

Kasım

November 1993

Sayı 43

ISSN 1016 - 9172

# JEOLojİ

# MÜHENDİSLİĞİ

tmmob jeoloji mühendisleri odası yayın organı

*Publication of The Chamber of Geological Engineers of Turkey*





# JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

## Yönetim Kurulu (Executive Board)

**Behiç ÇONGAR**  
Başkan (President)

**Hikmet TÜMER**  
İkinci Başkan (Vice President)

**Mehmet Yüksel BARKURT**  
Yazman (Secretary General)

**Dr. Zeynel DEMİREL**  
Sayman (Treasure)

**Coşkun NAMOĞLU**  
Mesleki Uygulamalar Üyesi  
(Secretary of Professional Activities)

**Mesude AYDAN**  
Sosyal İlişkiler Üyesi (Secretary of Social Affairs)

**Erçin TÜRKEL**  
Yayın Üyesi (Secretary of Publications)

## Yayın Kurulu (Publication Board)

**Dr. Tuncay ERCAN**  
Baş Editör (Chief Editor)

**Dr. Erdal ŞEKERCİOĞLU (DSİ) - Halil TÜRKMEN (MTA)**  
Editör (Editor) Editör (Editor)

Bu sayıdaki yazıların incelenmesinde Tahsin AKTİMUR (MTA), Behçet AKYÜREK (MTA), Dr. Zeynep AYAN (MTA), Mehmet Yüksel BARKURT (MTA), Ernur ERDEN (MTA), Hikmet TÜMER (TEKSAN), Ahmet TÜRKECAN (MTA) ve Doç. Dr. Taner ÜNLÜ (AÜFF)'nin de katkıları olmuştur.

Kapak Fotoğrafı : 45. Türkiye Jeoloji Kurultayı 2. Ulusal Fotoğraf Yarışmasında En İyi Jeolojik Yapı Ödülü'nü almıştır. (Fotoğraf: Adnan ATAÇ)



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

tmmob jeoloji mühendisleri odası yayın organı



Sayı : 43

Kasım 1993

## SAHİBİ VE YAYIN SORUMLUSU

Behiç ÇONGAR

## YÖNETİM YERİ

Bayındır Sok. No. 7/1 Kat. 1

Kızılay-ANKARA

TEL: (312) 432 30 85 - 434 08 22

Fax: (312) 434 23 38

## YAZIŞMA ADRESİ

P.K. 507-06424 Kızılay-ANKARA

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır. Yılda iki kez yayınlanır. Dergi Oda'nın amaç, ilke ve yayım koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılara açıktır. Yayınlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlarına ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.

## REKLAM FİYATLARI

Arka Dış Kapak (Renkli)	6 000 000.- TL
Arka Dış Kapak (S/B)	4 500 000.- TL.
Arka İç Kapak (Renkli)	5 000 000.- TL.
Arka İç Kapak (S/B)	3 500 000.- TL.
İç Sayfa (S/B)	3 000 000.- TL.
1/2 Sayfa (S/B)	1 500 000.- TL.
1/4 Sayfa (S/B)	750 000.- TL.
Özel Renk	500 000.- TL.
Renk Süzümü	500 000.- TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayımlanması isteminde % 10 indirim yapılır.

Bu sayı 4000 adet basılmıştır.

## İÇİNDEKİLER

- OKURLARIMIZA.....3
- Ovacık (Tavşanlı - Kütahya) Fluorit Yatağının Jeolojisi ve Oluşumu  
İsmet ÖZGENÇ ..... 5-14
- Isparta Yöresi İgnimbritlerinin Tras Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması  
Mustafa KUŞÇU, Gülay SELÇUK ..... 15-23
- Türkiye Manganez Yatakları:  
Oluşumları ve Tipleri  
Hüseyin ÖZTÜRK ..... 24-33
- Organik Fasiyesler  
Mehmet ALTUNSOY, Orhan ÖZÇELİK ..... 34-39
- Planlamaya Yardımcı Mühendislik Jeolojisi Haritaları  
İlker ŞENGÜLER ..... 40-43
- Anayasamızda Doğal Servetler ve Kaynaklar  
Ahmet KARTALKANAT ..... 44-50
- Avustralya'daki Kurak Bölgeler  
Aydın ÖZSAN ..... 51-56
- Büyük Ölçekli Ani Heyelanların Jeolojik Özellikleri ve Mekanizmalarının Modelleri  
Haydar İLKER ..... 57-63
- Modern Volkanik Fasiyesler  
İsmail BİLGİN ..... 64-73
- Devler Ejderhalar ve Jeolojik Olaylar  
Mesude AYDAN ..... 74-81
- Sekiz Katlı 3 Üniteli Manisa Öğretmenevi İnşaatında Uygulanan Sönmüş Kireçtozu ile Zemin Islahı  
Nuran ÜNSAL ..... 82-84
- Manisa Öğretmenevi için Temel Zeminde Yapılan Sondajlar ve Arazi Standart Penetrasyon Deneylemleri  
Nuran ÜNSAL ..... 85-88
- Platin Gurubu Metal ve Minerallerin Jeolojisi ve Ekonomisi  
Afet TUNCAI, Mustafa KUŞÇU ..... 89-95
- Atıkların Yeraltında Saklanması Sorunları  
Faruk ÖZTÜRK - Erçin TÜRKEL ..... 96-107
- İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesi ve Civarının Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi  
Mustafa YILDIRIM, Kutay ÖZAYDIN ..... 108-120
- Palaentolojik Sınıflandırma ve Adlandırma Terimleri  
Kemal ERDOĞAN ..... 121-124
- Anadolu'nun Renkli Olarak Basılan İlk Jeoloji Haritaları - IV ..... 125-129







## Okurlarımıza,

Türkiye'de jeoloji eğitime başlanmasının 60. yılı 6-8 Ekim 1993 tarihleri arasında, İstanbul Üniversitesi'nde düzenlenen etkinliklerle kutlandı. Bu kutlama mesleğimizin gelişmesini, bugünkü durumunu, sorunlarını ve geleceğini irdelememiz açısından iyi bir fırsat oldu.

Altmış yıllık geçmiş azımsanacak bir süre değildir. Bu süre içinde jeoloji mühendisliğinin ülkemizde kendisini kabul ettirdiğini, saygın bir konuma geldiğini rahatlıkla söyleyebiliriz.

Yetmişli yıllara gelindiğinde büyük bir sorun olan ünvan kargaşası, yürütülen özverili çalışmalarla ve ülke gerçekleri doğrultusunda aşılabildi. Yine aynı yıllarda ekonomik gelişmeye bağlı olarak mesleğin uygulama ve istihdam alanı genişledi. Ancak, 1980'de benimsenen kalkınmayı, yatırımı, istihdamı ve üretimi gözetmeyen yeni ekonomik anlayış, tüm mühendislik disiplinlerini olduğu gibi jeoloji mühendisliğini de olumsuz bir biçimde etkiledi. Jeoloji mühendisleri ilk kez bu yıllarda işsizlik sorunu ile karşılaşmaya başladılar. Yeni istihdam yaratmayı içermeyen bu anlayışın yanında, hiçbir eğitim planlamasına dayanmayan YÖK uygulamaları ile üniversitelerimizde yeni jeoloji mühendisliği bölümleri açıldı ve öğrenci sayıları artırıldı. Bu durumun sonucu olarak eğitimin niteliği düştü ve işsiz sayısı hızla arttı.

JMO, yaşanan bu olumsuzluklara bütün olanakları ile karşı koymaya çalışmaktadır. Ancak, bir gerçeğin altını çizmek gerekiyor: Haklı olmak sorunları çözmeye tek başına yeterli olamıyor, haklılığın yanında güçlü olmak da gerekiyor. Devletin, organlarının ve iktidarların karşısında güçlü olabilmek için etkin olmak gerekiyor.

Jeoloji mühendisliği eğitimi konusunda ise Odamızın görüşleri çok açık ve nettir. Mesleğimizin geleceği nitelikli bir eğitime bağlıdır. Planlamaya dayanmayan, istihdam ile ilişkisi kurulmamış, niteliğe ve çağdaş normlara önem vermeyen bir eğitim anlayışını doğru bulmuyoruz.

Eğitimde ortaya çıkan sorunların aşılmasına katkı sağlamak amacıyla JMO olarak büyük bir yayın atılımı başlattık. Bu dönem meslektaşlarımızın yararlanmaları için yirmiye yakın kitap bastık ve önümüzdeki dönem bu sayıyı daha da artırmayı hedefliyoruz. Bugüne kadar çıkardığımız iki bilimsel dergimizin, Türkiye Jeoloji Bülteni ve Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin kapsamını ve niteliğini yükseltme çabalarımızın yanında, Türkiye Enerji Bülteni ve Türkiye Jeoloji Araştırmaları Özleri adlarında iki bilimsel derginin de son hazırlıklarını tamamlamış bulunuyoruz.

21-25 Şubat 1994 tarihleri arasında gerçekleştirilecek olan 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı ise her geçen yıl nicelik ve nitelik açısından olumlu gelişmeler kaydetmektedir. Yurt içinden ve dışından 180'e yakın bildirinin gönderildiği Kurultay, yalnız mesleğimiz açısından değil, ülkemizdeki tüm bilimsel çalışmalar açısından da önemli bir etkinlik konumuna gelmiştir.

Bu çabalarımızı sürdürmemiz koşulunda, yukarıda da belirttiğimiz gibi, haklılığımızı etkinliğimizle, gücümüzle destekleme ve sorumlularımızı çözme şansına sahip olabileceğiz. JMO'nu etkin, güçlü, saygınlığı olan bir baskı grubu konumuna getirme yönünde, seçilmiş organları ile üyeleri arasında memnuniyetle gözlenen işbirliği ve dayanışmanın daha da gelişmesi dileğiyle, hepimizi saygıyla selamlıyoruz.

**YÖNETİM KURULU**





# OVACIK (Tavşanlı-Kütahya) FLUORİT YATAĞININ JEOLJİSİ VE OLUŞUMU

*Geology and Genesis of Fluorite Deposit of Ovacık (Tavşanlı-Kütahya)*

İsmet ÖZGENÇ D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

**ÖZ:** Tersiyer yaşlı epi-mezotermal fluorit yatağı Ovacık yöresindeki Üst Kretase yaşlı allohton kireçtaşları içinde oluşmuştur. Kireçtaşları dışındaki litolojik birimlerde cevherleşme yoktur. Cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluoritin yoğunlaştığı kesimlerde daha belirgindir. Yatakta sülfid mineralizasyonu gelişmemiştir. Fluorit oluşumu Gediz-Simav grabenine paralel BKB-DGD doğrultulu genç bir fayla ilişkilidir. Bu faya bağlı olarak KB, KD ve D-B doğrultulu makaslama ve genişleme kırıkları oluşmuştur. Cevherleşme bu kırık sistemleri ile denetlenen erime boşlukları içinde boşluk dolgusu ve daha az oranda damar dolgusu şeklinde gelişmektedir.

Yataktaki esas cevher minerali fluorittir. Esas gang minerali ise kalsittir. Daha az oranda barit ve kuvars görülür. Cevherleşme, erime boşlukları içinde fluorit-kalsit şeklinde gelişen simetrik bantlı yapı gösterirken, damarlarda asimmetrik bantlı yapı görülür. Fluoritli dolgular dışında, genellikle genişleme kırıkları içinde gelişen birkaç küçük monomineralik barit damarı da saptanmıştır.

Yatakta saptanan mineral parajenezi oldukça fakir olup, sıvı kapanım çalışmaları sonucu iki parajenetik evre ayırtlanabilmektedir.

Mezotermal Evre: Mor fluorit + kuvars + yeşil fluorit + barit

Epitermal Evre : Kahverengi kalsit + pempe fluorit + beyaz kalsit.

Fluorit, barit, kalsit ve kuvars minerallerinde yaklaşık 100 adet sıvı kapanımda mikrotermometrik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler iki fazlı (gaz+sıvı) ve tek fazlı (sıvı) birincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Ortalama homojenleşme sıcaklıkları mor fluoritler için 270 °C, kuvars için 254 °C, yeşil fluoritler için 243 °C, barit için 219 °C, kahverengi kalsit için 206 °C, pempe fluoritler için 178 °C ve beyaz kalsit için 160 °C olarak bulunmuştur. Fluoritlerde tuzluluk % 7-8 NaCl eşdeğeridir. Monomineralik barit damarlarında ortalama homojenleşme sıcaklıkları 219-241 °C arasında değişmektedir.

Fluoritlerin nadir toprak element (NTE) içerikleri 0,11-5,20 ppm arasında değişmektedir. Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince (HNTE) zenginleşme gösterttikleri ortaya koymuştur. Tb/La oranları mor fluoritlerin önce kristallendiğini gösterir. Fluorit NTE / Kondirit NTE değerleri, fluoritlerin duraylı bir negatif Ce anomalisine sahip olduklarını göstermiştir. Bu veri hidrotermal sıvıların kaynaktan yüksek oksijen fugasitesine sahip olduklarını gösterir. Önce kristallenen mor fluoritlerde saptanan pozitif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların kireçtaşlarının etkileşimi ile gelişen dolomitleşme sonucu, kireçtaşlarından serbest kalan  $Eu^{+2}$  'un cevherleşme ortamında oksidasyon koşullarının devam etmesi nedeniyle  $Eu^{+3}$  e okside olması ile açıklanabilir. Yeşil ve pembe fluoritlerde saptanan negatif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların bünyesinde iki farklı değerlikli Eu'un ( $Eu^{+2}$  ve  $Eu^{+3}$ ) birlikte varlığına işaret eder.

Jeolojik, jeokimyasal ve sıvı kapanım verileri, Ovacık fluorit yatağının, çevrede çok sayıda termal kaynak ve sülfid cevherlemeleriyle karakterize olan Tersiyer hidrotermal sistemlere bağlı olarak oluştuğunu ortaya koyar. En olası gözükülen oluşum mekanizması, yüksek ısıya sahip asit karakterli cevherli eriyiklerin kireçtaşları ile etkileşimi sonucu bünyelerindeki Mg'u bırakarak kireçtaşlarından Ca alması ve pH değerinin de nötrleşmesi ile fluorit oluşumu şeklinde açıklanabilir.

**ABSTRACT:** Epi-mesothermal fluorite mineralization of Tertiary age occurs in allochthon limestone of Late Cretaceous age. The mineralization is controlled by WNW-ESE trending young faults and related shears and extension fractures. General trends of young faults are parallel to the Gediz - Simav graben system. Some dissolution cavities occurred mainly in shears. Fluorite mineralization occurs in shears and dissolution cavities. Extension fractures are represented by small barite veins. Depositional texture is open space filling and represented by asymmetric banded texture in shears and symmetric banded texture in dissolution cavities.

Fluorite is major ore mineral in the deposit. Calcite is major gangue mineral. Minor gangue minerals are barite and



quartz. No sulfide mineralization have been observed in the deposit.

The host rock is limestone. Dolomitization of wall rock is common and locally intense where fluorite mineralization is dominant.

Two paragenetic stages have been distinguished.

Mesothermal stage: Purple fluorite - quartz-green fluorite - barite.

Epithermal stage: Brown calcite - pink fluorite - white calcite.

Microthermometric measurements on nearly 100 two phase (1+v), phase (1) primary inclusions, yielded mean homogenization temperature of 270 C° for purple fluorite, 254 C° for quartz, 243 C° for green fluorite, 219 C° for barite, 206 C° for brown calcite, 178 C° for pink fluorite and 160 C° for white calcite. The salinity of fluorite ranges from % 7-8,1 equ iv .wt. of NaCl. The mean homogenization temperature of monomineralic barite veins range between 219-241C°:

The REE content of fluorites are slightly variable, ranging from 0,11 to 5,20 ppm. Ce/Yb ratios reflect the dominant trend of light REE enrichment. The purple fluorite has a lower Tb/La ratio which is indicative for earlier crystallization. Relatively higher Tb/La ratios of green and pink fluorite indicate a sequential crystallization after purple fluorite. Chondrite normalized plots and REE ratios reveal persistent negative Ce anomalies indicating high oxygen fugacities at the source area. Positive Eu anomaly of purple fluorite indicates the release of Eu<sup>+2</sup> during dolomitization limestone and oxidation to Eu<sup>+3</sup> at deposition site and subsequent incorporation in the purple fluorite. Negative Eu anomalies of green and pink fluorite indicate the presence of divalent Eu in the hydrothermal fluids.

The geologic, geochemical and fluid inclusion data support deposition in Tertiary hydrothermal system which is characterized by sulfide mineralization and too many thermal springs around the fluorite deposit. The most likely depositional mechanism is believed to be an increase in the pH of the ore bearing fluids upon interaction with limestone which resulted in the fluorite deposition.

## GİRİŞ

Fluorit birçok maden yatağında ya cevher minerali ya da gang minerali olarak oluşur. Stratiform kurşun-çinko yataklarında zaman zaman birincil mineral olarak ortaya çıkar. Hidrotermal yataklarda damar tipi fluorit oluşumu yaygındır. Hidrotermal altın, kalay, tungsten ve uranyum yataklarında gang minerali olarak bulunur. Karbonatitlere ve alkali kayalara bağlı olarak çoğunlukla nadir toprak mineralleri ile birlikte esas cevher minerali şeklinde ortaya çıkar. Pegmatitlerde genellikle aksesuar mineral olarak görülür.

Fluoritin esas cevher minerali olarak bulunduğu yataklarda oluşum mekanizmalarının iyi anlaşılması, aynı koşullarda oluşan yeni yatakların veya cevherli zonların saptanmasında yararlı olmaktadır. Fluoritlerin gang minerali olarak bulunduğu yataklarda fluoritin oluşum mekanizmasının iyi bilinmesi, esas cevher minerallerinin oluşumunu kontrol eden süreçlerin ortaya çıkartılmasında önemli bir ipucu olmaktadır. Fluoritler 100-500 C° ısı aralığında oluşabilmektedir. 100-350 C° ısı aralığında oluşan fluoritlerde cevher getirici hidrotermal sıvılar içindeki Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>2</sub><sup>-2</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, H<sub>2</sub>S, H<sup>+</sup> ve F<sup>-</sup> gibi iyonlar fluorit oluşumunu kontrol ederken, Fe<sup>+3</sup>, Sn<sup>+4</sup>, Sn<sup>+2</sup>, U<sup>+6</sup> ve B<sup>+3</sup> iyon konsantrasyonlarının yüksek olması fluorit oluşumunu kısıtlamaktadır (Holland, 1967; Richardson ve Holland, 1979). Fluoritler içindeki sıvı kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler ve fluoritlerin NTE analizleri hidrotermal sıvıların kaynağı hakkında önemli ipuçları vermektedir.

Fluorit yataklarının mineralojisi ve yataktaki zonlanmanın ortaya konulması, oluşum mekanizması hakkın-

da belirleyici verilerin saptanmasında önemli bir rol oynar. Yataktaki karbonat mineralojisi, feldspatın varlığı veya yokluğu, alterasyon mineralleri ve yan kayalarda ki değişimler, cevher getirici sıvıların Ca/Mg, Na/K ve pH değeri hakkında belirleyici limitlerin yakalanmasındaki en önemli verilerdir. Birçok fluorit yatağına ev sahipliği yapan yan kayacın çoğunlukla kireçtaşı olması, cevherli sıvıların Mg/Ca oranının üst sınırı ile pH değerinin alt sınırı konusunda ayırtman olmaktadır.

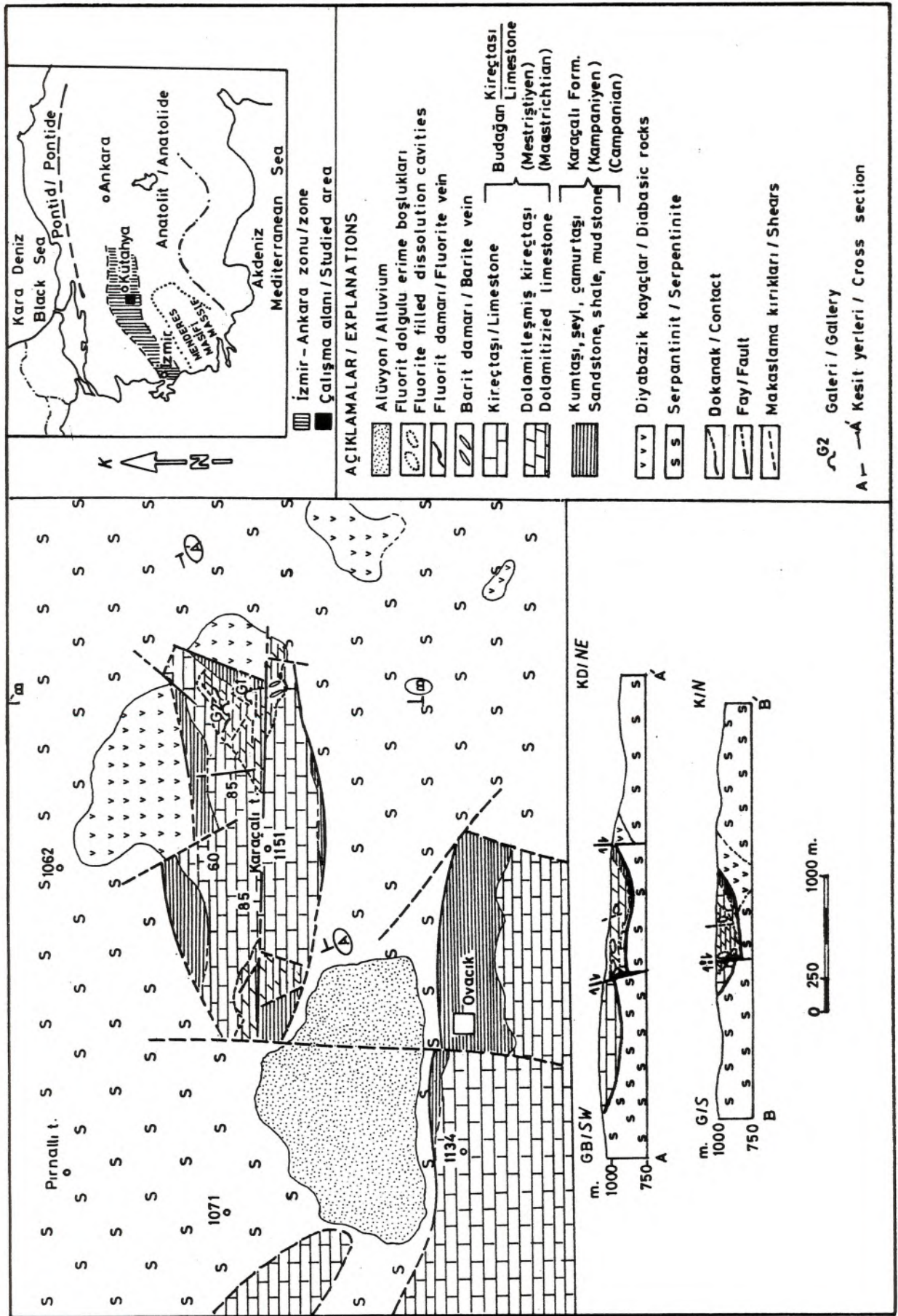
Batı Anadolu'da Miyosen ve sonrası genç tektonizmaya bağlı olarak gelişen magmatik kayalarla birlikte birçok yörede oluşan sülfid yataklarında görülen önemli gang minerallerinden biri fluorittir. Fluoritin esas cevher minerali olarak bulunduğu Ovacık fluorit yatağı hiç sülfid minerali içermez. Yatak ekonomik anlamda fazla bir öneme sahip değildir. MTA Genel Müdürlüğüne yapılan çalışmalarla %51 CaF<sub>2</sub> tenörlü 6.000 ton görünür+muhtemel ve 22.500 ton jeolojik rezerv saptanmıştır (Sündal, 1969). Ancak yatak jeolojik açıdan ilginç özellikler gösterir.

Bu çalışmanın amacı jeolojik, jeokimyasal ve sıvı kapanım verilerinden yararlanarak Ovacık fluorit yatağının oluşum mekanizmasına bir yaklaşım yapmak ve elde edilen bulguları sunmaktır.

## BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanı Brinkmann(1966) tarafından tanımlanan Kretase yaşlı "İzmir-Ankara" zonunun doğu ucunda, Kütahya'nın batısında yer alır(Şekil 1). Bölge genel jeolojik anlamda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir(Kalafatçıoğlu, 1962; Brinkmann, 1966; Kaya, 1972, 1988, 1990; Bingöl, 1976, 1977; Akdeniz ve Konak, 1979; Yılmaz, 1981; Baş, 1983; Üşümezsoy, 1987;





Şekil. 1 Ovacık yöresi jeoloji haritası

Figure. 1 Geologic map of Ovacık area



Şengün ve diğr. 1990). Tavşanlı-Kütahya yöresi maden yatakları yönünden de birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Nebert(1962) yöredeki kömür yataklarının jeolojik incelemesini yapmıştır. Eğrigöz masifi çevresindeki kurşun-çinko yatakları Gümüş(1964) ve Dora (1969) tarafından, Muratdağı çevresindeki antimon yatakları Erler(1979) ve Gökçe(1993) tarafından ayrıntılı incelenmiştir.

Çalışma alanı çevresinde temeli Menderes masifinin metamorfik kayaları oluşturur. Permo-Karbonifer yaşlı sığ deniz karbonat fasiyesi ile belirgin Paleozoik, genellikle Alt Triyas yaşlı ankimetamorfik birimler içinde olistolitler şeklinde izlenir(Bingöl, 1976). Alt Jura karasal ve denizel fasiyeste olup, Üst Jura-Alt Kretase genellikle karbonat fasiyesindedir(1976, 1977). Bölgedeki ofiyolitlerin yerleşim yaşı Kaya(1972) tarafından Triyas, Bingöl(1977) ve Yılmaz(1981) tarafından Orta-Üst Kretase olarak verilmiştir. Çalışma alanı yakın çevresindeki Eğrigöz masifinin yaşı radyometrik verilere göre Oligosen(Öztunalı, 1973), Muratdağı-Baklan granitinin yaşı, Paleosen-Eosen, Karacahisar volkanitlerinin yaşı ise Orta-Üst Miyosen(Bingöl, 1977) olarak verilmektedir.

## YÖRESEL JEOLJİ

Ovacık fluorit yatağı Kütahya iline bağlı Tavşanlı ilçesinin 7 km batısında yer alır (Şekil. 1) Çalışma alanında temeli yoğun serpantinleşmiş ofiyolitler oluşur. Ofiyolitler lav yapıları içeren diyabazik lav akıntularını ve daykları kapsarlar. Başlıca kumtaşı, şeyl ve çamurtaşı birimlerinden yapıları Kampaniyen yaşlı karaçalı formasyonu, kendi üzerine uyumsuzlukla gelen Mestristiyen yaşlı Budağan kireçtaşı ile birlikte tektonik dokanıkları serpantinileri üstler (Kaya, 1972, 1990).

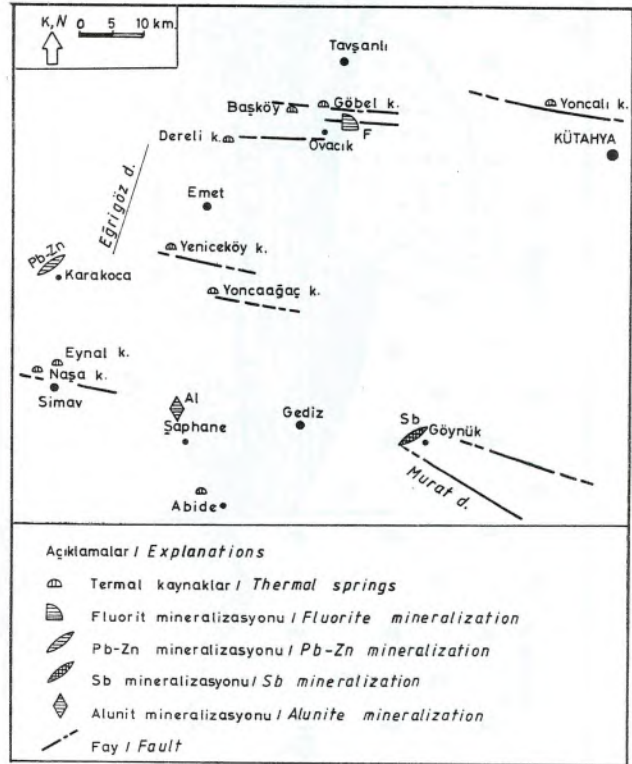
Çalışma alanının genel tektonik yapısı K-G, KB-GD ve KD-GB yönlü kuvvetlerle şekillenmiştir (Bingöl, 1976, 1977). Buna bağlı olarak, çalışma alanı yakın güneyinde bulunan BKB-DGD yönlü Gediz - Simav grabenine paralel olarak gelişen düşey faylar, çalışma alanındaki genç yapısal unsurları oluşturur. Ovacık yöresinde fluorit cevherleşmesini denetleyen ana fay K 85° B ve 85° KD eğimli Karaçalı fayıdır. Bu faya bağlı olarak gelişen D-B, KD ve KB doğrultulu makaslama ve KB doğrultulu genişleme kırıkları kireçtaşlarını yoğun şekilde etkilemiştir. Bu kırık sistemlerinin kendisi ve bunlar içinde oluşan erime boşlukları cevher yerleşimi için uygun ortamı yaratmıştır.

Gediz-Simav grabeninden başlayarak kuzeye doğru sistematik biçimde gelişen BKB-DGD doğrultulu faylar boyunca çok sayıda termal kaynaklar oluşmuştur (Şekil. 2). MTA Genel Müdürlüğü'nce bölgedeki jeotermal alanların belirlenmesine yönelik çalışmalarda, yörede sıcaklığı 180-230 C° olan bir jeotermal akışkanın varlığı belirlenmiştir (Şener ve Gevrek, 1986; Demirel, 1991).

## FLUORİT CEVHERLEŞMESİ

Ovacık yatağında esas cevher minerali fluorittir. Esas gang minerali ise kalsitdir. Daha az oranda barit ve kuvars görülür. Yatakta sülfid mineralizasyonu saptanmamıştır. Fluorit cevherleşmesi Karaçalı fayının doğu ve batısında görülür. Batıdaki cevherleşme eko-

nomik değildir. Ekonomik fluorit cevherleşmesi, kırık sistemlerinin daha fazla geliştiği doğu kısmında bulunur (Şekil. 1). Cevherleşme zonu batıya doğru, Karaçalı tepenin doğu yamacında görülen K 10° B ve 85° GD eğimli fay ile sınırlanmıştır. Cevherleşmenin doğu sınırı K 20 D doğrultulu düşey bir fay ile belirlenir. Cevherleşme zonunun uzunluğu kesintili olarak 500 m ve derinliği 100 m dir. Fluorit cevherleşmesi 30-60 metreler arasında yoğunlaşmıştır. Fluorit oluşumu baskın olarak erime boşlukları içinde simetrik bantlı boşluk dolgusu şeklinde ve daha az olarak makaslama kırıklarında asimetrik bantlı damar dolgusu şeklinde gelişmektedir (Şekil. 3). Erime boşlukları, baskın olarak Karaçalı fayına paralel kırık sistemleri içinde bir dizi boşluk zinciri şeklinde gelişmiştir. Erime boşlukları yaklaşık oval şekilli olup küçük eksenleri 0,50-1,50 m ve büyük eksenleri 2,00-3,00 m arasında değişir. Yatakta fluoirt damarlarından ancak iki tanesi önemlidir. Bunlardan 2 no'lu galerinin batısında K 70° B doğrultulu ve 80° GB eğimli olan damardır. Bu damarın uzunluğu 30 m. dir ve kalınlığı 15-25 cm arasında değişir. Diğeri ise 2 no'lu galerinin doğusunda bulunan K 70° D ve 30° GD eğimli damardır. Bu damarın uzunluğu 35 m. olup kalınlığı 30-40 cm. arasında değişir. Cevherleşme alanı içinde görülen monomineralik barit filonları, K 30° B doğrultulu genişleme kırıklarında gelişir. Kalınlıkları 10-20 cm. olup uzunlukları max. 1,50 m. dir. Ekonomik anlamda küçük ve önemsizdirler.



Şekil. 2 Ovacık fluorit yatağı çevresindeki termal kaynaklar ve sülfid cevherleşmeleri

Figure. 2 Thermal springs and sulfide mineralization around the Ovacık fluorite deposit



Cevherleşme yalnızca kireçtaşları içinde gelişmektedir. Çalışma alanı içindeki diğer litolojik birimlerde cevherleşme gözlenmemiştir. Cevherleşmeye ev sahipliği yapan kireçtaşlarında cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluorit cevherleşmesinin yoğunlaştığı kesimlerde daha yoğundur.

Yatakta saptanan parajenez oldukça fakir olup sıvı kapanım çalışmaları sonucu iki parajenetik evre ayırtlanabilmiştir. Bu evrelerin ayırtlanmasında Lindgren (1933) tarafından önerilen sıcaklık sınırları esas alınmıştır. Parajenez katılan mineraller ve oluş sırası şöyledir:

Mezotermal Evre: Mor fluorit + kuvars + yeşil fluorit + barit.

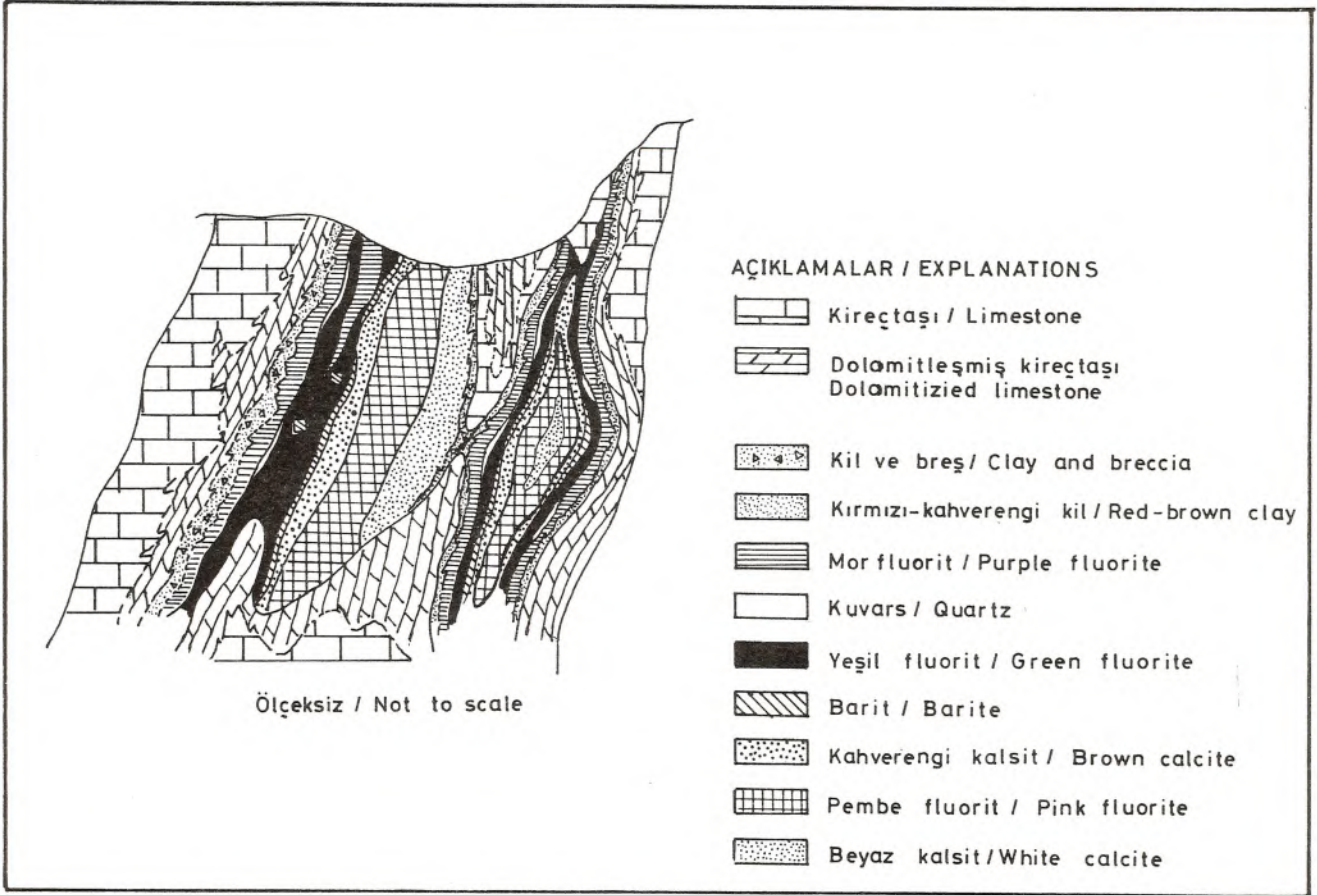
Epitermal Evre: Kahverengi kalsit + pembe fluorit + beyaz kalsit (Şekil. 4). Barit, iki evre arasında geçiş minerali konumundadır.

Gerek erime boşlukları gerekse de damarların dolguları mor, yeşil, ve pembe fluorit türlerinin her üçünü de içermektedir. Damarların tavan çeperlerinde kil ve küçük, köşeli kireçtaşı çakıllarından yapılabir breş zonu gözlenir. Buna karşın erime boşluklarının çeperlerinde kırmızı-kahverengi bir kil zonu görülür. Küçük kristalli (1-2 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki mor fluorit bantı ile başlayan cevherleşme, küçük kristalli (1-2 mm) ve 2-3 cm. kalınlıktaki kesikli kuvars bantı ile devam eder.

Buna daha büyük kristalli (3-4 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki yeşil fluorit bantı izler. Yeşil fluorit bantı içinde seyrek olarak 1-2 cm. boyutlarındaki barit kristalleri görülür. Yeşil fluoritleri, orta kristalli (3-6 mm) ve 4-5 cm. kalınlıktaki kesikli bir barit bantı izler. Büyük kristalli (5-10 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki kahverengi kalsitler sürekli bir bant oluşturur. Kahverengi kalsitleri büyük kristalli (7-12 mm) pembe fluoritler 25-40 cm. kalınlığında bir bant oluşturarak izler. Pembe fluorit oluşumundan sonra başka fluorit gelişi olmaksızın, büyük kristalli (1-4 cm) beyaz kalsitler zaman zaman 50 cm.'ye varan kalınlıkta bir bant oluşturarak cevherleşme dönemini kapatır. Damarlar içinde gelişen bu asimetrik bantlı yapı, erime boşlukları içinde simetrik bantlı yapı şeklinde görülür. Bazı küçük erime çeperlerinde yalnızca kalsit-pembe fluorit şeklinde izlenen bantlaşma, cevherleşme esnasında da erime boşluklarının oluşumunun devam ettiğini düşündürmektedir. Mikroskobik çalışmalar ve arazi gözlemleri cevherleşmeden sonra herhangi bir faylanma ve kırılanmanın gelişmediğini göstermiştir.

### CEVHERLEŞMENİN YAŞI

Ovacık fluorit yatağı Üst Kretase yaşlı alloktan kireçtaşları içinde oluşmuştur. Cevherleşme, Gediz-Simav grabenine paralel BKB-DGD doğrultulu genç Karaçali fayı ile denetlenmektedir. Tavşanlı-Kütahya



Şekil. 3 Erime boşluklarında ve damarlarda gelişen simetrik ve asimetrik bantlı dolgular

Figure. 3 Symmetric and asymmetric banded fills in dissolution cavities and veins



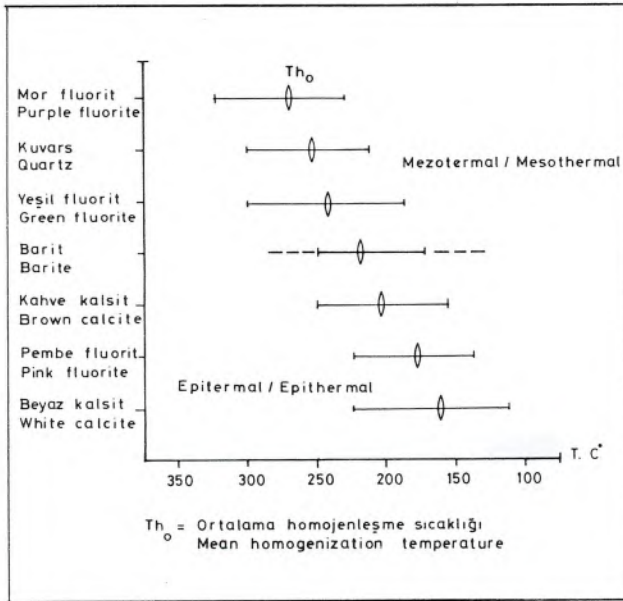
yöresindeki asit karakterli volkanitlerin yaşı Orta Üst Miyosen olarak verilmektedir (Bingöl, 1977; Ercan, 1979). Diğer taraftan yöredeki asit sokulumların yaşı da Paleosen-Orta Miyosen olarak belirtilmektedir (Bingöl, 1976, 1977; Öztunalı, 1973). Asit karakterli yüzey ve derinlik kayalarıyla temsil edilen bu Tersiyer yaşlı mağmatik faaliyet yöredeki hidrotermal cevherleşmelerin de kaynağıdır. Bu nedenle Ovacık fluorit cevherleşmesinin yaşı üst Miyosen veya sonrası olabilir.

### SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanım çalışmaları esas olarak fluoritler ile kalsit, barit ve kuvars gibi gang minerallerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümler için MTA Genel Müdürlüğüne, MAT Daire Başkanlığı Laboratuvarlarında bulunan 600 C° kapasiteli ve iki amaçlı ısıtma-soğutma tablası kullanılmıştır. Ölçümler Roedder (1983) tarafından tanımlanan kriterlere göre seçilen birincil kapanımlarda yapılmıştır. Fluorit oluşumu sığ derinliklerdeki boşluklarda dolgu şeklinde geliştiğinden, ölçümlere ait basınç düzeltmeleri ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, oluşum sıcaklıklarına eşittir.

Ölçümler, yaklaşık 100 adet iki fazlı(sıvı+gaz) ve birincil kökenli sıvı kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra tek fazlı(sıvı) kapanımlara da rastlanmıştır. Mor ve yeşil fluoritler baskın olarak iki fazlı kapanımlar içerirken, pembe fluorit, barit, kalsit ve kuvarslar baskın olarak tek fazlı kapanımlar içermektedir.

Mor fluoritlerin homojenleşme sıcaklıkları  $Th=230-325$  C° arasında değişmekte olup ortalama değer



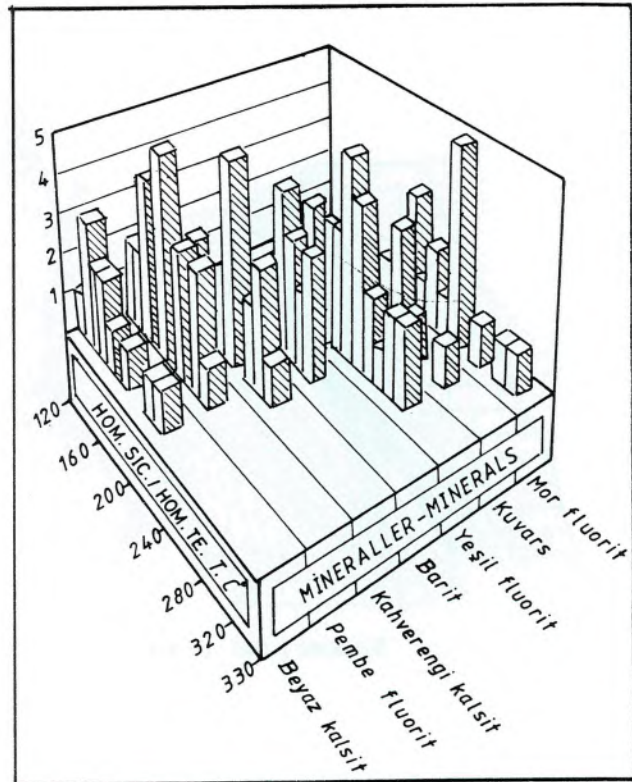
Şekil 4 Ovacık fluorit yatağında saptanan parajenetik evreler ve süksesyon (Barit iki evre arasında geçiş minerali konumdadır)

Figure 4 Paragenetic stages and succession of Ovacık fluorite deposit (Barite occupies an intermediate position between two stages)

$Th=270$  C° dir (Şekil 4 ve 5). Bu fluoritlerde tuzluluk % 8.1 NaCl eşdeğerdir. Kuvarslarda  $Th=210-300$  C° arasındadır ve  $Th=254$  C° dir. Yeşil fluoritlerde  $Th=187-300$  C° arasında değişir ve  $Th=243$  C° dir. Bu fluoritlerde tuzluluk % 7.9 NaCl'e eşdeğerdir. Baritlerde  $Th=172-250$  C° arasında değişir ve  $Th_o=219$  C° bulunmuştur. Kahverengi kalsitlerde  $Th_o=154-249$  C° arasındadır ve  $Th_o=206$  C° dir. Pembe fluoritlerde  $Th=138-225$  C° arasında değişir ve  $Th_o=178$  C° dir. Bu fluoritlerde tuzluluk %7-8 NaCl'e eşdeğerdir. Beyaz kalsitlerde  $Th=123-225$  C° arasında değişir ve  $Th_o=160$  C° dir.

Monominerallik barit filonlarında ortalama homojenleşme sıcaklıkları  $Th_o=219-241$  C° arasında değişmektedir.

Sıvı kapanım çalışmaları, fluorit cevherleşmesine neden olan hidrotermal sıvıların orta derecede bir tuzluluk oranına sahip olduğunu ve cevherleşmenin mezotermal evrenin erken fazlarında başlayarak epitermal evrenin geç fazlarına kadar devam ettiğini göstermektedir. Fluoritlerin tuzluluk oranlarında cevherleşmenin sonuna kadar bir duraylılık görülmekle birlikte, ilk oluşan mor fluoritlerin göreceli olarak daha yüksek bir tuzluluk oranına sahip oldukları söylenebilir.



Şekil 5 Fluoritlere ve gang minerallerine ait homojenleşme sıcaklıkları histogramı

Figure 5 Histogram of homogenization temperatures of fluorites and gangue minerals



## FLUORİTLERİN NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (NTE) JEOKİMYASI

Fluoritlerin NTE analizleri XRAL-Kanada laboratuvarlarında "ICP" yöntemi ile yapılmıştır. Ölçüm sınırları Eu ve Lu için 0,05 ppm, diğer elementler için 0,1 ppm düzeyindedir. Ölçüm hassasiyeti  $\pm$  %5 civarındadır. Standart olarak CANMET-SY-2(Standards' Department of Canadian Government) standardı kullanılmıştır. Fluoritlerin Ca analizleri D.E.Ü. Jeoloji Bölümü Laboratuvarında atomik absorpsiyon yöntemiyle yapılmıştır.

Fluoritlerin NTE içerikleri 0,11-5,20 ppm arasında değişmektedir(Tablo 1). Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince(HNTE) zenginleşme gösterdiklerini belirtir. Bu zenginleşme mor fluoritlerden pembe fluoritlere doğru azalır. Fluorit oluşumu anında Terbiyum(Tb) ve Lantanyum(L) yoğun bir ayırılmanmaya uğrar. Bu nedenle Tb/La ve Tb/Ca oranları, oluşum ortamlarının ve ayırılma derecesinin belirlenmesinde kullanılabilir (Schneider ve diğ. 1975., Möller ve diğ. 1976; Möller ve Morteani, 1983). NTE bileşiklerinin farklı denge alanlarına sahip olmalarının bir sonucu olarak, ilk kristallenen fluoritler La bakımından zengin, Tb bakımından fakirdirler ve bu nedenle düşük Tb/La oranına sahiptirler. Fluorit kristalizasyonunun devam etmesi halinde, hidrotermal sıvılar içinde derişmiş flor hızla tüketilir ve bunun sonucu olarak da Tb F<sup>+2</sup> ve diğer NTE bileşikleri bozunur. Bu sırada La'un büyük bir kısmı kullanıldığından, son kristallenen fluoritler Tb bakımından zenginleşir ve yüksek Tb/La oranına sahip olurlar.

Tb/Ca oranları da oluşum ortamını belirlenmesinde

kullanılabilmektedir(Möller ve Morteani, 1983). Oluşum ortamının bir fonksiyonu olarak fluoritlerde NTE derişimi, Ca derişimine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek Tb/Ca oranları pegmatitlerde, düşük Tb/Ca oranları sedimanter fluoritlerde görülür. Hidrotermal fluoritlerde Tb/Ca oranları orta değerlerdedir.

Ovacık yatağında, mor fluoritlerde saptanan düşük Tb/La oranı bunların kristallendiğini gösterir(Tablo 1). Yeşil ve pembe fluoritlerde saptanan Tb/La oranları göreceli olarak mor fluoritlerden yüksektir. Bu veriler, mor fluorit oluşumunu yeşil fluoritlerin izlediğini ve en son olarak da pembe fluoritlerin kristallendiğini belirtir. Bu sonuç, sıvı kapanımlardan elde edilen oluşum sıcaklıklarına bağlı olarak parajenezdeki minerallerinin oluşmasını desteklemektedir.

Her üç fluorit örneğine ait Tb/La ve Tb/Ca oranları, Möller ve Morteani (1983) tarafından önerilen diyagrama taşındığında, bunların hidrotermal alana düştükleri görülmüştür(Şekil 6). Fluoritlerin Tb/La oranları normal bir ayırılma gidişine paralel olarak kristallenme sırasına göre belirgin bir artış göstermektedir.

Ovacık fluoritlerine ait Ce/Ce\* ve Eu/Eu\* oranları (Tablo 1) Ce ve Eu'un olabilecek anomali büyüklüklerine bir yaklaşım yapmak amacıyla hesaplama yoluyla bulunmuştur. Ce\* değerleri, La ve Sm'un normalize değerlerinden, Eu\* değerleri de Tb ve Sm'un normalize değerlerinden ekstrapolasyon yoluyla hesaplanmıştır. Ovacık fluoritleri duyarlı bir negatif Ce anomalisi göstermektedir(Şekil 7). Bu veri hidrotermal sıvıların kaynakta yüksek oksijen fugasitesine sahip olduklarını gösterir. Bunun sonucu olarak Ce<sup>+3</sup>, okside olarak Ce<sup>+4</sup> şeklinde kaynak ortamında kalmakta ve fluoritlerde ne-

ÖRNEK (SAMPLE)	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Ce/Yb	REE	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Tb/La	Tb/Ca	Ca
Mor fluorit (Purple fluorite)	2,8	5,2	2,2	0,98	0,6	1,0	0,14	5,2	12,92	0,65	1,1	0,214	1,26.10 <sup>6</sup>	475700
Yeşil fluorit (Green fluorite)	1,7	3,2	2,4	0,84	0,7	1,1	0,13	2,91	10,07	0,51	0,85	0,412	1,50.10 <sup>6</sup>	465500
Pembe fluorit (Pink fluorite)	1,5	2,9	2,6	0,80	0,8	1,3	0,11	2,23	10,01	0,42	0,80	0,533	1,75.10 <sup>6</sup>	458000
Kondirit- Cl* Chondrite -Cl	0,244	0,632	0,153	0,058	0,0374	0,166	0,0254							
Örnek/Kondirit Sample/Chondrite														
Mor fluorit (Purple fluorite)	11,5	8,3	14,37	16,90	16,0	6,0	5,5							
Yeşil fluorit (Green fluorite)	7,0	5,0	15,70	14,50	18,70	6,6	5,1							
Pembe fluorit (Pink fluorite)	6,2	4,6	15,90	13,80	24,0	7,8	4,3							

\* Cl Kondirit değerleri Palme ve diğ. (1981) ' den alınmıştır.

Cl Chondrite values, after Palme et al. (1981)

Tablo. 1 Ovacık fluoritlerine ait nadir toprak elementleri (NTE) analizleri (ppm)

Table. 1 REE analyses (ppm) of Ovacık fluorites.



gatif Ce anomalisi ortaya çıkmaktadır.

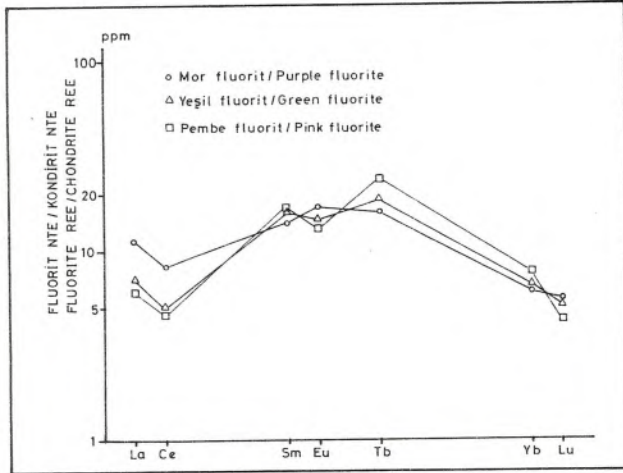
İlk oluşan mor fluoritlerde belirgin pozitif Eu anomalisi saptanmıştır. Büyük olasılıkla bunun nedeni, cevher getirici eriyiklerin kireçtaşları ile etkileşimi sonucu gelişen dolomitleşme anında  $Eu^{+2}$ 'un ortamdan alınması ve sıvılarla cevherleşme ortamına taşınmasıdır. Oksidasyon koşullarının cevherleşme ortamında devam ediyor olması sonucu  $Eu^{+2}$ ,  $Eu^{+3}$  şeklinde okside olarak aynı anda fluorit içinde yerini almaktadır.

Yeşil ve pembe fluoritler zayıf bir negatif Eu anomalisi verirler(Şekil 7). Bu veri,  $Eu^{+2}$ 'un ortamda halen var olduğunu ve mor fluoritlerin oluşumundan sonra ortamda düşük oksijen fugasitesinin geliştiği belirtir.  $Eu^{+2}$ 'un büyük iyonik yarıçapa sahip olması nedeniyle, fluorit içindeki Ca tarafından tutulması olanaksızdır. Bu nedenle negatif Eu anomalisi gelişmektedir. Bu suretle ortamda iki farklı değerlikli Eu'un( $Eu^{+3}$  ve  $Eu^{+2}$ ) varlığı ortaya çıkmaktadır. Bunun birkaç nedeni olabilir:

- Fluorit cevherleşmesi anında hidrotermal sıvıların oksijen fugasitesinin sulfat-sülfid redox dengesine yakın olması halinde, önemli miktarda  $Eu^{+2}$  ve  $Eu^{+3}$  ortamda birlikte bulunabilmektedir(Sverjensky, 1984).

- Diğer taraftan NTE sulfat bileşiklerinin oldukça duyarlı olması ve  $Eu^{+2}$  ile  $Ba^{+2}$ 'un eşit iyonik yarıçapları nedeniyle baritler tipik olarak her zaman pozitif Eu anomalisi verirler. Ovacık fluorit yatağında mor fluoritlerden hemen sonra yeşil fluorit bantları içinde az da olsa görülmeye başlayan barit oluşumu ve fluorit cevherleşmesi dışındaki monomineralik barit damarlarının varlığı,  $Eu^{+2}$ 'un barit tarafından tutulmuş olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle yeşil fluoritlerde pozitif Eu anomalisi gelişmemiş olabilir. Pembe fluoritlerde negatif Eu Anomalisinin devam etmesi, bunların oluşumundan önce  $Eu^{+2}$  bakımından zengin bir fazın(barit mineralizasyonu) varlığını destekler.

Ovacık fluoritlerine ait fluorit NTE/kondirit NTE diyagramında(Şekil 7), fluoritlerin ne HNTE ne de ANTE bakımından önemli bir zenginleşme göstermedikle-



Şekil. 6 Ovacık fluoritlerine ait Tb/La-Tb/Ca diyagramı

Figure. 6 Tb/La versus Tb/Ca diagram of Ovacık fluorites

ri açıkça görülmektedir. Diğer taraftan fluoritlerde saptanan duyarlı ve orta değerdeki tuzluluk(%7-8 NaCl'e eşdeğer) oranı da göz önüne alındığında, fluorit oluşumuna neden olan hidrotermal sıvıların ileri aşamada evrim geçirmiş olduğu söylenebilir. Tb/La oranlarında büyük farklar olmaması, fluoritlerin hemen hemen aynı zamanda oluştuğunu düşündürür.

## YATAĞIN OLUŞUMU

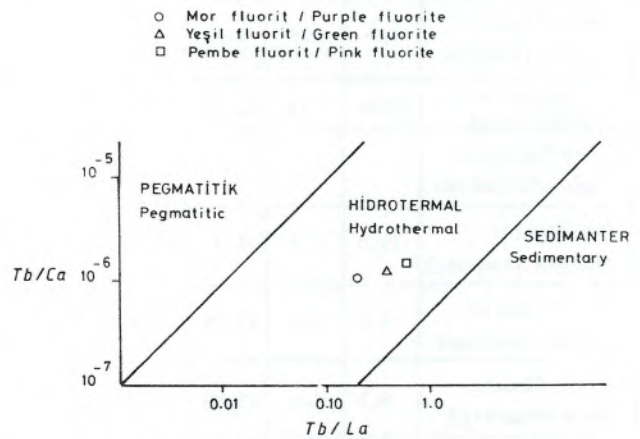
Ovacık fluoritlerinden elde edilen ortalama homojenleşme sıcaklıkları, fluoritlerde belirgin bir zonlanmanın varlığını göstermiştir. Bu zonlanma damarlarda asimetric bantlı yapı şeklinde ortaya çıkarken, erime boşlukları içinde simetric bantlı yapı şeklinde görülür. İlk olarak mor fluoritler, sonra yeşil fluoritler ve en son olarak da pembe fluoritler oluşur. Bu oluş sırası NTE analizleriyle ortaya çıkan Tb/La oranları ile de belirgindir. Fluoritlerde saptanan tuzluluk, cevher getirici eriyiklerin düzenli ve duyarlı bir bileşime sahip olduklarını belirtir.

Cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluorit cevherleşmesinin yoğunlaştığı kesimlerde daha yoğundur. Çalışma alanı içindeki diğer litolojik birimlerde cevherleşme görülemez. Tb/La ve Tb/Ca oranları, fluoritlerin hidrotermal kökenli olduğunu gösterir. Sıvı kapanım verileri, cevherleşmenin epimezotermal evrelerde geliştiğini ortaya koymuştur.

Hidrotermal fluorit yataklarının üç değişik mekanizma ile oluşabileceği ileri sürülmüştür(Holland, 1967; Richardson ve Holland, 1979). Bunlar:

- Cevher getirici eriyiklerin ısı ve/veya basıncının düşmesi,
- Farklı kimyasal bileşim ve tuzluluktaki eriyiklerin karışması,
- Hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi şeklinde belirtilmektedir.

Ovacık fluorit yatağından elde edilen jeolojik, jeo-kimyasal ve sıvı kapanım verileri, yukarıda belirtilen



Şekil. 7 Ovacık fluoritlerine ait FLUORİT NTE/KONDİRİT NTE diyagramı

Figure. 7 FLUORITE REE/CHONDRITE REE diagram of Ovacık Fluorites



ilk iki oluşum mekanizmasının geçerli olamayacağı göstermektedir. Sıvı kapanım verileri (ortalama homojenleşme sıcaklıkları (170-270 °C arasında ve tuzluluk % 8-10 NaCl eşdeğer) basit soğuma mekanizması ile fluorit oluşumunu desteklemektedir. Diğer taraftan basınç düşmesiyle fluorit oluşumu da mümkün görülmemektedir. Çünkü basınç düşmesiyle oluşacak fluorit miktarı, ısı düşmesiyle oluşacak fluorit miktarından azdır (Richardson ve Holland, 1979). Doğal olarak hidrotermal sıvılar yukarı doğru yükselirken iç basınçları azalır. Deneysel çalışmalar 250-300 °C arasındaki sıcaklıklarda basıncın 1642 atm.'den 43,3 atm.'e düşmesiyle fluoritin sudaki çözünürlüğünün 16,2 mg.'dan 13,0 mg CaF<sub>2</sub>/kg. H<sub>2</sub>O'a düştüğünü göstermiştir. (MacDonald ve North, 1974). Diğer bir deyişle basınçtaki büyük düşmeye rağmen fluorit çözünürlüğündeki azalma oldukça küçüktür. Diğer taraftan basınç düşmesiyle kalsit ve barit gibi gang minerallerinin çözünürlüğü de azalmaktadır (Holland, 1967). Ancak ovacık fluorit yatağında cevherleşmenin en yoğun olduğu derinlik 30-60. metreler arasındadır ki bu da 5-6 atm. (hidrostatik gradyan) bir düşmeyi ifade eder. Bu nedenle Ovacık yatağında ne fluoritin ne de önemli miktarlardaki kalsit ve barit gibi gang minerallerinin oluşumunu basınç düşmesiyle açıklamak zorlaşmaktadır.

Farklı kimyasal bileşim ve tuzluluktaki iki veya daha fazla sıvının karışması ile fluorit oluşum mekanizması da Ovacık yatağı için geçerli değildir. Yataktaki fakir parajenez ve fluoritlerdeki % 7-8 oranındaki duraylı tuzluluk, herhangi bir karışımın mümkün olmadığını göstermektedir.

Hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu fluorit oluşum mekanizması, Ovacık fluoritlerinin oluşumu için en uygun mekanizma olarak gözükmektedir. Yan kayaç konumundaki kireçtaşlarında gözlenen dolomitleşme, flor'un çözeltiler içinde MgF<sub>2</sub> ve Ca F<sub>2</sub> bileşikler şeklinde taşındığını göstermektedir. Diğer taraftan hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi pH'nı değişmesine neden olur. Buna bağlı olarak cevherli eriyikler içindeki Ca ve Mg derişimleri de değişir. Fluoritin asit çözeltilerdeki çözünürlüğü fazladır. pH'nın asitten nötr değerlere değişimi fluorit çözünürlüğünü azaltmaktadır. Deneysel çalışmalar, 200 °C sıcaklıkta % 2 NaCl içeren çözeltide, pH'nın 3'ten 5'e değişmesiyle fluorit çözünürlüğünün 104 mg'dan 63 mg CaF<sub>2</sub>/Kg. H<sub>2</sub>O'a düştüğünü göstermiştir (Richardson ve Holland, 1979). Bundan başka asit karakterli hidrotermal sıvıların kireçtaşları ile etkileşimi sonucu pH ve oksijen fugasitesi sabitleşmektedir (Holland, 1965).

Hidrotermal sıvılarda fluoritin çözünürlüğü Ca ve/veya Mg derişimlerinin artmasıyla artar (Richardson ve Holland, 1979). Ca ve/veya Mg minerallerinin oluşmaya başlamasıyla da fluorit çözünürlüğü azalır ve bunun sonucu olarak fluorit oluşabilir. Hidrotermal sıvıların kireçtaşları ile etkileşimi sonucu meydana gelen dolomitleşmesi de fluorit oluşumuna neden olmaktadır. Herne kadar MgF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>'a göre daha dengeli ise de Mg derişiminin azalması ve aynı oranda Ca derişiminin artması, fluorit oluşumuna neden olmaktadır. Örneğin, 200 °C sıcaklıkta 0.3 mol. Ca ve 0.08 mol. Mg içeren bir çözelti kireçtaşı ortamına girdiğinde bünyesindeki Mg'u bı-

rakarak, kireçtaşından Ca alır (katyon değişimi). Bu değişim, m<sub>Ca</sub>=0.35 m. ve m<sub>Mg</sub>=0.03 m. olana kadar devam eder (Richardson ve Holland, 1979). Bu etkileşim sonucu fluoritin çözünürlüğü 45.4'ten 36 mg. CaF<sub>2</sub>/kg H<sub>2</sub>O değerine düşer. Bunun sonucu olarak 9.4 mg fluorit ve 9.2 gr. dolomit oluşabilmektedir.

Ovacık fluorit yatağında yan kayacın dolomitleşmesi ve esas gang minerali olarak kalsitin oluşması fluorit cevherleşmesinin, hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu Mg derişiminin azalması ve Ca derişiminin artması ve pH'nın da nötrleşmesi ile oluşabileceğini düşündürmektedir. NTE analizleri ve sıvı kapanım çalışmaları ile elde edilen veriler bu oluşum mekanizmasını desteklemektedir. İlk oluşan mor fluoritlerde görülen pozitif Eu anomalisi ve % 8.1 civarındaki nispeten yüksek tuzluluk, hidrotermal sıvıların yan kayaç arasındaki etkileşimin varlığını desteklemektedir.

## SONUÇLAR

Ovacık epi-mezotermal fluorit yatağı yöredeki Üst Kretase yaşlı alloktan kireçtaşları içinde oluşmuştur. Kireçtaşları dışındaki litolojik birimlerde cevherleşme yoktur. Cevherleşme boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluoritin yoğunlaştığı kesimlerde daha yükündür. Yataktaki sülfid mineralizasyonu gelişmemiştir. Fluorit oluşumu BKB-DGD doğrultulu genç bir fayla ilişkilidir. Bu faya bağlı olarak KB, KD, D-B doğrultulu kırık sistemleri gelişmiştir. Cevherleşme baskın olarak bu kırık sistemleriyle denetlenen erime boşlukları içinde boşluk dolgusu ve daha az oranda damar dolgusu şeklinde gelişmektedir.

Fluoritlerde izlenen sıvı kapanımlar genelde iki fazlıdır (sıvı + gaz). Fluoritlerde saptanan ortalama homojenleşme sıcaklıkları 170-270 °C arasında değişmektedir. Cevherleşmede iki parajenetik evre ayırtlanmıştır.

Fluoritlerin NTE içerikleri hafifçe değişkendir. Tb/La ve Tb/Ca oranları fluoritlerin hidrotermal kökenli olduğunu ve mor fluoritlerin önce kristallendiğini, yeşil ve pembe fluoritlerin de sonra kristallendiklerini göstermiştir.

Ce/Ce\* ve Eu/Eu\* oranları fluoritlerin duraylı negatif Ce anomalisine sahip olduklarını belirtir. Bu veri hidrotermal sıvıların kaynağında yüksek oksijen fugasitesinin varlığını belirtir. Fluoritlerde hem negatif ve hem de pozitif Eu anomalisi saptanmıştır. Pozitif Eu anomalisi, yan kayaçla hidrotermal sıvıların arasındaki etkileşimi gösterir ve Eu<sup>+2</sup> un cevherleşme ortamında oksidasyona uğradığını belirtir. Negatif Eu<sup>+2</sup> anomalisi Eu<sup>+2</sup> un ortamdaki varlığının devam ettiğini gösterir. Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementleri yönünden zenginleşme gösterdiklerini yansıtır. Ancak ne hafif nadir toprak elementleri ne de ağır nadir toprak elementleri fluoritler içinde yüksek derişim göstermezler. Bu durum fluoritlerde saptanan duraylı tuzluluk (% 7-8 NaCl'e eşdeğer) oranları da göz önüne alındığında, fluorit cevherleşmesine neden olan hidrotermal sıvıların ileri aşamada evrim geçirmiş olduklarını ortaya koyar.

Ovacık fluorit yatağının, hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu Ca derişimlerinin artması ve buna bağlı olarak pH'nın da nötrleşmesi şeklinde gelişen bir mekanizma sonucu oluştuğu söylenebilir.



## KATKI BELİRTME

Yazar, sıvı kapanım çalışmalarının gerçekleştirilmesinde her türlü olanağı sağlayan MTA Genel Müdürlüğü MAT Daire Başkanı Dr. Evren Yazgan'a ve Servis Şefi Dr. Jerf Asutay'a teşekkür eder. Yazar sıvı kapanım ölçümlerinde her türlü yardım ve katkılarından ötürü Dr. Zeynep Ayan'a özel teşekkür borçludur. Yazar ayrıca NTE analizlerinin yapılmasında yakın ilgilerini gördüğü XRAL-Kanada yöneticilerine teşekkür eder.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, M. ve Konak, N. 1979, Simav-Emet-Tavşanlı Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi: MTA rap. no. 6547., Ankara.
- Baş, H., 1983, Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin Tersiyer jeolojisi: MTA rap. no. 7293, Ankara.
- Bingöl, E., 1976, Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi: MTA Derg., 86, 14-34, Ankara.
- Bingöl, E., 1977, Muratdağı jeolojisi ve ana kayalar birimlerinin petrolojisi: TJK Bült., c. 20, s. 2, 13-66, Ankara.
- Brinkmann, R., 1991 Geotektonische gliederung von Westanatolien: N. Jb. Geol. Pal. Mh., 603-618
- Demirel, Z., 1991, Kütahya-Tavşanlı Göbel kaplıcası koruma alanları incelemesi: MTA, Derleme no. 9127., Ankara.
- Dora, Ö., 1969, Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etüdlar: MTA Derg., 73, 10-26, Ankara.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeol. Müh., 9, 23-46, Ankara.
- Erlar, A., 1979, Karakoca (Simav-Kütahya) kurşun yatağı kükürt izotoplarının incelemesi: TJK Bült., c. 22, s. 1, 117-120, Ankara.
- Gümüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey: Symposium on Mining Geology and the Base Metals., CENCO., 155-168, Ankara.
- Gökçe, A., 1993, Hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri ve Türkiye'den örnekler: 46. Türkiye Jeol. Kurultayı., Bildiri özleri, 46., Ankara.
- Holland, H.D., 1965, Some applications of thermochemical data to problems of ore deposits: Econ. Geol., 60, 1101-1166.
- Holland, H.D., 1967, Gangue minerals in hydrothermal deposits. In: Geochemistry of hydrothermal ore deposits., H.L., Barnes (Ed.), Holt, Reinhart and Winston Inc., USA.
- Kalafatçioğlu, A., 1962, Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ve serpantin ile kalkerlerin yaşı hakkında not: MTA Derg., 58, 38-46., Ankara.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri: TJK Bült., c. 15, s. 1, 2-108., Ankara.
- 1988, A possible Early Cretaceous thrust origin for the North Anatolian Fault: METU Jour. P.A. Sc., 21, 105-126., Ankara.
- 1990, Constraints on the age, stratigraphic and structural significance of ophiolitic and adjoining rocks in the western parts of Turkey: An alternative structural-stratigraphic classification: IESCA Proceedings., v. II, 193-209., İzmir.
- Lindgren, W., 1933, Mineral deposits: Mc Graw Hill Inc.,

New York., 930 p.

- McDonald, R.W. ve North, N.A., 1974, The effect of pressure on the solubility of  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$  and  $\text{SrO}_4$  in water: Con. J. Chem., 52, 3181-3186.
- Möller, P. ve Morteani, G., 1983, On the geochemical fractionation of rare earth elements during the formation of Ca minerals and its application to problems of the genesis of ore deposits in Augustiths. In: S.S. (Ed.), The significance of trace elements in solving petrogenetic problems and contraversies: Theophrastus Pub., p. 747-791., Athens.
- Möller, P., Parekh, P.P. and Schneider, H.J., 1976, The application of Tb/Ca, Tb/La abundance ratios to problems of fluorspar genesis: Min. Deposita., v. 11, 111-116.
- Nebert, K., 1962, Serpantin kitleleri arasına sıkışmış bir Neojen bloğuna misal olmak üzere Alabarda (Tavşanlı) linyit bölgesi MTA Derg., 58, 31-37., Ankara.
- Öztunalı, Ö., 1973, Uludağ (Kuzeybatı Anadolu) ve Eğrigöz (Batı Anadolu) masiflerinin petrolojileri ve jeokronolojileri: İÜFF. Monog., 23, 115 s, İstanbul.
- Palme, H., Suess, H.E. ve Zeh, H.D., 1981, Abundances of the elements in the solar system. In: Landolt-Bornstein Group VI: Astronomy, Astrophysic, Extension and Supplement 1, Subvolume a (ed. in chief, K.H. Hellwege), pp. 257-272, Springer-Verlag., Berlin.
- Richardson, C.K. ve Holland, H.D., 1979, Fluorite deposition in hydrothermal systems: Geochim. et Cosmochim. Acta., 43, 1327-1335.
- Roedder, E., 1983, Origin of fluid inclusions and changes that occur after trapping: Mineralog. Assoc. Canada., Short Course Handbook., 2nd ed., v. 6, 101-137.
- Schneider, H.J., Möller, P. ve Parekh, P.P., 1975, REE distribution in fluorites and carbonate sediments of the east Alpine mid Triassic sequences in Nordliche Kalkalpen: Min. Deposita., 10, 330-344.
- Şener, M. ve Gevrek, A.I., 1986, Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları: Jeol. Müh. Derg., 28, 43-50., Ankara.
- Şengün, M., Keskin, H., Akçagören, F., Altun, I., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F., ve Acar, Ş., 1990, Kastamonu yöresinin jeolojisi ve paleotetis'in evrimine ilişkin jeolojik sınırlamalar: TJK Bült., c. 33, s. 1, 1-16., Ankara.
- Üşümezsoy, Ş., 1987, Kuzeybatı Anadolu yığılım orojeni-Paleotetis'in batı kenet kuşağı: TJK Bült., c. 30, s. 2, 53-62., Ankara.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: İstanbul Yerbilimleri., c. 1, s. 2, 33-52., İstanbul.



# ISPARTA YÖRESİ İGNİMBİRİTLERİNİN TRAS OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

*The investigation of Isparta ignimbrites as a tras*

Mustafa KUŞCU SDÜ Müh.-Mim. Fak. Jeo. Müh. Böl., ISPARTA  
Gülay SELÇUK Göлтаş Çimento Fabrikası, ISPARTA

**ÖZ:** Isparta'nın güneyi ve batısında geniş bir yayılım gösteren Pliyosen yaşlı piroklastik istif içerisinde ignimbiritler (TRAS) bulunur. Traki-andezitik bir volkanizmaya bağlı olan tras düzeyinin kalınlığı 20-150 m arasında değişim gösterir. Tras feldspatlar (sanidin, albit, oligoklas), piroksen, amfibol, biyotit ve opak miasaller ile bir cam matriksten oluşmuştur. Bunlarla birlikte farklı kayaç kırıntıları ile yer yer kömürleşmiş bitki kalıntıları da tras düzeyinde bulunan diğer önemli bileşenlerdir.

Dereboğazı yöresi trasının çimento katkı maddesi olarak kullanımındaki en önemli özelliklerinden biri olan puzzolanic aktivitesi ortalama  $103 \text{ kgf/cm}^2$  dir. Bu değer standart değerinin iki katıdır. Ayrıca standartta  $3000 \text{ cm}^2/\text{gr}$  olarak verilen Blaine değeri, araştırılan tras örneklerinden ortalama  $7630 \text{ cm}^2 / \text{gr}$  değerine ulaşmaktadır. Özgül ağırlık  $2.49 \text{ gr/cm}^3$ , camsı faz oranı ise % 40 dir. Trasın kimyasal bileşiminde bulunan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  toplamı % 74 ile 84 arasında, MgO %0.27 ile 0.76,  $\text{SO}_3$  % 0.0 ile 0.30 arasında değişim göstermektedir. Bu değerler standart değerlere çok uygundur.

Yapılan araştırma ile; Dereboğazı trasının geniş yayılımı, rezervi ve tüm diğer özellikleri ile ekonomikliği onun çimento katkı maddesi olarak kullanıma çok uygun olduğunu göstermiştir.

**ABSTRACT:** Ignimbrite (trass) occurs quite spreadly with in the pyroclastic deposit of Pliocene age in the southern and western of Isparta. The level of trass depends on a trachandesite volcanism and it's thickness which changes between 20-150 m. Trass contains the matrix of glass which composed of feldspar (sanidine, albite), pyroxene, amfibole, biotite and opac minerals. In addition to various rock pieces, locally carbonized plant remains are other components of the trass level.

The most important feature of the Dereboğazı trass which is used as supplement material in cement production has very high puzzolanic activity degree. This value is  $103 \text{ kgf/cm}^3$  which is high twice of standart value. The Blaine value which is given as  $3000 \text{ cm}^2/\text{gr}$  at standarts for studies specimens is found  $7630 \text{ cm}^2/\text{gr}$ . Specific gravity of trass is  $2.49 \text{ gr/cm}^3$  and glasslike phase is 40 %. The total amount of  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  which are taking place at the content of sample trass is between 74-84 %, however MgO, 0.27-0.76 %,  $\text{SO}_3$ , 0.0-0.30 %. The values are very suitable to standart values.

In this study we tried to explain; width wide distribution and reserve of the Dereboğazı Trass which is very useful and economic as supplementary material in cement production with it's all specialities.

## GİRİŞ

Isparta yöresinde ignimbiritler iki farklı bölgede ve iki farklı konumda bulunur (Şekil 1). Aynı volkanizmaya bağlı oluşan, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile de aynı olan bu ignimbirit düzeylerinden Isparta'ya 11 km uzakta Antalya karayolu üzerinde bulunan halen Isparta Göлтаş Çimento Fabrikasıncı işletilmekte ve traslı çimento üretiminde kullanılmaktadır. Dereboğazı tras yatağından günde 600 ton, yılda ise 200 000 ton civarında bir üretim

söz konusudur. Dereboğazı dolayındaki ignimbiritlerin 130 milyon tonluk bir rezervinin olduğu bilinmektedir (Kumral, 1992). Isparta'nın güneyindeki Gölcük krater gölünün doğusunda bulunan ignimbiritler ise ulaşım zorlukları, üzerindeki örtü kalınlığının fazla olması nedenleri ile bugün için ekonomik değildir. Ancak potansiyel bir rezerv olarak düşünülebilir.

İgnimbiritler tras olarak kullanılabilir. Tras ise bir puzzolandır. Puzzolana kendileri herhagi bir bağlayıcı özelliğe sa-



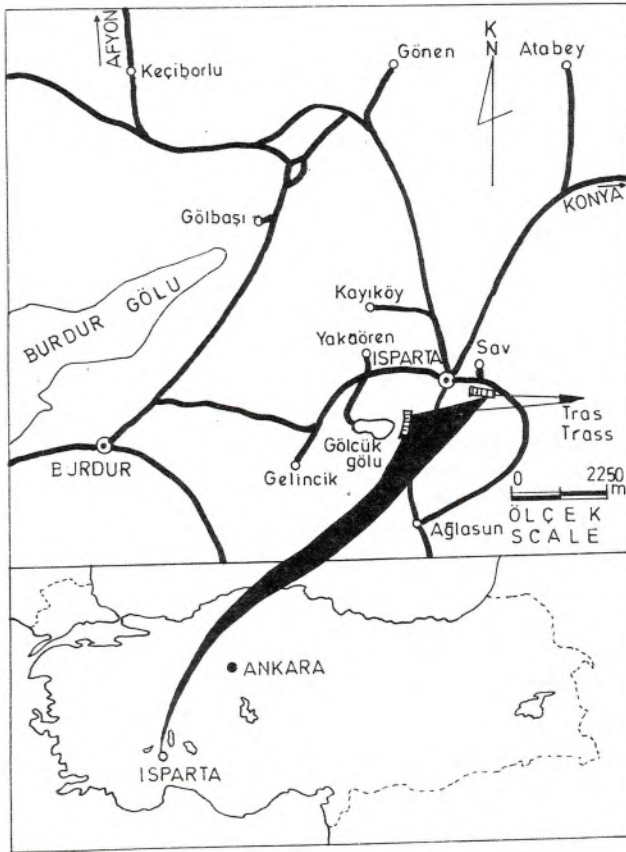
hip olmasalar da normal sıcaklıklarda, sulu ortamda kireçle birleşerek bağlayıcı özelliğine sahip suda çözünmeyen kararlı bileşikler oluşturan bileşenler içeren maddelerdir. TS 25 de ise puzzolan tras olarak; "tras, silisli ve alümino-silisli volkanik bir tuf olup, yalnız başına bulunduğu zaman hidrolik özellik göstermediği halde, çok ince öğütüldüğünde sulu ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girerek hidrolik özellik gösteren doğal puzzolanik bir maddedir." şeklinde tanımlanmıştır.

Puzzolanlar, doğal ve yapay olarak ikiye ayrılırlar. Doğal olanlar, pomza (pumis), volkanik cam, volkanik kül (pumisit) ve volkanik tüftür. Yapay olanlar ise, uçucu kül, kızdırılmış kil ve şeylerdir.

Yörede bulunan ignimbiritleri; tras olarak konu alan Selçuk (1992) un yüksek lisans tezi dışında doğrudan bir araştırma bugüne kadar gerçekleştirilmemiştir. Ancak bölge jeolojisi içerisindeki ignimbirit düzeylerine değişik amaçlı çalışmalarda değinilmiş ve sert (Kuşçu ve Gediklioğlu, 1988), sıkı tuf (kaynaklı tuf) (Bilgin ve diğ. 1990) gibi isimler verilerek tanımlanmıştır.

## JEOLOJİK KONUM

İnceleme alanı yakın çevresinde değişik yaşta tortul ve



Şekil 1- Bulduru Haritası  
Figure 1- Location Map

magmatik kökenli kayaç toplulukları bulunur. Bu birimlerden Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşları ile Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonu yörede yüzeylenen tortul kökenli birimlerdir. Magmatik kökenli olanları ise yoğun serpantinleşme gösteren ultrabazik ve bazik kayaçlar ile lavlar ve piroklastikler oluşturur (Şekil 2-3).

Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşları Lisiyen naplarına ait olup bölgede Ağlasun formasyonuna bindirmiş olarak bulunur (Gutnic ve diğ., 1979, Kuşçu ve Gediklioğlu, 1990). Ağlasun formasyonu ile Akdağ kireçtaşları arasındaki bindirme kuşağı boyunca yer yer ileri derecede serpantinleşmiş ultrabazik kayaçlar mostra verir.

Ağlasun formasyonu, başlıca kumtaşı, marn ve daha az oranda da ince katmanlı kireçtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Birimin yaşı Buldigaliyen olarak belirlenmiştir (Gutnic ve diğ., 1979; Sariiz, 1985; Karaman, 1986).

Bölge içerisinde volkanik kayaçlar; traki-andezitik, latit bileşimli olan lavlar ve piroklastikler olarak temsil edilir (Şekil 4). Çoğunluğu Gölcük volkanizmasından kaynaklanan lavlar ve piroklastiklerin yaşı Pliyosen-Kuvaterner (Gutnic ve diğ., 1979) ve Pliyosen (Sariiz, 1985; Kuşçu ve Gediklioğlu, 1990) olarak bildirilir. Üzerinde araştırma yapılan ignimbiritler ise Pliyosen yaşlı volkanizmaya bağlı olarak oluşmuştur.

## ISPARTA İGNİMBİRİTLERİ

Bölgede ignimbiritler başlıca Isparta güneyinde bulunan Gölcük krater gölünün doğusunda ve Isparta - Antalya karayolunun 8 km sinde Sav kasabasına yakın bir bölgede mostra verir ve Antalya karayolu boyunca 11 km ye kadar kesikli devam eder. Bunlardan Gölcük gölünün doğusunda bulunan ignimbirit kuzeyden güneye doğru 3 km kadar uzanır ve 10-50 m arasında kalınlığa sahiptir. Bu ignimbirit düzeyi 400 m kalınlığa ulaşan bir piroklastik istifi içerisinde aşınmadan korunmuş sert çıkıntılar halinde bulunur.

Sav yöresinde bulunan Dereboğazi ignimbiritleri ise Ağlasun formasyonunun üzerine doğrudan uyumsuz bir dokanakla gelir ve bir paleovadiyi doldurmuş biçimde izlenir (Levha, 1; Foto, 1). Bu bölgede birimin kalınlığı 20-110 m arasında değişirken, genelde 20-30 m lik bir kalınlık sunar.

İgnimbiritler arazide açık sarı, kırılmış taze yüzeylerinde ise krem, ve sarımsı renklerde gözlenmektedir. Birim makroskobik olarak çakıl boyutuna erişen traki-andezit pomza, çört, kumtaşı ve şeyl kırıntıları ile yer yer de kömürleşmiş bitki parçaları içermektedir. Bütün bu klastikler volkanik kül, kristallit, kristaller ve camsı bir matriksle kaynaklanmıştır (Levha, 1; Foto, 2, 4).

Bölgede coğrafik ve stratigrafik olarak farklı iki konumda bulunan ve ignimbirit düzeylerinden ulaşım kolaylığı sunan, örtü kapsamayan ve işletme olanakları açısından daha uygun olan Dereboğazi ignimbiriti Gölcük doğusu ignimbiritine göre daha detaylı araştırılmıştır. Bu nedenle bundan sonraki bölümler de Dereboğazi ignimbiritinin özellikleri ağırlıklı olarak verilecektir.

## DEREBOĞAZI İGNİMBİRİTİ

### Mineraloji ve Petrografi

İgnimbirit düzeylerinden alınan çok sayıda örneğin polarizan mikroskop ve XRD incelemeleri sonucu kaydaça plajitoklas (albit, oligoklas), sanidin, biyotit, ojit, amfibol, analim ve opak mineraller (magnetit) saptanmıştır. Bütün bu mineraller cam ve kristallitlerden oluşmuş bir hamur içerisinde yer alır. Kayaçta yer yer kalsit ve kuvarıda belirlenmiş olup bu mineraller büyük olasılıkla feldspatların bozunmasıyla gelişen ikincil minerallerdir. Arazi gözlemleriyle sert tuf bildirilen (Kuşçu ve Gediklioğlu, 1990) bu düzeyin mik-



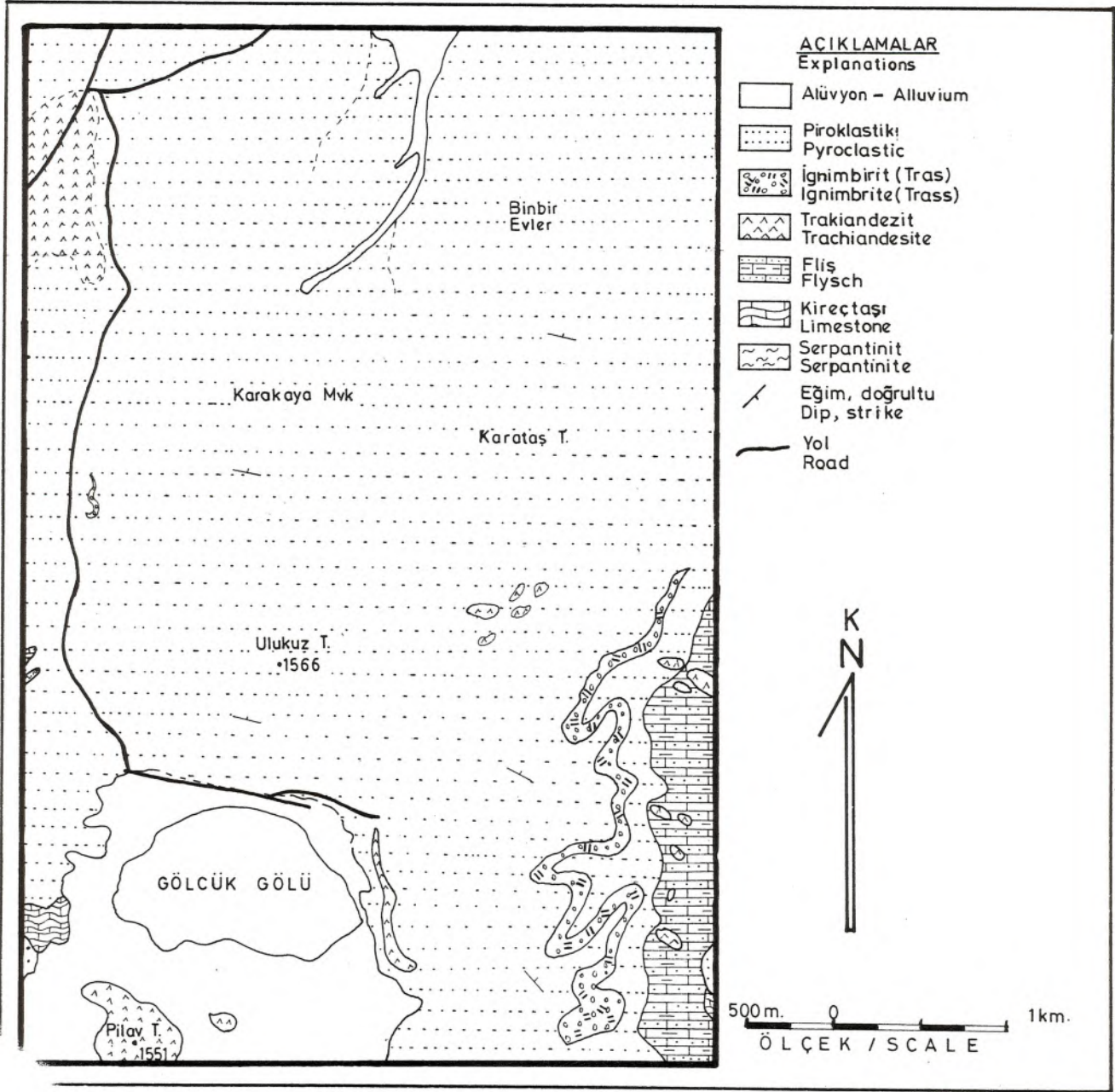
roskobik incelenmesiyle ignimbirit olduğu belirlenmiştir (Levha 1, Foto 4).

Bölgede gerek tras düzeylerinden gerekse volkanik kayaların kimyasal bileşimlerinden (Tablo 1) yararlanılarak hazırlanan Cox, Ball ve Pankhurst (1979)  $SiO_2$  ve  $K_2O+Na_2O$  diyagramında örneklerin traki-andezit, latit alanlarına düştüğü belirlenmiştir (Kuşçu, 1993) (Şekil 3). Sadece üç örneğin müjirit bölgesine düştüğü diyagram incelendiğinde görülecektir. Bütün örneklerin aynı düzeylerden alındığı göz önüne alındığında, bu farklılığın kimyasal

analizlerdeki sapmalardan ileri geldiği düşünülmektedir.

### Jeokimyasal Özellikler

İnceleme alanında ignimbirit düzeylerinin değişik kesimlerinden 20 adet ve volkanik kayalardan 8 olmak üzere toplam 28 örnek derlenmiştir. Analizler XRF ve alev fotometresi ile Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'nin laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 1 de verilmiştir.



2- Gölcük dolayının jeoloji haritası ve ignimbirit düzeyi (Kuşçu ve Gedikoğlu'dan, 1990 değiştirilerek).

Figure 2- The geological map of Gölcük Vicinity and ignimbrite level (From Kuşçu and Gedikoğlu, 1990).



	Örnek no	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K.K.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Andık Deresi	A-1I	58.26	17.41	4.39	6.56	0.97	0.12	3.00	3.48	4.93
Andık deresi	A-2I	58.86	16.71	4.40	5.40	1.21	0.12	4.80	2.58	5.05
Pilav Tepe	6-1L	63.80	17.43	3.55	4.09	0.55	0.00	0.11	4.85	4.69
Gölcük	6-2L	52.75	17.50	5.86	8.45	2.03	0.90	1.55	4.08	6.00
Gölcük	6-3L	57.23	18.07	5.32	6.58	1.55	0.07	1.24	3.65	5.32
Gölcük	6-4L	62.14	17.60	4.62	4.40	0.90	0.07	0.48	4.48	4.38
Gölcük	6-5L	65.54	16.70	3.31	2.81	0.33	0.00	1.75	4.10	4.55
Gölcük	6-6L	56.13	18.75	4.96	6.12	1.29	0.00	2.50	3.88	5.52
Gölcük	6-7L	55.65	14.86	5.72	7.44	3.68	0.10	2.20	2.24	7.14
Hisar tepe	6-8L	61.64	19.18	8.85	2.85	0.61	0.07	1.61	4.09	5.11
Yeni Ocak 0. m	S-21I	59.72	17.29	2.64	4.45	0.57	0.00	7.13	2.50	4.85
10. Metre	S-22I	58.36	16.94	2.50	5.63	0.45	0.10	5.48	4.40	5.20
15. Metre	S-23I	58.55	16.67	2.42	5.86	0.50	0.15	5.69	4.45	5.00
22. Metre	S-24I	59.48	17.50	2.62	4.69	0.45	0.10	4.63	4.35	5.32
	S-25I	62.22	18.47	2.75	2.83	0.43	0.07	2.49	4.32	5.52
	S-26I	61.43	17.25	2.70	3.07	0.45	0.10	4.49	4.17	5.45
	S-27I	60.57	19.17	3.06	3.14	0.52	0.12	3.07	3.95	5.60
	S-28I	59.85	18.05	2.39	4.55	0.33	0.10	5.05	3.65	5.32
	S-29I	58.21	17.78	2.67	5.48	0.51	0.12	5.10	4.23	5.05
	S-30I	60.50	18.75	3.02	3.35	0.49	0.10	4.15	3.55	5.32
Eski Ocak 0. m	S-31I	58.36	16.64	2.56	6.13	0.55	0.12	5.72	4.10	5.12
10. Metre	S-32I	61.08	18.05	2.65	3.09	0.43	0.30	3.61	4.35	5.60
15. Metre	S-33I	61.79	18.12	2.73	2.95	0.49	0.10	3.54	3.90	5.65
20. Metre	S-34I	55.22	16.07	2.53	8.33	0.76	0.17	9.12	2.67	4.35
	S-35I	59.58	17.26	2.39	4.69	0.35	0.10	5.65	4.10	5.12
	S-36I	61.36	18.55	2.92	3.05	0.52	0.12	2.87	3.72	6.00
	S-37I	60.74	17.58	2.56	4.36	0.54	0.15	5.87	2.55	4.93
	S-38I	53.72	19.10	2.55	6.82	0.27	0.12	8.42	3.72	4.35

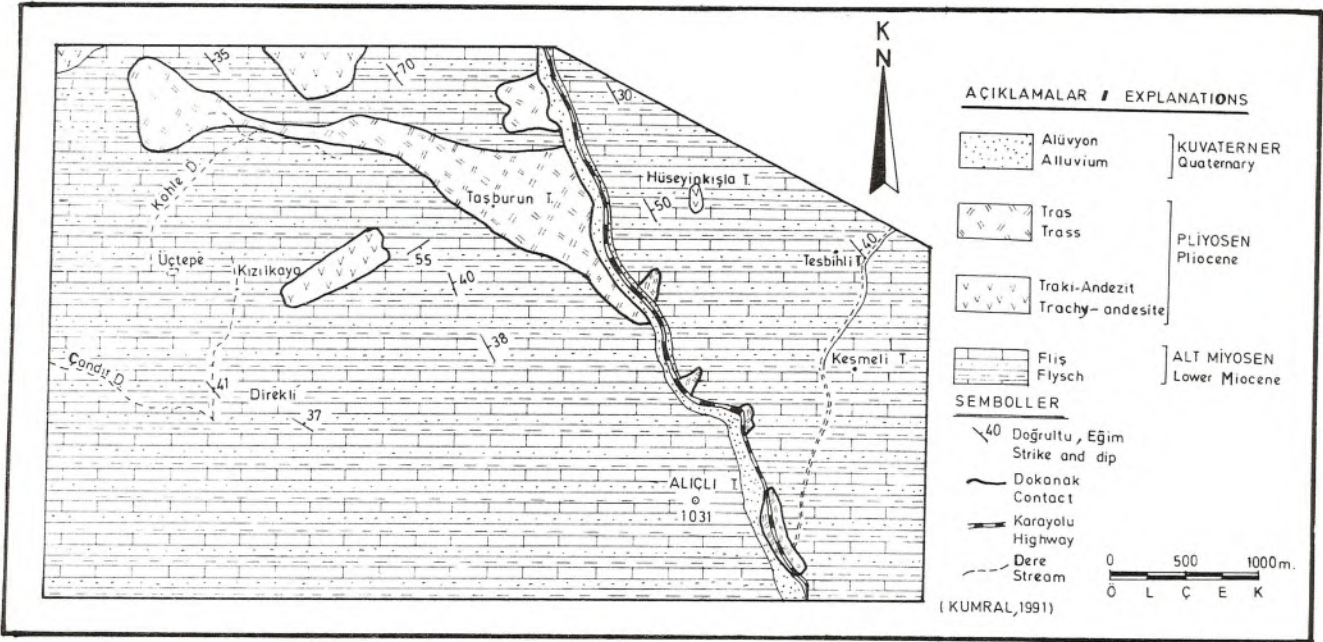
Tablo 1- Bölge volkanik kayç ve ignimbiritlerinin kimyasal analiz sonuçları (Selçuk, 1992).

Table 1- The chemical analysis results of volcanics in the region (Selçuk, 1992).



Şekil 3- Dereboğazı İğnibirirlerinin jeoloji haritası (Kumral, 1992'den).

Figure 3- The Geological Map of Dereboğazı İğnibirite (From Kumral, 1992).



Katkılı çimento (TS 19) ve trashi çimento (TS 26) üretiminde tras olarak kullanılacak doğal bir hammaddenin özellikleri TS 25 de aşağıdaki şekilde verilmiştir (Tablo 2).

Isparta tras yataklarının  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$  toplamının % 70 in üzerinde olduğu ve % 74 ile % 84 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 1).

MgO ve  $SO_3$  değerleri ise standartta verilen maksimum değerlerin çok altında; MgO % 0.27 ile % 0.76,  $SO_3$  % 0.00 ile % 0.30 şeklindedir.

Standartta verilmiş olmasına rağmen trastaki rutubet yüzdesinin kalite ve kullanım açısından çimento fabrikalarında gözönüne alınan bir kriter olmayacağı açıktır. Trasin % 10 un üstünde rutubet taşıması halinde, kurutulup kullanımı bugünkü teknolojik koşullarda mümkündür.

TS 25 de verilen  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$  toplamının en az % 70 olmalı ibaresi bu üç oksitten herbirinin trasın kalitesine olumlu etki yapacağı anlamına gelmektedir. Bununla birlikte Leckebush (1984)  $Fe_2O_3$  ün % 8 i geçtiği durumlarda trasın puzzolanik aktivitesini olumsuz etkilediğini bildirmektedir. Aynı yazar  $Fe_2O_3$  mağmanın viskozitesini ve boşluklanma eğilimini azaltmasına ve böylece kristalizasyonun artmasına sebep olduğuna bağlayarak açıklamaktadır. Böylece  $Fe_2O_3$  ce zengin traslarda özgül yüzey genellikle düşük ve camsi faz miktarı az olur.

$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	, en az % 70.0
MgO	, en çok % 5.0
$SO_3$	, en çok % 3.0
Rutubet	, en çok % 10.0

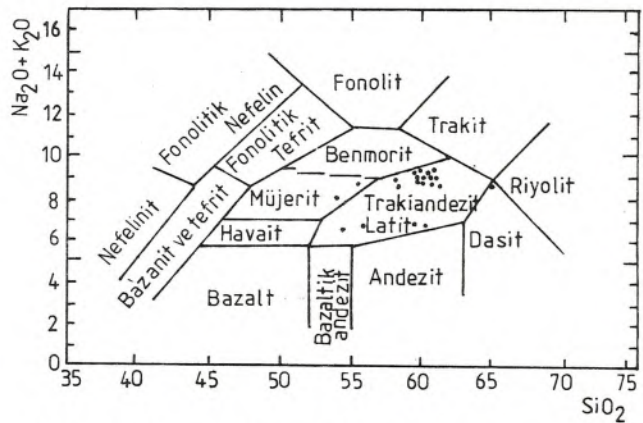
2- TS 25 de tras olarak kullanılacak bir hammaddenin olması gereken kimyasal özellikleri.

Je.2- Necessary chemical values for trass according to TS 25.

Ayrıca trasın kızdırma kayının çok yüksek olmaması çimento sanayiinde tercih edilen bir unsurdur. Çimentoya tras olarak eklenecek bir hammaddenin kızdırma kayının maksimum % 5 olma zorunluluğu vardır (Anonim, 1975; Anonim, 1978). Isparta tras yataklarında bu değer ortalama olarak % 5.03 dolayındadır (Tablo 1).

Bu kısıtlama dışında yüksek kızdırma kayının tras kalitesini olumsuz etkilediğine dair hiçbir veri de yoktur.

İncelenen alanın traslarının  $SiO_2$  değerleri % 53.72 - % 62.22 arasında bir değişim göstermektedir (Tablo 1). Bu aralıktaki dağılım bize trasın ortaç bir magma ürünü olduğunu açıklar. Yapılan pek çok deney ile  $SiO_2$  ce zengin trasların daha iyi puzzolanik aktivite verdiği doğrulanmıştır. Boşluklu yapı ve camsi fazın oluşumunun  $SiO_2$  ce zengin magmalarda daha kolay meydana geldiği de bilinen bir gerçektir.



Şekil 4- Cox, Ball ve Pankhurst (1979) Diyagramında Volkanitlerin sınıflaması.

Figure 4- The Classification of Volcanics in the Cox, Ball and Pankhurst (1979) Diagram.



Örnek No	Özgül Ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Blaine Değerleri cm <sup>2</sup> /gr
A1	2.57	8325
A2	2.56	9392
G1	2.67	4924
G2	2.76	3152
G3	2.69	3434
G4	2.60	3318
G5	2.64	3275
G6	2.66	3988
G7	2.71	4093
G8	2.55	2019
S21	2.45	7996
S22	2.49	7642
S23	2.59	9410
S24	2.49	9128
S25	2.56	7736
S26	2.43	7611
S27	2.58	6933
S28	2.51	9439
S29	2.49	6200
S30	2.62	6686
S31	2.34	5657
S32	2.49	7957
S33	2.42	6786
S34	2.40	7854
S35	2.48	8592
S36	2.55	6991
S37	2.47	7201
S38	2.48	7515

Tablo 3- Bölge ignimbritlerinin özgül ağırlık ve blaine değerleri.

Table 3- Specific gravity and blaine values of ignimbrites.

Alkaliler ele alındığında genelde Türk standartlarında bir kısıtlama olmamasına rağmen bir çok ülkede genelde özel tip çimentolar için Fransa'da % 0.4, Almanya'da % 0.6-2.0, Japonya'da % 0.6 gibi değerler istenir (Anonim, 1991). Standartlar incelendiğinde bu değerlerin çimentonun kendi bünyesinde bulunan alkalileri kastettiği anlaşılar.

Alkali - agrega reaksiyonu adıyla bilinen ve fiili olarak betonda bazı aktif agregalarla çimentodaki alkaliler arasında gelişen ve betonun direncini, sağlamlığını bozan kimyasal bir reaksiyon vardır (Kuşçu, 1991). Ancak trasta gelen alkaliler klinkerin bünyesindeki alkalilerden daha farklı davranmakta ve kullanılan agrega reaktif olsa bile traslı ortamda daha az reaktiflik göstermektedir. Ayrıca traslı çimentodaki trasın yüksek inceliği birim yüzeyindeki toplam alkali miktarının çok düşük olmasına neden olacaktır (Anonim, 1989). Trasta yüksek değerlerde alkali olsa bile bunların reaksiyona iştirak etmediği değerlerde alkali olsa bile bunların reaksiyona iştirak etmediği üstelik bu tür reaksiyonları yavaşlattığı bilinmektedir.

Isparta traslarında Na<sub>2</sub>O % 2.50 ile 4.35 ve K<sub>2</sub>O % 4.35 ile % 6.00 değerleri arasında değişmekte ancak bu alkali oranının bir olumsuzluk getirmeyeceği önceki araştırmalara göre açıkça görülmektedir.

### Fiziksel Özellikler

**Özgül Ağırlık ve Özgül Yüze-** Üzerinde araştırma yapılan trasların özgül ağırlıkları TS 639 da verilen yöntem uygun olarak yapılmıştır. Traslara için özgül ağırlık minimum 2.40 gr/cm maksimum 2.62 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Toplam 20 örneğin özgül ağırlıklarının ortalaması ise 2.49 gr/cm<sup>3</sup> tür (Tablo 3).

Özgül düzey çimentonun spesifik yüzeyinin tayinidir. Bu tayinde iki metod vardır. Biri Blaine metodu diğeri ise Wagner metodudur. Türk Standartları Blaine metodunu kabul etmiştir. Spesifik yüzey toz halinde bulunan maddelerin bir gramının kapladığı relatif yüzeydir. Blaine deneyinde toz halindeki maddeler belirli porozitede ve önceden saptanan koşullarda sıkıştırıldıktan sonra bu belli koşullarda havanın geçirilmesi temeline dayanır. Tablo 3 de Dereboğazı trasları için bulunan Blaine ve özgül ağırlık değerleri verilmiştir.

Çimento sanayiinde kullanılan trasların yüksek Blaine değerinde olması istenir. Çünkü özgül yüzeyi yüksek olan traslar öğütüldükten sonra beton harç fazındaki boşlukları rahatça doldururlar. Böylece geçirimsiz, sıkı bir beton elde edilmiş olur. Bu da doğrudan dayanıklılığı ve mukavemet artışını sağlar.

TS 25 e göre traslar için Blaine değerinin minimum 3000 cm<sup>2</sup>/gr olması zorunludur. İyi trasların çoğunlukla orta yoğunlukta olduğu ve hafif malzemelerin yüksek porozite dolayısıyla yüksek özgül yüzeye sahip oldukları belirtilmiştir (Leckebush, 1984).

Isparta traslarının Blaine değeri aritmetik ortalamasının 7630 cm<sup>2</sup>/gr olduğu ve standart değerlerin çok üzerinde bir değer verdiği görülmektedir (Tablo 3).

### CAMSI FAZ MİKTARI

Doğal durumlarda puzzolan olarak kullanılan hammaddeler az ya da çok miktarda camsi faz bulundurlar. Camsi



faz ekseriya düzgün yüzeye sahip boşluklar içeren bir yapı ile karakterize edilir. Gözeneklerin boyutu ve gözenek duvarlarının kalınlığı geniş bir aralık içinde değişebilir.

Polarizan mikroskobunda ince kesitleri incelenen ve minerallere tayin edilen örneklerde, temiz parçalar alınmıştır. Altın ile kaplanan bu örneklerin taramalı elektron mikroskobunda (SEM) morfolojik incelemeleri yapılmış ve fotoğrafları alınmıştır.

Elektron mikroskobu incelemeleri ile elde edilen önemli sonuçlar porozite ve yüzey alterasyon derecesi ile ilgilidir. Her ikisi de örneklerin özgül yüzeyini ve böylece puzzolanik özelliklerini etkiler. Bu çarpıcı sonuçları görebilmek için numunelerden G5 kodlu kayacın ve S23 kodlu tras örneğinin SEM sonuçları, Blaine değerleri ve camı faz yüzdesi karşılaştırılmıştır (Levha 2, Foto 1-2). Bu karşılaştırma ile kayacık örneğinde hiçbir şekilde gözenek görülmediği, aksine tras örneğinde yapının tamamıyla gözeneklerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Tras gözeneklerinin oldukça düzgün yapıda olduğu gözenek çaplarının geniş bir aralıkta dağıldığı ve tahribata uğramadığı da belirlenmiştir (Levha 2, Foto 3, 4). Kayacık örneğinde yapıya kristal fazın

ÖRNEK NO	CAMSI FAZ
S23	52.0
S24	47.1
S25	51.3
S26	26.7
S27	35.6
S28	48.6
S29	32.9
S30	46.1
S31	31.9
S33	42.4
S34	33.6
S35	33.2
S36	29.9
S37	41.7
S38	40.6

Tablo 4- Dereboğazı ignimbritlerinin camı faz değerleri.

Table 4- Glasslike phase values of Dereboğazı ignimbrites

hakim olduğu ve camı fazın daha az olduğu belirlenmiştir. Trasta ise tam tersi mevcuttur ve camı faz yüzdesi Tablo 4 de verilmiştir. Camı faz arttıkça trasın Blaine değeri artmakta ve bu da puzzolanik aktiviteyi olumlu yönde etkilemektedir. Camı faz yüzdeki 25 in altında çıkan örneklerin camı faz yüzdesi Tablo ya dahil edilmemiştir.

### BETON TECRÜBELERİ

Trasların puzzolanik aktivite deneyleri TS 25 e göre yapılmıştır. Deneyde öğütülmüş tras, sönmüş kireç  $Ca(OH)_2$  karışımı ile standart kum kullanılır.

TS 25 e göre hazırlanmış numunelerin çekme ve basınç mukavemetleri ölçülür. Deneme örneklerinin hazırlandıktan 7 gün sonraki minimum çekme mukavemeti 10  $kgf/cm^2$  ve basınç mukavemeti 40  $kgf/cm^2$  olması standartça istenir. Üzerinde çalışılan tras örneklerinin deney sonuçları Tablo 5 de verilmiştir. Numunelerin hepsi standart değerlerin çok üzerinde sonuçlara ulaşmıştır. İncelenen tras numunelerinin basınç mukavemetlerinin maksimum 130, minimum 86  $kgf/cm^2$  olduğu, ortalama ise 103  $kgf/cm^2$  olduğu belirlenmiştir. Çekme mukavemetinin de ortalama olarak 23  $kgf/cm^2$  olduğu hesaplanmıştır.

### SONUÇLAR

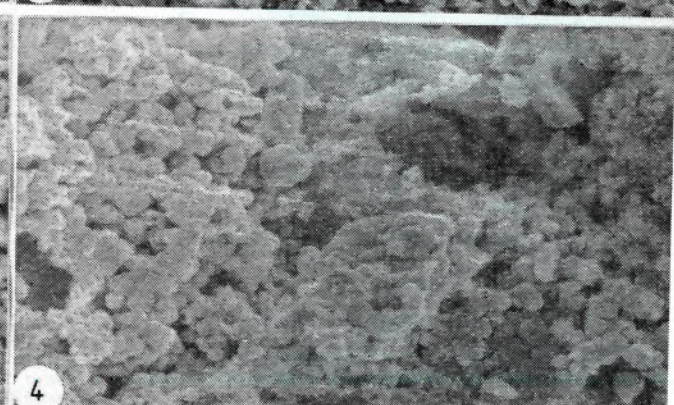
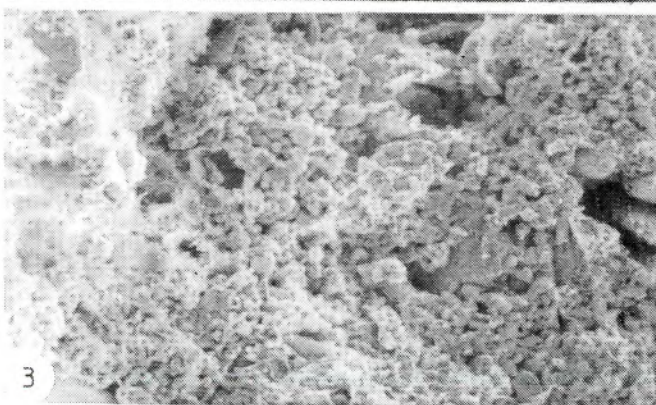
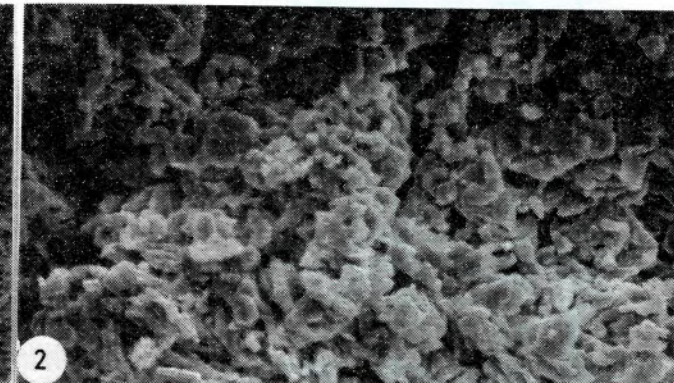
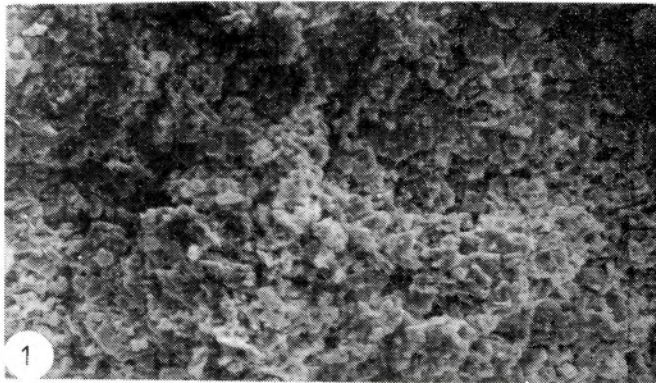
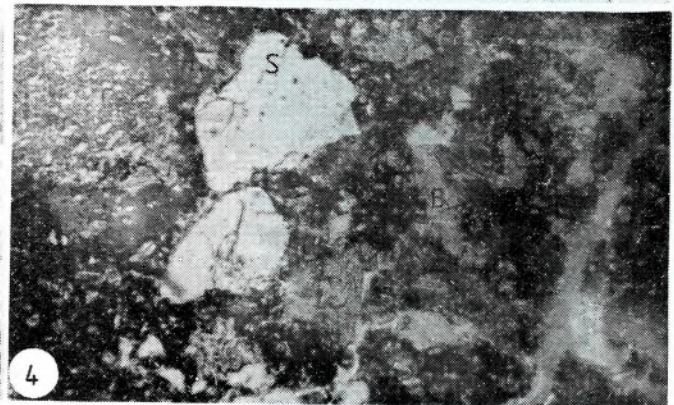
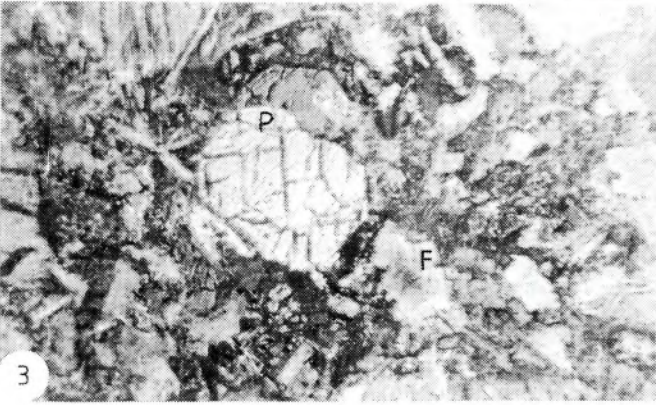
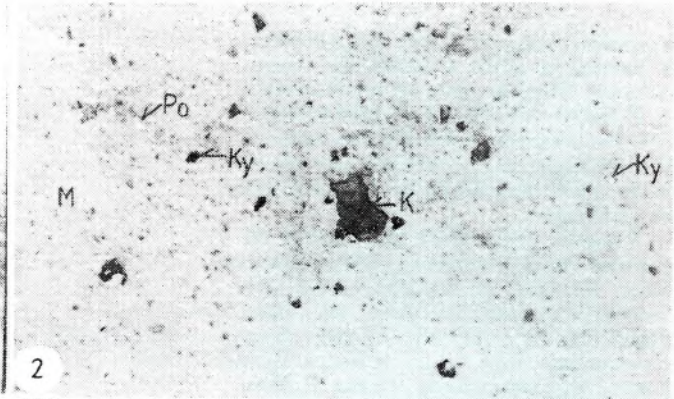
Dereboğazı tras yatağının Pliyosen yaşlı traki-andezitik, latit bileşimli gölcük volkanizmasına bağlı olarak oluşan bir ignimbirit olduğu ve Ağlasun formasyonu üzerine uyumsuz olarak konumlandığı belirlenmiştir.

Numune No	Çekme Mukavemeti (7 gün) $kgf/cm^2$	Basınç Mukavemeti (7 gün) $kgf/cm^2$
A <sub>1</sub>	21	88
A <sub>2</sub>	21	93
S <sub>21</sub>	24	109
S <sub>22</sub>	20	86
S <sub>23</sub>	27	130
S <sub>24</sub>	25	113
S <sub>28</sub>	22	95
S <sub>29</sub>	20	93
S <sub>30</sub>	23	108
S <sub>31</sub>	24	88
S <sub>32</sub>	25	111
S <sub>33</sub>	22	87
S <sub>34</sub>	26	127
S <sub>35</sub>	25	129
S <sub>36</sub>	20	89

Tablo 5- Dereboğazı ignimbritlerinin puzzolanik aktivite deney sonuçları.

Table 5- Puzolonic activity experiment results of Dereboğazı ignimbrite.





LEVHA II - PLATE II



Kimyasal analizler sonucunda tras yatağının  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  toplamının % 74-84,  $\text{MgO}$  değerlerinin % 0.27 ile % 0.76 ve  $\text{SO}_3$  değerlerinin % 0.00 ile % 0.30 arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen tüm bu değerlerin TS 25 istenilen standart değerlere uygun olduğu saptanmıştır.

Dereboğazı tras yatağının ortalama Blaine değeri 7630  $\text{gr/cm}^2$  olup standartta verilen minimum 3000  $\text{gr/cm}^2$  değerinin çok üzerindedir.

Trasların öğünebilirliğini ve Blaine değerini etkilediği için önemli bir kriter olan camsı faz yüzdesi tras örneklerinde ortalama % 40'dır. Camsı faz yüzdesi arttıkça Blaine değeri artmakta, dolayısıyla puzzolanik aktivite değeri yükselmektedir. Nitekim standartta 7 gün sonunda puzzolanik aktivite değeri 40  $\text{kgf/cm}^2$  verilmesine karşılık tras numunelerinde aynı değer ortalama olarak 103  $\text{kgf/cm}^2$  ye yükselmiştir.

## LEVHA 1

### PLATE 1

Foto 1. Dereboğazı ignimbiritlerinin (T) arazi görünümü, Af: Ağlasun formasyonu.

Photo 1. Field view of Dereboğazı ignimbrite (T), Af: Ağlasun formation.

Foto 2. El örneğinde ignimbritin görünümü.

M : Matriks (Kaynamış kül)

Po : Pomza

Ky : Kireçtaşı, çört, traki andezit parçaları

K : Kömürleşmiş bitki parçası

Photo 2. View of ignimbrite at hand sample

M : Welded ash

Po : Pumice

Ky : Fragments of limestone, chert and trachi andesite.

K : Coalification plant fragment

Foto 3. İnce kesitte traki andezit.

P : Piroksen, I : Felspat (Çift nikol X10).

Photo 3. Trachi andesite in this section.

P : Piroksen, I : Feldspar (Cross nicol X10)

Foto 4. İnce kesitte ignimbrit.

S : Sanidin, B : Biotit, Cf : Camsı faz.

(Tek nikol X10)

Photo 4. Ignimbrite in thin Section.

S : Sanidine, B : Biotite, Cf : Glass like phase.

## LEVHA 2 - PLATE 2

Foto 1 ve 2- Traki andesitin elektron mikroskopunda 500 ve 1000 büyütmede görünümü.

Photo 1 and 2- The view of trachi andesite in 500 and 1000 magnification at electron microscopy.

Foto 3 ve 4- İgnimbritin elektron mikroskopunda 500 ve 1000 büyütmede görünümü ve düzgün yüzeyli, gözenekli doku.

Photo 3 and 4- The texture of ignimbrite with smooth faces pores 500 and 1000 magnification at scanning electron microscope.

Dereboğazı yöresi ignimbiriti kolay ulaşım, işletme imkanlarının elverişliliği, kullanıldığı fabrikaya yakınlığı gibi özelliklere ve fiziksel özelliklerinin tümünün de Türk standartlarına traslar için istenen değerlerin çok daha üstünde olduğu belirlenmiştir. Dereboğazı ignimbiritinin belirlenmiş özellikleri onun çimentoda tras olarak kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

## DEĞİNİLEN BELGELER

Anonim, 1975, Tras: TSE Yayınları, TS 25.

Anonim, 1978, Katkılı Çimentolar: TSE Yayınları, TS 19.

Anonim, 1983, Traslı Çimento: TSE Yayınları, TS 26.

Anonim, 1991, Çimento Haberleşme Bülteni, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Yayını, Ocak sayısı.

Bilgin, A., Köseoğlu M., Özcan G., 1990, Isparta Gölçük volkanitlerinin mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doğa Türk Mühendislik Ve Çevre Bülteni Dergisi, 14.2, 342-361.

Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, D.V., 1979, The interpretation of igneous rocks: George Allen and Undwin Ltd., 450 p.

Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., ve Dumont, J.P., 1979, Geologie des Taurides occidentales (TURQUIE): Memoires de la Societe Geologique de France, 137-1, 1-112 s.

Karaman, E., 1986, Burdur dolayının genel stratigrafisi: Akdeniz Üniv., Isparta Müh. Dergisi, Sayı 2, 23-36.

Kumral, M., 1992, Isparta güneyinin jeolojisi ve maden yatakları: Akdeniz Üniv., Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, 81 s.

Kuşçu, M., 1990, Endüstriyel kayalar ve mineraller; Akdeniz Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yayını, 177 s.

Kuşçu, M., Gedikoğlu, A., 1990, Isparta-Gölçük yöresi pomza yataklarının jeolojik konumu: Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı 37, 69-78.

Kuşçu, M., 1993, Gölbaşı (Isparta) volkanojenik arsenik cevherleşmesinin jeolojik ve ekonomik özellikleri: TÜBİTAK Yerbilimleri Dergisi (İncelemede).

Leckebush, R., 1984, Türkiye'deki doğal puzzolanların çimentoya katkı maddesi olarak kullanımı: Türkiye Çimento Müstah., Birliği Yayını.

Sarız, K., 1985, Keçiborlu (Isparta) kükürt yataklarının oluşumu ve yörenin jeolojisi: Anadolu Üniv., Müh. Mim. Fak., Yayınları, No. 22.

Selçuk, G., 1992, Dereboğazı (Isparta) Yöresi Tras Yataklarının Özellikleri: Akdeniz Üniv., Fen Bilimleri Enst., Y. Lisans Tezi, 69 s.



# TÜRKİYE MANGANEZ YATAKLARI: OLUŞUMLARI VE TİPLERİ

*Manganese Mineralizations in Turkey: Processes of Formation and Types*

Hüseyin ÖZTÜRK İ.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Avcılar, İSTANBUL

**ÖZ:** Türkiye'deki manganez yatakları, buldukları yaş konağı, oluşumları, yan kayaçları, kimyasal, mineralojik ve yapısal özelliklerine göre dört ana gruba ayrılırlar.

Birinci grup, genellikle radyolaryalı çörtlere içindeki hidrotermal ve hidrojenetik türdeki manganez yataklarıdır. Bunlar, yüksek Mn-Si ve düşük Al-Fe içerikli, genelde katman yapılı olarak Paleotethis, Karakaya, İzmir-Ankara-Erzincan-Kars ve Güneydoğu Anadolu suture kuşağının epiofiyolitleri içinde yaygındırlar. Genellikle düşük rezervli bu yatakların en tipik olanı Çayırılı manganez yatağıdır.

İkinci grup, Batı Toros'larda Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili yataklardır. Bunlar, rodokrosit gibi mangan karbonatlar ve bunların oksitlenme ürünlerinden oluşmakta ve yüksek rezervler içermektedir. En tipik örnekleri Denizli-Ulukent ve güney alanlarında bulunmaktadır. Diyajenetik oluşumlu bu yatakların Fe içeriği radyolaryalı çörtlere ilişkili yataklardan yüksek Si içeriği ise düşüktür.

Üçüncü grup, Karadeniz kıta yayının volkanotortulları içindeki hidrotermal oluşumlu yataklardır. Karadeniz kıyısı boyunca yaygınca gözlenen bu yatakların en önemlileri Ocaklı, Güce, Ebuhemşin ve Çiftliksarıca'dır. Damar, stok ve katman yapılı cevherleşme volkanitler ile ardalanmalı çökellerin çeşitli düzeylerinde bulunur.

Dördüncü grup, Trakya Havza'sındaki Oligosen çökelleri içinde bulunan ve Karadeniz'i çevreleyen Chiatura, Nikopol, Varna yataklarıyla jenetik benzerlikler gösteren yataklardır. Transgresyon, regresyon salınımlarına bağlı, diyajenetik süreçlerle oluşan ters derecelenmeli pizolitik cevher, düşük Mn-Si içerikli ancak yüksek rezervlidir.

**ABSTRACT:** Manganese mineralizations in Turkey are divided into four main groups according to their age spans, host rocks, processes of formation and mineralogical-chemical-textural features.

The first is hydrothermal and rare hydrogenetic type manganese mineralization which are associated with chiefly radiolarian chert series. These deposits that have high Mn-Si and low Al-Fe content occur as lenses and small thin beds in the epiophiolitic sediments of Paleotethyan, Karakaya, North Anatolian (İzmir-Ankara-Erzincan) and South Anatolian suture belts. These mineralizations are mainly small but most widely distributed group of manganese ores. Çayırılı is the most distinctive deposit of a chert hosted type.

The second is black shale hosted manganese mineralizations that take place in the black shale horizon within the carbonates of Lower Cretaceous age in Western Taurides. These deposits are represented by relatively large reserves and are composed of rhodochrosite and its oxidizing products. Most typical deposits of the black shale hosted type are located in Ulukent-Denizli and its southern region. Fe contents of these deposits are higher than chert hosted deposits, whereas Al and Si are low.

The third is volcanic arc hosted ores along the Black Sea coast occur in different types of metasomatic, hydrothermal and stratabound settings. Rock associations include dacitic tuff, reddish limestone, marl and hemipelagic claystone alternations on Upper Cretaceous. The most important deposits of the region are located at Ocaklı, Topkırzlar, Ebuhemşin and Güce.

The fourth is the post-tectonic sedimentary hosted ores in the Thrace Basin. These deposits are similar to those of the Oligocene Belt that occurs along the west coast of Black Sea, which includes the Chiatura, Nikopol, Varna deposits. Inversely gradad pisolitic ore was formed by early diagenetic processes during transgression regression cycles.

## GİRİŞ

Özellikle son 15 yıl içinde manganez yataklarının

oluşumu üzerine hızlı bir bilgi birikimi sağlanmış, çeşitli türdeki manganez yataklarının oluşum işlemleri ve



yatak tipleri yeniden tanımlanmıştır. Geline bu noktada günümüz okyanusal alanlarda yürütülen oşinografik ve kapalı havzalardaki ekolojik çalışmaların önemli rolü olmuştur. Özellikle sedimanter prosesle çökelen manganez cevherleşmeleri için bu ortamlar doğal bir laboratuvar görevi görmüşlerdir.

Manganez yataklarının oluşumu üzerine en önemli teorik açılım modern havza sedimentlerindeki diyajenetik süreçlerin anlaşılmasıyla mümkün olmuştur. Bunlar, esas olarak sediment içindeki gözenek suları, sediment ile deniz suyu ara yüzeyindeki sular ve su sütunun çeşitli seviyelerinde gerçekleştirilen su kimyası çalışmalarıyla başarılmıştır. Bu süreç, sediment içindeki biyokimyasal tepkimelerle ortam koşullarındaki değişimleri ve ilişkili sediment deniz suyu etkileşimini, denizel ortamda metal iyonları bakımından kimyasal stratifikasyon koşullarının açıklanmasını içermektedir. Hiç kuşkusuz günümüz ve geçmiş eşdeğeri olan karbonatlarda yapılan karbon ve oksijen izotop verileri, biyokimyasal tepkimelerin ve/veya diyajenetik süreçlerinin izlenmesini kolaylaştırmıştır.

Sonuçta manganez yatakları üzerine yeni sınıflamalar yapılmış, "eksalatif sedimenter" veya "Nikopol tipi" gibi isimlendirmelerin yerini daha ayrıntılı ve kökene yönelik tanımlar almıştır (Tablo. 1). Türkiye'nin jeolojik zenginliğinin bir sonucu olarak çok farklı türde manganez yatakları oluşmuştur. Bu yatakların yeni görüşlerin ışığında yeniden gözden geçirilmesi ekonomik jeolojiye olduğu kadar bölgesel jeolojik problemlerin çözümüne de katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma ise, çe-

şitli saha gözlemleri ile yayınlanmış ve yayınlanmamış diğer verilerin ışığında Türkiye manganez yataklarının tiplerini ve oluşum koşullarını irdelemektedir.

## TÜRKİYE'DEKİ MANGANEZ YATAKLARININ BÖLGESEL DAĞILIMLARI

Türkiye'nin manganez yatakları: 1. Paleotethis, Karakaya, Neotethis okyanuslarına ait çökeller içinde, 2. Batı Toros'larda pasif kıta kenarı çökellerini temsil eden Mesozoyik yaşlı karbonatların siyah şeyl düzeylerinde; 3. Karadeniz volkanik yay kuşağında; 4. Trakya havzasının Tersiyer çökelleri içinde bulunmaktadır (Şekil. 1)

Söz konusu bu kuşaklardan kayda değer bir üretim demir çelik sektörü için karbonatlar içindeki Ulukent (Denizli) yatağından yapılmaktadır. Bunun dışında iyi kalitede cevher içeren bazı yataklardan da sınırlı üretim olmaktadır. Yüksek rezervler içeren ve geçmiş yıllarda önemli miktarlarda cevher üretimi yapılan Trakya'nın Çatalca ve Binkılıç yataklarından ise talebe bağlı olarak sınırlı üretim devam etmektedir.

### 1. Epiofiyolitik Çökeller İçindeki Manganez Cevherleşmeleri

Anadolu'da en yaygın izlenen manganez cevherleşmesi bu türdedir. Yaklaşık D-B uzanımlı orojenik kuşakların ofiyolitik serileriyle ilişkili cevherleşmeler çoğunlukla melanaj veya şiddetli deformasyona uğramış çökeller içinde bulunmakta, yanal ve düşey devamlılıkları sınırlı olmaktadır. Yüksek rezervli bir kaç yatak di-

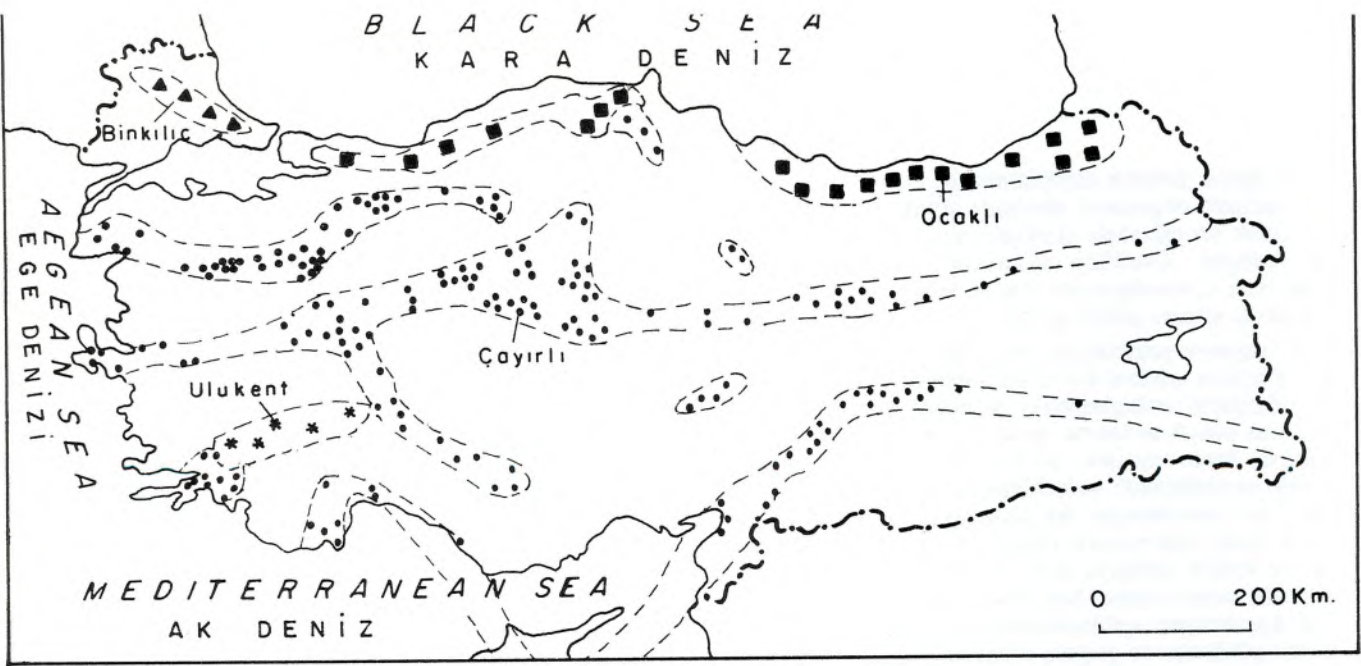
Tablo. 1: Denizel ferromanganez oksit yataklarının oluştuğu ortam, oluşum işlemi ve cevher türü (Hein ve diğ. 1992'den).

	Hidrojenetik	Hidrotermal	Diyajenetik	Hidrojenetik Hidrotermal	Hidrojenetik Diyajenetik
Nodül	abisal düzlükler okyanus platosu deniz dibi dağl. <sup>1</sup>	nadiren su altı kalderaları ve kırık zonları	abisal düzlük okyanus plato su	nadiren su altı kalderaları	abisal düzlükler, okyanus platosu <sup>1</sup>
Kabuk	plaka ortası volkanik yapılar <sup>2</sup>	yayıma merkezleri, kırık zonları	—	aktif volkanik yayılıma merkezlerinden uzak alanlar, kırık	nadiren abisal düzlükler
Sediment içinde katman ve merccek	nadiren abisal düzlüklerde	aktif volkanik yay, plaka ortası volkanik yapılar, sedimentle örtülü yayılıma merkezleri	kıta kenarları <sup>3</sup>	—	—
Sıvama	plaka ortası volkanik yapılar <sup>4</sup> deniz altı dağl.	aktif volkanik yapılar <sup>5</sup> , plaka ortası volk. yap. <sup>4</sup>	volkanik yapılar <sup>4</sup>	—	plaka ortası volkanik yapılar <sup>4</sup>

1: Çok nadir olarak kıta yamacı, kıta düzlüğü ve sırtlarda  
2: Deniz altı dağları, guyot, sırtlar ve platoları içerir.  
3: Ferromanganez karbonat merccekleri ve konkresyonları.

4: Çoğunlukla kırık ve damar dolgusu, volkanik breş çimentosu  
5: Çoğunlukla kumtaşı ve silttaşı çimentosu olarak





Şekil. 1: Türkiye'deki manganez yataklarının tipleri

Fig. 2: Types of the manganese mineralizations in Turkey

#### KAYAÇBİRLİĞİ (ROCK ASSOCIATIONS)

- Çoğunlukla radyolaryalı çörtlerle ilişkili cevher. Chiefly radiolarian chert hosted mineralizations
- \* Karbonatların siyah şeylleri içindeki cevherleş. Black shale hosted mineralizations
- Yay volkanizmasına bağlı cevherleşmeler Volcanic are hosted mineralizations
- ▲ Post tektonik sedimenter içindeki cevherleşmeler Post tectonic sedimentary hosted mineralizations

#### İŞLEM (PROCESSES)

- Hidrotermal-hidrojenetik Hydrothermal-hydrogenous
- Diyajenetik - diagenetic
- Hidrotermal - hydrothermal
- diyajenetik - diagenetic

#### YAŞ (AGE)

- Trias-Jura-Kreatase Triassic-Jurassic-Cretaceous
- Alt Kretase Lower Cretaceous
- Üst Kretase Upper Cretaceous
- Oligosen Oligocene

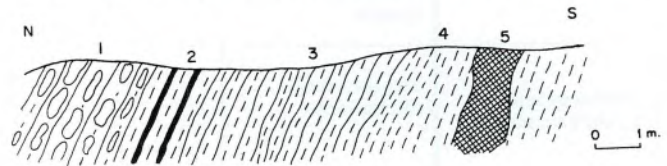
şında genellikle önemsizdirler. Bu tür cevherleşmeler için birinci sorun içinde bulunduğu formasyonlardan kaynaklanan yüksek silistir. Silisyum, ya birlikte bulunduğu radiolaryaya fosillerinden ya da bunların diyajenetik dönüşümleriyle oluşan opal, kalsedonik kuvars şeklinde cevher bünyesinde bulunmaktadır.

Radyolaryalı çörtlerle ilişkili yataklar için son yıllarda yapılan çeşitli sınıflamalar kökensel irdelemelere önemli katkılar sağlamıştır. Sınıflamalarda kriter olarak düşük sıcaklıklarda mobilize olamayan ancak sedimenter katkı şeklinde cevher bünyesine giren Ti ve Al değerleri kullanılmıştır. Buradan hareketle evrimleşen hidrotermal çözellilerden bir başka deyişle yüksek oranda sedimenter katkıyla (örneğin Al kil şeklinde) çökelen yataklar için hidrojenetik tanımı yapılmıştır (Bonatti et al. 1972, Crerar et al. 1982, Peters, 1988). Detritik girdiye karşılık Mn, Si, As, Li, Mo, Pb, Zn, Cu, V, Sr elementleri hidrotermal etkinliğin göstergeleri olarak kabul edilmiştir (Bonatti et. al. 1972, Crerar et al. 1982, Roy et al. 1990, Nicholson, 1990, 1992, Choi ve Hariya 1992). Sonuçta tüm bu elementlerin kombinasyonu şeklinde çeşitli diskriminat diyagramlar hazırlanmıştır.

Epiyololitik çökeller içindeki yataklar genellikle radyolaryalı çört, silisli şeyl, kiltası türündeki çökeller içindedir. Bu kuşaklardaki manganez yatakları üzerine yukarıda tanıtılan yeni görüşlerin ışığında ilk çalışma Oygür (1990) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı rad-

yolaryalı çörtler içinde Çayırli manganez yatağının hidrotermal etkinliğe bağlı olarak oluştuğunu belirtmiştir. Kalınlığı 10 metreye varan ve başlıca pirolusit ve pisolomelandan oluşan cevherleşme killi radiolarit ve kırmızı renkli kiltaları içinde bulunmaktadır (Şekil. 2). K-G yönlü kompresyon kuvvetlerinin etkisinde kalan yatak genellikle kanatlara doğru incelen senklin yapı kazanmıştır.

Epiyololitik çökeller içinde bulunan hidrotermal cevherleşmelerin okyanus tabanındaki sıcak su çıkışlarıyla ilgili olduğu direk gözlemlerle netlik kazanmıştır.



Şekil.2: Çayırli manganez yatağının yan kayaç ilişkisi (Oygür 1990).

Fig. 2: Wall rock relations of the Çayırli Mn deposit (From Oygür, 1990).

1: yumrulu radiolarit (nodular radiolarite), 2: bantlı radiolarit (radiolarite with manganese strata), 3: killi radiolarit (clayey radiolarite), 4: marn (marl), 5: manganez damarı (manganese vein).



% Mn	SiO <sub>2</sub>	Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti	Ni	Cu	Co	Ba
20.29	63.03	0.83	0.53	0.07	0.007	0.015	0.015	0.07
19.35	74.67	1.03	0.97	0.015	0.007	0.015	0.01	0.07
21.90	60.32	1.47	1.11	0.02	0.007	0.015	0.015	0.15
16.65	67.99	1.10	1.11	0.015	0.007	0.02	0.007	0.03
22.37	59.49	1.08	0.75	0.015	0.007	0.015	0.01	0.07

Tablo. 2 Çayırılı manganez yatağına ait cevherin kimyasal bileşimi (Oygür, 1990)

Table. 2 Chemical composition of the Çayırılı manganese ore (Oygür, 1990)

Bilindiği gibi okyanus ortası sırtlar ve transform faylar gibi kırıklar boyunca derine inen sular kırık hatları boyunca ilerlerken smektitleri oluşturmakta ve eş zamanlı olarak asidik özellik kazanmaktadır (Rona, 1984). Böylece yüksek oranda metal çözme yeteneği kazanan çözeltiler ısınıp yükselimleri sırasında bünyelerine aldıkları metalleri deniz tabanına boşaltmaktadırlar. Bu çözeltiler su sütunu içinde yükselmekte, dip akıntılarıyla dağıtılmakta veya çıkış kanallarının civarlarında çökeltmektedir. Demirin manganezden ayrılması ise çözeltilerin yüzeye boşalmadan önce ortam pH ve eH sınır hafife yükselmesiyle olmaktadır.

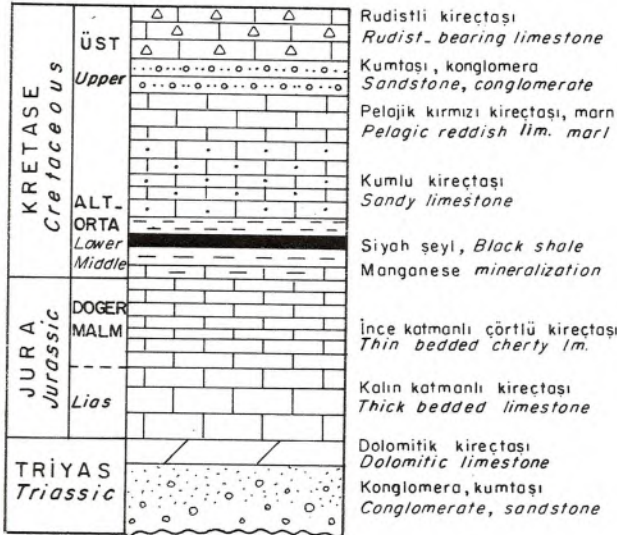
Oygür (1990) e göre deniz suyunda fazla kalmadan ve son derece düşük sedimanter destekle çökelen Çayırılı manganez yatağı Hidrotermal oluşum özelliklerini göstermektedir. Tablo. 2 de Çayırılı manganez cevherinin kimyasal bileşimi görülmektedir.

Benzer şekildeki cevherleşmeler Şekil. 1 de görüldüğü gibi diğer epiofiyolitik formasyonlar içinde de yaygındır. Bunlardan Koçali Karmaşığının içinde bulunan İnişdere (Adıyaman) manganez yatağı da Si, Al, Mn, Fe değerleri itibarıyla Çayırılı yatağına benzerdir. Fosil manganez nodülleri de içeren (Öztürk, 1993) bu kuşaklardaki cevherleşmelerin modern okyanusal alan-

lardaki cevherleşmelerle karşılaştırılması geçmişle günümüz olaylarının test edilebilmesi açısından önemlidir. Koçali Karmaşığının Konak Formasyonu içinde bulunan manganez nodülleri., yapısal, kimyasal ve oluşumu açısından okyanus tabanlarındaki diyajenetik türdeki manganez nodüllerine benzemektedir.

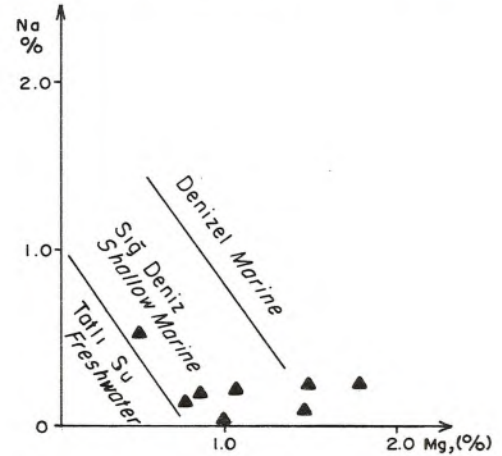
Balıkesir, Eskişehir, Kastamonu civarındaki Karakaya ve Paleotethis ofiyolitlerinin çökelleri içindeki manganez yatakları kısmen metamorfizma izleri göstermektedir. Bu kuşaktaki yataklarda oluşumu görece yüksek sıcaklıklar gerektiren rodonit oluşumları yaygındır.

Son yıllarda manganez yatakları ve nodülleri üzerine okyanus tabanlarında ve karalarda yürütülen çalışmalar kobaltca zengin manganez cevherleşmelerine çevrilmiştir. Okyanus tabanlarından elde edilen bilgiler, kobaltca zengin cevherleşmelerin derinliğin 1000 m civarında olduğu görece sığ alanlarda bulunduğunu göstermiştir (Hein et al. 1992). % 1 civarında kobalt değerine sahip bu oluşukların Anadolu'daki epiofiyolitik çökeller içinde bulunması mümkündür. Bu bağlamda bu kuşaklardaki manganez cevherleşmelerinin bu yönüyle de ele alınıp incelenmesi önem arz etmektedir. Kobaltca zengin manganez cevherleşmesi için ise todorokit minerali is sürücü olarak kullanılmalıdır.



Şekil. 3- Ulukent manganez yatağının stratigrafik konumu (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989).

Figure. 3- Stratigraphic positions of the Ulukent manganese deposits (From Kuşçu and Gedikoğlu, 1989)



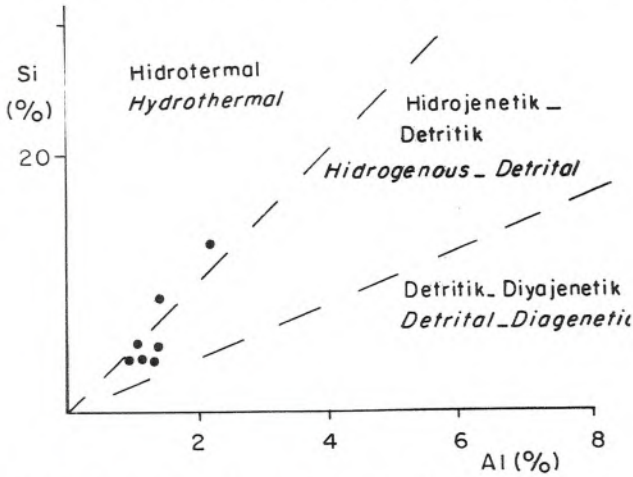
Şek. 4- Ulukent Manganez yatağı cevherine ait Mg-Na diyagramı (Nicholson 1992)

Fig. 4- Mg-Na diagram for the Ulukent manganese ore deposit (Nicholson, 1992)

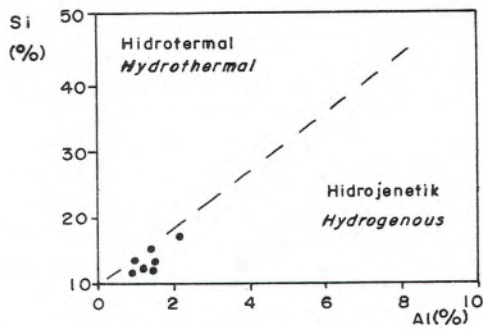


% SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>			
8.77	2.12	2.09	75.	1.33	2.73	0.36	0.02	0.12	0.04			
10.20	2.69	3.37	64.1	9.26	3.23	0.04	0.02	0.19	0.06			
7.44	2.14	1.53	78.6	3.74	1.27	0.14	0.02	0.18	0.04			
8.04	2.37	1.76	66.2	10.1	1.34	0.03	0.03	0.23	0.10			
8.95	1.76	1.25	75.4	0.17	0.73	0.72	0.01	0.09	0.01			
22.34	2.34	6.10	52.9	1.43	2.63	0.02	0.13	0.31	0.12			
30.11	4.04	9.92	34.3	2.32	2.05	0.35	0.17	0.16	0.34			
ppm												
	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Ba	Sr	Rb	P	Sb	As	S
	56	10	13	65	70	427	135	7	-	1.5	1	420

Tablo. 3 Ulukent manganez cevherinin major oksit ve iz element (yedi örnek ort.) değerleri  
Table. 3 Major oxide and trace element values (averages of 7 samp.) of the Ulukent manganese ore deposit.



Şekil 5- Ulukent manganez cevherine ait Si-Al diyagramı (Crerar ve diğ., 1982)  
Figure 5- Si-Al diagram for the Ulukent manganese ore (Crerar et al. 1982)



Şekil 6- Ulukent manganez cevherine ait Si-Al diyagramı (Peters, 1988)  
Figure 6- Si-Al diagram for the Ulukent manganese ore (Peters, 1988)

## 2. Siyah Şeyllere Bağlı Manganez Cevherleşmeleri

Karbonatlar ve bunların siyah şeylleri içinde bulunan yataklar Batı Toroslarda Denizli ile Muğla arasındaki Mesozoik karbonat istifinde yer alır. Cevherleşme, kesiksiz Mesozoik istifinin Alt Kretase formasyonları içindedir. Bu cevherleşmelerden en önemlisi Ulukent manganez yatağı olup güney alanlarında da benzer türde cevherleşmeler bulunmaktadır.

Cevherleşme, kireçtaşlarının içinde ara seviye olarak bulunan organik maddece zengin, pirit içerikli, yapraklanmalı siyah şeyller arasındadır (Şekil. 3). Siyah şeyl düzeyi yanal ve düşey yönde düzensiz kalınlık gösterir ve maksimum kalınlığı 42 m ye ulaşır (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989). Cevher mineralleri, rodokrosit, manganokalsit, hausmanit, braunit, rodonit, tefroit, yakopsit, pirolusit, kriptomelan, manganit ve pisilomelandan gang mineralleri ise kalsit, dolomit, kuvars ve kloritten oluşmaktadır (Kuşçu ve Gediklioğlu, 1989). Bu araştırmacılar yatakta spekülait, hematit ve limonitten oluşma oksidik demir minerallerinin de varlığını saptamışlar ve cevher kimyası üzerine ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar yapmışlardır. Kuşçu ve Gediklioğlu (1989) na göre, Ulukent ve güneyindeki manganez yatakları volkanik etkinliğin beraberliğinde sedimenter süreçlerle çökmüştür ve kimyasal birleşim ve iz elementler açısından dünyanın belli tip yataklarına benzememektedir.

Bu tipteki yatakların oluşumu, son yıllarda özellikle cevherli zon içinde bulunan karbonatlarda yapılan <sup>13</sup>C ve <sup>18</sup>O izotop verileriyle aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu tür yataklar siyah şeyllere bağlı yataklar olarak ayrı bir tip olarak sınıflandırılmış olup, çeşitli alt oluşum tiplerine de ayrılmıştır (Okita, 1988, Delian et. al. 1992). Bu tip yatakların oluşumu için önerilen modellerde (Okita, 1988, 199, Delian et. al. 1990, Roy 1992) cevherleşme aşağıdaki işlemlerle oluşmaktadır.

1. Organik maddece zengin sedimantasyon koşullarının oluşması. Bu, fazla yağışlı iklimle ilişkili hızlı vejetasyon gelişimi ve denizel ortama yüksek oranda or-



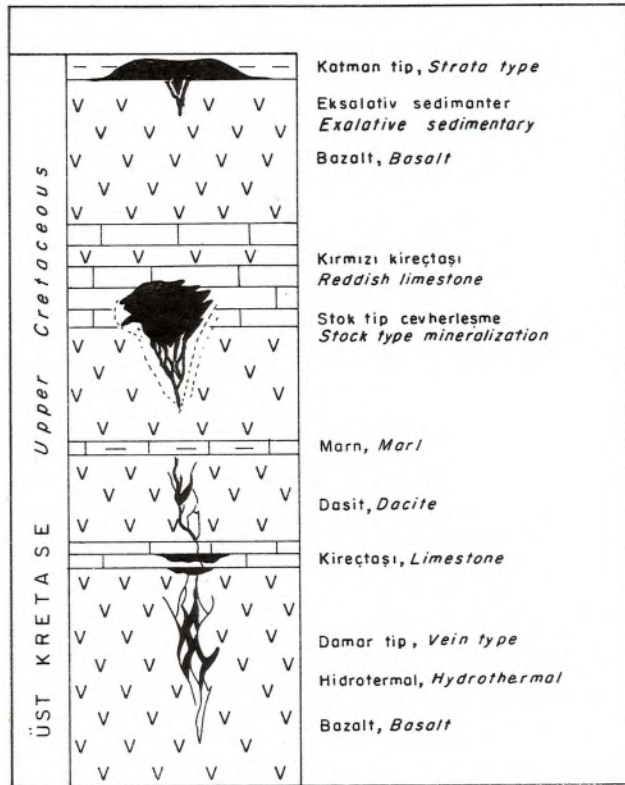
ganik madde girişiiyle mümkün olur.

2. Vejetasyon gelişimi ve yüksek yağış derine inen laterasyonu, bitki köklerinin oluşturduğu asitler ise yüksek oranda Mn ve Fe gibi elementlerin havzaya taşınmasını sağlar.

3. Denizel ortama taşınan organik karbon ortamın oksijenini kullanarak CO<sub>2</sub> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e dönüştür. Devam eden oksijen tüketimiyle anoksik ya indirgen, ortamdaki organik maddelerin parçalanmasıyla oluşan organik asitler de asidik koşulları oluşturur. Asidik indirgen ortam koşulları Mn<sup>+2</sup> gibi metal iyonlarının çözeltide kalmasını ve ortamda derişmesini olanaklı kılar.

4. Ortamdaki Mn, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile birleşerek MnCO<sub>3</sub> ü oluşturur. Erken diyajenetik reaksiyonlarla sağlanan MnCO<sub>3</sub> oluşumu özellikle regresyon döneminde oksik düzeyin daha alt seviyelere inmesiyle MnO<sub>2</sub> ye oksitlenir.

Siyah şeyllerce zengin ve metal iyonlarınca stratifiye ortamlarda (örneğin Kara Deniz ve Azak Denizi) benzer diyajenetik süreçlerle MnCO<sub>3</sub> oluşumu saptanmıştır (Brewer and Spencer 1974, Roy 1992). Dünyadaki bu tür cevherleşmeler <sup>12</sup>C izotop değerleri bakımından yüksek, <sup>13</sup>C izotopu olarak düşük değerler verir (Okita et al. 1988).



Şekil 7- Üst Kretase volkanotortulları içindeki Mn cevherleşmeleri (Gedikoğlu ve diğ., 1985)

Figure 7- Mn mineralizations in the volcanosedimentary succession of Upper Cretaceous (From Gedikoğlu et al, 1985)

İzotop verileri olmamakla birlikte yan kaya ilişkileri, piritli ve organik maddece zengin siyah şeyller içinde yer alan Ulukent manganez yatağı erken diyajenetik evrede açıklanan mekanizmayla oluşmuş olmalıdır. MnCO<sub>3</sub> ve FeS<sub>2</sub> oluşumunun eH ve pH değerlerinin birbirine çok yakın olması nedeniyle manganez cevherleşmesi yüksek demir içerikli olarak çökelmiştir. Sülfürlü demir mineralleri daha sonra hematite ve limonite oksitlenmişlerdir. Cevherli düzeyin üzerine gelen kırıntılı karbonatlar cevher çökeltiminin esas olarak regresyon döneminde olduğunu göstermektedir.

Tablo. 3 de Ulukent manganez cevherinin kimyasal bileşimi görülmektedir. Ulukent ve güneyindeki manganez cevherleşmeleri, yan yana ilişkileri, kimyasal ve mineralojik özellikleri açısından Çin deki Xiangta, Zungü, Ganyan yataklarına (Delian et al. 1992) benzerlikler gösterir.

Hidrotermal yataklar için tanıtan özelliklerinden olan Mn-As element çiftinin (Nicholson 1992) bu yataktan gözlenmemesi ve As değerinin ortalama 1 ppm gibi son derece düşük olması Ulukent manganez yatağının oluşumunda hidrotermal etkinin olmadığını göstermektedir. Yine hidrotermal etkinliğin göstergelerinden olan Cu, Pb ve As elementlerinin (Nicholson 1990) Mn ile negatif korelasyon göstermesi de (Kuşçu ve Gediklioğlu 1989) aynı yaklaşımı desteklemektedir.

Şekil. 5 de yatağın ortamsal analizi (Nicholson, 1992), Şekil. 6 ve 7 de ise Si'ye karşı Al değerlerinin konumu görülmektedir. Şekil. 5 deki Mg ye karşı Na diyagramı cevher çökeltiminin sağ denizel ortamda oluştuğunu göstermektedir. Şekil. 6 ve özellikle Şekil. 7 cevherleşmede hidrotermal etkinin olmadığını göstermektedir.

Ulukent manganez yatağı Crerar et al (1982) diyagramında hidrojenetik detritik, Peters (1988) diyagramında ise hidrojenetik oluşumu göstermektedir. Ancak, diyajenetik tür manganez yataklarının bu tür tektonik ortamlarda oluşmadığı da bir gerçektir. Bu tür yatakların diyajenetik oluşumlu olduğu konusunda tam bir görüş birliği bulunmakla birlikte diyajenetik türdeki manganez cevherleşmeleri için henüz tanıtan diyagramlar denenmemiştir. Crerar et al. (1982) ise diyajenetik kavramını bugünkü anlayışta kullanmamıştır.

### 3. Karadeniz Yay Volkanizmasına Bağlı Manganez Yatakları

Pontid yay volkanizmasıyla ilişkili yataklar Karadeniz kıyı şeridi boyunca yaygındır. Bu kuşaktaki manganez cevherleşmeleri Üst Kretase yaşlı volkanotortulların çeşitli düzeylerindedir. Başlıca bazaltik ve andezitik volkanitlerin içinde, volkanitlerle ardalanmış marn ve kireçtaşı kontaklarında ve kırmızı kireçtaşları içinde bulunurlar (Şekil. 8).

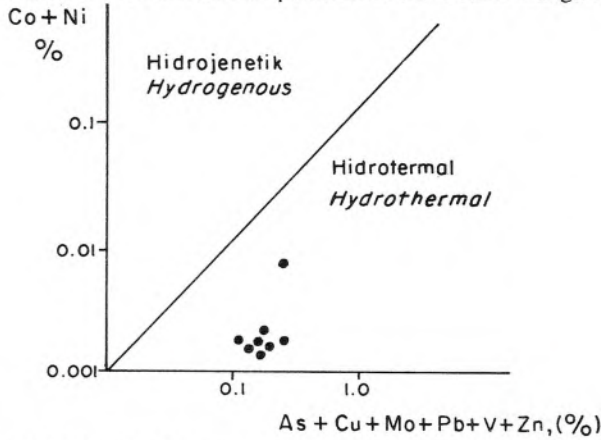
Bu kuşaktaki önemli cevherleşmeler, Güce, Ocaklı, Ebuheşin, Çiftlikarıca, Borçka yataklarıdır. Cevherleşmeler hidrotermal kökenli çözeltiler tarafından dolgu, metasomatoz ve sedimanter prosesle çökelmişlerdir. Bu yataklarda en ayrıntılı inceleme Gedikoğlu ve diğ. (1985) tarafından esas olarak Ocaklı yatağı üzerine olmuştur.



Mn	54.62	44.15	50.26	53.21	53.55	46.36	50.43	53.25
Si	3.37	10.33	0.77	4.16	3.41	2.90	7.67	5.77
Fe %	0.29	1.10	2.13	1.38	0.42	0.26	1.68	0.37
Ca	2.41	3.34	6.40	2.83	2.46	10.03	0.85	1.84
P	0.04	0.02	0.17	0.06	0.06	0.34	0.01	0.03
Ba	1160	3600	700	2340	3390	5535	985	923
As	2488	2012	1254	1165	3535	2598	2431	923
Sb	602	408	437	423	587	318	177	294
Cu ppm	56	218	36	179	97	19	16	29
Zn	27	60	22	53	41	15	15	12
Pb	21	63	25	28	18	25	2	2
Co	27	19	21	18	37	10	16	6
Ni	11	13	8	17	7	91	11	24

Tablo. 4- Ocaklı manganez yatağı cevherinin kimyasal bileşimi (Gedikoğlu ve diğ., 1985'den)

Table. 4- Chemical composition of the Ocaklı manganese ore deposit (from Gedikoğlu et al., 1985)



Şekil. 8 Ocaklı manganez yatağı cevherinin Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn (Nicholson, 1990) diyagramı

Figure 8 Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn diagram for the Ocaklı manganese deposit (Nicholson, 1990)

Bölgenin jeolojik çatısını oluşturan Üst Kretase yaşlı volkanotortul seri bimodal yay içi rift volkanizmasının lav ve piroklastikleriyle sığ denizel ortama özgü kireçtaşı, marn, kumtaşı gibi sedimentlerin ardalanması şeklindedir. Volkanitler başlıca andezit, bazalt ve dazitlerin lav ve patlama ürünlerinden oluşur.

Bu kuşakta diyajenetik tür veya katkıyla manganez yataklarının gelişmemesinin nedeni volkanotortul serinin esas olarak volkanik ürünlerden oluşmasıdır. Sedimentlerin sadece ince ara düzeyler şeklinde bulunduğu ortamlarda sediment deniz suyu etkileşimi ve ilişkili diyajenetik tür cevherleşmelerin gelişimi de son derece sınırlı olmaktadır. Hidrotermal eksalasyonlarla oluşmuş katman yapılı cevherleşmeler de ise kısmen de olsa hidrojenetik bir katkı olabilir. Ancak, yaygın volkanik faaliyetin olduğu aktif ortam, deniz suyunda uzun bir süreç ve oldukça düşük sedimentasyon koşulları gerektiren hidrojenetik etkinin de sınırlı olmasını gerekti-

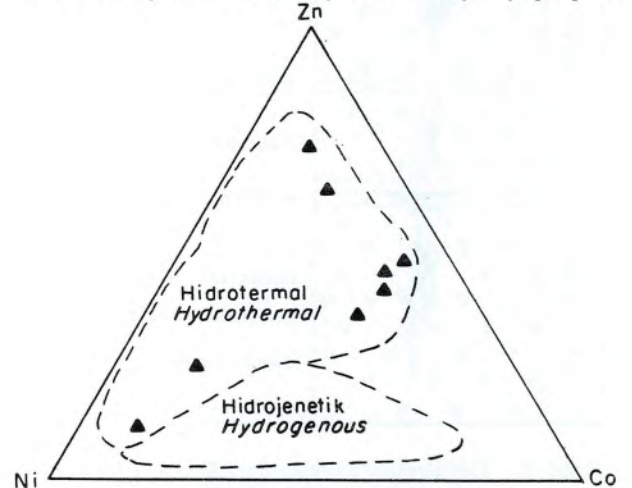
recektir. Sonuç olarak yay kuşağına ait ortamlar tektonik konum itibarıyla hidrotermal kökenli manganez cevherleşmelerini olanaklı kılmaktadır.

Tablo. 4 deki Ocaklı manganez cevherinin kimyasal bileşimi, hidrotermal etkinliği yansıtan, özellikle As, Zn, Sb elementleri bakımından yüksek değerlere sahiptir.

Yine daha önce belirtildiği gibi hidrotermal yataklar için Mn-As birlikteliği bu yataklarda iyi gözlenmektedir. Cevher bileşimi, Co-Ni/As-Cu-Mo-Pb-V-Zn diyagramı (Şekil. 8) ile Zn-Ni-Co üçgen diyagramında (Şekil. 9) açık olarak hidrotermal alana düşmektedir.

#### 4. Trakya Havzasındaki Manganez Yatakları

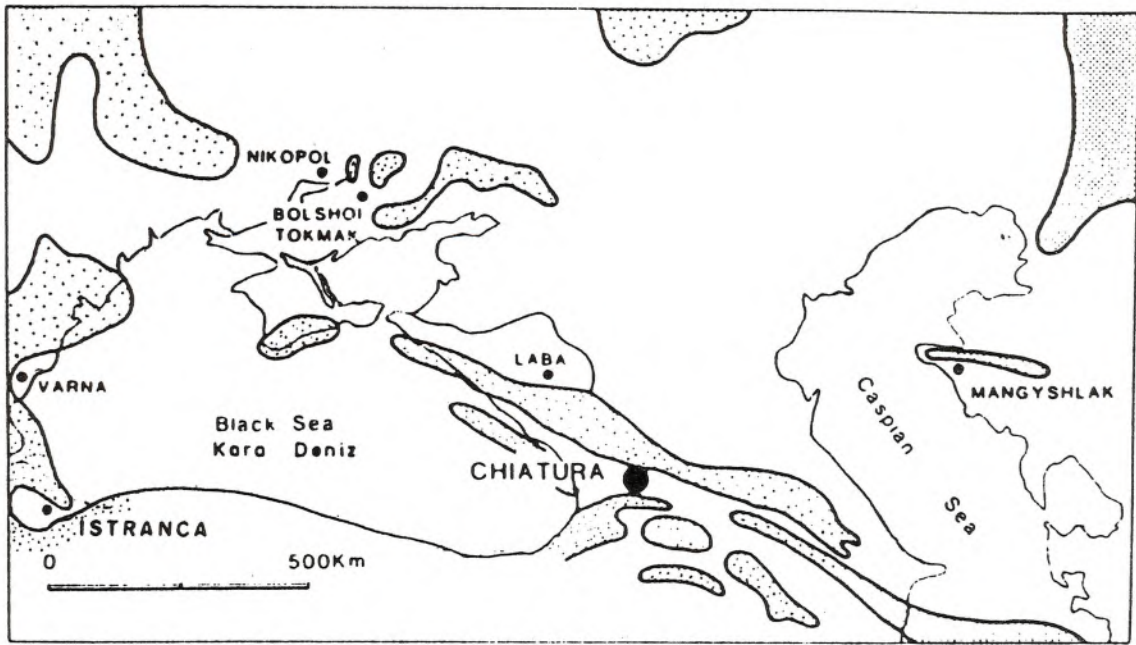
Türkiye manganez yatakları arasında önemli bir yeri olan bu kuşaktaki cevherleşmeler Tersiyer yaşlı çökel



Şekil. 9- Ocaklı manganez cevherinin Zn-Ni-Co (Choi ve Hariya, 1992) diyagramı

Figure 9- Zn-Ni-Co diagram (Choi and Hariya, 1992) for the Ocaklı manganese ore





Şekil. 10- Istranca ve diğer önemli Oligosen manganez yatakları ile Oligosendeki eski sahil çizgisinin konumu (kalın ve sürekli çizgi) (Bolton ve Frakes, 1985'den değiştirilerek)

Figure 10- Map showing location of Istranca and other large Oligocene manganese deposits in relation to paleoshorelines at the time of manganese deposition (thick, solid line) (After Bolton and Frakes, 1985)

formasyonlar içindedir. Yaşı, cevher yapısı, yan kaya ilişkileri ve oluşumu açısından Karadenizi çevreleyen Chiatura, Nikopol, Varna, Laba yataklarıyla önemli benzerlikler gösterir (Şekil. 10).

Trakya havzasındaki Çataca, Binkılıç, Vize yatakları kabaca D-B uzanımlıdır ve belli bir stratigrafik düzeyi takip ederler. Bunlardan en önemlisi Binkılıç (Istranca) yatağıdır. Geçmiş yıllarda önemli miktarda manganez üretimi ve ihracatı yapılan bu yataklar günümüzde kapanma noktasına gelmiştir. Hala önemli rezervleri içeren yataklardaki bu durumun nedeni dışı açılan doğu bloğundaki yüksek miktarda ve ucuz manganez üretimidir.

Trakya havzasında, manganez silikatları da içeren gnays ve şistler ile bunları kesen farklı yaştaki granitler kristalen temeli oluşturmaktadır. Bu temel üzerindeki Eosen serileri transgresyonla başlayan ve regresyonla sona eren kırıntılı karbonatlardan oluşmaktadır. Eosenin üzerine hafif bir diskordansla Oligosenin Rupeliyen katını (Bora, 1969) karakterize eden Congeriyalı kireçtaşları çökelmiştir. Congeriyalı kireçtaşlarının üzerine balık fosilli, çamur çatlaklı, çok ince laminallı, jips yumrulu ve organik maddece zengin kiltaş-çamurtaş-marndan oluşma, önceki araştırmacılarca karton (balıklı seri) olarak tanımlanan oluşuklar gelmektedir. Manganez cevherleşmesi ise congeriyalı seri ile karton (balıklı) seri arasında bulunmaktadır. Transgresif congeriyalı seri ve regresif Balıklı serinin yaşı üzerine önceki araştırmacılar tarafından farklı görüşler ileri sürülmüştür. Akartuna (1953), tarafından Miyosenin Ponsiyen ve Ülkümen (1946) tarafından Miyosenin Sarmasiyen katına dahil edilen Congeriyalı ve Balıklı seriyeye Sönmez ve Gökçen (1964), Bora (1969) Oligosen Rupeliyen yaşını vermiştir. Gerek cevherleşme, gerekse ortamsal özellikleri itibarıyla Karadeniz çevresindeki diğer Oligosen yaşlı formasyonlarla önemli benzerlikler gösteren Balıklı serinin de Oligosen yaşlı olması

kuvvetle muhtemeldir. Yaklaşık 60 m kalınlığındaki karton serinin üst düzeyleri regresif koşulları yansıtan çakıllı kumlu kırıntılara geçmektedir. Oligosen üstünde zayıf tutturulmuş Miyosene ait çakıl, kum, çamurdan oluşma sedimentler bulunmaktadır.

Balıklı serinin içindeki manganez cevherleşmesinin tabanında sarımsı renklere limonitleşmiş kumlu kırıntılılar yersel olarak gözlenmektedir. Bunun üzerinde gri renkli çamur matriks içinde kil topaklı ve römaniye Congeriyalı fosilli bir düzey gelir.

Manganez bulaşıklı olarak izlenen bu düzeyin üzerine yine organik maddece zengin gri renkli çamurlar ve bunların içinde de düzenli katmanlar şeklinde, 25 cm kalınlığa erişen iyi kalitede manganez cevherleşmeleri bulunur. Toplam 1 m civarında kalınlığa sahip manganez cevherli zondaki bu tür iyi kaliteli düzeyler maksimum 40 cm kadardır. Bu düzeyler oolitlik yapıda olmakla birlikte oolitler erime boşluklu ve geç diyajenetik replasmanla değişime uğramış olarak izlenir. Sert, piro-lusitten oluşma, ikincil kuvarsların özellikle oolit erime boşluklarında geliştiği Mn ce zengin düzeyler üste doğru pisolitik karakterli, zayıf dereceli, organik maddece zengin, yumuşak cevherleşmelere geçmektedir. Üst düzeylerdeki pizolitler 4 cm boyutlarına erişmekte istifsel olarak alttan üste doğru irileşmektedir. İri ve yumuşak pisolitik cevherin üzerine gri yeşil laminallı kiltaşları gelmektedir. Kiltaşları üzerine 10-15 cm kalınlığında, 4 cm ye varan manganez pizolitlerinden oluşma ikinci bir seviye bulunur. Bu düzey üzerine ise krem renkli laminallı marmlar çökelmiştir (Şekil. 11). Marmlar üzerinde kumlu çakıllı düzeyler bulunur.

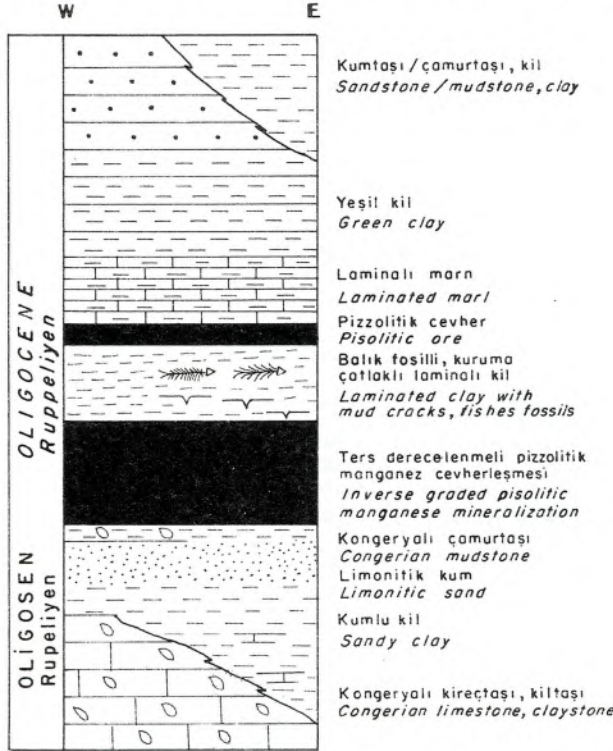
Cevherleşmenin tabanındaki Congeriyalı kireçtaşları batı yönünde daha belirginleşmektedir. Örneğin doğuda, Çatalca İncegiz köyü civarındaki yatakların tabanında belirsiz, bazen tamamen kaybolan Congeriyalı kireçtaşları, batıda Binkılıç civarında daha kalın ve düzenlidir. Yine doğu kesimde balıklı seri daha belirgin,



daha bol fosili, iken doğu kesimde belirsiz, balık fosillerince kıt ve daha iri tanelidir. Cevherleşme ise batıya doğru belirgin şekilde iyileşmektedir. Bu kuşaktaki manganez cevheri ortalama % 30 Mn, % 1.5 Fe, % 6 SiO<sub>2</sub> içermektedir.

Karadeniz çevresindeki Oligosen yaşlı manganez yataklarının oluşumu üzerine Cannon ve Force (1983), Frakes ve Bolton (1984) tarafından "transgresyon regresyon salınımlarına bağlı cevherleşme" modeli önerilmiştir. Bu modelde transgresyon cevherleşme için ön koşulları, bir anlamda hazırlık safhasını oluşturmaktadır. Cevher çökelişi ise regresyon döneminde olmaktadır. Şekil. 12 de cevherleşme işlemleri görülmektedir. Bu model yaşlı kalkanlardaki Proterozoik yaşlı ve oldukça yüksek rezervler içeren bantlı demir ve manganez yatakları için de önerilmiştir (Frakes and Bolton, 1984, Schussel and Aro, 1992).

Bu tür cevherleşmelerin regresyon döneminde oluştuğuna veri olarak cevherleşmenin içinde bulunduğu istifin sedimentolojik yapısı ve özellikle manganez yumrularındaki ters derecelenme gösterilmiştir. (Frakes and Bolton 1984, Bolton and Frakes 1985). Manganez nodüllerinin alttan üste doğru irileşmesi önce Kretase yaşlı Grote Eylandt yatağında (Avustralya) daha sonra ise Oligosen yaşlı Chiatura yatağında saptanmıştır. Nodül boyutuna pozitif yönde etki eden ortamdaki enerji ve/veya oksijen miktarı göz önüne alınırsa, iri nodüller sahil kenarında daha küçükleri ise dalga enerjisinin düştüğü derinliklerde oluşacaktır. Regresyonla kıyının



Şekil. 11- Çatalca (Binkılıç) bölgesindeki stratigrafik istif

Figure. 11- Stratigraphic column of the rock sequences in the Çatalca (Binkılıç) district



Şekil. 12- Transgresyon döneminde suda oksijen tüketimi ve ortamda çözülmüş manganezin artışı, regresyon döneminde diyajenetik remobilizasyon ve oksidasyon zonunda Mn çökelişi (Frakes ve Bolton 1992 den).

Figure 12-Oxygen depletion and dissolved Mn enrichment in the basin during marine transgression, diagenetic remobilization and precipitation of Mn in the oxidizing zones during marine regression (From Frakes and Bolton, 1992)

denize doğru ilerlemesiyle küçük boyutlu nodüllerin üzerine daha iri boyutlular çökecektir.

Ters derecelenmeli nodüllerden başka demir ile manganın stratigrafik dizilimi de transgresyon regresyon dönemine ilişkin önemli bilgiler vermektedir. Denizde derine, bir başka ifadeyle yüksek oksitlenme ortamından düşük oksitlenme ortamına doğru sırasıyla Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn(Ca)CO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe(Ca)CO<sub>3</sub> şeklinde bir çökelim gerçekleşmektedir. Bu dizilimin kimyasal stratigrafisi açısından anlamı, demir üzerine çökelen manganez cevherleşmesi regresif, tersine Mn üzerine çökelen Fe yatağı transgresif koşullarının ürünü olmaktadır. Bu ilişki G. Afrika, Brezilya, Hindistan'da birlikte bulunan demir ve manganez cevherleşmeleri için ayrıntılı olarak tartışılmıştır (Schussel and Aro, 1992).

Hem ters derecelenmeli mangan oksit pizolitleri, hem de tabanında limonitik düzeyleri bulunan Trakya havzasındaki manganez yatakları deniz çekilmesi ürünüdür. Havzanın sığlaşması ve oksijence zengin ortam koşullarına ulaşılmasıyla suda yüksek oranda bulunan Mn iyonları diyajenetik remobilizasyondan sağlanan katılımla birlikte çökelmiştir. Havzaya taşınan manganez iyonlarının kaynağı yüksek background değerli temeldeki metamorfik kayalar olmalıdır.

Manganezin çökmesine sebebiyet veren regresyon ve ilişkili paleoekolojik koşullardaki ani değişim, ortamdaki faunal yokoluşu da beraberinde getirmiştir. Chiatura yatağı civarındaki balık ve su memelilerince zengin Maikop Black shale fasiyesi Trakya Havzasındaki Balıklı seriye oldukça benzemektedir. Paratethis kıyılarını etkileyen ortamsal değişiklikler hem faunal yoko-



luşu, hem de bununla ilişkili manganez çökelişini sonuçlamıştır. Ancak Oligosen'deki bu ani paleoekolojik ortam değişikliğinin zaman ve mekan içindeki gelişimi ise henüz aydınlığa tam olarak kavuşmuş değildir.

### Katkı Belirtme

Yazar bu makaleyi hazırlanması konusunda teşviklerinden ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Önder Öztunalı'ya, Dr. James Hein'e, Prof. Larry Frakes'e teşekkür borçludur.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Akartuna, M., 1953, Çatalca - Karacaköy bölgesinin jeolojisi: İstanbul Üniv., Fen Fak. Monog. sayı 3.
- Bolton, B.R. and Frakes, A.F., 1985, Geology and genesis of manganese oolite, Chiatara, Georgia, USSR: Geol. Soc. America Bull. ve. 96, p. 1398-1406.
- Bolton, B.R., Frakes, L.A. and Cook J.N., 1988, Petrography and origin of inversely graded manganese pisolite from Groote Eylandt, Australia: Ore Geology Rev., v. 4, p. 47-69.
- Bonatti, E., Kraemer, T. and Raydell, H., 1972, Classification and genesis of submarine iron-manganese deposit, in Horn, D, ed., Natl. Sci. Faund., p. 149-166.
- Bora, E., 1969, Binkılıç Safaalan civarının jeolojisi ve manganez yatakları, İstanbul Üniv. Fen Fak. Jeoloji Bölümü (yayınlanmamış), 49 s.
- Brewer, P.G. and Spencer, D.W., 1974, Distribution of some trace elements in the Black Sea and their flux between dissolved and particulate phases: Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 20, p. 137-143.
- Cannon, W.F. and Force, E.R., 1983, Potential for high-grade shallow-marine manganese deposit in North America, in: Shanks, W.C., III, ed., Cameron volume on unconventional mineral deposits: New York, Soc. Mining Engineers, Am. - Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, p. 175-189.
- Choi, J.H. and Hariya, Y., 1992, Geochemisktry and depositional Environment of Mn oxide deposits in the Tokorro belt, Northeastern Hokkaido, Japan: Econ. Geol., v. 87, p. 1265-1274.
- Crerar, D.A., Namson, J. Chyi, M.S., Williams, L. and Feigenson, M.D., 1982, Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers: Econ. Geol. v. 77, p. 519-540.
- Degens, E.T. and Stoffers, P., 1976, Stratified water as a key to the past: Nature, v. 263, p. 22-27.
- Frakes, L.A. and Bolton, B.R., 1984, Origin of manganese giants: Sea-level change and anoxic-oxic history: Geology v. 12, p. 83-86.
- Frakes, L. and Bolton, B., 1992, Effects of ocean chemistry, sea level and climate on the formation of primary sedimentary manganese ore deposits: Econ. Geol. v. 87, p. 1207-1217.
- Koçulu, A., Van, A., Eyüpoğlu, I., Yalçınalp, B., 1985, Doğu Karadeniz çevreleşmelerine bir örnek: Ocaklı (Maçka-Trabzon) manganez zuhuru, Jeoloji Mühendisliği, s. 25, s. 23-37.
- Okita, P.M., Schulz, M.S., Gein, L.M., 1992, Central pasific cobalt rich ferromanganese crusts: Historical pers-

pective and regional variability, Keating, B.H. and Bolton, B.R., eds Geology and offshore mineral resources of the central Pasific basin, circum-Pasific council for energy and mineral resources. Earth Science series v. 14, New York, Springer Verlag, p. 261-283.

- Kuşcu, M. ve Gedikoğlu, A., 1989, Ulukent (Tavas-Denizli) güneyi manganez yataklarının jeokimyasal özellikleri: Yerbilimcinin Sesi, s. 17, s. 29-47.
- Nicholson, K., 1990, Stratiform manganese mineralization near Invernes, Scotland: a Devonian sublacturine hot spring deposit: Mineralum Deposita, 25, p. 126-131.
- Nicholson, K., 1992, Constrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guide to metallogenesis: Econ. Geol. v. 87, p. 1253-1264.
- Okita, P.M., Maynard, J.B., Spiker, E.C. and Force, E.R., 1988, Isotopic evidence for organic matter oxidation by manganese reduction in the formation of stratiform manganese carbonate ore: Geochim. et. Cosmochim. Acta, v. 52, p. 2679-2685
- Okita, P.M., 1992, Manganese carbonate mineralization in the Molongo District, Mexico: Econ. Geol. v. 87, p. 1345-1366.
- Oygür, V., 1990, Çayırılı (Ankara-Haymana) manganez yatağının jeolojisi ve kökeni üzerine görüşler, M.T.A. Dergisi, s. 110, S. 29-44.
- Öztürk, H., 1993, Koçali Karmaşığının Konak Formasyonu içindeki manganez nodüllerinin oluşumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni (incelemede).
- Peters, T., 1988, Geochemistry of manganese bearing cherts associated with Alpine ophiolites and the Hawisina Formations in Oman, Marine Geology, v. 84, p. 339-349.
- Rona, P.A., 1984, Hydrothermal mineralization at sea floor sprading centers: Earth Planet. Sci. Rev., v. 20, p. 1-104
- Roy, S., Dasgupta, S. Mukhopadhyay, S. and Fukuoka, M., 1990, Atypical ferromanganese nodules from pelagic areas of the central Indian Basin, equatorial Indian Ocean: Marine Geology, v. 92, p. 269-283
- Roy, S. 1992, Enverionments and Processes of manganese deposition: Econ. Geol. v. 87, p. 1218-1236
- Schussel, D. and Aro, P., 1992, The major early Proterozoic sedimentary Iron and manganese deposit and their Tectonic setting: Econ. Geol. v. 87, p. 1367-1374.
- Sönmez - Gökçen, N., 1964, Çatalca (Trakya) civarı Neojen'den Congeryalı serinin ostrakotlarla bulunan yeni yaşı hakkında: MTA Enst. Dergisi, s. 63.
- Ülkümen, N., 1960, Trakya ve Çanakkale mintıklarında bulunan Neojen balıklı formasyonları hakkında: İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. Monog., s. 16, 80 s.



## ORGANİK FASİYESLER

Mehmet ALTUNSOY Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Böl., SİVAS

Orhan ÖZÇELİK Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Böl., SİVAS

**ÖZ:** Organik fasiyes, sedimentlerin inorganik özellikleri dikkate alınmaksızın belirli bir stratigrafik ünitenin haritalanabilir ölçekteki alt birimidir ve bunlar organik unsurlarının karakterleri temel alınarak diğer alt birimlerden ayrılırlar. Organik maddenin oluşumu, bileşimi ve diyajenez özellikleri gözönüne alınarak yedi ayrı organik fasiyes tanımlaması yapılmıştır. Bu sınıflamada organik maddenin mikroskobik ve organik jeokimyasal özellikleri temel veri olarak kullanılmıştır.

A organik fasiyesi özel durumlarda bulunan sınırlı bir fasiyestir. Petrolün kökenini oluşturan B organik fasiyesi ile gazın kökenini oluşturan C organik fasiyesi hacimsel olarak çok yaygındır. Oksitlenmenin olduğu tüm ortamlarda gözlenen D organik fasiyesi ise hiçbir hidrokarbon oluşumu içermez. BC organik fasiyesi B ve C organik fasiyesleli arasında, CD organik fasiyesi ise C ve D organik fasiyesleri arasındaki geçiş fasiyesleridir.

### GİRİŞ

Son yıllarda yapılan üç ayrıntılı çalışmada, Organik fasiyesler Hunt (1979), Wapples (1982) ile Tissot ve Welte (1984) tarafından incelenerek petrol araştırmaları ve organik jeokimya uygulamalarında üzerinde önemli durulmuştur. Petrol jeolojisi ve organik jeokimyanın birlikte değerlendirilmesiyle, bu iki disiplin arasında bağlantı sağlanarak güçlü deliller elde edilmiştir.

Organik fasiyes çalışmaları; global açıdan yapılan petrol araştırmaları, jeofizik ve jeolojik veriler, jeokimyasal ve mikroskobik bilgilerin birlikte değerlendirilmesiyle yapılır. Bu çalışmalarda jeokimyasal ve mikroskobik bilgilerin zorunlu olmasına karşın diğer veriler olmayabilir. Pelet ve Deroo (1983) ile Jones (1987)'in bu konudaki fikirleri de birbirlerini desteklemektedir.

Organik fasiyes tanımı Jones ve Demaison (1982) tarafından şu şekilde önerilmektedir; "Sedimentlerin inorganik özellikleri dikkate alınmaksızın belirli bir stratigrafik ünitenin haritalanabilir ölçekteki alt grubudur ve bunlar organik unsurlarının karakterleri temel alınarak diğer alt gruplardan ayrılırlar." Amerikan Jeoloji Enstitüsü Araştırmacıları organik fasiyesleri inceleyen kayaçların yalnızca organik özelliklerini dikkate almamışlar, yatay ve dikey doğrultuda değişen inorganik özelliklerini de incelemişlerdir. Kerojenin kimyasal özellikleri, maseral tipleri ve mikroskobik incelemelere göre organik fasiyes ayırtlaması yapılmaktadır. Herbir fasiyesin mikroskobik ve kimyasal özellikleri, çökeltme ortamları ve örnekleri incelenerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Tanımlamalar yapılırken organik maddenin bileşimi, oluşumu ve diyajenetik durumu da gözö-

nüne alınmıştır. Çalışması yapılan organik fasiyeslerin yerleri Şekil. 1'de şematik olarak gösterilmiştir. H/C oranı, hidrojen indeksi (HI) ile oksijen indeksini (OI) içeren Rock-Eval pirolizi verileri ve egemen organik madde türlerine göre 7 ayrı organik fasiyes ayırtlanmıştır. Jones (1987)'in geliştirdiği bu organik fasiyes çeşitleri aşağıdaki gibidir;

- 1- A organik fasiyesi
- 2- AB organik fasiyesi
- 3- B organik fasiyesi
- 4- BC organik fasiyesi
- 5- C organik fasiyesi
- 6- CD organik fasiyesi
- 7- D organik fasiyesi

Yukarıdaki sınıflamalara göre organik maddenin bileşimi, oluşumu ve diyajenetik durumu dikkate alınarak organik fasiyes çalışmaları Türkiye'de ilk kez Özçelik (1992) tarafından Malatya'da Kretase yaşlı sedimanlara ve Sivas Havzasında da Tersiyer birimlerine yine Altunsoy ve Özçelik (1992) tarafından uygulanarak sonuçlar alınmıştır.

### 1- A ORGANİK FASİYESİ

Mikroskobik olarak A organik fasiyesi tanınabilir algal düzeylerden oluşmuştur. Genellikle tek cinsler (Botryococcus, Tasmanites) şeklindedir. Algal ve amorf organik madde koyu sarı renktedir. Bazı durumlarda renk miktarı daha da koyulaşmaktadır. Bu durum A organik fasiyesinde gelişen kerojenlerin yüksek petrol



oluşturma kapasitesini işaret eder.

A organik fasiyesindeki sedimentler içerisinde korunmuş iyi kalitedeki kerojen bulunur. % 0,5 vitrinit yansımaları değerine göre H/C oranı 1,45 den daha büyük, hidrojen indeksi (HI) 850 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) ise 10-30 mg CO<sub>2</sub>/g TOC'dir (Tablo 1). Bu fasiyeste oluşan hidrokarbonların bileşiminde alifatik zincirler egemendir. Rock-Eval pirolizi verilerinde S2 eğrileri dardır ve Tmax ısısı madiren yüksektir (Tissot ve diğ., 1978). S2'nin dar oluşu kerojenin homojenitesini ve yüksek polimerizasyon derecesini verir (Largeau, 1984). Toplam organik karbon (TOC) miktarı değişmekle birlikte genellikle yüksektir. Green River formasyonundaki Mahogany zonunda % 20'yi geçmektedir. Bu formasyonun bazı düzeylerinde % 50'ye kadar ulaşmaktadır (Jones, 1987).

Ayrışmaya karşı yüksek direnç gösteren alglerin dışında A organik fasiyesi için uygun çökeltme ortamı tamamen oksijensiz olmalıdır. Böyle bir ortam su altında tuzluluğun artmasına paralel olarak yoğunluk artışıyla sağlanabilir (Ayres ve diğ., 1982; Shirav ve Ginzburg, 1983). Katmanlar arasında sülfat içeriğinin artması sonucu tuzluluk içeriği de artmakta, biyojenik metan formasyon tarafından tutulmakta ve yoğunlaşma sağlanarak kerojenin kalitesi yükselmektedir (Rice ve Claypool, 1981).

A organik fasiyesi genellikle büyük göllerin merkezinde, daha az olarak denizel ortamlarda yer alır. Her iki ortamda da su sütununun oksijensiz bölümünde çökeltim gerçekleşmektedir. İklim çoğunlukla nemli, yarı nemli ve ılıktır. Su sütunu rüzgar ve dalga hareketinden korunacak kadar yeterli derinlikte olmalıdır. Doğu Afrika rift göllerinde 20 m, daha büyük göllerde ise 60 m'ye kadar oksijenli sular bulunur. Topografyanın durumu ile iklim ve tektonikle meydana gelen değişimler su derinliğini etkilemektedir. A organik fasiyesinin bulunduğu göl ortamlarında çökeltme derinliği, yaş, boyut ve tuzluluk hakkında bir sınır getirilememiştir.

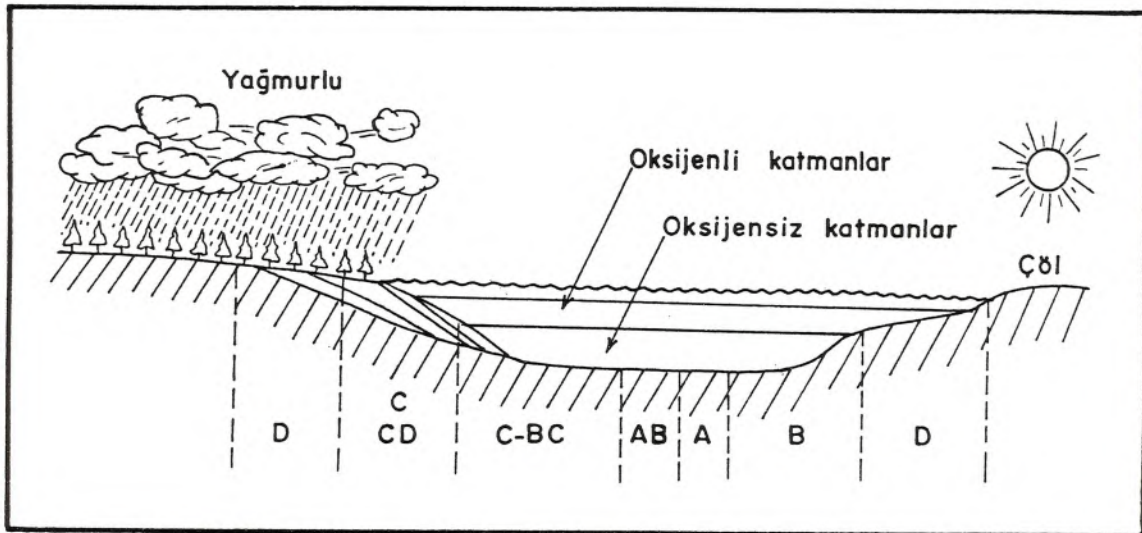
Denizel ortamlarda mercerler şeklinde görülen A

organik fasiyesi daha çok karbonat ve şeyllerde yer alır. İnorganik bileşenlerin artması durumunda, oluşan hidrokarbonlarda alifatik zincirlerde azalma görülür. Bu fasiyes oluşum karakteristikleri açısından çok verimli olmasına karşın boyutları sınırlı olduğu için büyük petrol alanlarına rastlanılmaz. Azda olsa petrol üretimi yapılan alanlar bulunmaktadır. Bu şekildeki bir alana örnek olarak Venezuela'da bulunan ve Maracaibo Havzasında yüzeyleyen La Luna formasyonu verilebilir (Talukdar, 1985). Bu bölgedeki petrolerin % 95' Kretase yaşlı A organik fasiyesinde çökeltlen La Luna formasyonundan üretilmektedir. Bu fasiyese petrol üretimi yapılan başka bir örnek ise Çin'in kuzeydoğusunda bulunan Songlio Havzasındaki Daqing petrol alanıdır (Yang ve diğ., 1985). Şekil. 2 de Daqing petrol alanına ait örneklerin Rock-Eval pirolizi verileri görülmektedir.

A organik fasiyesinde çökeltmiş başka alanlar da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır; Güney Avustralya'daki Officier Havzasında görülen Kambriyen çökelleri (Mc Kirby ve Morton, 1983), A.B.D. de Wyoming, Colorado ve Utah'da bulunan Eosen göl sistemleri (Huc, 1985), Doğu Kanada Mississipiyan'indeki bazı çökeller (Macaulay ve diğ., 1984; Kalkreuth ve Macaulay, 1984), İskoçya'daki Devoniyen yaşlı Orcaden Havzası sedimentleri (Parnell, 1975) ve A.B.D. deki gölsel Green River Formasyonu sedimentleri (Jones, 1987) dir.

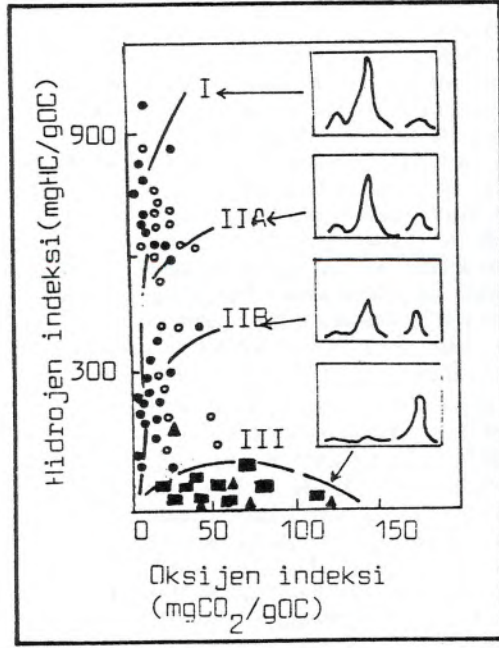
## 2- AB ORGANİK FASİYESİ

Bu fasiyes, A organik fasiyesi ile B organik fasiyesi arasında geçiş oluşturur. Yüksek fluoresans özellik gösteren karışık kökenli alglerin meydana getirdiği kerojenler bulunmaktadır. H/C oranı, % 0,5 vitrinit yansımaları değerinde 1,35-1,45 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 650-850 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) ise 20-50 mg CO<sub>2</sub>/g TOC dir. Toplam organik karbon oranı genellikle yüksektir. Egemen organik madde amorf olup karasal organik madde içeriği son derece azdır (Jones, 1987).



Şekil. 1- Değişik çökeltme ortamlarındaki farklı organik fasiyeslerin görünümü (Jones, 1987'den değiştirilmiştir.).





Şekil 2- Çin'de Songlio Havzasındaki Kretase yaşlı birimlerin Rock-Eval pirolizi verileriyle kerojen tiplerinin karşılaştırılması (Yang ve diğ., 1985).

AB organik fasiyesinde çökelim denizel şeyl ve karbonatlarda olduğu kadar gölsel kayalarda da olmaktadır. A organik fasiyesine göre jeolojik yer çökelim açısından daha büyüktür. Karasal organik madde içeriği ise Güney Atlantik boyunca gelişen göller ile Afrika rif göllerinde olduğu gibi genellikle daha fazladır. Organik maddenin boyutu ve yoğunluğu dikkate alındığında vitrinit ve inertinit gibi büyük partiküller kıyıya yakın alanlarda çökelerken spor, polen ve mumlu organik maddeler gibi ince partiküller daha derin sulu ortamlarda çökeltmektedir (Ebukanson ve Kinghorn, 1985).

Güney Atlantik kenarları boyunca gelişen göl sistemleri, Batı Sibirya'daki Jurasik yaşlı köken kayalar AB organik fasiyesine örnek olarak verilebilir (Jones, 1987).

### 3- B ORGANİK FASİYESİ

Dünya petrollerinin en büyük kısmı B organik fasiyesindeki köken kayalarda bulunmaktadır. Bunlar çoğunlukla denizel şeyller ve karbonatlar, daha az olarak da gölsel kayalarda görülürler.

Kerojenleri yeşilimsi ve portakal renklerindeki amorf organik maddenin egemen olduğu yığılımlar şeklindedir. Karasal organik madde miktarı A ve AB organik fasiyeslerine göre daha fazladır. Toplam organik karbon miktarı (TOC) ise % 2-10 arasında değişmektedir. Bu oranın değişmesiyle kerojenin mikroskobik ve kimyasal özellikleri de değişecektir (Summerhayes, 1981).

H/C oranı % 0,5 vitrinit yansıması değerine göre

1,15-1,35 arasındadır. Karasal bileşenlerin miktarının artmasıyla H/C oranında da azalma görülecektir. Bunun tersi olarak vitrinit, inertinit gibi karasal maserallerin miktarı da artacaktır. B organik fasiyesinde hidrojen indeksi (HI) 400-650 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 10-30 mg CO<sub>2</sub>/g TOC dir. Egemen organik madde ise amorf olup yaygın olarak karasal bileşimlerde bulunmaktadır (Tablo 1).

B organik fasiyesi genellikle denizel ortamlarda, daha az olarak gölsel ortamlarda çökeltmektedir. Ancak çökeltme ortamı oksijensizdir. Yüksek oranda organik madde birikimi olduktan sonra da oksijensiz ortamın etkisinde kalabilir (Calvert, 1983; Jones, 1983). Bu şekildeki alanlar daha çok dış self ile üst kısa eğimi arasındadır. B organik fasiyesinin oluşabilmesi için Demaison ve Moore (1980) ortamdaki oksijen miktarının 1 litre suda 1 mililitreden daha az olması gerektiğini belirtmektedirler. İllik ve az değişken iklimler ile dalga hareketinin az bulunduğu ortamda çökelim gerçekleşir. İnce taneli sedimentler egemendir. Oksijensiz ortamdaki bentik faunanın azalması ve çökeltme koşullarının değişmesiyle petrol oluşma kapasitesinde de değişmeler görülmektedir. Bu fasiyesin petroleri daha çok naftik ve parafinik bileşimli olup aromatik bileşenler oldukça azdır.

Dünyada B organik fasiyesinin örnekleri çoktur. Bunlardan başlıcaları; Paris Havzasındaki Toarsiyen seyleri (Tissot, 1974), Kaliforniya'daki Miyosen yaşlı Monterey formasyonu (Summerhayes, 1981), Batı Kanada'daki Devoniyen yaşlı Rainbow-Zama karbonat köken kayaları (Mc Cames ve Griffith, 1967), Ortadoğu Üst Jurasik köken kayaları (Murriss, 1980; Ayres, 1982; Jones, 1985) ve Gulf Coast köken kayalarıdır (Oehler, 1984). Yukarıdaki örneklerin dışında evaporitik alanlarda da bulunan B organik fasiyesi çökelleri yer almaktadır. Batı Avrupa'daki Zechtein evaporitik alanlarında petrol oluşumu gerçekleşmektedir (Şekil 3).

### 4- BC ORGANİK FASİYESİ

B ve C organik fasiyeslerini karakterize eden kerojen tiplerinden oluşmuştur. Karasal organik madde içeriği B organik fasiyesinden daha fazladır. Ötrinit yansımasının % 0,5 değerinde H/C oranı 0,95-1,15 arasında, hidrojen indeksi (HI) 250-400 mg HC/G TOC, oksijen indeksi (OI) 40-80 mg CO<sub>2</sub>/g TOC, egemen organik madde türü karışık ve oksidasyona uğramıştır. Toplam or-

Organik Fasiyes	Ro-%0,5 de H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
A	1,45	850	10-30	Algal, amorf
AB	1,35-1,45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1,15-1,35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0,95-1,15	250-400	40-80	Karışık, bazan okside
C	0,75-0,95	125-250	50-150	Karasal, bazan okside
CD	0,60-0,75	50-125	40-150	Okside, Revoked
D	0,60	50	20-200	Yüksek okside revoked

Tablo 1- Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Jones, 1987).



ganik karbon oranı ise % 1-3 arasındadır. BC organik fasiyesi B ve C organik fasiyeslerinde olduğu gibi geniş alanlara yayılmaktadır.

Bu fasiyesin en fazla bulunduğu alanlar delta önleri, prodelta çamurları ve dış şelflerdir. Bazen lagünlerde de çökelimler görülmektedir. Lagünün merkezinde B, kenarlarında BC, kıyıya en yakın alanlarda da C organik fasiyesi çökelmektedir. BC organik fasiyesinde petrol oluşumları gerçekleşebilmektedir. Ancak bu oluşumlar B organik fasiyesine göre daha sınırlıdır ve aromatik bileşimler daha fazladır. Ayrıca delta önlerinde de çökeldikleri için gaz oluşumu da sağlayabilirler.

BC organik fasiyesine ait en iyi köken kayalar Mississippi Deltasındaki Senozoyik yaşlı şeyilli birimler (Dow, 1978) ile Nijer Deltasıdır (Weber ve Doukuru, 1975). Bu fasiyesi gösteren başka örneklerde vardır. Bunlar; Endonezya'daki Mahakam Deltası Çökelleri (Combaz ve Matharel, 1978; Durand ve Oudin, 1980), Çin'deki gölsel sedimentlerin bulunduğu Songlio Havzası (Yang, 1985), İspanya'nın güneydoğu açıklarında yer alan ve Miyosen yaşlı birimlerin yüzeylediği Kasablanka alanlarıdır (Jones, 1987). Kasablanka alanında B den D ye kadar değişen organik fasiyesler bulunmaktadır. Köken kayayı Orta Miyosen yaşlı kayalar oluştururken Jurasik yaşlı karbonatlarda rezervuarı meydana getirmektedirler (Şekil 4).

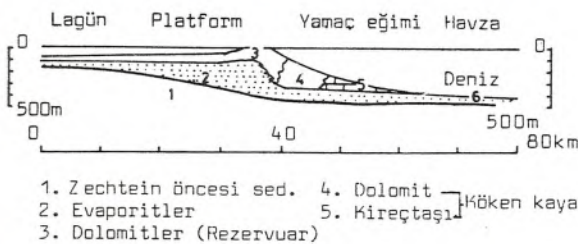
### 5- C ORGANİK FASIYESİ

C organik fasiyesinde değişik tiplerdeki karasal kerojenler yer alırlar. Vitritlerin her türlü tipinin yanında spor, kütikül, rezinit, füzinit, semifüzinit ve inertinit gibi organik bileşimler bulunmaktadır. Çok az miktarda reworked organik maddeler de görülür.

H/C oranı vitrinit yansımasının % 0,5 değerine göre 0,75-0,95 arasındadır. Hidrojen indeksi (OI) 50-150 mg CO<sub>2</sub>/g TOC dir. Toplam organik karbon oranı (TOC) değişimle birlikte % 0,5-2 arasındadır. Egemen organik madde genellikle karasal olup bazen oksidasyona uğramıştır.

Bataklıklar bu fasiyesin çökeli için uygun alanlardır. Kıta eğimi ve şelf üzerinde de C organik fasiyesi çökellerini görmek mümkündür. Kömür oluşumları da bu fasiyeste gerçekleşmektedir. Bunların dışında türbiditlerle taşınan organik materyaller kıta yamaçlarında biriken C organik fasiyesini oluşturabilirler.

C organik fasiyesine örnek olarak Labrador kıyılarında bulunan Alt Tersiyer yaşlı kayalar verilebilir (Şe-



Şekil 3- Almanya'da Zechtein Havzası kenar bölümlerinin kesiti (Jones, 1987).

kil 5). Bu bölgede yer alan organik maddeler genellikle inertinit bileşimli olup Rock-Eval pirolizi verilerinde geniş oluşum eğrileri içerirler. Grönland'ın doğusundaki Jurasik yüzleklerinde de C organik fasiyesinin geniş yayılımları görülmektedir. Organik maddenin tamamı karasal olup inertinit bileşimlidir. Batı Avrupa'daki Permian yaşlı Rotliegendes Formasyonunda bulunan gazlar C organik fasiyesinde gelişmişlerdir. Bu gazların kökenini altta bulunan Karbonifer kömürleri oluşturur (Lutz, 1975). Batı Sibirya'daki Kretase yaşlı gaz alanlarının bir çoğu kömür kökenlidir (Yermakov ve diğ., 1972).

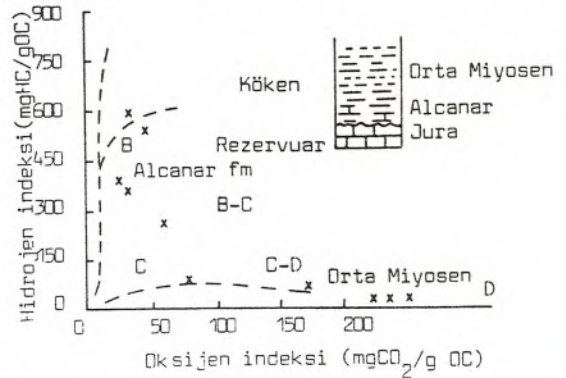
Mississippi, Nijer, Mahakam ve Mc Kenzie Deltalarındaki Kretase ve Tersiyer yaşlı sedimanlar C organik fasiyesinde kalın birimler şeklinde görülürler. Bu birimlerde önemli miktarda gaz rezervleri bulunmaktadır. Bu fasiyeye Türkiye'den örnek olarak Sivas Tersiyer Havzasında bulunan Eosen yaşlı Bozbel Formasyonu verilebilir (Altunsoy ve Özçelik, 1992).

### 6- CD ORGANİK FASIYESİ

CD organik fasiyesi; karasal bitki kalıntılarının karışımları, reworked organik maddeler ve bilinmeyen kökenlere ait ince taneli organik maddelerden meydana gelmiştir. Değişik niteliklerdeki organik maddeler fluoresans özellik göstermez. Bu fasiyesin mikroskopik ve kimyasal karakteristikleri çok az oranda kuru gaz oluşumunu gösteren değerlere işaret eder.

H/C oranı, vitrinit yansımasının % 0,5 değerine göre 0,60-0,75 arasındadır. Hidrojen indeksi (HI) 50-125 mg HC/g TOC, oksijen indeksi (OI) 40-150 mg CO<sub>2</sub>, egemen organik madde türü ise reworked ve oksitlenmiş organik maddelerdir (Tablo 1).

CD organik fasiyesinin en yaygın olduğu alanlar derin deniz ortamları ile yüksek dağ dizilerinin önleridir. Bazan ince taneli sedimanlar şeklinde iç şelfte de bulunabilirler. Alaska'nın Kuzeydoğusundaki Alt Kretase yaşlı Torok Formasyonu bu fasiyes için iyi bir örnektir (Jones, 1987). Karasal ortamda oluşan Torok Formasyonunun kalınlığı çok fazla olup reworked ve oksidasyona uğramış organik maddeleri içermektedir. CD organik fasiyesine Türkiye'den örnek olarak Malatya kuzey-



Şekil 4- Hidrojen indeksi (HI) ve oksijen indeksi (OI) değerlerine göre İspanya açıklarındaki Kasablanka alanında bulunan Alcanar Formasyonunun organik fasiyesleri (Jones, 1987).



batısında bulunan Üst Kretase yaşlı Ulupınar Formasyonu verilebilir (Özçelik, 1992).

## 7- D ORGANİK FASİYESİ

İnertinit maseral gruplarının egemen olduğu fasiyeste değişik etkenlerle yüksek oranda alterasyona uğramış reworked organik maddeler ve ağır kömür maseraleri yer alır. Bunlar siyah renkli ve köşeli, inorganik minerallerle karışmış olarak bulunurlar (Tissot, 1979). Bu organik maddeler mikroskopta bazan amorf organik madde gibi görülebilirler.

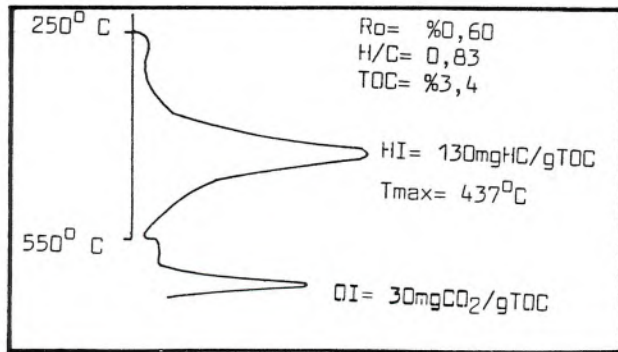
D organik fasiyesi düşük toplam organik karbon içeriğine sahiptir ve organik maddenin hiçbir fluoresans özelliği yoktur. H/C oranı, % 0,5 vitrinit yansıması değerinde 0,60'ın altındadır. Hidrojen indeksi (HI) 50 mg HC/g TOC'den düşük, oksijen indeksi (OI) 20-2000 = mg CO<sub>2</sub>/g TOC dir. Bu özellikleri nedeniyle D organik fasiyesi ekonomik önemi olmayan oluşumları içerebilir ve değişik alanların korelasyonunda önemli olabilir.

Reworked organik madde iri taneli ve kötü boylanmış sedimentler içerisinde bulunmaktadır. Bu tür çökelimler ise alüvyon yelpazeleri ve türbiditlerde olmaktadır. İnce taneli reworked organik maddeler derin deniz ortamları da dahil olmak üzere her türlü ortamda yer alırlar.

D organik fasiyesi zaman ve yer açısından oldukça geniştir ve dünyada birçok örneği bulunmaktadır. Alaska ve Kaliforniya'da bu fasiyes oldukça yaygındır (Swift ve Williams 1980). Alpler'deki molas havzaları ile Pasifik okyanusundaki 5000 m nin altındaki çökeller de bu fasiyeste gelişmişlerdir. Batı Akdeniz Pliyosen'inde de benzer özellikler gözlenmiştir (Şekil 6). Yapılan çalışmalarda kaya ve kerojen örneklerinin Rock-Eval pirolizleri farklı sonuçlar vermiş, önorganik bileşenler hidrokarbon oluşumunu etkileyerek yüksek oksijen indeksi (OI) değerleri elde edilmiştir (Jones, 1987). Türkiye'de Sivas Tersiyer Havzasında yer alan Oligosen yaşlı Selimiye Formasyonuna ait birimler D organik fasiyesinde çökelmişlerdir (Özçelik ve Altunsoy, 1991).

## SONUÇLAR

Organik fasiyes kavramları kömür petrograflarınca



Şekil 5- Labrador kıyılarında bulunan Alt Tersiyer yaşlı birimlerdeki C organik fasiyesi (Jones, 1987).

yıllardan beri kullanılmış olmalarına karşın, organik jeokimya çalışmalarında sayısal olarak belirtilmemiştir. Bu çalışmada 7 organik fasiyes ayırtlanmış, H/C oranları, hidrojen indeksleri (HI), oksijen indeksleri (OI) sayısal olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca Dünyadan ve Türkiye'den bilinen örnekler verilerek çökelme ortamları tartışılmıştır.

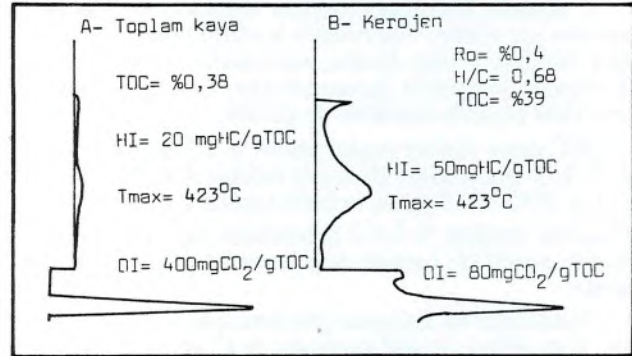
- A Organik Fasiyesi: Seyrek olarak gözlenen bu fasiyes oksijensiz ortamlarda çökelmiştir. Organik maddece zengindir ve laminalı sedimentler içinde bulunmaktadır. Tanınabilir karasal organik madde yok denecek kadar azdır.

- AB Organik Fasiyesi: Hacimsel olarak A organik fasiyesinden daha geniştir ve karasal organik madde içeriği daha fazladır. Petrol oluşumu gerçekleşen bu fasiyes karbonat ve şeyl köken kayaları bulundurur.

- B Organik Fasiyesi: Bu fasiyes, petrol oluşturma eğilimindeki köken kayaların en büyük bölümünü oluşturur. Sedimanları oksijensiz ortamda çökelmişlerdir.

- BC Organik Fasiyesi: Hem petrol hemde gaz oluşturabilen organik fasiyestir. Organik madde algal ve biyodegradasyona uğramış materyallerin karışımından meydana gelmiştir. Prodelta çamurları bu fasiyes içerisindedir.

- C Organik Fasiyesi: Gaz oluşumunu sağlayan organik fasiyestir. Karasal kökenli organik maddeler bu fasiyesin oluşumuna neden olmaktadır. Bataklık ortam-



Şekil 6- Batı Akdeniz Pliyosen'indeki D organik fasiyesi. Kaya ve kerojen örneklerinin Rock-Eval pirolizi değerleri görülmektedir (Jones, 1987).

ları C organik fasiyesinin çökelmiş alanlardır.

- CD Organik Fasiyesi: Kalıntı ve oksidasyona uğramış karasal organik madde içerirler. Az miktarda gaz oluşturabilen organik fasiyestir.

- D Organik Fasiyesi: Oluşum kapasitesi olmayan bu fasiyeste organik madde yüksek derecede oksidasyona uğramıştır. Hiçbir oluşum kapasitesi olmayan bu fasiyes oksitlenmenin olduğu bütün ortamlarda gözlenir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

Altunsoy, M., ve Özçelik, O., 1992, The characteristics of organic facies of the Bozbel Formation (Lutetian), Southern Hafik (Sivas) Türkiye: Work in



- progress on the geology of Türkiye, Keele Univ. Abstracts, p. 16.
- Ayres, M.G., Bilal, M., Jones, R.W., Slentz, L.W., Tarrir, M. ve Wilson, A.O., 1982, AAPG Bull., 66, 1-9.
- Calvert, S.E., 1983, Can. Soc. Petr. Geologist News Letter 10 (2), 1-2.
- Combaz, A., ve Matharel, M., 1978, AAPG Bull., 62, 1684-1695.
- Demaison, G.J., ve Moore, G.T., 1980, AAPG Bull., 64, 1179-1209.
- Dow, W.G., 1978, AAPG bull., 62, 1584-1606.
- Durand, B., ve Oudin, J.L., 1980, Proc. 10 the World Petr. Cong. 2, 1-12.
- Ebukanson, E.J., ve Kinghorn, R.R.F. , 1985, W. Petr. Geol. 8, 435-462.
- Jones, R.W. , ve Demaison, G.J. , 1982, in "Proceedings of the second ASCOPE conference and exhibition, Manila": (Saldivar-Sali, A. Ed.), 51-68.
- Jones, R. W. , 1983, In "The shelfbreak: critical interface on continental margins": (Stanley, D.J., ve Moore, G.T. , Eds.)391-408. SEPM spec. pub. 33.
- Jones, R.W. , 1985 AAPG Bull., 69, 2031-2033.
- Jones, R.W., 1987, Organic Facies: Advances in petroleum geochemistry (Brooks, J., ve Welte, D., Eds.), V.2, 1-91.
- Huc, A.Y., Herbin, J.P., ve Vandebroucke, M., 1985, in "Lacustrine petroleum source rock, programme and abstracts" Meeting IGCP project 279 and petr. group London Geo. Soc.
- Hunt, J.M., 1979, Petroleum Geochemistry and Geology: W.H. Freeman, San Francisco.
- Largeau, C., Casadevall, E., Kadouri, A., ve Metzger, P., 1984, Org. Geochem. 6, 327-332.
- Kalkreuth, W., ve Macaulay, G., 1984, Can. Petr. Geol. Bull., 32, 38-51.
- Katz, B.J.,1985, In "Lacustrine source rocks, Programme and abstracts": Meeting IGCP project 219 and petr. group London Geol. Soc.
- Lutz, M., Kaasechieter, J.P.H., ve Van Wyke, D.H., 1975, Proc. 9 th World Petr. Cong., 2, 93-103.
- Macaulay, G., Ball, F.D., ve Powell, T.G., 1984, Can. Petr. Geol. Bull., 32, 27-37.
- Mc Cames, J.G., ve Griffith, L.S., 1967, Can Petr. Geol. Bull., 15, 434-467.
- McKirdy, D.M., ve Morton, J.G.G., 1985, In "Lacustrine petroleum source rock, programme and abstracts": Meeting IGCP project 279 and petr. group London Geol. Soc.
- Murris, R.J., 1980, AAPG Bull., 64, 597-618.
- Oehler, J.H., 1984, In "Pertroleum geochemistry and source rock potential of carbonate rocks": (Palacas, J.G., Ed.), 63-70. AAPG, Tulsa.
- Özçelik, O., 1992, Levent kuzeybatısında (Akçadağ-Malatya) Ulupınar Formasyonunun (Maestrihtiyen) organik fasiyes incelemeleri: Jeoloji Müh., Derg., 41, 63-69.
- Özçelik, O., ve Altunsoy, M., 1991, Bolucan (Zarasivas) yöresinde Selimiye Formasyonu (Oligosen) organik fasiyes özellikleri: Akdeniz Üniv., Müh. Fak.Derg., 6 145-152.
- Parnel, J., 1985, In "Lacustrine petroleum source rock, programme and abstracts": Meeting IGCP project 279 and petr. group London Geol. Soc.
- Pelet, R., ve Deroo, G., 1983, Bull. Soc. Geol. France, (II) 4, 483-493.
- Rice, D.D., ve Claypool, G.E., 1981, AAPG Bull, 65, 5-25.
- Shirav, M., ve Ginzburg, D., 1983, In "Abstracts ACS symposium on geochemistry and chemistry of oil shales": 20-25.
- Summerhayes, C.P., 1981, AAPG Bull, 65, 2364-2380.
- Swift, J.H., ve Williams, T.A., 1980, In "Petroleum geochemistry and basin evaluation": (Demaison, G.C., ve Murris, R.J., Eds), 205-216, AAPG Memoir 35.
- Talukdar, S., Gallango, O., ve Chin- A-Lion, M., 1985, In "Abstracts 12 th international meeting on organic gechemistry": 32.
- Tissot, B., Durand, B., ve Combaz, A., 1974, AAPG Bull., 55, 499-506.
- Tissot, B., Deroo, G., ve Herbin, J.P., 1978, In "Implications of deep drilling. Result in the North Atlantic": Maurine Ewing Series, 3.
- Tissot, B., 1979, Nature, 277, 377-380.
- Tissot, B., ve Welte, D.H., 1984, Petroleum formation and occurrence: Revised edition, Springer-Verlag, New York.
- Weber, K.J., ve Doukoku, E., 1975, Proc. 9 th World Petr. Cong., 2, 209-221.
- Waples, D.W., 1981, Organic Geochemistry for petroleum geologist: Burgens, Minneapolis.
- Yang, W., Li, W., ve Gao, R., 1985, AAPG Bull., 69, 1112-1122.



# PLANLAMAYA YARDIMCI MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTALARI\*

İlker ŞENGÜLER MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Yerleşim yerlerinin, sanayi tesislerinin ve iletişim hatlarının yerleşeceği alanlarda heyelan, deprem, volkanizma ve çökme gibi jeolojik faktörlerin etkilerinin dikkate alınması planlamanın en önemli bölümünü oluşturmaktadır.

Mühendislik jeolojisi çalışmaları planlamanın temeli olmakla beraber, uygulamanın her aşamasında çok değerli bilgiler sunması nedeniyle bir kat daha önem kazanmaktadır.

Mühendislik jeolojisi haritaları konvansiyonel jeoloji haritalarından farklılık gösterir. Bu haritalarda jeoloji ve yapı arasındaki ilişki irdelenmekte olup kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri, mühendislik açısından davranışları ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Planlamacılar için çok ve çeşitli jeolojik bilgiler gerektiğinden bu ihtiyacı karşılamak üzere değişik özelliklere sahip çok sayıda mühendislik jeolojisi haritaları üretilmiştir.

Bu makalede yazar, mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanmasındaki yöntemleri gözden geçirmektedir.

## GİRİŞ

Mühendislik jeolojisi mühendislere, planlamacılar ve tasarımcılara jeolojik yapıya en uygun mühendislik hizmetlerinin oluşturulmasını ve geliştirilmesini sağlar. Mühendislik jeolojisi haritalarının önemi, doğal afetlerden korunmada ilk sırada yer almaktadır. Bu afetler veya tehlikeler; heyelanlar, depremler, çökmeler ve volkanlar olarak sıralanabilir. 1978'de heyelanlardan meydana gelen zarar ABD'de 1000 Milyon Dolar (Schuster, 1978), İtalya'da ise 1100 Milyon Doların üzerinde olmuştur (Arnould ve Frey, 1978). Yine bu gibi afetlerde can kaybı da hiç az değildir. 1962-1974 yılları arasında Peru'da yaklaşık 24.000 kişi hayatını kaybetmiştir.

Can kayıplarının, yaralanmaların ve zararların nedeni büyük ölçüde jeolojik yapılar ve jeolojik olaylardır. Tüm bu tehlikelerden kaçınmada jeoloji mühendisleri planlamacıların ve inşaat mühendislerinin en büyük yardımcısıdır. Bu konuda en önemli araç ise mühendislik jeolojisi haritalarıdır.

## Mühendislik Jeolojisi ve Planlama

Jeoloji, planlama ve uygulamanın her aşamasında çok önemli bilgiler sunar. Baraj, tünel, yol ve havalanı yapımında, yeni yerleşim yerlerinin belirlenme-

sinde, güç santrallerinin ve sanayi tesislerinin yerinin seçiminde, taşımacılık ve iletişim sistemlerinin güzergahlarının belirlenmesinde, güç santrallerinin ve sanayi tesislerinin yerinin seçiminde, taşımacılık ve iletişim sistemlerinin güzergahlarının belirlenmesinde bu konuda uzman jeoloji mühendislerine gereksinim vardır. Dahası tüm bu yapıların oluşturulmasından sonra da mühendislik jeolojisi çalışmalarından uzak durulamaz. Daima mühendislik jeolojisi uzmanlarının uyarı ve önerileri gereklidir.

Konvansiyonel jeolojik haritalar yaklaşık ikiyüz yıldır yapılmakta ve bu haritalar gerek inşaat mühendisleri gerekse planlamacılar tarafından bilinmekte ve kısmen de kullanılmaktadır. Ancak haritaların kullanımında büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. Çünkü söz konusu haritalar sadece bir jeoloji mühendisinin yorumlayabileceği nitelikte jeolojik bilgiler ve çizgiler taşımakta ayrıca zaman zaman kullanıcıya vereceği bilgiler sınırlı olmaktadır.

Mühendislik amacıyla yapılan kullanma (yorumlama) kolaylığına ve doyurucu bilgiye sahip mühendislik jeolojisi haritaları, jeoloji ve yapı arasındaki ilişkiyi irdelleyen nitelikte olup konvansiyonel haritalardan farklılık göstermektedir. Bu haritalarda fiziksel ve mekanik özellikler ön plana çıkmakta, jeolojik yapılar ve tüm aktif süreçler ağırlıklı ve ayrıntılı olarak

\* *Geology for environmental planning (1987) adlı dergide, Alan Foster ve Martin G.Culshaw tarafından yazılan "Engineering geological maps as an aid to planning" adlı makaleden türkçeleştirilmiştir.*

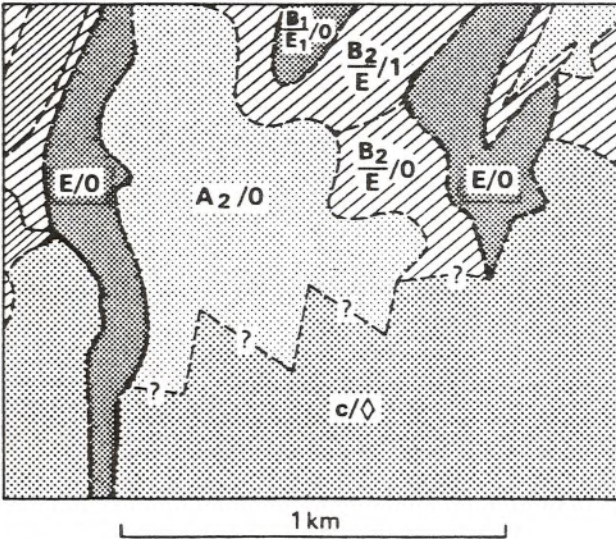


işlenmektedir. Bu çalışmalarda kayalar ve topraklar mühendislik açısından davranışlarına göre sınıflandırılmakta ve benzer mühendislik özelliklerine sahip farklı yaşlardaki kayaç toplulukları ayrı ayrı gösterilmemektedir. Bir stratigrafik birim mühendislik özellikleri açısından birkaç birime ayrılabilir. Çünkü bir stratigrafi birimi farklı birkaç litolojiye sahip olabileceği gibi günlenme de kaya biriminin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyebilir.

Mühendislik jeolojisi haritaları ayrıca yeraltısuyunun durumu ve mineral içeriği hakkında da önemli bilgiler verir. Konvansiyonel jeoloji haritaları ile sözü edilen mühendislik jeolojisi haritaları karşılaştırıldığında nitelik bakımından önemli farklar göze çarpar. Bu haritalarda alüvyon, kolivyon ve toprağın özellikleri, yapısı ve bileşimi üzerinde özellikle durulur.

Bölgesel veya daha geniş düzeyde yapılacak mühendislik jeolojisi haritalarının ölçekleri yörelin jeolojik özellikleri ve daha önemlisi yapılacak çalışmalar dikkate alınarak belirlenir. Ölçeği genellikle 1:50.000 veya daha küçük olan bu haritalarda, heyelan riski, sismik aktivite, yapılar ve bölgenin mineral oluşumları gösterilir. Ayrıca akiferin de haritada belirtilmesi daha sonra yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulabilecek olan su ve bu suyun yamaç duraylılığına etkisini araştırma açısından önemlidir.

Şehir düzeyinde daha ayrıntılı haritalar gerektiğinden ölçekleri 1:50.000 ile 1:5.000 arasında olmalıdır. Bu haritalarda heyelan riskleri, alüvyon kalınlığı ve miktarı, turba oluşumları, gömülmüş kanallar gibi



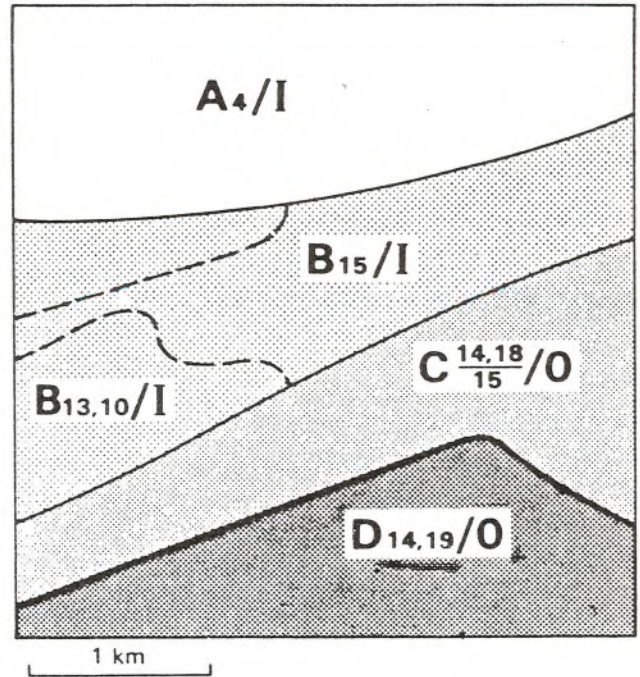
Şekil 1: Harf, sayı ve renk kodu kullanarak yapılan jeoteknik harita (Cratchley ve diğ., 1982)

Haritada şunlar gösterilmektedir:

- a. A,B,E: Litoloji
- b. Bilgilerin güvenilirliği
- 1: Güvenilir veri
- 0: Sınırlı yeraltı verisi
- : Yeraltı verisi yok
- c. Geçişli litoloji sınırı

daha özel konulara yer verilir. Haritadaki bilgiler bölgede veya şehirde köprü, baraj, sanayi tesisleri, fabrika ve yerleşim yerinin belirlenmesinde şehir planlamacılarına yardımcı olur. Tüm bu bilgilerden yararlanarak okul, hastahane ve güç santrali gibi yapılar için risk taşımayan veya en az olan yerler saptanır. Çökme veya heyelan gibi büyük zararlara ve can kayıplarına neden olan jeolojik etkenler bu bilgiler yardımıyla yokedilebilir.

Yapı düzeyinde kullanılmak üzere oluşturulan harita ve planların ölçeğinin 1:5.000 veya daha küçük olması gerekir. Bu haritalarda düzensiz olarak bulunan sertleşmiş toprak dolgular ve terk edilmiş maden bacaları gibi çok özel bilgiler de yer alır. Bu haritalarda malzemenin jeoteknik özellikleri üzerinde, küçük ölçekli haritalara göre daha fazla durulur. Konsolidasyon karakteristikleri ve güç parametreleri mühendislere ve tasarımcılara yapım ve inşaat sırasında yardımcı olur. Malzemenin alınmasında ve uzaklaştırılmasında



Şekil 2: Ağır yapılar için hazırlanan planlama haritası (Gostelov ve Tindale, 1980).

Haritada şunlar gösterilmektedir:

a. Ağır yapılar için uygun yer sınıflaması

A: Çok iyi

B: İyi

C: Orta

D: Kötü

b. Malzeme, örneğin; 14,18/15

15: Pekışmiş kil (Malzeme sınıfı)

14: Gevşek kum

18: Yumuşak kil ve silt

14,18/15: Pekışmiş kil üzerinde gevşek kum ile yumuşak kil ve silt

c. Zon güvenilirliği

1: Güvenilir zon

0: Sınırlı jeoteknik veri ile belirlenen zon



da en uygun metodun seçimi haritalardan derlenen bilgiler ışığında yapılır.

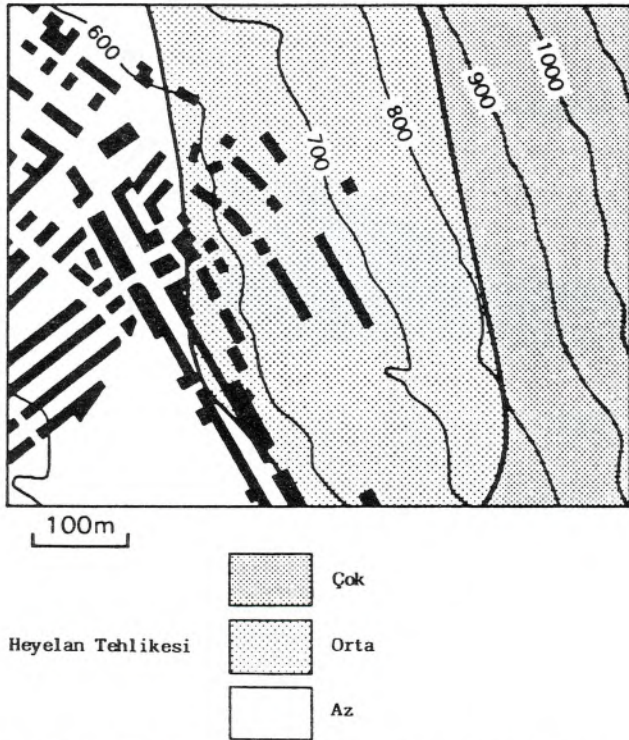
İklim koşullarında bir değişiklik veya su tablası seviyesinde yükselme ve alçalma gibi bir değişiklik söz konusu değil ise mühendislik jeolojisi haritaları yeterli ve gerekli bilgiler taşır. Ancak koşullarda meydana gelen bir değişiklik harita üzerinde bazı düzeltmeler veya ek bilgiler gerektirir.

Yukarıda ölçeklerine göre üç grup olarak verilen (1:50.000 veya daha büyük, 1:50.000, 1:5.000 veya daha küçük) mühendislik jeolojisi haritaları içinde özellikle bölgesel ve şehircilik amaçlı yapılar planlamacılar için çok önemlidir.

### Mühendislik Jeolojisi Haritaları

Planlamacılar için çok ve çeşitli jeolojik bilgiler gerektiğinden değişik özelliklere sahip birçok mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır. Özel mühendislik jeolojisi bilgileri baz alınarak hazırlanan haritalarda kullanılmak üzere UNESCO/IAEG (1976) tarafından bir standart hazırlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan haritalar üzerine bir diğer araştırma da Varnes (1974) tarafından yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda mühendislik jeolojisi haritalarında kullanılmak üzere sınıflamalar verilmiş olmasına rağmen bazı özel durumlarda yetersiz kalmaktadır.

Ölçeklerine göre üç grupta verilen mühendislik jeolojisi haritaları, niteliklerine göre dört grupta toplanır.



Şekil 3: Heyelan tehlike alanları ile sınırlarını gösteren harita (Foster, 1982).

Birinci grupta tüm temel bilgileri içeren haritalar (Factual maps) yer alır. Bu haritalar litoloji, kalınlık, jeoteknik ve jeomorfolojik tüm bilgileri içerir. Bu bilgiler doğrudan arazi verilerinden ve/veya laboratuvar verilerinden derlenir. Ayrıca belirli noktalardan derlenen özel amaçlı numuneler yardımıyla oluşturulan eğrileri de içerir (Şekil. 1). Bu haritaların az bir bölümü planlamacılar tarafından doğrudan kullanılır. Ancak daha sonra yapılacak tüm çalışmalar için temel oluşturur.

İkinci grupta yeralan açıklayıcı/yorumlayıcı haritalar (Interpretative maps) kullanıcılara temel bilgiler yanında bu temel bilgilerin yorumunu da sunar. Bu tip haritalarda kullanım amacına göre tehlike zonları belirtilir. Bütün mühendislik jeolojisi bilgileri yörenin ekonomik, sosyal, coğrafik, politik ve benzer özellikleri de dikkate alınarak yorumlanır ve kullanıcıya aktarılır.

Üçüncü grupta tek amaçlı haritalar (Single-purpose maps) yer alır. Bu haritalar yalnız kullanım amacına uygun bilgiler içerir. Örneğin, bir baraj yeri seçimi amacıyla kullanılacak haritada, kırık sistemleri ile, yoğunlaştığı alanlar, geçirimsizlik, yamaç duraylılığı, kaya direnci ve değişik derinliklerdeki kayaç özellikleri belirtilir. Oysa konut yeri veya hafif sanayi bölgelerinin seçiminde jeoteknik bilgilerin yoğun olarak yer aldığı mühendislik jeolojisi haritaları kullanılmalıdır.

Son grupta yeralan çok amaçlı haritalar (Multi-purpose maps) bölgesel veya daha geniş düzeyde yapılacak planlamalarda kullanılır. Bu haritalarda jeolojik etkenler çok geniş bir yelpazede kullanıcılara sunulur. Bunlar; terkedilmiş madenler, duraysız topraklar, heyelan tehlike alanları vb. Bu haritalar bir anlamda birinci ve ikinci grupta yeralan haritaların kombinasyonudur. Çalışmalara temel olacak bilgiler yanında çalışmanın ileri aşamasında da yararlanılabilecek bilgiler içerir.

### Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması

Jeoloji mühendisi güveneceği jeoloji haritası veya haritalarını toplayarak işe başlamalıdır. Çalışmaların amacına uygun jeolojik bilgiler ile gereksinmeye uygun tüm veriler toplanmalı ve haritaya işlenmelidir.

Bölgenin morfoloji, litoloji, fiziksel ve jeoteknik özellikleri hakkında veriler yöreye ait jeoloji haritalarından, yöreye ilişkin jeoloji raporları ile yayımlanmış makalelerden toplanabilir. Ayrıca hava fotoğrafları da bu konuda yardımcı olur. Eğer çalışmalar için ayrılmış yeterli para ve zaman var ise veriler daha da çoğaltılabilir ve çeşitlendirilebilir. Az bilgi sahibi olunan alanlarda yeni saha çalışmaları yapılabilir, temsili numuneler alınarak jeoteknik deneyler yapılabilir.

Toplanan verilerin güvenilirliğine ve kullanılabilirliğine emin olmak gerekir. Bunun için benzer yer-



lerde yapılan çalışmalar ve yorumlar incelenmeli, elde edilen jeoteknik veriler farklı metodlar uygulanarak değişik uzmanlar tarafından özenle değerlendirilmelidir. Değerlendirilen veriler harita üzerine yerleştirilerek zonlamalar yapılabilir. Şekil: 2'de ağır yapıların yerleşeceği bölgenin güvenilirlik sınırları zonlara ayrılarak gösterilmiştir.

Bütün jeoloji haritaları iki boyutlu olmasına rağmen üç boyutlu gösterilebilir. Zemindeki malzemenin özellikleri mühendislik jeolojisi açısından çok önemlidir. Büyük yapıların oturtulacağı alanların belirlenmesinde ileride problemlerle karşılaşmamak için çok iyi araştırma yapılmalıdır.

Zemindeki malzemenin özelliklerini ve yayılımlını göstermek için enine kesitler kullanılabilir. Zemin ile ilgili bilgiler sınırlı olarak gösterilebilmesine rağmen bu kesitler mühendislik jeolojisi çalışmalarında büyük önem taşır. Geniş ve oldukça karışık yapıdaki bir sahada Gostelow ve Browne (1986) tarafından yapılan çalışmada litoloji sekansları veya özellikleri tonlamalar veya renkler kullanılarak gösterilmiştir. Bu gösterme tekniği özellikle Kuvaterner jeoloji haritalarında farklı toprak oluşumları için kullanılmış fakat mühendislik jeolojisi haritalarına başarı ile uygulanmıştır (Rockaway ve Lutzen, 1970).

Fakat birimlerin gösterilmesinde diğer bir yöntem de tarama yapmaktır. Litoloji, kalınlık ve sekansları göstermek için renkler ile birlikte farklı taramalar da kullanılır (Matula, 1969).

Ayrıca mühendislik jeolojisi haritalarında tüm bilgiler kod kullanılarak da verilebilir. Gostelow ve Tindale (1980) tarafından İskoçya'da, Cratchley ve diğ. (1982) tarafından Kıbrıs'ta yapılan çalışmalardan birer örnek Şekil: 1 ve 2'de verilmiştir.

Çalışma alanına ait bütün bilgiler harita üzerinde gösterilmelidir. Planlamacılar ve inşaat mühendisleri jeoteknik terimlere yabancı olabileceklerinden, mühendislik jeolojisi haritaları olanaklar ölçüsünde kullanıcılar tarafından kolay anlaşılır olmalıdır. Bu yüzden birkaç tane basit ve kolay anlaşılır harita, çok karışık tek bir haritadan daha yararlı olur. Bu haritalarda, jeomorfoloji, hidrojeoloji ve litoloji özellikleri verilirken uluslararası tanımlanmış semboller ve işaretler kullanılmalıdır (Anonymous, 1972). Haritalarda sadece temel teknik terimlere yer verilmeli, anlaşılabilirliği kolaylaştırmak için ayrıntılardan kaçınılmalıdır.

Harita üzerinde kullanılan çizgiler birbirlerinden kesin olarak ayrılacak şekilde seçilmelidir. Şekil: 3'de bir yerleşim alanında yapılan heyelan tehlike alanları zonlara ayrılarak verilmiştir (Forster, 1982). Haritada birbirine yakın olan evler farklı tehlike zonlarında yer almaktadır. Ancak gerek çizgiler ve gerekse tarama ile bu zonlar kolayca seçilebilmekte ve ayrılabilir. Harita üzerinde kullanılan çizgiler birbirlerinden kesin olarak ayrılacak şekilde seçilmelidir. Şekil: 3'de bir yerleşim alanında yapılan heyelan tehlike alanları zonlara ayrılarak verilmiştir (Forster, 1982). Haritada birbirine yakın olan evler farklı tehlike zonlarında yer almaktadır. Ancak gerek çizgiler ve gerekse tarama ile bu zonlar kolayca seçilebilmekte ve ayrılabilir.

## SONUÇ

Yeryüzü değişik özelliklere sahip kayaç veya kayaç topluluklarından oluşmuştur. Tüm bu kayaç veya kayaç toplulukları farklı jeolojik özellikler nedeniyle üzerinde yapılacak faaliyetlere farklı davranışlar göstermektedir. Bu davranışlar önceden kesinlikle belirlenmeli, açık bir anlatım ile kullanıcılara sunulmalıdır. Çevre ile uyumu gerçekleştirilmede mühendislik jeolojisi haritaları ilk adımı oluşturmaktadır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Anonymous 1972 : The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q.JI. Engng. Geol.5,293-381.
- Arnould, M. and Frey, P. 1978 : Analyse des response a une Enquete Internationale de l'UNESCO sur les glissements de terrain.Int. Assoc. Engng. Geol.Bull., 17, 114-118.
- Cratchley,C.R.,Hobbs,P.R.N.,Petrides,G. and Loucades, G. 1982 : Geotechnical map of Nicosia. Geological Survey Department of Cyprus.
- Foster,A. 1982 : South Wales landslip hazard assesment: a desk study. Institute of Geological Sciences. Open file Report EG 82/6.
- Gostelow,T.P. and Browne, M.A.E. 1986: Engineering geology of the Upper Forth Estuary. Rep. British Geological Survey Vol. 16, No. 8.
- Gostelow, T.P. and Tindale, K., 1980: Engineering geology investigations into the siting of heavy industry on the east coast of Scotland: The north side of the Cromarty Firth. Institute of Geological Sciences. Open file Report EG 80/5.
- Matula,M. 1969 : Regional engineering geology of Czechoslovak Carpathians. Publishing House Slovak Acad. Sci., Bratislavia, 225 pp.
- Rockaway,J.D. and Lutzen, E.E. 1970 : Engineering geology of Creve Coer Quadrangle, St. Louis County, Missouri. Engng Geol. Ser. No.2. Missouri Geological Survey and Water Resources.
- Schuster,R.L.,1978 : Introduction. In: Landslides, analysis and control. (R.L.Schuster and R.J.Krizek,Eds). Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington D.C., 1-10.
- UNESCO/IAEG 1976 : Engineering geological maps. A guide to their preparation. The Unesco Press.Paris, 79 pp.
- Varnes,D.J. 1974 : The logic of geological maps with reference to their interpretation and use for engineering geology. Prof. Paper U.S. Geol.Survey 837, 48 pp.



# ANAYASALARIMIZDA DOĞAL SERVETLER VE KAYNAKLAR

Ahmet KARTALKANAT MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

## GİRİŞ

Madenler, ilk çağlardan beri toplumların yaşamında vazgeçilmez bir yere sahip olmuşlardır. İnsanöğlü doğayla giriştiği mücadeleden madenlerden büyük ölçüde yararlanmış, madenleri kullanarak doğayı yönlendirebilmiş ve başarı kazanabilmiştir.

İnsanların yaşamında büyük yere sahip olan madenlerin günümüzde oldukça değişik birimlerde, farklı kullanım alanları vardır. Dolayısıyla madenlere sahip olabilmek için toplumlarda kişilerarası, Dünyada da toplumlararası çatışmalar öteden beri süregelmektedir. Madenlere sahip olabilen kişiler büyük bir ekonomik güce sahip olabildikleri gibi, stratejik madenlere sahip olan şirketler uluslararası pazarlama ve fiyat politikalarını istedikleri gibi düzenleyebilmekte ve bu alanda bir monopol oluşturabilmektedirler. Bu dev monopollerin, özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin madencilik sektörü üzerinde doğrudan veya dolaylı, açık veya gizli baskı ve kontrollerinin olduğu bilinen bir gerçektir. Bu durum tüm ülkelerde kamuoyunun madencilik sektörü ile ilgili yasal ve kurumsal düzenlemeler karşısında çok duyarlı olmasına neden olmaktadır.

Madenlerin yasal özellikleri ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık "Maden üzerindeki mülkiyet rejimi"nin de farklı olması sonucunu doğurmuştur. Nitekim günümüzde çeşitli ülkelerde madenler için uygulanan üç ayrı mülkiyet rejimi vardır. Bunlar; madenin bulunduğu arazi sahibinin aynı zamanda madenin de mülkiyetine sahip olduğu "mütemmim cüz" rejimi, madenler üzerindeki mülkiyet hakkının devlete ait olduğu "devlet hakimiyeti" rejimi ve madenin mülkiyet haklarının, madeni bulana ait olduğu "sahipsiz şeyler" rejimidir.

Osmanlı İmparatorluğu zamanında yapılan yasal düzenlemelerde özen gösterilen temel özellik "devlet hakimiyeti" rejimine bağlı kalınmasıdır.

Cumhuriyet döneminde de devlet hakimiyeti rejimine bağlı kalındığını ve bu statünün Anayasal güvencelere alındığını görüyoruz. Yeraltı kaynaklarımızın Anayasalarda ele alınışları oldukça yenidir.

## **1876 Tarihli Kanun'u Esasiye ve Doğal Kaynaklarımız**

1876 yılında padişah II. Abdülhamit'in bir fermanıyla ilan edilen ve rumi tarihle "1293 Kanun-u Esasi" diye anılan ilk Osmanlı Anayasası daha çok "Meclis-

Umumi" adını taşıyan iki meclisli bir yasama organının kuruluş, atanma ve çalışma şeklini düzenlemektedir.

Sınırlı bir takım yenilikler getiren bir Anayasa'nın yeraltı kaynaklarından bahsetmesi beklenemezdi. 1876 tarihli Kanun-u Esasi'den önce madencilikle ilgili ilk yasal düzenleme 1848 yılında Zonguldak kömür yataklarını "Emlak-ı Şahane" arasına alan fermanla başlamıştır. 1858 yılında yayınlanan ilk "Arazi Kanunu" ile, bulunan madenlerden alınacak devlet payının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu düzenleme, 1862 tarihli "Maadin Nizamnamesi" ile madencilik sektörünün işleyişini düzenleyen "Maden mevzuatı"nın ilk kaynağını oluşturmuştur.

1872, 1887 ve 1906 da çıkarılan yeni "Nizamname"lerle arama, işletme, taşıma, devlet ve evkaf paylarının belirlenmesi gibi konular, değişen şartlara göre düzenlenmiştir. Yine bu düzenlemelerde dikkati çeken temel nitelik "devlet hakimiyeti" rejimine bağlı kalınmasıdır.

## **I. 20 Ocak 1921 Tarihli Teşkilat-ı Esasiye Kanunu ile 20 Nisan 1924 Tarihli Teşkilat-ı Esasiye Kanunu ve Doğal Kaynaklarımız**

Kurtuluş Savaşı başladığı zaman, belki de devletin ve saltanatın temelinden yıkılacağı ve yerine yepyeni bir Cumhuriyetin kurulacağı düşüncesini zihinlerde uyandırmamak için Anayasa ya da "Kanun-i Esasi" deyimini yerine "Teşkilat-ı Esasiye Kanunu" teriminin kullanılması uygun görülmüştür. Aynı isim 1924 tarihli Anayasa içinde kullanılmıştır. "Teşkilat-ı Esasiye Kanunu" ile daha çok devletin temel kuruluşu, örgütlenişi ve işleyişi düzenlenmiştir.

20 Ocak 1921 tarihli Teşkilat-ı Esasiye Kanunu, daha ziyade savaş koşullarını yansıtan, meclisin yapısını ve çalışma koşullarını düzenleyen, idare, vilayet, kaza ve nahiye gibi düzenlemeleri açıklayan, biri geçici olmak üzere toplam 24 maddeden oluşan, Cumhuriyetin ilk yazılı Anayasası'dır. Tüm konuları içermediği için, doğal kaynaklarla ilgili yazılı bir ibare de bulunmamaktadır (1).

Cumhuriyet'in ilanından sonra, yeni Türk devletinde uygulanan temel kuralları ayrıntılarıyla düzenleyen daha geniş kapsamlı Anayasa; 20 Nisan 1924'te kabul edilen Teşkilat-ı Esasiye Kanunu'dur.

Cumhuriyet ilkesini temel olarak alan 1924 Anaya-



sası, 1921 tarihli Teşkilat-ı Esasiye Kanunu'yla oluşturulan meclis üstünlüğü sistemiyle, parlamenter düzenin kurallarını biraraya getirmeğe çalışmıştır.

1921 Anayasa'sından daha fazla içerikli ve ayrıntılı düzenlemeler yapan 1924 Anayasası 105 maddeden oluşmuştur. Çeşitli konularda düzenlemeler yapmakla birlikte, yeraltı kaynakları ya da doğal servetlerle ilgili bir düzenleme getirmemiştir.

1924 Anayasa'sının uygulandığı dönem içinde, özellikle 1. ve 2. sanayi planlarında madencilige büyük önem verilmiş ve belirlenen hedefler gerçekleştirilmiştir. Özellikle 1930-40 yılları arasında, doğal kaynaklarımızın aranması ve değerlendirilmesinde birer mihenk taşı olan, Sümerbank, Etibank ve MTA gibi çeşitli kuruluşlar oluşturulmuştur. Madenlerin arama ve işletmesini yeniden düzenliyen 6309 sayılı Maden Kanunu 1954 yılında yürürlüğe konulmuştur.

## **II. 1961 Anayasası ve Doğal Kaynaklarımız**

Doğal kaynaklarla ilgili bir Anayasal hüküm 1961 Anayasası'nda yer almıştır. Anayasa'nın "Tabii Servet Kaynaklarının Aranması ve İşletilmesi" kenar başlıklı 130. maddesi aynen şöyledir: (2).

130. Madde- "Tabii servetler ve kaynakları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Arama ve işletmenin devletin özel teşebbüsle birleşmesi suretiyle veya doğrudan doğruya özel teşebbüs eliyle yapılması, kanunun açık iznine bağlıdır."

Kişi hak ve özgürlükleri alanında getirdiği yeni haklarla birlikte, çağdaş bir demokrasi yaratma yolundaki düzenlemeler, 1961 Anayasası'nın özünü oluşturmaktadır. Yeraltı kaynaklarının devletin "hüküm ve tasarrufu" altına alınması ve bunun bir hüküm olarak Anayasa'da yer alması ilk kez 1961 Anayasası ile mümkün olmuştur. 1961 Anayasası'nın doğal kaynaklarla ilgili 130. maddesinin gerekçesinde "Bu madde bugünkü durumun teyidinden ibarettir" demekle, tabii servet ve kaynakların eskiden beri devletin öncülüğünde arandığı ve işletildiğini açık bir şekilde vurgulamıştır.

1961 Anayasa taslağı hazırlanırken, Cumhuriyet dönemi boyunca devam eden kamu sektörü-özel sektör tartışması tüm çıplaklığıyla devam etmiştir. Tabii servet ve kaynakların "devletin hüküm ve tasarrufu altına" alınarak, bunların aranması ve işletilmesinde kamuya öncelik verilmesini savunanlarla, tabii servet ve kaynakların sahihsiz şeyler olduğunu, özellikle yeraltı servetlerini bulanların, onları işletmesi gerektiğini, bu konuda devlete bir öncelik verilemeyeceğini, hatta özel sektörün, kamu sektöründen önce gelmesi gerektiğini savunanlar arasındaki uzun tartışmalar Anayasa tasarısının hazırlığı sırasında da devam etmiştir.

Bu tartışmaları tutanaklarda izlemekte konumuz açısından yarar vardır (3).

Temsilciler Meclisi birinci görüşmede ele aldığı Anayasa tasarısının "tabii servetlerin aranması ve işletilmesi" kenar başlıklı 130. maddesinin görüşmelerinde Komisyon Sözcüsü Turan Güneş, tasarı hakkında bilgi sunmuştur. Tutanaklardan tartışmaları görelim.

"BAŞKAN — Söz Komisyonundur efendim.

**KOMİSYON SÖZCÜSÜ TURAN GÜNEŞ** - Muhterem arkadaşlarım, bu madde bugünkü durumun muhafaza edilmesi için yazılmıştır. "Tabii servet kaynaklarının aranması ve işletilmesi devlete aittir.

Bu gibi arama ve işletmelerin özel teşebbüsle birleşmek suretiyle veya doğrudan doğruya özel teşebbüs eliyle yapılması kanunun açık iznine bağlıdır. "Tabii servetler, bu arada yeraltı suları da devletin tasarrufuna bırakılmıştır. Araştırma esas tabiriyle devlete verilmiştir. Bunu tabii bulduk. Bütün tabii servet kaynaklarının işletilmesi devletin iznine bağlıdır.... Devletin malı kelimesini doğru bulmadık. Devletin malı haline gelebilmesi için başka usullere ihtiyaç var. Bu tasarruf burada arama ve işletilme ile ifade edilmiş zannediyorum. Mevcut Maden Kanunu'nda da arama ve işletme gene devletin müsaadesine tabi bulunmaktadır.

Nitekim bu gibi işletmeler, aramalar, Maden Kanunu'ndaki arama, devlet tarafından ve özel teşebbüsle birlikte yapılacağı gibi, kanunda açıkça gösterilmişse özel teşebbüste yapabilir, diyor. Binaenaleyh, yeraltı tabii servet kaynakları mülkiyet rejimine bir değişiklik getirmedik kanaatindeyiz.

**BAŞKAN** — Buyrun Sayın ÖZTÜRK.

**SEYFİ ÖZTÜRK** — "..... İkinci fıkrada özel teşebbüs sınırlayıcı mahiyette bir ruh haletini fıkrada görürüm ve maddeyi latif görmüyorum. Bu itibarla biraz umumiyet taşısın, servet ve kaynakların aranması, işletilmesi özel kanuna bırakılsın. Anayasa hükümleri böyle olmalıdır, nötr bir Anayasa çıkarıyorsak. Aksi halde iktidara gelecek partilerin iktisadi doktrinlerini bir serbesti içinde tatbikata koymaları imkanı kalmaz. Çünkü, maddi servetlerin, kaynakların aranması ve işletilmesini mutlak surette devlete bırakmıştır. Bu arama ve işletme hakları mutlak surette devletin değildir. Bu itibarla bir takrir veriyorum. Bu hem medeni kanunun metnine, hem de İstanbul tasarısındaki umumi hükümlere, hem de maden kanunlarına uygundur. Bu madde bu şekilde değiştirilirse iyi olacaktır.

**BAŞKAN** — Mehmet Salim HAZERDAĞLI.

**MEHMET SALİM HAZERDAĞLI** — Muhterem arkadaşlar; servet kaynakları tabirine sular da dahil edilirse iyi olmaz.

Hayatın % 99.5 unu teşkil eden suların devlet tarafından işletilmesi, fert haklarına mühim bir müdahale olur. Bir kimsenin evinin içindeki bir kuyuya dahi devlet karışır. Su gibi tabii bir hakkın servet kaynağı şeklinde telakki edilmesi doğru değildir. Servet kaynaklarına suyun dahil edilmemesi için söz aldım."

**BAŞKAN** — Cemil Sait BARLAS.

**CEMİL SAİT BARLAS** — ..... Binaenaleyh tabii servet devletindir dediğimiz zaman, yerli olsun, yabancı olsun sermaye kaçır, 20'nci yılın doktrinine uymaz. Bu hususta arkadaşların münakaşasını fuzuli buluyorum. Bir arkadaşımız dedi ki, devletin malı olmaz. Osmanlı İmparatorluğu zamanında, biliyorsunuz, pek çok şeyler vakıf idi. 3 sene işletilmeyen arazi devletindi. Müsade buyurunda biraz memleketin yüksek menfaati ile, geri kalmış bir memleketin kalkınmasını icabettiren hükümler arasına bu gibi hususlarda özel teşebbüs yanında devlet teşebbüsünü de koyalım. Kralın hakkını krala, devletin hakkını devlete verelim. Devlet-



ten bu hakkı almıyalım arkadaşlar.

Tutanakların buraya kadar olan kısmından da anlaşılacağı gibi, 1961 Anayasa tasarısındaki görüşmelerde 130. maddenin değiştirilmesi için yoğun çabalar sarfedilmiştir. Özel sektörden yana değişiklikler yapılmasını isteyen konuşmacılar, buna gerekçe olarak "İstanbul tasarısındaki 158. maddeyi", "yürürlükte olan maddenin kanununa Anayasa'nın aykırı bir düzenleme getirmemesi gerektiğini" (1) ve "Bu madde bu şekilde değiştirilirse iyi olacaktır kanaatlerini" ileri sürmüşlerdir.

Bu görüşmelerde, getirilen Anayasa maddesinin değiştirilmesi için önergeler de verilmiştir. Bu önergelerden, tabii servet kaynaklarının devletin hüküm ve tasarrufu altında olmasıyla birlikte, arama ve işletmenin öncelik sırasına göre "hususî teşebbüs eliyle, devlet eliyle ..." olmasını isteyen değişiklik önergesi dikkat çekicidir.

Önerge aynen şöyledir:

Yüksek Başkanlığa

130. maddenin aşağıdaki şekilde değiştirilmesini teklif ederiz.

**Ziya Müezzinoğlu Feyyaz Köksal  
Adnan Başer**

Madde 130- Tabii Servet kaynakları devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi özel kanuna göre hususî teşebbüs eliyle, devlet eliyle veya devlet ile hususî teşebbüsün iştiraki ile yapılır.

Yapılan görüşmeler sonunda bu değişiklik önergesi red edilmiştir.

Temsilciler Meclisi'ndeki ikinci görüşmede yine Anayasa tasarısının 130. maddesi üzerine değişiklik önergeleri verilmiş, yapılan tartışmalardan sonra, komisyon önerdiği maddeyi geri çekmiş, değişiklik önergelerini de dikkate alarak, 1961 Anayasası'nın "tabii servet kaynaklarının aranması ve işletilmesi" kenar başlıklı 130. maddesini hazırlamış, bu madde temsilciler meclisinde ve Milli Birlik Komitesi'nde görüşmesiz ve oybirliğiyle kabul edilmiştir.

### **1982 Anayasası ve Doğal Kaynaklarımız**

Tabii Servetler ve kaynaklarla ilgili Anayasal hüküm, 1961 Anayasası'nda olduğu gibi, 1982 Anayasası'nda da yer almıştır.

1982 Anayasası'nın "Tabii Servetlerin ve Kaynakların aranması ve işletilmesi" kenar başlıklı 168. maddesi aynen şöyledir:

"Madde 168.- Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılacağı kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartları ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir" (4).

rilir" (4).

Yeraltı kaynaklarına sahip olma mücadelesi, 1982 Anayasa tasarısının görüşülmesi sırasında yine devam etmiştir.

12 Eylül'den sonra oluşturulan Danışma Meclisinde 1982 Anayasa tasarısının doğal kaynaklarla ilgili maddesi görüşülürken, özellikle "yeraltı kaynaklarına sahip olma mücadelesi" sürmüş ve bu tartışmalar tutanaklara yansımıştır.

Seçimle değil, atama ile oluşturulan ve üyelerinin büyük bir kısmı özel sektörden yana tavır alan 1982 Anayasa Komisyonu'nun getirdiği doğal kaynaklarla ilgili ilk metin aşağıdaki gibidir.

### **Tabii Servetlerin ve Kaynakların Aranması ve İşletilmesi**

Madde 161.- Tabii servetler ve kaynaklar, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Tabii servetlerin ve kaynakların aranması devlet ve özel teşebbüs tarafından yapılır; aramada devletin öncelik hakkı vardır. Özel teşebbüsün arama şartları kanunla düzenlenir, kanun bu aramayı teşvik eder.

Bir alan için verilen arama hakkı, iki yıl sonunda kendiliğinden düşer. Petrol arama süresi ve şartları, kanunla düzenlenir.

Tabii servetlerin ve kaynakların işletilmesinde de öncelik devlete aittir. Özel teşebbüslerin aramaları sonunda buldukları kaynakları işletme hakları saklıdır.

İşletmeye hazır tabii servetlerin ve kaynakların iki yıl içinde devletçe işletilmemesi halinde öncelik hakkı, özel teşebbüsce işletilmemesi halinde işletme hakkı düşer.

Özel teşebbüslerin, tabii servetleri ve kaynakları işletebilmek için uymaları gereken şartlar ile kaynakların, millî ekonomik hedefler doğrultusunda israf edilmeden işletilmesiyle ilgili denetim esasları ve müeyyideleri, kanunla düzenlenir.

Devlet, özel teşebbüsle ortak olarak arama ve işletme tesisleri de kurabilir (5).

Taslaqla getirilen madde dikkatle incelenirse görülecektir ki; asıl amaç devletin önceliğine son verip, tüm halkın ortak malı olması gereken, yeraltı servetlerini özel sektöre tamamen açmaktır.

Her ne kadar taslak maddenin ilk fıkrasında "tabii servet ve kaynakları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır" ibaresi yer alıyorsa da, daha sonraki fıkralarda bu hak adeta işlemez duruma getirilmiştir. Zira 1961 Anayasası'nda yer alan "Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir" ibaresine 1982 Anayasa taslağında yer verilmemiştir.

1961 Anayasası'ndaki doğal kaynaklarla ilgili 130. madde, özel teşebbüsün arama ve işletmesini "kanunun açık iznine" bağladığı halde, 1982 Anayasa tasarısı, özel girişimin arama ve işletme yetkisini bir "hak" olarak nitelerek istemiştir.

1982 Anayasa taslağında, her ne kadar doğal kaynaklarda devletin aramada öncelik hakkı varsa da bu "iki yıl" gibi kısa bir süre ile sınırlandırılmıştır.

1961 Anayasası özel girişimin arama ve işletmesini



"kanunun açık iznine" bağladığı için; özel girişimin doğal servetler ve kaynakları arama ve işletme yetkisi, hep bir "idari izin" sonunda mümkün olabilmektedir. Zira, ülkemizde Osmanlılardan bu yana özel ve tüzel kişilerin doğal servetler ve kaynaklarla ilgili arama ve işletme yapabilmeleri bir "ruhsat" ya da "izin" almaları sonunda mümkün olabilmektedir. Örneğin, Dilaver Paşa Nizamnamesi olarak bilinen 1867 tarihli Ereğli Kömür Madeni Hümayunu Nizamnamesinde "ruhsat tezkeresi" terimi kullanılmıştır. Aynı terim 1879 tarihli Madin Nizamnamesinde de benimsenmiştir.

1982 Anayasa tasarısı, Osmanlı İmparatorluğu'ndan bu yana süregelen bu uygulamaya son vererek, özel girişimin doğal servetler ve kaynakları arama ve işletmesini bir "hak" olarak düzenlemek istemiştir.

Getirilen taslağın 3. fıkrasında "bir alan için verilen arama hakkı, iki yıl sonunda kendiliğinden düşer" demek suretiyle, madencilik gerçeklerine tamamen aykırı bir düzenleme getirilmek istenmiştir. Zira, bazı madenler vardır ki, bunlar gömülü yataklar halinde bulunurlar ve yüzeyde mostralara rastlanamaz (bor, trona, sodyum-sülfat ... vs.) Bu tür madenlerin açığa çıkartılabilmesi için jeokimyasal metotların uygulanması gerekir. Bu da oldukça geniş bir zaman diliminde mümkündür. Maden aramacılığının iklimin elverişli olduğu yaz sezonunda yoğunlaştığı dikkate alınır, iki yıl gibi bir sürenin yetmeyeceği gözler önündedir. Bu da madencilik çalışmalarının adeta kösteklenmesi sonucunu doğuracaktır. Jeokimyasal arama metodları gerektiren altın, bakır ... vs. gibi metalik madenlerin iki sezonda tespit edilmesi adeta imkansızdır. Bu da hazırlanan taslağın ilgili kuruluş ve meslek odalarının görüşlerinden ne kadar uzak olduğunu göstermektedir. Bu taslakla getirilmek istenen hukuki çerçeve ile teknik ve bilimsel gerçekler tamamen birbirleriyle çelişmektedir.

Yine getirilen taslak maddenin 4. fıkrasında "özel girişimlerin aramaları sonunda buldukları kaynakları işletme hakları saklıdır" şeklinde bir uygulama getirilmek istenmiştir ki, bu taslak maddenin birinci fıkrasıyla tamamen çelişmektedir. Zira "devletin hüküm ve tasarrufu altında" olan madenlerin özel sektör tarafından bulunması halinde, bunların "işletme hakları saklı" kalacaktır ki, bu durumda özel sektör tarafından bulunduğu iddia edilen tüm maden ya da diğer doğal kaynakların sahaları arama ve işletmeye kapalı hale gelecektir. Bu da, özel sektör tarafından zaten yeterli ve verimli bir şekilde işletilmeyen alanların yurt ekonomisine kazandırılmaması ve bu sahaların atıl kalması sonucunu doğuracaktır.

Gerek Danışma Meclisi'nde gerekse kamuoyunda, getirilen taslağın en çok eleştirilen ve şimşekleri çeken kısmı maddenin 5. fıkrasıdır. Söz konusu fıkrada "işletmeye hazır tabii servetlerin ve kaynakların iki yıl içinde devletçe işletilmemesi halinde öncelik hakkı özel teşebbüse işletilmemesi halinde işletme hakkı düşer" şeklindeki ibaresiyle, madencilik gerçeklerine tamamen aykırı, devlet önceliğini ortadan kaldıran, Anayasal bir hüküm getirilmek istenmiştir.

Dünyadaki arz-talep dengesini dikkate almayan, ekonomik gerçeklere aykırı olan bu düzenleme, devletin ya da özel teşebbüsün elindeki tüm sahaları aynı anda işletmeye açmaya zorlamaktadır. Hem de "iki yıl"

gibi çok kısa bir zaman süreci içinde. Ayrıca, madencilik sektörünün sermaye-yoğun, teknoloji-yoğun bir sektör olduğu dikkate alınır, iki yıl içinde işletmenin alt yapısının oluşturulamayacağı da ayrı bir gerçektir. Eğer taslak bu haliyle Anayasa hükmü haline gelseydi, devletin elinde bulunan tüm sahaları, ekonomikliğini göz önüne almaksızın işletmeye açması gerekecekti ki, bu da pratikte mümkün olmadığına göre, devlet sahalar üzerindeki öncelik hakkını yitirmiş olacaktı.

Bu da ister istemez, 2172 sayılı yasayla devletleştirilen sahaların, tekrar eski sahiplerine verilmesini sağlamak için yapılan bir düzenleme düşüncesini zihinlerde uyandırmaktadır. Bu öneri Cumhuriyet dönemi boyunca devam eden kamu-özel sektör kavgasının yeni ve ilginç bir halkasını oluşturmaktadır.

Anayasa taslağında, adı geçen maddede, devlet ve özel sektör altışar defa zikredilmek suretiyle, devletin öncelik hakkı kaldırılarak, kamu sektörü-özel sektör eşitliği sağlanmak istenmiştir.

1982 Anayasa tasarısı Danışma Meclisi'nde görüşülürken, "Tabii servetlerin ve kaynakların aranması ve işletilmesi kenar başlıklı maddenin değiştirilmesi için yoğun bir çaba sarfedilmiş, bunun için üyelerce ayrı ayrı beş değişiklik önergesi hazırlanıp, başkanlığa sunulmuştur.

Yapılan tartışmaları Danışma Meclisi tutanaklarından izlemekte yarar vardır:

**BAŞKAN** — Buyurun, Sayın Fırat.

**AYHAN FIRAT** — Sayın Başkan, saygıdeğer arkadaşlarım;

Söz almamın nedeni yeni Anayasa Tasarısında 161 inci maddenin 1961 Anayasası'ndaki madenlerle ilgili maddenin taban tabana zıddı olması ve özel kişi veya özel-tüzel kişilerin hak ve menfaatlerini ammenin hak ve menfaatleri ile eşit, hatta daha üstün tutulmuş olduğunu gördüm. Bu nedenle arkadaşlarımızla bu önergeyi takdim etmiş bulunuyoruz.

Bugün bütün dünyada esas olan görüş yeraltı servetlerinin ammenin malı olduğu görüşüdür. Ülkemizin en mühim maden kaynakları volfram, uranyum, madenkömürü, bor, linyit, petrol ve demirdir. Getirilen maddede, stratejik ehemmiyeti olan madenler için dahi bir ayırım yapılmamıştır. Stratejik olmadığı itibarıyla hasıl olan madenlerimizden, vaktin kısalığı dolayısıyla sadece linyit ve borun durumunu arz etmek istiyorum.

Yapılan istatistikler göstermiştir ki, 2000 yılında dünya petrol rezervlerinin % 87'si, dünya gaz rezervlerinin de % 78 i bitecektir. Bütün ülkeler kendilerine yeni bir enerji kaynağı aramaktadırlar ve bulunan kaynak linyittir, maden kömürüdür. İşte bu nedenle Almanya linyitlerinin % 70 ini, İtalya büyük sahalarının hepsini, İngiltere seneler önce tümünü, Hindistanda 1970 de tümünü devletleştirmiştir.

Türkiye'de özel sektör ve devlet müşterek, halen faaliyet halindedir. Devletin 1980 de 32 işletmesi vardır. Özel sektörün de 141 işletmesi vardır. Devlet, 1980 de 15.6 milyon ton kömür üretmiştir, özel sektör 1.4 milyon ton kömür üretmiştir. Buradan da görülüyor ki, devletin işletmeleri "Havza işletmeciliği" yani büyük işletmeciliktir; rezervin % 70-75 ini yeryüzüne çıkar-



## mayı hedefler.

Enerji probleminin halli için Devletin 10 senedir ülkemizde yapmakta olduğu yatırımlar; Soma, Yatağan, Çayırhan, Elbistan'dır. Halen Elbistan'da bir kilogram bile kömür çıkarılmamıştır; ama önümüzdeki sene oraya yapılacak dev santralın (A) ünitesi faaliyete geçtiği zaman, bir yılda 20 milyon ton, 1990 yılında 4 ünitesi de faaliyete geçtiği zaman yılda 80 milyon ton kömür üretecektir. Eğer biz bu maddeyi böyle kabul edersek bu madenler, 2 senedir işletilmediği kabul edildiği varsayımıyla, özel sektörün eline geçecektir. Yani Devletin, ülkenin enerji şalterini özel sektöre teslim edeceksiniz; yüz milyarlar harcayarak yaptığınız yatırımların ilerisini düşünmeden.

Muhterem arkadaşlarım.

Bu arada bordan da bir miktar bahsetmek istiyorum. Bütün kaynaklar resmidir. Bu da Sayın Devlet Bakanımıza 1981 yılında Bandırma Boraks Fabrikasında verilen bir toplantıda dağıtılan kitaptan alınmıştır "Dünyadaki bor rezervlerinin miktarı 1.5 milyar tondur." Şuradaki bu yazıdan bir pasaj okumak istiyorum: "Görülmektedir ki, Tanrının ülkemize cömertlikle bahsettiği bor minerallerinden en yüksek düzeyde yararlanabilmek için tekel ve kararlı bir satış politikası şart olmaktadır."

Muhterem arkadaşlarım;

Allah ülkemize bunun % 67 sini vermiştir. Amerika Birleşik Devletlerindeki rezerv % 22.5 dur. Rusya'nın rezervi % 9.5 dir, gerisinde % 3 olarak diğer ülkelere dağılmıştır.

Dünyada Rusya piyasaya çıkmamaktadır. Amerika, Amerika Kitasını almıştır; zaten rezervi bizimkinin üçte biri oranındadır. Avrupanın senelik ihtiyacı da 870 bin tondur bugün. Her sene % 5 oranında artmaktadır. İşte Avrupa, iki senedir Türkiye'nin satış sahası içine girmiştir.

Üretilen bor ve bor tuzları nerede kullanılır? Cam ve seramik sanayiinde % 50 oranında, sabun ve deterjan sanayiinde % 10'u, tarımda % 6'sı, emayede % 5'i, metalurjide % 2'si ve diğer 62 sanayi kolunda da % 27'si kullanılır arkadaşlar. Çok geniş bir kullanma sahası vardır.

Muhterem arkadaşlarım;

Şimde ben arz ediyorum, aynen o dökümandan okuyorum: "1976 yılında ülkenin tüm maden ihracatı, 1980 yılına kadar ülkemizin en yüksek maden ihracatıdır, o da, 61 milyon dolardır. Bunun 24 milyon doları bordandır." Yani % 40 ı. Şimdi bakınız arkadaşlarım, 1980 yılında ne hale geliyor? Satışı Devlet alıyor, üretimi Devlet yapıyor. 156 milyon dolara fırlıyor. Türkiye'nin maden ihracatı. Yani, 2.5 katına çıkıyor. Bunda, bordan aldığımız da 116 milyon dolara fırlıyor. Yani, ülkenin tüm ihracatının iki katını yalnız bordan almaya başlıyoruz. 1981 de bu 200 milyona tırmanıyor. Ton fiyatlarını da söyleyeyim, belki böyle iddia ederler: 1976 da ton fiyatı 67 dolar iken, 1980 de 165 dolar, bugün 250 dolardır.

Muhterem arkadaşlarım;

Gene Etibankın raporundan ufak bir pasaj okuyarak sözlerimi bağlamak istiyorum : "Bor tuzları üretiminde büyük bir darboğazla karşılaşılmaması söz konusu değil-

dir. Üretim ve pazarlamanın tek elde toplanmasıyla bor tuzları ve bileşikleri dışsattım fiyatları artmaya başlamıştır. 1980 yılında, 1979 da elde edilenin % 104 oranında daha fazlasıyla 116 milyon dolar temin edilmiştir."

Muhterem arkadaşlarım;

Güçlü devlet, hazinesi güçlü olan devlettir. Çok istihdam ediyorum, amme menfaatleri mevzubahis olduğu yerlerde, bu Meclisin tek el, tek karar olacağına yüzde yüz eminim. Hepinizi saygı ile selamlıyorum. (Alkışlar).

**BAŞKAN** — Teşekkür ederim Sayın Fırat.

Buyrun Sayın Sarioğlu.

**PAŞA SARIOĞLU** — Sayın Başkan, değerli arkadaşlarım.

Tasarının beşinci fıkrasında "işletmeye hazır tabi servetlerin ve kaynakların iki yıl içinde devletçe işletilmemesi halinde öncelik hakkı özel teşebbüse geçer." denmektedir. Bunun insafla, kamu yararıyla bağdaşır hiçbir tarafı yoktur. Düşününüz, devletin elinde bor sahalarından yalnız ikisinden gereken bütün ihracat ihtiyacı karşılanıyorsa ve diğer sahalar bu sebeple işletilmiyorsa, bu takdirde bu sahalar özel şahısların eline geçmiş olacaktır veya devlet birinin iş sahasında yatırım yapıyor ve tam işletmeye açılacağı zaman iki yıl doluyorsa, durum yine aynıdır.

Bunu kabul etmek mümkün değildir. Bu 45 milyon hakkını birkaç kişiye vermek demektir; peşkes çekmek demektir. Bunu milletimiz kabul etmez, kimse kabul etmez ve kimse de savunamaz bunu.

Bugün ülkemizde yerüstünde ormanlar, akarsular, göller neyse, yeraltındaki maden servetleri de aynıdır; yani devletindir. Devlet ister bunları işletir, ister işletirir, ister özel sektörle ortak işletir, işletme kurar. Buna bir diyeceğimiz yoktur.

Şimdi benim anlamadığım ve bu Anayasa Tasarısına da yansıtılan ve devamlı surette kavgası sürdürülen durum şudur: 2172 sayılı Yasa ile Devletin eline geçen bor mineralleri, bir kısım linyitler, bir kısım demir ocakları ve asfaltitler tekrar eski sahiplerine verilsin, denmektedir.

Değerli arkadaşlarım;

Şimdi bir an için bunları bir kenara bırakarak diğer madenlerin durumuna kısaca bakalım:

Değerli arkadaşlarım;

Bu en son resmi istatistikten aldığım bir cetveldir. Diğer madenlerin durumunu göstermesi bakımından kısaca bazı rakamlar vereceğim buradan. Aslında geriye kalan, saydığım bu madenlerin dışındakiler kimlerin elindedir, şimdi burada rakamlarla görmüş olacağız:

Cevher:

Çinko: (1978 istatistiğidir bu) Devlette yok, özel sektörde 12 işletme. Üretim 43 bin ton (yuvarlak geçiyorum).

Demir: Devlette 16, özel sektörde 8 işletme. Devlette 2 milyon 300 bin ton üretim, özel sektörde 214 bin ton üretim.

Mangenez: Devlette yok, özel sektörde 5 adet. Üre-



tim 41 634 ton.

Krom: Devlette 11, özel sektörde 72, devlette üretim 20 628, özel sektörde 344 513 ton.

Kurşun: Devlette yok, özel sektörde 7. Üretim özel sektörde 6 893 ton.

Amyant: Devlette 1, özel sektörde 8. Devlette üretim 82 bin, özel sektörde 45 241.

Bor: Devlette 12, üretim 1 333 563.

Lüle taşı: Devlette yok, özel sektörde 5 adet, üretim 125 ton.

Prit: Devlette 1 adet, 72 272. ton.

Sodyum sülfat: Devlette yok, özel sektörde 11 işletme. Üretim 62 335.

**BAŞKAN** — Sayın Sarioğlu, süreniz dolmuştur efendim.

**PAŞA SARIOĞLU** — Sayın Başkanım, müsaade ederseniz bu konu çok önemli, arkadaşlarımdan istirham ediyorum, konuyu açıklayalım. Çünkü bu çok önemli bir maddedir.

**BAŞKAN** — Efendim, 1 dakika daha ilave edelim, lütfen.

**PAŞA SARIOĞLU** — Arkadaşlarım;

Şimdi burada kesiyorum zamanımızın kısıtlı olması sebebiyle; fakat buradan da görüldüğü gibi, evvela bu 2172 sayılı Yasa ile madde metnine alınan madenlerin zaten büyük bir bölüm (eğer bu cetveli okumama müsaade edilseydi orada görecektiniz) özel kesimin elindedir. Buna bir itirazımız yoktur; hukuk devletinde kimsenin hukuki olan şeylere itirazı bahis mevzu değildir.

Şimdi Anayasa Tasarısının 1 inci maddesinde "Sosyal hukuk devleti" dediğimiz devlet, yukarıda birkaç kalemde saydığım madenleri süs için değil (başta söylediğim 5 kalem maden) kendisinin kamuya karşı yüklediği birtakım görev ve yükümlülükleri yerine getirmek için bizzat eline almak ve işletmek durumunda kalmıştır. Bor tuzlarının satışından 1980 yılında 123 milyon dolar temin edilmiştir.

Değerli arkadaşlarım;

Şimdi soruyorum: bu 123 milyon doları (8 milyar) 4 kişi mi paylaşıssın, 45 milyon kişi mi paylaşsın? Kavga buradadır, bunun anlamını bilelim.

Şimdi diyorlar ki, "Efendim, bor tuzları eski sahiplerine geri verilsin, geri verilmezse ortak işletelim.." Biz de gittik Maden Komisyonuna sorduk: Devletin işletmede, yani üretimde, pazarlamada ve fiyatta bir tıkanıklığı, bir handikapı var mıdır, diye, "Hayır" dediler. Şimdi böyle "hayır" olunca, 45 milyona mal olması lazım gelen 8 milyar 4 kişi ile nasıl bölüşebiliriz? Bunun esprisinde yatan, "İki sene sonra verin başkasına" demek, 45 milyonun hakkını 4 kişi ile bölüşmek demektir.

Şimdi, bir de rezerv konusuna geliyorum. Bu 55 sahadan (dikkat edelim) 9 sahada daha önce bildirilen rezerv 8 milyon tondur, devletin eline geçtikten sonra yapılan rezerv araştırmaları bunun 220 milyon ton olduğunu göstermiştir. Bu rakamlar Devletin arşivlerinden alınmıştır. Ayrıca devlet bu sahada sadece 2 ocakta 2 milyar yatırım yapmıştır. Biraz evvel arkadaşımın da

bahsettiği gibi, demek ki, % 66 sını elinde tutan devlet bundan sonra dünya ihtiyacını karşılayacak bütün imkanları hazırlamıştır, yatırımını yapmıştır. Artık buna "başkası ile ortak olalım" denmesinin bir anlamı yoktur.

**BAŞKAN** — Sayın Sarioğlu lütfen toplayınız efendim.

**PAŞA SARIOĞLU** — Evet Sayın Başkanım, toparlıyorum.

Türkiye'de biliyorsunuz moda oldu; Devlet işletmesi kârlı mıdır, onu özel teşebbüse verelim.. Bir defa şunu katiyetle hemen söyleyeyim, sureti katiyede özel teşebbüsün karşısında değilim, olamam; çünkü böyle hukuk devletinde özel teşebbüs ile devletin yan yana olmasından daha tabii bir şey olamaz; ama amme menfaati, kamu menfaati de her şeyin önünde gelir, bunu da savunurum. Şimdi, "Kâr edince bize versin, zarar edince devlet alsın.." Çinkur öyledir. Karadeniz Bakırları öyledir. Asil Çelik öyledir. Gazetelerde okuyorsunuz daha 150 işletme de kuyruktadır; "Devlet bize yardım etsin.." Arkadaşlarımdan rica ediyorum, bunun bir yerde iki şekilde yorumlanması mümkün değildir. Serbest ekonomi pazarının kuralları vardır, bunun kuralları içerisinde işletmelerin kârları da, zararları da kabul etmesi lazımdır, bunu Atatürk söylemiştir.

Değerli Arkadaşlarım;

Çok kısa linyite de değinerek hemen konuşmamı bitirmek istiyorum.

Linyitlere gelince: Biliyorsunuz linyit sahaları aslında 622 adettir. Devlet bunlardan sadece 97 adet linyit sahası, 17 adet de asfaltit sahası almak durumunda kalmıştır. Biliyorsunuz bunları almasının gayesi de termik santrallerin yapımı idi. Bu rezervlerin kapasitesi olarak devlete buralardan bildirilen rakam şudur. "Bizim elimizdeki bu sahalarda 170 milyon ton linyit vardır." denmiştir. Devletin buraya girmesinden sonra yaptığı araştırma ve sondajlarda burada 170 milyon ton değil, 1 milyar 50 milyon ton kömürün olduğu tesbit edilmiştir. Şimdi, bunun kamu yararı ile bağdaşır bir tarafı yoktur. Çünkü, rezervi alta tuttuğunuz zaman devletin bu santalleri yapması, yatırım yapması mümkün değildir.

Danışma Meclisi üyesi Sayın Paşa Sarioğlu linyit konusunda ayrıntılı açıklamalar yaptıktan sonra oturum kapatılmıştır.

Öğleden sonraki ikinci oturumda Anayasa taslağının 161. maddesinin lehinde konuşan üyelere kulak verelim.

**BAŞKAN** — Buyurun Sayın Doğan Gürbüz.

**İ. DOĞAN GÜRBÜZ** — Sayın Başkanım, Danışma Meclisi'nin değerli üyeleri.

Şimdi biz diyoruz ki, "Hayır, özel sektöre yer veremeyelim" Niye? Üretim artmasın.. Üretim artmazsa ne olacak?.. Bunun sonucunu çok iyi bilmemiz lazımdır. Dün petrol konusunda da aynı laflar edilmiştir ve Türkiye bugün bütün ürettiğini; tarım alanında, sanayi alanında bütün ürettiğini satıyor; ama geriye ne alıyor?. Yalnız petrolüne para ödeyebiliyor. Mesela bu noktaya gelmiştir, dikkatinizi bu yöne doğru çekmek istiyorum ve burada özellikle rakamlar biraz böyle çarpıtılıyor gibime geldi benim.



Türkiye, 2172 sayılı Kanunda devletleştirmeyi yaşamış bir ülke. Bundan ne gibi zararlar gördüğümüzü de hepimiz rakamlarıyla gayet güzel görüyoruz. Demir madenlerinin tümünü, hepsini devletleştirdik. Ne oldu? Demir cevheri üretimi düştü. 1978 den sonra, 2172 sayılı Kanun çıktıktan sonra, demir üretimi düştü. Ne yaptık?. Dışarıdan demir cevheri almak mecburiyetinde kaldık. İyi mi ettik?.. Karar sizin.

Arkasından kömür... Memleketin daha dün enerjisiz kaldığı yılları unutmayalım. Aşırı devletçiliğe gittiğimiz takdirde, o zaman üretimi ve üretimin vasıtalarının tümünü devlet vermek mecburiyetindeyiz. O rejimin de ne rejimi olduğunu hepimiz çok iyi biliyoruz.

Çok dikkatli olmamız gereken bir konu. Onun için verilen bu iki önerenin de karşındayım.

Saygılarımla sunarım.

**BAŞKAN** — Teşekkür ederim Sayın Gürbüz. Sayın Gürel, buyurun efendim, aleyhte.

**HALİL ERDOĞAN GÜREL** — Sayın Başkan, muhterem arkadaşlarım;

Bu meseleyi Türkiye'mizin genel menfaatleri yönünden ele almak mecburiyetindeyiz. Türkiye'mizde sermaye potansiyeli kıttır. Devletimiz, her konuya eğilecek malî takatta değildir. O halde, eldeki kıt kaynakları nereye teksif etmelidir? Elektrik, yol, su vs. gibi altyapı tesislerine teksif etmek mecburiyetindeyiz. Buna rağmen, altyapıda iç ve dış kaynak sıkıntısı çekilmektedir. O halde, aklın ve mantığın yolu, özel sektörü dışarı atmak değil, onu devreye sokmaktır. Meseleye bu yön-den bakmak lazımdır.

İnsanımızın teşebbüs kabiliyetinden, zekasından, cevvaliyetinden istifade etmemek, akıl yolu değildir. Yatırımlar için büyük sermayelere ihtiyaç vardır. Pek tabii, herkes sermaye bulamaz; ama bulabileni varsa, ondan da istifade etmek mecburiyetindeyiz.

Vatandaşın dağ tepe dolaşıp bulduğunu elinden alma korkusunu silmek, devletin güven duygusunu sağlama, artırmak bizim vazifemizdir.

1954 yılına kadar mevzuat, Devlet ve özel kesim arasında devlete öncelik veren bir biçimde ve eşitsizlik prensiplerine dayanan yönde çalışmaktaydı. Bu sebeple, madencilikimiz kalkınmamıştır. 6309 Sayılı Kanun ile bu eşitlik kısmen sağlanmış; fakat burada da devlet yine evvelki denetim ve kontrol vazifesini yapmadığı için sonuç alınamamıştır.

Sayın Devlet Başkanımızın 16 Ocak 1981 Adana konuşmasından bir pasajı okuyarak sözlerime son veriyorum.

"Sevgili vatandaşlarım, yeraltı zenginliklerimiz işletirsek, tarıma ve hayvancılığa önem verirsek, turizmi geliştirebilirsek, o zaman işte zengin ülkeler arasına katılabiliriz. Onun için, bu işletmelere büyük önem veriyoruz. Sizden beklediğimiz bu mücadelede bize yardımcı olmanızdır."

Nasıl yardımcı olabiliriz, herşeyi devlete bırakır-sak? Sayın Devlet Başkanımızın bizden istediği yardımın mahiyetini sizler çok daha iyi takdir edersiniz. Arz ederim.

Danışma Meclisinde yapılan konuşmalar gerek içerik bakımından, gerekse süre açısından o günlerin at-

mosferini ve "nasıl bir Anayasa" hazırlandığının en iyi göstergelerindedir.

Bu tartışmalar sırasında, taslağın karşısında olan üyeler, "Devlet bu madde ile adeta kendi evinde kiracı, misafir durumuna düşürülmüştür" diyerek, devletin elindeki sahalardan yalnızca birkaçını işletmesiyle, iç tüketim ve ihracat gereksinimini karşılayabildiği halde, diğerlerini işletmediği için, bunların özel sektöre geçeceğini, bunun "insafla, kamu yararıyla bağdaşır" bir yanının olmadığını vurgulamışlardır. Aynı şekilde devlete getirilmek istenen "iki yıl sonunda işletmediği maden için öncelik hakkının kalkması" yaptırımının, özel sektör için "devreder" şeklinde karşı bir yaptırımda denge-lenmediğini ileri sürerek devletin mağdur edildiğini belirtmişlerdir.

Getirilmek istenen Anayasa maddesini destekleyen üyeler ise, 1954 yılına kadar yürürlükte olan mevzuatın devlete öncelik tanıdığını, 1954 yılında yürürlüğe konulan 6309 sayılı yasanın devlet ve özel teşebbüsü eşit duruma getirdiğini, ancak devlet denetim ve kontrol görevini layıkıyla yerine getirmediği için, madencilikimizin istenen düzeye gelmediğini ileri sürmüşlerdir.

Halbuki madencilik sektöründeki gerçeklere baktığımızda, stratejik öneme sahip bir madenin belli bir dönemde çıkarılması gerekemeyebilir, daha pahalıya satma olanağının bulunduğu bir dönemde sahip olunan rezervleri meydana çıkartıp daha yüksek bir fiatla satmak ve yurt ekonomisine kazandırmak daha akılcıdır.

Danışma Meclisi, 15.9.1982 tarihindeki 151. birleşimin ikinci oturumunda, Anayasa Komisyonu'ndan gelen madde metninin red edip, Danışma Meclisi üyesi Ayhan Fırat tarafından önerilen metni kabul ederek MGK'na göndermiştir.

Danışma Meclisi'nde kabul edilip, MGK'ne gönderilen metin şöyledir: "Tabii servetler ve kaynaklar, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi devlete aittir.

Arama ve işletmenin devletin özel teşebbüsle ortak veya doğrudan doğruya özel teşebbüs eliyle yapılması kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda özel teşebbüsün uyması gereken şartlar ve devletçe yapılacak denetim esasları ve müeyyideler kanunla gösterilir."

Millî Güvenlik Konseyi tarafından bu maddenin özü korunarak, birtakım değişiklikler yapılmış ve yukarıda metni verilen Anayasa'nın 168. maddesi olarak kabul edilmiştir.



# AVUSTRALYA'DAKİ KURAK BÖLGELER\*

Aydın ÖZSAN A.Ü.F.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

## GİRİŞ

Avustralya kıtasının büyük kısmı kurak veya yarı kuraktır. Butt ve Smith (1980) den alınmış Şekil 1 de kurak ve yarı kurak bölgelerin dağılımı görülmektedir. Kurak zonda maksimum yaz (Ocak) sıcaklıkları ortalaması 33°C ile 39 °C, ortalama yıllık yağış 100-400 mm arasındadır.

Şekil 1 de Avustralya'nın başlıca şehirlerinden bazıları görülmektedir. Büyük şehirler dar kıyı zonlarında Akdeniz ve tropikal iklim şartları altında bulunurlar. Çoğu kurak ve yarı kurak alanlarda yerleşim yerleri olmadığından mühendislik faaliyetleri oldukça sınırlıdır. Bu kapsam içinde maden projeleri için küçük yerleşim yerleri, uçak pistleri, demiryolları ve karayollarının yapımı gerekmektedir. Su temini projeleri için hem yüzey hem de yeraltı suyu kullanılmaktadır. Broken Hill, Mount İsa, Kalgoorlie en büyük maden merkezleridir.

## JEOLOJİK KONUM

Kurak ve yarı kurak alanların iklimsel tarihi ve jeolojisi Mabbutt (1980), Butt (1982) ve Ollier (1978) tarafından derlenmiştir. Kıtanın bu kısmında Prekambriyen ve Paleozoyik'ten daha yaşlı kayalar temeli oluşturur (Şekil 2). Bu kayalar, yeraltı günlenmesi ve erozyonun sonucuna bağlı olarak Permiyen'den beri tektonik olarak duraylı halde bulunurlar. Bu kratonların üzeri çeşitli zamanlarda özellikle Kretase'de artan sedimantasyon ile kaplıdır. Permiyen'deki buzullaşmayı takiben Jura ve Kretase'de oluşan aktif erozyon sonucu özellikle Orta Kretase'de geniş düzlükler oluşmuştur. Orta Mesozoyik'ten Miyosen'e kadar olan zaman aralığında yüzey, nemli ile tropikal ilkim değişimleri altında yoğun günlenmeye maruz kalmıştır. Bu ise alanın çoğu yerinde 30-100 m arasında kalınlık gösteren lateritik malzeme gelişimine neden olmuştur.

Miyosen sonlarına doğru kuraklık dönemi başlar. Geç Pleyistosen'den beri iklim başlıca kurak ile yarı kurak arasında değişmektedir. Günlenme, topografyada değişikliklere neden olan su tablası şartları altında dü-

şük oranlarda devam etmiştir.

Tersiyer'de olan blok faylanma bazı sahalarda ve onların diğer kısımlarında tepe oluşumlarına ve yan havzalarda sediman birikimine neden olur. Karada Pleyistosen zamanında oluşan göllerde kil ve kum çökelleri oldukça yaygındır. Şimdiki görünümde düşük yükseklik ve rölyefte oluşan ovalar ve kumluk alanlar birbirlerinden farklı şekilde ayrı bulunurlar (Şekil. 3 ve Tablo. 1)

## MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ KARAKTERİSTİKLERİ

### Derin Günlenmiş Zon Kesiti

Derin günlenme(\*\*) kesiti, erozyon, dağlık ve yüksek yerler haricinde etkili olmuş ve bunun sonucunda günlenmiş zonun kalınlığı 10-30 m arasında olup bazen 100 metreye kadar ulaşabilmektedir. Fakat bu kesit yay-

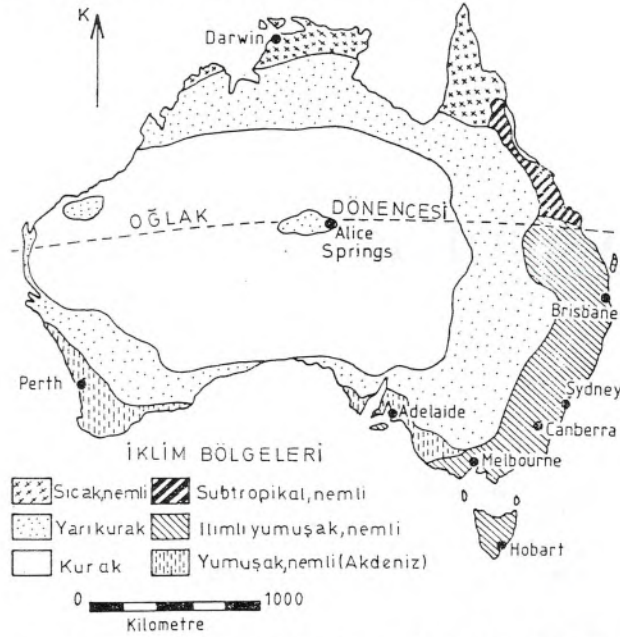
Çöl Tipi	Esas Özellikleri
1. Yüksek ve dağ eteği alanı	Yan birikinti ve dağ eteği yeri ile ayrı platoların dizilimi, Etkin erozyon alanları ve ana kaya zuhurları.
2. Kalkan	Diğer kristalin kayalar ve granitin üzerinde bulunan düşük rölyefli alanlar, alüviyal ovalar, tuz gölleri ve kum ovaları içerir.
3. Nehire ait yer ve kil ovası	Çöl nehirleri ve taşkın alanlar
4. Taşlı alan	Üzerinde çakıl, kaya parçası boyutundaki tanelerin dağınık şekilde bulunduğu ova ve platolar; çakıl ovaları.
5. Kumlu alan	Göç ile oluşan kum ovalar veya sabit kum tepelikleri

Tablo 1- Avustralyadaki çöl tipleri (Mabbutt, 1973).

\* Engineering Geology of the Earth-1989 adlı kitabın 105-115 sayfaları arasındaki "ARID REGIONS IN AUSTRALIA" adlı makaleden çevrilmiştir.



Şekil 1- Avustralya'daki iklim zonları.



gın olarak, tedricen günlenmiş ana kayadan derinlere doğru taze ana kayaya geçer. Birim üzerinde tipik olarak laterit yüzeyi (Ferricrete) bulunmaktadır (Şekil 4).

Büyük derinliklerde günlenmenin derecesinden çıkan önemli sonuca göre büyük yapıların tesisi ve yapı malzemelerinin (kaya dolgu ve Agregalar) elde edileceği taze ve sert ana kaya zonunun kalınlığı azdır. Günlenme profilinin şekli derinlerdeki kaya tipinin şekline ve kaya kütleleri içindeki yapısal bozukluklara bağlı olarak çeşitli derecelerde farklılık göstermektedir. Toprak özelliklerine dönüşmüş ileri derecede günlenmiş kayalar ve çevresindeki, hatta daha derinliklerdeki kayalar hafifçe günlenmiş veya taze şekildedir.

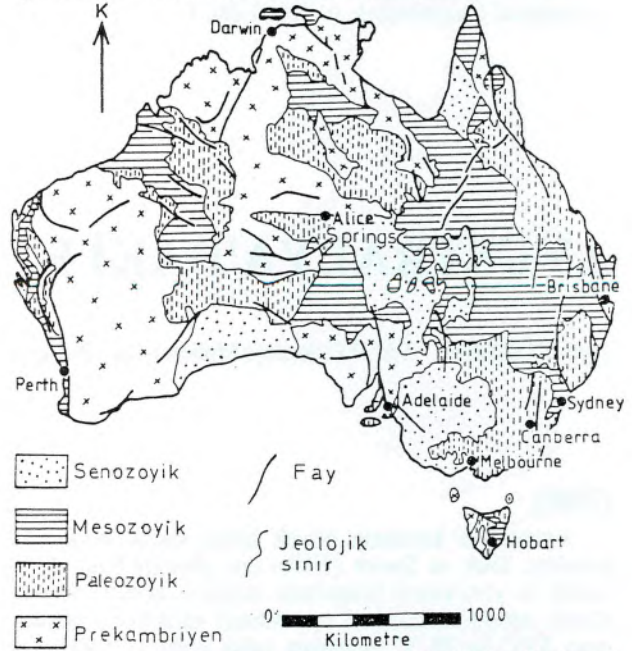
### Ferricrete ve Silcrete

Günlenmenin uzun süre devam etmesi sonucunda taze anakayanın azalması ile yüzeye yakın yerlerde Ferricrete ve Silcrete diye bilenen duricrust malzemeleri oluşur.

Ferricrete hem çakıl hemde çimentolu çakıl (tabakalı) şekillerinde olup geniş bir yayılımda olan laterit kesitinde (Şekil 3) görülmektedir. Diğer ferricrete'ler daha geç kurak iklimler altında demirli zonun korunmasına bağlı olarak oluşurlar.

Silcrete yaygın olarak lateritik toprak kesitinin tabanında oluşur. Kesitin yukarı kısmında Ferricrete kısmen veya tamamen erozyona uğramıştır. Silcrete yüzeyde ve yüzeye yakın yerlerde oluşur. Silcrete, bazı yerler-

Şekil 2- Avustralya'nın genel jeolojisi.



de kurak dönemlerde yeraltısuyundaki silisin çökmesiyle ilgili olarak oluşmuştur. Ferricrete ve Silcrete ile örtülü yüksek yerlerde oluşan erozyon Ferricrete ve Silcrete ile örtülü yüksek yerlerde oluşan erozyon sonucu ferricrete ve silcrete şapka kayalarından mesa ve kuesta şeklinde yer şekilleri oluşur. Bu özelliklerle gelişen ovaların altında veya üstünde şapka malzemesinin erozyona uğramasıyla oluşan silisli ve demirli bodurtaş çakıltası bulunur.

Ferricrete, yaygın olarak yapı malzemesi özellikle yollar ve hava limanlarında kaplama malzemesi olarak kullanılır. Malzeme çoğunlukla yatay olup 0.5 ile 1.5 metre arasındaki kalınlıkta bulunurlar. Yatay ve düşey kesitlerde yüksek derecede değişkenlik göstermektedir. Genel olarak çeşitli çimentolardan oluşan granül ve pisolit şeklindedir. Bu maddeler ısıtılıp yuvarlandıktan sonra içindeki ince malzemelerden kil ve silt ile birlikte döşeme tabanında iyi bir malzeme olarak kullanılır. Bazı ferricretelerde belirli miktarlarda yeniden çimentolaşma oluşur bu ise kaplamanın sertliğini artırır.

Çok uzun süreli kuraklık bölgelerinde Ferricrete çakılları kuru olarak başarı ile kullanılabilirler. Ferricrete malzemelerinin çeşitlilik göstermesinden dolayı granül parçalarının boyutu kuvvetli oluşu ve içindeki ince malzemelerden dolayı daha önceki testlerde iyi malzeme olmadığı kanıtlanmamış olan malzemeler başarı ile araştırılabilir ve test edilebilirler. Deneysel döşeme yapımı genellikle büyük projeler için uygunluk kazanmıştır.

Silcrete, kaplamalarda temel malzemesi olarak kulla-

(\*\*) **GÜNLENME:** Arz kürenin yüzey veya yüzeye yakın atmosferik elemanların etkisine açık, toprağımsı ya da kayalık kısımlarında, gevşek veya altere gecen çok az taşınması ya da yerinde oluşması sırasında renk, tekstür, kompozisyon, sıklık veya şekline etki eden aşındırıcı süreç ya da süreçler topluluğudur. Kayacın fiziksel ayrışması ve kimyasal bozuluşu ile yerinde oluşan böylece çökel, taşınma için hazır gereçtir. Ayrışmanın çoğunun yüzeyde olmasına karşın, özellikle atmosferik oksijen ve su dönüşümüne katılan yüzeyel suların sızabildiği iyi çatlaklı kayalarda da bir miktar derine etki söz konusu olabilir. Bazı yazarlar, ayrışmayı 100 °C ve 1 kb altında yüzey sularının oluşturduğu olaylarla sınırlarken, diğerleri bunu rüzgar, su ve buzun aşındırıcı etkisi ve biyolojik değişimleri de kapsayan daha geniş anlamli bir terim olarak kabul ederler (Glossary of Geology, Bates ve Jackson, 1980).



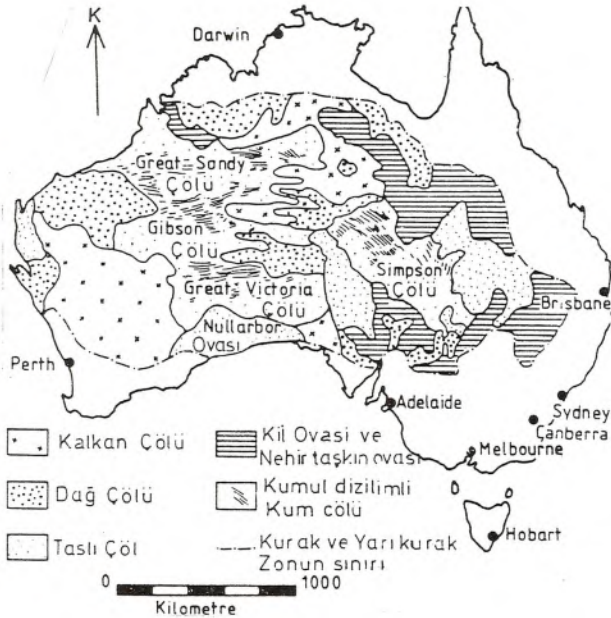
nılması pek yaygın değildir. Çünkü Silcrete çakıldan ziyade tabakalı şekilde oluşur. Bu tabakalar sert ve masif kuvarsitten ibaret olup opal, kalsedon damarları, silisli kum, kil ve kil taşı mercikleri içerirler. Bazı yerlerdeki ezilmiş ve elenmiş silcrete çakılları yol kaplamalarında bitümlü yüzeylerin içinde iyi çakıl olarak kullanılmaktadır (Aitchison ve Grant, 1967). Silcrete çakılları beton agreganın kaynağı olarak potansiyel bir kullanıma sahiptir. İçindeki silisin fazla olması nedeniyle çimento içindeki alkalili ters reaksiyonlar daima araştırılmalıdır.

### Calcrete

Calcrete terimi yüzeye yakın kalsiyum karbonat çimentolu malzemeler için kullanılmaktadır. Önceden bu terime "Kunkara", "Kaliş" de deniyordu. Calcrete kurak zonlarda geniş bir yayılımında oluşmaktadır.

Çoğu calcrete'ler kalsiyum karbonat çimentolu pisolit nodülleri içerirler. Bu nodüller ya kalkerli kum, silt veya kilden ibaret bir matris içinde yada çimentolanmış tabakalar şeklinde bulunurlar. Çakıl veya tabakalar 0.3 ile 1 metre arasında kalınlık gösterirler. En yaygın olanı pedojenik calcrete olup calcreteli zeminlerde veya günlenmiş kalkerli kayalarda oluşur. Calcreteler, çöl şartlarında 1 metre veya daha aşağıda yoğun yağmurdan sonra kapillarite veya buharlaşma ile yukarıya doğru çıkan kalsiyum karbonatlı suyun tekrar çökmesi ile oluşur.

Calcrete vadilerdeki drenaj kanallarının altında bulunur, bu ise su tablasının altında kalsiyum karbonatın çökmesi ile olur. Bu şekilde oluşan Form'a "Yeraltı-suyu Calcrete" denir (Mann ve Horwitz, 1979).



Şekil 3- Avustralya'nın ana çölleri ve çöl tipleri.

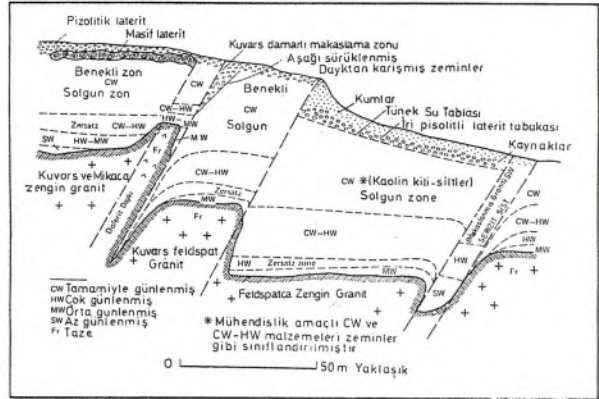
Calcrete çökelleri, Geç Pleyistosen zamanında iklim kuraklaştığından beri geniş bir yayılım oluştururlar. İklimin tropikal veya subtropikal dönemi geçtiğinde bazı bölgelerdeki calcreteler ferricrete depoları ile birlikte bulunurlar ve bunların üzerini örterler.

Calcrete'ler Ferricrete gibi yollarda ve hava alanlarında temel malzeme olarak kullanılırlar. Calcrete çakılları derecelenmedeki değişkenlik, partiküllerin kuvveti, tanelerin plastikliği ve bolluğu ve çökellerin kalınlığı ile karakterize edilmiştir. En iyi malzeme kireçtaşı taneleri ile birlikte iyi derecelenmiş çakıllardır. Tabakalı şekilde çimentolanmış çökeller hafriyat, elle toplama ve yuvarlanma esnasında kırılıp uygun dercede taneler vermektedir. Üstü kapatılmamış döşemelerde önemli miktarda, döşemelerde daha az miktarda çimentolanma oluşmaktadır.

Ferricrete ve Calcrete depolarında arama ve testler istenmektedir ve önceki yapı deneyimi olmaksızın üçlü döşeme yapımı büyük projeler için destek olabilmektedir. Bazı sahalardaki döşemelerde asfalt kaplamaları için Calcreteler küçük küçük kırıldıktan ve elendikten sonra elde edilen malzemeler portland çimento betonun içinde kullanılır.

### Rüzgarla Oluşan Çökeller

En yaygın rüzgar çökelleri kurak ve yarı kurak bölgelerin yarısını örten kum tepeleri ve kum ovalarıdır (Şekil 3). Bunlar Büyük Sandy Çölü, Büyük Victoria Çölü ve Simpson Çölü'dür. Bunlar kil yerleri ve tuz göllerini içeren kumlu ovalar tarafından ayrılmış 30 metre kalınlığında paralele yakın boyuna kum tepeleri oluştururlar. Kum tepeleri kısmen bitki örtüsü ile kaplıdır. Di-



Şekil 4- Tipik derin güneşlenme kesiti (Gordon, 1984).

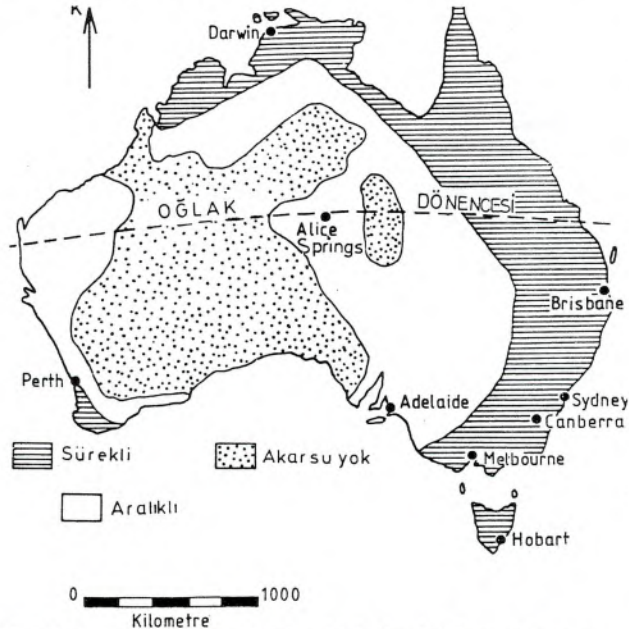


ğerleri, özellikle Simpson Çölü çıplak ve hareketlidir. Kurak zonun güney tarafına dağılmış kısmında zonlar yerinde çok düşük yoğunlukta kalkerli siltli killere yüze yakın yerde toprak kesitinde bulunurlar. Bu malzemeler güney sahiline yakın ılımlı iklim zonlarında oluşurlar. Bu toprakların yüzeye yakın yerleri kısmen veya tamamen Calcrete'e dönüşmüştür. Bu siltli killerin lős yapısında olduğu anlaşılmıştır. Bunlar Pleyistosen buzlaşma devri düşük deniz seviyesi esnasında kara içindeki yaygın kıtasal şelf alanlarından rüzgar yolu ile gelirler. Diğer rüzgar oluşukları nispeten küçük silt tepeleri, kümelenmiş kil ve jips içerirler, bunlar bazı kil ve tuz yataklarının hemen yanında bulunurlar.

Yukarıda anlatılan rüzgar oluşuklarının mühendislik karakteristikleri önemlidir: Yerinde yoğunlukları düşüktür. Çöldeki kum tepeleri karakteristik partikül boyu dağılımına sahiptirler. Genellikle az miktarda silt ve kil birlikte kum boyutundaki tanelerden ibarettir.

Düşük yoğunluklar zeminlerdeki duraylı yapılarla bağlıdır. Bütün bunlar suyla doygun çökme olayıdır. Güney Avustralya'daki çöken zeminler üzerindeki plaka yükleme testlerinin sonucu Selby (1982) tarafından tanımlanmıştır. Bu zeminlerin çökmesinin önemi ve mekanizması anlaşılmadan önce borularda sızıntı ve bahçelerin sulanmasıyla binalarda zemin çökmesine bağlı çatlaklar oluşmuştu. Bazı betondan su tanklarında küçük sızıntı veya fazla akma ile onların temellerinde farklı yerleşmelere neden olmuştur. Çöken zeminlerin olduğu yerde bunların önüne geçilebilir. Şayet bu mümkün değilse mühendislik çözümü ya zeminlerin su sıkışması ile sağlamlaştırılması ya da bu zeminin altına uzanan temelin yapılması şeklindedir.

Kum tepelerinin (Dune) önemli bir başka özelliği göçme potansiyeli göstermeleridir. Örtülü alanlardaki bazı duraylı kum tepeleri örtünün hareketi ile duraylıklarını kaybederler.



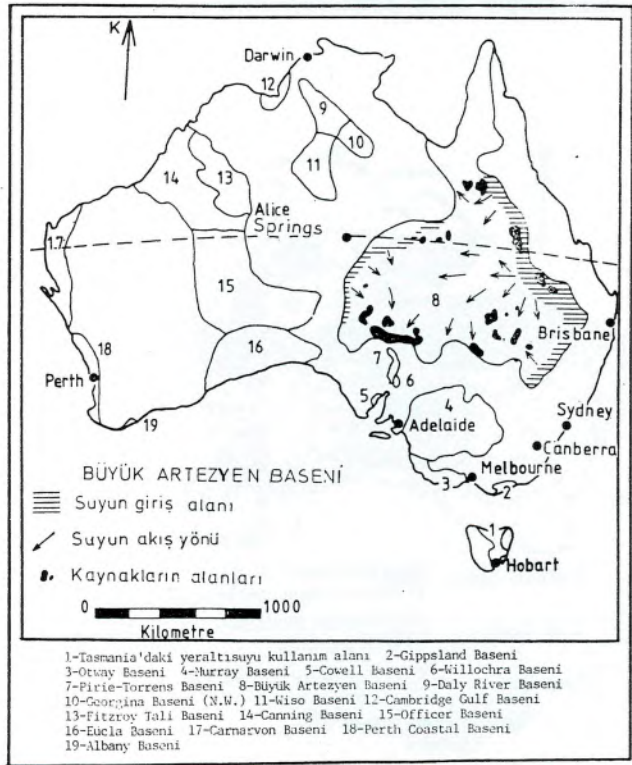
Şekil 5- Avustralya'daki nehirlerin dağılımı (Currey, 1983).

## Geniş Yayılımdaki Kil Zeminler

Killer, derin günlenme profili içinde en fazla bulunan minerallerdir (Şekil 4). Miyosen sonraki alüvyal ve göl çökellerinin aşınması ile oluşan kil sedimanları, diğerlerine nazaran üstün konumdadır. Böyle oluşuklar yeryüzüne yakın yerde nehre ait ve kil ovaları olan yerlerde oluşur ve hatta kalkan, taşlı ve kumlu çöl alanlarında önemli yayılımdadırlar (Şekil 3). Küçük depolar, yüksek alanlar ve dağ eteği olan yerlerde küçük depolanmalar oluştururlar.

Killer yüksek plastiklik ve tuzluluk gösterirler. Yüksek tuzluluk ve düşük nem içeriğinden dolayı son derece yüksek negatif gözenek basıncı ve emmeler gösterirler. Güney Avustralya'daki toplam ölçülen emme (çözünürlük ile matriks) 1-15 MPa (Peter, 1979) arasındadır. Bu tür zeminlerin su almasına müsaade edilir ve şişmeler bu durum yüksek basınçta olur. Şişmeye (veya kurumaya bağlı büzülme) bağlı önemli hasar bu zeminler üzerindeki binalarda oynamaya neden olur. Tasarım yaklaşımları ile böyle hasarlar minimuma indirildi (Mitchell, 1981). Fakat bu hasarın önüne geçme ekonomik olarak fizibl değildir.

Kil maddeleri son derece düşük çeşitli geçirgenliktedirler fakat yerinde kil kütleleri içindeki süresizliklerin varlığı nedeniyle geçirimlilik artar. Bunlar bitki örtüsünün kökleri ve gömülü bitki örtüsünün çürümesi ile oluşan boru şeklindeki boşluklar ve göl tabakalarının kuruması ve sonraki çökmede geçici kırılma, büzülme ve kumtaşı dayklarının (kumtaşı çatlaklarının kum ile dolması) oluşturduğu eklem ve çatlakları içerirler (Staple-



Şekil 6- Avustralya'nın yeraltı suyu basenleri.



don,1970). Kil kütlelerinin artan permeabilitesi killerin ıslanması ile yapılarda hasarlara neden olur. Yüzeyin hemen altında bulunan geniş yayılımdaki kurumuş killer açılı çakıl buyutundadır. Kil kütlelerinin altında kil parçalarının yüzeyleri eklemli veya çatlak görünümündedirler. Yüzeydeki taneli malzeme bitki örtüsü şeklinde olup, altında yatan kilden nem kaybına engel olur. Yüzey genellikle çok fazla büzülme çatlakları gösterir. Bu çatlaklar 50 mm kadar açıklıkta, bazen boşluklar 1 metre ve daha fazla ayrılıkta olabilmektedir.

Yüksek plastisiteli killer içeren çoğu yer, alışılmamış yatay olarak 2 ile 3 metre aralıklı ve 0.3 ile 1 metre rölyef ile çukur ve tepeler içeren morfoloji gösterirler. Bu tepe ve çukur yapılarına gilgai denir ve bunlar killerdeki yağmurlu dönemlerden sonra yüksek yatay şişme basıncına bağlı olarak oluşurlar. Bindirme ile oluşan az eğimli eklemelerin varlığı yatay şişme basıncı hipotezine yardımcı olur (Stapledon, 1970).

Yaygın kil zeminleri yol yapımı ve sonrasında problemler yaratmaktadır. Metcalf ve Vlastic (1970)'e göre ana problem yol kaplamalarında killerin büzülmesinin neden olduğu boyuna çatlakların oluşmasıdır. Bunlar bu problemi halletmek için çakıl döşemelerini geniş destekler halinde kenarlara doğru yayılması bu durumun örtünün dışına kadar devam etmesi gerektiğini önermişlerdir.

### Yalancı Karstlaşma ve Karst Alanları

Nullabor Ovası (Şekil 3) nemli zamanlarda olasılıkla Pleyistosen boyunca gelişmiş mağaralar içeren Tersiyer kireçtaşlarının üzerinde uzanmaktadır.

Darwin'in 500 km güneyinde, yarı kurak bölgede Kretase yaşlı kalkersiz kilaşları, silttaşları ve kumtaşları üzerinde önerilen demiryolu güzergahı boyunca fazla miktarda dolinler görülmüştür. Alkamade'in (1984) raporuna göre dolinler 1 metre ile 20 metre arasında çöküntüler baca şeklinde sıralanırlar. 40 000 m<sup>3</sup> Kretase kayaları aşağı doğru yer değiştirmişlerdir. Dolinler, hava fotoğraflarında drenaj hatları boyunca yoğunlaşmışlardır. Kretase kayalarındaki bu elemanların yoğunluğu normal hatlarda görülenden daha fazladır.

Kambriyen yaşlı kireçtaşlarının üzerinde uyumsuzlukla gelen Kretase kayalarının kalınlıkları 50-100 m. arasındadır. Alkamade bu kireçtaşlarının, kalkersiz Kretase kayalarının oyması ile mağaralar içerdiğini söylemiştir. Dolinlerin Orta Tersiyerden beri aktif olaylarla şekillenmeye başladığını söylemiştir. Önemli olarak yüzeyde görülen çöküntüler son on yıl içerisinde oluşmuştur.

Twidale (1985) dolinler ile ilgili farklı köken öne sürmüştür. Buna göre mağaralar veya düşük yoğunluk zonları Tersiyer zamanı boyunca tropik ile ılımlı iklim şartları altında silis çözeltileri ile Kretase yaşlı kilaşı, silttaşı ve kumtaşları içerisinde gelişmiştir. Bununla birlikte su tablasındaki düşüşler üzerliyen yataklarda ve Ferricrete zonunda çökmelere neden olur ve buda yer yüzünde düşük yoğunluk zonları veya mağaralarda dolinler ve deliklerin oluşmasına neden olur.

SİROTEM tekniği, simik yansıma ve elektriksel rezistivite içeren jeofiziksel metodlar yer altı boşlukları

nın aranmasında kullanılmaktadır. Alkamade bu aranılabir boşlukların 5-50 m. arasında olabileceğini söylemiştir.

### Yeraltısuyu

Şekil 5'te gösterildiği gibi kurak ve yarı-kurak zonalarda sürekli akan nehir yoktur. Kurak zonların çoğunda drenaj ağının koordineli olmadığı görülmüştür. Nullabor Ovası Karst alanlarında ve kum çöllerinde yüzey drenajı yoktur. Diğer nehirler kıtanın yukarı kısımlarından ışınsal bir şekilde yayılırlar. Bazıları ovalarda birer. Bir kısmında tuzlu bölgelerdeki göllere doğru akar.

Oldukça günlenmiş Prekambriyen ve daha yaşlı Paleozoyik kayaları genelde çok düşük geçirimsizlik ve etkili porozitede olup yeraltısuyu tuzca zengindir. Toplam çözülmüş katılar 10 000-100 000 mg/l arasındadır. Bu sulara yeraltı ve açık işletmelerde rastlandığından dolayı maden donanımında, pompalarda son derece aşındırıcı oldukları saptanmıştır.

Yüksek tuzluluk ve aşındırıcı özelliği olan yeraltısuları sığ alüviyal ve göl çökellerinde oluşurlar.

Büyük miktarlar ve iyi kalitedeki yeraltısuları büyük çökeltme havzalarında oluşur (Şekil 6). Dikkati çeken büyük artezyen baseni kıtanın % 22 olan 1.7 milyon km<sup>2</sup> dir. Su; Triyas, Jura ve Kretase yaşlı akifer özellikli kum taşlarının içinde oluşur. Kilce zengin kayalar akiferlerin üzerini örter veya çevrelerler. Şekil 6'da ana boşalma alanları, akım şeması ve kaynaklar görülmektedir. Kurak alanların doğusunda ılıman-nemli iklimdeki Great Dividing Range akiferleri görülmektedir. Burada 3000 faal artezyen kuyusu bulunup günde 1 500 000 m<sup>3</sup> su sağlanmaktadır. Bu kuyuların çoğunluğu 500 m. derinliğindedir. En derini 2 00 m. dir. Suyun kalitesi güzel olup içindeki çözeltiler sodyum bikarbonat ve sodyum klorittir, ve 100 gm/l'den azdır. Bununla birlikte su ısı 30°C - 80 °C arasındadır ve ısı bazen 100 °C kadar çıkar ve suyu kullanmadan önce serinletmek gerekir.

Ayrıca 20 000 dolayında sığ akmayan kuyu vardır. Bunlardan Üst Kretase akiferlerinde pompajla az bir üretim elde edilmektedir. Bu su derin akiferlerden gelen sudan daha tuzludur. Fakat stok ve inşaat amaçları için yeterlidir.

1880'den beri yapılan basen çalışmaları bazı alanlarda su seviyesinin 80 metreye kadar düşmesine neden olmuştur. Büyük gelişmeler gelecekteki öneriler onaylanmadan önce değerlendirilecektir.

### Depremsellik

Avustralya, yer sarsıntılarını hissetmediği için sakin bir kıta olarak bilinir. Geniş yayılımlı Prekambriyen kalkanının düşük rölyef ve aktif volkanların yokluğu nedeniyle yukarıdaki durumla uyumludur. Bununla birlikte takdir edileceği gibi Avrupalıların yerleşmesi (196 yıl) kısa sürede olduğundan adanın büyük bir bölümünde yerleşim olmaması ve 1958'e kadar olan sismik kayıt istasyonlarındaki azlık nedeniyle çok az tarihsel rdeprem verisi mevcuttur.

Avustralyanın depremselliği Doyle ve Diğ., (1968), ve Mc Evin ve Diğ., (1976) tarafından yer sarsıntısının riskini tanımlayarak değerlendirilmiştir. Avustralya standartlar birliği tarafından (1979) isteyenler için mü-



hendislik yapılarının tasarımı ve yerlerinin belirlenmesi için deprem zonu haritası yayınlanmıştır.

Depremli aktif alanların çoğu geniş yayılımda olup kurak zon içerisinde. Bunlardan bir tanesi Prekambriyen batı kenarına yakın, Perth'in doğusundadır. Avustralya'nın en büyük kaydedilmiş yer sarsıntısının şiddeti 6.9 olup 1968'de bu kurak zonda meydana gelmiştir. Bu olay çok detaylı olarak Gordan ve Lewis (1980) tarafından açıklanmıştır.

Kurak zon içerisindeki diğer aktif alanlar ise Adelaide'in 800 km. kuzeyinde Simpson çölüne doğru ve Great, Sandy Çölü'nün yakınındaki Batı Avustralya'nın kuzeyinde içinde bulunduğu alandır (Şekil 3).

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aitchison G.D. and Grant K. A Preliminary appraisal of the Engineering Significance of Silcretes and Ferricretes in Australia. Proc. 4th Regional Conference for Africa on Soil Mech. and Found. Symp., Cape Town, 1967.
- Alkemade D. Personal communication, 1984.
- Butt C.R.M. Weathering and the Australia Landscape. In: Geomechanical Exploration in Deeply Weathered Terrain (Raymond E. Smith, ed.). C.S.I.R.O. Divn. of Mineralogy, Floreat Park, Western Australia, 1982, pp. 9-18.
- Butt C.R.M. and Smith Raymond e. Conceptual Models in exploration Geochemistry. J. Geochem. Exploration, 1980, Vol, 12, Nos. 2/3.
- Clark I.F. and Cook B.J. (eds). Perspectives of the Earth. Australian Academy of Science, Canberra, 1983, pp. 94, 96.
- Currey D.T. Devilbend Damsite Geology. In: Collected Case Studies in Engineering Geology, Hydrogeology and Environmental Geology. Geol. Soc. Aust.Sydney, 1983,pp 82-108.
- Doyle H.A., Everingham I.B., and Sutton D.J. Seismicity of the Australian continent. J. geol. Soc. Aust., 1968, Vol. 15, No. 2, pp. 295-312.
- Gordon F.R. and Lewis J.D. The Meking and Calingiri earthquakes, October 1968 and March 1970. Geol. Surv. Western Australia, Bull., 1980, No. 126.
- Gordon F.R. The Laterite Weathering Profiles of Precambrian Igneous Rocks at the Worsley Alumina Refinery Site. South-West Division, Western Australia, Proc. 4th aust. N.Z. Conf. on Geomechanics, Perth, 1984, pp. 261-266.
- Mabbut, J.A. Desert Landforms. A.N.I.U. Press, Canberra, 1973.
- Mabbut J.A. Weathering and Landform Development. In: C.R.M. Butt and R.E. Smith (compilers and eds). Conceptual Models in Exploration Geochemistry. J.I Geochem. Expl. 1980, Vol. 12, Nos. 2/3, pp. 96-116.
- Mann A.W. and Horwitz R.C. Groundwater Clcrete Deposits in Australia: Some Observations from Western Australia. J. Geol. Soc. Aust., 1979, No. 26, pp. 293-303.
- Mc Evin., Underwood R., and Denham D. Earthquake Risk in Australia. J. of Aust. Geol. and Geophys., BMR Canberra, 1976, pp. 15-21.
- Metcalf J.B. and Vlastic Z.I. A Review of the Design, Construction and Performance of Roads in arid, Inland Queensland. Proc. Symposium on Soils and Earth Structures in arid Climates, Inst. Engr. Aust., Adelaide, 1970, pp. 3-7.
- Mitchell P. W. The Design of Residential Footings on Expansive Clay Soils. Proc. First Nat. Local Govt. Eng. Conf., Adelaide, 1981.
- Ollier C. D. Early Landform Evolution. In: J.N. Jeans § (ed) Australia, Geography. Sydney Univ. Press. Sydney, 1978, pp. 85-98.
- Peter P. Soil Moistura suction. In: Footings and Footings and Foundations for Small Buildings in arid Climates. Inst. Engrs. Aust. Adelaide, 1979, pp. 46-62.
- Selby J. Engineering Geology of Collapsing Soils in South Australia. Proc. 4th Congress I.A.E.G. Delhi, 1982, No. 1 pp. 469-475.
- Standards Association of Australia. Australian Standard 2121-1979. SAA Earthquake code. SAA, Sydney, 1979.
- Stapledon D.H. Changes and Structural Depects Developed in Some south Australian Clays and Their Engineering Consequences. Proc. Symposium on Soils and Earth Structures in arid Climates, Inst. Engrs. aust., adelaide, 1970, pp. 39-48.
- Widale C. R. Personal Communication, 1986.



# BÜYÜK ÖLÇEKLİ ANİ HEYELANLARIN JEOLojİK ÖZELLİKLERİ VE MEKANİZMALARININ MODELLERİ\*

Haydar İLKER - TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Sekreteri, ANKARA

## GİRİŞ

Ani heyelanların jeolojik özellikleri, tabaka ve litolojiye, kaya kütlelerinin yapısına, kaymanın özel koşullarına, duraysızlığı teşvik edici faktörler ile heyelanın hareket durumuna bağlıdır. İlgili mekanizma modeli, ani heyelanın esas mekanizmasının yansımasıdır. Ani heyelanın derinliği, gelişimi, ivmesi ve durgunluğunun üzerinde yapılan enerji analizleri esas alınarak ani heyelanlar üç ana tipe ayrılabilir. Birinci tip esas olarak yüksek potansiyel enerjinin neden olduğu heyelanın pozisyonu (konumu) ile ilgilidir. İkinci tip, heyelan deformasyonu ile ilgilidir. Üçüncü tip ise, heyelan üzerinde etkili olan dış kuvvetlerle ilgilidir. Bu çalışmada, yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde, ani hızlı heyelanın mekanizması üzerindeki en güncel analizler sunulmuştur.

## Yüksek konumda kayan heyelana tipik örnekler ve duraysızlık mekanizması modelleri

### Yüksek Konumda Kayan Heyelan

#### a) Tipik örnek-Luquan heyelanı

22-23 Kasım 1965'de Çin'in Yunnan Luquan ilinde, Pudu nehri vadisinde meydana gelen Luquan heyelanı, iki ana heyelan ve birçok tali heyelandan oluşmaktadır (Şekil 1). Jeolojik özellikleri Tablo 1 de gösterilmiştir.

#### b) Yüksek konumlu ani heyelanın duraysızlık mekanizması modeli

Heyelandaki makaslama hareketinin çok yüksek ve kayma düzleminin çok olduğu, Luquan heyelanının jeolojik özelliklerinden bilinmektedir. Yüksek hızın (ani kaymanın) ana nedeni, yoğun yağmurdan dolayı olu-

Tablo. 1

Tabaka	P	Deformasyon	Fisürler
Litoloji	bazalt, kireçtaşı	Oluşum nedeni	Aşırı yağmur
Kaya kütle yapısı	bloklu klastik	Uzaysal koşul	"U" tipi
Eğim	50°	Hız	Yüksek
Kayma düzlemi	Dairesel kayma	Kayma mesafesi	2.5 km
Makaslama konumu	1000 m den yüksek	Benzer heyelanlar	Huang Longxi, Tu jiaba, Frank, vd.

(\*) Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Dergisinin 1991 yılında basılan 43'ncü sayısında yer alan ve Wang Xiaoning tarafından yazılan "Geological Properties of large-scale highspeed Landslides and their mechanism models" başlıklı makalenin çevirisidir.



şan. kayma düzleminin düşük sürtünme katsayısına bağlı olarak, yüksek potansiyel enerjinin önemli bir kısmının kinetik enerjiye dönüşmesidir. Şekil 2 üstten kopmalı ani heyelanın, duraysızlık mekanizması modeli olarak önerilmiştir.

Şekil 2 de görüldüğü gibi, heyelanın arka kısımdaki zorlama serbest kalırsa, heyelan düzlem boyunca aşağı kayar ve potansiyel enerji,

$$E = mgH \quad (1)$$

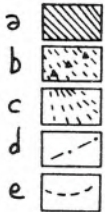
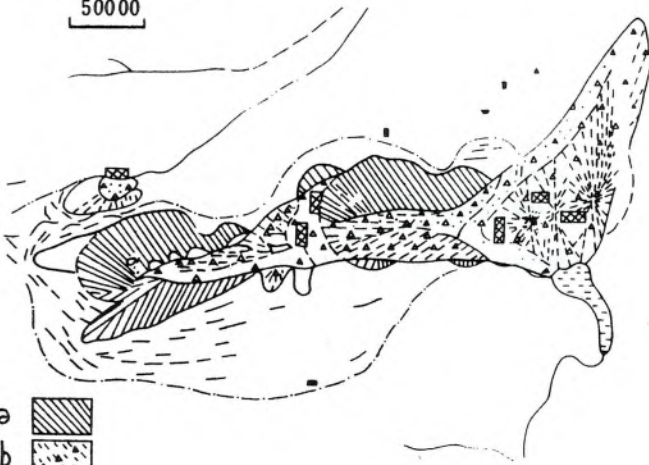
eşitliği ile verilir.

Heyelan düzlemi şekilde kürelerle temsil edilmiştir. Bu da heyelan düzleminin düşük sürtünme katsayısının (f7 ifade etmektedir. h kadar bir mesafede aşağı doğru kayma sonucu heyelan V hıza ulaşır,

$$V = \sqrt{2gh(1-fctg\alpha_1)} \quad (2)$$

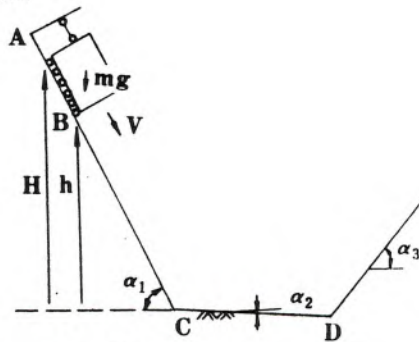
Yüksek makaslama konumundan, yüksek şev açısından  $\alpha_1$  ve daha düşük f değerinden dolayı heyelanın hareketi yüksek hızda olmaktadır.

50000



Şekil 1- Luquan heyelanının jeolojik krokisi

- a) Kayma ve çökme düzlemi
- b) Heyelan kütlesi eğimi
- c) Yığılmış heyelan kütlesi
- d) Çatlak sınırı
- e) Çatlaklar



Şekil 2- Yüksek konumlu ani heyelanın mekanizma modeli.

## Yüksek Konumlu Çökme-Kayma Türü Heyelan

### a) Tipik Örnek - Yanchine Heyelanı

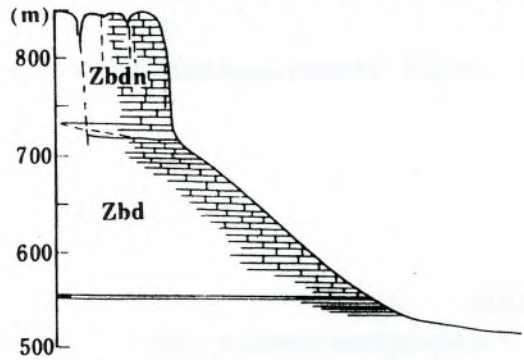
Yanchine heyelanı 3 Haziran 1980'de, Çin'de Yanchi nehrinde olmuştur. Hacmi 1 000 000 m<sup>3</sup> civarındadır (Şekil 3). Ana jeolojik özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.

### b) Tipik Örnek - Nanjiang Heyelanı

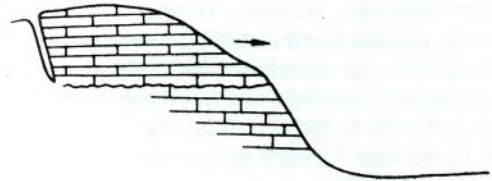
Nanjiang heyelanı Çin'in Nanjiang şehrinde olmuştur. Hacmi yaklaşık 6 000 000 m<sup>3</sup> tür. Yanchihe heyelanı ile farkı, önce tabaka düzlemi boyunca olmak üzere kaymış olmasıdır (Şekil 4). Ana jeolojik özellikleri Tablo 3 de gösterilmiştir.

### c) Üstten Kopmalı Çökme-Kayma Türü Heyelanın Duraysızlık Mekanizmasının Modeli

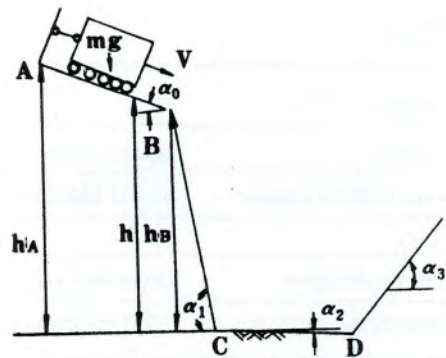
Çökme süreci, üstten kopmalı çökme-kayma türü heyelanın özelliği olup, yüksek hızın da ana kaynağıdır.



Şekil 3- Yanchihe heyelanının jeolojik krokisi.



Şekil 4- Nanjiang heyelanının jeolojik krokisi.



Şekil 5- Üstten Kopmalı Çökme - Kayma heyelanının mekanizma modeli.



Şekil. 5 bu heyelanın duraysızlık mekanizması olarak önerilmiştir.

Baskı ortadan kalkınca kütle, kayma düzlemi boyunca kaymaktadır. B noktasında heyelanın hızı aşağıdaki eşitlikten belirlenir

$$V_B = \sqrt{2g(h-h_B)(1-fctg\alpha_0)} \quad (3)$$

Heyelan BC hattının herhangi bir kısmına düşebilir. C noktasına düşerse düşey hız,

$$V_{cv} = V_B \sin \alpha_0 \frac{gh_B}{V_B \cos \alpha_0 \operatorname{tg} \alpha_1} \quad (4)$$

yatay hız ise,

$$V_{ch} = V_B \cos \alpha_0 \quad (5)$$

olacaktır.

Dolayısıyla, heyelanın hızı ve yönü,

$$V_c = \sqrt{V_{ch}^2 + V_{cv}^2} \quad (6)$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{V_{cv}}{V_{ch}} \quad (7)$$

eşitlikleri ifade edilir.  $h_B$  büyük olursa hız artmaya eğilim göstereceği açıktır.

### Enerji Boşalımı ve Sürtünme Azalmalı Heyelanların Duraysızlık Mekanizması Modelleri ve Tipik Örnekleri

#### Makaslama Enerji Boşalımı Yüksek Hızlı Heyelan

##### a) Tipik örnek-Saleshan heyelanı

7 Mart 1983 de Çin'in Guansu Dongxiang bölgesinde meydana gelmiştir. Hacmi 44 000 000 m civarındadır (Şekil 6). Ana jeolojik özellikler Tablo 4 de verilmiştir.

b) Makaslama enerji boşalımı heyelanının duraysızlık mekanizması modeli.

Saleshan heyelanı, Longyang heyelanı ve diğerleri arasında birçok benzer özellikler vardır. Bunlar aşağıda sunulmuştur;

i) Yatay veya yataya yakın tabakalar,

Tablo. 2

Tabaka	Zb	Deformasyon	Gerilim çatlakları
Litoloji	dolomit, çamur	Oluşum nedeni	madencilik, yağış
Kaya kütlesi yapısı	kalın tabakalı bloklu yapı	Uzaysal koşul	"U" tipi
Eğim	40°	Hız	yüksek
Kayma düzlemi	başlangıç eğim düzlemi	Kayma mesafesi	580 m
Makaslama konumu	225 m yüksekliğinde	Benzer heyelanlar	Elms, vb.

Tablo. 3

Tabaka	T	Deformasyon	Fisürler
Litoloji	kireçtaşı, şeyl	Oluşum nedeni	yoğun yağış
Kaya kütlesi yapısı	tabakalı yapı	Uzaysal koşul	"L" tipi
Eğim	40°	Hız	40 m/s
Kayma düzlemi	tabaka düzlem	Kayma mesafesi	3 km
Makaslama konumu	200 m yüksekliğinde	Benzer heyelanlar	

Tablo. 4

Tabaka	N	Deformasyon	13 yıllık deformasyon
Litoloji	kiltaşı ve şeyl ara tabakalı çakıl	Oluşum nedeni	bilinmiyor
Kaya kütlesi yapısı	tabaka	Uzaysal koşul	"L" tipi
Eğim	üst 33°, alt 35°	Hız	yüksek
Kayma düzlemi	üç yüzeyli	Kayma mesafesi	900 m
Makaslama konumu	200 m yüksekliğinde	Benzer heyelanlar	Chana, Wang, vb.



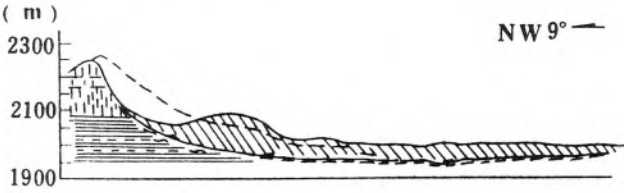
- ii) Heyelan düzlemi 3 kısma ayrılabilir; arka çatlak kısmı, orta kenetleme kısmı, ön kayma kısmı,
- iii) Heyelan tüm kütle halinde hareket eder,
- iv) Herhangi bir oluşum nedeni olmaksızın meydana gelirler.

Bu heyelanların gelişimlerinin analizi, yüksek hızlı heyelanların mekanizmasının aydınlatılmasında yarar sağlar. Şekil 7 de görüldüğü gibi, heyelan düzleminin gelişimi 3 aşamaya ayrılabilir.

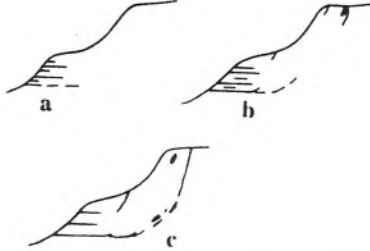
i) Ön kayma aşaması: Vadinin aşınması süreci sırasında, yer çekimine ve artık gerilime bağlı olarak, şev yüzeyi yönünde elastiki bir biçimde deforme olur. Bu deformasyon, kayma düzlemi boyunca vadideki küçük ölçekli kayma deformasyonuna bağlı olarak gözlenir.

ii) Arka çekilim aşaması: Ön geri tepmeli deformasyon, kaymanın ve kriplenenin daha sonraki gelişiminin nedenini oluşturur. Sonra, ön kayma kısmı ve arka gerilim çatlakları derine doğru gelişir.

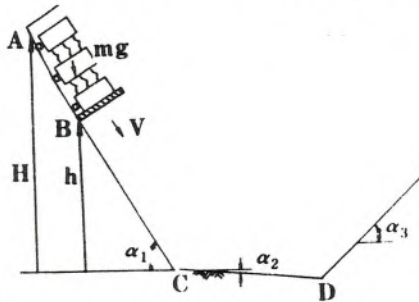
iii) Orta bağlantı aşaması: Kayma ve gerilme kısımlarının gelişimiyle, gerilimler şevin orta bölgesinde yoğunlaşır. Düzlem birleşinceye ve şev stabilitesini kaybedinceye kadar, kenetlenen kısım yenilir.



Şekil 6- Saleshan heyelanının jeolojik krokisi.



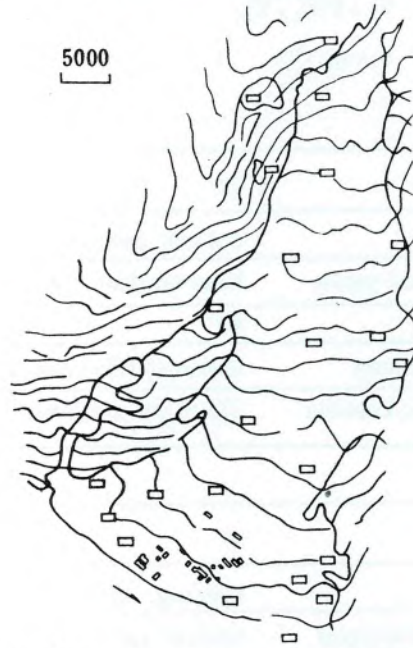
Şekil 7- Heyelan düzleminin üç gelişim evresi.



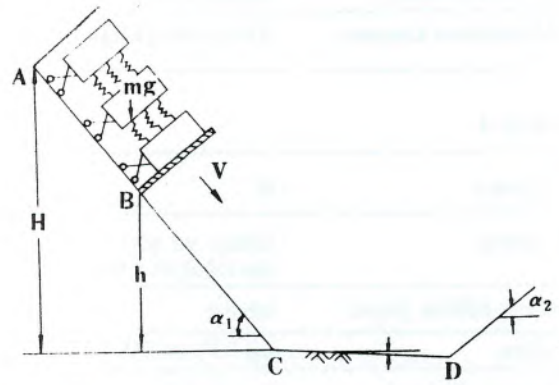
Şekil 8- Makaslama Enerji Boşalımı Ani Heyelanın mekanizma modeli.

Bu süreç, bu türde yüksek hızlı heyelanın özelliklerini gösterir. Doygunluk sürecinde, sürekli deformasyona bağlı olarak, şevde önemli ölçüde gerilim enerjisi toplanır. Kenetlenen kısmın varlığı, gerilim enerjisinin serbest kalmasını engeller. Kenetlenme kısmı yenildiği zaman gerilim enerjisinin ani boşalımı, heyelanı yüksek hızda hareket etmeye sevk eder, bu da sürtünme katsayısının çok azalmasına ve heyelanın yüksek hızla hareket etmesine neden olur. Üç eksenli kaya deney sonuçları bu işlemi kanıtlamıştır (Wang Xiaoning, 1989). Şekil 8, makaslama enerjisi boşalımı yüksek hızlı heyelanın, duraysızlık mekanizması modeli olarak önerilmiş olup, yukarıda belirtilen süreci izah etmektedir.

Bir çok uzman, bu tür heyelanın mekanizması için önerilerde bulunmuşlardır. Bazıları, yüksek hızlı hareketin nedeni olarak, kuvvetin pik etkisini ve sıvılaşmayı düşünmektedir. Fakat deney sonuçları tipik bir örs-



Şekil 9- Xintan heyelanının jeolojik krokisi.



Şekil 10- Yapısal Enerji Boşalımı Ani Heyelanın mekanizma modeli.



lenmemiş zeminin pik ve artık dayanımın aşağıdaki gibi olduğunu göstermiştir.

Pik dayanım:  $tg\phi = 0.637$ ,  $c = 4.0 \text{ kg/cm}^2$

Artık dayanım :  $tg\phi = 0.480$ ,  $c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$

Doygun artık dayanım:  $tg = 0.42$ ,  $c = 0.1 \text{ kg/cm}^2$

5-25  $\text{kg/cm}^2$  arasındaki normal gerilimlerde, artık ve pik dayanım oranı  $T_f/T_p$  yaklaşık 0.50 dir. Ancak oluşan yüksek hızı heyelanda ihtiyaç duyulan ortalama sürtünme katsayısı, artık dayanım değerinden çok daha azdır (Chana 0.127, Saleshan 0.178).

Titreşimli sıvılaşma, koşullu ve kısmidir. Her ne kadar sıvılaşma olgusu yüksek hızlı heyelan sınırında bulunursa da, bu olay yaygın değildir. Sıvılaşma kısmi bir olgundur ve yüksek hızlı heyelanın ana nedeni olmaz.

Ayrıca, gaz boşalımı ve moloz akması da bu tür yüksek hızlı heyelanların ana nedenleri olarak öne sürülmüşlerdir. Yanlış bir algılamayla "gaz boşalımı" hareketi ana neden olarak kabul edilir. "Gaz boşalımı" ve moloz akıntısı oluşumu için, yüksek ivmeli heyelan koşulları gerekli olduğundan, heyelanın düşük hızlı hareketi, "gaz boşalımı" ve moloz akıntısı oluşturamaz. Yüksek hız evresi olguları, yüksek hızlı hareketlerin ortaya çıkmasını açıklayamaz.

Çin'in kuzeybatısında yer alan Mefang heyelanı bu konuda iyi bir karşı tez örneğidir. Çünkü Chana yüksek hızlı heyelanı ile aynı şartlarda olmasına rağmen, heyelanın kenetlenme kısmı olmadığından ve yamaç aşağı yavaşça oluşan kayma gibi, büyük miktarda birim deformasyon enerjisi biriktiremediğinden yavaş hareket eder.

## Yapısal Enerji Boşalımı Heyelan

### a) Tipik örnek-Xintan heyelanı

Xintan heyelanı, Hubei'de (Çin) 12 Haziran 1985 de meydana gelmiştir. Hacmi 30 000 000  $\text{m}^3$  tür (Şekil. 9). Ana jeolojik özellikleri Tablo. 5 de verilmiştir.

### b) Yapısal enerji boşalımı duraysızlık mekanizması modeli

Xintan heyelanı, yapısal enerji boşalımı ve yüksek hızlı heyelanın tipik bir örneğidir. Uzun süreli deformasyondan dolayı yeraltı suyu yolları engellenir ve yeraltı suyu basınçlı su şekline dönüşür. Böylece, heyelanın ana blokları moloz akıntısını oluşturarak, kaya blokları ile zeminin üst kesimlerinin kaymasına neden olur. Bu özel mekanizma tamamen, kaya kütlesi yapısı ve diğer jeolojik özelliklerle tayin edilir.

Blok yığınlarının yapısal enerjisi ikiye ayrılır: biri, blokların yığınlanma şekline, diğeri ise blok şekillerinin düzensizliğinden oluşur. Ayrıca, birim deformasyon enerjisi blokların kontak deformasyonuna bağlı olarak da oluşur. Böylece, yığın halindeki bloklarda, yapısal enerji aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$U = U_d + U_n + U_s \quad (8)$$

burada,

$U$ : toplam enerji,

$U_d$ : yığınlanma şekline kaynaklanan yapısalenerji

$U_n$ : blok şeklinin düzensizliğine bağlı yapısal enerji,

$U_s$ : kontak birim deformasyon enerjisidir.

Şekil 10, yapısal enerji boşalımı yüksek hızlı heyelanın duraysızlık mekanizması modeli olarak önerilmiştir.

Tablo. 5

Tabaka	S	Deformasyon	çökme çatlağı
Litoloji	kumtaşı, şeyl ve kil	Oluşum nedeni	yok
Kaya kütlesi yapısı	bloklı klastik yapı	3 boyuttaki konumu	"U" tipi
Eğim	üst 15°, orta 50°-60°, alt 25°	Hız	30 m/sn
Kayma düzlemi	belirgin değil	Kayma mesafesi	üst 100 m, ön 200 m
Makaslama şekli	üst: 30 m. yüksek alt: belirgin değil	Benzer heyelanlar	Shijiaohe, vb.

Tablo. 6

Tabaka	?	Deformasyon	çatlaklar
Litoloji	sleyt	Oluşum nedeni	yoğun yağmur, su birikimi
Kaya kütlesi yapısı	tabakalı	3 boyuttaki konumu	"U" tipi
Eğim	30°	Hız	yüksek
Kayma düzlemi	tabaka düzlemi	Kayma mesafesi	210 m
Makaslama şekli	140 m nin altı	Benzer heyelanlar	Vaiont, vb.



tir. Ana destek açısının değişimi yığılmış blok yapısının değişimini temsil eder. Temel ile kayma yüzeyi arasındaki yaylar çatlak basıncını temsil eder. Ana destek belli bir derecede deforme olunca, yay destek hareketini alır.

Heyelan C noktasına ulaşınca hız,

$$V = \sqrt{\frac{2}{M} (U_d + U_n + U_s) + 2gh (1 - Fctg\alpha_1)} \quad (9)$$

eşitliği ile belirlenir.

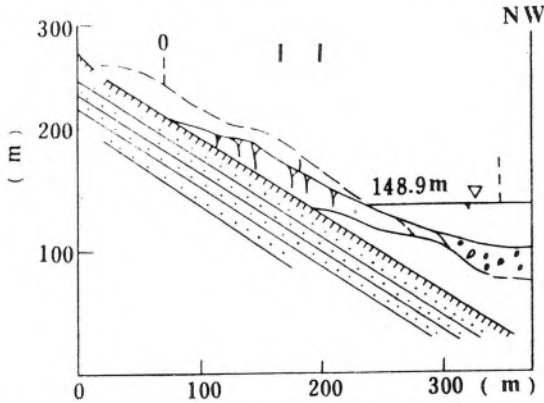
### Kayma Zonu Akışlı Heyelan

#### a) Tipik örnek-Zhexi heyelanı

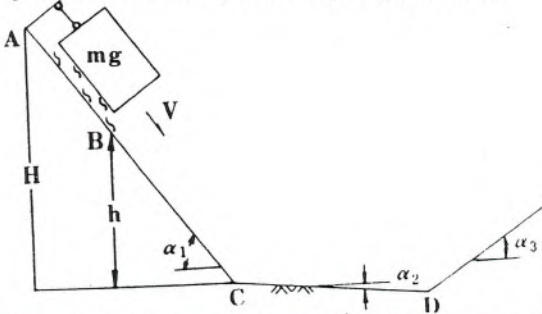
Çin, Hunan, Zhexi rezervuarında yer alan, Zhexi heyelanı, 6 Mart 1961'de meydana gelmiştir. Hacmi yaklaşık 165 000 m<sup>3</sup> tür (Şekil 11). Ana jeolojik özellikleri Tablo. 6 da gösterilmiştir.

b) Kayma düzlemleri yüksek hızla akan ani heyelanın, duraysızlık mekanizması modeli.

Zhexi heyelanı yumuşak tabakalı bir düzlem boyunca hareket etmiştir. Heyelanın hızını denetleyen ana faktör, tabaka düzlemi boyunca etkili olan sürtünme kuvvetidir. Rezervuardaki su birikmesi ve aşırı yağış nedeniyle, yeraltı su seviyesi yükselmiş ve zemin doygun ve plastik hale gelmiştir. Heyelanın düzensiz basıncı ve düz olmayan kayma düzlemi, kayma işlemi sırasında, toprak zonun plastik olarak akmasını sağlamıştır ve bu durum sürtünme katsayısını çok mekanizması düşürerek, heyelanın yüksek hızlı hareketine neden olmuştur.



Şekil 11- Zhexi heyelanının jeolojik krokisi.



Şekil 12- Deprem Titreşimli Ani Heyelanın mekanizma modeli.

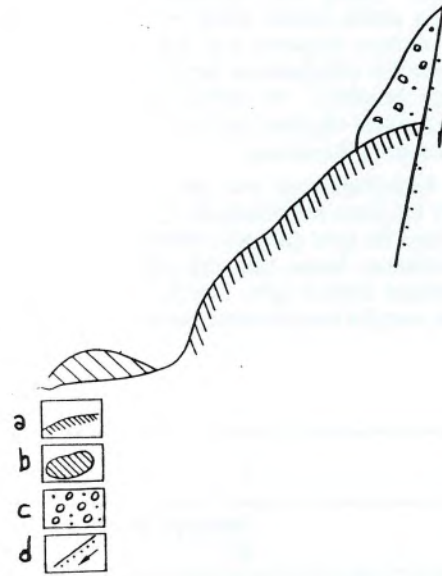
İtalya'daki Vaiont heyelanı, Zhexi heyelanı ile benzer özellikler taşımaktadır. Vaiont heyelanındaki kayma düzlemi, birkaç milimetre kalınlığındaki şeyden oluşmaktadır. Böyle büyük bir sürtünme değeri ile heyelan 20-30 m/s gibi yüksek bir hızda kaymaz. Bundan dolayı Vaiont heyelanının mekanizması üzerindeki tartışmada, doymuş zeminin plastik olarak aktığı şeklindeki olgu ihmal edilmemelidir.

Şekil 12, kayma düzlemleri akan, yüksek hızlı heyelanın duraysızlık mekanizması modeli olarak önerilmiştir.

Heyelan C noktasına ulaştığı zaman hızı,

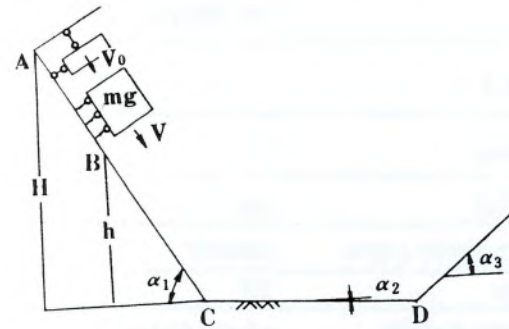
$$V = \sqrt{2gh (1 - fctg\alpha_1)} \quad (10)$$

eşitliği ile verilir. Burada, f akma-sürtünme katsayısıdır.



Şekil 13- Caoyuan Heyelanının krokisi

- a) Duraylı eğim
- b) Heyelanın yığılmış kütlesi
- c) Kalıntı duraysız kütle
- d) Fay



Şekil 14- Deprem Sarsıntılı Heyelanın Duraysızlık mekanizma modeli.



Tablo. 7

Tablo	S	Deformasyon	belli değil
Litoloji	şeyller	Oluşum nedeni	deprem
Kaya kütleli yapısı	klastik yapı	3 boyutta konumu	"L" tipi
Eğim	60°	Hız	yüksek
Kayma düzlemi	üst 75°, alt 25°	Kayma mesafesi	360 m.
Makaslama şekli	160 m yüksek	Benzer heyelanlar	Zhaka,Daba,Huaqiang wan .v.b.

### Kuvvet Kökenli Heyelanın Tipik Örnekleri ve Duraysızlık Mekanizması

#### Deprem sarsıntılı yüksek hızlı heyelanın tipik örneği-Caoyuan heyelanı

Caoyuan heyelanı 6 Eylül 1976 da Çin'in Huangyang vadisinde, Sichuan, Pingwu'da gelişmiştir. Hacmi yaklaşık 750 000 m<sup>3</sup> tür (Şekil 13). Tablo 7 de ana jeolojik özellikleri verilmiştir.

#### Deprem Sarsıntılı Heyelanın Mekanizma Modeli

Çin'de yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilere göre, heyelanların % 20 sinin oluşumu, yüksek hızlı harekete bağlı depremlerden kaynaklanmaktadır. Caoyuan heyelanı bunlardan tipik olan bir tanesidir. Deprem süreci sırasında kaymıştır. Deprem enerjisi kaymaya nakletmiştir. Şekil 14 deprem sarsıntılı heyelanın duraysızlık mekanizması modeli olarak önerilmiştir. Şekildeki yay desteği, depremden kaynaklanan enerjiyi heyelana iletir. Hareketin biri, düzleme yüklenen basıncı azaltmak, diğeri kayma kuvvetini yükseltmek içindir. Arka blok sadece heyelanın arkasının genellikle düşen blokların itmesine dayandığı gerçeğinin göz önüne alınması için tasarlanmıştır.

Heyelan C noktasına ulaşınca hız,

$$V = \sqrt{2h [g (1-f \operatorname{ctg}\alpha_1) + a (f+\operatorname{ctg}\alpha_1)]} \quad (11)$$

eşitliği ile verilir ve burada

$\partial$ : Vibrasyon ivmesidir.

$a = \alpha g$  olduğu varsayırsa ( $\alpha$  bir katsayıdır)

$$V = \sqrt{2gh [(1+\alpha \operatorname{ctg}\alpha_1) + f (\alpha-\operatorname{ctg}\alpha_1)]} \quad (12)$$

elde edilir.

### Yüksel Hızlı Heyelanın Duraysızlık Mekanizmalarının Kompozisyonu

Yüksek hızlı heyelan, doğal bir olgu olarak oldukça karmaşıktır ve bu nedenle hiç kimse sadece tek bir mekanizmanın etkin olduğuna inanamaz. Her türde yüksek hızlı heyelanlar için enerji birikimi ve büyük ölçekli yüksek hızlı heyelanların dönüşümü ve uygun mekanizma modelinin belirlenmesi analiz edilmiştir. Ancak bu, gerçekte yüksek hızlı heyelanların sadece bir tek mekanizma tarafından meydana geldiği anlamına gelmektedir. Gerçekte her yüksek hızlı heyelan, her türde mekanizmanın bileşiminden oluşabilir. Belirlenen duraysızlık mekanizması modelleri sadece ana karakterlerini veya diğerlerinden farklılıklarını belirtir.

Bir örnek olarak Caoyuan heyelanı ele alınırsa, bu heyelan deprem etkisiyle oluşan tipik bir örnektir ve bu nedenle, deprem sarsıntılı duraysızlık mekanizması modeli olarak tanımlanır. Ancak, yüksek makaslama konumunun, yüksek hızda kaymaya gerekli olan enerjiyi sağladığı açıktır.

### KAYNAKÇA

- Xiaoning, Wang: Study on the mechanism of Largescale Highspeed Landslides and the Prediction of Sliding Velocity and Distance. Dissertation for Doctor of Science 1989.
- Sijing, Wang, Xiaoning Wang: The Whole-process Energy Analyses of Highspeed Landslides. Proc. of ISEG, p. 415-426, 1987.
- Muller, L: New Consideration of Vaiont Slide. Rock Mech. Eng. Geol. v. 6, p. 105-121, 1968.



## MODERN VOLKANİK FASIYESLER\*

İsmail BİLGİN İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Avcılar, İSTANBUL

Yeryüzündeki volkanik bölgeler, çok farklı kayaç ünitelerini kapsar; Lavlar, patlama ve püskürme ürünü olan volkano sedimentler, çeşitli sedimentler işlevler sonucunda meydana gelen çökel kayaçlar gibi (kum türbiditler, pelajik ve yarı pelajik sedimentler) sayılan bu ögeler, volkanik ortamın şekillenmesini önemli ölçüde etkilemektedir. 1960 yıllarına dek volkanik bölgelerdeki yapılan çalışmalar Jeokimya, mineraloji, petrografi ve petrojenez alanlarında oluşmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen veriler yardımıyla, volkanizmaya bağlı çökellerin mekanizması, yapıları daha iyi anlaşılmıştır. Daha sonra volkanik bölgelerdeki modern ve klasik çalışmalar bu yeni bilgilerin ışığı altında yürütüle gelmiştir. Özellikle de fasiyes kavramı dikkate alınarak, karakteristik kaya ünitelerinin tanımlanması, belgelenmesi bunların doğru olarak yorumlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Zira her bir karakteristik kaya ünitesinin ayırtılarak belirlenmesi, onların jenezi, çökellerin işlevi, ve havza çökeli hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır

Sedimentolojik çalışmaların sahada daha da ilerlemesi ve gelişmeleri, volkanik istiflerin çökme ortamı, stratigrafik modelleri, işlevleri hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesine yol açmıştır. Bunun sonucunda, ilkin sedimentoloji dalında uygulama sahasına konulan fasiyes kavramı (Selley 1978, R.G. Woiker 1984), volkanik kayaçlar için de geliştirilmiştir.

Fasiyes; çökel havzasındaki koşulların bir ürünüdür. Bu koşullar fiziksel, kimyasal ve biyolojik kökenli olabilir. Belirtilen koşullar topografyayı, materyal oranını, mekanizmasını, taşınmasını, depolanmasını, iklimi, flora ve faunayı da içermektedir.

Volkanik ortamlardaki fasiyes modellerini aşağıdaki gibi sıralamak olasıdır;

- 1- Kıtasal bazaltik istifler
- 2- Kıtasal stratovolkanlar
- 3- Kıtasal silisik volkanlar
- 4- Denizaltı bazaltik rift volkanizması
- 5- Okyanusal bazaltik denizdağları
- 6- Denizel stratovolkanlar

- 7- Denizaltı felsik volkanlar ve volkanik merkezleri
- 8- Derin denizel-sığ denizel kökenli subareyal silisik volkanları
- 9- Intraglaziyal bazaltik ve riyolitik volkanizma
- 10- Prekambriyen volkanizması

### 1- KITASAL BAZALTİK İSTİFLER

Kıtasal bazaltik istiflerin volkanik bileşenleri, akışkan özellikteki vadi dolgu lavları, sinder konileri, maarlar, tuf halkaları ve kalkan biçimli volkanlardır. Ayrıca vadi içinde küçük lav göllerinin olduğu flüviyal kanallar, önemli sedimentler ortamları olarak kabul edilebilir. Flüviyal sistemler, bazaltik volkanizmanın meydana getirdiği biriktirme karşın, aşındırıcı etkisi olan sistemlerdir. Bu yüzden flüviyal sistemlerin kalınlığı ve yayılımı fazla değildir. Bunlar vadi dolgu lavlarının örtüsü biçiminde kalmış olabilirler. Doğu Avustralya'daki ünlü "deep lead" adı altında bilinen değerli metal içeren alüviyal kayaçları bu türdendir. Alüviyal kayaçların orijini, diğer maarlar, tuf halkaları, krater içindeki setler ve akışkan özellikteki lavlar nedeniyle oluşan kayaçlardır. Bazaltik istifler alüviyal ve flüviyal depozitler tarafından altlanır. Bölgesel ölçekteki uyumsuzluk nedeniyle de temel kolayca ayırtlanır (Şekil-1). Lokal olarak batıklıklarda göl ve nehirlerde oluşan lavlar, hyoloklastikler ve pillow lavlarda bulunabilir. Kıtasal bazaltik istiflerde kısa ve uzun aşınma evrelerini belirten fosilli alanlarda görülebilir.

Bazaltik istiflerin bileşimi alkaliden toleyitik'e kadar değişen özelliktedir.

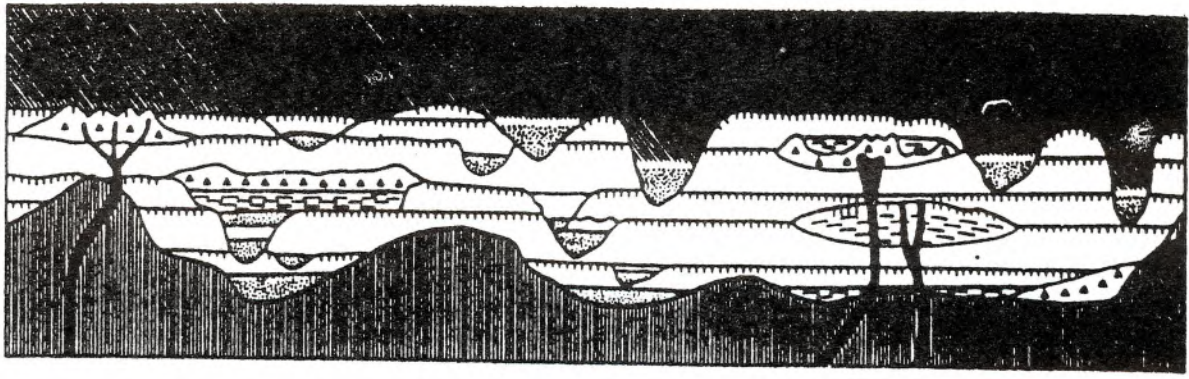
Ekonomik Önemleri: Kıtasal bazaltik istifler değerli metaller ve kayaçların olduğu "deep lead" diye bilinen alüviyal malzemeleri içerirler. Kimberlit bacaları içinde, büyük çaplı breşlerde, zonlu tuf ve maarlarda elmas bulunabilir.

### 2- KITASAL STRATOVOLKANLAR

Stratovolkanların, zaman ve mekan içindeki erüptif ürünleri, ilkin karmaşık değişimler gösterir. Bunların stratigrafilerini tanımlamak epiklastik işlevler ve keskin

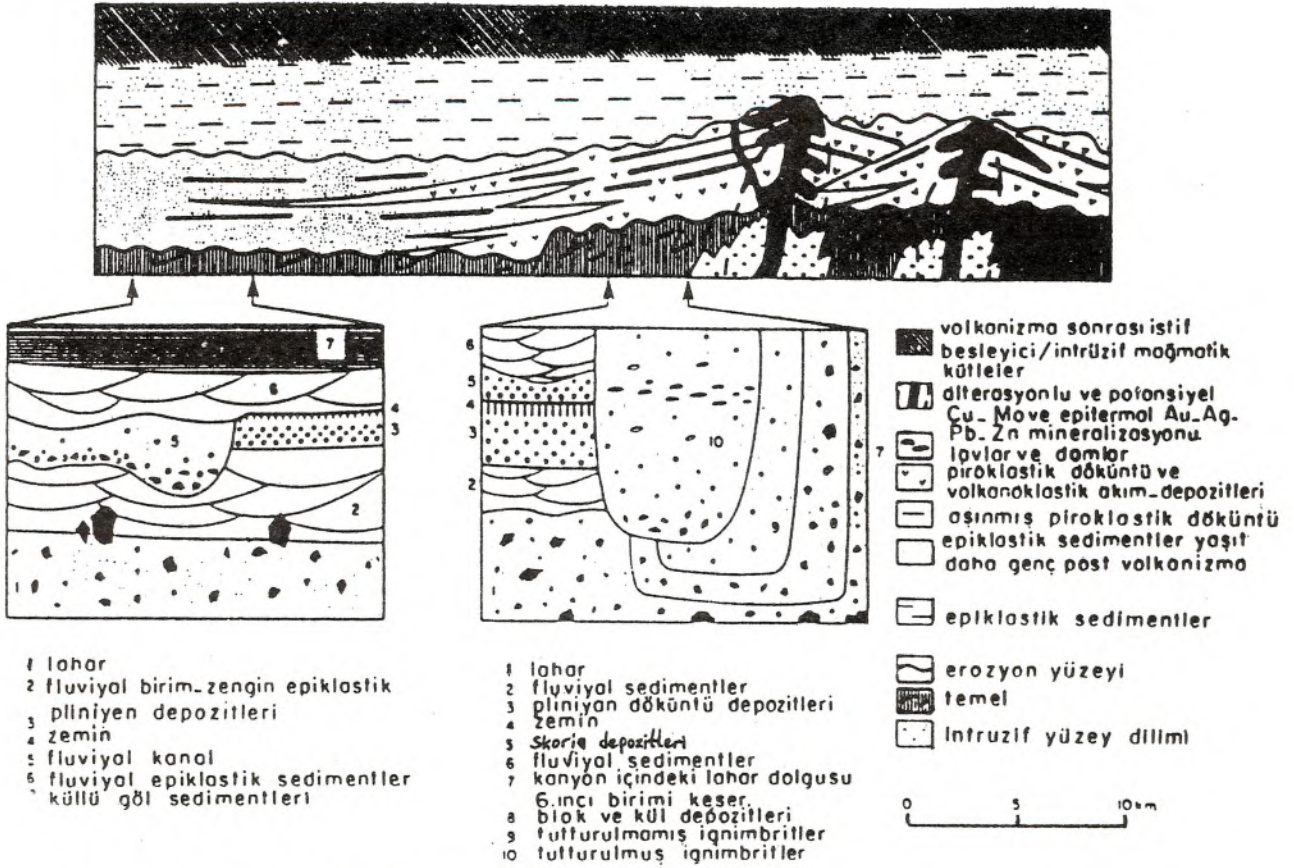
\* J.V. WRIGHT ve R.A.F. CAS tarafından yazılan "Volcanic Successions Modern and Ancient" adlı kitaptan yapılan özet çeviridir.





- |                          |                                |  |
|--------------------------|--------------------------------|--|
| volkanizma sonrası istif | alüvyiyal yelpaze              | bozunmuş maar ve tuf halka kompleksi           |
| temel                    | bazaltlardaki fosilli zeminler | kalkan biçimli volkanik topluluk               |
| fluviyal sedimentler     | bazaltik lavlar                | piroklastik ve hidroklastik bazaltik agregalar |
| göl sedimentleri         | bozunmuş sinder konileri       | besleyici dayklar                              |

Şekil. 1- Kıtasal bazaltik istifler için genel fasiyes modeli



Şekil. 2- Kıtasal strato volkanların fasiyes modeli



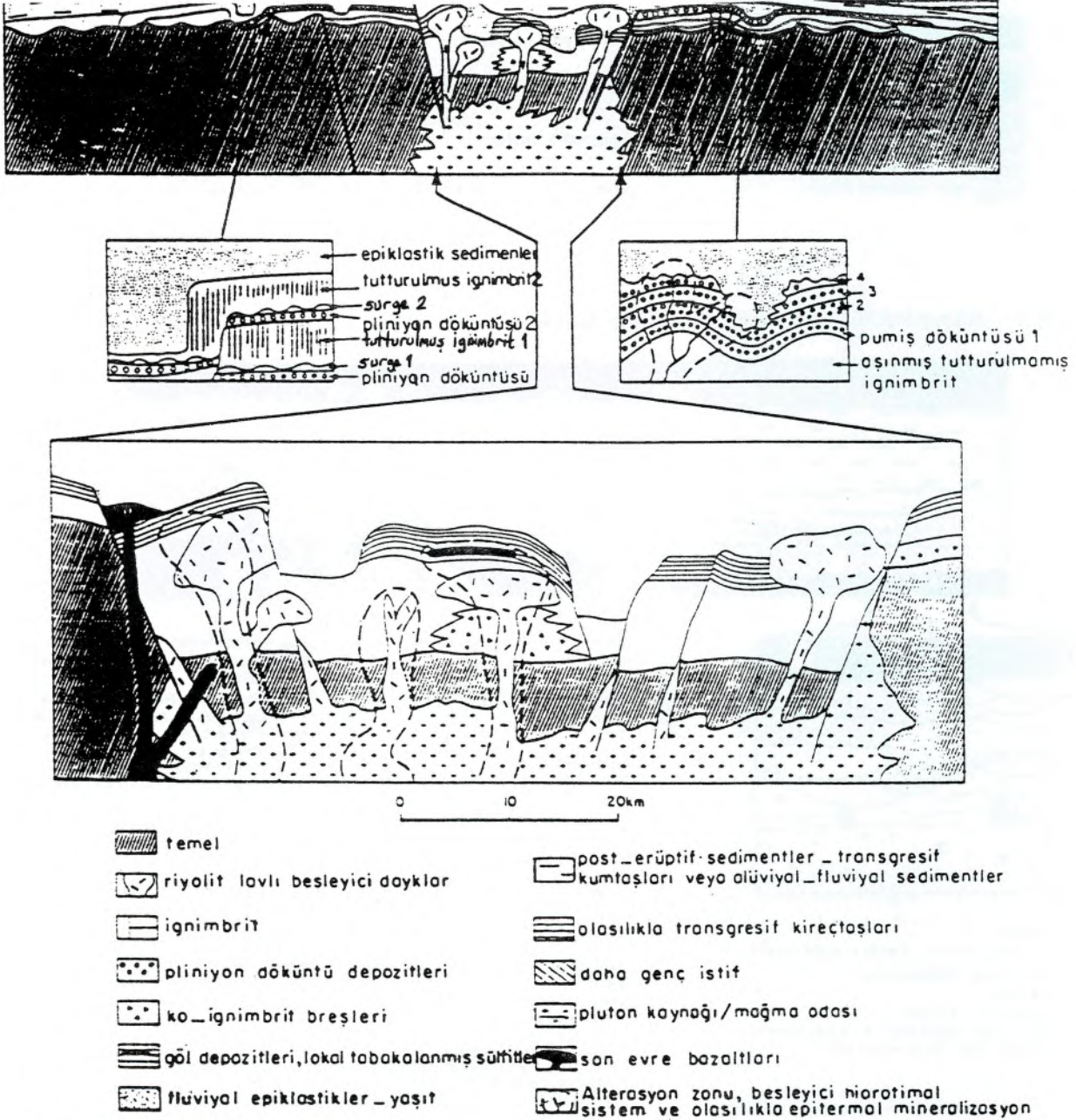
biçimli konilerin malzeme kaybı yüzünden güçtür. Ana koni bileşenleri olan, kısa lavlar, domlar ve sığ intrüzifler (çoğunun bileşimi bazaltik andezitten dasite değin değişir) koniyi aşınmaya karşı korur. Epiklastik ve piroklastik ve kayaçların çeşitli tipleri, yan tarafa yönelmiş ara tabakalar halindedir. Piroklastikler, erüptif tip ve bileşiminde geniş bir yayılım gösterirler. Fakat büyük pliniyen ve ignimbrit erüpsiyonları, jeolojik çalışma sırasında, sıkı tutturulmuş özellikleriyle kolayca tanınabilir. Diğer piroklastik depozitler, çoğu kısımları aşınmış, tekrardan birikmiş, kütle akım depozitleri biçimindedir.

Stratovolkanların tüm özellikleri değişken görülmektedir. Stratigrafilerini şöyle özetlemek olasıdır.

1- İstifin düşey yöndeki litoloji ve bileşiminde görülen değişiklik.

2- Kaynaktan uzağa doğru yatay yöndeki litolojik değişimler. Sistematik fasiyes modellerine uygun olabilir. Koni etrafındaki fasiyesler ise devamsızdır.

3- Bacanın yanına doğru büyük oranda volkanoklastik breşler, çeşitli tip fasiyes ve depozitlerin piroklastik özellikteki malzemelerini içerir.



Şekil 3- Kıtasal silisik volkanların fasiyes modeli



4- Kaynaktan uzaklaştıkça denizel ortamlar veya alüvyellerdeki volkanik kuruntuların olgunlaşmadığı istifler görülür (Şekil-2).

Ekonomik Önemleri: Stratavolkanlar, damar-stokwork porfiri Cu, Mo zenginleşmelerini, yüksek oranda da Pb-Zn zenginleşmelerini, sıg epitermal Au ve ag zenginleşmelerini kapsar.

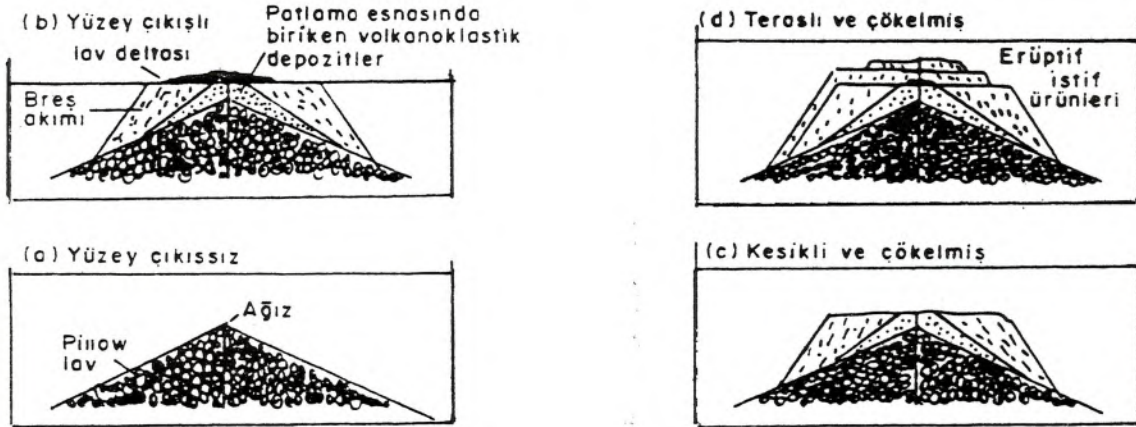
### 3- KITASAL SİLİSİK VOLKANLAR

Modern riyolit volkanların, başlıca volkanik bileşenleri, yüksek riyolit tepeleri ve bunların içindeki az eğimli yamaçlardaki sulu çamur örtüleridir. Riyolitik tepeler, baca yakınındaki, piroklastik döküntüler ve diğer riyolitik bileşimli volkanoklastiklerle ilgili lav domları ve kısa lav akıntılarında meydana gelmiştir. Bu tür özellikteki birliğin ana bileşenleri kaldera ve kaldera yapısıdır. Kalderanın kenarları kesikli olabilir. Her ne kadar riyolitik lavları ve domları kalderanın içinde ve kenarında bulunursa da bunlar kaldera dışında da erüptif olabilirler. Bacaya yakın ignimbrit istifleri aralara sokulmuş epiklastik sedimentleri dahi kapsayabilir. Volkanizmayla yaşıt bazaltik koniler kaldera sınırları ötesinde ve kenarlarında oluşabilir, bunlar nadiren de olsa kaldera içinde görülebilir. Hidrotermal sistemleri içeren sinter depozitler, küçük göller kalderanın dışında ve içinde oluşabilir. Bunlar kraterlerin hidrotermal patlamalarıyla ilgilidir. Epiklastik depozitler hacimsel ola-

rak çok önemli kaldera-dolgu bileşenleridir. Bu tür malzemeyle örtülü olan yerler  $10^2-10^2$  km<sup>2</sup> dir. Epiklastik depozitler flüviyal sedimentleri, kaya akıntılarını, kaldera ve ufak gölcüklü vadileri, göl depozitlerini, sonradan oluşan döküntüleri, pumis türbiditlerini, yoğun riyolit çökellerini, hemipelajik laküstrün ve diatomlu çamurları kapsar. Yeni kaldera merkezlerindeki kaldera dolgu tabakaları eğilmiş, faylanmış ve kıvrılmıştır.

Tutturulmuş ve tutturulmamış kesimlerden oluşan tepe zamanla ( $10^2-10^5$  yıl), çap ve iklime bağlı olarak aşınmıştır. Aşınan volkanoklastik döküntüler hızla volkandan uzağa hareket etmiş ve havza kenarından merkeze doğru olan bölgelerde birikmiştir. Bu yüzden örtüler epiklastik tabakalı, küçük hacimli ignimbritlerden meydana gelmiştir. Pumisin büyük orandaki kül ve kristalleri flüviyal düzlüklerde birikmiş olabilir. Tuturulmamış, küçük hacimdeki ignimbritler, Taupo ignimbritleri gibi az bir olasılıkla da olsa, jeolojik süreç içinde kazanmış olabilir. Yeni Zelanda'daki Taupo volkanik zonu veya Amerika'daki San Juan volkanik sahasındaki ignimbrit sahaları bu tür özelliktedir. Her biri bir stratigrafik bölümün farklı merkezlerine ilişkin ignimbritleri kapsayabilir. Fasiyes ilişkileri çeşitlidir. Yanal fasiyes ilişkileri ani değişiklikler gösterir ve stratigrafileri de karmaşıktır (Şekil. 3).

Ekonomik Önemleri: Değerli epitermal metal zen-



Şil. 4- Okyanusal deniz dağlarının gelişmesi



ginleşmeleri kıtasal silisik volkanlarla ilişkilidir. Hg, As, Sb, Au, Ag, Pb, Zn bulunabilir. Ayrıca porfiri Cu-Au zenginleşmeleri sığ intüzyonlara bağlı olarak gelişebilir.

#### 4- DENİZALTI BAZALTİK RİFT VOLKANİZMASI

Bazaltik rift volkanizması, okyanus ortası sirtlardaki yayılma merkezlerine bağlı olarak gelişir (MORs). Buradaki volkanların morfolojileri değişkendir. Merkezin olduğu yerde yayılma hızı düşük, uzun fissürlerle beslenen merkezler orta, kalkan biçimli volkanların yayılma hızı çok yüksektir. Bazaltik rift volkanları pillowlu ve pillowsuz lavları da içerebilir. Okyanusal kabuk üzerindeki sırtlar birbirine paralel olarak meydana gelen kırılma ve faylarca zengindir. Bacadaki işlev, tektonoizostatik düzene uygun olarak merkezden yana doğru yayılım biçimindedir. Pelajik sediment örtüsü, aşağı doğru mafik ve sürekli dayk kompleksine, gabrolara, mafik ve ultramafik kümülat kayaçlarına geçiş özelliği MORs volkanizmasıyla ilgilidir (Şekil. 4).

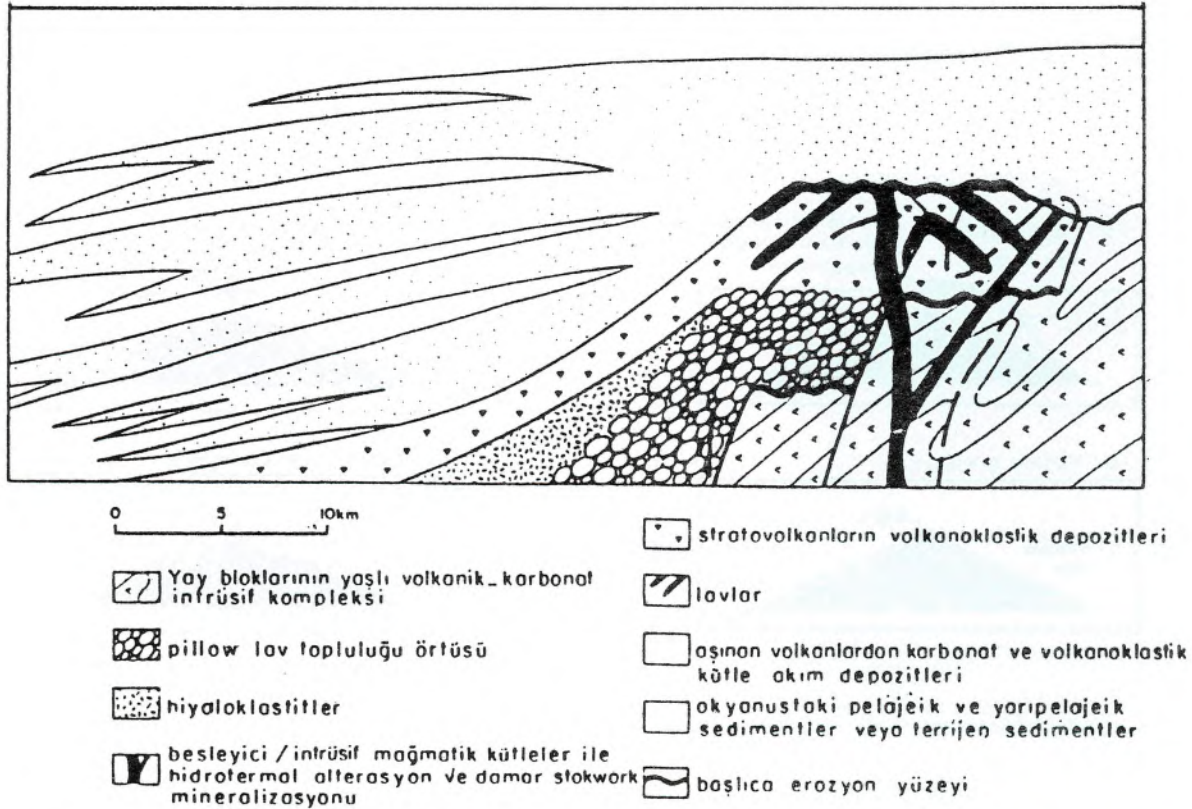
Bazaltik rift volkanizması, dalan sialik kabuk içindeki denizel ortamda da yer alır (Bazı Arkeen yaşlı greenstone kuşakları). Volkanik topluluklar, ağız şekline, yayılma hızına, mağmanın boşalım hızına ve su derin-

liğine bağlı olarak gelişir. Küçük toplulukları andıran denizdağı fasiyes modellerinden, daha büyük topluluklara, vadi ortası volkanlara geçiş olması MORs nedeniyledir. Bunlar, masif lavlar ve hyaloklastikler devamlı olabilir. Yeterli sıklıkla erüpsiyon oluşursa, mağma ve su, patlama sırasında birbirini etkiler sonra da piroklastikler akışabilir. Tatlı eğimli yamaçlar, pelajik sedimentler veya yarı pelajik sedimentler ile belki de tekrar depolanan volkanik sedimentler ile, hidrotermal sabit su seviyesi ile, tabakalı ve masif sülfatların olmasıyla aktivitenin durduğu anlaşılır.

**Ekonomik Önemleri:** Denizel rift volkanizması potansiyel Kıbrıs tipi Bakır, pirit mineralizasyonu için önemlidir. Daha az yayımlı Zn, Pb, Mn, Ni, Co, Ag ve Au içerirler. Cevher kütleleri masif halde, sedimentlerde veya deniz suyu-bazalt yüzeylerinde ve altere olan stokwork hidrotermal manganez modelleriyle Co, Ni, Ci, Mn, oluşumları sediment-bazalt yüzey aralarında post-depozifinal olarak yer alırlar. Deniz tabanı yüzeylerindeki mineralizasyon merkezleri Rona (1984) tarafından incelenmiştir.

#### 5- OKYANUSAL BAZALTİK SIRADAĞLARI

Okyanusal kabuk üzerinde gelişen bazaltik denizdağlarının tanınması zordur. Çünkü, bunlar dalan Okya-



Şekil. 5- Denizel stratovolkanlar için fasiyes modeli (Kıtasal stratovolkanları da içerir.) Aradaki en önemli fark, denizel stratovolkan topluluğunda kütle akım volkanik sedimentlerin ve pillow lavların bulunmalarıdır.



nus kabuğunun alt yüzeylerinde bulunurlar. Dalma bölgelerindeki tektoniğe bağlı olarak olasılıkla değişmişlerdir. Bunun için MORs volkanlarının tanınması zor olmaktadır. Dalan sialik kabuk içindeki ortamlarda oluşan bazaltik sıradağları ise, her zaman tektoniğe bağlı değildir. Bu tür istifler jeolojik çalışmalar sırasında korunmuş olarak bulunabilirler. Tanınmaları da içerdikleri istiflerin üstündeki fasiyes değişimlerinden mümkün olabilir, J. G. Johns (1969). Erüpsiyon sıg sularda başlar, (Thorarinsson-1967). Üst kesimleri piroklastik istiflerle veya lav örtüleriyle aşırı derece örtülür.

**Ekonomik Önemleri:** Bazaltik deniz dağları ferromanganez zenginleşmeleri için potansiyel kaynaktır. Böyle klasik istifler Lohn-Dill tip zenginleşmeleri diye adlanmıştır.

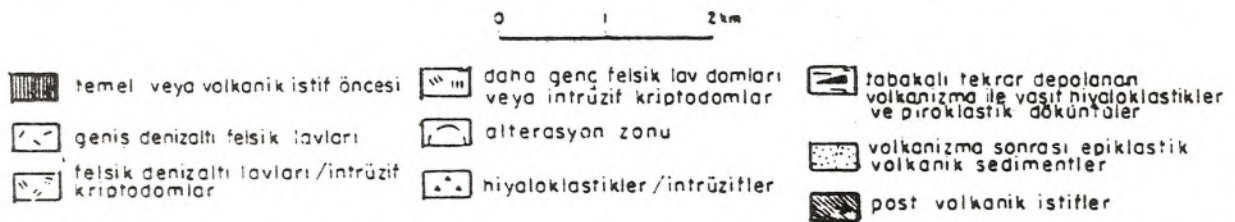
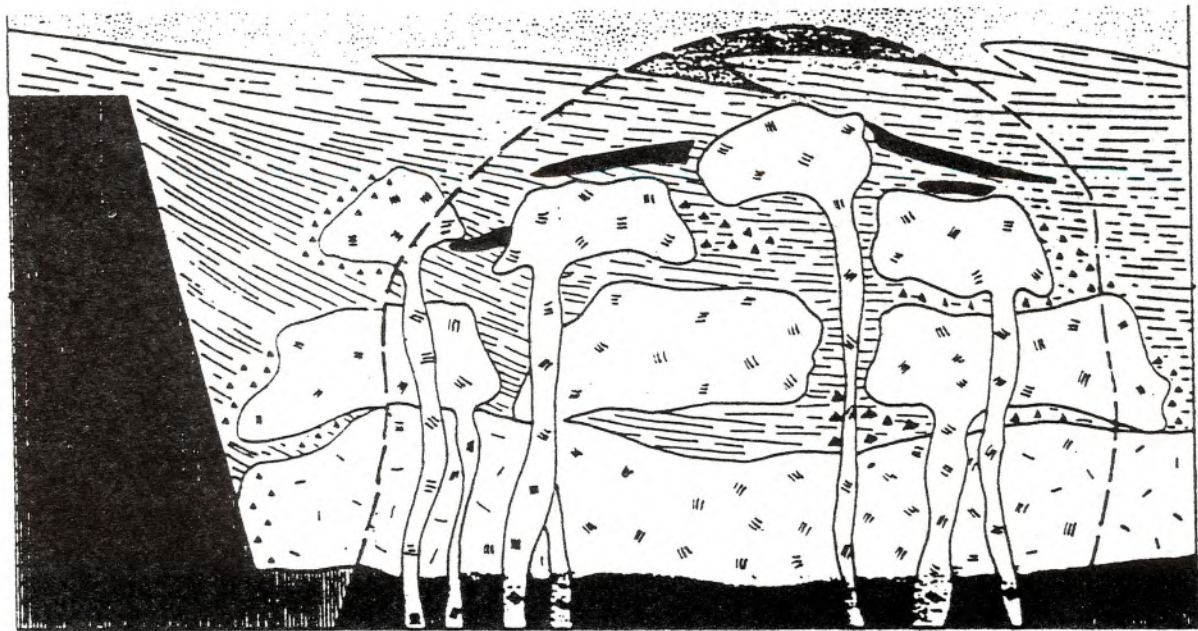
## 6- DENİZEL STRATOVOLKANLAR

Denizel stratovolkanlar temel üzerinde önemli bir röliyefe sahiptir. Büyük ölçekte ve sarp kenarlı kaldera-lara sahip olabilirler, mağmatik bileşimleri de farklıdır. Subareyal, bir tepe bölgesi içermeleri ve denizaltı koşullarında oluşmalarıyla diğer volkanlardan farklılıklar gösterirler. İlk erüpsiyonları bazaltikten, bazaltik andezite değin değişirse, strato volkanların aşağı kesimle-

rinde benzer stratigrafi sunan, tipik denizaltı volkanik dağları gelişebilir. Bunlar hyaloklastikler ve pillow lavlarca zengindir. Ayrıca okyanusal deniz dağlarından daha uzun ömürlüdürler.

Denizel strato volkanlar besleyici yapılar yüzünden olgunlaşmamış epiklastik ve piroklastikleri, lavca zengin önemli konileri oluşturabilirler. Böylesi volkanların tamamı; istikrarsız ada yayı sistemlerinde oluşan devamlı/sürekli yay kabuklarındaki yaşlı deforme olmuş yay volkanik topluluklarıyla daha çok intrüzifler ve genç karbonat çökelleriyle ilişkilidir. Bu ortamlar, önemli epiklastikleri içeren, aşınabilen, taşınabilen birikebilen işlevleridir. Kütle kaybının yüksek oranda olması, başlıca denizaltı kütle alan işlevleriyle ve havza içine dökülmeyle yakından ilgilidir. Bu tür kaba materyal, proksimal ada yayı ve yay gerisinde, daha büyük sedimentlerin birikimiyle oluşan kütle akım depozitleridir. (Tane akışı, moloz çığları, türbidit akıntıları, kaymalar ve oturmalar vb.)

Yay ardı örtüsü aktif volkanik yayın etkisiyle juvenil, eski epiklastik diye iyi bilinen volkanik döküntü kırıntılarını kapsar. Sigurdsson (1980), Antillerin aşağısındaki yay ardı örtüsünün ilksel olarak tükenmiş piroklastik döküntü materyali olduğunu söyler. Batıdaki yük-



Şekil. 6- Derin denizel felsik (silisik) volkanik merkezler için fasiyes modeli. Bölgesel olarak geniş yayımlı derin-deniz felsik lavlarını daha küçük dom tipi kütleler izler. Mineralizasyon genç ve küçük domlarla ilgilidir. (Kuruko bölgesindeki gibi) Orta derinliklerde ise volkanik merkezler, piroklastik depozitlerin yığışmalarını lokal olarak içerebilir (tüf halkaları ve konileri gibi).



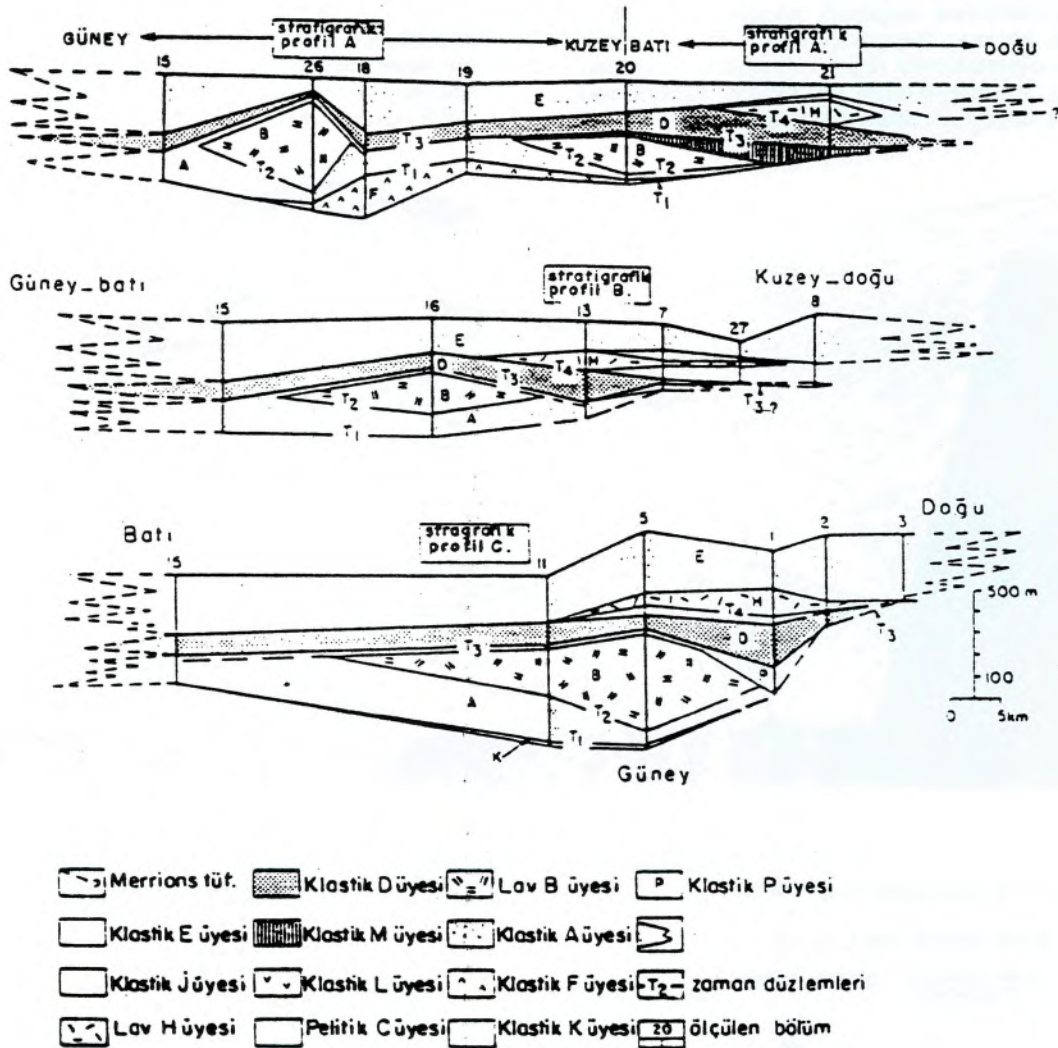
sek yerlerden kuvvetli rüzgarlarla küller doğuya doğru taşınmıştır. Bu yüzden, tüm yay ardı döküntüleri, kütle akın depozitlerinden ibarettir. (Klein 1975, Klein ve Lee 1984) Bu depozitler levha sedimentleri diye de bilinen kanal ve kanyon dolgularıdır. Böylesi örtülerin fasiyesleri nispeten ince taneli volkanoklastik kütle akın depozitlerince (çoğunlukla türbiditler), genellikle kül ve pelajik sedimentlerince zengindir. Karaya yakın nerede stratovolkan varsa, terrijenli volkanik fasiyes aralarında, okyanusal pelajik sedimenlerden ziyade, kıtasal kökenli sedimentler yer alır (Şekil-5).

**Ekonomik Önemleri:** Kıtasal stratovolkanlarda olduğu gibi denizel andezit-dasit stratovolkanları; porfiri Cu, Mo, Au zenginleşmeleri ve daha yüksek oranda epitermal damar tipi Zn, Pb, Au ve Ag zenginleşmeleri için potansiyel kaynaklardır. Bunların deniz tabanı içindeki gömülü kesimleri hidrotermal çevrimle ilgili yakın

yerlerde veya direkt olarak hidrotermal sistemlerle beslenen kaldere içinde (Santorini, Krakatau vb.) aşınmaya maruz kalabilirler.

## 7- DENİZALTI FELSİK VOLKANLAR VE VOLKANİK MERKEZLERİ

Her ne kadar asidik mağmalar, bazik-ortaç bileşimli mağma odasında ayrışma prosesleri ve diferensasyon sonucunda okyanusal ortamda erüptif olabilirlerse de, bunlar daha yaygın olarak kıtasal temel ile taban ortamlarında bulunur. Denizaltı felsik ve silisik merkezlerin birlikteliği Kanada'daki Arkeen yaşlı temeldeki çevher zenginleşmeleri ve Kuroko tipleri bu tür topluluklarla ilgilidir. Modern denizel volkanların (özellikle de denizaltı) çoğunun kaya tanımlaması güçlüklerinden dolayı, Japonya'daki Kuroko ve Kanada'daki Arkeen yaşlı "greenstone" kuşağı yoğun olarak çalışılmıştır. Her ne

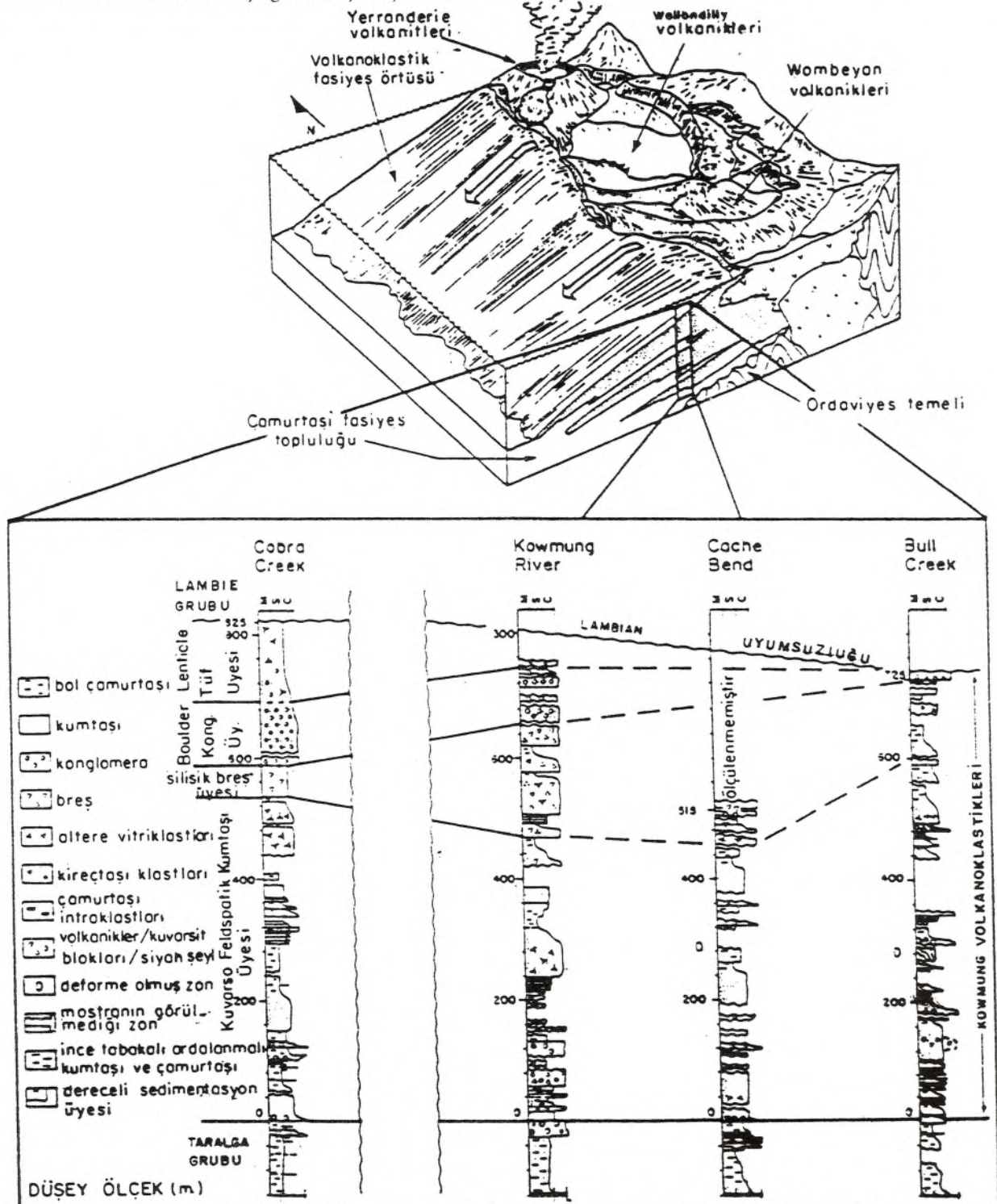


Şekil. 7- Sığ deniz subareyal silisik volkanik merkezlerden türeyen derin deniz fasiyesi. Havza tabanı su içindeki subareyal ıgnimbitler ve fissür lav erüpsiyonlarıyla, normal havza terrijen epiklastiklerince beslenir. (Alt Devonyen Merrions tüfleri, GD Avustralya)



kadar bazı araştırmacılar Kuroko istiflerini denizaltı kalderaları olarak tanımlamışlarsa da (Kouda ve Koide 1978, Ohmoto 1978, Ohmoto ve Tabahashi 1983), diğeri (Cathles, 1983) bunların dar açılımlı rift havzalarındaki volkanizmadan oluştuğunu, saçılmış noktalar

halinde olduğunu belirtir. Gerçekten de bu iki görüş birbirinden farklı değildir. Kanada'daki volkanik merkezleri hakkındaki görüşlerle benzerdir. (Spence ve De Rosen-Spence 1975).



Şekil. 8- Sığ deniz subareyal silisik volkanik merkezlerden türeyen derin deniz fasiyesine başka bir örnek. Derin denizel havzayla ardalanmalı, epiklastik terrijen sedimentler. (Alt Devoniyen Kowmung volkanoklastikleri, GD Avustralya)



Kuroko istiflerinin önemli bileşenleri volkanoklastikler, çamurtaşları, masif sülfidler ve bunların kimyasal sedimenter fasiyesleridir. Genellikle Kuroko tipi zenginleşmeleri iki türdeki erüpsiyon ürünlerine sahiptir. İlki, böyle derinliklerdeki suyun sütunsal basıncından dolayı volatillerin eksolusyonu oldukça azdır. Bunun anlamı düşük vizkoziteli mağmanın olduğudur. Eğer erüptif mağmanın boşaltım hızı ve hacmi büyük olursa felsik lavlar bölgesel ölçekte yayılım gösterirler. Bunlar büyük magma tipleri olarak belirtilir. Kuroko tipinde olduğu gibi, küçük hacimli ve yüksek vizkoziteli lavlar, küçük domlar, küçük ölçektedir. İkinci olarak yaklaşık 3000 m de suyun düşey basıncı patlama ve parçalanmaya engel olur. Her ne kadar volkanoklastiklerle ilgili Kuroko tipi zenginleşmeler tuf breşleri, lapilli tüfleri ve piroklastikler olarak tanımlanmışsada bunların in-situ piroklastikler olma ihtimali yoktur. Üstelik bunlar % 17-34 vesiküleriye sahiptirler. 500 m den daha az sığ derin kökenli tekrardan depolanmış volkanoklastik veya sönmüş kırıntılı hyaloklastiklerden türemiştir.

Özetle, volkanik merkezler lavlarca belkide birbirine üzerleyen ağızlar/yuvalar, hyaloklastikler, daha sığ erüpsiyon noktalarından türeyen tekrar depolanmış volkanoklastikler, erüptif aktivitenin kesildiği anlarda, derin deniz pelajikleri-yarıpelajik sedimentlerle, karaya yakın proksimitiye bağlı olarak terrijen sediment oranlarının değişimiyle zengin olmaktadır.

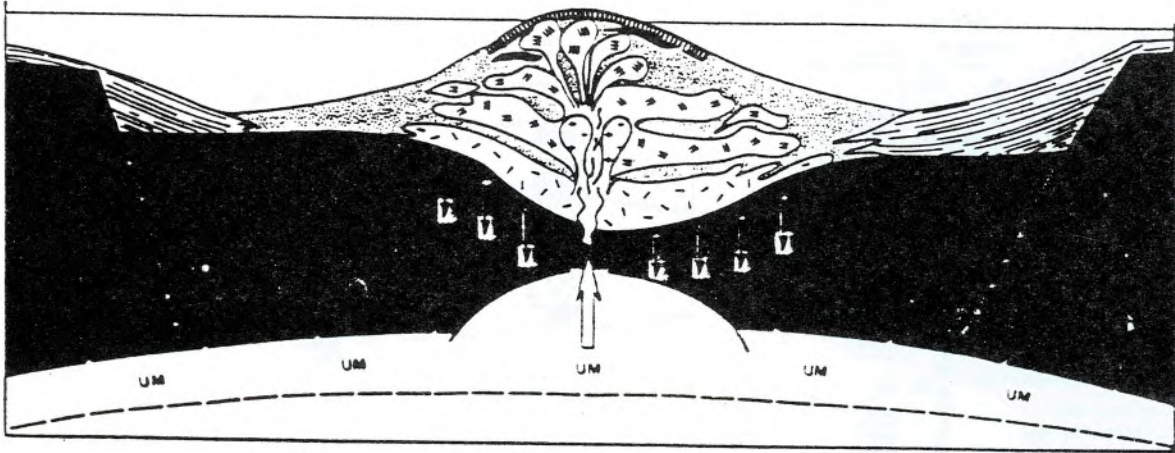
Orta derinliklerden sığ su derinliklerindeki merkezler ilerleyerek artan oranlarda in-situ piroklastiklerini

kapsar. Orta derinlik merkezleri lokal olarak piroklastik istifleri, tuf halkalarını kapsar. Avustralya'nın güneydoğusundaki Boyd volkanik kompleksinin dış kesimleri, Papua Yeni Gine'deki Tohma volkanı, (Reynolds ve Best 1976, Reynolds 1980) sığ sulu merkezleri, daha yüksek oranda patlayıcılar ve ignimbrüleri oluştururki bunlar sığ sularda veya odalar üzerinde görülür. Uzun tefra döküntüleri tekrardan biriken piroklastik ve domlar itibariyle iyi bilenen Yunanistan'da Dodecanese adalarındaki Kos'un jeolojisi sığ denizaltı kaldeleleriyle ilgilidir.

Ekonomik Önemleri: Böyle ortamlar masif stratiform sülfatların önemli zenginleşmelerini içerirler. Bunlar sakin zeminlerde toplanmış olmalı ve sakin ortamdaki pelajik ve yarı pelajik sedimentlerle ilgili olmalıdır. Lokal olarak bir kaç dom arasında veya domların üstünde bulunabilirler. Nehir ağızlarında da piroklastik ve epiklastik malzeme önemli miktarlarda korunmuş olabilir. Bu özellikle Kuroko tipi masif sülfid depozitlerinde klastik dokular biçiminde görülür. Bu tip depozitler mekanik olarak taşınmışlardır (Şekil. 6).

### 8-DERİN DENİZEL-SIĞ DENİZEL KÖKENLİ SUBAREYAL SİLİSİK VOLKAN MERKEZLERİ

Sığ denizel subareyal silisik volkan merkezleri, piroklastik depozitlerce zengindir ve merkezdeki istiflenmeleri, kıtasal silisik volkanlara benzer. Bununla birlikte direkt olarak derin deniz havzalarında bulunan böyle



mafik volkanikler

Ortaç volkanikler

felsik volkanikler

granitoidler

demir formasyonu- sülfid fasiyesleri

Pb- Zn- Cu-(Ag) cevher kütleleri

sedimentler-ince toneli epiklastik, volkanoklastikler

sedimentler kaba toneli klastikler havza kenarı

Geç Arkeen-Proterozoik Arkeen yaşlı greenstone, gnays içeren kalinsialik kabuk

Geç Arkeen-Proterozoik Üst manto-ince, diferensiyon, mafik ve ultramafik bileşim

Şekil. 9: Prekamriyen yaşlı bazik-ortaç-felsik volkanik dönüşüm fasiyes modeli. Çoğu volkanikler içinde birkaç dönüşüm olabilir (Hutchinson, 1973'ten).



merkezlerin erüptif ürünleri bu ortamlarda depolanacaktır. Kaymalar, moloz çığları, tane akımı ve türbidit akıntıları nedeniyle normal havzadaki fasiyes ve volkanoklastiklerin örtüsünü oluşturur. Diğer depozitler ve piroklastikler, akıntıların deniz suyuyla reaksiyonundan oluşur. Yoğun blok ve kül akıntıları hariç tutulursa, hiç şüphesiz ki buharca zengin tüm piroklastik akıntıları, denizaltında olmaktadır. Bunlar patlayarak deniz suyu ile reaksiyonu sonucunda tekrar büyük miktarlarda depolanır.

Böyle ortamlarda stratigrafileri devamlı olabilir ve volkanoklastikler normal havza kökenli diye tanımlanır. Bu tür havza sedimentleri çok büyük kum türbiditleri ve hemipelajeik çamur ardalanmalıdır.

**Ekonomik Önemleri:** Bu tür istifler potansiyel zenginleşmeler için daha az önemlidir. Volkanik merkezdeki ve yokuştaki hidrotermal döngünün uzaklığına da bağlı olarak tabakalı klastik sülfatları içerebilirler (Şekil. 7 ve 8).

### 9- İNTRAGLASİYAL (BUZULİÇİ) BAZALTİK VE RİYOLİTİK VOLKANİZMA

Bu tür volkanizmanın tipik örnekleri İzlanda adasında bulunmaktadır. Bazalt-andezit-dasit ve riyolit türde örnekleri vardır. Bazaltik subglasiyal volkanlar temel olarak yastık lav, palagonitize hyaloklastik breşler ve sideromelan parçaları içerirler. Buzullar içinde lav deltalari da oluşur. Riyolitik subglasiyal birikimler küçük hacimli olup (0,01-0,1 km<sup>3</sup>) hyaloklastikler ve çapı 1-10 m arasında değişen lav parçalarından oluşur.

**Ekonomik Önemleri:** Yoktur.

### 10- PREKAMBRİYEN VOLKANİZMASI

Prekambriyen'deki volkanizma nasıldı? Tektonik kontroller, ortamlar ve koşullar farklıydı, erüptif mağmaların bazıları son zamanlardaki erüptiflerinden farklı olabiliyordu. Özellikle de Arkeen sırasında bu farklılık söz konusuydu. Atmosferin bileşimi ve yoğunluğu farklıydı ve komatitik lavlar oluşmuştu. (Arkeen'deki Green stone alanlarında). Tüm bu tiplerinin (bazaltik-andezitik-riyolitik) fiziksel formları (pillowlar, masif domlar vb.) Prekambriyen volkanizması içinde tanımlanmıştır. (Ricketts 1982, Dimnoth 1978, De Rosen Spence, 1980). Benzer olarak hyaloklastikler, ignimbitler, havadan dökülme depozitler ve tekrardan birikmiş

epiklastik, volkonaklastikler tanınmış bulunmaktadır. (Ricketts 1982, Dimroth 1978, De Rosen Spence 1980, Tharstan 1980). Her ne kadar bunların büyük ölçeklerde tektonik kontrolleri işlevleri ve ortamları farklı olsa da fiziksel volkanik işlevleri modern ortamlardaki işlevlere benzemez.

Prekambriyen'deki volkanizma merkezleri modern tipteki volkanik merkezlere benzerse de bu çok net değildir. Belki de bunların ilksel konumu tektonik rejimle, jeotermal gradyanla, ince litosfer kabuğu nedeniyle farklılaşmış olmalıdır. Bu yüzden onların geniş kapsamlı yapısını ve modern volkaniklerle yakınlığını mukayese yapmak risklidir. Prekambriyen istiflerin içinde iki farklı topluluk tanınmıştır.

1- Mafik-ultramafik-komatitli topluluklar

2- Klasik olarak bazik-ortaç-felsik topluluklar. (Naldrett ve McDonald 1980, R.W. Hutchinson 1973, 1980).

Mafik ve ultramafik volkanik topluluklar yüksek sıcaklıklı toleyitikten komatitik bileşime kadar olan lavları, intrüziyeleri, volkanoklastikleri ve sedimentleri kapsar. Lavların kalınlığı değişkendir. Bir metreden bir kaç on metreye kadardır. Böylesi topluluklar tamamen Erken-Orta Arkeen'deki riftleşmeyle ilgilidir.

Bazik ortaç-felsik volkanlar Orta Arkeen'de dikkati çekecek kadar devamlıdır. (Songster 1972, R. W. Hutchinson 1973, 1980, ve Spence ve De Rosen Spence 1975). Bu merkezlerin, polijenetik merkezler olduğunu ve erüptif magma bileşiminin bazalttan riyolite dek değiştiğini belirtirler. Volkanizma çok sayıdaki fissur ve damarlardan yükselerek deniz tabanında kalkan lavları biçiminde yayılırlar (Spence ve De Rosen - Spence 1975). Volkanik topluluklar ilkin bazalt olarak başlamakta bunu ortaç ve silis lavları izlemektedir. Mineralizasyon oluşumu daha çok riyolitik fazla ilgilidir. Riyolitik lavlar dom şeklindeki kütleler halindedir. Bu volkanizma türünün gelişimi manto ve üst kabuktaki diferensasyondan ileri gelir. Kalınlığı 1000 m. kadar olan topluluklar erüpsiyonla yaşattır. Çoğu durumlarda volkanik toplulukların röliyefi temelin üzerindedir. Çok yüksek değildir. Volkanoklastikler, hyaloklastikleri ve önemli epiklastik sedimentleri kapsar. Kimyasal sedimentler ve çörtlere, demirli formasyonlarca zengindir.

**Ekonomik Önemleri:** Arkeen mafik-ultramafik-volkanik toplulukları Nikel-bakır depozitlerince zengindir. aksesuar olarakta Co ve Au bulunur. Bazik-ortaç-felsik topluluklar ise Zn, Cu ve Cu-Ag masif sülfidlerle zengindir (Şekil. 9).



## DEVLER, EJDERHALAR VE JEOLJİK OLAYLAR\*

Mesude AYDAN - MTA Genel Müdürlüğü, Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Dairesi - ANKARA

### GİRİŞ

İlkel insan tarafından efsanelerin yaratılması ve doğal olayların doğüstü yorumları zamanın derinliklerinde kaybolmuş gerçek bir gizdir. İnsanoğlu tarafından yapılan tanımlamalar, bu tür olayların nedenlerine ulaşmada gösterdiği çabalarıdır.

Paleontolojik verilerce belirlenen organizma fosilleri halkbilimi gelenekleri içinde devlere, doğüstü varlıklara ve azizlere atfedilmişlerdir ve iyileştirici özelliklere sahip oldukları varsayılmaktadır. Bu makalede bu tür örnekler değerlendirilmektedir.

Konunun tamamlandığını öne süremeyiz, bununla beraber gerek kişisel araştırmalarla gerekse literatür verileriyle olduğunca çok olayı ele almaya çalıştık.

### Devler, Doğüstü Varlıklar

Uzunca bir süre insanoğlu evrenle ilgili fenomenleri ve değişiklikleri yorumlamak ve anlamak için sayısız sorular sordu ve bu ilgi çeşitli fosillerle daha da çekici hale geldi.

İlk olarak Yunanlılar doğanın çok yönlü, değişik ve zıt güçlerini ilahlaştırdılar. Bu yolla, bilinmeyen üçlerin dünyayı yönettiğini ya da yönetiyor gibi gördüğünü kabul edebiliyorlardı. "Theogonia" da Hesiod, herşeyden daha önce "Kaos"un olduğunu söyler. Kaos, Evrenin bir parçasını oluşturan, herşeyin nüvesinin bulunduğu uzaydır. O, herşeyin başlangıcıdır. Yaratıcı ve başlangıç unsurudur.

Eski Yunanlılar mitolojilerinde etkin jeolojik olayların yorumlarına ve olaylarla ilgili bilgilere çok fazla yer vermişlerdir. Ege ve Doğu Akdeniz'deki volkanik hareketlerin genellikle Cronos ve Zeus arasındaki çekişmeden sonra Devler ve Tanrılar arasındaki savaştan dolayı olduğunu iddia ederler. Zeus, Hercules ve Minerva'nın yardımlarıyla Devlerle karşılaştığında dev Pallas'ın derisini yüzdü ve dev Engelados'u Etna ile örttü. Poseidon tarafından denizde avlanan Dev Polyuotis, Kos'ta kendine sığınacak yer aradı ve Kos yakınlarında Zeus tarafından Nisyros ile örtüldü. Bu yolla, eski Yunanlılar, halen aktif olan Etna ve Nisyros volkanlarının varlığını yorumlamış oldular. 1422, 1830, 1871, 1888'deki yıllardaki bilinen patmalamaların bazıları çok şiddetliydi

ve volkanik küllerin bugün yapılan derin deniz sondajları sırasında Doğu ve Orta Akdeniz'de tabanda yerleşmiş oldukları belirlendi.

Frixos, Elli ve Altın Koç Efsanesi insanların altına sahip olma isteği olarak yorumlanabilir. Eski Yunan hayalciliği kutsal bir orijini olan Altın Koç'u yarattı. Bu koç onlara göre Delphes rahibinin yalnız bir isteğinden dolayı yaşamları tehlikeye girdiğinde Frixos ve Elli'ni kaçımasına yardım etmişti. O bölgeler altın konusunda bilinen yerlerdi. Bilinen en eski tekniklerden biriyle koyun veya koç derisi suya daldırılırdı ve saçlarında altın tozları birikir ve ağırlaşır, sonra kurutulup sallanır ve altın elde edilirdi (Şekil. 2).

Büyük fosil kafatası ve dişlerinin bulunması eskiden yaşamış devlerin varlığına atfedildi. Megalopolis ve Sicilya'da bulunan kafatası ve iskelet kemikleri eldeki örneklerini en etkilerindedir.

Trapani'nin devi özellikle "Decameron" un yazarı Boccacio'nun 1472'de yazdığından bu yana, bu iskeletin Homer'in Odyssey'in de değinilen tek gözlü Cyclop Polyphemos'a uzandığı yolundaki inanışla çok ilgi çekmiştir. Efsane Poseidon'un oğlunun Ulysses'i ve bazı adamlarını bir mağaraya hapsedtiğini söyler. Cyclop tarafından yenmeyen adamlardan bazıları onu kör edip kaçarlar (Şekil. 3).

Alman paleontolog Othenis Abel, Cyclops efsanesi için olası bir tanımlama getirmiştir. Anatomik bilgisi olmayan birisinin bir filin kafatasını gördüğünde buruna ait delikleri gözlerin tek bir noktada birleştikleri izlenimi veren boşluklar olarak düşünmesi normaldir. Bu yüzden bu fil kafataslarının bulunması tek gözlü devler olarak kabul edilmeleri gibi bir yalnız neden olabilir. Bu ilgi çekici yaklaşımı doğrulamak olası değildir, fakat devlerin varlığına dair inanışların fillere, hippopotamlara ve diğer hayvanlara ait kemiklerin bulunması ile güçlendiği hususunda şüphe yoktur (Şekil. 4).

Eski çağlardan beri çeşitli efsanelerin olduğu Samos Adası'ndaki Pikermi faunasının Üst Miyosen (Pikermiyen) fosil kemiklerini içeren ilginç bir durumu vardır.

Romalı Claudios Aclianos (225 MS) Hayvanların Doğası isimli 7. kitabında Hellenistik periyodun epik şairi Ephorion'a değinmiştir. Korunabilmiş az sayıdaki

(\* ) Bulletin of the Geological Society of Greece dergisinin 23/2 nci sayısında (1989) yayımlanan ve M.D. Dermitzakis ve E. Papadopoulou tarafından yazılan "Giants, Dragons, Saints and Geological Phaenomena" adlı makaleden çevrilmiştir.



eserinde o, eski çağlarda Samos'un oturmayaya elverişsiz bir hale geldiğinden bunun nedeninin de insanların yolculuk etmesini engelleyen büyük, kızgın bir dev olduğundan bahseder. Bu devlere Naiades denmiştir ve seslerinin gücünden yollarda yarıklar oluşabilmektedir. Samos'da yaşayanların şöyle bir atasözleri vardır: Naiades'in kından daha yüksek bir çılgılık atmalı.

Plutarch'ın tanınmış "Yunan Soruları" adlı çalışmasında getirdiği yorum değişiktir; o, Samos adasında Panaima denilen yerde gözlenebilen kemiklerin Dionysus tarafından öldürülen Amazonlara ait olduğunu iddia etmiştir ve bu yere Panaima adı, dökülen kanın güzelliğinden verilmiştir.

Bugün bile Samos köylüleri kanallardan gelen sesler duyduklarını ve bu seslerin perilerin sesleri olduklarını söylerler. Pantos'un Heraclides'ine göre Neraida (Peri) ismi Naiades veya Neades (İyörük diyalekt)'den gelmektedir.

1880'lerde İngiliz paleontolog Forsyth-Major bu malsı tekrar keşfetmiş ve temelinin gerçek olma olasılığına değinmiştir. Bununla beraber, omurgalıların fosilleri üzerinde yaptığı araştırması Picermi faunasının Üst Miyosen bulgularının keşfedilmesi ile değer bulmuştur (Forsyth Major, 1891). Bu, bu konuda yapılan ve günümüzde tanınmış ve halen devam eden bilimsel araştırmaların başlangıcıdır (Melentis, 1967).

Kos Adası'nda Neojen ve Pleistosen yaşlı, çok sayıda memelilere ait fosiller bulunmuştur.

Major, 1887 de Antimachia'dan şu türleri tanımlayan ilk araştırmacıydı. **Mastodon arvenexisis**, **Elephas meridionalis**, **Equus stenonis**, **Hippopotamus tuajor**, **Cervus sp.** 1928, Airachi, Antimachia, Armyri ve Karthamena Pleistosen'dan şu türleri tanımlamıştır: **Machairodus crenatidens**, **Felis arvenensis**, **Hyaena**

**sp, dicranius**, **Bos elatus**. Desio (1931), Alt Kalavrian yaşının (Alt Villafransin) formasyonlarını **Mastodon arvenensis**, **Elephas meridionalis**... ile karakterize eder. Bütün bu bulgular, başında bir ejderha ile yaşayan çok büyük dişi bir dev olan Meropi ile ilgili efsanelerin yaratılmasına zemin sağlar.

Keza, Asclepeion'da bulunan diğer örnekler eski Yunanlıların fosilleşmiş memelilere olan ilgilerini belirtir. Amerikalı bir paleontolog olan Bornum Brown, 1920'de Asclepeion'un yıkıntılarında bir fil dişi fosilinin bir parçasını bulmuştur.

Büyük memelilere ait fosil kemikleri en önemli omurgalı fosillerdir. Genellikle Pleistosen depolanmalarında bulunurlar ve bulgular konuya gösterilen ilgiyi arttırmıştır. Empedocles (492-432 MÖ), Sicilya'da bulunan büyük kemikleri kayıt etmiştir ve onların devlere ait olduğunu söyler.

Pleistosen sedimanları Megalopolis'in bir çok yerleşiminde zengin fosiler sunar. Megalopolis eski Yunanlıların da ilgisini çekmiş bir yerdir (Şekil. 5) Eski Yunanlılar çok sayıda fosil kemikleri belirlemişler, bunların, Chronos'dan bebeği Zeus'un korumak için çaba gösteren Rea'nın neden olduğu Devler Savaşı sırasında düşen devlerin kemikleri olduğunu kabul etmişlerdir. Pausaniyas gözlenen kemiklerin normal insan kemiklerinden daha büyük olduğunu belirtir. Bu kemikler, geleneklerin söylediği gibi, Rea'nın yandaşı olan devlere atfedilmişlerdir.

Orta Çağ ve Rönesans sırasında ve 17. yüzyılın sonlarına kadar fosilleşmiş memeli kemikleri devlere ve ejderhalara bağlandı. Karşılaştırmalı anatomi 17. yüzyılın sonlarından önce gelişmemiştir. Yaradılış Kitabı'nda (İlk Kitap) şöyle geçiyordu: "Bu günlerde Devler vardı". Bu yüzden, eski kroniklerde sık sık Devlerin ke-



Şekil. 1 Eski dünyayı ve metinde geçen belirli lokasyonları gösteren Akdeniz haritası



miklerini bulunmasından bahsedilmesi garip değildi. Bu tür raporlar insanların ve bilginlerin hayal güçlerini uyardı ve "Dev Bilimi" özel bir bilim dalı haline geldi.

Devlerin kemikleri genellikle kiliselerde, kalelerde ya da kamu binalarında korunmuşlardı. 1443 yılında bir mamuta ait uyluk kemiği Viyana'da St. Stephan katedralinde bulundu. Kral III. Frederick'in isteği ile süslendi: "A.E.I.O.U." (AUSTRIAE AST IMPERAXA ORBI UNIVERSO) ve uzunca süre orada kaldıktan sonra (1729 da hala oradaydı). Viyana Üniversitesi'ne alındı (Abel, 1914; Pfizenmayer, 1926).

1557 de İsviçre'de Renden Abbey yakınlarında büyük bir ağacın köklerinde çok büyük kemikler bulundu. Lucern Şehir Meclisi bu kemiklerin cennetten düşen bir meleğe ait olduğunu açıkladı, fakat psikolog Felix Plater bu kemiklerin 5.75 m boyundaki bir deve ait olduğunu belirtti. Bu "Lucern Devi"nin resmi Lucern Belediye Binası'nın Kulesine çizildi. Fakat kemikleri gömüldü (Pfizenmayer, 1926). Keza, Kuzeybatı Almanya'da



Şekil. 2- Altın Koç üstünde Frixon ve Elli'nin temsil edilmesi



Şekil. 3- Bir vazo üstünde tek gözlü Cyclop Polyphemus'un Odysseus ve arkadaşları tarafından kör edilmesini gösteren eski bir örnek (sunum)

Schwaebisch Hall de Archangel Michael Kilisesinde bir mamut azı dışı şu yorumlarla sergilendi (Pfizenmayer, 1926):

"1605 yılında ve 15 Şubat'ta Hall bölgesinde Nevrnonn yakınlarında bulundum. Lütfen bana söyle, ben neye ait olabilirim"

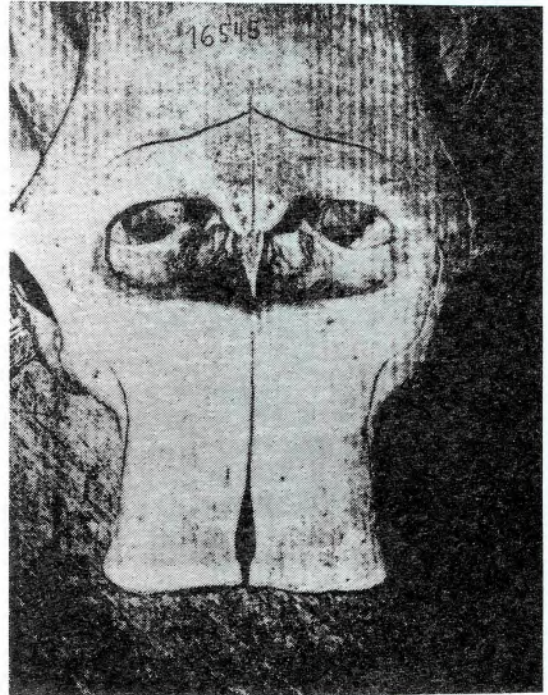
Bu konuda benzer örnekler Avrupa'nın çeşitli yerlerinden derlenmiştir (Apel, 1939a).

17. yüzyılın başlangıcında Kuzeydoğu Fransa'da Probascideans kalıntılarının bulunması zamanın bilginleri arasında şiddetli ve uzun süren bir çekişmeye neden olmuştur.

1613 Ocak ayında bir sondaj sırasında işçiler bazı büyük kemikler buldular ve bu kemikleri Markiz Nicolas de Langon'a götürdüler. Markiz Montpellier Üniversitesi'nden uzmanlara danıştı ve onlar bu kemiklerin insana ait olduğunu söylediler. Dauphine valisi Lesdiguières dükü bazı kemikleri alıp Grenoble'deki uzmanlara yolladı ve onlar da insana ait olduğunu söylediler. Bu noktada, hikayeye Pierre Mazurier adlı biri girer, bu kişi berber-operatördür ve Beaurepaire şehrinde yaşamaktadır. Markiz Langon'dan bazı kemikleri ödünç alır ve bu kemikleri para karşılığı halka gösterir gösterir şehirden şehire gezer.

Jagues Tissot adlı biri tarafından yazılan bir el kitabında bu kemiklerin Teutons, Kimbri ve Ambrones Kralı dev Theutodochus'a ait olduğu ve bu kişinin Romalılarla savaşırken öldüğü ve cesedinin kemiklerin bulunduğu Langon kalesi yakınlarında gömüldüğü belirtilir.

Alman topluluğun Romalılarca yenilgiye uğratılma-



Şekil. 4- Bir fil kafatasının, bir yerde birleşmiş iki göz çukuru gibi görülebilen burun deliklerini gösterir önden görünüşü



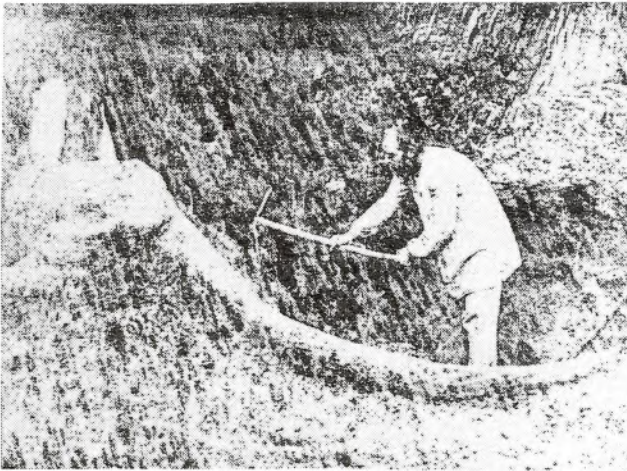
sı tarihi bir gerçektir, fakat bu kemiklerin orijini hakkındaki çelişkiler devam etmektedir.

Theutodochus'un olduğu söylenen bu kemikler sonunda Mazurier ve yardımcısı Cheneier tarafından Paris'e getirilir. Kral XIII Louis, o zamanlar 11 yaşındadır ve bu kemiklere ilgi göstererek Fontainebleau'a (Kral'ın kaldığı yer) getirtir. Fakat tarihsel değerlerine ait başka bir kanıt olmadığından onları muhafaza etmez.

Çekişme, Habicot'un 1618'de (Antigigontology veya Counter-discourse on the Nature of Giants) adlı yayını yazmasına kadar uzunca bir süre devam eder. Bu yayında Habicot, kemiklerin insana ait olduğunu söyleyen Montpellier ve Grenoble'deki uzmanların yorumlarını kabul etmiştir. Çekişme, bu yayından sonra sona ermiş görünmüştür ta ki 1830 da Bordeaux'da eski bir tiyatroya da Mastodon kemikleri bulunana kadar. Bu kemikler Theutodochus'un kemikleri gibi Paris'teki Doğal Tarih Müzesi'ne gönderilmiştir. Müzenin karşılaştırmalı Anatomi Müdürü Brainville, başlangıçta bu kemiklerin Langon'da bulunan kemikler olduğunu söylemiştir (Brainville, 1835) fakat daha sonra (1837) fikrini değiştirmiş ve Langon'da bulunan dişlerin büyük bir gergedana ait olduğunu belirtmiştir.

Bu diş Ginsburg (1984) tarafından tekrar incelenmiş ve *Deinotherium giganteuma* ait olduğu sonucu çıkarılmıştır. Halen, 1613 de işçilerin Langon'da bulduklarının bir *Deinotherium* iskeletine ait olduğu konusunda az da olsa bir şüphe var gibi görünmektedir. Bu alandan toplanan ilave fosiller Üst Miyosen yaşı doğrulanmışlardır (Ginsburg, 1984).

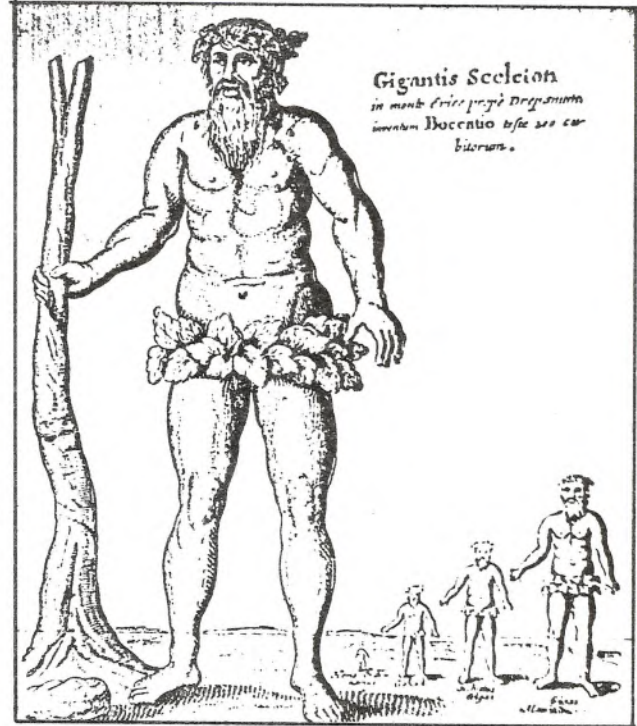
Büyük memelilere ait fosillerin bulunması her zaman için şiddetli kavgalara neden olmamıştır, fakat genellikle bilimsel araştırmaların olmadığı durumlarda çok yoğun ilgi toplamıştır. 30 Yıl Savaşları sırasında 1645 de Avusturya'daki Krems şehri kuşatan İsveçli askerler hendek kazarken çok sayıda "Dev" iskeleti buldular. Bu bulguların bazıları Krems'deki Tesuit (Cizvit) Kilisesi de dahil olmak üzere, değişik yerlere gönderildiler. Coğrafyacı Merian, İsveçli askerlerin buldukları iskeletlerin mamutlara uzandığını açıkça ortaya koyan resimler çizdi.



Şekil 5- Megalopolin'de bulunan (Th. Skoufon 1905) 2,90 m. uzunluğundaki fil dişi

Her ne kadar "Dev"ler olayı 17. yüzyılın ikinci yarısında hala birçok yazar tarafından kabul edilse de topraktaki büyük kemiklerin varlığına dair alternatif açıklamalar da vardı. Cizvit Athanasius Kircher tanınmış kitabı *Mundus Subterraneus*'ta devsel kemik bulgularının uzun bir listesini veriyordu, fakat bazı çok büyük boyutları (Şekil. 6) kabul etmemişti. Kircher aynı zamanda da Sicilya'da bulunan bazı kemiklerin ortaya askeri amaçlar için getirilmiş fillere ait olabileceğini belirtti (fosillerin orijinleri genel olarak kabul gördüğünde çok popüler olan bir açıklamadır).

Devlerin kemikleri hakkındaki hikayelerin çoğu fillere, mamutlar gibi büyük Pleistosen ve Neojen memelilerinin bulgularına dayanmaktaydı. Bir kayıttaki ilk olarak bilimsel anlamda dinazor kemiklerinin tanınmasına rastlanmıştır (Halstead, 1970; Befetaut, 1980). Ashmolean Müzesi'nin ilk kurucusu olan Robert Plot (1640-1696) 1676'da "Oxfordshire'in Doğal Tarihi"ni yayınlamıştır ve bu İngiltere'nin doğal tarihine yönelmiş bir metindir. Bu, belirtilen bir alanın olağandışı doğa ile ilgili durumlarına belirli bir doğrulukla yaklaşan ilk çalışma idi; bu kitapta büyük bölümü fosiller kapsamaktaydı. Plot, genellikle fosillerin çoğunun organik orijinini kabul etmedi ve Martin Lister'in (1638-1711) fosilleri yer yüzünde bulunan ve gözükmeyen bir "plastik güç" tarafından oluştuğu yolundaki görüşlerini izledi. Bu açıklama, Cornwellde bir taş ocağında çıkarılan kemik için geçerli olmadı, bu kemik bir insana veya en azından bir hayvana ait olabilirdi (Plot, 1676, s. 131). Plot, bunun taşlaşmış gerçek bir kemik olduğunu kabul etti. Plot'un devsel kemiği ortadan kalktı, fakat sunumu, John Phil-



Şekil 6- Cizvit A. Kircher tarafından yapılan Cyclop Polyphenus'un normal bir insanla kıyaslandığı resim



lips'in onun, büyük bir kertenkeleye ait olabileceğini kabul etmesine yardım etti (Phillips, 1871). Artık onun Jurasik kertenkelelerine uzanan bir dinazor kemiği olduğuna inanılmaktadır (Halstead, 1970; Charig, 1979).

## Ejderhalar

Alegoriler ve efsanelerin altında gizli metafizik buyutlar ve kozmogoniler yatmaktadır. Efsaneler insanların veya ozanların hayal dünyalarında yaratılmışlardır ve az ya da çok değişikliklerle nesilden nesile geçmişlerdir veya bir yerden diğerine birbirinden bağımsız olarak geliştirilmişlerdir.

En eski efsanelerden biri canavarlar üzerinedir ve Lernaca Hydra olarak bilinen bu efsane şöyledir:

Eurystheus Hercules'den Lernaea Hydra'yı öldürmesini ister (Apollodorus ile Athenean).

Hesiod bu efsanevi hayvanın Typoeus ve Ehidna tarafından dünyaya getirildiğini söyler, fakat diğer yazarlar gibi çok sayıda başı olduğundan söz etmez. Diğer taraftan, yazarlar kaç tane kafası olduğu hususunda hem fikir değillerdir (9 dan 100 kadar değişir). En yaygın kabul Hydra'nın 9 başlı büyük bir hayvan olduğu şeklindedir, "8 i ölümlü, 9. ölümsüz". Lerni bataklıklarında yaşayan Hydra sürekli etrafını izlerdi (Şekil. 7).

Eski Yunanlıların bu ilgi çekici efsanevi hikaye jeolojik olarak yorumlanabilir ve bu değerlendirme Argolide bölgesinin var olan jeolojik verilerine dayanmaktadır. Bu durumda, bir araştırma bölgenin bir çok karstik kaynak bulunan yapısının farkına varacaktır -çok başlı Hydra-. Birçok kaynak bataklıklar yaratmıştır ve ortaya çıkan bir çok hastalık insanları yok etmiştir.

Iolaos'un yardımı ile Hercules, bataklıkları yaktı ve böylelikle kaynakların başını kuruttu. Fakat başın birini kestiğinde karstik iletişimden dolayı su diğer yollardan yeni kaynaklar olarak ortaya çıkıyordu. Hikaye ana kaynağın kurutulmasına kadar sürdü, bataklıkları besleyen sular denize gittiğinde alan kurudu.

Tanınmış ejderha Holy Bible'nin "Leviathan"ı **Arc-hidiscodan** ve **Mammontesus** cinsinin fil ve mamutlarına ait fosilleşmiş bulguları üzerinde çeşitli durumlar-



Şekil. 7- Eski vazo üstünde Hercules'in öldürdüğü Uernaea Hydra'nın resmi

da ele alınmıştır. En karakteristik tanımlama Albert Koth (1841) tarafından yapılmıştır ve Koth tanımlamasında Hichory, Missury (ABD) de bulunduğu **Mammontesus**'un iskeletini Leviathan olarak belirtmiştir. Musevilerde Leviathan "deniz-canavarı" anlamına gelmektedir.

Ejderhalar dünyanın birçok yerinde (özellikle de Avrupa ve Çin'de) ortaya çıkmıştır. Avrupa'da bu yaratıklar özellikle 16. ve 17. yüzyıl Almanya, Avusturya, Macaristan ve İsviçre'de çok popülerdir. Onların uçabildiklerine ve Alplerin tepelerine çıkabildiklerine inanıyorlardı. Bu tür ejderhaların memelilerin fosilleri şeklinde olduklarına dair yeterince kanıt vardı; özellikle **Ursus spetaeus**'un fosilleri bu bölgede çok yaygındı.

Rodos'ta halen devam eden ve nesilden nesile geçirilen "Rodos ejderhası" hakkında bir efsane vardır. Bu ejderha insanları ve hayvanları yemektir ve o bölgenin korkulan bir canavarıdır. Canavarın vücudu timsaha benzemektedir, kanatları, uzun bir boynu, çengel gibi turnakları, alev saçan bir ağzı ve dikenli bir yerleri vardır. Hikayenin ortaya çıkışında 1309-1522 arasında Rodos'ta önemli bir yer tutan şövalyeler yer almaktadır. Eski bir kronolojiye göre 1354 yılında Elio von Villanovo Büyük Yargıç olduğunda bu büyük canavar şövalye Deodetus on Gozon tarafından öldürülmüştür (veya Diodone de Gozon).

Hem Vilanovo hem de Gozon bölgeye geldiklerinde bu tür efsane ve gelenekler vardı. Paleontolojik bulgular o yöreye ait bir sürüngen olan Agama Agama'nın varlığı ile bağlantılıydı.

Agama Agama'da korkutucu bir görünüme sahipti, kuyruğunda yeleleri, arka ve ön ayakları arasında uçmasını sağlayan bir perdesi vardı.

Üst Miyosen veya Pliosen memelilerinin Paleontolojik bulguları Rodos'ta bilinmektedir.

Fosilerin Orta Çağlardan beri biliniyor olmasının ispatı Pottiers, Thevenot ve Billioti'nin raporlarında vardır.

"Ejderha'nın öldürülmesi" ve genellikle de ejderhaların varlığı ve hikayenin yüzlerce değişik şeklinin konusu olmuştur, ama bu arada canavarın imajı değişebilmiştir. Bizim görüşümüze göre, bu tür efsanelerin yaratılışı ve masalcıların kaynağı diğer geleneksel unsurların yanı sıra, çeşitli paleontolojik bulgulara dayanmaktadır.

Avrupa'daki ejderha korku saçarken Çin'deki yaralı olarak betimlenmiştir. O, dört büyücü hayvandan biri idi - diğerleri ise : Unicorn (tek boynuzlu, at şeklinde bir hayvan), Kaplumbağa ve Anka Kuşu'ydu. O, aklın sembolü idi, kurak mevsimlerde yağmuru sağlayandı ve imparatorun koruyucusuydu. Sonuçta o, Çin'de çömlekçilerin, ressamların ve heykeltıraşların en önemli materyallerinden biri idi.

Uzun yıllar boyunca özellikle memeliler olmak üzere omurgalıların fosilleri Çin'de önemli iyileştirici özelliklere sahip olduğuna inandıkları ejderhaların kemikleri ve dişleri olarak kabul edildi. Bugün, "Ejderha Dişleri" yalnızca Çin'de değil dünyanın her yerinde hizmet veren dükkanlarda satılmaktadır.

İncelendiğinde bu ejderha kemik ve dişlerinin sürüngenlere değil, değişik yaş ve safhada korunmuş olan



memelilerin fosillerine uzandıkları kanıtlanmıştır. Bazıları daha değerlidir; dişler kemiklerden daha pahalıdır ve Kvarterner numuneler Plistosen numunelerden daha değerlidir.

"Ejderha dişleri"ne gösterilen sürekli ve artan talepten dolayı değişik kalitedeki memeli fosilleri paleontologlara gösterilmeksizin çıkartılmıştır, konu ile ilgili bilimsel çalışmalar ancak geçen yüzyılda başlamıştır.

İlk araştırmacılar arasında Davidson (1853'de Sang-hai'deki bir dükkanda gergedan, ayı ve hipporion kalıntılarını buldu) ve Owen (İngiltere Doğal Tarihi Müzesi'nin ilk müdürü) 1870'de bu tür fosilleri ilk bilimsel tanımlamasını yaptılar. Çin'de, Plistosen memeliler faunasının ilk büyük miktarda bulunuşu 1903'de Dr. Schlosser tarafından sağlanmıştır. Münih Üniversitesi'nde görevli olan Dr. Schlosser, Dr. Haberer'in 1899-1902 yılları arasında dükkanlarda bulunduğu dişlerden ve çenelerden oluşan büyük bir koleksiyondan memelilere ait 60 tür saptamıştır.

Ejderha dişlerinin bulunduğu yerleri paleontologların kendi kendilerine inceleyebilmeleri için yirmi yıl geçmiştir. Bu incelemeyi ilk olarak yapanlardan biri olan İsveçli paleontolog Anderson 1918'de Choukouti-



Şekil 8- Cizvit A. Kircher (1678) tarafından çizilen Uçan Rhodes Ejderhası'nın resmi



Şekil 9- Orta Çağ'a ait bir kitaptan alınmış Ejderha'yı öldüren Rhodes Şövalyesi'nin resmi

en'deki (Pekin yakınlarında) mağaralardan memelilere ait fosilleri toplamaya başlamıştır. 1921 yılının sonbaharında Dr. W Grauger (Amerika Doğal Tarihi Müzesi Orta Asya Araştırmalarında çalışan bir paleontolog) Szeuhwen'de (Çin'e) bir çalışma programı düzenlemiştir. Onun bulunduğu fosiller yerel çiftçiler tarafından karstik mağaralardan çıkartılmışlardır. En iyi örnekleri çiftçilerden satın alan Granger bilimsel çalışma için Çin'in en büyük ejderha dişi koleksiyonuna sahip olmayı başarmıştır.

Bu arada diğer bir araştırma alanı da Hollandalı bir antropolog olan G.H.R. von Koenigswald tarafından geliştirilmiştir. 1931'de Java'ya gelen von Koenigswald Çin'in dışındaki dükkanlarda satılan memelilere ait dişler üzerinde çalışmaya başlamıştır. 1935'de Hong-Kong'dan aldığı ejderha dişlerini incelerken önemli bir keşifte bulunmuştur: **Gigontopithecus blacki** adını verdiği bilinmeyen bir primatın azı dişi. Sistematik klasifikasyonu ciddi şekilde tartışılmıştır. Dev bir orangutan olarak sınıflanmıştır. 1956'da Çin'in Kuangsi bölgesinde dişleri ile birlikte bir çene kemiği bulunmuştur ve bu kemik Pekin'deki Omurgalılar Paleontolojisi Enstitüsü'ne gönderilmiştir. Hemen başlatılan sistematik araştırmalar **Gigon topithecus**'a ait çok sayıda kalıntıyı ortaya çıkarmıştır. Ayrıca Alt Plistosen olarak yaşlandırılan onunla ilgili zengin bir fauna vardı. Bundan sonra Kuzey Çin'de iki mağarada daha **Gigontopithecus** bulundu ve Hindistan'da Miyosen yaşlı bilinen daha önce bulunmuş türler de vardır.

Halen daha kafatası mı veya kemik mi oldukları bilinmemektedir ve **Gigontopithecus** paleontologlar arasında soru işaretleri taşımaya devam etmektedir. Fosilleşmiş memelilerin kalıntılarının hepsinin aynı yaşta olmadığı bilinebilen bir konudur. Özellikle iki yoğunlaşma vardır: Pliosen Hipparion fauna (ki, rhinocerus (gergedan), giraffe (zürafa), antilope (antilop), deer (karaca), hyaena ve mastodon (bir çeşit fil)'u içerir.). Güney Orta Çin'de kemik katmanlarından çıkartılmıştır. İkincisi de Kuzey Çin'deki kayalarındaki çatlaklardan çıkartılan deer (karaca), pantes, bears (ayı), tapirus, rhinocerus (gergedan) ve primatlardan oluşan Stegodon'un Plistosen faunasıdır.



Şekil 10- Unicorn efsanesi muhtemelen tek bir boynuzla sahip olan Hindistan Gergedanına benzer gerçek bir hayvana dayanmaktaydı



Yukarıda bahsedilen iki fauna sistemini daha küçük zaman birimlerine ayırmak olasıdır. Stegodon-Ailuropode sisteminde en az üç alt grup ayrılabilir. Sianthropus ve onu içine alan faunanın Orta Plistosene uzandığı kabul edilmekteyken, Gigontopithecus'un daha genç olduğu çok açıktır. İki hayvan aynı soya ait değildir. 1970 de 3 Homo dişinin bulunuşu Çin'de İnsanlık Tarihinin Evriminin başlangıcı hakkında şüphe bırakmamaktadır.

### UNICORN (Tek Boynuzlu At Şeklindeki Hayvanlar)

Bugün artık herkes unicorn'ların hiç yaşamadığı hususunda hemfikir olsa da bu görüşün kabulü çok yenidir. Bu hayvan maksimum değerine Orta Çağ'da ulaşmıştır. O çağlarda bu tür kalıntıların hastalıkları iyileştiren temel ilaçlar olduğuna ve zehirlere karşı etkili (panzehir) olduğuna inanılıyordu (özellikle arseniğe karşı). Aslında Unicorn'ların tarihi çok daha eskidir. M.Ö. (BC) 5. yüzyılın sonlarında Yunanlı bir terapist olan Ctesias Unicorn'ların Hindistan'da bulduklarına dair bir yazı yazmıştır. Ayrıca Kitabı Mukaddes'te de unicornlara değinilmektedir.

Unicorn'larla ilgili anlatılanların o zamanda yaşamış gerçek bir hayvana ait olması olasıdır. Ctesias tek bir boynuzu olan Hindistan Gergadanı hakkında birşeyler duymuş olabilir; Kutsal Kitapta bahsedilen de vahşi bir öküz olabilir ve Unicorn ismini İbranice'den Yunancaya geçerken değişmiş olması söz konusudur. Unicornlarla ilgili diğer bir olası orijin de başının önünde düz bir boynuzu bulunan ve yandan bakıldığında tek boynuzlu görünen bir antilop cinsidir (Şekil. 10).

Bazı kayıtlarda sözü geçen unicornlar orijinlerinin yüzyılına göre değişik görünüştedirler. Büyük çoğunluğunun vahşi ve korkunç olduğu görüşü yaygınsa da Çin'deki unicorn çok iyi olarak tanımlanmıştır.

Orta Çağ'larda unicorn Avrupa'da "süper bir hayvan" olarak ortaya çıkmış ve sanatçıların değer verdiği bir malzeme olmuştur. Genellikle ata benzer ve başının



Şekil. 11- Unicorn efsanesinin orijinal fikri bazen çok boynuzlu hayvanların patolojik formlarına ya da fosil bulgularına dayandırılmış olabilir, örneğin, İtalya Gorgono'dan alınan ceylan kafatası gibi

önünde ileri doğru uzanan, spiral bir boynuzu vardır.

Unicorn boynuzunun ilaç niteliği olduğu kabul edilirdi (özellikle tıbbın etkin olmadığı 17. yüzyıl sırasında) ve bazen ağırlığınca altın karşılığında değer biçilirdi. 1704 de Valentini 4 değişik tip unicorn tesbit etmiştir, fakat yalnızca bazılarını gerçek olarak kabul etmiştir (Şekil. 11).

Avrupa için unicorn inancını bırakıp bulduklarının fillere ve diğer hayvanlara ait fosiller olduğunu kabul etmeleri için bir yüzyıl daha gerekliydi.

Fakat bugün bile unicornlar unutulmuş değildir. Boynuzu halen Almanya'ya bu tür eşyaları satan dükkanlarda ve eczanelerde bir sembol olarak kullanılmaktadır. Ayrıca İngiltere Doğa Tarihi Müzesi'nin mektup kağıtlarının başında unicorn resmi bulunmaktadır.

### AZİZLER

Yüzyıllardır azizlere ait kemikler ve diğer dinsel öğeler kutsal kalıntılar olarak kabul edilmekte ve dünyanın bir çok yerinde özel bir ilgi ile korunmaktadırlar. Bu tür kalıntıların çağdaş paleontologlarca incelenmesi beklenmedik bazı sonuçları ortaya çıkarmıştır.

Örneğin; Avrupa'nın bir çok yerinde St. Christopher bir dev olarak kabul edilir. Fakat St. Christopher'in kalıntıları olarak kabul edilen bulguların mamut dişleri olduğunu belirttik. Ayrıca, Münih'teki omurgalı bulguları da St. Christopher'e ait sanılıyordu.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Abel, O., (1927), *Lebenabilder aus tierwelt der Vorzelt, undedn, Jena.*
- Abel, O., (1939), *Vorzzeitliche Tierreste in Deutschen mythus. Brauchtum und Voleglauben, 304 pp. Ficher in Jena.*
- Adams, F.D., (1936), *Birth and Development of Geological Sciences, London.*
- Agricola, G., (Georg Bauer), (1912), *De Re Metalicaist Latin ed. 156, Trans. H.C. & L. H. Hoover, London. De ortu et Causis Subterraneorum, De Natura eorum quas effiunt ex terra. De Natura Fossilium De Veteribus et Novis Metallis: Dermannus, Basle, 1546.*
- Bassett, M.G., (1982), "Formed stones", *Folklore and fossils, Cardiff.*
- Beckmann, J., (1814), *History of inventions and Discoveries, Trans. from German by W. Johnston 1st ed. 3 vols., London.*
- Beckmann, G., (1907) *Die Petroleumquellen am Tegernsee. Beil Allig. Zt. No. 83, Munchen.*
- Blainville, H. de (1835), "Memoire sur les ossements fossiles attribues au pretendu geant Theutobochus, roi des Cimbres Noyv, Ann. Mus. Hist. Nat. Paris. 4, 37-73, Paris.
- Blainville, H.de (1837) "Sur les ossements fossiles attribue au pretendu seant Theutobochus", *C.R. Acad Sc. Paris, 4, 633-4, Paris.*



- Blumenbach, J.F., (1799), *Handbuch der Naturgeschichte*, 6th edn. Göttingen.
- Boekschoten, G.J. & P.Y. Sondaar, (1972), On the fossil Mammalia of Cyprus, Konink. Nederl. Akad. Van Wetenschap, series B. vol. 75.4, Amsterdam.
- Bowler, P.J., (1976), *Fossils and progress: Paleontology and the idea of progressive Evolution in the Nineteenth Century*, New York.
- Brookes, R., (1763), *The Natural History of Waters Earth, Stones, Fossils and Minerals with their virtues. Properties and Medicinal Uses: to which is added the method in which Linaeus has Treated These subjects*, London.
- Brown, B. (1926), "Is this the earliest known fossil collected by man?", *Natural History*, 26, 535.
- Bruijn, C. De (1698), *Reisen door de vermaardste delen van Klein Asia Van Krooneveld*, Deft.
- Bugland, W., (1836), *Geology and Mineralogy Considered with Reference to Natural Theology*, London.
- Buffetaut, E., (1980), "Alfred Wegener et la theorie de la devire des continentarun apercu historique". *Bull. soc. geol. Normandie*, 67, 4, 7-19.
- Darwin, C.R. (1845), *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Various Countries Visited by H.M.S. Beagle*, London.
- Dermitzakis, M. & S.P. Lekkas, (1981), *Understanding the Earth. Introduction to General Geology*, pp. 596, Athenes.
- Dermitzakis, M. Symeonidis, N. Sondaar, P & L. E. de Boer (1982), *The evolution of the Elephants*, Edit of the Dep. of Geology and Paleontology Athens University, series A. No. 44, ps. 85, Athenes.
- Dermitzakis, M. & J. de Vos (1986), *Fauna - Oppenvolgingen Radiatie van de Endemische Herte in het Pleistocesen van Krets. Cranium*, fasc. 2. p. 91-102, 1986, Leyden.
- Edwards, W.N., (1976), *The Early History of Paleontology*, London.
- Evans, Joan, (1922), *Magical Jewels of Middle Ages*. Oxford.
- Evans, J. & M.S. Serjeantson, (1933), *English Mediaeval Lapidaries*. E.E. Text Soc. 190, London.
- Forsyth Major, C.I., (1891), "Le gisement ossifere de Mytilini" in C. de Stefani, C.I. Forsyth Major and W. Barbey, Samos, *Etude geologique, paleontologique et botanique*, 85-99.
- Forsyth Major, C.J. (1902), On the pygmy Hippopotamus from the Pleistocene of Cyprus, *Proc. Zool. Soc. London*, 2. I, 230-239, II, 107-112.
- Fortelius, M. & B. Kurten (1979), "Holy Dacian nothing but Roman Grenadier", *Soc. Vert. Paleont. News Bull.*, 116, 71.
- Garstang, J., (1931), *The Foundations of Bible History*, New York.
- Geoffroy, F.E., (1741), *Tractatus de Materia Medica*, pars I, sect. V. cap. 1, Paris.
- Gesner, C., (1558), *De Rerum foasilium. Lapidum et Gemmarum maxime, figuris et similitudinibus Liber*, Zurich.
- Ginsburg, L., (1984), "Nouvelles lumieres aur les ossements fossiles autrefois attribues au geant Theutobochus", *Ann. Paleont.*, 70, 3, 181-219.
- Granger, W., (1938), "Medicine bones", *Natural History*, 42, 264-71.
- Hain, J.P., (1672), "De draconibus Carpathicis", *Misc. curiosa medicophysica acad, nat, curios*, 3, 139, 220-58.
- Halstead, L. B., (1970), "Scrotum humanum Brookes 1763 - the first named dinosaur", *J. Insignificant Research*, 5, 14-15.
- Herodotus, (V.B.C.), *Text & trans: 4 vols. Trans.: H. Carey*, London, 1847.
- Humboldt, A. Von, (1849) *Cosmos*, English trans. Bohn Lib., London.
- Kahlke, H.D., (1961), On the complex of the Stegodon-Ailuropoda fauna of south China and the chronological of Gigantopithecus blacki V. Koenigswald, *Vertebr. palasiat*, 2: 104-5.
- King, C.W., (1867), *Gems and Decorative Stones*, London.
- Kirby, W., (1835) *On the Power, Wisdom and Goodness of God as Manifested in the Creation of Animals*, London.
- Kircher, A., (1678), *Mundus subterraneus*, 3rd ed., Amsterdam.
- Koenigswald, G.H.R.Von (1956), *Meeting Pleistocene Man*. 216 pp., Thames & Hudson, London.
- Kun, J.F., (1913), *Curious Lore of Precious Stones*, Philadelphia and London.
- Le Gros Clark, W.E. & L.S. B. Leakey, (1951), "The Miocene Hominoids of East Africa, Fossil Mammals of Africa. 1., 1-117.
- Melentis, I., (1964), *Die Pleistozanen Cerviden des Beckens von Megalopile im Peloponne (Griechenland)*, *Annales Geology. de Pays Helleniques*, vol. 15, p. 1-92, Athenes.



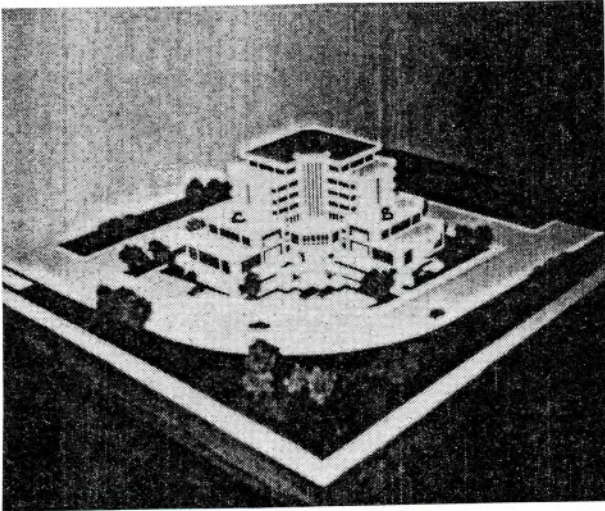
# SEKİZ KATLI 3 ÜNİTELİ MANİSA ÖĞRETMENEVİ İNŞAATINDA UYGULANAN SÖNMÜŞ KİREÇTOZU İLE ZEMİN ISLAHI

Nuran ÜNSAL - Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, MANİSA

## GİRİŞ

Manisa Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü'nce yapılan Manisa öğretmenleri inşaat öncesi (Resim. 1) problemleri olan inşaat zemininin islahı için yaptığımız jeolojik etüt sonucunda, inşaat temel zemin stabilizasyonunda Türkiye'deki ilk uygulamalardan biri olan sönmüş kireçtozu uygulamasına karar verilmiş ve başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır. Daha önce aynı yerde yaptırılan temel zemin sondajı ve alınan numunelerin laboratuvar deneyleri sonucundaki zeminin parametrik değerleri, stabilizasyon uygulaması için baz olarak alınmıştır. Doğal zemine, 3,45 m lik bir hafriyat sonucu ulaşılmış olup, çevre tarafından inşaat sahası, daha önce çöplük olarak kullanıldığından bu kota kadar, çeşitli yabancı maddeler (naylon, kiremit, çöp, kağıt vs. yığınları..) ile dolu suni yığma dolgu zemin mevcuttur. Hafriyat yapılarak suni dolgu kaldırılmış, doğal zemine ulaşılmış, ancak bu kez de 4 gözeden çıkan 2,2 lt/sn debili yeraltı suyu ile karşılaşmıştır.

Mevcut doğal zeminimiz, yeraltı suyu içerdiği için

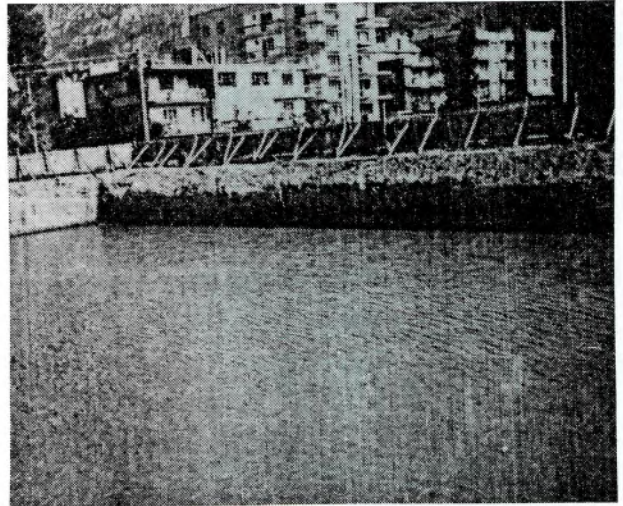


Resim.1- Manisa Öğretmenevi maketi

ve CL simgeli düşük plastisiteli killere sahip olup, A blok zemininde özellikle binadan aktarılabilecek yükleri YASS etkisi altında taşıyamıyacağından, zemin özelliklerini değiştirme yoluna gidilmiştir (Resim. 2).

Bina inşaatının gerektirdiği zemin dayanımını sağlamak için, stabilizasyon ile zemin geliştirilerek, lokal bir yapı değişikliği meydana getirilmiştir. Bu uygulama, üst yapının yeniden projelendirilmesi, derin hafriyatla sağlam tabakaya inmek veya kazık temel kullanmak gibi diğer yöntemlerden çok daha kolay ve ekonomiktir. Radye temelin uygulanmasına olanak veren bu stabilizasyon 1992 fiyatlarıyla 7.5 milyon TL sönmüş toz kireç masrafı getirmiştir. Aksi takdirde radye temel döşemesine olanak vermeyen YASS nedeniyle kazık temel uygulanmak zorunluluğu, yapılan kaba bir hesapla 3-4 milyarlık bir mali bilançoğu da beraber getirecekti ki, bu da toplam keşif bedeli olan 9 milyar TL nin yaklaşık yarısı oluyordu.

YASS şehir kanalizasyonu kotununun, inşaat kotumuzdan çok yukarıda kalması nedeniyle (birleşik kaplar prensibi gözönüne alınırsa) pompa edilemiyor, yeraltı



Resim.2- Mevcut doğal zemin (Kazılmış, hafriyatı yapılmış, yeraltı suyu ve CL killeri içeriyor.)



su seviyesi (YASS) olduğundan daha ekonomik olan radye temel uygulanamıyor, tek çare büyük mali külfet olan kazık temel seçeneği kalıyordu. Ancak, etüt ve sondaj verileri sonucu; gerekli dökümanlar da taranarak en uygun zemin islahı olan sönmüş kireçtozu yöntemi seçilip suyunda bu yolla aynı zamanda tecriti yapılarak radye temel tatbikine olanak sağlandı.

### ÖĞRETMENEVİ İNŞAATINDA STABİLİZE EDİLEN DOĞAL ZEMİNİN ÖZELLİKLERİ ve STABİLİZE DOLGU ÇALIŞMASI

Burada düşük plastisiteli CL inorganik killerin en çok yer aldığı 8 katlı olan A Blok altında yapılan sondaj (S1, S3, S5) değerleri baz alınmıştır.

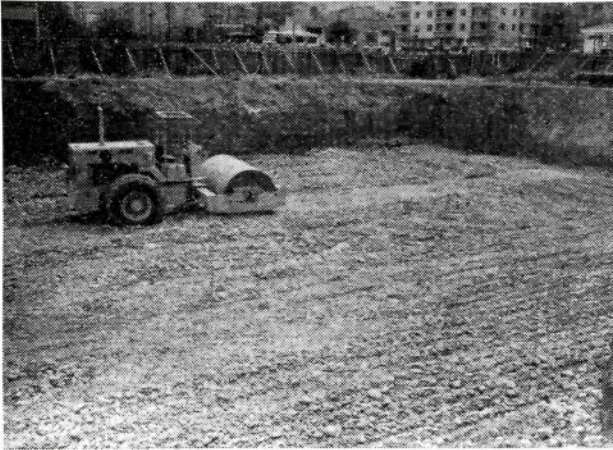
Bu özelliklerin ortalama değerleri

- a) Doğal zeminin dere boyu dağılımı:  
 200 nolu elek = % 69.8  
 4 nolu elek = % 94) CL simgeli inorganik killer.  
 Kil yüzdesi = % 25 (Hidrometre ile)

- b) Kıvam limitleri =  
 Likit limit = % 36  
 Plastik limit = % 19  
 Plastisite indisi = % 17 tür.

- c) PH değeri = Doğal zemin için PH = 8 alınmıştır.

Stabilize dolgu üretiminde şu aşama izlenmiştir. Tüm inşaat alanında, en derin yerdeki kazı 3.45 m olacak şekilde hafriyat yapılmıştır. Yeraltı suyu -1.00 m de bulunmaktadır. En altta 60 cm lik bir moloz+ocak artığı serilmiştir. Üzerine ise 25 cm lik kum-çakıl döşenmiştir. Yeraltı suyunun 2.2 lt/sn debili oluşu ve kireç stabilizasyonunun bazı sebeplerle gecikmesi nedeniyle yeraltı suyu üçüncü günde, yine yüzeye çıkmıştır. Toplam 85 cm lik moloz+ocak aktığı + kum çakıl karışımı tabaka, zeminde nispeten bir homojenlik ve duyarlılık sağlamış, daha sonra yapılacak stabilizasyonun YASS tarafından eritilmesini nispeten engellemiş olmaktadır. Bu tabakalar üzerine çalışmamızın konusu olan stabilizasyon yapılarak, tam bir homojenlik oluşturulmuştur.



Resim.3- B blok zemini, stabilizasyon sonrası, titreşimli, demir bandajlı silindirle sıkıştırma

Karayollarınca laboratuvar analizi yapılmış olan Uncubozköy ariyet ocağından alınan stabilize malzeme, sönmüş toz kireç ile harmanlanıp serilmiş ve sıkıştırılmıştır.

### SÖNMÜŞ TOZ KİREÇ MİKTARININ TESPİTİ ve DOLGUNUN SIKIŞTIRILMASI

İnşaat zemininin elek analizi sonuçlarına göre 200 nolu elekten geçen ince malzeme oranı % 69.8 dir. Kil oranı ise hidrometre ile % 5 tir. Bu oranın % 10 u alınarak uygulanacak sönmüş toz kireç oranı bulunmuştur.

Sönmüş toz kireç miktarı = (kil oranı) %25x%10 = %2.5 sönmüş toz kireç oranıdır.

Temel dolguda kullanılan hafriyat malzemesi, yapılan hesaba göre 900 m<sup>3</sup> tür.

$$900 \times \frac{2.5}{100} = 22.5 \text{ m}^3 \text{ sönmüş kireç miktarıdır.}$$

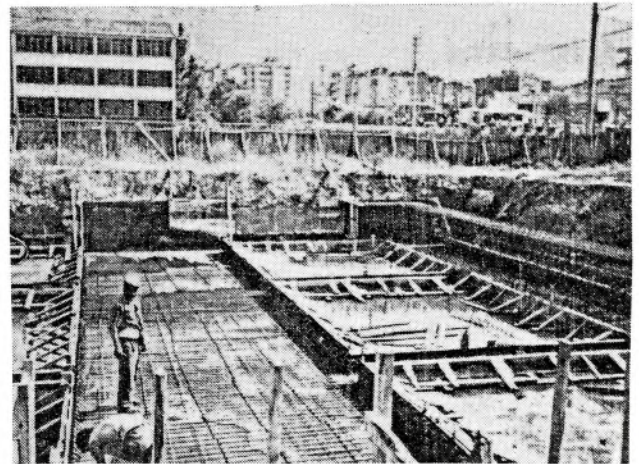
### DOLGU İMALATI ve SIKIŞTIRILMASI

Stabilize malzeme, ariyet ocağından 20 şer tonluk kamyonlarla getirilerek, her kamyon hafriyatı arası 10-15 m olacak şekilde dökülerek yayılmıştır. Yayılmadan önce 22.5 m<sup>3</sup> civarındaki sönmüş toz kireç torbaları hafriyat tepeliklerine eşit olarak bölüştürülüp boca edilerek, harmanlanmıştır (Şekil. 1). Herbiri 15 cmlik sıkışmamış, ayrı ayrı 2 tabaka oluşturulup sıkıştırılarak 25 cm lik bir sıkışmış tabaka elde edilmiştir. Sıkıştırma işlemi demir bandajlı, titreşimli silindirlerle önce 4-5 pas normal, sonra 2-3 pas vibrasyonlu olmak üzere 2 kademeli yapılmıştır (Resim 3).

Serilen stabilize tabakalardaki sıkışma yoğunluğu, Karayollarınca yapılan standart proktor deneyine göre Max  $\gamma = 2182 \text{ kg/cm}^3$  yoğunluktur.

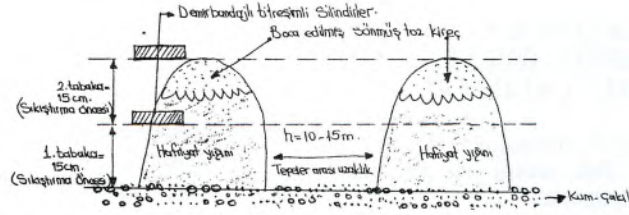
Ancak bu değerlerin min değeri olan % 97 side yeterli olacaktır. Bu değer

$$\text{Min } \gamma = 2182 \times \frac{97}{100} = 2120 \text{ kg/m}^3 \text{ tür.}$$



Resim. 4- B blokta temel kalıp ve demir döşenmesi





Şekil 1- Stabilize dolgu üretimi ve sönmüş toz kireç karışımı

Yaptığımız 2 kademeli tabaka sıkıştırılmaları sonucunda, Karayolları teknik elemanlarınca da görüş belirtilmiş sıkışmanın inşaat ve jeolojik yönden olabilecek en iyi düzeyde olduğu saptanmıştır.

## ZEMİN KİREÇ STABİLİZASYONUNUN MEKANİZMASI

Stabilizasyon sırasında sönmüş kireçtozu, zemindeki CL simgeli killere etkileşime girer, ısı ve nem etkisi altında, zamana bağlı olarak zemin mukavemeti artar ve başlıca şu özellikler gelişir (Construction Manual on lime stabilization (1959) göre).

- Plastisite indisi, kabarma potansiyeli, şişme basıncı ve şekil değiştirme azalır.
- Taşıma gücü kapasitesi, önemli miktarda artar.
- Serbest basınç dayanımı 60 kata dek arttırılabilir.
- Optimum su muhtevası üzerinde suyu olan zeminlerde ve bataklık zeminlerde zeminin suyunu azaltır.
- Stabilize edilmiş kil, yağmur ve diğer yüzey sularını içine çekmeyerek konstrüksiyonda oluşabilecek gecikmeleri, azaltabilir. Plastisite azalacağı için arazi çalışma koşulları da iyileşir.

Kil mineralleri ile sönmüş kireç tozu arasında puzolanik reaksiyon oluşarak yeni çimentolaşan bileşenlerin uzun zaman içinde yüksek dayanım kazanması gerçekleşir. Özellikle yeraltı suyu mevcut ve CL simgeli killerin hakim olduğu öğretnemevi inşaat zemini gibi zeminlerde kireç stabilizasyonu, geniş kapsamlı ıslah imkanları oluşturmaktadır.

Sönmüş kireç tozu, kil mineralinin kristal kafesinden silisi sökerek reaksiyona girer. "Sert ve suda erimez bir (kalsiyum silikat jeli) oluşur. Oluşan jel, kil topraklarını çevreleyip boşlukları tıkar, zaman geçtikçe jel, (hidratlı silis)e dönüşür. Bu reaksiyonlar suyun mevcut olduğu ortamda en iyi sonucu verir. Su aniden azalırsa süreç kesintiye uğrar.

[(Kil+sönmüş toz kireç) → (su altında) (kalsiyum silikat jeli) → (hidratlı silis)] Ortamın PH değeri azalır. Bunun sonucunda ilk önce killerin plastisitesi düşer.

Killer önce jel şekline sonra çimentolanarak blok bir yapıya dönüşmüştür. Kimyasal yapıya paralel olarak jeolojik yapıda değişmektedir. Bu işlemler esnasında reaksiyon hızı yüksek olmadığı için yapım ve dolgu üretimi sırasında sorun çıkarmaz. Doygunluk düzeyini aşmış sulu zeminlerde, kireç stabilizasyonu zemin suyunu hızla azaltır. Öğretnemevi zemininde de görüldüğü gibi geniş ve çok yönlü etkileri ile suya karşı bir önlem tabakasını kendiliğinden oluşturur.

Zemin ıslah ediliş, yeraltı suyu da kendiliğinden kaybolduktan sonra, kuru zemin üzerinde 10 cm lik koruyucu bir grobeton tabakası yapılmıştır. Bu tabaka içine bir yan tedbir olarak geçirimsizlik sağlayan sika ve benzeri özel katkı maddeleri karıştırılarak, daha sonra radye temel, kalıp ve demir döşemesine geçilmiştir. Halen inşaat sağlıklı bir şekilde devam etmektedir (Resim. 4).

## KATKI BELİRTME

Çalışmalarımızı dirayetli tutumları ile destekleyen Manisa Bayındırlık İskan Müdürü Sayın Tahsin Okay'a, çalışmamızın tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Dokuz Eylül Üniversitesi'nden Sayın Dr. Recep Yılmaz'a, Karayolları Manisa Şube Şefi Sayın Zeki Küskü ile Kontrol Mühendisi Erol Dikicioğlu'na teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca Jeoloji Mühendisleri Odası İzmir Şubesine teşekkür ediyoruz.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Yılmaz, H.R. (1990) "Kohezyonlu bir zeminin bazı parametrelerinin kireç stabilizasyonu ile değişimi üzerine bir araştırma" D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Bornova/İzmir.
- Arba, (1959) Construction Manual on lime stabilization.
- Prandil, H. (1981) "Alteration of Soil" parameters by stabilization With lime Aust.
- Glare, K.E. Cruchley, A.E. (1957) "Laboratory experiments in the stabilization of clays With hidrated lime" Geotechnique.



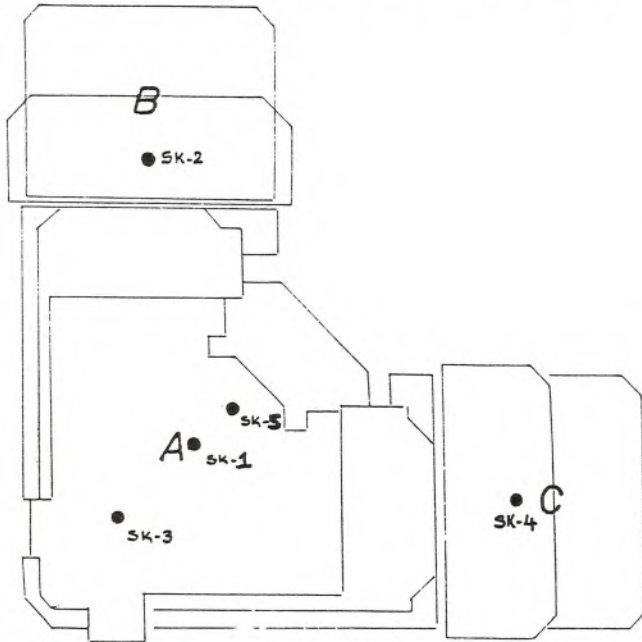
# MANİSA ÖĞRETMENEVİ İÇİN TEMEL ZEMİNDE YAPILAN SONDAJLAR VE ARAZİ STANDART PENETRASYON DENEYLERİ

Nuran ÜNSAL - Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, MANİSA

## GİRİŞ

Manisa Bayındırlık ve İskan Müdürlüğünce yapılan Manisa Öğretmen evi için uygulanacak temel sisteminin güvenli ve en ekonomik olarak seçimi ile zemin emniyet gerilmesinin tesbiti, ayrıca problemi olan inşaat zemininin ıslahı için jeolojik etüd sonucu temel zemin sondajı önerilmiştir.

Müdürlüğümüzce yapılan inceleme sonucunda, inşaat mühendisleri odası laboratuvarı ile Ege temel sondaj şirketine zemin sondajları ve laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır. Yayılımı 2000 m<sup>2</sup> olan inşaat alanında sondaj lo-



Şekil. 1- Manisa Öğretmen Evi Sondaj Lokasyon Planı

SONDAJ LOGU											
İŞİN ADI : MANİSA ÖĞRETMENEVİ					SONDAJ NO. : SK-3						
SONDÖR : Cumali GÜLER					DERİNLİK : 25.00 m						
SONDAJ METODU : Rotary					BAŞLAMA TARİHİ : 24.12.1991						
LOGU HAZIRLAYAN : Jeo.Yük.Müh.Semih ÇAKICI					BİTİŞ TARİHİ : 25.12.1991						
DERİNLİK (E)	NUMUNE		DARBE ADEDİ			N GRAFIĞI				ZEMİN PROFİLİ	ARAZİ GÖZLEMİ
	No.	DERİNLİĞİ (m)	0-15	15-30	30-45	10	20	30	40		
1.00	SPT-1		13	11	19						KİLLİ KUMLU ÇAKIL
2.00	SPT-2		11	10	19						
3.00	SPT-3		4	7	7						
4.00											
5.00	SPT-4		13	15	19						
6.00											
7.00	SPT-5		16	18	20						
8.00	SPT-6		17	21	20						
9.00											
10.00	SPT-7		13	17	20						
11.00											
12.00	SPT-8		16	23	29						
13.00											
14.00	SPT-9									AZ ÇAKILLI KUMLU SİLTİLİ KİL	
15.00											
16.00											
17.00	SPT-10		21	29	36						
18.00											
19.00											
20.00	SPT-11		10/50								
21.00											
22.00											
23.00	SPT-12		8/50								
24.00											
25.00	SPT-13		8/50								

Şekil. 2- SK-3 Sondajına İlişkin Log.



kasyon planında belirtilen yerlerde (Şekil 1) 5 adet 100, 5 m. derinliğinde rotary sondaj yapılmıştır. Her sondaj kuyusunda standart penetrasyon deneyi, zeminlerin dayanım parametrelerini saptamak için zemin örnekleri alınmıştır. Mevcut zeminleri tanımlamak üzere örselenmiş, dayanım ve sıkışma parametrelerini elde etmek için ise örselenmiş zemin numuneleri alınmıştır. Zemin örnekleri üzerinde yapılan deneyler sonucu, zemin deney bulguları ve standart penetrasyon değerleri elde edilmiştir. Standart penetrasyon değerlerinin oturma ve taşıma gücü hesaplarında kullanılması için bu değerlerin düzeltilmiş sonuçları kullanılmıştır.

## MEVCUT ZEMİNİN JEOLJİK DURUMU VE İNŞA EDİLEN YAPININ ÖZELLİĞİ

Zemin: Manisa İli sınırları içinde olup Kuvaterner yaşlı alüvyoner formasyondur. Topoğrafyanın eğimi ve

SONDAJ LOGU													
İŞİN ADI : MANİSA ÖĞRETMEYEVLERİ		SONDAJ NO. : SK-5											
SONDÖR : Cumali GÜLER		DERİNLİK : 25.00 m											
SONDAJ METODU : Rotary		BAŞLAMA TARİHİ : 26.12.1991											
LOGU HAZIRLAYAN : Jeo.Yük.Müh.Semih ÇARICI		BİTİŞ TARİHİ : 27.12.1991											
DERİNLİK (m)	NUMUNE		DARBE ADEDİ			N <sub>30</sub> GRAFİĞİ					ZEMİN PROFİLİ	ARAZİ GÖZLEMİ	
	No.	DERİNLİĞİ (m)	0-15	15-30	30-45	10	20	30	40	50			
1.00													
2.00	SPT-1		4	6	9								SİLTİLİ KUMLU KİLLİ ÇAKIL
3.00													
4.00													
5.00													
6.00	SPT-2		6	9	11								
7.00													
8.00	SPT-3		11	10	9								AZ ÇAKILLI SİLTİLİ KUMLU KİL
9.00													
10.00	SPT-4		6	9	11								
11.00													SİLTİLİ KUMLU KİLLİ ÇAKIL
12.00													
13.00	SPT-5		10	9	9								SİLT- SİLTİLİ KİL KABİŞİMİ
14.00													
15.00	SPT-6		11	10	11								KUMLU SİLTİLİ KİL
16.00													
17.00													
18.00	SPT-7		8/50										KUMLU SİLTİLİ KİL
19.00													
20.00	SPT-8		10/25										
21.00													
22.00													
23.00													
24.00													
25.00													

Şekil. 3- SK-5 Sondajına İlişkin Log.

alüvyoner tabakaların özelliğini nedeniyle bol yeraltı suyu içerir. Yeraltı su seviyesi sondajla-1,00 m.kotundadır. Doğal arazi eğimi gözönüne alınırsa YA.S.S - 2,00 m ile - 2,50 m kotlarındadır. Su altında çalışmanın güçlüğü, bodrum katının tamamen yeraltında yapılmasının düşünülmemesi, gündeme zeminin tetkiki ve ıslahını, suyun tecridi sorununu getirmiştir. İnşaat zemininin şehir kanalizasyon kotundan çok aşağıda olması, yeraltı suyunun bu şekilde tahliyesinde birleşik kaplar sistemi gözönüne getirilirse oldukça güçlükler taşımaktadır. Doğal zemin 3,45 m kotunda yakalanmış olup, buraya kadar suni yığma dolgu zemin mevcuttur.

Öğretmen evi, L şeklinde A,B,C bloktan ibarettir.

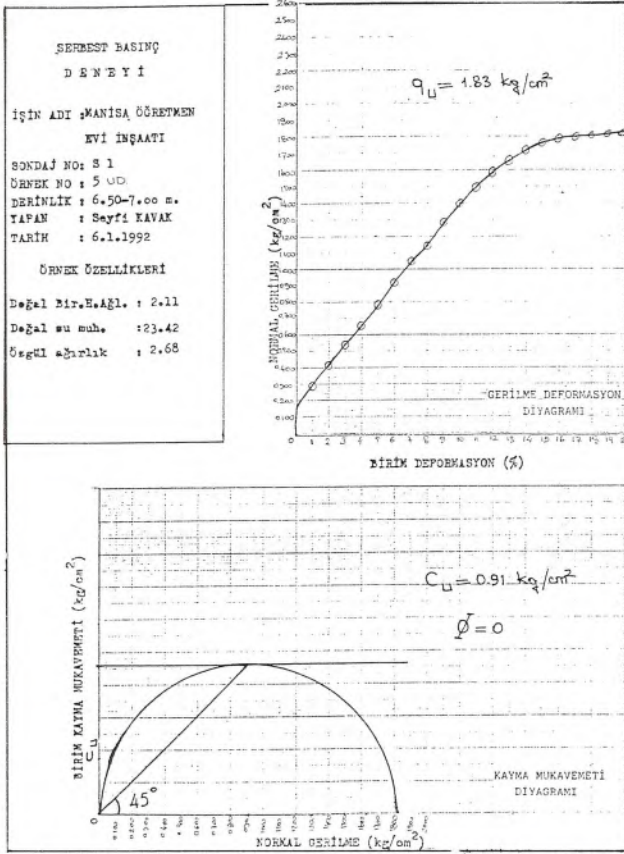
B ve C blokları statik olarak 3 katlıdır. ayrıca bodrum vardır. Köşedeki ana blok olan A blok ise bodrum dahil 8 katlıdır. Kısacası A,B,C bloklarının tümünde bodrum kat mevcuttur. A blok alanı 1078 m2 olup radye temel yapılmış, B ve C bloklar ise 357'şer m2 ve projeye göre mütemadi temel düşünülmüş, sondaj ve etüd sonucu radye temel yapılmıştır.

A Blok İçin: 1,3 ve 5 nolu sondaj kuyularının verileri değerlendirilmiştir. Buradaki zeminler genel olarak 0-12 m. arasında=(orta sıkı) kumlu siltli, killi çakıl (GC) olarak sınıflandırılmıştır. Düzeltilmiş penetrasyon sayıları ise N=15-27 arasında değişir (Derinlik ve yeraltı suyu düzeltilmesi yapılmıştır.).

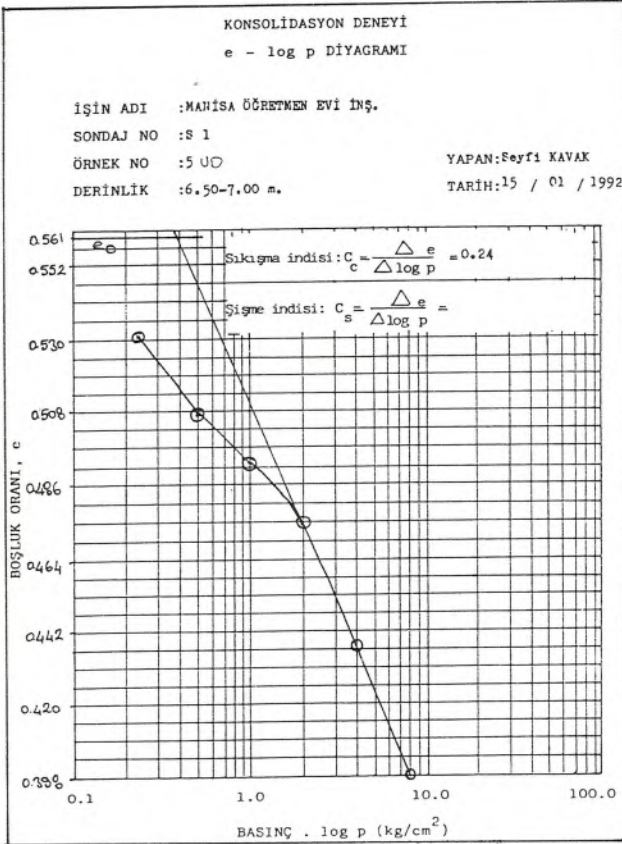
ELEK ANALİZİ				
İŞİN ADI	: MANİSA ÖĞRETMEYEVLERİ İNŞAATI			
SONDAJ NO	: S 1			
ÖRNEK NO	: 6,1,2			
DERİNLİK	: 7.50 - 8.00 m., 1.50-2.00 m, 2.00-2.50m			
DENEY TARİHİ	: 7.1.1992			
DENEYİ YAPAN	: Seyfi KAVAK			
BAŞLANGIÇ KURU AĞIRLIK	: 195.77 gr.			
ELEK NO	HER ELEKTE KALAN	HER ELEKTE EKLENİK KALAN	HER ELEKTE EKLENİK KALAN	HER ELEKTE EKLENİK GEÇEN
-	GR	GR	%	%
1 1/2	--	--	--	100
3/4	25.15	25.15	12.84	87.15
3/8	9.44	34.59	17.66	82.33
4	31.75	66.34	33.88	66.11
10	29.79	96.13	49.10	50.89
20	17.40	113.53	58.00	42.00
40	7.75	121.28	61.95	38.04
60	5.04	126.32	64.52	35.47
140	8.87	135.19	69.05	30.94
200	1.43	136.62	69.76	30.21

Şekil. 4- Elek Analizleri





Şekil. 5- Serbest Basınç Deneyleri



Şekil. 6- Konsolidasyon Deneyleri

ÖRNEK No	Derinlik m	İNDİS ÖZELLİKLERİ										Sınıflandırma zem. sınıflandırmasına göre grup sembolleri
		Doğal Su İçeriği $\omega_n$ %	Birim Hacim Ağırlıkları $\gamma_n$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ t/m <sup>3</sup>	Atterberg Limitleri			Elek Analizi		Granulo-metrik katsayılar		
-	-	$\omega_n$	$\gamma_n$	$\gamma_s$	LL	PL	PI	-4	-200	$C_u$	$C_c$	-
S 1/1	1.50	11.15			38	21	17	66.1	30.2			QC
	2.00											SC
S 1/2	2.50	15.08			38	21	17	66.1	30.2			SC
S 1/3	3.00											
	3.50	9.67			36	18	18	67.5	26.6			SC
S 1/6	7.50											
	8.00	14.77			38	21	17	66.1	30.2			SC
S 1/8	9.50											
	10.00	9.81			25	15	10	90.3	57.6			CL
S 2/1	0.50											
	1.00	12.55			32	21	11	87.0	70.0			CL
S 2/3	3.50											
	4.00	15.84			34	17	17	88.5	59.5			CL
S 2/4	5.00											
	5.50	18.53			34	17	17	100	77.0			CL
S 2/7	9.50											
	10.00	16.73			36	20	16	100	72.3			CL
S 2/8	11.00											
	11.50	10.28			28	17	11	60.2	24.8			QC
S 2/11	15.50											
	16.00	8.77			25	15	10	52.2	16.8			QC
S 3/1	0.50											
	1.00	7.77			36	21	15	50.7	24.0			QC
S 3/2	2.00											
	2.50	9.72			36	21	15	50.7	24.0			QC
S 3/3	3.50											
	4.00	14.47			28	17	11	60.2	24.8			QC
S 3/9	12.00											
	12.50	18.47			36	20	16	86.2	71.0			CL
S 3/12	17.00											
	17.50	20.34			32	19	13	97.0	64.5			CL
S 4/1	0.50											
	1.00	11.23			36	18	18	67.5	26.6			SC
S 4/2	2.00											
	2.50	13.29			36	18	18	67.5	26.6			SC
S 4/3	3.50											
	4.00	17.59			34	17	17	74.0	52.5			CL
S 4/5	6.50											
	7.00	16.02			28	17	11	98.0	81.0			CL
S 4/6	8.50											
	9.00	20.54			36	20	16	97.5	76.0			CL
S 4/7	10.50											
	10.50	13.79			32	21	11	60.2	24.8			QC
S 4/11	15.00											
	15.50	17.83			32	19	13	100	78.0			CL
S 5/1	1.50											
	2.00	6.97			36	21	15	50.7	24.0			QC
S 5/4	5.50											
	6.00	19.39			34	17	17	98.0	77.5			CL
S 5/5	7.50											
	8.00	18.44			26	19	7	98.0	60.0			ML
S 5/7	10.00											
	10.50	15.89			32	21	11	60.2	24.8			QC
S 5/9	12.50											
	13.00	18.43			26	19	7	87.0	63.7			CL
S 5/11	15.00											
	15.50	20.41			32	19	13	100	81.0			CL
S 5/12	17.50											
	18.00	21.54			36	20	16	100	80.6			CL
S 5/14	20.00											
	20.50	20.95			32	19	13	100	79.4			CL
S 1/5	6.50											
U17	7.00	23.42	2.11		36	19	17	94.5	69.8			CL

Şekil. 7- Sınıflandırma Deneyleri



DERİNLİK ARALIĞI		İNDİS ÖZELLİKLERİ										MUKAVEMET DENEYLERİ			KONSOLIDASYON DENEYLERİ																
Baş.	Bit.	Doğal Su İçeriği	Birim-Hacim Ağırlıklar			Atterberg Limitleri			Elek. Hid. Analizi		Granülometrik katsayılar		Direkt Kesme	Serbest Basınç	Üç eksenli Basınç	Yük Kademe leri (kg/cm <sup>2</sup> )															
			$\gamma_n$	$\gamma_s$	$\gamma_{s3}$	LL	PL	PI	-200	-20	$C_u$	$C_c$				00-0		25-0		50-0		100-1		200-2		400-4		800-8			
m	m	-	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	%	%	%	%	-	-	(°)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	(°)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	$C_v$	$m_v$	$C_v$	$m_v$	$C_v$	$m_v$	$C_v$	$m_v$	$C_v$	$m_v$	$C_v$	$m_v$
650	700	2342	2.11	-	36	19	17	69.8	-	-	-	CL	-	-	1.83	-	-	0.561	0.24	0.116	0.072	0.095	0.073	0.074	0.014	0.091	0.014	0.102	0.011	0.097	0.000

Şekil. 8- Deney Sonuçları

12-25 m. arasında=(CL) simgeli düşük plastisiteli, inorganik, suya doymun ortakatı killeri vardır. Penetrasyon sayıları 19-28 arasındadır.

B Blok İçin: 2 nolu sondaj değerlendirilmiştir. 0-10,5 m. kotu arası olup düşük plastisiteli inorganik kilden oluşur. Simgesi CL dir. Taşıma gücü ve oturma problemleri bu CL simgeli inorganik kil tabakası için söz konusudur.

10,5-20 m. kotu arası killi çakıl (GC) zemini mevcuttur. CL kil tabakası 8-33 gibi geniş yayımlı penetrasyon sayısı içerirken alttaki killi çakıl tabakasında penetrasyon sayısı 18-28 arası değişmektedir.

C Blok İçin: 4 nolu sondaj değerlendirilmiştir. 0-3,5 m. arası (SC) türü orta sıkı killi kum zeminler kaplamaktadır. 3,5-9,5 m de katı CL kil tabakaları ile daha aşağıda 9,5 m. - 14,5 m. arasında GC, 14,5 - 20 m. arasında ise kısmen prekonsolide yarıkatı - katı kil tabakaları gözlenir.

A blokta; bina kat adedi fazlalığı ve bodrum kat kazısı nedeniyle net yükünde artacağı dikkate alındığında, derin tabakaların zemin parametrelerinin önem kazandığı görülmüştür.

B ve C blokta bina kat adedi az, bodrum kat kazısı nedeniyle net yükün çok azalması derin tabakaların yerine üst tabakaların zemin parametrelerinin önem kazanmasına sebep olur (Şekil. 2 ve Şekil. 3).

## SONDAJ VE ARAZİ SPT DENEYLERİ:

Lokasyon planında gösterilen 5 ayrı yerde rotary sistemle temel sondajları yapılmıştır. Mevcut zeminlerin yerindeki dayanım parametrelerini tesbit için sondaj sırasında standart penetrasyon deneyleri yapılmış ve elde edilen değerlerin taşıma gücü ve oturma hesaplarında kullanılmaları içinde düzeltme faktörleri kullanılmıştır.

Penetrasyon deneyi sırasında yapılan işlem şudur; Penetrometre denen çelikten yapılmış bir tüp 63,5 Kg.lık bir şahmerdan ile 75 cm (30 inç)lik bir mesafeden serbestçe düşürülerek çakılır. Tüpün zemine ilk, ikinci ve üçüncü 15 cm (6 inc)lik gömülmesi için gerekli darbe sayılarından son ikisinin toplamı, SPT-N sayısı olarak isimlendirilir. Bu sayı zeminin sıkılık, kıvam ve dayanıklılık parametreleri hakkında bilgi verir. Daha sonra derinlik ve yeraltı suyu düzeltmesi faktörleri kullanılarak taşıma gücü ve oturma hesaplarında, bu değerlerden yararlanılır. Penetrasyon deneyleri sonucunda zemin emniyet gerilmesi A blok için, ıslah ve suyun tecridi koşuluyla; 1 kg/cm<sup>2</sup>. B ve C bloklar için yine aynı koşulla 1,5 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Ancak sağlam doğal zemin; 3,45 m kotuna kadar mevcut suni yığma dolgu zemin kaldırılarak elde edilmiştir. Ayrıca Y.A.S.S. tabakası (2,2 lt/sn debili) mevcuttur.

## LABORATUVAR DENEYLERİ

Örsellenmiş tüm örnekler üzerinde sınıflandırma deneylerinden yıkamalı ve kuru elek analizleri, ayrıca kıvam limitleri (Likit limit, plastik limit) deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre mevcut zeminler, "Birleştirilmiş zemin sınıflandırması"na göre sınıflandırılmıştır (Şekil. 4, Şekil. 7 ve Şekil. 8).

Örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde yapılan serbest basınç deneyleri ve konsolidasyon deneyleri sonuçları da ayrıca değerlendirilmiştir (Şekil. 5 ve Şekil. 6).

Deney sonuçlarından anlaşılacağı gibi doğal su muhteviyatlarının plastik limitten düşük değerleri, düzeltilmiş penetrasyon değerleri ile uyumludur. Mevcut killi zeminlerde aşırı konsolide özellik göstermektedir. Ancak zeminimizin - 1,00 m. kotta su altında olduğu gözönünde bulundurulursa zeminin sudan tecrit edilip iyileştirilmesi zorunluluğu açıkça ortaya çıkar. Çünkü zemin Sn.de 2,2 litrelik su akıtan bir akifer tabakası üzerinde olup, saatte 96 saatte 33 Cm.lık su seviyesi biriktiği tesbit edilmiştir.

Taşıma gücü ve oturma değerleri hesaplandıktan sonra bu baz alınarak zemin emniyet gerilmesi hesaplanmıştır. Zemin emniyet gerilmesi miktarının bulunmasıyla temel boyutları, temel sistemi seçimi saptanmıştır. Temel radye temel olarak tesbit edilmiş, ancak bunu uygulamak için zeminde ıslah ve hafriyat, suyun tecridi önerilmiştir. Zemin sönmüş kireç tozu stabilizasyon ile iyileştirilip yeraltı suyu kurutulmuştur. Bina inşaatı halihazırda devam etmektedir.

## KATKI BELİRTME

Çalışmalarımızı dirayetli tutumları ile destekleyen Manisa Bayındırlık ve İskan Müdürü Sayın Tahsin Ökçay'a, çalışmalarımıza sondaj yaparak ve laboratuvar olanaklarıyla ışık tutan Ege Temel Sondaja ve İnşaat Mühendisleri Odası laboratuvarlarına ve Jeoloji Mühendisleri Odası İzmir Şubesine teşekkür ediyoruz.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- Çakıcı,S; Hamarat,Ş; Kavak,S; (1992): Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğüne Manisa'da yapılacak olan Manisa Öğretmen Evi zemin etüd raporu.
- 2- Erguvanlı, K. (1975): Mühendislik Jeolojisi; İTÜ Yayınları
- 3- Yılmaz, R. (1990): "Kohezyonlu bir zeminin bazı parametrelerinin kireç stabilizasyonu ile değişimi üzerine bir araştırma" D.E.Ü Müh. Mim.Fak.İnş.Müh. Bölümü, Bornova-İzmir.
- 4- Arba, (1959) construction Manual on lime Stabilization.



# PLATİN GRUBU METAL VE MİNERALLERİN JEOLOJİSİ VE EKONOMİSİ

## *Geology and Economy of Platinum-group Metals and Minerals*

Afet TUNCAZ S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeo. Müh. Bölümü, ISPARTA  
Mustafa KUŞÇU S.D.Ü. Müh. Fak. Jeo. Müh. Bölümü, ISPARTA

**ÖZ:** Dünyada platin grubu metaller (Pt, Pd, Ir, Os, Rh, Ru) genelde birincil olarak: likit, erken mağmatik ve geç mağmatik olarak üç ayrı yataklanma tipinde bulunurlar. İkincil olarak ise, plaser yataklarda gözlenirler.

Ultrabazik kayalarda Pt, Ir, Os üçlüsü daha egemenken, bazik kayalarda Pd, ve Pt sülfürler halinde baskındır. Geç mağmatik evrede oluşan stratiform ve podiform kromit yataklarında platin grubu metallerin dağılımı farklılık gösterir. Podiform kromit yataklarında  $Cr_2O_3$  fazla, platin grubu metaller azken, stratiform yataklarda tam tersi bir durum izlenir.

Dünyada bir kaç ülke (Kanada, G. Afrika, Rusya ve Kolombiya) dünya platin grubu metal üretiminin % 98'ini ellerinde tutarken, Türkiye'de platin grubu metaller gözlenmiş olup, ekonomik önemi yoktur.

**ABSTRACT:** In the world, platinum-group metals (Pt, Pd, Ir, Os, Ru, Rh) are found as a primary in the magmatic liquation, early magmatic and late magmatic deposits. They are present as secondary in the placer deposits. As Pt, Ir, Os three of them are more dominant in basic rocks, however Pd and Pt sulfure are more abundant in ultrabasic rocks. Distribution of platinum-group metals in stratiform and podiform chromite deposits of late magmatic stage show differences. Although  $Cr_2O_3$  are present more in podiform deposits, platinum-group metals less in the same deposits, but stratiform deposits show opposite state.

All platinum-group metals have been produced in a few countries (Canada, S. Africa, Russia, Colombia) as a 98 per cent of the world production. Platinum-group metals (Pt, Pd, Ir, Os, Ru, Rh) are present less in chromite deposits of Turkey and they are not economic.

## GİRİŞ

Platin grubu metaller, platin, iridyum, rodyum, osmiyum, paladyum ve rutenyumdur. Platin metallerinin yaklaşık 50 minerali bilinir, bunlar; nabit elementler, bozulmuş solidsolüsyonlar, yarı metalik bileşikler, arsenidler ve sülfidlerdir.

Platin ilk olarak 16. yüzyılın başlarında Amerika'da bulunmuştur. Platinin ilk bilimsel araştırması 1741'de Watson tarafından yapılmıştır. Paladyum ve rodyum 1803'de İngiliz bilim adamı Wollaston tarafından platin içinde bulunmuş ve iridyum, osmiyum 1844'de İngiliz kimyacı Klaus tarafından bulunmuştur.

Platin grubu metalleri Rusya'da Ural dağlarında 1982'de altın taşıyan kumlar içinde maden mühendisi Lyubarskii tarafından bulunmuş ve burada 1824'de ticari altın-platin plaserleri ortaya çıkartılmıştır.

Platin metal yatakları Arkeen (Avustralya), Proterozoyik, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik (Akdeniz ve Pasifik kuşağının küçük yatakları) de oluşmuştur. Proterozoyik ve Hersiniyen en önemlileri olarak bilin-

mektedir. Kanada, Kola yarımadası (Rusya) ve Güney Afrika (Bushveld Kompleksi)'nin likit magmatik tip yatakları Proterozoyik döneminde oluşmuştur. Urallar'ın magmatik platin taşıyan kromspinel yatakları ve Sibirya (Noril'sk)'nin likid magmatik tip yatakları Hersiniyen döneminde oluşmuştur.

## Platin Grubu Metal ve Mineraller

Platin grubu metaller, platin (Pt), iridyum (Ir), osmiyum (Os), paladyum (Pd), rutenyum (Ru) ve rodyum (Rh) olmak üzere altı tanedir.

Platin grubu mineraller ise aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

### BOZULMUŞ SOLID SOLÜSYONLAR

Polielsen Pt, Fe (%77-89 Pt)

Ferroplatin Fe, Pt (%71-81 Pt)

Paladyumlu platin Pt, Pd (%10-40 Pd)

İridyumlu platin Pt, Ir (%10-15 Ir)

İridosmin-nevyanskit Ir, Os (%45-70 Ir, %30-49 Os)



İridosmin-sissertskit Os, Ir ( % 60 Os, % 30 Ir)  
Rodyum-nevyanskite Ir, Os, Rh (%70 Ir, %17 Os,  
%11 Rh)

3. Geç magmatik tip  
4. Plaserler

#### YARI METALİK GRUP

Auridler (Kuproaurid (Cu, Pd<sub>3</sub>Au<sub>2</sub>))  
Stannidler (Nigliit (Pt, Pd)<sub>3</sub>Sn)  
Bizmutitler (Frudit (PdBi<sub>2</sub>))  
Plumbitler ve Telluridler

#### ARSENİDLER

Sperilit PtAs<sub>2</sub> (%56.6 Pt)  
İridarsenid IrAs

#### SÜLFİDLER

Kooperit PtS (%79-86 Pt)  
Braggit (Pt, Pd, Ni)S (%32-58 Pt, %17-38 Pd)  
Vysotskit (Pd, Ni)S (%59.5 Pd)  
Laurit RuS<sub>2</sub> (%61-65 Ru)

#### SÜLFO-ARSENİDLER

Holingworthit (Rh, Pt) (As, S)<sub>2</sub> (%20 Pt, %25 Rh)  
İrarsit (IrAsS)  
Platersit (PtAsS)

#### OLUŞUM

Platin metalleri, tipik olarak bazaltik magma ürünleridir. Bunlar, bazik magmatik kayaların ve abisal ultrabazik kayaların fraksiyonel kristalleşmesi ve likitleşmesi sırasında ayrılmışlardır.

Platin metallerinin pekçoğunun post magmatik skarn ve hidrotermal yataklar olduğu bilinir, aynı zamanda

#### 1. Likit Yataklar

Platin metalleri, bakır ve nikel üretiminde önemli olan likid bakır-nikel sülfid yataklarından elde edilir. Cevherlerdeki platin metallerinin miktarları buldukları yere göre değişir. Bazı yataklarda tonda 0,01 ile 0,1 gram arasında, bazılarında tonda 10 gram ile 1 gram arasında, bazılarında da tonda 10 gramdan daha fazla olabilir. Örnek olarak Kanada-Sudbury yatağında Frood damarının alt seviyelerinde konsantrasyon 5-20 PPM'e ulaşır.

Bu yataklarda en çok paladyum (%65-72), sonra gelen platin (%15-25) ve rodyum (%10 ile üzeri) bulunurken, diğer metallerin payları ise yüzde bir kaçırdır.

Platin minerallerinin önemli bir miktarı mineralojik olarak belirlenememiş cevher oluşturan sülfidler içinde ince bir karışım şeklinde oluşur, diğerleri 20 ile 100 m, madiren bir kaç milimetreye varan boyuttaki çok ince platin grup mineralleri şeklinde oluşur.

Paladyum; bozulmuş solid solüsyonlar, platin, kaly, kurşun, nikel, kobalt, bakır ve bizmut ile yarı metalik bileşikler ve ayrıca paladyum arsenidler ve tellüridler şeklinde bulunur. Platin; nabit halde, solid solüsyonlar, arsenidler ve sülfidler şeklinde bulunur. Rodyum ve iridyum mineralleri çok nadirdir ve osmiyum genellikle bunlarla birlikte bulunmaz.

#### 2. Erken Magmatik Yataklar

Kromspinellere bağlı platin metal segregasyonlarının genellikle, bir jeosenklinal evresinin erken dönemine ait ultrabazik serilerin dunitlerinde, karbonatlar ile çevrili ultrabazik-alkalin kayalara bağlı masifin merkezindeki dunitlerde ve tabakalanmış norit masiflerinde bulunduğu bilinmektedir. Ancak, Güney Afrika Cumhuriyeti Bushveld Kompleksi Merensky seviyesindeki platin metallerinin büyük yatakları istisnadır.

Tablo. 1: Platin grup elementlerinin jeokimyasal karakteristikleri (Simirnow ve diğerleri 1983)

Table. 1- Geochemical characteristics of platinum-group elements (Simirnov et al., 1983)

Jeokimyasal Parametreler	Pt	Pd	Ir	Rh	Os	Ru
İzotop Sayısı	6	6	2	-	7	7
Klarkı	5.10 <sup>-7</sup>	1.10 <sup>-6</sup>	1.10 <sup>-7</sup>	1.10 <sup>-7</sup>	5.10 <sup>-6</sup>	5.10 <sup>-7</sup>
Konsantrasyon katsayısı	1000	100	1000	1000	50	200

ultrabazik kayalarla ilgilidir.

Ayrışmaya dayanıklı platin metalleri, alüvyon içinde bulunan çok önemli plaser yatakları oluşturur.

Platin metallerinin ekonomik dört tip yatağı bilinmektedir (Simirnov ve diğerleri, 1983).

1. Likid tip
2. Erken magmatik tip

Merensky Seviyesi: Merensky seviyesi büyük kromit yataklarına bağlı platin metal yatakları içerir. Dialaj noritten oluşan Merensky seviyesini kapsayan Bushveld kompleksi, yaklaşık 1000 m kalınlığında anortozit, piroksenit ve norit aratabakalı kritik zonu içeren Üst Proteroziyk stratiform kayaların bir karışımıdır. Seviyenin alt kısmı kilometrelerce sürekli devam eden ve çoğu kayalarla uyumlu olarak tabakalanmış düz duran



bir karışımdır. Seviyenin alt kısmı kilometrelerce süreklili devam eden ve çoğu kayalarla uyumlu olarak tabakalanmış düz duran bir cevher içerir.

Rustenbur'da bu tabaka 20 ile 40 cm. kalınlığında olup, anortozit, norit üzerinde keskin dokanakla bulunur ve piroksenit ile üstlenir. Cevher; dissemine pirotit, pentlandit, kalkopirit, kübanit, millerit, valerit ve nikelli piritin küçük parçaları ile birlikte bulunan harzburjit ile piroksen ve bitovnit, biyotit, kromit, manyetit ve ilmenit içerir. Platin grup mineralleri; ferroplatin, braggit, kooperit, sperilit, laurilit platin ve paladyumun bizmut tellüridleridir. Ayrıca altın da bulunmaktadır.

15-20 Ppm lik cevher içindeki platin minerallerinin içeriği aşağıdaki şekilde dağılmıştır, (toplamın yüzdesi olarak): % 60 platin, % 27 paladyum, % 5 rutenyum, % 2.7 rodyum, % 0.7 iridyum, %0.6 osminyum ve % 4 altın.

### 3. Geç Magmatik Yataklar

Geç magmatik platin metal yatakları bazik intrüziflerin dunit kısmı içindeki kromspinellere bağlı olarak bulunmaktadır. Sideronitik bir doku ile diğer cevherlerden ayrılan bu yataklar, litolojik birimleri kesen cevher kütleleri ile temsil edilirler ki bu cevher mineralleri, kayaç oluşturan silikatların kristalleşmesinden sonra birikmişlerdir.

Lydenburg Bölgesi: Lydenburg bölgesi, Bushveld Kompleksi'nin yatay magmatik kayalarını kesen ve platin taşıyan dunitin derine doğru dalan pipolarını kapsar (Şekil 1). Bu bacaların çapı 10 ile 100 m., derinliği de 300 m. ye kadar varmaktadır.

Merkez cevher zonu, olivinli dunitin kenar zonu ile çevrelenen hortonolitli dunit içerir ve daha dışa doğru piroksenit ile norit yer almaktadır. Cevher, demirce zengin olivin ve tali miktarda flogopit, hornblend, diallaj, ilmenit, manyetit, kromit ve platin mineralleri içermektedir. Platin metalleri içeriği cevher taşıyan pipoların merkezine doğru artıp, 2 ile 30 Ppm arasında değişmekte ve bazen 60 Ppm'e de varabilmektedir.

Nizhni-Tagil Bölgesi: Nizhni-Tagil Ural platin kuşağının bir parçası olup, masifin orta kısmı platin taşıyan duniti içerir. Bu dunit dışa doğru piroksenit ve gabro zonu ile çevrelenir (Şekil 2).

Platin grup metalleri iki şekilde oluşmuştur:

1. Dunit zonu boyunca düşük dereceli dağılmış olarak,
2. En çok polieksen ve iridoplatin ve daha az iridosmin, platin taşıyan iridyum, laurilit ve stibiopalladinit bulunduran platin minerallerince zenginleşmiş kromit cep ve pipoları şeklinde. Ayrıca kübanit ve pentlandit de mevcuttur.

### 4. Plaser Yataklar

Platin metalleri ve minerallerinin çoğu yüzey etkilerine karşı dayanıklıdır. Birincil platinli kayaçların su ve hava etkisiyle yıkanmış ve ufalanmış yüzey kesimlerinde, zor çözünen ve taşınan kalıntılar olarak platin metalleri zenginleşir. Birincil cevherleşme fakirse, elüvyal zenginleşmeler de çoğunlukla işletilebilir cevherler vermezler. Buna karşın birincil bir platin cevhe-

rinin oksidasyon zonu çok daha ilginçtir. Demir şapka zonunda diğer dayanıklı minerallerle birlikte, demirli platin, platiniridyum, sperilit ve altın zenginleşerek elüvyal plaserler oluşur. Kil, toprak, kum ve kaya parçalarından ibaret olan bu plaserlerin derin kısımları en yüksek platin tenörlerini içerirler.

Platin minerallerinin plaser yatakları polieksen, platin, ferroplatin, kuproplatin, iridoplatin, nevyanskite, rutenyum nevyanskite ile iridyum ve platin altın içerir. Alüvyal plaserlerdeki platin minerallerinin içeriği, metre küpde bir kaç yüz gram ile bir kaçmiligram arasında değişir.

### KULLANIM ALANLARI

Kıymetli metaller grubundan olan platin; % 50 elektrik mühendisliğinde kataliz olarak, % 25 otomobil ve ilaç emdüstrisinde ve geri kalan % 10'u da mücevherat yapımında kullanılmaktadır. Diğer platin grubu metallerin teknik önemi, platin, altın ve gümüş gibi asil metallerle yaptıkları alaşımlardan ileri gelmektedir.

Batı dünyasında 1989 yılında toplam platin talebi 3.465 milyon troy onsdur. Bu talep 1988'e göre % 5 düşmüştür. Aynı yıl batı dünyasında platin talebinin % 75'i mücevher ve oto katalizör sektörlerinde (sırasıyla % 38-% 37) kullanılmıştır.

Batı Avrupada hava kirlenmesini azaltmak için oto katalizör kullanımı, büyüyen bir harekettir. 1989 yılı içinde İsviçre, Norveç ve İsveç'te satılan tüm yeni arabalarda katalizör bağlanması istenmiş, ancak bu konuda kanunlar ne kadar sert olsalar da henüz bir sonuç vermemiştir.

### TÜRKİYE OFİYOLİTLERİNE BAĞLI KROMİTLER İÇİNDE BULUNAN PLATİN GRUBU METAL VE MİNERALLERİN DURUMU

Türkiye'de ekonomik platin grubu metaller bulunmamakla beraber, bazı kromitli bölgelerde yapılan incelemeler sonucunda bir takım platin grubu metallere rastlanılmıştır.

Guleman krom yataklarından alınmış örneklerde platin grubu metallerin dağılımı Tablo. 2 de görülmektedir.

Tablo 2. Guleman kromit örnekleri analiz sonuçları (Talkington ve Watkinson, 1989).

Table. 2- Analysis results from Guleman chromite samples (Talkington veWatkinson, 1989)

PGM	Örn. 1	Örn. 2	Örn. 3
Os	28,54	29,99	28,38
Ru	6,11	6,74	12,00
Ir	49,85	52,38	49,06
Rh	0,14	0,15	0,26



Bu değerlere göre Guleman'da; platin grubu minerallerden rutheniridosmin, rutenosmiridyum ve iridosmin minerallerinin varlığı belirlenmiştir (Talkington ve Watkinson, 1989). Aynı kişiler tarafından Fethiye'de laurit minerali saptanmıştır.

Mersin ofiyolitlerinden alınan kromitler içerisinde platin grubu metallerin bir kaç PPb ile 100 PPb arasında değiştiği bildirilir (Yaman, 1991). Ayrıca, Kızıldağ (Hatay) ofiyoliti içindeki kromitlerde de osmiyum mineralinin varlığı belirlenmiştir (Anıl ve Yaşar, 1989).

Muğla-Köyceğiz-Dalaman çayı kumları içerisinde yer yer eser miktarda platin tanelerine rastlanılmıştır (Molly, 1961). Platin taneleri üzerinde yapılan mikrop-rob analizleri sonucunda bu tanelerin ferroplatin olduğu ortaya çıkmıştır (Çağatay, 1979).

## DÜNYA HAMMADDE DURUMU

Keşfedilip üretilmeye başlandığı 1735 yılından 1970'li yıllara kadar üretilmiş olan platinin % 70 i plaser yataklardan, % 30'u birincil yataklardan elde edilmiştir. Ancak platin plaserlerinin çoğunun tükenmiş olması nedeniyle, birincil yataklardan elde edilen platin miktarı her geçen yıl daha ağır basmaktadır.

Dünya platin üretiminin % 98 i sadece 8 bölgeden çıkarılmaktadır. Bunlar içinde 4 esas platin bölgesi; Ural (Rusya), Bushveld (Güney Afrika Cumhuriyeti), Sudbury (Kanada) ve Choco (Kolombiya) yataklarının dünya platin üretiminin % 96 sını verdiği düşünülürse, platinin ne derece ender bir metal olduğu daha kolay anlaşılır.

Tablo. 3- Platin üretiminde önemli ülkeler ve yatak tipleri (Gümüş, 1988).

Table. 3- Deposit types and important countries at platinum production (Gümüş, 1988).

Yatak Tipleri	Pt gr/t	Dünya ürt. %	Örnek
1. Ortomağmatik Tip: Ultrabazik ve bazik kayalar içinde saçınımlı, sülfür tipi	1,5	70	Sudbury (Kanada)
2. Ortomağmatik Nabit Tipi: Ultrabazik kayalar içinde saçınımlı ve seviyeler halinde	5-15	25	Merensky ve Bushveld (G. Afrika) Urallar (Rusya)
3. Plaser Tipi: Nabit olarak	Birkaç yüz mg/t	5	Urallar (Rusya), Choco (Kolombiya) Goodnews Bay (ABD)

Tablo. 4- Bazı yataklardaki PGM Rezervleri (Macdonald, 1988).

Table. 4- PGM Reserüs of some deposits.

	Bushveld Kompleksi			Great Dyke*	Sudbury	Noril'sk	Stillwater j.M. reef*
	Merensky Seviyesi	UG2*	Platreef*				
Milyon ton	2160	370	1700	1679	310	1640	49
Tenör (toplam PGE+Au g/t)	8.1	8.71	7.27	4.7	0.9	3.8	22.3
PGE+Au (ton)	174.96	3222.7	11900	7890	279	6232	1093
Toplamın yüzdesi	26.8	49.4	18.2	12.1	0.4	9.6	1.7

\* Birincil ürün



1980'li yıllarda ise 1970'li yılların tersine bir durum görülmektedir. Plaser yataklarda üretim düşerken biricil yataklardan olan üretim artmıştır. Dünya platin üretimindeki önemli ülkeler ve rezervleri Tablo. 3 ve Tablo. 4 de verilmiştir.

### STRATİFORM VE PODİFORM MASİFLERE BAĞLI PLATİN GRUBU METALLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Stratiform ve podiform yataklara bağlı platin grubu metalleri karşılaştıracak olursak; genellikle podiform tipi yatakların  $Cr_2O_3$  ce zengin olmalarına karşın platin grubu metaller yönünden fakir olduğu, stratiform komplekslere bağlı yatakların ise  $Cr_2O_3$  ce daha fakir ve platin grubu metallerce daha zengin olduğu söylenebilir.

Ofiyolitik kromitlerde platin grubu mineraller oldukça incedir (<10 m). Tüm PGM'ler kromit içerisinde olup intersiyel silikat fazlarda bulunmazlar (Legendre ve Auge, 1985). Genelde izole veya iki fazlı taneler halinde bulunurlar. PGM'leri içeren mineral genelde kendi aralarında yaptıkları alaşımlar (Os-Ir-Ru) sülfürler (Ru, Os, As, S) veya platin grubuna dahil olmayan element alaşımları (Ni-Pt) şeklinde bulunurlar. Ofiyolitik kromitlerde en çok alaşım mineralleri görülür. Bunun doğal sonucu olarak Jeokimyasal açıdan Os-Ir-Ru un kromit içerisinde Pt, Rh ve Pd a oranda daha fazla yoğunlaştıkları görülür (Page ve diğ., 1982). Ancak bu olgu değişik masiflere bağlı krom yataklarında değişik oranlar verebilmektedir. Örneğin Guleman kromlarında Os-Ir-Ru alaşımları daha fazla gözlenmişken Torodos masifinde sülfidli PGE ler daha fazla izlenmiştir (Legendre, 1985).

Mineralojik yapısı ne olursa olsun, ofiyolitik kromitler PGM bakımında oldukça değişken miktarlar içerebilmektedir. Akarca, Yapraklı, Musalı kromitlerinde toplam PGM miktarı 162 ile 383 PPb arasında (Economou, 1985), Stillwater kompleksinde 6090 PPb (Page ve Diğ., 1976), Bushweld kompleksinde (Von Gruenewaldt, 1977) ise 5780 PPb civarındadır. Bu rakamlar kümülatif süreçte oluşmuş stratiform kromitlerin alpin tip kromitlere göre özellikle Pt ve Pd ca oldukça zengin olduklarını göstermektedir.

### CEVHER KALİTESİ

Platin ve platin metalleri alaşımlarının cevherleri, litosferde gayet düzensiz yayılmışlardır. Başta ultrabazik kayalar olmak üzere, en ince tanecikler halinde bütün kayalarda eser miktarda bulunabilir. Ancak bunların ekonomik olabilmeleri için doğal yollarla zenginleşmiş olmaları gerekir. Doğal zenginleşmenin, platin metallerinin kendi başlarına işletme konusu olabilecekleri düzeyde bir zenginleşme olmasına her zaman gerek yoktur. Önemli olan bu metallerin diğer metal yataklarıyla gösterdikleri ilişkidir. Nitekim, işletilmekte olan bir maden yatağında, küçük, hatta eser miktardaki platin, yan ürün olarak ilginç olabilir. Örneğin Sudbury de 1.24 gr/t Pt, 1.08 gr/t Pd, 0.08 gr/t Ir, 0.035 gr/t Os tenörlerinden; Witwatersrand da 0.025-0.003 gr/t Os tenörlerinden yararlanılmaktadır (Öztunalı, 1973).

Platin yatakları, tenörleri en düşük cevherlerden biri olduklarından içerdikleri metal miktarına göre değerlendirilir.

Birincil yataklar, yalnız platin için işletilecekse, uygun tenör yanında (10 gr/t Pt den fazla) büyük rezervleri olmalıdırlar. Plaser yatakları, daha az yatırımla işletilebilen yataklar olduklarından, küçük rezervlerle de ekonomik olabilirler.

İçerdikleri platin metal miktarına göre, platin yataklarındaki büyüklük kavramı aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Öztunalı, 1973):

Çok küçük yataklar	2500 kg platin metale kadar
Küçük yataklar	2500-15000 kg platin metale kadar
Orta büyüklükteki yataklar	15000-50000 kg platin metale kadar
Büyük yataklar	50000-250000 kg platin metale kadar
Çok büyük yataklar	250000 kg Pt metalden fazla

Yalnız platin için işletilen birincil magmatik yatakları, dört grupta toplayabiliriz:

1. Dunit ve piroksenlerde, demirli platin-kromit cevherleri,
2. Serpantinlerde osmiridyum cevherleri,
3. Bazik ve ultrabazik kayalardaki arsenid ve sülfürler içindeki platinarsenid (sperilit), platin sülfür (kopirit), paladyum sülfür ve paladyum antimonit (palladinit) cevherleri.
4. Çoğunlukla altınlı damarlardaki pnömatolitik ve hidrotomal osmiridyum paladyum cevherleri.

Bu cevherlerin ortalama asgari işletme tenörleri 5-10 gr/t Pt dolayındadır. Platin fiyatlarının yüksek olduğu yıllarda, endüstriyel asgari tenör, 3-4 gr/t Pt dolayına kadar düşer.

Birincil yataklara oranla çok daha büyük ekonomik önemleri olan plaser yataklarındaki tenör ilişkileri çok farklıdır. Büyük üretimli baggerlerle işletilen plaserlerde, ortalama 0.1 gr/t Pt tenörleri ilginçtir. Endüstriyel asgari tenörler 0.05 gr/t Pt e kadar düşebilmektedir.

### ARAMA, İŞLETME, HAZIRLAMA

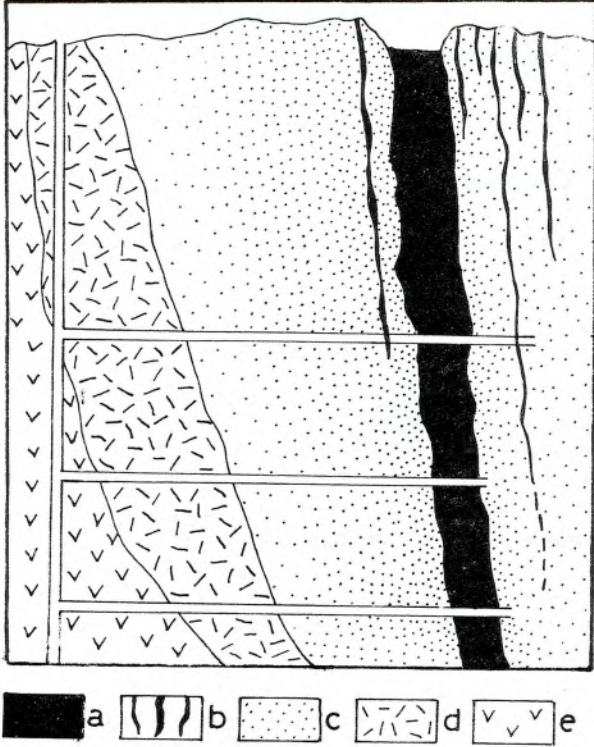
Platin yataklarının jeolojik konumu, tipi, rezerv tenörleri, arama işletme ve hazırlama yöntemlerini etkiler. Özellikle birincil yataklarda platin, demirli platin halinde zuhur ettiğinden, gri rengi nedeniyle altın ve hatta gümüş gibi göze çarpmaz.

Plaser yataklarda tanınması ve bulunması, yüksek özgül ağırlığı sayesinde daha kolaydır. Diğer ağır minerallerle (altın, kromit, ilmenit vs.) birlikte kolay yıkanır ve saptanır. Platin plaserleri, ultrabazik kayaların az veya çok yakınlarında veya hinterlandı ultrabazik olan plaserlerde oluştuklarından, bu tür bölgelerin özel olarak platin açısından elden geçirilmeleri gereklidir.

Birincil platin cevherlerinin tanınması çok daha zordur. Ancak bu cevherle, istisnasız ultrabaziklerde oluştuklarından, bu tür kayalar özel bir dikkatle incelenmelidir. Kayaların içerdiği cevher miktarını arazide saptama olanağı yoktur. Numunelerin laboratuvarında incelenmeleri ve analiz edilmeleri gereklidir.



Platin grubu elementlerinin nabit oluşumları ender olarak birincil yataklardan itibaren işletilir. Bu tür cevherler mineralleri daha ziyade gabro ve peridotitlere yakın kırıntı yataklarından itibaren elde edilirler. Diğer taraftan platin, pirotin, pentlandit, pirit ve kalkopirit içinde saklı olarak bulunabilmekte ve bu şekilde de büyük ekonomik öneme sahip olabilmektedir (Bushveld Masifi).

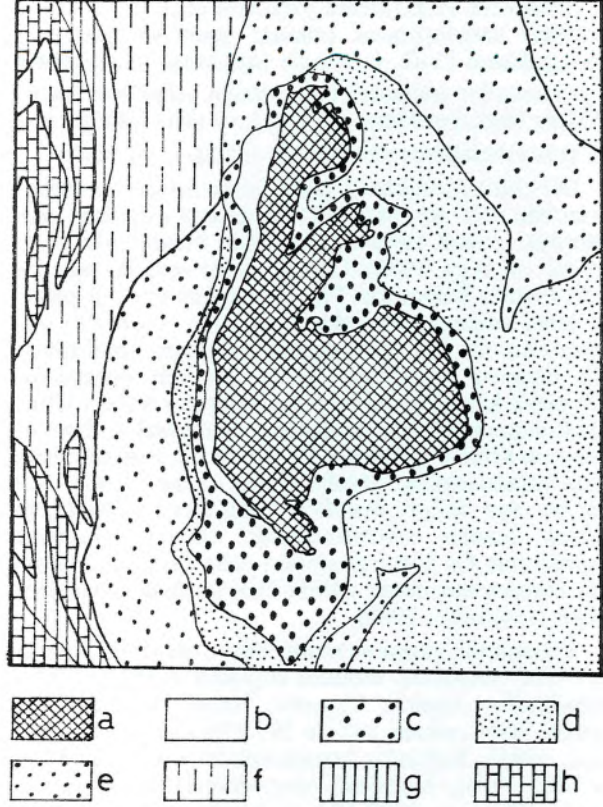


Şekil. 1- Mooihoek platin içeren pipe (Simirnov, 1983)  
a. Hortonolitli dunit ile kromit ve platin grubu metal birikimleri;  
b. Hortonolitli dunit daykları;  
c. Olivinli dunit;  
d. Piroksenit;  
e. Norit.

Figure. 1- The Mooihoek platinum-bearing pipe (Simirnov, 1983)  
a. Hortonolite dunite with chromite and platinum-group metals accumulations;  
b. Hortonolite dunite dikes;  
c. Olivine dunite;  
d. Pyroxenite;  
e. Norite.

Platin cevherlerinin hazırlanması çok önemli ve henüz tamamen çözülmemiş bir sorundur. Cevher hazırlamada kullanılan başlıca yöntemler;

1. Yaş mekanik yöntemler
2. Flotasyon
3. Metalurji yöntemleridir.



Şekil. 2- Platin taşıyan Nizhni-Tagil masifinin jeolojik yapısı (Simirnov ve diğ., 1983).  
a. Dunit ile krom spinelidler ve platin grubu metal birikimleri;  
b. Apodunit serpantiniter;  
c. Piroksenitler;  
d. Gabro;  
e. Apogabro amfibolitler;  
f. Mikaşistler;  
g. Kristalin şistler;  
h. Kireçtaşları.

Figure. 2- Geological structure of the Nizhni-Tagil platinum-bearing massif (Simirnov et al., 1983).  
a. Dunite with chrome-spinellides and platinum-group metals accumulations;  
b. Apodunite serpentinites;  
c. Pyroxenites;  
d. Gabbro;  
e. Apogabbro amphibolites;  
f. Mica schists;  
g. Crystalline schists;  
h. Limestones.



## PLATİN METALLERİNİN FİYATLARI

İridyum	\$/tr oz	10/5/90	320.00
Paladyum	\$/tr oz		
Londra		25/5/90	121.25
New York		Haziran	122.25
Platin	\$/tr oz		
Londra		25/5/90	500.00
New York		Haziran	İşlem görmedi
Rodyum	\$/tr oz		
Üretici		24/5/90	2,500
Birleşmiş Milletler		24/5/90	2,450-2,500
Rutenyum	\$/tr oz		
Üretici		21/3/88	67.00
Birleşmiş Milletler		17/5/90	62.00-69.00

## SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Ultrabazik kayalarda daha çok platin, iridyum, osmiyum üçlüsü bulunmaktadır. Bazik kayalarda ise platin ve paladyum varsa da paladyum daha fazladır. Platine nabit halinde ultrabazik kayalarda, sülfürler halinde nikel ve bakır ile birlikte bazik kayalarda rastlanmaktadır.

2. Platin yatakları tenörleri en düşük cevherlerden biri olduklarından içerdikleri metal miktarına göre değerlendirilirler. Birincil yataklar, yalnız platin için işlenecekse, uygun tenör yanında büyük rezervli olmalıdırlar. Plaser yatakları daha az yatırımla işletilebilen yataklar olduklarından, küçük rezervle de ekonomik olabilirler.

3. Platin plaserleri, ultrabazik kayaların yakınlarında oluştuklarından, bu tür bölgelerin platin açısından özel olarak elden geçirilmeleri gereklidir. Birincil platin cevherleri de istisnasız ultrabazik kayalarda oluştuklarından, bu tür kayalar özel bir dikkatle incelenmelidir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Anıl, M., Yaşar, E., 1989, Kızıldağ (Hatay) Ofiyoliti-ne Bağlı Kromit yataklarında Görülen Dönüşüm ve Bazı Platin Grubu Mineralleri, *Yerbilimcinin Sesi*, sayı 17, s. 49-58, Adana.
- Çağatay, A., 1979, Yamaç ve Akarsu Plaserlerine Dünya ve Türkiye'den Bazı Örnekler, *Yer Yuvarı ve İnsan*, Sayı 4, Cilt 4, S. 16, Ankara.

- Economou M., 1985, Platinum Group Elements in Chromite and Sulphide Ores Within the Ultramafic Zone of Some Greek Ophiolite Complexes: Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks *Proc.*, 441-452, Edinburgh.
- Gümüş, A., 1988, Maden Jeolojisi Jeolojik Prospeksiyon ve Rezerv Hesapları Kitabı, İzmir.
- Legendre, O., Auge, T., 1985, Mineralogy of Platinum Group Mineral Inclusions in Chromitites from Different Ophiolitic Complexes: Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks *Pro.*, 441-452, Edinburgh.
- Macdonald, A.J., 1988, The Platinum Group Element Deposits: Classification and Genesis. *Ore Deposit Model*, P. 117-131.
- Page, N.J., Rowe, J.J., and Haffy, J., 1976, Platinum Metals in the Stillwater Complex, Montana: *Econ.Geol.*, V. 71. P. 1352-1363.
- Page, N.Ö.J., Cassard, D. and Haffy, J., 1982, Palladium, Platinum, Rhodium, Ruthenium and Iridium in Chromitites from the Massif du Sud and Tiebaghi Massif, New Caledonia: *Economic Geology* 77, P. 1571-1577.
- Öztunalı, Ö., 1973, Maden Yatakları Oluşumları ve Değerlendirilmeleri Kitabı, İstanbul.
- Simirnov, V.I., Ginzburg, A.I., Grigoriev, V.M., Yakovlev, G.F., 1983, *Studies of Mineral deposits*. Moscow.
- Talkington, R.W., Watkinson, D.H., 1989, Whole Rock Platinum-Group element Trends in Chromite-Rich Rocks in Ophiolitic and Stratiform Igneous Complexes. *Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks*, P. 427-440.
- Von Grounewaldt, G., 1977, The Mineral Resources of the Bushveld Complex: *Minerals Sci. Eng.*, V. 9, P. 83-95.
- Yaman, S., 1991, Mersin Ofiyoliti Ultramafik Zon Krom Yataklarında Platin Grubu Element Dağılımı. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni-6*, S. 253-261, Ankara.



# ATIKLARIN YERALTINDA SAKLANMASI SORUNLARI

## (ULUSLARARASI ATOM ENERJİSİ (IAEG) 14 NO.LU KOMİSYON RAPORU)

Çevirenler: Faruk ÖZTÜRK DSI Genel Müdürlüğü, Yüce-tepe, ANKARA  
Erçin TÜRKEL DSI Genel Müdürlüğü, Yüce-tepe, ANKARA

### 1. ATIK GRUPLARI

Son yıllarda, endüstrileşmiş ülkelerde atık ürünlerle ilgili sorunlar günden güne daha dikkate değer hale gelmektedir.

Belli başlı atık gruplarından bazıları aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

- Evsel atıklar
- Endüstriyel atıklar
- Maden atıkları
- Radyoaktif atık ürünler
- Diğer tehlikeli atık ürünler
- Diğer tehlikeli, yok edilemeyen atıklar.

Bu beş grupta toplanan atıklar, birbirinden oldukça farklı özellikler gösterirler. Bu yüzden depolama işlemleri için ekonomik çözümleri de farklıdır.

Depolanmış atıkların, tehlikeli ürünler oluşturan kimyasal tepkimeler gibi değişimlere uğraması, sorunları daha da karmaşıklaştırır. Bu yüzden depolanan maddelerde oluşan tepkime ve süreçleri hakkında yeterli bilgi sahibi olunması zorunludur.

Serbest su, tehlikeli ve kabul edilebilir sınırların üzerindeki derişimlerde zararlı madde sızıntılarına yol açabilir. Bu yüzden depolama tesisleri malzeme işleme tesisleri gibi değerlendirilmelidir.

Uzun bir zamandan beri ürünler yeraltında depolanmakta ve zamanla çürümektedirler. Bu maddeler uzun bir zamandır unutulmuş olmalarına karşın insanlar ve çevre için hala tehlikeli olabilirler. Yeraltında uzun süreli saklama sözkonusu olduğunda zehirli ve radyoaktif atık ürünler özel işlemler gerektirirler.

Diğer koşulların yanı sıra, bu maddelerin; insanlarla temasını, tehlikeli maddelerle sızmasını ve yeraltı suyuyla yayılmasını engelleyecek kadar derine gömülmesi gerekir.

Birçok ülkede bu amaca uygun yeterince sağlam kaya birimlerinin bulunması olasıdır. Depolama kuru koşullarda gerçekleştirilebilirse, sorunlar önemli ölçüde

basitleşir.

Anakayanın kendisi su tutmasa bile, su anakayanın çatlak ve kırık zonlarına dolabilir. Tehlikeli ürünlerin hareket halindeki yeraltı suyu ile biyosfere kadar taşınması riski bu yüzden en önemli sorundur. Radyoaktif atık ürünlerin yüzlerce-binlerce yıl boyunca çevreden yalıtılmış olarak saklanması için dünya çapında sürdürülmekte olan araştırmalar sayesinde bugün bu sorunlar yeterince çözümlenmiş ve kaya kütlelerini sağlamlaştırmak ve tehlikeli ürünleri yeraltı suyundan yalıtım için yöntemler geliştirilmiş bulunmaktadır.

Son birkaç onyıdır, nükleer enerji insanoğlunun en önemli enerji kaynağı haline geldi. Bugün 25 in üzerinde ülkede nükleer enerjiden elektrik üretilmektedir. Dünya çapındaki üretim 1984 yılı içerisinde 1.300 milyar KWh civarındadır. Nükleer güç, endüstrileşmiş ülkelerin çoğunda hala geliştirilmeye çalışılmaktadır. Dünya çapındaki nükleer enerjiden elektrik üretiminin 1990 yılında 2.000 milyar KWh i geçmesi planlanmıştır.

Bu yüzden nükleer atıkların güvenli bir biçimde depolanması sorunu uluslararası bir sorundur. Son yıllarda, kayda değer nükleer enerji üretimi olan ülkelerin çoğu; oluşan çok zehirli (toksik) ve radyoaktif atık maddelerin güvenli bir biçimde saklanması için projeler oluşturmuşlardır.

Özel endüstriyel kuruluşlar, özel ve devlet otoriteleri ve halk; nükleer enerji ve tıbbi araştırmaların öneminin farkında olmalarının yanı sıra, doğanın ve insanlığın üretilmekte olan insan yapısı zehirli (toksik) ve tehlikeli maddelerin olası yıkıcı etkilerinden korunulması gereğinin de farkına varmış bulunmaktadırlar.

Uluslararası çevre koruma örgütleri; gelecek kuşaklar için insanlığın ve çevrenin korunması amacıyla tehlikeli maddelerin nasıl zararsız hale getirilebileceği ya da depolanabileceği konusunun çözümlenmesi ile yakından ilgilenmekte ve bu konuda görev almaktadırlar. Bu konu; radyoaktif ürünlerin güvenli depolanmasını da aşmakta, bütün zehirli ve tehlikeli maddeleri kapsamak-



tadır. İnsanlık ve çevre için tehlikeli bütün maddeler gibi radyoaktif atıkların da yalıtılması ve uzun süreli depolanması için en uygun çözüm; yer kabuğunun derinliklerindeki geçirgenliği düşük kaya kütlelerinin kullanılmasıdır. Bu tür depolama işlemi genelde güvenli olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden; atığı çevreden yalıtacak ve biyosferin kirlenmesini önleyecek radyoaktif atık depolama teknikleri üzerinde sürdürülmekte olan araştırma ve geliştirmeler, diğer bütün zehirli ve tehlikeli atık maddelere ve tüm yeraltı depolama işlemlerine de uygulanabilir. 1975 yılında Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği; bu çok önemli araştırma alanında mühendislik jeolojisindeki gelişmeleri incelemek üzere bir komisyon oluşturarak, atıkların güvenli depolanması konusunda mühendislik jeolojisinin önemini zamanında göstermiştir.

## 2. GELİŞME RAPORU

Atıkların yeraltında depolanması iki farklı alanda yapılır: (1) Atıkların ulaşılabilir derinliklere depolanması. (2) Derin Jeolojik katmanlara enjeksiyonu.

Birinci alan; Jeolojik olarak yüzeysel depolamadan farklı değildir. Bu yüzden de komisyonun asıl görev alanına girmektedir.

Tersine ikinci alan; teknikleri, disiplinleri ve özel sorunları ile jeoloji mühendisini ön plana çıkarır. Jeoloji mühendisinin görevi; tehlikeli ürünlerin enjeksiyonunu olası kılacak çalışmalar yapmaktır.

Eğer yeterli güvenlik sağlanmazsa insanın çevresi ve bizzat kendisi de kuşaklar boyunca etkilenebilir.

Eğer bu atıklar depolandıkları yerde varolan doğal malzemelerle aynı karakterde ise veya indirgenme süreçleri iyi bilinen ürünler ise jeoloji mühendisi sahip olduğu teknikler ve belli güvenlik katsayıları ile çözüm yolları gösterebilir.

Fakat bu atıklar atomik kimyasal veya biyolojik ürünlerse sorun hala ortadadır. Çünkü jeoloji mühendisinin kesin çözüm yolları bulmak için yapacağı araştırma sonuçlarının ne kadar kesin olacağı tam olarak bilinemez (örneğin, kesin güvenlik katsayıları verilemez).

Bu noktada jeoloji mühendisinin sorumluluğu sorunu karşımıza çıkmaktadır. Şöyleki: Projenin fizibilitesi ve bedeli yalnız jeoloji mühendisine bağlı olmaktadır.

Bu sorumluluğun tüm gereklerini yerine getirme (veya red etme) çabasındaki jeoloji mühendisi araştırmalarında aşırı güvenli tarafta kalmaya çalışabilir ve bu yüzden tehlikeli atıkların bertaraf edilmesi için başka yolları zorunlu kılabilir.

14 nolu komisyon tarafından aşağıdaki çalışma planı çıkarılmıştır:

### ÇALIŞMA PLANI

Aşağıdakilerin araştırılması:

1. Bütün ülkedeki deneyimler
2. Yüzeydeki saklama ve yeraltındaki çukurlarda saklama konularında geliştirilmiş teknikler.
3. Derine enjeksiyon konusunda geliştirilmiş teknikler.

- zemin: stratigrafi, tektonik, petrografi, hidrojeoloji,

sismik

- atıklar: (katı-gaz-sıvı) doğası, çürüyebilirlik, stabilite, derişim (konsantrasyon)

- uygunluk: Adsorpsiyon, liksiviasyon-termo dinamizm.

4. Derin enjeksiyonların etik sorunları

5. Şu anki kurallar

6. Öneriler

İlk görüşmeler özünde Sdneyde sunulmuş olan ön rapor üzerindeki tartışmalar hakkında yapılmıştır. Etik açıdan depolama sorunlarının değişik gruplar ve komisyon üyeleri tarafından önemi kabul edilmesine karşın aynı ayrıntı seviyesinde ele alınmadığı ortaya çıkmıştır.

Mühendislik jeolojisinin teknik ve bilimsel açılardan rolü üzerinde görüşbirliğine varılmıştır. Kısa, orta, uzun ve çok uzun dönemli depolamalar da mühendislik jeolojisi özellikleri sayesinde güvenlik kuralları, önerilebilir. Söz konusu olan bu güvenlik kuralları, doğanın ve insanın korunması ile ilgili idari ve yasal kurallara temel oluşturmaktadır.

IAEG (Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği) Çalışma grubu 1976 da atıkların yeniden değerlendirilmesinin 14 numaralı komisyonun görev alanına girmediğine karar vermiştir. Bu çalışma grubu; önemi belli olan görevin başka özel bir komisyonun oluşturulması ve daha etkin olarak yerine getirilebileceği sonucuna varmıştır.

## 3. JEOLJİK ORTAMDA ATIK DEPOLANMASI

### 3.1. İlkeler

İnsan etkisiyle doğada oluşan jeolojik değişiklikleri doğal çevrede çok yönlü etkiler oluştururlar. Çevre jeolojisinin bozulmasına sebep olan en önemli etkenlerden birisi de atıklardır.

Çevre jeolojisi değişken ve önceden tahmin edilemez yapısı ile jeolojik kaynakların planlaması ve işlemlerini engelleyici bir unsurdur.

Zehirli atıklar da gözönüne alınarak sorunun ve işlemlerin daha iyi anlaşılması ve atıklarla çevrenin karşılıklı ilişkilerinin daha iyi belirlenmesi için bu rapor ile aşağıdaki tavsiyelerde bulunulmuştur.

A) Halihazırda varolan kontrol altındaki atık depolama tesislerinden veri toplanması ve deneyim kazanılması.

B) Sınıflandırma yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla değişik atıkların niteliklerini ve özelliklerini belirlemeye yönelik araştırmaların teşvik edilmesi.

C) Kil tabakaları gibi atıkların hareketini engelleyen tecrit malzemeleri veya doğal bariyerlerin uzun dönemli davranışlarını inceleyen bilimsel araştırmaların teşvik edilmesi.

D) Aşağıdaki konularda tavsiyeler ve uyulması gerekli kuralların belirlenmesi ve yürürlüğe konulması.

1) Atıkların depolanması konusunda güvenlik ön-



lemleri,

2) Yer seçiminde göz önüne alınması gereken kriterler.

3) Depolama uygulamasındaki kriterler.

4) Yer seçimi için toplanacak yer bilimlari verilerinin gerekliliği.

Birçok endüstriyel ve diğer faaliyetler sonucu daha sonra kullanımı mümkün olmayan atık maddeler üretilir. Evsel, kentsel, endüstriyel (özellikle radyoaktif) ve madensel gibi çeşitli kaynaklardan oluşan atık maddeler miktar ve biçim olarak çok değişkendirler. Çoğunluğu göreceli olarak zararlı değildir. Fakat bazıları uygun olarak işlenmediği zaman çevre ve sağlık sorunları çıkartabilir ve insanların çoğu geçmişde uygun olmayan işleme yöntemleri kullanıldığının farkındadırlar.

Sonuç olarak, yaşam kalitesinin korunması için kontrol mekanizmalarının oluşturulmasının gerekliliği bilinci halkta oluşmuştur.

Bilim dünyasının, hükümetlerin ve halkın en çok dikkatini çeken atıklar radyoaktif atıklardır (bu maddelerin işlenmesi konusunda) Yerel, bölgesel ve ulusal arası düzeyde kapsamlı yönetmelikler oluşturulmuş ve nükleer güç sorumluluğu taşıyan ülkeler; üretilen atıkların güvenli bir şekilde işlenebilmesi için teknolojiler üretme programları yürütmektedirler.

Zehirli kimyasal atıkların en son işlemleri henüz radyoaktif atıklar ölçüsünde geliştirilmemiştir. Atık ürünler birbirinden oldukça farklı özelliklere sahiptir. Bu yüzden depolama tesisleriyle ilgili ekonomik çözümleri de birbirinden farklıdır. Depolanmış atıkların değişime uğraması sorunları daha da karmaşıklaştırmaktadır. (Örneğin kimyasal tepkimelerle değişik tehlikeli maddeler ortaya çıkabilmektedir). Bu yüzden depolanmış atıkların tepkime işlemleri ve süreçleri hakkında yeterince geniş bilgi sahip olunması zorunludur.

Genel olarak, jeolojik ortamda depolama, zehirli kimyasal atıklar için bile çok güvenli bir depolama sağladığı kabul edilir. Teknik çözümlerden biri atık madde ocakları inşa etmek veya eski (terkedilmiş) maden ocaklarının kullanımınıdır. Atıkların bu şekilde saklanmasını gündeme getiren en önemli neden de dikkatli seçilmiş böyle bir jeolojik bariyerler atıkları çok uzun süreler boyunca saklayabilmesidir. Bu özelliğin en önemli kanıtı atık maddelerin bileşimlerine benzer birçok doğal mineralin bu ortamlarda depolanmış olmalarıdır. Bunun yanı sıra atıkların yerin derinliklerinde saklanması, yerleştirme işleminin iyi planlanması gereğini ve hatalı yerleştirme olasılığını ortadan kaldırır. Sistem tümüyle pasiftir. Çünkü bir kez kapatıldıktan sonra insan faktöründen tümüyle bağımsızdır.

Atıklar, derindeki bir depolama ortamından ve tektonizma ya da erozyon gibi jeolojik süreçlerle direkt olarak açığa çıkarak veya jeolojik zaman içinde taşınarak biyosfere çıkar.

Yeraltı suyuyla taşınma: zehirli parçacıkların depolama ortamından biyosfere taşınmasında en önemli rol oynayan mekanizmasıdır. Bu yüzden derin yeraltı depolarının yeraltı suyu girişi olmayan (veya çok az olan) yerlerde yapılması gerekir. Bugün bu depoların: yüzeyden en az birkaz yüz metre derinde oluşturulması ge-

rektiği düşünülmektedir. Bu tür depoların daha derinlerde yapılması: zehirli madde dağılımı olasılığını daha da azaltır, ancak maliyeti ve madencilik riskini artırır. Bazı atıkların derin depoların sağladığı yüksek yalıtıma ihtiyaçları yoktur. Bu tür atıkların daha önceden varolan boşluklarda veya orta derinlikteki depolarda saklanması yeterli güvenirliliği sağlayabilir.

Doğal jeolojik sistemin: atık durumu, tampon malzemeler, atık kapları ve geri dolgu gibi mühendislik bariyerleriyle desteklenmesi olasıdır. Bu tür bariyerlerin yeraltında uzun döneme etkilenmelerini deneysel olarak kanıtlanabilir. Bunların performansı; mühendislik bariyerlerine ek olarak üstteki malzemenin jeolojik özelliklerinin de dikkate alındığı güvenlik analizleri sonucu tahmin edilebilir.

Orta derinlikteki (100 mt civarı) kayaçlar içerisinde yapıların güvenirliliğini sağlayan teknikler, araştırmalar ve inşaat kontrol yöntemleri oluşturulmuştur (Tablo 1 e bakınız). Özetle: dünyanın dış kabuğu iyice anlaşılabilir ve etkinlikle kullanılabilir. Tektonik analizler, sismik araştırmalar, araştırma sondajları ve karotlar kontrollü patlamalar, inşaat sırasındaki ölçümler, yeraltı suyu kontrol ve pompaj deneyleri ve enjeksiyon teknikleri iyi bilinen işlemlerdir.

Sert kayaçlarda ve 1000 m. den daha derindeki çökel kayaçlardaki depolama konusunda deneyim azdır. Maden işletmelerinden kazanılan deneyimler yeraltı yapılarıyla direkt olarak ilişkilendirilemezler. Geleneksel maden işletmelerinde amaç; genellikle (kayaç içerisinde) lokal boşluklarda bulunan mineralleri toplamaktır. Radioaktif atıklar gibi tehlikeli maddelerin derin-yeraltı depolanmasına yönelik araştırmalar, uygun bir kayaç kütlelerinin seçimi olasılığının yüksek olması nedeniyle basit projelerdir. Tektonik çalışmalar, fisür araştırmaları, sismik ölçümler vs. potansiyel olarak iyi kaya kütlelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılabilir. Diğer yandan 1000 m veya daha derinde bir sağlam fisürsüz kaya kütlelerinin varlığını kanıtlamak; böyle bir projenin çok uzun zaman alacağından dolayı çok zordur. Yüksek düzey bir radyoaktif depolamanın bütünlüğü; bir mühendislik sisteminden öte, jeolojik zamanlar ölçeğinde sayılabilecek yüzlerce, binlerce yıl boyunca güvence altına alınmalıdır.

Böylesine uygun bir zaman süresi boyunca birçok şey olabilir. Örneğin; birkaç buzulçağı gelebilir, İskandinavya kara parçası veya benzerleri gibi sismik olarak durağan bölgelerin bile çökmesi veya yükselmesi gündeme gelebilir veya erozyon hatırı sayılır bir düzeye gelebilir. Bu yüzden, depolar jeolojik ve iklimsel koşullardaki değişimlerin atık maddelerin yüzeye çıkmasını sağlayamayacağı derinliklerde yapılmalıdır. Buna ek olarak; depremlerin derin depolar üzerindeki etkilerinin de gözönüne alınması gereklidir.

Özetle; asıl soru; tehlikeli zehirli maddelerin yeraltı suyunun dolaşımı aracılığıyla biosfere çıkması riskinin ne kadar olduğu veya (daha basite indirildiğinde) kayaçların ne kadar geçirimsiz olması gerektiğidir.

Bu soruların yanıtlarını bulmak amacıyla bir çok ülkede uzun süreli jeolojik ve yeraltı suyu davranışları üzerinde yoğun araştırmalar yapılmıştır. Örneğin; oluşumları tanımlamak için bilgisayar destekli ölçüm ve yorumlama uydu fotoğrafları yardımı ile plaka tektoniği-



nin tanımlanması. Plaka tektoniği teorisi ve çözümlenmesindeki bu gelişmeler, laboratuvar deneyleriyle birlikte bilim adamlarının kesin lokasyon ve kesin derinlikleri karakterize etmelerini kolaylaştırmıştır.

Gerçekte tümüyle yalıtkan (geçirgen olmayan) kaya kütlesi yoktur. Yalnızca bir çok kaya pratik olarak geçirimsiz olarak sınıflandırılır. Buna karşın kaya kütleleri, içerdikleri boşluklardan kırıklardan ve diğer süreksizliklerden dolayı az veya çok su içerirler. Çok geçirimsiz kaya kütleleri, mağmatik masif kayalar, çok dayanımlı sedimenter tabakalar, metamorfize olmuş kayalar ve kaya tuzları içerisinde bulunabilirler.

Böyle kaya kütlelerinin içerisinde mağaralar, tüneller ve shaftlar açılarak buralar yakma ve kimyasal işlemlerle etkisiz hale getirilmeyen tehlikeli maddelerin uzun dönemli depolanmaları için kullanılabilirler.

Jeolojik formasyonlardaki gerekli geçirimsizlik düzeyi; içinde saklanacak zehirli maddelerin bozunma süresi ve izolasyonuna bağlıdır. Özel ve çok zor istekler, özellikle uzun ömürlü radyoaktif elementler için uygulanır. Bu tür elementler için kaya içinde oluşan depolar çevresindeki geçirimsizlik, radyoaktif ve radyonüklük maddelerin yeraltı suyuyla yüzeye taşınmasının engellenmesi açısından önemlidir (Bkz. Şekil 1).

Dr. R. W. Corkey (Güney Wales Jeoloji Derneği) ve Dr. M. J. Kuigh (Güney Wales Üniversitesi, Uygulamalı Jeoloji Bölümü) Çeşitli jeolojik atık depolama yöntemlerini ve bu yöntemlerin bölgesel jeohidrolojik dengeyle ilişkilerini Şekil. 1 de göstermişlerdir.

Bunu izleyen bölümlerde, atık depolama hedefine yönelik ocaklar ve bu hedefe yönelik yöntemler irdelenmektedir. Birçok ülkede nicel yönde irdelenmesine rağmen bu irdeleme niteldir.

Bu bölümler, Dr. M. Langer'in komisyona verdiği ve sözlü olarak UNESCO'ya sunduğu ocakların jeolojik çevreye etkileri adlı çalışmasını temel almıştır (Talin UDSSR, Temmuz 1986).

### 3.2. Amaçlar

Atık deposu son haliyle bakım gerektirmeyen, duyarlı ve zararlı maddeler için güvenilir bir depo olmalıdır. Jeolojik bir birim içerisindeki atık deposu; deponun çalışması ile oluşan zehirlilikten doğayı ve insanı kesinlikle korumalıdır. Depoda yapılan açma ve yerleştirme çalışmaları sonrasında depo emniyetli bir şekilde kapatılmalı, biyosferden yalıtılmalıdır. Çürümeler sonucunda oluşan, depodan dışarıya sızması olası maddelerin hiçbir zaman tümüyle engellenmesi mümkün olmayan taşınma yöntemleriyle biyosfere ulaşmaları sonucu olabilecek birikimlerin koruma deliklerinin altında kalması sağlanmalıdır.

Bir atık ocağının Planlama ve inşaat aşamalarında olduğu gibi yer seçimi ve araştırılması aşamaları için de kesin rakamsal bir güvenlik katsayısı saptanamaz. Çünkü bu tür ocakların mühendislik çalışmaları standartlaşmamış, jeolojik koşullar üzerine kurulmuştur. Jeolojik birimler içindeki bu depolanabilir ocakların gerekli güvenliği özel güvenlik analizleriyle gösterilmelidir. Bu analizler, atık madde etkilerini, deponun mühendislik özelliklerini, jeolojik koşulları ve olaylarını dikkate almalıdır.

### Genel Kavramlar

Atıkların saklanmasıdaki hedef; atıklardan insan sağlığını ve doğayı korumak, gelecek kuşaklar üzerindeki etkisini en aza indiren yöntemlerle ortadan kaldırmaktır.

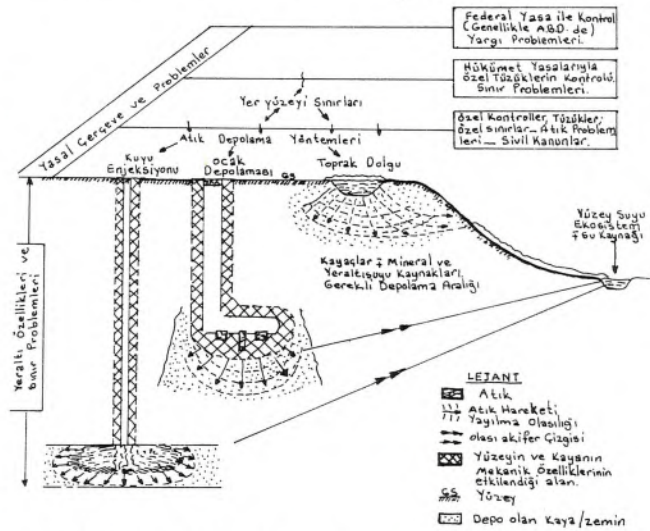
Sorunların karmaşıklığından dolayı; değişik grupların ve ülkelerin doğaya karşı tutumları da farklıdır. Doğa; bazıları tarafından kabul edilen genel kanı; doğanın kötü kullanılmaması (tahrip edilmemesi) gerektiği ve doğanın kalitesinin insan yaşamının kalitesini etkileyen önemli bir etken olduğudur. Doğa kalitesinin belirlenmesinin zor olmasına karşın; birçok ülkelerde otoritelerce insan faaliyetlerinin doğa üzerindeki etkilerinin kabul edilebilir sınırlarını belirleyen standartlar geliştirilmektedir.

Gelecek kuşakların refahı gözönüne alındığında, çoğunlukça kabul edilen genel ilke şudur: Önlenebilir zararlara bilerek göz yummak yanlış, zararın oluşmasını engellemek için elden gelen çabanın sarfedilmesi doğrudur. Zehirli atıkların saklanmasıyla ilgili risklere bakıldığında; şu anki mevcut kuşağın, gelecek kuşaklar da oluşabilecek riskleri engellemek için gereken dikkati göstermesi gerektiği ilkesini benimsemek zorundayız.

Mutlak güvenliği sağlamak hiçbir zaman mümkün olmadığı için; bu toplumun gelecek kuşaklara bırakacağı koşulların, kendileri için kabul edilebilirliğinden daha kötü olmaması gerektiği genel kabuldür.

### 3.3. Amaçlara Ulaşmadaki Önlemler

Amaçlara ulaşmak için, işlem yöntemleri ve teknik önlemler birbirine uydurulmalı ve jeolojik gerçeklere dayandırılmalıdır. Şu akıldan çıkartılmamalıdır ki; atıkların saklanmasında koruma hedeflerine ancak alt sistemler (atık maddeler, atık depolama tesisi, jeolojik çevre) arasındaki karşılıklı etkileşimler dikkate alın-



Şekil. 1- Atık depolama yöntemleri ve yasal çerçevede bunların olası çevresel reaksiyonlarını sistematik şekilde gösteren genelleştirilmiş diyagram



rak ulaşılabilir. Hedeflere ulaşmak için aşağıdaki yöntem dizini izlenmelidir.

- A) Yer seçimi,
- B) Çoklu-engel ilkesi,
- C) Güvenlik kavramı ve
- D) İleri düzey (gelişmiş) teknoloji.

A) Yer seçimi; inşaat ve depolama ocağı çalışmalarını için pek önemli değildir. Yer seçimi, asıl uzun dönemli güvenlik açısından önemlidir. Yerle kaya ve bunun jeolojik alt sisteminin bütünüyle ilişkisi esas belirleyicidir. Yer seçimi aşağıdaki hususları içerir:

- Tektonik duraylılık (stabilite), yavaş yeraltı suyu hareketleri ve yüzeye uzun akış yolları olma kriterlerine uyan yerlerin belirlenmesi.

- Bu yerlerin ve çevresinin hidrojeolojik ve jeolojik koşullarının yoğun yeraltı araştırmalarıyla belirlenmesi.

- Depo özelliklerinin ilk koşullara ve gelecekle ilgili varsayımlara dayanılarak tahmin edilmesi.

- Bu tahminlerle ilgili risklerin belirlenmesi.

Bunlar, kapsamlı özel bir yer seçimi araştırması (Bkz. bölüm 6) gerektirir.

B) Teknik ve doğal engellerin etkileri farklı depolama işleminde farklı olsalar bile, ilke olarak depolama işleminin tümü doğal ve teknik engeller (çoklu engel ilkesi) veya paralel bir sistemle emniyete alınmalıdır.

Teknik engeller (bariyerler) atık maddeyi çevreleyerek kapatan yapay yalıtım malzemeleridir. Bu engellerin görevi sızma hızını azaltmak ve atık malzemeler ile bunların çevresindeki zemin veya kayanın ayrışmasına yolaçabilecek kimyasal reaksiyonları engellemektir.

Doğal engeller, atıkları çevreleyen toprak veya kaya formasyonlarıdır. Yukarıdakilerine ek olarak, jeolojik yerleşim; yeraltı suyunun atıkları içine girmesini ve sızmaları veya kirlenmiş suyun biyosfere çıkışını tümüyle engellemeli veya kabul edilebilir limitler içinde tutmalıdır.

Depolama Yöntemi	Rölatif (Görece) Derinlik	Depolanan yaygın atıklar
Sondaj kuyusu enjeksiyonu ve kap yerleştirilmesi	Çok derin; 200 m. den kilometrelerce derinliğe kadar	Genellikle sıvı endüstriyel atıklar ve daha sonra katılan çamurlar. Kaplar içerisinde veya çamur halinde radyoaktif atıklar.
Eski maden boşluklarının doldurulması ve kap yerleştirilmesi	Derin. 200-1000 m. (Şaft/tünel ve açık işletme türü ocaklar).	Evsel ve endüstriyel katı atıklar; Serbest halde veya kaplar içerisinde zehirli endüstriyel sıvı atıklar. Kaplar içerisinde radyoaktif atıklar.
Toprak dolgu ve kap yerleştirilmesi	Siğ yüzey kazıları (100 m.ye kadar).	Evsel katı atıklar; endüstriyel sıvı atıklar (serbest halde ve kaplar içerisinde) Kaplar içerisinde radyoaktif atıklar.

Tablo 1- Başlıca yeraltı depolama yöntemleri: Rölatif (görece) derinlikleri ve yaygın atık durumları (Derinlikler görecedir, inşaatlarda kullanılacak kesin rakamlar değildir.)

Bu yüzden jeolojik engellerin iki bileşeni dikkate alınmalıdır; yerli kaya ve çevre jeolojisi: Uygun kayalar deponun dayanımını etkileyen fiziksel ve kimyasal koşullar sağlarlar. Deponun yeterli derinlikte olması ve kaya kütlelerinin yanall devamlılığı deponun yalıtımını sağlar. Deponun dayanım ve yalıtım bütünlüğünün devam etmesi için bu kaya özelliklerinin tektonik duraylılık ve hidrolojik rejimden yalıtılmışlık özellikleriyle birleşmelidir.

C) Çoklu engel ilkesi, teknoloji içerisinde güvenliği ile kendisini kanıtlamıştır. Atık depolama tesisinin güvenliğinin sağlanması, dikkate alınması gereken en önemli koşuldur. Jeolojik formasyonlardaki atık depolama durumunda; kayanın veya zeminin yük taşıma kapasitesi, çevreleyen formasyonların uzun süreli koruyucu etkileri ve tesis çevresindeki jeolojik duraylılık önemli faktörlerdir. Fakat güvenlik kavramı yalnızca yapı mühendisliği açısından ele alınmamalı, jeolojik faktörleri de göz önüne alınmalıdır.

Böylesi yapılar için normal mühendislik yapılarına uygulanan güvenlik faktörleri yeterli değildir.

D) Bir atık depolama ocağının açılması ve inşaat safhalarında gelişmiş ileri teknoloji kullanılmalıdır. Bilimde ve teknolojideki devam eden gelişmeler uygulanmalıdır. Madencilerin, mühendislerin ve jeoloji mühendislerinin deneyimleri göz önüne alınmalıdır.

### 3.4. Güvenlik Kavramı

Yukarıda değinilen koşullara uyan ve çoklu engel ilkesi (zararlı maddelerin sızıntısını yavaşlatan) üzerine kurulmuş bir güvenlik sistemi radyoaktif atıklar için (Langer M. u.a: Bir radyoaktif atık deposunda yatak kayasının duraylılık ve engel etkinliğini kanıtlamak için mühendislik jeolojisi yöntemleri. Proc. IAEA Sempozyumu, IAEA - sn - 289/23, Hannover 1986) ve kimyasal atıklar için (Langer, M. Atık depolama için gerekli güvenlik kriterleri-Atık depolama ve çevre jeolojisi uluslararası toplantısı, Viyana, 1993, 203-215) geliştirilmiştir. Bu güvenlik kavramının ana basamakları Şekil. 2 de verilmiştir.

A) Kaya mekaniği sistemleri (sondaj kuyusu, ocaklar, dolgular), jeolojik sistemler (hidrojeoloji, tektonizma) ve teknik açıdan (kaplama ve atık çeşidi) her bir engelin etkisinin ayrı analizleri her durum için uygun yöntemler kullanılarak yapılması.

- Teknik sistemlerin istatistiksel risk analizleri.



Şekil 2- Atık depolama için güvenlik kavramı



- Kaya mekaniği sistemlerine göre duraylılık ispatı.
- Jeolojik sistemlere göre olası jeokimyasal, hidrojeolojik ve tektonik olayların tahmini.

B) Değişik sistemdeki engellerin (bariyerlerin) birbiriyle etkileşimleri sonucu oluşan fiziksel ve jeokimyasal olayların analizi ve meydana gelebilecek bu zararlı maddelerin yakın ve uzak mesafelere taşınma etkilerinin belirlenmesi.

- Yalıtım maddelerinin doğal ortamdaki korozyonunun sızıntı miktarı için öneminin araştırılması.

- Zemin ve kayada gelişen uzun dönemli jeokimyasal olayların değerlendirilmesi.

- Depolanmış atıkların ısı potansiyeliyle ilişkili olarak depo civarındaki kayaçların gerilme ve deformasyonlarının termomekanik yollarla hesaplanması.

C) Toksik malzemelerin kaçış riskini gündeme getirecek teorik olarak mümkün her olasılığın kazalar dahil göz önüne alınarak bütün engellerin karşılıklı etkileri ışığında nihai depolama tesisinin kapsamlı güvenlik analizi.

- Kaplamanın yenilmesi (kırılması veya çatlaması).
- Ocağın veya madenin kaya mekaniği yönünden çökmesi ve
- Jeolojik veya tektonik felaketler.

Ayrıntılar için Böl. 5 (güvenlik analizleri)ne bakınız.

#### 4. ENGEL YETERLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yeraltı ocaklarındaki atık depoların güvenlikleri herşeyden önce doğal jeolojik engellerin etkinliğine bağlıdır. Bu engellerin, atıkları çok uzun yıllar boyunca çevreden yalıtacağı beklenir. Bu yüzden jeolojik bariyerlerin etkilerinin nicel olarak belirlenmesi gereklidir.

##### 4.1. Modelleme

Çoklu bariyer ilkesine göre jeolojik yerleşim, uzun yıllar boyunca yalıtımı sağlamalıdır. Nitel çözümleme model ve uzman deneyimleri önemli faktörler olsa da jeolojik engellerin bütünlüğünün garanti altına alınması için bu bütünlüğün geçerli jeomekanik ve hidrojeolojik modeller üzerinde deneyerek hesaplanması gereklidir. Yerli kayacın ve bunu çevreleyen, jeolojik formasyonların hesaplanabilir bir model içerisinde idealize edilmesi gerçekçi bir hesaplama için temel oluşturur. Doğal sistem; geçirimsizlik (permeabilite), termomekanik davranışı, tektonik çatlak ve kırıklar gibi özellikleri ile göz önüne alınmalıdır.

Atık deposu bir jeoteknik sistem olarak oluşan jeolojik durumu en iyi şekilde kullanabildiği yerde deponun açımı sırasındaki ilk koşulların da dikkate alınması gerekir. Bu en iyi şekilde kullanma için örneğin uzun-sürelili jeolojik ve jeokimyasal olaylar, ısı sınırları, kaya yenilmeleri gibi sistem şartlarının doğasında olanlar dikkate alınmalıdır. Engel yeterliliğini tespit etmek için kullanılan hesaplama modelinin yeterliliği bir kesinleştirme yöntemiyle kanıtlanmalıdır.

Kompleks bir jeolojik yapının gerçek davranışının her zaman için bir ölçüye kadar bilinmez kalması kaçınılmaz olduğu için modellemeler ancak bir yere kadar geçerlidir. Bu genel zorluğu aşmanın bilimsel yolu modelin yeni bilgiler ışığında sürekli geliştirilmesidir. Bu yaklaşımın temel özelliği mekanik ve hidrojeolojik davranışlar arasındaki karşılıklı ilişkilerin belirlenmesi, modelin kesinleştirilmesi, inşaat yerinden alınan verilerin değerlendirilmesidir.

Model kesinleştirilmesinde (modelin doğruluğunun ispatı için) belli bir bilimsel yol izlenmelidir.

- Kesinleştirme öncesi hesaplamalar için kullanılan nümerik program kontrol edilmelidir. Yani programın matematiksel olarak doğru sonuçlar verdiği kanıtlanmalıdır.

- Model kesinleştirilmesi; laboratuvar ve arazi deneyleri, kapsamlı ve tutarlı bir modelleme, uygun sınır koşulları ve ön koşullar hakkında başarılı tahminlerle mümkündür. Model kesinleştirilmesi; geri-analizlerle veri düzeltimi değil, modelin yerli kayacın davranışları ne ölçüde yansıttığının bir göstergesidir. Bunun yanı sıra; modelin bütün mekanik ve hidrojeolojik davranışları yansıtamayacağı da unutulmamalıdır.

- Ancak bundan sonra kaya kütlesi için kesinleştirilmiş kapsamlı ilişkiler, yerine özgü jeolojik durumun modellenmesi için uygun temeller oluşturur. Bunun yanı sıra yerine-özü aynı davranışları gösteren birimler ve bunlarla ilişkili parametreler belirlenmeli ve arazi deneyleriyle doğrulukları kanıtlanmalıdır.

Jeolojik engellerin (bariyerlerin) yeterliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan nümerik modeller jeolojik ortamın fiziksel sistemini temsil etmelidir. Bu temsilin doğruluğu önemlidir. Çünkü matematik modellerin yanlış uygulanışı hatalı sonuçlara götürür. Her koşulda; matematik modellerin kullanımı araziden gelen verilerle desteklenmelidir. Bu veriler kapsamlı arazi araştırmalarından elde edilmiş olsalar bile yine de jeolojik sistemi modellemede belli bir hata payı kalacaktır. Bu yüzden sınır yaklaşımları tedbirli şekilde kullanılmalıdır. Sınır yaklaşımlarının tedbirli şekilde kullanılması, engel yeterliliği tahmininin doğruluğunu etkiler.

Yine de atık depolama durumunda modele dayalı nümerik hesaplamalar bir yere kadar anlamlıdır. Çünkü böyle yapılara izin verilebilmesi için yapının güvenliğinin önceden güvenli ve inandırıcı bir biçimde gösterilmesi gereklidir.

Yine de atık depolama durumunda modele dayalı nümerik hesaplamalar bir yere kadar anlamlıdır. Çünkü böyle yapılara izin verilebilmesi için yapının güvenliğinin önceden güvenli ve inandırıcı bir biçimde gösterilmesi gereklidir.

##### 4.2. Jeomekanik Modeller ve Hesaplamalar

Jeomekanik modellemenin amacı duraylılık (stabilite) hesaplamalarıdır. Bu duraylılık hesapları ile ocak veya termal kaynaklı gerilmeler sonucu oluşan yeni gerilme dağılımının kayaç içerisinde varolan duraylı dengeyi tehlikeye düşürmeyeceğinin, ocak açma işlemleri sırasında destek hasarlarına veya çökmelere yol açmayacağı ve formasyonun uzun süreli duraylılığının sağlanacağı gösterilmesi gereklidir. Ocağı çevreleyen formasyonlardaki gerilme dağılımlarının ve deformasyonların kayacın asıl özellikleri de dikkate alınarak hesaplanması ve kaya kütlesinin taşıma gücüyle karşılaştırılması gereklidir. Tüm bunlar jeomekanik modelin ve ilgili diğer hesaplama modellerinin formülasyonunu, parametre seçimini ve yenilme koşullarının belirlenmesini gerektirir (Şekil. 3).



Hesaplamalar için bir model oluştururken bazı şeylerin idealize edilmesi kaçınılmazdır. Bu model kapsamında aşağıdakilerin ayırına varmak gereklidir:

- Kaya mekaniği modelleri ve
- Statik modeller.

Kaya mekaniği modeli aşağıdaki konuları kapsar:

- Kaya kütlelerinin jeolojik yapısı
- Kaya kütlelerinin zamana, sıcaklığa ve gerilmeye bağlı deformasyon ve dayanım özelliklerini gösteren malzeme parametreleri.

- Kaya kütlelerinin ilkel durumu (gerilme, ısı).

Statik modellemede aşağıdaki şartların belirlenmesi gerekir.

- Geometrisi (düzlemsel veya uzaysal olarak kaya kütlelerinin taşıma kapasitesinin belirlenmesi) ve

- Gerilme durumu ve bunun zamana bağlı değişimi.

a) Termal etkiler (depolama ve ısı ile oluşan atıklar, havalandırma vb. gibi)

b) Mekanik etkiler (sızma, dolgu, statik yükler vb. gibi)

Bu tip jeomekanik problemlerin çözümü için özellikle uygun hesaplama yöntemi sonlu element (finite element) yöntemidir. Bu sayısal hesaplama yöntemi, tektonik özellikler, uygulama şartları, ocak geometrisi, inşaa yöntemi vb. gibi bir çok önemli faktörün (Şekil. 4) nümerik olarak uygun değerler verilerek gerçek şartlara yaklaşmasını sağlar. Sonlu element yöntemi doğrusal olmayan değerleri hesaplama için de uygun bir yöntemdir. Atık depolama tesisleri analizlerinde özel amaç için; tabi kaynaklar ve yerbilimler enstitüsü [(BGR), F.R.G.] ANSALT kodlu bir bilgisayar programı geliştirmiştir (kaya tuzu analizlerinin doğrusal olmayan termo-mekanik analizleri).

Diğer bir uygun bilgisayar programı da kaya mekaniği amaçları için kullanılan "ADINA"dır.

Bir atık ocağının kaya davranışlarındaki jeomekanik hesaplamalar aşağıdaki amaçları içerir.

- Hesaplama yöntemiyle termo-mekanik işlemlerin analizi uygun bir sonuca götürmeli.

- Deneyim bağlı sonuçlar hesaplama yoluyla geliştirilebilir.

- Duraylı bir ocağın planı için kaya mekaniği kriteri, parametre hesaplama yöntemiyle geliştirilebilir.

- Bunun gibi kriterler, bir ocağın ön araştırmasının gerçek jeolojik şartlara uyarlanması için gereklidir.

- Bir jeolojik engellenin bütününü uzun-dönem değerlendirilmesinde deneyim tek başına yeterli değildir. Hesaplama ile olasıdır.

#### 4.3. Hidrojeolojik Modeller ve Hesaplamalar

Hidrojeolojik modellemenin esas amacı

- Zehirli maddelerin yeraltı suyu ile taşınabilmesi işleminin daha iyi anlaşılması.

- Zehirli maddelerin zararlı olmayan konsantrasyonlarının biyosfere taşındığının gösterilmesi.

- Atıkların izolasyonunun uzun dönem garanti altına alındığının ispat edilmesi içindir.

Hidrojeolojik modelleme, bundan başka, özellikle yeraltı suyu yoluyla taşınmaya etki eden faktörleri dikkate almak zorundadır.

Bunlar da

- Akışla taşınma
- Dağılma ve yayılma ile taşınma
- Akış yönünde kayaçlardaki kimyasal reaksiyon
- Atıkların eriyik haline dönüşme hızı.

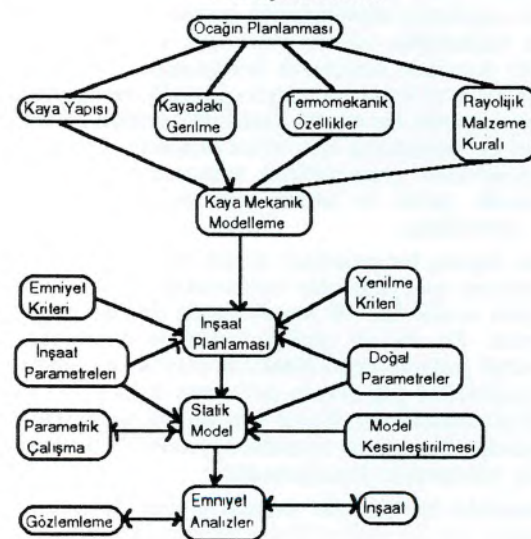
Hidrojeolojik modelleme kavramı, kalitatif miktardaki suyun sisteme eklendiği noktadaki beslenme alanı ve sistemi terkettiği noktadaki boşalım noktasına dayanmak zorundadır. Bunun yanında, sistemden geçen suyun genel akış yönü, taşıma hızı ve bütün sistemin çeşitli bölümlerindeki yeraltı suyunun kimyasal ve fiziksel özelliklerinin dikkate alınması gereklidir. Absorpsiyon ve yağış, iyon değişimi ve adsorpsiyon gibi kimyasal reaksiyonlar bazı kirletici maddelerin hareketini durdurur veya yavaşlatır. Absorpsiyon ve iyon değişimi özellikle kirletici maddenin oksidasyonu ve bileşimi gibi kimyasal durumuna bağlıdır. Kimyasal maddelerin absorpsiyon özellikleri büyük farklılıklar gösterir ve hatta elementlerin birçoğu farklı uygun ortamlarda ve depolama şartları altında belirlenir. Bunun yanında, bu reaksiyonların temel prensipleri hemen hemen aynıdır.

Kirletici madde akışının modellemesini yapmak için, yeraltı suyuna süzülen mevcut atık maddenin bilinmesi zorunludur. Bu mevcut olma durumu atık maddenin durumuna bağlı olacaktır.

Basit olarak, yeraltı suyunun gözenekli ortamda (zeminde) akışının tek boyutlu incelendiğinde, akış hızı Darcy kanunu ile verilir.

Kristalize olmuş yerli kayanın engelleme modellemesi için süresizler (eklem, çatlak, fisür) boyunca suyun iletkenliği ve permeabilitesinin dikkate alınması ge-

Depolanabilir bir ocağın planlama ve inşaa için Jeoloji Mühendisliği Yönünden Emniyet Analizi



Şekil. 3- Jeomekanik modelleme



rekli. Çünkü, suyun içeriye doğru sızma kabiliyeti ve kirlenmiş suyun çökellerden biyosfere doğru akışı önemli bir özelliktir. Fisürlü veya eklemli kayalar da, süreksizlikler kaya kütesinin permeabilitesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Bu, sağlam kayaların boşluk hacimlerinde ikincildir. Yani önlem verilecek kadar değildir. Hidrolik geçirimsizlik; süreksizliklerin oluşumu ve kesişimi kadar süreksizliklerin yüzeyi, genişliği ve dolu malzemesine de büyük ölçüde bağlıdır.

Bu durumda, hidrojeolojik modelleme ve hesaplama (kaya deneyleri gibi) kayacın kaya basıncı ve su basıncı ile ilgili olarak yöne-bağımlı permeabilite miktarını belirler. Bu bilgiler çatlaklı kayalarda yeraltı suyu akışı için eşdeğer-gözenekli ortam kavramının uygulanabilirliğinin anlaşılmasını sağlar. Kontrol faktörleri ve uygun ölçekte Darcy kanununun uygulanması gerekli olduğu zamanlarda belirlenebilir.

Darcy kanunu esasına bağlı olarak hidrojeolojik modelleme için bilgisayar programları her yerden sağlanabilir (Örneğin Kompüter Programı SWIFT, PHOENİCS). Fakat maalesef, fisürlü ortamlardaki su akışı modellemesinde taşıma sisteminin detayları hakkında hala birçok bilgi eksiklikleri vardır. Bu alanda son zamanlarda uluslararası büyük araştırmalar yapılmasına rağmen, gerçekten de çatlaklı ortamlarda taşıma ve mekanizması ve su akışı hesaplamalarında doğruluk ve güvenilirlik gibi fiziksel temeller (yani mekanik) unutulmaktadır.

Çatlak sistemlerinin istatistiksel analizi çatlaktaki akışa bir yaklaşımdır.

İstatistik bilgiler, münferit çatlak modellemesinde, sayısal modelleme ile bir arazinin istatistiksel olarak hidrolik özelliklerini tekrar belirlemek için kullanılır. Bu yaklaşım sadece kaya kütesindeki çatlak sistemleri hakkında hiçbir bilgi olmadığı yerlerde uygulanır. Bu yaklaşımda, sayısal hesaplamalardan elde edilen sonuçların aralıkları hemen hemen araziden rastgele alınan örneklerden elde edilen sonuçların aralıklarına yakın olacaktır.

Sonlu eleman programı ADINAT veya yeni geliştirilmiş FE programı DURST(BGR, Hannover) fisürlü kayalarda akış işlemi görüntüsü vermek için kullanılabilir. Bu programda, fisurlar üç boyutlu olarak temsil edilir ve sonlu eleman bir, iki veya üç boyutlu olabilir.

Emniyet Kriteri	Doğal Etkenler	Teknik etkenler	Ölçümler
Deformasyon	Jeolojik şartlar	Boşluk geometrisi	Jeolojik inceleme
Gerilmeler	Tektonik	İnşaa işlemi	Jeoteknik araştırma
Yenilme modu	İlkel gerilme	Kullanma yöntemi	Statik hesaplar
Taşıma Kapasitesi	Mekanik kaya karakteristikleri	Uygulama şartları	Kontrol deneyleri
Ani luzlu su akışı	gaz ve luzlu su çokeli	Sıcaklık	Ocak ölçümleri

Şekil. 4- Jeoteknik duraylılığın (stabilite) etken ve kriterleri

#### 4.4. Kaya Deneyleri

Hesaplama modellemesinde, jeolojik formasyonda bulunan depolanabilir ocağın uygun idealize edilmesi, engelleme (bariyer) yeterliliğinin gerçeğe uygun değerlendirilmesi için gereklidir. Jeolojik çevre; dahili yapı, termo-mekanik davranış, hidrojeolojik özellikler ve başlangıç şartları gibi kompleks özelliklerle göz önüne alınmalıdır. Bu sebeple, oluşan model içinde kaya davranışlarının doğru tanımlanması temel bir önem taşır, hesap sonuçları da sadece kompüter verisi olabilir. Bunun ötesinde, kaya deneyleri herhangi bir modellemenin vazgeçilmez kısmıdır. Atık depolama için temel kaya özellikleri; mukavemet, deformasyon ve hidrolojik özellikleri ile ilgilidir. Bu özellikler ve karakteristikler Tablo. 2 ve Tablo. 3 de verilmiştir.

Yeraltı depolanabilir tesislerin mühendislik planlaması için sağlamlık mukavemeti gereklidir. Özellikle yeraltı açıklıklarının tamamının korunmasında mukavemet özellikleri erozyon ve bozuşmaya karşı malzemenin dayanıklılığının ve duraylılığını sağlar. Genel olarak, yüksek mukavemet bozuşmaya karşı yüksek dayanıklılık kabiliyeti demektir. Mukavemeti belirleyici parametreler; kohezyon, içsel sürtünme açısı, tek eksenli basınç mukavemeti, çekme mukavemeti ve akma limitidir. Gerilme-deformasyon özellikleri, bir malzemenin gerilme altında gösterdiği deformasyonu belirler. Bir atık depolama ortamının deformasyon özelliklerini tarifleyen parametreler elastik parametreler (young modülü, poisson oranı, bulk modülü ve kesme modülü) ve rayolojik parametrelerdir (akma parametreleri, plastisite). Bunlar, izolasyon için malzemelerinin özelliklerinin analizinde önemlidir. Bir zemin malzemesinin akışkan olarak süreksizlikleri doldurması ve deforme olabilme ka-

Karakteristik Değerler	Gerilme Durumu Ölçüm Yöntemleri	Deformasyon özellikleri		Mukavemet özellikleri	
		Karakteristik Değerler	Ölçüm Yöntemleri	Karakteristik değerler	ölçüm yöntemleri
Gerilmenin ilkel durumu (içsel gerilme ler, Tektonik residual gerilmeler)	Gerilme boşalım ölçümleri a. Kuyu içinde b. Yarık içinde	Elastisite(E-modülü, G-modülü yanai sıkıştırma oranı)	a. Tek eksenli hidrolik basınç, üç-eksenli laboratuvar ölçümleri b. Yerinde, (arazi de)kaya dinamik ölçümleri	Basınç mukavemeti	Tek eksenli hidrolik basınç
Gerilmenin ikincil durumu (desteklerdeki basınç)	a. kuyu ekstansometresi b. Gerilme ölçerler (ankraj)			Germe mukavemeti	Brezilya deneyi
Gerilmenin üçüncül durumu (zaman içindeki gerilme-dağılımı)	Galeri deformasyon ölçümleri	rayoloji(V-modülü, plastisite post-elastisite)	a. çok eksenli hidrolik pres b. Yerinde plaka yüklenme deneyi, pressiometre (kuyu dilatometre yüklemde deneyi)	Kesme mukavemeti (kohezyon, sürtünme açısı)	a. Laboratuvar da direk kesme deneyi b. Yerinde kesme deneyi

Tablo. 2- Kaya mekaniği karakteristik değerleri ve ölçüm yöntemleri

Hidrojeoloji	
Veriler	Yöntem
Akiferin potansiyometrik seviyesi	Hidrolojik sondaj buhar deneyi; derin kuyu da piezometre
Akiferin porozitesi	Kuyudibi jeofizik-loglaması; Karot numune üzerinde laboratuvar deneyleri
Akiferin permeabilitesi	Hidrolojik sondaj deneyleri; Arazi tarama deneyleri
Yeraltısuyu tablası seviyesi	Kuyu deneyi; piezometre; yüzey elektrik rezistivite deneyi
Yeraltısuyu ısısı	Isı loglaması
Yeraltısuyu viskozitesi ve yoğunluğu	Laboratuvar deneyleri
Transmitte, depolama katsayısı, kapasitesi	Kuyuda pompaj deneyi
YAS beslenme ve boğalım noktaları	Piezometre, hava fotoğrafları, kuyu logları

Tablo. 3- Hidrojeolojik karakteristik değerler ve ölçüm yöntemleri



biliyeti istenir. Tersine, sert bir zemin malzemesi atık depolanabilir tünel açımının stabilitesi için önemlidir. Hidrolojik özellikler akıcılık değerlendirmelerinde önemlidir. Bunlar; porosite, hidrolik eğim ve permeabilite parametreleri ile değerlendirilir. Radyoaktif maddelerin taşınmasını sınırlamak için mümkün olduğunca düşük bir permeabilite gerekir.

## 5. EMNİYET ANALİZLERİ

### 5.1. Yöntem

Bir atığın depolanması için emniyet kavramının prensipleri Bölüm. 3.4'de anlatılmıştır. Emniyet analizini başarıyla yürütmek için, yöntem ve verilerin serbest bırakılan toksik (zehirli) maddelerden çevreye ve insana vereceği olası zararların değerlendirilmesi ve bu zararlar arasında mukayeseye olanak sağlaması gerekir.

Bir emniyet değerlendirmesini yapmak için temel adımlar ve yöntemler Şekil. 5 de verilmiştir.

Bir atık depolama sisteminin bütün temel safhalarında (evrelerinde) emniyetlilik değerlendirmeleri yapılmalıdır. Kavram safhasında yerli kaya ve kaplama yöntemleri gibi atık depolama sistemi elemanları ve yer seçimi sorularına yanıt aranır. Planlama safhasında emniyet analizi; ocak açma operasyonu ile birlikte herhangi bir güvenlik değerlendirmesini ve bütün sistemin kabul edilebilir kriterlerini içeren kanıtların çakışmasını kapsar, böylece ocak açımı ve inşaat ilerleyebilir. Son emniyet değerlendirmelerinde bu kriterlerin devamlı çakışıp çakışmadığı kontrol edilmeli ve planlama ve inşaat esnasında oluşan daha detaylı veriler dikkate alınmalıdır. Emniyet değerlendirmesinin bu son safhasında, sadece oluşacak sonuçların tesbiti değil bilinmeyenlerin ve oluşabileceklerin tahmininin de yapılması gerekir. Şekil. 5 de emniyet değerlendirme işlemine genel bir bakışı ve proje gelişimi boyunca ilgili işlemleri göstermektedir.

Yeterlilik ve hassaslık analizleri için ilk safha basitleştirilmiş olmasına rağmen, yöntemler genel olarak temelde aynıdır. Şekil. 5 de gösterildiği gibi emniyet kavramına gelince, jeoteknik stabilite, jeolojik varsayımlar (senaryo analizi) ve sonuç analizinin ispatı, bir yeraltı atık depolama ocağının güvenlik analizinin temel kısımlarını oluşturur. Daha detaylı açıklamalar sonraki bölümlerde verilecektir.

	kavram safhası	planlama safhası	inşaat ve operasyon safhası
Emniyet Analizi çeşidi(Tipi)	Amaçlar için basit modelleme ve kavramların hassasiyet analizi	Jeoteknik duraylılık son emniyet analizi için ileri modelleme	Doğrulama analizi (sonuç analizi)
Yerlilikleri ve Jeoteknik işlemler	genel jeolojik çevre verilerinin toplanması	Yer seçimi	inşaat ve operasyon gözlemlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesi
Düzenleme işi	mühendislik-jeolojisi ön etüdü	Tesislerin detaylı mühendislik jeolojisi etüdü	Jeoteknik değerlendirme ve nihai detaylı planlama
	kabul edilebilir kriterlerin formülasyonu	Güvenlik analizi raporunun tekrar incelenmesi	kontrol ve enjeksiyon
		inşa yetkisi	

Şekil. 5- Atık depolama işlemlerinde emniyetlilik değerlendirmesinin temel safhaları.

### 5.2. Jeoteknik Stabilitenin (Duraylılık) İspatı

Bir yeraltı açıklığının (tünel, galeri, ocak), taşıma kapasitesi ve/veya yeraltı inşaatının kullanılabilirliği (boşluk sistemi, destekleme, çevreleyen kaya) gösterildiği zaman duraylı olarak kabul edilir. Bir yeraltı inşaatının taşıma kapasitesi veya taşıma kabiliyeti olarak tarif edilen ek yük taşıyabilirliği (örneğin ocak açma operasyonundan dolayı) bize bir denge konumundan, başka bir denge konumuna (gerilme dağılımından dolayı) geçişinde büyük deformasyonlar veya çatlaklar oluşmayacağını gösterir. Bunun anlamı; bir atık depolama tesisinde yenilme olmayacağını, destekleme sistemlerinin ocak açma operasyonu esnasında (ilkel/ikincil gerilme konumunda) veya uzun-dönem termal yükleme esnasında (ikincil üçüncü gerilme konumunda) emniyetli olduğunu gösterir. Bundan başka, bariyer fonksiyonu yapan çevre kayanın suyun etkisiyle minerallerinin ayrışmasından dolayı veya olası termal yüklerden dolayı yenilmelerin oluşturacağı zarardan korunması için yeteri kadar iyi olması gereklidir ve yenilme analizinden belirlenen seviyeyi geçmemelidir.

Duraylılığın genel tarifinden radyoaktif ve atık depolamanın özellikle koruma amacı için, aşağıdaki kanıtlar gösterildiği zaman bir atık depolama ocağı duraylı olarak kabul edilir.

İnşaat ve operasyon safhası için (açık/yarı dolu) ocak.

- Kaya patlaması gibi hızlı veya akma gibi yavaş gerilme değişimleri sonucunda sistemin taşıma kapasitesinin aşılması kayanın taşıma kapasitesini zayıflatması.

- Ocak açma işlemi esnasında veya sonrasında ne yeraltı açıklıklarında ne de yüzeyde ocağın kullanımını ve/veya yerüstü inşaatının emniyetini etkileyebilecek, istenmeyen deformasyonların ve/veya akmanın oluşması.

- Termal yüklerden dolayı oluşan mineral bozuması (dehidrasyon) yerli kayanın bütününe zarar vermemesi.

- Su ve tuzlu su sızmasının ve/veya gaz sızıntısının kontrol altına alınması gerekir.

Operasyondan sonraki safha için (ocağın tamamen doldurulması durumunda).

- Uzun zaman periyodu içinde; gerilme değişimleri, mineral bozuması, korozyon gibi etkiler çevre kayanın bütünlüğüne zarar vermemeli ve istenilmeyen derecede zayıflatmamalı.

- Tuzlu su girişi ve yeraltı suyu hareketi kabul edilmez derecede zararlı toksik maddelerin girişini başlatmamalıdır.

Yerli kaya engellemesinin (bariyerinin) uzun dönem etkilenmesinin değerlendirilmesi ve depolanabilirlik planlaması için aşağıdaki ek faktörlerin gözönüne alınması gerektiği, yukarıda sıraladığımız kriterlerden görülür.

#### A) Doğal Faktörler

- Jeolojik şartlar (örneğin; dizilimi, kayanın petrografik bileşimi, tektonik özellikleri, eklem takımları)

- Hidrojeolojik şartlar (örneğin; boşluk suyu, eklem



suyu, permeabilite, yeraltı suyu hareketi)

- Yerinde gerilme şartları
- Depremselliği (deprem etkisi)
- Tuzlu su ve gaz olması

- Kaya ve/veya kaya kütlelerinin ısı ve zamana bağlı deformasyon özellikleri (örneğin; elastisitesi, akma davranışı, plastisitesi).

- Kaya ve/veya kaya kütlelerinin ısı ve zamana bağlı kırılma davranışları (örneğin; basınç mukavemeti, çekme mukavemeti, kesme mukavemeti, akma parametreleri, maksimum taşıma kapasitesi).

#### B-) Teknik Faktörler

- Radyoaktif atık maddenin özellikleri (örneğin; ısı üretmesi, radyoaktivitesi, çekirdeğin yarılanma süresi, uzun dönem fiziksel ve kimyasal etkiler).

- Ocak açma tekniği (patlatma veya kazıcı makinelerle açma)

- Yeraltı açıklığının geometrisi (galeri ve sütunların genişliği ve şekli, barajların inşaatı)

- Veriler (son depolama için sondaj kuyularının düzenlenmesi, galerilerde maksimum kabul edilebilir ısı, güvenlik ölçümleri ve önlemleri).

#### C-) Sistemle İlgili Faktörler

- Kaya ve desteklemenin yenilme modları.

- Yeraltısuyundaki ısı artışının limit değerleri.

- Minerallerdeki ısı artışının limit değerleri.

- Radyoaktif yayılmadan dolayı kaya özelliklerinin değişimi.

- Kayanın absorbe (soğurma) özellikleri.

- Uzun - dönem jeolojik olaylar (tektonik oluşumlar).

Bir atık depolama tesisinin duraylılığı çeşitli araştırmalar (etüd) ve hesaplamaların bileşimi ile belirlenir. Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik araştırmalar ve etütleri, kaya mekaniği ölçümleri, statik hesaplamalar, teknik parametre gözlemleri ve ocak açma deneyiminin hepsinin dikkate alınması gerekir.

Araştırmaların ve ölçümlerin, doğruluğu ve mertebesi, statik hesaplama ile bulunan emniyet faktörleri nihai (son) analizler (Bölüm. 5.3 de anlatılacak) de gösterildiği gibi olası yenilmelerin etkilerine bağlı olmalıdır. Araştırmalar, ölçümler ve teorik hesaplamalar; karşılıklı etkilemeleriyle birlikte bir birim olarak dikkate alınmalıdır. (Örneğin; kayanın mekanik modeli, parametrik analizler, statik hesaplamaların kontrolü). Duraylılık analizleri için, nihai kaya tanımlaması ve kaya parametrelerinin kesin olarak belirlenmesi ancak ocak açımı sonucunda olacağından dolayı, planlama safhasındaki duraylılık hesapları sadece bir varsayıma dayanmaktadır.

### 5.3. Senaryo ve Sonuç Analizi

Senaryo analizinin temel amaçları,

- Bir zehirli maddenin çıkışı ve çıkış hızının etkisi veya kaynağından insanlara taşınması gibi olayların tanınması.

- Bu olayların oluşum olasılığının tahmini ve bunla-

rın atık depolama sistemine etkisini belirlemek böylece sonradan yapılacak sonuç analizi için, gerekli başlangıç ve sınır şartlarını sağlamak.

Sonuç analizi, zehirli maddelerin daha sonra oluşacak taşıma modelini ve sonuçlarının etkisinin tahminini içerir.

Sonuç analizi aşağıdaki tahminleri içerir.

- Atık maddelerin davranışları (özellikle sızma ile ilgili).

- Astarlama ve geri dolgu oluşumu gibi engelleme (bariyerin) davranışları ve engelleme boyunca maddelerin taşınması gibi yerli kayanın çevresi ile karşılıklı etkisi.

- Jeolojik çevre boyunca maddelerin taşınması.

- Maddelerin biyosfere taşınması ve insanların maruz kalması.

- Ve maruz kalma durumunda olası sonuçların değerlendirilmesi.

Senaryo veya sonuç analizlerinde uygulanan yöntem ve teknikler aşağıdaki kategorilere bölünebilirler.

#### A) Olasılığa dayalı yöntemler

Bir bütün sistemde mümkün olan sonuçları belirlemek için olasılıklara dayandırılan her bir kanıtın bir bütün içinde birleştirilmesi bir örnektir. Sonuçları istatistiksel olarak tahmin etmek için model parametrelerinin olasılık dağılımı ile belirlenmesi de diğer bir örnektir.

#### B) Tespite dayalı yöntemler

Burada işlemler yeteri kadar iyi anlaşılabilir olarak dikkate alınır, bu yüzden veriler kesin olmasa bile, mühendislik ve bilimsel temel kanunlar nicel olarak uygulanabilir.

#### C) Hassas ve kesin olmayan analitik yöntemler

Sistem özelliklerinin belirlenmesinde, parametrelerin önemi ve karşılıklı etkileri, her bir parametrenin bütün sonuçlara etkisini saptayarak gösterilir.

Bu farklı yöntemler birbirini tamamlayıcıdır ve emniyet analizlerinin bütün temel parçalarında uygulanabilir. Bunun yanında, bu yöntemlerin uygulanmasında gerekli olan sınırlamalar net olarak bilinmelidir.

Son yıllarda kullanımda olan doğal sistemlerin gelecekteki gelişmelerinin modellenmesi için, tektonizma (faylaşma, kıvrılma, deprem, volkanizma) ve jeomorfoloji (bozunma, ayrışma, erozyon, toprak kayması, çökme) gibi bir çok olay ve sürecin gelecekteki hızının belirlenmesi için gerekli olasılıkların olmamasından, modellenmenin başından sonuna kadar uygun ve ihtiyaca cevap verecek veri akışının oluşmamasından şikayet edilmektedir.

Faylanma, sismik aktivite ve iklim değişiklikleri gibi geçmişteki jeolojik olaylar rastgele oluşmamıştır, fakat oluşum yeri, büyüklüğü, değişik hızı ve sıklığı için tesbite dayalı açıklama yapmak zordur. Özellikle geçmiş jeolojik olayları açıklama da hem tesbite dayalı hem de olasılığa dayalı modellemelere önem vermeyerek, gelecekteki jeolojik olayların tahminini yapmak imkansızdır.

Jeolojik varsayımların tayinindeki belirsizlik, tek tek etkileri basit olabilen yöntemler ve kanıtlar arasındaki



karmaşık ilişkilerin sonucudur.

Bundan başka, yerbilimlerinde uzun-dönem varsayımlar, tanımlanmış ve tanımlanmamış olaylar arasındaki olası etkilemelerin karmaşasından dolayı güvenilirmez ve imkansızdır.

Bir olasılığa dayalı emniyet analizinin emniyetlilik derecesi ilk olarak istatistiksel verilerin kalitesine bağlıdır. Bundan başka, bunların sıklıkları istatistik tekniklerin de olduğu gibi tahmin edilemez. Bu kanıtları oluşturmak için bir karmaşık teknik sistem yetersiz olmak zorundadır. Bunun yanında, bir karmaşık sistemin yenilmesi daha az karmaşık bir alt sistemin yenilmesi sonucunda oluşur. Eğer, uygulamada bu bileşenlerin yeterli miktarda ampirik verileri sağlanırsa, yenilmelerin sıklığı için beklenen değer çok güvenilirlikle bulunur.

Uygun mantık ile bu tahmin edilen yenilme sıklıklarının bileşimi az güvenilirliğe sahip karmaşık sistemlerin gerilme sıklıkları için umulan değere götürür.

Bir kompleks sistemden çok basit ve alelade bir sisteme kadar bu teknikler genel olarak jeolojik sistemler için uygulanabilir değillerdir. Kompleks sistemlerin yenilme sıklıklarını göreceli bir kaç kanıt ya da makul kabullere dayandırarak tahmin etmek elbetteki olasıdır. Bunun yanında eğer atık depolama sahasında emniyet analizi için bu tahminler çok yararlıysalar, bunlar az güvenilirlikli ve şüpheli olacaktır. Ayrıca, emniyet analizinin bu bölümü için tesbite dayalı yöntemin kullanılması olasılığa dayalı yaklaşımdan daha uygun olacağı görülmektedir. Bunun anlamı yenilme "release tree" tekniği ile tesbit edilir ve bunların yeraltı suyundaki zehirli madde çıkışını içeren sonuçları hesaplanır.

## 6. ÖZEL-YER SEÇİMİ VE MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMA PROGRAMI

Mühendislik jeolojisi/jeoteknik veriler ön araştırma, planlama, inşaat safhaları ve zehirli atıkların depolanabilmesindeki emniyet analizleri için gereklidir. Araştırma programlarının tipi ve amacı Bölüm. 4 de belirtildi, özellikle işlevinden etkileyen faktörlerine kadar. Aşağıdakiler, jeomekanik bakış açısından istenilen verilerin listesi veya başlangıç araştırmalarının kontrolü gibi kabul edilebilir. Bunlar tekniği, kaya mekaniğini ve jeolojiyi kapsar.

### 6.1. Teknik sistemlerin araştırılması

A) Atığın durumu,

- miktarı, şartların durumu, geometrik boyutları, ağırlığı

- kimyasal içeriği, ısı durumu

- korozyon ve sızma verileri

- taşınması, nihai (son) depolama tipi,

B) Geri dolgu malzemesi, örneğin kırık malzeme.

- mineralojik/kimyasal bileşimi, ısı davranışı, uzun-dönem kimyasal davranışlar.

- termo - mekanik özellikler (sıkışma, genleşme, radyolojik malzeme verileri, uzundönem mukavemet).

- boşluk hacmi, permeabilite, zaman ve ısı.

Mineralojik/kimyasal ve jeoteknik laboratuvar araştırmaları, uygun ekipmana sahip özel laboratuvarlarda

yapılmalıdır.

C) Dolgu malzemesi, örneğin Bitüminler, elastik-plastik malzemeler.

- mineralojik/kimyasal bileşimi, ısı davranışı, uzun-dönem kimyasal davranışlar.

- termo-mekanik özellikler (sıkışma, genleşme, radyolojik malzeme verileri, uzun-dönem mukavemet).

- boşluk hacmi, permeabilite, zaman ve ısı.

### 6.2. Kaya mekaniği sistemlerinin araştırılması

A) Yakın alandaki yerli kaya

- Yanal genişlemesi, yoğunluk ve depolamanın derinliği

- Kayanın mühendislik jeolojisi özellikleri ve yerindeki bileşimi, homojen zonların belirlenmesi, eklem yapısı, permeabilitesi.

- Isı ve zamana bağlı deformasyon davranışları (elastisite, akma davranışları, plastisite)

- Isı ve zamana bağlı yenilme davranışları (kesme mukavemeti, çekme mukavemeti, akma şartları, taşıma kapasitesi limitleri) ve

- Yerinde gerilme durumu.

Derin sismik, karot numune, bozulmamış karot numune ve jeofizik kuyu ölçümleri (ısı ölçümlerini de içerir) ile başlayan çalışma yerinde gerilme durumunun belirlenmesi, mühendislik jeolojisi raporunun hazırlanması, jeomekanik laboratuvarında kaya mekaniği raporunun hazırlanması ile sonuçlanır.

B) İnşaat safhasındaki boşluklarla yerli kayanın birbirine etkisi.

- Boşluğun şekli (durumu ve genişliği), sütunların durumu (şekli ve genişliği)

- Kazı yöntemi (örneğin, sulu veya susuz sondaj, kesme) inşaat şartları, desteklemeler.

- Boşlukların olası yenilme tipi ve boyutlandırılması.

C) Uygulama safhası esnasında atıkların/dolgu malzemenin/yerli kayanın birbirine etkisi.

- Jeokimyasal işlemler

- Dolgu yöntemi (malzeme, taşınma yöntemi, sıkışma ölçümleri)

Dolgu malzemesinde;

- Zaman, basınç ve ısıya bağımlı sıkışma ve yük taşıma etkileri

- Emniyet kriteri ve kaya mekaniği sisteminin bütünü

Atık/kayanın birbirine olan etkisinin araştırılması, bütün sistemin detaylı kaya mekaniği modelinin planlanması, depolama teknolojisi ve geometrisine göre optimum uygulama, emniyet kavramının ve kriterinin belirlenmesi ve büro değerlendirmesi.

### 6.3. Jeolojik sistemin çalışılması

- Genel jeolojik, hidrojeolojik ve tektonik ilişkiler (detaylı stratifikasyon, petrografi, faylanmalar, kıvrılmalar, gaz ve tuzlu su oluşumu)



- Uzun-dönem jeolojik işlemler (tuzlu su hareketi, deprem gerilmeleri, neotektonik hareketler)

- Uzun dönem jeokimyasal işlemler (sızma, dinano-termal metamorfizma, absorpsiyon özellikleri)

Araştırmalar mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği kabullerine bağlı olarak ilerler.

## 7. Tavsiyeler

Sonuçta, aşağıdaki tavsiyeler verilmiştir.

1. İyi kontrol edilen atık depolama tesislerinde oluşan deneyimlerin ve verilerin toplanması.

2. Yeraltı depolanması ile ilgili daha önceki çalışmalar hakkında bilgi toplanması.

3. Kil tabakası gibi dolgu malzemelerini içeren doğal bariyerlerin uzun-dönem davranışları hakkında bilimsel araştırmalar teşvik etmek.

4. Yeraltı suyu sisteminin davranışları ile ilgili bilimsel araştırmaları cesaretlendirmek (özellikle; yeraltı suyu akış yönü, fisürlü kayaların hidrolik özellikleri ve yeraltı suyunun kalitesi)

5. Ocaklarda atık depolanması için tavsiyelerin sıralanması.

A) Emniyet kavramı

B) Yer seçimi kriteri

C) Depolama işlemi kriteri

D) Yer özellikleri için yerbilimleri verilerinin gereksinimi



# İKİTELLİ ORGANİZE KÜÇÜK SANAYİ BÖLGESİ VE CİVARININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

*Evaluation of Land Use Suitability of İkitelli Organized Industrial Region  
and its Vicinity*

Mustafa YILDIRIM  
Kutay ÖZAYDIN

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İSTANBUL  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İSTANBUL

**ÖZ:** İstanbul İli, İkitelli bölgesinde kurulan "İkitelli Organize Küçük Sanayi Sitesi", yurdumuzun GAP'tan sonra en büyük yatırımını oluşturmaktadır. Sanayi Sitesi alanı içinde yer alan 17 000 üyeli 50 Küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi'nin yerleşim yerinin 7 km<sup>2</sup> lik geniş bir alanı kaplaması, bu yörenin Jeoloji, Mühendislik Jeolojisi ve jeoteknik etüdlerinin ne denli önem kazandığını göstermektedir. Bu amaçla inceleme alanı olarak seçilen bölgede yaklaşık 20 km<sup>2</sup> lik alanın detaylı etüdü yapılmıştır. İkitelli Organize Küçük Sanayi Sitesi'nin de içinde yer aldığı yöre yakından incelendiğinde görünür temelde silttaşı-kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu'nun yer aldığı görülmektedir. Genel anlamda grovak olarak adlanan bu formasyonun litolojilerinin, tabandan tavana doğru gittikçe, sağlam kaya, geçiş kayacı ve zemin özelliklerini içeren değişik seviyelerden oluştuğu, saha gözlemleri ve laboratuvarında mekanik deneyler sonucu elde edilen mukavemet parametreleriyle tespit edilmiştir. Yörede Trakya Formasyonu üzerinde diskordan oturan ilk birim Eosen yaşlı Kırklareli ve Menekşedere Formasyonlarıdır. Kırklareli Formasyonunun sert-sıkı, dayanımı yüksek kireçtaşlarıyla, üst seviyelere doğru ise normal geçiş gösteren Menekşedere formasyonunun kumlu, killi, mam arakatlı kireçtaşlarıyla temsil edildiği ve her iki formasyonun dayanımlarına bağlı olarak çoğunlukla vadilerde dik yamaçları oluşturduğu gözlenmiştir. Bu istifi transgresif nitelikli kum ve çakıldan oluşan Miyosen yaşlı Çukurçeşme Formasyonu diskordan olarak örtmektedir. Karasal nitelikli Çukurçeşme Formasyonu sıkı kum, sıkı çakıl niteliğinde olup, içerdiği kil katkıları ve bantları birime zayıf derecede kohezyonlu zemin özelliğini vermektedir. Açılan kum ocaklarında dik şevlerde içerdiği silt/kil oranına bağlı olarak stabilitesini koruyabilmektedir. İstifin üzerinde normal konumda Güngören Formasyonunun yüksek plastisiteli killeri yer almaktadır. Hakim litolojiyi oluşturan kilin içinde düzensiz ve seyrek olarak killi-siltli kum mercikleri gözlenmektedir. Mostra verdiği düşük eğimli topoğrafyada, ya da açılan şevlerde istif duraysızlaşabilmekte ve kitle hareketlerine neden olabilmektedir. İstifin üstünde normal konumda Bakırköy Formasyonunun killi, boşluklu, Maktra'lı kireçtaşları yer almakta olup, tüm bu birimler alüvyon tarafından diskordan olarak örtülüdür. Bu jeolojik istif, Mühendislik Jeolojisi ve jeoteknik incelemeler ile birlikte ele alınarak sonuçta "İkitelli Organize Küçük Sanayi Sitesi" ve çevresini oluşturan alan, yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir.

**ABSTRACT:** İkitelli Organized Industrial Region is under development at the north of Küçükçekmece lake in the west of Istanbul. It is the second largest investment project in Turkey in recent years after GAP (Southeastern Anatolian Project) and based on the 1991 data, it comprises about 50 light industrial plant cooperatives with approximately 17 000 members. The construction activities at this Industrial Region started prior to the suitability for development studies were carried out. In this paper, the findings of the geological and geotechnical investigations over an area of approximately 20 km<sup>2</sup> at İkitelli Organized Industrial Region and the vicinity are presented. The geological base of the investigated area consists of alternating layers of siltstone-sandstone and shales of Carboniferous Age, which is known as Trakya Formation. This formation which is generally called graywacke, is observed to be in a state of solid rock, intermediate rock and weathered rock from base to top, and this observation is verified with laboratory determined mechanical properties. In the region, Eocene aged Kırklareli and Menekşedere formations overlay discordantly the Trakya formation. The Kırklareli formation is represented by harddense limestones, and at the upper levels grades to Menekşedere formation which is represented with sandy clayey limestones interbedded with marl, and both formations are observed to form the steep slopes of the valleys due to their high strength characteristics. These formation are overlaid by Miocene aged Çukurçeşme formation consisting of sands and gravels of transgressive character. Çukurçeşme Formation possesses characteristics of dense sand-gravel with a weak cohesiveness due to the presence of clay inclusions and bands. Above Çukurçeşme formation, highly plastic clays of Güngören formation with occasional clayey silty sand lenses is encountered. This formation which is observed to outcrop in the areas with small slope angles tend to become unstable in excava-



tion slopes and leads to earth movements. It is overlain by clayey porous limestones of Bakırköy formation. All these geological units are covered with alluvial deposits. In this investigation, the 1/5000 and 1/1000 scaled geological and engineering geological maps are prepared for the İkitelli Industrial Region and the vicinity, on which all the outcropping rock-soil formations are identified, and the physicommechanical properties of the geological units encountered are determined with laboratory tests. The thickness, structural location, fault-contact-groundwater relationships, constitutive and texture characteristics, and strength properties are evaluated in the view of stability and suitability for constructional development considerations. Inclination maps are also prepared and the results of all the field and laboratory geotechnical investigations are utilized to prepare land use suitability maps for the whole region.

## 1- GİRİŞ

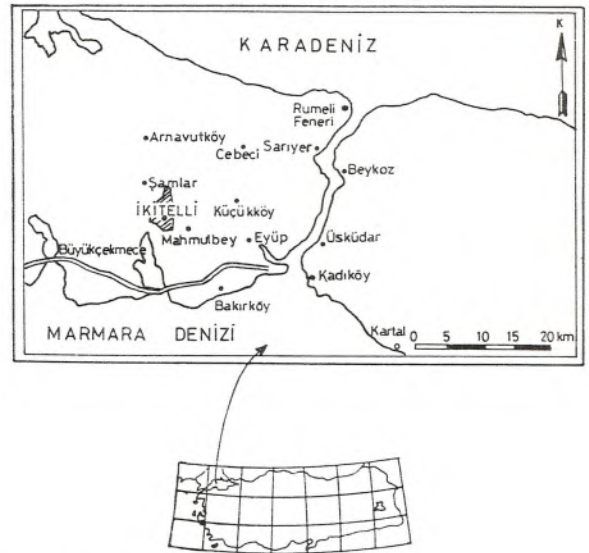
İstanbul, Küçükçekmece Gölü kuzeyinde yer alan İkitelli Köyü ve civarı, "İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesi" tesisleri ve ilgili yerleşim alanlarının kurulduğu bir bölgeyi kapsamaktadır. Türkiye'nin GAP'tan sonra ikinci büyük yatırımı olan ve ülkemizin ekonomik kalkınmasına büyük katkısı olacak bu bölgede 1991 yılı verilerine göre yaklaşık 50 küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi yer almaktadır. Bu sitelerde yaratılan toplam yük hacmi 80 000 ton/gün, yaratılan toplam yolcu hacmi 200 000 yolcu/gün, arsa alanı 7 000 dönüm, üye sayısı 17 000, dükkan sayısı 30000, atölyeler 4000 dönüm, ticaret alanı ise 150 dönümdür.

Bölgenin Organize Küçük Sanayi Sitesi alanı olarak seçilmesinden sonra, yerleşime uygunluk etüdüleri ve imar durumu çalışmaları tamamlanmadan yapılaşma çalışmaları başlamış ve fiili bir durum ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada "Organize Küçük Sanayi Bölgesi" ve çevresinin de içinde yer aldığı İkitelli bölgesinde 20 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1/5000, 1/1000 ölçekli jeoloji ve Mühendislik jeolojisi haritaları çıkarılmış, bu haritalarda, yörede mostra veren tüm formasyonların kaya-zemin birimleri ayırılmış, bunların oluşturduğu farklı litolojilerinin özellikleri fizikomekanik deneylerle belirlenmiştir. Formasyonların fiziksel özellikleri yanında kalınlıkları, yapısal konumları, fay-dokanak-yeraltıları ilişkileri, bünyesel ve dokusal özellikleri, mukavemet, stabilite ve yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Eğim haritalarının da çıkarıldığı yörede arazi ve laboratuvar jeoteknik araştırma sonuçları da dikkate alınarak bölgenin Yerleşime Uygunluk Haritası hazırlanmıştır.

## 2- JEOLJİ

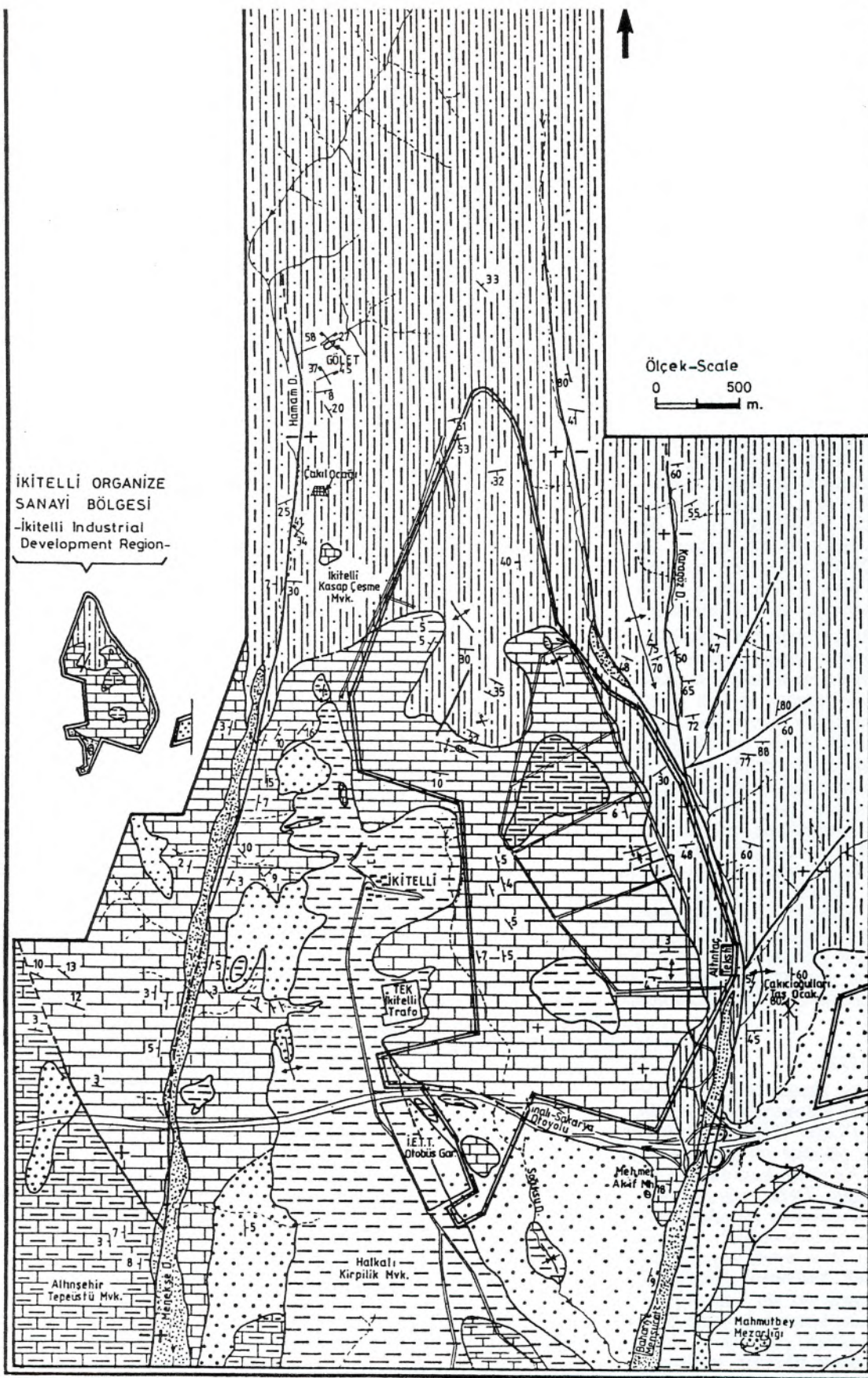
İnceleme alanını oluşturan İkitelli bölgesinde görünür temelde Paleozoyik (Karbonifer) yaşlı Trakya Formasyonu (Kaya, 1971) ile bu temeli örten Senozoyik yaşlı genç çökeller yer almaktadır (Şekil 1). Çoğunlukla İkitelli Köyünün kuzeyindeki Tepetarla ile doğusundaki Karagöz Dere civarında geniş mostra yayımlı Trakya Formasyonu grovak çökelleri, taban-tavan ilişkisinin en iyi izlenebildiği Çakıcıoğulları Taşocağı'nda görünür en alt seviyede koyu gri-mavimsi, kalın-çok kalın tabakalı karbonatlı kumtaşlarıyla başlar. Katman kalınlıklarının yer yer 5 metreye ulaşabildiği istifte hakim doğrultu kuzeydoğu-güneybatı, eğim ise kuzeybatı, ya da güneydoğu yönünde ve oldukça dik açılı olup, iyi gelişmiş eklem takımları içerirler. İstif üstte doğru ege-men litolojiyi oluşturan mavimsi gri, orta-kalın katmanlı killi silt taşları ile ardalanır. Silttaşları içinde seyrek de olsa ince-orta katmanlı kireçtaşı bantları yer alır.

Bölgede görünür kalınlığı 200 metreyi aşan bu istifin üzerinde görülen ilk birim Eosen (Lütesiyen) yaşlı Kırklareli Formasyonu'dur (Eroskay, v.d. 1987). Kırklareli Formasyonu grovaklar üzerinde 5-10 metre kalınlıklar arasında değişen bir taban konglomerasıyla oturmakta ve çakıllar çoğunlukla silttaşı-kumtaşı-kuvars parçacıklarından oluşmaktadır. Formasyonun tabanında görülen bu çakıllar yaklaşık % 15-20 oranında beyazımsı-krem renkli bir marn hamuruyla tutturulmuşlardır. Gevşek tutturulmuş ve düşük mukavemetli bu düzeyin üst seviyeleri bol Nummulites'li ve kavkılı killi kireçtaşlarından oluşur. İstifte üst seviyelere doğru gittikçe beyaz, ince-orta katmanlı sert dayanımı yüksek kireçtaşları egemen olurlar. İstifin kalınlığı İkitelli Köyü doğusunda Galvano Teknik İnşaat alanı civarında 25 metre, köyün batısında Hamam dereye ise dik vadi yamacında 80 metreye kadar ulaşır ve yatay ya da yataya yakın katmanlıdır. Resifal kireçtaşı mercleklerini içeren Kırklareli Formasyonu üstte doğru Menekşedere formasyonunun beyaz renkli, orta katmanlı, poröz, marnlı-killi kireçtaşlarına geçer. Kırklareli Formasyonu üzerinde konkordan duran Menekşedere formasyonunun ayırtman özelliği, beyaz killi kireçtaşlarının budenli görünüşüne neden olan gri-yeşil plastisiteli kil arakatıkları tarafından sarılmış olmasıdır. Deformasyonlar daha çok, mukavemeti düşük killi litolojilerde gözlenmektedir.



Şekil. 1- Çalışma alanının bulduru haritası.  
Figure. 1- Location map of the investigated area.



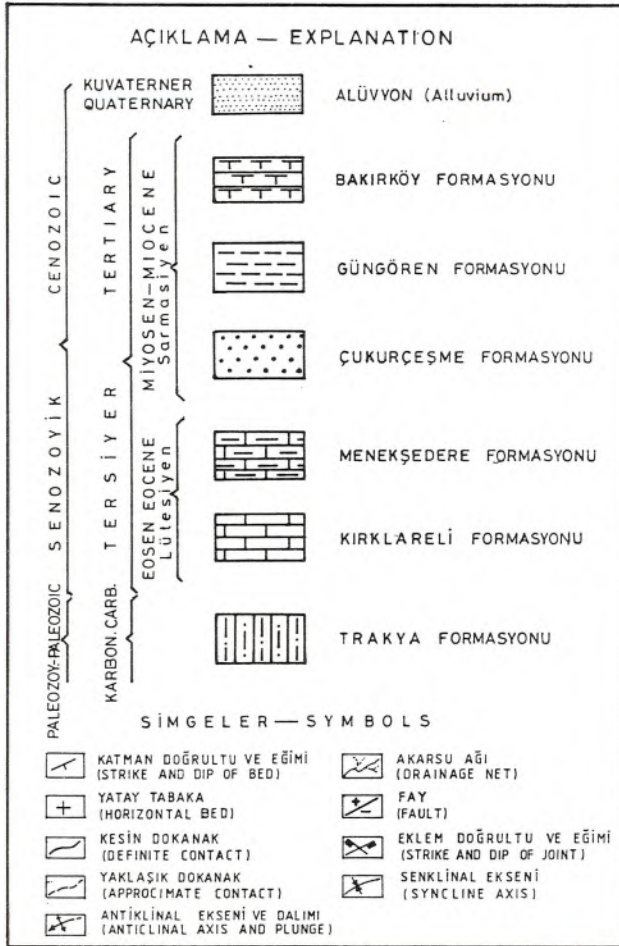


Şekil. 2- İnceleme alanının jeoloji haritası.  
Figure. 2- Geological map of the investigated area.



Menekşedere formasyonu, İkitelli Köyü doğusu ile Kınalı-Sakarya Otoyolu'nu kuzey-güney yönde kesen Menekşe Dere'nin batısında oldukça geniş mostra yayımlı olup, kalınlığı yeryer 50 metreye ulaşmaktadır.

Eosen yaşlı karbonat çökellerini diskordan örten Miyosen yaşlı Çukurçeşme Formasyonu sarımsı, kirli beyaz renkli çakıl ve kumlardan oluşmakta, Ayazma Mevkii, Menekşe Çiftliği ve İETT Otobüs Garajı doğusunda yaygınca mostra vermektedir. Karasal nitelikli bu formasyon, Aktepelik Mahallesi-Menekşedere arasındaki kum ocağı olarak işletilen ve kalınlıkları 30 metreye ulaşabilen mostralarında tabandan tavana kaba çakıltaşıyla başlayıp, siltli kum-muskovitli kum ya da 50 cm. kalınlığına ulaşabilen yanal yönde devamsız kil bantları ve irili ufaklı çakıl ceplerini içeren çapraz tabakalı ve hakim litolojisi kumdan oluşan bir formasyondur. Ender olmakla birlikte, İkitelli Keresteciler Sanayi Sitesi alanı güneyinde Çukurçeşme Formasyonu içinde çapı 1,5 metreye varan Kırklareli Formasyonu'ndan aktarılan bir kireçtaşı bloku yer almaktadır. Ancak kırıntılı geçiş çoğunlukla kum-çakıl boyutundadır. Kum-çakıl boyutundaki kuvars taneleri, yarı yuvarlak-yarı köşeli formdadırlar. Çukurçeşme Formasyonu'nun üst seviyelerini oluşturan birkaç metrelik bir zon içinde, düzensiz çakıl-kil-kum aralanmaları yerlerini egemen litolojisi koyu gri, yeşilimsi renkli, organik kil olan Güngören Formasyonu'na bırakmaktadır (Arıç 1955).



Güngören Formasyonunun mostralarına İETT Otobüs Garajı'nı İkitelli Köyü'ne bağlayan yol boyunca rastlanmakta, kalınlığı İkitelli Köyü Ziya Gökalp Mahallesi ve civarında 1 metre ile 10 metre arasında, Elektrik Trafo Merkezi batısında Ayazma Mevkii civarında ise yaklaşık 15 metreye kadar ulaşmaktadır. Direkt olarak da Kırklareli ya da Menekşedere formasyonları üzerinde ince bir çakıllı kil seviyesi ile de diskordan oturan bu istif üste doğru üst Miyosen yaşlı, beyazımsı krem renkli, ince-orta katmanlı, poröz, Maktra'lı kireçtaşlarına geçmektedir. Geçiş uyumlu bu kireçtaşları (Bakırköy Formasyonu) inceleme alanı güney kesimlerini oluşturan Halkalı Toplu Konut İnşaatı ve çevresinde mostra vermektedir. Kalınlığı bu kesimde birkaç metre olan yatay katmanlı istif, güneye harita alanı dışına doğru genişlererek ve kalınlığı artarak devam etmektedir.

İnceleme alanında mostra veren değişik formasyonlardan anlaşıldığı üzere, yörede görünür tabanda Paleozoyik yaşlı bir temel ile bu temel üzerinde Mesozoyik çökeller olmaksızın direkt olarak Senozoyik yaşlı çökeller diskordan otururlar. Trakya Formasyonu'nun litolojileri yakından incelendiğinde, değişik evrelerde ve fazda gelişmiş tektonizmanın etkisi yapısal konum ve süreksizliklerde görülmektedir. Trakya Formasyonu etkin kuzey-güney gerilmelerin etkisi altında kalmış olup genç çökeller ise yataya yakın katmanlanmaları ve deformasyonlardan oldukça korunmuş düzenli yapılarıyla dikkati çekerler. Yörede kuzey-güney eksen gidişli ve dik açılı kıvrımlar yanında yine kuzey-güney gidişli doruklar yer almakta ve bu doruklara paralel dereler Marmara Denize'ne kadar uzanmaktadır. Kuzey-güney doğrultuda uzanan Menekşe Dere-Karagöz Dere ve paralelindeki dereler boyunca, bu çalışmada ve mühendislik jeolojisi açısından önem taşıyan genç düşey fayların varlığı saptanmıştır (Şekil 2). Bu faylar, muhtemelen Küçükçekmece Gölü'nün oluşumunda ana etken olmalıdırlar. Düşey atımı oldukça az bu fayların genç formasyonları kesmesi ve günümüzde de aşınmadan korunabilmiş gevşek tutturulmuş genç çökellerin yüksek kotlarda yer alabilmesi, kuzey-güney doğrultuda uzanan dereler boyunca gelişmiş fayların ve faylara paralel dorukların bölgenin yükselmesine de bağlı olarak bugünkü konumlarını muhtemelen güncel evrede kazanmaya başlamış olmalarını gerektirmektedir.

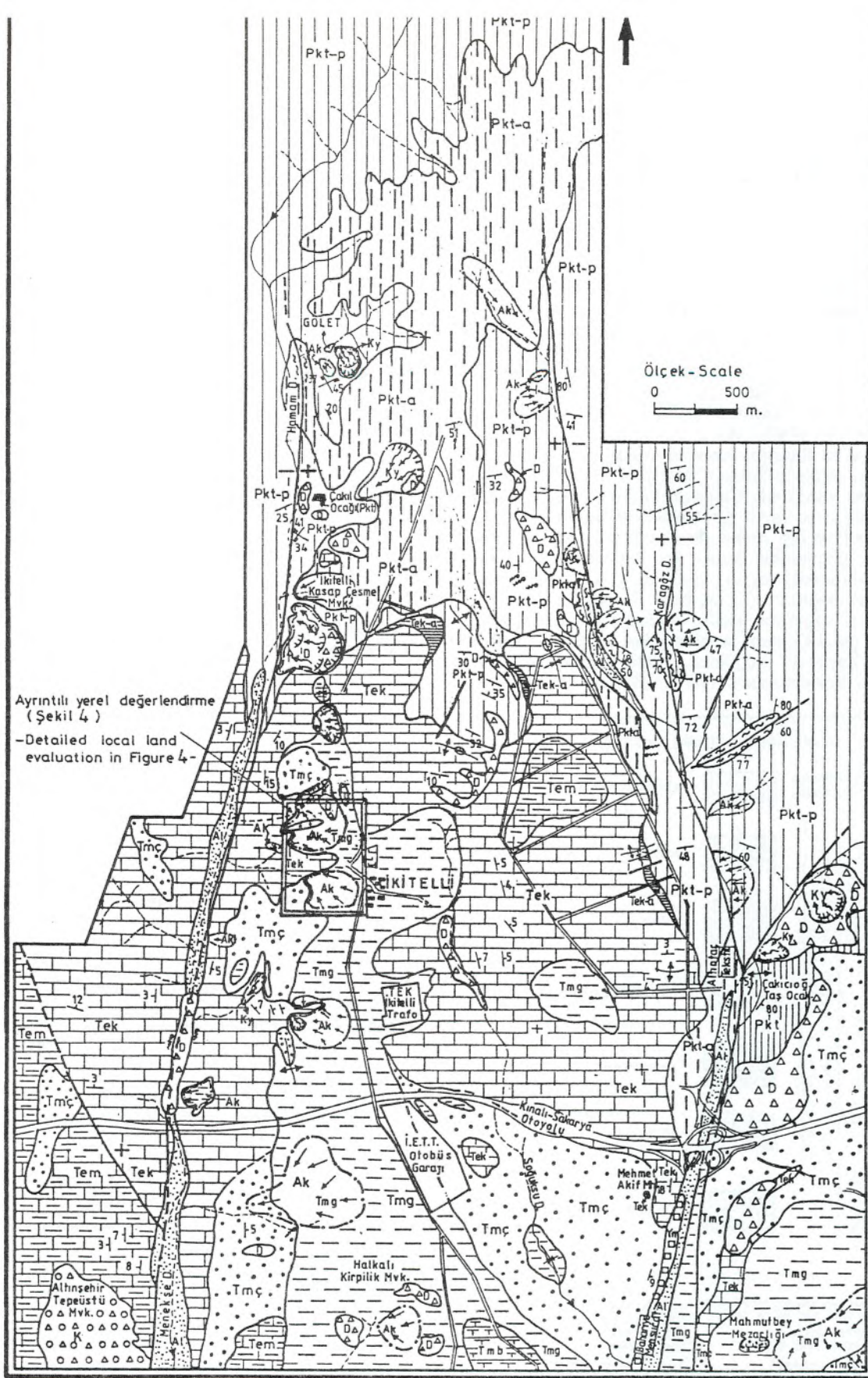
### 3- MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

İstanbul, İkitelli Organize Küçük Sanayi Sitesi'nin de içinde bulunduğu İkitelli ve çevresini oluşturan çalışma alanında büyük ölçekte yapılan jeoloji ve Mühendislik jeolojisi Haritalarında saha ve laboratuvar çalışmaları ayrıntılı olarak gerçekleştirilmiştir. Bölge, Arazi Zemin Sınıflandırma, Duraylılık Haritaları ve jeoteknik etüdler ile yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Sonuçta bölgenin 1/5000 ölçekli Yerleşime Uygunluk Haritası çizilmiştir (Şekil 6), ayrıca örnek olarak İkitelli Köyü Ziya Gökalp Mahallesi batısının 1/1000 ölçekli Duraylılık Haritası ve enine kesitleri 4 ve 5 No'lu şekillerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

#### 3.1. Jeomorfoloji

İkitelli Köyü ve çevresi kuzey-güney yönlü Menekşe Dere ile Karagöz Dere arasında, bu derelere paralel





Şekil. 3- İnceleme alanının arazi zemin sınıflandırma haritası.  
Figure. 3- Land classification map of the investigated area.



uzanan yayvan bir sırtta yer alır. Dere yamaçları ise çoğunlukla %20'den fazla bir eğime sahiptirler. Bu ana derelere doğu-batı doğrultulu tali kuru dereler birleşmektedir. Bu morfoloji, yapısal unsurlar yanında litolojilerin mukavemetleri ile de yakından ilgilidir. Bunun sonucu olarak Trakya ve Kırklareli Formasyonları, dere yamaçlarında diğer formasyonlara nazaran oldukça dik eğimleri oluşturmuşlardır. Yörede dik yamaçlarda stabiliteye ve kitle hareketlerine etkiyen ana unsur ise bugünkü morfolojinin şekillenmesinde de etken olarak süreksizliklerdir.









### 3.2. Formasyonların Hidrojeolojik Özellikleri

İkitelli Köyü ve civarında yer alan sanayi sitesi yerleşim alanı aşırı yağışlardan yüzey sularının etken olacağı bir sellenme alanı dışında kalan bir topoğrafyada yer almaktadır. Kesiksiz Küçükçekmece Gölü'ne kadar uzanan düşük kotlardaki Menekşe Dere ve paralelinde yer alan dereler tabii drenajı sağlamaktadırlar. İkitelli ve civarı, akifer niteliğine sahip formasyonların yayımları, konumları, kalınlıkları ve beslenme havzalarının az oluşu ve çevrenin morfolojisi nedeniyle yeraltı suyu açısından oldukça fakirdir.

Görünür temeli oluşturan Trakya Formasyonu grovakları İkitelli Köyü kuzeyinde yüzeylenir ve Tutamtaş, Tepetarla (Tümsan Yapı Kooperatifi sahası) ve Küçükkartal Tepe civarında yataya yakın topoğrafyada, bu

#### AÇIKLAMA — EXPLANATION

##### ZEMİNLER —

	KATI ATIKLAR (K) -Solid Waste-
	KONTROLSÜZ DOLGU (D) -Uncontrolled Fill-
	YAMAÇ MOLOZU (Ym) -Slope debris-
	ALÜVYON (Al) -Alluvium-
	KİL: Kum arakatlı. (Tmg, Güngören Fm.) -Clay: Sand interbedded (Tmg, Güngören Formation)-
	KUM, ÇAKIL: Karbonatlı (Tek-a, Kırklareli Fm.) -Sand, gravel: Carbonate-
	KİLLİ SİLT, SİLTİLİ KUMLU KİL (Pkt-a, Trakya Fm.) -Clayey silt, silty sandy clay-
	KUM: Kil, silt katkılı. (Tmç, Çukurçeşme Fm.) -Sand: Clay, silt interbedded.-

##### KAYALAR —

	KİLLİ KİREÇTAŞI, MARN (Tmb, Bakırköy Fm.) -Clayey limestone, marl-		AKMA ALANI (Ak) -Earth Flow Area-
	KİLLİ KİREÇTAŞI (Tem, Menekşedere Fm.) -Clayey limestone-		KAYNAK, SIZINTI SU -Spring, seeping water-
	GROVAK: Kısmen ayrılmış (Pkt-p, Trakya Fm.) -Greywacke: Moderately weathered-		AKARSU AĞI -Drainage net-
	GROVAK: Ayrılmamış (Pkt, Trakya Fm.) -Greywacke: Solid-		
	KİREÇTAŞI: Ayrılmamış (Tek, Kırklareli Fm.) -Limestone: Solid-		
	KAYMA ALANI (Ky) -Slide Area-		
	FAY, MİLONİTİK ZON -Fault, Mylonate Zone-		
	DOKANAK -Contact-		
	Şekil 4'deki 1/1.000 ölçekli duraylılık haritasının yeri Detailed local stability evaluation is shown in Figure 4		

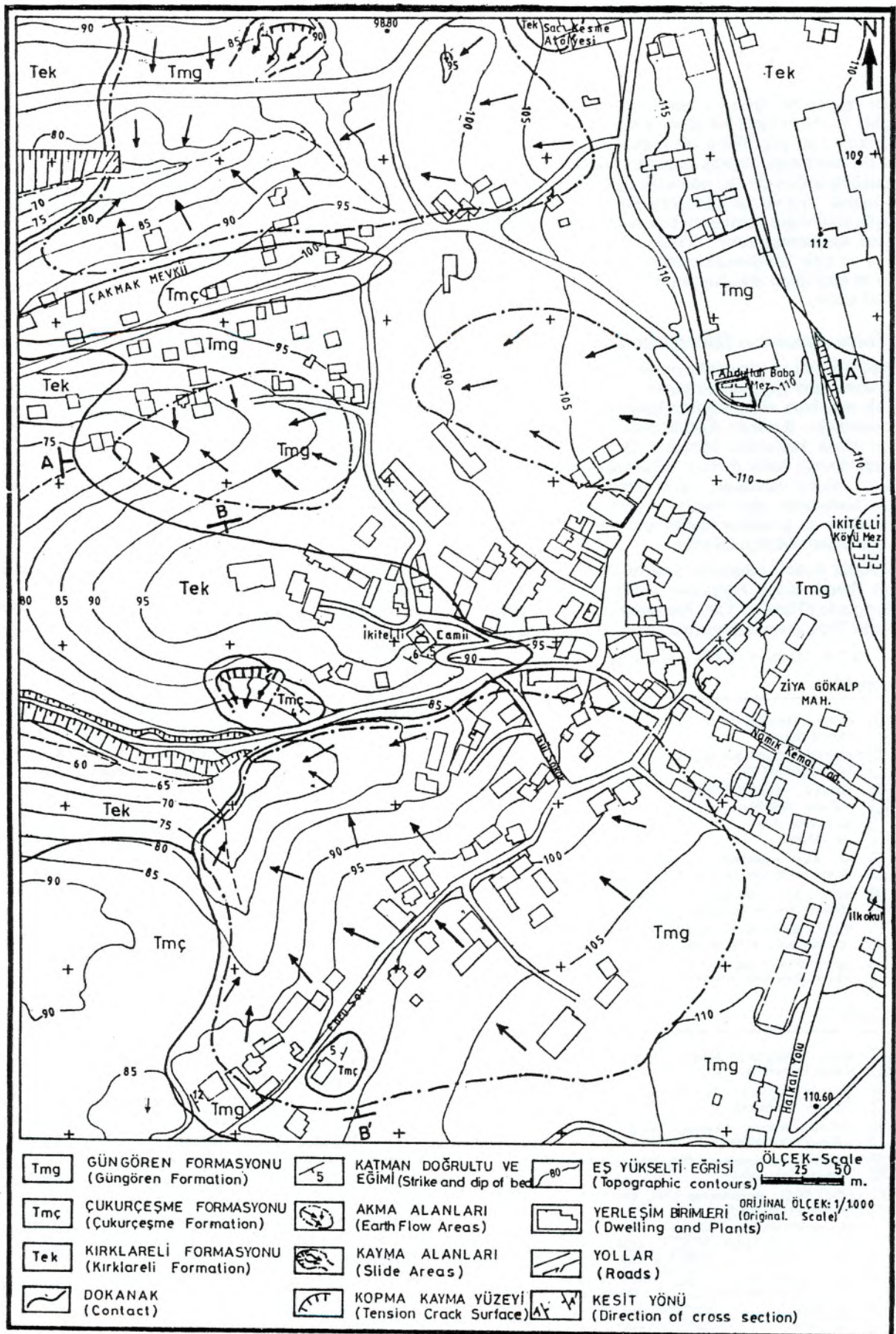
formasyonun yer yer 20 metreye kadar ulaşan ayrılmış zonu ile altındaki grovak niteliği tanımlanabilen litolojiler arasında düşük debili sızıntı sularına rastlanmıştır. Tutamtaş civarında sızıntı su içermeyen ve birkaç metrelik kalınlığa erişen grovak kökenli kile dönüşmüş ayrık zon, kuzeye doğru gittikçe kalınlaşmakta ve 150 metre kotunda yer alan Tümsan Yapı Kooperatifi inşaat sahası civarında 20 metreye ulaşan killi kesimlerinde grovak ile olan geçiş düzeylerinde sızıntı sularını içermektedir. Killi az geçirimli ya da geçirimsiz bu kesimler yağışlı mevsimde yeraltı suyunu besleme açısından olumsuz etki yapmaktadır. Yörede 150 metre kotunda yapılan sondajlarda 120 metre derinliğe kadar düşük debili çatlak sularına yer yer rastlanmıştır. İkitelli güneydoğusunda Çakıcıoğulları Taş Ocağı'nda ise 10 metre kotuna inildiğinde yine verimsiz çatlak sularına rastlanmıştır. Trakya Formasyonu'nda haritada gösterilen kuzey-güney doğrultulu fay hatları boyunca uygun yerlerde yapılacak sondajlarda geçirimsiz ezik zon ile çatlakların dokanağa geldiği kesimlerde debisi kısmen yüksek çatlak suyunun alınabileceği gözönünde bulundurulmalıdır.

Kırklareli Formasyonu'nun resifal kireçtaşları, kırıklı karstik yapısıyla akifer niteliğindedir. Ancak İkitelli Köyü doğu ve güneydoğu kesimlerinde, istifin kalınlığı ortalama 20 metreye düşmektedir. Genellikle bölgede temel zeminini oluşturan bu kireçtaşları üzerinde İkitelli Küçük Sanayi Sitesi yerleşim alanının yeraltı suyu olması, yeraltı suyunun beslenme havzası üzerinde olumsuz etki yapmıştır. İkitelli Köyü ve civarında ise Kırklareli kireçtaşları gittikçe kalınlaşmakta olup, değişen vadilerde düşük kotlarda birkaç karstik kaynağa rastlanmıştır. Bu yörede yapılacak sondajlarda debisi yüksek yeraltı suyunun rastlanması muhtemeldir.

Kırklareli ve Menekşe Dere formasyonlarını keserek kuzey-güney doğrultuda Menekşe Dere'ye paralel uzanan fayın, Altınşehir Tepesi üstü Mevkii çöp alanına kontrolsüz atılan atıklardan sızan zararlı suların bölgedeki yeraltı suyunun kirlenmesine yol açacağı ve çöp alanının 4 km. güneyindeki Küçükçekmece Gölü'ne kadar dere boyunca devam eden fayın, bu zararlı suların göle ulaşmasında iletkenlik görevi göreceği beklenebilir (Şekil 3).

Kırklareli kireçtaşları üzerinde diskordan oturan Çukurçeşme formasyonu iyi bir akifer özelliğindedir. Ancak birimin, Ziya Gökalp Mahallesi kuzeybatısı ve güneyinde İkitelli Keresteciler Sanayi Sitesi yerleşim alanı ve civarındaki mostraları yaygın olmadığından yeraltı suyu taşımamaktadır. İstifin İkitelli İETT Otobüs Garajı-İkitelli Caddesi doğusundan Halkalı Dere boyunca kuzey-güney yönde uzanan E5 karayolu arasındaki mostraları ortalama 10 metre kalınlıkta olup ayrıca bu kesimde killi düzeyler içermemesi ve geçirgenliği nedeniyle altında yer alan Kırklareli Formasyonu'na yüzey sularını direkt iletcek bir süzgeç görevi görecektir. E5 karayolu ve Mahmutbey arasında yer alan mostraları yeraltı suyu açısından verimli olup Güngören Formasyonu altındaki litolojileri yer yer basınçlı akifer niteliğindedir. Güney ve doğuya Mahmutbey-Piri Reis Mahallesi'ne doğru dikleşen topoğrafya eğimiyle aynı yönde uyumlu kil arakatlı katmanlanma, istifte basınçlı ve karmaşık akifer tipini oluşturmuştur.





Şekil. 4- İkitelli Ziya Gökalp Mahallesi batısının duraylılık haritası.

Figure. 4- Stability map for west of Ziya Gökalp village (İkitelli).



Güngören Formasyonu'nda hakim litoloji kil olup geçirimsizdir. Üzerinde yer alan Bakırköy kireçtaşları ise karstik geçirimli, poröz olmasına rağmen havalandırma kuşağında yer aldığından yeraltı suyu içermektedir. İstif inceleme alanında İkitelli güneyinde Halkalı Toplu Konut İnşaatı ve civarından başlayarak daha güney alanlarda yer alan Kartaltepe Mevkii'ne doğru genişleyerek devam eder (Özaydın, Erguvanlı, 1971). Birimin beslenme alanının geniş olduğu kesimlerde, altındaki geçirimsiz Güngören Formasyonu ile olan dokanaklarında sık sık debisi oldukça yüksek kaynaklar, içme suyu haricinde kullanılmaktadır. İkitelli yöresinde Hamam Dere ve Karagöz Dere'de gözlenen ve yöredeki formasyonların kırıntılarını içeren, yayılımı derelerle sınırlı alüvyal çökellerin kalınlığı 10 metreden az olup akifer özelliği taşımamaktadır.

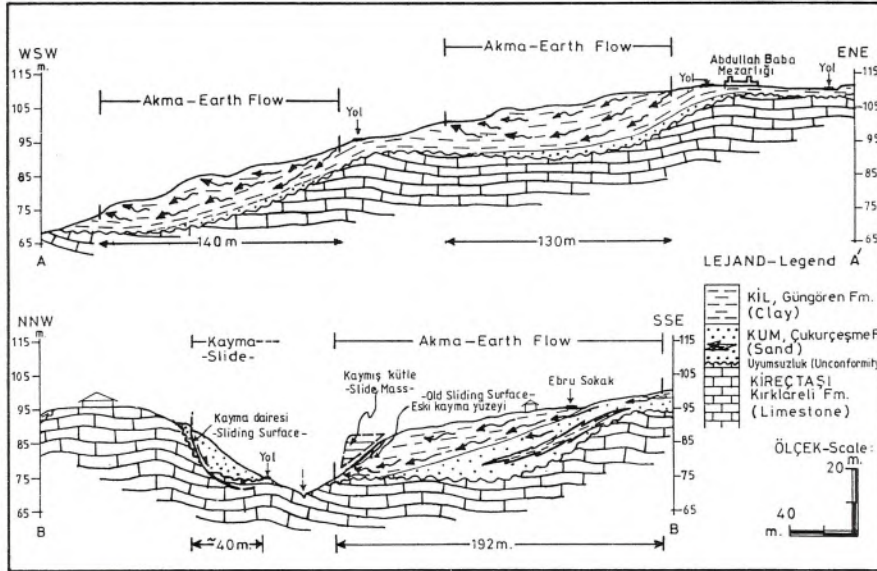
### 3.3. Kayma - Akma Alanları

İkitelli bölgesinde, formasyonların litolojik özellikleri, konumları, yeraltıları, süreksizlikler ve topoğrafik eğimlere bağlı olarak gelişmiş kayma ve akma alanları gözlenmiştir (Şekil 3). Artan eğim yönünde gelişen süreksizlikler ile geçirimli-geçirimsiz ardalan litolojiler ve yeraltı suyunun varlığı, yöredeki kayma-akmaların ana nedenlerini oluşturmuştur. İkitelli Köyü Ziya Gökalp Mahallesi batısı, İETT Otobüs Garajı boyunca kuzey-güney yönde devam eden İkitelli Caddesi'nin batısında % 5'ten fazla eğimli yörelerdeki Güngören Formasyonu litolojilerinin görüldüğü kesimler akma alanlarını oluşturmaktadır. Bu litolojilerde tabakalaşmanın yamaç eğimiyle uyumlu olduğu kesimlerde ise daha düşük yamaç eğimlerinde de akma ya da kayma hareketleri gözlenebilmektedir. Yerleşim alanı civarındaki akma alanları Trafo Merkezi batısı, Ziya Gökalp Mahallesi'nin Abdullahpaşa Caddesi batı yamaçları ile Mahmutbey-Piri Reis Mahallelerinde yer almakta ve bu alanların çoğunda Güngören Formasyonu mostra vermektedir. Ayrıca Hamam Dere, Karagöz Dere boyunca yerleşim alanı dışında kalan, topoğrafik eğimlerin dikleştiği kesimlerde, ayrılmış grovaktar ve fay zonları yakınlarında ezik zonlarla sınırlı irili ufaklı akma ve

kayma alanlarına sık rastlanmaktadır (Şekil 3). Grovaktardaki kitle hareketi türü çoğunlukla akma şeklindedir. Hamam Dere ve Mahmutbey Dere'si boyunca uzanan fayların her iki yamacında mostra veren oldukça ayrılmış grovaktar yamaç eğiminin yüksek (%20) olduğu kesimlerde sık sık akma alanları yer almaktadır. Ziya Gökalp Mahallesi batısında yer alan Hamam Dere boyunca da benzer kitle hareketleri gözlenmektedir. Şekil 4'te Ziya Gökalp Mahallesi batısının 1/1000 ölçekli duraylılık haritasında görülen akma ve kayma alanlarının, şekil 5'teki gösterilen kesitlerinden, kitle hareketlerinin çoğunlukla Güngören Formasyonu killeri içinde oluştuğu göstermektedir. Ayrıca dikleşen topoğrafyada Çukurçeşme Formasyonu'nun yamaç eğimine paralel geçirimsiz kil arakatlılarıyla, kireçtaşlarının üst seviyelerindeki yer yer ayrılmış zemin özelliğine dönüşmüş kesimleri de kayma alanlarını oluşturabilmektedir. Ayrıca İkitelli kuzeyinde Kasap Çeşme Mevkii güneyinde Kayabaşı Köyü yolu üzerinde yaklaşık 1 km<sup>2</sup> lik bir alanı kaplayan ve yamacı oluşturan dolgu toprak da aktif kayma bölgesi içinde bulunmaktadır (Şekil 3). Güngören Formasyonu mostraları üzerinde yerleşim alanlarını oluşturan Halkalı Cumayazması Mahallesi, Mehmet Akif Mahallesi'nin Uğurlu Caddesi, Mahmutbey-Küçükhalkalı Caddesi ve civarı akma alanları içinde yer almakta ve bu alanlarda yüzeylenen Güngören Formasyonu killerinin eğimlerinin yamaç eğimine paralel olduğu % 4-5 gibi düşük eğimlerde bile akma hareketi meydana gelebilmektedir.

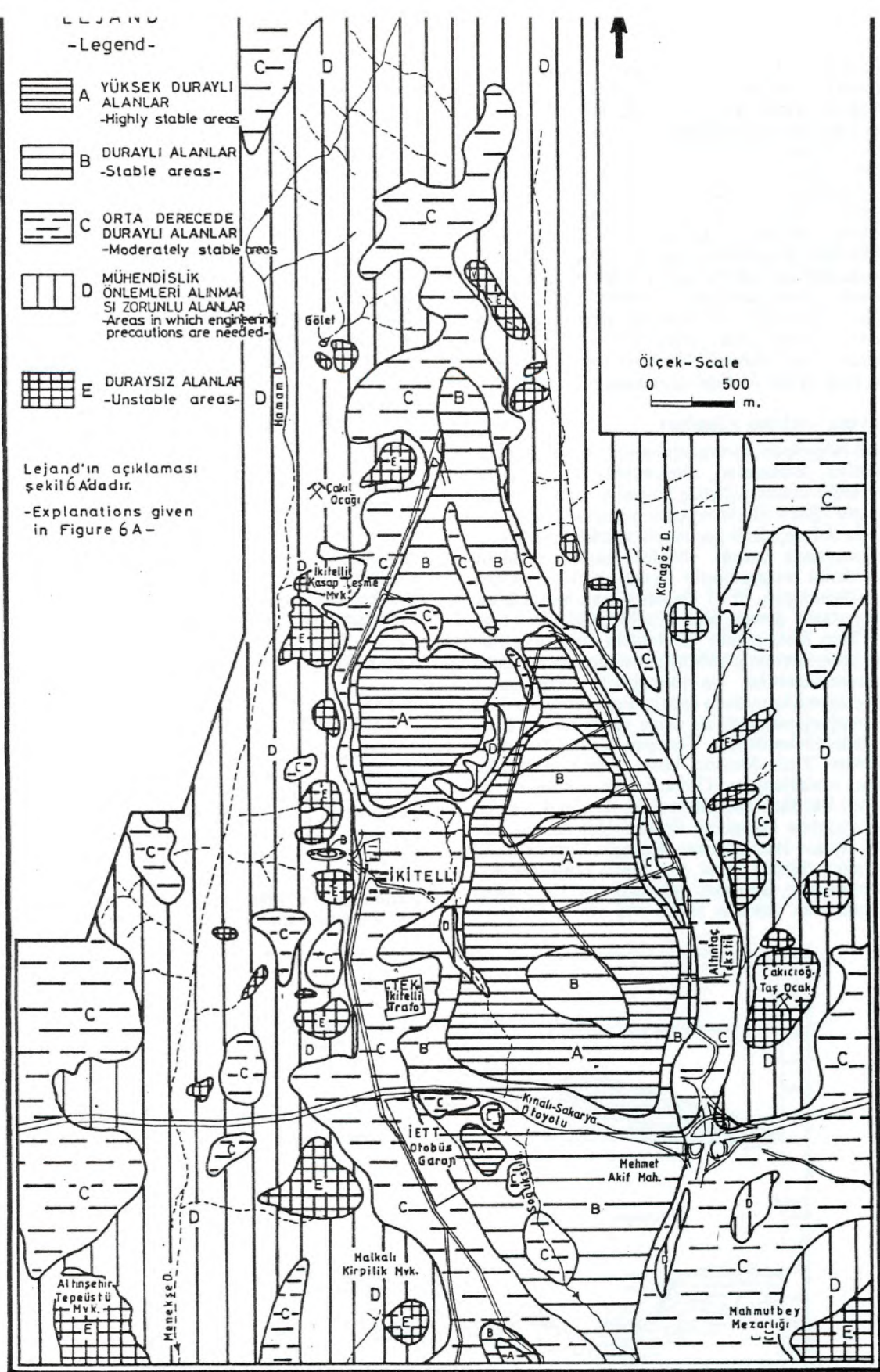
### 4- JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER VE YERLEŞİME UYGUNLUK

İkitelli Küçük Sanayi Bölgesi'nde jeolojik yapı ile topoğrafik ve jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesi yanında, değişik litolojilerden alınan örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile laboratuvar deneyleri uygulanmıştır. Mühendislik Jeolojisi gözlemleri laboratuvar deney bulguları ile birlikte değerlendirilerek, bölgede yer alan formasyonların jeoteknik özellikleri belirlenmiş ve arazi yerleşime uygunluk açısından sınıflandırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 5 Akma ve Kaymayı gösterir kesitler.  
Figure. 5 Soil profiles showing Earthflows and Slides.





Şekil. 6- İnceleme alanının yerleşime uygunluk haritası.  
Figure. 6- Land-use suitability map of the investigated area.



## 4.1. Jeoteknik Değerlendirmeler

İnceleme bölgesinde rastlanılan değişik formasyonların, Mühendislik jeolojisi gözlemleri ve laboratuvar deney sonuçları ile belirlenen özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

### 4.1.1. Trakya Formasyonu

İkitelli bölgesinde yüzeylenen Trakya Formasyonu litolojileri yakından incelendiklerinde mukavemetleri farklı olan zonlardan oluştukları tespit edilmiştir. Bunlardan ilki en alt kesimlerde ve sadece taşocaklarında malzeme alımı nedeniyle açılan çukurluklarda gözlenebilen mavi renkli, orta-seyrek çatlaklı grovaklardır. Bu ayrışmamış ve çoğunlukla kumlu litolojilerin egemen olduğu alt seviyelerden alınan taş örneklerinin laboratuvarda yapılan şekilsiz kütle ve çapsal nokta yükleme deneylerinden, süreksizliklere paralel ve dik yöndeki nokta yükleme dirençleri 4 ile 11 Mpa arasında değişen dirençli-çok dirençli taşlar olduğu anlaşılmaktadır. Mavi renkli grovakların üst kesimlerini oluşturan ikinci zon ise grimsi kahverenkli grovaklar olup, feldspatları yer yer ayrışmıştır. Bu nedenle kısmen alteredirler. Bunlar, nokta yükleme dirençleri 2-4 Mpa arasında değişen orta dirençli taşlardır. Bu zonun üst seviyelerinde birim kaya elemanları boyutları gittikçe küçülmekte ve litolojiler sık-çok sık çatlaklı kayalar oluşturmaktadırlar. Siltaşı ve kiltası arakatıklarının arttığı kesimler

ise mukavemet açısından daha düşük değerleri vermektedirler. Grovakların en üst düzeyini oluşturan üçüncü zon ise kahverengi gri tonlardaki rengiyle belirgin, killeşmiş ya da tamamen altere olmuş siltli kum ya da kile dönüşmüş grovak kökenli zemin özelliğini taşıyan litolojilerdir. Değişik özellikteki bu üç zon Şekil 3'te Arazi Zemin Sınıflandırma Haritası'nda gösterilmiştir. En üst zonu oluşturan tamamen ayrık kesimlerden alınan killi numunelerin yüksek plastisiteli oldukları saptanmıştır. Bu üst zonun diğer ayrık numunelerinden alınan örneklerinde gözlemlendiği üzere, grovak kayalarının içerdikleri dayanımlı ve dayanımsız ya da kile dönüşebilen minerallerin ayrışması sonucu farklı zemin litolojilerinin oluşacağı tabiidir. Grovak kökenli ayrık kumlu gercin laboratuvar deney sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.

### 4.1.2. Kırklareli ve Menekşedere Formasyonları

Kırklareli ve Menekşedere Formasyonlarının hakim litolojileri kireçtaşı, marn, kumtaşı ve resifal kireçtaşları olup orta katmanlı, az kırıklı-kırıklı, yer yer çok çatlaklıdır. Bu birimler nokta yükleme dirençlerine göre, orta ile yüksek dirençli kayalar oluşturmaktadırlar. Açık krem renkli çatlaksız som numuneleri ise çok yüksek dirençlidir. Ancak Kırklareli kireçtaşlarının tabanını oluşturan konglomera düzeyleri yer yer 10 metre kalınlığa ulaşabilmekte ve çoğunlukla zemin özelliğini gösteren dayanımı düşük az tutturulmuş karbonatlı ve çakıldan oluşmaktadır (Şekil 3).

### 4.1.3. Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy Formasyonları

Çukurçeşme Formasyonu'nun hakim litolojisi kumdur (Tablo 2). Bununla birlikte kumlar yanal yönde sık sık çakıl, siltli kum düzeylerine geçmekte ve seyrek olarak bu birimlerle arakatıklı olarak kil bantları da gözlenmektedir. Kum ve çakıllar çoğunlukla sıkı olup değişik zemin araştırmalarında ölçülen ortalama SPT darbe adedi  $N=35$  olarak verilebilmektedir. Çukurçeşme Formasyonu üzerinde yer alan Güngören Formasyonu'nun ana litolojisi ise killerden oluşmaktadır. Bu killi seviyelerin ortalama endeks özellikleri  $W_n = \%30$ ,  $W_L = \%70$ ,  $W_p = \%35$  ve  $I_p = \%35$ , ödometre deneyinde elde olunan sıkışma indisi ise  $C_c = 0.19$  civarında olmaktadır (Aslantaş, Karabulut 1989). Güngören Formasyonu üzerinde yer alan Bakırköy Formasyonu inceleme alanında marn arakatıklı kireçtaşlarından oluşmakta ve kireçtaşları SPT darbe adedi  $N>50$  olarak verilebilmektedir (Tezcan v.d. 1977). Kireçtaşları içinde seyrek görülen killer çoğunlukla fissürlü ve aşırı konsolide olmuşlardır.

## 4.2. Yerleşime Uygunluk

İnceleme bölgesi jeolojik yapı, topoğrafik ve jeomorfolojik ve hidrojeolojik özellikler ile formasyonların jeoteknik özellikleri dikkate alınarak yerleşime uygunluk açısından sınıflandırılmıştır. Beş kategoriye ayrılarak yapılan bu sınıflandırmaya göre belirlenen alanların sınırları Yerleşime Uygunluk Haritası'nda (Şekil 6) gösterilmiştir.

### İKİTELLİ VE CİVARININ (İSTANBUL) YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTASI LEJANDI

- A** **YÜKSEK DURAYLI ALANLAR :** Stabilitesi yüksek olan ve genellikle yataya yakın topoğrafyalı bu kesimlerde yumuşak kaya-kaya sınıfında olan kireçtaşları, kumtaşları çok iyi bir temel zemini niteliğindedir.
- B** **DURAYLI ALANLAR :** Kireçtaşı üzerinde diskordan oturan yatay topoğrafyalı Güngören Fm., yamac eğiminin yatayla % 10 değerleri arasında değişen topoğrafyada yumuşak kaya sınıfındaki Menekşedere Fm., Bakırköy Fm. ile kum-silt ardalımalı Çukurçeşme Fm. iyi bir temel zemini niteliğindedir.
- C** **ORTA DERECEDE DURAYLI ALANLAR:** Yamac eğimlerinin % 0-5 değerleri arasında değişen Güngören Fm. ve killi, ya da kil arakatmanlı Çukurçeşme Fm. ile ayrık ya da kısmen ayrışmış kayalar (grovak-kct.) yanında % 5-15 eğimli topoğrafyada yüzeylenen ayrışmamış yatay katmanlı kayalar, orta derecede duraylı alanları oluşturmaktadır.
- D** **MÜHENDİSLİK ÖNLEMLERİ ALINMASI ZORUNLU ALANLAR:** Yamac eğimleri % 5 ten fazla topoğrafyalı: Güngören Fm., yamac eğimine paralel kil katmanlarını içeren Çukurçeşme Fm.; topoğrafik eğimi % 15'i aşan kesimlerde yüzeylenen ayrık - kısmen ayrışmış kayalar. Bu alanlarda stabilite sorunları projelendirmede dikkate alınmalıdır.
- E** **DURAYSIZ ALANLAR :** Heyelanlı alanlar ile, yüksek derecede önlem alınması gerektiren duraysız zeminler ile, yamac eğiminin % 20'yi aştığı kesimlerdeki ayrık ya da milonitlenmiş kaya zonları duraysız alanlardır.



Num No	Açıklama TRAKYA FORMASYONU	w <sub>L</sub> (%)	I <sub>F</sub>	G <sub>s</sub>	Asitle ilgisi (HCI)	USC	AASHTO	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
10	Kahverenk. siltli kum			2.68	Karbo-natsız	SM	A-2-4	0.0	76.7	22.3	1.0
11	Kahverenk. siltli kum			2.70	Karbo-natsız	SM	A-2-4	0.0	83.3	16.7	0.0
18	Bej, alaca, açık kahve siltli kum	37.5	7.5	2.67	Karbo-natsız	SM	A-2-4	0.0	67.0	33.0	0.0
19	Bej renkli siltli kum			2.69	Karbo-natlı	SM	A-2-4	0.0	77.7	22.3	0.0
25	Kahverenk. siltli kum			2.69	Karbo-natsız	SM	A-2-4	0.0	74.0	24.0	2.0
26	Açık kahve renkli siltli kum			2.67	Çok az karbo-natlı	SM	A-2-4	0.0	73.0	27.0	0.0

Tablo 1- Trakya Formasyonu'nun ayrıık litolojilerinin özelliklerini içeren laboratuvar deney sonuçları.

w<sub>L</sub> = Likit limit

I<sub>F</sub> = Akış indisi

G<sub>s</sub> = Özgül yoğunluk

USC = Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi

AASHTO = Karayolları Zemin Sınıflandırma Sistemi

#### 4.2.1. Yüksek Duraylı Alanlar (A - Bölgesi)

Yatay ya da % 10'dan az eğimli topoğrafyada mostra veren grimsi kahverengi grovoklar ile İkitelli Organize Küçük Sanayi Sitesi'nin büyük bir kısmının yerleşim alanını oluşturan kesimlerde mostra veren Kırklareli Formasyonu'nun sert-sıkı, orta-kalın katmanlı, yüksek dirençli kireçtaşlarının yer aldığı bölgeler yüksek duraylı alanları oluştururlar. Tepe düzlüklerinde yatay topoğrafyada yüzeylenen ve kalınlığı 5 metreyi aşan Bakırköy Formasyonu'nun kil oranı düşük kireçtaşları da yüksek duraylı alanlar içinde yer alıp taşıma gücü yüksek çok iyi bir temel zemini özelliğindedirler.

#### 4.2.2. Duraylı Alanlar (B - Bölgesi)

Eğimleri yaklaşık % 10'u geçmeyen yataya yakın topoğrafyada yüzeylenen Menekşedere ve Bakırköy Formasyonlarının marn ve killi kireçtaşları, Çukurçeşme Formasyonu'nun kum ve çakılları ile yatay topoğrafyada yüzeylenen Güngören Formasyonu'nun kumlu killi düzeyleri ve % 5-15 eğimli topoğrafyada yer alan az ayrıık grovoklar duraylı alanları oluştururlar ve iyi bir temel zemini özelliğindedirler.

#### 4.2.3. Orta Derecede Duraylı Alanlar (C - Bölgesi)

Yamaç eğimlerinin % 0-5 değerleri arasında değişen, yamaç eğimine paralel katmanlı Güngören Formasyonu killeri ve Çukurçeşme Formasyonu'nun kil arakatmanlı kumları ile aşırı ayrıışmış grovak ve kireçtaşlarının yer aldığı bölgeler orta derecede duraylı alanlar oluştururlar. Ayrıca eğimleri % 5-15 arasında değişen topoğrafyada mostra veren yatay tabakalı ayrıışmamış Menekşedere Formasyonu, Kırklareli Formasyonu litolojileri de bu alanlar içinde yer alırlar ve Kırklareli kireçtaşının grovoklar üzerinde diskordan olarak oturduğu taban seviyeleri zemin özelliğini taşıyan az tutturulmuş kum ve çakıllardan oluşmakta olup, bu düzeyler de orta derecede duraylı alanlar içinde yer almaktadırlar.

#### 4.2.4. Mühendislik Önlemleri Alınması Zorunlu Alanlar (D - Bölgesi)

Yamaç eğimleri % 5'i geçen topoğrafyada mostra veren Güngören Formasyonu, yamaç eğimine paralel kil katmanlarını içeren Çukurçeşme Formasyonu, topoğrafik eğimi % 15'i aşan ayrıık-kısmen ayrıışmış kayaların



Num No	Açıklama ÇUKURÇEŞME FORMASYONU	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	G <sub>s</sub>	USC	AASHTO	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
1	Sarımsı renkli ince kum	3.1	0.9	2.67	SP-SM	A-3	0.0	88.2	11.8	
2	Açıkkahverenkli çakıl-kum	6.7	1.3	2.65	GW	A-1-a	54.2	45.5	0.3	
5	Açık kahve, bej ince kum	2.7	1.1	2.66	SP	A-3	0.0	95.9	4.1	
34	Krem renkli ince kum	2.8	1.0	2.67	SP-SM	A-3	0.0	94.2	5.8	
35	Açıkkahverenkli siltli kum	-	-	2.65	SM	A-2-4	0.0	81.6	18.4	-
36	Açık gri, bej çakıl, kum	6.7	1.2	2.66	GW-SW	A-1-a	50.0	49.7	0.3	

Tablo 2. Çukurçeşme Formasyonu'nu oluşturan litolojilerin değişik özelliklerini gösterir laboratuvar deney sonuçları

- C<sub>u</sub> = Üniformluk katsayısı  
C<sub>c</sub> = Derecelenme katsayısı  
G<sub>s</sub> = Özgül yoğunluk  
USC = Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi  
AASHTO = Karayolları Zemin Sınıflandırma Sistemi

yüzeylendiği alanlarda stabilite sorunları projelendirme- de dikkate alınmalıdır. Bilhassa yörede ve bölgede sık yüzeylenen kahverenkli grovaklar içinde mukavemeti düşüren, sık karşılaşılan ve nitelikleri, sıklığı ve konumları nedeniyle önem taşıyan süreksizlikler, çatlak suyu ve de ayırık zonlarının bulunması, yörenin bu tip litolojilerinin % 15'i aşan eğimli yamaçlarında yer alması, mühendislik önlemleri alınması gereken alanları oluşturacağından ve stabilite sorunları yaratacağından yüksek katlı binalar için mutlaka proje bazında araştırmalar ve değerlendirmeler yapılması gerekmektedir.

#### 4.2.5. Duraysız Alanlar (E - Bölgesi)

Heyelanlı alanlar ile yüksek derecede önlem alınması gerektiren duraysız zeminler, dolgu toprak ve yamaç eğiminin % 20'yi aştığı kesimlerdeki ayırık, kısmen ayırılmış grovak ve kireçtaşı gibi kayalar ile yamaç molozu duraysız alanları oluştururlar. Ayrıca taşocaklarında görünür tabanda mostra veren dayanımı yüksek mavi grovaklar da tabii topoğrafyanın aşırı bozulması ve düşeye yakın topoğrafyada yer alması nedeniyle mevcut durumu ile yerleşime uygunluk açısından duraysız alanları oluşturmaktadırlar.

Bu bilgiler dahilinde, incelenen bölgede zeminlerin ya da kayaların duraylılığı ve yerleşime uygunluğu sadece topoğrafik eğimlerle sınırlı kalmadığı, birimlerin mukavemeti, eğim yönleri, geçirimli-geçirimsiz zonları, bünyesel ve dokusal özellikleri gibi parametrelere bağlı olarak değiştiği değerlendirmelerde gözönüne alınarak bölgenin "Yerleşime Uygunluk Haritası" çizilmiştir.

#### 5- SONUÇLAR

A) İkitelli ve civarını kapsayan 20 km<sup>2</sup> lik bir alanın ilk defa 1/5000, 1/1000 ölçekli Jeoloji, Mühendislik Jeolojisi, Zemin Sınıflandırma ve Yerleşime Uygunluk Haritaları yapılmıştır. Bu makalede 1/5000 ölçekli haritaların küçültülmüş kopyaları ve 1/1000 ölçekli hazırlanan ayrıntılı haritalardan örnek olarak sadece bir adedinin küçültülmüş kopyası sunulmuştur.

B) Bölgede Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi açısından önem taşıyan kuzey-güney doğrultuda uzanan fay hatları tespit edilmiştir. Bu kırık hatlarının tespitiyle, geçtiği kesimler ve yakın civarlarının mühendislik önlemleri alınması zorunlu alanları ya da duraysız alanları oluşturduğu saptanmıştır.



C) Menekşedere boyunca Küçükçekmece Gölü'ne kadar uzanan kırık hattı, Altınşehir Tepetüstü Mevkii (Halkalı Çöplüğü) çöp alanı atıklarından sızan zararlı maddelerin göle ulaşmasında iletkenliğe neden olabileceği sorununu ortaya çıkarmıştır.

D) Ülkemizin GAP'tan sonra ikinci büyük yatırımı olan İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesi'nin yer aldığı bölgenin bazı kesimlerinin yerleşime uygunluk açısından sorunlar arzettiği ve bu aşamadan sonra yeni yerleşim alanları açılmasında bu hususların dikkate alınması gerektiği gözlenmiştir.

#### **YARARLANILAN KAYNAKLAR**

ARIÇ, C (1955), "Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesi'nin Jeolojisi", İTÜ Maden Fakültesi yayını.

ASLANTAŞ, G. (1989), "Sefaköy-İkitelli-Firuzköy (İstanbul) alanının jeolojisi ve Yarımburgaz Kireçtaşının Jeoteknik İncelemesi", (Diploma Tezi), İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü.

EROSKAY, S.O.; GÜRPINAR, O., CORUK, Ö. (1987), "Ada Çiftliği Yenişehir Arazisinin Mühendislik Jeolojisi ve jeoteknik İncelemesi, İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Proje No: 1376/87

KARABULUT, H. (1989), "İstanbul Beylik düzü Kent Jeolojisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Jeoloji Müh., Uygulamalı Jeoloji Programı.

KAYA, O. (1971), İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi TJK Bül. 14/2, 143-201.

ÖZAYDIN, K.; ERGUVANLI, A. (1979), "Küçükçekmece ve Büyükçekmece Arasındaki Heyelanların Geoteknik Değerlendirilmesi", Zemin Mek. ve Temel Müh. Türk Milli Komitesi Bült., Cilt 1, Sayı 1, Sayfa 234-240.

TEZCAN, S.; DURGUNOĞLU, T., ACAR, Y.; AYAN, T.v.d. (1977), "İstanbul Yeni İskan yöreleri Geoteknik ve geodinamik Etüdü-Göllerarası Yöre-Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, Dahili Rapor No: 77-141.



# PALEONTOLOJİK SINIFLANDIRMA VE ADLANDIRMA TERİMLERİ

## *The Terms of Paleontological Classification and Nomenclature*

Kemal ERDOĞAN MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Tortul kayalardaki fosil cins ve türlerinin belirlenmesi ve taksonomik prensipler kapsamında incelenmesi, sistematik paleontolojide bir dizi terimlerin kullanılmasını gerektirmiştir. Bu çalışmada paleontoloji içerikli makale ve bildiri-lerde karşılaşılan, özellikle sistematik paleontolojide kullanılan terimlerin tanımları verilerek, bunların yerinde kullanılması konusunda açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

**ABSTRACT :** Definition of the genus and species of the fossil record in sedimentary rocks in terms of taxonomic principles led to the introduction of a number of terms used in systematic paleontology. In this study an attempt is made to clear the confusion arising from the misuse of the terms that are currently used in the paleontological literature and the oral presentations by giving a critical review of the terms used particularly in systematic paleontology.

### GİRİŞ

Yerbilimlerinin önemli disiplinlerinden biri olan Paleontoloji, günümüzde fosilleri yalnızca morfolojik yönden inceleyen ve tür bazında tanımlayıp yaş veren bir görüşten sıyrılmıştır. Günümüzde Paleontoloji; fosilleri geçmişin birer kanıtı olarak yorumlayan Biyoloji, Stratigrafi, Biyostratigrafi, Sedimentoloji, Paleokoloji ve Paleocoğrafya disiplinleriyle ilişkili olan dinamik bir bilim haline dönüşmüştür. Buna paralel olarak paleontoloji araştırmaları bu yelpaze içerisinde büyük bir boyut kazanmıştır. Ülkemizde yeni fosil bulguları, yeni görüşler ve tartışma ortamları gelişmiştir.

Paleontolojide uygulanan bütün sistematik kural ve sınıflama birimleri Latince kökenli olup Zooloji ve Botanikten alınmaktadır. Fosil ve canlı organizmaların taksonomik sınıflanması ve adlandırılmasında zoolojik terimler kullanılmaktadır. Bu terimlerin bir kısmı Türkçeye girmiş ve paleontolojide araştırmacılar tarafından benimsenmiştir.

### GENEL TERİMLER

Taksonomi ve Sistematik nedir? Paleontolojide fosillerin morfolojik özellikleri ve genetik yakınlıkları esas alınarak incelenmesine SİSTEMATİK (Systematic) veya TAKSONOMİ (Taxonomy) denir. Buna aynı zamanda SINIFLAMA veya SINIFLANDIRMA (Classification) adı da verilmektedir. Organizmaların soydan

gelen akrabalıkları esas alınarak ayrımlanan her birime GRUP, TAKSON (Taxon) adı verilir. Fosil grupları için çoğunlukla PALEOTAKSON (Paleotaxon) terimi kullanılmaktadır.

Sistematikteki amaç; belirlenmiş kurallara göre tüm fosillerin en ilkel yapılarından başlayarak en mükemmel organizmalılara kadar bir sıra ve düzen içerisinde gruplanmasıdır. Sınıflama iki önemli kolaylık sağlamaktadır.

a- Bitki ve hayvan fosil grupları arasındaki filojenetik dağılımı ve evrim sırasını belirler.

b- Önemli cins ve türlerin kolay tanınmasını sağlar.

Cins (Genus) ve tür (Species) fosil ve canlılarda en küçük taksonomik birimlerdir. İşte bu küçük taksonomik birimlerin tanımı nedir? Sınırları nelerdir? Bu konuda çalışan Paleontologların en önemli görevlerinden biri, fosilin hangi cins ve türün ferdi olduğunu saptamaktır. Bir fosil türünü saptamak bir mineralin tanımı kadar kolay değildir. Bir mineralin tanımlanmasında, teknik olanakların gelişmesi yanında, mineralin değişmeyen fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi belli bir tanımı vardır.

### Fosillerin Adlanması, Nomenklatür (Nomenclature)

Fosillerde cinsler türden önce tayin edilir. Türler daima bağlı oldukları cins ismi ile beraber adlanır ve yazılır. Cinsler büyük harfle başlar, tür adı küçük harfle



başlayarak, italik harflerle cins ve tür beraber yazılır. Bu düzen içerisinde yapılan adlama kuralına **NO-MENKLATÜR (Nomenclature)** denir. Cins ve tür adının beraberce yazılması kuralına **İKİLİ ADLAMA (Binominal Nomenclature, Binary Nomenclature)** denir. İlk defa Carl Van LINNÉ tarafından kullanılmıştır. LINNÉ kendi adını ve soyadını bile latinceleştirmiş, Carolus Linnaeus olarak ikili adlamaya örnek göstermiştir. Zoolojik sınıflama ilk kez LINNÉ tarafından Latince dili kullanılarak yapılmış ve kabul edilmiştir.

Fosil ve canlılar sistematğinde en küçük birim türdür. Tür kavramı çeşitli boyutlarda ele alınarak incelenmiştir (MAYR, E. 1942; MAYR, E ve Diğ. 1953; RAUP, D ve STANLEY, S.M. 1971).

## ÖRNEK TİP ÇEŞİTLERİ

### Esas Tipler

Belirli eseslar dahilinde yeni bir fosil türü bulunup tanıtıldığı zaman, onu ilk tanıtan araştırmacı holotip adı verilen tek bir ferdi bu türün modeli olarak tesbit eder.

**HOLOTİP (Holotype):** Yeni tanımlanan bir türün özelliklerini orijinal tanımlamada en güzel gösteren seçkin bir Yeni Tür (Nouvum species) örneğidir. Aynı zamanda önemli bir karşılaştırma materyalidir.

İlk defa tanımlanan yeni bir fosil cinsi veya türü için incelenen örneklerin hepsine tip örnekler adı verilir.

**TİP ÖRNEKLER (Type Specimens):** Paleontolojik çalışmalarda bir yeni türün belirlendiği ve o gruba ait olan, tip yerinden toplanan örneklerin bütünüdür.

**TİP CİNS (Type Genus):** Familya özelliklerini belirten en düzgün ve yaygın bir cins, familya için Tip Cins olarak belirlenmiştir. Tip cins familyayı en iyi tanıtan ve adını veren cinstir.

**TİP TÜR (Type Species):** Bir yeni cins tayin edilip, tanımı yapılırken bu cinse ait olarak seçilen en düzgün, en uygun yeni türe Tip Tür denir. Bu aynı zamanda cinsin ilk temsilci türüdür.

**TİP YERİ, TİP LOKALİTE (Type Locality):** Tip örneklerin toplandığı, yani cins veya türün (Holotip) ilk bulunduğu coğrafi yerdir. Stratigrafi birimlerinin tanımlandığı tip kesitin arazideki coğrafi yeridir. Çoğu cins ve türler isimlerini bu coğrafi yerlerden alırlar.

**TİP DÜZEYİ (Type Level):** Bir tortul istifin biyost-ratigrafik incelenmesinde yeni cins veya yeni türün bulunduğu tabakalar ve stratigrafik düzey.

**PARATİP (Paratype):** Holotip, tip örnekler içinde daha seçkin ve gösterişli bir örnek olduğuna göre, holotipi destekleyen ve türün bazı özelliklerini belirleyen ikinci düzgün örneklerdir.

**SİNTİP (Syntype) - KOTİP (Cotype):** Tip örnekleri içinden Holotip ve Paratip seçildikten sonra geriye kalan tüm örneklerdir.

**LEKTOTİP (Lectotype):** Holotipin orijinal yayınından sonra Sintip veya Kotipler arasından seçilen ve yeniden tanımlanması yapılarak türü temsil eden örneğe Lektotip denir. Sintipler arasından seçilen iki veya daha fazla örneğin herbiri yazarın izni alınarak (veya ölümünden sonra) orijinal tür olarak adlandırılır ve bun-

lar aynı zamanda başka türlerin holotiplerini teşkil ederler.

**NEOTİP (Neotype):** Holotip herhangi bir nedenle kaybolursa veya en karakteristik özelliklerini yitirse, o zaman yine bu Şintip örnekleri içerisinde seçilen ve tanımlanması yapılarak Holotip yerine geçen örneğe Neotip denir.

### Tali Tipler

**TOPOTİP (Topotype):** Yeni bir cins veya türün bulunduğu tip lokaliteden veya tabaka düzeyinden daha sonra derlenen ve aynı cins veya türe ait olan örnekler topotip olarak adlandırılır.

**METATİP (Metatype):** Topotipin orijinal tanımlanmasını yapan tarifçisi (otörü) tarafından daha sonra tanıtılan topotipe Metatip denir.

**HOMEOTİP (Homeotype):** Numunenin dahil olduğu bir organizma grubu üzerinde otorite olarak tanıyan bir araştırmacı tarafından orijinal türle karşılaştırılması yapılarak incelenmesi belirtilmiş türdür.

**İDEOTİP (Ideotype):** Tip örneklerin toplandığı Tip Lokalitelerden başka genel bir coğrafi yerden toplanmış olup, orijinal tanımlamasının yayınından sonra tip türün araştırmacısı (otörü) tarafından açıklanan türdür. Metatipe benzemekle birlikte, ondan bir farkla ayrılır. Bu ise tip türün toplandığı tip lokaliteden alınmamıştır.

**MORFOTİP (Morphotype):** Morfolojisi tam olarak açıklanamayan ve şekillendirilemeyen bir türün figure edilerek bahsedilmesi durumunda bu tür Morfotip olarak adlandırılır.

**ONOMATİP (Onomatype):** Morfolojisi bilinmediği için şekillendirilemeyen bir türden bahsedildiği zaman Onomatip adı verilir.

Yeni bir tür tanıtılırken neler yapılmalıdır?

Araştırmacı tarafından bulunan yeni bir türün tanıtılması adlama kurallarına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yeni bulunan cins veya tür isimlerinin sonuna **Yeni Cins (Novum Genus)** Yeni Tür (Novum Species) olduğunu belirten kısaltılmış kelimeler olan n.gen, n.sp. yazılmalıdır. Yeni türün tanıtmaya koyan resimleri mutlaka konulmalıdır. Yeni türün tanıtmaya koyulan özellikleri ve ölçüleri, başka yakın türlerle karşılaştırılması yapılmalıdır. Resimleri tam bir tanımlama (diyagnoz) ve holotipi yayınlanmamış yeni bir tür adı geçerli değildir. Bizden önceki literatürde bu türün aynı ad veya başka bir ad altında olsun, tanımlanmaları yazar adı, tarihi ve yeri ile beraber bir liste halinde verilmelidir.

Araştırmacılar arasında görüş farklılıkları olabilir ve bize göre bu türe bağlı olan buna benzer fosiller başka araştırmacılar tarafından başka bir tür adı altında yayınlanmış, başka bir cinsin türü olarak tanıtılmış olabilir. Sinonim listesi (Aynı ad) dediğimiz liste sistematik tanımlamada açıklanmalıdır.

İlk defa tanımlanan türün cins adının bazı durumlarda daha sonra başka araştırmacılar tarafından değiştirilme gereği doğabilir. Bu durumda türü ilk bulan ve tanımlayanın adı parantez içerisinde kullanılmalıdır.

**Örnek:** *Globotruncana contusa* CUSHMAN, 1926  
*Rosita contusa* (CUSHMAN) BOLLİ, SANDERS,



PERCH. - NIELSEN, 1985

Fosil tanımlamalarında çoğu defa fosil örnekler morfolojik olarak belirli bir türe çok benzer olabilir ve o türün özelliklerini tam olarak göstermeyebilir. Yani yakın tip olarak tanımlanır.

**aff. YAKIN TİP (Affinis):** Tayin edilen bir fosil örneğinin A türüne morfolojik olarak çok yakınlık gösterdiği, fakat tamamen aynı karakterleri taşımadığını işaret etmektedir. Yakın tip (Affinis) sözcüğünün kısaltılmış şekli aff. cins ve tür arasında yazılır.

**Örnek:** *Rosita aff. fornicata* (PLUMMER, 1931).

Tanımlanan türün, *Rosita* cinsinin *fornicata* türüne yakın bir tür olduğunu vurgulamaktadır.

**cf. Karşılaştır (confer):** İncelenen bir fosili ilişkili olabileceği herhangi bir yakın gruba bağlamak için Karşılaştır (confer) anlamında yani tür olarak benzediğini, ama farklı olduğunu ve onunla karşılaştırmak gerektiğini belirtir. Cins ve tür adları arasında Karşılaştır (Confer) sözcüğünün kısaltılmış **cf.** harfleri yazılır.

**Örnek:** *Rosita cf. fornicata* (PLUMMER, 1931).

Tanımlanan türün *Rosita* cinsinin *fornicata* türü ile karşılaştırılması gerektiğini işaret etmektedir.

Fosil ve canlılar sistematğinde en küçük birim türdür. Tür cinsle beraber adlanan ve tanımlanan seçkin bir tiptir. Türler başlıca üç gruba ayrılır.

**a- Biyolojik Tür (Biological Species):** Biyolojide esas alınan belirli bir soyun bütün özelliklerini bulunduran renk, şekil ve davranışları farklı olsa bile aynı olarak kabul edilen bireylerdir.

**b- Morfolojik Tür (Morphologic Species):** Fosillerin tanımlanmasında morfolojik değişiklikleri karakteristik özellikler olarak kabul edilen örneklerdir.

**c- Alttür, Astür, Coğrafi Tür (Geographic Species):** Bir fosil türünün, değişik coğrafi alanda ve esas türe göre daha farklı ekolojik şartlarda (fasiyes, iklim, vb.) gelişen ve türün ortalama karakterlerine sahip olmasına karşın, bazı ufak morfolojik ayrıcalıklar gösteren tiplerdir.

## FOSİLLERDE BAŞLICA SİSTEMATİK GRUPLAR

Paleontolojide sistematik sınıflandırma ve paleotaksonların adlanmasında zooloji ve botanikten gelen Latince kökenli kelimeler kullanılmaktadır. Uluslararası Adlandırma Kuralları (RİCHTER, R; 1948), Uluslararası Zooloji Adlama Kodu (XV. Uluslararası Zooloji Kongresi, Londra; 1964), Uluslararası Zooloji Adlama Kodu (RİDE ve diğerleri, 1985) adlı eserler sistematik ve adlama prensiplerini içeren, günümüzde esasları araştırmacılar tarafından uygulanmaktadır.

En büyük paleotaksondan, en küçük paleotakson olan türe kadar olan birimlerin birbiri ile ilişkileri ve paleotaksonların sonlarına aldıkları standart takıların, örnek sınıflaması aşağıdadır.

**Örnek-1:** Alem (Animal Kingdom)

Bölüm, Şube, Filum (Phylum)

Sınıf (Class)

Takım (Order) (-ida tak sını alır.)

Alt Takım (Suborder) (-ina takısını alır.)

Üst Familya (Süperfamily) (-acea, -oidea takılarını alır.)

Aile, Familya (Family) (-dae takısını alır.)

Alt Familya (Süperfamily) (-inae takısını alır.)

Cins (Genus)

Tür (Species)

**Örnek- 2:** Planktonik bir foraminifer türü olan, *Globotruncana arca* (CUSHMAN, 1927)'nin bağlı bulunduğu üst grupları aşağıdadır.

Alem (Kingdam) : Protista

Filum (Phylum) : Protozoa

Alt Filum (Subphylum) : Sarcodina Schmarda, 1871

Sınıf (Class) : Rhizopodea von Siebold, 1845

Takım (Order) : Foraminiferida Eichwald, 1830

Üst Familya (Süperfamily) : Globigerinacea Carpenter et al., 1862

Familya (Family) : Globotruncanidae Brotzen, 1942

Cins (Genus) : *Globotruncana* CUSHMAN, 1927

Tür (Species) : *Globotruncana arca* (CUSHMAN, 1927)

Paleontolojide belirli bir organizma grubunun jeolojik çağlarda ilk ortaya çıkışından zamanımıza kadar geçirdiği gelişme süreci Filojenez (Phylogenesis) veya Soy Gelişmesi, Soy Evrimi olarak tanımlanır.

Fosil organizmalarda morfolojik karakterler de çok önemlidir. Fosilleşme evresinde canlı organizmanın yumuşak vücut yapıları çürüdüğünden., korunamazlar. Ancak iskelet yapıları, kavkılar, kavkının sarılım şekilleri, loca düzeni, sütür karakterleri, kot, kavkı süsleri vb. gibi dış iskelet yapısına ilişkin özellikler morfolojik karakterler olarak gözlemlenir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Sistematik Paleontoloji kapsamlı makale ve bildirilerin daha iyi anlaşılabilmesi için konu ile ilgili bir dizi terim tanımlamaları verilmiştir.

2- Paleontolojik sınıflama ve adlandırma prensipleri çerçevesinde paleontoloji terimlerinin yerinde kullanımının yapılacak çalışmalarda önemi vurgulanmıştır.

3- Paleontolojide yerbilimlerinin diğer disiplinleri (Stratigrafi, Biyostratigrafi, Sedimentoloji, Paleoekoloji, Paleocoğrafya) ile ilişkileri bütününde kullanılan terimler büyük boyutlara ulaşmıştır. Disiplinler arasında iletişimi sağlayacak tüm terimlerin «Paleontoloji Terimleri Sözlüğü» kapsamında yerbilimcilerin hizmetine sunulması daha yararlı olacaktır.



## DEĞİNİLEN BELGELER

International Code of Zoological Nomenclature 1964, XV. International Congress of Zoology. International Trust for Zoological Nomenclature, 175 s. London.

Mayr, E., 1942, Systematics and the origin of species. 334 s. (University of Columbia Press) New York.

Mayr, E., et all, 1953, Methods and Principles of Systematic Zoology. Mc Graw-Hill. Book Company, Inc.

Raup, D., and Stanley, S.M., 1971, Principles of Paleontology, 388 s. San Fransisco (Freeman&Co.)

Richter, R., 1948, Einführung in die Zoologische Nomenklatur durch Erläuterung der Internationalen Regeln, 252 p. den çeviri.

Ride, W.D.L., et all. (Ed.), 1985, International Code of Zoological Nomenclature 3. rd. Intern. Trust., Zool. Nomenc. University California Press, Berkeley.



## ANADOLU'NUN RENKLİ OLARAK BASILAN İLK JEOLojİ HARİTALARI - IV

### A) İSTANBUL ÇEVRESİNİN JEOLojİ HARİTASI

İstanbul Darülfünunu ve Yüksek Mühendis Mektebi Jeoloji Muallimi olan, ülkemizin ilk yerbilimcilerinden Ahmet Malik tarafından hazırlanmış ve İstanbul Darülfünunu Fen Fakültesi neşriyatından, 1932 yılında basılan "Mineraloji ve Jeoloji" kitabı içinde ek olarak verilmiştir. Orijinal boyutları 15,5 cm x 22,5 cm olup 1/250 000 ölçeklidir.

### B) BANDIRMA - GEMLİK ARASININ JEOLojİ HARİTASI

Değerli yerbilimcilerimizden Prof. Dr. Enver Altınlı tarafından yapılmış ve 1942 yılında basılan "İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, Cilt: VIII, Fasikül: 1-2" de yer alan "Bandırma-Gemlik Arasındaki Kıyı Sıra-ğının Jeolojik İncelenmesi" başlıklı makalenin eki olarak verilmiştir. Orijinal boyutları 69,5 cm x 23 cm olup 1/150 000 ölçeklidir.

### C) ÇATALCA-KARACAKÖY (İSTANBUL) ARASININ JEOLojİ HARİTASI

Jeolojinin ustalarından Prof. Dr. Mehmet Akartuna tarafından hazırlanmış ve 1953 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri No: 13 te basılan "Çatalca-Karacaköy Bölgesinin Jeolojisi" başlıklı kitap içinde ek olarak verilmiştir. Orijinal boyutları 58 x 30 cm olup, 1/75 000 ölçeklidir.

### D) ANTAKYA ÇEVRESİNİN JEOLojİ HARİTASI

Anadolu'da çalışan Fransız yerbilimci M. Louis Dubertret tarafından 1952 yılında hazırlanmış ve Paris'te "Museum National d'Historie Naturelle" nin yayımladığı "Geologie des Roches Vertes du Nord-Ouest de la Syrie et du Hatay (Turquie)" kitabı içinde ek olarak verilmiştir. Orijinal boyutları 58,5 cm x 78,5 olup, 1/200 000 ölçeklidir.


























# İSTANBUL BOĞAZI MINTAKASI JEOLJİ HARİTASI

MİKYASI 1: 250.000

BİRİNCİ ZAMAN "PALEZOİK,"

- |  |   |
|--|---|
|  Granit             |  Fosilsiz killi çist-gre         |
|  Diyabaz            |  Fosilli killi çist, mavi kalker |
|  Kuartzit           |  Fosilli mahaller                |
|  Kuartzitli tepeler |  Tektonik hatlar                 |

ÜÇÜNCÜ ZAMAN "NEOZOİK,"

- |  |
|--|
|  Andezit kütle ve filonları   |
|  Miosen ve pliosen devirlerine ait çakıl, kum ve kil (Levanten, ponsien)        |
|  <i>Mastra</i> ve <i>Melanopsis</i> li kalker tabakaları, kum, kil (Sarmassien) |











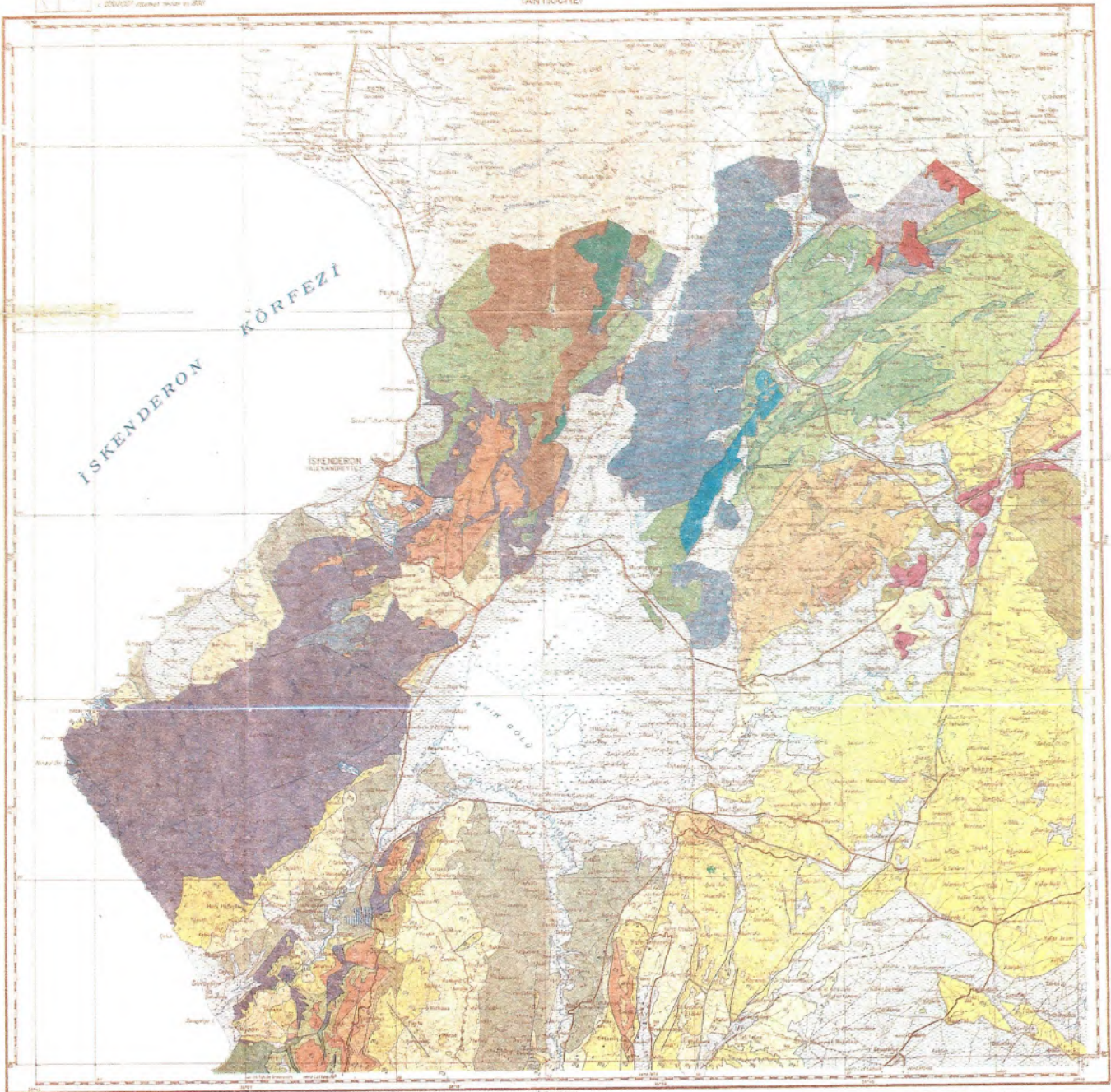




1. Révision des données 4/20/57 et 2/5/58  
 2. Révision de 3/2/57  
 3. 20/1/57 (état actuel) avant en 1957

# ANTAKYA IANTIOCHE

LEVANT — 1:200 000 — 1957 — 28 1/2 x 38 1/2



Carte publiée par l'Institut Géographique National de Paris  
 Révisée par l'Institut Géographique National de 1957  
 Reproductions interdites

Publié par l'Institut Géographique National, Paris 1957

## CARTE GÉOLOGIQUE

dressée et dessinée  
 par M. Louis DUBERTRET  
 depuis sa 1952  
 par l'Institut Géographique National, Paris

- SYMBÔLES CONVENTIONNELS**
- Contour géologique isolé
  - Contour de niveau
  - Faune géologique
  - Limite
  - Ass. postérieures
  - Délimitation et passage
  - Faune géologique
  - Topographie

## ROCHES ÉRUPTIVES

- Roches vertes (cratères superimposés)**
- Pyroxénites, peridotites
  - Gabbros, dolérites
  - Philosites, basaltes
  - Schistes éruptifs, variétés
  - Dalérites (basiques)
  - trachytes
  - andésites
  - quartzites (basiques)
  - sub-volcaniques

- PRIMAIRE**
- ORDOVICIEN
  - DEVONIEN, CARBONIFÈRE
  - SECONDAIRE
  - JURASSIQUE
  - CRÉTACE
  - CRÉTACE inférieur
  - ÉOÈNE
  - ÉOÈNE supérieur

## SÉDIMENTS

- NUMMULINIQUE**
- 1. ÉOÈNE inférieur
  - 2. moyen
  - 3. supérieur
  - 4. OLILOCÈNE
- TERTIAIRE**
- NEOÈNE**
- 5. MIOCÈNE
  - 6. PLEISTOCÈNE
  - 7. VINDOBONNEN
  - 8. FONTEN
  - 9. MIOCÈNE
  - 10. MIOCÈNE
  - 11. MIOCÈNE
  - 12. MIOCÈNE
  - 13. MIOCÈNE
  - 14. MIOCÈNE
  - 15. MIOCÈNE
  - 16. MIOCÈNE
  - 17. MIOCÈNE
  - 18. MIOCÈNE
  - 19. MIOCÈNE
  - 20. MIOCÈNE
  - 21. MIOCÈNE
  - 22. MIOCÈNE
  - 23. MIOCÈNE
  - 24. MIOCÈNE
  - 25. MIOCÈNE
  - 26. MIOCÈNE
  - 27. MIOCÈNE
  - 28. MIOCÈNE
  - 29. MIOCÈNE
  - 30. MIOCÈNE
  - 31. MIOCÈNE
  - 32. MIOCÈNE
  - 33. MIOCÈNE
  - 34. MIOCÈNE
  - 35. MIOCÈNE
  - 36. MIOCÈNE
  - 37. MIOCÈNE
  - 38. MIOCÈNE
  - 39. MIOCÈNE
  - 40. MIOCÈNE
  - 41. MIOCÈNE
  - 42. MIOCÈNE
  - 43. MIOCÈNE
  - 44. MIOCÈNE
  - 45. MIOCÈNE
  - 46. MIOCÈNE
  - 47. MIOCÈNE
  - 48. MIOCÈNE
  - 49. MIOCÈNE
  - 50. MIOCÈNE
  - 51. MIOCÈNE
  - 52. MIOCÈNE
  - 53. MIOCÈNE
  - 54. MIOCÈNE
  - 55. MIOCÈNE
  - 56. MIOCÈNE
  - 57. MIOCÈNE
  - 58. MIOCÈNE
  - 59. MIOCÈNE
  - 60. MIOCÈNE
  - 61. MIOCÈNE
  - 62. MIOCÈNE
  - 63. MIOCÈNE
  - 64. MIOCÈNE
  - 65. MIOCÈNE
  - 66. MIOCÈNE
  - 67. MIOCÈNE
  - 68. MIOCÈNE
  - 69. MIOCÈNE
  - 70. MIOCÈNE
  - 71. MIOCÈNE
  - 72. MIOCÈNE
  - 73. MIOCÈNE
  - 74. MIOCÈNE
  - 75. MIOCÈNE
  - 76. MIOCÈNE
  - 77. MIOCÈNE
  - 78. MIOCÈNE
  - 79. MIOCÈNE
  - 80. MIOCÈNE
  - 81. MIOCÈNE
  - 82. MIOCÈNE
  - 83. MIOCÈNE
  - 84. MIOCÈNE
  - 85. MIOCÈNE
  - 86. MIOCÈNE
  - 87. MIOCÈNE
  - 88. MIOCÈNE
  - 89. MIOCÈNE
  - 90. MIOCÈNE
  - 91. MIOCÈNE
  - 92. MIOCÈNE
  - 93. MIOCÈNE
  - 94. MIOCÈNE
  - 95. MIOCÈNE
  - 96. MIOCÈNE
  - 97. MIOCÈNE
  - 98. MIOCÈNE
  - 99. MIOCÈNE
  - 100. MIOCÈNE
- QUATERNAIRE**
- 1. Dépôts
  - 2. Dépôts
  - 3. Dépôts
  - 4. Dépôts
  - 5. Dépôts
  - 6. Dépôts
  - 7. Dépôts
  - 8. Dépôts
  - 9. Dépôts
  - 10. Dépôts
  - 11. Dépôts
  - 12. Dépôts
  - 13. Dépôts
  - 14. Dépôts
  - 15. Dépôts
  - 16. Dépôts
  - 17. Dépôts
  - 18. Dépôts
  - 19. Dépôts
  - 20. Dépôts
  - 21. Dépôts
  - 22. Dépôts
  - 23. Dépôts
  - 24. Dépôts
  - 25. Dépôts
  - 26. Dépôts
  - 27. Dépôts
  - 28. Dépôts
  - 29. Dépôts
  - 30. Dépôts
  - 31. Dépôts
  - 32. Dépôts
  - 33. Dépôts
  - 34. Dépôts
  - 35. Dépôts
  - 36. Dépôts
  - 37. Dépôts
  - 38. Dépôts
  - 39. Dépôts
  - 40. Dépôts
  - 41. Dépôts
  - 42. Dépôts
  - 43. Dépôts
  - 44. Dépôts
  - 45. Dépôts
  - 46. Dépôts
  - 47. Dépôts
  - 48. Dépôts
  - 49. Dépôts
  - 50. Dépôts
  - 51. Dépôts
  - 52. Dépôts
  - 53. Dépôts
  - 54. Dépôts
  - 55. Dépôts
  - 56. Dépôts
  - 57. Dépôts
  - 58. Dépôts
  - 59. Dépôts
  - 60. Dépôts
  - 61. Dépôts
  - 62. Dépôts
  - 63. Dépôts
  - 64. Dépôts
  - 65. Dépôts
  - 66. Dépôts
  - 67. Dépôts
  - 68. Dépôts
  - 69. Dépôts
  - 70. Dépôts
  - 71. Dépôts
  - 72. Dépôts
  - 73. Dépôts
  - 74. Dépôts
  - 75. Dépôts
  - 76. Dépôts
  - 77. Dépôts
  - 78. Dépôts
  - 79. Dépôts
  - 80. Dépôts
  - 81. Dépôts
  - 82. Dépôts
  - 83. Dépôts
  - 84. Dépôts
  - 85. Dépôts
  - 86. Dépôts
  - 87. Dépôts
  - 88. Dépôts
  - 89. Dépôts
  - 90. Dépôts
  - 91. Dépôts
  - 92. Dépôts
  - 93. Dépôts
  - 94. Dépôts
  - 95. Dépôts
  - 96. Dépôts
  - 97. Dépôts
  - 98. Dépôts
  - 99. Dépôts
  - 100. Dépôts



La carte porte à 1/50 000 directement au 1/200 000 en 1957-1958.  
 La partie ancienne a été établie par réduction de plans au 1/50 000, de 1948-1951.







