



1

## Dersin Amacı

- Ülkemizin sondör ihtiyacını karşılamak (X Tabiki değil)
- Yeraltına ilişkin bilgi toplamak, yerinde deneyler yapmak, petrol, su ve diğer madenlerimiz gibi yeraltı zenginliklerinde faydalanmak gibi projelerde görev alan **JEOLJİ MÜHENDİSLERİNE** sondaj türleri, gerekli ekipman, verimlilik ve karşılaşılan güçlükler gibi konularda bilgi aktarmak bu dersin amacını oluşturmaktadır.

### Bazı yararlı kaynaklar:

1. Yalçın, A., 1996. Sondaj yöntemleri ve uygulamaları. TMMOB Maden Müh. Odası yayını. 427s.
2. Özdemir, A. ve Özdemir M., 2006. Jeoteknik Etüd Sondaj uygulamaları. Belen yayıncılık matbaacılık Ltd. Şti. 234s.
3. Özdemir A. 2007. Sondaj tekniğine giriş. Omay ofset. 74s.
4. Sondaj Dünyası dergisi. Sondajcılar Birliği Yayını.

2

## DERSİN ANAHTLARI

**Giriş:** Dersin amacı, kapsamı ve sondajın tarihçesi (1 hafta)

**Sondaj Türleri:** Derinliğe, kuyu çapına, amaçlarına, yöntemlerine göre sondaj türleri (1/2 hafta)

**Darbeli sondaj :** Darbeli sondajın tanımı, yönetim elemanları ve işlevleri, darbeli sondaj takımı, darbeli sondajlarda borulama, darbeli sondajın avantaj ve dezavantajları (1.5 hafta)

**Döner sondaj:** Döner sondajın tanımı, yönetim elemanları ve işlevleri, döner sondajda delme takımı, döner sondajda taşıma takımı, döner sondajda dolaşım takımı, döner sondajda güç aktarma ünitesi, düz dolaşımli sondaj, ters dolaşımli sondaj, havalı sondaj, tepeden dönerli sondaj, turbo sondaj, döner sondaj ekipmanı ve işlevleri (2 hafta)

**Jeolojik malzemenin tanımlanması ve örnekleme yöntemleri:** Jeolojik malzeme tanımlanmasının önemi, örnek alma yöntemleri, karotlu sondaj, jeofizik ölçümler (1 hafta)

3

**Maden sondajları:** Kayaçların sondaj özellikleri, yerüstü ve yeraltı sondajları, özel maden sondajları, makinalı yeraltı kazıları (1 hafta)

**Su sondajları:** Tasarım, borulama, yalıtım, çakıllama, yıkama, geliştirme, su verim deneyleri, sterilizasyon (1 hafta)

**Zemin etüdü (temel) sondajları:** Zemin etüdü sondajlarının amacı ve türleri, zemin sondaj makinasının özellikleri, etüd sondajları ve yapı sondajları (2 hafta)

**Enjeksiyon sondajları:** Enjeksiyon sondajlarının türleri, sondaj ve enjeksiyon yöntemleri, enjeksiyon işlemleri, enjeksiyon sıvısı ve enjeksiyon maddeleri, enjeksiyon ekipmanı ve dikkat edilecek hususlar (1 hafta)

**Sondaj makinelerinde kapasite:** Kapasite türleri, kapasite etkenleri, sıvı dolaşımli yöntemler de kapasite, dönme sistemi, vinç sistemi ve havalı sistemin kapasite üzerindeki etkileri (1 hafta)

**Sondajda verimlilik ve karşılaşılan güçlükler:** Sondajın başarısını etkileyen faktörler, sondaj sırasında karşılaşılan doğal güçlükler, sondaj kazaları (1 hafta)

4

## SONDAJIN GELİŞİMİ VE TARİHÇESİ

- İlk sondaj uygulamaları MÖ 2000'lerde Çin'de su çıkarmak için yapılmış. Sondaj takımı Bambu kamışlarından uc uca eklenerek oluşturulmuş.
- Kahire'de 90 m'lik bir kuyunun MÖ 1500'de açıldığı ve Hz. Yusuf'un da bu kuyuya atıldığı söylenir.
- Kayıtları olan ve bilinen en eski sondaj kuyusu Fransa'da basınçlı bir akiferde açılmış. Bölgenin adı artoisienne'dir ve daha sonra bu isim artezyen olarak sondajcılığa yerleşmiştir.
- ABD'de Billy Morris 1831'de darbeli sondaj takımı ve sondaj motoru kullanarak modern sondajcılığa ilk adımı atmıştır.
- İlk petrol sondajı Pennsylvania'da 1859'da açılmış olup, yöntem darbelidir ve derinlik yaklaşık 20 m'dir.
- Bilinen ilk karotlu sondaj İtalya-Fransa arasındaki Mt. Lewis tüneline 1864'de yapılmıştır.
- Henry Kelly isimli bir ABD'li kendi ürettiği bir sondaj makinası ile ücreti karşılığı sondaj işine 1867'de başlamıştır.
- İlk ters dolaşimli sondaj Nebraska'da 1910'da açılmıştır.

5

## TÜRKİYE'DE SONDAJ ÇALIŞMALARI

- İlk sondaj İskenderun'un Çengen köyünde 1887'de petrol amaçlı açılmış ve sonuç negatif
- Tekirdağ Gaziköy'de 1892'de Seferyan isimli bir sondajcı su sondajları yapmıştır. Seferyan belkide ilk Türk sondördür.
- Tekirdağ'da Osmanlı Bankası tarafından Fransız şirketine 82 m'lik petrol kuyusu açılmış ve sonuç negatif. Bu yazılı belgeleri olan ilk sondajdır.
- İlk derin petrol sondajı kuyusu 1934 yılında Midyatta açılmıştır. Derinliği 1351 m olup, Petrol arama ve işletme iradesi adına yapılmıştır.
- Sondajcılığın gelişimi için büyük adım 1935'de MTA'nın kuruluşudur.
- İkinci büyük adım ise 1956'da DSI Yeraltısuları dairesinin kuruluşudur.

6

## SONDAJ NEDİR?

Özel bir takım gereçlerle her türlü katı ortamda ve her yönde, işletme veya özel amaçlı silindirik delikler açma işlemi ve silindirik şekilde derin kazı makinaları ile kazı işlemidir.

### Sondajı belirleyen özellikler

1. Özel bir takım araçların kullanılması: örneğin elle yapılan bir kazı sondaj değildir.
2. Sondaj sırasında açılan deliğin biçimi silindirikdir: Dairesel kesitli olmayan bir sondaj deliği uygulaması yoktur.
3. Her türlü katı ortamda ve her yönde açılabilir: Toprak zemin, kaya veya buzul kütlesi gibi her türlü katı ortamda düşey veya her yönde olabilir.

7

## SONDAJ İŞLEMLERİ

1. Kazma işlemi
2. Boşaltma işlemi
3. Taşıma işlemi
4. Güç aktarma işlemi

### Kazma işlemi:

1. **Döner kazıcılar:** Döner sondaj metodunda kullanılan ve kazma işlemini kendi eksenini etrafında dönerek yapan gereçtir.



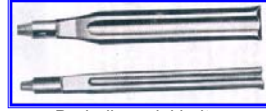
Sondaj matkabı (Rock bit)



Karot matkabı

8

**2. Kırıcılar:** Darbeli sondajda keskin ağızlarıyla formasyonun üzerine hızla çarparak kırılmasını ve kazılmasını sağlayan gereçlerdir.



Darbeli sondaj baltası

**3. Döner kırıcılar:** Hem darbe yapıp kıran hem de döner kazıcılar gibi kendi eksenini etrafında döndürülen kazıcılar.



Havalı sondaj çekicileri

**4. Sondaj dizisi:** Doğrudan kazı yapmayan ancak kazıcı fonksiyonlarının tamamlanmasını sağlayan gereçlerdir.

9

### Boşaltma işlemi:

Kırıcıların kırıp, kesitiği parçaların sondaj dışına çıkarılması, kuyunun boşaltılması ve temizlenmesi işlemidir.

**1. Mekanik Temizleyiciler:** Kuyu içine indirilen mekanik bir takım gereçlerle kuyunun boşaltılmasına yarayan gereçlerdir. Bunlar bir kova görevi yaparlar.

**2. Sıvı Temizleyiciler:** Kuyu içerisine su, sondaj çamuru gibi sıvılar basılır ve kuyu dışına sıvı beraberinde formasyon kırıntılarını da getirerek kuyuyu temizler.

**3. Basıncılı Hava:** Kuyu içerisine kompresörle basılan hava beraberinde kırıntıları da taşıyarak kuyunun boşaltma işlemi sağlanır. Basıncılı hava tek başına kullanılabildiği gibi, sıvı temizleyicilerin yoğunluğunu azaltmak amacıyla yardımcı bir işlem olarak kullanılabilir.

**4. Örnek Alıcılar:** Bazı sondajlarda amaca uygun olarak jeolojik malzemeden ilerleme boyunca örnek almak gerekli olur. Bu durumda kesilen örnek kuyu dışına alınır. En tipik örnek krotiyerlerdir.

10

### Taşıma (manevra) işlemi:

Kazıcılar, sondaj takımı, örnek alıcılar gibi gereçlerin indirilme-çıkartılma işlemine taşıma veya manevra denir. Bu işlem sondaj kulesi, makaralar, tanbur ve halatlardan oluşan bir sistemle yerine getirilir.

### Güç Aktarma işlemi:

Sondajda hertürlü hareketi sağlayan sistem olup, bir motordan oluşur.

11

## SONDAJ TÜRLERİ

Sınıflandırma ile bir işe ilişkin bir çok özelliği belirterek tanımlamaktan daha kolay ve pratik bir **iletişim** sağlanır.

### 1. Derinliğe göre sınıflandırma

- Çok sığ sondajlar <100 m
- Sığ sondajlar 100 m – 1000 m
- Derin sondajlar 1000 m – 4000 m
- Çok derin sondajlar > 4000 m

### 2. Kuyu çapına göre sınıflandırma

- Dar çaplı sondajlar <6 inç (152.4 mm)
- Geniş çaplı sondajlar 6 inç – 24 inç (609.6 mm)
- Çok geniş çaplı sondajlar > 24 inç

12



Dar çaplı sondaj



Çok geniş çaplı sondaj



Geniş çaplı sondaj

13

### 3. Sondajın yapıldığı yere göre sınıflandırması

- Yer yüzünde yapılan sondajlar
- Yeraltında (galeri ve tünel yapılan sondajlar)
- Su üzerinde yapılan sondajlar
  - Sığ sularda yapılan sondajlar
  - Açık sularda yapılan sondajlar



Yer altında



Sığ-açık sularda

14

### 4. Amaçlarına göre sınıflandırma

- Petrol sondajları
  - Petrol arama sondajları
  - Petrol üretim sondajları
  - Sismik etüd sondajları
- Su sondajları
  - Araştırma sondajları
  - İşletme sondajları (içme ve kullanma & sulama suyu)
  - Drenaj sondajları
  - Gözlem sondajları
  - Yapay besleme sondajları
- Zemin etüdü (temel) sondajları
- Enjeksiyon sondajları
  - Sağlama enjeksiyon sondajları
  - Dolgu enjeksiyon sondajları
  - Perde enjeksiyon sondajları
- Maden sondajları
  - Maden arama sondajları
  - Üretim sondajları (doğal gaz ve sıvı madenler için)
  - Dolaylı üretim sondajları (patlatma amaçlı)
  - Havalandırma kuyusu sondajları
  - Kuy sondajları (galeri bağlantıları için)
- Özel amaçlı sondajlar

15

### 5. Yöntemlerine göre sınıflandırma

- Darbeli sondaj (Percussion drilling)
  - çubuklu
  - halatlı
- Döner sondaj (Rotary drilling)
  - Döndürme sistemine göre
    - Tablalı sistem: dönme işlemi makina üzerindeki bir tabla ve masa ile sağlanır
    - Kovanlı (morset) sistem: dönme işlemi morset denilen dişli düzeneği ile sağlanır.
    - Başlıklı sistem: sondaj takımının dönüşü başlık ile yüzeyden sağlanır.
    - Turbo sondaj : kuyu içerisinde sadece kazıcı döner.
  - Boşaltma sistemine göre
    - Düz dolaşımli sistem
    - Ters dolaşımli sistem
    - Havalı sistem
    - Örnek almalı sistem
- Birleşik (Döner-darbeli) sondaj



16

## Örnek bir sınıflandırma çizelgesi

Sınıflandırma parametresi	A sondajı	B sondajı
1. Derinliği	Sığ	Çok sığ
2. Çapı	Geniş	Dar
3. Sondajın yeri	Yerüstü	Galeri
4. Amacı (genel anlamda) (özel anlamda)	Su sondajı sulama	Maden sondajı arama
5. Sondaj yöntemi	Döner	Döner
Döndürme sistemi	Tablalı	Morset
Boşaltma sistemi	Ters dolaşimli	Düz dolaşimli
Temizleme maddesi	Su ve hava	Su

17

## DARBELİ (PERCUSSION) SONDAJ

Halat veya rijit çubuklarla, keskin ağızlı ağır bir kazıcının formasyonun üzerine serbest bırakılarak derinliğe doğru yapılan kazı işlemi sonucunda oluşan kırıntıların kova vb. gereçlerle yukarı alındığı sondaj işlemine **darbeli sondaj** denir.

- Bugün kullanımı çok seyrek.
- Yerini darbeli-döner sisteme bırakmıştır.
- Sondaj sistemlerinin başlangıcıdır.
- Günümüzde sığ derinlikte pnömomatik sistemler kullanılmaktadır.



18

## Darbe işlevi

- Kırıcının halat veya rijit çubuklarla formasyonun üzerine düşürülmesi işlevidir.
- Delme takımının bırakıldığı yükseklik **strok** olarak adlandırılır.
- Dakikadaki darbe sayısı ise **frakans**dır.
- Teorik olarak strok ve frekans arttıkça delme işleminin hızı da artar.
- Ancak uygulamada iş güvenliği de dikkate alınarak bunu sondör ayarlar.
- En önemli nokta strok büyüdükçe frekansın küçüldüğü ve formasyonun sertliği arttıkça strokun büyümesinin gerekliliğidir.

19

## Vinç işlevi

Delici gereçlerin ve diğer malzemelerin kuyuya indirilip kaldırılması için gerekli olan işlevdir. Bu işlev **tanburlar** ve **kule** elemanlarıyla sağlanır.

### Tanburlar

**1. Sondaj (Cer) tanburu:** Delme takımının bağlandığı ana halatın sarıldığı ana tanburdur. Tanburun ileri-geri dönme hareketi ile sarılan-açılan halat delme takımının kuyunun içine indirilip çıkarılmasını sağlar. Ölü ucu tanbur gövdesine bağlı halatın serbest ucu ok makarasından geçer, kulenin en üstündeki sabit makaradan dolaşır ve delme takımına sabitlenir. Bu tanbur üzerindeki frenleme sayesinde halatın uzunluğu (kuyu dibine değmesi için yereli uzunluk) ayarlanabilir. Darbeler sonucu ilerleme sağlandıkça fren gevşetilerek delme takımının daha derine inmesine izin verilir. Sondajın ilerlemesi bu tanburun işlevi ile sağlandığı için bu tanbura sondaj veya cer tanburu, halata ise sondaj veya cer halatı denir. Cer halatının boyu delme kapasitesi kadardır.

20

**2. Temizleme (Beyler-bailer) tanburu:** Delme işlevi ile kuyu dibinde biriken kırıntıları temizleme veya boşaltma gereçleri ile kuyu dışına alınır. Bu gereçleri kuyu içine indirip çıkarmada kullanılan tanbura temizleme tanburu denir. Temizleme veya beyler halatının boyu da delme kapasitesi kadardır. Temizleme halatı cer halatından daha ince dolayısıyla temizleme tanburuda cer tanburundan daha küçüktür.

**3. Boru Tanburu:** Kuyu içerisine boru indirilmesi için kullanılan tanburdur. Bu tanbura sarılan halat daha dayanıklı olup, sadece yüzeyde kullanıldığı için kısadır. Kaldırma kapasitesini arttırmak için palanga (gezici makaralar) kullanılabilir.

**4. Kedi kafası:** Küçük taşıma, çakma ve vinç işlemlerini yerine getirmek için kavramasız (sürekli dönen) tanburdur. Sondöre çok büyük kolaylıklar sağlar. Halatın gevşetiliip sıkıştırılması sondörün el kuvveti ve becerisi ile sağlanır.

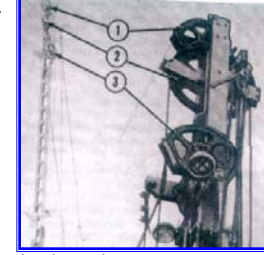
21

### **Kule elemanları**

**1. Kule:** Çelik profilden kafas biçiminde olabileceği gibi çelik levhadan ritit olarak da yapılabilirler. Kafas kuleler yere tam dik pozisyonda sabitlenirler. Sondaj dizisi kafesin merkezinden geçer. Levha kuleler ise hafif öne eğimlidirler. Kule taşıma esnasında taşıyıcının şasi üzerine yatırılırken, çalışma esnasında mekanik veya hidrolik bir sistemler kaldırılırlar.

**2. Sabit makaralar:** Kulenin en üstünde cer, beyler ve boru halatlarının üzerinden dolandığı makaralardır. Kulenin bu bölümüne kule tacı denir.

**3. Palanga(gezici) makaralar:** Cer ve beyler halatları kuyu içerisine indirildiği için gezici makalara kullanılmaz. Sadece boru halatı ile kullanılır. Çift dilli bir palanga ile güç iki katına çıkarılmış olur.



22

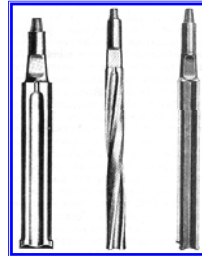
### **Güç aktarma işlevi**

Gerekli güç motordan güç kullanımı yerine kadar aktarma organları ile iletilir. Kamyonu binirilmiş ve taşıyıcıya bindirilmiş makinalar diye iki kısımda ele alınabilirler.

### **DARBELİ SONDAJDA SONDAJ DİZİSİ (TAKIMI)**

Genel olarak bir sondajda sondaj (delme) işlemini yapan gereçlerin tümüne birden sondaj dizisi, sondaj takımı veya delme takımı denir.

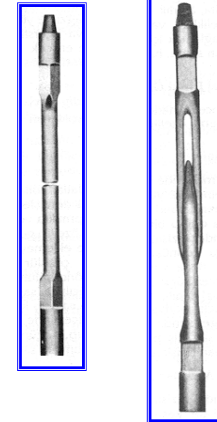
**1. Balta :** Sondaj dizisinin en alta bulunan parçasıdır. Kesici ağız, gövde, anahtar Yuvası ve dişli baş kısımlarından oluşur. Kesici ağız bazen haç biçimli de olabilir. 0.75-1.5 m uzunluğunda 50-200 kg ağırlığındadırlar. Baltanın çapı en alttaki Ağız kesiminden verilir.



23

**2. Ağırlık (Mastij) :** Baltanın ağırlığını ve böylece kazıcı özelliğini arttırmak için baltanın üzerine takılan ağırlıktır. Çelikten yapılmış olan ağırlığın çapı baltadan biraz düşüktür. Boyu 2-6 m olup, alt ucu dişi üst ucu ise erkek vidalıdır.

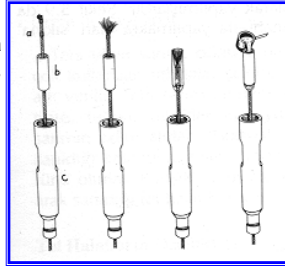
**3. Ters ağırlık (Jar) :** Birbirine 90° açıyla geçirilmiş iki halka biçimindedir. Ters ağırlığın iki görevi vardır. Birincisi ağırlık yapmak. İkinci ise ters darbe yaparak yukarı harekete izin vermek. Boyu 1-2 m olup, iki halka arasında 15 cm'lik bir ters darbe stroku vardır. Ağırlığın üzerine vidalanarak kullanılır.



24



**4. Halat başlığı ve yuvası:** Halat ile delici takımı birbirine bağlayan iki parçadan oluşan bir bağlantı düzeneğidir. Sondajcılar halat başlığı için mandrel, halat yuvası için ise rope socket terimlerini kullanırlar. Üstten alta doğru cer halatı, halat başlığı ve yuvası, ters ağırlık, ağırlık ve balta şeklinde sıralanır. Örgülü tel halat gevşediğinde örölüş yönünde gerildiğinde ise ters yönde döner. Balta kuyu dibine vurduğunda halat gevşer ve 5°-10°'lik bir dönüş yapar. Gergin halde iken halat başlığı yuvaya girdiğinden halatla beraber tüm delme takımı ters yönde dönüş yapar. Bu şekilde bir sıkılıp bir gevşetilecek delme takımında sürekli dönüşler sağlanır. Halat yuvası sürekli temiz olmalıdır. Bu nedenle sık sık yıkanmalı ve en çok 100 saat kullanılmalıdır.

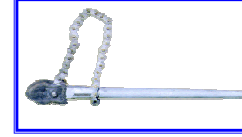


25

### Sondaj dizisinin özellikleri

**1. Sağa dönüş:** Sol sarım halatlar kullanılarak ve halat başlığının halat yuvası içindeki boş ve dolu dönüşleri ile sondaj disinde sağ yönde bir dönüş elde edilmektedir. Bu nedenle sondaj disini elemanları sağ dönüşte sıkılır sol dönüşte açılır şekilde yapılmışlardır. Bu tür sıkıştırılan dişli elemanlara sağ diş denir. Bu özellik diğer sondajlar için de geçerlidir.

**3. Anahtar ağızı:** Bütün sondaj dizisi elemanları aynı kare kesitli anahtar ağızına sahiptirler. Böylelikle aynı anahtar ile tüm elemanlar sıkılıp gevşetilebilir.



26

### HALATLAR

**1. Kendir halatlar:** Bitkisel kökenli halatlardır. Daha çok taşıma ve çakma gibi yan sondaj hizmetlerinde kullanılırlar. Kedi kafası ile birlikte sondore büyük kolaylıklar sağlar.

**2. Tel halatlar:** Merkezde kendir veya çelikten bir öz vardır. Telciklerin sarılarak oluşturduğu tel bu özün etrafına sarılıdır. Örneğin 6x37 gösterimi ilgili halatta 6 tel ve her telin ise 37 telcikten oluştuğunu gösterir. Sarılım biçimlerine göre, düz, ters ve kanoşık olmak üzere üçe ayrılır.

#### Tel halatların özellikleri:

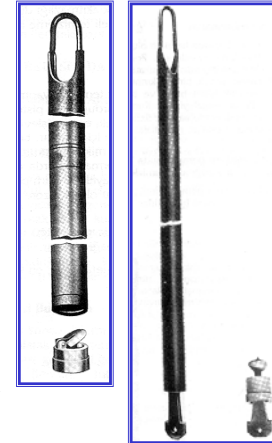
- Öz ve telciklerin inceliği esnekliği arttırırken dayanıklılığı azaltır.
- Yağlama halatın ömrünü arttırır. Kendir özlü halatta öz yağı emdiği için daha uzun ömürlü olur.
- Halat dayanımı telciklerin kalitesine bağlıdır.

27

### TEMİZLEME

Balta ile kırılıp öğütülen formasyonun kırıntılarının bir çamur halinde kuyu dışına alınması işlemidir. Formasyon su içeriyorsa kırıntılar kendiliğinden çamur haline gelir aksi takdirde kuyuya su ilave edilerek kuyu dibinde boza kıvamında bir çamur elde edilir. Böylelikle kova vb. gereçlerle kuyu kolaylıkla temizlenir.

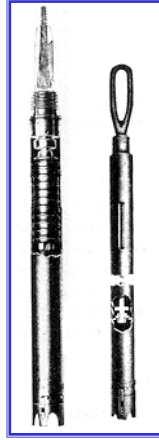
**1. Temizleme kovaları:** Kova şekline sokulmuş uzun bir borudan yapılmıştır. Sondorler İngilizce telaffuzu ile **beyler** ismini kullanırlar. Temizleme kovaları kuyu çapından 3-5 cm daha küçüktür. Kovanın alt kapağına (klep) göre; **düz klepli** kovalar ve **dil klepli** kovalar diye ikiye ayrılır.



28

**2. Kum pompaları:** Pompa dibine vurduğunda piston aşağı ine ve yukarı çekilirken emme hareketi yapar ve kuyuyu temizler. Kohezyonsuz gevşek zeminlerde baltasız ilerlemeyi bile sağlayabilir. Halat ve metal kolu olmak üzere iki çeşittir.

**3. Örnek alıcılar:** Tüp vb. örnek alıcılar ve karot alıcılar (karotiye) formasyon içine çakılarak ilerler ve örneğide alarak temizlemeyi de sağlar.



29

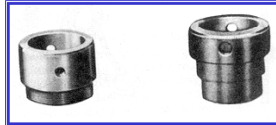
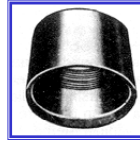
## DARBELİ SONDAJDA BORULAMA

- 1. Sürekli Borulama:** Sondaj sırasında oluşturulan kuyuya kullanım amacına göre çıkarılmamak üzere borular indirilir. Bu borulara muhafaza borusu işleme de sürekli borulama denir. Bu borulama kuyunun amacı ile yakından ilgilidir.
- 2. Geçici Borulama:** Sondaj kuyusunun derinlemesine devam edebilmesi için kuyunun yıkılmaması gereklidir. Kendini tutabilen sıkı formasyonlarda genellikle pek fazla sorun yaşanmaz. Ancak gevşek formasyonlarda yıkılmayı (çökmeyi) engellemek için baltayı izler biçimde boru indirilir. Bu borulara geçici koruma borusu (muhafaza borusu) yapılan işleme de geçici borulama veya boru çakma denir. Sondaj işlemi bittiğinde kuyudan dışarı çekilirler.

30

## Borulama elemanları

- 1. Çakma çarığı:** Borunun çakılması sırasında boru ağzını korumak ve borunun ilerlemesini sağlamak amacıyla kullanılır. Alt ucu keskin üst ucu çukur dişli siliğndirik bir elemandır. Çarık boyu=20-25 cm, iç çapı balta çapından çok az büyüktür. Karbonlu çelikten imal edilir.
- 2. Çakma Borusu:** Alt ve üst uçları dişli yani manşonlu borulardır. Boyları 3,4.5 ve 6m dir. Her bir boru boyu ilerle sonunda üste yeni boru ilave edilir.
- 3. Çakma başlığı:** Çakma başlığı ve çakma borusu balta çapından (kuyu çapından) çok az büyüktür. Bu nedenle boruyu formasyona itmek için boruların zarar görmesini önleyen ve çelikten yapılan bileziğe çakma başlığı denir. Yeni boru eklenince başlık yeni boruya monte edilir.

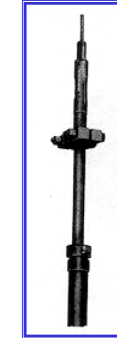


31

- 4. Çakma Tokmakları:** Borulara çakma darbelerini vermek için kullanılırlar. Çakma kelepçesi ve şahmerdan şeklinde iki türüdür.

**Çakma kelepçesi:** Sondaj dizisinin ağırlık kısmına bir kelepçe takılır. Dizi kuyu içine bırakıldığında kendi ağırlığı ile kelepçe çakma başlığına düşer ve çakma işlemi gerçekleşir.

**Şahmerdan:** Formasyonun yıkılması çok hızlı gelişirse. İlerleme ile boru çakma işlemi eş zamanlı yapılmalıdır. Bu durumda şahmerdan kancası, kedi kafası ve bir makaradan dolandırılan kedi bir halat ile istenen strok ve frekansla çakma işlemi yapılır.



32



### Çakma işleminde dikkat edilmesi gereken hususlar

- 1. Düşeyden sapma:** Çakma işleminde düşeyden sapma olmamalıdır. Darbeli sistemde düşeyden sapma sondajın ilerlemesini olanaksız hale getirir ve sondaj kilitlenir.
- 2. Tabana tam oturma:** Geçici muhafaza boruları kuyu tabanına tam oturmalıdır. Aksi durumda formasyon gevşek olduğu için taneler kuyu içine dolar ve ilerleme durur.
- 3. Uygun faz farkı:** Baltanın kazı işi, temizleme ve çakma işlemi birbirini takip eder. Eğer faz farkı uzun tutulursa kuyu muhafaza edilmeden yıkılabilir. Faz farkı kısa tutulursa ise ilerleme hızı düşer. Bu sondorün ve mühendisin tecrübesine dayanır.

33

### DARBELİ SONDAJIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

#### Darbeli sondajın avantajları

- 1. Dışa bağımsızlık:** Bütün kullanılan gereçler ülkemizde üretilmektedir. Ancak döner sondaj içinde bugün pek çok elemanın yerli üretimi mümkündür. Bu nedenle bu avantaj hemen hemen ortadan kalkmıştır.
- 2. İşletme ucuzluğu:** Akaryakıt dışında pek fazla tüketim malzemesi gerektirmez. Ayrıca, tüketim malzemelerinin de kullanım ömrü oldukça uzundur.
- 3. Su gerektirmemesi:** Döner sondaja kıyasla oldukça az su kullanımı yer yer milyarlarca TL'yi bulan su tüketimini ortadan kaldırmaktadır.
- 4. Tüm formasyonlarda kullanılabilirliği**
- 5. Örnek almadaki üstünlüğü:** Gecikme ve karışma olmaksızın örnek alabilme özelliği vardır. Temizleme işlemi hemen doğam gerektirmedüğünden her hangi bir karışım da söz konusu değildir.

34

#### Darbeli sondajın dezavantajları

- 1. Yavaşlık:** Darbeli sondajdan sonra geliştirilen tüm sondaj yöntemleri daha hızlı oldukları için ekonomiklik anlamında öne geçmişlerdir.
- 2. Emek ve Yoğunluk:** Sondaj dizisi elemanlarının ağırlığı fazla sayıda personeli ve yoğun bir iş gücünü gerektirmektedir.
- 3. Kalifiye eleman gerekliliği:** Sondajın hızı ve güvenliği ancak deneyimli personel ile sağlanabilir.
- 4. Düşey sondaj sınırlılığı:** Yerçekimi ile potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümü sağlandığı için düşeyden farklı yönlerde sondaj mümkün olamamaktadır.

35

### DÖNER (ROTARY) SONDAJ

Kendi eksenini etrafında dönerek, üzerinde döndüğü yapıyı kesen, koparan veya öğüten döner deliciler aracılığıyla yapılan silindirik biçimli kazı işlemine döner sondaj denir.

Döner sondajlar üç boyutlu uzayda her yönde ve her doğrultuda yapılabilirler.

#### DÖNER SONDAJ SİSTEMLERİ VE İŞLEMLERİ

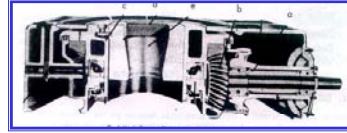
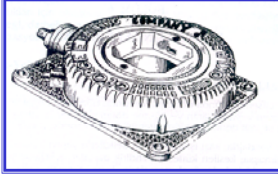
Sistemin adı	İşlevi
Dönme sistemi	Delme veya kazma
Dolaşım sistemi	Boşaltma veya temizleme
Vinç sistemi	Taşıma
Transmisyon sistemi	Güç aktarma

36

## I. Dönme Sistemi

Sondaj deliğinin içerisinde ve en uc noktasındaki kazıcıya dönme (rotary) hareketini iletir. Motordan alınan yatay hareket kuyu ağzında kuyu eksenine dik bir hareket haline dönüşür. Hareketin kuyu ağzında yön değiştirmesi üç türlü olabilir.

**1. Döner Masa (Rotary tablası):** Sondaj ünitesinin tam kuyu üzerinde bulunan elemanıdır.



Döner masa ve kesiti

- Motordan gelen mil
- Konik dişli
- Konik dişliden aldığı hareketin yönünü değiştiren ayna isimli dişli
- d ve e. Boruların tutulmasını sağlayan astarlar.

37

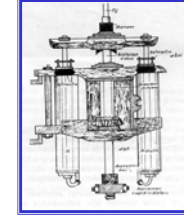
Çeşitli boruların birbirlerine bağlanma ve çikeme işlemlerinde tutucu astar veya slip adı verilen ekipmanlarda kullanılır.

Slip türleri



Döner masalar kullanışlı ve dayanıklı olmalarından dolayı geniş çaplı ve derin kuyular açmaya uygun sondaj ünitelerinde tercih edilirler. Ancak hareketin sadece düşey yönde olması eğik sondaj olanağını ortadan kaldırmaktadır.

**2. Döner Kovan (Morset):** Motordan gelen yatay dönme hareketi kutunun ortasından geçen konik dişli sayesinde gelen hareket yönüne dik bir yönde dönüştürülür. Morsetin yatay eksen etrafındaki dönebilme özelliği sayesinde kovan mili etrafında 180 derecelik bir hareket kabiliyetiyle istenilen yönde sondaj yapılmasına olanak sağlar.



Morset

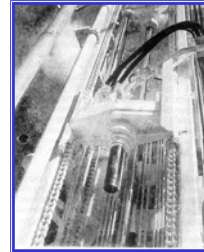
38

Morsetin iki yanındaki hidrolik pompalar sondaj dizisi üzerine baskı (pull down) yapmayı sağlar. Bu baskı baş yukarı sondajlarda düzeneğin formasyon üzerine baskı yapmasını da sağlar.

Sondajın ilerlemesinde kullanılan borular kovandan geçerek morset (avansman) vidaları ile sıkılarak deliciye hareketi iletir. Bir morset boyu ilerlemeden sonra morset yukarı alınır ve borular tekrar vidalanarak ilerlemeye devam edilir. Morsetin ilerleme boyları: 18 inç (45.7 cm) ile 30 inç (76.1 cm) arasında olur.

### 3. Döner Kafa (Hidrolik Firdöndü):

Sondaj dizinin en üstünde yer alan dönme hareketi yaparken dizi ile aşağı yukarı hareket edebilen ve bu hareketi kule boyunca yapabilen bir parçadır. Dönme hareketi mekanik yollarla (mil vb.) hortumlarla basılan hidrolik yağlarla sağlanır.



Döner kafa

39

**4. Turbo Düzeni:** Dönme hareketinin yön değiştirmesi söz konusu değildir. Sondaj makinasında dönme düzeneğine gerek yoktur. Sondaj dizisinde dönme hareketi gelişmez. Sadece delicinin hemen üzerindeki hidrolik türbin sayesinde delici döner.

### II. Döner Sondajda Dolaşım Sistemi (Bu konu ayrıntılı olarak sonraki bölümlerde ele alınacaktır)

- Düz dolaşimli sistemler
- Ters dolaşimli sistemler
- Havali sondaj
- Örnek almalı sondaj

### III. Döner Sondajda Vinç Sistemi

Sondajda enerjiyi taşıma işlemine döndürmek ve bağlantı elemanlarını sağlamak için vinç sistemine gereksinim duyulur.

### IV. Döner Sondajda Transmisyon Sistemi

Güç kaynağı olan motordan alınan hareket; dönme, dolaşım ve vinç sistemlerine ve bunların elemanlarına sondaj dizileri ve aktarma organlarıyla iletilirler. Bu aktarma işlevine transmisyon denir.

40

## DÖNER SONDAJDA DELME DİZİSİ ELEMANLARI

Dizi deliciden makinarya doğru şöyledir.

### 1. Döner Sondajda Deliciler

**a. Matkaplar:** Kırarak ve öğütürerek kazma işi yapan delicilerdir.

**b. Örnek alan deliciler:** karot matkaplar ve örnek alıcılar olmak üzere iki türlü olan bu delicilerin asıl amacı örnek almaktır.

**c. Genişleticiler:** Kazılmış sondaj kuyularını çeşitli amaçlar için genişletmek için kullanılan delicilerdir.

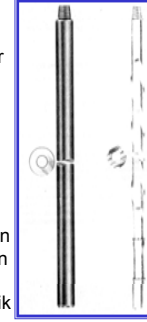
### 2. Döner Sondajda Ağırılık Borusu

İç boş et kalınlığı fazla, genellikle daire bazen kare şekilli üstü ucu dişi alt ucu erkeke vidalı 10, 20, 30 ve 42 ft. ( 3.05, 6.10, 9.15 ve 12.8 m) ucunluğunda 3-8 inç (9.14-20.32 cm) çapında bir borudur. Birim ağırlıkları et kalınlıklarına ve çaplarına göre 30 kg/m ile 250 kg/m arasında değişir. Bir sondaj dizinde tek bir ağırlık olabileceği gibi çok sayıda ağırlıkta kullanılabilir.

41

### Ağırılık borusunun kullanım amaçları

- Delici üzerine baskı yapma:** Matkap üzerindeki baskıyı yani gerekli ağırlığı arttırmak. Ağırılık gerektirecek sondaj işlerinde baskı gereksinimi 5-30 km/cm<sup>2</sup> arasında değişir.
- Ölü noktayı üzerine alma:** Sondaj işlerinde sondaj dizinin ağırlığının bir kısmı askıda bir kısmı ise baskıda çalışır. Diğer bir ifadeyle sondaj dizisine uygulanan kuvvet bir noktada yön değiştirir. Bu nokta ölü nokta olarak tanımlanır. Ölü noktanın dizinin en dayanıklı kesiminde yer alması istenir. Ağırılık borusu bu amaçla dizide kullanılabilecek en dayanıklı ekipmandır.
- Titreşimi önleme:** Ağırılık hem sıçramayı hem de dayanıklı ve et kalınlığıyla titreşimi azaltır.
- Burkulmayı önleme:** Sondaj dizisi üzerine verilen baskı dizinin burkulmasına, kamçılı çalışmasına ve hatta kopmalara neden olur. Ağırılık borusu bunu önler.
- Sapmayı önleme:** Sondaj dizisi formasyonda olabilecek sertlik farkından dolayı eksenden sapabilir. Ağırılık borusu bunu önler.
- Matkap tüketimini azaltma:** Zıplayarak formasyon üzerinde dönen matkap çabuk yıpranır. Ağırılık borusu bu sıçramaları en aza indirir.



Ağırılık boruları

42

### 3. Döner Sondajda Sapmazlar

Ağırılık boruları her ne kadar sapmayı engelleseler bile tümüyle önleyemezler. Stabilizer ismi de verilen sapmazlar kuyu çapına yakın kısa boylu ağırlıklar olarak tanımlanabilirler. Sondaj dizinde ağırlık serisinin altında ve arasına serpiştirilirler. Sondajda karşılaşılan problemler bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### 4. Döner Sondajda Sondaj Boruları (Tijler)

Deliciye dönme hareketini, delici uca hava veya sıvıyı ileten, deliciyi kuyu içine indiren ve çıkartan ve birbirine eklenerek sondajın ilerlemesini sağlayan borulara sondaj borusu veya tij denir.

#### Tij Gövde Türleri

İçe şişkin tijler: Boru uçları ısıtılarak içe kalınlaştırılmış tijlerdir. IU simgesi ile tanımlanırlar.

Dışa şişkin tijler: Boru uçları ısıtılarak dışa kalınlaştırılmış tijlerdir. EU simgesi ile tanımlanırlar.

İçe-Dışa şişkin tijler: Uçları hem içe hemde dışa kalınlaştırılmış tijlerdir. IEU simgesi ile tanımlanırlar.

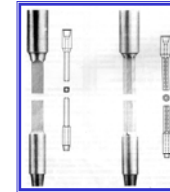


Şişkin tij

43

### 5. Döner sondajda şekilli borular

Döner masalı sondajlarda dönme hareketi sondaj disine şekilli borularla iletilir. Döner masanın içinden geçen iç yüzeyi silindirik dış yüzeyi döner masanın içindeki astara uygun kare veya altıgen olan boru elemanlarıdır. Döner masa içinde yukarı aşağı rahatlıkla geçerken dönme işlemi sırasında astarla birlikte hareket ederler.

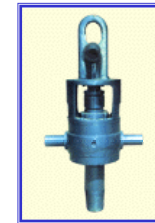


Şekilli borular

### 6. Döner sondajda Firdöndü

Üst kısmı dönmeyen alt kısmı sondaj dizisi ile birlikte dönmeyen bir elemandır. Üst kesiminden dolaşım sisteminden gelen sıvıyı kuyu içine taşır. Su başlığı da denir.

- Sondajı oluşturan işlevlerin tümünde görev alan tek parçadır.
- Alt bölümü dönerken üst bölümü sabit kalır.
- Tepeden dönerli sondajlarda döner kafa firdöndünün görevini tümüyle üstlenir.



Su başlığı (Firdöndü)

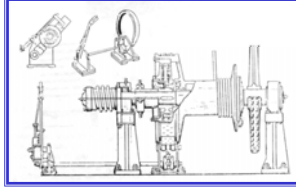
44

## DÖNER SONDAJDA TAŞIMA DİZİSİ ELEMANLARI

Fırdöndü bir kancaya, kanca hareketli makaraya, hareketli makara ise kulenin en üstündeki sabit makaraya tel halatla bağlıdır. Tel halat sarılı olduğu tanburun dönmesiyle sabit makaradan geçerek hareketli makarayı ve kancayı hareket ettirir ve böylelikle tüm sondaj dizisi aşağı-yukarı hareket ettirilir. Tanburlar, kule, sabit makaralar, hareketli makaralar, kanca ve hallattan oluşan sisteme vinç sistemi, parçalara taşıma elamanları diziyeye de taşıma dizisi denir.

### 1. Döner Sondajda Tanburlar

**i. İş Tanburu:** Sondaj dizisini taşıyan kancanın bağlı olduğu ana tanburdur. Döner sondajda borulamada iş tanburu kullanılır. Bunada darbeli sondajda olduğu gibi cer tanburu halata da cer halatı denir. Halat sadece kuyu dışında çalıştığından sağlam ama kısadır.



Tanbur düzeneği

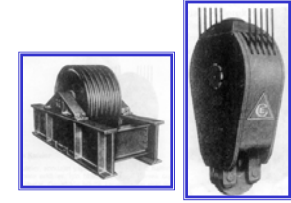
45

**ii. Yardımcı Tanbur:** Her tür vinç işinin yapılabildiği ve kuyu tabanına kadar kova vb. gereçlerin indirilmesine olanak sağlayan tanburdur. Kullanılan halatın boyu uzun ama cer halatından daha incedir.

**iii. El Tanburu:** Kedi kafası veya köpek kafası da denir. Sondöre pratik kullanım sağlar pek çok araç gerecin kaldırılıp indirilmesinde kullanılabilir. Kavramasız bir tanburdur.

### 2. Döner Sondajda Makaralar

- Sabit makaralar: Kulenin en yüksek yerinde bir sıra gezmeyen makara vardır. Bu makara blokuna taç makara denir.
- Gezici makaralar: Bir mile takılı birden fazla çark içerebilirler. Her bir çark bir dil olarak adlandırılır. Tek dilli makaralar olabildiği gibi 6 dilliyeye kadar çıkabilir.



Sabit ve gezici makaralar

46

### 3. Döner Sondajda Kanca

Döner sondajda genellikle gezici makaraya, gezici makaranın olmadığı durumlarda iş halatına doğrudan bağlıdır. Üst bölümün sabit alt bölümünün döner özelliği sondajda kolaylıklar sağlar.



Kanca

### 4. Döner Sondajda Kule

- Bağımsız kuleler: (a) Montajlı kuleler, (b) Eklentili kuleler
- Bağımlı kuleler: (a) Tek parça kuleler, (b) Çift parça kuleler, (c) Mekanik kuleler, (d) Hidrolik kuleler



Kule

**5. Döner Sondajda Halatlar:** Darbeli sondajdaki gibidir.

47

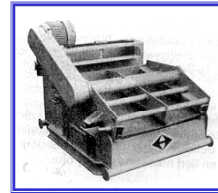
## DÖNER SONDAJDA DOLAŞIM DİZİSİ ELEMANLARI

Üç gruptan oluşur.

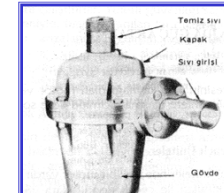
**i. Emme bölümü:** Emme deposu, emme hortumu ve pompadan oluşan ve temizleme maddesinin depolanıp emildiği bölümdür.

**ii. Basma bölümü:** Emme bölümündeki sıvıyı kuyu içine kadar ulaştırın kesimdir.

**iii. İşlem bölümü:** Kuyu boşluğu, kırıntı eleği, kanal ve oluklar, dinlendirme deposu, ayırma siklonları gibi elemanlardan oluşur ve sıvının tekrar kazanımının yapıldığı bölümdür.



Kırıntı eleği



Temizleme siklonu

48

## DÖNER SONDAJ YÖNTEMLERİ

### DÜZ DOLAŞIMLI SONDAJ

En basit sondajdan derin petrol sondajlarına kadar uygulama alanı bulan düz dolaşimli sondajda, sondaj sıvısı sondaj dizisi içinden geçer kuyu boşluğundan geri dolanır ve temizleme dışında ek görevler de üstlenir.

#### 1. Sondaj Sıvısı Türleri

Başlangıçta sadece su (kırıntıları dışarı alamak için), sonraları killi formasyonlarda suya karışan kilin ilave yararlar sağladığı dikkate alınarak su içine kil katılarak oluşturulan sıvılar (sondaj çamurları) kullanıldı. Bu gün su dan petrol türevlerine kadar pekçok sıvı kullanılmaktadır.

**Temiz Su:** Göl sularından deniz akarsularına kadar her türlü su

**Doğal çamurlar:** Killi formasyonların olduğu durumlarda kilin eriyerek suya alındığı sondaj sıvısı

**Kil çamuru:** Doğada bulunan ham kilin işlemden geçirilmeden suya katılmasıyla oluşan sondaj sıvısı

**Bentonit çamuru:** Bentonit, montmorillonit türünde bir kil olup, fırınlanıp öğütülerek sondaj çamurunun oluşturulmasında kullanılır.

**Petrol Çamurları:** 1/4-1/5 oranında suya petrol veya petrole su karıştırılarak elde edilen sondaj sıvılarıdır.

49

### 2. Sondaj Çamurunun İşlevleri

- Temizleme
- Soğutma
- Yağlama
- Sıva yapma
- Basıncı dengeleme

### 3. Sondaj Çamurunun Etkileri

- Delici verimliliği
- Sondaj ilerleme hızı
- Sondaj güvenliği

İşlevler	Etkileri
Soğutma	Delici verimliliği
Yağlama	Delici verimliliği
Temizleme	Delici verimliliği+ilerleme hızı
Sıva yapma	İlerleme hızı+sondaj güvenliği
Basıncı dengeleme	Sondaj güvenliği

50

### 4. Sondaj Çamurunun Yapısı ve Özellikleri

**Yapı:** Sondaj çamuru bir süspansiyondur. Su + kil tanecikleri + sediman İyi bir sondaj çamuru için kilin "su emme " ve "dağılma" özelliklerinin fazla, "tane boyu" ve "su bırakma" özelliklerinin ise düşük olması istenir.

Montmorillonit gurubu killer en iyisi. Genellikle Bentonit kullanılır. 100 kg bentonit ile 1 m<sup>3</sup> çamur yapılabilir.

**Yoğunluk:** Çamurun yoğunluğunu bentonitin miktarı ile suyun miktarı belirler. İyi bir bentonit çamurunun yoğunluğu 1.08-1.32 g/cm<sup>3</sup> dür. Killi formasyonun sondaj çamuruna karışımı yoğunluğunu artırır buna çamur kalınlaşması denir. Su ilave edilerek çamur inceltilir. Basıncı dengeleme problemi olan kuyularda daha yoğun sondaj çamurlarına gereksinim duyulur. Bu durumda yoğunluğu arttırmak için çamura barit hematit gibi yoğunluğu yüksek tozlar eklenir. (Barit, BaSO<sub>4</sub>, 4.3g/cm<sup>3</sup>; Hematit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.2 g/cm<sup>3</sup>)

51

**Akışkanlık (Viskozite):** Akmaya karışı gösterdiği dirençtir. Bu sedimanın taşınmasını ve pompanın verimini etkiler. Marş hunisi ile ölçülür. Huni içine 1.5 lt sondaj çamuru konulur ve 1 lt'sinn boşalması için geçen süre okunur. 32-50 sn arasında olması istenir.



Marş hunisi

**Su kaybı ve sıva kalınlığı:** Sondaj çamurunun kuyu duvarında oluşturduğu sıvanın su sızdırma miktarına su kaybı denir. Sıva kalınlığının düşük su sızdırmasının da az olması istenir. Su kaybı çamuru kalınlaştırırken, sıva kalınlığı ise sondaj takımını sıkıştırır. Basıncı Filitre cihazı ile ölçülür. Filitre kağıdının üzerindeki hazneye sondaj çamuru konur ve 7 atmosfer basınç altında 30 dk bekletilir. Sızan suyun 10-15 cm<sup>3</sup> arasında olması filitre üzerindeki sıva kalınlığının ise 4 mm'yi geçmemesi istenir.



Basıncı filitre cihazı

52

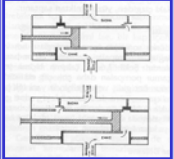
**Jel dayanıklılığı ve Tiksotropi:** Sondaj çamuru içindeki kil tanelerinin çökmeye karşı gösterdiği direnç jel dayanıklılığı olarak adlandırılır. Jel dayanıklılığının süspansiyon hareketli durumda iken artmasına, durgun halde iken azalmasına tiksotropik özellik denir. Tiksotropi düşük olursa sondaj durunca hemen matkabın ucuna sediman ve çamur çökeline neden olacağı için istenmez.

**Asit-Baz ortam:** Sondaj çamurunun viskozitesini etkilediği için önemlidir. PH 8-10 arasında olmalıdır.

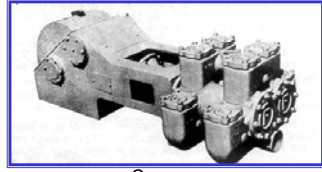
**Kırıntı oranı:** Sondaj çamuru beraberinde getirdiği sediman kırıntıları ile temizlenme işleminden geçirilse bile tümüyle temizlenemez. Ancak kırıntı miktarının oldukça düşük olması istenir ve % 2 olması idealdir.

### 5. Çamur Pompası

Sondaj sıvısının dolaşımını sağlayan pompalardır. Genellikle emme-basma tipinde pompalardır.



Pompa çalışma düzeni



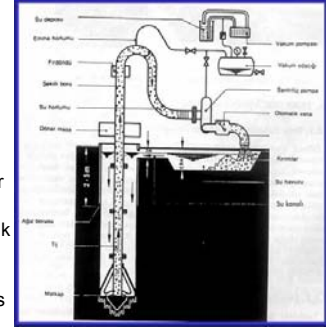
Çamur pompası

53

### TERS DOLAŞIMLI SONDAJ

Sondaj sıvısının kuyu boşluğundan kendiliğinden akıp, sondaj dizisi içinde yükselmesi ve oradan pompa ile emilerek dışarı alınıp, süzülerek tekrar kuyuya yönlendirilmesi ile sağlanan dolaşıma ters dolaşım denir.

Sondaj yöntemi daha çok santrifüzlü pompalara kullanım alanı oluşturmak için gelişmiştir. Bu pompalar hafif ve fazla devir ile verimliliklerini yükseltmektedir. Bu yönüyle emme basma tulumalara üstünlük sağlamışlardır. Ancak yüksek basınçlar oluşturulmasını nedeniyle sadece emme görevi üstlenen santrifüjlü pompalar ile ters dolaşimli sondaj yöntemi geliştirilmiştir. Büyük çaplı kuyular (24 inçten büyük) genellikle ters dolaşimli döner sondajlara açılmaktadır.



Ters dolaşım şeması

54

### Ters Dolaşimli Sondajın Özellikleri

- Dolaşım Sıvısı:** Sıva oluşturulmasına gerek olmadığı için sondaj çamuruna gereksinim duyulmaz ve genellikle su kullanılır. Bazen kuyu tabanından basınçlı hava basılarak sıvının yoğunluğu azaltılır ve taşıma gücü artırılmış olur.
- Pompa:** Emme işlevi yapan santrifüjlü bir pompadır.
- Deve boynu ve firdöndü:** Yöntemin emme işlevi açısından sızdırmazlığın sağlanması önemlidir. Deve boynu ve firdöndünün iç çapları düz dolaşimli yöntemdekenden büyüktür. Çünkü içlerinden sediman tanelerinin geçmesine izin vermelidir.
- Sondaj Boruları (Tijler):** Düz dolaşimli sistemlerden daha genişler. Genellikle 5-8 inç.
- Matkaplar:** İçlerinden emme işlevi ile sıvı çekileceğinden buna uygun olmalıdırlar. (a) Yapma matkaplar (b) Sert formasyon matkabı

55

### Ters Dolaşimli Sondajın Yararları

- Geniş çaplı sondajlar için daha uygundur. 1-4m çaplı sondajlar
- Sondaj çamuru gerektirmez. Su yeterlidir.
- Sondaj sıvısının formasyon içine girmesinin sakıncalı olduğu ortamlarda bu sondaj tercih edilir.
- Basit ve ucuz santrifüjlü pompalar kullanılır.

### Ters Dolaşimli Sondajların Sakıncaları

- Emme sırasında sondaj dizisi içinde gelişen sürtünmeden dolayı derinlikle verimlilik azalır ve en fazla derinlik 200 m'dir. Basınçlı hava ile bir miktar daha inilebilir.
- Kendini tutmayan ortamlarda uygulanamaz.
- Çok miktarda su ihtiyacı vardır.
- Ekipman fazlalığı ve ağırlığı

56

### HAVALI SONDAJ

Temizleme işleminin sondaj sıvısı yerine hava ile yapıldığı bir döner sondaj sistemidir. Kullanılan gereç ve katkı maddelerine göre üç grupte ele alınır.

- i. Basit havalı yöntem
- ii. Hava çekiçli yöntem
- iii. Çekiç kafalı yöntem

#### i. Basit havalı yöntem

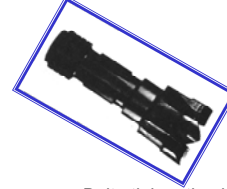
Düz dolaşimli sistemle basınçlı hava üreten kompresörün dışında oldukça benzerdir. Düz doşalımlı sisteme ek bir kompresör ile iki tür sondajında yapılması sağlanabilir.

#### ii. Hava çekiçli yöntem

Delme işlemi bakımından darbeli ve döner sistemin birleştiği bir yöntemdir. Döndürme sistemi klasik döner sondajda olduğu gibi tabla, morset veya kafa ile sağlanır. Darbe işlevi ise delme dizisinin alt ucuna konulan hava çekiçi ismi verilen bir gereçle sağlanır. Sondaj dönerek formasyon üzerinde hareket ederken, hava çekiçi ile delici aynı zamanda darbelerde üretir.

57

### Hava çekiçi ile kullanılan matkaplar



Balta tipi matkaplar



Kabaralı (düğmeli) matkaplar

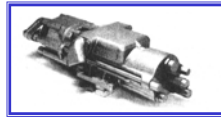
#### Hava çekiçli yöntemin avantaj ve dezavantajları

1. Delme ve ilerleme çok hızlıdır. (avantaj)
2. Delme fonksiyonunda çoğunlukla olarak görev hava çekiçine aittir. (avantaj)
3. Sert formasyonlarda çok verimli bir yöntemdir. (avantaj)
4. Su veya diğer türde sondaj sıvısına gerek yoktur. (avantaj)
5. Taneli gevşek zeminlerde uygulanamaz. Kuyu yıkılır. (dezavantaj)
6. İlk yatırımı fazladır. Hava çekiçi pahalıdır. (dezavantaj)
7. Su içeren formasyonlarda derinlik sınırlıdır. (dezavantaj)

58

### iii. Çekiç kafalı yöntem

İlke ve uygulama bakımından hava çekiçli yöntemle benzer. Ancak, çekiç kuyunun içinde değil dışarıda ve kuleye bağlıdır. Kule boyunca yukarı aşağı darbeler üretirken dizinin (tijlerle birlikte) darbeli biçimde formasyon üzerinde dönmesini sağlar.



Çekiç kafa

#### Çekiç kafalı yöntemin avantajları

1. Her yönde sondaj yapılabilir. Galeri içi de dahil her yerde uygulanabilir.
2. Çekiç kafa kuyu dışında olduğundan hava çekiçli yöntemle oranla riski daha az ve daha kullanışlıdır.
3. Basınçlı hava yolu azaldığından sürtünme ve basınç kayıpları en azdır.

#### Çekiç kafalı yöntemin dezavantajları

1. Derinli ve çap kapasitesi düşüktür.
2. Darbe hareketini sağlayan basınçlı hava kuyu temizliğinde kullanılamamaktadır.
3. Darbe hareketi sondaj dizisi boyunca iletildiğinden, tüm takım etkilenmekte ve ömrü kısalmaktadır.
4. Çok gürültü çıkarır.

59

### TEPEDEN DÖNERLİ SONDAJ

Delici uca aktarılan dönme hareketi dizinin en üstünde yer alan "döner kafa" ile sağlanır. Döner kafanın döner tabla ve kovandan farkı, kule boyunca yukarı aşağı hareket edebilmesidir.

#### Tepeden dönerli sondajın avantajları

1. Dönme tablası ve şekili boru yoktur. Dolayısıyla, aktarma elemanlarına da gereksinim yoktur.
2. Yöntemin ilerleme hızı yüksektir.
3. İşçilik azdır.
4. Eğimli sondaj yapılabilir.

#### Tepeden dönerli sondajın dezavantajları

1. Sondaj makina ve ekipmanı pahalıdır.
2. Eğitimli personel gerektirir.
3. Düşey eksenden sapma riski vardır.



60



## TURBO SONDAJ

İlke ve ana mekanizmaları düz dolaşimli döner sondaj ile aynıdır. Tek farkı deliciye dönme hareketini kuyu içindeki bir türbinin sağlamasıdır. Dönme sondaj sıvısı ile sağlanır. Genellikle su kullanılır.

### Turbo sondajın avantajları

1. Daha hafif ve düşük dayanımlı tjj kullanılabilmesi
2. Daha az gürültü
3. "Kamçılama" sondaj dizinin kuyu çeperine sürtünmesi gelişmez

### Turbo sondajın dezavantajları

1. Daha fazla sondaj sıvısına gerksinim duyulur.
2. Sondaj sıvısının temizlenmesine çok özen gösterilmelidir (kırıntı vs %2'den az)
3. Pahalı bir parçanın (dönme türbini) kuyu içinde çalıştırılması

61

## SONDAJ GEREÇLERİ

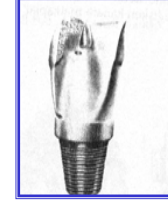
### 1. DELİCİLER

**Matkaplar:** Kendi eksenini etrafında dönerken, sondaj dizisi ve baskı ağırlığı ile üzerinde döndüğü formasyonu kırıp öğüten gereçlerdir.

#### Kanatlı matkaplar



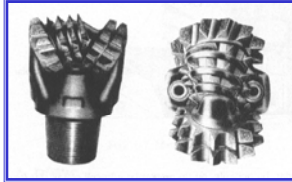
Balık kuyruğu matkaplar  
(Yumuşak ve taneli zeminlerde)



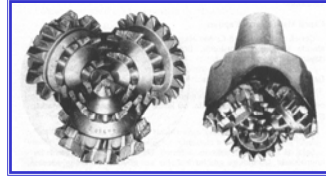
Çok kanatlı matkaplar  
(Yumuşak ve taneli zeminlerde)

62

#### Çeneli matkaplar



İki çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)



Üç çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)

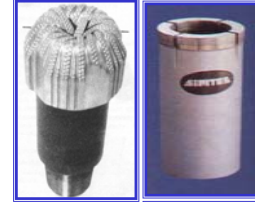


Dört çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)

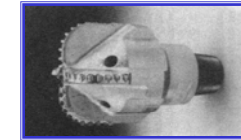


63

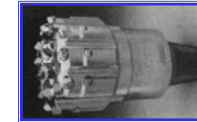
#### Özel matkaplar



Elmas matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda)

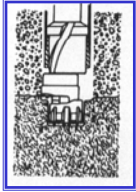


Kanatlı polikristalin elması (PDC) matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda ve ısı problemi olan derin sondajlarda)

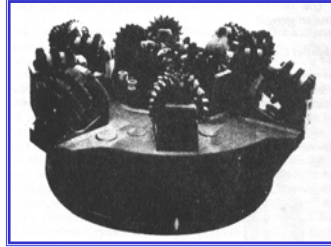


Dolu yüzü PDC matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda ve ısı problemi olan derin sondajlarda)

64



Eksanrik matkap  
(Büyük delik açmak için)



Tünel matkabı  
(Tünel 2-8m açmak için)

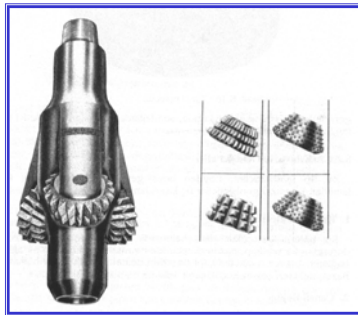
65



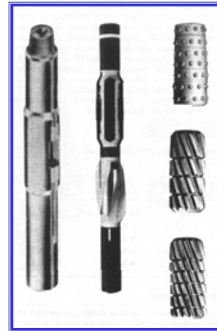
Bir tünel genişletici

66

**Geniştiriciler:** Önceden açılan bir sondaj deliğinin genişletilmesi için kullanılan gereçlerdir.



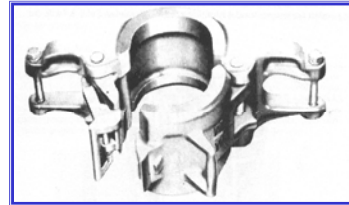
Kılavuzlu genişleticiler



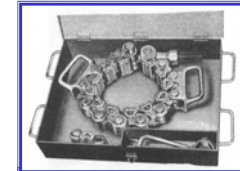
Taraklı genişleticiler

67

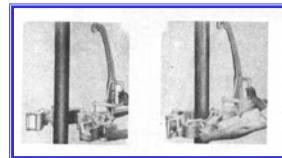
**Diğer gereçler:**



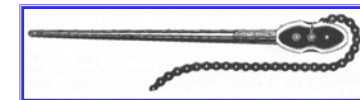
Manevra kelepçesi



Tutucu



Akrep anahtar



Zincir anahtar

68

## FORMASYON ZEMİN TANIMLAMA

### Önemi:

Çoğu kez bir sondajda amaç derinliğe doğru geçilen jeolojik ortamın tanımlanması iken, bazen bu amaç ikincil bir konuma düşebilir. ANCAK Her sondajda delinen zeminin tanımlanması mutlaka yapılır. ÇÜNKÜ Sondaj pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir.

Örneğin, bir zemin etüdünde birincil amaç gerilimin etkileyeceği derinliğe kadar zeminin tanımlanmasının yapılması olabilirken, Zeminin geçirimsizliğinin yerinde belirlenmesi için açılan bir sondajda zemin tanımlanması ikincil bir amaç olabilir. ANCAK tanımlama mutlaka yapılır.

İnce bir damar şeklinde bir madenin varlığının araştırıldığı durumda tanımlamada cm mertebesinde bir hassasiyete gereksinim duyurken, akifer kalınlığının 100 m olduğu bir ortamda bir kaç metrelik hata önemli sayılmaz. Bu nedenle amaca yönelik olarak tanımlanın hassasiyeti değişkendir.

## SONDAJDA ÖRNEK ALMA YÖNTEMLERİ

Örnekleme sondajın yapıldığı ortamın zemin (toprak) ve kaya olmasına göre iki genel grupta ele alınabilir. Bu iki ortamsal grubun yanısıra iki tür örnekten söz edilebilir.

1. Örselenmiş örnek alma yöntemleri
2. Örselenmemiş örnek alma yöntemleri

Örselenmiş örnek: Toprak zeminden doğal koşullarındaki nem, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri bozulurak alınan örnektir.

Örselenmemiş örnek: Toprak zeminden doğal koşullarındaki nem, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri korunarak, diğer bir ifadeyle doğal koşullarını koruyacak ve yasıtacak biçimde alınan örnektir.

70

### Örselenmiş örnek alma yöntemleri

#### 1. Kırıntı örnek

Döner sondaj da matkap tarafından kırılan öğütülen parçaların dolaşım sıvısı veya hava ile kuyu dışına alınması sırasında kuyu ağzından süzgeç vb. basit gereçlerle alınan örnektir.

#### 2. Kuyu içerisinden örselenmiş örnek alınması

Döner veya darbeli sondajda kuyu içerisine indirilen kova vb. mekanik gereçlerle alınan örnektir. Örnek kuyu içerisinde doğal koşulunu korumadığından bu örnekleme yöntemi ile yine kuyu dibinde biriken örselenmiş örnek alınır.

### Örselenmemiş örnek alma yöntemi

#### 1. Tüple örselenmemiş örnek alma yöntemi (Shelby ve yarık tüplü)

Özel gereçlerle ve genellikle hidrolik baskı kullanarak (eğer çakma yapılırsa örnekleme yine yapılabilir ancak örnekteki örselenme artar) yumuşak zeminlerden (toprak zemin) ve ortam koşullarının korunduğu örnekleme yöntemidir.

#### 2. Karot örnek

Genellikle sert jeolojik ortamlarda (kaya ortamlar), karotiyerlerle silindirik biçimli alınan örnektir. Alınan örneğe karot denir. Nisbeten yumuşak zeminlerde kısmen örselenme olabilir.

71

### Kırıntı Örnek Alma

Dolaşım sıvısı, hava veya köpükle kuyu dibinden gelen kırıntılar kuyu ağzında süzgeçlerle süzülerek alınır. Örnekler sandıklara konulur. Eğer özel bir durum yoksa her bir m'lik ilerleme sonunda alınan kırıntı örnekler torbalara konulur ve torbalar etiketlenerek sandığa dizilir. Etiketlerde lokasyon, sondaj no ve örnekleme derinliği mutlaka belirtilmelidir.

### Yöntemdeki Sınırlamalar

1. Üst zonlardan karışma: Özellikle gevşek zeminlerin olduğu kuyularda kuyunun üst seviyelerinden kısmen yıkılmalar ile kuyu dibinde istenmeyen karışımlar yaşanabilir.
2. Dolaşım sıvısından karışma: Çamurun gereğinden yoğun olması durumunda, çamurun dinlenme havuzunda kırıntılardan tümüyle ayrılması sağlanamaz budurunda, dolaşım sıvısından istenmeyen karışımlara olabilir.
3. Çıkış gecikmesi: Genellikle sondör çıkan örnek için tij uzunluklarından o anki derinliği alınan örnek için girecektir. Halbuki alınan örnek o anki delinen seviyeye değil biraz daha üstteki seviyeye aittir. Bu duruma çıkış gecikmesi denir.

72

4. Çıkışta boylanma: Kuyu dibindeki kırıntılar, dolaşım sıvı ile yukarı doğru ilerlerken, taneboyu yoğunluk gibi fiziksel farklılıklarından dolayı bir boylanma gösterebilirler. Bu durumda yuvarlak ve iri taneler daha sonra yüzeye çıkacaktır.
5. Ögütülme: Tüf, marn vb. malzemelerin bulunduğu ortamlarda matkabın aşırı öğütmesi sonucunda kesilen seviyenin sondaj çamurundan ayrılması mümkün olmayabilir.
6. Erime: Gips vb. eriyebilir malzemelerin bulunduğu ortamda kırıntı oluşmayacağı için kesilen zemin tümüyle sondaj sıvısına karışacaktır.
7. Yıkamada bozulma: Taneler etrafına sondaj çamurundaki kilin sıvanıp yeterince yıkanamaması durumunda formasyon olduğundan daha killi tanımlanabilir.

73

Kırıntılı örnek almadaki sınırlamaları minimuma indirmek için aşağıdaki önerilerin dikkate alınmasında fayda vardır.

1. Gecikme süresinin saptanması : Sondaj da zaman zaman sadece dolaşım sistemi çalıştırılarak, devamlı kırıntı kontrolü yapılır. Dolaşım sıvısı kırıntısız bir şekilde gelinceye kadar dolşaim yapılır ve gecikme süresi belirlenir.
2. Matkap ağızı örneği: Matkap değişimlerinde matkap ağızında gelen örnek genellikle son seviyeye ait bir örnektir. Değişimlerde kontrol amaçlı olarak dikkate alınmasında fakda vardır.

74

#### Kuyu İçerisinden Örselenmiş Örnek Alma

1. Temizleme Kovaları: Temizleme kovaları genellikle darbeli sondajlarda kuyu temizlenmesinde kullanılmasına karşın, örnekleme amacıyla döner sondajda da kullanılabilirler.
2. Kum Pompaları: Yine hem darbeli hemde döner sondajda kuyu dibindeki örneğin dışarı alınması için kullanılabilirler.
3. Burgular: Gerek döner sondajda gerekse darbeli sondajda örnek almada kullanılan en basit gereçlerdir. Bunlara AUGER ismi de verilmektedir. El burgularının (Hand auger) yanısıra makinalı burgularda mevcuttur.

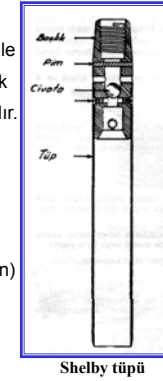


Burgu

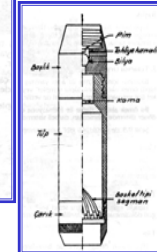
75

#### İnce çeperli tüp veya yarıklı örnekleyciler

Ağız keskin iççe çeperli tüp hidrolik baskı ile yumuşak zeminlerden örselenmemiş örnek alınmasında yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tüplere Shelby (Şelbi) tüpü denir.



Şelby tüpü



Segmanlı yarıklı tüp

76

Yarıklı tüplü örnekleycilerde tutucu (segman) kullanılmadığı takdirde örselenmenin az geliştiği örnekler alınabilir. Ancak segman kullanıldığı taktirde örnekte istenilmeyecek boyutta örselenme gelişir.

## Karotlu sondaj

Karot alıcı özel gereçler kullanılarak yapılan sondaj işlemine karotlu sondaj ilerleme sırasında alınan örneğe de karot örnek denir.

Karotlu sondaj bir döner sondaj yöntemi olup, kaya ortamlarda uygulanır.

Sadece karotiyerin kestiği ince bir kesimin dışarı alınması ve karotiyerin soğutulması amaçlandığından dolaşım sıvısı olarak genellikle sadece su kullanılır. Ancak yüksek miktarda su kaçağı olduğunda sıva oluşturmak için sondaj çamuru kullanılır.

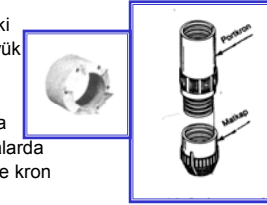
77

## Karot alıcıların parçaları

1. Başlık: karotiyerin tije bağlanmasını sağlayan "dişi" ara elemandır.
2. Gövde: karotu içerisinde barındıran silindirik bölümdür. Tüp veya gömlek adı da verilir.
3. Tutucu (segman): Kesilen örneğin gövde içerisinden düşmesini engelleyen elemandır.
4. Protkron: Gömlek ile matkap arasındaki elemandır. Çapı matkaptan çok az büyük olup, kuyunun taranmasını da sağlar.
5. Matkaplar: Kayacı kesen elemanlardır. Genelli vidye kron ve elmas uclu olama üzere iki ana türü vardır. Çok sert kayalarda elmas orta ve yumuşak kayalarda vidye kron matkaplar tercih edilir.



Segman türleri



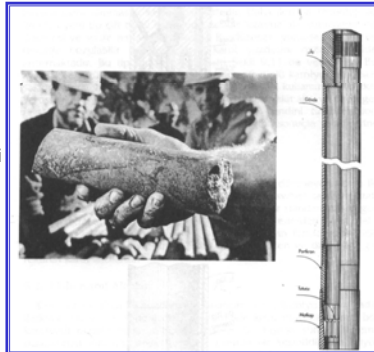
Protkron ve matkap

78

## Karot alıcı türleri

### 1. Tek tüplü karotiyerler:

Gövdesi tek bir gömlekten oluşur. Suyu karşı duraysız Marn, jips gibi ortamlarda kullanılamaz. Çünkü sondaj sıvısı karotiyerin içinden geçerek dolaşım yapar. Matkapla birlikte tüp de döndüğü için bu durum karot yüzdesini düşürür.



Karot ve Tek tüplü karotiyer

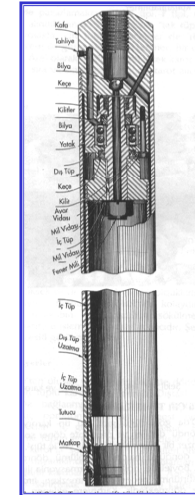
79

### 2. Çift tüplü karotiyerler:

Gövdesi iç içe iki tüpten oluşur. Her iki tüp birlikte döner. Sondaj sıvısı iki tüpün arasından dolaşır bu nedenle karotla sondaj sıvısının irtibatı en aza indirilmiştir. Bu nedenle suya az dayanıklı kayalarda tercih edilirler. Ancak içtüpün de dönmesi karot parçalarının bir biri üzerinde dönmesine ve karot yüzdesinin azalmasına neden olur.

### 3. Üç tüplü karotiyer:

İç içe üç tüpten oluşur ve en içteki tüp kesinlikle dönmez. Özellikle yumuşak ortamlarda tercih edilirler.



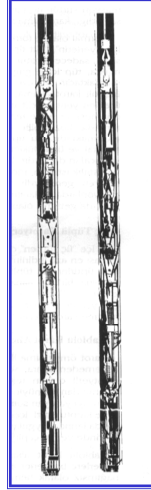
Çift tüplü karotiyer

80

#### 4. Kablolu (wireline) karotiyerler:

Karotlu ilerlemede diğer karotiyerlerin kullanımında, karotiyer boyu kadar ilerleme sonunda sondaj dizisi tümüyle yukarı alınır ve boşaltılır ve boş karotiyer tekrar kuyu dibine indirilerek devam edilir. Bu özellikle derin sondajlarda oldukça zaman kaybına neden olur. Bu çift tüplü bir karotiyer olup, içi tüp hem eksenli etrafında (döner)hemde eksenli boyunca (yukarı-aşağı) hareket edebilecek şekilde hazırlanmıştır. Tijle iç tüpün geçebilmesine olanak sağlayacak şekilde olmalıdır.

Wireline karotiyer



81

## SU SONDAJLARI

Ders kapsamında bu konuya ana hatlarıyla değinilecektir.

### Su alınacak seviyenin özellikleri

1. Su alınacak akiferin türü ve akifer parametreleri
2. Su alınacak Akiferin yapısı (homojen veya heterojen)
3. Su alınacak akiferin kalınlığı

**Satik seviye:** Su seviyesinin ortalama en düşük seviyesi, eğer birden fazla kuyu açılacaksa girişime dikkat edilmeli.

**Özgül verim:** Akiferin yerçekimi etkisi ile bırakabileceği suyun hacminin toplam hacime oranı

**Özgül tutma:** Akiferin yerçekimi ile alınamayacak su hacminin toplam hacime oranı

**Porozite:** Akiferdeki toplam boşluk hacminin toplam hacime oranı.

$$\text{Porozite} = \text{Özgül tutma} + \text{özümlü verim}$$

### Permeabilite

Kaya veya zeminin sivi iletebilme özelliğidir ( $\text{m}^3/\text{gün}/\text{m}^2$ ).

**Transmissivity (T) = Hidrolik iletkenlik (K) x akifer kalınlığı**  
( $\text{m}^3/\text{gün}/\text{m}$ )

### Özgül debi

Kuyu parametresidir. Kuyudaki su seviyesinin 1 m'lik kesiminden belirli bir zaman aralığında alınabilecek su miktarı ( $\text{lt}/\text{sn}/\text{m}$ ). Hidrolik iletkenlik kontrol eder.

83

### Kuyu Boyutlandırması:

#### Delik çapı

Kuyu çapı kuyu verimini çok fazla etkilemez. Aşağıdaki tabloda göreceli olarak kuyu verimi ile kuyu çapları arasındaki ilişki görülmektedir.

	Kuyu Çapları (İnç)					
	6"	12"	18"	24"	36"	48"
Göreceli Verimler	100	111	119	125	135	143
		100	107	112	121	128
			100	105	111	120
				100	108	110
					100	106

Ancak pompanın kapasitesine bağlı olarak çapı artmaktadır. Genel anlamda Poma çaplarına göre pompa çekim Kapasitesileri yandaki gibidir.

Ortalama Verim ( $\text{lt}/\text{sn}$ )	Pompanın Çapı (İnç)
1-5	4
5-15	6
10-25	8
20-50	10
40-60	12
50-80	14
70-10	16
100-200	20

84

### Delik derinliği

Kuyu verimi özgül verim ile oluşacak düşüm miktarına bağlıdır.

$$Q = \text{Özgöl debi} \times \text{düşüm miktarı}$$

### Filtre bölgelendirilmesi

**Heterojen akiferlerde**, permeabilitesi yüksek (tene boyutu daha iri) olan seviyelere yerleştirilmelidir. Örneğin;

Seviye	kalınlık (h,m)	etkin çap (mm)	Göreceli iletkenlik*(k.d10 <sup>2</sup> *h)
A	20	0.1	0.2 k
B	30	0.15	0.675 k
C	40	0.2	1.6 k
D	10	0.06	0.036 k
Toplam	100		2.511 k

Verimlilik oranları A % 8; B % 27; C % 64; D % 1

Alınacak su miktarına göre C veya C+D filitreli tehzlenebilir.

85

### Homojen serbest akifer:

Kuyu tabanında kifer kalınlığının en az 1/3' ü en fazla 1/2 'si kadar yapılmalıdır.

### Homojen basınçlı akifer akifer:

Dinamik seviye hiçbir zaman akifer tavanından aşağıya düşürülmemelidir. Çünkü kuyunun verimi önemli ölçüde artmaz.

### Filtre boyu:

1. Kullanılacak filtrenin 1'lik kesimindeki toplam açık alan (filtre açıklığı) hesaplanır.
2. Filtrenin 1 m'sinden kuyu içine akabilecek su miktarı (filtre verimi) hesaplanır (Qf).
3. Filtre boyu = kuyu verimi Q / Qf
4. Teorik olarak düşüm hesaplanır. Düşüm kabul edilebilir limitlerin altında kalıyorsa filtre türü değiştirilerek hesap yinelenir.

86

### Su kuyularında borulamanın ana amaçları

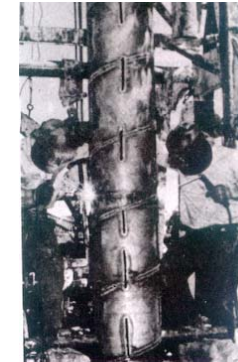
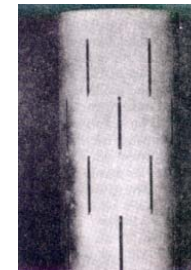
1. Gevşek zeminlerde kuyunun yıkılmamasını sağlamak
2. Kalitesiz su seviyelerindeen kuyu içine su gelişini önlemek

### Boru türleri

1. Saç borular
2. Çekme borular
3. Özel alaşımlı borular
4. PVC borular \* En yaygın kullanılanıdır. Su, kimyasal reaksiyonlardan etkilenmez.

87

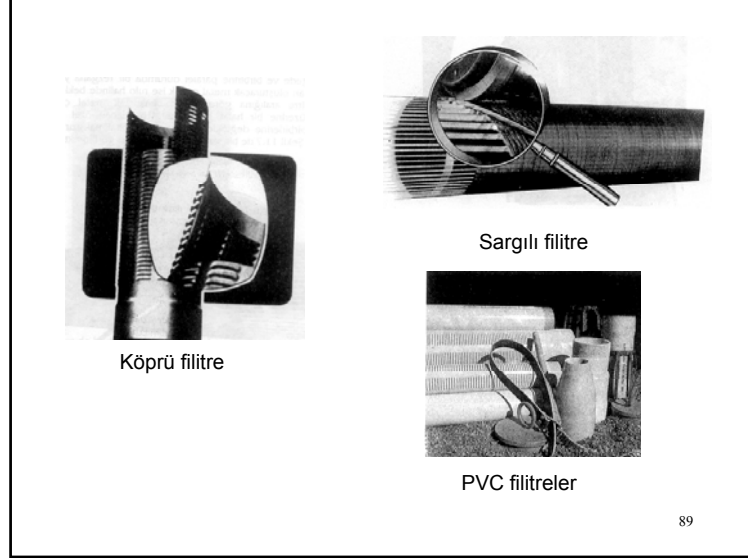
### Filtreler



Düz Filtreler

88





#### Filtre özellikleri

1. Filtre aralığı : Açıklığın küçük boyutudur.
2. Filtre açıklığı: Filtre deliğinin alanı ile 1 m'lik filtredeki delik sayısının çarpımıdır.
3. Açıklık oranı: Delik alanlarının toplamının toplam filtre yüzeyinin alanına oranıdır.
4. Filtre verimi: Filtrenin 1 m'sinden kuyu içine akabilecek suyun miktarıdır.

**Yalıtım:** Kuyu içerisinde herhangi bir nedenle kapatılması istenilen kesimler kapalı borular gelecek birimde borulanır. Ancak bu durum bu kesimlerin kuyu için tümüyle yalıtıldığını göstermez. Kuyu boşluğu içinde oluşacak sızıntıların da önlenmesi için kil çimento vb. malzemelerle bu kesimlerin yalıtılması gereklidir.

Yalıtımın amaçları

1. Kuyuda statik düzeyi yüksek olan seviyenin statik düzeyi daha düşük olan seviyelere sızmasını önlemek
2. Kalitesiz suların kuyu içerisine sızmasını önlemek

90

#### Basınçlı akiferde yalıtım

Kuyu tamamlandıktan sonra yüzeye sızmalar olabilir. Bunu önlemek için;

1. Basınçlı akiferin derinliği biliniyorsa, basınçlı akifere gelince sondaj durdurulur. Kuyu borulanır. Kuyu boşluğu çimento şerbeti ile doldurulur. Borulamanın içinde sondaja devam edilir.
2. Hesapta olmayan bir basınçlı akiferle karşılaşırsa;
  - a) Bu akifer yalıtılmak isteniyorsa, sondaj durdurulur. Borulama yapılır. Kuyu boşluğu çimento şerbetiyle doldurulur. Sondaja boru içinden devam edilir.
  - b) Ağır bir sondaj sıvısı ile kuyu tamamlanır. Çakıllama basınçlı akiferin üst seviyesine kadar yapılır. 1 m lik kil tampon yapılır. Kuyu boşluğu çimento şerbetiyle doldurulur. Bu sırada kuyunun boşaltılması için yüksek kapasiteli bir pompa ile çekim yapılır.

91

#### Çakıllama

Kuyu çeperi ile borulama arasındaki boşluğun belirli kalite ve miktarda çakılla doldurulması işlemidir.

#### Amaçları

1. Kuyunun yıkılmasını önlemek
2. Filtrelerin tıkanmasını önlemek
3. Kuyu içine gelen suyu süzmek
4. Geçirgenliği arttırmak

#### Çakıl özellikleri

1. Temiz ve yıkanmış olmalı
2. Köşeli olamamalı, küresel olmalı. Küresel taneli yapı daha geçirimli olur.
3. Çakılların tane boyu kullanılan filtre aralığına ve akiferin taneboyuna uygun olmalıdır. % 10-40 arasında filtre aralığından ince malzeme yeterlidir.
4. Tuz jips vb. suda eriyen mineraller içermemelidir.



92

#### Çakıllamanın yapılması:

1. Kuyu başında yeteri kadar çakıl hazırlanır.
2. Bir taraftan kuyu içine çakıl kürekle dökülürken, diğer taraftan yıkama yapılır. Yıkama işlemi kuyunun çakıllanmasından daha uzun yapılmalıdır. Diğer bir ifadeyle kuyu boşluğu yavaş bir şekilde doldurulmalı ve yıkanmalıdır.
3. Çakıllamadan sonra yıkama ve geliştirme işlemine devam edilmeli ve çekillarin oturması ve kuyu içinden dışa atımlar nedeiyle olacak çakıl seviyesindeki düşüm tamamlanmalıdır.

#### **Yıkama**

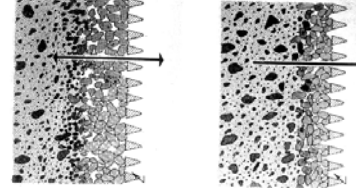
Kuyu çevresindeki sondaj sıvısından kalan sıvının temizlenmesi ve çakılların temizlenmesi için yıkama yapılır. Filtreli bölgelere sondaj takımı ucunda çamur pompası indirilir ve basınçlı su basılır. Öncelikle su kuyu duvarındaki sıvayı alır kuyu dışına taşır. Bu işlem temiz su gelinceye kadar sürdürülür. Kuyu ağzı kapatılarak su basma işlemine devam edilir ve yıkama suyunun kuyu boşluğundan gelmesi sağlanır. Su tamamen berek bir bimumde gelinceye kadar yıkamaya devam edilir.

93

#### **Geliştirmede çalkalama**

Kuyu içerisindeki suyu herhangi bir yöntemle akifer içerisine göndermek ve akiferin doğal suyu ile birlikte tekrar kuyu içine alma işlemine geliştirme çalkalama denir. Bu işlem tekrarlanırsa;

1. Sondaj sıvısının oluşturduğu sıvadan tümüyle kurtulunur.
2. Kuyu boşluğundaki çakıllamada bir derecelenme sağlanır ve kuyu içine doğru geçirimlilik artırılır.
3. Çakıl köprüleri yıkılır.



Çalkalama sonucu derecelenme

Çakıl köprüsü

94

#### **Sterilizasyon**

1. Kalsiyum hipoklorit

Bünyesinde % 70 kadar serbest klor bulunduran beyaz taneli bir malzemedir. Suda çözüldüğü zaman ortaya çıkan serbest klor sterilizasyonu sağlar.

2. Sodyum hipoklorit

Aslında bu madde çamaşır suyu olarak kullanılan bir maddedir. Serbest klor oranı % 5 ila 20 arasındadır.

95



**Su kuyusu ve dalgıç pompa**

96



**Elektrotlar -Pompanın kuyu içine indirilmesi ve çalışması**

97

## **MADEN SONDAJLARI**

Madenlerde ve taş ocakları gibi yerüstü ve yeraltı zenginliklerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen sondajlardır.

1. Patlatma deliği elde etmek için yapılan sondajlar
  - (a) yeraltı maden sondajları
  - (b) yerüstü maden sondajları
2. Doğrudan maden sondajları : üretimde veya üretime hazırlık aşamasında kullanılan sondajlar

### **Kayaçların Sondaj Özellikleri**

#### **1. Sertlik**

Pürüzsüz bir yüzeyin aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mohr sertlik sıkalası ve sondajın ilerlemesi sırasındaki baskı gerilimi (kg/cm<sup>2</sup>) ile tanımlamak mümkündür. Bu amaçla kullanılan sınıflama şöyledir.

Sertlik sınıfı	Mohr derecesi	Baskı gerilimi	Kaya türleri
Çok sert	7	> 2000	Andezit, granit bazalt
Sert	6 – 7	1200 – 2000	Diorit, Kuvarsit, gnays, kumtaşı
Orta sert	4 – 6	600 – 1200	Mermer, konglomera
Az yumuşak	3 – 4	300 – 600	Şist, şeyl
Yumuşak	2 – 3	100 – 300	Serpantin
Çok yumuşak	1 – 2	< 100	Marn, kiltası, silt taşı

99

#### **2. Aşındırıcılık**

Sondajda kullanılan delicilerin aşınma sürelerini etkileyen parametredir. Bir kayacın aşındırıcılığını kontrol eden faktör kayacın içerdiği kuvars minerali miktarıdır.

#### **3. İç yapı**

Tane iriliği, sıklığı gibi özellikleri iç yapı olarak adlandırılır ve sondaj da ilerleme hızını etkiler.

#### **4. Kırılğanlık**

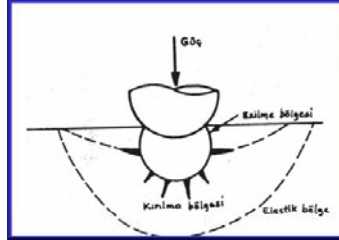
Kayacın çekiç vb. bir aletle darbe aldığında gösterdiği davranıştır. Los Angles abression testi ile belirlenir ve LA sayısı ile adlandırılır.

Fillit (LA=17), Amfibolit (19), Diorit (24), Kuvarsit (36), Makaşist (48), Gabro (51) Granit (56), Kireçtaşı (66), Pegmatit (71)

100

### 5. Delinebilirlik

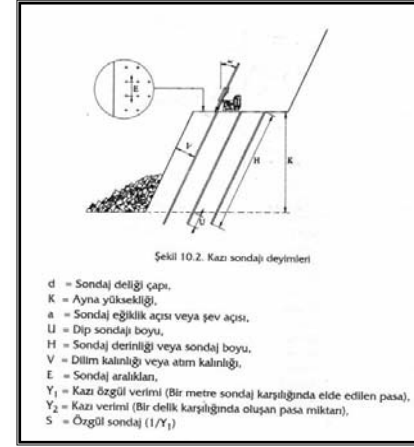
Diğer dört özelliğin (sertlik, aşındırıcılık, iç yapı ve kırılgenlik) birlikte oluşturduğu bir kavramdır. Aşağıda kabarıklı uc kullanılan bir sondajda kaya ile kabara arasındaki davranış görülmektedir.



Kabarıklı uc ile kaya arasındaki etkileşim

101

### Yersütü Patlatma Deliği Sondajları



Patlatma deliği sondajlarında terminoloji

102

### Patlatma deliği sondajlarındaki karakteristiklerin saptanması

**1. Delik çapı:** Her ne kadar patlatma yöntemine, kayacın cinsine ve dilim kalınlığına bağlı ise de pratikte aşağıdaki genel ampirik bağıntı fikir edinmek için kullanılır.

$$5 K < d < 10 K \quad (K: \text{ayna yüksekliği m, } d: \text{delik çapı mm})$$

**2. Sondaj derinliği:** Ayna (basamak) yüksekliği seçimi işletmedeki kazı ekipmanlarının durumu madenin derinliği ve kalınlığı gibi pek çok faktörün birlikte kontrol ettiği bir olgudur. Bu olgu işletme mühendisi tarafından irdelenir ve basamak yüksekliğine karar verilir. Eğer patlatma sondajında kullanılan sondajın delik çapı küçük ise veya delme kapasitesi sınırlı değilse sondaj derinliği;

$$H = (K/\sin\alpha) + U \quad (\alpha: \text{sondaj eğimi veya basamak eğimi, } U: \text{dip sondaj boyu})$$
$$0.3V < U < 0.4 V \quad (V: \text{dilim veya atım kalınlığı})$$

Ortalama değer kullanılırsa;

$$H = (K/\cos\alpha) + 0.35V$$

103

**3. Sondaj aralığı:** Sondaj aralığı, kayacın iç yapısına ve diğer özelliklerine bağlıdır.

Ancak kaba bir yaklaşım ile

$$E = 1.25 V \quad (V: \text{Dilim veya atım kalınlığı})$$

**4. Sondaj eğimi:** Bu doğrudan oluşturulacak basamağın şev duraylılığı ile ilgilidir. Bu amaçla şev duraylılığı analizleri yapılır ve duraylılığın sağlandığı açı sondaj eğimi olarak kullanılır. Bu açı 90° dahi olabilir.

104

### Pasa Verimliliği

Amaç: En az sondaj, en az patlayıcı ile en çok pasayı elde etmektir.

**Kazı özgül verimi (Y1):** Her bir sondaj için metre başına pasa miktarı (m<sup>3</sup>) olarak tanımlanır.

$$Y1=(K.E.V)(H\cos\alpha)$$

K: Ayna yüksekliği m,  
E: sondaj aralığı m,  
V: atım kalınlığı m,  
H: sondaj boyu,  $\alpha$ : sondaj eğimi

**Kazı verimi (Y2):** Sondaj başına elde edilen pasa miktarıdır.

$$Y2=Y1.H$$

105

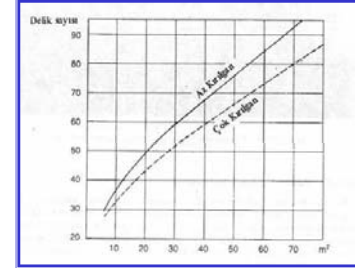
### Galeri Sürülmesi

Tünel, galeri gibi yeraltı geçitleri oluşturmak amacıyla yapılan işleme galeri sürme denir. Patlatmalı kazılarda bu işlem döngüsel (tekrarlı) bir işlem olup sırasıyla şu aşamalardan oluşur.

1. Sondaj 2. Patlayıcı doldurulması 3. Patlatma 4. Havalandırma 5. Pasa temizliği

#### **Bu amaçla açılan sondajların karekteristikleri**

1. **Delik sayısı:** Kayacın cinsi kullanılan patlayıcının cinsi ve miktarı gibi özelliklere doğrudan bağlıdır. Ancak genel bir kullanım için galeri yüzey alanı için delik sayısı aşağıdaki grafikten alınabilir.



106

2. **Delik çapı:** Galeri lağım delik çapları 30-64 mm arasında olur.

3. **Delik boyu:** Atım boyu ortalama 3 m olmakla birlikte 1 ila 8 m arasında değişebilir.

4. **Delik yönü:** Paralel sondajda tüm lağım delikleri kazı yüzeyine dik olur. Eğimli sondajlarda delikler V şeklinde kapanacak şekilde açılır ve dip noktalar birbirine doğrudur (dolayısıyla 60°'den küçük olamaz).



107



108





### Makina Kazılarının Avantaj ve Dezavantajları

#### Avantajları

1. Patlayıcı kullanma zorunluluğu yoktur
2. Yüzeyleki titreşim ve deformasyon azdır.
3. Kazı yüzeyindeki örselenme azdır.
4. Tahkimat, iksa gibi giderler daha azdır.
5. Patlatmalı yöntemle göre daha güvenlidir.
6. İlerleme hızı çok yüksektir
7. Kazının döngüsellığı (tekrarlamalar) ortadan kalkmıştır.

#### Dezavantajları

1. İlk yatırım yüksektir.
2. Gerek yatırım ve gerekse işletme malzemeleri dışı bağımlıdır.
3. Eğitilmiş personel gerektirir.

113

### JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJLAR

Jeoteknik log: Sondaj verilerinin kaydedildiği formalara sondaj logu, eğer çalışma mühendislik jeolojisi amaçlı ise hazırlanan loga jeoteknik log denir.

*Bu tür logların başlıca amaçları:*

- (a) Jeolojik birimlerin derinlikle değişimini göstermek,
- (b) Kaya ve toprak zemin türü birimlerin bazı mühendislik özelliklerini tanımlamak,
- (c) Süreksizliklere ait parametreleri tayin etmek ve
- (d) Yeraltı suyu ile ilgili verileri

İlerleme boyu: Sondajlarda ilerleme aralığı zemin koşullarına, kullanılan ekipmanın ve karotiyerin uzunluğuna bağlı olarak değişir. Güç koşullarla karşılaşılmadığı takdirde, ilerleme aralığı Türkiye'de genellikle 3 veya 3.05 m'dir. Karot veriminin düştüğü durumlarda daha kısa aralıklarla ilerlenir.

Sondaj karotlarında, jeoteknik amaçlarla,

- \* Toplam karot verimi (TKV)
- \* Sağlam karot verimi (SKV)
- \* Kaya Kalite Göstergesi (RQD)
- \* Eklem sıklığı (FF)
- \* Süreksizliklerin özellikleri ölçülür.

(a) Toplam Karot Verimi (TKV):

$$TKV (\%) = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında alınan karot parçalarının toplam uzunluğu}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$

115

(b) Sağlam Karot Verimi (SKV):

$$SKV (\%) = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında silindirik şekline (çapını) koruyan karot parçalarının toplam uzunluğu}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$

NOT: SKV için silindirik şekline koruyan kaya veya toprak zeminler dikkate alınır.

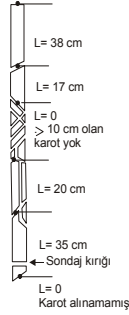
(c) Kaya Kalite Göstergesi (RQD)

$$RQD (\%) = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında boyu 10 cm ve 10 cm'den büyük olan karotların toplam uzunluğu (L<sub>2</sub>)}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu (L<sub>1</sub>)}}$$

116



- RQD, her karot parçasının merkezinden geçen bir hat boyunca ölçülür.
- Dik ve dike yakın süreksizlikleri (karotun eksenine paralel yönde) de içeren karot parçalarının boyları 10 cm ve daha büyük ise, bu karotlar RQD'ye dahil edilir.
- Eğer karotlar karotiyerden çıkartılırken kırılmışsa, bu kırıklar doğal bir kırık olarak değerlendirilmez ve RQD, karotlar bu yapay kırıklar boyunca birleştirilerek ölçülür.
- RQD, sadece kaya türü birimler için uygulanır.



İlerleme uzunluğu = 200 cm

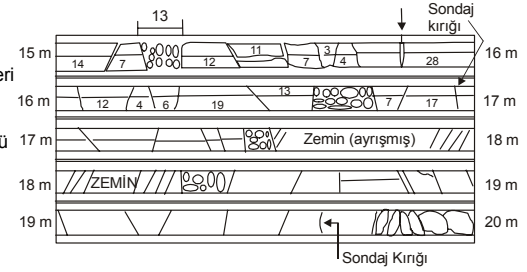
$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100 = \%55$$

(d) Ekleme Sıklığı (FF):

$$FF(m^{-1}) = \frac{\text{Bir ilerlemedeki ayırık ve doğal süreksizliklerin sayısı}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}} \quad (\text{süreksizlik sayısı/m})$$

117

Jeoteknik amaçlı bir sondajın 15-19 metreleri arasındaki alınan karotların karot sandığındaki görünümü yanda verilmiştir.



Bu sandıkta 15-16 m'ler arasındaki ilerlemeye ait TKV, SKV, RQD ve FF parametreleri örnek olarak yandaki gibi hesaplanmıştır.

$$TKV = \frac{14 + 7 + 10 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{96}{100} = 96\%$$

$$SKV = \frac{14 + 7 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{86}{100} = 86\%$$

$$RQD = \frac{14 + 12 + 11 + 28}{100} = \frac{65}{100} = 65\%$$

$$FF = \frac{9}{1} = 9 m^{-1}$$

118

## JEOTEKNİK LOGLARIN SUNUMU

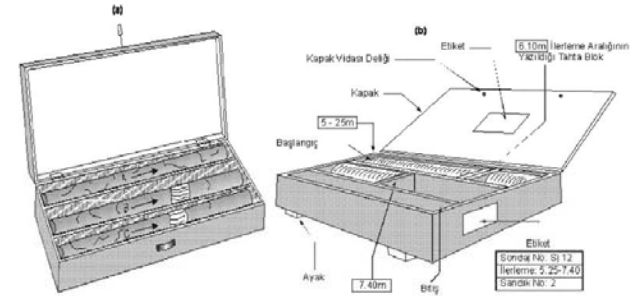
Jeoteknik loglar aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Sözleşmeyle ilgili bilgiler: Sondajı yapan ve talep eden kurum, ya da kuruluşlar, proje lokasyonu ve logu hazırlayan mühendisin adı
- Sondajın lokasyonu: Sondaj No., kot, eğim
- Sondaj ekipmanı: Kule tipi, muhafaza borusu, kuyu çapı, matkap tipi
- Sondajın başlama ve bitiş tarihleri
- Jeoteknik veriler
- Yeraltısuyuna ilişkin kayıtlar: Yeraltısuyu seviyesi, su kaçakları vb.
- Örnekler: Örnekleme derinliği, örnek çapı, örnek no., kullanılan örnekleme gerecinin türü
- Arazi deneyleri: Deneyin derinliği, deneyin türü ve deney sonuçları.

119

## KAROTLARIN MUHAFAZASI:

Sondaj karotları, genel olarak 1 m uzunluğunda ve çitalarla ayrılmış, en fazla 5 kanaldan oluşan ahşap karot sandıklarına dizilerek muhafaza ediliirler. Karotların sandığa yerleştirilmesinde E tipi dizilim yaygın olarak kullanılmaktadır. Karot sandıklarında ilerleme başı ve sonu derinlikleri ahşaptan yapılmış ayırıcıların üzerine yazılır. Ayrıca karot sandıklarının kapağına, sondaj numarası ve ilerleme aralığı gibi bilgiler yazılır.

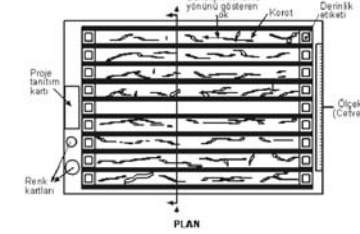
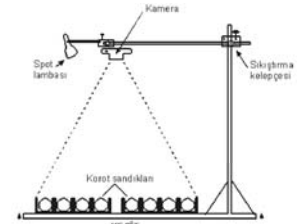


120

### Karot Sandıklarının Fotoğraflanması



121



122

### SONDAJ KUYUSUNDA UYGULANA SAHA DENEYLERİ

1. Vane (kanatlı kesici) deneyi
2. Standart penetasyon deneyi (SPT)
3. Konik penetasyon deneyi (CPT)
4. Pressiyometre deneyi
5. Dilatometre deneyi
6. Plaka yükleme deneyi
7. Pompaj deneyi
8. Parker deneyi

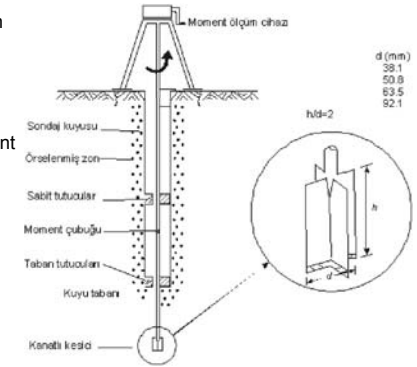
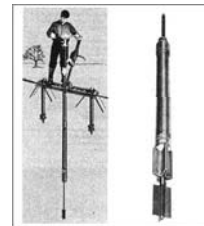
123

### Vane (Kanatlı Kesici) deneyi

Yumuşak aşırı duraylı killerde drenajsız makaslama dayanımının belirlenmesi amacıyla yapılır.

$$\tau = \frac{T}{3.67d}$$

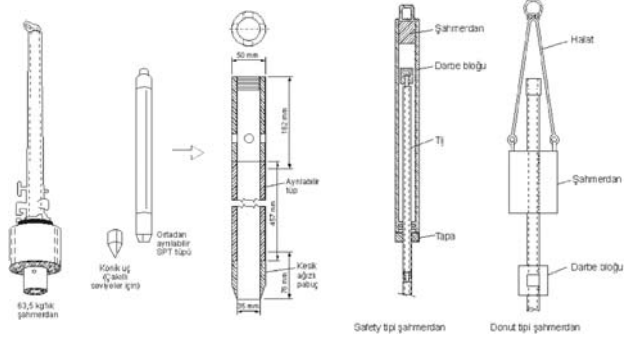
T: Yenilme anında ölçülen moment  
d: Kanatlı kesicinin çapı



124

### Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Bu deney; sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen (yarık) ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63.5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesini esas alır.



125



Şahmerdan



Darbe bloğu

126



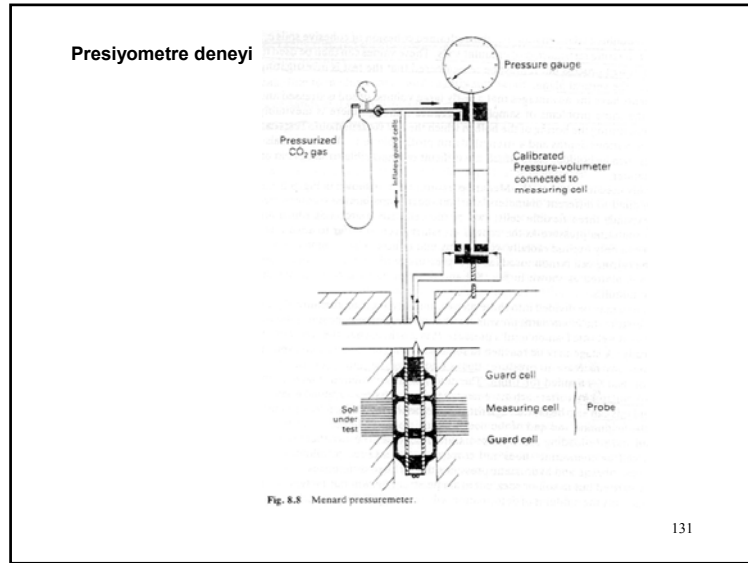
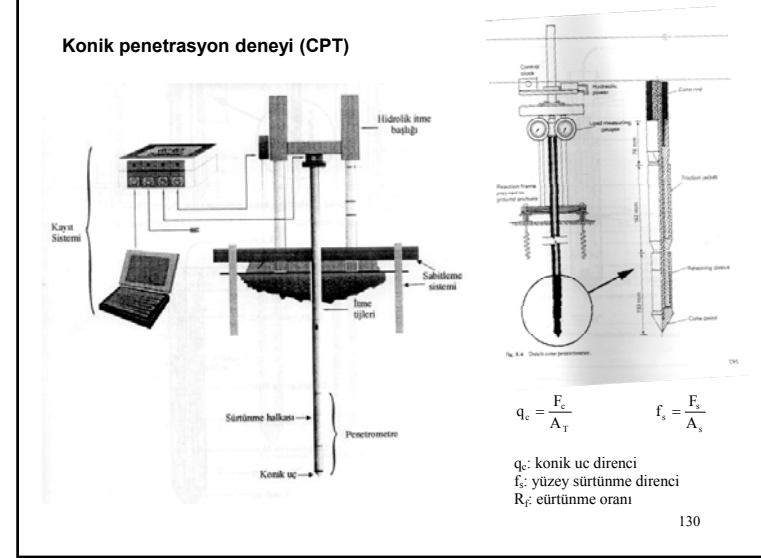
SPT uygulaması

127



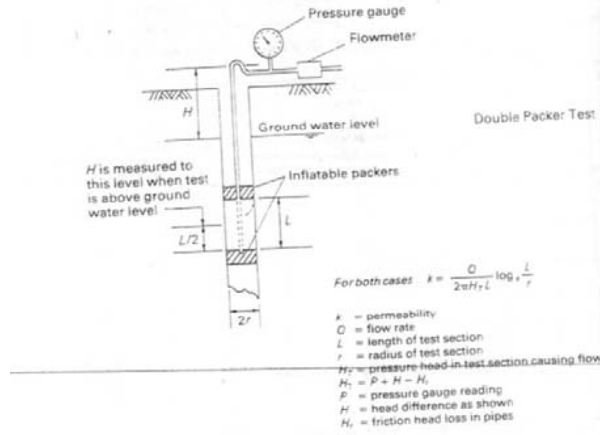
Deney sonunda SPT tüpü ve çarığı

128





### Paker deneyi:



133

### Fore kazık uygulaması



### SONDAJDA VERİMLİLİK VE KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

#### Sondajın Başarısını Etkileyen Faktörler

##### 1. Personel:

- \* Eğitim
- \* Deneyim
- \* Moral

##### 2. Donanım

- \* İşe uygunluk
- \* Kalite
- \* Bakım

##### 3. Sondaj Çamuru:

Matkap ömrünü kontrol eder, doşımın diğer gereklerini yerine getirir.

T: matkap ömrü (saat)

R: Matkap çapı (inç)

d: matkap devri (d/dk)

P: Matkap üzerindeki ağırlık (~1000 pound)

F: Formasyon katsayısı ( $=ax10^4$ ;  $a=0.6-1.4$ )

D: Dolaşım sıvısı katsayısı

$$T = \frac{F.R}{d.P.D}$$

$$T = \frac{F.R}{d.P.D}$$

T: matkap ömrü (saat)  
R: Matkap çapı (inç)  
d: matkap devri (d/dk)  
P: Matkap üzerindeki ağırlık (~1000 pound)  
F: Formasyon katsayısı (=ax10<sup>4</sup> ; a=0.6-1.4)  
D: Dolaşım sıvısı katsayısı

D katsayısı için aşağıdaki çizelge değerleri kullanılır:

Katsayı	Dolaşım Sıvı Türü
0.8	Petrol emülsiyonu, dengeli çamur, katkılı köpük
1.0	Katkılı bentonit çamuru, çabuk köpük
1.3	Katkılı dengesiz çamur, normal köpük
1.7	Bentonit çamuru, adi köpük
2.2	Kil çamuru, sulu hava
3.0	Su, hava

137

FORMASYONLARIN SERTLİK ÇİZELGESİ		
Sıra No	Formasyon Özellikleri	Formasyon Türleri
0.6	1 Yumuşak	Sist., anhidrit, tebeşir, alçı, volkanik kaba tüller
	2 Yumuşak, orta sert	Orta sert silt, oku plastit silt, tuz, anhidrit, fips, yumuşak kalker
	3 Yumuşak, az aşındırıcı, orta sert	Sert silt, kum, geniş çarvenolajlı kumtaşı, ortasert kalker ve konglomera
	4 Orta sert, çok az aşındırıcı	Sist, kumlu silt, kalker, yumuşak kum taşı
	5 Orta sert, aşındırıcı	Sert kalker, sert silt, dolomit, kalker, arduaz, sert anhidrit, gre., tabakalı sıklık tuf
	6 Sert, çok az aşındırıcı	Sert kalker, dolomit, sert silt, sert arduazlı anhidrit
	7 Sert, aşındırıcı	Dolomit, sert kalker, arduazlı sert silt, memmer milttaş, serpantin
	8 Çok sert, aşındırıcı	Çok sert kalker, siliks damarlı kalker, dolomit granit, gnays, andezit, trakit
	9 Çok sert, çok aşındırıcı	Sileks, pirit, granit, kuvarzlit, sert kumtaşı, volkanik eiemanlı konglomera
1.4	10 Olağanüstü sert, çok aşındırıcı	Sileks, pirit, granit, kuvarzlit, silyat siliks, novakülit, talconit, bazalt, zampasa taşı.

F: Formasyon katsayısı  
(=ax10<sup>4</sup> ; a=0.6-1.4)

138

#### 4. Mekanik faktörler

- \* döner sondajda delici cinsine göre matkaba verilen ağırlık
- \* darbeli sondajda strok ve frekans

$$V = \frac{F.d.P^2}{R}$$

V: ilerleme hızı (ft/dk)  
d: delici devri (d/dk)  
P: delici üzerindeki ağırlık (~1000 pound)  
R: Delici çapı (inç)  
F: delinebilirlik katsayısı (0.4-1.2 x 10<sup>-4</sup>)

#### 5. Lojistik destek

- \* Bilgi sağlanması
- \* Malzeme temini
- \* Onarım desteği

139

#### Zeminlerde

Ortalama Tane Çapı (mm)	Formasyon Tanımı
2.00'den büyük	Çakıl
1.00-2.00	Çok iri taneli kum
0.50-1.00	İri taneli kum
0.25-0.50	Orta taneli kum
0.12-0.25	İnce taneli kum
0.06-0.12	Çok ince taneli kum
0.01-0.06	Silt

Kayalarda sertlik dikkate alınır

140

## Sondajda Doğal Güçlükler

### 1. Dolaşım Bozukluğu

- \* Artezyen
- \* Sıvı kaçağı

### 2. Yıkılma, göçme ve dolgu

Nedenleri:

- Dolaşım bozukluğu ve yetersizliği
- Uygun olmayan sondaj sıvısı
- Arızalar
- Zemin koşulları

Önlemler ve işlemler:

- dizinin çekilmesi: yıkılma öncesinde dizinin çekilmesi
- çamur iyileştirmesi
- muhafaza borusu indirilmesi
- çimentolama

141

### 3. Şişme ve Takım Sıkışması

Nedenleri:

- Zemin koşulları: killi marn vb. ortamlardaki sondajlar
- sondaj çamuru: aşırı sıva yapan bir çamur kullanılması
- Dolaşım bozukluğu veya arızası

Sonuçları



- Takım sıkışması: takımın yukarı gelmemesi
- Takım kilitlemesi: ne yukarı neden aşağı inmemesi
- Bloklanma: dolaşımın dahi yapılaması  
Kurtarma çalışmaları
- Dolaşım mümkün ise asit vb bir enjeksiyon ile kurtarma
- Tarama yöntemleri: Deliğin sıkışma bölgesine kadar daha geniş çaplı olarak taranması
- Sökme yöntemi: Kurtarılabildiği yerden takımın sökülmesi
- Kesme yöntemi: Dizinin çapına göre uygun kesici ile kesilmesi ve dizinin bir kısmının kurtarılması
- Patlatarak kurtarma

142

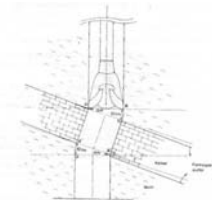
### 4. Erime

- \* Kil erimeleri
- \* Tuz erimeleri
- \* Mineral erimeleri (trona vb)

Sonuçları:

- Sondaj sıvısının bileşimi bozulur
- Sondaj kuyu çapı bozulur ve ilerleme olanaksızlaşır
- Örnekleme yapılamaz

### 5. Düşeyden sapma



Önlenmesi:

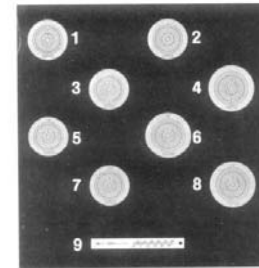
- Baskı formasyon özelliğine göre ayarlanmalı
- Sondaj dizisinin rijitliği ile sapma ters orantılıdır.
- Dizinin dış çapı ile kuyu çapı arasındaki fark yüksek olmamalı.
- Sapmazlar kullanılmalı.

143

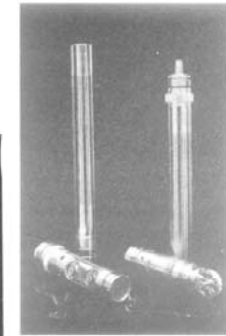
Sapmaz türleri: (amaç sondaj dizisinin çapını kuyu çapına yakınlaştırmak)

- Bıçaklı sapmazlar
  - Kısa sapmazlar
  - Uzun sapmazlar
- Taraklı sapmazlar
- Yataklı sapmazlar

Sapmanın ölçülmesi:



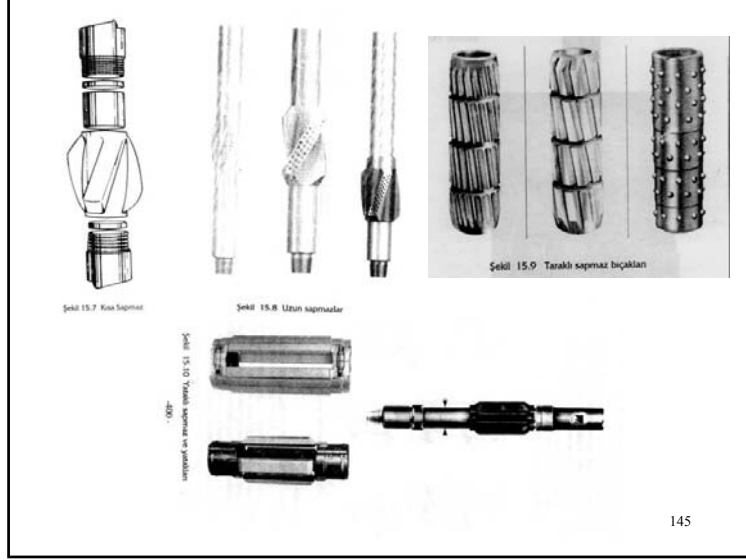
Şekil 15.11.b. Sapma ölçme kartları



Şekil 15.11.a. Sapma ölçme aletleri

144





### Sondaj Kazaları

- (1) Dizi çözülmesi: diğ kaptrılmış olması, iyi sıkıştırılmamış dizi vb.nedenlerle olur.
- (2) Dizi kopması: Dizinin dayanımını aşan torklar, ölü noktanın zayıf eleman üzerine düşmesi, malzeme yorulmaları, kamçılı ilerleme, eğri tij kullanımı vb. Nedenlerle olur.
- (3) Boru kopması: Muhafaza borularının yukarı alınması sırasında kopması
- (4) Kuyu içine bir cisim düşürülmesi
- (5) Matkap kilitlemesi

### Kurtarma işlemleri



Ortalayıcılar

