Fault Zone Between Maden Boğazı and Kamışlı", İst. Üniv. Fen Fak. Mecm. Seri B, Vol. 43, pp. 41-61.

Yetiş, C., 1984. "New observations on the age of the Ecemiş Fault", in Geology of the Taurus Belt, Tekeli, 0., and Göncüoğlu, M.C., eds.: MTA-Geol. Soc. of Turkey Publ., Ankara, pp. 159-164.

Yetiş, C., 1987. "Çamardı (Niğde) Alanındaki Oligosen-Miyosen Yaşlı Çökellerin Fasiyes ve Ortamsal Özellikleri", Türkiye Jeol. Kur. Bült. Vol. 30, pp. 1-8.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

A STATISTICAL STUDY ON RELATIONSHIPS BETWEEN THE UNIAXIAL COMPRESSIVE AND TENSILE STRENGTHS OF ROCKS

Ergin ARIOĞLU and Nuray TOKGÖZ
İstanbul Technical University, Mining Engineering Dept., Maslak, İstanbul / Türkiye

ABSTRACT : *The aim of the study presented here is to put forward a simple empirical relationship between the uniaxial compressive and tensile strengths of rocks making use of regression analysis. A total of 20 rock types were employed for this statistical analysis. All data were obtained from Lama and Vutukuri (1978), who compiled up reported data from several hundred tests on intact rock specimens. Result indicates that there is a meaningful relationship (Eq-1, Fig-1) between the uniaxial compressive and tensile strenths of rocks. Utilizing this equation in the preparatory stage of designing a mining engineering excavation tensile strength of rock can be quite reliably predicted from its uniaxial compressive strength.*

KAYAÇLARIN TEKEKSENLİ BASINÇ DAYANIMI İLE ÇEKME DAYANIMLARI ARASINDAKİ AMPRİK BAĞINTILAR ÜZERİNDE BİR İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMA

ÖZET : *Bu çalışmada mühendislik yapılarının tasarımında önemli bir mekanik büyüklük olan kayaçların "çekme dayanımı" arasında basit, ve kestirim kapasitesi oldukça yüksek bir amprik bağıntı (Eşitlik 1-, Şekil-1) regresyon matematiği yardımıyla elde edilmiştir.*

1. INTRODUCTION

The tensile strength of rocks is the least investigated rock strength characteristic. In part, this is due to the use of compressive and shear stresses rather than tensile stresses in design. However, the following observations show the importance of the tensile strength of rocks: Whittaker and Reddish (1989) show that the roof beam spanning in room and pillar mine layout is evaluated in terms of stability taking into consideration its geometric dimensions and the tensile strength of the rock forming the roof beam. Arıoğlu (1987) reveals that the first caving of the immediate roof in longwall mining of coal can be computed by means of a static model related to the thickness of the immediate roof and the coefficient of discontinuity of the roof strata as well as tensile strength characteristics. Stateham annd Radcliff (1978) find out that there is a meaningful relationship between the incidence of roof fall and humidity; that the number of roof falls varies sinusoidally within a period of one year, and that this trend follows a period of humidity. The result of the wet/dry cycle of air gives rise to expansion/shrinkage of the roof rock, and internal cracks are originated which further weaken the rock depending upon the tensile strength of the rock. Schimazek and Knatz (1970) define a coefficient of wear on the basis of petrographic examination of sedimentary rocks. In this coefficient, tensile strength is taken as a measure of the bond strength between the grains forming rock. Hino (1959) proposes a formula for estimating the burden relating to blasting variables such as the diameter of drillhole and detonation pressure as well as tensile strength of rock under dynamic loading. Bilgin and Paşamehmetoğlu (1986) show that there exists a meaningful relationship between specific explosive consumption (powder factor) and tensile strength of rock to be blasted. Arıoğlu (1990) puts forward a semi-analytical approach to calculating the burden in blasting design. His approach is also based upon "the powder factor concept".

The purpose of the study presented here is to derive a simple empirical relationship between the uniaxial compressive and tensile strengths of rocks utilizing regression analysis. A total of 20 rock types were used for this statistical study. All data were taken from Lama and Vutukuri (1978), who compiled published data from several hundred tests on intact rock specimens. The uniaxial compressive strength of rock is the most prevailingly measured and used characteristic in the design of civil and mining engineering excavations owing to the fact that the procedure for measuring the uniaxial compressive strength is simple, rapid, well standardized and of acceptable reliability. Therefore, to obtain the tensile strength necessary for the above-mentioned works, such a simple empirical relationship between the uniaxial compressive and tensile strengths of rocks would be very useful, at least in the preparatory stage of designing an engineering excavation.

2. RESULTS OF STATISTICAL ANALYSIS

All data used in statistical analysis are obtained from Lama and Vutukuri (1978). The data compiled embraces various rock types from coal to granite, various compressive strength values from 5 MPa standing for "very weak rock" to 350 MPa falling in "extremely strong rock", and various testing conditions. Hence, the data are considered to be highly representative of all the variations that could be anticipated in mining engineering practices.

As illustrated in Fig-1, the regression equation for predicting tensile strength of rock from its uniaxial compressive strength can be expressed as

$$\delta_t = 0.081\, \delta_c^{0.983} \quad , \quad r = 0.850 \tag{1}$$

in which

δ_t = Tensile strength (MPa)
δ_c = Uniaxial compressive strength (MPa)
r = Coefficient of correlation

For comparison, some proposed statistical relationships by Arıoğlu (1990) and Arıoğlu and Odbay (1992) are also included in Fig-1. For concrete (curve-C) with compressive strength between 7.5 MPa and up to 90 MPa, 106 data points were utilized. From Fig-1, it is interesting to note that the regression equation for concrete up to approximately 90 MPa appears to be in remarkable agreement with equation (1). Another equation (curve-B) corresponding to rock with compressive strength between 2.5 MPa and 225 MPa follows a similar trend up to approximately 125 MPa, but for rocks above the strength level in question it predicts lower tensile strengths than equation (1). This may be attributed to the influence of upper level of strength (350 MPa) utilized in this study.

A comparison between tensile strengths predicted (equation-1) from measured compressive strengths and measured tensile strengths utilizing several data from Kasapoğlu (1980), and Howarth and Rowlands (1987) was made on a 1:1 line in Fig-2. This comparison clearly displays that for given rock types, for example andesite, agglomerate and limestone, equation-1 has estimation errors less than + 20 percent and can be reasonably used for tensile strength prediction. For graywacke, equation-1 gives prediction errors higher than 30 percent which can be attributed to the highly directional behaviour of graywacke.

Also, tensile strength to compressive strength ratio is one of the important fundamental properties of rock. The relationship between this ratio and the uniaxial compressive strength is displayed in Fig-1.

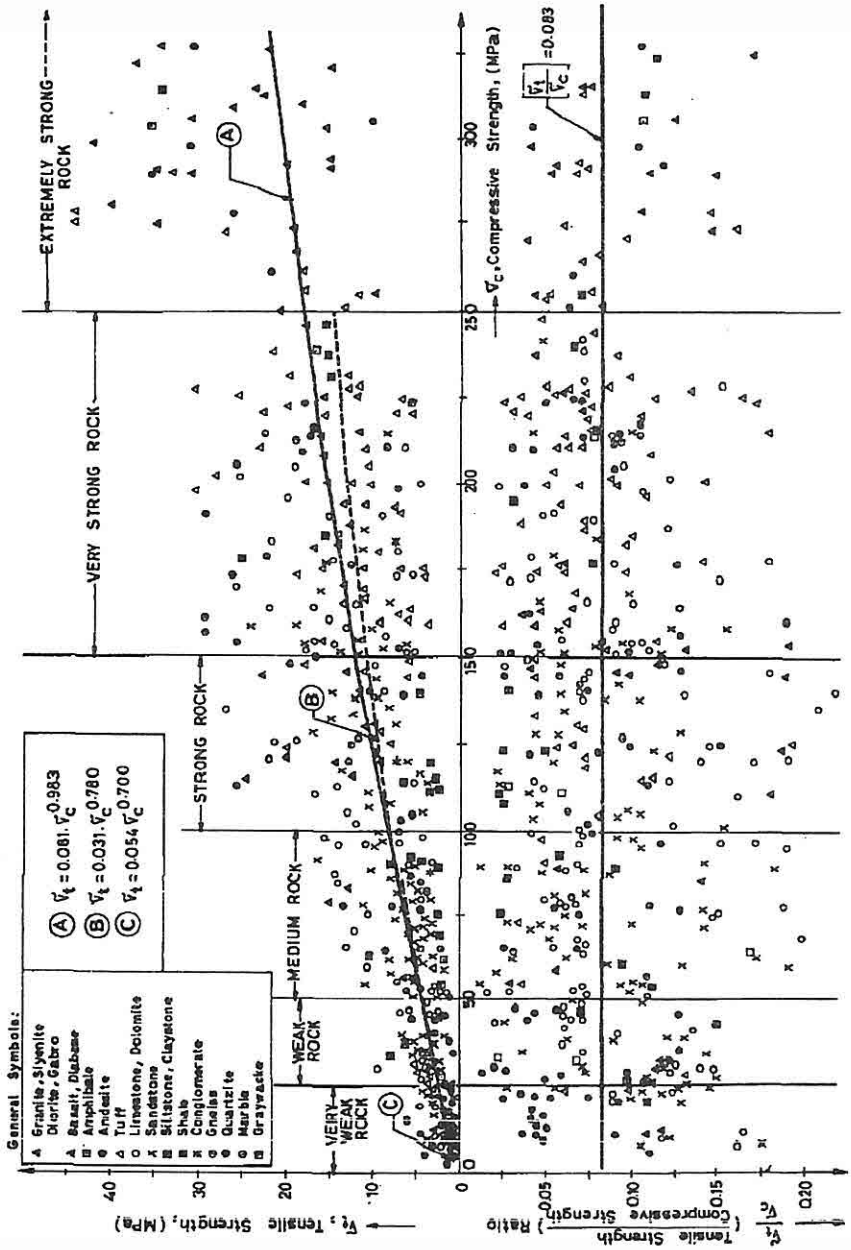


Figure 1. Statistical relationships between tensile strength of rock and its uniaxial compressive strength, ratio of tensile strength to compressive strength and its compressive strength.

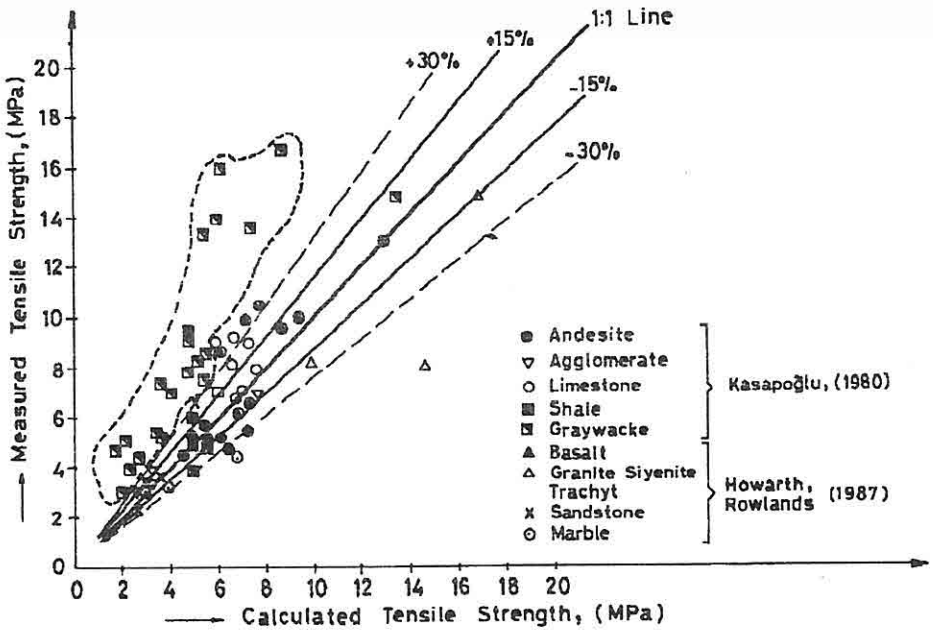


Figure 2. Comparison of calculated tensile strength from equation-1 and measured tensile strength for diverse rock types.

This figure clearly illustrates that no meaningful statistical relationship exists between the properties under consideration. The statistical parameters of tensile strength to compressive strength ratio for different compressive strength levels were computed and results are summed up in Table-1.

The mean value of the ratio for 507 data is found to be 0.083. From results given in Table-1 the ratio under review may appear to be independent of compressive strength.

The assumption that the tensile-compressive strengths ratio for concrete is linear, agrees with the experimental values (Bortolotti, 1988; Arıoğlu and Odbay, 1992). This result can be explained by the fact that tensile strength of rock is highly controlled by diverse factors such as texture, size of grains, type and amount of cementing material, extent of weathering, and anisotropic feature due to discontinuities.

Table-1. Statistical Parameters of Tensile Strength to Compressive Strength.

Range of δ_c (MPa)	Number of data "n"	Mean value "$\frac{\delta_t}{\delta_c}$"	Standard Deviation "SD" (%)	Coefficient of Variation "CV" (%)
$\delta_c < 25$	48	0.0874	4.0	46
$25 < \delta_c < 50$	84	0.0802	4.4	55
$50 < \delta_c < 100$	117	0.0852	4.8	56
$100 < \delta_c < 150$	88	0.0850	4.7	55
$150 < \delta_c < 250$	132	0.0780	3.8	49
$\delta_c > 250$	38	0.0837	3.7	45
All data	**507**	**0.0830**	**4.3**	**51**

δ_c = uniaxial compressive strength δ_t = tensile strength

3. APPLICATION OF EMPIRICAL FAILURE CRITERION BY HOEK&BROWN TO ESTIMATING TENSILE STRENGTH OF A ROCK

According to Hoek&Brown's (1980) empirical failure criterion, the uniaxial tensile strength of a rock mass can be expressed as

$$\delta_3' = \delta_t = \frac{1}{2}\delta_c [\, m - (m^2 + 4s)^{0.5} \,] \qquad (2)$$

in which

δ_3'= Minor principal effective stress at failure

δ_t = Uniaxial tensile strength

δ_c = Uniaxial compressive strength of the intact rock material

m,s = Dimensionless constants which are very approximately analogous to the angle of friction and the cohesive strength of the conventional Mohr-Coulomb failure criterion. Taking into consideration a description of the rock mass or a rock classification the values of "m" and "s" can be determined approximately from the relationship between rock mass quality and material constants (Hoek and Brown, 1980).

In application of the empirical failure criterion to predicting tensile strength of rock, Ankara andesite and agglomerate were chosen. Measured uniaxial compressive and tensile strengths for rock types under consideration were obtained from Kasapoğlu

(1980). The material constants were defined by the following values: (m=17, s=1) for hard intact rock and (m=5.82, s=1) for intact rock with single inclined joint. Using these values, tensile strengths of rock types examined in terms of the uniaxial compressive strength are given by

$$\delta_t = 0.058\ \delta_c \tag{3}$$

$$\delta_t = 0.167\ \delta_c \tag{4}$$

(Fig.3). From Fig.3 the measured tensile strength seem to be in acceptable agreement with particularly the results of equation (3), corresponding to the material constants (m=17, s=1). The material constants belonging to the average line shown in Fig.3 were determined as (m=11.5, s=1).

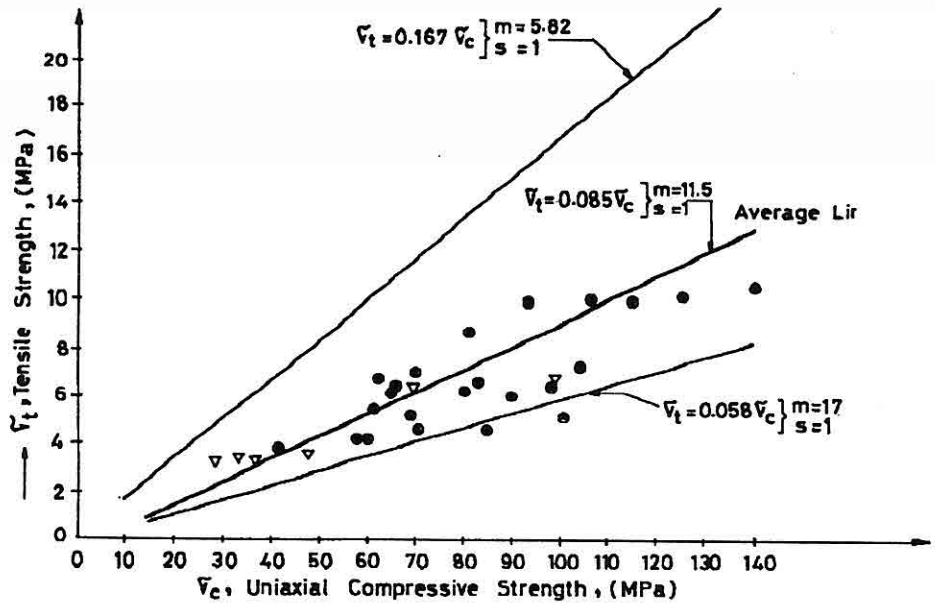


Figure 3. Application of the empirical failure criteria by Hoek & Brown to predicting the tensile strength of Ankara-andesite and agglomerate.

4. CONCLUDING REMARKS

From the results of the above technical note the following conclusions can be drawn:

- Statistical study of the experimental data (507 points) as a power relationship

(Eq-1) between the tensile strength of rock and its uniaxial compressive strength results in a very reliable expression (Fig-1). Using this equation tensile strength of rock can be quite satisfactorily determined from its uniaxial compressive strength (Fig-2).

- The ratio between the tensile strength and the uniaxial compressive strength apprears to be independent of its uniaxial compressive strength statistically. The mean value of this ratio may be assumed to be 9 percent (Table-1).

- Provided that the rock mass is described carefully the tensile strength can be estimated with the aid of equation (3) derived from the empirical failure criteria proposed by Hoek & Brown (1980). Taking into account Ankara andesite the equation provides a somewhat conservative estimate of tensile strength for the material constants (m=17, s=1 - hard intact rock).

REFERENCES

Arıoğlu, E., 1986. Analytical Calculation of First Caving Roof Span in Longwall Production Method, 1st. National Rock Mech. Symposium. Turkish National Soc. Rock. Mech. Turkey, 311-331 (in Turkish).

Arıoğlu, E., 1990. An Approach to Determination of Burden in Blasting Design. 2 nd National Rock Mech. Symposium. Turkish National Soc. Rock. Mech., Turkey, 55-82 (in Turkish).

Arıoğlu, E., Odbay,O., 1992. Investigation of Relationship Between Splitting Tensile Strength and Compressive Strength for Concrete, Prefabrik Birliği Dergisi, Ankara, Vol: 6, 23, 14-20 (in Turkish).

Bilgin,H.A., Paşamehmetoğlu,A.G., 1986. An Investigation on Blastability and Drillability of Rocks, 1. National Rock Mech. Symposium, Turkish National Soc. Rock Mech., Ankara, 113-125 (in Turkish).

Hino,K., 1959. Theory and Practice of Blasting, Nippon Kayaku Co. Asa, Japan.

Hoek, E., Brown, E.T., 1980. Empirical Strength Criterion for Rock Masses. J. Geotech. Engng. Div. Am. soc. Civ. Engnrs 106, GT9, 1013-1035.

Howarth, D.F., Rowlands, J.C., 1987. Quantitative Assessment of Rock Texture and Correlation with Drillability and Strength Properties. Rock Mech. Rock. Engng. Vol.20, 57-85.

Kasapoğlu, E., 1980. Geological Engineering Studies in Ankara, Associate Proffessorship Thesis, Hacettepe University, Turkey, 1-206 (in Turkish).

Lama, R.D., Vutukuri, V.S., 1978. Handbook on Mechanical Properties of Rocks. Trans. Tech. Publications, Vol. 2, 1-481.

Schimazek, J., Knatz, H., 1970. The Influence of Rock Structure on the Cutting Speed

and Pick Wear of Heading Machines. Gluckauf. 106, 274-278.

Stateham, R.M., Radcliffe, D.E., 1978. Humidity: A Cyclic Effect in Coal Mine Roof Stability, U.S.B.M - RI:8291, 1-19.

Whittaker, B.N., Reddish, D.J., 1989. Mining Subsidance, Developments in Geotechnical Engineering Series, Elsevier Amsterdam.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

OLUR (ERZURUM) YÖRESİNDEKİ MESOZOYİK İSTİFİNİN JEOTEKTONİK EVRİMİ

Cemil YILMAZ
K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon / Türkiye
Hüseyin YILMAZ
M.T.A. Bölge Müdürlüğü, Malatya / Türkiye

ÖZ : *Bu araştırmada, Doğu Pontidlerin doğu ucunda yer alan, Olur yöresinde, kayatürü olarak bölümlenmiş ancak birikim koşullarıyla ilgili fazla bir veri bulunmayan, Mesozoyik yaşlı istif incelenmiştir. İstifin belirgin özellikleri Olur güneydoğusunda Olurdere, doğusunda Yeşilbağlar, Karmasor, Karagüney T., Akbayır T. ve Aşağıkaracasu yörelerinden alınan ölçülü stratigrafik kesitlerle saptanmıştır. Çökellerin yapı ve doku özellikleri ile kayatürü değişimleri Olurdere Formasyonu'nun sığ su diğer birimlerin ise giderek derinleşen ortam koşullarında geliştiklerini ortaya koyar. Elde edilen veriler istifin Erken Liyas'ta açılan ve Geç Kretase'de okyanuslaşma aşamasına varmadan kapanan bir rift havzasında biriktiğini gösterir.*

GEOTECTONIC EVOLUTION OF THE MESOZOIC SEQUENCE IN OLUR (ERZURUM) REGION

ABSTRACT : *This study is related to sedimentation conditions of Mesozoic sedimentary sequence of Olur region. These characteristics is described in measured stratigraphic sections which is measured in Olurdere in the southeastern of Olur, in Yeşilbağlar, Karmasor, Karagüney Tepe, Akbayır Tepe in the east of Olur and Aşağıkaracasu regions. Structural and textural characteristics of sediment and lithostratigraphic variations, show that Olurdere formation is developed in the shallow water, and other units in open shelf conditions. These data show that this unit is developed in a rift basin which is opened during Early Liassic and closed in Late Cretaceous.*

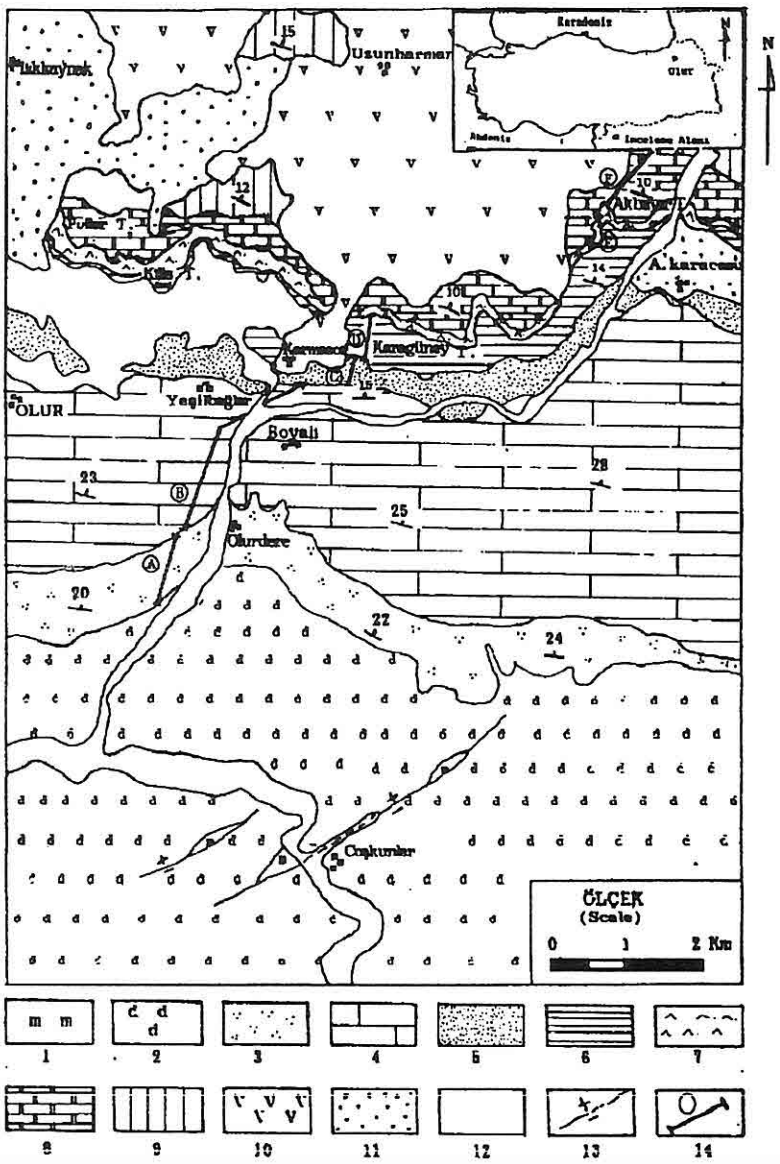
1. COĞRAFİK VE JEOLOJİK KONUM

Bu araştırmaya konu olan Mesozoyik çökel istifi, Kuzey-Doğu Anadoluda batıdan doğuya doğru uzanan çökel kayaçların doğu ucunda yer alır. Çalışma alanı Olur ilçesinin Ilıkkaynak, Uzunharman, Aşağıkaracasu ve Coşkunlar yörelerini kapsar (Şekil 1). Bölgeyi içine alan başlıca incelemeler Altınlı (1969), Yüksel (1972), Yılmaz (1985) ve Bozkuş (1992)'a aittir. İnceleme konusu istifin tanıtımı ilk kez Yılmaz (1985) tarafından formasyon düzeyinde kaya stratigrafik birimlerle düzenlenmiştir. Bu çalışmada da Yılmaz (1985) tarafından verilen birim adları olduğu gibi kullanılmıştır. Bölgenin genel jeolojik anahatları daha önceki çalışmalarda verildigi için bu yazıda sadece Mesozoyik istifinin çökel özellikleri irdelenecektir.

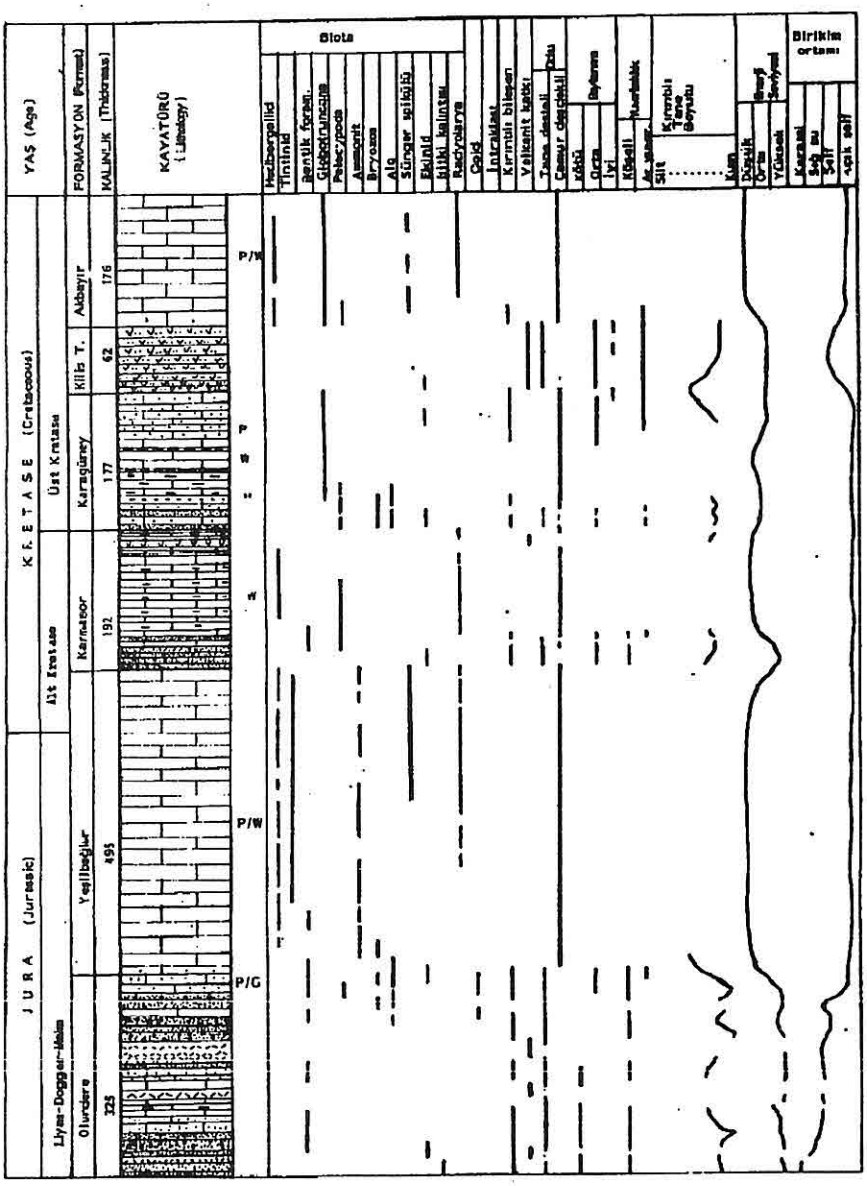
İnceleme alanının temeli başlıca kuvarsit ve mikaşistlerden oluşur (Coşkunlar Formasyonu; Şekil 1). Paleozoyik sürecinde geliştikleri düşünülen Köprübaşı Dasitleri yer yer pirit ve kalkopiritli seviyeler içerir. İnceleme alanında oldukca kalın bir gövde oluşturan alt ve orta seviyeleri kırıntılı ve çoğunlukla farklı fasiyeslerde gelişmiş karbonatlı kayaclarla tanınan Mesozoyik yaşlı çökel istifi Yılmaz (1985) altı formasyona ayırarak tanıtmıştır (Olurdere F., Yeşilbağlar F., Karmasor F., Karagüney F., Kilistepe F. Akbayır Kireçtaşı). Senozoyik baslıca Nummulitli marnlar ve kalın bir tüffit istifiyle belirgin olan Eosen yaslı Pullar Dere Formasyonuyla tanınır. Kuzey ve Doğu Anadolu'da geniş alanlarda izlenen ve Olur yöresinde de farklı yaştakı kayaçları örten andezit ve bazalt lav akıntıları Uzunharman Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Yörenin en genç kayaçları Neojen yaşlı alacalı çakıltaşları (Ilıkkaynak Formasyonu) ve akarsu vadileri boyunca yüzeyleyen alüvyon örtülerdir.

2. MESOZOYİK İSTİFİNİN TANITIMI VE ÇÖKEL ÖZELLİKLERİ

Yılmaz (1985) tarafından formasyon mertebesinde 6 birime ayrılan Mesozoyik yaşlı istifin tabanında yer alan Olurdere Formasyonu bitki kalıntıları içeren kırıntılı bir fasiyesle başlar. Ana bileşenleri oluşturan kırıntılı gereçler düşey olarak artan ve azalan oranlarda izlenir. Azaldığı seviyelerde kireçtaşı ve kumlu kireçtaşları belirginleşir (Şekil 2). Bununla birlikte, formasyon genelinde, kırıntılı gereçler tüm seviyelerde önemli bileşen olma özelliğini korur. Alt seviyelerde izlenen orta-kalın katmanlı, kırmızı- kahverenkli, bitki kalıntılı kumtaşları bazı seviyelerde laminalı ve çapraz katmanlaşma yapısı gösterirler. Kumtaşlarını oluşturan taneler çoğun sivri köşelidir. Nadir olarak az yuvarlanmış taneler vardır. Boylanma tüm seviyelerde kötüdür. Kırıntı boyları istif genelindesık sık değişiklik gösterir. İrileştikleri seviyelerde sparitik kalsitle çimentolanmış sıkı istiflenmiş, nokta dokanaklı, mil' ve silt destekli çakıltaşları, inceldikleri seviyelerde ise miltaşı ve silttaşları belirginleşir (Lv 1/1,2,3,4). Kırıntılı bileşenlerin boyut ve oranlarının azaldığı seviyelerde orta katmanlı kumlu kireçtaşları izlenir. Başlıca bileşenleri köşeli-az yuvarlanmış kırıntılılar, intraklast, ooid ve biyoklastlardan oluşan bu seviyeler istiftaşı/tanetaşı dokusunda gelismiştir. Ooidler tümüyle basit ooid türünde olup



Şekil 1. Olur yöresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1-Coşkunlar Formasyonu, 2- Köprübaşı Dasiti, 3- Olurdere Formasyonu, 4- Yeşilbağlar Formasyonu, 5- Karmasor Formasyonu, 6- Karagüney Formasyonu, 7- Kilistepe Formasyonu, 8- Akbayır Kireçtaşı, 9- Pullar Dere Formasyonu, 10- Uzunharman Formasyonu, 11- Ilıkkaynak Formasyonu, 12- Alüvyon, 13- Fay, 14- Ölçülü Stratigrafik Kesit Yeri; A. Olurdere ÖSK, B. Yeşilbağlar ÖSK, C. Karmasor ÖSK, D. Karagüney ÖSK, E. Kilis Tepe ÖSK, F. Akbayır Kireçtaşı ÖSK).



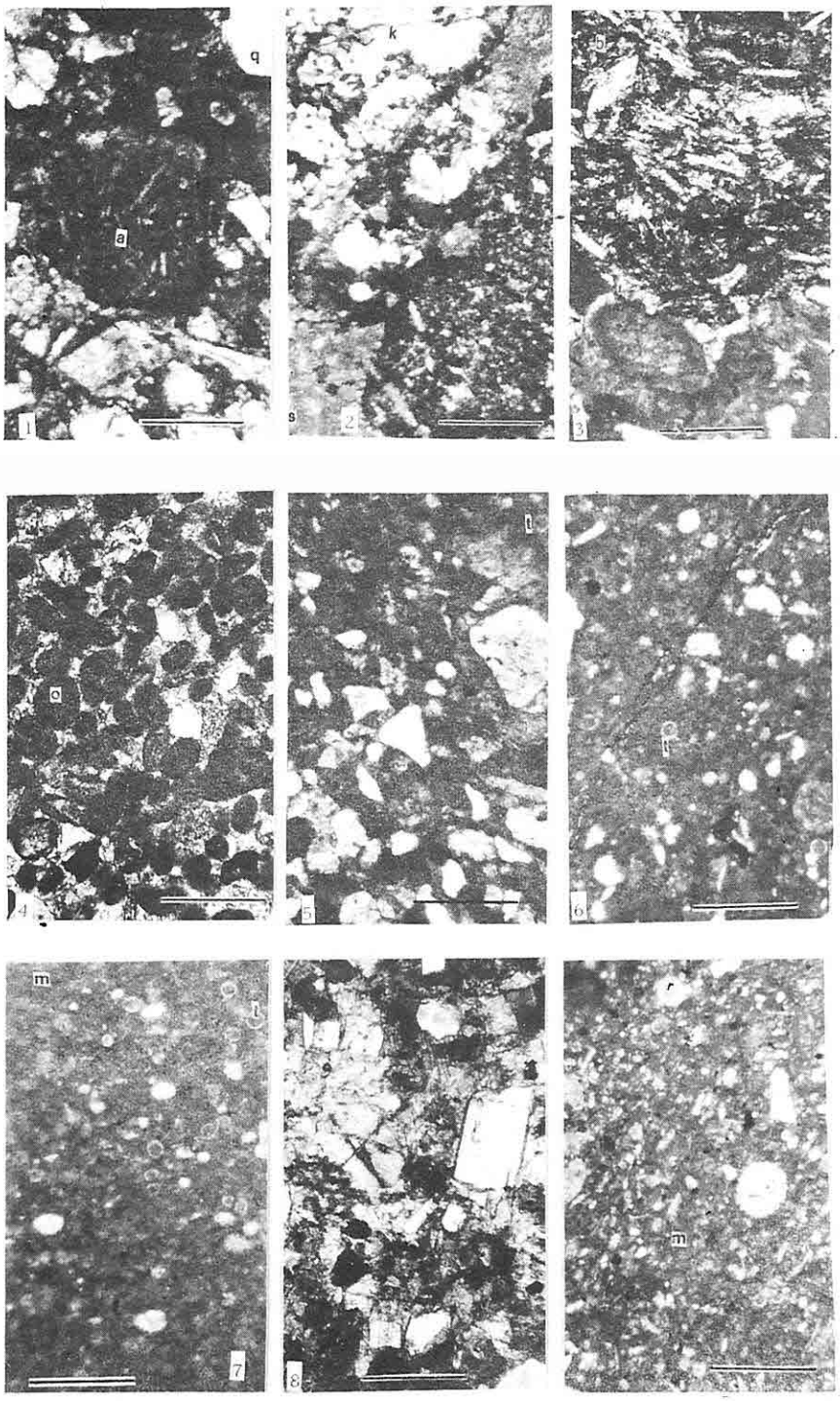
Şekil 2. Olur Yöresindeki Mesozoyik istifinin çökel özellikleri (G: tanetaşı, P: istiftaşı, W: vaketaşı.

çekirdekleri çoğun kırıntılı ve az oranda organik bileşenlerden oluşmuştur (Lv. 1/4). İntraklastlar çoğun kötü boylanmalıdır. Biyoklastlar başlıca orta-iyi korunmuş bryozoa, ekinit plakları, ve bentik foraminiferlerden oluşur. Birimin içinde yer alan kırıntılı gereçler çoğunlukla volkanik bir kaynaktan türemiştir.Bu kaynak içerisinde dasit, andezit ve bazaltlar baskın kayatürünü oluşturur. Bunların yanında daha az oranda izlenen dalgalı sönmeli kuvars ve kuvarsit kırıntıları metamorfik bir kaynaktan türemiştir. İstif içinde farklı kalınlıklarda ve üç ayrı seviyede izlenen bazaltlar sil veya ara katman özelliğindedir.

Mesozoyik yaşlı çökel istifin ikinci birimi (Yeşilbağlar Formasyonu) Olur güney ve doğusunda yüzeyleme verir. Altta kırıntılı bileşenli, üstte ise çörtlü, orta-kalın katmanlı, gri renkli, aptycus ve ammonitli kireçtaşlarından oluşur. İstif içinde yer yer 3-5 cm. kalınlığa varan kumtaşı-silttaşı ve kiltaşı arabandları yer alır (Şekil 2). Olurdere Formasyonu üzerine gelen ilk seviyeleri kirli beyaz renkli, matriks içine gelişigüzel dağılmış köşeli volkanik kökenli gereçten oluşan istiftaşı dokusunda gelişmiştir. Bu seviyelerde kırıntılıların yanında, bryozoa, tintinit, radyolarya, alg, pelecypod ve amonid kavkı parçaları izlenir (Lv. 1/5,6). Üste doğru kırıntılı gereçin azalarak kaybolmasıyla bol tintinid ve radyolaryalı vaketaşı ve istiftaşları belirginleşir. Kırıntılı gereç içermeyen bu seviyelerin üzerine, aynı dokuda gelişmiş ancak köşeli kırıntılı gereç katkısı bulunan kireçtaşları gelir. Nitekim Yeşilbağlar Formasyonunun orta seviyelerinde boyutları iyice incelenerek sona eren kırıntılı gereç katkısı bu birimin tavanına kadar hiç izlenmez. Kırıntılı gereç içeren en son kireçtaşı seviyesi üzerine çoklukla bileşenleri dokanaksız, küçük kavkı parçaları, sünger spikülü, radyolarya ve yer yer tintinid içeren istiftaşları gelir (Lv. 1/7). Bu seviyelerde bazı katmanler çökelin genel dokusuna ters olarak iri pelecypod kavkı parçaları içerir. Yeşilbağlar Formasyonunun ammonit ve aptycus fosilleri içeren üst seviyelerinde izlenen, ve mikroskopta karbonatlı bileşenlerle yer değiştirir konumda izlenen silis yumruları lifi kalseduvandan olusmuştur. Geç diyajenez evresinde gelişen silis oluşukları, mikroskopta karbonatlı bileşenlerle yer degiştirir konumda izlenmiştir.

Olur ilçesi kuzeyinde yüzeylenen istifin üçüncü birimi (Karmasor Formasyonu) altta; yersel çakıltaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ile üstte ise başlıca tüfit ara katmanlı kireçtaşı ve marnlarla belirgindir. Karmasor köyü güneyinde Yeşilbağlar Formasyonu üzerine 1 m. kalınlığındaki tane destekli çakıltaşı seviyesi ile başlar. Orta kötü boylanmalı, kum-silt boyutunda bir matriks içeren Kireç çimentolu çakıltaşlarını oluşturan kırıntılı gereçlerin tane boyutları 50 cm. ile 0.5 mm. arasında olup başlıca dasit ve bazaltlardan oluşan bir kaynaktan türemişlerdir. Yersel olarak izlenen çakıltaşları yanal olarak kumtaşı ve miltaşlarına geçer. Bu seviyenin üzerine, toplam kalınlığı 23 m. olan, yeşil renkli, orta katmanlı, sıkı kireç çimentolu kumtaşları gelir. Kumtaşları baslıca az yuvarlanmıs-küt köşeli volkanik kökenli kırıntılı gereçlerden oluşmuştur (Lv. 1/8). Kireç çimentolu bu seviyelerde yer yer iyi boylanma izlenir. Fauna içeriği çok kıttır. Nadir olarak pelecypod ve ekinid parçaları izlenir. İstifin üstüne doğru, alt seviyelerde olduğu gibi

Levha 1. Olurdere Formasyonu'nu olusturan köşeli-az yuvarlanmış kırıntılı bileşenler (1,2,3 q: kuvars, k:kuvarsit, a:andezit, çizgi ölçek: 0.50 mm.) 4: Olurdere Formasyonu'na ait ooidli kumlu kireçtaşı (o:yüzlek ooid). 5, 6: Yeşilbağlar Formasyonu tabanında yer alan kumlu, tintinidli kireçtası (t:*tintinid*, çizgi ölçek: 0.50 mm.) 7: Yeşilbağlar Formasyonu'na ait ince kum taneleri içeren tintinidli vaketaşı (t:tintinid,m:matriks), 8: Karmasor Formasyonu tabanında yer alan köşeli ve kötü boylanmalı kırıntılı bileşenli kumtaşı, 9: Karmasor Formasyonu'na ait , Radyolaryalı istiftaşı (*Radiolaria sp.*, m:matriks; çizgi ölçek: 0.50 mm.).


q
a
1
k
s
2
b
3
a
4
l
5
6
m
l
7
8
m

volkanik bir kökende türemiş olan, kırıntılı gereçler azalan ve artan oranlarda kendini gösterir. Azalarak kaybolduğu seviyelerde bol fauna içerikli (inoceramus, alg parçaları ve iyi korunmuş foraminiferler) istiftaşı dokusunda gelişmiş orta katmanlı kireçtaşları izlenir. Bu katmanlar, başlıca az-yuvarlanmış volkanik kökenli kırıntılar içeren, iyi boylanmalı ve belirgin bir derecelenme yapısı izlenen orta-ince katmanlı kumtaşları ile ardışır. Bu kırıntılı fasiyesin üstüne 108 m. kalınlık gösteren, kırıntılı gereç içermeyen ve başlıca orta katmanlı, koyu renkli, bol mikro faunalı kireçtaşı ve orta katmanlı, gri renkli, dagılgan özellikteki marn ardışımından oluşan bir istif gelir. Kireçtaşları istiftaşı dokusunda gelişmiştir. Faunanın baskın cinsleri, hedbergellid ve radyolaryalardan oluşur. Bunların yanında yer yer inoceramus kavkı parçaları ve sünger spikülleri izlenir (Lv. 1/9). Bu seviyenin üzerine gelen ve toplam 39 m. kalınlık gösteren ince katmanlı marn ve tüfit ara seviyeli ince katmanlı, bej renkli kireçtaşları vaketaşı/istiftaşı dokusunda gelişmiştir. Biota başlıca radyolarya, calcispher ve spiküllerden oluşur. 7.5 m. kalınlık gösteren ve andezitik bir kaynaktan türemiş, iyi yuvarlanmış kum ve çakıl boyutundaki tanelerden oluşan tüffitler gevsek kireç çimentoludur.

İstifin dördüncü birimi (Karagüney Formasyonu) Olur ilçesinin kuzeydoğusunda. Birim başlıca üç ana seviyeden oluşur. Altta 61.5 m. kalınlık gösteren ve başlıca gri renkli, orta katmanlı kumtaşı ve orta katmanlı, pelecypod parçaları içeren sparitik kumlu kireçtaşı ardışımı yer alır. Bu seviyede yer alan kumtaşlarının kırıntılı gereçleri volkanik kökenli olup az yuvarlanmışlardır (Lv. 2/1). Boylanma orta-iyi derecelidir. Gevşek kireç çimentolu ve iyi derecelenmeli olan bu kumtaşları az oranda ekinid ve pelecypod kavkı parçalar içerir. Bu katmanlarla ardışan, bol ekinid, mollusk, alg ve bryoza parçaları içeren kireçtaşları genel olarak tanetaşı dokusunda gelişmiştir. Nadiren istiftaşı dokusu izlenir. Kırıntı katkısı sağlayan kaynak volkanik kökenli olup alttakilere ek olarak yer yer küçük kuvars taneleri izlenir. İstifin orta seviyesi toplam 85.5 m. kalınlık gösteren, başlıca orta katmanlı dağılgan marn, orta katmanlı bej renkli kireçtaşı, kiltaşı ve killi kireçtaşından oluşur. Bu seviyede yer alan kireçtaşları alttakilerin tersine matriksli ve iyi korunmuş palajik fauna içerirler. Faunanın tümü büyük oranda globotruncana ve, daha az olmak üzere, radyolaryalardan oluşur. Çoğunlukla vaketaşı nadiren istiftaşı dokusu izlenir. Karagüney Formasyonu son 30 m.lik üst seviyelerinde alttaki katmanların tersine mil boyutunda, volkanik kökenli, kırıntılı gereçlerde ve fauna topluluğunda (*Globotruncana sp., Hedbergella sp., Radiolaria sp.*, ekinid ve ince kavkı parçacıkları) belirgin bir artış izlenir (Lv. 2/2,3,4) Nadiren bazı ögeler kısmen silisleşmişlerdir (Lv. 2/5). Çoklukla istiftaşı dokusu gelişmiştir (Şekil 2).

İstifin beşinci birimi (Kilis Tepe Formasyonu) Olur ilçesi kuzey ve kuzeydoğusunda doğu-batı yönünde kıvrımlar oluşturan dar bir serit halinde yüzeyler. Birim başlıca koyu gri renkli, genellikle kalın yer yer orta katmanlı,sıkı istiflenmiş, tane destekli tüfitlerden oluşur. Sahada oldukca dik kornişler oluşturur. Çoklukla kum boyutundaki tanelerden oluşmuştur. Taneler çogunlukla az yuvarlanmış ve küt köşeli volkanik kayaç kırıntısı,

piroksen, amfibol, klorit ve zeolitlerden olusurlar. Boylanma kötü olup kaba bir derecelenme izlenir (Şekil 2).

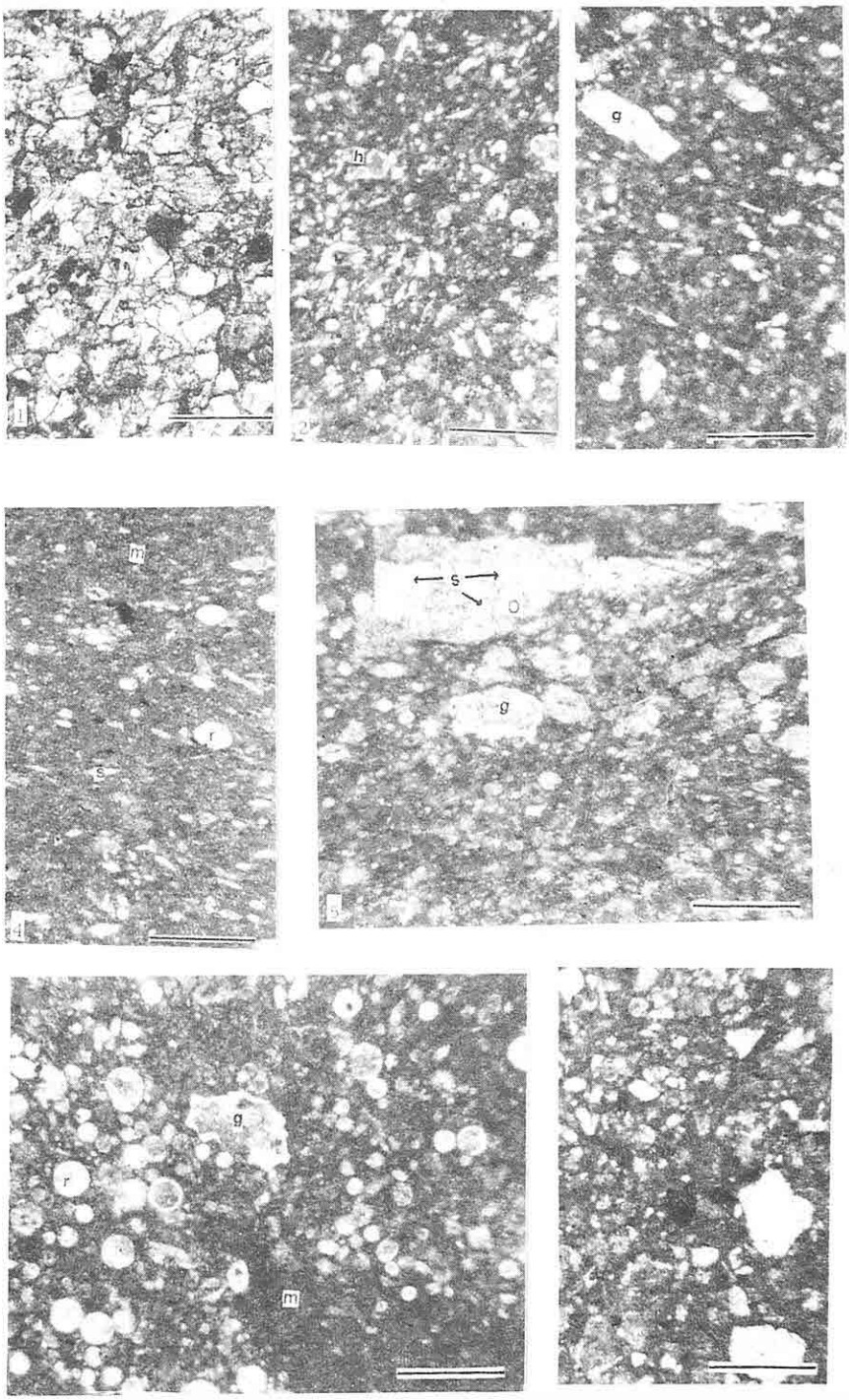
İstifin altıncı ve son birimi (Akbayır Kireçtaşı) incelenen alanın kuzeyinde, yaklaşık doğu-batı çizgisinde, üç ayrı alanda yüzlek verir. Birim tabandan tavana orta katmanlı, iyi korunmus pelajik fauna topluluğu içeren gri-bej renkli kireçtaşlarıyla tanınır. Birimin tabanında yer alan ilk katmanlar pelajik faunanın yanında mil boyutunda ve az yuvarlanmış, volkanik kökenli, kırıntılı gereç içerirler (Lv. 2/7). Alttan üste başlıca faunayı Globotruncana cins ve türleri oluşturur (Lv. 2/6). Bunun yanında daha az oranda sünger spikülü, radyolarya, calcispher ve ekinid dikenleri izlenir. Kireçtaşları vaketaşı/istiftaşı dokusunda gelişmişlerdir. Bazı seviyelerde tane yönlenmeleri belirgindir (Lv. 2/4). Taneler çoklukla dokanaksız, istiflenmenin yüksek oldugu seviyelerde nadiren nokta dokanaklıdır (Şekil 2).

İSTİFİN BİRİKİM KOŞULLARI VE TARTIŞMA

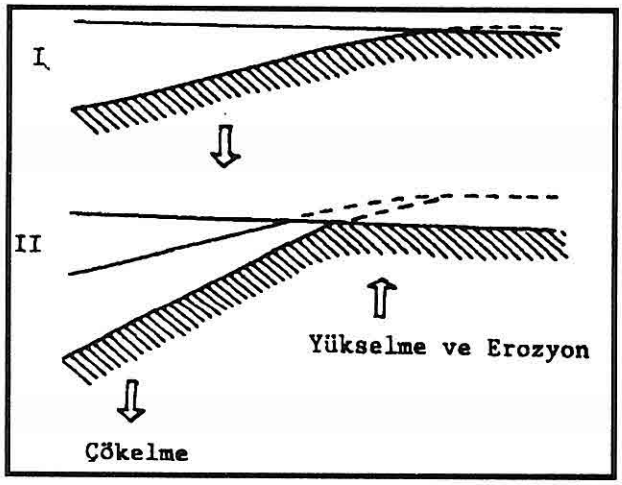
Genel olarak Doğu Pontid Güney Zonu'nda Erken Mesozoyik bir havzalaşma (riftleşme) dönemine karşılık gelir. Bu olgunun tektonik, sedimentolojik, volkanik ve paleontolojik bulguları çoğun yayınlanmıştır (Seymen 1975, Pelin 1977, Saner 1980, Görür ve diğ. 1983, Hacıalioğlu 1983, Özer 1983, Keskin 1983, Bektaş ve diğ. 1984, Bektaş 1986, Bektaş 1991, Yılmaz 1992). Bektaş (1986) Erken Liyas tan itibaren etkin olan çekme gerilmelerinin tüm Doğu Pontid Güney Zonu'nda doğu-batı yönünde birbirine paralel rift havzalarının oluşumunu sağladığını ve rift havzalarının (graben) birbirinden eski temele ait yükseltilerle (horst) ayrıldıgını belirtmiştir. Görür ve diğ. (1983) Pontidlerde horst ve graben morfolojisine sahip havzalarda deniz altı tepeleri üzerinde ve yamaçlarda sıg ve yarı pelajik karbonat ve kırıntılıların, çukurlarda ise lav ve tüf ara katkılı türbiditlerin biriktiğini öne sürmüştür. Yılmaz (redaksiyonda; Giornale Geologica) Doğu pontid Güney Zonunda 13 lokasyondaki Mesozoyik istiflerin 6 ile 133 metre/milyonyıl arasında değisen tortu birikim hızları elde etmiştir. Yazar kısa zaman aralıklarında saptanan bu hızların riftleşmeye bağlı blok faylarla kontrol edildigini belirtmiştir.

Doğu Pontid Güney Zonu' nun doğu ucunda yer alan Olur yöresinde bir çökelme evresinde biriken tortul istif Erken Liyas volkaniklerinin eşlik ettiği, bitki kalıntıları içeren, yer yer çapraz katmanlaşmalı ve kaba kırıntılı bir fasiyesle başlar. Karasal-geçiş ortamlarında biriken bu seviyelerde derecelenmenin izlenemeyişi, kötü boylanma ve köşeli taneler yakın bir alandan hızlı bir taşınmayı, çökellerle ardışan bazalt lavları ve kırıntılı gereç boyutlarının düzensizlikler göstermesi Erken Mesozoyik sürecindeki duraysız ortam ve birikim koşullarını yansıtır. Bu tipteki birikimler riftlerin evriminde 'Kıtasal rift' (Boillot; 1983) evresi olarak bilinir ve rift havzası gelişimlerinin başlangıcındaki tipik çökellere karşılık gelirler (Görür ve diğ 1983, Ediger 1987, Bektaş ve diğ 1984). Boillot (1983), kıtasal rift evresinin ilerleyen aşamasında rift omuzlarının

Levha 2.1: Karagüney Formasyonu'na ait kireç çimentolu, köşeli, orta-kötü boylanmalı kırıntılı bileşenli kumtaşı. 2,3: Karagüney Formasyonuna ait Hedbergella, Radyolarya ve Globotruncana'lı vaketaşı/istiftaşı (*h: Hedbergella sp., r: Radiolaria sp.*, g:Globotruncana sp., m:matriks). 4 : Karagüney Formasyonu içinde gelişen tane yönlenmeleri (*r:Radiolaria sp.*, s: sünger spikülü; çizgi ölçek: 0.50 mm.). 5. Karagüney Formasyonu içinde gelişen silislesme (o: Inoceramus kavkısı, g: Globotruncana sp., s:lifi kalseduan). 6: Akbayır Kireçtaşı'nın büyük bir kısmını oluşturan Globotruncana ve Radyolaryalı istiftaşı (*g: Globotruncana sp., r: Radiolaria sp.*, m: matriks; çizgi ölçek: 0.50 mm.). 7: Akbayır Kireçtası tabanında yer alan köşeli-az yuvarlanmış kötü boylanmalı kırıntılar içeren kumlu kireçtası (çizgi ölçek: 0.50 mm.).

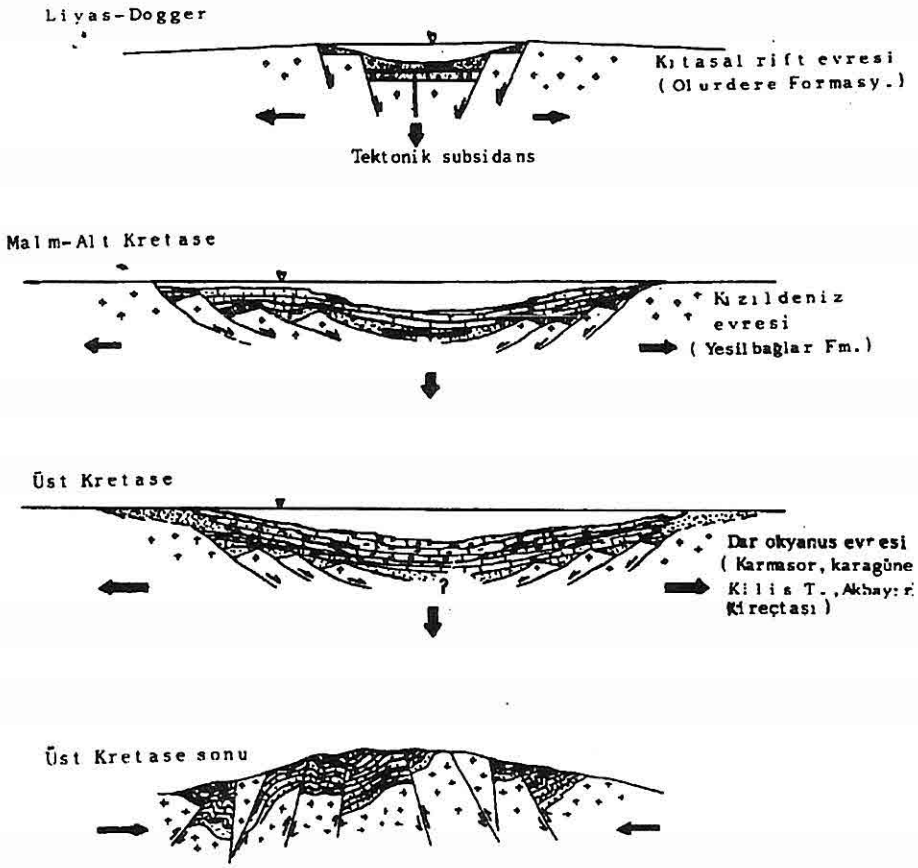

h
g
m
r
s
s
g
g
r
m

iyice aşındıgını ve bunun sonucu olarak havzada biriken kırıntılıların boyut ve oranlarının giderek azaldığını belirtmiştir. Olurdere Formasyonunun orta ve üst kesimlerindeki orta iyi boylanmalı kumtaşları, kumlu kireçtaşları, oolitik kireçtaşları ile Yeşilbaglar Formasyonu' nun alt seviyelerindeki giderek azalan oranda kırıntılı gereç içeren, tintinitli yarı pelajik kireçtaşları Olur öresi Mesozoyik'inde havzada ilk evrenin (kıtasal rift evresi) sona erdiğini ve yeni bir evrenin başladığını gösterir (Şekil 4). Oldukca kalın bir gövde oluşturan Yesilbaglar Formasyonunun orta ve üst seviyeleri giderek derinleşen ortam koşullarında birikmiştir. Kırıntılı gereçlerin oran ve boyutlarının giderek azaldığı bu evrede sakin bir birikim sağlanmıştır. Kıtasal rift evresinden sonra gelişen bu evre Kızıldeniz evresi olarak bilinir (Boillot; 1983). Yarı pelajik (tintinitli kireçtaşı-Yeşilbağlar Formasyonu'nun orta ve üst kesimleri) ve pelajik çökellerin varlığı (hedbergellid ve globotruncanalı kireçtaşları-Karmasor ve Karagüney formasyonları) havzadaki olgunluk ve genişlemeyi gösterir. Havzadaki birikimin giderek artması ve buna bağlı olarak havza tabanının çökmesi doğal olarak karasal alanlardaki (izostazik) dengenin bozulmasına yol açmıştır. Bu dengenin sağlanmasına yönelik olarak karasal alanlardaki göreceli yükselme sonucu erozyonla havzaya kırıntılı gereç girdisi sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Havzadaki ritmik çökelme ve karasal alanlardaki erozyon arasındaki ilişki.

Karmasor ve Karagüney formasyonları içindeki kırıntılı birikimlerin bu şekilde geliştiği düşünülmüştür. Rift havzalarında gerçek anlamda ilk pelajik çökellerin biriktiği ve okyanusal kabuk oluşumunun gelişmeye başladığı evre "Dar bir okyanus evresi" olarak bilinir (Boillot; 1983). Olur yöresi Mesozoyik'inde gerçek anlamda ilk pelajik çökeller (bol globotruncana, sünger spikülü ve radyolaryalı kireçtaşları) Akbayır Kireçtaşı ile



Şekil 4. Olur yöresi Mesozoyik rift havzasının evrimi.

kendini gösterir. Buna olguya karşın tüm Doğu Pontid Güney Zonunda erken Liyas'ta açılan rift havzalarında olduğu gibi, inceleme alanında da okyanusal kabuk oluşumuna ilişkin bir veri yoktur. Okyanusal kabuğun gelişmemiş olması ancak inceleme alanındaki rift havzasının dar bir okyanus evresi aşamasının başlangıcında evrimini tamamlanmasıyla sonuçlanmış olmalıdır. İnceleme alanında olduğu gibi Apeninlerde (Pescatore 1988, Tramontana ve dig. 1988), Güney Alplerde ve Pireneler'de (Winkerer ve Bosselini 1981) yaygın olarak izlenen bu olgu riftlerin baslangıc evrelerinde havzalaşmayı sonuçlayan normal fayların Olur yöresi Geç Mesozoyik'inde etkin olan kompresyon kuvvetlerinin etkisiyle ters faylar gibi çalışarak okyanusal kabuk gelişemeden havzanın kapanmasına neden olmuştur (Osman Bektaş'la sözlü görüşme, 1993; Şekil 4).

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada geniş bilgi ve deneyimlerinden yararlandığımız T. Özsayar ve İ. Gedik'e, özellikle havza gelişimi ile ilgili olarak olumlu katkılarda bulunan O. Bektaş'a (KTÜ) D. Aquilano, P. Clari ve L. Martire'ye (Torino Univ.) teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

Altınlı, E., 1969. Oltu-Olur-Narman dolaylarının jeolojik incelemesi. TPAO rapor no 449, Ankara.

Bektaş,O., Pelin, S., Korkmaz.,S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu. TJK, 38. Bil, Tek. Kurultayı, özetler, 35, Ankara.

Bektaş,O., 1986. Doğu Pontid ark gerisi bölgelerinde paleostres dağılımı ve çok safhalı riftlesme. MTA dergisi, No: 103/104, 25-40, Ankara.

Bektaş,O., 1991. Doğu Pontid (KD Türkiye) ark gerisi basenlerde ensialik ofiyolit oluşumu. TJK Bülteni, s.6, 187-197, Ankara.

Boillot,G., 1983. Geologie des marges continentales. Masson, Paris-Newyork, 140 s.

Bozkuş,C., 1992. Olur (Erzurum) yöresinin stratigrafisi. TJ Bülteni, 35/1, 103-120, Ankara.

Ediger,V.S., 1987. Rift havzalarinin jeolojik evrimi ve hidrokarbon potansiyeli Türkiye 7. petrol kongresi, 1-10,Ankara.

Görür,N., Şengör,A.M.C., Akkök,R., Yılmaz, Y., 1983. Pontidlerde Neo-tetisin kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimentolojik veriler. TJK Bülteni, 26, 11-19, Ankara.

Hacıalioğlu,T., 1983. Kale-Vavukdağ (Gümüşhane) arasının jeolojisi ve mikrofasiyel incelemesi. KTÜ, Fen Bil. Ens. MMLS tezi, 121 s., Trabzon, (yayınlanmamış).

Keskin,Y., 1983. Bayburt (Gümüshane) Aksar köyü ve güneybatısının jeolojik incelemesi. KTÜ, Fen Bil. Ens. MMLS tezi, 94 s. Trabzon (yayınlanmamış)

Pelin,S., 1977. Alucra (Giresun) güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi. KTÜ yayın no: 87, 103 s., Trabzon.

Pescatore,T., 1988. La sedimmentazione Miocenica nell Apenina Campono-Lucano. Mem. Soc. Geol It. 41, 37-46.

Özer,E., 1983. Bayburt (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi. KTÜ Fen Bil. Ens. MMLS tezi, 107 s., Trabzon, (yayınlanmamış).

Saner,S., 1980. Batı Pontidlerin komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kuramı ile açıklanması. MTA Bülteni, 93/94, 1-20, Ankara.

Seymen,I., 1975. Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun tektonik özelligi. İTÜ Maden Fak. Doktora tezi, 198 s., İstanbul.

Trumontana,M., Bartole,R., Mazzoli,S., Wezel, F.C., Savelli,D., 1988.

Prosecuzione della facies carbonatiche bacinaliMesozoiche Dell-apenino centrale sol margine Campano-Lazielle. Mem. Soc. Geol. It. 41, 507-518.

Winterer,E.L. ve Bosselini,A., 1981. Subsidence and sedimentation on Jurassic passive margine, Sothern Alps,Italy. The Am. Ass. Pet. Geol. 65/3, 394-421

Yılmaz,C., 1992. Kelkit (Gümüşhane) yöresinin stratigrafisi. Jeoloji Müh, dergisi, 40, 50-62, Ankara.

Yılmaz,C., (redaksiyonda). Controlling factors and rates of sediment accumulation of Jurassic-Lower Cretaceous sedimentary deposits in southern zone of Eastern Pontides.

Yılmaz,H., 1985. Olur (Erzurum yöresinin jeolojisi. KTÜ dergisi, Jeoloji, 4, 23-43, Trabzon.

Yüksel,V., 1972. Kars havzasının genel jeolojisi ve petrol imkanları. MTA rapor no:5517, Ankara.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

ERCİŞ-DİYADİN (VANGÖLÜ KUZEYİ) YÖRESİ MAGMATİK KAYAÇLARIN MİNERALOJİSİ- PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

İbrahim ÇOPUROĞLU
Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde / Türkiye

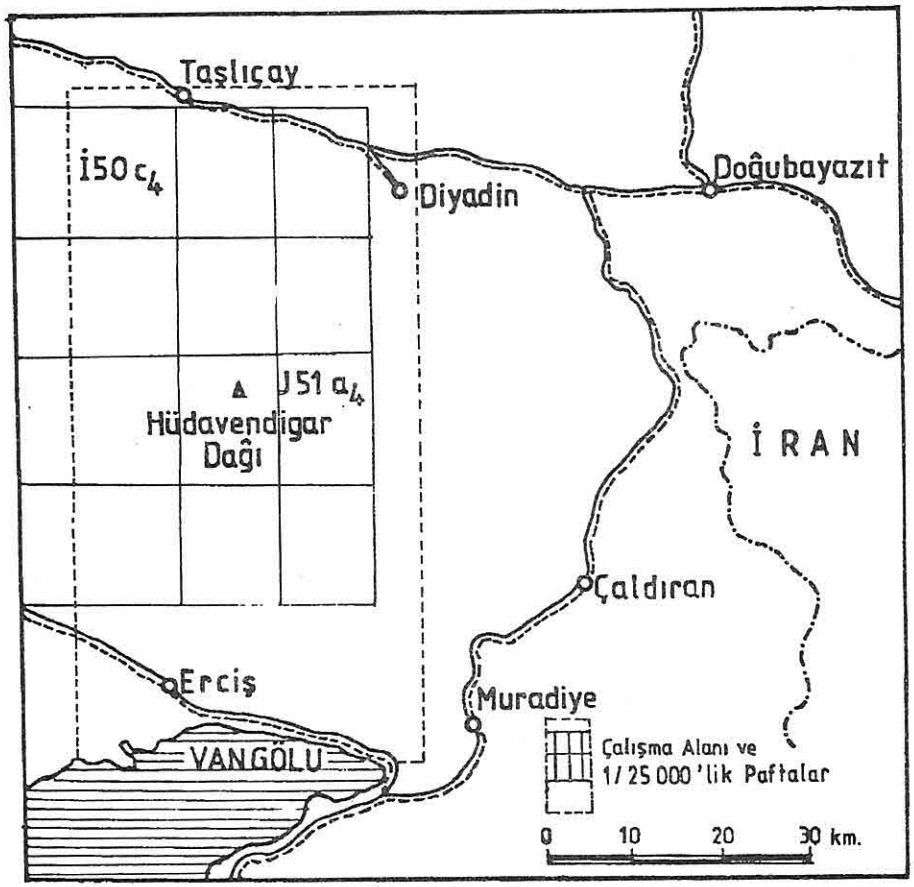
ÖZET : *İnceleme alanı, Doğu Anadolu'da Vangölü'nün kuzeyinde Erciş-Diyadin ilçeleri arasındaki geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu bölgedeki kayaçlar kalkalkali özellikte, granodiyorit, diyorit ve tonalit gibi derinlik kayaçları ile, Neojen yaşlı andezit, kuvars-andezit, trakit, alkalifeldspat trakit, kuvarslatit, dasit, riyolit ve alkalifeldspat riyolitten oluşmaktadır. Ayrıca genç Kuvaterner volkanizma ürünleri olan bazalt ve ignimbiritler bölgedeki diğer yaşlı birimleri yorgan gibi örtmektedir. Bu kayaçların saha görünümleri lav akıntıları, akıntı breşleri, dayk, tüf ve tüfitler şeklinde olup, yer yer Pliyosen sedimanları ile ardalanmalıdır. Kayaçların kimyasal bileşimleri, bunların magmatik adayayı gerisi ürünleri olduklarını, kısmende mantodan etkilendiklerini göstermektedir. Muhtemelen Oyroasya Kıtası'nın altına dalan Arap Levhası'nın subduksiyon zonlarında gelişen volkanizma ürünleridir.*

MINERALOGY-PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF MAGMATIC ROCKS IN THE ERCİŞ-DİYADİN AREA (NORTH OF THE VAN LAKE)

ABSTRACT : *The study area is located at the north of Van Lake in Eastern Anatolia, and covers the administrative districts of Erciş, Muradiye, Çaldıran, Doğubeyazıt, Diyadin and Taşlıçay. Magmatic rocks here having calc-alkalin nuture, are composed of ingnorues rocks such as granodiyorite , diorite, tonalite, basalte, andesite, tracite, dasite and riyolite (eruptius rocks). The youngest volcanism in the regionis ignimbirits which form high plateous. They cover old volcanic rocks. A real view of these rocks are featured as streams of lava, breccies of current, dyke, tuff and tuffites. Volcanites are sometimes enclosed in pliocene sediments. The chemical compounds of rocks in dicate, that they are products of magmatic curved spring, and that they are effected by manto. These are the volcanic products which may have developed in the subducted zones of Arabian Platte, and which extend as for as Euro-Asia Continents.*

1. GİRİŞ

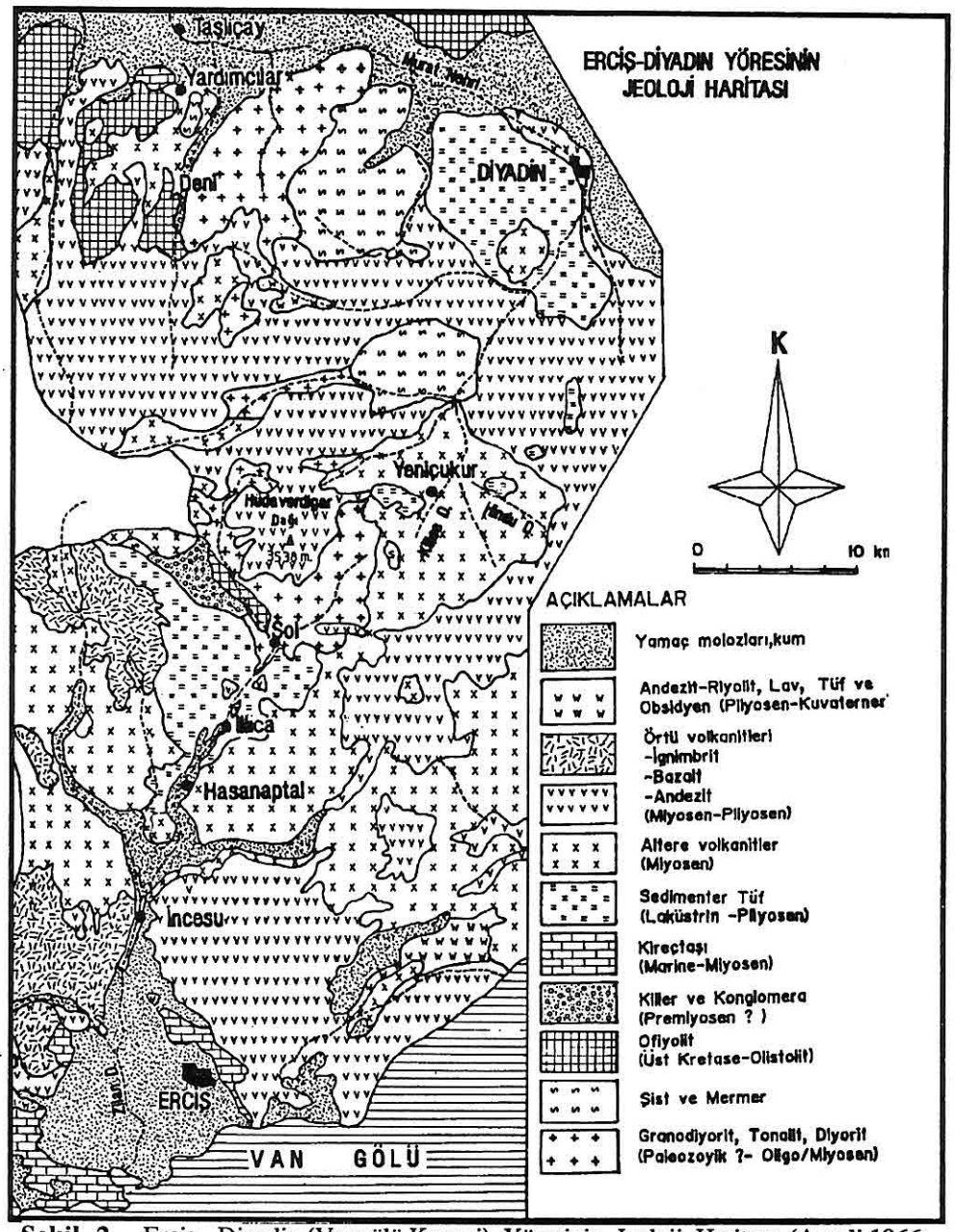
İnceleme alanı Doğu Anadolu'da, Vangölü'nün kuzeyinde Erciş-Diyadin ve Taşlıçay ilçeleri arasında kalan geniş bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

Aynı bölgede ve Muradiye, Çaldıran ve Doğubeyazıt ilçeleri ile İran sınırına kadar uzanan geniş bir alanda, 1983-1986 yılları arasında Türk-Alman ortak projesi kapsamında jeolojik ve jeokimyasal prospeksiyon çalışmaları yapılmıştır (Şekil 2).

Bu proje kapsamında bölgeden derlenen 67 adet magmatik kayaç örneklerinden ince ve parlak kesitler hazırlanarak, mineralojik-petrografik incelemeler yazar tarafından, yine aynı kayaçların esas ve iz elementlerinin kimyasal analizleri Almanya'da BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohrstoffe) laboratuvarlarında gerçekleştirmiştir (Haude, 1986) (Çizelge 1 ve 2).



Şekil 2. Erciş - Diyadin (Vangölü Kuzeyi) Yöresinin Jeoloji Haritası (Agrali,1966; Akarsu,1958; Çağlayan ve diğ.,1973; Geloti, 1975; Innocenti ve diğ., 1980; Karamenderesi ve diğ., 1984; Özgür,1979; Mülleir ve diğ.,1986; Hande ve diğ.,1986'dan derlenmiştir..).

Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu'yu temsil eden ve doğal bir yerbilimleri laboratuvarı konumundaki bölgenin magmatik kayaçlarının mineralojik-petrografik incelemeleri ile mevcut kimyasal analiz değerlerinin yorumlanması ile bölgenin magmatizması, petrojenez ve jeotektonik hakkında yorum yapabilmektedir.

1.1 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı magmatik kayaçların ve aktif volkanizmanın hakim olduğu çok önemli bir yer olmasına rağmen, burada yapılan çok az sayıdaki jeolojik etüdler dışında genellikle prospeksiyon çalışmaları veya bilinen linyit, jeotermal, petrol ve CO_2-gaz çıkışlarına yönelik jeolojik ve sondaj çalışmaları yapılmıştır.

İlk petrol aramalarına yönelik calışmalar Akarsu (1958) tarafından Zilan Vadisi'nde gerçekleştirilmiştir. Ağralı (1966) burdaki linyitler üzerine, Altınlı (1964) bölgenin 1:500.000 ölçekli haritasını, Karamanderesi ve diğerleri (1984) bölgenin aktif volkanizmasına bağlı jeotermal sıcak su potansiyeli ile ilgili çalışmaları yürütmüştür. Alberi ve diğerleri (1980) bölgedeki volkanizmanın Oligosen-Miyosen yaşlı olduğunu, Innocenti ve diğ.(1980) bölgedeki volkanizmanın Pliosen'de faal olduğunu belirtmiştir. Öztekin ve diğ. (1978)'ne göre bölgedeki sedimanlar Miosen yaşlı olup, sözkonusu volkanitlerle tabakalanma göstermektedir.

2. PETROGRAFİ

İnceleme alanınındaki kayaçların saha özellikleri ve stratigrafisi daha önce jeolojik-jeokimya prospeksiyon çalışmaları yapan Haude ve Diğ. (1958) tarafından derlenmiştir (Şekil 2).

Bölgedeki magmatik kayaçları, lokasyonları Çizelge 1'de verilen, Yanıkçukur, Sıp Yaylası, Maden Deresi, Yardımcılar, Deni mahallesi ve çevresinden derlenen 67 adet kayaç örneği ile temsil edilmektedir. Bu kayaçlardan önce ince ve parlak kesitler hazırlanarak, kayacın ana, tali ve opak mineralleri ile dokusu ve renk indisleri belirlenmiştir. Kayaç sınıflandırılması ve adlandırılması Streckeisen (1967)' nın QAPF diyagramına göre yapılmıştır (Şekil 3). Daha sonra Çizelge 1'de verilen aynı kayaçlara ait kimyasal analiz değerleri, sıra ile K_2O:SiO_2 bileşimlerine göre çizilen (Şekil 4), TiO_2:SiO_2/Zr değerleri için hazırlanan (Şekil 5) ve Na_2O + K_2O:SiO_2 diyagramlarında (Şekil 6) yorumlanarak, daha önce yapılan mikroskopik kayaç adlandırılması teyid edilmiştir. söz konusu magma türünün belirlenmesi için de, aynı kimyasal analiz değerleri (Na_2+K_2O):SiO_2 diyagramına göre (Şekil 7) yorumlanmıştır.

QAPF - diyagramına göre (Şekil -3) plütonik kayaçlar, granodiyorit, diyorit ve tonalit olarak; volkanikler ise, bazalt, andezit, kuvarsandezit, trakit, alkalifeldspat trakit, kuvarslatit, dasit, riyolit ve alkalifeldspat riyolit olarak adlandırılmştır.

SIRA NO	KOORDL.		ESAS ELEMENTLER (%)												TOPLAM
	X	Y	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_3	SO_3	Isı Kay.	
1	5915	7600	67.43	0.66	15.63	3.06	0.11	0.62	1.36	5.21	4.62	0.15	0.00	0.50	99.36
2	5866	7595	53.56	0.92	16.36	6.73	0.09	6.59	6.75	4.16	2.14	0.24	0.00	1.88	99.45
3	5889	7785	66.96	0.51	13.06	2.45	0.07	0.99	0.85	0.35	10.0	0.12	0.73	2.60	98.68
4	6021	7831	67.72	0.50	15.26	3.31	0.06	1.73	2.13	5.20	1.65	0.13	0.00	1.93	99.63
5	5857	7725	53.83	0.82	17.88	6.83	0.16	4.83	1.85	4.01	4.05	0.21	0.00	5.06	99.55
6	5804	7737	61.53	0.57	16.55	5.27	0.06	1.77	0.39	1.86	8.47	0.16	0.00	2.80	99.65
7	5988	7787	73.84	0.19	2.08	5.65	0.25	1.59	6.75	0.00	0.30	0.08	3.91	4.88	99.50
8	6055	7890	67.36	0.41	14.77	2.76	0.08	1.95	3.23	4.00	3.04	0.10	0.20	2.59	99.49
9	6102	7830	70.15	0.31	15.08	2.40	0.06	0.68	1.11	4.33	3.77	0.10	0.00	1.44	99.43
10	5940	8110	51.24	0.91	16.95	7.04	0.15	2.54	9.42	2.09	2.02	0.34	0.04	6.91	99.64
11	5953	8130	70.65	0.26	14.54	2.17	0.08	0.58	0.22	1.72	7.23	0.07	0.00	2.00	99.52
12	5985	8092	63.11	0.72	16.88	5.59	0.20	2.04	0.96	1.85	3.16	0.18	0.00	4.81	99.51
13	7056	5528	62.14	0.61	16.06	5.08	0.27	2.27	2.95	3.89	2.75	0.17	0.36	2.81	99.35
14	6917	5630	64.20	0.50	16.27	3.72	0.05	1.59	3.89	3.82	3.26	0.15	0.13	1.74	99.31
15	7019	5633	73.04	0.24	14.02	1.45	0.03	1.60	0.20	0.25	5.33	0.07	0.02	3.21	99.47
16	6978	5623	62.58	0.65	16.94	1.63	0.08	2.80	2.83	4.86	2.28	0.20	0.06	4.44	99.38
17	4550	6330	68.39	0.88	12.12	4.96	0.18	0.38	0.23	5.51	4.26	0.07	0.00	2.40	99.38
18	4500	6310	68.93	0.79	13.73	3.55	0.15	0.31	0.29	7.00	4.10	0.08	0.02	0.69	99.63
19	4430	6230	63.40	0.98	15.81	5.06	0.10	1.51	3.09	4.44	3.98	0.31	0.00	0.91	99.59
20	4350	6200	70.73	0.83	14.61	1.73	0.01	0.06	0.05	5.40	4.33	0.05	0.00	1.48	99.27
21	4200	6460	68.86	0.73	13.84	3.37	0.14	0.28	0.44	5.56	3.59	0.10	0.00	2.35	99.27
22	7400	5600	73.79	0.22	13.12	0.85	0.04	0.08	0.10	0.27	9.36	0.06	0.00	1.56	99.46
23	7330	5580	74.37	0.23	13.54	0.51	0.00	0.19	0.07	0.27	8.34	0.05	0.00	2.04	99.63
24	7350	5430	60.33	0.87	15.31	4.99	0.43	0.74	2.27	2.06	3.60	0.31	1.17	4.86	98.94
25	7330	5430	73.25	0.24	10.01	2.29	0.15	1.50	1.45	1.22	5.52	0.11	1.21	4.34	99.29
26	7190	5370	50.86	0.23	12.03	8.72	0.32	13.2	4.92	2.41	0.05	0.03	0.84	5.66	99.28
27	7260	5390	64.76	0.42	15.84	3.19	0.08	2.0	2.65	3.21	2.60	0.12	0.11	4.55	99.56
28	7340	5330	50.81	0.47	18.44	5.98	0.10	5.94	3.20	5.37	2.06	0.15	0.12	6.89	99.53
29	7380	5380	75.04	0.13	13.15	0.64	0.01	0.26	0.06	0.69	7.88	0.02	0.03	1.71	99.60
30	7270	5720	72.77	0.34	15.06	2.18	0.01	0.42	0.33	3.61	2.81	0.08	0.07	2.03	99.71
31	7380	5750	62.32	0.62	15.87	4.98	0.08	2.24	3.51	3.11	2.94	0.18	0.13	3.50	99.48
32	7353	5295	62.01	0.54	16.04	4.17	0.10	1.50	4.22	2.77	3.30	0.19	0.11	4.60	99.54
33	7220	5560	81.73	0.20	11.35	0.40	0.01	0.19	0.04	0.05	2.86	0.01	0.14	2.56	99.52
34	7200	5590	79.23	0.14	10.34	0.17	0.01	0.03	0.05	0.22	8.32	0.02	0.00	0.98	99.51

Çizelge 1. İnceleme alanına ait numunelerin kimyasal analiz sonuçları (B G R Laboratuvarları, Almanya).

Çizelge 1'in devamı

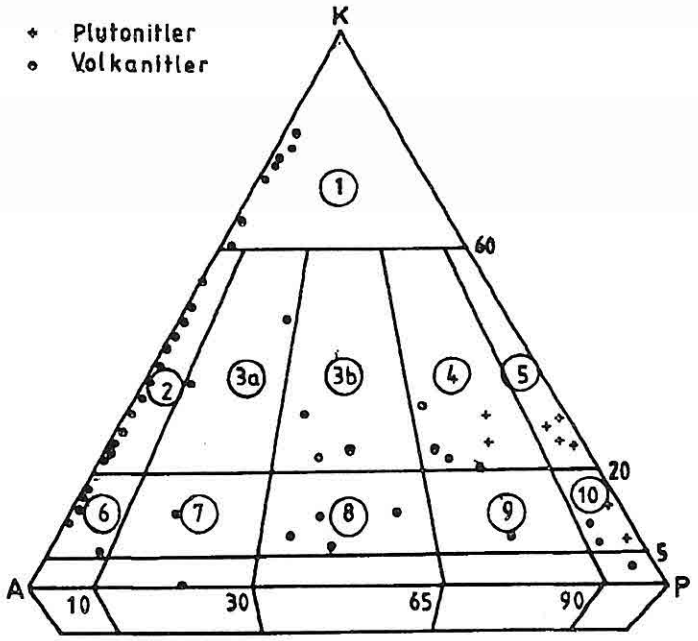
SIRA NO	KOORDL.		ESAS ELEMENTLER (%)												TOPLAM
	X	Y	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_3	SO_3	Isı Kay.	
35	7200	5530	64.39	0.61	16.68	4.07	0.08	1.71	3.65	3.95	2.71	0.30	0.00	1.36	99.50
36	7200	5720	53.67	0.65	15.32	4.77	0.21	2.13	7.21	1.61	4.17	0.16	0.56	9.23	99.67
37	7080	5540	56.75	0.87	17.33	5.83	0.17	3.33	2.54	3.68	3.79	0.36	1.00	3.95	99.59
38	7136	5514	54.82	0.93	16.95	6.63	0.12	3.63	7.23	3.77	2.02	0.39	0.14	2.89	99.51
39	7183	5506	61.09	1.16	19.41	1.50	0.01	0.34	0.06	0.35	13.5	0.02	0.05	1.78	99.34
40	7456	5376	68.95	0.26	15.00	1.49	0.03	0.27	0.22	0.26	11.3	0.08	0.08	1.36	99.30
41	7478	5551	75.30	0.23	13.54	1.03	0.02	0.24	0.08	0.35	7.65	0.02	0.03	2.21	99.70
42	7433	5578	67.42	0.28	15.36	1.51	0.01	0.09	0.07	0.25	11.9	0.07	0.10	2.51	99.55
43	7118	5411	66.19	0.38	16.29	3.51	0.10	2.21	0.74	3.73	3.04	0.12	0.26	2.98	99.54
44	7113	5441	52.33	0.63	13.37	5.31	0.13	10.4	11.0	3.30	0.66	0.14	0.09	2.21	99.55
45	——	——	48.85	2.50	14.69	14.1	0.25	5.9	7.64	4.03	1.24	0.49	0.04	0.36	99.37
46	7810	5362	54.97	0.82	15.11	7.88	0.61	3.99	1.92	0.04	9.19	0.30	0.14	4.25	99.23
47	7838	5366	69.99	0.37	15.54	0.49	0.01	0.04	0.13	0.96	10.4	0.06	0.05	1.46	99.51
48	7825	5350	66.92	0.91	14.73	1.55	0.01	0.00	0.05	0.29	12.2	0.08	0.27	1.86	99.68
49	7790	5310	55.21	1.02	17.75	7.18	0.12	2.65	2.05	1.55	5.86	0.36	0.68	4.83	99.26
50	7824	5312	58.13	0.99	17.49	5.12	0.08	0.81	3.23	3.18	5.40	0.44	0.09	4.63	99.59
51	7812	5429	58.54	1.22	16.94	6.30	0.12	1.43	4.26	4.88	2.94	0.80	0.12	1.78	99.33
52	7762	5405	68.55	0.66	15.56	2.79	0.08	0.20	0.55	5.89	4.12	0.11	0.08	0.74	99.33
53	8039	5630	53.99	0.76	17.94	6.85	0.16	3.49	7.47	2.63	2.06	0.27	0.16	3.88	99.66
54	7919	5712	74.22	0.27	13.61	1.10	0.02	0.00.	0.42	2.90	4.94	0.08	0.16	1.65	99.33
55	7973	5700	69.69	0.31	14.77	2.00	0.02	0.40	0.74	1.26	7.38	0.07	0.12	2.86	66.62
56	8067	5645	70.55	0.30	14.75	2.04	0.08	0.23	0.23	0.28	8.89	0.09	0.08	2.00	99.51
57	7857	5278	55.09	0.83	15.37	6.66	0.12	1.95	5.36	0.33	4.74	0.24	0.12	8.83	99.64
58	7875	5253	53.67	0.90	19.56	5.27	0.08	0.74	4.51	2.22	5.48	0.35	0.13	6.53	99.43
59	7894	5290	61.95	0.81	18.35	3.21	0.33	0.57	0.69	2.80	6.52	0.32	0.24	3.21	99.00
60	8147	5578	61.60	0.54	15.50	4.18	0.17	2.66	2.89	2.44	4.27	0.15	0.15	5.10	99.65
61	7878	5586	91.19	0.49	0.69	0.13	0.01	0.00	0.03	0.18	0.10	0.01	2.01	0.81	99.65
62	8100	5543	69.36	0.31	15.10	2.09	0.04	0.25	0.19	1.07	9.12	0.09	0.00	1.86	99.48
63	8122	5430	49.06	0.96	17.44	6.95	0.13	3.27	10.2	2.69	1.43	0.26	0.03	7.01	99.44
64	7914	5491	80.00	0.20	9.04	1.46	0.03	0.34	0.40	0.77	3.33	0.07	0.00	3.90	99.53
65	7767	6258	69.30	0.73	14.23	2.40	0.03	0.57	0.80	1.97	5.27	0.24	0.04	3.91	99.48
66	7892	5217	65.03	0.83	16.47	2.75	0.01	0.04	0.33	0.75	11.7	0.25	0.00	1.28	99.45
67	7985	5425	72.40	0.26	11.89	2.60	0.03	0.00	0.10	0.80	9.4	0.13	0.01	1.76	99.41

SIRA NO	İZ ELEMENTLER (ppm)																							
	Ba	Ce	Co	Cr	La	Sc	V	U	W	As	Bi	Cu	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	Y	Zn	Zr
1	969	167	26	<15	63	8	27	11	<5	15	6	8	8	42	8	27	163	20	169	5	23	58	90	534
2	519	338	42	75	249	25	232	6	<5	<5	6	8	4	10	34	5	50	20	757	5	15	31	44	145
3	3829	86	<20	53	<20	10	77	7	16	119	9	58	4	8	14	928	203	20	65	5	9	18	2755	131
4	362	55	26	22	<20	8	83	3	<5	<5	6	7	7	14	8	8	51	20	270	5	12	16	23	167
5	511	47	21	<15	39	18	117	<3	<5	11	9	5	5	15	8	5	97	20	101	5	5	29	143	173
6	898	56	23	<15	24	12	133	6	<5	<5	6	11	3	13	8	8	168	20	78	5	6	25	120	169
7	42	<20	23	<15	<20	3	23	<3	<5	8	7	589	9	3	8	1410	8	20	55	5	5	20	161	27
8	667	44	<20	<15	23	5	63	<3	<5	<5	6	32	3	11	5	18	83	20	250	5	11	18	45	164
9	1137	71	<20	<15	27	4	40	8	<5	<5	6	5	3	17	7	11	91	20	250	5	21	25	33	186
10	562	74	27	32	46	19	180	7	<5	13	6	51	5	13	25	20	46	20	488	5	13	29	74	205
11	941	60	23	<15	<20	<2	30	<3	<5	<5	6	105	3	31	5	12	160	26	191	5	19	16	101	169
12	900	73	34	36	41	14	137	7	<5	<5	9	12	3	14	13	15	117	20	140	5	14	35	95	182
13	694	54	35	15	32	10	118	<3	<5	<5	6	28	7	14	13	8	90	20	275	8	16	34	330	150
14	754	78	39	<15	33	7	103	<3	<5	<5	6	7	3	15	11	10	100	20	328	6	17	18	25	169
15	997	97	<20	<15	24	<2	27	3	11	<5	6	5	3	29	6	10	114	20	32	5	20	20	34	166
16	327	47	32	21	31	13	102	<3	<5	<5	6	5	3	18	8	5	61	20	258	5	15	24	55	241
17	399	147	<20	<15	50	13	52	6	<5	<5	6	6	5	46	5	24	124	20	7	5	16	88	174	794
18	496	173	<20	<15	57	7	27	11	7	<5	6	10	7	42	8	28	117	20	20	6	20	90	146	672
19	486	90	23	16	32	10	81	8	<5	<5	6	12	4	24	12	12	121	20	197	7	14	44	64	466
20	418	168	<20	15	60	7	<15	5	10	25	6	5	3	43	5	19	128	20	11	5	24	93	53	727
21	583	157	<20	<15	55	12	20	9	<5	7	6	9	5	39	7	25	105	20	20	5	26	85	136	650
22	1193	77	27	<15	30	<2	<15	14	6	<5	<6	7	4	21	<5	15	268	21	38	<5	22	23	33	160
23	916	84	<20	<15	34	4	23	10	<5	45	<6	5	6	24	<5	22	233	<20	49	<5	17	29	13	169
24	710	95	38	<15	21	14	141	6	20	13	<6	1216	<3	11	14	17	107	<20	192	8	14	30	3206	185
25	1298	71	20	19	26	3	23	8	<5	20	<6	46	6	13	13	62	72	<20	132	<5	18	16	67	130
26	<15	<20	56	871	<20	43	255	<3	<5	<5	<6	35	4	4	287	<5	<3	<20	83	<5	<5	11	179	27
27	456	78	<20	20	38	7	66	5	<5	<5	<6	15	<3	18	<5	15	66	<20	232	<5	10	24	66	160
28	383	27	53	17	22	13	126	<3	<5	17	8	125	<3	<3	34	13	44	<20	625	<5	<5	15	47	69
29	1545	99	<20	<15	36	<2	<15	4	<5	9	<6	10	6	31	<5	25	167	<20	43	<5	13	25	91	102
30	186	87	<20	<15	46	3	59	11	8	<5	<6	10	6	15	9	36	91	<20	315	8	27	17	27	172
31	734	109	28	<15	50	13	96	4	5	9	7	8	8	23	<5	18	88	<20	396	6	23	29	29	162
32	732	70	<20	<15	28	11	91	11	6	<5	<6	13	6	13	<5	35	107	<20	374	<5	18	24	84	142
33	1879	85	<20	<15	30	<2	28	5	<5	<5	<6	7	5	25	<5	17	74	23	20	<5	14	13	[illegible]	[illegible]
34	1516	72	<20	<15	27	<2	<15	9	7	26	<6	<5	7	27	<5	15	184	<20	48	7	19	20	7	94

Çizelge 2. İnceleme alanına ait numunelerin kimyasal analiz sonuçları (BGR Laboratuvarları, Almanya).

Çizelge 2'nin devamı

SIRA NO	İZ ELEMENTLER (ppm)																							
	Ba	Ce	Co	Cr	La	Sc	V	U	W	As	Bi	Cu	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	Y	Zn	Zr
35	914	83	<20	27	<20	8	49	<3	<5	17	<6	21	4	15	32	26	49	<20	342	<5	13	25	175	222
36	706	73	<20	26	37	12	122	4	<5	33	11	29	5	13	9	28	159	<20	260	6	7	31	90	169
37	1426	83	33	32	54	14	133	<3	<5	<5	7	22	4	18	16	6	91	<20	341	<5	9	30	102	247
38	537	90	35	40	50	18	161	4	<5	<5	<6	39	6	19	22	9	43	<20	506	12	9	31	74	220
39	1248	117	33	<15	35	3	35	3	10	114	<6	34	6	17	<5	23	301	<20	227	8	11	15	13	211
40	568	86	<20	21	33	3	<15	<3	13	8	<6	16	6	27	<5	58	338	<20	89	8	21	28	62	183
41	1312	95	23	<15	36	6	24	7	<5	42	<6	<5	4	28	<5	10	262	<20	23	<5	20	22	57	156
42	897	85	<20	<15	<20	7	68	6	<5	237	<6	7	4	25	<5	30	298	<20	51	6	22	31	17	196
43	163	28	54	523	56	37	186	4	<5	16	<6	23	4	17	<5	13	70	<20	303	<5	12	22	93	165
44	208	58	62	22	41	29	263	8	<5	<5	<6	7	<3	5	97	<5	16	<20	328	<5	<5	22	50	87
45	2046	81	35	62	38	12	180	3	<5	<5	<6	36	6	10	43	<5	14	<20	294	<5	<5	44	119	243
46	1316	69	25	<15	32	5	26	<3	8	19	<6	10	6	8	32	65	175	<20	40	<5	<5	28	1096	117
47	8952	208	<20	<15	31	10	48	4	<5	72	<6	<5	5	17	<5	50	337	<20	169	<5	16	23	31	188
48	1204	104	39	<15	40	17	210	9	11	16	<6	16	7	15	<5	119	243	<20	159	<5	6	24	73	213
49	1122	86	<20	<15	38	14	122	3	<5	8	8	6	5	10	8	22	142	<20	153	<5	15	26	133	173
50	840	95	<20	<15	29	14	75	<3	<5	13	<6	<5	4	13	<5	26	150	<20	248	<5	6	35	78	211
51	636	95	27	<15	41	6	30	3	<5	10	<6	<5	6	20	<5	21	89	<20	435	<5	7	38	106	269
52	676	84	23	<15	33	22	196	10	<5	<5	<6	<5	5	30	<5	24	119	<20	42	<5	11	54	76	552
53	849	86	<20	<15	37	<2	21	6	<5	<5	<6	33	8	11	14	6	50	<20	537	<5	13	25	69	143
54	1281	110	36	<15	49	3	42	5	<5	<5	<6	<5	4	24	<5	12	141	<20	94	<5	28	25	5	161
55	1907	113	<20	<15	34	4	31	9	<5	28	<6	<5	<3	17	<5	26	237	<20	117	<5	29	27	36	182
56	645	83	<20	<15	44	19	159	3	<5	<5	<6	<5	6	18	<5	13	244	<20	51	5	25	25	140	180
57	1052	77	36	<15	35	12	134	<3	<5	<5	7	<5	5	15	17	14	156	<20	100	<5	7	31	59	185
58	1784	91	<20	59	26	14	157	5	<5	<5	<6	16	6	22	5	26	167	<20	293	6	11	26	63	218
59	915	90	36	<15	38	12	96	7	17	13	8	119	6	16	14	333	165	<20	257	<5	7	24	1265	196
60	38443	574	<20	<15	37	5	22	7	10	8	<6	19	7	18	20	9	120	22	165	<5	14	29	89	266
61	1461	93	25	<15	34	<2	49	5	56	22	<6	40	7	29	5	30	3	<20	314	5	14	18	8	307
62	1027	66	44	82	30	23	219	5	<5	83	8	9	5	18	<5	55	271	<20	73	5	19	25	139	190
63	1112	78	<20	<15	62	<2	25	6	<5	11	12	59	<3	5	35	19	31	<20	594	<5	10	23	60	104
64	1143	105	<20	<15	34	7	32	5	<5	14	<6	<5	<3	13	6	17	101	<20	121	<5	13	18	31	96
65	2071	139	<20	<15	47	10	51	<3	<5	<5	7	15	6	16	<5	29	142	21	97	<5	12	35	126	282
66	1142	65	<20	<15	29	<2	27	5	7	<5	<6	17	8	24	<5	66	303	<20	132	<5	13	38	60	318
67										<5	<6	<5	3	14	<5	<5	256	<20	73	5	24	26	16	147



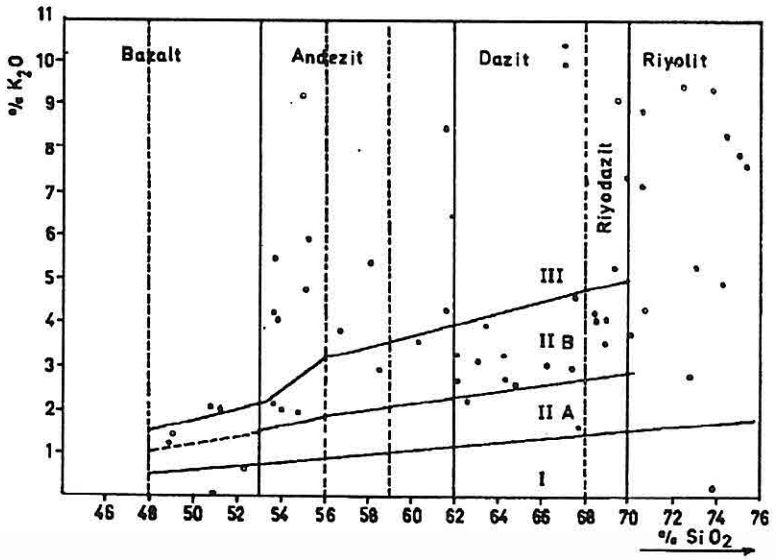
Şekil 3. İncelenen Örneklerin Streckeisen (1967)'e göre QAPF diyagramı.

K_2O/SiO_2 bileşimlerine göre çizilen diyagramda (Şekil 4) volkanik kayaçlar, andezit, latit, trakit, dazit ve riyolit, çoğunlukla yüksek K'lu kalkalkali serinin andezit ve dasit alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir.

SiO_2 : Zr/TiO_2 değerleri için hazırlanan diyagramda (Şekil 5) örnekler, bazanit, fonolit, trakit, komendit-Pantellerit, dasit ve riyodazit alanlarında yeralmaktadır.

SiO_2:Na_2+K_2O değerleri için hazırlanan Cox ve diğ.(1979) diyagramında da (Şekil 6) örnekler bazalt, traki bazalt, bazaltik andezit, andezit, trakiandezit, latit, trakit, dasit ve riyolit olarak adlandırılmıştır.

Örneklerin mikroskopik incelemeler ve kimyasal analiz değerlerine göre yapılan sınıflandırma yorumları sonucu granodiyorit, kuvars diyorit, diyorit ve tonalit gibi derinlik; bazalt, andezit, kuvars-andezit, trakit, alkalifeldspattrakit, kuvarslatit, dasit, riyolit ve alkalifeldspatriyolit'ten oluşan volkanik kayaçlar belirlenmiştir.

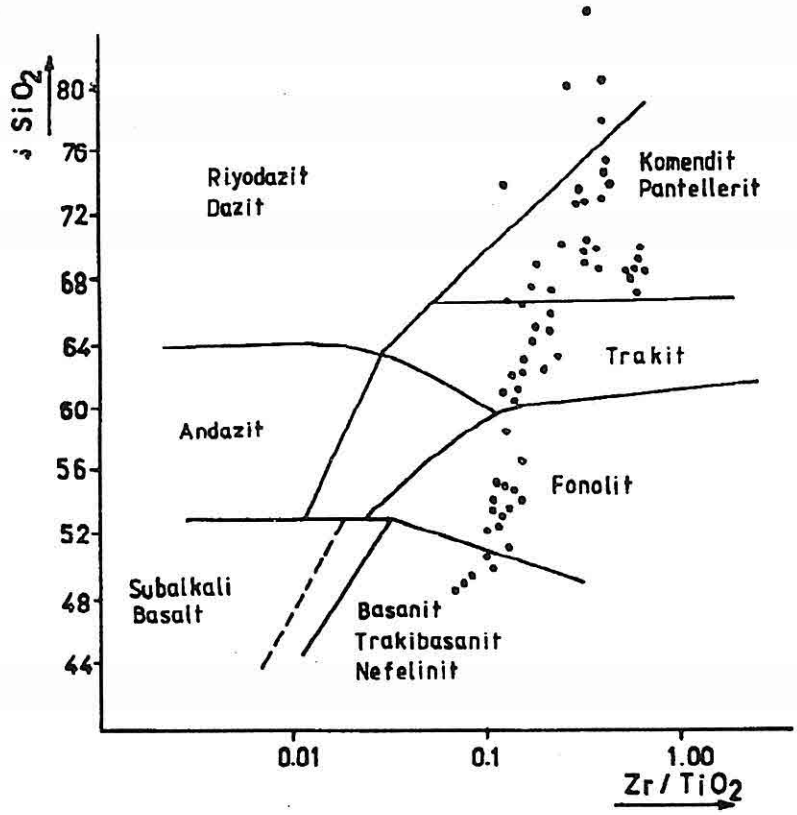


Şekil 4. Örneklerin K_2O/SiO_2 diyagramındaki dağılımı **I.** Adayayı toleyitik serileri, **II.** Kalkalkali seri, **III.** Yüksek K'lu kalkalkali serileri, **IV.** Şoşonitik serileri (Cox ve diğ.,1979).

Mikroskop altında, granodiyoritin ana mineralleri kuvars (% 28), plajiyoklas (% 50, andesin), ortoklas (% 15) hornblende (% 10) ve biyotit (% 15); tali mineralleri ise, apatit, opakminerallerden oluşmaktadır. Kayacın renk indisi m = % 20 civarındadır.

Kuvarsdiyorit, granodiyorite benzemekte sadece plajioklas miktarı biraz artmakta, ortoklas ise azalmaktadır. Bunun yanında hornblende ve biyotit miktarı büyük artış göstermektedir. İkincil olarak plajioklaslardan serizit ve kil mineraleri, biyotit ve piroksenlerden klorit ve epidot açığa çıkmıştır.

Diyorit, diğer derinlik kayaçlarına göre yeşil renk tonu daha çok hakim olup, kuvars miktarı % 2-5'e düşmekte, plajiyoklas (% 65, andesin), ortoklas (% 2-3) hornblende (%10), klinopiroksen (% 5-10, diyopsit), Ortopiroksen (% 3, hipersten), biyotit (% 3) miktarları ile karakterize edilmektedir.

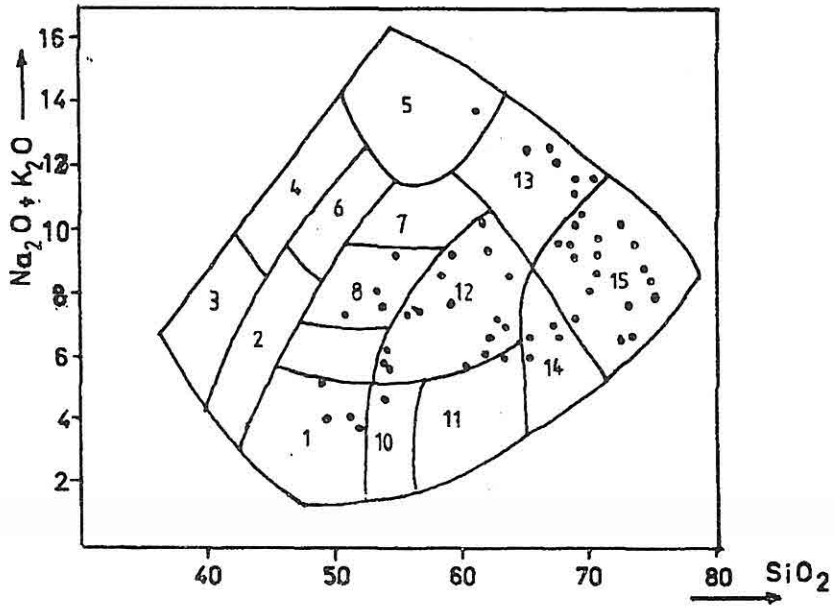


Şekil 5. SiO_2:Zr/TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd,1977).

Tonalit, kuvars içeren gabro olarak da adlandırılan bu kayaç, makroskopik olarak diyorite benzemektedir. Mikroskop altında, kuvars (% 15), plajiyoklas (% 25, andesin), çok az alkalifeldspat, hornblende (% 20), biyotit (% 15-20) kayacın ana minerallerini oluşturmaktadır. Ayrıca tonalit % 70'lik SiO_2 sabit değeri ile de karakterize edilmektedir.

Makroskopik olarak, çok ince taneli görünümleri ve arazideki lav, silt, damar ve lav akıntıları şeklindeki yapıları ile yüzeylenen volkanik kayaçlar diğer plütonik kayaçlardan kolayca ayırtedilmektedir. Bunlar genellikle bölgenin 2/3'sini kapsamakta ve yorgan gibi diğer yaşlı birimleri örtmektedir.

Bunlardan en yaygın olanı bazalt, çok ince taneli plajioklas mikrolitlerinin oluşturduğu matriks içerisinde iri taneli saçınımlı ojit, düzensiz çatlak izleri bulunduran olivin kristalleri içermektedir. Kayacın tipik bazalt dokusu (intersertal) belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Bazaltik kayaçların kimyasal analiz değerleri genellikle SiO_2 (% 48)



Şekil 6. İncelenen kayaç örneklerinin SiO_2/Na_2O+K_2O diyağramındaki dağılımları (Cox ve diğ;1979).

1-Bazalt, **2**-Bazanit ve Tefrit, **3**-Nefelinit, **4**-Fonolitik Nefelinit, **5**-Fonolit, **6**-Fonolitik Tefrit, **7**-Benmorit, **8**-Mujearit ve Trakibazalt, **9**- Hawaijit, **10**- Basaltik, **11**- Andezit, **12**- Trakiandezit, **13**- Trakit, **14**- Dazit, **15**- Riyolit.

civarında ve oldukça yüksek Fe, Mg ve TiO değerleri ile karakterize edilmektedir.

Andezit ve kuvarsandezit koyu gri renkleri ile bazalttan ayırtedilmekte ve örtü volkanitleri olarak yüzeylenmektedirler (Şekil 2). Mikroskop altında, polysentetik ikizlenmeli yer yer zonlu yapılı plajioklas, iri taneli biyotit, hornblende ve çok az ojit kayacın ana minerallerini, manyetit, ilmenit, apatit ve zirkon ise tali minerallerini oluşturmaktadır. Kayacın mafik mineral yüzdesi yaklaşık % 30-35 civarındadır.

Trakitik kayaçlar, açık renkli, ince taneli ve mikroskop altında pertitik dokulu (akma dokulu) olup, iri taneli sanidin, ikiz lamelli, genellikle zonlu oligoklas, az miktarda ojit ve yuvarlak yapılı kuvars kayacın esas mineralidir. Alkalifeldspattrakit, normal trakite benzemekte, mikroskop altında sanidin, natrosannidin, anortoklas ve az albit yanında hornblende, egirinojit ve biyotit gibi mineraller gözlenmektedir. Kayacın matriksini, ince taneli ve plajioklas ile alkalifeldspatların oluşturduğu akma dokulu mikrolitler oluşturmaktadır. Kuvars bu matriks içerisinde % 20 civarında ksenomorf taneler

şeklindedir. Mafik mineraller genellikle ileri derecede altere olmiş, opak mineraller açığa çıkmıştır. Trakitik kayaçlar ortalama % 60 SiO_2 içermekte, alkali oranı % 10 civarında bulunmaktadır.

Kuvarslatit, mikroskop altında yaklaşık eşit miktarlarda plajioklas ve alkalifeldspat içermekte, mafik oranı ise oldukça yüksektir (% 80-85). Kayacın ana mineralleri, plajioklas (% 35, An_{60}), sanidin (% 35), piroksen (% 20), olivin (% 5), tali mineralleri ise, zirkon, apatit ve opak mineralleridir (kalkopirit, pirit, ilmenit ve manyetit). Yaklaşık % 50 civarında SiO_2 içeren kayaç % 10 MgO ve CaO, % 3 Na_2O ve % 4.5 K_2O ortalama değerlere sahiptir.

Dasit, plajioklas artması ve alkalifeldspatın azalması özelliği ile riyolitik kayaçlardan farklılık göstermektedir. Kayacın ana mineralleri, porfirik yapılı kuvars, plajioklas kalifeldspat, hornblende, ojit ve biyotitden oluşmaktadır. Matriks içerisinde tridimit ve kristobalit gözlenmektedir. Tali olarak zirkon, apatit ve opak mineraller camsı hamur içerisinde ufak taneler şeklinde izlenmektedir. Propillitleşme oldukça yaygındır.

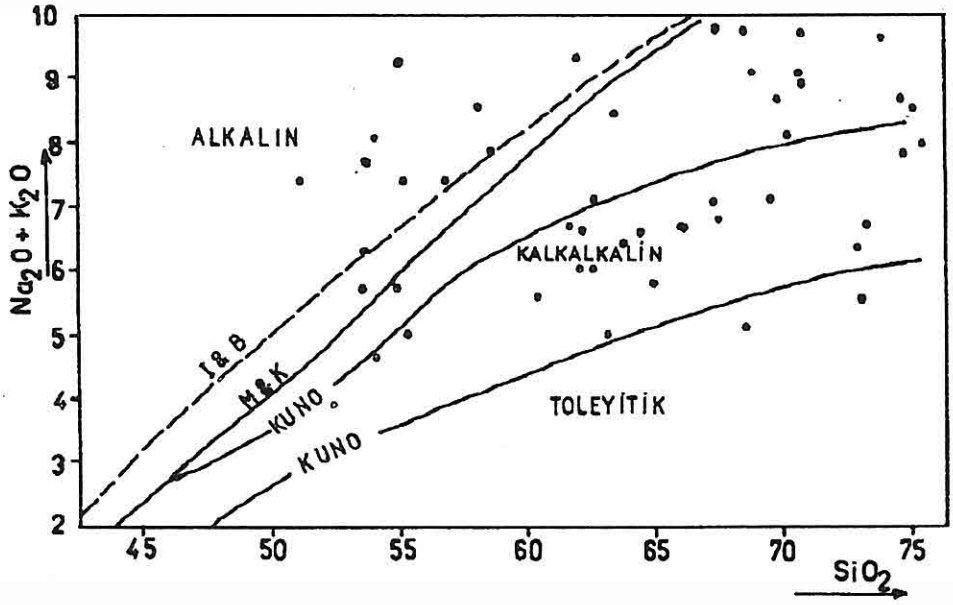
Riyolitik kayaçlar, açık renkli, lav ve lav akıntıları şeklinde genç Pliyosen-Kuvaterner volkanitleri olarak yüzeylenmektedir (Şekil 2). Bunlar ayrışma (diferensasyon) sonucu bazik magmanın etkisiyle manto malzemesini etkileyerek bunun mobilizasyonu sonucu oluşmuşlardır (Macdonald ve Katsura,1964). Kayacı oluşturan esas mineraller, yüksek kuvars ve alkalifeldspat yanında, daha az miktarda plajioklas, biyotit, piroksen ve hornblendeden oluşmaktadır. Kayacın matriksi, ince taneli kuvars, kalifeldspat ve camsı hamur içermekte ve vitrofrik ve akma doku yaygındır. Alkalifeldspatriyolitler içerdikleri yüksek anortoklas ve sanidin miktarı ile normal riyolitlerden ayırtedilmektedir. Kimyasal olarak bu kayaçlar yüksek alkali, düşük Al_2O_3(% 10) ve düşük CaO ile karakterize edilmektedir.

3. JEOKİMYA

Kimyasal analiz değerleri Çizelge 1 ve 2'de verilen 67 adet örneğin, genel olarak toplam alkali/SiO_2 değerlerine göre hem kalkalkali hem de subalkali karakterde olduğu gözlenmektedir (Şekil 7). Bunların ortalama değerleri ise 2.05 dir. Bu değer kalkalkali özellikli okyanus yaylarındaki kayaçlarda 0.8'den küçük, kıta kabuğu üzerinde gelişen "Ant Tipi" yaylardaki kayaçlarda ise daha yüksektir. Şoşonitik örneklerdeki K_2O/Na_2O değerleri 1 dolayındadır Marrison (1980); Jakes and White (1972);Wedephol (1975).

İncelenen örneklerin TiO_2 yüzdeleri 45 ve 51 nolu örnekler hariç 0.98'den küçüktür (Çizelge 1). Bu değerler Morrison (1980) ve Jakes ve White (1972)'e göre şoşonitik ve kalkalkali özelliği yansıtmaktadır.

Aynı örneklerin iz element konsantrasyonları Çizelge 2'de verilmiş ve buna göre Ba değerleri kalkalkali bazalt ve andezitlerde çok yüksek, riyolitik örneklerde ise oldukça düşüktür. Wedepolh (1975), Prinz (1967)'e göre manto kökenli, Taylor ve White (1969)'e göre de kıtasal kabuk ve granitik kayaçların Ba değerleri oldukça yüksektir.



Şekil 7. Örneklerin alkali (Na_2O+K_2O) ve SiO_2 içeriklerine göre sınıflandırması.

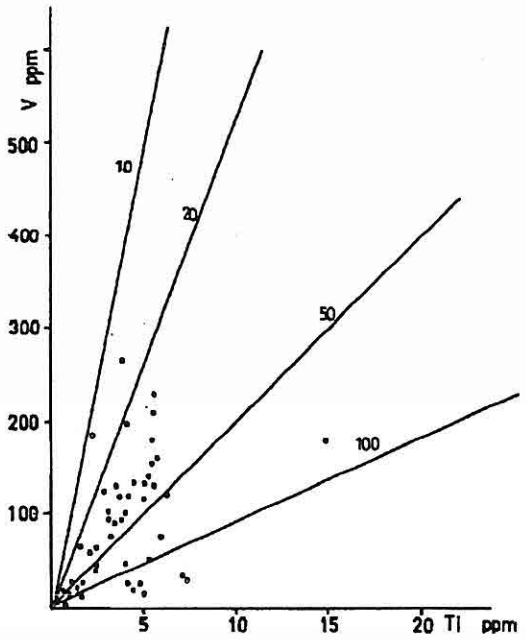
Rb ve Sr değerleri, Jakes ve White (1972)'ın okyanusal yayların kalkalkali serilerine ait değerlerle uyum içerisindedir. Ni ve Cr bileşimleri kalkalkali örneklerde çok değişkendir.

V/Ti değerleri Chervais (1982) diyagramına göre yorumlandığı takdirde (Şekil 8) kalkalkali ve şoşonitik kayaçları temsil eden 20 değerinin üstündeki alanda yer aldığı görülmektedir.

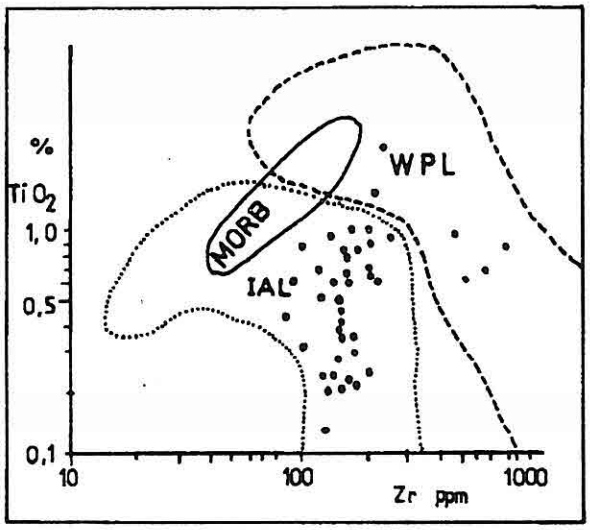
V/Ni değerleri Taylor ve Morrison (1980)'ye göre adayayı toleyitik ve kalkalkali kayaçlarda 8'den, şoşonitik kayaçlarda 5'den küçük iken, Wedepohl (1975) ve Prinz (1967)'e göre de toleyitik bazaltlarda 2'den küçüktür. Bu durum muhtemelen mantodan oluşan bölümsel ergimeden etkilenmesi nedeniyle (Baş,Poyraz ve Jung,1992) çok değişkendir.

Manto kökenli bazik kayaçlar ile kıtasal kabuk ve granitik kayaçlar yüksek Y değerleri içermektedir Morrison ve diğ.,(1980);Wedephol,(1975); Taylor ve White,(1969); Pearce ve Cann,(1973). Y/Nb değerlerini petrografik provensleri belirlemede bir ayırtaç olarak kullanmışlardır. İnceleme alanındaki kayaçların Y/Nb değerleri 1'den büyük olup, buna göre tüm örneklerin adayayı ürünü oldukları gözlenmektedir.

Ayrıca TiO_2/Zr değerlerine göre hazırlanan diyagramın (Şekil 9) yorumlanması sonucu aynı şekilde incelenen örneklerin adayayı ürünü oldukları doğrulanmaktadır.



Şekil 8. Örneklerin Ti:V diyagramı (Chervais,1982).



Şekil 9. Örneklerin TiO_2 (%)/Zr (ppm) diyagramı (Chervais, 1982).
WPL : Levha içi, MORB : Okyanus ortası bazaltları, IAL : Ada yayı.

4. SONUÇLAR

İnceleme alanı Erciş-Diyadin ilçeleri arasında yer alan derinlik ve yüzey magmatik kayaçları kapsamaktadır. Bu kayaçlar genellikle kalkalkalin özellikte, granodiyorit, diyorit ve tonalit derinlik; andezit, kuvarsandezit, trakit, alkalifeldspattrakit, kuvarslatit, dazit, riyolit ve alkalifeldspat riyolitten oluşmaktadır. Ayrıca genç kuvaterner volkanizma ürünü olan bazalt ve ignimbiritler, lav, lav akıntıları, akıntı breşleri, tüf ve tüfitler şeklinde diğer yaşlı birimleri örtmektedir.

Ana ve iz elementlerin yorumlanmasına göre inceleme alanındaki kayaçların kalkalkalin özellikte adayayı gerisi ürünleri olduğu, kısmende mantodan etkilendiği, muhtemelen Oyroasya Kıtası'nın altına dalan Arap Levhası'nın subduksiyon zonlarında gelişen volkanizma ile oluştuğu düşünülmektedir.

5. KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Türk-Alman ortak projesi kapsamında 1986 yılında M.T.A. ve BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohrstoffe, Almanya) kuruluşlarının birlikte yaptıkları çalışmaların, yazar tarafından gerçekleştirilen bir bölümünü kapsamaktadır. Bu nedenle yazar her iki kuruluşa, özellikle proje koordinatörü Dr.H.Haude'ye teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Ağralı,B., 1966. Erciş-Zilan Yöresi Linyit İmkanları, MTA Raporu.

Akarsu,İ., 1958. Vangölü Kuzey - Doğu Bölgesinin Petrol Jeolojisi Etüdü, MTA Raporu.

Alberti,A.A. ve diğ., 1980. Neogene and Quaternary Volcanism in Eastern Azerbaijan, Same K. Ar Age Determinations and Geodynamic Implications, Geol. Rdsch., 69, 1, 216-225, Stuttgart.

Altınlı,İ.E., 1964. Explanatory Text of the Geological Map of Turkey 1:500.000, (sheet) Van, MTA Yayını.

*Baş,H., Poyraz,N. ve Jung,D., 1992. Ulukışla - Çamardı (Niğde) Magmatitlerinin Petrografisi ve Jeokimyası. TJK, Sayı 2, Cilt 35, 71-91.*********

Chervais,J.W., 1982. Ti-V Plots of the Petrogenesis of Modern and Ophiolitic Lavas: Earth and Planet. Sci. Lett., S9, 101-118.

Cox,K.G., Bel,J.D. and Pankhurst,D.V., 1979. The Interpretation of Igneous Rocks, George Allen and Unvin Ltd., Lond, 450s.

Çağlayan,A. ve diğ., 1979. Kağızman Ofiyolitleri ile Aras Nehri ve Murat Nehri Arasındaki Bölgenin Jeolojik Harita Alımı Raporu, MTA Raporu.

Deccerillo,A. ve Taylor,S.R., 1975. Geochemistry of Upper Cretaceous Volcanic

Rocks from Pontic Chein, Northern Turkey, Bul. Volcanol, 39, 557-569.

Gelati,R., 1975. Miocere Marine Sequence from the Lake Van Area Eastern Turkey, Riv. Ital. Paleont, 81, 4, 477-490, Mayland.

Haude,H., 1986. Geochemsche Prospektion Auf Pb, Cu, Zn, Co, Ni und Ba in Den Bergen Nördlich Des Van Sees und Südlich Van Doğubeyazıt, Provinz Ağrı, Osttürkei: BGR Proje No.74.2051.6-MTA Turkiye Hannover-Almanya.

Innocenti,F. ve diğ., 1980. Geology of the Volcanic Area North of Lake Van (Turkey), Geol. Rdsch., 69, 1, 292-323, Stuttgart.

Irvine,T. and Baragar,W.R.A., 1971. A Guide to the Classification of the Common Volcanic Rock, Canad. J. Earth Sci., 8, 523-548.

Jakes and White,A.J.R., 1972. Major and Trace Element Abundance in Volcanic Rocks of Orogenic Areas. Bull. Geol. Soc. America, 83, 29-39.

Joplin,G.A., 1968. The Shoshonite Association: A Review, J. Geol. Soc. Aust., 15, 275-294.

Karamanderesi,I.H. ve diğ. 1984. Zilan Deresi (Van-Erciş) Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları (Karaköse J50-b3-b4-C1-C2 paftaları), MTA Raporu.

Macdonald,G.A. and Katsura,J. 1964. Chemical Composition of Hawaiian Lavas, Journal of Petrology, 5, 82-133.

Morrison,G.M., 1980. Characteristics and Tectonic Setting of the Shoshonite Rock. Association: Lithos,13, 97-108.

Müller,A. ve Özçelik,M., 1986. Turkish - German Technical Cooperation Project, Van - Preliminary Report, MTA Ber., 5s.

Özgür,T. ve diğ., 1974. Diyadin - Erciş Jeotermal Araştırma Sahasının Jeolojisine İlişkin Ön Rapor, MTA Raporu.

Öztekin,H.A., 1978. Van - Erciş - Zilan Civarının Jeolojisi ve Lokasyon Haritası 1:25.000, MTA Raporu.

Pearce,J.A. and Cann,J.R., 1973. Tectonic Selting of Basic Rocks Determined Using Trace Element Analyses: Earthand Planet. Sci. Lett., 19, 290-300.

Pearce,J.A., 1975. Basalt Geochemistry Used to Investigate Post Tectonic Environment on Cyprus: Tectonophysics, 25, 41-67.

Pfeiffer,L., 1981. Einführung in Die Petrologie, Feridinand Enke Verlag, Stuttgart.

Prinz,M., 1967. Geochemistry of Basaltic Rocks, Race Elements. Hess,H.H. and Poldervaart,A., ed., Trace Elements, Basaltsda: Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition, Vol.1, New York, 320-345.

Streckeisen,A., 1967. Clasification and Nomenclature of Igneous Rocks. N.Jb. Mineral Abh., 107, 144-220.

Taylor,S.R. and White,A.J.R., 1969. Trace Elements. Abuadances in Andesites: Bull.

Volcanol., 29, 172-194.

Taylor,S.R., 1969. Trace Element Chemistry of Andesites and Associated Calc-Alkaline Rocks: In Proceeddings of the Andesite Conference, State of Oregon, Dept. of Geo. and Min., Ind. Bull., 65, 43-63.

Wedepohl,K.H., 1975. The Contribution of Chemical Data to Assumption About the Origin of Magmas from the Mantle. Fortschritt. Mineral, S2(2), 141-172.

Winchester,J.A. ve Floyd,P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements, Chemical Geol., 20, 325-343.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

ECONOMICAL AND GEOLOGICAL PROPERTIES OF YATAĞAN (MUĞLA) MARBLE DEPOSITS

Mustafa KUŞCU
S.Demirel University, Geology Department, Isparta/Türkiye

ABSTRACT : *In the Yatağan surrounding area, having various quality and colours marbles occur in different stratigraphical levels of cover schists of the Menderes Massif. The Yatağan's marbles can be divided into four groups according to their stratigraphical positions, locations and importance. These are;*

1. The Permian aged, white and lillac coloured the Kestanecik marble,

2. The Jurassic-Lower Cretaceous aged, white and grayish white coloured the Kozağaç marble,

3. The Upper Permian aged, bordeaux coloured the Kalınağıl Milas marble,

4. And light green and dark gray in colour, the other marbles occur in different locations in the region.

Particularly, the Kestanecik marbles are more important, by its quality and production amounts, than the other marbles of the Muğla-Yatağan region which has been opened to quarry in the recent years. Hovewer, all the marbles of the region are wellknown and to be required both in and out markets. Being medium to thick bedded and locally massif in the region, the marbles can be taken as big blocks up to ten cubic meters. In the Yatağan marble region almost 25 firms have been quarring the marbles for eight years. Annually 45 000 m^3 block marbles are produced in the Muğla-Yatağan marble region.

YATAĞAN (MUĞLA) MERMER YATAKLARININ JEOLOJİK VE EKONOMİK ÖZELLİKLERİ

ÖZET : *Yatağan'ı çevreleyen alanda, Menderes masifinin şistlerle örtülü farklı seviyelerinde değişik kalite ve renkte mermer lokasyonları ve önemlerine göre dört gruba ayrılabilirler. Bunlar;*

1. Permiyen yaşlı, beyaz ve leylak renkli Kestanecik mermeri,

2. Jurasik-Alt Kretase yaşlı, beyaz ve grimsi beyaz renkli Kozağaç mermeri,

3. Üst Permiyen yaşlı, bordo renkli Kalınağıl Milas mermeri ve,

4. Açık yeşil ve koyu gri renkli, diğer mermerler bölgenin farklı lokasyonlarında oluşmuşlardır.

Özellikle, Kestanecik mermerleri, kalite ve üretim miktarlarına göre, son yıllarda Muğla-Yatağan bölgesinde işletilmeye açılmış diğer mermerlerden daha önemlidir. Bununla birlikte bölgedeki tüm mermerlerin kalitesi iyidir, iç ve dış pazarda talep edilirler. Ortadan kalına doğru yataklanmış ve bölgede yer yer masif olan mermer on metreküp'e kadar bloklarda kazanılabilir. Yatağan mermer bölgesinde hemen hemen 25 firma, sekiz yıldan bu yana üretim yapmaktadırlar. Muğla-Yatağan mermer bölgesinde yıllık 45 000 m^3 mermer üretilmektedir.

1.INTRODUCTION

The marbles in the Muğla-Yatağan and its surrounding areas were wellknown and quarried during antique epoch. In the antique cities of the region the marbles had been commonly used at whole buldings. With the history extending 200 B.C. Stratoniceia near to Yatağan and Oremos near to Milas are the Roman cities in which the marbles have been used abundantly.

The Yatağan area which has been a marble province from the past to recent became an attractive place due to the exportation of the marbles and the rapid developments in the Turkish marble trade since 1980. Related to these developments, the number of marble prospection leases increased explosively and many different marble areas have been quarried.

Andolfato's (1967) and Kuşcu's (1991, 1992) investigations are main studies on the Yatağan marbles. In the region, the geology of Menderes Massif were carried out by Başarır (1970), Dora (1975), Boray at al.,(1975), Çağlayan at al., (1980). In addition to these studies Wippern(1985), Orhan and Yılmaz (1987) mostly concantrated on the mine geology of emery ores. The main features of the Muğla-Yatağan marbles were given by Kuşcu (1992).

The aim of this paper are a) to outline the geology of the Yatağan marbles and b) to give and emphasize the economical importance and the position in the Turkey's marble industry.

2. YATAĞAN MARBLE DEPOSITS

In the Yatağan region and its surrounding, the marbles were divided into four categories according to their stratigraphical levels, colours, amounts of productions and demands in home and abroad (Kuşcu,1992).

1. Yatağan-Kavaklıdere-Kestanecik marble
2. Yatağan-Kozağaç marble
3. Milas-Kalınağıl marble
4. The other marbles.

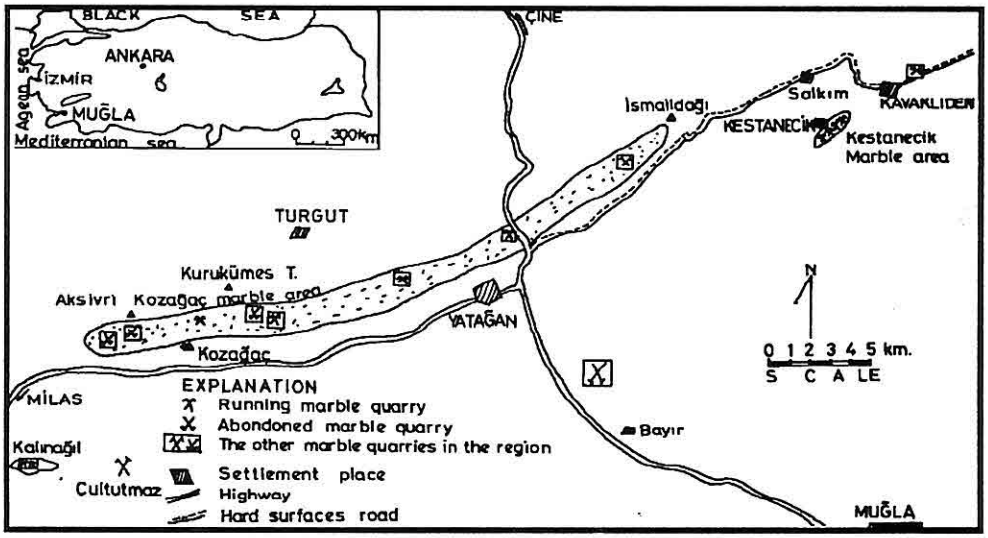


Figure 1. Location map and marble areas.

The Kestanecik village (the Kavaklıdere town) is located at 25 km northeast of the Yatağan district.

The Kozağaç village occurs at the twenth km of the Yatağan-Milas highway and marble deposits extend in E-W direction about one km the north of Kozağaç.

The Kalınağıl village is located in 14 km southeast of Milas and marble extends in E-W direction between the Aşağı Kalınağıl and Yukarı Kalınağıl villages.

The other marble areas can be seen in different localities of the region (Figure 1).

3. GEOLOGICAL SETTING

In the region, all marble deposits occur in different stratigraphical levels of cover schists in the Menderes Massif (Figure 2).

The Menderes Massif, from the center towards the peripherals contain granite, migmatite, gneis, michaschist, graywacke, quartzite and marbles (Ayan, 1973; Dora, 1975; Boray at al.,1975).

The Kestanecik marble lies in the metamorphic series of quartzite and schists. It extends in NE-SW direction as two lenses. One of them is 2600 m and the other one is 1300 m long (Figure 3). The thickness of the Kestanecik marble varies from 50 to 150 meters and its strike is NE-SW. The Neogene conglomerates containing metamorphic gravels and blocks derived basement unconformably overlie all metamorphic units and

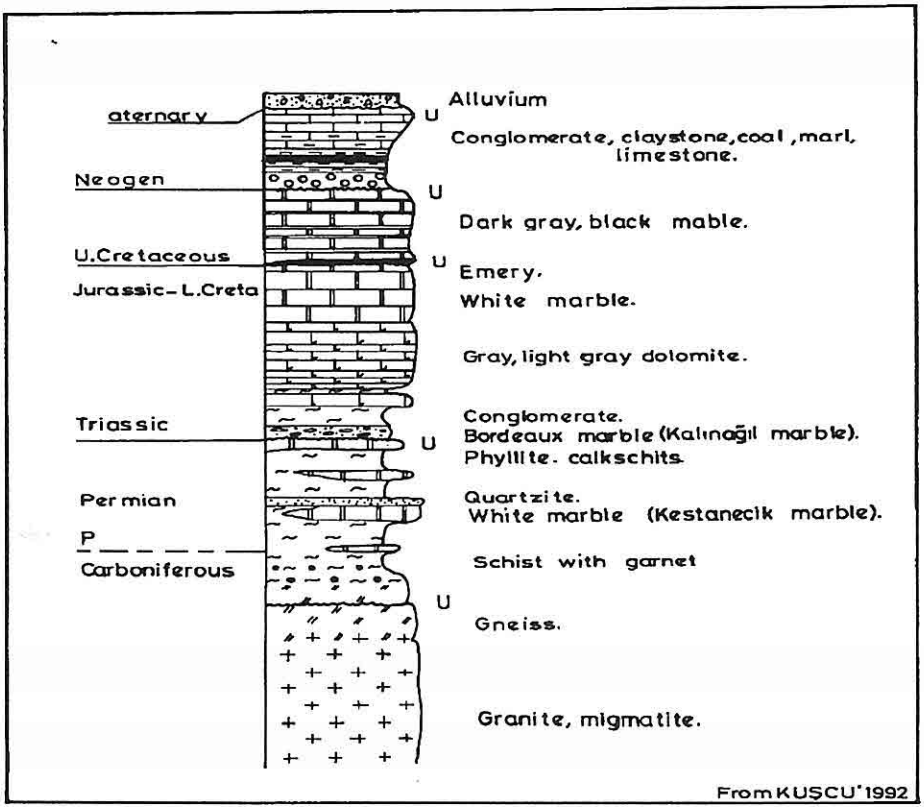


Figure 2. Stratigraphical columnar section (not in scale).

marble. The Kestanecik marble is of Permian age based on its stratigraphical position and previous studies (Ketin,1983;Dora,1970).

The Kozağaç marble forms the upper levels of the Menderes Massif. In the north of the Kozağaç village, the marbles, E-W/50-70 S, have medium to very thick beddings. The Kozağaç marble overlies the dolomite or dolomitic marbles, and is overlied black and dark gray marbles (Figure 4). The emery level between the Kozağaç marble and the black marble constitutes a quide for the Kozağaç marble. The age of the Kozağaç marble changes from Jurassic to Cretaceous (Kuşcu, 1992).

The Kalınağıl marble is found in transition zone of Permian-Triassic. It is thought to be Permian in age. Bordeaux coloured, very thick and locally massif being marble extends in E-W direction in the Kalınağıl vicinity. The marble having rich silica and iron shows

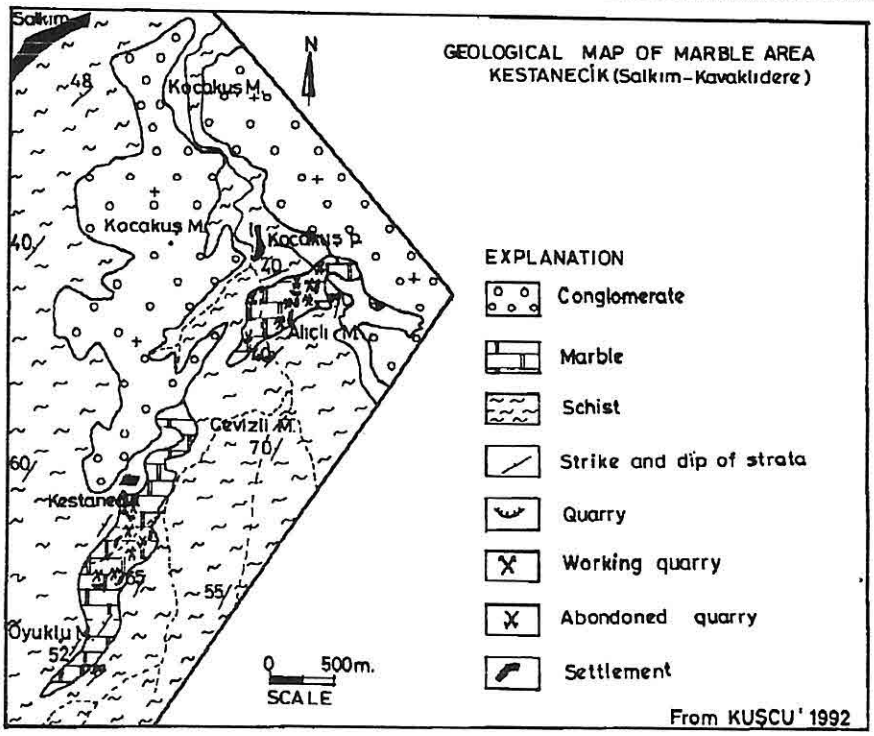


Figure 3. The geological map of Kestanecik marble area.

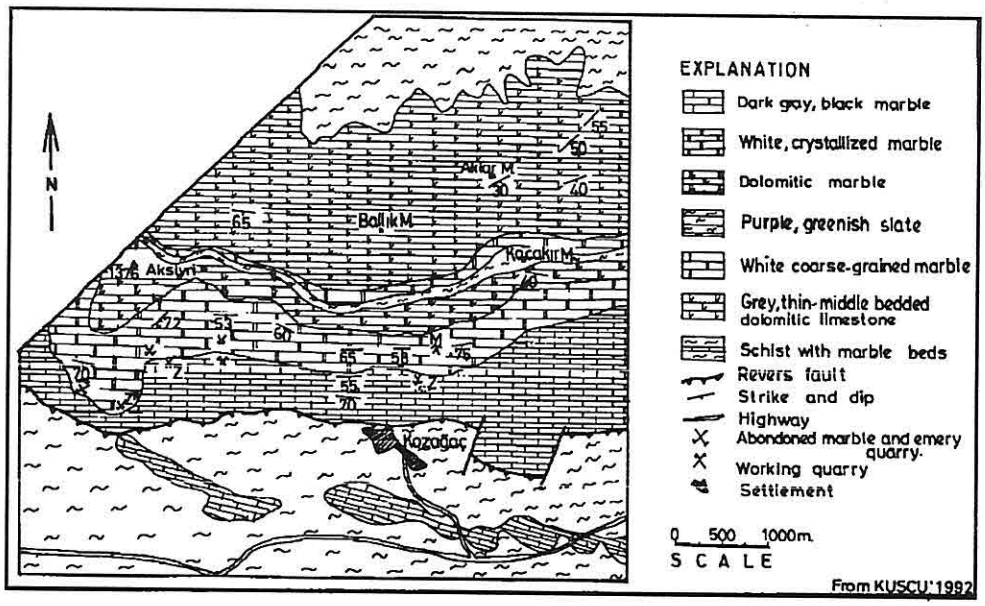


Figure 4. The geological map of Kozağaç marble area.

laterally and vertically transition to schists and metaconglomerates.

Besides, in the region, there have also been different kind of marbles in various colour and stratigraphic levels. While a few are quarried, some of them wait to be quarried. Dark gray, black marble and cream, locally pink marbles below and above the Kozağaç marble; light green, tiger skin and white marbles in the schists; and conglomeratic marbles in Çultutmaz Mountain are the other marbles in the Yatağan region.

4. COLOUR OF MARBLES AND COMPONENTS AFFECTING THE COLOUR

The Kestanecik marble consists of calcite , dolomite pyrolusite, manganocalcite, kutnahorite, ankerite, rhodocrosite and locally pyrite minerals. The minerals were identified under microscop and XRD. The reason of white colour of the Kestanecik marble is calcite and dolomite. Pyrolusite, manganocalcite, kutnahorite and ankerite give purple and lillac colour to the Kestanecik marble (Photo 1, 2). From white to purple and lillac, the colour of the Kestanecik marble is changed due to veins of manganese minerals in the marble beds and isomorphic manganese elements in the calcite lattice. As a result, the colour of the Kestanecik marble is related to manganese proportion in the marble. If there aren't manganese minerals and manganese veins in the marble, it is

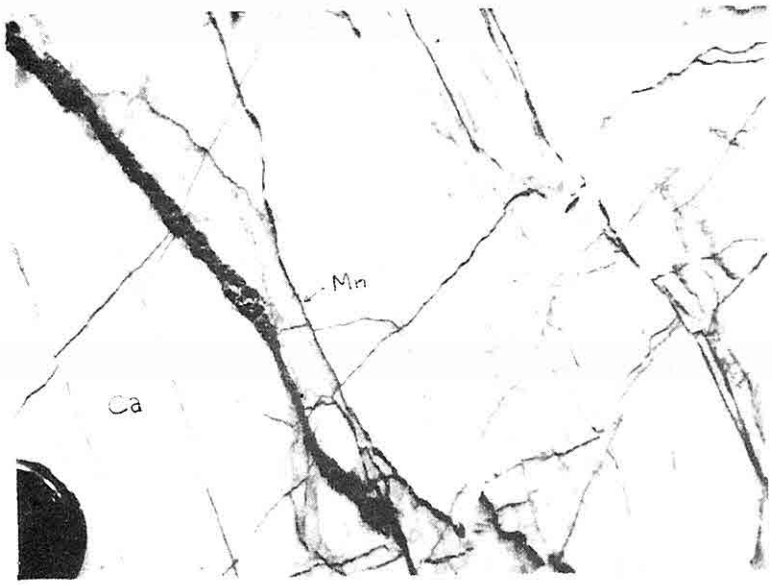


Photo 1. Kestanecik lillac marble.
Mn: The veins of manganese minerals, Ca: Calcite.

white or pearl in colour. Then the marble is called the Milas white, the Milas Pearl, the lemonish white as trade. If there are manganese minerals and veins in the marble, it is lillac and veined. Then the marble is named the Milas lillac and Milas veined.

The Kozağaç marble consist entirely of calcite minerals. The colour of the marble is white or grayish white. Therefore, its colour is given entirely by the calcite minerals.

The Kalınağıl marble contains calcite, quartz, pyrite and less sericite minerals. The colour of the marble is given by the Fe ions occurring in the calcite lattice. Petrographical features and dying elements of the other marbles were not taken into the consideration in the present study.

5. GRAIN SIZE DISTRUBUTION OF MARBLES

The sizes of calcite and dolomite grains in the Kestanecik marble are mostly 0.6-0.7 mm, however some grains may reach to the size of 1-2 mm. Similar sizes have also

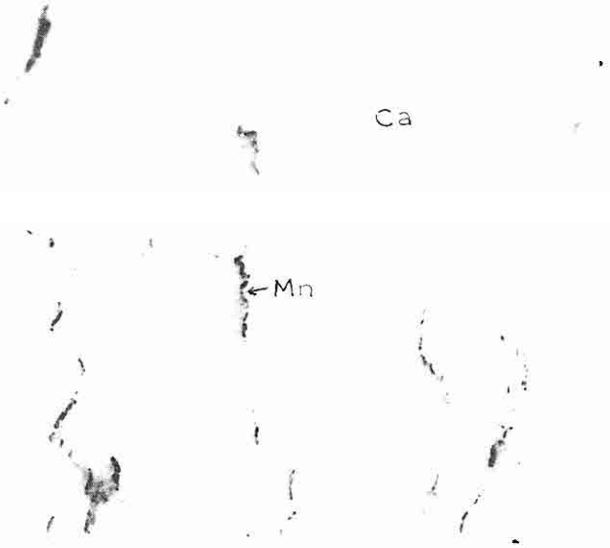


Photo 2. Kestanecik veined marble
Mn: The veins of manganese minerals, Ca: Calcite.

been observed in the other carbonate minerals. The grain sizes of manganese oxides ranges from 25 to 250 microns. The thickness of manganese veins varies from 25 to 250 microns in microscopic scale. In the macroscopic scale, the thickness of manganese veins reaches a few cm.

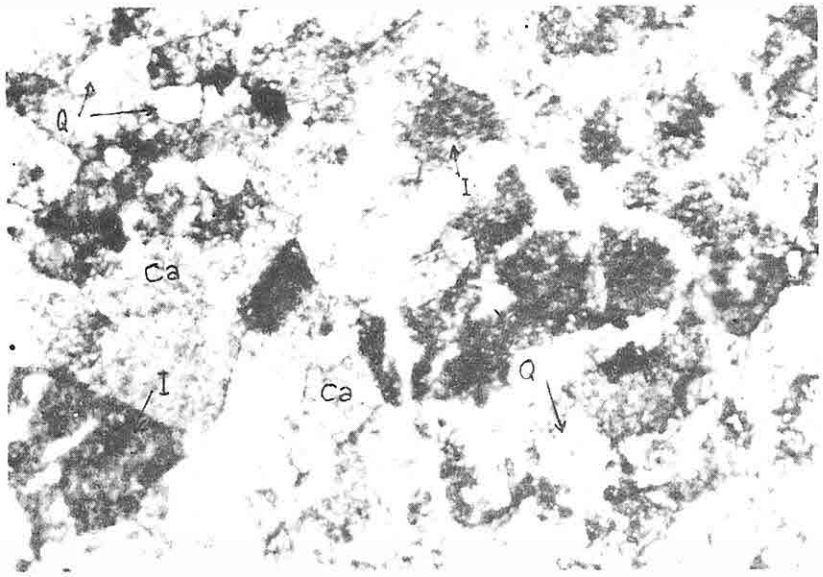


Photo 3. Kalınağıl marble; Q:quartz, Ca:Calcite, I:The parts dyed by iron. Thin section, Crossed polars.

The Kozağaç marbles forming calcite grains have the coarsest minerals in the marbles of the region. Calcite crystalls are usually bigger than 1 mm.

The minerals in the Kalınağıl marbles can be seen in different sizes (Photo 3). Opaque minerals (pyrite) change between 2 and 60 microns. Generally quartz are 0.25 mm. and the sizes of calcite grains reaches from a few microns to 0.25 mm.

The other marbles of the region show a texture which changes from medium to very coarse grain.

The grain sizes of the Yatağan marbles is presented in Table 1.

Table 1- The classification of The Yatağan marbles according to grain sizes.

Grain size mm. Marble	Very thin 0.016 >	Thin 0.016-0.062	Medium 0.062-0.25	Coarse 0.25-1.00	Very coarse 1.00 <
Kestanecik				X	
Kozağaç					X
Kalınağıl			X		
The others			X	X	X

6. CHEMICAL COMPOSITION OF THE YATAĞAN MARBLES

If the results of chemical analysis are examined (Table 2), it is possible to see the mineral compositions of the Yatağan marbles suit to the their chemical compositions. The manganese minerals in the sample of lillac are also seen in the results of chemical analysis. Manganese content of lillac specimen is 4 % and it is strong colouring agent. Quartz and pyrite occur widespreadly in the Kalınağıl marble. SiO_2 and Fe_2O_3 occur 8.13 and 3.36 % in the Kalınağıl marble respectivelly. The reason of high hardness in the Kalınağıl marble are quartz and pyrite minerals.

Table 2- The chemical composition of the Yatağan marbles (%).

Marble	Kestanecik			Kozağaç	Kalınağıl
Compo.	White	Pearl	Lillac	White	Bordeaux
SiO_2	0.1	0.1	0.11	0.80	8.13
Al_2O_3	-	0.1	0.60	0.24	3.02
Fe_2O_3	-	0.2	0.60	0.05	3.36
CaO	54.45	55.30	42.30	55.30	47.59
MgO	1.81	0.63	11.10	0.79	1.48
Mn	-	-	0.40	-	-
L.Ign.	43.48	43.31	44.93	43.39	36.44
Total	99.84	99.64	99.64	100.57	100.02

L.Ign.:Loss of ignition; Kestanecik and Kozağaç (From Kuşcu, 1992).

7. PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE YATAĞAN MARBLES

The some physico-mechanical properties of the Yatağan marbles were given by Kuşcu (1992) and in the catalog of Turkish Marbles (1990). All the physico-mechanical values is shown in Table 3 and they are in conformity with the Turkish standarts.

8. BLOCK SIZES OF THE MARBLE AREAS

In the Kestanecik, Kozağaç, Kalınağıl and the other marble areas, marble beds are medium to thick bedded and massif. The distances between discontinuites varies depending on bedding thickness, joints and fractures' frequency.

In the Yatağan marble region, while Kalınağıl marble is the most massif, the Kestanecik and Kozağaç marble areas have less massif marbles. All marble areas can give very frequent marble blocks (more than 10 m^3) for gang saw. However, block

Table 3- The physico-mechanical properties of Yatağan marbles.

Physico-mechanical properties	Kestanecik				Kozağaç	Kalınağıl	Ts
	I	S	YB	L	K	Ka	
Density gr/cm^3	2.74	2.72	2.73	2.82	2.74	2.84	-
Unit volume weight gr/cm^3	2.72	2.70	2.72	2.80	2.73	2.77	> 2.55
Porosity %	0.20	0.70	0.40	0.93	0.40	2.50	< 2.00
Effective Po. %	0.70	0.14	0.57	0.61	0.41	0.60	-
Water absorption by weight %	0.10	0.05	0.21	0.09	0.17	0.20	< 0.75
Water absorption by volume %	0.20	0.15	0.82	0.28	0.41	0.60	-
Ratio of fulness %	99.30	99.30	99.60	99.20	99.63	97.50	-
Water absorption at boiling water %	0.10	-	-	-	0.33	0.30	-
Hardness Mohs	3.00	3.00	3.5	3.50	3.00	5.00	-
Compressive strength kgf/cm^2	1019	580	948	569	509	522	> 500

S:Pearl YB:Milas White L:Lillac K:Kozağaç White (Kuşcu,1992). The properties of Ka:Kalınağıl, I:Kestanecik in the Marble Catolog (IM-MIB,1990) TS:The limit values according to TS 2513.

dimensions usually changes between 3 and 5 m^3. According to the outcrops measurments, while the Kestanecik and Kozağaç marble areas are rarely jointed (photo 4, 5) the Kalınağıl area has very rare joints according to Deer's (1963) discontinuity classfication. The other marble areas have generally rare joints.

9. ECONOMICAL IMPORTANCE OF THE YATAĞAN MARBLES

If the marble production and exportation of Turkey is examined (Table 4) according to today's position and developments in years, it can be seen that marble block production to reached from 125 thousands m^3 to 185 thousands m^3 from 1978 to 1990.

Today, it is estimated to reach 200 thousands m^3. the increase in marble production is 60 per cent from 1978 to up today in our country. However, this increase doesn't contain small block production (0.3-1 m^3). If these are taken into account, the annual marble production in Turkey may reach to 250 thousands m^3.

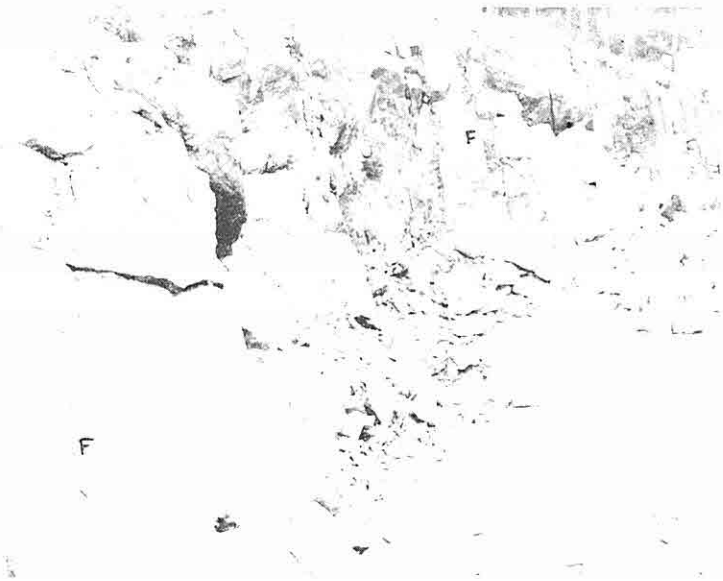


Photo 4. A wiev of marble quarry and discontinues (F) the Kestanecik area.

Photo 5. A marble quarry and discontinues (F) in the Kozağaç area.

Table 4- The marble production and exportation of Turkey.

Years	Production	Export	
		Tone	Values ($)
1978	125.2	18.128	1.340.000
1979	157.0	19.352	1.430.000
1980	158.4	40.995	3.867.000
1981	173.6	55.717	11.395.000
1982	163.0	39.235	10.253.000
1983	185.0	40.627	8.007.000
1984	195.0	29.366	5.013.000
1985	156.7	56.291	23.935.210
1986	123.4	68.674	20.978.287
1987	-	57.918	15.439.319
1988	161.3	66.589	20.927.163
1989	166.6	89.440	29.638.497
1990	185.0	87.326	38.759.557
1991	200.0 estimated	94.647	37.038.130
			(From Metal-Maden,1991)

Turkey's marble export extended from 1 million 340 thousands dollars in 1978 to almost 37 millions dollars in 1991 (Table 5). The development of the marble production and exportation of Turkey between 1978 and 1991 have not gone parallel to each other. While the export values increased 30 times in thirteen years, this increase in production of marble is realised only one time.

Table 5 - The marble production of the Yatağan marble areas.

The name of area	Block (m^3)	Wedge (m^3)
Kestanecik	20000	5000
Kozağaç	8000	2000
Kalınağıl	1500	350
The others	5000	1250
Total	Σ 34500	Σ 8600

The block marble production of the Muğla-Yatağan region for 1990 is shown in table 5. All these marble areas have been quarring about 25 firms and persons. In the Yatağan region, annual total block marble production reaches 40-45 thousands m^3.

While a part of the Yatağan marbles is exported as a block marble, the other part is exported as a polished slabs, tiles table and the other marble productions. If we accept as 250.000 m^3 the block marble production, the ratio of Yatağan marbles in this total production is calculated about 18 per cent. However, it is estimated to have a greater share in export.

The reserves are not accounted directly on the region's marbles. But, the investigations and geological interpretations show that the marbles have in billions m^3 a geological reserv.

10. CONCLUSIONS

In the Yatağan and its surrounding areas, the marbles being in the different stratigraphical levels and different places occur in the cover schists of the Menderes Massif.

The Kestanecik marbles that are well-known as the Milas white, pearl, lillac, veined and lemonish white with trade names, are of Permian age. White and grayish white colouring Kozağaç marble is Jurassic-Lower Cretaceous and bordeaux colouring Kalınağıl marble is Upper Permian in age.

In the recent years, the Kestanecik marble, one of the most important quarring marble is among the all Muğla-Yatağan marbles with its quality and production.

While the colour-giving components are calcite, dolomite and manganese minerals in the Kestanecik marble, calcite is in the Kozağaç marble, iron minerals, calcite and Fe ions in the calcite are the most important elements in the Kalınağıl marble for the marble's colour.

From the medium to thick bedded and locally massif marbles can be taken in large dimension blocks (~10 m^3), the 25 firms and persons have been quarring marble deposits in the region.

In Turkey's 250 000 m^3 marbles production, the Yatağan marbles having 45 000 m^3 share has an important position together with Marmara and Afyon marble and comes in the first positions in the export of Turkey.

REFERENCES

Andolfato,U.,1967. Muğla Ili Mermer Kaynaklarının Tetkiki, Yataklar Ocaklar ve Sanayi: M.T.A Etüd Arama Raporu.

Anonim, 1977. Doğal Yapı Taşları: Türk Standartları Enstitüsü Yayını, TS 2513, 5 s, Şubat, Ankara.

Anonim, 1987. Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları : Türk Standartları Enstitüsü Yayını, TS 699, 82 s, Ocak, Ankara.

Anonim, 1990. Türkiye Mermerleri Katoloğu; IMMIB Yayını, İstanbul.

Ayan,M., 1973. Gördes Migmatitleri: M.T.A Dergisi, No.81, 132-155.

Başarır,E., 1970. Bafa Gölü Doğusunda Kalan Menderes Masifi Güney Kanadının Jeolojisi ve Petrografisi : Ege Üniv. Fen Fak. İlmi Raporlar Serisi 102, Jeoloji 8. İzmir.

Boray,A. ve diğ., 1975. Menderes Masifinin Güney Kenarı Boyunca Bazı önemli Sorunlar ve Bunların Muhtemel Çözümleri: 50.Yıl Yerb.Kongresi Tebliğleri, 11-21, M.T.A Yayını, Ankara.

Çağlayan,M.A., Öztürk,M.E., Sav,H., Akat U., 1980. Menderes Masifi Güneyine Ait Bulgular ve Yapısal Yorum : Jeoloji Müh. Dergisi, S.10., 9-17, Ankara.

Deere,D.U., 1963. Technical Description of Rock Cores For Engineering Purpose: Rock Mech and Engng.Geol.I, 16-22.

Doğan,Z., Arda,T., Görçeşme,I., 1983. Türkiye Mermer Potansiyeli:1. Uluslararası Mermer Simpozyumu Bildirileri,102-107. İstanbul.

Dora,Ö., 1975. Menderes Masifinde Alkalifeldspatların Yapısal Durumları ve Bunların Petrojenetik Yorumlarda Kullanılması: T.J.K. Bült., Cilt 18, sayı 2. Ankara.

Ketin,I., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış: I.T.Ü. Yayını, Sayı 1259. İstanbul.

Kuşcu,M., 1991. Muğla-Yatağan Yöresi Mermer Yatakları: Metalmaden, Türkiye Ihracat Dergisi, C.2, Sayı 3, 41-44, İstanbul.

Kuşcu,M., 1992. Kestanecik ve Kozağaç (Yatağan-Muğla) Mermer Yataklarının Jeolojik ve Ekonomik özellikleri: T.J.M.O. Dergisi sayı 41, 23-36, Ankara.

Orhon,Ş., Yılmaz,A., 1987. Kurukümes (Milas) Zımpara Yatağı Arama Raporu: Etibank M.A.M. Arşiv No. 1268, 11 S. Ankara.

Wippern,J., 1965. Menderes Masifi Çevresindeki Diasporit ve Zımpara Yatakları: M.T.A. Derleme No. 3730, 83 S., Ankara.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

KARKHEH BARAJ YERİ (İRAN) LAHBARİ FORMASYONUNUN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Adel KHALİLİ
İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET : *Zagros kenet kuşağı güneyinde yeralan Karkheh Nehri üzerinde, Karkheh baraj yeri ve göl alanının büyük bir kesimini örten, kiltaşı, silttaşı, killi silttaşı, çamurtaşı, killi kumlu silttaşları ile kumtaşları gibi çok farklı litolojilerden oluşan Lahbari formasyonu alttan Aghajari formasyonu ile tedrici geçişlidir. Birimin Karkheh sıfır baraj yerindeki kumtaşları az geçirimli, Karkheh A baraj yerinde ise geçirimli olup diğer litolojileri ise tamamen geçirimsizdir. İnceleme alanında Lahbari formasyonu, Fiziko-mekanik özellikleri bakımından güvenilir ve sağlamca litolojilerden oluşmuştur.*

THE ENGINEERING CHARACTERISTICS OF LAHBARI FORMATION IN THE KARKHEH DAM SITE (IRAN)

ABSTRACT : *The Lahbari formation which is compased of very different lithologıes such as Claystone, siltstone, clayey siltstone, mudstane, clayey sandy siltistones and Sandstone is situated on the Karkheh river at the south of the Zagros suture zon. It Covers the great part of the Karkheh dam site and the lake area and show gradually intersected by Aghajari formation from down. The sandstones of the unit at the Karkheh Zero dam site have low permeability where as it is permeable at the Karkheh A dam site and the other units are Completely impermeable. İn the investigated area Lahbari formation is composed of lithologies which is firm and reliable according to their phizico-mechnical characteristics.*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı İranın GB'sında Khuzistan İli sınırları içerisinde Endimeshk İlçesinin yaklaşık 30 Km KB'sında yeralmaktadır (Şekil:1). Bu araştırmada; Zagros kenet kuşağı güneyinde yeralan yaklaşık 50.000 Km^2 gibi geniş bir havza alanı kaplayan Karkheh Nehri üzerinde taşkın kontrolu, enerji üretimi ve sulama amaçlı Karkheh baraj yeri ve göl alanının büyük bir kesimini örten, Lahbari formasyonunun Fiziko-mekanik özellikleri irdelenmiştir.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Baraj yeri ve göl alanı kıvrımlı Zagros zonunun GB'sında yeralmaktadır. Bu zonun KD'sunda Zagros bindirme zonu ve GB'sında Khuzistan düzlüğü (Arap platformu) yeralmaktadır.

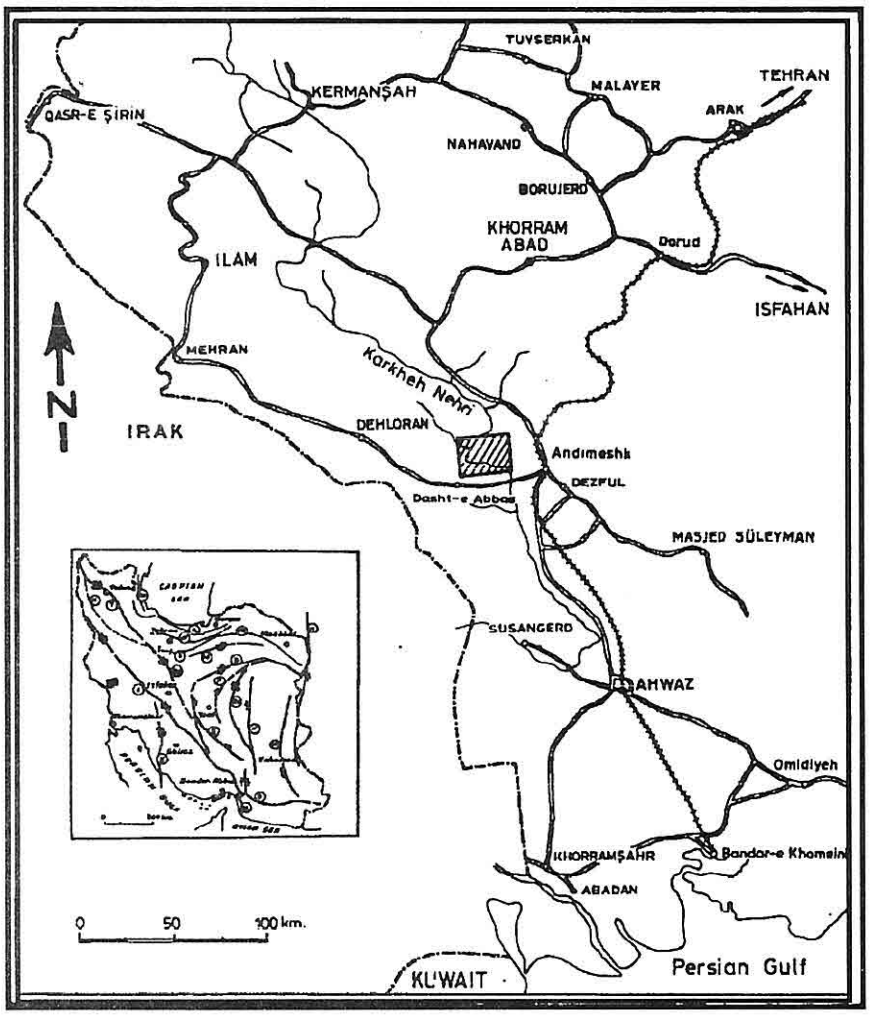
Zagrosun en yüksek kesimlerini meydana getiren ve Yüksek Zagros adını alan, Zagros bindirme zonundaki Mesozoyik yaşlı birimlerin tümü GB'ya doğru itilmiştir. Bu zon KB-GD doğrultulu eski ve derin bir rift boyunca İran ve Arabistan platformlarının sınırlarını karakterize etmektedir. Zagros jeosenklinalının derin kesimlerinde, oluşan zon, Liyastan Eosene kadar yaklaşık 3500 m kalınlığındaki globijerinalı marnlar, radiolaritler, ofiyolitik kayalar ve filiş çökellerinden oluşmuştur. Kıvrımlı-Zagros bölgesi ise İran'ın GB'sında çok basit bir jeolojik yapıya sahip olmakla beraber bir dizi KB-GD gidişli antiklinal yapıları sunmaktadır. 10.000 metreden fazla bir kalınlığa sahip olan bu denizel çökeller, Alp orojenezi sonlarına doğru (Pliosen-Plestosen) kıvrımlanmıştır. Bu bölgenin sedimenter çökellerini; oluşum ortamı, ve şekline göre 3 ana başlıkta toplamak mümkündür (Tehrani 1989).

A) Orta Triyas sonuna kadar oluşan platform özelliğindeki çökeller.
B) Üst Triyas'dan Miyosene kadar oluşan jeosenklinal çökelleri.
C) Son Alp orojenezinden hemen sonra oluşan Bahtiyari formasyonu.

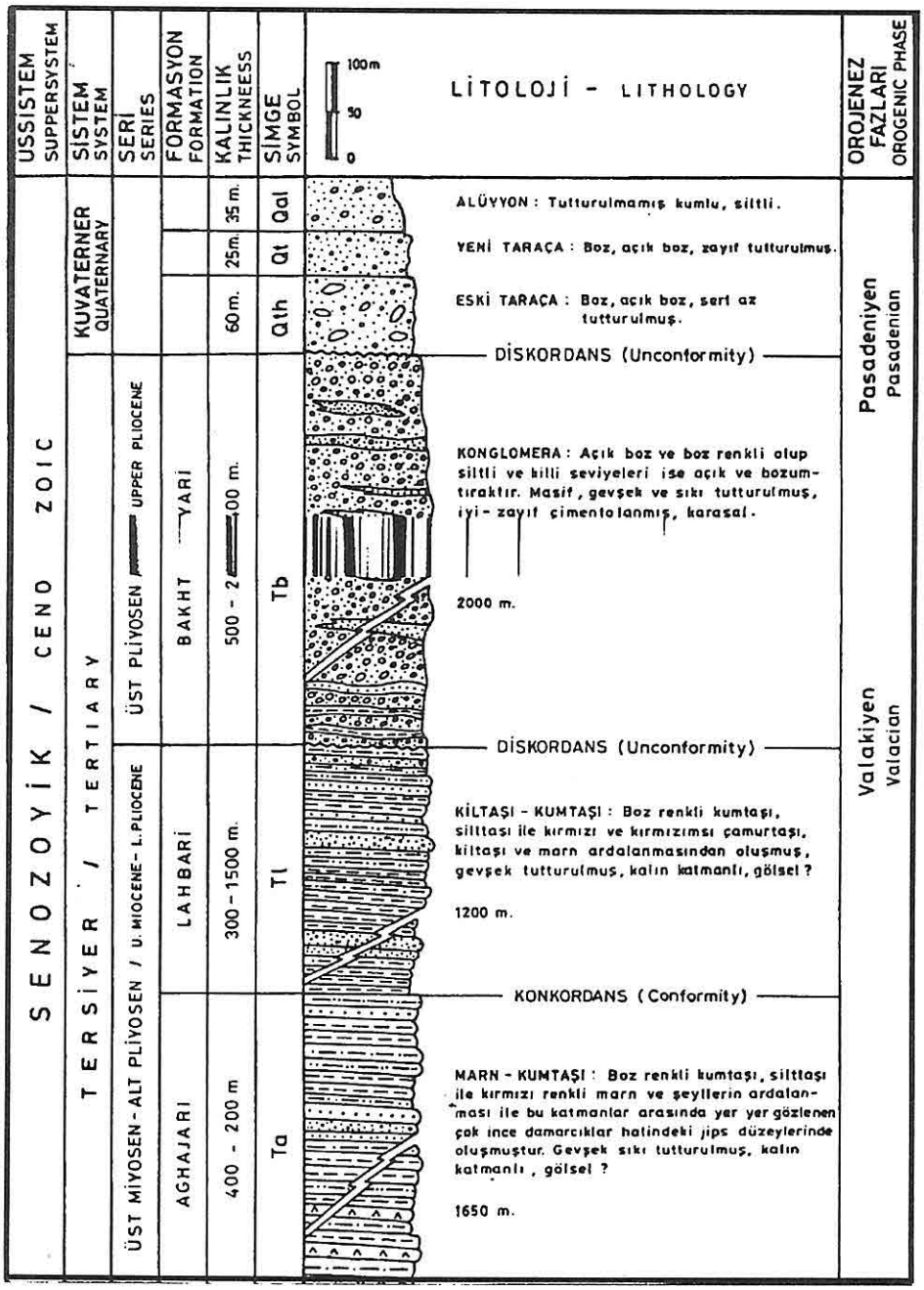
3. STRATİGRAFİK JEOLOJİ

Göl alanı ve baraj yerinin en yaşlı birimi, Tersiyer sisteminin Alt Miyosen yaşlı Gachsaran formasyonudur. Bu birim üzerine Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı Aghajari formasyonu konkordan olarak gelir. Lahbari formasyonu ise Aghajari formasyonu ile tedrici geçişlidir. İnceleme alanında yaygın mostra veren Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Bakhtiyari formasyonu, Lahbari formasyonu üzerinde diskordanslıdır (Şekil:2).

Lorestan ve Khuzistan illerinin bazı kesimleri ile Fars ilinin güneyinde, Aghajari formasyonunun üzerinde silttaşı ve killi silttaşı istifi ile oldukça geniş ve kalın bir yayılım gösteren birim önceki incelemelerde Lahbari üyesi olarak değerlendirilmiştir. Ancak inceleme alanında birim; kiltaşı, silttaşı, killi silttaşı, çamurtaşı, killi kumlu silttaşları ile haritalanabilir kumtaşları gibi çok farklı litolojilerden oluşması ve hemen



Şekil 1. İnceleme alanının mevki haritası.



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.

hemen durulduğu her yerde bir şapka gibi Aghajri formasyonu üzerinde yeralması, litostratigrafi ve kronostratigrafi açısından birimin formasyon aşamasında incelenmesine neden olmuştur (Khalili 1993).

Lahbari formasyonu; çok değişik kalınlıklara sahip olan, gri ve kahve renkli kumtaşları, kırmızımsı kiltaşı, marn, silttaşı, killi silttaşı ve çamurtaşları ile kırmızımsı ve kahve renkli killi kumlu silttaşlarının ardalanması şeklindedir. Birim yanal ve düşey yönde sık değişen litolojiler sergilemektedir. Karkheh sıfır baraj yerinde yapılan araştırma sondajlarında, farklı litolojilerden oluşan istif içerisinde az tutturulmuş çeşitli kumtaşı düzeylerini ayırtetmek mümkündür. Kalınlıkları bazen 10 m'yi aşan kumtaşları yaklaşık 8° KD eğimlidir. Kuvars, feldespat ve çört gibi minerallerin bir arada tutturulmasından oluşan kumtaşlarının çimentolanması orta derecelidir. Çapraz tabakalanma özelliğine sahip olan kumtaşları farklı kalınlık ve dayanımlardan dolayı mostra dağılım ve yayılımları da farklıdır.

Kumtaşı katmanları arasında, bir kaç desimetre ile 100 m'yi aşan yumuşak ve az tutturulmuş silttaşı, kiltaşı, siltli marn ve çamurtaşı katmanları görülür. Yumuşak ve dayanıksız litolojilerden oluşan bu katmanlar, aşınmanın etkisi altında kalarak alçak ve yayvan bir topografya sunarlar.

4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Karkheh sıfır baraj yeri ve yan tesislerinin temelini Lahbari formasyonu oluşturmaktadır. Birim kendi içinde 15'i aşkın dayanıklı kumtaşı katmanı ile kalın katmanlı ve az dayanımlı silttaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşmuştur. Baraj yeri nehir kenarının, doğal yamaç eğiminin oldukça düşük olması ve birimin kumtaşı gibi dayanıklı seviyelerle ardalanmalı oluşu yamaçların genelde stabil olduğunu göstermektedir.

4.1. Birimin Geçirimliliği

Karkheh sıfır baraj yerinde oldukça geniş yayılım gösteren Lahbari formasyonunun kil ve marn düzeyleri, Lugeon sınıflamasına göre geçirimsiz ($k \leq 1$ Lugeon), kumlu ve kumtaşı düzeyleri ise az geçirimlidir (Çizelge: 1). Birimin yanal ve düşey litoloji değişimleri, kumtaşlarının akifer olma özelliklerini değiştirmektedir.

Karkheh A baraj yerinde Lahbari formasyonu; Bakhtiyari formasyonu delindikten sonra, yaklaşık 35 m kalınlığındaki geçirimsiz kiltaşı ile başlar ve derine doğru bu geçirimsiz örtü katmanından sonra 55 m kalınlığı ile Lahbari formasyonunun geçirgen kumtaşı katmanı gelmektedir. Araştırma sondajlarında yapılan Lugeon basınçlı su deneylerine göre kumtaşı katmanının geçirgenliği 50 - 60 Lugeon'dan fazladır.

Çizelge 1- Kayaların geçirimliliği hakkında bazı izafi miyarlar (Lugeon 1933).

k	1	Lugeon'dan az	Geçirimsiz
k	1 - 5	Lugeon	Az geçirimli
k	5 - 25	Lugeon	Geçirimli
k	25	Lugeon'dan fazla	Çok Geçirimli

Lahbari formasyonunun kumtaşı düzeyleri Karkheh A baraj yerinde geçirimli olup, basınçlı akifer tipi oluşturmasına rağmen birimin Karkheh sıfır baraj yerindeki kumtaşı düzeyleri Lugeon sınıflamasına göre geçirimsiz veya az geçirimli özelliğindedir.

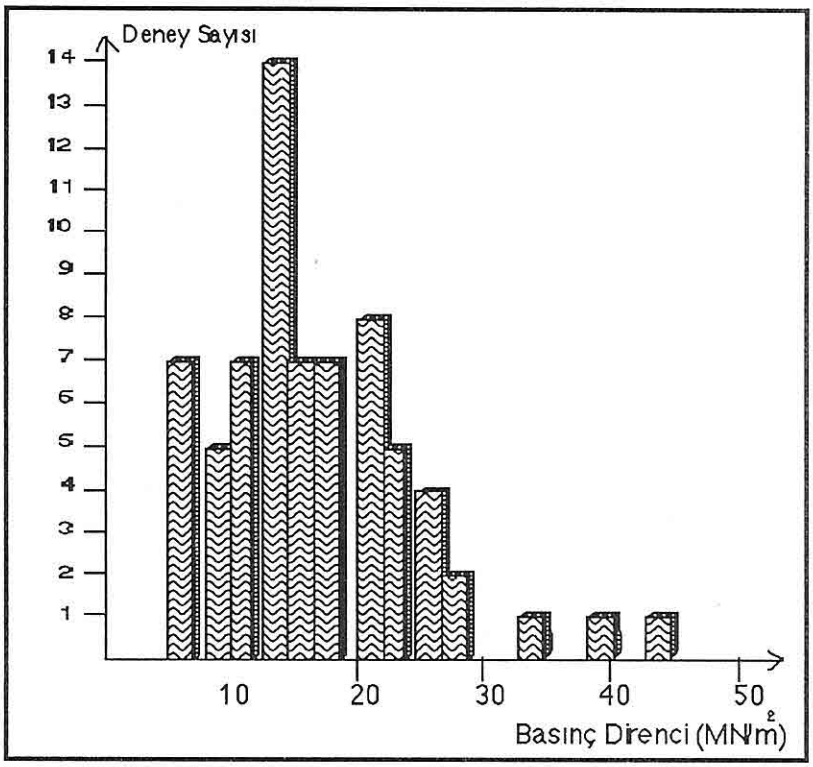
4.2. Birimin Direnç Özellikleri

Lahbari formasyonunun kumtaşı katmanlarının kalınlıkları 4 - 10 m arasındadır. Ancak, bu katmanlar arasındaki kiltaşı, silttaşı ve killi silttaşlarının kalınlıkları ise 15 - 100 m arasında değişmektedir. Birimin kumtaşlarının, alterasyon ve aşınmaya karşı dayanımları birbirlerinden farklıdır. Değişik hava koşulları etkisi altında kalan katmanların, yüzeydeki ayrışma zonlarında, küçük çaplı heterojen kırık ve çatlaklar gelişmiştir. Ancak derinlere doğru bu çatlakların etkisi kaybolarak sağlamlık derecesi artmaktadır.

Karkheh sıfır baraj yerinde Lahbari formasyonunun farklı kesimlerinde yapılan araştırma sondaj ve çukurları birimin alterasyon kalınlığının 1 - 2 m dolayında olduğu göstermiştir. Laboratuvar incelemeleri, bu zeminlerin Birleştirilmiş zemin sınıflamasına (Casagrande 1948) göre, genellikle siltli kum (SM), kum silt karışımı ile az plastisiteli killi siltlerden (ML) oluştuğunu göstermiştir.

Birimin direnç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla araştırma galeri ve sondaj loglarından alınan numuneler üzerinde tek eksenli serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Kumtaşı, silttaşı ve kiltaşlarının farklı seviyelerinden alınan 65'i aşkın numunenin serbest basınç deney sonuçları şekil 3'de gösterilmiştir. Buna göre birimin maksimum serbest basınç dirençleri; 44 MN/m^2 (448.8 kg/cm^2) ile kumtaşlarında, minimum 6 MN/m^2 (61.2 kg/cm^2) ile kil taşlarında gözlenmiştir.

Karkheh sıfır baraj yerinde Lahbari formasyonunun oluşturan litolojiler çok farklı direnç özelliklerine sahip olmalarına rağmen, kiltaşlarının ayrışmış zonları dışında genellikle 125 - 500 kg/cm2 gibi basınç dirençleri ile güvenilir ve sağlamca litolojilerden oluşmuştur. Bieniawsky (1974)nin yapmış olduğu sınıflamaya göre Lahbari formasyonu çok az veya az dirençlidir (Çizelge.2).



Basınç Direnci (MN/m^2)

Şekil 3. Karkheh sıfır baraj yerinin tek eksenli serbest basınç deney histogramı (Karkheh river basın development 1979).

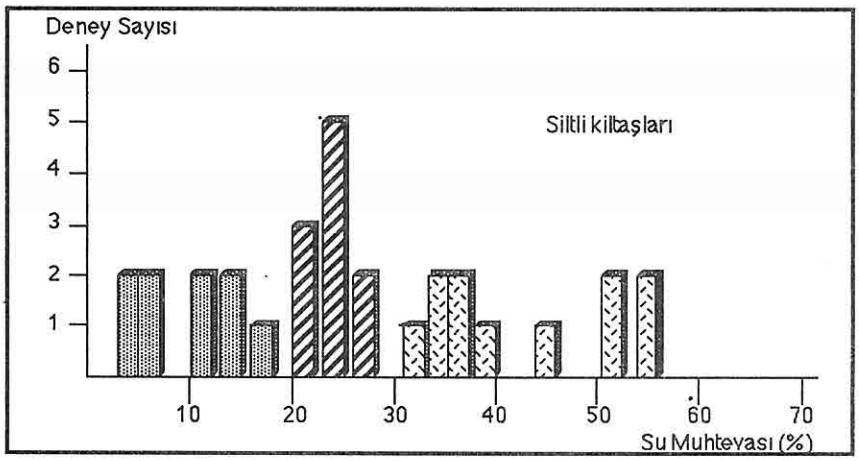
Çizelge 2- Kayaçların basınç dirençlerine ve nokta yükleme dirençlerine göre sınıflandırılması (Bieniawsky 1974).

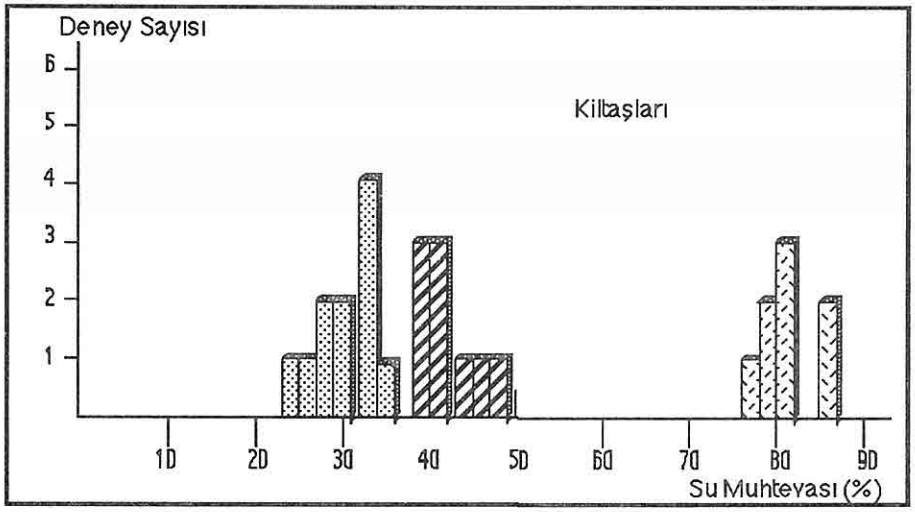
	Kaya Direnci	Tek Eksenli Basınç Kg/cm^2	Nokta Yükleme Direnci Kg/cm^2
1	Çok az dirençli	< 250	10
2	Az dirençli	250-500	10-20
3	Orta dirençli	500-1000	20-40
4	Çok dirençli	1000-2000	40-80
5	Çok fazla dirençli	> 2000	> 80

Lahbari formasyonunun kumtaşı numuneleri suda bekletildiği zaman (60 gün) serbest basınç dirençlerinde % 50-60 oranında düşüş gözlenmiştir. Suda bekletme ve kurutma işleminin tekrarlanması ile numunelerin tamamen parçalandıkları gözlenmiştir.

4.3. Birimin İndeks Özellikleri

Birimin Karkheh sıfır baraj yerindeki siltli kiştaşları ve kiltaşlarının indeks özellikleri (Tabii su muhtevası W_n, Plastik limit W_p ve Likit limit W_L) şekil 4'te gösterilmiştir.





Şekil 4. Karkheh sıfır baraj yerinin altere olmuş kiltaşlarının ve siltli kiltaşlarının Wn ( ), Wp ( ) ve WL ( ) su muhtevası histogramları.

Karkheh sıfır baraj yerini örten altere olmuş kiltaşları ve siltli kiltaşlarının 40 no'lu elekten geçen numunelerinin su içerikleri ölçülmüştür (Karkheh River Basin Development 1979). Buna göre kiltaşlarının maksimum tabii su muhtevası % 39, minimum tabii su muhtevası % 24 ve ortalama tabii su muhtevası % 37, maksimum plastik limiti % 44, maksimum Likit limiti % 87, minimum Likit limiti % 76, ortalama Likit limiti % 81.7 ve plastisite indisleri % 37.3 olarak hesaplanmıştır. Siltli kiltaşlarının ise minimum tabii su muhtevası % 4, maksimum tabii su muhtevası % 17, ortalama tabii su muhtevası % 10, maksimum plastik limiti % 27, minimum plastik limiti % 21, ortalama plastik limiti % 23.6 ve likit limitleri % 31-54 arasında olup plastisite indisleri % 17.6 olarak hesaplanmıştır. Bölgenin aşırı sıcakları ve yağış miktarının düşük oluşu, bu malzemelerin tabii su muhtevalarının oldukça düşük olmasına neden olmuştur ($W_n < W_p$).

5. SONUÇLAR

Karkheh sıfır ve Karkheh A baraj yerleri ile göl alanında yayılım gösteren Lahbari formasyonunun; kil ve siltli kiltaşları geçirimsiz olup kumtaşları ise Karkheh sıfır baraj yerinde az geçirimli, ancak Karkheh A baraj yerinde geçirgen olup, basınçlı akifer özelliği göstermektedir. Yapılan serbest basınç deney sonuçlarına göre birim baraj yeri olma açısından sağlamca güvenilir bir temel oluşturmaktadır. Fakat birimin kumtaşlarının rip-rap malzemesi olarak kullanılması sonderece sakıncalıdır. Baraj yeri ve tünel kazılarında birimin kiltaşlarının ve siltli kiltaşlarının kazılması ile çıkan malzemeleri gövde dolgusunda kullanmak mümkündür.

6. KATKI BELİRTME

Bu araştırma ve değerlendirme İ.Ü.Müh.Fak. Uygulamalı jeoloji anabilim Dalında tamamlanmış olan Doktora çalışmasının bir kısmını teşkil etmektedir. Yazar Doktora çalışmalarının danışmanlığını yapan Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı başkanı Prof.Dr. Okay GÜRPINAR'a ve öğretim üyelerinden Prof.Dr. S.Okay EROSKAY ve Yrd.Doç.Dr. A.Malik GÖZÜBOL'a değerli eleştiri ve katkılarından dolayı içtenlikle teşekkür eder. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında ve laboratuvar verilerinin temininde kolaylık sağlayan Mahab Goods Mühendislik ve Müşavirlik Şirketi yöneticilerine teşekkürü bir borç bilirim.

7. KAYNAKLAR

Berberian,M., King,C.P., 1981. Towards a Paleogeography and Tectonic Evolution of Iran. Canadion Jour. of earth Sci. Vol. 18, No:2.

Bieniawsky,Z.T., 1974. Geomechanics Classification of Rocks Masses and Its Application in Tunneling Prac. 3 Cong, of Int. Sac. Rock. Mech. V.II A, PP.27-32.

Çelebi,A., Ansal,A., 1992. Kalıcı Kayma Mukavemeti Parametreleri. Zemin Mekaniği

ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi, 4. Ulusal Kongresi, I. cilt, İ.T.Ü.

Erguvanlı,K., 1982. Mühendislik Jeolojisi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi.

Kumbasar,V., Kip,F., 1985. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İ.T.Ü.

Khalili,A., 1993. Karkheh Baraj Yerinin Mühendislik Jeolojisi ve Göl Alanı Yamaçlarının Duraylılığı. İ.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, İstanbul.

Nabavi,M.H., 1976. Dibaçe-i Ber Zeminşenası-ye İran. Geological Survey of İran Publications.

Önlp,A., 1983. İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, Cilt:2 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Özaydın,K., 1989. Zemin Mekaniği. Yıldız Üniversitesi, İstanbul.

Özsan,A., 1989. Görmel Baraj Yeri ile Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Kayaların Jeoteknik Özellikleri, T.J.Bül. Cilt:32.

Stocklin,J., 1977. Structural Correlatin of the Alpine Ranges Between Iran and Central Asia. Memoire Hors-Serie N8'de Ia Societe Geologique de France, 8, pp. 333-353.

Tehrani,K., 1989. Stratigraphy of Iran and Type Sections of Formations. Tehran University Publications, No:1977.

Terzaghi,K., 1950. Mechanism of Landslides. Engineering Geology Volume, The Geological Society of America, 83-122.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

NİĞDE MASİFİ GÜNEYBATI KESİMİ (KARAMAHMUTLU- KARACAÖREN)'İN JEOLOJİSİ, PETROGRAFİSİ VE AMFİBOLİTLERİN KÖKENSEL YORUMU

Özay DEMİR
Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/ Türkiye
Fikret İŞLER
Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Çalışma alanında Niğde Masifi metamorfitlerinin bir bölümünü oluşturan mermer, amfibolit, gnays ve şistler ile bunlar üzerine bir diskordansla gelen Senozoyik yaşlı çökel birimler yüzeylenmektedir.*

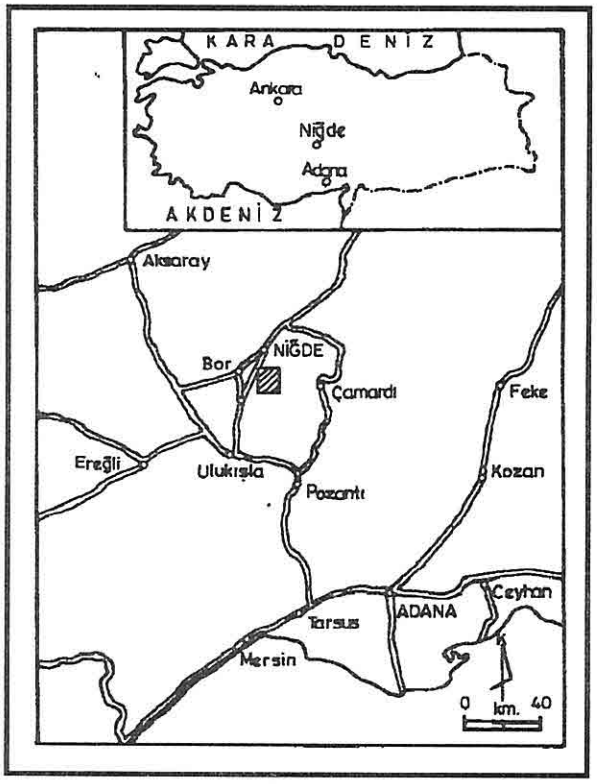
Bölgede yer alan metamorfitler jeolojik ve petrografik olarak detaylı bir şekilde incelenmiş olup bunlardan kimyasal analizlere dayalı kökensel yorumlara gidilmiştir. Yapılan çalışmalar sonrasında metamorfitlerin arazideki konumları da göz önüne alınarak büyük bir bölümünün orto köken , daha az bir kısmının da para kökenli oldukları ortaya konulmuştur.

GEOLOGICAL AND PETROGRAPHICAL INVESTIGATION OF SOUTHWEST NİĞDE MASSİF (KARAMAHMUTLU - KARACAÖREN) AREA AND GENETIC INTERPRETATION OF THE AMPHIBOLITES

ABSTRACT : *In the study area, the Niğde Massif metamorphics, which partly include marble, amphibolites, gneis and schists, are disconformably overlain by Cenozoic rock units. Detailed geological and petrographical investigation and geochemical analysis of metamorphics provided a substantial idea on the origin interpretation of these rocks in the study area. The geological investigation demonsrated that the origin of metamorphics are mainly ortho and includes some para origin.*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Niğde'nin 5 km güneyinde Karamahmutlu-Karacaören bölgelerini içeren yaklaşık 140 km^2'lik bir bölgeyi kapsar (Şekil 1).



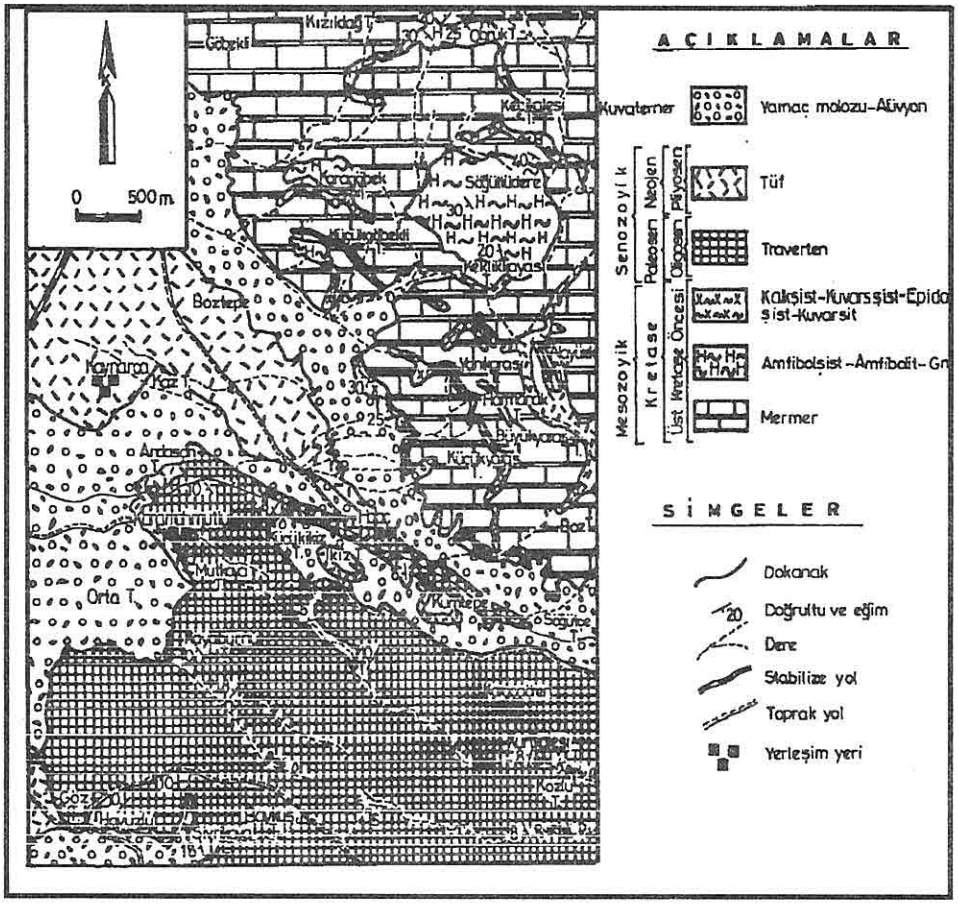
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Bölge ve yakın çevresi değişik konular altında birçok araştırıcı tarafından incelenmiştir. Tromp (1942), Bölgede yüzeylenen birimleri ilk kez "Niğde Serisi" olarak adlandırmış ve bu serinin granatlı şistler ile mermer ve kuvarsitten meydana gelmiş bir dizi olduğunu ileri sürmüştür. Blumenthal (1941, 1956), Niğde masifinin metamorfize olmuş Paleozoyik yaşlı birimlerden oluştuğunu savunarak tüm kütleye "Niğde Kompleksi" adını verir. Göncüoğlu (1977, 1981a, 1981b, 1982) çalışmalarında bölgede yüzeylenen metamorfik kayaçları "Niğde grubu" adı altında toplar ve birimleri alttan üste doğru, çeşitli gnays türlerini içeren Gümüşler formasyonu; gnays, amfibolit ve karbonat ardalanmasından oluşan Kaleboynu formasyonu; ve masif karbonatlardan oluşan Aşıgediği formasyonu adları altında inceler. Yetiş (1978) Ecemiş fay zonu boyunca yörenin jeolojisini

incelemiştir. Baş ve diğerleri (1986), İşler (1989, 1991) Bölgemiz çevresinde yüzeylenen volkanitlerin jeokimyası ve petrografisini incelemişlerdir. Yıldırım ve İşler (1992), Bölgenin yakın çevresinde yüzeylenen metamorfit ve mağmatitlerin petrografisini incelemişler ve bölgede yüzeylenen metamorfik kayaçların daha önce var olan ofiyolitik seriye ait bazik ve ultrabazik kayaçların metamorfizması sonucu geliştiğini ileri sürmüşlerdir.

2. GENEL JEOLOJİ

İncelenen bölge içerisinde Kretase yaşlı oldukları kabul edilen (Göncüoğlu 1977, 1981a,b) metamorfitler ile Oligosen yaşlı travertenler ve Pliyosen yaşlı tüf ile Kuvaterner yaşlı yamaç molozları yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Karamhmutlu-Karacaören ve yöresinin jeoloji haritası.

Genellikle birbirleriyle iç içe görülen metamorfik birimler, incelenen bölgenin bazı kesimlerinde rahatlıkla haritalanabilecek boyutlarda yüzeylenme gösterirler. Bölgede yüzeylenen metamorfik birimler olarak; mermer, amfibolit, amfibolşist, kalkşist, mikaşist, epidotşist, kuvarsit ve meta-gabro sayılabilir.

2.1 Mesozoyik

2.1.1 Mermer

Metamorfitler içerisinde en fazla yüzlek veren birimdir. Oldukça kırıklı ve çatlaklı görünüme sahip olan mermerler Kızıldağ tepe ve Göbekli tepe mevkiilerinde masif ve saf olmalarına karşın Obruk tepe, Karagöbek tepe ve Harmancık tepe dolaylarında diğer metamorfik birimlerle birlikte görülür. Genellikle amfibolşist, mikaşist ve epidotşist birimleri mermerler içerisinde çeşitli kalınlıklarda ara seviyeler şeklinde veya merceksi olarak yer alırlar. Ayrıca yine mermerler içerisinde 4-5 m kalınlık ve 30-40 metre uzunluğa erişen kuvarsit damarları da gözlenmektedir. Yapılan mikroskopik incelemeler sonucu bölge mermerlerinin genellikle iri kalsit tanelerinden oluştuğu ve kalsitlerin çoğunlukla polisentetik ikiz ve baklava şeklinde dilinim izi gösterdikleri tespit edilmiştir. Tali mineral olarak az miktarda ksenomorf küçük kuvars taneleri ile subotomorf muskovit mineralleri gözlenmiştir.

2.1.2 Kalk Şist

Mermerlerden grimsi yeşil renkli olması ve belirgin şisti görünümü ile kolaylıkla ayrılabilen kalkşistler bölgenin Alayürek tepe, Karakuyu tepe, Yanıkkarısı ve Ziyaret Tepe'de yüzeylenirler. Tektonizma sonucu fazlaca kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunarlar. Mikroskopik gözlemler neticesinde bölgedeki kalkşist birimi içerisinde aşağıda gösterilen şu parajenezler tespit edilmiştir.

Kuvars - epidot - amfibol - kalsit

Kuvars - amfibol -piroksen - kalsit

Kuvars - piroksen - kalsit

Daima hakim mineral olarak görülen kalsit minerallerinde tektonik etkiler sonucu zaman zaman bükülmeler ve kırılmalar gözlenmiştir. Epidotlar genellikle küçük granüller şeklinde izlenmiş, amfibol ve piroksen mineralleri ise genellikle orta boy taneler ve bazen iri subotomorf taneler şeklinde gözlenmişlerdir. Tali mineral olarak çok seyrek şekilde sfen ve granat mineralleri tespit edilmiştir.

2.1.3 Gnays

Söğütlüdere tepe ve Keklikkaya tepe mevkiinde amfibolşist ve amfibolitlerle birlikte yüzeylenme gösterirler; Haritalamada gnays, amfibolit ve amfibolşistler birbirlerinden ayrılmadan, birlikte haritalanmışlardır. Açık renkli olmaları ile amfibolit ve amfibol

şistlerden kolaylıkla ayrılabilen gnayslar genellikle iki mikalı gnays özelliğindedir. Mikroskopik incelemeler sonucunda dalgalı sönmeli, kırık ve çatlaklı bol kuvars içerdikleri ve biyotitlerin kısmen ayrışmış ve epidota dönüşmüş oldukları gözlenmiş, muskovitlerin biyotitlere oranla daha küçük boyutlarda ve az oldukları görülmüştür. Kuvars mineralinden sonra ikinci hakim minerali oluşturan ve % 40-45 An. içeren plajioklazların andezin oldukları tespit edilmiş ve genellikle kısmen ayrışarak serisite dönüşmüş oldukları gözlenmiştir. Ayrıca bir kısım örneklerde muskovit ve biyotit minerallerinden daha fazla olması ve karakteristik koyu yeşil rengi ila zümrüt yeşili ve açık sarı net pleokrizma göstermesi ile dikkati çeken viridin kristali tespit edilmiştir. Bu mineralin görüldüğü örneklere viridinli iki mikalı gnays adı verilmiştir.

2.1.4 Amfibolit ve Amfibolşist

Amfibolit ve amfibolşist tanımları Wenk ve Keller (1969), Erkan (1988), Cannon (1969)'a göre yapılmıştır. Bu birimler değişik bölgelerde mermer ve kalkşistler arasında ara bant ve merceksi konumda görüldüğü gibi, Söğütlüdere tepe, Obruk tepe, Karagöbek tepe ve Küçükgöbekli tepe mevkiilerinde de haritalanacak boyutta gözlenirler. Genellikle koyu renkli ve kısmen tabakalı yapı göstermeleri ile dikkati çekerler. Amfibolit ve amfibolşistlerle birlikte yer yer aktinolitşist, epidotşist ve kuvarsşistlerin varlığı da makroskopik ve mikroskopik incelemeler sonucu tespit edilmiştir.

Amfibolit örneklerinde genellikle subotomorf ve otomorf olarak orta ve iri taneler şeklinde gelişen amfibol, hakim mineral olup % 90'ını oluşturur. Amfibol şist örneklerinde ise bu oran % 50-60 civarına kadar düşmektedir. Çoğunlukla dalgalı sönmeli olan kuvars, küçük ve orta boy taneler şeklinde olup yer yer uzanım kazanmışlardır. % 30-40 An içeren andezin türü plajioklaz mineralleri ise çoğunlukla ayrışmış ve kısmen serisit ve muskovite dönüşmüşlerdir. Piroksen ise genellikle orta boy taneler şeklinde ve subotomorf olarak izlenmiş ve yapılan incelemeler sonucu diyopsit oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca bazı örneklerde ise küçük granüller şeklinde epidotlar izlenmiştir. Tali mineral olarak bazı örneklerde sfen, granat ve opak mineralleri tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen mineral içeriklerine göre amfibolit ve amfibolşistlerde ;

Kuvars-andezin-hornblend

Epidot-piroksen-kuvars-andezin-hornblend

Piroksen-kuvars-andezin-hornblend

parjenezleri bulunmuş olup bu parajenezlerin Barrow tipi almandin - amfibolit fasiyesinin storotit-almandin alt fasiyesine uyum sağladığı gözlenmiştir.

2.1.5 Metagabro

Karagöbek ve Obruk tepe mevkiilerinde yüzeylenen metagabroların amfibolitlerden ayırt

edilmesi ancak mikroskop incelemesi sonucunda olmuştur. Granoblastik strüktür gösteren metagabrolarda plajioklaslar genellikle ayrışmış ve yaygın olarak serisit minerallerine dönüşmüştür , ayrıca yer yer kalsit minerali de gelişmiştir. İkinci hakim minerali oluşturan, çok kırıklı ve çatlaklı olmaları ile dikkati çeken piroksenlerde de yer yer dilinimleri boyunca amfibol ve epidot minerallerine dönüşüm olduğu tespit edilmiştir. Tali minerallerden ise seyrek olarak sfen ve granat izlenmiştir.

2.2 Senozoyik

2.2.1 Traverten

Üst Oligosen yaşlı oldukları (Blumenthal, 1942) kabul edilen Travertenler inceleme alanının güney kesiminde Karamahmutlu, Havuzlu ve Karacaören köyleri arasında kalan geniş bir alanda yüzeylenme gösterirler. Metamorfikler üzerine bir diskordansla gelen bu birim genellikle yatay konumlu olup yaklaşık 100 metre kalınlık arz eder. Travertenler orta sertlikte olup karstik özellik gösterirler.

2.2.2 Andezitik Tüf

Kaynarca, Boztepe ve Karamahmutlu mevkiilerinde gözlenen tüfler açık yeşilimsi renkte olup orta sertlikte ve bazan dağılgan özelliğe sahiptir. Genellikle kırmızı renkli omaları ve yer yer metamorfik kaya parçaları içermeleriyle dikkat çekerler. Miyosen çakıltaşı (Okay, 1953) üzerinde görülen tüfler , bazan doğrudan metamorfik seri üzerinde de yer alırlar. Mikroskopik incelemelerde çok kırık ve çatlaklı ve yer yer zonlu yapıları ile dikkati çeken plajioklazlar ile subotomorf biyotit , kriptokristalen kalsit ve bir kısım örneklerde de volkanik kaya parçaları izlenmiştir. Ayrıca bol miktarda akıntı görünümlü cam yongaları da gözlenmiş olup kayacın andezitik karakterde kristalli vitrik tüf olduğu tespit edilmiştir.

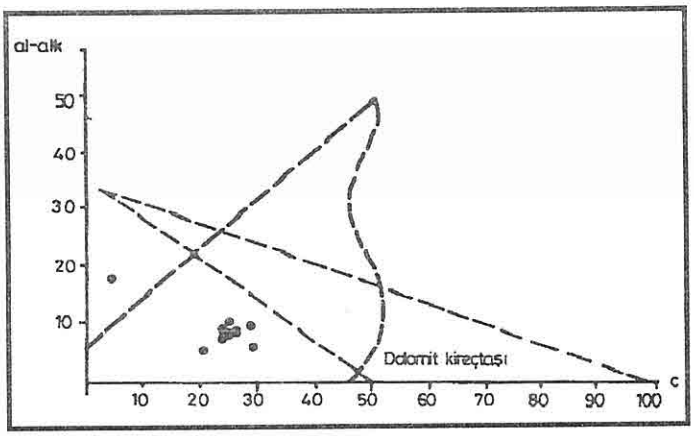
3. AMFİBOL ŞİŞT VE AMFİBOLİTLERİN KÖKENSEL YORUMU

İnceleme bölgesinin değişik yerlerinde ve farklı konumlarda yüzeylenme gösteren amfibol- şist ve amfibolitlerden örnekler alınmış ve bunlardan seçilen 10 örneğin İngiltere-Keele Üniversitesi Jeoloji bölümü labaratuarında ana ve bazı iz element analizleri yapılmış, ayrıca Nigli parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 1).

(al-alk) ve c parametrelerine göre örnekler Van der Kamp diyagramına yerleştirildiğinde bir örnek haricinde tüm örneklerin mağmatik bölge içinde yer aldıkları görülür (Şekil 3).

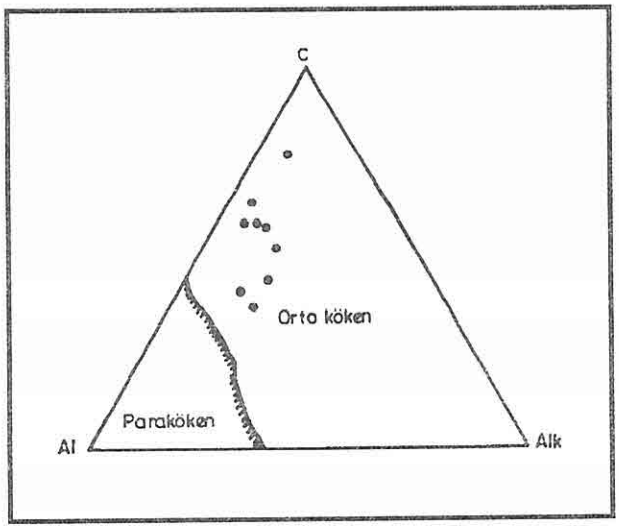
ELEMENT \ ÖRNEK NO	1	12	13	24	25	35	44	49	56	58
SiO_2	36.45	50.72	41.77	22.38	45.31	44.21	45.72	54.03	48.14	46.81
Al_2O_3	4.68	1.80	2.90	4.07	3.37	3.37	2.70	0.14	2.85	2.39
Fe_2O_3	13.65	14.65	12.54	19.68	13.99	13.99	10.95	3.95	14.38	13.72
FeO	2.81	1.51	2.08	3.18	2.15	2.15	2.40	1.34	1.86	1.81
MnO	14.05	7.53	10.39	15.88	10.76	10.76	10.49	6.69	9.32	7.53
MgO	0.20	0.16	0.19	0.22	0.18	0.18	0.17	0.35	0.13	0.30
CaO	10.51	7.73	12.72	22.18	6.87	6.87	13.17	21.39	7.27	4.76
Na_2O	12.92	9.55	13.35	2.20	12.19	12.19	11.14	9.74	9.82	16.25
K_2O	1.52	4.63	2.26	0.00	2.90	2.90	2.24	0.78	4.32	1.75
TiO_2	0.47	0.44	0.59	0.00	0.49	2.43	0.36	0.03	0.30	2.22
P_2O_5	1.62	0.13	0.43	1.54	0.40	0.54	0.31	0.06	0.63	1.07
H_2O	1.20	1.76	0.78	8.67	1.12	1.30	0.59	1.49	0.85	1.70
Toplam	100.08	100.61	100.00	100.00	99.73	100.89	100.24	99.99	99.87	100.31
Niggli Parametreleri										
al	15.03	20.16	13.07	18.37	17.63	12.00	12.57	4.42	18.70	18.523
c	25.90	23.96	25.35	3.37	27.97	29.10	23.30	19.8	23.30	9.90
alk	3.3	11.10	4.5	00.00	9.3	6	4.6	1.47	9.68	7.13
fm	55.74	44.76	52.20	77.89	45.06	52.80	59.43	74.22	44.6	34.47
si	68.20	118	74	35.5	97	85	89.20	103	106.6	107.4
p	1.2	0.14	0.3	1.02	0.48	0.32	0.25	0.057	0.58	1.03
ti	6.5	3.1	3.8	4.8	5.4	3.52	3.95	0.2	4.73	4.10
İz Elementler										
Cr	462	313	705	915	292	702	837	2657	321	113
Ni	204	84	293	318	99	237	379	1503	172	57

Tablo 1. Çalışma bölgesi amfibolit ve amfibolşist örneklerine ait ana ve bazı iz element analizleri ile Niggli parametreleri

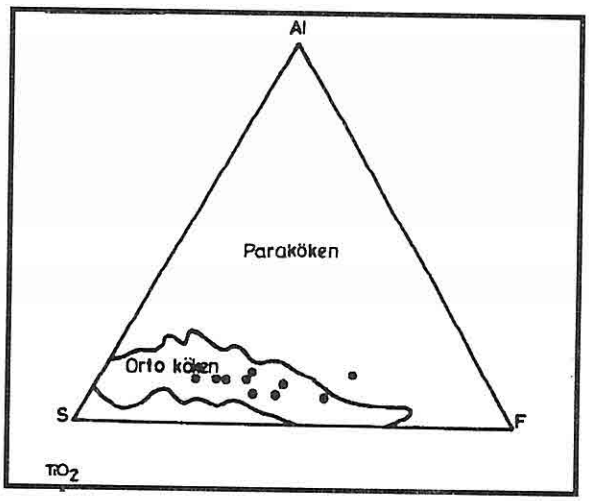


Şekil 3. Bölgedeki amfibolit ve amfibol şistlerin (al-alk)--c diyagramındaki dağılımları (kalın kesik çizgiler ile sınırlandırılmış bölge mağmatik bölgeye, ince kesik çizgilerle sınırlandırılmış bölge sedimanter bölgeye yönelimi göstermektedir Von der KAMP,1969).

Niggli parametreleri kullanarak Osann'ın oluşturduğu C-Al-Alk üçgen diyagramında örneklerin tamamı orto köken bölgesinde toplanırken yine Niggli parametrelerine göre oluşturulan Osann'ın Al-S-F üçgen diyagramda örneklerin biri haricinde yine hepsi orto köken bölgesinde toplanmışlarıdır (Şekil 4,5).

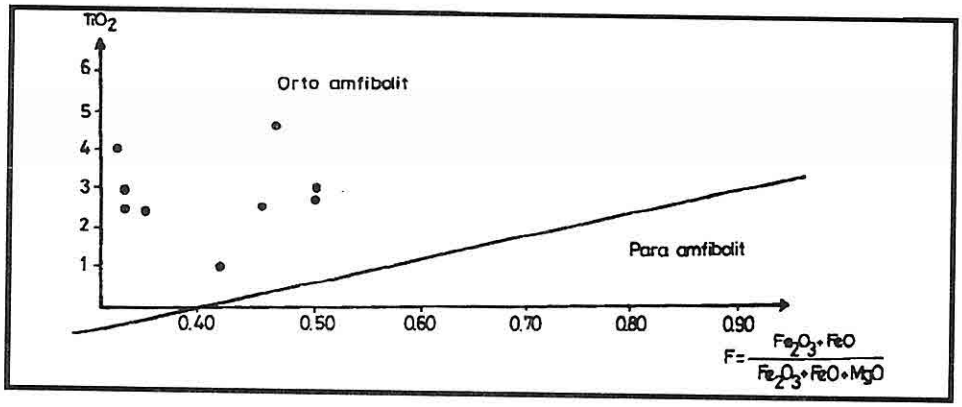


Şekil 4. İnceleme alanı amfibolit ve amfibolşistlerin,Ossan'ın C-Al-Alkali diyagramındaki dağılımı



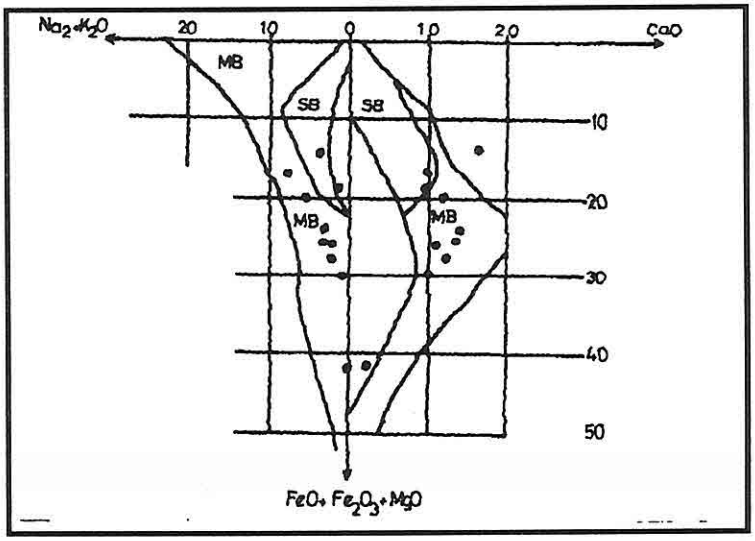
Şekil 5. İnceleme alanı amfibolit ve amfibol şistlerinin Osann'ın Al-S-F diyagramındaki dağılımı.

Ana elementlere göre Mısra tarafından oluşturulmuş TiO_2-F diyagramında da tüm örneklerin orto amfibolit bölgesi içerisinde yer aldıkları görülür (Şekil 6).

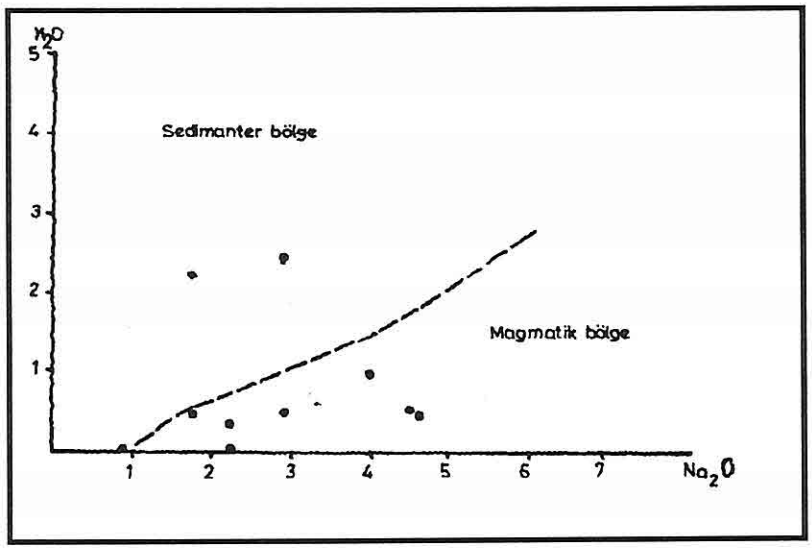


Şekil 6. İnceleme alanı amfibolit ve amfibol şistlerinin TiO_2 - F diyagramındaki dağılımı (Mısra,1971).

Yine ana elementlere göre oluşturulmuş Domororatsky 1964'ün (Na_2O+K_2O) -- $FeO+Fe_2O_3+MgO$ ve CaO - $FeO+Fe_2O_3+MgO$ çiftli diyagramıyla ve Kesler 1971'in Alkali elementlere göre oluşturduğu K_2O-Na_2O diyagramında örneklerin büyük bir çoğunluğu magmatik bölge içinde yer alırken çok az bir kısmıda sedimanter bölgede yer almışlardır (Şekil 7, 8).

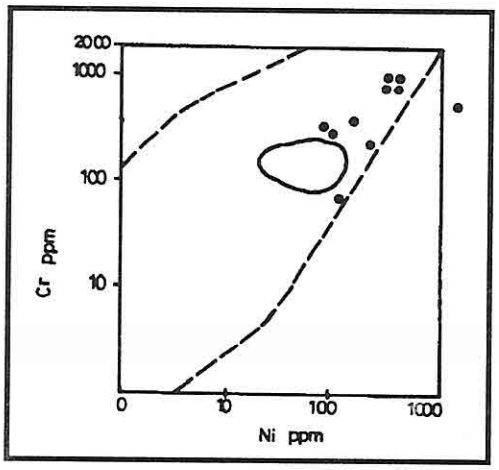


Şekil 7. Bölge amfibolit ve amfibolşistlerinin $Na_2O+K_2O/FeO+Fe_2O_3+MgO$ diyagramındaki dağılımı.
(MB= Mağmatik bölge, SB= Sedimanter bölge) (Domoratsky,1964'in Soboles 1972).



Şekil 8. Bölgemiz amfibolit ve amfibol şistlerinin K_2O - Na_2O diyagramındaki dağılımı (Kesler ve Kesler, 1971).

İz elementlerden Cr ve Ni kullanılarak Leake 1964'un oluşturduğu diyagramdada tüm örneklerimizin mağmatik bölge içerisinde toplandıkları görülür (Şekil 9).



Şekil 9. Bölge amfibolit ve amfibol şistlerinin Cr-Ni diyagramındaki dağılımı.
Kesik çizgiler ile sınırlandırılmış bölge mağmatik bölgeyi, kalın çizgiler ile sınırlandırılmış bölge sedimanter bölgeyi göstermektedir (Leake,1964).

4.SONUÇ VE TARTİŞMA

Bölgede yüzeylenen metamorfitlerden özellikle amfibolit ve amfibolşistlerin kökensel yorumuna gidilmiştir. Bu birimler arazideki konumları itibarı ile de dikkat çekicidirler. örneğin bazı kesimlerde mermer ve kalkşistler içerisinde ara seviyeler şeklinde bantlar oluştururken, diğer bazı kesimlerde ise özellikle Söğütlüdere ve Keklikkayası mevkiilerinde geniş yüzlekler vermektedirler.

Niggli parametreleri , ana element ve iz elementlere göre oluşturulmuş diyagramlarda örnekler sedimanter ve mağmatik köken dağılımı göstermişlerdir. Fakat diyagramların çoğunda bölge örneklerinin genel eğilimi mağmatik kökeni göstermektedir.

Sonuç olarak bölge metamorfitlerinden amfibolit ve amfibolşistlerin arazideki konum ve diyagramlarda gösterdikleri eğilimler göz önüne alındığında , az bir kısmının sedimanter , büyük bir kısmının ise mağmatik kökenli olduğu kanısına varılmıştır.

5. KATKI BELİRTME

Bu proje FBE 90-33 No ile Ç.Ü. Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Yazarlar projenin desteklenmesinde gayret sarfeden dönemin Ç.Ü Rektörü sayın Prof.Dr. Mithat Özsan'a , Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü müdürü sayın Prof.Dr. Ural Dinç'e ve Ç.Ü. Araştırma fonu yönetim kurulu üyelerine teşkkür eder. Ayrıca kimyasal analizlerin

yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Keele Üniversitesi (İngiltere) öğretim üyelerinden Prof. Dr .Gilbert Kelling ve Geo. Assistans Graham J. Lees'e teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

Baş,H., Ayhan,A., Atabey,E., 1986. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Volkanitlerinin Bazı Petrolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği 26, 27-35, Ankara.

Blumenthal,M., 1941. Niğde ve Adana Vilayetleri Dahilindeki Torosların Jeolojisine Bakış. M.T.A. Enst. dergisi, No:6, Ankara.

Blumenthal,M., 1956. Yüksek Bolkar Dağlarının Kuzey Kenar Bölgelerinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi. M.T.A. Enst.yayını, Seri:D, No:7, Ankara, 15 s.

Cannon,R.T., 1963. Classification of Amfhibolites, Bull. Geol. Soc. Amer. 74: 1087 -1088.

Erkan,Y., 1980. Amfibolit Sorunu ve Orta Anadolu Amfibolitlerinin Oluşum ve Kökenlerinin İncelenmesi. H.Ü.Yerbilimleri Enst. Bülteni. 5-6, 61-76.

Göncüoğlu,M.C., 1977. Geologie des Westlichen Niğde Massivs. Bonn Üniv. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 180 s.

Göncüoğlu,M.C., 1981a. Niğde Masifinin Jeolojisi. İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu, TJK 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s. 16-19.

Göncüoğlu,M.C., 1981b. Niğde Masifinde Viridin Gnaysın Kökeni. TJK Bülteni. 24/1, 45-51.

Göncüoğlu,M.C., 1982. Niğde Masifi Paragnayslarında Zirkon U/Pb Yaşları. TJK Bülteni C-25.61-66.

İşler,F., 1991. Bademdere Kuzeyinin (Niğde) Jeolojik ve Petrografik Etüdü, Ç.Ü. Araştırma fonu Proje No FBE 88-8, Adana.

Yıldırım,F., İşler,F., 1992. Klavuz-Çiftlikköy (Niğde-Bor) Yöresinin Jeolojisi ve Petrografisi, Yerbilimleri Geosound 21, 155-162, Adana.

Okay,A.C., 1955. Niğde-Çamardı ve Ulukışla Arasındaki Bölgenini Jeolojisi. M.T.A. Rep.Nr. 2383, Ankara.

Wenk,E.,and Keller,F., 1969. Isograde in Amphibolitesiren der Zentralolpen - Schemeiz - Miner. Petrogr. Mitt., 49: 157 - 198.

Yetiş,C., 1978. Çamardı (Niğde) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelemesi ve Ecemiş Yarılım Kuşağının Maden Boğazı Kamışlı Arasındaki Özellikleri, İst. Univ. Fen Fak. Dok. Tezi (Yayınlanmamış), 164 s.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

SİVRİHİSAR-GÜNYÜZÜ (ESKİŞEHİR) GRANİTOYİD KUŞAĞININ MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Yaşar KİBİCİ
S.D.Ü. Müh-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ISPARTA
Nuran DAĞ, İsmet ÖZGENÇ
D.E.Ü. Müh-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İZMİR

ÖZET: *Sivrihisar-Günyüzü (Eskişehir) granitoyid kuşağı , Sivrihisar intrüzif kompleksinin güneydoğusunda yer almaktadır. Değişik tipteki derinlik kayaçlarını içeren bu kuşak yaklaşık 50 Km²'lik bir alanda yüzeylenmektedir.*

Paleozoyik yaşlı başkalaşım kayaçları Mesozoyik yaşlı granitoyid tarafından kesilmektedir. Magmasal ve başkalaşım kayaçları konglomera, kiltaşı-kireçtaşı-marn-jips, kireçtaşı-marn-kiltaşı ardalanmalı Pliyosen serileri tarafından diskordan olarak örtülmektedir.

İnceleme alanında değişik tipteki derinlik kayaçlarının farklı seviyelerinden örnekleme yapılmış ve bunların mineralojik ve petrografik özellikleri laboratuvarda araştırılmıştır. Bu kayaçlar içerdikleri felsik ve mafik minerallerin miktarlarına göre değişik yapı ve doku gösterirler ve dört ayrı kayaç grubuna ayrılırlar. Bunlar yaşlıdan gence doğru, diyorit-granit (Kgd), Granitporfir (Grp), Granodiyorit I (Tgr) ve Granodiyorit II (Kgr) şeklinde sıralanmaktadır.

Granitoyid kuşağı kayaçları, primer mineral olarak başlıca, kuvars, plajiyoklas (oligoklas),alkali feldspat (ortoklas, mikroklin), hornblend, biyotit, epidot; minör olarak zirkon, sfen, apatit, ve opak mineral; sekonder mineral olarak da, klorit, allanite, epidot, zoizit, serisit ve kalsit içerir. Granodiyoritten, diyorit-granite doğru felsik mineraller azalırken, mafik mineraller artmaktadır.

Pegmatit, aplit damarları ve diyabaz daykları derinlik kayaçlarını çeşitli doğrultularda kesmektedir. Pegmatit ve aplit damarlarının kalınlıkları 5-70 cm. arasında değişmektedir. Damarların boyutları çatlakların sürekli ve süreksiz oluşlarına bağlıdır.

İnceleme alanında yer alan I tipi granitoyid kuşağı, Sivrihisar (Eskişehir) çevresinde ve güneydoğusunda yüzeylenen intrüzif masife bağlı olabilir.

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL PROPERTIES OF THE SİVRİHİSAR - GÜNYÜZÜ (Eskişehir) GRANITOID BELT

ABSTRACT: *Sivrihisar- Günyüzü (Eskişehir) granitoid belt is situated at the southeast of the Sivrihisar intrusive complex. This belt which consists of various type igneous rocks over an area of approximatelly 50 square kilometers.*

Paleozoic aged metamorphic rocks are cut by the Mesozoic aged granitoid. The igneous and metamorphic rocks are unconformably overlain by the conglomerate, claystone-limestone- marl- gypsum, limestone-marl-claystone sequence in age.

Many samples have been taken from each level of different type igneous rocks of investigated area. The mineralogical and petrographical properties of the various levels are investigated in the laboratories. They show different structure and texture, according to amount of different felsic and mafic mineral contents. These rocks are listed, from the oldest to youngest, as follows ; diorite-granite (Grd), graniteporphyr (Grp), granodiorite I (Tgr), granodiorite II (Kgr).

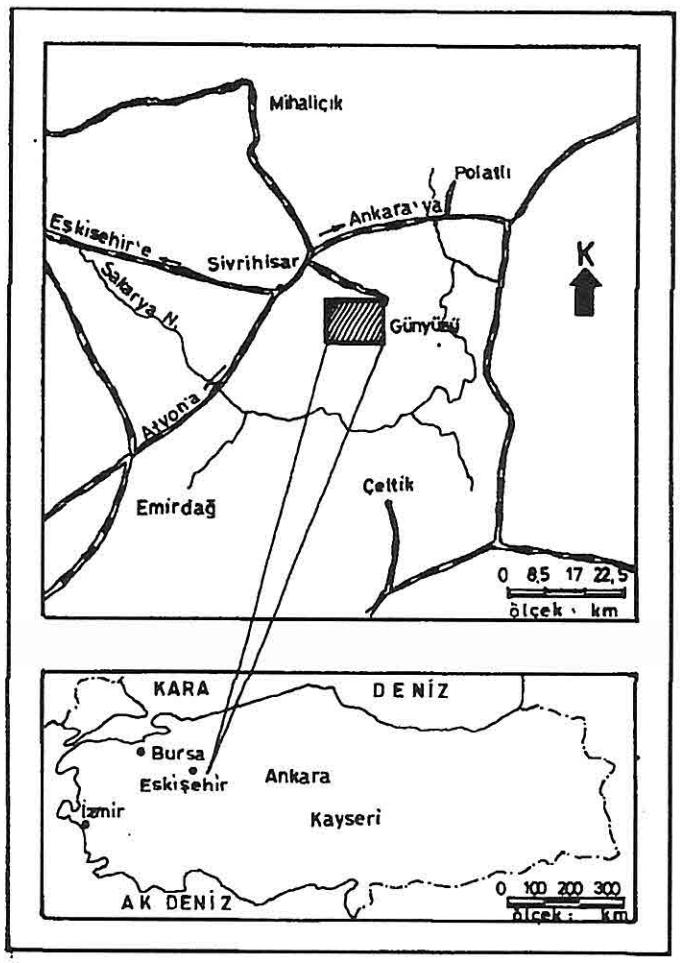
The granitoid belt rocks consist mainly of quartz, plagioclase (oligoclase) alkaline feldspar
(ortoclase, mikrokline), hornblende, biotite, epidote and minör zircon,sphene, apatite, opaque mineral as primary minerals. Chlorite, allanite, epidote, zoizite, serisite and calcite as secondery minerals. Felsic minerals decrease whereas mafic minerals increase from granodiorite to diorite.

Pegmatite, aplite veins and diabase dykes cut the igneous rocks in different directions. The thickness of these veins varies between 5 cm.-70 cm. The size of veins depends on the continuity of fractures

This I type granitoid belt in the investigation area which is probably connected to intrusive massive accuring around Sivrihisar (Eskişehir) outcropps at the at the southeast of Sivrihisar.

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Eskişehir iline bağlı Sivrihisar ve Günyüzü ilçelerinin yakın çevresinde 1/25.000 ölçekli ANKARA J 27-a1, a2, a3 ve ANKARA J 27-b4 topografik paftaları üzerinde yapılan jeojoji çalışmalarına ilaveten granitoyitlere özgü mineralojik ve petrografik çalışmaları kapsamaktadır (Şekil.1, 2).



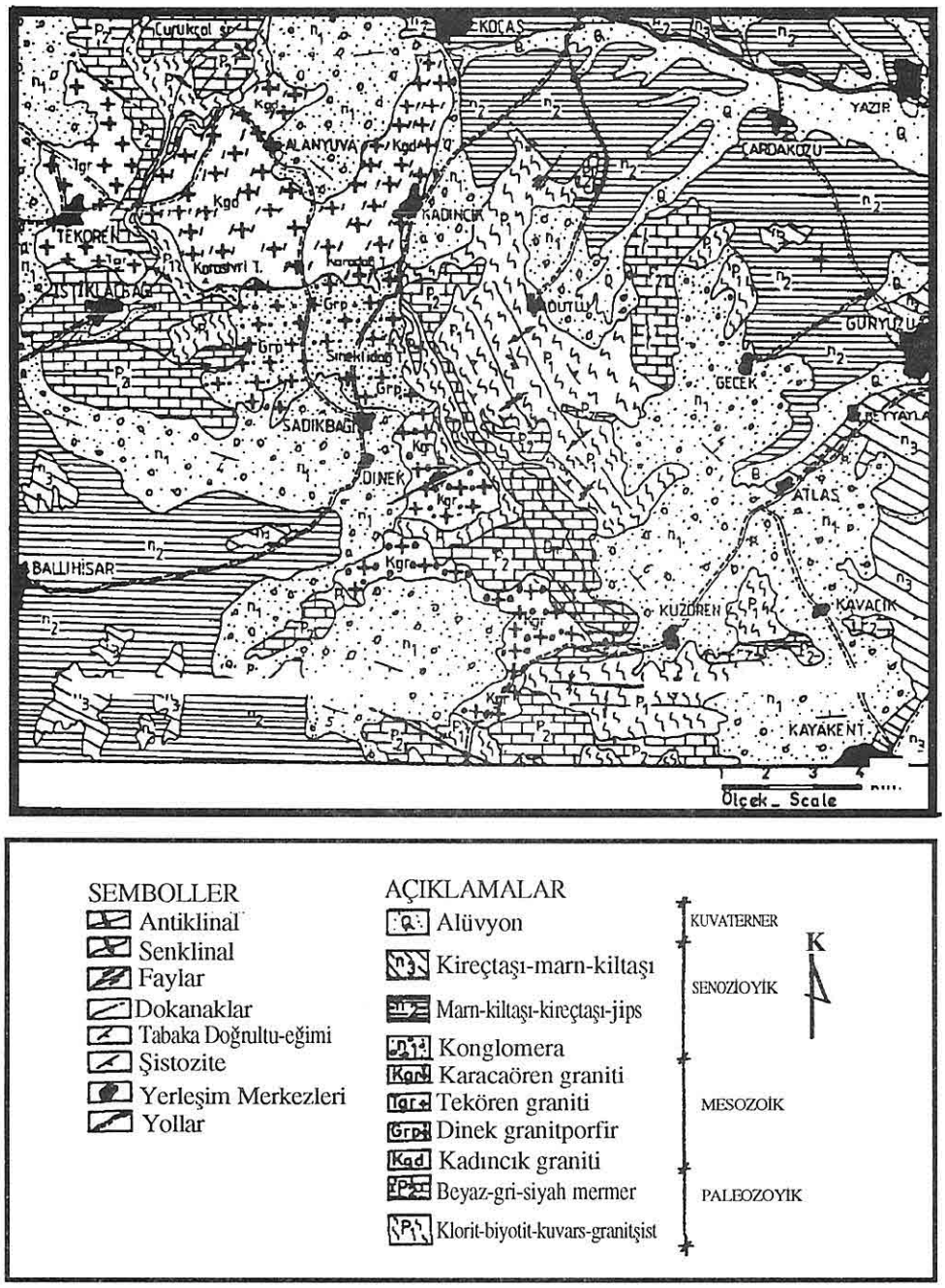
Şekil 1. Lokasyon Haritası

İnceleme alanı içinde yaklaşık 50 Km^2'lik bir alanı kaplayan granitoyid kuşağından toplanan örneklerden yaklaşık 100 adet incekesit hazırlanarak mineralojik ve petrografik araştırması ile yapılmış ve bunlardan 15 adet derinlik kayacı ile 4 adet pegmatit örneğinden majör ve eser element analizi yapılmıştır (Çizelge 1) (Kibici, 1993).

İnceleme alanının bir bölümünde ve özellikle batı kesiminde yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Yörede en ayrıntılı çalışmalar Weingart (1954), Erdinç (1978), Kibar (1992), Kibici (1992) tarafından yapılmıştır.

2 . GENEL JEOLOJİ

Anatolit kuşağında yer alan inceleme alanının en yaşlı kayaç birimi Paleozoyik yaşlı başkalaşım kayaçlarıdır. Isıl olarak amfibolit fasiyesine ulaşamayan ve 'Yeşilşist Fasiyesi'ni karakterize eden başkalaşım kayaçları Mesozoyik yaşlı derinlik kayaçları



Şekil 2. İnceleme Alanının Basitleştirilmiş Jeoloji Haritası

Örnek No	Kgd-1	Kgd-3	Grp-2	Grp-4	Kgr-6	Tgr-1
Alkali Feldspat	15	17	13	20	13	9
Plajıyoklas	36	37	38	46	41	42
Kuvars	25	28	13	17	22	27
Hornblend	6	4	21	2	7	8
Biyotit	9	6	2	3	6	8
Epidot	4	5	6	5	3	1
Biyotit/Hornblend	1.5	1.5	0.1	1.5	0.9	1
Aksessuar Mineral*	1	1	1	1	1	1
Mirmekit	4	2	3	6	6	4

*Aksesuar mineraller : Sfen, Apatit, Zirkon, Allanit (ortit), Serizit, Klorit, Kalsit, Opak mineraller

Çizelge 1. Granodiyoritlerin model analiz sonuçları

tarafından çeşitli doğrultularda kesilmektedir. Gnays, granatşist, biyotitşist, kloritoidşist, kuvarssşist, kalkşist, kristalize kireçtaşı ve mermerlerden (Atlas Mermeri) oluşmaktadır.

Mesozoyik yaşlı granitoyid kuşağında; oluşum sırasının önceliğine bağlı olarak yaşlıdan gence doğru, diyorit-granit (Kadıncık graniti- Kgd), granitporfir (Dinek graniti-Grp), granodiyorit (Tekören graniti-Tgr) ve granodiyorit II (Karacaören graniti-Kgr) şeklindedir. Bu kayaçlar içerdikleri felsik ve mafik mineral yüzdelerine göre değişik yapı ve doku arzederler. COL indisleri değişiktir. Bu kayaçların makroskobik görünüşleri ve mikroskobik incelemeler sonucu elde edilen bulgular farklı oluşum koşullarında meydana geldiğini göstermektedir.

Petrografik incelemeler ve yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, inceleme alanındaki granitoyidler I tipi granitoyid kuşağında yer almaktadır (Kibici, ve diğ.1993).

Derinlik kayaçlarından özellikle Kgd ve Grp çeşitli doğrultularda pegmatit, aplit damarları ve diyabaz daykları tarafından kesilmektedir Bu damarların kalınlıkları 5 -70 cm. arasında olup, bazı kesimlerde lokal olarak 100 cm. ye çıkmaktadır. Bu damar ve dayklar plütonun yerleşimi ve soğumasına paralel olarak gelişen çatlak sistemlerine yerleşmiştir. İçine yerleştikleri derinlik kayaçlarından farklı ayrışma direncine sahip olduklarından, özellikle aplitler arenalaşmış granit ve granitporfirler içinde ilksel konumları bozulmadan korunmuşlardır. Pegmatitler, aplitlere göre daha fazla altere olmuşlardır. Özellikle Tekören - Alanyuva yolu üzerinde , Tekören köyüne 2 km. uzaklıkta ve Kadıncık köyü içinde çok net olarak izlenmektedir.

Bölgede etkin Neojen-Pleistosen volkanizması sırasında oluşan diyabaz dayklarına ise; Karacaören köyü kuzeyinde, Karacaören-Kuzören yolu üzerinde, eski Çaykoz köyü mezarlığı yakınında, Kadıncık köyü güneyindeki dere içinde Kadıncık Graniti (Kgd) ile Karacaören Granitini (Kgr) çeşitli doğrultularda keser durumda rastlanır.

İnceleme alanında **"Günyüzü Formasyonu"** olarak isimlendirilen (Kibici ve diğ. 1992) formasyon içinde ayrı litolojik birim görülmektedir. Senozoyik yaşlı olan bu birimler tabandan tavana doğru, Konglomera (n1), Kiltaşı - kireçtaşı - marn - jips (n2), kireçtaşı - marn -kiltaşı (n3) şeklindedir. Tüm bu birimler gölsel Neojen içinde oluşmuşlardır. Diğer birimleri diskordan olarak örter. Yatay ve yataya yakındır.

Kuvaterner; ova alanında, vadi boylarında ve düzlüklerde akarsuların sürüklediği kum-çakıl-kil halinde görülmektedir.

3. GRANİTOİDLERİN MİNERALOJİSİ VE PETROGRAFİSİ

3.1. Diyorit-Granit "Kadıncık graniti - Kgd"

Mineralojik ve petrografik özellikleriyle inceleme alanındaki diğer intrüzif kayaçlardan kolayca ayrılırlar. Alanyuva - Kadıncık köyleri arasında K-G yönünde uzanan bu birim güneyde granitporfirlere tedrici geçiş gösterir. Batı kısmı kısmen, doğu kısmı ise tamamen başkalaşım kayaçlarıyla, güneyi ve kuzeyi ise Pliyosen yaşlı gölsel birimlerle çevrilidir. Bu kayaçlar örnek alımını güçleştirecek kadar altere olmuşlardır. Özellikle pegmatit ve aplit damarları tarafından çeşitli doğrultularda kesilmişlerdir.

Kadıncık graniti bol eklemli olup, iki doğrultuda eklem sistemine sahiptir. Genel çatlak doğrultusu KB-GD ve KD-GD' ya doğrudur. İnceleme alanında, Koçaş köyünün güneybatısında ise granit ocağı işletilebilecek ölçüde masif bir yapıdadır. Gri-koyu yeşil tonlardadır. İçerdikleri hornblend ve biyotit miktarlarının azlık ve çokluklarına görede rengi değişmektedir.

3.1.1. Mineralojisi ve Petrografisi

Diyorit-granit (Kgd) içinde egemen mineraller plajiyoklas, kuvars ve alkali feldspattır. Daha az miktarlarda hornblend, biyotit, epidot ve aksessuar mineral olarakta sfen, zirkon, apatit bulunur (Çizelge 1).

Plajiyoklas : Kayaç bünyesinde bulunan plajiyoklaslar, ardalanmalı zonlu yapı gösteren otomorf kristaller halinde olup, kuvars ve alkali feldspattan daha önce oluşmuştur (Foto 1). Kırma indisleri deneştirilerek yapılan mikroskop çalışmalarında dış zonların iç zonlara göre , fazla albit içerdiği belirlenmiştir. Ortalama büyüklükleri 1 cm. kadardır. Granitporfir sınırına yaklaştıkça mineral boyutları büyümektedir (Foto 2). Plajiyoklaslarda, $2V_x$ = 83-90° arasında değiştiği ve bileşiminin oligoklas (An_{18-25}) olduğu saptanmıştır. Plajiyoklaslardan sosuritleşme ile iğne şekilli ve iri sekonder epidot kristalleri oluşmuştur. Kayaç içinde albit ikizlerine sıkca rastlanır.

Alkali Feldspat : $2V_x$ = 56-69° değerlerine göre, K'lu feldspatların mikroklin (trikinik simetri)- ortoklas (monoklinik simetri) duraylılık sınırında yer aldığını, daha çok ortoklasa yakın olduğunu göstermektedir (Laves, Viswanathan, 1966). Mikroklin, albit ve periklin ikizlerinden ileri gelen karakteristik kafes yapısı göstermektedir. Kafes

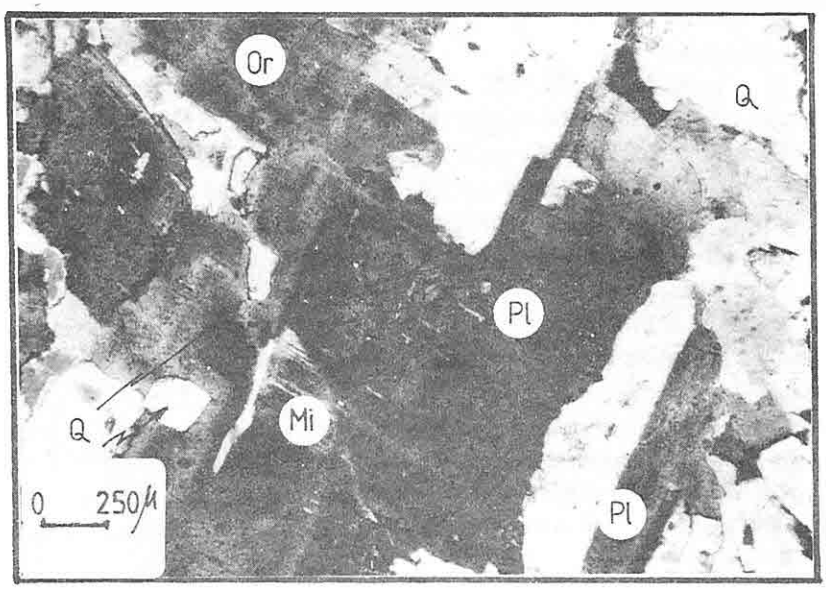


Foto 1. Kadıncık Graniti (Kgd), (+N)
Q:Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Or: Ortoklas, Mi: Mikroklin

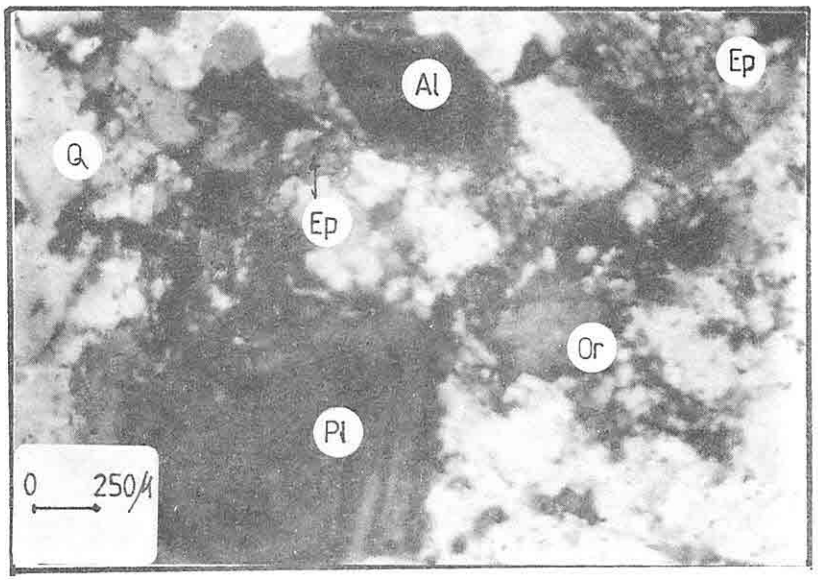


Foto 2. Kadıncık Graniti (Kgd) , (+N)
Q:Kuvars, Or: Ortoklas, Mi: Mikroklin, Pl: Plajiyoklas, Ep: Epıdot, Al:Allanıt (Ortit)

yapısıyla beraber yama ve S tipi pertitlerde görülür. Pertit lamelleri ince uzun şeritler ve taneler halindedir.

Ortoklas ve kısmen mikroklin olarak izlenen K'lu feldspat kristalleri hipidiomorf dokuludur. Ayrışmamış minerallerde dilinim izleri görülebilir. Mikroklin kristalleri, ortoklas kristallerine oranla daha ufaktır.

Mirmekitik doku, feldspatların sınırında gelişmiştir. Bu doku özelliği, kuvars-feldspatın içiçe gelişmesinden dolayı oluşan özelliğidir. Kayaç incekesitlerinde, alkali feldspatın , plajiyoklasları (oligoklas) ve kuvarsı korozyona uğrattığı açık şekilde görülmektedir. Ayrıca kristaller arasında kuvars rekristalizasyonları, hafif gelişmiş akma yapıları izlenmektedir. Mirmekitik doku, plajiyoklas-ortoz sınırındaki reaksiyonlar sonucu oluşmuştur. Ortoklas aleyhine gelişen bu reaksiyon sonucu plajiyoklas ortoklas yerini almıştır.

Kuvars : Kayaç bileşiminde her zaman ksenomorf taneler halindedir. Fraksiyonel kristalleşmede son oluşan mineral olduğu için mineral arası boşlukların şeklini almıştır. Bir kısım kuvarsların dalgalı sönme göstermesi, ortamın tektonik hareketlere sık sık maruz kaldığının göstergesidir. Ortoklas ve mikroklin ile iri oligoklas çevresinde kuvars kristalleri çok küçük tane boyutunda olup, primer epidot kristalleriyle beraber bulunur.

Hornblend : Otomorf, subotomorf kristaller halinde bulunur. Yeşil-sarımsı yeşil pleokroizma gösterir.

Biyotit : Kahve-yeşilimsi sarı renkte kuvvetli pleokroizma gösterir. Hornblend ile beraber diyorit-granit biriminin mafik mineralidir. Dilinim düzlemine paralel dizilmiş olan opak mineraller hematit, limonit vb. bileşimindedir (Foto 3).

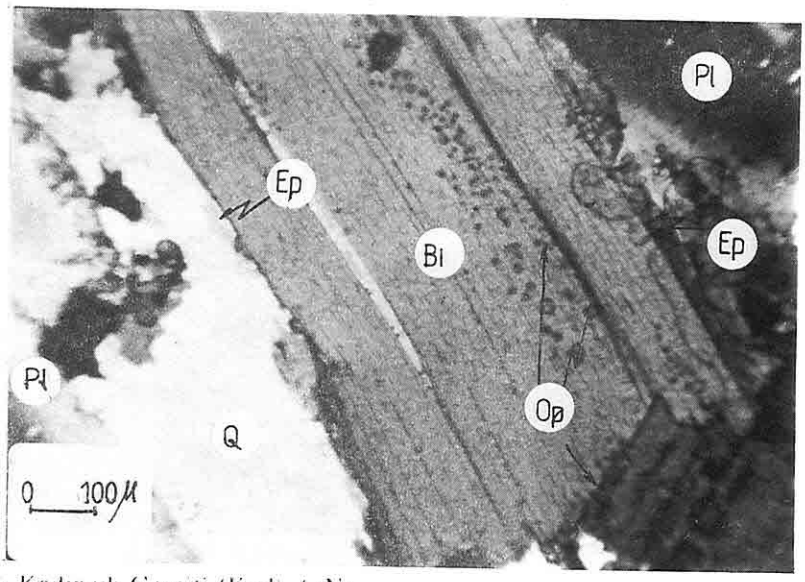


Foto 3. Kadıncık Granıti (Kgd), (+N)
"Biyotit üzerinde opak mineraller oluşumu"
Q: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Bi: Biyotit, Ep: Epidot, Op: Opak mineral

Kenar kısımları tamamen kloritleştiği için yeşil, sarımsı yeşil; iç kısımları ise, sarı-sarımsı kahverengidir. İçerisinde inklüzyon halinde, opak minerallerin yanısıra apatit, zirkon ve sfene rastlanır. Kayaç içinde biyotit ve hornblend gruplar halinde bulunur. Ayrıca, biyoitler alkali feldspat büyümeleri ile itilerek konkav bir yapı kazanmıştır. Primer olarak oluşan epidot kristallerinin biyotit sınırında dizilişi ilgi çekicidir.

Epidot: Otomorf ve subotomorf kristaller halindedir. İncekesit incelemelerinde bir kısım epidotların allanit (ortit) üzerinde büyüdüğü görülmüştür (Foto 4 - 5). Bu iki mineralin birlikte büyüdüğü yapılar olağandır (Deer ve Diğ.1971).

Sekonder olarak gelişen epidot, plajiyoklasların sosuritleşmesi sonucu oluşmuştur. Ayrıca; küçük serisit pulcuklarına, kalsit ve muskovite çok az olarak rastlanır. Bazı örneklerde primer epidotun, hornblendin potasyum metazomatozu sonunda oluşabileceği düşünülebilir (Marmo,1971).

Aksessuar mineraller :

Sfen (Titanit), Tipik eşkenar dörtgen , otomorf ve subotomorf şekliyle karakteristiktir. Kahverengi-açık kahverengi arasında değişen pleokroizmaya ve yüksek röliyefe sahiptir.

Apatit, otomorf, ince uzun kristaller halindedir. Yüksek röliyefi, karakteristik peltemsi yapısı ve gri tonlardaki rengiyle ayırtmandır. Biyotit ve plajiyoklas üzerinde inklüzyon halinde bulunur. Bazıları enine çatlaklarla kesilmiştir. Apatitin bu özelliği, tanınması için önemli verilerden biridir.

Zirkon, bazı incekesitlerde, hornblend ve biyotit üzerinde çok az oranda rastlanır. Yüksek röliyefi ve etrafında oluşturduğu radyoaktif hale ile kolayca tanınır.

Opak mineraller, biyotit ve hornblend üzerinde özellikle kloritleşmenin çok yoğun olduğu alanlarda, dilinim düzlemlerine (biyotit için) paralel olarak dizilirler (Foto 3). Hematit, limonit belirlenen opak minerallerdir. Kalsit, serisit, epidot, zoizit, klorit ikincil mineraller olarak Kadıncık Graniti (Kgd) içinde görülür.

3.2. Granitporfir (Dinek Graniti-Grp)

İnceleme alanında yaklaşık 10 km^2'lik bir alanda yüzeylenen Grp, Kadıncık graniti ile tedrici geçiş gösterir. Genelde arenalaşmış olan bu birimden taze yüzey bulmak oldukça zordur. Yalnız, Sineklidağ eteklerinde taze yüzeylere rastlanabilir. Arenalaşmadan dolayı

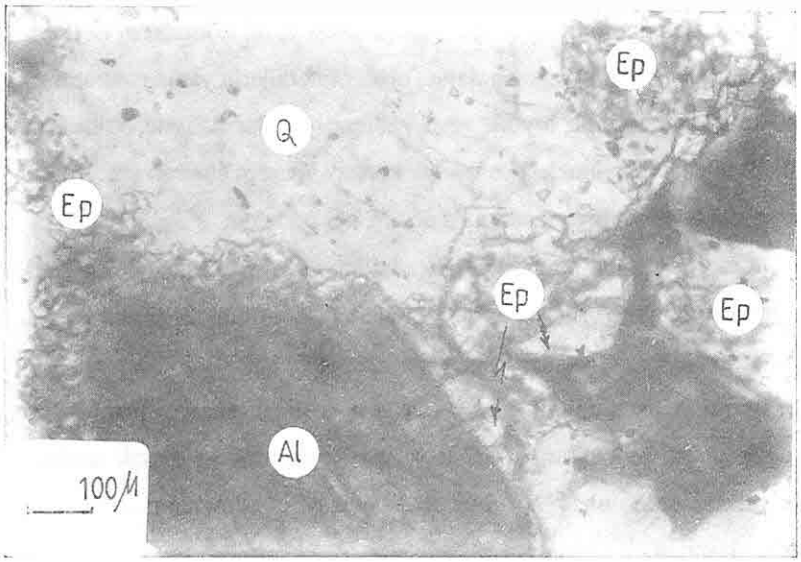


Foto 4. Kadıncık Graniti (Kgd), (+N)
"Allanit (ortit) üzerinde epidot büyümesi"
Q: Kuvars, Ep: Epidot, Al: Allanit (ortit)

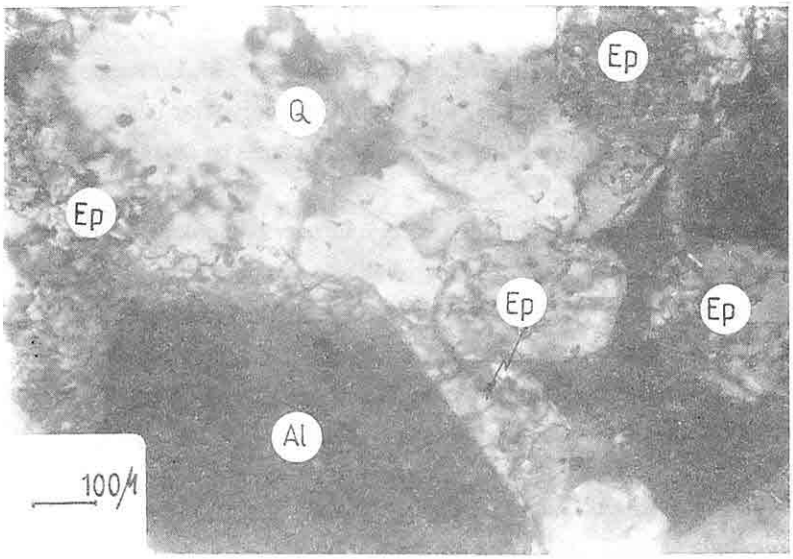


Foto 5. Kadıncık Graniti (Kgd), (Tek Nikolde)
"Allanit (ortit) üzerinde epidot büyümesi"
Q: Kuvars, Ep: Epidot, Al: Allanit (ortit)

1-4 cm. boyutuna varan büyüklükteki ortoklas ve mikroklin kristalleri alana yayılmıştır. Feldspatların bu denli zenginleştiği ortam, gelecekte bir feldspat yatağı olarak ele alınarak değerlendirilebilir.

Mineralojik olarak diyorit-granitlere (Kgd) benzemekle beraber, feldspat fenokristallerinin kayaç içinde yoğun şekilde yer alması nedeniyle yapısal olarak diğer birimlerden ayrılırlar .

Çeşitli kalınlık ve boyuttaki pegmatit ve aplit damarları granitporfirleri kesmektedir. Kadıncık granitini kesen pegmatit ve aplitlere göre daha incedir. Çatlak doğrultuları KB-GD ve GD-KB'ya doğru olup, çatlak eğimleri 55o-65o arasındadır.

3.2.1. Mineralojisi ve Petrografisi

Granitporfir (Dinek granit- Grp) içinde plajiyoklas ve alkali feldspat egemendir. Alkali feldspat oranı inceleme alanındaki diğer derinlik kayaçlarına göre daha fazladır. Kuvars miktarları ise yakındır (Çizelge 1).

Plajiyoklas : Belirgin zonlu yapı ve polisentetik ikizlenme gösterir. İlk oluşan mineral olmalarına rağmen, hornblendin ayrışmasıyla oluşan epidot, kuvars rekristalizasyonu ve alkali feldspatların sokulumlarından ötürü subotomorf bir görünüm kazanır. Plajiyoklaslarda alterasyon yok denecek kadar azdır. Arenalaşma olayı sadece mineraller arası mekanik bağları koparmıştır. 2Vx = 80-85o arasında olup, oligoklas (An 25-30) bileşimindedir.

Alkali Feldspat : 2Vx = 65-72o arasında değişmektedir. Bu değerler alkali feldspatların ortoklas-mikroklin duraylılık sınırına yakın olduğu fakat daha çok mikroklin bileşimine yakın olduğunu göstermektedir. İncekesitlerde, mikroklin kafes yapısı gözlenmekte, pertitleşme az görülmektedir. Plajiyoklas-(mikroklin-ortoklas) sınırında mirmekitleşme ve kuvars rekristalizasyonları yaygındır. Ayrıca, grafik dokuda izlenmektedir.

Kuvars : iri kuvars kristallerinin bulunmasının yanısıra, çok ufak taneli kuvarslarda görülür. Plajiyoklaslarla birlikte büyüyen kuvars kristalleri ksenomorftur. Düzenli ve dalgalı sönme gösterir.

Hornblenb, biyotit, epidot : Diyorit-granit (Kadıncık graniti- Kgd) içindeki mafik minerallerle aynı özelliği göstermektedir. Ancak, hornblend yüzde olarak farklılıklar göstermektedir. Granit porfir(Grp), tedrici geçişli olduğu Kgd ile ayni oranlarda aksessuar mineral (sfen, apatit, zirkon) içerir. Klorit, kalsit, serisit, allanit (ortit) ve epidot ikincil minerallerdir.

3 .3. Granodiyorit I (Tekören Graniti-Tgr)

Tekören köyü yöresinde geniş alanlarda yüzeylendiği için köyün adına izafeten "Tekören Graniti" olarak isimlendirilmiştir. Yapısal ve dokusal özellikleri itibarıyla Kgd ve Grp 'den çok farklıdır. Arenalaşma daha az olup, genelde masif kütleler halindedir.

3.3.1. Mineralojisi ve Petrografisi

Plajiyoklas : Genelde zonlu yapı gösteren otomorf kristallerden oluşmakta ve yaygın olarak, polisentetik ikizler halinde bulunmaktadır. Bazik oligoklas bileşimindeki zonlu plajiyoklasların orta kısımları bazik bileşimde olmasına karşın kenar kısımlar daha asidik karakterlerdedir. Zonlu yapılar ortam değişikliğini gösteren belirgin bir kanıttır. Mineral boyutları, 0.5-15 mm. arasında değişir.

Epidotlaşma, serisitleşme çok yaygın olarak izlenmesine karşın karbonatlaşma ve silisleşme ise az oranda izlenmektedir. Bu nedenle, plajiyoklaslar üzerinde ikincil mineral olarak epidot, kuvars, serisit ve karbonat oluşmuştur. Diğer dokusal özellikleri itibarıyla Granodiyorit II (Kgr) birimine çok benzerlik göstermektedir.

Alkali Feldspat : Otomorf ve subotomorf kristaller halinde bulunur. Ortalama boyutları 1-2 mm civarındadır. Kesit içinde ayrışmamış taze mineral oranı oldukça fazladır. Pertit lamelleri üzerinde belirgin şekilde görülür. Mirmekit oluşumu, plajiyoklas-ortoklas kontağında plajiyoklas aleyhine gelişmiştir. Bazı incekesit örneklerinde plajiyoklas inklüzyonlarının ortoklas üzerinde görülmesi, ortoklasın plajiyoklastan sonra geliştiğini gösterir. Alkali feldispat oranı, plajiyoklaslara oranla oldukça azdır.

Kuvars : Kuvars rekristalizasyonları, az gelişmiş akma yapıları gibi hafif tektonik izler taşımaktadır. Tekören granitinde, yer yer kuvars taneleri irileşmektedir.

Hornblend ve biyotit miktarları artmakta, buna karşın epidot miktarı azalmaktadır. Ayrışma az miktarda izlenir.

Aksessuar mineral olarak, sfen, apatit, zirkon bulunur. Kayaç, gerek feldspat, gerekse mafik minerallerin ayrışması sonucu sekonder mineral olarak allanit (ortit), serisit, klorit, kalsit ve çok az epidot içerir.

3.4. Granodiyorit II (Karacaören Graniti - Kgr)

Granit türü olarak inceleme alanında magmatik ayrımlaşmanın son ürünüdür. Kompleksin en genci olan bu birim, diğer granit-granodiyorit türlerine göre, daha iri ve beyaz renkli feldspat ve kuvars minerali içerir. Diğer bir değişle; gerek yapısal ve gerekse dokusal özellikleri itibarıyla diğer granit türlerinden kolayca ayırtedilir. Mafik mineral oranı inceleme alanındaki diğer granit türlerine göre daha azdır. Hornblend, biyotite oranla daha fazladır (Çizelge 1).

Daha masif bir yapı gösteren Kgr, Dinek köyünün doğusundan başlar. Yer yer şist ve mermerleri keser. En belirgin mostralara, Karacaören- Kuzören köylerini birbirine bağlayan karayolu üzerinde rastlanır.

3.4.1. Mineralojisi ve Petrografisi

Plajiyoklas : Mikroskobik özellikleri itibarıyla, Tekören granit (Tgr) içinde yer alan plajiyoklaslarla aynı özelliği gösterir. Genelde zonlu yapı gösteren polisentetik ikizler halindedir. Plajiyoklaslarda 2Vx = 80-85° olarak ölçülmüş bileşiminin bazik oligoklas (An 25-30) olduğu saptanmıştır. Zonlu yapı sunan plajiyoklaslar, iç zonlardan başlayarak dışa doğru gelişen sosuritleşme, serisitleşme ve karbonatlaşma gösterir. Ayrışma sonucu, epidot, kuvars, serisit ve karbonat meydana gelmiştir (Foto 6). Mirmekitik dokuya ortoklas-plajiyoklas sınırında rastlanır.

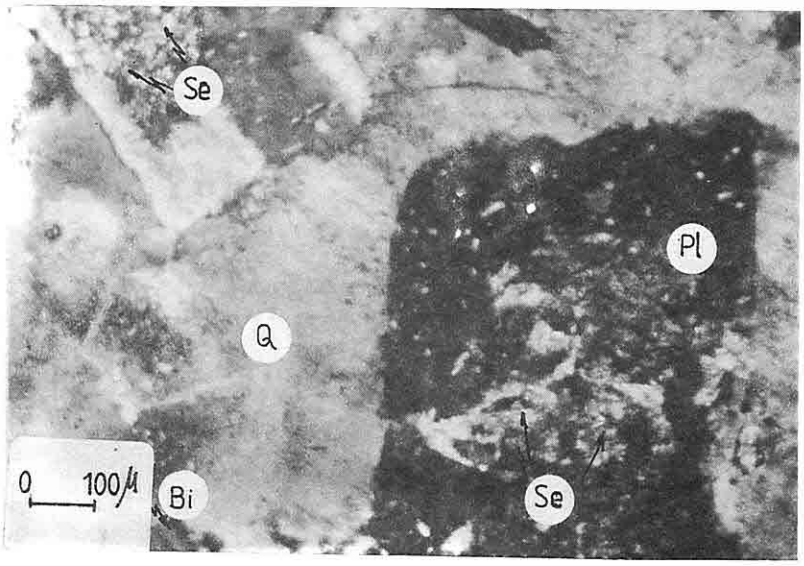


Foto.6: Karacaören Graniti (Kgr), (+N)
"Sosuritleşme ve Serisitleşme"
Q: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Bi: Biyotit, Se: Serisit

Alkali Feldspat : Alkali feldspatların 2Vx= 65-72° arasındadır. Bu değerler, alkali feldspatların mikroklin-ortoklas duraylılık sınırına yakın olduğunu fakat daha çok mikroklin bileşimi gösterdiğini vurgulamaktadır. Bazı kristallerde S tipi pertitleşme görülmektedir. İri kristallerin içinde otomorf küçük hornblend, sosuritleşme gösteren plajiyoklas, biyotit, sfen kapanımları görülmektedir.

Kuvars : Diğer granit türlerinin içerdikleri kuvars boyutlarına göre daha iri taneli̇dir. Az gelişmiş akma yapıları gibi hafif tektonik izler taşır.

Hornblend : Yeşilimsi, sarımsı pleokroizma gösterir. Çoğunlukla ayrışmış, klorit, epidot ve opak mineral oluşmuştur .

Biyotit : Yeşilimsi sarı-yeşil pleokroizma gösterir. Subotomorf kristaller halindedir.

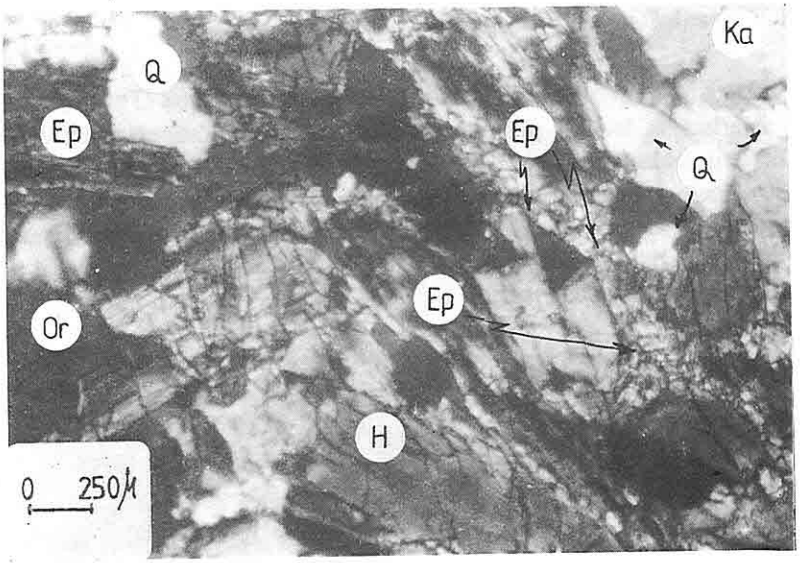


Foto 7. Karacaören Graniti (Kgr). (+N)
"Sekonder epidot oluşumu ve karbonatlaşma"
Q: Kuvars, Or: Ortoklas, H: Hornblend, Ep: Epidot, Ka: Kalsit

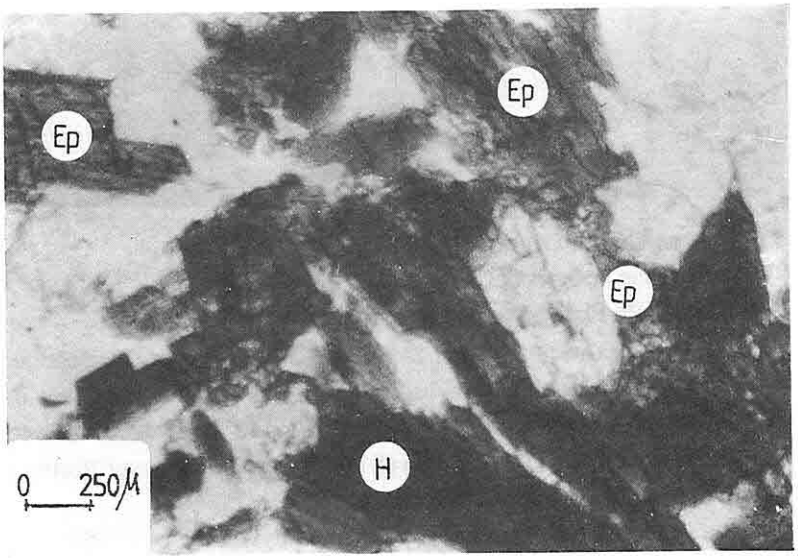


Foto 8. Karacaören Graniti (Kgr). (Tek nikol)
"Sekonder epidot oluşumu ve karbonatlaşma"
Q: Kuvars, Or: Ortoklas, H: Hornblend, Ep: Epidot, Ka: Kalsit

Kristalin dışından itibaren iç kısmına doğru yoğun bir kloritleşme dizilmişlerdir. Opak mineralin dışında, biyotit üzerinde, karakteristik şekliyle sfen görülür.

Epidot : Sekonder olarak bulunur. Plajiyoklaslaryn sosuritleşmesi ve hornblendin ayrışması sonucu oluşmuştur. Bu ayrışmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Bu nedenle epidot miktarı, Kgd ve Grp'ye oranla daha azdır. Dönüşüm izleri de açıkça görülmektedir (Foto. 7 - 8).

Aksessuar mineral olarak; sfen, apatit, zirkon, bulunur. Klorit, zoizit, serist, epidot, allanit (ortit) kayaç içindeki ikincil minerallerdir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1.İnceleme alanında yüzeylenen granitoyidler mineralojik ve petrorafik olarak detayına incelenmiş ve magmatik diferansiyasyondaki oluşum aşamaları belirlenmiştir.

2.Granitoyid türü kayaçların içerdikleri feldspatların cinsleri, kesin ölçümlerle saptanmış, dokusal özellikleri ortaya konmuştur.

3.Kayaçların içerdikleri mineral parajenezlerine göre, I tipi granitoyid oldukları belirlenmiştir.

4.Kuvars, hornblend üzerinde sıvı kapanım çalışmaları yapılmak istenmiş, eldeki laboratuvar olanaklarıyla başarılı olunamamıştır. İleri teknolojik olanaklarla bu tür çalışmaların yapılması gerekmektedir

5. KATKI BELİRLEME

Çalışmaya katkılarından dolayı yazarlar; Dokuzeylül Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölüm Başkanlığına, kimyasal analizlerin yapılmasında yardımlarını hiç bir yardımı esirgemeyen kimya laboratuvarı personeline ve Keele Üniversitesi Jeokimya laboratuvarı sorumlularından John Winchester ve ekibine, Günyüzü Kaymakamlığı ve Belediye Başkanlığı personeline teşekkürü borç bilir.

KAYNAKLAR

Augustithus, S.S., 1973. Atlas of the textural pattern of granites- gneisses and associated rocks types. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam, London, Newyork .

Bingöl, E., 1971. Granit Sorunu ve Jeolojisi, M.T.A. Ens. Yayınları, Eğitim Serisi, No: 10, Ankara.

Deer,W.A., Hawie,R., Zussman,J., 1971. Rock forming minerals.

Dideer, J., 1973 . Granites and their enclaves , The bearing of enclaves on the origin

of granites. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam, London, Newyork.

Erdinç. H., 1978. Sivrihisar Kristalin Masifinin Jeolojisi ve Petrografisi. Y.Ü. Fen Fak. Doktora tezi), İstanbul.

İlhan, E., 1976. Türkiye Jeolojisi, O.D.T.Ü. Müh. Yayınları No.51, Ankara.

Kenenori,S., 1979. Plagioclase twin laws and fabrics in three specimens of anorthozite, lithos, volume: 12, number:2, pages:97-107, Oslo.

Ketin, İ., 1961. Türkiye'deki Magmatik Faaliyetler. T.J.K. Bülteni cilt VII, sayı : 2, s: 15-18, Ankara.

Kibar, M., ve diğ. 1992 . Sivrihisar İntrüzif Kompleksi ve Civarının Jeoloji ve Petrografisi, T.J. Kurultayı Bülteni. 7, s: 71-78, Ankara.

Kibici, Y., 1984. Sarıcakaya Masifinin Jeolojisi, Petrografisi ve Petrolojik Etüdü (Doktora tezi) , Anadolu Ün. yay. No: 68, Eskişehir.

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

Kibici,Y., Yılmaz, K., Bozcu,M., Yalçın,A., Kumral,M., 1992. Sivrihisar (Eskişehir)-Günyüzü-Koçaş Yöresinin Jeolojisi ve Petrografisi, Akdeniz Ün. Isparta Müh.Fak. Dergisi. sayı: 7, s: 45-63, Isparta.

Kibici,Y., Dağ, N., Özgenç,İ., 1993. Sivrihisar (Eskişehir)-Günyüzü Granitoid Kuşağının Jeokimyasal Özellikleri ve Kökensel Yorumu, Y.Ü.60. Yıl Sempozyumu, Tebliğ Özetleri (baskıda), İstanbul.

Laves,F., Viswanathan,K., 1966. Relations between the optic axias angle and triclinicty of potash feldspar and their significance for the defination of "stable" and " unstable" stages of alkaline feldspar, scweiz, Mineral Petrology,mitt;47,147-162.

Marmo,V., 1971 . Granite petrology and alkaline problem, elsevier publishing company, Amsterdam, London, Newyork.

Özpeker, I., 1965. Granitleşme, Maden Mecmuası, sayı:14, s: 5-9, İstanbul.

Robert,P.E.M.,Anderson,A.J.,1985. Extreme fractionation in rare- element granite pegmatites, selected examples of data and mechanizm. Can. Mine, 23,381-421.

Sağıroğlu, G., 1965. Potasik Feldspatların ve Plajiyoklasların Mikroskobik Tayini, Maden Mecmuası, sayı:14, s: 29-35, İstanbul.

Shearer, C.K., Papike, J.J., 1984. Chemistry of potassium feldspar from zoned pegmatites, Black Hill, S.Dakota, İmplications concerning pegmatite evulation, geochimica et cocmochymyca Acta, 49, 663- 675.

Streckeysen, A., 1976. Classification and nomenclature of İgneous rocks, Nsb.Mener, Abb.107, Stuttgart.

Soresen, A., 1974. The Alkaline Rocks, John Wiles and Sons.

Türkay, O., Kuşçu, M., 1992. (Sivrihisar-Eskişehir) Dolayının Jeolojisi ve Mermer Yatakları, Cumhuriyet Ün. Müh.Fak. Dergisi, cilt:9, sayı:1, s:59-66, Sivas.

Weingart,W., 1954. 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara Paftalarının Jeolojik Haritalarının Korelasyon Raporu, M.T.A. Ens.Genel Müd.(arşiv), Ankara

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME SİSTEMLERİNİN MADEN MÜHENDİSLİĞİNDEKİ UYGULAMASI

M.Kemal GÖKAY
S.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET : *Madencilik problemlerinde genellikle birden çok çözüm ve alternatif vardır. Her çözümün diğerlerine göre üstünlüklerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Eğer incelenmesi gereken çözüm alternatifleri ve karar parametrelerinin sayısı fazlaysa bunların hepsinin aynı anda göreceli olarak değerlendirilmesi zorlaşacaktır. Böylesi durumlar için önerilen karşılaştırma yöntemlerinin uygulanması ve bilgisayara uyarlanması karar vermeyi kolaylaştıracaktır. Bu çalışmada birden çok kriterli karar verme algoritmalarını göz önüne alan bir bilgisayar programı (FDS-DEC) geliştirilmiştir. FDS-DEC programı ile yapılabilen uygulamaların değişik aşamalarındaki ekran çıktıları bu makale içeriğinde gösterilerek açıklanmıştır.*

THE APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION MAKING SYSTEMS IN MINING ENGINEERING

ABSTRACT : *There are always more than one solutions in mining engineering problems. In order to deal with them each solution should be thought according to its advantages. If there are lots of decision alternatives and parameters, relative comparison between them become very difficult. However the methods developed for these kinds of decision environments and their computer implications make the decision easier. In this study a computer software program (FDS-DEC) has been developed for multi-criteria decision environment. FDS-DEC program outputs are shown and explained at different stages of its application.*

1. GİRİŞ

Maden mühendisi açacağı galerinin yerinin seçiminde, uygulanacak maden işletme yöntemi tespitinde ve daha birçok konuda birden çok alternatifle karşılaşmakta ve bunlar arasında karar verirken daha önceki deneyimlerine göre hareket etmektedir. Son yıllarda bilgisayar programlama dalındaki gelişmelere bilgisayarların boyut olarak küçülüp daha hızlı ve kapasiteli olarak üretilmeye başlanması da eklenince, daha önce sadece sayısal işlemlerde kullanılan bilgisayar teknolojisi yapay zeka işlemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Mantıksal ifadelerin tanımı ve bunların işlemsel olarak tariflenmesi yapay zeka üzerinde yapılan bilgisayar çalışmalarıyla başarılmıştır. Örneğin PROLOG, LISP, PARLOG (Frost, 1986; Winston, 1992) bu yapay zeka derleyicilerinden en çok kullanılanlarıdır. Bu çalışmaların yanısıra karar verme işlem aşamalarının araştırılıp geliştirilmeleri devam etmiş, ortaya çıkan birçok yaklaşımla değişik konuların mantıksal işlemler şeklinde ifadesi uygulamaya geçirilmiştir, (Kowalski, 1979; Waterman, 1985). Bu yaklaşımların çoğunda karar alternatifleri arasından proje çalışmalarına en uygun olanın, kararı etkileyen parametrelere göre seçilmesi amaçlanmıştır. Bu ilerlemelere paralel olarak geliştirilen yöntemlerden birisi de çok kriterli karar verme yöntemidir. Burada amaç, birden çok olarak tariflenebilen karar alternatiflerinin ve parametrelerinin bir veya daha çok uzman tarafından incelenip, sonuçta elde edilen göreceli (kodlanmış) karşılaştırmaların değişik yorumlarla karara bağlanmasıdır. Bu konuda geliştirilen yöntemlerin incelenip madencilik uygulamaları açısından değerlendirilmelerinin yapılması, uygulamayı kolaylaştırmak için uygun bir bilgisayar programının geliştirilip kullanıma sunulması bu çalışmada amaç olarak seçilmiştir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR YAKLAŞIMI

Bu karar yöntemi karmaşık (fuzzy) karar yönteminin (Zadeh, 1963) bir uzantısı olarak kabul edilebilir. Bu yaklaşım Hipel (1982) tarafından ortaya çıkarılmıştır. Böylece bu çalışma ve takip eden diğer araştırmalarla karar alternatifleri arasından uzmanların görüşlerine göre seçim yapılması mümkün olmuştur. Karar için önceden seçilen çözüm alternatiflerinin göreceli değerlendirilmesi ve ortaya çıkan kararsızlık durumularının analiz içine alınması tariflenen değişik karar yöntemleriyle sağlanmıştır. Hipel'in açıkladığı yönteme göre önce kararın ne olduğu ve bu kararı etkileyen parametreler sıralanmalıdır. Daha sonra alınması gereken kararın etkilediği faktörler veya çözüm olarak seçilebilecek karar alternatiflerinin neler olabileceği belirlenmelidir. Bu önemli işlem aşaması, işlem sırasına göre tekrar tanımlanırsa;

i) Verilecek karar,

ii) Kararı etkileyen parametreler: (Pi ; i=1, 2, 3, ... , n),

iii) Karar alternatifleri: (Ai ; i=1, 2, 3, ... , n).

Bu belirlemeler sırasında karar alternatifleri, üzerinde çalışılan proje şartlarına göre sınırlı sayıda olacaktır. Bunun yanında kararın verilmesi sırasında etkili olacak parametrelerin tayinini, karar verecek uzman veya mühendis kendi tecrübesine göre belirleyeceği için bunların sayısı değişik olabilecektir. Burada üzerinde durulması ve uygulanması gereken pratik çözüm, karar parametreleri sayısının mümkün olduğu kadar fazla tutulmasıdır. Böylece göz önüne alınacak parametre çokluğu konunun daha ayrıntılı incelenmesini sağlıyacaktır. Bu yaklaşım uygulamada izlenmesi önerilen bir işlem basamağı olmasına rağmen bazı şartlarda karar verecek mühendisin konusunda uzman olması, karar parametreleri sayısının azaltılmasında bir sakınca doğurmayacaktır. Bu aşamadan sonra parametre şartlarının karar alternatifleri tarafından ne kadar gerçekleştirildiği, verilecek karar doğrultusunda göreceli olarak karar verici tarafından tespit edilir. Bu işlem sırasında (0-1) değerleri arasında verilen değerlendirmeler sözle ifade edilen göreceli karşılaştırmaları, iki değişkenli denklem çözümlerinde olduğu gibi kodlanmış matris haline çevirecektir. Karar alternatiflerinin göreceli değerlendirilmesi sırasında karar vermekle zorunlu olan uzman kendi bilgi ve tecrübesinden faydalanacaktır. Çok kriterli karar yönteminin amacı da sonuçta uzmanlığa bağlı olarak ulaşılan bu değerlendirmeleri elde etmek ve özelliklerine göre saklamaktır. Daha sonra sırası gelince kullanılacak olan bu kodlanmış bilgi ve tecrübe dosyaları değerlendirmeyi yapan uzman kaynak gösterilerek saklanabileceği için, bunların kullanılmasıyla verilecek kararlar üzerindeki tartışmaları azaltacaktır. Hipel (1982) ayrıca birden çok uzmanın aynı alternatifler ve karar parametrelerini inceleyerek aynı karar problemi için yaptıkları ayrı ayrı değerlendirmelerin birleştirilmesi konusunuda incelemiş ve yeni yaklaşımlar getirmiştir. Hipel'in tariflediği yaklaşımlar verilecek son karara ulaşmakta gösterilecek hassasiyet derecesine göre değişmektedir. Bu birleştirme yöntemlerini ve nedenlerini sıralarsak;

i) Karamsar birleştirme: sonuçta alınacak karardaki başarısızlık riskini azaltmak için uygulanan bir yöntemdir;

$$S_{ij}=S^1_{ij} \text{ VE } S^2_{ij} \text{ VE } S^3_{ij} \text{ VE }, \ldots\ldots, \text{ VE } S^k_{ij}$$
$$S_{ij}= \text{minimum } (S^1_{ij} , S^2_{ij} , S^3_{ij} , \ldots\ldots , S^k_{ij})$$

ii) İyimser birleştirme: uzmanların verdikleri en yüksek göreceli değerler birleştirme için seçildiğinden, verilecek karar için olumlu ve iyimser düşünülmektedir;

$$S_{ij}=S^1_{ij} \text{ VEYA } S^2_{ij} \text{ VEYA } S^3_{ij} \text{ VEYA }, \ldots\ldots, \text{ VEYA } S^k_{ij}$$
$$S_{ij}= \text{maksimum } (S^1_{ij} , S^2_{ij} , S^3_{ij} , \ldots\ldots , S^k_{ij})$$

iii) Ortalama birleştirme: uzmanlardan elde edilen sonuçların ortalama etkisinin bulunması yöntemidir, bu işlemde verilen kararda iyimser veya karamsar öngörüş yapılmamaktadır;

$$S_{ij}=(1/k).(S^1_{ij} + S^2_{ij} + S^3_{ij} + ... + S^k_{ij})$$

iv) Gruplaşmış karamsar birleştirme: uzmanlar arasında verilecek karar konusunda bir grublaşmanın olduğu durumlarda uygulamak ve çıkacak gruplaşmış bilgi aktarımını dengelemek için önerilen bir yöntemdir;

$$S_{ij}=(1/2).((S^1_{ij} \text{ VE } S^2_{ij} \text{ VE } S^3_{ij} \text{ VE }, ..., \text{ VE } S^k_{ij})+ (1/k).(S^1_{ij} + S^2_{ij} + S^3_{ij} + ... + S^k_{ij}))$$

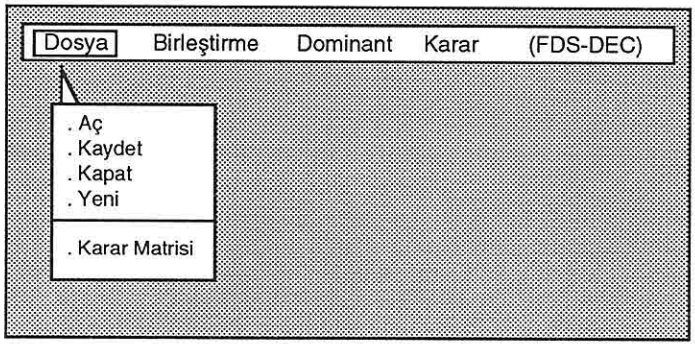
Belirli bir konuda değişik uzmanların görüşleri ve tecrübelerinden yararlanmak isteyen bir yönetici yukarıda sıralaması yapılan birleştirme yöntemlerini kullanarak amacına ulaşmaya çalışmalıdır. Bu makale kapsamında, (göreceli değerlendirmeler sonunda ortaya çıkan kodlanmış karar matrisleri kullanılarak) en uygun alternatifin seçilmesinde uygulanacak yöntem Alley ve arkadaşları (1979) tarafından geliştirilen "Dominant Matris" yaklaşımı olacaktır. Bu aşamada karmaşık (fuzzy) küme teorisinin de (Zadeh, 1963) aynı amaçla kullanılabileceği değişik yayınlarda gösterilmiştir (Yager, 1977; Zadeh, 1983). Bu yayınlarda da tariflendiği gibi $A_i=max\ (\ min\ (S_{ij}))$ formülasyonuna uygun olarak karar parametrelerinin sınırladığı karar şartlarını en yüksek dereceyle karşılayan karar alternatifi çözüm olarak belirlenecektir. Uzmanların göreceli değerlendirmesinden sonra elde edilen birleştirilmiş sonuçlar dominant matris yönteminde işlem girdileri olarak incelemeye alınacaklardır. Dominant matris yönteminde anafikir, karar alternatiflerinin verilecek karara uygun olarak belirlenen karar parametrelerine göre karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma yapılırken karar parametrelerinin baz alınması gereklidir. Bir alternatifin diğerlerine göre kaç defa yüksek oranda derecelendirildiği sayılır. Bu sayısal değer adı geçen alternatifin diğerlerine göre kaç defa dominant olduğunu göstermektedir. Bu karşılaştırma fikrinden yola çıkan Hipel yapılan ek işlemlerle karar alternatiflerini önem derecelerine göre sıralamayı başarmıştır.

3. HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMININ YAPISI

Arazide veya büroda karar verme durumunda kalan mühendis veya proje yöneticisini yönlendirmek üzere hazırlanan EXC-DEC programı (Gökay, 1993) dahilinde, çok kriterli karar verme şartları için geliştirilen FDS-DEC alt programının işlem basamakları aşağıda gösterildiği gibidir. EXC-DEC programının ana işletim menüsünden çağırılan FDS-DEC programının işletim menüsü Şekil 1'de verilmiştir. Bu işletim menüsünde yer alan işlemler, verilen menü tuşlarının soldan sağa doğru birer-birer basılıp istenenlerin

yapılması şeklinde sıralanmıştır. Programda tariflenen işlemler izlenen yöntemin anlaşılmasını sağlamak amacıyla sırayla aşağıda açıklanmıştır. Uzmanların verilecek karar için seçtikleri alternatifleri karar parametrelerine göre değerlendirmeleri, geliştirilen programın birinci işlem basamağıdır. Değerlendirilen her proje ayrı bir dosya halinde $(FD_{m(i)}\ ,\ i=\{1,2,3,\ ....\ ,\ n\})$ bilgisayar belleğinde kullanılacağı zamana kadar saklanacaktır. Karar matrisi menü tuşuna basıldığı zaman ortaya çıkacak bilgisayar ekran formu Şekil 2'de verilmiştir.

Şekilden de anlaşılacağı gibi, ekran matris şeklinde bölünmüş, yatay eksende karar alternatiflerinin, düşey eksende karar parametrelerinin sıralanmasını beklemektedir. Programın yapısı gereği en fazla 10 karar alternatifinin aynı anda göreceli değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Kararın alınmasında etkili olan parametreler ise programı kullanacak kişinin tariflemesine bırakılmıştır, böylece geliştirilen programın kullanılabilirliği genişletilmiştir. Şekil 2'deki bilgisayar bilgi giriş formunu gören uzman mühendis veya yönetici karar parametrelerini bilgisayara yazarak tanıtacaktır. Daha sonra Şekil 3'de verilen göreceli değerlendirme panosuna göre alternatifleri, üzerinde düşünülen karara ve proje şartlarına göre değerlendirecektir.



Şekil 1. FDS-DEC işletim ana menüsü

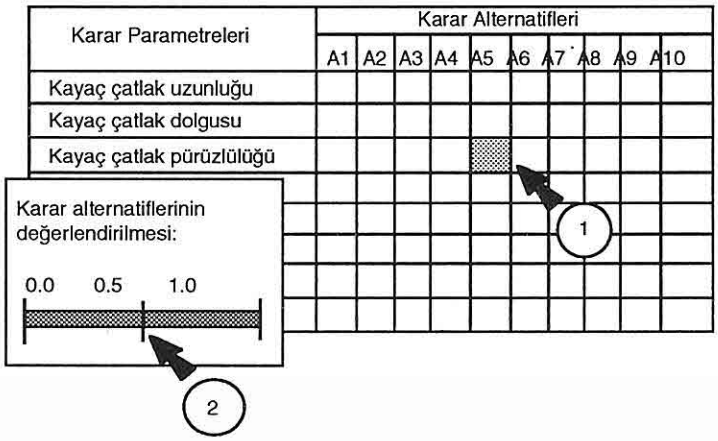
Karar Parametreleri	Karar Alternatifleri									
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Kayaç çatlak uzunluğu										
Kayaç çatlak dolgusu										
Kayaç çatlak pürüzlülüğü										
Kayaç çatlak açıklığı										
Kayaçın basma dayanımı										
Yeraltı su geliri										
.....										
.....										

Şekil 2. Karar matrisi sayısal değerlendirme formu ve parametre örnekleri.

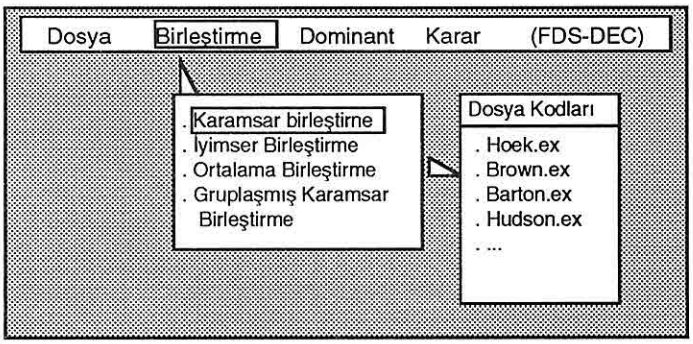
Burada örnek teşkil etmesi açısından; istenen karar bir yeraltı maden ocağı pompa dairesi yerinin seçimi olacaksa, programın Şekil 2'de verilen formuna karar parametresi olarak:

a) Yan kayaçların sağlamlığı,
b) Çatlak ve çatlakların stabiliteye etkisi,
c) Yeraltı su geliri,
d) En yakın galerinin uzaklığı ve konumu,
e) Tahkimat çeşidi
f) Kayaç içindeki gerilmelerin yönü, v.s.

verilebilir. Bu şartların değerlendirmesi yapıldıktan sonra bilgisayar hafızasına $\{FD_{m1}, FD_{m2} \ldots\ldots, FD_{mi}\}$ şeklinde değerlendirmeyi yapan uzmanlar kaynak gösterilerek kayıt edilmesi sağlanmalıdır. Programda ikinci işlem olarak, hazırlanmış karar matrislerinin birleştirilmesi işlemi vardır. Birleştirme tuşuna basınca bilgisayarın kullanıcıya sunacağı yeni ekran bilgi formu Şekil 4'deki gibi olacaktır.

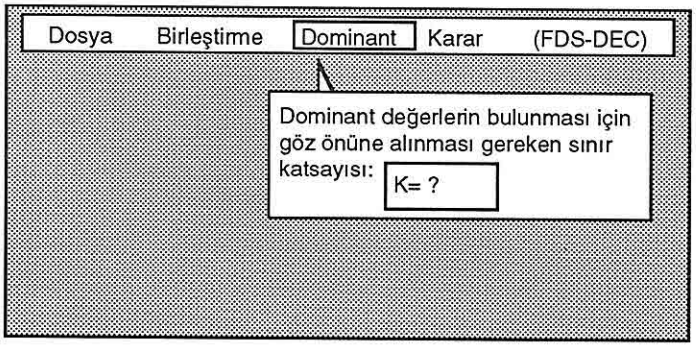


Şekil 3. Değerlendirilmekte olan karar matrisi (FD_m); önce değerlendirilecek matris elemanı seçilir (1), sonra ekranda beliren çizelgeden değerlendirme yapılır (2).



Şekil 4. Karar matrislerinin birleştirilme yönteminin seçilmesi.

Burada kullanıcının seçmesi gereken seçenekler birleştirme yönteminin çeşidini tespit etmek için verilmiştir. Bir önceki bölümde sıralanan birleştirme yaklaşımlarına göre yapılacak hesaplamalar daha önce değerlendirmesi yapılan karar matrisleri dosya isimlerinin bilgisayara verilmesiyle başlayacaktır (Şekil 4). En fazla 10 uzmanın katılımına izin veren FDS-DEC alt-programı bunları istenen birleştirme çeşidine göre birleştirerek r_{cl} ortak karar matrisini oluşturacaktır. Üçüncü işlem olarak; r_{cl} matrisine göre karar alternatiflerinin dominantlık durumlarının incelenmesi gerekecektir. Hipel (1982) tarafından tariflendiği gibi, bir alternatifin diğerine göre dominant olup olmaması daha önceden belirlenen bir sınır katsayısının büyüklüğüne göre ayarlanacaktır. Bu sınır katsayısının büyüklüğü dominantlık derecesini artıracaktır. Hazırlanan programda dominant matrisinin (d_{ij}) hesaplanması için kullanıcı Dominant'lık durumu menü tuşuna basarak sınır katsayısını programa belirtecektir.



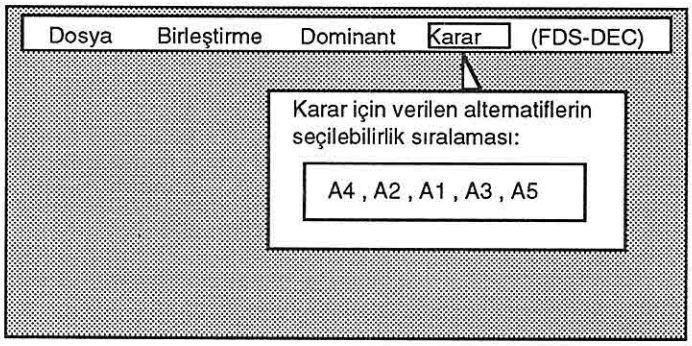
Şekil 5. Sınır katsayısı tespiti ve dominant matris programının çalıştırılması.

Sınır katsayısı kullanıcı tarafından programa belirtilmezse program otomatik olarak sınır katsayısını sıfır kabul edecek şekilde ayarlanmıştır. Böylece dominantlık derecesinin saptanmasında bir alternatifin diğerinden büyük olması yeterli sayılacaktır. Dominant matrisi oluşturulmasında elde bulunan ortak karar matrisindeki r_{ij} değerleri birbirleriyle karşılaştırılarak dominant matrisi (d_{ij}) oluşturulacaktır.

Dominant matrisindeki her eleman (d_{ij}) karar alternatifi **j**'nin **i**'ye göre r_{ij} matrisinde kaç defa büyük (dominant) olduğunu gösterecektir. Dominantlık seviyesinin ayarlanması için karar-verici tarafından belirlenecek sınır katsayısının dominantlık üzerindeki etkisini şu şekilde de açıklayabiliriz. Sınır katsayısı sıfır ise alternatif **j** değerinin alternatif **i** değerinden büyük olması, d_{ij} değerinin bir değer artırılmasını gerektirecektir: $d_{ij}=d_{ij}+1$ ***eğer (j değeri > i değeri)*** Sınır katsayısının sıfırdan büyük olduğu durumlarda uygulanan karşılaştırma yöntemiyse: $d_{ij}=d_{ij}+1$ ***eğer (j değeri > i değeri + sınır değeri)***. Dominant matris elemanlarının bulunmasından sonra, Karar tuşunun işlevine

başlanacaktır. Bilgisayar programı bu tuşa basıldığında d_{ij} matrisinin satırlarını ve düşey kolonlarındaki değerleri birbirine ekleyerek $Y_{c(i)}$ ve $D_{c(i)}$ değerlerini bulacaktır. Burada her $Yc(i)$ değeri satır elemanlarının kendi aralarındaki toplamını gösterirken, $D_{c(i)}$ değerleri de kolonlardaki elamanların kendi aralarındaki toplamını gösterecektir.

Bu işlemler sonucu elde edilen $D_{c(i)}$ değeri alternatif i'nin kaç kere diğer alternatiflere göre büyük değer aldığını gösterirken, $Y_{c(i)}$ değeri alternatif i'nin kaç kere diğer alternatiflere göre düşük değer aldığını gösterecektir. Bu durumda $K_{(i)}=D_{c(i)}-Y_{c(i)}$ işlemi yapılırsa dikkate alınan i alternatifinin toplam kaç defa büyük değerler taşıdığı ortaya çıkacaktır (negatif değerler ise aynı alternatifin kaç defa düşük değerde kaldığını gösterecektir). Bilgisayar programı bu işlemi yaptıktan sonra elde edilen $K_{(i)}$ değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralayacak ve bu sıralama kullanıcıya Şekil 6'da görüldüğü gibi sunulacaktır. Burada proje yöneticisi kendisine önerilen bu sıralamayı dikkate alarak karar vermesi halinde birden fazla uzmanın görüşlerini verdiği karar içine almış olacaktır.



Şekil 6. Yapılan değerlendirme sonucu karar alternatiflerinin sıralanması.

4. SONUÇ

Günümüze kadar, mühendis ve uzmanlar kararlarını tecrübe ve hesaplamalarının sonuçlarına göre verirken, artık tecrübelerini de sayısal olarak ifade edebilecekler ve gelecekte kullanılmak üzere saklayabileceklerdir. Son on yılda yapılan gelişmelerle uzmanların bilgileri bilgisayar programları şeklinde saklanırken (uzman sistemler) diğer pratik işlemlerin de uygulamaya geçirilmesi çalışmalarına hız verilmiştir. Konunun madencilik alanında uygulamasıyla ortaya çıkacak kolaylıklar emin olunamayan arazi ölçmelerinden dolayı karar vermekte zorlanan mühendislere yeni olanaklar verecektir. Birkaç uzmanın iştirakiyle önerilecek bir kararın proje mühendisi tarafından güvenli bir şekilde uygulamaya alınması kolaylaşacaktır. Bununla birlikte uygulama sırasında uzmanların bilgisinden azami faydalanma ve birçok konuda bu bilgilerin yeni gelen mühendislere yöntemli bir şekilde aktarımının sağlanması, madencilikle uğraşan

kuruluşların işlerinde kalıcı bir düzen ve etkinlik yaratacaktır. Birden fazla uzmanın görüşlerinin karar alternatifleri konusunda değerlendirilip karar aşamalarının açıklandığı bu makalede, belirtilen işlemlerin hızlandırılmasında hazırlanan bilgisayar programının ne kadar kullanım kolaylığı sağladığı gösterilmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

Alley,H.A., Bacinello,C.P. ve Hipel,K.W., 1979. Fuzzy set approaches to planning in the Grand River basin. Advances in Water Resources. V2, 3-12.

Frost,R.A., 1986. Introduction to knowledge-Base System. Collins, London.

Gökay,M.K, 1993. Developing computer methodologies for rock engineering decisions. Doktora (PhD) Tezi, Londra Üniversitesi, Imperial Coll. MRE Bölümü, Londra.

Hipel,K.W., 1982. Fuzzy set methodologies in multicriteria modelling. Fuzzy Information and Decision Processes. Gupta, M.M. ve Sanchez, E. (Ed.), North - Holland Yayıncılık, Amsterdam.

Kowalski,R., 1979. Logic for Problem Solving. Elsevier, North-Holland Yayıncılık, Amsterdam.

Winston,P.A., 1992. Artificial Inteligence. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.

Yager,R.R., 1977. Multiple objective decision-making using fuzzy sets. Int. J. Man - Machine Studies, V9, 375-382.

Zadeh,L.A., 1963. Fuzzy sets. Information Control, V8, 338-353.

Zadeh,L.A., 1983. The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. Int. J. Fuzzy Sets System. V11, 199-227.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

AÇIK İŞLETMELERDE OPTİMUM DELME VE PATLATMA DÜZENİ

Alaattin KILIÇ ve Mesut ANIL
Ç.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada açık işletmelerde optimum delme ve patlatma düzeninin nasıl tertip edileceği incelenmiştir. Delik çapı, basamak yüksekliği, dilim kalınlığı, delikler arası uzaklık vs.nin tayininde belirleyici olan faktörler ve bu faktörlerin sonucu nasıl etkilediği ortaya konulmuştur. Ayrıca delme ve patlatma konusunda, temel teorik bilgiler verilerek bazı uygulamalar da yazıda yer almıştır.*

THE DESIGN OF DRILLING AND BLASTING IN OPEN PIT MINING

ABSTRACT : *In this study, how optimum drilling and blasting are planed in an open pit mine has been investigated. How the hole diameter, bench high, burden, space etc. are estimated and effect the result of the blasting. The study includes some practical experiences and theories about drilling and blasting.*

1. GİRİŞ

Son yıllarda özellikle sanayileşmiş ülkelerdeki hızlı gelişmeler sonucunda büyük kapasiteli iş makinelerinin üretilmeye başlanması sonucu açık işletme madenciliğinde de büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Bilindiği gibi 1 ton cevherin yeraltı maliyeti a, 1 ton cevherin açık işletme maliyeti b (dekapaj hariç), 1 m^3 toprak-taş dekapaj maliyeti c ve dekapaj oranı k ise; $k < (a-b) / c$ durumunda açık işletme ile cevher üretimi yeraltı yöntemi ile cevher üretimine göre daha avantajlı olmaktadır. Buna göre bir maden yatağının açık işletme yöntemi ile işletilebilmesi için a'nın değerinin yüksek b ve c'nin değerlerinin ise düşük olması gerekir. Buradaki b ve c değerleri ise büyük ve daha verimli iş makinelerinde birim maliyetler azalmaktadır. Ayrıca bir kaç yıl önce açık işletme yöntemi ile üretilmesi ekonomik olmayan cevher yatakları bu gün ekonomik olarak işletilebilmektedir.

Açık işletme yöntemi ile işletilmesine karar verilen bir maden ocağında en önemli iş cevherin üzerindeki örtü tabakasının kaldırılmasıdır. Yüklenmesi yapılacak olan bu örtü tabakasının ise yükleyici makine tarafından kolaylıkla yerinden sökülebilmesi gerekir. Bunun ise, kum ocakları ve çok yumuşak örtü tabakaları hariç öteki formasyonlarda uygulanması mümkün değildir. Bu sebeple yüklenmesi istenen örtü tabakasının öncelikle yerinden sökülüp gevşetilmesini gerektirir. Örtü tabakasının gevşetilmesi için ise önce delikler delinip bu deliklere yerleştirilen patlayıcı maddelerin patlatılması sonucu kayaç gevşetilip kolayca yüklemeye hazır hale getirilebilir.

Bir açık işletmede delme ve patlatma maliyetleri toplam maliyetlerin %15'i civarındadır. Günümüz serbest piyasa ekonomisinde birim satış fiyatları istenildiği gibi arttırılamadığından daha çok kâr etmek için birim maliyetlerin daha düşük olması gerekir. Birim maliyetlerin düşürülmesi ise bilimsel ve etkin çalışmalarla mümkündür. Delme ve patlatma maliyetide toplam maliyet içinde büyük bir orana sahip olduğu için buradaki maliyetlerin düşürülmesi toplam maliyette azalma oluşturacağından, cevher üretiminin daha ekonomik olarak üretilmesi sağlanacaktır.

2. KAYAÇLARIN DELİNEBİLİRLİĞİ

Kayaçların delinebilirliği; bir delici matkabın kayaç içine batma hızı olarak tarif edilir. Bu özellik kayacın yalnızca mekanik özellikleri (basınç ve gerilme dayanımları gibi) ile açıklanamaz. Kayaçtaki mineral dağılımı, dokusu, tane büyüklüğü, altere olup olmadığı gibi özellikleri buna etki eder. Bunların etkileride farklı kayaçlardaki delik delme performansı için geliştirilebilir. Kayaç delinebilirliği ile ilgili bazı indisler şunlardır;

- Delme hızı indeksi (DRI),
- Barre granitin (Barre, Vermont, A.B.D.) delinebilirlik indeksi temel değer kabul edilerek diğer kayaçların sınıflandırılması,
- Mohs sertlik derecesine göre sınıflandırılma.

2.1 Delme Hızı İndeksi (DRI)

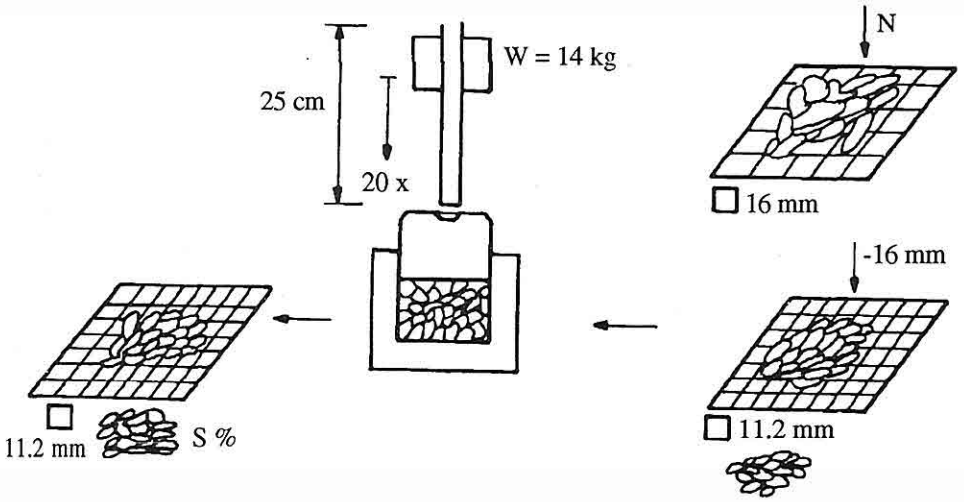
Delme hızı indeksi, arazideki delme hızının doğrudan belirlenmesi değil fakat buna yakın bir değerdir. Buradaki değer, kayacın delinmeye karşı azami direnci olarak kabul edilebilir. Yöntem Norveç'te geliştirilmiş olup Finlandiya'da standart kullanım için kabul edilmiştir. Her iki ülkede de çok sayıda deneysel veriler ve delme hızları toplanmış ve delme hızı indeksi (DRI) yöntemi kayaç delinebilirlik tahmini için güvenilir ve doğru sonuçlar vermiştir. DRI iki parametre üzerine kurulmuştur. Bunlar;

-S_{20} Kırılganlık değeri,

- Sievers j değeri (S_j değeri)'dir.

Kırılganlık değeri tekrarlanan darbelerden dolayı kırılmaya karşı kaya direncinin bir ölçüsü olan kırılganlık değeri S_{20}, şekil.1'de görülen kırılganlık deneyi ile ölçülür.

Test edilen kayaç numunesinin agrega hacmi 11,2-16 mm aralığındaki 2,65 t/m^3 yoğunluklu 0,5 kg agregaya karşılık gelir. Kırılganlık değeri S_{20}, 0,5 kg malzemenin deney aletinde 20 darbe altında kırılmasından sonra 11,2 mm elek altına geçen miktarın 0,5 kg'a kadar olan oranıdır.



N : Kayaç numune parçaları

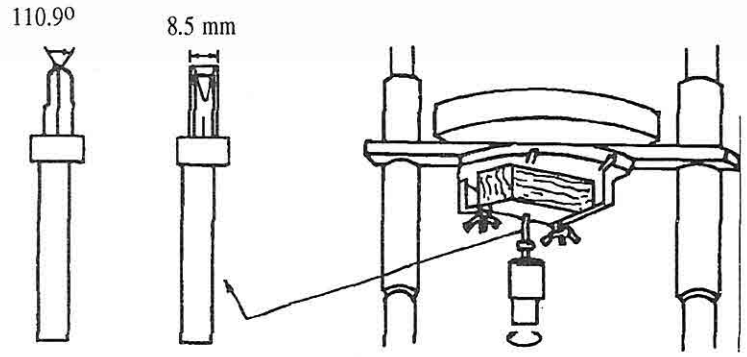
W : Ağırlık (14 kg)

S_{20} : 20 darbe sonunda kırılganlık değeri ; $S_{20} = \frac{5}{0,5} \cdot 100$

Şekil 1. S_{20} kırılganlık değerini ölçme deneyi akış şeması.

S_j değeri ; minyatür delici deniyinde 200 döndürmeden sonra 1/10 mm'de ifade edilen delik derinliği ölçüsüdür (Şekil 2). 4-8 delik için seçilen ortalama değer $S_j$değeridir. S_j

değerini tespit etmek için delme işi tabaka yüzeyine karşı düzlenip DRI hesaplandığında delme yüzeyine göre tabakalanmanın yön tayini önemlidir.



W : Ağırlık (20 kg)
D : Tungsten karbitli minyatür delici
N : Kayaç numunesi

Şekil 2. S_j değeri tespiti için minyatür delici deneyi.

Delme hızı indeksi (DRI) şekil.2'deki deney sonucu hesaplanabilir ve DRI; S_j değeride kullanılarak doğrulanmış kayaç numunesinin kırılganlık değeri olarak kabul edilir.

Aşağıdaki Tablo.1'de ise farklı kayaçların delinebilirlik faktörleri mevcuttur. Berre granitin delinebilirlik faktörü 1 kabul edilip, diğer kayaçların delinebilirlik faktörü buna göre düzenlenmiştir. Herhangi bir kayacın delinme hızını hesaplamak için delinecek kayacın delinebilirlik faktörünün ve kullanılan delik makinesinin Berra granitteki delme hızının bilinmesi yeterlidir (Naapuri, 1989).

Tablo 1. Bazı kayaçların delinebilirlik faktörleri.

Kayaç Adı	Delinebilirlik faktörü
Andezit	1,27
Bantlı gnays	0,89
Berre granit	1,00
Bazalt	0,56
Kalsit	0,89
Kalkopirit	0,78
Diyorit	0,34
Dolomit	1,70
Felsit	0,75
Granit	0,67-1,10
Granit-Gnays	0,67-0,89
Kırmızı hematit	1,50
Kireçtaşı	0,89-1,79
Manyezit	0,94
Manyetit	0,59-0,67
Pegmatit	0,67
Porfir	0,82-0,89
Kuvarsit	0,33-0,78
Riyolit	0,75
Kumtaşı	0,60
Şeyl	0,75-2,00
Siderit	0,89-1,00
Takonit	0,84

Örnek : Makine tipi : T4BH
Matkap çapı : 7 7/8 in (200 mm)
Berre granitte delme hızı : 20 cm/dk ise

Bu makinenin andezit ve takonitteki delme hızları şöyle bulunur:

$V_{AA} = V_{BG} \cdot df\ (B_5) = 20\ cm/dk \cdot 1{,}27 = 25{,}4\ cm/dk$

$V_{Tak} = V_{BG} \cdot df\ (Tak) = 20\ cm/dk \cdot 0{,}84 = 16{,}8\ cm/dk$

2.2 Kayaçların Patlatılabilirliği

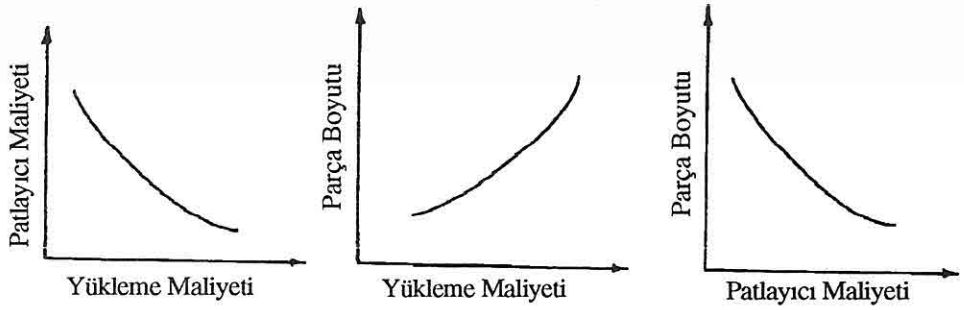
Kayaç patlatılabilirliği; kayacın sedimantasyon derecesi ve kayaç yapısına bağlı olan ve patlatılmaya karşı kayacın gösterdiği dirençtir. Katı, homojen ve sert kayaçlarda atım kolayca kontrol edilebilirken kırıklı, çatlaklı ve fissürlü kayaçlarda patlama sonucu çıkan enerji bu çatlaklardan çıkıp kaybolabildiğinden patlatma her zaman istenilen sonucu vermeyebilir (Naapuri, 1989).

Başarılı bir delme-patlatma için dikkat edilecek hususlar şunlardır;

- Patlayıcı maddenin gücü patlatılacak kayacın direncine göre seçilmelidir,
- Delikle ayna arasındaki uzaklık (dilim kalınlığı) patlayıcı maddenin gücüne göre ayarlanmalıdır,
- Standart deliklerin ve patlayıcı madde doldurma ünitelerinin kullanılması daha ekonomiktir,
- Gereğinden fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmamalıdır,
- Kayaç dokanakları, faylar, yatak şekli ve kayacın eğim ve yönü de patlatılabilirliği doğrudan etkilediğinden bu durumlara dikkat edilmelidir.

2.2.1 Parçalanma

Parçalanma; patlatma sonrası gevşetilen kayaç içindeki blokların ortalama boyutu olarak tanımlanır. Parçalanma boyutu yükleme ve taşıma randımanına doğrudan etki eder. En iri



Şekil 3. Patlayıcı madde maliyeti, parça boyutu ve yükleme maliyeti arasındaki yaklaşık ilişkiler.

parça boyutunun küçük olduğu durumlarda yükleme ve taşıma daha randımanlı fakat buna karşılık birim hacim kayacı gevşetmek için kullanılan patlayıcı madde miktarı daha fazladır. Şekil 3'te görüldüğü gibi patlayıcı madde maliyetlerinin artışı ile birlikte taşıma ve yükleme maliyetleri azalacak, patlayıcı madde maliyeti azaldığı zaman taşıma ve yükleme maliyeti artacaktır. Genel olarak gevşetilmiş kayaç içindeki en iri parça boyutlu miktarın toplam gevşetilmiş kayaç miktarına oranı %25'i, en iri parça boyutu da 400 mm'yi aşmamalıdır.

3. DELİK DÜZENİ

Delik makinesi seçilmeden önce, patlayıcı maddenin özellikleri, yükleyici ve taşıyıcı makine özellikleri ve üretim hızı tespit edilmeli buna göre delik çapı, basamak yüksekliği, delikler arası ve sıralar arası uzaklıklar tayin edilmelidir.

Bir delik delme düzeninde basamak yüksekliği, delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı delik çapına sıkı sıkıya bağımlı olduğu için seçilecek makine ve matkap çapı daha bir önem kazanmaktadır.

3.1 Delik Çapı (De)

Açık işletmelerde kayacı gevşetmek ve yüklenmesini kolaylaştırmak için yapılması gereken patlatma işlerinde, içerisine patlayıcı maddelerin konulduğu deliklerin çapları kullanılan delik makinesinin büyüklüğüne ve kullanılan matkap çapına göre değişir. Patlayıcı madde doğrudan deliğe boşaltılıyorsa (ANFO gibi) o taktirde delik çapı matkap çapına eşit kabul edilir. Eğer patlayıcı madde koruyucu bir torba içinde (genellikle sulu deliklerde kullanılan naylon torba içindeki patlayıcılar) deliğe yerleştiriliyorsa o taktirde delik çapı silindirik koruyucu kabın çapına eşit olur ve matkap çapına göre daha küçüktür.

Günümüzde açık işletmelerde, taş ocaklarında ve yol yapım işlerinde kullanılan matkap çapları $1^{1/2}$ inç (38 mm)-22 inç (559 mm) arasında değişmekle birlikte açık işletmelerde yaygın olarak kullanılan matkap çapları 6 inç (152 mm) ile 15 inç (381 mm) arasında değişmektedir.

Matkap çapları büyüdükçe makinenin gücü, ağırlığı, baskı ve döndürme kuvvetleri artmaktadır.

Delik çapını sınırlayan faktörler;

1- Kayacın istenilen boyutta parçalanması: delik uzunluğunun (H) delik çapına (De) oranı küçüldükçe gevşetilen kayaç içindeki en iri parça boyutu artmakta, buna karşılık bu oran büyüdükçe patlama hızı düşmektedir (Tablo 2). Optimum H/d oranı 40-60 arasında olduğu zaman en iyi sonuçlar alınmaktadır.

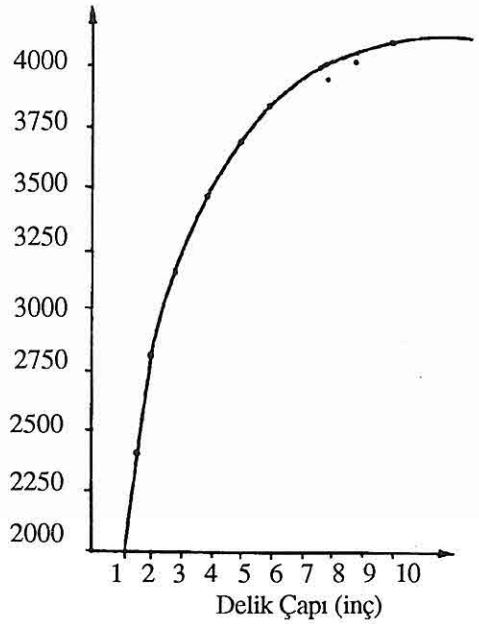
2- Delik çapı ile patlayıcı maddenin patlama hızı arasında da çok sıkı bir ilişki vardır (Tablo 2, Şekil 3).

Tablo 2. ANFO'nun delik çapına bağlı olarak patlama hızı ve birim metredeki şarj miktarı.

Delik Çapı		Taban Alanı	ANFO Miktarı	Patlama Hızı
inç	mm	mm ^{2}	kg/m	m/sn
1.5	38	1134	0.9-1.0	2100-2700
2	51	2043	1.6-1.9	2600-3000
3	76	4536	3.7-4.5	3000-3300
4	102	8172	6.5-7.7	3300-3600
5	127	12668	10.3-12.2	3500-3800
6	152	18146	19.8-23.5	3700-3900
8	203	32365	26.2-31.0	3800-4000
9	230	41548	29.8-39.9	3900-4100

Kaynak: Naapuri, J. Surface drilling and blasting (1989).

Tablo 2'den de görüldüğü gibi delik çapları ile patlama hızları arasında bir ilişki vardır. 1 inç (25,4 mm)'ten daha küçük çaplı deliklerde ANFO'nun patlama hızı çok küçük olup istenilen sonuçlar elde edilemez. Bu tür deliklerde daha hassas patlayıcı maddeler kullanılır. ANFO'nun en yüksek patlama hızı 4100 m/sn olduğundan 10 inç (254 mm) çapından daha büyük deliklerde delik çapının artması patlama hızını etkilemez.



Şekil 4. Delik çapına bağlı olarak patlama hızı.

2 inç çaplı deliklerde yapılan patltamaya göre 9 inç çaplı deliklerde yapılan patlatma hızı % 43 daha fazladır. Bir açık işletmede delik makinesi seçimi sırasında tercih daha çok büyük matkap çapına sahip makine yönünde olmalıdır. Ayrıca büyük çaplı delikleri delmek için gerekli enerji (birim hacim için) küçük çaplı delikleri delmek için gerekli enerjiden daha azdır. Ancak matkap çapları ile delik makinesi arasındaki ilişki gibi delik makinesi ile üretim arasında da bir ilişki vardır.

Daha büyük makine daha büyük üretim ve daha büyük maliyeti gerektirdiği için, günlük üretimin düşük olduğu bir açık işletmede büyük çaplı delik makinesi kullanmak hem maliyetleri yükseltir hem de makinenin atıl kalmasına neden olur. Bunun yanında delik makinesi arızalarının neden olduğu üretim kaybını önlemek için alınan yedek bir delik makinesinin olduğu düşünülürse bu maliyet artışı daha da büyük bir önem kazanır. Bu nedenle delik makinelerinin seçiminde en büyük rolü üretim miktarı ve üretim hızı oynamalıdır.

3- Delik çapları arttıkça delikler arası mesafe ve dilim kalınlığıda artacağından patlatma sonucu gevşeyen kayaçtaki en iri parça boyutlarıda artar. Daha çok büyük kova hacimli yükleyici makinelerin çalıştığı işletmelerde iri parça boyutu büyük sorun çıkarmamakla birlikte küçük kova hacimli makinelerin çalıştığı işletmelerde yükleme verimi düşebilir. Yani aynı üretim hızına sahip iki ayrı açık işletme sahasını gözönüne alalım. Bunlardan birincisinde 10 m^3 kova hacimli 1 adet ekskavatör diğerinde 5 m^3 kova hacimli 2 adet ekskavatör çalışıyorsa bu işletmelerde kullanılacak delik makineleride farklı olmalıdır. Çünkü patlatma sonucu gevşetilen kayacın kabarma faktörü yükleyicinin kapasitesini iki şekilde etkiler. Birincisi kabarma fazla iken yığın içindeki iri parça da fazla olacağından makinenin bir seferde yükleyeceği yerinde pasa miktarı hem kabarma faktörü, hem de dolum faktörünün etkisiyle düşecektir. Bu olay küçük kova hacmli makineler için oldukça önemlidir.İkincisi makinenin kova hacmi büyük ve dolum faktörü tatmin edici durumda iken iri parçalardan dolayı kabarma faktörünün etkisiyle bir seferde yüklenebilecek pasa miktarı azalacaktır.

Tablo 3. Parça büyüklüğüne göre kabarma faktörleri

	Parça büyüklüğü (mm)							
	400	600	800	1000	1200	1300	1700	2000
Yığındaki en büyük parça oranı (%)	20-25	20-25	20-25	10-15	20-25	20-40	40-45	60
Kabarma faktörü (%)	1.2	1.3	1.5	1.45	1.55	1.6	1.7-1.8	2.0

Saltoğlu,S. 1981.

Tablo 3'te de görüldüğü gibi yığın içindeki en iri parça boyutu ve toplam yığına oranı arttıkça kabarma'faktörü de artmaktadır. Buna göre;

Yükleyici makinenin bir seferde yükleyebileceği pasa miktarı (yerinde) Vg ise;

$$V_g = V_k \; df \; \frac{1}{kf}$$

V_g : yerinde pasa miktarı (m^3)
V_k : kova hacmi (m^3)
df : kepçe dolum faktörü (kf<1)
kf : kabarma faktörü (kf>1)

Buna göre delikler arası mesafe küçük, birim hacme düşen patlayıcı miktarı (gr/m^3-gr/t) fazla ve gevşetilen yığındaki en büyük parça oranı %20-25 ve en büyük parça boyutu 400 mm iken;

$$V_{g_1} = V_k \, df \frac{1}{kf_1} \quad => \quad V_k \, df \frac{1}{1,2} = 0,833 \; V_k \, df$$

Buna karşılık delikler arası mesafe fazla, birim hacme düşen patlayıcı madde miktarı az, gevşetilen yığındaki en büyük parça oranı %40 ve en büyük parça boyutu 1700 mm iken

$$V_{g_2} = V_k \, df \frac{1}{kf_2} \quad => \quad V_k \, df \frac{1}{1,8} = 0,588 \; V_k \, df$$

dir. Bu durumda,

$$\frac{V_{g_2}}{V_{g_1}} = \frac{0,588 \; V_k \, df}{0,833 \; V_k \, df} 100 = \% \; 71$$

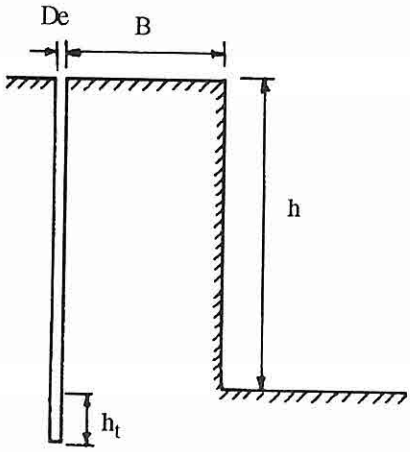
olur. Yani kabarma faktörünün 1,8 olduğu duruma göre verim (100-71), %29 daha düşük olur. Ayrıca iri parça boyutları için dolum faktörünün daha düşük olduğunu da göz önünde bulundurursak verim daha da düşecek, sonuçta ilk duruma göre makinenin ancak 2/3'ünden yararlanılabilecektir. Böylece 2 adet yükleyici ile yapılabilecek bir üretim hızı için 3 adet yükleyici makineye ihtiyaç duyulacaktır.

Kabarma faktörünün etkisi yükleyicilerde olduğu gibi taşıyıcı makinelerde de çok önemlidir. Yüksek tonajlı ve kasa hacmi sabit olan bir taşıyıcıda kabarmanın etkisiyle kasa dolacak, buna karşılık tonaj tamamlanamayacağından taşıyıcı gerçek kapasitesinin altında bir verimle çalışacaktır.

3.2 Dilim Kalınlığı ve Sıralararası Uzaklık (B)

Dilim kalınlığı ayna ile ilk sırada bulunan deliklerin arasındaki uzaklıktır. Bu uzaklık aşağıdaki durumlardan etkilenir;

- delik çapı,
- basamak yüksekliği,
- kayaç özellikleri,
- patlayıcı madde özellikleri,
- istenilen parça boyutu,
- ayna önünün açık olup olmama durumu.



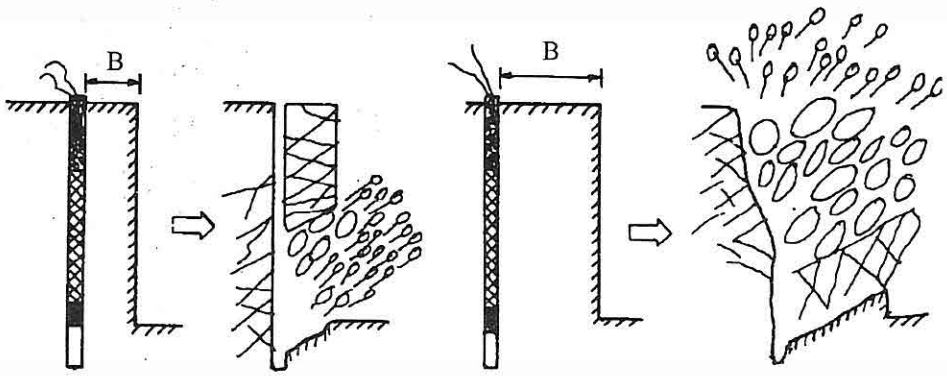
Şekil 5.

B: dilim kalınlığı (m)
h : basamak yüksekliği (m)
De : delik çapı (mm)
ht : delik taban payı (m)

Bloklu veya sert ve masif kütleli arazide parçalanmanın iyi olması için dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe küçük tutulur. Diğer yandan parçalanmanın çok önemli olmadığı çok çatlaklı tabakalarda delik çapları büyük tutularak dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe büyük tutulabilir.

Uygun dilim kalınlığının (B) seçimi yapılacak patlatma düzenindeki en önemli kararlardan biridir. Patlatmadaki diğer boyutların içinde ise en kritik olanıdır. Dilim kalınlığı çok küçük seçilirse parçalar yüzeyden önemli ölçüde uzağa fırlar ve makine ve insanlar için önemli tehlikeler doğurur, parçalanma istenilenden fazla ve hava şokuda çok yüksek olur (Şekil 5.a). Dilim kalınlığı çok büyük seçildiğinde ise deliklerin gerisinde kırılma ve çatlamalar olur ve arka duvarlarda kırılma ve bozulmalar olur. Aşırı dilim kalınlıkları patlatılan delik çevresinde silindirik bir boşluk olacak şekilde fışkırmalara yol açar, gevşetme istenilen sonucu vermez. Delik çevresindeki dikey boşluklarla birlikte patlatma şiddeti havaya gider (Şekil 5.b). Ayrıca kullanılan birim patlayıcı madde için yer

sarsıntıları fazla olur. Kayacın parçalanması son derece kaba olurken tırnak olayları meydana gelir. Patlatma dizaynında dilim kalınlıklarının değiştirilebilme toleransları çok azdır. Diğer faktörlerin (basamak yüksekliği, delikler arası mesafe, sıkılama payı vs.) dilim kalınlığına göre değiştirilebilme aralığı daha esnek olup, değiştirilmeleri çok büyük hatalar doğurmaz.



Şekil 5.a. B'nin küçük olma durumu **Şekil 5.b.** B'nin büyük olma durumu

Dilim kalınlığının tayini büyük ölçüde kullanılan delik makinesinin matkap çapına bağlıdır. Kayaç özelliği, patlatılabilirliği ve delik çapı bilinirse en uygun dilim kalınlığı tespit edilebilir.

Patlayıcı madde üreten kuruluşlarda patlayıcı madde ve kayaç türüne göre dilim kalınlığı tesbiti önceden patlatma tecrübesinin yapılacağı bir sahanın olmayışı nedeniyle dilim kalınlığı boyutlarını hesaplamak daima bir sorun olmaktadır. Kullanılacak patlayıcı ve kayaç özelliklerine göre uzun yıllardır bir çok formül geliştirilmiştir. Allsman (1960) ve Speath (1960) aşağıdaki formülü önermektedir.

$$B = \left(\frac{K\,De}{12}\right)\sqrt{\frac{Pe}{St}}$$

Burada:
B : dilim kalınlığı
K : kayaç katsayısı ($k \simeq 0{,}8$)
De : delik çapı (patlayıcı sütunu çapı)
Pe : patlayıcı maddenin oluşturduğu basınç
St : kayaç çekme mukavemeti

Gevşetilmesi istenen kayacın çekme mukavemetine ve patlayıcı maddenin oluşturduğu

basıncın tesbitindeki zorluklar nedeniyle bu formül pek kullanışlı değildir.

Ash (1963) dilim kalınlığı için aşağıdaki formülü geliştirmiştir;

$$B = Kb \cdot De/12$$

Burada;
Kb : dilim kalınlık katsayısı
De : delik çapı

Ash (1963) ve Allsman (1960)'ın önerdikleri formüllerin yaklaşık birbirine eşit olduğunu kabul edersek, o zaman;

$$Kb \frac{D\cancel{e}}{\cancel{12}} \simeq \frac{D\cancel{e}}{\cancel{12}} K \sqrt{\frac{Pe}{St}}$$

olur. Buradan;

$$Kb \simeq K \sqrt{\frac{Pe}{St}}$$

Burada Allsman'ın önerdiği formül için Pe/St'nin tesbitindeki zorluk Kb'nin tesbiti için de geçerli olup uygulamada kullanılmaları zordur.

Konya (1974) dilim kalınlığının hesabı için Ash'inkine benzer bir formül geliştirilmiştir.

$$B = 3{,}15 \cdot De \cdot \sqrt[3]{SGe / SGr}\ (ft) = 0{,}96 \cdot De \cdot \sqrt[3]{SGe / SGr}\ (m)$$

Burada;
B : dilim kalınlığı (ft,m)
De : patlayıcı sütun çapı (inç)
SGe : patlayıcı madde yoğunluğu (kg/lt),(t/m^3)
*SGr : kayaç yoğunluğu (kg/lt),(t/m^3)

Örnek : Yoğunluğu 2.6 kg/lt olan marnda 9 inç çaplı deliklere ANFO doldurularak yapılacak patlamada dilim kalınlığı (ANFO'nun yoğunluğu 1 kg/lt);

$$B = 0{,}96 \cdot 9 \cdot \sqrt[3]{1/2{,}6} = 6{,}3\ m$$

olur.

Konya (1983) aynı verilerin kullanılması ile yine aynı sonucu veren bir başka dilim kalınlığı formülü önermiştir. Bu yeni formül üslü olmayan bir formül olduğundan kullanılması daha kolaydır. Buna göre;

$$B = [(2 \cdot SGe / SGr) + 1{,}5]\ De \cdot 0{,}305\ (m)$$

* Bazı patlayıcı maddelerin yoğunlukları Tablo 4'te verilmiştir.
* Bazı kayaçların yoğunlukları Ek.I'de verilmiştir.

Örnek : Yoğunluğu 2,6 t/m^3 olan marnda 9 inç çapında açılan sulu deliklere ANFO doldurularak patlatma yapılacaktır. Dilim kalınlığı ne olmalıdır ? (naylon torbadaki ANFO yoğunluğu 1,0 t/m^3'tür)

$$B = [(2 \,.\, 1{,}9 / 2{,}0 + 1{,}5] \,.\, 9 \,.\, 0{,}305 = 6{,}3 \text{ m}$$

Genel olarak yukarıdaki formülle hesaplanan dilim kalınlığının ± %10 farklı olması durumunda bile çok iyi sonuuçlar alınmaktadır. Bu formülde patlayıcı madde ve kayaç yoğunluklarının yer alması büyük bir avantajdır. Keza daha yoğun patlayıcı maddenin birim hacminde daha fazla enerji varken, daha yoğun kayacı gevşetmek için gerekli enerjide daha fazladır. Ayrıca kayaç yoğunluğu ile kayaç çekme mukavemeti arasında da doğrusal bir ilişki vardır (Konya ve Walter, 1990).

Tablo 4. Patlayıcı maddelerin yoğunluk ve ağırlıkça kudreti.

Patlayıcı madde cinsi	Yoğunluğu kg/lt	Ağırlıkça kudreti (% Stu)	Patlama hızı m/sn	Gaz hacmi lt/kg
Blasting Gelatine	1,5	146	7900	-
%35 NGL dinamiti	1,45	115	6100	870
Am monite (Prill)	0,9	102	2000-4000	970
ANFO	0,8-1,0	100	2000-4000	970
AN-TNT slurry	1,4	85	4200-6000	950
Slurry, %25 TNT	1,5	172	4200-6000	850
Slurry, %30 TNT	1,5	101	4200-6000	680
Nabit	1,0	103	3500	-

"Explosives and Rock blasting" Atlas Powder Co. (1987)

Patlayıcı maddelerde yoğunluğun fazla olması her zaman birim hacimdeki enerjinin fazla olması demek değildir. Bunun için yukarıdaki formülde patlayıcı yoğunluğu yerine patlayıcı madde katsayısı konabilir. Bu katsayılar ise ANFO=100 kabul edilerek, diğer patlayıcılar için tespit edilirler (Tablo 4).

Bu durumda dilim kalınlığını hesap etmek için şu formül önerilir;

$$B = 0{,}20 \,.\, De \sqrt[3]{Stu / SGr}$$

Burada;
De : delik çapı (inç)
Stu : patlayıcı madde katsayısı
SGr : kayaç yoğunluğu

Patlayıcı madde özelliği, kayaç yoğunluğu ve delik veya patlayıcı madde sütun çapının yanı sıra dilim kalınlığına patlayıcı madde deliklerinin oluşturduğu sıraların sayısı ve jeolojik faktörlerde etki etmektedir.

1 veya 2 sıralı deliklerden oluşan bir patlatma grubu için katsayı (Kr) 1.00 kabul edilirken 3 veya daha fazla sıradan oluşan grup için (Kr) 0.90 kabul edilir. Böylece;

$$B = 0{,}20 \,.\, De \sqrt[3]{Stu / SGr} \,.\, Kr \text{ (m)}$$

olur.

Jeolojik yapı için katsayılar (Ks)

Formasyon yapısı	(Ks)
Çok zayıf ve çatlaklı	1,30
Sıkı bağlantılı, ince çimentolu	1,10
Masif kayaçlar	0,95

Böylece:

$$B = 0{,}20 \,.\, De \sqrt[3]{Stu / SGr} \,.\, Kr \,.\, Ks$$

Burada;
B : dilim kalınlığı (m)
De : delik veya patlayıcı sütun çapı (inç)
Stu : patlayıcı madde katsayısı (ANFO için 100)
SGr : kayaç yoğunluğu (t/m^3,kg/lt)
Kr : sıra katsayısı
Ks : jeolojik katsayı

Daha pratik olarak kullanılması için dilim kalınlıkları;

- Patlatılması çok güç kayaçlarda; B=0,55-0,65.De
- Orta derecede patlatılabilir kayaçlarda; B=0,65-0,75.De
- Kolay patlatılabilir kayaçlarda; B=0,75-0,85.De

alınabilir. Burada;
B : dilim kalınlığı (m)
De : delik veya patlayıcı sütun çapı (inç)

Daha önceden belli bir delik çapı için tayin edilmiş ve başarılı bir şekilde uygulanmakta

olan dilim kalınlığı varsa matkap çapının büyütülüp küçültülmesi durumunda kayaç yapısı ve patlayıcı madde özellikleri ayni iken delik çapı ile dilim kalınlığı arasında bir oran vardır. Bu oran kullanılarak yeni dilim kalınlığı tespit edilebilir :

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{De_1}{De_2} \quad => \quad B_2 = B_1 \cdot \frac{De_2}{De_1}$$

olur.

Burada;

B_1 : uygulanmakta olan dilim kalınlığı (m)

De_1 : kullanılmakta olan matkap çapı (inç)

De_2 : değiştirilmesi düşünülen yeni matkap çapı (inç)

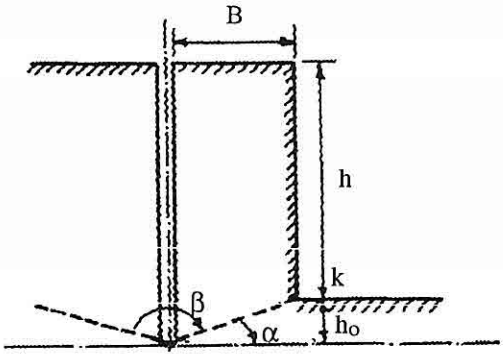
B_2 : uygulanacak olan yeni dilim kalınlığı (m)

(Konya,J.W., 1990)

3.2.1 Delik Taban Payı (ho)

Basamak tabanında veya yükleme seviyesinde tırnak kalmaması için delik boyları basamak yüksekliğinden bir miktar fazla delinir. Yükleme seviyesinin altında bulunan bu delik boyu "delik taban payı" olarak tanımlanır.

Patlayıcı maddelerin kullanılması ile yapılan parçalanmada kayaçlar delik eksenine dik olan düzlemler belli bir açı yaparak kırılırlar. Böylece bir patlama konisi ortaya çıkar (Şekil 6).



Şekil 6. Patlama koni açısı.

Patlama koni açısı (β) patlayıcı maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine (yanma hızı, sıcaklık, basınç, bileşim vs.) bağlı olarak değişir. Çok iyi patlayıcılarda (Emulite, Emulan gibi) bu açı 150-160°'ye kadar çıkarken ANFO'da 140° civarındadır. Buna göre

basamak ayna tepesinden B (dilim kalınlığı) kadar uzakta delinen bir delikte yapılacak patlama sonucu k noktasında tırnak kalmaması için delinmesi gereken en az delik uzunluğu ho şöyle hesaplanabilir :

$$ho = B \,.\, Cot \,.\, \beta/2 = B \,.\, tg\left(\frac{180-\beta}{2}\right) = B \,.\, tg\alpha$$

olur.

$\beta = 140°$ için ;

$$\alpha = \frac{180-140}{2} = 20° \quad \text{ve} \quad ho = B \,.\, tg20° = 0{,}36 \,.\, B_{(m)}$$

Ayrıca, dilim kalınlığı B delik çapına bağlı olduğu için

ho = 0,36.(0,55.De) ile 0,36.(0,85.De) arasında değişir.

Bkz. Bölüm 3.2.

Burada;

De : delik veya patlayıcı sütun çapı (inç)

Daha güçlü patlayıcıların kullanıldığı atımlarda α=10° için

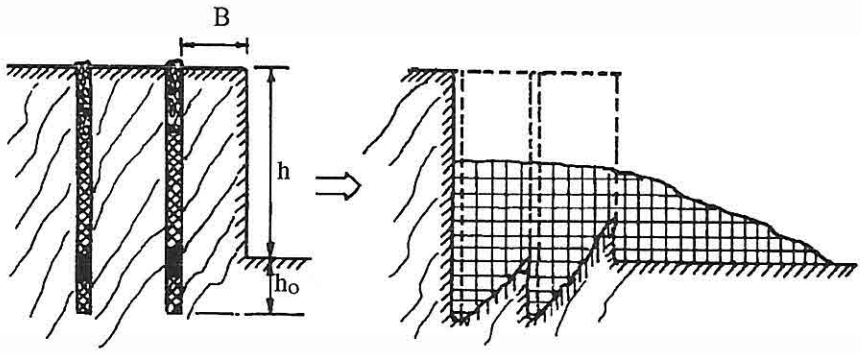
ho = B.tg10°=0,18.B olabilir.

Delik taban payı hesabında Hoek; ho=0,2-0,3.B, Gusstaffson, Langefors ve Nitro Nobel; ho=0,3.B, Tamrock; ho=0,3-0,4.B bağıntılarını kullanmıştır.

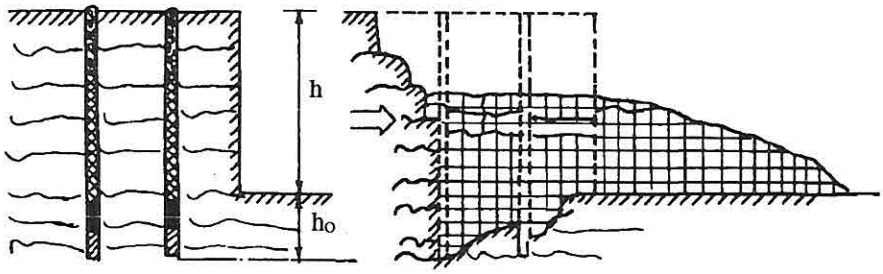
Hegan (1974); ho=8.De, bazı özel durumlarda ise ho=10,12.De bağıntısı kullanmıştır.

Bunların dışında delik taban payı kayacın yapısına, çekme ve basnıç mukavemetine (mekanik özelliklerine) ve tabakalanma durumuna göre değişir. Bazı kayaçlarda bu değer basamak yüksekliğinin 1/10'u nisbetinde bile iyi sonuçlar vermektedir. Ocak içi eğimli yolların yapımı, çıkan bir tırnağın yeniden patlatılması için delinen deliklerde bu rakam ihtiyaç duyulan yüksekliğin birkaç katı dahi olabilir. Özellikle kayaçların tabakalı ve eğimli olduğu durumlarda delik taban payı daha bir önem kazanır (Şekil 7 a,b,c,d). Aynı basamak yükseklikleri ve taban payları için farklı yatımlardaki kayaçlarda atım sonuçları da farklı olabilir.

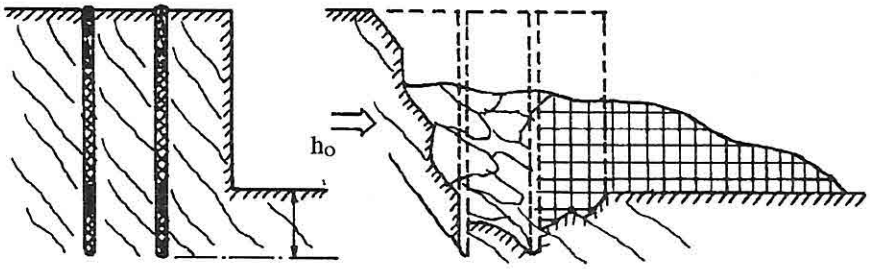
Deliklerin ayna yüzeyine paral olduğu yani eğimli deliklerin delindiği basamaklarda ho dik deliklere nazaran daha kısa tutulabilir. Fakat günümüz açık işletmeciliğinde kullanılan delik makineleri daha çok rotary tip makineler olduğundan bu tip makinelerle eğimli delik delinememektedir. Eğimli delikler daha küçük çaplı ve darbeli tip delicilerle delinmektedir (Şekil 8 a,b).



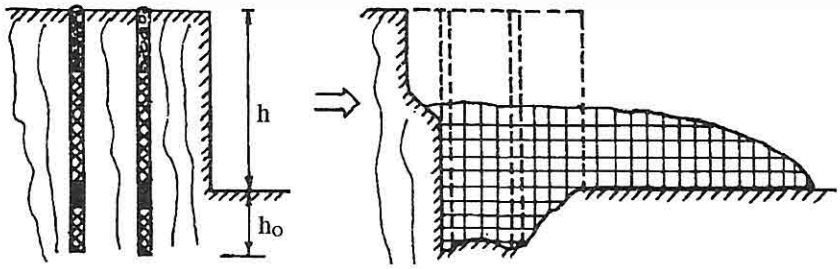
Şekil 7a. Tabaka yatımından dolayı yetersiz h_o.



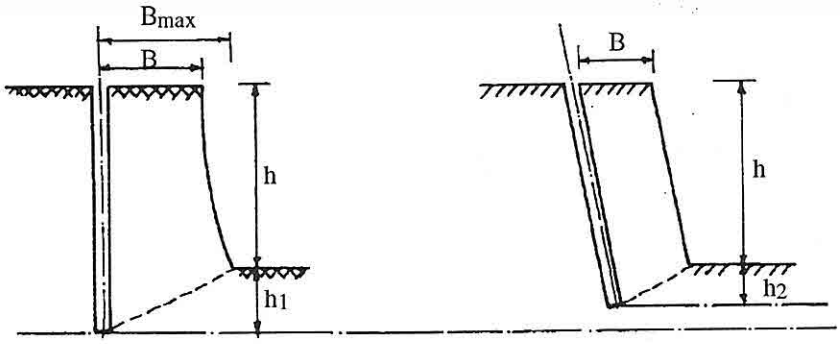
Şekil 7b. Tabaka yatımından dolayı fazla h_o.



Şekil 7c. Tabaka yatımı ve uygun ho.



Şekil 7d. Tabaka yatımı ve uygun ho.



Şekil 8. $h_1 > h_2$.

3.3 Basamak Yüksekliği (h)

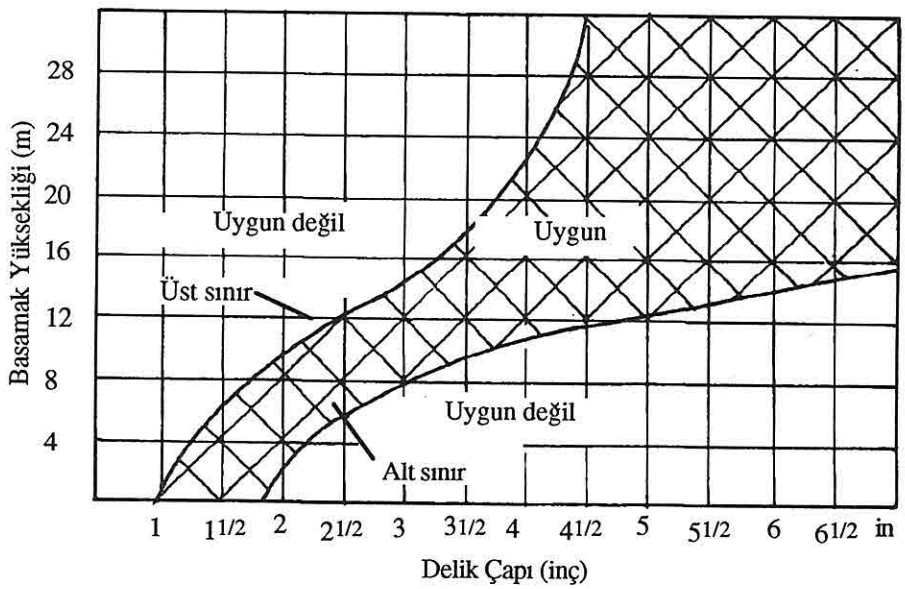
Bir açık işletmede basamak yüksekliği birçok faktörden etkilenmektedir. Bunlar;

- delik çapı,
- basamak duraylılığı,
- arazı şartları,
- çevresel kısıtlamalar,
- yükleyici makine bom yüksekliği,
- üretim miktarı ve hızı.

Azami basamak yüksekliği yükleyici makinenin bom uzunluğu ve delici makine kapasitesi (matkap çapı, tij boyu, tij sayısı, döndürme ve baskı gücü vs.) tarafından sınırlanır. Delik çapı küçüldükçe patlama hızları azaldığından küçük çaplı deliklerle yüksek basamakların oluşuturlması sakıncalıdır. Basamak yüksekliği ile kullanılan katmap çapı arasında bir ilişki olup Şekil 8'de gösterilmiştir. Tabaka yatımı çalışma yönüne dik ve çok kırıklı-çatlaklı ise çalışma sırasında yüksek basamak nedeniyle kayan bloklar makine için tehlike oluşturulabilir.

Açık işletmelerde halen kullanılmakta olan basamak yükseklikleri 7-15 m civarında olup 5-6 m'ye kadar düşebilmektedir.

Şekil 8'de görüldüğü gibi delik çapları arttıkça delik boyları da artmaktadır. Bunun nedenlerinden biri, delik çapları arttıkça delikler arası uzaklık ve dilim kalınlığı artmakta, dolayısıyla gevşetilen pasa içindeki iri boyutlu kayaç parçalarıda artmakta ve dolayısıyla kova hacmi büyük ve bom yüksekliği fazla olan makineler kullanılmaktadır. İkinci neden ise, delik çapına bağlı olarak patlama hızlarıdır. Patlamada istenen çok kısa sürede yanma sonucu ani basıncın kayacı parçalamasıdır. Küçük çaplı ve uzun deliklerde patlama hızı düşük olduğuundan patlama süresi fazla olacak ve istenilen sonuç elde edilemeyecektir. Bunun için delik çapı ile basamak yüksekliği arasında en uygun oran bulunmalıdır.



Şekil 8. Farklı basamak yükseklikleri için tavsiye edilen delik çapları (Naapuri,J. Surface Drilling and Blasting).

Uygun parçalama, en az kaya fırlaması, zeminde oluşacak titreşimleri en aza indirecek ve aynı zamanda ekonomik olarak tesbit edilmiş delik çapı (De) iken, basamak yüksekliği (h) şöyle bulunur:

h = 5 . De

Burada;

h : basamak yüksekliği (feet)

De : delik çapı (inç)

veya

h = 60 . De

Burada;

h : basamak yüksekliği (inç)

De : delik çapı (inç) (Kony,J., 1990).

Eğer yukarıdaki formüller metrik sisteme çevrilirse o zaman;

h = 5 . De . (0,305 m/feet) = 1,525 . De

h = 60 . De . (0,0254 m/feet) = 1,525 . De olur.

Burada;

h : basamak yüksekliği (m)

De : delik (matkap) çapı (inç)

Parçalanma, kaya fırlamaları, havaya giden gazlar ve zemin titreşimlerinin etkileri dikkaktle izlenmelidir. Genel olarak delik çapları büyüdükçe istenmeyen etkilerde artar. Delik boyunun dilim kalınlığına oranı h/B=3 olduğu zaman en iyi sonuçlar alınmaktadır. Buna göre basamak yüksekliği;

$h = 3 . B = 3 . (0,55 - 0,85 . De) \Rightarrow 1,65 - 2,55 . De$

Burada;

h : basamak yüksekliği (m)

De : delik çapı (inç)

arasında değişebilir.

3.3.1 Sıkılama Yüksekliği (Payı) (hs)

Sıkılama yüksekliği; patlayıcı maddenin patlaması sonucu oluşan yüksek basınçtaki gazların delik ağzından çıkmasını önlemek için patlayıcı madde kolonu üzerine konulan ve genellikle delik delme sırasında çıkan kırıntıların yerleştirildiği yüksekliktir. Bu yüksekliğin fazla tutulması durumunda deliğe doldurulabilecek patlayıcı madde miktarı azalırken patlama sonucu basamağın üst kısımlarındaki kayacın parçalanmasıda kötü olur (Şekil 9.a). Sıkılama yüksekliğinin az olması durumunda ise patlama sonucu oluşan gazlar öncelikle en zayıf nokta olduğu için delik ağzından havaya gider. Bu durumda tabanda istenilen parçalanma olamayacağı için tırnak olayına rastlanır (Şekil 9.b). Bu nedenle en uygun sıkılama yüksekliğinin tespit edilmesi gerekir.

Konya (1983)'ya göre sıkılama yüksekliğiyle delik çapı (De), patlayıcı maddenin oluşturduğu gerilme kuvveti (Stv) ve kayaç yoğunluğu (SGr) arasında dilim kalınlığında olduğu gibi bir ilişki vardır. Buna göre;

$$hs = 0,14 . De \sqrt[3]{Stv / SGr}$$

Burada;

hs : sıkılama yüksekliği (m)

De : delik çapı (inç)

Stv : patlayıcı madde katsayısı

SGr : kayaç yoğunluğu

Formülden de görüldüğü gibi sıkılama yüksekliği (hs) ile dilim kalınlığı (B) arasındaki tek fark katsayılarıdır. Buna göre;

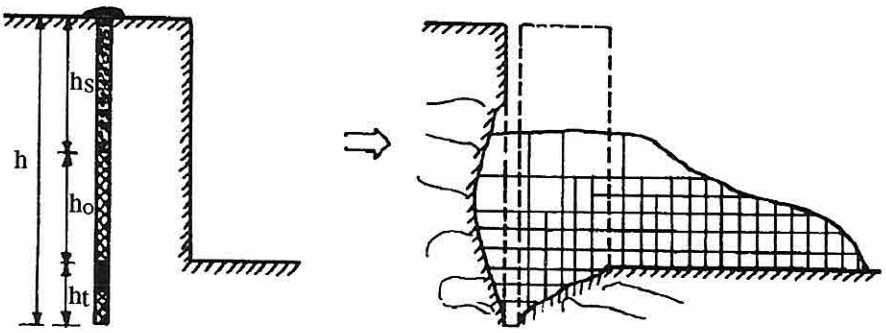
$$hs = 0,14 . De . \sqrt[3]{Stv / SGr}$$

$$B = 0,20 . De . \sqrt[3]{Stv / SGr}$$

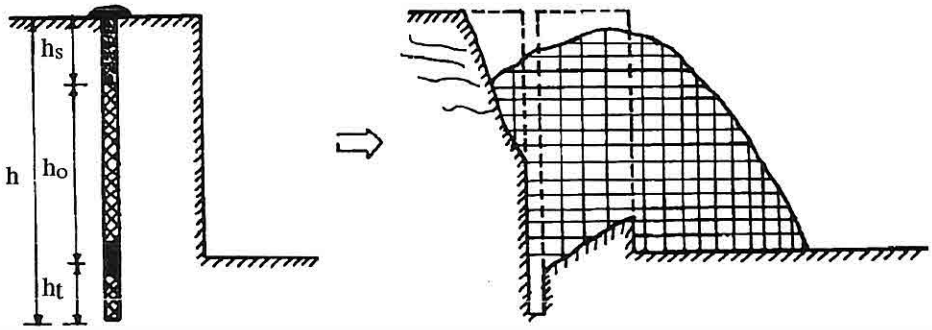
dir. Buradan;

$hs / B = 0,14 / 0,20 \simeq 0,69$ ve $hs = 0,7 . B$ olur.

Burada;
hs : sıkılama yüksekliği (m)
B : dilim kalınlığı (m)



Şekil 9.a. hs > 0,7.B durumu.



Şekil 9.b. hs < 0,7.B durumu.

3.4 Delikler Arası Mesafe (l)

Delikler arası uzaklık, kullanılan delik makinesinin matkap çapı, kayacın yoğunluğu ve kullanılan patlayıcı maddenin gücüne bağlı olarak hesaplanır. Ayrıca, atım sonrası gevşemiş kayaç içindeki en iri parça boyutu ve kayacın jeolojik özellikleride delikler arası uzaklığın tesbitinde önemli rol oynamaktadır.

Teorik araştırmalar ve pratik çalışmaların sonucuna göre delikler arası mesafe ile dilim kalınlığı arasında bir ilişki ortaya çıkarılmıştır. Buna göre; delikler arası mesafe (l) dilim kalınlığı (B)'nın 1.1-1.6 katı arasında değişmektedir. Ortalama olarak l/B=1,4 olduğu zaman özellikle sert ve masif formasyonlarda çok iyi sonuçlar alınmaktadır.

l/B oranı genellikle 1'den büyüktür. Bu oran kayacı daha iyi parçalamak, delik hatları boyunca daha az çatlama ve aşırı parçalanmayı önlemek için gereklidir. l/B<1 olduğu zaman delikler arasında erken birleşme olacağından gazlar havaya gider ve dilim kalınlığı yönünde istenilen parçalanma sağlanamaz. l/B>1.6 olduğu zaman ise dilim kalınlığı yönündeki erken parçalanma nedeniyle gazlar bu yönden kaçacağından bu delikler arasında birleşme sağlanamaz.

Büyük çaplı delikler için l/B oranı 1'e yaklaştırılabilir. Delikler arası mesafe aşırı kırılmaları önleyecek şekilde geniş fakat patlayıcı maddenin oluşturduğu gaz basıncının yeterli olmasını sağlayacak kadar dar tutulmalıdır (Naapuri,J., 1989).

$$l = 1.1 - 1.6.B$$

$$B = 0{,}20 \,.\, De \,.\, \sqrt[3]{Stv / SGr}$$

Buradan;

$$l = (1.1\text{-}1.6) \,.\, 0{,}20 \,.\, De \,.\, \sqrt[3]{Stv / SGr}$$

Burada;
l : delikler arası uzaklık (m)
De : delik çapı (inç)
Stv : patlayıcı madde katsayısı
SGr : kayaç yoğunluğu

Örnek : Örtü tabakası marndan oluşan bir açık işletmede 9 inç çaplı delikler delinerek patlatma yapılacaktır. Delikler 2 sıra halinde delinecektir. Marn için jeolojik katsayı (Ks) 1,2'dir. ANFO veya Slurry %25. TNT kullanılması durumunda delik düzeni nasıl olmalıdır ?

Veriler :

Delik çapı (De)	9 inç
Jeolojik katsayı	1,2
ANFO katsayısı (Stv)	100
Slurry katsayısı	172
Marn'ın yoğunluğu (SGr)	2,6 t/m^3

ANFO'nun veya Slurry'nin yoğunluğu sırasıyla 900 kg/m^3, 1500 kg/m^3

İstenenler :

1- Basamak yüksekliği (h),
2- Dilim kalınlığı (B),
3- Delik taban payı (ho),
4- Delik sıkılama payı (hs),
5- Delikler arası uzaklık (l),
6- Bir delikten alınabilecek toplam pasa miktarı (Q),
7- Bir deliğe konabilecek toplam ANFO veya Slurry miktarı,
8- 1 m^3 kayacı gevşetmek için gerekli ANFO veya Slurry miktarı.

Çözüm :

(ANFO için)

1- $h = 45 \,.\, De = 45 \,.\, 9in \,.\, 0{,}0254\ m/in = 10\ m.$
2- ANFO için $B = 0{,}20 \,.\, De \,.\, \sqrt[3]{Stv / SGr} \,.\, Ks = 0{,}20 \,.\, 9 \,.\, \sqrt[3]{100 / 2{,}6} \,.\, 1{,}2 = 7{,}3\ m.$
3- $ho = B \,.\, tg\alpha = 7{,}3 \,.\, tg20^o = 2{,}5\ m.$
4- $hs = 0{,}7 \,.\, B = 0{,}7 \,.\, 7{,}3\ m = 5\ m.$
5- $l = 1{,}4 \,.\, B = 1{,}4 \,.\, 7{,}3\ m = 10\ m$
6- $Qp = h \,.\, B \,.\, l = 10\ m \,.\, 7{,}3\ m \,.\, 10\ m = 730\ m^3$
7- Delik hacmi :

$$V = \pi \,.\, (\frac{De}{2})^2 \,.\, hg \quad , \quad (hg = h + ho - hs)$$

$$V_{ANFO} = 3{,}14 \,.\, (\frac{9\ in \,.\, 0{,}0254}{2})^2 \,.\, (10\ m + 2{,}5\ m - 5\ m) = 0{,}3078\ m^3$$

$$Q_{ANFO} = 0{,}3078\ m^3 \,.\, 900.000\ gr/m^3 = 277020\ gr.$$

8- $$P_{ANFO} = \frac{277020\ gr}{730\ m^3} = 379\ gr/m^3 \quad => \quad \frac{379\ gr/m^3}{2.6\ t/m^3} = 146\ gr/ton$$

Çözüm :

(Slurry için)

1- $h = 45 \,.\, De = 45 \,.\, 9\ in \,.\, 0{,}0254\ m/in = 10\ m.$
2- $B = 0{,}20 \,.\, 9 \,.\, \sqrt[3]{172 / 2{,}6} \,.\, 1{,}2 = 8{,}7\ m.$
3- $ho = B \,.\, tg10^o = 8{,}7 \,.\, 0{,}176 = 1{,}5\ m.$
4- $hs = 0{,}7 \,.\, B = 0{,}7 \,.\, 8{,}7 = 6\ m.$

5- $l = 1{,}4 \,.\, B = 1{,}4 \,.\, 8{,}7 = 15$ m.

6- $Qp = h \,.\, B \,.\, l = 10 \,.\, 8{,}7 \,.\, 15 = 1288\ m^3/delik$

7- $$Vs = 3{,}14 \,.\, \left(\frac{9 \,.\, 0{,}0254}{2}\right)^2 \,.\, (10 + 1{,}5 - 6) = 0{,}2257\ m^3$$

$$Qs = 0{,}2254\ m^3 \,.\, 1\,500\,000\ gr/m^3 = 338607\ gr.$$

8- $$Qs/Qp = \frac{338607\ gr}{1288\ m^3} = 263\ gr/m^3 = 101\ gr/ton.$$

*

EK-I

Bazı kayaçların yoğunlukları (SGr değeri) (t/m^3)

I. Magmatik Kayaçlar			
Andezit	2,61	Granit	2,64
Bazalt	2,99	Riyolit	2,52
Diabaz	2,91	Peridotit	3,15
Diyorit	2,85	Siyenit	2,77
Gabro	3,03		
II. Metamorfik Kayaçlar			
Eklojit	3,37	Mermer	2,75
Gnays	2,88	Serpantin	2,78
Kuvarsit	2,60	Şist	2,64
III. Tortul Kayaçlar			
Alüvyon	1,98	Kumtaşı	2,55
Dolomit	2,70	Marn	2,60
Kil	2,21	Mil	2,55
Kireçtaşı	2,55	Şeyl	2,40
IV. Metal Olmayan Mineraller			
Antrasit	1,50	Kayatuzu	2,22
Barit	4,47	Kükürt	2,0
Boksit	2,92	Linyit	1,19
Grafit	2,15		
V. Bazı Metal Mineraller			
Arjantit	7,25	Magnetit	5,12
Galen	7,50	Pirit	5,0
Hematit	5,18	Siderit	3,83
Kalkopirit	4,12	Stibnit	4,60
Kromit	4,36	Wolframit	7,32
Limonit	3,78	Zinober	8,10

Kaynak : Ergin,K., Uygulamalı Jeofizik. Maçka, 1985, İTÜ Yayınları.

SONUÇ

Açık işletme madenciliğinde çok önemli bir yeri olan delme ve patlatma işleminde bir çok güçlüklerle karşılaşılır. Delme ve patlatma işleminin günlük üretimi aksatmaması ve ekonomik bir çalışma için bu güçlülklerin aşılması gerekir.

Uzun süre deneme ve tecrübelerden sonra açık işletme için en uygun delme ve patlatma düzeni bulunabilir. Ancak, hem zaman kaybı hem de maliyet açısından bu denemelerin en aza indirilmesi öncelikle bilimsel yollardan sonuca en yakın verilerin tespit edilmesi ve deneylerin bu sonuç üzerinde yapılması çok daha iyi sonuçlar verir.

Bir açık işletme sahası içinde aynı tür kayaç farklı jeolojik özelliklere sahip olabileceği gibi aynı saha içinde farklı petrografik yapıya sahip kayaçlarda bulunabilir. Bu yüzden teorik olarak hesaplanmış olan rakamlara sıkı sıkıya bağlı olmak her zaman istenilen sonucu vermeyebilir. Delme ve patlatma sorumlusu kimse devamlı olarak takip etmelidir.

Genel olarak bir delme ve patlatma düzeninde basamak yüksekliği, dilim kalınlığı, delikler ve sıralar arası uzaklıklar, kullanılan matkap çapı ve dolayısıyla delik çapına bağlıdır. Ayrıca, gevşetilecek kayacın yoğunluğu, kullanılacak patlayıcı maddenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kayacın jeolojik ve petrografik özellikleride delik düzeninde birinci derecede önemli rol oynar.

KAYNAKLAR

Allsman,P.L., 1960. Analysis of Explosives Action in Breaking Rock, Transaction of Aime.

Calvin, J.Konya-Edward, J.Walter, 1990. Surface Blast Design, A Division of Simon and Schuster, New Jersey.

Ergin,K., 1985. Uygulamalı Jeofizik, İTÜ Yayını, İstanbul.

Explosives and Rock Blasting, 1987. Atlas Powder Co., Texas.

Hagen,T.N., 1974. Rock Breakage by Explosives. Australian Geomechanic National Symposium of Fragmantation, Alaide.

Langefors,U.,Kihlstrom,B.A., 1963. A Modern Technique of Rock Blasting, John Wiley and Sons inc., New York.

Naapuri,J., 1989. Surface Drilling and Blasting, Tamrock Co.

Saltoğlu,S., 1981. Madenlerde Hazırlık ve Kazı İşleri, İTÜ Yayını, İstanbul.

Saltoğlu,S., 1992. Açık İşletmeler,İTÜ Yayınları, İstanbul.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

SERT LİNYİTLERDEKİ KÜL VE NEMİN ISI DEĞERİNE ETKİSİ

Ümit ÖZER, Oktay BAYAT ve Mesut ANIL
Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Böl. Balcalı - Adana / Türkiye

ÖZET: *Bu çalışmada, sert linyitlerdeki kül ve nemin ısı değerine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Aydın-Şahinali linyit kömürlerinden ve ara kesmelerinden alınan numuneler kül, nem ve ısı değeri analizlerine tabi tutulmuştur. Karışım numunelerine % 10 luk artışla kül ilavesinin ısı değerini (Hs) ve alt ısı değerini (AID) düşürdüğü gözlenmiştir. Ayrıca kül içeriğinin % 60 olması halinde ısı değerinin ani bir düşüş gösterdiği de tesbit edilmiştir. Sonuç olarak kömür nem ve mineral madde içeriğinin ısı değerini etkilediği söylenebilir.*

THE EFFECTS OF THE ASH AND THE MOISTURE ON THE HEATING VALUE IN HARD LIGNITES

ABSTRACT: *In this study, the effects of the ash and the moisture contents on the heating value in hard lignites were investigated. For this purpose, the samples taken from Aydın - Şahinali lignite and the intercalations in lignite were subjected to ash, moisture and heating value analyses. It was observed that increased addition of ash content by 10 % into the mixed samples declined the heating value and the sub-heating value . It was also noticed that the heating value of the coal decreased rapidly when the ash content was 60 %. Consequently, it can be said that the moisture and the impurities in coal affect directly the heating value.*

1. GİRİŞ

Günlük yaşantımızda ve sanayinin bir çok dalında büyük miktarlarda kullanım alanı bulan kömürün, ekonomik değerini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan kömür ısı değeri, kömür türüne ve organik yapısına karışmış olan yanmayan maddelerin miktarına bağlı olmaktadır (2, 4, 5). Genç kömürlerin içerdikleri oksijen ve nemin fazla olması nedeniyle ısı değerleri düşüktür (3). Linyitlerde kül oranının yüksekliği, kömürün yanıcı madde oranının azalması nedeniyle, kömürün kalitesini düşüren bir etkendir. Ayrıca nem oranının yüksekliği de kömür kalorifik değerini düşüren en önemli etkenlerden birisidir (1, 6).

Sert linyitlerde kül ve nem oranına bağlı olarak değişiklikler gösteren kömür ısı değerinin (saf kömür bazına göre), değişen kül ve nem oranları ile olan ilişkisinin incelenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır (7, 8).

2. MALZEME ve YÖNTEM

2.1. Numune Alma

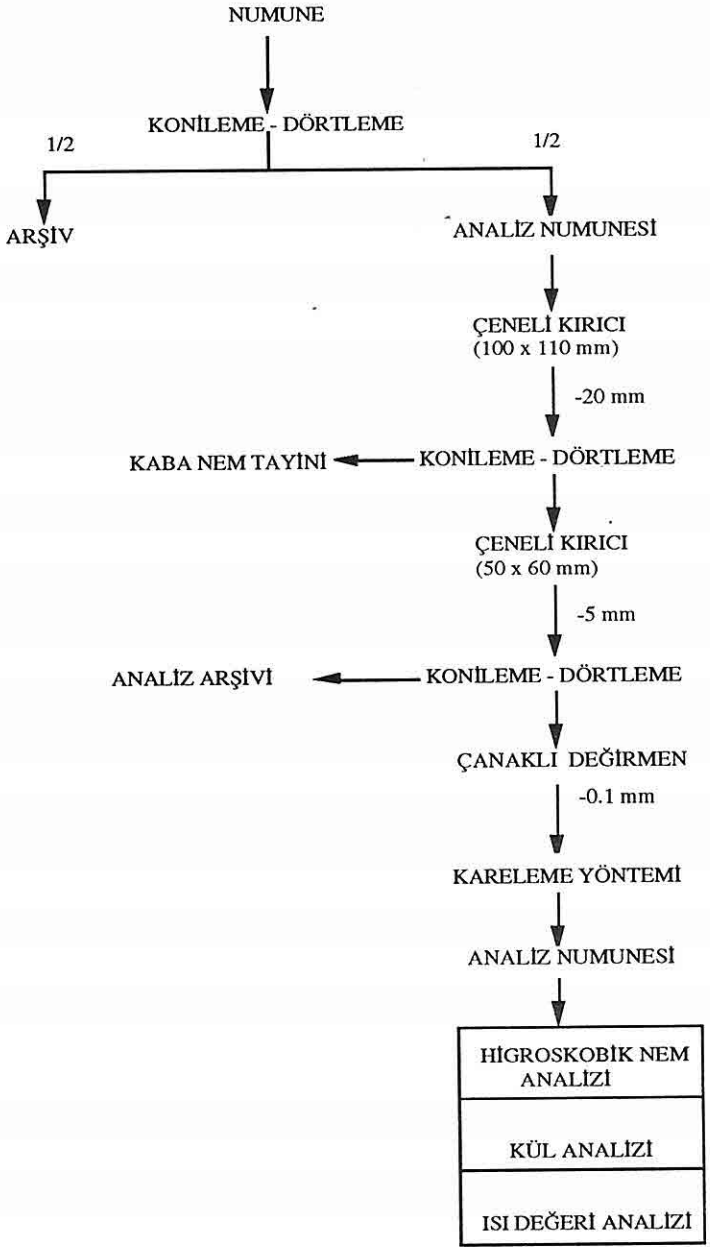
Aydın Şahinali kömürünün değişen kül ve nem oranlarında kömür ısı değerinin belirlenmesi amacıyla deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere ham kömür ve ara kesmelerden temsili numune alınmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Numune Hazırlama

Deneysel çalışmalara esas olan temsili numunenin hazırlama ve işlem akım şeması Şekil 1'de verilmektedir.

Ham kömür numuneleri 100 x 110 mm giriş açıklıklı çeneli kırıcıda -20 mm altına kırılmış ve konileme-dörtleme yöntemiyle yaklaşık 500 gram numune alınmıştır. Bu numune havada sabit tartıma gelinceye kadar kurumaya bırakılmış ve kaba nemleri ölçülmüştür. Kaba nemleri ölçülen bütün numuneler 50 x 60 mm giriş açıklıklı çeneli kırıcıda -5 mm altına ufalanmış ve konileme-dörtleme yöntemiyle yaklaşık 100 gram numune alınarak Wedag marka çanaklı değirmende -0.1 mm altına öğütülmüştür. Öğütülen bu numunelerden yaklaşık 10'ar gram temsili numuneler alınarak nem, kül ve ısı değeri analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Numune Hazırlama ve İşlem Akım Şeması.

2.2.2 Nem Analizi

Kaba nem tayini için -20 mm ye kırılmış temsili kömür numunesinden yaklaşık 500 gram alınarak ince bir tabaka halinde geniş yüzeyli bir kap içine yayılmıştır. Daha sonra kap içindeki kömür numunesi sabit tartıma gelinceye kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Kömür numunesindeki ağırlık kaybı, ilk tartım ile tesbit edilen ağırlığa oranlanarak kaba nem miktarı tayin edilmiştir:

$$\text{Kaba Nem (\%)} = \frac{\text{İlk tartım - Son tartım}}{\text{İlk tartım}} \times 100 \qquad (1)$$

Higroskobik nem tayini için önce cam vezin kabı 105 °C sıcaklıktaki etüvde 2-3 saat bırakılarak ısıtılmış ve nem tayininin yapıldığı oda sıcaklığında sabit tartıma getirilmiştir. Daha sonra, öğütülmüş kömür numunesinden alınan 1-3 gram temsili numune kabın içine konularak etüvde (105 °C) 2-3 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda etüvden çıkarılan numune bir desikatörde yaklaşık 1-2 saat süreyle soğumaya bırakılmış ve soğutma işlemi sonrası tartılarak ağırlık kaybından higroskobik nemi tayin edilmiştir:

$$\text{Higroskobik Nem (\%)} = \frac{\text{İlk tartım - Son tartı}}{\text{İlk tartım}} \times 100 \qquad (2)$$

2.2.3. Kül Analizi

Öğütülmüş (-100 μm) kömür numunesinden alınan 1-3 gram temsili numune sabit tartıma getirilmiş bir platin kroze içine konularak tartılmıştır. Kroze havagazı beki alevinde yavaş bir şekilde ısıtılarak kömür içindeki gazların çıkışının tamamlanması ve bek alevinin sıcaklığı artırılarak kömürün tam olarak yanması sağlanmıştır. Daha sonra kroze 850 °C 'ye ısıtılmış fırına konularak 1 saat bekletilmiş ve desikatörde soğutularak sabit tartıma getirilmiştir. Elde edilen son tartım, ilk tartımdan çıkarılarak hesaplanan kül miktarı, kömür ağırlığına (ilk tartım) oranlanarak numunenin kül oranı tesbit edilmiştir.

2.2.4 Isı Değeri Analizi

Kömür numunesinin ısı değerini tayin etmek amacıyla çanaklı değirmende öğütülmüş temsili numuneden yaklaşık 1 gram alınmış ve bu numune yakma teli ile birlikte komprime makinasında tablet haline getirilmiştir. Daha sonra bu numune tartılmış ve tablet içindeki telin ağırlığı çıkarıldıktan sonra numunenin gerçek ağırlığı tesbit edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan numune, kalorimetre bombasının kapağında bulunan iki kutup arasına tablet içindeki telin iki ucuna bağlanmıştır. Yanma esnasında açığa çıkan ve

korozif özelliği olan gazların etkisini yok etmek amacıyla bomba içine 5 cm^3 kadar su konulmuştur. Daha sonra kalorimetre bombasının kapağı kapatılmıştır. Bir oksijen tüpünden gelen borunun rekoru kapak üstündeki sübapa bağlanmış ve bir miktar oksijen verilerek bomba içindeki havanın boşaltma sübapı vasıtasiyle ortamı terk etmesi sağlanmıştır. Havanın boşalmasını takiben boşaltma sübapı kapatılmış ve bomba içine 45 saniye süre ile 25 atmosfer basıncında oksijen verilmiştir. Bu sürenin sonunda kalorimetre bombası ile oksijen tüpü arasındaki bağlantı rekor vasıtasıyla sökülmüş ve bomba kalorimetre kabı içine yerleştirilmiş ve üzeri kutupların ıslanmıyacağı şekilde su ile örtülmüştür. Daha sonra bombanın elektrik bağlantısı yapılarak cihazın kapağı kapatılmıştır. Bombayı örten sudaki sıcaklık değişimini ölçmek için Beckmann termometresi yerine konmuş ve sirkülasyon suyu açılarak cihaz çalıştırılmıştır. 10 dakika beklendikten sonra termometredeki sabit sıcaklık değeri kaydedilerek aynı anda yakma butonu vasıtasiyle yakma işlemi yapılmıştır. Yakma işlemi sonrası 10-15 dakika beklenilmiş ve termometrede sabit duruma gelen sıcaklık kaydedilmiştir. Yakma işlemi öncesi ve sonrası kaydedilen sabit sıcaklıklar ile kalorimetre öncesi ve sonrası kaydedilen sabit sıcaklıklar ile kalorimetre bombasının ısı kapasitesi kullanılarak aşağıdaki formüllerden üst ve alt ısı değerleri hesaplanmıştır.

$$H_{üst} = \frac{Wu\,(t_f - t_o)}{a} \quad \text{(kcal/kg)} \qquad (3)$$

$$H_{alt} = H_{üst} - 5.97\,(9H_2 + W) \qquad (4)$$

Burada,

W_u = 2471 kcal/derece
t_f = Termometrede okunan ilk sıcaklık (°C)
t_o = Termometrede okunan son sıcaklık (°C)
a = Kömür numunesi tartımı (kg)
$9H_2$ = 45
W = Numune nemi (%)

Kül oranı belli olan bir numuneye belirli oranlarda yapılan kül ilavesi ile ısı değerinin incelenmesinde ise, öncelikle yapılan analizler sonucu havada kuru bazda kül oranı %13.71 olan temsili numunenin kuru bazdaki kül oranı %16.42 olarak bulunmuştur. Bu numunenin saf kömür bazındaki ısı değeri (Hs) (5) nolu formülden hesaplanmıştır.

$$\text{Havada Kuru Kömürün Alt ısı değeri} = AID = \frac{(100 - Kül_{Hkuru} - Nem_{Hig})}{100} \times H_s - 5.85\,Nem_{Hig} \qquad (5)$$

Kömür numunelerinin kül oranları %10 miktarda artırmak için Aydın Şahinali kömürüne ait ara kesmelerden alınan kül numuneleri nem oranları dikkate alınarak kullanılmıştır. Kömür içindeki kil miktarını artırmak için gerekli kil miktarı aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanmıştır:

$$A_{kömür} \cdot K_{kömür} + A_{kil} \cdot K_{kil} = 100 \cdot K \qquad (6)$$

Burada,

$A_{kömür}$ = Kömürden alınmış miktar (%)
$K_{kömür}$ = Kömür kül oranı (%)
A_{kil} = Kilden alınmış miktar (%)
K_{kil} = Kil kül oranı (%)
K = (Kömür-Kil) karışımı kül oranı (%)

$$A_{kömür} + A_{kil} = 100 \qquad (7)$$

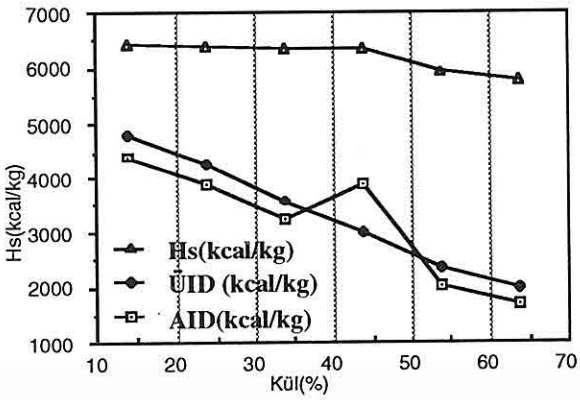
Karıştırma işlemleri 50 gr (kömür + kil) üzerinden yapılmış ve bu karışım numunelerinin kalorimetre cihazında ısı değerleri tesbit edilmiştir.

3. DENEY NETİCELERİ VE İRDELEME

3.1. Kül Oranı

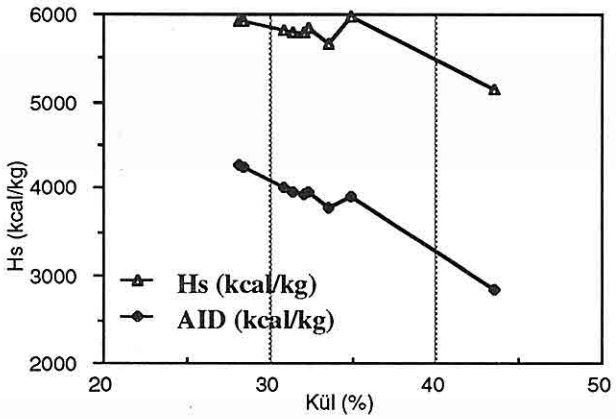
Deneysel çalışma sırasında elde edilen değerleri irdelemek amacıyla öncelikle kül oranı bilinen kömür numunelerine % 10 kil ilavesi ile kül oranı artırılmış ve üst ısı değeri (ÜID), alt ısı değeri (AID) ve saf kömür bazındaki ısı değeri (Hs) hesaplanmıştır.

* Şekil 2'den de görüldüğü gibi kül oranı bilinen kömür numunesine % 10'luk artışlarla kil ilavesi sonucu elde edilen karışımların H_s değerleri incelendiğinde % 53.71 ve % 63.71 kül içeren karışım numuneleri haricindeki diğer numunelerin H_s değerleri AID'deki düşüşe paralellik göstermeyip sabit kalmaktadır.



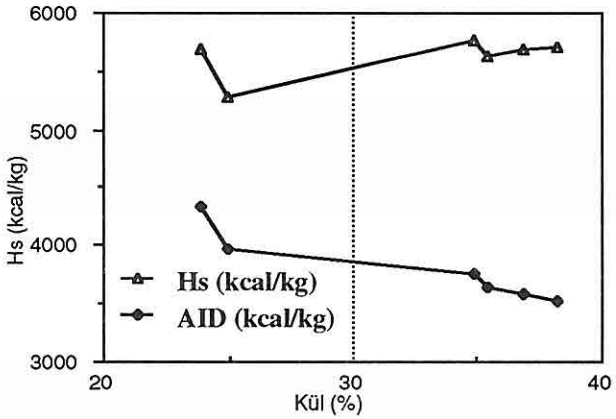
Şekil 2. % 10'luk kil ilave edilen kömürün ısı değeri değişimi.

* Nem oranı yaklaşık % 6 olan ve kül oranları % 28-43 arasında değişen kömürlerde kül oranı arttıkça AID'de bir azalma gözlenmiştir. H_s değerlerinin ise AID'deki düşüşe paralel bir düşüş gösterdiği tesbit edilmiştir (Şekil 3).



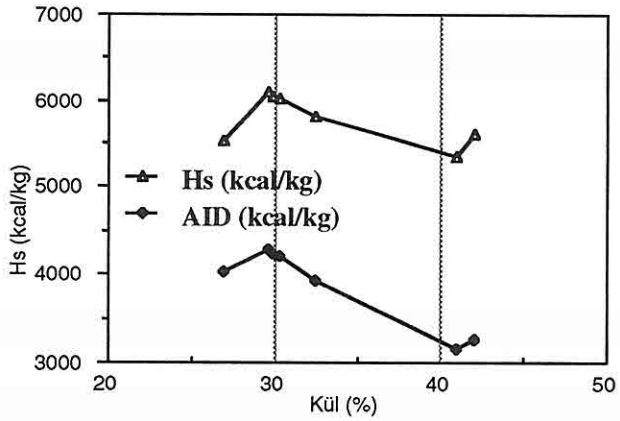
Şekil 3. Nem oranı yaklaşık % 6 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Nem oranı yaklaşık % 7 civarında olan kömür numunelerinde kül oranı % 20-40 arasında değiştiğinde AID'leri 4333-3523 kcal/kg arasında değişmekte ve saf kömür bazındaki ısı değerleri ise 5600-5700 kcal/kg seviyesinde kalmıştır (Şekil 4).



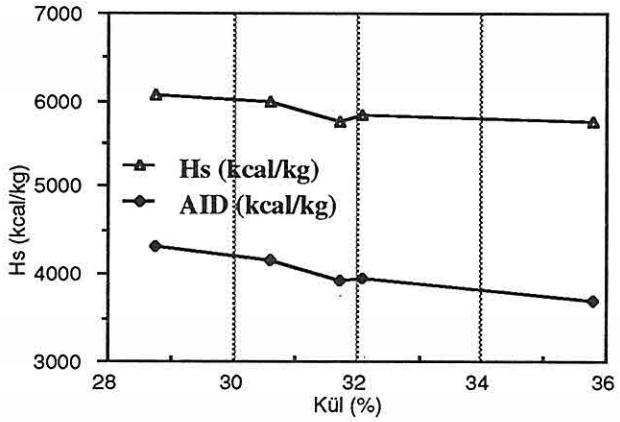
Şekil 4. Nem oranı yaklaşık % 7 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Şekil 5'de görüldüğü gibi nem oranı yaklaşık % 10 civarında olan kömür numunelerinde kül oranı yaklaşık % 25-45 arasında değiştirildiğinde saf kömür bazına göre ısı değerlerinde (5500-5600 kcal/kg) çok fazla bir değişiklik gözlenmemiştir (Şekil 5).



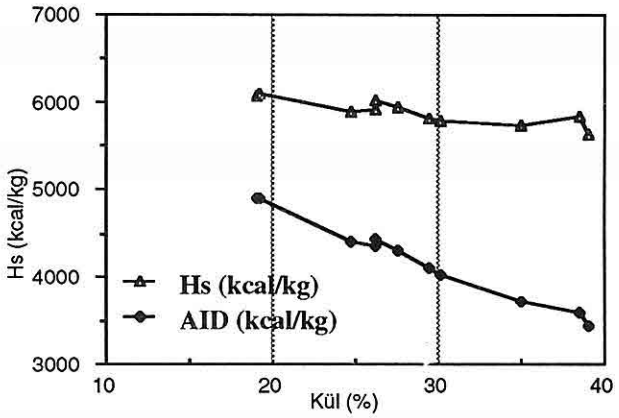
Şekil 5. Nem oranı yaklaşık % 10 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Nem oranı yaklaşık % 14 civarında olan kömürlerde kül oranına (% 30-35) göre AID (3500-4500 kcal/kg) ve H_s (5500-5600 kcal/kg) değerlerinin fazla değişiklik göstermediği Şekil 6'da görülmektedir.



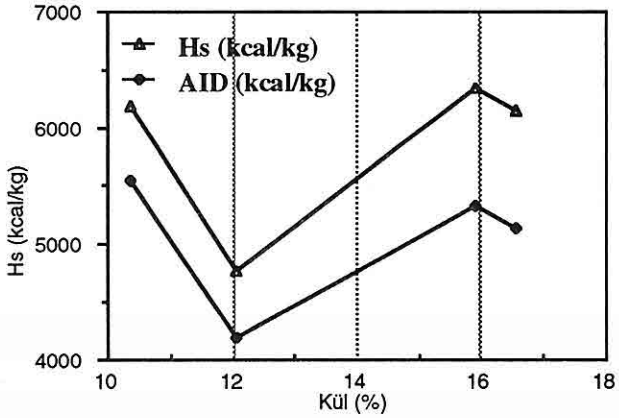
Şekil 6. Nem oranı yaklaşık % 14 civarında değişen kömürün ısı değeri değişimi.

* Yaklaşık % 15 nem oranına sahip numunelerin kül oranlırını % 20-40 arasında değiştiğinde AID'leri 3500-5000 kcal/kg olurken H_s değerleri 5500-6500 kcal/kg arasında değişmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Nem oranı % 15 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Şekil 8' de verildiği gibi nem oranı yaklaşık % 20 olan kömürlerin kül oranlarının % 10-20 arasında olması halinde AID ' lerinin yaklaşık 4200-5600 kcal/kg arasında kaldığı ve H_s değerlerinin ise büyük bir değişiklik göstermediği ve 6100-6200 kcal/kg civarında kaldığı görülmektedir.

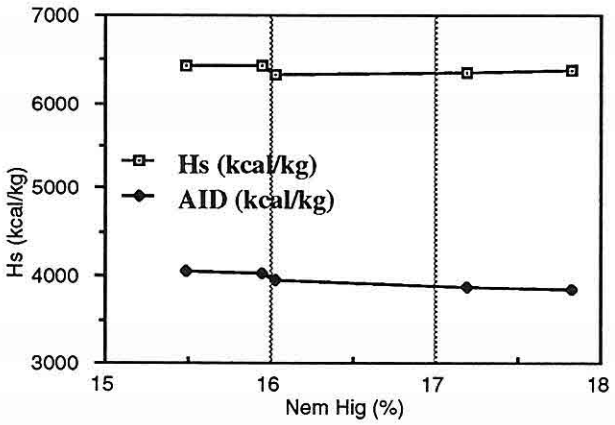


Şekil 8. Nem oranı yaklaşık % 20 civarında olan kömürlerdeki ısı değeri değişimi.

3.2. Nem Oranı

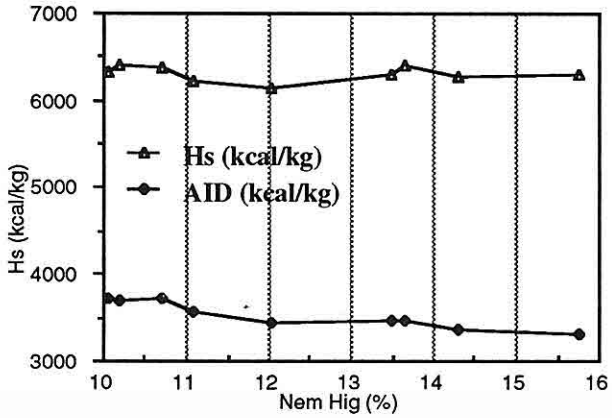
Kül oranı yaklaşık sabit tutulan kömür numunelerindeki değişen nem oranlarına göre AID ve Hs değerleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

* Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 20 civarında olan numunelerin nem oranlarının değişimine paralel olarak H_s değerlerinde bir artış veya azalmanın görülmediği ve H_s değerlerinin 6300 kcal/kg civarında sabit kaldığı tesbit edilmiştir (Şekil 9).



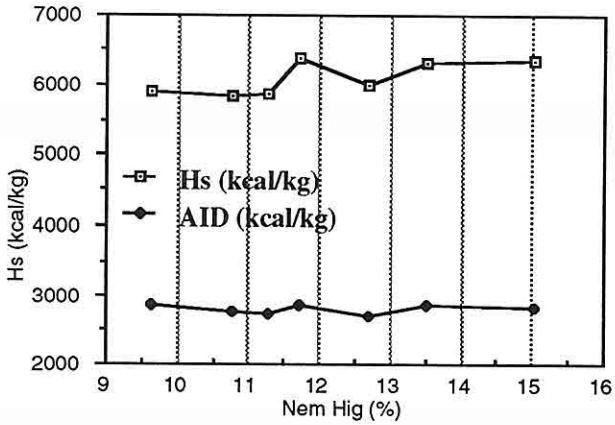
Şekil 9. Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 20 civarında olan kömürdeki ısı değeri değişimi.

* Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 30 olan numunelerin AID ve H_s değerleri nem oranları artırıldığında sürekli bir düşüş göstermiş ve sonuçta H_s değerleri 6300 kcal/kg civarında sabit kalmıştır (Şekil 10).



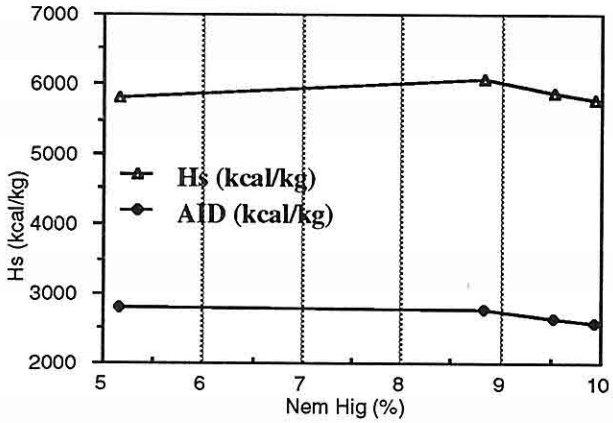
Şekil 10. Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 30 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Şekil 11'de kuru bazda yaklaşık % 40 kül içeren kömürlerin nem oranının artışı ile birlikte H_s değerlerinin de 5700 kcal/kg 'dan 6500 kcal/kg'a kadar bir artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 11. Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 40 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

* Yaklaşık % 45 kül oranına sahip numunelerin AID ve Hs değerleri % 8-9 nem oranında en yüksek değere (sırasıyla 2900 ve 6000 kcal/kg) ulaştığı ve bu nem oranından sonra her iki değerde de bir düşüşün olduğu gözlenmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Kuru bazda kül oranı yaklaşık % 45 civarında olan kömürün ısı değeri değişimi.

4. SONUÇLAR

Aydın-Şahinali kömür ve ara kesme numunelerini kullanarak yapılan deneysel çalışmanın sonunda aşağıda belirtilen sonuçlar ortaya çıkmıştır.

* Kül oranının artması halinde kömür AID değeri azalmakta, ancak H_s değerleri yaklaşık sabit kalmaktadır.

* Kömür kül oranının % 60'dan daha fazla olması halinde H_s değerinde ani bir düşüş görülmektedir.

* Nem oranı azaldıkça kömür AID değeri azalmış fakat Hs değeri yaklaşık sabit kalmaktadır.

* Kömür içinde bulunan yüksek miktarlardaki safsızlar (nem, kül, mineral madde) H_s değerini doğrudan etkilemektedir. Kömür içinde bulunan bu safsızların kömürün tam yanmasını engellediği ve dolayısıyla kömür ısı değeri tayininde kullanılan cihazlarda tam yanmanın sağlanamaması ve H_s değerinin normalden daha düşük olarak tesbit edilmesine neden olduğu düşünülebilir.

5. KAYNAKLAR

Ateşok,G., 1986. Kömür Hazırlama, İstanbul.

D.E.Ü. Müh.Mim.Fak. Maden Böl. 1986. Aydın Şahinali Kömürünün özelliklerinin incelenmesi ve Toz Kömürünün Optimal Değerlendirilme Olanaklarının Araştırılması., Bornova-İzmir.

Leonard,J.W.(Ed),1979. Coal Preparation, 4th ed., AIMM, USA.

Kemal,M., 1987. Kömür Teknolojisi, D.E.Ü., MM/MAD - 87 EY 083, İzmir.

Keskin,Y., 1986. Kömür Hazırlama Yöntemleri, TTK İnsangücü - Eğitim Şube Müdürlüğü Yayınları, No: 50.

Kural,O., 1991.Kömür, İstanbul.

Özer,Ü., 1986. Sert Linyitlerde Saf Kömür Bazına Göre Kalori ve Isı Değerinin Kül ve Nem ile Olan İlişkisinin Araştırılması., D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Böl. Yıliçi Projesi. Bornova-İzmir.

Türkiye Sinai Kalkınma Bankası, Linyit., Kimya Sektör Araştırması., No: Kimya - 20.

YERBİLİMLERİ ARALIK 1993 SAYI 23 ISSN 1019-1003
GEOSOUND DECEMBER NO

BENEFICIATION OF ZONGULDAK HIGH ASHED COAL BY CONVENTIONAL-COLUMN FLOTATION

İlknur CÖCEN, Yaşar ÇİLİNGİR, Ufuk MALAYOĞLU
D.E.Ü., Mining Engineering Department, İzmir/Türkiye

ABSTRACT : *Today, column flotation can successfully be used in the selective beneficiation of the ores with fine particles. Zonguldak coal which contains 62% ash with a gross calorific value of 3100 Kcal/Kg is not efficiently evaluated. The application of column flotation on which is believed to be beneficial to obtain low ashed clean coal.*

In this study, the flotation conditions of the coal have initially been investigated by using the conventional flotation method. Then, a number of flotation experiments using column-conventional and their combinations have been performed under the conditions determined from the initial studies.

KONVANSİYONEL-KOLON FLOTASYONU İLE YÜKSEK KÜLLÜ ZONGULDAK KÖMÜRÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET : *Günümüzde kolon flotasyonu ince taneli cevherlerden selektif olarak faydalanmada başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. % 62 küllü ve kabaca 3100 Kcal/Kg kalorifik değere sahip Zonguldak kömürü verimli olarak değerlendirilemez. Düşük küllü temiz kömür eldesinde kolon flotasyonu uygulamasının yararlı olacağı düşünülmüştür.*

Bu çalışmada, öncelikle konvansiyonel flotasyon metodu kullanarak kömürün flotasyon şartları araştırılmıştır. Daha sonra, önceki çalışmada belirlenen şartlar altında, kolon-konvansiyonel ve bunların kombinasyonları kullanılarak birtakım flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

1. INTRODUCTION

Mechanization in coal production increases the proportion of fine particles in raw coal. Jig and dense medium methods are generally used for the beneficiation of coal. Since the beneficial of coal with a particle size of less than 2 mm is not possible by these methods, flotation method is seen to be the best beneficial method. The beneficial of fine particled raw coal is becoming popular, as the percentage (15-20%) of fine grains increases. Therefore the capacity of the flotation units in the laboratory was increased and additional flotation units were installed. Flotation beneficiation method can successfully be used if the part of raw coal to be benefited by flotation is ground to a size of under 0.5 mm. Furthermore, less ashed coal concentrates can be obtained from high ashed coal by grinding it to a size below 100 microns in order to unlock particles. Column flotation method has recently become increasingly popular due to its ability to provide a selective classification in beneficiation of fine particles of row ore (Atak and etc.,1993; Mordoğan and etc., 1992). The application of this method for the beneficiation of fine particles of coal has been considered (Sastry,1988).

This study investigates the possibility of the beneficiation of Zonguldak coal which contains 62% ash with a gross calorific value of 3100 Kcal/Kg conventional and column flotation, under the circumstances explained above (Atak and Toroğlu,1990).

2. MATERIAL AND METHOD

Samples were taken from the Zonguldak washing plant slime which is under 2 mm and not fed into Jig units for experimental purposes. They were gradually ground to a size 80% of which below 100 microns to unlock gangue minerals by using a laboratory size ball mill. The results of the sieve analysis are given in Table 1.

Table 1. Particle distribution of flotation feeding material.

d(mm)	Weight (%)	Cum.Up.Size	Cum.Unde.Size
150-100	20	20	100
100-80	8	28	80
80-63	9	37	72
63-40	23	60	63
40-0	40	100	40
	100		

A number of pre-experiments were carried out on the coal samples prepared to establish the necessary reactives for a optimum flotation (Atak and Toroğlu,1990; Finch and Dobby,1990). As a result of such experiments the floatability of coal have successfully been achieved by using 3 kg/t amount of a mixture of the collector and frother (85% Kerosene, 10% DF250 andaw% AeroFroth 88). Na_2SiO_3 was used as a depressant reactive in conventional experiments to sink the gangue minerals in coal for an efficient flotation. Column and column-flotation experiments were carried out in the conditions obtained from the conventional flotation.

3. EXPERIMENTAL STUDIES

Four different flotation experiments were carried out on the samples containing 62% ash, 3100 Kcal/Kg gross calorific value and 80% of which grounded below 100 microns.

Initially, laboratory type Denver D-12 model flotation machine was used in the experiments to estimate the Na_2SiO_3 consumption. The conditions and additives used in the experiments are as follows;

* **Pulp Density** : 20%
* **Natural pH**
* **Collectors** : 3 kg/t (85% Kerosene, 10% DF250, 5% A88).

The conventional flotation process consisted of a rough and three cleaning stages. Tailings from the rough and cleaning stages of the flotation process were evaluated together because of their similarity. The amount of Na_2SiO_3 used was gradually increased from 1 kg/t to 3 kg/t. A complete comparison of the results of the experiments is given in Table 2.

Table 2. Estimation of the depressant consumption.

Reactive Name	Reactive Quantity	Clean Coal		Tailings	
		Ash (%)	B.Y (%)	Ash (%)	B.Y (%)
Na_2SiO_3 (Kg/t)	1.0	39.47	87.04	89.69	8.06
	1.5	53.80	84.63	89.60	8.06
	2.0	28.88	89.86	87.03	4.81
	2.5	37.97	85.50	89.22	8.27
	3.0	50.31	80.91	88.86	8.93

In the second stage, column flotation experiments were performed using the optimum conditions determined from the conventional flotation experiments. Column flotation experiments were carried out in a column cell that had 5x5 cm sectional area and 50 cm height and under the following conditions;

* **Air pressure** : 2.2 kg/cm^2
* **Feeding period** : 5 minutes by Polistaltic pomp
* **Washing water** : 1.8 lt/h

The coal sample was mixed with optimum reactives determined from the conventional flotation experiments in a 1 liter capacity cell for 10 minutes for conditioning, before being fed to the column by a Polistaltic pomp. The general structure of the column

flotation used in the experiments is shown in figure 1 and the direct results of the column flotation experiments are given in Table 3.

Although column flotation reduced the ash level of the lavvar coal by 50%, due to high ash content of the coal, 47%, a number of experiments with combinations of column-conventional and conventional-column flotation methods have been performed to reduce the ash content even more.

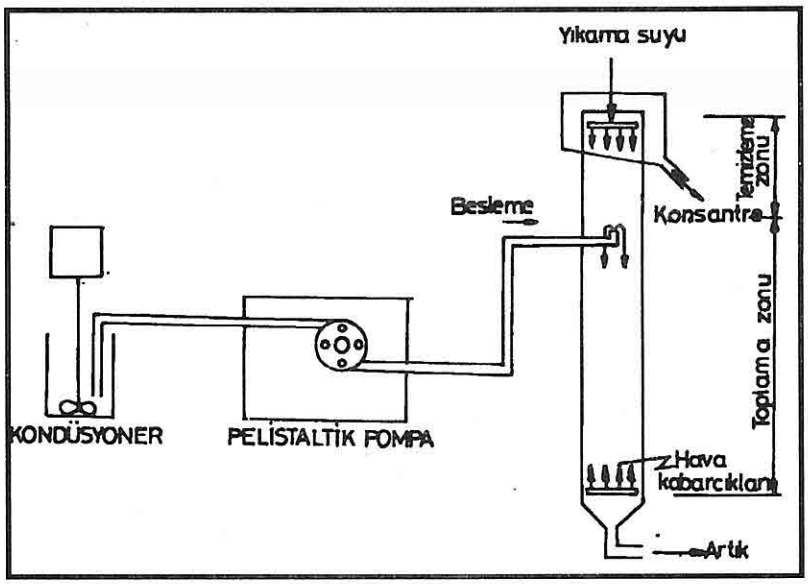


Figure 1. The general structure of the column flotation.

Table 3. A comparison of the results of the column-conventional flotation combination.

	Conventional Flotation (%)				Direct Column Flotation (%)				Column-Conventional Fl. (%)				Conventional-Column (%)			
	W	Ash	A.Y	B.Y	W	Ash	A.Y	B.Y	W	Ash	A.Y	B.Y	W	Ash	A.Y	B.Y
Washed Coal	66.13	28.88	40.06	89.86	63.53	47.51	50.01	84.01	45.69	30.07	23.71	77.51	59.44	43.17	42.27	85.59
Middlings Pro.	14.45	80.69	24.46	5.33					18.95	82.29	26.36	8.22	17.79	82.50	24.17	7.92
Tailings	19.42	87.07	35.48	4.81	36.47	82.56	49.99	15.99	35.37	83.51	49.93	14.27	22.77	89.49	33.56	6.09

* Represents the total products obtained from all three cleaning stages.

W : Proportional Weight

Ash : Proportional Ash Content

A.Y : Ash Yield

B.Y : Burnable Yield

The clean coal obtained from the direct column flotation was cleaned by conventional flotation method once without using any reactives. In the end of this process, 30% ashed clean coal was produced from 47% ashed coal from column flotation. 40% efficiency was achieved by reducing the ash level to 28.88 using a three cleaning stages conventional flotation method (Table 3). However before the cleaning stages, the coal concentrate from the rough flotation stage was feed to a column to observe the variations in the ash content of the coal in a series of conventional-column flotation experiments. This process resulted in achieving a clean coal product that contains 43.17% ash with 42% ash and 86% burnable yields (Table 3).

4. ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE EXPERIMENTS

Conventional, column, column - conventional and conventional - column flotation experiments have been carried out on the Zonguldak washing plant coal which contains 62% ash with a gross calorific value of 3100 Kcal/Kg and 95% of which below 1 mm (Sastry,1988). The optimum amount of collectors and frother mixture has been estimated to be 3 Kg/t of 85% Kerosene, 10% Dowfroth250 and 5% Aerofroth from pre-experiments using conventional flotation method (Finch and Dobby,1990). 2 Kg/t of depressant (Na_2SiO_3) usage was seen to be enough from the experiments performed using various amount of depressant (1-3 Kg/t). Clean coal that contains 28.89% ash and has a gross calorific value of 5695.91 Kcal/Kg with 89.86% burnable yield has been obtained in a three cleaning stages conventional flotation experiments. Despite using one cleaning stage, a 40% efficiency has been achieved in reducing the proportion of the ash. A clean, 84% burnable coal product contains 47.51% ash has been obtained as a result of various column flotation experiments performed under the conditions estimated from the conventional flotation experiments.

Despite using only the rough flotation stage, 50% efficiency was achieved in reducing the ash content of the coal with 85% burnable yield. Since a low ashed clean coal (28% ash) was obtained by conventional flotation and high efficiency (50%) in reducing the ash content of the coal by column flotation, a number of column-conventional combination flotation experiments was needed to be performed. A number of experiments in the column flotation unit were carried out on the clean coal obtained from the rough stage of the conventional flotation without using any reactives. As it is seen from Table 3, 43.17% ashed clean coal with an burnable yield of 86% was obtained. In this method, 33% of the ash content was removed during the conventional flotation and 27% during the column flotation. There is not much different in reducing the ash content by this method (49.99%) comparing to direct column flotation.

Under these considerations, column flotation was used in the rough stage and the conventional flotation in the secondary process (column-conventional flotation) using the same conditions applied to previous methods. As a result of these experiments, 30.07%

ashed clean coal was obtained with 77.51% burnable yield. The results of the experiments of these combinations suggest that column flotation is suitable best for the rough stage flotation because of its high efficiency in reducing the ash level and conventional flotation for the other stages (cleaning stages). For instance, it can be estimated that 62% efficiency is achieved by conventional flotation in there cleaning stages and 41% efficiency by column flotation using the coal concentrate obtained from the rough stage of a conventional flotation process.

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

A 30% ashed clean powder coal product with a gross calorific value of 5695.91 Kcal/Kg can be obtained from unusable Zonguldak washing plant slime using a combination of column-conventional flotation method. This product can easily be used in thermal power stations and central heating systems. Thus 45% of the coal in weight can be evaluated instead of being disposed of and even lower ashed clean coal can be obtained by applying a multi-stepped column-conventional flotation system. It is necessary for further work to be carried out to improve the parameters obtained.

6. REFERENCES

Atak,S., Toroğlu,İ., 1990. Türkiye Kömürleri ile Flotasyon, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 48, No:4, İstanbul.

Atak,S., Yüce,E., Bulut,G., Arslan,F., Yalçın,S., 1993. Küre Tesisi Bakır Konsantresi Tenörünün Kolon Flotasyonu ile Yükselmesi. 13.Türkiye Madencilik Kongresi, İstanbul.

Mordoğan,H., Cöcen,İ., Çilingir,Y., Malayoğlu,U., 1992. Kömür Flotasyonunda Alkol/Eter Tip Köpürtücülerin Etkisi. S.D.Ü. VI.Mühendislik Haftası, Isparta.

Finch,A.J., Dobby,G.S., 1990. Column Flotation. Pergamon Press, Oxford.

Sastry,K.V.S. (Editor), 1988. Column Flotation 88, SME/AIME, Littleton, Colorado.

ENRICHMENT OF CHROMITE ORE BY MEANS OF MULTI-GRAVITY SEPARATOR

Hüseyin ÖZDAĞ, Yaşar UÇBAŞ and Sabiha KOCA
Osmangazi University, Department of Mining Engineering
Eskişehir / Türkiye

ABSTRACT: *The aim of this work is to upgrade chromite ore containing 25.0% Cr2O3 to over 48.0% Cr2O3 with maximum recovery by means of Multi Gravity Separator. Several batch tests were carried out using parameters governing the operation of the machine in order to enrich the ore. These parameters are the washwater flowrate, shake amplitude, shake frequency, tilt angle and rotational speed of drum.*

The results of the study indicated that it is possible to upgrade the ore to 54.9% Cr2O3 in the concentrate with a recovery of 69.0% and the Multi-Gravity Separator is most sensitive to change in the drum speed.

KROMİT CEVHERİNİN MULTİ-GRAVİTY SEPARATÖR İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ÖZET: *Bu çalışmanın amacı Multi Gravity Separatör yardımıyla %25.0 Cr2O3 içeren bir kromit cevherinden maksimum verimle %48.0 veya daha fazla Cr2O3 içeren bir konsantre elde etmektir. Cevheri zenginleştirmek için makinanın performansını etkileyen parametreler değiştirilerek laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu parametreler yıkama suyu miktarı, salınım genliği ve frekansı, eğim açısı ve tamburun dönme hızıdır.*

Çalışmalar sonucunda %54.9 Cr2O3 içeren bir konsantrenin %69.0 verimle elde edilebileceği ve makinanın performansını etkileyen en önemli parametrenin tambur hızı olduğu ortaya çıkmıştır.

1. INTRODUCTION

Present day mining and milling operations in general involve large tonnages of lower quality ores which are usually characterised by their very fine liberation size. The need for fine grinding in conjunction with improved beneficiation technology is becoming increasingly important.

The laboratory/pilot plant C-900 Multi-Gravity Separator (MGS) is able to separate two minerals from each other, provided that there is an at least one gr/cm3 difference in specific gravities. The MGS is suitable for the treatment of fines with a maximum particle size of approximately 0.3 mm (Chan, Mozley and Childs).

Typical applications include the scavenging of precious metals or valuable minerals from tailings or slimes streams; pre-concentrating heavy mineral sands or industrial minerals (anatase, barytes, chromite, coal etc); concentrating base metal oxides, sulphides, uranium etc. from primary ores; treatment of alluvial ores in general, and upgrading flotation concentrates (Operating Manual).

2. OPERATING PRINCIPLE

2.1. Equipment

The MGS consists basically of a slightly tapered open ended drum that rotates in a clockwise direction (viewed from the open end) and is shaken sinusoidally in an axial direction (Figure 1). Inside the drum is a scraper assembly which rotates in the same direction but at a slightly faster speed.

Feed slurry is introduced continuously midway onto internal surface of the drum via a perforated ring. The washwater is added via a similar ring positioned near the open end of the drum.

As a result of the high centrifugal forces and added shearing effect of the shake, the dense particles migrate through the slurry film to form a semisolid layer against wall of the drum. This dense layer is conveyed by the scrapers towards the open end of the drum where it discharges into concentrate launder.

The less dense minerals are carried by the flow of washwater downstream to the rear of the drum to discharge via slots into tailing launder.

2.2. Test Material

The sample containing 25.0% Cr_2O_3 was supplied by Akpaş Maden Pazarlama ve Ticaret A.Ş. from Kop in Eastern Türkiye. The sample was ground to 100% minus 0.150 mm before MGS tests.

2.3. Procedure

Batch tests were started of with desired settings. A sample bucket under the tailings discharge pipe, another under the concantrate discharge pipe and a third under center

spillage discharge pipe were placed. 500 grams of the dry sample with 1 liter of water giving a feed density of 33% solids w/w in a 2 liters beaker were mixed. The solids were kept in suspension for duration of test by manual stirring.

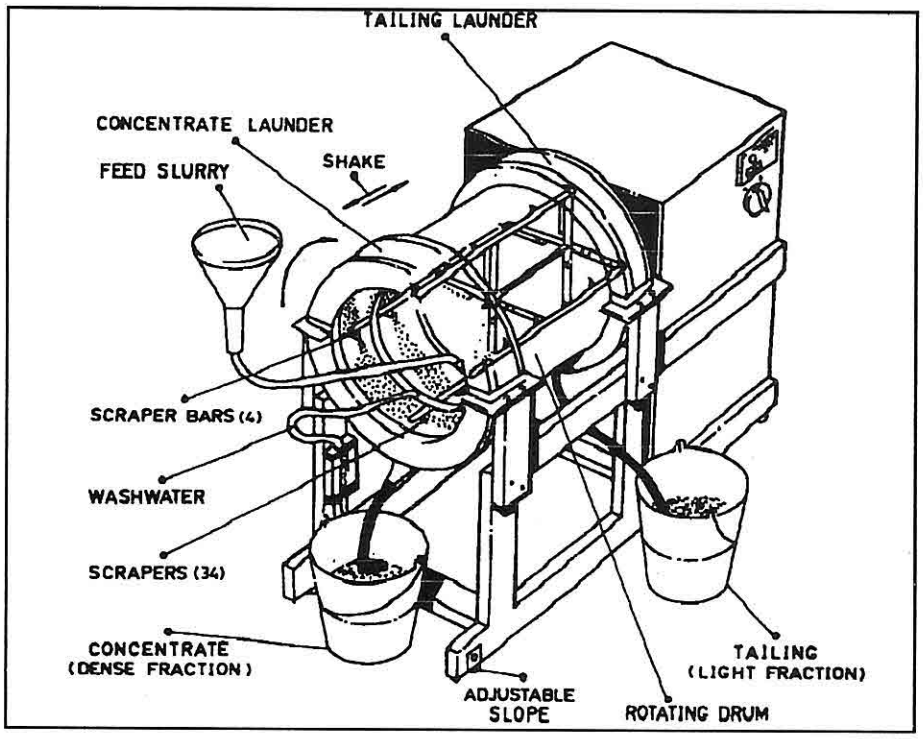


Figure 1. The laboratory/pilot plant C-900 Multi-Gravity Separator general arrangement for batch tests (Chan, Mozley and Childs)

The water valve was opened and adjusted to give desired washwater flowrate. The MGS was operated and rotational speed was adjusted. The feed pulp was thoroughly stirred and poured from the baeker into the MGS feed vessel at a steady rate of 1.6 litres per minute giving a feedrate of 40 kg/h of the dry sample whilst stirring continuously. Total feeding time was 45 seconds in all tests. At the completion of feeding, the washwater was allowed to run for a further 3 minutes with the separator running. At the end of the feed period and wash period, the sample bucket containing the tailing was changed immediately and the washwater was turned off and the MGS was stopped. Scraped or conveyed product collected via front launder during feed and wash period were referred to as concentrate. Upper cover was removed and using a hose, firstly all remaining solids in the front (concentrate) launder were washed out carefully into the concentrate sample bucket. Then all remaining solids were washed from the launder and

drum (inside and out) into the buckets. This material was considered to be washing. Product collected from the centre spillage discharge spout was combined with the washing. These products (concentrate, washing and tailing) were dried, weighed and analysed in order to determine grades and recoveries.

The concentrate grade and tailing grade may represent actual grades obtainable when the MGS is operating continuously. The washing product is recorded for mass balance only in a batch test run, therefore its weight may be apportioned accordingly to both concentrate and tailing fractions. Except when the rotational speed of drum was studied; however, washing was combined with concentrate throughout tests.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to upgrade the ore to over 48.0% Cr_2O_3 with maximum recovery by means of MGS, several batch tests were carried out using variables governing the operation of the machine. These variables are the washwater flowrate, shake amplitude, shake frequency, tilt angle and rotational speed of drum. The effects of variables have been determined in the following:

3.1. Washwater Flowrate

The washwater can be adjusted up to 10 l/min by a flowmeter and is added close to the concentrate discharge end of the drum. It washes over and cleans the concentrate by carrying away particles of gangue released by the ploughing action of the scrapers. An increase in the washwater flowrate, therefore decreases the weight of the concentrate and increases the concentrate grade. This is illustrated in Figure 2.

3.2. Shake Amplitude

Amplitude is adjustable between 10 mm and 20 mm. In practice a small amplitude is usually used with a higher shake speed and vice-versa (Operating Manual and MGS Application Guide, 1991). Figure 3 shows the effect on Cr_2O_3 grade and recovery as amplitude is varied. With increased amplitude, concentrate grade increases whilst recovery reduces.

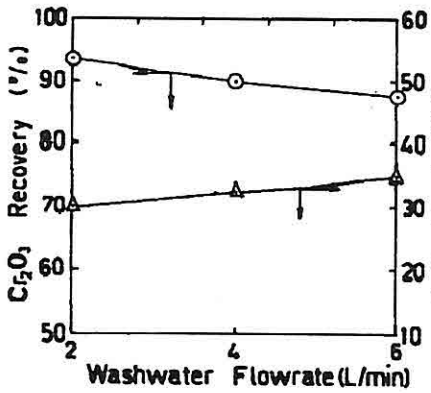


Figure 2. Relationship between washwater flowrate, grade and recovery. Amplitude: 15 mm, Frequency: 4.8 cps, Angle: 4o, Speed: 240 rpm

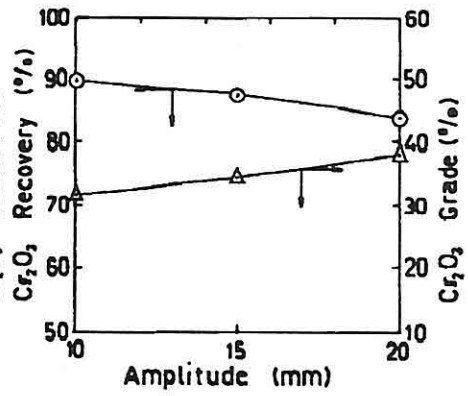


Figure 3. Relationship between shake amplitude, grade and recovery. Frequency: 4.8 cps, Angle: 4o, Speed: 240 rpm, Washwater: 6 l/min

3.3. Shake Frequency

Shake frequency is adjustable and following options are available: 4.0 cps (cycles per second), 4.8 cps and 5.7 cps. The effect of shake is to impart an additional shearing action on the particles which aids the separation process. Shake is applied in an axial direction with a sinusoidal wave form. A high shake frequency is used with a small amplitude, whereas lower frequencies necessitate larger amplitudes (Operating Manual and MGS Application Guide, 1991). An increase in the shake frequency, therefore decreases the weight of concentrate and increases the grade (Figure 4).

3.4. Angle of Tilt

The angle between the drum axis and horizontal, the angle of tilt, may be adjusted 0 and 10 degrees. The angle used will depend on the nature of metarial treated; fine and/or low density mineral will require a smaller angle, coarse and/or high density mineral will require a larger angle. Increasing tilt angle will increase throughput a little but too large an increase will tend to reduce heavy mineral recovery (Operating Manual and MGS Application Guide, 1991). Figure 5 shows the effect on Cr_2O_3 grade and recovery as the tilt angle is varied. Increased tilt angle leads to higher grade but lowers the recovery.

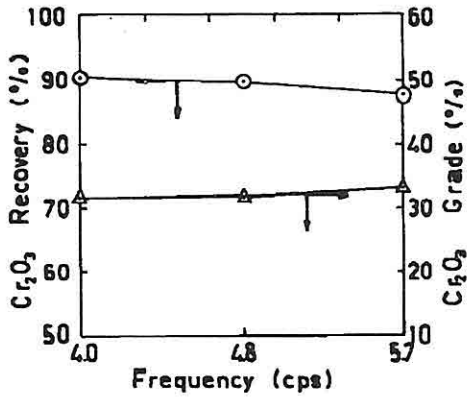


Figure 4. Relationship between shake frequency, grade and recovery. Angle: 4o, Speed: 240 rpm, Washwater: 6 l/min, Amplitude: 10 mm

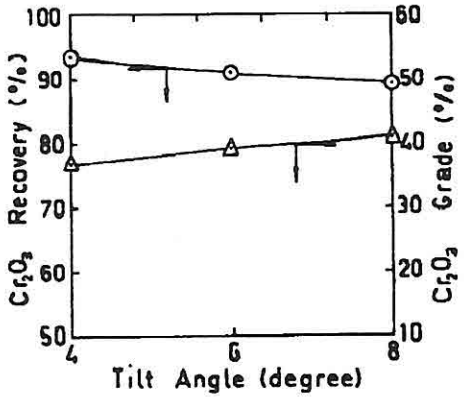


Figure 5. Relationship between tilt angle, grade and recovery. Speed: 240 rpm, Washwater: 6 l/min, Amplitude: 10 mm, Frequency: 5.7 cps

3.5. Rotational Speed of Drum

The rotational speed of drum affects the operation of the MGS in two ways. An increase in the speed results firstly in an increase in the flowrate of the slurry in an axial direction towards the tailing end of the drum. Secondly increases the inertial mass of the mineral particles, reinforcing their tendency to pin to the drum wall and form a solid layer. From basic principles the force acting on a particle, the centrifugal force, may be expressed as:

$$F = m.r.w^2 \qquad (1)$$

where m is mass of the particle, r is radius of the drum or distance between particle and the drum axis and w is angular velocity.

For convenience the force acting on the particles is expressed as a multiple of the force due to normal gravitational attraction or g force and is given by the following (Chan, Mozley and Childs):

$$g = 5.6x10\text{-}4.D.N^2 \qquad (2)$$

where D is drum diameter in metres and N is drum rotational speed in revolutions per minute (rpm). Therefore at 300 rpm, a g force of 25 (ie 25xnormal gravitational attraction) acts on the mineral particles at the drum surface.

Stokes' law, used to calculate particle size from the measurement of settling velocities,

gives the well known equation

$$d = \sqrt{\frac{18\mu v}{\Delta p.g}} \qquad (3)$$

where d is particle diameter, m is liquid viscosity, v is particle settling velocity, and Dr is difference between solid and liquid densities.

Using equation (3) it can be seen that increasing g by a factor of 25 (equivalent to operating the MGS at a speed of 300 rpm) reduces d by a factor of 5. Thus it may be concluded that the MGS is able to recover particles of one fifth the diameter recoverable by the other conventional fine gravity concentrators. Figure 6 compares the size ranges treated by different gravity concentrators and suggests that the finest particle size recoverable by conventional equipment is approximately 5 microns. Therefore it follows from the above that the MGS is able to recover particles down to one micron in diameter.

Depending on the nature of the mineral treated, drum speeds of between 160 and 300 rpm, giving g forces at the drum surface of 7 to 25 g, are required. The lower g forces are suitable for the separation of high density mineral from low density gangue (such as chromite ore). Higher g forces are required for separating minerals with smaller density differences, and also in the finer particle size range (Chan, Mozley and Childs).

An increase in the rotational speed of the drum, therefore increases the weight of heavy mineral recovered to concentrate and reduces the concentrate grade. This is illustrated in both Figure 7 and Table 1. It can be seen from both Figure 7 and Table 1 that in order to obtain grades more than 48.0% Cr_2O_3, drum speeds of between 180 and 220 rpm are required.

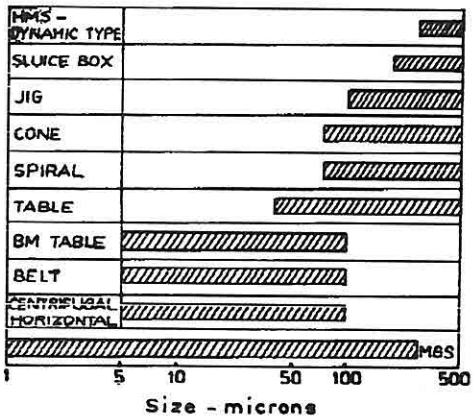


Figure 6. Operation size ranges of wet gravity separators (Chan, Mozley and Childs)

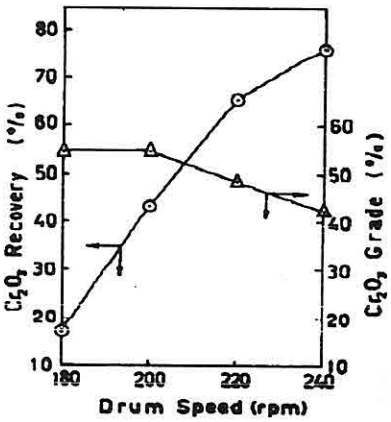


Figure 7. Relationship between drum rotational speed, grade and recovery. Washwater: 6 l/min, Amplitude : 10 mm, Frequency: 5.7 cps, Angle: 8o

Rotational Speed (rpm)	Products	Weight (%)	Cr_2O_3 Grade (%)	Cr_2O_3 Distribution (%)
180	Concentrate	7.51	54.56	17.0
	Washing	16.35	45.45	30.7
	Tailing	76.14	16.62	52.3
	Feed	100.00	24.18	100.0
200	Concentrate	20.00	54.86	43.5
	Washing	17.31	40.90	28.0
	Tailing	62.69	11.46	28.5
	Feed	100.00	25.24	100.0
220	Concentrate	33.44	48.49	65.7
	Washing	15.16	36.65	22.5
	Tailing	51.40	5.69	11.8
	Feed	100.00	27.40	100.0
240	Concentrate	43.40	42.42	76.3
	Washing	12.74	31.49	16.6
	Tailing	43.86	3.87	7.1
	Feed	100.00	24.12	100.0

Table 1. The effect of the drum rotational speed on the concentrate grade and recovery.

From Table 1, it can be seen that the Cr_2O_3 grades of the washings are significantly higher than that of the feed, therefore, the washing can be considered as middling which can be apportioned to the concentrate and tailing as shown in Table 2.

Rotational Speed (rpm)	Products	Weight (%)	Cr_2O_3 Grade (%)	Cr_2O_3 Distribution (%)
180	Concentrate	19.93	54.56	45.0
	Tailing	80.07	16.62	55.0
	Feed	100.00	24.18	100.0
200	Concentrate	31.74	54.86	69.0
	Tailing	68.26	11.46	31.0
	Feed	100.00	25.24	100.0
220	Concentrate	44.41	48.49	87.2
	Tailing	55.59	5.69	12.8
	Feed	100.00	24.70	100.0
240	Concentrate	52.53	42.42	92.4
	Tailing	47.47	3.87	7.6
	Feed	100.00	24.12	100.0

Tablo 2. The results after washings have been apportioned to the concentrate and tailing.

It can be seen from Table 1 and Table 2 that after washings have been apportioned to the concentrate and tailing, Cr_2O_3 recovery increases from 66.0% to 87.0% with the same grade of Cr_2O_3 % at 220 rpm.

4. CONCLUSIONS

Benefication of chromite ores by the MGS is possible. The washwater flowrate, shake amplitude, shake frequency, tilt angle and rotational speed of the drum have significant effect on the operation of the MGS.

At 220 rpm, it is possible to obtain a concentrate containing 48.5% Cr_2O_3 with a recovery of 87.0% from a feed of 25.0% Cr_2O_3 in the following settings:

Washwater : 6 l/min
Shake amplitude : 10 mm
Shake frequency : 5.7 cps
Tilt angle : 8o
Rotational speed : 220 rpm
Feedrate : 40 kg/h
Feed density : 33% w/w

Further decrease in the drum rotational speed to 200 rpm can produce a concentrate containing 54.9% Cr_2O_3 at a recovery of 69.0%.

REFERENCES

Chan, B.S.K., Mozley, R.H. and Childs, G.J.C., The Multi-Gravity Separator (MGS)- A mine scale machine, 20 pp., Richard Mozley Limited, Redruth, Cornwall, U.K..

MGS Application Guide, 1991, How to get the best from your C900 MGS, January, No. 1, 6 pp., Mozley.

Operating Manual, Multi-Gravity Separator, Laboratory/pilot plant (with speed controller), İssue 5, 30 pp., Mozley.

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 10 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamıyacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazılar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazılar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi de verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazdırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özet; 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 bölüştürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydınger 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, şekiller, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

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 10 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocesser compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be orginised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

· References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the 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 Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)