

# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs- Kasım 1994 Sayı 44-45

ISSN 1016-9172



- ▶ Petroloji
- ▶ Jeostatistik
- ▶ Maden Yatakları
- ▶ Çevre Jeolojisi
- ▶ Hidrojeoloji
- ▶ Mühendislik Jeolojisi
- ▶ Jeofizik

# TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

## YÖNETİM KURULU

Hikmet TÜMER	Başkan
M.Yüksel BARKURT	İkinci Başkan
Tahir ÇEBİ	Yazman
Erçin TÜRKEL	Sayman
Dr. Zeynel DEMİREL	Mesleki Uygulamalar Üyesi
Erdem ÇÖREKÇİOĞLU	Yayın Üyesi
Yakup ÖZÇELİK	Sosyal İlişkiler Üyesi

## JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ YAYIN KURULU

**Editörler**  
Dr. Kemal TÜRELİ - Taner İRKEÇ  
Saim KALE

**Teknik Yönetmen**  
Semih GÜRSU

## MAKALELERİ İNCELEYENLER (Sayı 44-45)

Dr. Jerf ASUTAY (MTA)	Sabri KARAHAN (COMINCO)
Tahir ÇEBİ (İller Bankası)	Salih KONYA (MTA)
Behiç ÇONGAR (SİAL)	Ferda ÖNER (MTA)
Dr. Zeynel DEMİREL (MTA)	Vedat OYGÜR (MTA)
Yrd. Doç. Dr. Yurdal GENÇ (H. Ü)	Tuğrul TOKGÖZ (MTA)
Ali İhsan GEVREK (MTA)	Doç. Dr. Reşat ULUSAY (MTA)

## SAHİBİ ve YAYIN SORUMLUSU

*Hikmet TÜMER*

**YÖNETİM YERİ** - Bayındır sok. No: 7/1 Kat :1 Kızılay - ANKARA

**YAZIŞMA ADRESİ** - P.K. 464- 06424 Kızılay - ANKARA

## REKLAM FİYATLARI

Arka Kapak (Renkli).....	10.000.000 TL.
Arka Dış Kapak (S/B).....	7.000.000 TL.
Arka İç Kapak (Renkli).....	8.000.000 TL.
Arka İç Kapak (S/B).....	5.000.000 TL.
İç Sayfa (S/B).....	4.000.000 TL.
1/2 Sayfa (S/B).....	2.000.000 TL.
1/4 Sayfa (S/B).....	1.000.000 TL.
Özel Renk.....	1.000.000 TL.
Renk Süzümü.....	1.000.000 TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayımlanması isteminde % 10 indirim yapılır. Bu sayı 3500 adet basılmıştır.

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ TMMOB** Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır. Yılda iki kez yayımlanır. Dergi Odanın amaç, ilke ve yayım koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılara açıktır. Yayımlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlara ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs- Kasım 1994 Sayı 44-45

ISSN 1016-9172

## İÇİNDEKİLER

- 1 Gran Koy id petrojenezinde mağma mingling/  
mixing kavramı  
*Sabah YILMAZ,, Durmuş BOZTUĞ*
- 21 Maden yataklarının değerlendirilmesinde je-  
oistatiksel simülasyon yöntemlerinin kulla-  
nılması  
*Cem SARAÇ*
- 27 Duraylı izotoplar jeokimyasının madeni ya-  
taklarına uygulanması  
*Vedat OYGÜR*
- 38 Minerali kaynaklarının uluslararası pers-  
pektifi  
*Taner İRKEÇ*
- 50 Altın; Ekonomik yataklanma tipleri, arama  
safhaları ve maliyet  
*Koray KİRİŞ*
- 62 Çöp depolama alanlarında oluşan gazın (deponi  
gazı) çevresel etkileri ve ekonomik potansiyeli  
*İtker ŞENGÜLER, Hazım YILMAZ*
- 67 Çevre jeolojisi ve gelişmekte olan ülkelerle  
işbirliği  
*Mesude AYDAN*
- 70 Yeraltısuyundan içme ve kullanıma suyu te-  
min amaçlı kuyularda tasarım teknikleri  
*Tahir CEBİ*
- 83 İçmesuyu kuyusu ve borularının dezenfeksiyonu  
*Necla AKÇA*
- 91 Kaya mekaniği öğretimine ilişkin rapor  
*Mustafa KARABIYIKOĞLU*
- 102 iLog korelasyon teknikleri ve Jeolojide kolanımı  
*Aynur GEÇER*
- 107 Volkanik kökenli gaz çalışması temel tek-  
nikleri: İzleme ile bütünleşmiş bir yaklaşım  
*Haydar İLKER*

kapak fotoğrafı  
Üst Kretase kireçtaşlarından bir görünüm (Kekova).

teknik hazırlık  
nitelik reklam 419 35 46



## YEREL YÖNETİMLER,, ÇEVRE VE 50. ULUSLARARASI ÇEVRE-JEOLOJİ KURULTAYI (İSTANBUL-1997)

Ülkemizdeki siyasal ve ekonomik belirsizlikler her geçen gün hızlı bir ivme ile düzensiz ve beklenmeyen bir biçimde yer değiştirmeye devam ederken, yerel yönetimlerin güçlendirilmesi, katılımcı, yaptırımcı ve demokratik gücü olan yerel yönetim modelinin biran önce yaşama geçirilmesi gerçeği güderek haklılık kazanmaktadır.. Yerel yönetimler, seçtikleri sürelerde siyasal ve ekonomik belirsizliklerden olabildiğince az etkilenmelidirler ki, direk hizmet üreten bu yönetim biçimleri halkın gereksinimlerini zamanında ve doğru bir biçimde karşılayabilsinler. Belediye yönetimleri her ne kadar bir siyasi görüşün temsilcileri iseler de, Belediye öncelikle hizmet üreten bir kuruluştur. Politik nedenlerle hareket etmemelidirler. Ne yazık ki ülkemizde seçilen, özellikle Refah Partili belediye başkanları sokak, park adı değiştirmeyi, sanata tükürmeyi ve cami açmakla uğraşmayı daha çok seviyorlar.

Başlatılmış projelerin doğru olanları, fizibil olanları hiç zaman geçirilmeksizin devam ettirilmeli, yeni projeler ise, kendilerinden sonra gelecek yönetimlerce fazlaca tartışmaya neden olmayacak projeler olmalıdır. Örneğin İstanbul için Melen Çayı, Yeşil Çay Su Projeleri, Metro Projesi, Ankara için Bakay Projesi, Metro-Ankaray Projeleri, İzmir için, Büyük Kanal Projesi ve Hızlı Tramvay Projesi gibi daha birçok projelerin her ne koşul olursa olsun devam ettirilmesi gerekmektedir.

Bu konularda yapılacak spekülatif davranışların hiç kimseye bir faydası olmayacağı gibi büyük kentlerimize ve ülkemize büyük zararı olur. Yine büyük kentlerimizde özellikle İstanbul'da su kirliliği, hava kirliliği, çöp, trafik gibi sorunlar için başlatılmış projelere ara vermeksizin devam edilmeli, projelerin önü açılmalıdır. Bu sorunların günlük çözümlerinin yanında orta ve uzun vadedeki çözümleri içinde Yerel Yönetimler, Merkezi Yönetimler ilgili meslek oda ve dernekleri ile bilimsel kuruluşlar ve kurumlarla eşgüdümlü olarak master projeler hazırlamalıdır. Bu projeler için gerekli finans kaynakları da kesintiye uğramayacak şekilde temsil edilmelidir. Aksi davranışlar ise bu gün özellikle İstanbul'un yaşadığı su krizinden daha kötü sonuçları doğurabileceği gibi, çöp, hava, su kirliliğinde ve diğer çevre konularında da çok daha ciddi sorunların yaşanacağı kesindir. Durum böylesine vahimken Yerel Yönetimler gelecekte ileriye sürecekleri nedenlerle inandırıcı olamazlar.

Yerel Yönetimler, günümüzün çağdaş kent kavramını oluşturan insanca yaşanabilir bir kentte standart; bir yaşamı temin için, Mimari bozulma, gıda kirlenmesi , su kirlenmesi, hava kirlenmesi» gürültü kirliliği,, çöp sorunu yerleşim düzeni, trafik anarşisi gibi büyük kentlerin her gün giderek artan sıkıntılarına kalıcı ve gerçekçi çözümler bulmak zorundadırlar, Bu çözümlere, önerilere, yaşadıkları kente, ülkeye ve insanlara ellerinden gelen gayreti göstermek Yerel ve Merkezi Yönetimlerin yapacağı projelere katkı koymak meslek odalarının da görevi ve sorumluluğudur. Bu anlayışla odamız 48.si 20-24 Şubat 1995'de Ankara'da yapılacak Türkiye Jeoloji Kurultayının 50.sini Uluslararası nitelikte Çevre ve Jeoloji başlığı altında İstanbul'da 2-6 Eylül 1997'de gerçekleştirecektir. Bu anlamda Prof. Dr. Muharrem SATIR Başkanlığında oluşturulan Düzenleme Kurulu çalışmalarını hızla sürdürmektedir, Gerçekleştirilecek bu etkinlik tüm üyelerimizin, üniversitelerimizin diğer meslek oda ve kuruluşlarının Yerel ve Merkezi Yönetimlerin katılımı ve destekleri ile yaşama geçirecektir.

Yerel yönetimler, kentin tüm hizmetlerinde ve özellikle de çevre ile ilgili sorunların tesbiti ve çözümlerinde başlatılmış olan demokratik ve katılımcı çalışmaları arttırdıkça hem; ülkesine hem insanlığa, hem de siyasi görüşlerine yeni ufuklar açacaktır.

Saygılarımızla,  
YÖNETİM KURULU



# Granitoyid

## Granitoyid Petrojenezinde Magma Mingling/Mixing Kavramı

Sabah YILMAZ

*CJJ. Jeoloji Müh. Bölümü, 58140, SİVAS*

DurmugBOZTUĞ

*C,Ü, Jeoloji Mük Bölümü, 58140, SİVAS*

### 1. GİRİŞ

Hemen hemen tüm yerbilimciler tarafından kabul edildiği gibi, granitoyidler, yer gezegeninin petrolojik ve yapısal evriminde en karakteristik kayaç grubunu oluşturmaktadır. Örneğin çok uzun zamanlar boyunca, kıtasal kabuğun ortalama bileşiminin granit'e eşdeğer olduğu kabul edilmiştir. Günümüzde yapılan çalışmalara göz atıldığında ise granitlerin, kıtasal kabuğun ana bileşeni olduğu ve kabuğun oluşumunda ve yeniden çevrimlenmesinde (recycling) çok önemli roller oynadıkları görülmektedir. Granitoyidlerin sokulum yaptıkları derinlikler sedimanter kayaçların bulunduğu sığ derinliklerden-granulit fasiyesi koşullarındaki metamorfizmanın geliştiği derinliklere kadar değişmekle birlikte, genel olarak kabuğun orta kesimlerindeki derinliklerde daha boldur. Kıtasal kabuğun orta derinlikteki kesimlerinin, yizeylendiği ve eski orojenik dönemlere ait kayaçları içeren bölgelerde yapılan çalışmalarda granitoyidlerin yayılımlarının çok değişik olduğu gözlenmektedir. Örneğin, Batı Avrupa'daki Hersiniyen kuşakta bol miktarda granitoyid bulunurken (Fransız Masif Santrallerinin % 50'inden fazlasının granit olduğu bilinmektedir), Kaledoniyen ve Alpin kuşaklarda ise bağıl olarak daha azdır. Hatta bu ilişkiyi göz önüne alarak, granitik kayaçların sadece anateksi süreci ile oluşabileceğini ileri süren bazı araştırmacılar, çeşitli orojenik bölgelerdeki granitoyidlerin bolluğuna dayanarak bu bölgelerdeki metamorfizmaya yaklaşımda bulunmaya çalışmışlardır (Hal, 1973; Didier ve Barbarin, 1991a'dan). Oysa günümüzde granitoyidlerin jenezi ko-

nusunda yapılan çalışmalarında, granitoyidlerin oluşumunda metamorfizmanın rolünün, ikincil önemde olduğu, daha etkin rol oynayan faktörlerin ise jeodinamik ortam. (Pitcher, 1993; Lameyre, 1988; Barbarin, 1990) ile kabuğun özelliklerinin (Chappel ve White, 1974; White ve Chappel, 1977; Vilzeuf ve diğ., 1990) olduğu belirtilmektedir (Didier ve Barbarin, 1991a).. Örneğin, Kuzey ve Güney Amerika Kordiyer kuşaklarında okyanusal kabuğun, sürekli dalması ile çok geniş alanlarda yayılır, gösteren granitik magmatizma oluşmaktadır. Kabuğun özelliklerine bağlı olarak gelişen granitoyid oluşumuna gelince, Hersiniyen çarpışma kuşağında çok büyük bacımlarda birikmiş olan yaş-pelitik sedimentler, granitik eriyiklerin türemesine uygun bir ortam oluştururken; Alpin ve Kaledoniyen kuşaklarda önceden mevcut olan kırıntılı-kristalin temel kayaçları ise (Alpin kuşakta Hersiniyen temel, Kaledoniyen kuşakta Prekambriyen temel) yeteri kadar fazla, granitik eriyiğin üretilmesi için uygun ortamları oluşturamışlardır (Didier ve Barbarin, 1991a).

Görüldüğü gibi, dar anlamda granitoyidlerin jenezini, geniş anlamda da kabuğun petrolojik ve yapısal evrimini anlamaya yönelik çalışmalar, mikroskopik düzeydeki gözlemlerin yanısıra, birkaç 10 ppm miktarındaki eser element içeriğinden kıtasal ölçeklerdeki bölgesel jeolojik yorumlara kadar değişmektedir. Bu çalışmalar içerisinde güncel literatürde önemli bir yeri olan ve eşyaş mafik ve felsik magmaların homojen karışımı anlamındaki magma mixing kavramı ile bu magmaların heterojen karışımı anlamına, gelen magma mingling kavramı son derece önemli bir yer tutmak-

## GranitoyM

tadır. Bunlardan magma mixing, olayı., kayaç oluşturu-  
cu mineraller arasında gelişen bazı özel dokular ile ka-  
rakterize edilmekte ve mikroskopüç çalışmalar- ile ta-  
aimlanabilmekte iken; magma mingling olayı ise feisik  
gaoitoyidler içerisinde hapsedilmiş ve boyutları genel  
olarak birkaç cm'den - dm'ye ve- hatta ender olarak met-  
reye kadar değişebilen mikrogranüler dokulu mafik  
magmatik enklavlar (MME) ile karakterize edilmekte ve  
yegane şekilde arazide başlayan gözlemlerin labocatu-  
varda mineralojik-petrografik ve jeokimyasal inceleme-  
si şeklinde devam etmesi ile tanımlanabilmektedir.

Magma mixing-minling konusunda oldukça güncel  
bir çalışma olan Didier ve Barbarin (1991a) ya dayan-  
dırılan bu derleme çalışmasında konunun ana hatları-  
nın verilmesinin yanısıra, ülkemizdeki granitoyid plü-  
tonlanndan bazılarında yazarlar tarafından gözlenen  
magma mMng/minling örneklerinden de kısaca, bahse-  
dilmesi amaçlanmıştır.

### 2. TANIMLAR

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi, granitoyidlerin  
jenezini çözümlmek için yapılan çalışmalar mikrosko-  
pik ölçekteki dokusal özelliklerden başlayarak birkaç  
10 ppm düzeyindeki eser<sup>1</sup> element içeriğine, mostra dü-  
zeyindeki jeolojik gözlemlere ve nihayet kıtasal ölçek-  
lerdeki bölgesel jeolojik yorumlara kadar uzanan bir  
yelpaze içinde toplanmaktadır. Bu bakımdan, ölçek ola-  
rak çok küçükmiş gibi görünen ve magma mixing. olayı  
sonuca gelişen mikroskopik dokular ile boyutları ge-  
nelde birkaç cm'den - dm'ye kadar değişebilen ve  
magma, mingling, olayı sonucu, gelişen MME'lerin suna-  
bilecekleri jenetik bilgiler., bunların boyutları ile hiç de  
doğru, orantılı olmayacak biçimde önemi, olabilmekte-  
dir.

#### 2.1 MAGMA MIXING VE MAGMA MINGLING KAVRAMLARININ TANIMI

Eşyaşlı mafik ve feisik magmaların homojen karı-  
şımı anlamına, gelen magma, mixing; olayında., her iki  
magma da viskozite özellikleri, bakımından "Newtoni-  
an" davranış aşamasında iken (bkz. 3. Bolum) karı-  
şmaktadır. Böyle bir karışım, oldukça derinlerie., olası-  
lıkla ilksel magma oluşum ortamlarında  
gerçekleşmekte ve her iki magma, da kendi özelliklerini  
kaybederek ortaya yeni bir hibrid magma çıkmaktadır.  
Diğer bir deyişle., daha basite indirgenirse, siyah ve be-  
yaz boyaaların aynı kapta karışmaları sonucunda, ortaya  
gri renkli bir boyanın çıkması sonucu gibi düşünülebi-

lir. Eşyaşlı mafik ve feisik magmaların heterojen, karı-  
şımı, anlamına gelebilecek olan magma, mingling ola-  
yında ise., eşyaşlı magmalardan, mafik olanı viskozite  
bakımından "Visko-plastik" evrede, feisik olanı ise,  
"Newtonian." evrede iken karışmaktadır. Böyle bir  
karışım., magmaların diyapirik olarak yükselmeleri sı-  
rasında meydana gelebilmektedir. Bu durumda, zaten  
yarı katı-yarı sıvı durumunda olan mafik magma, tama-  
men sıvı durumunda olan, feisik magmanın içinde çabu-  
cak, katı hale geçerde, feisik ana kayaçlar içinde- yakla-  
şık olarak, yuvarlağımsı-elipsoyidal biçimli malik  
magma damlacıklanykabarıkkan şeklinde yorumlana-  
bilecek olan mikrogranüler dokulu MME'leri oluşturu-  
maktadır. Böyle bir karışım sırasında» mafik magma ile  
feisik magma arasında birtakım element/kristal göçü ol-  
makla, birlikte, özellikle malik magma damlacıkları/  
kabarıkıkları kendi fiziksel-kimyasal özelliklerini geniş  
ölçüde korumaktadır. Diğer bir deyişle., beyaz ve siyah  
renkli boyaaların bir kapta karıştınmalan sonucunda;  
siyah boyanın, beyaz boya içinde, kendi özelliklerini  
koruyarak siyah, renkli damlacıklatfkar^arcıklar şeklinde  
görülmesi olarak basite indirgenebilir.

#### 2.2., ENKLAVLARIN TANIMI

##### 2.2.1. Tarihçe

Jeoloji literaturünde enldav teriminin ilk kez, Hutton  
(1795) tarafından tskoçya'daki granitlerde tanımlandığı  
ve bunların granitlerin kökeninin magmatik olabileceği,  
şeklindeki düşünceye kanıt olarak kullanıldıkları bilin-  
mektedir (Didier<sup>1</sup> ve- Baibarin, 1991b). Daha sonra Lac-  
roix. (1893., 1898., 1900a) tarafından çeşitli volkanik ve  
granitik kayaçlardaki. enklavlann çok ayrıntılı minera-  
lojik-petrografik fanımlamaian yapılmıştır. Aynı, dö-  
nemde., Phillips (1880), Sollas (1894) ve Hollaed (1900)  
tarafından da enklavlar üzerinde .araştırmalar yapıldığı  
gömmektedir. 20. yüzyılın ilk yansında, enklavlar üze-  
rinde gerçekleştirilmiş olan. çalışmaların önemli olan-  
ları ise Pabst (192,8) tarafından Siena Nevada batolitini-  
de (ABD); Thomas ve Campbell-Smith (1931)  
tarafından da Ptoumanacii masifinde (Fransa) gerçek-  
leştirilmiştir.

Sonraki dönemlerde, özellikle mikrogranüler dokulu  
mafik magmatik enklav (MME) tanımının- da yapıldığı  
en kapsamlı çalışmanın Didier (1964) tarafından yapıldığı  
görülmemtedir. Aynı anda., Blake ve diğ., (1965) ta-  
rafından da enklavlar konusunda önemi bir<sup>1</sup> çalışma  
gerçekleştirilmiştir.



## Granüoid

Didier ve Barbarin (1991a) tarafından editörlüğü yürütülen "Enclaves and Granite Petrology" kitabından önceki en etkin eseri, ise yine Didier (1973) tarafından yayınlanan "Granites and Their Enclaves: The Bearing of Enclaves, on the Origin of Granites" isimli kitap olduğu bilinmektedir.

### 2.2.2., Enklavların Sınıflandırılması

İlk kez Fransız araştırmacı Lacroix (1890) tarafından tanımlanan "enkav" terimi, homojen magmatik kayalardaki içerilen değişik kayaç parçalarını tanımlamak için kullanılmıştır. Boyutları, ne olursa olsun (birkaç mikrondan - birkaç yüz, metreye kadar), enklavlar, içerildiği ana kayaç tarafından tamamen çevrelenmiş durumdadır. Enklavların büyük bir çoğunluğu, çeşitli minerallerden meydana gelmiş olmakla birlikte, bazı enklavlar tek tip kristallerden de oluşabilmektedir. Özellikle tek tip minerallerden meydana gelme durumunda bunların enklav olarak isimlendirilmesi güçleşmektedir. Önceleri, yapılmış, bazı çalışmalarda, enklavlar, taşıyıcı kayadan daha yaşlı olarak değerlendirilmekle birlikte, bazı güncel çalışmalar, durumun daima böyle olmadığını göstermiştir. Örneğin, bazı enklavların magma karışması ile (magma mingling) oluştuğunu; yani taşıyıcı granitoidlerle eşyaş (coeval) olduğunu, göstermiştir.

Lacroix (1390)'dan beri Fransızca literatürde enklav ve inklüzyon terimleri tamamen farklı anlamlarda kullanılmıştır. "Enklav" terimi, herhangi bir kayaç içerisinde gözlenen kayaç parçalarını tanımlarken; "İnküzyon" terimi ise, tek bir kristal içerisinde içerilen mineral tanesi, sıvı veya gaz oluşuğunu tanımlamak için kullanılmıştır. Oysa İngilizcede böyle bir farklılık bulunmamaktadır. Diğer bir deyişle, inklüzyon terimi her iki durumda da kullanılmaktadır. Bununla birlikte, İngilizce literatürün hemen hemen tamamına yakınında enklav terimi kullanılmaktadır.

İnküzyon terimi dışında, çeşitli enklav tiplerini tanımlamak için daha değişik, terimler kullanılmıştır. Örneğin Lacroix tarafından kullanılan enklav ve inklüzyon terimlerinin dışında "enallojen enklavlar", "homojen enklavlar", "polijen enklavlar" ve "pnömatojen enklavlar" tanımlanmıştır. Lacroix (1890, 1393, 1901, 1904) tarafından ileri sürülen terminoloji çok kompleks görüldüğü için, pek çok jeolog tarafından, kullanılmamıştır.

İngiliz ve Amerikalı jeologlar, madenciler tarafından tanımlanan birçok terimi kullanmışlardır. Bu terim-

ler kuşatma (enclosure), düğüm (knot), siyah nokta (black spot), salkım/demet, (bunch) ve mineral yuvalanması (nest of minerals) gibi enklav tanımlamalarıdır. Buna karşın inklüzyon sık sık kalıntı yerine kullanılmıştır. Bazı yazarlar, "eşkökenli inklüzyonlar (cognate inclusions)" veya "endojen inklüzyonlar" olarak da tanımlanabilen enklavları, Lacroix tarafından "homojen enklavlar" ve enallojen enklavlar olarak tanımlanmış olan enklavlardan ayrı olarak, değerlendirmişlerdir.

Diğer terimler açık bir şekilde genetik bir ilişki gösterirler. "Otolit" (Holland, 1900), etrafındaki kayalar ile benzer bir enklav iken, "ksenolit" (Sollas, 1894) bilinen çevre kayaların bir enklavı olarak tanımlanmaktadır. Otolit ve ksenolit, sırasıyla, Lacroix'ın "homojen enklavlar" ve "enallojen enklavlar" ile eşdeğer olarak kabul edilmektedir. "Ksenokristal" (Sollas, 1894) yalnız bir kristalden oluşan ksenolit olarak sınırlanmaktadır. Ksenokristal magmatik kayalar içeriğinde ayrılmış kristallerden oluşan ortama yabancı malzemedir. "Skialitli" (Goodspeed, 1947) kısmen, grayzenleşmiş ksenolitlerin kalıntıları olarak tanımlanmaktadır. Bu terim bir magmada gömülü, halde yabancı kayaç parçaları olarak, bulunan ksenolitlerden ayrılan artıklardan oluşmaktadır. Skialitli, Lacroix'ın "polijenik enklavlar"ının eşdeğeridir.

Alman yazarlar Mstallerdeki inklüzyonların ve kayalardaki enklavların her ikisini de "Einschlüsse\*" olarak, isimlendirmişlerdir. Bunlar eksojen enklavlardan, endojen enklavları ayırmışlardır. Derecelenmiş kenarlara, uzanmış minerallere sahip enklavları da "şiliren" olarak isimlendirmişlerdir.

### .2.23. Didier ve Barbarin (1991b) Tarafından Önerilen. Güncel Enklav Tanımı

Enklavlar konusunda, şimdiye kadar anlatılan tüm tanımlama ve kavranılan dikkate alan Didier<sup>1</sup> ve Barbarin (1991b), Çizelge 1 de görülen güncel tanımlamayı önermişlerdir. Birçok eski terim açık bir şekilde tanımlanamadığı için, enklavlar daha genel bir takım olarak kullanılmaktadır. Çünkü, kökensel hipotezler genel olarak hayalidir. Enklav ve inklüzyon terimleri kayalarda enklavlar ve kristallerde inklüzyonlar olarak Lacroix (1890) tarafından tanımlandığı gibi kullanılmaktadır.

Ksenolit ve ksenokristal terimleri (Sollas» 1894), sırasıyla yabancı kayaç parçaları veya magma içinde izole edilmiş yabancı kristaller olarak tanımlanmaktadır. Birçok durumda ksenolitler kolayca tanımlanır. Kseno-

## Granüoid

**Çizelge 1. Didier ve Barbarin (1991b) tarafından önerilen güncel enklav tanımı.**

Terim	Bulunuş Şekli	Sınır İlişkisi	Biçim	Karakteristik Özellikler
SK&ero»	Yan Kayaç Parçaları (Hornfels)	Keskin	Köşeli	Kontakt! Meta morform a! Dokusu ve Mineralleri
K&enü-Srötal	İzole Edimi? Yabancı Kristaller	Keskin	Küresel	Korozyon Reaksiyon Kuşağı
Witeamsi EnMav	Erime Kalıntısı (Re>tit)	Keskin (ÜreliMe Biyotit Ka' b'ı* ile KesHleşmiş)	Merreksi	Metanöük Doku, Mikalar ve ATca Zengin Mineraller
Şiliren	Düzensizleştirilmiş Enklav	Dereceli	Eipsoyicla!	Düzensel Yapılar
Feblk Mikrog-üüler Enklav (FME)	Düzensizleştirilmiş İnce Taneli Kenar	Keskin veya Dereceli	Yuvarlağımsı -Elipsoidal	İnceTaneli Magmatik Ooiu
Malik Miferogranüler Enklav (MME)	Efyaşu Mafik Magma Damlacığı	çoğunluğa İkeskin	Yuvarlağımsı -Elipsoidal	İnceTaneli Magmatok Doku
Kümülsrt Enklav (Otoirt)	Düzensizleştirilmiş Kütlü	Çoğunlukla Dereceli	Yuvarlağımsı! -Elipsoidal	İri Taneli Kümülat Dokusu

Etler, granitoidler ile köşeli, ve keskin kontaklar gösterirler ve dokuları kuvvetli kontakt metamorfizma nedeniyle rekristalizasyonu yansıtır.. Gabro türü yan kayaçlardan magma odasına, düşen bir gabro ksenolit, eşyaşlı mafik ve felsik magmalann karışımı (magma mingling) sonucu oluşan ve gabro bileşimine sahip olan mikrogranüler dokoiu. mafik magmatik enklavdan kolayca ayırt, edilebilir. Çünkü, ksenolitler Goldschmidt (1911) ve Barker (1939) tarafından ayrıntılı olarak, tanımlanmış olan kontakt, metamorfik kayaçlara eşdeğer dokusai. özellik ve mineralojik bileşim gösterirler.. Diğer taraftan, ksenolitler, çoğunlukla intrüzyonların kenarlarında ve özellikle çatı kısımlarına yakın yerlerde bol miktarda bulunurlar. Ksenolitler gibi ksenokristaller de tamamen, veya kısmen rekristalizasyona uğramış olarak görülebilirler, Bunlar magma tarafından kemirilmiş olduklarından dolayı hiçbir zaman, özşekli olarak gizlenemezler. Tamamen asimile olmadıklarında leaksiyonel hale ile çevrelenmiş olarak görülebilirler.

Mikamsı (surmicaceous) enklav terimi. (Lacroix» 1933b), birçok, intrüzyonda ve özellikle de yaygın olarak migmatitler ile birlik oluşturan anateksitik granitlerde oluşan- bir enklav tipi. olarak, tanımlanır.. Mikamsı enklavlar genellikle küçük, boyutlarda (birkaç cm uzunluğunda) ve mercekli biçimlere sahip olarak görülürler. Bunlar' genellikle- biyotitten oluşur ve çoğunlukla, muskovit ve AFca zengin, diğer bazı mineralleri (sillimanit, aodaluzit», kordiyerit, korund, spinel, granat) içerirler.

Mikamsı enklavlarda biyotitik bir kabuk olduğu için arazide ana granitoidlerden kolayca ayrılabilirler. Refrakter müerallerce zengin olmalarından dolayı mikamsı enklavlar,, Mehnert (1968) tarafından tanımlanan "restit" ve Montel ve diğ. (1991) tarafından tanımlanan "erime kalıntısı" malzemelerin, eşdeğerleri olarak değerlendirilebilirler (Didier ve Barbarin, 1991b).

Tamamen morfolojik, bir terim, olan şüiren, kısmen derecelenmiş kenarlara sahip olup, mercek veya uzamış enklavlar' şeklinde tanımlanabilir. Şüiren, enklavların ve kümülatların (Didier,, 1973) magma, odalarındaki konveksiyon nedeniyle bozunmalan sonucu oluşmaktadır. Silken, sıg yerleşimli granitik intrüzyonlardan ziyade; daha çok,, derin, yerleşimli ve raigmatitik kompleksler ile birlik oluşturan anateksitik granitlerde görülür. Şilirene benzer şekilde görülen biyotit ve diğer mafik: mineral zenginleşmeleri, kümülasyon süreçleri sonucu, meydana gelebilmektedir. Bunlar' genellikle "tabakalanma" olarak isimlendirilmektedir.

Ksenolitler, şiliren ve mikamsı enklavlar, anateksitik granitler hariç, diğer intrüzyonlarda ender olarak görülürler. Granitoidlerdeki enklavların birçoğu taşıyıcı ana magmatik kayaçlardan ince taneli (yaklaşık İmm) olmaları ile ayrılırlar ve "mikrogranüler enklavlar" olarak tanımlanırlar (Didier ve Roques, 1959). Mikrogranüler enklavların boyutları değişiktir. Birkaç cm'den birkaç dm'ye kadar olmakla birlikte bazıları 1 m veya daha büyük de olabilirler» Ana granitoidler ile mikrogranüler enklavların kontakları genellikle keskindir.. Taşıyıcı ana granitoidler ile aynı anda kristalleşen bazı enklavlar biyotitçe- zengin, bir kenar zonu da içermemelerinden dolayı ana granitoidlerden kolayca ayırt, edilemezler., Bazı mineraller ve özellikle iri K-feldispat kristalleri enklavlar' ile ana kayaç arasındaki kontakt boyunca gelişebilirler., Bu tür megakristallerin, önceleri, granitoidlerdeki enklavlarda meydana gelen metasomatizma ile oluştuğu ileri sürülmüştür. Güncel çalışmalar ise,, bu tür megakristallerin oluşumunda eşyaşlı (coeval) mafik ve felsik iki magmanın karışması (magma mingling) esnasında magmalar arasında meydana gelebilecek kristal transferinin etkili olduğunu ileri sürmektedir (Barbarin, 1991; Bussy, 1991),

Mikrogranüler enklavlar daha çok elipsoidal biçimlidir. Bunlar arazide yuvarlağımsı veya oval görünürler. Bu biçimsel özellik bunların ilksel fiziksel özelliklerinden, ve magmatik hareketlenme kabiliyetlerinden kaynaklanır. Magma mingling olayının meydana geldiği

## Granüoyid

yerlerin yakınlarında oluşan enklavların büyük bir bölümü düzensiz biçimli, loblu (yuvarlak kısımları olan) ve ince taneli kenarlara sahip olarak gözlenirken; oldukça, uzaklara göç etmiş enklavlarda ise bu özel karakteristikler gözlenmez. Enklavlann bu. elipsoyidal biçimlerinin, granitik magmanın yerleşmesi sırasında, enklavlarda meydana gelebilecek hareketlenmeye bağlı deformasyon ve erozyondan kaynaklanabileceği ileri sürülmektedir (Didier, 1987).

Mikrogranüler dokulu enklavlar,, taşıyıcı ana kayaç- lan ile karşılaştırıldığında, ana kayaçtan daha mafik veya daha felsik bir<sup>1</sup> bileşim sunarlar. Enklavlann bu iki tipinin, .kaynaklan kolayca ayrılabilir. Malik, mikrogranüler enklavlar (MME), mafik ve felsik magmalar .arasındaki, mingling olayının ürünleridir. Nadir olarak, görülen felsik. mikrogranüler enklavlar (**FME**) ise. granitik magmaların yükselişi sırasında erken, soğumuş olan kenar' zonlannın parçalanması ile meydana gelirler. MME'ler granitik intrüzyonlann büyük, bir kısmında gözlenirken; FMEler ise, daha çok, sığ yerleşimli intrüzyonlann üst kesimlerinde gözlenmektedir;. Diğer taraftan. belirtil.mesin.de' yarar<sup>1</sup> görülen bir<sup>1</sup> diğer<sup>1</sup> nokta da; MME ve FME'lerini sadece granitoyidlerde değil de; aynı zamanda, siyenit, ve nefelin siyenitlerde de bulunabilirliği (Didier ve Barbarin, 1991b).

Mikrogranüler enklav {Didier, 1973} veya. mikrogranitoyid enklavı (Vemon, 1983, 1984) olarak tanımlanan eoklavlar<sup>1</sup> tipik olarak rn.ikrog.ran.iler<sup>1</sup> dokuya sahiptirler ve granitoyid bileşimindedirler. Diğer taraftan, Barbarin (1988) bu enklavlann daima mikrogranüler dokulu olmadığını, zaman zaman 2-3 mm. boyutunda mineraleri, de içerebildiğini, yani porfirik dokulu da olabildiklerini ileri sürerek mikrogranüler enklav veya. mikrogranitoyid enklavı yerine mafik magmatik enklav (MME) teriminin kullanılmasını önermiştir. Didier ve Barbarin (1991b) tarafından belirtildiğine göre bu. terim, de doğrudur, ancak bu enklavlar daima, taşıyıcı ana kayaç olan. graeitoyidlerden daha ince- tanelidirler. Bu ince taneli olma. özelliği daha soğuk olan. felsik magmalar içerisine karışmış olan mafik magmaların hızlı soğumasından. kaynaklanm.akta.dır. Ayrıca, mafik magmatik enklav (MME) terimi kümülat kayaçlann enklavlann için de kullanılmaktadır. **İ**Bu tip eoklavlar nadir<sup>1</sup> olarak gözlenmektedirler- ve bu. nedenle- bunlar- -üzerindeki, çalışmalar azdır (Frost, ve Mahood, 1987; Dorais ve dig.,, 1990; Barbarin, 1.991).

Kümülat enklavlar daha çok maliktir ve granitoyid

bileşimi! ana kayaçlarda erken, kıstalknraış minerallerce- zenginleşmişlerdir. Bunlar, ana kaynak, kayaçlar ile aynı tane boyuna sahip olmaları ve kümülat dokusu göstermeleri nedeniyle: mafik mikrogranüler enklavlardan ayrılırlar.

Mafik mikrogranüler enklavlar granitoyid. plütonlar- rında genel olarak dağılmış bir- durumda bulunsalar da bazen lokal, olarak enklav karmaşıkları (swarm.) halinde de bulunabilirler.. Enklav karmaşıktann kaynakları değişik olabilmektedir. Örneğin, değişik mekanizmaların birlikte etkin, olmasıyla meydana gelen ve ksenolit+mikamsı eoklav+MME gibi değişik tip enklavları içeren -ve bu nedenle "polijenik karmaşıklar" olarak tanımlanan enklav karmaşıklarının yamsıra daha çok. magma mingling; olaylarının geliştiği ortamların yakınında görülen (Barbarin, 1991) "monojenik karmaşıklar<sup>1</sup> da tanımlanmıştır (Didier ve Barbarin, 1991b),,

Mikrogranüler» mikrogranitoyid veya. magmatik. enklav gibi her<sup>1</sup> üç terim de güncel olarak; kullanılmakta ve bunların tümü için MME kısaltmasının kullanılması önerilmektedir<sup>1</sup> (Didier ve Barbarin, 1991b), Böylece, MME kısaltması hem Mafik Mikrogranüler Enklav, hem Mafik Mikrogranitoyid Enklavı ve hem de Mafik Magmatik Enklav 'terimlerinin kısaltması olarak kullanılmış olabilecektir (Didier ve Barbarin, 1991b),. Ancak, bu derlemelerin yazarları, Türkçe kullanımda MME- terimi. Mafik Magmatik Enklav sözcüklerinin .kısaltması, olarak, önermekle -ve mikrogranüler dokulu MME veya porfirik dokulu MME terimlerinin kullanılmasını önermektedirler (bkz. Bölüm 4).

### 3. EŞYAŞLI (COEVAL) MAFİK VE FELSİK MAGMALARIN BAĞIL REOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE ETKİLEŞİM SÜREÇLERİ

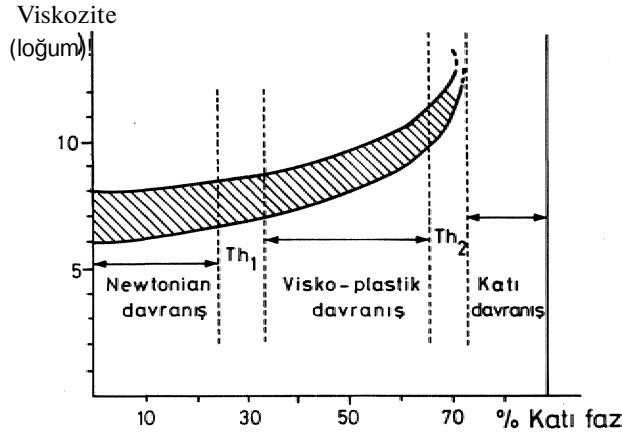
Eşyaşlı mafik ve felsik magmaların homojen karışımı (magma mixing) ve heterojen karışımı (magma mingling) süreçlerindeki en etkili .faktör, magmaların bağıl bileşimleri ve sıcaklıkları arasındaki, farklılıkların doğal sonucu olan bağıl viskozite farklılığıdır« Bu bakımdan, magmaların bağıl reolojik özelliklerinin incelenmesinde yarar<sup>1</sup> görülmektedir.

#### 3.1. Magmalarda. Viskozite-Katı Faz ilişkisi

Herhangi bir magmanın viskozitesi ile içerisindeki katı. faz maddenin incelendiğinde (Şekil. 1), magmanın üç ayrı davranışa ve bu. üç davranış biçimi arasında da iki ayn eşik değerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer

bir deyişle, her bir eşik değeri, magmanın değişik davranış biçimlerini birbirlerinden ayırt etmektedir.

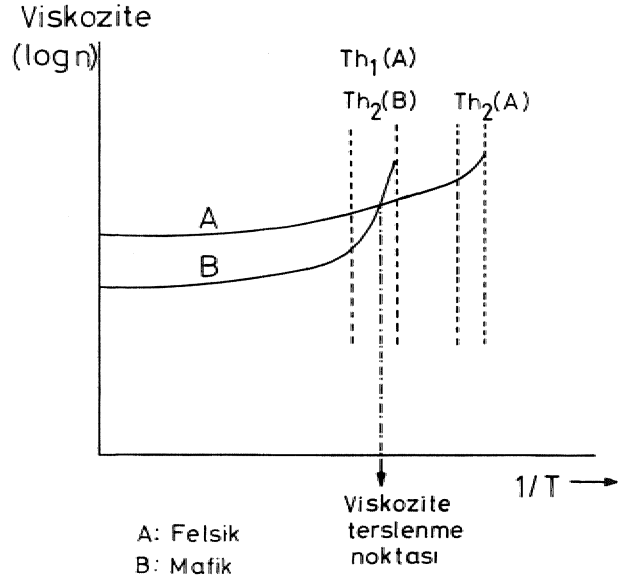
Şekil 1'den de görüleceği gibi, herhangi bir magma, içindeki, katı faz, % 30'a gelinceye kadar "Newtonian" davranış sergilemektedir. Katı faz % 30'a ulaştığında I eşik değerine ulaşmış, olmaktadır ki, katı faz, % 70'e ulaşınca kadar' söz konusu magma "Visko-Plastik" davranış göstermektedir. Magma içindeki kaü fazın % 70'e ulaşması durumunda ise, II. eşik değere ulaşmış olunmaktadır ki,, bu eşik değerden itibaren söz konusu, magma artık "Plastik" bir davranış sergilemeye başlayacaktır (Fernandez ve Barbarin, 1991),



Şekil 1. Magma sisteminde viskozite-katı faz yüzdesine bağlı davranış biçimleri.  $Th_1$ , I. eşik değeri;  $Th_2$ , II. eşik değeri (Fernandez ve Barbarin, 1991)

### 3.2. Eşyaşlı (Coeval) Mafik ve Felsik Magmalarda Viskozite Terslenmesi Kayramı

Eşyaşlı mafik ve felsik iki magma sistemi ele alındığında, bunlardan; felsik olanı Newtonian, davranış aşamasında iken» diğer bir deyişle içindeki katı faz % 30'dan az iken, yani henüz I. eşik değere ulaşamamışken; bu felsik magmanın içine visko-plastik davranış aşamasındaki bir mafik magma - diğer bir deyişle içindeki katı faz içeriği % 30-70 arasında olan yani I. eşik değerini geçmiş olan bir mafik magma - katıştırdığında, mafik magma daha çabuk soğuyarak hemen II. eşik değerine ulaşacak ve plastik, davranış göstermeye başlayacaktır. Mafik magmanın I. eşik değere ulaştığı bu noktada, felsik magma ancak I. eşik değere ulaşmış olacaktır M, işte bu noktaya "viskozite terslenme noktası" denilmektedir (Şekil 2). Viskozite terslenme noktası denilmesinin nedeni ise, bu noktadan itibaren, mafik magmanın plastik davranış aşamasına, geçtiğinden felsik magmaya göre daha yüksek değerlerde viskozite göstermesidir.



Şekil 2. Eşyaşlı mafik ve felsik magma karışımında viskozite terslenme noktasını gösteren diyagram- (Fernandez ve Barbarin, 1991).  $Th_1$  (A), felsik magmanın I. eşik değeri;  $Th_2$  (B), mafik magmanın I. eşik değeri;  $Th_2$  (A), felsik magmanın II. eşik değeri

### 3.3\* Eşyaşlı Malik ve FeEsic Magmaların. Etkileşim Süreçleri

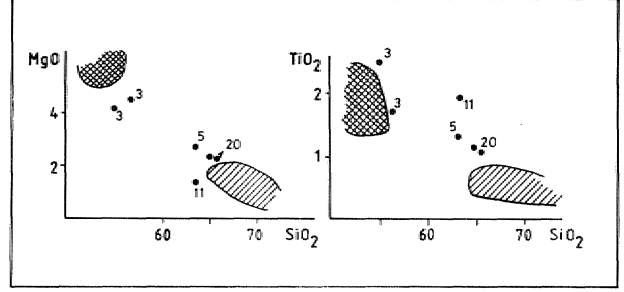
Yukarıda anlatılanlardan kolayca anlaşılacağı gibi, eşyaşlı mafik ve felsik magmaların her ikisi de Newtonian davranış aşamasında iken karışmışlarsa, homojen bir karışma şeklinde, tanımlanabilecek magma mixing olayı gerçekleşmektedir. Fernandez ve Barbarin (1991) tarafından belirtildiğine göre, bu tür bir karışım ancak, yer kabuğunun derinliklerinde, olasılıkla ilksel magma oluşum ortamlarında meydana gelebilmektedir. Söz konusu eşyaşlı mafik ve felsik magmalar arasındaki karışma, kabuğun kısmen daha üst kesimlerinde, yani mafik magmaların diyaftik olarak yükselmeye başladığı ortamlarda gelişmişse, diğer bir deyişle felsik magma yine Newtonian, evrede, mafik magma ise visko-plastik evrede iken karışım meydana gelmişse,, heterojen karışım anlamına, gelebilecek olan magma mingling olayı meydana gelmektedir... Bu karışım sırasında, felsik magmanın yükselme hızı 10 cm/yıl'dan (Fernandez ve Barbarin, 1991) - 145 cm/yıl'a (Mahon ve diğ., 1988) kadar değişen bir hızla sahipken, felsik magmaya karışmış visko-plastik davranışta ve çapı yaklaşık 10 cm olan mafik bir magma damlacığının gömülme hızı ise 2000-3000 yıl/cm arasında değişen hızlarda gerçekleşmektedir (Fernandez ve Barbarin, 1991). Bunun nedeni

ise, viskozite terslenmesinden dolayı daha. 'viskoz özel-lik kazanan magma, damlacığının, viskozitesi daha düşük, olan felsik magma, içinde kolayca gömülebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Böylece, mafik magma damlacığı çabok bir şekilde katılarak» felsik kayalar içinde korunmuş ve mikrogranüler dokulu MMElerin oluşumunu sağlamış olmaktadır.

Magma mingling olayı sırasında,, felsik magma ile mafik magma damlacığı arasındaki bileşimsel farklılık fazla değilse (örneğin tonalitik hileşimli felsik magma içinde diyorit bileşimi! mafik magma damlacığının bulunması durumunda), mikrogranüler dokulu MMElerin ilksel küresel şekilleri fazlaca, deforme olmamaktadır. Ancak, felsik magma ile mafik magma damlacığı arasındaki bileşimsel farklılık büyük ise,, mikrogranüler dokulu MMElerin ilksel küresel şekilleri deforme olmakta ve daha çok elipsoidal biçimler almaktadır. Ancak, vurgulanmasında yarar görülen hususlar, her iki durumda da,, MMEler ile taşıyıcı felsik kayalar arasında keskin bir sınırın olduğu, MMElerde herhangi bir kontak! metamorfizma etkisinin gelişmediği ve MME'lerin kesinlikle magmatik katılmanın göstergesi olan mikrogranüler doku göstermeleridir (Fernandez ve Barbarie,, 1991)

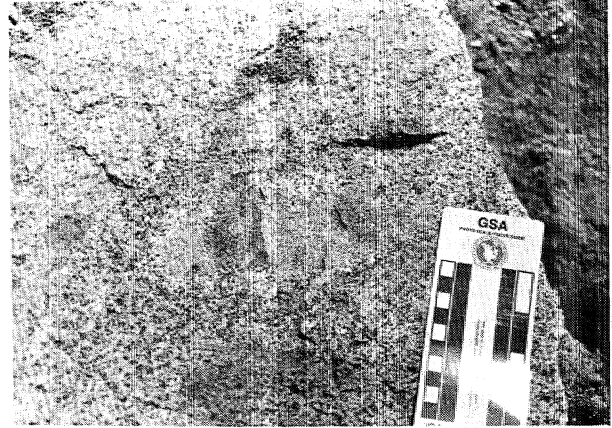
Mikrogranüler dokulu MMElerin gelişimi sırasında, haliyle mafik ve felsik magma sistemleri arasında çeşitli kimyasal madde alış-verişi de gerçekleşmektedir. Örneğin, çapı dala büyük olan mafik magma damlacıkları, küçük, olanlara göre,, felsik magma ile daha UZÖÖ süre ve daha fazla yüzeyler boyunca temas halinde olacağından, felsik magmadan çeşitli elementleri bünyesine- alabilecektir,, Örneğin, Fernandez ve Barbarin (1991) tarafından Velay lökograniiti içinde görülen Peyron diyoriti ile, Peyron diyoritinin mafik magma damlacıklarını karakterize eden. mikrogranüler dokulu MMElerin  $SiO_2$  içeriğine karşı  $MgO$  ve  $TiO_2$  değerleri incelenmiştir... Şekil 3'te görüldüğü gibi, MME'lerin çapları küçüldüğünde, bileşim, Peyron diyoritine yaklaşıyor; çapları büyüdüğünde bileşim,, Velay lökograniitine doğru yaklaşmaktadır.

Magma mingling sırasında felsik ve mafik magmalar arasında elementer göçün bir başka, şekli ise, MMElerin çevresinde gelişen ve felsik hale olarak isimlendirilen kesimlerin meydana gelişidir (Şekil 4). Bussy (1991) tarafından, belirtildiğine göre,, mafik magma damlacığındaki silisin dışarıya doğru göçü ile MME'nin çevresinde kuvars ve feldispatça zengin, bir



Şekil 3. Velay lökograniiti (tek çizgiyle taralı) içerisindeki Peyron diyoriti (çapraz taralı) ve mikrogranüler dokulu MME (içi dolu noktalar) örneklerinin %  $SiO_2$  içeriklerine karşılık %  $MgO$  ve  $TiO_2$  içeriklerinin değişim diyagramları, MME örneklerinin üzerindeki rakamlar cm çinsinden çapları gösterir (Fernandez ve Barbarin, 1991)

felsik hale meydana gelebilmektedir. Doğu Karadeniz bölgesindeki Kaçkar hatolitinin biyotit-granitoid fasiyesindeki kayalar içerisinde, ÇantlıJemşin (Rize)-Ayder Yaylası arasında felsik haleye sahip olan mikrogranüler dokulu bir MME, örneği gözlenmiştir (Şekil 4).

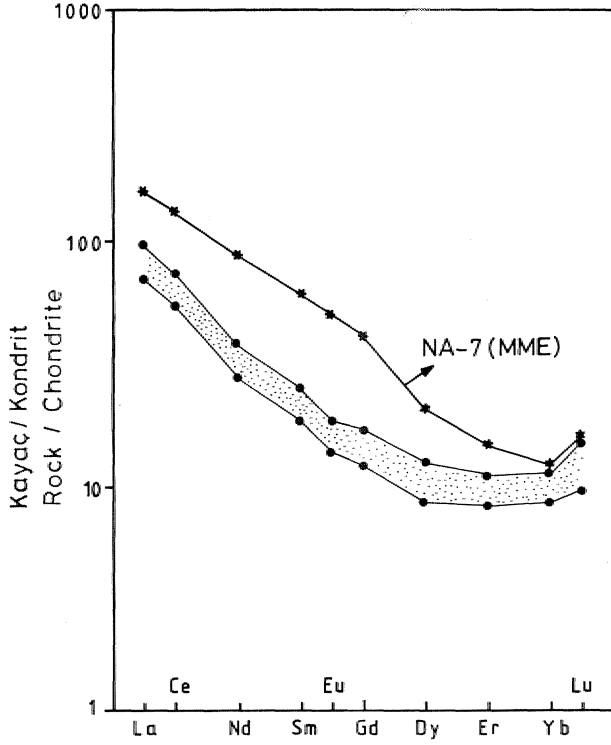


Şekil 4. Kaçkar batolitinde biyotit-granitoidler içerisindeki mikrogranüler dokulu bir MME'nin çevresinde gelişmiş felsik hale (Fotoğraf Ayder Yaylasının (Çamhemsin-Rize) yaklaşık 5 km kuzeyinde yol yarmasının doğu yamacından alınmıştır)\*

Bu sürecin sonucu olarak, MME'lerin kendilerinin en dış kesimlerinde silis bakımından fakirleşme nedeniyle daha koyu renkli bir kesim meydana gelebilmektedir. Diğer taraftan felsik ana kayalar ile MMEler arasındaki kimyasal element göçü sırasında,, MMElerin başlıca alkaliler, Ba, Ti, Zr, Y ve REE bakımından zenginleşebileceği de belirtilmektedir (Bussy, 1991).

MMElerin, taşıyıcı ana kayalara göre EEE bakımından zenginleşebilme özelliği» ülkemizde, Çaltı plü-

tonunda (Avcı ve Boztuğ, 1993) çarpıcı bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 5).

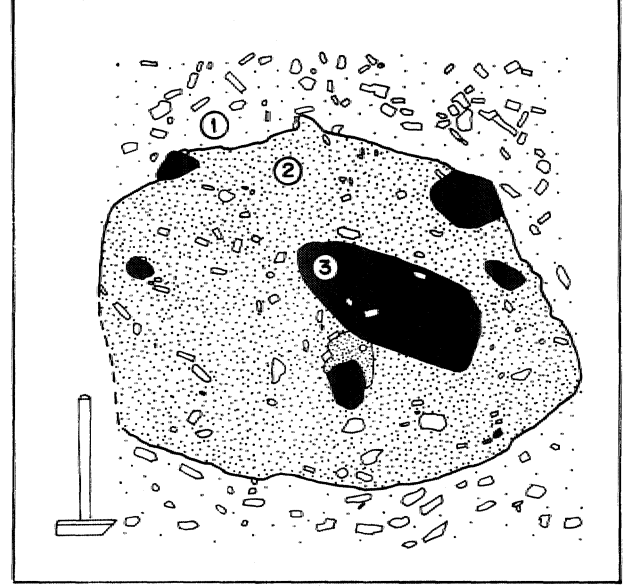


Şekil 5. Granodiyorit-lonatit bileşimli kayalardan oluşan Çattı platosu içerisinde bulunan kuvars-diyorit bileşimindeki mikrogneümler dokulu bir MME örneğinin (NA-7 no'lu örnek), taşıyıcı ana kayalara göre REE bakımından zenginleşmesi (Avcı ve Boztuğ, 1993'ten alınmıştır).

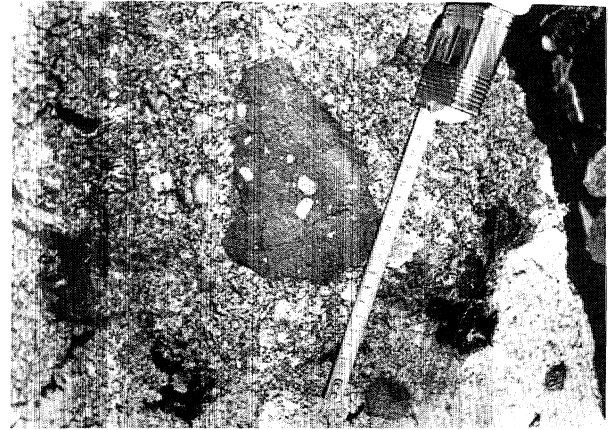
' Felsik ana. kayaç ile MME arasındaki diğer bir önemli malzeme alışverişi de, özellikle M K-feldispat megakristalleridir. Bu tür megakristalleri içeren ana felsik magmadaki. K-feldispat kristal çekirdekçikleri., aynı zamanda MMElerin içerisine nüfuz edebilmekte ve daha sonra felsik sistemden beslenen, uygun elementler ile MME içerisinde tıpkı felsik ana. kayaç takine benzer iri K-feldispat megakristalleri büyüebilmektedir (Şekil 6), Bu şekilde büyüyen K-feldispat megakristalleri, ilkinde, Kaçkar batolitin.de gözlenmektedir (Şekil 7).

#### 4.EŞYAŞU MAFİK VE FELSİK MAGMALARIN HETEROJEN KARIŞIMI (MAGMA MİNGLİNG)

Eşyaşlı mafik ve felsik magmaların heterojen, karışımı (magma, mingling) olayı, arazi çalışmaları sırasında mostra düzeyinde gözlenen, ve boyudan genel olarak cm-dm ve hatta, yer yer m düzeyinde gelişmiş olan. mikrogneümler dokulu mafik magmatik enklavların (MME) varlığı" ile karakterize edilmektedir (Şekil

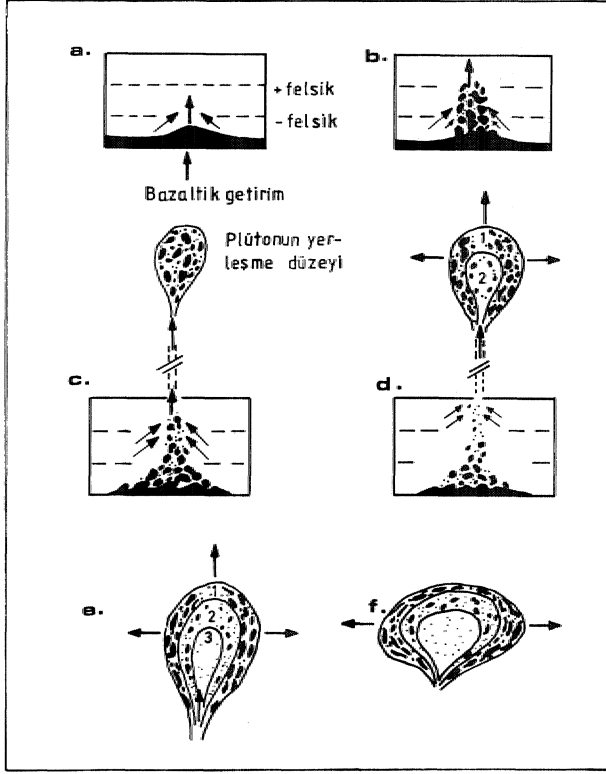


Şekil 6. K-feldispat megakristalleri içeren Shap graniti (1) (Cumbria, İngiltere) içinde görülen mikrogneümler dokulu ve kuvars-diyorit bileşimli bir MME (2) ile bunun içerisinde yer alan mikrodiorit bileşimli MME (3) içinde gelişen K-feldispat megakristalleri (Pitcher, 1993)



Şekil 7. Kaçkar batolitinde K-feldispat megakristalleri içeren granit oy idler içerisindeki mikrogneümler dokulu bir MME'de kristal çekirdekçığı ve elementer göç yoluyla gelişmiş K-feldispat megakristalleri (Fotoğraf Ayder-Kavrun Yaylaları, Çamhemşin-Rize, arasından alınmıştır)

8). Sierra Nevada batolitinde bulunan MMEler üzerinde yapılan ayrıntılı çalışmalarda (Barbaric, 1991), çeşitli MME' türleri tanımlanmıştır. Bazıları ülkemizdeki granitoyid plütonlarında da görülebilen bu MMElerin özellikleri şöyle özetlenebilir.



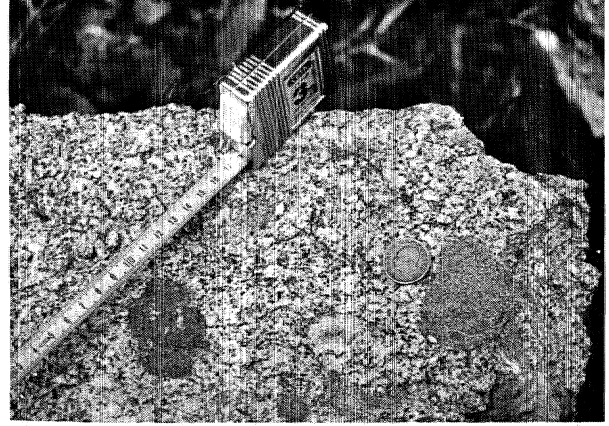
Şekil 9. Felsik granitoidler içerisinde magma mingling olayı sonucu gelişen mafik magmatik enklavların (MME) genel görünümü. Sağ taraftaki MME örneği mikrogranüler doku gösterirken, sol taraftaki ise iri K-feldispat megakristalleri içermesi nedeniyle porfirik doku göstermektedir (Kaçkar baidiinde Ayder-Kavrun Yaylaları., Çamlıhemşin-Rize, arasından alınmıştır).

Şekil S. Zorpi ve diğ. (1989) tarafından zonlanma gösteren plütonlar için önerilen (Pitcher, 1993'ten) magma mingling modeli.

a. Kendi içerisinde felsik bileşenlerce tüketilmiş ve zenginleşmiş olarak bileşimsel zonlanmaya uğramış bir asidik magmaya, bazaltik magma-geçirimi; b. Bazaltik getirim azalan bir şekilde devam ederken, asidik magma odasının taban kesimindeki malzemeye karışma (mingling) başlamaktadır; c. Asidik magma odasının taban kesiminden beslenen ilk magmatik yerleşim, aynı anda orta kesimden itibaren ikinci beslenme başlamıştır; d. Asidik magma odasının orta kesiminden beslenen ikinci magmatik yerleşim,, aynı anda üst kesimden üçüncü beslenme başlamıştır; e. Asidik magma odasının üst kesiminden beslenen üçüncü- magmatik yerleşim; /. Tüm magmatik yerleşimlerinin hep birlikte lateral gelişimlerine (ballooning) devam etmeleri.

#### 4.İL Mikrogranüler Dokulu Mafik Magmatik Enklavlar (MME)

Magma mingling olayı sonucu en fazla bulunan ve en karakteristik olan enklav tipi mikrogranüler dokulu mafik magmatik enklavlardır (MME).. Daha önce de belirtildiği gibi, felsik ana kayaç içerisine karışmış ancak bağış viskozite farklılığı nedeniyle daha hızlı bir şekilde soğumuş mafik magma damlacıkları/kabarcıkları olarak değerlendirilmektedir (Şekil 9). Herhangi bir kontakt metaniorfizma etkisi, göstermedikleri gibi, kesinlikle magmanın katılması sonucu gelişmiş mikrogranüler dokuya sahiptirler (Şekil 10).



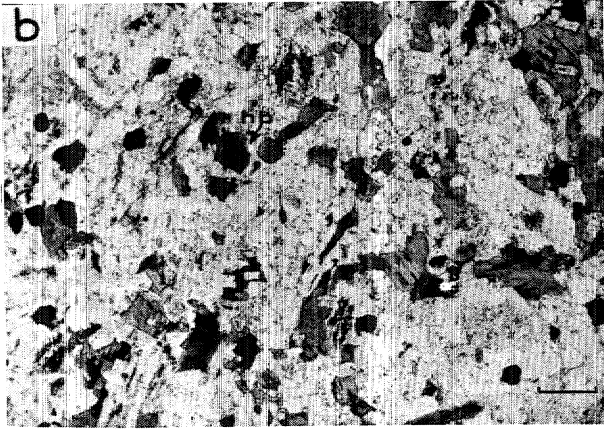
Şekil 9. Felsik granitoidler içerisinde magma mingling olayı sonucu gelişen mafik magmatik enklavların (MME) genel görünümü. Sağ taraftaki MME örneği mikrogranüler doku gösterirken, sol taraftaki ise iri K-feldispat megakristalleri içermesi nedeniyle porfirik doku göstermektedir (Kaçkar baidiinde Ayder-Kavrun Yaylaları., Çamlıhemşin-Rize, arasından alınmıştır).

#### 4.2.Porfirik Dokulu Mafik Magmatik Enklavlar (MME)

Oluşum şekli, tamamen mikrogranüler dokulu mafik magmatik enklavlar ile aynı olan bu tür MMElerin tek farkı, mikrogranüler doku yerine porfirik doku göstermeleridir,, Barbarin (1991) tarafından Sierra Nevada. Batoliti Mount Givens granodiyoritinde tanımlanan bu tür mafik magmatik enklavlar, aynı zamanda mikrogranüler dokulu MME'de içerdiğinden kompozit MME olarak da tanımlanabilmektedir (bkz.B;açbari.n,1991;ŞeMl 2).

#### 4.3. Kümülat Enklavlar

Barbarin (1991) tarafından Sierra Nevada batoliti Half Dome granodiyoriti ile Mount Givens granodiyoritinin Courtright Intrüzif Zonunda tanımlanan bu tür enklavlar tipik olarak kaba taneli diyorit veya gabro bileşimi gösterirler. Kabaca yuvarlağımsı ve elipsoidal biçimler gösteren bu enklavlar karakteristik olarak 1 cm 'ye kadar ulaşabilen tane boyuna sahip hornblend kristalleriyle belirginleşen magmatik doku göstermektedirler (bkz. Barbarin, 1991; Şekil 1 G,H). Araştırmacı tarafından belirtildiğine göre, bu enklavların taşıyıcı granodiyorit ile olan dokanaklan kısmen keskin olup, ince taneli kenar zonları gelişmemiştir. Daha önceki araştırmacılar tarafından bu enklavların aynı zamanda "gabroyük kapanmalar" (Frost ve Mahood, 1987) ve "gabroyük enklavlar" (Dorais, ve diğ., 1990) olarak isimlendirildikleri, de bilinmektedir.



Şekil 10. Diorit bileşiminde mikrogranüler dokulu bir MME örneğinin a. çift nikelde, b. tek nikelde genel görünümü. Aynı MME örneğinin, granodiyorit bileşimli taşıyıcı ana kayalık ile olan dokanağı ise c' de sol alt köşede görülmektedir. hb, hornblend; kf, K-feldispat (çizgisel ölçek 0.25 mm).

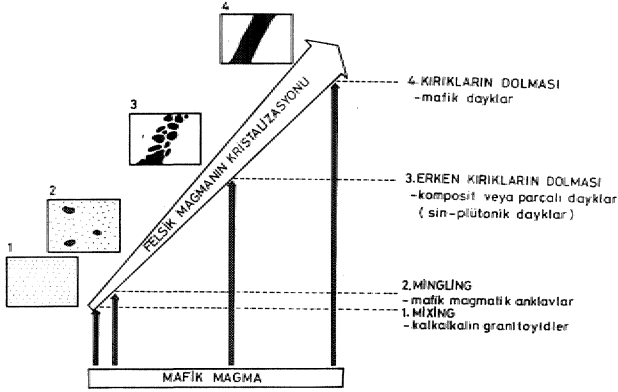
Barbarin (1991), Sierra Nevada batolitinde gözlediği bu tür kümülat enklavların oluşumunu şu şekilde açıklamaktadır Muhtemelen, üst mantodan türemiş mafik magma, altı kıtasal kabuğa sokulunu, yaparak, kıtasal kabuğun alt kesimlerinin de erimesine yol açmaktadır. İlk magma oluşum ortamları derinliğinde gelişen bu olaylar sonucunda, mantodan türemiş ve daha sıcak olan mafik magma ile alt kabuktan, türemiş ve daha soğuk olan felsik magma homojen bir şekilde karışarak (magma mixing) yeni bir hibrid magma kaynağı meydana getirmektedirler. Bu hibrid magma katılaşmaya başlar başlamaz, ilk oluşan mineraller gravitatif ayrılma yoluyla, tabana çökerek kümülat. dokulu kesimlerin oluşumuna neden olmaktadır. Bu sırada magma devamlı olarak yukarıya doğru hareketine devam ettiği için,, erken evrede oluşan kümülat dokulu kesimleri parçalayabilmekte ve böylece felsik granodiyoritler içerisinde hapsedilmiş kümülat: enklavların oluşumunu sağlamaktadır. Burada, kümülat dokulu kesimlerin, tam plastik davranış gösteren katı kayalardan ziyade, visko-plastik davranış gösteren yani yarı katı - yarı sıvı özelliğe sahip oluşumları olduğu, unutulmamalıdır.

#### 4.4. Sin-Plütonik Dayklar

Fernandez ve Barbarin (1991) tarafından belirtildiğine göre,, felsik bileşimli magma katılaşmaya yüz tuttuğunda,, diğer bir deyişle visko-plastik evrede iken yani henüz II. eşik değere ulaşmamışken» bünyesinde meydana gelebilecek, erken evre kırıkları Newtoniyen davranış gösteren mafik magma ile doldurulduğunda, felsik magmanın hareketliliği ile, mafik magmanın oluşturduğu dayk kırılmakta, parçalanmakta ve her bir parçanın arası yine felsik magma, malzemesi ile doldurulmaktadır. Böylece,, felsik kayalar içerisinde,, belirli zonlarda dizilim gösteren,, irili-ufaklı mikrogranüler dokulu mafik magmatik enklavların (MME) varlığı ile karakteristik olan. sin-plütonik daykların oluşumu gerçekleşmiş olmaktadır. (Şekil 11)., Ülkemizde, Kaçkar batolitiün granodiyorit fasiyesi içerisinde, Çamlıhemşin (Rize) güneyindeki Şenyuva köyü yöresinde sin-plütonik dayk oluşumu, gözlenebilmektedir (Şekil 12).

Pitcher (1993)ye göre eşyaşlı mafik ve felsik magmaların heterojen karışımları (magma mingling) sırasında oldukça değişik faktörlerin sonucunda gelişebilen sin-plütonik daykların (Şekil 13) en güzel örnekleri ABD'nin batısında, Peru'da, Güney Korsika'da,, Sinai'de ve Malay Yarımadası'nda gözlenmektedir. Hill (1988) tarafından Güney Kaliforniya'daki San Jacinto kompleksin-



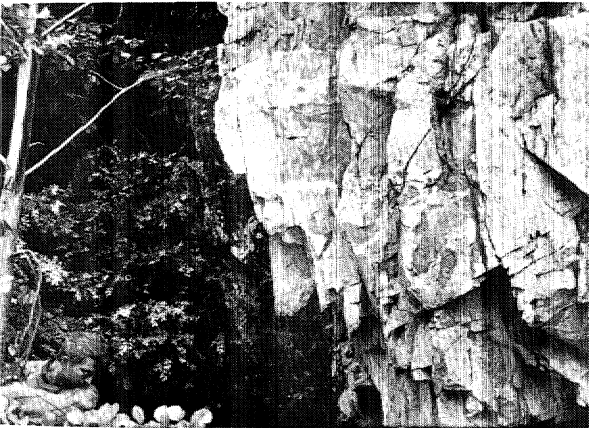


Şekil 11... Felsik bir magmanın katılaşması sırasında,, farklı kristalleşme evrelerinde,, mafik magma, karışması sonucu meydana gelebilecek etkileşimler ve ürünler. Felsik magmanın kristalleşme derecesi arttıkça, eş yaşlı mafik ve felsik magmalar arasındaki etkileşim tedrici olarak azalmaktadır (Fernandez ve Barbarin, 1991).

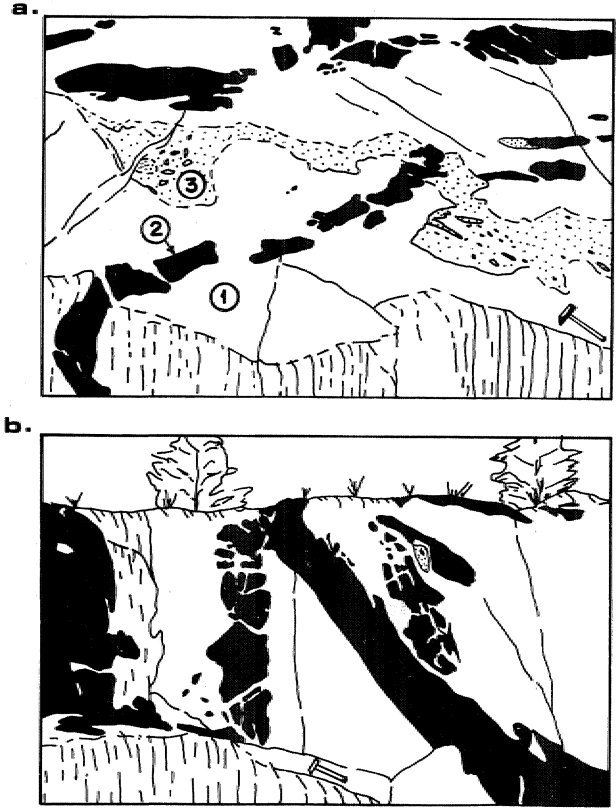
deki sio-pli.too.ik. daykların oluşumuna ilişkin önerilen modelin (Şekil 14), şimdye kadar önerilenlerin en iyilerinden birisi olduğu belirtilmektedir (Pitcher, 1993).

#### S. EŞYAŞLI MAFİK VE FELSİK MAGMALARIN HOMOJEN KARIŞIMI (MAGMA MİXİNG)

Hibbard (1991) tarafından belirtildiğine göre,, eş yaşlı mafik ve felsik magmaların her ikisi de jeolojik özellikleri bakımından, henüz "Newtonian" davranış aşamasında iken karışıklarında, meydana gelen homojen magma karışımı (magma mixing) olayı, ancak mikroskopik olarak tanınabilecek bazı dokusal özellikler yardımıyla tanımlanabilmektedir. Bu dokusal özelliklerle



Şekil 12. Koçkar batolitindeki granodiyor iller içerisinde gelişmiş bir sin-plütönik dayk oluşumu (Çamlıhemşin güneyindeki Şenyuva Köyü yöresi).



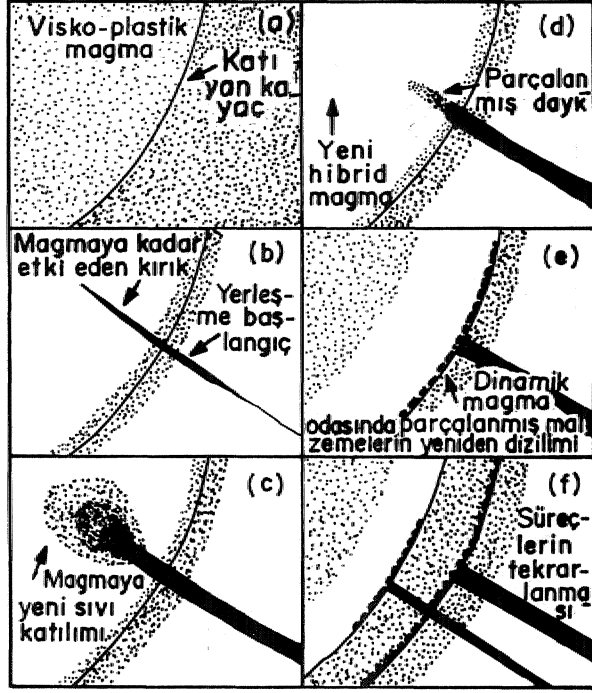
Şekil 13. Granitik ana kayalar (1) içerisindeki mafik bileşimli sin-plütönik dayk (2) oluşumunun; oblik (a) ve yarma, düzleminde (b) görünümü. Noktalarla taralı olarak gösterilen kesimler (3) diyoritik bileşimli olup, kısmen özümsermiş bazik enklavlar içermektedir (Cortes Island,, British Columbia, Canada; Pitcher, 1993'ten alınmıştır).

rin ortaya çıkmasında etkili olan süreçler,, Hibbard (1991) tarafından şu şekilde özetlenmiştir,

1. Mafik sistemin felsik sisteme ısı vererek soğuması sonucu çekirdeklerime ve kristallenme oranlarının bağıl olarak daha yüksek olmasına neden olması.

2. Mafik sistemden ısı alınması sonucu sıcaklığı oldukça artan felsik sistem içerisinde, mixing öncesinde oluşmuş kristallerin kısmi erimeye uğraması veya kısmen, çözünmesi,..

3. Mafik ve felsik magma sistemleri, henüz mixing olayına manız kalmadan önce, çeşitli nedenlerle 1. ve 2. maddelerde belirtilen yeniden ısıl dengelenmeler martiz kaldıklarında; 1. ve 2. maddelerde verilen süreçler, mixing olayından önce de her bir magma sisteminde bağımsız şekilde meydana gelebilmektedir...



Şekil 14. Eşyaş mafik ve feisik bileşimli magmalar arasındaki magma mingling olayı sonucu gelişen mafik bileşimli sin-plünotik dayk oluşumu için Hill (1985) tarafından önerilen model (Pitcher, 1993'ten).

a. Herhangi bir ortama yerleşerek katılaşmaya başlayan feisik magmanın viskozite bakımından visko-plastik evredeki durumu; b. Visko-plastik özellikli feisik magma odasına kadar etkileyen erken evre kırıklarının mafik magma ile doldurulmaya başlaması; c. Erken evre kırığının mafik magma ile doldurulması sırasında feisik magmanın hibridleşmeye başlaması; d. Feisik magmanın hibridleşme süreci devam ederken, erken evre kırığının içinde oluşan mafik daykın magma odasında kalan kesiminin kısmen parçalanması; e. Magma odasının dinamiğinden dolayı, parçalanmış mikrogranüler dokulu MME\* lerin yeniden dizilimi ve sin-plünotik daykın oluşumu; f Aynı süreçlerin tekrar etmesi..

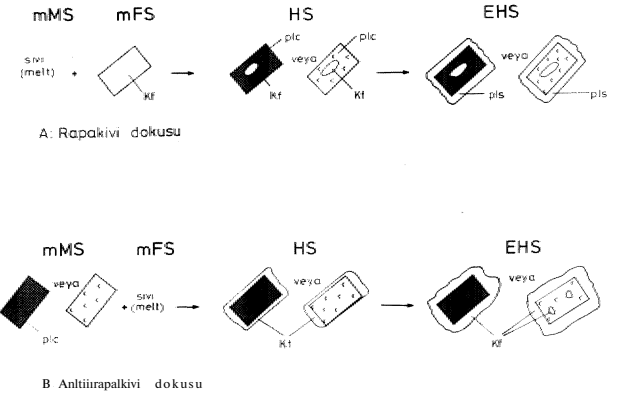
4. Mixing olayına katılan, sistemlerin en bol bulunan bileşenleri yeni bazı. minerallerin oluşmasına neden olmaktadır (örneğin Fe/Mg; içeren magmanın, K içeren magma ile karışmasında hidrojenik biyotitin oluşması gibi).

5. Mixing olayının en son. evreleri termal dengelenme ile karakterize edilir. Burada yaklaşık olarak, homojen bir tek. eriyiğim kristalizasyonu söz konusudur ki, bu tür sistemlere dengelenmiş hibrid sistemler (EHS) denilir.

Mixing olayına maruz kalmış magmatik sistemlerde, bu beş sürecin, çerçevesinde meydana gelebilecek dokusal özellikler şu şekilde özetlenebilir;

5.1. Rapakivi Dokusu: K-feldispatın plajiyoklaz tarafından mantolanmasıdır. Burada mafik magma eriyik halde iken, feisik magmada K-feldispat kristalleri bulunmaktadır, iki magma, mixing olayına uğradığında, feisik magmadaki K-feldispat kristalleri kalsik plajiyoklazlar için bir kristalleome çekirdeği oluşturmaktadır. Böylece kalsik plajiyoklaz tarafından, mantolanmış K-feldispatlar ortaya çıkmaktadır. Daha. ileri evrede ise, yani. dengelenmiş hibrid sistem (EHS) evresinde ise kalsik plajiyoklazın çevresinde yeni bir sodik plajiyoklaz mantosu meydana gelmektedir (Şekil 15a).

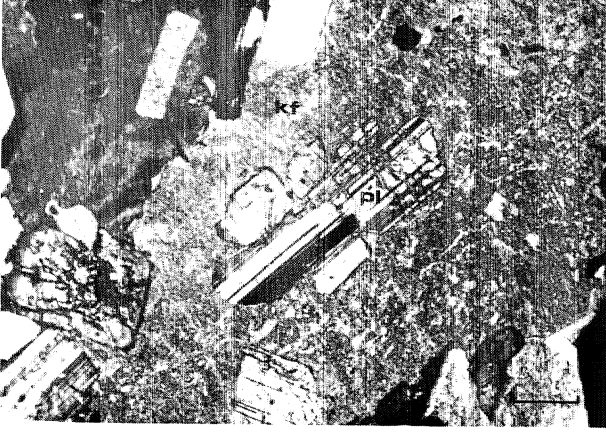
5.2. Antirapakivi Dokusu.: Burada mafik sistem içerisinde katılaşmış plajiyoklaz kristalleri, feisik sistemdeki eriyik ile karşılaştığında, kalsik. plajiyoklaz K-feldispat tarafından, mantolanmaktadır. Daha ileri evrede (EHS) ise., K-feldispat mantosunun boyutları, büyümekte veya çekirdekdeki kalsik plajiyoklazın içinde zaman zaman K-feldispat gelişimi ortaya çıkmaktadır (Şekil. 15b). Antirapakivi dokusu, ülkemizdeki, granitoyid plütonlarından Köseadağ (Boztuğ ve diğ. 1993), Çaltı (Avcı ve Boztuğ, 1993), Hasançelebi (Yılmaz ve diğ., 1993) ve Divriği. (Sivas) yöresi plütonları (Boztuğ ve diğ., 1992) ile Şebinkarahisar-Dereli (Giresun) arasındaki plütonlarda yaygın, şekilde gözlenmektedir (Şekil 16)..



Şekil 15. H ihbar d (1991)'den tanımlanan rapakivi (a) ve antirapakivi (b) dokularının gelişimi. mMS, daha mafik magma sistemi; mFS, daha feisik magma sistemi; HS, hibrid sistem; EHS, dengelenmiş hibrid sistem, kf K-feldispat; ple, kalsik plajiyoklaz; pis, sodik plajiyoklaz.

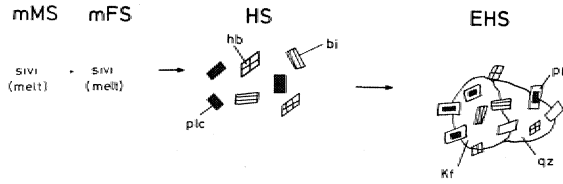
5.3. Poikilitik Kuvars ve K-feldispat Oluşumu: Mafik ve feisik sistemlerin her ikisi de eriyik halde karşılaştıklarında, mafik sistemden itibaren birbirinden ayrı şekilde duran birçok küçük taneli kalsik plajiyoklaz, homblend ve biyotit kristali tri oluşmaktadır. Daha ileri

## Granitoyid

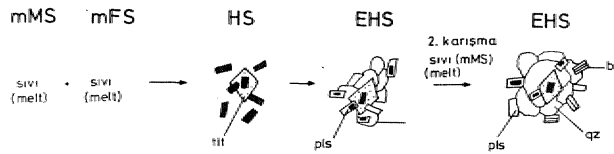


Şekil 16. Antirapakavi dokusunun genel görünümü (Şebinkarahisar-Dere'li arasındaki granitoyid plütonundan alınan DŞ-69 no'lu kayaç örneği, çift nikol, çizgisel ölçek 0.25 mm) kf, K-feldispat; pl, plajiyoklaz.

evrede ise, önceden oluşmuş bu küçük mineralleri kapamılar halinde içeren kuvars ve K-feldispat mineralleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 17a). Şebinkarahisar-Dere'li arasında yüzeylenen granitoyidlerde gözlenen poikilitik K-feldispat oluşumu Şekil 18'de görülmektedir.



A: Poikilitik kuvars ve K-feldispat dokusu

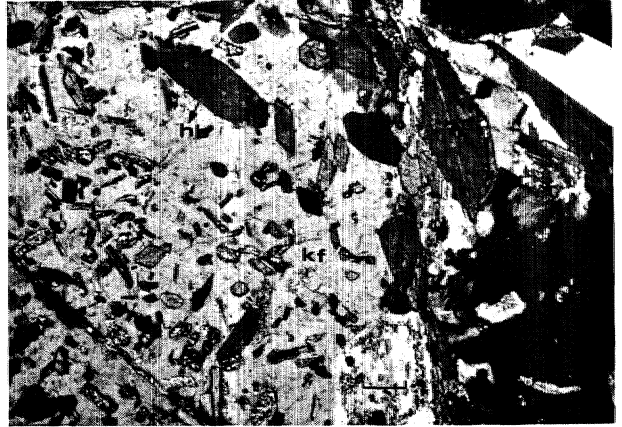


B: Titanit-fekjispat gözlü (oceliar) dokusu

Şekil 17. Hibbard (1991) tarafından tanımlanan poikilitik kuvars ve K-feldispat dokusu (a) ile titanit-feldispat gözlü (oceliar) dokusunun (b) gelişimi, hh, hornblend; bi, biyotit; qz, kuvars; tit, titana (diğer açıklamalar için Şekil 15'e bakınız)..

**SA. Titanit-FeUlispat Gözlerinin (Oceliar) Oluşumu:** Yine malik, ve felsik sistemler eriyik olarak karşılaştıklarında, mafik sistemden itibaren özşekilli titanit

kristalinin çevresinde kalsik plajiyoklazlar kristallenmektedir. Burada biyotit ve hornblend görülmemektedir. Daha ileri evrede ise, titanitlerin ve küçük kalsik plajiyoklazların gözler (oceliar) halinde oluşturduğu beraberlik, felsik magmadan itibaren gelişen kuvars ve K-feldispat mineralleri ile çevrelenmekte ve aynı zamanda, küçük kalsik plajiyoklazlar sodik plajiyoklaz tarafından mantolanmaktadır. Çok ender olarak rastlanan bazı durumlarda ise mafik sistemin, eriyik kısmı ile ikinci kez tekrar kansan bu titanit-feldispat gözlerinin çevresinde, hidrojenik biyotit ve sodik plajiyoklaz büyüme ve ayrıca kuvars - K-feldispat. büyüme gelişmektedir (Şekil 17b).

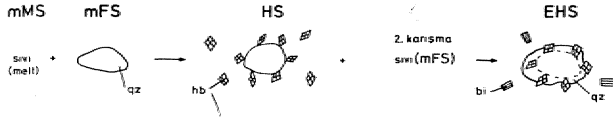


Şekil 18. Poikilitik doku gösteren K-feldispat mineralinin genel görünümü (Şebinkarahisar-Dere'li arasındaki granitoyid plütonundan alınan DŞ-177H no'lu kayaç örneği, çift nikol, çizgisel ölçek 0.225 mm), kf, K-feldispat; lib, hornblend.

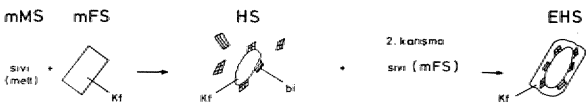
5.5» **Kuvars - Hornblend/Klinopiroksen Gözlerinin (Oceliar) Oluşumu:** Bu dokuda bağıl olarak iri kuvars kristalinin kenar zonunda dizilmiş küçük hornblend kristalleri bulunmaktadır. Felsik sistemde bulunan ve erken evrede kristallenmiş kuvars kristalleri, mafik sistemde bulunan ve erken evrede Jöistallenmiş küçük hornblend kristalleri ile karşılaştığında, hornblend kristalleri iri kuvars mineralinin yüzeyine yapışık vaziyette konumlanmaktadır. Daha sonra kanşmamın ileri evresinde, daha felsik sistemden gelen silika fazlalığı, bu ilksel iri kuvars mineralinin etrafında tekrar bir zon halinde, önceden iri kuvarsa yapılmış hornblendlerle kenetlenerek büyümektedir. Böylece içte iri bir kuvars, çevresinde ince taneli uafik mineraller ve en dış zonda tekrar kuvarsin yer aldığı kuvars-hornblend/klinopiroksen gözlü dokusu ortaya çıkmaktadır (Şekil

## Granüoyid

**19a).** Bu doku, ülkemizde, Hekimhan (KB. Malatya) yöresindeki Neojen yaşlı Koçasar volkanitinde (Yılmaz ve dig., 1993) gözlenmektedir (Şekil 20).

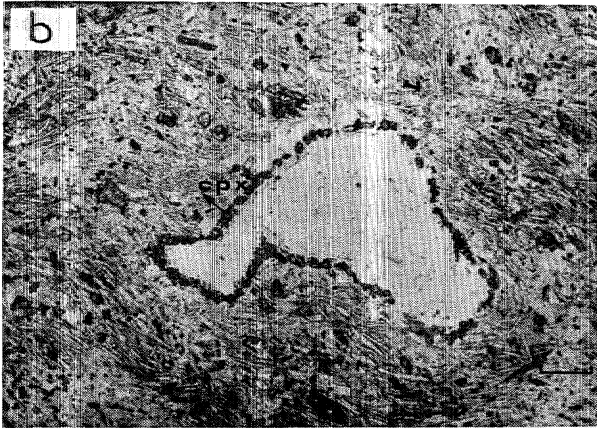
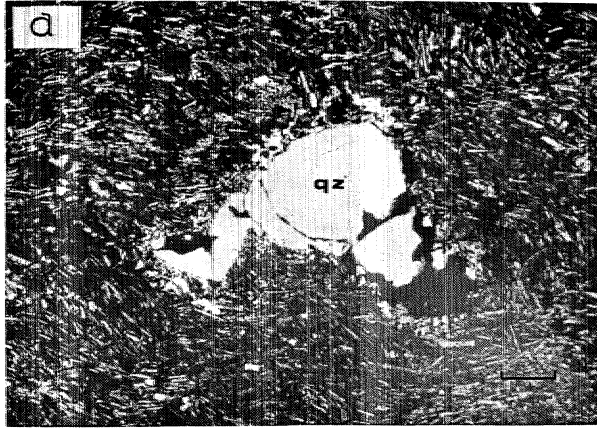


A: Kuvars-hornblend/clinopiroksen gözlü (ocellar) dokusu



B: K-feldspat fenokristallerinde hornblend-biyotit zonlu-dokusu

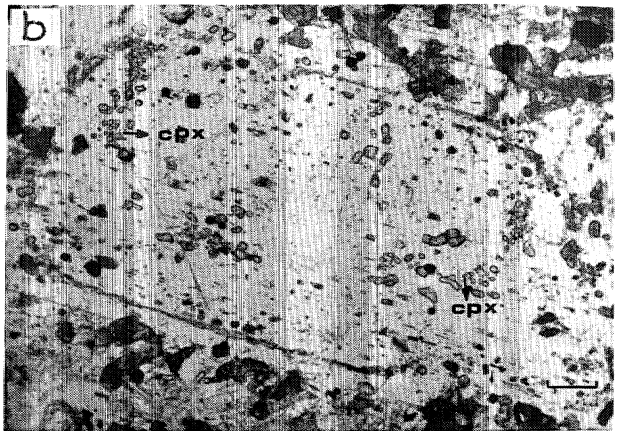
Şekil 19. Hibbard (1991) tarafından tanımlanan kuvars-hornblend-clinopiroksen gözlü (ocellar) dokusu (a) ile K-feldspat fenokristallerinde hornblend-biyotit zonu (b) gelişimi (diğer açıklama için Şekil 15 ve 17'ye bakınız)



Şekil 20. Kuvars-kuşak dokusunun genel görünümü (Hekimhan/KB Malatya yöresindeki Koçasar volkaniti, SY-645 no'lu kayaç örneği a. çift nikol b. tek nikol, çizgisel ölçek 0.2 mm). qz, kuvars; cpx, klinopiroksen.

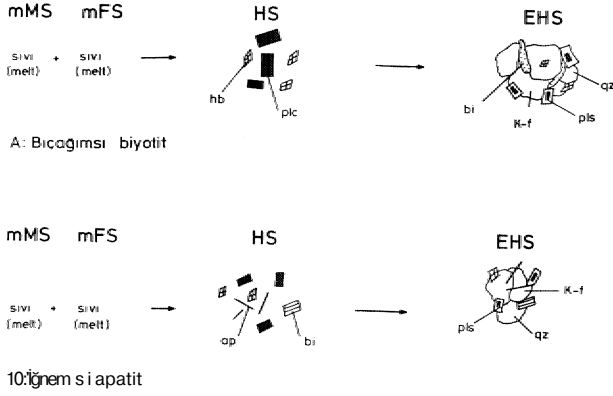
**5.6.K-feldspat Fenokristallerinde Hornblend-Biyotit Zonlarının Gelişimi:** Kuvars-hornblend gözlü dokusuna benzer şekilde gelişen bu dokuda, daha felsik sistemde önceden, kristalleşmiş K-feldspat mineralinin çevresine, mafik sistemden itibaren kristallesen ince taneli hornblend ve biyotit kristalleri kenetlenmektedir. Karışmanın ileri evresinde, felsik sistemden beslenen K fazlalığı ile K-feldspat büyümesine devam etmektedir. Böylece iri K-feldspat fenokristalleri içerisinde düzenli bir şekilde dizilmiş hornblend-biyotit minerallerinin bulunduğu zonlar ortaya çıkmaktadır (Şekil 19b).

Ülkemizdeki granitoid plütonlarından Şebinkarahisar-Dereli arasında yüzeylenenlerinde görülen benzer dokusal özellikte ise K-feldspat yerine, iri plajiyoklaz mineralleri, içerisinde dizilmiş klinopiroksen ve biyotit mineralleri görülmektedir (Şekil 21),

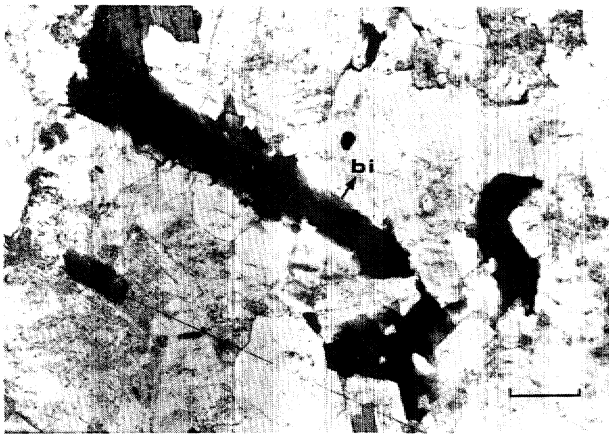


Şekil 21. Plajiyoklaz mineralindeki klinopiroksen kaplamalarının dizilimi (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoid plütonlardan alınan DŞ-392 no'lu kayaç örneği, a. çift nikol, b. tek nikol çizgisel ölçek 0.175 mm). pl, plajiyoklaz; cpx, klinopiroksen.

**5.7. Bıçağımsı Biotit Oluşumu:** Mg ve Fe bakımından zengin alümino silikattı bir magma, K bakımından zengin diğer bir magma ile katıştığında hidrojenik biyotitin kristaüzasyonu başlamaktadır. Bo durumda daha önceden oluşmuş kristalin fazlar, Myotit büyümesini fiziksel olarak, engeller ise biyotitin bazis yüzeyleri (dilinin, içermeyen, c-eksenine dik yüzeyleri) tipik, albgenimsi-levha yerine.» bıçağımsı biçimlerde gelişmektedir. Bu özellik, ince kesitlerde, bir yönde uzamış bıçağımsı biçimli biyotit bazis yüzeylerinin varlığı ile karakterize olmaktadır (Şekil 22a). Bıçağımsı biyotit oluşumu, ülkemizdeki granitoyid plütonlarından Çaltı (Avcı ve Boztoğ, 1993), Köseadağ (Boztoğ ve diğ., 1993) ve Şebinkarahisar-Dereli yöresindeki granitoyid- lıca (Şekil 23) görülmektedir.,

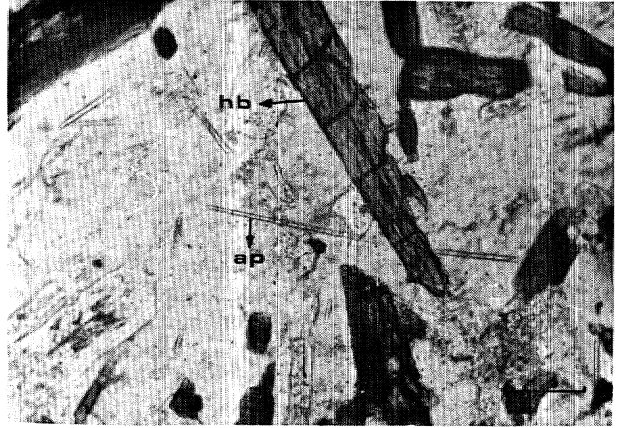


Şekil 22. Hibbard (1991) tarafından tanımlanan bıçağımsı biyotit (a) ve iğnemsî apatit (b) minerallerinin oluşumu (diğer açıklamalar için Şekil 15 ve 17'ye bakınız).



Şekil 23. Bıçağımsı biyotit minerallerinin genel görünümü (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoyid plütonlarından Çaltı DŞ-29 no'lu kayaç örneği, tek mikroskop, çizgisel ölçek 0.275 mm), bi, biyotit

**5.8. İğnemsî Apatit Oluşumu:** Eriyik haldeki mafik ve felsik sistemler birbirleriyle karıştıklarında, mafik magmanın sıcaklığının aniden düşmesi sonucunda, küprizmatik biçimli apatit kristalleri, yerine iğnemsî biçimli apatitler oluşmaktadır (Şekil 22b), İğnemsî apatit oluşumu, ülkemizde, Çaltı, Divriği (Sivas) yöresi plütonları, Köseadağ ve Şebinkarahisar-Dereli arasındaki plütonlarda (Şekil 24) görülmektedir.



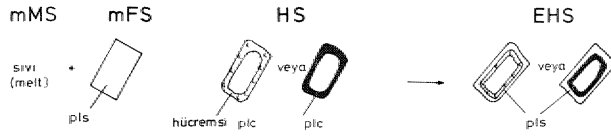
Şekil 24. İğnemsî apatit mineralinin genel görünümü (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoyid plütonlarından alınan DE-39ÖH no'lu kayaç örneği, tek mikroskop, çizgisel ölçek 0.15 mm), ap, apatit; hb, hornblend.

**5.9. İri. Plajiyoklaz İçerisinde Lata Biçimli Küçük Plajiyoklazların Bulunması:** Eriyik haldeki mafik ve felsik sistemler karıştıklarında, erken evrede çekiideklenme kabiliyeti yüksek olan kalsik plajiyoklazlar küçük latalar şeklinde kristallenmektedir. Bu küçük plajiyoklaz lataları, karışmanın ileri evresinde sodik plajiyoklaz tarafından kuşatılarak, özşekilli veya yan-özşekilli sodik plajiyoklaz içerisinde, özşekilli küçük kalsik plajiyoklaz latalarının varlığı ile karakteristik olan bir dokunun, oluşumunu sağlamaktadır (Şekil. 25a). Elektron mikropropajaliz (EMA) yöntemiyle test edilmesi gereken bu tür dokusal özellikler, ülkemizde, Çau ve Şebinkarahisar-Dereli arasındaki plütonlarda (Şekil 26) görülmektedir.

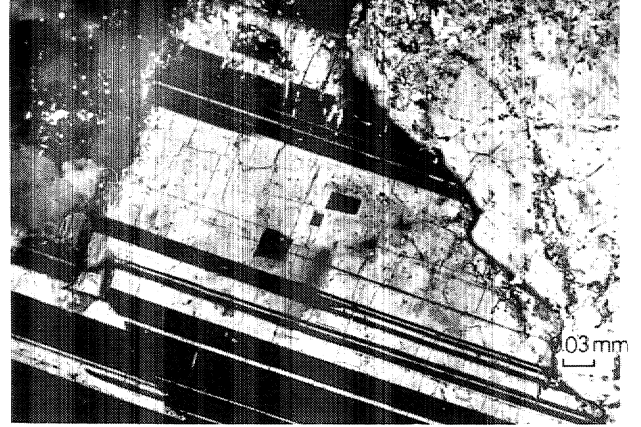
5\*10, Pbj^oktobrada EJ Çivi Ba^aima. Benzer Yamalan Sodik plajiyoldazın katılmış olduğu felsik. sistem ile eriyik haldeki mafik sistem karışıklan.oda, bu sodik plajiyoldazın çevresi kalsik plajiyoklaz tarafından, kuşatılır. Bu kuşatılma, düzgün yüzeyli kristaller halinde olabildiği gibi, çivi başlarına benzer yama biçimli kalsik plajiyoklazların kuşatması ile meydana gelen hücre-



A: İri plajiyoklaz içerisinde lala biçimli küçük plajiyoklazların bulunması



B: Plajiyoklazlardaki çivi başlarına benzer yamalar

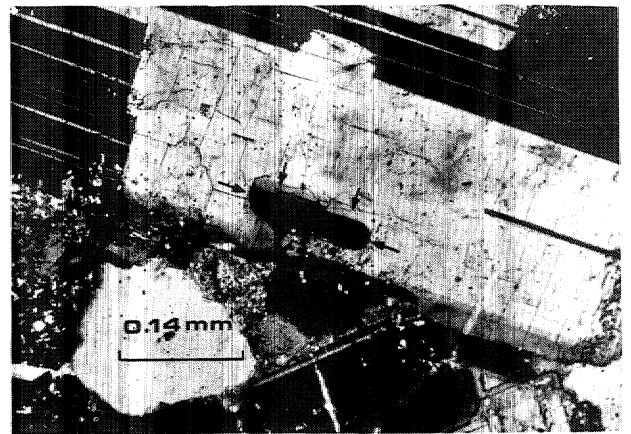
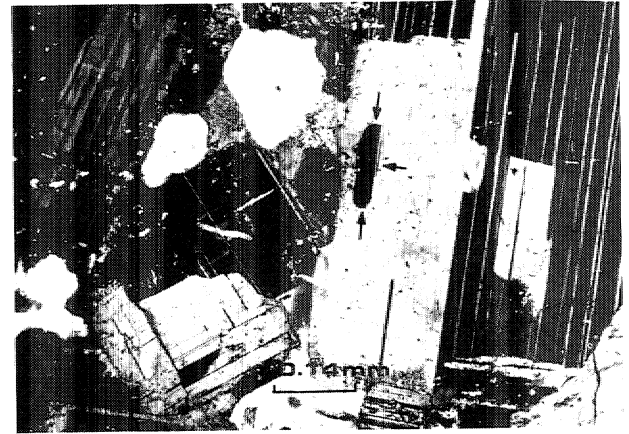


Şekil 25. Hibbard (1991) tarafından tanımlanan iri plajiyoklaz içerisinde lala biçimli küçük plajiyoklazların (a) ve çivi başlarına benzer yamaların (b) gelişimi (diğer açıklamalar için Şekil 15 ve 17\*ye bakınız).

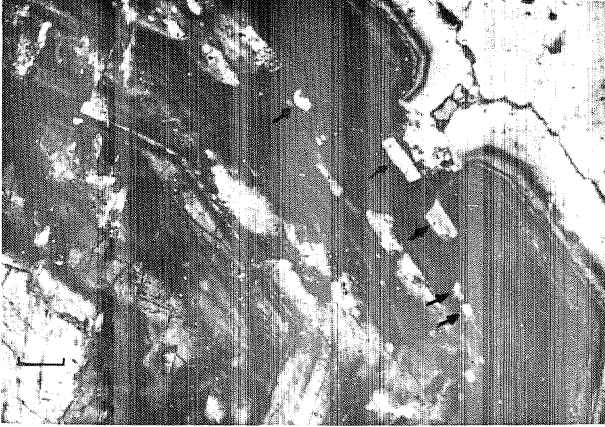
∇ yapıya sahip bir kuşak olarak da gelişebilir. Karışmanın ileri evresinde, Ca'ca zengin bu kuşağın tekrar sodik plajiyoklaz tarafından kuşatılması mümkün olabilir. Mikroskop altında, içte düzenli bir sodik plajiyoklaz çekirdeği; dışta ise, düzenli veya çivi başına benzer yamalardan oluşan hücreli yapıya sahip ve Ca'ca zengin bir plajiyoklaz kuşağı ve en dışta da düzenli bir yapıya sahip sodik plajiyoklaz mineralinin varlığı ile tanınan bu dokusal özellik, aynı zamanda, EMA yöntemiyle de test edilmelidir (Şekil 25b).

Şebinkarahisar-Dereli arasındaki plütonlarda gözlenen bu "üü" dokusal özellik Şekil 27'de verilmiştir.

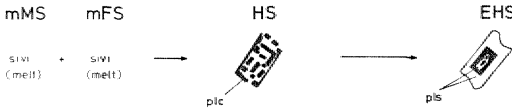
5.11. Prizmatik-Hücremsi Biçimli Plajiyoklaz Büyümesi: Eriyik haldeki mafik ve felsik sistemler karışıklarında, bağıl olarak çekirdeklenmenin düşük ve büyümenin ise daha yüksek olduğu kristallenme koşullarında; özşekilli, iri, prizmatik plajiyoklaz kristalleri gelişir. Bu gelişme-sirasında mafik sistemden itibaren, katlaşılan kalsik plajiyoklaz, daha felsik sistemdeki eriyik ile reaksiyona girerek prizmatik görünüm bozulur. Bunun yerine boşluklu-hücreli bir görünüm ortaya çıkar. Ancak bu boşluklu-hücreli görünümde prizma, biçimli iskelet yapı kısmen korunmaktadır ve kalsik bileşime sahip plajiyoklazlardan oluşmaktadır. Bu yapının içerisinde yamalar halinde görülen plajiyoklazların ise sodik bileşimde olduğu, bilinmektedir. Karışmanın ileri evrelerinde, prizmatik-hücreli yapıya sahip kalsik bileşimli bu plajiyoklaz, tekrar sodik plajiyoklaz tarafından kuşatılmaktadır. Bu dokusal özellik de yine EMA ile tespit edilmelidir (Şekil 28a). Ülkemizdeki plütonlardan Çaltı ve Şebinkarahisar-Dereli arasındaki plütonlarda (Şekil 29) gözlenmektedir...



Şekil 26. İri plajiyoklaz minerali içerisinde bulunan lala biçimli küçük plajiyoklaz minerallerinin {oklarla gösterilmektedir} genel görünümü {Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granit oy id plütonundan alınan DŞ-37 tlo'lu kayaç örneği, çift ni kol}.



Şekil 27. İri plajiyoklaz minerali içinde çivi başına benzer yamaların (oklarla gösterilmektedir) genel görünümü (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoid plütonundan alınan DŞ-48 no\*U1 kayaç örneği, çift nikoL çizgisei ölçek 0.2 mm).



A: Prizmatik hücremsi biçimli plajiyoklaz büyümesi

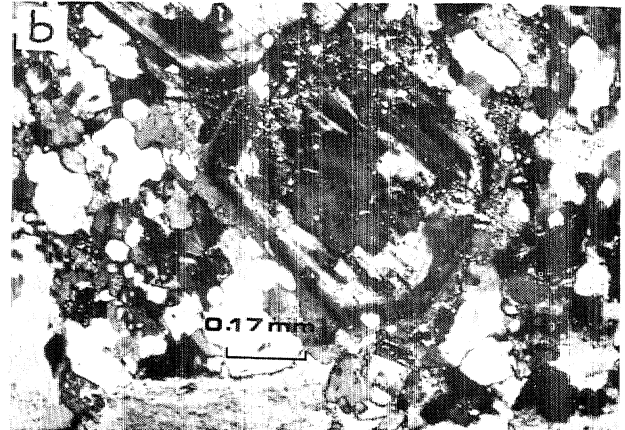
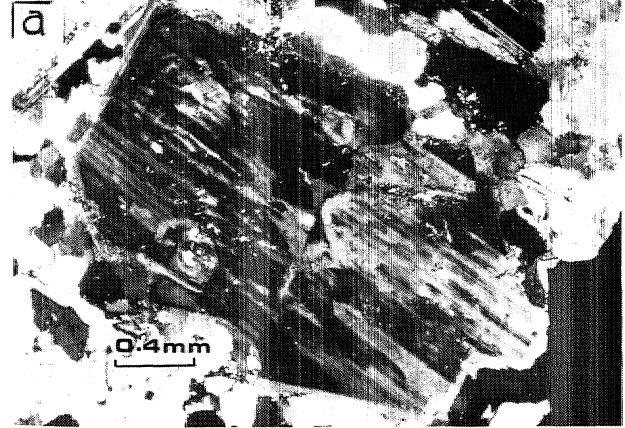


B: Süngerimsi hücreli plajiyoklaz oluşumu

Şekil 28. Hibbard (1991) tarafından tanımlanan prizmatik hücremsi biçimli plajiyoklaz büyümesi (a) ile süngerimsi hücreli plajiyoklaz oluşumu (b) (diğer açıklamalar için Şekil 15 ve 17ye bakınız).

5. 12. Süngerimsi Hücreli Plajiyoklaz Oluşumu: Eriyik haldeki malik sistem ile içerisinde sodik plajiyoklaz kristallerinin olduğu felsik sistem, karışıqlarında; malik sistemden - felsik sisteme transfer edilen ısı enerjisi nedeniyle, felsik sistemde önceden oluşmuş olan sodik plajiyoklaz kristalleri duraylılığını kaybederek erime ve/veya kısmi çözünme olaylarına maruz kalır. Bunun sonucunda,, önceden oluşmuş özşekilli sodik plajiyoklaz yerine,, bunun kalıntıları olarak özşekilsiz ve yama biçimli sodik plajiyoklaz parçacıklarına ortaya çıkar.

Bu parçacıklar daha sonra özşekilli kalsik plajiyoklaz tarafından kuşatılır. Karışmanın, daha. ileri, evresinde

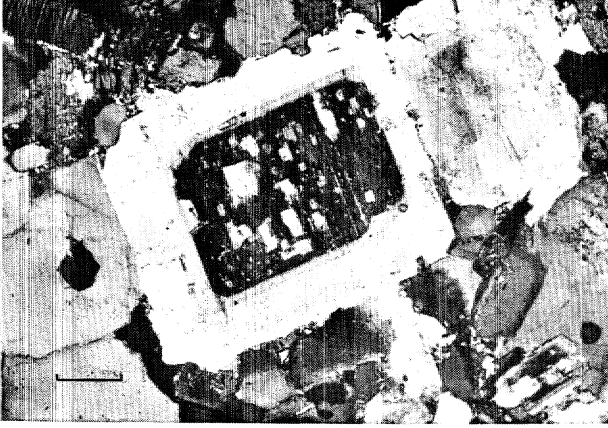


Şekil 29... Prizmatik hücremsi biçimli plajiyoklaz minerallerinin genel görünümü (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoid plütonundan alınan (a) DŞ-39 ve (b) DŞ-25 no'lu kayaç örnekleri, çift nikoL).

de ise, felsik magmadan beslenen sodik plajiyoklaz gelişimi, tüm bu oluşukları içine alacak, şekilde kuşatır. Böylece; en dışta, sodik plajiyoklaz kuşağı, içte kalsik plajiyoklaz kuşağı ve bu kalsik. plajiyoklaz kuşağının içinde de yamalar halinde korunmuş sodik plajiyoklaz kalıntılarının (ilksel felsik sisteme ait özşekilli sodik plajiyoklaz kristallerinin kalıntıları) 'varlığı ile karakteristik olan bu. dokunun da EMA ile test. edilmesi gerekir (Şekil 23b)..

Bu dokunun daha kompleks gelişmelerinde ise, ilksel felsik sistemde yer alan sodik plajiyoklazın iç kısmında özşekilli bir kalsik plajiyoklaz zonunun varlığı da muhtemeldir.

Şebinkarahisar-Dereli arasında yüzeylenen granitoid plütonlarda gözlenen süngerimsi hücreli plajiyoklaz oluşumu. Şekil 30'da görülmektedir.



Şekil 30. Süngerimsi hücreli ptajiyoktaz mineralinin genel görünümü (Şebinkarahisar-Dereli arasındaki granitoid plütondan alınan DŞ-13 no'lu kayaç örneği, cifti nikol, çizgisel ölçek 0.3 mm).

#### 6. EŞYAŞLI MAFİK VE FELSİK MAGMALARIN KARŞILIKLI ETKİLEŞİM ÜRÜNLERİ

Buraya kadar anlatılanlardan kolayca, görülebileceği gibi eşyaşlı mafik ve felsik magma sistemleri herhangi bir şekilde karışma olayına, maruz kaldıklarında; ilgili magmaların viskozite özellikleri, dikkate alınılarak, karışım tipinin ve ürünün aşağıdaki çizelgedeki gibi özetlenebileceği sonucuna varılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bu derlemelin yazarları tarafından önerilen ve eşyaşlı (coeval) mafik ve felsik iki magmanın karışımı sırasında etkin olan siheçlerin ve karışım ürünlerinin topluca görünümü.

Mafik Magma Sisteminin Viskozite Özelliği	Felsik magma Sisteminin Viskozite Özelliği	Karışım Tipi	Ürün
Newtonian	Newtonian	Magma mixing	Hibrid granitoidlerdeki mikroskropik dokular
Visko-çplastik	Newtonian	Magma mingling	MME
Newtonian	Visko-plastik	Magma mingling	Sin-plütönik dayk
Newtonian	Plastik	-	Malk dayk
Plastik	Newtonian	-	Felsik dayk

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Avcı, N. ve Boztuğ, D., 1993, Çaltı granitoidinin (İliç-Erzincan) Petrolojisi, Yerbilimleri, (baskıda).

Barbarin, B., 1988, Field evidence for successive mixing and mingling between, the Piolard Diorite and the Saint-Julien-la-Vetre Monzogranite (Nocé-Foréz, Massif Central, France), Can. J. Earth Sci., 25,49-59.

Barbarin, B., 1990., Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting, Geol. J., 25, 227-238,

Barbarin, B., 1991, Contrasted origins for the "poligenic" and "monogenic" enclave swarms in some: granitoids of the Sierra Nevada batholith, California,, Terra. Abstr., 3, 32.

Blake, D.H., Elweli, R.W.D., Gibson, LL., Skelhorn, R.R. and Walker, G.P.L., 1965., Some relationships resulting from the intimate association of acid and basic magmas, Q J. Geol., Soc. London, 121,31-50.

B-oztoğ, D., Deboo, F., İnan, S., Tutkun, S.Z., Avcı, N., and Kesgin, Ö., 1992, Comparative geochemistry of four plutons from the Cretaceous-Paleogene Central-Eastern Anatolian Alkaline. Province (Divriği region, Turkey). International Workshop: Work in progress on the Geology of Türkiye, 9-10 April, Keele, England, Abstr., 25-26.

Boztuğ, D., Yılmaz, S. ve Kesgin, Y., 1993, İç Boğuş Anadolu Alkalın. Provensindeki Köseadağ Plütünü (Suşehri - KD Sivas) doğu kesiminin petrografisi ve Petrokimyası, 46. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, s. 87..

Bussy, R., 1991,, Enclaves of the Late Miocene Monte Capanne granite, Elba Island,, Italy, In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology 13, 167-178.

Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. Pac. Geol., 8, 173-174.,

Didier, J., 1964, Etude petrographique des enclaves de quelques granites, du Massif Central Français,, Ann. Fac. Sci Univ. Clennont-Ferrand, 23,, 254 pp.

Didier, J., 1973, Granites and Their Enclaves: The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites, Development in Petrology,, 3, Elsevier, Amsterdam, 393pp.

Didier, J., 1987, Contribution of enclaves studies to the understanding of origin, and evolution of granitic magmas, Geol., Rundsch., 76,41-50.

Didier, J., and Baitarin, B. (eds.), 1991a, Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology, 13, Elsevier, Amsterdam, 625p.



## *Granioid*

- Didier, J. ve Barbarin, B., 1991b, The different types of enclaves in granites - nomenclature, In: Didier J. ve Barbarin, B. (eds). Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology, 13, Elsevier, 19-24.
- Didier, J. and Roques, M.L. 1959, Sur les enclaves des granites du Massif Central Français, C.R. Acad. Sci. Paris, 228, 1839-1841.
- Dorais, M.X., Whitney, J.A. and Roden, M.R., 1990, Origin of mafic enclaves in the Dinkey Creek pluton, central Sierra Nevada Batholith, California, J. Petrol., 31, 853-88.
- Fernandez, A.N., and Barbarin, B., 1991, Relative rheology of coeval, mafic and felsic magmas: Nature of resulting interaction processes. Shape and mineral fabrics of mafic microgranular enclaves, In: Didier, J., and Barbarin, B. (eds.). Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology, 13, Elsevier, 263-275.
- Frost, T.P. and Mahood, G.A., 1987, Field, chemical, and physical constraints on mafic-felsic magma interaction in the Lamark Granodiorite, Sierra Nevada, California, Geol. Soc. Am. Bull., 99, 272-291.
- Goldschmidt, V.M., 1911, Die Kontakt, metamorphose im Kristianagebiet, Dybwad, Oslo, 843pp.
- Goodspeed, G.E., 1947, Xenoliths and Skiaillhs., Am. J. Sci., 246, 515-525.
- Hall, A., 1973, Geochimie des granites varisques du Sud-Ouest de l'Angleterre, Bull. Soc. Geol. Fr., 7, XV, 229-237.
- Harker, A., 1939, Metamorphism, A study of the Transformation of Rock Masses, Methuen, London, 362pp.
- Hibbard, M.J., 1991, Textural anatomy of twelve magma mixed granitoid systems, In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.). Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology, 13, Elsevier, 431-444.
- Hill, R.L., 1988, Journal of Geophysical Research, 93, 10325-10348.
- Holland, T.H.L., 1900, The charnockite series, a group of hypersthénic rocks in peninsular India, Geol. Surv. India, Mem., 28, 215-218.
- Hutton, J., 1795, The Theory of the Earth, Edinburgh.
- Lacroix, A., 1890, sur les enclaves acides, des roches volcaniques d'Auvergne, Bull. Serv. Carte Geol. ET., 2, 25-56.
- Lacroix, A., 1893, Les enclaves des roches volcaniques, Protat, Maçon, 770p.
- Lacroix, A., 1898, Le granite des Pyrenees et ses phénomènes de contact, I. Bull. Serv. Carte Geol. Fr., 10, 241-306.
- Lacroix, A., 1900, Le granite des Pyrenees et ses phénomènes de contact, II. Bull. Serv. Carte Geol. Fr., 11, 51-118.
- Lacroix, A., 1901, Sur deux nouveaux groupes d'enclaves de roches eruptives. Bull. Soc. Fr. Mineral., 24, 488-504.
- Lacroix, A., 1904, La Montagne Pelée et ses eruptions, Masson, Paris, 662pp.
- Lacroix, A., 1933, Sur quelques granites des environs de Porto. An. Fac. Cienc. Univ. Porto, 18, 43-48.
- Lameyre, J., 1988, Granite settings and tectonics. Rend. Soc. Ital. Mineral., 43, 215-236.
- Manon, K., Harrison, T.M. and Drew, D.A., 1988, Ascent, of granitoid diapir in a temperature varying medium, J. Geophys. Res., 93, 1174-1188.
- Mehnert, K.K., 1968, Migmatites and the Origin of Granitic Rocks, Developments in Petrology, 1, Elsevier, Amsterdam, 393p.
- Monte, J.-M., Didier, J. ve Pichavant, M., 1991, Origin of mafic enclaves in intrusive granites, In: Didier, J. ve Barbarin, B. (eds\*), Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology, 13, 509-528.
- Pabst, A., 1928, Observations on inclusions in the granitic rocks of the Sierra Nevada, Univ. Calif. Publ. Dep. Geol. Sci., 17, 325-386.
- Phillips, J.A., 1880, On concretionary patches and fragments of other rocks contained in granite, Q. J. Geol. Soc. London, 141, 1-21.
- Pitcher, W.S., 1993, The Nature and Origin of Granite, Chapman and Hall, 321p.

## *Granitoid*

- Sollas, J.W., 1914, On the volcanic district of Carlingford and Slieve Gullion., Part I. On the relation of the granite to the gabbro of Barnavave, Carlingford, Trans. R. Irish Acad., 30,477-512.
- Thomas, HUH. and Campbell-Smith, W., 1931, Xenoliths of igneous origin in the Tiegastel-Ploumanac'h Granite, Cotes du Nord, France, Q J. Geol. Soc, London, 88,274-296.,
- Vernon, R.H., 1983, Restite xenoliths and microgranitoid enclaves in granites, J. Proc. R. Soc. N.S.W., 116,77-101
- Vernon, R.H., 1984, Microgranitoid enclaves in granites: globules of hybrid magma quenched in a plutonic environment, Nature, 309,438-439.
- Vielzeuf, D., Clemens, J.D., Pin, C. and Moinet, E., 1990, Granites, granulites, and crustal differentiation, In: D. Vielzeuf and P. Vidal (eds.), Granulites and Crustal Differentiation, NATO ASI Ser., Kluwer, Dordrecht, 1-25pp.
- Yılmaz, S., Boztuğ, D. and Öztürk, A., 1993, The geological setting, petrographical and geochemical characteristics of the Cretaceous and Tertiary igneous rocks in the Hekimhan-Hasançelebi area, NW Malatya, Türkiye, Geological Journal, Special Issue- for the International Workshop:Work in progress on the Geology of the Türkiye (in press),
- White, A.J.R. and Chappell, B.W., 1977, Ultramorphism and granitoid genesis, Tectonophysics, 43,7-22.
- Zorpi, M., Coulon, C., Orsini, J.B. ve Cöcirta, C., 1989, Magma mingling, zoning and emplacement in calc-alkaline granitoid plutons. Tectonophysics, 157,315-329.

# Jeoistatistik

## Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Simülasyon Yöntemlerinin Kullanılması

### Usage Of The Geostatistical Simulation Methods In Minem Deposit Evaluation

Cem SARAÇ  
Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
06532 Beytepe ANKARA

#### Öz

Jeostatistiksel simülasyon yer bilimlerinde karşılaşılan problemlerin çözümünde etkin bir yöntem olarak son yıllarda çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Genel jeolojik özelliklerin saptanmasında, litolojik birimler arasındaki kimyasal kompozisyonunu incelenmesinde geçirgenlik ve gözeneklilik gibi hidrojeolojik parametrelerin belirlenmesinde hidrojeolojik modellemelerde, maden işletme planlarının yapılmasında ve tonaj dağıtıcılarının saptanmasında jeostatistiksel simülasyon etkin bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada jeostatistiksel simülasyon genel olarak verildikten sonra, koşullu-koşulsuz simülasyon ve değişik simülasyon yöntemlerine sırası ile değinilecektir. Araştırmada uygulama olarak Kızılyüksek-Yataardıç (Karsantı) Adana krom cevherleşmesi incelenmiştir. Toplam uzunluğu 4772 metre olan 26 sondajdan elde edilen krom analiz değerleri kullanılarak veri analizi yapılmıştır. Veri analizi sonucunda % 4.40 ortalama, % 2.43 standart sapma ve 0.55 değişim katsayısı gösteren verilerde pozitif bir dağılım gözlenmiştir. Cevherleşmenin 3 temel yönünde variogramlar hesaplanarak, tenor dağılımı uzaklığa bağlı olarak modellenmiş ve model parametreleri de ayrıca modelin güvenilirliğinin saptanması için geri kestirim\* yöntemi ile kontrol edilmiştir. Son aşamada da cevherleşme koşullu simüle edilerek, sonuçlar ve tenor blok haritaları hazırlanmıştır.

#### ABSTRACT

The simulation approach to geological problems has received considerable attention the last few years. Applications include determination of major geologic patterns, chemical compositions of different lithological units, hydrogeological parameters such as porosity and permeability, hydrogeological modelling, determination of mine planning and grade-tonnage curves.

After a preliminary review of geostatistical simulation, conditional and non-conditional simulation and different simulation methods will be given. Kızılyüksek-Yataardıç (Karsantı) Adana chromium mineralisation has been considered as a case study. The data is derived from 26 drillholes distributed over the area. The total depth of the 26 drillholes was 4772 m. Using a basic statistics treatment of data, a positive low skew distribution with the mean of 4.40%, the standard deviation of 2.43%, and the coefficient of variation of 0.55 has been observed. Experimental variograms representing three main directions were calculated, and the kriging estimation technique. Finally, conditional simulation was done and the results and the simulation maps were prepared.

#### 1. GİRİŞ

Simülasyon ilk defa, 1940 yılında John Neuman'ın Monte Carlo analiz yöntemini nükleer reaktörlerin yalıtımı ile ilgili problemlere uygulamasıyla kullanılmaya başlamıştır (Harbaugh and Bonham-Carter, 1970). Bundan önce simülasyon, bilinmeyen bir şeyin ne olabileceğini tahmin etme olarak kullanılmaktaydı. Daha ileri

yıllarda yüksek kapasiteli, hızlı bilgisayarların gelişmesi ve ayrıca matematiksel modellemelerin önemi arttıkça, simülasyonun bir çok, değişik alanda kullanılmaya, başladığı görülmektedir. Bu araştırma da, simülasyonun yalnız yer bilimlerindeki önemine değinilecek ve maden yataklarının değerlendirilmesi açısından bir uygulama sunulacaktır.

## 2. SİMÜLASYON TANIMI VE SİMÜLASYON TEKNİKLERİ

Simülasyonun amacı, elimizdeki mevcut bilgilerden yararlanarak, bu bilgilere uygun veriler üretmektir. Bu araştırmada, simülasyon tekniklerini koşullu ve koşulsuz simülasyon olarak, genelde 2 kısma ayırabiliriz:

i) Koşulsuz simülasyon: istenilen ortalama ve kovaryansda veri üretimidir.

ii) Koşullu simülasyon; Örneklenmiş lokasyonlardaki verilerle aynı değerlere sahip veri üretimidir.

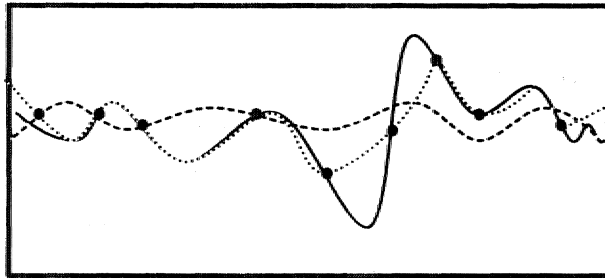
Simile edilmiş bir maden yatağının göstereceği özellikleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

i) Gerçek verilerle aynı dağılıma sahiptirler (aynı histogram özelliği, eşit ortalama ve eşit varyans).

ii) Uzaklığa bağlı ilişki, gerçek verilerle aynıdır (aynı variogram özelliği).

iii) Örneklenmiş lokasyonlarda gerçek değerlerle, simülasyon sonucu üretilen, değerler tamamen eşit olacaktır.

Yukarıdaki özelliklerden 1. ve 2. maddeleri, içeren teknik koşulsuz simülasyon, bütün özellikleri içeren simülasyon tekniği, ise koşullu simülasyon olarak adlandırılır. Şekil F de koşullu ve koşulsuz simülasyon arasındaki fark gösterilmeye çalışılmıştır. Koşullu simülasyonda elde edilen sonuçlar, maden yatağında önceden örneklenip, gerçek, değeri bilinen lokasyonlardaki sonuçlarla aynı değeri gösterirler. Yalnız, bu özelliğe dayanarak da, koşullu simülasyonun sadece veri ürettiğini söylemek yanlış olacaktır; örneklenmemiş lokasyonlarda gerçeğe yakın olası bir değer, örneklenmiş lokasyonlarda ise gerçek değeri verdiği söylenebilir.



- Örneklenmiş Gerçek Değer
- Gerçek
- - - - - Koşulsuz Simülasyon
- ..... Koşullu Simülasyon

Şekil F: Koşullu ve Koşulsuz Simülasyon

## 3. SİMÜLASYONUN MATEMATİKSEL İFADESİ

Maden yatağı MY simgesi ile gösterilirse, maden

yatağının her bir noktasındaki gerçek tenor değeri  $z_q(x)$   $\{x \in MY\}$  olacaktır. Bu noktaların kestirim ile elde edilen değerleri de  $z_k(x)$  ile gösterilebilir. Bu iki değer arasındaki fark, bilinmeyen bir kestirim hatasını verecektir.

$$\text{hata} = z_q(x) - z_k(x)$$

Buradan

$$z_k(x) = z_q(x) - \text{hata}$$

$$z_k(x) = z_q(x) - [z_s(x) - z_k(x)] \dots \dots \dots (1)$$

elde edilir.

Kestirim hatası, koşullu simülasyon teorisine anahar olabilecek, bir özelliğe sahiptir. Arzu edilen koşullu simülasyon, (1) nolu eşitlikteki bilinmeyen kestirim hatasını, aynı dağılımsal özelliklere sahip ve bağımsız kestirim hatası olan  $[z_s(x) - z_k(x)]$  ile yer değiştirerek bulunur.

$$z_{ks}(x) = z_k(x) + [z_s(x) - z_k(x)]$$

Burada  $z^{\wedge}(x)$ , x noktasındaki koşullu simülasyon değerini,  $z_s(x)$  aynı noktadaki koşulsuz simülasyon değerini ve  $z_k(x)$  ise: yalnız koşulsuz simülasyon değerleri kullanılarak kestirilen, kestirim değerlerini göstermektedir.

Çeşitli yöntemler aracılığı ile yukarıdaki koşullu simülasyon eşitliğini kullanmamız mümkündür, yaygın olarak kullanılan simülasyon yöntemleri arasında: dönen bantlar metodu (Journel and Huijbregts, 1978), çok boyutlu spektral yöntemler (Mantoglou, 1987) kovaryans matrisi dekompozisyonu yöntemi (Davis, 1987), matrislerin halka dekompozisyonu yöntemi (Saraç and Dowd, 1993) ve Neural Networklere bağlı simülasyon yöntemi (Dowd and Saraç, 1993) örnek olarak verilebilir.

## 4. SİMÜLASYON VE KRİGING KESTİRİM TEKNİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

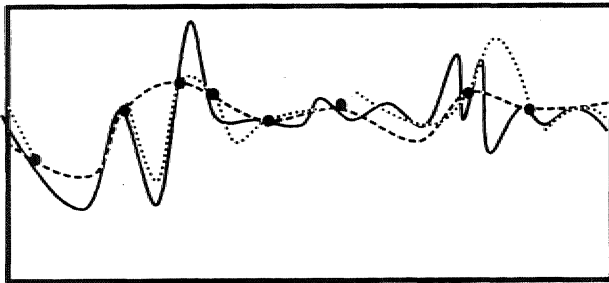
Bir maden yatağında\* simülasyonla istenilen, bütün lokasyonlardaki değerleri belirlemek mümkündür. Bu durumda "jeostatistiksel olarak birçok kriging kestirim yöntemi varken, simülasyonu kullanmanın avantajı nedir ya da kriging kestirimi ile simülasyon arasında ne gibi bir fark vardır" şeklinde bir soru sorulabilir.

Buna verilebilecek, en iyi yanıt aşağıdaki şekilde özetlenebilir: Kriging kestirim teknikleri, ve simülasyonun değişik amaçları vardır. Her ikisinde amaçlar farklıdır, Jeostatistiksel kriging kestirim yöntemlerinin amacı, maden yataklarında istenilen Mer lokasyonunda tenör değerini kestirmektir, yani bilinmeyen gerçek tenör

değerlerine çok yakın değerleri saptarla". Böyle bir kestirim doğruluğu da karesel hata, yansızlık ve kestirim varyansı gibi parametrelerle ölçülebilir.

Simüle edilmiş bir maden yatağında ise, üretilen değerler, mevcut verilerle aynı variogram ve istatistiksel dağılım özelliklerine sahiptir.

Şekil T de simülasyonla, kriging tekniklerinin arasındaki fark gösterilmiştir... Devamlı eğriyle, maden yatağındaki gerçek tenör dağılımı şematize edilmiştir. Noktalar ise örnek aldığımız, lokasyonlardaki tenör değerlerini temsil etmektedir. Kesikli eğriyle gösterilen kriging kestirim dağılımı, örnek alınan lokasyonlardaki tenör değerlerine oymasına rağmen, gerçek dağılımı yansıtmamaktadır. Bunun yanısıra, noktalı eğri ile gösterilen simülasyon eğrisi, gerçeğe daha yakın bir dağılım göstermektedir. Anımsanması gereken bir önemli nokta da, pratikte gerçek tenör dağılımının sadece, örnek alınan noktalarda bilinmesidir.



● Örneklenmiş Gerçek Değer  
— Gerçek  
- - - - - Kriging  
..... Koşullu Simülasyon

Şekil 2. Kriging ve Koşullu Simülasyon

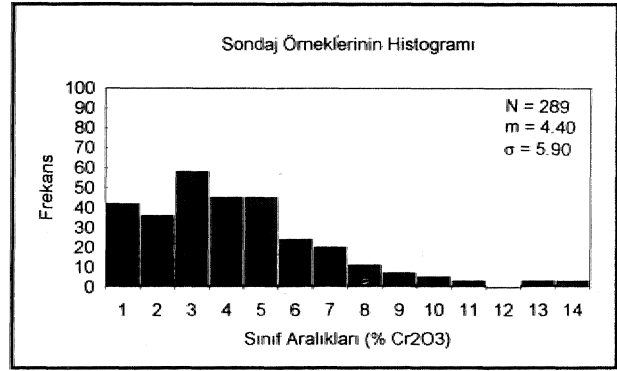
## 5. UYGULAMA

Adana ili, Karsanti ilçesi, Dardık köyünde 2,5 km. kuzey batısında yer alan Karsanti krom cevherleşmesi, Pözüntü-Karsanti ofiyolitik kompleksi içinde, kümülat dünitlerin en üst seviyesini oluşturur (Akın, 1987). Cevherleşme de MTA tarafından yapılmış olan 26 adet sondajın toplam uzunluğu 4772 metredir. Ortalama olarak, sondajlar 160 metre derinliktedirler. Sondajlardan, alınan örnekler % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % MgO, % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % SiO<sub>2</sub> içeriği açısından analiz edilmişlerdir. Bu çalışmada yalnız Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> incelenmiştir.

Birinci adımda sondajlardan alınan örneklerin boy- lan, eşitlenerek yani kompozit edilerek, 2,89 eş uzun- luklu örnek elde edilmiştir. Örneklerin uzunluklarını eşitleme de dikkat edilen en önemli unsur ortalama kar- rot uzunluğudur.

## Jeoloji Mühendisliği

289 örneğini tenör değerleri, pozitif yönlü bir dağı- lım, göstermektedir (Şekil 3). Bu dağılım % 4.40 ortala- maya, % 2,43 standart, sapmaya ve 0.55 değişim katsa- yısına sahiptir.



Şekil 3. Sondaj Örneklerinin Histogramu

Cevherleşmenin 3 temel yönünde variogramlar he- saplanarak, cevherleşme uzaklığa bağlı olarak model- lenmiştir. Elde edilen variogramlar genel olarak % 5.5 tepe değeri (sill) göstermektedirler. Yığılım varyansı (nugget variance) ise % 2.5 olarak hesaplanmıştır (Şe- kil 4).

Elde edilen variogramlara küresel tip bir model uy- gulanmıştır (Journel and Huijbregts, 1978):

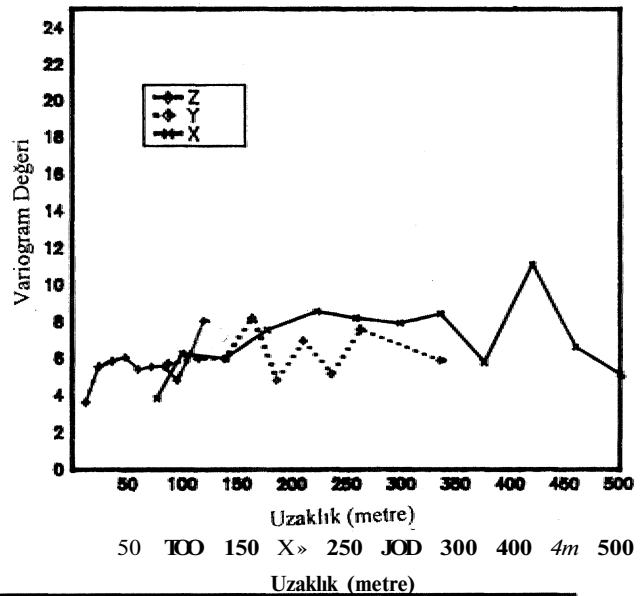
$$\gamma(h) = C_0 + C(1.5h/a - 0.5h^3/a^3) \quad h \leq a \text{ olduğu durumlarda}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad h > a \text{ olduğu durumlarda}$$

$$\gamma(h) = 0 \quad h = a \text{ olduğu durumlarda}$$

Model parametreleri ise:

### CEVHERLEŞMENİN YÖNSEL VARIOGRAMLARI



Şekil 4. Cevherleşmenin Yönsel Variogramları

$$C_0 = 2.5$$

$$C = 3.0$$

x eksenindeki uzunluk=120 m.

y eksenindeki uzunluk= 120 m.

z eksenindeki uzunluk=30 m. olarak hesaplanmıştır.

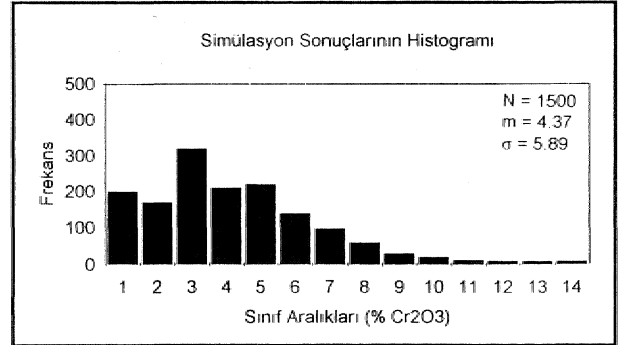
Uyarlanan bu model parametreleri, modelin geçerliliğini kanıtlamak açısından geri kestirim (back kriging) yöntemiyle de incelenmiştir. Geçerli bir model de, tenör değerleri üzerindeki doğrusal regresyon  $45^\circ$  ye yakın olmalıdır. Yani orijindeki kesişim 0 değerine yaklaşmalı, eğim ise yaklaşık 1 olmalıdır. Ortalama kestirim hatası varyansı ile, kestirim varyansı da yaklaşık olarak eşit olmalıdır (Saraç and Tercan, 1992). Kullanılan model parametrelerinin geçerliliğine ait sonuçlar Çizelge 1' de özet olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Modelin Geçerliliği

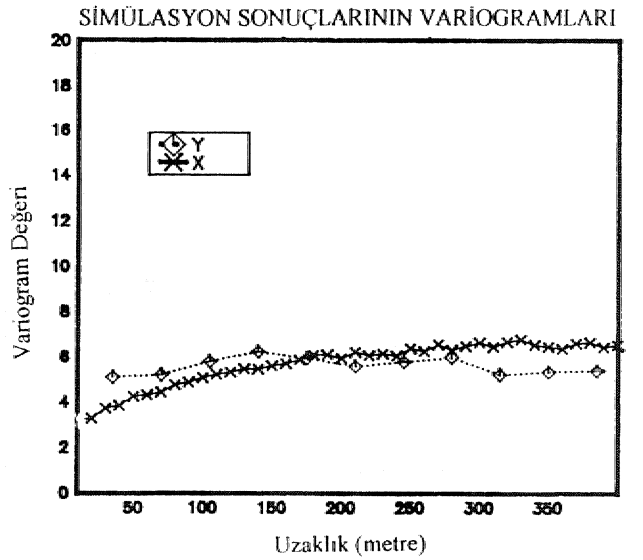
Mutlak Farklılık	1.62
Farklılık	0.00
Ortalama Kestirim Hatası Varyansı	6.42
Kestirim Varyansı	6.20
Orijindeki Kesişim	0.12
Eğim	0.97

Cevherleşmenin koşullu simülasyonu halka dekompozisyonu yöntemi ile yapılmıştır. Cevherleşmenin 1100 metre katı için 100 m, kat kalınlığında yapılan simülasyonda grid boyları, cevherleşmenin x eksenı boyunca 10 m., y eksenı, boyunca da 35 m. olarak alınarak, x yönünde 50, y yönünde ise 30 blok için simülasyon gerçekleştirilmiştir. Buna göre her biri  $35.000 \text{ m}^3$  hacmi olan, toplam 1500 bloğun tenörleri simülasyonla hesaplanmıştır. Sonuçları koşullandırma da, sondajlardan elde edilen bütün veriler kullanılmıştır. Simülasyon sonuçlarının histogramı ve variogramları (Şekil 5 ve 6), sondajlardan elde edilen 289 örneğin, gösterdiği histogram ve variogramlarla tamamen aynı özelliktedir,

Şekil 7 de cevherleşmenin 100 metre katı için hazırlanan tenör-blok haritası sunulmaktadır.



Şekil 5. Simülasyon Sonuçlarının Histogramu

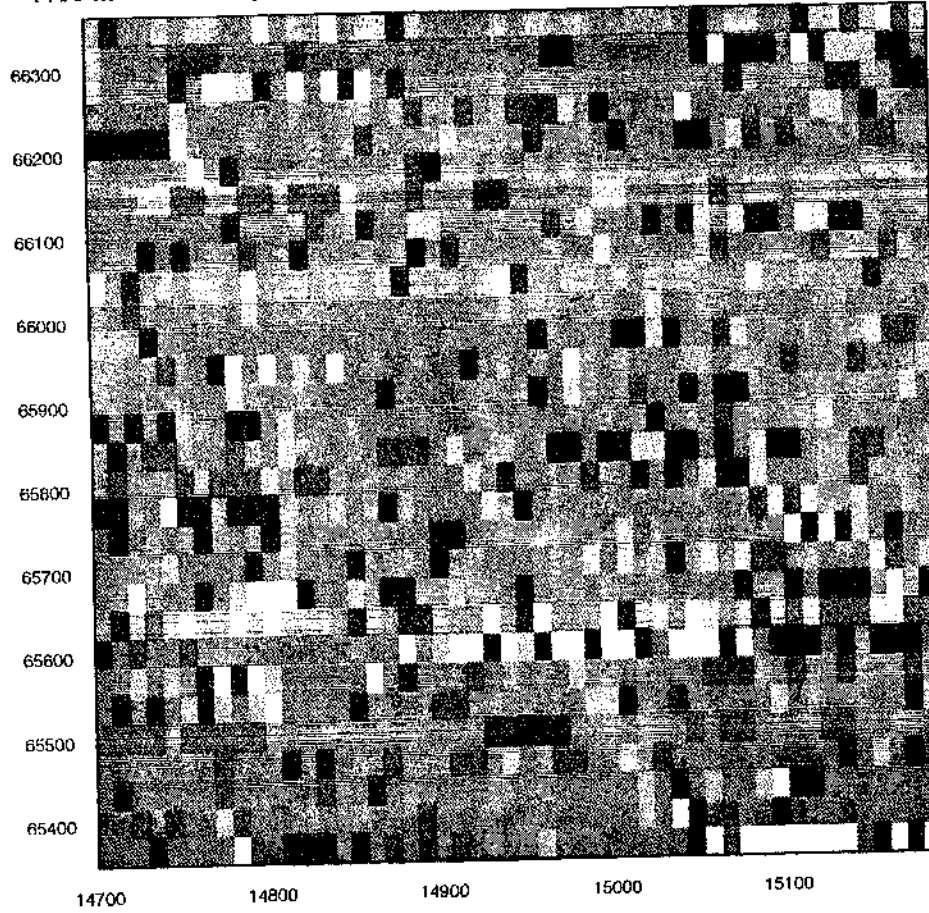
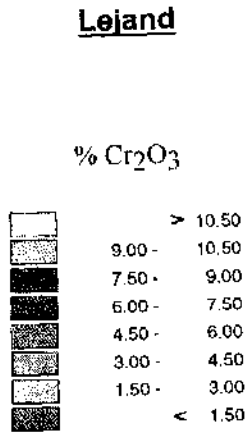


Şekil 6. Simülasyon Sonuçları run Variogramı,

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada jeostatistiksel simülasyon yöntemlerinin maden yataklarının değerlendirilmesi açısından önemi gösterilmeye çalışılmıştır. Jeostatistiksel simülasyon, özellikle son yıllarda, yer bilimlerinde etkin bir yöntem olarak kullanılmaya başlamıştır. Araştırmada, simülasyon genel olarak tanıttıldıktan sonra, sırası ile koşullu ve koşulsuz simülasyon' teknikleri, simülasyonun matematiksel ifadesi, kriging teknikleri ile arasındaki fark verilmektedir. Uygulama olarak da, bir 'krom cevherleşmesinde örnek bir kat seçilerek,, halka, dekompozisyonu yöntemi ile koşullu simülasyon gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve seçilen kat için hazırlanan tenör blok haritası sunulmaktadır.

## 1100 metre KATI İÇİN SİMÜLASYONLA ÜRETİLEN BLOK-TENÖR HARİTASI



50 (nx) x 30 (ny)

35 m. (x) x 10 m. (y) x 100 m. (z)

1 Blok = 35.000 m<sup>3</sup>

Şekil 7. 1100m. Katı Blok - Tenör Haritası

## *Jeostatistik*

### **KAYNAKLAR**

- Akın, A.J.C. (1987) Kızıyüksək - Yataaidıç- (Karsantı/ Adana) **ÖİR**, 634 nolu Sahanın Madem, Jeoloji Raporu, MTA, Geiel Müdürlüğü, Rapor no: 2252.
- Davis, M, (1987) .Frod.cti.on of Conditional Simulations via the LU Triangular Decomposition of the covalance Matrix, Journal of Mathematical Geology, Vol.. 19, No 2, pp 91-98.
- Dowd, P.A. and Saraç, C. (1993) Geostatistical Simulation Based, oo Neural Networks , The International Association for Mathe.matic.al Geology,, 25\* Anniversary Meeting, 10-15 October 1993, Prague.
- Harbaugh, J.W. and Bohham - Carter, G, (1970) Computer Simulation in Geology, John Wiley and SODS, Inc., New York..
- Journal, A.G. And Huijbregts, ChJ. (1978) Mining Geostatistics, Academic Press, New York.
- Mantoglou, A. (1987) Digital Simulation of Two-and Three-Dimensional Stochastic Processes with a Spectral Turning Bands Method, Journal, of Mathematical Geology, Vol.. 19, No 2, pp. 129-150.
- Saraç, C. and Tercan, E, (199:2) A Geostatistical Case Study of Kızıyüksək-Yataaidıç Chromium Orebody, Geosound-Yerbilimleri, No 20, pp. 219-230.
- Saraç, C and Dowd, P.A. (1993) A Modified Approach • to Large Scale Geostatistical Simulation, via the LU Decomposition Method, Leeds. University Mioieg Association Journal» pp. 95-102



# Duraylı İzotoplar

## Duraylı İzotoplar Jeokimya Cıvırımı Moden Yataklarına Uygulanması

Vedat OYGÜR  
MJA Genel Müdürlüğü,  
Maden Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

### ÖZ

Yıllarda duraylı izotoplar jeokimyası,, cevher taşıyan akışkanların doğasının ve cevher oluşum süreçlerinin kavranmasında büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Maden yataklarının kökeni ve oluşumlarına ilişkin problemlerin çözümünde güçlü ve etkin bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Cevherli akışkanların ana bileşeninin su alması ve farklı kökenli suların kendilerine özgü  $O_2$  ve  $H_2$  izotopik bileşim, değerleri göstermeleri nedeniyle, çözeltilerdeki suyun kökenini ve tarihçesini açıklamada  $O_2$  ve  $H_2$  izotopları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çeşitli maden yataklarının izotopik bileşimleri hakkındaki güncel çalışmalar magma kökenli suların sadece çevre kayalar içerisinde deniz suyu veya meteorik suyun dolaşmasıyla oluşan bir hidrotermal dolaşım sistemini yürüten bir ısı kaynağı olarak hareket ettiğini göstermiştir. Bununla birlikte, izotop verilerine göre, cevher oluşumunun ve hidrotermal alterasyonun em belirgin özelliği, olasılıkla-, farklı kökenli suların karşındır»

### GİRİŞ

Maden yataklarının kökenine ve oluşumuna yönelik araştırmalar, dolayısıyla maden arama teknikleri güllümünde hızla gelişmektedir. Bu alandaki çağdaş teknolojilerden birisi de duraylı izotoplar jeokimyasının maden yataklarına uygulanmasıdır.

Son yıllarda, yurt içinde yayımlanan dergilerde bu konuya ilişkin çok sayıda makale yer almıştır. Ancak bunların sadece araştırma sonuçlarına yönelik özgün, yayınlar olması, yöntemin, ana ilkeleri, ve teknikleri, hakkı oda bilgi verilmemesi nedeniyle bu yazının hazırlanması düşünülmüştür.

Doğada var olan birçok kimyasal ve fiziksel süreç, hafif elementlerin, duraylı izotoplarının bölünmesinden sonuçlanmaktadır. Kütle spektrometresi ve örnek hazırlama tekniklerindeki gelişmeler,  $O_2$ ,  $H_2$ , C, S ve N'nin izotopik değerlerindeki değişimlerin %0.01-0.02 doğruluk derecesinde ölçülmesine olanak sağlamıştır..

Cevher yapıcı akışkanların baskın bileşeni olması nedeniyle suyun kökeni,, herhangi bir cevher oluşumu

kuramının temel ögesidir., Akışkanlardaki çözünmüş diğer malzemeler sadece çözeltinin P-T tarihçesi ve akışkanın ilişkide bulunduğu kayaç tipleri hakkında bilgi sağlar., Çeşitli kökenli sulara  $O_2$  ve  $H_2$  içeriklerinin sistemli farklılıklar sunması (Taylor, 1974) nedeniyle  $O_2$  ve  $H_2$  izotop incelemeleri,, çözeltilerdeki suyun tarihçesi ve kökenini çözümleyen jeokimyasal ölçütleri verir.

İzotoplar hakkındaki, temel bilgiler ve izotopların jeolojik süreçlerdeki yerleri üzerine, Odamız yayınlarından "Jeokimya-Temel Kavramlar- ve İlkeler"<sup>1</sup> kitabında ayrıntılı bilgi verildiğinden (Güleç, 1993) bu makalede sadece,  $O_2$  ve  $H_2$  izotopları ile maden yataklarının kökeni arasındaki ilişki ele alınacaktır.

### İZOTOP JEOKİMYASININ TEMELLERİ

Bir elementin her atomunda, proton sayısı aynı olmasına karşın, nötron sayıları, değişebilmektedir., Farklı nötron sayılarına, sahip atomlarına, o elementin izotopları adı verilir. İzotopların kimyasal bileşimleri aynı olmasına karşın, kütlelerinde farklılıklar vardır.,

## Duraylı İzotoplar

İzotoplar genel olarak iki gruba ayrılırlar. Radyojenik izotoplar;  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  radyasyonları yayarak, radyoaktif bozuşma yoluyla başka bir elementle dönüşen izotoplardır.  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{40}\text{K}$  gibi radyojenik izotoplar yaygın, olarak radyometrik yaş ölçümlerinde kullanılmaktadır.

Duraylı izotoplarsa radyoaktif bozuşma özelliği göstermezler. Oksijenin  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  ve  $^{18}\text{O}$  olmak üzere üç; hidrojenin  $^1\text{H}$  ve  $^2\text{H}$  (D) olarak iki; karbonun  $^{12}\text{C}$  ve  $^{13}\text{C}$  olarak iki; kükürdün  $^{32}\text{S}$ ,  $^{33}\text{S}$ ,  $^{34}\text{S}$  ve  $^{36}\text{S}$  olarak dört; azotun  $^{14}\text{N}$  ve  $^{15}\text{N}$  olarak iki izotopu vardır.  $\text{O}_2$  ve  $\text{H}_2$  nin duraylı izotoplarının bileşimde bulunmasına göre, kütlelerindeki farklılıklar temelinde: suyun bileşimi,  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  ve  $\text{D}_2^{18}\text{O}$  biçiminde değişebilmektedir.

Duraylı izotopların jeokimyasının maden yataklarına uygulanması, çeşitli jeolojik süreçlere eşlik eden izotopik ayrışmanın mekanizması ve şiddeti hakkındaki bilgilerimize dayanır. İzotop ayrışmasının nedeni, molekül veya kristal yapısında, bulunan ağır ve hafif

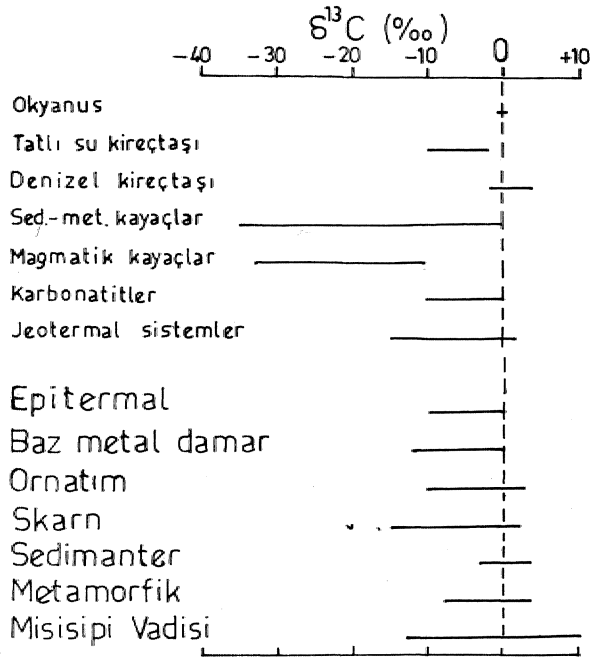
atomların titreşim frekanslarındaki farklılıklardır. Ağır atomların titreşim, frekansı hafiflere göre düşük olduğundan ağır atomların diğer atomlarla bağları güçlü olmaktadır. İzotop ayrışması, atomik kütlesi kırkdan küçük olan elementler için söz konusudur (Faure, 1986),

Duraylı izotoplardan  $^{18}\text{O}$  ve D yaygın, olarak kullanılmaktadır. Karbonatlar en geç oluştuklarından C (Şekil 1) ve çok geniş spektrumlu olmaları, nedeniyle S izotoplarının (Şekil 2) kullanımı, enderdir. N ise uygulama alanı bulamadığından kuramsal düzeyde kalmıştır.

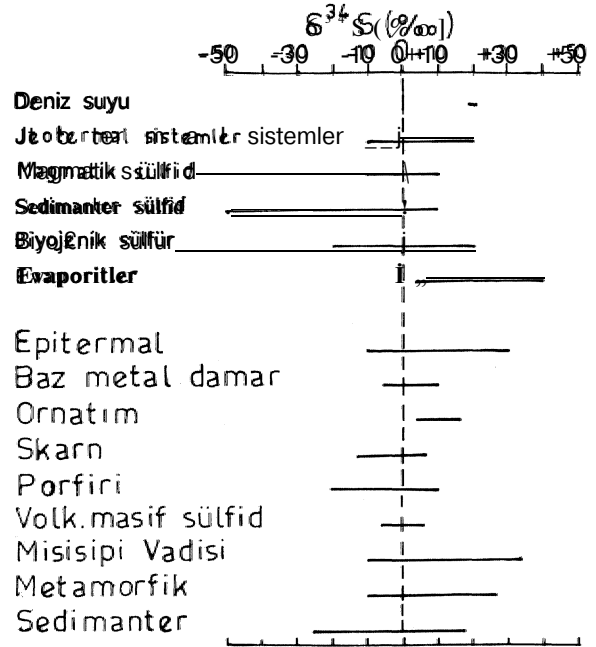
### İzotop Ölçümleri

İzotoplar bir kütle spektrometresiyle ölçülür. Elektrik yüklü atomları ve molekülleri, elektrik ve/veya manyetik alanlardaki hareketlerini esas alarak kütlelerine göre ayırmak üzere tasarlanmış bir aygıttır.

Toz biçiminde öğütülen örnekte, elektron bombardımanıyla, moleküller iyonize edilir ve yüksek voltaj yardımıyla ivme kazandırılarak fak iyon ışını biçimine getirilir. Manyetik alan içerisine giren ışınlar kütleleriyle orantılı bir biçimde saparlar. Ağır iyonların az, hafif-



Şekil 1. Çeşitli jeolojik ortamlara ve cevher tiplerine ilişkin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri (Becker ve Clayton, 1972; Rye ve Ohmoto, 1974; Rye ve Rye, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Akande ve Zentitti, 1983; SMmazakil 1988; McKeag ve Craw., 1989; Heinrich ve diğ., 1989; Branam ve Ripley, 1990; Fu ve diğ., 1991; Layne ve diğ., 1991).



Şekil 2. Çeşitli jeolojik ortamlara ve cevher tiplerine ilişkin  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri (Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Akande ve Zentitti, 1983; Shimazuki, 1988; Fonteüles ve diğ., 1989; Branam ve Ripley, 1990; Fu ve diğ., 1991; Layne ve diğ., 1991).

## Duraylı İzotoplar

rio daha çok sapmasıyla birbirlerinden ayrılan iyonlar bif kollektörde toplanır. Kayıt aletinde, izotopun bolluğuyla orantılı pikler çizilir;

O<sub>2</sub> izotopik bileşimi, malzemenin cinsine bağlı olarak hazırlanmış CO<sub>2</sub> örneklerinin analiziyle ölçülür.

H<sub>2</sub> izotopik bileşimi, 750°C de metalik uranyumla tepkimeye girmiş su örneklerinden hazırlanan H<sub>2</sub> gazının analiziyle ölçülür.

Kükürtlü bileşenlerin bir dizi tepkimeyle, Ag<sub>2</sub>S ve BaSO<sub>4</sub> aracılığıyla SO<sub>2</sub>' ye çevrilmesiyle S izotop ölçümleri yapılır.

C ölçümleriyle, karbonatların 25 °C de derişik fosforik asitle tepkimesi sonucu serbestleşen CO<sub>2</sub> özerinde gerçekleştirilir.

**İzotop terminolojisi ve standartlar**

O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> izotopik bileşimleri sırasıyla S<sup>18</sup>O ve SD olarak yazılır ve SMOW (Standart Ortalama Okyanus S oyo) standardına göre <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O ve D/H oranlarının farkları olarak ifade edilir (Craig, 1961).

Bir diğer standart PDB olarak bilinir. Chicago Üniversitesi tarafından, Güney Carolina'daki Peedee Formasyonu'nda bulunan Kretase yaşlı belemnitlerden hazırlanan. CÖ<sub>2</sub>dk., Karbonatlardaki O<sub>2</sub>. ve C izotopik bileşimi için kullanılır (Craig, 1957).

S izotopik bileşimi. 8<sup>34</sup> S olarak gösterilir ve Canyon Diablo'daki demir meteoritinde bulunan troyMt. (FeS) standart olarak kullanılır (Smit.herin.gale' ve Jensen, 1963).

N için. Dünya'nın her<sup>1</sup> yerinde sabit izotopik bileşimdeki atmosfer azotu kullanılır (Mariotti, 1984).

İzotopik bileşimler binde olarak ifade edilir' ve değeri mutlak bir orantıyı göstermez; örnek ile standart arasındaki görel bir sapmayı temsil eder. 5 D=+10 değerinin anlamı, örnek D' bakımından. SMOW'dan %c 10 zengin demektir. Negatif değerlerse, SMOWa göre- örnekteki izotopların görel tükenişini, gösterir.

### SULARDA İZOTOPİK DEĞİŞİMLER

Çağdaş maden, yatakları kuramlarına göre meteorik SÖ, yerkabuğundaki dolaşımı sırasında veya bir magma gövdesiyle teması sonucunda ısınır ve özellikle bu süreç sırasında önemli miktarda tuzluluk kazanırsa potansiyel olarak cevher yapıcı bir akışkandır. Bu bakımdan,, maden yataklarının kökenini anlamak için çeşitli su türlerindeki izotopik değişimleri (Şek. 3) incelemek önemlidir.

Okyanus Sıfırı

Günümüzdeki okyanus suyunun izotopik bileşimi SMOW standardında sabittir (Craig, 1961): S<sup>18</sup>O=O ve 8D=O.

Buna karşın, buharlaşmanın yoğun olduğu ve tuzluluğun arttığı kapalı havzalarda, örneğin Kızıl Deniz'de S<sup>18</sup>O=+2 ve 5D=+11 gibi değerlerle oldukça yüksektir.

Arktika ve Antarktika gibi taze suyla önemli ölçüde seyrelmiş sular ters yönde bir izotopik kaçış vardır: 6<sup>18</sup>O=-20 ile 5D= -200 ile -450 arasındadır.

**Meteorik sular<sup>1</sup>**

Meteorik suların izotopik değişimleri son. derece sistemattir ve MWL (Meteorik Su Hattı) olarak ifade edilen bir doğrusal hatla gösterilir (Craig, 1961):

$$SD=8S^{18}O+10$$

Meteorik sular, SMOWa göre <sup>18</sup>O ve D bakımından tükenmişlerdir.

### Jeotermal sular

Jeotermal alanlardaki-sıcak sular yüzeyden türemiştir. MWUden, yüksek <sup>18</sup>O değerlerine doğru, karakteristik <sup>18</sup>O kaçışı görülür (Craig, 1963). Bunun, nedeni, silikat ve karbonat çevre kayalarla, olan. izotopik değiş tokuştur.

### Formasyon suyu

Çökel kayaların depolanması sırasında kayacın gözenekleri içinde hapsolmuş bu sulara. <sup>18</sup>O, SD, tuzluluk ve ısı arasında pozitif korelasyon vardır. Düşük ısı ve tozlulukta değerleri en düşüktür. Yüksek ısı ve tuzlulukta yüksek S değerleri görülür (Taylor, 1979).

### Metamorfik sular

SD değerleri sınırlı olmasına karşın, <sup>18</sup>O değerleri geniş bir aralıktadır.. izotopik ayrılma faktörü ısıya bağımlı - olduğundan, düşük ısı, metamorfik sular yüksek SD ve düşük <sup>18</sup>O; yüksek ısıysa düşük 8D ve yüksek <sup>18</sup>O değerlerine sahiptir (Taylor, 1979).

### Magmatik sular

Doğrudan, magmadan gelen suyu. örneklemek zordur. Granitoidlerin SD ve <sup>18</sup>O değerlerine sırasıyla %o 10 ve %o 1 eklenerek dolaylı yoldan hesaplanmaktadır (Ohmoto, 1986). Bu yöntem SD için homblende-H<sub>2</sub>O ve S<sup>18</sup>O için. plajiyozit-H<sub>2</sub>O dengede ayrılma faktörlerine dayanır.

Magmatik su. teriminin, kullanımında bir karışıklık görülmektedir.- Magmatik su, kökeni ne olursa, olsun magmatik kayalarla ilişkili suyu tanımlamak için kullanılır. Bu su, önceden meteorik. veya denk suyu olabilir.

lir ve yitim zonunda kayaçlarla birlikte gömülerek daha sonra oluşan magmatik kayaçlar içinde kalmış olabilir. Juvenil suysa, doğrudan yeryuvarının içinden gelen ve önceden yeryüzünde hiç bulunmamış sudur.

**Hidraternal sistemlerdeki meteorik suyun belirlenmesi**

Çevre kayaçlar<sup>1</sup> içinde suyun dolaşımı bir meteorik değiş tokuşa neden olur.. Herhangi bir meteorik hidrotermal dolaşım sistemindeki su miktarı aşağıdaki denklemle gösterilir (Criss ve Taylor, 1986):

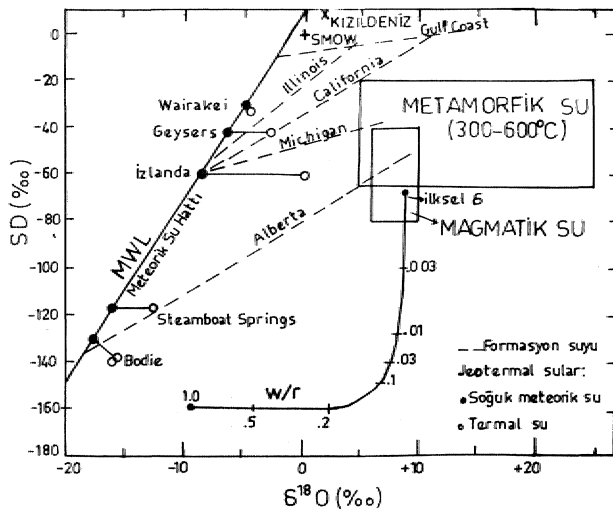
$$W S^1 H_2O + r^1 \text{ kayaç} = W^s H_2O + r^s \text{ kayaç}$$

Burada i ilksel değer, s son değer, w sistemdeki meteorik sudaki oksijenin atomik yüzdesi, r sistemdeki değişime girebilir kayaç oksijeninin atomik yüzdesidir,

Su-kayaç yüzdesi, basitçe kayaçta ve suda gözlenen izotopik değişimin oranı olarak ifade edilir:

$$w/M^s \text{ kayaç} - S^1_{\text{kayaç}} / (S^1_{H_2O} - S^s_{H_2O})$$

Öta. ısıdaki bir meteorik-Hidrotermal. akışkan yardımıyla bir granodiyoritteki alterasyona ilişkin w/r oranları Şekil 3'de gösterilmiştir.. Küçük w/r değerleri, <sup>18</sup>O değişimi olmadığını, SD nin geniş bir aralıkta değiştiğini; yüksek w/r değerleri ise <sup>18</sup>O nun geniş, aralıkta değiştiğini, ÖD nin dengede olduğunu gösterir.



**Şekil 3,** Çeşitli su türlerine ait izotopik bileşimler (Taylor, 1974). Bir tipik granodiyorit, meteorik-hidrotermal akışkan tarafından ortaçağdaki alterasyonu sonucu gelişen w/r oranları gösterilmiştir (Criss ve Taylor, 1986).

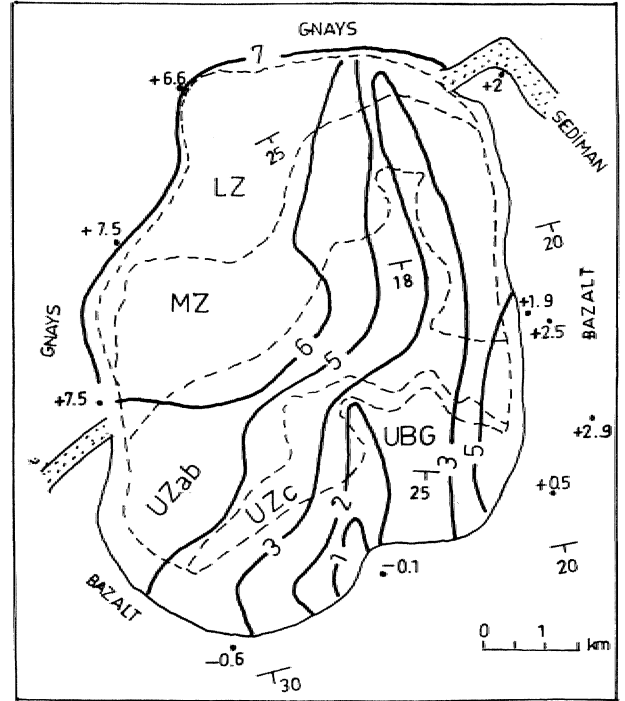
**FOSİL METEORİK HİDROTERMAL SİSTEMLER.**

Magmatik sokulumlar ısıtıcı güç olarak davranır, meteorik sular ısıtarak bir hidrotermal dolaşımı oluşturur. Bu sıcak sular dolaşım sırasında çevre kayaçlarla ilişkiye girer ve aralarında madde alış verişleri olur. Bu sistemler, günümüzdeki jeotermal sistemlerim, fosil eşdeğerleridir.

Meteorik suların, yüksek ısıdaki magmatik kayaçlarla etkileşimi sonucunda kayaçlarda <sup>18</sup>O ve D tüketimi ve sudaysa <sup>18</sup>O ve D zenginleşmesi olur.. Halbuki düşük ısıdaki, günlenme sırasında, kayaçların <sup>18</sup>O değerleri meteorik sularla etkileşim sonucu artar, tersine- meteorik suların <sup>18</sup>O değerleri düşer.

Skaergaard Sokulumu

Grönland'daki Skaergaard sokulumu, en iyi incelenmiş fosil meteorik hidrotermal sistemdir (Taylor, 1974). 55 My yaşlı sokulum, Prekambriyen gnayslarla



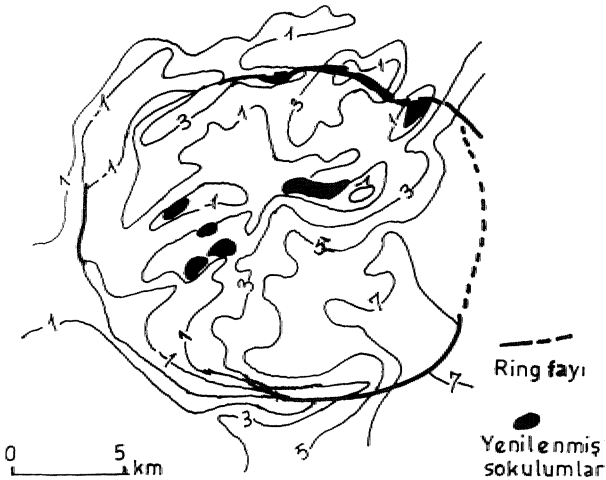
**Şekil 4»** Skaergaard Sokulumunun genelleştirilmiş jeoloji haritası ve plajyoklazlara ait δ<sup>18</sup>O konturları (Taylor, 1974). Plajyoklazların δ<sup>18</sup>O değeri δ<sup>18</sup>O=6.2±0.21, Skaergaard Sokulumu: LZ- Alt zon; MZ- Orta Zon; UZab- Üst Zon; UZac- En üst Zon (katmanlı seri); UBA Üst Sınır Grubu..

Tersiyer toleyitik plato bazaltı arasındaki uyumsuzluk düzeyine sokulmuş, yan yatay duruşlu bir gabro gövdesinden oluşur,,

"O analizleri» plajyoklazlar diğer kayaç yapıcı mineraller arasında hidrotermal akışkanlarla oksijen izotop aus verişine eo. elverişli mineral olması nedeniyle plajyoklazlarda yapılmıştır...  $\delta^{18}O$  değerleri Skaergaard sokulumu içerisinde düzenli bir biçimde dağılmaktadır (Şek. 4), Kuzeybatıdan güneydoğuya, doğru,, kayaçların eğinliyle uyumlu, olarak azalırlar. Sokulum gövdesinde KB kesimindeki  $\delta^{18}O$  değerleri normal magmatik (prison) değerlerdir,  $S^{18}O=+6$  kontunu sokulum içerisinde bazalt-gnays uyumsuzluğunun izlerini izler: Bu kontunun stratigrafik olarak, üzerindeki plajyoklaz örnekleri meteorik solarla temas sonucunda  $^{18}O$  bakımından tükenmiştir. Uyumsuzluk düzlemi, hidrotermal sistemin gelişmesinde önemli bir rol. oynamıştır. Son derece eklemli bazaltlar meteorik suyun hareketi için geçirengendir, halbuki, gnays temel görece geçiren değildir. Bunun sonucunda, sokulumun üst kesimi raeteroik suyla ilişki sonucunda etkilenmiş ve- alt. kesim, pristin değerini korumuştur.

#### Lake City Kalderası

Lake City Kalderası (Colorado) 23 My önce oluşmuş bir çökme yapısıdır. Bazalt-riyolit magmatizmasından oluşur. Yenilenmiş sokelemler çevresinde bir fosil hidrotermal sistem gelişmiştir (Criss ve Taylor, 1986),

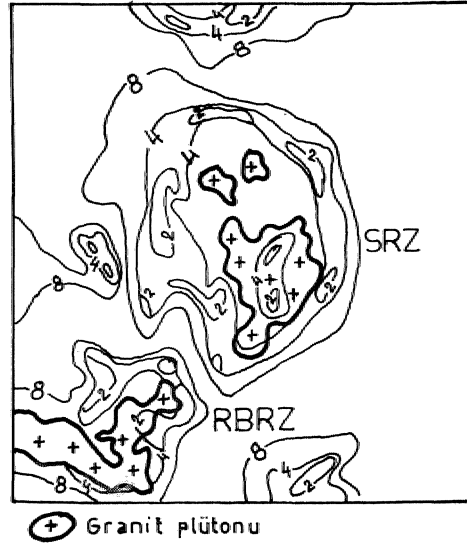


Şekil 5. Lake City Kalderası'nın  $\delta^{18}O$  değerlerine ait kontur haritası (Criss ve Taylor, 1986).

Düşük  $\delta^{18}O$  değerleri batı kesimindeki, stratigrafik olarak alt düzeydeki kloritleşmiş ve serisitleşmiş kayalar boyunca görülür (Şek. 5), En düşük değerler ya geçiren Riog fayı zone, boyunca, ya cevherli Eureka grabeni içerisinde ya da merkezdeki yenilenmiş sokulumlar dokanağındaki skanüarda yer almaktadır. Yüksek  $S^{18}O$  değerleriye kalderanın doğa kesimindeki stratigrafik olarak, yüksek, zayıfça altere kayalarla ilişkilidir. Böylece,, hidrotermal sistemdeki  $S^{18}O$  değerleri başlıca yükseklikle, yenilenmiş sokulumlara yakınlıkla ve ana kırıklara bağlı yüksek geçirgenlik zonlarıyla kontrol edilmektedir.

#### Idaho Bafolfti

Kretase yaşlı graniük plütonlardan oluşur. Bu graniitlerdeki orijinal.  $\delta^{18}O$  değerleri, +9 ile +11 ve SD değerleriye -65 ile -80 civarındadır. Şiddetli hidrotermal alterasyona bağlı olarak SD değerleri belirgin bir biçimde -160'a ve  $\delta^{18}O$  değerleri de -5e kadar düşmektedir (Criss ve Taylor, 1983).. Bu Aylar, düşük.  $^{18}O$  ve Dİ meteorik yeraltısulajtnrı,. Eosen boyunca, derindeki konvektif dolaşımından ileri gelmiştir.. Graniit plütonları, akışkanların hareketini, yönlendirmek için: gerekli ısıyı sağlamışlardır. Bu hidroteral • sistemler,, derince erozyona uğamış kalderalarla ilişkilidir; şiddetli hidrotermal alterasyon, ana kalderaların sebvolfemik Ring kink sistemleriyle çakışır (Şek., 6).



Şekil 6\* Idaho Batoliti'nde  $\delta^{18}O$  kantarla mu n Ring kink sistemleri ve yeniden yükselen damlarla ilişkisi (Criss ve Taylor, 1986). SRZ Sawtooth Ring Zonu; RBRZ- Rocky Bar Ring Zonu.

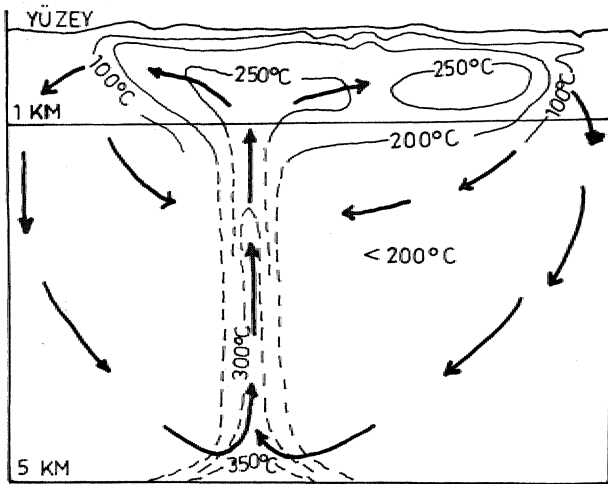
Bir güncel jeotermal sistemle karşılaştırma.

Şekil 7, Yeni Zelanda'deki Wairakei jeotermal sahasındaki güncel sıcaklık dağılımlarını göstermektedir (Taylor, 1974). Bu volkanik arazideki su tümüyle meteorik kökenlidir' (Şek. 8) ve sistemde epitermal altın cevherleşmesi vardır. Suyun yukarı doğru hareketi, varsayılmış magmatik ısı kaynağı üzerindeki dar bir zon boyunca olmaktadır. İzotermeler merkeze doğru ısıyı artıran bir mantar biçimindedir. Eğer w/r oranları fosil hidrotermal sistemlerde kabaca sabit se,  $5^{18}\text{O}$  konturları izotermelerle temsil edilebilir' ve  $5^{18}\text{O}$  anomalisinin merkezine, doğru ısı artar.

### MADEN YATAKLARI TİPLERİ İÇİN GENETİK MODELLER.

Maden yatakları,, farklı kökenli, cevher yapıcı hidrotermal akışkanların etkinlikleri sonucu, oluşmuştur. Su,, bu akışkanların ana bileşenidir. Bu nedenle, izotopik bileşiminden, yola çıkılarak suyun kökeni belirlenebilir-se cevherli akışkanların, tarihçesi de 'talim edilabilir.

Maden yataklarının oluşumuyla ilgili suyun izotopik bileşimi 'iki. yolla bulunabilin (1) Sıvı kapamalarda



Şekil 7, Wairakei, Yeni Zelanda güncel jeotermal sisteminde, ölçülmüş ve tahmini (kesikli çizgileri eş sıcaklık eğrilerini gösteren şematik kesit (Taylor, 1974).

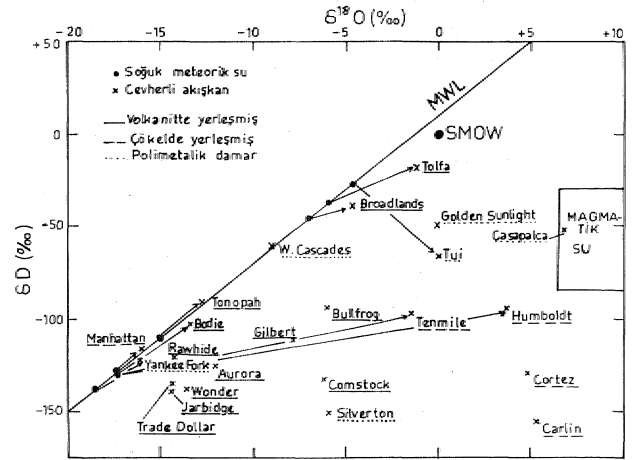
hapsolmuş suyun analizi; (2) Minerallerdeki  $\text{O}_2$  ve  $\text{H}_2$  ile belirli bir sıcaklıkta dengelenmiş sulu akışkanın  $5^{18}\text{O}$  ve  $6\text{D}$  değerlerinin hesaplanması.

Birincisi doğrudan yöntemdir, fakat homojenleşme (cevherleşmenin minimum) ısısını verir ve çevre kaya-

lardan  $\text{O}_2$  ve  $\text{H}_2$  alış. verisi sonucunda suyun, izotopik bileşiminin değişmesi nedeniyle ikincil önemdedir. İkinci yöntem, tümüyle su-mineral değişim, dengesine ve izotopik jeotermometre denklemlerine dayanır.

### Epitermal yataklar

Bu yataklar,» meteorik suyunkine çok yakın izotopik değerlere' sahiptir (Şek.. 8). Cevherli akışkanların izotopik karakteristikleri, çözeltilerin olasılıkla çok düşük miktarlarda, ağır metal taşıdıklarını ve son. derece büyük miktarlarda su içerdiklerini göstermektedir (Taylor,, 1979)., Ancak volkanitlerde yerleşmiş olan Comstock,



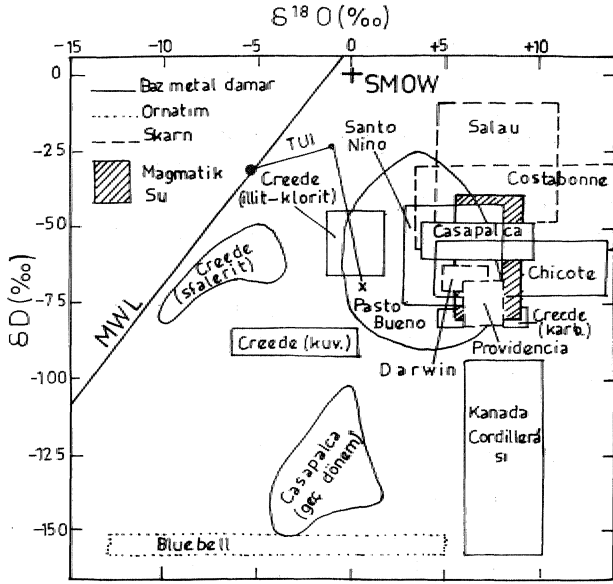
Şekil 8. Epitermal altın-gümüş yataklarına ak suların izotopik bileşimien (White, 1974; Taylor, 1979; Field ve Fifarek, 1985)..

Tenmile, Humboldt gibi yataklar birincil magmatik sularından; Cortez ve Carin gibi çökeltide yerleşmiş yataklarsa yan kayaktan izotop değişimi yaparak, SD değerleri, meteorik solankilerle; aynı olmasına karşın  $5^{18}\text{O}$  değerlerinde farklılıklar göstermektedirler.

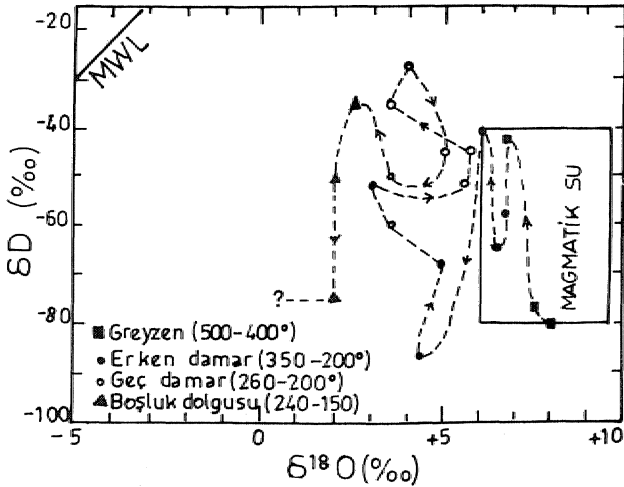
### Baz metal damarları

Polimetallik damar tipi yataklarda cevherli akışkanların ana evresi, magmatik kökenlidir (Şek. 9). Meteorik sular,, sadece,, cevherin depolanmasının son evresinde etkili olmuştur.

Paşa Bueno (Perm) W-baz metal yatağı, bir kuvarsmonzonit stoğunu kesen, kuvars damarlarından oluşur. SD ve  $5^{18}\text{O}$  verileri,, sülfidlerin depolandığı hidrotermal etkililiğin erken evresinde magmatik suların etken olduğunu gösterir (Şek. 10). Isının düştüğü geç evrelerde, meteorik. sular sisteme karışmıştır. Woiframit, meteorik suların egemen olduğu bu dönemde depolanmıştır.



Şekil 9. Baz metal damarları, ornatım ve skarn yataklarındaki hidrotermal akışkanlara ait izotopik bileşim değerleri (Ohmoto ve Rye, 1970; White, 1974; Taylor, 1979; Bethke ve Rye, 1979; Marcke de Lummen, 1988; Fonteilles ve diğ., 1989; Nesbitt ve Muehlenbachs, 1989).



Şekil 10. Pasto Bueno yattığı tuiya greyzen olit mmmmtkm itibaren damar ve fooske: dolgusu evreleri boyunca hidrotennal akışkanların evrimi (Sheppard, 1977)

Hidrotennal etkinliğin son dönemi olan boşluk dolgulanmasında sadece meteorik sular' vardır.

Tui (Y. Zelanda), altere andezitler içerisinde açık boşluk dolgusu biçiminde Pb-Zn-Ag-Au hidrotermal damardır., ilksel cevherli akışkanı magmatik kökenlidir. Faylaimayla bir' jeotermal sistem çalışmış ve geç dö-

nem akışkanlar meteorik soya. doğru değişmiştir.

Creede (Colorado), ozon. zaman epitermal tipte bir yatak olarak kabul edilmiştir. Fakat izotopik bileşimi, epitermal yataklardan oldukça farklıdır: Sfererit, kuvars ve ilüt-klorit taşıyan akışkanlar farklı üç rezervuardan gelmiştir ve az miktarda birbirleriyle karışmıştır (Bethke ve Rye, 1979). Karbonatlı sular magmatik kökenli, diğerleri ise meteorik kökenlidir ve volkanik yan kayaçlarla O<sub>2</sub> değişimi gösterirler.,

Kanada Cordillera'sındaki mezotermal altın damarları, yeşilist fasiyesindeki kayalar' içerisinde, doğrultu atımlı faylara bağlı olarak oluşmuştur\* 6<sup>18</sup>O ve 8D değerleri; meteorik suyun derinde dolaşımıyla kimyasal olarak evrimi, ve ısınmasıyla oluşan cevher yapıcı akışkanların doğrultu atımlı faylarla geçirgen zonlar boyunca, yükseldiklerini göstermektedir.

#### örnatım yatakları

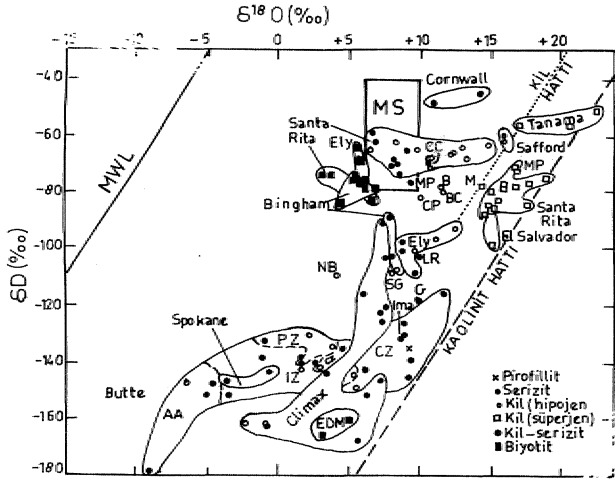
Bluebell (İngiliz Kolombiyası) Pb-Zn yatağı, **birincil** magmatik ve meteorik' sular arasındaki ayırım için elverişli bir ortam yaratır (Şek... 9). Düşük 8D- değerleri, suyun kesinlikle meteorik kökenli olduğunu göstermektedir' (Ohmoto ve Rye, 1970). Gevher' yapıcı akışkanların izotopik bileşimi, iki farklı meteorik su türünün karışımından ileri, gelmektedir. 1) Sıcak, tuzlu, yan kayalarla dengede; 2) Soğuk, seyrettik, yan kayalarla değişime girmemiş.

#### Skarn yatakları

Bu tip yataklar, zaman, ve mekanda granitik sokulomlarla yakından ilgilidir;. Bu tür hidrotermal akışkanlarda, meteorik suyun etkisi görülmez (Şek., 9). Salau (Fransa) **şelit** yatağı, tamamıyla farklı iki tür akışkanın etkili olduğu İki evrede oluşmuştur (Fonteilles ve diğ.» 1989). Yüksek ısıdaki ilk aşamada., 8D= -50 değerindeki akışkanlar magmatik kökenlidir;. Düşük ısıdaki ikinci aşamada akışkanlar 8D= -10 değerli, ve meteorik su, deniz suyu, gözenek suyu veya metamorfik su kökenli olabilirler.

#### Porfiri yataklar

Bu tip- yataktan oluşturan, hidrotermal akışkanların meteorik ve magmatik suların karışımıyla oluştuğu belirgindir (Taylor, 1979) (Şek. 11). Cevherin depolanması ve aliterasyon zonları, tarihçelerinin, erken döneminde magmatik kökenli, akışkanlardan etkilenmiştir. Hidrotermal etkinliğin, geç dönemlerine doğru meteorik sular



Şekil 11. Porfiri yataklarda- OH taşıyan minerallerin analizlerine göre SD ve  $\delta^{18}O$  değerleri (Taylor, 1979).. Kaoiliti hattı (Savin ve Epstein, 1970) ve kil hattı (Sheppard ve diğ., 1969) gösterilmiştir. B- Bethlehem; BC- Bond Creek Alaska; CC- Copper Creek; CP- Cerrode Pasco; G- Gilman; LR- Lost River, Alaska; M- Morenci; MP- Mineral Park; NB- New Boston, SG- St. George; Butte yatağı için: AA-ileri arfilik atterasyon, CZ- Merkez Zorut; EDM- koyu mikaların erken alterasyonu; IZ- ara zon; PZ- çevre zonu.

baskınlaşmış ve aliterasyonda dış zonlar oluşmuştur., Stipejen ve hipojen mineral toplulukları, durayh izotop verileriyle açıkça ayrılanabilir. Günlenme zonlarındaki süperjen killer "Kaolinit Hattı" üzerinde yer alırlar (Savin ve Epstein, 1970); hipojen külere "Kil Hattı" ile ayrılır. (Sheppard ve diğ., 1969).

Butte (Montana) yatağındaki, akışkanların en dikkat çekici özelliği dar bir aralıkta değişen SD değerlerine karşın  $S^{18}O$  değerlerinin çok geniş bir aralığı kapsama sızdır (Sheppard ve Taylor, 1974). D içeriği., Boulder batolitin normal suyundan veya magmatik sudan çok meteorik suya yakındır. Erken evredeki  $S^{18}O$  değeri, birincil magmatik sulardan türemeye uyumlu, olarak taze Butte plütunu değerlerine eşdeğerdir. Sheppard ve Taylor'a (1974) göre ana evre damarları, meteorik-hidrotermal akışkanlar tarafından oluşturulmuştur. Bu akışkanlar belirgin bir biçimde derinlere sivrüklenerek, konvektif dolaşımı yöneten ısı enerjisini sağlayan, porfiri sokuluyla ilişkiye girmişlerdir. Bu sokulum, daha sonra yukarıya taşınan, ve ana evre damarlarında depolanan ağır metallerin kaynağıdır. Hidrotermal dolaşım için gerekli gözenektik, Butte batolitinin sürekli ve şiddetli kırılmasıyla temin edilmiştir.

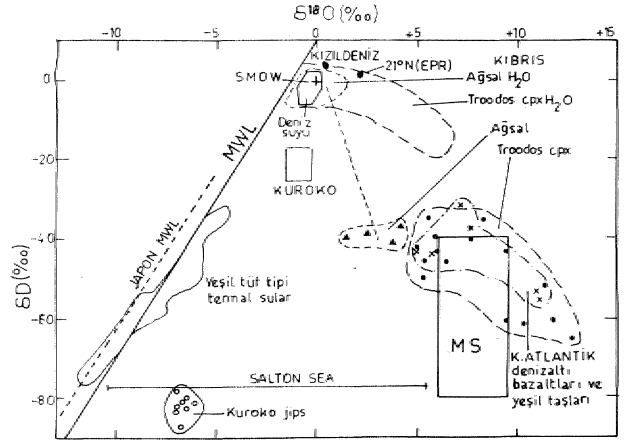
Climax (Colorado) yatağındaki kuvars, ve silikat mineralüleriyle dengedeki suyun, izotopik değerlerine göre., izotop bileşenleri bakımından yoğun ve hafif sular zaman içinde dereceli, biçimde karışmışlardır (Hail ve diğ., 1974). Erken evrenin ağır suyu., meteorik sudan, çok daha yüksek SD değeriyle magmatik veya meteorik kökenlidir. Geç. evrenin hafif suyu., kesinlikle meteorik suyla ayırdır..

Santa Rita» Bingham ve Ely porfiri yatakları için de cevherli akışkanların oluşumu, meteorik. ve magmatik suların karışımıyla açıklanabilir (Sheppard ve diğ., 1971)..

#### Volkanojenik Masif Sülfid Yatakları

Denizaltındaki volkanik etkinlikle- yakından ilgili bu yataklar, deniz tabanında veya hemen altında denizaltı sıcak su kaynakları tarafından oluşturulmuştur. Cevherli akışkanların ana bileşeni, deniz suyudur (Şek. 12).

Saltan Sea (California) jeotermal salamurasında (brine) D değerinin sabit olmasına karşın  $S^{18}O$  çok de-



Şekil 12. Volkanojenik masif sülfid yataklarına ait SD ve  $d^{18}O$  değerleri (White, 1974; Sheppard, 1977). EPR-Doğu Pasifik Yükselimi.

ğişkendir. Magmatik su, izotopik bileşimdeki, bu değeri tek başına oluşturmak için çok yüksek  $S^{18}O$  değerine sahiptir. Craig'e (1966) göre, aşağı süzülmeden önce, meteorik suyun çöl ortamındaki dengesiz buharlaşmasına bağlı olarak  $S^{18}O$  değeri meteorik sudan uzaklaşmıştır.

Kuroko (Japonya) tipi yataklar, asidik denizaltı püskürük, volkanüleriyle ilişkilidir. Kuroko cevherlerinin SD ve  $S^{18}O$  değerlerinin okyanus suyundan, çok az, farklı

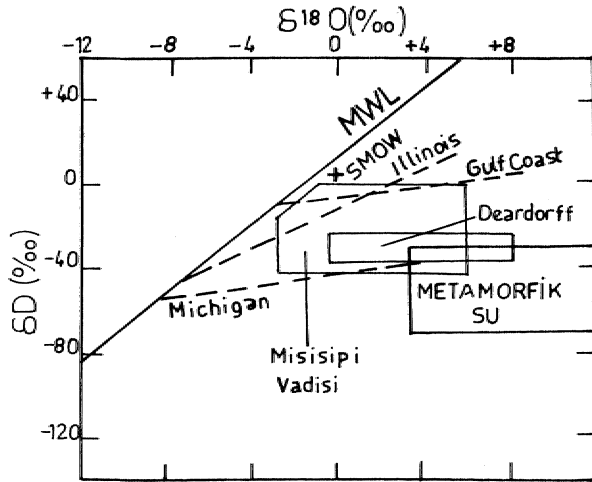


olması, cevherli akışkanların deniz suyu kökenli olduğunu gösterir (Ohmoto ve Rye, 1974)., Akışkanlar içerisinde, çok az miktarda magmatik -ve/veya meteorik su da karışmış olabilir.

Troodos (Kıbn) tipi yalıklar, bir ofiyolit istifindeki bazik volkanitlerle ilişkili masif süffit yataklarının en iyi örneğidir. Cevherin, izotopik bileşimi, çok yeknasak ve güncel, deniz suyununkine çok yakındır (Franklin ve diğ., 1931). TTroodos hidrotermal sisteminde, deniz suyu kökenli, solar' egemendir (Sheppard, 1977).

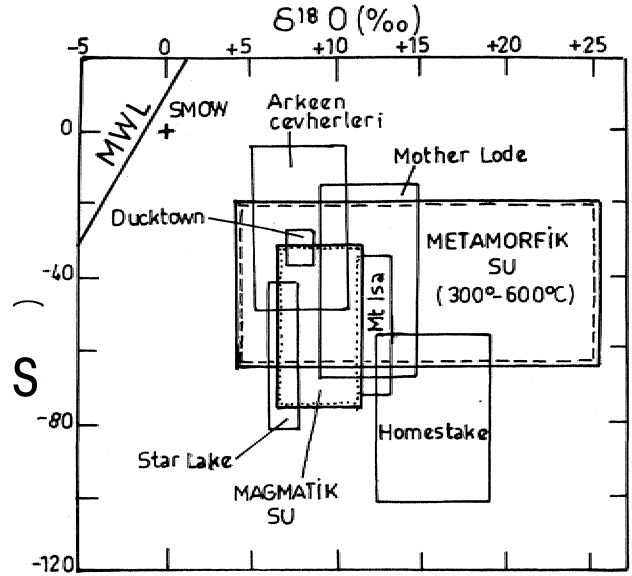
#### Mississippi Vadisi tipi yataklar

Karbonatlı yan. kayalar içerisinde epijenetik olarak yerleşmiş Pb-Zn yataklarındaki cevherli akışkanların tuzlulukları ve bileşen oranları, güncel petrol sahalarının salamuralarıyla dikkati çekecek biçimde benzerdir (Hail ve Friedman., 1963) (Şek. 13). Buna göre., cevherin yerleşmesinin geç döneminde cevherli akışkanlar görece seyreltik meteorik yeraltısuyuyla karışmıştır. Heyl ve diğerleri (1974) tarafından oluşturulan genetik modele göre., taban kayaları içerisinde meteorik sula-



Şekil 13. Misissipi Vadisi tipi yalıklarda cevher yapıcı akışkanlara ait  $\delta D$  ve  $\delta^{18}O$  değerleri ve petrol softaları salamuralarına ait hatlar (Hail ve Friedman, 1963; Heyl ve diğ., 1974; Taylor, 1979).

rın konvektif akışı havzanın derin kesimlerinde akışkanların ısınmasını ve kabuksal kaynaklardan metalleri ve kükürdü, almasını sağlar. Çözeltiler böylece ısırm ve cevher taşıyan akışkanlar halini alır, ardından akiferlere boşalır. Sistemin üzerindeki karbonatlı kayalardaki kırık zonları veya örtün şeylerdeki, çöçelmezlik pemce-



Şekil 14. Metamorfik yataklarda akışkanların izotopik bileşimleri (Rye ve Rye., 1974; White., 1974; Taylor, 1979; Heinrich ve diğ., 1989; Nesbitt ve Muehlenbachs, 1989; Ibrahim ve Kyser, 1991).

releri cevherli akışkanlar için depolanma yerlerini, oluşturm\*.

#### Metamorfik yataklar

Bölgesel metamorfizmayla ünlü maden yatakları, cevher gövdesiyle metamorfik yan kayalar arasındaki izotopik benzerliklerle belirgindir (Şek. 14). Bunun nedeni, bölgesel metamorfizmanın, izotopik homojenleşmeye doğru bir yönelimin, olduğu uzun bir zaman süresini kapsamazdır (Taylor ve Coleman, 1968)., Homestake (Dakota), uzun zaman bir epijenetik hidrotermal damar olarak, kabul edilmiştir., Ancak kuvars damarının  $\delta^{18}O$  değerleri metamorfik yan kayalarla  $\delta^{18}O$  uyum içindedir (Rye ve Rye, 1974). Aynı, bu değerler bölge dışındaki metamorfik segregasyon damarlarıyla da benzerdir.

#### SONUÇLAR,

$\delta^{18}O$  ve  $\delta D$  değerleri jeotermometre olarak kullanılabilir.,

Cevher yataklarının oluşumunda önemli bir yeri olan suların kökeninin belirlenmesinde en yararlı verileri sağlarlar.,

Cevher ve gang minerallerinin izotopik bileşimlerinin incelenmesi sonucunda, cevher yapıcı hidrotermal sistemlerde., basit magmatik süreçler yerine, çeşitli kö-

## Durayü İzotoplar

kerdi (meteorik, deniz» jeotermal, formasyon) soları, doğrudan etkin oldukları veya en azından birincil magmatik sularla karışarak maden yataklarını- oluşturdukları' ortaya konmuştur. Suların karışım süreci,, aynı zamanda hidrotermal alterasyona neden, olmuştur.,

Maden yataklarında yapılan durayh izotoplar jeokimyası çalışmalarının sonuçları, hidrotermal sistemlerde cevher oluşumu kuramında, temel bir değişim oluşturmuşlardır: Magmatik kayalar sadece ısıtıcı motor olarak görev yaparlar. Böylece oluşan enerji,, aşağı süzülen meteorit suların konvektif dolaşımını sağlar. Isınan hidrotermal sular, çevre kayalardan metal içeriğini alarak yükselirler ve soğuk suyla karşılaştıkları yerde cevher olarak çökelirler.

Duraylı izotoplar' jeokimyasının maden yataklarındaki araştırmalara uygulanması, farklı jeolojik süreçlerde izotopik bölünmenin mekanizması ve şiddetinin değiştiği kabulüne dayanmaktadır. Kuşkusuz, bir maden yatağında aynı izotopik özellikleri verebilecek birden fazla süreç gelişmiş olabilir' ve bir jeokimyasal süreç farklı koşullarda, tümüyle farklı izotopik. özellikleri üretebilir.

Bu bakımdan., izotop- verileri, cevher yataklanmasına ilişkin köken ve kaynak sorunlarına sadece bir yaklaşım sağlayabilir. İzotop verilerinin yorumunda şu noktalara, dikkat etmek gereklidir:

1) Duraylı izotop' jeokimyası, maden yatağı araştırmasında bir bağımsız konu olarak ele alınmalıdır.,

2) İzotop verileri,, özellikle sadece- bir elementin izotoplarıyla sınırlı olduklarında, herhangi bir jeolojik soruna tek başına bir çözüm getiremez..

3) İzotop incelemeleri, diğer jeokimyasal ve mineralojik çalışmalarla tamamlanmalı ve desteklenmelidir.

4) Çeşitli jeokimyasal süreçlerdeki izotop 'bölünme mekanizmaları hakkındaki bilgimiz son. derece sınırlıdır..

Bütün bu eksikliklerine karşın, izotop jeokimyası maden yataklarının kökeni ve kaynağına, ilişkin sorunların çözümünde yeni bir-bakış açısı getirmiştir...

### DEĞİNİLEN BELGELER

Akande, S.O. ve Zenfitli, M., 1983, Geologie, fluid inclusions and stable isotope studies\* of the Gays River lead-zinc deposit, Nova Scotia, Canada: Econ. Geol., 79, 1187-1211.

Becker, R.H. ve Clayton, R.N., 1972, Carbon isotopic evidence for the origin of a banded iron formation in western Australia: Geochim. Cosmochim. Acta, 36, 577-595.

Betfike, P.M. ve Rye,, Ö.R., 1979., Environment of ore deposition in the Creede mining district, San. Jo-an Mountains; Colorado: Part IV., Source of Holds from, oxygen., hydrogen and carbon isotope studies: Econ. Geol., 74, 1,832-1851.

Branam, T.D. ve Ripley , E.M., 1990, Genesis of sediment-hosted copper mineralization in south-central Kansas: sulfur/carbon and sulfur isotope systematic^ Econ. Geol., 85,, 601- 621.

Craig, H., 1957, Isotopic standards for carbon and oxygen and. correction factors for mass, spectrometric analysis of carbon dioxide: Geochim.. Cosmochim. Acta, 12, 133-149.,

Craig, EL, 1961, Standard for reporting-concentration of deuterium and oxygen-18 in natural waters: Science,, 133, 1333-1934..

Craig, H., 1963,» The isotopic geochemistry of water and carbon in geothermal areas: Nuclear Geology on 'Geothermal Areas da, E. Tongiorgi (ed.), 17-53.

Craig, HL, 1966., Isotopic composition and origin of the Red Sea and. Salton Sea. geothermal brines: Science, 154,, 1544-1548.,

Criss, RJE. ve Taylor, H.P., 1983, An <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O and D/H study of Tertiary hydrothermal, systems in the southern half of the Idaho batholith: Geol., Soc. Am. BuU., 94, 640-663.

Criss,, RJE. ve Taylor, HP.,, 1986., Meteoric-hydrothermal systems: Stable Isotopes da, J.W. Walley, HP., Taylor ve ULOtfeil (ed.), Reviews in Mineralogy, 16, 373-424.

Faure, G., 1986, Principles of Isotope Geology: John Willey & Sons,, 2., baskı, 589 s.

Field, C.W., ve Fifarek, R.H. 1985, Light stable-isotope systematics in the epithermal environment: Geology and Geochemistry of Epithermal Systems, de, B.R. Berger ve P.M., Bethke (ed.), Reviews in 'Econ. Geol 2, 99-128.

Footeill.es, M., Soler,.P., Démange, M., Derre, C, Kri-er-Schellen, A.D., Verkaeren, J., Guy, B. ve

## Dürayh İzotoplar

- Zahm, A., 1989, The scheelite skarn deposit of Salau (Ariege, French Pyrenees): *Econ. Geol.*, 84,1,172-1209.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W. ve Sangster, DJ<sup>7</sup>., 1981, Volcanic-associated massive sulfide deposits: *Econ. Geol.*, 75.. Anaiv. Vol., 485-627.
- Fu, M., Chaogkakoti, A., Krouse, HJR., Gray, J, ve Kwak,, T.A.,P,, 1991, An. Q,H,S and C isotope study of carbonate- replacement (skarn) tin deposits of the Daehang tin field, China: *Econ. Geol.*, 86,, 1683-1703., "
- Güleç,, M,, 1993, izotoplar: Jeokünya-Temel Kavramlar ve ilkeler dte, JMO yayınL 32,2, baskı, 205-240..
- Hail, W,E, ve Friedman, I., 1963., Composition of fluid inclusions,, Cave-in-Rock fluorite district, Illinois, and upper Mississippi Valley zinclead district: *Econ. Geol.*, 58,886-911.,
- Hall, W.E., Friedman, I. ve Nash, J.T., 1974., Fluid inclusion and light stable isotope study of the Climax, molybdenum deposits, Colorado: *Econ., Geol.* 69,884-901..
- Heinrich, CA., Andrew, A.S., Wilkins, R..WX ve Patterson, DJ., 1989, A fluid inclusion and stable isotope study of syn.metamorphic copper ore formation at Mt Isa, Australia: *Econ., Geol.*, 84, 529-550.,
- Heyl, A.V., Landis, G..P, ve Zaitman, RE., 1974, Isotopic evidence for the origin of Mississippi Valley-type mineral, deposits; *Econ. Geol.*, 69, 992-1006.
- Ibrahim, MS. ve Kyser, T.K., 1991, Fluid inclusion and isotope systematics of the high-temperature proterozoic Star Lake lode gold deposit, N. Saskatchewan., Canada: *Econ., Geol.*, 86,1468-1490.,
- Layne, GJD., Longstaffe, F.J. ve Spoone, E.T.C., 1991, The JC tin skarn deposit, S. Yukon Territory: II. A carbon, oxygen, hydrogen and sulfur stable isotope study: *Econ. Geol.*, 86,48-65.
- Marcke de Lummen, G. van, 1988, oxygen and hydrogen isotope evidence for influx of magmatic water in the formation, of W-, Mo- and Sn-bearing skarns in pelitic rocks at Costabonne, France, and Land's End, England: *Proceed. 7th Quadrennial. IAGOD Symp.*, 355-362...
- Mariotti, A.,, 1984, Natural <sup>15</sup>N abundance measurements-and atmospheric nitrogen standard calibration: *Nature*, 311,251-252.
- McKeag, S.A. ve Craw, D.,, 1989, Contrasting fluids in gold-bearing quartz vein systems formed progressively in a rising metamorphic belt: Otago schist, New Zealand: *Econ. Geol.*, 34,22-33.
- Nesbitt,, B,E. ve Muehlenbachs, K., .1989, Geology, geochemistry, and genesis of mesothermal lode gold, deposits of the Canadian Cordillera: evidence for ore formation from evolved meteoric, water:: *The Geology of Gold Deposits de» Econ. Geol. Monograph* 6,553-563..
- Ohmoto, H., 1986, Stable isotope geochemistry of ore deposits: *Stable- Isotopes da,, J,W, Walley, H.F.Taylor ve X.R.Q'Neii (ed.)*. *Reviews in Mineralogy*, 16,491-556,
- Ohmoto, H. ve Rye, R, O., 1970, The Bluebell Mine, British Columbia.» I. Mineralogy, paragenesis, fluid, inclusions, and the isotopes of hydrogen, oxygen, and carbon :*Econ., Geol.*, 65,, 417-437.
- Ohmoto, H. ve Rye, R,O., 1974, Hydrogen, and oxygen isotopic 'Compositions, of fluid inclusions in the Kuiuoko deposits, Japan: *Econ. Geol.*, 69,, 947-950.,
- Ohmoto, H, ve Rye, R.O., 1979, Isotopes of sulfur and carbon: *Geochemistry of Hydrothermal öre Deposits de, HX.Bames (ed.)*, 2, baskı, John Wiley & Sons, 509-567;
- Rye,, R.,0. ve Ohmoto, EL, 1974, Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: a review: *Econ. Geol»* 69, 826-842,,
- Rye, D.M. ve Rye, R.Q., 1974., Homestake gold mine, south. Dakota: I. Stable isotope studies: *Econ. Geol.*, 69,293-317,,
- Savin, S.NL ve Epstein, 8., 1970, The oxygen, and hydrogen isotope geochemistry of clay minerals: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34,43-64.
- Sheppard, S.,M.,F.,, 1977, Identification of the origin, of ore-forming solutions by the use of stable isotopes: *Volcanic- .Processes in Ore Genesis de, Geol Soc. London, spec. publ* 7,25-41.
- Sheppard, S.MJF. ve Taylor,, O.P., 1974, Hydrogen and oxygen isotope evidence: for the origins of water

## *DurayU izotoplar*

- "m the Bouldbr batàolith and the Bütte-@re deposits» Montan©: Boom. GeoL 69,926-946.
- SheppanL S.MLR, Nielsen, R.L. ve Taylor, HP., 1969, Oxygen and 'hyácogen isotope ratios of day minerals jfoim porphjay copper deposits,: Ecoa. Geol 64,755-777-
- Sheppard, S.M1% Nidscan, RJL ve Taylor, HJP., 197i« Hydrogen *Mid* oxygen isolope ratios in minerals from poipipy copper deposits: Ecoa. GeoL. 66, 515-542.
- ShimazaM, fi, 198&, Oxygea, carbon and sulfur isotope staéy of 'AMB deposits in Japan: Proceed *Ith* Quadienaial IAGOD Syoip., 375-38L
- Smitheringale, W.G. ve Jensen, M.L., 1963, Sulfur isotopic composition of the Tiiassic igneous rocks of eastern United States: Geochim. Cosmochim. Ada, 27,1183-1207.
- Taylor-, H.P.,, 1974, The applicatioi of oxygen and hydrogen Isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition: Econ GeoL 69,343-881.
- Taylor. H.P., 1979, Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits: Geochemistry of Hydjrthermal Ore Deposits de, HJLBanies (c4), 2. baskı, John Wiley & Sons, 236-277.

# Mineral Kaymaklan

## Mineral Kaynaklarının Uluslararası Perspektifi

Episodes, *Vot.* 15, No: 3,1992.

Çeviren

**Taner İRKEÇ**

MTA Genel Müdürlüğü, .ANKARA

### ÖZ

Dünyadaki kaynakların tarihsel kullanımına bir göz attığımızda, mineral kaynakları konusunda bugün hah geçerliliğini devam ettiren bir model karşımıza çıkmaktadır. Ticari ürün fiyat trendleri, döviz kurlarındaki dalgalanmaların yanı sıra, bugün de poliâk olaylar, savaşlar ve ekonomik krizlerden etkilenmektedir. Arz ve talep ilişkilerine ait trendler» arz fazlası ve darboğaz dönemlerinin periyodik tekrarlanma gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Günümüzde, ABD, Japonya ve Avrupa Topluluğu ülkeleri\* toplam dünya mineral hammadde üretimim % 5'e Me 95 aralığında değişen bölümlünü tüketmektedir. Bu ülkelerde hizmet sektörü gittikçe ağırlık kazandığından» gayri saß milli hasılanın artması içim daha az hammaddeye ihtiyaç duyulacaktır. Önceki tahminlerle kıyasladığımızda, son 15 sene içinde enerji ve hammadde tüketiminde büyük ölçüde tasarrufa gidildiği görülmektedir.

Geleceğe baktığımızda, geçmişte hammaddelerle ilişkili olarak rol oymayan bütün faktörlerin etkinliğinin devam edeceğini bekleyebiliriz. Bunların başında savaş riski ve insan mihareti bulunmaktadır. Doğal kaynaklar büyük miktarlarda mevcut olmasına karşın, bunların ekonomik olarak ne zaman kullanılabileceği, esas olarak talep ve uygun fiyat şartları ile belirlenmektedir. Piyasa güçleri tarafından çözümlenemeyen uzun vadeli problemlerde, inşam dehasına güvenmek durumunda kalınacaktır.

### GİRİŞ

Madencilik sanayii zor bir dönem, geçirmektedir. Maden ticareti alanında sorulan sorular şunlardır: Bu gerileme dönemi ne kadar sürecektir? Hammadde üreten ve tüketen endüstriler<sup>1</sup> ne yönde ilerlemektedir? Bugünkü durumu irdelemeden ve geleceğe yönelik tahminler yapmadan önce,, geçmişe dönmek ve neler olduğunu görmekte fayda vardır.

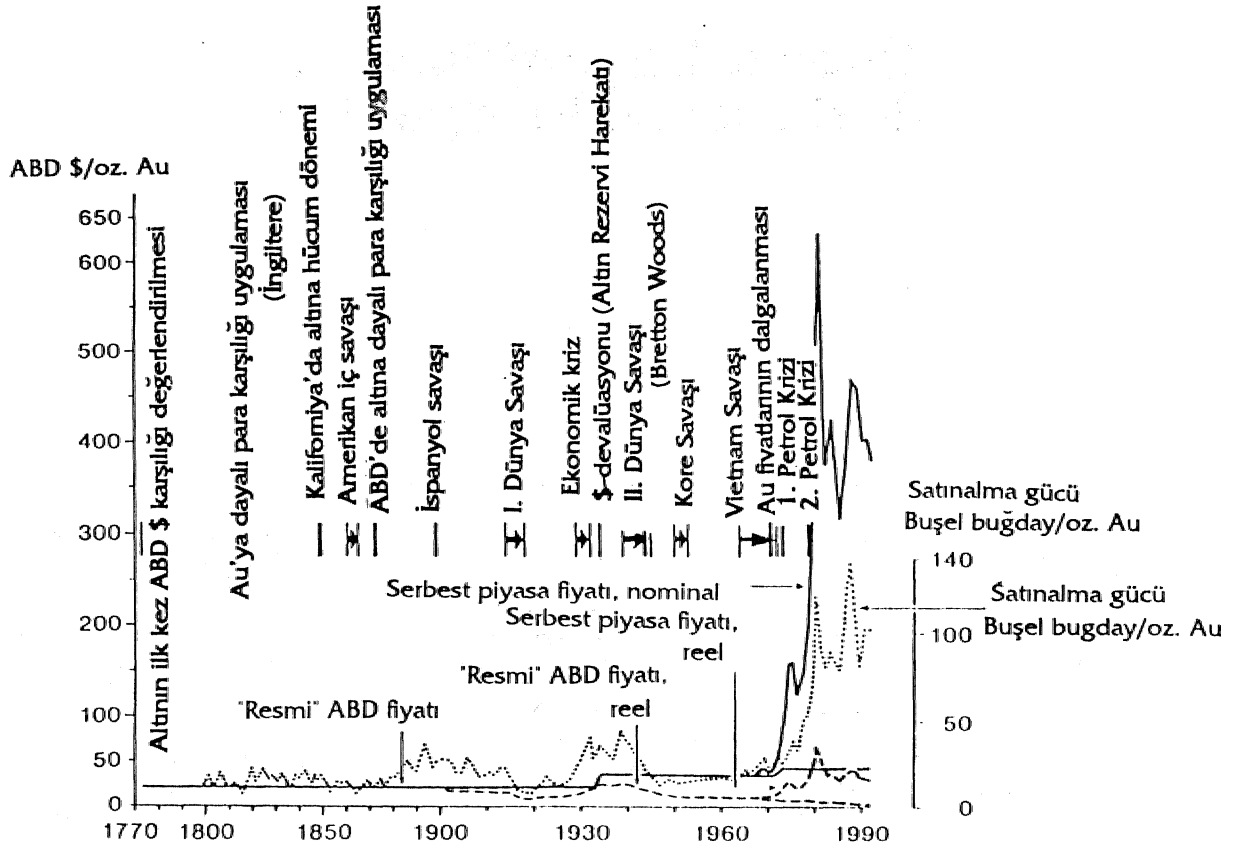
### TARİHSEL GELİŞİM.

Doğadaki kaynakların bölünüşü doğa kanunları tarafından kontrol edilmekte ve yer bilimciler- doğal ilişkileri çözme ve anlama yolunda büyük mesafeler kat etmiş bulunmaktadır. Fakat bu,, sadece ilk başlangıç adımı olup yeraltı kaynaklarının faydalı ticari metaller olarak tanımlanması ve işletmecilik planlaması aşamasında piyasa etkenleri devreye girmektedir. Doğal kaynakların tam olarak anlaşılabilmesi, bunların bulunabilmesini etkileyen tüm faktörlerin (jeolojik, teknolojik ve

ekonomik) bir<sup>1</sup> arada değerlendirilmesi ile sağlanabilir. Tarihsel gelişimin, irdelenmesi, maden kaynakları alanında bugün de geçerli olan model ve kanunların anlaşılabilmesi yönünde bize yardımcı olur. Bu bağlamda konuya iki yönden bakacağız: Ticari alanda fiyat değişimleri ve arz-talep ilişkileri.

### MADEN TİCARETİNDE FİYAT TRENDLERİ

tik olarak geçmişteki fiyat trendleri ve büyük, ölçekli fiyat, dalgalanmalarının, sebepleri Izerin.de duracağız (başlıca, istatistik kaynaklarımız Metallgesellschaft AG ve U.S. Bureau of Mines olacaktır). Örneğin altın piyasası, belli güvenilirlik, limitleri dahilinde iki yüzyıl, öncesine kadar talep edilebilmektedir,, (şek. 1). Altın ilk kez 1770 yılı civarında ABD doları karşılığı değerlendirilmiştir. Altının gerçek değeri» kuyumculukta ve döviz karşılığı, kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu mineralin endüstriyel kullanımı yakın tarihlere gelişim göstermiştir.

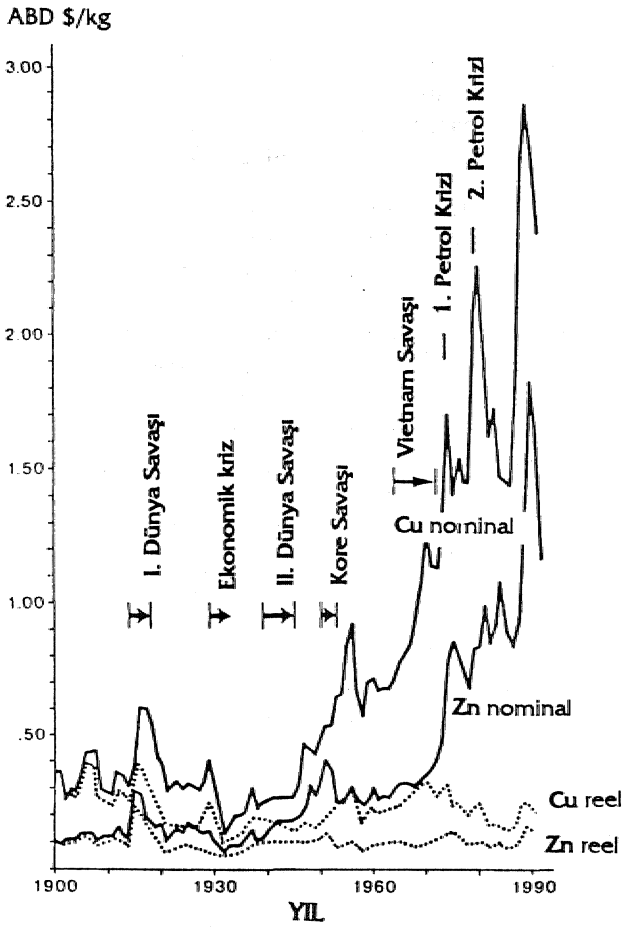


Şekil 1.. Belli başlı tarihsel olaylar ki altın (Au) fiyatlarının reel ve nominal bazda karşılaştırılması (ABD \$ olarak). Ayrıca altın fiyatı (ABD \$/60-pound buğday) arasındaki ilişki de gösterilmiştir.

Grafikten görüleceği üzere, altının eğrisi üzerinde politik olayların, savaşların ve ekonomik krizlerin büyük etkisi bulunmaktadır. Fiyat eğrilerine bakarken, nominal ve reel değerleri, birbirinden ayırmamız gerekir, Altın durumunda, resmi ABD fiyatının da gözönünde tutulması gerekir. Altının alım gücünü, bir buşel. (60 pound) buğdayın fiyatı ile kıyaslayarak belirlemeye çalıştık. Tarımsal üretimin son. yıl içinde belirgin, biçimde arttığı ve bunun sonucunda gıda fiyatlarının, nispeten ucuzladığı. öne sürülebilir. Ancak, buğdayın endeksi 1790' dan bu yana altın fiyat deflatörü ile kıyaslandığında, belli, bir ölçüde paralellik ortaya çıkar ki bu durum, buğday endeksinin fiyat belirteci olarak uygun olduğunu ortaya koymaktadır. 1800 ile 1880 yılları arasında altının alım gücünün nispeten sabit olduğu görülmektedir. 20. yüzyılın başlarında bir pik yapmış, boou 1920' li yıllardaki ekonomik krize bağlı ikinci bir pik izlemiştir. Bugün ise üçüncü bir pik yaşanmakta

olup altın fiyatları kontrol edilememektedir. Kanada<sup>1</sup> da eski bir madenci deyişi olup, buna göre 1 onz (oz) altın bir<sup>1</sup> elbise alacak durumda ise, altının, fiyatı doğrudur. Bu kurala, göre, fiyat 1935 yılında 35 \$/oz ile doğrudur. Bugün ise 300-400 \$/oz olup mertebesinde olup yine doğruya yakındır. Oysa 1950 ve 1960 larda fiyat 35 \$/oz mertebesinde sabit, kalmış olup,, bunun çok ucuz olduğu konusunda görüş birliği vardır.

1900 yılından, günümüze kadar nominal ve reel fiyatlar bazında metal fiyat trendlerine ait tipik örnekler, şekil 2-5<sup>1</sup> de gösterilmiştir. Şekillerde,, değişimler politik ve ekonomik olaylarla da ilişkilendirilmiştir. Reel fiyat bazında bakır fiyatları, 1900' lerden bu yana sürekli olarak düşme eğilimindedir. Buna karşılık çinko fiyatları sabit, kalmıştır (şek. 2). Alüminyum reel fiyatları (şek., 3), tüketimin, hızla artmaya başladığı 1950 lerden beri sabittir.. Kalay için hazırlanan eğride görüleceği gibi (şek.. 4), Uluslararası Kalay Antlaşmaları,

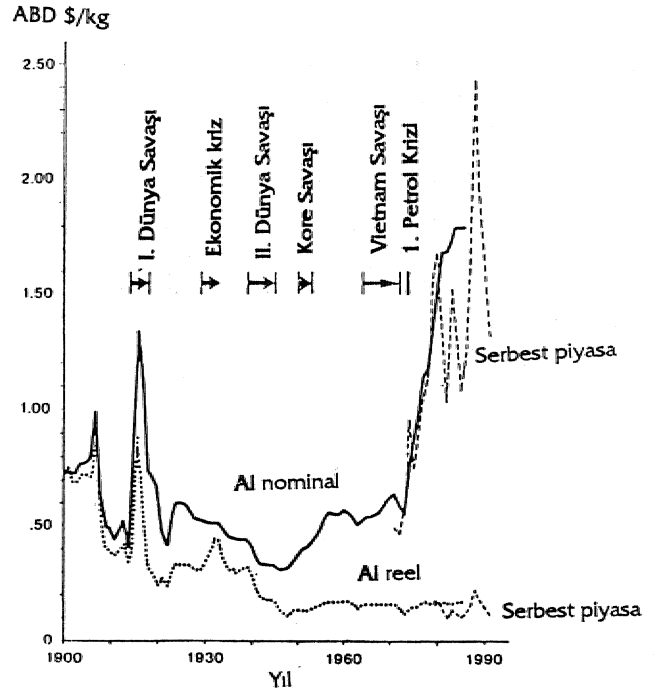


Şekil 2. Belli başlı tarihsel olaylarla hakir (Cu) ve çinko (Zn) fiyatlarının (ABD \$) reel ve nominal bazda karşılaştırılması

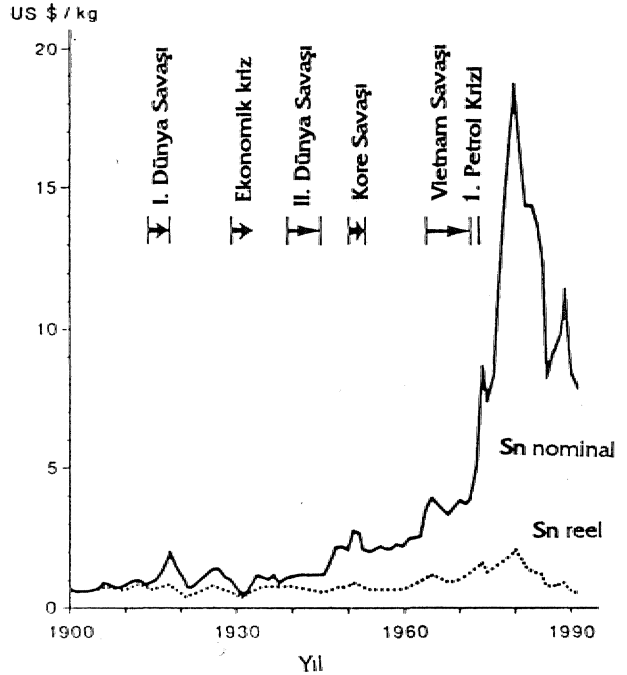
1985 yılında Uluslararası Kalay Konseyinin dağılmasına kadar reel fiyatların yükselmesinde etkili olmuştur. Fakat, daha sonra açıklanacağı gibi bo durum, tüketim üzerinde önemli etkide bulunmuştur.

Şekil 5., tungsten ve nikel gibi çelik üretimi ile ilgili metal fiyatlarının savaşlardan büyük ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu örneklerdeki, fiyat trendlerinden, anlaşılacağı, gibi, politik ve ekonomik olaylar metal fiyatlarını etkileyen çok önemli faktörlerdir.

Hammaddelerin gerçek, parasal değerleri itibarıyla, dalgalanan, döviz değişim kurları da önemli etkiye sahip bulunmaktadır., Amerikan dolarına karşı değerini koruyan kuvvetli para, birimine sahip ülkelerdeki madenler., reel bazda Amerikan doları karşılığı piyasa fiyatları sabit, kalsa dahi, kendi değişim oranlarındaki dalgalanmalar ve düşüşler nedeniyle gerileme eğilimine girebilmektedir. Çeşitli ülkelerdeki bu tür durumlar-



Şekil 3. Belli başlı tarihsel olaylarla alüminyum (Al) fiyatlarının (ABD \$) reel ve nominal bazda karşılaştırılması



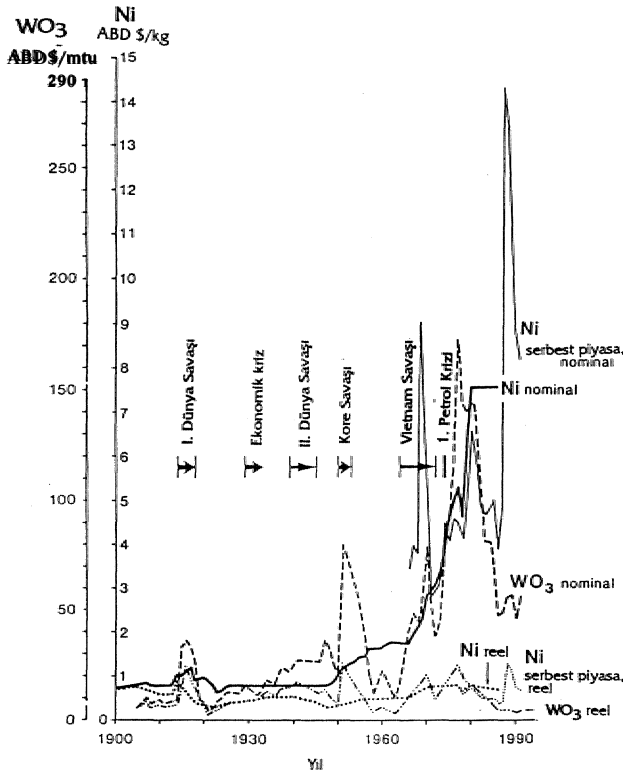
Şekil 4. Belli başlı tarihsel olaylarla kalay (Sn) fiyatlarının reel ve nominal bazda karşılaştırılması (ABD\$).

da, geçerli para biriminin değer kazanması dolayısıyla madenlerin kapanması söz konusu olabilmektedir. Şekil 6, Amerikan doları ve Alman markı karşısında kurşun

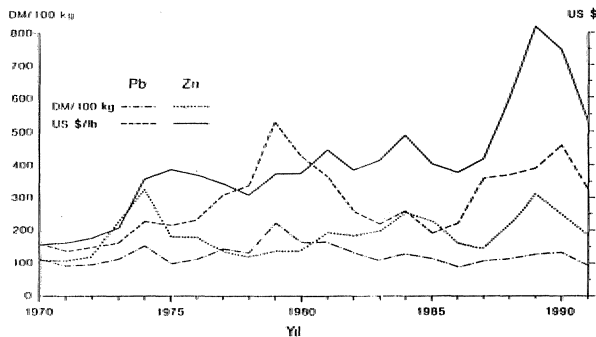
ve çinko fiyat trendlerini göstermektedir' ki, bu şekilde 1970\* den bu yana güçlü Alman markının etkisi açıkça görülmektedir.

#### ARZ TALEP İLİŞKİLERİNDEKİ TRENDLER

Tarihsel gelişimin incelenmesindeki bir diğer kriter, arz ve talep ilişkilerinin irdelenmesidir. II. Dünya Savaşının sona ermesinden itibaren hammadde tüketimi yoğun biçimde artmıştır. Bu zaman aralığı içinde,



Şekil 5. Belli başlı tarihsel olaylarla tungsten (W) ve nikel (Ni) fiyatlarının reel ve nominal bazda karşılaştırılması (ABD \$). Kısaltma: mtu, metrik ton birimi.

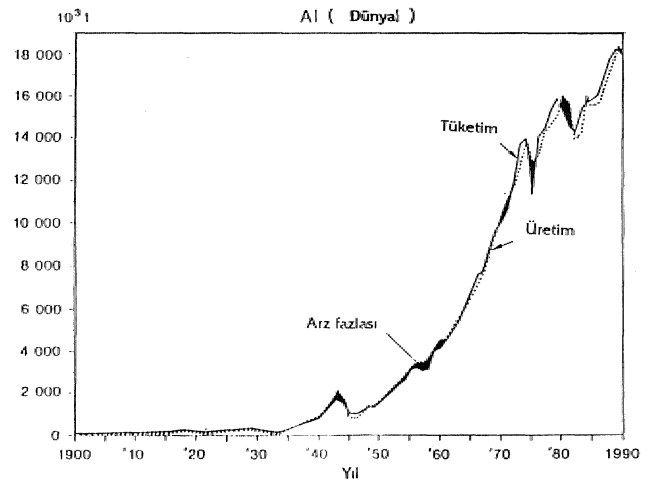


Şekil 6. ABD \$ ve Alman markı (DM) karşılığı olarak kurşun (Pb) ve çinko (Zn) fiyatları.

insanlık tarihi boyunca harcanaodao daha fazla maden kaynağı tüketilmiştir. Batı dünyasında üretilen ve zenginleştirilen maden kaynaklarının en büyük tüketicileri, ABD, Japonya ve Avrupa Topluluğu ilkeleridir.

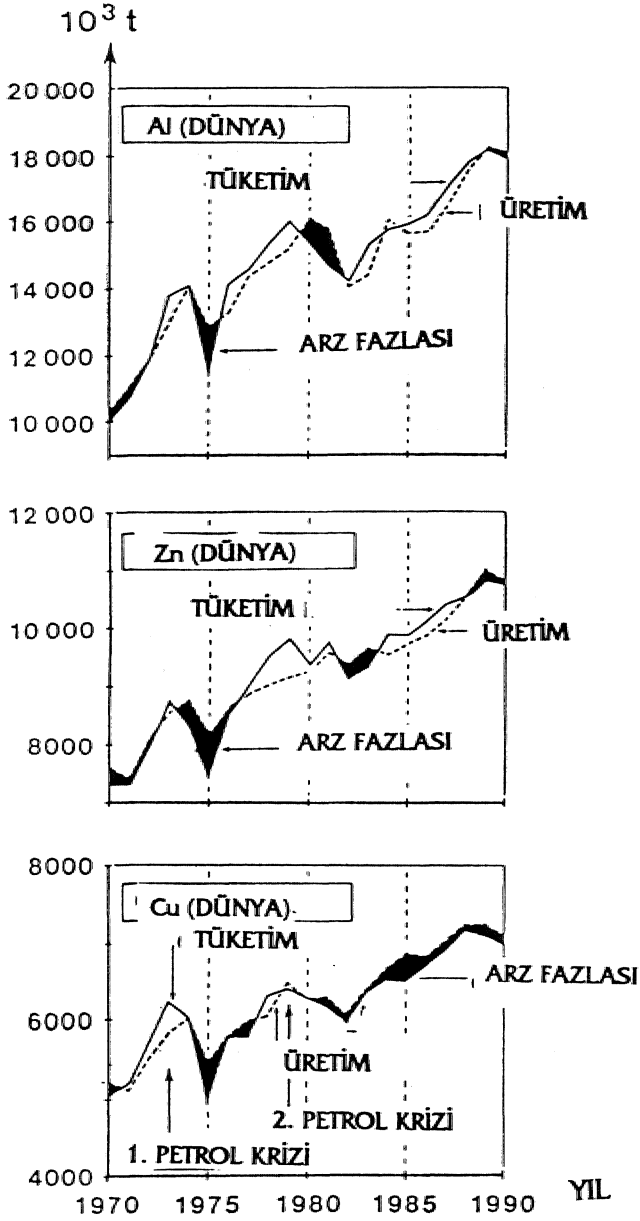
Bu yüzyılın başlangıcından günümüze kadar olan üretim ve tüketim eğrileri karşılaştırıldığında, iki tane dünya, savaşı ve yine id tane petrol krizini kapsayan bu dönemde, arz fazlası ve darboğazı durumlarının tekrarlanmalı olarak süregeldiği gözlenmektedir. Son. on yıl içinde ise, metal üretimindeki iniş. ve çıkışlar<sup>1</sup> daha sık tekrarlanmaya başlamıştır. 1970 den bu yana alüminyum, çinko ve bakır üretim ve tüketim eğrileri, şekil 8' de verilmiştir. Özellikle alüminyum eğrileri, metal endüstrisinin içinde bulunduğu çok zor durumu açıkça yansıtmaktadır. Birinci petrol tezinden, bu yana,, üretim ve tüketim eğrileri önemli sapmalar göstermektedir. Niçin? Önceki yüksek tüketim artış oranları basit olarak ekstrapole edilmiş- ve tüketim, düşüğe kapasite fazlalığı ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak, izabe tesisleri tam kapasite ile çalıştırılmamış ve hatta bazıları kapanmak zorunda, kalmıştır. Tüketicimin, artması ve üretimle denge- konumuna gelmesini takiben, ilave kapasite imkanları yaratılmış ve eski yüksek tüketim, rakamlarına dönüleceği, ümit. edilmiştir. Ancak bu gerçekleşmemiş, ve ulaşılan düzeyde- tekrar<sup>1</sup> kapasite- fazlası dönemine girilmiş\* böylece yeni. bir çevrim, başlamıştır.

Şekil 7 ve 8<sup>1</sup> deki eğriler, bize bazı ek bilgiler de sağlamaktadır. 1950-1960 yılları arasındaki on yıllık dönemde- yıllık metal üretim. artışı,, 1960 ile 1970 arasındaki döneme göre daha hızlıdır. Belirtilen her iki dönemdeki söz konusu artışlar ise, ayrı ayrı olmak üzere, 1970-1990 döneminden daha büyüktür. Daha sonraki en



Şekil 7. 1900 den bu yana alüminyum üretim ve tüketimi





Şekil 8» 1970 den bu yana alüminyum, çinko ve bakır üretim ve tüketimi

yüksek üretim seviyesine ulaşılması için gereken zaman aralığı gittikçe daha uzun olmaya başlamıştır. Bu genel model, birçok diğer mineral için de geçerlidir: ani bir artış dönemi, daha yavaş bir artış dönemi ile takip edilmekte ve daha sonra, sabit bir düzeyde bir süre devam etmektedir. Genel olarak bugünkü durumda, gelişmiş ekonomiye sahip ülkelerde bir doygunluk seviyesine ulaşılmıştır. (Humphreys., 1982), Sabit üretim seviyesi, 1975-1985 arasındaki dönemi kapsamaktadır.

Gelecekteki talep durumu göz önüne alındığında, şu hipotezimi! değerlendirilmesi gerekir: Her bir hammadde,, oldukça, uzun bir zaman aralığında sabit, bir tüketim platformuna ulaşır. Bu zaman aralığı onar' yıllık dönemler olabilir. Buna karşılık, talep, daha dar limitlerde gerçekleşir (Sames, 1936). Çelik ve bazı metaller, alüminyum hariç olmak üzere, bu tür bir platforma ulaşmıştır. Ancak oldukça uzun bir zaman, aralığı sonrasında yeni faktörler, belirli metallerin tüketimini yeniden etkileyebilir ve tüketim artışı sonraki platforma ulaşmaya kadar devam eder. Şu halde bu hipotezin büyüme ile ilişkisi inkar edilemez.

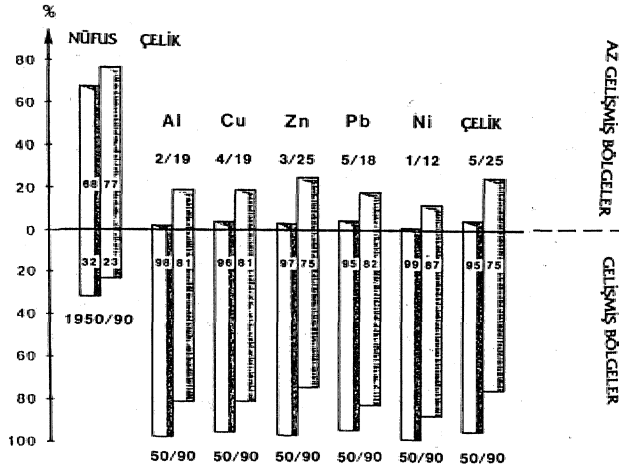
Aşağıda, belirlenen gözlemler yukarıdaki hipotezi desteklemektedir

\* Genel dünya ekonomisindeki artış hızlarına ait çevrim... Bir denge durumunda dahi, gayrisafi milli, hasıla (GNP) ile hammadde tüketimi arasında belirli ilişkiler söz konusudur. Bu durum, Alman çelik endüstrisi için detaylı olarak incelenmiştir. GNP'deki % 2,5\* lik artış oranları döneminde, çelik tüketimi düşmekte veya sabit kalmakta, fakat % 3,5 lik GNP artışı durumunda çelik, tüketimi % 1,5 artmaktadır (RWI, 1985).

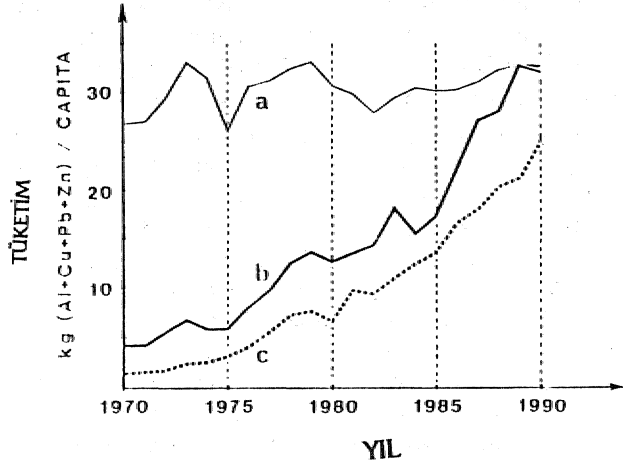
\* Aoa tüketim merkezleri olarak ortaya çıkan,, yeni sanayileşmekte olan ülkelerdeki, ani tüketim artışı. Az gelişmiş, ülkelerdeki bazı metal tüketimi (örneğin,, alüminyum, bakır, çinko ve krom), dünya, tüketiminin % 12 ile 25 arasında değişen bölümüne karşılık gelmekte, buna karşılık ana tüketim merkezleri, yeni sanayileşmiş ülkeler ve nüfus yoğunluğu fazla, olan ülkeler olmaktadır, Şekil 9, 1950' ile 1990 yılları arasında metal tüketim merkezlerinin nasıl değiştiğini ve metal, tüketiminin dünyanın daha az gelişmiş kesimlerindeki nüfus artışı ile nasıl oransız biçimde büyüdüğünü yansıtmaktadır.

Şekil 10' da sanayileşmiş batı ülkeleri ile yeni sanayileşen Tayvan ve Kore Cumhuriyeti bazı metal tüketimlerinin karşılaştırması sunulmuştur.

\* Belirli metallerin reel fiyatlarındaki sürekli düşüş (bkz. örneğin şekil 2), kullanımda artışa neden olmuş ve bu metaller için rönesans dönemi başlatmıştır. Kalay buna iyi bir örnektir: kalay fiyatlarının 1985 yılında Uluslararası Kalay Konseyinin dağılması ile bariz bir biçimde düşüşü ve daha gerçekçi, piyasa fiyat düzeyine inmesi ile, 1985-1990 yılları arasında ortalama yıllık tüketim hızı % 3.2 oranında artmıştır. Sabit tüketim hızı,, hatta önceki yüksek, fiyat döneminde azalan tüketim hızına karşılık büyüme oldukça fazla, olmuştur (şek. 11). Bunu takiben,, 3 yıllık bir stok eritme döneminin ardından, primer üretimde artış, gözlenmeye başlamıştır..



Şekil 9. Gelişmekte olan ve gelişmiş bölgelerde 1950 ile 1990 yılları arasında nüfus ve metal tüketimi dağılımı. Rakamlar yüzde olarak verilmiştir.

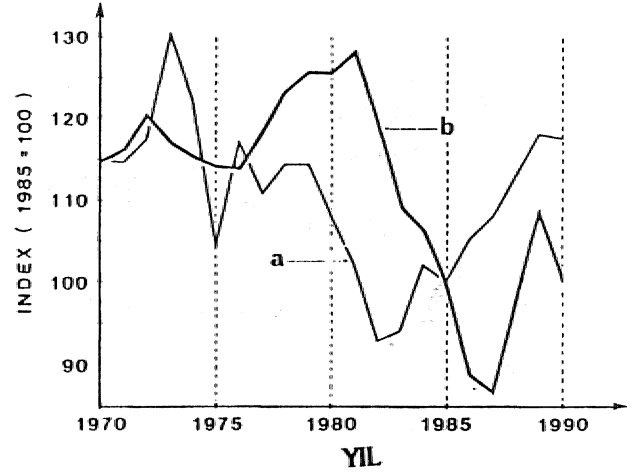


Şekil 10. Baz metaller (Al, Cu, Pb, Zn) tüketiminin sanayileşmiş ülkelerde (a), sanayileşmekte olan ülkelerden Tayvan (b) ve Kore Cumhuriyetinde (c) 1970 ile 1990 arasındaki dönemdeki gelişimi

#### MEVCUT DURUM

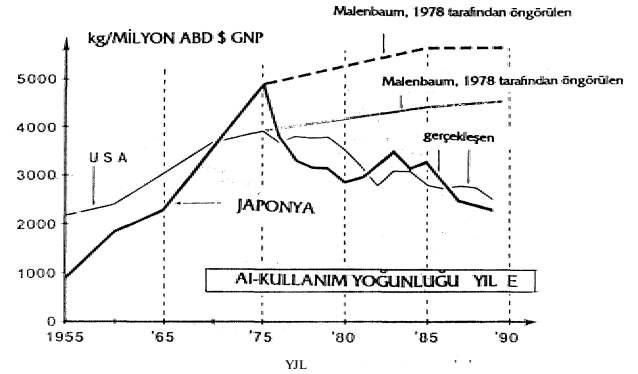
Batı dünyası içinde ABD, Avrupa Topluluğu ülkeleri ve Japonya,, dünya tuvenan maden üretiminin, her bir maden türüne-g&re % 50 ile 95'i arasında değişen kısmını tüketmektedir. Bu toplamlar gittikçe artan oranda hizmet yönlenmeli koouma geçmekte» yani gayriisafi milli hasıladaki, artış oranları daha az hammadde kulları olarak gerçekleşmektedir.

Tüketim trendlerinin analizinde en faydalı yollardan, biri, "kullanım yoğunluğu". kavramının göz önünde tutulmasıdır (Malenbaum, 1978),. Bu faktör,, metal tüketimi



Şekil 11. 1970 ile 1990 yılları arasında kalay tüketiminin (a) ve maden üretiminin (b) nispi gelişimi ( indeks 1985 = 100)

mini gayrisafi milli hasıla ile ilişkilendirmektedir. Çeşitli metaller için kullanım yoğunluğu eğrileri hazırlanmıştır. Bu eğriler, daha önceki tahminlerle karşılaştırıldığında, son 15 senede metallerden, örneğin alüminyumdan, ne ölçüde tasarrufa gidildiği görülebilmektedir (şek. 12).



Şekil 12. ABD' ve Japonya için alüminyum, "kullanım yoğunluğu" faktörlerine ait Malenbaum (1978) talimini ile gerçekleştirilen kıyaslaması.. Kısaltma : G.N.P., gayrisafi. milli hasıla.

Enerji ve hammadde tasarrufu, doğal kaynaklar alanında, anahtar kelimelerdir., Birkaç örnek ne ölçüde tasarruf yapılabildiğini yansıtabilecektir. Almanya'da Federal Posta. Servisi en büyük bakır tel kullanıcı durumunda olup son yıllarda telefon ve telekomünikasyon, ağlarında bakır yerine fiberglas kullanımını alternatif olarak uygulama karar almıştır. Sadece 1988 ile 1991 yılları arasındaki dönemde- bu uygulama ile her yıl için. 200\*000 too bakır tasarrufu sağlanmıştır. Bu rakam, Almanya'nın toplam bakır tüketiminin, % 18' ine karşılık gelmektedir (Çizelge 1),.

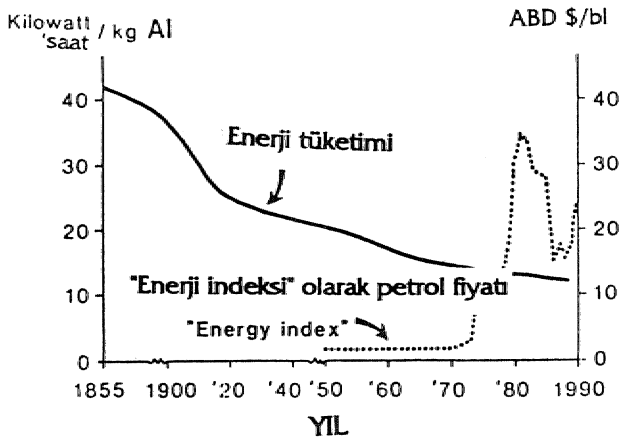
## Mineral Kaynakları

Çizelge 1. Federal Almanya'da telekomünikasyon sisteminde bakır tel yerine fibreglas kullanımı (Kaynak, Telekom, Almanya,, 1.992)

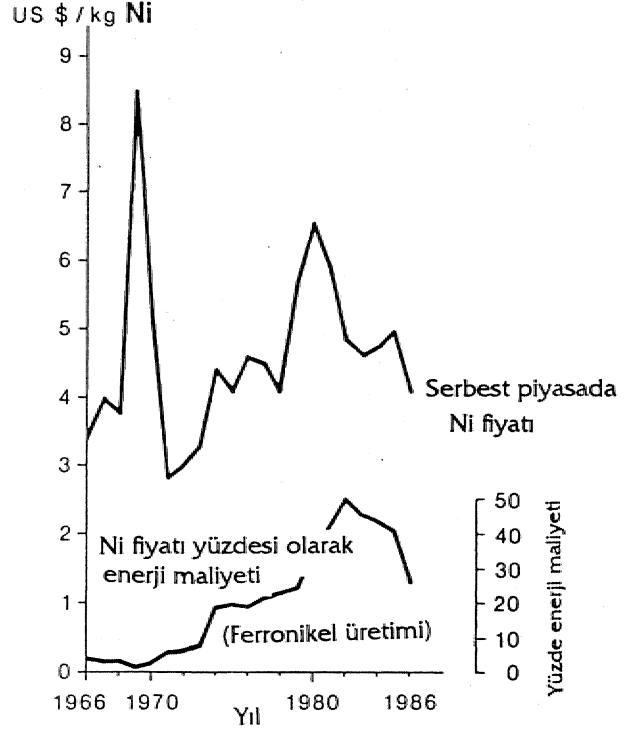
	Fibreglas-Kullanımı	CM Yerine Kullanılan	Almanyanın toplam. Cu tüketimdeki oranı (%)
1989	141.885 km	-107.000	~9
1990	278,-670 km	-210.000	-18
1991	268,981 km,	-200.000	-18

Diğer bir tasarruf yöntemi ise, atıkların çevrimi (recycling) dir... Son. yıllarda bu konuda büyük ilerleme kaydedilmiştir. Mevcut durumda bazı metaller için yeniden kullanım miktarı, yıllık üretimin % 40-50' sine olası iş bulunmaktadır. Tabii ki bu rakam genelleştirilemez, ve her bir durum için özel şartların değerlendirilmesi gerekir.. Bununla birlikte, yeraltı kaynaklarının, potansiyel olarak korunma.a.s.ında atık çevrimi, çok önemlidir.

Üretim, ve tüketim trendleri, alternatif maddeler ve atık çevrimine ilave olarak enerji tasarrufu da, özellikle zenginleştirme prosesleri itibariyle hayati öneme sahiptir. Alüminyum, cevher zenginleştirme aşamasında en fazla enerji tüketen metallerden birisidir. Bundan dolayı, alüminyum izabesinde enerji, tüketimini azaltmak üzere yoğun çabalar sürdürülmüştür (şek. 13). Enerji maliyetinin genel bir göstergesi olarak petrol fiyatları da. diyagrama ilave edilmiştir. Diğer bir örnek de, 1966 yılından bu yana nikel fiyatları ile nikel izabesi için. kullanılan enerji maliyeti, arasındaki ilişkidir<sup>1</sup> (şek... 14), Latentit cevherlerden nikel üretimi,, sülfürlü cevherlerden yapılan üretime göre daha fazla, enerji tüketimine gereksinim göstermesi nedeniyle, nikel üretimi için seçilecek cevherin türünü etkilemektedir (Çizelge 2). Lateritik



Şekil 13. Bir birim alüminyum üretimi için gerekli enerji tüketimi ve petrol fiyatlarına ilişkin zaman trendi. Kısaltma : bl, varil.



Şekil 14. Serbest piyasada nikel fiyatı ve ferronikel üretimi için enerji maliyetinin nikel fiyatı yüzdesi olarak değişimine ait zaman trendleri.

Çizelge 2. Sülfid ve laterit cevherlerinden dünya nikel üretimi oranları, 1950-1990 (belirli yıllar)

	Sülfid Cevherleri	Laterit Cevherleri	Laterit/Sülfid Oranı
1950	86	14	0.16
1955	77	23	0.31
1960	71	29	0.41
1965	71	29	0.42
1970	64	36	0.57
1975	61	39	0.64
1980	59	41	0.71
1981	58	42	0.72
1982	59	41	0.71
1983	61	39	0.64
1984	62	38	0.62
1985	60	40	0.65
1986	62	38	0.62
1987	64	36	0.56
1988	64	36	0.56
1989	62	38	0.62
1990	63	37	0.59

cevherin sülfürü! cevhere oranı 1980-1982 döneminde zirveye ulaşmıştır. Son yıllarda yapılan yoğun yatırımlar ve özellikle de lateritik cevher- izabe tesislerinde sabitlenmiş maliyetler nedeniyle, ani düşüş beklenmemekte, bir süre daha aynı seyri takip ettikten sonra dereceli olarak azalacağı öngörülmektedir.

Fiyat grafiklerinden açık olarak görüleceği gibi (şekil 1-5), politik faktörler, özellikle savaşlar, fiyat trendleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Günümüzde ise, hammadde durumlarını etkileyen bir dizi politik faktörü gözönünde tutmamız gerekmektedir. Bu faktörler, Üçüncü Dünya ülkelerinin gelişmesi, dünya nüfus artış oranı, çevre bilincinin gelişmesi ve buna bağlı önlemler, kaynak dağılımındaki bölgesel, farklılıklar ve bir ölçüde ideolojik, görüş ayrılıkları olarak sıralanabilir. Maden üretimi ve izabe tesisleri, kapasiteleri, son 35 yılda önemli ölçüde değişmiştir. 1950' den bu yana, ABD çelik (şek. 15A), çinko, bakır ve alüminyum üretiminde belirgin bir azalma söz konusudur. Çelik, nikel ve özellikle kalay üretimi, gelişmekte olan ülkelerde bariz olarak artmaktadır (şek. 15B). Nüfus dağılımı ve hammadde tüketim oranlarının dağılımı arasındaki ilişki, oldukça ilginçtir (şek. 9), Tahminlinize göre, nüfus artış hızı, dünya arz ve talep ilişkilerinde doğrudan veya dolaylı olarak çok önemli bir etken olacaktır.

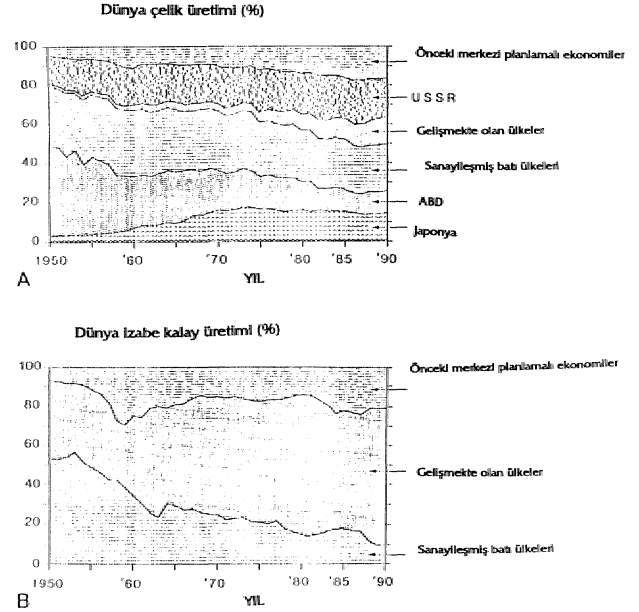
Hammadde pazarlarındaki diğer bir problem ise ticaret üzerindeki politik uygulamalar, diğer bir deyişle korumacılıktır. Korumacılık, Japonya'yı dünyanın en büyük bakır cevheri ve konsantreleri ithalatçısı konumuna getirmiştir (şek. 16). Ülkelerin çıkarları göz ardı edilmeksizin, yazarlara göre her tür korumacılık, kısa vadede bazı problemleri çözer görünse de, uzun vadede bütün ülkelerin çıkarlarına olan açık, ve çok yönlü ticari sistemin işlemlerini tahrip etmektedir.

Aslında hammaddelerin serbest akışına karşı her türlü politik müdahale, pazar şartlarını değiştirme potansiyeli arz etmektedir. Bu, özellikle yüksek bölgesel yoğunlaşma gösteren ticari ürünler için geçerlidir. Bunlara örnek olarak, hem hassas ve hem de stratejik öneme sahip çelik Maşım metalleri ve platin grubu metalleri gösterilebilir (Çizelge 3).

### GELECEĞE BAKIŞ

Buraya kadar, minerallerin arz ve talep durumları ile fiyat trendlerini etkileyen bir dizi bireysel faktör incelenmiş bulunmaktadır. Bunlar gelecek için ne anlama gelmektedir?

Temel olarak, geçmişte önemli rol oynayan bu faktörlerin gelecekte de etkili olmaya devam edeceği beklenebilir. Yeraltı kaynakları ve bunların kullanımı yönün-



Şekil 15. 1950 ile 1990 yılları arasındaki dönemde dünyanın başlıca ekonomik bölgeleri arasındaki çelik üretimi (A) ve izabe edilmiş kalay (B) üretimi pay dağılımları

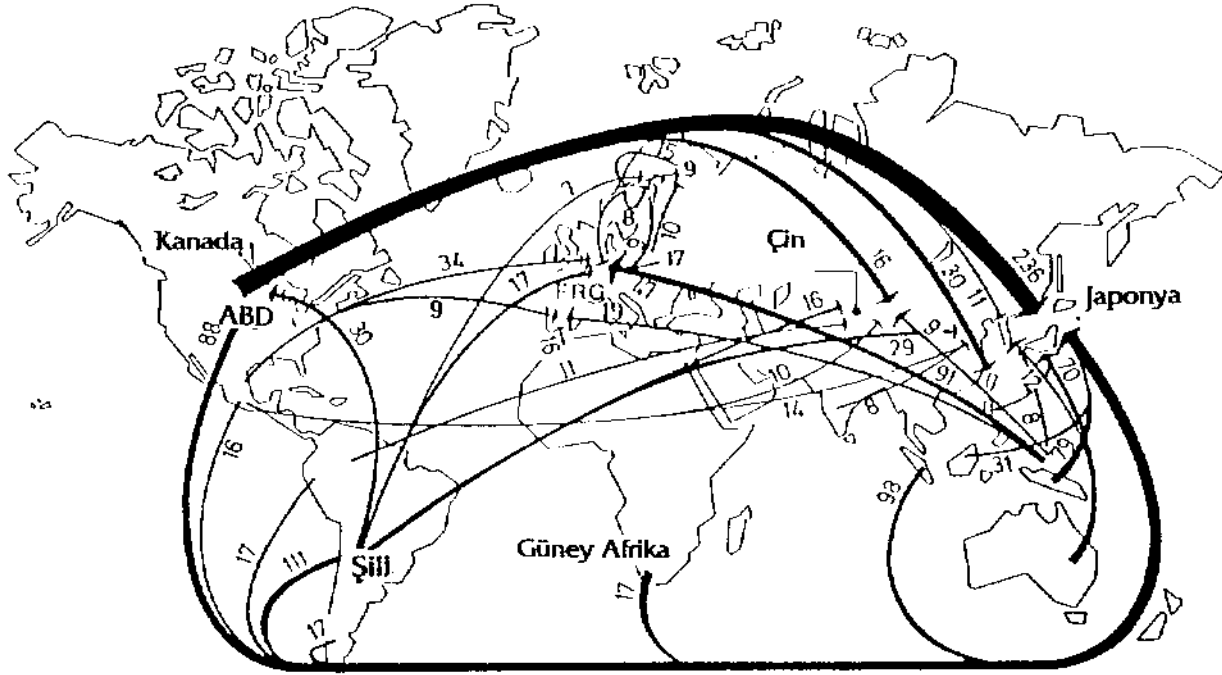
de geleceğe bakıldığında, aşağıdaki önemli faktörler üzerinde yoğunlaşmak gerekliliği görülür:

- \* Savaş riski her zaman önemli bir faktör olacaktır.
- \* İnsan zekası ve mahareti teknik gelişimi artıracak ve teknik alanda yapısal değişimler söz konusu olacaktır.
- \* Dünya nüfus artış hızı ve Üçüncü Dünya ülkelerinin gelişmesi, ekonomik güç dengelerini etkileyecektir.
- \* Tüketici isteklerindeki değişimler, yeni talep modelleri ortaya çıkaracaktır.
- \* Çevresel kısıtlamalar, fiyatları ve pazarları etkileyecektir.

İlk iki faktör, en önemli olarak değerlendirilmektedir. Savaş, tahmin edilemeyen bir faktör olup önlenmesi herkesin yararına. Bilim adamları, uluslararası ortak araştırmalar yoluyla tansiyonun düşürülmesine yardımcı olabilirler. Ticari ilişkilerde uluslararası anlaşın artırılması ve gerilimin azaltılması konusunda etkilidir.

İnsan zekası ve mahareti konusunda yazarlar iyimser görüş taşımaktadır. Tarihsel gelişim, insan, zekasının, karlı olduğu durumlarda veya ihtiyaç duyulduğunda yeni ürünler ve prosesler icat edebilme yeteneğinde olduğunu göstermektedir, örnek olarak 1970 li yılların sonlarındaki kobalt krizi, yeni alaşımların geliştirilmesine neden olmuş ve sonuçta Almanya'da kobalt tüketimi

## Mineral Kaymakları



Şekil 16 1985 yılında bakır cevheri ve konsantrelerin ana akım yönleri. Bakır içeriği 1.000 t olarak verilmiştir. (Kaynak : Metallgesellschaft AG, Frankfurt, yazılı görüşme, 1987)

Çizelge 3. 1991 - 1992 Yıllarına ait dünya rezervleri (görünür + muhtemel) (PGM, platin grubu metalleri; \*, yüksek bölgesel konsantrasyon; -, önemsiz)

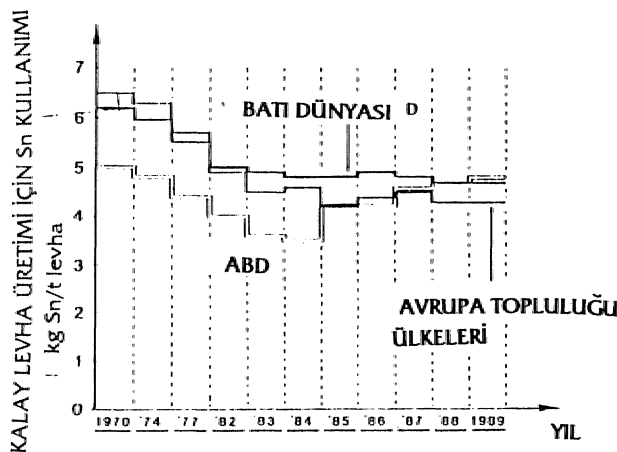
Hammadde	Dünya	Batı Avrupa	ABD	Kanada	L.Amerika	Afrika	Asya	Avustralya Okyanusya	Eski Merkezi Planlamalı Ekonomiler
Boksit	22.983.000	3	0		28	30	8	24	5
Bakır	327.700	2	20		37	13	7	4	18
Kurşun	70.100	9	27		8	7	3	15	31
Çinko	149.100	11	28		13	9	10	12	17
Kalay	4.790	4	2		29	3	44	3	16
Demir	68.880.000	4	12		17	5	7	15	40
Kromit	1.363.000	3	-		1	81*	5	0	10
Manganez	814.700	-	-		3	52*	2	5	38
Kobalt	2.785	1	2		7	63*	12	9	7
Molibden	5.645	-	56*		24	-	1	-	18
Nikel	35.659	2	17		22	9	10	19	22
Niobiyum	5.017	-	3		82*	2	0	-	14
Tantalyum	23	-	8		4	16	36	20	13
Vanadyum	7.587	2	2		0	53*	0	1	43
Tungsten	2.355	6	17		4	0	5	2	61*
Ilmenit (17-20 olarak)	210.800	16	17		1	20	18	11	17
Rutil (17-20 olarak)	23.930	-	1		0	27	22	38	11
Zirkon (20-22 olarak)	28.000	1	11		4	18	10	42	14
Lityum	1.417	0	21		52*	2	-	11	14
Nadir Top.Met.	64.885	-	21		0	0	4	8	67*
Altın	39	0	17		6	48	3	7	19
PGM	37	-	1		-	82*	-	0	16
Gümüş	247	6	28		29	4	3	9	23
Asbest	113.900	4	39		5	12	1	2	38
Florit	208.400	13	3		11	18	3	0	53*
Potasyum	9.516.000	8	47		1	-	1	-	43
Fosfat	8.775.600	0	20		6	57	6	0	11

mi 2400 tondan 1700 tona düşmüştür (BGR/DIW/ITE,, 1986). McKelvey (1972),,, hammadde arzı ve insan yaratıcılığının standart yaşam üzeride etkisini aşağıdaki yan-nicel denklemlerle açıklamıştır: "L=RxEI/P"

Burada L toplumun standart yaşam ortalaması (mal ve hizmet tüketimi, einsieden), R her tür hammadde tüketimi (metaller, ametaller, su, petrol, toprak, mineraller ve biyolojik ürünler dahil), E enerji tüketimi, I her tir yaratıcılık kullanımı (politik, sosyoekonomik,, teknolojik yaratıcılık olarak) ve P bu nimetlerden yararlanan insan sayısını ifade etmektedir.

Üç ilave, örnek, insan yaratıcılığını göstermekte yararlı olabilir:

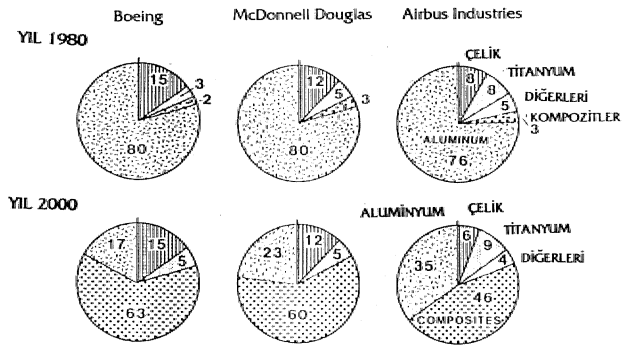
\* Geliştirilmiş işleme teknikleri, kalay levha, üretimi için kullanılan kalay miktarını önemli, ölçüde azaltmıştır,, Söz konusu kullanım.. Batı Dünyasında kalayın en büyük tüketim alanını oluşturmakta olup 1970 yılındaki 6.2kg Sn/t. dan 1984" de 4.8 kg Sn/t a düşmüştür (şek.. 17). Tartışmasız olarak bu azalma,, daha önce de bahsedildiği, gibi. Uluslararası Kalay Konseyinin uzun. süre suni olarak yüksek tuttuğu fiyatlara bağlı, doğal, bir sonuçtur. Hammadde pahalıkodıkça. bundan tasarrufa gidilmesi çalışmaları da yoğunlaşmaktadır. 1985 yılından itibaren fiyatların düşmesi ile 'tüketim, sabit bir seviyede seyretmeye başlamıştır (şek.. 17). Hatta ABD" de kullanımda az bir artış, dahi gözlenmiştir..



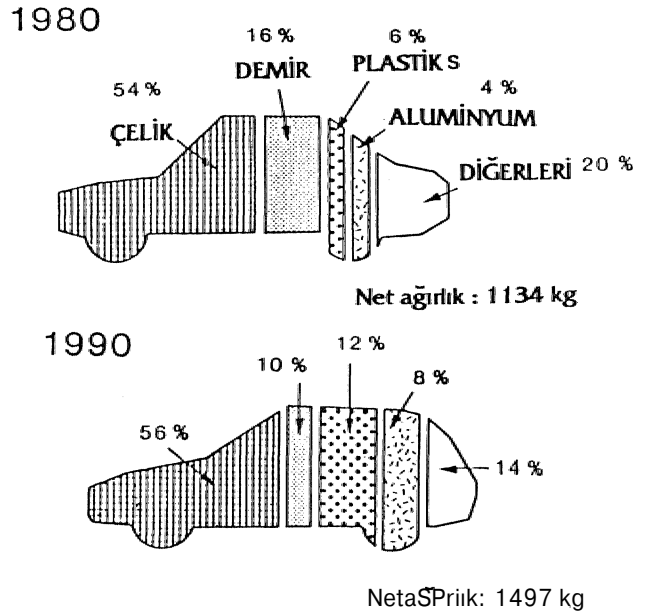
Şekil 17. Kalay levha üretimi için çeşitli yıllarda kullanılan kalay miktarları { kaynak : World Tin, 1990 ; The Economist Intelligence Unit,, 1992)

Teknolojik gelişmeler,, Alman elektronik sanayiinde kullanılan paladyum miktarını 1934 yılında 11 tona kadar düşürmüştür. Bu, eski teknoloji kollarına göre 2:5 tonluk bir tasarrufu yansıtmaktadır (BGR/DIW/ITE,, 1986),

\* Diğer bir çarpıcı örnek ise,, hem havacılık hem. de otomotiv endüstrilerinde gittikçe artan oranlarda hafif malzemeler kullanılarak malzemenin yamsıra enerjiden



Şekil 18. 1980 yılında havacılık sanayinde kullanılan malzemelerin karşılaştırılması ve 2000 yılı projeksiyonu (Kaynaklar : Messerschmidt - Bölkow - Blohm (MBB), yazılı görüşme, 1985 ve Sames, 1986). Rakamlar yüzdeleri göstermektedir.



Şekil 19. Otomotiv sanayiinde 1980 ve 1990 yıllarında kullanılan malzemelerin karşılaştırılması { kaynaklar : Black ve diğ., 19-80 ve Sames, 1986

de tasarruf sağlanmıştır (şek. 18 ve 19). Kısaca, insan yaratıcılığın gözardı etmek mümkün değildir,, Geçmişte genel kanı olarak maden kaynaklarının geleceğine hep ümitsiz bakılmıştır. Bunun örneklerinden birisi de

## MineraJ Kaynaklan

Roma Klübü' dür (Meadows ve dig., 1972)... Günümüzde ise, sarkaç ters yönde fişlemektedir. Bununla beraber, hammadde arzının hep-problemsiz gideceği düşünülmemelidir. Primer hammaddeler için, tüketilmiş kaynakların yerine yenilerinin bulunması zorunludur. Yeni den çevrim uygulanacak materyallerde maliyet ve enerji limitleri söz konusudur. Şu halde primer materyallere her zaman ihtiyaç duyulacaktır

Yer bilimciler, doğal kaynakların büyük, miktarlarda bulunduğunu ve bunların ekonomide kullanımlarının talep ve erişilebilir' fiyat durumlarına bağlı olduğunu topluma anlatmak zorundadır. Yer bilimcilerin mesajı ileriye yönelik bir kurtarıcılık mesajı, ya da hiçbir problemin bulunmadığı şeklinde olmamalıdır. Yeraltı kaynaklarının varlığına güvenmeli ve aynı zamanda da doğanın sağladığı bu nimetlerin değerlendirilmesi konusunda insan, yaratıcılığına inanmalıyız.. Bu da,, temel ve uygulamalı araştırma ve geliştirme çalışmalarının desteklenmesi ile gerçekleşecektir". Piyasa güçleri veya özel sektörün itici gücüyle oluşacak bu destek, doğal kaynakların uzun vadedeki problemlerinin çözümüne yol gösterecektir.

Teşekkür

Yazarlar, 'değeri kalktı'ndan dolayı Dr. Helmut. Schmidt ve Mr. Hermann Kästner^ teşekkürünü sunarlar.

Kaynaklar

- BGR/DIW/ITE (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung und Institut zur Erforschung technologischer Entwicklungslinien),, 1986, Versorgungslage bei Rohstoffen: Berlin, Hamburg, Hannover, BGR/DIW/TTE, 193 p.
- Black, LG., Cali.ahan, J.M., and George, J.M., 1980', Metals, outlook: Chilton's Automotive Industries, July, p. 28-30
- Humphreys, D.,, 1982,, A mineral commodity life cycle? Relationships between production, price and economic resources: Resources Policy, v. 8, p. 215-229.
- Malenbaum, W., 1978, World demand for raw materials in 1985 and 2000: New York, E/MI Mining Information Services,, 126 p..
- McKelvey, V.E., 1972, Mineral resource estimates and public policy : American Scientist^ . 60, p.32-40.
- Meadows, P.H.,, Meadows, P.L., Randers, W., and Behrens W.W., III, 1974. The limits to growth: A report for the Club of Rome's Project in the Predicament of Mankind (2nd edition): New York, Universe Books, 176 p.
- Metalgesellschaft AG (Aktiengesellschaft), various years, Metal statistics: Frankfurt, Metall-

gesellschaft AC

- RWI (Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen), 1985, Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Stahlverbrauch besteht doch.: Stahl und Eisen, v, 105, no.21, p. 1.117-1118.
- Sam.es, C.W.,, 1986, Anaconda-Berichte aus der Rohstoffwelt: München, Wirtschaftsverlag Langer-Müller/Herbig» 363 p.
- The Economist Intelligence Unit, 1992, World commodity outlook 1,992: London, The Economist Intelligence Unit, p.. 35..
- U.S. Bureau of Mines, various years, Minerals Yearbook: Washington D.C., U.S. Government Printing Office, v. L
- World Tin, 1990, Thinner tin coatings on tinplate: World Tin, v. 1 (quoted from Tägliche Nachrichten, Metallgesellschaft AG,, February 1990).\_\_\_\_\_\*
- Dr.Friedrich-Wilhelm Wellmer (Ökonomik Jeoloji ve Uluslararası İlişkiler Bölümü Başkanı), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin ve Clausthal Teknik Üniversitelerinde jeoloji ve maden lisans eğitimini tamamladıktan sonra Clausthal Teknik Üniversitesinde doktora yapmıştır. Son 20 sene içinde Dr. Wellmer, Alman Metallgesellschaft AG firması, adına Avusturya, İrlanda, Kanada, Avustralya, Brezilya, Şili, Peru ve Bolivya" da baz ve değerli metaller etüdüleri gerçekleştirmiştir. 1987' de şimdiki, görevine getirilmiş olup Berlin Teknik Üniversitesinde hammadde politikaları ve ekon. nom. isi konularında ders vermektedir.. Maden, aramacılığı, ekonomisi ve jeoistatistik konularında çok sayıda kitap ve makalesi bulunmaktadır.
- Dr. Martin Kirsten. (Başkan, BGR).tskoçya' da Edinburgh Üniversitesinden mezundur. 1958" deo bu yana, Federal Almanya Cumhuriyeti hükümeti hizmetinde arazi jeologu olarak ve madencilik konularında çalışmalarda bulunmuştur. İhtisas konuları demir,, bakır ve toz, yataklarıdır. Endonezya,, Tanzanya, Etyopya ve tan." da çalışmalar yapmış, 1979-1985 yılları arasında BGR. deniz aşırı projelerinden sorumlu olarak görevlendirilmiştir. Bu dönemde gelişmekte olan ülkelerdeki jeolojik, araştırmalar ve yer bilimleri alanında uluslararası ilişkilerin geliştirilmesi konularında çaba göstermiştir. Künsten ayrıca jeoloji profesörü olarak Wilßburg Üniversitesi, FKG' de ders vermiş olup şimdiki görevini 1986" dao bu yana sürclinnmektedir.

# Altın

## Altın; Ekonomik Yataklanma Tipleri, Arama Saf halan ve Maliyet

KortyKİRİŞ-

Anadolu Ümcrsitesi, Uydu vt Uzay BiHmİcn AtaşunnaEnstitüsü, ESKİŞEHİR

ÖZ

*Bu çalışma değerli metaller anısında ayrı bir yeti olan altınm, tkonmik yat aklanma tiplerinin anlatıldığı bir derleme çalışmasıdır. P laser ve hidrotermal adı altında iki gt tipta toplanan \atak tipleri, Lind gun (1933) sınıflamasına' benzer sınıflara ayrılmıştır. Pıastr yataklar, genç ve fosil olmak üzere yaş gcL önüne alına}ak ıkt alt grupta, hidroterma! yatakla) ise; epftermal, mesotermal ve hipoterma! olmak üzere, oluşum sıcaklığı-basınç ve derinlik ortamlarına, göre, üç alt grupta incelenmiş ir*

AESTRİCT

*This study is a compilation work about the economic mineralization and t\pes of deposition of gold, standing as priviled metal among the other pt tctotts metals. Classification is made act or din gi o the modi uf p/ocess where, brief considet allons wet e accumulation and miniralization and named as platers and hxd) othemals n spectively. The classification is quite similar to Lindgren's {1933) Placer deposits, considering the age of formation, an si\h%ouped into two as young and fossil, whereas hydrothermal deposits, considering the tempo atttre-prcsMire and depth of fot motion, are subgrouped into thtee and studied as epithet mais and hypothermals.*

### GİRİŞ

Bu çalışma,, değerli metaller arasında **ayn** bir yeri olan altının, ekonomik yataklanma •tiplerinin anlatıldığı bir •derleme çalışmasıdır. Son sekiz yıldır, değişik uluslararası şirketlerin ülkemizde yaptığı araştırmalar ve yer<sup>1</sup> yer alınan olumlu sonuçların., altın heyecanım içimizde biraz daha. artırmış olmasını diliyorum,. Özellikle mesleğin, ilk basamaklarında olan meslektaşlarımın, alta yataklanma şekilleri ve- bunları arama yöntemlerinde göz önünde bulundurulması gereken alterasyon tipleri,» mineral toplulukları, oluşum ortamları gibi konular<sup>1</sup> hakkında bilgileneceğine inanıyorum.

### EKONOMİK YATAKLANMA TİPLERİ

En büyük allın yatağını okyanusların oluşturmasına karşın, teknolojik faktörler ve tenörü(Ö, O2 ppb) işletmeye elverişli değildir (Wolfe, 1984). Buna rağmen, dünya üzerindeki bazı koyların, 40 ppb'ye varan, konsantrelerde oluşu, fizibilite çalışmalarının zamanla başlayacağını işaret etmektedir.

Değişik ortam, ve yataklanma tipinde, bulunabilen altın, genel bir<sup>1</sup> sınıflama işlemine tabi olmamıştır. Çeşitli yayınlarda; plaka tektoniğine dayalı (Sawkins, 1990), plutonik-volkanik kökene bağlı (NigliJ929~Erlor, 1988), magmatik-sedimanter-damar tipi-denizsel volkanik başlıklarında toplanmış (Stanton, 1972) .fakat sadece Au göz önüne alındığında kanımca, yetersiz genel sınıflamalar bulunmaktadır. Her ne kadar Bateman (1979)-Erlor, ( 1988) sınıflaması metal cevherler için. en uygun görünse de bu yazıda Lindgren (1.933) sınıflamasına yakın bir sınıflama kullanılmıştır,.

Metaller, birçok .araştırmacının da katıldığı üzere, dalım zonlanndaM okyanus .kabuğu ve sedüanlanın, kıta kabuğunun alt kısmının, ve üst mantonun kısmi erimelerinden oluşan magmayla daha. yukarılara taşınırlar (Mitchell ve Garson, 1988). Bir kısmı magmatik ayrışım sonucu plutonik kütleler içinde kalırken, bir kısmı volkanik olaylarla yüzeyde ve yüzeye yakın ortamlarda yataklanır veya sedimanter dönenceye katılırlar. Diğer bir kısım, ise; meteorik sularla tanışan, mağ-



## Altın

manın., ani sıcaklık, basınç, Eh, pH ve içerdiği bazı gazların kısmi basınç değişimi sonucu gerek, mağmatik kütle içinde gerekse yan kayaya sığınım (inclusion), yayılım (dissemination) yada freatomağmatik patlama sonucu, artan poroziteye bağlı olarak, breş bacalarında ve süreksizlik düzlemlerinde kuniel.eni.rler.. Gerek plaka, hareketlerinin ve dalım zonlarının. etkisi oluşan büyük boyutlu yapısal kontroller., gerekse mağmatik kayacın kendisi ve dolaylı olarak sıvı ışınımları ve basınç artışlarıyla ilgili küçük boyutlu patlama, kınklanma, breş olumu, faylanma, indirgenmiş permealite/porosité (induced permeability/porosity), metal yataklamalarının oluşumunda büyük yer edinir.

Ayrıca, metal taşıyıcı sıvıların Eh, pH ve diğer kısmi basınçlarındaki (Pso<sub>2</sub>, Po<sub>2</sub>, Pco<sub>2</sub>, gibi) değişimler, metallerin çöketim veya tekrar' mobile olmalarını sağlar, Böylelikle jeolojik zaman içinde, yukarıda bahsi geçen değişimler sonucu birçok cevher taşınmış, kümelenmiş veya başka, cevherlerle yer değiştirmiştir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, altının, yala.kla.nma şekillerini şu sınıflara ayırmak mümkün olur; a) Plaser ve fosil plaserler, b)Hitrotermal. yataklar (Epitermal, meso-termal, hipotermal). Plaser yataklar, sedimanter kümelenme yada. fiziksel yığılanma olarak da anılabilir ve mekanik bir ayrışım (décantation) işlemiyle oluşurlar.. Hidrotermal yataklar ise gerek direk plutondan sağlanan metal taşıyıcı sıvıların ve gerekse su tablasının altında bulunan çeşitli, sıvıların oluşturduğu yatakların genel başlığıdır ve tamamen kimyasal işlemler hüküm serer. Hidrotermal koşulda, metallerin hareketlilik kazanılması, sıvı içinde çözünürmeleri, sıcaklık ilişkisine bağlı olduğundan, ısınım, atınılması hem inturuzyon kayaçlarına hem de düşey ısı gradyanı değişimlerine (28m-1C°) bağlıdır, Kullanılan epitermal., mesotermal, hipotermal bu amaca hizmet eder ve basınç-sıcaklık derinlik ortamlarını gösterirler.

### Plaser ve Fosil Plaser Au Yatakları

Çok basit, bir anlatımla; altın içeren bir' kuvars damarının mostra vererek erozyona maruz kaldığını düşünelim. Zamanla fiziksel duraylılığını kaybeden kuvars, parçalanarak .hapsettiği altını serbest bırakacaktır. Çeşitli taşınım medyasıyla (düşüş, yuvarlanma, rüzgar, yağmur suyu yıkaması...,) nehre kadar' yıkanan (ta-

şınan) altın parçacıkları, özgül .ağırlıklarının, farklılığı nedeniyle dibe çökerek nehir yatağındaki çakıllar arasında yerini alacaktır ve zamanla, konsantrasyon artımıyla plaser adını verdiğimiz yatakla\* oluşacaktır (Wolfe, 1984). Yukarıda tanımlandığı üzere, bu yalıklar temel anlamda, ağır minerallerin hafif minerallerden yerçekim. kuvveti etkisiyle ayrışımı, dekantasyonu olgusuna dayanır.. Ayrışımı yapan araçlar, hareketli olmak kaydıyla su. (nehir, dalga), hava (rüzgar) veya konsolide olmamış sedimanlamı eğim boyunca (down slope) aşağı hareketleridir veya çoğunlukla, bunların birkaçının bileşimiyle oluşan "taşıyıcı-aynştırıcı" ayırıştırıcılar topluluğudur.,

Ağır minerallerin bir yerde topluluk oluşturabilmelerini. Erler (198:8) şöyle açıklar; yüksek özgül ağırlık (>3g/cni3), atmosfer koşullarına yüksek direnç (fiziksel ve kimyasal). Konsantrasyon oluşturabilecek belli başlı mineraller ise şunlardır: Altın, zirkon, monazit, topaz, safir., beril., körend, spinel gümüş, elmas, platinyum, kasiderit, manyetit, ilmenit, rutil ve barit (Erler, 1938).

Oluşum şekline baktığımızda; yerinde konsantre olmuş plaseden REZİDÜEL, ELUVYAL, hareketli sıvı ortamda oluşmuş plaserler ALÜVYAL, KUMSAL yada KIYI AŞIRI, rüzgarla oluşmuş plaserler: EÖLİYEN olarak adlandırılırlar.

Kuzvart veBöhmer(1978) ise daha detaylı bir çalışmayla;

*Eluvyal-* Yerinde' parçalanmış veya fazla uzak olmayan bir yere taşınmış ve mineral topluluğu ilk kaynaktan farklı olmayan plaserler.

*Kolluviyal-* Mekanik olarak parçalanmış kaynak, kayanın, eğim yıkaması, yağmur yıkaması., kayma ve diğer yerçekim kuvvetlerinin yardımıyla eğim aşağı inişli ve kille: karışarak yatak oluşturmasıdır. Fakat kolluviyal plaserler genellikle- büyük yataklar oluşturabilecek kapasitede değildirler, •

*Alüvyel-* Nehir yatağı plaserleri, nehir bankı, kuvars-çakıl plaseden, vadi plaserleri, teras plaserleri ve vadi darboğaz plaseden (ravines-dales) olarak sınıflara ayrılan., akarsuya bağlı oluşan plaserlerdir. Ekonomik yataklar genellikle nehir yatağı ve vadi alüvyon plasedendir.



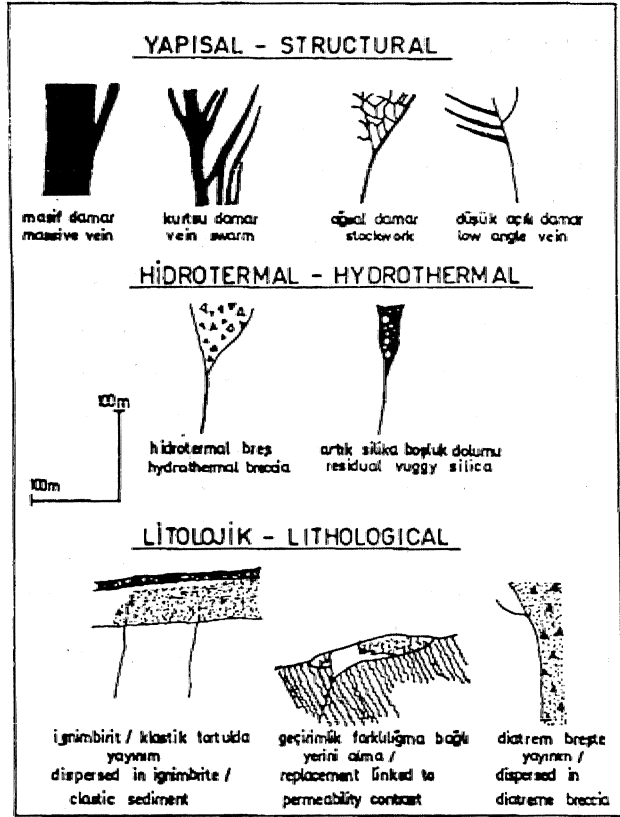
Cevher elementleri: Au, Ag, (As, Sb), Hg, (Te, TL, V), (Cu,ZnJ\*b)/Alterasyonlar: süsleşme, arjilleşme, serizitleşme, ill.it, adularya, piopilitik, Jdoritik/Min&ral topluluğu: teUüridler, selenidler, sülfidler,, altın, gümüş, barit kuvars, florit,, rodokrosit, adularya, serizit, klorit, hematit,, arsenik ve antimon içeren kompleks sülf&tler.

LindgrcD (1933), epitermal yatakları mineral gruplarına göre dokuz sınıfa ayırmıştır: 1. Zinober 2. Slibn.il 3. Gümüşçe zengin baz metaller 4. Altın 5. Arjienlit-Altın 6. Arjentit 7. Altın teUüridler 8. Alünitli Atan telüridler 9, Altın selenidler. Zamanla bilgi birikimi arttıkça bir çok sınıflamaların daha yapılması kaçınılmazdır.

Sillitoe (1990b), jeokimyasal açıdan (mineralojik ve alterasyona bağlı) epitermal yatakları iki grup altında incelenmiştir: düşük sülfitleşmeye bağlı ve yüksek sülfitleşmeye bağlı. Bunun yanında bir çok yazar (Sawkins,, 1990-Mitchell 1988-Eimon, 1987-Bonham, 1986), bo iki grubu yetersiz göreyek ek gruplar oluşturmuşlardır. Gerçektende Sillitoe'nun, bahsi geçen gruplar da verilen, örneklerin hiç birini kendi gruplama sisteminde kullanmamış olması eksik, olduğu izlenimini uyandırmaktadır. Bu yazıda epitermal yataklar üç grupta incelenmiş; düşük sülfitleşmeye bağlı (DS), yüksek sülfitleşmeye bağlı (YS) ve diğer epitermaller adı altında anlatılmıştır. Jenetik bakımdan bir sınıflamaya gidilse de epitermal yalakların oluşmasında yapısal, hidrotermal ve litolojik karakterlerin önemi yadsınamaz. Gerek işletme sırasındaki yatak geometrisinin önemi ve gerekse- arama esnasında jeologların göz önüne alması gereken yegane görünür parametreler kayacın oluşum sıcaklığı ve mineral içeriğinden çok. tektonik konumu, litolojisidir. Bununla ilgili, bir diagram Şekil 2'de verilmiştir.

#### Yüksek Süfitleşmeye Brçk Epîtemai An Yataktan (YS)

YS, DS'den temel olarak alterasyoo ve yataklanmayı belirleyen sıvı içerikleriyle ayrılık, gösterir. YS tipler asit, sülfürce zengin, oksid.ize sıvılara bağlı oluşurken,, DS tipler nötre yakın, sülfürce fakir, indirgenmiş (reduced) sıvılar tarafından oluşturulur. YS sıvılar (fluids) SO<sub>2</sub>'ce zengin mağmaik gaz, ve sıvıların (volatiles) yoğunlaşması sonucu (condensation) oluşurlar, Bu yüzden YSlere Asit sülfat yada Kuvars-alun.it epitermaller de denir. YSlere DS'lerden ayıran diğer bir önemli özel-



Şekil 2. Yapısal, hidrotermal ve litolojik geçirimsizliğin yataklanmaya etkisini gösteren seçilmiş epitermal yatak şekli ve geometrileri (Sillitoe; 1990).

lik. de ileri arjilik (silika-alunit-profillit) alterasyonunun görülmesidir. Bunun nedeni, de SÖVce zengin asitli sıvıların sistemin, yukarı, kısımlarında şiddetli aberasyonudur.

YS'lerin hemen hepsi subalkalin, andezitik-riyodasitik volkanizmaya bağlı ve tipik olarak, porfiri Cu-Au, porfiri Cu-Mo yataklarının üst kısımlarında gelişirler (Sillitoe, 1990b)., Örnekleri Orta Andiarda (El Hueso, La Pepa-pili), Batı Pasifik'de görülür. Altın mineralizasyonu, enajill-altın şeklindedir ve oluşum sıcaklıkları 200-250°C olarak tahmin edilmektedir (Lepanto, Wafi). Yataklar genellikle damar tipindedir fakat breş ve masif ornatma (massif displacement) şekilleri de yaygındır. YS yataklar tektonik yerleşim açısından incelendiğinde, normal dalıma, bağlı aktif kıta kenarlarında, volkano-plutonik yay ve ada yaylarında yoğunluk kazandıkları gözlenir.

## Altın

Önemli yataklar:

El Indio-Şili, Pueblo Viejo-Dorninik Cumhuriyeti,  
Lepauto-Filipinler,,  
Julcaoi-Peru, Ctoquelimpie-Sili, Bulte-ABD,  
Öünkuashih-Tayvan, Thames-Yeni Zelanda.,  
Mena -P.Y.Gine  
Nalesbitan-Filipinler, Teire -Japonya, Wild Dog-P.Y.G.  
Wafi River-P. Y.G, Iwato -Japonya, Kasuga-Japonya  
•Sao Juan-ABD, Nasatsu-Japonya, N.S.Wales-Avustralya.  
Düşük Soutesmeje Bağlı Epitenual. Au Yatakları (OS)

Düşük solfitli epitermal sistemler, düşük oranda baz metal içerikleri, kuvans-adularya-karbon<sup>^</sup>-serizit (Mit) alterasyon topluluğu, nötre yakio. pH değerleri ve yüksek gümüş/altın (Kanlarıyla epitermal yatakların en yaygındırlar, Genellikle volkanikler içerisinde çatlak dolumu (fissure filing) şeklinde yasaklanırlar. Genel gang mineralleri başta kuvars olmak üzere kalsit ve adularyadır. Bir çok damar yapısı, kloritin egemen olduğu

propütik alterasyonla çevrilidir (Sawkins, 1990). Metal içerikleri allın (+/- altın tdliridler), gümüş sülfiter-sülfosaltlardır (sülfür tuzlan) ve yeryer selenidler görülür.

Baz. metal içeriği. 1-2 % oranındadır (Sawkins, 1990), İşletme halinde olan yataklardan en derini 80Qm. civarındadır ve artan derinlikle beraber altın/baz metal oranı düşer (Mitchell, 1988),. Mineralleşmeyi sağlayan mağmatik köken daha az, önemlidir ve geniş bir Spektrum gösterir.,

Sillitoe (1992) DS epitermal yatakları, üç grup altında sınıflara ayırır: a. Subalkalin kayalarla ilişkili, sülfite fakir, b. Subalkalin kayalarla ilişkili, sülfite zengin, c. Alkalin kayalarla ilişkili, sülfite zengin (Bouüam, 1.936-tarafından bir' grup olarak görülür). Sülfite zengin ve sülfite fakir subalkalin DS epitermal sistemleri açıkça birbirlerine geçişli, olmalarına karşın, belirsizdirler.

a. grubu sistemler riyolitik kayalarla ve genellikle de akış kubbe- kompleksleriyle (flow dome complex) ilişkilidirler. Yay tipi epitermalleri oluşturan a,, grubu,

Ladolâm	-PYG	Chistose	-Jap,	Baguio	-FIL
Okuchi	-Jap.	Waihi	-YZ	Toi	-Jap
Hisbikari	-Jap.	Kerimenge	-PYG	Wau - Edie Creek	-PYG
Seigoshi	-Jap',.	Emperor	-Fiji		-Jap..
Umuna	-PYG	Kabang	-PYG	Hidden Valley	-PYG
Diwalwal	-Fil.	Paracale	-Fil.	Compestela	-Fil
Sado	-Jap.	Sorowar	-PYG.	Konomai	-Jap.
Gold Ridge	-PYG	Masbafé	-Fil.	Woodlark	-PYG
Koshid.no	-Jap.,	Hijo	-Fil,	Golden Cross	-YZ
Placer	-Fil.	Siana	-Fil.	Marian	-Fil.
Taio	-Jap.,	Metalifer Mntt..	-Romanya	Wapolu	-PYG
Karpatlar		Karangahake	-YZ	Rodop	
Masara	-Fil.,	Makedonya		Takatama	-Jap.
Tayoltita	-Meksika	Yamagano	-Jap.	Kafkas-lar	
Bulawan	-Fil	Hollinger Field	-Kanada	Notanda Field	-Kanada
Yellow Knife	-Kanada.	MorroVelho	-Brezilya	Asbanti	-Gana
Hartley	-Zimb.	Kalgoolie	-Avust.	Mesquite	-ABD
Ballara! Bendigo	-Avustralya	American Giri	-ABD	Tbnapah	-ABD
Pedrey Madre	-ABD	Camstock	-ABD		

önemli DS epitermal yatakları.

en iyi Japonya, Cöromandel Yarımadası (Yeni Zelanda), Antiplano Platosu. (Peru) ve Batı Amerika'da görülür, b. grubu sistemler andezitik ve riyodasitik kayalarla ilişkilidirler. a. ve c. gurubuna göre daha derinlerde oluşmuşlardır ve intruzyon kayalarıyla ilgileri daha fazladır (Sillitoe, 1992), bu da yüksek sülfür değerlerinden kaynaklanır.

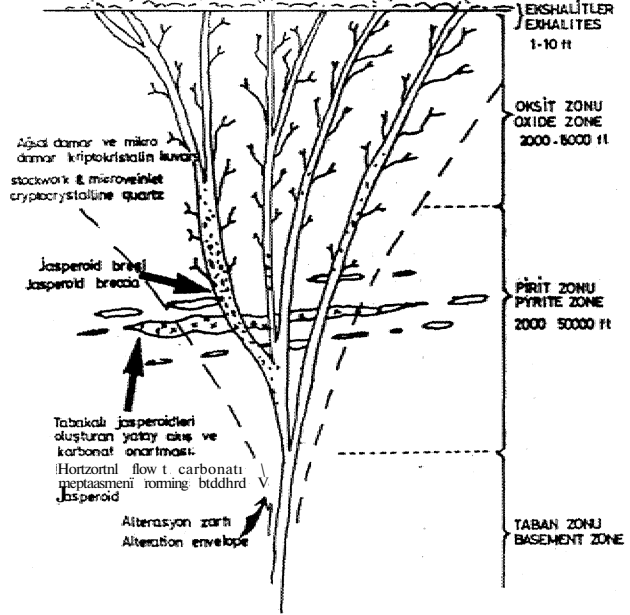
Balı Pasifik,, Kuzey Amerika Batısı, Filipinler, orta, ve Kuzey Peru'da bulunurlar, c, grubu, ise diğerlerinden farklı olarak hidrotermal yapılarında değişik elementler taşır (F., Te,V) ve belkde tamamen mağmatik kökene dayalı sıvılar- tarafından oluştururlar (Sillitoe, 1992),.

DS yataklar<sup>1</sup> tektonik, konumlarına bakıldığında, alt grupların gerekliliği daha. iyi anlaşılır, a. ve c. grobe DS'ler karşılaştırmalı yay sistemlerinde (comparable arc systems) konuşlanırken, b. grabe DSler dalım sırasında, yada dalımı takiben gelişen gerinim bölgelerinde' yoğunluk kazanırlar (Sillitoe, 1992),.

#### Diğer Epitermal Yataklar

1) Sediman ve Karbonatlı Kayaçlarda Yataklan Au: Bu grubu oluşturan yataklarında başında (ve ismi ile anılan) Carlin madeni (Nevada) gelir. Karakteristik özellikleri yatak kayasının ince tabakalı, karbonatlı,, sütü kireçtaşları oluşu, ve mikron boyutunda altının yanında yüksek arsenik, değerlerinin bulunmasıdır (100-1000ppm). Silika içeriği jasper olarak yatakdandır ve ta da yatakların bulunmasında bir rehberdir. Altın, yatağın alt. kısımlarında çatlak dolumu, pirit kaplaması (coating) ve daha az miktarda organik karbonla birlikte bulunur. Yatağın üst kısımları, ise değişik boyutta şiddetli alterasyona maruz kalmıştır. Burada bulunan altın ise kuvars ve oksit-MI mineraleri.oin içerisinde çok. küçük parçacıklar halindedir (< 10 mikron) Şekil, 3.

Carlin cevherindeki sıvı kapanım (fluid inclusion) çalışmaları, çok fazlı sıvı olaylarının varlığını ortaya koymuştur... Tuzlu çözeltilerden gelen hidrokarbon bileşikler, bunlardan biridir, ancak altın yataklanması bu tür hidrotermal alterasyonlardan daha önce, 25(fC den daha. düşük sıcaklıklarda, asldık, düşük tuzluluğa sahip karbondioksiti! sıvılarla oluşmuştur (Kuehn ve Rose, 1986 Sawkins,1990). Hidrotermal dönenceye neden



Şekil 3. Epitermal altın yataklarında karbonat yatak modeli.

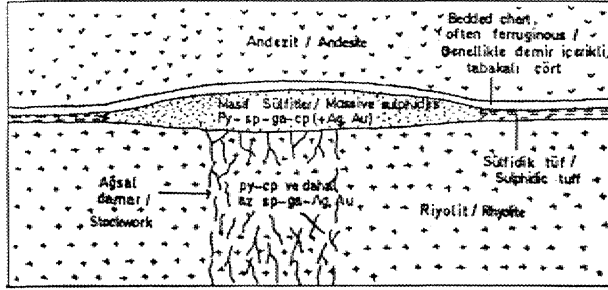
olan ısı ise tahminen alt kısımda konuşlanmış Tersiyer asidik mağma külesinden sağlanmıştır. Radtke (1985-Sawkins, 1990);<sup>1</sup> cevherleşmenin, konveksiyon sistemin alt kısımlandaki sedimanter kitlelerden yıkama yoluyla alınarak yatakladığını öne sürer.

Carlin-tipi (disemine fakat yüksek rezerve sahip) yataklar Endonezya'da Ratatotok, Batue Mountain, ve Getchell Trend (Nevada'da görülür.

2) Altınlı Volkanoejik Masif Sülfür Yataktan (VMS): VMS'ler, sığ deniz tabanlarında, volkanik olaylarla ve hidrotermal solüsyonlar tarafından, oluşturulmuş sülfürce zengin, ve genellikle baz metal, içerikli yataklardır. Literatürde aynı bir sınıf olarak geçmesine karşın, oluşum ortamları (basınç-sıcaklık) bakımından epitermal özelliğe sahip olduklarından bu kısımda incelenmiştir.

Masif sülfür yatakların genel özellikleri, deniz altı volkanizmalan ve-bu volkanizmalara bağlı sedimanlarla ilişkili olarak yalanlanmaları, cevher yatağının mercer şeklinde- olup sınırlarının, genellikle keskin, ve belirgin oluşu, yataklanmanın biçiminin bölgenin, yapısına (yapısal ve litolojik dokanaklar) uygun oluşu ve şiddetli alterasyon (serizitik, klocitik, albitleşme, arjilik, propili-

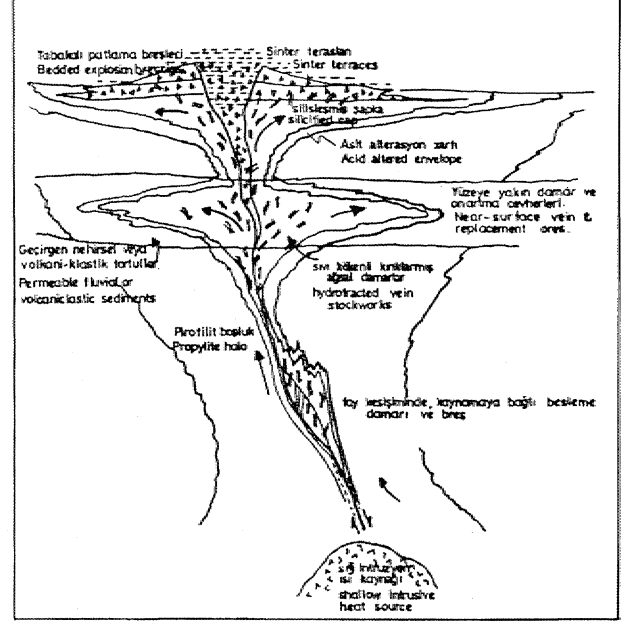
tik, silisleşme, piritleşme) kuşaklarıdır (Şekil 4). VMS yataklar, buldukları tektonik, konum,, cevher mineralleri ve volkanik kayanın kompozisyonuna göre Arkeen, Beshi, Cyprus ve Kuroko (Pontic) adlarını alırlar. Burada bizi ilgilendiren alt grup, gelişmiş ada yaylarında andezitten riyo-lite kadar uzanan 'kompozisyonunda, baz melal (Cu,Pb,Zn) nitelikleriyle tanı-nan<sup>11</sup> Kuroko Tipi<sup>11</sup> yataklardır. Zira. altın cevherleşmesi, eğer varsa, ancak bu grupta görülür. Altınca zengin Ku-roko tipi. yataklara, örnek şunlardır: Nurukawa, Kosaka (Japonya), Anagase (Filipinler), Rio Tinto\* (Iberian ku-şağı-tspanya).



Şekil 4. Kuroko Tipi yataklarının şematik kesiti. Üstte Andezit / Andesit tabakası, ortada Sulfidik tüf / Sulfidic tuff ve Riyo-lit / Rhyolite, altta Aşal damar / Stockwork ve Sulfidik tüf / Sulfidic tuff yer almaktadır. Ayrıca 'Bedded chert, often ferruginous / Özellikle demir içeren, tabakalı çört' ve 'Masif Sulfür / Massive sulfides (py-sp-ga-cp (+Ag, Au))' belirtilmiştir.

3) İlca Tipi Epitermal Au Yatakları: Nelson, ve Giles (1985) tarafından ortaya konulan bu sınıflamayı belki teletermal olarak\*geçmek doğru oldu fakat: epitermal sistemin bir uzantısı, yüzeye yakın bir epitermal oluşu, yüksek sıcaklık (tefermallere göre) nedeniyle ilca tipi, adı altında incelenmiştir.

Diğer epitermal altın, yataklarıyla benzerlikler- göstermesine karşın,, ayrışma noktası, yukarıda sayılanlar dışında, Hg, Sb, As ve Tl'ce zengin oluşu,, şiddetli kaolin-silika-alunit alferasyonuna maruz kalmasıdır. Yüksek silika konsantrisi kalsedon-opal olarak görülür ve hidrotermal patlama breşleri vardır<sup>1</sup> (Şekil 5). Yataklanmayı oluşturan sıvılar düşük tuzlulukta, nöfe<sup>^</sup> yakın. pH değerlerinde ve az fakat belirgin CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S miktarlarına sahiptir. Altın yataklanma şekli. Carlin-tipi olup geniş yanıl alanlar kaplarlar. Örnekleri: Hasbrauck Mountain, Sulfür,, Round Mountain (Nevada), Cinola (British Colombia), Pueblo Viejo (Dominik Cum.), Me Laughiin (Californiya),.



Şekil 5. İlca tipi altın yataklarının şematik kesiti.

#### Mesotermal Ae Yatakları

Mesotermal yatakları Lindgren (1933); orta. derinlikte, 200-300°Cde, yüksek basınçla oluşmuş hidrotermal yataklar olarak tanımlar ve porfiri sistemleri,, mesotermal sistemin bir oluşum şekli olarak görür. Oysa Guilberd ve Park (1981-Erler, 1988) porfiri, sistemleri, porfiri baz metal yatakları olarak, hidrotermal sistemlerden ayrı bir sınıfta incelemişlerdir. Aslında,, mesotermal altın yatakları genelde porfiri şeklinde yatakları için literatürde porfiri adı altında daha yaygın geçer fakat bunun yanında Mother Lode gibi damar<sup>11</sup> ağırlıklı yapıda yataklanlar ya Mesotermal ya da dama<sup>11</sup> tipi olarak adlandırılırlar.. Bunun yanında skarn veya diğer dokanak metasomatizması yoluyla oluşmuş altın yatakları, sadece breş bacalarında yataklanmış örnekler<sup>1</sup> de bulunur\*. Gerçekte, pek az, hidrotermal altın yatağı tek bir sınıfa dahil edilebilir. Genellikle derinlere- ve yüzeye olan uzantılar, tektonik ve litolojik kontroller,, magmatik sıvılarla ve intrüzyon (ısıtım ve/veya metalleri sağlayan) kayaç tipi,, meta.in.orfi.znia gibi etkenler bir çok yatağı birden fazla jenetik oluşum içine sokar..

#### Porfiri Au Yatakları

Porfiri tipi altın yatakları genelde- yatak ana mineralinin altından çok bakır ve/veya molibden oluşu nede-

Au SkarnKarı

Skarn yataklarını mesotermal sınıfa sokmak pek doğm görünmese de, oluşum sıcaklığı ve porfirilerle yakındam ilişkileri göz önüne alındığında, haksız bir sınıflama olmaz, fakat yine de doğruluğu tartışılabilir.

Skarnlar, basit anlamda, derindeki, bir plutondan çıkan metalce zengin sıvı ve gazların, karbonatlı yatak kayasına saçılıp, cevher yatakları oluşturmasıdır. Newbeny (1.993), skarnların genel özelliklerini şöyle şualar:

1. Skarnların metal içerikleri, ilişkili olduğu plutonla sistematik bir ilişki içindedir,

a) Porfiri Cu+kireçtaşı.....Ce skarn

S o gray sen+kireçtaşı.....Sn skarn

b)Pluton tip'i/DIorit. ,Q- MonzodioriL.... Granit ilişkili Skarn tipi/ (Fe+Atı) (Cu+Au+Ag/Pb+Zn+Ag) (W+Mo+Au)(Sn+Mo)

Aynı tipteki plutonda W skarnları daha. derinlerde, Cu, Pb-Zn skarnları daha şığ derinlerde oluşur. Au ve ya Sn skarnları. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO oranı düşük plutonlarla ilişkilidir.

2. Skarnlar, ilişkili oldukları plutonlardan daha fazla, metal içerirler (tenörleri daha yüksektir)...

3.. Bir çok skarn ve metasomatik yatak (Fe, W, Pb-Zn,, Au özellikle) gerçekte, metalce fakir stoklarla ilişkilidir ve bu stoklarda görünür bir alterasyon, damarlaşma göstermezler.

4., Skarn. ve onunla ilişkili ornatmalar, ana. plutondan > 3km uzakta olabilirler. Altınca zengin, ve Pb-Zn-Ag skarnları genellikle .ana plutondan >1 km uzakta, bulunurlar. Skarnların sülfidçe zengin kısımları örtülür veya fiziksel aberasyona uğrarlar (weather).. Skarn yatak oluşum sıcaklığı 600-200°C'dü\ Kalk-sillkat alterasyonu ve cevherleşme, bas.in.ca, sıvı kompozisyonuna, yükseltgenne dyromuna bağlı olarak daha Aşık sıcaklıklarda gerçekleşir.

Bunun yanında, altın ve diğer skarn. gruplarının genel özellikleri Çizelge- Tde verilmiştir... Au skarnlarına örnek; Fortitude (Nevada), Hedey (British Columbia), Leadville {Colorado), Ertzberg-Ertzberg East. (Avustralya)

Çizelge 1. Çeşitli skarn tiplerinin özellikleri.

Tipi	Altın	Bakır	Çinko-Kurşun	Molibden	Bismüt
İLGİLİ OLUŞUM İHTİSALİ (TİPOLOJİ)	Au (Cu, Bi, Zn, Ag, Co)	Cu (Mo, W, Zn)	Zn, Pb, Ag (Cu, W)	Mo, W (Cu, Bi, Zn)	Fe (Cu, Co, Au)
İHTİSALİ BÖLGE	Ada yay ve rimbö yay sıklıkla basen skarnları	Kalkareolar	Kalkareolar	Kalkareolar	Ada yay ve rimbö kalkareolar
İLGİLİ İHTİSALİ KAYACI	Çalko-Granitoid	Granitoid-D. Monzonit	Granitoid-Granit / Diorit-Diorit	K. Monzonit-Granit	Çalko-Granitoid
İHTİSALİ MORFOLOJİ	Stok, sil, boyk	Stok, boyk, büyük kesim	Kalkareolar, büyük stoklar ve damarlar	Stok	Stok, boyk
İHTİSALİ ALTERASYONU	Orta endotermik, F <sub>2</sub> silis	Sığ endotermik, F <sub>2</sub> silis ve silis	Sığ endotermik, F <sub>2</sub> silis ve silis	Envers damarları F <sub>2</sub> silis	Sığ endotermik, F <sub>2</sub> silis
ÇEVRE MINERALİZESİ	Florit, silis, kalkopirit, bornit, arsenopirit, pirit, silisler, silisler	Kalkopirit, bornit, pirit, bornit, arsenopirit	Siliserit, galen, arsenopirit, kalkopirit	Hollit, bornit, pirit, pirit, bornit, arsenopirit	Mikroter, bornit, kalkopirit, pirit
KARAKTERİSTİK SÜLFÜRLÜLÜ (Milyon ton)	0-10	1-100	0-2-5	0-1-2	5-150
KARAKTERİSTİK TENÖR	2-15 g/t Au (Dünya ortası: 4-5 g/t Au)	1-2 W	9 W Zn, 6 W Pb, 170 g/t Au Ag	0.1-2 W MoS <sub>2</sub>	40 W Fe

ya). Ok Tedi (Papua Yeni. Gine), Thanksgiving; (Filipinler) verilebilir.

Hipotermal Au Yatakları

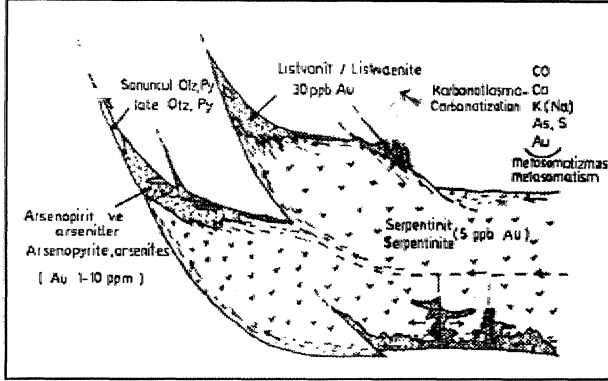
Hipotermal. altın yatakları, yüksek sıcaklık (300-500°C)-basınç ortamında hitrotermal sıvıların en alt seviyelerinde (>1km) oluşurlar {Lindgern., 1933}. Yan kaya, alterasyonları genel olarak; serizitik (graysen) kloritifik, potasik ve silisleşmedir (Erler, 1938).. Yatakların genel, oluşum şekilleri; breş. bacaları, derin deniz buhar 'boşalımı (ekshalatif) ve ofiyolit ilişkilidir.

Breş Bacası Tipi Au Yatakları

Bilinen örnekler, anorojenik granitoid ve yay .arkalana (Back-arc) bağlı alkalin mağmatik plutonlarla ilişkili oluşurlar. Oluşum sealdıkları 150-500°C .arasında ve derinlikleri >1km olarak belirtilir. Altın mineralleşmesi, nabit albn veya tellüridler şeklindedir, diğer cevher' mineralleri ise florit, sfalerit, kalkopirit, bornit ve piritir. Örnekleri: Cripple Creek (Colorado), Zorman (Montana), Olympic Dam (Güney Avustralya), La. Plata (Colorado), ötiz (New Mexico), Golden Sunlight (Montana).

Ofijoiitlerle ilişkili Au Yatakları

Sıkça görülebilir yataklar olmayıp, genellikle ofiyolit. dizilerinin ultramafik kısımlarında (bazal-kritik zonlar) "faylanmalara" bağlı gelişirler. Ekonomik fconstrasyon,, süreksizlik düzlemlerinde- şiddetti altere olmuş, silisleşmiş ve karbönatlaşmış seipentinitlerle (listvanit) ilişkilidir (Şekil 9). "Birincil (primary) oluşumTa bağlı bilinen örneklerle ise ofiyolitler, anorojeoik,, sıcağ noktalara (hot spots) bağlı kratonlarda oluşmuş ve tektonizmaya bağh olmadan gelişmişlerdir. Kanada'da bulunan. Sıdbury Kompe-ksi dünyanın bilinen en büyük.



Şekil 9, Serpantinit kriyolizasyonu ile birlikte artan altın miktarı (Buissan ve Leblanc, 1996'dan sonra Sawkins, 1990)

oikel yatağı, olmakla birlikte, nikelde aynı miktarda, bakır ve ekonomik değerlerde altın, platinyum grubu elementler ve gümüş üretimine sahiptir. Bununla beraber, dünyanın en büyük kromit yataklarına sahip Bushveldt Kompleksini (Güney Afrika Com.) oluşturan fasiyelerden birisi Merensky Reef dünyadaki en büyük platin grubu metal yatağını oluşturmakla birlikte, yüksek değerlerde paladyum, rutenyum ve altın çıkarır (60% oikel, 27% paladyum, 5% rutenyum, 4% altın).

Derin. Ekshalatif An Yatakları.

Genellikle yeşilist fasiyes kuşaklarında oluşan bu altın yataklarına en belirgin örnek Homestake'dir. Bu adla anılan (Homestake-tipi) diğer ekshalatif yatakların sayısı fazla olmamasına karşın altın üretimleri oldukça yüksektir. Örneğin Homestake, 1990'a kadar 1000 ton altın üretmiştir. Bu tür katmansal, (stratiform) yataklar

Çizelge 2. Bir maden arama programı safhaları.

SAFHA	VERİ	MALİYET	ZAMAN-
Genel Başlangıç, - Detaylı arama (Prospecting)	Zuhur konsantrasyonlarının bulunması, yatak, ve mineral oluşumlarının sınıflandırılması,	3%	1-20 yıl
Araştırma safhasına geçiş	Ekonomik ve yan ekonomik yatak sınıflaması, C2 rezerv hesaplaması	3%	3 yıl
Ön araştırma safhası	C1 rezerv hesaplaması	6%	6 ay-3 yıl
Detay araştırma, safhası	B rezerv hesaplaması.	7%	2-5 yd
İşletmeye hazırlık, maden ve cevher hazırlama birimlerinin inşaatı	A. rezerv hesaplaması	80%	2-5 yıl
İşletmeye geçiş	Ä rezerv hesaplaması		1-6 ay

rın büyük çoğunluğu silisli, demirce zengin kayalarda (düşük tenörlü, çörtlü karbonatlar veya demir silikatlar) veya bunların mefamorik denklelerinde yasaklanırlar. Cevher kitlesi temel olarak, kuvars, idorit ve ankerit ve değişen oranlarda paktin, arsenopiritten oluşur. Örnekleri: Mono Velho (Brezilya), Kolar Gold Field (Hindistan), Hutti, Ramagiri (Güney Afr. Cum.), Lupin Mine (Kanada).

#### ARAMA SAFHALARI VE MALİYET

Altın, birçok metal (özellikle ilişkili oldukları) ile benzer ortamlarda yataklanması nedeniyle arama yöntemlerinde benzerlikler gösterir. Bununla birlikte, en değerli metal olma özelliği ona bazı ayrıcalıklar; teknolojinin son buluşlarından yararlanma, pahalı iş gücü ve yatırımlar gibi olanaklar sağlar. Peşinden koşuran bir çok insan da cabasıdır. 1849'da bir marangozun başlattığı California altın hücumunu ve binlerce "Forty Miners" unutmak mümkün mü?

Metal konsantrasyonlarının aranması ve araştırılması (prospecting and exploration) şu genel kriterlere bağlıdır: Litolojik, stratigrafik, yapısal, magmatojenik, paleo-iklimsel ve tarihsel. Magmatojenik kriterler ise şu alt gruplarda incelenir: a. Yatak-magma ilişkisi b. Yatak-tane boyu ilişkisi c. Yatak-pluton büyüklüğü ilişkisi d. Yatak-intrüzyon iç yapıları ilişkisi e. Yatak-magma soğuma derinliği arasındaki ilişki ve son olarak f. Yatak, ve çevre aberasyon ilişkisi.

Kuzvart ve Böhmer (1978), arama safhalarını zaman ve maliyet, durumuna göre aşağıdaki gibi değerlendirir (Çizelge 2). C2 rezervler, cevher kütlelerinin şekil ve yapılarının çok genel olarak ortaya konduğu, cevheri et-



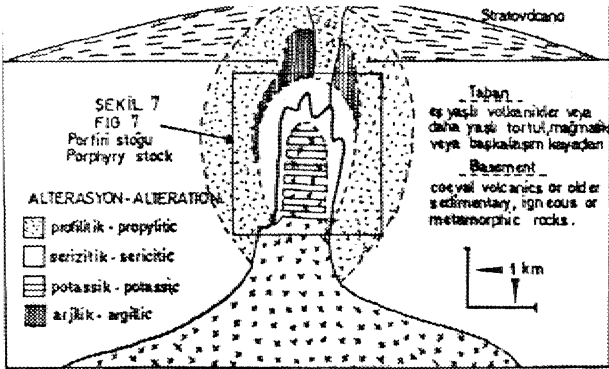
niyle, "Altai bakımından zengin porfiri yataklar" olarak adlandırılırlar (Sillitoe, 1979), koşulu  $>0.4$  ppm Au olarak belirtilir. Yataklanma, tahminen aynı magmadan türemiş volkanik kayalara, ve dik silindirik şeklindeki porfiritik stoklara bağlı gelişir. Mağma kompozisyonu düşük potasyumlu kalk-alkalinden, yüksek potasyumlu kalk-alkalin ve potasik alkaline dek uzanan geniş bir jeokimyasal yapıya sahiptir (Sillitoe, 1993a). Bakır ve altının büyük kısmı potasik alterasyon sırasında yatak, kayasına verilir. Alterasyon kuşakları beş ana grupta ele alınır (Şekil. 6-7); Potasik kuşak, Fillik kuşak, Arjilik kuşak, Propilitik kuşak ve İleri Arjilik kuşak. Potasik kuşak alterasyonunun iç bölümünde, esas olarak potasyum feldspat, biyotit, ve; az miktarda kuvars, serizit, anhidrit içerir. Fillik kuşak, biyotit-potasyum feldspat kuşağını çevreleyen, bazı yerlerde onun yerine gelen, kuvars, serisit, pirit, illit, az klorit ve çok az miktarda alte-

rasyon minerallerini içerir. Arjilik kuşak ise temel olarak kuvars, kaolinit ve montmorillonit, az oranda serizit, klorit ve lökosen içerir. Cevher kuşağının, merkezine doğru gidildikçe plajiyoklaslanıl kaolinleşmesi ve uzaklaştıkça montmorillonitleşmesiyle kuşak belirginleşir. Propilitik kuşak, geniş alanlar kaplayan (1-1.5 km'yi bulur)- epidot, kalsit ve klorit, albit, az miktarda zeolit, kaolinit, montmorillonit ve lökoseo alterasyon minerallerinden oluşur. Zaman zaman dominant, minerale bağlı olarak, Albitleşme, Kloitleşme, Zeolitleşme, Karbonatlaşma adlarını alır (Erlar, 1988). İleri Arjilik kuşak, sistemin en üst seviyelerinde, asit yıkaması sonucu şiddetli kil alterasyonuna bağlı olarak gelişir ve alterasyon mineralleri pirofillit, dicit, alunit, turmalin ve topazdır (Sillitoe, 1993b).

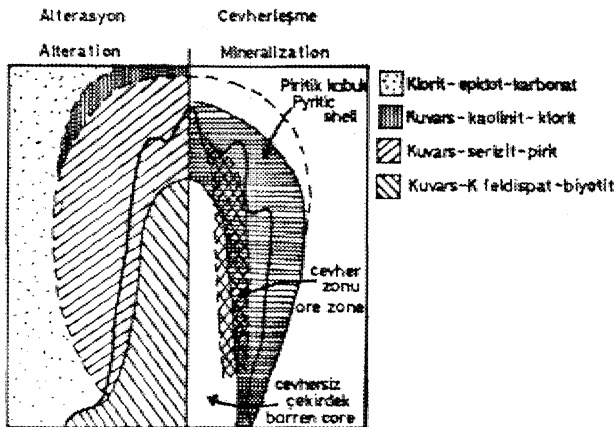
Altın, sülfürlü mineraller içerisinde bulunur ve damar, damarcık ve saçınımlar halinde kaya içerisinde dağılır. En yüksek altın, tenörü çekirdekteki potasik zonda bulunur, bununla birlikte propilitik kuşakta küçük, fakat, yüksek tenörlü altın-gümüş-kalkopirit damarları ve İleri Arjilik kuşakta, yüksek asitli sıvılardan, dolayı yukarıya taşınmış altın saçınımları bulunabilir (Sillitoe, 1993b). Cevherleşmeyi oluşturan potansiyel, felsik ve orta bileşimli intrusiflerden yükselen kupololara bağlıdır. Batolit yerine yerleştikten hemen sonra, soğumaya bağlı olarak, kristal farklılaşması süreci başlar. Sürekli ve tekrarlanmalı farklılaşma sonucunda mağma ist kesimleri, silisyum, potasyum, sodyum, ve uçucu maddelerce (metal içerikli) zenginleşir ve zenginleşmeye bağlı olarak üst bölgelerde ergime sıcaklığı düşer ve batolitten baloncuk, şeklinde: (plug-cupola) yukarıya doğru çıkarlar.

Kristalleşme sürerken, kupola kesiminde uçucuların basıncı çevre basıncını geçene dek yükselir. Bunun sonucunda intrusif ve yan kaya kırılır ve uçucular bu kırıklar boyunca, yükselirler. İç basıncın azalmasıyla birlikte soğuma başlar. Kristalleşme ve azalan basınç-sıcaklık, magmanın sulu akışkanlarla aşırı doymasına ve H<sub>2</sub>O, metaller, S, B, P, H<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub> içeren sulu bir fazın ayrışmasına neden olur (Erlar ve Aral, 1981). Bu sıvılar da yukarıda bahsedilen, alterasyonlara ve metal yataklanmalara neden olurlar.

Altınca zengin porfiri, yataklarının diğer Cu-Mo sistemlerinden, ayrılması ise şöyle açıklanabilir; a) Bilinen



Şekil 6. Porfiri bakır oluşumunun genelleştirilmiş modeli.



Şekil 7. Tipik porfiri Cu sisteminde gelişen cevherleşme ve alterasyon kuşakları.

altınca zengin porfiri yatakları molibdence fakirdir,, b)Yatakların 80%'i hidrotrenal maeyet.it bakımından (+-liema:tit+martit+maglem.it) zengindir, c)Sillitoe (1990a) potasik aberasyonun yanında, ona eşlik eden Ca-silikat .alterasyonu olabileceğini {amfibol-piroksen-granat} söyler, d) Volkano-plutonik ada. yay ve kıta kenarlarında bulunurlar,, e) Bakır-molibden porfiri yatakları, altınca zengin, porfiriler gibi kalk-alkalie stoklarla ilişkili "olabilmesine kamsın, alkalın stoklarla birlikte bulunmazlar. Örnekleri şunlardır:

Coonumola-Avustralya, Mount Poiley Canada» Paeguna-Papua. Y.Giee

Fish Lake-Canada, Grasberg-Endonezya, Afton - Canada, Cabang Kiri-Eedoezya, Bingham-A.B.D. Snngai Mak-Endonezya

Dos Pöfares-A.B.D, Mamut-Malezya, Tanama-PortO'Riko, Kingking-FiMpinler, Bajo de La Alubrera-Aijantin Amacan-Filipinler

Marte-Şili, Dizon-Filipinler, Lo'bo-Şili

Santo Tomas II-Filipinler, •Skoeies - Yunanistan, Guinaoang-Filipinler

Saiedak-Pakistan, LepantoFar-Filipinler, Mount Mili-gan-Canada,,

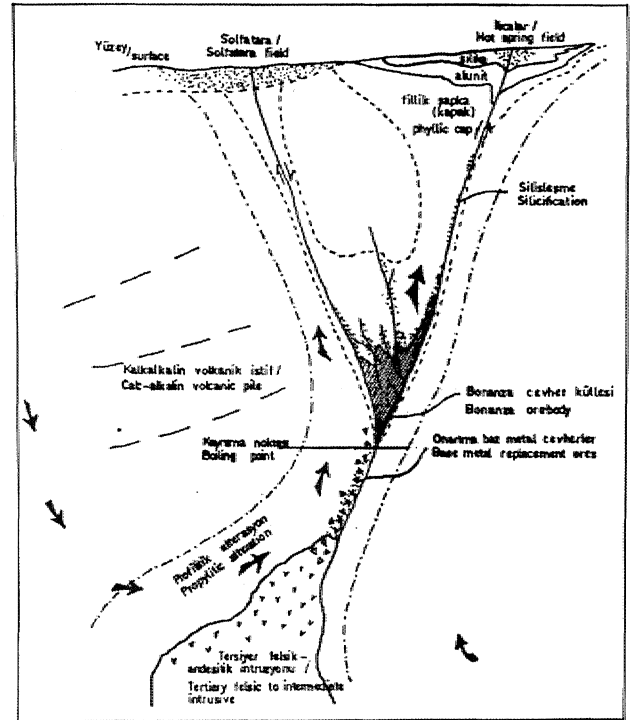
Galore- Creek-Canada, Morrison-Canada, Bell Copper-Canada

Damar Tipi (Vein-Lode) Au Yatakları

Damar tipi mesotermal itin yataklarına en güzel örnek şüphesiz California'daki Mother Lode olacaktır., 1990'a kadar' IOg/tonluk tenörie 1000 toe altın üretimi yapılan, bu, yatak, benzerleri, gibi etamorfik kayalar içinde saçınım veya. kuvars damarları şeklinde oluşmuştur. Altın cevheri, nabit altın ve tellüridler (özellikle petzit) şeklindedir, Yatakların suffit içeriği, tipik olarak düşük ve genel mineraller pirit başta, olmak üzere arsenopirit, sfalerit» galen, kalkopirit ve tetrahedrittir. Gang mineralleri kuvars, ferro-dolomit, diğer karbonatlar ve serizittir (Sawkins, 1990).

Yataklanma. sıcaklık, Weir ve Kerrick (1987-Sawkins, 1990) tarafından 25G-300°C olarak tanımlanırken, Sawkins (1990), altın ve kuvarsin enjeksiyonu

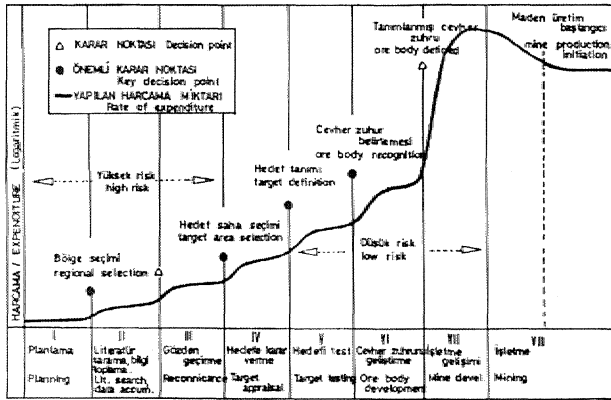
için >340°C ve 670-2500 kbar koşullarını öne sürer. Benzer özellikleri gösteren Kanada Cordillera'sındaki altın yatakları ve Alaska'daki Juneau altın kuşağı da Mother Lode gibi okyanus veya ada yayı orijinli,, eski-gelişmiş (accreted) bölgelerde yataklanmışlardır. Bununla birlikte,, yeşilist fasiyes kuşaklarında (Gereens-tone belts), yine mesotermal sistemde- oluşmuş bir çok yatak (Sigmamine-Quebec-Kanada,, Porcupine Camp-Ontaria-Kanada, Golden Mile Camp-Kalgoolie-Avustralya,, Norseman kuşağı-Avustralya) Kuzey Amerika kıtasında bulunan yukarıda sayılan kardeşleri gibi,, ana, fay sistemleri,, makaslama zonlan ile yakından ilişkilidir. Genelde be kınk sistemleri yüksek açılı lers fay veya ters-oblik makaslama zonlahdır. Tekstörel ve metamorfik deliller (Sibson ve Poulsen, 1983), bu altın sistemlerinin, sismojenik zon tabanlarına yakın yerlerde. (-IGkm) sınımlı (ductile) deformasyoelane yerlerini kırılğan (brittle) deformasyoniara bıraktığı yerlerde oluştuğunu göstermektedir. Yataklanmayı oluşturan sıvıların kaynağı ise metamorfik sular,, derinde konuşlanmış mağma 'Odası veya ikisinin bileşimi olabilir (Şekil 8).



Şekil 8. Bonanza damar yapısı altın yataklanması yan kesiti (Buchanan, 1981'den derleyen Eimon, 1987).

küeyen doğal ve tektonik etkenlerin çok az bilindiği, sondajsız rezervdir. Cl rezervler, öterin benzerleri olup sondajlar yardımıyla cevher kütlesinin daha iyi tanımlandığı rezervlerdir (muhtemel rezerv) ve araştırmacı Cl rezerv tanımlaması sonucu "siscnetin neresindeyim?,, Bu sistemde altın nerede yataklarını?" sorunlarına cevap verebilecek durumda olmalıdır. B rezerv; oluşum modeli, şekli, yapısı bilinen ekonomik, doğal ve teknik özellikleri, saptanmış rezervdir (mümkün rezerv).. Bunun yanında, ekonomik ve ekonomik olmayan kısımları tanımlanmış, hidrojeolojik ve mühendislik, jeolojisi hesapları yapılmıştır.,

A rezerv, B'ye ek olarak yeterli sıklıkta sondajları yapılmış, cevher mineral karakterler ve teknolojik işletme yöntemine karar verilmiş rezervdir. Eimon (1987) bir maden arama programının aşama ve harcamalarını grafiksel olarak aşağıdaki gibi (Şekil 10) gösterir.



Şekil 10. Bu maden arama programında safha YL hartu-malar (Eimon, 1987).

## DEĞİNİLEN BELGELER.

- Bonham, H. F. Jr., 1986,, Models for volcanic hosted epithermal precious metal deposits: a review in Hamilton NLZ,(ed), Procint, Volcanism Congress, New Zealand Symp.5.
- Clark, A.HL, 1992,, Are outslzed portayiy copper deposits either<sup>1</sup> anatomically or enviionmentaly distinctive?: Giant Ore Deposits Workshop, Kingston,, Ontario, Canada.,
- Eimon, P. I., 1987, Epithermal gold-silver deposits: Course notes. Queens Univ., Canada.
- Erlor, A., Aral, BL, 1981, Porfiri bakır yatakları: OJD.TÜ. Müh., Fak., yayınlan. No:67
- Eiler, A., 1988, Formation of mineral, deposits: Lecture notes, O.D.T.Ü.
- Kuzvait, M., Böhmer,, M., 1978, Prospecting and explo-

ration of mineral deposits: Elsevier scientific pub. comp.

- Lindgren, W., 1933, Mineral, deposits: Me. Graw Hill, New York.
- Mitchell, A. H. G., 1988,, Andesitic arcs,epithermal gold and porphyry type mineralization in the Western Passific and Eastern Europe: Bulletin of mining and metallurgy.
- Mitchell, A. H. G., Garson, M.S., 1988,, Mineralization at destructive plate boundaries: as brief view: Bulletin of mining and metallurgy.
- Nelson,, C. E., Giles, D,L., 1985, Hydrothermal, eruption mechanism, and hot spring gold deposits: Econ. Geology... No: 80.
- Newberry, R., 1993, Handout for Au-Cu porphyry skarn short course: IAEG -weekend course 8-9 May, Tralee-Ireland.

Sawkins, F. J., 1990, Metal deposits in relation to plate tectonics: Springer-Verlag,, Amsterdam.

Sibson, R. H., Poulsen, K. H., 1988,, High angle reverse faults,, fluid pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits: Geology no: 16.

Sillitoe, R, H., 1979, Some thoughts on gold rich porphyry Cu deposits: Mineralium deposite no: 14.

Sillitoe,, R. H., 1990a, Gold rich porhyry Cu deposits: Geological models and exploration implications: IUGS-UNESCO Deposit modelling program conference, Ottawa-Canada.

Sillitoe, R. H., 1990b, Epitharmal models (Genetic -types, geometric controls, and shallow features):: IUGS-UNESCO' Deposit, modeling program. conference» Ottawa-Canada.

Sillitoe, R. HL, 1 9901% Eplttiermal models (Genetic -types,, geometric controls and shallow features): IUGS-UNESCO Deposit modelling program conference, Ottawa-Canada..

SillitoeJR.H., 1992,, Giant and bonanza gold deposits in epithermal. and subvolcanic settings: Giant ore deposits workshop, 11-13 May,, Kingston-Ontario-Canada.

Sillitoe» R. H., 1993a,, Gold deposits in western, passific island arcs; The magmatic connection: IAEG weekend course, 8-9 May, Tralee-Ireland.

Sillitoe, R.H., 1993b Kişisel görüşme.

Stamen, R. L, 1972,, Ore: petrology: Me Graw HI Pub., Comp.

Wolfe, J.A., 1984,, Mineral, resources: Chapman and Hall Pub. Comp.

# Çöp Depolama

## Çöp Depolama Alanlarında Oluşan Gazın (Deponi Gazı) Çevresel Etkileri Ve Ekonomik Potansiyeli

*The environmental impacts and economic potential of the gas (deponi gas) formed in waste disposal sites*

İlker ŞENGÜLER  
MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA  
Bazım YILMAZ  
Yalçın Teknika.Ş .ANKARA

### öz

Ülkemizde yaklaşık 2000 yerleşim yetinde çöp depolama alanı bulunmaktadır. Bu alanların büyük bölümü "Katı Atıklar Kontrol Yönetmeliği" ne uygun olarak düzenlenmediğinden, çöp gövdesinde oluşan metan gazı, patlamalar ve yangınlar Be can kayıplarına neden olmakla, büyük çevre kirliliği yaratmaktadır.

Yerel yönetimlerin, düzenli çöp depolama alanlarında- oluşturacakları sistemler ile çöp gövdesinde oluşan ve oluşumu yıllarca süren metan gazını hem tehlikesiz duruma getirmeleri hem de yakıt olarak kullanarak ekonomiye kazandırmaları mümkündür.

### ABSTRACT

There are waste disposal sites in about 2000 residential areas in Turkey.. Because the majority of these areas have not been arranged in accordance with the "Solid Wastes Control Regulations", the methane gas formed in waste bodies cause deaths as a result of explosions and fires and create great environmental pollution.

The municipalities can prevent the methane gas which forms in waste bodies in decades from being hazardous by constituting systems in orderly waste disposal sites and at the same time contribute to the economy by using it as a fuel.

### GİRİŞ

Ülkemizde düzenli çöp depolama alanları oluşturulmadığından, oluşan deponi gazının kimyasal, analizi ve potansiyeli hakkında bilgiler<sup>1</sup> elde edilememekte ve buna bağlı olarak gazın ekonomik değeri konusunda da bir sonuca varılamamaktadır. Ancak, düzenli çöp depolama alanlarına sahip ülkelerdeki uygulamalar incelendiğinde, çöp gövdesinde oluşan gazın ekonomiye kazandırıldığı görülmektedir.

Düzenli depolama alanlarında çöp gövdesinde gaz oluşumu. 25-30 yıl sürmektedir. Ülkemizdeki çöplerin, beslenme alışkanlığımıza bağlı olarak diğer ülkelere göre daha sulu atıklardan oluştuğu bilinmektedir;. Bu

nedenle çöp gövdesinde meydana gelen çürümeler ve bazunmalar daha fazla olacağından, gazın potansiyeli yüksek, oluşumu, ise uzun süreli olacaktır.

Ülkemizde çöp depolama alanları, Ümraniye (İstanbul) çöplüğündeki patlama ile bir kez daha gündeme gelmiş ve bu defa. yerel yönetimler tarafından konu daha ciddi olarak; araştırılmaya, başlanmıştı\*. Özellikle büyük kentlerde, üzerinde veya yakınında yerleşim alanı bulunan yörelerde belediyeler incelemeler yaptırmışlardır. Mamak (Ankara) eski çöp depolama alanı üzerinde yoğun gecekondulaşma söz konusu olup çöp gövdesinde oluşumu süren ve kanalizasyon vasıtasıyla konsantrasyonunu arttırarak konutlara kadar ulaşan metan gazı tehlike oluşturmaktadır. (Şengüler, 1994 a).

## Çöp Depolama

Ankara Büyükşehir Belediyesinin, yazılı başvurusu üzerine söz konusu, alanda TMMOB tarafından yapılan inceleme sonucu, hazırlanan rapor ilgililere sunulmuştur.

### DEPONİ GAZININ ÖZELLİKLERİ

Çöp depolama alanlarında oluşan gazı "biyogaz" veya "deponi gazı" denilmektedir.

Düzenli çöp depolama alanlarında, çöp gövdesindeki organik maddeler önce aerobik, olarak ayrışmaya başlar ancak çöp gövdesindeki oksijenin tükenmesi ile ayrışma anaerobik koşullarda devam eder. Bozunma ve ayrışma hızı, çöpün bileşimine göre değişir.

Çöp gövdesinde oluşan gazın yaklaşık % 90' ını metan (CH<sub>4</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) oluşturur, aktadır., Deponi gazının bileşiminde az miktarda, azot (N<sub>2</sub>) ve eser' miktarda hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) bulunmaktadır. 'Gaz çıkışı, depolamadan, sonraki ilk iki yılda en fazla düzeye ulaşır., daha sonra, ise yavaşlar' ve- bir düzeyde sabit. kalarak 25 yıl ve daha fazla süreyle devam eder (Sürücü., 1994)(Çizelge;el).

Çizelge 1. Depom süresi ve deponi gazlarının konsantrasyonu

Zaman (Ay)	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
0-3	5.2	88	5
3-6	3.8	76	21
6-12	0.4	65	29
12-18	1.1	52	40
18-24	0.4	53	47
24-30	0.2	52	48
30-36	1.3	46	51
36-42	0.9	50	47
42-48	0.4	51	48

Deponi gazının bileşimi, cam. pipetler yardımıyla çöp gövdesinden alınan örneklerin, gaz kromatografında tam gaz analizleri yapılarak bulunur., Bu analizler sonucunda deponi gazının çöp gövdesindeki hacimsel oranları, belirlenebilir., Deponi gazının içinde ağırlıklı olarak yer alan metan ve karbondioksit dışındaki gazlar değişik yöntemler ile uzaklaştırılabilir., Ayrıca, oluşan gazın potansiyelini belirlemede çok önemlidir. Gazo-

metreler' yardımıyla deponi gazının debisi saptanarak ekonomik potansiyelini, belirlemek için önemli veriler elde edilebilir.

Gelişmiş ilkelere düzenli çöp depolama alanlarının yer seçimleri birden, çok yerleşim yerinin atıklarını kapsayacak şekilde yapılmaktadır. Bu uygulama ile farklı yerlerde- yapılacak depolama alanlarının ön yatırımlarından tasarruf sağlanmakta ve çöp gövdesinin hacmi büyütülerek, oluşacak gazın hem potansiyeli hem de süresi artmaktadır. Daha önce yapılmış gerçekleştirilmiş düzenli, çöp depolama alanlarının, daha iyi değerlendirilmesi ve çevresel etkilerinin tamamen ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar da sürmektedir. (Reuter, 1991).

### METAN GAZI OLUŞUMU VE KULLANIM ALANLARI

Metan gazı, organik materyalin, bakteriler yardımıyla bozulması sonucu oluşan biyojenik bir gaz türüdür, (Özbudak, 1990). Metan, gazını oluşturan, organizmaların anaerobik karakterde olmaları nedeniyle, metan, oluşumu süresince oksijensiz bir ortam gereklidir., Ayrıca ortamdaki organik, karbon oranının en az % 0.5 olması ve ortam sıcaklığının 0-75°C arasında kalması ideal koşulları oluşturur.,

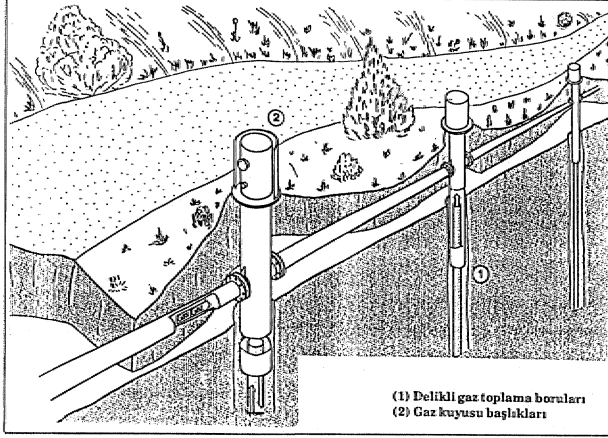
Metan gazı, konvansiyonel tüm enerji sistemlerinde ve ısıtma sistemlerinde kullanmaya uygun bir yakıt türüdür.

Almanya' da Kassel şehrinin ve çevresinin çöplüğü Hofgeismar kasabasında, bulunmaktadır. Hofgeismar çöplüğünden, elde edilen metan gazı ile elektrik enerjisi elde edilmekte ve bununla kapalı yüzme havuzu, okullar, çocuk yuvaları ve konutlar ısıtılmaktadır (Şengüler, 1994 b). Düzenli bir çöp depolama alanına ait gaz elde- si ünitesi Şekil 1'de, toplama ve ölçme ünitesi ise Şekil 2'de şematik olarak verilmiştir (ÇUVAM, 1991).

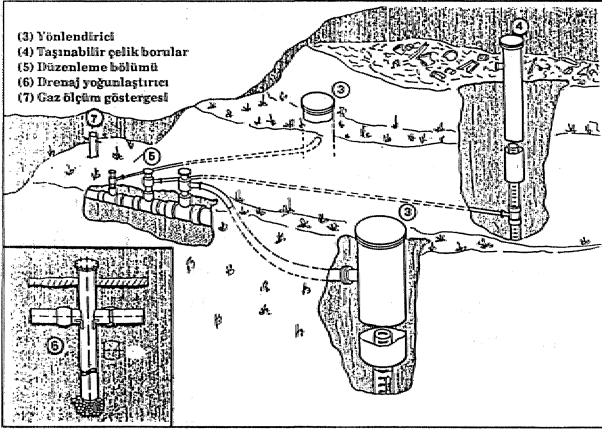
### KARBONDİOKSİT GAZI OLUŞUMU VE KULLANIM ALANLARI

Karbondioksit, bir karbon ve iki oksijen molekülünün birleşmesi ile oluşan, havadan, daha ağır, renksiz, kokusuz, yanıcı, özelliği olmayan, ekşimsi tatlı bir gaz olup bakteri faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir (Yılmaz., 1994). Karbondioksit su ile birleştiğinde zayıf

## Çöp Depolama



Şekil 1. Düzenli çöp depolama alanında gaz eldesi ünitesi



Şekil 2. Düzenli çöp depolama alanında gaz depolama ve ölçme ünitesi

asit özelliği gösteren karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) oluşturur.

Karbondiyoksit gazının özellikleri :

: Özgül Hacim, (70°F, 1.Atm)	. 54,7nü/gr
.Buhar Hacmi (70°F, 1 Atm)	58.3 kg/cm <sup>3</sup>
Katılma Noktası (1 Atm)	78,5°C
Kritik, Sıcaklığı	31.0°C
Kritik Basıncı	73 Atm "
ı : Yoğunluğu (1 Atm)	. 1,977 gr/lf dir.

Karbondiyoksit havadan 1.53 kez daha ağır, olup havadaki oranı % 30' u geçtiğinde solunum tıkanıklıklarına neden, olur.,

Normal olarak havanın içinde % 0\*03 oranında bulunmaktadır.

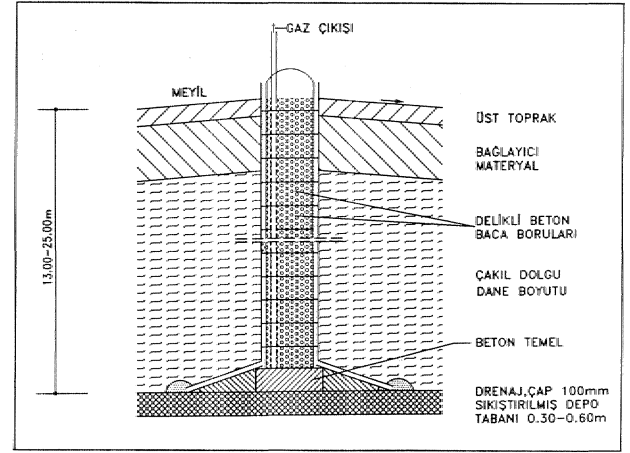
Karbondiyoksit genellikle gaz şeklinde kullanılır.

Düşük sıcaklıkta sıvı ve katı olarak da yararlanmak mümkündür.

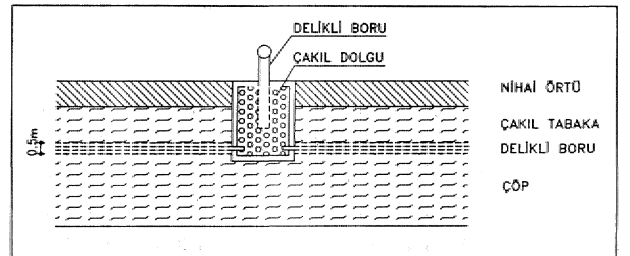
Doğal karbondiyoksitin 200 civarında kullanım alanı bulunmaktadır (Yılmaz,, 1986).

### DEPONİ GAZININ ÜRETİMİ

Çöp gövdesinde oksijensiz ortamda organik maddenin mikrobiyolojik olarak ayrışması sonucu, oluşan metan ga/ı ağırlıklı olmak üzere, karbondiyoksit; hidrojen sülfür, amonyak ve azot bileşenlerinden oluşan deponi gazları patlamalara ve yangınlara neden olarak çevresel olumsuzluklar yaratmaktadır. Çöp gövdesinde oluşan bu gazlar yatay ve düşey gaz toplama boruları ile topla-



Şekil 3. Çöp gövdesinde oluşan gazları toplamak için çöp gövdesine yerleştirilen düşey borunun kesiti.



Şekil 4. Çöp gövdesindeki yatay ve düşey gaz toplama borularının konumu

## Çöp Depolama

narak kontrollü bir şekilde atmosfere verildiği gibi enerji elde etmek için de kullanılabilir (Şekil 3 ve 4)..

Çöp gövdesinde oluşan gaz,, genellikle I m<sup>3</sup> alık başına 100-400 m<sup>3</sup> dür.. Gaz toplama sistemlerinde gaz, toplama kuyuları ile bir yerde toplanan gaz yakma sıcaklığı 800°C 'in üzerinde olan bir yakına bacasına verilerek enerji üretiminde kullanılabilir.

Çöp gövdesinden çevreye yayılan gazların (Özellikle metan gazı) uzak mesafelere kadar ulaştığı, buralardaki binaların bodrumlarında, kanalizasyon borularında toplanarak patlamalara, neden olduğu ayrıca çeşitli sağlık sorunları yarattığı bilinmektedir. Daha önceden gelişigüzel atılarak oluşturulan böyle düzensiz çöp depolama alanlarında gaz toplama kuyuları çöp gövdesine çakılarak yerleştirilir. Yoğunluğu yüksek polietilenden yapılan delikli veya yarıklı toplama borusu, kuyu içine indirilerek etrafı çakıl veya. mıcır ile doldurulur. Boru; sonuna kadar filtre görevi görece malzeme ile, geçirimsiz, tabaka, seviyesine kadar ise sıkıştırılmış doğal malzeme ile doldurulur. Sıkıştırılmış doğal malzeme havanın kuyu. içerisine girmesine engel olmak için yerleştirilir. Kuyu başlığı; basınç,, sıcaklık, ve gaz konsantrasyonunu ölçmeye elverişli bir şekilde dizayn edilmiştir.. Oer bir kuyunun tesir mesafesi 25-40 m arasındadır.

### DEPONİ GAZININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Deponi gazı, düzenli depolama yapılarak kontrol altına alınmadığı sürece tehlikeli olmaktadır., Ülkemizde can kayıplarına yol açacak patlamalar ile çevresel olumsuzlukların en büyüğünü yaratan deponi gazları,, bundan sonra gerek ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) gerekse "Katı Atıklar Kontrol Yönetmeliği" nin titizlikle uygulanması ve öngörülen koşulların yerine getirilmesi ile tehlikesiz bir duruma gelecektir..

Deponi gazlarının başlıca çevresel, etkileri şöyle, sıralanabilir:

-İçerdiği toksik ve kısmen kanserojen maddeler<sup>1</sup> nedeniyle insan sağlığı, için son. derece zararlıdır.

-Metan gazı konsantrasyonu havada % 5-14 oranına, ulaştığında, patlamakta, yangınlara ve- can. kayıplarına yol açmaktadır.,

-Deponi. gazları bitki köklerini! kaplayarak onların hava ile temasını kesmekte., bitkilerin gelişmesini önleyerek, çevrenin yeşillenmesini olumsuz olarak etkilemektedir.

-Deponi gazı içinde bulunan hidrojen sülfür gibi bazı, gazlar etrafa kötü kokular- yayarak çevreyi olumsuz etkilemektedir.

-Düzensiz depolama alanlarında oluşan gazlar, üst katmanları aşmış atmosfere ulaşmadığı zaman çöp gövdesinde yatay olarak hareket etmekte; geçirimli .formasyonlardan, yank ve çatlaklardan geçerek çevredeki binaların bodrumlarına, kanalizasyon şebekelerine ulaşmakta, böylece çöp depolama, alanından- uzakta bulunan insanlar için dahi tehlike yaratabilmektedir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

-Ülkemizde 1991 yılında bir gönde toplanan, ortalama çöp miktarı 53320 ton olup bunun sadece 43 tonu düzenli depolanmıştır.,

-Ülkemizde, sadece- 12 belediyenin çöp depolama alanında metan gazı tahliyesi için önlem alınmış olup çıkan metan gazı henüz hiç bir depolama alanında kullanılmamakta ve doğrudan atmosfere verilmektedir.

-DİE bilgilerine göre; ülkemizde 878 belediye düzenli, çöp depolama, alanı oluşturulmasını planlamaktadır.,

-Büyük şehirlerimiz başta olmak üzere düzenli çöp depolama alanları ülkemizde yaygınlaştırmalı ve deponi gazlarından yerel olarak mutlaka yararlanılmalıdır.

-Çöp gövdesinde oluşan metan gazı enerjiye dönüştürülerek hem çevresel etkileri yokedilebilecek hem de enerji eldesinde temiz bir yakıt olarak kullanılacaktır.

-Elde edilen, enerjinin bir' kısmı çöp gövdesinden, sızan sızıntı soyunum arıtılmasında kullanılarak, bir kez daha çevreye yararlı olacaktır.

-Sonuç olarak; enerji, ve çevre çatışmasını,, düzenli çöp depolama alanları oluşturarak enerji ve çevre: dostluğuna dönüştürmek mümkündür.. Bunun örnekleri, elimizde mevcuttur., Bu örnekler iyi incelenmeli, ülkemiz koşulları dikkate alınarak düzenli, depolama alanları ile enerji ve çevre dostluğu sağlanmalıdır.

### KAYNAKLAR

ÇTJVAM, 1991., Çöp Deponi Alanları. H.Ü. Çevre Uygulama ve .Araştırma. Merkezi Seminer Notları, Ankara.

Özbudak, N., Gedik, A., Yılmaz , H., 1990., Ülkemizde ki Delta ve Kuvaterner Çekellerinde Oluşan Me-

## Çöp Depolama

- tan Gazlarının Araştırılması ve Ülke Ekonomisine katkısı, 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri, S. 163
- Renter, E., 1991 , Untersuchungen über das Verformungsverhalten der Zentraldeponie Hannover. Geotechnische Probleme beim Bau von Abfalldeponien, 7. Nürnberger Deponieseminar, Heft 59,S-93, Nürnberg.
- Sürücü, G., 1994, Mevcut Çöplüklerin Rehabilitasyonu ve Düzenli Depolama Esaslarına Göre Yeni Kah Atık Tesislerinin Kurulması Semineri 24-26 Şubat 1994, İstanbul.
- Sengiller, I., 1994 (a), Mamak (Ahkam) Eski Çöp Depolama Alanı ve Çevresel Etkileri.. Enerji ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı,, S.373, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını, Mersin.
- Şengüler, L., 1994 (b), Katı Atıklar» Depolama Alanları ve Çevresel Etkileri. MTA. Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Eğilim Semineri, Ankara (Yayınlanmamış)..
- Yılmaz, H., 1986,, Doğal Karbondioksitin Enerji tasarrufuna katkısı. 4., Enerji Kongresi Teknik Oturum. Tebliğleri, S. 191.
- Yılmaz, H., 1994, Doğal Karbondioksit Türkiye Enerji Bülteni, Sayı: 1, S.75, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını,, Ankara.



# Çevre Jeolojisi

## Çevre Jeolojisi ve Gelişmekte Olan Ülkelerle İşbirliği

*Episodes, VüL16, No: 1-2, 1993*

Çeviren

Mesude AYDAN

MTA Genel Müdürlüğü, MAKAMA

### GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerdeki, kontrolsüz nüfus artışı, tüm insanları etkileyen çevre ve gelişme ile ilgili krizlere neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde artan endüstrileşme ve doğal kaynakların aranma süreçleri de bu krizi arttırmaktadır.

Kimya, biyoloji, tıp ve meteoroloji gibi diğer bilim disiplinleri ile kıyaslandığında çevresel koruma ve çevre problemlerinin çözümünde yerbilimlerinin önemi herkes tarafından kabul edilmektedir. Çevre problemlerinin nedenleri jeolojik ilişkiler ve jeolojik süreçlerle ilgili bilgi sahibi olunması ile anlaşılabilir. Bu nedenle, çevreyi koruma amacıyla tasarlanan iyileştirici önlem ve planlamalarımızda, bu konular mutlaka, dikkate alınmalıdır.

Hem çevresel problemlerin kaynağı hem de araştırılması, birbirleriyle etkileşim içinde olan çok sayıda disiplinleri ile ilgili, bilgileri içermektedir. Bu bilgilerin, etkin şekilde entegrasyonunu gerektirmektedir ki bu da çevre jeolojisinin, konusunu oluşturur. Doğal olarak, çok sayıda disiplini kapsadığı için "çevre jeolojisinin" adı ve alanlarıyla ilgili çok çeşitli yorumlar söz konusudur. Bu makalede, yerbilimlerin kapladığı, birçok disiplini ele almanın yanısıra çevre koruma ve geliştirme projelerinde bu disiplinlerin uygulama alanlarının belirlenmesini amaçladık. Ayrıca, bu şekilde politik karar mekanizmalarına çevresel zararların çevre jeolojisi ile ortadan kaldırılabileceği veya azaltılabileceğini göstermek istedik.

### **Yoksulluk, Nüfus Patlaması ve Çevre Tahribatı**

Yoksulluk, nüfus patlaması ve çevre tahribatı çok

sayıda gelişmekte olan ülkenin, içinde bulunduğu kısır döngünün birer unsurudur ve bu döngüden yardım, olmaksızın çıkmaları olası değildir. Bu ülkelerdeki hükümet görevlileri çevrenin korunmasının gelişme politikalarının çok önemli bir amacı olduğunu çok iyi bilmektedirler ama yoksulluğa, karşı yirüttüleri mücadele onların hareket alanını daraltmaktadır. Esas olarak, mali destek ve teknik yardım gereksinimleri vardır ve aynı zamanda da gerekli bilgi ve açıklamadan da yoksundurlar\*

Çok sayıda gelişmekte olan ülkede, ekolojik denge ve gelecek alarm vermektedir ve aşağıda bu konu ile ilgili çeşitli örnekler verilmiştir:

\*Yaklaşık 1 milyar insan yoksulluk sınırının altında yaşamaktadır ve dünya nüfusunun artışı (2020 yıllarında 5 milyardan 8-10 milyara çıkacaktır) daha çok gelişmekte olan ülkelerde olacaktır.

\* Halen yaklaşık 1 milyar insan enerji kısıtlamasından dolayı güç durumdadır. Bununla beraber, temel enerji gereksinimi gelecek 30 yıl içinde hızla artacaktır.

\*2 Milyar insan için odun hala en önemli enerji kaynağıdır. Sonuç olarak, odunun elde edilmesi çevresel zararlara neden olmaktadır.

•Yıllık olarak 170.000 km<sup>2</sup>den daha fazla bir tropik yağmur ormanı alanı, ormanların yakılması ve ağaçların kesilmesi sonucu yok olmaktadır. Bu yok oluş oranı ile 2000 yıllarında Amerika, Orta Afrika ve Güneydoğu Asya'nın bazı bölgeleri dışında yağmur ormanları kalmayacaktır.

•Gelişmekte olan ülkelerde 200.000 km<sup>2</sup>lik tarıma

## Çevre jeolojin

elverişli alan yalnızca toprak erozyonu nedeniyle yok-  
olmaktadır.

\*Çöllere kaplanan alanlardaki yıllık global artış  
60.000 km<sup>2</sup> kadardır.,

\*İçme suyu kaynaklarındaki kıtlık ve içmesuyu kirliliği 2 mil-  
yar insanın sağlığını tehdit etmektedir.

\*Birçok gelişmekte olan ülkede,, yaşam koşulları,  
büyüyen ve kalabalıklaşan yerleşim yerlerinde gittikçe  
daha. korkunç hale gelmektedir.

### Çevre Jeolojisi'nin Çevrenin Korunması ve Gelişmesine Kalkılan

Yoksulluğun» nüfus patlamasının ve çevrenin, tahrip  
olmasının nedenleri çok karmaşıktır. Bu nedenle, bu  
olumsuz faktörleri ortadan kaldırma veya azaltma ön-  
lemleri, mümkün olduğunca çok çeşitli, düzeyde ele  
alınmalıdır. Çevre sorunlarına projeleri, yalnızca özel prob-  
lemlerin, çözümlerini ele almamalı aynı zamanda da geni-  
ş yararları düşünmeli ve direkt olarak yoksulluğa kar-  
şı verilen mücadeleye katkıda bulunmalıdır. Etkisini  
devam ettirebilmesi için de geniş kapsamlı, gelişme  
stratejileri ile entegre olmalıdır., Ayrıca çevre-  
korunması, doğal kaynakların araştırılması ve değerlendirilmesini  
kapsamalıdır., Dahası, elde edilen sonuçlar çevresel  
planlama,, kaynakların korunması ve kaynakların işle-  
tilmesi için kullanılmalıdır., Bununla beraber, çevre jeo-  
lojisi alanında uzman bilgisi ve araştırma safhasında iyi  
kurulmuş ve güvenilir metodlar olmaksızın ekolojik  
amaçlara ulaşmak olası değildir (Şek. 1).

İlk adım olarak, çevre jeolojisindeki uzmanlar bir

bölgenin doğal kaynak potansiyelinin bir envanterini  
hazırlayıp, insan ve doğanın karşılıklı etkilerini araştı-  
rır. Bu uzmanlar aynı zamanda doğal felaketlerin ne-  
denlerini ve sonuçlarını irdelerler.

İşlemlerin karmaşıklığını ve doğadaki çok yönlü  
etkileri ele almak için çevre jeolojisi, uzman bilgisine,  
deneyimine ve disiplinlerdeki metodlara başvurur (Şek.,  
2) Bir çevre jeoloji uzmanı aktif çevre korumasının çer-  
çevesi içinde önleyici., koruyucu ve iyileştirici önlemleri  
alabilecek, değerlendirmeleri yapabilecek kişidir., Bu  
tür bir kişi, çevrenin korunacağı ve gelişmesini teşvik  
edileceği bir perspektif ile kaynakların işletilmesinde  
planlama, için gerekli temel verileri, sağlayabilir.

Çevre jeolojisinin görev ve alanlarının en önemlileri  
şunlardır (Şek, 3).

\*Su ve toprak kaynaklarının korunması, çevresel  
olarak, uygun şekilde kullanımı, kaynakların değerlendirilmesi ve envanterlerin hazırlanması

\*Atık alanlarının belirlenmesi

\*Doğal afetlerin önceden tesbiti ve olabilecek zararın  
azaltılması

\* İnsanların neden, oldukları çevresel değişikliklerin  
önceden tesbiti, sınırlandırılması ve geri dönüştürülmesi  
(çevre etki değerlendirmesi)

\*Enerji ve maden kaynaklarının korunması, çevresel  
olarak uygun şekilde kullanımı, kaynakların değerlendirilmesi ve envanterlerin hazırlanması

\*Bu konuda gerekli elemanların eğitimi.

AMAÇLAR

ÇEVRENİN KORUNMASI İÇİN ÇEVRE JEOLJİSİNE BAŞVURULMASI  
KAYNAKLARIN ÇEVREYE UYGUN İŞLETİLMESİ

YOKSULLUK VE GÖÇ

YAŞAM NİTELİĞİNİN YOKOLMASI  
EKOSİSTEMİN BOZULMASI

ETKİLER

FAZLA KULLANIM VE BU YÜZDEN  
TOPRAK VE SU KAYNAKLARININ  
KİTLİĞİ (İNSAN VARLIĞI TEMELİNDE)

ENERJİ VE MİNERAL  
KAYNAKLARININ KAYBI VE KİTLİĞİ

NEDENLERİ

! KAYNAK POTANSİYELİ  
HAKKINDA  
BİLGİ EKSİKLİĞİ

UYGUN OLMAYAN  
KAYNAK İŞLETİMİ

;

DOĞAL AFETLER

*Şekil. Hem çevrenin korunmasında hem de yoksulluğa karşı mücadelede çevre  
jeolojisinin değeri*

Jeoloji Mühendisliği

## Çevre: Jeolojisi

### ÇEVRE JEOLJİSİ (DOĞA) DÜNYA VE İNSAN ARASINDAKİ ETKİLEŞİM

SU	TOPRAK	YERKABUGU
Su kaynakları Yeraltısuyu niteliği Yeraltısuyundan yararlanma <b>Kirlenme</b> Mehil* erozyonu <b>Kıyı erozyonu</b>	Toprak kaynakları Gübreleme Topraktan Yararlanma Kirlenme Atıklar Toprak erozyonu Çölleşme	Mineral kaynakları. M. Kaynaklarından yararlanma Jeotermal enerji Atıklar Depremler Volkanizma Heyelanlar
Envanter Haz., Analiz	Değerlendirme Planlama	önlem alınma Koruma
		iyileştirme Kontrol
Pedoloji, Uzaktan Algılama, Jeokimya, Jeofizik., Hidrokimya, Hidrojeoloji., Müh. Jeolojisi., Kartoğrafya, Maden Jeolojisi, Deniz Jeolojisi, Mineraloji, Sedimentoloji, Stratigrafi., Volkanoloji, Ekonomik Jeoloji.		

Şekil 2. Proje alanları, etkinlik alanları ve çevre jeolojisinin ilgili disiplinleri

### AMAÇLAR

JEOLJİ, DOĞAL RİSK FAKTÖRLERİ, DOĞAL KAYNAKLAR KONUSUNDA MEVCUT VE GELECEK TALEPLER VE ÇEVRE ETKİSİ, ARAZİ KULLANIMDAKİ ÖNLEMLERİ İÇİN ANALİZ EDİLMİŞ VE BELİRLENMİŞTİR VE KAYNAKLARIN KULLANIMI İÇİN BÖLGESEL PLANLAR VE STRATEJİK PLANLAR HAZIRLANMIŞTIR.

### ETKİNLİK, ALANLARI

SU/YERALTISUYU	TOPRAK	ENERJİ KAYNAKLARI	MINERAL KAYNAKLARI	DOĞAL AFETLER
<b>SU KAYNAKLARI</b> nicelendirilmiştir	TOPRAK KAYNAKLARI nicelendirilmiş ve değerlendirilmiştir	ENERJİ KAYNAKLARI nicelendirilmiş ve değerlendirilmiştir	MİNERAL KAYNAKLARI nicelendirilmiş ve değerlendirilmiştir	Sismik riskler analiz edilmiş ve sonuçlar çıkartılmıştır.
SU NİTELİĞİ değerlendirilmiştir ve düzenli izlemeye	potansiyel ARAZİ-KULLANIMI belirlenmiştir			<b>VOLKANİK PÜSKÜRMELER</b> 'in potansiyel riskleri değerlendirilmiş ve önlemler alınmıştır.
YERALTISUYU ÇEKİLMESİ çevre ile uyumlu	TOPRAK EROZYONU VE ÇÖLLENMENİN nedenleri analiz edilmiş ve önlemler alınmıştır	YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ geliştirilmesi olasılıkları	MADEN ARAMA, İŞLETME VE İZABE metodları çevre ile uyumlu olmalıdır.	SELLERİN nedenleri analiz edilmiş önlemler alınmıştır.
YERALTISUYU KOKUMA ALANLARI tasarlanmıştır	TOPRAK TUZLANMASI VE GERİLEMESİNİN nedenleri analiz edilmiş ve önlemler alınmıştır	FOSİL ENERJİ KAYNAKLARININ İŞLETİLMESİNDE çevreye uygun teknolojiler kullanılmalıdır.		<b>KÜTLE HAREKETLERİN</b> potansiyel riski belirlenmiş ve öneriler tespit edilmiştir.
YERALTISUYUNUN KİRLENMESİ minimuma indirilmiştir	İnşaat Mühendisliği yapılarında JEOLJİK TEHLİKELER taprağın KİRLENMESİ minimuma indirilmiştir		ATIKLARIN ATILMASINDA çevreye uygun metodlar kullanılmalıdır.	<b>EROZYON SÜRECİ</b> artırılmış ve gerekli önlemler alınmıştır.

Şekil 3. Alman Teknik İşbirliği projelerinin amaç ve görevleri..

# Yeraltısuyu

## Yeraltısuyundm İçme ve Kullanma Suyu Temin Amaçlı Kuyularda! Tasarını Teknikleri

**TahirÇEBİ**  
*tiler Bankası Genel Müdüğü,  
İçme suyu Dairesi Başkanlığı, ANKARA*

### GİRİŞ

Bir sondaj kuyusunun prjel.eiidiriline.si kuyunun yapısına uygun olacak, faktörleri ve koyu in.saatin.da kullanılacak materyallerin seçimini içerir» iyi bir kuyu. tasarımı kuyunun uzun süreli hizmet, vermesi yanında, maliyet boyutunu da kapsamalıdır.

Bu kapsamda, öncelikle çimentosuz zeminlerde,, koyu filtresinin yerleştirilmesine ilişkin prensipler tartışılacaktır. Çimentolu kaya. kütlelerinde açılan kuyulara göre, çimentosuz akifer alanlarda açılan kuyularda, dizayn olayı daha fazla önem taşımaktadır. Ancak, temel prensipler her İki tür ortamda da açılan kuyular için 'dik-kate alınmalıdır.

Maliyet, ve teknik: faktörler, uyumlu olarak .analiz edilmelidir. Örnek olarak 15lt./sn. su sağlamak amaçken, .50 İt./sn., su sağlayan bir koyu tasarlamak, iyi bir mühendislik değildir. Diğer taraftan, ilk maliyeti düşürmek amacıyla, yetersiz, boyutta kuyu teçhizi ve filtresi kullanmak, veya kalitesi, düşük materyalleri seçmek de, kötü bir mühendisliktir. Bu tür düşünceler, ilerideki işletme- aşamasında, kuyu sahibine yüksek, pompaj ve hakim maliyetlerini yüklemek, demektir.

Bu. konu. kapsamında tartışılacak hususların büyük bir bölümünü, sulama, endüstri ve belediye ihtiyaçlarını karşılama amacına yönelik açılacak kuyulara ilişkin tasarım tekn.ild.eri oluşturmaktadır. Bu amaçlarla açılan kuyularda, akifentten eo yüksek verimin elde edilmesini ve randımanlı işletmeyi sağlayacak tasarım teknikleri kullanılm.alidir.Bu faktörler direkt olarak işlem, maliyetine dayanır. Bu konuda bir diğer önemli maliyet faktörü de, servisin, hizmet dışı kalın ası sonucunda meydana, gelen ekonomik kayıplardır. Kuyunun iyi tas-ar.laiima.si,

bu. riskleri en aza indirir. Tartışacağımız konular arasında; sığ kuyular, içmesuyu amaçlı kuyular., çiftlik ve ticari kuyulara ilişkin özel tasarım faktörleri bulunmaktadır.

Kuyu yapısının, **iki** ana elementten oluştuğunu, gözönünde bulundurmak, önem. taşımaktadır. Bu elementlerden birisi, kuyu pompa ekipmanının yer alacağı iç bölümdür ki, akiferden gelen yeraltısuyu pompa ile bu bölüm içine çekilerek kuyu ağzına doğru, hareket eder., Bu bölüm kuyunun borulanmış bölümüdür. Ancak,, çimentolu zeminlerde, bor ulama yapılmamış olabilir.

Bir diğer bölüm ise, kuyuya, su girişinin olduğu, bölümdür (çakıl zarfı). Akiferden. gelen su, bu bölümden geçerek kuyuya, gireceğinden, bu bölüm kuyu performansını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, bu bölümün oluşturulmasına ilişkin parametrelerin çok dikkatli seçilmesi ve akifer parametrelerini olumsuz etkilememesine özen gösterilmesi gerekmektedir. Bu bölümü oluşturan, çakıl zarfı ve filtreler, çimentosuz .akifer ortamlardan çimentolu kuyu. içine malzeme girmemesi görevini de yapar.

Uygun seçilmiş ve tatbik edilmiş kuyu filtresi, suyun, kuyuya serbest ve düşük bir hızla girmesini sağlar ve su ile birlikte, kum ve daha. ince malzemelerin akiferden kuyuya girişini önler.. Diğer taraftan, formasyon kayıplarını önleme amacıyla bir tutucu görevini de üstlenir.

Konsolide olmuş bir kaya .akifer ortamında açılan kuyunun su giriş bölümünü, çıplak kuyu deliği olduğundan, böyle bir kuyudaki verimi, kuyunun delik ve derinlik boyutları ile, formasyondaki çatlak veya boşluk sistemleri denetlemektedir..

## Yera Uisuyu

### KUYU ÇAPI

Kuyunun yapım, maliyetine direkt etkisi, olması nedeniyle, koyu çapının uygun seçimi, çok önem taşımaktadır. Koya çapı, ağızdan tabana kadar farklı olabilir. Buna bağlı olarak seçilecek, teçhiz boru. çaplarında da değişim söz konusudur.

Kuyu çapı, aşağıda verilen iki gerekliliği tatmin amacıyla seçilmelidir.

L Kuyu. çapı, içioe yerleştirilecek pompa ekipmanının uygun yerleşimini sağlayacak ve etkin işletme yaratacak yeterli genişlikte olmalıdır.

2. Kuyunun su giriş bölümünün çapı., kuyuya en iyi hidrolik randımanını sağlayacak boyutta olmalıdır.

Teçhiz çapının seçimini kontrol eden en önemli faktör, kuyunun potansiyel veya .arzu edilen verimini sağ layabilecek pompanın boyutudur. Kuyunun teçhiz borusu çapı, konacak pompanın nominal çapından 2 numara daha büyük olmalıdır. Ancak elde olmayan koşullara bağlı olarak» teçhiz borusu, çapı, pompa başlığı çapından bir numara büyük seçilmiş olabilir.

Çizelge L pompaj verimi veya kuyu verimindeki değişen oranlar için önerilecek teçhiz çaplarını göstermektedir. Hazırlanan bu tablo, verilen bir miktardaki suyu çekebilecek randımanı en yüksek düzey türbin pompasının başlık boyutunu tesbit içinde kullanılır.

*Çizelge I. Pompaj verimi ile kuyu verimindeki değişen oranlar için önerilecek teçhiz çaplarını gösteren tablo*

Bek (enen verim g ph)	Pompa başlığının nominal çapı inches	Kuyu teçhizinin optimum boyutu inches	Kuyu teçhiz ini OI en küçük boyutaj values.
Den az 100	4	6 ID	5 ID
75 ^ 1175	5	8 ID	6 ID
1 50 - 400	6	10 ID	8 ID
3 50 - D50	8	12 ID	10 ID
800 - 900	10	14 OD	12 ID
8 50 - 1300	12	16 OD	14 OD
1200 - 1800	14	20 OD	16 OD
1600 - 3000	16	24 OD	20 OD

Optimum teçhiz çapı en. iyi başlık, çapının iki numara daha geniş olarak seçilmektedir. Suyun düşey hareketiyle kuyu tabanından teçhiz borusu içinde yer alan pompaya girmesiyle oluşan hız. ve so seviye kayıpları da değerlendirmeye alınmıştır.

Şayet teçhiz çapları, verilen tabloya göre seçilirse, düşey türbinli pompalar için uygun bir açıklık sağlanmış olur. Bu açıklık sayesinde,, pompa shaftı şakuli isti-

kamette: indirildiğinde, teçhiz, borusu tam şakuli olmazsa bile, pompanın kuyuya, sağlıklı olarak indirilmesi mümkün olacaktır. Şayet, pompa, teçhiz borusu bulunmayan-bir bölüme konursa, suyun, pompa girişine ulaşabilmesi için., suyun düşey yönde' hareketini, sağlayacak, ve minimum seviye değişimi için pompa etrafında uygun bir- boşluk, alanın 'brakılması, gerekir.

Yüksek, statik ve dinamik, seviyeye sahip olan. derin kuyularda, pompanın monte edileceği derinlik düşünülerek, koyu çapları buna. göre seçilmelidir.

### KUYU DERİNLİĞİ

Arzu, edilen, kuyu derinliği, açılacak, kuyuların bulunduğu havzadaki kuyu loğlarının değerlendirilmesiyle veya delme- aşamasında geçilen, litolojinin yorumlanmasına göre seçilir. Genellikle, bir kuyu akiferin tabanında sonuçlandırılmalıdır. Bu durum, iki şart için. .arzu edilen

- En yüksek kapasiteyi sağlamak ve kuyuya su giriş bölümü olarak akiferin •daha fazla kalınlığından, yararlanmak,

-Kuyudan en yüksek verimi sağlamak amacıyla, kuyuda daha. fazla, düşüm sağlayabilmek,...

Bu kuralda bir istisna, akiferin. taban ve tavanı arasında yerleştirilen kuyu filtersinin nerede yapıldığıdır.

Temel kurallarda bir değişiklik gerektiren diğer bir durum da, bir akiferin en. alt bölümünde kötü kaliteli soun, bulunması ve nerede olduğudur. Böyle bir durumda, kuyunun bir derinlikte bırakılması zorunludur. Öyleki, bo derinlik, .arzu edilen en iyi su kalitesini sağlayacak ve arzu edilmeyen hu.su.slan giderecek bir derinlik, olmalıdır. Koyo açıldığı ortamda kötü kalite su içeren bir seviyeyi, katetmek zorunda olabilir. Bu durumda, bu seviyenin çok dikkatli bir biçimde tecrit edilmesi gereklidir.

Tecrit malzemesi, kısmen geçirgen olmayan bir malzemenen teşekkül ettirilmelidir. Tecrit malzemesi, öyle sıkıştırılmalıdır ki, bu durum kuyu. teçhizinde oturma meydana, getirmeksizin, teçhize destek vermemelidir.

### KUYU FİLTRE UZUNLUĞU

Kuyu filtersinin en uygun uzunluğu, .akiferin kalınlığı, elde edilen düşüm ve akiferin tabakaJanması gibi hususlarla olan ilişkilere göre seçilir, Dört tip durum için başvuru, kurallar<sup>1</sup> aşağıda, verilmektedir:

i Homojen Artezyen Akifer

Bu tip attiferde; su. taşıyan formasyon kalınlığının % 70-80\* lik kısmı fUtrelenmelidir. Burada pompaj so-

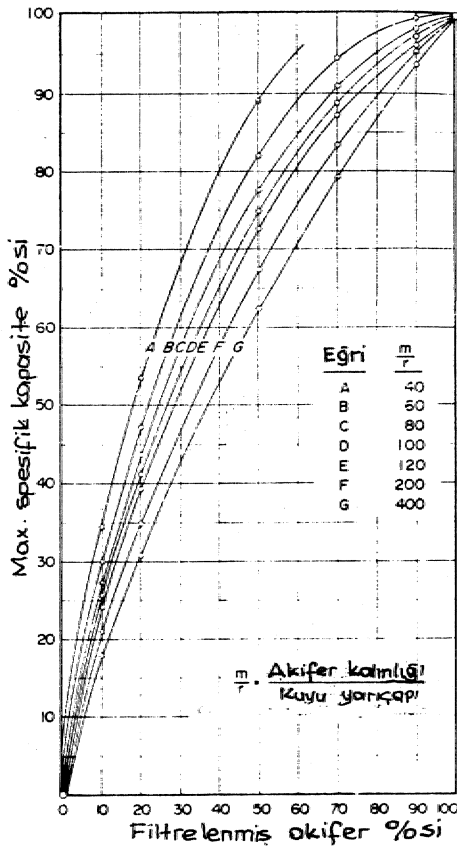
nucu oius.an su seviyesinin akifer tavanının, altında olmayacağı kabel edilmektedir. İyi kuyu proje pratikleri göstermiştir ki, elde edilen, maksimum düşüm, statik su seviyesinden akiferin tavanına kaâr olan, bölüm kadar olmalıdır..

Şayet, akifer seviye kalınlığı, 7,5m den az ise, % 70' lik bölümünün teçhiz edilmesi en tatminkar uygulamadır. Şayet akifer kalınlığı 7.5-15m, arasında ise bu kalınlığın % 75' lik bölümü filtrelenmelidir. Eğer akifer kalınlığı 15m. den daha fazla ise bu kalınlığın % 80' lik bölümü filtelenmelidir, Filtrelemede bu kurallara uyulduğunda akiferden kuyuya, olabilecek su girişinde % W lik maksimum başarı sağlanmış olur (Şekil 1).

En iyi sonuçlar, filtrenin akiferin hır bölümünde merk.ezlendirilm.esi veya. aralıklı filtre kullanılmasıyla sağlanabilir (Şekil 2, Şekil 2A).

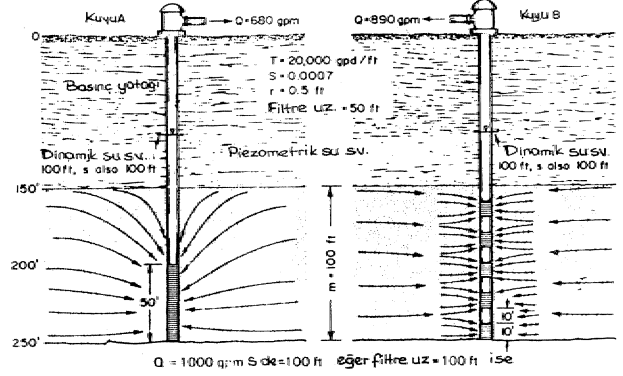
### 2., Homojen Olmayan Artezyen Akifer

Bu tip aki.fe.rde, en geçirgen olan seviyenin filtrelen-

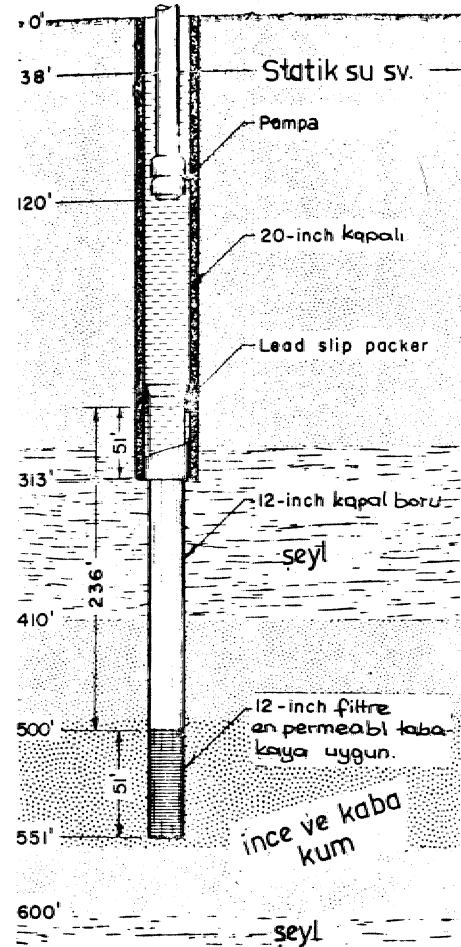


Şekil 1. Homojen artezyen akiferlerdeki filtre-maksimum spesifik kapasite ilişkisi.

mesi en doğru uygulamadır. Daha geçirgen veya verimli olan tabakanın belirlenmesi, aşağıda verilen teknikler veya birkaçıyla yapılabilir:



Şekil 2. Homojen artezyen akiferde filtreleme tekniğine ilişkin iki örnek



Şekil 2 / A. Çok seviyeli basınçlı akifer ortamında uygun filtreleme.

a. Su taşıyan formasyonun,, her tabakasını temsil eden örnekler üzerinde perméabilite testleri, yapılır.

b. Her tabakayı temsil eden örneklerin elek .analizleri yapılır. Elde edilen bu değerlere göre sağlanan, dane-boyutu eğrilerinin karşılaştırılmasıyla, her- örneğin nisbi (göreceli) permeabilitesi tesbit edilebilir., Eğer,, dane-boyutu eğrilerinin eğimleri aşağı yukarı aynı ise, nisbi (göreceli) perméabilite her örneğin efektif boyutunun. karesinin karşılaştırılmasıyla tahmin edilmiş olabilir.

Efektif boyut,, elek. analizi eğrilerinden tariflenir. Efektif boyut, elek. analizi yapılan, malzemenin % 90' ma tekabül, eden yatay çizginin.eğriyi kestiği, noktadaki boyuttur. Durum, Şekil 3 üzerinde gösterilmektedir., Buradaki efektif boyut 0.002 inç.( 1 inç=2.54 cm) olup, •önemsiz bir değerdir.

Elek analizlerine göre çizilen, bir dane dağılım, eğrisinin, yorumlanmasında; eğri dik eğimde ise, malzemenin daha geçirgen ve- daha uniform, boyutlanınış olduğuna işaret eder.,

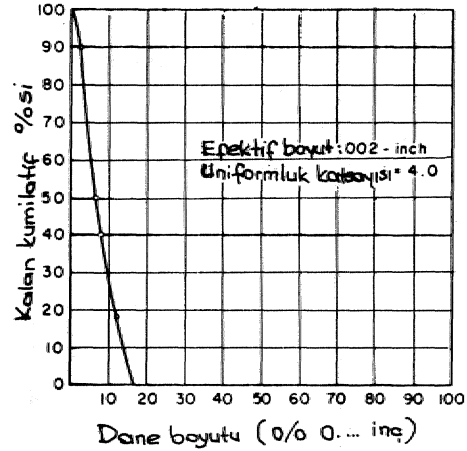
c. Gözlem ve karşılaştırmalar,, her tabakayı temsil eden. örnekler üzerinde -yapılır. Nispi perméabilite tahminleri, eldeki materyalin temizliğine, (yıkannuşğına) ve malzemeyi oluşturan tanelerin kabalığına (kil ve süt noksanlığına) göre tahmin edilir.

Yukarıda sıralanan bu. üç teknik, kuyudaki güvenilirlik ve maliyet faktörünü ilgilendiren ve yapılması gerekli ilk üç işlemdir.

Ekonomik faktörlerin, idare çalışmaları, akiferin en uygun bölümlerinin daha. doğru, karar verilmesi konusundaki gerekli maliyeüde kapsamalıdır. Sulama,, içme, kullanma ve endüstriyel .amaçlarla açılan kuyulardan alınan örnekler üzerinde en küçük, açıklıktı elek analizlerinin bile- yapılması önemle önerilir.

### Homojen Su Tablalı Atdferler

Teori. ve deneyimler göstermiştir ki,, bu tir .akiferlerde katedilen .akifer kalınlığının 1/3 bölümünün filtrelenmesi ile» kuyudan optimum verim sağlanabilmektedir. Bazı kuyularda, akifer tabanında geçilen seviyenin yansı, yüksek verim elde: etmek amacıyla, filtrelenebilir, Ancak, bazı durumlarda,, kuyudan, yüksek verim sağlanmaktan çok yüksek randıman eldesinin düşürülmesi, daha doğru seçimdik,



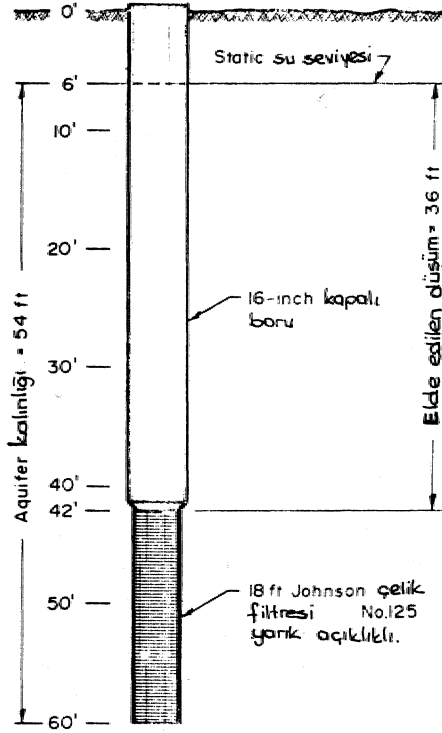
Şekil 3, Dane dağılım eğrisi.

Bu tür akiferlerde açılan kuyularda kullanılacak, filtre uzunluğu,, iki koşulu uyandıracak nitelikte olmalıdır. Bu koşullardan birisi,, kuyuda daha fazla düşüm sağlamak için kısa filtre kullanılması, diğeri ise kuyudan daha fazla verim eldesi için, uzun, filtre kullanılmasıdır. Bu. İki uyumsuzluğu gündemden ^kaldırmak için,, bölümler halinde filtre kullanmak gerekmektedir.,

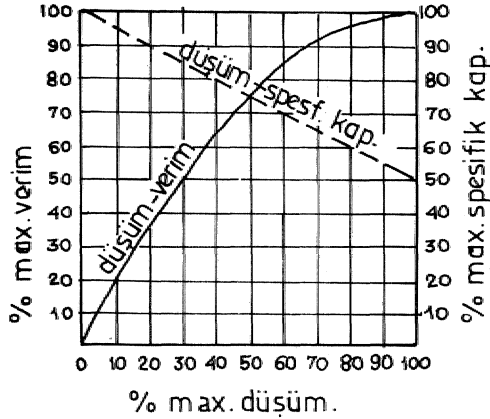
Mevcut (elde edilen) düşüm,, statik su seviyesi ile filtrenin üst kısmının, biraz üst tarafındaki veya. hemen filtre borusu, üstündeki, nokta arasındaki mesafe olmalıdır. Yani kuyuda yapılacak bk pompajla elde edilecek dinamik so seviyesinin maksimum kuyu filtresinin 1st bölümünde oluşmasına özen gösterilmelidir., Anlatılan bu koşulların sağlanabilmesi için, kuyu filtresinin akifer bölümünün taban veya en alt kısmına yerleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil 4 homojen, bir akifer ortamda açılan bir kuyuda yapılacak en uygun projeyi göstermektedir.

Bu tür akifer ortamda, su içeren malzeme kalınlığının. 2/3 ünün pénétre edilmesi, pratik değildir. Şekil 5' teki örnek göstermektedir ki, böyle bir ortamda açılan bir kuyuda %65' lik maksimum, düşüm ile kuyudan %88' lik maksimum verim sağlanır., Şayet düşümü %95'lik bir değere' çıkarmak mümkün olsaydı, kuyudan maksimum, %99'luk bir verim sağlanabilecektir., Burada. açıkça görülmektedir ki, düşüm, oranında yapılacak %34' lük bir artışa karşılık,, kuyudan elde edilen verimde sadece %11'lik bir değer. artışı sağlanabilmektedir.



Şekil 4. Homojen bir akifer ortamda açılan kuyuda yapılacak en uygun filtreleme modeli.



Şekil 5. Max. verim, max. ortamda açılan kuyuda yapılacak en uygun filtreleme modeli.

#### Homojen Su Tablalı Olmayan Akiferler

Bu tip akifer ortamlarda açılan kuyularda uygulanacak proje prensipleri, homojen su tablalı akifer ortamlarda açılan kuyu proje prensipleri ile aynı özelliktedir.

Borada uygulanması gerekli yegane prensip değişik-

liği; ortamdaki su tablasının özelliği itibariyle,, koyudan elde edilebilecek maksimum verimin sağlanabilmesi için, gerekli düşümü elde edebilmek amacıyla, filtre seksiyonunun, permeabilitesi en yüksek tabakanın en alt bölümüne,, konması zorunluluğudur.

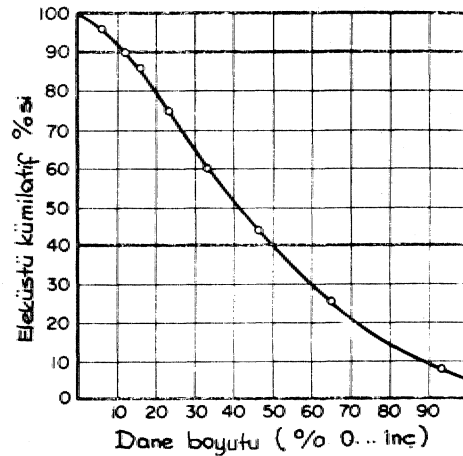
#### KUYU FİLTRE YARIK AÇIKLIKLARI

Doğal ortam içinde geliştirilmiş kuyular için, su taşıyan formasyonları temsil eden örnekler üzerinde yapılan elek analizi verilerine göre, kuyu filtre yarıklarının açıklıkları seçilir.

Her örnek için bir kum analiz eğrisi çizilir,, iyi uniform kumdan oluşan homojen bir formasyon için, seçilecek filtre yarıklarının açıklığı, kum kalınlığının %4G-50 sini karşılayacak şekilde olmalıdır..

Şekil 6, da da görüleceği üzere,, doğru filtre yarıklarının açıklığının belirlenmesi için, grafik üzerindeki %40 noktasından geçen yatay çizginin kum analiz eğrisini kestiği noktadaki değer alınır,, Şekil 6' da, iyi uniform kumdan oluşan bir ortam için, dane dağılımı, eğrisi örneği gösterilmektedir. Bu ortam için seçilecek filtre yarıklarının açıklığının, 0.008 inç olacağı görülmektedir. Ancak bu boyut, filtrenin kum kalınlığının %40 lık bölümünü karşılayacak şekilde konması halinde geçerlidir.. Şayet: filtre boyu kum kalınlığının %50' sini karşılayacak şekilde yerleştirilirse,, bu durumda seçilecek en uygun boyut. 0.006 inç olmaktadır,

Alınan örneklerin güvenilirliğinde bazı şüphelerin olması ve yeraltısuyunun kısmen korozyif olması durumlarında, %40' lık filtre boyutu seçilmesi uygundur.



Şekil 6> İyi uniform kumdan oluşan bir ortam için dane dağılım eğrisi.



## Yera Uisuyu

Bu şartlanıl tersi durumda ise, %50' İlk fille boyutunun tercih edilmesi en uygun seçimdir. Suyun korrozif özelliğinde olması durumunda, başka koruyucu önlemlerin alınması daha yaygındır. Filtre açıklıklarının genişletilmesi, bu tedbirlerden bilini teşkil etmektedir.. Ancak, filtre açıklıklarının genişletilmesi, korrozyona karşı bir tedbir olmakla birlikte, kuyuya kum ve sil' malzemenin girişi gibi olumsuz bir etki ile de sonuçlanabilir.

Kuyu projecisini, iyi nitelikli kum ve çakıldan oluşan homojen bir formasyon için,, filtre açıklığı belirleme konusunda geniş bir seçme şansı vardır. Kum ve çakıldan oluşan bir' formasyonun dane dağılım eğrisi,, sadece iyi ve uniform kumdan oluşan bir formasyona ait dane dağılım eğrisinden daha düzdür. Açıklık boyutunda yapılacak binde oranında değişiklikler kuyu filtre açıklıklarından kuyu içine girecek malzeme oranında bir farklılık oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle, filtre yarı açıklık boyutunun, seçimi, kum boyutunun % 30-50, sine karşılık gelecek filtre uzunluğuna göre seçilmelidir. Eğer açıklık boyutu. Filtre uzunluğunun % 30' luk orana, karşılık, durumuna göre seçilmişse, işletme- sürecinde kuyu filtrelerinden içeri daha fazla malzeme girer. Giren malzemede artış olması, kuyunun işletmeye hazır duruma getirilmesini sağlayacak, geliştirme işlemleri için daha fazla, zamanı gerekli kılar.. Böylece, ekstra bir geliştirme maliyet, artışı meydana gelir.. Bu durumu dengelemek için, filtre açıklık .alanlarında yeni düzenlemeler yapmak, gerekir. Suyun kabuk yapıcı (Inc-rustant) özellikte olduğu yerde, tıkanmadan önce yapılan uzun. sureli işletmenin, kuyu. •verimini azaltan bir etki yapacağı söylenebilir. Geniş filtre açıklığı da, filtre etrafındaki materyalde kalın bir zon oluşturmaya neden olabilir., Bu durumda, genellikle kuyunun, spesifik verim .kapasitesini artar.

Örneklerin gerçeğe uygunluğu hakkında, bazı şüphelerin olması durumunda,, açıklık, boyutunun seçiminde daha. koruyucu seçimler' yapılır. Örneğin akiferin ince ve iyi dane dağılımı olmayan bir materyal tarafından örtüldüğü ve daha uzun gelişme zamanına ihtiyaç duyulduğu durumlarda bu tür önlemlere başvurulmalıdır. Böylesi koşullarda,, açıklık boyutları akifer materyalin %40-5(y sine karşılık gelecek şekilde seçilmelidir.

Homojen olmayan formasyonlar (tabakalı akiferler), doğada daha fazla bulunan durumlardır. Homojen olmayan bu tür ortamlarda, kullanılacak filtre açıklık boyutları,, her- akifer seviyenin özelliğine göre, ayn. ayrı belirlenir. Bu durumlarda, çok yönlü filtre seçimi için.

aşağıda verilen iki. ilave kurala da başvurulmalıdır.

Kural-1: Şayet, İyi nitelikli malzeme kalın malzeme üzerinde yayılmışsa, kuyu filtre açıklıkları. 2 ft (1ft=0.3048 m)' I geçmeyecek şekilde ayrı ayrı seçilir. İnce malzeme için, daha. az sayıda yarı içeren filtre, kalın malzeme için, daha fazla, yarı içeren filtre seçilir.,

Kural-2: Şayet,, iyi nitelikli malzeme kalın malzeme üzerinde yayılmışsa, kaba kum. içine yerleştirilecek filtrenin yarı boyutu, üstteki iyi nitelikli malzeme içine yerleştirilecek filtrenin .açıklık boyutunun iki katından daha fazla olmamalıdır,

Akiferin, tabanından tavanına olan derinlikteki ayrı seviyelerin,, tam olarak tanımlanamaması durumunda, yukarıda verilen kuralların tatbiki ile, pompaj esnasında kuyuya, girecek kum oranında, minimum bir değer sağlanmış olur.

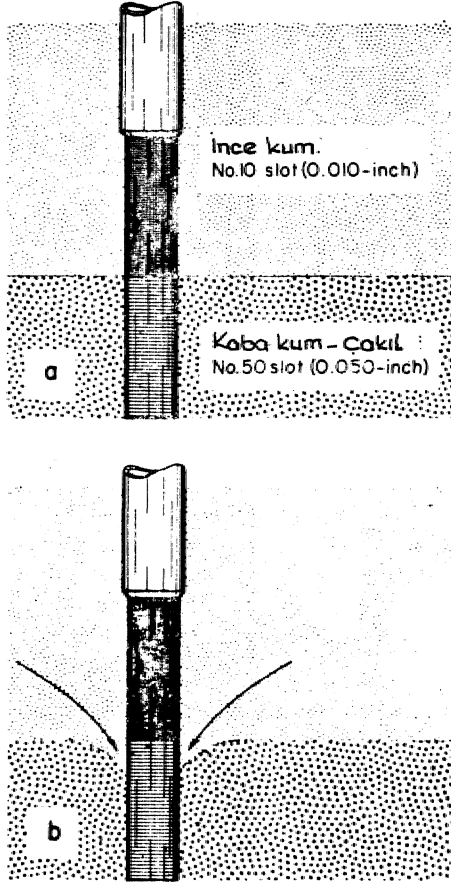
Yarı boyutlarının seçimine ilişkin şartnameler, kuyu geliştirmesi sırasında, filtre .açıklıklarından kuyuya. girebilecek materyalin, %60 oranında, engellenmesini sağlayacak, önlemin alınması zorunluluğunu şart koşar. Bu şart sağlanmadığı takdirde, Şekil 7\* de .görüldüğü gibi, filtre çevresindeki malzemede bir oturma meydana gelir ve bu. oturma sonucu, oluşan boşluğu,, üst tarafta yer alan daha. ince malzeme doldurur.

Şekil-7; Şekil-8 deki kum. analiz eğrilerinde gösterilen,, 25ft. kalınlığındaki bir artezyen akiferin iki değişik tabakasına göre çıkarılmış eğri analizlerine göre yapılmış bir kuyu tasarımını göstermektedir.

Şekilde de görüleceği üzere, en iyi tasarım akifer kalınlığının. 18 ft.. İlk bölümünün filtrelenmesidir. Bunun anlamı, filtrenin uzunluğunun yarıdan daha fazla kısmının akiferin en permeabl seviyeleri içine yerleştirilmesidir. Çeşitli durumlarda değerlendirmeler yapabilmek için, elde edilen tüm bilgileri içeren bir tasarım tablosu örneği aşağıda verilmektedir(Çizelge 2).

Her seviyenin kalınlığı, derinliği ve her örneğin efektif dane boyutu ile, her örneğin boyutunun % 40' ı öncelikle tabloya konur, Data sonra izafi, permeabiliteyi göstermek için, tabloya efektif çapın karesi konur.. Bu bilgilere bağlı yarı boyutlarının, % 40' m alt ve üstündeki değerleri tabloda gösterilir. Bu değerler,, .altta veya üstteki diğer tabakaların mevcudiyetini, dikkate almaksızın, her seviyede uygulanacak filtre için dikkate alınabilecek, değerler olmalıdır.

## Yerüsuuyu



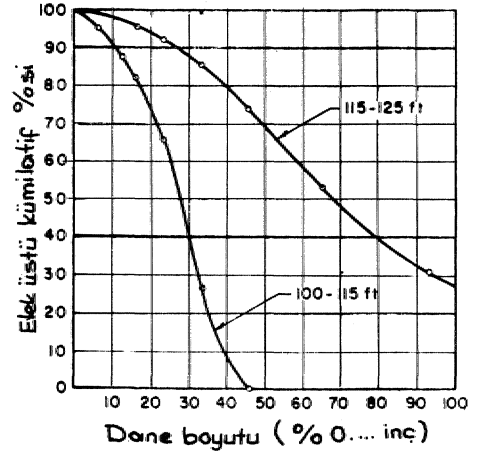
Şekil 7. Şekil 8'deki duruma göre yapılmış filtreleme örnekleri

Çizelge 2. Kuyu tasarımı için gözönünde bulundurulacak parametrelerin karşılaştırılması.

Derinlik ft.	Kalınlık ft	Etketif dane boyut %inç	Etketif boyutun karesi	Mümkün filtre açıklıkları %inç		
				Min.	%40 alıkoyan	Max.
100-115	15	10	100	28	30	30
115-125	10	26	676	68	80	95

Sadece iki seviyeden oluşan bir formasyonda kullanılacak filtre yarık açıklıkları, bir' tablo düzenlemeye gerek duyulmaksızın isteğe bağlı olarak, seçilebilir. Ancak, bahse konu edilen, tablo, faildi dane dağılımındaki materyal öreklerinin geniş bir sayısında bahse konu edilen, farklı dane dağılımındaki karşılaştırma yapma fırsatını verdiğinden, oldukça kullanışlıdır.

Yukarıda örneğini verdiğimiz durumda, ortalama



Şekil 8. 25ft. kalınlığındaki bir artezyen akiferin iki değişik tabakasına göre çıkarılmış eğri analizleri.

koşullar, materyalin. %40' ına karşılık gelecek yank açıklığına ilişkin bir projedir. Bu örneğe göre, en üst tabaka için, filtre bölümü No 30 yank açıklığına, alt tabaka için ise, No 80 yank açıklığına sahip olmalıdır.

Burada kural-1 uygulanırsa, en iyi açıldığına sahip filtrenin .2ft uzunluğundaki bölümü,, su içeren materyale karşı gelecek şekilde, en alt. bölümde yerleştirilmelidir. Bunu örneğimizle bağlarsak, 117ft de,, No 30 yank açıklıklı filtre en. düşük limite yerleştirilir., Bu nedenle, filtrenin löftlik en üst bölümü, yani 107-117 ft arası, No.30 yank açıklığına sahip filtre ile teçhiz edilmelidir.,

Şayet: burada kural-2 uygulansaydı, filtrenin 8ft uzunluğundaki alt bölümü için, No 80 yank aralığına sahip filtre seçilebilirdi. 80, 30" un. iki katından daha fazla değerde, olduğundan, kural-2 ihlal edilmiş olabilirdi. Kural-2' ye uyum sağlamak için, en. son 1 ft. uzunluk-taki bölümde. No 80 açıklıklı. filtre ile No 30 açıklıklı filtre arasına girecek, şekilde,, No 60 açıklı bir filtre, kullanılmalıdır. Bu durumda teçhiz dizaynı aşağıdaki şekilde olur.

107-117ft: No 30 yankh 10 fLuzunluğunda

117-118ft: No 30' yarıldı 1 ft uzunluğunda

118-125ft,: No 80 yarıldı 7 fLuzunluğunda

Katmerli filtre kullanılması, maliyeti artıran bir faktör .ması nedeniyle, kuyu. dizayncısının filtrelemeyi ihtiyatlı bir biçimde düzenleyebilmesi, için, kuyunun, bulunduğu çevre, koşullarını iyi incelemesi ve bunlara

## Yeraltısuyu

uyum sağlaması gereklidir. Her değişik tabaka ile uyum sağlayacak uygun filtre kullanılması, kuyudan en yüksek kapasitenin, elde edilmesini sağlarken, kuyuya girecek kum oranında da minimum düzeye inilmesini sağlar.

### KUYU FİLTRE ÇAPı

Kuyu hidroliğinin analizleri göstermiştir ki, bir kuyu içine konan, teçhizin çapı, kuyu verimini veya spesifik kapasiteyi, önemli oranda etküemeksizin değıştirilebilir. Kuyuda kullanılacak filtrenin çapının iki kat artırılması kuyunun, spesifik kapasitesini sadece yaklaşık % 10 oranında yükseltir, diğer özellikler ise aynı kalır.

Filtre çapı, zorunlu, olan bir prensibi yerine getirmek amacıyla seçilmelidir. Bu prensip,, suyun kuyuya girişinde hızın etkilenmeyeceği şekilde filtre aralıklarının ve toplam yüzey alanının sağlanabileceği çapta filtre borusu seçmektir. Filtre uzunluğu,, kumlu malzemenin kalınlığına,, filtre aralığı ise, dane dağılımına bağlı olarak, belirlenir.

Laboratuvar deneyleri ve arazi araştırmaları, filtre giriş hızının  $0.1 \text{ ft/s}$  ye eşit veya bu değerdan az olması durumunda,, aşağıdaki kuralların geçerli olduğunu göstermiştir.,

1-Filtre ağıdıklarındaki sürtünme kayıpları ihmal edilebilir.,

2-Incrustant (kabuk bağlama) oranı minimum düzeyde kalacaktır..

3-Komozyon etkisi ve oranı minimumda kalacaktır.

Giriş hızı; filtredeki toplam açıklık alanı ile kuyunun beklenen debisinin birbirine bölünmesiyle: hesaplanır.. Şayet,, hesaplanan değer  $0.1 \text{ ft/s}$  den. büyük ise giriş hızının  $0.1 \text{ ft/s}$  değerinin altına düşürülmesi için, yeterli filtre açıklık-alanının sağlanması amacıyla, filtre çapı yükseltilebilir..

Diğer taraftan, eğer hesaplanan giriş hızı,  $O_i \text{ ft/s}$  den. küçük ise (örneğin  $0,05 \text{ ft/s}$ ), filtre çapı bazı durumlarda azaltılabilir. Açıklık alan yüzdesi fazla olan kuyu. filtresinin,, maliyete bir avantaj sağlaması için, bazı giriş hızlarında filtre tiplerinin karşılaştırılmasının yapılması gereklidir., Giriş hızının,  $O_i \text{ ft/s}$  limitinin altında kalmasını sağlamak için,, filtre çapı mümkün; olabildiği kadar geniş seçilmelidir..

Yukarıda bahsedilen durumlarda,, kuyu pompasının

filtre zonu üzerinde yeralacağı kabul edilmiştir. Bu sa-yede kuyunun üst bölümündeki filtre' içine olacak düşey akışlar küçük olacaktır;.

Aşağıda verilen Çizelge-3, filtre yank açıklıklarının değışen genişlikleri için ve filtrenin her boyutu için, filtrede olması gerekli filtre açıklık sahasını tesbit etmeye yardımcı örnek bir tablodur. Kuyu filtresi üreten firmalar, kendi üretim özelliklerine göre bu tür tablolar vermektedirler.

Çizelge 3. İckskopik JftiHson filtri lh>ttt tuhiost

Nominal filtre boyu tu, «tes	Filtrenin her birim uzunluğundaki gırs alanı (in <sup>2</sup> )							
	5ta No 10	Slot US 20	Slot  h 10	Slot V: 60	SM Na M	Sirt Ha iao	Sin H	
3	10	19	32	42	43	55	65	
4	14	26	44	57	58	74	88	
5	18	33	55	72	73	94	112	
E	21	33	65	85	87	111	132	
8	28	51	87	113	116	131	160	
10	36	65	110	143	147	166	2P3	
12	42	77	130	170	174	180	223	
140D	38	71	123	161	177	198	251	
IS 00	39	76	132	171	190	217	268	
16 00	35	69	123	164	171	198	250	
18 OD	39	78	139	186	193	224	283	
20 OD	47	88	156	209	218	252	318	
24 OD	46	87	158	217	266	307	383	
26 OD	49	91	166	227	278	321	406	
30- OD	57	108	192	268	329	379	480	
30 00	65	124	224	307	376	434	550	

### FİLTRE TRANSMİSSİBİLİTE KAPASİTESİ

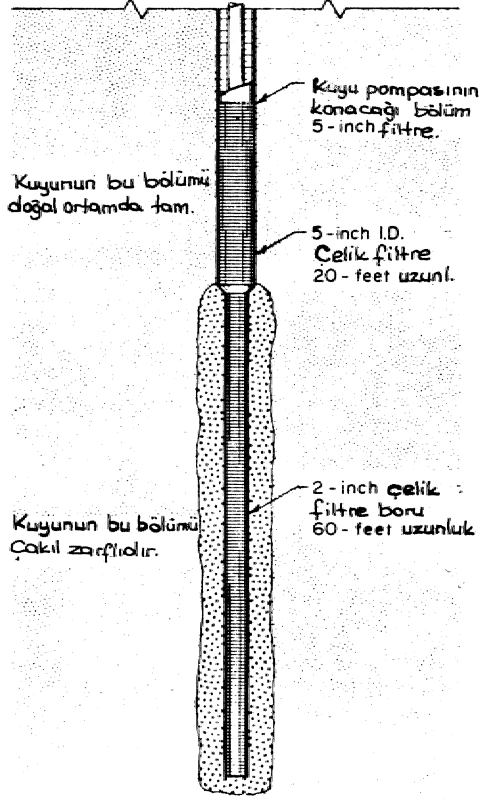
Kuyu filtresinin iletme kapasitesi,, filtrenin her foot uzunluğu için galon/dakika, olarak, tanımlanır. Giriş hızının  $0.1 \text{ ft/s}$  olarak kabulü durumunda, açıklık alanından, hiçbir güçlük olmaksızın, geçen su olarak hesaplanır.

Örneğin, 60 numaralı 8 inçlik bir Johnson filtresindeki açıklık alanı, filtrenin her birim ft uzunluğu için,  $113 \text{ ft}^2$  dir Geçirme kapasitesi.  $0.3 \text{ lx}$  113 veya filtrenin her ft uzunluğu için,  $35 \text{ gpm}^*$  dir.. Çizelge 3\* de de görüleceği gibi,, açıklık alanın inç karesinin sayısını çoğaltmak için,  $0.31$  değerdinde bir faktör kullanılmaktadır)

Kabul edilmelidir ki, bir kuyu filtresinin geçirme kapasitesi, kabul edilen giriş hızında, filtrenin hidrolik bir karakteristiği, olup, filtre karşısına gelen su taşıyan formasyonun, verim kabiliyetinin bir ölçütü değildir.

Filtre boru karşısına veya iki filtre bölümü arasındaki kapalı boru karşısına, pompa monte etmek gerektiğinde, belirlenecek en düşük pompa seviyesi, (Bkz.Çizelge-1) belirlenebilir. Seçilen pompa seviyesinin, altındaki kuyu bölümündeki filtreli bölümler, giriş hızı koşullarının dikkate alınmasıyla, daha. küçük, çapta olabilir.

Şekil-9" da bu. tasanın şekline bir örnek verilmektedir.



Şekil 9., Çizelgel'e göre belirlenmiş bir pompa seviyesinin altında düşük çaplı filtre kullanımını gösteren tasarımdır.

Şekilde görüldüğü gibi, 50 gpm kapasiteli bir pompa, formasyonun en üst bölümündeki geniş çaplı teçhiz içinde pozisyonlandırılmıştır. Alt bölümdeki 60ft. uzunluğundaki, formasyon, boydan boya 2 inç çapında bir filtre ile teçhiz edilmiştir. Be özel durumda, kuyu bütün derinliği boyunca aynı çapta delinmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, pompanın yerleştirildiği üst. bölümdeki 5 inç çaplı filtrenin dışı, tamamen doğal, malzemenin oluşmakta ve alttaki 2 inç çaplı, filtrenin dışı ise, suni çakıl zonu ile çevrelenmektedir.

#### MATERYALİN SEÇİMİ

Kuyuya indirilecek filtre malzemenin seçiminde, üç hususi, göz önünde bulundurmak gereklidir.

1. Suyun mineral içeriği,
2. Bakteri içeren, çamurlu seviyelerin varlığı
3. Gerekli olan filtre uzunluğu.,

Yeraltı suyunun mineral içeriği alınan su örneklerin-

de yapılacak kimyasal analizler ile elde edilmiş olabilir. Genellikle,, yapılacak bir kimyasal, analiz çalışması, yeraltı suyunun korrozif (aşındırıcı) veya incrustant (çökeltici, kabuk, yapıcı) özellikte olup olmadığını ortaya koyar. Bazı durumlarda su her iki özelliğe de sahip olabilir.

#### KORROZİF SU

Kuyudaki teçhizin filtreli bölümünün, korrozyona karşı etkilenmesi, kapalı boruya oranla daha fazladır. Önlem olsun diye, filtre açıklığının sadece inç' in birkaç binlik oranda artırılması sonucu, yapılan genişletme, kuyuya girecek kum ve ince malzemenin artışına neden olacaktır... Diğer taraftan korrozyon, teçhiz duvar' kalınlığının 1/8, 1/4 inç boyutunda incelmeye neden olabilir' ve- bu yüzden, kuyuya istenmeyen suyun girişi veya kuyunun çökmeme sini sağlayacak yeterli teçhiz kalınlığının kalmamasına neden olabilir. Bu nedenle, kuyu teçhizatında,, korrozyona dayanıklı veya mukavemet gösteren metalden yapılmış malzemelerin, kullanılması önemlidir.

Korrozif sulara ilişkin aşağıdaki listede verilen göstergeler kuyu tasarımcısına,,, korrozyon koşullarının potansiyelini belirleme konusunda, yardımcı olabilir:

LDüşük pH: Eğer,, suyun pH değeri  $T$  den küçük ise, bu durum, suyun asidik ve korrozif özellikte olduğunu gösterir,

2«Çözünmüş Oksijen: Eğer, sudaki çözünmüş oksijen oranı 2ppm miktarında ise, su korrozif demektir. Çözünmüş oksijen oranı, sığ su seviyeli kuyularda oldukça yüksek değerdedir olabilir,. Ancak, çözünmüş oksijen oranının, doğru, biçiminde tayin edilmesi, oldukça güçtür.

3., Hidrojen Sülfid: Hidrojen sülfid'in mevcudiyetini, sudaki çürük yumurta kokusundan anlayabiliriz.. Bu maddenin, sudaki 1 ppm' den daha az miktarı dahi,, şiddetli korrozyona neden olur., Sudaki hidrojen sülfid oranı, koklama veya test ile saptanabilir.

4.Toplam Çözünmüş Katı Maddeler: Eğer sudaki çözünmüş mineraller, 1.000 ppm. miktarındaysa, suyun. elektriksel iletkenliği (EC) ciddi elektrolitik korrozyon yaratmak için yeterli düzeydedir., Bundan sakınmak için, korrozyona dayanıklı metalden yapılmış kuyu filtrelerinin kullanılması gereklidir.

5., Karbondioksit: Şayet bu gaz, soda 50 ppm ora-

## Yeralüsuyu

nında mevcut ise,, bu o soyun korrozif özellikte olduğunu gösterir..

6. Klorid: Suda 500 ppm oranında klorid bulunması, Suyun korrozif özellikte olduğunu gösterir.

Yukarıda sayılan by korrozif maddelerin herbirinin suda bulunması suyun korrozif etkisini giderek, artırır.

Yani, bu korrozif madde sayısı suda arttıkça, suyun korrozif özelliği artar.,

### INCRUSTANT (KABUK YAPICI, ÇÖKTÜRÜCÜ) SU

Kabuk yapıcı sular içerdikleri mineralleri, filtre yüzeyine ve filtre dışındaki formasyonun poroz ortamlarına depolamaya eğilimlidirler. Bu nedenle, zaman içinde bu tür depozit maddeler, filtre ve formasyon boşluklarının her ikisinde tıkarlar. Suyun kabuk yapıcı özellikte olduğunu gösteren belirteçler şunlardır:

**LYüksek pH:** Sudaki pH değerinin 7.5" dan büyük olması, suyun kabuk yapma eğiliminde olduğunu gösterir.,

**2.KartM)nat sertliği:** Şayet yeraltısuyundaki karbonat sertliği, 300 ppm oranında ise, kalsiyum karbonat birikimi (çökmesi) yüzünden, bir kabuk yapma olayı gelişir..

**3..Demir:** Şayet,, suda 2 ppm oranında demir varsa, demir çökmesine bağlı, bir kabuk, yapma olayı söz konusudur.

**4.Manganez:** Şayet suda 1.0 ppm. oranında mangan, bulunursa,, mangan çökmesine bağlı,, kabuk yapıcı olay meydana gelir.

Kabuk yapıcı özellikli yeraltısuyundan oluşan mineral birikimlerini, çözmek için, zaman, zaman kuyu içine, seyrettik Mdraklorik asit sevk edilir. Bu tür su taşıyan, formasyonlarda, açılan kuyularda kullanılan kuyu filtreleri, asit davranışla™, korrozif etkisine- mukavemet göstermek için,, korzyona dayanıklı malzemenin yapılması gerekmektedir.

Bazı ortamlardaki yeraltısulannda bakteriler (yaygın olarak, demir bakterileri) bulunabilir., Bu bakteriler, sağlığa zararlı değildir. Demir bakterileri, su taşıyan formasyondaki poroz ortamlar ile filtre açıklıklarını tıkayan özellik göstermeleri nedeniyle, sıkıntı veren organizmalardır... Bu bakteriler,, ayna jel yoğunluğunda yapışkan maddelerin biri.kim.Ine neden olarak, demir ve

manganezin okside olmasını sağlamakta ve bozuşmayı hızlandırmaktadır\*. Hızlanan mineralizasyon ve organizmaların birleştirilmiş etkileri nedeniyle, kuyuda kısa zaman içinde tıkanmalar oluşur. Karşılaşılan durumlar göstermektedir ki, bir yılın 3 aylık bir periyodunda kuyu •veriminde %75 mertebesinde bir azalma meydana gelebilmektedir.,

Bu tür organizmaların yok edilmesi için,, etkili bir davranış, organizmaların yanmasını sağlayan kuvvetli klorin içeren bir çözeltinin kullanılmasıdır. Bunu sağlayacak maddelerden biri, seyreltilmiş hidroklorik asittir. Bu madde, pompajla kuyu içine enjekte edilir ve bu sayede ortamdaki bu tür maddelerin bertaraf edilmesi sağlanır. Kuvvetli klorin solüsyonlarının, köiTozflüğünlm yaratacağı olumsuz etkilerin, ortadan kaldırılması için, kuyularda, konozyona dayanıklı maddelerden oluşan, teçhiz boruları, kullanılmalıdır..

### FİLTRE MUKAVEMETİ

Bazen kuyu filtre malzemesinin seçimi, mukavemet gerekliliğine bağlıdır., Filtrelerdeki kolon, yükü ve çökme basıncı önemle dikkate alınmalıdır. Filtre boru dışındaki boşluklu materyaller ve yer basıncı,, filtrenin ezilip sıkışmasına neden olabilir. Bu nedenle, filtre malzemesinin iyi bir kolon ve çökme dayanımına sahip olması gereklidir. Filtrenin kolon, ve çökme yüklemelerine karşı olan mukavemeti,, fabrikasyon filtrelerde kullanılan malzemenin elastisite modülü ile oranlıdır.

Dayanıklılığın artırılması için, kuyu filtrelerinin balm\* yerine-, paslanmaz çelikten yapılması gerekir., Ancak, suyun kalitesi gereği, bakır filtrenin kullanılması tercih edilebilir.,

Kuyu teçhizinde,, dayanıklılığın artırılması amacıyla, filtre alanlarının daraltılması doğrultusundaki uygulama tercihleri» iyi bir tasarım tekniği değildir., Filtrenin ikinci bir amacı, sürtünme kayıplarını mümkün olabilecek en küçük seviyeye indirerek, yeraltısuyunun kuyuya girişini sağlamaktır. Filtre, yüklere karşı koyabilmek için uygun mukavemete sahip olmalıdır.

### ÇAKIL ZARFI TASARIMI

Suni çakıl zarfı oluşturulan, kuyu, doğal ortamda direkt olarak açılan kuyuya göre, farklılıklar gösterir. Kuyu çakıl zarfı; kuyu filtresi, ile kuyu cidarı arasındaki homojen boyutlu ortamı dolduran, kuyuya ince malzeme girişini önleyen,, daha geçirgen malzemenin oluştur-

## Yera Uisuyu

ru lan bir zondur. Doğal ortamda, açılan kuyularda ise, bo görevi yapacak malzeme, kuyuda yapılan uzun süreli geliştirme çalışmaları sonucu doğal formasyonun .kuyuya yakın bölümünde, daha geçirgen olan. bölgedir. Her iki durumda, kesin olan hidrolik sonuç, kuyunun efektif çapında bir artış sağlamaktır.

Doğal ortamda açılmış kuyularda, doğal formasyonun %40' lık bölümünü, karşılayacak şekilde filtre kullanıldığında, geliştirme çalışmaları sonucunda, bu boyutu oluşturan açıklıkların %60' ında su girişi olabildiği görülmüştür. Kuyu çakıl zarfının oluşturulmasında, formasyondan kuyuya girebilecek materyalin önlenmesi, amacıyla, suni olarak boyutlandırılmış çakıl malzeme kullanılır. Ancak, bu bölümde kullanılacak malzemenin de kuyuya girmemesi için, uygun açıklıklı filtre seçmek şarttır. Suni çakıl zarfı olmaksızın, açılan kuyulara, göre daha fazla olmasına karşın,, bazı koşullarda, suni çakıl zarfının maliyeti oldukça ucuzdur. Bazı jeolojik koşullar, suni çakıl zonu.na yardımcı özellik gösterirler. Bu durumda,, maliyet karşılaştırmalarına bakılmaksızın, bir tasarım sistemi gözönünde bulundurulmalıdır.

Kesin bilinen bazı ortam koşulları, suni çakıl zonu oluşturulması gerekliliğini gündeme getirirler., Bu durumlara ilişkin bazı örnekler aşağıda verilmektedir.

**İyi Uniform Kum:** Bu tip formasyonda, filtrenin geniş açıklıkta kullanılacağını varsayarak, çakıl zonu oluşturulmasında, bu durum dikkate alınmalıdır. Bu tip formasyonlarda açılan kuyularda, genel olarak filtre açıklığı büyük olan filtre kullanılır. Eğer doğal ortamda, geliştirilmiş bir kuyuda, filtre için yarı açıklığı seçilirse, bu boyut. 0.010 inçten küçük olmalıdır. (No. 10 slot)... Bu limitten, zaman, zaman sapmalar olabilir ki, bu da. suyun mineral konsantrasyonuna bağlıdır. Eğer, su aşırı derecede kabuk, yapıcı özellikte, ise,, bu limit **0.010** inç yerine 0.015 veya 0.020 inç olarak kullanılabilir.

**Kalın Artezyen Akifer:** Bu tip akiferlerde, uzun boylu filtre kullanılması ve kuyu pompasının filtrelenmiş bölümün üstüne konması gerekir.. Yine bu tip akiferlerde, daha kısa boylu, filtre kullanılması tercih edildiği, zaman,, filtreli bölüm akiferin merkezine gelecek şekilde yerleştirilir ve filtre kuyu cidarı arasında çakıl zonu oluşturulur.

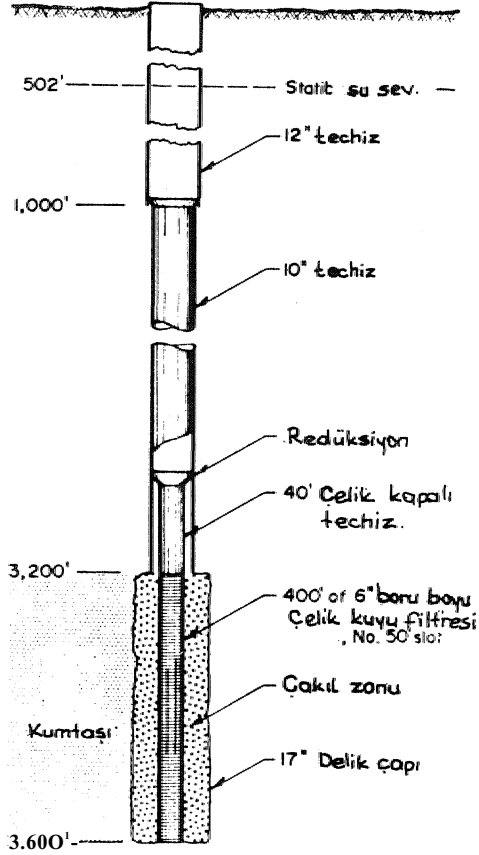
**Gevşek Çimentolu Kumlası:** Birçok iyi akifer nitelikli kumtaşı, az çimentolüdür. Böyle bir ortamda açıl-

lan kuyuda teçhiz yapılmamışsa, .kuyu cidarındaki kum taneleri kuyu tabanına çöker ve pompaj esnasında su ile birlikte kum çekilmesine neden olur. Birçok kumlası formasyonunun, iyi dane boyutuna.sahip olması yüzünden, bu tür ortamlarda açılan kuyularda, kullanılacak filtrelerin açıklığı» 0,005 inç .veya daha küçük boyutta seçilmesi gereklidir., Bu nedenle, her formasyon için, filtre ile kuyu duvarı arasında,, dane: boyutu filtre yarı açıklığından daha büyük boyutta çakıldan oluşan bir malzemeyle,, suni çakıl zarfı oluşturulması gerekir.

Kumtaşı akiferlerde uygulanan çakıl.zonu için, gözardı edilmemesi gerekli diğer bir sonuçta, genellikle formasyon materyalinin filtre için küçük, ve yanal olmayan destekler sağlamasıdır.. Filtre karşısına gelen bu formasyon (konsolide olmamış kumtaşı dışında) kuyudaki pompaj geliştirmesi, süresince çökme ve oyulmalara, fırsat vermez.. Açılan kuyu deliğine: filtrenin yerleştirilmesinden sonra, kuyu cidarı ile filtre arasında, bazı boşluk alanlar kalabilir. Bu durum, formasyon malzemesinin bu boşluklara çökerek filtre ile yüz yüze gelmesine ve- süreç içinde filtrenin zarar görmesine neden olabilir. Bu tür formasyon kayıplarını önlemek için, kuyu cidarı ile filtre arasında yer alacak bir çakıl zonu oluşturulması zorunludur. Bu zon,, aynı zamanda kuyu filtresi etrafını sararak, filtreye- yanal destek sağlar., Şekil 10 böyle bir ortamda açılmış bir kuyuya ilişkin tasarım şeklini göstermektedir.

**Ardalanmalı Tabaka Yapısına Sahip Formasyonlar:** Bazı akiferler, farklı dane boyutuna sahip kum malzemedenden oluşan, tabakaların ardalanması şeklinde oluşmuştur. Her zaman,, bağımsız tabaka birimlerinin kalınlığının, ve pozisyonunun, saptanması mümkün değildir. Buna bağlı olarak,, tabakalaşmaya uygun düşecek katmanlı filtre açıklıklı filtre boylarının seçimi, de mümkün olmamaktadır. Genellikle, hata şansını minimuma indirmek için, kuyu ile filtre arasında suni bir çakıl zonu oluşturmak en cazip seçenek olmaktadır.

Suni çakıl zonunda, kullanılacak çakılın boyutu, seçilen formasyon, içindeki en iyi materyal içeren seviyelere dayandırılmamıştır. Şayet,, su taşıyan formasyondaki kumlu seviyelerin perméabilites! ile,, suni çakıl zonunda kullanılan malzemenin permeabilitesi arasında farklılık olursa, formasyondan olacak kum akışının sınırlanmaması söz konusu olur. Suni çakıl zarfında kullanılan malzemenin, akiferin kumlu, seviyelerine göre, daha uniform ve yıkanmış olması nedeniyle, kuyunun permeabilitesi artar...



Şekil 10. Filtre zonu etrafında oluşturulacak çakıl zonu gösteren tasarım.

### MALİYET FAKTÖRÜ

Daha önce suni çakıl zarfı oluşturulan bir kuyunun maliyetinle, doğal ortam içinde çakıl zarfsız olarak açılmış kuyuya göre daha fazla olduğunu söylemiştik,

Bunu yaratan iki ana neden şudur:

- Kuyu delik çapının daha geniş olması nedeniyle daha kalın çakıl zarfı oluşturma gerekliliği,,
- Özel olarak boyutlandırılmış çakıl malzemenin satın alınması ve iş yerine nakledilme zorunluluğu.

Kuleye asılı delme ekipmanları ile, İki kat genişlikte çapa sahip bir kuyunun delinmesi,, maliyeti kesinlikle iki kat arttırıcı bir faktördür. Yine geleneksel Rotary sistemle kuyu açarken, matkap tarafından kırılan kırıntı malzemenin ağır ve viskoz sondaj çamuru ile yüzeye taşınması zorunluluğu yüzünden,, kuyunun daha geniş çapta, açılması gerekmekte ve bu da maliyeti arttırıcı bir faktör almaktadır., Yine aynı şekilde, ters sirkülasyon

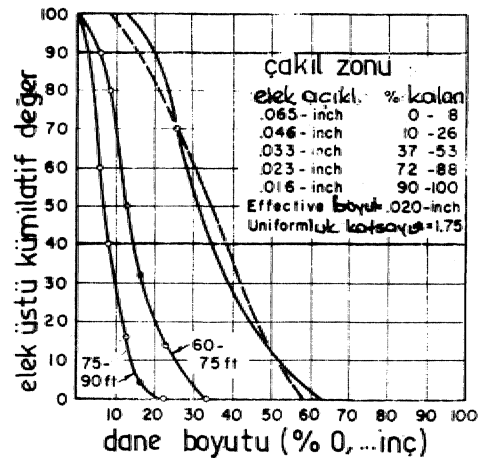
yöntemlerini kullanan ekipmanlarla delinen kuyularda da, geniş çaplı olma zorunluluğu vardır., Açıkça belirtilebilirki, 36 inç delik çapına sahip bir kuyunun maliyeti,, 24 inç delik çapına sahip bir kuyuya göre daha fazla olmaktadır. Geniş bir matkap, daha geniş bir sondaj çamuru hendeği, daha fazla çakıl malzeme gereksinimi, ekstra maliyet artışına, neden olan durumlardır.

### ÇAKIL ZONUNUN TASARIMI

Çakıl zonu oluşturulurken takip edilecek esaslar şunlardır;

L Tüm akifer seviyeler için, elek analiz eğrileri düzenlemek, iyi nitelikli malzeme içeren seviyeleri tesbit etmek ve bu malzemenin elek analizi eğrilerine dayanan çakıl zonu malzemesinin boyutunu seçmek. Şekil 11' de, 30 ft kalınlığındaki bir akiferde, su taşıyan iki ayrı formasyona ait örneklerin, dane dağılım eğrileri görülmektedir. Örneğimizde en iyi nitelikli materyal, 75-90 ft.' ler arasında yer almakta olup, çakıl zonunda kullanılacak malzeme, bu seviyeye ait verilere göre seçilmelidir.

2. Kum formasyon boyutunun % 70'i, 4 ile 6 arasındaki bir faktörle çarpılır... Eğer formasyon iyi nitelikli ise, çarpan olarak 4, şayet, kumdan oluşmuş ve uniform değilse,, çarpan olarak 6 kullanılır;. Bu çarpımların, sonucuda elde edilen değerler, dane boyutunun % 70'i olarak grafik, üzerine yerleştirilir.. Şekil 11' de,, 75-90 ft arasındaki kümen boyutu, 0.005 ila 0.025 inçlik bir değer elde edilir ki, bu dane boyutunun, % 70' Mir. Bu eğri üzerinde ilk nokta olup, çakıl zarfının dane dağılımını temsil etmektedir.



Şekil 11. 30 ft. kalınlığındaki bir akiferde su taşıyan iki ayrı formasyona ait örneklerin dane dağılım eğrileri.

## YeraiüsuYu

3.. Çakıl zarfı eğrisindeki, ilk noktaya doğru çizilen düz çizgi, oBİformiok katsayısı 2.5 veya daha az olan bir materyali temsil eder. Bu işlem, çeşitli yolları deneyerek yapılmalıdır. Şekil 11 de yaklaşık 1.75\* lik bir umfomüük katsayısına sahip materyali temsil eden eğri kalın çizgi ile çizilmiştir. Bunun biraz farklı durumu da, yine aynı şekil'üzerinde kesikli çizgi olarak gösterilmiştir. Bu eğrinin temsil ettiği, materyal de, 2AT lik. bir uniformluk katsayısına sahiptir. Bu şekilde yapılan çeşitli değerlendirmeler sonucunda, en uygun materyali temsil eden eğri bulunmuş olur. Örneğimizde de görüldüğü gibi, kaim çizgiyle temsil edilen materyal., kesikli çizgi ile temsil edilen materyale or'aola, daha arzu edilen, materyal, niteliğindedir.

4.. İlk aşamada. 4 veya 5 boyutlu eleğin, seçilmesiyle, çakıl zomında kullanılacak materyal için şartlar belirlenir. Burada, seçilen eleklerin, gerekli yüzde oranı için kabul edilebilir olması gerekir., Elde edilen sonuçlara göre,, çizilecek eğri üzerinde bir yayılma alan (sahası) belirlenir,.. ]Bo yayılma alanı, eğri. üzerindeki birçok noktada gerekli olan yüzde oranının % 8 altında veya üstünde olabilir. Bizim örneğimizde, en. geniş elek 0.065 inçlik bir açıklığa sahip olmalıdır., Eğri., bu elek. özerinde tutulabilen: yüzdeyi sıfır olarak göstermektedir. Örneğim izdeki belirlemede, dane boyutu için. maksimum kabul edilebilir değer, 8' dir. Bo. değerden bir<sup>1</sup> soma gelen açıklık boyutunun en küçüğü, 0.046 inçtir. Çizilen eğride, 'bu elek üzerinde % 16 oranında malzeme kaldığı görülmektedir. Bu durumda, izin verilen değeri, bulmak için» % 8' lik. oran eklenir veya çıkartılır,.. Böylece,, 0.46 inçlik elek. üzerindeki, yayılım alan. genişliği % 10<sup>1</sup> dan. %26<sup>1</sup> ya kadar olmaktadır. Bu prosodür, her elektteki, kabul, edilebilir açıklığı buluncaya kadar tekrarlanır. Şekil 1Tde, çakıl, malzemenin daoe dağılımını kapsayan 5 ayrı .açıklıkta elek boyutundan elde edilen sonuçlar gösterilmektedir., Bu çalışmayı yapmak, uygulayıcıya uygüo maliyette ve arzu edilen nitelikte çakıl malzemenin, temininde gerekli bilgileri verir. Çakıl zonu materyali tasarlanacağı zaman., tasarımı yapan, kişinin, hızlı kum filtreleri için,, filtrenin, lokal kaynağım da. düşünmelidir.

5. Son. adım olarak, çakıl zonu materyalinin % 90 veya. daha çoğunu tutacak filtre açıklıklarının boyutu seçilir.. Bizim örneğimizde doğru, yarık açıklığı boyutu 0.020 inçtir. Şayet kuyu tasarımcısı bu adımlan dikkatli, bir şekilde takip ederse, formasyonun dane boyutu ile, çakıl zomında kullanılan malzemenin, dane boyutu., birbirine uyum göstermesi nedeniyle, koyuya pompaj!

esnasında kum girişi önlenmiş olacaktır.

Çakıl zonunda kullanılan materyal, temiz, pürüzsüz ve uniform olmalıdır.. Bu karakteristikler, çakıl zonu materyalinin porozite ve permeabilitesini yükseltir., Çakıl zonunda kullanılan malzemenin, kalker parçalanndan çok, silis malzemedan oluşması tercih edilir.; Çakıl zonunda kullanılacak çakıl malzemedeki, kalker oranının üst limiti % 5' tir. Bu durum, asidik özellik gösteren ortamlarda .açılan, kuyular için,, çok önemlidir. Birçok asidik madde, demir veya. kalsiyum depozitlerinin (kabuk, yapıcılarının) yok.edilmesind.ee ziyade, çakıl zondaki kalker çakıllarının çözülmesini ve kuyuya girmesine neden olur. Çakıl zone malzemesinde, jips, anhidrit ve şeyi çakıllarının bulunması arzu edilmez.

### ÇAKIL ZONU KALINLIKLARI

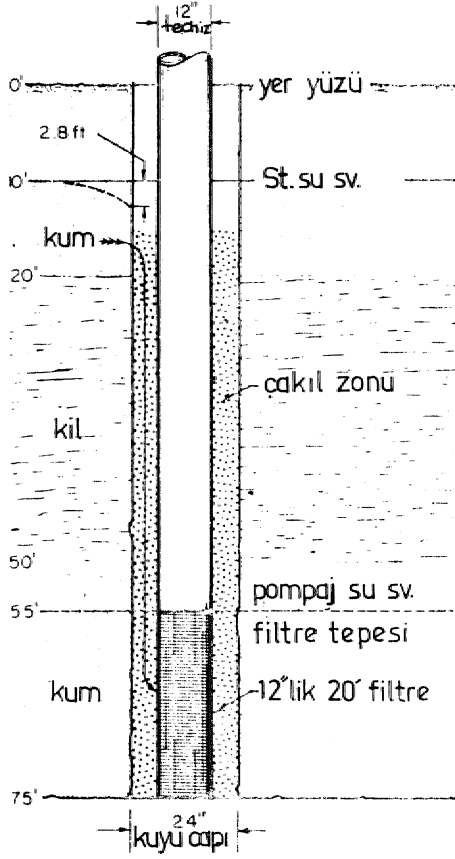
Çakıl, zonu dane dağılımının teorik tasarımı, doğal formasyon parçacıklarının mekanik olarak ayntlanması esasına dayanır. Bu nedenle,, çakıl zonunda kullanılacak malzemenin niteliği ve boyutu yanında, çakıl zarfının, kalınlığı da dikkate alınmalıdır. Oluşturulacak çakıl zonu, filtre ile doğal formasyon arasındaki boşluğu tamamen doldurmalıdır. Kuyularda, çakıl zonu kalınlığının minumum 3 inç olması koşuldur.

Bazı durumlarda, çakıl zonu kalınlığının üst limiti yaklaşık 8 inç olmalıdır. Çok kaim çakıl zarfı, kuyunun verimini attırmadığı gibi, formasyon kumunun kuyuya girmesini önleme konusunda, da bir fayda sallamaz. Bu konudaki kontrol faktörü, daha öncede açıkladığımız gibi, formasyon materyali, ile, çakıl zarfında, kullanılan malzemenin dane boyutlarının uygunluğudur. Çakıl zarfının çok kalın olması, kuyunun geliştirilmesinde olumsuz rol oynar..

Kuyu çakıl zarfının, özel bir avantajı da,, suyun kuyuya girmek için, düşey istikamette bu. zon içinden hareket edebilmesidir. Bazıları da , kuyu filtresinin üst tarafında bulunan akifer ortamdaki, suyun, bu zon sayesinde^ kuyu. filtresine ulaşabildiğini ileri sürmektedirler. Yine bu kişiler, akiferin sadece alt bölümünün filtrelenmesiyle, çakıl zarfının bu işlevi sayesinde,, üst akifer<sup>1</sup> ortamlardan su alınabileceği şartının yerine getirilmiş olacağını iddia etmektedirler.

Bu yanlış durum. Şekil-12''' de çizim, olarak gösterilmektedir. Bu koşul için, filtre üstünde yer alan .akifer ortamlardan çakıl zonu boyunca hareket, ederek filtreden kuyu içine giren su miktarı, kolayca hesaplanabilir.,





Şekil 12. Ost akifer seviyeden çakıl zonu boyunca akıp filtre-den kuyuya su girişi.

Suyun düşey hareketime imkan veren bu. su yolu, örnekte de görüleceği gibi, 24 inç dış çaplı bir kuyu cidarı ile, 12 inçlik filtre borusu arasında kalan dairesel bir alandır. Bu boşluk,, yüksek permeabiliteye sahip bir malzeme ile doldurulmuştur (çakıl zonu).

Çakıl zarfındaki düşey hareket için formül:

$$Q=PIA \text{ 'dır,}$$

Q: Çakıl zonundaki düşey akış miktarı (galon/gün)

$$1 \text{ galon} = 4.546 \text{ İl}$$

I: Hidrolik eğim (çakıl zonunda düşey akış anında oluşan)

A: Çakıl zonunun yatay kesitteki yüzey alanı (ft<sup>2</sup>)

P: Çakıl zonunun permeabilitesi (galon/gün ft<sup>2</sup>)

Örneğimizdeki suya- doygun kalınlık 45 ftdir. Akiferin orta bölümünden filtrenin orta noktasındaki girişe kadar su. yaklaşık 50 ft' İlk bir yol katetmektedir.

Bu durumda, hidrolik eğim;

$$I=45/50=0.9 \text{ ve } A=2.26 \text{ ft}^2, \text{ dir.}$$

Çakıl zonunun permeabilitesi tahmin edilmelidir. Çakıl zarfları için kabul edilen en üst perméabilité değeri  $p=20.000 \text{ (galon/gün/ft}^2)$

Bu değerlere: göre: **üst taraftan kuyu içine transfer olan su miktarı:**

$$Q=20.000 \times 0,9 \times 2,26 = 40.600 \text{ galon/gün veya } 28 \text{ gpm dir.}$$

Bu miktar su. ise,, kuyudan çekilen soyun çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Eğer örneğimizdeki akiferin en alttaki seviyesi 800 galon/gün/ft<sup>2</sup> değerinde bir permeabiliteye sahipse,, böyle- bir kuyudan her- ff lik düşüm İçio yaklaşık 10gpm. verini elde edilir. Filtrenin üst seviyesine kadar yapılacak düşüm, karşılığında (yaklaşık 45 ft) elde edilecek verim 450gpm\* dir. Buradan da .açıkça görülmektedir ki, üst akiferden çakıl zarfı boyunca düşey yönde hareket ederek, kuyuya giren 28gpm<sup>2</sup> lik. su, toplam verimin sadece % 6 lik bölümünü oluşturmaktadır.

### FORMASYON Dengeleyicisi

"Formasyon dengeleyicisi" terimi belli amaçlar için kullanılan dolgu materyalinin tanımlanması amacıyla üretilmiştir. Bu terim,, özellikle çakıl zonu için kullanılan uniform boyutlanmış materyalden farklı bir materyali tanımlar. Formasyon dengeleyicisi oluşturan materyalin dane boyutlarının kanşımı, daha az uniformdur. Formasyon dengeleyicisi, doğal ortamda açılmış bir kuyuda kullanılan dolgu maddesidir.

Su taşıyan formasyonlarda,, Rotary sistemle açılan kuyularda kullanılacak filtre- dış. çapından biraz daha geniş matkap kul.laoilml.asi., bir zorunluluktur., Bu matkap boyutu, kuyu delme işleminin tamamlanmasından sonra, filtrenin kuyu cidarına değmeden en alt derinliğe kadar inmesine imkan Yerecek bir boyuttur. Kuyu açımında kullanılacak matkap çapı,, teçhiz bora.su çapından 4 inç daha. geniş olmalıdır. Bu sayede, kuyu. teçhiz borusu çevresinde, 2 inç et kalınlığında bir boşluğun oluşmasını sağlar. Bu boşluğa, kuyunun geliştirme işlemleri sırasında üst akifer zonlardan oyulma ile gelebilecek malzemenin engellenmesi amacıyla, dolgu, malzemesi konur.

Formasyon dengeleyicisi olarak kullanılan malzemenin seni çakıl zonunda kullanılan malzeme gibi özel dane boyutuna sahip olması gerekmez, Formasyon dengeleyicisi kullanılan kuyularda, filtre-aralığı seçimi,, filtre etrafındaki akifer malzemenin gelişmesine izin verecek şekilde seçilmelidir. Formasyon dengeleyicisine rağmen, geliştirme işlemleri sırasında, gerek formasyon dengeleyicisinin içerdiği ve gerekse akifer formasyondaki ince malzemeler kuyu içine girebilecektir.. Bu durum» çakıl zonunun gördüğü göreve tezat: bir durumdur,.. Formasyon dengeleyicisi olarak kullanılan malzemenin, filtre çevresini tamamen doldurması, o kadar önemli değildir., Doğal formasyonun tamamen gelişmesini sağlayacak, filtre açıldığının seçilmesi ile, tam bir çakıl zarfı, oluşturulmasına gerek, duyulmaksızın, kuyunun doğal formasyonda kendi koşullarında açılması mümkün olabilir.,

#### FORMASYON DENGELİYİCİSİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

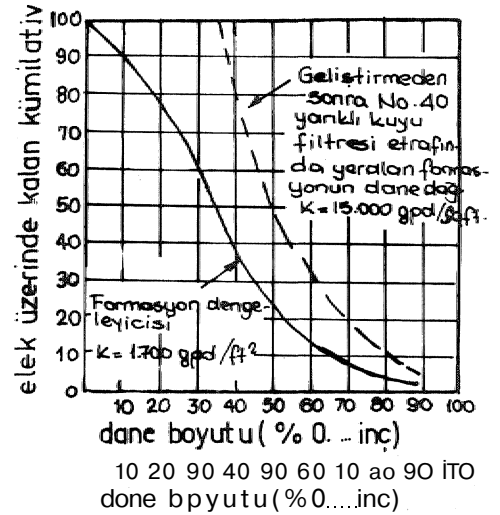
Formasyon dengeleyicisinin yerleştirilmesi için, önceden özel önlemlerinin alınmasına gerek yoktur, (çakıl zarfının oluşturulmasında kullanılacak malzemenin belirlenmesinde olduğu gibi),. Bu malzeme,, özel alet ve işlemlere- gerek duyulmaksın, sondaj çamurunun sıvıdığı kuyu cidarı ile kuyu teçhizi arasındaki boşluğa yerleştirilir.

Formasyon dengeleyicisinin miktarı, kuyuda kullanılan filtrenin 30ft. üst noktasına kadar olan boşluğu dolduracak miktarda olmalıdır., Kuyu geliştirme işlemleri, (pompajı) sırasında,, doğal, formasyon ve formasyon dengeleyiciden .kuyu içine giren malzeme- miktarı kadar, .formasyon dengeleyicisinde oturma olacaktır. Aslında, doğal formasyon ve- formasyon dengeleyicisinden kuyu içine malzeme akışı sayesinde, kuyu cidarını sıvayan kil pastada kopma, ve eksilmeler meydana gelir., Kuyu geliştirme çalışmaları devam ettikçe, formasyon dengeleyicisi bulunduğu boşlukta yerleşme ve oturmaya devam eder. Bu durumda, oluşan, çalkalanmalar sayesinde, kuyu cidarını sıvayan, kil paslanın sökülmesi sağlanır.,

Formasyon dengeleyicisinin, .kuyu filtresinin üstünde kalan bölümü, kuyu geliştirme çalışmaları yüzünden, bir değişime uğramaz. Bu sayede, kuyu, geliştirme çalışmaları esnasında,, filtrelü, bölümün üzerinde yer alan. akifer seviyelerden gelecek, ince malzeme akışı önlenmiş olur., Kuyu geliştirme çalışmaları, formasyon.

dengeleyicisi malzemenin yıkanması ve daha iyi boyutta dizilmesine neden olarak, bu zondaki permeabilitenin artmasını sağlar. Şekil-13'te, formasyon dengeleyicisinde meydana gelen bu değişimin sonuçları gösterilmektedir.

Akifer malzeme örneklerine dayanan testler, No.40 yarık açıklığında bir kuyu filtresinin bu formasyonda kullanılabileceğini göstermektedir. Şekil-13 teki sol taraftaki eğriden, kuyu geliştirme işlemleri sırasında, formasyon dengeleyicisinin % 60'lık bölümünün kuyu içine taşınabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 13. Formasyon dengeleyicisinin kullanıldığı ilk hal ile kuyuda, yapılan gelişirmeden sonraki hal arasındaki permeabilitenin farklılığını gösteren durum..

Formasyon dengeleyicisinin permeabilitesi, bu eğride 1700 galon/gün/ft² olarak görünmektedir., 0.040 inç boyutundan küçük parçacıkların, kuyu içine taşınmasından sonra, dane dağılımındaki değişim,, Şekil-13'te sağ taraftaki eğri ile gösterilmektedir. • Bu eğride, permeabilite değerinin orijinal değerinin, 9 katma çıkarak 15.000 galon/gün/ft² değerine ulaştığı görülmektedir.,

Şekil-13Md şeklin temsil ettiği, formasyon dengeleyicisi, tipik beton veya. bina, yapımında, .kullanılan kıtım malzemesidir., Bu. nitelikteki bir malzeme, düşük bir maliyetle birçok yerden sağlanabilir., Örneğin kaba kum malzemesi, formasyon, dengeleyicisi- olarak, yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Böyle toir malzemenin,, so taşıyan formasyonun gerektirdiği; No.20 (0.020 inç) den. küçük, filtre açıklığının kullanıldığı yerlerde, dolgu malzemesi olarak kullanılması çok'uygundur.'

## EVSEL KULLANMA SUYU SAĞLANAN KUYULARIN TASARIMI

Geniş kapasitede su sağlamayı amaçlayan; endüstriyel, gereksinimler, belediye gereksinimleri, selama gereksinimleri gibi amaçlar için açılan kuyulara ilişkin proje tekniklerinin, çiftlik, ve evsel su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla açılan kuyular için de geçerli olduğunu söyleyebiliriz. Koyu filtre açıldıklarının, fabrikasyon metalin,, gerekli su giriş hızının seçimi önemlidir.

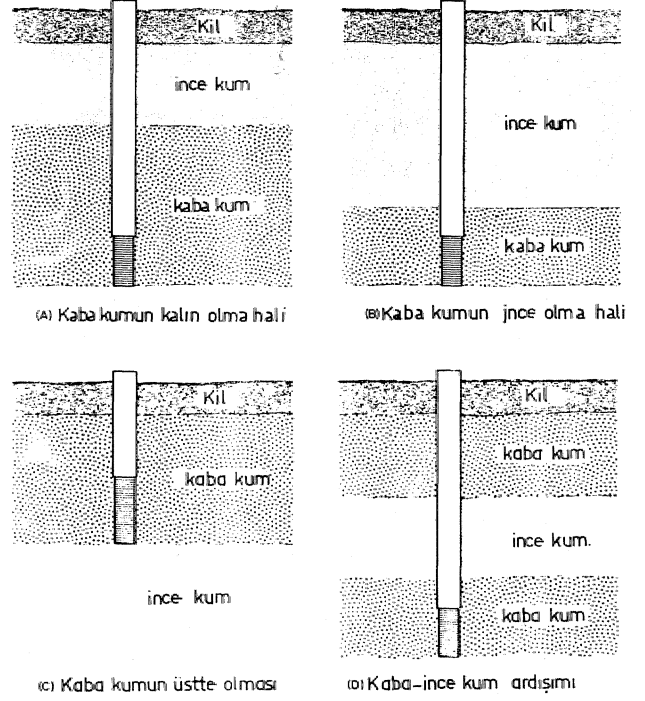
Her yıl gereksindiği su miktarı, 5-30 gpm olan binlerce çiftlik ve ev sahibi, bu amaçlarını sağlamak için kuyu açmaktadır. Bu amaçla açılan kuyularda, nispeten kalın, akiferler için uzun filtrelerin kullanılması uygundur. Bu amaç için açılan kuyularda, gereksinilen puyun sağlanabilmesi için, kuyuda makul bir düşümün sağlanması gerekmektedir., Bu noktada., kuyu yeterliliği ve kuyu maliyeti arasında, bir karşılaştırma yapılması gereklidir. Filtre seçimini sınırlayan koşullardan vazgeçilmeyebilir. Aocak böyle durumlarda, kısa filtrenin nasıl ve hangi koşullarda kullanılacağına ilişkin, gerekli prensipleri tanımlamak gerekir.

Şekil,14/a<sup>1</sup> daki gibi bir ortamda açılan kuyuda, filtre uzunluğu, kaba kum kalınlığının 1/3' ü kadar olmalı ve bu seviyenin en alt bölümüne yerleştirilmelidir.

Şekil-14/b ve d<sup>1</sup> de gösterilen durum için,, filtre borusu en altta yerleşen kaba kum seviyesine kalınlığına eşit uzunlukta seçilmelidir. Eğer bu uzunluklarda seçilen filtre boyları, istenilen suyu sağlayacak açık alan yaralamazsa, bu takdirde- filtre borusu üstteki ince kum seviyesine doğru uzatılabilir.

Şekil-14/ c durumundaki bir ortamda açılan kuyu, üstte yerleşen kaba kum seviyesinin taban noktasında sonuçlandırılmıştır. Böyle bir kuyu için, filtre borusu uzunluğu yaklaşık kaba kum seviyesi kalınlığının yarısı kadar seçilmeli ve teçhizin en alt kısmına, yerleştirilmelidir.

Uygulamalar, sıg. kuyularda UZUM filtre kullanımının ekonomik olmayabileceğini göstermiştir. Koyu için seçilecek filtre uzunluğu, ihtiyaç sahibinin ; elde. etmeyi, amaçladığı su miktarının kuyuya girişini sağlayacak, açıklık, alanı oluşturacak uzunlukta olmalıdır. "Bu seçimi yaparken su ihtiyacının zamana bağlı olarak artabileceği durumunda gözden kaçırmamak gerekir., Bir



Şekil 14. Çeşitli özellikteki akifer ortamlarındaki malzeme işiiflenmesi dikkate alınarak yapılan en uygun filtre tasarımı gösteren örnekler.

çok müteahhit, küçük mali kazançlar sağlayabilmek için,, kuyu sahibinin bugünkü veya gelecekteki gereksineneceği su ihtiyaçlarını ve .koşullarını gözöminde bulundurmaksızın filtre boylarında, kısıtlamalar yapmaktadır' lar. Bo tür davranışlar, kuyu sahiplerini bir çok açıdan olumsuz etkilemektedir.,

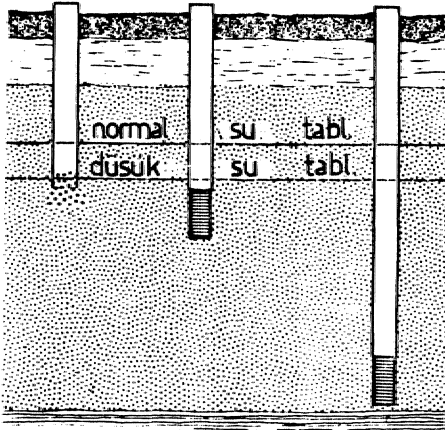
Bir çok tarla, çiftlik ve evsahiplerine ait kuyularda, bu tür yanlış, uygulamaların yapıldığı gözlenmiştir... Oysa, bo kuyularda, yeterli boyda filtre boruları kullanılmış olsa idi, kuyulardan daha fazla verim .elde edilmesi mümkün olabilirdi.

İsabetli bir seçimle, çok daha kısa. boyda bir filtre borusu ile, çok daha uzun boydaki bir filtre boyundan. elde- edilebilecek su kadar su sağlanabilir. Örneğin; 7-8ft. kalınlıktaki bir akifer ortamda açılan bir .kuyuda, 2ft. uzunlukta bir filtre yerine, 3ft. uzunlukta bir filtre borusu, kullanmakla, aynı miktardaki düşümle % 50 kadar' daha fazla su çekimi sağlanabilir. Oysa böyle bir kuyuda, filtre boyuou 4ft. olarak, seçmek, kuyudan sağlanan, verimde, 3ft. lik teçhize sahip kuyuya göre, sadece 1/3 oranında bir artış sağlanabilir.

Hatırlamalıyız İd., bir kuyuda verimin artırılması kuyu çapının geniş tutulmasıyla değil, kuyu filtre çapının geniş ve boyunun uzun tutulmasıyla mümkündür. Birçok durumlarda., filtre boyunun iki misline çıkarılmasıyla, koyu veriminde de iki kat artış sağlanabilmektedir. Bunun aksime kuyunun çapının 2 katına çıkarılmasıyla, kuyu veriminde sağlanabilecek artış oranı % 10-15 düzeyinde kalmaktadır. Tabiki, kuyu çapının seçimini denetleyen faktörler, koyuya indirilecek teçhizatın boyutları ve filtre ile kuyu cidarı arasında oluşturulacak çakıl zarfinin durumudur.

Şek.ii-15<sup>1</sup> de, sığ kuyularda kullanılacak filtrelerle ilişkin temel hususların karşılaştırması yapılmaktadır.

Şeklin .sol tarafında, sadece tabanı (çarık bölümü)açık sığ bir kuyu görülmektedir. Statik: su seviyesinin yüksek olduğu şartlarda, böyle bir kuyudan, 6 inç uzunlukta filtreye sahip kuyuya eşdeğer oranda, sı teinin, edilebilir. Ortada görülen koyu tasarımıyla, verimde 3 veya 4 kat. artış, sağlamanın yanında» kuyu içine, girecek, ince malzeme oran.mda.da, önemli azalmalar sağlanmış olur., Ancak, kurak mevsim şartlarında veya bölgedeki diğer kuyularda yapılan su çekimleri yüzünden, statik su seviyelerinde .meydana, gelecek düşüşlerde, bu iki. koşuldaki, kuyuda olumsuz yönde etkilenecektir. Şeklin, en sağında ise., sadece çarık bölümü açık olan kuyuya oranla, 20 kat daha fazla verini sağlayabilecek ve yukarıda bahsedilen, olumsuzluklardan etkilenmeyecek olan bir kuyu tasarımı, gösterilmektedir.



Şekil 15. Sığ kuyularda kullanılacak filtrelerle ilişkin temel hususların karşılaştırılması.

### SAĞLIK ÖNLEMLERİNİN KUYU TASARIMINA ETKİLERİ

Kuyu delik çapının, kuyu teçhizine oranla daha. geniş olma gerekliliği ve kuyu cidarını oluşturan, çaplardaki kaçınılmaz düzensizlikler yüzünden.»kuyu ekipmanlarının .kuyuya yerleştirme metodu ne. olursa olsun, teçhiz borusu ile, kuyu cidan arasındaki bölümde bazı boşlukların kalması kaçınılmazdır. Bu boşlukla", kuyu yakın çevresindeki kirletilmiş suların kuyuya girişini, kolaylaştırırlar.

Bu tür kirlilik etkisinin ortadan kaldırılması için, kuyu, teçhizi ile kuyo cidan arasında kalan boşluğun kuyu ağızından kuyo pompa seviyesine kadar olan bölümüne, kil veya su geçirmez diğer önlemlerle tecrit yapılmalıdır. Borada, ana ilke, akifer ortamdaki soyun olumsuz çevre, koşullarından etkilenmeden, koyuya, girişini sağlanmasıdır.

Suyun sağlık koşullarını sağlamaya, yönelik önlemler alınırken, daha önce tartıştığımız tasarım tekniklerinin gözardı edilmemesi gereklidir.,

Sağlık koşullarının sağlanmasına yönelik, kuyu tasarım tekniğine katılacak iki sorudan biri, kuyuya indirilecek kapalı borunun uzunluğunun ne olacağı., diğerinde, koyo üst bölümünde oluşturulacak kil tecrit boyutunun. ne olacağıdır.

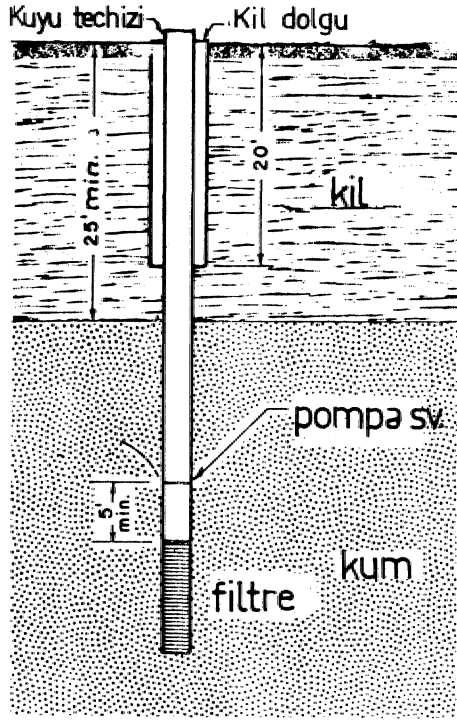
Örneğin, kumdan oluşan bir akifer ortamda açılan kuyuda, kapalı boru uzunluğu, kuyuya indirilecek pompa seviyesinin minimum 5 ft. daha altında olması gereklidir.

Şekil-16<sup>TM</sup> da görüldüğü, gibi., basınçlı akifer ortamda açılan bir kuyuda., kapalı borunun uzunluğu üstteki basınç sağlayan, seviye tabanından en az löft, daha. aşağıya kadar uzatılması gereklidir.

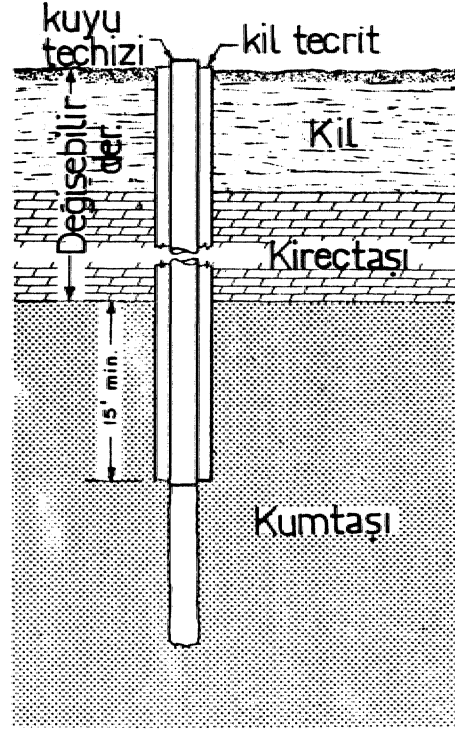
Şekil-17' de görülen ortamda açılan bir kuyuda ise, kapalı muhafaza borusu, kumtaşını üstten örten, seviyeleri katlettikten, sonra, kumlası içindedede en az !.5ft. daha uzatılmalıdır...

Kırık ve çatlaklı kaya. akiferlerde de, aynı. şekilde muhafazalama işleminin, belli bir 'derinliğe kadar yapılması gerekebilir.

Bu tür önlemlerin alınmasıyla, çevrenin olumsuz etkilerine maruz kalmadan, daha. sağlıklı ve kaliteli su temini amaçlanmaktadır.



Şekil 16. Şekilde görülen akifer ortam istiflemesine göre yapılması gerekli kuyu tecriti.



Şekil 17. Şekilde görülen akifer ortam istiflemesine göre yapılması gerekli kuyu tecriti

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Ground Water and Wells : Edward E. Johnson, Inc.Saint Paul, Minnesota.

Yeraltısuları (Hidrojeoloji): M.Kemal ERGUVANLI İ.T.Ü-1973-İSTANBUL.

# İçmesuyu

## İçmesuyu Kuyusu ve Borularının Dezenfeksiyonu

*Groundwater and Wells, Edward E. Johnson, Inc. Saint Paul, Minnesota.,*

Çeviren  
**Necla AKÇA**  
Jeoloji. YüLMüh.,

Kuyu açım işleminden sonra kuyunun tamamlanmasındaki en son. ve gerekli, bir adım; kuyuda bulunabilecek her türlü bakteriyi öldürmek amacıyla, kuyunun dezenfekte edilmesi işlemidir.

Koyuyu açarken ve geliştirirken kullanılan alet ve materyaller<sup>1</sup> kir ve bazı bakteri tipleriyle kirlenir. Böylece kuyunun inşa işlemi, boyunca, bu tür kirlenici maddeler yeraltına girmiş olur.

Sondaj borusu ve aletlerinde- biriken bu mikroplar, genellikle zeminde kuyu civarında yaşarlar. Bunlar esas olarak hastalık yapmayan zararsız tiplerdir..

Ancak, hastalık yapan bakteri olarak bilinen mikrop tipinin de bunlar arasında, bulunma olasılığı vardır. Koliform bakteri olarak bilinen bu. tip mikrop suda bulunduğu zaman, suyun ya insan yada hayvan atıklarıyla kirlendiğinin bir delili olarak değerlendirilir. Bunun anlamı ise şudur; su. hastalık yapan organizmaları içerebilir ki, bu organizmalar normalde insanın ve sıcak kanlı hayvanların bağırsak bölgesinde yaşamaktadır.

Kuyudan alınan su örneğinde yapılan test sonucunda, suyun koliform bakteri içermediği anlaşıldığında, bu suyun içilmek için uygun olarak düşünülür. Açım işlemi tamamlanan bir- kuyudan alınan su örneğinde, eğer koliform bakteri bulunursa, bu. suyun lağım atıklarıyla kirlendiği düşünülecektir. (Akiferdeki suyun, hijyenik olarak iyi standartta olduğu bilinse- bile,, bu sonradan kirlendiğini işaret eder).

Koliform bakteri., kuyuya pompanın, yerleştirilmesi veya pompadan dağıtım sistemine kadar birbiriyle ilişkili ünitelere (boru sistemine) değişik elemanların yerleştirilmesi sırasında da su sistemine- girebilir., Halta bu durum., kuyunun veya boru sisteminin, onarım ve bakımı için açıldığı her seferde de olabilir.. Çünkü sistemin herhangi bir parçasının açılması., yabancı bir materyalin sisteme girişi için. bir .fetat, sağlamaktadır. Bu nedenle de dezenfeksiyon gerekmektedir.

Kuyunun, pompanın., depolama tankının veya boru sisteminin dezenfeksiyon veya sterilizasyonu için kullanılan klor solüsyonu en basit ve en etkili maddedir. Bu amaçla yapılacak klorlama işleminde, solüsyon kalsiyum, hipoklorid, sodyum hipoklorid veya klor gazının suda eritilmesi suretiyle hazırlanabilir.

Kalsiyum hipoklorid, beyaz, ağırlık olarak % 70 oranında, klor içeren, granüler bir maddedir. Son yıllarda bu\* madde, tablet şeklinde, Pit-Tabs, HTH Tablet ve Chlor-Tabs adları altında piyasada, da satılmaktadır. Bu kimyasal maddeyi, klorlanmış kireç veya beyazlatıcı tozdan ayırt etmek için, kalsiyum, hipoklorid testi uygulamak gerekmektedir.

1 lb(=0.4536 kg) kalsiyum hipoklorid (%70 klor içeriği ile) suda çözündüğü zaman oluşan solüsyon, aynı miktar suda çözünen 0. 7 lb. iik klor gazı ile aynı oksitlenme gücüne sahiptir. Bir diğer ifadeyle,, 1.43 lb kalsiyum, hipoklorid suda 1 lb klor gazına eşit olmaktadır.

## İçmesuyu

### Kuyuyu Açarken Klorlama

Kuyunun açım işlemi sırasında, periyodik olarak yapılan dezenfeksiyoda, klorun daimi olarak uygulanması gerekmektedir. Uygun dozda, klor kuyuya, hergün verilebilir. Be, boruyu ve sondaj delme aletlerini çalışma devam ederken dezenfekte eder. Ayrıca, kuyuya çalkıl zarfı yapmak için konulan materyalin, kuyuya yerleştirilmeden önce, sterilize edilmesi de önemli bir konudur.

Kuyunun eo. son dezenfeksiyonu yapılmadan önce, depolama tankı ve boru. sistemi yapısının doğrudan temizlenmesi gerekir. Yabancı maddeler örneğin; sediman, toprak, yağ, pislik ve maden cürufu gibi, birikebilir ve bunlar bakteri, yaparlar. Bu nedenle, bunların uzaklaştırılması gerekmektedir.

Klor veya herhangi başka bir dezenfeksiyon maddesi, sadece kontakt halindeki bakterilere zarar verebilir. Ancak, bir doz kloru kuyuya, vermek, yeterli değildir. Kuyuda, solüsyonun suya tamamiyle karışması için, çalkalama yapılması gerekmektedir. Buna ilaveten, su seviyesinin üzerindeki tüm yüzeyler bol su ile temizlenmeli ve steril solüsyon ile yıkanmalıdır.

Uygun şekilde ve etkili bir dezenfeksiyon yapmak için, bir diğer önemli faktör de, klorlu solüsyonun, kontakt halinde bulunduğu sürenin ne kadar olduğudur. Kuyuda çalkalama, yapıldıktan sonra kimyasal madde en az 4 saat kalmalıdır. Hatta, tercihen bu süre daha fazla olmalıdır.

Daha derin kuyularda ise, klorlama, işleminin kuyunun tüm derinliğini tamamiyle kapsadığından emin olmak için. bazı özel işlemlere gerek, duyulur. Kolay uygulanabilir bir plan. ise, kuru. kalsiyum Mpokloridln delikli, ancak .her iki ucu kapalı kısa. boylu bir tüpe (gözleme için tüpün bir ucu, kabloya bağlanır) yerleştirilmesidir. Kuyuda, suyun tüm kalınlığı boyunca, tüpü aşağı-yukarı hareket ettirmek, suretiyle, bu kimyasal madde uygun olarak dağıtılmış olacaktır» Aynı alet, çalışan kuyuda kuyu dibine indirilebilir ve kuyu dibin-

de aşağı-yukarı hareket, ettirilerek yukarıya doğru olan akım sayesinde klorlu, su yukarıya taşınabilir..

Kuyuya, aletlerin ilk olarak yerleştirilmesi sırasında ve her tamir işleminden sonra,, pompa sistemi,, depolama, tankı, ve boruların kuyuda olduğu, gibi dezenfeksiyon edilmesi, gereklidir.. Bunu yapmak için, steril, solüsyon kuyudan tank ve boru sistemine pompalanır, Bu arada,, klorlu suyun tüm. tank ve borulara verildiğinden,, emin olmak gerekir.

Sistemde musluk, valf ve yangın musluğu, klor kokusu ortaya çıkıncaya, yani anlaşılınca kadar,, açık tutulmalıdır, Sonra solüsyon, depoda ve dağıtım sisteminde .2 saat veya daha fazla, süre bırakılmalıdır. Bu arada tankın tüm iç yüzeyinin solüsyon ile iyice ıslanmış olduğundan emin olmak gerekir.,

Dezenfeksiyonun etkili olup-olmadığını anlamak için,, çalışma bittikten sonra alınan su örneğinde» koliform bakterinin var olup-olmadığı test edilerek kontrol edilme.Hdir. Bu test. işleminde,, su örnekleri alınmadan önce kuyu çalıştırılmak ve bora sistemindeki tüm klorun yıkanmak suretiyle uzaklaştırıldığından emin olunmalıdır... Örnekler,, Laboratuvar tekniklerine uygun, olarak, tüplerde- biriktirilmelidir.

Pompanın veya boru. sisteminin tamiri nedeniyle, yağ, toprak, veya toz parçaları ile boruların kirliliği, su testlerinde koliform bakterinin, çıkmasına, neden olur. Kuyu da, suyun temiz çıkmasına rağmen, dış etkenler nedeniyle kirliliği çıkmış olur.

Kuyu. ve- kuyu ekipmanlarını klorlamak, kuyuyu ve kuyu ekipmanlarını yapım ve- onarım, safhalarında kuyuya girecek her türlü geçici .kirlenmeden ve bunun etkilerinden uzak tutar. Burada, tanımlanan ve anlatılmak istenen şey,, su kaynaklarının bu kirlilikten uzak tutulmayacağıdır. Ancak yine de, kum ve çakıldan oluşan afciferlerdeki yeraltısuyu., doğal olarak iyi hijyenik niteliklere sahiptir. Kuyunun açımı veya. onarım esnasında ve sonrasında yapılan klorlama işlemi, kuyunun tamamlanmasında gerekli olan, bir basamaktır.

## İçmesuyu

Klor solüsyonunun şiddeti, etki derecesi genellikle ppm (milyonda bir) ile ifade edilir. Örneğin; 10 ppm'lik solüsyonun anlamı, 10 lb .itanın 1 milyon lb suya orandır. Kuyuya ve kuyu yapısındaki materyalleri sterilize etmek içkryaygını olarak, solüsyonun eflri derecesine göre- 50 le 200 ppm'e kadar o t o klor sdüşyonlan kullanılmaktadır. Çizelge I değişik, konsantrasyonla \* 100 gal (100L=21597 gal veya 10öb=26/117 US gal) sterilize solüsyon hazırlamak-için gerek duyulan kalsiyum hipoklorid miktarlarını göstermektedir.

*Çizelge 1. 100 Gal klor solüsyonu hazırlamak için gerek duyulan materyal*

İstenen klor derecesi j	Klor, lb	Kuru kalsiyum Iiipo klorid, lb
50 ppm	0.05	0.07
100ppm	.10	.14
150ppm	.15	.,20
200ppm	.,20	30
300ppm	.25	.40
400ppm	35	.50

Kuru kalsiyum hipoklorid oldukça, stabil bir materyaldir. Fakat zaman, içinde mevcut klorun bir kısmını yavaş yavaş kaybeder. Uygun şekilde paket edildiği ve serin yerde depolandığı zaman, metim, tarihinden itibaren 1 yıl sonra da % 90' klor içeriğini koruyabilir.. Eğer bu kimyasal, madde nemlenirse, oldukça'korozif olur ve klora daha hızlı kaybeder.

### Sodyum Hipoklorid

Sodyum hipoklorid. stabil olmayan kimyasal bir bileşik olduğu için sadece solüsyon formunda bulunur. Marketlerde satılan hemen hemen bütün çamaşır beyazlatıcı solüsyonlar, suda çözünen, sodyum hipoklorididir. Bunlar yakıcı (aşındırıcı) soda solüsyonuna doğrudan. klor<sup>1</sup> gazı kaulmasıyla. hazırlanır. Bu solüsyon kloru belli bir oranda kaybeder., böylece en iyi koşullarda depolanmasına, rağmen. 6' ay sonra solüsyonun % 10'u dayanımının yarısını kaybedecektir., Bu nedenle, 60 günden sonra solüsyonların, orjinal .halindeki klor

miktarının tamamını hala içerdiğinin düşünülmemesi gerekir.

Sodyum; • hipoklorid solüsyonları çeşitli yerlerde ve farklı üreticiler tarafından farklı etki. derecelerinde (şiddetlerde) yapılmaktadır. Klor içeriği, olarak maksimum % 20 öngörülmektedir. En fazla, yaygın olanı ise,, % .5 klor içeren ve evlerde kullanılan beyazlatıcı tipidir.

Çizelge 2, kuyu ve pompalan dezenfekte etmek için kullanılan çeşitli konsantrasyonlarda 100 gal steril solüsyon hazırlamak için gerek, duyulan likid beyazlatıcı miktarlarını göstermektedir.

### Çizelge 2. Sferil solüsyonun nitelikleri

İstenen klor derecesi	Farklı derecelerde bayazlatıcı nitelikleri (100 gal so. için)			
	%5	%7	%10	%15
50 ppm	0,4	0,3	0,2	0,1
100ppm	0,8	0,6	0,4	0,2
150ppm	1,2	0,9	0,6	0,3
200ppm	1,6	1,2	0,8	0,4
300ppm	2,4	1,7	1,2	0,6
400ppm	3,2	2,3	1,6	0,8

Dezenfekte solüsyonları suya. doğrudan klor gazı kaulmasıyla, da hazırlanabilir. Klor suda erir ve hidroklorik asit ve. hipoklarlu karışım oluşur.. Bu sırada suyun pEF ı düşmüş olur ve bu da solüsyonun, dezenfekte hareketini hızlandırır. Büyük su. iletim hatlarının dezenfeksiyonu için, .fazla miktarda steril solüsyon hazırlamanın dışında. Mor gazının kullanımı uygun değildir ve hipokloridler burada açıklanan amaç için daha fazla olarak kullanılmaktadır.,

Yaklaşık 100 ppm Mor<sup>1</sup> içeren solüsyonun, kuyu ve boru sistemlerinin strelizasyonu için kullanılması daha uygundur, kuyuda bu konsantrasyonda klor elde edilebilme için,, .koyuya kuvvetli bir solüsyon, verilmesi gerekir<sup>1</sup> ki, böylece bunun kuyuda karışımı ile yaklaşık. 100 ppm. klor elde edilebilir..



# *Kaya Mekaniği*

## Kaya Mekaniği Öğretimine İlişkin Rapor

*im J Mock Mech.Min.Sci and GeomechAbstr.Vol20, no A, 1933*

Çeviren

**Mustafa KARABIYIKOĞLU,**  
MTA. Genel Müdürlüğü, ANKARA

### 1. ARAŞTIRMAYA GELEN YANITLARIN ÖZETİ:

Kaya mekaniği öğretimi konusunda yapılan ilk araştırmaya (1978-1979) toplam 104 yanıt alınmış ve bu komi.syo.ii tarafından incelenmiştir. Yanıtlar hemen hemen eşit olarak maden ve inşaat mühendisliği bölümleri veya enstitüleri arasında dağılmıştır. Mühendislik jeolojisi, petrol mühendisliği ve jeoloji bölümleri de bu araştırmada temsil edilmiştir. (Kısa olarak hazırlanmış ek bir form'a 1980 yılında, ilave yanıtlar da alınmıştır; ancak bu form. Bölüm, l'de sunulanlara veri sağlayacak düzeyde ayrıntılı değildir) aşağıdaki paragraflar bu ilk araştırmaya gelen, bazı yanıtları özetlemektedir.

#### 1.1 Ulusal Gruplar Kapsamında Yanıtların Sayısı

1. Avustralya	12
2, <b>Avusturya</b>	3
3. Arjantin	1
4. Belçika.	4
5. Brezilya	3
6. Kanada	15
7. Federal Almanya Cumhuriyeti	7
8. Finlandiya	1.
9. Fransa.	5
10. italya	1
.11... Japonya	7
12. Hollanda	1
B.YeüZeüanda	1

14. Norveç	1
15. Polonya	3
16. Portekiz	2
17. İsveç	2
18. İngiltere	5
19.A.BD.	26
20. Yugoslavya	5

1.2. Lisans, Mühendislik Diploması, Master veya Doktora Programlarında Jeoteknik Mühendisliğinin (Kaya Mekaniği, Mühendislik Jeolojisi ve/veya Zemin .mekaniği) Asıl Yoğunlaşma. Alanı Olarak. Sunulduğu Derece Programları Jeoteknik. mühendisliğinin verildiği bir derece programında ulaşılan en üst düzey, aşağıdaki, gibi rapor edilmiştir:

Doktora (PhJ>.)	54	(% 52)
Master	15	(%14)
Mühendislik Diploması	11	(% i 1 )
Lisans	7	(%7)
Hiçbiri	17	(%16)
Toplam	104 enstitü	(%100)

1.3 nolu bölümde tartışılacağı, üzere» doktora (PhJ>.) programları veren 54 enstitünün yaklaşık olarak yarısı başlıca kaya mekaniği konusunda yoğunlaşmaktadır.

1.3 Kaya Mekaniğine ilişkin Yaygın Programlar Jeoteknik Mühendisliği konusunda doktora, programı be-

## Kaya Mekaniği

lunan 54 enstitünün yaklaşık olarak yansı kaya mekaniği konusunda da yaygın bir program sunmuşlardır. BUDUO sonucu olarak son 8 yılda öçten fazla kaya mekaniği doktora tezi olmak üzere, Master veya Mühendislik Diploması (Diploma Engineer) düzeyinde her yıl en. azından 80 saattik kaya mekaniği dersi (yaklaşık olarak 2. dönemlik kaya. mekaniği kursu) gören dörtten fazla öğrenci mezun etmişlerdir;.

24 enstitünün 21i (%87.5) kaya mekaniği öğrenim programının bir bölümü olarak,, zemin mekaniği (soil mechanics) ve mühendislik jeolojisi kurslarından her ikisinin, de alınmasının istenildiğini veya tavsiye edildiğini, belirtmişlerdir. (Diğer 80 enstitünün daha. düşük orandaki bir bölümü ise (%63), kaya mekaniği öğretim programının gereği, olarak, zemin ve/veya mühendislik jeolojisinin istenildiğine veya tavsiye edildiğine işaret etmişlerdir.)

Kaya mekaniği konusunda yaygın master ve doktora, programlarına sahip 24 enstitünün yaklaşık olarak % 25-40\*1, çoğunlukla lisans düzeyinde jeoteknik programı içermekle beraber, 'bu düzeyde çok az, kaya. mekaniği öğretmektedirler..

1.4. Kaya. Mekaniği, Zemin Mekaniği, ve Mühendislik Jeolojisi arasındaki etkileşimin miktarı ve daha fazla, etkileşime olan gereksinim kaya mekaniği,, zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisinden oluşan bu üç jeoteknik disiplini arasındaki etkileşimin önemine, yanıt verenlerin pek çoğu tarafından değinilmiştir.

% 40: Programlar' önemli ölçüde disiplinler arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşime gerek duyulmadı.

% 38: Programlar önemli ölçüde disiplinler .arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 19: 'Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşimden yoksun; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 3: Programlar önemi ölçüde disiplinler arası- etkileşimden yoksun;'daha fazla etkileşime gereksinim duyulmadı.

Komisyon üyeleri yanıtları irdelediğinde, bu. yanıtların olduğundan daha. fazla bir düzeyde disiplinler arası bir etkileşimin varlığını belirtmeye yönelik olduğu-

nu, bunun da olasılıkla, belirli bir düzeyde yanıtlayıcıları ortaya koyduklarından zi.ya.de. hedeflerini yansıttığını gördüler.

Pek çok yanıtta ter jeoloji bölümü ile bir mühendislik bölümü .arasındaki jeoteknik program eşgüdümünün zorluğuna değinildi; bazı örneklerde jeoloji bölümünün mühendislik uygulamalarına çok az ilgi duyduğuna dikkat çekildi, Madencilik programındaki kaya mekaniği ve mühendislik programındaki zemin mekaniği .arasındaki eşgüdüm sorunlarına da değinildi. Diğer yandan, inşaat, mühendisliği programlarının pek çoğu kendi zemin mekaniği ve kaya mekaniği, programlarının birleştirildiğini belirtti. Örneğin kaya ve zemin şevlerinin, duraylığı veya zemin ve kayalarda tünel açmaya ilişkin kurslar verilmesi gibi,, Kaya mekaniğinde geliştirilen kavramlar, zemin, mekaniği temel mühendisliği grupları oda geliştirilmiş, jeoteknik programları ile bütünleştirilmektedir. Pek çok. ülkede arzo edilen durum, hem zemin, hem de kaya mekaniği sorunlarının üstesinden gelebilecek, eğilimi almış bulunan jeoteknik mühendisleridir..

Bu. durum, sert. kaya ve yumuşak zemin arasındaki dokanağın çok belirgin olduğu bazı İskandinav ülkelerinde biraz daha farklıdır. Bazı İskandinav inşaat mühendisliği grupları, hemen, hemen bütünüyle, kaya sorunlarına konsantre olmuşlardır. Dünyadaki madencilik. bölümlerinin pek çoğu da, zemin mekaniği, programlan. geliştirmeksizin, kaya mekaniği konusunda konsantre olmuşlardır.

Bazı üniversitelerde,, maden ve inşaat mühendisliği arasında daha fazla etkileşime açık bir eğilim/gelişim vardır. Örneğin önde gelen bir üniversitenin maden mühendisliği,, inşaat mühendisliği ve mühendislik jeolojisi bölümlerinin her birinde, gruplar (bölümler) arasında önemli etkileşimin de sağlandığı, aynı kaya mekaniği programları vardır; diğer bir üniversitede ise- inşaat ve maden mühendisliği, bir bölüm (department) altında toplanmıştır. Ana programları bir alana (konuya.)<sup>1</sup> yönelik diğer üniversiteler, diğer alandaki, (konudaki) bazı sorunlar üzerinde de .araştırma, yapmaktadırlar. Örneğin, önde gelen bir inşaat mühendisliği bölümü,, bir yöredeki sübidans ve bunun burada bulunan terkedilmiş kömür ocakları, içi yapılarındaki etkileri üzerine de arazi ölçümleri, yapmaktadır.

## Kaya Mekaniği

### 1.5. Kaya Mekaniği /Zemin Mekaniği Öğrencileri İçin Önerilen veya Öngörülen Jeoloji Arazi Kursu

Enstitülerin pek çoğu öğrencilerinin herhangi bir öğrenim dönemi, sırasında jeoloji arazi kursu almalarını önermekte veya gerekli görmektedir. 104 enstitüden 9'u jeoloji arazi kursunu gerekli görmemekte veya önermemektedir. ilginçtir ki bu 9 enstitüden 5 tanesi doktora (Ph.D.) düzeyinde yoğun kaya mekaniği programı içeren 24 enstitü arasında yer almaktadır. Diğer bir deyişle, kaya mekaniği konusunda, ileri düzeyde yoğun programlar içeren 24 enstitünün % 82'si jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür. Öte yandan diğer 80 enstitünün, %95'i jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür.,

#### 1.6. Endüstri ile işbirliği

Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar aşağıda, özetlenmiştir (Çizelge 1). Yanıtlayıcıların pek çoğu 2 veya 3 .alanda, işbirliğine dikkati çektiler.,

Endüstri ile işbirliği (Çizelge 1) a, b ve c alanlarında en. yüksek düzeydedir. Enstitülerin % 50'ye yakın, bir

bölüm! endüstri ile- önemli veya orta derecede işbirliği yapmaktadır..

104 enstitüden 21. tanesinin (% 20'si bazılara™ endüstride çalışan- öğrencileri olmasına rağmen) endüstri ile fakülte bazında doğrudan ilişkisi az ile çok az arasında olmuştur; Bo enstitülerden Tsi doktora programı vermektedir. Doktora programları sunan 54 enstitünün endüstri ile 5- alanın her birinde olan ilişkisi, doktora programları sunmayan enstitülerin ilişkileri ile aynı derecede olmuştur, 24 enstitü endüstri ile daha fazla ilişki kurmaya gereksinme olmadığını belirtmiştir. Bu "Hayır" yanıtı, veren. 24 enstitünün 14'ü, 2 veya 3 alanda endüstri ile büyük ölçüde işbirliği yapmıştır. Diğer 8'i ise en azından, bir alanda olmak üzere büyük ölçüde işbirliği yapmıştı. Böylece "Hayır" yanıtlarının en azından. üçte ikisi (2/3),, endüstri ile işbirliği konusuna ilgi göstermemekten ziyade, yeterli bir düzeyde işbirliği görüşünü, ortaya koymuştur.

#### 1.7 .Mezunların İstihdam Alanları

Aşağıdaki Çizelge 2 jeoteknik programlarından mezen olan öğrencilerin istihdam edildikleri alanları göstermektedir..

Çizelge 1, Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar.

	Yanıtlayıcıların sayısı	
	Önemli-orta. düzeyde ilişki.	Daha fazla, ilişkiye gereksinme
a. Laboratuvar .araştırması yapanlar	44 (<%42)	8 (%8)
b. Mühendislik projelerinde arazi çalışması yapanlar	49 (%47)	8 (%8)
c. Endüstride "part time" çalışan öğrencileri olanlar	37 (:%36)	9 (%9)
d. Endüstri ile "part time" bazında fakülte ilişkisi	13 (%12)	12 (%11) •
e. Danışman servisler-uzman tavsiyesi	53 (%53)	9 (%9)
f. a,b,d,e alanlarında "az", "çok. az" ilişki yanıtı verenler		21 (%20)
g. Fazla ilişkiye gereksinimi "yok "yanıtı verenler		24 (%23)
h. 'Fazla, ilişkiye gereksinmeye "evet" yanıtı verenler		23 (%22)

## Kaya Mekaniği

**Çizelge 2. İstihdam Editmiş Mezunların Yüzde Oranları**

İstihdam alanı	Lisans (%)	Master (%)	Doktora. (%)
Madencilik Firmaları	21	27	9
İnşaat Mühendisliği			
Tasarım Firmaları	18	14	6
İnşaat Firmaları	13	22	41
Saha Etkinlikleri	—	43	22
Danışmanları	10	7	12
Araştırma	2	8	17
Üniversite Öğr.Gör.	0	3	14
Devlet Kuruluşları	16	5	8
Mühendislik Dışı ve Diğer	20	17	10
Öğrencilerin Top. Sayısı	1360	1266	76

**Çizelge 3\* Yanıt Veren Enstitülerin Sayısı**

Lisans düzeyinde verilen ve içeriğinin % 20'den fazlasını kaya. mekaniği oluşturan kursların sayısı	Enstitülerin toplamı	En azından 20 saatlik kaya mekaniği dersi okuyarak mezun olan lisans öğrencilerinin yıllık, mezun sayısı					
		0	1-4	4-8	8-15	15-30	30'dan fazla
0	17*	17	0	0	0	0	0
1	14	2	1	2	7	1	1
2	13	2	2	4	5	1	6
3	14	0	1	1	1	5	7
<b>Toplam enstitü sayısı</b>	<b>63</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>14</b>
En azından 20 saatlik .kaya mekaniği, dersi olan öğrencilerin yaklaşık toplam sayısı	800	0	10	24	143	154	500

\*Bu 17 Enstitünün 10 tanesi ne: zemin mekaniği., ne de kaya. mekaniği konusunda Esans programları vermiştir. 7 tanesi, kaya mekaniği, ve jeoteknik programları, vermiştir. 17 örneğin 10'u ise kaya mekaniği konusunda master ve doktora (Ph-D) programları vermektedir.

Jeoteknik bölümü lisans ve master mezunlarının sayısal dağılımları çok benzer özelliktedir. Bu öğrenciler, madencilik (% 21-27) ve tasarım-danışma-inşaat firmalarında yoğunlaşmışlardır (% 41-43). Tahinin edileceği gibi, doktora, öğrencileri öğretim. (% 34) ve araştırma (% 17) ile az düzeyde madencilik (% 9) ve tasarım-danışma-inşaat (%22) alanlarında yoğunlaşmaktadır.

### 1.8. Kaya. Mekaniği İçeren Lisans Programları

Bu araştırmanın, hedeflerinden birisi de lisans düzeyinde öğrencilerin temelinde kaya .mekaniği okutulması konusunda yapılan uğraşları saptamaya yöneliktir. Bu

aşamada .ağırlık kaya. mekaniği uzmanları yetiştirmek-ten ziyade, öğrencilerin kendi seçtikleri çalışma alanları ile bütünleştirebilecekleri düzeyde kaya. .mekaniğine: ilişkin genel, bilgiler sağlanmasına yönelik olmalıdır.

65 üniversite ve enstitü Bakalorya (B.S.) ve Master (M.S.) dereceleri verdiğini bildirmiştir- (mühendislik diploması sistemi uygulayan Avrupa, üniversiteleri bu kategoriye dahil, edilmemişlerdir),

Yukarıdaki sonuçlar (Çizelge 3) lisans öğrencilerinin önemli bir bölümünün kaya mekaniği konusunda bazı genel bilgiler aldığını göstermektedir.

## Kaya Mekaniği

Çizelge 4... Aşağıda gösterilen düzeyde kaya mekaniği çalışması yapan enstitülerin sayısı ve yüzdesi.

	Başlıca Lisans düzeyinde	Başlıca Master düzeyinde'	Hem Master hemde lisans düzeyinde	Başlıca " Mühendislik Diploması	Toplam
Madencilik.	13 (%33)	3 (% 8)	14 (%36)	9 (%23)	39(%100)
İnşaat Mühendisliği	8 (%20)	10 (%26)	14(%36)		39(%100)
Jeoloji	4(%19)	8(%38)	2(%33)		21(*100)
Toplam enstitü sayısı					99

1.9. Maden, inşaat Mühendisliği ve Jeoloji Programlarının Düzeyinin Kıyaslanması

Yukarıdaki Çizelge 4 lisans düzeyinde kaya mekaniği, öğreten madencilik bölümlerinin (%33), inşaat, mühendisliği bölümlerinden (%20) önemli derecede fazla olduğunu göstermektedir.

1.10. ISRM (Uluslararası Kaya Mekaniği Kurumu) komisyonunun Kaya. Mekaniği Öğretiminde Yardımcı olabileceği Durumlar/Yollar;

Soruları yanıtlayanlardan pek çoğu tipik, kurs programlarının, zamanlamasına ve içeriğine ilişkin kopyalarının ISRM tarafından dağıtılmasını istemektedir. Bunlardan bazıları maden mühendisliği, ve inşaat, mühendisliği gibi farklı disiplinler için tipik müfredatların hazırlanmasını önermiştir. Bu komisyon diğer üniversitelerde uygulanan kaya mekaniği, kurslarının ve programlarının bazı örneklerini sergileyerek bu yorumlara katkıda bulunmuştur.

### 2.KAYAMEKANİĞİKONUSINDAKİ KURSLARIN VE METİNLERİN ÖRNEKLERİ

Kaya. Mekaniği Öğretimi Komisyonu, çeşitli üniversitelerde uygulanan kaya. mekaniği kurslarının genel hatlarını esas alarak genel kurs örnekleri düzenlenmiştir. Bu örneklerin, amacı, öğretmene kendi kurs programını geliştirmede yardımcı olabilecek fikirler sağlamaktır. Bu genelleştirilmiş örnekler, kaya mekaniği kursu, içeriğine ilişkin resmi önerileri temsil etme eğilimi taşımamaktadır. Kaya mekaniği kurslarında kullanılan metinler araştırma formlarında verilen yanıtlardaki bilgilerden özetlenmiştir. Bu ders notlarının bazıları sa-

dece yerel olarak bulunmakta, diğerleri, ise daha geniş bir kitleye ulaşabilmektedir. Kaya. mekaniği, kurslarının pek çoğunda periyodik dergilerdeki ve bildiri kitaplarındaki yayınlar da referans olarak kullanılmaktadır.

2.1. Kaya Mekaniğine Giriş konusunda Lisans Düzeyindeki Uygulamalı Jeoteknik Mühendisliği Kursu,, Genel İnşaat. Mühendisliği Bölümü Müfredatı: 40 saatlik ders,,

Önkoşul: Zemin ve kaya mekaniği özelliklerine giriş kursu (temel ağırlık zemin konusunda)

1. Jeoteknik mühendisliğindeki uygulamalı sorulara giriş bu soruların zeminin ve kayanın dayanımı, sıkışabilirliği geçirgenliği gibi özellikleri ile ilişkisi»

2. Proje üzerinde önemE zemin ve kaya ocellMeriinin. indeksnmesL

2.1. Zemin özellikler.

2.2... Kaya özellikleri.: sağlam, (intact), eklemli, ve kaya kütlesi özellikleri: Karot çalışması; arazi gözlemleri,

3. Sömerlerin/ayak temellerinin, girişlerin/merteklerim ve kazıkların tasarımı.

3.1. Temellerin tipleri..

3.2. Kil üzerindeki temeller.

3.3. Kum üzerindeki temeller.

3.4. Diğer zemin türleri üzerindeki temeller,

3.5. Kayalar üzerindeki temeller ve kaya kütlelerinin sığatolliâif.i.

4. Yer basınçları (earth, pressure) ve zemindeki istinat duvarlarının ve destekli yarmaların tasarımı.

4.1. Yerbasıncı kuramı.

4.2. İstinat duvarları.

4.3.. Destekli kazılar.

4.4.. Sudan arındırma (dewateiing).

4.5. Zemin hareketleri (ground movements) ve hasar.,

5. Kayanın makaslama dayanımına ve kaya yarmafaniMin tasarımıma giriş.

5.1. Kayadaki zayıflıklar boyunca makaslama dayanımı,

5.2. Bir kaya yarmasındaki duraylılığm analizi...

5.3. Destek (tahkimat) sisteminin analizi,

## Kaya Mekanikliği

- 5.4. Kazma ve patlatma işlemleri.
- 5.5. Birleşik kaya ve zemin yarmaları.
6. Toprak ve kayalardaki şev duraylılığı (slope stability) sorunları -na giriş.

- 6.1. Analiz yöntemi.
- 6.2. Duraylılığı etkileyen faktörler.
- 6.3. Kontrol yöntemleri
7. Zemin "ve kayalarda" tünel ve yeraltı yapılarına giriş.
  - 7.1. Tünel zemini sınıflaması.
  - 7.2. Zeminde, tünel açma: kazma ve destekleme yöntemi.
  - 7.3. Yüklemeler.
  - 7.4. Hareketlerin kontrolü.
  - 7.5. Kayalarda tünel açma: Kazma ve destekleme yöntemleri.
  - 7.6. Yüklemeler ve ön destek (ilk tahkimat).
  - 7.7. Kaplamalar.

### 2.2. Master Dizeyi Kaya Mekanikliği Kursu: inşaat Mühendisliği Bölümündeki Genel Jeoteknik Mühendisliği müfredatı.

**Bilinci dönem: Kaya davranışı (rock behavior), yüzeyde ve yüzey yakın alanlarda inşaat konularının uygulanması: 40 ders saati.**

Önkoşul: zemin mekaniği kursu ile birlikte mühendislik jeolojisi kursuna da kayıtlı olmak.

1. Jeoteknik uygulamalarda kaya mekaniği konusuna giriş: Genel bakış..

2. Kaya özellikleri.
  - a. Kaya Sınıflandırılması, kaya örneğinin, kaya akarsu özelliklerinin özellikleri.
  - b. Karot alımı ve değerlendirme..
  - c. Sert kayalar için laboratuvar indeks testleri, ve sınıflandırmaları... Tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımı, elastik modüller, hız, sertlik.
  - d. Sondajlarda yapılan indeks testleri..

e. Kayanın gerilim-birim deformasyon dayanım özellikleri: Kaya yenilmesi kuramları, üç eksenli özellikler (triaxial properties), üç boyutlu gerilim durumu.

f. Zayıf kayanın özellikleri: 1. Tuzda krip (akma) (salt creep), kil akması, bozunmuş kaya. 2. Şeyherin ve bozunmuş kayanın şişmesi» suda dağılılılığı ve sıkışabilirliği,

3. Kaya kütlelerinin sıkışabilirliği.

a. Soranların, çeşitleri: barajlar, yapılar, basınç tünelleri,, kaya-tahkimat etkileşimi.

b. Elastik teorisi: denge,, uyuşma/bağdaşma, gerilim-birim deformasyon ilişkileri, sınır koşulları..

c. Bir tüneldeki iç basınç nedeniyle gelişen yer değiştirmeler (displacements) ve gerilimler.

d. Elastik bir yarım-mekandaki (elastic: halfspace) yükten dolayı görülen yer değiştirmeler ve gerilimler.

e. Yerinde (in situ) sıkışabilirliğin saptanması.

!. Yerinde sıkışabilirliğin Laboratuvarda tayin edilen elastisite modülü kaya kalitesi,,, sismik modülite ve eklem sıklığı ile (joint stiffness)

ilişkisi.

2. Yerinde yapılan, testler.

3., Kayalarda, oluşturulan temellere ilişkin, saha sorunları.

f. Sıkışabilirlik sorunlarına örnekler, yumuşak ve sert kayalar.

4. Kaya kütlelerinin gev duraylılığı.

a. Şev duraylılığı sorunlarına giriş, gevlerin değerlendirilmesi ve şevlerin değerlendirilmesine ve tasarımına yaklaşımın genel hatları. Araştırma, analiz tasarım seçimi, gözlemler, çareler (iyileştirici önlemler).

b. Süreksizliklerin makaslama dayanımı;

1. Kav anı nı artık makaslama dayanımı

2. Düzensizliklerin etkisi: Doruk dayanım (peak-straight), yer değiştirmeler.

3. Eklem dolguları, artık dayanım, donuk dayanım, düzensizliklerin etkisi

c. Şev duraylılığı (stabilitesi) analizi:

1. 2D-boyutlu limit, denge yöntemi..

2. Üç boyutlu limit, denge- yöntemi.

3. Yeraltı suyunu etkileri, pasif reaksiyonlar, destek, (tahkimat).

4. Emme faktörlerinin güvenlik katsayısının ve dayanımların seçimi,

d. Şevlerin tasarımı: örnekler; kaya yarmaları,, heyelanlar, açık maden işletmeleri barajlar.

e. Araştırmalar, gözlemler ve aletler ile yamaç ölçümleri.

**İkinci dönem: Yeraltı yapılarının inşaatı, kaya kazıları ve destekleri konusuna ağırlık: 40 ders saati**

Önkoşul: Kaya mühendisliği bilinci dönem, kursun. izlenmiş olmak,

1. Giriş: Yeraltı inşaatları ve tünel açma sorunlarına genel bakış.

2. Yeraltı kazılan çevresindeki kayaların davranışı.

2.1. Tünel yeri koşulları ve bunların kaya indeks özellikleri ile ilişkileri.

2.2. Yeraltı kazılarda gerilim durumu; ölçme teknikleri ve sonuçları..

2.3. Dairesel biçimli açmalar (circular openings) ve dairesel olmayan açılmalar çevresindeki elastik gerilimler.

2.4. Kaya patlamaları ve gerilim sorunları.

2.5. Kazılar çevresindeki elastik gerilimler ve yer değiştirmeler.

2.6. Gevşeyen zemin, sorunları ve katmanlaşmanın, eklemelerin ve makaslama zonlarının gerilim, üzerindeki etkisi ve açıklıklar çevresindeki yer değiştirmeler ve duraylılık.

2.7. Yeraltı açıklıklar çevresindeki ezilme, krip (akma) davranışı.

2.8. Açıklıklar çevresindeki ufanmalar ve şişmeler.

2.9. Açıklıkların duraylılığı üzerinde: yeraltı, suyunun etkileri.

2.10. Açıklıklarda ortaya çıkan gazlar.

3. Kaya yamaçları ve dik duvarlar için kazı ve destekleme işlemleri.

3.1. Destek tipleri desteklerin seçimi.

3.2. Kazı işlemleri: patlatmalar, kontrollü patlatmalar; titreşim kontrolü.

3.3. Kazıda izlenecek sıra ve yakındaki yapıların de »tekleme s i (korunması).

## Kaya Mekaniği

- 3.4. Kaya yarmalarının taşınımı ve performansı.
4. Tünellerin açılması ve desteklenmesi.
  - 4.1. Destekleme sistemlerinin seçimi, ta&annu ve işlerliği: Kaya saptamaları, tıkaçlar ve çelik örgüler/kafesler, beton ve beton dolgulama; kaya iie destek mekanizması arasındaki etkileşim, nihai kapasite (ultimate capacity) ve gözlenen performans.
  - 4.2. Tünel içindeki patlatmalar.
  - 4.3. Tünel tavanlarının desteklenmesi ve kontrolü
  - 4.4. kazı ve destekleme aşamaları.
  - 4.5. Tünel açma makinaları, ilerleme» çamurlu kazı malzemesinin (tünelden) dışarı taşınması ve değişik zemin koşullarındaki destekler.
  - 4.6. Zemin/Karma aymada (mixed face) tünel açma .
  - 4.7. Ye ralli suyn denetimi.
  - 4.8. Aletli ölçümler.
  5. Büyük açıklıkların kazısı ve desteklenmesi.
    - 5.1. Kazı işlemi sırası ve inşaat, yöntemleri..
    - 5.2. Derindeki boşluklar- (odalar): izlenen performans ve tasarım.
    - 5.3. Sığdaki (yüze yafan) boşluklar izlenen performans, ve- tasarım.
    - 5.4. Oda-topuk olanakları: Topukların ve; tavanların tasannu ve performansı..
  6. Bir projenin planlanması ve uygulanması,
    - 6.1. Araştırma ve Tünel açma koşullarının araştırılması ve yapım öncesi hesaplan.
    - 6.2. Spesifikasyonlar ve kontrat ilişkileri..
    - 6.3. inşaatın kontrolü ve gözlemler. •
- 2.3. Jeoteknik Mühendisliğinde Master Kursları: Maden ve İnşaat Mühendisliği bölümleri.,  
Kaya dayanımı ve yenilmesi: 18 ders saati..
  1. Giriş: Mühendislik uygulama.niala.onda karşılaşılan kaya dayanımının doğası ve büyüklüğüne ilişkin sorular. Tanımlamalar ve kavramlar-çatlak (fracture), dayanım (strenght), yenilme (failure), yenilme (yield) gevrek/kırılgan (brittle) ve sünümlü (ductile) davranış.
  2. Kaya. malzemesinin davranışı. Yan statik tek eksenli sıkışma. lesti-uç koşulların etkisi, örnek, hazırlaması, boyutu ve biçimi.
  3. Gorfenmiş/gömüfir davranış üzerinde test sistemi sıklığının etkisi-yumuşak, sert ve servo kontrollü test makinaları.
  4. Laboraluarda tek eksenli sıkışma testinde (uniaxial compression) kaya. davranışı üzerinde gözlemler gerilim-birim deformasyon eğrileri ilerleyen iki. karakterdeki kırık oluşumu, mikro yapının etkisi.
  5. Çok eksenli sıkışma testleri-test yöntemleri, <y^ ve o^ün doruk dayanım üzerindeki etkisi.
  6. Üç eksenli sıkışmada deformasyonun me.kanizması gerilim-birim deformasyon davranışı,, hacımsal birim deformasyonlar (volumetric strains). Sıcaklığın etkisi.
  7. Sıkışmada kayacın zamana-bağımlı (time-dependent) davranışı-hi rim deformasyon hızının, kripin, uzun ve kısa dönemli gerilim-birim defoımasyon eğrilerinin etkisi.
  8. Kayanın çekilme 'dayanım-doğrudan ve dolaylı çekme testleri..
  9. İzotropik. kaya. malzemesi, için kopma ve yenilme kriterleri (failure and yield criteria.), Toplam efektif gerilim, kriteri, Coulomb ve

Mohr kriterleri..

10- Kopma, ve yenilme kriterleri (devamı)-yenilme, kriteri (von Mises, genişletilmiş von Mises, v.s.). ampirik dayanımı kriteri ve buula-nn fcaayaçlara uygulanabilirliği..

11. Griffith çatlak kuramı (Griffith, crack theory )-enerj i duraysızlıg kavramı» tek eksenli çekme ve sıkışmaya uygulanması.

12. Düzlemsel sıkışma (plane compression) için Griffith kuramı. Değişirilmiş Griffith kuramları-Fairhurst, McClintock-Wakh, Mur-reli,

13.. Süreksizliklerin makaslanma davranışı (Shear behavior of dis-continuities),. Düz, ve pürüzlü kaya süreksizlik yüzeylerinin davranışı; Pürüzlülük, genişleme/uzama (dilation) ve makaslama kuvveli-defomasyon eğrileri, arasındaki ilişkiler

14. ölçeğin, pürüzlülük ve makaslama dayanımı üzerindeki etkisi; Barton'un makaslama dayanımı eşitliliği.

15. Makaslama testi yapma teknikleri- Süreksizliklerin deforme ola-bilirliği. Dolgulu eklemlerin davranışı.,

16. Eklemlerli kaya kütlelerinin davranışı. Jaeger'in tek zayıflık düzle-mi furaıTi-anizotropik kaya ve- çok eklemi kayalara uygulanması.

17. Eklemlerli kayaların dayanımı, (hakkında) laboratuvar ve saha gözlemleri; gözlenmiş ve yenilme (failure) mekanizması. Ladanyi ve Archambault yaklaşımı.,

18. İlk kez veya. daha önceki makaslama yüzeyleri üzerinde gelişen kaymaların jeoteknik sınıflaması, şev duraylılığı: 25 Ders saati.,

1. İnşaat ve maden mühendisliğinde şev dnraylılığı sonullarının doğası. Yanaçlardaki kütle hareketlerinin morfolojik sınıflaması.,

2. Morfolojik sınıflama {devaraj}.Heyelanlan jeoteknik sınıflaması.

3. Plasticité sınırlarınında. içerecek şekilde duraylılık analizi. yöntemlerine giriş..

4. İki boyutta limit denge analizlerine giriş. Sonsuz/belirsiz yamaç (infinite slope).

5. Sonlu, yamaçlardaki düzlemsel kaymaların analizi.

6,7,8. Dairesel kaymaların analizi-dilimler yöntemi, (method of slices). Bishop yöntemi., İsveç yöntemi, boyutsuz yöntemler v.s.

9. Su yükleri de dahil olmak üzere, dış yüklerin, etkisi..

10. Deprem yükünün etkileri.. Üç boyutlu duraylılık analizi.

1.142,13. Üç boyutlu yenilmelerin /duraysızSıkların kapalı formlar, vektör ve stereografik projeksiyon yöntemleri ile analizi.

14., Devrilme tara duraysızlıkları belirlenmesi ve mekanizması.,

15,16. Şevlerin arazideki davranışı-efektif gerilim, açısından örnek durumların analizi için saha verilerinin derlenmesi.

17. Laboratuvarıda belirlenmiş makaslama dayanımı ile kayma sı-rasında mobilize olan karşılaştırılması.

18. Varolan, makaslama, yüzelerinde veya ilk kez gerçekleşen kay-maların jeoteknik. sınırlamasıL

19. Daha. önceki kayma yüzeyleri üzerindeki kaymalara, ilişkin ör-nek çalışmalar (case studies).

21,22. İlk kez olan kaymalara ilişkin örnek çalışmalar.

23. Zemin ve kaya şevlerinin tasarımına ilişkin yaklaşımlar,

24. Kaya yamaçlarının tasarımına ilişkin örnek çalışmalar.

## Kaya Mekaniği

25. Şev gelişimi... Heyelanlar için önleme çareleri.
  26. önleme çareleri (devamı).
- Jeoteknik Mühendisliğinde Laboratuvar ve Arazi Teknikleri: 26 ders saati.**
1. Kuvvet ve gerilimin laboratuvarında ölçümüne ilişkin ilkeler.
  2. Labozaturvarda birim deformatsiyon ve gözenek-soyu basıncı ölçümleri.
  - 3.4. Elektronik algılayıcılar (electronic sensors) ile ölçüm yapmanın ilkeleri
  5. Birim deformatsiyon dalgaları (strain waves) ve dinamik elastik sabitlerin ölçümü.
  - 6.7. Model analizi.
  8. Kayada sondaj yapma (rock drilling).
  9. Jeoteknik loglama ve yönlü karat alımı.
  10. inşaat alanı araştırılmalan-genel ilkeler.
  11. Zeminlere ilişkin, inşaat alanı araştırma tekniklerine giriş.
  12. Zemin örnekleme..
  13. "Soundings", penetrasyon testleri..
  14. Zeminin dayanımının yerinde (in situ) ölçümü.
  - 15,16. Kayada yerinde- gerilim alanı, ölçümü.
  - 17,18. Kayalarda, arazide-yükleme (deformabilite) testleri.
  19. Zeminlerde yerinden gerilim ölçümü.
  20. Zemin basınç hücreleri.
  21. Yerinde dayanım ölçümü..
  - 22,23'. Yer değiştirmelerin izlenmesi.
  24. Piezometreler,
  25. Yerinde- geçirgenlik ölçümü.
  26. Eklemlili kaya kütlelerinde yeraltı suyu akışı.
- 2.4. Kaya Mekaniği Kurslarında Kullanılan Başlıca Referanslar ve Yayınlar.
- (Aşağıdaki çeviriler sadece italikle yazılmış yayımları kapsamaktadır).
1. Mühendislik Jeolojisinin İlkeleri..
  2. Reservuar Mühendisliğinin Esasları.
  3. Kaya Mekaniğinin İlkeleri
  4. Deneysel Gerilim Analizi.
  5. Kömürlerin Dayanımı,, Kırılmaları ve İşletilebilirliği.
  6. Tünelcilik Teknolojisi..
  7. Kaya Mekaniğine Giriş,
  8. Süreksizlik içeren Kayalarda. Jeoloji. Mühendisliği Yöntemleri.
  9. Kaya Şev Mühendisliği.
  10. Elastisite, Kırılma ve Akma..
  11. Kaya Mekaniğinin Esasları.
  12. Mühendislik Jeolojisi ve Jeotekniğin İlkeleri..
  - 13'. Kaya Patlatmalarının Modern Tekniği.,
  14. Zemin Kontrolünün. Felsefesi.
  15. Kaya. Mekaniği ve Kayalarda, inşa edilen Yapıların Tasarımı.
  16. İnşaat Mühendisliğine Uygulanan, Kaya Mekaniği.
  17. Deneysel Kaya Deformatsiyon-Kırılgan Alan.
  18. Kırılgan ve Yan Kırılgan Kayalarda Fay ve Eklemler Gelişimi.

19. Kayaların Kırınlanması ve Kırılması.
20. Jeoteknoloji-Öğrenciler ve Mühendisler için. bir Giriş Teksti.
21. Maden Mühendisliği Elkitabı.
22. Mühendislik Uygulamalarında Kaya Mekaniği.,
23. Tünel Açma Sanatı,
24. Kayalardaki Tünel ve Kuyular.
25. Kayaların Mekanik Özellikleri Üzerine Elkitabı.
26. Metal Madenlerine ve İşletilen Kömür Ocaklarına Düşkin Yöntemler.

### 3- ÇEŞİTLİ BÖLGELERDEKİ KAYA MEKANİĞİ EĞİTİMİ KONUSUNDA BİLGİLE».

Aşağıdaki notlar okuyucuya dünyanın çeşitli, kesimlerdeki genel eğitim sisteminin, ve özellikle de kaya mekaniği programlarının bölgesel özellikleri konusunda aydınlatmak için sunulmuştur.

#### 3.1. İskandinav / Finlandiya'ya İlişkin Bölgesel Notlar;

İskandinav ve Finlandiya'da Üniversiteler kıta Avrupası geleneğine göre organize edilmişlerdir; buralarda mühendislik, özel teknoloji enstitülerinde öğretilmektedir- (Technische Hoshschulen). İki dereceli öğretim verilir; 4-5 yıllık eğitim ve Mühendislik. Diploması. (Diploma Engineer) ve Ph.D (Felsefe Doktorası)<sup>p</sup>nın eşdeğeri, olan. Doktora. (Dr., Ing.) derecesi.

Bu Enstitüler İnşaat Mühendisliği Bölümleri, içermektedirler ve daha büyük enstitülerde ise Maden, metalürji ve Jeoloji Bölümleri de yer almaktadır. Zemin mekaniği geleneksel olarak İnşaat Mühendisliği Bölümünün bir alt bölümü olmuştur, ancak jeoloji» cevher jeolojisi ve mühendislik jeolojisini de kapsamak üzere, maden., metalürji ve jeoloji bölümleri İçinde yer almıştır. Kaya mekaniği bir disiplin olarak kısmen maden., kısmen de bo yörede yapılan yoğun tünel açma çalışmaları nedeniyle gelişmiştir..

Bu bölge jeolojik olarak., hem. çok yaşlı ve genellikle sert kayalardan, hem de çok genç ve genellikle yumuşak zeminler ile karakterize edilmektedir., Bu nedenle zemin mekaniği ve kaya. mekaniği günümüze değin ayrı disiplinler olarak ele. alınmıştır. Bu durum aynı zamanda eğitimi programlarına da yansımıştır., Jeoteknik, alanındaki en. eski akademik disiplin olması nedeniyle,, zemin mekaniği, İnşaat, mühendisliği öğrencilerinin programının "bir bölümünü oluşturmaktadır. Kaya mekaniği kursları normal olarak seçmelidir- ve diğer bir dizi kurs ile birlikte önerilir.. Maden ve jeoloji mühendisli-



## Kaya Mekaniği

ği öğrencileri için. kaya mekaniği kursları öğrenim programlarının önemli bir bölümüdür.

Kaya. mekaniği kursları genelde pratik olarak uygulanabilir. Bunun, yanı sıra, araştırmaya yönelik çalışmaların büyük bir bölümü de pratik içeriklidir ve üniversiteler ile madencilik ve tünel açma endüstrisi arasındaki ilişkiler her zaman iyi olmuştur.

### 3.2. Birleşik Krallık'ta İlişkin Bölgesel Notlar;

Birleşik Krallık'ta (İngiltere, Galler Ülkesi, İrlanda ve İskoçya) üniversiteler geleneksel bölüm (department) anlayışına, göre düzenlenmiştir; öğrenciler derecelerini (mezuniyetlerini.) ilke olarak, bir bölümden alırlar. Bachelorya (lisans) derecesi programları 3 sene sürer, ancak şimdi bazı üniversiteler 4 yıllık programlara geçiş yapmaktadırlar. Kaya mekaniği lisans düzeyinde, maden mühendisliği programlarının temel bölümlerini oluşturur, fakat, inşaat mühendisliği bölümlerinde seçmeli ya da programın, küçük bir bölümü olarak okutulur. Bazı inşaat mühendisliği programlarında, kaya. mekaniği, konusunda olmamakla beraber, jeoteknik mühendisliği konusunda uzmanlaşmak olasıdır. Bachelorya derecesi bazı jeoloji bölümlerinde mühendislik jeolojisinde uzmanlaşma ile birlikte alınabilir.

En yoğun kaya mekaniği öğretimi, çok az sayıdaki üniversite tarafından 1 yıllık master düzeyinde önerilen uzmanlık, derecesi programlarında verilmektedir. Kaya mekaniği, zemin mekaniği veya mühendislik jeolojisi ya da kaya. mekaniği konusunda uzmanlaşan öğrencilere öğretilir' ya da kendi alanında, bir uzmanlık olarak verilebilir. Genel olarak, bu programlarda farklı jeoteknik disiplinlerinde çalışan akademisyenler arasındaki ilişki/işbirliği yüksektir. Bu ileri düzeydeki kurslar, bildiği gibi, dünyanın çeşitli kesimlerinden öğrencilerin katılımına açık olması nedeniyle bölgesel olma özelliği sınırlıdır. Ancak ülkenin güneyi dışında kalan yörelerdeki maden okullarının pek çoğu, öğretim, ve araştırmalarında kaya mekaniği konusunu, kömür madenciliği ve yumuşak kaya uygulamaları alanında, yoğunlaştırmaktadırlar.

Birleşik Krallık'ta doktora derecesi kurs programlarını içermeyen araştırma, üzerine' verilir. Kaya mekaniğinde doktora düzeyinde araştırma, genel olarak madencilik okullarında sürdürülür. Bazı üniversitelerde kaya. mekaniği araştırma programları, yerel kömür madencil-

ği endüstrisi ile yakın bir işbirliğini yansıtır; ancak ülke genelinde doktora (Ph.D.) araştırması, inşaat mühendisliğinin sert ve yumuşak kaya madenciliğinin ve enerji ile ilişkili uygulamaların tüm alanını kapsar.

### 3.3. A.B.D. İçin Bölgesel Notlar

ABD'de kaya mekaniği çoğunlukla üniversitenin ya inşaat mühendisliği ya da maden mühendisliği bölümlerinde verilir. Kaya mekaniği kursları hem 4 yıllık lisans derecesi programında, hem de 1 veya 2 yıllık master derecesi programlarında bulunabilir.

Maden mühendisliği bölümlerinde kaya. mekaniği kursları çoğunlukla, lisans derecesi programlarında yer alır. İnşaat, mühendisliğinde, programların pek çoğu lisansüstü (graduate) jeoteknik mühendisliğinde uzmanlaşmaya yönelik olması nedeniyle kaya mekaniği başlıca master derecesi, programında yer alır. Çoğunlukla, inşaat mühendisliği bölümlerinde öğrenciler kaya mekaniği kurslarını bazı zemin mekaniği veya genel jeoteknik kurslarına katıldıktan sonra alırlar. Bu programlardan bazıları öğrencilerin, olasılıkla uygulamada karşılaşacakları, çeşitli zemin, ve kaya koşullarını anlayabilmeleri için, zemin mekaniği, kaya mekaniği ve mühendislik jeolojisi alanlarında kurslar almasını öngörmektedir.

Doktora programı, genellikle master derecesi üzerinde bazı kurslar içermesine rağmen, üniversitelerin pek çoğunda ilkesel olarak bir araştırma programıdır. ABD'de kaya. mekaniğine ilişkin doktora programları hem inşaat mühendisliği, hem de maden mühendisliği bölümlerinde yer alır.

Üniversitelerin pek çoğunda, araştırmanın büyük bir bölümü federal kaynaklardan desteklenir ve araştırma, bu nedenle ulusal gereksinimlere yanıt vermeye yöneliktir. Araştırma sahası yerlerinin üniversiteye- yakın olması ve araştırmaların yerel ve eyalet bazında, desteklenmesi nedeniyle de, bazı bölgesel araştırmalar' da geliştirilmiş olabilir. ABD'deki jeolojik ve coğrafik koşulların oldukça değişik olması, önemli üniversitelerin çoğunlukla çok çeşitli jeoteknik sorunlar ile ilgilenmesine yol açmıştır. Lisansüstü mühendislik programlarının pek çoğunda diğer ülkelerden gelmiş çok sayıda öğrenci de bulunmaktadır; bu durum programın perspektiflerini genişletmeye yardımcı olmaktadır.

## Kaya Mekaniği

• 3.4. Federal Almanya 'Cumhuriyeti İçin. Bölgesel. Notlar;

F. Almanya Cumhuriyeti'nde kaya mekaniği kursları yerel duruma da bağlı olarak inşaat mühendisliği, maden, mühendisliği veya jeoloji bölümlerinde verilir.. Çoğunlukla bu kurslar jeoteknik mühendisliği, mühendislik jeolojisi veya maden mühendisliği kursları olarak düzenlenmiştir. Diploma, programlar genellikle 4 yıllık bir kurs programı ile bitirme- tezini (Diplomarbeit) içerir. Bu programlar kapsamında, temel, programa ek olarak: bazı uzmanlaşma programları da seçilebilir. Kaya mekaniği, konusunda, geliştirilmiş/ileri düzeyde kurslar bu uzmanlaşma alanları kapsamındadır.

Doktora, derecesi arastana üzerine- koruludur ve ek kurs çalışmalarını içermez.

### 4. ÖZET

#### 4.1. Araştırma Sonuçları

Bu araştırmaya gelen, yanıtlardan,, yanıtlayan üniversitelerin sayısının ve iş bulmuş mezunların sayısının maden ve inşaat, mühendiliği disiplinleri, arasında eşit olarak paylaşıldığı görülmektedir.

1979 yılında, yanıt gönderen 104 üniversitenin yaklaşık yarısı jeoteknik mühendisliğinin ağırlıklı olarak verildiği doktora programlarını içermektedir. Yanıtlayan üniversitelerin yaklaşık dörtte biri yaygın, kaya mekaniği programları içermiştir. Bu üniversitelerde son 8 yılda içten fazla doktora, tezi verilmiş ve- her yıl dörtten fazla, öğrenci kaya. mekaniği konusunda 80 saatten, fazla ders- alarak, mezun olmuştur.

Kaya mekaniği salt bir uzmanlık alanı olarak değil, ayrıca maden, ve- inşaat mühendisliği genel programlar içindeki yeri bakımından da araştırılmıştır, inşaat mühendisliğinde kaya mekaniği çoğunlukla master düzeyinde sunulmakta ve çoğu .kez de lisansüstü zemin mekaniği, programı "ile entegre edilmektedir. İnşaat mühendisliği bölümlerinin pek çoğu master düzeyinde zemin mekaniği konusunda yoğunlaştıkları için, bu .akılcı bir yaklaşımdır; inşaat mühendisliğinde, sadece zemin mekaniğine giriş kursları olmak üzere, lisans düzeyinde daha genel'programlar verilmektedir., madencilikte, kaya mekaniği kursları çoğunlukla, madencilik, okullarının lisans müfredatında, yer' almaktadır. Örneğin

Avustralya üniversitelerinin pek çoğu maden mühendisleri için lisans düzeyinde 1-3 arasında, değişen kaya mekaniği, kursları içerir.

#### 4.2, Giriş Konusu Olarak Kaya. Mekaniği

Okullarda kaya. mekaniğinin,, araştırma konusu ağırlıklı olmaksızın, bir genel giriş konusu olarak öğretilmesine ilişkin bir eğilim vardır,, .Komisyon bu durumun kaya mekaniği, eğitiminde önemli bir nokta, olduğu görüşündedir. Komisyon .aynı zamanda,, bu tür okullardaki akademik üyelerin de desteklenmesine gereksinme olduğunu kabul eder. Bu araştırmaya, gelen yanıtlarda, özellikle kaya mekaniği konusunda uzmanlaşmamış okullar tarafından, tipik müfredat programlarının ve kaya mekaniği kurslarının yayımlanmasına olan gereksinme sık alarak dile getirilmiştir. Bu raporda,» kursların ve programların bazı örnekleri sunulmuştur.

Pek çok mühendislik okulunda lisans düzeyinde toprak mekaniğine giriş kursları verilir. Kaya mekaniği .konusunda bu düzeyde yeterli, bir kurs vermek mümkün. olmamakla beraber, -zemin mekaniğine giriş veya "jeoteknik kurlarında, ""kaya mühendisliği konusuna giriş yapılması arzu edilir ve bu, pek.çok durumda da olasıdır. Öğrencilerin bakış açısı, makaslanmalar, faylar ve eklemler, gibi kayalardaki süresizliklerin önemini, vurgulayan kaya mekaniği konularının konulması ile dengelenebilir. Öğrenci ister zemin., ister' kaya. kütledeki bir süresizliğin dayanımının, .alanmış, bir örnekte yapılan laboratuvar testi ile belirlenemeyecek özelliklere bağlı olduğunu öğrenebilir. Öğrenci bir kaya karotuyla çalışılması ile önemli, kaya özelliklerinin, nasıl tanımlanabileceğini ve çoğu kez de bir kaya karotunda ne tür bilgilerin elde edilemeyeceğini öğrenebilir. Öğrenci hem kaya. hem. de zemin, benzeri özelliklere .sahip şeylerin ve kalıntı zeminlerin (residual, soils) sorunları ile- tanıştılabılır. Aynı zamanda hem zemini hem de kayayı kesen, yüzeyleri ortaya koyan, kazılar, tıne-ile-ı'şevler ve formasyonlara ilişkin, projelerden örnekler sunulabilir.. Bunlara ve diğer örneklere ilişkin müfredat ikinci bölümde sunulmuştur.,

Kaya mekaniği öğretmenine daha fazla, destek vermek için kaya. mekaniği ilkelerini gösteren saydam setleri veya. projeksiyen ile gösterilebilecek setler gibi öğretime yardımcı olabilecek kaynaklar geliştirilebilir',.

## Kaya Mekaniği

Saydamlar arazideki kaya koşullarını gösteren örneklerden oluşturulabilir ve bunlar arazide önemli kaya. indekslerinin nicel tanımlamalarını veren ve karşılaşılan mühendislik sorunlarını özetleyen notlar eşliğinde sunulmalıdır.

### 4.3. Disiplinler Arası İlişki

Pek çok üniversite, kendilerinin diğer jeoteknik disiplinleri (zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisi) ile etkileşimlerinin iyi olduğunu belirtmiştir. Bu durum, bir ölçüde, yapılandırılmış hedefi yansıtabilir. Üniversitelerin pek çoğu daha fazla bir etkileşime olan gereksinimi dile getirmiştir. Çeşitli üniversiteler, jeoloji camiası arasında uygulamalı sorunlara ilginin yetersiz olmasını jeoloji ve mühendislik arasında yeterli iletişimin elde edilmesindeki zorlukların nedeni olduğuna dikkati çekmişlerdir.

Ancak disiplinler arası 'daha fazla etkileşimin geliştiği görülmektedir. Özellikle inşaat mühendisliğinde, uygulamada karşılaşılan kalıntı zemin ve değişik kayazemin, sorunlarının doğru olarak ele alabilmek için zemin ve kaya, mekaniği konulan bütünleştirilmiştir. Aynı zamanda pek çok kişi (akademisyen) kaya mekaniği programlarının bir parçası olarak jeoloji; arazi kurslarının önemini kabul etmektedir.

### 4.4. Kaya Mekaniği Uzmanının Eğitimi

Komisyon öğrencilerin gözlemler yapmak ve bu gözlemleri sorunların tanımı ve çözümünde kullanmaları için yetiştirilmelerine ihtiyaç olduğunu vurgulamayı dilemektedir. Bu durumu görmek için jeoloji eğitimi önemlidir; mühendislik eğitimi bu durum ile çözülecek sorun arasındaki ilişkiyi, kurmaya yöneliktir. Bir projeyi etkileyen koşullar kavranamaz veya öngörülemez ise, en iyi analizin veya sınavın herhangi bir anlamı yoktur. Komisyon üyelerinin pek çoğu öğrencilerin sorunu öngördüğü harita yaptığı, log aldığı bir tasan hazırladığı ve aynı zamanda, arazide yerindeki varolan koşulları gözden geçirme ve dolayısıyla öngörüleni (geçerliliğini) sınav olanağı bulduğu arazi çalışmalarının turist-benzeri arazi gezilerinden daha başarılı olduğunu görmüştür. Kaya mekaniği alanında kullanılan gereçler bakımından, çözümsel (analitik) amaçlı önemli gelişmeler olmuştur. Bu gereçler programları uzman olmayan

kişilere aktarabilecek ve mühendis ile öğrenciyi program ile karşılıklı etkileşime olanak verecek "interaktif" grafikler gibi tekniklerin gelişimi ile daha da yararlı olacaktır.

Böylesine yaklaşımların yanlış kullanımını önlemek için öğrenci, ileri düzeydeki analitik tekniklerin altında yatan temel ilişkileri ve hatta bu ileri düzeyde geliştirilmiş tekniklerin\* kaya kütlelerinin gerçek davranışı bakımından sınırlı olduğunu anlamalıdır. Bu nedenle, öğrenci malzemenin davranışı ve mekaniği hakkında sağlam bir temel elde etmeli ve aynı zamanda gerçek durumlar ve örneklerle tanıştırılarak bu deneyimlerini bir sorunun çözümünde kullanmayı öğrenmelidir. Öğrenci bir mühendislik sürecinin bir analiz ve sınav olayından öte bir şey olduğunu algılamalıdır. Mühendislik süreci çok daha geniş kapsamlıdır. Bu süreç bir arazinin koşullarını ortaya koymaya yönelik projeyi araştırma ve gözlemleri etkileyen kritik parametrelerin saptanmasını ve daha önceki deneyim ve örneklerin uygun faktörler analizler kullanılarak karşılaşılan soran ile değerlendirilmesini kapsar. Maliyet, risk, sözleşme şartları, arazideki koşulları izlemek ve yön vermek, bir tasarımın seçiminde oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gerekli öğelerdir.

Bu komisyon bu araştırmaya gelen yanıtlardan ve dünyanın çeşitli yerlerinde kaya mekaniği eğitimi verenler ile kurdukları kişisel bağlantılardan pek çok üniversite için öğrenciyi salt mühendisliğin temel ilkeleri ile bilimsel kuramı konusunda yeterli bilgi ile donatmak değil, aynı zamanda sorunlara, ve sahadaki sorunların araştırma yöntemine yeterli bir mühendislik bakış açısı ile yaklaş, bir program geliştirmesinin ve yönetmesinin zor olduğu, sonucunu çıkarmıştır. Bir fakülte üyesi için öğretmek ve araştırma programı oluşturmak ve aynı zamanda uygulama ile önemli bağlantıları sürdürmek zordur. Genç akademik üyelerin özellikle "yayıncı ya da yok ol" olgusuna itilmeleri nedeni ile en olumlu araştırma çalışmaları bir parça kayanın laboratuvardaki test makinalarında kırılmaları ile sınırlıdır. Bu araştırmamın bir kısmı, anlamı Tık kısmı ise anlamsızdır. Özellikle bir kaya mekaniği uzmanı malzemesinin doğasını -ki bu bir kayadır- onun sahaya giderek gözlenmesi ve onun hakkında orada öğrenmesi gerektiği görüşünün daima bilincinde olmalıdır.

# Log Korelasyon

## Log Korelasyon Teknikleri ve Jeolojide Kullanımı

*O.Serra,, Scklumberger Educational Services,, Texas*  
Çeviren.  
*Aynur GEÇER*  
*A.ÜJF. JeoM&hBöl ANKARA*

### GİRİŞ

Koyu loğlarından jeoloji, jeofizik ve rezervuar özellikleri hakkında yararlı bilgiler elde edilebilir. Kuyu loğları formasyonun sayısal gelişimi ve devamlılığını veren avantajlara sahiptir. Ayrıca loğlardan,, karat örneklerinde gözden kaçan küçük kriterleri elde etmek ve dikey çözümde çok. iyi detaylar saptamak mümkündür.

Dipmeter- analizi fay yada. açısız, uyumsuzluğun varlığını göstermesine karşın,, kaçırılmış bir sekans yalnızca, yada. daha fazla kuyunun karşılaşımlasıyla ortaya çıkarılabilir. Korelasyonlar fay,, açısız, uyumsuzluk, depolamada bir ara verme ve bir erozyonun olup olmadığını gösterirler.

Kuyu loğu çalışmalarında bir araştırma sahasında açılan birkaç kuyudan formasyonun, gelişimine ilişkin (yer-zaman, yapısal açıdan) tamamlayıcı bilgiler elde edilebilir. Çalışmanın amacına ve çözülecek problemin tipine' bağlı olarak, kullanılacak log teknikleri havzada açılmış tüm kuyulara, uygulanabilir.

Kuyu. çalışmalarında ilk amaç kronostratigrafik korelasyonu,, sonrada fasiyes korelasyonunu kurmaktır. Bu çalışma ekonomik hidrokarbon birikimini .keşfetmek, ve haritalamaya yöneliktir. İkinci amaç ise, .araziye üç boyutlu olarak düşünerek (sedimentolojik, sedimanfer ve tektonik, açıdan.) jeolojik yorumu mümkün olduğu kadar ortaya çıkarmaktır. Eğer kuyular dipmeter verileri de içeriyorlarsa. korelasyonu kurmak kolaylaşır.

### LOG KORELASYONLARI

Log korelasyonlarında kayacın, litolojisi, rengi, dokusu, sedimanter özellikleri, flora ve fauna içeriği, gibi karakteristik özellikler önemlidir. Yeraltı incelemelerinde loğlar •üzerinde eş karakteristik özellikler' aranır.,

#### Nedensellik Kuralı

Nedensellik kuralı aynı etkileri, oluşturan aynı sebepleri ifade eder. Bu kurala göre, verilen, bir jeolojik surede aynı. istifin depolanma şartları, aynı log tepkilerini oluşturur,

Böylece farklı iki. kuyuda, benzer log özellikleri gözlemlendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir.

-Depolanma şartları her iki koyu lokasyonu için de aynıdır.

-Log, üzerinde aynı jeolojik zamanda aynı stratigrafik aralık tekrarlandıkça, aynı formasyon olması muhtemeldir. .

### LOG KORELASYON KAVRAMLARI

Log korelasyon, yöntemlerinde kullanılan üç önemli görüş vardır:

#### I-Benzerlik Kavramı. (Concept of Similarity)

Benzerlik Kavramı çok. açık ve en iyi. anlaşılabilir, kavram, olmasından dolayı uygulaması kolaydır., Düşey istiftte loğun pozisyonu, sıklığı, (frequency) genişliği (amplitude) temel teşkil eder; Bu kavram çok ince detayların korelasyonu için kullanılır. Bu uygulamada

## : Log Korelasyon

benzerlik mükemmel ise korelasyon emin bir şekilde bitirilebilir, Sonuç olarak bu korelasyon, geçerli ve kronostratigrafiktir.

Şunu önemle belirtmek gerekir ki, dikey çözümlerde iyi bir sonuç elde etmek için mikrolalerlog ve dipmeter gibi loğlara da müracaat etmek yararlı olur.,

### II.. Ritmisite Kavramı (Concept of Rhythmicity)

Ritmik veya devir sekansta yerini alan sedimantasyon önemi jeolojik, olaylarla ilişkilidir ve depolanma tipi ne olursa olsun, bölgeye göre karakterize edilirler (Pomerol, 1980), "Sekans: Üsten, ve alttan diskordans veya bu diskordansların yanıl eşdeğeri olan konkordae yüzeylerle sınırlanmış kökensel olarak birbirleriyle yakınlık, derecesi olan, genellikle birbirleriyle uyumluluk gösteren, peşpeşe bulunan tabakalar- grubudur,"

Ritmisite kavramı yakın siohorizonian gösteren jeolojik olayları, tanımamızı mümkün kıtar. Bu kavram, tektonik hareket, transgresif periyotlar ya da östatik dönemler, erozyon, depolanmada bir ara verme ve hard-ground (sert zemin oluşumları) nedeniyle sedimantasyonda bir kesildiği gösterir.

### III-Yanal Değişkenlik Kavramı (Concept; of Lateral Variability)

Bu kavramda iki. durum sözkonusudur.

1-Rastgele olmayan yanal fasiyes yaydım "Walther Kanunu" olarak bilinir. Bu kanuna, göre sedimanter sekansta üst üste gelen ve yanyana sıralanan istifler arasında bir ilişki vardır.

2- Aynı jeolojik zaman esnasında depolanma kalınlığı şunlara bağlıdır.

-Litoloji tipi, depolanma ortamı ve istifin sıkışma kapasitesi.

-Subsidans (çökme olayı)

-Her ikisinin kombinasyonu.

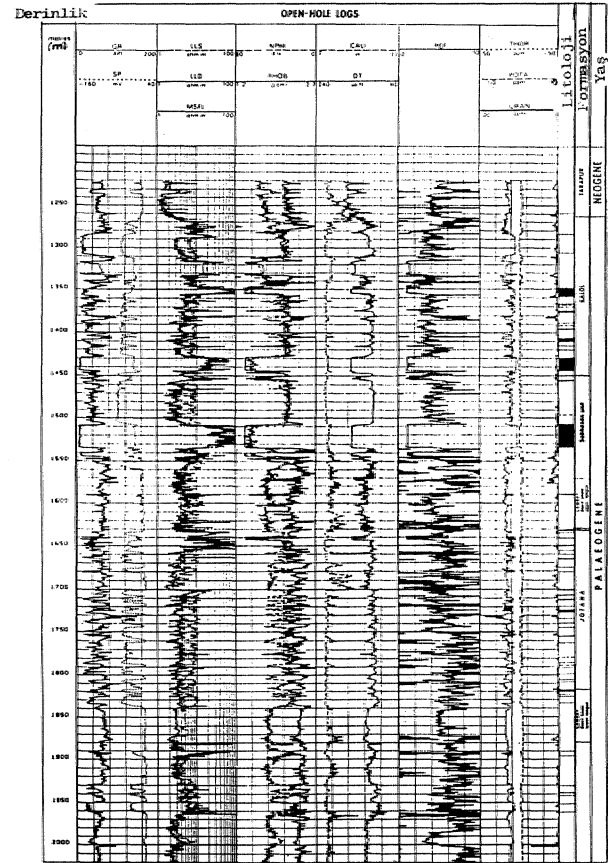
Eğer kronostratigrafik korelasyon kurulursa özellikle deltayik ve evaporitik havzalarda yanal değişkenlik kuralı ile depolanma tipi saptanabilir,

### LOG KORELASYON TEKNİKLERİ

Aslında log korelasyonunun hiçbir özel tekniği yoktur. Korelasyon, için yalnızca tipik işaret ve patentlerin

bulunması yeterlidir. Bunlar eğri şekiiindeki benzerlikleri, ifade ederler.

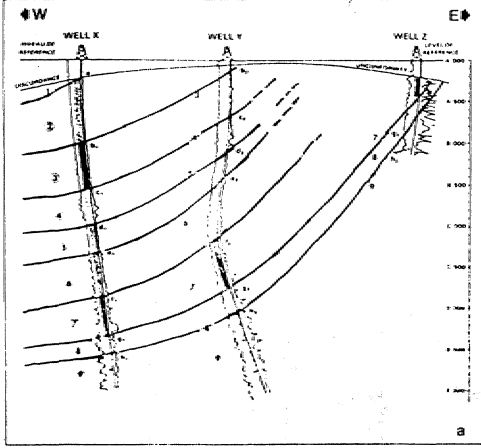
Korelasyon, işlemi için öncelikle her bir kuyunun kompazit loğu **abim**. Kompozit loğun kullanımı korelasyonun temeli için tavsiye edilir (Şekil 1). "



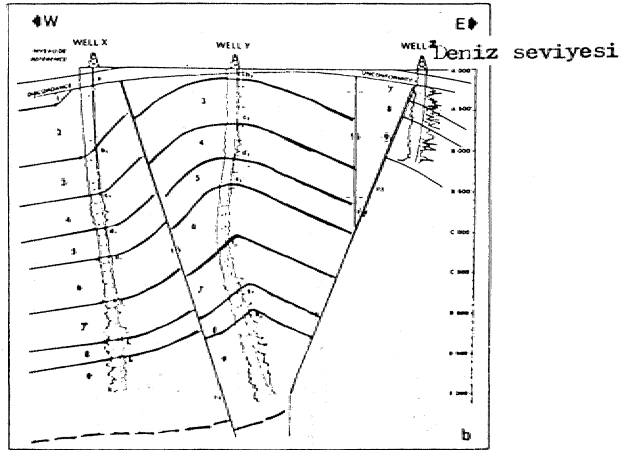
**Şekil.** Log korelasyonlarında kullanılabilecek, çok küçük ölçekli kompazit log örneği.

Kompozit log araştırma loğlarının bir çoğunu içerir. LMho-tip programı tarafından hazırlanan bu loğlar doğru, litoloji tanımlarını verirler (DELFI-MER, 1984). Eğitim sonuçları kullanılan alete bağlı olarak LOCDIP ya da GEODIP programı tarafından sağlanır,.. Ayrıca tüm kuyunun görüntüsü elde etmek için SYNDIP programı kullanılır (SERRA, 1984). Kuyu görünümünün tamamını elde etmek için kesit düzleminde bir çubuk diyagram (stick-plot) tavsiye edilir. Bunlar petrol veya gaz kuyularının olası iokasyonları hakkında değerli bilgiler verirler (Şekil:23).

## Log Korelasyon



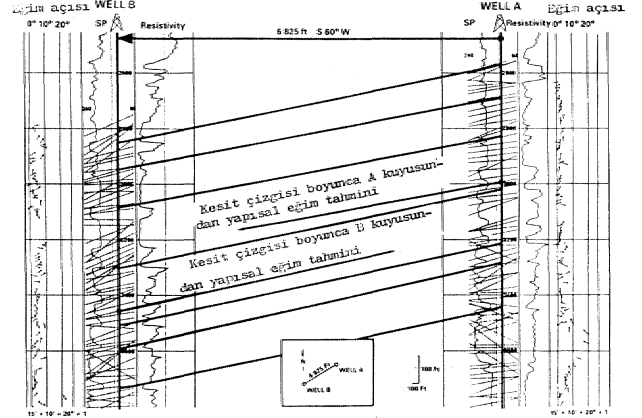
Şekil 2a. Kuyu logu korelasyonları ile yapının tesbiti.



Şekil 2b. Dipneter (eğim) verileri yaramayla yapısal enine kesitin ortaya çıkarılması (Schlumberger, Well Evaluation Conference. Venezuela, 1980).

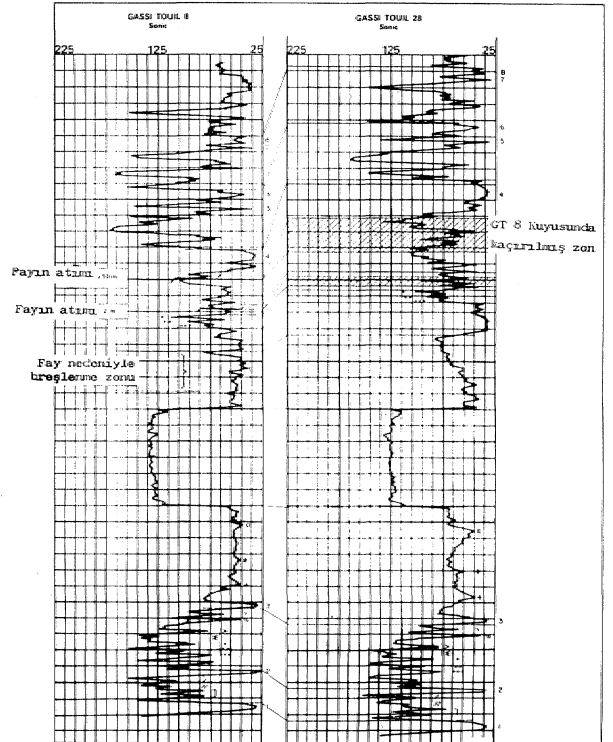
### LOG KORELASYONLARININ STRATİGRAFIYE KATKILARI

Çeşitli log takımları (Dipneter, Gamma Ray; Sonic vb.) fay ya da **uyumsuzluğun** (unconformity) varlığını ortaya, **çıkarmasına** karşın, kaçırılmış bir sekans yalnızca iki ya da daha fazla kuyunun karşılaştırılmasıyla belirlenebilir. Log korelasyonları özetle fay, uyumsuzluk, depolanmada bir ara verme ya da bir erozyonun olup olmadığını gösterirler.



Şekil 3. Dipneter verilerine dayanarak yapılan kuyular arası korelasyon (Schlumberger, Well Evaluation Conference Nigeria, 1974).

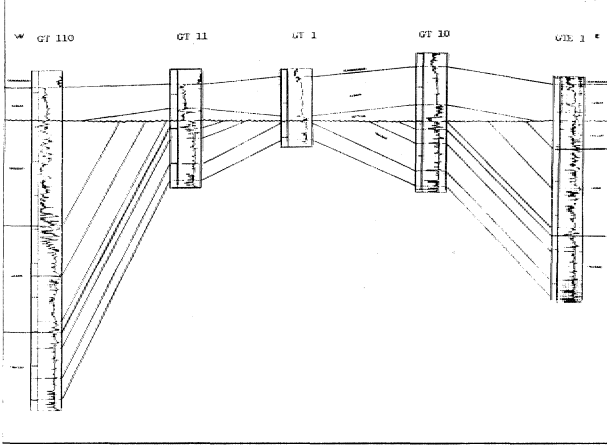
Şekil 4 Sahara Çölü'nde açılmış GT8 (Gassi Tovil) kuyusunu kesen normal fayların durumunu göstermek-



Şekil 4. Log korelasyonu ile tanımlanan normal fay örneği. Yalnızca litoloji logu kullanarak fayın ortaya çıkarılması pratikte mümkün değildir (Serra, 1972).

tedir. Fayın varlığı GT 8 kuyusu ile GT 28 kuyusunun korelasyonları ile belirlenmiştir. Fayın yalnızca litoloji

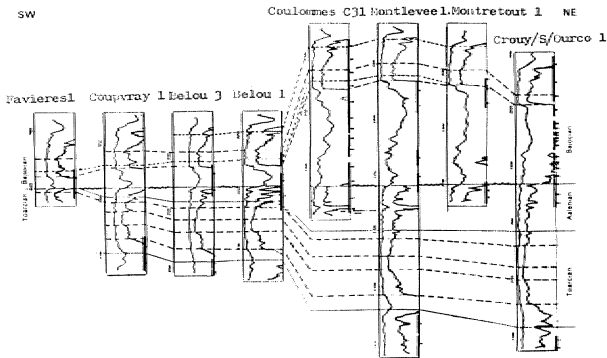
## Log Korelasyon



Şekil 5. Log korelasyonları ile ortaya çıkarılan erozyon yüzeyi (Serra, 1972)

çalışmaları ile belirlenmesi hemen hemen, imkansız olmuştur. Şekil 5'te görüldüğü üzere, Algeria Gassi Tauil alanının da yer alan, yapının erozyon yüzeyi log korelasyonu yardımıyla açığa çıkarılmıştır (SERRA, 1972). Bu örnekte litoloji logu tek başına yeknesak sekanslardaki birimleri açıkça ayıramaz...

Şekil 6'da log korelasyonu ile sinsedimenter fleksür fayının, tanımlanmasını göstermektedir. Örnek Paris Havzasındaki Coulomm'es Sahası'ndan alınmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi subsidans ile ilişkili sinsedimenter fleksür fayı NE. (kuzey doğuda) da daha kesindir. "Montievel" deki Toarsiyen seviyesi "Belou 1" ve "Belou 3" den daha kalındır. Ay DI zamanda Aaleniyen-Bajosiyen arasında, bir uyumsuzluk (unconformity) da tesbit edilmiştir. "Belou I" kuyusunda Geç Aaleniyen ve M. Bajosiyen seviyelerinin kaybolduğu gözlenmektedir.



Şekil 6. Sinsedimenter fleksür fayının, erozyon ve uyumsuzluğun tanımlanması (Serra, 1972).

### DEĞİNİLEN BELGELER.

Asaquit, G.B. (1932) .Basic Well Log Analysis for Geologist Amer., Assoc. Petroleum Geol., Methods in. Exploration Series..

Delfin, R., Delhomme, J. P., Pehsaer - Combescure, J. (1983) Application of Geostatistical Analysis to the Evolution of Petroleum. Reservoirs with well Logs., SPWLA, 24 th Ann. Log. Symp. Trans., paper WW.

DdGnerJP^Peyret, O., Sena, O. (1984), Automatic determination of Lithology from well logs 59 th Ann., Techn. Cong, SPE of AIME, Houston, Texas: paper SPE 13290.

Delhomme, J. P., (1978) Kriging in. the Hydrosciences. Advances in Water Resources, 1,5, p.251-266.

Schlumberger (1979) Well Evaluation Conference. Algeria. Schlumberger Middle East S.A. (1981) Well Evaluation Conference. United Arab Emirates/Qatar...

Schlumberger (1983). Well Evaluation Conference. Afrique de l'Quest

Schlumberger Technical Services, Inc. (1983). Well Evaluation Conference. India..

Schlumberger Middle East S.A. (1984). Well Evaluation Conference\* Egypt...

Schlumberger (1985), Well Evaluation Conference. Nigeria.

Sarra, Q. (1971). Apports des sondages pétroliers a la connaissance du Lias du Bassin de Paris. In: Mem B.R.G.M., 75, p.481-487.

Serra, O. (1972). Diagraphies et Stratigraphie. ImMem. B.R.G.M., 77, p. 775-832.

Serra, O., Abott, H. (1930) The Contribution of Logging data, to Sedimentology and Stratigraphy. 55 th Ann. Fall Tech, conf., SPE of AIME, paper SPE 9270, and in SPE J., Feb. 1982.

Services Techniques Schlumberger (1974). Well Evaluation Conference, North Sea.

Services Techniques Schlumberger (1974). Well Evaluation Conference. Nigeria.

Taylor, J. C. M., Colter, V. S. (1975). Zecistein of the English Sector of the southe North Sea Basin. In: Petroleum and Continental Shelf of North-West Eiifope,.. Voll. Geology. Applied Science Publishers» London.,

Visher, G. S., Saitta, S. B., Phares, R.S. (1971). Penns-ylvanian Delta Patterns and petroleum occurrences in Eastern Oklahoma. Buil. Amer. Assoc. Petroleum. Geol, 55,8, p, 1206-1230: .

Widdicombejt. E., Noon,, p. (1984).., Multi-well Faeiolog evaluation, Hartzog Draw Field, Powder River Basin, Wyoming. SPWLA, 25 tk. Ann. Log. Symp. Trans., New Orleans..,



# Volkanik Gaz

## Volkanik Kökenli Gaz Çalışması Temel Teknikleri: İzleme İle Bir Yaklaşım

*Monitoring Volcanoes: Techniques and Strategies Used by the staff of the  
Cascades Volcano Observatory, 1980-90.*

Çeviren  
Haydar LKEM.  
Jeoloji YükMüh.

### ÖZ

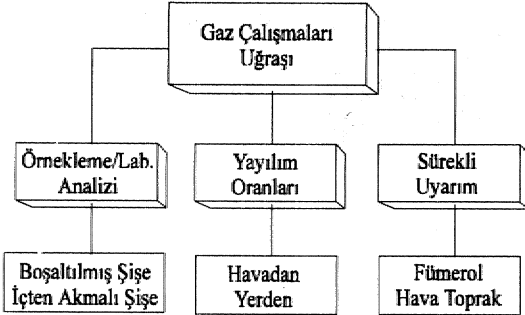
*Volkan izlenmesi için temel gaz çalışma, metodları: numune alıntı, laboratuvar analizleri ile yükselen gaz oranlarının ölçümlerini içerir. Araziden alınan numunelerin laboratuvar analizleri, belli bir zamandaki özel bir bölge için detay kimyasal bilgi sağlar, Gaz yaydım ölçümleri genellikle  $SO_2$  ve  $CO_2$  için ortalama bir veri sağlar. Sürekli izleme gaz konsantrasyonlarındaki geçici değişimleri anlamamızı sağlar. Her metodun avantaj ve dezavantajları vardır. İzleme amaçlı ayrıntılı gaz çalışma çabaları, geleneksel jeofizik izleme metodları ile birlikte üç yaklaşımda kullanımının bir sentezidir.*

### GİRİŞ

Magma'da eriyen gazlar, silis magmalarında eriyişim ağırlık olarak % 5'inden daha az, bazaltik magmalarda %0.5 ten az olmalarına rağmen, aktivitenin önemli itici gücüdür (Greenland, 1987). Magmadaki özel bir volkan gazının eriyebilirliği basınç, ısı ve magmanın kütle bileşimi gibi özelliklerin karmaşık bir fonksiyonudur. Daha da ötesi aynı magmadaki değişik gazlar farklı eriyebilirlik ve tepkilere sahiptirler. Magma yükselince, yeraltı şartlarındaki değişiklikler, magma ve yüzey arasındaki kayacın geçirgen olması, şartıyla, yüzey çatlaklarından yayılan gazların yaydım oranı veya bileşimindeki değişikliklerin yansıması olacaktır. Bu şartlar altında, magma'nın yükselmesi, fümerollerde, aktif çatlaklardan, geçirgen yer yüzeylerinden, ve magma, kütle-sinden, kaçan gazların, araştırılmasıyla ortaya çıkar... Çok yakın, bir tarihte (1989) Tilling, halen görgül (ampirik) olmasına rağmen gaz jeokimya çalışmalarını volkan işlemine ve yükselme talimlerine yaklaşımda, ilmi olarak ortaya koymuştur. ABD'deki volkanik gaz çalışmaları, Havai'deki 1900 lerin başındaki çalışmalara kadar gider (Jaggard, 1940). Gaz çalışma teknik-

lerinin özelliklerini ortaya koyan daha yakın tarihli volkan, izleme çalışmaları UNESCO'nun özel bir ciltini (1972) ve Bulletin Volcanologique'nin volkanik gazlarla ilgili (cilt 45, no 3,1982) özel bir sayısını içerir. Gaz jeokimyası ile ilgili çalışmalar, toplanmış verilerin dikkatli, bir değerlendirilmesi ve yorumlanmasını gerektirir (Casadevall ve diğerleri 1987, Giggenbach 1989). Bu makalede izleme amaçlı güncel gaz çalışma tekniklerinin mantıksal olarak üç sınıfta değerlendirilmesi önerilmektedir. Biz her bir sınıflamanın önemini ve bu metodların beraber kullanılmalarının, gaz izleme işleminin kapsamlı, olarak ele alınmasında, nasıl etkili, olacağını vurguladık.

Gözlem amaçlı gaz çalışmaları, çeşitli şekillerde ele alınır (Şekil 1). Fümerollerin arazide numunelendirilmeleri ile laboratuvar analizleri çatlak-gaz bileşimi hakkında detaylı bilgi sağlar.  $SO_2$  ve  $CO_2$  gibi gazların, yayılım-oran çalışmaları, magma, sisteminin, temin oranı ve diğer özellikleri hakkında tahminler verebilir. Gaz sensörleri ile yapılan sürekli yerinde uyan işlemi, fümerollerin, çatlakların ve gözenekli volkanik, toprağın içindeki ve etrafındaki gaz bileşimlerinin geçici, deği-

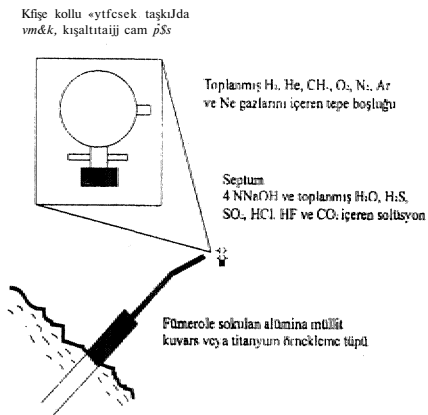


Şekil 1. Volkan uyarım amaçlı temel gaz çalışmaları, periyodik ve sürekli numune alınımı ve yayılım-oran ölçümlerini içeren, bütünleşmiş arazi ve laboratuvar çalışmalarından oluşmaktadır.

siklikleri hakkında önemli bilgiler sağlar. Biz bu gaz tekniklerinin, tabirini kendi başına, ve diğer volkan işleme metodları ile nasıl bir bağlantı, içinde olduktan anlamında ele aldık.

#### LABORATUVAR ANALİZLERİ İLE BİRLİKTE NUMUNE ALIMI

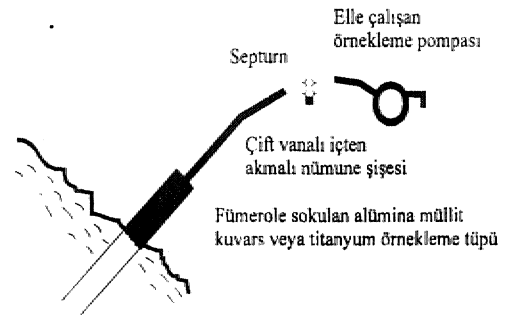
Fümerolik gazları toplamak ve analiz etmek için iki primer metod kullanılır. İçi boşaltılmış şişe metodu. Giggenbach tarafından standartlaştırılmıştır (1975:Giggenbach ve Goguel, 1988). Bu metod minimum ekipman kullanarak detay gaz analizi, elde etme avantajına sahiptir, ayrıca birçok, volkan tipini ve jeotermal sistemini tanımlamak için kullanılmıştır. Pratikte, titanyum, alüminyum veya silika, numune tüpü (kimyasal olarak tesirsiz ve fiziksel olarak dayanıklı) fümerol içerisinde yerleştirilir ve tipteki yoğunluk den-



Şekil 2. Örnekleme tüpü ve numune şişesini gösteren boşaltılmış şişe örnekleme planı.

geleninceye kadar ısıtılır, buda genellikle 5 dakika veya biraz, daha azdır (Şekil 2). Denge, numune tüpünün çıkışındaki gaz, akışıyla, temsil edilir. Fümerolik gaz, teflon tüp içinden tea. bir mesafe geçirilerek numune tüpüne gider. Numune tüpünde, yüksek vakum vanalı, borosülit canı şişedir. Şişe kısmen konsantre (4N) sulu sodyum hidroksit ile doludur ve içi boşaltılarak tartılır. Vana açılır ve gaz, alkali solüsyonun içinde kaynaşarak, şişeye geçirilir. Su, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, HCl ve HF sulu kesimde erir. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO He ve Ne, solüsyonunun, içerisinde kaynaşarak tepe boşluğunda toplanırlar, Litrelerce fümerolik gaz tek bir şişede toplanabilir çünkü, volkanik gaz tipik olarak su ve yoğunlaşabilir asil gazlardan oluşmuştur. Bu metodla gazlar solüsyonda ve tepe boşluğunda, toplanır böylece daha sağlıklı analitik, hassasiyet sağlanır. Tepe boşluğundaki "kalcı" gazlar, termal iletkenlik dedektörü ve argon taşıyıcı gazlar ile bir moleküler elek. sütünü özerinde gaz kromatografisi ile analiz, edilirler. Çözünmüş gazlar, yağ, kimyasal, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O ve HCl için kullanılan gravimetrik teknikler ve HF için kullanılan iyon-selektif elektrod. metodolojisi ile analiz, edilirler. Diğer, boşaltılmış-şişe num. onelendirilmesi ve analiz teknikleri Piccardi ve Cellini-Legittimo (1983) ve Greenland(1986) tarafından tanımlanmışlardır.

Şişe içinden akıtılarak toplama, boşaltılmış şişe ile toplamadan daha çabuk, yapılı ve kapsamlı bir gaz analizinin, gerekli olmadığı veya. arazi koşullarının boşaltılmış şişe toplaması için. tehlikeli olduğu, durumlarda kullanılır. Numune tipi. düzenlemesi boşaltılmış şişe metodu ile benzerdir, fakat, şişenin iki vanası vardır (Şekil 3).



Şekil 3. Örnekleme tüpü, numune şişesi ve pompasını gösteren içten akmalı örnekleme planı.

Numune şişesini gazla doldurmak ve bir seviyede tutmak, için elle çalışan küçük bir pompa kullanılır. Önceki paragrafta belirtilen su, HCl, HF dışındaki gazlar için numuneler, gaz kromatografisi ile analiz edilirler. İçlen çıkmalı numunedeki, kükürt gazları yalnızca 6 saat, dırıyılır, bu yüzden, bu gazların analizi toplamadan hemen sonra tamamlanmalıdır. Diğer gazlar aylarca duraylıdır. Ancak, küçük molekül boyutları ve yüksek difüzyon ile Helyum ve Hidrojen, bunların dışındadır. Kalıcı gazlar yukarıda tanımlandığı şekilde analiz edilirler. Asidik gazlarda ikinci bir kromatografi üzerinde analiz edilirler<sup>1</sup> ve bu işlem sırasında su-buhar kısmını ortadan, kaldırmak için bir silikajel önsütünü ile chromosorb 107 veya propak-Q gibi gözenekli polimer ve Helyum taşıyıcı kullanılır. Greenland tarafından ele alınan (1984) be metod Kilauea'nın zirve fümerol gazlarının, karbon/kükürt oranlarının ölçülmesi için Havai'de kullanılmıştır. Bu oranlar, ortaya, çıkmış magmatik sokulumlarla ve magma stok, oranlarındaki değişikliklerle yakın, davranışlar göstermektedirler (Greenland ve diğerleri, 1985).

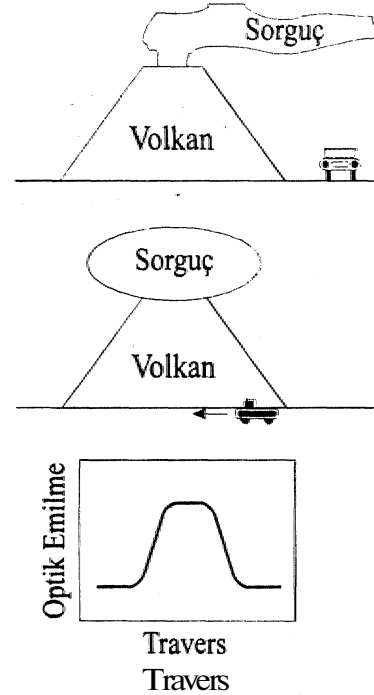
#### YAYHIM-ORAN ÇALIŞMALARI

Gazların y ay ılım oranları, volkandan yayılan. SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarlarını tahmin edebilmek, için çalışılmıştır ve magma kütlelerinde yapılan ölçümlerle, icra edilir. Sülfür dioksit yayılım oranı, gazsızlaşmış magma hacmini (Casa.devali ve diğerleri., 1983) ve magma temini, oranlarının tahmini için kullanılır (C'asadevall ve diğerleri, 1987)... SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> hernekadar farklı yollarla. ölçülse bile, bu iki gazın ölçümleri metrik tonun ünitelelerinden cinsinden günlük akış olarak kaydedilirler.

SO<sub>2</sub>, korelasyon, spektrometresi (CQSFEC) ile ölçülür' (Barrjiger araştırma şirketi-Kanada). Özel dalga boylarının günlük ultraviole enerjisi,, magma kütlelerinin kalınlığına ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna, bağlı bir oranda emilirler. Bu emilme mesafe uzunluğu ve konsantrasyon birimleri ile birlikte COSPEC'le ölçülür ve .aletteki SO<sub>2</sub> gaz standartının emilmesiyle kalibre edilir... Volkan ışık-emme profilinin üretimi, ve rüzgar hızı SO<sub>2</sub> dağılım oranını meydana çıkarır. Bu teknik; C'sadevall ve diğerleri (1981,1983, 1987),, Stoiber ve diğerleri (1983) ve; Milan ve diğerleri (1976) tarafından tanımlanmıştır. Bu metod volkanik SO<sub>2</sub> ölçümleri yapmak için dünya ölçüğünde dizeni olarak kullanılır. Ölçümler 'yerden ve-

ya havadan yapılabilir. Rüzgar- hızı elde taşınan bir anémomètre ile saptanır. Havadaki SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> ölçümleri için yerel havaalanlarının kayıtlarında içeren, çeşitli metodlarla ölçülmüş rüzgar hızlarının kullandır. Alternatifli rüzgar hızı, gerçek hava hızıyla (rüzgara karşı ve- rüzgar yönünde uçarak) gerçek yer hızının mukayesesi ile bulunur, Rüzgar hızının doğru tanımı güvenilir dağılım oran tanımlanması için tehlikelidir (Casa.devali ve diğerleri 1987), SO<sub>2</sub> nin hava ölçümleri, yer ölçümlerinden, daha. güvenilirdir., çünkü rüzgar<sup>1</sup> hızı ölçüm, alanında tanımlanır.

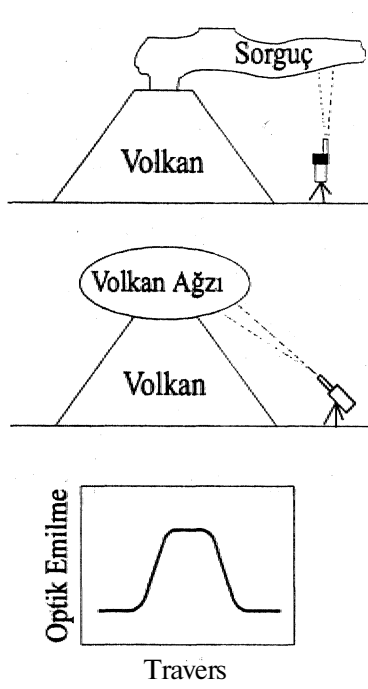
GOSPEC ile yer ölçümleri bir araçla yapılır; Volkan'ın altında, alet yukarıya çevrilerek tarama yapılır (Şekil. 4). Alternatif olarak alet çatlağında yanında, üç



Şekil4. Araca monte edilmiş COSPEC ile yerden yapılan silifurdioksit ölçümleri. A- Yandan görünüş B- önden görünüş C- Sembolik. Veri..

ayaklı bir sehpaye monte edilir (Chartier ve diğerleri, 1988) ve Volkan'ın içerisinde, dikey ve yatay incelemeler yapılır (Şekil. 5).

Havadan SO<sub>2</sub> ölçümleri, volkanın altında ve volkan yürüncesine dik açılarla uçarak yapılır' (Şekil. 6.) Hem. hava hernde yer<sup>1</sup> ölçümleri için çok yönlü taramalar, da-



Şekil 5. Üçayağa oturtulmuş COSPEC ile yerden yapılan sülfürdioksü ölçümleri., kesikli çizgiler sabit açık COSPEC'in görüş alan göstermektedir.. A- Yandan görünüş,, B- Önden görünüş, C- Sembolik veri.,

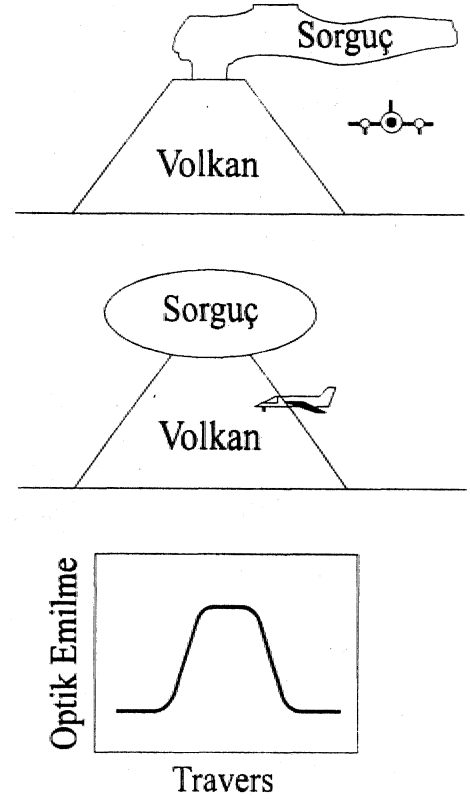
ha sonra günlük oranlara ölçeklendirilen SO<sub>2</sub> dağılım oranlarını hesaplamak için ortalanırlar.

CO<sub>2</sub> dağılım ölçümleri, spektroskopik olarak yapılır. Fakat bu volkan'ın. -yanında ölçüm yapılmasında gerektirir. Buda, volkan'ın arasından, yörüngesine dik açılı uçuşların tekrarlanmasıyla yapılır (Şekil 7).

Kızılötesi (İR) emme ölçümleri, sabit kanatlı bir ocağa monte edilen., spektroskopik. düzenli .MİRAN İR Spektrofotometresinin içerisinde volkan gazının pompalanması ile yapılır... Bu metod volkan için bir konsantrasyon profili oluşturur ve rüzgar' hızıyla. CO<sub>2</sub> yayılım oranının hesaplanması için kullanılır., Metod Harris ve diğerleri, tarafından tartışılmıştır (1981) ve St Helen dağında, ve Havai'de ölçüm yapmak için kullanılmıştır.

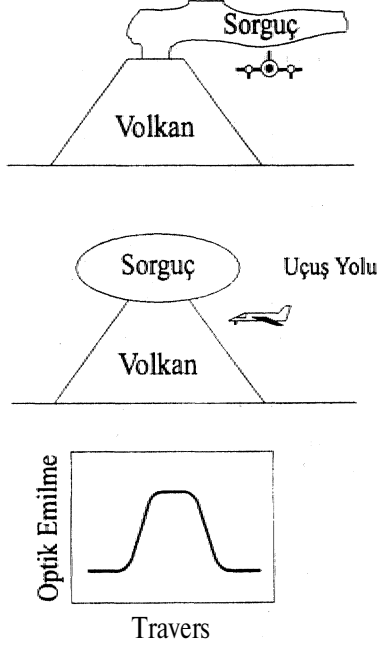
#### SÜREKLİ GAZ UYARIMI

Bazı gaz dağılım olayları birkaç dakika kadar kısa. sürelidir ve toplama, vede periyodik numune alımı veya.



Şekil 6, COSPEC ile havadan yapılan sülfürdioksü ölçümleri.. A- Yandan görünüş B- önden görünüş, C-Sembolik veri..

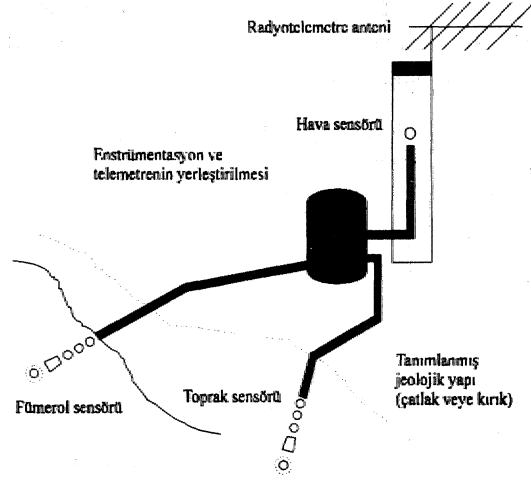
dağılım-oran ölçümlerini içeren analiz teknikleriyle ortaya çıkmazlar., Sürekli ölçümler kısa süreli konsantrasyon değişikliklerini izlerler. Sürekli gaz gözlemi bölgedeki gaz konsantrasyonlarını ölçmek için bir veya daha fazla sensor kullanımını gerektirir. Teknik'ilk olarak 1970lerin ortasında Sato ve meslektaşları.(Malooe- ve Frank, 1975; Sato ve diğerleri, 1976) tarafından geliştirilmiş ve kullanılmıştır; Baker dağıının aktivitesini izlemek için uygulanmıştır (Frank ve diğerleri, 1977). Bilgi, sensor'lardan 10 dakikada bir alınır ve radyo, uydu veya telefonla, alıcıya iletilir (McGee ve diğerleri, 1987)., Amerikan jeolojik araştırmalardaki bilim adamları tarafından yapılan gaz, işleme -çalışmalarında yakıt hücreli bir sensor kullanılmış ve geliştirilmiştir. Bu alet, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, COS, HCl ve HF gibi gazları azaltmaya elverişlidir.. Serf, ve aşınmış arazi şartlarında elastiki olan sensor', Sate ve McGee tarafından tanımlanmıştır (1981). Bu sensor'un yakın tarihlerdeki detay çalışması Suttan ve McGee (1989)., McGee ve



Şekil 7. *Miran aleti ile havadan yapılan sülfürdioksit ölçümleri, A- Yandan görünüşü, B- Önden görünüşü, C- Sembolik veri.*

Sotton (1990) tarafından yayınlanmıştır. -Tür ayırt edici dayanıklı, ticari olarak uygun gaz sensörlerini yakın tarihlere kadar uygun fiyatta, bulmak çok zordu. Kimyasal gaz algılama teknikleri ve uygun fiyatlı, vede potansiyel olarak yararlı gaz sensörleri Sutton tarafından açıklanmıştır (1990). Ticari sensörler şu anda  $H_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $KCl$  ve  $HF$  için uygundur. Bu sensörlerin hemen hemen hepsi volkanik çevrelerde kullanılmadan önce bazı değişiklikleri gerekli kılar ve tür ayırt edilebilmesi dikkatli düzenlemeleri gerektiren, sıkça rastlanan bir problemdir. Örneğin bir  $SO_2$  sensörü  $H_2S$ 'e çapraz duyarlılık gösterebilir.  $SO_2$  hassasiyeti olmayan bir  $H_2S$  sensörünün orijinal  $SO_2$  sensörü ile birlikte düzenlenmesiyle, bunlardan bir tanesi iki gazda izleyebilir ve  $SO_2$  sensör çıkışı için doğrulama algoritmi kurulabilir. Sürekli, gaz uyarım ölçümleri, fümerollerde, aktif fümeroller yakınındaki havada, ve yapısal özelliklerin yanındaki topraklarda yapılabilirler (Şekil 8). Sürekli, fümerolik ölçümler, gaz sensörlerinin çatlaklara doğrudan yerleştirilmeleriyle yapılır. Havai'de Kilauea volkanının daki geniş yayımlı bir gaz olayı düşük ısı fümerolierine yerleştirilmiş gaz sensörleriyle.

doğu rift'inin yükseliminden önce belirlenmiştir. (McGee ve diğerleri, 1987).



Şekil 8. *Hava, fümeroi ve toprak, semorleri'ne sürekli gaz uyarımı. Telemetre, radyo, uydu, kablo veya telefon olabilir.*

Bu tip yerleştirme (sensoflerin) magma, sisteminin ana kanallarıyla, fümeroller' arasında iyi bir bağlantı sisteminin olduğunun düşünüldüğü durumlarda yararlıdır.

Hava uyarım, aktif dumanlı bir alanın yanına yerleştirilen ağaç bir-sehpa üzerine kumlan, 1-2 m yüksekliğindeki gaz sensörleriyle yapılır. Bu metod fümerolik gözlem İÇİD avantajlara sahiptir. Hernekadar, rüzgar yön değişimi gibi, pik sensör okumalarına konu olarsada, bu metod, köksüz, bir fumerai seçiminin muhtemel hatasını önler ve herhangi bir arazide ayrıca birçok sensör zor fümerolik şartlara dayanamazken, hava gözleminin yapılabildiği sürece çok değişik sensörler kullanılmıştır. St. Hellens dağının güney kanadında Sato ve McGee (1981)-tarafından hava gözlemi yapılmıştır ve aktif StHellens dağı lav domuDa ise hava gözlemi yapılmaktadır 1986.

Toprak gazlarının sürekli izlenmesi muhtemel fayh bir alanda veya diğer gaz geçirindi zonlarda, sensörün en azından bir me-te derine gömülmesiyle olur. Uygun toprak-gaz işleme bölgeleri gözlemsel metodlarla tespit edilir. Örneğin., Allard ve diğerleri (1989), Sicilya'daki Etna dağının volkanik yapısının jeolojisi hakkında bilgi elde etmek için, portatif infrakırmızı (kızıl ötesi)  $CO_2$  dedektörü kullanmışlar ve toprak gazlarından yayılan

## Volkanik Gaz

CO<sub>2</sub>, Etoa dağının zirvesindeki kraterden yayılana, yaklaşık olarak eşit olduğunu ortaya koymuşlardır... Thomas (1.937), sığ yer gazlarındaki radon konsantrasyonunun, Kilauea volkanındaki volkanik ve sismik aktiviteyle aniden değiştiğini ortaya koymuştur.

Sürekli toprak gaz işleme çalışmaları, Kaüfarniya'daki Uzun Vadi kalderası'nda da yapılmıştır (Mc Gee ve diğerleri, 1982; McGee ve Suttan, 1990). Toprak-gaz numundendirilmesi ve sürekli helyum gazı işlenmesi Friedman tarafından tanımlanmıştır (1987).

### TARTIŞMA

Volkanik, aktivite işlenmesi için temel gaz çalışma tefaMeri Çizelge 1 de özetlendiği üzere avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Laboratuvar analizi ile birlikte ffünnerolik mımulendiime, belli bir zamanda,, özel bir gaz-yank lokasyonu hakkında detay kimyasal bilgi verir. Yayılım-Oran calism.al.an., sadece SO<sub>2</sub> veCX<sub>2</sub> için belli bir süre boyunca» bir volkanın kapsamlı gaz çıkışlarını mevcut-günlük tekniklerin kullanımıyla ortaya koyar.

Ayrıca, yeniden, aktiviteye geçen belli volkanların yüksek SO<sub>2</sub> yayılıra oranları, geniş fakat sığ hidrotermal sistemde toplanan orijinal magmatik gazların serbest kaldığına işaret eder (Giggenbach, 1989). Bundan

Çizelge 1. Teme! volkan gaz çalışma tekniklerinin avantaj ve dezavantajları.

Avantajları	Numune Analizi	Yayılım oranları	Sürekli Uyarım
	Zaman ve mekan içinde, tek nokta hakkında çok özel ve daha çok veri elde edilir.	SO <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> hakkında kapsamlı çıktı verir, Magma ihtiyaç oranı, güvenilirdir.	Gaz çıkışlarını geçici olarak çok iyi kontrol eder.. Sürekli veri elde edilir, Gerçek uyarım yapar.
Dezavantajları :	Veride geçici uzay boşlukları olur. Yoğun emek gerektirir. Zararlı olabilir,.	Sadece iki gaz içindir. Her veri noktası için bölgeye gitmek gerekir. Yoğun emek gerektirir. Havaya bağımlıdır.	Âz. sayıda dayanıklı, ve seçme sensor ile yapılır. Telemetre gerektirir.

IT:

• Jeoloji Mühendisliği

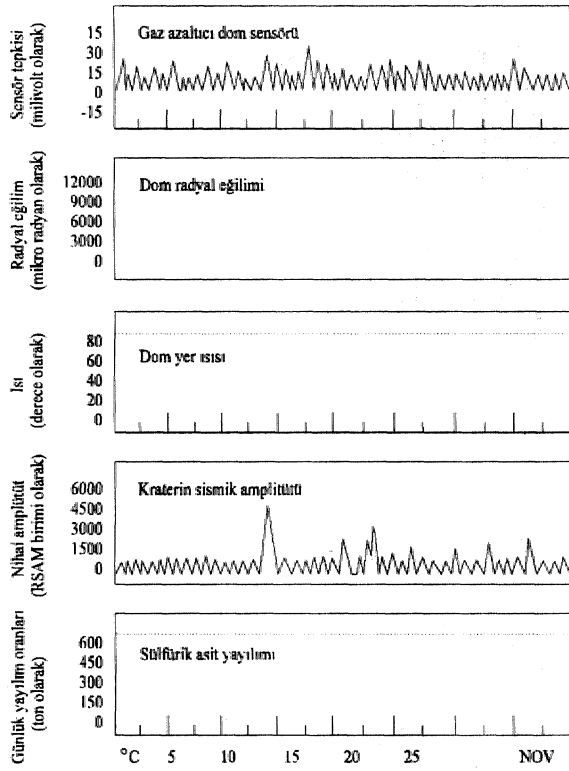
dolayı tek başına yüksek S O<sub>2</sub> değerleri direkt, olarak bir magmatik kaynağa, işaret etmiyebilir. Sürekli izleme fümerol, hava. ve topraktaki, birkaç kimyasal türün görelili konsandnasyonundaki geçici değişimler hakkında bilgi sağlar, hernekadar halihazırda kullanılan sensorlarla bundan dolayı kesin yorum yapılabilmesi zorsada bu üç yaklaşımın birlikte kullanımıyla volkanik gaz yayılımının daha bir tamamlanmış durumu elde edilir.

Laboratuvar analiziyle numunelendirme, toplam izleme ve gazın faz ilişkileri temel bilgileri, sağlamakta ve sürekli izleme çalışmalarının doğruluğunu kontrol etmektedir,. Yayılım-oran çalışmaları, sürekli izleme ve laboratuvar analizli numunelendirmeye nitelikli bir şekilde kontrol 'edilen, bütün gaz-yayılım oranları, üzerinde odaklanmıştır.

Burada tanımlanmıyan diğer doğrudan gaz çalışma metodları, yerinde gaz analizi için taşınabilir gaz kromatografyanı (LeGuem, 1982) ve gaz örneklerinin meteorikmi yoksa magmatik kökenlimi olduklarını tanımlayan izotopik gaz çalışmalarını içerir (Evans ve diğerleri, 1981). Dolaylı gaz çalışma metodları, doğrudan gaz numune alımının mümkün olmadığı yerlerde yararlı olan, kül damıtma çalışma metodlarını içerir (Williams ve diğerleri 1936; Hinkley, 1987). Irmakların ve krater göllerinin kimyasal ve fiziksel parametreleri-

nin izlenmesi , bu .sistemler içinde» yenilenmiş magma hareketini göstermektedir (McGee ve diğerleri, 17. kısım.).

Gaz çalışma sooucları, diğer zaman-seri verileriyle birlikte volkanik aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılır. Şekil 9,, Ekim 1986 da Si, Helens dağındaki dom yapıcı aktivitenin izleme dalaşını göstermektedir.



Şekil 9. 22 Ekim 1986'da St. Hallen dağındaki dom püskürmesini de içeren zaman dilimi için, gaz jeokimyası, eğim, ısı, RSAM ve havadan aralıklarla gelen sülfürodoksit verilerinin karşılaştırılması.

Kraterde yerleştirilen, bir- gaz. azaltıcı sensor, bir eğim, ölçücü, yer ısı sensor'ü ve seismometer dom oluşum olayını kaydetmiştir,.. Ara ara ölçülen SO<sub>2</sub> yayılım oranlarında benzer bir örneği göstermiştir.

### SONUÇ

Volkan izleme amaçlı gaz çalışmaları, üç temel tekniğin kullanımıyla yönlendirilmiştir. En çok. ve en az uçucu türler için yapılan laboratuvar analizi fümerol numunelendirmesi, SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin yayılım-oran ölçümleri ve kimyasal • sensorler kullanımıyla, yapılan gazların sürekli mah.al.Mnde izlenmesi... Fümerol numunelen.dkme ve; laboratuvar .analiz teknikleri, iyi tesis edilmiş, olup özel çıkış bileşimine yönelik en iyi bilgiyi verirler. Böyle teknikler,, magmatik gaz bileşimlerini ve uçucu birikimleri değerlendirmek için kullanılırlar (Gerlach ve Casadevall 1,986; Gerlach ve Graeber 1985). SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> için •yapılan yayılım-oran ölçümlerinde ben.zer biçimde iyi tesis edilmiş olup magma çıkış oranı, ve volkan aktivitesinin genel düzeyindeki değişiklikleri kaydedebilirler., Sürekli izleme fümerol, hava ve topraktaki seçilmiş, gaz türleri için geçici süreğenlik oluşturur' ve yakın gelecekte, özellikle daha fazla çeşitli gaz türleri için, ticari sensorler' yaygınlaştıkça ençok gelişme gösterecek olan gözlem tekniğidir.

Burada, anlatılan gaz-çalışma teknikleriyle birlikte özelliklede zaman-seri jeofizik verileriyle uyumlu olarak, kullanıldığında çok. daha yararlıdır. İyi bir volkan çalışması, magmatik. sistemdeki fizikokimyasal değişimleri ölçen jeofiziksel ve jeokimyasal metodlarda içermelidir.



**MADEN TETKİK VE ARAMA  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

# **TÜRK MADENCİLİĞİNE DESTEK VERİYOR ...**

**GELİN GÖRÜŞELİM TALEP VE  
SORUNLARINIZA ÇÖZÜM BULALIM**

- **ALTYAPI ÇALIŞMALARINIZDA KÂR AMACI  
GÜTMESİZİN MADENCİNİN YANINDA HİZMETE  
HAZIRIZ.**
- **EN MODERN CİHAZLARLA GÜVENİLİR LABORATUVAR  
HİZMETLERİ VERİYORUZ.**
- **TEKNİK VE BİLİMSEL STANDARTLARA UYGUN BİRİM  
MALİYETİNDE SONDAJ YAPIYORUZ.**
- **58 YILLIK BİLGİ BİRİKİMİMİZİN ÜRÜNÜ OLAN  
ARAŞTIRMA RAPORLARINI HİZMETİNİZE AÇIYORUZ.**

**GELİN GÖRÜŞELİM.**



# KAYAÇ OLUSTURAH ÖNEMLİ MİNERALLERİN MİKROSKOPTA İNCELENMELERİ

Prof.Dr. Yavuz ERKAN

JMO YAYIN NO: 42

ISBN 975-395-137-X

## SİPARİŞ FORMU

ADI SOYADI : .....

MESLEĞİ : .....

ADRES : .....

.....

.....

Posta kodu-Şehir.....

TELEFON : ( )- Faks : ( )-

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI BAŞKANLIĞI  
P.K.464 - Kızılay, 06424 ANKARA

Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri kitabından.....adet satın almak istiyorum.

Bedeli olan TL'sı postaçeki 89850 nolu hesabınıza yatırılını ş olup postaçeki alındısı ekte gönderilmiştir.

Yayının yukarıda belirtilen daimi adresime gönderilmesini dilerim.

Saygılarımla.

Tarih :

İmza :

~~EDERİ : (Posta masrafı dahil, 1 Ocak 1995'den geçerli) İşaretleyiniz~~

1. JMO Üyesi Olmayanlar için..... 450.000.-TL..... D

2. JMO Üyesi ve Öğrenciler için..... 350.000.-TL..... D

NOT : İsteyene fatura verilir. Ödeme banka hesabımıza da yapılabilir.

Banka Hesap No : Ziraat Bankası Kızılay Şubesi 30440-989-2

**TÜRKİYE JEOLojİ ARAŞTIRMALARI ÖZLERİ**  
*Abstracts of Geological Researches in Turkey*

91/001-413

1991

ISSN 1300-i607

**SİPARİŞ FORMU**

ADI SOYADI

MESLEĞİ

ADRES

Postakodu-Şehir.

TELEFON • ( )-

Faks : ( )-

TMMOB

JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI BAŞKANLIĞI

E.K.464\_- Kızılay.06424 ANKARA

Yılda bir kez yayımlanan TÜRKİYE JEOLojİ ARAŞTIRMALARI ÖZLERİ'nin 1991 yılı sayısından.....adet satın almak istiyorum.

Bedeli olan TL'sı postaçeki 89850 notu hesabınıza yatırılmış olup postaçeki alındısı ekte gönderilmiştir.

Yayının yukarıda belirtilen daimi adresime gönderilmesini dilerim.

Saygılarımla.

Tarih :

İmza :

EDERİ : (Posta masrafı dahil, 1 Ocak 1995'den geçerli)

İşaretleyiniz

- |                                      |              |       |   |
|--------------------------------------|--------------|-------|---|
| 1. Kuruluşlar için .....             | 300.000.-TL. | ..... | D |
| 2. JMO Üyesi Olmayanlar için .....   | 200.000.-TL. | ..... | D |
| 3. JMO Üyesi ve Öğrenciler için..... | 100.000.-TL. | ..... | D |

NOT : İsteyene fatura verilir. Ödeme banka hesabımıza da yapılabilir.

Banka Hesap No : Ziraat Bankası Kızılay Şubesi 30440-989-2