

# Maden işletmeciliğinde yeraltısuyu sorunları ve hidrojeolojik yaklaşım

Dr. Vedat DOYURAN

## 1 GİRİŞ:

Maden yataklarının araştırılması ile işletmeye geçilmesi arasındaki zaman sürecinde son derece ayrıntılı jeolojik araştırmalara yer verilmektedir. Ancak bu yoğun araştırma programlarında çoğu kez ihmal edilen, yeterince önemsenmeyen veya yetersiz düzeyde kalan araştırmalar sonucu karşılaşılan önemli bir sorun vardır. İşletme safhasında çoğu kez beklenmedik bir zamanda ve yerde karşımıza çıkan bu sorun «yeraltısuyu» sorunudur.

Amacımız, Maden Mühendisliği uygulamalarında çalışan ve bu konuya ilgi duyan meslektaşlarımıza hidrojeolojinin maden işletmeciliğindeki önemini ve yaklaşım yöntemlerini tanıtmaktır. Tıke olarak konunun açık bir anlatımla ele alınması benimsemiştir. Ayrıca hidrojeolojinin bazı temel kavramlarına ve ilgilenenler için yardımcı kaynaklara yer verilmiştir.

## 2 MADEN OCAKLARINDA GÖRÜLEN YERALTISUYU SORUNLARI VE

O.D.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü

22

## İŞLETMECİLİĞE ETKİLERİ

Maden ocaklarında yeraltısuyu sorunları başlıca iki şekilde görülmektedir:

- a Ani su baskınları,
- b Sızıntılar.

Ani su baskınları, genellikle karstik sahalarda oluşan doygun erime boşluklarında, eklem ve çatlaklarla katedilmiş magmatik kayalarda veya, gerilme (çekme) kuvvetleri ile oluşan fay zonlarında görülmektedir, işletmecilikte son derece önemli olan su baskınları büyük maddi kayıplara ve bazan personel kayıplarına yol açmaktadır.

Sızıntı şeklinde gelen yeraltısuları, genellikle kay açların birincil gözeneklerinde depolanmış suyun, kayaların geçirimsizlik veya iletkenlik özelliklerine bağlı olarak boşalmasıdır. Sızıntı suları, maden işletmeciliği sırasında çoğu kez önemli sorunlar yaratmadan kolaylıkla drene edilebilmektedir.

Loofbourow (1973) yeraltısuyunun işletmeciliğe etkilerini başlıca iki kısımda ele al-

miştir. Bunları kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

Doğrudan etkileri:

- a. Pompaj ve/veya suatım masrafları,
- b. Su baskınları sonucu oluşabilecek personel ve ekipman kayıpları,
- c. İşletmenin geçici veya sürekli kapatılması,
- d. İşletme yönteminin seçimine etkileri. Dolaylı etkileri:
  - a. Çalışma koşullarını güçleştirir,
  - b. Ekipman bakım masrafını artırır,
  - c. Gevşek kayaçları çalışma alanlarına sürükler,
  - d. Kayaclarda ayrışmayı arttırarak göçmelere yol acar,
  - e. Patlayıcı maddelerin randımanını etkiler.

Maden işletmeciliğinde, yeraltısuyunun önemli sorunlar oluşturmasını önlemenin en gerçekçi çözümü, bu gibi koşullara önceden hazırlıklı olmaktır. Bunun için, planlama safhasında, hidrolojik araştırmalara yeterince ağırlık verilmelidir. Özellikle işletme sahalarında yapılacak jeolojik harita alımı sırasında yeraltısuyu ile ilgili belirtilerin saptanması halinde (örneğin, yüzey sulan, kaynaklar, sızıntılar, su kuyuları gibi) hidrojeolojik araştırmalar kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Hidrojeolojik yaklaşımlara girmeden önce bazı temel kavramların kısaca hatırlatılmasında yarar görmekteyiz. Daha ayrıntılı bilgiler için kaynaklar listesinden yararlanılabilir.

### 3 KAYAÇLARIN HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ:

Kayaçların hidrojeolojik özellikleri gözeneklilik ve geçirimsizlikleri ile tanımlanabilir. Gözeneklilik, kayacın depolama fonksiyonunu; geçirimsizlik ise iletme fonksiyonu-

nu kapsamaktadır. Örneğin, hem depolama ve hem de iletme özelliğine sahip kayaçlar için «akifer»; depolama ve iletme özelliği göstermeyen kayaçlar için «akifüj»; depolama özelliği olup iletme fonksiyonu zayıf olan kayaçlar için de «akiklüt» tanımlamalarını verebiliriz.

Yeraltısuyunun kayaclarda bulunuş şekillerine göre başlıca üç tür akiferden söz edebiliriz (şekil 1).

Doğgun bir litolojik birimin üst sınırı su düzeyi ile tanımlandığında «serbest akifer» durumu ortaya çıkmaktadır. Burada, doğgunluğu oluşturan boşluk suyu sadece atmosferik basıncın etkisi altındadır. Serbest akifer içindeki herhangi bir noktadaki hidrolik basınç, bu noktanın su düzeyine göre derinliğine eşittir.

Doğgun bir litolojik birimin üst sınırı geçirimsiz bir litolojik birim ile kısıtlanmış ise, örneğin kil veya kiltası gibi, bu durumda «artezyen akiferi» veya «basıncılı akifer» koşulu ortaya çıkmaktadır. Basıncılı akiferde son bulan bir kuyudaki su düzeyine ise «piezometrik düzey» veya «basıncılı su düzeyi» denilmektedir. Artezyen basıncını oluşturan litolojik birim kısmen geçirimsiz ise bu durumda «sızıntılı akifer» koşulu ortaya çıkmaktadır.

Herhangi bir serbest akiferin su düzeyi ile satih arasında oluşan lokal doğgun zonlar için «tünek suyu» tanımlaması yapılabilir. Akiferlerin önemli özelliklerinden biri olarak depolama fonksiyonunu belirtmiştik. Yeraltısuyunun depolanması kayaçlar için aeki boşluklarla sağlanmaktadır. Bu boşlukları birincil ve ikincil olmak üzere iki kısımda ele alabiliriz. Bu konu, özellikle maden sahalarına ilişkin hidrojeolojik araştırmalarda önem kazanmaktadır. Birincil boşluklar:

- a. Ayrık (klastik) tortul kayaclarda taneler arasındaki boşluklar,
- b. Volkanik kayaclarda görülebilen gaz tüpleri ve lav tünelleri,
- c. Tabaka arası boşlukları.

İkincil boşluklar:

- a Faylar, eklemler, kırıklar vb.
- b. Erime boşlukları (jipsli kayalar ve kireçtaşlarında)
- c. Biçkiler, hayvanlar ve insanlar etkisiyle oluşmuş diğer boşluklar.

Gözeneklilik ve geçirimlilik özellikleri göz önüne alındığında, en önemli akiferlerin çokil ve kum yataklarında, alüvyon konilerinde, sahil sedimanlarında ve bazı koşullarda bazalt lavlarında oluştuğunu söyleyebiliriz. Kum taş ı ve çakıltaşı, sıkışma ve cimentolanma derecelerine göre; kireçtaşları ise içerdikleri erime boşluklarının dağılımı ve hacmi ile ele alınmalıdır. Sık eklem ve çatlaklarla katedilmiş mağmatik kayalar yer yer zengin akifer türleri oluşturabilmektedir. Metamorfik kayalar, mermerler dışında, genellikle iyi akifer oluşturmazlar.

#### 4 YERALTISUYUNUN HAREKETİ:

Gözenekli ortamlarda yeraltısuyunun hareketi 1856 yılında Henry Darcy tarafından deneysel olarak saptanmıştır. Darcy Kanunu olarak bilinen ve ancak laminer akış için geçerli olan bu kural şu şekilde formüle edilmiştir:

$$Q = K A i$$

Burada,

$$Q = \text{debi (m}^3\text{/sn)}$$

K=geçirimlilik katsayısı (mVsn/m<sup>2</sup> ve-ya m/sn)

A=akış yönüne dik alan (m<sup>2</sup>)

i=hidrolik eğim=H/L (m/m)

H=akış doğrultusundaki hidrolik kayıp,

L=akış doğrultusunda, hidrolik kayıpların ölçüldüğü noktalar arasındaki uzaklık.

Akışkanlar mekaniğinin temel kurallarından biri olan süreklilik eşitliğini yazarsak,

$$Q = VA$$

Darcy kanunu ile kıyasladığımızda,  
 $V = KI$

bağıntısını elde ederiz. Yeraltısuyunun akış hızını belirleyen (V) nin hidrolik eğim ile doğru orantılı olduğunu görebiliriz. Buna göre, hidrolik eğim arttıkça akış hızı da artmaktadır. Ancak, genellikle, yeraltısuyunun akış hızının yılda veya ayda veya günde bir kaç metreyi aşmadığını hatırlatmak isterim.

lv'agmatik kayalar ve kireçtaşlarında oluşan akiferlerde yeraltısuyunun akışı Darcy Kanunu ile belirlenemez. Çünkü bu tür akiferlerde akış genellikle «türbülant» dır.

#### 5 AKİFER PARAMETRELERİ:

Darcy Kanununda tanımladığımız geçirimlilik katsayısı (K), hidrolik eğimin bire eşit veya başka bir deyişle % 100 olması koşulu ile birim alandan geçen akış olarak tanımlanmaktadır. Aynı hidrolik eğim koşulu altında, akiferin birim genişlik ve toplam kalınlığından geçen akış ise «iletkenlik katsayısı» nı (T) vermektedir. Herhangi bir akiferin iletkenlik katsayısının büyük alması' o akiferin verimli olacağı anlamına gelmektedir. Bu gibi akiferlerden fazlaca düşüm kaydetmeden pompaj ile bol su çekilebilir. Buradan da anlaşılabilceği gibi maden sahalarındaki kayaların iletkenlik katsayılarının saptanması ile ileride karşılaşılabileceğimiz pompaj miktarının mertebesi hakkında yaklaşık bir bilgi edinebiliriz.

Gözeneklilik, bir akiferin depolayabileceği su miktarını belirtir. Ancak bu, gözenekli ortamın depolamış olduğu suyun ne kadarını boşaltabileceğini göstermez. Doymun bir gözenekli ortamdan, yer çekiminin etkisi ile boşalan suyun, depolanan suyun toplam hacminin ancak bir kısmına eşit olduğu bilinmektedir. Gözenekli ortamın birim hacminden sadece yer çekimi etkisi ile boşalacak su miktarı o ortamın «özgül verimi» olarak tanımlanmaktadır. Yer çekim etkisine rağmen taneler arasında kılcal su ise kohezyon, adhezyon ve kılcal

olaylar etkisi altındadır. Tutulan bu su için «özgül tutulma» denir. Buna göre, gözeneklilik, özgül verim ve özgül tutulma arasında aşağıdaki ilişkiyi kurabiliriz:

Gözeneklilik=Özgül verim+Özgül tutulma  
Bir akiferin birim kesitli prizmasından, bu kesite dik birim yük değişmesine bağlı olarak çekilebilecek veya depolanabilecek su miktarına «depolama katsayısı» (S) denir. Depolama katsayısı, serbest akiferlerde özgül verime eşittir. Basınçlı akiferlerde ise akiferin elastik özelliklerine bağlıdır. Başka bir deyişle, birim yük değişmesine bağlı olarak akifer iskeletinde meydana gelecek sıkışma ve akiferdeki suyun, azda olsa, genleşmesi söz konusudur.

## 6. MADEN SAHALARINDA HİDROJEOLojİK YAKLAŞIM:

Bu kısımda ilk olarak işletilmesi tasarlanan maden yataklarında karşılaşılabilecek yeraltı suyuna ilişkin hidrojeolojik yaklaşım esasları tanıtılacak, daha sonra her maddenin kısa ayrıntılarına geçilecektir. Aşağıda belirtilen genel yaklaşım esasları metalik ve metalik olmayan tüm maden yataklarına uygulanabilir.

A Maden sahasını içeren su toplama havzasına ilişkin yüzeysel verilerin toplanması:

- a Fiziyoğrafik yapı,
  - b. Jeolojik durum
    - i Litolojik birimlerin tanımlanması,
    - ii- Litolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin saptanması,
    - iii. Yapısal öğeler (fay, eklem, çatlak, kıvrım v.d.)
  - c. Su noktalarına ilişkin veriler (kaynaklar, sızıntılar, su kuyuları)
  - d Havzanın bitki örtüsü
- B Meteorolojik ve hidrolojik veriler
- a. Yağış ve sıcaklık
  - b Akarsu rejimleri, süzülme

## C Yeraltı İncelemeleri

- a Kuyu loğları
  - b Kuyulardan su düzeyi ölçümleri
  - c Yeraltı suyu kalitesi
  - d Sondaj sırasında karşılaşılan su sorunları ve basınç deneyleri
  - e Pompaj deneyleri
  - f. Yeraltı suyunun akış yönü ve hızının saptanması
- D. Su toplama havzasında yer alan eski işletmelere ilişkin verilerin derlenmesi
- E. Kuyu, tünel ve diğer hafriyatlar sırasında elde edilen verilerin hidrojeolojik değerlendirilmesi.

Maden yatağını içeren su toplama havzası bir hidrolik sistem olarak ele alınabilir. Su bölümü çizgisi ile sınırlanan bu havzanın hidrolojik ve jeolojik verilerinin yeterince değerlendirilmesi ile havzanın su potansiyeli hakkında yararlı ve yeterli bilgiler edinebiliriz.

Havzanın fizyografik yapısı ile yeraltı suyu arasında yakın ilişkiler vardır. Örneğin, topoğrafik eğimin fazla olduğu yerlerde, yağışın büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçerek havzayı drene eden akarsularla karışacaktır. Buna karşılık, topoğrafik eğimin az olduğu yerlerde ise süzülme önem kazanacaktır.

Topoğrafik engebelerden yeraltı suyunun konumuna ilişkin yaklaşık bilgiler edinebiliriz. Örneğin, su düzeyinin genellikle vadi tabanlarında sathaya yakın olmasına karşılık sırtlarda ise durum tam tersinedir. Böylece topoğrafik engebeler ile su tablası arasında yaklaşık bir uyumdan söz edebiliriz. Maden yatağının topoğrafik yükseltiye göre konumu ise yukarıda belirtilen nedenlerle önem kazanmaktadır.

Su toplama havzasının 1:25,000 ölçekli jeolojik haritası alınarak litolojik birimler ayrılmalı ve bunların hidrojeolojik özellikleri saptanmalıdır. Havzada akifer Özelliği gösteren kayaçların saptanması ile bunla-

rın alansal dağılımı, beslenme sahaları ve ^kûilıhflıklaflı araştırılmalıdır. Ayrıca akifer türlerinin (serbest, basınçlı) saptanması gerekmektedir.

Yapısal öğelerin, kayalarda ikincil boşluklara olanak sağladığına daha önce değinmiştik. Bu nedenle, örneğin, fayların sınıflandırılması, fay zonlarının geçirimsizlik derecelerinin incelenmesi, eklem ve çatlakların yoğunluğu, genel doğrultuları ve etken oldukları derinliğin saptanması gerekir. Kireçtaşlarda, yapısal öğeler, karstik oluşumlara olanak sağlar. Bu nedenle, bu gibi sahalarda özellikle ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır.

Su noktaları deyince aklımıza kaynaklar, sızıntılar ve su kuyuları gelmektedir. Özellikle yüzey jeolojik çalışmaları sırasında su noktalarının incelenmesi ile kayaçların sı\* taşıma özellikleri hakkında geniş bilgiler edinebiliriz. Başlıca su noktalarından boşalmanın hangi kayaçlardan olduğunu saptamak ve alınacak su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarını değerlendirmek gerekmektedir.

Hcvzanın bitki örtüsünden yeraltı su düzeyi ve kalitesine ilişkin bilgiler elde edebiliriz. Bitki türleri, olanaklar elverdiği ölçüde, sınıflandırılmalıdır. Bu sınıflamada bitkilerin yeraltı suyunu uzun kökleri ile almakta olduğu (freatoflt) veya su düzeyinin satha çok yakın olduğu yerlerde geliştiği (hidrofit) gibi hususlar göz önüne alınmalıdır. Havzanın meteorolojik verileri olarak aylık ortalama yağış ve sıcaklık ölçümleri derlenmelidir. Ancak çoğu kez işletme sahalarında meteorolojik gözlem istasyonları bulunmaz. Bu nedenle, işletme sahasına en yakın gözlem istasyonundan yararlanılmalıdır. Ancak bu gözlemlerin maden sahasında geçerliliğine orografik etkiler göz önüne alınarak karar verilmelidir. Esasen bir an önce havza içinde kurulacak küçük çapta bir meteorolojik gözlem istasyonunun sonradan sağlayacağı yararlar kuşkusuz önemlidir. Hidrolojik verilerin en önemlisi, havzayı drene eden akarsu ve kollarının havzaya giriş ve çıkış yerlerinde kurulacak eşellerle sağlanan akım ölçümleridir.

Bunun yanı sıra havzadan buharlaşma kayıplarını saptamak, zorunlu değilse bile, yararlı olacaktır. Bu gözlemler sonucu akarsulardan sızma yolu ile kayıpları, başka bir deyişle, akiferlere süzülme yolu ile beslenmeleri hesaplayabiliriz.

Maden yataklarının fizibilite çalışmaları şuasında çok sayıda sondajlar yapılmaktadır. Bu sondaj karotlarının hidrojeolojik değerlendirilmesi son derece yararlı olacaktır. Ayrıca, bu safhada bir hidrojeoloğunda sondaj ekibine katılması ile daha sonra pompaj deneyleri için açılması kaçınılmaz olan yeni kuyu gereksinimlerinden kurtulabiliriz.

Karotların incelenmesi sırasında kayaçların gözenek ve geçirimsizliği, fay zonlarıno ilişkin özellikler, eklem ve çatlakların sıklık, genişlik ve etkin oldukları derinlik gibi hususlara önem verilmelidir. Kuyulardan ise, gerek sondaj sırasında ve gerekse sürekli yararlanma olanakları vardır. Sondaj sırasında, özellikle, sondaj suyu veya çamur kaçakları veya kuyuya su basmaları titizlikle kaydedilmelidir. Ayrıca bazı kuyularda yapılacak basınç deneyleri ile kayacın iletkenlik özelliği anlaşılabilir. Yeraltı suyunun görüldüğü bazı kuyuların göçmesi önlenerek bunlardan en az bir yıl süre ile haftalık veya aylık su düzeyi ölçümleri alınmalıdır. Kuyu, yağış ve akarsu hidrografları hazırlanarak bunların aralarındaki ilişkilerin saptanması yararlıdır.

Gerek kaynaklardan ve gerekse su kuyularından alınacak su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmalıdır. Bundan amaç, suyun mineralleşme ile ilişkisini, korozyon ve/veya kabuklaşmaya olanak sağlayıp sağlamıyacağını saptamaktır. Korozyon özelliği gösteren suların bazı belirtileri şunlardır (Johnson, 1966) :

- Düşük pH değerleri  $CpH < 7$
- Sudaki erimiş oksijen  $> 2ppm$ .
- $H_2S > 1ppm$ .
- Toplam erimiş maddeler  $> 1000 ppm$ .

e.  $CO_2 > 50$  ppm.

f.  $Cl > 500$  ppm.

Kabuklaşma sorunları ise şu koşullarda karşılaşılır :

a.  $pH > 7.5$

b. Karbonat sertliği  $> 300$  ppm.

c.  $Fe > 2$  ppm.

d.  $Mn > 1$  ppm.

İşletme sırasında atılması gereken su miktarı hakkında en önemli veriler akifer parametreleri olarak tanımladığımız iletkenlik katsayısı (T) ve depolama katsayısı- (S) ile elde edilir. Bunun için pompaj deneylerine gereksinme vardır.

Ancak pompaj deney sonuçlarının değerlendirilmesi için önerilen yöntemler yalnız laminer akış gösteren ortamlar için geçerlidir. Bu yöntemlere erime boşluğu gösteren kireç taşlarına veya geniş ve sık eklem ve çatlaklarla katedilmiş mağmatik kayalara uygulamak hatalı sonuçlar verebilir. Bu tür kayaçlardan su baskınları beklenebilir. Bu durumda en gerçekçi yaklaşım boşluklarda depolanan suyun hacmini saptamaktır. Bu ise özel ayrıntılı çalışmaları gerektirir. Bu nedenle, pratik bir çözüm olarak kuyu, galeri v.b. sürülmesi sırasında yeraltı su ceplerini araştırmak amacı ile pilot delgiler sürülmesi ve dinamitleme işlemleri sonucu oluşabilecek su baskınlarına önceden hazırlıklı olmak gerekir.

Yeraltı suyunun akış yönü ve hızını izleyiciler yardımı ile saptayabiliriz. Bunun için en az üç gözlem kuyusuna ve izleyici maddeye gereksinme vardır. İzleyiciler olarak kimyasal eriyikler, radyoaktif izotoplar, renkli bileşikler veya suda eriyebilen gazlat kullanılır. İzleyicilerin bir kuyudan yeraltı suyuna karıştırılmasından önce yeraltı suyunun akış yönü hakkında yaklaşık bir bilgimiz olmalıdır. Zira gözlem kuyularının yerleri buna göre saptanacaktır. İzleyicilerin bir kuyudan suya karıştığı andan itibaren gözlem kuyularında ilk gözlemlendiği ana kadar geçen süre saptanır. Kuyular arasındaki uzaklığın bilinmesi ile

de suyun ortalama akış hızı ve gerçek akış yönü saptanmış olur. Ayrıca, hidrolik eğim bilindiğinde,

$$K = V/l$$

bağıntısından akiferin geçirimsizliği hakkında yaklaşık bir bilgi edinebiliriz. Su toplama havzasında eski işletmelerin bulunması durumunda bu işletmelerin karşılaştığı sorunlar yeni sahalar için çek önemli bilgi kaynaklarıdır. Özellikle yeraltı suyu sorunu olup olmadığı, eğer varsa hangi kotlarda ve ne miktarda olduğuna ilişkin bilgiler derlenmelidir.

Yukarıda belirtilen hidrojeolojik yaklaşım yöntemleri herhangi bir maden sahasında karşılaşılabilecek yeraltı suyu sorunları hakkında yeterli düzeyde bilgi sağlar. Özellikle işletmeye geçildiği andan itibaren bir hidrojeoloğun zaman zaman yeni bilgileri toplaması ile daha da kesin sonuçlar elde edilebilir.

#### 7. Madenin İşletme Şekli. Büyüklüğü ve Derinliğinin Yeraltı suyu Sorununa Etkisi :

Göçertme yöntemleri üst kotlarda akifer özelliği taşıyan kayaçların yer alması koşullarında oldukça sakıncalıdır. Bu gibi durumlarda ramble veya oda - topuk gibi tavan kayaçları mümkün olan en az ölçüde etkileyecek yöntemler önerilmelidir.

İletkenlik katsayısının tanımını yaparken akiferin birim genişlik ve toplam kalınlığından söz etmiştik. Bundan da anlaşılacağı gibi işletme büyüklüğü ocağa sızan su miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü yeraltında yapacağımız hafriyatlarla akiferden sızma yüzeyini aynı oranda arttırmış oluruz. Maden işletmelerinde ocağa giren su «su basma katsayısı» ile tanımlanır (Erguvanlı, 1963). Su basma katsayısı ise bir günde ocaktan pompa ile atılan su miktarının ocaktan çıkarılan maden miktarına oranı olarak; veya, ocağa giren suyun harfiyat yüzeyine oranı; bazan da, ocağa giren suyun birim galeri uzunluğuna oranı şeklinde tanımlanmaktadır.

Su basma katsayısının değişik tanımlamalarından işletme büyüklüğünün ocağa giren su ile ilişkisini görmek mümkündür. Akifer özelliği gösteren kayalarda işletme derinliği arttıkça hidrolik yük de artacağından ocağa giren su miktarı da artar. Bu sızıntılar akifer tabanına erişildiğinde maksimum düzeye erişir. Daha derinlerde ise işletme alanlarının üstteki akiferle hidrolik bağlantı olmamasını sağlamak gerekir.

## 8 Açık İşletmelerde Yeraltısuyu Sorunları :

Acık işletmelerde yeraltısuyu sorunları kapalı işletmelerde görüldüğü kadar önemli olmayabilir. Ancak burada da özellikle şevlere etkisi nedeniyle önemini korumaktadır.

Akiferden işletme alanına sızıntılar, işletmenin gelişmesi ile uyumlu olarak artar. Örneğin, derinlik arttıkça akiferin daha geniş kesimleri açığa çıkacaktır. Bu ise sızma alanını arttırarak işletme alanlarına boşalımı çoğaltacaktır. Su taşıma masrafları yanı sıra, yeraltısuyu kayaçların birim ağırlığını da etkileyerek nakliye masraflarını arttırır. Ocak içindeki ulaşım yollarına olumsuz etkisi nedeniyle ağır araçların hareketini kısıtlar ve yol bakım masraflarını etkiler.

Yeraltısuyunun açık işletmelerde en önemli etkisini şevlerde görebiliriz. Burada, yeraltısuyunun oluşturacağı hidrostatik basınç, şevlerde kaymalara yol açabilir. Şev koymalarının başlıca nedenlerini şu şekillerde açıklayabiliriz (Hoek and Bray, 1974) :

- Hidrostatik basınç, kayma düzlemlerindeki gerilme kuvvetlerini azaltır,
- Düşey ve düşeye yakın eklem ve/veya çatlaklarda oluşan hidrostatik basınç kaymaya yol açan kuvvetler yönünde etki eder.
- Bazı kayaçların rutubet etkisi ile C, 0 değerlerinde azalmalar görülebilir. Aynı-

ca değişken rutubet koşulları kimyasal ayrışmayı hızlandırır.

d. Suyun donması ile oluşan buz kamale: rı mevcut çatlakları genişletir.

e Şev yüzlerinden, sızıntı sularının donması sonucu, serbest boşalım olanakları kısıtlanır ve şev gerilerinde hidrostatik basınç birikimine yol açar.

Açık işletmeler, yeraltı sularının etkileri yumuşak yüzey suları ve yağıştan da doğrudan etkilenmektedir. Özellikle ani kar erimeleri ve sürekli yağışlar işletme faaliyetlerini bir süre durdurabilir.

Daha önceki kısımlarda belirtilen hidrolojik yaklaşım esasları açık işletmeler için de geçerlidir. Bunların yanı sıra, hidrolojik verilerin (yağış, yüzey suları, selinti v.b.) daha ayrıntılı olarak ele alınması gerekmektedir.

## 9 Sonuçlar :

Maden ocaklarında karşılaşılabilecek muhtemel yeraltısuyu sorunları ile ilgili çalışmalar, su toplama havzasının hidrolojik ve jeolojik verilerinin toplanması ve bunlar arasında ilişkiler kurulması ile başlar. Bu bilgiler, sondaj çalışmaları sonucu elde edilen yeraltı jeolojik bulgular yardımı ile daha da somutluk kazanır. Bu çalışmalarda amaç, işletmeyi etkileyebilecek akiferlerin olup olmadığını saptamaktır. Akifer türleri (serbest, basınçlı), geometrik boyutları ve başlıca beslenme sahaları araştırılmalıdır.

İşletme sırasında ocağın atılması gereken su miktarı hakkında kesin sayısal değerlerin elde edilebilmesi için işletme yöntemi, işletmenin yayılma alanı ve derinliği gibi bilgilere gereksinim vardır. İşletmenin ilk safhalarında genellikle fazlaca su sorunu ile karşılaşmaz. Yeni galeriler sürüldükçe ve işletme daha geniş alanlara yayıldıkça ocağa sızan su miktarında bunlara paralel bir artış beklenmelidir.

İşletme alanlarının üst kotlarında akifer

ezelliği gösteren kayaçların bulunması durumunda göcertme yöntemlerinden kaçınılmalıdır. Özellikle karstik sahalarda ani su baskınları beklenmelidir.

Ocaktan boşalan suyun tekrar ocağa sızması için gerekli önlemler alınmalıdır. Açık işletmelerde yeraltısuyunun etkilerini özellikle şevlerde görmekteyiz. Bunun yanı sıra işletme alanına boşalımlar nedeniyle işletme maliyetine doğrudan etkisi de söz konusudur.

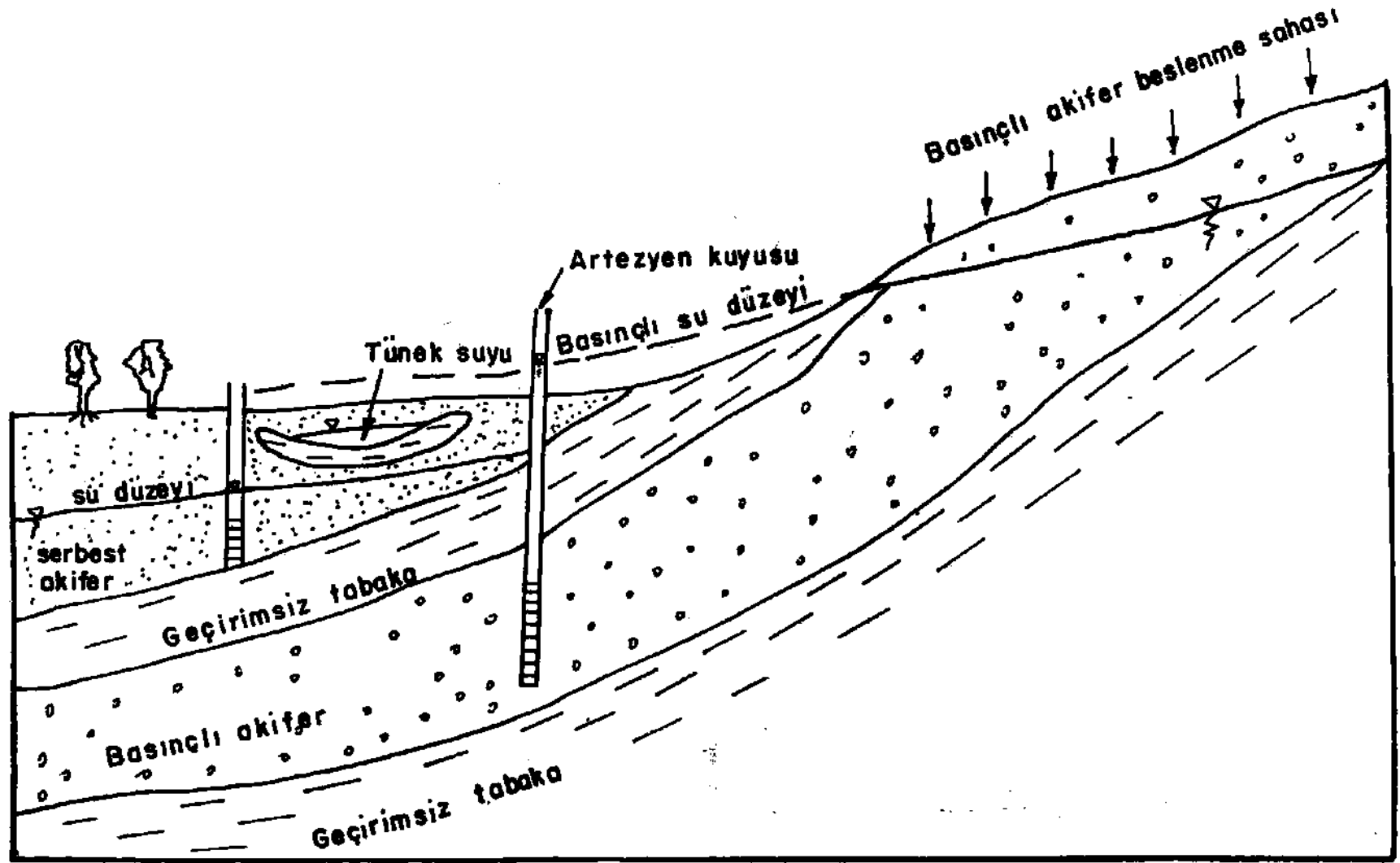
#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Erguvanlı, K., 1963, Maden Hidrojeolojisi: I.T.Ü. Neşriyatı, s. 81-89, İstanbul.
- Hoek, E' and Bray, J. W., 1974, Rock slope engineering : The Institution of Mining anr Metallurgy, 309 s. London.
- Johnson, E.E., 1966, Ground water and wells : Edward E. Johnson, Inc. 440 s. Saint Paul, Minnesota.
- Loofbourow, R.L., 1973, Ground water and ground - water control: SME Mining Engineering Handbook, Vol. 2, s. 26. 2 - 26. 55, NewYork.

#### YARARLI KAYNAKLAR

- Davis, S.N., and De Wiest, R.J.M., 1966, Hydrogeology : John Wiley and Sons, Inc., New York.
- De Wiest, R.J.M., 1967, Geohydrology: John Wiley and Sons Inc., New York.
- Erguvanlı, K., ve Yüzer, E., 1973, Yeraltısuları Jeolojisi: I.T.Ü. Kütüphanesi, sayı 967, İstanbul.
- bontush, M.S., 1970, Yeraltısuyu Hidroliđi Notları: D.S.İ. Yayını, Ankara.
- Kruseman, G.P., and De Ridder, N. A., 1970, Analysis and evaluation of pumping test data : International Institute for Land Reclamation and Improvement, Bull. 11, Wageningen, The Netherlands.
- Todd, D.K., 1959, Ground water hydrology : John Wiley and Sons, Inc., New York. (Tercümesi: Özkan A., 1965, Yeraltısuyu Hidrolojisi: D.S.İ. Yayını, Ankara)
- Walton, C.W., 1970, Groundwater Resource Evaluation : McGraw - Hill Book Co., New York.





Sekil 1: Başlıca akifer türlerini gösterir şematik kesit